

การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์
ผสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี



นางสาวเพ็ญพักตร์ ปิ่นกุ่มภีร์

ศูนย์วิทยทรัพยากร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต


สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2551

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF MEMETIC ALGORITHMS FOR MULTI-OBJECTIVE
SEQUENCING PROBLEM ON MIXED-MODEL ASSEMBLY LINES IN JIT
PRODUCTION SYSTEMS



Miss Penpak Pinkoompee

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering Program in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering

Chulalongkorn University

Academic Year 2008

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับ
สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ใน
ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

โดย

นางสาวเพ็ญพักตร์ ปิ่นกุ่มภีร์

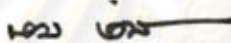
สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหกรรม

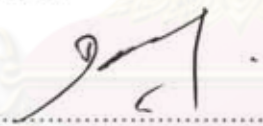
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก


รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา)


..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์สมชาย พวงเพิกคิก)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์)

เพ็ญพักตร์ ปิ่นกุ่มภีร์ : การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี (APPLICATION OF MEMETIC ALGORITHMS FOR MULTI-OBJECTIVE SEQUENCING PROBLEM ON MIXED-MODEL ASSEMBLY LINES IN JIT PRODUCTION SYSTEMS) อ. ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ปารเมศ ชูติมา, 815 หน้า

สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมเป็นรูปแบบสายการประกอบที่สามารถผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบที่หลากหลายได้พร้อมกัน ซึ่งโดยมากจะมีการประยุกต์ใช้ในแนวคิดการผลิตแบบทันเวลาพอดี ดังนั้นในจึงพิจารณาวัตถุประสงค์ในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ให้ตอบสนองกับการทำงานดังกล่าว คือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิตพร้อมกัน ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึม ที่มีแนวคิดมาจากการประยุกต์ร่วมกันของวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Evolutionary Algorithms: MOEAs) และการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) และทดลองวิธีการค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมและเปรียบเทียบกับอัลกอริทึมที่มีสมรรถนะสูงอย่าง Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA 2) และ Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA II) และเปรียบเทียบสมรรถนะของแต่ละอัลกอริทึมด้วยตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด 3 ด้าน คือ ตัววัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง ผลการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ว่าเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ที่น่าเสนอมีประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบที่ดีกว่า NSGA II และ SPEA 2

ศูนย์วิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อนิสิต.....**เพ็ญพักตร์ ปิ่นกุ่มภีร์**.....
 สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก.....
 ปีการศึกษา.....2551.....ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม.....

##4970490221: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD : MEMETIC ALGORITHMS / LOCAL SEARCH HEURISTICS / MULTI-OBJECTIVE EVOLUTIONARY ALGORITHMS / MIXED-MODEL ASSEMBLY / LINE / JIT PRODUCTION SYSTEM

PENPAK PINKOOMPEE : APPLICATION OF MEMETIC ALGORITHMS FOR MULTI-OBJECTIVE SEQUENCING PROBLEM ON MIXED-MODEL ASSEMBLY LINES IN JIT PRODUCTION SYSTEMS. THESIS PRINCIPAL ADVISOR : ASSOC. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 815 pp.

Mixed model assembly lines are a type of production line where a variety of product models with similar product characteristics are assembled in a just-in-time (JIT) production system. There are two objectives; which are setup times and production rates variation to be minimized simultaneously. In this research, the basic concept of MAs and MOEAs are used to enhance the performance of the original MOEAs as SPEA2 and NSGA-II by combining them with local search. There are seven local search procedures applied in memetic algorithms to solve multi-objective sequencing problems on mixed-model assembly lines in JIT production systems. Experimental results show that the performance of local search in Memetic Algorithm is significantly better than highly meta-heuristics as Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA2) and Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) in terms of performance measurement. There are convergence measurement, spread measurement and ratio of non-dominated solution.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering Student's signature..... *Penpak Pinkoompee*
Field of study : Industrial Engineering Principal Advisor's signature..... *PC*
Academic year : 2008 Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ.ดร. ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยด้วยดีโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณชนาพันธุ์ ชนาเนตร และคุณพัฒนพงษ์ แสงหัตถวัฒนา สำหรับคำแนะนำและคำปรึกษาในด้านโปรแกรม ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ทุกท่าน และทีมงานเมมเมติกอัลกอริทึม ที่ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้ความห่วงใยและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญภาพ.....	ฝ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 บทนำ.....	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	3
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.5 ลักษณะของปัญหา.....	5
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	7
1.7 ขั้นตอนในการวิจัย	7
1.8 สรุปเนื้อหาางานวิจัย.....	8
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	11
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบ ผลิตภัณฑ์ผสม.....	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบ ผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี.....	12
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึม.....	16
2.3.1 การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ.....	17
2.3.2 การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับ ผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบ ทันเวลาพอดี.....	21
บทที่ 3 ทฤษฎีการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์.....	23
3.1 หลักการพื้นฐานของการหาค่าเหมาะสมที่สุด.....	23
3.1.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์.....	23

3.1.2	ตัวแปรตัดสินใจ.....	24
3.1.3	ข้อจำกัด.....	25
3.2	ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์.....	25
3.2.1	รูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์.....	25
3.2.2	กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด.....	26
3.3	การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยเมทธีาฮิวริสติก.....	28
3.3.1	ความหมายของฮิวริสติกและเมทธีาฮิวริสติก.....	29
3.4	การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธีวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์.....	32
3.4.1	การกำหนดค่าความแข็งแรง.....	33
3.4.2	การกำหนดความหนาแน่น.....	42
3.5	สรุปขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์.....	47
3.5.1	ขั้นตอนการทำงานของ Multi-Objective Genetic Algorithm (MOGA).....	50
3.5.2	ขั้นตอนการทำงานของ Non-dominated sorting Genetic Algorithm II (NSGA II).....	53
3.5.3	ขั้นตอนการทำงานของ Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA 2).....	56
3.5.4	ขั้นตอนการทำงานของ Rank Density Genetic Algorithm (RDGA).....	59
3.5.5	ขั้นตอนการทำงานของ Pareto Archive Evolution Strategy (PAES).....	61
3.5.6	ขั้นตอนการทำงานของ Memetic-Pareto Archive Evolution Strategy (M-PAES).....	64
3.5.7	ขั้นตอนการทำงานของ Multi-Objective Genetic Local Search (MOGLS).....	67
3.5.8	ขั้นตอนการทำงานของ Modified Multi-Objective Genetic Local Search: Modified (modified MOGLS).....	70
3.5.9	ขั้นตอนการทำงานของ Simple Multi-Objective Genetic Local Search (S-MOGLS).....	73
3.6	การวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด.....	75

3.7	สรุปท้ายบท.....	78
บทที่ 4 ทฤษฎีพื้นฐานเมมเมติกอัลกอริทึม.....79		
4.1	การค้นหาเฉพาะที่.....	79
4.1.1	รูปแบบการค้นหาเฉพาะที่ในปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย....	79
4.1.2	หลักการยอมรับ.....	84
4.1.3	สิ่งที่ควรคำนึงในการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่.....	88
4.1.4	การหยุดการค้นหาเฉพาะที่.....	90
4.2	เมมเมติกอัลกอริทึม.....	90
4.2.1	ความหมายของเมมเมติกอัลกอริทึม.....	90
4.2.2	ความแตกต่างของเมมเมติกอัลกอริทึมและเจเนติกอัลกอริทึม.....	91
4.2.3	ขั้นตอนการทำงานหลักของ MAs.....	93
4.3	สรุปท้ายบท.....	94
บทที่ 5 ทฤษฎีสายการประกอบและระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี.....95		
5.1	ลักษณะของสายงานประกอบ.....	95
5.1.1	ประเภทของสายงานประกอบ.....	96
5.2	ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี.....	99
5.2.1	คุณสมบัติของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี.....	100
5.2.2	ผลกระทบจากการผลิตแบบทันเวลาพอดี.....	105
5.3	การจัดลำดับงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับงานก่อนหน้า.....	106
5.4	สรุปท้ายบท.....	108
บทที่ 6 เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม.....109		
6.1	ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์.....	109
6.2	ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม.....	110
6.3	โครงสร้างของเมมเมติกอัลกอริทึม สำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม.....	113
6.4	ขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึม.....	116
6.4.1	ขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II.....	117

6.4.2	ขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก SPEA 2	118
6.5	วิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม	120
6.5.1	การใส่รหัสคำตอบ	121
6.5.2	อีวิริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่	122
6.5.3	วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด	126
6.5.4	การกำหนดความหนาแน่นของประชากรคำตอบ	132
6.5.5	การคัดเลือกคำตอบ	141
6.5.6	การครอสโอเวอร์	149
6.5.7	การมิวเทชัน	151
6.5.8	เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด	153
6.6	การประมาณกลุ่มคำตอบที่แท้จริง	154
6.7	การวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่หาได้	156
6.7.1	การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง	157
6.7.2	การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้	160
6.7.3	การวัดสมรรถนะด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้ เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง	163
6.8	สรุปท้ายบท	166
บทที่ 7 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง		
7.1	การกำหนดพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย	168
7.2	การวิเคราะห์ผลการทดลอง	170
7.3	ปัญหาการทดลอง	171
7.3.1	กรณีปัญหาขนาดเล็ก	171
7.3.2	กรณีปัญหาขนาดใหญ่	207
7.4	การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมกับเมมเมติกอัลกอริทึม	231
7.5	สรุปท้ายบท	236
บทที่ 8 การเปรียบเทียบผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม ด้วยวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมกับ NSGA II และ SPEA 2		
8.1	การทดสอบความแตกต่างของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย	237

	หน้า
8.1.1	กรณีปัญหาขนาดเล็ก.....238
8.1.2	กรณีปัญหาขนาดใหญ่.....261
8.2	สรุปผลการเปรียบเทียบผลการหาคำตอบ.....274
8.3	สรุปท้ายบท.....274
บทที่ 9	บทสรุปและข้อเสนอนะ.....276
9.1	สรุปงานวิจัย.....276
9.1.1	ลักษณะของปัญหา.....276
9.1.2	การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึม.....277
9.1.3	การกำหนดและทดสอบพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง.....278
9.1.4	ผลการใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหา.....279
9.1.5	ข้อดีและข้อเสียของเมมเมติกอัลกอริทึม.....279
9.2	ข้อจำกัดของโปรแกรม.....280
9.3	ข้อเสนอนะ.....281
รายการอ้างอิง.....	282
ภาคผนวก.....	286
ภาคผนวก ก	ปัญหา NP-hard.....287
ภาคผนวก ข	รายละเอียดของปัญหาตัวอย่าง.....289
ภาคผนวก ค	การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม.....294
ภาคผนวก ง	ผลจากการรันโปรแกรม.....336
ภาคผนวก จ	ผลการวิเคราะห์การทดลอง.....806
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	815

สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1.1 แสดงรายละเอียดของปัญหาที่ใช้ในการทดลอง.....	4
ตารางที่ 3.1 อัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด ที่มีหลายวัตถุประสงค์.....	47
ตารางที่ 4.1 หลักการยอมรับ (Acceptance Rule).....	84
ตารางที่ 5.1 เมตริกซ์แบบจาก-ไป.....	107
ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของสมาชิกประชากรคำตอบ.....	127
ตารางที่ 6.2 การกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting.....	129
ตารางที่ 6.3 การคำนวณค่า Strength Value ในแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ.....	131
ตารางที่ 6.4 การคำนวณ Raw Fitness Value ให้กับแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ.....	132
ตารางที่ 6.5 การเรียงลำดับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ใน Front 1.....	134
ตารางที่ 6.6 การคำนวณค่า Crowding Distance ให้กับแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ.....	135
ตารางที่ 6.7 แสดงระยะทางระหว่างคำตอบที่ i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1.....	137
ตารางที่ 6.8 แสดงระยะทางระหว่างคำตอบที่ i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2.....	138
ตารางที่ 6.9 ระยะทางระหว่างคำตอบ.....	139
ตารางที่ 6.10 รายการเรียง (Sort List) ของระยะทางระหว่างคำตอบที่ 1 และทุกคำตอบ.....	140
ตารางที่ 6.11 คำนวณค่าความหนาแน่นให้กับแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบด้วยวิธี k -nearest neighbor.....	141
ตารางที่ 6.12 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ตที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-NSGA II และ NSGA II.....	143
ตารางที่ 6.13 แสดงตัวอย่างค่า Rank และ Crowding Distance ที่ใช้ในการคัดเลือกคำตอบ ด้วยวิธี Binary Tournament Selection.....	144
ตารางที่ 6.14 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใน M-NSGA II และ NSGA II.....	145
ตารางที่ 6.15 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ตที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2.....	147
ตารางที่ 6.16 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2.....	148
ตารางที่ 6.17 แสดงจำนวนเส้นขอบเขตคำตอบที่ดีที่สุดในการทดลองของ M-NSGA II และ M- SPEA 2.....	154
ตารางที่ 6.18 ตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ได้จากกลุ่มคำตอบที่หาได้ในแต่ละอัลกอริทึม..	155

ตารางที่ 6.19	true-Pareto Optimal Frontier ที่หาได้จากตัวอย่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งหมดในอัลกอริทึมทั้งหมด.....	156
ตารางที่ 6.20	แสดงตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่หาได้จากการ NSGA II และ true-Pareto Optimal Solution.....	158
ตารางที่ 6.21	การ Normalized ระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1.....	158
ตารางที่ 6.22	การ Normalized ระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2.....	159
ตารางที่ 6.23	ระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริง.....	159
ตารางที่ 6.24	ระยะทางแต่ละคำตอบที่แท้จริงกับคำตอบที่หาได้ที่ใกล้ที่สุด.....	160
ตารางที่ 6.25	กลุ่มคำตอบที่หาได้จาก NSGA II.....	161
ตารางที่ 6.26	สัญลักษณ์ของระยะทางระหว่างคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน.....	161
ตารางที่ 6.27	การหาระยะทางระหว่างสมาชิกคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน.....	162
ตารางที่ 6.28	ผลต่างระหว่างระยะทางของคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกันและค่าเฉลี่ยของระยะทาง.....	163
ตารางที่ 6.29	การเปรียบเทียบคำตอบที่หาได้กับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงด้วยหลักการ Pareto Dominance.....	165
ตารางที่ 7.1	รายละเอียดของโจทย์ปัญหา.....	167
ตารางที่ 7.2	การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย.....	169
ตารางที่ 7.3	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในกาแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:2:1:1	172
ตารางที่ 7.4	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.1.....	173
ตารางที่ 7.5	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:2:1:1.....	174
ตารางที่ 7.6	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.1.....	175
ตารางที่ 7.7	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 4:3:2:2:1.....	176

ตารางที่ 7.8	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.2.....	177
ตารางที่ 7.9	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA2 ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 4:3:2:2:1.....	178
ตารางที่ 7.10	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.2.....	179
ตารางที่ 7.11	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:2:2:2.....	180
ตารางที่ 7.12	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGAIi ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.3.....	181
ตารางที่ 7.13	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:2:2:2.....	182
ตารางที่ 7.14	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.3.....	183
ตารางที่ 7.15	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 7:3:2:2:1.....	184
ตารางที่ 7.16	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGAIi ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.1.....	185
ตารางที่ 7.17	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 7:3:2:2:1.....	186
ตารางที่ 7.18	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.1.....	187
ตารางที่ 7.19	ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:3:3:1.....	188
ตารางที่ 7.20	ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGAIi ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.2.....	189

ตารางที่ 7.21 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:3:3:1.....	190
ตารางที่ 7.22 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลัง การสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการ ทดลองที่ 2.2.....	191
ตารางที่ 7.23 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:3:3:3.....	192
ตารางที่ 7.24 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGAIi ในขั้นตอนหลัง การสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการ ทดลองที่ 2.3.....	193
ตารางที่ 7.25 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:3:3:3.....	194
ตารางที่ 7.26 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลัง การสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการ ทดลองที่ 2.3.....	195
ตารางที่ 7.27 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในกาแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 8:7:2:2:1.....	196
ตารางที่ 7.28 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGAIi ในขั้นตอนหลัง การสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการ ทดลองที่ 3.1.....	197
ตารางที่ 7.29 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 8:7:2:2:1.....	198
ตารางที่ 7.30 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลัง การสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการ ทดลองที่ 3.1.....	199
ตารางที่ 7.31 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:5:5:3:2.....	200
ตารางที่ 7.32 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGAIi ในขั้นตอนหลัง การสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการ ทดลองที่ 3.2.....	201
ตารางที่ 7.33 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:5:5:3:2.....	202

ตารางที่ 7.58 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.2.....	227
ตารางที่ 7.59 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 7:7:7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6:6.....	228
ตารางที่ 7.60 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGAIi ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.3.....	229
ตารางที่ 7.61 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 7:7:7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6:6.....	230
ตารางที่ 7.62 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.3.....	231
ตารางที่ 7.63 ผลสรุปของการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดในแต่ละปัญหาการทดลอง ที่ใช้ใน M-NSGA II และ M-SPEA 2.....	232
ตารางที่ 7.64 ผลสรุปการประยุกต์ใช้การค้นหาค่าเฉพาะที่ใน M-NSGA II ทุกการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่ประยุกต์ร่วมกันแล้วให้คำตอบที่ดีในทุกโจทย์ปัญหาการทดลอง.....	234
ตารางที่ 7.65 ผลสรุปการประยุกต์ใช้การค้นหาค่าเฉพาะที่ใน M-SPEA 2 ทุกการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่ประยุกต์ร่วมกันแล้วให้คำตอบที่ดีในทุกโจทย์ปัญหาการทดลอง.....	235
ตารางที่ 8.1 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วยและใช้ค่าเฉลี่ยของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	238
ตารางที่ 8.2 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง.....	239
ตารางที่ 8.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	240
ตารางที่ 8.4 การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วยและใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	241

ตารางที่ 8.5 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้ เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง.....242

ตารางที่ 8.6 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย เทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.1.....243

ตารางที่ 8.7 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย เทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.2.....244

ตารางที่ 8.8 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย เทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.3.....245

ตารางที่ 8.9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วยและใช้ค่าเฉลี่ยของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....246

ตารางที่ 8.10 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง.....246

ตารางที่ 8.11 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....247

ตารางที่ 8.12 การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วยและใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....248

ตารางที่ 8.13 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้ เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง.....249

ตารางที่ 8.14 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย เทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.1.....250

ตารางที่ 8.15 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย เทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.2.....251

ตารางที่ 8.16 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย เทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.3.....252

ตารางที่ 8.17 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....254

ตารางที่ 8.18	ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง.....	254
ตารางที่ 8.19	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	255
ตารางที่ 8.20	การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วยและใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	256
ตารางที่ 8.21	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.1.....	258
ตารางที่ 8.22	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.2.....	259
ตารางที่ 8.23	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.3.....	260
ตารางที่ 8.24	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	261
ตารางที่ 8.25	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	262
ตารางที่ 8.26	การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	263
ตารางที่ 8.27	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.1.....	264
ตารางที่ 8.28	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.2.....	265
ตารางที่ 8.29	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.3.....	266
ตารางที่ 8.30	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	267

ตารางที่ 8.31	ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง.....	268
ตารางที่ 8.32	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	269
ตารางที่ 8.33	การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนองในการทดลอง.....	270
ตารางที่ 8.34	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.1.....	271
ตารางที่ 8.35	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.2.....	272
ตารางที่ 8.36	การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.3.....	273
ตารางที่ 8.37	สรุปผลการวิเคราะห์ ANOVA ในทุกปัญหาการทดลองโดยใช้ตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง.....	274
ตารางที่ ก.1	เวลาในการคำนวณอยู่ในรูป Time complexity Function โดยมีสมมติฐานว่าการคำนวณในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที.....	287
ตารางที่ ก.2	ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า.....	288
ตารางที่ ข.1	รายละเอียดของปัญหาคำนวณตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด.....	289
ตารางที่ ข.2	รายละเอียดของปัญหาคำนวณตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 15 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด.....	289
ตารางที่ ข.3	รายละเอียดของปัญหาคำนวณตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 20 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด.....	290
ตารางที่ ข.4	รายละเอียดของปัญหาคำนวณตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 20 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	290
ตารางที่ ข.5	รายละเอียดของปัญหาคำนวณตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 100 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด.....	291
ตารางที่ ข.6	เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (วินาที) ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด...291	291
ตารางที่ ข.7	เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (วินาที) ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด...292	292

ตารางที่ ข.8	เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (วินาที) ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ชนิดผลิตภัณฑ์.....	293
ตารางที่ ค.1	ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของสตริงคำตอบของ โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	296
ตารางที่ ค.2	ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความแข็งแรงของสตริงคำตอบโดยใช้ โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	297
ตารางที่ ค.3	การเรียงลำดับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 จากน้อยไปมากในสตริงคำตอบแต่ละ Rank.....	298
ตารางที่ ค.4	การคำนวณค่าความหนาแน่นด้วยวิธี Crowding Distance ด้วยมือ.....	299
ตารางที่ ค.5	ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Crowding Distance ของสตริงคำตอบโดยใช้ โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	300
ตารางที่ ค.6	ผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตเพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหา เฉพาะที่ โดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	301
ตารางที่ ค.7	ผลการเลือกสตริงคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection เพื่อคัดเลือก คำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่โดยใช้โปรแกรม.....	302
ตารางที่ ค.8	ผลการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แบบ Pairwise Interchange โดยใช้โปรแกรม.....	303
ตารางที่ ค.9	ผลการรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกและได้รับเลือกไปทำการปรับปรุงการ ค้นหาเฉพาะที่แบบ Pairwise Interchange โดยใช้โปรแกรม.....	304
ตารางที่ ค.10	ผลการเลือกคำตอบเพื่อนำไปเก็บไว้เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดหลังจากขั้นตอนการ ปรับปรุงประชากรคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธี Pairwise Interchange โดยใช้ โปรแกรม.....	305
ตารางที่ ค.11	ผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตในการคัดเลือกคำตอบเข้าสู่ Mating Pool โดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	306
ตารางที่ ค.12	ผลการเลือกสตริงคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection ในการคัดเลือก คำตอบเข้าสู่ Mating Pool โดยใช้โปรแกรม.....	307
ตารางที่ ค.13	ผลการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไปโครอสโอเวอร์ โดยใช้โปรแกรม.....	308
ตารางที่ ค.14	ผลการจับคู่สตริงคำตอบเพื่อนำไปโครอสโอเวอร์ โดยใช้โปรแกรม.....	308
ตารางที่ ค.15	ผลการโครอสโอเวอร์และการประเมินค่าโดยใช้โปรแกรม.....	310
ตารางที่ ค.16	ผลการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไป Inversion Mutation โดยใช้โปรแกรม.....	311
ตารางที่ ค.17	ผลการ Inversion Mutation โดยใช้โปรแกรม.....	313
ตารางที่ ค.18	ผลการประเมินค่าในการ Inversion โดยใช้โปรแกรม.....	314

ตารางที่ ค.19 ผลการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไป Reciprocal Exchange Mutation โดยใช้โปรแกรม.....	315
ตารางที่ ค.20 ผลการ Reciprocal Exchange Mutation โดยใช้โปรแกรม.....	316
ตารางที่ ค.21 ผลการประเมินค่าในการ Reciprocal Exchange Mutation โดยใช้โปรแกรม..	316
ตารางที่ ค.22 ผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตเพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ใช้โปรแกรม.....	317
ตารางที่ ค.23 ผลการเลือกสตริงคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection เพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ใช้โปรแกรม.....	318
ตารางที่ ค.24 ผลการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แบบ Insertion Procedure โดยใช้โปรแกรม.....	319
ตารางที่ ค.25 ผลการรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกและได้รับเลือกไปทำการปรับปรุงการค้นหาเฉพาะที่ใช้โปรแกรม.....	320
ตารางที่ ค.26 ผลการรวมสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากทุกขั้นตอนของกระบวนการทางพันธุกรรมโดยใช้โปรแกรม.....	321
ตารางที่ ค.27 ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากทุกขั้นตอนของกระบวนการทางพันธุกรรมโดยใช้โปรแกรม.....	322
ตารางที่ ค.28 ผลการคัดเลือกสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากทุกขั้นตอนของกระบวนการทางพันธุกรรมโดยใช้โปรแกรม.....	323
ตารางที่ ค.29 ผลการรวมสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่โดยใช้โปรแกรม.....	324
ตารางที่ ค.30 ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบ R_t โดยใช้โปรแกรม.....	325
ตารางที่ ค.31 ผลการเรียงลำดับค่า Crowding Distance จากมากไปน้อยโดยใช้โปรแกรม...	326
ตารางที่ ค.32 สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป.....	327
ตารางที่ ค.33 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Strength Value ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	328
ตารางที่ ค.34 การคำนวณ Raw Fitness Value ให้กับแต่ละสตริงคำตอบด้วยการคำนวณมือ.....	329
ตารางที่ ค.35 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Raw Fitness Value ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	329
ตารางที่ ค.36 การคำนวณระยะทางที่ได้ทำการ Normalize ให้กับแต่ละสตริงคำตอบด้วยการคำนวณมือ.....	330
ตารางที่ ค.37 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Density ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ.....	331

ตารางที่ ค.38 ผลการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แบบ Or-Opt โดยใช้โปรแกรม.....	332
ตารางที่ ค.39 ผลการรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกและได้รับเลือกไปทำการปรับปรุงการค้นหาเฉพาะที่แบบ Or-Opt โดยใช้โปรแกรม.....	333
ตารางที่ ค.40 ผลการเลือกคำตอบเพื่อนำไปเก็บไว้เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด在后ขั้นตอนการปรับปรุงประชากรคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธี Or-Opt โดยใช้โปรแกรม.....	333
ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1.....	336
ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1.....	348
ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2.....	360
ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2.....	373
ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3.....	386
ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3.....	398
ตารางที่ ง.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1.....	441
ตารางที่ ง.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1.....	425
ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2.....	439
ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2.....	451
ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3.....	464
ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3.....	477
ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1.....	489
ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1.....	507
ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2.....	523
ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2.....	540
ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3.....	556
ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3.....	568
ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1.....	581
ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1.....	593
ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2.....	606
ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2.....	618
ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3.....	631
ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3.....	643
ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1.....	655
ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1.....	681
ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2.....	705

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2.....	730
ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3.....	754
ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3.....	775
ตารางที่ ง.31 ผลการรันโปรแกรมของ NSGA II ในทุกปัญหาการทดลอง.....	797
ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง.....	801



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 1.1	ขั้นตอนในการวิจัย.....8
รูปที่ 3.1	การค้นหาค่าที่ค่าตอบในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ .27
รูปที่ 3.2	วิธีการจัดอันดับของ Goldberg.....37
รูปที่ 3.3	วิธีการจัดอันดับของ Fonseca และ Fleming.....38
รูปที่ 3.4	วิธีการจัดอันดับแบบ Automatic Accumulated Ranking Strategy.....39
รูปที่ 3.5	วิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators.....41
รูปที่ 3.6	Niched Fitness Sharing Technique.....44
รูปที่ 3.7	Crowding Distance45
รูปที่ 3.8	Adaptive Density Estimation.....46
รูปที่ 3.9	ขั้นตอนการทำงาน Multi-Objective Genetic Algorithm: MOGA.....49
รูปที่ 3.10	ขั้นตอนการทำงานของ Non-dominated sorting Genetic Algorithm II: NSGA II52
รูปที่ 3.11	ขั้นตอนการทำงานของ Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2: SPEA 2..55
รูปที่ 3.12	ขั้นตอนการทำงานของ Rank Density Genetic Algorithm: RDGA.....59
รูปที่ 3.13	ขั้นตอนการทำงานของ Pareto Archive Evolution Strategy: PAES.....60
รูปที่ 3.14	ขั้นตอนการทำงานของ Memetic-Pareto Archive Evolution Strategy: M-PAES64
รูปที่ 3.15	ขั้นตอนการทำงานของ Multi-Objective Genetic Local Search: MOGLS.....66
รูปที่ 3.16	ขั้นตอนการทำงานของ Modified Multi-Objective Genetic Local Search: Modified MOGLS.....69
รูปที่ 3.17	ขั้นตอนการทำงานของ Simple Multi-Objective Genetic Local Search: S-MOGLS.....72
รูปที่ 3.18	การคำนวณระยะทางจากกลุ่มคำตอบที่หาได้และกลุ่มคำตอบที่แท้จริง.....76
รูปที่ 3.19	การคำนวณค่าการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้.....78
รูปที่ 4.1	หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี 2-opt.....82
รูปที่ 4.2	หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี 3-Opt.....82
รูปที่ 4.3	หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี Or-opt.....83
รูปที่ 4.4	หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี double bridge.....83
รูปที่ 4.5	การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังการค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าที่ดีกว่าใน $f_1(x)$85
รูปที่ 4.6	การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังทำการค้นหาเฉพาะที่ดีกว่าใน $f_2(x)$85

รูปที่ 4.7	การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังทำการค้นหาเฉพาะที่ดีกว่าใน $f_1(x)$ และ $f_2(x)$	86
รูปที่ 4.8	การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังทำการค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าที่ไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่าคำตอบใดดีกว่ากัน.....	87
รูปที่ 4.9	โครงสร้างพื้นฐานของ MAs และ GAs.....	92
รูปที่ 5.1	แสดงไดอะแกรมสายงานประกอบ	93
รูปที่ 5.2	การแยกสายการประกอบตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต.....	94
รูปที่ 6.1	โครงสร้างเมมเมติกอัลกอริทึมที่ใช้งานวิจัย.....	115
รูปที่ 6.2	วิธี Pairwise Procedure.....	124
รูปที่ 6.3	วิธี Adjacent Pairwise Interchange.....	124
รูปที่ 6.4	วิธี Insertion.....	124
รูปที่ 6.5	วิธี 2-Opt.....	125
รูปที่ 6.6	วิธี 3-Opt.....	125
รูปที่ 6.7	วิธี Or-Opt.....	125
รูปที่ 6.8	วิธี Double-bridge.....	126
รูปที่ 6.9	ตัวอย่างการกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting.....	128
รูปที่ 6.10	ตัวอย่างการคำนวณค่า Raw Fitness Value.....	130
รูปที่ 6.11	วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	150
รูปที่ 6.12	วิธี Inversion Mutation.....	152
รูปที่ 6.13	วิธี Reciprocal Exchange Mutation.....	152
รูปที่ 8.1	Individual Value plot ของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย.....	239
รูปที่ 8.2	Individual Value plot ของการกระจายที่หาได้จากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย...240	
รูปที่ 8.3	Individual Value plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย.....	242
รูปที่ 8.4	การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.1.....	243
รูปที่ 8.5	การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 1.2	244
รูปที่ 8.6	การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 1.3.....	245
รูปที่ 8.7	Individual Value plot ของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย.....	247

รูปที่ 8.26	Individual Value plot ของการกระจายที่หาได้จากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย...	269
รูปที่ 8.27	Individual Value plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย.....	270
รูปที่ 8.28	การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.1.....	271
รูปที่ 8.29	การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 5.2.....	272
รูปที่ 8.30	การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 5.3.....	273

บทที่ 1

บทนำ

1.1 บทนำ

ในปัจจุบันสภาวะการแข่งขันทางธุรกิจ ส่งผลให้อุตสาหกรรมการผลิตต้องมีการปรับเปลี่ยนกลยุทธ์ในการบริหารงานอยู่ตลอดเวลา จุดประสงค์ที่สำคัญประการหนึ่ง คือการพัฒนาความสามารถในการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้อย่างรวดเร็วและสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงที่อาจเกิดขึ้นได้ การที่ธุรกิจจะสามารถบรรลุถึงจุดประสงค์ดังกล่าวได้ ส่วนหนึ่งจำเป็นต้องมีการจัดระบบการผลิตที่ดี ซึ่งการประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี จะสามารถสนับสนุนระบบการผลิตของโรงงานให้มีความสามารถในการตอบสนองต่อลูกค้าได้อย่างรวดเร็ว ตลอดทั้งช่วยลดปริมาณของสินค้าคงคลังไม่ให้เกิดขึ้นมากจนเกินไป เพื่อไม่ก่อให้เกิดต้นทุนในการจัดเก็บและต้นทุนค่าเสียโอกาส นอกจากนี้ยังสามารถลดของเสีย ลดความไม่มีประสิทธิภาพและเวลาที่สูญไปในกระบวนการผลิต เพื่อพัฒนากระบวนการผลิตและคุณภาพของสินค้าและบริการอย่างต่อเนื่อง แต่อย่างไรก็ตามการนำเอาระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีเข้ามาใช้เพียงอย่างเดียวนั้นไม่สามารถจะช่วยให้เกิดระบบการผลิตที่ดีได้ หากแต่ต้องมีการจัดลำดับการทำงานที่ดีด้วย ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้ดำเนินธุรกิจจะต้องทำการตัดสินใจ

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการแก้ปัญหาที่ยุ่ยากซับซ้อนต่าง ๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า เมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithms: MAs) เป็นวิธีการของ AI อีกวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถนำมาใช้กับปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุด เช่น ค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องจักรที่ต่ำที่สุด การจัดลำดับผลิตภัณฑ์ ฯลฯ ได้เป็นอย่างดี โดยเมมเมติกอัลกอริทึม (Moscato, 1989 และ Krasnogor, 2005) เป็นเมทาฮิวริสติก (Meta-heuristic) ที่ใช้ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีวิวัฒนาการทางธรรมชาติ หรือเอลโวลูชันนารีอัลกอริทึม (Evolutionary Algorithms: EAs) มาช่วยในการหาคำตอบได้มีประสิทธิภาพมากกว่าเจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs) โดยที่ทั้งสองอัลกอริทึมนี้มีความแตกต่างกันเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search Heuristics) มาช่วยในการปรับปรุงคำตอบซึ่งเกิดขึ้นในเมมเมติกอัลกอริทึม การรวมกันของฮิวริสติกที่สร้างขึ้นกับการค้นหาเฉพาะที่นี้ อาจจะทำให้เกิดคำตอบที่ดีขึ้นกว่าเดิมได้ และอาจทำให้การหาคำตอบที่ดีที่สุดมีความรวดเร็วยิ่งขึ้นกว่าการสุ่มเลือกประชากรเริ่มต้นเพียงอย่างเดียว หรือการใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมอย่างเดียวในการค้นหาคำตอบ นอกจากนี้ข้อดีเมมเมติกอัลกอริทึม เมื่อเปรียบเทียบกับการค้นหาแบบอื่น คือมีความคงทนต่อความไม่เที่ยงตรง แม่นยำ มีความน่าเชื่อถือและค่าใช้จ่ายในการแก้ปัญหาต่ำ

1.2 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

โดยปกติแล้ว วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed Model Assembly Line: MMAL) ที่มีอยู่มากเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ตอบสนองวัตถุประสงค์อย่างใดอย่างหนึ่งเพียงวัตถุประสงค์เดียวเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบในโรงงานต้องพิจารณาองค์ประกอบและวัตถุประสงค์อื่น ๆ อีกหลายอย่าง ดังนั้นถ้าหากมีการพิจารณาปัญหาดังกล่าวให้อยู่ในรูปของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบที่มีหลายวัตถุประสงค์ ก็ทำให้ผลการแก้ปัญหาที่ได้มีความเหมาะสมกับระบบงานจริงมากขึ้น แต่สิ่งที่ตามมาคือความยุ่งยากและซับซ้อนของปัญหา ซึ่งถ้าหากใช้วิธีการคำนวณทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาจะทำให้ต้องใช้เวลานานกว่าจะสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ ดังนั้นจึงมีการพัฒนาวิธีการทางฮิวริสติกแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น Hyun (1998) ได้พัฒนาเจเนติกอัลกอริทึมแบบพาราเรโตที่อยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม (Pareto Stratum-Niche Cubicle Genetic Algorithm) เพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดในปัญหาการจัดลำดับที่มีหลายวัตถุประสงค์ในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม McMullen (2001) และ Mansouri (2005) ได้พัฒนาซิมูเลทแอนเนลลิง (Simulated Annealing) ทาบู เซิร์ท (Tabu Search) ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) เอนโคโลนี (Ant Colony) เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) และเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Genetic Algorithm: MOGA) ตามลำดับ เพื่อจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ที่มีวัตถุประสงค์ของการจัดตารางคือ จำนวนครั้งในการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรของการผลิตในลำดับการผลิตที่น้อยที่สุด นอกจากนี้ Moghaddam และ Vahed (2006) ได้พัฒนา MAs ในการแก้ปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เดียวกันกับ Hyun (1998) ด้วยวิธีการรวมหลายฟังก์ชันเข้าด้วยกันโดยอาศัยการถ่วงน้ำหนัก (Weighted Sum Method) และต่อมา Vahed และคณะ (2007) ได้พัฒนา MAs ที่มีชื่อว่า Multi-Objective Scatter Search (MOSS) มาใช้แก้ปัญหาเดียวกับ Hyun (1998) โดยแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะในการหาคำตอบของเมมเมติกอัลกอริทึมที่เหนือกว่าอัลกอริทึมชนิดอื่น

จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยที่ผ่านมาส่วนใหญ่มุ่งสนใจที่จะพัฒนาฮิวริสติกที่มีประสิทธิภาพในค้นหาลำดับผลิตภัณฑ์ที่ดีที่สุดภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดี ซึ่ง MAs ที่พัฒนาขึ้นถือว่าเป็นอัลกอริทึมที่เด่นในด้านคุณภาพของคำตอบที่หาได้ แต่ก็ไม่ได้ตอบสนองในด้านลักษณะของปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์มากนัก เนื่องจากคำตอบที่ได้จากการรวมฟังก์ชันเข้าด้วยกันโดยอาศัยการถ่วงน้ำหนัก หรือแม้ว่าการเสนอ MOSS ซึ่งเป็นฮิวริสติกใหม่และถือว่าเป็นวิธีให้คุณภาพคำตอบที่ดี และตอบสนองกับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ แต่ก็ใช้เวลาในการคำนวณสูง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนา MAs ในการแก้ปัญหาการ

จัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดีที่สามารถให้คุณภาพคำตอบที่ดีและไม่เสียเวลาในการคำนวณมากนัก

1.2.1 แนวคิดในพัฒนาเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่

เนื่องจากวิธีวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Evolutionary Algorithms: MOEAs) เป็นอัลกอริทึมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ที่ถือว่ามีประสิทธิภาพสูง และเป็นสิ่งที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ถ้าอัลกอริทึมที่จัดว่าเป็น MOEAs อย่าง Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA II) และ Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA 2) จะนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ และใช้ชื่อเรียกอัลกอริทึมใหม่นี้ว่า Memetic-NSGA II (M-NSGA II) และ Memetic-SPEA 2 (M-SPEA2) จากนั้นจะทำการเลือกเพียงเมมเมติกอัลกอริทึมเพียงอัลกอริทึมเดียวไปใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้น

1.2.2 คำถามเบื้องต้นที่ใช้เป็นแนวคิดในการเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ คือ

- การประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่เข้าไปใน NSGA II และ SPEA 2 ทำให้คุณภาพคำตอบที่ได้ดีกว่าเดิมหรือไม่
- วิธีการค้นหาเฉพาะที่วิธีใดที่ทำให้คุณภาพคำตอบดีขึ้น
- ถ้าการค้นหาเฉพาะที่ที่ประยุกต์เข้าไปใน M-NSGA II และ M-SPEA2 ทำให้คุณภาพคำตอบที่ได้ดีขึ้นแล้วเมมเมติกอัลกอริทึมตัวใด ให้คำตอบที่ดีกว่ากัน

ดังนั้นจากแนวคิดข้างต้น งานวิจัยนี้จึงได้เสนอการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับงานก่อนหน้า และดัดแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของ McMullen (2001a) ในเรื่องจำนวนครั้งในการปรับตั้งเครื่องจักรเป็นเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ส่วนอีกฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือความผันแปรในการผลิต ซึ่งทั้งสองฟังก์ชันวัตถุประสงค์นี้ยังคงสอดคล้องกับการตอบสนองของการผลิตแบบทันเวลาพอดี นอกจากนี้ยังทำการเปรียบเทียบสมรรถนะของอัลกอริทึมนี้กับเมทาฮิวริสติก (Metaheuristic) ที่ถือได้ว่ามีสมรรถนะสูง คือ NSGA II และ SPEA 2

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาผลการนำเมมเมติกอัลกอริทึมเข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบที่มีหลายวัตถุประสงค์ สำหรับจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ทำการศึกษาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

1.4.2 นำเอาเมมเมติกอัลกอริทึม มาประยุกต์ใช้ในการหาคำตอบของการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่เข้าทำการประกอบ ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อให้มีเวลาในการปรับเครื่องจักรต่ำที่สุด และมีความผันแปรในอัตราการผลิตต่ำที่สุด และพิจารณาสองวัตถุประสงค์นี้ในเวลาเดียวกัน

1.4.3 พัฒนาโปรแกรมสำหรับใช้ในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่เข้าทำการประกอบในสายการประกอบที่มีลักษณะดังนี้

- เป็นสายการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed-Model Assembly Line)
- เป็นสายการประกอบที่มีระบบการผลิตแบบลื่นไหล (Flow Shop)
- สายการประกอบเป็นแบบอนุกรม คือแต่ละสถานีทำงานต่อเนื่องกันตามลำดับ ไม่มีสถานีที่ทำงานขนานกัน

1.4.4 การวัดผลจะนำเอาผลที่ได้จากแบบทดลองที่เขียนขึ้นด้วยคอมพิวเตอร์ โดยการนำเอาเมมเมติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ไปใช้ในการทดลองแก้ปัญหาการทดลอง 5 ปัญหา ตามจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ ดังแสดงในตารางที่ 1.1 แล้วนำผลที่ได้มาเปรียบเทียบกับคำตอบที่ได้จาก NSGA II และ SPEA 2 โดยพิจารณาจากตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Performance Measurement) คือตัววัดสมรรถนะในด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence Measurement) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread Measurement) และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-dominated Solution)

1.4.5 การทดสอบความถูกต้องและการประเมินผลของการจัดลำดับสายการประกอบผลิตภัณฑ์โดยใช้เมมเมติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ จะอยู่ในรูปของลำดับผลิตภัณฑ์ที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรและความผันแปรในการผลิตต่ำที่สุด

ตารางที่ 1.1 แสดงรายละเอียดของปัญหาที่ใช้ในการทดลอง

ปัญหาทดลอง	จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์	ความยาวสตริง	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (MPS)	ความแปรปรวนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์	จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้
1.1	5	12	5:3:2:1:1	2.8000	332,640
1.2	5	12	4:3:2:2:1	1.3000	831,600
1.3	5	12	3:3:2:2:2	0.3000	1,663,200

ตารางที่ 1.1 แสดงรายละเอียดของปัญหาที่ใช้ในการทดลอง (ต่อ)

ปัญหาทดลอง	จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์	ความยาวสตริง	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (MPS)	ความแปรปรวนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์	จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้
2.1	5	15	7:3:2:2:1	5.5000	10,810,800
2.2	5	15	5:3:3:3:1	2.0000	50,450,400
2.3	5	15	3:3:3:3:3	0.0000	168,168,000
3.1	5	20	8:7:2:2:1	10.5000	2.993×10^9
3.2	5	20	5:5:5:3:2	1.2000	1.173×10^{11}
3.3	5	20	4:4:4:4:4	0.0000	3.055×10^{11}
4.1	10	20	7:5:1:1:1:1:1:1:1:1	4.6667	4.023×10^{12}
4.2	10	20	5:5:3:1:1:1:1:1:1:1	2.8889	2.816×10^{13}
4.3	10	20	2:2:2:2:2:2:2:2:2:2	0.0000	2.376×10^{15}
5.1	15	100	20:20:20:15:15:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	70.9524	3.790×10^{78}
5.2	15	100	15:15:15:10:10:10:10:5:4:1:1:1:1:1:1	32.5238	8.357×10^{91}
5.3	15	100	7:7:7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6:6:6	0.2381	6.334×10^{103}

1.5 ลักษณะของปัญหา

1.5.1 ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าทำการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม คือ มีการประกอบผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะเข้าสู่สายประกอบปะปนกัน ไม่มีการแบ่งว่าต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชุดไหนก่อน สำหรับงานวิจัยนี้ได้ทำการแก้ปัญหาการทดลอง 5 กรณี ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการในการผลิต (Demand) แตกต่างกัน คือ 12 15 20 20 และ 100 หน่วย โดยแต่ละปัญหาจะมีจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ และความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแตกต่างกัน และใช้ปัญหาเดียวกันกับ McMullen (2001a)

1.5.2 ข้อมูลเข้า (Input) คือ ชนิดและจำนวนผลิตภัณฑ์ ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งถูกแจกแจงด้วยการแจกแจงยูนิฟอร์ม (Uniform Distribution) $U[0,100]$

1.5.3 การจัดลำดับผลิตภัณฑ์จะจัดเข้าเป็นกลุ่ม โดยใช้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต (Minimum Part Set: MPS) ซึ่งเป็นการจัดลำดับที่ตอบสนองความต้องการด้านความหลากหลายของรูปแบบผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสม

เช่น ผลิตผลิตภัณฑ์ A จำนวน 120 หน่วย ผลิตภัณฑ์ B จำนวน 60 หน่วย และผลิตภัณฑ์ C จำนวน 40 หน่วย ดังนั้น MPS = 6:3:2 นั่นคือ ทำการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ AAAAAABBBCC เข้าทำการประกอบ

1.5.4 การจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่เข้าทำการประกอบในสายการประกอบ เพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ 2 ประการในเวลาเดียวกัน คือ เพื่อให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด และเพื่อให้มีความผันแปรในการผลิตที่ต่ำที่สุด ดังแสดงในสมการที่ (1.2) และ (1.3)

$$\text{Minimize } \{f_1(x), f_2(x)\} \quad (1.1)$$

$$\text{โดยที่ } f_1(x) = \sum_{k=1}^{D_T+1} s_{[k-1],[k]} \quad (1.2)$$

$$f_2(x) = \sum_{k=1}^{D_T} \sum_{i=1}^n \left(x_{i,k} - k \frac{d_i}{D_T} \right)^2 \quad (1.3)$$

$$\text{และ } D_T = \sum_{i=1}^n d_i \quad (1.4)$$

กำหนดให้

$f_1(x)$ คือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร จากลำดับการผลิตที่ $k-1$ ไปยัง k เมื่อ $k = 1, 2, \dots, D_T$

$f_2(x)$ คือ ความผันแปรในการผลิตในลำดับการผลิต

n คือ จำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิต

D_T คือ จำนวนหน่วยทั้งหมดของทุกผลิตภัณฑ์ หรือความต้องการในการผลิตทั้งหมดในทุกผลิตภัณฑ์ และใช้แทนเป็นลำดับการผลิต

d_i คือ ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

$s_{[k-1],[k]}$ คือ เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ต้องทำงาน k ต่อจากงาน $k-1$ ที่เพิ่งทำ

เสร็จ

$x_{i,k}$ คือ จำนวนหน่วยทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ i ที่ถูกผลิตในลำดับการผลิต

1.5.5 สมมติฐานในการวิจัยดังนี้ (Zeram dini, Aigbedo และ Mondon, 2000 และพิรลักษณ์, 2547)

- สายการผลิตมีความสมดุล
- ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายชนิดที่ทำการจัดลำดับเพื่อเข้าทำการประกอบ จะต้องทำบนสายการประกอบเดียวกัน
- สถานการณ์เป็นรูปแบบปิด และมีรอบเวลาในการปล่อยสินค้าที่คงที่

- เวลาปรับตั้งเครื่องจักร สำหรับแต่ละการดำเนินงาน จะขึ้นกับลำดับงานที่อยู่ก่อนหน้า (Sequence-Dependent Setup Time)

- เครื่องจักรทุกเครื่องไม่มีการเสียหรือขัดข้อง
- พนักงาน เครื่องมือ และวัตถุดิบมีความพร้อมใช้งานและมีไม่จำกัด
- งานทั้งชิ้นจะต้องถูกทำให้เสร็จก่อนที่จะส่งไปยังเครื่องจักรอื่นได้
- มีเพียงหนึ่งงานเท่านั้นที่อยู่บนเครื่องจักรได้ ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง
- ไม่มีการยกเลิกคำสั่งซื้อจากลูกค้า
- พื้นที่ในแถวคอยของแต่ละสถานีงานมีไม่จำกัด
- ในการเข้าทำการประกอบในแต่ละสถานีงานจะทำตามลำดับของผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ ไม่มีการอนุญาตให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 ลดความยุ่งยากและระยะเวลาในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ผสมบนสายการประกอบ ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

1.6.2 มีการพัฒนาโปรแกรมขึ้นมาสำหรับแก้ปัญหาการจัดลำดับสายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

1.6.3 สามารถนำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้องต่อไปได้

1.7 ขั้นตอนในการวิจัย

7.1.1 ศึกษาทฤษฎีและสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

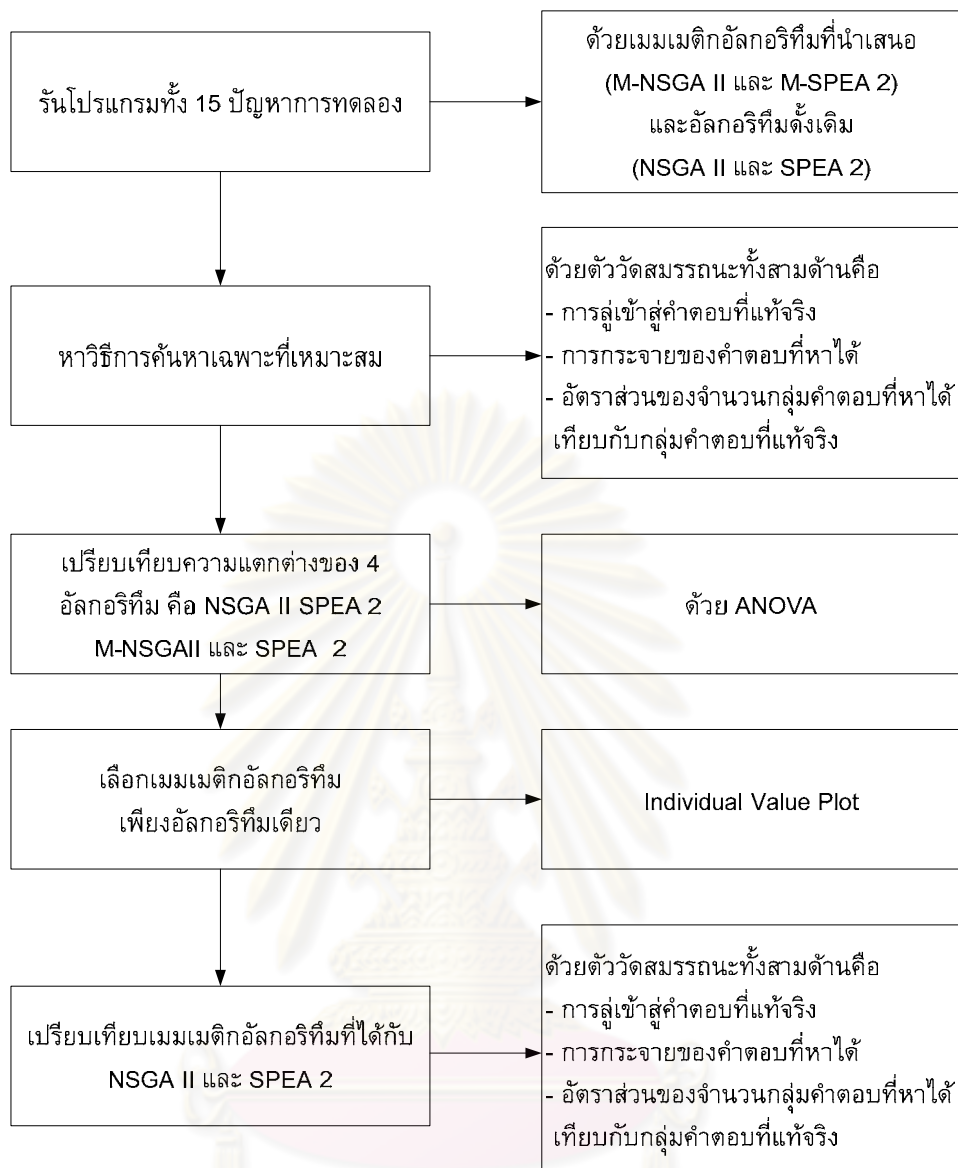
7.1.2 ศึกษาโปรแกรม MATLAB

7.1.3 สร้าง Algorithm และเขียนโปรแกรมโดยใช้ MATLAB

7.1.4 ทดสอบความถูกต้องและประเมินผลการแก้ปัญหาโดยโปรแกรมที่เขียนขึ้น

7.1.5 สรุปผลวิเคราะห์

7.1.6 จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์



รูปที่ 1.1

รายละเอียดขั้นตอนในการวิจัย

1.8 สรุปเนื้อหางานวิจัย

เนื้อหาในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย การสำรวจงานวิจัย ทฤษฎีต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ทฤษฎีการหาค่าเหมาะที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ ทฤษฎีพื้นฐานของเมมเมติกอัลกอริทึม ทฤษฎีการจัดลำดับงานเข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี การทดสอบพารามิเตอร์ การเปรียบเทียบเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอและเจเนติกอัลกอริทึม และสรุปงานวิจัยและข้อเสนอแนะ โดยแบ่งงานวิจัยออกเป็น 9 บท มีรายละเอียดดังนี้

■ บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งแบ่งออกเป็น 4 เรื่อง คืองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งแบ่งออกเป็นการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ และการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

■ บทที่ 3 ทฤษฎีการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์

บทนี้จะกล่าวถึงหลักการพื้นฐานของการหาค่าเหมาะสมที่สุด ลักษณะปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยเมทริกซ์ฮิวริสติก รวมไปถึงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิวัฒนาการหรือเอลโวลูชันนารีอัลกอริทึม ที่จัดว่าเป็นเมทริกซ์ฮิวริสติกหนึ่งที่มีความสามารถในการหาค่าตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

■ บทที่ 4 ทฤษฎีพื้นฐานของเมมเมติกอัลกอริทึม

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเมมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ โดยเนื้อหาประกอบด้วย วิธีการค้นหาเฉพาะที่สำหรับปัญหาการหาเส้นทางเดินที่ดีที่สุดของพนักงานขาย หลักการยอมรับคำตอบที่ได้จากค้นหาเฉพาะที่ ปัจจัยที่ควรคำนึงในการใช้การค้นหาเฉพาะที่ ตลอดจนขั้นตอนในการค้นหาคำตอบด้วยเมมเมติกอัลกอริทึม และการเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมและเจเนติกอัลกอริทึม

■ บทที่ 5 ทฤษฎีการจัดลำดับงานเข้าสายการประกอบและระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

บทนี้จะเกี่ยวข้องกับลักษณะการผลิตที่ใช้ในการวิจัย โดยจะกล่าวถึงลักษณะของสายการประกอบ คุณลักษณะของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี และการจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาปรับตั้งขึ้นกับลำดับงานก่อนหน้า

■ บทที่ 6 เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

ในบทนี้จะกล่าวถึงจะการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในเรื่องเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและความผันแปรในการผลิต โดย

รายละเอียดของเนื้อหาประกอบด้วย ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ โครงสร้างของเมมเมติกอัลกอริทึม ขั้นตอนและวิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึม ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II และ SPEA 2 สำหรับปัญหาที่ทำการศึกษาในงานวิจัย

▪ **บทที่ 7 การกำหนดและทดสอบพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง**

เนื้อหาในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดพารามิเตอร์ของเมมเมติกอัลกอริทึม โดยการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะทำให้วิธีการเมมเมติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นในการหาคำตอบสำหรับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าทำการประกอบในสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม จำเป็นต้องมีการทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสม โดยพารามิเตอร์ที่ส่งผลต่อเมมเมติกอัลกอริทึมโดยตรง คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่จะถูกนำมาทดสอบด้วยการทดลองทุกปัญหาการทดลองและใช้การวัดผลกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด 3 ด้านคือ ตัววัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ และ อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละโจทย์ปัญหา ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องหลายตัวจะกำหนดจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องที่ผ่านมา

▪ **บทที่ 8 การเปรียบเทียบผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมด้วยวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมกับ NSGA II และ SPEA 2**

ในบทนี้จะทำการเปรียบเทียบอัลกอริทึมทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยคือ NSGA II, SPEA 2, M-NSGA II และ M-SPEA 2 ถึงการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่เข้าไปช่วยในการค้นหาเฉพาะที่ในเมมเมติกอัลกอริทึมแตกต่างจากอัลกอริทึมดั้งเดิมหรือไม่ จากนั้นทำการเปรียบเทียบเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสอง (M-NSGA II และ M-SPEA2) เพื่อคัดเลือกใช้เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ และนำเมมเมติกอัลกอริทึมที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีด้วย NSGA II และ SPEA 2

▪ **บทที่ 9 บทสรุปและข้อเสนอแนะ**

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุป พร้อมทั้งข้อเสนอแนะ

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื่องจากงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ดังนั้นในบทที่ 2 นี้จะกล่าวถึงการรวบรวมงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อประยุกต์ใช้หลักการและข้อสรุปบางประการสำหรับเป็นแนวทางในการทำงานวิจัย ซึ่งแบ่งประเภทงานวิจัยที่เกี่ยวข้องออกเป็น 3 ประเภทคือ

1. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี
3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึม
 - ก. การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ
 - ข. การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

- Bard และคณะ (1992) เสนองานวิจัยเกี่ยวกับหลักการในการวิเคราะห์เพื่อการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ซึ่งต้องมีการพิจารณาถึงสิ่งที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ตารางการทำงานของพนักงาน ผลิตภัณฑ์มีหลายชนิดปะปนกัน ขอบเขตของสถานี่งานเป็นแบบสถานี่งานเปิดหรือปิด และหลักในการเริ่มทำการผลิตมีการกำหนดเวลาการทำงานหรือการทำงานอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังขึ้นกับวัตถุประสงค์การจัดลำดับที่ต้องการ คือ ต้องการให้สายการประกอบสั้นที่สุด หรือเวลาที่ใช้ในการประกอบน้อยที่สุด โดยในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์จะเข้าตามสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่กำหนด (Minimum Part Set: MPS) ซึ่งเป็นการจัดที่เหมาะสมกับการผลิตโดยเฉพาะในการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing) ง่ายต่อการคำนวณ ทำให้ได้รับคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ที่เป็นจริงได้ และทำให้ได้ผลดีกว่าการจัดแบบสลับผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

- Kim และคณะ (1996) เสนอการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ที่มีสถานงานแบบไฮบริด คือมีสถานงานเปิดและสถานงานปิดปะปนกัน และจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อเวลาในการปรับตั้งเครื่อง และทำการประยุกต์เจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาและนำเสนอวิธีการครอสโอเวอร์แบบใหม่ นั่นคือ Immediate Successor Relative Crossover (ISRX) และมีการดัดแปลงวิธีการครอสโอเวอร์แบบต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะของสตริงที่สร้างขึ้น โดยมีการสร้างสตริงเป็นตัวเลขแทนชนิดของผลิตภัณฑ์ วิธีการครอสโอเวอร์ที่ใช้ในงานวิจัยได้แก่ Modified Edge Recombination (modER), Modified Order Crossover (modOX), Modified Partially Mapped Crossover (modPMX) และ Modified Cycle Crossover (modCX) สำหรับวิธีการมิวเทชันมีการใช้ทั้งหมด 5 วิธี คือ Reciprocal Exchange, Insertion, Inversion, Displacement และ Slice Mutation จากการทดลองพบว่าการใช้วิธี ISRX ทำให้ได้คำตอบที่ดีเมื่อใช้ร่วมกับ Inversion Mutation สำหรับปัญหาขนาดเล็ก และ Insertion Mutation สำหรับปัญหาขนาดใหญ่ จากนั้นนำคำตอบที่ได้จากวิธีเจเนติกอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับวิธี Adjacent Pairwise Interchange และ Branch and Bound ผลการวิจัยพบว่า วิธีการเจเนติกอัลกอริทึมสามารถลดเวลาในการหาคำตอบ โดยได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution)
- Leu และคณะ (1996) ได้นำเอาวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมมาใช้ในการหาคำตอบในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการเกิดคอขวดในสายการผลิต ป้องกันไม่ให้เกิดการหยุดของสายการผลิต และไม่มีการสะสมของสินค้าคงคลังที่มากเกินไป จากนั้นนำคำตอบที่ได้จากวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมเปรียบเทียบกับผลวิธี Toyota's Goal Chasing Algorithm โดยเปรียบเทียบกับค่า Variability in Parts Consumption (VPC) ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าวิธีการเจเนติกอัลกอริทึมให้ผลที่ดีกว่าโดยเฉพาะในปัญหาโจทย์ขนาดเล็ก
- Hyun และคณะ (1998) มีการนำเอาวิธีการทางเจเนติกอัลกอริทึมประยุกต์ใช้แก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม โดยมีวัตถุประสงค์ คือการหาค่าที่ต่ำที่สุดในการทำงานที่ใช้ประโยชน์ได้ (Minimizing total utility work) การรักษาระดับคงที่ในการใช้ชิ้นส่วนในการประกอบ (Keeping a constant rate of part usage) โดยมีการนำเสนอวิธีการหาเซตคำตอบที่มีความหลากหลาย จึงได้พิจารณาลักษณะคำตอบเป็นกลุ่ม (Pareto-Optimality) เรียกว่า

Pareto Stratum-Niche Cubicle (PS-NC) วิธีการคัดเลือกสตริงจะมีการสร้าง Niche Cubicle ในแต่ละเจนเนอเรชัน หากคำตอบอยู่ในบริเวณ Niche Cubicle มีความหนาแน่นน้อย จะมีโอกาสในการถูกเลือกเข้าสู่กระบวนการ GAs ต่อไป สำหรับการครอสโอเวอร์ที่ใช้ คือ วิธี Immediate Successor Relative Crossover (ISRX) และการมิวเทชันแบบ Inversion (INV) เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการหาคำตอบกับเจนเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ 3 วิธี คือ Vector Evaluated Genetic Algorithm (VEGA), Pareto Genetic Algorithm (PGA) และ Niche Pareto Genetic Algorithm (NPGA) พบว่าวิธี PS-NC ให้ผลที่ดีกว่าอัลกอริทึมอื่น ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีปัญหาขนาดใหญ่ หรือมีความผันแปรของการปรับตั้งเครื่องมาก

- วันวิสาข์ นิ่มมะโน (2544) เสนอการประยุกต์ใช้ฟัซซีเจเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบฟัซซี เพื่อให้ได้ลำดับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการประกอบเสร็จน้อยที่สุด โดยวัดในรูปของค่าความพึงพอใจของผู้จัดลำดับผลิตภัณฑ์ และเปรียบเทียบผลคำตอบกับวิธีวิวิธิตกของ CDS ผลการเปรียบเทียบสามารถแสดงให้เห็นว่าฟัซซีเจเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบฟัซซี โดยสามารถให้คำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่กำหนด

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้วิวิธิตกและวิธีอื่น ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

- Miltenburg และ Sinnamon (1989) กล่าวถึงการจัดตารางการผลิตโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคงอัตราการใช้ชิ้นส่วนในแต่ละระดับของสายการประกอบให้มีความแปรปรวนเกิดขึ้นให้น้อยที่สุด ซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้นว่า แต่ละผลิตภัณฑ์มีความต้องการจำนวนของส่วนประกอบย่อยในจำนวนเท่าๆ กันและประกอบไปด้วยการผสมส่วนประกอบย่อยที่เหมือนๆ กัน จากนั้นได้สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์แล้วพัฒนาวิธีการที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตขึ้น 3 วิธี โดยแต่ละวิธีเป็นการพัฒนาเพื่อให้ได้คำตอบที่ดียิ่งขึ้นและเป็นวิธีที่มีความเหมาะสมเมื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์กับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากจะช่วยลดเวลาในการคำนวณ ซึ่งใน

วิธีการที่ 3 ยังได้มีการคิดค้นวิธีฮิวริสติกขึ้น 2 แบบด้วยกัน เพื่อใช้ในการปรับปรุงคำตอบที่ได้จากวิธีการข้างดังกล่าว จากการนำเอาวิธีฮิวริสติกแบบที่ 1 ไปใช้ในการปรับปรุงคำตอบที่ได้ในขั้นต้น พบว่าเป็นวิธีที่ไม่ได้พิจารณาถึงผลกระทบที่จะเกิดกับระดับของการประกอบถัดไป จึงทำให้เกิดผลของค่าความแปรปรวนของอัตราการใช้ชิ้นส่วนที่มากกว่าวิธีฮิวริสติกแบบที่ 2 อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังได้มีการนำเสนอถึงรูปแบบของการวิเคราะห์ปัญหาการจัดตารางการผลิตในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ในกรณีที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดไม่ได้มีความต้องการส่วนประกอบย่อยที่เหมือนกันหรือในปริมาณที่เท่ากันกับผลิตภัณฑ์ตัวอื่นๆ ซึ่งจะทำให้จำเป็นที่จะต้องพิจารณาในส่วนของอัตราความต้องการของชิ้นส่วนประกอบย่อยเพิ่มเติมเข้าไปจากในตอนต้นที่พิจารณาเฉพาะอัตราความต้องการของผลิตภัณฑ์เท่านั้น

- Inman and Bulfin (1991) พบว่าการจัดตารางการผลิตของสายการประกอบภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีนั้น เมื่อนำเอากฎการส่งมอบแบบ EDD มาใช้ในการจัดตารางจะให้ผลของการจัดตารางที่ดีเทียบเท่ากับการใช้แนวทางของ Miltenburg คือ การใช้วิธีการที่ 3 ซึ่งจะถูกรับปรุงคำตอบโดยฮิวริสติกแบบที่ 2 ซึ่งพบว่าการใช้กฎ EDD ในการจัดตารางการผลิต จะช่วยลดเวลาในการจัดตารางลงได้ประมาณ 200 เท่าของเวลาที่ใช้ตามแนวทางของ Miltenburg โดยการศึกษาที่ใช้ดัชนีในการวัดประสิทธิภาพของระบบ คือ การลดความแปรปรวนของเวลาในการเสร็จสิ้นงานและเวลาในการส่งมอบ ซึ่งในกรณีที่ผลิตภัณฑ์มีเวลาในการส่งมอบที่เท่ากัน ได้มีการเสนอให้จัดตารางให้แก่งานที่มีปริมาณความต้องการที่มากกว่าเป็นอันดับแรก ซึ่งทำให้สามารถบรรลุวัตถุประสงค์ของ Miltenburg ที่ว่าต้องการลดความแปรปรวนระหว่างปริมาณการผลิตและปริมาณความต้องการได้เช่นเดียวกัน
- Inman และ Bulfin (1992) ได้ขยายเรื่องการใช้ชิ้นส่วนในการประกอบผลิตภัณฑ์ในสายการประกอบสุดท้าย และพัฒนาฮิวริสติกในการจัดตารางการผลิต คือ Quick and Dirty Heuristic โดยมีฟังก์ชันเป้าหมายคือ การหาค่าที่ต่ำที่สุดของความผันแปรระหว่างกำหนดส่งมอบในอุดมคติและเวลาเสร็จสิ้นงาน ผลลัพธ์ในเรื่องความเร็วในการคำนวณ แสดงให้เห็นว่า การใช้ฮิวริสติก EDD ดีกว่าผลลัพธ์ของการใช้ฮิวริสติกของ Miltenburg and Sinnamon (MS Heuristics) ทั้ง MS1 และ MS2 นอกจากนี้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ยังสามารถใช้ฮิวริสติก EDD ได้ ซึ่งประโยชน์นี้เป็นสิ่งสำคัญมากในโรงงานอุตสาหกรรม

- Zeram dini, Aigbedo และ Mondon (2000) ได้เสนอวิธีการสองขั้นตอน (Two-Step Approach) โดยที่ขั้นตอนแรกได้พิจารณาถึงเป้าหมายที่หนึ่งในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ในที่นี้คือการรักษาระดับการใช้ชิ้นส่วนในการประกอบให้มีระดับคงที่ เพื่อพัฒนาฮิวริสติกในการแก้ปัญหาที่อาศัยวิธีการขยาย Goal-Chasing (Extended Goal-Chasing Algorithms) ของ Miltenburg และ Sinnamon (1989) และแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของวิธีการใหม่นี้ว่ามีขอบเขตขั้นต่ำ (Lower Bound) ในความแปรปรวนในการใช้ชิ้นส่วนในการประกอบผลิตภัณฑ์ ส่วนในขั้นตอนที่สองได้มุ่งประเด็นไปที่การพิจารณาเป้าหมายที่สอง ในที่นี้คือการปรับให้ภาระงานในแต่ละสถานีงานมีความสมดุลกันเพื่อไม่ให้มีผลต่อการหยุดของสายการผลิต ที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมรถยนต์ และเปรียบเทียบกับวิธีที่ใช้โดยทั่วไปด้วยการอิงฐานเวลาในการคำนวณ จากผลการจำลองปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์พบว่าสมรรถนะของวิธีการสองขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นนี้เป็นวิธีการศึกษาที่ดีกว่ารูปแบบการคำนวณทางคณิตศาสตร์
- Korkmazel และ Meral (2001) ได้พัฒนาฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหาความผันแปรในการผลิต ซึ่งเป็นเป้าหมายที่ 2 ที่ใช้ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของวิธีการแก้ปัญหา 4 วิธี คือ วิธีการ EDD วิธีที่ 3 ที่ใช้ฮิวริสติกที่ 2 ของ Miltenburg (Miltenburg's Algorithm 3 with Heuristic 2) วิธีการของ Ding และ Cheng (Ding and Cheng Algorithm) และวิธีการดัดแปลงของ Ding และ Cheng (Modified Ding and Cheng Algorithm) ซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่หาได้จากการแก้ปัญหาความผันแปรในการผลิตจะใช้ Shortest Part Algorithm ของ Burdard และ Derins (1980) ซึ่งมีประสิทธิภาพเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาดังกล่าว แต่ไม่ควรใช้สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ ที่อาจกลายเป็นข้อจำกัดการคำนวณทางคอมพิวเตอร์ได้ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่า วิธีดัดแปลงของ Ding และ Cheng สามารถแก้ปัญหาขนาดใหญ่ได้ นอกจากนี้ยังทำการแก้ปัญหาการจัดลำดับที่พิจารณาทั้ง 2 เป้าหมายในเวลาเดียวกัน คือ การใช้ชิ้นส่วนที่สม่ำเสมอ และการปรับภาระงานให้มีการทำงานเท่ากัน ๆ ซึ่งภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีนั้น ผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิตจะมีการดำเนินงานที่คล้ายกันหรือใกล้เคียงกันในเวลาปฏิบัติงานในทุก ๆ สถานีงาน เมื่อความผันแปรในเวลาปฏิบัติงานน้อย การปรับภาระงานในแต่ละสถานีงานจึงถือว่ามีความสำคัญเท่าเทียมกัน ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าถ้ามีความผันแปรในเวลาปฏิบัติงานมาก จึงจะพิจารณาเป้าหมายในการปรับภาระงาน ดังนั้นเป้าหมายในการปรับภาระงานในการทำงานจึงถือว่าเป็นเป้าหมายรองในการวินิจฉัย

- McMullen (2001a) ได้เปรียบเทียบฮิวริสติกในการค้นหาคำตอบ 3 วิธีคือ เจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm: GA), ซิมูเลท แอนเนลลิ่ง (Simulated Annealing: SA) และทาบู เซิร์ช (Tabu Search: TA) และนำเสนอเทคนิคที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดตารางการผลิตในระบบทันเวลาพอดีที่พิจารณา 2 วัตถุประสงค์ ในเวลาเดียวกัน เทคนิคนั้นก็คือ “Efficient Frontier” สำหรับการหาค่าที่ต่ำที่สุดในการปรับตั้งเครื่องระหว่างผลิตผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกัน และการหาค่าที่เหมาะสมสำหรับลักษณะที่เปลี่ยนแปลงได้ในตารางการผลิต เพื่อเปรียบเทียบสมรรถนะของฮิวริสติกทั้งสามโดยใช้เปอร์เซ็นต์ไทม์ของสมรรถนะของฮิวริสติกแต่ละตัว ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าในปัญหาที่มีขนาดใหญ่ GA ไม่ได้ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า SA และ TS โดยให้เหตุผลว่าการเลือกใช้การครอสโอเวอร์ที่ใช้ในเจนเนติกอัลกอริทึมที่ไม่เหมาะสม จะทำให้มีผลลัพธ์ในสมรรถนะของ Efficient Frontier ไม่ดี
- McMullen (2001b) ได้นำเสนอเทคนิคในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตในระบบทันเวลาพอดี สำหรับฟังก์ชันเป้าหมายยังคงใช้ฟังก์ชันเดียวกันกับ McMullen (2001a) โดยใช้วิธีโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network Approach) ของ Kohonen Self-Organizing Map: SOM ในการพิจารณาทั้งสองฟังก์ชันเป้าหมายนี้ ผลลัพธ์แสดงให้เห็นว่าวิธี Kohonen SOM มีเปอร์เซ็นต์ไทม์ของสมรรถนะที่ดีกว่าทั้งสามฮิวริสติก แต่ในระยะเวลาในรันคำตอบโดยใช้คอมพิวเตอร์ ถือว่ายังเป็นอุปสรรคของวิธี Kohonen SOM ที่ให้ผลลัพธ์ที่แยกว่าฮิวริสติกทั้งสามวิธี
- McMullen (2001c) ได้พัฒนาวิธี Ant Colony Optimization (ACO) เพื่อเปรียบเทียบกับฮิวริสติกที่ใช้ในการแก้ปัญหาหาค่าเหมาะสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ โดยมีฟังก์ชันเป้าหมายเดียวกันกับในงานวิจัยของ McMullen (2001a และ b) สมรรถนะของการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาด้วย ACO ได้ใช้ 6 กลยุทธ์ที่เกี่ยวข้องกับ ACO ในการหาลำดับการผลิตที่ตอบสนองกับฟังก์ชันเป้าหมายดังกล่าว และเปรียบเทียบผลการทดลองของวิธีนี้กับฮิวริสติกทั้งสี่วิธีใน McMullen (2001a และ b) และสามารถสรุปผลได้ว่าวิธี ACO ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าทั้งสี่ฮิวริสติกในเรื่องสมรรถนะของฮิวริสติกในการค้นหาคำตอบที่ให้ค่าใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด และเวลาในการคำนวณคำตอบของคอมพิวเตอร์
- Mansouri (2005) ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ด้วยเจนเนติกอัลกอริทึม (MOGA) เพื่อใช้ในการหาคำตอบที่เหมาะสมสำหรับปัญหาการ

จัดลำดับผลิตภัณฑ์แบบผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยพยายามค้นหา Pareto-Optimal Frontier หรือ Locally Non-dominated Frontier ซึ่งพิจารณาฟังก์ชันเป้าหมาย คือ การหาค่าที่ต่ำที่สุดในการปรับตั้งเครื่องและการหาค่าความผันแปรในการผลิตที่ต่ำที่สุดไปพร้อม ๆ กัน สำหรับการพัฒนา MOGA ได้ใช้พื้นฐานของตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operator) คือ คrossover (Crossover) อินเวอร์ชัน (Inversion) และมิวเทชัน (Mutation) ที่มีความสามารถในการได้มาซึ่งคุณภาพและความหลากหลายของคำตอบ

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึม

2.3.1 การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

- Cheng และ Gen (1997) ได้หาเหตุผลถึงการประยุกต์ใช้ Hybrid Genetic Algorithms หรือ Memetic Algorithms ในแก้ปัญหาการจัดตารางเครื่องจักรขนาน ซึ่งมีสองประเด็นที่สำคัญในการจัดการกับทุกรูปแบบของปัญหาการจัดตารางเครื่องจักรขนาน คือการแบ่งสรรงานให้กับเครื่องจักร และการลำดับงานภายในเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยพื้นฐานแนวคิดของการนำเสนอวิธีการในการแก้ปัญหา คือการใช้เจเนติกอัลกอริทึม ในการแบ่งสรรงาน หลังจากนั้นจะประยุกต์ใช้ตัวดำเนินการเฉพาะที่ (Local Optimizer) เพื่อปรับให้การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งของงานมีความเหมาะสม สำหรับวัตถุประสงค์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ ผลรวมที่น้อยที่สุดของผลคูณระหว่างตัวถ่วงน้ำหนักกับค่าสัมบูรณ์ของความผันแปรระหว่างเวลาเสร็จงานและเวลาส่งมอบ ผลลัพธ์ของการทดลองแสดงให้เห็นว่า MA ให้ค่าที่ต่ำกว่า GA
- Ishibuchi และ Murata (1998) เสนอการประยุกต์ใช้ Multi-Objective Genetic Algorithm (MOGLS) ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานในระบบผลิตแบบไหลสั้น (Flow Shop Scheduling) เมมเมติกอัลกอริทึมที่ใช้นี้ได้ขยายแนวคิดมาจากเจเนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective GA) ให้กลายเป็น Hybrid Algorithm โดยทำการประยุกต์ร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ และกำหนดค่าความแข็งแรง (Fitness Assignment) ด้วยวิธีการรวมหลายฟังก์ชันเข้าด้วยกัน โดยอาศัยการถ่วงน้ำหนัก (Weighted Sum Approach) และใช้ Fitness Function นี้ในการเลือกสตริงคำตอบในการ crossover และมิวเทชัน และวิธีการค้นหาเฉพาะที่จะนำประยุกต์กับสตริงคำตอบใหม่ที่ได้จากการ crossover และมิวเทชัน นอกจากนี้หนึ่งในคุณลักษณะพิเศษของอัลกอริทึมนี้คือ การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบปรับปรุงครั้งแรก (First Improvement) คือจะหยุดการค้นหา

เฉพาะที่เมื่อไม่มีคำตอบที่ดีกว่าคำตอบที่พบ k ครั้ง และไม่ทำการประยุกต์วิธีการค้นหาเฉพาะที่ในทุกคำตอบ ซึ่งเป็นเทคนิคที่ช่วยลดเวลาในการคำนวณ สำหรับการเปรียบเทียบผลคำตอบจะทำการเปรียบเทียบกับวิธี Vector Evaluated Genetic Algorithm (VEGA) และ Constant Weight Genetic Algorithm (CWGA) และผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า MOGLS นี้ได้คุณภาพคำตอบที่ดีและใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนัก

- Franca, Mendes และ Moscato (2001) ได้เสนอเมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithm) ที่ใช้หลักการของประชากรลูกผสม (Hybrid Population) ซึ่งเป็นโครงสร้างประชากรคำตอบเป็นลำดับชั้น (Hierarchically structure population) ในการแก้ปัญหาการจัดตารางเครื่องจักรเดี่ยวที่ใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในเรื่องเวลาล่าช้าทั้งหมด (Total Tardiness) โดยเวลาปรับตั้งเครื่องจักรสำหรับการดำเนินการดำเนินงานจะขึ้นกับลำดับงานที่อยู่ก่อนหน้า (Sequence-Dependent Setup Time) และประโยชน์ของการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ใน MA เพื่อช่วยในการลดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคำตอบ โดยเปรียบเทียบผลคำตอบที่ได้กับฮิวริสติก 3 วิธี คือ Multiple Start (MS) ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่แบบ All Pairwise Neighborhood และวิธี Insertion Procedure กฎการจ่ายงาน (Dispatching Rule) ที่ใช้กฎการส่งมอบที่เร็วที่สุด (Earliest Due Date : EDD) ร่วมวิธี Insertion Procedure และฮิวริสติก ATCS ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า MA ให้ประสิทธิภาพที่ดีกว่าฮิวริสติกอื่น ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้
- Ishibuchi และคณะ (2003) ในงานวิจัยนี้ได้แสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์ (Evolutionary Multi-objective Optimization: EMO) ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับงานในระบบผลิตแบบไหลสั้น โดยแสดงให้เห็นถึงผลกระทบในทางที่ดีและไม่ดีของการปรับปรุงแบบการค้นหาเฉพาะที่แบบลูกผสม (Hybridization) ผลกระทบที่ดีของวิธีการทางลูกผสมคือการปรับปรุงคำตอบให้เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงได้อย่างรวดเร็ว ส่วนผลกระทบในด้านไม่ดีก็ทำให้สูญเสียเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้พัฒนาเมมเมติกอัลกอริทึมจาก MOGLS และเรียกอัลกอริทึมนี้ว่า Modified MOGLS โดยทำการออกแบบการทดลองให้เกิดความสมดุลระหว่างการค้นหาทางพันธุกรรม (Genetic Search) และการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) และเปรียบเทียบอัลกอริทึมนี้กับ SPEA และ NSGA II ผลการทดลองสามารถแสดงให้เห็นว่าสามารถสร้างความสมดุลของการค้นหาทั้งสองได้

- Ishibuchi และ Kaige (2004) ได้เสนอเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก MOGLS ชื่อว่า Simple MOGLS (S-MOGLS) ในการแก้ปัญหา Knapsack Problem โดยการพัฒนาอัลกอริทึมนี้มีแนวคิดในลดความซับซ้อนและเวลาในการคำนวณน้อยลง เนื่องจากรูปแบบของ MOGLS มีการใช้ Secondary Population เพื่อเก็บคำตอบ Non-dominated Solutions ทำให้อัลกอริทึมมีความซับซ้อนในการเก็บคำตอบและการปรับปรุง (Update) ในแต่ละเจนเนอเรชัน จึงใช้ระยะเวลาในการคำนวณมาก ดังนั้นใน S-MOGLS นี้จึงทำการตัดขั้นตอนการใช้ Secondary Population แต่จะใช้การ Update ในเจนเนอเรชันเดียวกันของวิธี Non-dominated Genetic Algorithm (NSGA II) นั่นคือคำตอบในเจนเนอเรชันถัดไปจะถูกเลือกจากการรวมกันของประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่และประชากรคำตอบรุ่นลูก หลังจากนั้นใช้หลักการ Pareto Ranking และ Crowding Distance ในการคัดเลือกคำตอบจะพิจารณาอันดับที่ของคำตอบ คำตอบที่มีอันดับที่หนึ่งจะถูกคัดเลือกรวมออกไปจาก Tentative Population และเพิ่มเข้าไปสู่ประชากรคำตอบในเจนเนอเรชันต่อไป และทำการคัดเลือกสตริงคำตอบในอันดับที่ต่อมา ถ้าคำตอบที่คัดเลือกอยู่ในอันดับเดียวกัน ทำให้ผลรวมของจำนวนคำตอบมากกว่า *popsiz*e ตัว จะพิจารณา Crowding Distance ที่มีค่ามาก สำหรับปัจจัยที่ส่งผลต่อคุณภาพคำตอบของวิธี S-MOGLS ทำการทดลองพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกสตริงคำตอบพ่อแม่และการค้นหาเฉพาะที่ผลเปรียบเทียบกับผลการทดลองกับวิธีวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์ อย่าง SPEA และ NSGA II ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า S-MOGLS ให้ความเร็วในการคำนวณและคุณภาพของคำตอบที่ดีในกรณีปัญหาขนาดเล็ก และยังไม่เป็นที่น่าพอใจนักในปัญหาขนาดใหญ่
- Moghaddam, Saremi และ Ziaee (2006) ได้เสนอเมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithm: MA) เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาเส้นทางการเดินทางของยานพาหนะที่ขนส่งสินค้ากลับในเส้นทางเดิม (Vehicle Routing Problem with Backhauls: VRPB) ซึ่งคณะผู้วิจัยได้นำเสนอการใช้ฮิวริสติกแบบวิธีการละโมภ (Greedy Heuristic) ในการเจนเนอเรตคำตอบเบื้องต้น ซึ่งการค้นหาค่าใกล้เคียงที่สุด (Nearest Neighbor Algorithm) นี้ถือว่าการเริ่มต้นในการสร้างคำตอบที่ดี เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของคำตอบให้มีคุณภาพและมีความรวดเร็วในการคำนวณ การเสนอ MA ของคณะผู้วิจัยนี้ ถือว่าเป็นรูปแบบที่แตกต่างไปจากตัวดำเนินการทางวิวัฒนาการ (Evolutionary Operator) เช่น Partial-Mapped Crossover (PMX), Order Crossover (OX), Position Based Crossover (PBX), Order-Based Crossover (OBX) และการมิวเทชัน (Mutation) โดยที่

สามารถแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะของ MA ในการทดลอง 2 การทดลอง ดังนี้ การทดลองที่ 1 เมื่อเปรียบเทียบ MA กับโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) คือ Lingo Software พบว่า MA มีประสิทธิภาพในการคำนวณที่ดีกว่า และเมื่อขนาดของปัญหาใหญ่ขึ้น Lingo Software ไม่สามารถคำนวณค่าได้ ส่วนการทดลองที่ 2 เป็นการตรวจสอบผลกระทบของการใช้การค้นหาค่าใกล้เคียงที่สุดในการเริ่มต้นหาคำตอบของ MA ผลการทดลองพบว่า MA มีสมรรถนะที่ดีในด้านคุณภาพของคำตอบและเวลาในการคำนวณ

- Tseng, Wang และ Shih (2006) ได้เสนอเมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithms: MAs) กับการใช้การค้นหาเฉพาะที่แบบแนะนำ (Guided Local Search) ในการแก้ปัญหาการวางแผนลำดับการประกอบผลิตภัณฑ์ โดยเป้าหมายของการวางแผนการประกอบ คือการสร้างลำดับการผลิตที่เป็นไปได้เพื่อประกอบเป็นผลิตภัณฑ์ และสามารถเลือกลำดับการประกอบอย่างมีประสิทธิภาพ ภายใต้ปัจจัยที่มีข้อจำกัด เช่น เวลาในการประกอบ เครื่องมือ และเครื่องจักร เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดลำดับการประกอบ ที่ใช้สามัญสำนึกส่วนบุคคล รวมทั้งประสบการณ์ของนักวางแผน ดังนั้นการวางแผนอาจจะเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) เพื่อจัดลำดับการประกอบให้มีความรวดเร็วและมีความยืดหยุ่น ซึ่งการพิจารณาปัญหาการประกอบที่มีข้อจำกัดมาก เจเนติกอัลกอริทึมแบบทั่วไป อาจจะทำให้เกิดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ในระหว่างกระบวนการวิวัฒนาการ (Evolution Process) ทำให้เกิดความล้มเหลวในการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเป็นการประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมแบบแนะนำ (Guided GAs) เพื่อเปรียบเทียบกับเมมเมติกอัลกอริทึม โดยที่ Guided GAs ที่ใช้วิธีการการค้นหาเฉพาะที่ เรียกว่า เมมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งผลลัพธ์ของ MA ทำให้หาคำตอบได้อย่างครอบคลุมถึงข้อจำกัดในการวางแผนการประกอบ และ Guided GAs ที่ประกอบด้วย PMX crossover และ Mutation ถือว่าเป็นสิ่งที่ทำให้ Guided GAs มีประสิทธิภาพมากขึ้น แต่เมื่อเปรียบเทียบกับ MA แล้ว ผลลัพธ์ของ MA สามารถให้คำตอบที่เหนือกว่า Guided GAs
- Kumar และ Singh (2007) ได้เสนอเมมเมติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) โดยนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีความสามารถในการให้คำตอบที่หลากหลาย หรือกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ด้วยการให้หลักการกำหนดความแข็งแรงแบบเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด (Pareto Based Approach) และประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่

เข้ามาช่วยในการปรับปรุงคำตอบ ส่วนวิธีที่นำมาใช้ในการพิจารณาว่ากลุ่มคำตอบที่ได้เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงหรือไม่ คือวิธีการจัดอันดับแบบฮิสโตแกรม (Rank-Histogram) คำตอบที่มี Rank = 1 คือคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า (Non-dominated Solution) และ Rank ที่มีค่าสูง ๆ จะถูกตัดออกไป และทำการปรับปรุง (Update) ในทุกๆ เจนเนอเรชันด้วยการรวมผลการการจัดอันดับในเจเนอเรชันก่อนหน้าและปัจจุบัน ถ้าการลู่เข้าของ Rank-Histogram มีค่าเข้าใกล้ 0.5 แสดงว่ากลุ่มคำตอบที่ได้นั้นเป็นกลุ่มคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่าคำตอบนี้ และหยุดกระบวนการค้นหา และนำกลุ่มคำตอบที่ได้จากวิธีการแก้ปัญหาคือ Pareto Genetic Local Search (Pareto-GLS), Pareto Double Two-Phase Local Search (PDTPLS) และ Multi-Objective Genetic Local Search (MOGLS) มาประมาณกลุ่มคำตอบที่แท้จริง และวัดสมรรถนะคำตอบที่ได้ในแต่ละอัลกอริทึมกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงในด้านการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence Measure) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread Measure) อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (C measure) และค่าความดีกว่าของคำตอบ (R measure) ผลการเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบด้วยตัววัดสมรรถนะแต่ละด้านสามารถสรุปได้ว่าเมื่อพิจารณา Convergence Measure และ C measure พบว่าวิธี PDTPLS ให้คำตอบที่ดีที่สุด และเมื่อพิจารณา Spread Measure และ R measure พบว่า Pareto-GLS ให้ผลที่ดีที่สุด

2.3.2 การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์บนสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

- งานวิจัยของ Moghaddam และ Vahed (2006) ได้พิจารณา 3 วัตถุประสงค์ในการจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีนั่นคือ ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการทำงานที่น้อยที่สุด (Minimizing the total utility work cost) ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับความแปรผันของการผลิตที่ต่ำที่สุด (Minimizing total production rate variation cost) และค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการปรับตั้งเครื่องที่ต่ำที่สุด (Minimizing total setup cost) โดยเสนอการใช้เมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithm: MA) ในการแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งวิธีการทำงานในการคัดเลือกคำตอบจะใช้วงล้อรูเล็ต และมีตัวดำเนินการทางพันธุศาสตร์ (Genetic Operator) ได้แก่ ครอสโอเวอร์ (Crossover) อินเวอร์ชัน (Inversion) และมิวเทชัน (Mutation) ผลลัพธ์ของการคำนวณแสดงให้เห็นว่า MA มี

ความสามารถที่สมบูรณ์แบบกว่าการใช้ Lingo Software โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ปัญหาที่มีขนาดใหญ่

- Vahed และคณะ (2007) ได้พัฒนา MAs ที่มีชื่อว่า Multi-Objective Scatter Search (MOSS) มาใช้แก้ปัญหาเดียวกับ Hyun (1998) โดยแสดงให้เห็นถึงสมรรถนะในการหาคำตอบของเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอกับอัลกอริทึมที่มีสมรรถนะสูงอย่าง NSGA II และ SPEA 2 ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่า MOSS ให้ประสิทธิภาพที่ดีในด้านคุณภาพคำตอบที่เหนือกว่าอัลกอริทึมชนิดอื่น แต่ให้ผลในระยะเวลาในการคำนวณไม่ด้นัก



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

ทฤษฎีการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์

ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ เราจำเป็นต้องศึกษาทฤษฎีและเทคนิคต่าง ๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด ดังนั้นเนื้อหาในบทนี้จึงเกี่ยวข้องกับหลักการพื้นฐานของการหาค่าเหมาะสมที่สุด ลักษณะปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยเมทริกซ์รวมไปถึงการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางวิวัฒนาการหรือเอลิวชันนารีอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์ ที่จัดว่าเป็นเมทริกซ์หนึ่งที่มีความสามารถในการหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ และการวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 หลักการพื้นฐานของการหาค่าเหมาะสมที่สุด

การหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization) เป็นวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดที่กำหนดขึ้น การหาค่าเหมาะสมที่สุดถือว่าเป็นสิ่งที่ช่วยในการแก้ปัญหาในด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ (Computer Science) ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) การวิจัยการดำเนินงาน (Operation Research) และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องได้เป็นอย่างดี โดยจะแบ่งปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด ออกเป็น 2 รูปแบบตามการพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์หรือฟังก์ชันเป้าหมาย คือการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่พิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพียงวัตถุประสงค์เดียว เรียกว่าปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบวัตถุประสงค์เดียว (Single Objective Optimization Problem) ส่วนปัญหาที่พิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์มากกว่า 1 ฟังก์ชันพร้อม ๆ กัน ในรูปแบบปัญหาลักษณะนี้อาจมีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีความขัดแย้งกัน หรือเป็นไปในแนวทางเดียวกัน และเรียกว่าเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Optimization Problem) หรือปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่พิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Optimization Problem) หรือปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบเวกเตอร์ (Vector Optimization Problem) (Osyczka, 1985) ซึ่งการหาค่าเหมาะสมที่สุดนี้จะประกอบด้วยเวกเตอร์ตัวแปรตัดสินใจ (Vector of Decision Variables) ข้อจำกัด (Constraints) และเวกเตอร์ฟังก์ชัน (Vector Functions) ที่สามารถเรียกว่าเป็น ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Functions)

3.1.1 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ในขั้นตอนการหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้น จะมีเกณฑ์ (Criteria) ที่ใช้ในการคำนวณค่าเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยที่เกณฑ์นี้จะเป็นตัวกำหนดเป้าหมายในค้นหาคำตอบว่าเป็นไปใน

ลักษณะใดซึ่งเรียกว่า ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function) โดยมากฟังก์ชันวัตถุประสงค์จะเกี่ยวข้องกับการหาค่ามากที่สุด (Maximization) น้อยที่สุด (Minimization) ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้น ๆ เช่น ในกรณีการจัดสมดุลสายการประกอบ ที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อหาจำนวนสถานีงานที่น้อยที่สุด เป็นต้น

ในกรณีที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลายฟังก์ชันที่ต้องถูกดำเนินการในการหาค่าเหมาะสมที่สุด กรณีเหล่านี้จะค่อนข้างยุ่งยาก และต้องอาศัยเทคนิคและประสบการณ์ในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้าในการกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ อย่างไรก็ตาม ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นเพียงเครื่องมือการออกแบบรูปแบบเบื้องต้นในการแก้ปัญหาเท่านั้น ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ควรที่จะถูกเลือกในทางที่ทำให้วัตถุประสงค์บรรลุเป้าหมายที่วางไว้

3.1.2 ตัวแปรตัดสินใจ

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variable) คือตัวแปรที่สามารถใช้ในการปรับเปลี่ยนหรือควบคุมขั้นตอนในการหาค่าเหมาะสมที่สุดแล้วทำให้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เปลี่ยนแปลงได้ โดยทั่วไปแล้วปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดมักเกี่ยวข้องกับตัวแปรตัดสินใจมากกว่าหนึ่งตัวแปร ดังนั้นสิ่งสำคัญคือการคัดเลือกตัวแปรตัดสินใจที่มีผลต่อฟังก์ชันวัตถุประสงค์มากที่สุด ซึ่งการพิจารณาไว้ล่วงหน้าที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความเร็วในการได้มาซึ่งคำตอบ

ตัวแปรตัดสินใจ จะเป็นตัวแปรที่สามารถวัดเป็นเชิงปริมาณได้ ซึ่งค่าที่นำมาใช้ในการเลือกในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด สามารถแสดงเป็นตัวแปร x_j โดยที่ $j = 1, 2, \dots, n$ และเวกเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ n ตัว สามารถเขียนได้เป็น

$$\bar{x} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

$$\text{หรือสามารถเขียนได้เป็น } \bar{x} = [x_1, x_2, \dots, x_n]^T \quad (3.2)$$

โดยปกติปัญหาต่าง ๆ ในทางวิศวกรรม สามารถนิยามเป็นฟังก์ชันของตัวแปรตัดสินใจได้ จำนวนของตัวแปรตัดสินใจจะขึ้นอยู่กับความซับซ้อนของปัญหา ซึ่งฟังก์ชันของตัวแปรตัดสินใจสามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือฟังก์ชันกำหนด (Deterministic Function) เป็นฟังก์ชันที่มีแนวทางการหาค่าตอบอย่างแน่นอน คือฟังก์ชันที่สามารถนิยามเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ และฟังก์ชันพันสุ่ม (Stochastic Function) คือฟังก์ชันที่มีแนวทางในการหาค่าตอบที่ไม่สามารถกำหนดได้อย่างชัดเจน หรือไม่สามารนิยามเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้

เช่น ปัญหาการหาเส้นทางเดินที่ที่ดีที่สุดของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) เป็นต้น

3.1.3 ข้อจำกัด

หลังจากที่ได้มีการเลือกตัวแปรตัดสินใจของปัญหาได้แล้ว จะพบว่าตัวแปรตัดสินใจจะต้องมีความสอดคล้องกับข้อเท็จจริงต่าง ๆ ทางกายภาพ ทางเคมี หรืออื่น ๆ ของระบบ โดยอาจกำหนดข้อจำกัดด้านทรัพยากร หรือสภาพแวดล้อม เช่น ข้อจำกัดทางวัตถุดิบ เวลา เป็นต้นแล้วแต่กรณี สิ่งเหล่านี้จะเรียกว่าเป็นข้อจำกัด (Constraints) ในปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุด ซึ่งข้อจำกัดนี้จะต้องอยู่ในความเป็นไปได้ของคำตอบที่สามารถยอมรับได้ นอกจากนี้ข้อจำกัดยังขึ้นอยู่กับตัวแปรตัดสินใจ ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปข้อจำกัดที่แบบอสมการ (Inequality Constraints)

$$g_i(\bar{x}) \geq a_i, \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.3)$$

หรือข้อจำกัดแบบสมการ (Equality Constraints)

$$h_i(\bar{x}) = b_i, \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (3.4)$$

3.2 ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์

3.2.1 รูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์

การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ เป็นการค้นหาเซตคำตอบภายในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ เพื่อต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุด หรือค่าสูงสุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในแต่ละฟังก์ชันพร้อม ๆ กัน ดังสมการที่ (3.5) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาคือ เซตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

$$f(\bar{x}) = [f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_k(\bar{x})]^T \quad (3.5)$$

ดังนั้นรูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ จะเป็นการค้นหาเวกเตอร์คำตอบ $\bar{x}^* = [\bar{x}_1^*, \bar{x}_2^*, \dots, \bar{x}_n^*]^T$ ภายใต้ m ข้อจำกัดแบบอสมการ ดังสมการที่ (3.6) หรือภายใต้ p ข้อจำกัดแบบสมการ ดังสมการที่ (3.7)

$$g_i(\bar{x}) \geq 0 \quad i = 1, 2, \dots, m \quad (3.6)$$

$$h_i(\bar{x}) = 0 \quad i = 1, 2, \dots, p \quad (3.7)$$

ข้อจำกัดในสมการที่ (3.6) และ (3.7) จะเป็นการกำหนดขอบเขตพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region: Ω) และทุก ๆ จุดใน Ω ก็คือคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) โดยที่เวกเตอร์ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(\bar{x})$ ที่ใช้นี้จะทำการค้นหาคำตอบในเซต Ω ให้

กลายเป็นเซต กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Λ) ภายใต้ค่าเป็นไปได้อย่างทั้งหมดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x)$ ที่มี k วัตถุประสงค์ และมี \bar{x}^* แทนคำตอบที่ดีที่สุด

โดยทั่วไปแล้ว รูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ มี 3 รูปแบบที่เป็นไปได้ดังนี้

- ทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต้องการหาค่าน้อยที่สุด
- ทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต้องการหาค่ามากที่สุด
- บางฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต้องการหาค่าน้อยที่สุด บางฟังก์ชันวัตถุประสงค์ต้องการหาค่ามากที่สุด

ในการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์สามารถแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้มีรูปแบบเป็นการหาค่าน้อยที่สุด หรือมากที่สุดได้ ตัวอย่างเช่น การแปลงทุกฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่มีการหาค่าน้อยที่สุดให้เป็นรูปแบบการหาค่ามากที่สุด

$$\max f_i(\bar{x}) = -\min (-f_i(\bar{x})) \quad (3.8)$$

ส่วนรูปแบบของข้อจำกัดนั้นก็สามารถเปลี่ยนรูปแบบ

$$g_i(\bar{x}) \leq 0 \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.9)$$

และให้อยู่ในรูป

$$-g_i(\bar{x}) \geq 0 \quad i=1,2,\dots,m \quad (3.10)$$

3.2.2 กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

โดยทั่วไปแล้ว ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization: MOP) จะประกอบด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ k วัตถุประสงค์ และตัวแปรตัดสินใจ n ตัว โดยรูปแบบปัญหาที่อาจเป็นการหาค่ามากที่สุด หรือการหาค่าน้อยที่สุดจะเป็นการกำหนดเป้าหมายในค้นหาคำตอบว่าเป็นไปในลักษณะใด หรือสามารถเขียนได้ดังสมการที่ (3.11)

$$\text{Minimize / Maximize } \{f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_k(\bar{x})\} \quad (3.11)$$

สำหรับรูปแบบปัญหาการหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในที่นี่เป็นการหาค่าน้อยที่สุด และตลอดเนื้อหาในบทนี้ก็จะมีการเขียนปัญหาเช่นเดียวกับสมการที่ (3.12) ซึ่งการค้นหาคำตอบจะถูกกำหนดจากเวกเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ ภายใต้ข้อจำกัดที่จะเป็นสิ่งที่ใช้ในการกำหนดขอบเขตคำตอบที่น้อยที่สุด สามารถเขียนได้ดังสมการที่ (3.12)

$$\text{Minimize } \{f_1(\bar{x}), f_2(\bar{x}), \dots, f_k(\bar{x})\} \quad (3.12)$$

$$\text{ข้อจำกัด } g_i(\bar{x}) \leq 0$$

โดยที่ \bar{x} คือเวกเตอร์ของตัวแปรตัดสินใจ

$f_i(\bar{x})$ คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i

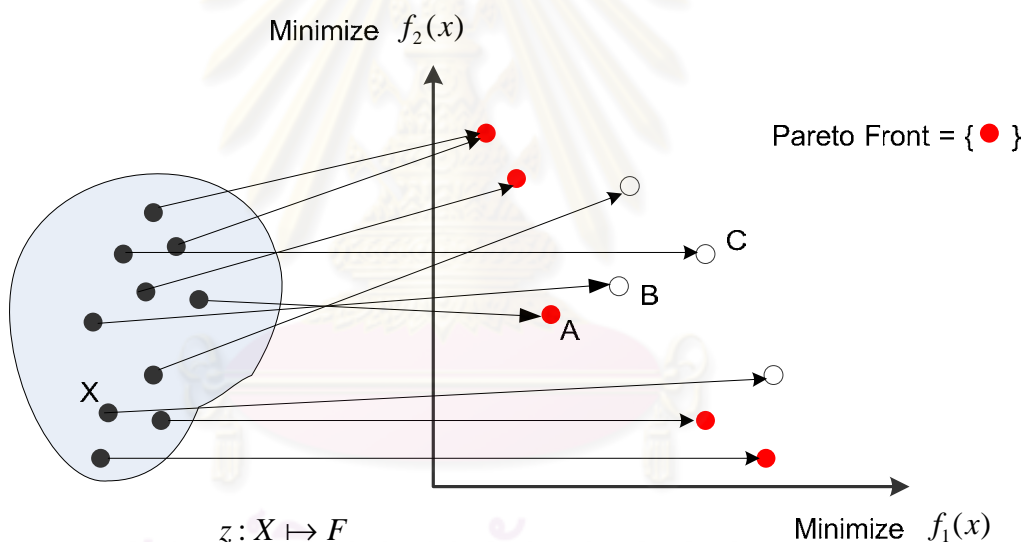
$g_i(\bar{x})$ คือเวกเตอร์ข้อจำกัดที่ i

ถ้าเวกเตอร์ตัดสินใจ x ให้คำตอบที่ดีกว่าหรือครอบงำ (Dominated) เวกเตอร์ตัดสินใจ y (เขียนได้เป็น $x \succ y$) แล้ว

$$f_i(x) \leq f_i(y) \text{ สำหรับทุกค่า } i \in \{1, 2, \dots, k\} \text{ และ}$$

$$f_i(x) < f_i(y) \text{ มีอย่างน้อย 1 ค่าของ } i \in \{1, 2, \dots, k\}$$

นั่นคือ ถ้าคำตอบที่ได้ในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ เป็นคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า หรือไม่มีคำตอบใดที่สามารถครอบงำชุดคำตอบนี้ได้ จะเรียกคำตอบนี้ว่าเป็น กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Optimal) และเรียกสมาชิกคำตอบทุกคำตอบที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดว่า เซตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Optimal Set) หรือเซตคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากทุกคำตอบ (Non-dominated Set) หรือเซตคำตอบที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Set) ซึ่งเซตคำตอบนี้จะใช้ในการกำหนดพื้นที่ขอบเขตของคำตอบ และเรียกว่า ขอบเขตของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Optimal Frontier) หรือขอบเขตของคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากทุกคำตอบ (Non-dominated Frontier) หรือขอบเขตของคำตอบที่มีประสิทธิภาพ (Efficient Frontier)



รูปที่ 3.1 การค้นหาพื้นที่คำตอบในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์

จากรูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างรูปแบบปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ ที่มีเป้าหมายเพื่อหาค่าที่น้อยที่สุดของ 2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์พร้อมกัน โดยกำหนดให้ X เป็นพื้นที่คำตอบ และ z เป็นเวกเตอร์ฟังก์ชันความแข็งแรง (Vector Fitness Function) ซึ่งจะทำการค้นหาในพื้นที่คำตอบ X ไปสู่คำตอบที่ได้มาจากเวกเตอร์วัตถุประสงค์ $f_1(x)$ และ $f_2(x)$ ให้มีค่าที่น้อยที่สุด โดยที่เวกเตอร์วัตถุประสงค์ที่ดีที่สุด (จุดทึบ) คือเวกเตอร์วัตถุประสงค์ที่ไม่มีค่าใดดีกว่า เรียกว่า เซตคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากทุกคำตอบ และสมาชิกคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากทุกคำตอบนี้ จะประกอบขึ้นเป็นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด จะเห็นได้ว่าคำตอบที่ตรงกันกับจุดทึบ ก็คือ กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Non-dominated Optimal) ซึ่งจาก 3 เวกเตอร์คำตอบ A B และ C สามารถเขียนได้เป็น $A \succ B \succ C$

■ สำหรับเป้าหมายของปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ คือการระบุเซตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ใกล้เคียงกับกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง (True Pareto Optimal หรือ Reference Pareto Optimal) และเซตกลุ่มคำตอบเหล่านี้ควรมีการกระจายสม่ำเสมอตลอดขอบเขตกลุ่มคำตอบ ซึ่งการระบุถึงเซตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริงนั้น เป็นสิ่งที่เป็นไปได้ในทางปฏิบัติ เนื่องจากปัญหาที่มีความเฉพาะเจาะจง อย่างเช่นปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดในเชิงการจัด (Combinatorial Optimization Problem) ขนาดของปัญหาที่ใหญ่ขึ้น ส่งผลให้คำตอบที่เป็นไปได้มีจำนวนมากขึ้น ในลักษณะเอ็กโปเนนเชียล และเป็นปัญหา NP-hard ดังนั้นการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด จึงเป็นเพียงสิ่งที่เป็นไปได้ยาก นอกจากนี้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหาที่มีความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกัน ยังก่อให้เกิดความสับสน ดังนั้นในทางปฏิบัติวิธีการที่ใช้ในการปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ จะเป็นการสืบค้นถึงเซตกลุ่มคำตอบที่สามารถใช้แทนเซตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริงได้ และขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ควรจับสเปกตรัมของขอบเขตกลุ่มคำตอบได้ทั้งหมด หมายถึงมีความสามารถในการสืบค้นถึงคำตอบที่อยู่ปลายสุดของคำตอบในพื้นที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ โดยสิ่งที่ทำให้การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดบรรลุเป้าหมายมีดังนี้

■ ขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ควรจะใกล้เคียงกับขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง และควรเป็นเซตย่อย (Sub Set) ของขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง และสามารถบรรลุเป้าหมายด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด (Pareto Based Approach)

■ เซตของกลุ่มคำตอบที่อยู่บนขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดนี้ควรมีลักษณะการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) หรือมีคำตอบอยู่บนขอบเขตกลุ่มคำตอบอย่างทั่วถึง ไม่เกาะอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง นั่นคือคำตอบนี้มีความสามารถครอบคลุมขอบเขตของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด และสามารถบรรลุเป้าหมายนี้ด้วยวิธีการกำหนดความหนาแน่นให้กับกลุ่มคำตอบ (Density Information)

3.3 การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดด้วยเมทธีฮิวริสติก

ส่วนใหญ่ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในด้านธุรกิจและเศรษฐศาสตร์รวมไปถึงด้านการผลิต เส้นทาง สถานที่ตั้ง และการจัดตาราง ล้วนแต่เป็นปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด (Optimization Problems) และยากเกินกว่าที่จะแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง ภายใต้ระยะเวลาอันจำกัด ดังนั้นฮิวริสติก (Heuristic) จึงกลายเป็นวิธีที่เป็นตัวเลือกที่ใช้ในการแก้ปัญหาประเภทนี้ ฮิวริสติกเป็นวิธีการที่ไม่มีแนวทางหรือกฎเกณฑ์ที่แน่นอนตายตัว มักอาศัยประสบการณ์ที่ผ่านมาช่วย ซึ่งอาจได้คำตอบที่ไม่ดีนัก แต่โดยเฉลี่ยแล้วคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีถึงแม้ว่าแนวทางนี้จะไม่ได้รับประกันว่าสุดท้ายแล้วจะได้คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม แต่เนื่องจากเป็น

วิธีที่ไม่ยุ่งยากในการคำนวณและเวลาในการคำนวณ แนวคิดนี้จึงได้รับการยอมรับจากนักวิชาการ

การได้มาของคำตอบที่เป็นไปได้ง่ายแต่คุณภาพของคำตอบไม่ดีนัก ถือว่าเป็นสิ่งที่ยังต้องการวิธีการที่มีคุณภาพ เพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เป็นไปได้ที่ดีที่สุดอยู่ภายใต้เวลาที่ใช้ในทางปฏิบัติที่จำกัด เนื่องจากส่วนใหญ่ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดมักมีความซับซ้อน โดยเฉพาะในทางปฏิบัติขนาดปัญหาที่ใหญ่จะทำให้เกิดความยากในการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่เหมาะสม บ่อยครั้งที่การเลือกใช้วิธีการหาค่าตอบแบบการประมาณค่า (Exact Algorithm) แล้วทำให้สูญเสียเวลาในการหาค่าตอบ ดังนั้นในทางปฏิบัติฮิวริสติกจึงเป็นวิธีที่ดีกว่าที่สามารถประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้อย่างเหมาะสม

3.3.1 ความหมายของฮิวริสติกและเมทาฮิวริสติก

ฮิวริสติก ถูกแนะนำเป็นครั้งแรกโดย Polya (1945) หลักการพื้นฐานของการค้นหาแบบฮิวริสติก เป็นเทคนิคการประมาณคำตอบด้วยการใช้สามัญสำนึกและคาดหวังว่าคำตอบที่ได้รับจะเป็นคำตอบที่ดี ภายใต้เวลาที่จำกัด แต่สุดท้ายก็ไม่ได้รับประกันว่าคำตอบนั้นจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด นอกจากนี้ฮิวริสติกยังเป็นวิธีที่มีพื้นฐานมาจากการประยุกต์รูปแบบการค้นหาแบบ Greedy รวมไปถึงวิธีการแทรก (Insertion Procedure) และกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) และยังเป็นแนวคิดที่ทำให้เกิดการพัฒนาวิธีการปรับปรุงคำตอบ ซึ่งถือว่าเป็นจุดกำเนิดของการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) เพื่อไม่ให้คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimum) และเป็นอุปสรรคหนึ่งของความสามารถของวิธีการนี้ ดังนั้นการพิจารณาเทคนิคของฮิวริสติกที่จะใช้เป็นแนวทางในการค้นหาค่าตอบจะต้องมีความสามารถหลีกเลี่ยงผลเสียที่เกิดจากการปรับปรุงคำตอบด้วยการทำซ้ำ จึงเป็นการค้นหาวิธีที่มีความสามารถทำให้ได้คำตอบที่ดีและใช้เวลาในการหาค่าตอบได้รวดเร็ว หรือเรียกว่าเป็นการค้นหาอย่างชาญฉลาด (Intelligent Search Methods) ที่เรียกว่า “เมทาฮิวริสติก” (Meta-heuristic) ที่มีรูปแบบวิธีการหาค่าตอบแบบการประมาณค่าและการรวมกันขั้นพื้นฐานของวิธีการทางฮิวริสติกที่สามารถช่วยในการค้นหาพื้นที่คำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

เมทาฮิวริสติกได้รับการแนะนำครั้งแรกโดย Glover (1986) ได้กล่าวว่าเมทาฮิวริสติกเป็นกลยุทธ์ระดับสูงที่ใช้ในการให้แนวทางในการหาค่าตอบแบบการค้นหาซ้ำ ๆ ที่อาศัยพื้นฐานวิธีการฮิวริสติก นั่นคือเป็นกระบวนการให้แนวทางในการค้นหาพื้นที่คำตอบได้อย่างครอบคลุมและคาดหวังว่าคำตอบที่ได้นั้นจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด โดยที่อัลกอริทึมต่าง ๆ ที่จัดว่าเป็นเมทาฮิวริสติก ได้แก่ ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) เอนโคโลนี (Ant Colony System: ACO) เอลวอลูชันนารีอัลกอริทึมหรือวิธีการวิวัฒนาการ (Evolutionary Algorithms: EAs) เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms: GAs)

ซิมูเลทแอนเนลิ่ง (Simulated Annealing: SA) ทาร์บู เซิร์ท (Tabu Search: TS) และ เมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithms: MAs) เป็นต้น

รายละเอียดโดยสรุปของเมทาฮิวริสติกที่ได้รับความนิยมใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงจัด ดังนี้

3.3.1.1 ซิมูเลทแอนเนลิ่ง

SA (Kirkpatrick, Gelatt and Vecchi, 1993) (William, et al., 1992) (Zomaya, 2001) เป็นเมทาฮิวริสติกที่ใช้การสุ่มจุดคำตอบใหม่จากบริเวณข้างเคียงของจุดคำตอบเดิม โดยมีหลักการจากการเลียนแบบจากการตกผลึกของโลหะในช่วงที่เย็นตัว คือ โมเลกุล (Molecule) สามารถมีการเคลื่อนที่อย่างอิสระที่อุณหภูมิสูงเปรียบเทียบกับกรณีที่สามารถเลือกจุดคำตอบใหม่จากบริเวณจุดคำตอบเริ่มต้นได้อย่างอิสระ และจะเคลื่อนที่ช้าลงเมื่ออุณหภูมิลดต่ำลงอย่างช้า ๆ เปรียบได้กับการที่มีข้อกำหนดมากขึ้นในการเลือกจุดคำตอบใหม่จากบริเวณจุดเดิม และในที่สุดอะตอม (Atom) จะมีการเรียงตัวจนกลายเป็นผลึกที่สมบูรณ์และมีเสถียรภาพเนื่องจากมีพลังงานน้อยที่สุดเปรียบได้กับคำตอบที่ดีที่สุดของฟังก์ชัน

3.3.1.2 ทาร์บู เซิร์ท

TS (Glover, 1989) (Glover, 1990) (Glover and Laguna, 1990) เป็นวิธีการหาคำตอบแบบสุ่ม มีหลักการมาจากการหาคำตอบที่ดีกว่าในบริเวณข้างเคียงภายในพื้นที่การค้นหา โดยขั้นแรกจะกำหนดกลุ่มคำตอบเริ่มต้นในพื้นที่การค้นหาจากการสุ่ม เช่นเดียวกับกับวิธีซิมูเลทแอนเนลิ่ง จากนั้นทำการหาคำตอบที่ดีกว่าจากบริเวณข้างเคียงของกลุ่มคำตอบเริ่มต้น โดยมีการเปรียบเทียบไม่ให้ซ้ำกับกลุ่มคำตอบที่เคยหาผ่านมาแล้วซึ่งอยู่ในทาบูลิสต์ (Tabu List) เมื่อได้กลุ่มคำตอบใหม่จากกลุ่มคำตอบเดิมแล้วทำการหากกลุ่มคำตอบใหม่ต่อไปเรื่อยๆ จากกลุ่มคำตอบเดิม

3.3.1.3 วิธีการวิวัฒนาการ

EAs เป็นเทคนิคการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่อาศัยการค้นหาแบบอิงฐานประชากร (Population Base Search) และเป็นเมทาฮิวริสติกตัวหนึ่งที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ EAs จะทำการค้นหาสมาชิกคำตอบแบบหลายจุดพร้อมกัน ซึ่งทำให้เกิดเป็นคำตอบที่เป็นไปได้ นอกจากนี้ยังเป็นเทคนิคที่สามารถใช้แก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ได้อย่างกว้างขวางกับทุกปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุด เมทาฮิวริสติกที่จัดว่าเป็น EAs ได้แก่ Genetic

Algorithms, Evolutionary Strategy, Evolutionary Program, Scatter Search และ Memetic Algorithms

GAs เป็นการค้นหาคำตอบแบบเฟ้นสุ่ม (Stochastic Search) หรือเป็นเทคนิคการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่ลักษณะการทำงานในรูปแบบของการค้นหาแบบอีวิริสติก ซึ่งมีรากฐานแนวความคิดมาจากทฤษฎีวิวัฒนาการของชาร์ล ดาร์วิน (Charles Darwin) โดยอิงจากแนวคิดการอยู่รอดของผู้ที่แข็งแรงที่สุด (Survival of the fittest) ในสภาวะแวดล้อมที่เหมือนกัน การทำงานของ GAs นี้จะเป็นไปในลักษณะการค้นหาคำตอบแบบคู่ขนาน (Parallel Search) โดยคำตอบที่ได้จากการหาคำตอบในหนึ่งรุ่น (Generation) นั้นจะผ่านการแปลง (Transformation) เพื่อที่จะนำไปสู่การค้นหาคำตอบที่ดีขึ้นในรุ่นถัดไป การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นกับคำตอบ (Solution) หรือสมาชิกของประชากร (Individual) ภายในประชากร (Population) หนึ่งรุ่นนั้นจะเป็นไปเพื่อการสำรวจพื้นที่ในการค้นหา (Search Space) และส่งเสริมให้มีการถ่ายทอดคุณลักษณะที่ดี (Fit Characteristics) ของคำตอบที่ค้นพบในรุ่นปัจจุบันไปยังรุ่นถัดไป สมาชิกของประชากรที่มีคุณลักษณะที่ดีหรือคำตอบที่มีคุณลักษณะที่ดีจะมีหลายคำตอบด้วยกันในประชากรที่ได้มาจากการค้นหาโดย GAs ซึ่งจะนำไปสู่การค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) นั่นคือสมาชิกของประชากรที่ลักษณะดีที่สุด (Fittest Individual)

MA's มีพื้นฐานวิธีการค้นหาคำตอบมาจาก EA's เช่นเดียวกับ GAs แต่มีความแตกต่างที่ MA's เป็นการรวมกันของ EA's และการประยุกต์ใช้กระบวนการค้นหาคำตอบแบบเฉพาะที่ (Local Search Procedure) โดยที่ EA's จะใช้ Evolutionary Search ในการสำรวจพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้อย่างกว้าง ๆ ในขณะที่กระบวนการค้นหาคำตอบแบบเฉพาะที่จะทำการขยายคำตอบที่ดี (Zoom-in) ในพื้นที่คำตอบให้ออกมาเป็นคำตอบที่น่าสนใจและคาดว่าคำตอบนั้นจะเป็นคำตอบที่ดี นอกจากนี้ MA's ยังเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมและได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นวิธีการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายในด้านเทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเชิงจัด การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันไม่คงที่ (Optimization of Non-stationary Functions) การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ และยังเป็นที่ยึดจกกัน ในชื่อที่เรียกว่า hybrid EA, Genetic Local Search, Baldwinian EA's, Lamarckian EA's เป็นต้น

ความแตกต่างของ SA TS GAs และ MA's คือ SA นั้นจะมีการค้นหาคำตอบที่ละจุด แต่ GAs และ MA's จะเป็นการค้นหาแบบคู่ขนาน คือ ค้นหาคำตอบหลายจุดพร้อมกัน ทำให้โอกาสที่จะได้คำตอบที่เป็นค่าที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimal Value) นั้นลดลง ส่วนการหาคำตอบโดย TS นั้น จำเป็นต้องเก็บข้อมูลเก่า (Tabu List) มาเปรียบเทียบในการหาคำตอบทำให้ต้องใช้หน่วยความจำมากขึ้นเรื่อย ๆ ในกรณีที่มีการค้นหาคำตอบหลายรอบ แต่ GAs นี้จะใช้หน่วยความจำเท่าเดิมตลอดในการหาคำตอบแต่ละรุ่น ทั้ง SA และ TS จะใช้การหาคำตอบบริเวณข้างเคียงกับคำตอบเดิมเท่านั้น ทำให้ไม่เหมาะกับการหาคำตอบกับฟังก์ชันที่มีพื้นที่การค้นหาค่าขนาดใหญ่

3.4 การแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ด้วย วิธีวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์

วิธีวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Evolutionary Algorithms: MOEAs) ได้นำมาประยุกต์ใช้ในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ โดยอัลกอริทึมนี้ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อค้นหาขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่มีลักษณะการกระจายแบบสม่ำเสมอ และใกล้เคียงกับขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง ซึ่งถือว่าเป็นวัตถุประสงค์ที่ยากในทางปฏิบัติ เนื่องจากขอบเขตกลุ่มคำตอบที่แท้จริง จะเป็นเซตคำตอบที่มี high-dimensional ซึ่งถือว่ามีค่าซับซ้อนมากกว่าปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบวัตถุประสงค์เดียว โดยทั่วไปแล้วการประมาณเซตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจะเกี่ยวข้องกับสองเป้าหมายในการหาคำตอบในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบหลายวัตถุประสงค์ คือ เป้าหมายแรกคือ การกำหนดค่าความแข็งแรงแบบวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด (Pareto-based Fitness Assignment) ซึ่งจะใช้ในเป็นแนวทางในการค้นหาขอบเขตกลุ่มคำตอบ เป้าหมายที่สองคือ วิธีการประมาณความหนาแน่นของประชากรคำตอบ (Population Diversity) เพื่อใช้รักษาความหลากหลายให้กับคำตอบ ทำให้ลักษณะการกระจายของคำตอบบนขอบเขตกลุ่มคำตอบมีความสม่ำเสมอตลอดทั้งขอบเขตกลุ่มคำตอบ ไม่เกาะอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งทั้งสองเป้าหมายนี้จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

วิธีการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ที่เป็นที่ยอมรับในความสามารถในการหาคำตอบ ก็คือ Multi-objective GAs ซึ่งเป็นวิธีที่อ้างอิงมาจาก MOEAs และได้มีการพัฒนาเป็นอัลกอริทึมต่าง ๆ ได้แก่

- Vector Evaluated Genetic Algorithm (VEGA) โดย Shaffer (1985)
- Multi-Objective Genetic Algorithm (MOGA) โดย Fonseca และ Fleming (1993)
- Niche-Pareto Genetic Algorithm (NPGA) โดย Horn, Nafpliotis และ Goldberg (1994)
- Non-dominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA) พัฒนาโดย Srinivas และ Deb (1995)
- Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA) โดย Zitzler และ Thiele (1999)
- Pareto-Archived Evolutionary Strategy (PAES) โดย Knowles และ Corne (2000)
- Niche-Pareto Genetic Algorithm II (NPGA-II) โดย Erickson, Mayer และ Horn (2001)

- Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA 2) โดย Zitzler, Laumanns และ Thiele (2001)
- Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA-II) โดย Deb, Agrawal, Pratal, Pratab และ Meyarivan (2002)
- Rank Density Genetic Algorithm (RDGA) โดย Lu, Yen และ Member (2003)

3.4.1 การกำหนดค่าความแข็งแรง

การกำหนดค่าความแข็งแรง (Fitness Assignment) ในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์จะมีความแตกต่างกับการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีวัตถุประสงค์เดียว โดยสิ่งที่สำคัญสำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์คือการกำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกของกลุ่มประชากรแต่ละตัวได้อย่างเหมาะสม และสอดคล้องกับกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด วิธีการกำหนดค่าความแข็งแรงในปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์ได้แก่ วิธีคำนวณค่าแบบเวกเตอร์ (Vector Evaluation Approach) โกลโปรแกรมมิ่ง (Goal Programming Approach) วิธีคอมโพรไมส์ (Compromise Approach) วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก (Weighted Sum Approach) วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด (Pareto-based Approach) เป็นต้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้การกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด ส่วนวิธีอื่นจะขอล่าวถึงโดยสรุป (Gen และ Cheng, 2000) ดังนี้

3.4.1.1 วิธีคำนวณค่าแบบเวกเตอร์

วิธีการนี้เป็นวิธีการกำหนดค่าแข็งแรงวิธีแรกที่ขยายผลให้ GAs มีความสามารถในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ จากเดิมที่ใช้ตัววัดความแข็งแรงแบบสเกลลาร์ (Scalar Fitness) ในแต่ละโครโมโซม จะใช้ตัววัดความแข็งแรงแบบเวกเตอร์ (Vector Fitness) เพื่อสร้างคำตอบในเจเนเนอเรชันต่อไป สำหรับปัญหาที่มี k วัตถุประสงค์ ในการเลือกคำตอบในแต่ละเจเนเนอเรชันจะเป็นการทำซ้ำจำนวน k ครั้ง ซึ่งสัดส่วนของคำตอบในเจเนเนอเรชันต่อไปจะถูกเลือกด้วยพื้นฐานของแต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์

3.4.1.2 โกลโปรแกรมมิ่ง

เป็นเทคนิคหนึ่ง ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดย Gen และ Liu (1997) นำมาประยุกต์ใช้กับ GAs เพื่อแก้ปัญหาโกลโปรแกรมมิ่งแบบไม่เชิงเส้น ซึ่งวิธีการกำหนดค่าความแข็งแรงแบบนี้จะอาศัย

การจัดอันดับ เพื่อประเมินความสามารถของสมาชิกคำตอบ โดยการให้อันดับจะใช้ค่าของวัตถุประสงค์ จากนั้นจะทำการเรียงลำดับของอันดับในแต่ละสมาชิกคำตอบ และใช้หลักการให้ความสำคัญมากกว่ากัน โดยสมาชิกคำตอบที่มีความสำคัญมากกว่าจะได้รับอันดับแรก ถ้าสมาชิกคำตอบที่ได้รับการเรียงลำดับแล้วมีค่าวัตถุประสงค์เท่ากันจะให้สมาชิกคำตอบนั้นมีอันดับความสำคัญที่สอง ซึ่งค่าความแข็งแรงของสมาชิกคำตอบนี้จะถูกกำหนดด้วยการประมาณในช่วงจากช่วงที่ดีที่สุดถึงแย่ที่สุดตามฟังก์ชันเอ็กโปเนนเชียล

3.4.1.3 วิธีคอมโพรไมส์

Chang และ Gen (1997) ได้แนะนำวิธีการกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธีคอมโพรไมส์ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด จากการพิจารณา 2 เกณฑ์ โดยที่พื้นฐานแนวคิดของเทคนิคนี้มาจากการลอกเลียนแบบการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์แบบทั่วไป (Conventional Multiobjective Optimizations) ซึ่งวิธีคอมโพรไมส์นี้จะทำการระบุคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบในอุดมคติ (Ideal Solution) ซึ่งกำหนดด้วยตัววัดระยะทางบางตัววัด สำหรับคำตอบในอุดมคติปกติแล้วจะไม่สามารถค้นพบได้ แต่สำหรับวิธีคอมโพรไมส์นี้จะช่วยให้การคำนวณค่ากลุ่มคำตอบที่พบได้นี้สามารถอ้างอิงไปสู่จุดคำตอบในอุดมคติได้ โดยพิสูจน์ให้เห็นว่าการค้นหาคำตอบให้เข้าใกล้คำตอบในอุดมคตินี้มีเหตุผลที่เป็นไปได้ โดยหลักการของจุดแทนคำตอบในอุดมคติได้ถูกแนะนำให้ใช้แทนหลักการเดิม ซึ่งจุดแทนคำตอบในอุดมคตินี้จะเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับคำตอบในเจเนเนอเรชันปัจจุบัน ที่ได้คำนวณบนพื้นฐานการสำรวจพื้นที่คำตอบบางส่วน ไม่ใช่พื้นที่คำตอบทั้งหมด นั่นคือจุดแทนคำตอบในอุดมคตินี้จึงสามารถหาค่าได้ง่ายในแต่ละเจเนเนอเรชัน

3.4.1.4 วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก

วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก (Weighted Sum Approach) เป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยากและง่ายต่อการนำไปใช้ วิธีการนี้อาศัยการให้น้ำหนักกับฟังก์ชันวัตถุประสงค์แต่ละอย่าง โดยที่น้ำหนักนี้อาจจะได้มาจากการประมาณความสำคัญของวัตถุประสงค์นั้น ๆ แล้วนำเอาน้ำหนักและฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งหมดมารวมกัน (Weighted Sum) เป็นเส้นตรง (Scalar Fitness Function) เพื่อสร้างค่าวัตถุประสงค์ใหม่เพียงค่าเดียว โดยมีน้ำหนักของวัตถุประสงค์เป็นสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์นั้น ๆ ดังสมการที่ (3.13) และคำตอบที่ได้จากวิธีการรวมวัตถุประสงค์จะมีเพียงคำตอบเดียวที่ให้ค่าเหมาะสมที่สุดระหว่างแต่ละวัตถุประสงค์ วิธีการหาคำตอบที่ใช้วิธีรวมวัตถุประสงค์ ได้แก่ วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก (Weighted Sum Approach) โดย Jakob et al. วิธีลดฟังก์ชันไปสู่ฟังก์ชัน

เดี่ยว (Reduction to Single Objective) โดย Ritzel และ Wayland วิธีการบรรลุเป้าหมาย (Goal Attainment) เป็นต้น

$$f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \dots + w_k f_k(x) \quad (3.13)$$

จากสมการที่ (3.13) ถ้ากำหนดน้ำหนักให้กับแต่ละวัตถุประสงค์เป็นค่าเฉพาะหนึ่ง ๆ จะเห็นได้ว่าทิศทางการหาคำตอบจะมุ่งสู่จุดใดจุดหนึ่งเพียงจุดเดียวเท่านั้น ดังนั้นวิธีการนี้จะให้คำตอบที่ดีที่สุด (Trade-off) สำหรับการกำหนดค่าน้ำหนักแบบหนึ่ง ๆ เพียงคำตอบเดียว จึงไม่ต้องพึ่งพาการตัดสินใจของผู้ตัดสินใจ (Decision Maker) อีกครั้งหนึ่ง

ปัญหาประการหนึ่งของการกำหนดน้ำหนักเป็นค่าเฉพาะหนึ่ง ๆ นั่นก็คือ ถ้าหากไม่มีข้อมูลเพียงพอก็จะเกิดความยุ่งยากในการกำหนดน้ำหนักของแต่ละวัตถุประสงค์ ในกรณีนี้อาจใช้วิธีการสร้างกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด แทนโดยการเปลี่ยนค่าน้ำหนักของวัตถุประสงค์ไปเรื่อย ๆ เพื่อหาขอบเขตของคำตอบที่ดี แล้วค่อยให้ผู้ตัดสินใจเลือก และสำหรับกรณีที่วัตถุประสงค์ที่พิจารณามีความขัดแย้งกันหรือมีหน่วยต่างกัน จะไม่สามารถรวมฟังก์ชันวัตถุประสงค์เข้าด้วยกันได้โดยตรง ต้องทำการเปลี่ยนรูปฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Normalized) ทั้งหมดให้สอดคล้องและเป็นหน่วยพื้นฐานเดียวกันเสียก่อน

โดยทั่วไปวิธีการปรับน้ำหนัก จะมีการนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาแบบพันธุกรรม คือ วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบตายตัว (Fixed-Weighted Approach) วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบสุ่ม (Random-Weighted Approach) วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบปรับเปลี่ยนได้ (Adaptive Weighted Approach)

วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบตายตัว เป็นวิธีการกำหนดให้น้ำหนักให้มีค่าไม่เปลี่ยนแปลงไประหว่างกระบวนการทางวิวัฒนาการ โดยที่น้ำหนักนี้จะสามารถกำหนดได้โดยการได้รับความรู้มาก่อน หรือถ้าไม่มีการได้รับความรู้มาก่อน จะใช้การสุ่มน้ำหนัก และวิธีการนี้จะใช้ทิศทางที่แน่นอนในการกำหนดน้ำหนัก

วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบสุ่ม เป็นวิธีการสุ่มน้ำหนักในการเลือกกระบวนการที่ทำให้เกิดคำตอบที่เป็นไปได้ โดยที่วิธีการนี้จะทำให้ได้ขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่มีลักษณะการกระจายแบบสมมาตร แต่ยังเป็นวิธีที่ละเลยกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้ในแต่ละเจนเนอเรชัน

วิธีการกำหนดน้ำหนักแบบปรับเปลี่ยนได้ วิธีการนี้จะมีการปรับให้น้ำหนักในเจนเนอเรชันปัจจุบันให้สามารถค้นหาคำตอบในอุดมคติได้ เนื่องจากวิธีการนี้เป็นการใช้น้ำหนักที่ปรับปรุงใหม่มาใช้ในแต่ละเจนเนอเรชัน จึงทำให้คำตอบนี้มีโอกาสที่จะเป็นคำตอบในอุดมคติหรือคำตอบที่ดีที่สุด

3.4.1.5 วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด

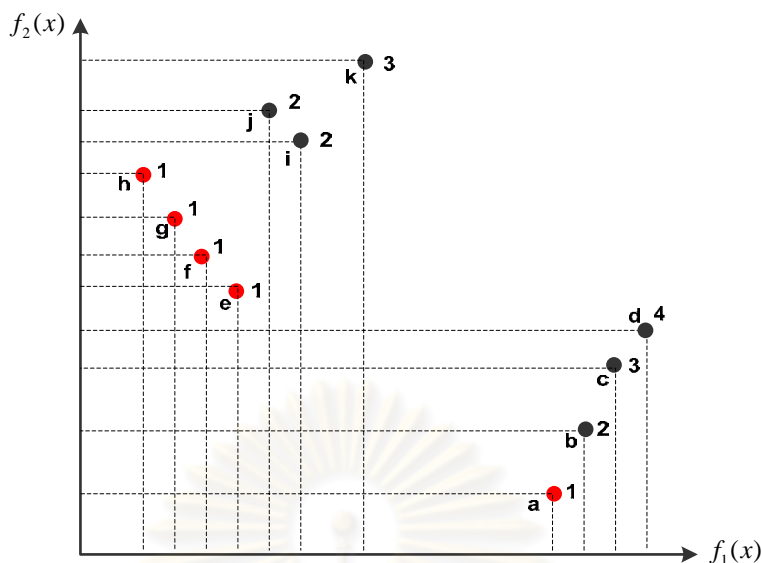
วิธีการนี้จะใช้การจัดอันดับแบบพาเรโต (Pareto Ranking Approach) ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์และค่าความแข็งแรง โดยใช้หลักการของ Pareto dominance เพื่อคำนวณค่าแข็งแรง หรือใช้ความน่าจะเป็นในการเลือกคำตอบ ซึ่งประชากรจะถูกจัดอันดับตามหลัก Dominance Rule แต่ละคำตอบจะถูกกำหนดค่าความแข็งแรงภายใต้พื้นฐานอันดับคำตอบ ซึ่งไม่ใช่ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์จริง หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นค่าแข็งแรงไม่แท้จริง (Dummy Fitness Value) นั่นเอง เปรียบเสมือนการแยกกลุ่มคำตอบโดยใช้ค่าความแข็งแรงไม่แท้จริงเป็นตัวกำหนด นอกจากนี้สมาชิกคำตอบที่มีอันดับเดียวกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มคำตอบเดียวกัน ซึ่งถือว่าสมาชิกคำตอบนี้จะมีโอกาสหรือมีความน่าจะเป็นที่เท่าเทียมกันในการที่จะถูกเลือกไปดำเนินการให้เกิดคำตอบใหม่

สำหรับวิธีการกำหนดค่าความแข็งแรงแบบนี้ จะทำให้มีคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหามากกว่าหนึ่งคำตอบ และอยู่ในรูปแบบที่เป็นเซตหรือกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด นั่นคือกลุ่มคำตอบที่ไม่มีคำตอบตัวใดที่ดีกว่ากลุ่มคำตอบนี้ หรือคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่นเลย ตัวอย่างวิธีการกำหนดค่าความแข็งแรงที่ใช้วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด ได้แก่

- วิธีการจัดอันดับของ Goldberg หรือ Non-dominated Sorting
- วิธีการจัดอันดับของ Fonseca และ Fleming
- วิธีการจัดอันดับแบบ Accumulate Ranking Density Strategy (AARS)
- วิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators

วิธีการจัดอันดับของ Goldberg

การกำหนดค่าความแข็งแรงของคำตอบ ด้วยการจัดอันดับที่แบบพาเรโต ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกด้วย Goldberg (1989) และเรียกวิธีนี้ว่าวิธีการจัดอันดับของ Goldberg (Goldberg's Ranking) หรือ Non-dominated Sorting และเป็นเทคนิคหนึ่งในการบรรลุเป้าหมายแรกในการแก้ปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ คือการได้มาของขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Frontier) แนวคิดพื้นฐานของเทคนิคนี้ คือการจัดอันดับเซตของสตริงคำตอบในประชากรคำตอบทั้งหมด โดยจะพิจารณาคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่าเซตคำตอบนี้เป็นอันดับแรก และจัดอันดับ (Rank) เป็นอันดับที่หนึ่ง จากนั้นจะถูกตัดออกจากการพิจารณาของประชากรคำตอบทั้งหมด เซตของสตริงคำตอบที่เหลือจะถูกจัดให้เป็นอันดับต่อมา โดยที่กระบวนการหาคำตอบที่ดีที่สุดของเทคนิคนี้จะค้นหาคำตอบจนกระทั่งคำตอบในประชากรคำตอบทั้งหมดถูกจัดอันดับ แสดงได้ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 วิธีการจัดอันดับของ Goldberg

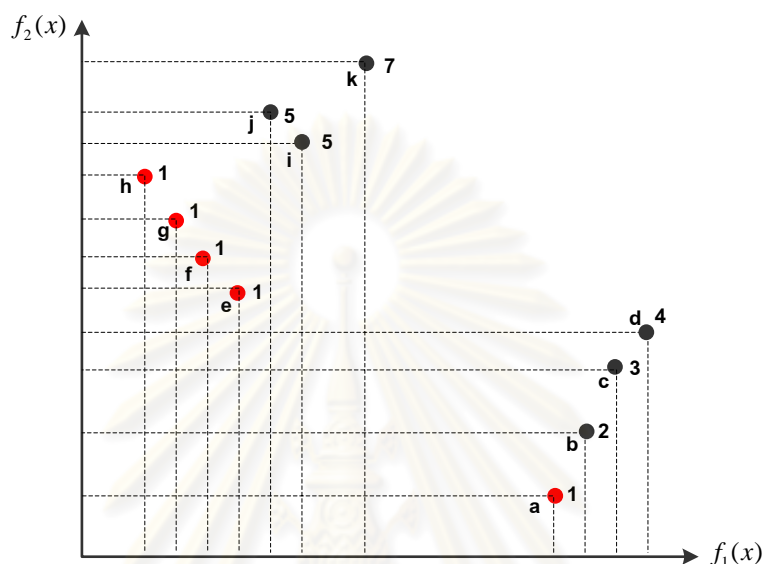
จากรูปที่ 3.2 จะเห็นได้ว่าสมาชิกประชากรคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่น จะถูกจัดให้อันดับที่หนึ่ง จากนั้นจะไม่พิจารณาสมาชิกดังกล่าวชั่วคราว เพื่อกำหนดอันดับที่ให้กับสมาชิกประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ โดยถ้าสมาชิกประชากรคำตอบนั้นไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่น จะถูกจัดอันดับที่ให้เป็นอันดับต่อมา และพิจารณาไปเรื่อย ๆ จนครบสมาชิกคำตอบทุกคำตอบ โดยเริ่มต้นจากสมาชิกตัวที่แข็งแกร่งที่สุด จนถึงสมาชิกตัวที่อ่อนแอที่สุด สำหรับการจัดอันดับของ Goldberg นี้จะเป็นการกำหนดค่าความแข็งแกร่งที่ได้นำไปประยุกต์ใช้กับเจเนติกอัลกอริทึมที่มีชื่อว่า Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II (NSGA II)

วิธีการจัดอันดับของ Fonseca และ Fleming

Fonseca และ Fleming (1993) ได้เสนอความผันแปรเกี่ยวกับเทคนิคการจัดอันดับของ Goldberg โดยที่การจัดอันดับแบบ Fonseca และ Fleming นี้เป็นเทคนิคที่ใช้การจัดอันดับสมาชิกของประชากรคำตอบปัจจุบันเช่นเดียวกับวิธีของ Goldberg แต่มีความแตกต่างในการพิจารณาจำนวนคำตอบที่ถูกรอบงำ (Dominated Solution) ซึ่งได้จากเปรียบเทียบคำตอบในแต่ละสมาชิกคำตอบ คำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่น (Non-dominated Solution) จะถูกจัดอันดับเป็นอันดับแรก จากนั้นจะพิจารณาเปรียบเทียบคำตอบที่เหลือ ถ้าคำตอบนั้นถูกรอบงำจากคำตอบในอันดับแรกเพียงหนึ่งคำตอบ จะได้อันดับของคำตอบเป็นอันดับที่สอง ถ้าคำตอบนั้นถูกรอบงำจากคำตอบอันดับแรกจำนวนสองคำตอบ จะได้อันดับของคำตอบนั้นเป็นอันดับที่สาม นั่นคือสมาชิกคำตอบ x_i ในเจเนเนอเรชันที่ t จะถูกรอบงำด้วยจำนวนคำตอบในเจเนเนอเรชันปัจจุบัน $p_i^{(t)}$ กำหนดได้จากสมการที่ (3.14)

$$\text{rank}(x,t) = 1 + p_i^{(t)} \quad (3.14)$$

จากสมการที่ (3.14) จะเห็นได้ว่าสมาชิกคำตอบของกลุ่มประชากรที่มีอันดับสูงที่สุดจะมีค่าความแข็งแรงน้อยที่สุด และสมาชิกคำตอบของกลุ่มประชากรที่มีอันดับต่ำที่สุดจะมีค่าความแข็งแรงสูงที่สุด อธิบายได้ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 วิธีการจัดอันดับของ Fonseca และ Fleming

จากรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าค่าอันดับที่ของสมาชิกที่สนใจเท่ากับนำ 1 บวกกับจำนวนสมาชิกในประชากรคำตอบที่สามารถรอบงำคำตอบนั้นได้ โดยค่าอันดับที่ของสมาชิกประชากรคำตอบสามารถคำนวณได้ดังนี้

สมาชิกประชากรคำตอบ a จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ b จะมีอันดับที่ = 1+(1)=2

สมาชิกประชากรคำตอบ c จะมีอันดับที่ = 1+(2)=3

สมาชิกประชากรคำตอบ d จะมีอันดับที่ = 1+(3)=4

สมาชิกประชากรคำตอบ e จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ f จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ g จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ h จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ i จะมีอันดับที่ = 1+(4)=5

สมาชิกประชากรคำตอบ j จะมีอันดับที่ = 1+(4)=5

สมาชิกประชากรคำตอบ k จะมีอันดับที่ = 1+(6)=7

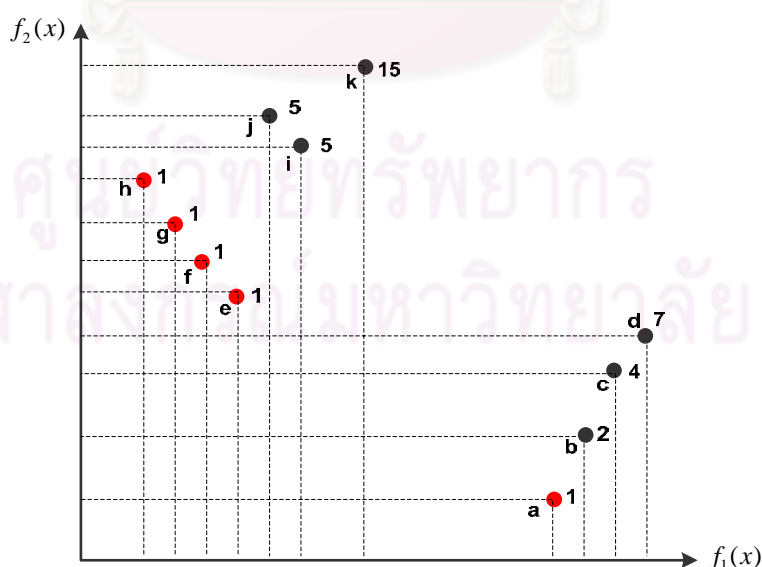
*หมายเหตุ ค่าในวงเล็บ แสดงจำนวนสมาชิกในประชากรคำตอบที่สามารถครอบงำคำตอบนั้นได้

ผลลัพธ์ของการกำหนดอันดับที่ให้กับสมาชิกคำตอบในกลุ่มประชากรได้ครบทุกตัวแล้ว คือค่าความแข็งแรงไม่แท้จริงของคำตอบ โดยสมาชิกตัวที่แข็งแรงที่สุดจะมีอันดับที่น้อยที่สุด และสมาชิกตัวที่มีความอ่อนแอที่สุด จะมีอันดับที่สูงที่สุด สำหรับการจัดอันดับของ Fonseca และ Fleming นี้จะเป็นการกำหนดค่าความแข็งแรงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้กับเจเนติกอัลกอริทึมที่มีชื่อว่าเจเนติกอัลกอริทึมที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Genetic Algorithm: MOGA)

วิธีการจัดอันดับแบบ Automatic Accumulated Ranking Strategy

วิธีการจัดอันดับแบบ Automatic Accumulated Ranking Strategy (AARS) เป็นวิธีการจัดอันดับที่มีพื้นฐานแนวคิดมาจากวิธีการจัดอันดับของ Fonseca และ Fleming ดังนั้นอันดับที่ของสมาชิกคำตอบที่กำหนดให้แต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ จะเท่ากับ 1 บวกกับผลรวมอันดับที่ได้จากการจัดอันดับแบบ Fonseca และ Fleming นั่นคือพิจารณาสมาชิกคำตอบ y_i ในเจเนเนอเรชันที่ t จะถูกการครอบงำด้วยอันดับที่ของสมาชิกคำตอบที่ได้จากการจัดอันดับแบบ Fonseca และ Fleming ในเจเนเนอเรชันปัจจุบัน $p_i^{(t)}$ โดยการจัดอันดับของสมาชิกคำตอบสามารถกำหนดได้จากสมการที่ (3.15)

$$rank(y, t) = 1 + \sum_{j=1}^{p_i^{(t)}} rank(y, t) \tag{3.15}$$



รูปที่ 3.4 วิธีการจัดอันดับแบบ Automatic Accumulated Ranking Strategy

จากรูปที่ 3.4 จะเห็นได้ว่าค่าอันดับที่ของสมาชิกคำตอบที่พิจารณาเท่ากับผลรวมของอันดับที่ของสมาชิกคำตอบที่สามารถครอบงำคำตอบนั้นได้ และคำตอบใดที่ไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่นเลย จะถูกจัดให้อยู่ในอันดับแรกเช่นเดียวกับวิธีการจัดอันดับแบบ Goldberg และวิธีการจัดอันดับแบบ Fonseca และ Fleming โดยค่าอันดับที่ของสมาชิกประชากรคำตอบสามารถคำนวณได้ดังนี้

สมาชิกประชากรคำตอบ a จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ b จะมีอันดับที่ = 1+1=2

สมาชิกประชากรคำตอบ c จะมีอันดับที่ = 1+(1+2)=4

สมาชิกประชากรคำตอบ d จะมีอันดับที่ = 1+(1+2+3) =7

สมาชิกประชากรคำตอบ e จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ f จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ g จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ h จะมีอันดับที่ = 1

สมาชิกประชากรคำตอบ i จะมีอันดับที่ = 1 + (1+1+1+1) =5

สมาชิกประชากรคำตอบ j จะมีอันดับที่ = 1+ (1+1+1+1) =5

สมาชิกประชากรคำตอบ k จะมีอันดับที่ = 1+(1+1+1+1+5+5) =15

ผลลัพธ์ของการกำหนดอันดับที่ให้กับสมาชิกคำตอบในกลุ่มประชากรได้ครบทุกตัวแล้ว คือค่าความแข็งแรงไม่แท้จริงของคำตอบ โดยสมาชิกตัวที่แข็งแรงที่สุดจะมีอันดับที่น้อยที่สุด และสมาชิกตัวที่มีความอ่อนแอที่สุด จะมีอันดับที่สูงที่สุด สำหรับวิธีการจัดอันดับแบบ Automatic Accumulated Ranking Strategy นี้จะเป็นการกำหนดค่าความแข็งแรงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้กับเจเนติกอัลกอริทึมที่มีชื่อว่า Rank Density Genetic Algorithm (RDGA)

วิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators

การจัดอันดับแบบ Strength of Dominators เป็นวิธีการกำหนดค่าความแข็งแรงของสมาชิกคำตอบที่แตกต่างจากวิธีการจัดอันดับของ Goldberg วิธีการจัดอันดับของ Fonseca และ Fleming และวิธีการจัดอันดับของ Automatic Accumulated Ranking Strategy เนื่องจากในวิธีนี้จะกำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกคำตอบด้วยการพิจารณาจำนวนสมาชิกในประชากรคำตอบที่ดีกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ (Raw Fitness Value: $R(i)$) รวมกับการพิจารณาความหนาแน่นในบริเวณใกล้เคียงกับคำตอบนั้น (Density Information: $D(i)$) ไปพร้อมกัน วิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators ยังพิจารณาจำนวนคำตอบที่แยกกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ เรียกว่าค่า Strength (Strength Value: $S(i)$) โดยผลรวมของค่า

$S(i)$ นี้จะทำให้สามารถหาค่า $R(i)$ ได้ สมาชิกคำตอบที่มีค่า $R(i)=0$ แสดงว่าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่นเลย และสมาชิกคำตอบนี้จะถูกเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี (Archive of Non-dominated Solution) (Zitzler, Laumanns และ Thiele, 2002) ดังนั้นวิธีนี้จะมีค่าความแข็งแกร่งตามสมการที่ (3.16) ดังนี้

$$F(i) = R(i) + D(i) \tag{3.16}$$

$$\text{กำหนดให้ } S(i) = |\{j \mid j \in P_t + E_t \wedge i \succ j\}| \tag{3.17}$$

โดยที่ P_t แทนประชากรคำตอบ

E_t แทนประชากรคำตอบใน Archive Population

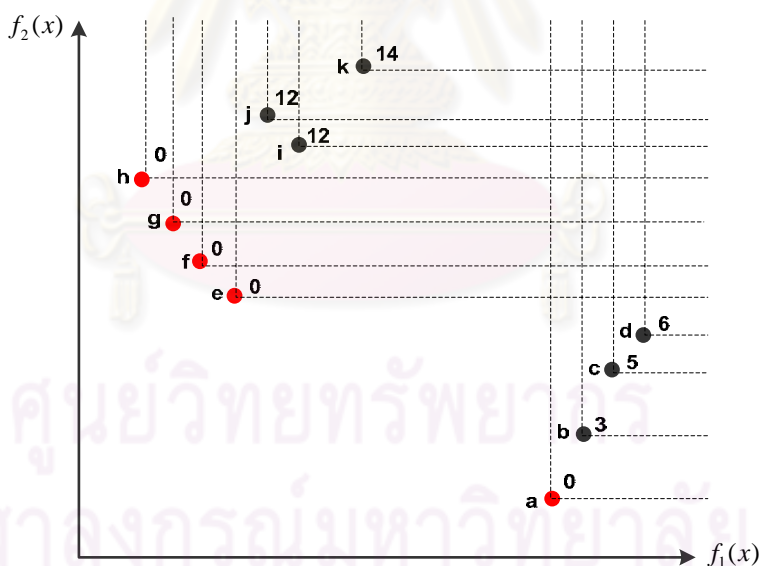
$|\cdot|$ แทน จำนวนเซตคำตอบ

+ แทนการรวมกันของหลายเซตคำตอบ

\succ แทน Pareto Dominance Relation

และสามารถคำนวณค่า $R(i)$ ได้จาก

$$R(i) = \sum_{j \in P_t + \bar{P}_t, j \succ i} S(j) \tag{3.18}$$



รูปที่ 3.5 วิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators

จากรูปที่ 3.5 แสดงการคำนวณค่า $R(i)$ จะเห็นได้ว่า ในกลุ่มประชากรหนึ่งจำเป็นต้องมีการพิจารณาสมาชิกคำตอบด้วยการพิจารณาจำนวนสมาชิกในประชากรคำตอบที่ดีกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ และจำนวนคำตอบที่แยกกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ โดยในแต่ละสมาชิกคำตอบสามารถคำนวณค่าดังกล่าวได้ดังนี้ สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ a จะมี $S(j) = 3, R(i) = 0$

สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ b จะมี $S(j) = 2$, $R(i) = 3$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ c จะมี $S(j) = 1$, $R(i) = 3+2=5$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ d จะมี $S(j) = 0$, $R(i) = 3+2+1=6$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ e จะมี $S(j) = 3$, $R(i) = 0$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ f จะมี $S(j) = 3$, $R(i) = 0$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ g จะมี $S(j) = 3$, $R(i) = 0$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ h จะมี $S(j) = 3$, $R(i) = 0$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ i จะมี $S(j) = 1$, $R(i) = 3+3+3+3+3=12$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ j จะมี $S(j) = 1$, $R(i) = 3+3+3+3+3=12$
 สมาชิกประชากรคำตอบ i ในที่นี้ k จะมี $S(j) = 0$, $R(i) = 3+3+3+3+1+1=14$

*หมายเหตุ ในตัวอย่างการคำนวณนี้ไม่ได้แสดงถึงค่าความแข็งแรงของประชากรคำตอบ $F(i)$ เนื่องจากยังไม่ได้มีการคำนวณความหนาแน่น $D(i)$ และจะกล่าวในหัวข้อถัดไป

ผลลัพธ์ของการกำหนดค่า Raw Fitness Value จะมีลักษณะคล้ายคลึงกับรูปแบบการจัดอันดับค่าความแข็งแรงวิธีอื่น ๆ คือ จะได้กลุ่มสมาชิกคำตอบที่มีอันดับที่น้อยที่สุด นั่นคือสมาชิกที่มีความแข็งแรงมากที่สุด นั่นคือค่า Raw Fitness Value มีค่าเท่ากับศูนย์ จะนำคำตอบเหล่านี้ไปเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี

สำหรับวิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators นี้จะเป็นการกำหนดค่าความแข็งแรงที่ได้นำไปประยุกต์ใช้กับเจเนติกอัลกอริทึมที่มีชื่อว่า Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA 2)

3.4.2 การกำหนดความหนาแน่น

ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์นั้น มีเป้าหมายเพื่อให้ได้ขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด และมีลักษณะรูปแบบการกระจายของเขตคำตอบบนขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดแบบสม่ำเสมอ ซึ่งวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดสามารถทำให้บรรลุเป้าหมายในข้อแรก ส่วนเป้าหมายข้อที่สองนี้เป็นวิธีที่ใช้ในสร้างความหลากหลายให้กับคำตอบ เนื่องจากสมาชิกคำตอบที่อยู่บนขอบเขตคำตอบเดียวกันมีการเกาะกลุ่มอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ส่งผลให้บริเวณอื่น ๆ ไม่มีสมาชิกคำตอบอยู่เลย (ไม่พบคำตอบอื่น ๆ เลย) ปรากฏการณ์เช่นนี้เรียกว่าการลอยเลื่อนเชิงพันธุกรรม (Genetic Drift) ซึ่งมักเกิดขึ้นกับปัญหาที่มีคำตอบหลายคำตอบ (Multi-modal Problem) หรือปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ ดังนั้นจึงต้องอาศัยเทคนิคที่เรียกว่า วิธีการสร้างความหลากหลายให้กับประชากรคำตอบ (Diversity Population) ซึ่งจัดว่าเป็นการกำหนดความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบหรือ

การแบ่งปันค่าความแข็งแรง (Fitness Sharing) เพื่อลดทอนค่าความแข็งแรงของสมาชิกคำตอบที่เกาะอยู่เป็นกลุ่ม ซึ่งขึ้นอยู่กับจำนวนสมาชิกที่เกาะบริเวณคำตอบนั้น ซึ่งมีเทคนิคต่าง ๆ ดังนี้ (Konak, Coit และ Smith, 2006)

3.4.2.1 Niched Fitness Sharing Technique

แนวคิดของ Fitness Sharing ได้ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรกด้วย Goldberg และ Richardson (1987) เนื่องจากการคงไว้ของความหลากหลายของประชากร คือ การแบ่งสมาชิกในประชากรให้มีการแบ่งปันค่าความแข็งแรงไม่แท้จริงร่วมกัน และการแบ่งปันนี้จะทำให้ค่าความแข็งแรงลดลง ผลที่ได้จากการแบ่งปันความแข็งแรง จะทำให้กลุ่มคำตอบที่ได้มีการกระจายแบบสม่ำเสมอมากขึ้น สำหรับ Niching เป็นวิธีหนึ่งที่ใช้ในการแบ่งปันค่าความแข็งแรง และนำมาประยุกต์ใช้ใน MOGA โดยจะทำการคำนวณขนาดของ Niche เพื่อใช้เป็นสัดส่วนในการแบ่งปันค่าความแข็งแรงของสมาชิกคำตอบที่อยู่ใน Niche เดียวกัน ขั้นตอนการคำนวณการแบ่งปันความแข็งแรงแสดงได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณค่า Euclidean Distance ระหว่างประชากรคำตอบ x และ y ที่มีประชากรคำตอบเป็น Normalized Objective ดังนั้นค่าของประชากรคำตอบจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 และ 1

$$df(x, y) = \sqrt{\sum_{k=1}^K \left(\frac{f_k(x) - f_k(y)}{f_k^{\max} - f_k^{\min}} \right)^2} \quad (3.19)$$

โดยที่ $df(x, y)$ คือระยะทางจากจุด x และ y ที่ได้รับการ Normalized f_k^{\max} และ f_k^{\min} เป็นค่ามากที่สุดและน้อยที่สุดของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_k(\cdot)$ ตามลำดับ

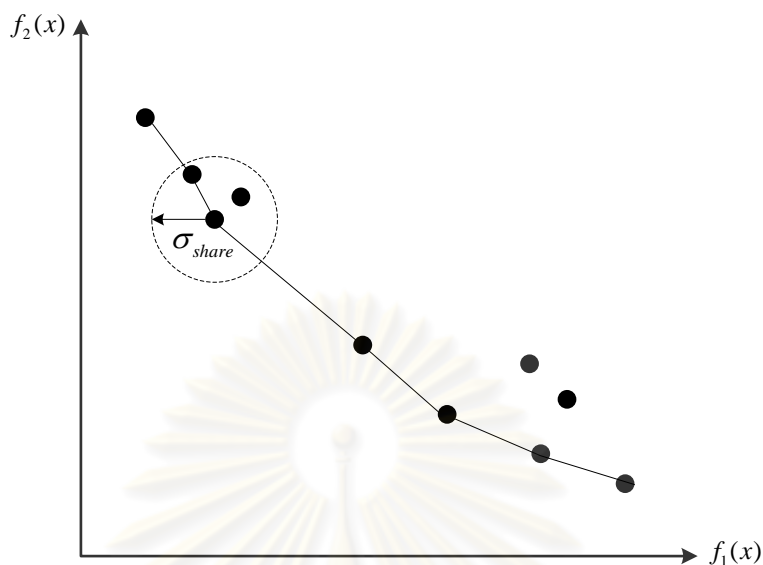
ขั้นตอนที่ 2 เมื่อได้ระยะทางระหว่างคำตอบที่ได้รับการ Normalized แล้วจะทำการคำนวณ Niche Count ซึ่งถือว่าเป็นการคำนวณขนาดของ Niche เพื่อใช้เป็นขอบเขตพื้นที่ในการระบุจำนวนสมาชิกคำตอบที่อยู่ใน Niche เดียวกัน

$$nc(x, t) = \sum_{y \in P, r(y, t) = r(x, t)} \max \left\{ \frac{\sigma_{share} - df(x, y)}{\sigma_{share}}, 0 \right\} \quad (3.20)$$

โดยที่ σ_{share} คือขนาด Niche

ขั้นตอนที่ 3 หลังจากได้ Niche Count แล้ว จะทำให้สามารถคำนวณค่าความแข็งแรงที่ถูกปรับตามตำแหน่งที่อยู่ใน Niche ดังนี้

$$f'(x,t) = \frac{f(x,t)}{nc(x,t)} \quad (3.21)$$



รูปที่ 3.6 Niched Fitness Sharing Technique

3.4.2.2 Crowding Distance

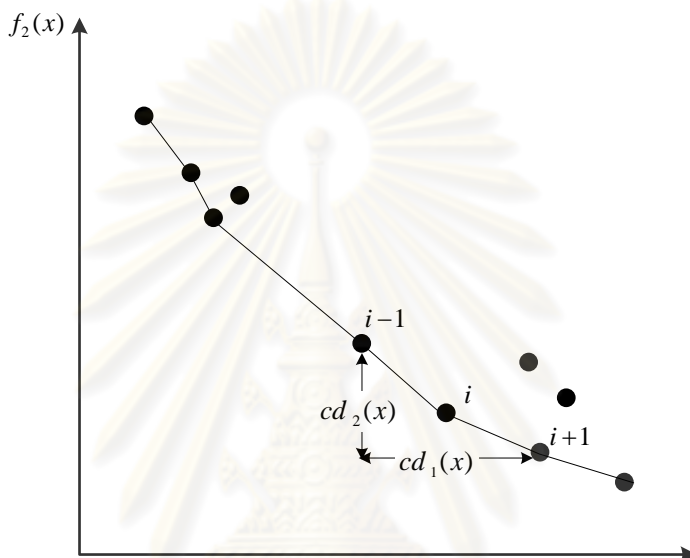
Crowding Distance เป็นเทคนิคหนึ่งที่มีความสามารถในการทำให้ประชากรคำตอบบนขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีมีลักษณะการกระจายอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น และนำมาใช้ในการบรรลุเป้าหมายที่สองดังกล่าวของ NSGA II โดยเทคนิคนี้จะถูกนำมาใช้คำนวณระยะทางระหว่างสมาชิกประชากรคำตอบที่อยู่ใน Front เดียวกันเท่านั้น ขั้นตอนการคำนวณ Crowding Distance แสดงได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ถ้าสมาชิกประชากรคำตอบมีอันดับที่เท่ากันแล้วให้คำนวณขั้นตอนที่ 2 และ 3 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดให้ l แทนจำนวนประชากรคำตอบทั้งหมดใน Front ที่ j , $j=1, \dots, R$ และ $x_{[i,k]}$ แทน สมาชิกประชากรคำตอบที่ i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ k ที่ได้รับการเรียงลำดับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์จากน้อยไปมาก (Sort List) โดยสมาชิกประชากรคำตอบที่มีลำดับที่ 1 (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์น้อยที่สุด) และลำดับสุดท้าย (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์มากที่สุด) จะถูกกำหนดให้มี Crowding Distance เป็นค่ามาก ๆ (Infinity) นั่นคือ $cd_k(x_{[1,k]}) = \infty$ และ $cd_k(x_{[l,k]}) = \infty$ ส่วนสมาชิกประชากรคำตอบรายการเรียงลำดับที่ 2 ถึงลำดับที่ $l-1$ จะคำนวณ Crowding Distance จาก

$$cd_k(x_{[i,k]}) = \frac{f_k(x_{[i+1,k]}) - f_k(x_{[i-1,k]})}{f_k^{\max} - f_k^{\min}} \quad (3.22)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณผลรวมของ Crowding Distance ทั้ง k ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จะได้ว่า $cd(x) = \sum cd_k(x)$ นั่นคือค่า Crowding Distance ของสมาชิกคำตอบนั้น ๆ โดยค่านี้จะแสดงถึงระยะห่างระหว่างจุดที่อยู่ต่อเนื่องกันบนคำตอบใน Front เดียวกัน ค่า Crowding Distance น้อยจะแสดงให้เห็นถึงกลุ่มคำตอบใน Front นั้นมีการเกาะกลุ่มกัน ส่วนค่า Crowding Distance มากจะแสดงให้เห็นว่ากลุ่มคำตอบใน Front นั้นมีการกระจายอย่างชัดเจน



รูปที่ 3.7 Crowding Distance

3.4.2.3 Adaptive Density Estimation

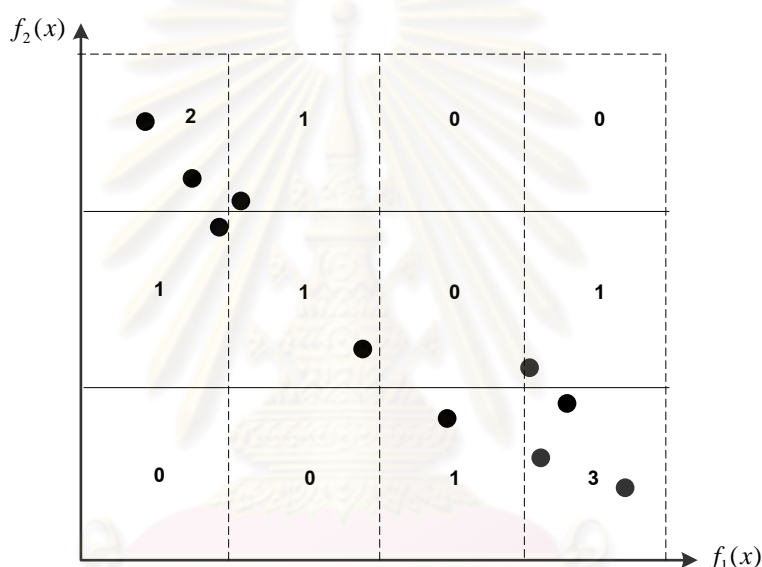
Adaptive Density Estimation เป็นเทคนิคหนึ่งที่ถูกนำมาใช้เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของสมาชิกคำตอบที่มีค่าความแข็งแรงเท่ากัน และทำให้ประชากรคำตอบบนขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีมีลักษณะการกระจายอย่างสม่ำเสมอมากขึ้น โดยเทคนิคนี้จะทำการแบ่งพื้นที่วัตถุประสงค์ (Objective Space) เป็นออกเป็นเซลล์ (Cell) จำนวนสมาชิกประชากรคำตอบที่อยู่ในเซลล์เดียวกัน จะเป็นสิ่งที่กำหนดความหนาแน่นของเซลล์ โดยข้อมูลความหนาแน่น (Density Information) นี้ที่นำมาใช้ในการเพิ่มความหลากหลายให้กับประชากรคำตอบ ขั้นตอนในการคำนวณของ Adaptive Density Estimation แสดงได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างเซลล์เพื่อใช้เป็นขอบเขตในการพิจารณาความหนาแน่นด้วยการแบ่งพื้นที่วัตถุประสงค์ด้วยความกว้างของเซลล์ที่คำนวณได้จากสมการที่ (3.23) ดังนี้

$$d_i = \frac{\max f_i(x) - \min f_i(x)}{K_i}, \quad i=1, 2, \dots, k \quad (3.23)$$

และ K แทนจำนวนฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ในแต่ละสมาชิกในประชากรคำตอบเบื้องต้นจะทำการค้นหาจุดที่ใกล้เคียงกับจุดกึ่งกลางของเซลล์ และกำหนดให้เป็นที่อยู่ของสมาชิกคำตอบนั้น (Home Address) และพิจารณาจากสมาชิกประชากรคำตอบอื่นที่อยู่ในที่อยู่เดียวกัน เรียกว่าเป็นสมาชิกในครอบครัว (Family Member) และจะถูกนับพร้อมบันทึกจำนวนคำตอบที่ตกอยู่ในขอบเขตของเซลล์เดียวกันว่าเป็นความหนาแน่นภายในเซลล์นั้น ๆ โดยมีการเก็บค่าเป็นลักษณะเมทริกซ์ พิจารณาได้ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 Adaptive Density Estimation

3.4.2.4 k -nearest neighbor

เทคนิคการประมาณค่าความหนาแน่นของคำตอบที่นำมาใช้ใน SPEA2 คือวิธีการ k -nearest neighbor วิธีการนี้จะคำนวณความหนาแน่นด้วยการหาระยะทางที่ใกล้เคียงกับสมาชิกคำตอบที่พิจารณาอยู่ k คำตอบ แทนด้วย σ_i^k และสามารถกำหนด k ได้จากรากที่สองของผลรวมจำนวนประชากรคำตอบและจำนวนของพื้นที่เก็บคำตอบที่ดี (Archive Size) $k = \sqrt{N_p + N_E}$ ดังนั้นจะได้ว่าความหนาแน่นของสมาชิกประชากรคำตอบที่ i จากสมการที่ (3.24) ดังนี้

$$D(i) = \frac{1}{\sigma_i^k + 2} \quad (3.24)$$

โดยที่การบวกค่า 2 เข้าไปนั้นเพื่อให้แน่ใจได้ว่าค่า $D(i)$ นี้จะไม่มากกว่าศูนย์และน้อยกว่า 0.5

3.5 สรุปขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์

ในหัวข้อนี้เป็นขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ รายละเอียดต่าง ๆ ในอัลกอริทึมที่ได้อธิบายมานั้นจะเป็นการสรุปในรูปแบบขั้นตอนการทำงาน ซึ่งมีทั้งหมด 9 อัลกอริทึม ได้แก่ MOGA, NSGA II, SPEA 2, RDGA, PAES, M-PAES, MOGLS, Modified-MOGLS และ S-MOGLS โดยแนวคิดต่าง ๆ ของอัลกอริทึมข้างต้นมีพื้นฐานดังนี้

ตารางที่ 3.1 อัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์

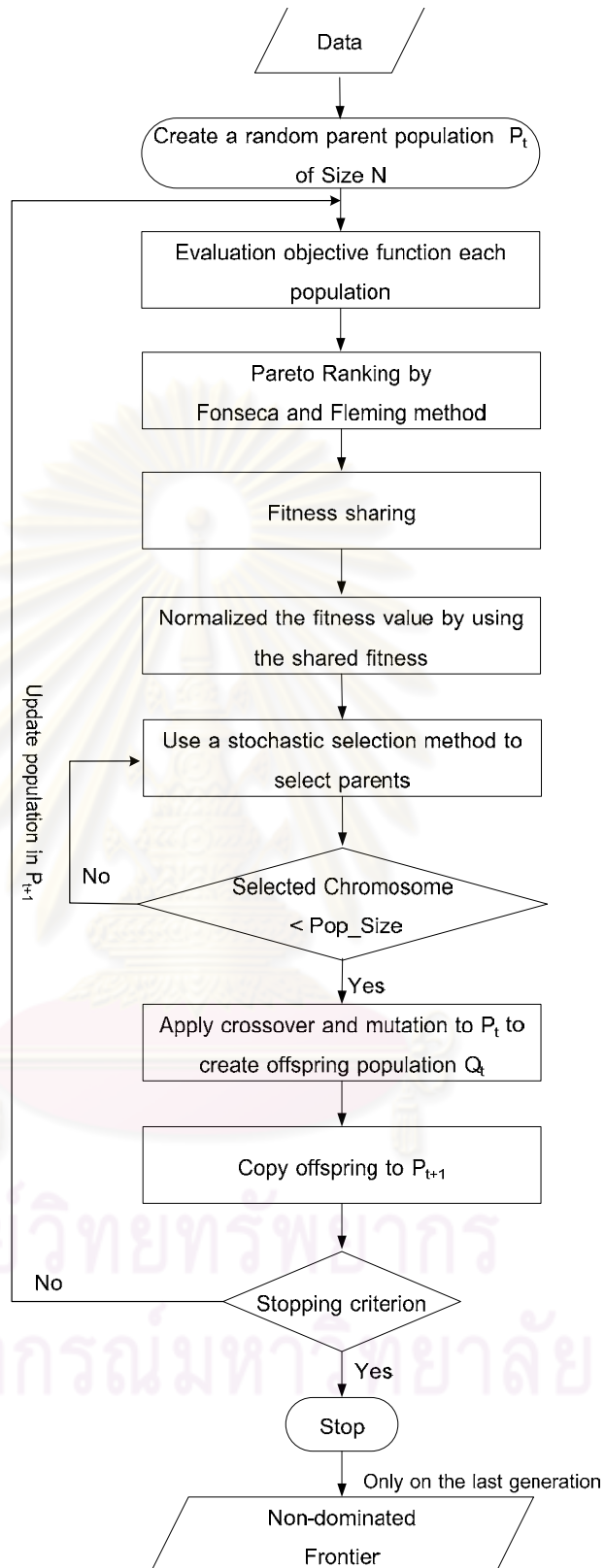
MOEAs	MOEAs + Local Search
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Multi-objective Genetic Algorithm : MOGA (1993) ▪ Pareto Archive Evolution Strategy : PAES (2000) ▪ Non-dominated Sorting Genetic Algorithm II: NSGA II (2002) ▪ Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2: SPEA 2 (2001) ▪ Rank Density Genetic Algorithm: RDGA (2003) 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ M-PAES (2000) ▪ Multi-Objective Genetic Local Search: MOGLS (2003) ▪ Modified MOGLS (2003) ▪ S-MOGLS (2004)

จากตารางที่ 3.1 แสดงอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมในการใช้แก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ โดยสามารถจำแนกอัลกอริทึมได้เป็นสองประเภท คือ ประเภทแรก วิธีการวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์ ที่ใช้การกำหนดค่าความแข็งแรง (Fitness Assignment) ด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดในการหาค่าตอบ ในแต่ละอัลกอริทึมจะแตกต่างกันในเรื่องการกำหนดค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของสมาชิกคำตอบ ประเภทที่สองการรวมกันของวิธีการวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์และการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ เรียกอัลกอริทึมประเภทนี้ว่า เมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งจากตารางข้างต้นในอัลกอริทึมนั้นจะแบ่งออกเป็นสองแนวคิด คือการคิดค้นวิธีการแก้ปัญหาขึ้นมาใหม่อย่าง Multi-Objective Genetic Local

Search ซึ่งจะใช้การกำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกคำตอบด้วยวิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก แต่ผลลัพธ์ยังคงให้กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดด้วยอาศัยหลักการ Pareto Dominance และนำการค้นหาเฉพาะที่มาช่วยในการปรับปรุงคำตอบ ส่วนอีกแนวคิดหนึ่งอย่าง M-PAES จะเป็นการใช้อัลกอริทึมดั้งเดิมของ PAES รวมกับการค้นหาเฉพาะที่ ผลลัพธ์ที่ได้จะให้คำตอบที่มีประสิทธิภาพกว่าเดิม จากแนวคิดข้างต้นในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้อัลกอริทึมที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นอัลกอริทึมที่ได้รับความนิยมในการแก้ปัญหาการจัดตารางอย่าง NSGA II และ SPEA 2 มาใช้ประยุกต์ร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ รายละเอียดของวิธีการของอัลกอริทึมใหม่จะนำเสนอในบทที่ 6



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการทำงาน Multi-Objective Genetic Algorithm: MOGA

3.5.1 ขั้นตอนการทำงานของ Multi-Objective Genetic Algorithm (MOGA)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

P_t แทนประชากรคำตอบ

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม P_t จำนวน N ประชากร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรคำตอบด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด สำหรับอัลกอริทึมนี้ใช้วิธีการจัดอันดับแบบ Fonseca และ Fleming โดยค่าอันดับนี้จะเป็นค่าความแข็งแรงไม่แท้จริง หรือ Dummy Fitness Value โดยในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้เส้นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดี (Frontier) ออกมาหลายกลุ่มตามค่า Dummy Fitness

3.1 จัดสรรค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรคำตอบด้วยพื้นฐานของอันดับที่ได้รับ

$$f(x, t) = N - \sum_{k=1}^{r(x,t)-1} n_k - .5 \times (n_{r(x,t)} - 1) \quad (3.25)$$

โดย n_k คือจำนวนคำตอบในอันดับที่ k

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าการแบ่งปันความแข็งแรงให้กับคำตอบแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ ในที่นี่ใช้ Niche Fitness Sharing Technique ในการประมาณความหนาแน่นของคำตอบ คำตอบที่มีความหนาแน่นน้อยจะมีโอกาสได้รับการคัดเลือกเข้าสู่ Mating Pool มาก

4.1 คำนวณ Niche Count $nc(x, t)$ ในสมาชิกประชากรคำตอบในเจนเนอเรชันปัจจุบัน

4.2 คำนวณค่าการแบ่งปันความแข็งแรงของแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ

$$f'(x, t) = \frac{f(x, t)}{nc(x, t)} \quad (3.26)$$

4.3 ทำการ Normalized ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ด้วยค่าการแบ่งปันความแข็งแรง

$$f''(x, t) = \frac{f'(x, t) n_{r(x,t)}}{\sum_{\substack{y \in P_t \\ r(y,t)=r(x,t)}} f'(x, t)} f(x, t) \quad (3.27)$$

ขั้นตอนที่ 5 คัดเลือกคำตอบเข้าสู่ Mating Pool ด้วย Stochastic Selection Method วิธีนี้จะมีหลักการเหมือนกับการคัดเลือกแบบ Roulette Wheel Selection ต่างกันที่หลังจากกำหนดจุดชี้ตำแหน่ง (Fixed Point) โดยการสุ่มครั้งแรกแล้ว จะทำการเลือกสมาชิกของกลุ่มประชากรด้วยการเลื่อนตัวชี้ตำแหน่งจากจุดเดิม (ตัวชี้ตำแหน่งที่ได้เป็นตัวแรก) ทีละขั้น โดยที่แต่ละขั้นนั้นจะเท่ากับ 360 องศาต่อจำนวนสมาชิกของกลุ่ม

ประชากร จากนั้นทำการเลือกสมาชิกของกลุ่มประชากรที่มีตัวชี้ตำแหน่งอยู่จนครบตามจำนวนสมาชิกของกลุ่มประชากรในหนึ่งรุ่น

ขั้นตอนที่ 6 ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชันในการสร้างประชากรคำตอบใหม่ จากประชากรคำตอบ P_t จำนวน N ประชากร

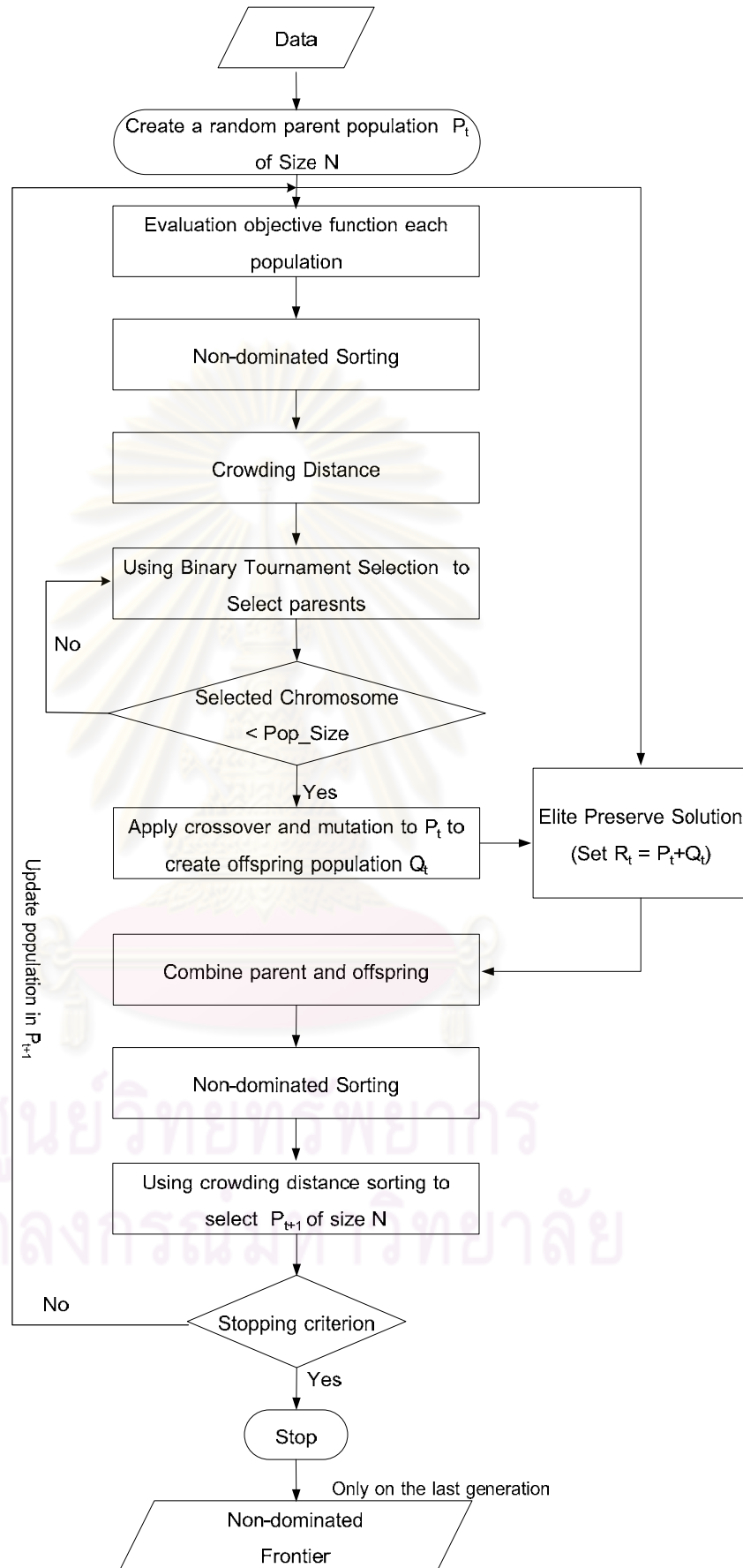
ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ด้วยการคำนวณค่าฟังก์ชันไปจนครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้า

7.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการคำตอบ จะทำการคัดเลือกประชากรคำตอบไปสุ่มไปเป็นประชากรคำตอบเริ่มต้นในเจนเนอเรชัน $t + 1$ (กลับไปขั้นตอนที่ 2)

7.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่ได้ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนการทำงานของ Non-dominated sorting Genetic Algorithm II: NSGA II

3.5.2 ขั้นตอนการทำงานของ Non-dominated sorting Genetic Algorithm II (NSGA II)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

P_t แทนประชากรคำตอบ (ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่)

Q_t แทนประชากรคำตอบใหม่ (ประชากรคำตอบรุ่นลูก)

R_t แทนการรวมกันประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่และประชากรคำตอบรุ่นลูก

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม P_t จำนวน N ประชากร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบเบื้องต้น

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรคำตอบด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด สำหรับอัลกอริทึมนี้ใช้วิธีการจัดอันดับแบบ Goldberg โดยค่าอันดับนี้จะเป็นค่าความแข็งแรงไม่แท้จริง หรือ Dummy Fitness Value โดยในขั้นตอนนี้จะทำให้ได้เส้นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดี (Frontier) ออกมาหลายกลุ่มตามค่า Dummy Fitness

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าระยะทางที่ใช้เป็นตัววัดความแตกต่างของประชากรคำตอบที่มีอันดับเดียวกัน หรืออยู่บนเส้นขอบเขตกลุ่มคำตอบเดียวกัน โดยในอัลกอริทึมนี้จะใช้เทคนิคที่เรียกว่า Crowding Distance สมาชิกประชากรคำตอบที่มีค่า Crowding Distance มากจะมีโอกาสได้รับการคัดเลือกเข้าสู่ Mating Pool มาก เนื่องจากเทคนิคนี้ต้องการกำจัดคำตอบที่เกาะอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ซึ่งกลุ่มคำตอบเหล่านั้นจะมีระยะทางที่น้อยมาก สูตรการคำนวณ Crowding Distance แสดงในสมการที่ (3.22)

ขั้นตอนที่ 5 คัดเลือกคำตอบเข้าสู่ Mating Pool ด้วยวิธี Binary Tournament Selection วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้การแข่งขันของประชากรคำตอบ 2 ประชากร คำตอบ ประชากรคำตอบใดที่มีค่าความแข็งแรงที่ไม่แท้จริงน้อยกว่า จะได้รับเลือกเข้าสู่ Mating Pool และในกรณีที่พบว่าคำตอบนั้นมีค่าความแข็งแรงเท่ากัน จะพิจารณาที่ Crowding Distance ที่มีค่ามากกว่า จะได้รับเลือกเข้าสู่ Mating Pool

ขั้นตอนที่ 6 ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชันในการสร้างประชากรคำตอบใหม่ จากประชากรคำตอบ P_t จำนวน N ประชากร

ขั้นตอนที่ 7 รวมประชากรคำตอบเบื้องต้น (P_t) และประชากรคำตอบใหม่ (Q_t) เป็นประชากรคำตอบใน R_t ดังนั้นจำนวนประชากรคำตอบทั้งหมดเท่ากับ $2N$ และอัปเดต (Update) ในทุกเจนเนอเรชัน

ขั้นตอนที่ 8 คำนวณค่าความแข็งแรงด้วย Non-dominated Sorting และ Crowding Distance ให้กับประชากรคำตอบ R_t เพื่อคัดเลือกประชากรคำตอบไปสู่ประชากรคำตอบเริ่มต้นในเจนเนอเรชัน $t+1$ จำนวน N ประชากรคำตอบ โดยประชากรคำตอบที่มีอันดับเป็นหนึ่ง หรืออยู่ใน Rank 1 จะได้รับโอกาสในการคัดเลือกไปเป็นคำตอบ

ในเจนเนอเรชัน $t+1$ อันดับแรก ส่วนในอันดับอื่น ๆ จะได้รับโอกาสลดลงมา เมื่อพบว่าจำนวนประชากรคำตอบใน Rank ที่พิจารณาอยู่มากกว่าจำนวนประชากรคำตอบที่เหลือที่จะนำไปเป็นประชากรคำตอบรุ่น $t+1$ จะใช้ Crowding Distance ในการคัดเลือก ประชากรคำตอบที่มี Crowding Distance น้อยจะถูกตัดออกไปและคัดเลือกจนครบจำนวน N ประชากรคำตอบ

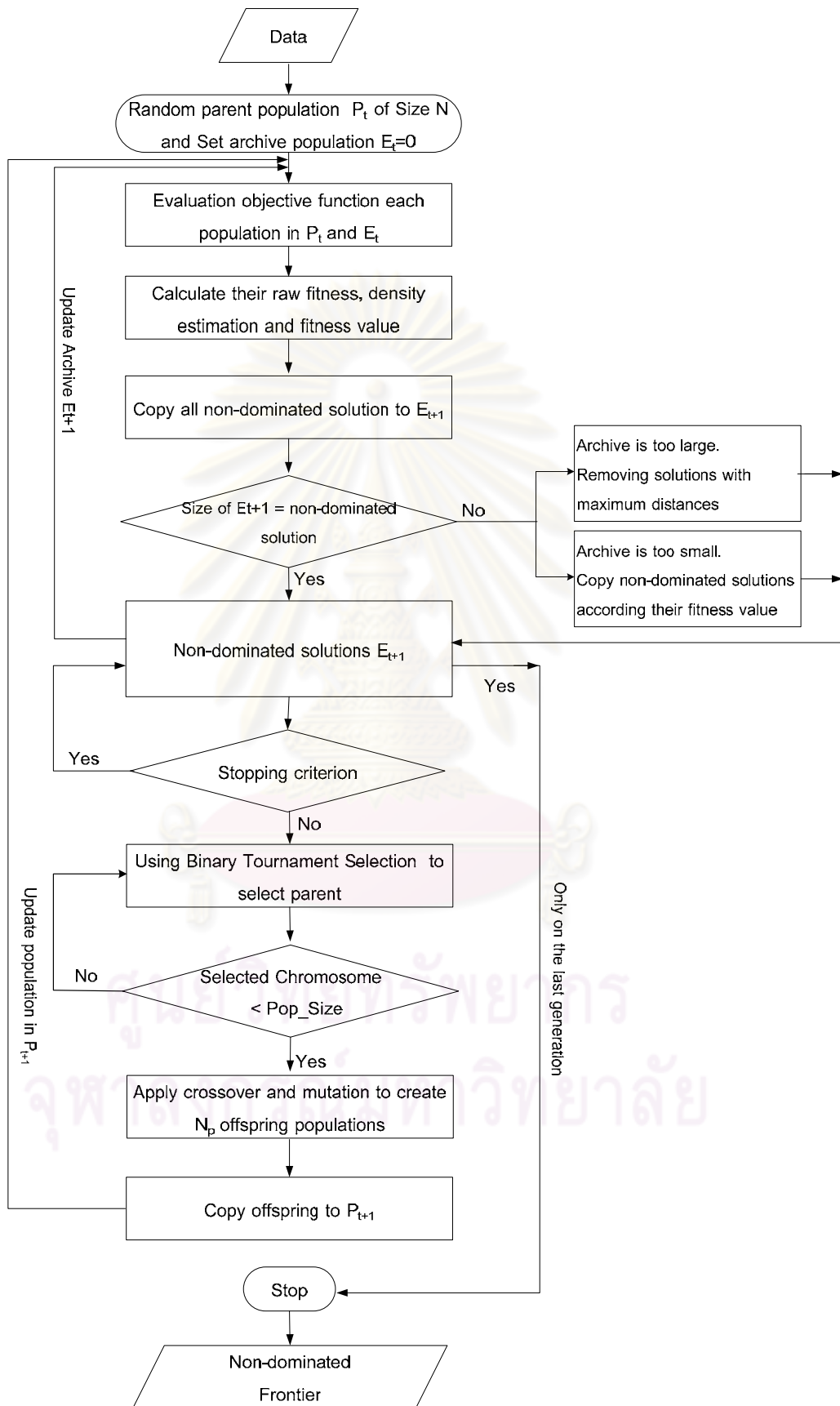
ขั้นตอนที่ 9 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

9.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการคำตอบ จะทำการคัดเลือกประชากรคำตอบไปสู่ไปเป็นประชากรคำตอบเริ่มต้นในเจนเนอเรชัน $t+1$ (กลับไปขั้นตอนที่ 2)

9.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่ได้ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการทำงานของ Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2: SPEA 2

3.5.3 ขั้นตอนการทำงานของ Strength Pareto Evolutionary Algorithm 2 (SPEA 2)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

P_t แทนประชากรคำตอบ

E_t แทนประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Non-dominated Solution หรือ Archive Population)

N_p แทนจำนวนประชากรคำตอบ (Population Size)

N_E แทนจำนวนของประชากรคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ (Archive Size)

k พารามิเตอร์ที่ใช้ในการคำนวณค่าความหนาแน่นของประชากรคำตอบ

$$\text{โดย } k = \sqrt{N_p + N_E}$$

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม P_t จำนวน N_p ประชากร

และกำหนดให้ $E_t = \phi$

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบ P_t และ E_t

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรคำตอบด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด สำหรับอัลกอริทึมนี้ใช้วิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators โดยจะค่าความแข็งแรง (Fitness Value: $F(i)$) ได้มาจากผลรวมของ Raw Fitness Value: $R(i)$ และ Density Estimation: $D(i)$ ของประชากรคำตอบ P_t และ E_{t+1} ซึ่งสามารถคำนวณค่าต่าง ๆ ดังกล่าวได้ในสมการที่ (3.18) (3.16) และ (3.24) ตามลำดับ

ขั้นตอนที่ 4 พิจารณาสมาชิกประชากรคำตอบที่มี $R(i) = 0$ เพื่อคัดลอกคำตอบไปเก็บไว้ใน E_{t+1}

ขั้นตอนที่ 5 ตรวจสอบว่าประชากรคำตอบใน E_{t+1} มีจำนวนคำตอบเท่ากับ N_E หรือไม่

5.1 กรณี Archive มีขนาดเล็กเกินไป นั่นคือ $|E_{t+1}| > N_E$ ให้พิจารณาจำนวนคำตอบเท่ากับ $|E_{t+1}| - N_E$ ที่มี Density มากที่สุด แล้วคัดเลือกคำตอบไปเก็บไว้ใน E_{t+1} จนครบ N_E

5.2 กรณี Archive มีขนาดใหญ่เกินไป นั่นคือ $|E_{t+1}| < N_E$ ให้พิจารณาจำนวนคำตอบเท่ากับ $N_E - |E_{t+1}|$ ที่มี Fitness Values น้อยจาก P_t และ E_t แล้วคัดเลือกคำตอบไปเก็บไว้ใน E_{t+1} จนครบ N_E

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

6.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการหาคำตอบ จะดำเนินการต่อไปในขั้นตอนที่ 7

6.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่ได้ใน E_{t+1} เจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ

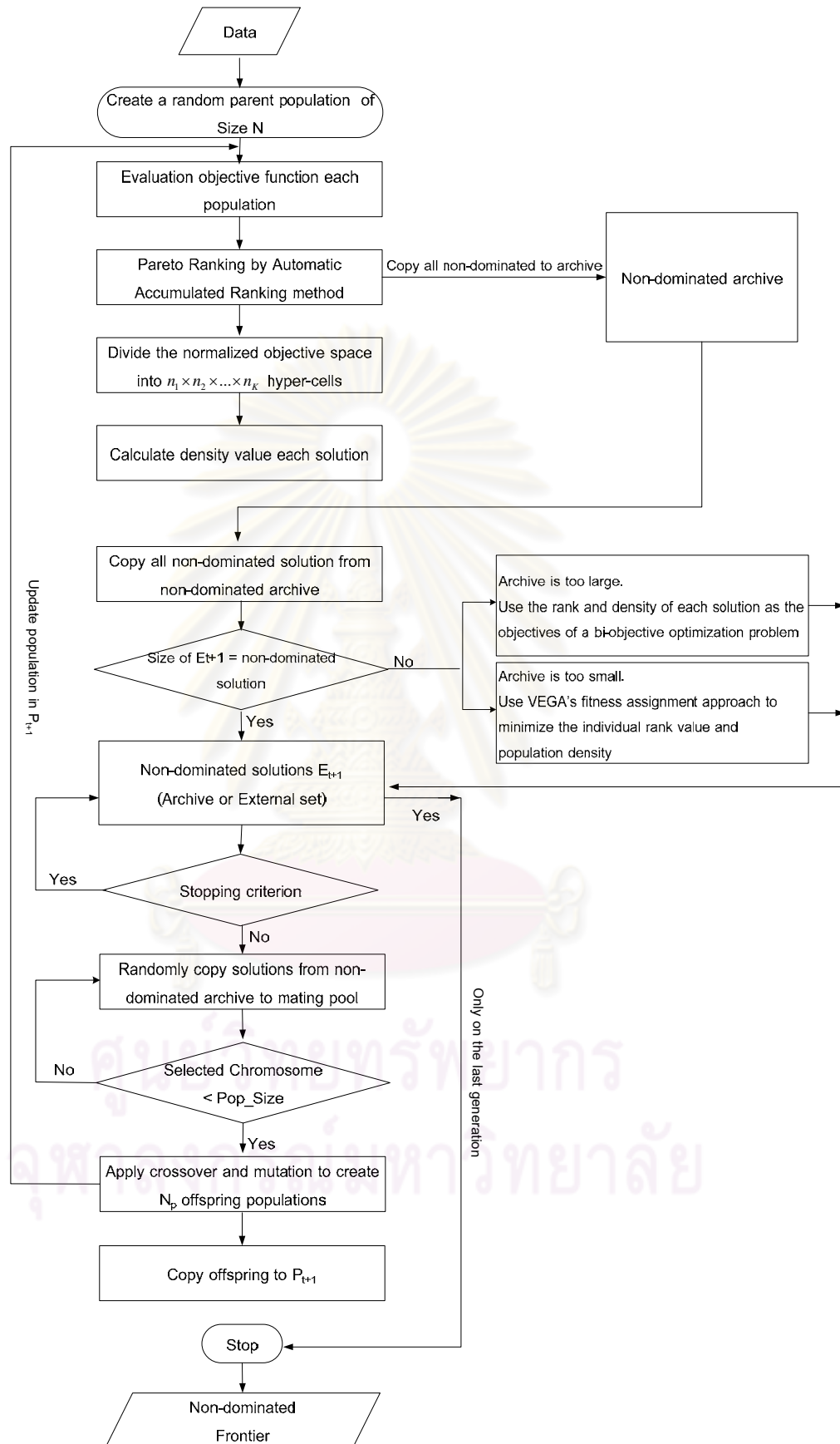
ขั้นตอนที่ 7 คัดเลือกคำตอบใน E_{t+1} เพื่อเป็นประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ด้วยวิธี Binary Tournament Selection วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้การแข่งขันของประชากรคำตอบ 2 ประชากร คำตอบที่มี Fitness Value น้อยกว่าจะได้รับเลือกเข้าสู่ Mating Pool

ขั้นตอนที่ 8 ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชันในการสร้างประชากรรุ่นลูกจากประชากรคำตอบ P_t จำนวน N_p ประชากร

ขั้นตอนที่ 9 คัดลอกประชากรคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากขั้นตอนที่ 8 ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจเนอเรชัน $t+1$ และกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 2



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการทำงานของ Rank Density Genetic Algorithm: RDGA

3.5.4 ขั้นตอนการทำงานของ Rank Density Genetic Algorithm (RDGA)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

P_t แทนประชากรคำตอบ

E_t แทนประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Non-dominated Solution)

N_p แทนจำนวนประชากรคำตอบ (Population Size)

N_E แทนจำนวนของประชากรคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ (Archive Size)

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม P_t จำนวน N_p ประชากร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบ P_t

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรคำตอบด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด สำหรับอัลกอริทึมนี้ใช้วิธีการจัดอันดับแบบ Automatic Accumulated Ranking Strategy สามารถคำนวณได้ในสมการที่ (3.15) จากนั้นพิจารณาสมาชิกประชากรคำตอบที่มีค่าความแข็งแรงเท่ากับ 1 คัดลอกคำตอบไปเก็บไว้ใน E_{t+1}

ขั้นตอนที่ 4 ทำการแบ่งพื้นที่ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ออกเป็นเซลล์ ซึ่งสามารถคำนวณได้ในสมการ (3.23)

ขั้นตอนที่ 5 คำนวณความหนาแน่นในแต่ละเซลล์ให้กับแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ

ขั้นตอนที่ 6 ตรวจสอบว่าประชากรคำตอบใน E_{t+1} มีจำนวนคำตอบเท่ากับ N_E หรือไม่

6.1 กรณี Archive มีขนาดเล็กเกินไป นั่นคือ $|E_{t+1}| > N_E$ ให้พิจารณาจำนวนคำตอบเท่ากับ $|E_{t+1}| - N_E$ ที่มีค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นน้อย แล้วคัดเลือกคำตอบไปเก็บไว้ใน E_{t+1} จนครบ N_E

6.2 กรณี Archive มีขนาดใหญ่เกินไป นั่นคือ $|E_{t+1}| < N_E$ ให้พิจารณาจำนวนคำตอบเท่ากับ $N_E - |E_{t+1}|$ ที่มีการหาค่าความแข็งแรงด้วย VEGA เลือกประชากรคำตอบที่มีค่าความแข็งแรงน้อยกว่า P_t แล้วคัดเลือกคำตอบไปเก็บไว้ใน E_{t+1} จนครบ N_E

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

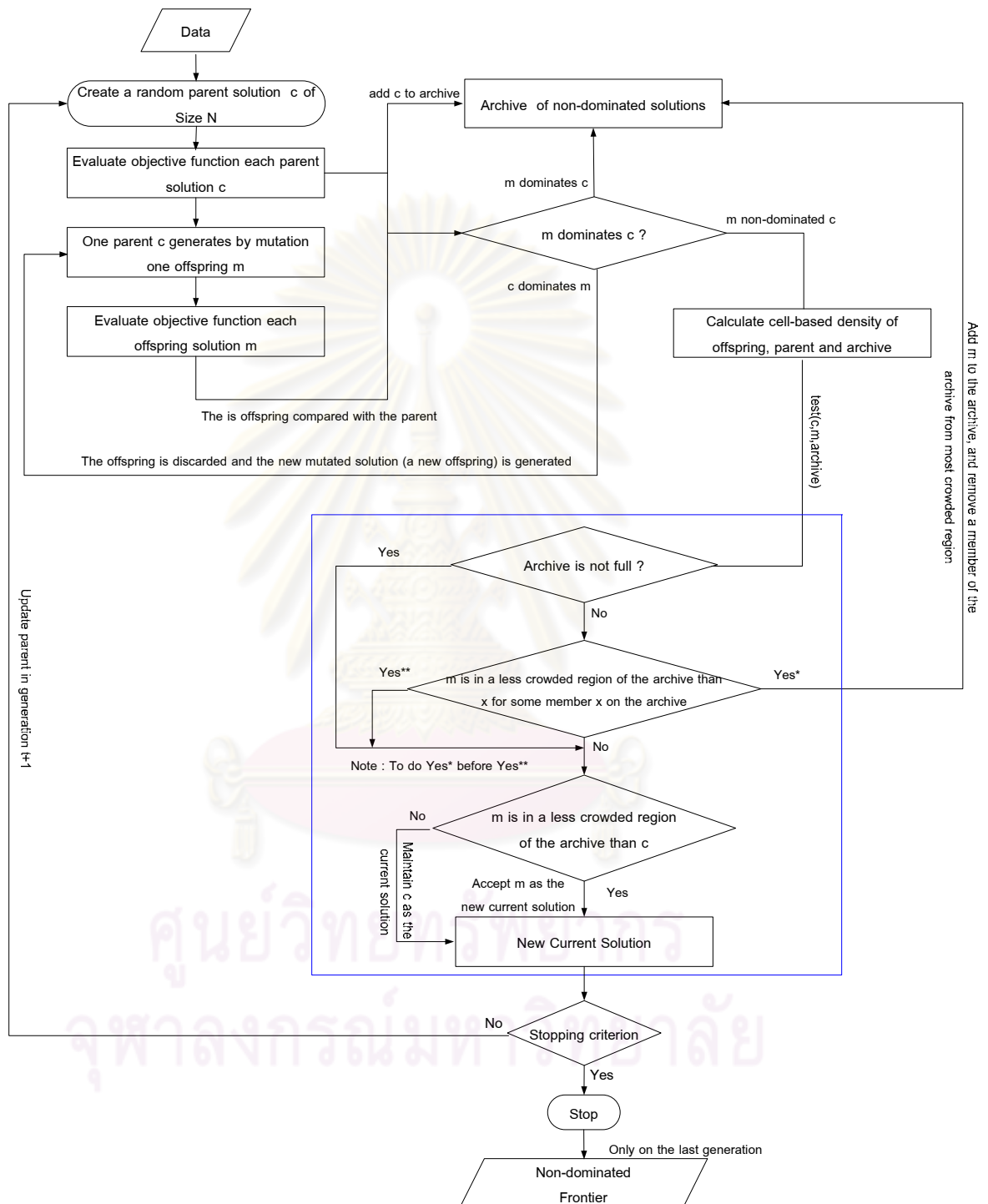
7.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการจะดำเนินการต่อไปในขั้นตอนที่ 8

7.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่ได้ใน E_{t+1} เจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ

ขั้นตอนที่ 8 คัดเลือกคำตอบใน E_{t+1} เพื่อเป็นประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ด้วยวิธีการสุ่มประชากรคำตอบเข้าสู่ Mating Pool

ขั้นตอนที่ 9 ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชันในการสร้างประชากรรุ่นลูกจากประชากรคำตอบ P_t จำนวน N_p ประชากร

ขั้นตอนที่ 10 คัดลอกประชากรคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากขั้นตอนที่ 9 ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชัน $t+1$ และกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 2



รูปที่ 3.13 ขั้นตอนการทำงานของ Pareto Archive Evolution Strategy: PAES

3.5.5 ขั้นตอนการทำงานของ Pareto Archive Evolution Strategy (PAES)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

c แทนประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่

m แทนประชากรคำตอบรุ่นลูก

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบ c อย่างสุ่ม จำนวน N ประชากร และคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบ c จากนั้นทำการคัดลอกประชากรคำตอบ c เข้าไปเก็บใน Archive

ขั้นตอนที่ 2 สร้างประชากรคำตอบ m จากการประยุกต์ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างมีวาทะ (โดยประชากร c หนึ่งตัว จะสร้างประชากร m หนึ่งตัว) จำนวน N ประชากร และคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบ c

ขั้นตอนที่ 3 เปรียบเทียบประชากรคำตอบ c และ m ด้วยหลักการ Pareto Dominance

3.1 ถ้าประชากรคำตอบ m ดีกว่าประชากรคำตอบ c จะทำการคัดเลือกประชากร m เข้าไปเก็บใน Archive

3.2 ถ้าประชากรคำตอบ c ดีกว่าประชากรคำตอบ m จะกลับไปดำเนินการในขั้นตอนที่ 2

3.3 ถ้าประชากรคำตอบ c และ m เป็นประชากรคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่ากัน (Non-dominated Individual) ให้ดำเนินการต่อไปในขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่าความหนาแน่นของประชากรคำตอบ c , m และ Archive ด้วยวิธี Cell-based Density

ขั้นตอนที่ 5 ใช้ฟังก์ชันการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบคำตอบใน c , m และ Archive ด้วย $test(c, m, archive)$ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

5.1 ตรวจสอบว่าขนาดของ Archive ที่เก็บคำตอบที่ดีนั้น มีขนาดเต็มจำนวนที่กำหนดแล้วหรือไม่

5.2 ถ้าจำนวนคำตอบใน Archive ยังไม่ครบจำนวนที่กำหนด ให้ทำการเปรียบเทียบประชากรคำตอบ c และ m ด้วยการพิจารณาความหนาแน่น

5.2.1 ถ้า m มีความหนาแน่นน้อยกว่า c ทำการคัดลอก m ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป

5.2.2 ถ้า c มีความหนาแน่นน้อยกว่า m ทำการรักษาคำตอบ c ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป

5.3 ถ้าจำนวนคำตอบใน Archive ครบจำนวนที่กำหนดแล้ว ให้ทำการเปรียบเทียบ m กับประชากรคำตอบใน Archive ด้วยการพิจารณาความหนาแน่น

5.3.1 ถ้า m มีความหนาแน่นน้อยกว่าสมาชิกใน Archive ทำการคัดเลือก m ไปเก็บใน Archive แทนสมาชิกคำตอบนั้น จากนั้นดำเนินการตรวจสอบต่อไปในขั้นตอนที่ 5.3.1.1 และ 5.3.1.2

5.3.1.1 ถ้า m มีความหนาแน่นน้อยกว่า c จะทำการคัดลอก c ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป

5.3.1.2 ถ้า c มีความหนาแน่นน้อยกว่า m ทำการรักษาคำตอบ c ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป

5.3.2 ถ้า m มีความหนาแน่นมากกว่าสมาชิกใน Archive ดำเนินการตรวจสอบต่อไปในขั้นตอนที่ 5.3.2.1 และ 5.3.2.2

5.3.2.1 ถ้า m มีความหนาแน่นน้อยกว่า c จะทำการคัดลอก c ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป

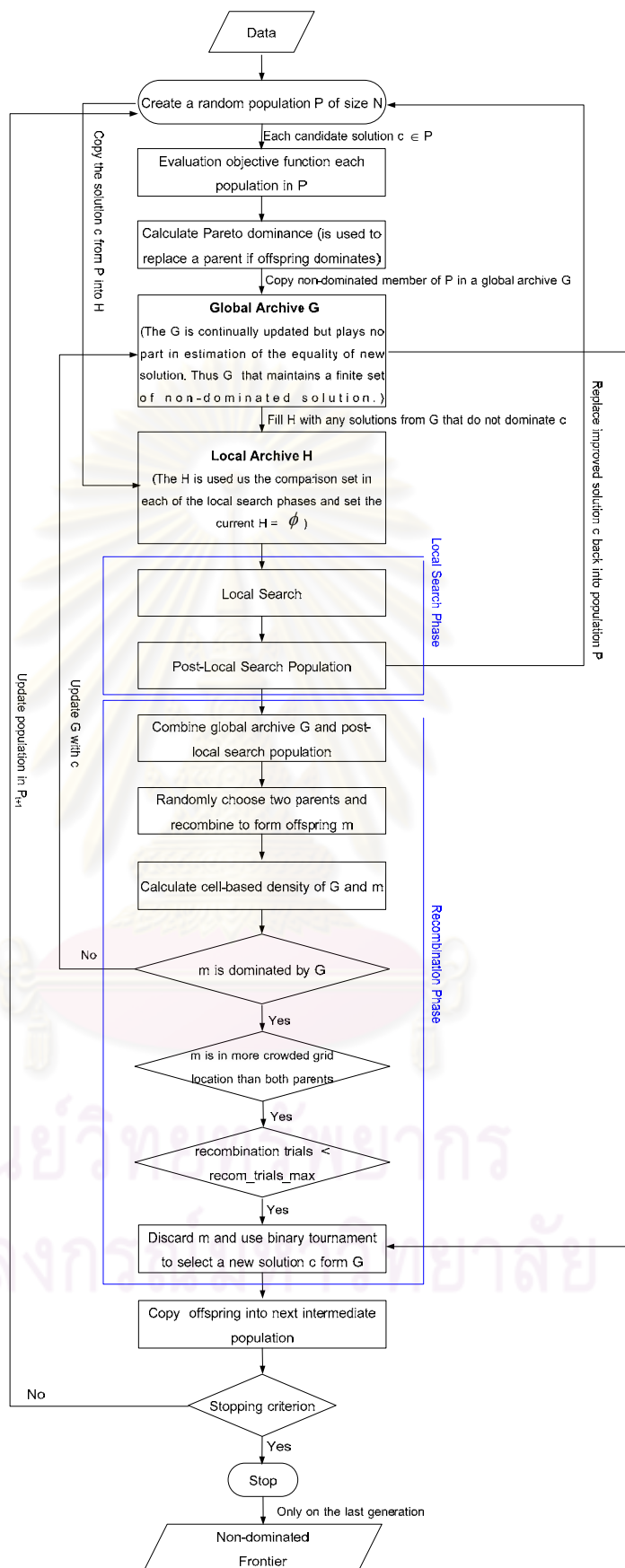
5.3.2.2 ถ้า c มีความหนาแน่นน้อยกว่า m ทำการรักษาคำตอบ c ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป

ขั้นตอนที่ 6 คัดลอกประชากรคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากขั้นตอนที่ 5 ไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชัน $t+1$

ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

7.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการจะดำเนินการต่อไปในขั้นตอนที่ 2

7.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่เก็บไว้ใน Archive ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ



รูปที่ 3.14 ขั้นตอนการทำงานของ Memetic-Pareto Archive Evolution Strategy: M-PAES

3.5.6 ขั้นตอนการทำงานของ Memetic-Pareto Archive Evolution Strategy (M-PAES)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

c แทนประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่

m แทนประชากรคำตอบรุ่นลูก

G แทนสถานที่เก็บประชากรคำตอบที่ดี และใช้เป็นสถานที่ในการปรับปรุง (Update) สมาชิกประชากรคำตอบ (Global Archive G)

H แทนสถานที่ที่ใช้เปรียบเทียบประชากรคำตอบที่มีคุณภาพดี (Local Archive H)

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบ P อย่างสุ่ม จำนวน N ประชากร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบ P จากนั้นใช้หลักการ Pareto Dominance ในการคัดเลือกประชากรที่เป็น Non-dominated Solution แล้วนำคำตอบนั้นไปเก็บใน G

ขั้นตอนที่ 3 ในขั้นตอนนี้เป็นเฟสในการค้นหาเฉพาะที่ โดยจะพิจารณาประชากรคำตอบ $c \in P$ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 ในเจนเนอเรชันปัจจุบันให้ $H = \phi$

3.2 คัดลอกสมาชิกคำตอบใน P เก็บไว้ใน H

3.3 คัดลอกสมาชิกคำตอบใน G เมื่อได้เปรียบเทียบกับ c แล้วไม่มีคำตอบใดดีกว่ากัน เก็บไว้ใน H จนครบจำนวนที่กำหนดไว้ (ใช้เปรียบเทียบประชากรคำตอบด้วยหลักการ Pareto Dominance)

3.4 ใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ในการปรับปรุงคำตอบ

3.5 นำคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมกลับไปสู่ประชากรคำตอบ P

ขั้นตอนที่ 4 ในขั้นตอนนี้เป็นเฟสการรีคอมบิเนชัน หรือการสร้างประชากรคำตอบรุ่นลูก

4.1 รวมประชากรคำตอบใน G และประชากรคำตอบที่ได้รับการปรับปรุงคุณภาพคำตอบในขั้นตอนที่ 3.5

4.2 เลือกประชากรขึ้นมาอย่างสุ่ม 2 ประชากร เพื่อใช้เป็นประชากรรุ่นพ่อแม่

4.3 ทำการรีคอมบิเนชันประชากรคำตอบในขั้นตอน 4.2 ผลที่ได้คือประชากรคำตอบรุ่นลูก m

4.4 เปรียบเทียบ m กับ G ด้วยหลักการ Pareto Dominance

4.5 คำนวณค่าความหนาแน่นของประชากรคำตอบ m และ Archive ด้วยวิธี Cell-based Density (ประชากรที่มีความหนาแน่นน้อยกว่าจะมีโอกาสในการถูกเลือกมากกว่า)

4.5.1 ถ้า m ดีกว่า G และมีความหนาแน่นน้อยกว่า ทำการตัดลอก m ไปเก็บไว้ใน G

4.5.2 ถ้า m แย่กว่า G และมีความหนาแน่นมากกว่า ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

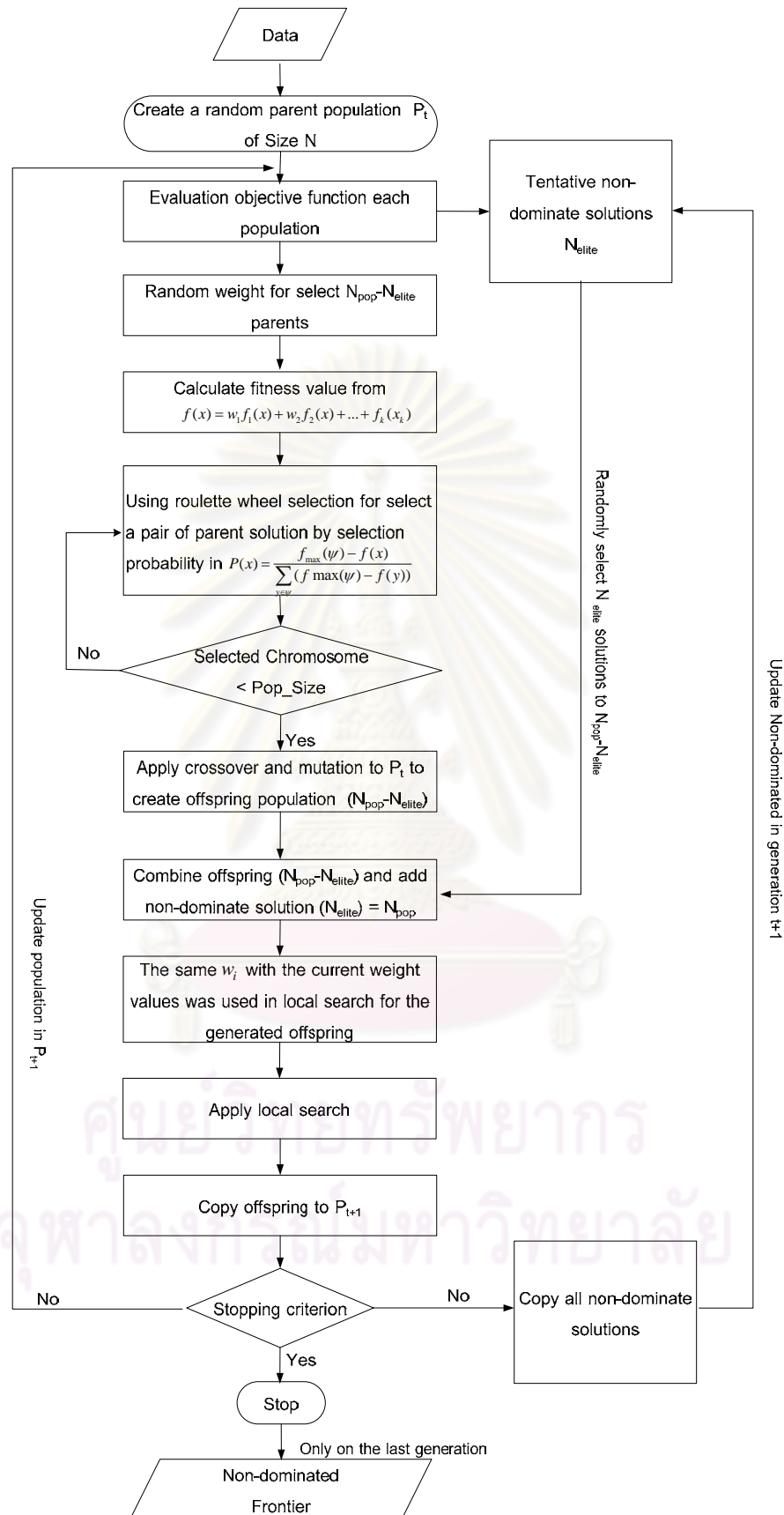
4.5.2.1 ใช้วิธี Binary Tournament Selection ในการเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่ขึ้นมาใหม่จาก G

4.5.2.2 นำประชากรที่ถูกคัดเลือกไปไปเป็นประชากรรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชัน $t+1$ และกลับไปสู่ขั้นตอนที่ 2

ขั้นตอนที่ 4 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

4.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการหาคำตอบ จะดำเนินการต่อไปในขั้นตอนที่ 2

4.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่เก็บไว้ใน G ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ



รูปที่ 3.15 ขั้นตอนการทำงานของ Multi-Objective Genetic Local Search: MOGLS

3.5.7 ขั้นตอนการทำงานของ Multi-Objective Genetic Local Search (MOGLS)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

P_t แทนประชากรคำตอบ (ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่)

N_{pop} แทนจำนวนประชากรคำตอบ (Population Size)

N_{elite} แทนจำนวนของประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Archive Size)

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม P_t จำนวน N ประชากร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบเบื้องต้น และคัดลอกประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Non-dominated Solution) จำนวน N_{elite} ไปเก็บไว้ใน Tentative Archive

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคัดเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่จากประชากรที่เหลือ $N_{pop} - N_{elite}$ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กำหนดน้ำหนัก (Weighted) w_1, w_2, \dots, w_k ให้แต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์อย่างสุ่ม โดยที่ $w_i \geq 0$ สำหรับ $i = 1, 2, \dots, k$ และ $\sum w_i = 1$

3.2 คำนวณค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากร

$$f(x) = w_1 f_1(x) + w_2 f_2(x) + \dots + f_k(x_k) \quad (3.28)$$

3.3 ใช้วิธี Roulette Wheel Selection ในคัดเลือกประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ด้วยความน่าจะเป็นที่สามารถคำนวณได้จาก

$$P(x) = \frac{f_{\max}(\psi) - f(x)}{\sum_{y \in \psi} (f_{\max}(\psi) - f(y))} \quad (3.29)$$

โดยที่ $f_{\max}(\psi)$ คือ ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์สูงสุด (คำตอบที่แย่ที่สุด) ในประชากรคำตอบปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 4 ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชันในการสร้างประชากรคำตอบใหม่ จำนวน $N_{pop} - N_{elite}$ ประชากร

ขั้นตอนที่ 5 สุ่มคำตอบที่เก็บไว้ใน Tentative Archive จำนวน N_{elite} ประชากร ไปรวมกับประชากรคำตอบใหม่ที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะมีจำนวน N_{pop} ประชากร

ขั้นตอนที่ 6 ใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (รายละเอียดสำหรับวิธีนี้ จะนำเสนอในบทต่อไป) ในการปรับปรุงประชากรคำตอบ จำนวน N_{pop} ประชากร ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 ใช้ฟังก์ชันในสมการที่ 3.28 ในการคำนวณค่าความแข็งแรงให้กับประชากรคำตอบ และใช้ Weighted ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในการคัดเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่

6.2 ดำเนินการปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่ และจะปรับปรุงคำตอบจนกระทั่งไม่สามารถปรับปรุงคำตอบนั้นให้ดีกว่าเดิมได้จำนวน n ครั้ง

6.3 เมื่อปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แล้ว จะได้ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันถัดไป

6.4 คัดลอกประชากรคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution เก็บไว้ใน Archive และนำประชากรคำตอบที่เคยเก็บใน Tentative Archive มารวมเข้าด้วยกัน

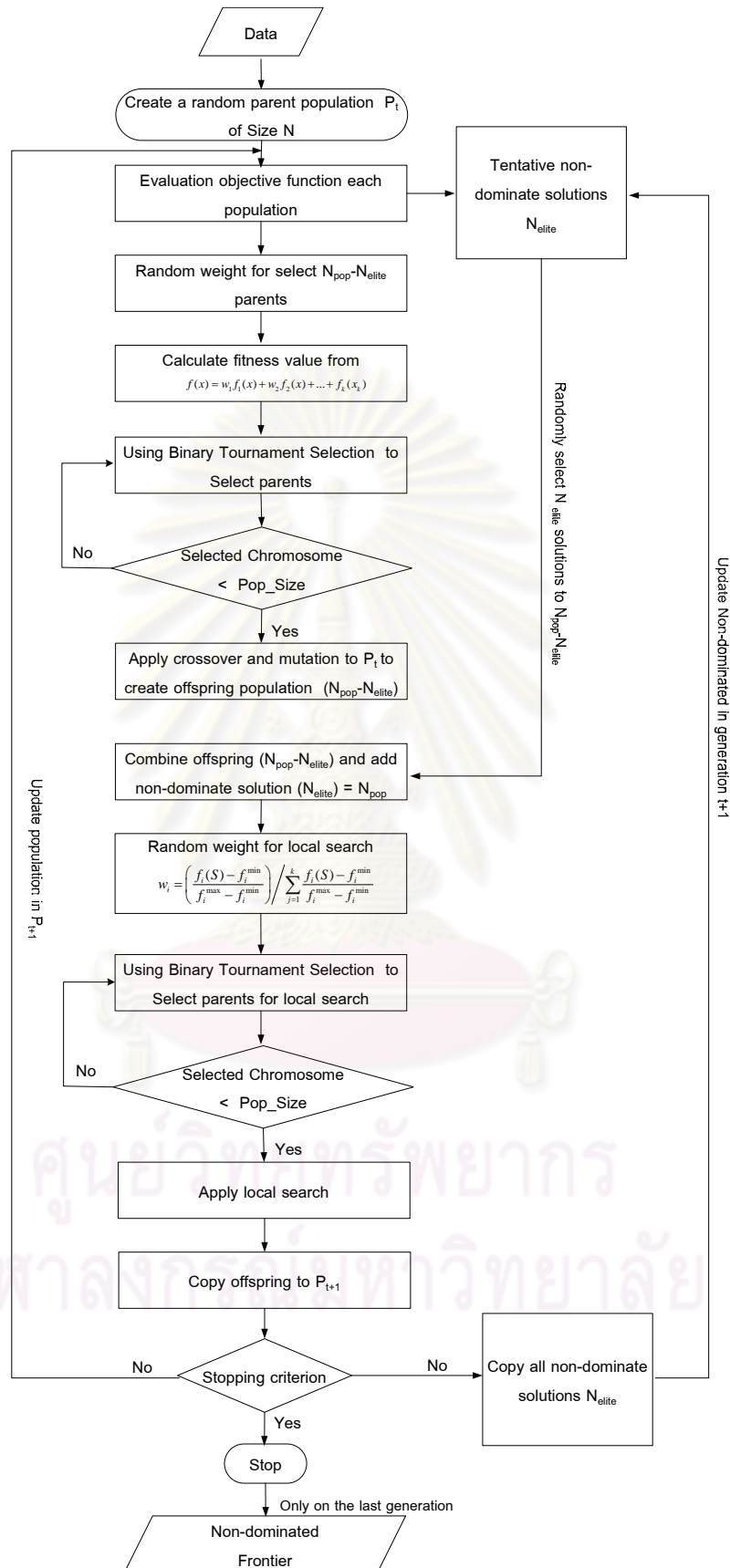
ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

7.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบ จะทำการคัดเลือกประชากรคำตอบไปสู่ไปเป็นประชากรคำตอบเริ่มต้นในเจนเนอเรชัน $t + 1$ (กลับไปขั้นตอนที่ 2)

7.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่ได้ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการทำงานของ Modified Multi-Objective Genetic Local Search: Modified MOGLS

3.5.8 ขั้นตอนการทำงานของ Modified Multi-Objective Genetic Local Search: Modified (modified-MOGLS)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

P_t แทนประชากรคำตอบ (ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่)

N_{pop} แทนจำนวนประชากรคำตอบ (Population Size)

N_{elite} แทนจำนวนของประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Archive Size)

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม P_t จำนวน N ประชากร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบเบื้องต้น และคัดลอกประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Non-dominated Solution) จำนวน N_{elite} ไปเก็บไว้ใน Tentative Archive

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคัดเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่จากประชากรที่เหลือ $N_{pop} - N_{elite}$ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กำหนดน้ำหนัก (Weighted) w_1, w_2, \dots, w_k ให้แต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์อย่างสุ่ม โดยที่ $w_i \geq 0$ สำหรับ $i = 1, 2, \dots, k$ และ $\sum w_i = 1$

3.2 คำนวณค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรตามสมการที่ (3.28)

3.3 ใช้วิธี Binary Tournament Selection วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้การแข่งขันของประชากรคำตอบ 2 ประชากร คำตอบที่มีค่าความแข็งแรงน้อยกว่า จะได้รับเลือกเข้าสู่ Mating Pool

ขั้นตอนที่ 4 ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชันในการสร้างประชากรคำตอบใหม่ จำนวน $N_{pop} - N_{elite}$ ประชากร

ขั้นตอนที่ 5 สุ่มคำตอบที่เก็บไว้ใน Tentative Archive จำนวน N_{elite} ประชากร ไปรวมกับประชากรคำตอบใหม่ที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 ดังนั้นในขั้นตอนี้จะมีจำนวน N_{pop} ประชากร

ขั้นตอนที่ 6 ใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (รายละเอียดสำหรับวิธีนี้ จะนำเสนอในบทต่อไป) ในการปรับปรุงประชากรคำตอบ จำนวน N_{pop} ประชากร ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 ใช้ฟังก์ชันในสมการที่ 3.28 ในการคำนวณค่าความแข็งแรงให้กับประชากรคำตอบ และกำหนด Weighted จาก

$$w_i = \left(\frac{f_i(S) - f_i^{\min}}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right) / \sum_{j=1}^k \frac{f_j(S) - f_j^{\min}}{f_j^{\max} - f_j^{\min}} \quad (3.30)$$

6.2 ใช้ Binary Tournament Selection ในการคัดเลือกประชากรคำตอบที่ดีที่สุดเพื่อนำไปเป็นปรับปรุงคำตอบ

6.3 ดำเนินการปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่ และจะปรับปรุงคำตอบจนกระทั่งไม่สามารถปรับปรุงคำตอบนั้นให้ดีกว่าเดิมได้จำนวน n ครั้ง

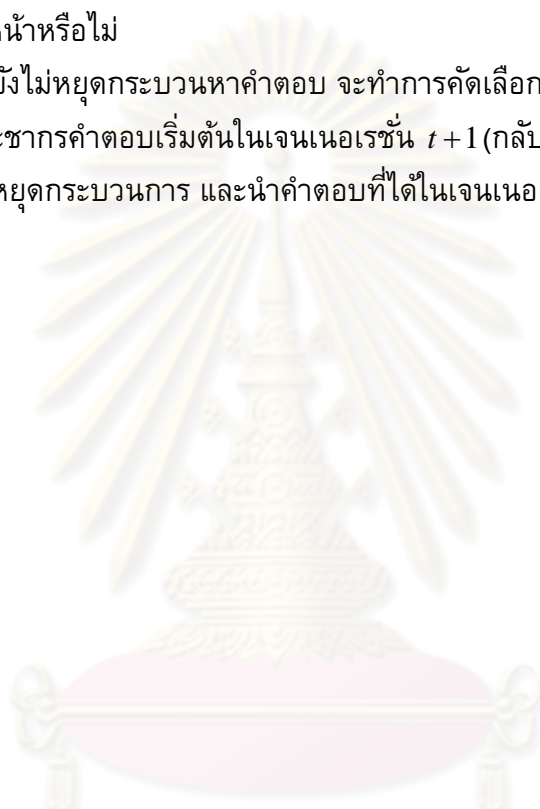
6.4 เมื่อปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แล้ว จะได้ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันถัดไป

6.5 คัดลอกประชากรคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution เก็บไว้ใน Archive และนำประชากรคำตอบที่เคยเก็บใน Tentative Archive มารวมเข้าด้วยกัน

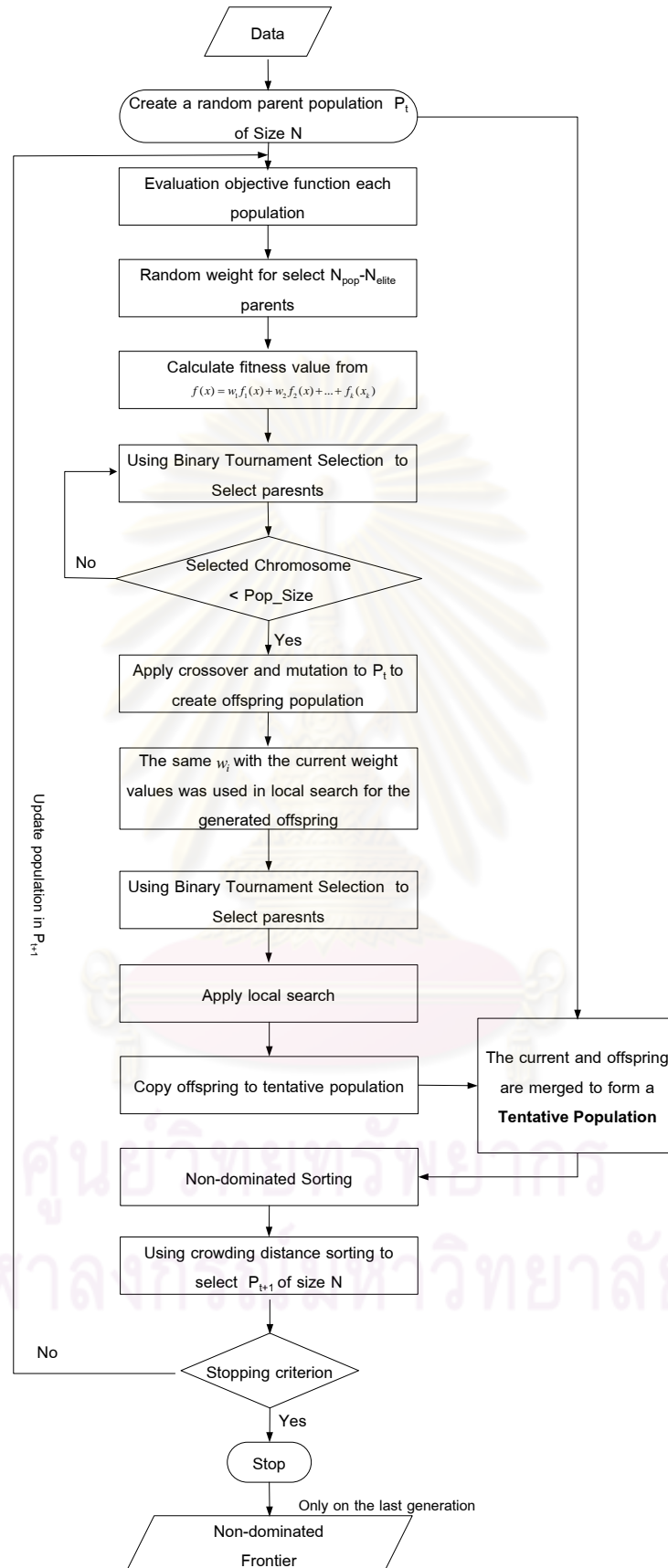
ขั้นตอนที่ 7 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

7.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบ จะทำการคัดเลือกประชากรคำตอบไปสู่ไปเป็นประชากรคำตอบเริ่มต้นในเจนเนอเรชัน $t + 1$ (กลับไปขั้นตอนที่ 2)

7.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่ได้ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการทำงานของ Simple Multi-Objective Genetic Local Search:

S-MOGLS

3.5.9 ขั้นตอนการทำงานของ Simple Multi-Objective Genetic Local Search (S-MOGLS)

กำหนดให้ในเจนเนอเรชัน t

P_t แทนประชากรคำตอบ (ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่)

N_{pop} แทนจำนวนประชากรคำตอบ (Population Size)

N_{elite} แทนจำนวนของประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Archive Size)

ขั้นตอนที่ 1 สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม P_t จำนวน N ประชากร

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบเบื้องต้น และคัดลอกประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Non-dominated Solution) จำนวน N_{elite} ไปเก็บไว้ใน Tentative Archive

ขั้นตอนที่ 3 ทำการคัดเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่จากประชากรที่เหลือ $N_{pop} - N_{elite}$ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 กำหนดน้ำหนัก (Weighted) w_1, w_2, \dots, w_k ให้แต่ละฟังก์ชันวัตถุประสงค์อย่างสุ่ม โดยที่ $w_i \geq 0$ สำหรับ $i = 1, 2, \dots, k$ และ $\sum w_i = 1$

3.2 คำนวณค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรตามสมการที่ (3.28)

3.3 ใช้วิธี Binary Tournament Selection วิธีนี้เป็นวิธีที่ใช้การแข่งขันของประชากรคำตอบ 2 ประชากร คำตอบที่มีค่าความแข็งแรงน้อยกว่า จะได้รับเลือกเข้าสู่ Mating Pool

ขั้นตอนที่ 4 ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชันในการสร้างประชากรคำตอบใหม่ จำนวน $N_{pop} - N_{elite}$ ประชากร

ขั้นตอนที่ 5 สุ่มคำตอบที่เก็บไว้ใน Tentative Archive จำนวน N_{elite} ประชากร ไปรวมกับประชากรคำตอบใหม่ที่ได้ในขั้นตอนที่ 4 ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะมียุทธศาสตร์จำนวน N_{pop} ประชากร

ขั้นตอนที่ 6 ใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ (รายละเอียดสำหรับวิธีนี้ จะนำเสนอในบทต่อไป) ในการปรับปรุงประชากรคำตอบ จำนวน N_{pop} ประชากร ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

6.1 ใช้ฟังก์ชันในสมการที่ 3.28 ในการคำนวณค่าความแข็งแรงให้กับประชากรคำตอบ และใช้ Weighted ตัวเดียวกันกับที่ใช้ในการคัดเลือกประชากรรุ่นพ่อแม่

6.2 ใช้ Binary Tournament Selection ในการคัดเลือกประชากรคำตอบที่ดีที่สุดเพื่อนำไปเป็นปรับปรุงคำตอบ

6.3 ดำเนินการปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่ และจะปรับปรุงคำตอบจนกระทั่งไม่สามารถปรับปรุงคำตอบนั้นให้ดีกว่าเดิมได้จำนวน η ครั้ง

6.4 เมื่อปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แล้ว จะได้ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันถัดไป

6.5 คัดลอกประชากรคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution เก็บไว้ใน Archive และนำประชากรคำตอบที่เคยเก็บใน Tentative Archive มารวมเข้าด้วยกัน

ขั้นตอนที่ 7 นำประชากรคำตอบที่ได้ในขั้นตอนที่ 6.5 มาทำการคัดเลือกไปสู่ประชากรในเจนเนอเรชัน $t+1$ ด้วยหลักการของ NSGA II เพื่อหลีกเลี่ยงการใช้ Archive และลดเวลาในการคำนวณ ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

7.1 กำหนดค่าความแข็งแรงไม่แท้จริงตามหลักการ Non-dominated Sorting

7.2 คำนวณค่า Crowding Distance

7.3 ประชากรคำตอบที่อยู่ใน Rank 1 จะได้รับโอกาสในการคัดเลือกไปเป็นคำตอบในเจนเนอเรชัน $t+1$ อันดับแรก ส่วนในอันดับอื่น ๆ จะได้รับโอกาสลดหลั่นลงมา หากพบว่าจำนวนประชากรคำตอบใน Rank ที่พิจารณาอยู่มากกว่าจำนวนประชากรคำตอบที่เหลือที่จะนำไปเป็นประชากรคำตอบรุ่น $t+1$ จะใช้ Crowding Distance ในการคัดเลือก ประชากรคำตอบที่มี Crowding Distance น้อยจะถูกตัดออกไปและคัดเลือกจนครบจำนวน N_{pop} ประชากร

ขั้นตอนที่ 8 ตรวจสอบการ Stopping Criterion ว่าการคำนวณค่าฟังก์ชันครบจำนวนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าหรือไม่

8.1 ถ้ายังไม่หยุดกระบวนการจะทำการคัดเลือกประชากรคำตอบไปสู่ไปเป็นประชากรคำตอบเริ่มต้นในเจนเนอเรชัน $t+1$ (กลับไปขั้นตอนที่ 2)

8.2 ถ้าหยุดกระบวนการ และนำคำตอบที่ได้ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นคำตอบ

3.6 การวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

หนึ่งในความแตกต่างของการแก้ปัญหาด้วย Multi-objective GAs กับ GAs ก็คือคำตอบที่ได้จากการค้นหา เนื่องจากผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาด้วย GAs จะได้คำตอบเพียงคำตอบเดียว ส่วน Multi-objective GAs คือ ขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ได้นั้น จะยอมรับได้ว่าเป็นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีก็ต่อเมื่อสามารถวัดสมรรถนะของคำตอบว่าใกล้เคียงกับขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง (True Pareto Optimal) หรือขอบเขตกลุ่มคำตอบอ้างอิง (Reference Pareto Optimal) ดังนั้นการวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Performance Measure) เป็นการวัดคุณภาพของคำตอบที่หาได้จากอัลกอริทึมใดอัลกอริทึมหนึ่ง และสามารถเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบที่หาได้จากหลายอัลกอริทึมด้วยตัววัดสมรรถนะในด้านต่างๆ เช่น การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence Measure) การกระจายของกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Spread Measure) เป็นต้น

Ishibuchi, Yoshida และ Murata (2003) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้การวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดบนพื้นฐานการเปรียบเทียบระยะทางจากสมาชิกกลุ่มคำตอบที่แท้จริงกับกลุ่มคำตอบทุกคำตอบที่หาได้ (Obtained Pareto Optimal) โดยในที่นี้ได้ทำการประมาณขอบเขตกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากการใช้กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดได้จากทุกอัลกอริทึมที่ใช้ทดลองในงานวิจัยมารวมกันและใช้หลักการ Pareto Dominance ในการสร้างกลุ่มคำตอบที่แท้จริง โดยคณะวิจัยได้กล่าวว่าในการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจำเป็นต้องใช้ตัววัดสองตัวเพื่อให้บรรลุเป้าหมายของการหาคำตอบในลักษณะเชิงกลุ่ม ในที่นี้ได้ใช้ตัววัดสมรรถนะที่เรียกว่าตัววัด DI_R และ R_{NDS} ดังสมการที่ (3.31) และ (3.32) ดังนี้

ตัววัดที่หนึ่ง : ตัววัดสมรรถนะการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง

$$DI_R(S_j) = \frac{1}{|S^*|} \sum_{y \in S^*} \min \{d_{xy} \mid x \in S_j\} \quad (3.31)$$

โดยที่ S_j คือเซตคำตอบที่หาได้ตัวที่ j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, J$

S^* คือเซตคำตอบที่แท้จริง

$|S^*|$ คือจำนวนคำตอบที่แท้จริง

d_{xy} เป็นระยะทางระหว่างคำตอบที่หาได้ x กับคำตอบที่แท้จริง y ที่ได้รับการ Normalized แล้ว

$$d_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{f_i(x) - f_i(y)}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right)^2} \quad (3.32)$$

โดยที่ $f_i(x)$ เป็นค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i ของคำตอบที่หาได้

$f_i(y)$ เป็นค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i ของคำตอบที่แท้จริง

เมื่อ $i = 1, 2, \dots, k$ (ในที่นี้กำหนดให้ $k = 2$)

เมื่อได้ค่าที่น้อยที่สุดในแต่ละเซตคำตอบที่หาได้กับเซตคำตอบที่แท้จริงแล้ว จะหารด้วยจำนวนคำตอบทั้งหมดในเซตคำตอบที่แท้จริง ถ้าค่าตัววัดสมรรถนะนี้มีค่าน้อยเข้าใกล้ศูนย์ จะถือว่ากลุ่มคำตอบที่ได้เป็นกลุ่มคำตอบที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง

ตัววัดที่สอง : อัตราส่วนของคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดข่มคำตอบนี้ หรืออัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

$$R_{NDS}(S_j) = \frac{|S_j - \{x \in S_j \mid \exists y \in S : y \prec x\}|}{|S_j|} \quad (3.33)$$

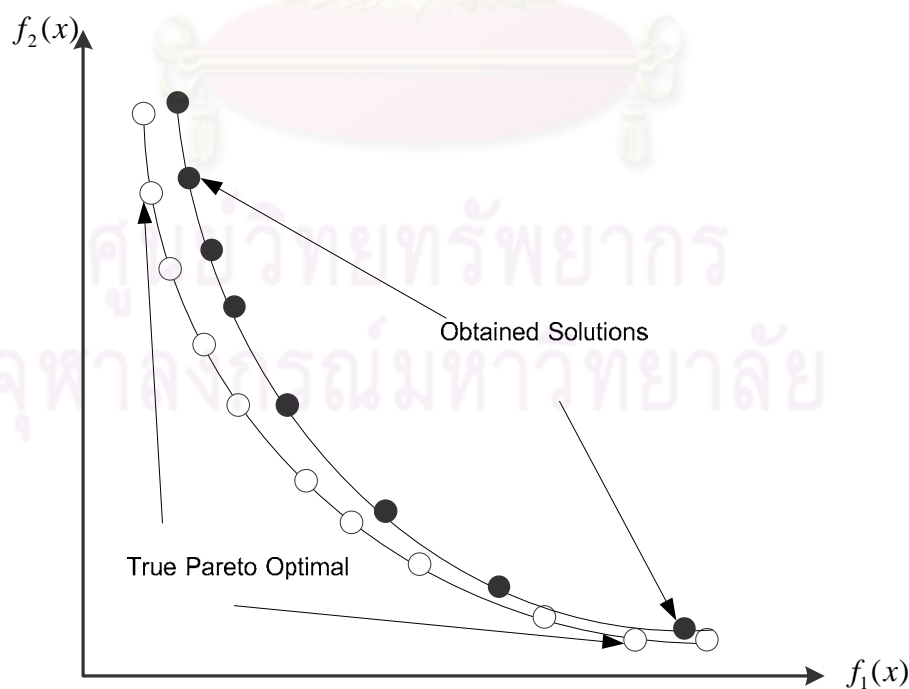
โดยที่ S_j คือ เซตคำตอบที่ j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, J$

S คือ การรวมกันของ J เซตคำตอบ $S = S_1 \cup S_2 \dots \cup S_J$

x คือ เซตคำตอบที่หาได้

y คือ เซตคำตอบที่แท้จริง

จากสมการที่ (3.33) สัญลักษณ์ $y \prec x$ หมายถึง คำตอบ x ถูกข่มด้วยคำตอบ y และตัวเศษของสมการนั้น หมายถึงถ้าคำตอบ x แยกว่าคำตอบอื่น ๆ ใน y จะนำคำตอบนี้ออกไปในเซตคำตอบ S_j นั่นคือตัววัดนี้จะวัดอัตราส่วนของคำตอบใน S_j ที่ไม่ถูกข่มจากคำตอบอื่นใน S ซึ่งถ้าอัตราส่วนในแต่ละเซตคำตอบมีค่าสูง แสดงว่ามีคำตอบที่หาได้ x ในเซต S_j ถูกข่มด้วยคำตอบที่แท้จริง y น้อย และถือว่ามีคุณภาพดีใกล้เคียงกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง



รูปที่ 3.18 การคำนวณระยะทางจากกลุ่มคำตอบที่หาได้และกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

Deb, Pratap, Agarwal และ Meyarivan (2002) ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดสองวิธีเช่นกัน และในการบรรลุเป้าหมายของการค้นหากลุ่มคำตอบนั้น ไม่สามารถใช้ตัววัดสมรรถนะเพียงหนึ่งตัวได้ ในที่นี้ได้วัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง และการรักษาความหลากหลายให้กับกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด โดยในงานวิจัยนี้ได้กำหนดตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่เกิดขึ้นจาก NSGA II

ตัววัดที่หนึ่ง : ตัววัดสมรรถนะการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง
มีขั้นตอนดังนี้

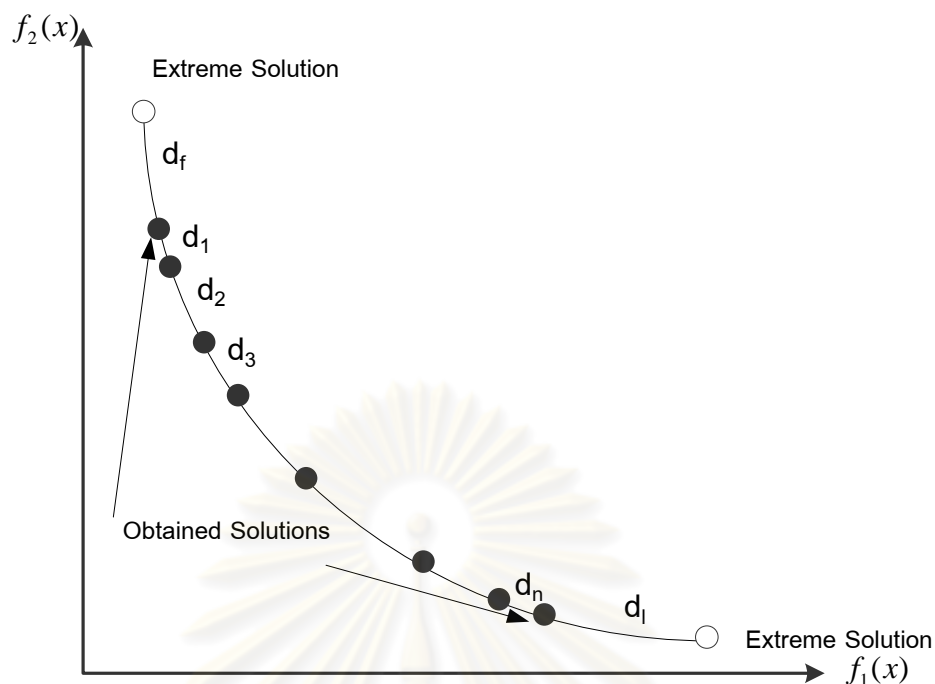
- คำนวณ Euclidean Distance ที่น้อยที่สุดของแต่ละจุดในกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดแท้จริงกับกลุ่มคำตอบที่หาได้
- คำนวณระยะทางเฉลี่ยที่หาได้ ด้วยการหารจำนวนคำตอบที่ประมาณกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

จะเห็นได้ว่าตัววัดสมรรถนะนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับตัววัดสมรรถนะ $D1_r$ ที่เป็นการหาการเข้าสู่ของคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริง ถ้าตัววัดสมรรถนะนี้มีค่าน้อยที่เข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่ากลุ่มคำตอบที่หาได้ เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง

ตัววัดที่สอง : การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้
มีขั้นตอนดังนี้

- คำนวณ Euclidean distance d_i ของคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน ในเซตคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N - 1$ และ N คือจำนวนคำตอบที่หาได้ และกำหนดให้ d_f และ d_l เป็นระยะห่างของคำตอบปลายสุดของขอบเขตกลุ่มคำตอบที่หาได้
- คำนวณค่าเฉลี่ยของระยะทางระหว่างคำตอบที่อยู่ติดกัน (\bar{d}) และแทนค่าระยะทางที่หาได้ในสมการที่ (3.34)

$$\Delta = \frac{d_f + d_l + \sum_{i=1}^{N-1} |d_i - \bar{d}|}{d_f + d_l + (N-1)\bar{d}} \quad (3.34)$$



รูปที่ 3.19 การคำนวณหาการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้

และถ้าตัววัดสมรรถนะนี้มีค่าน้อย แสดงว่ากลุ่มคำตอบที่หาได้มีการกระจายในลักษณะสม่ำเสมอ นั่นคือมีคำตอบกระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดเส้นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดและจัดได้ว่ามีลักษณะการกระจายที่ดี

3.7 สรุปท้ายบท

เนื้อหาที่ได้กล่าวไปในบทนี้เป็นทฤษฎีการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ ซึ่งเป็นพื้นฐานในการนำวิธีต่างๆ มาใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ โดยความแตกต่างของปัญหาที่พิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดียว และหลายฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จะมีความแตกต่างในด้านผลลัพธ์ของคำตอบ นอกจากนี้การกำหนดค่าความแข็งแรง (Fitness Assignment) ด้วยการใช้วิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยน้ำหนัก (Weighted Sum Approach) มาใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ ยังถือว่าไม่ตอบสนองกับรูปแบบปัญหาดังกล่าวมากนัก ส่วนการใช้วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด (Pareto-Based Approach) จะทำให้ผลลัพธ์ที่ได้ตอบสนองกับผู้ตัดสินใจมากขึ้น เนื่องจากคำตอบที่ได้มีลักษณะเป็นกลุ่มคำตอบที่หลากหลาย และสามารถเลือกคำตอบนั้นภายใต้สถานการณ์นั้นๆ อีกด้วย แม้ว่าการแก้ปัญหาดังกล่าวจะเป็นวิธีทางฮิวริสติก แต่ด้วยการคำนวณที่ไม่ยุ่งยาก และไม่ซับซ้อน ประกอบกับใช้เวลาในการคำนวณไม่มากนัก จึงทำให้วิธีดังกล่าวได้รับความนิยมจากนักวิชาการ

บทที่ 4

ทฤษฎีพื้นฐานของเมมเมติกอัลกอริทึม

สำหรับเนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับเมมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งเป็นวิธีที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ โดยเนื้อหาประกอบด้วย วิธีการค้นหาเฉพาะที่สำหรับปัญหาการหาเส้นทางเดินที่ดีที่สุดของพนักงานขาย หลักการยอมรับคำตอบที่ได้จากค้นหาเฉพาะที่ ปัจจัยที่ควรคำนึงในการใช้การค้นหาเฉพาะที่ ตลอดจนขั้นตอนในการค้นหาคำตอบด้วยเมมเมติกอัลกอริทึม และการเปรียบเทียบถึงความแตกต่างของการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมและเงินเนติกอัลกอริทึม รายละเอียดในการนำเสนอแสดงได้ดังนี้

4.1 การค้นหาเฉพาะที่

การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) หรือ Hill Climbing เป็นฮิวริสติกพื้นฐานที่ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงจัด โดยการค้นหาเฉพาะที่ คือวิธีการทำซ้ำอย่างง่ายเพื่อประมาณหาค่าคำตอบที่ดี มีแนวคิดมาจากการลองผิดลองถูก (Trial and Error) การเริ่มต้นการค้นหาเฉพาะที่จะทำการสุ่มเลือกสมาชิกคำตอบเพื่อทำการแลกเปลี่ยนตำแหน่งหรือการเคลื่อนย้ายจากตำแหน่งเดิมไปสู่ตำแหน่งอื่น ๆ ซึ่งจะถูกกำหนดจากวิธีการใดวิธีการหนึ่งของรูปแบบการค้นหาเฉพาะที่ คำตอบที่ได้จากการค้นหานี้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimal) และทำการค้นหาซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งครบจำนวนครั้งในการทำซ้ำ หรือ คำตอบนั้นไม่สามารถปรับปรุงคำตอบให้มีค่าที่ดีกว่าเดิมได้ นอกจากนี้ยังสามารถกล่าวได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ เป็นวิธีการหนึ่งที่มีความเกี่ยวข้องกับเทคนิคการค้นหาข้างเคียง (Neighborhood Search Technique) ซึ่งเป็นวิธีการทางฮิวริสติก โดยที่การค้นหาเฉพาะที่นี้ได้ถูกนำมาใช้เพื่อให้สามารถค้นหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมหรือปรับปรุงคำตอบ และยังเป็นวิธีอาจถือได้เป็นกลยุทธ์หนึ่งที่ทำให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ และประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมยังอาจส่งผลให้เวลาในการคำนวณลดลงด้วย

4.1.1 รูปแบบการค้นหาเฉพาะที่ในปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) เป็นหนึ่งในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงจัด ที่มีชื่อเสียงอย่างมาก โดยลักษณะปัญหาประเภทนี้ถือได้ว่าเป็นปัญหาแบบ NP-hard กล่าวคือพนักงานขายคนหนึ่งต้องเดินทางไปพบลูกค้าแต่ละรายที่อยู่ในแต่ละเมืองที่แตกต่างกัน ซึ่งจำนวนของเมืองทั้งหมดเท่ากับ n พนักงานขายต้องการที่จะเลือกเส้นทางในการเดินทางที่ทำให้เขาสามารถไปยังแต่ละเมืองได้ เพียงเมือง

ละ 1 ครั้งเท่านั้น และในที่สุดจะย้อนกลับมายังเมืองเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง ถ้ากำหนดระยะทางระหว่างแต่ละคู่ของเมืองให้ หน้าที่ของพนักงานขายก็คือ การหาเส้นทางที่มีระยะทางในการเดินทางทั้งหมดที่น้อยที่สุด แนวทางในการแก้ปัญหานี้มีได้หลากหลาย เช่น ไดนามิกโปรแกรมมิ่ง (Dynamic Programming) การแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound) หรือฮิวริสติก (Heuristic) เป็นต้น (ปารเมศ ชูติมา, 2546)

สำหรับการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ในปัญหาการเดินทางของพนักงานขายนั้น มีหลายวิธีและแต่ละวิธีจะมีความสามารถในการค้นหาคำตอบที่แตกต่างกัน และการเลือกวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมกับรูปแบบปัญหา ยังส่งผลต่อประสิทธิภาพของอัลกอริทึมที่ใช้ในการแก้ปัญหาอีกด้วย โดยในงานวิจัยนี้จัดว่าเป็นรูปแบบปัญหาประเภทการเดินทางของพนักงานขาย และใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีดังต่อไปนี้ (Gupta, Hennig และ Werner, 2002) และ Kumar and Singh (2007)

4.1.1.1 วิธี *Pairwise Interchange (PI)*

เป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่ด้วยการจับคู่การแลกเปลี่ยนตำแหน่งสองตำแหน่ง ซึ่งจำนวนคำตอบที่ได้จากการค้นหาเท่ากับ $\binom{n}{2}$ และบางครั้งอาจเรียกวิธีการนี้ว่าเป็นการค้นหาข้างเคียงแบบแลกเปลี่ยน (Swap Neighborhood) ตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องการเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง D และสามารถผ่านเมืองแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว จะได้ลำดับการเดินทางจาก A-B-C-D ด้วยวิธี PI เป็นจำนวนเส้นทาง 6 เส้นทางคือ B-A-C-D, C-B-A-D, D-B-C-A, A-C-B-D, A-D-C-B และ A-B-D-C

4.1.1.2 วิธี *Adjacent Pairwise Interchange (API)*

เป็นวิธีค้นหาเฉพาะที่ด้วยการจับคู่สมาชิกคำตอบเพื่อแลกเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ติดกัน ดังนั้นจำนวนคำตอบที่ได้จะมีค่าน้อยกว่าวิธี PI นั่นคือจำนวนคำตอบเท่ากับ $n-1$ ตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องการเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง D และสามารถผ่านเมืองแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว จะได้ลำดับการเดินทางจาก A-B-C-D ด้วยวิธี API เป็นจำนวนเส้นทาง 3 เส้นทางคือ B-A-C-D, A-C-B-D และ A-B-D-C

4.1.1.3 วิธี *Shift Procedure* หรือ *Insertion Procedure*

เป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบหนึ่งที่ใช้การเลื่อนออกไปของสมาชิกคำตอบและแทรกกลับเข้ามาใหม่ กล่าวคือทำการสุมตำแหน่งคำตอบที่ต้องย้ายออกไปทำให้สมาชิกคำตอบที่เหลือจะเลื่อนมาติดกัน จากนั้นทำการแทรกคำตอบที่ถูกย้ายออกมาในนี้ในทุก

ตำแหน่ง ยกเว้นตำแหน่งเดิม ดังนั้นจำนวนคำตอบที่ได้จากการค้นหาจึงมีค่าเท่ากับ $(n-1)^2$ และบางครั้งอาจเรียกวิธีการนี้ว่า วิธีค้นหาข้างเคียงแบบแทรก (Insert Neighborhood) หรือวิธีการแทรก (Insertion Procedure)

ตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องการเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง D และสามารถผ่านเมืองแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว จะได้ลำดับการเดินทางด้วยวิธีการแทรกทั้งหมดดังนี้

- เมื่อเมือง A คือที่ถูกสุ่มให้ย้ายออกไปจาเส้นทางการเดินทางเส้นทางที่เหลือ คือ B-C-D จากนั้นแทรกเมือง A กลับเข้าไปในเส้นทางยกเว้นตำแหน่งเมืองเดิม จะได้จำนวน 3 เส้นทาง คือ B-A-C-D, B-C-A-D และ B-C-D-A

- เมื่อเมือง B คือที่ถูกสุ่มให้ย้ายออกไปจาเส้นทางการเดินทางเส้นทางที่เหลือ คือ A-C-D จากนั้นแทรกเมือง B กลับเข้าไปในเส้นทางยกเว้นตำแหน่งเมืองเดิม จะได้จำนวน 3 เส้นทาง คือ B-A-C-D, A-C-B-D และ A-C-D-B

- เมื่อเมือง C คือที่ถูกสุ่มให้ย้ายออกไปจาเส้นทางการเดินทางเส้นทางที่เหลือคือ A-B-D จากนั้นแทรกเมือง C กลับเข้าไปในเส้นทางยกเว้นตำแหน่งเมืองเดิม จะได้จำนวน 3 เส้นทาง คือ C-A-B-D, A-C-B-D และ A-B-D-C

- เมื่อเมือง D คือที่ถูกสุ่มให้ย้ายออกไปจาเส้นทางการเดินทางเส้นทางที่เหลือคือ A-B-C จากนั้นแทรกเมือง D กลับเข้าไปในเส้นทางยกเว้นตำแหน่งเมืองเดิม จะได้จำนวน 3 เส้นทาง คือ D-A-B-C, A-D-B-C และ A-B-D-C

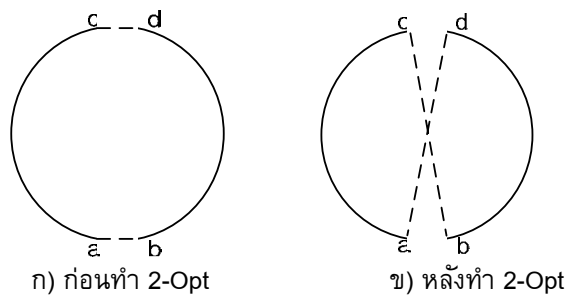
ดังนั้นจะได้ลำดับการเดินทางจาก A-B-C-D ด้วยวิธี IP เป็นจำนวนเส้นทาง 9 เส้นทาง คือ BACD, BCAD, BCDA, ACBD, ACDB, CABD, ABDC, DABC และ ADBC

4.1.1.4 วิธี 2-Opt

เป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ และคำตอบที่ได้ค่อนข้างเป็นคำตอบที่ดีและใช้เวลาในการคำนวณไม่มาก โดยหลักการ 2-Opt ได้ถูกนำเสนอครั้งแรกโดย Croes (1958) โดยให้การลบเส้นทางที่เชื่อมต่อกันสองเส้นทางและนำกลับเชื่อมกับเส้นทางอื่นที่เป็นไปได้

ตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องการเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง D และสามารถผ่านเมืองแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว ดังรูปที่ 4.1

และจากรูปที่ 4.1 แสดงลำดับการเดินทางของพนักงานขายด้วยวิธี 2-Opt ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งลำดับการเดินทางก่อนและหลังทำแลกเปลี่ยนเมืองด้วยวิธี 2-Opt คือ A-B-...-C-D และ A-C-...-B-D ตามลำดับ



ก) ก่อนทำ 2-Opt

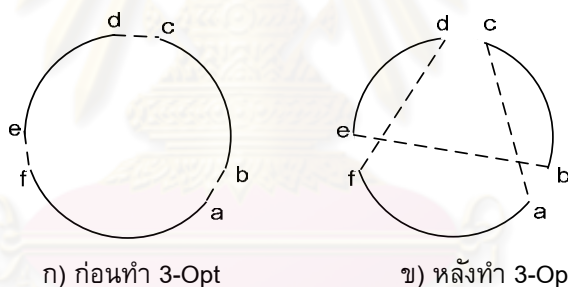
ข) หลังทำ 2-Opt

รูปที่ 4.1 หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี 2-opt

4.1.1.5 วิธี 3-Opt

เป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่วิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายและมีความคล้ายกับวิธี 2-Opt แต่แตกต่างตรงใช้การลบเส้นทางการเดินทางที่เชื่อมต่อกันสามเส้นและนำกลับเชื่อมกับเส้นทางอื่นที่เป็นไปได้ และจำนวนเมืองที่ให้พนักงานขายเดินทางผ่านต้องมียังน้อย 6 เมือง

ตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องการเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง F และสามารถผ่านเมืองแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว ดังรูปที่ 4.2



ก) ก่อนทำ 3-Opt

ข) หลังทำ 3-Opt

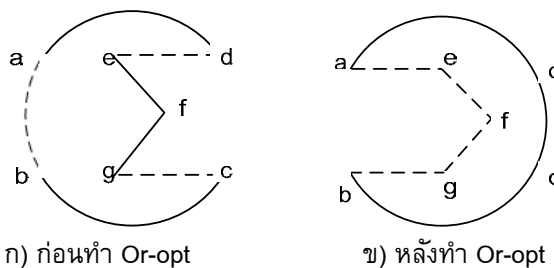
รูปที่ 4.2 หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี 3-Opt

จากรูปที่ 4.2 แสดงลำดับการเดินทางของพนักงานขายด้วยวิธี 3-Opt ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งลำดับการเดินทางก่อนและหลังทำแลกเปลี่ยนเมืองด้วยวิธี 3-Opt คือ A-B-...-C-D-...-E-F และ A-C-...-B-E-...-D-F ตามลำดับ

4.1.1.6 วิธี Or-Opt

เป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่ได้จากการปรับปรุง 3-Opt โดยเป็นวิธีที่พิจารณาการแลกเปลี่ยนตำแหน่งหนึ่ง สอง หรือสามตำแหน่งติดกันมาแทรกกระหว่างสองเมือง จำนวนเมืองที่ให้พนักงานขายเดินทางผ่านต้องมียังน้อย 7 เมือง

ตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องการเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง D ในระหว่างทางนั้นมีเมือง B C G F และ E และสามารถผ่านเมืองแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว



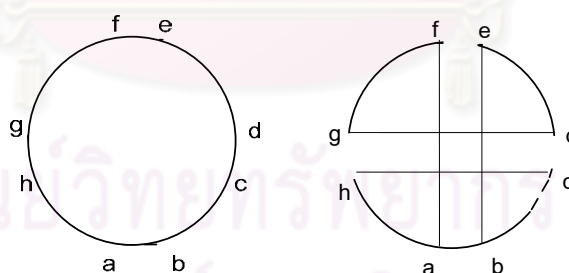
รูปที่ 4.3 หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี Or-opt

จากรูปที่ 4.3 แสดงลำดับการเดินทางของพนักงานขายด้วยวิธี Or-Opt ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งลำดับการเดินทางก่อนและหลังทำแลกเปลี่ยนเมืองด้วยวิธี Or-Opt คือ A-...-B-C-...-G-...-F-E-D และ A-...-E-F-...-G-...-B-C-D ตามลำดับ

4.1.1.7 วิธี Double-bridge

วิธีแลกเปลี่ยนตำแหน่งของ Double-bridge นี้จะทำการแบ่งเส้นทางออกเป็นสี่ส่วนด้วยการลบเส้นทางอย่างสุ่ม และนำกลับไปเชื่อมต่อให้มีความแตกต่างจากเส้นทางเดิมที่เป็นไปได้ และมีข้อจำกัดเพิ่มมากขึ้นคือ และจำนวนเมืองที่ให้พนักงานขายเดินทางผ่านอย่างน้อย 8

ตัวอย่างเช่น ตัวอย่างเช่น พนักงานขายต้องการเดินทางจากเมือง A ไปยังเมือง H และระหว่างทางนั้นมีเมือง B C D E F และ G และสามารถผ่านเมืองแต่ละเมืองได้เพียงครั้งเดียว



รูปที่ 4.4 หลักการแลกเปลี่ยนก่อนและหลังของวิธี double bridge

จากรูปที่ 4.4 แสดงลำดับการเดินทางของพนักงานขายด้วยวิธี Double-bridge ในทิศทางตามเข็มนาฬิกา ซึ่งลำดับการเดินทางก่อนและหลังทำแลกเปลี่ยนเมืองด้วยวิธี Double-bridge คือ A-...-B-C-...-D-E-...-F-G-...-H และลำดับการเดินทางหลังการแลกเปลี่ยนเมืองด้วยวิธี Double-bridge คือ A-...-F-G-...-D-E-...-B-C-...-H

4.1.2 กฎการยอมรับคำตอบที่ดี

กฎยอมรับ (Acceptance Rule) เป็นกฎที่ใช้ในการตัดสินใจว่าคำตอบที่ได้ทำการค้นหาเฉพาะที่นั้นเป็นคำตอบที่ดีหรือแย่กว่าคำตอบเดิม โดยในงานวิจัยนี้ใช้ 4 กฎในการเคลื่อนย้ายตำแหน่งของการค้นหาเฉพาะที่ เมื่อกำหนดให้ S เป็นคำตอบก่อนทำการค้นหาเฉพาะที่ และ S' เป็นคำตอบหลังทำการค้นหาเฉพาะที่ โดยจะทำการยอมรับ ($accept(S, S')$) ว่าคำตอบที่ได้ว่ามีคุณภาพดีขึ้น ดังนี้ (Lacomme และ Prins และ Sevaux ,2005)

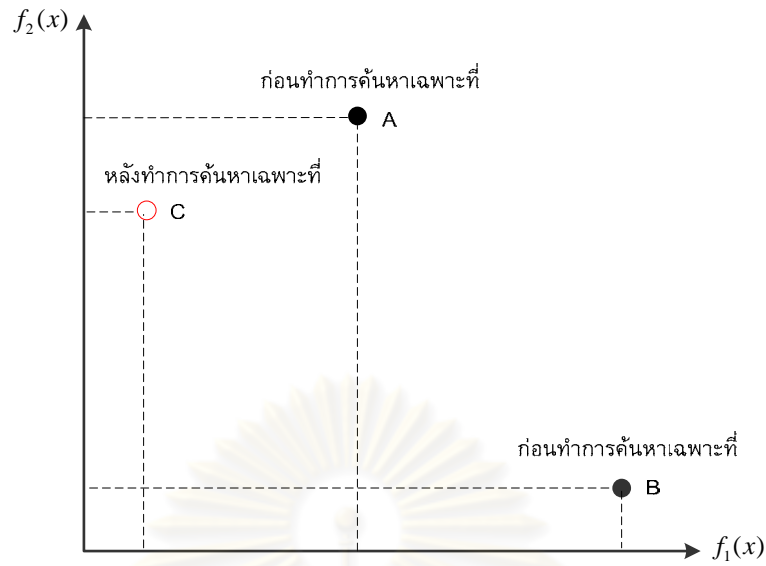
ตารางที่ 4.1 หลักการยอมรับ (Acceptance Rule)

กฎการยอมรับ	เงื่อนไข
กฎการยอมรับที่ 1	$accept(S, S') = f_1(S') - f_1(S) < 0$
กฎการยอมรับที่ 2	$accept(S, S') = f_2(S') - f_2(S) < 0$
กฎการยอมรับที่ 3	$accept(S, S') = ((f_1(S') - f_1(S) \leq 0) \text{ และ } f_2(S') - f_2(S) < 0$ หรือ $((f_1(S') - f_1(S) < 0) \text{ และ } f_2(S') - f_2(S) \leq 0$
กฎการยอมรับที่ 4	$accept(S, S') = w_1 \cdot (f_1(S') - f_1(S)) + (1 - w_1) \cdot (f_2(S') - f_2(S)) \leq 0$

จากตารางที่ 4.1 แสดงกฎการยอมรับทั้ง 4 กฎ ที่มีเงื่อนไขในการยอมรับคำตอบที่ดีในปัญหาการหาค่าต่ำที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายเพิ่มเติมได้จากรูปที่ 4.5 ถึง 4.8 ส่วนในกฎการยอมรับ 4 สามารถกำหนด w_1 ได้จากสมการที่ (4.1) ดังนี้

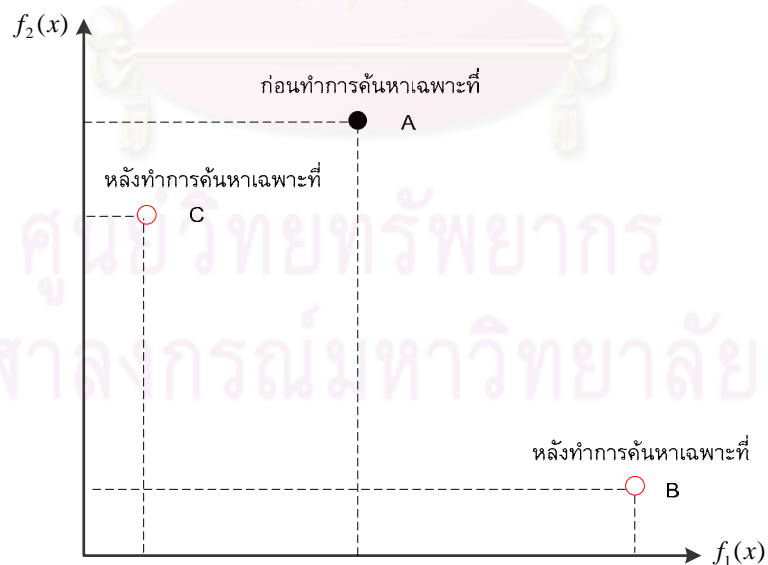
$$w_1 = \left(\frac{f_1(S) - f_1^{\min}}{f_1^{\max} - f_1^{\min}} \right) \left/ \left(\frac{f_1(S) - f_1^{\min}}{f_1^{\max} - f_1^{\min}} + \frac{f_2(S) - f_2^{\min}}{f_2^{\max} - f_2^{\min}} \right) \right. \quad (4.1)$$

โดยที่ f_i^{\max} และ f_i^{\min} เป็นค่าที่มากที่สุดและต่ำที่สุดของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i เมื่อ $i = 1, 2$



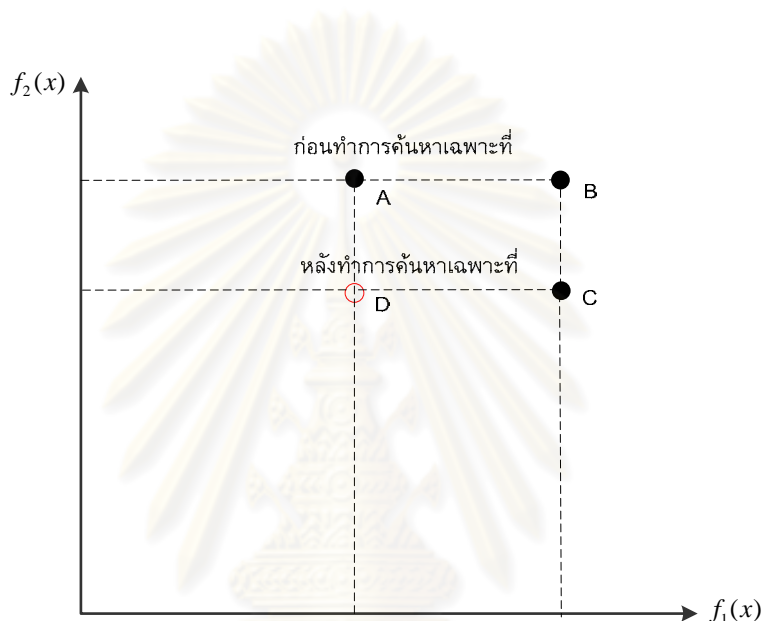
รูปที่ 4.5 การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังการค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าที่ดีกว่าใน $f_1(x)$

จากรูปที่ 4.5 แสดงคำตอบที่ได้ยอมรับตามเงื่อนไขกฎยอมรับที่ 1 นั่นคือคำตอบที่ได้หลังจากการค้นหาเฉพาะที่จะยอมรับก็ต่อเมื่อคำตอบที่ได้หลังจากค้นหาที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_1(x)$ น้อยกว่าคำตอบดั้งเดิม ซึ่งหากพิจารณาในหลักการนี้แล้วจะพบคำตอบทั้งกรณีที่คำตอบนั้นเป็น Dominated Solution และ Non-dominated Solution หรือสามารถกล่าวได้ว่าคำตอบ C dominate คำตอบ A และคำตอบ C Non-dominated คำตอบ B



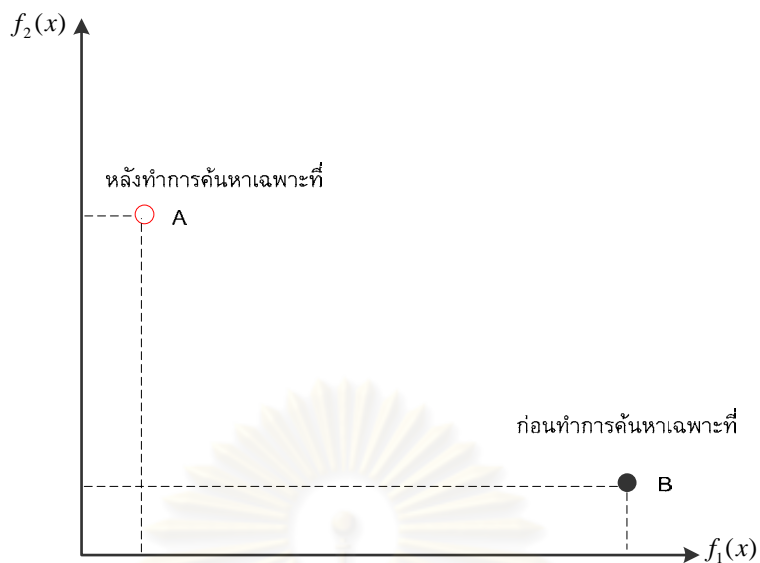
รูปที่ 4.6 การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังทำการค้นหาเฉพาะที่ดีกว่าใน $f_2(x)$

จากรูปที่ 4.6 แสดงคำตอบที่ได้ยอมรับตามเงื่อนไขกฎยอมรับที่ 2 ซึ่งในกฎนี้จะมีค่าใกล้เคียงกับกฎแรก นั่นคือจะยอมรับคำตอบที่ได้หลังจากการค้นหาเฉพาะที่ก็ต่อเมื่อพิจารณาในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_2(x)$ เพียงฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดียว ถ้าคำตอบที่ได้หลังการค้นหาที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_2(x)$ น้อยกว่าคำตอบดั้งเดิม จะถือว่ายอมรับคำตอบนั้น ซึ่งหากพิจารณาในกฎนี้แล้วจะพบคำตอบทั้งกรณี que คำตอบนั้นเป็น Dominated Solution และ Non-dominated Solution หรือสามารถกล่าวได้ว่า คำตอบ C dominate คำตอบ A และคำตอบ B Non-dominated คำตอบ A

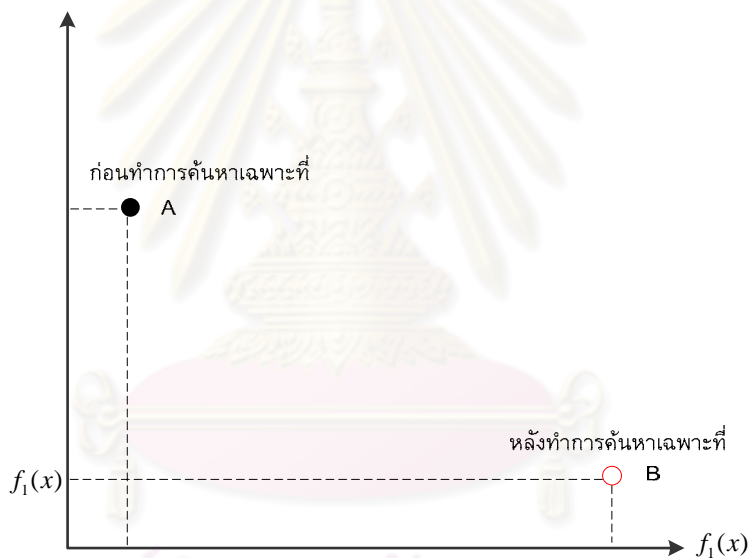


รูปที่ 4.7 การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังทำการค้นหาเฉพาะที่ดีกว่าใน $f_1(x)$ และ $f_2(x)$

จากรูปที่ 4.7 แสดงคำตอบที่ได้ยอมรับตามเงื่อนไขกฎยอมรับที่ 3 ซึ่งกฎนี้เป็น การพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งสองพร้อมกัน นั่นคือจะยอมรับคำตอบที่ได้หลังจาก การค้นหาเฉพาะที่ก็ต่อคำตอบที่ได้หลังการค้นหาที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์น้อยกว่าเดิมทั้งสอง ฟังก์ชัน $f_1(x)$ และ $f_2(x)$ ถ้า ซึ่งหากพิจารณาในกฎนี้แล้วจะพบคำตอบทั้งกรณี que คำตอบนั้น เป็น Dominated Solution เพียงอย่างเดียว และจัดได้ว่าเป็นคำตอบที่มีคุณภาพที่ดีขึ้นอย่าง แท้จริง หรือสามารถกล่าวได้ว่า คำตอบ D Dominate คำตอบ A B และ C



ก) ค่าตอบที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าที่ดีกว่าใน $f_1(x)$



ข) ค่าตอบที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าที่ดีกว่าใน $f_2(x)$

รูปที่ 4.8 การยอมรับในกรณีที่คำตอบหลังทำการค้นหาเฉพาะที่ให้ค่าที่ไม่สามารถเปรียบเทียบได้ว่าคำตอบใดดีกว่ากัน

จากรูปที่ 4.8 ก) และ ข) เป็นกรณีที่พบว่าคำตอบที่ได้หลังทำการค้นหาเฉพาะที่เป็น Non-dominated Solution ในกรณีคือ คำตอบ A Non-dominated คำตอบ B นั้นคือไม่สามารถยอมรับได้ว่าคำตอบใดดีกว่า ดังนั้นในกรณีจะใช้กฎที่ 4 ในการเลือกคำตอบที่ดี โดยจะยอมรับคำตอบนั้นก็ต่อเมื่อผลต่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_1(x)$ หลังการค้นหาและก่อนการค้นหาคูณด้วยน้ำหนักที่ถูกทำให้เป็น Normalized เรียบเรียบแล้ว รวมกับผลต่างของ

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f_2(x)$ หลังการค้นหาและก่อนการค้นหาคุณด้วยน้ำหนักที่เหลือ แล้วมีค่าน้อยกว่าศูนย์ (ตามสมการที่ 4.1)

4.1.3 สิ่งที่ต้องคำนึงในการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่

การค้นหาเฉพาะที่ ถือว่าเป็นวิธีที่สำคัญและส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพของ MAs ทั้งด้านคุณภาพของคำตอบและระยะเวลาในการคำนวณ โดยการค้นหาเฉพาะที่เป็นวิธีที่ช่วยในการปรับปรุงคำตอบ หรือการค้นหาคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่ช่วยในการดึงคำตอบที่ดีใน Local Optimal อีกด้วย ซึ่งบ่อยครั้งที่การประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ใน MAs แล้วทำให้สูญเสียเวลาในการคำนวณอย่างมาก แม้ว่าคุณภาพคำตอบที่ได้จะดีขึ้นก็ตาม ดังนั้นในการออกแบบ MAs จึงต้องคำนึงถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการนำการค้นหาเฉพาะที่ไปประยุกต์ใช้ (Hart, 1994) ดังนี้

4.1.3.1 ความถี่ในการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่

ความถี่ในการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ (Ishibuchi, Yoshida และ Murata, 2003) จะส่งผลทำให้เวลาในการคำนวณลดลง โดยจะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ T โดยกำหนดให้ T เป็นระยะห่างของเจนเนอเรชัน ตัวอย่างเช่น การประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ ทุกๆ $T = 1$ นั่นคือจะทำการค้นหาเฉพาะที่ในทุก ๆ เจนเนอเรชันที่ 1, 2, 3, ..., N และ N เป็นจำนวนเจนเนอเรชันที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ หรือกำหนดให้ $T = 10$ แสดงว่าจะทำการค้นหาเฉพาะที่ในทุก ๆ เจนเนอเรชันที่ 10, 20, 30, ..., N เป็นต้น

4.1.3.2 จำนวนคำตอบที่ควรนำไปประยุกต์ใช้ในการค้นหาเฉพาะที่

จำนวนคำตอบที่ควรนำไปประยุกต์ใช้ในการค้นหาเฉพาะที่ (Lacomme และ Prins และ Sevaux, 2005) เป็นปัจจัยหนึ่งที่สามารถลดระยะเวลาในการคำนวณให้ลดลงได้ ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ P_{LS} กำหนดให้ P_{LS} คือความน่าจะเป็นในการทำการค้นหาเฉพาะที่ (Probability of Local Search) โดยสามารถกำหนดจำนวนคำตอบที่จะนำไปทำการค้นหาเฉพาะที่ได้ดังนี้

- เลือกจำนวนคำตอบที่จะนำไปทำการค้นหาเฉพาะที่จากทุกคำตอบ ด้วยความน่าจะเป็น P_{LS}
- เลือกจำนวนคำตอบที่อยู่ใน Front ที่ 1 เท่านั้น
- เลือกจำนวนคำตอบที่อยู่ใน Front ที่ 1 ด้วยความน่าจะเป็น P_{LS}

4.1.3.3 จำนวนการทำซ้ำในการค้นหาเฉพาะที่ในประชากรคำตอบปัจจุบัน

จำนวนการทำซ้ำในการค้นหาเฉพาะที่ในประชากรคำตอบปัจจุบัน จะเกี่ยวข้องกับพารามิเตอร์ k กำหนดให้ k คือ จำนวนครั้งในการค้นหาเฉพาะที่ที่ไม่สามารถปรับปรุงคำตอบได้ k ครั้งติดต่อกัน หรือกล่าวได้ว่าเป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ในการหยุดการค้นหาเฉพาะที่นั่นเอง

4.1.3.4 ลักษณะการค้นหาเฉพาะที่

ลักษณะการค้นหาเฉพาะที่เป็นอีกปัจจัยหนึ่งในเรื่องคุณภาพคำตอบที่ดีที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่ และเกี่ยวข้องกับโดยตรงกับเวลาในการคำนวณ (Ishibuchi, Yoshida และ Murata, 2003) มี 2 รูปแบบหลักคือ

- **การค้นหาแบบปรับปรุงครั้งแรก (First improvement)**
การค้นหาลักษณะนี้จะมีหลักการค้นหาคำตอบที่ช่วยลดระยะเวลาในการค้นหา แต่คำตอบที่ได้อาจไม่ใช่คำตอบที่ปรับปรุงแล้วมีค่าดีที่สุด โดยหลักการค้นหาแบบปรับปรุงครั้งแรกนี้จะทำสุ่มประชากรด้วยที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่ที่ไม่อิงลำดับตำแหน่งการค้นหาเฉพาะที่ แล้วการค้นหาคำตอบไป k คำตอบ จนกระทั่งพบคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิมและไม่มีคำตอบใดใน k ครั้งที่ดีกว่าคำตอบนี้ จะหยุดทำการค้นหาเฉพาะที่
- **การค้นหาแบบปรับปรุงดีที่สุด (Best improvement)**
หลักการค้นหาแบบปรับปรุงดีที่สุด จะทำการค้นหาคำตอบทุกคำตอบใกล้เคียงกับคำตอบปัจจุบัน และยอมรับค่าที่ดีที่สุดของค่าวัตถุประสงค์ และดำเนินการค้นหาคำตอบจนไม่สามารถปรับปรุงคำตอบนั้นให้ดีกว่านี้ได้ k ครั้ง ดังนั้นสมรรถนะของการค้นหาแบบปรับปรุงดีที่สุดนั้นค่อนข้างจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดในแบบวงกว้าง (Globally Optimal) แต่อาจสูญเสียเวลาในการค้นหา

4.1.3.5 ขั้นตอนการหาคำตอบที่ควรประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่

การเลือกประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ในขั้นตอนใดของอัลกอริทึม เป็นสิ่งที่ส่งผลในด้านประสิทธิภาพในการค้นหาคำตอบ และเวลาในการค้นหาอีกด้วย โดยที่การประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่นั้นส่วนใหญ่จะทำเมื่อ (Merz และ Freisleben, 1997)

- หลังการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น
- เกิดประชากรคำตอบใหม่ หรือเกิดประชากรคำตอบรุ่นลูก

- หลังการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น และหลังจากประยุกต์ใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์ และมิวเทชัน
- เลือกทำในขั้นตอนใดก็ได้ เช่นเลือกประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ในขั้นตอนหลังการสร้างคำตอบเบื้องต้น และหลังการใช้มิวเทชันเพื่อช่วยดึงคำตอบที่ติดอยู่ใน Local Optimal

4.1.4 การหยุดการค้นหาเฉพาะที่

หลักการหยุดการค้นหาเฉพาะที่ขึ้นอยู่กับลักษณะการค้นหาเฉพาะที่ โดยการค้นหาเฉพาะที่ในคำตอบใดคำตอบหนึ่งนั้นจะหยุดกระบวนการค้นหาเมื่อเจอคำตอบที่ดีกว่าคำตอบเดิม และไม่สามารถปรับปรุงคำตอบให้ดีกว่าคำตอบนี้ได้แล้วจำนวน k ครั้ง

4.2 เมมเมติกอัลกอริทึม

4.2.1 ความหมายของเมมเมติกอัลกอริทึม

Moscato (1989) ได้เสนอเมมเมติกอัลกอริทึม (Memetic Algorithms: MAs) คือฮิวริสติกแบบเฟ้นสุ่มที่ใช้ในการหาค่าเหมาะสมที่สุดแบบวงกว้าง (Stochastic Global Search Heuristics) โดยที่มีพื้นฐานวิธีการมาจากการรวมกันของวิวิวัฒนาการ และการประยุกต์ใช้กระบวนการค้นหาคำตอบแบบเฉพาะที่ โดยที่ EAs จะใช้ Evolutionary Search ในการสำรวจพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้อย่างกว้าง ๆ ในขณะที่กระบวนการค้นหาคำตอบแบบเฉพาะที่จะทำการขยายคำตอบที่ดี (Zoom-in) ในพื้นที่คำตอบให้ออกมาเป็นคำตอบที่น่าสนใจและคาดว่าคำตอบนั้นจะเป็นคำตอบที่ดี นอกจากนี้ MAs ยังเป็นวิธีการที่ได้รับความนิยมและได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นวิธีการที่สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายในด้านเทคนิคการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเชิงจัด การหาค่าเหมาะสมที่สุดของฟังก์ชันไม่คงที่ (Optimization of Non-stationary Functions) การหาค่าเหมาะสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization) และยังเป็นที่ยึดจกันในเรื่องที่เรียกว่า hybrid EA, Genetic Local Search, Baldwinian EAs, Lamarckian EAs เป็นต้น

Moscato และ Norman (1992) ได้ให้ความหมายของ MAs ว่าเป็นการค้นหาแบบอิงฐานประชากรที่มีขั้นตอนการทำงานที่คล้ายคลึงกับ GAs โดยที่คำว่า “Memetic” มีรากศัพท์มาจากคำว่า “meme” (แนะนำโดย Richard Dawkins, 1990) ซึ่งเป็นรูปแบบการปรับประชากรให้มีความเหมาะสมก่อนที่จะถ่ายทอดคุณลักษณะทางพันธุกรรมหรือส่งผ่านไปยังเจนเนเรชันต่อไป ดังนั้น MAs จึงเป็นวิธีการทางวัฒนธรรม (Cultural Evolution) แทนที่จะเป็นการคำนวณค่าในวิธีการทางชีววิทยา (Biological Evolution) นอกจากนี้ยังกล่าวว่า “Memetic

Evolution” เป็นการรวมกันของ GAs กับการใช้การค้นหาเฉพาะที่ ดังนั้น Genetic Local Search (GLS) จึงเป็นกรณีพิเศษของ MAs ที่แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงจัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่นในปัญหา TSP (Merz และ Freisleben, 1997) ปัญหาการจัดสรรแบบกำลังสอง (Quadratic Assignment Problem: QAP) เป็นต้น นอกจากนี้ MAs เป็นวิธีการที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีความซับซ้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การประยุกต์ใช้ในปัญหาการจัดตารางและการจัดลำดับการผลิต การออกแบบความเชื่อถือได้ การจัดตารางเส้นทางงาน การวางแผนโรงงาน และอื่น ๆ เป็นต้น

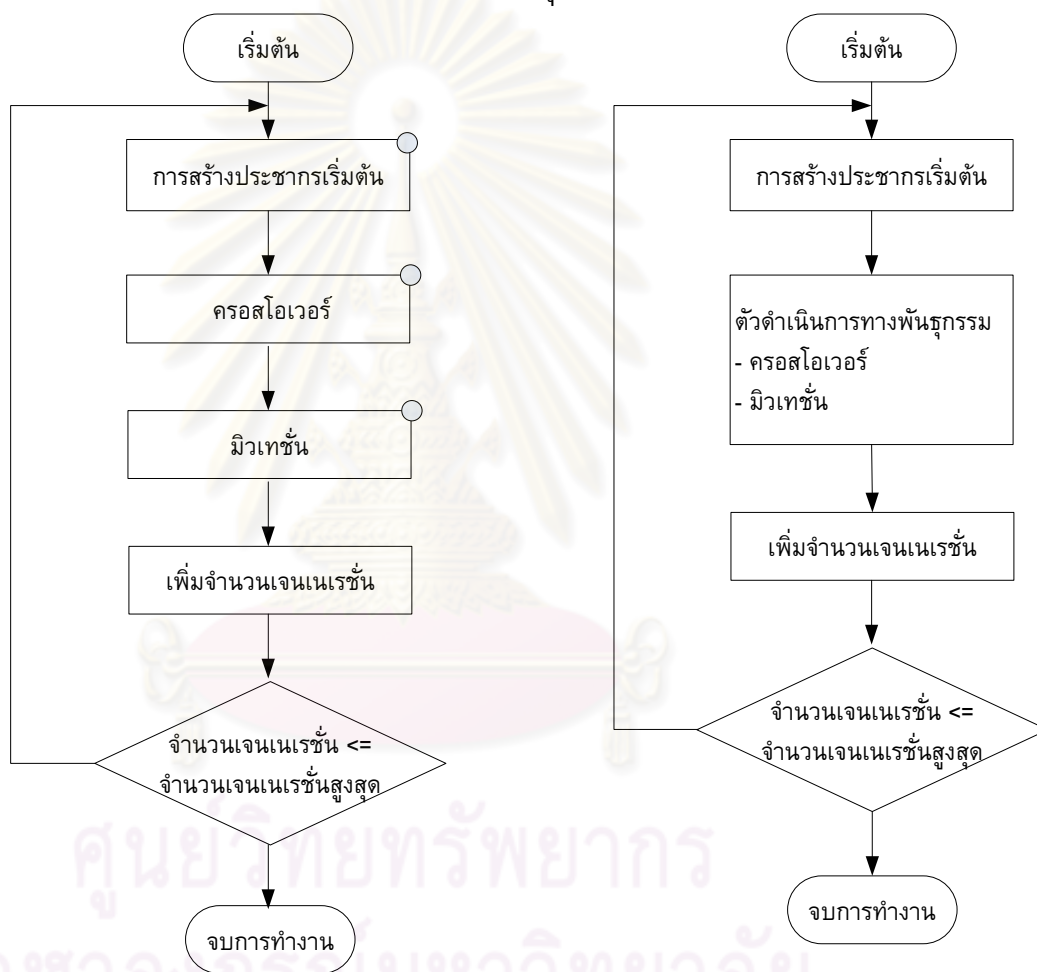
4.2.2 ความแตกต่างของเมมเมติกอัลกอริทึมและเจนเนติกอัลกอริทึม

เนื่องจาก MAs และ GAs มีหลักการพื้นฐานมาจากกระบวนการคัดเลือกทางธรรมชาติ (Natural Selection) และกระบวนการคัดเลือกทางพันธุศาสตร์ (Nature Genetic Selection) ดังนั้นวิธีการหาค่าตอบที่ดีที่สุดของทั้งสองอัลกอริทึมจึงคล้ายคลึงกัน โดยจะใช้ข้อมูลเกี่ยวกับความแข็งแรงของสตริงคำตอบที่ได้จากค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เป็นตัวกำหนดทิศทางในการหาค่าตอบ ซึ่งแตกต่างกับวิธีการหาค่าตอบที่ดีที่สุดทั่วไปที่อาศัยความชันเป็นทิศทางในการหาค่าตอบ (Deterministic Optimization Technique) ส่งผลให้คำตอบที่ได้รับไม่ใช่คำตอบที่แท้จริงของปัญหา หรือเป็นเพียงคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimal Solution) ในขณะที่คำตอบที่ได้จากอัลกอริทึมทั้งสองนี้มีโอกาสมากกว่าที่จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง (Global Optimal Solution) เนื่องจากการหาค่าตอบของทั้งสองอัลกอริทึมนั้นจะทำการหาค่าตอบแบบหลายจุดพร้อมกัน (Parallel Search) ทำให้โอกาสของคำตอบที่หาได้จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (Local Optimal Value) นั้นลดลง

แม้ว่าคำตอบที่ได้จาก MAs และ GAs จะมีโอกาสจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง แต่ในบางกรณีถ้าสมาชิกคำตอบในประชากรมีโครงสร้างของคำตอบที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันมากเกินไป หรืออาจก่อให้เกิดสถานการณ์ที่เรียกว่า การลู่เข้าของคำตอบก่อนที่ควรจะเป็น (Premature Convergence) ส่งผลให้คำตอบที่หาได้ลู่เข้าสู่ค่า ๆ หนึ่ง ซึ่งส่วนใหญ่ค่าของคำตอบนั้นจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ ดังนั้นการป้องกันการลู่เข้าของคำตอบก่อนที่ควรจะเป็น คือการรักษาความหลากหลายให้กับสมาชิกคำตอบ หรือการทำให้สมาชิกคำตอบนั้นมีความแตกต่างกัน ซึ่งเจนเนติกอัลกอริทึมจะใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมตัวหนึ่งในการดึงคำตอบที่ดีอยู่กับคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ คือ ตัวดำเนินการมิวเทชัน (Mutation Operator) ซึ่งในการใช้ตัวดำเนินการนี้อาจไม่เพียงพอในการหาค่าตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง ดังนั้นคุณสมบัติพิเศษหนึ่งของ MAs ที่แตกต่างจาก GAs ก็คือการปรับปรุงคำตอบด้วยการใช้การค้นหาเฉพาะที่ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ก่อนหรือหลังการสร้างประชากรเริ่มต้น การใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม โดยที่ส่วนใหญ่แล้วจะนำการค้นหาเฉพาะที่มาใช้ใน 2 กรณี คือ กรณี

แรกใช้ในการสร้างประชากรเริ่มต้นเพียงอย่างเดียว และกรณีที่สองใช้ทุกครั้งก่อนหรือหลังการใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมเพื่อให้เกิดประชากรรุ่นใหม่

นอกจากนี้หากในการค้นหาคำตอบเริ่มต้นเป็นคอนเว็กซ์ (Convex) ซึ่งถือได้ว่าสิ่งที่ยากในการค้นหาคำตอบโดยใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม ดังนั้นการทำให้เกิดพันธุผสมหรือลูกผสม (Hybridization) ของ MAs จะสามารถหาคำตอบได้โดยอาศัยองค์ประกอบที่สำคัญคือ การคัดเลือกคำตอบด้วยการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ และการระบุคำตอบในบริเวณคำตอบใกล้เคียง ซึ่งถือว่าเป็นคำตอบใหม่ที่ดีที่สุด เมื่อคำตอบเหล่านั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ที่ไม่มีคำตอบใดที่กว้าง จะกลายเป็นคำตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง



○ = การค้นหาเฉพาะที่ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ใช้ก่อนหรือหลังการดำเนินการใด ๆ

ก) ขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของ MAs

ข) ขั้นตอนการทำงานพื้นฐานของ GAs

รูปที่ 4.9 โครงสร้างพื้นฐานของ MAs และ GAs

จากรูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบการทำงานของ MAs และ GAs จะเห็นได้ว่าโครงสร้างการทำงานหลักมีความคล้ายคลึงกันมาก เนื่องจาก MAs นั้นมีพื้นฐานแนวความคิดเช่นเดียวกับ GAs แต่มีความแตกต่างกันในเรื่องการปรับปรุงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่ ซึ่งสามารถนำมาประยุกต์ก่อนหรือหลังตัวดำเนินการทางพันธุกรรมใด ๆ โดยการเลือกใช้การค้นหาเฉพาะที่ในขั้นตอนใด ๆ จะเกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพของคำตอบโดยตรงอีกด้วย

4.2.3 ขั้นตอนการทำงานหลักของ MAs

ขั้นตอนการทำงานหลักของ MAs สามารถสรุปได้จาก Merz และ Freisleben, 1997 ดังนี้

1. การสร้างประชากรเริ่มต้นของสมาชิกคำตอบที่เป็นไปได้

โดยในขั้นตอนนี้จะมีการทำงานสองขั้นตอน คือ การกำหนดจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ด้วยการสุ่ม หรือฮิวริสติก ผลลัพธ์ที่ได้จากการสร้างประชากรเริ่มต้นคือ คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ ซึ่งข้อดีของ MAs ก็คือการพิจารณาคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่เป็นคำตอบเริ่มต้นไม่ได้พิจารณาคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่เกิดจากการสุ่มเพียงอย่างเดียว

2. การใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรม

การใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมใน MAs จะมีความแตกต่างกับ GAs โดยในขั้นตอนของ GAs จะใช้ตัวดำเนินการพันธุกรรมอย่างครอสโอเวอร์และมิวเทชันเพียงอย่างเดียว แต่ใน MAs นี้จะมีการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่เพื่อปรับปรุงคำตอบก่อนหรือหลังการดำเนินการ โดยส่วนใหญ่แล้วคำตอบที่ได้ในขั้นตอนนี้จะเป็นคำตอบใหม่เฉพาะที่ที่ดีที่สุด และกระบวนการสร้างประชากรรุ่นใหม่จะกระทำจนกระทั่งครบจำนวนเจนเนอเรชันสูงสุดที่กำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า

ตัวดำเนินการครอสโอเวอร์และมิวเทชันจะเป็นการค้นหาแบบสำรวจด้วยการกระโดดเพื่อค้นหาคำตอบใหม่ในพื้นที่คำตอบได้ ที่ใช้ระยะเวลาในการค้นหาไม่มากนัก และการค้นหาจะมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นถ้ามีการประยุกต์ร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ ดังนั้นในการเปรียบเทียบตัวดำเนินการครอสโอเวอร์และมิวเทชันใน GAs และ MAs จะขึ้นอยู่กับรูปแบบของปัญหา เนื่องจากการใช้การค้นหาเฉพาะที่เป็นวิธีการที่ใช้เวลานานกว่าจะได้คำตอบใหม่ และอาจเป็นสิ่งที่ยุ่งยากมากกว่าการได้คำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ ดังนั้นการเลือกวิธีการการค้นหาเฉพาะที่จึงเป็นสิ่งที่สำคัญที่ควรคำนึงในการทำงานของ MAs ตัวอย่างตัวดำเนินการทางพันธุกรรมที่ใช้ใน MAs

- คrossover หรือรีคอมบิเนชัน เป็นตัวดำเนินการที่ก่อให้เกิดประชากรรุ่นลูกจากประชากรรุ่นพ่อแม่สองรุ่น (Binary Operator) ดังนั้นการกระโดดเพื่อหาคำตอบจึงสามารถปฏิบัติเริ่มกำหนดโดยตรง ใน GAs นั้น การรีคอมบิเนชัน เป็นการปฏิบัติการทางชีววิทยา ซึ่งประชากรรุ่นพ่อแม่จะทำการ crossover โดยเลือกตำแหน่งในการ crossover แบบสุ่ม และในการใช้วิธีการรีคอมบิเนชัน ที่รู้จักกันภายใต้ชื่อการ crossover แบบยูนิฟอร์ม (Uniform Crossover) ซึ่งมาจากรูปแบบทั่วไปของรีคอมบิเนชัน
- มิวเทชัน เป็นตัวดำเนินการที่สร้างประชากรรุ่นลูกจากประชากรรุ่นพ่อแม่เพียงรุ่นเดียว (Unary Operator) ที่มีการปฏิบัติงานหลังจากการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ และไม่น่ากลับมาเป็นคำตอบของประชากรรุ่นพ่อแม่อีก ซึ่งระยะทางในการกระโดดเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของพื้นที่มีคำตอบที่เหมาะสม

4.3 สรุปท้ายบท

เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึงการค้นหาเฉพาะที่ ซึ่งเป็นวิธีการค้นหาคำตอบที่ส่งผลโดยตรงกับประสิทธิภาพของเมมเมติกอัลกอริทึม โดยในงานวิจัยนี้ได้เสนอการค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธี คือ PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt และ Double-bridge ซึ่งคำตอบที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่จะถูกยอมรับว่าเป็นคำตอบที่ดีกว่าเดิมได้ก็ต่อเมื่อตรงตามเงื่อนไขของกฎการยอมรับ ดังนั้นคำตอบที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่นั้นจึงมีประเภทคำตอบที่ 2 แบบ คือ Dominated Solution และ Non-dominated Solution ส่วนคำตอบที่มีคุณภาพแย่กว่าจะไม่ถูกยอมรับในการค้นหาเฉพาะที่ แม้ว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่จะให้คุณภาพคำตอบที่ดีแต่สำหรับเวลาในการคำนวณนั้นอาจใช้เวลานาน ดังนั้นจึงควรคำนึงปัจจัยที่ส่งผลต่อการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ดังนี้ความถี่ในการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ จำนวนคำตอบที่ควรนำไปประยุกต์ใช้ในการค้นหาเฉพาะที่ จำนวนการทำซ้ำในการค้นหาเฉพาะที่ในประชากรคำตอบปัจจุบัน ลักษณะการค้นหาเฉพาะที่ และขั้นตอนการหาคำตอบที่ควรประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่

บทที่ 5

ทฤษฎีสายการประกอบและระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

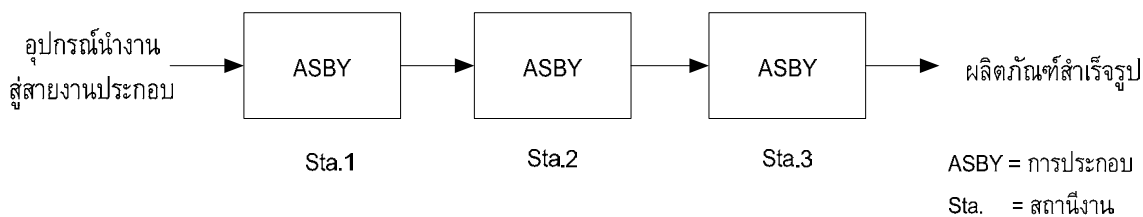
เนื้อหาในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับลักษณะการผลิตที่ใช้ในการวิจัย โดยจะกล่าวถึงลักษณะของสายการประกอบ คุณลักษณะของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี และการจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาปรับตั้งขึ้นกับลำดับงานก่อนหน้า รายละเอียดในการนำเสนอมีดังนี้

5.1 ลักษณะของสายงานประกอบ

ระบบการผลิตแบบสายการประกอบ (Assembly Line Manufacturing System) ได้เริ่มต้นขึ้นตั้งแต่ก่อนปี ค.ศ. 1800 ซึ่งเริ่มมีช่างฝีมือที่ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์โดยการแยกชิ้นส่วนผลิต แล้วจึงนำแต่ละชิ้นส่วนมาสวมเข้าด้วยกัน หลังจากนั้น Eli Whitney ได้ประยุกต์ใช้ความคิดของการแยกชิ้นส่วนผลิตในการผลิตปืนเล็กยาวให้กับคณะรัฐบาลของประเทศสหรัฐอเมริกา โดยการแบ่งแยกแรงงานเป็นแผนกต่างๆ เพื่อผลิตแต่ละส่วนประกอบของผลิตภัณฑ์ รวมทั้งมีการใช้ค่าความเผื่อทางวิศวกรรม (Engineering Tolerance) ในการสวมประกอบ

ในปี ค.ศ. 1913 Henry Ford ได้ประยุกต์ใช้ระบบผลิตแบบสายการประกอบในโรงงานผลิตรถยนต์และในระบบการผลิตจำนวนมากๆ (Mass Production) ซึ่งถือเป็นการปฏิวัติกระบวนการผลิตรถยนต์ในสมัยนั้น โดยพบว่าสามารถลดต้นทุนในการผลิตและการจัดส่งผลิตภัณฑ์ให้น้อยลงได้ ซึ่งนับว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการนำส่วนประกอบย่อยหลายส่วนมาประกอบเข้าด้วยกันในโรงงานอุตสาหกรรม ส่งผลให้เทคโนโลยีทางการผลิตได้ขยายตัวไปอย่างรวดเร็ว และทำให้เกิดการสร้างสรรคผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายเพิ่มมากขึ้น

สายงานประกอบ (Assembly Line) เป็นการจัดรูปแบบของผังการประกอบซึ่งประกอบไปด้วยหน่วยการผลิตต่าง ๆ ที่เรียกว่า สถานีงาน (Work Station) ในระบบสายงานการประกอบแบบต่อเนื่อง ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบจะเคลื่อนย้ายมาตามสถานีงานต่างๆ เมื่อชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ดังกล่าวแต่ละหน่วยเข้ามาสู่สถานีงานใด ๆ แล้ว จะเกิดชิ้นงานการประกอบ (Assembly Operation) ขึ้นในสถานีนั้นตามลำดับ เมื่อหมดขั้นตอนการประกอบในสถานีนั้นแล้ว ชิ้นส่วนนั้นก็จะเคลื่อนไปยังสถานีงานต่อไป ในขณะที่เดียวกันที่สถานีเดิมก็จะมีชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์หน่วยถัดไปเข้าแทน (Yogathasan, 1996) ดังรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 แสดงไดอะแกรมสายงานประกอบ

5.1.1 ประเภทของสายงานประกอบ

สายงานประกอบสามารถแยกออกได้หลายประเภท โดยพิจารณาจากหลายองค์ประกอบดังนี้

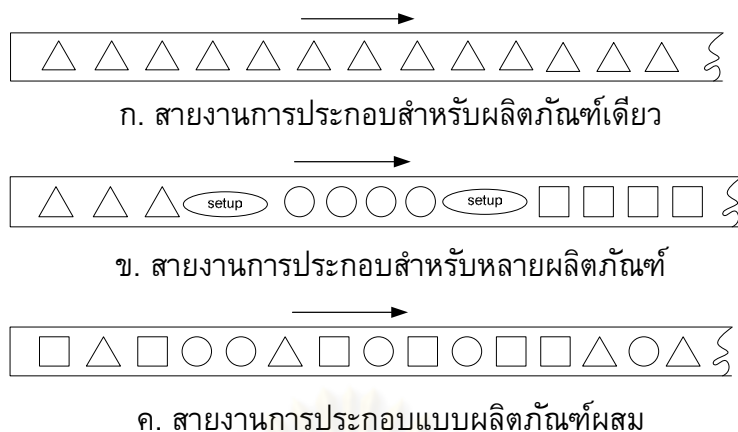
5.1.1.1 สายการประกอบ ที่แยกประเภทตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต มี 3 แบบ (ดังรูปที่ 5.2) คือ

1) สายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว (Single Model Assembly Line) เป็นสายงานการประกอบที่ใช้สำหรับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดใดชนิดหนึ่งเพียงชนิดเดียวโดยเฉพาะ และเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีรูปแบบเดียว

2) สายงานการประกอบสำหรับหลายผลิตภัณฑ์ (Multi Model Assembly Line) เป็นสายงานประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดขึ้นไป ซึ่งผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะมีกระบวนการประกอบที่ใกล้เคียงกัน สามารถผลิตบนสายการประกอบเดียวกันได้ โดยในการประกอบจะทำทีละชุด (Batch) ผลิตภัณฑ์ ในช่วงที่จะเปลี่ยนการประกอบชนิดของผลิตภัณฑ์ ต้องมีการปรับสายการประกอบใหม่ (Setup)

3) สายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed Model Assembly Line) เป็นงานการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดหรือมากกว่า เช่นเดียวกับสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ แต่ต่างกันตรงที่ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะเข้าสู่สายงานการประกอบปะปนกัน ไม่มีการแบ่งว่าต้องทำผลิตภัณฑ์ชนิดไหนก่อน โดยระหว่างการผลิตจะไม่มีการปรับสายการประกอบ

ในกรณีของสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ ถ้าหากขนาดของชุดผลิตภัณฑ์ (Batch Size) มีขนาดใหญ่มาก สายการประกอบก็จะคล้ายกับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว แต่ถ้าขนาดของชุดผลิตภัณฑ์มีขนาดเล็กประมาณหนึ่งสายการประกอบก็จะคล้ายกับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม



รูปที่ 5.2 การแยกสายการประกอบตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต

5.1.1.2 สายการประกอบ ที่แยกประเภทโดยพิจารณาลักษณะของสถานีงาน มี 2 แบบ คือ

1) สถานีงานแบบปิด (Closed Station) คือสถานีงานที่แบ่งแยกจากกันอย่างชัดเจน ผู้ทำการประกอบในสถานีงานที่แตกต่างกัน ไม่สามารถเข้ามาในเขตสถานีงานอื่นได้ เช่น สถานีงานพ่นสี ห้องร้อน ฯลฯ

2) สถานีงานแบบเปิด (Open Station) คือ สถานีงานที่ยอมให้ผู้ทำการประกอบในสถานีงานที่ติดกันเข้าทำงานร่วมกันได้ โดยไม่ต้องทำให้เกิดการรบกวนหรือสอดแทรกการทำงาน ซึ่งขอบเขตในการทำงานร่วมกันอาจเกิดจากข้อจำกัดของกำลังเครื่องอุปกรณ์เคลื่อนย้ายวัสดุ หรืออาจไม่มีข้อจำกัดใด ๆ

5.1.1.3 สายการประกอบ ที่แยกประเภทโดยพิจารณาจากการเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีงาน มี 2 แบบ คือ

1) การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ (Manual Transfer)

การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ เป็นการเคลื่อนย้ายงานจากสถานีงานหนึ่งไปยังอีกสถานีงานถัดไปจะทำได้ด้วยมือ ซึ่งจะมีโอกาสเกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้

- การไม่มีงานป้อน (Starving) คือ การที่คนงานได้ทำงานตนเองเสร็จแล้ว แต่ต้องคอยงานที่ยังเสร็จจากคนงานสถานีก่อนหน้า

- การไม่มีที่ส่งงาน (Blocking) คือการที่คนงานได้ทำงานของตนเองเสร็จแล้ว แต่ต้องรอให้คนงานสถานีงานถัดไป ทำงานให้เสร็จก่อนจึงจะสามารถส่งงานของตนเองไปได้ แล้วจึงเริ่มทำงานชิ้นใหม่

ปัญหาทั้งสองแบบนี้มีผลทำให้ การไหลของงานไม่สม่ำเสมอ รอบเวลาการผลิตไม่คงที่ ซึ่งส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของกำลังการผลิต การมี Buffer Storage ระหว่างสถานีงานจะช่วยลดปัญหาทั้งสองนี้ได้ ทำให้สายการผลิตมีการผลิตที่ต่อเนื่องยิ่งขึ้น

2) การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน (Moving Conveyor)

การเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน เป็นการเคลื่อนย้ายงานจาก สถานีงานหนึ่งไปยังสถานีงานถัดไป ทำได้โดยอาศัยสายพานเป็นตัวลำเลียงชิ้นงาน ซึ่งมีทั้ง แบบต่อเนื่อง (Continuous) และแบบไม่ต่อเนื่อง (Intermittent) การเคลื่อนย้ายงานแบบไม่ ต่อเนื่องคือ การที่สถานีงานใดก็ตามที่ทำงานชิ้นใดเสร็จ ก็จะสามารถส่งต่อไปยังสถานีงานถัดไป ได้ทันที โดยไม่ต้องรอส่งพร้อมกับสถานีงานอื่น ๆ ปัญหาที่เกิดขึ้นก็จะเหมือนกับการแก้ปัญหา ของการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ ส่วนการเคลื่อนย้ายงานแบบต่อเนื่อง คือการที่ผลิตภัณฑ์ถูก เคลื่อนย้ายตลอดเวลาอย่างต่อเนื่องผ่านไปยังสถานีงานต่าง ๆ พร้อมกัน ในขณะที่กำลัง เคลื่อนที่อยู่นั้น พนักงานตามสถานีงานต่าง ๆ ก็จะทำกรประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เข้าไป การ เคลื่อนย้ายงานโดยมากจะใช้สายพานเป็นลำเลียงและมีโอกาสเกิดปัญหาต่าง ๆ ดังนี้ คือ

- การไม่มีงานป้อน (Starving) สามารถเกิดขึ้นได้เช่นเดียวกับ การเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ
- การมีล้นมือ (Congestion) คือการทำงานไม่เสร็จสมบูรณ์ เนื่องจากการที่คนงานไม่สามารถทำงานชิ้นนั้นให้เสร็จก่อนที่ชิ้นงานจะวิ่งผ่านตัวไป
- สำหรับการไม่มีที่ส่งงาน (Blocking) นั้นจะไม่เกิดกับการ ย้ายงานแบบนี้

สำหรับการป้อนผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบ (Model Launch Discipline) เป็นการกำหนดช่วงระยะเวลาระหว่างผลิตภัณฑ์แต่ละชิ้น ที่เริ่มต้นป้อนเข้าในสาย งานการประกอบ มีหลักปฏิบัติ 2 แบบ คือ

- การป้อนแปรผัน (Variable Rate Launching) ซึ่งในช่วงเวลาการป้อนจะแปรผันไปตามเวลาที่ใช้ในการ ผลิต ผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าในสถานีงานแรก นั่นคืองานจะถูกป้อนเข้าไปทันทีที่สถานีงานแรกว่าง จากวิธีการนี้จะทำให้สถานีงานมีงานทำค่อนข้างตลอดเวลา จึงเหมาะสมที่จะนำไปใช้ใน สายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายงานด้วยมือ (Manual line) ที่มีบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีงาน เพื่อ รองรับผลิตภัณฑ์ที่เข้าคิวรอหรือใช้กับสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายงานโดยสายพาน โดยมีข้อ แม้จะสามารถเคลื่อนย้ายงานจากสายพานไปเก็บไว้ในบัฟเฟอร์ระหว่างสถานีงานได้ ด้วยวิธีการ ป้อนแบบแปรผันนี้การจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Model Sequencing) จึงมีผลน้อยมากในการลด เวลา เนื่องจากการรอของผลิตภัณฑ์ นอกจากสามารถป้อนผลิตภัณฑ์เป็นแบบ Batch โดยเลือก ป้อนผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาน้อยที่สุดก่อน

- การป้อนแบบคงที่ (Fixed Rate Launching)

เป็นการป้อนงานโดยมีช่วงเวลาระหว่างการป้อนแต่ละครั้งคงที่ค่าหนึ่ง ถ้าหากผลิตภัณฑ์ที่ถูกป้อนเข้ามาใช้เวลาในสถานีน้อยกว่าช่วงเวลาที่ป้อน ก็จะทำให้เกิดการว่างงานของสถานีงาน (Station Idle Time) แต่ถ้าหากใช้เวลาในสถานีงานมากกว่าช่วงเวลาที่ป้อนก็จะเกิดการเข้าคิวรอของผลิตภัณฑ์ หรือถ้าใช้ในสายการผลิตที่มีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์โดยใช้สายพานลำเลียง อาจทำให้งานนั้นเกิดการประกอบที่ไม่สมบูรณ์ออกไป วิธีการนี้จะต้องใช้ควบคู่ไปกับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Model Sequencing) เพื่อที่จะให้การทำงานของสายการผลิตมีประสิทธิภาพมากที่สุด โดยทั่วไปวิธีการนี้เหมาะสมกับสายการผลิตที่ใช้สายพานในการเคลื่อนย้ายงาน

5.1.1.4 สายการประกอบ ที่แยกประเภทโดยพิจารณาตามลักษณะเวลาทำงานของสถานีงาน มี 2 แบบ คือ

1) Paced Line

สายงานการประกอบแบบ Paced Line คือ สายงานที่กำหนดให้เวลาทำงานในสถานีทำงานต้องเท่ากับรอบเวลาการผลิต ct ซึ่งหมายความว่าทุก ct หน่วยเวลา ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์จะต้องถูกส่งต่อไปให้สถานีทำงานต่อไปไม่ว่าจะทำงานในสถานีงานนั้นเสร็จหรือไม่ก็ตาม ถ้าหากทำงานในสถานีงานนั้นเสร็จก่อนรอบเวลาการผลิต ct ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ก็ต้องคอยอยู่ในสถานีงานทำงานเดิมจนกว่าจะครบ ct หน่วยเวลา จะเห็นได้ว่าสายงานประกอบแบบ Paced Line อาจทำให้ได้ชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์ที่ไม่สมบูรณ์ซึ่งจะต้องถูกนำไปซ่อมแซมและทำใหม่อีกทีหนึ่ง

2) Unpaced Line (Asynchronous Line)

ในสายงานประกอบแบบ Unpaced Line แต่ละสถานีจะทำงานตามขั้นงานที่ถูกกำหนดให้สถานีนั้นๆจนกว่าจะเสร็จแล้วจึงเคลื่อนย้ายไปทำงานในสถานีทำงานต่อไป ดังนั้นเวลาทำงานในแต่ละสถานีงานอาจมากกว่าหรือน้อยกว่ารอบเวลาการผลิตก็ได้

5.2 ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

การผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-in-Time Production Systems: JIT) คือ การที่ชิ้นส่วนที่จำเป็นเข้ามาถึงกระบวนการผลิตในเวลาที่เหมาะสมและด้วยจำนวนที่จำเป็นหรืออาจกล่าวได้ว่า ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี คือการผลิตหรือการส่งมอบ “ สิ่งของที่ต้องการ ในเวลาที่ต้องการ ด้วยจำนวนที่ต้องการ ” ใช้ความต้องการของลูกค้าเป็นเครื่องกำหนดปริมาณการผลิตและการใช้วัตถุดิบ ซึ่งลูกค้าในที่นี้ไม่ได้หมายถึงเฉพาะลูกค้าผู้ซื้อสินค้าเท่านั้น แต่ยังหมายรวมถึงบุคลากรในส่วนงานอื่นที่ต้องการงานระหว่างทำหรือวัตถุดิบเพื่อทำการผลิตต่อเนื่องด้วย

โดยวิธีดึง (Pull Method of Material Flow) ควบคุมวัสดุคงคลังและการผลิต ณ สถานที่ทำการผลิตนั้น ๆ ซึ่งถ้าทำได้ตามแนวคิดนี้แล้ววัสดุคงคลังที่ไม่จำเป็นในรูปของวัตถุดิบ งานระหว่างทำและสินค้าสำเร็จรูปจะถูกขจัดออกไปอย่างสิ้นเชิง

5.2.1 คุณสมบัติของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี

5.2.1.1 การไหลของวัสดุแบบดึง (Pull Method of Material Flow)

เป็นวิธีการที่ใช้ความต้องการของลูกค้าเป็นเครื่องกำหนดปริมาณการผลิตและการใช้วัตถุดิบ ซึ่งลูกค้าในที่นี้ไม่ได้หมายถึงเฉพาะลูกค้าผู้ซื้อสินค้าเท่านั้น แต่ยังหมายถึงบุคคลากรในส่วนงานอื่นที่ต้องการงานระหว่างทำหรือวัตถุดิบ เพื่อทำการผลิตต่อเนื่อง โดยวิธีดึงเป็นวิธีการควบคุมวัสดุคงคลัง และการผลิต ณ สถานที่ทำงานที่ทำการผลิตนั้น ๆ

ยกตัวอย่างเช่น ในกระบวนการประกอบชิ้นส่วนต่าง ๆ เพื่อผลิตรถยนต์คันหนึ่งนั้น สายการประกอบย่อย (Subassemblies) ที่จำเป็นจากกระบวนการก่อนหน้าจะต้องมาถึงสายการประกอบรถยนต์เมื่อถึงเวลาที่จะทำการประกอบด้วยปริมาณที่ต้องการพอดี ถ้าสภาพ “ทันเวลาพอดี” ได้รับการปฏิบัติอย่างทั่วถึงในบริษัทแล้ว วัสดุคงเหลือต่าง ๆ ที่ไม่จำเป็นในโรงงานจะถูกขจัดไปอย่างสิ้นเชิงและทำให้ไม่จำเป็นต้องมีโกดังหรือสต็อกเก็บของอีกต่อไป ค่าใช้จ่ายในการเก็บรักษาวัสดุคงเหลือก็แทบจะไม่ต้องเสีย ส่งผลให้อัตราการหมุนเวียนของทุนเพิ่มขึ้น

อย่างไรก็ดี การที่จะใช้แนวทางการวางแผนการผลิตแบบส่วนกลาง ที่ออกคำสั่งผลิตไปยังหน่วยผลิตต่าง ๆ พร้อมกัน จะทำให้เป็นการยากที่จะบรรลุถึงสภาพ “ทันเวลาพอดี” ในแต่ละกระบวนการผลิตสินค้า เช่น รถยนต์ซึ่งมีชิ้นส่วนเป็นพัน ๆ ชิ้น ดังนั้นในระบบโตโยต้าจึงจำเป็นที่จะต้องมองระบบการผลิตที่มีการไหลในทางตรงกันข้าม นั่นคือ ให้นักงานในกระบวนการผลิตหลังไปที่กระบวนการผลิตหน้าเพื่อดึงของ/ชิ้นส่วนที่จำเป็น ในปริมาณที่จำเป็น เมื่อถึงเวลาที่จำเป็น แล้วกระบวนการหน้าที่ถูกดึงของไปก็จะทำการผลิตชิ้นส่วนนั้นด้วยปริมาณที่เพียงพอกับจำนวนที่ถูกดึงไปเท่านั้น

ในระบบนี้ชนิดของสินค้าและจำนวนที่ต้องการจะปรากฏอยู่บนบัตรซึ่งเรียกว่า คัมบัง ซึ่งจะถูกส่งจากกระบวนการหลังไปยังคนงานที่กระบวนการหน้า ดังนั้นหน่วยผลิตต่าง ๆ ในโรงงานจะถูกต่อกันหมดเป็นลำดับ ซึ่งการต่อในลักษณะดังกล่าวทำให้มีการควบคุมปริมาณที่จำเป็นของสินค้าต่าง ๆ ภายในโรงงานได้ง่ายขึ้นและดีขึ้น

ระบบคัมบัง (Kanban System) เป็นวิธีการจัดการให้มีการผลิตแบบ “ทันเวลาพอดี” กล่าวอย่างสั้น ๆ ระบบคัมบัง คือ ระบบข่าวสารที่ช่วยควบคุมปริมาณการผลิตในทุกกระบวนการให้สอดคล้องสมดุลกัน คัมบังที่ใช้กันอยู่มีสองชนิด คือ คัมบังเบิกของ (Withdrawal Kanban) และคัมบังสั่งผลิต (Production-Ordering Kanban) คัมบังเบิกของจะมี

รายละเอียดของจำนวนชิ้นของสินค้าที่กระบวนการหลังจะดึงจากกระบวนการหน้า ในขณะที่คัมบังสิ่งผลิตจะแสดงถึงประมาณที่กระบวนการหน้าจะต้องผลิตในลักษณะดังกล่าวคัมบังจะเป็นสื่อให้ข่าวสารทางด้านจำนวนชิ้นของสินค้าที่จะถูกดึงและผลิต เพื่อให้บรรลุถึงสภาพ “ทันเวลาพอดี”

5.2.1.2 การรักษาคุณภาพในระดับสูงอย่างคงที่ (Consistently High Quality)

ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี เป็นระบบการดำเนินงานที่ค้นหาและขจัดเศษซาก หรือชิ้นงานที่เสียออกจากกระบวนการ โดยที่ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีจะมีการไหลของวัสดุที่สม่ำเสมอราบเรียบจะทำให้สามารถเห็นถึงข้อบกพร่องอันจะทำให้เกิดการผลิตคุณภาพต่ำได้ตัวอย่าง เพราะระบบผลิตแบบนี้ มีระดับของสินค้าระหว่างผลิตและวัสดุระหว่างผลิตต่ำ หากเกิดปัญหาใด ๆ ในการผลิตขึ้นมา จะมีผลต่อการดำเนินการผลิตอย่างต่อเนื่องและจำต้องทำการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นให้เสร็จสิ้นอย่างรวดเร็วที่สุด เพื่อให้ระบบการไหลของงานเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ หลีกเลี่ยงการหยุดชะงักของสายการผลิต โดยการรักษาคุณภาพการผลิตในระดับสูงในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี จะประกอบไปด้วย 3 ปัจจัยหลัก ๆ คือ

- การออกแบบผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิตที่มีคุณภาพ โดยระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีจะทำการผลิตผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการผลิตที่มีมาตรฐาน ใช้เครื่องมือเครื่องจักร แรงงานที่มีมาตรฐานเพื่อที่จะทำให้เกิดการผลิตคุณภาพสูง ด้วยระบบของต้นทุนการผลิตต่ำ
- การจัดส่งวัสดุคุณภาพสูงจากผู้ค้าภายนอก คุณภาพของวัสดุและชิ้นส่วน เป็นส่วนที่ทำให้เกิดการผลิตสินค้าคุณภาพสูงได้ และยังสามารถสนับสนุนนโยบายอื่น ๆ ของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีได้ เช่น การจับเก็บสินค้าระดับต่ำ การลดขั้นตอนการตรวจสอบ เป็นต้น นอกจากการจัดส่งวัสดุและชิ้นส่วนที่ต้องส่งในระดับคุณภาพสูงแล้ว ยังต้องส่งด้วยช่วงเวลาที่เหมาะสม แม่นยำ ตามปริมาณที่ต้องการ
- การมีส่วนร่วมของแรงงาน ในการอบรมทางด้านแรงงานให้เข้าใจในการผลิตที่มีคุณภาพสูงเป็นส่วนสำคัญมาก โดยเฉพาะในหน้าที่ที่ตนเองรับผิดชอบอยู่ ต้องให้พนักงานเข้าใจว่าจะทำการผลิตอย่างไรให้มีคุณภาพสูง และเมื่อเกิดปัญหาขึ้นมาจะมีวิธีการหรือแนวทางการแก้ไขปัญหาอย่างไร

5.2.1.3 ปริมาณการผลิตขนาดเล็ก (Small Lot Size)

ปริมาณการผลิตขนาดเล็ก จะต้องกระทำทั้งในการผลิตและปริมาณวัสดุที่จัดซื้อมาจากภายนอก เป็นความต่อเนื่องจากการใช้การจัดเก็บวัสดุในปริมาณต่ำ โดยทั้งปริมาณการผลิตและปริมาณการจัดเก็บ จะมีความสัมพันธ์ต่อกันโดยตรง หากทำการผลิตในปริมาณต่ำก็จะมีผลให้ปริมาณของการจัดเก็บวัสดุและต้นทุนค่าเสียโอกาสต่ำลงด้วย ทั้งยังลด

ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุลงได้ นอกจากนี้ยังมีผลต่อพื้นที่ในการทำงานและลดปัญหาในเรื่องของค่าใช้จ่ายในส่วนของคุณภาพ การตรวจสอบและงานทำซ้ำ

ในการผลิตปริมาณขนาดเล็ก จะต้องมีการวางแผนการผลิตที่ค่อนข้างยืดหยุ่น ในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละแบบตามตารางการผลิตจะใช้ระยะเวลาที่สั้นกว่าการผลิตแบบดั้งเดิม การกำหนดอัตราการผลิตแบบระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีนั้น จะเป็นการกำหนดอัตราการผลิตต่อวัน (Daily Rate) เพื่อที่จะทำให้ง่ายต่อการควบคุมปริมาณการผลิตและลดปริมาณการผลิตในแต่ละกลุ่มลง ในขณะที่การผลิตแบบดั้งเดิมจะกำหนดอัตราการผลิตยาวนานกว่า (เป็นต่อสัปดาห์หรือต่อเดือน) ทั้งนี้จะต้องคำนึงถึงการปรับตั้งเครื่องจักรในการผลิตที่เหมาะสมด้วย

ประโยชน์ที่ได้รับจากปริมาณการผลิตขนาดเล็กหรือในจำนวนที่น้อยมีประโยชน์ 3 ประการต่อไปนี้

- ช่วยลดวงจรของวัสดุคลัง และทำให้ระดับสินค้าคงคลังจะลดลง
- ช่วยลดเวลานำหรือช่วงเวลารอคอย รวมทั้งวัสดุคงคลังที่เป็นงานระหว่างทำ (Work-in-process) ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินงาน คือขจัดของเสียที่เกิดในขบวนการผลิต และขจัดปัญหาความล่าช้า การจัดส่งสินค้า หรือการให้บริการ
- ช่วยให้ระบบการทำงานเป็นแบบเดียวกัน ซึ่งเป็นผลทำให้มีความชำนาญมากขึ้น สามารถใช้กำลังการผลิตให้เกิดประโยชน์และมีประสิทธิภาพมากขึ้น ฝ่ายผลิตสามารถปรับตัวไปผลิตสินค้ารายการอื่นๆ อย่างรวดเร็ว

5.2.1.4 ระยะเวลาการติดตั้งและเริ่มดำเนินงานสั้น (Short Setup Time)

ปริมาณการผลิตขนาดเล็ก จะต้องการการปรับตั้งเครื่องจักรบ่อยครั้งมากขึ้น และจะต้องสามารถปรับตั้งเครื่องจักรได้อย่างรวดเร็วและมีค่าใช้จ่ายในการปรับตั้งเครื่องแต่ละครั้งในต้นทุนที่ต่ำ จึงต้องมีการอบรมพนักงานที่รับผิดชอบในการปรับตั้งเครื่องจักรให้เกิดความชำนาญเพื่อที่จะสามารถทำการปรับตั้งเครื่องจักรได้อย่างรวดเร็ว เครื่องมือและอุปกรณ์ในการปรับตั้งเครื่องจักรก็จะต้องมีความสำคัญแก่กันกับขั้นตอนหรือวิธีการปรับตั้งเครื่องจะต้องง่าย มีมาตรฐานและสามารถใช้งานได้ในหลาย ๆ ลักษณะการใช้เทคนิคการแบ่งกลุ่มเครื่องจักร (Group Technology) ก็เป็นเทคนิคหนึ่งในการปรับลดระยะเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรได้ ซึ่งในทางปฏิบัติการ ผลจากการลดขนาดการผลิตให้เล็กลง ทำให้ฝ่ายผลิตต้องเพิ่มความถี่ในการจัดการขึ้น ขณะที่ต้องทำให้เวลาของการจัดการลดลง ดังนั้นถ้าจัดเวลาให้มีช่วงเวลาของการผลิตที่ใช้เวลามาก จะทำให้เกิดการสูญเสียเวลา เกิดเวลาว่างเปล่าของพนักงานและอุปกรณ์ ดังนั้นผู้ควบคุมกระบวนการผลิตจึงต้องลดเวลาของการจัดตารางเวลาให้สั้นลง ซึ่งต้องได้รับความร่วมมืออย่างใกล้ชิดระหว่างฝ่ายวิศวกรรม ฝ่ายบริหาร และแรงงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพเต็มที่และสัมพันธ์กับปริมาณการผลิตจำนวนน้อย

5.2.1.5 ภาระงานของสถานีปฏิบัติงานอยู่ในระดับเดียวกัน (Uniform Workstation Load)

ถ้าการทำงานของสถานีทำงานเป็นไปอย่างคงที่และสม่ำเสมอ การปฏิบัติงานที่เป็นแบบเดียวกันสามารถที่จะบรรลุผลสำเร็จได้โดยที่ชิ้นส่วนประกอบเป็นแบบเดียวกัน การผลิตในแต่ละวันเป็นสินค้าชนิดเดียวกัน และมีปริมาณที่เท่า ๆ กัน ซึ่งเป็นผลทำให้ความต้องการชิ้นงานในแต่ละสถานีเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การวางแผนกำลังการผลิต การปรับปรุงวิธีการให้อยู่ในจุดที่วิกฤติ และการทำงานในระดับที่สมดุล (Line Balance) ถูกนำมาใช้เพื่อพัฒนาตารางการผลิตในแต่ละเดือน

5.2.1.6 ส่วนประกอบและวิธีการทำงานที่เป็นมาตรฐาน (Standardized Components and Work Method)

การกำหนด “ชิ้นส่วนมาตรฐาน” ที่เรียกว่า “Part Commonality” หรือ “Modularity” จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตที่ดำเนินงานซ้ำ โดยที่ส่วนประกอบและวิธีการทำงานเป็นมาตรฐานจะช่วยให้ระบบการผลิตบรรลุเป้าหมายและผลิตภาพที่สูง และมีระดับวัสดุคงคลังที่ต่ำ

5.2.1.7 แรงงานยืดหยุ่น (Flexible Work Force)

หมายถึง พนักงานที่ถูกพัฒนาให้มีทักษะที่หลากหลายสามารถทำงานได้มากกว่าหนึ่งอย่าง โดยที่ประโยชน์ของแรงงานยืดหยุ่น คือ พนักงานสามารถที่จะไปทำงานในแผนกผลิตอื่นได้ เพื่อที่จะสามารถลดภาวะคอขวด (Bottle Neck) หรือการที่มีปริมาณงานค้างอยู่ในหน่วยงานใดหน่วยงานหนึ่ง หรือคนงานสามารถทำงานแทนบุคคลอื่นที่ขาดงานได้ถึงแม้ว่าการให้คนงานไปทำงานที่ไม่มีควมถนัดอาจทำให้ประสิทธิภาพของการทำงานลดลง แต่การหมุนเวียนงานอย่างเป็นระบบสามารถที่จะความเบื่อน่าย และทำให้คนงานมีความตื่นตัวได้

ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีจะมีการอบรมพนักงานให้รู้จักและเข้าใจถึงการทำงานอย่างยืดหยุ่น โดยเป็นการเพิ่มระดับความสามารถในการทำงานในหน้าที่ต่าง ๆ เพิ่มมากขึ้น นอกเหนือจากงานที่ตนเองรับผิดชอบอยู่ เพื่อตอบสนองในเรื่องอื่น ๆ ของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี เช่น การอบรมให้รู้จักการบำรุงรักษาเครื่องจักร เพื่อให้เกิดการบำรุงเชิงป้องกัน การอบรมการทำงานในหน้าที่อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องในแผนกของตน เพื่อช่วยเหลือในเวลาที่มีผู้ปฏิบัติงานอื่นต้องการความช่วยเหลือ เป็นต้น ประโยชน์ที่ได้จากการทำงานอย่างยืดหยุ่นนี้ คือจะทำให้เกิดการผลิที่มีประสิทธิภาพและสามารถรักษาระดับการผลิตที่กำหนดได้

ตามมาตรฐานการผลิตได้ รวมทั้งการควบคุมคุณภาพของสินค้าที่รับมาจากสถานีทำงานที่ส่งมา ในสถานีทำงานของตน ผู้ปฏิบัติยังสามารถวิเคราะห์ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นได้อย่างดี อันจะเป็นประโยชน์ต่อการควบคุมคุณภาพการผลิต แต่ก็ไม่ได้หมายความว่าผู้ปฏิบัติจะต้องสามารถทำงานได้ในทุก ๆ แผนก เพียงแต่จะต้องสามารถรับผิดชอบในงานก่อนและหลังสถานีทำงานของตนได้ (One-up and One-down) การจะใช้ระบบของการทำงานอย่างยืดหยุ่นนี้ จะต้องมีการปรับปรุงใจที่ดี เพื่อตอบสนองความต้องการของการทำงานอย่างยืดหยุ่น

5.2.1.8 ให้ความสำคัญกับผลิตภัณฑ์ (Product Focus)

ถ้าหากปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์บางประเภทมีจำนวนมากพอ เราสามารถที่จะจัดกลุ่มของพนักงานและเครื่องจักรให้สอดคล้องกับผลิตภัณฑ์ เพื่อลดความถี่ในการปรับเปลี่ยนและเริ่มดำเนินงาน แต่ถ้าปริมาณของผลิตภัณฑ์มีไม่มากพอ เราสามารถใช้วิธีรวมกลุ่มเทคโนโลยี (Group Technology) เพื่อที่จะออกแบบสายการผลิตขนาดเล็ก ซึ่งกรรมวิธีการผลิตและใช้อุปกรณ์ร่วมกัน นอกจากนี้การที่พนักงานหนึ่งคนสามารถคุมเครื่องจักรหลายเครื่อง (One Worker, Multiple Machines) หรือที่เรียกว่า เทคนิค OWM (One Worker, Multiple Machines) โดยเครื่องจักรแต่ละตัวถูกออกแบบและจัดระบบให้ทำงานต่อเนื่องกัน เนื่องจากผลิตภัณฑ์เดียวกันจะถูกผลิตซ้ำ ๆ ซึ่งจะช่วยให้การปรับเปลี่ยนและเริ่มดำเนินงานจะหมดไป

5.2.1.9 การผลิตแบบอัตโนมัติ (Automatic Production)

การควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติ (Automation) หมายถึงการสร้างกลไกที่สามารถจะป้องกันการผลิตของเสียเป็นจำนวนมากในเครื่องจักรหรือสายการผลิตได้อย่างชะงัก แนวคิดเรื่องการควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติยังถูกนำไปใช้กับสายการผลิตซึ่งใช้กับพนักงานด้วย คือถ้าหากเกิดสิ่งผิดปกติในสายผลิต คนงานจะกดปุ่มให้สายผลิตหยุดทั้งหมด แผงไฟอันดงในระบบโตโยต้ามีบทบาทสำคัญอันหนึ่งและเป็นตัวอย่างหนึ่งของระบบการควบคุมโดยการมองเห็นของโตโยต้า โดยสรุปแล้ว การควบคุมตัวเองโดยอัตโนมัติ คือกลไกอันหนึ่งที่ตรวจเช็คโดยอัตโนมัติถึงสิ่งผิดปกติในกระบวนการผลิตนั่นเอง ดังนั้นการนำเครื่องจักรมาใช้แทนแรงงานคนมีบทบาทที่สำคัญต่อความสำเร็จของระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี และเป็นกุญแจสำคัญในการผลิตแบบต้นทุนต่ำโดยผู้บริหารต้องวางแผนการใช้งานเครื่องจักรอัตโนมัติอย่างรอบคอบ โดยพิจารณาความเหมาะสม และความคุ้มค่าในการลงทุนเป็นสำคัญ

5.2.1.10 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance)

เนื่องจากระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ให้ความสำคัญในเรื่องการไหลของวัตถุดิบและการดำเนินงานอย่างต่อเนื่องและสม่ำเสมอ รวมทั้งการจัดให้มีวัตถุดิบสำรองไว้ในระดับต่ำ ตลอดจนมีวัฏจักรการดำเนินงานที่สอดคล้องกัน ดังนั้นหากเกิดปัญหาเครื่องจักรขัดข้องขึ้นมาจะทันทีก็อาจส่งผลกระทบต่อระบบการผลิต โดยทั่วไปจะทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันในการเน้นการดูแลป้องกัน ซ่อมแซม และเปลี่ยนอุปกรณ์เครื่องมือ หรือชิ้นส่วนที่จะเกิดความเสียหาย โดยจะต้องมีการวางแผนการบำรุงเครื่องจักร โดยเฉพาะชิ้นส่วนที่มีผลต่อการหยุดชะงักของเครื่องจักร และให้ผู้ปฏิบัติงานบำรุงรักษาและใช้เครื่องมือที่ตนเองรับผิดชอบอยู่นอกจากนี้การบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะช่วยลดความถี่ และการขัดข้องของเครื่องจักร โดยการบำรุงรักษาถูกจัดทำขึ้นตามตารางเวลาที่ได้มีการวางแผน เพื่อให้สมดุลกันระหว่างต้นทุนการบำรุงรักษา และความเสี่ยงของต้นทุนที่เกิดจากการเสียหายของเครื่องจักร

5.2.2 ผลกระทบจากการผลิตแบบทันเวลาพอดี

5.2.2.1 ปริมาณการผลิตขนาดเล็ก (Small Lot Size)

ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี จะพยายามควบคุมวัสดุคงคลังให้อยู่ในระดับที่น้อยที่สุดเพื่อไม่ก่อให้เกิดต้นทุนในการจัดเก็บและต้นทุนค่าเสียโอกาส จึงผลิตในปริมาณที่ต้องการ

5.2.2.2 ระยะเวลาการติดตั้งและเริ่มดำเนินงานสั้น (Short Setup Time)

ผลจากการลดขนาดการผลิตให้เล็กลง ทำให้ฝ่ายผลิตต้องเพิ่มความถี่ในการจัดการขึ้น ดังนั้นผู้ควบคุมกระบวนการผลิตจึงต้องลดเวลาการติดตั้งให้สั้นลง เพื่อไม่ให้เกิดเวลาว่างเปล่าของพนักงานและอุปกรณ์และให้เกิดประสิทธิภาพเต็มที่

5.2.2.3 วัสดุคงคลังในระบบการผลิตลดลง (Reduce WIP Inventory)

เหตุผลที่จำเป็นต้องมีวัสดุคงคลังสำรองเกิดจากความไม่แน่นอน ไม่สม่ำเสมอที่เกิดขึ้นระหว่างกระบวนการผลิต ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดีมีนโยบายที่จะขจัดวัสดุคงคลังสำรองออกไปจากกระบวนการผลิตให้หมด โดยให้คนงานช่วยกันแก้ไขปัญหาความไม่สม่ำเสมอที่เกิดขึ้น

5.2.2.4 สามารถควบคุมคุณภาพสินค้าได้อย่างทั่วถึง

ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ผู้ปฏิบัติงานจะเป็นผู้ควบคุมและตรวจสอบคุณภาพด้วยตนเอง หรือที่เรียกว่า “คุณภาพ ณ แหล่งกำเนิด (Quality at the source)”

5.3 การจัดลำดับงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับงานก่อนหน้า

ปัญหาการจัดตารางในกรณีที่เวลาปรับตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับงานก่อนหน้า (Sequence Dependent Setup Time) พบบ่อยในระบบผลิตที่ใช้เครื่องจักรเดี่ยว (โดยมากจะเป็นเครื่องอเนกประสงค์) ในการผลิตผลิตภัณฑ์หรือชิ้นงานที่มีความหลากหลาย ยกตัวอย่างเช่น กรณีของระบบผลิตในโรงงานปิโตรเคมีซึ่งผลิตเคมีภัณฑ์ที่หลากหลาย ในระหว่างการเปลี่ยนกระบวนการเพื่อทำการผลิตเคมีภัณฑ์อีกชนิดหนึ่ง เราอาจจะต้องมีการล้างสารเคมีที่ใช้ในการผลิตเคมีภัณฑ์ก่อนหน้าที่ยังเหลือค้างอยู่ออกจากระบบ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าเคมีภัณฑ์ชนิดใหม่ทำการผลิตขึ้นจะมีสารปนเปื้อนที่เกิดจากเคมีภัณฑ์เก่าน้อยที่สุด ซึ่งเวลาและขั้นตอนที่ใช้ในการล้างทำความสะอาดนี้อาจจะมีความแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นกับสารเคมีที่ใช้การผลิตเคมีภัณฑ์ตัวก่อนหน้า และสารเคมีที่จะใช้ผลิตเคมีภัณฑ์ตัวที่ต้องการจะผลิตตัวถัดไป ปัญหาเช่นเดียวกันนี้อาจพบได้ในกระบวนการผลิตสีเคมีที่มีจำนวนสีหลากหลาย กระบวนการผลิตผลซัฟฟอกซึ่งมีความเข้มข้นแตกต่างกัน และการผสมน้ำมันเชื้อเพลิงต่าง ๆ นอกจากนี้แล้วการปรับตั้งเครื่องยังอาจจะพบได้ในสายงานประกอบที่มีการเปลี่ยนเครื่องมือ มีการตรวจสอบ หรือมีการจัดเรียงสถานีงานใหม่ เป็นต้น (ปารเมศ ชูติมา, 2546)

สำหรับเวลาปิดงานของระบบ (Makespan) ซึ่งเขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ M ในปัญหาการจัดตารางในกรณีที่เวลาปรับตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับงานก่อนหน้า ค่าของ M จะขึ้นกับลำดับงานที่ใช้ นั่นคือ

$$F_{[1]} = s_{0,1} + t_{[1]}$$

$$F_{[2]} = s_{[1],[2]} + t_{[2]} + F_{[1]}$$

...

$$F_{[n-1]} = s_{[n-2],[n-1]} + t_{[n-1]} + F_{[n-2]}$$

$$F_{[n]} = s_{[n-1],[n]} + t_{[n]} + F_{[n-1]}$$

โดยที่สภาวะ 0 แสดงถึงสภาวะเริ่มต้น ซึ่งหมายถึงการเดินเครื่องเปล่า และสภาวะ $n+1$ หมายถึงสภาวะสิ้นสุดการทำงานในรอบการผลิตนี้ และเป็นสภาวะของการเดินเครื่องเปล่าเช่นกัน (เป็นไปได้ว่าทั้งสองสภาวะนี้อาจเป็นสภาวะเดียวกัน) ดังนั้นเวลาปิดงานของระบบจะมีค่าเท่ากับ

$$M = F_{[n]} + s_{[n],[n+1]} = \sum_{j=1}^{n+1} s_{[j-1],[j]} + \sum_{j=1}^n t_j$$

เนื่องจาก $\sum_{j=1}^n t_j$ มีค่าคงที่ ดังนั้นในการหาค่าที่น้อยที่สุดของ M จะเทียบเท่ากับการหาค่าที่น้อยที่สุดให้กับผลรวมพจน์แรก นั่นคือ $\sum_{j=1}^{n+1} s_{[j-1],[j]}$ ซึ่งค่านี้หมายถึงผลรวมของเวลาปรับตั้งเครื่องจักรทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับลำดับงานที่พิจารณาอยู่ โดยที่ลำดับงานนี้มีสถานะเริ่มต้นและสถานะสิ้นสุดการทำงานเป็นสถานะของการเดินเปล่า

ตัวอย่างการหาเวลาการปรับเครื่องจักร

สมมติว่าโรงงานผลิตปิโตรเคมีแห่งหนึ่ง ผลิตเชื้อเพลิง 4 ประเภท คือ เชื้อเพลิงสำหรับรถแข่งเบนซินพิเศษ เบนซินธรรมดา และไร้สารตะกั่ว เมตริกแบบจาก-ไป (From-To-Matrix) ของเวลาการปรับตั้งเครื่อง S_{ij} ดังแสดงในตารางที่

ตารางที่ 5.1 เมตริกซ์แบบจาก-ไป

S_{ij}	(1)	(2)	(3)	(4)
เชื้อเพลิงรถแข่ง (1)	-	30	50	90
เบนซินพิเศษ (2)	40	-	20	60
เบนซินธรรมดา (3)	30	30	-	60
ไร้สารตะกั่ว (4)	20	15	10	-

ในแต่ละรอบการผลิต จำนวนของเวลาที่ไม่ว่างให้เกิดมูลค่าเพิ่ม (เวลาปรับตั้งเครื่อง) จะขึ้นกับลำดับในการผลิตที่เกิดขึ้นของเชื้อเพลิงเหล่านี้ กล่าวคือเวลาปรับตั้งเครื่องทั้งหมดใน 6 ลำดับงานที่เป็นไปได้มีค่าดังนี้

$$s(1-2-3-4-1) = 30+20+60+20 = 130$$

$$s(1-2-4-3-1) = 30+80+10+30 = 150$$

$$s(1-3-2-4-1) = 50+30+80+20 = 180$$

$$s(1-3-4-2-1) = 50+60+15+40 = 165$$

$$s(1-4-2-3-1) = 90+15+20+30 = 155$$

$$s(1-4-3-2-1) = 90+10+30+40 = 170$$

โดยที่มีสมมติฐานคือ การผลิตเป็นแบบต่อเนื่อง และจะผลิตตามวัฏจักรที่วางแผนเอาไว้เท่านั้น

โครงสร้างของการหาค่า M ที่น้อยที่สุดนี้ถูกจัดอยู่ในปัญหาประเภทที่เรียกว่า “ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem)” กล่าวคือ พนักงานขายคนหนึ่งต้องเดินทางไปพบลูกค้าแต่ละรายที่อยู่ในเมืองที่แตกต่างกัน ซึ่งจำนวนของเมืองทั้งหมดเท่ากับ

n พนักงานขายต้องการที่จะเลือกเส้นทางในการเดินทางที่ทำให้เขาสามารถไปยังแต่ละเมืองได้เพียงเมืองละ 1 ครั้งเท่านั้น และในที่สุดจะย้อนกลับมายังเมืองเริ่มต้นอีกครั้งหนึ่ง ถ้ากำหนดระยะทางระหว่างแต่ละคู่เมืองให้ s_{ij} หน้าที่ของพนักงานขายก็คือ การหาเส้นทางที่มีระยะทางทั้งหมดน้อยที่สุด สำหรับในกรณีของปัญหาการจัดตารางนี้ ค่าของ s_{ij} จะแสดงถึงระยะทางระหว่างเมือง i และเมือง j ดังกล่าว สำหรับปัญหาการเดินทางของพนักงานขายตามปกติ เมตริกซ์จาก-ไป จะเป็นเมตริกซ์แบบสมมาตร กล่าวคือ $s_{ij} = s_{ji}$ แต่ถ้าเงื่อนไขเช่นนี้ไม่ได้เป็นเงื่อนไขบังคับสำหรับปัญหาการจัดตาราง (ตารางที่ 5.1) แนวทางการแก้ปัญหาที่มีหลากหลาย เช่น ไดนามิกโปรแกรมมิ่ง (Dynamic Programming) การแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound) หรือฮิวริสติก เป็นต้น

5.4 สรุปท้ายบท

เนื้อหาในบทนี้ได้กล่าวถึง 3 เรื่อง คือ ลักษณะสายการประกอบ ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี และการจัดลำดับงานที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรก่อนหน้า สามารถสรุปได้ดังนี้

สายงานประกอบสามารถแยกออกได้หลายประเภทโดยพิจารณาจากหลายองค์ประกอบตามจำนวนผลิตภัณฑ์ ลักษณะของสถานีงาน การเคลื่อนย้ายงานระหว่างสถานีงาน และลักษณะเวลาทำงานของสถานีงาน ตัวอย่างเช่น การแยกประเภทสายการประกอบตามจำนวนชนิดของสินค้าที่ทำการผลิต มี 3 แบบ คือสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว สายงานการประกอบสำหรับหลายผลิตภัณฑ์ และสายงานการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม เป็นงานการประกอบที่ใช้สำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ 2 ชนิดหรือมากกว่าเช่นเดียวกับสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ แต่ต่างกันตรงที่ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะเข้าสู่สายงานการประกอบปะปนกัน ไม่มีการแบ่งว่าต้องทำผลิตภัณฑ์ชนิดไหนก่อน โดยระหว่างการผลิตจะไม่มีการปรับสายการประกอบ

สายการประกอบผลิตภัณฑ์แบบผสม เป็นสายการประกอบหนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ โดยที่ความสามารถของสายการประกอบประเภทนี้จะทำการประกอบผลิตภัณฑ์มากกว่า 2 ชนิดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันบนสายการผลิตเดียวกัน ดังนั้นสายการประกอบประเภทนี้จึงเป็นประโยชน์มากสำหรับการเตรียมวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการไหลแบบต่อเนื่อง ลดสินค้าคงคลัง และมีความยืดหยุ่นสูง นอกจากนี้สายการประกอบประเภทนี้ยังตอบสนองกับระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-In-Time: JIT) ดังนั้นจึงมักนำสายการประกอบประเภทนี้ไปประยุกต์ในระบบการผลิตดังกล่าว

บทที่ 6

เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบ แบบผลิตภัณฑ์ผสม

เนื้อหาในบทนี้กล่าวถึงจะการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์คือเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและความผันแปรในการผลิต โดยรายละเอียดของเนื้อหาประกอบด้วย ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ โครงสร้างของเมมเมติกอัลกอริทึม ขั้นตอนและวิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึม ตลอดจนขั้นตอนและวิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II และ SPEA 2 ของปัญหาที่ทำการศึกษาในงานวิจัย

6.1 ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์

สายการประกอบผลิตภัณฑ์แบบผสม เป็นสายการประกอบหนึ่งที่มีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ โดยที่ความสามารถของสายการประกอบประเภทนี้จะทำการประกอบผลิตภัณฑ์มากกว่า 2 ชนิดที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันหรือแตกต่างกันบนสายการผลิตเดียวกัน ดังนั้นสายการประกอบประเภทนี้จึงเป็นประโยชน์มากสำหรับการเตรียมวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการไหลแบบต่อเนื่อง ลดสินค้าคงคลัง และมีความยืดหยุ่นสูง การออกแบบสายการประกอบผลิตภัณฑ์จึงสามารถทำได้ภายใต้ 2 หลักการคือการจัดสมดุลสายการประกอบ (Balancing) และการจัดลำดับสายการประกอบ (Sequencing) หรือการจัดตารางสายการประกอบ (Scheduling) ซึ่งการจัดสมดุลนี้จะเป็นการจัดสรรให้แต่ละสถานีงานมีการปฏิบัติงานที่ใกล้เคียงกัน ส่วนการจัดลำดับหรือการจัดตาราง จะเป็นการค้นหาลำดับหรือตารางการผลิตที่ดีที่สุดนั่นเอง

โดยทั่วไปแล้วการพิจารณาปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจจะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับช่วงเวลาในการวางแผนที่ดำเนินการกับสายการประกอบผลิตภัณฑ์แบบผสม ซึ่งในการวางแผนในระยะกลาง (หรือระยะยาว) ปัญหาการตัดสินใจที่เกิดขึ้นจะพิจารณาถึงการติดตั้งของสายการผลิต และการจัดสรรภาระงานในแต่ละสถานีงาน รวมไปถึงการตัดสินใจในด้านความยาวของสายการผลิต (จำนวนของสถานีงาน ความยาวของสถานีงาน) อัตราการผลิตที่เท่ากัน และรอบเวลาการผลิต ซึ่งเป็นสิ่งเกี่ยวข้องกับโดยตรงภาระงานของสถานีงาน โดยจะเรียกการพิจารณาปัญหาการตัดสินใจว่า ปัญหาการจัดสมดุลให้กับสายการประกอบผลิตภัณฑ์แบบผสม (Mixed Model Assembly Line Balancing Problem: MALBP)

แต่สำหรับกรณีที่เป็นการผลิตในสายงานการประกอบสำหรับผลิตภัณฑ์เดียว ซึ่งเป็นสายการประกอบที่ผลิตผลิตภัณฑ์เพียงชนิดเดียว ลักษณะของปัญหาจะเป็นการค้นหาจำนวนสถานีงานและรอบเวลาการผลิตต่ำที่สุด ซึ่งมีความเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดสรรภาระงาน

ให้กับแต่ละสถานงานเช่นกัน ดังนั้นการจัดสมดุลให้กับสถานงานจึงมักใช้เป็นตัวอุปสรรคในการหาค่าที่ดีที่สุดนั่นเอง ส่วนในการวางแผนระยะสั้น ปัญหาการตัดสินใจจะเป็นปัญหาที่เรียกว่าการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ (Mixed Model Sequencing Problem: MSP) ซึ่งเป็นการค้นหาลำดับการผลิตในหน่วยความต้องการผลิตในทุกผลิตภัณฑ์ โดยที่ตัวอุปสรรคส่วนใหญ่มักสอดคล้องกับความไม่มีประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นจากความผันแปรในแต่ละสถานงาน ซึ่งปกติแล้วผลลัพธ์ของความต้องการในแต่ละสถานงานจะมีการกำหนดลำดับที่แน่นอนในการส่งผลิตภัณฑ์ เพราะฉะนั้นปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์จึงเกิดขึ้นในต่อวัน หรือต่อสัปดาห์ในหน่วยความต้องการในการผลิตทุกผลิตภัณฑ์ โดยที่การรวมกันของความต้องการในการผลิตจะเรียกว่าเป็นการผสมผลิตภัณฑ์ (Product Mix) ภายใต้ช่วงเวลาในการวางแผน หรือคาบเวลา (Period)

ในงานวิจัยนี้ ได้กำหนดให้สายการประกอบให้มีความสมดุล ดังนั้นจึงพิจารณาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เพียงอย่างเดียว โดยตัวอุปสรรคของการจัดตาราง (Objective Function) ถูกกำหนดมาเพื่อประเมินประสิทธิภาพของคำตอบของตารางที่จัดขึ้น ตัวอุปสรรค (Objective) ของการจัดตาราง หมายถึงเป้าหมายของตัววัดสมรรถนะที่ผู้จัดตารางต้องการที่จะให้เกิดขึ้น เช่น การหาค่าที่มากที่สุด (Maximize) หรือการหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimize) ของตัววัดสมรรถนะนั่นเอง (ปารเมศ ชูติมา, 2546) นอกจากนี้ความแตกต่างของตัวอุปสรรคที่พิจารณาในงานวิจัยต่าง ๆ ส่วนใหญ่จะสิ่งที่ช่วยในการค้นหาลำดับการผลิตที่มีประสิทธิภาพ โดยปกติแล้วตัวอุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับเวลาจะมีความสัมพันธ์กับเป้าหมายในการใช้งาน ในขณะที่บางสถานการณ์ก็ต้องคำนึงถึงตัวอุปสรรคที่เกี่ยวข้องกับต้นทุนการผลิต และในบางสถานการณ์ก็อาจต้องการพิจารณาตัวอุปสรรคที่ได้มาจากความสม่ำเสมอในการใช้วัตถุดิบในลำดับการผลิต ซึ่งเป็นสิ่งที่ก่อให้เกิดความคล่องตัวในการผลิตภายใต้หลักการผลิตแบบทันเวลาพอดี

6.2 ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม

เนื่องจาก Monden (1983) ได้กำหนดเป้าหมายในการผลิตแบบทันเวลาพอดีไว้ 2 เป้าหมาย คือ การรักษาความสมดุลในการผลิตของสายการประกอบขั้นสุดท้ายและการรักษาระดับของการใช้ชิ้นส่วนประกอบย่อยให้มีค่าใกล้เคียงกันให้มากที่สุด ในงานวิจัยนี้ได้พิจารณาฟังก์ชันตัวอุปสรรคที่สอดคล้องกับเป้าหมายของการผลิตแบบทันเวลาพอดีที่สอง ซึ่งดัดแปลงมาจากงานวิจัย McMullen (2001) ในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบที่มีเวลาการปรับตั้งเครื่องบนสายการประกอบไม่ขึ้นกับงานก่อนหน้า (Sequence-Independent Setup Time) ภายใต้ฟังก์ชันตัวอุปสรรค คือจำนวนครั้งในการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิต สำหรับในงานวิจัยนี้จะมีลักษณะการผลิตบนสายการประกอบที่มีเวลาในการปรับตั้ง

เครื่องขึ้นกับงานที่ทำก่อนหน้า (Sequence-Dependent Setup Time) ดังนั้นฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ

$$\text{Minimize } \{f_1(x), f_2(x)\} \quad (6.1)$$

$$\text{โดยที่ } f_1(x) = \sum_{k=1}^{D_T+1} s_{[k-1],[k]} \quad (6.2)$$

$$f_2(x) = \sum_{k=1}^{D_T} \sum_{i=1}^n \left(x_{i,k} - k \frac{d_i}{D_T} \right)^2 \quad (6.3)$$

$$\text{และ } D_T = \sum_{i=1}^n d_i \quad (6.4)$$

กำหนดให้

$f_1(x)$ คือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร จากลำดับการผลิตที่ $k-1$ ไปยัง k เมื่อ $k = 1, 2, \dots, D_T$

$f_2(x)$ คือ ความผันแปรในการผลิตในลำดับการผลิต

n คือ จำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิต

D_T คือ จำนวนหน่วยทั้งหมดของทุกผลิตภัณฑ์ หรือความต้องการในการผลิตทั้งหมดในทุกผลิตภัณฑ์ และใช้แทนเป็นลำดับการผลิต

d_i คือ ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$

$s_{[k-1],[k]}$ คือ เวลาปรับตั้งเครื่องจักรที่ต้องทำงาน k ต่อจากงาน $k-1$ ที่เพิ่งทำ

เสร็จ

$x_{i,k}$ คือ จำนวนหน่วยทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ i ที่ถูกผลิตในลำดับการผลิต

จากสมการที่ (6.2) และ (6.3) คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่เข้าทำการประกอบในสายการประกอบ เพื่อต้องการให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด (Minimizing setups time) และต้องการให้ความผันแปรของการผลิตที่น้อยที่สุด (Minimizing production rates variation)

ในการพิจารณาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีค่าในวัตถุประสงค์ทั้งสองน้อยที่สุดพร้อม ๆ กัน ลักษณะของปัญหาที่พิจารณาจะต้องมีลักษณะดังนี้

6.2.1 ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าทำการประกอบในสายการประกอบ ผลิตภัณฑ์ผสม คือมีการประกอบผลิตภัณฑ์ 2 ชนิด หรือมากกว่า โดยผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะเข้าสู่สายงานการประกอบปะปนกัน ไม่มีการแบ่งว่าต้องทำผลิตภัณฑ์ชุดไหนก่อน

6.2.2 เป็นสายการประกอบที่มีระบบผลิตต่อเนื่อง ภายใต้การผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยกำหนดจำนวนสถานีงานและชั้นงานในแต่ละสถานีงาน และสายการประกอบเป็นอนุกรม คือ

สถานีงานทำงานต่อเนื่องกันตามลำดับ ไม่มีสถานีงานใดทำงานขนานกัน ผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายชนิดที่ทำการจัดลำดับเพื่อเข้าทำการประกอบจะต้องทำบนสายการประกอบเดียวกัน

6.2.3 การจัดลำดับผลิตภัณฑ์จะจัดเข้าเป็นกลุ่ม โดยใช้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต (Minimum Part Set: MPS) ซึ่งเป็นการจัดลำดับที่ตอบสนองความต้องการด้านความหลากหลายของรูปแบบผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม

6.2.4 ข้อมูลเข้า (Input) คือ

- ชนิดและจำนวนผลิตภัณฑ์
- เวลาการปรับตั้งเครื่องจักรที่ถูกแจกแจงโดยการแจกแจงสม่ำเสมอ $U[0,100]$ (France และคณะ, 2001)

เนื่องการแจกแจงเวลาปรับตั้งเครื่องจักรเป็นข้อมูลนำเข้าที่มีผลกระทบต่อผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้ ดังนั้นจึงต้องวัดความหลากหลายของข้อมูลก่อนนำไปใช้ด้วยสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation: CV) และ CV ที่เหมาะสมคือ $1/3$ (Lee และคณะ, 1997) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$CV = \frac{\text{var}(s)}{\bar{s}^2} \quad (6.5)$$

โดยที่ s คือเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

$\text{var}(s)$ คือความแปรปรวนของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

\bar{s} คือเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักร

6.2.5 สถานีงานเป็นรูปแบบปิด และมีรอบเวลาในการปล่อยสินค้าที่คงที่

6.2.6 เวลาปรับตั้งเครื่องจักร สำหรับแต่ละการดำเนินงานขึ้นกับลำดับงานที่อยู่ก่อนหน้า (Sequence Dependent Setup Time)

6.2.7 คำตอบที่ได้จะเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่ตอบสนองทั้งสองฟังก์ชันวัตถุประสงค์พร้อม ๆ กัน และวัดผลสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ได้ด้วยตัววัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

6.2.8 ทำการเปรียบเทียบคำตอบของการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่ได้จากวิธีที่นำเสนอใหม่ คือเมมเมติกอัลกอริทึม และคำตอบที่ได้จากเมทาฮิวริสติกที่มีสมรรถนะสูงอย่าง NSGA II และ SPEA 2

6.2.9 ข้อกำหนดที่ต้องพิจารณาในการแก้ปัญหา มีดังนี้

- ในการเข้าทำการประกอบในแต่ละสถานีงานจะทำตามลำดับของผลิตภัณฑ์ที่จัดไว้ ไม่มีการอนุญาตให้มีการแทรกงานเกิดขึ้น
- เครื่องจักรทุกเครื่องไม่มีการเสียหรือขัดข้อง
- พนักงาน เครื่องมือ และวัตถุดิบมีความพร้อมใช้งานและมีไม่จำกัด

- ไม่มีงานเสียหรืองานที่ต้องนำกลับไปซ่อมใหม่เกิดขึ้นจากการทำงาน
- ไม่มีการยกเลิกคำสั่งซื้อจากลูกค้า
- พื้นที่ในแถวคอยของแต่ละสถานีงานมีไม่จำกัด

เนื่องโครงสร้างการทำงานของเมมเมติกที่นำเสนอมีแนวคิดมาจากการดัดแปลงขั้นตอนการทำงานในวิธี NSGA II และ SPEA 2 ซึ่งทั้งสองนี้มีหลักการที่คล้ายคลึงกัน มีความแตกต่างในเรื่องวิธีการจัดอันดับที่ด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด (Pareto-based Approach) การคำนวณความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบ (Diversity Population) กลยุทธ์ในการเก็บค่า Non-dominated Solution (Elitist Strategy) ดังนั้นในการนำเสนอในหัวข้อถัดไป จะนำเสนอเพียงโครงสร้างการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่ยังไม่ได้ดัดแปลงจากวิธีการใด แต่จะนำเสนอในวิธีการของ Multi-objective Memetic Algorithm

ส่วนรายละเอียดในขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอจะแยกย่อยเป็นวิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II และ SPEA 2 และเรียกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่นี้ว่า Memetic NSGA II (M-NSGA II) และ Memetic SPEA 2 (M-SPEA 2)

6.3 โครงสร้างของเมมเมติกอัลกอริทึม สำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

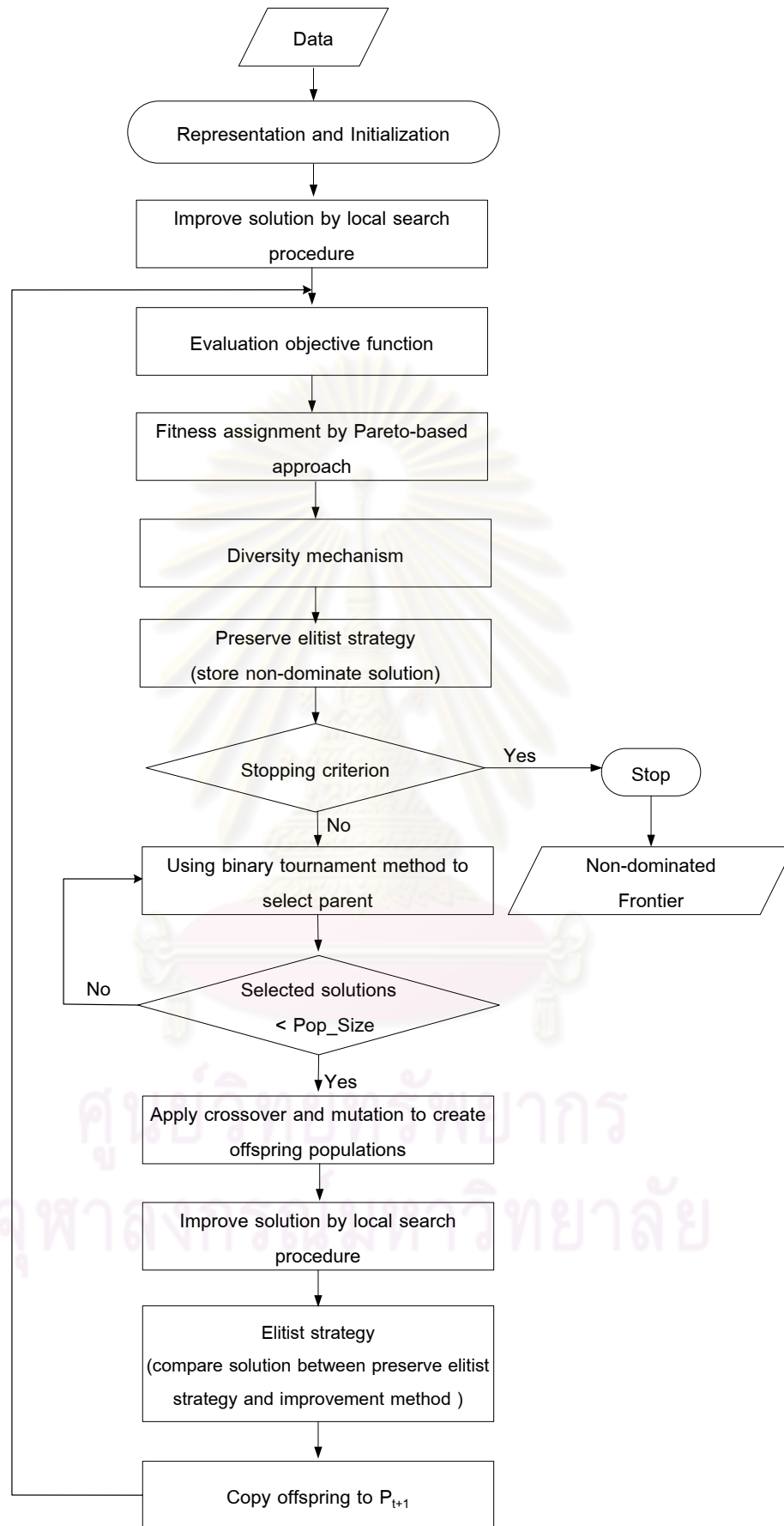
โครงสร้างหลัก ประกอบด้วย 10 ส่วน คือ

1. **Initialization** : การสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น
2. **Evaluation** : คำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของประชากรคำตอบเบื้องต้น
3. **Local Search Heuristics** : ประยุกต์ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ ในการปรับปรุงคำตอบเบื้องต้น
4. **Pareto Based Approach** : กำหนดค่าความแข็งแรงให้กับคำตอบแต่ละตัว ด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด คำตอบที่แข็งแรงที่สุดจะมีอันดับที่ในการจัดอันดับต่ำที่สุด
5. **Diversity Information** : คำนวณค่าความหนาแน่นของสมาชิกประชากรคำตอบ
6. **Selection** : คัดเลือกคำตอบที่มีความแข็งแรงมาก และมีค่าความหนาแน่นมาก (เพื่อป้องกันการเกาะกลุ่มกันของคำตอบบริเวณใดบริเวณหนึ่ง) เข้าสู่การดำเนินการทางพันธุกรรม
7. **Crossover** : เป็นตัวดำเนินการทางพันธุกรรมที่ใช้สร้างคำตอบใหม่จากการแลกเปลี่ยนสมาชิกระหว่างสตริงคำตอบ 2 ตัว

8. **Mutation** : เป็นตัวดำเนินการทางพันธุกรรมที่ใช้สร้างคำตอบใหม่จากย้ายตำแหน่งภายในสตริงคำตอบ
9. **Local Search Heuristics** : ประยุกต์ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ ในการปรับปรุงคำตอบหลังการใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรม
10. **Strategies to maintain elitist solutions in the population** : เป็นเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด โดยจะเก็บค่าคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution และในระหว่างกระบวนการค้นหาคำตอบยังดำเนินอยู่จะทำการปรับปรุง (Update) สตริงคำตอบใหม่ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดีที่สุด (Archive Population) ด้วยการย้ายสตริงคำตอบที่ดีที่สุดตัวเดิมออกไป และเพิ่มสตริงคำตอบที่ดีที่สุดใหม่เข้ามา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 6.1 โครงสร้างเมมเมติกอัลกอริทึมที่ใช้งานวิจัย

6.4 ขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึม

จากโครงสร้างหลักของเมมเมติกอัลกอริทึม สามารถแบ่งย่อยเป็นวิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึม ได้ดังนี้

1. **Data Input** : รับข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดและจำนวนผลิตภัณฑ์ ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร
2. **Representation & Initialization** : นำข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ มาสร้างคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม จำนวน $popsiz$ ตัว โดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น (Initial Population)
3. **Local Search Heuristics** : ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ในการปรับปรุงประชากรคำตอบหลังการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น ด้วยความน่าจะเป็นในการทำ การค้นหาเฉพาะที่เท่ากับ P_{LS}
4. **Evaluation** : คำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ความผันแปรในการผลิต
5. **Pareto Based Approach** : ใช้เทคนิควิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดในการกำหนดความแข็งแรงให้กับประชากรคำตอบ ในขั้นตอนการทำงานนี้จะทำให้ประชากรคำตอบถูกแบ่งออกเป็นกลุ่ม กลุ่มที่ดีที่สุดจะมีอันดับที่ในการจัดต่ำที่สุด
6. **Density Information** : คำนวณค่าความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบ
7. **Strategies to maintain elitist solutions in the population** : เก็บค่าคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution ที่ได้หลังจากทำการปรับปรุงคำตอบเบื้องต้น
8. **Stopping Criteria**: ดูว่าการคำนวณนั้นครบจำนวนสูงสุดของคำตอบที่ต้องการคำนวณ ค่าฟังก์ชันหรือจำนวนเจนเนอเรชันที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้ทำข้อ 9-12 ถ้าไม่ใช่ ให้ทำข้อที่ 13
9. **Selection** : คัดเลือกคำตอบที่ดีที่สุดเข้าสู่ Mating Pool โดยคำตอบที่มีความแข็งแรงมาก จะโอกาสได้รับการเลือกสูงกว่าคำตอบที่มีความแข็งแรงน้อย
10. **Crossover** : ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ใน Mating Pool และทำการครอสโอเวอร์ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ P_c
11. **Mutation** : ทำการมิวเทชันสดริงคำตอบด้วยความน่าจะเป็นในการทำมิวเทชันเท่ากับ P_m
12. **Strategies to maintain elitist solutions in the population** : เปรียบเทียบประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ และประชากรคำตอบรุ่นลูก เก็บคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution แทนที่คำตอบที่ดีที่สุดตัวเดิม แล้วนำประชากรคำตอบนั้นไปเป็นคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันถัดไป

13. Stop : หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบ และนำคำตอบใน Strategies to maintain elitist solutions in the population มาเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

6.4.1 ขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II (M-NSGA II)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II หรือ M-NSGA II ซึ่งจากโครงสร้างหลักของเมมเมติกอัลกอริทึม สามารถแบ่งย่อยเป็นวิธีการของ M-NSGA II ได้ดังนี้

1. **Data Input :** รับข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดและจำนวนผลิตภัณฑ์ ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร
2. **Representation & Initialization :** นำข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ มาสร้างคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม จำนวน *popsiz*e ตัว โดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น (Initial Population)
3. **Local Search Heuristics :** ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ในการปรับปรุงประชากรคำตอบหลังการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น ด้วยความน่าจะเป็นในการทำการค้นหาเฉพาะที่เท่ากับ P_{LS}
4. **Evaluation :** คำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ความผันแปรในการผลิต
5. **Pareto Based Approach :** กำหนดค่าความแข็งแรงให้กับคำตอบแต่ละตัว ด้วยวิธีการจัดอันดับแบบ Goldberg หรือ Non-dominated Sorting คำตอบที่แข็งแรงที่สุดจะมีอันดับที่ในการจัดต่ำที่สุด
6. **Density Information :** คำนวณหาค่าความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบ ด้วยวิธี Crowding Distance
7. **Selection :** คัดเลือกคำตอบที่ดีเข้าสู่ Mating Pool โดยคำตอบที่มีความแข็งแรงมาก (มีอันดับที่น้อยกว่า) และมีค่าความหนาแน่นมาก (ขจัดปัญหาการเกาะกลุ่มของคำตอบ) จะโอกาสได้รับการเลือกสูง
8. **Crossover :** ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ใน Mating Pool และทำการครอสโอเวอร์ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ P_c
9. **Mutation :** ทำการมิวเทชันสตริงคำตอบด้วยความน่าจะเป็นในการทำมิวเทชันเท่ากับ P_m

- 10. Local Search Heuristics** : ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ในการปรับปรุงประชากรคำตอบหลังการดำเนินการทางพันธุกรรม ด้วยความน่าจะเป็นในการทำการค้นหาเฉพาะที่เท่ากับ P_{LS}
- 11. Combination population** : รวมประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ที่ได้รับการปรับปรุงคำตอบด้วยฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ และประชากรคำตอบรุ่นลูกที่ได้รับการปรับปรุงจากการค้นหาเฉพาะที่เช่นเดียวกัน
- 12. Selection next population** : คัดเลือกประชากรคำตอบสำหรับเจนเนอเรชันถัดไปจากการรวมประชากรคำตอบในขั้นตอนที่ 11 โดยใช้หลักการ Non-dominated Sorting และ Crowding Distance ประชากรคำตอบที่มีอันดับที่หนึ่งจะมีโอกาสได้รับเลือกไปเป็นประชากรคำตอบในเจนเนอเรชันถัดไปสูงเป็นอันดับแรก และมีโอกาสลดหลั่นลงมาตามอันดับที่ ถ้าจำนวนประชากรคำตอบในอันดับใดมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ จะคัดเลือกประชากรคำตอบโดยการพิจารณา Crowding Distance ที่มีค่ามาก และดำเนินการในขั้นตอนนี้นั้นกระทั่งครบจำนวน $popsiz$ ตัว
- 13. Strategies to maintain elitist solutions in the population** : เก็บกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดหลังจากขั้นตอนที่ 11 และ 12 และทำการปรับปรุง (Update) ในทุกๆ เจนเนอเรชันเพื่อเปรียบเทียบประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ และประชากรคำตอบรุ่นลูก และเก็บคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution แทนที่คำตอบที่ดีที่สุดตัวเดิม แล้วนำประชากรคำตอบนั้นไปเป็นคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันถัดไป จำนวน $popsiz$ ตัว
- 14. Stopping Criteria:** ดูว่าการคำนวณนั้นครบจำนวนสูงสุดของคำตอบที่ต้องการคำนวณค่าฟังก์ชันหรือจำนวนเจนเนอเรชันที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้กลับไปทำข้อ 4-13 ถ้าไม่ใช่ให้ทำข้อที่ 15
- 15. Stop** : หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบ และนำคำตอบใน Strategies to maintain elitist solutions in the population มาเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

6.4.2 ขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก SPEA 2 (M-SPEA 2)

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทำงานของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก SPEA 2 หรือ M-SPEA 2 ซึ่งจากโครงสร้างหลักของเมมเมติกอัลกอริทึม สามารถแบ่งย่อยเป็นวิธีการของ M-SPEA 2 ได้ดังนี้

- 1. Data Input** : รับข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดและจำนวนผลิตภัณฑ์ ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร

2. **Representation & Initialization** : นำข้อมูลนำเข้าต่าง ๆ มาสร้างคำตอบเบื้องต้นอย่างสุ่ม จำนวน $popsiz$ ตัว โดยผ่านกระบวนการใส่รหัสคำตอบ (Representation) และการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น (Initial Population)
3. **Local Search Heuristics** : ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ในการปรับปรุงประชากรคำตอบหลังการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น ด้วยความน่าจะเป็นในการทำ การค้นหาเฉพาะที่เท่ากับ P_{LS}
4. **Combination population** : รวมประชากรคำตอบพ่อแม่และประชากรคำตอบที่ดีที่สุด (Archive Population) ในเจนเนอเรชันปัจจุบัน แต่เนื่องจากในเจนเนอเรชันแรกไม่มีประชากรคำตอบที่ถูกเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ดังนั้นคำตอบที่ดีที่สุด ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดีจะกำหนดให้เป็นเซตว่าง จึงทำให้ประชากรคำตอบเบื้องต้นในเจนเนอเรชันแรกเท่ากับ $popsiz$ ตัว ส่วนในเจนเนอเรชันต่อมาประชากรคำตอบที่ใช้จะเท่ากับ $popsiz + archive_size$ นั่นคือทำการรวมประชากรใหม่ที่เกิดจากการใช้การค้นหาเฉพาะที่หลังการใช้ตัวดำเนินการทางพันธุกรรมในเจนเนอเรชันก่อนหน้า (ประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันปัจจุบัน) และประชากรคำตอบที่ดีที่ถูกเก็บไว้
5. **Evaluation** : คำนวณหาค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ความผันแปรในการผลิต
6. **Pareto Based Approach** : ใช้วิธีการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators ในการกำหนดความแข็งแรงไม่แท้จริง (Raw Fitness Value: $R(i)$) ให้กับประชากรคำตอบในขั้นตอนที่ 6 โดยพิจารณาจำนวนสมาชิกในประชากรคำตอบที่ดีกว่าประชากรคำตอบที่พิจารณาอยู่ ซึ่งสามารถหาได้จากผลรวมของจำนวนประชากรคำตอบที่แยกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ (Strength (Strength Value: $S(i)$) ถ้าสมาชิกประชากรคำตอบที่มีค่า $R(i) = 0$ แสดงว่าประชากรคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่นเลย (Non-dominated Solution) และสมาชิกประชากรคำตอบนี้จะถูกเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี (Archive of Non-dominated Solution)
7. **Density Information** : คำนวณค่าความหนาแน่น $D(i)$ ให้กับประชากรคำตอบ ด้วยวิธี k -nearest neighbor
8. **Fitness Value** : คำนวณค่าความแข็งแรง (Fitness Value : $F(i)$) ซึ่งเกิดจากการรวมกันของค่า $R(i)$ และ $D(i)$
9. **Elitism with external populations** : เป็นสถานที่เก็บประชากรคำตอบที่ดี โดยจะทำการคัดลอกประชากรคำตอบที่ดีในเจนเนอเรชันปัจจุบันไปเก็บไว้ในเจนเนอเรชันต่อไป ในเจนเนอเรชันแรกจะถูกกำหนดให้เป็นเซตว่าง จากขั้นตอนที่ 6 ประชากรคำตอบที่มีค่า $R(i) = 0$ จะถูกคัดลอกไปเก็บในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ถ้าจำนวนคำตอบที่ได้มีค่ามากกว่าขนาดของสถานที่เก็บคำตอบให้พิจารณาจำนวนคำตอบที่มีค่า $D(i)$ น้อย แล้ว

คัดเลือกคำตอบไปเก็บจนครบขนาดสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ส่วนในกรณีที่จำนวนคำตอบที่มี $R(i) = 0$ มีค่าจำนวนน้อยกว่าขนาดของสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ให้พิจารณาค่า $F(i)$ ของประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ (เลือกค่าน้อย) แล้วคัดเลือกไปเก็บจนครบขนาดสถานที่เก็บคำตอบที่ดี และทำการปรับปรุง (Update) ประชากรคำตอบที่ถูกเก็บไว้ในทุก ๆ เจนเนอเรชันประชากรคำตอบใหม่ที่มีค่าดีกว่าประชากรคำตอบเดิม จะถูกนำมาแทนที่ และนำประชากรคำตอบเดิมออกไป

10. **Stopping Criteria** : ดูว่าการคำนวณนั้นครบจำนวนสูงสุดของคำตอบที่ต้องหาคำนวณค่าฟังก์ชันจำนวนเจนเนอเรชันที่กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าน้อยกว่าให้ไปทำข้อ 11 ถึง 14 แล้วกลับไปขั้นตอนที่ 4 ถ้าไม่ใช่ให้ทำขั้นตอนที่ 15
11. **Selection** : คัดเลือกคำตอบจากสถานที่เก็บคำตอบที่ดีเข้าสู่ Mating Pool โดยสมาชิกประชากรคำตอบที่มีความแข็งแรงมาก หรือมี Fitness Value น้อยกว่า จะมีโอกาสได้รับเลือกมากกว่า ถ้าประชากรคำตอบใดมีค่า Fitness Value เท่ากัน ให้พิจารณาที่ความหนาแน่นของประชากรคำตอบนั้น
12. **Crossover** : ทำการจับคู่คำตอบที่อยู่ใน Mating Pool และทำการครอสโอเวอร์ด้วยความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เท่ากับ P_c
13. **Mutation** : ทำการมิวเทชันสตริงคำตอบด้วยความน่าจะเป็นในการทำมิวเทชันเท่ากับ P_m
14. **Local Search Heuristics** : ใช้ฮิวริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่ในการปรับปรุงประชากรคำตอบหลังการดำเนินการทางพันธุกรรม ด้วยความน่าจะเป็นในการทำการค้นหาเฉพาะที่เท่ากับ P_{LS} นำประชากรคำตอบรุ่นลูกที่ได้ไปเป็นประชากรคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป
15. **Stop** : หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบ และนำคำตอบใน Elitism with external population มาเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

6.5 วิธีการของเมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม

6.5.1 การใส่รหัสคำตอบ

ในการใส่รหัสคำตอบของ GAs และ MAs จะมีขั้นตอนที่เหมือนกัน ซึ่งการใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation / Coding) คือการเปลี่ยนคำตอบปัญหาให้อยู่ในรูปสตริงคำตอบ หรือเรียกว่า โครโมโซม ซึ่งเป็นขั้นตอนแรกของเมมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งถือว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญและมีผลอย่างมากต่อขั้นตอนอื่น ๆ ของ MAs วิธีการใส่รหัสคำตอบมีทั้ง

แบบ Binary String และ Non-binary String ในกรณีปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายงาน การประกอบผลิตภัณฑ์ผสม คำตอบของปัญหาคือลำดับของผลิตภัณฑ์ที่เข้าทำการประกอบใน สายการประกอบ ดังนั้นวิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้ต้องสามารถแสดงลำดับของผลิตภัณฑ์ในรูป สตริงได้ วิธีการใส่รหัสคำตอบที่ใช้จึงเป็นแบบ Non-binary String

การจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบที่มีลักษณะเป็นสายการประกอบ แบบผลิตภัณฑ์ผสม จะจัดผลิตภัณฑ์เข้าเป็นกลุ่ม โดยใช้สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต (Minimum Part Set: MPS) ซึ่งเป็นการจัดลำดับที่ตอบสนองด้านความหลากหลายของรูปแบบ ผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม โดยลักษณะของสตริงคำตอบ มีดังนี้

- 1) คำตอบ 1 คำตอบแทนด้วยสตริงคำตอบ 1 ตัว เรียกว่า สตริง
- 2) ในสตริง จะแบ่งเป็นหน่วยเล็ก ๆ ที่เรียกว่า bit เรียงกันอยู่ โดยจำนวนของ bit จะเท่ากับจำนวนกลุ่มของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดที่ต้องเข้าทำการผลิตบน สายการประกอบที่พิจารณา
- 3) ในงานวิจัยนี้ใช้ตัวอักษรแทนตัวเลข ดังนั้นในแต่ละ bit จะมีตัวอักษรแทน ตัวเลขตั้งแต่ A ถึง จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต
- 4) ตำแหน่งของ bit หมายถึง ลำดับของผลิตภัณฑ์
- 5) ตัวอักษรในแต่ละ bit จะซ้ำกันได้ โดยจำนวนอักษรที่เหมือนกันจะมีจำนวน ซ้ำกันเท่ากับจำนวน MPS ของแต่ละผลิตภัณฑ์

6.5.1.1 การสร้างประชากรเบื้องต้น

การสร้างประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating) คือการสร้างสตริงคำตอบ ซึ่งตามหลักการของ MAs และ GAs มักใช้วิธีการสุ่ม หมายความว่าตัวอักษร ที่แสดงชนิดผลิตภัณฑ์ที่มาผลิตที่นำมาใส่ในแต่ละ bit นั้นจะต้องถูกเลือกแบบสุ่ม แต่อย่างไร ก็ตามในการสร้างสตริงคำตอบสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบ ผลิตภัณฑ์ผสม สตริงคำตอบที่ได้ต้องสอดคล้องกับลักษณะของปัญหา นั่นคือสตริงคำตอบแสดง ถึงลำดับผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าทำการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ดังนั้นข้อมูล ที่จำเป็นสำหรับการสร้างสตริงคำตอบ ได้แก่ จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ และจำนวนการผลิตของ ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด

ขั้นตอนการสร้างสตริงคำตอบ มีดังนี้

- 1) การสร้างตัวอักษรในสตริงคำตอบ
ตัวอักษรในสตริงคำตอบ ได้แก่ จำนวนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการ ผลิต เช่น ต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ดังนั้นจะได้ว่า ตัวอักษรที่จะประกอบขึ้นเป็นสตริงจะ ประกอบด้วย A B C D และ E ซึ่งแสดงถึงชนิดของผลิตภัณฑ์

2) จำนวนซ้ำของตัวอักษรแต่ละตัวในสตริงคำตอบ

หาได้จาก การหาค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต (MPS) เช่นต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด โดยผลิตภัณฑ์ชนิดที่ A B C D และ E เป็นจำนวน 30 30 20 20 และ 20 ตามลำดับ ดังนั้นค่าสัดส่วนของผลิตภัณฑ์คือ 3:3:2:2:2 (โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้ปัญหาของ McMullen (2001a) ซึ่งมีการกำหนด MPS แล้วดังนั้นจึงสามารถสร้างสตริงคำตอบ โดยไม่ต้องคำนวณ MPS)

3) การหาความยาวของสตริงคำตอบ

คำนวณได้จากค่าผลรวมของ MPS ที่หาได้ในขั้นตอนที่ 2 คือ $3+3+2+2+2 = 12$ นั่นคือสตริงมีความยาวเท่ากับ 12 bit

จากทั้งสามขั้นตอน ทำให้ได้สตริงคำตอบตัวอย่าง ที่มีความยาว 12 bit ประกอบด้วยตัวอักษร A B C D และ E เป็นจำนวน 3 3 2 2 และ 2 ตัวตามลำดับ โดยตัวอักษรที่แสดงในแต่ละตำแหน่ง จะได้จากการสุ่มตัวอย่างสตริงคำตอบที่เป็นไปได้คือ A-A-B-B-C-D-A-D-C-B-E-E นั่นคือทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด A B C D A D C B และ E สลับกันไปมา เนื่องจากเป็นสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม

6.5.1.2 จำนวนประชากรเบื้องต้น

จำนวนประชากรเบื้องต้น (Population Size) คือ จำนวนคำตอบเบื้องต้นที่สร้างขึ้นจำนวนหนึ่งเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการของ MAs โดยคำตอบ 1 คำตอบ คือ สตริงคำตอบ 1 ตัว จำนวนประชากรเบื้องต้นเท่ากับจำนวนประชากรคำตอบในแต่ละเจนเนอเรชัน (กรณีนี้จะใช้ใน M-NSGA II ส่วน M-SPEA 2 จะมีจำนวนประชากรคำตอบในแต่ละเจนเนอเรชันเท่ากับ Population Size รวมกับ Archive Size) ดังนั้นจึงต้องมีการกำหนดจำนวนประชากรคำตอบเบื้องต้นในแต่ละเจนเนอเรชันซึ่งในที่นี้กำหนดให้เท่ากับ *popsiz* ตัว

การสร้างประชากรเบื้องต้น จะสร้างตามขั้นตอนการสร้างสตริงคำตอบตั้งที่กล่าวข้างต้น โดยการสร้างประชากรเบื้องต้นทั้ง *popsiz* ตัว จะต้องไม่ซ้ำกัน เพื่อให้เกิดความหลากหลายของคำตอบ และเป็นกำบังกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากวิธีการของ เมมเมติกอัลกอริทึมที่ใช้เป็น Local Optimal นอกจากนี้การสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นให้แตกต่างกัน ยังช่วยให้สามารถกำหนดจำนวนประชากรให้น้อยลงได้

6.5.2 อีวิริสติกแบบการค้นหาเฉพาะที่

คุณลักษณะเด่นของ MAs คือการปรับปรุงให้ประชากรคำตอบเบื้องต้นให้มีคุณภาพคำตอบที่ดีก่อนเข้าสู่กระบวนการค้นหาคำตอบ ในงานวิจัยนี้ได้ใช้การค้นหาเฉพาะที่ 7

วิธี เพื่อเปรียบเทียบว่าฮิวริสติกตัวใดที่เหมาะสมกับรูปแบบปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในการหาค่าเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรและความผันแปรในการผลิตที่น้อยที่สุด นอกจากนี้ยังใช้การค้นหาเฉพาะที่ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน เนื่องจากตัวดำเนินการมิวเทชันเพียงอย่างเดียวนั้นอาจไม่เพียงพอในการดึงคำตอบที่ดีอยู่ใน Local Optimal ได้ นอกจากนี้ยังทำการค้นหาเฉพาะที่ในทุก ๆ เจนเนอเรชันและเลือกใช้การค้นหาแบบปรับปรุงครั้งแรก (First improvement) ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ ที่มีผลต่ออัลกอริทึมแสดงได้ดังนี้

- วิธีการค้นหาเฉพาะที่ มีหลายวิธี โดยในงานวิจัยนี้ ได้นำเสนอวิธีการค้นหาเฉพาะที่ไว้ทั้งหมด 7 วิธีคือ 1.วิธี Pairwise Interchange (PI) 2. วิธี Adjacent Pairwise Interchange (API) 3. วิธี 2-opt 4. วิธี 3-opt 5. วิธี Or-opt 6. วิธี Double-bridge และ 7.วิธี Shift Procedure หรือ Insertion Procedure

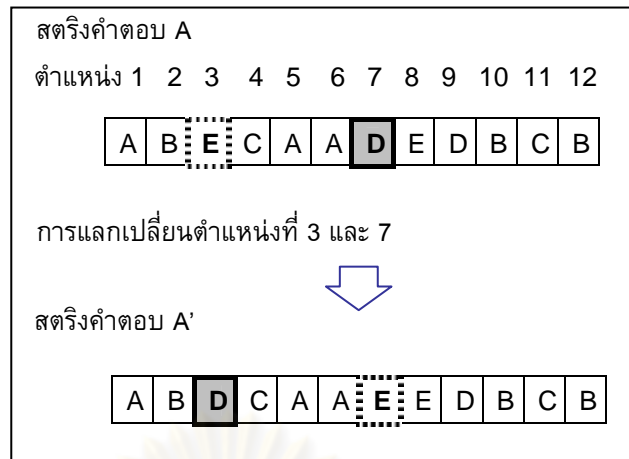
- ความน่าจะเป็นในการทำการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search Probability : P_{LS}) คือ ค่าที่ใช้ในการคัดเลือกสตริงที่จะเข้าทำการค้นหาเฉพาะที่ โดยจำนวนสตริงที่ทำการค้นหาเฉพาะที่ (N_{LS}) เท่ากับ $popsizexP_{LS}$

6.5.2.1 การคัดเลือกสตริงคำตอบ

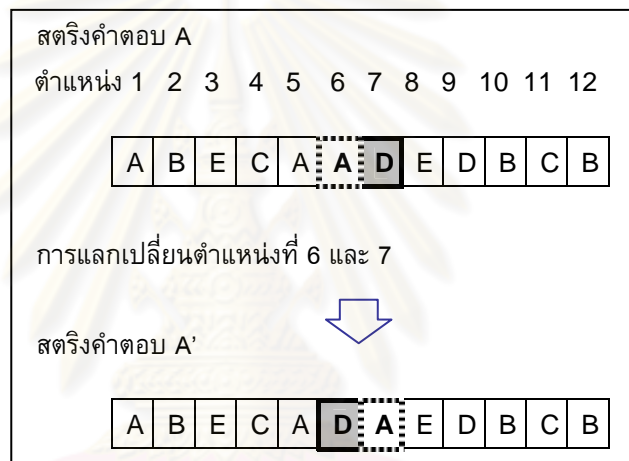
จากสตริงคำตอบจำนวน N_{LS} ตัวจะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาทำการค้นหาเฉพาะที่ จำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำมาทำการค้นหาเฉพาะที่ ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ (P_{LS}) โดยการเลือกสตริงคำตอบ (Selection) ทั้งใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 จะใช้วิธี Binary Tournament Selection หรือ Tournament Selection (Goldberg, 1991) รายละเอียดในการคัดเลือกคำตอบด้วยวิธีนี้จะกล่าวในหัวข้อถัดไป

6.5.2.2 การค้นหาเฉพาะที่

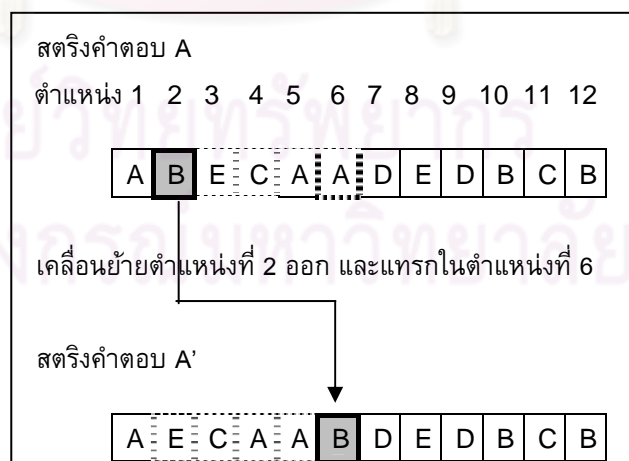
ในบทที่ 4 จะแสดงรายละเอียดในการแลกเปลี่ยนตำแหน่งของการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธี ดังนั้นในการนำเสนอในหัวข้อนี้จะแสดงตัวอย่างการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ของลำดับการผลิตที่มีผลิตภัณฑ์ A B C D และ E จำนวน 3 3 2 2 และ 2 ตามลำดับ สตริงคำตอบตัวอย่างที่จะนำไปทำการค้นหาเฉพาะที่คือ A-B-E-C-A-A-D-E-D-B-C-B สามารถแสดงได้ในดังนี้



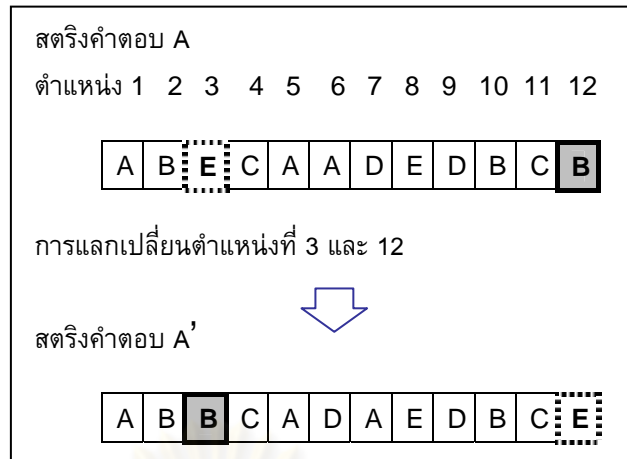
รูปที่ 6.2 วิธี Pairwise Procedure



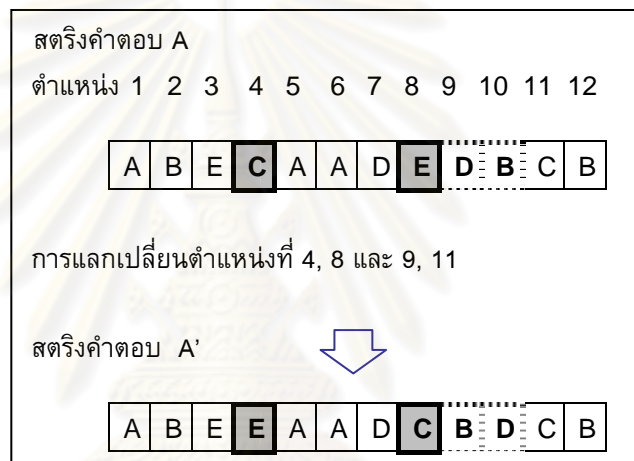
รูปที่ 6.3 วิธี Adjacent Pairwise Interchange



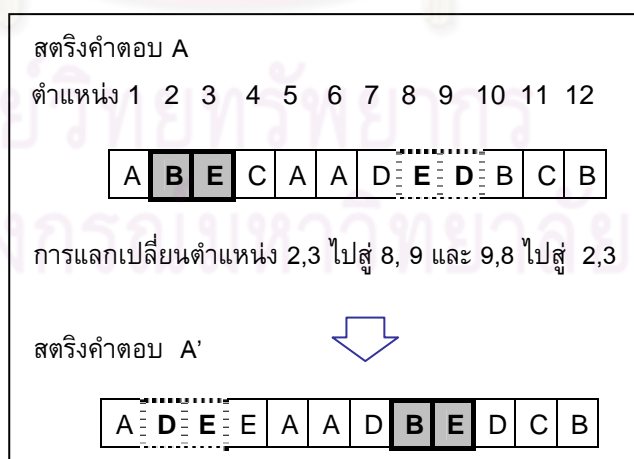
รูปที่ 6.4 วิธี Insertion



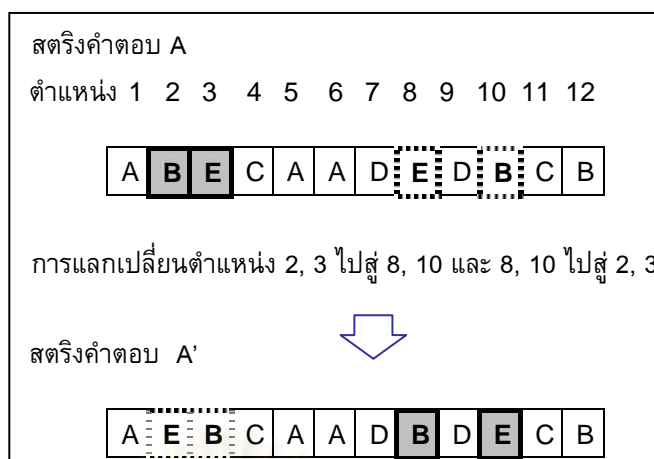
รูปที่ 6.5 วิธี 2-Opt



รูปที่ 6.6 วิธี 3-Opt



รูปที่ 6.7 วิธี Or-Opt



รูปที่ 6.8 วิธี Double-bridge

จากรูปที่ 6.2 ถึง 6.8 แสดงวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ ซึ่งแต่ละวิธีจะมีการแลกเปลี่ยนตำแหน่งที่ต่างกันไป และให้คำตอบที่เกิดจากการแลกเปลี่ยนตำแหน่งของสตริงคำตอบที่หลากหลาย จากตัวอย่างดังกล่าวเป็นเพียงสตริงคำตอบหนึ่งที่ได้จากการสุ่มตำแหน่งนั้น ๆ และยังสามารถค้นหาสตริงคำตอบอื่นๆ จากการค้นหาเฉพาะที่ได้จากการเปลี่ยนตำแหน่งการสุ่มนั่นเอง โดยในงานวิจัยนี้จะทำการสุ่มตำแหน่งการแลกเปลี่ยนซึ่งไม่อิงกับลำดับของตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลง (Random order) ซึ่งสามารถสร้างโอกาสให้คำตอบที่เป็นไปได้ในลำดับท้าย ๆ ถูกเลือกขึ้นมา เช่น ในการแลกเปลี่ยนสมาชิกของวิธี Adjacent Pairwise Interchange ถ้าสลับตำแหน่งตั้งแต่ตำแหน่งที่ 1 ถึง $n-1$ เมื่อ n คือความยาวของสตริงคำตอบ จะได้คำตอบคือ

ลำดับการแลกเปลี่ยนที่ 1 B-A-E-C-A-A-D-E-D-B-C-B

ลำดับการแลกเปลี่ยนที่ 2 A-E-B-C-A-A-D-E-D-B-C-B

⋮

ลำดับการแลกเปลี่ยนที่ 10 A-B-E-C-A-A-D-E-D-C-B-B

ลำดับการแลกเปลี่ยนที่ 11 A-B-E-C-A-A-D-E-D-B-B-C

ซึ่งการสุ่มลำดับของตำแหน่งโดยไม่อิงลำดับจะเป็นวิธีที่ใช้ในการค้นหาเฉพาะที่แบบปรับปรุงครั้งแรก (First Improvement) เนื่องจากเป็นสิ่งที่ช่วยลดเวลาในการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดนั่นเอง

6.5.3 วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด

วิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดเป็นวิธีในการกำหนดค่าความแข็งแรงให้กับสมาชิกประชากรคำตอบ และมีหลายวิธีแต่ละวิธีจะเหมาะสมกับอัลกอริทึมได้อัลกอริทึมหนึ่งดังที่ได้กล่าวในบทที่ 3 โดยหลักการเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II (M-NSGA II) จะใช้

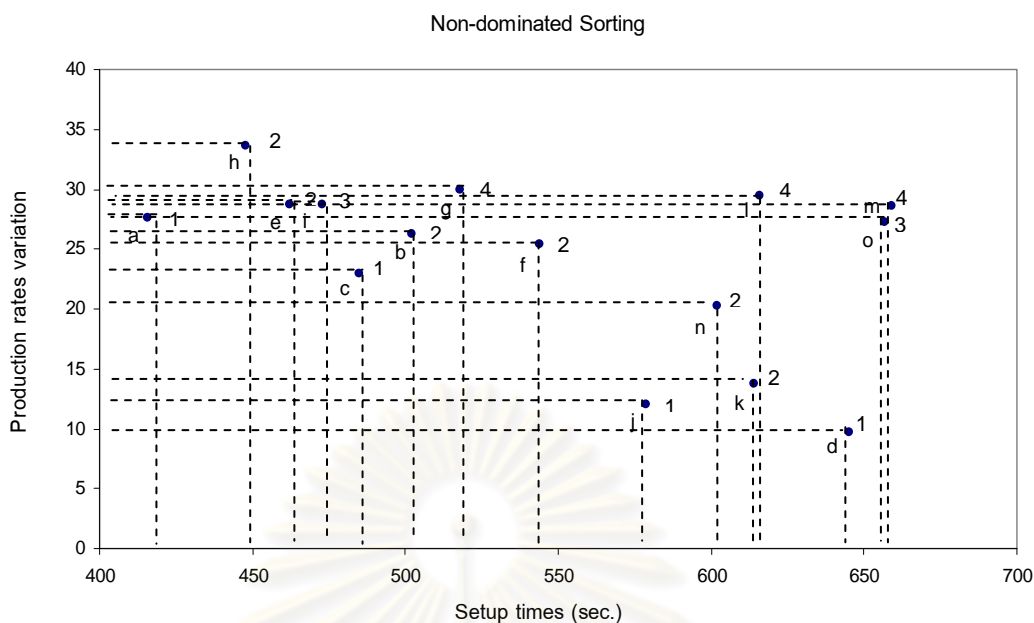
วิธีเรียงกลุ่มที่ดีที่สุดแบบการจัดอันดับของ Goldberg หรือ Non-dominated Sorting ส่วนหลักการของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก SPEA 2 (M-SPEA 2) นั้นจะใช้วิธีเรียงกลุ่มที่ดีที่สุดแบบการจัดอันดับ Strength of Dominators รายละเอียดแสดงได้ดังนี้

6.5.3.1 การกำหนดค่าความแข็งแรงที่ใช้ใน M-NSGA II และ NSGA II

การกำหนดค่าความแข็งแรงที่ใช้ในอัลกอริทึมทั้งสองนี้ จะใช้วิธี Non-dominated Sorting ซึ่งเป็นวิธีการจัดอันดับเซตของสตริงคำตอบในประชากรคำตอบทั้งหมด โดยจะพิจารณาคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่าเซตคำตอบนี้ (Non-dominated solution) เป็นอันดับแรก และจัดอันดับ (Rank) เป็นอันดับที่หนึ่ง จากนั้นจะถูกตัดออกจากการพิจารณาของประชากรคำตอบทั้งหมด เซตของสตริงคำตอบที่เหลือจะถูกจัดให้เป็นอันดับต่อมา โดยที่กระบวนการคำตอบที่ดีที่สุดของเทคนิคนี้จะค้นหาคำตอบจนกระทั่งคำตอบในประชากรคำตอบทั้งหมดถูกจัดอันดับ แสดงตัวอย่างการคำนวณได้ดังนี้

ตารางที่ 6.1 ตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของสมาชิกประชากรคำตอบ

สมาชิกประชากรคำตอบที่	แทนด้วย	$f_1(x)$	$f_2(x)$
1	a	416	27.5833
2	b	502	26.2500
3	c	485	22.9167
4	d	645	9.7500
5	e	462	28.7500
6	f	544	25.4167
7	g	518	29.9167
8	h	448	33.5833
9	i	473	28.7500
10	j	579	12.0833
11	k	614	13.7500
12	l	616	29.4167
13	m	659	28.5833
14	n	602	20.2500
15	o	657	27.2500



รูปที่ 6.9 ตัวอย่างการกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting

จากตารางที่ 6.1 และรูปที่ 6.9 แสดงวิธีการหาค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting ของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตัวอย่าง (ผลการการคำนวณค่าความแข็งแรงด้วยวิธีนี้ แสดงดังตารางที่ 6.2) สามารถอธิบายดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) เนื่องจากตัวอย่างนี้ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุดทั้งสองฟังก์ชันพร้อมกัน ดังนั้นการพิจารณาคำตอบที่ดีกว่าจึงอยู่ในทิศทางของเส้นประดังรูปที่ 6.9 และใช้หลักการ Pareto Dominance ในการเปรียบเทียบแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ จากการพิจารณาเซตประชากรคำตอบ {a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, m, n, o} จำนวน 15 คำตอบ พบว่ามีเซตคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่าคือ {a, c, d, j} ดังนั้นคำตอบเหล่านี้จะถูกจัดให้มีอันดับที่ 1 จากนั้นจะไม่พิจารณาคำตอบเหล่านี้ชั่วคราว ดังนั้นสมาชิกประชากรคำตอบที่เหลือคือ {b, e, f, g, h, i, k, m, n, o}

2) พิจารณาประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ พบว่าเซตคำตอบ {b, e, f, h, k, n} เป็นคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า จึงจัดอันดับให้คำตอบเหล่านี้มีอันดับที่ 2 ดังนั้นสมาชิกประชากรคำตอบที่เหลือคือ {d, g, i, m, o}

3) พิจารณาประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ พบว่าเซตคำตอบ {i, o} เป็นคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า จึงจัดอันดับให้คำตอบเหล่านี้มีอันดับที่ 3 ดังนั้นสมาชิกประชากรคำตอบที่เหลือคือ {d, g, m}

4) พิจารณาประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ พบว่าเซตคำตอบเหล่านี้ที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า ดังนั้นจึงจัดอันดับให้คำตอบเหล่านี้มีอันดับที่ 4 ดังนั้นสมาชิกประชากรคำตอบที่เหลือคือ { }

จากขั้นตอนที่ 1) ถึง 4) จะได้อันดับที่ให้แต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ โดยสมาชิกตัวที่แข็งแรงที่สุดจะมีอันดับที่น้อยที่สุด และสมาชิกตัวที่มีความอ่อนแอที่สุดจะมีอันดับที่สูงที่สุด จากตัวอย่างดังกล่าวสามารถกำหนดค่าความแข็งแรงได้ดังตารางที่ 6.2 ดังนี้

ตารางที่ 6.2 การกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting

สมาชิกประชากรคำตอบที่	แทนด้วย	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Rank
1	a	416	27.5833	1
2	b	502	26.2500	2
3	c	485	22.9200	1
4	d	645	9.7500	1
5	e	462	28.7500	2
6	f	544	25.4200	2
7	g	518	29.9200	4
8	h	448	33.5800	2
9	i	473	28.7500	3
10	j	579	12.0800	1
11	k	614	13.7500	2
12	l	616	29.4200	4
13	m	659	28.5800	4
14	n	602	20.2500	2
15	o	657	27.2500	3

6.5.3.2 การกำหนดค่าความแข็งแรงที่ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2

การกำหนดค่าความแข็งแรง (Fitness Value: $F(i)$) ที่ใช้ในอัลกอริทึมทั้งสองนี้ จะพิจารณาค่าความแข็งแรงที่คำนวณได้จากการจัดอันดับแบบ Strength of Dominators ร่วมกับความสัมพันธ์ในบริเวณใกล้เคียงกับคำตอบนั้น (Density Information: $D(i)$) (ซึ่งในหัวข้อนี้จะขอล่าวเพียงวิธี การจัดอันดับแบบ Strength of Dominators ส่วนการคำนวณความสัมพันธ์จะขอล่าวในหัวข้อถัดไป) โดยวิธีการจัดอันดับนี้เป็นวิธีการกำหนดค่าความแข็งแรงไม่แท้จริง หรือการพิจารณาจำนวนสมาชิกในประชากรคำตอบที่ดีกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ (Raw Fitness Value: $R(i)$) โดยสามารถหาได้จากผลรวมจำนวนคำตอบที่แยกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ เรียกว่าค่า Strength (Strength Value: $S(i)$) สมาชิกคำตอบที่มีค่า $R(i) = 0$ แสดงว่าคำตอบนั้นเป็นคำตอบที่ไม่ถูกรอบงำจากคำตอบอื่นเลย และสมาชิกคำตอบนี้จะถูกเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี วิธีนี้จะมีค่าความแข็งแรงตามสมการที่ (6.6) ดังนี้

$$F(i) = R(i) + D(i) \quad (6.6)$$

$$\text{กำหนดให้ } S(i) = |\{j \mid j \in P_t + E_t \wedge i \succ j\}| \quad (6.7)$$

โดยที่ P_t แทนประชากรคำตอบ

E_t แทนประชากรคำตอบใน Archive Population

$|\cdot|$ แทน จำนวนเซตคำตอบ

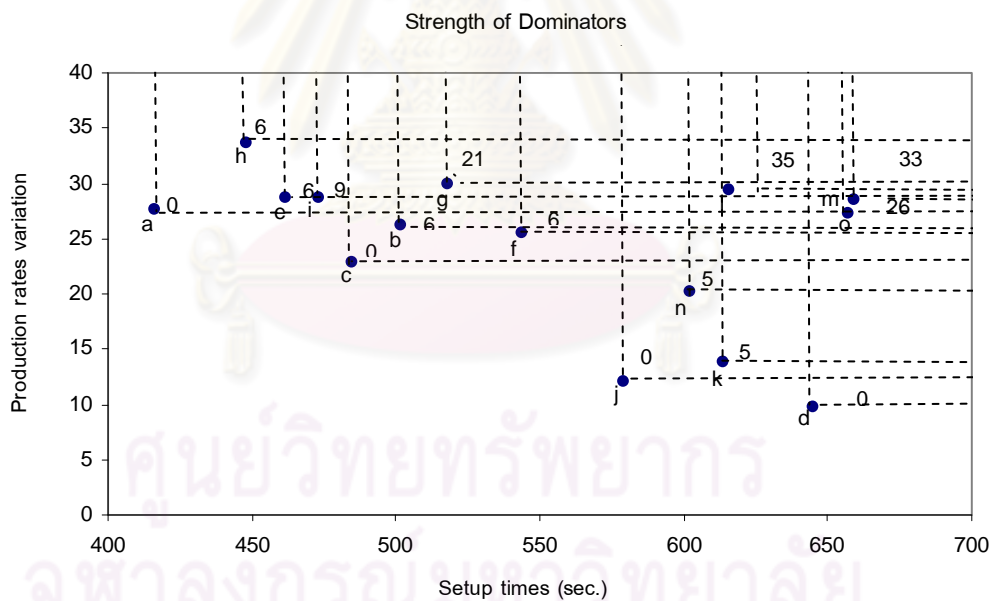
+ แทนการรวมกันของหลายเซตคำตอบ

\succ แทน Pareto Dominance Relation

และสามารถคำนวณค่า $R(i)$ ได้จาก

$$R(i) = \sum_{j \in P_t + P_t, j \succ i} S(j) \quad (6.8)$$

จากตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของสมาชิกประชากรคำตอบที่แสดงในตารางที่ 6.1 สามารถคำนวณหาค่าความแข็งแรงไม่แท้จริงได้ดังนี้



รูปที่ 6.10 ตัวอย่างการคำนวณค่า Raw Fitness Value

จากรูปที่ 6.10 แสดงวิธีการหาค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Strength of Dominators ของค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ตัวอย่าง ในการคำนวณค่าดังกล่าวจะเกิดจากผลรวมของการคำนวณค่า $S(j)$ ซึ่งแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบสามารถคำนวณค่าดังกล่าวได้ดังนี้

ตารางที่ 6.3 การคำนวณค่า Strength Value ในแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ

สมาชิกประชากรคำตอบที่	แทนด้วย	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$S(j)$
1	a	416	27.5833	6
2	b	502	26.2500	4
3	c	485	22.9200	6
4	d	645	9.7500	2
5	e	462	28.7500	3
6	f	544	25.4200	3
7	g	518	29.9200	0
8	h	448	33.5800	0
9	i	473	28.7500	2
10	j	579	12.0800	5
11	k	614	13.7500	3
12	l	616	29.4200	0
13	m	659	28.5800	0
14	n	602	20.2500	3
15	o	657	27.2500	1

จากตารางที่ 6.3 แสดงการคำนวณจำนวนคำตอบที่แยกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ หรือค่า Strength Value โดยในตัวอย่างนี้ต้องการหาค่าที่ต่ำที่สุดทั้งสองฟังก์ชันพร้อมกัน ดังนั้นการพิจารณาคำตอบที่แยกว่าจึงอยู่ในทิศทางของเส้นประดังรูปที่ 6.10 และใช้หลักการ Pareto Dominance ในการเปรียบเทียบแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ ยกตัวอย่างการคำนวณเช่น เมื่อพิจารณาที่คำตอบ a จะมีเซตคำตอบที่แยกว่าคำตอบ a คือ {e, f, g, h, l, m} นั่นคือจำนวนคำตอบที่แยกว่าคำตอบ a มี 6 คำตอบ หรือการพิจารณาที่คำตอบ m จะมีเซตคำตอบที่แยกว่าคำตอบ m คือ { } นั่นคือไม่มีคำตอบใดแยกว่าคำตอบนี้ จากนั้นจะนำค่าที่ได้จากการคำนวณจากตัวอย่างดังกล่าวไปหาค่า Raw Fitness Value รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 6.4 ดังนี้

จากตารางที่ 6.4 แสดงการคำนวณค่า Raw Fitness Value ซึ่งเป็นผลรวมของจำนวนคำตอบที่แยกว่าคำตอบที่พิจารณาอยู่ โดยค่านี้จะแสดงให้เห็นถึงการแบ่งกลุ่มคำตอบที่ได้ออกไปเก็บในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี (Achieve size) นั่นคือคำตอบที่มีค่า $R(i) = 0$ และมีโอกาสถูกเลือกสูงเข้าไปสู่ Mating Pool มากกว่าคำตอบที่มีค่า $R(i)$ มาก

ตารางที่ 6.4 การคำนวณ Raw Fitness Value ให้กับแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ

สมาชิกประชากรคำตอบที่	แทนด้วย	ประชากรคำตอบที่แยกว่าคำตอบที่พิจารณา	$R(i)$
1	a	ไม่มี	0
2	b	c	6
3	c	ไม่มี	0
4	d	ไม่มี	0
5	e	a	6
6	f	c	6
7	g	a, b, c, e, h	$6+4+6+3+2 = 21$
8	h	a	6
9	i	a, e	$6+3 = 9$
10	j	ไม่มี	0
11	k	j	5
12	l	a, b, c, d, e, f, j, k, n	$6+4+6+2+3+3+5+3+3 = 35$
13	m	a, b, c, d, f, j, k, n, o	$6+4+6+2+3+5+3+3+1 = 33$
14	n	j	5
15	o	b, c, d, f, j, k, n	$4+6+2+3+5+3+3 = 26$

6.5.4 วิธีการกำหนดความหนาแน่นของประชากรคำตอบ

วิธีการรักษาความหลากหลายให้กับสมาชิกประชากรคำตอบ หรือการแบ่งปันค่าความแข็งแรง หรือวิธีการกำหนดความหนาแน่น ถือว่าเป็นวิธีที่สำคัญที่ทำให้เกิดกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด และป้องกันการเกาะกลุ่มของคำตอบในบริเวณใดบริเวณหนึ่ง โดยวิธีการกำหนดความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบนั้นมีหลายวิธีแต่ละวิธีจะเหมาะสมกับอัลกอริทึมใดอัลกอริทึมหนึ่งดังที่ได้กล่าวในบทที่ 3 โดยหลักการเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II (M-NSGA II) จะใช้วิธีการกำหนดความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบด้วยวิธี Crowding Distance ส่วนหลักการของเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก SPEA 2 (M-SPEA 2) วิธีการกำหนดความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบด้วยวิธี k -nearest neighbor รายละเอียดแสดงได้ดังนี้

6.5.4.1 การคำนวณค่าความหนาแน่นที่ใช้ใน M-NSGA II และ NSGA II

การคำนวณความหนาแน่นที่ใช้ในทั้งสองอัลกอริทึมนี้จะใช้วิธี Crowding Distance โดยเทคนิคนี้จะถูกนำมาใช้คำนวณระยะทางระหว่างสมาชิกประชากรคำตอบที่อยู่ใน Front เดียวกันเท่านั้น ขั้นตอนการคำนวณ Crowding Distance แสดงได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ถ้าสมาชิกประชากรคำตอบมีอันดับที่เท่ากันแล้วให้คำนวณขั้นตอนที่ 2 และ 3 ดังนี้

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดให้ l แทนจำนวนประชากรคำตอบทั้งหมดใน Front ที่ j , $j=1, \dots, R$ และ $x_{[i,k]}$ แทน สมาชิกประชากรคำตอบที่ i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ k ที่ได้รับการเรียงลำดับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์จากน้อยไปมาก (Sort List) โดยสมาชิกประชากรคำตอบที่มีลำดับที่ 1 (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์น้อยที่สุด) และลำดับสุดท้าย (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์มากที่สุด) จะถูกกำหนดให้มี Crowding Distance เป็นค่ามาก ๆ (Infinity) นั่นคือ $cd_k(x_{[1,k]}) = \infty$ และ $cd_k(x_{[l,k]}) = \infty$ ส่วนสมาชิกประชากรคำตอบรายการเรียงลำดับที่ 2 ถึงลำดับที่ $l-1$ จะคำนวณ Crowding Distance จาก

$$cd_k(x_{[i,k]}) = \frac{f_k(x_{[i+1,k]}) - f_k(x_{[i-1,k]})}{f_k^{\max} - f_k^{\min}} \quad (6.9)$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณผลรวมของ Crowding Distance ทั้ง k ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ จะได้ว่า $cd(x) = \sum cd_k(x)$ นั่นคือค่า Crowding Distance ของสมาชิกคำตอบนั้น ๆ โดยค่านี้จะแสดงถึงระยะห่างระหว่างจุดที่อยู่ต่อเนื่องกันบนคำตอบใน Front เดียวกันที่ทำการ Normalize แล้ว ถ้าค่า Crowding Distance น้อยจะแสดงให้เห็นถึงกลุ่มคำตอบใน Front นั้นมีการเกาะกลุ่มกัน ส่วนค่า Crowding Distance มากจะแสดงให้เห็นว่ากลุ่มคำตอบใน Front นั้นมีการกระจายอย่างชัดเจน

จากตารางที่ 6.3 เป็นการกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting ซึ่งผลลัพธ์ในขั้นตอนนี้จะทำให้ทราบว่าสมาชิกประชากรคำตอบใดอยู่บน Front เดียวกัน ดังนั้นในการกำหนดความหนาแน่นด้วยวิธี Crowding Distance ของตัวอย่างข้างต้น สามารถคำนวณได้ดังนี้

ตัวอย่างการคำนวณค่า Crowding Distance ใน Front ที่ 1

1) จากตารางที่ 6.2 ทำการหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 ที่มีค่ามากที่สุด และน้อยที่สุด โดยจากตัวอย่างนี้ $f_1^{\max} = 659$, $f_1^{\min} = 416$, $f_2^{\max} = 33.5833$ และ $f_2^{\min} = 9.7500$

2) พิจารณาสมาชิกประชากรคำตอบที่อยู่ใน Front นี้คือ คำตอบ a, c, d และ j ซึ่งสามารถเรียงค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 จากน้อยไปมากได้ดังตารางที่ 6.5

ตารางที่ 6.5 การเรียงลำดับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ใน Front 1

No.	แทนด้วย	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Rank	i
1	a	416	27.5833	1	1
3	c	485	22.9167	1	2
10	j	579	12.0833	1	3
4	d	645	9.7500	1	4

3) จากตัวอย่างนี้สมาชิกประชากรคำตอบที่มีลำดับที่ 1 ($i=1$) (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์น้อยที่สุด) และลำดับสุดท้าย ($i=4$) (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์มากที่สุด) คือคำตอบ a และ j ตามลำดับ ดังนั้นประชากรคำตอบทั้งสองจะมี Crowding Distance เท่ากับ Infinity

4) คำนวณ Crowding Distance ของสมาชิกประชากรคำตอบที่ลำดับที่ 2 ($i=2$) และ 3 ($i=3$) คือ คำตอบ c และ d ตามลำดับ ดังนี้

ค่า Crowding Distance ของสมาชิกประชากรคำตอบ c

$$\begin{aligned} cd_1(x_{[2,1]}) &= \frac{f_1(x_{[2+1,1]}) - f_1(x_{[2-1,1]})}{f_1^{\max} - f_1^{\min}} \\ &= \frac{|579 - 416|}{659 - 416} = 0.6708 * \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} cd_2(x_{[2,2]}) &= \frac{f_2(x_{[2+1,2]}) - f_2(x_{[2-1,2]})}{f_2^{\max} - f_2^{\min}} \\ &= \frac{|12.0833 - 27.5833|}{33.5833 - 9.7500} = 0.6503 * \end{aligned}$$

ดังนั้นค่า Crowding Distance ของประชากรคำตอบนี้คือ

$$0.6708 + 0.6503 = 1.3211$$

หมายเหตุ เป็นระยะทางจิสส์ค่าสัมบูรณ์ (Absolute) เพื่อให้ได้ค่าบวก

ค่า Crowding Distance ของสมาชิกประชากรคำตอบ d

$$\begin{aligned} cd_1(x_{[3,1]}) &= \frac{f_1(x_{[3+1,1]}) - f_1(x_{[3-1,1]})}{f_1^{\max} - f_1^{\min}} \\ &= \frac{|645 - 485|}{659 - 416} = 0.6584 \end{aligned}$$

$$cd_2(x_{[3,2]}) = \frac{f_2(x_{[3+1,2]}) - f_2(x_{[3-1,2]})}{f_2^{\max} - f_2^{\min}}$$

$$= \frac{|9.7500 - 22.9167|}{|33.5833 - 9.7500|} = 0.5525$$

ดังนั้นค่า Crowding Distance ของประชากรคำตอบนี้คือ

$$0.6584 + 0.5525 = 1.2109$$

ตารางที่ 6.6 การคำนวณค่า Crowding Distance ให้กับแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ

No.	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Rank	Crowding Distance
1	416	27.5833	1	Infinity
3	485	22.9167	1	1.3211
10	579	12.0833	1	1.2109
4	645	9.7500	1	Infinity
8	448	33.5833	2	Infinity
5	462	28.7500	2	0.5299
2	502	26.2500	2	0.4773
6	544	25.4167	2	0.6633
14	602	20.2500	2	0.7776
11	614	13.7500	2	Infinity
9	473	28.7500	3	Infinity
15	657	27.2500	3	Infinity
7	518	29.9167	4	Infinity
12	616	29.4167	4	0.6362
13	659	28.5833	4	Infinity

จากตารางที่ 6.6 แสดงผลการคำนวณค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting และการประมาณความหนาแน่นให้กับสมาชิกประชากรคำตอบตัวอย่างด้วยวิธี Crowding Distance โดยในกลุ่มประชากรที่มีค่าความแข็งแรงเท่ากัน (Front เดียวกัน) จะมีคำตอบปลาย (Extreme Solution) ทั้งสองด้าน ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นคำตอบมีความสำคัญจึงกำหนดให้ค่าเป็นค่ามาก ๆ เนื่องจากคำตอบปลายนี้แสดงถึงขอบเขต (Boundary) ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ การกำหนดให้มีค่ามาก ๆ จึงเป็นการป้องกันการตัดคำตอบที่เป็นคำตอบปลายออกไปในขั้นตอนการคัดเลือกคำตอบเข้าสู่ Mating Pool

6.5.4.2 การกำหนดความหนาแน่นที่ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2

การคำนวณความหนาแน่นที่ใช้ในทั้งสองอัลกอริทึมนี้จะใช้วิธี k -nearest ที่ดัดแปลงมาจาก Silverman (1986) วิธีการนี้จะคำนวณความหนาแน่นด้วยการหาระยะทาง (ตามสมการที่ 6.10) ที่ใกล้กับสมาชิกคำตอบที่พิจารณาอยู่ k คำตอบ แทนด้วย σ_i^k และสามารถกำหนด k ได้จากรากที่สองของผลรวมจำนวนประชากรคำตอบ (Population size

: N_p) จำนวนของพื้นที่เก็บคำตอบที่ดี (Archive Size: N_E) $k = \sqrt{N_p + N_E}$ ดังนั้นจะได้ว่าความหนาแน่นของสมาชิกประชากรคำตอบที่ i จากสมการที่ (6.11) ดังนี้

$$d(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^2 \left(\frac{f(x_i) - f(y_i)}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right)^2} \quad (6.10)$$

$$D(i) = \frac{1}{\sigma_i^k + 2} \quad (6.11)$$

จากตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ในตารางที่ 6.1 สามารถคำนวณความหนาแน่นด้วยวิธี k -nearest neighbor ตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) เนื่องจากในตัวอย่างนี้กำหนดให้ $N_p = N_E$

ดังนั้น $k = \sqrt{15 + 15} = 5.4772 \approx 5$

2) ทำการหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 ที่มีค่ามากที่สุดและน้อยที่สุด โดยจากตัวอย่างนี้ $f_1^{\max} = 659$, $f_1^{\min} = 416$, $f_2^{\max} = 33.5833$ และ $f_2^{\min} = 9.7500$ จากนั้นหาระยะทางระหว่างคำตอบที่พิจารณากับประชากรคำตอบทุกคำตอบตามสมการที่ 6.10

3) เรียงลำดับระยะทางของสมาชิกประชากรคำตอบที่ i ถึง k ซึ่งในขั้นตอนนี้จะได้ σ_i^k

4) คำนวณความหนาแน่นดังสมการที่ 6.11

ตารางที่ 6.7 แสดงระยะทางระหว่างคำตอบที่ i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1

คำตอบ ที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		416	502	485	645	462	544	518	448	473	579	614	616	659	602	657
1	416	0.0000	0.1253	0.0806	0.8881	0.0358	0.2775	0.1762	0.0173	0.0550	0.4499	0.6639	0.6774	1.0000	0.5859	0.9836
2	502	0.1253	0.0000	0.0049	0.3463	0.0271	0.0299	0.0043	0.0494	0.0142	0.1004	0.2124	0.2201	0.4174	0.1694	0.4069
3	485	0.0806	0.0049	0.0000	0.4335	0.0090	0.0590	0.0184	0.0232	0.0024	0.1496	0.2818	0.2906	0.5127	0.2318	0.5010
4	645	0.8881	0.3463	0.4335	0.0000	0.5671	0.1728	0.2731	0.6572	0.5010	0.0738	0.0163	0.0142	0.0033	0.0313	0.0024
5	462	0.0358	0.0271	0.0090	0.5671	0.0000	0.1139	0.0531	0.0033	0.0020	0.2318	0.3913	0.4016	0.6572	0.3319	0.6440
6	544	0.2775	0.0299	0.0590	0.1728	0.1139	0.0000	0.0114	0.1561	0.0854	0.0207	0.0830	0.0878	0.2240	0.0570	0.2162
7	518	0.1762	0.0043	0.0184	0.2731	0.0531	0.0114	0.0000	0.0830	0.0343	0.0630	0.1561	0.1626	0.3367	0.1195	0.3272
8	448	0.0173	0.0494	0.0232	0.6572	0.0033	0.1561	0.0830	0.0000	0.0106	0.2906	0.4667	0.4780	0.7540	0.4016	0.7397
9	473	0.0550	0.0142	0.0024	0.5010	0.0020	0.0854	0.0343	0.0106	0.0000	0.1903	0.3367	0.3463	0.5859	0.2818	0.5734
10	579	0.4499	0.1004	0.1496	0.0738	0.2318	0.0207	0.0630	0.2906	0.1903	0.0000	0.0207	0.0232	0.1084	0.0090	0.1030
11	614	0.6639	0.2124	0.2818	0.0163	0.3913	0.0830	0.1561	0.4667	0.3367	0.0207	0.0000	0.0001	0.0343	0.0024	0.0313
12	616	0.6774	0.2201	0.2906	0.0142	0.4016	0.0878	0.1626	0.4780	0.3463	0.0232	0.0001	0.0000	0.0313	0.0033	0.0285
13	659	1.0000	0.4174	0.5127	0.0033	0.6572	0.2240	0.3367	0.7540	0.5859	0.1084	0.0343	0.0313	0.0000	0.0550	0.0001
14	602	0.5859	0.1694	0.2318	0.0313	0.3319	0.0570	0.1195	0.4016	0.2818	0.0090	0.0024	0.0033	0.0550	0.0000	0.0512
15	657	0.9836	0.4069	0.5010	0.0024	0.6440	0.2162	0.3272	0.7397	0.5734	0.1030	0.0313	0.0285	0.0001	0.0512	0.0000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.8 แสดงระยะทางระหว่างคำตอบที่ i ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2

คำตอบ ที่		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
		27.5833	26.2500	22.9167	9.7500	28.7500	25.4167	29.9167	33.5833	28.7500	12.0833	13.7500	29.4167	28.5833	20.2500	27.2500
1	27.5833	0.0000	0.0031	0.0383	0.5599	0.0024	0.0083	0.0096	0.0634	0.0024	0.4230	0.3369	0.0059	0.0018	0.0947	0.0002
2	26.2500	0.0031	0.0000	0.0196	0.4793	0.0110	0.0012	0.0237	0.0947	0.0110	0.3533	0.2751	0.0177	0.0096	0.0634	0.0018
3	22.9167	0.0383	0.0196	0.0000	0.3052	0.0599	0.0110	0.0863	0.2003	0.0599	0.2066	0.1479	0.0744	0.0565	0.0125	0.0331
4	9.7500	0.5599	0.4793	0.3052	0.0000	0.6355	0.4321	0.7160	1.0000	0.6355	0.0096	0.0282	0.6809	0.6244	0.1941	0.5391
5	28.7500	0.0024	0.0110	0.0599	0.6355	0.0000	0.0196	0.0024	0.0411	0.0000	0.4890	0.3961	0.0008	0.00005	0.1272	0.0040
6	25.4167	0.0083	0.0012	0.0110	0.4321	0.0196	0.0000	0.0356	0.1174	0.0196	0.3130	0.2396	0.0282	0.0177	0.0470	0.0059
7	29.9167	0.0096	0.0237	0.0863	0.7160	0.0024	0.0356	0.0000	0.0237	0.0024	0.5599	0.4601	0.0004	0.0031	0.1645	0.0125
8	33.5833	0.0634	0.0947	0.2003	1.0000	0.0411	0.1174	0.0237	0.0000	0.0411	0.8138	0.6925	0.0306	0.0440	0.3130	0.0706
9	28.7500	0.0024	0.0110	0.0599	0.6355	0.0000	0.0196	0.0024	0.0411	0.0000	0.4890	0.3961	0.0008	0.00005	0.1272	0.0040
10	12.0833	0.4230	0.3533	0.2066	0.0096	0.4890	0.3130	0.5599	0.8138	0.4890	0.0000	0.0049	0.5289	0.4793	0.1174	0.4050
11	13.7500	0.3369	0.2751	0.1479	0.0282	0.3961	0.2396	0.4601	0.6925	0.3961	0.0049	0.0000	0.4321	0.3874	0.0744	0.3208
12	29.4167	0.0059	0.0177	0.0744	0.6809	0.0008	0.0282	0.0004	0.0306	0.0008	0.5289	0.4321	0.0000	0.0012	0.1479	0.0083
13	28.5833	0.0018	0.0096	0.0565	0.6244	0.00005	0.0177	0.0031	0.0440	0.00005	0.4793	0.3874	0.0012	0.0000	0.1223	0.0031
14	20.2500	0.0947	0.0634	0.0125	0.1941	0.1272	0.0470	0.1645	0.3130	0.1272	0.1174	0.0744	0.1479	0.1223	0.0000	0.0863
15	27.2500	0.0002	0.0018	0.0331	0.5391	0.0040	0.0059	0.0125	0.0706	0.0040	0.4050	0.3208	0.0083	0.0031	0.0863	0.0000

ตารางที่ 6.9 ระยะทางระหว่างคำตอบ

คำตอบ ที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.0000	0.3583	0.3449	1.2033	0.1955	0.5345	0.4310	0.2841	0.2396	0.9343	1.0004	0.8266	1.0009	0.8250	0.9919
2	0.3583	0.0000	0.1564	0.9086	0.1952	0.1763	0.1673	0.3795	0.1589	0.6736	0.6982	0.4876	0.6535	0.4824	0.6392
3	0.3449	0.1564	0.0000	0.8595	0.2624	0.2645	0.3236	0.4727	0.2497	0.5969	0.6556	0.6042	0.7545	0.4943	0.7308
4	1.2033	0.9086	0.8595	0.0000	1.0967	0.7777	0.9945	1.2873	1.0661	0.2887	0.2108	0.8338	0.7923	0.4748	0.7359
5	0.1955	0.1952	0.2624	1.0967	0.0000	0.3653	0.2356	0.2108	0.0453	0.8490	0.8873	0.6344	0.8107	0.6776	0.8049
6	0.5345	0.1763	0.2645	0.7777	0.3653	0.0000	0.2170	0.5230	0.3239	0.5777	0.5680	0.3405	0.4915	0.3224	0.4713
7	0.4310	0.1673	0.3236	0.9945	0.2356	0.2170	0.0000	0.3266	0.1915	0.7892	0.7850	0.4038	0.5829	0.5329	0.5829
8	0.2841	0.3795	0.4727	1.2873	0.2108	0.5230	0.3266	0.0000	0.2274	1.0509	1.0766	0.7131	0.8933	0.8453	0.9002
9	0.2396	0.1589	0.2497	1.0661	0.0453	0.3239	0.1915	0.2274	0.0000	0.8242	0.8560	0.5891	0.7655	0.6395	0.7598
10	0.9343	0.6736	0.5969	0.2887	0.8490	0.5777	0.7892	1.0509	0.8242	0.0000	0.1601	0.7430	0.7666	0.3555	0.7127
11	1.0004	0.6982	0.6556	0.2108	0.8873	0.5680	0.7850	1.0766	0.8560	0.1601	0.0000	0.6574	0.6493	0.2772	0.5934
12	0.8266	0.4876	0.6042	0.8338	0.6344	0.3405	0.4038	0.7131	0.5891	0.7430	0.6574	0.0000	0.1804	0.3889	0.1917
13	1.0009	0.6535	0.7545	0.7923	0.8107	0.4915	0.5829	0.8933	0.7655	0.7666	0.6493	0.1804	0.0000	0.4210	0.0565
14	0.8250	0.4824	0.4943	0.4748	0.6776	0.3224	0.5329	0.8453	0.6395	0.3555	0.2772	0.3889	0.4210	0.0000	0.3708
15	0.9919	0.6392	0.7308	0.7359	0.8049	0.4713	0.5829	0.9002	0.7598	0.7127	0.5934	0.1917	0.0565	0.3708	0.0000

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จากตารางที่ 6.7 ถึง 6.9 แสดงการคำนวณระยะทางระหว่างประชากรคำตอบแต่ละคำตอบที่ถูกทำการ Normalized แล้ว โดยจะนำระยะทางที่ได้มาเรียงลำดับจากค่าน้อยไปมากที่สุด ตัวอย่างเช่น รายการเรียง (Sort List) ของระยะทางของคำตอบที่ 1 กับทุกคำตอบ แสดงดังตารางที่ 6.10 ดังนี้

ตารางที่ 6.10 รายการเรียง (Sort List) ของระยะทางระหว่างคำตอบที่ 1 และทุกคำตอบ

คำตอบที่	ระยะทาง
1	0
5	0.1955
9	0.2396
8	0.2841
3	0.3449
2	0.3583
7	0.4310
6	0.5345
14	0.8250
12	0.8266
10	0.9343
15	0.9919
11	1.0004
13	1.0009
4	1.2033

จากตารางที่ 6.10 เป็นการเรียงลำดับระยะทางจากคำตอบที่พิจารณาอยู่กับทุกคำตอบจากน้อยไปมาก โดยในที่นี้ $\sigma_i^k = \sigma_1^5$ หมายถึงระยะทางจากคำตอบที่ 1 ไปยังบริเวณ 5 คำตอบ ที่ใกล้เคียงที่สุด และมีระยะทางเท่ากับ 0.3583 ดังนั้นความหนาแน่นของ

คำตอบที่ 1 จะมีค่าเท่ากับ $D(1) = \frac{1}{(0.3583 + 2)} = 0.4240$ จะเห็นได้ว่าความหนาแน่นที่

คำนวณได้คือส่วนกลับของระยะทาง ดังนั้นประชากรคำตอบที่ดีจึงควรให้ค่าความหนาแน่นน้อย นั่นคือ กลุ่มคำตอบมีการเกาะกลุ่มกัน ณ บริเวณนั้นๆ น้อย ผลการคำนวณค่าความหนาแน่นของสมาชิกประชากรคำตอบทุกคำตอบสามารถแสดงดังตารางที่ 6.11 โดยคำตอบที่มีค่า $R(i)$ และ $D(i)$ น้อย และถือว่าเป็นประชากรคำตอบที่แข็งแรง และมีโอกาสถูกเลือกเข้าไป Mating Pool สูงกว่าประชากรคำตอบที่อ่อนแอกว่า

ตารางที่ 6.11 คำนวณค่าความหนาแน่นให้กับแต่ละสมาชิกประชากรคำตอบด้วยวิธี k -nearest neighbor

No.	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$R(i)$	$D(i)$
1	416	27.5833	0	0.4240
3	485	22.9167	6	0.4555
10	579	12.0833	0	0.4304
4	645	9.7500	0	0.3600
8	448	33.5833	6	0.4473
5	462	28.7500	6	0.4303
2	502	26.2500	21	0.4304
6	544	25.4167	6	0.4202
14	602	20.2500	9	0.4465
11	614	13.7500	0	0.3851
9	473	28.7500	0	0.3856
15	657	27.2500	35	0.4160
7	518	29.9167	33	0.3872
12	616	29.4167	5	0.4186
13	659	28.5833	26	0.3872

6.5.5 การคัดเลือกคำตอบ

การคัดเลือกคำตอบ (Selection) เป็นการคัดเลือกสตริงคำตอบที่มีความแข็งแรงเข้าไปสู่ขั้นตอนต่อไปของ MAs โดยพิจารณาจากค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นร่วมกัน สตริงที่ได้รับอันดับที่ในการกำหนดให้จากวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุดเป็นอันดับต่ำ (ค่าความแข็งแรง) และมีความหนาแน่นน้อย (ในกรณี M-SPEA 2 และ SPEA 2) หรือมีความหนาแน่นมากกว่าระหว่างคำตอบในอันดับเดียวกัน (ในกรณี M-NSGA II และ NSGA II) จะมีโอกาสที่จะได้รับการคัดเลือกสูง โดยการคัดเลือกคำตอบใน NSGA II, SPEA 2, M-NSGA II และ M-SPEA 2 จะใช้ Binary Tournament Selection หรือ Tournament Selection (Goldberg, 1991) เพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ และดำเนินการทางพันธุกรรม โดย Binary Tournament Selection เป็นวิธีการคัดเลือกคำตอบที่ดัดแปลงมาจากวิธี Roulette Wheel Selection ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูเล็ตขึ้นมาก่อน จากนั้นทำสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ตมา 2 ตัว แล้วนำค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นมาเปรียบเทียบกัน จึงทำให้ได้สตริงคำตอบที่มีความแข็งแรงมากกว่า เข้าสู่ Mating Pool และในการคัดเลือกสตริงคำตอบจะดำเนินการจนกระทั่งครบ $popsiz$ ตัว ขั้นตอนการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธี Binary Tournament Selection มีดังนี้

6.5.5.1 การสร้าง Roulette Wheel Selection ที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-NSGA II และ NSGA-II

วงล้อรูเล็ต (Roulette Wheel) คือวงกลมที่มีพื้นที่ขนาด 1 หน่วย ซึ่งพื้นที่ถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ ตามจำนวนของประชากรในแต่ละเจนเนอเรชัน (เท่ากับ $popsize$ ส่วน) พื้นที่แต่ละส่วนจะมีขนาดเท่ากับความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของสตริงค่าตอบแต่ละตัว ซึ่งมีวิธีการสร้างมีดังนี้

1) แปลงค่า Dummy Fitness Value ของสตริงค่าตอบแต่ละตัว เนื่องจากสตริงที่ได้รับการจัดอันดับด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด จะได้รับค่าความแข็งแรงที่ไม่แท้จริง (Dummy Fitness Value) ซึ่งสตริงที่มีค่าอันดับที่หนึ่งจะมีความแข็งแรงมากที่สุด และสตริงที่มีค่าอันดับที่สูงที่สุดจะมีความแข็งแรงน้อยที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งที่ขัดแย้งกับความน่าจะเป็นที่คำนวณได้ ดังนั้นก่อนการคำนวณหาความน่าจะเป็นของสตริงค่าตอบแต่ละตัว จะต้องทำการแปลงค่า Dummy Fitness Value ก่อน โดยเริ่มต้นจากการหาค่า Dummy Fitness Value หรือค่า Rank ที่ต่ำที่สุด และสูงที่สุด จากนั้นค่าเปลี่ยนค่า Rank เดิมให้กลายเป็นค่าตรงข้าม แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 6.2

2) หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก
หาค่าความน่าจะเป็นในการคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงค่าตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ (6.6)

$$p_i = \frac{F'(i)}{\sum_{i=1}^{popsize} F'(i)} \quad i = 1, 2, \dots, popsize \quad (6.12)$$

โดยที่ $F(i)$ คือค่า Rank ของประชากรค่าตอบ

$F'(i)$ คือการแปลงค่า Rank ของประชากรค่าตอบให้เป็นอันดับตรงกันข้าม

$\sum_{i=1}^{popsize} F'(i)$ คือผลรวมของการแปลงค่า Rank

3) หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม
หาค่าความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของแต่ละสตริงค่าตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ (6.7)

$$q_i = \sum_{j=1}^i p_j \quad (6.13)$$

ตารางที่ 6.12 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ตที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-NSGA II และ NSGA II

String No.	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$F(i)$	$F'(i)$	p_i	q_i
1	416	27.5833	1	4	0.0976	0.0976
2	502	26.2500	2	3	0.0732	0.1707
3	485	22.9167	1	4	0.0976	0.2683
4	645	9.7500	1	4	0.0976	0.3659
5	462	28.7500	2	3	0.0732	0.4390
6	544	25.4167	2	3	0.0732	0.5122
7	518	29.9167	4	1	0.0244	0.5366
8	448	33.5833	2	3	0.0732	0.6098
9	473	28.7500	3	2	0.0488	0.6585
10	579	12.0833	1	4	0.0976	0.7561
11	614	13.7500	2	3	0.0732	0.8293
12	616	29.4167	4	1	0.0244	0.8537
13	659	28.5833	4	1	0.0244	0.8780
14	602	20.2500	2	3	0.0732	0.9512
15	657	27.2500	3	2	0.0488	1.0000
			รวม	41	1.0000	

6.5.5.2 วิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-NSGA II และ NSGA-II

การคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธี Roulette Wheel Selection ซึ่งใช้กันอยู่ทั่วไปจะใช้สุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ต ซึ่งมีโอกาสที่จะสุ่มได้สตริงคำตอบที่มีค่า Fitness น้อยๆ ด้วย แต่สำหรับการคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธี Binary Tournament Selection เป็นการสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ตมา 2 ตัว แล้วนำพิจารณาค่าความแข็งแรงและความหนาแน่น จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับอีกครั้งหนึ่ง สตริงคำตอบที่ถูกเลือกจึงเป็นตัวที่มีความแข็งแรงมากกว่า วิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใน M-NSGA II และ NSGA II มีขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

- 1) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_1
- 2) ถ้า $r_1 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_1 < q_i$ (เมื่อ $2 < i < \text{popsize}$) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก
- 3) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2

4) ถ้า $r_2 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_2 < q_i$ (เมื่อ $2 < i < \text{popsize}$) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวสอง

5) นำค่า Dummy Fitness Value หรือค่า Rank ของสตริงคำตอบ ทั้ง 2 ตัวมาเปรียบเทียบกัน ตัวใดมีค่า Rank น้อยกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่ Mating Pool และ ถ้าสตริงคำตอบตัวใดมีค่า Rank เท่ากัน ให้พิจารณาค่า Crowding Distance ที่มากกว่าจะถูกเลือกเข้าสู่ Mating Pool

6) ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1)ถึง5) จนกว่าจะได้สตริงคำตอบใน Mating Pool ครบ popsize ตัว

ตารางที่ 6.13 แสดงตัวอย่างค่า Rank และ Crowding Distance ที่ใช้ในการคัดเลือกคำตอบด้วยวิธี Binary

Tournament Selection

No.	$f_1(x)$	$f_2(x)$	Rank	Crowding Distance
1	416	27.5833	1	Infinity
3	485	22.9167	1	1.3211
10	579	12.0833	1	1.2109
4	645	9.7500	1	Infinity
8	448	33.5833	2	Infinity
5	462	28.7500	2	0.5299
2	502	26.2500	2	0.4773
6	544	25.4167	2	0.6633
14	602	20.2500	2	0.7776
11	614	13.7500	2	Infinity
9	473	28.7500	3	Infinity
15	657	27.2500	3	Infinity
7	518	29.9167	4	Infinity
12	616	29.4167	4	0.6362
13	659	28.5833	4	Infinity

ตารางที่ 6.14 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection
ที่นำมาประยุกต์ใน M-NSGA II และ NSGA II

ครั้งที่	ประชากรตัวที่ 1				ประชากรตัวที่ 2				หมายเลขประชากรที่เลือก
	r_1	$q_i > r_1$	no. pop	Rank	r_2	$q_i > r_2$	no. pop	Rank	
1	0.3759	0.4390	5	2	0.5316	0.5366	7	4	5
2	0.0033	0.0976	1	1	0.2415	0.2683	3	1	1
3	0.4234	0.4390	5	2	0.0013	0.0976	1	1	1
4	0.8820	0.8780	13	4	0.8976	0.9512	14	2	14
5	0.4231	0.4390	5	2	0.6688	0.7561	10	1	10
6	0.1132	0.1707	2	2	0.2587	0.2683	3	1	3
7	0.5597	0.6098	8	2	0.2874	0.3659	4	1	4
8	0.0506	0.0976	1	2	0.1870	0.2683	3	1	3
9	0.7458	0.7561	10	1	0.9852	1.0000	15	3	10
10	0.9768	1.0000	15	3	0.2147	0.2683	3	1	3
11	0.0462	0.0976	1	1	0.3011	0.3659	4	1	4
12	0.1195	0.1707	2	2	0.0254	0.0976	1	1	1
13	0.7237	0.7561	10	1	0.4785	0.5122	6	2	10
14	0.2481	0.2683	3	1	0.6987	0.7561	10	1	10
15	0.1199	0.1707	2	2	0.6479	0.6585	9	3	2

จากตารางที่ 6.4 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใน M-NSGA II และ NSGA II จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 1 3 4 และ 10 มีค่า Rank น้อยที่สุด จะถูกคัดเลือกขึ้นมามากที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบที่มีค่า Rank สูง จะถูกคัดเลือกน้อยครั้งเช่นกัน และในกรณีสตริงที่มีค่า Rank เท่ากันจะเลือกสตริงคำตอบที่มีค่า Crowding Distance มากกว่า เนื่องจากการเลือก Crowding Distance มากจะสามารถทำให้คำตอบที่ได้มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ ไม่เกาะอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง

6.5.5.3 การสร้าง Roulette Wheel Selection ที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2

การสร้างวงล้อสุ่มที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2 นั้น จะมีหลักการสร้างเดียวกันกับการสร้างวงล้อสุ่มใน M-NSGA II แตกต่างกันที่ค่าการคำนวณค่า Fitness Value ($F(i)$) ที่เกิดขึ้นจากการรวมกันของค่า $R(i)$ และ $D(i)$ และจะคัดเลือกคำตอบจากสถานที่เก็บคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งมีวิธีการสร้างมีดังนี้

1) แปลงค่า Dummy Fitness Value ของสตริงคำตอบแต่ละตัว

เนื่องจากสตริงที่ได้รับการจัดอันดับด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด จะได้รับค่าความแข็งแรงที่ไม่แท้จริง (Dummy Fitness Value) ซึ่งสตริงที่มีค่า $F(i)$ น้อยที่สุดจะมีความแข็งแรงมากที่สุด และสตริงที่มีค่า $F(i)$ สูงที่สุดจะมีความแข็งแรงน้อยที่สุด ซึ่งเป็นสิ่งที่ขัดแย้งกับความน่าจะเป็นที่คำนวณได้ ดังนั้นก่อนการคำนวณหาความน่าจะเป็นของสตริงคำตอบแต่ละตัว จะต้องทำการแปลงค่า Dummy Fitness Value ก่อน โดยเริ่มต้นจากการหาผลรวมของค่า $F(i)$ และ $F(i)$ แต่ละคำตอบไปลบออกจากผลรวมที่ได้ จากนั้นคิดผลรวมของผลต่างดังกล่าว รายละเอียดในการคำนวณแสดงตัวอย่างดังตารางที่ 6.4

2) หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก

หาค่าความน่าจะเป็นในการคัดเลือก (Probability of Selection) ของสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ (6.5)

$$F'(i) = \sum_{i=1}^{popsize} F(i) - F(i) \quad (6.14)$$

$$p_i = \frac{F'(i)}{\sum_{i=1}^{popsize} F'(i)} \quad i = 1, 2, \dots, popsize \quad (6.15)$$

โดยที่ $F(i)$ คือค่า Fitness ของประชากรคำตอบที่ i

$F'(i)$ คือการแปลงค่า Fitness ของประชากรคำตอบ

$\sum_{i=1}^{popsize} F'(i)$ คือผลรวมของการแปลงค่า Fitness

3) หาค่าความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกสะสม

หาค่าความน่าจะเป็นสะสม (Cumulative Probability of Selection) ของแต่ละสตริงคำตอบแต่ละตัว ตามสมการที่ (6.7)

ตารางที่ 6.15 ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ตที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2

String No.	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$R(i)$	$D(i)$	$F(i)$	$F'(i)$	p_i	q_i
1	416	27.5833	0	0.4240	0.4240	163.8003	0.0712	0.0712
2	502	26.2500	6	0.4555	6.4555	157.7688	0.0686	0.1399
3	485	22.9167	0	0.4304	0.4304	163.7939	0.0712	0.2111
4	645	9.7500	0	0.3600	0.3600	163.8643	0.0713	0.2824
5	462	28.7500	6	0.4473	6.4473	157.7770	0.0686	0.3510
6	544	25.4167	6	0.4303	6.4303	157.7940	0.0686	0.4196
7	518	29.9167	21	0.4304	21.4304	142.7939	0.0621	0.4817
8	448	33.5833	6	0.4202	6.4202	157.8041	0.0686	0.5504
9	473	28.7500	9	0.4465	9.4465	154.7778	0.0673	0.6177
10	579	12.0833	0	0.3851	0.3851	163.8392	0.0713	0.6890
11	614	13.7500	5	0.3856	5.3856	158.8387	0.0691	0.7580
12	616	29.4167	35	0.4160	35.4160	128.8083	0.0560	0.8141
13	659	28.5833	33	0.3872	33.3872	130.8371	0.0569	0.8710
14	602	20.2500	5	0.4186	5.4186	158.8057	0.0691	0.9400
15	657	27.2500	26	0.3872	26.3872	137.8371	0.0600	1.0000
					164.2243	2299.1402	1.0000	

หมายเหตุ การคัดเลือกคำตอบจะคัดเลือกจากสถานที่เก็บคำตอบที่ดี หรือ Archive Population

6.5.5.4 วิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2

การคัดเลือกสตริงคำตอบโดยวิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใช้ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2 จะมีหลักการเช่นเดียวกับ M-NSGA II และ NSGA II โดยมีขั้นตอนการเลือกมีดังนี้

- 1) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมา 1 ค่า คือ r_1
- 2) ถ้า $r_1 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_1 < q_i$ (เมื่อ $2 < i < popsize$) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวแรก
- 3) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ขึ้นมาอีก 1 ค่า คือ r_2
- 4) ถ้า $r_2 < q_1$ ให้เลือกสตริงคำตอบตัวแรก แต่ถ้า $q_{i-1} < r_2 < q_i$ (เมื่อ $2 < i < popsize$) ให้เลือกสตริงคำตอบตัวที่ i มาเป็นสตริงคำตอบตัวสอง

5) นำค่า Fitness ของสตริงคำตอบทั้ง 2 ตัวมาเปรียบเทียบกัน ตัวใดมีค่า Fitness น้อยกว่าก็ให้เลือกตัวนั้นเข้าสู่ Mating Pool และถ้าสตริงคำตอบตัวใดมีค่า Fitness เท่ากัน ให้พิจารณาค่า Density ที่น้อยกว่าจะถูกเลือกเข้าสู่ Mating Pool

6) ทำตามขั้นตอนข้อที่ 1)ถึง5) จนกว่าจะได้สตริงคำตอบใน Mating Pool ครบ *popsiz*e ตัว

ตารางที่ 6.16 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2

ครั้งที่	ประชากรตัวที่ 1				ประชากรตัวที่ 2				หมายเลขประชากรที่เลือก
	r_1	$q_i > r_1$	no. pop	Fitness	r_2	$q_i > r_2$	no. pop	Fitness	
1	0.1365	0.1399	2	6.4555	0.0918	0.0712	1	0.4240	1
2	0.8939	0.9400	14	5.4186	0.1991	0.2111	3	0.4304	3
3	0.2987	0.3510	5	6.4473	0.6614	0.6890	10	0.3851	10
4	0.2844	0.3510	5	6.4473	0.4692	0.4817	7	21.4304	5
5	0.0648	0.0712	1	0.4240	0.9883	1.0000	15	26.3872	1
6	0.5828	0.6177	9	9.4465	0.4235	0.4817	7	21.4304	9
7	0.5155	0.4817	8	6.4202	0.3340	0.3510	5	6.4473	8
8	0.4329	0.4817	7	21.4304	0.2259	0.2824	4	0.3600	4
9	0.5798	0.6177	9	9.4465	0.7604	0.8141	12	0.3851	9
10	0.5298	0.5504	8	6.4202	0.6405	0.6890	10	0.3851	10
11	0.2091	0.2111	3	0.4304	0.3798	0.4196	6	6.4303	3
12	0.7833	0.8141	12	35.4160	0.6808	0.6890	10	0.3851	10
13	0.4611	0.4817	7	21.4304	0.5678	0.6029	9	9.4465	9
14	0.7942	0.8141	12	35.4160	0.0592	0.0712	1	0.4240	1
15	0.6029	0.6177	9	9.4465	0.0503	0.0712	1	0.4240	1

จากตารางที่ 6.16 แสดงตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธี Binary Tournament Selection ที่นำมาประยุกต์ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2 จะเห็นได้ว่าสตริงหมายเลข 1 3 4 และ 10 มีค่า $R(i) = 0$ และมี $F(i)$ น้อยที่สุด จะถูกคัดเลือกขึ้นมามากที่สุด ในขณะที่สตริงคำตอบที่มีค่า $F(i)$ สูงจะถูกคัดเลือกน้อยครั้งเช่นกัน และหากพบกรณีที่สตริงที่มีค่า Fitness เท่ากันจะเลือกสตริงคำตอบที่มีค่า Density น้อยกว่าเนื่องจากการเลือก Density น้อยแสดงว่าบริเวณคำตอบนั้นมีประชากรที่ไม่เกาะกลุ่มกันมากเกินไป

6.5.6 การครอสโอเวอร์

การครอสโอเวอร์ (Crossover) เป็นขั้นตอนที่ใช้ในการสร้างประชาคำตอบใหม่หรือประชากรคำตอบรุ่นลูก โดยการเลือกใช้ครอสโอเวอร์ให้เหมาะสมกับรูปแบบปัญหาถือว่าเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากส่งผลถึงการพัฒนาคำตอบที่หาได้จากตัวดำเนินการนี้ด้วย ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้วิธีการครอสโอเวอร์ (Crossover Type) คือ Order Crossover (OX-crossover) ที่มีกำหนดจากงานวิจัยก่อนนี้ ส่วนปัจจัยด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับครอสโอเวอร์ มีดังนี้

- ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Crossover Probability : P_c) คือค่าที่ใช้ในการคัดเลือกสตริงที่จะเข้าสู่การครอสโอเวอร์ โดยเปรียบเทียบกับค่าที่สุ่มขึ้นกับค่า P_c ถ้าสตริงตัวใดที่มีค่าสุ่มน้อยกว่าค่า P_c จะถูกนำมาจับคู่ กลายเป็นสตริงพ่อแม่ (Parent)
- จำนวนสตริงคำตอบที่ถูกนำมาจับคู่ (N_c) คือจำนวนสตริงที่จะเข้าสู่การครอสโอเวอร์ โดย $N_c = popsize \times P_c$

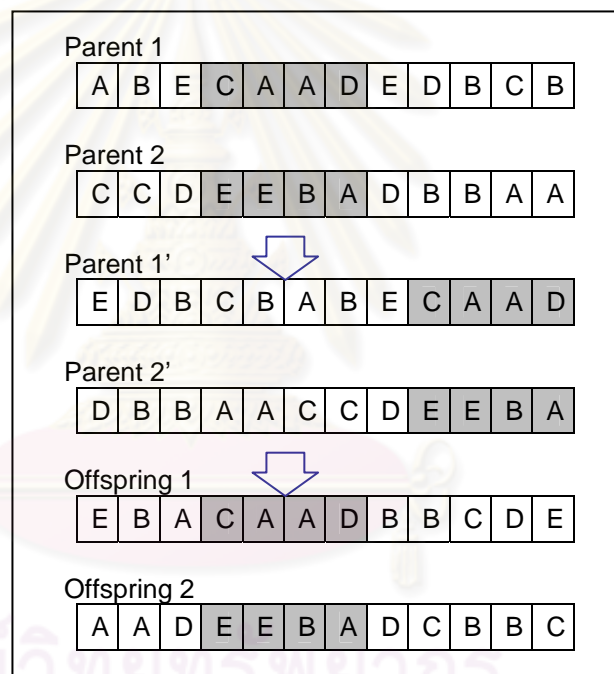
6.5.6.1 การจับคู่สตริงคำตอบ

จากสตริงคำตอบจำนวน $popsize$ ตัวที่ได้มาจากระบวนการคัดเลือก จะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาจับคู่เพื่อเตรียมสำหรับกระบวนการครอสโอเวอร์ จำนวนสตริงคำตอบที่จะถูกนำไปจับคู่ (N_c) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (P_c) การจับคู่สตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไป ครอสโอเวอร์ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว
- 2) สตริงคำตอบตัวใดที่ตัวเลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า P_c จะถูกเลือกไปจับคู่และทำการครอสโอเวอร์
- 3) ถ้าไม่มีสตริงคำตอบตัวใดที่มีค่า r น้อยกว่า P_c ให้เริ่มทำข้อ 1 และข้อ 2 อีกครั้ง
- 4) ถ้ามีสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า P_c ทั้งหมดจำนวน N_c ตัว โดยที่ N_c เป็นจำนวนคี่ ต้องทำการปรับให้เป็นจำนวนคู่ก่อน โดยมีเงื่อนไขในการปรับ ดังนี้
 - ถ้า N_c เป็นจำนวนคี่ซึ่งมีค่าระหว่าง 1 ถึง $popsize$ ให้ทำการสุ่มตัวเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา 1 ค่า ถ้าสุ่มตัวเลข 1 ให้เพิ่มสตริงคำตอบเข้าไปอีก 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่เหลืออยู่ใน Mating pool แต่ถ้าสุ่มได้เลข 0 ให้ตัดสตริงคำตอบทิ้ง 1 ตัว โดยสุ่มเลือกจากตัวที่ได้เลือกเอาไว้
- 5) เมื่อได้สตริงคำตอบที่จะนำมาจับคู่ทั้งหมด N_c ตัว ให้นำมาจับคู่ตามลำดับ ซึ่งจะได้ทั้งหมด $N_c/2$ คู่

6.5.6.2 การครอสโอเวอร์

กระบวนการครอสโอเวอร์ เป็นกระบวนการที่นำสตริงคำตอบที่ถูกจับคู่ไว้ $N_c/2$ คู่ จากขั้นตอนการจับคู่สตริงคำตอบ มาแลกเปลี่ยนสตริงบางส่วนซึ่งกันและกัน เพื่อให้เกิดสตริงใหม่ขึ้นโดยเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ถูกจับคู่นี้ว่า “สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ (Parent)” และเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้ว่า “สตริงคำตอบรุ่นลูก (Offspring)” วิธีการครอสโอเวอร์มีหลายวิธี แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ ลักษณะสตริงคำตอบจะมีลักษณะเป็นแบบ Non-binary String ที่มีตัวอักษรซ้ำกัน ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการครอสโอเวอร์ที่มีการตัดแปลงวิธีการที่ใช้อยู่ทั่วไป ให้สอดคล้องกับลักษณะของสตริงคำตอบ โดยได้นำเสนอวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX-Crossover) นำเสนอโดย Michalewicz (1996) รายละเอียดขั้นตอนในการทำครอสโอเวอร์ แสดงได้ดังนี้



รูปที่ 6.11 วิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX

จากรูปที่ 6.11 แสดงวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX ซึ่งเป็นการสุ่มสตริงพ่อแม่ 2 ตัว มาแลกเปลี่ยนสตริงกันเพื่อสร้างเป็นสตริงรุ่นลูก เริ่มต้นโดยการสุ่มตัวเลขขึ้นมา 2 ตัว (Crossover Point) เพื่อหาสตริงย่อย จากนั้นคัดลอกสตริงย่อยจากสตริงพ่อแม่ (Parent) ตัวที่ 1 และ 2 มาใส่ในสตริงลูก (Offspring) ตัวที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ในตำแหน่งเดียวกัน จากนั้นเรียงลำดับสมาชิกในสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ใหม่ (Parent') เริ่มจากตำแหน่งหลังสตริงคำตอบย่อย ตามด้วยตำแหน่งก่อนหน้าสตริงคำตอบย่อย และสตริงคำตอบย่อย จากนั้นพิจารณาสตริงคำตอบที่ทำการเรียงลำดับแล้วกับสตริงคำตอบย่อยในสตริงคำตอบรุ่นลูก

Offspring 1

			C	A	A	D				
--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	--

Parent 2'

	B	B				C	D	E	E	B	A
--	---	---	--	--	--	---	---	---	---	---	---

Offspring 2

			E	E	B	A					
--	--	--	---	---	---	---	--	--	--	--	--

Parent 1'

	D		C	B		B		C	A	A	D
--	---	--	---	---	--	---	--	---	---	---	---

โดยพิจารณาสตริงย่อยใน Offspring 1 กับ Parent 2' และสตริงย่อยใน Offspring 2 กับ Parent 1' ทำการลบค่าที่ซ้ำกันออกไป และนำสมาชิกที่เหลือในสตริงคำตอบนั้นมาใส่ในสตริงคำตอบรุ่นลูก โดยสตริงคำตอบตำแหน่งหน้าสตริงคำตอบย่อย จะได้จากการนับสตริงคำตอบที่เหลือในตำแหน่งสุดท้ายไปยังจำนวนเท่ากับสตริงคำตอบที่เหลือหน้าตำแหน่งสตริงย่อยและนำสตริงคำตอบที่เหลือจะถูกนำไปใส่หลังสตริงคำตอบย่อย เช่น ใน Parent 2' สตริงที่เหลือ คือ BBCDEEBA สตริงคำตอบจะแบ่งเป็นสองส่วน คือ จากตำแหน่งท้ายสุดจำนวน 3 ตำแหน่ง (ซึ่งเท่ากับจำนวนสมาชิกหน้าสตริงย่อย) คือ EBA และ BBCDE ดังนั้นสตริงรุ่นลูกที่ 1 (Offspring 1) คือ EBACAADBBCDE

6.5.7 การมิวเทชัน

การมิวเทชัน (Mutation Type) เป็นวิธีการพัฒนาสตริงคำตอบวิธีหนึ่ง โดยการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียว ทำให้ได้สตริงคำตอบตัวใหม่เกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวิธีมิวเทชันตามงานวิจัยก่อนหน้า ซึ่งใช้วิธี Inversion Mutation และ Reciprocal Exchange Mutation ส่วนปัจจัยที่เกี่ยวข้องสำหรับการทำมิวเทชัน คือ

- ความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน (Mutation Probability : P_m) คือ ค่าที่ใช้ในการคัดเลือกสตริงที่จะเข้าสู่การมิวเทชัน โดยใช้เปรียบเทียบกับค่าที่สุ่มขึ้นกับค่า P_m ถ้าสตริงตัวใดที่มีค่าสุ่มน้อยกว่าค่า P_m จะต้องเข้าทำตามกระบวนการมิวเทชัน
- จำนวนสตริงที่ทำการมิวเทชัน (N_m) คือ จำนวนสตริงที่จะเข้าสู่การมิวเทชัน โดย $N_m = \text{popsize} \times P_m$

6.5.7.1 การคัดเลือกสตริงคำตอบ

จากสตริงคำตอบจำนวน popsize ตัวที่ได้จากการผ่านกระบวนการครอสโอเวอร์ จะมีสตริงคำตอบเพียงบางส่วนเท่านั้นที่จะถูกนำมาทำการมิวเทชัน จำนวนสตริง

คำตอบที่จะถูกนำมาทำการมิวเทชัน (Nm) ขึ้นอยู่กับความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน (Pm) โดยการเลือกสตริงคำตอบเพื่อที่จะนำไปมิวเทชัน มีขั้นตอนดังนี้

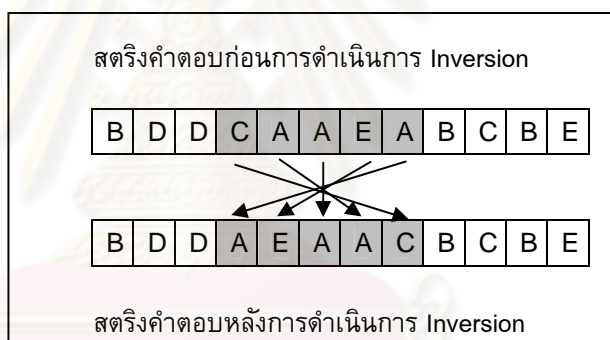
- 1) สร้างตัวเลขสุ่ม r ซึ่งมีค่าระหว่าง 0 ถึง 1 ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว
- 2) สตริงคำตอบตัวใดที่เลขสุ่มมีค่าน้อยกว่า Pm จะถูกเลือกไปทำการมิวเทชัน

6.5.7.2 การมิวเทชัน

รายละเอียดการมิวเทชันแต่ละวิธีของทั้ง 2 วิธี มีดังนี้

1) วิธี Inversion Mutation

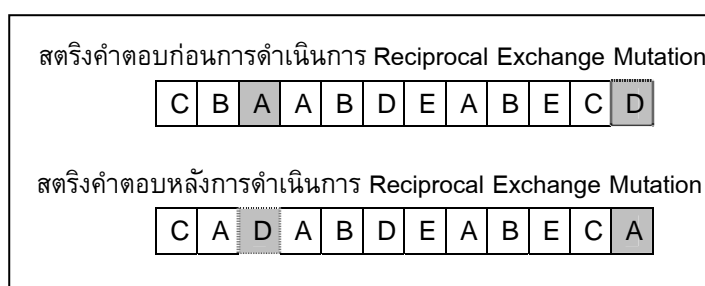
วิธี Inversion เป็นวิธีการมิวเทชันโดยการสลับค่าของสตริงย่อยภายในสตริงคำตอบโดยเริ่มต้นจากการสุ่มตัวเลขขึ้นมา 2 ตัว ตัวเลขสุ่มที่มีค่าน้อยกว่าจะเป็นตำแหน่งเริ่มต้นของสตริงคำตอบย่อย ส่วนตัวเลขสุ่มที่มีค่ามากจะเป็นตำแหน่งสุดท้ายภายในสตริงคำตอบย่อย



รูปที่ 6.12 วิธี Inversion Mutation

2) วิธี Reciprocal Exchange Mutation

วิธี Reciprocal Exchange เป็นการสลับตำแหน่งของตัวเลข 2 ตัวภายในสตริงคำตอบ โดยเริ่มจากการสุ่มตัว 2 ตัวที่ไม่ซ้ำกัน สมมติให้สุ่มได้เลข 3 และ 12 จากนั้นทำการสลับตำแหน่งของตัวเลขทั้งสอง



รูปที่ 6.13 วิธี Reciprocal Exchange Mutation

6.5.8 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด เป็นเทคนิคที่นำมาใช้เพื่อเก็บค่าที่ดีที่สุดไว้ เนื่องจากสตริงคำตอบที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่ การครอสโอเวอร์และการมิวเทชัน อาจเป็นคำตอบที่แย่กว่าคำตอบที่เคยปรากฏในเจนเนอเรชันที่ผ่านมา ๑ มา ดังนั้นจึงต้องมีการเก็บค่าที่ดีที่สุดเอาไว้เพื่อใช้เปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุดของกลุ่มสตริงคำตอบชุดใหม่ โดยพิจารณาค่าความแข็งแรงที่ดีกว่า (เนื่องจากในปัญหาที่พิจารณาเป็นการหาค่าต่ำที่สุดดังนั้นสตริงคำตอบที่ให้ค่าต่ำ จะเป็นสตริงคำตอบที่ดีกว่า) จะได้รับการแทนที่สตริงคำตอบที่ให้ค่าแย่และคัดเลือกคำตอบนั้นออกไป เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่นำมาใช้แบ่งตามอัลกอริทึมที่นำเสนอ ดังนี้

6.5.8.1 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใน M-NSGA II และ NSGA II

กลยุทธ์ในการรักษาประชากรคำตอบ (Strategies to maintain elitist solutions in the population) ที่ใช้ในทั้งสองอัลกอริทึมนี้คือ เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ทำการเก็บค่าคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution และในระหว่างกระบวนการค้นหาคำตอบตั้งแต่การสร้างประชากรรุ่นพ่อแม่ (P_t) การสร้างประชากรรุ่นลูกด้วยวิธีการทางพันธุกรรม (Q_t) ในแต่ละเจนเนอเรชัน จากนั้นจะนำประชากรรุ่นพ่อแม่และรุ่นลูกรวมกันสถานที่รวมคำตอบ ($R_t = P_t + Q_t$) และเก็บคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution โดยให้ความสำคัญกับสตริงคำตอบที่มีอันดับที่ต่ำและมีค่า Crowding Distance มาก และทำการปรับปรุง (Update) สตริงคำตอบใหม่ในสถานที่เก็บคำตอบ ด้วยการย้ายสตริงคำตอบที่ดีที่สุดตัวเดิมออกไป และเพิ่มสตริงคำตอบที่ดีที่สุดใหม่เข้ามา

6.5.8.2 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ใน M-SPEA 2 และ SPEA 2

กลยุทธ์ในการรักษาประชากรคำตอบที่ใช้ทั้งสองอัลกอริทึมนี้ จะแตกต่างจากวิธีที่ใช้ใน M-NSGA II และ NSGA II ไม่มากนัก โดยจะทำเก็บค่าคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution ที่ได้หลังจากทำการปรับปรุงคำตอบเบื้องต้นและหลังการดำเนินการพันธุกรรม ไปเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี (Archive Population หรือ External Population) โดยคัดลอกคำตอบที่มีค่า $R(i) = 0$ ไปเก็บในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ถ้าจำนวนคำตอบที่ได้มีค่ามากกว่าขนาดของสถานที่เก็บคำตอบให้พิจารณาจำนวนคำตอบที่มีค่า $D(i)$ น้อย แล้วคัดเลือกคำตอบไปเก็บจนครบขนาดสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ส่วนในกรณีที่จำนวนคำตอบที่มี $R(i) = 0$ มีค่าจำนวนน้อยกว่าขนาดของสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ให้พิจารณาค่า $F(i)$ ของประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ (เลือกค่าน้อย) แล้วคัดเลือกไปเก็บจนครบขนาดสถานที่เก็บคำตอบที่ดี และทำการ

ปรับปรุง (Update) ประชากรคำตอบที่ถูกเก็บไว้ในทุก ๆ เจนเนอเรชั่น ประชากรคำตอบใหม่ที่มีค่าดีกว่าประชากรคำตอบเดิม จะถูกนำมาแทนที่ และนำประชากรคำตอบเดิมออกไป

6.6 การประมาณกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

โดยทั่วไปหลักการหา true-Pareto Front จะทำการประมาณได้จากการรวมกันของทุกอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย และใช้หลักการ Pareto Dominance เพื่อหาเส้นขอบเขตที่ดีที่สุด (Pareto Optimal Frontier) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้อัลกอริทึมในการทดลอง 4 อัลกอริทึม คือ อัลกอริทึมดั้งเดิมอย่าง NSGA II SPEA 2 และอัลกอริทึมใหม่อย่าง M-NSGA II และ M-SPEA 2 ซึ่งทั้งสองอัลกอริทึมที่ได้พัฒนานี้จะทำการทดลองอัลกอริทึมละ 49 ครั้ง นั่นคือจะได้ Obtained Pareto Solution 98 เส้น และเมื่อรวมกับคำตอบที่ได้จาก NSGA II และ SPEA 2 อีก 2 เส้น ดังนั้นจะได้ว่าเส้นขอบเขตของกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนี้จะเกิดจาก Obtained Pareto Solution 100 เส้นนั่นเอง รายละเอียดแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 6.17 แสดงจำนวนเส้นขอบเขตคำตอบที่ดีที่สุดในการทดลองของ M-NSGA II และ M-SPEA 2

After mutation After initial solution	Local Search							true-Pareto of M-NSGA II
	PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP	
PI	1	1	1	1	1	1	1	1 Front
API	1	1	1	1	1	1	1	
2-Opt	1	1	1	1	1	1	1	
3-Opt	1	1	1	1	1	1	1	
Or-Opt	1	1	1	1	1	1	1	
Double-bridge	1	1	1	1	1	1	1	
IP	1	1	1	1	1	1	1	
After mutation After initial solution	Local Search							true-Pareto of M-SPEA 2
	PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP	
PI	1	1	1	1	1	1	1	1 Front
API	1	1	1	1	1	1	1	
2-Opt	1	1	1	1	1	1	1	
3-Opt	1	1	1	1	1	1	1	
Or-Opt	1	1	1	1	1	1	1	
Double-bridge	1	1	1	1	1	1	1	
IP	1	1	1	1	1	1	1	

หมายเหตุ ตัวเลข 1 คือจำนวนเส้นขอบเขตที่หาได้ในแต่ละการทดลอง

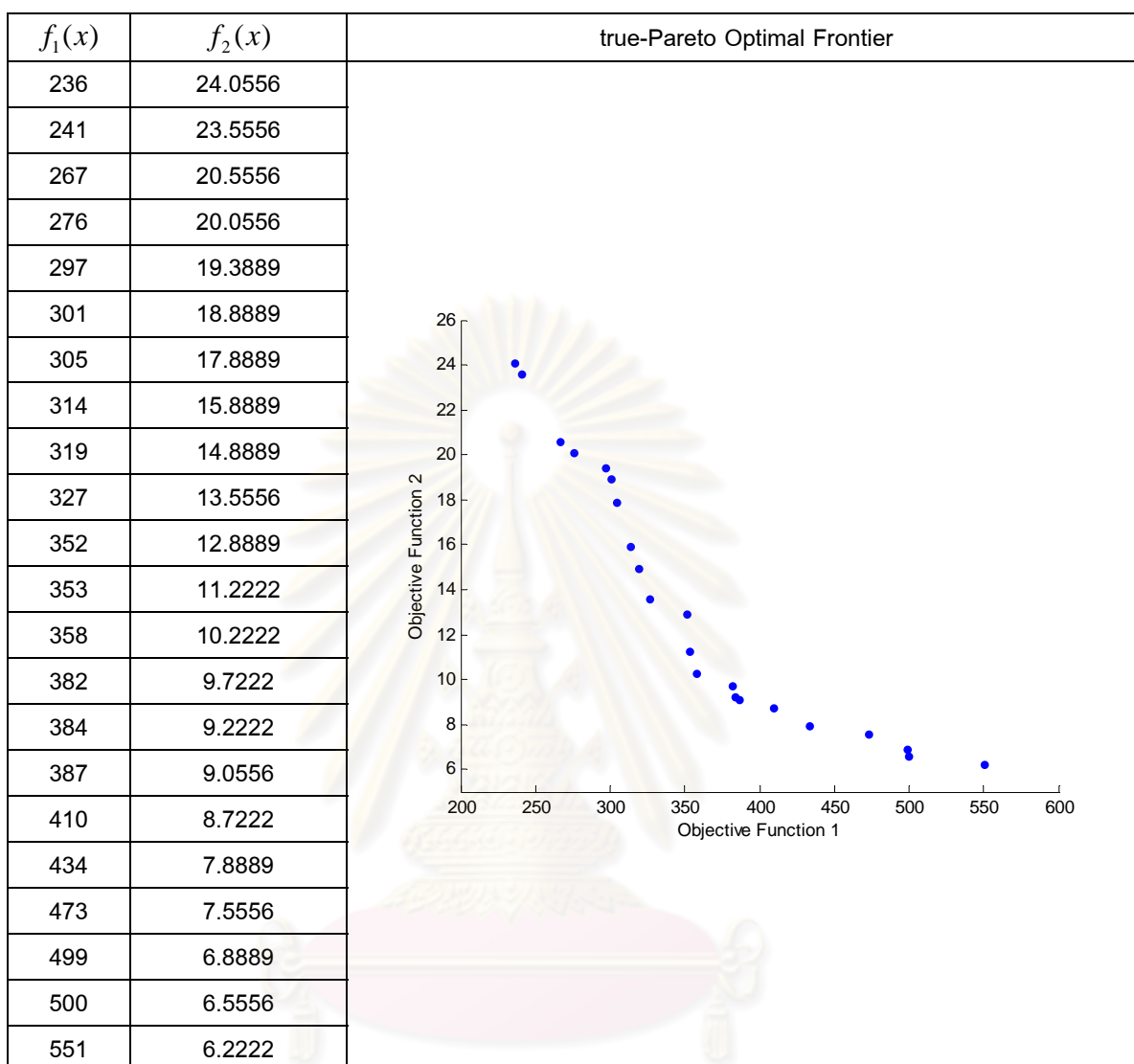
สัญลักษณ์ } คือการประมาณเส้นขอบเขตคำตอบที่ดีที่สุดเป็นหนึ่งในเมมเมติกอัลกอริทึม

จากตารางที่ 6.17 แสดงจำนวนเส้นขอบเขตค่าตอบที่ดีที่สุดในการทดลองของ M-NSGA II และ M-SPEA 2 โดยจากการทดลอง 1 ครั้งจะได้เส้นค่าตอบที่ดีที่สุด 1 เส้น (Front) ซึ่งในการทดลองใช้การค้นหาเฉพาะที่ในหลังการสร้างประชากรเริ่มต้น 1 วิธี ร่วมกับการใช้การค้นหาเฉพาะที่ในขั้นตอนหลังตัวดำเนินการวิวัฒนาการ 7 วิธี จะทำการทดลอง 49 ครั้งต่อหนึ่งเมมเมติกอัลกอริทึม และใช้การทดลองในการประมาณหาขอบเขตกลุ่มค่าตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง (true-Pareto) ทั้งหมด 100 ครั้ง ที่ได้จาก M-NSGA II M-SPEA 2 NSGA II และ SPEA 2 มารวมกันและประมาณเส้นขอบเขตที่ดีที่สุดที่แท้จริงด้วย Pareto Dominance ตัวอย่างแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 6.18 ตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ได้จากกลุ่มค่าตอบที่หาได้ในแต่ละอัลกอริทึม

NSGA II		SPEA 2		M-NSGA II		M-SPEA 2	
$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_1(x)$	$f_2(x)$	$f_1(x)$	$f_2(x)$
236	31.8889	236	24.0556	236	24.0556	236	24.0556
240	24.0556	241	23.5556	241	23.5556	241	23.5556
276	20.0556	267	21.8889	267	20.5556	267	20.5556
301	19.5556	270	20.5556	276	20.0556	276	20.0556
316	19.0556	276	20.0556	297	19.3889	297	19.3889
319	16.8889	301	18.8889	301	18.8889	301	18.8889
327	15.5556	305	18.5556	305	17.8889	305	17.8889
345	14.8889	312	17.8889	314	15.8889	314	15.8889
351	14.2222	314	15.8889	319	14.8889	319	14.8889
358	13.8889	319	14.8889	327	13.5556	327	13.5556
374	13.7222	327	13.5556	352	12.8889	352	12.8889
382	10.3889	352	12.8889	353	11.2222	353	11.2222
391	9.0556	353	11.2222	358	10.2222	358	10.2222
434	8.3889	362	10.2222	382	9.7222	382	9.7222
472	8.0556	382	9.7222	384	9.2222	384	9.2222
498	7.5556	384	9.2222	387	9.0556	387	9.0556
501	7.2222	410	8.7222	410	8.7222	410	8.7222
570	6.8889	434	7.8889	434	7.8889	434	7.8889
		500	6.5556	473	7.5556	473	7.5556
				499	6.8889	499	6.8889
				500	6.5556	500	6.5556
				561	6.2222	551	6.2222

ตารางที่ 6.19 true-Pareto Optimal Frontier ที่หาได้จากตัวอย่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งหมดใน อัลกอริทึมทั้งหมด



6.7 การวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่หาได้

เป้าหมายของการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ มี 2 เป้าหมายดังที่ได้กล่าวในบทที่ 3 คือ ขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ควรจะใกล้เคียงกับขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดแท้จริง และเซตของกลุ่มคำตอบที่อยู่บนขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดนี้ควรมีลักษณะการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform Distribution) หรือมีคำตอบอยู่บนขอบเขตกลุ่มคำตอบอย่างทั่วถึง ไม่เกาะอยู่บริเวณใดบริเวณหนึ่ง ดังนั้นในการวัดสมรรถนะของคำตอบที่หาได้ จึงเป็นการแสดงถึงคุณภาพของคำตอบที่หาได้ภายใต้เป้าหมายของการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์นั่นเอง ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ 3 ตัววัดสมรรถนะคือ การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Convergence

Measure) การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ (Spread Measurement) และการวัดสมรรถนะด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (Ratio of Non-dominated Solution) รายละเอียดและตัวอย่างในการคำนวณแสดงได้ดังนี้

6.7.1 การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง

การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง เป็นการวัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดบนพื้นฐานการเปรียบเทียบระยะทางจากสมาชิกกลุ่มคำตอบที่แท้จริง (true-Pareto Optimal Solution) กับกลุ่มคำตอบทุกคำตอบที่หาได้ (Obtained Pareto Optimal Solution) และสามารถคำนวณค่าตัววัดสมรรถนะนี้ได้ดังสมการที่

$$D1_R(S_j) = \frac{1}{|S^*|} \sum_{y \in S^*} \min \{d_{xy} \mid x \in S_j\} \quad (6.16)$$

โดยที่ S_j คือเซตคำตอบที่หาได้ตัวที่ j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, J$

S^* คือเซตคำตอบที่แท้จริง

$|S^*|$ คือจำนวนสมาชิกคำตอบที่แท้จริงทั้งหมด

d_{xy} เป็นระยะทางระหว่างคำตอบที่หาได้ x กับคำตอบที่แท้จริง y ที่ได้รับการ Normalized แล้ว

$$d_{xy} = \sqrt{\sum_{i=1}^k \left(\frac{f_i(x) - f_i(y)}{f_i^{\max} - f_i^{\min}} \right)^2} \quad (6.17)$$

โดยที่ $f_i(x)$ คือค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i ของคำตอบที่หาได้

$f_i(y)$ คือค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i ของคำตอบที่แท้จริง

f_i^{\max} คือค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i ที่มีค่ามากที่สุด

f_i^{\min} คือค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ i ที่มีค่าน้อยที่สุด

เมื่อ $i = 1, 2, \dots, k$ (ในที่นี้กำหนดให้ $k = 2$)

เมื่อได้ค่าระยะทาง d_{xy} ที่น้อยที่สุดในแต่ละเซตคำตอบที่หาได้กับเซตคำตอบที่แท้จริงแล้ว จะหารด้วยจำนวนคำตอบทั้งหมดในเซตคำตอบที่แท้จริง ถ้าค่าตัววัดสมรรถนะนี้มีค่าน้อยและเข้าใกล้ศูนย์ จะถือว่ากลุ่มคำตอบที่ได้เป็นกลุ่มคำตอบที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง ตัวอย่างการคำนวณการวัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริงกับกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก NSGA II แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 6.20 แสดงตัวอย่างฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่หาได้จากการ NSGA II และ true-Pareto Optimal Solution

NSGA II		true-Pareto Optimal Solution	
Setup times	Production rates variation	Setup times	Production rates variation
226	36.5833	219	31.5833
236	31.5833	260	27.0833
268	30.0833	268	25.0833
276	24.5833	270	23.7500
306	23.2500	272	23.2500
313	18.0833	297	18.2500
326	17.9167	304	17.5833
344	17.4167	322	17.0833

1) จากตารางที่ 6.20 ทำการหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 ที่มีค่ามากที่สุด และน้อยที่สุดโดยคิดจาก NSGA II และ true-Pareto Optimal Solution รวมกัน จากตัวอย่างนี้ $f_1^{\max} = 344$ และ $f_1^{\min} = 219$ $f_2^{\max} = 36.5833$ และ $f_2^{\min} = 17.0833$ จากนั้นคิดระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้และคำตอบที่แท้จริง โดยคำนวณจากสมการที่ (6.17)

2) ทำการรวมระยะทางที่ได้ Normalized ทั้งฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 แล้วถอดรากที่สองตามสมการที่ (6.17) ในขั้นตอนนี้จะได้ระยะทางระหว่างคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริง

3) หาระยะทางแต่ละคำตอบที่แท้จริงกับคำตอบที่หาได้ที่ใกล้ที่สุด จากนั้นคิดผลรวมของระยะทางดังกล่าวและหารด้วยจำนวนสมาชิกคำตอบที่แท้จริงทั้งหมด ซึ่งค่าที่ได้คือค่าเฉลี่ยของระยะทางที่แสดงถึงการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง

ตารางที่ 6.21 การ Normalized ระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริง ในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1

true- Pareto	Obtained Pareto from NSGA II							
	226	236	268	276	306	313	326	344
219	0.0031	0.0185	0.1537	0.2079	0.4844	0.5655	0.7327	1.0000
260	0.0740	0.0369	0.0041	0.0164	0.1354	0.1798	0.2788	0.4516
268	0.1129	0.0655	0.0000	0.0041	0.0924	0.1296	0.2153	0.3697
270	0.1239	0.0740	0.0003	0.0023	0.0829	0.1183	0.2007	0.3505
272	0.1354	0.0829	0.0010	0.0010	0.0740	0.1076	0.1866	0.3318
297	0.3226	0.2381	0.0538	0.0282	0.0052	0.0164	0.0538	0.1414
304	0.3894	0.2959	0.0829	0.0502	0.0003	0.0052	0.0310	0.1024
322	0.5898	0.4733	0.1866	0.1354	0.0164	0.0052	0.0010	0.0310

จากตารางที่ 6.21 แสดงระยะทางระหว่างแต่ละสมาชิกคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 ที่ทำการ Normalized แล้ว เช่น ระยะทางระหว่างคำตอบที่แท้จริงกับคำตอบที่หาได้ มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 เท่ากับ 219 และ 226

$$\text{ตามลำดับ ดังนั้นระยะทางที่ได้คือ } \left(\frac{226 - 219}{344 - 219} \right)^2 = 0.0031$$

ตารางที่ 6.22 การ Normalized ระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2

true- Pareto	Obtained Pareto from NSGA II							
	36.5833	31.5833	30.0833	24.5833	23.2500	18.0833	17.9167	17.4167
31.5833	0.0657	0.0000	0.0059	0.1289	0.1826	0.4793	0.4912	0.5278
27.0833	0.2373	0.0533	0.0237	0.0164	0.0386	0.2130	0.2210	0.2457
25.0833	0.3478	0.1111	0.0657	0.0007	0.0088	0.1289	0.1351	0.1546
23.7500	0.4331	0.1614	0.1055	0.0018	0.0007	0.0844	0.0895	0.1055
23.2500	0.4675	0.1826	0.1228	0.0047	0.0000	0.0702	0.0748	0.0895
18.2500	0.8839	0.4675	0.3682	0.1055	0.0657	0.0001	0.0003	0.0018
17.5833	0.9494	0.5155	0.4109	0.1289	0.0844	0.0007	0.0003	0.0001
17.0833	1.0000	0.5529	0.4444	0.1479	0.1000	0.0026	0.0018	0.0003

จากตารางที่ 6.22 แสดงระยะทางระหว่างแต่ละสมาชิกคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริงในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 ที่ทำการ Normalized แล้ว เช่น ระยะทางระหว่างคำตอบที่แท้จริงกับคำตอบที่หาได้ มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 เท่ากับ 31.5833 และ 36.5833

$$\text{ตามลำดับ ดังนั้นระยะทางที่ได้คือ } \left(\frac{36.5833 - 31.5833}{36.5833 - 17.0833} \right)^2 = 0.00657$$

ตารางที่ 6.23 ระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริง

true- Pareto	Obtained Pareto from NSGA II							
	1	2	3	4	5	6	7	8
1	0.2625	0.1360	0.3995	0.5803	0.8167	1.0222	1.1063	1.2360
2	0.5580	0.3002	0.1666	0.1812	0.4172	0.6267	0.7069	0.8351
3	0.6787	0.4203	0.2564	0.0689	0.3182	0.5084	0.5919	0.7240
4	0.7463	0.4851	0.3252	0.0643	0.2891	0.4503	0.5387	0.6752
5	0.7765	0.5153	0.3519	0.0755	0.2720	0.4216	0.5113	0.6490
6	1.0984	0.8400	0.6497	0.3657	0.2663	0.1283	0.2326	0.3784
7	1.1570	0.9008	0.7028	0.4231	0.2910	0.0764	0.1768	0.3201
8	1.2609	1.0130	0.7944	0.5323	0.3412	0.0884	0.0534	0.1768

จากตารางที่ 6.23 แสดงระยะทางระหว่างแต่ละคำตอบที่หาได้กับคำตอบที่แท้จริง ที่ทำการ Normalized แล้ว เช่น ระยะทางระหว่างคำตอบที่แท้จริงที่ 1 กับคำตอบที่หาได้ที่ 1 คือ $\sqrt{(0.0031 + 0.0657)} = 0.26525$

ตารางที่ 6.24 ระยะทางแต่ละคำตอบที่แท้จริงกับคำตอบที่หาได้ที่ใกล้ที่สุด

true-Pareto	Obtained Pareto from NSGA II								Minimum Distance
	1	2	3	4	5	6	7	8	
1	0.2625	0.1360	0.3995	0.5803	0.8167	1.0222	1.1063	1.2360	0.1360
2	0.5580	0.3002	0.1666	0.1812	0.4172	0.6267	0.7069	0.8351	0.1666
3	0.6787	0.4203	0.2564	0.0689	0.3182	0.5084	0.5919	0.7240	0.0689
4	0.7463	0.4851	0.3252	0.0643	0.2891	0.4503	0.5387	0.6752	0.0643
5	0.7765	0.5153	0.3519	0.0755	0.2720	0.4216	0.5113	0.6490	0.0755
6	1.0984	0.8400	0.6497	0.3657	0.2663	0.1283	0.2326	0.3784	0.1283
7	1.1570	0.9008	0.7028	0.4231	0.2910	0.0764	0.1768	0.3201	0.0764
8	1.2609	1.0130	0.7944	0.5323	0.3412	0.0884	0.0534	0.1768	0.0534
ผลรวม									0.7694

จากตารางที่ 6.24 แสดงระยะทางแต่ละคำตอบที่แท้จริงกับคำตอบที่หาได้ที่ใกล้ที่สุด โดยจะทำการเทียบคำตอบที่หาได้ทุกคำตอบกับคำตอบที่แท้จริงแต่ละจุด และคิดระยะทางที่ใกล้ที่สุด จากนั้นนำระยะทางที่ได้มารวมกันแล้วหารด้วยจำนวนคำตอบที่แท้จริง ดังนั้นในตัวอย่างนี้จะได้ค่าการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริงเฉลี่ย = 0.0962

6.7.2 การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้

การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบในด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ เป็นการวัดระยะทางระหว่างสมาชิกกลุ่มคำตอบทุกคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน และเป็นตัวชี้บอกถึงการกระจายของกลุ่มคำตอบ ถ้าตัววัดสมรรถนะนี้มีค่าน้อยและเข้าใกล้ศูนย์ แสดงว่ากลุ่มคำตอบที่หาได้มีการกระจายในลักษณะสม่ำเสมอตลอดเส้นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดและจัดได้ว่าเป็นลักษณะการกระจายที่ดี สามารถคำนวณค่าตัววัดสมรรถนะนี้ได้ดังสมการที่ 6.18

$$\Delta = \frac{d_f + d_l + \sum_{i=1}^{N-1} |d_i - \bar{d}|}{d_f + d_l + (N-1)\bar{d}} \quad (6.18)$$

โดยที่ d_f และ d_l เป็นระยะห่างของคำตอบปลายสุดทั้งสองด้าน (Extreme solution) ของเส้นขอบเขตกลุ่มคำตอบที่หาได้

d_i คือ ระยะของคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน ในเซตคำตอบที่ดีที่สุด
ที่หามาได้ เมื่อ $i = 1, 2, \dots, N - 1$

N คือ จำนวนคำตอบที่หาได้

\bar{d} คือ ค่าเฉลี่ยของระยะทาง d_i

ตัวอย่างการคำนวณการวัดสมรรถนะในด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หา
ได้จาก NSGA II ในตารางที่ 6.20 แสดงได้ดังนี้

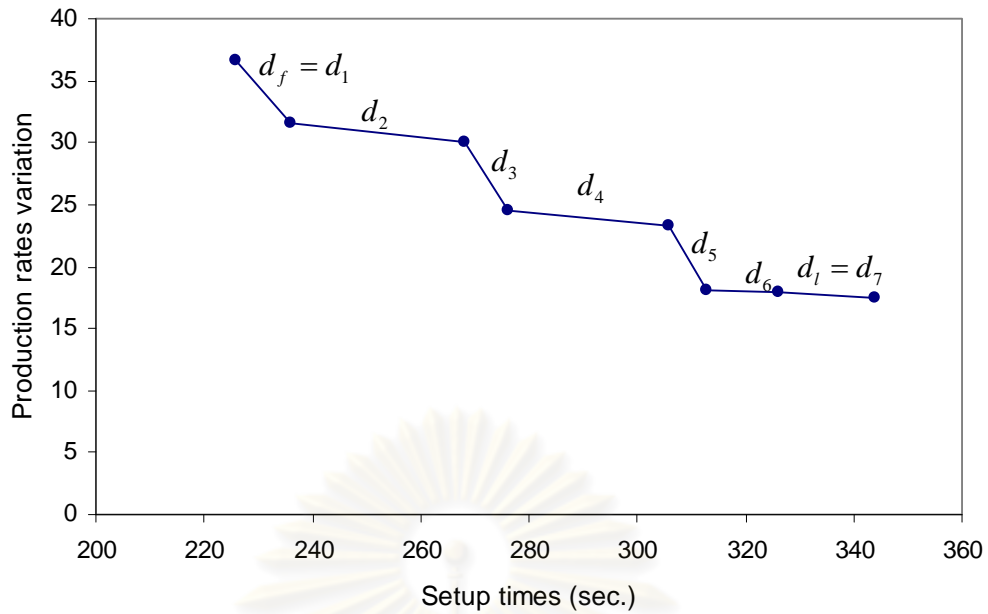
- 1) คำนวณระยะทาง d_i ของคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน และกำหนดให้ d_f และ d_i เป็นระยะห่างของคำตอบปลายสุดของขอบเขตกลุ่มคำตอบที่หาได้
- 2) คำนวณค่าเฉลี่ยของระยะทางระหว่างคำตอบที่อยู่ติดกัน (\bar{d}) ทั้งหมด $N - 1$ คำตอบ
- 3) คำนวณค่าผลต่างของ d_i และ \bar{d} และหาผลรวมของผลต่างดังกล่าว
- 4) แทนค่าระยะทางที่หาได้ในขั้นตอนที่ 1) ถึง 3) ในสมการที่ (6.18)

ตารางที่ 6.25 กลุ่มคำตอบที่หาได้จาก NSGA II

Obtained Pareto from NSGA II	
Setup times	Production rates variation
226	36.5833
236	31.5833
268	30.0833
276	24.5833
306	23.2500
313	18.0833
326	17.9167
344	17.4167

ตารางที่ 6.26 สัญลักษณ์ของระยะทางระหว่างคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน

No.	NSGA II		distance
	Setup time	Production rates variation	
1	226	36.5833	$d_1 = d_f$
2	236	31.5833	d_2
3	268	30.0833	d_3
4	276	24.5833	d_4
5	306	23.2500	d_5
6	313	18.0833	d_6
7	326	17.9167	$d_7 = d_i$
8	344	17.4167	



รูปที่ 6.14 แสดงระยะทางระหว่างสมาชิกคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน

ตารางที่ 6.27 การหาระยะทางระหว่างสมาชิกคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน

No.	Objective 1	Objective 2	Normalized Objective 1	Normalized Objective 2	Euclidean Distance	
1	226	36.5833	0.0072	0.0681	0.2743	d_f
2	236	31.5833	0.0735	0.0061	0.2823	d_2
3	268	30.0833	0.0046	0.0823	0.2949	d_3
4	276	24.5833	0.0646	0.0048	0.2636	d_4
5	306	23.2500	0.0035	0.0727	0.2760	d_5
6	313	18.0833	0.0121	0.0001	0.1105	d_6
7	326	17.9167	0.0233	0.0007	0.1548	d_1
8	344					

จากรูปที่ 6.14 และตารางที่ 6.27 เป็นการหาระยะทางระหว่างสมาชิกคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกัน จำนวนคำตอบที่หาได้จาก NSGA II มีจำนวน (N) 8 คำตอบ ดังนั้นระยะทางระหว่างสมาชิกที่อยู่ต่อเนื่องกันจะเท่ากับ 7 คำตอบ ตัวอย่างการคำนวณการหาค่า d_2 มีขั้นตอนดังนี้ เนื่องจาก d_2 เป็นระยะทางระหว่างจุดที่ 3 และ 4 มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 เท่ากับ (268, 30.0833) และ (276, 24.5833) ตามลำดับ จากตัวอย่างดังกล่าวจะได้ $f_1^{\max} = 344$ $f_2^{\max} = 36.5833$ $f_1^{\min} = 226$ $f_2^{\min} = 17.4167$

$$\text{ดังนั้นค่า } d_2 = \sqrt{\left(\frac{268 - 276}{344 - 226}\right)^2 + \left(\frac{30.0833 - 24.5833}{36.5883 - 17.4167}\right)^2} = 0.2949$$

เมื่อคำนวณระยะทางระหว่างสมาชิกคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกันครบ $N-1$ คำตอบ จะทำการหาค่าเฉลี่ยของระยะทาง (\bar{d}) และ $d_f + d_l + (N-1)\bar{d}$ ซึ่งในตัวอย่างนี้จะได้ $\bar{d} = 0.2366$ และ $d_f + d_l + (N-1)\bar{d} = 2.0853$

ตารางที่ 6.28 ผลต่างระหว่างระยะทางของคำตอบที่อยู่ต่อเนื่องกันและค่าเฉลี่ยของระยะทาง

No.	d_i	$d_i - \bar{d}$
1	0.2743	0.0377
2	0.2823	0.0456
3	0.2949	0.0582
4	0.2636	0.0270
5	0.2760	0.0394
6	0.1105	0.1261
7	0.1548	0.0819
8		$\sum_{i=1}^{N-1} d_i - \bar{d} = 0.4159$

ดังนั้นจากตัวอย่างดังกล่าวกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก NSGA II จะมีการกระจายของคำตอบ เท่ากับ $\Delta = \frac{0.2743 + 0.1548 + 0.4159}{2.0853} = 0.4052$

6.7.3 การวัดสมรรถนะด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้ เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นการวัดสมรรถนะโดยใช้หลักการ Pareto Dominance เพื่อเปรียบเทียบจำนวนของคำตอบที่หาได้มีค่าเทียบเท่ากับจำนวนคำตอบที่แท้จริง และใช้อัตราส่วนที่ได้จากการเปรียบเทียบในการแสดงถึงสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่หาได้นี้ สามารถคำนวณค่าตัววัดสมรรถนะนี้ได้ดังสมการที่ 6.13

$$R_{NDS}(S_j) = \frac{|S_j - \{x \in S_j \mid \exists y \in S : y \prec x\}|}{|S_j|} \quad (6.13)$$

โดยที่ S_j คือ เซตคำตอบที่ j เมื่อ $j = 1, 2, \dots, J$

S คือ การรวมกันของ J เซตคำตอบ $S = S_1 \cup S_2 \dots \cup S_J$

x คือ เซตคำตอบที่หาได้

y คือ เซตคำตอบที่แท้จริง

จากสมการที่ (6.13) สัญลักษณ์ $y < x$ หมายถึง ค่าตอบ x ถูกข่มด้วยค่าตอบ y และตัวเศษของสมการนั้น หมายถึงถ้าค่าตอบ x แย่กว่าค่าตอบอื่น ๆ ใน y จะนำค่าตอบนี้ออกไปในเซตค่าตอบ S_j นั่นคือตัววัดนี้จะวัดอัตราส่วนของค่าตอบใน S_j ที่ไม่ถูกข่มจากค่าตอบอื่นใน S ซึ่งถ้าอัตราส่วนในแต่ละเซตค่าตอบมีค่าสูง แสดงว่ามีค่าตอบที่หาได้ x ในเซต S_j ถูกข่มด้วยค่าตอบที่แท้จริง y น้อย และถือว่ามีคุณภาพดีใกล้เคียงกับกลุ่มค่าตอบที่แท้จริง

ตัวอย่างการคำนวณการวัดสมรรถนะในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มค่าตอบที่หาได้จาก NSGA II ในตารางที่ 6.20 เทียบเท่ากับกลุ่มค่าตอบที่แท้จริง แสดงได้ดังนี้

(1) สร้างเมตริกซ์ที่มีขนาดเท่ากับจำนวนค่าตอบที่หาได้กับจำนวนค่าตอบที่แท้จริง

(2) เปรียบเทียบค่าตอบแต่ละค่าตอบที่หาได้ (x) กับค่าตอบที่แท้จริง (y) ด้วยหลักการ Pareto Dominance ดังนี้

- ถ้า $x < y$ จะให้ค่าในช่องที่เปรียบเทียบเท่ากับ 1
- ถ้า $x > y$ จะให้ค่าในช่องที่เปรียบเทียบเท่ากับ 0
- ถ้า x และ y ไม่มีค่าตอบใดที่ดีกว่าหรือแย่กว่ากัน จะให้ค่าในช่องที่เปรียบเทียบเท่ากับ 0
- ถ้า $x = y$ จะให้ค่าในช่องที่เปรียบเทียบเท่ากับ 0

(3) หาผลรวมของแต่ละแถว ค่าที่ได้นี้คือจำนวนค่าตอบที่ได้ที่แย่กว่าค่าตอบที่แท้จริง จากนั้นนับจำนวนแถวที่มีค่ามากกว่า 0 แล้วนำไปลบออกจากจำนวนค่าตอบที่หาได้

จากตารางที่ 6.29 เป็นตัวอย่างการเปรียบเทียบสมาชิกค่าตอบที่หาได้จาก NSGA II กับค่าตอบที่แท้จริง ด้วยหลักการ Pareto Dominance เช่น การเปรียบเทียบค่าตอบที่หาได้กับค่าตอบที่แท้จริง ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 คือ (226, 36.5833) และ (219, 31.5833) ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าค่าตอบที่หาได้มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ทั้งสองฟังก์ชันแย่กว่าค่าตอบที่แท้จริง ดังนั้นค่าในช่องนี้จึงมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อเปรียบเทียบค่าตอบที่หาได้ครบแล้ว ทำการหาผลรวมของแต่ละแถว และนับจำนวนแถวที่มีค่ามากกว่าศูนย์ ซึ่งจากตัวอย่างนี้ จะมีจำนวนค่าตอบที่แย่กว่าค่าตอบที่แท้จริง เท่ากับ 8 ค่าตอบ และจำนวนค่าตอบที่หาได้เท่ากับ 8 ดังนั้นจะได้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มค่าตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มค่าตอบที่แท้จริง เท่ากับ 0 หรือสามารถกล่าวได้ว่าไม่มีค่าตอบที่หาได้ค่าตอบใดที่สามารถเทียบเท่ากับค่าตอบที่แท้จริงได้

ตารางที่ 6.29 การเปรียบเทียบคำตอบที่หาได้กับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงด้วยหลักการ Pareto Dominance

Obtained Pareto	true-Pareto Optimal								ผลรวม
	(219,31.5833)	(219,31.5833)	(219,31.5833)	(219,31.5833)	(219,31.5833)	(219,31.5833)	(219,31.5833)	(219,31.5833)	
(226,36.5833)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
(236,31.5833)	1	0	0	0	0	0	0	0	1
(268,30.0833)	0	1	1	0	0	0	0	0	2
(276,24.5833)	0	0	0	1	1	0	0	0	2
(306,23.2500)	0	0	0	0	1	1	1	0	3
(313,18.0833)	0	0	0	0	0	0	1	0	1
(326,17.9167)	0	0	0	0	0	0	1	1	2
(344,17.4167)	0	0	0	0	0	0	0	1	1
ผลรวมของจำนวนแถวที่มีค่ามากกว่าศูนย์									8

* หมายเหตุ คู่อันดับคือ $(f_1(x), f_2(x))$

6.8 สรุปท้ายบท

เนื่องโครงสร้างการทำงานของเมมเมติกที่นำเสนอ มีแนวคิดมาจากการดัดแปลงขั้นตอนการทำงานในวิธี NSGA II และ SPEA 2 ซึ่งทั้งสองนี้มีหลักการที่คล้ายคลึงกัน มีความแตกต่างในเรื่องวิธีการจัดอันดับที่ด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด (Pareto-based Approach) การคำนวณความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบ (Diversity Population) กลยุทธ์ในการเก็บค่า Non-dominated Solution (Elitist Strategy)

สำหรับการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดี ที่มีการพิจารณาเรื่องเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรและความผันแปรในการผลิตพร้อม ๆ กัน มีรายละเอียดโดยสรุปดังนี้

- การสร้างประชากรเริ่มต้นด้วยวิธีการใส่รหัสคำตอบแบบ Non-Binary String ซึ่งมีตัวอักษรที่ซ้ำกันได้ นั่นคือแสดงถึงชนิดผลิตภัณฑ์ที่เข้าทำการผลิต
- การคัดเลือกประชากรคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ด้วยวิธี Binary Tournament Selection
- การคำนวณค่าความแข็งแรง และความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบ โดยใน M-NSGA II และ NSGA II จะใช้วิธี Non-dominated Sorting และวิธี Crowding Distance ในการกำหนดค่าดังกล่าว ส่วน M-SPEA 2 และ SPEA 2 จะใช้วิธี Strength of Dominators และ k -nearest neighbor ในกำหนดค่าดังกล่าว
- วิธีการดำเนินการทางพันธุกรรมจะใช้วิธี OX-crossover, วิธี Inversion Mutation และ วิธี Reciprocal Exchange Mutation ซึ่งกำหนดได้จากงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้อง
- เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ทำการเก็บค่าคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution และในระหว่างกระบวนการค้นหาคำตอบ และทำการปรับปรุง (Update) สตริงคำตอบใหม่ในสถานที่เก็บคำตอบ ด้วยการย้ายสตริงคำตอบที่ดีที่สุดตัวเดิมออกไป และเพิ่มสตริงคำตอบที่ดีที่สุดใหม่เข้ามา
- การประมาณกลุ่มคำตอบที่แท้จริง ด้วยการรวมกันของทุกอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย และหากกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากหลักการ Pareto Dominance
- การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่หาได้ ใช้ตัววัดสมรรถนะ 3 ด้านคือ การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการสู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การวัดสมรรถนะของคำตอบด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ และการวัดสมรรถนะด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

สตริงคำตอบที่ได้จากกระบวนการของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย จะกลายเป็นประชากรคำตอบพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป และจะเกิดขึ้นซ้ำ ๆ จนกว่าจะครบจำนวนฟังก์ชันสูงสุดหรือจำนวนเจนเนอเรชันสูงสุดที่กำหนด

บทที่ 7

การกำหนดและทดสอบพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

เนื้อหาในบทนี้จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดพารามิเตอร์ของเมมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งในการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่นี้ จะมุ่งสนใจเกี่ยวกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่ซึ่งถือว่าเป็นกระบวนการค้นหาคำตอบที่สำคัญ และส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของอัลกอริทึม ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีมิวเทชัน จำนวนฟังก์ชันที่ต้องคำนวณ (หรือจำนวนรอบในการทำซ้ำ) จะกำหนดได้จากงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้อง ดังนั้นการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในอัลกอริทึมดั้งเดิม และอัลกอริทึมใหม่จึงมีความแตกต่างในเรื่องวิธีการค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่เพิ่มเข้ามา และจะทำให้ทราบถึงวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมแตกต่างกันด้วยการทดลองในแต่ละโจทย์ปัญหา (แสดงดังตารางที่ 7.1) โดยมีหลักเกณฑ์ในการพิจารณาการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในการหาคำตอบที่ดีที่สุด ดังนี้

1. พิจารณาจากตัววัดสมรรถนะตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด คือตัววัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละโจทย์ปัญหา
2. พิจารณาการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่ใช้ในแต่ละโจทย์ปัญหา เลือกการค้นหาเฉพาะที่ที่ให้ค่าที่ดีที่สุดและเหมาะสมกับทุกโจทย์ปัญหา

ตารางที่ 7.1 รายละเอียดของโจทย์ปัญหา

ปัญหาทดลอง	จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์	ความยาวสตริง	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (MPS)	ความแปรปรวนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์	จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้
1.1	5	12	5:3:2:1:1	2.8000	332,640
1.2	5	12	4:3:2:2:1	1.3000	831,600
1.3	5	12	3:3:2:2:2	0.3000	1,663,200
2.1	5	15	7:3:2:2:1	5.5000	10,810,800
2.2	5	15	5:3:3:3:1	2.0000	50,450,400
2.3	5	15	3:3:3:3:3	0.0000	168,168,000
3.1	5	20	8:7:2:2:1	10.5000	2.993×10^9
3.2	5	20	5:5:5:3:2	1.2000	1.173×10^{11}
3.3	5	20	4:4:4:4:4	0.0000	3.055×10^{11}

ตารางที่ 7.1 รายละเอียดของโจทย์ปัญหา (ต่อ)

ปัญหาทดลอง	จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์	ความยาวสตริง	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (MPS)	ความแปรปรวนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์	จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้
4.1	10	20	7:5:1:1:1:1:1:1:1:1	4.6667	4.023×10^{12}
4.2	10	20	5:5:3:1:1:1:1:1:1:1	2.8889	2.816×10^{13}
4.3	10	20	2:2:2:2:2:2:2:2:2:2	0.0000	2.376×10^{15}
5.1	15	100	20:20:20:15:15:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1	70.9524	3.790×10^{78}
5.2	15	100	15:15:15:10:10:10:10:5:4:1:1:1:1:1:1: 1	32.5238	8.357×10^{91}
5.3	15	100	7:7:7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6:6:6	0.2381	6.334×10^{103}

จากตารางที่ 7.1 แสดงรายละเอียดของปัญหาที่ใช้ในวิจัยประกอบด้วย 5 ปัญหาหลัก และ 3 ปัญหาย่อย และเป็นปัญหาเดียวกันกับ McMullen (2001a) ซึ่งจำแนกขนาดของปัญหาออกเป็นปัญหาที่มีขนาดเล็ก (ปัญหาที่ 1 2 และ 3) และขนาดใหญ่ (ปัญหาที่ 4 และ 5) โดยแต่ละปัญหามีจำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด สัดส่วนของผลิตภัณฑ์ (MPS) ซึ่งแสดงสัดส่วนของการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ความยาวของสตริงซึ่งคำนวณได้จากการรวมค่า MPS ความแปรปรวนของสัดส่วนผลิตภัณฑ์เป็นค่าแสดงความแตกต่างของสัดส่วนการผลิตของผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด และส่วนสุดท้ายคือจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ (สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 7.1) คือจำนวนรูปแบบของลำดับผลิตภัณฑ์ที่ทำการจัดที่เป็นไปได้โดยไม่ซ้ำกัน

$$\text{จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด (Possible Sequence)} = \frac{\left(\sum_{i=1}^n d_i\right)!}{\prod_{i=1}^n (d_i!)} \quad (7.1)$$

โดยที่ d_i คือ ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิด i เมื่อ $i = 1, 2, \dots, n$
 n คือ จำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ถูกผลิต

7.1 การกำหนดพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย คือ NSGA II SPEA 2 M-NSGA II และ M-SPEA 2 ดังนั้นในการกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้ในเมมเมติกอัลกอริทึมจะมีความแตกต่างในเรื่องวิธีการค้นหาเฉพาะที่ และความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่เพิ่มเข้ามา ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่ส่งผลโดยตรงต่อประสิทธิภาพของอัลกอริทึม จึงต้องกำหนดพารามิเตอร์อื่น ๆ ให้เหมือนกันทุกพารามิเตอร์ และสามารถกำหนดได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

ตารางที่ 7.2 การกำหนดพารามิเตอร์ที่ใช้อัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

การกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับตัวดำเนินการทางพันธุกรรม	พารามิเตอร์	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
1. จำนวนประชากร (Population Size)	$N_p = 200$	Moghaddam และ Vahed (2006)
2. จำนวนของประชากรคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้ (Archive Size) *	$N_E = 200$	
3. วิธีการครอสโอเวอร์ (Crossover Type)	วิธี Order Crossover (OX)	
4. วิธีมิวเทชัน (Mutation Type)	วิธี Inversion Mutation วิธี Reciprocal Exchange Mutation	
5. ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (Probability of Crossover)	$P_c = 1.0$	
6. ความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน (Probability of mutation)	$P_i = 0.5$ $P_m = 0.0076$	
7. จำนวนรอบในการทำซ้ำ (Iteration)	100	
8. ความน่าจะเป็นในการเก็บค่าที่ดีที่สุด (Probability of Elitism)	1.0	

หมายเหตุ เครื่องหมาย * เป็นพารามิเตอร์ที่ใช้ใน SPEA 2 และ M-SPEA 2

เนื่องจาก Moghaddam และ Vahed (2006) ได้เสนอ MAs ที่มีแนวคิดมาจาก GAs ที่การกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธีวิธีการรวมฟังก์ชันโดยอาศัยการให้น้ำหนัก (Weighted Sum Approach) ประยุกต์ร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้การค้นหาเฉพาะที่แบบ XP local Search (หรือ Adjacent Pairwise Interchange) และ IP local search (หรือ Insertion Procedure) ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน และใช้รูปแบบการค้นหาเฉพาะที่แบบการค้นหาแบบปรับปรุงที่ดีที่สุด (Best improvement) (รายละเอียดแสดงในบทที่ 4) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาเฉพาะที่นี้จึงถือได้ว่าเหมาะสมกับ MAs ที่คณะผู้วิจัยนี้เสนอ

แต่เนื่องจากในวิทยานิพนธ์นี้เสนอ MAs ที่มีแนวคิดมาจาก MOEAs + Local Search และใช้ MOEAs ที่มีสมรรถนะสูงในการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพอย่าง NSGA II และ SPEA 2 มาเป็นพื้นฐานในการพัฒนา MAs ดังนั้นในการกำหนดพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาเฉพาะที่จึงต้องหาวิธีการที่เหมาะสมกับ MAs ที่นำเสนอใหม่ดังกล่าว ส่วนรูปแบบการค้นหาเฉพาะที่นั้นได้ใช้แบบปรับปรุงครั้งแรก (First improvement) เพื่อลดเวลาในการคำนวณ และใช้ความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ (Probability of Local Search: P_{LS}) เท่ากับ 0.8

(Ishibuchi และคณะ, 2003) เพื่อให้เกิดความสมดุลในเรื่องระยะเวลาระหว่างการค้นหาทางพันธุกรรม (Genetic Search) และการค้นหาเฉพาะที่มากขึ้น

โดยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ทดลองในงานวิจัยมี 7 วิธีคือ Pairwise Interchange (PI), Adjacent Pairwise Interchange (API), 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ Insertion Procedure (IP) รายละเอียดในการวิเคราะห์ผลเพื่อเลือกการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมกับ MAs ที่นำเสนอใหม่ แสดงดังหัวข้อถัดไป

7.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการค้นหาเฉพาะที่มาประยุกต์ใช้สองเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอ คือ M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้น และหลังการดำเนินการมิวเทชัน ดังนั้นในการหาวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมจะต้องได้วิธีที่เหมาะสมทั้งสองขั้นตอน ดังนั้นในหนึ่งปัญหาการทดลองจะมีการทดลองวิธีการค้นหาเฉพาะที่ 49 ครั้งต่อหนึ่งเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอ (ผลลัพธ์ในการหาค่าที่ดีที่สุดในแต่ละปัญหาด้วยอัลกอริทึมทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัย แสดงดังภาคผนวก ง) ซึ่งการวิเคราะห์ผลการทดลองในหนึ่งปัญหาจะใช้การวิเคราะห์โดยพิจารณาจากค่าที่ได้จากตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด คือ ตัววัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง โดยตัววัดสมรรถนะแรกจะพิจารณาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของระยะทางจากกลุ่มคำตอบที่หาได้กับกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่แท้จริง และตัววัดสมรรถนะที่สองจะพิจารณาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนของระยะทางระหว่างกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ และตัววัดสมรรถนะที่สามจะพิจารณาเปอร์เซ็นต์ของอัตราส่วนของจำนวนคำตอบที่สามารถเทียบกับหรือดีกว่าคำตอบที่แท้จริงได้ โดยการเลือกวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในแต่ละปัญหาทดลอง มีขั้นตอนดังนี้

1. การเลือกการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นหนึ่งวิธีร่วมกับหลังการดำเนินการทางพันธุกรรมที่ละวิธี ใช้เกณฑ์ดังต่อไปนี้ในการเลือกวิธีการค้นหาเฉพาะที่

เกณฑ์ที่ 1 ในกรณีที่การประยุกต์ร่วมกันของวิธีการค้นหาเฉพาะที่ทั้งสองขั้นตอนนั้น ให้สมรรถนะของคำตอบที่ดี 2 ใน 3 ด้านของสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด เป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่เดียวกัน จะกำหนดให้วิธีการค้นหาเฉพาะที่นี้เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด

เกณฑ์ที่ 2 ในกรณีที่มีวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ในสองขั้นตอนดังกล่าวให้ผลดีในแต่ละด้านตัววัดสมรรถนะหลายตัวไม่ซ้ำกัน จะใช้ผลรวมของอันดับที่ของค่าตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

- ตัววัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง จะเรียงอันดับจากน้อยไปมาก
- ตัววัดสมรรถนะในด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ จะเรียงอันดับจากน้อยไปมาก
- ตัววัดสมรรถนะในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้ เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง จะเรียงจากมากไปน้อย

คิดผลรวมของอันดับที่คำนวณได้ และเลือกการค้นหาเฉพาะที่มีอันดับที่น้อยที่สุด และถ้าวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดมีมากกว่าหนึ่งวิธีจะพิจารณาผลต่างของตัววัดสมรรถนะในแต่ละด้าน และเลือกวิธีให้ผลต่างที่ดีกว่า เป็นวิธีการค้นหาเฉพาะที่เหมาะสม

2. หลังจากที่ได้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ดีที่สุดหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นทั้ง 7 วิธี ก็กับการค้นหาเฉพาะที่หลังการดำเนินการมีวเทชั่นแล้ว จะทำการคัดเลือกการค้นหาเฉพาะที่เหมาะสมกับรูปแบบปัญหาการทดลองมากที่สุด ซึ่งวิธีการเลือกจะใช้ขั้นตอนเดียวกันกับเกณฑ์ที่สอง ในขั้นตอนที่ 1

7.3 ปัญหาการทดลอง

ปัญหาการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย แบ่งเป็น 2 กรณีคือ ปัญหาที่มีขนาดเล็ก (ปัญหาการทดลองที่ 1 2 และ 3) และขนาดใหญ่ (ปัญหาการทดลองที่ 4 และ 5) โดยในแต่ละปัญหาจะมี MPS ที่แตกต่างกัน 3 การทดลอง รายละเอียดผลการทดลองมีดังนี้

7.3.1 กรณีปัญหขนาดเล็ก

7.3.1.1 ปัญหาการทดลองที่ 1 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 12 หน่วย

ในปัญหานี้จะเป็นการทดลองการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด มีความต้องการในการผลิตทั้งหมด 12 หน่วย (ความยาวสตริงคำตอบ) และมี MPS แตกต่างกัน คือปัญหาการทดลองที่ 1.1 มี MPS คือ 5:3:2:1:1 ปัญหาการทดลองที่ 1.2 มี MPS คือ 4:3:2:2:1 และปัญหาการทดลองที่ 1.3 มี MPS คือ 3:3:2:2:2 ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

1) ปัญหาการทดลองที่ 1.1

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.3 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:2:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมีเวทขึ้น						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0021	0.0009	0.0041	0.0153	0.0373	0.0203	0.0007 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0014	0.0011	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0202	0.0169	0.0192	0.0176	0.0241	0.0324	0.0177
	(variance)	0.0006	0.0002	0.0005	0.0002	0.0003	0.0005	0.0002
	Ratio of solution	95.45%	91.30%	90.48%	100.00%	65.00%	76.47%	95.65% ¹
API	Convergence (mean)	0.0198	0.0038	0.0000 ¹	0.0193	0.0165	0.0265	0.0055
	(variance)	0.0014	0.0000	0.0000	0.0014	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0209	0.0197	0.0175 ¹	0.0200	0.0249	0.0295	0.0228
	(variance)	0.0005	0.0003	0.0002	0.0004	0.0003	0.0009	0.0006
	Ratio of solution	95.00%	91.30%	100.00% ¹	81.82%	61.90%	55.56%	100.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.0191	0.0036	0.0166	0.0023	0.016	0.0232	0.0000 ¹
	(variance)	0.0014	0.0000	0.0014	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0207	0.0173	0.0171	0.0202	0.0221	0.0248	0.0175 ¹
	(variance)	0.0005	0.0003	0.0002	0.0006	0.0005	0.0005	0.0002
	Ratio of solution	100.00%	90.91%	95.00%	95.45%	80.00%	51.81%	100.00% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0196	0.0042	0.0024 ¹	0.0027	0.0234	0.0332	0.0032
	(variance)	0.0014	0.0001	0.0000	0.0000	0.0010	0.0013	0.0000
	Spread (mean)	0.0206	0.0217	0.0180 ¹	0.0189	0.0197	0.0273	0.0205
	(variance)	0.0005	0.0005	0.0003	0.0002	0.0004	0.0005	0.0007
	Ratio of solution	95.00%	100.00%	91.30%	91.30%	65.00%	57.89%	90.91%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0039	0.0000 ¹	0.0046	0.0063	0.0030	0.0283	0.0017
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
	Spread (mean)	0.0204	0.0175 ¹	0.0193	0.0208	0.0190	0.0225	0.0200
	(variance)	0.0007	0.0002	0.0005	0.0008	0.0003	0.0005	0.0005
	Ratio of solution	86.36%	100.00% ¹	95.24%	95.45%	91.30%	50.00%	100.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0036	0.0177	0.0049	0.0017 ¹	0.0168	0.0342	0.0019
	(variance)	0.0001	0.0014	0.0000	0.0001	0.0001	0.0011	0.0000
	Spread (mean)	0.0208	0.0199	0.0207	0.0200	0.0239	0.0287	0.0204
	(variance)	0.0005	0.0003	0.0006	0.0005	0.0003	0.0012	0.0006
	Ratio of solution	95.45%	86.36%	81.82%	100.00% ¹	70.00%	50.00%	95.45%
IP	Convergence (mean)	0.0041	0.0041	0.0161	0.0191	0.0326	0.0325	0.0027
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0014	0.0014	0.0004	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0204	0.0219	0.0208	0.0207	0.0324	0.0261	0.0198
	(variance)	0.0007	0.0005	0.0004	0.0005	0.0019	0.0004	0.0005
	Ratio of solution	81.82%	86.36%	100.00%	100.00%	75.00%	57.89%	90.91%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่เข้าร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตารางที่ 7.4 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * 2-Opt	2-Opt * IP	3-Opt * 2-Opt	Or-Opt * API	Double-bridge * 3-Opt	IP * IP
Convergence (mean)	0.0007 ⁴	0.0000 ¹	0.0000 ¹	0.0024 ⁶	0.0000 ¹	0.0017 ⁵	0.0027 ⁷
(variance)	0.0000 ¹	0.0000 ¹	0.0000 ¹	0.0000 ¹	0.0000 ¹	0.0001 ⁷	0.0000 ¹
Spread (mean)	0.0177 ⁴	0.0175 ¹	0.0175 ¹	0.0180 ⁵	0.0175 ¹	0.0200 ⁷	0.0198 ⁶
(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0005	0.0005
Ratio of solution	95.65% ⁵	100.00% ¹	100.00% ¹	91.30% ⁶	100.00% ¹	100.00% ¹	90.91% ⁷

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่่สุด

จากตารางที่ 7.3 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี ส่วนการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน คือ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้จากอัลกอริทึมนี้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

จากตารางที่ 7.4 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 1.1 พบว่าเมื่อใช้ API ร่วมกับ 2-Opt, 2-Opt ร่วมกับ IP และ Or-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุดทั้ง 3 ด้าน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ API ร่วมกับ 2-Opt, 2-Opt ร่วมกับ IP, Or-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.5 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:2:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0017¹	0.0047	0.0060	0.0056	0.0116	0.0222	0.0140
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0011
	Spread (mean)	0.0200	0.0206	0.0199	0.0203	0.0196	0.0270	0.0177
	(variance)	0.0005	0.0003	0.0004	0.0006	0.0004	0.0011	0.0002
	Ratio of solution	100.00%¹	79.17%	81.82%	70.83%	58.33%	55.00%	95.24%
API	Convergence (mean)	0.0027	0.0046	0.0022¹	0.0097	0.0127	0.0247	0.0022¹
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0011	0.0001
	Spread (mean)	0.0200	0.0193	0.0200	0.0246	0.0272	0.0197	0.0200
	(variance)	0.0006	0.0005	0.0005	0.0009	0.0007	0.0002	0.0005
	Ratio of solution	95.45%	95.24%	95.45%¹	76.19%	76.19%	57.14%	95.45%¹
2-Opt	Convergence (mean)	0.0178	0.0012¹	0.0154	0.0200	0.0148	0.0324	0.0041
	(variance)	0.0014	0.0000	0.0014	0.0014	0.0000	0.0007	0.0001
	Spread (mean)	0.0189	0.0168¹	0.0176	0.0211	0.0255	0.0241	0.0218
	(variance)	0.0002	0.0003	0.0002	0.0004	0.0008	0.0005	0.0007
	Ratio of solution	90.48%	90.91%¹	95.24%	77.27%	70.00%	50.00%	90.48%
3-Opt	Convergence (mean)	0.0093	0.0050	0.0135	0.0036¹	0.0189	0.0253	0.0196
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0009	0.0001	0.0009	0.0009	0.0014
	Spread (mean)	0.0235	0.0221	0.0179	0.0225	0.0191	0.0220	0.0206
	(variance)	0.0009	0.0006	0.0002	0.0007	0.0002	0.0002	0.0005
	Ratio of solution	90.48%	82.61%	85.71%	95.24%¹	75.00%	63.16%	95.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0068	0.0040	0.0180	0.0076	0.0091	0.0200	0.0017¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0014	0.0001	0.0000	0.0006	0.0001
	Spread (mean)	0.0201	0.0190	0.0190	0.0199	0.0183	0.0238	0.0200
	(variance)	0.0004	0.0002	0.0003	0.0008	0.0002	0.0020	0.0005
	Ratio of solution	80.95%	86.36%	95.00%	86.36%	62.50%	59.09%	100.00%¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0092	0.0072	0.0064	0.0013¹	0.0100	0.0265	0.0027
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0009	0.0000
	Spread (mean)	0.0230	0.0213	0.0253	0.0177¹	0.0193	0.0214	0.0195
	(variance)	0.0007	0.0005	0.0012	0.0003	0.0006	0.0003	0.0006
	Ratio of solution	60.87%	85.71%	80.95%	95.65%¹	61.90%	57.14%	95.24%
IP	Convergence (mean)	0.0111	0.0070	0.0021¹	0.0129	0.0146	0.0108	0.0105
	(variance)	0.0007	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0181	0.0210	0.0200	0.0244	0.0229	0.0209	0.0247
	(variance)	0.0003	0.0003	0.0005	0.0006	0.0007	0.0003	0.0012
	Ratio of solution	90.48%	75.00%	90.91%¹	80.95%	52.17%	66.67%	85.71%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่เข้าร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตารางที่ 7.6 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * PI	API* 2-Opt API * IP	2-Opt * API	3-Opt * 3- Opt	Or-Opt * IP	Double- bridge * 3- Opt	IP * 2- Opt
Convergence (mean)	0.0017 ³	0.0022 ⁶	0.0012 ¹	0.0036 ⁷	0.0017 ³	0.0013²	0.0021 ⁵
(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
Spread (mean)	0.0200 ³	0.0200 ³	0.0168 ¹	0.0225 ⁷	0.0200 ³	0.0177²	0.0200 ³
(variance)	0.0005	0.0005	0.0003	0.0007	0.0005	0.0003	0.0005
Ratio of solution	100.00% ¹	95.45% ⁴	90.91% ⁶	95.24% ⁵	100.00% ¹	95.65%³	90.91% ⁶

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.5 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี ส่วนการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ส่วนใหญ่ จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน คือ การเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้จากอัลกอริทึมนี้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

จากตารางที่ 7.6 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 1.1 พบว่าเมื่อใช้ Double-bridge ร่วมกับ 3-Opt ในขั้นตอนดังกล่าว จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ Double-bridge ร่วมกับ 3-Opt ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชันตามลำดับ

2) ปัญหาการทดลองที่ 1.2

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.7 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 4:3:2:2:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0397	0.0130	0.0147	0.0149	0.0297	0.0371	0.0062 ¹
	(variance)	0.0011	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0275	0.0198	0.0265	0.0238	0.0208	0.0187	0.0202
	(variance)	0.0007	0.0001	0.0004	0.0006	0.0002	0.0002	0.0002
	Ratio of solution	88.89%	64.00%	84.21%	64.00%	41.67%	39.13%	90.91% ¹
API	Convergence (mean)	0.0251	0.0083	0.0112	0.0092	0.0350	0.0371	0.0074 ¹
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0232	0.0223	0.0186	0.0219	0.0221	0.0231	0.0222
	(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0004	0.0002
	Ratio of solution	44.00%	68.00%	57.14%	81.82%	41.67%	33.33%	90.48% ¹
2-Opt**	Convergence (mean)	0.0104 ²	0.0104 ²	0.0231 ⁶	0.0148 ⁴	0.0189 ⁵	0.0313 ⁷	0.0085 ¹
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0262 ⁷	0.0248 ⁴	0.0251 ⁵	0.0218 ²	0.0252 ⁶	0.0216 ¹	0.0235 ³
	(variance)	0.0003	0.0005	0.0005	0.0003	0.0005	0.0005	0.0007
	Ratio of solution	69.57% ²	60.00% ³	47.83% ⁶	70.83% ¹	54.17% ⁵	30.43% ⁷	57.69% ⁴
3-Opt	Convergence (mean)	0.0107	0.0100	0.0086	0.0213	0.0226	0.0476	0.0073 ¹
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0005	0.0000
	Spread (mean)	0.0217	0.0217	0.0243	0.0248	0.0283	0.0199	0.0248
	(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0012	0.0002	0.0002
	Ratio of solution	70.83%	65.38%	77.27%	50.00%	66.67%	28.00%	100.00% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0186	0.0103	0.0200	0.0158	0.0228	0.0291	0.0070 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0208	0.0208	0.0212	0.0292	0.0252	0.0227	0.0200 ¹
	(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0009	0.0004	0.0002
	Ratio of solution	52.00%	55.17%	46.15%	71.43%	45.45%	47.62%	82.61% ¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0127	0.0104	0.0111	0.0087	0.0524	0.0553	0.0060 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0012	0.0001
	Spread (mean)	0.0221	0.0187	0.0262	0.0226	0.0310	0.0267	0.0216
	(variance)	0.0002	0.0005	0.0003	0.0002	0.0024	0.0004	0.0002
	Ratio of solution	75.00%	48.28%	70.83%	78.26%	50.00%	56.25%	100.00% ¹
IP	Convergence (mean)	0.0214	0.0077	0.0172	0.0205	0.0305	0.0545	0.0076 ¹
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0008	0.0000
	Spread (mean)	0.0240	0.0217	0.0279	0.0263	0.0215	0.0207	0.0215 ¹
	(variance)	0.0002	0.0006	0.0005	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002
	Ratio of solution	70.00%	66.67%	88.89%	61.90%	36.36%	42.86%	78.26%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

** หมายถึงการเลือกการประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่ดีที่สุด นอกจากพิจารณาผลรวมของอันดับที่แล้ว ยังพิจารณาผลรวมของผลต่างในแต่ละด้านด้วย

ตารางที่ 7.8 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * IP	2-Opt * IP	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * IP
Convergence (mean)	0.0062 ²	0.0074 ⁵	0.0085 ⁷	0.0073 ⁴	0.0070 ³	0.0060¹	0.0076 ⁶
(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Spread (mean)	0.0202 ²	0.0222 ⁵	0.0235 ⁶	0.0248 ⁷	0.0200 ¹	0.0216⁴	0.0215 ³
(variance)	0.0002	0.0002	0.0007	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002
Ratio of solution	90.91% ³	90.48% ⁴	57.69% ⁷	100.00% ¹	82.61% ⁵	100.00%¹	78.26% ⁶

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.7 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่าวิธี IP สามารถใช้ร่วมกับทุกวิธีของการค้นหาเฉพาะที่ได้ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันแล้วทำให้คุณภาพคำตอบดีที่สุดในการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง ส่วนการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน คือ การเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้จากอัลกอริทึมนี้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

จากตารางที่ 7.8 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 1.2 พบว่าเมื่อใช้ Double-bridge ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุดทั้ง 3 ด้าน ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ Double-bridge ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.9 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 4:3:2:2:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0141	0.0188	0.0164	0.0256	0.0369	0.0274	0.0104 ¹
	(variance)	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0252	0.0254	0.0227	0.0261	0.0280	0.0217	0.0199 ¹
	(variance)	0.0002	0.0004	0.0002	0.0003	0.0006	0.0002	0.0002
	Ratio of solution	75.00%	39.13%	54.55%	70.00%	25.00%	36.36%	68.00%
API	Convergence (mean)	0.0149 ³	0.0137 ²	0.0125 ¹	0.0170 ⁵	0.0413 ⁷	0.0267 ⁶	0.0165 ⁴
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0201 ¹	0.0262 ⁵	0.0225 ²	0.0274 ⁶	0.0313 ⁷	0.0235 ³	0.0256 ⁴
	(variance)	0.0002	0.0004	0.0005	0.0006	0.0005	0.0003	0.0005
	Ratio of solution	47.83% ⁶	57.69% ⁴	75.00% ²	72.22% ³	50.00% ⁵	21.43% ⁷	77.78% ¹
2-Opt	Convergence (mean)	0.0222 ⁴	0.0181 ³	0.0256 ⁵	0.0175 ²	0.0691 ⁷	0.0477 ⁶	0.0141 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0003	0.0006	0.0000
	Spread (mean)	0.0308 ⁶	0.0197 ²	0.0232 ³	0.0271 ⁵	0.0371 ⁷	0.0191 ¹	0.0254 ⁴
	(variance)	0.0007	0.0004	0.0002	0.0006	0.0029	0.0003	0.0003
	Ratio of solution	83.33% ¹	34.62% ⁶	60.87% ²	52.38% ⁵	55.56% ⁴	21.43% ⁷	56.52% ³
3-Opt	Convergence (mean)	0.0251 ²	0.0099 ¹	0.0306 ⁵	0.0253 ³	0.0277 ⁴	0.0533 ⁷	0.0366 ⁶
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0007	0.0002	0.0000	0.0002	0.0011
	Spread (mean)	0.0249 ⁵	0.0228 ²	0.0241 ⁴	0.0271 ⁶	0.0180 ¹	0.0229 ³	0.0280 ⁷
	(variance)	0.0006	0.0004	0.0002	0.0004	0.0002	0.0003	0.0021
	Ratio of solution	60.87% ³	55.17% ⁴	63.64% ²	52.38% ⁵	38.10% ⁶	27.59% ⁷	80.95% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0174	0.0126 ¹	0.0135	0.0237	0.0269	0.0270	0.0140
	(variance)	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0285	0.0209 ¹	0.0245	0.0263	0.0217	0.0210	0.0269
	(variance)	0.0004	0.0009	0.0003	0.0004	0.0003	0.0002	0.0003
	Ratio of solution	61.90%	59.26%	64.00%	60.00%	58.82%	34.62%	84.21%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0142 ²	0.0200 ⁴	0.0149 ³	0.0217 ⁵	0.0243 ⁶	0.0352 ⁷	0.0108 ¹
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0223 ²	0.0277 ⁴	0.0241 ⁶	0.0240 ⁵	0.0245 ⁷	0.0196 ¹	0.0229 ³
	(variance)	0.0003	0.0010	0.0006	0.0003	0.0006	0.0002	0.0002
	Ratio of solution	76.19% ¹	36.36% ⁶	60.87% ⁴	47.62% ⁵	66.67% ³	34.78% ⁷	72.00% ²
IP	Convergence (mean)	0.0333	0.0134	0.0136	0.0274	0.0446	0.0310	0.0088 ¹
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0227	0.0232	0.0244	0.0319	0.0265	0.0229	0.0211 ¹
	(variance)	0.0004	0.0018	0.0004	0.0006	0.0007	0.0003	0.0002
	Ratio of solution	61.90%	59.09%	56.52%	54.55%	42.86%	47.62%	69.57% ¹

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่แย่ที่สุด

ตารางที่ 7.10 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * IP	API * 2Opt	2-Opt * IP	3-Opt * API	Or-Opt * API	Double-bridge * IP	IP * IP
Convergence (mean)	0.0104 ³	0.0125 ⁵	0.0141 ⁷	0.0099 ²	0.0126 ⁶	0.0108 ⁴	0.0088¹
(variance)	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
Spread (mean)	0.0199 ¹	0.0225 ⁴	0.0254 ⁷	0.0228 ⁵	0.0209 ²	0.0229 ⁶	0.0211³
(variance)	0.0002	0.0005	0.0003	0.0004	0.0009	0.0002	0.0002
Ratio of solution	68.00% ⁴	75.00% ¹	56.52% ⁶	55.17% ⁷	59.26% ⁵	72.00% ²	69.57%³

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.9 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด ส่วนการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน คือ การเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้จากอัลกอริทึมนี้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

จากตารางที่ 7.10 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 1.2 พบว่าเมื่อใช้ IP ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ IP ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

3) ปัญหาการทดลองที่ 1.3

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.11 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:2:2:2

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0098	0.0130	0.0055	0.0083	0.0207	0.0196	0.0034¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0242	0.0224	0.0227	0.0230	0.0250	0.0242	0.0257
	(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001
	Ratio of solution	50.00%	77.78%	72.73%	58.33%	43.48%	37.50%	82.61%¹
API	Convergence (mean)	0.0055 ³	0.0110 ⁵	0.0039²	0.0056 ⁴	0.0181 ⁶	0.0251 ⁷	0.0031 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0245 ⁵	0.0222 ¹	0.0229²	0.0234 ⁴	0.0230 ³	0.0251 ⁷	0.0245 ⁶
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003	0.0003
	Ratio of solution	80.95% ²	41.67% ⁷	81.82%¹	76.19% ³	50.00% ⁵	47.62% ⁶	75.00% ⁴
2-Opt	Convergence (mean)	0.0115	0.0141	0.0090¹	0.0117	0.0186	0.0225	0.0102
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0248	0.0202	0.0255	0.0260	0.0233	0.0169	0.0253
	(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0002	0.0002	0.0004
	Ratio of solution	52.17%	42.31%	68.18%¹	65.22%	61.11%	23.08%	65.38%
3-Opt	Convergence (mean)	0.0099	0.0126	0.0046	0.0075	0.0190	0.0175	0.0036¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0290	0.0247	0.0245	0.0251	0.0240	0.0242	0.0262
	(variance)	0.0004	0.0001	0.0002	0.0001	0.0004	0.0003	0.0001
	Ratio of solution	75.00%	47.83%	73.91%	75.00%	45.45%	52.38%	85.71%¹
Or-Opt **	Convergence (mean)	0.0080³	0.0088 ⁴	0.0101 ⁵	0.0065 ¹	0.0137 ⁶	0.0324⁷	0.0074²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0238³	0.0268 ⁷	0.0197 ¹	0.0266 ⁶	0.0264 ⁵	0.0226 ²	0.0238³
	(variance)	0.0002	0.0001	0.0002	0.0002	0.0008	0.0002	0.0002
	Ratio of solution	89.47%¹	75.00% ³	63.64% ⁵	72.73% ⁴	59.09% ⁶	27.27% ⁷	85.00%²
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0106	0.0171	0.0075	0.0065	0.0274	0.0176	0.0029¹
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0249	0.0199	0.0250	0.0231	0.0239	0.0211	0.0264
	(variance)	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0002	0.0003	0.0001
	Ratio of solution	71.43%	41.67%	84.21%	76.19%	29.17%	38.46%	90.48%¹
IP	Convergence (mean)	0.0170	0.0086	0.0077	0.0059	0.0187	0.0187	0.0046¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0285	0.0250	0.0242	0.0229	0.0228	0.0247	0.0238
	(variance)	0.0003	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0001
	Ratio of solution	73.68%	71.43%	65.22%	62.50%	58.33%	50.00%	80.95%¹

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

** หมายถึงการเลือกการประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่ดีที่สุด นอกจากพิจารณาผลรวมของอันดับที่แล้ว ยังพิจารณาผลรวมของผลต่างในแต่ละด้านด้วย

ตารางที่ 7.12 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * 2-Opt	2-Opt * 2-Opt	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * IP
Convergence (mean)	0.0034 ²	0.0039 ⁴	0.0090 ⁷	0.0036 ³	0.0074 ⁶	0.0029¹	0.0046 ⁵
(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0257 ⁵	0.0229 ¹	0.0255 ⁴	0.026 ⁶	0.0238 ³	0.0264⁷	0.0238 ²
(variance)	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001
Ratio of solution	82.61% ⁴	81.82% ⁵	68.18% ⁷	85.71% ²	85.00% ³	90.48%¹	80.95% ⁶

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.11 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ PI, 3-Opt, Double-bridge และ IP ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุดในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง ส่วนการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน คือ การเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้จากอัลกอริทึมนี้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

จากตารางที่ 7.12 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 1.3 พบว่าเมื่อใช้ Double-bridge ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ Double-bridge ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.13 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:2:2:2

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0097 ¹	0.0145 ⁵	0.0135 ³	0.0112 ²	0.0207 ⁷	0.0167 ⁶	0.0141 ⁴
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0262 ⁶	0.0242 ⁴	0.0258 ⁵	0.0241 ³	0.0236 ²	0.0234 ¹	0.0278 ⁷
	(variance)	0.0004	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0006	0.0004
	Ratio of solution	70.00% ¹	45.45% ⁵	42.31% ⁶	54.55% ⁴	39.13% ⁷	57.14% ³	68.42% ²
API	Convergence (mean)	0.0151 ³	0.0062 ¹	0.0165 ⁴	0.0119 ⁵	0.0303 ⁶	0.0205 ⁵	0.0072 ²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0229 ⁴	0.0221 ²	0.0225 ³	0.0262 ⁶	0.0267 ⁷	0.0200 ¹	0.0231 ⁵
	(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0007	0.0001	0.0001
	Ratio of solution	47.83% ⁵	70.83% ²	50.00% ⁴	80.00% ¹	47.62% ⁶	35.00% ⁷	69.57% ³
2-Opt	Convergence (mean)	0.0115 ³	0.0141 ⁵	0.0090 ¹	0.0117 ⁴	0.0186 ⁶	0.0225 ⁷	0.0102 ²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0248 ⁴	0.0202 ²	0.0255 ⁶	0.0260 ⁷	0.0233 ³	0.0169 ¹	0.0253 ⁵
	(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0004	0.0002	0.0002	0.0004
	Ratio of solution	52.17% ⁵	42.31% ⁶	68.18% ¹	65.22% ³	61.11% ⁴	23.08% ⁷	65.38% ²
3-Opt	Convergence (mean)	0.0138	0.0130	0.0098	0.0095	0.0181	0.0328	0.0090 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000
	Spread (mean)	0.0265	0.0236	0.0221	0.0228	0.0236	0.0239	0.0243
	(variance)	0.0004	0.0003	0.0002	0.0002	0.0003	0.0007	0.0002
	Ratio of solution	70.00%	50.00%	56.00%	72.73%	40.00%	20.83%	75.00% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0163	0.0203	0.0072	0.0100	0.0169	0.0280	0.0071 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0212	0.0229	0.0239	0.0218	0.0216	0.0315	0.0263
	(variance)	0.0002	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0005	0.0002
	Ratio of solution	40.74%	36.00%	65.22%	53.85%	47.83%	47.37%	85.00% ¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0097 ¹	0.0153 ³	0.0170 ⁵	0.0161 ⁴	0.0269 ⁶	0.0307 ⁷	0.0125 ²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0240 ¹	0.0253 ²	0.0268 ⁴	0.0323 ⁷	0.0255 ³	0.0274 ⁵	0.0282 ⁶
	(variance)	0.0003	0.0002	0.0003	0.0010	0.0008	0.0003	0.0002
	Ratio of solution	80.00% ²	50.00% ⁵	65.00% ³	93.75% ¹	34.78% ⁷	47.37% ⁶	65.00% ³
IP	Convergence (mean)	0.0175 ⁴	0.0216 ⁷	0.0189 ⁶	0.0130 ²	0.0134 ³	0.0180 ⁵	0.0076 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0341 ⁷	0.0230 ⁴	0.0229 ³	0.0224 ²	0.0217 ¹	0.0240 ⁶	0.0233 ⁵
	(variance)	0.0013	0.0003	0.0002	0.0002	0.0001	0.0004	0.0002
	Ratio of solution	68.75% ²	42.86% ⁷	43.48% ⁶	65.22% ³	73.68% ¹	60.00% ⁵	62.50% ⁴

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่งที่สุด

ตารางที่ 7.14 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 1.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * API	2-Opt * 2-Opt	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * PI	IP * Or-Opt
Convergence (mean)	0.0097 ¹	0.0062 ²	0.0090 ³	0.0090 ³	0.0071¹	0.0097 ⁵	0.0134 ⁷
(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
Spread (mean)	0.0262 ⁵	0.0221 ²	0.0255 ⁶	0.0243 ⁵	0.0263⁷	0.0240 ³	0.0217 ¹
(variance)	0.0004	0.0002	0.0002	0.0002	0.0002	0.0003	0.0001
Ratio of solution	70.00% ⁶	70.83% ⁵	68.18% ⁷	75.00% ³	85.00%¹	80.00% ²	73.68% ⁴

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.13 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ Or-Opt ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุดในการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง ส่วนการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน คือ การลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบและอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

จากตารางที่ 7.14 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 1.3 พบว่าเมื่อใช้ Or-Opt ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ API ร่วมกับ API ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

7.3.1.2 ปัญหาการทดลองที่ 2 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 15 หน่วย

ในปัญหานี้จะเป็นการทดลองการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด มีความต้องการในการผลิตทั้งหมด 15 หน่วย (ความยาวสตริงคำตอบ) และมี MPS แตกต่างกัน คือปัญหาการทดลองที่ 2.1 มี MPS คือ 7:3:2:2:1 ปัญหาการทดลองที่ 2.2 มี MPS คือ 5:3:3:3:1 และปัญหาการทดลองที่ 2.3 มี MPS คือ 3:3:3:3:3 ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

1) ปัญหาการทดลองที่ 2.1

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.15 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 7:3:2:2:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0557 ⁷	0.0215 ²	0.0299 ⁴	0.0253 ³	0.0413 ⁵	0.0415 ⁶	0.0183¹
	(variance)	0.0015	0.0002	0.0003	0.0001	0.0005	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0262 ⁷	0.0223 ²	0.0245 ⁵	0.0249 ⁶	0.0240 ⁴	0.0188 ¹	0.0229³
	(variance)	0.0010	0.0002	0.0008	0.0007	0.0005	0.0004	0.0006
	Ratio of solution	73.68% ¹	46.43% ⁴	39.29% ⁵	51.85% ³	23.08% ⁶	21.05% ⁷	66.67%²
API	Convergence (mean)	0.0173	0.0265	0.0168¹	0.0251	0.0426	0.0531	0.0188
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0003	0.0002	0.0003
	Spread (mean)	0.0215	0.0221	0.0194¹	0.0197	0.0301	0.0285	0.0195
	(variance)	0.0008	0.0003	0.0010	0.0004	0.0009	0.0008	0.0006
	Ratio of solution	40.00% ³	21.43% ⁷	70.83%¹	33.33% ⁵	22.73% ⁶	36.36% ⁴	62.07% ²
2-Opt	Convergence (mean)	0.0315 ⁵	0.0239²	0.0240 ³	0.0177 ¹	0.0482 ⁷	0.0353 ⁶	0.0270 ⁴
	(variance)	0.0004	0.0004	0.0004	0.0000	0.0001	0.0000	0.0006
	Spread (mean)	0.0244 ⁶	0.0182¹	0.0199 ³	0.0192 ²	0.0200 ⁴	0.0282 ⁷	0.0211 ⁵
	(variance)	0.0006	0.0003	0.0007	0.0006	0.0004	0.0012	0.0007
	Ratio of solution	48.15% ⁵	53.85%⁴	73.91% ²	34.48% ⁶	16.00% ⁷	30.43%	88.00% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0156¹	0.0272 ⁵	0.0190 ³	0.0188 ²	0.0349 ⁶	0.0570 ⁷	0.0237 ⁴
	(variance)	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0002	0.0002	0.0003
	Spread (mean)	0.0196²	0.0216 ⁴	0.0186 ¹	0.0204 ³	0.0286 ⁷	0.0231 ⁵	0.0237 ⁶
	(variance)	0.0006	0.0007	0.0006	0.0006	0.0009	0.0009	0.0006
	Ratio of solution	56.52%²	37.04% ⁵	50.00% ³	41.94% ⁴	27.27% ⁷	36.36% ⁶	86.36% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0187 ²	0.0217 ³	0.0226 ⁴	0.0305 ⁵	0.0396 ⁶	0.0620 ⁷	0.0103¹
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0005	0.0001	0.0011	0.0000
	Spread (mean)	0.0213 ³	0.0166 ¹	0.0261 ⁵	0.0265 ⁶	0.0253 ⁴	0.0280 ⁷	0.0207²
	(variance)	0.0010	0.0003	0.0010	0.0008	0.0006	0.0006	0.0006
	Ratio of solution	50.00% ⁴	32.14% ⁶	56.52% ²	54.17% ³	12.50% ⁷	38.89% ⁵	59.38%¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0256 ⁴	0.0173 ²	0.0256 ⁴	0.0166 ¹	0.0859⁷	0.0388 ⁶	0.0188³
	(variance)	0.0003	0.0000	0.0003	0.0000	0.0022	0.0000	0.0003
	Spread (mean)	0.0215 ⁴	0.0194 ¹	0.0224 ⁵	0.0247 ⁶	0.0298 ⁷	0.0205 ³	0.0196²
	(variance)	0.0011	0.0003	0.0006	0.0008	0.0009	0.0010	0.0009
	Ratio of solution	60.00% ³	23.33% ⁶	62.50% ²	52.00% ⁵	56.25% ⁴	22.73% ⁷	70.37%¹
IP	Convergence (mean)	0.0102¹	0.0192	0.0286	0.0256	0.0367	0.0424	0.0283
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0001	0.0003
	Spread (mean)	0.0202	0.0158	0.0259	0.0216	0.0217	0.0350	0.0270
	(variance)	0.0007	0.0002	0.0011	0.0007	0.0006	0.0006	0.0008
	Ratio of solution	69.23%¹	10.00%	44.83%	35.71%	34.78%	37.50%	44.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.16 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * 2-Opt	2-Opt * API	3-Opt * PI	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * PI
Convergence (mean)	0.0183 ⁵	0.0168⁴	0.0239 ⁷	0.0156 ³	0.0103 ²	0.0188 ⁶	0.0102 ¹
(variance)	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000
Spread (mean)	0.0229 ⁷	0.0194²	0.0182 ¹	0.0196 ³	0.0207 ⁶	0.0196 ⁴	0.0202 ⁵
(variance)	0.0006	0.0010	0.0003	0.0006	0.0006	0.0009	0.0007
Ratio of solution	66.67% ⁴	70.83%¹	53.85% ⁷	56.52% ⁶	59.38% ⁵	70.37% ²	69.23% ³

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่สุด

จากตารางที่ 7.15 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบที่หาได้ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามีการใช้วิธี 2-Opt ร่วมกับ IP ที่ให้ผลลัพธ์ในด้านนี้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ Or-Opt และ Double-bridge ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วส่วนใหญ่ทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง ส่วนการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแยที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.16 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 2.1 พบว่าเมื่อใช้ API ร่วมกับ 2-Opt ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ API ร่วมกับ 2-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.17 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 7:3:2:2:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI **	Convergence (mean)	0.0252 ³	0.0262 ⁴	0.0353 ⁶	0.0210 ²	0.0345 ⁵	0.0542 ⁷	0.0191 ¹
	(variance)	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0210 ¹	0.0267 ⁵	0.0212 ²	0.0299 ⁶	0.0315 ⁷	0.0248 ⁴	0.0217 ³
	(variance)	0.0006	0.0006	0.0008	0.0007	0.0013	0.0013	0.0006
	Ratio of solution	62.50% ¹	37.50% ⁵	25.00% ⁶	50.00% ³	41.18% ⁴	15.00% ⁷	60.71% ²
API	Convergence (mean)	0.0311 ⁶	0.0172 ¹	0.0280 ⁵	0.0277 ⁴	0.0269 ³	0.0484 ⁷	0.0231 ²
	(variance)	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0255 ⁴	0.0224 ¹	0.0291 ⁷	0.0235 ³	0.0266 ⁶	0.0255 ⁵	0.0234 ²
	(variance)	0.0009	0.0006	0.0007	0.0007	0.0007	0.0013	0.0009
	Ratio of solution	52.38% ²	21.43% ⁵	63.16% ¹	33.33% ⁴	13.04% ⁷	18.18% ⁶	51.85% ³
2-Opt	Convergence (mean)	0.0209 ²	0.0199 ¹	0.0328 ³	0.0344 ⁴	0.0451 ⁶	0.0457 ⁷	0.0442 ⁵
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002	0.0000	0.0009
	Spread (mean)	0.0238 ¹	0.0243 ²	0.0282 ⁶	0.0262 ⁵	0.0246 ³	0.0252 ⁴	0.0287 ⁷
	(variance)	0.0009	0.0008	0.0010	0.0009	0.0007	0.0008	0.0015
	Ratio of solution	42.31% ²	14.81% ⁷	34.78% ³	23.08% ⁴	20.83% ⁶	22.73% ⁵	60.87% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0325 ⁵	0.0322 ⁴	0.0270 ³	0.0231 ¹	0.0393 ⁶	0.0426 ⁷	0.0234 ²
	(variance)	0.0001	0.0002	0.0004	0.0001	0.0000	0.0003	0.0003
	Spread (mean)	0.0225 ²	0.0280 ⁷	0.0258 ⁵	0.0228 ³	0.0196 ¹	0.0263 ⁶	0.0237 ⁴
	(variance)	0.0009	0.0011	0.0015	0.0008	0.0002	0.0014	0.0006
	Ratio of solution	60.87% ¹	36.36% ⁴	58.33% ³	36.00% ⁵	8.33% ⁶	4.76% ⁷	60.71% ²
Or-Opt **	Convergence (mean)	0.0239 ⁴	0.0182 ²	0.0312 ⁵	0.0169 ¹	0.0402 ⁶	0.0717 ⁷	0.0255 ³
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0013	0.0004
	Spread (mean)	0.0200 ²	0.0197 ¹	0.0265 ⁵	0.0223 ³	0.0309 ⁷	0.0285 ⁶	0.0237 ⁴
	(variance)	0.0006	0.0001	0.0010	0.0007	0.0013	0.0012	0.0008
	Ratio of solution	52.17% ²	43.48% ⁵	43.48% ⁵	48.00% ⁴	66.67% ¹	36.84% ⁷	45.83% ³
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0371 ⁵	0.0251 ²	0.0304 ⁴	0.0302 ³	0.0374 ⁶	0.0478 ⁷	0.0144 ¹
	(variance)	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000
	Spread (mean)	0.0231 ⁴	0.0250 ⁶	0.0211 ¹	0.0226 ³	0.0235 ⁵	0.0212 ²	0.0251 ⁷
	(variance)	0.0007	0.0005	0.0006	0.0010	0.0008	0.0002	0.0007
	Ratio of solution	41.67% ³	21.43% ⁶	47.83% ²	40.00% ⁴	25.93% ⁵	8.70% ⁷	64.00% ¹
IP	Convergence (mean)	0.0255 ⁴	0.0215 ²	0.0299 ⁵	0.0253 ³	0.0413 ⁶	0.0415 ⁷	0.0183 ¹
	(variance)	0.0000	0.0002	0.0003	0.0001	0.0005	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0248 ⁶	0.0223 ²	0.0245 ⁵	0.0249 ⁷	0.0240 ⁴	0.0188 ¹	0.0229 ³
	(variance)	0.0007	0.0002	0.0008	0.0007	0.0005	0.0004	0.0006
	Ratio of solution	34.62% ⁵	38.46% ⁴	41.67% ³	46.15% ²	33.33% ⁶	14.29% ⁷	60.00% ¹

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่แย่ที่สุด

** หมายถึงการเลือกการประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่ดีที่สุด นอกจากพิจารณาผลรวมของอันดับที่แล้ว ยังพิจารณาผลรวมของผลต่างในแต่ละด้านด้วย

ตารางที่ 7.18 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * IP	API * API	2-Opt * PI	3-Opt * IP	Or-Opt * API	Double-bridge * 2-Opt	IP * IP
Convergence (mean)	0.0191 ⁴	0.0172 ¹	0.0209 ⁵	0.0234 ⁶	0.0182²	0.0304 ⁷	0.0183 ³
(variance)	0.0001	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0217 ³	0.0224 ⁴	0.0238 ⁶	0.0237 ⁷	0.0197¹	0.0211 ²	0.0229 ⁵
(variance)	0.0006	0.0006	0.0009	0.0006	0.0001	0.0006	0.0006
Ratio of solution	60.71% ¹	21.43% ⁷	42.31% ⁵	35.71% ⁶	43.48%⁴	47.83% ³	60.00% ²

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.17 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้วิธี API ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ API, 2-Opt และ IP ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามีเพียงการใช้วิธี 3-Opt ร่วมกับ IP ที่ให้ผลลัพธ์ในด้านนี้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.18 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 2.1 พบว่าเมื่อใช้ Or-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ Or-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

2) ปัญหาการทดลองที่ 2.2

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.19 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:3:3:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0157	0.0134	0.0136	0.0157	0.0226	0.0321	0.0097¹
	(variance)	0.0003	0.0002	0.0000	0.0002	0.0001	0.0011	0.0002
	Spread (mean)	0.0240	0.0190	0.0251	0.0233	0.0250	0.0283	0.0199
	(variance)	0.0006	0.0002	0.0005	0.0004	0.0008	0.0005	0.0003
	Ratio of solution	50.00%	47.62%	34.62%	45.83%	40.00%	13.04%	60.00%¹
API	Convergence (mean)	0.0184	0.0192	0.0159	0.0166	0.0310	0.0321	0.0108¹
	(variance)	0.0001	0.0002	0.0001	0.0001	0.0001	0.0000	0.0004
	Spread (mean)	0.0291	0.0208	0.0282	0.0256	0.0306	0.0227	0.0244
	(variance)	0.0006	0.0004	0.0008	0.0006	0.0010	0.0003	0.0006
	Ratio of solution	50.00%	15.38%	45.83%	34.62%	40.00%	8.70%	56.52%¹
2-Opt	Convergence (mean)	0.0171 ³	0.0196 ⁴	0.0243 ⁵	0.0147 ²	0.0268 ⁶	0.0289 ⁷	0.0107¹
	(variance)	0.0002	0.0003	0.0013	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0275 ⁴	0.0234 ²	0.0283 ⁶	0.0257 ⁵	0.0322⁷	0.0250 ³	0.0227¹
	(variance)	0.0007	0.0009	0.0006	0.0005	0.0007	0.0006	0.0006
	Ratio of solution	42.11% ³	24.00% ⁶	77.78% ¹	29.63% ⁵	40.00% ⁴	20.00% ⁷	46.15%²
3-Opt	Convergence (mean)	0.0129 ³	0.0181 ⁵	0.0168 ⁴	0.0126²	0.0299 ⁶	0.0370 ⁷	0.0121 ¹
	(variance)	0.0004	0.0000	0.0001	0.0004	0.0012	0.0001	0.0004
	Spread (mean)	0.0255 ⁷	0.0202 ¹	0.0231 ⁴	0.0225³	0.0220 ²	0.0255 ⁵	0.0239 ⁶
	(variance)	0.0006	0.0007	0.0005	0.0006	0.0005	0.0004	0.0005
	Ratio of solution	50.00% ¹	10.34% ⁷	33.33% ⁴	42.86%³	23.08% ⁶	23.81% ⁵	45.83% ²
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0165	0.0186	0.0162	0.0154	0.0340	0.0273	0.0105¹
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0247	0.0195	0.0299	0.0215	0.0311	0.0264	0.0246
	(variance)	0.0005	0.0007	0.0008	0.0005	0.0007	0.0004	0.0007
	Ratio of solution	40.00%	19.35%	45.00%	38.46%	36.84%	20.00%	72.73%¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0208 ³	0.0233 ⁵	0.0214 ⁴	0.0111¹	0.0232 ⁶	0.0507⁷	0.0143²
	(variance)	0.0003	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0020	0.0001
	Spread (mean)	0.0265 ⁵	0.0247 ³	0.0267 ⁶	0.0221¹	0.0248 ⁴	0.0314 ⁷	0.0230²
	(variance)	0.0006	0.0006	0.0004	0.0028	0.0009	0.0007	0.0005
	Ratio of solution	27.27% ³	22.22% ⁶	43.48% ²	24.14%⁵	19.23% ⁷	22.73% ⁴	54.55%¹
IP	Convergence (mean)	0.0208 ⁵	0.0200 ⁴	0.0152 ³	0.0108¹	0.0275 ⁶	0.0334 ⁷	0.0136 ²
	(variance)	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0001
	Spread (mean)	0.0296 ⁷	0.0226 ³	0.0226 ²	0.0196¹	0.0227 ⁴	0.0286 ⁶	0.0261 ⁵
	(variance)	0.0006	0.0014	0.0007	0.0006	0.0005	0.0008	0.0009
	Ratio of solution	42.86% ¹	10.71% ⁶	34.62% ³	33.33%⁴	16.67% ⁵	3.57% ⁷	34.78% ²

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่แย่ที่สุด

** หมายถึงการเลือกการประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่ดีที่สุด นอกจากพิจารณาผลรวมของอันดับที่แล้ว ยังพิจารณาผลรวมของผลต่างในแต่ละด้านด้วย

ตารางที่ 7.20 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * IP	API * IP	2-Opt * IP	3-Opt * 3-Opt	Or-Opt * IP	Double-bridge * 3-Opt	IP * 3-Opt
Convergence (mean)	0.0097 ¹	0.0108 ⁵	0.0107 ³	0.0126 ⁷	0.0105 ²	0.0111 ⁶	0.0108 ⁴
(variance)	0.0002	0.0004	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0000
Spread (mean)	0.0199 ²	0.0244 ⁶	0.0227 ⁵	0.0225 ⁴	0.0246 ⁷	0.0221 ³	0.0196 ¹
(variance)	0.0003	0.0006	0.0006	0.0006	0.0007	0.0028	0.0006
Ratio of solution	60.00% ²	56.52% ³	46.15% ⁴	42.86% ⁵	72.73% ¹	24.14% ⁷	33.33% ⁶

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.19 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ PI, API, 2-Opt และ Double-bridge ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง ส่วนวิธี API จะให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการกระจายของคำตอบ นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่ให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.20 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 2.2 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ PI ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ PI ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.21 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:3:3:3:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0181	0.0189	0.0142 ¹	0.0206	0.0364	0.0404	0.0168
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000
	Spread (mean)	0.0284	0.0235	0.0226 ¹	0.0280	0.0267	0.0230	0.0244
	(variance)	0.0007	0.0007	0.0012	0.0005	0.0009	0.0009	0.0006
	Ratio of solution	42.86%	10.71%	34.62%	33.33%	16.67%	3.57%	34.78%
API	Convergence (mean)	0.0181	0.0158 ¹	0.0350	0.0174	0.0264	0.0321	0.0210
	(variance)	0.0008	0.0001	0.0004	0.0000	0.0001	0.0000	0.0013
	Spread (mean)	0.0216	0.0190 ¹	0.0282	0.0227	0.0248	0.0243	0.0251
	(variance)	0.0006	0.0010	0.0010	0.0008	0.0006	0.0013	0.0006
	Ratio of solution	39.13%	17.65%	23.81%	36.00%	17.39%	13.64%	52.17%
2-Opt	Convergence (mean)	0.0164	0.0211	0.0175	0.0156 ¹	0.0382	0.0385	0.0196
	(variance)	0.0001	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009
	Spread (mean)	0.0262	0.0253	0.0294	0.0205 ¹	0.0309	0.0211	0.0329
	(variance)	0.0005	0.0003	0.0010	0.0004	0.0004	0.0004	0.0028
	Ratio of solution	36.36%	16.67%	36.36%	28.57%	30.00%	14.81%	72.22%
3-Opt	Convergence (mean)	0.0251	0.0238	0.0198	0.0196	0.0336	0.0296	0.0111 ¹
	(variance)	0.0000	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0003
	Spread (mean)	0.0327	0.0287	0.0238	0.0256	0.0268	0.0229	0.0251
	(variance)	0.0012	0.0006	0.0004	0.0004	0.0009	0.0004	0.0011 ¹
	Ratio of solution	45.00%	9.52%	25.00%	42.86%	18.18%	18.18%	63.64%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0212	0.0158 ¹	0.0170	0.0209	0.0261	0.0414	0.0175
	(variance)	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0237	0.0208 ¹	0.0211	0.0305	0.0227	0.0232	0.0265
	(variance)	0.0003	0.0003	0.0004	0.0006	0.0005	0.0002	0.0006
	Ratio of solution	31.82%	32.14%	26.92%	30.00%	8.00%	18.18%	50.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0274	0.0219	0.0308	0.0315	0.0294	0.0305	0.0122 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0003	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0247	0.0223	0.0259	0.0284	0.0287	0.0244	0.0254
	(variance)	0.0008	0.0005	0.0004	0.0008	0.0014	0.0007	0.0005
	Ratio of solution	34.78%	8.33%	33.33%	34.78%	14.29%	12.50%	34.78% ¹
IP	Convergence (mean)	0.0272 ³	0.0257 ²	0.0261 ⁴	0.0250 ¹	0.0314 ⁶	0.0337 ⁷	0.0268 ⁵
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002
	Spread (mean)	0.0237 ³	0.0224 ²	0.0238 ⁴	0.0281 ⁷	0.0266 ⁵	0.0222 ¹	0.0272 ⁶
	(variance)	0.0005	0.0006	0.0008	0.0008	0.0005	0.0004	0.0007
	Ratio of solution	21.74% ⁴	26.09% ²	26.09% ²	22.22% ⁵	18.18% ⁶	16.67% ⁷	30.43% ¹

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่มากที่สุด

ตารางที่ 7.22 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * 2-Opt	API * API	2-Opt * 3-Opt	3-Opt * IP	Or-Opt * API	Double-bridge * IP	IP * API
Convergence (mean)	0.0142 ³	0.0158 ⁵	0.0156 ⁴	0.0111¹	0.0158 ⁵	0.0122 ²	0.0257 ⁷
(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0226 ⁵	0.0190 ¹	0.0205 ²	0.0251⁶	0.0208 ³	0.0254 ⁷	0.0224 ⁴
(variance)	0.0012	0.0010	0.0004	0.0011	0.0003	0.0005	0.0006
Ratio of solution	34.62% ²	17.65% ⁷	28.57% ⁴	63.64%¹	32.14% ³	34.78% ¹	26.09% ⁵

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.21 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้วิธี API ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ API, Or-Opt และ IP ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามีเพียงการใช้วิธี 3-Opt ร่วมกับ IP ที่ให้ผลลัพธ์ในด้านนี้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.22 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 2.2 พบว่าเมื่อใช้ 3-Opt ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ 3-Opt ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

3) ปัญหาการทดลองที่ 2.3

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.23 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา กรณี
ผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:3:3:3

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0185	0.0087 ¹	0.0143	0.0163	0.0220	0.0262	0.0181
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0003	0.0000
	Spread (mean)	0.0322	0.0333	0.0350	0.0352	0.0400	0.0344	0.0256
	(variance)	0.0005	0.0026	0.0024	0.0023	0.0028	0.0022	0.0004
	Ratio of solution	43.75%	71.43% ¹	57.14%	46.67%	46.15%	42.86%	57.14%
API	Convergence (mean)	0.0197	0.0285	0.0132 ¹	0.0212	0.0244	0.0274	0.0151
	(variance)	0.0001	0.0002	0.0000	0.0002	0.0003	0.0000	0.0004
	Spread (mean)	0.0356	0.0367	0.0347 ¹	0.0299	0.0371	0.0289	0.0379
	(variance)	0.0022	0.0022	0.0025	0.0008	0.0027	0.0004	0.0025
	Ratio of solution	46.67%	26.67%	69.23% ¹	37.50%	53.85%	28.57%	69.23%
2-Opt	Convergence (mean)	0.0133 ²	0.0181 ⁴	0.0172 ³	0.0122 ¹	0.0221 ⁵	0.0401 ⁷	0.0231 ⁶
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0306 ³	0.0260 ¹	0.0369 ⁶	0.0361 ⁵	0.0389 ⁷	0.0296 ²	0.0333 ⁴
	(variance)	0.0021	0.0006	0.0025	0.0022	0.0033	0.0010	0.0020
	Ratio of solution	50.00% ³	37.50% ⁵	61.54% ¹	60.00% ²	42.86% ⁴	20.00% ⁷	33.33% ⁶
3-Opt	Convergence (mean)	0.0276 ⁶	0.0219 ³	0.0202 ²	0.0228 ⁴	0.0233 ⁵	0.0282 ⁷	0.0168 ¹
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001
	Spread (mean)	0.0320 ¹	0.0340 ⁴	0.0387 ⁷	0.0329 ²	0.0346 ⁵	0.0329 ²	0.0367 ⁶
	(variance)	0.0023	0.0022	0.0024	0.0023	0.0017	0.0023	0.0021
	Ratio of solution	38.46% ⁴	26.67% ⁷	61.54% ²	35.71% ⁵	31.25% ⁶	42.86% ³	69.23% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0207 ³	0.0260 ⁵	0.0211 ⁴	0.0198 ²	0.0286 ⁷	0.0265 ⁶	0.0197 ¹
	(variance)	0.0003	0.0000	0.0002	0.0003	0.0002	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0370 ⁶	0.0273 ¹	0.0355 ⁵	0.0314 ³	0.0354 ⁴	0.0432 ⁷	0.0279 ²
	(variance)	0.0023	0.0016	0.0025	0.0007	0.0026	0.0025	0.0006
	Ratio of solution	40.00% ³	26.67% ⁷	50.00% ²	37.50% ⁴	53.85% ¹	28.57% ⁶	31.25% ⁵
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0252	0.0267	0.0266	0.0205	0.0265	0.0272	0.0131 ¹
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0007	0.0002	0.0006
	Spread (mean)	0.0315	0.0373	0.0320	0.0353	0.0418	0.0372	0.0374
	(variance)	0.0024	0.0024	0.0007	0.0021	0.0031	0.0030	0.0030
	Ratio of solution	28.57%	38.46%	33.33%	33.33%	38.46%	46.67%	60.00% ¹
IP	Convergence (mean)	0.0191	0.0193	0.0306	0.0179	0.0174 ¹	0.0329	0.0211
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0003	0.0003	0.0001	0.0006	0.0001
	Spread (mean)	0.0296	0.0399	0.0281	0.0353	0.0398	0.0337	0.0350
	(variance)	0.0006	0.0023	0.0004	0.0025	0.0034	0.0009	0.0024
	Ratio of solution	31.25%	46.67%	35.71%	50.00%	61.54% ¹	33.33%	50.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่แย่ที่สุด

ตารางที่ 7.24 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * API	API * 2-Opt	2-Opt * IP	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * Or-Opt
Convergence (mean)	0.0087 ¹	0.0132 ³	0.0133 ⁴	0.0168 ⁵	0.0197 ⁷	0.0131 ²	0.0174 ⁶
(variance)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0006	0.0001
Spread (mean)	0.0333 ³	0.0347 ⁴	0.0306 ²	0.0367 ⁵	0.0279 ¹	0.0374 ⁶	0.0398 ⁷
(variance)	0.0026	0.0025	0.0021	0.0021	0.0006	0.0030	0.0034
Ratio of solution	71.43% ¹	69.23% ²	50.00% ⁶	69.23% ²	31.25% ⁷	60.00% ⁴	61.54% ⁴

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.23 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี โดยเฉพาะการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ Or-Opt และ Double-bridge ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.24 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 2.3 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ API ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ API ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.25 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มค่าตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา กรณี
ผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 3:3:3:3:3

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะค่าตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0226	0.0326	0.0286	0.0220 ¹	0.0251	0.0401	0.0276
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0001	0.0012	0.0001
	Spread (mean)	0.0438	0.0448	0.0529	0.0363 ¹	0.0363	0.0384	0.0420
	(variance)	0.0023	0.0050	0.0040	0.0027	0.0023	0.0028	0.0022
	Ratio of solution	53.85%	46.15%	54.55%	35.71%	53.85%	30.77%	50.00%
API	Convergence (mean)	0.0396 ⁶	0.0408 ⁷	0.0197 ¹	0.0232 ²	0.0307 ⁵	0.0257 ³	0.0267 ⁴
	(variance)	0.0004	0.0001	0.0001	0.0002	0.0007	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0507 ⁷	0.0303 ¹	0.0325 ³	0.0339 ⁴	0.0345 ⁵	0.0325 ²	0.0384 ⁶
	(variance)	0.0062	0.0005	0.0024	0.0026	0.0024	0.0017	0.0053
	Ratio of solution	38.46% ⁴	21.43% ⁷	53.85% ¹	38.46% ⁴	53.85% ¹	33.33% ⁶	50.00% ³
2-Opt	Convergence (mean)	0.0292 ⁷	0.0259 ⁴	0.0211 ¹	0.0260 ⁵	0.0250 ³	0.0291 ⁶	0.0231 ²
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001
	Spread (mean)	0.0380 ⁵	0.0374 ⁴	0.0381 ⁶	0.0425 ⁷	0.0347 ¹	0.0354 ²	0.0367 ³
	(variance)	0.0022	0.0019	0.0025	0.0033	0.0017	0.0026	0.0027
	Ratio of solution	42.86% ³	28.57% ⁷	46.15% ²	35.71% ⁴	35.71% ⁴	33.33% ⁶	58.33% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0259 ³	0.0296 ⁵	0.0323 ⁶	0.0243 ²	0.0326 ⁷	0.0295 ⁴	0.0203 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003
	Spread (mean)	0.0360 ⁶	0.0198 ¹	0.0291 ³	0.0319 ⁵	0.0332 ⁴	0.0257 ²	0.0362 ⁷
	(variance)	0.0022	0.0005	0.0004	0.0010	0.0005	0.0009	0.0024
	Ratio of solution	41.67% ²	25.00% ⁶	30.77% ³	26.67% ⁴	26.67% ⁴	18.75% ⁷	50.00% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0290 ⁵	0.0256 ³	0.0256 ³	0.0365 ⁷	0.0235 ²	0.0311 ⁶	0.0200 ¹
	(variance)	0.0006	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0002	0.0000
	Spread (mean)	0.0463 ⁶	0.0392 ³	0.0392 ³	0.0489 ⁷	0.0304 ¹	0.0340 ²	0.0405 ⁵
	(variance)	0.0030	0.0023	0.0023	0.0058	0.0010	0.0012	0.0026
	Ratio of solution	53.85% ¹	38.46% ⁴	38.46% ⁴	33.33% ⁶	42.86% ³	28.57% ⁷	53.85% ¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0356 ⁵	0.0310 ³	0.0382 ⁶	0.0224 ¹	0.0395 ⁷	0.0342 ⁴	0.0228 ²
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0002	0.0000
	Spread (mean)	0.0435 ⁷	0.0354 ³	0.0362 ⁴	0.0390 ⁵	0.0331 ¹	0.0349 ²	0.0426 ⁶
	(variance)	0.0053	0.0019	0.0010	0.0023	0.0012	0.0020	0.0024
	Ratio of solution	35.71% ⁴	20.00% ⁷	21.43% ⁶	46.67% ²	41.67% ³	28.57% ⁵	50.00% ¹
IP	Convergence (mean)	0.0277 ⁵	0.0266 ⁴	0.0247 ³	0.0237 ²	0.0305 ⁶	0.0377 ⁷	0.0224 ¹
	(variance)	0.0003	0.0001	0.0000	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0448 ⁷	0.0301 ²	0.0392 ⁵	0.0268 ¹	0.0340 ³	0.0357 ⁴	0.0411 ⁶
	(variance)	0.0062	0.0003	0.0017	0.0012	0.0011	0.0024	0.0024
	Ratio of solution	46.15% ¹	33.33% ⁵	42.86% ³	42.86% ³	26.67% ⁷	30.77% ⁶	46.15% ²

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพค่าตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะค่าตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 7.26 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 2.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * 3-Opt	API * 2-Opt	2-Opt * IP	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * 3-Opt	IP * 3-Opt
Convergence (mean)	0.0220 ⁴	0.0197¹	0.0231 ⁶	0.0203 ³	0.0200 ²	0.0224 ⁵	0.0237 ⁷
(variance)	0.0001	0.0001	0.0001	0.0003	0.0000	0.0002	0.0002
Spread (mean)	0.0363 ⁴	0.0325²	0.0367 ⁵	0.0362 ³	0.0405 ⁷	0.0390 ⁶	0.0268 ¹
(variance)	0.0027	0.0024	0.0027	0.0024	0.0026	0.0023	0.0012
Ratio of solution	35.71% ¹	53.85%¹	58.33% ¹	50.00% ¹	53.85% ¹	46.67% ²	42.86% ³

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.25 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี โดยเฉพาะการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ 2-Opt, 3-Opt และ Or-Opt ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.26 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 2.3 พบว่าเมื่อใช้ API ร่วมกับ 2-Opt ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ API ร่วมกับ 2-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

7.3.1.3 ปัญหาการทดลองที่ 3 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 20 หน่วย

ในปัญหานี้จะเป็นการทดลองการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด มีความต้องการในการผลิตทั้งหมด 20 หน่วย (ความยาวสตริงคำตอบ) และมี MPS แตกต่างกัน คือปัญหาการทดลองที่ 3.1 มี MPS คือ 8:7:2:2:1 ปัญหาการทดลองที่ 3.2 มี MPS คือ 5:5:5:3:2 และปัญหาการทดลองที่ 3.3 มี MPS คือ 4:4:4:4:4 ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

1) ปัญหาการทดลองที่ 3.1

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.27 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 8:7:2:2:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0238	0.0310	0.0186	0.0270	0.0469	0.0404	0.0159 ¹
	(variance)	0.0010	0.0009	0.0000	0.0000	0.0022	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0224	0.0222	0.0177	0.0241	0.0250	0.0269	0.0200
	(variance)	0.0012	0.0009	0.0003	0.0019	0.0022	0.0005	0.0002
	Ratio of solution	11.76%	3.57%	9.09%	12.90%	3.57%	4.55%	25.00% ¹
API	Convergence (mean)	0.0374	0.0310	0.0260	0.0349	0.0584	0.0389	0.0176 ¹
	(variance)	0.0007	0.0009	0.0012	0.0015	0.0000	0.0003	0.0004
	Spread (mean)	0.0236	0.0222	0.0186	0.0235	0.0271	0.0230	0.0176 ¹
	(variance)	0.0008	0.0009	0.0004	0.0004	0.0020	0.0004	0.0002
	Ratio of solution	21.43%	12.90%	32.26%	10.00%	32.00%	12.50%	28.95% ¹
2-Opt	Convergence (mean)	0.0405	0.1383	0.0331	0.0273	0.0371	0.0424	0.0226 ¹
	(variance)	0.0026	0.0002	0.0014	0.0015	0.0009	0.0009	0.0014
	Spread (mean)	0.0270	0.0209	0.0178	0.0207	0.0204	0.0170	0.0182
	(variance)	0.0041	0.0003	0.0002	0.0025	0.0002	0.0003	0.0002
	Ratio of solution	3.57%	3.70%	12.90%	8.33%	10.34%	3.23%	52.63% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0405 ⁷	0.0230 ²	0.0239 ³	0.0322 ⁵	0.0288 ⁴	0.0361 ⁶	0.0161 ¹
	(variance)	0.0009	0.0002	0.0003	0.0007	0.0002	0.0007	0.0003
	Spread (mean)	0.0293 ⁷	0.0238 ⁶	0.0225 ³	0.0207 ¹	0.0234 ⁵	0.0224 ²	0.0229 ⁴
	(variance)	0.0013	0.0012	0.0008	0.0005	0.0008	0.0003	0.0017
	Ratio of solution	25.00% ²	6.06% ⁶	20.83% ³	12.12% ⁵	0.00% ⁷	13.79% ⁴	27.59% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0386 ⁴	0.0285 ²	0.0290 ³	0.1018 ⁷	0.0441 ⁶	0.0414 ⁵	0.0172 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0010	0.0000	0.0017	0.0000	0.0003
	Spread (mean)	0.0225 ³	0.0278 ⁷	0.0204 ¹	0.0234 ⁵	0.0235 ⁶	0.0218 ²	0.0233 ⁴
	(variance)	0.0006	0.0007	0.0005	0.0008	0.0003	0.0003	0.0042
	Ratio of solution	9.68% ⁵	24.00% ²	28.00% ¹	11.11% ³	12.00% ⁴	3.70% ⁶	3.23% ⁷
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0359 ⁴	0.0346 ³	0.0335 ²	0.0418 ⁶	0.0394 ⁵	0.0497 ⁷	0.0265 ¹
	(variance)	0.0002	0.0008	0.0008	0.0021	0.0005	0.0022	0.0009
	Spread (mean)	0.0220 ³	0.0197 ¹	0.0254 ⁵	0.0220 ³	0.0265 ⁶	0.0278 ⁷	0.0209 ²
	(variance)	0.0012	0.0005	0.0014	0.0004	0.0007	0.0003	0.0007
	Ratio of solution	27.59% ³	3.23% ⁷	17.24% ⁴	12.50% ⁵	7.41% ⁶	38.89% ¹	28.13% ²
IP	Convergence (mean)	0.0356 ⁴	0.0358 ⁵	0.0132 ¹	0.0319 ³	0.0388 ⁷	0.0376 ⁶	0.0251 ²
	(variance)	0.0015	0.0008	0.0000	0.0010	0.0004	0.0012	0.0005
	Spread (mean)	0.0230 ⁵	0.0212 ¹	0.0259 ⁶	0.0215 ²	0.0283 ⁷	0.0215 ²	0.0223 ⁴
	(variance)	0.0005	0.0005	0.0040	0.0003	0.0011	0.0015	0.0005
	Ratio of solution	23.33% ²	3.57% ⁵	23.33% ²	7.69% ⁴	0.00% ⁶	0.00% ⁶	33.33% ¹

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข ^{1,2,...,7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.28 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ปัญหาการทดลองที่ 3.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * IP	API * IP	2-Opt * IP	3-Opt * IP	Or-Opt * 2-Opt	Double-bridge * IP	IP * 2-Opt
Convergence (mean)	0.0159 ¹	0.0176³	0.0226 ⁴	0.0161 ²	0.0290 ⁶	0.0265 ⁵	0.0319 ⁷
(variance)	0.0000	0.0004	0.0014	0.0003	0.0010	0.0009	0.0010
Spread (mean)	0.0200 ³	0.0176¹	0.0182 ²	0.0229 ⁷	0.0204 ⁴	0.0209 ⁵	0.0215 ⁶
(variance)	0.0002	0.0002	0.0002	0.0017	0.0005	0.0007	0.0003
Ratio of solution	25.00% ⁶	28.95%²	52.63% ¹	27.59% ⁵	28.00% ⁴	28.13% ³	23.33% ⁷

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.27 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ปัญหาการทดลองที่ 3.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ PI, API, 2-Opt, 3-Opt และ Double-bridge ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามีเพียงการใช้วิธี 2-Opt ร่วมกับ IP ที่ให้อัตราส่วนมากกว่าศูนย์ นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.28 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมปัญหาการทดลองที่ 3.1 พบว่าเมื่อใช้ API ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ API ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.29 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 8:7:2:2:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0318 ²	0.0343 ³	0.0245¹	0.0344 ⁴	0.0404 ⁵	0.1735⁷	0.1378 ⁶
	(variance)	0.0005	0.0001	0.0002	0.0001	0.0005	0.0003	0.0000
	Spread (mean)	0.0309 ⁷	0.0242 ³	0.0233²	0.0196 ¹	0.0263 ⁵	0.0299 ⁶	0.0255 ⁴
	(variance)	0.0003	0.0010	0.0007	0.0006	0.0005	0.0013	0.0008
	Ratio of solution	28.57% ¹	0.00% ⁵	11.54%³	0.00% ⁵	15.38% ²	0.00% ⁵	4.55% ⁴
API	Convergence (mean)	0.0290 ⁴	0.0521 ⁷	0.0367 ⁵	0.0279 ³	0.0215 ²	0.0400 ⁶	0.0206¹
	(variance)	0.0008	0.0018	0.0016	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003
	Spread (mean)	0.0185 ¹	0.0226 ⁵	0.0221 ²	0.0226 ⁴	0.0224 ³	0.0280 ⁷	0.0243⁶
	(variance)	0.0004	0.0005	0.0005	0.0004	0.0025	0.0007	0.0035
	Ratio of solution	18.75% ¹	3.45% ⁴	0.00% ⁶	6.25% ³	3.13% ⁵	0.00% ⁶	12.90%²
2-Opt	Convergence (mean)	0.0449 ⁶	0.0421 ⁴	0.0215¹	0.1025 ⁷	0.0283 ³	0.0431 ⁵	0.0224 ²
	(variance)	0.0025	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0007	0.0000
	Spread (mean)	0.0250 ⁶	0.0297 ⁷	0.0209²	0.0232 ⁴	0.0177 ¹	0.0215 ³	0.0238 ⁵
	(variance)	0.0005	0.0016	0.0005	0.0011	0.0003	0.0004	0.0014
	Ratio of solution	11.54% ⁴	0.00% ⁶	11.76%³	8.70% ⁵	12.50% ²	0.00% ⁶	46.43% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0298³	0.0225 ¹	0.1348 ⁷	0.0562 ⁶	0.0369 ⁴	0.0432 ⁵	0.0251 ²
	(variance)	0.0011	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0007	0.0005
	Spread (mean)	0.0251³	0.0291 ⁶	0.0349⁷	0.0261 ⁴	0.0245 ²	0.0232 ¹	0.0277 ⁵
	(variance)	0.0005	0.0021	0.0018	0.0007	0.0004	0.0003	0.0022
	Ratio of solution	26.92%¹	0.00% ⁶	5.00% ⁵	0.00% ⁶	22.22% ²	4.17% ⁴	17.24% ³
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0235 ²	0.0381 ⁶	0.0244 ³	0.1457 ⁷	0.0342 ⁵	0.0294 ⁴	0.0233¹
	(variance)	0.0005	0.0008	0.0002	0.0001	0.0003	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0299 ⁷	0.0234 ⁵	0.0194 ²	0.0250 ⁶	0.0230 ⁴	0.0183 ¹	0.0222³
	(variance)	0.0038	0.0004	0.0005	0.0006	0.0005	0.0004	0.0005
	Ratio of solution	12.00% ¹	0.00% ⁵	6.25% ⁴	0.00% ⁵	7.14% ³	0.00% ⁵	9.09%²
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0356 ⁶	0.0325 ⁴	0.0304 ²	0.0335 ⁵	0.0437 ⁷	0.0312 ³	0.0244¹
	(variance)	0.0005	0.0008	0.0010	0.0005	0.0011	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0267 ⁷	0.0232 ²	0.0261 ⁶	0.0241 ³	0.0226 ¹	0.0255 ⁴	0.0259⁵
	(variance)	0.0013	0.0005	0.0019	0.0007	0.0003	0.0011	0.0011
	Ratio of solution	7.41% ⁴	0.00% ⁷	17.24% ²	12.90% ³	6.90% ⁵	3.57% ⁶	25.00%¹
IP	Convergence (mean)	0.0295 ⁴	0.0392 ⁶	0.0281 ³	0.0288 ²	0.0343 ⁵	0.0423 ⁷	0.0237¹
	(variance)	0.0014	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0243 ⁷	0.0228 ⁴	0.0208 ¹	0.0213 ²	0.0237 ⁵	0.0239 ⁶	0.0221³
	(variance)	0.0020	0.0019	0.0003	0.0005	0.0017	0.0007	0.0007
	Ratio of solution	4.55% ⁴	3.23% ⁷	9.68% ²	6.25% ³	3.70% ⁵	3.57% ⁶	15.79%¹

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.30 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ปัญหาการทดลองที่ 3.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * 2-Opt	API * IP	2-Opt * 2-Opt	3-Opt * PI	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * IP
Convergence (mean)	0.0245 ⁵	0.0206¹	0.0215 ²	0.0298 ⁷	0.0233 ³	0.0244 ⁵	0.0237 ⁴
(variance)	0.0002	0.0003	0.0001	0.0011	0.0001	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0233 ⁵	0.0243⁵	0.0209 ¹	0.0251 ⁶	0.0222 ²	0.0259 ⁷	0.0221 ³
(variance)	0.0007	0.0035	0.0005	0.0005	0.0005	0.0011	0.0007
Ratio of solution	11.54% ⁵	12.90%⁴	11.76% ⁶	26.92% ¹	9.09% ⁷	25.00% ²	15.79% ³

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.29 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ปัญหาการทดลองที่ 3.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด โดยเฉพาะการใช้วิธี IP และ 2-Opt ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ Or-Opt, Double-bridge และ IP ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริงและการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน ยกเว้นในกรณีการประยุกต์ร่วมกันระหว่าง API และ Or-Opt

จากตารางที่ 7.30 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมปัญหาการทดลองที่ 3.1 พบว่าเมื่อใช้ API ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ 2-Opt ร่วมกับ 2-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

2) ปัญหาการทดลองที่ 3.2

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.31 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:5:5:3:2

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0259	0.0430	0.0254	0.0362	0.0444	0.0433	0.0225¹
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0240	0.0219	0.0207	0.0199	0.0253	0.0241	0.0170¹
	(variance)	0.0038	0.0013	0.0019	0.0010	0.0017	0.0009	0.0024
	Ratio of solution	10.71%	0.00%	6.45%	3.57%	8.33%	16.00%	5.13%
API	Convergence (mean)	0.0267¹	0.0554 ⁷	0.0288 ²	0.0318 ⁵	0.0325 ⁴	0.0369 ⁶	0.0307 ³
	(variance)	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0004
	Spread (mean)	0.0238⁵	0.0299 ⁷	0.0226 ⁴	0.0249 ⁶	0.0224 ³	0.0210 ²	0.0208 ¹
	(variance)	0.0018	0.0039	0.0029	0.0029	0.0022	0.0007	0.0008
	Ratio of solution	15.38%³	17.39% ¹	16.13% ²	11.11% ⁴	0.00% ⁶	0.00% ⁶	7.41% ⁵
2-Opt	Convergence (mean)	0.0347 ⁴	0.0293 ²	0.0306 ³	0.0956 ⁷	0.0438 ⁶	0.0364 ⁵	0.0237¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0261 ⁵	0.0234 ³	0.0255 ⁴	0.0275 ⁶	0.0219 ¹	0.0281 ⁷	0.0229²
	(variance)	0.0009	0.0015	0.0015	0.0010	0.0005	0.0025	0.0032
	Ratio of solution	14.81% ²	6.45% ⁵	7.69% ⁴	4.55% ⁶	0.00% ⁷	11.11% ³	18.75%¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0247¹	0.0352 ⁴	0.0294 ³	0.1074⁷	0.0644 ⁶	0.0532 ⁵	0.0276 ²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0183¹	0.0185 ²	0.0232 ⁵	0.0237 ⁶	0.0226 ⁴	0.0318⁷	0.0198 ³
	(variance)	0.0022	0.0005	0.0006	0.0008	0.0008	0.0015	0.0004
	Ratio of solution	4.88%³	0.00%	13.79% ²	0.00%	0.00%	4.35% ⁴	18.75% ¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0301 ²	0.0311 ³	0.0366 ⁵	0.0353 ⁴	0.0423 ⁷	0.0417 ⁶	0.0229¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0226 ⁵	0.0201 ¹	0.0216 ³	0.0203 ²	0.0251 ⁶	0.0261 ⁷	0.0226⁴
	(variance)	0.0017	0.0007	0.0006	0.0007	0.0004	0.0005	0.0016
	Ratio of solution	3.70% ⁶	3.13% ⁷	11.54% ⁴	9.09% ⁵	20.83% ²	14.29% ³	26.47%¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0369 ⁵	0.0242¹	0.0277 ⁴	0.0247 ²	0.0471 ⁷	0.0430 ⁶	0.0265 ³
	(variance)	0.0003	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0247 ⁷	0.0185¹	0.0215 ⁵	0.0211 ⁴	0.0211 ³	0.0219 ⁶	0.0196 ²
	(variance)	0.0022	0.0007	0.0010	0.0016	0.0017	0.0006	0.0005
	Ratio of solution	12.00% ³	0.00%⁷	3.13% ⁶	13.79% ²	3.45% ⁵	3.57% ⁴	12.50% ¹
IP	Convergence (mean)	0.0315 ²	0.0369 ⁶	0.0296¹	0.0350 ⁵	0.0331 ³	0.0339 ⁴	0.0405 ⁷
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0165 ¹	0.0195 ²	0.0236⁴	0.0240 ⁵	0.0248 ⁷	0.0222 ³	0.0245 ⁶
	(variance)	0.0002	0.0003	0.0009	0.0019	0.0012	0.0011	0.0030
	Ratio of solution	5.71% ⁷	15.15% ¹	10.00%³	8.00% ⁴	7.69% ⁵	7.69% ⁵	14.81% ²

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.32 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 3.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * PI	2-Opt * IP	3-Opt * PI	Or-Opt * IP	Double-bridge * API	IP * 3-Opt
Convergence (mean)	0.0225 ¹	0.0267 ⁶	0.0237 ³	0.0247 ⁵	0.0229 ²	0.0242 ⁴	0.0296 ⁷
(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0170 ¹	0.0238 ⁷	0.0229 ⁴	0.0183 ²	0.0226 ⁵	0.0185 ³	0.0236 ⁶
(variance)	0.0024	0.0018	0.0032	0.0022	0.0016	0.0007	0.0009
Ratio of solution	0.00% ⁶	4.00% ⁴	0.00% ⁶	3.23% ⁵	12.50% ¹	0.00% ⁷	10.00% ³

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.31 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี โดยเฉพาะการใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง นั้นพบว่าไม่มีการค้นหาเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.32 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 3.2 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.33 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 5:5:5:3:2

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0290 ¹	0.0381 ³	0.0497 ⁶	0.0735⁷	0.0451 ⁵	0.0432 ⁴	0.0376²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004
	Spread (mean)	0.0249 ⁵	0.0224 ³	0.0251 ⁶	0.0168 ¹	0.0216 ²	0.0286 ⁷	0.0247⁴
	(variance)	0.0033	0.0010	0.0024	0.0003	0.0012	0.0024	0.0026
	Ratio of solution	7.14% ³	0.00% ⁶	8.00% ²	0.00% ⁶	4.17% ⁵	4.55% ⁴	20.00%¹
API	Convergence (mean)	0.0315	0.0451	0.0307	0.0286¹	0.0309	0.0581	0.0338
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0234 ⁵	0.0213 ³	0.0221 ⁴	0.0199¹	0.0244 ⁶	0.0277 ⁷	0.0201 ²
	(variance)	0.0009	0.0041	0.0026	0.0012	0.0041	0.0036	0.0003
	Ratio of solution	4.00% ²	2.86% ⁴	0.00% ⁵	3.70%³	7.41% ¹	0.00% ⁵	0.00% ⁵
2-Opt	Convergence (mean)	0.0396 ⁵	0.0365 ³	0.0338²	0.0285 ¹	0.0526 ⁷	0.0516 ⁶	0.0380 ⁴
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0221 ⁴	0.0218 ³	0.0204¹	0.0282 ⁷	0.0217 ²	0.0268 ⁶	0.0265 ⁵
	(variance)	0.0009	0.0011	0.0004	0.0011	0.001	0.0009	0.0007
	Ratio of solution	10.00% ²	3.45% ⁶	7.14%³	10.71% ¹	3.57% ⁵	4.17% ⁴	0.00% ⁷
3-Opt	Convergence (mean)	0.0293 ¹	0.0338 ³	0.0382 ⁶	0.0476 ⁷	0.0377 ⁵	0.0355 ⁴	0.0298²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0271 ⁵	0.0201 ¹	0.0223 ²	0.0341⁷	0.0228 ⁴	0.0233 ³	0.0283⁶
	(variance)	0.0018	0.0006	0.0004	0.0049	0.0011	0.0010	0.0008
	Ratio of solution	3.23% ⁵	2.86% ⁷	3.70% ³	15.79% ²	3.57% ⁴	3.23% ⁵	17.39%¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0316 ³	0.0364 ⁵	0.0453 ⁷	0.0290 ²	0.0452 ⁶	0.0360 ⁴	0.0288¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0284 ⁶	0.0231 ⁵	0.0230 ⁴	0.0221 ³	0.0167 ¹	0.0294 ⁷	0.0212²
	(variance)	0.0019	0.0007	0.0011	0.0015	0.0006	0.0013	0.0013
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	6.90%	0.00%	3.45%	12.50%¹
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0387 ⁵	0.0315 ³	0.0369 ⁴	0.0303 ²	0.0496 ⁶	0.0532 ⁷	0.0288¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0153 ¹	0.0197 ³	0.0226 ⁵	0.0215 ⁴	0.0166 ²	0.0271 ⁶	0.0300⁷
	(variance)	0.0001	0.0015	0.0005	0.0015	0.0002	0.0025	0.0025
	Ratio of solution	0.00% ⁵	0.00% ⁵	3.33% ⁴	7.41% ²	0.00% ⁵	3.57% ³	33.33%¹
IP	Convergence (mean)	0.0410 ⁵	0.0298 ²	0.0440 ⁶	0.0362⁴	0.0348 ³	0.0476 ⁷	0.0254 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0261 ⁶	0.0215 ³	0.0211 ¹	0.0215²	0.0247 ⁵	0.0272 ⁷	0.0232 ⁴
	(variance)	0.0009	0.0008	0.0007	0.0003	0.0018	0.0019	0.0040
	Ratio of solution	3.45% ³	3.45% ³	4.00% ²	7.69%¹	0.00% ⁶	0.00% ⁶	3.33% ⁵

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 7.34 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 3.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * 3-Opt	2-Opt * 2-Opt	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * 3-Opt
Convergence (mean)	0.0376 ⁷	0.0286¹	0.0338 ⁵	0.0298 ⁴	0.0288 ²	0.0288 ²	0.0362 ⁵
(variance)	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0247 ⁵	0.0199¹	0.0201 ²	0.0283 ⁶	0.0212 ³	0.0300 ⁷	0.0215 ⁴
(variance)	0.0026	0.0012	0.0006	0.0008	0.0013	0.0025	0.0003
Ratio of solution	20.00% ²	3.70%⁷	7.14% ⁶	17.39% ³	12.50% ⁴	33.33% ¹	7.69% ⁵

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.33 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่ วิธี PI, API, 2-Opt และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์ได้ทั้งสองขั้นตอนดังกล่าวแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับ PI, 3-Opt และ IP ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.34 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 3.2 พบว่าเมื่อใช้ API ร่วมกับ 3-Opt ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ API ร่วมกับ 3-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

3) ปัญหาการทดลองที่ 3.3

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.35 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 4:4:4:4:4

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0227	0.0506	0.0398	0.0401	0.0469	0.0544	0.0220¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0002	0.0001
	Spread (mean)	0.0264	0.0386	0.0268	0.0362	0.0363	0.0250	0.0253
	(variance)	0.0020	0.0042	0.0010	0.0066	0.0026	0.0005	0.0007
	Ratio of solution	27.27%	12.50%	0.00%	5.56%	5.56%	0.00%	47.06%¹
API	Convergence (mean)	0.0423	0.0401	0.0317	0.0372	0.0427	0.0324	0.0215¹
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0007	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0283	0.0225	0.0238	0.0227	0.0327	0.0350	0.0193¹
	(variance)	0.0011	0.0012	0.0002	0.0002	0.0010	0.0026	0.0002
	Ratio of solution	16.67%	7.69%	14.29%	10.00%	13.33%	5.26%	24.00%¹
2-Opt	Convergence (mean)	0.0439 ⁶	0.0442 ⁷	0.0333 ²	0.0401 ⁴	0.0403 ⁵	0.0324 ¹	0.0343³
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0356 ⁷	0.0264 ¹	0.0348 ⁵	0.0347 ⁴	0.0268 ²	0.0350 ⁶	0.0274³
	(variance)	0.0010	0.0015	0.0015	0.0020	0.0013	0.0026	0.0004
	Ratio of solution	11.11% ²	0.00% ⁴	0.00% ⁴	0.00% ⁴	4.35% ³	0.00% ⁴	33.33%¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0481 ⁶	0.0475 ⁵	0.0291 ²	0.0300 ³	0.0566⁷	0.0396 ⁴	0.0274¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0004	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0331 ⁷	0.0287 ⁵	0.0284 ⁴	0.0328 ⁶	0.0280 ²	0.0267 ¹	0.0281³
	(variance)	0.0009	0.0011	0.0026	0.0023	0.0005	0.0007	0.0011
	Ratio of solution	11.11% ²	0.00% ⁵	9.09% ⁴	10.53% ³	0.00% ⁵	0.00% ⁵	30.00%¹
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0308 ¹	0.0467 ⁶	0.0381 ⁵	0.0337 ³	0.0362 ⁴	0.0525 ⁷	0.0327²
	(variance)	0.0002	0.0001	0.0001	0.0000	0.0002	0.0002	0.0000
	Spread (mean)	0.0340 ⁴	0.0310 ³	0.0363 ⁷	0.0289 ²	0.0358 ⁶	0.0350 ⁵	0.0252¹
	(variance)	0.0018	0.0018	0.0028	0.0011	0.0018	0.0004	0.0005
	Ratio of solution	16.67% ¹	5.00% ⁶	5.00% ⁶	9.52% ³	5.26% ⁵	6.25% ⁴	15.79%²
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0331 ²	0.0397 ⁵	0.0346 ³	0.0408 ⁶	0.0482 ⁷	0.0374 ⁴	0.0319¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000
	Spread (mean)	0.0271 ³	0.0227 ¹	0.0268 ²	0.0317 ⁶	0.0316 ⁵	0.0332 ⁷	0.0289⁴
	(variance)	0.0009	0.0005	0.0013	0.0014	0.0027	0.0045	0.0006
	Ratio of solution	4.76% ⁶	9.09% ⁵	4.55% ⁷	11.11% ³	16.67% ²	9.52% ⁴	21.05%¹
IP	Convergence (mean)	0.0442 ⁵	0.0492 ⁷	0.0431 ⁴	0.0365 ²	0.0305¹	0.0478 ⁶	0.0422 ³
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0387 ⁶	0.0225 ¹	0.0332 ³	0.0382 ⁵	0.0354⁴	0.0286 ²	0.0393⁷
	(variance)	0.0013	0.0010	0.0011	0.0022	0.0023	0.0004	0.0026
	Ratio of solution	6.67% ⁴	0.00% ⁵	0.00% ⁵	36.84% ¹	15.79%²	0.00% ⁵	13.33% ³

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ต่ำที่สุด

ตารางที่ 7.36 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ขั้นตอนที่ 3.3 หลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 3.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * IP	2-Opt * IP	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * Or-Opt
Convergence (mean)	0.0220 ²	0.0215¹	0.0343 ⁷	0.0274 ³	0.0327 ⁶	0.0319 ⁵	0.0305 ⁴
(variance)	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0005
Spread (mean)	0.0253 ³	0.0193¹	0.0274 ⁴	0.0281 ⁵	0.0252 ²	0.0289 ⁶	0.0354 ⁷
(variance)	0.0007	0.0002	0.0004	0.0011	0.0005	0.0006	0.0023
Ratio of solution	47.06% ¹	24.00%⁴	33.33% ²	30.00% ³	15.79% ⁶	21.05% ⁵	15.79% ⁶

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

จากตารางที่ 7.35 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่การใช้วิธี IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามีเพียงการใช้วิธี PI ร่วมกับ IP ที่ให้ผลลัพธ์ในด้านนี้ที่ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแยที่ที่สุดทั้งสามด้าน ยกเว้นการใช้วิธี IP ร่วมกับ Or-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จากตารางที่ 7.36 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 3.3 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.37 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมี MPS คือ 4:4:4:4:4

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมีเวทขึ้น						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0310 ³	0.0302 ²	0.0271 ¹	0.0422 ⁵	0.0415 ⁴	0.0474 ⁷	0.0443 ⁶
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0360 ⁷	0.0223 ¹	0.0333 ⁵	0.0269 ²	0.0287 ³	0.0330 ⁴	0.0356 ⁶
	(variance)	0.0012	0.0010	0.0012	0.0005	0.0025	0.0004	0.0008
	Ratio of solution	0.00% ⁵	4.35% ⁵	20.00% ³	5.00% ⁴	0.00% ⁶	25.00% ¹	25.00% ¹
API	Convergence (mean)	0.0519 ⁶	0.0382 ¹	0.0432 ³	0.0505 ⁵	0.0445 ⁴	0.0548 ⁷	0.0422 ²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0328 ⁵	0.0309 ³	0.0297 ²	0.0421 ⁷	0.0296 ¹	0.0351 ⁶	0.0312 ⁴
	(variance)	0.0008	0.0029	0.0007	0.0014	0.0018	0.0003	0.0016
	Ratio of solution	0.00% ³	0.00% ³	5.88% ²	0.00% ³	0.00% ³	0.00% ³	16.67% ¹
2-Opt	Convergence (mean)	0.0378	0.0543	0.0438	0.0370	0.0677	0.0452	0.0242 ¹
	(variance)	0.0010	0.0013	0.0013	0.0010	0.0057	0.0025	0.0007
	Spread (mean)	0.0337	0.0398	0.0373	0.0341	0.0455	0.0466	0.0290 ¹
	(variance)	0.0024	0.0015	0.0017	0.0006	0.0024	0.0041	0.0005
	Ratio of solution	5.00%	5.88%	15.79%	0.00%	0.00%	5.88%	20.00% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.0457 ³	0.0456 ²	0.0607 ⁵	0.0764 ⁷	0.0523 ⁴	0.0706 ⁶	0.0326 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0271 ²	0.0241 ¹	0.0407 ⁶	0.0358 ⁵	0.0276 ³	0.0508 ⁷	0.0325 ⁴
	(variance)	0.0005	0.0016	0.0022	0.0024	0.0007	0.0015	0.0044
	Ratio of solution	0.00% ⁵	4.35% ⁴	0.00% ⁵	13.33% ¹	5.00% ³	0.00% ⁵	10.53% ²
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0446 ⁴	0.0527 ⁷	0.0505 ⁶	0.0330 ²	0.0446 ⁴	0.0441 ³	0.0301 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0002
	Spread (mean)	0.0407 ⁷	0.0289 ¹	0.0364 ⁵	0.0337 ³	0.0344 ⁴	0.0389 ⁶	0.0304 ²
	(variance)	0.0050	0.0005	0.0026	0.0037	0.0020	0.0034	0.0017
	Ratio of solution	10.53% ¹	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.26% ²
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0464 ³	0.0533 ⁴	0.0568 ⁷	0.0553 ⁵	0.0564 ⁶	0.0461 ²	0.0380 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0387 ⁶	0.0205 ¹	0.0286 ²	0.0301 ⁴	0.0391 ⁷	0.0291 ³	0.0338 ⁵
	(variance)	0.0011	0.0002	0.0005	0.0008	0.0014	0.0019	0.0049
	Ratio of solution	0.00% ⁶	4.76% ³	11.76% ¹	5.26% ⁴	0.00% ⁶	4.76% ⁵	10.53% ²
IP	Convergence (mean)	0.0407 ³	0.0360 ¹	0.0578 ⁷	0.0514 ⁶	0.0449 ⁴	0.0457 ⁵	0.0376 ²
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0276 ⁴	0.0273 ²	0.0274 ³	0.0421 ⁷	0.0349 ⁶	0.0244 ¹	0.0331 ⁵
	(variance)	0.0009	0.0006	0.0004	0.0016	0.0044	0.0015	0.0023
	Ratio of solution	4.76% ³	4.76% ³	0.00%	20.00% ¹	0.00%	0.00%	11.11% ²

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.38 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 3.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * API	API * API	2-Opt * IP	3-Opt * IP	Or-Opt * IP	Double-bridge * IP	IP * API
Convergence (mean)	0.0302 ³	0.0382 ⁷	0.0242¹	0.0326 ⁴	0.0301 ²	0.0380 ⁶	0.0360 ⁵
(variance)	0.0000	0.0000	0.0007	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0223 ¹	0.0309 ⁵	0.0290³	0.0325 ⁶	0.0304 ⁴	0.0338 ⁷	0.0273 ²
(variance)	0.0010	0.0029	0.0005	0.0044	0.0017	0.0049	0.0006
Ratio of solution	0.00% ⁵	0.00% ⁵	0.00%⁵	10.53% ¹	5.26% ³	10.53% ¹	4.76% ⁴

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.37 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าวิธี API และ IP สามารถประยุกต์ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่นๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.38 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสม พบว่าเมื่อใช้ 2-Opt ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ PI ร่วมกับ API ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

7.3.2 กรณีปัญหาขนาดใหญ่

7.3.2.1 ปัญหาการทดลองที่ 4 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 20 หน่วย

ในปัญหานี้จะเป็นการทดลองการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด มีความต้องการในการผลิตทั้งหมด 20 หน่วย (ความยาวสตริงคำตอบ) และมี MPS แตกต่างกัน คือปัญหาการทดลองที่ 4.1 มี MPS คือ 7:5:1:1:1:1:1:1:1:1 ปัญหาการทดลองที่ 4.2 มี MPS คือ 5:5:3:1:1:1:1:1:1:1 และปัญหาการทดลองที่ 4.3 มี MPS คือ 2:2:2:2:2:2:2:2:2:2 ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

1) ปัญหาการทดลองที่ 4.1

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.39 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมี MPS คือ 7:5:1:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมีเวทชั้น						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0633 ⁵	0.0732 ⁶	0.0561 ³	0.0568 ⁴	0.0807 ⁷	0.0515 ²	0.0505¹
	(variance)	0.0017	0.0005	0.0013	0.0012	0.0024	0.0004	0.0004
	Spread (mean)	0.0366 ⁵	0.0306 ¹	0.0337 ³	0.0321 ²	0.0438 ⁶	0.0442 ⁷	0.0365⁴
	(variance)	0.0060	0.0022	0.0018	0.0010	0.0078	0.0074	0.0026
	Ratio of solution	5.26% ³	5.56% ²	4.35% ⁵	5.00% ⁴	0.00% ⁶	0.00% ⁶	25.00%¹
API	Convergence (mean)	0.0509	0.0558	0.0512	0.0841	0.0518	0.0602	0.0486¹
	(variance)	0.0007	0.0004	0.0005	0.0030	0.0010	0.0018	0.0000
	Spread (mean)	0.0405	0.0370	0.0347	0.0425	0.0408	0.0436	0.0318¹
	(variance)	0.0018	0.0059	0.0018	0.0020	0.0031	0.0024	0.0039
	Ratio of solution	0.00% ⁴	5.56% ²	0.00% ⁴	25.00% ¹	0.00% ⁴	0.00% ⁴	4.55%³
2-Opt	Convergence (mean)	0.0618	0.0387¹	0.0567	0.0627	0.0745	0.0567	0.0880
	(variance)	0.0005	0.0019	0.0002	0.0017	0.0043	0.0001	0.0002
	Spread (mean)	0.0326	0.0307¹	0.0444	0.0309	0.0334	0.0433	0.0367
	(variance)	0.0057	0.0030	0.0034	0.0060	0.0036	0.0041	0.0010
	Ratio of solution	0.00%	4.00%	6.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.0990 ⁶	0.0726²	0.0756 ⁴	0.0811 ⁵	0.1043⁷	0.0753 ³	0.0625 ¹
	(variance)	0.0015	0.0032	0.0021	0.0002	0.0030	0.0027	0.0000
	Spread (mean)	0.0289 ³	0.0261¹	0.0362 ⁴	0.0282 ²	0.0363 ⁵	0.0593⁷	0.0405 ⁶
	(variance)	0.0015	0.0006	0.0058	0.0028	0.0010	0.0093	0.0059
	Ratio of solution	5.88%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0805 ⁶	0.0534 ³	0.0456¹	0.0819 ⁷	0.0754 ⁵	0.0528 ²	0.0562 ⁴
	(variance)	0.0046	0.0016	0.0004	0.0015	0.0028	0.0009	0.0002
	Spread (mean)	0.0421 ⁶	0.0337 ⁴	0.0320²	0.0306 ¹	0.0542 ⁷	0.0324 ³	0.0415 ⁵
	(variance)	0.0075	0.0025	0.0039	0.0010	0.0046	0.0022	0.0092
	Ratio of solution	5.88% ²	5.56% ³	8.33%¹	0.00% ⁵	0.00% ⁵	0.00% ⁵	4.76% ⁴
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0766 ²	0.0803 ³	0.0893 ⁵	0.0475¹	0.0942 ⁷	0.0936 ⁶	0.0870 ⁴
	(variance)	0.0035	0.0002	0.0002	0.0010	0.0009	0.0008	0.0015
	Spread (mean)	0.0438 ⁷	0.0249 ¹	0.0283 ⁴	0.0344⁵	0.0380 ⁶	0.0257 ³	0.0252 ²
	(variance)	0.0088	0.0008	0.0015	0.0033	0.0010	0.0009	0.0006
	Ratio of solution	8.33% ²	0.00% ⁴	0.00% ⁴	9.09%¹	0.00% ⁴	0.00% ⁴	5.26% ³
IP	Convergence (mean)	0.0687	0.0720	0.1028	0.0617	0.0596¹	0.0648	0.0732
	(variance)	0.0000	0.0024	0.0025	0.0000	0.0002	0.0000	0.0007
	Spread (mean)	0.0478	0.0325	0.0431	0.0332	0.0289¹	0.0446	0.0323
	(variance)	0.0112	0.0015	0.0011	0.0049	0.0049	0.0080	0.0026
	Ratio of solution	5.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่

ตารางที่ 7.40 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 4.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * IP	2-Opt * API	3-Opt * API	Or-Opt * 2-Opt	Double-bridge * 3-opt	IP * Or-Opt
Convergence (mean)	0.0505 ⁵	0.0486 ³	0.0387¹	0.0726 ⁷	0.0456 ⁴	0.0475 ²	0.0596 ⁶
(variance)	0.0004	0.0000	0.0019	0.0032	0.0004	0.0010	0.0002
Spread (mean)	0.0365 ⁷	0.0318 ⁵	0.0307³	0.0261 ¹	0.0320 ⁴	0.0344 ⁶	0.0289 ²
(variance)	0.0026	0.0039	0.0030	0.0006	0.0039	0.0033	0.0049
Ratio of solution	25.00% ¹	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.09% ²	0.00%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.39 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าการใช้วิธี API, 2-Opt และ IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้ว ทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าการค้นหาเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าวิธีการนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน ยกเว้นในกรณีการประยุกต์ร่วมกันของ IP และ Or-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จากตารางที่ 7.40 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 4.1 พบว่าเมื่อใช้ 2-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ 2-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.41 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา

กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมี MPS คือ 7:5:1:1:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0768 ⁶	0.0546 ¹	0.0652 ²	0.0693 ⁵	0.0813 ⁷	0.0663 ³	0.0678⁴
	(variance)	0.0009	0.0000	0.0011	0.0001	0.0022	0.0001	0.0009
	Spread (mean)	0.0324 ²	0.0359 ⁴	0.0376 ⁵	0.0442 ⁶	0.0349 ³	0.0574⁷	0.0275¹
	(variance)	0.0024	0.0023	0.0071	0.0049	0.0025	0.0093	0.0008
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
API	Convergence (mean)	0.0858 ⁶	0.0981 ⁷	0.0643 ²	0.0770 ⁴	0.0688 ³	0.0428¹	0.0773 ⁵
	(variance)	0.0008	0.0001	0.0019	0.0007	0.0020	0.0002	0.0026
	Spread (mean)	0.0274 ¹	0.0312 ⁴	0.0313 ⁵	0.0294 ³	0.0477 ⁷	0.0399⁶	0.0277 ²
	(variance)	0.0004	0.0008	0.0028	0.0017	0.0073	0.0042	0.0009
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	5.00%	0.00%	0.00%	4.35%
2-Opt	Convergence (mean)	0.0883 ⁷	0.0437 ³	0.0793 ⁶	0.0541 ⁴	0.0570 ⁵	0.0399¹	0.0426 ²
	(variance)	0.0006	0.0025	0.0003	0.0007	0.0000	0.0000	0.0007
	Spread (mean)	0.0393 ⁵	0.0336 ⁴	0.0390 ⁶	0.0317 ¹	0.0409 ⁷	0.0331³	0.0322 ²
	(variance)	0.0005	0.0026	0.0019	0.0004	0.0023	0.0024	0.0048
	Ratio of solution	0.00%	4.55%	0.00%	0.00%	0.00%	7.41%¹	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.0669 ⁵	0.0588²	0.0626 ³	0.0564 ¹	0.0628 ⁴	0.0852 ⁶	0.0853 ⁷
	(variance)	0.0006	0.0000	0.0000	0.0002	0.0001	0.0007	0.0015
	Spread (mean)	0.0432 ⁷	0.0326¹	0.0367 ³	0.0365 ²	0.0388 ⁶	0.0377 ⁵	0.0372 ⁴
	(variance)	0.0068	0.0016	0.0054	0.0087	0.0096	0.0012	0.0014
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	5.26%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0601 ²	0.0807 ⁴	0.0916 ⁶	0.0797³	0.0584 ¹	0.1016⁷	0.0912 ⁵
	(variance)	0.0001	0.0014	0.0001	0.0042	0.0025	0.0016	0.0018
	Spread (mean)	0.0437 ⁷	0.0381 ⁵	0.0350 ³	0.0270¹	0.0421 ⁶	0.0352 ⁴	0.0292 ²
	(variance)	0.0013	0.0064	0.0009	0.0010	0.0039	0.0010	0.0015
	Ratio of solution	0.00%	6.25%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0721 ⁵	0.0527¹	0.0646 ⁴	0.0638 ²	0.0636 ³	0.0838 ⁷	0.0779 ⁶
	(variance)	0.0004	0.0022	0.0035	0.0037	0.0004	0.0003	0.0000
	Spread (mean)	0.0505 ⁷	0.0341³	0.0299 ¹	0.0364 ⁴	0.0334 ²	0.0493 ⁶	0.0402 ⁵
	(variance)	0.0047	0.0052	0.0012	0.0018	0.0055	0.0062	0.0060
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	4.76%	6.67%	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.0720	0.0573	0.0914	0.0470¹	0.0614	0.0597	0.0962
	(variance)	0.0029	0.0011	0.0001	0.0019	0.0006	0.0013	0.0019
	Spread (mean)	0.0386	0.0359	0.0491	0.0278¹	0.0361	0.0304	0.0307
	(variance)	0.0014	0.0022	0.0032	0.0046	0.0013	0.0010	0.0012
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	8.00%¹	0.00%	0.00%	6.25%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.42 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 4.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * IP	API * Double-bridge	2-Opt * Double-bridge	3-Opt * API	Or-Opt * 3-Opt	Double-bridge * API	IP * 3-Opt
Convergence (mean)	0.0678 ⁶	0.0428 ²	0.0399¹	0.0588 ⁴	0.0797 ⁷	0.0527 ⁵	0.0470³
(variance)	0.0009	0.0002	0.0000	0.0000	0.0042	0.0022	0.0019
Spread (mean)	0.0275 ²	0.0399 ⁷	0.0331⁵	0.0326 ⁴	0.0270 ¹	0.0341 ⁶	0.0278³
(variance)	0.0008	0.0042	0.0024	0.0016	0.0010	0.0052	0.0046
Ratio of solution	0.00% ³	0.00% ³	7.41%²	0.00% ³	0.00% ³	0.00% ³	8.00%¹

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.41 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าวิธี API และ 3-Opt สามารถประยุกต์ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ โดยเฉพาะการประยุกต์ API ร่วมกับ Double-bridge และ 2-Opt ร่วมกับ Double-bridge ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี PI, 2-Opt และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.42 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 4.1 พบว่าเมื่อใช้ 2-Opt ร่วมกับ Double-bridge และ IP ร่วมกับ 3-Opt ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด แต่เนื่องจากผลต่างของการตัววัดสมรรถนะของการใช้วิธี 2-Opt ร่วมกับ Double-bridge ดีกว่า ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ 2-Opt ร่วมกับ Double-bridge ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

2) ปัญหาการทดลองที่ 4.2

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.43 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมี MPS คือ 5:5:3:1:1:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมีเวทขึ้น						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0829 ⁶	0.0690 ⁴	0.0684 ²	0.0872 ⁷	0.0579 ³	0.0759 ⁵	0.0299¹
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0188 ¹	0.0349 ⁶	0.0341 ⁵	0.0306 ³	0.0402 ⁷	0.0331 ⁴	0.0254²
	(variance)	0.0002	0.0026	0.0020	0.0007	0.0037	0.0018	0.0013
	Ratio of solution	0.00% ⁴	0.00% ⁴	5.26% ³	0.00% ⁴	0.00% ⁴	5.88% ²	20.83%¹
API	Convergence (mean)	0.0462 ²	0.0973 ⁶	0.0833 ⁵	0.0827 ⁴	0.1103⁷	0.0689 ³	0.0442¹
	(variance)	0.0000	0.0018	0.0000	0.0008	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0300 ³	0.0337 ⁴	0.0290 ²	0.0289 ¹	0.0380 ⁷	0.0368 ⁶	0.0355⁵
	(variance)	0.0025	0.0007	0.0009	0.0011	0.0013	0.0019	0.0007
	Ratio of solution	0.00% ⁶	7.14% ²	5.26% ³	0.00% ⁶	7.69% ¹	5.26% ³	5.56%³
2-Opt	Convergence (mean)	0.0468 ²	0.0771 ⁴	0.0387¹	0.0489 ³	0.0968 ⁷	0.0896 ⁶	0.0894 ⁵
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0305 ⁶	0.0302 ⁵	0.0288⁴	0.0371 ⁷	0.0280 ³	0.0275 ²	0.0255 ¹
	(variance)	0.0033	0.0017	0.0013	0.0040	0.0007	0.0011	0.0014
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	4.00%²	5.26% ¹	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.0705 ⁴	0.0444 ²	0.0863 ⁵	0.0304¹	0.0885 ⁶	0.0898 ⁷	0.0645 ³
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000	0.0001	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0216 ¹	0.0266 ²	0.0340 ⁵	0.0309³	0.0370 ⁷	0.0348 ⁶	0.0314 ⁴
	(variance)	0.0006	0.0010	0.0018	0.0023	0.0015	0.0016	0.0020
	Ratio of solution	0.00%	4.17% ²	0.00%	4.76%¹	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0830 ⁷	0.0423¹	0.0734 ⁶	0.0681 ⁵	0.0592 ³	0.0615 ⁴	0.0512 ²
	(variance)	0.0008	0.0000	0.0002	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0296 ²	0.0349⁵	0.0379 ⁷	0.0280 ¹	0.0339 ⁴	0.0363 ⁶	0.0321 ³
	(variance)	0.0005	0.0005	0.0010	0.0005	0.0024	0.0011	0.0042
	Ratio of solution	21.05% ¹	18.18%²	12.50% ³	0.00% ⁶	0.00% ⁶	11.11% ⁵	12.50% ³
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0623	0.0366	0.0634	0.0989	0.0668	0.0599	0.0534
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0026	0.0000	0.0000	0.0000	0.0018
	Spread (mean)	0.0246	0.0198	0.0354	0.0250	0.0316	0.0345	0.0292
	(variance)	0.0020	0.0006	0.0022	0.0008	0.0009	0.0034	0.0008
	Ratio of solution	9.09% ²	7.14%³	12.50% ¹	0.00%	0.00%	0.00%	5.00% ⁴
IP	Convergence (mean)	0.0477²	0.0612 ⁴	0.0631 ⁵	0.1098 ⁷	0.0537 ³	0.0799 ⁶	0.0448 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0017	0.0000	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0258¹	0.0308 ³	0.0278 ²	0.0378 ⁵	0.0333 ⁴	0.0416⁷	0.0396 ⁶
	(variance)	0.0019	0.0027	0.0010	0.0017	0.0010	0.0028	0.0020
	Ratio of solution	3.45%⁵	16.00% ²	5.00%	20.00% ¹	0.00%	15.38% ³	11.76% ⁴

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.44 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 4.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * IP	2-Opt * 2-Opt	3-Opt * 3-Opt	Or-Opt * API	Double-bridge * API	IP * PI
Convergence (mean)	0.0299 ¹	0.0442 ¹	0.0387 ⁴	0.0304 ²	0.0423 ⁵	0.0366 ³	0.0477 ⁷
(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0254 ²	0.0355 ⁵	0.0288 ⁴	0.0309 ⁶	0.0349 ⁷	0.0198 ¹	0.0258 ³
(variance)	0.0013	0.0007	0.0013	0.0023	0.0005	0.0006	0.0019
Ratio of solution	20.83% ¹	5.56% ⁴	4.00% ⁶	4.76% ⁵	18.18% ²	7.14% ³	3.45% ⁷

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.43 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าการใช้วิธี IP และ 3-Opt ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้ว ทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน ยกเว้นในกรณีการประยุกต์ร่วมกันของ IP และ Or-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จากตารางที่ 7.44 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 4.2 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.45 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา

กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมี MPS คือ 5:5:3:1:1:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0424 ¹	0.0692 ⁵	0.0663 ⁴	0.0737 ⁶	0.1070 ⁷	0.0642 ³	0.0539²
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0369 ⁵	0.0299 ²	0.0342 ⁴	0.0374 ⁶	0.0292 ¹	0.0490 ⁷	0.0329³
	(variance)	0.0029	0.0030	0.0010	0.0016	0.0012	0.0040	0.0022
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.56%
API	Convergence (mean)	0.0610 ¹	0.0640²	0.0678 ⁴	0.0677 ³	0.0854 ⁵	0.0981 ⁶	0.1074 ⁷
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0007	0.0001	0.0000	0.0001	0.0003
	Spread (mean)	0.0524 ⁷	0.0346³	0.0387 ⁵	0.0401 ⁶	0.0258 ¹	0.0357 ⁴	0.0344 ²
	(variance)	0.0079	0.0026	0.0064	0.0078	0.0016	0.0008	0.0022
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.0704	0.0754	0.0696	0.0913	0.0714	0.0629¹	0.0690
	(variance)	0.0029	0.0000	0.0000	0.0003	0.0004	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0287	0.0380	0.0487	0.0536	0.0422	0.0249¹	0.0320
	(variance)	0.0036	0.0016	0.0096	0.0024	0.0037	0.0014	0.0005
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.0886 ⁶	0.0723 ³	0.0561²	0.0786 ⁴	0.0832 ⁵	0.1096⁷	0.0524 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0002	0.0012	0.0000	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0332 ³	0.0469 ⁶	0.0272²	0.0493 ⁷	0.0265 ¹	0.0368 ⁴	0.0369 ⁵
	(variance)	0.0007	0.0017	0.0017	0.0039	0.0008	0.0018	0.0021
	Ratio of solution	0.00%	13.33%	0.00%	8.33%	0.00%	0.00%	11.11%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0886 ⁶	0.0706 ⁵	0.0625 ³	0.0604²	0.1007 ⁷	0.0626 ⁴	0.0470 ¹
	(variance)	0.0002	0.0012	0.0000	0.0019	0.0001	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0278 ²	0.0374 ³	0.0423 ⁶	0.0237¹	0.0385 ⁵	0.0444 ⁷	0.0377 ⁴
	(variance)	0.0008	0.0022	0.0021	0.0006	0.0045	0.0040	0.0027
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0785 ³	0.1008 ⁴	0.0814 ⁷	0.0654 ²	0.0805 ⁶	0.1008 ⁴	0.0609¹
	(variance)	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000	0.0026	0.0001	0.0007
	Spread (mean)	0.0384 ⁵	0.0328 ⁴	0.0277 ¹	0.0308 ²	0.0423 ⁶	0.0455 ⁷	0.0313³
	(variance)	0.0018	0.0011	0.0010	0.0017	0.0048	0.0033	0.0041
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	7.69% ²	10.00% ¹	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.0973 ⁷	0.0766 ⁴	0.0652 ²	0.0883 ⁶	0.0652 ²	0.0794 ⁵	0.0568¹
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0336 ⁵	0.0246 ¹	0.0358 ⁶	0.0464 ⁷	0.0325 ⁴	0.0319 ³	0.0294²
	(variance)	0.0036	0.0018	0.0021	0.0040	0.0016	0.0006	0.0026
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.26% ³	6.67% ¹	4.35%²

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.46 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 4.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * IP	API * API	2-Opt * Double-bridge	3-Opt * 2-Opt	Or-Opt * 3-Opt	Double-bridge * IP	IP * IP
Convergence (mean)	0.0539 ¹	0.0640 ⁶	0.0629 ⁷	0.0561 ²	0.0604 ⁴	0.0609 ⁵	0.0568 ³
(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0002	0.0019	0.0007	0.0000
Spread (mean)	0.0329 ⁶	0.0346 ⁷	0.0249 ²	0.0272 ³	0.0237 ¹	0.0313 ⁵	0.0294 ⁴
(variance)	0.0022	0.0026	0.0014	0.0017	0.0006	0.0041	0.0026
Ratio of solution	5.56% ¹	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	4.35% ²

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.45 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าวิธี API, 3-Opt และ IP สามารถประยุกต์ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง นั้นพบว่าไม่มีการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน ยกเว้นการประยุกต์ 2-Opt ร่วมกับ Double-bridge ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

จากตารางที่ 7.47 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 4.2 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

3) ปัญหาการทดลองที่ 4.3

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.47 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมี MPS คือ 2:2:2:2:2:2:2:2:2

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.1254	0.0905 ¹	0.1258	0.2185	0.1859	0.1512	0.1158
	(variance)	0.0003	0.0000	0.0001	0.0010	0.0003	0.0008	0.0004
	Spread (mean)	0.0499	0.0251 ¹	0.0522	0.0498	0.0543	0.0377	0.0481
	(variance)	0.0033	0.0004	0.0031	0.0027	0.0038	0.0007	0.0042
	Ratio of solution	0.00%	5.26% ¹	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
API	Convergence (mean)	0.1612 ³	0.1223 ⁴	0.1104 ¹	0.2327 ⁷	0.2003 ⁵	0.2332 ⁶	0.1156 ²
	(variance)	0.0005	0.0000	0.0001	0.0019	0.0011	0.0008	0.0000
	Spread (mean)	0.0264 ¹	0.0447 ⁴	0.0438 ³	0.0449 ⁵	0.0530 ⁶	0.0331 ²	0.0643 ⁷
	(variance)	0.0005	0.0012	0.0017	0.0072	0.0060	0.0022	0.0050
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	12.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.1787 ⁶	0.1086 ²	0.1649 ⁵	0.1848 ⁷	0.1551 ⁴	0.1463 ³	0.0710 ¹
	(variance)	0.0012	0.0002	0.0003	0.0009	0.0003	0.0003	0.0003
	Spread (mean)	0.0620 ⁷	0.0458 ⁵	0.0544 ⁶	0.0414 ¹	0.0446 ⁴	0.0432 ²	0.0443 ³
	(variance)	0.0029	0.0044	0.0027	0.0007	0.0015	0.0020	0.0010
	Ratio of solution	0.00%	9.09% ³	11.11% ²	0.00%	0.00%	0.00%	54.55% ¹
3-Opt	Convergence (mean)	0.1359 ⁴	0.1115 ²	0.1180 ³	0.1899 ⁶	0.1362 ⁵	0.2453 ⁷	0.0897 ¹
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0014	0.0006	0.0007	0.0000
	Spread (mean)	0.0445 ⁴	0.0294 ¹	0.0321 ²	0.0443 ³	0.0534 ⁶	0.0524 ⁵	0.0547 ⁷
	(variance)	0.0040	0.0004	0.0021	0.0016	0.0041	0.0030	0.0060
	Ratio of solution	0.00%	6.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.2276 ⁷	0.1447 ²	0.1579 ³	0.1738 ⁴	0.1757 ⁵	0.1972 ⁶	0.0489 ¹
	(variance)	0.0014	0.0001	0.0010	0.0012	0.0004	0.0011	0.0001
	Spread (mean)	0.0420 ⁵	0.0252 ¹	0.0601 ⁷	0.0526 ⁶	0.0415 ⁴	0.0324 ²	0.0369 ³
	(variance)	0.0031	0.0004	0.0044	0.0027	0.0011	0.0008	0.0025
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	16.67%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.1445 ⁴	0.1393 ³	0.1921 ⁶	0.0915 ¹	0.2057 ⁷	0.1074 ²	0.1473 ⁵
	(variance)	0.0002	0.0001	0.0016	0.0002	0.0008	0.0003	0.0013
	Spread (mean)	0.0674 ⁶	0.0462 ¹	0.0543 ²	0.0533 ⁴	0.0824 ⁷	0.0626 ⁵	0.0534 ²
	(variance)	0.0101	0.0008	0.0017	0.0040	0.0040	0.0090	0.0017
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	20.00%	0.00%	14.29%	10.00%
IP	Convergence (mean)	0.1123	0.1232	0.1842	0.1640	0.1770	0.1629	0.0461
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0014	0.0003	0.0005	0.0006	0.0000
	Spread (mean)	0.0373	0.0463	0.0458	0.0504	0.0530	0.0387	0.0423
	(variance)	0.0018	0.0024	0.0030	0.0026	0.0017	0.0026	0.0012
	Ratio of solution	9.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	30.77%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่งที่สุด

ตารางที่ 7.48 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 4.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * 2-Opt	2-Opt * 2-Opt	3-Opt * API	Or-Opt * IP	Double-bridge * 3-Opt	IP * IP
Convergence (mean)	0.0905 ³	0.1104 ⁵	0.0710 ⁷	0.1115 ⁶	0.0489²	0.0915 ⁴	0.0461 ¹
(variance)	0.0000	0.0001	0.0003	0.0000	0.0001	0.0002	0.0000
Spread (mean)	0.0251 ¹	0.0438 ⁵	0.0443 ⁶	0.0294 ³	0.0369³	0.0533 ⁷	0.0423 ⁴
(variance)	0.0004	0.0017	0.0010	0.0004	0.0025	0.0040	0.0012
Ratio of solution	5.26% ⁷	12.50% ⁴	54.55% ¹	6.67% ⁶	16.67%³	20.00% ²	7.69% ⁵

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.48 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าการใช้วิธี API และ IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามีเพียงการใช้วิธี IP ร่วมกับ IP ที่ให้ผลลัพธ์ในด้านนี้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.49 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 4.3 พบว่าเมื่อใช้ Or-Opt ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ Or-Opt ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.49 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมี MPS คือ 2:2:2:2:2:2:2:2:2

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.1221 ¹	0.1413 ³	0.1850 ⁴	0.2486 ⁶	0.2109 ⁵	0.2627 ⁷	0.1313 ²
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0005	0.0010	0.0007	0.0013	0.0003
	Spread (mean)	0.0353 ³	0.0303 ²	0.0670 ⁷	0.0484 ⁵	0.0278 ¹	0.0437 ⁴	0.0577 ⁶
	(variance)	0.0009	0.0013	0.0046	0.0029	0.0005	0.0014	0.0012
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
API	Convergence (mean)	0.2254 ⁷	0.1794 ¹	0.1899 ³	0.1971 ⁴	0.2269 ⁵	0.2539 ⁶	0.1885 ²
	(variance)	0.0027	0.0005	0.0010	0.0013	0.0008	0.0011	0.0007
	Spread (mean)	0.0606 ⁷	0.0570 ⁶	0.0421 ³	0.0512 ⁴	0.0408 ²	0.0405 ¹	0.0540 ⁵
	(variance)	0.0035	0.0032	0.0022	0.0055	0.0055	0.0011	0.0067
	Ratio of solution	10.00%	11.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.1397 ²	0.1642 ³	0.1382 ¹	0.1994 ⁵	0.2428 ⁷	0.2248 ⁶	0.1755 ⁴
	(variance)	0.0007	0.0007	0.0002	0.0010	0.0015	0.0006	0.0016
	Spread (mean)	0.0534 ⁴	0.0556 ⁶	0.0512 ³	0.0548 ⁵	0.0496 ¹	0.0565 ⁷	0.0500 ²
	(variance)	0.0027	0.0014	0.0025	0.0033	0.0011	0.0030	0.0018
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.2229 ⁵	0.1711 ¹	0.1713 ²	0.1950 ⁴	0.2652 ⁶	0.2841 ⁷	0.1993 ³
	(variance)	0.0012	0.0001	0.0004	0.0003	0.0012	0.0025	0.0012
	Spread (mean)	0.0207 ¹	0.0352 ²	0.0433 ⁵	0.0428 ⁴	0.0487 ⁶	0.0990 ⁷	0.0395 ³
	(variance)	0.0005	0.0005	0.0011	0.0009	0.0048	0.0085	0.0009
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.2463 ⁶	0.1132 ¹	0.1462 ²	0.2595 ⁷	0.2187 ⁴	0.2319 ⁵	0.1933 ³
	(variance)	0.0021	0.0000	0.0000	0.0029	0.0001	0.0013	0.0011
	Spread (mean)	0.0703 ⁶	0.0591 ⁴	0.0483 ²	0.0657 ⁵	0.0951 ⁷	0.0482 ¹	0.0507 ³
	(variance)	0.0054	0.0022	0.0004	0.0043	0.0165	0.0045	0.0019
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.2152 ⁶	0.1783 ³	0.1464 ²	0.2167 ⁷	0.2066 ⁵	0.2062 ⁴	0.1204 ¹
	(variance)	0.0008	0.0001	0.0001	0.0006	0.0009	0.0001	0.0005
	Spread (mean)	0.0825 ⁷	0.0540 ⁵	0.0375 ³	0.0402 ⁴	0.0627 ⁶	0.0356 ¹	0.0365 ²
	(variance)	0.0148	0.0014	0.0013	0.0011	0.0007	0.0015	0.0010
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.1767 ⁴	0.1570 ²	0.1496 ³	0.2196 ⁵	0.2432 ⁶	0.2809 ⁷	0.1190 ¹
	(variance)	0.0007	0.0010	0.0002	0.0011	0.0007	0.0011	0.0003
	Spread (mean)	0.0665 ⁶	0.0497 ⁴	0.0575 ⁵	0.0384 ²	0.0695 ⁷	0.0379 ¹	0.0426 ³
	(variance)	0.0045	0.0027	0.0029	0.0016	0.0062	0.0016	0.0007
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่งที่สุด

ตารางที่ 7.50 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 4.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด						
	PI * PI	API * API	2-Opt * 2-Opt	3-Opt * API	Or-Opt * 2-Opt	Double-bridge * IP	IP * IP
Convergence (mean)	0.1221 ³	0.1794 ⁷	0.1382 ⁴	0.1711 ⁶	0.1462 ⁵	0.1204 ²	0.1190¹
(variance)	0.0001	0.0005	0.0002	0.0001	0.0000	0.0005	0.0003
Spread (mean)	0.0353 ²	0.0570 ⁷	0.0512 ⁶	0.0352 ¹	0.0483 ⁵	0.0365 ³	0.0426⁴
(variance)	0.0009	0.0032	0.0025	0.0005	0.0004	0.0010	0.0007
Ratio of solution	0.00%	11.11%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่แย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.49 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าวิธี API, 2-Opt และ IP สามารถประยุกต์ในขั้นตอนหลังตัวดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.50 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสม พบว่าเมื่อใช้ IP ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ IP ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

7.3.2.2 ปัญหาการทดลองที่ 5 กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 100 หน่วย

ในปัญหานี้จะเป็นการทดลองการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการผลิตประกอบผลิตภัณฑ์ผสมกรณีมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด มีความต้องการในการผลิตทั้งหมด 100 หน่วย (ความยาวสตริงคำตอบ) และมี MPS แตกต่างกัน คือปัญหาการทดลองที่ 5.1 มี MPS คือ 20:20:20:15:15:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1 ปัญหาการทดลองที่ 5.2 มี MPS คือ 15:15:15:10:10:10:10:5:4:1:1:1:1:1:1 และปัญหาการทดลองที่ 5.3 มี MPS คือ 7:7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6 ผลการวิเคราะห์แสดงได้ดังนี้

1) ปัญหาการทดลองที่ 5.1

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.51 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหากรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 20:20:20:15:15:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมีเวชั่น						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0347 ¹	0.0676 ³	0.0911 ⁴	0.1715 ⁵	0.2374 ⁷	0.1728 ⁶	0.0584 ²
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0013	0.0001	0.0014	0.0000
	Spread (mean)	0.0221 ²	0.0272 ⁴	0.0219 ¹	0.0497 ⁷	0.0321 ⁶	0.0283 ⁵	0.0261 ³
	(variance)	0.0005	0.0013	0.0012	0.0044	0.0006	0.0012	0.0006
	Ratio of solution	25.00%	0.00%	0.00%	6.25%	0.00%	0.00%	41.67%
API	Convergence (mean)	0.1423	0.1590	0.0758	0.1436	0.1156	0.1643	0.1375
	(variance)	0.0009	0.0001	0.0000	0.0002	0.0000	0.0000	0.0009
	Spread (mean)	0.0321	0.0226	0.0220	0.0355	0.0282	0.0323	0.0319
	(variance)	0.0007	0.0006	0.0012	0.0013	0.0009	0.0012	0.0009
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	12.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.1254 ⁵	0.0803 ¹	0.0841 ²	0.2450 ⁷	0.2054 ⁶	0.1164 ⁴	0.0904 ³
	(variance)	0.0003	0.0019	0.0001	0.0015	0.0012	0.0004	0.0000
	Spread (mean)	0.0333 ⁵	0.0248 ²	0.0283 ³	0.0402 ⁶	0.0474 ⁷	0.0238 ¹	0.0312 ⁴
	(variance)	0.0028	0.0007	0.0005	0.0004	0.0057	0.0016	0.0012
	Ratio of solution	3.70%	6.67%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.1329	0.0882 ¹	0.0908	0.1242	0.1287	0.2095	0.1079
	(variance)	0.0001	0.0006	0.0001	0.0000	0.0000	0.0008	0.0003
	Spread (mean)	0.0314	0.0182 ¹	0.0357	0.0299	0.0254	0.0359	0.0455
	(variance)	0.0007	0.0003	0.0025	0.0029	0.0012	0.0010	0.0018
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.0840 ³	0.0831 ²	0.0691 ¹	0.1483 ⁴	0.1668 ⁵	0.1912 ⁷	0.1771 ⁶
	(variance)	0.0007	0.0014	0.0005	0.0007	0.0012	0.0004	0.0000
	Spread (mean)	0.0245 ³	0.0286 ⁴	0.0303 ⁵	0.0313 ⁶	0.0360 ⁷	0.0230 ²	0.0218 ¹
	(variance)	0.0032	0.0026	0.0010	0.0020	0.0007	0.0009	0.0003
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0809	0.1464	0.1191	0.0843	0.1396	0.0987	0.0694 ¹
	(variance)	0.0009	0.0000	0.0000	0.0003	0.0000	0.0000	0.0006
	Spread (mean)	0.0247	0.0266	0.0309	0.0334	0.0229	0.0376	0.0208 ¹
	(variance)	0.0005	0.0003	0.0027	0.0026	0.0008	0.0011	0.0018
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	5.26%	0.00%	0.00%	2.86%
IP	Convergence (mean)	0.0921 ²	0.1343 ⁶	0.1416 ⁷	0.1218 ³	0.1087 ³	0.1318 ⁵	0.0888 ¹
	(variance)	0.0002	0.0005	0.0003	0.0000	0.0024	0.0004	0.0001
	Spread (mean)	0.0307 ⁵	0.0221 ³	0.0217 ¹	0.0322 ⁶	0.0221 ²	0.0558 ⁷	0.0298 ⁴
	(variance)	0.0016	0.0005	0.0003	0.0018	0.0004	0.0056	0.0016
	Ratio of solution	0.00%	5.71% ²	0.00%	0.00%	0.00%	7.14% ¹	0.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข ^{1,2,...,7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่

ตารางที่ 7.52 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * PI	API * 2-Opt	2-Opt * API	3-Opt * API	Or-Opt * PI	Double-bridge * IP	IP * IP
Convergence (mean)	0.0347 ¹	0.0758 ³	0.0803 ⁴	0.0882 ⁶	0.0840 ⁵	0.0694 ²	0.0888 ⁷
(variance)	0.0001	0.0000	0.0019	0.0006	0.0007	0.0006	0.0001
Spread (mean)	0.0221 ⁴	0.0220 ³	0.0248 ⁶	0.0182 ¹	0.0245 ⁵	0.0208 ²	0.0298 ⁷
(variance)	0.0005	0.0012	0.0007	0.0003	0.0032	0.0018	0.0016
Ratio of solution	25.00%	0.00%	6.67%	0.00%	0.00%	2.86%	0.00%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.51 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าการใช้วิธี PI, API 2-Opt และ IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้ว ทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามีเพียงการใช้วิธี IP ร่วมกับ IP ที่ให้ผลลัพธ์ในด้านนี้ดีที่สุด นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.52 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมในปัญหาการทดลองที่ 5.1 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ PI ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบดีที่สุด (แม้ว่าผลรวมของอันดับที่ในด้านการกระจายของการใช้การค้นหาค่าเฉพาะที่ PI ร่วมกัน IP จะมากกว่า Double-bridge ร่วมกัน IP แต่มีผลต่างกันไม่มากนัก เมื่อเทียบกับผลต่างของการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ PI ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.53 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 20:20:20:15:15:1:1:1:1:1:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.0437 ²	0.0418 ¹	0.1426 ⁶	0.1002 ³	0.1539 ⁷	0.1016 ⁴	0.1044 ⁵
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0011	0.0000	0.0006	0.0002
	Spread (mean)	0.0282 ⁴	0.0354 ⁶	0.0213 ¹	0.0233 ³	0.0327 ⁵	0.0406 ⁷	0.0230 ²
	(variance)	0.0020	0.0034	0.0002	0.0014	0.0061	0.0028	0.0004
	Ratio of solution	10.00%	4.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
API	Convergence (mean)	0.1427	0.1605	0.1217	0.1306	0.1665	0.1834	0.1099 ¹
	(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0009	0.0000	0.0007	0.0025
	Spread (mean)	0.0387	0.0267	0.0408	0.0432	0.0364	0.0261	0.0201 ¹
	(variance)	0.0022	0.0013	0.0041	0.0031	0.0043	0.0013	0.0008
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.1734 ⁷	0.1291 ²	0.1311 ³	0.1521 ⁵	0.1704 ⁶	0.1446 ⁴	0.1068 ¹
	(variance)	0.0004	0.0003	0.0003	0.0001	0.0004	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0366 ⁵	0.0390 ⁶	0.0281 ²	0.0469 ⁷	0.0200 ¹	0.0355 ⁴	0.0302 ³
	(variance)	0.0026	0.0029	0.0016	0.0023	0.0006	0.0019	0.0011
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.1375 ⁵	0.1136 ¹	0.1625 ⁷	0.1379 ⁶	0.1216 ³	0.1318 ⁴	0.1183 ²
	(variance)	0.0007	0.0016	0.0021	0.0001	0.0005	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0314 ¹	0.0317 ²	0.0399 ⁵	0.0435 ⁷	0.0409 ⁶	0.0386 ⁴	0.0324 ³
	(variance)	0.0019	0.0026	0.0016	0.0009	0.0077	0.0019	0.0007
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.1658 ⁶	0.0981 ²	0.0948 ¹	0.1276 ⁴	0.1331 ⁵	0.2253 ⁷	0.1051 ³
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0001	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0356 ³	0.0379 ⁴	0.0383 ⁵	0.0407 ⁷	0.0229 ¹	0.0385 ⁶	0.0251 ²
	(variance)	0.0039	0.0024	0.0022	0.0012	0.0002	0.0014	0.0015
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	5.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.0911 ³	0.1012 ⁵	0.0768 ¹	0.1081 ⁶	0.0839 ²	0.0963 ⁴	0.1143 ^{7s}
	(variance)	0.0001	0.0002	0.0000	0.0000	0.0001	0.0003	0.0001
	Spread (mean)	0.0248 ¹	0.0288 ²	0.0398 ⁷	0.0345 ⁴	0.0352 ⁵	0.0395 ⁶	0.0331 ³
	(variance)	0.0038	0.0010	0.0010	0.0014	0.0029	0.0028	0.0006
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.1228	0.0654 ¹	0.1236	0.1438	0.1315	0.0959	0.1291
	(variance)	0.0005	0.0001	0.0002	0.0003	0.0001	0.0008	0.0006
	Spread (mean)	0.0357	0.0198 ¹	0.0282	0.0466	0.0218	0.0215	0.0219
	(variance)	0.0037	0.0010	0.0009	0.0019	0.0010	0.0016	0.0005
	Ratio of solution	4.76%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่งที่สุด

ตารางที่ 7.54 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.1

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * PI	API * IP	2-Opt * IP	3-Opt * API	Or-Opt * IP	Double-bridge * PI	IP * API
Convergence (mean)	0.0437 ¹	0.1099 ⁶	0.1068 ⁵	0.1136 ⁷	0.1051 ⁴	0.0911 ³	0.0654 ²
(variance)	0.0000	0.0025	0.0001	0.0016	0.0001	0.0001	0.0001
Spread (mean)	0.0282 ⁵	0.0201 ²	0.0302 ⁶	0.0317 ⁷	0.0251 ⁴	0.0248 ³	0.0198 ¹
(variance)	0.0020	0.0008	0.0011	0.0026	0.0015	0.0038	0.0010
Ratio of solution	10.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.53 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าวิธี PI, API, 2-Opt และ IP สามารถประยุกต์ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.54 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสม พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ PI ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบดีที่สุด (แม้ว่าผลรวมของอันดับที่ในด้านการกระจายของการใช้การค้นหาค่าเฉพาะที่ PI ร่วมกับ PI จะมากกว่า IP ร่วมกับ API แต่มีผลต่างกันไม่มากนัก เมื่อเทียบกับผลต่างของการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง) ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ PI ร่วมกับ PI ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

2) ปัญหาการทดลองที่ 5.2

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.55 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 15:15:15:10:10:10:10:5:4:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.1591 ⁵	0.1262 ²	0.1146 ³	0.1433 ⁴	0.1698 ⁶	0.1931 ⁷	0.0299¹
	(variance)	0.0005	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0338 ⁶	0.0231 ³	0.0259 ⁴	0.0227 ²	0.0432 ⁷	0.0287 ⁵	0.0214¹
	(variance)	0.0018	0.0010	0.0026	0.0008	0.0027	0.0006	0.0009
	Ratio of solution	24.00%	5.56%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	47.50%
API	Convergence (mean)	0.1363 ³	0.1070¹	0.1130 ²	0.1458 ⁵	0.1744 ⁷	0.1654 ⁶	0.1442 ⁴
	(variance)	0.0002	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0245 ¹	0.0260³	0.0475 ⁶	0.0427 ⁵	0.0689⁷	0.0366 ⁴	0.0251 ²
	(variance)	0.0004	0.0009	0.0090	0.0025	0.0050	0.0011	0.0009
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	18.75%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.1781 ³	0.1340¹	0.2195⁷	0.1965 ⁶	0.1743 ²	0.1826 ⁵	0.1799 ⁴
	(variance)	0.0006	0.0002	0.0021	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002
	Spread (mean)	0.0335 ³	0.0346⁴	0.0626 ⁷	0.0315 ²	0.0338 ⁵	0.0339 ⁶	0.0213 ¹
	(variance)	0.0014	0.0045	0.0033	0.0013	0.0018	0.0008	0.0007
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.1075 ¹	0.1268²	0.1599 ⁵	0.1473 ⁴	0.1736 ⁷	0.1354 ³	0.1689 ⁶
	(variance)	0.0000	0.0003	0.0001	0.0000	0.0006	0.0003	0.0002
	Spread (mean)	0.0324 ⁵	0.0223²	0.0216 ¹	0.0263 ⁴	0.0361 ⁶	0.0488 ⁷	0.0227 ³
	(variance)	0.0022	0.0028	0.0008	0.0018	0.0025	0.0029	0.0004
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.1513 ⁵	0.1096¹	0.1193 ²	0.1536 ⁶	0.1865 ⁷	0.1442 ⁴	0.1313 ³
	(variance)	0.0003	0.0000	0.0000	0.0004	0.0003	0.0001	0.0003
	Spread (mean)	0.0274 ³	0.0254²	0.0308 ⁵	0.0313 ⁶	0.0442 ⁷	0.0251 ¹	0.0304 ⁴
	(variance)	0.0009	0.0009	0.0007	0.0040	0.0019	0.0009	0.0019
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.1382	0.0938	0.1564	0.1710	0.1871	0.1561	0.1370
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0005	0.0005	0.0000	0.0004	0.0000
	Spread (mean)	0.0265	0.0195	0.0242	0.0352	0.0415	0.0513	0.0269
	(variance)	0.0012	0.0006	0.0004	0.0017	0.0019	0.0029	0.0022
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.0890¹	0.1252 ²	0.1423 ⁴	0.1650 ⁶	0.1896 ⁷	0.1725 ⁵	0.1330 ³
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0003	0.0002	0.0000	0.0001	0.0004
	Spread (mean)	0.0414⁷	0.0237 ¹	0.0291 ³	0.0360 ⁶	0.0340 ⁴	0.0345 ⁵	0.0286 ²
	(variance)	0.0039	0.0002	0.0010	0.0009	0.0007	0.0020	0.0010
	Ratio of solution	31.58%	0.00%	0.00%	10.53%	0.00%	5.00%	0.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.56 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * API	2-Opt * API	3-Opt * API	Or-Opt * API	Double-bridge * API	IP * PI
Convergence (mean)	0.0299 ¹	0.1070 ⁴	0.1340 ⁷	0.1268 ⁶	0.1096 ⁵	0.0938 ³	0.0890 ²
(variance)	0.0001	0.0000	0.0002	0.0003	0.0000	0.0000	0.0001
Spread (mean)	0.0214 ²	0.0260 ⁵	0.0346 ⁶	0.0223 ³	0.0254 ⁴	0.0195 ¹	0.0414 ⁷
(variance)	0.0009	0.0009	0.0045	0.0028	0.0009	0.0006	0.0039
Ratio of solution	47.50%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	31.58%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.55 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าส่วนใหญ่การใช้วิธี API ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้ว ทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่ามี การค้นหาเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุด ทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.56 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสม ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.57 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 15:15:15:10:10:10:10:5:4:1:1:1:1:1

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.1455	0.1275	0.1634	0.1564	0.1577	0.1503	0.1488
	(variance)	0.0012	0.0000	0.0003	0.0001	0.0004	0.0003	0.0002
	Spread (mean)	0.0516	0.0235	0.0358	0.0353	0.0597	0.0325	0.0244
	(variance)	0.0025	0.0033	0.0015	0.0009	0.0021	0.0021	0.0010
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
API	Convergence (mean)	0.1419 ²	0.1463 ⁴	0.1433³	0.1666 ⁵	0.1884 ⁷	0.1784 ⁶	0.1405 ¹
	(variance)	0.0000	0.0002	0.0003	0.0001	0.0006	0.0001	0.0004
	Spread (mean)	0.0356 ³	0.0276 ²	0.0227¹	0.0381 ⁵	0.0580 ⁷	0.0457 ⁶	0.0360 ⁴
	(variance)	0.0012	0.0006	0.0013	0.0048	0.0017	0.0014	0.0020
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.1129	0.1330	0.1752	0.1434	0.1887	0.1798	0.1220
	(variance)	0.0002	0.0003	0.0005	0.0003	0.0004	0.0004	0.0000
	Spread (mean)	0.0408	0.0375	0.0265	0.0295	0.0439	0.0358	0.0248
	(variance)	0.0047	0.0020	0.0006	0.0033	0.0006	0.0012	0.0016
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.1686 ⁶	0.0886¹	0.1222 ²	0.1990 ⁷	0.1246 ³	0.1312 ⁴	0.1591 ⁵
	(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0004	0.0001	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0314 ⁴	0.0310³	0.0308 ²	0.0359 ⁵	0.0417 ⁷	0.0406 ⁶	0.0295 ¹
	(variance)	0.0015	0.0007	0.0029	0.0007	0.0019	0.0035	0.0023
	Ratio of solution	0.00%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.1627	0.0772	0.1400	0.1541	0.1720	0.1795	0.1473
	(variance)	0.0004	0.0000	0.0003	0.0004	0.0002	0.0002	0.0004
	Spread (mean)	0.0329	0.0203	0.0245	0.0291	0.0218	0.0312	0.0327
	(variance)	0.0007	0.0010	0.0003	0.0011	0.0002	0.0004	0.0008
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.1219	0.1829	0.1438	0.1983	0.1632	0.1718	0.1619
	(variance)	0.0000	0.0005	0.0003	0.0009	0.0004	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0241	0.0242	0.0335	0.0310	0.0476	0.0307	0.0363
	(variance)	0.0004	0.0004	0.0045	0.0016	0.0037	0.0015	0.0016
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.1472	0.1303	0.2007	0.2166	0.1406	0.1565	0.1467
	(variance)	0.0002	0.0003	0.0008	0.0006	0.0001	0.0000	0.0003
	Spread (mean)	0.0249	0.0217	0.0306	0.0282	0.0500	0.0569	0.0420
	(variance)	0.0016	0.0004	0.0005	0.0017	0.0018	0.0090	0.0020
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.58 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.2

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * API	API * 2-Opt	2-Opt * IP	3-Opt * API	Or-Opt * API	Double-bridge * PI	IP * API
Convergence (mean)	0.1275 ⁵	0.1433 ⁷	0.1220 ⁴	0.0886 ²	0.0772¹	0.1219 ³	0.1303 ⁶
(variance)	0.0000	0.0003	0.0000	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003
Spread (mean)	0.0235 ⁴	0.0227 ³	0.0248 ⁶	0.0310 ⁷	0.0203¹	0.0241 ⁵	0.0217 ²
(variance)	0.0033	0.0013	0.0016	0.0007	0.0010	0.0004	0.0004
Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	4.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.57 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าส่วนใหญ่วิธี API สามารถประยุกต์ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี 3-Opt, Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.58 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสม ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 พบว่าเมื่อใช้ Or-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ Or-Opt ร่วมกับ API ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

3) ปัญหาการทดลองที่ 5.3

ผลการวิเคราะห์การใช้วิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่ทั้ง 7 วิธีใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7.59 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 7:7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6:6

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.1281 ³	0.1053 ²	0.1491 ⁴	0.1846 ⁶	0.1682 ⁵	0.2108 ⁷	0.0915¹
	(variance)	0.0000	0.0002	0.0019	0.0010	0.0004	0.0000	0.0001
	Spread (mean)	0.0397 ⁴	0.0344 ²	0.0412 ⁵	0.0445 ⁶	0.0518 ⁷	0.0372 ³	0.0292¹
	(variance)	0.0007	0.0019	0.0016	0.0032	0.0060	0.0010	0.0010
	Ratio of solution	5.56% ³	0.00%	35.29% ¹	18.75% ²	0.00%	0.00%	0.00%
API	Convergence (mean)	0.2262 ⁷	0.1862 ⁵	0.1489 ³	0.1621 ⁴	0.2121 ⁶	0.1066¹	0.1447 ²
	(variance)	0.0001	0.0017	0.0002	0.0050	0.0001	0.0000	0.0000
	Spread (mean)	0.0376 ³	0.0429 ⁴	0.0524 ⁶	0.0716⁷	0.0437 ⁵	0.0362²	0.0257 ¹
	(variance)	0.0015	0.0031	0.0057	0.0056	0.0020	0.0012	0.0018
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.1312¹	0.1313 ²	0.1321 ³	0.1796 ⁵	0.2365 ⁷	0.1833 ⁶	0.1442 ⁴
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0034	0.0000	0.0001	0.0016	0.0012
	Spread (mean)	0.0237²	0.0478 ⁶	0.0408 ⁵	0.0367	0.0263 ³	0.0479 ⁷	0.0214 ¹
	(variance)	0.0011	0.0013	0.0016	0.0018	0.0005	0.0031	0.0006
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	9.09%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.1219²	0.1285 ⁴	0.1316 ⁵	0.1738 ⁷	0.1141 ¹	0.1220 ³	0.1683 ⁶
	(variance)	0.0003	0.0000	0.0001	0.0001	0.0006	0.0000	0.0004
	Spread (mean)	0.0294¹	0.0338 ²	0.0445 ⁵	0.0367 ³	0.0652 ⁷	0.0541 ⁶	0.0407 ⁴
	(variance)	0.0029	0.0012	0.0016	0.0018	0.0046	0.0045	0.0023
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	9.09%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.1301	0.1341	0.1357	0.1252	0.2061	0.1579	0.1048
	(variance)	0.0003	0.0006	0.0001	0.0000	0.0074	0.0026	0.0002
	Spread (mean)	0.0439	0.0362	0.0398	0.0593	0.0568	0.0457	0.0278
	(variance)	0.0068	0.0016	0.0030	0.0080	0.0048	0.0012	0.0031
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	10.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.1393²	0.2276 ⁶	0.0910 ¹	0.2050 ⁴	0.2489⁷	0.1686 ³	0.2074 ⁵
	(variance)	0.0005	0.0001	0.0000	0.0003	0.0008	0.0000	0.0003
	Spread (mean)	0.0305³	0.0253 ²	0.0655 ⁷	0.0306 ⁴	0.0502 ⁵	0.0558 ⁶	0.0245 ¹
	(variance)	0.0008	0.0004	0.0077	0.0024	0.0010	0.0080	0.0011
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.0994 ¹	0.1417 ⁵	0.1470 ⁶	0.1315 ⁴	0.1689 ⁷	0.1312 ³	0.1259²
	(variance)	0.0007	0.0000	0.0001	0.0001	0.0002	0.0042	0.0051
	Spread (mean)	0.0646 ⁷	0.0375 ⁵	0.0300 ¹	0.0399 ⁶	0.0330 ²	0.0363 ³	0.0365⁴
	(variance)	0.0030	0.0004	0.0031	0.0009	0.0027	0.0035	0.0008
	Ratio of solution	36.36%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	37.50%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่แย่ที่สุด

ตารางที่ 7.60 ผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-NSGA II ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * IP	API * Double-bridge	2-Opt * 3-Opt	3-Opt * PI	Or-Opt * IP	Double-bridge * PI	IP * IP
Convergence (mean)	0.0915 ¹	0.1066 ³	0.1796 ⁷	0.1219 ⁴	0.1048 ²	0.1393 ⁶	0.1259 ⁵
(variance)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0003	0.0002	0.0005	0.0051
Spread (mean)	0.0292 ²	0.0362 ⁵	0.0367 ⁷	0.0294 ³	0.0278 ¹	0.0305 ⁴	0.0365 ⁶
(variance)	0.0010	0.0012	0.0018	0.0029	0.0031	0.0008	0.0008
Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.59 แสดงผลการทดลองของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบ พบว่าการใช้วิธี PI, API, 3-Opt และ IP ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่อื่น ๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบ่าไม่มีการค้นหาเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าการนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน

จากตารางที่ 7.60 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสม ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 พบว่าเมื่อใช้ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-NSGA II คือ PI ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

ตารางที่ 7.61 ผลการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดจากการใช้ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา
กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมี MPS คือ 7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6

LS หลัง การสร้าง ประชากร เริ่มต้น	ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	การประยุกต์ LS ในหลังการดำเนินการมิวเทชัน						
		PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	Convergence (mean)	0.1615 ¹	0.1888 ⁴	0.1879³	0.1927 ⁶	0.1817 ²	0.1917 ⁵	0.2113 ⁷
	(variance)	0.0005	0.0000	0.0006	0.0004	0.0001	0.0000	0.0007
	Spread (mean)	0.0375 ⁴	0.0315 ³	0.0280²	0.0525 ⁷	0.0499 ⁶	0.0379 ⁵	0.0205 ¹
	(variance)	0.0011	0.0009	0.0008	0.0014	0.0041	0.0056	0.0003
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
API	Convergence (mean)	0.2157 ⁵	0.2418 ⁴	0.2268 ⁷	0.1309¹	0.1756 ³	0.2367 ⁶	0.1321 ²
	(variance)	0.0001	0.0000	0.0003	0.0000	0.0004	0.0001	0.0000
	Spread (mean)	0.0296	0.0422	0.0315	0.0408	0.0374	0.0554	0.0691
	(variance)	0.0011	0.0018	0.0013	0.0033	0.0040	0.0051	0.0058
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
2-Opt	Convergence (mean)	0.2958 ⁶	0.1601 ⁴	0.1482 ³	0.0896¹	0.7737⁷	0.1419 ²	0.1695 ⁵
	(variance)	0.0009	0.0000	0.0001	0.0011	0.0006	0.0001	0.0005
	Spread (mean)	0.0301	0.0486	0.0448	0.0366	0.0494	0.0593	0.0342
	(variance)	0.0016	0.0051	0.0066	0.0007	0.0044	0.0059	0.0012
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
3-Opt	Convergence (mean)	0.1932 ⁴	0.1847²	0.2082 ⁷	0.1879 ³	0.2018 ⁵	0.1759 ¹	0.2082 ⁶
	(variance)	0.0000	0.0000	0.0014	0.0002	0.0006	0.0001	0.0001
	Spread (mean)	0.0239 ¹	0.0311²	0.0318 ³	0.0356 ⁴	0.0400 ⁵	0.0651 ⁷	0.0406 ⁶
	(variance)	0.0011	0.0010	0.0015	0.0008	0.0013	0.0077	0.0020
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Or-Opt	Convergence (mean)	0.1649	0.2191	0.2098	0.1977	0.2301	0.2246	0.1025
	(variance)	0.0002	0.0000	0.0005	0.0001	0.0004	0.0005	0.0001
	Spread (mean)	0.0357	0.0436	0.0506	0.0408	0.0376	0.0691	0.0341
	(variance)	0.0010	0.0009	0.0057	0.0047	0.0013	0.0086	0.0042
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Double- bridge	Convergence (mean)	0.1581 ⁴	0.2346 ⁷	0.1496¹	0.1854 ⁶	0.1542 ²	0.1545 ³	0.1830 ⁵
	(variance)	0.0002	0.0004	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0002
	Spread (mean)	0.0458 ⁵	0.0304 ²	0.0438⁴	0.0409 ³	0.0636 ⁷	0.0507 ⁶	0.0250 ¹
	(variance)	0.0019	0.0008	0.0020	0.0043	0.0052	0.0030	0.0007
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
IP	Convergence (mean)	0.2046 ⁶	0.1810 ³	0.1789 ²	0.1943 ⁵	0.1509¹	0.2127 ⁷	0.1852 ⁴
	(variance)	0.0004	0.0001	0.0001	0.0002	0.0002	0.0000	0.0006
	Spread (mean)	0.0384 ⁴	0.0293 ²	0.0428 ⁵	0.0575 ⁷	0.0330³	0.0476 ⁶	0.0291 ¹
	(variance)	0.0009	0.0005	0.0021	0.0093	0.0020	0.0045	0.0017
	Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ ตัวอักษรตัวหนา คือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด

ตัวเลข 1, 2, ..., 7 หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแยที่ที่สุด

ตารางที่ 7.62 ผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมของ M-SPEA 2 ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ในปัญหาการทดลองที่ 5.3

ตัววัดสมรรถนะคำตอบ (Performance Measurement)	LS ที่ใช้ร่วมกันแล้วให้คุณภาพคำตอบที่ดี						
	PI * 2-Opt	API * 3-Opt	2-Opt * 3-Opt	3-Opt * API	Or-Opt * IP	Double-bridge * 2-Opt	IP * Or-Opt
Convergence (mean)	0.1879 ⁷	0.1309 ³	0.0896¹	0.1847 ⁶	0.1025 ²	0.1496 ⁴	0.1509 ⁵
(variance)	0.0006	0.0000	0.0011	0.0000	0.0001	0.0003	0.0002
Spread (mean)	0.0280 ¹	0.0408 ⁶	0.0366⁵	0.0311 ²	0.0341 ⁴	0.0438 ⁷	0.0330 ³
(variance)	0.0008	0.0033	0.0007	0.0010	0.0042	0.0020	0.0020
Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

หมายเหตุ เครื่องหมาย * หมายถึง การประยุกต์ร่วมกันของการค้นหาค่าเฉพาะที่

ตัวเลข ^{1, 2, ..., 7} หมายถึงการเรียงอันดับที่ของตัววัดสมรรถนะคำตอบจากค่าที่ดีที่สุดไปถึงแย่ที่สุด

จากตารางที่ 7.61 แสดงผลการทดลองของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 ที่มีการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ 7 วิธีคือ วิธี PI, API, 2-Opt, 3-Opt, Or-Opt, Double-bridge และ IP เข้าไปในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นและการดำเนินการมิวเทชัน ผลการพิจารณาด้วยตัววัดสมรรถนะคำตอบพบว่าวิธี API, 2-Opt, 3-Opt และ IP สามารถประยุกต์ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชันร่วมกับวิธีการค้นหาค่าเฉพาะที่อื่นๆ ในการสร้างประชากรคำตอบเริ่มต้นแล้วทำให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง และการกระจายของคำตอบ ส่วนในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงนั้นพบว่าไม่มีการค้นหาค่าเฉพาะที่ใดที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีในด้านนี้เลย นอกจากนี้ยังพบว่าเมื่อนำวิธี Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้หลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนใหญ่จะทำให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุดทั้งสามด้าน ในกรณีการประยุกต์ร่วมกันระหว่าง IP และ Or-Opt

จากตารางที่ 7.62 แสดงผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสม ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 พบว่าเมื่อใช้ 2-Opt ร่วมกับ 3-Opt ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน จะให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการทดลองด้วย M-SPEA 2 คือ 2-Opt ร่วมกับ 3-Opt ในขั้นตอนดังกล่าวตามลำดับ

7.4 การค้นหาค่าเฉพาะที่ที่เหมาะสมกับเมมเมติกอัลกอริทึม

จากผลการทดลองในหัวข้อดังกล่าวข้างต้นสามารถสรุปผลการประยุกต์การค้นหาค่าเฉพาะที่ใน M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในทุกโจทย์ปัญหาได้ดังนี้

ตารางที่ 7.63 ผลสรุปของการประยุกต์การค้นหาคำเฉพาะที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดในแต่ละปัญหาการทดลอง ที่ใช้ใน M-NSGA II และ M-SPEA 2

ปัญหาทดลอง	สัดส่วนผลิตภัณฑ์ (MPS)	M-NSGA II		M-SPEA 2	
		LS ที่ให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด	LS ที่ให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุด	LS ที่ให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุด	LS ที่ให้คุณภาพคำตอบแย่ที่สุด
1.1	5:3:2:1:1	API * 2-Opt 2-Opt * IP Or-Opt * API	PI * Or-Opt	Double-bridge * 3-Opt	2-Opt * Double-bridge
1.2	4:3:2:2:1	Double-bridge * IP	Double-bridge *Double-bridge	IP*IP	2-Opt * Or-Opt
1.3	3:3:2:2:2	Double-bridge * IP	Or-Opt * Double-bridge	Or-Opt * IP	3-Opt * Double-bridge
2.1	7:3:2:2:1	API * 2-Opt	Double-bridge * Or-Opt	Or-Opt * API	Or-Opt * Double-bridge
2.2	5:3:3:3:1	PI * IP	Double-bridge *Double-bridge	3-Opt * IP	Or-Opt * Double-bridge
2.3	3:3:3:3:3	PI * API	2-Opt * Double-bridge	API *2-Opt	PI * Double- bridge
3.1	8:7:2:2:1	API * IP	Double-bridge *Double-bridge	API * IP	PI * Double- bridge
3.2	5:5:5:3:2	PI * IP	3-Opt * Double-bridge	API*3-Opt	API * Double- bridge
3.3	4:4:4:4:4	API * IP	Double-bridge * Or-Opt	2-Opt * IP	3-Opt * Double-bridge
4.1	7:5:1:1:1:1:1:1:1	2-Opt * API	3-Opt * Double-bridge	2-Opt * Double-bridge	Or-Opt * Double-bridge
4.2	5:5:3:1:1:1:1:1:1	PI*IP	API*Or-Opt	PI * IP	3-Opt * Double-bridge
4.3	2:2:2:2:2:2:2:2:2	Or-Opt * IP	3-Opt * Double-bridge	IP * IP	3-Opt * Double-bridge
5.1	20:20:20:15:15: 1:1:1:1:1:1:1:1:1	PI*PI	2-Opt *3-Opt	PI*PI	Or-Opt* Double-bridge
5.2	15:15:15:10:10:10:10: 5:4:1:1:1:1:1:1	PI*IP	2-Opt * 2-Opt	Or-Opt * API	IP * 3-Opt
5.3	7:7:7:7:7:7:7:7:7: 6:6:6:6:6	PI*IP	Double-bridge * Or-Opt	2-Opt * 3-Opt	2-Opt * Or-Opt

จากตารางที่ 7.63 แสดงการสรุปผลการวิเคราะห์การหาค่าเหมาะที่สุดที่ที่ดีที่สุดและแย่ที่สุดในทุกปัญหาการทดลอง ด้วยการใช้ M-NSGA II และ M-SPEA 2 ในการแก้ปัญหา ผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า ในการแก้ปัญหาด้วย M-NSGA II ส่วนใหญ่การใช้ PI ร่วมกับ IP จะให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด และ Double-bridge ร่วมกับ Double-bridge หรือ Or-Opt จะให้ผลลัพธ์ที่แย่ที่สุด ส่วนการแก้ปัญหาด้วย M-SPEA 2 พบว่าการค้นหาเฉพาะที่ให้ผลลัพธ์ที่เหมาะสม คือ Or-Opt ร่วมกับ API หรือ IP ร่วมกับ IP และการค้นหาเฉพาะที่ให้ผลลัพธ์ที่แย่ที่สุด คือ Or-Opt ร่วมกับ Double-bridge หรือการนำ Double-bridge และ Or-Opt ไปประยุกต์ใช้ในหลังขั้นตอนการดำเนินการมิวเทชัน และสามารถกำหนดการค้นหาเฉพาะที่เหมาะสมในแต่ละอัลกอริทึมได้ดังตารางที่ 7.64 และ 7.65 ดังนี้

จากตารางที่ 7.64 แสดงผลการทดลองของการค้นหาเฉพาะที่ทุกวิธี และทุกปัญหาที่ใช้ในงานวิจัย ด้วย M-NSGA II พบว่าส่วนใหญ่วิธี API และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์หลังขั้นตอนดำเนินการมิวเทชันได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในปัญหาที่มีขนาดเล็ก และขนาดใหญ่ และเมื่อพิจารณาการค้นหาเฉพาะที่ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นร่วมกับการค้นหาเฉพาะที่ดังกล่าว พบว่ามีวิธีการค้นหาเฉพาะที่หลายวิธีที่สามารถใช้ร่วมกับ IP มากกว่า API ดังนั้นจึงเลือกการค้นหาเฉพาะที่หลังการดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี IP และสามารถเลือกวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้นด้วยการพิจารณาผลสรุปในตารางที่ 7.63 ร่วมกัน และพบว่าการใช้ PI และ IP ในขั้นตอนดังกล่าว เป็นการค้นหาเฉพาะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัยด้วยการพิจารณาการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง การกระจายของคำตอบ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง จากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา สามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่เหมาะสมที่สุดในอัลกอริทึมนี้คือ PI และ IP

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7.64 ผลสรุปการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ใน M-NSGA II ทุกการค้นหาเฉพาะที่ที่ประยุกต์
ร่วมกันแล้วให้คำตอบที่ดีในทุกโจทย์ปัญหาการทดลอง

After mutation After initial solution	PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	5.1	2.3 4.3					1.1 3.2 1.2 3.3 1.3 4.1 2.1 4.2 2.2 5.2 3.1 5.3
API	3.2	5.2	1.1 2.3 1.3 4.3 2.1 5.1			5.3	1.2 3.3 2.2 4.1 3.1 4.2
2-Opt	2.3 5.3	2.1 4.1 5.1 5.2	1.3 4.2				1.1 3.2 1.2 3.3 2.2 4.3 3.1
3-Opt	2.1 2.2 3.2 5.3	1.1 5.1 4.1 5.2		4.2			1.2 3.1 1.3 3.3 2.3 4.3
Or-Opt	1.3 5.1	1.1 4.3 3.2 5.2 4.2	3.1 4.1				1.2 2.3 2.1 3.3 2.2 5.3
Double-bridge	5.3	3.2 4.2 5.2		1.1 2.2 4.1 4.3			1.2 3.1 1.3 3.3 2.1 5.1 2.3
IP	2.1 4.2 5.2		3.1	2.2 3.2	2.3 3.3 4.1		1.1 4.3 1.2 5.1 1.3 5.3

*หมายเหตุ ตัวเลขในตารางนี้หมายถึง โจทย์ปัญหาที่ใช้ในการทดลอง
ตัวอักษรหนา หมายถึงการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดในปัญหาการทดลองนั้น

ตารางที่ 7.65 ผลสรุปการประยุกต์ใช้การค้นหาเฉพาะที่ใน M-SPEA 2 ทุกการค้นหาเฉพาะที่ที่ประยุกต์
ร่วมกันแล้วให้คำตอบที่ดีในทุกโจทย์ปัญหาการทดลอง

After mutation After initial solution	PI	API	2-Opt	3-Opt	Or-Opt	Double- bridge	IP
PI	1.1 1.3 4.3 5.1	3.3 5.2	2.2 3.1 5.3	2.3			1.2 4.1 2.1 4.2 3.2
API		1.3 3.3 2.1 4.2 2.2 4.3	1.2 2.3 5.2	3.2 5.3		4.1	1.1 3.1 5.1
2-Opt	2.1	1.1	1.3 3.1 3.2 4.3	2.2 5.3		4.1 4.2	1.2 5.1 2.3 5.2 3.3
3-Opt	3.1	1.2 5.1 4.1 5.2 4.3 5.3	4.2	1.1			1.3 2.3 2.1 3.2 2.2 3.3
Or-Opt		1.2 2.1 2.2 5.2	4.3	4.1 4.2			1.1 3.2 1.3 3.3 2.3 5.1 3.1 5.3
Double-bridge	1.3 5.1 5.2	3.3 4.1	2.1 5.3	1.1 2.3			1.2 3.2 2.2 4.2 3.1 4.3
IP		2.2 5.1 3.3 5.2	1.1	2.3 3.2 4.1	1.3 5.3		1.2 4.2 2.1 4.3 3.1

*หมายเหตุ ตัวเลขในตารางนี้หมายถึง โจทย์ปัญหาที่ใช้ในการทดลอง
ตัวอักษรหนา หมายถึงการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดในปัญหาการทดลองนั้น

จากตารางที่ 7.64 แสดงผลการทดลองของการค้นหาเฉพาะที่ทุกวิธี และทุกปัญหาที่ใช้
ในงานวิจัย ด้วย M-SPEA 2 พบว่าส่วนใหญ่วิธี API และ IP เป็นวิธีที่สามารถประยุกต์หลัง
ขั้นตอนดำเนินการมีเวทเช่นได้อย่างมีประสิทธิภาพทั้งในปัญหาที่มีขนาดเล็ก และขนาดใหญ่
โดยเฉพาะการประยุกต์ร่วมกับ API และ Or-Opt ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้น
ตามลำดับ และสามารถเลือกวิธีการค้นหาเฉพาะที่ใช้ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรเริ่มต้น

ด้วยการพิจารณาผลสรุปในตารางที่ 7.63 ร่วมกัน และพบว่าการใช้ Or-Opt และ IP ในขั้นตอนดังกล่าว เป็นการค้นหาเฉพาะที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

ดังนั้นจากผลการวิเคราะห์ที่ใช้ในงานวิจัยด้วยการพิจารณาการลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง การกระจายของคำตอบ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง จากการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหา สามารถสรุปได้ว่าการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมที่สุดในอัลกอริทึมนี้คือ Or-Opt และ IP

7.5 สรุปท้ายบท

ในการทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่นี้ เป็นการทดสอบเพื่อหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมทั้งหมด 5 ปัญหาการทดลอง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการนำเมมเมติกอัลกอริทึมไปใช้แก้ปัญหาจริง โดยมุ่งสนใจไปที่วิธีการค้นหาเฉพาะที่เหมาะสมกับเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสอง คือ Memetic NSGA II (M-NSGA II) และ Memetic SPEA 2 (M-SPEA 2) ส่วนพารามิเตอร์อื่น ๆ เช่น จำนวนประชากร วิธีการครอสโอเวอร์ วิธีมิวเทชัน จำนวนฟังก์ชันที่ต้องคำนวณ (หรือจำนวนรอบในการทำซ้ำ) จะกำหนดได้จากงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้อง โดยในแต่ละปัญหาการทดลองจะเก็บข้อมูลทั้งหมด 49 ครั้งต่อหนึ่งเมมเมติกอัลกอริทึม และใช้การทดลองทั้งหมดในงานวิจัย 1500 ครั้ง

จากผลการทดสอบวิธีการค้นหาเฉพาะที่ด้วยการพิจารณาการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Performance Measurement) 3 ด้าน คือ การลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง การกระจายของคำตอบ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง พบว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมกับ M-NSGA II ในทุกปัญหาการทดลองคือ PI และ IP ซึ่งได้ประยุกต์ใช้ขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน ส่วนในวิธี M-SPEA 2 พบว่าวิธี Or-Opt และ IP จะสามารถประยุกต์ใช้ขั้นตอนดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม

บทที่ 8

การเปรียบเทียบผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบ ผลิตภัณฑ์ผสมด้วยวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมที่ม กับ NSGA II และ SPEA 2

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ ภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ที่มีปัญหาการทดลอง 5 ปัญหาการทดลอง โดยทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย ประกอบด้วยเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่ทั้งสองอัลกอริทึม คือ M-NSGA II และ M-SPEA 2 และสองอัลกอริทึมดั้งเดิม คือ NSGA II และ SPEA 2 ว่าการพัฒนาอัลกอริทึมใหม่นี้แตกต่างจากอัลกอริทึมเดิมหรือไม่ โดยพารามิเตอร์ของอัลกอริทึมทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยจะมีความแตกต่างเกี่ยวกับวิธีการค้นหาเฉพาะที่ในเมมเมติกอัลกอริทึม ซึ่งสามารถกำหนดการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมใน M-NSGA II คือการประยุกต์ร่วมกันของ PI และ IP ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้น และหลังการดำเนินการทางพันธุกรรม ส่วน M-SPEA 2 การใช้วิธี Or-Opt ร่วมกับ IP ในขั้นตอนดังกล่าวเป็นการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมกับอัลกอริทึมนี้ จากนั้นนำเมมเมติกอัลกอริทึมที่ได้เปรียบเทียบกับอัลกอริทึมดั้งเดิม รายละเอียดในบทนี้จะแบ่งตามขั้นตอนในการวิจัย (รายละเอียดในบทที่ 1) แสดงได้ดังนี้

1. การทดลองนำ M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 ที่เสนอในบทที่ 6 และพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในบทที่ 7 ไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมที่พิจารณาสองวัตถุประสงค์ในด้านเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิตพร้อมๆ กัน

2. การทดสอบความแตกต่างของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance: ANOVA) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 จะทำการวิเคราะห์ในลักษณะภาพรวมของแต่ละปัญหา ซึ่งในงานวิจัยนี้จะทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Minitab Version 14.0 และถ้าผลการวิเคราะห์พบความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญของอัลกอริทึม จะทำการเปรียบเทียบระดับปัจจัย (Fisher's Pairwise Comparisons) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพื่อดูว่าอัลกอริทึมใดที่มีความแตกต่างกับอัลกอริทึมอื่น ๆ จากนั้นทำการเปรียบเทียบเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ที่น่าเสนอกับ NSGA II และ SPEA 2 ด้วย Individual Value Plot

3. ใช้กราฟการเปรียบเทียบระหว่าง Obtained Pareto Optimal Frontier ของแต่ละอัลกอริทึมกับ true-Pareto Optimal Solution เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างในปัญหาย่อยในแต่ละปัญหาการทดลอง

8.1 การทดสอบความแตกต่างของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

เนื่องจากในแต่ละปัญหาการทดลอง 5 ปัญหาการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย จะมีปัญหาย่อยอีก 3 ปัญหา ดังนั้นในการเปรียบเทียบความแตกต่างของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยทั้ง 4 อัลกอริทึมคือ M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 จะทำการวิเคราะห์แต่ละปัญหาหลักด้วย ANOVA ตามด้านต่างๆ ของตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Performance Measurement) จากนั้นทำการเปรียบเทียบปัญหาย่อยด้วยกราฟการเปรียบเทียบระหว่าง Obtained Pareto Optimal Frontier ของแต่ละอัลกอริทึมกับ true-Pareto Optimal Solution รายละเอียดแสดงตามขนาดของปัญหาการทดลองดังนี้

8.1.1 กรณีปัญหาขนาดเล็ก

8.1.2.1 ปัญหาการทดลองที่ 1 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และความต้องการในการผลิต 12 หน่วย

- 1) ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าของตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง

ตารางที่ 8.1 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง

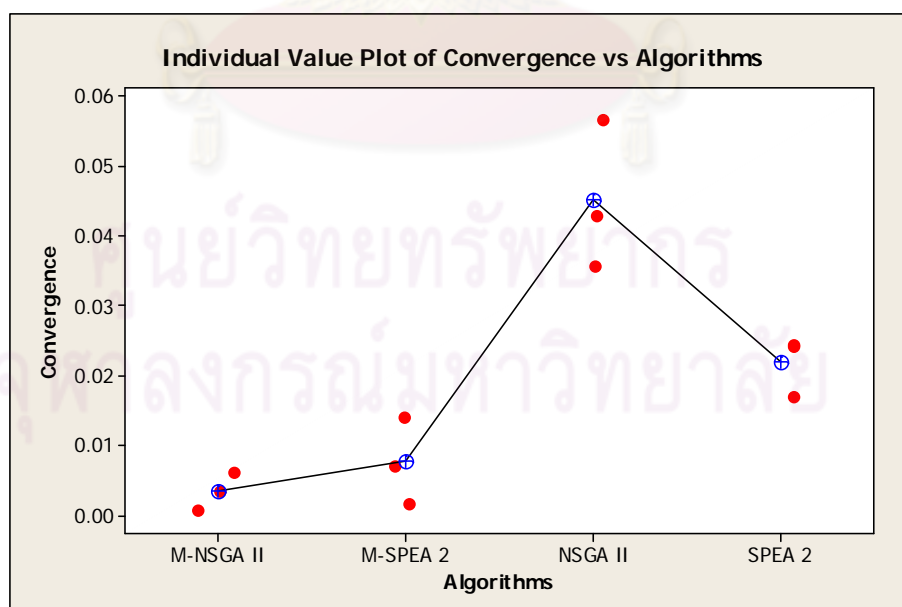
One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Algorithms	3	0.0031812	0.0010604	23.90	0.000	
Error	8	0.0003550	0.0000444			
Total	11	0.0035362				
S = 0.006661 R-Sq = 89.96% R-Sq(adj) = 86.20%						

จากตารางที่ 8.1 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 1 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหานี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยสรุปผลได้ดังตารางที่ 8.2 ดังนี้

ตารางที่ 8.2 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นค่าตอบสนอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
อัลกอริทึม	1) M-NSGA II 2) M-SPEA 2 3) NSGA II 4) SPEA 2	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II และ M-SPEA 2 และการเปรียบเทียบระหว่าง NSGA II และ SPEA 2 2. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II กับ NSGA II และ SPEA 2 และการเปรียบเทียบระหว่าง M-SPEA 2 กับ NSGA II และ SPEA 2

จากตารางที่ 8.2 สามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของการนำเมมเมติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหาการทดลองที่ 1 การนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ทั้งสองนี้ (M-NSGA II และ M-SPEA 2) ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบระหว่างสองอัลกอริทึมดั้งเดิม (NSGA II และ SPEA 2) แต่เมื่อพิจารณาเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่นี้กับ NSGA II และ SPEA 2 ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 8.1 Individual Value plot ของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

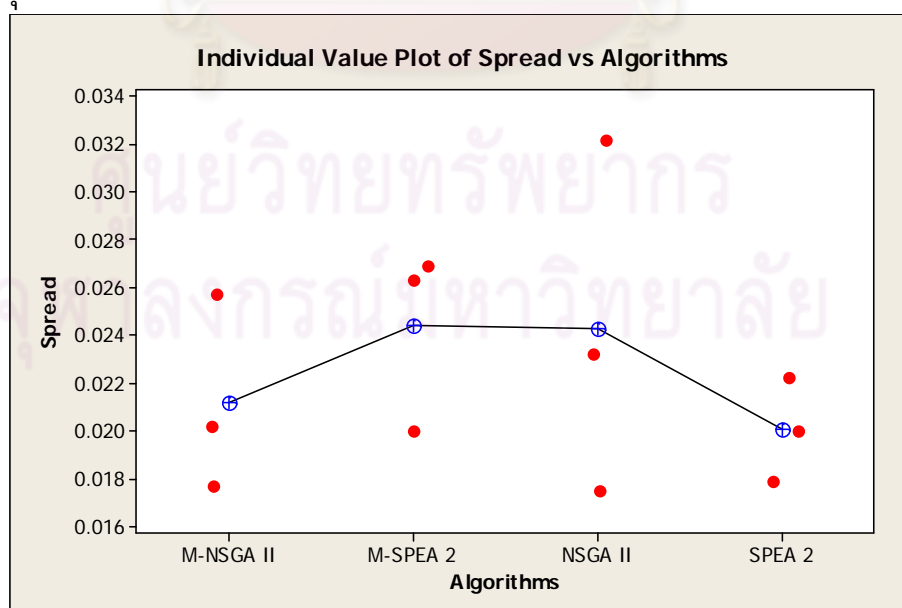
จากรูปที่ 8.1 แสดง Individual Value Plot ของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้ เมื่อพิจารณาการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 8.3 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.0000439	0.0000146	0.64	0.608
Error	8	0.0001818	0.0000227		
Total	11	0.0002257			

S = 0.004767 R-Sq = 19.44% R-Sq(adj) = 0.00%

จากตารางที่ 8.3 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 1 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ในแต่ละอัลกอริทึมเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหานี้ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่อการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง



รูปที่ 8.2 Individual Value plot ของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

จากรูปที่ 8.2 แสดง Individual Value Plot ในการกระจายของ M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 แต่ไม่แตกต่างจาก SPEA 2 มากนัก ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาการกระจายของคำตอบเป็นคำตอบสองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับอัลกอริทึมดั้งเดิมอย่าง SPEA 2

ตารางที่ 8.4 การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสองในการทดลอง

One-way ANOVA: Ratio of Non-dominated Solution versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	1.6412	0.5471	21.87	0.000
Error	8	0.2001	0.0250		
Total	11	1.8413			

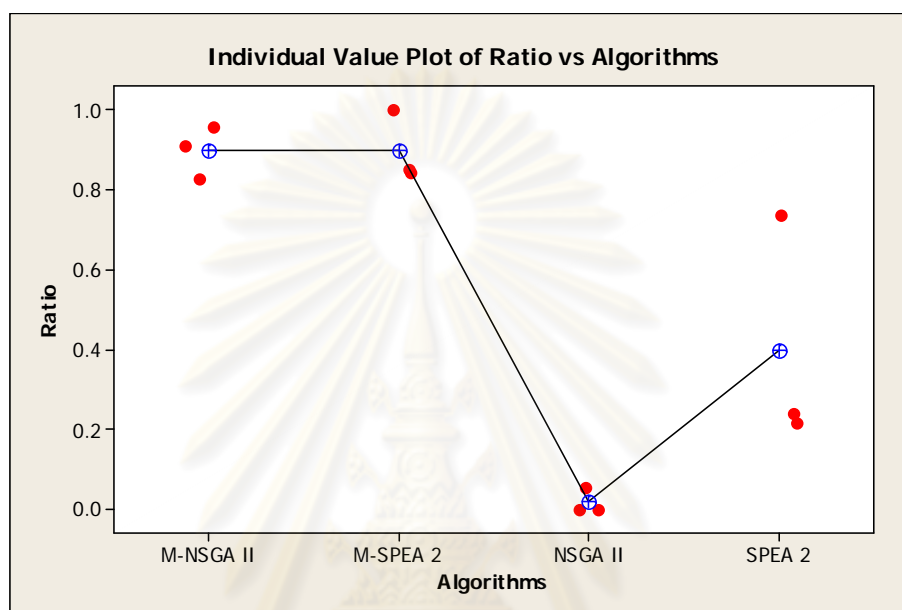
S = 0.1582 R-Sq = 89.13% R-Sq(adj) = 85.06%

จากตารางที่ 8.4 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 1 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 จากนั้นทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยสรุปผลได้ดังตารางที่ 8.5 ดังนี้

ตารางที่ 8.5 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
อัลกอริทึม	1) M-NSGA II 2) M-SPEA 2 3) NSGA II 4) SPEA 2	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้คำตอบสองแตกต่างกัน ดังนี้ 1. อัลกอริทึมที่ให้คำตอบสองไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II และ M-SPEA 2 และการเปรียบเทียบระหว่าง NSGA II และ SPEA 2 2. อัลกอริทึมที่ให้คำตอบสองแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II กับ NSGA II และ SPEA 2 และการเปรียบเทียบระหว่าง M-SPEA 2 กับ NSGA II และ SPEA 2

จากตารางที่ 8.5 สามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของการนำเมมเมติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหาการทดลองที่ 1 การนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ทั้งสองนี้ (M-NSGA II และ M-SPEA 2) ให้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบระหว่างสองอัลกอริทึมดั้งเดิม (NSGA II และ SPEA 2) แต่เมื่อพิจารณาเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่นี้กับ NSGA II และ SPEA 2 พบว่ามีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 8.3 Individual Value plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

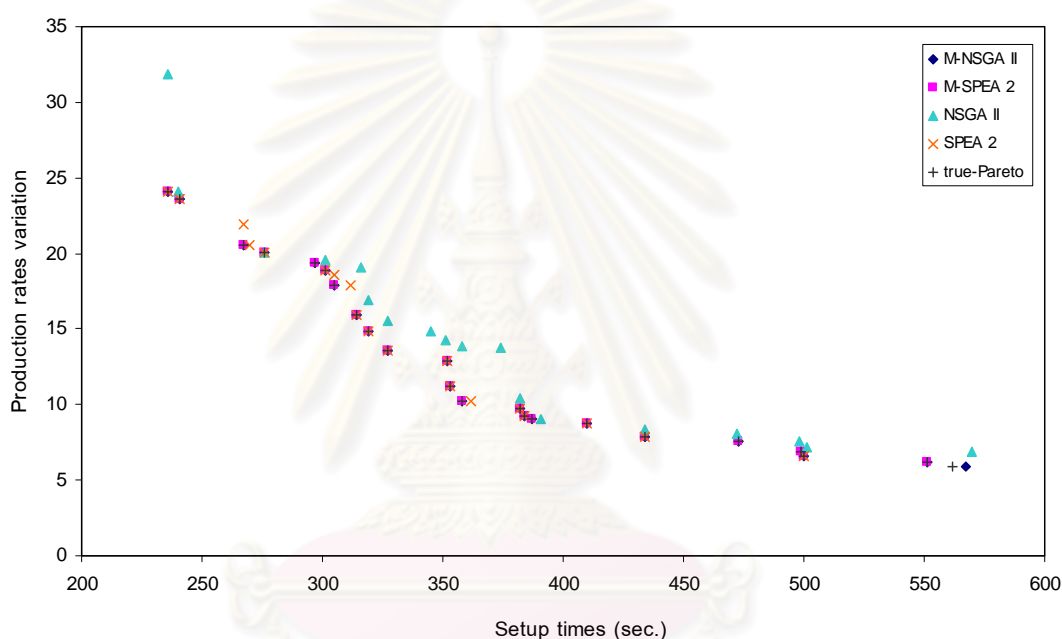
จากรูปที่ 8.3 แสดง Individual Value Plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบของนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2) ผลการเปรียบเทียบในปัญหาย่อยในปัญหาการทดลองที่ 1

2.1) ปัญหาการทดลองที่ 1.1

ตารางที่ 8.6 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.1

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0007	0.0017	0.0357	0.0241
(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0013
Spread (mean)	0.0177	0.0200	0.0322	0.0222
(variance)	0.0002	0.0005	0.0018	0.0011
Ratio of solution	95.65%	100.00%	5.56%	73.68%



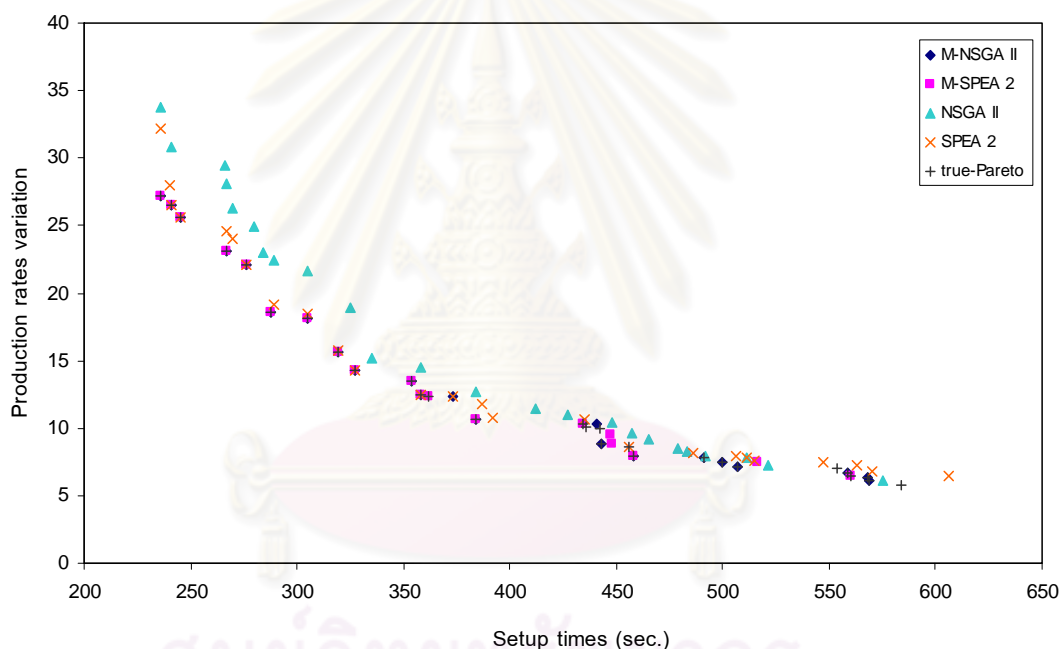
รูปที่ 8.4 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.1

จากตารางที่ 8.6 และรูปที่ 8.4 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 ที่มี MPS คือ 5:3:2:1:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2) ปัญหาการทดลองที่ 1.2

ตารางที่ 8.7 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.2

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0062	0.0140	0.0429	0.0244
(variance)	0.0001	0.0001	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0202	0.0269	0.0232	0.0200
(variance)	0.0002	0.0003	0.0015	0.0005
Ratio of solution	90.91%	84.21%	0.00%	24.00%



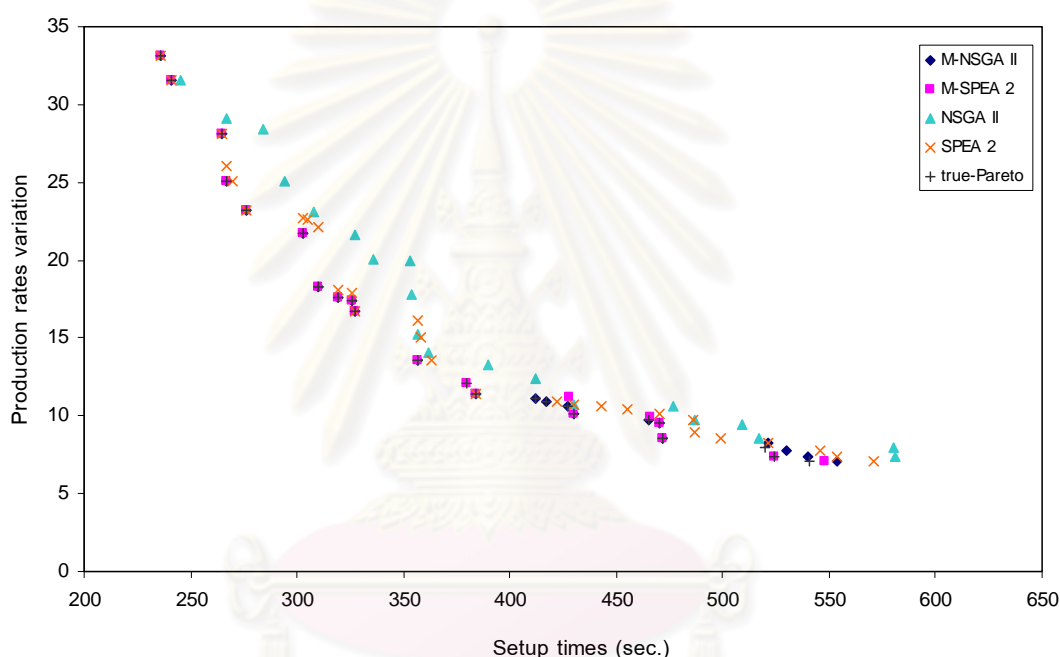
รูปที่ 8.5 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 1.2

จากตารางที่ 8.7 และรูปที่ 8.5 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 ที่มี MPS คือ 4:3:2:2:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.3) ปัญหาการทดลองที่ 1.3

ตารางที่ 8.8 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.3

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0034	0.0071	0.0567	0.0169
(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Spread (mean)	0.0257	0.0263	0.0175	0.0179
(variance)	0.0001	0.0002	0.0003	0.0002
Ratio of solution	82.61%	85.00%	0.00%	21.43%



รูปที่ 8.6 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 1.3

จากตารางที่ 8.8 และรูปที่ 8.6 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 ที่มี MPS คือ 3:3:2:2:2 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

8.1.2.2 ปัญหาการทดลองที่ 2 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 15 หน่วย

- 1) ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าของตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง

ตารางที่ 8.9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.003812	0.001271	4.38	0.042
Error	8	0.002321	0.000290		
Total	11	0.006133			

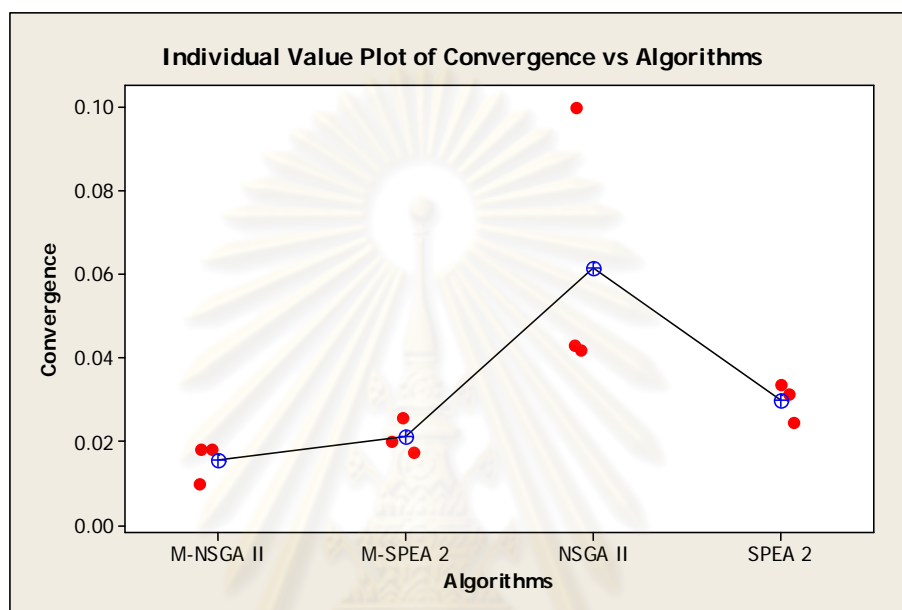
S = 0.01703 R-Sq = 62.15% R-Sq(adj) = 47.96%

จากตารางที่ 8.9 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 2 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ในด้านการสุ่มเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง จากนั้นทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยสรุปผลได้ดังตารางที่ 8.10 ดังนี้

ตารางที่ 8.10 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
อัลกอริทึม	1) M-NSGA II	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II กับ M-SPEA 2 และ SPEA 2 2. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง NSGA II กับ M-NSGA II M-SPEA 2 และ SPEA 2
	2) M-SPEA 2	
	3) NSGA II	
	4) SPEA 2	

จากตารางที่ 8.10 สามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของการนำเมมเมติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหาการทดลองที่ 2 การนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ทั้งสองนี้ (M-NSGA II และ M-SPEA 2) ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่า SPEA 2 ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างจากเมมเมติกอัลกอริทึม ดังนั้น NSGA II จึงเป็นเพียงอัลกอริทึมเดียวที่ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 กับอัลกอริทึมอื่นๆ ในงานวิจัย



รูปที่ 8.7 Individual Value plot ของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

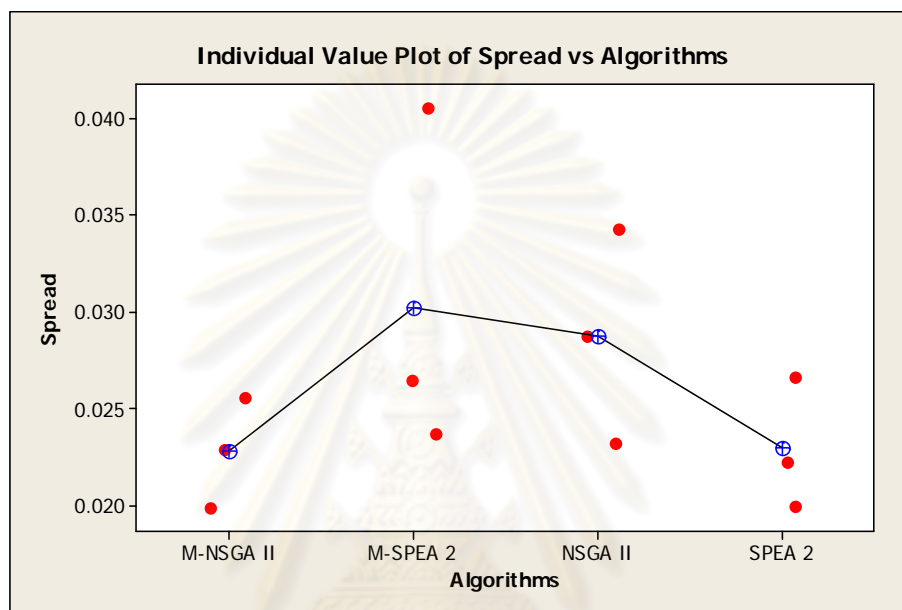
จากรูปที่ 8.7 แสดง Individual Value Plot ของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้ เมื่อพิจารณาการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 8.11 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.0001347	0.0000449	1.37	0.320
Error	8	0.0002625	0.0000328		
Total	11	0.0003972			

S = 0.005728 R-Sq = 33.92% R-Sq(adj) = 9.14%

จากตารางที่ 8.11 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 2 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ในแต่ละอัลกอริทึมเป็นค่าตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่อการกระจายของกลุ่มคำตอบ



รูปที่ 8.8 Individual Value plot ของการกระจายที่หาได้จากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

จากรูปที่ 8.8 แสดง Individual Value Plot ของการกระจายของ M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 แต่ไม่แตกต่างจาก SPEA 2 มากนัก ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาการกระจายของคำตอบเป็นค่าตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับอัลกอริทึมดั้งเดิมอย่าง SPEA 2

ตารางที่ 8.12 การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นค่าตอบสนองในการทดลอง

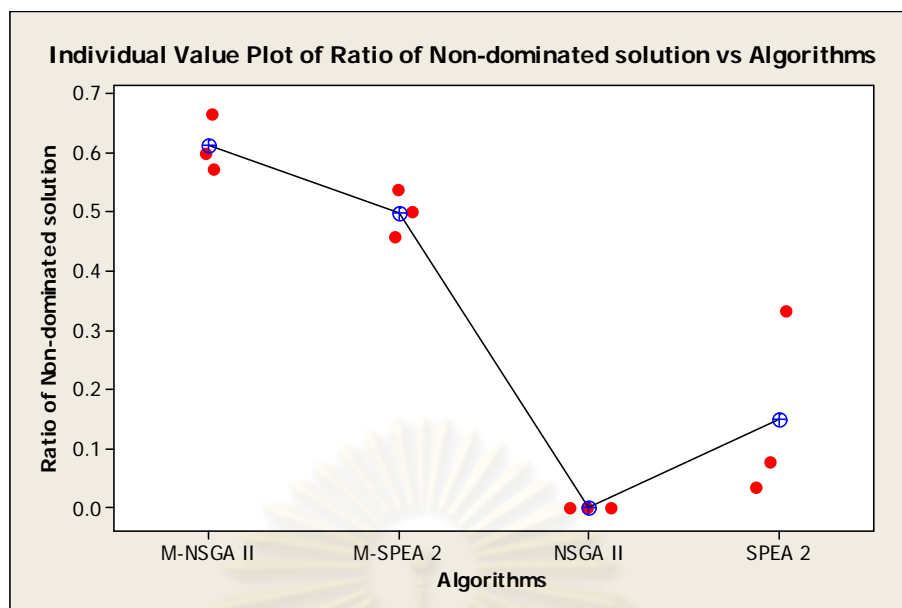
One-way ANOVA: Ratio of Non-dominated solution versus Algorithms						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Algorithms	3	0.74848	0.24949	33.11	0.000	
Error	8	0.06027	0.00753			
Total	11	0.80875				
S = 0.08680 R-Sq = 92.55% R-Sq(adj) = 89.75%						

จากตารางที่ 8.12 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 2 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ในด้านอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง จากนั้นทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยสรุปผลได้ดังตารางที่ 8.13 ดังนี้

ตารางที่ 8.13 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
อัลกอริทึม	1) M-NSGA II 2) M-SPEA 2 3) NSGA II 4) SPEA 2	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงที่แตกต่างกัน ดังนี้ 1. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II และ M-SPEA 2 และการเปรียบเทียบระหว่าง NSGA II และ SPEA 2 2. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II กับ NSGA II และ SPEA 2 และการเปรียบเทียบระหว่าง M-SPEA 2 กับ NSGA II และ SPEA 2

จากตารางที่ 8.13 สามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของการนำเมมเมติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหาการทดลองที่ 2 การนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ทั้งสองนี้ (M-NSGA II และ M-SPEA 2) ให้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 เช่นเดียวกับการเปรียบเทียบระหว่างสองอัลกอริทึมดั้งเดิม (NSGA II และ SPEA 2) แต่เมื่อพิจารณาเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่นี้กับ NSGA II และ SPEA 2 พบว่าให้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05



รูปที่ 8.9 Individual Value plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

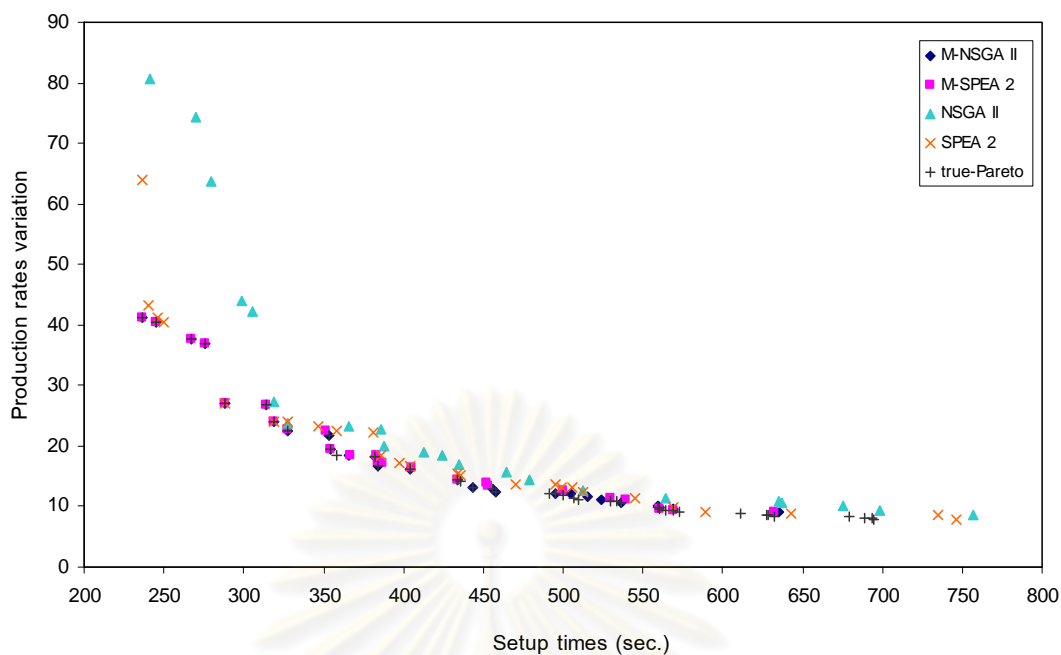
จากรูปที่ 8.9 แสดง Individual Value Plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบบนนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ผลการเปรียบเทียบในปัญหาย่อยในปัญหาการทดลองที่ 2

2.1) ปัญหาการทดลองที่ 2.1

ตารางที่ 8.14 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.1

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0183	0.0255	0.0418	0.0315
(variance)	0.0000	0.0004	0.0000	0.0001
Spread (mean)	0.0229	0.0237	0.0287	0.0266
(variance)	0.0006	0.0008	0.0006	0.0018
Ratio of solution	66.67%	45.83%	0.00%	7.69%



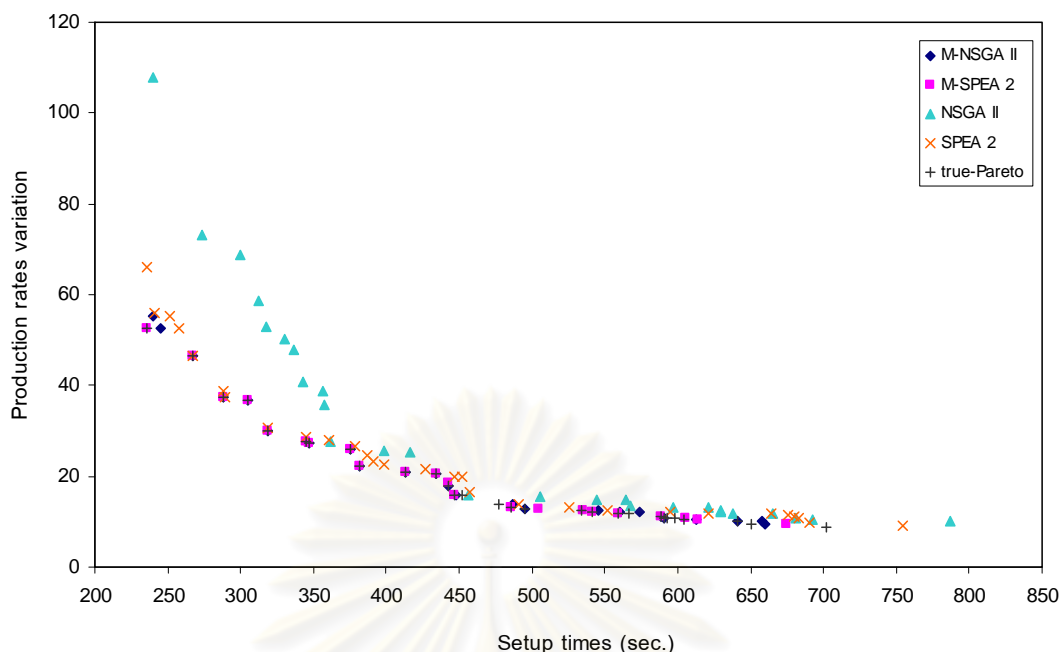
รูปที่ 8.10 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.1

จากตารางที่ 8.14 และรูปที่ 8.10 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 ที่มี MPS คือ 7:3:2:2:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2) ปัญหาการทดลองที่ 2.2

ตารางที่ 8.15 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.2

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0097	0.0175	0.0429	0.0244
(variance)	0.0002	0.0001	0.0000	0.0000
Spread (mean)	0.0199	0.0265	0.0232	0.0200
(variance)	0.0003	0.0006	0.0015	0.0005
Ratio of solution	60.00%	50.00%	0.00%	3.45%



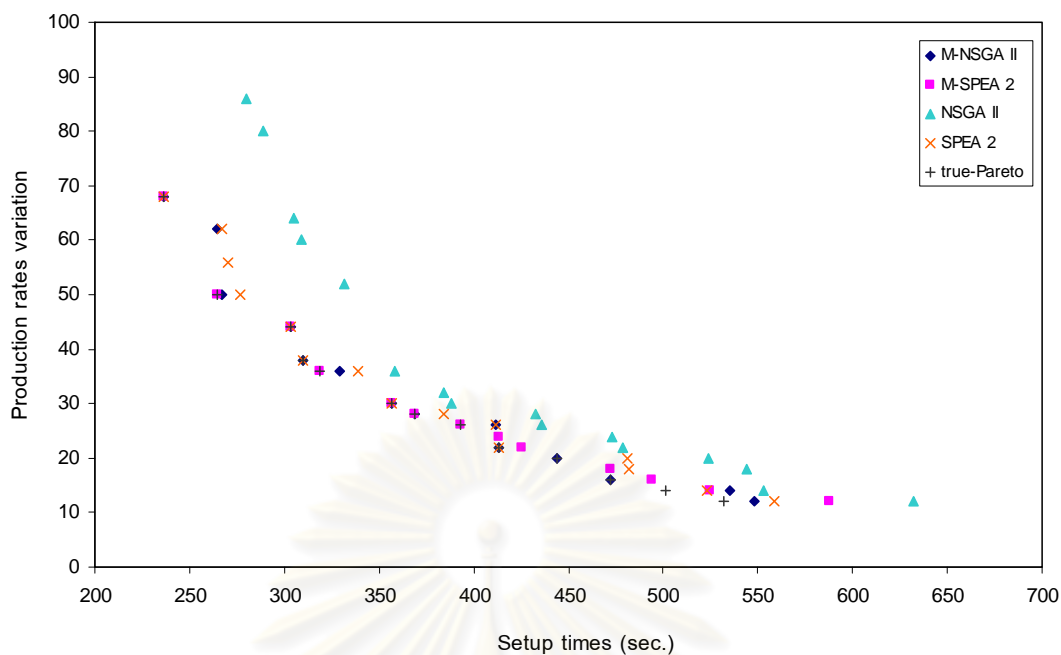
รูปที่ 8.11 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 2.2

จากตารางที่ 8.15 และรูปที่ 8.11 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 ที่มี MPS คือ 5:3:3:3:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.3) ปัญหาการทดลองที่ 2.3

ตารางที่ 8.16 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.3

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0181	0.0200	0.0997	0.0336
(variance)	0.0000	0.0000	0.0001	0.0000
Spread (mean)	0.0256	0.0405	0.0343	0.0222
(variance)	0.0004	0.0026	0.0009	0.0006
Ratio of solution	57.14%	53.85%	0.00%	33.33%



รูปที่ 8.12 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 2.3

จากตารางที่ 8.16 และรูปที่ 8.12 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 ที่มี MPS คือ 3:3:3:3:3 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

8.1.2.3 ปัญหาการทดลองที่ 3 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 20 หน่วย

- 1) ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าของตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง

ตารางที่ 8.17 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.02231	0.00744	5.09	0.029
Error	8	0.01170	0.00146		
Total	11	0.03400			

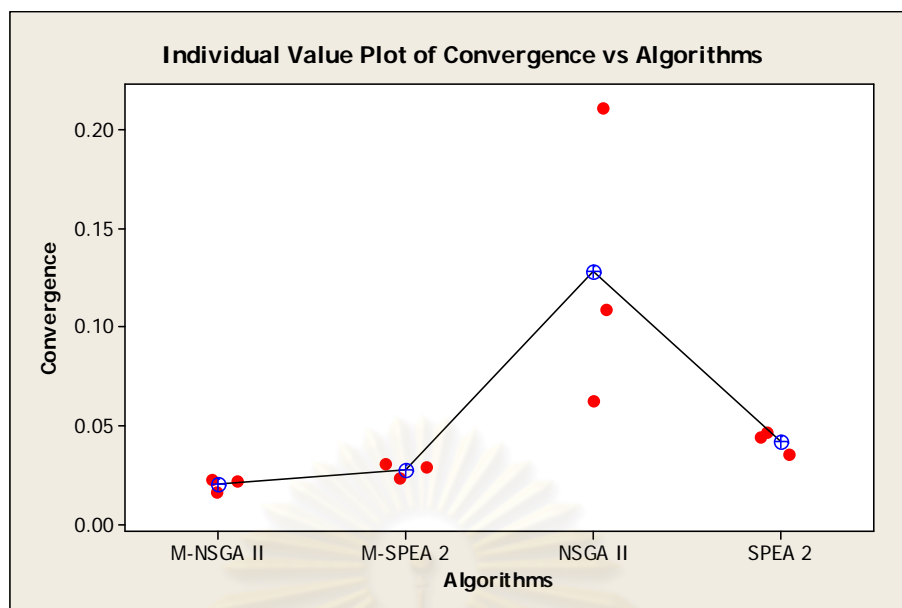
S = 0.03824 R-Sq = 65.60% R-Sq(adj) = 52.70%

จากตารางที่ 8.17 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 3 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหานี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ในด้านการสุ่มเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง จากนั้นทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยสรุปผลได้ดังตารางที่ 8.18 ดังนี้

ตารางที่ 8.18 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
อัลกอริทึม	1) M-NSGA II 2) M-SPEA 2 3) NSGA II 4) SPEA 2	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกัน ดังนี้ 1. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II กับ M-SPEA 2 และ SPEA 2 2. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง NSGA II กับ M-NSGA II M-SPEA 2 และ SPEA 2

จากตารางที่ 8.18 สามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของการนำเมมเมติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหาการทดลองที่ 3 การนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ทั้งสองนี้ (M-NSGA II และ M-SPEA 2) ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่า SPEA 2 ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างจากเมมเมติกอัลกอริทึม ดังนั้น NSGA II จึงเป็นเพียงอัลกอริทึมเดียวที่ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 กับอัลกอริทึมอื่นๆ ในงานวิจัย



รูปที่ 8.13 Individual Value plot ของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

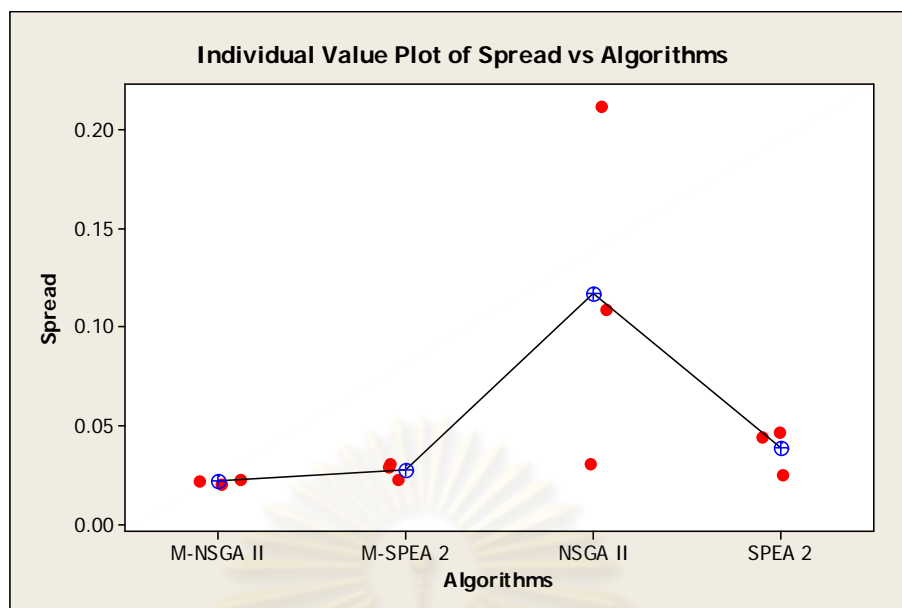
จากรูปที่ 8.13 แสดง Individual Value Plot ของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้ เมื่อพิจารณาการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 8.19 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.01783	0.00594	2.83	0.107
Error	8	0.01683	0.00210		
Total	11	0.03466			

S = 0.04586 R-Sq = 51.45% R-Sq(adj) = 33.25%

จากตารางที่ 8.19 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 3 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ในแต่ละอัลกอริทึมเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่อการกระจายของกลุ่มคำตอบ



รูปที่ 8.14 Individual Value plot ของการกระจายที่หาได้จากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

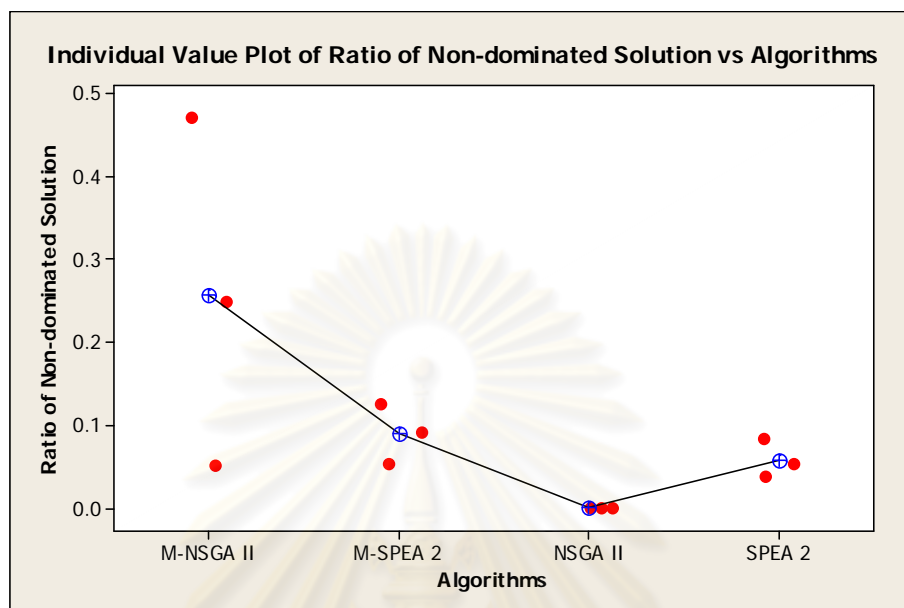
จากรูปที่ 8.14 แสดง Individual Value Plot ของการกระจายของ M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาการกระจายของคำตอบเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 8.20 การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Ratio of Non-dominated Solution versus Algorithms						
Source	DF	SS	MS	F	P	
Algorithms	3	0.1098	0.0366	3.19	0.084	
Error	8	0.0917	0.0115			
Total	11	0.2015				
S = 0.1070 R-Sq = 54.50% R-Sq(adj) = 37.44%						

จากตารางที่ 8.20 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 3 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำ

การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่ออัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง



รูปที่ 8.15 Individual Value plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

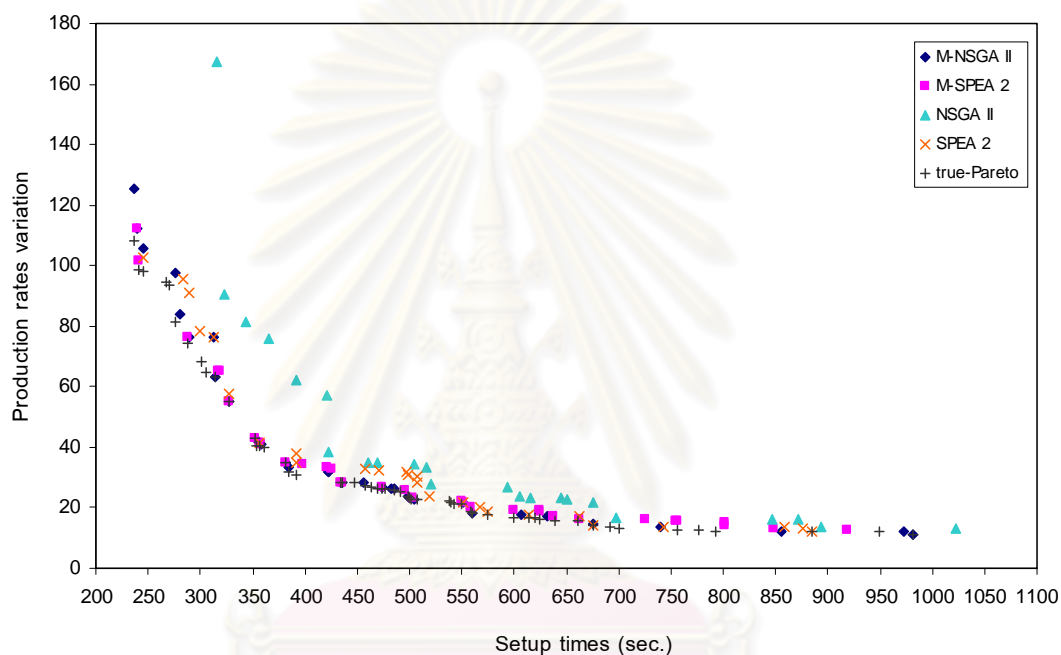
จากรูปที่ 8.15 แสดง Individual Value Plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ผลการเปรียบเทียบในปัญหาย่อยในปัญหาการทดลองที่ 3

2.1) ปัญหาการทดลองที่ 3.1

ตารางที่ 8.21 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.1

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0159	0.0233	0.0628	0.0350
(variance)	0.0000	0.0001	0.0000	0.0002
Spread (mean)	0.0200	0.0222	0.0303	0.0246
(variance)	0.0002	0.0005	0.0030	0.0004
Ratio of solution	25.00%	9.09%	0.00%	3.85%



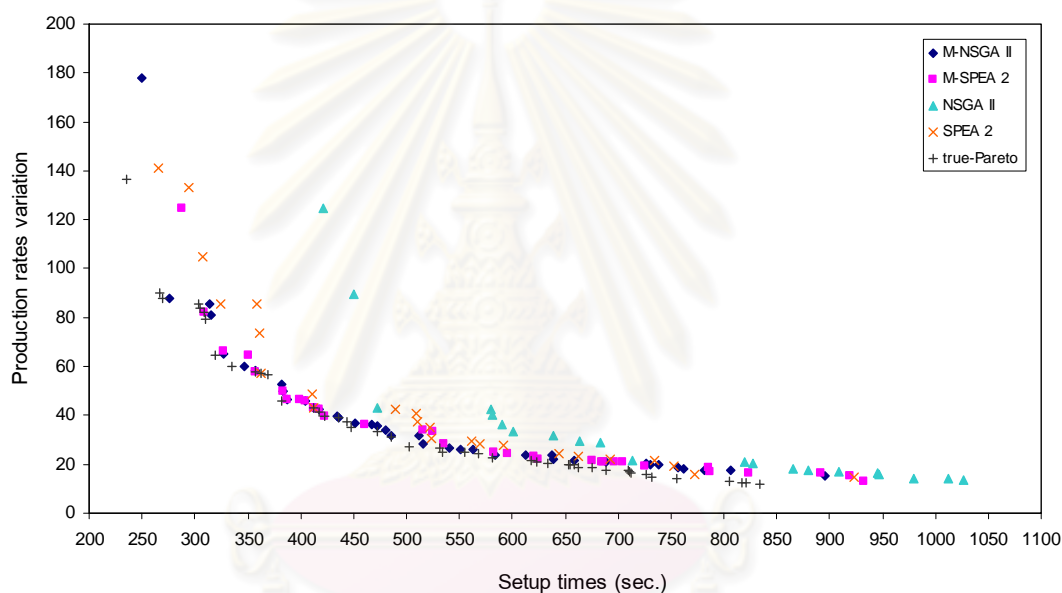
รูปที่ 8.16 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.1

จากตารางที่ 8.21 และรูปที่ 8.16 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 ที่มี MPS คือ 8:7:2:2:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2) ปัญหาการทดลองที่ 3.2

ตารางที่ 8.22 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.2

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0225	0.0288	0.1090	0.0441
(variance)	0.0000	0.0000	0.0000	0.0001
Spread (mean)	0.0170	0.0212	0.0352	0.0253
(variance)	0.0024	0.0013	0.0022	0.0007
Ratio of solution	5.13%	12.50%	0.00%	8.33%



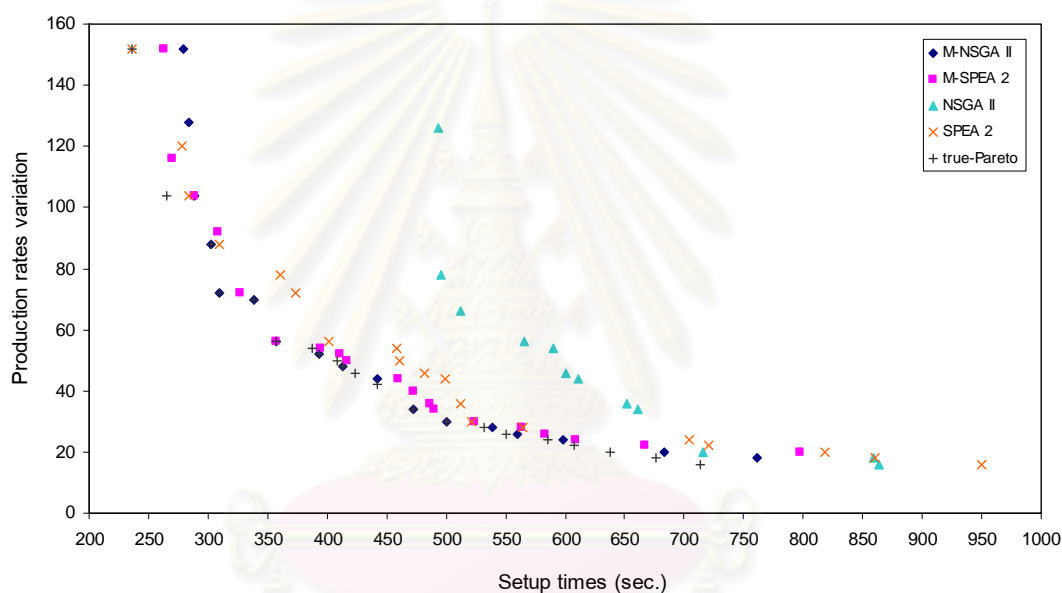
รูปที่ 8.17 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 3.2

จากตารางที่ 8.22 และรูปที่ 8.17 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 ที่มี MPS คือ 5:5:5:3:2 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.3) ปัญหาการทดลองที่ 3.3

ตารางที่ 8.23 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.3

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0220	0.0301	0.2114	0.0468
(variance)	0.0001	0.0002	0.0017	0.0000
Spread (mean)	0.0253	0.0304	0.0497	0.0291
(variance)	0.0007	0.0017	0.0040	0.0009
Ratio of solution	47.06%	5.26%	0.00%	5.26%



รูปที่ 8.18 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 3.3

จากตารางที่ 8.23 และรูปที่ 8.18 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 ที่มี MPS คือ 4:4:4:4:4 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

8.1.2 กรณีปัญหาขนาดใหญ่

8.1.2.1 ปัญหาการทดลองที่ 4 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 20 หน่วย

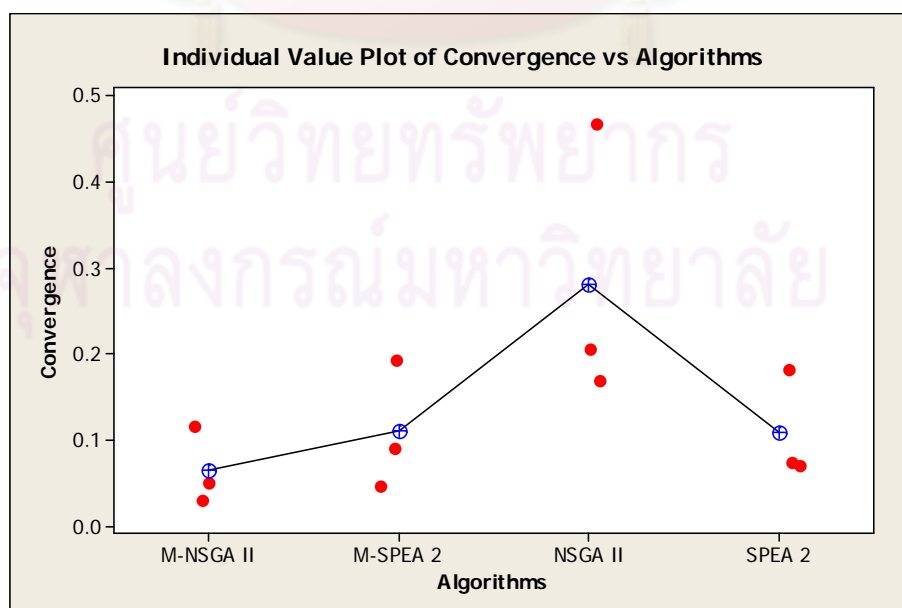
1) ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าของตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง

ตารางที่ 8.24 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.08225	0.02742	2.87	0.103
Error	8	0.07629	0.00954		
Total	11	0.15854			

S = 0.09765 R-Sq = 51.88% R-Sq(adj) = 33.83%

จากตารางที่ 8.24 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 4 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่อการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง



รูปที่ 8.19 Individual Value plot ของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

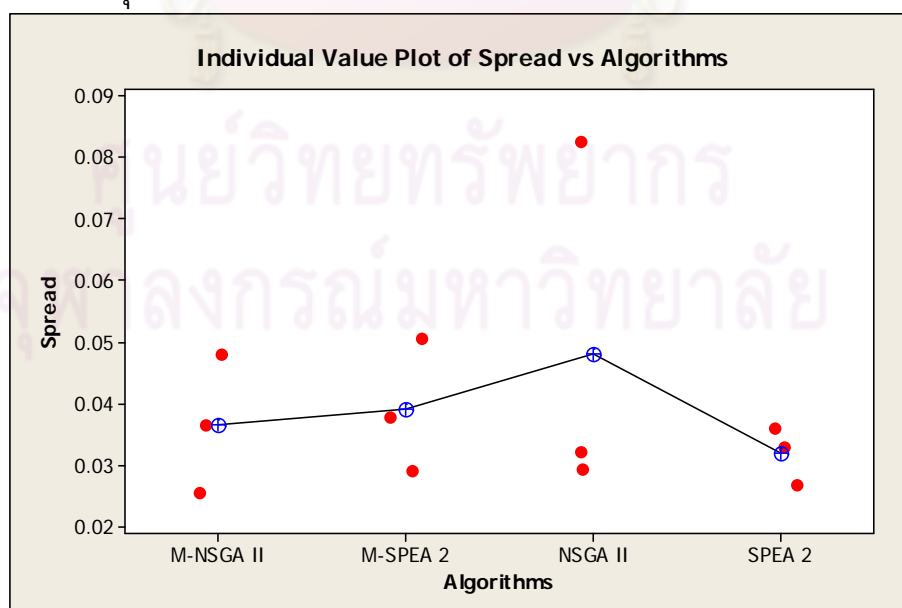
จากรูปที่ 8.19 แสดง Individual Value Plot ของการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้ เมื่อพิจารณาการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 8.25 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.000418	0.000139	0.48	0.708
Error	8	0.002343	0.000293		
Total	11	0.002761			

S = 0.01711 R-Sq = 15.14% R-Sq(adj) = 0.00%

จากตารางที่ 8.25 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 4 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ในแต่ละอัลกอริทึมเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่อการกระจายของกลุ่มคำตอบ



รูปที่ 8.20 Individual Value plot ของการกระจายที่หาได้จากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

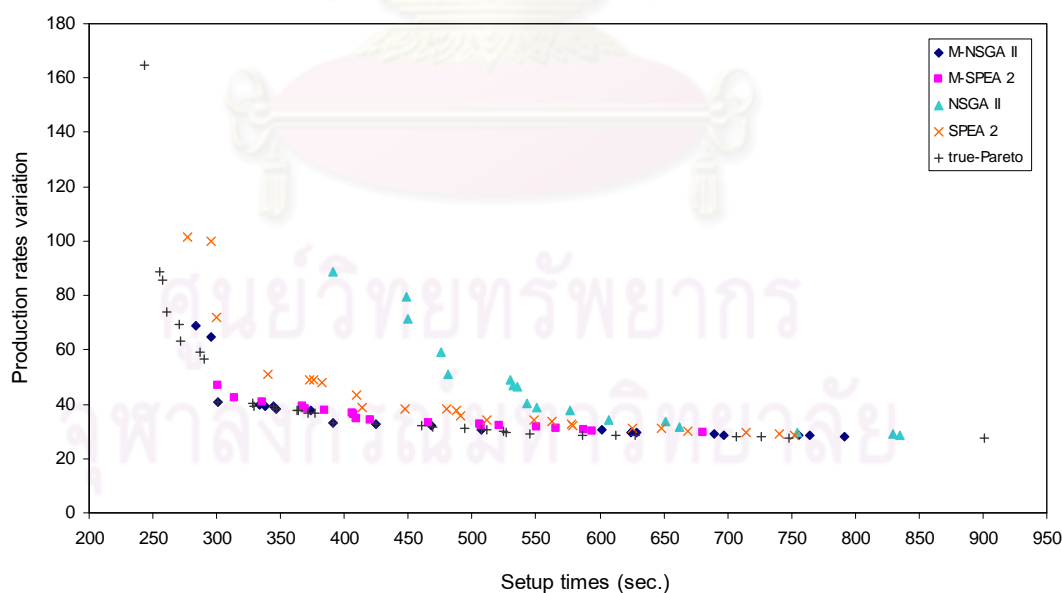
จากรูปที่ 8.21 แสดง Individual Value Plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ผลการเปรียบเทียบในปัญหาย่อยในปัญหาการทดลองที่ 4

2.1) ปัญหาการทดลองที่ 4.1

ตารางที่ 8.27 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.1

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0505	0.0912	0.1696	0.0738
(variance)	0.0004	0.0018	0.0001	0.0007
Spread (mean)	0.0365	0.0292	0.0293	0.0268
(variance)	0.0026	0.0015	0.0007	0.0014
Ratio of solution	25.00%	0.00%	0.00%	0.00%



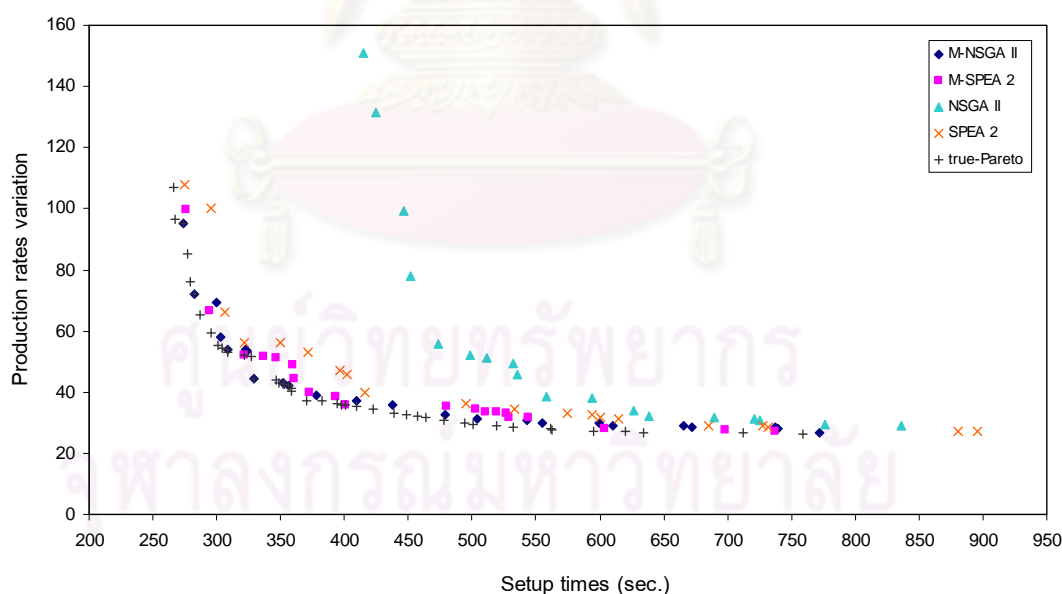
รูปที่ 8.22 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.1

จากตารางที่ 8.27 และรูปที่ 8.22 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 ที่มี MPS คือ 7:5:1:1:1:1:1:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2) ปัญหาการทดลองที่ 4.2

ตารางที่ 8.28 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.2

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0299	0.0470	0.2068	0.0701
(variance)	0.0000	0.0000	0.0006	0.0000
Spread (mean)	0.0254	0.0377	0.0323	0.0329
(variance)	0.0013	0.0027	0.0007	0.0013
Ratio of solution	20.83%	0.00%	0.00%	0.00%



รูปที่ 8.23 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 4.2

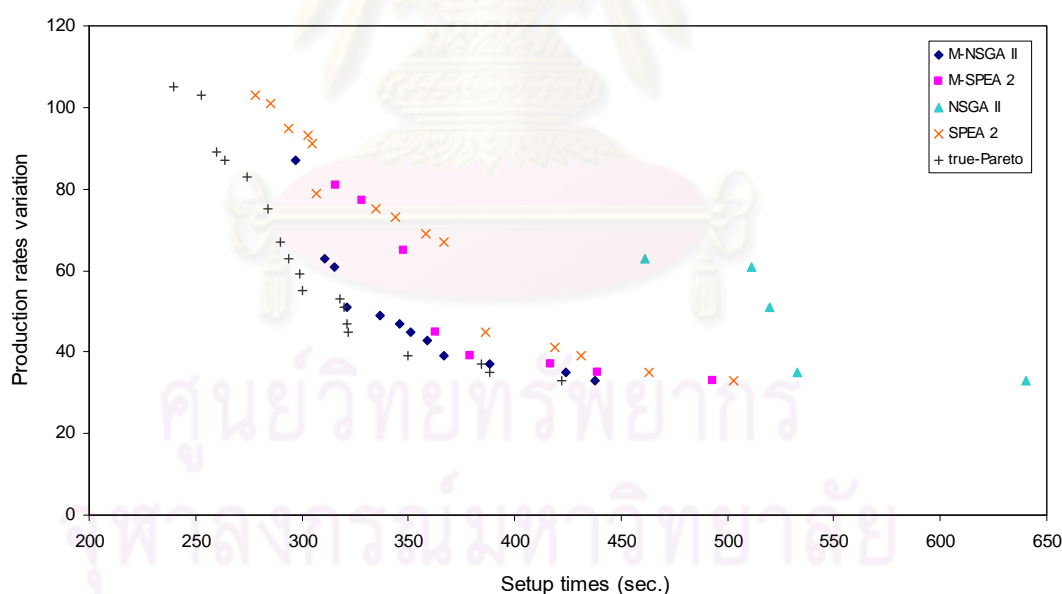
จากตารางที่ 8.28 และรูปที่ 8.23 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution

ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 ที่มี MPS คือ 5:5:3:1:1:1:1:1:1:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.3) ปัญหาการทดลองที่ 4.3

ตารางที่ 8.29 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.3

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.1158	0.1933	0.4680	0.1823
(variance)	0.0004	0.0011	0.0022	0.0005
Spread (mean)	0.0481	0.0507	0.0828	0.0360
(variance)	0.0042	0.0019	0.0068	0.0009
Ratio of solution	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%



รูปที่ 8.24 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 4.3

จากตารางที่ 8.29 และรูปที่ 8.24 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 ที่มี MPS คือ 2:2:2:2:2:2:2:2:2 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA

II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

8.1.2.2 ปัญหาการทดลองที่ 5 กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมีความต้องการในการผลิต 100 หน่วย

1) ผลการวิเคราะห์โดยใช้ค่าของตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง

ตารางที่ 8.30 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.25584	0.08528	30.58	0.000
Error	8	0.02231	0.00279		
Total	11	0.27816			

S = 0.05281 R-Sq = 91.98% R-Sq(adj) = 88.97%

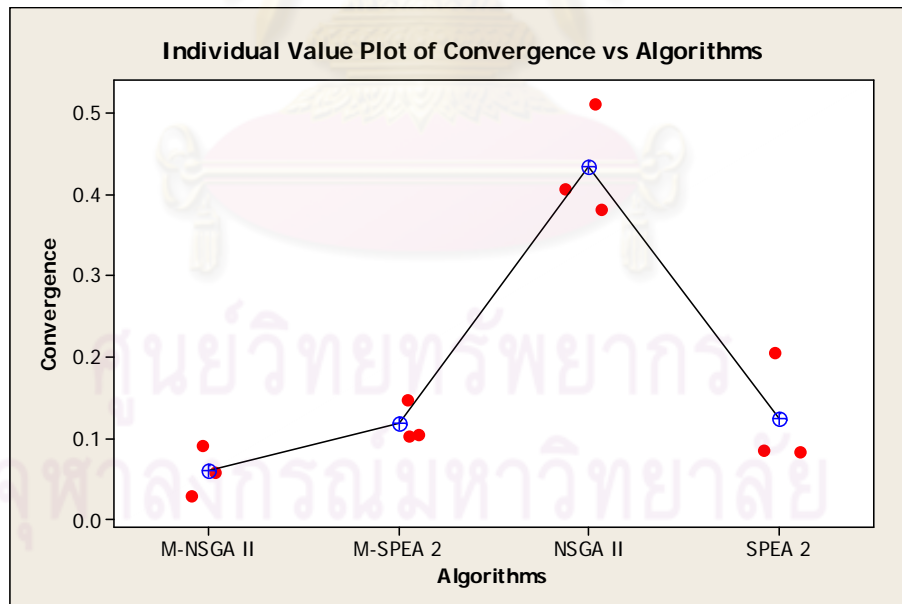
จากตารางที่ 8.30 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 5 กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหานี้มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ในด้านการเข้าสู่คำตอบที่แท้จริง จากนั้นทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เพื่อวิเคราะห์ว่าอัลกอริทึมใดบ้างที่มีความแตกต่างกัน ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในภาคผนวก จ โดยสรุปผลได้ดังตารางที่ 8.31 ดังนี้

ศูนย์วิจัยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.31 ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นค่าตอบสนอง

ปัจจัย	ระดับของปัจจัย	ผลการวิเคราะห์
อัลกอริทึม	1) M-NSGA II 2) M-SPEA 2 3) NSGA II 4) SPEA 2	สามารถแบ่งกลุ่มระดับของปัจจัยที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกัน ดังนี้ 1. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง M-NSGA II กับ M-SPEA 2 และ SPEA 2 2. อัลกอริทึมที่ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ คือ การเปรียบเทียบระหว่าง NSGA II กับ M-NSGA II M-SPEA 2 และ SPEA 2

จากตารางที่ 8.31 สามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์ของการนำเมมเมติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหาการทดลองที่ 5 การนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ทั้งสองนี้ (M-NSGA II และ M-SPEA 2) ให้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 นอกจากนี้ยังพบว่า SPEA 2 ให้ผลลัพธ์ที่ไม่แตกต่างจากเมมเมติกอัลกอริทึม ดังนั้น NSGA II จึงเป็นเพียงอัลกอริทึมเดียวที่ให้ผลที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 กับอัลกอริทึมอื่นๆ ในงานวิจัย



รูปที่ 8.25 Individual Value plot ของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

จากรูปที่ 8.25 แสดง Individual Value Plot ของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าอัลกอริทึมดั้งเดิม และเมื่อพิจารณา M-NSGA II และ M-SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้

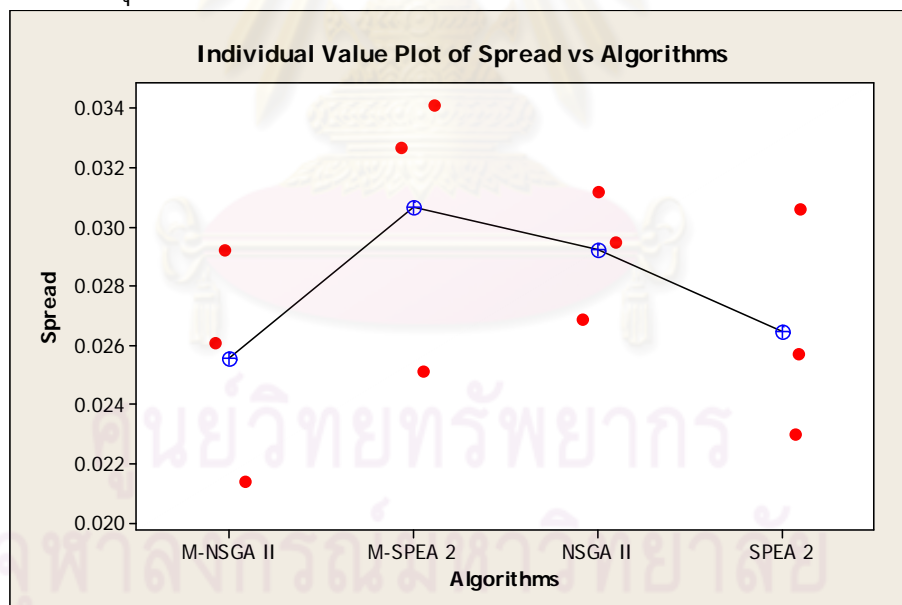
เมื่อพิจารณาการลู่เข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 8.32 ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีกรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.0001057	0.0000352	2.72	0.115
Error	8	0.0001038	0.0000130		
Total	11	0.0002095			

S = 0.003601 R-Sq = 50.47% R-Sq(adj) = 31.90%

จากตารางที่ 8.32 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 5 กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ในแต่ละอัลกอริทึมเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่อการกระจายของกลุ่มคำตอบ



รูปที่ 8.26 Individual Value plot ของการกระจายที่หาได้จากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

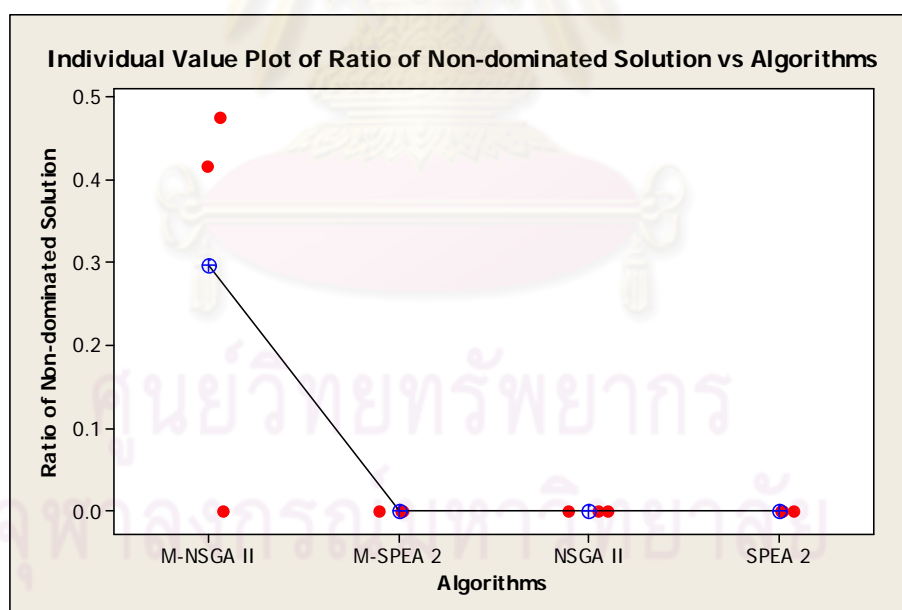
จากรูปที่ 8.26 แสดง Individual Value Plot ของการกระจายของ M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า M-SPEA 2 แต่ไม่แตกต่างจาก SPEA 2 มากนัก ดังนั้นในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาการกระจายของคำตอบเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับอัลกอริทึมดั้งเดิมอย่าง SPEA 2

ตารางที่ 8.33 การวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนองในการทดลอง

One-way ANOVA: Ratio of Non-dominated Solution versus Algorithms					
Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.1988	0.0663	3.95	0.053
Error	8	0.1342	0.0168		
Total	11	0.3330			

S = 0.1295 R-Sq = 59.69% R-Sq(adj) = 44.58%

จากตารางที่ 8.33 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาการทดลองที่ 5 กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย และใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง พบว่าการใช้ 4 อัลกอริทึมในการแก้ปัญหาไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 และไม่จำเป็นต้องทำการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons เนื่องจากอัลกอริทึมที่ใช้ทั้งหมดไม่มีอิทธิพลต่ออัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง



รูปที่ 8.27 Individual Value plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงจากอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย

จากรูปที่ 8.27 แสดง Individual Value Plot ของอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงใน M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 พบว่าในปัญหาการทดลองนี้เมื่อพิจารณาอัตราส่วนของจำนวนกลุ่ม

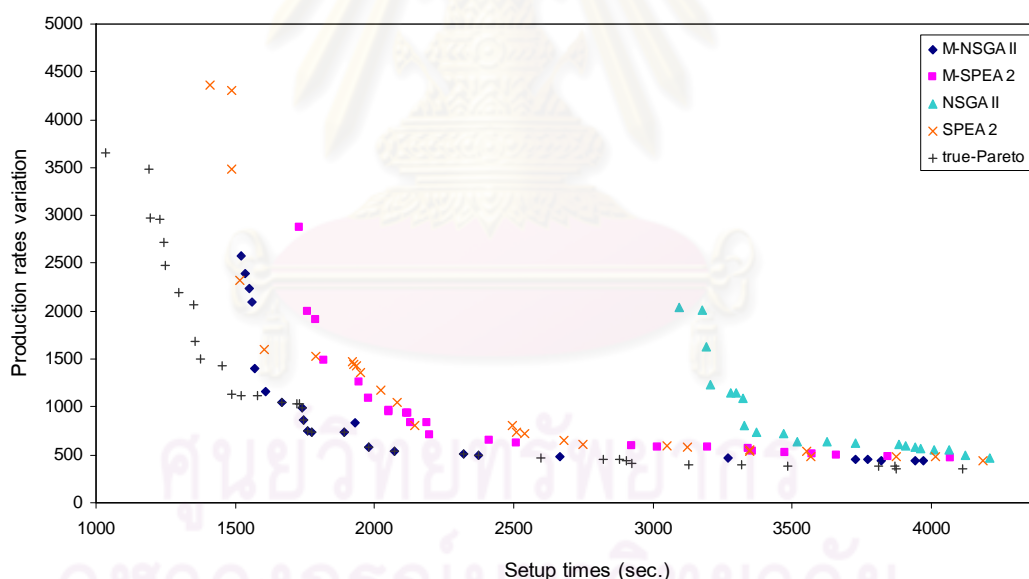
คำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนองนั้น M-NSGA II เป็นเมมเมติกัลกอริทึมที่มีประสิทธิภาพกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

ผลการเปรียบเทียบในปัญหาย่อยในปัญหาการทดลองที่ 5

2.1) ปัญหาการทดลองที่ 5.1

ตารางที่ 8.34 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.1

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0584	0.1051	0.3817	0.0845
(variance)	0.0000	0.0001	0.0031	0.0001
Spread (mean)	0.0261	0.0251	0.0269	0.0257
(variance)	0.0006	0.0015	0.0007	0.0006
Ratio of solution	41.67%	0.00%	0.00%	0.00%



รูปที่ 8.28 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.1

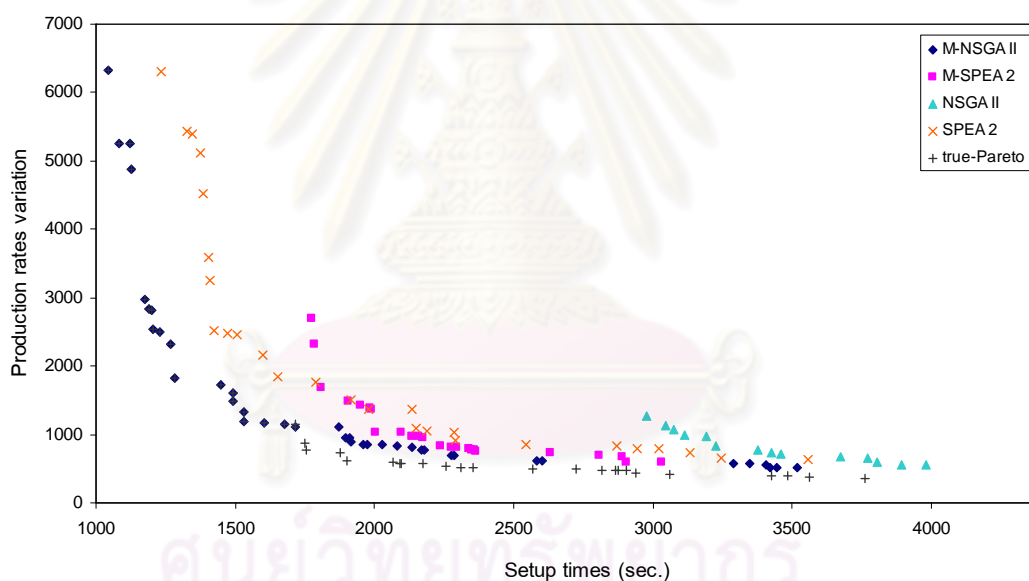
จากตารางที่ 8.34 และรูปที่ 8.28 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 ที่มี MPS คือ 20:20:20:15:15:1:1:1:1:1:1:1:1:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึง

สามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.2) ปัญหาการทดลองที่ 5.2

ตารางที่ 8.35 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.2

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0299	0.1473	0.4059	0.0835
(variance)	0.0001	0.0004	0.0031	0.0000
Spread (mean)	0.0214	0.0327	0.0295	0.0230
(variance)	0.0009	0.0008	0.0008	0.0005
Ratio of solution	47.50%	0.00%	0.00%	0.00%



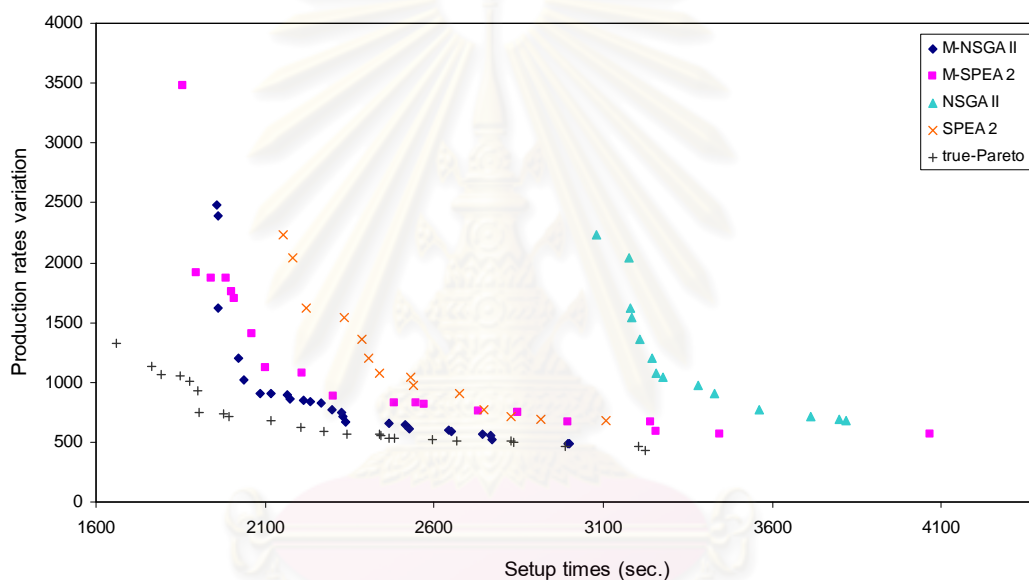
รูปที่ 8.29 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 5.2

จากตารางที่ 8.35 และรูปที่ 8.29 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 มี MPS คือ 15:15:15:10:10:10:10:5:4:1:1:1:1:1 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

2.3) ปัญหาการทดลองที่ 5.3

ตารางที่ 8.36 การวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้านในอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยเทียบกับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.3

ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด	อัลกอริทึมที่ใช้ในการทดลอง			
	M-NSGA II	M-SPEA 2	NSGA II	SPEA 2
Convergence (mean)	0.0915	0.1025	0.5113	0.2043
(variance)	0.0001	0.0001	0.0031	0.0002
Spread (mean)	0.0292	0.0341	0.0312	0.0306
(variance)	0.0010	0.0042	0.0007	0.0034
Ratio of solution	47.50%	0.00%	0.00%	0.00%



รูปที่ 8.30 การเปรียบเทียบ Obtained Pareto Optimal Frontier ของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยกับ true-Pareto Optimal Solution ปัญหาการทดลองที่ 5.3

จากตารางที่ 8.36 และรูปที่ 8.30 แสดงการเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบที่หาได้จาก M-NSGA II, M-SPEA 2, NSGA II และ SPEA 2 กับ true-Pareto Optimal Solution ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 มี MPS คือ 7:7:7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6 พบว่าประสิทธิภาพของ M-NSGA II เข้าใกล้ true-Pareto Optimal Solution มากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้ M-NSGA II ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะให้คุณภาพของคำตอบดีกว่าอัลกอริทึมอื่นๆ ที่ใช้ในงานวิจัย

8.2 สรุปผลการเปรียบเทียบผลการหาคำตอบ

จากการหาคำตอบในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสมที่พิจารณาสองวัตถุประสงค์ในด้านเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิตพร้อมๆ กัน ภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดี สำหรับปัญหาการทดลอง 5 ปัญหา สามารถสรุปผลได้ว่าเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอในงานวิจัยคือ M-NSGA II เนื่องจากให้คุณภาพคำตอบที่ดีกว่า M-SPEA 2 นอกจากนี้เมื่อเปรียบเทียบกับ NSGA II และ SPEA 2 ยังพบว่าให้คุณภาพคำตอบที่ดีกว่าทุกปัญหาการทดลอง โดยเฉพาะปัญหาการทดลองที่มีขนาดเล็ก คือ ปัญหาการทดลองที่ 1 2 และ 3 (กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด) และปัญหาการทดลองที่มีขนาดใหญ่ คือ ปัญหาการทดลองที่ 5 (กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด) ยกเว้นเพียงปัญหาการทดลองที่ 4 (กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด) ซึ่งให้ผลการวิเคราะห์ ANOVA ที่ไม่มีอัลกอริทึมใดแตกต่างกันทั้งสามตัว วัตถุประสงค์ที่ใช้เป็นคำตอบสนอง แสดงดังตารางที่ 8. 37 แต่เมื่อพิจารณาในแต่ละปัญหาย่อยของทุกปัญหาการทดลองพบว่า M-NSGA II ยังคงเป็นอัลกอริทึมที่ให้คุณภาพคำตอบที่ดีที่สุดทั้งสามด้าน และในด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบพบว่า SPEA 2 และ M-SPEA 2 ก็ยังคงเป็นอัลกอริทึมที่ให้คุณภาพที่ดีในด้านนี้

ตารางที่ 8.37 สรุปผลการวิเคราะห์ ANOVA ในทุกปัญหาการทดลองโดยใช้ตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง

ปัญหาการทดลอง	ตัววัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบ		
	การเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง	การกระจายของกลุ่มคำตอบ	อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง
1	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05
2	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05
3	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05
4	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05
5	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05	แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05

จากตารางที่ 8.37 แสดงผลการวิเคราะห์ ANOVA ในทุกปัญหาการทดลองโดยใช้ตัววัดสมรรถนะทั้งสามด้านเป็นคำตอบสนอง พบว่าอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยคือ NSGA II SPEA 2 M-NSGA II และ SPEA 2 ให้ผลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 ในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง

ส่วนในด้านการกระจายของกลุ่มคำตอบที่ได้จากแต่ละอัลกอริทึมให้ผลไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ 0.05 เนื่องจากอัลกอริทึมดั้งเดิมและอัลกอริทึมใหม่มีความสามารถในการให้กลุ่มคำตอบที่มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ และให้ผลที่เป็นไปในแนวทางเดียวกันทุกปัญหาการทดลอง ยกเว้นปัญหาการทดลองที่ 4 ซึ่งอาจมีเหตุผลมาจากปัญหาการทดลองที่ 4.3 ที่ให้ค่าผลการวัดสมรรถนะในแต่ละด้านของอัลกอริทึมที่ใช้ไม่แตกต่างกันในการวิเคราะห์ทางสถิติ จึงส่งผลให้การวิเคราะห์ในปัญหานี้ให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างจากปัญหาอื่น ๆ ในงานวิจัย

8.3 สรุปท้ายบท

จากการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดี และพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ตอบสนองกับการทำงานดังกล่าว คือเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิต ด้วยเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจากการรวมกันของการค้นหาเฉพาะที่และเอลิวชันนารีแบบหลายวัตถุประสงค์ที่มีสมรรถนะสูงอย่าง NSGA II และ SPEA 2 พบว่าประสิทธิภาพของเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองคือ M-NSGA II และ M-SPEA 2 ให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของคำตอบ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง และ M-NSGA II ให้คุณภาพที่ดีกว่า M-SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลองและทุกด้านของการวัดสมรรถนะอีกด้วย ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้คือ M-NSGA II ให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีที่สุดเมื่อเทียบเท่ากลุ่มคำตอบที่แท้จริง ดังนั้นจึงสามารถนำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีการทำงานแบบทันเวลาพอดี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 9

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงงานวิจัยทั้งหมดโดยสรุป ประกอบด้วย ลักษณะปัญหา การนำเมมเมติกอัลกอริทึมมาใช้ในการแก้ปัญหา การกำหนดและทดสอบพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการหาคำตอบ และผลการหาคำตอบด้วยวิธีการเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่กับอัลกอริทึมดั้งเดิมที่มีสมรรถนะสูงในการหาคำตอบอย่าง NSGA II และ SPEA 2 นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดของโปรแกรมที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการหาคำตอบและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยนี้ในตอนท้ายบท

9.1 สรุปงานวิจัย

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดี ซึ่งพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกับการทำงานดังกล่าวคือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องและความผันแปรในการผลิต โดยเสนอนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ ที่มีแนวคิดจาก MOEAs + Local Search และใช้ MOEAs ที่มีสมรรถนะสูงในการค้นหากลุ่มคำตอบที่ดีคือ NSGA II และ SPEA 2 จากนั้นทำการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่เข้าไปในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังตัวดำเนินการพันธุกรรม เพื่อค้นหาวิธีการค้นหาเฉพาะที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด และมีการเปรียบเทียบผลคำตอบที่ได้จากอัลกอริทึมใหม่และดั้งเดิมรวม 4 วิธี ผลการเปรียบเทียบแสดงให้เห็นว่าเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก NSGA II (M-NSGA II) ให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบดีกว่าเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจาก SPEA 2 (M-SPEA 2) ดังนั้นจึงเลือก M-NSGA II เป็นเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ที่นำเสนอ และมีการเปรียบเทียบผลของทุกอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยด้วยการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่หาได้ 3 ด้าน คือ ตัววัดสมรรถนะในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง โดยใช้ปัญหาการทดลอง 5 ปัญหาการทดลอง แบ่งตามขนาดของปัญหาคือ ปัญหาขนาดเล็ก (ปัญหาการทดลองที่ 1 2 และ 3) ซึ่งมีจำนวนผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และปัญหาขนาดใหญ่ (ปัญหาการทดลองที่ 4 และ 5) กรณีผลิตภัณฑ์ 10 และ 15 ชนิด

9.1.1 ลักษณะของปัญหา

ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าทำการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม คือ มีการประกอบผลิตภัณฑ์ตั้งแต่ 2 ชนิดขึ้นไป โดยผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ จะเข้าสู่สายประกอบปะปนกัน ไม่มีการแบ่งว่าต้องทำการผลิตผลิตภัณฑ์ชุดไหนก่อน การจัดลำดับ

ผลิตภัณฑ์จะจัดเข้าเป็นกลุ่มตามสัดส่วนผลิตภัณฑ์ที่ทำการผลิต เพื่อตอบสนองความต้องการด้านความหลากหลายของรูปแบบผลิตภัณฑ์อย่างเหมาะสม และมีวัตถุประสงค์ของการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เพื่อให้มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องและความผันแปรในการผลิตที่ต่ำที่สุด โดยในวิจัยนี้ได้ทำการแก้ปัญหาการทดลอง 5 กรณี ที่ทำการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีความต้องการในการผลิต (Demand) แตกต่างกัน คือ 12 15 20 20 และ 100 หน่วย โดยแต่ละปัญหาจะมีจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ ความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดแตกต่างกัน และใช้ปัญหาเดียวกันกับ McMullen (2001a) แสดงดังตารางที่ 1.1

9.1.2 การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึม

การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นการประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่เข้าไปในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการทางพันธุกรรม และดำเนินการตามขั้นตอนดั้งเดิมที่ใช้ในการพัฒนาเป็นอัลกอริทึมใหม่ ดังนี้

1. การใส่รหัสคำตอบ

การใส่รหัสคำตอบเป็นขั้นตอนการสร้างประชากรเบื้องต้น คือการสร้างสตริงคำตอบ ซึ่งแสดงถึงลำดับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการประกอบ โดยข้อมูลที่ใช้ในการสร้างสตริงคำตอบ คือ จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์และจำนวนการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด ลักษณะสตริงคำตอบที่ได้จะมีตัวอักษรที่ซ้ำกันตามจำนวนสัดส่วนของการผลิตที่ทำการผลิต เช่น A-A-B-D-B โดยจำนวนประชากรเบื้องต้นจะเท่ากับ *popsiz* ตัว

2. การค้นหาเฉพาะที่

วิธีการค้นหาเฉพาะที่ เป็นวิธีการที่ใช้ในการปรับปรุงคุณภาพคำตอบและช่วยดึงคำตอบที่ดีอยู่ใน Local Optimal มีหลายวิธี โดยในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการค้นหาเฉพาะที่ไว้ทั้งหมด 7 วิธีคือ 1.วิธี Pairwise Interchange (PI) 2. วิธี Adjacent Pairwise Interchange (API) 3. วิธี 2-opt 4. วิธี 3-opt 5. วิธี Or-opt 6. วิธี Double-bridge และ 7.วิธี Shift Procedure หรือ Insertion Procedure โดยการนำการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้จะมีลักษณะการค้นหาแบบปรับปรุงคำตอบครั้งแรก (First Improvement) เพื่อช่วยลดเวลาในการคำนวณ ซึ่งถือว่าเป็นข้อดีของวิธีการค้นหาเฉพาะที่

3. การกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธีเชิงกลุ่มที่ดีที่สุด และการกำหนดความหนาแน่นด้วยวิธีการรักษาความหลากหลายให้กับกลุ่มคำตอบ

การคำนวณค่าความแข็งแรง และความหนาแน่นให้กับประชากรคำตอบ โดยใน M-NSGA II และ NSGA II จะใช้วิธี Non-dominated Sorting และวิธี Crowding Distance

ในการกำหนดค่าดังกล่าว ส่วน M-SPEA 2 และ SPEA 2 จะใช้วิธี Strength of Dominators และ k -nearest neighbor ในการกำหนดค่าดังกล่าว

4. การครอสโอเวอร์

กระบวนการครอสโอเวอร์ เป็นกระบวนการที่นำสตริงคำตอบที่ถูกจับคู่ไว้ $Nc/2$ คู่ จากขั้นตอนการจับคู่สตริงคำตอบ มาแลกเปลี่ยนสตริงบางส่วนซึ่งกันและกันเพื่อให้เกิดสตริงใหม่ขึ้นโดยเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ถูกจับคู่นี้ว่า “สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ (Parent)” และเรียกสตริงคำตอบ 2 ตัวที่ได้จากการครอสโอเวอร์นี้ว่า “สตริงคำตอบรุ่นลูก (Offspring)” วิธีการครอสโอเวอร์มีหลายวิธี แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ ลักษณะสตริงคำตอบจะมีลักษณะเป็นแบบ Non-binary String ที่มีตัวอักษรซ้ำกัน ดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการครอสโอเวอร์ที่มีการดัดแปลงวิธีการที่ใช้อยู่ทั่วไป ให้สอดคล้องกับลักษณะของสตริงคำตอบ โดยได้นำเสนอวิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX-crossover) นำเสนอโดย Michalewicz (1996) (กำหนดตามงานวิจัยก่อนหน้าที่เกี่ยวข้อง คือ Moghaddam และ Vahed (2006))

5. การมิวเทชัน

การมิวเทชัน (Mutation Type) เป็นวิธีการพัฒนาสตริงคำตอบวิธีหนึ่ง โดยการสลับตำแหน่งของค่าภายในสตริงคำตอบตัวเดียว ทำให้ได้สตริงคำตอบตัวใหม่เกิดขึ้น ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวิธีมิวเทชันตามงานวิจัยก่อนหน้า (Moghaddam และ Vahed, 2006) ซึ่งใช้วิธี Inversion Mutation และ Reciprocal Exchange Mutation

6. เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด

เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ทำการเก็บค่าคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution และในระหว่างกระบวนการค้นหาคำตอบ และทำการปรับปรุง (Update) สตริงคำตอบใหม่ในสถานที่เก็บคำตอบ ด้วยการย้ายสตริงคำตอบที่ดีที่สุดตัวเดิมออกไป และเพิ่มสตริงคำตอบที่ดีที่สุดใหม่เข้ามา

9.1.3 การกำหนดและทดสอบพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

จากผลการทดสอบวิธีการค้นหาเฉพาะที่ด้วยการพิจารณาการวัดสมรรถนะกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Performance Measurement) 3 ด้าน คือ การลู่เข้าสู่คำตอบที่แท้จริง การกระจายของคำตอบ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง พบว่าวิธีการค้นหาเฉพาะที่ที่เหมาะสมกับ M-NSGA II ในทุกปัญหาการทดลองคือ PI และ IP ซึ่งได้ประยุกต์ในขั้นตอนหลังการสร้างประชากรเริ่มต้นและหลังการดำเนินการมิวเทชัน

ส่วนในวิธี M-SPEA 2 พบว่าวิธี Or-Opt และ IP จะสามารถประยุกต์ในขั้นตอนดังกล่าวได้อย่างเหมาะสม

9.1.4 ผลการใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหา

จากการเปรียบเทียบผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดี และพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ตอบสนองกับการทำงานดังกล่าว คือเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิตด้วยเมมเมติกอัลกอริทึมที่พัฒนามาจากการรวมกันของการค้นหาเฉพาะที่และวิธีวิวัฒนาการแบบหลายวัตถุประสงค์ที่มีสรรณะสูงอย่าง NSGA II และ SPEA 2 พบว่าประสิทธิภาพของเมมเมติกอัลกอริทึมทั้งสองคือ M-NSGA II และ M-SPEA 2 ให้คุณภาพคำตอบที่ดีในด้านการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริง การกระจายของคำตอบ และอัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบเท่ากับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง และ M-NSGA II ให้คุณภาพที่ดีกว่า M-SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลองและทุกด้านของการวัดสมรรถนะอีกด้วย ยกเว้นในปัญหาการทดลองที่ 4 ที่ให้ความแตกต่างของคุณภาพคำตอบโดยรวมไม่แตกต่างกัน แต่เมื่อพิจารณาในปัญหาย่อย พบว่า M-NSGA II เป็นอัลกอริทึมที่ให้ประสิทธิภาพดีที่สุด ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้คือ M-NSGA II ให้ประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือใกล้เคียงกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงมากที่สุด ดังนั้นจึงสามารถนำวิธีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีการทำงานแบบทันเวลาพอดี ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

9.1.5 ข้อดีและข้อเสียของเมมเมติกอัลกอริทึม

การใช้เมมเมติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมมีข้อดีและข้อเสีย ดังนี้

- ข้อดี
 1. สามารถให้กลุ่มคำตอบที่ดี โดยผลการเปรียบเทียบผลการหาคำตอบจากทุกอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย และใช้เวลาน้อยในการหาคำตอบในปัญหาขนาดเล็ก
 2. ลักษณะคำตอบที่ได้จากการจัดลำดับผลิตภัณฑ์จะมีคำตอบที่หลากหลาย ซึ่งสามารถตอบสนองกับความต้องการของผู้ตัดสินใจได้
 3. ลำดับการจัดผลิตภัณฑ์ที่ได้เป็นไปตามลักษณะของสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม
- ข้อเสีย
 1. กรณีที่ปัญหาขนาดใหญ่ จะใช้เวลาในการหาคำตอบนาน

2. ประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเมมเมติกอัลกอริทึมขึ้นอยู่กับวิธีการค้นหาเฉพาะที่โดยตรง เนื่องจากความแตกต่างของอัลกอริทึมใหม่ที่น่าเสนอกับอัลกอริทึมดั้งเดิมคือวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ดังนั้นในการประยุกต์เมมเมติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องมีการทดสอบพารามิเตอร์ เพื่อคัดเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสม ซึ่งต้องใช้เวลาในขั้นตอนนี้อันข้างมาก

9.2 ข้อจำกัดของโปรแกรม

งานวิจัยนี้ได้จัดทำโปรแกรมเพื่อช่วยในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้การทำงานแบบทันเวลาพอดี โดยพิจารณาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่สอดคล้องกับการทำงานดังกล่าวคือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิต พร้อมๆ กัน โดยรูปแบบปัญหาที่สามารถใช้โปรแกรมที่จัดทำขึ้นมีดังนี้

1. ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม
2. ข้อมูลเข้า (Input Data) มีดังนี้
 - ชนิดและจำนวนผลิตภัณฑ์
 - เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร
 - ความต้องการผลิตผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด
3. วัตถุประสงค์ของการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เพื่อให้เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรและความผันแปรในการผลิตต่ำที่สุด

ในการนำโปรแกรมที่จัดทำขึ้นไปประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบในอุตสาหกรรมจริง สามารถทำได้โดยการใส่ข้อมูลเข้าสำหรับแต่ละปัญหา โดยข้อมูลเข้าจะต้องมีลักษณะดังกล่าวข้างต้นและมีสมมติฐานเบื้องต้นเดียวกับในงานวิจัยนี้ โดยไม่จำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของโปรแกรม แต่ในการใช้งานจริงอาจมีข้อจำกัดในเรื่องเวลาในการหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม เนื่องจากในการผลิตจริงอาจมีจำนวนผลิตภัณฑ์และจำนวนการผลิตที่ต่างกันไป ทำให้ต้องทำการคัดเลือกพารามิเตอร์ที่เหมาะสมทุกครั้ง

ข้อจำกัดอีกประการหนึ่งสำหรับการใช้โปรแกรมที่จัดทำขึ้น คือ สำหรับกรณีที่ขนาดของปัญหามีขนาดใหญ่ โปรแกรมไม่สามารถตอบสนองการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ตามเวลาจริง (Real Time Scheduling) เมื่อมีการป้อนข้อมูลเข้า เนื่องจากมีการประมวลผลในขั้นตอนการค้นหาคำตอบของเมมเมติกอัลกอริทึม ทำให้ใช้เวลายาวนาน

9.3 ข้อเสนอแนะ

1. ลักษณะปัญหาของงานวิจัยนี้ เป็นการจัดลำดับผลิตภัณท์เพื่อทำการประกอบซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาการปรับตั้งเครื่องและความผันแปรในการผลิต เพื่อตอบสนองกับการทำงานแบบทันเวลาพอดี แต่ในความเป็นจริงยังมีวัตถุประสงค์ในการจัดลำดับผลิตภัณท์ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตอบสนองในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี ดังนั้นในการนำโปรแกรมนี้ไปใช้จึงต้องมีเงื่อนไขต่างๆ กำหนดขึ้นเฉพาะวัตถุประสงค์ที่พิจารณา
2. การนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมใหม่ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ไม่ได้ดัดแปลงโครงสร้างของอัลกอริทึมดั้งเดิม เพียงแต่ทำการเพิ่มวิธีการค้นหาเฉพาะที่เข้าไปช่วยปรับปรุงคุณภาพคำตอบเท่านั้น ดังนั้นในการนำเสนอเมมเมติกอัลกอริทึมที่แนวความคิดเดียวกับงานวิจัยนี้ ยังสามารถดัดแปลงโครงสร้างของอัลกอริทึมอื่นๆ ที่จัดว่าเป็น MOEAs และถือว่าเป็นสิ่งที่น่าสนใจเกี่ยวกับการทดลองหาค่าความแข็งแกร่งและความหนาแน่นที่ใช้ในแต่ละอัลกอริทึม สามารถแลกเปลี่ยนให้เหมาะสมกับอัลกอริทึมอื่น ๆ ได้หรือไม่ และสามารถให้คุณภาพคำตอบที่ดีหรือไม่
3. โปรแกรม MATLAB ที่ใช้ไม่สามารถสร้าง User Interface ดังนั้นควรมีการพัฒนาโดยใช้โปรแกรมอื่นในการสร้าง User Interface แล้วจึงนำมาเชื่อมต่อเข้ากับโปรแกรมที่เขียนขึ้น



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กรรณิกา ศีลานนท์, การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายวัตถุประสงค์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542
- จงกล เอี่ยมมิ, การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543
- ปารเมศ ชูติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546
- ปารเมศ ชูติมา. การประยุกต์เทคนิคการจัดตารางในอุตสาหกรรม กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551
- วันวิสาข์ นิ่มมะโน, การประยุกต์ใช้พีซีเจเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบพีซี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2544
- ไศรฎา แข็งการ และ กนต์ธร ชำนิประศาสน์, เอกสารการใช้ MATLAB สำหรับงานทางวิศวกรรม

ภาษาอังกฤษ

- Abdullah, K., David, W.C., Alice, E.S. Multi-objective optimization using genetic algorithms: A tutorial, Reliability Engineering and System Safety. 91(2006) : 992-1007
- Baker, K.R., Introduction to sequencing and scheduling. New York: John Wiley & Sons, 1974
- Bard, J.F., Shtub, A., and Joshi, S.B. Sequencing mixed-model assembly lines to level parts usage and minimize the length, International Journal of Production Research. 32(1994) : 2431-2454
- Coello, C. A., Coello, Veldhuizen, D.A., and Lamont, G.B. Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems. Kluwer Academic Publishers, 2002

- Deb, K., Pratap, A., Agarwal, S., and Meyarivan, T. "A fast and elitist multiobjective genetic algorithm: NSGA-II", IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 6, 2 (2002) : 182-197
- Deb, K., Agrawal, S., Pratab, A. and Meyarivan, T. A fast elitist nondominated sorting genetic algorithm for multi-objective optimization: NSGA-II, in Proc. Conf. Parallel Problem Solving From Nature VI. (2000) : 849–858
- Fonseca, C.M., and Fleming, P.J. Genetic algorithms for multiobjective optimization: Formulation, discussion and generalization, in Proc. 5th Int. Conf. Genetic Algorithm, Univ. Illinois at Urbana-Champaign. 17-23 (1993) : 416-423
- Fonseca, C.M. and Fleming, P.J. An overview of evolutionary algorithms in multiobjective optimization, Evol. Comput. 3 (1995) : 1–16
- Goldberg, D. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Addison-Wesley, Reading, MA, 1989
- Horn, J., Nafpliotis, N., and Goldberg, D.E. A niched Pareto genetic for multi-objective optimization, in Proc. 1st IEEE Int. Conf. Evolutionary Computation, Orlando, FL. 27-29 (1994) : 82-87
- Hyun C.J., Kim Y., Kim Y.K. A genetic algorithm for multiple objective sequencing problems in mixed model assembly lines, Computers and Operations Research. 21(1998) : 675-690
- Inman, P.R., Bulfin, R.L. Quick and dirty sequencing for mixed-model multi-level JIT systems, International Journal of Production Research. 30, 9 (1991) 2011-2018
- Inman, P.R., Bulfin, R.L. Note on sequencing JIT mixed-model assembly lines, Management Science. 3, 7 (1991) : 904–910
- Inman, P.R., Bulfin, R.L., Sequencing JIT mixed-model assembly lines, Management Science. 37, 3(1991) : 901-904
- Korkmazel, T. and Meral, S. Bicriteria sequencing methods for the mixed-model assembly line in just-in-time production systems, European Journal of Operational Research. 131 (2001) : 188–207
- Kubiak, W. and Sethi, S.P. A note on level schedules for mixed-model assembly lines in just-in-time production systems. Management Science. 37(1991) : 241-259

- Korkmazel, T., Meral, S. Bi-criteria sequencing methods for the mixed-model assembly line in just-in-time production systems, European Journal of Operational Research. 131(2001) : 188–207
- Lee, Y.H., Bhaskaran, K., and Pinedo, M. A heuristic to minimize the total weighted tardiness with sequence dependent setups, ITE Transactions. 29 (1997) : 45-52
- Lu, H., and Yen, G. G. Rank-density-based multiobjective genetic algorithm and benchmark test function study, IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 7 (2003) : 325-343
- Mansouri, S.A. A multi-objective genetic algorithm for mixed-model sequencing on JIT assembly lines, European Journal of Operational Research. 167, 3 (2005) : 696–716
- McMullen, P.R. JIT sequencing for mixed model assembly lines with setups in tabu search, Production Planning and Control. 9, 5 (1998) : 504-510
- McMullen, P.R., and Frazier, G.V. A simulated annealing approach to mixed-model sequencing with multiple objectives on a JIT line, IIE Transactions. 32, 8 (2000) : 679–686
- McMullen, P.R. An efficient frontier approach to addressing JIT sequencing problems with setups via search heuristics. Computers & Industrial Engineering. 41(2001a) : 335–353
- McMullen, P.R. A Kohonen self-organizing map approach to addressing a multiple objective, mixed-model JIT sequencing problem, International Journal of Production Economics. 72 (2001b) : 59–71
- McMullen, P.R. An ant colony optimization approach to addressing a JIT sequencing problem with multiple objectives, Artificial Intelligence in Engineering. 15(2001c) : 309–317
- Michalewicz, Z. Genetic Algorithms + Data Structures = Evolution Programs, Springer, Berlin, 1996
- Miltenburg, J., Steiner, G. and Yeomans, S. A dynamic programming algorithm for scheduling mixed-model just-in-time production systems, Mathematical Computation Modeling. 13(1990) : 57–66

- Miltenburge, J. Level schedules for mixed-model assembly lines in just-in-time production systems, Management Science. 35, 2 (1989) : 192-207
- Miltenburg, J., Sinnamom, G.T. Scheduling mixed-multi-level just-in-time production systems, International Journal of Production Research. 27, 9(1989) : 1487-1507
- Mondon, Y. Toyota Production System, Institute of Industrial Engineering Press, Atlanta, 1983
- Moscato, P. Memetic Algorithms: A Short Introduction, in New Ideas in Optimization, (D. Corne, M. Dorigo, and F. Glover, eds.), McGraw-Hill, London, ch. 14 (1999) : 219-234
- Rahimi-Vahed, A.R., Rabbani, M., Tavakkoli-Moghaddam, R., Torabi, S.A., Jolai, F., A multi-objective scatter search for a mixed-model assembly line sequencing problem, Advanced Engineering Informatics. 21 (2007) : 85-89
- Silverman, B.W., Density estimation for statistics and data analysis. London : Chapman and Hall.
- Srinivas, N. and Deb, K. Multiobjective optimization using nondominated sorting in genetic algorithms, Evol. Comput. 2, 3 (1994) : 221-248.
- Tavakkoli-Moghaddam, R., and Rahimi-Vahed, A.R. Multi-criteria sequencing problem for a mixed-model assembly line in a JIT production system, Applied Mathematics and Computation. 181 (2006) : 1471–1481
- Zeramardini, W., Aigbedo H., and Mondon Y. Bicriteria sequencing for just-in-time mixed model assembly lines, International Journal of Production Research. 38, 15 (2000) : 3451-3470
- Zitzler, E., and Thiele, L. Multiobjective evolutionary algorithms: A comparative case study and the strength Pareto approach, IEEE Transactions on Evolutionary Computation. 3(1999) : 257-271
- Zitzler, E., Thiele, L., and Deb, K. Comparison of multiobjective evolutionary algorithms: Empirical results. Evolutionary Computation. 8(2000) : 173–195
- Zitzler, E., Laumanns, and M., Thiele, L. SPEA2: improving the strength Pareto evolutionary algorithm. Computer Engineering and Networks Laboratory (TIK) – Report. September 103(2001)



ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

ปัญหา NP-hard

ปัญหา NP-Hard คือปัญหาที่ใช้เวลาในการหาคำตอบยาวนานและเวลาในการหาคำตอบจะเพิ่มมากขึ้นเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียลเมื่อขนาดปัญหาใหญ่เพิ่มขึ้น ซึ่งไม่เหมาะกับการหาคำตอบด้วยวิธีการแบบตรงไปตรงมาในทางปฏิบัติ และโดยทั่วไปแล้วจะใช้ฮิวริสติกในการแก้ปัญหาประเภทนี้เพื่อให้ได้คำตอบที่ดี ถึงแม้ว่าจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม

ลักษณะของปัญหาแบบ NP-hard จะอยู่ในรูปของ $f(v)$ (Time Complexity Function) เป็นฟังก์ชันที่แสดงถึงเวลาสูงสุดของปัญหาขนาด v ตัวอย่างของเวลาในการคำนวณแสดงดังตารางที่ ก.1 เช่นเวลาที่ใช้ในการคำนวณของรูปแบบปัญหาที่มีฟังก์ชัน $f(v) = v$ โดยกำหนดให้ v ขนาดเท่ากับ 10 และกำหนดให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณในแต่ละขั้นตอนเท่ากับ 1 ไมโครวินาที ดังนั้นเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการคำนวณทั้งหมดเท่ากับ 10 ไมโครวินาที (1×10) แต่ถ้าปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น เวลาที่ใช้ก็จะเพิ่มขึ้นเป็นแบบเส้นตรง แต่ถ้าปัญหาที่มีค่าของ $f(v)$ เป็น 2^v 3^v และ $v!$ เวลาที่ใช้จะเป็นแบบเอ็กโปเนนเชียล

ตารางที่ ก.1 เวลาในการคำนวณอยู่ในรูป Time complexity Function โดยมีสมมติฐานว่าการคำนวณในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที

Time Complexity Function $f(v)$	v					
	10	20	30	40	50	60
v	0.00001 sec	0.00002 sec	0.00003 sec	0.00004 sec	0.00005 sec	0.00006 sec
v^2	0.001 sec	0.004 sec	0.0009 sec	0.0016 sec	0.0025 sec	0.0036 sec
v^5	0.1 sec	3.2 sec	24.3 sec	1.7 min	52 min	13 min
v^{10}	2.7 hr	118.5 days	18.7 yrs	3.3 centuries	30.9 centuries	192 centuries
2^v	0.001 sec	1.0 sec	17.9 min	12.7 days	35.7 yrs	386 centuries
3^v	0.59 sec	58 min	6.5 yrs	3855 centuries	2×10^8 centuries	1.3×10^{13} centuries
$v!$	3.6 sec	770 centuries	8.4×10^{18} yrs	2.5×10^{32} centuries	9.6×10^{48} centuries	2.6×10^{66} centuries

สมมติให้มีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์จากตัวอย่างที่ผ่าน มา 1,000 เท่า ถ้าปัญหาไม่มีความซับซ้อนมากนักและระยะเวลาในการคำนวณเท่ากับเครื่องคอมพิวเตอร์จากปัญหาที่ผ่านมา ถ้าปัญหาที่มีฟังก์ชัน v ก็สามารถทำให้เวลาในการคำนวณเร็วขึ้น 1,000 เท่า แต่ถ้าปัญหามีความซับซ้อนมากคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงก็สามารถช่วยในการคำนวณให้เร็วขึ้นในระดับหนึ่ง เช่นปัญหาที่มีฟังก์ชันเป็น $v!$ เครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีการคำนวณเร็วกว่า 1,000 เท่า ช่วยให้การคำนวณได้เร็วขึ้นเล็กน้อย ดังตัวอย่างในตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.2 ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า

Time Complexity Function	ขนาดของปัญหา	
	คอมพิวเตอร์ธรรมดา	คอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า
v	v_1	$1000 v_1$
v^2	v_2	$31.62 v_2$
v^5	v_3	$3.98 v_3$
v^{10}	v_4	$1.99 v_4$
2^v	v_5	$v_5 + 10$
3^v	v_6	$v_6 + 6$
$v!$	v_7	$\begin{cases} v_7 + 3 & v_7 \leq 10 \\ v_7 + 2 & 10 < v_7 \leq 30 \\ v_7 + 1 & 30 < v_7 \leq 1000 \end{cases}$

ปัญหา NP-hard เป็นปัญหาที่ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบยาวนาน ดังนั้นการหาคำตอบด้วยวิธีแบบตรงไปตรงมาจึงเป็นไปได้ยากลำบาก และถึงแม้จะมีเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงมาช่วยได้ในระดับหนึ่ง วิธีการหาคำตอบของปัญหารูปแบบนี้ได้แก่การใช้ฮิวริสติกหรืออัลกอริทึมต่าง ๆ มาช่วยใช้ในการหาคำตอบ

ภาคผนวก ข
รายละเอียดของปัญหาตัวอย่าง

1. ปัญหาที่นำมาคำนวณในงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีการศึกษา การจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยใช้ปัญหาการทดลองทั้งหมด 5 ปัญหา ซึ่งเป็นปัญหาเดียวกันกับงานวิจัยของ McMullen (2001a) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1.1 ปัญหาการทดลองที่ 1

ในปัญหาการทดลองนี้ มีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย และประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังตารางที่ ข.1 ดังนี้

ตารางที่ ข.1 รายละเอียดของปัญหาตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 12 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด

Problem	Product type				
	1	2	3	4	5
F	5	3	2	1	1
H	4	3	2	2	1
J	3	3	2	2	2

1.2 ปัญหาการทดลองที่ 2

ในปัญหาการทดลองนี้ มีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 15 หน่วย และประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังตารางที่ ข.2 ดังนี้

ตารางที่ ข.2 รายละเอียดของปัญหาตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 15 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด

Problem	Product type				
	1	2	3	4	5
F	7	3	2	2	1
H	5	3	3	3	1
J	3	3	3	3	3

1.3 ปัญหาการทดลองที่ 3

ในปัญหาการทดลองนี้ มีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 20 หน่วย และประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด และมีความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังตารางที่ ข.3 ดังนี้

ตารางที่ ข.3 รายละเอียดของปัญหาตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 20 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด

Problem	Product type				
	1	2	3	4	5
F	8	7	2	2	1
H	5	5	5	3	2
J	4	4	4	4	4

1.4 ปัญหาการทดลองที่ 4

ในปัญหาการทดลองนี้ มีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 20 หน่วย และประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด และมีความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังตารางที่ ข.4 ดังนี้

ตารางที่ ข.4 รายละเอียดของปัญหาตัวอย่างกรณีมีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 20 หน่วย จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด

Problem	Product type									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F	7	5	1	1	1	1	1	1	1	1
H	5	5	3	1	1	1	1	1	1	1
J	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2

1.5 ปัญหาการทดลองที่ 5

ในปัญหาการทดลองนี้ มีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 100 หน่วย และประกอบด้วยผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด และมีความต้องการในการผลิตผลิตภัณฑ์ในแต่ละชนิดแตกต่างกัน ดังตารางที่ ข.5 ดังนี้

ตารางที่ ข.5 รายละเอียดของปัญหาตัวอย่างกรณีที่มีความต้องการในการผลิตเท่ากับ 100 หน่วย จำนวน
ชนิดผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด

Problem	Product type														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
F	20	20	20	15	15	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
H	15	15	15	10	10	10	10	5	4	1	1	1	1	1	1
J	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	6	6	6	6	6

2. การเงินเหนือเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในปัญหาการทดลอง

เนื่องจากในงานวิจัยนี้ได้ตัดแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของ McMullen (2001a) จากการศึกษาจำนวนครั้งในการปรับตั้งเครื่องจักร เป็นเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร ร่วมกับการพิจารณาความผันแปรในการผลิต ดังนั้นจึงสร้างเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรด้วยการแจกแจงสม่ำเสมอ $U[0,100]$ (France และคณะ, 2001) และกำหนดให้ใช้หน่วยวินาที และเนื่องการเงินเหนือเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรเป็นข้อมูลนำเข้าที่มีผลต่อผลลัพธ์ของคำตอบที่ได้ ดังนั้นจึงต้องวัดความหลากหลายของข้อมูลก่อนนำไปใช้ด้วยสัมประสิทธิ์ความผันแปร (Coefficient of variation: CV) และ CV ที่เหมาะสมคือ $1/3$ (Lee และคณะ, 1997) สามารถคำนวณได้ดังสมการ

$$CV = \frac{\text{var}(s)}{\bar{s}^2}$$

โดยที่ s คือเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

$\text{var}(s)$ คือความแปรปรวนของเวลาการปรับตั้งเครื่องจักร

\bar{s} คือเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักร

2.1 กรณีปัญหาการทดลองมีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด

ตารางที่ ข.6 เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (วินาที) ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด

ชนิด ผลิตภัณฑ์	A	B	C	D	E
A	0	54	60	72	40
B	62	0	45	67	55
C	48	24	0	61	39
D	56	79	64	0	42
E	52	44	63	46	0

จากตารางที่ ข.6 แสดงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการผลิต 5 ชนิด ที่ใช้ในปัญหาการทดลองที่ 1 2 และ 3 และให้ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับ 0.3328

2.2 กรณีปัญหาการทดลองมีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด

ตารางที่ ข.7 เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (วินาที) ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด

ชนิด ผลิตภัณฑ์	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
A	0	54	60	72	40	42	53	16	18	26
B	62	0	45	67	55	13	11	42	42	27
C	48	24	0	61	39	12	11	41	60	13
D	56	79	64	0	42	32	23	35	72	15
E	52	44	63	46	0	11	51	21	29	55
F	26	50	78	39	24	0	14	57	28	23
G	51	66	79	62	53	58	0	39	71	69
H	63	14	65	29	54	16	54	0	26	22
I	47	52	41	41	36	12	60	43	0	22
J	35	14	45	75	50	43	58	49	44	0

จากตารางที่ ข.7 แสดงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการผลิต 10 ชนิด ที่ใช้ในปัญหาการทดลองที่ 4 และให้ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับ 0.3317

2.3 กรณีปัญหาการทดลองมีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด

ตารางที่ ข.8 เวลาการปรับตั้งเครื่องจักร (วินาที) ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด

ชนิด ผลิตภัณฑ์	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
A	0	54	60	72	40	42	53	16	18	26	38	59	49	47	12
B	62	0	45	67	55	13	11	42	42	27	37	25	77	19	36
C	48	24	0	61	39	12	11	41	60	13	73	54	32	10	17
D	56	79	64	0	42	32	23	35	72	15	76	46	29	33	33
E	52	44	63	46	0	11	51	21	29	55	43	50	14	35	11
F	26	50	78	39	24	0	14	57	28	23	11	30	33	80	67
G	51	66	79	62	53	58	0	39	71	69	67	72	30	76	12
H	63	14	65	29	54	16	54	0	26	22	14	16	38	40	40
I	47	52	41	41	36	12	60	43	0	22	16	30	12	75	12
J	35	14	45	75	50	43	58	49	44	0	59	68	30	45	57
K	15	71	25	20	44	31	18	70	17	21	0	80	25	78	33
L	62	12	29	20	78	67	22	60	36	75	14	0	50	77	49
M	19	75	30	55	65	58	17	16	78	24	14	78	0	60	40
N	41	54	68	17	39	72	47	67	53	11	61	75	28	0	21
O	51	15	39	75	77	16	63	34	57	58	12	77	51	70	0

จากตารางที่ ข.8 แสดงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรที่ใช้ในกรณีจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องทำการผลิต 15 ชนิด ที่ใช้ในปัญหาการทดลองที่ 5 และให้ค่าสัมประสิทธิ์ความผันแปรเท่ากับ 0.3308

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ในงานวิจัยได้นำวิธีเมมเมติกอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้ในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี โดยนำมาเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้โปรแกรม MATLAB Version 7.0 ดังนั้นเพื่อให้มั่นใจว่าโปรแกรมที่จัดทำขึ้นสามารถให้คำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่ใช้ในแก้ปัญหาการทดลองในงานวิจัย ซึ่งได้ทำการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมในเรื่องการทำงานในแต่ละขั้นตอนของเมมเมติกอัลกอริทึม แบ่งเป็น 2 รูปแบบการทดสอบตามโครงสร้างของอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย คือ การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมของที่มีโครงสร้างแบบ M-NSGA II และโครงสร้างแบบ M-SPEA 2 โดยทำการรันโปรแกรมทีละขั้นตอน จากนั้นนำผลที่ได้มาพิจารณาตรวจสอบกับการคำนวณหาค่าด้วยมือ เพื่อพิจารณาความถูกต้องและความเป็นไปได้ของผลลัพธ์ที่ได้

1. ปัญหาการทดลองที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

ปัญหาการทดลองที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม คือ กรณีการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด 5 ชนิด โดยทำการผลิตผลิตภัณฑ์ ชนิด A B C D และ E จำนวน 3 3 2 2 และ 2 หน่วยตามลำดับ นั่นคือทำการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบทั้งหมด 12 หน่วย คือ AAABBBCCDDEE

พารามิเตอร์ของเมมเมติกอัลกอริทึมที่ใช้ในการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม คือ	
จำนวนประชากร	15 ประชากร
จำนวนของประชากรคำตอบที่ดีที่สุดที่เก็บไว้	15 ประชากร
วิธีการครอสโอเวอร์	OX
วิธีการมิวเทชัน	วิธี Inversion Mutation วิธี Reciprocal Exchange Mutation
ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์	1.0
ความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน	ความน่าจะเป็นในการอินเวอร์ชัน 0.5 ความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน 0.0076
ความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่	0.8
ความน่าจะเป็นในการเก็บค่าที่ดีที่สุด	1.0
วิธีการคัดเลือกคำตอบ	Binary Tournament Selection
จำนวนรอบในการทำซ้ำ	100

วิธีการค้นหาเฉพาะที่ใน M-NSGA II	PI และ IP ประยุกต์ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นและมิวเทชันตามลำดับ
วิธีการค้นหาเฉพาะที่ใน M-SPEA 2	Or-Opt และ IP ประยุกต์ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นและมิวเทชันตามลำดับ

2. การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

2.1 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมในการทำงานในแต่ละขั้นตอนที่มีโครงสร้างแบบ M-NSGA II

1) การสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น (Initial Population Creating)

ข้อมูลที่รับเข้าเพื่อสร้างสตริงคำตอบ ประกอบด้วย

- จำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด
- จำนวนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต 3:3:2:2:2 หน่วย

จากข้อมูลรับเข้าสามารถสร้างเป็นสตริงประชากรคำตอบเบื้องต้น ดังตัวอย่างดังนี้

String (1) = [A E C E B B A A D C B D]	String (9) = [D A A C B B A D B C E E]
String (2) = [A A C B B E D E D A B C]	String (10) = [E A B B A C B D A C E D]
String (3) = [B A D E C A B A E B D C]	String (11) = [B A A E A B B E C D D C]
String (4) = [B B E E C A D D B A C A]	String (12) = [E A B D C B D A C B A E]
String (5) = [E A A D A D C C B B B E]	String (13) = [B E A B C D C A D E B A]
String (6) = [E A C A E C B D B A D B]	String (14) = [D E B E C D C B A A B A]
String (7) = [D B A E C E C A A B D B]	String (15) = [E C B A A B E B C D A D]
String (8) = [A B B D D A C E B C E A]	

จากตัวอย่างสตริงคำตอบที่ได้จากโปรแกรม พบว่าเป็นสตริงคำตอบที่ประกอบด้วยตัวอักษร A B C D และ E เป็นจำนวน 3:3:2:2:2 ตามลำดับ ซึ่งเป็นจำนวนผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต โดยสตริงคำตอบที่ได้นี้ แสดงถึงลำดับผลิตภัณฑ์ที่เข้าทำการประกอบในสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม นอกจากนี้สตริงคำตอบทั้ง 15 ตัว เป็นสตริงคำตอบที่แตกต่างกันทั้งหมด ดังนั้นสรุปได้ว่าการทำงานของโปรแกรมในขั้นตอนการรับข้อมูลและทำการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นนั้นมีความถูกต้อง

2) การประเมินค่า (Evaluation)

การประเมินค่าของสตริงคำตอบ เป็นขั้นตอนการคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ให้กับสตริงคำตอบแต่ละตัว ซึ่งมี 2 วัตถุประสงค์คือ เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักร และความผันแปรในการผลิต (รายละเอียดสูตรฟังก์ชันวัตถุประสงค์แสดงดังบทที่ 6) ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดังกล่าวที่คำนวณโดยโปรแกรมเปรียบเทียบกับ การคำนวณด้วยมือ ได้ผลลัพธ์แสดงดังตารางที่ ค.1

ตารางที่ ค.1 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของสตริงคำตอบของโปรแกรมและการคำนวณมือ

String No.	Setup times		Production rates variation	
	Program	Manual	Program	Manual
1	531	531	20.2500	20.2500
2	476	476	16.2500	16.2500
3	642	642	9.0833	9.0833
4	541	541	25.9167	25.9167
5	395	395	35.7500	35.7500
6	701	701	23.9167	23.9167
7	661	661	14.5833	14.5833
8	456	456	18.9167	18.9167
9	483	483	25.0833	25.0833
10	562	562	17.5833	17.5833
11	475	475	33.0833	33.0833
12	570	570	9.2500	9.2500
13	653	653	11.0833	11.0833
14	603	603	29.5833	29.5833
15	578	578	18.2500	18.2500

จากตารางที่ ค.1 ผลการเปรียบเทียบการประเมินค่าของสตริงคำตอบของโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ พบว่ามีค่าที่เท่ากัน แสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนของการคำนวณที่ถูกต้อง

3) กำหนดค่าความแข็งแรง (Pareto Based Approach)

สำหรับการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมนี้จะทำการเปรียบเทียบผลการกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Non-dominated Sorting ด้วยวิธีการคำนวณมือและโปรแกรม โดยการคำนวณค่าความแข็งแรงด้วยมือ สามารถอธิบายดังขั้นตอนต่อไปนี้

1) จากการพิจารณาเซตสตริงคำตอบ {1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15} พบว่ามีเซตคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่าคือ {2, 3, 5, 8, 12} ดังนั้นคำตอบเหล่านี้

จะถูกจัดให้มีอันดับที่ 1 จากนั้นจะไม่พิจารณาคำตอบเหล่านี้ชั่วคราว ดังนั้นสมาชิกสตริงคำตอบที่เหลือคือ {1, 4, 6, 7, 9, 10, 11, 13, 14, 15}

2) พิจารณาประชากรคำตอบที่เหลืออยู่ พบว่าเซตคำตอบ {1, 9, 10, 11, 13} เป็นคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า จึงจัดอันดับให้คำตอบเหล่านี้มีอันดับที่ 2 ดังนั้นสมาชิกสตริงคำตอบที่เหลือคือ {4, 6, 7, 14, 15}

3) พิจารณาสตริงคำตอบที่เหลืออยู่ พบว่าเซตคำตอบ {4, 7, 15} เป็นคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า จึงจัดอันดับให้คำตอบเหล่านี้มีอันดับที่ 3 ดังนั้นสมาชิกสตริงคำตอบที่เหลือคือ {6, 14}

4) พิจารณาสตริงคำตอบที่เหลืออยู่ พบว่าเซตคำตอบเหล่านี้ที่ไม่มีคำตอบใดดีกว่า ดังนั้นจึงจัดอันดับให้คำตอบมีอันดับที่ 4 ดังนั้นสมาชิกสตริงคำตอบที่เหลือคือ { }

จากขั้นตอนที่ 1) ถึง 4) จะได้อันดับที่ให้แต่ละสมาชิกประชากรคำตอบ โดยสมาชิกตัวที่แข็งแกร่งที่สุดจะมีอันดับที่น้อยที่สุด และสมาชิกตัวที่มีความอ่อนแอที่สุด จะมีอันดับที่สูงที่สุด และประชากรคำตอบใดที่อยู่ใน จากการคำนวณค่าความแข็งแรงด้วยมือสามารถเปรียบเทียบกับกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยโปรแกรมได้ดังนี้

ตารางที่ ค.2 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความแข็งแรงของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	
			Program	Manual
1	531	20.2500	2	2
2	476	16.2500	1	1
3	642	9.0833	1	1
4	541	25.9167	3	3
5	395	35.7500	1	1
6	701	23.9167	4	4
7	661	14.5833	3	3
8	456	18.9167	1	1
9	483	25.0833	2	2
10	562	17.5833	2	2
11	475	33.0833	2	2
12	570	9.2500	1	1
13	653	11.0833	2	2
14	603	29.5833	4	4
15	578	18.2500	3	3

จากตารางที่ ค.2 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความแข็งแรงของสตริงคำตอบของโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ พบว่ามีค่าที่เท่ากัน แสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนของการคำนวณที่ถูกต้อง

4) กำหนดความหนาแน่น (Density Information)

การกำหนดความหนาแน่นให้กับสตริงคำตอบด้วยวิธี Crowding Distance เป็นการกำหนดระยะทางระหว่างคำตอบสองคำตอบที่เกิดขึ้นใน Front หรือ Rank เดียวกัน โดยในขั้นตอนนี้จะแสดงรายละเอียดการคำนวณมือเพื่อเปรียบเทียบผลกับการคำนวณด้วยโปรแกรม รายละเอียดการคำนวณแสดงได้ดังนี้

1) จากตารางที่ ค.2 ทำการหาค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 และ 2 ที่มีค่ามากที่สุด และน้อยที่สุด โดยจากตัวอย่างนี้ $f_1^{\max} = 701$, $f_1^{\min} = 393$, $f_2^{\max} = 35.7500$ และ $f_2^{\min} = 9.0833$

2) ทำการเรียงลำดับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 จากน้อยไปมากในสตริงคำตอบในแต่ละ Front แสดงดังตารางที่ ค.3

ตารางที่ ค.3 การเรียงลำดับค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 จากน้อยไปมากในสตริงคำตอบแต่ละ Rank

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank
5	395	35.7500	1
8	456	18.9167	1
2	476	16.2500	1
12	570	9.2500	1
3	642	9.0833	1
11	475	33.0833	2
9	483	25.0833	2
1	531	20.2500	2
10	562	17.5833	2
13	653	11.0833	2
4	541	25.9167	3
15	578	18.2500	3
7	661	14.5833	3
14	603	29.5833	4
6	701	23.9167	4

3) กำหนดให้ความหนาแน่นของสตริงคำตอบที่มีลำดับที่ 1 (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์น้อยที่สุด) และลำดับสุดท้าย (ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์มากที่สุด) ใน Rank เดียวกัน มี Crowding Distance เป็น Infinity

4) คำนวณ Crowding Distance ของสตริงคำตอบที่เหลือดังนี้

ตารางที่ ค.4 การคำนวณค่าความหนาแน่นด้วยวิธี Crowding Distance ด้วยมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Crowding Distance
5	395	35.7500	1	Infinity
8	456	18.9167	1	$\frac{ 476 - 395 }{701 - 395} + \frac{ 16.2500 - 37.7500 }{37.7500 - 9.0833} = 0.9960$
2	476	16.2500	1	$\frac{ 570 - 456 }{701 - 395} + \frac{ 9.2500 - 18.9167 }{37.7500 - 9.0833} = 0.7350$
12	570	9.2500	1	$\frac{ 642 - 476 }{701 - 395} + \frac{ 9.0833 - 9.2500 }{37.7500 - 9.0833} = 0.8112$
3	642	9.0833	1	Infinity
11	475	33.0833	2	Infinity
9	483	25.0833	2	$\frac{ 531 - 475 }{701 - 395} + \frac{ 20.2500 - 33.0833 }{37.7500 - 9.0833} = 0.6643$
1	531	20.2500	2	$\frac{ 562 - 483 }{701 - 395} + \frac{ 17.5833 - 33.0833 }{37.7500 - 9.0833} = 0.5394$
10	562	17.5833	2	$\frac{ 653 - 531 }{701 - 395} + \frac{ 11.0833 - 20.2500 }{37.7500 - 9.0833} = 0.7424$
13	653	11.0833	2	Infinity
4	541	25.9167	3	Infinity
15	578	18.2500	3	$\frac{ 661 - 541 }{701 - 395} + \frac{ 14.5833 - 25.9167 }{37.7500 - 9.0833} = 0.8172$
7	661	14.5833	3	Infinity
14	603	29.5833	4	Infinity
6	701	23.9167	4	Infinity

ตารางที่ ค.5 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Crowding Distance ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Crowding Distance	
				Program	Manual
5	395	35.7500	1	Infinity	Infinity
8	456	18.9167	1	0.9960	0.9960
2	476	16.2500	1	0.7350	0.7350
12	570	9.2500	1	0.8112	0.8112
3	642	9.0833	1	Infinity	Infinity
11	475	33.0833	2	Infinity	Infinity
9	483	25.0833	2	0.6643	0.6643
1	531	20.2500	2	0.5394	0.5394
10	562	17.5833	2	0.7424	0.7424
13	653	11.0833	2	Infinity	Infinity
4	541	25.9167	3	Infinity	Infinity
15	578	18.2500	3	0.8172	0.8172
7	661	14.5833	3	Infinity	Infinity
14	603	29.5833	4	Infinity	Infinity
6	701	23.9167	4	Infinity	Infinity

จากตารางที่ ค.4 แสดงการคำนวณค่า Crowding Distance ด้วยมือ และสามารถเปรียบเทียบผลการคำนวณกับการใช้โปรแกรมได้จากตารางที่ ค. 5 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความแข็งแรงของสตริงคำตอบของโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ แสดงให้เห็นว่ามีค่าที่เท่ากัน แสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนของการคำนวณที่ถูกต้อง

5) การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search Heuristics)

การประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น เพื่อปรับปรุงคุณภาพคำตอบก่อนเข้าสู่กระบวนการดำเนินการทางพันธุกรรมต่อไป โดยมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาเฉพาะที่คือ ความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ (P_{LS}) เท่ากับ 0.8 และใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Pairwise Interchange ในขั้นตอนหลังสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นและ Insertion Procedure ในขั้นตอนหลังการดำเนินการมิวเทชัน โดยเริ่มต้นโปรแกรมจะทำการคัดเลือกคำตอบเพื่อนำไปทำการปรับปรุงด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ด้วยวิธี Binary Tournament Selection จากนั้นนำคำตอบที่ได้รับการคัดเลือกไปทำการปรับปรุงด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ดังกล่าว รายละเอียดในการเปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยมือและโปรแกรม แบ่งเป็นสองขั้นตอนคือ การคัดเลือกคำตอบและวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ดังนี้

การคัดเลือกคำตอบด้วย Binary Tournament Selection

วิธีการคัดเลือกคำตอบวิธีนี้ได้ดัดแปลงมาจากวิธี Roulette Wheel Selection ดังนั้นจึงต้องมีการสร้างวงล้อรูเล็ตขึ้นมาก่อน จากนั้นทำสุ่มสตริงคำตอบจากวงล้อรูเล็ตมา 2 ตัว แล้วนำค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นมาเปรียบเทียบกับกัน จึงทำให้ได้สตริงคำตอบที่มีความแข็งแรงมากกว่า จะได้รับการคัดเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่ และเนื่องจากค่าความแข็งแรงที่ได้จากการกำหนดอันดับที่ให้ความสัมพันธ์ตรงกันข้ามกับค่าความน่าจะเป็นในการคัดเลือก ดังนั้นจึงทำการแปลงค่าความแข็งแรงให้มีอันดับตรงกันข้ามก่อนการคำนวณค่าความน่าจะเป็น โดยในขั้นตอนนี้ได้แสดงผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตโดยโปรแกรม กับการคำนวณด้วยมือ ดังแสดงในตารางที่ ค.6

ตารางที่ ค.6 ผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตเพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ โดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Transform Rank	Selection Probability (p_i)		Cumulative Probability (q_i)	
					Program	Manual	Program	Manual
1	531	20.2500	2	3	0.0698	0.0698	0.0698	0.0698
2	476	16.2500	1	4	0.0930	0.0930	0.1628	0.1628
3	642	9.0833	1	4	0.0930	0.0930	0.2558	0.2558
4	541	25.9167	3	2	0.0465	0.0465	0.3023	0.3023
5	395	35.7500	1	4	0.0930	0.0930	0.3953	0.3953
6	701	23.9167	4	1	0.0233	0.0233	0.4186	0.4186
7	661	14.5833	3	2	0.0465	0.0465	0.4651	0.4651
8	456	18.9167	1	4	0.0930	0.0930	0.5581	0.5581
9	483	25.0833	2	3	0.0698	0.0698	0.6279	0.6279
10	562	17.5833	2	3	0.0698	0.0698	0.6977	0.6977
11	475	33.0833	2	3	0.0698	0.0698	0.7674	0.7674
12	570	9.2500	1	4	0.0930	0.0930	0.8605	0.8605
13	653	11.0833	2	3	0.0698	0.0698	0.9302	0.9302
14	603	29.5833	4	1	0.0233	0.0233	0.9535	0.9535
15	578	18.2500	3	2	0.0465	0.0465	1.0000	1.0000
			รวม	43				

จากตารางที่ ค.6 จะเห็นได้ว่าการสร้างวงล้อรูเล็ตโดยโปรแกรมและการคำนวณด้วยมือได้ผลการสร้างเหมือนกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรมสามารถสร้างวงล้อรูเล็ตสำหรับนำไปใช้งานต่อในการเลือกสตริงโดยวิธี Binary Tournament Selection ได้ถูกต้อง

หลังจากการสร้างวงล้อรูเล็ต โปรแกรมจะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบ 2 ตัว จากวงล้อรูเล็ต จากนั้นเปรียบเทียบ Front หรือ Rank สตริงคำตอบที่มี Rank ต่ำกว่าจะได้รับโอกาสมากกว่าสตริงคำตอบที่ Rank สูง แต่ถ้าหากกรณีที่สุ่มได้ค่า Rank เท่ากันจะพิจารณาค่า Crowding Distance โดยจะเลือกค่า Crowding Distance ที่มากกว่า และในกรณีที่ทั้งค่า Rank และ Crowding Distance เท่ากัน จะทำการสุ่มตัวเลขขึ้นมา 1 ตัว คือ 0 หรือ 1 ถ้าสุ่มได้เลข 0 จะเลือกสตริงคำตอบตัวที่ 1 ถ้าสุ่มได้เลข 1 จะเลือกสตริงคำตอบตัวที่ 2 โดยจำนวนสตริงคำตอบที่คัดเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่ จะเท่ากับ $popsizexP_{LS} = 15 \times 0.8 = 12$ ตัว

ตารางที่ ค.7 ผลการเลือกสตริงคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection เพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ โดยใช้โปรแกรม

No.	String (1)				String (2)				Selected String No.
	r_1	$q_i > r_1$	String No.	Rank	r_2	$q_i > r_1$	String No.	Rank	
1	0.7451	0.7674	11	2	0.4622	0.4651	7	3	11
2	0.3104	0.3953	5	1	0.0102	0.0698	1	2	5
3	0.4237	0.4651	7	3	0.6872	0.6977	10	2	10
4	0.3881	0.3953	5	1	0.1456	0.1628	2	1	5
5	0.5783	0.6279	9	2	0.3789	0.3953	5	1	5
6	0.1985	0.2558	3	1	0.4439	0.4651	7	3	3
7	0.7324	0.7674	11	2	0.7891	0.8605	12	1	12
8	0.3456	0.3953	5	1	0.5392	0.5581	8	1	5
9	0.1238	0.1628	2	1	0.9431	0.9535	14	4	2
10	0.7077	0.7674	11	2	0.5124	0.5581	8	1	8
11	0.6587	0.6977	10	2	0.7449	0.7674	11	2	11
12	0.4590	0.4651	7	3	0.5499	0.5581	8	1	8

จากตารางที่ ค.7 จะเห็นได้ว่าการคัดเลือกสตริงตัวที่ 2 สตริงคำตอบที่สุ่มขึ้น 2 ตัว สตริงคำตอบที่ได้รับการคัดเลือกในแต่ละครั้งมีค่าความแข็งแรงมากกว่า หรือ Rank ที่ต่ำกว่า และในกรณีที่มีความแข็งแรงเท่ากัน จะพิจารณาสตริงคำตอบที่มีความหนาแน่นมากกว่า เช่น สตริงคำตอบที่ถูกสุ่มในครั้งที่ 4 คือ สตริงหมายเลข 5 และ 2 ซึ่งมีความแข็งแรงเท่ากัน และเมื่อพิจารณาความหนาแน่นด้วย Crowding Distance สตริงคำตอบหมายเลข 5 จะให้ค่าความหนาแน่นมากกว่า ดังนั้นจึงถูกเลือกเข้าไปทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมทำการคัดเลือกสตริงคำตอบได้ถูกต้อง

การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ *Pairwise Interchange* ใน
หลังขั้นตอนการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น

การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ *Pairwise Interchange* จะให้คำตอบทั้งหมด
ในการค้นหาเท่ากับ $\binom{n}{2}$ เมื่อ n คือ ความยาวสตริงคำตอบ ดังนั้นจะสตริงคำตอบที่เป็นไปได้
หลังการค้นหาเฉพาะที่ทั้งหมด 66 ตัว โดยในงานวิจัยนี้จะทำการสุ่มตำแหน่งการแลกเปลี่ยนซึ่ง
ไม่อิงกับลำดับของตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลง (*Random order*) ซึ่งสามารถสร้างโอกาสให้คำตอบที่
เป็นไปได้ในลำดับท้าย ๆ ถูกเลือกขึ้นมา นอกจากนี้จะทำการยอมรับคำตอบหลังการค้นหา
เฉพาะที่ว่าเป็นคำตอบที่ดีขึ้นจากการพิจารณากฎการยอมรับ 4 กฎ (รายละเอียดในบทที่ 4)
โดยในขั้นตอนนี้ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่ด้วยการใช้โปรแกรม ดังแสดงใน
ตารางที่ ค.8

ตารางที่ ค.8 ผลการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แบบ *Pairwise Interchange*
โดยใช้โปรแกรม

String No.	Before Local Search	random order	Pairwise Interchange	Objective Function		Difference		After Local Search
				Obj1'	Obj2'	Obj1'-Obj1	Obj2'-Obj2	
11	BAAEABBECDDC	4	AAAEBBBECDDC	375	43.0833	-100	10	AAAEBBBECDDC
5	EAADADCCBBBE	49	EAADABCCBDDE	504	24.7500	109	-11	EAADABCCBDDE
10	EABBACBDACED	41	EABBDCAACED	510	14.5833	-52	-3	EABBDCAACED
5	EAADADCCBBBE	30	EAEDADCCBBBA	456	32.2500	61	-3.5	EAEDADCCBBBA
5	EAADADCCBBBE	17	ECADADCABBBE	532	26.2500	137	-9.5	ECADADCABBBE
3	BADECABAEBCD	19	BBDECABAEADC	588	19.0833	-54	10	BBDECABAEADC
12	EABDCBDACBAE	13	EDBACBDACBAE	580	10.0833	10	0.8333	
		33	EABDCBDACBAE	570	9.2500	0	0	
		51	EABDCEDACBAB	633	13.7500	63	4.5	
		8	CABDCBDAEBAE	629	17.2500	59	8	
		60	EABDCBDECBAA	559	13.5833	-11	4.3333	EABDCBDECBAA
5	EAADADCCBBBE	10	BAADADCCBBEE	449	32.5833	54	-3.1667	BAADADCCBBEE
2	AACBBEDEDABC	54	AACBBEAEDDBC	449	22.2500	-27	6	AACBBEAEDDBC
8	ABBDDACEBCEA	17	AEBDDACBBCEA	427	13.4167	-29	-5.5	AEBDDACBBCEA
11	BAAEABBECDDC	18	BCAEABBEADDC	506	18.9167	31	-14.167	BCAEABBEADDC
8	ABBDDACEBCEA	65	ABBDDACEBAEC	533	19.4167	77	0.5	
		60	ABBDDACABCEE	475	26.5833	19	7.6667	
		9	CBBDDACEBAEA	504	24.4167	48	5.5	
		49	ABBDDCCEBAEA	422	21.9167	-34	3	ABBDDCCEBAEA

หมายเหตุ

Obj1 และ Obj 2 คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ก่อนการค้นหาเฉพาะที่ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

Obj1' และ Obj 2' คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลังการค้นหาเฉพาะที่ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จากตารางที่ ค. 8 จะเห็นได้ว่าในการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ จะทำให้คุณภาพคำตอบที่ได้ดีกว่าเดิม สามารถพิจารณาได้ในคอลัมน์ที่ชื่อ Difference ซึ่งแสดงผลต่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลังและก่อนการค้นหาเฉพาะที่ ถ้าสตริงคำตอบที่ได้ไม่ดีกว่าสตริงคำตอบเดิม (ค่าบวกทั้งสองฟังก์ชันวัตถุประสงค์) จะไม่ถูกยอมรับจากกฎ 4 กฎ ซึ่งผลของการคำนวณด้วยโปรแกรมเป็นไปตามหลักการดังกล่าว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมทำการคัดเลือกสตริงที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่แบบ Pairwise Interchange ได้อย่างถูกต้อง

6) การเก็บค่าที่ดีที่สุดเบื้องต้น (Strategies to maintain elitist solutions in the population)

ผลการเก็บค่าที่ดีที่สุดเบื้องต้นหลังจากทำการปรับปรุงด้วยการค้นหาเฉพาะที่จะพิจารณาคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่ และคำตอบที่ได้รับการปรับปรุงคำตอบแล้ว โดยจะเก็บจำนวนคำตอบทั้งหมด *popsiz* ตัว และเนื่องจากคำตอบที่ได้มีลักษณะเป็นกลุ่มคำตอบ ดังนั้นในการเก็บค่าที่ดีที่สุดจึงต้องคำนวณค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของสตริงคำตอบแต่ละตัว สตริงคำตอบที่มีค่าความแข็งแรงมากที่สุด (อันดับที่ต่ำ) จะมีโอกาสได้รับเลือกให้เก็บไว้เป็นลำดับแรก และสตริงคำตอบที่มีค่าความแข็งแรงรองลงมาจะดับลำดับลดหลั่นลงไป เมื่อพบว่าจำนวนสตริงคำตอบใน Rank ที่พิจารณาอยู่มากกว่า *popsiz* คำตอบจะใช้พิจารณา Crowding Distance ในการคัดเลือก สตริงคำตอบที่มี Crowding Distance น้อยจะถูกตัดออกไปและคัดเลือกจนครบจำนวน *popsiz* ตัว (ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่เกิดขึ้นเฉพาะใน M-NSGA II)

ตารางที่ ค.9 ผลการรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกและได้รับเลือกไปทำการปรับปรุงการค้นหาเฉพาะที่แบบ Pairwise Interchange โดยใช้โปรแกรม

Old String No.	String No.	Sequence
1	1	AECEBBAADCBD
4	2	BBEECADDBACA
6	3	EACAECBDBADB
7	4	DBAECECAABDB
9	5	DAACBBADBCEE
13	6	BEABCDCADEBA
14	7	DEBECDCBAABA
15	8	ECBAABEB CDAD
11	9	AAAEBBBECDDC
5	10	EAADABCCBDBE
10	11	EABBDCBAACED
5	12	EAEDADCCBBBA

หมายเหตุ อักษรตัวเอียง หมายถึงสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่

ตารางที่ ค. 9 การรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกและได้รับเลือกไปทำการปรับปรุงการค้นหาคำเฉพาะที่
โดยใช้โปรแกรม (ต่อ)

Old String No.	String No.	Sequence
5	13	ECADADCABBBE
3	14	BBDECABAEADC
12	15	EABDCBDECBA
5	16	BAADADCCBBEE
2	17	AACBBEAEDDBC
8	18	AEBDDACBBCEA
11	19	BCAEABBEADDC
8	20	ABBDDCCEBAEA

ตารางที่ ค.10 ผลการเลือกคำตอบเพื่อนำไปเก็บไว้เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดหลังจากขั้นตอนการ
ปรับปรุงประชากรคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธี Pairwise Interchange โดยใช้โปรแกรม

Old String No.	String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation	Rank	Crowding Distance
9	1	AAAEBBECDDC	375	43.0833	1	Infinity
20	2	ABBDDCCEBAEA	422	21.9167	1	1.0866
18	3	AEBDDACBBCEA	427	13.4167	1	1.0471
6	4	BEABCDCADEBA	653	11.0833	1	Infinity
17	5	AACBBEAEDDBC	449	22.2500	2	Infinity
19	6	BCAEABBEADDC	506	18.9167	2	0.4267
11	7	EABDDCBAACED	510	14.5833	2	0.3292
15	8	EABDCBDECBA	559	13.5833	2	Infinity
16	9	BAADADCCBBEE	449	32.5833	3	Infinity
12	10	EAEDADCCBBBA	456	32.2500	3	0.3387
5	11	DAACBBADBCEE	483	25.0833	3	0.3816
10	12	EAADABCCBDBE	504	24.7500	3	0.2983
1	13	AECEBBAADCBD	531	20.2500	3	0.4301
8	14	ECBAABEBCDAD	578	18.2500	3	0.5759
4	15	DBAECECAABDB	661	14.5833	3	Infinity
13	16	ECADADCABBBE	532	26.2500	4	Infinity
2	17	BBEECADDBACA	541	25.9167	4	0.3957
14	18	BBDECABAEADC	588	19.0833	4	Infinity
7	19	DEBECDCBAABA	603	29.5833	5	Infinity
3	20	EACAECBDBADB	701	23.9167	5	Infinity

หมายเหตุ อักษรตัวเอียง หมายถึงสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเก็บไว้

7) การคัดเลือก (Selection)

การคัดเลือกคำตอบเพื่อเข้าสู่ Mating Pool จะใช้วิธีการคัดเลือกแบบ Binary Tournament Selection เช่นเดียวกับวิธีการคัดเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่ ดังนั้นในขั้นตอนนี้จึงแสดงผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตโดยโปรแกรม กับการคำนวณด้วยมือ ดังแสดงในตารางที่ ค.11

ตารางที่ ค.11 ผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตในการคัดเลือกคำตอบเข้าสู่ Mating Pool โดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Transform Rank	Selection Probability (p_i)		Cumulative Probability (q_i)	
					Progr am	Manu al	Progr am	Manu al
1	375	43.0833	1	3	0.1111	0.1111	0.1111	0.1111
2	422	21.9167	1	3	0.1111	0.1111	0.2222	0.2222
3	427	13.4167	1	3	0.1111	0.1111	0.3333	0.3333
4	653	11.0833	1	3	0.1111	0.1111	0.4444	0.4444
5	449	22.2500	2	2	0.0741	0.0741	0.5185	0.5185
6	506	18.9167	2	2	0.0741	0.0741	0.5926	0.5926
7	510	14.5833	2	2	0.0741	0.0741	0.6667	0.6667
8	559	13.5833	2	2	0.0741	0.0741	0.7407	0.7407
9	449	32.5833	3	1	0.0370	0.0370	0.7778	0.7778
10	456	32.2500	3	1	0.0370	0.0370	0.8148	0.8148
11	483	25.0833	3	1	0.0370	0.0370	0.8519	0.8519
12	504	24.7500	3	1	0.0370	0.0370	0.8889	0.8889
13	531	20.2500	3	1	0.0370	0.0370	0.9259	0.9259
14	578	18.2500	3	1	0.0370	0.0370	0.9630	0.9630
15	661	14.5833	3	1	0.0370	0.0370	1.0000	1.0000
			รวม	27				

จากตารางที่ ค.11 จะเห็นได้ว่าการสร้างวงล้อรูเล็ตโดยโปรแกรมและการคำนวณด้วยมือได้ผลการสร้างเหมือนกัน ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรมสามารถสร้างวงล้อรูเล็ตสำหรับนำไปใช้งานต่อในการเลือกสตริงโดยวิธี Binary Tournament Selection ได้ถูกต้อง และจำนวนสตริงคำตอบที่คัดเลือกไปสู่ Mating Pool จะเท่ากับ $popsiz$ ตัว

ตารางที่ ค.12 ผลการเลือกสตริงคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection ในการคัดเลือกคำตอบเข้าสู่ Mating Pool โดยใช้โปรแกรม

No.	String (1)				String (2)				Selected String No.
	r_1	$q_i > r_1$	String No.	Rank	r_2	$q_i > r_2$	String No.	Rank	
1	0.8543	0.1111	1	1	0.7568	0.7778	9	3	1
2	0.4568	0.5185	5	2	0.9539	0.9630	14	3	5
3	0.5083	0.5185	5	2	0.3778	0.4444	4	1	4
4	0.8347	0.8519	11	3	0.5462	0.5926	6	2	6
5	0.1680	0.2222	2	1	0.7359	0.7407	8	2	2
6	0.8492	0.8519	11	3	0.0982	0.1111	1	1	1
7	0.7389	0.7407	8	2	0.3896	0.4444	4	1	4
8	0.8259	0.8519	11	3	0.4876	0.5185	5	2	5
9	0.7124	0.7407	8	2	0.4032	0.4444	4	1	4
10	0.3276	0.3333	3	1	0.2124	0.2222	2	1	3
11	0.2014	0.2222	2	1	0.7239	0.7407	8	2	2
12	0.3196	0.3333	3	1	0.5321	0.5926	6	2	3
13	0.2189	0.2222	2	1	0.7325	0.7407	8	2	2
14	0.4322	0.4444	4	1	0.8654	0.8889	12	3	4
15	0.8765	0.8889	12	3	0.6532	0.6667	7	2	7

จากตารางที่ ค.12 จะเห็นได้ว่าการคัดเลือกสตริงตัวที่ 2 สตริงคำตอบที่สุ่มขึ้น 2 ตัว สตริงคำตอบที่ได้รับการคัดเลือกในแต่ละครั้งจะหลักการเดียวกันกับการเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมทำการคัดเลือกสตริงคำตอบได้ถูกต้อง

8) การครอสโอเวอร์ (Crossover)

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการครอสโอเวอร์ คือ ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และวิธีการครอสโอเวอร์ โดยมีการกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ (P_c) เท่ากับ 1.0 และใช้วิธีการครอสโอเวอร์แบบ Order Crossover (OX) โดยเริ่มต้นโปรแกรมจะทำการสุ่มสตริงคำตอบมาจับคู่เป็นสตริงคำตอบพ่อแม่เพื่อทำการครอสโอเวอร์ โดยเลือกสตริงที่มีเลขสุ่ม r น้อยกว่า P_c ซึ่งจะต้องสุ่มให้มีจำนวนสตริงเป็นเลขคู่ หากทำการสุ่มได้เป็นเลขคี่ต้องลดหรือเพิ่มสตริงคำตอบที่สุ่มได้ โดยสุ่มเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา ถ้าสุ่มได้เลข 0 คือ ลดจำนวนสตริง แต่ถ้าสุ่มได้เลข 1 คือ เพิ่มจำนวนสตริง โดยเลือกจากสตริงคำตอบที่เหลือ หลังจากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการครอสโอเวอร์ของคู่สตริงพ่อแม่แต่ละคู่ และทำการครอสโอเวอร์ตามขั้นตอนวิธี OX ผลการคัดเลือกคำตอบสำหรับการครอสโอเวอร์ ผลการจับคู่สตริงคำตอบและผลการครอสโอเวอร์โดยใช้โปรแกรมดังแสดงในตารางที่ ค.13 ค.14 และ ค.15 ดังนี้

ตารางที่ ค.13 ผลการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไปโครอสโอเวอร์ โดยใช้โปรแกรม

String No.	String Sequence	r_i	Selected String $r_i < P_c (1.0)$
1	AAAEBBBECDDC	0.7780	/
2	ABBDDCCEBAEA	0.3944	/
3	AEBDDACBBCEA	0.2973	/
4	BEABCDCADEBA	0.5406	/
5	AACBBEAEDDBC	0.0874	/
6	BCAEABBEADDC	0.1009	/
7	EABDDCBAACED	0.3508	/
8	EABDCBDECBA	0.4143	/
9	BAADADCCBBEE	0.7704	/
10	EAEDADCCBBBA	0.3708	/
11	DAACBBADBCEE	0.7168	/
12	EAADABCCBDBE	0.5477	/
13	AECEBBAADCBD	0.8001	/
14	ECBAABEBCDAD	0.9713	/
15	AAAEBBBECDDC	0.1145	/

หมายเหตุ อักษรตัวเอียง หมายถึงสตริงคำตอบที่ถูกสุ่ม ให้ลดจำนวนสตริงคำตอบ

เนื่องจากมีจำนวนสตริงเป็นเลขคี่ คือ 15 ตัว จึงต้องทำการสุ่มเลข 0 หรือ 1 ขึ้นมา ผลลัพธ์ของการสุ่มคือ เลข 1 นั่นคือ ลดจำนวนสตริง และสตริงคำตอบที่ถูกตัดออกไปจากสุ่ม คือ สตริงหมายเลข 2 ดังแสดงในตารางที่ ค. 13 จากนั้นโปรแกรมจะทำการจับคู่สตริงคำตอบเพื่อนำไปโครอสโอเวอร์ โดยสตริงคำตอบที่จับคู่เป็นสตริงพ่อแม่ นั้นจะต้องไม่เป็นสตริงคำตอบตัวเดียวกัน ผลการจับคู่สตริงคำตอบด้วยโปรแกรม แสดงดังตารางที่ ค. 14 ดังนี้

ตารางที่ ค.14 ผลการจับคู่สตริงคำตอบเพื่อนำไปโครอสโอเวอร์ โดยใช้โปรแกรม

Pair No.	String No.	Parent 1	String No.	Parent 2	Crossover Point
1	12	EAADABCCBDBE	1	AAAEBBBECDDC	2,10
2	4	BEABCDCADEBA	10	EAEDADCCBBBA	9,11
3	8	EABDCBDECBA	15	AAAEBBBECDDC	4,8
4	6	BCAEABBEADDC	5	AACBBEAEDDBC	6,9
5	3	AEBDDACBBCEA	13	AECEBBAADCBD	6,11
6	11	DAACBBADBCEE	7	EABDDCBAACED	8,10
7	9	BAADADCCBBEE	14	ECBAABEBCDAD	5,8

จากตารางที่ ค.14 แสดงผลการจับคู่สตรึงคำตอบพ่อแม่เพื่อนำไปทำการครอสโอเวอร์ พบว่าสตรึงพ่อแม่ที่จับคู่กัน เป็นสตรึงคำตอบที่ไม่ใช่ตัวเดียวกัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมทำการจับคู่สตรึงคำตอบได้ถูกต้อง จากนั้นนำสตรึงคำตอบพ่อแม่ไปทำการครอสโอเวอร์แบบ OX และใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์เดียวกันด้วยการคำนวณมือและโปรแกรมการครอสโอเวอร์ด้วยมือแสดงได้ดังนี้

การครอสโอเวอร์คู่ที่ 1 ใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์คือ 2 และ 10

Parent 1 = [E A A D A B C C B D B E]

Parent 2 = [A A A E B B B E C D D C]

Offspring 1 = [E A A D A B C C B D E B]

Offspring 2 = [D A A E B B B E C D A C]

การครอสโอเวอร์คู่ที่ 2 ใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์คือ 9 และ 11

Parent 1 = [B E A B C D C A D E B A]

Parent 2 = [E A E D A D C C B B B A]

Offspring 1 = [A E A D C C B B D E B A]

Offspring 2 = [E A C D C A D E B B B A]

การครอสโอเวอร์คู่ที่ 3 ใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์คือ 4 และ 8

Parent 1 = [E A B D C B D E C B A A]

Parent 2 = [A A A E B B B E C D D C]

Offspring 1 = [B B E D C B D E C A A A]

Offspring 2 = [D C D E B B B E C A A A]

การครอสโอเวอร์คู่ที่ 4 ใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์คือ 6 และ 9

Parent 1 = [B C A E A B B E A D D C]

Parent 2 = [A A C B B E A E D D B C]

Offspring 1 = [C B A E D B B E A D C A]

Offspring 2 = [C A B B A E A E D D C B]

การครอสโอเวอร์คู่ที่ 5 ใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์คือ 6 และ 11

Parent 1 = [A E B D D A C B B C E A]

Parent 2 = [A E C E B B A A D C B D]

Offspring 1 = [E A A D B A C B B C E D]

Offspring 2 = [D A B C E B A A D C B E]

การครอสโอเวอร์คู่ที่ 6 ใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์คือ 8 และ 10

Parent 1 = [D A A C B B A **D B C E E**]

Parent 2 = [E A B B D C B **A A C E D**]

Offspring 1 = [A B D B A A C D B C E E]

Offspring 2 = [D B B A D B C A A C E E]

การครอสโอเวอร์คู่ที่ 7 ใช้ตำแหน่งในการครอสโอเวอร์คือ 5 และ 8

Parent 1 = [B A A D A D C C B B E E]

Parent 2 = [E C B A **A B E B C D A D**]

Offspring 1 = [A B E B A D C C D E B A]

Offspring 2 = [A D C C A B E B E B A D]

ตารางที่ ค.15 ผลการครอสโอเวอร์และการประเมินค่าโดยใช้โปรแกรม

String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation
1	DAAEBBBECDAC	496	20.2500
2	ABBDDCCEBAEA	506	18.9167
3	EAADBACBBCED	521	20.2500
4	AEADCCBBDEBA	467	17.5833
5	CABBAEAEDDCB	475	18.5833
6	CBAEDBBEADCA	602	12.4167
7	DBBADBCAACEE	530	31.5833
8	BBEDCBDECAAA	463	37.0833
9	ABEBADCCDEBA	560	11.7500
10	EACDCADEBBBA	545	25.0833
11	ABDBAACDBCEE	598	26.0833
12	EAADABCCBDEB	511	24.5833
13	DABCEBAADCBE	561	9.2500
14	ADCCABEBEBAD	626	18.2500
15	DCDEBBBECAAA	449	38.0833

จากตารางที่ ค. 15 พบว่าคำตอบที่ได้จากการครอสโอเวอร์โดยใช้โปรแกรมให้สตริงคำตอบที่เหมือนกันกับการคำนวณมือ และเป็นสตริงคำตอบที่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ตามรูปแบบการครอสโอเวอร์ ดังนั้นสรุปได้ว่า โปรแกรมสามารถทำการครอสโอเวอร์ได้อย่างถูกต้อง และหลังการทำครอสโอเวอร์แล้วโปรแกรมจะนำสตริงคำตอบรุ่นลูกไปประเมินค่าเพื่อคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อแทนที่สตริงคำตอบพ่อแม่ แล้วนำไปรวมกับสตริงคำตอบที่ไม่ได้ทำ

การครอสโอเวอร์ โดยผลที่ได้จากการทดลองคำนวณด้วยมือเพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมจะได้ผลเหมือนกัน

9) การมิวเทชัน (Mutation)

พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการมิวเทชัน คือ ความน่าจะเป็นในการมิวเทชัน และวิธีการมิวเทชัน โดยในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการมิวเทชันสองวิธีคือ Inversion Mutation และ Reciprocal Exchange Mutation และมีการกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการ Inversion Mutation (P_i) = 0.5 และความน่าจะเป็นในการทำ Reciprocal Exchange Mutation (P_m) = 0.0076 รายละเอียดของการมิวเทชันแบ่งตามวิธี แสดงได้ดังนี้

Inversion Mutation

โดยเริ่มต้นโปรแกรมจะทำการสุ่มสตริงคำตอบที่ได้หลังจากการครอสโอเวอร์ เพื่อทำการ Inversion Mutation ก่อน โดยเลือกสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า P_i จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการดำเนินการมิวเทชัน และทำการมิวเทชันตามขั้นตอนของวิธี Inversion Mutation ผลการคัดเลือกสตริงคำตอบสำหรับการมิวเทชัน และผลการมิวเทชันด้วยวิธีนี้แสดงในตารางที่ ค. 16 และตารางที่ ค. 17 ดังนี้

ตารางที่ ค.16 ผลการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไป Inversion Mutation โดยใช้โปรแกรม

String No.	Sequence	r_i	Selected String $r_i < P_i (0.5)$
1	DAAEBBBECDAC	0.3137	/
2	ABBDDCCEBAEA	0.0082	/
3	EAADBACBBCED	0.6760	
4	AEADCCBBDEBA	0.9936	
5	CABBAEAEDDCB	0.2833	/
6	CBAEDBBEADCA	0.1915	/
7	DBBADBCAACEE	0.7481	
8	BBEDCBDECAAA	0.1583	/
9	ABEBADCCDEBA	0.4968	/
10	EACDCADEBBBA	0.5158	
11	ABDBAACDBCEE	0.3013	/
12	EAADABCCBDEB	0.8951	
13	DABCEBAADCBE	0.4563	/
14	ADCCABEBEBAD	0.9234	
15	DCDEBBBECAAA	0.7406	

จากตารางที่ ค. 16 จะเห็นได้ว่าสตริงที่ถูกสุ่มเพื่อทำ Inversion Mutation เมื่อกำหนด $P_i = 0.5$ จะมีสตริงที่ถูกสุ่มได้ทำการดำเนินการดังกล่าวจำนวน $0.5 \times 15 = 7.5$ หรือประมาณ 7-8 ตัว ซึ่งตรงกับที่โปรแกรมทำการสุ่มสตริงที่จะเข้าทำการมิวเทชันด้วยวิธีนี้ นั่นคือมีสตริง 8 ตัว ประกอบด้วยสตริงหมายเลข 2 5 7 8 10 11 13 และ 15 ซึ่งมีค่า r_i ที่น้อยกว่าค่า $P_i (0.5)$ ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรมสามารถสุ่มคัดเลือกสตริงที่จะเข้าทำ Inversion Mutation ได้อย่างถูกต้อง

จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการมิวเทชันของสตริงคำตอบทั้ง 8 ตัว และทำการแลกเปลี่ยนสมาชิกในสตริงคำตอบภายใต้ตำแหน่งที่สุ่มได้ (แสดงดังตารางที่ ค. 17) เพื่อให้เกิดสตริงคำตอบใหม่ โดยในขั้นตอนนี้จะทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณโดยใช้การคำนวณมือและโปรแกรม ซึ่งผลสตริงคำตอบที่ได้จากการคำนวณมือแสดงได้ดังนี้

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 1 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 6 และ 11

Parent = [D A A E B B B E C D A C]

Offspring = [D A A E B A D C E B B C]

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 2 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 8 และ 10

Parent = [A B B D D C C E B A E A]

Offspring = [A B B D D C C A B E E A]

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 5 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 4 และ 6

Parent = [C A B B A E A E D D C B]

Offspring = [C A B E A B A E D D C B]

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 6 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 5 และ 10

Parent = [C B A E D B B E A D C A]

Offspring = [C B A E D A E B B D C A]

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 8 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 9 และ 11

Parent = [B B E D C B D E C A A A]

Offspring = [B B E D C B D E A A C A]

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 9 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 6 และ 8

Parent = [A B E B A D C C D E B A]

Offspring = [A B E B A C C D D E B A]

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 11 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 5 และ 9

Parent = [A B D B A A C D B C E E]

Offspring = [A B D B B D C A A C E E]

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Inversion Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 13 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 4 และ 9

Parent = [D A B C E B A A D C B E]

Offspring = [D A B D A A B E C C B E]

ตารางที่ ค.17 ผลการ Inversion Mutation โดยใช้โปรแกรม

String No.	Parent	Inversion Point	Offspring
1	DAAEBBBECDAC	6, 11	DAAEBADCEBBC
2	ABBDDCCEBAEA	8, 10	ABBDDCCABEEA
5	CABBAAEEDDCB	4, 6	CABEABAEDDCB
6	CBAEDBBEADCA	5, 10	CBAEDAEBBDCA
8	BBEDCBDECAAA	9, 11	BBEDCBDEAACA
9	ABEBADCCDEBA	6, 8	ABEBACCDDEBA
11	ABDBAACDBCEE	5, 9	ABDBBDCAACEE
13	DABCEBAADCBE	4, 9	DABDAABECCBE

จากตารางที่ ค. 17 พบว่าคำตอบที่ได้จาก Inversion Mutation โดยใช้โปรแกรมให้สตริงคำตอบที่เหมือนกันกับการคำนวณมือ และเป็นสตริงคำตอบที่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ตามรูปแบบการมิวเทชันด้วยวิธีนี้ ดังนั้นสรุปได้ว่า โปรแกรมสามารถทำ Inversion Mutation ได้อย่างถูกต้อง และหลังการทำ Inversion Mutation แล้วโปรแกรมจะนำสตริงคำตอบรุ่นลูกไปประเมินค่าเพื่อคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อแทนที่สตริงคำตอบพ่อแม่ แล้วนำไปรวมกับสตริงคำตอบที่ไม่ได้ทำ Inversion Mutation โดยผลที่ได้จากการทดลองคำนวณด้วยมือเพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมจะได้ผลเหมือนกัน

ตารางที่ ค.18 ผลการประเมินค่าในการ Inversion โดยใช้โปรแกรม

String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation
1	DAAEBADCEBBC	527	24.2500
2	ABBDDCCABEEA	394	23.0833
3	EAADBACBBCED	521	20.2500
4	AEADCCBBDEBA	467	17.5833
5	CABEABAEDDCB	544	16.0833
6	CBAEDAEBBDCA	551	9.5833
7	DBBADBCAACEE	530	31.5833
8	BBEDCBDEAACA	512	31.9167
9	ABEBACCDDEBA	484	13.7500
10	EACDCADEBBBA	545	25.0833
11	ABDBBDCAACEE	530	30.2500
12	EAADABCCBDEB	511	24.5833
13	DABDAABECCBE	530	26.2500
14	ADCCABEBEBAD	626	18.2500
15	DCDEBBBECAAA	449	38.0833

Reciprocal Exchange Mutation

หลังจากทำ Inversion Mutation เรียบร้อยแล้วจะทำการใช้วิธี Reciprocal Exchange Mutation ในการสร้างสตริงรุ่นลูก โดยเริ่มต้นโปรแกรมจะทำการสุ่มสตริงคำตอบที่ได้หลังจาก Inversion Mutation ก่อน โดยเลือกสตริงคำตอบที่มีค่า r น้อยกว่า Pm จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการดำเนินการมิวเทชัน ผลการคัดเลือกสตริงคำตอบสำหรับการมิวเทชัน และผลการมิวเทชันด้วยวิธีนี้แสดงในตารางที่ ค. 19 และตารางที่ ค. 20 ดังนี้

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ค.19 ผลการเลือกสตริงคำตอบเพื่อนำไป Reciprocal Exchange Mutation โดยใช้โปรแกรม

String No.	String Sequence	r_i	Selected String $r_i < Pm$ (0.0076)
1	DAAEBADCEBBC	0.4104	
2	ABBDDCCABEEA	0.6623	
3	EAADBACBBCED	0.9566	
4	AEADCCBBDEBA	0.8532	
5	CABEABAEDDCB	0.7847	
6	CBAEDAEBBDCA	0.7939	
7	DBBADBCAACEE	0.9956	
8	BBEDCBDEAACA	0.4677	
9	ABEBACCDDEBA	0.2917	
10	EACDCADEBBBA	0.8113	
11	ABDBBDCAACEE	0.6821	
12	EAADABCCBDEB	0.7456	
13	DABDAABECCBE	0.0690	/
14	ADCCABEBEBAD	0.3272	
15	DCDEBBBECAAA	0.9410	

จากตารางที่ ค. 19 จะเห็นได้ว่าสตริงที่ถูกสุ่มเพื่อทำ Reciprocal Exchange Mutation เมื่อกำหนด $Pm = 0.0076$ จะมีสตริงที่ถูกสุ่มใดทำการดำเนินการดังกล่าวจำนวน $0.0076 \times 15 = 0.1140$ หรือประมาณ 0-1 ตัว ซึ่งตรงกับที่โปรแกรมทำการสุ่มสตริงที่จะเข้าทำการมิวเทชันด้วยวิธีนี้ นั่นคือมีสตริง 1 ตัว คือสตริงหมายเลข 13 ซึ่งมีค่า r_i ที่น้อยกว่าค่า Pm (0.0076) ดังนั้นสรุปได้ว่าโปรแกรมสามารถสุ่มคัดเลือกสตริงที่จะเข้าทำ Reciprocal Exchange Mutation ได้อย่างถูกต้อง

จากนั้นทำการสุ่มตำแหน่งที่จะทำการมิวเทชันของสตริงคำตอบ และทำการแลกเปลี่ยนสมาชิกในสตริงคำตอบภายใต้ตำแหน่งที่สุ่มได้ (แสดงดังตารางที่ ค. 20) เพื่อให้เกิดสตริงคำตอบใหม่ โดยในขั้นตอนนี้จะทำการเปรียบเทียบผลการคำนวณโดยใช้การคำนวณมือและโปรแกรม ซึ่งผลสตริงคำตอบที่ได้จากการคำนวณมือแสดงได้ดังนี้

การดำเนินการมิวเทชันด้วยวิธี Reciprocal Exchange Mutation ให้กับสตริงหมายเลข 13 และใช้ตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนคือ 4 และ 5

Parent = [D A B D A A B E C C B E]

Offspring = [D A B A D A B E C C B E]

ตารางที่ ค.20 ผลการ Reciprocal Exchange Mutation โดยใช้โปรแกรม

String No.	Parent	Reciprocal Exchange Point	Offspring
13	DABDAABECCBE	4, 5	DABADABECCBE

จากตารางที่ ค. 20 พบว่าคำตอบที่ได้จาก Reciprocal Exchange Mutation โดยใช้โปรแกรมให้สตริงคำตอบที่เหมือนกันกับการคำนวณมือ และเป็นสตริงคำตอบที่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ตามรูปแบบการมิวเทชันด้วยวิธีนี้ ดังนั้นสรุปได้ว่า โปรแกรมสามารถทำ Reciprocal Exchange Mutation ได้อย่างถูกต้อง และหลังการทำมิวเทชันแล้วโปรแกรมจะนำสตริงคำตอบรุ่นลูกไปประเมินค่าเพื่อคำนวณค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ เพื่อแทนที่สตริงคำตอบพ่อแม่ แล้วนำไปรวมกับสตริงคำตอบที่ไม่ได้ทำ Reciprocal Exchange Mutation โดยผลที่ได้จากการทดลองคำนวณด้วยมือเพื่อทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมจะได้ผลเหมือนกัน

ตารางที่ ค.21 ผลการประเมินค่าในการ Reciprocal Exchange Mutation โดยใช้โปรแกรม

String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation
1	DAAEBADCEBBC	527	24.2500
2	ABBDDCCABEEA	394	23.0833
3	EAADBACBBCED	521	20.2500
4	AEADCCBBDEBA	467	17.5833
5	CABEABAEDDCB	544	16.0833
6	CBAEDAEBBDCA	551	9.5833
7	DBBADBCAACEE	530	31.5833
8	BBEDCBDEAACA	512	31.9167
9	ABEBACCDDEBA	484	13.7500
10	EACDCADEBBBA	545	25.0833
11	ABDBBDCAACEE	530	30.2500
12	EAADABCCBDEB	511	24.5833
13	DABADABECCBE	597	25.5833
14	ADCCABEBEBAD	626	18.2500
15	DCDEBBBECAAA	449	38.0833

10) การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search Heuristics)

การประยุกต์การค้นหาเฉพาะที่ในหลังขั้นตอนการดำเนินการมิวเทชัน เพื่อช่วยดึงคำตอบที่ดีอยู่ใน Local Optimal โดยมีพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาเฉพาะที่คือความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ โดยกำหนดให้ความน่าจะเป็นในการค้นหาเฉพาะที่ (P_{LS}) เท่ากับ 0.8 และใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Insertion Procedure โดยรายละเอียดในการ

ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมได้กล่าวไว้ในการค้นหาเฉพาะที่ที่ใช้ในหลังขั้นตอนการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น ดังนั้นในส่วนนี้จึงอธิบายการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมเปรียบเทียบกับการคำนวณมือในเรื่องวิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Insertion Procedure เท่านั้น ส่วนรายละเอียดอื่น ๆ จะแสดงในรูปแบบการคำนวณด้วยโปรแกรม

โดยเริ่มต้นโปรแกรมจะทำการคัดเลือกคำตอบเพื่อนำไปทำการปรับปรุงด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ด้วยวิธี Binary Tournament Selection จากนั้นนำคำตอบที่ได้รับการคัดเลือกไปทำการปรับปรุงด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ดังกล่าว รายละเอียดในการคำนวณด้วยโปรแกรม แบ่งเป็นสองขั้นตอนคือ การคัดเลือกคำตอบและวิธีการค้นหาเฉพาะที่ ดังนี้

การคัดเลือกคำตอบด้วย Binary Tournament Selection

วิธีการคัดเลือกคำตอบเพื่อนำไปทำการค้นหาเฉพาะที่จะนำคำตอบที่ได้หลังจากการดำเนินการวิวัฒนาการมาทำการคัดเลือกด้วยวิธี Binary Tournament Selection ดังแสดงในตารางที่ ค.22

ตารางที่ ค.22 ผลการเปรียบเทียบการสร้างวงล้อสุ่มเพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ โดยใช้โปรแกรม

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Transform Rank	Selection Probability (p_i)	Cumulative Probability (q_i)
1	527	24.2500	3	3	0.0588	0.0588
2	394	23.0833	1	5	0.0980	0.1569
3	521	20.2500	2	4	0.0784	0.2353
4	467	17.5833	1	5	0.0980	0.3333
5	544	16.0833	2	4	0.0784	0.4118
6	551	9.5833	1	5	0.0980	0.5098
7	530	31.5833	5	1	0.0196	0.5294
8	512	31.9167	3	3	0.0588	0.5882
9	484	13.7500	1	5	0.0980	0.6863
10	545	25.0833	4	2	0.0392	0.7255
11	530	30.2500	4	2	0.0392	0.7647
12	511	24.5833	2	4	0.0784	0.8431
13	597	25.5833	5	1	0.0196	0.8627
14	626	18.2500	3	3	0.0588	0.9216
15	449	38.0833	2	4	0.0784	1.0000
			รวม	51		

หลังจากการสร้างวงล้อรูเล็ต โปรแกรมจะทำการสุ่มเลือกสตริงคำตอบ 2 ตัว จากวงล้อรูเล็ต จากนั้นเปรียบเทียบ Front หรือ Rank สตริงคำตอบที่มี Rank ต่ำกว่าจะได้รับโอกาสมากกว่าสตริงคำตอบที่ Rank สูง แต่ถ้าหากกรณีที่สุ่มได้ค่า Rank เท่ากันจะพิจารณาค่า Crowding Distance โดยจะเลือกค่า Crowding Distance ที่มากกว่า และในกรณีที่ทั้งค่า Rank และ Crowding Distance เท่ากัน จะทำการสุ่มตัวเลขขึ้นมา 1 ตัว คือ 0 หรือ 1 ถ้าสุ่มได้เลข 0 จะเลือกสตริงคำตอบตัวที่ 1 ถ้าสุ่มได้เลข 1 จะเลือกสตริงคำตอบตัวที่ 2 โดยจำนวนสตริงคำตอบที่คัดเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่ จะเท่ากับ $popsizexP_{LS} = 15 \times 0.8 = 12$ ตัว

ตารางที่ ค.23 ผลการเลือกสตริงคำตอบด้วยวิธี Binary Tournament Selection เพื่อคัดเลือกคำตอบไปทำการค้นหาเฉพาะที่ โดยใช้โปรแกรม

No.	String (1)				String (2)				Selected String No.
	r_1	$q_i > r_1$	String No.	Rank	r_2	$q_i > r_1$	String No.	Rank	
1	0.1235	0.1569	2	1	0.1678	0.2353	3	2	2
2	0.0032	0.0588	1	3	0.5561	0.5882	8	3	8
3	0.1353	0.1569	2	1	0.5123	0.5294	7	5	2
4	0.1190	0.1569	2	1	0.8321	0.8431	12	2	2
5	0.3460	0.4118	5	2	0.7895	0.8431	12	2	5
6	0.0132	0.0588	1	3	0.6238	0.6863	9	1	9
7	0.9719	1.0000	15	2	0.2578	0.3333	4	1	4
8	0.9012	0.9216	14	3	0.0986	0.1569	2	1	2
9	0.1065	0.1569	2	1	0.2310	0.2353	3	2	2
10	0.9971	1.0000	15	2	0.1156	0.1569	2	1	2
11	0.3213	0.3333	4	1	0.9553	1.0000	15	2	4
12	0.1673	0.2353	3	2	0.4457	0.5098	6	1	6

การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Insertion Procedure ในหลังขั้นตอนการดำเนินการมิวเทชัน

การใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Insertion Procedure จะให้คำตอบทั้งหมดในการค้นหาเท่ากับ $(n-1)^2$ เมื่อ n คือ ความยาวสตริงคำตอบ ดังนั้นจะสตริงคำตอบที่เป็นไปได้หลังการค้นหาเฉพาะที่ทั้งหมด 121 ตัว โดยในงานวิจัยนี้จะทำการสุ่มตำแหน่งการแลกเปลี่ยนซึ่งไม่อิงกับลำดับของตำแหน่งที่เปลี่ยนแปลง (Random order) ซึ่งสามารถสร้างโอกาสให้คำตอบที่เป็นไปได้ในลำดับท้าย ๆ ถูกเลือกขึ้นมา นอกจากนี้จะทำการยอมรับคำตอบหลังการค้นหาเฉพาะที่ว่าเป็นคำตอบที่ดีขึ้นจากการพิจารณากฎการยอมรับ 4 กฎ (รายละเอียดในบทที่

4) โดยในขั้นตอนนี้ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่ด้วยการใช้โปรแกรม ดังแสดงในตารางที่ ค.24

ตารางที่ ค.24 ผลการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แบบ Insertion Procedure โดยใช้โปรแกรม

String No.	Before Local Search	random order	Insertion Procedure	Objective Function		Difference		After Local Search
				Obj1'	Obj2'	Obj1'-Obj1	Obj2'-Obj2	
2	ABDDCCABEEA	12	BABDDCCABEEA	510	23.0833	116	0	
		118	ABBDDCCCEABEA	437	19.9167	43	-3.1667	ABBDDCCCEABEA
8	BBEDCBDEAACA	16	BEDCBDEAACA	512	27.4167	0	-4.5	BEDCBDEAACA
2	ABDDCCABEEA	16	ABDDCBCABEEA	463	21.0833	69	-2	ABDDCBCABEEA
		61	ABBDDCCABEEA	394	23.0833	0	0	
		77	ABBDDCABEEAC	502	20.75	108	-2.3333	ABBDDCABEEAC
2	ABDDCCABEEA	69	CAABEABEDDCB	497	21.4167	-47	5.3333	CAABEABEDDCB
5	CABEABAEDDCB	115	ABEBBACCDDEA	430	23.0833	-54	9.3333	ABEBBACCDDEA
9	ABEBACCDDEBA	38	AEACCCBBDEBA	507	19.5833	40	2	
		117	AEADCCBBBDEA	413	18.4167	-54	0.8333	AEADCCBBBDEA
4	AEADCCBBDEBA	23	BABDDCCABEEA	510	23.0833	116	0	
2	ABDDCCABEEA	101	AEBDDCCABEA	424	14.75	30	-8.3333	AEBDDCCABEA
2	ABDDCCABEEA	62	ABBDDCACBEEA	424	21.9167	30	-1.1667	ABBDDCACBEEA
2	ABDDCCABEEA	34	DABDDCCABEEA	522	22.0833	128	-1	DABDDCCABEEA
4	AEADCCBBDEBA	37	AEACDCBBDEBA	516	17.5833	49	0	
		32	AEDCCBBDEBAA	389	18.4167	-78	0.8333	AEDCCBBDEBAA
6	CBAEDAEBBDCA	15	CAEDBAEBBDCA	598	10.75	47	1.1667	
		115	CBAECDAEBBDA	573	13.4167	22	3.8333	
		19	CAEDAEBBDCA	513	15.75	-38	6.1667	CAEDAEBBDCA

หมายเหตุ Obj1 และ Obj 2 คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ก่อนการค้นหาเฉพาะที่ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
Obj1' และ Obj 2' คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลังการค้นหาเฉพาะที่ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จากตารางที่ ค. 24 จะเห็นได้ว่าในการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ จะทำให้คุณภาพคำตอบที่ได้ดีกว่าเดิม ซึ่งสามารถพิจารณาได้ในคอลัมน์ที่ชื่อ Difference ซึ่งแสดงผลต่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลังและก่อนการค้นหาเฉพาะที่ ถ้าสตริงคำตอบที่ได้ไม่ดีกว่าสตริงคำตอบเดิม (ค่าบวกทั้งสองฟังก์ชันวัตถุประสงค์) จะไม่ถูกยอมรับจากกฎ 4 กฎการยอมรับ ซึ่งผลของการคำนวณด้วยโปรแกรมเป็นไปตามหลักการดังกล่าว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมทำการคัดเลือกสตริงคำตอบที่ได้จากวิธี Insertion Procedure ได้ถูกต้อง หลังจากนั้นจะนำคำตอบที่ไม่ได้รับเลือก มารวมกับคำตอบที่ได้รับการปรับปรุงด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ แสดงดังตารางที่ ค. 25

ตารางที่ ค.25 ผลการรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกและได้รับเลือกไปทำการปรับปรุงการ
ค้นหาเฉพาะที่ โดยใช้โปรแกรม

Old String No.	String No.	Sequence	Old String No.	String No.	Sequence
1	1	DAAEBADCEBBC	2	10	ABBDDCCEABEA
3	2	EAADBACBBCED	8	11	BEDCBBDEAACA
7	3	DBBADBCAACEE	2	12	ABDDCBCABEEA
10	4	EACDCADEBBBA	2	13	ABBDDCABEEAC
11	5	ABDBBDCAACEE	5	14	CAABEABEDDCB
12	6	EAADABCCBDEB	9	15	ABEBBACCDDEA
13	7	DABADABECCBE	4	16	AEADCCBBBDEA
14	8	ADCCABEBEBAD	2	17	AEBBDDCCABEA
15	9	DCDEBBBECAAA	2	18	ABBDDCACBEEA
			2	19	DABBDDCCABEEA
			4	20	AEDCCBBDEBAA
			6	21	CAEDAEBBBDCA

หมายเหตุ อักษรตัวเอียง หมายถึงสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่

11) การเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ได้จากกระบวนการทางพันธุกรรม (Strategies to maintain elitist solutions in the population)

คำตอบรุ่นลูกที่ได้ในกระบวนการทางพันธุกรรม คือกระบวนการครอสโอเวอร์ มีว
เทชั่น และคำตอบได้รับการปรับปรุงจากการค้นหาเฉพาะที่ ทั้งก่อนและหลังการดำเนินการ จะ
ถูกเก็บไว้ เพื่อป้องกันคำตอบที่ดีสูญหายไปจากกระบวนการหาคำตอบ ดังนั้นในการเก็บ
คำตอบที่ได้ดังกล่าว จะเลือกเก็บกลุ่มคำตอบที่ดีที่ได้สตริงคำตอบรุ่นลูกทั้งหมด *popsiz* ตัว
และเนื่องจากคำตอบที่ได้มีลักษณะเป็นกลุ่มคำตอบ ดังนั้นในการเก็บค่าที่ดีที่สุดจึงต้องคำนวณ
ค่าความแข็งแรงและความหนาแน่นของสตริงคำตอบแต่ละตัว สตริงคำตอบที่มีค่าความแข็งแรง
มากที่สุด (อันดับที่ต่ำ) จะมีโอกาสได้รับเลือกให้เก็บไว้เป็นลำดับแรก และสตริงคำตอบที่มีค่า
ความแข็งแรงรองลงมาจะดับลำดับลดหลั่นลงไป เมื่อพบว่าจำนวนสตริงคำตอบใน Rank ที่
พิจารณาอยู่มากกว่า *popsiz* คำตอบ จะใช้พิจารณา Crowding Distance ในการคัดเลือก
สตริงคำตอบที่มี Crowding Distance น้อยจะถูกตัดออกไปและคัดเลือกจนครบจำนวน
popsiz ตัว

ตารางที่ ค.26 ผลการรวมสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากทุกขั้นตอนของกระบวนการทางพันธุกรรม
โดยใช้โปรแกรม

String in Step	String No.	Sequence	String in Step	String No.	sequence
Mating Pool	1	AAAEBBBECDDC	Inversion Mutation	31	DAAEBBBECDAC
	2	ABBDDCCEBAEA		32	ABBDDCCEBAEA
	3	AEBDDACBBCEA		33	CABBAEAEDDCB
	4	BEABCDCADEBA		34	CBAEDBBEADCA
	5	AACBBEAEDDBC		35	BBEDCBDECAAA
	6	BCAEABBEADDC		36	ABEBADCCDEBA
	7	EABBDCCBAACED		37	ABDBAACDBCEE
	8	EABDCBDECBAA		38	DABCEBAADCBE
	9	BAADADCCBBEE	Reciprocal Exchange Mutation	39	DABDAABECCBE
	10	EAEDADCCBBBA			
	11	DAACBBADBCEE			
	12	EAADABCCBDBE	Local Search	40	ABBDDCCEABEA
	13	AECEBBAADCBD		41	BEDCBBDEAACA
	14	ECBAABEBCDAD		42	ABDDCBCABEEA
	15	AAAEBBBECDDC		43	ABBDDCABEEAC
Crossover	16	DAAEBBBECDAC		44	CAABEABEDDCB
	17	ABBDDCCEBAEA		45	ABEBBACCDDEA
	18	EAADBACBBCED		46	AEADCCBBBDEA
	19	AEADCCBBDEBA		47	AEBDDCCABEA
	20	CABBAEAEDDCB		48	ABBDDCACBEEA
	21	CBAEDBBEADCA		49	DABBDCCABEEA
	22	DBBADBCAACEE		50	AEDCCBBDEBAA
	23	BBEDCBDECAAA		51	CAEDAEBBBDCA
	24	ABEBADCCDEBA			
	25	EACDCADEBBBA			
	26	ABDBAACDBCEE			
	27	EAADABCCBDEB			
	28	DABCEBAADCBE			
	29	ADCCABEBEBAD			
	30	DCDEBBBECAAA			

ตารางที่ ค.27 ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากทุกขั้นตอนของกระบวนการทาง
พันธุกรรมโดยใช้โปรแกรม

No.	Setup times	Production rates	Rank	Crowding Distance	No.	Setup times	Production rates	Rank	Crowding Distance
1	375	43.0833	1	Infinity	45	430	23.0833	5	Infinity
15	375	43.0833	1	Infinity	5	449	22.2500	5	0.2903
50	389	18.4167	1	1.0137	44	497	21.4167	5	0.2350
47	424	14.75	1	0.2845	43	502	20.7500	5	0.1208
3	427	13.4167	1	0.5779	18	521	20.2500	5	0.5199
24	560	11.7500	1	0.5277	29	626	18.2500	5	Infinity
36	560	11.7500	1	0.5277	9	449	32.5833	6	Infinity
28	561	9.2500	1	0.0775	10	456	32.2500	6	0.3440
38	561	9.25	1	0.0775	11	483	25.0833	6	0.3943
46	413	18.4167	2	Infinity	12	504	24.7500	6	0.1155
19	467	17.5833	2	0.4622	27	511	24.5833	6	0.1436
7	510	14.5833	2	0.4492	49	522	22.0833	6	0.2000
8	559	13.5833	2	0.3950	13	531	20.2500	6	Infinity
21	602	12.4167	2	0.4120	30	449	38.0833	7	Infinity
34	602	12.4167	2	0.4120	23	463	37.0833	7	0.0799
4	653	11.0833	2	Infinity	35	463	37.0833	7	0.0799
2	422	21.9167	3	Infinity	41	512	27.4167	7	0.5612
32	422	21.9167	3	Infinity	39	530	26.2500	7	0.1877
17	422	21.9167	3	Infinity	25	545	25.0833	7	Infinity
40	437	19.9167	3	0.2892	22	530	31.5833	8	Infinity
20	475	18.5833	3	0.1761	26	598	26.0833	8	Infinity
33	475	18.5833	3	0.1761	37	598	26.0833	8	Infinity
51	513	15.7500	3	Infinity					
48	424	21.9167	4	Infinity					
42	463	21.0833	4	0.3083					
31	496	20.2500	4	0.2187					
16	496	20.2500	4	0.2187					
6	506	18.9167	4	0.3541					
14	578	18.2500	4	Infinity					

*หมายเหตุ ช่องที่มีพื้นที่เทา หมายถึงสตริงคำตอบที่มีค่าซ้ำ และโปรแกรมจะทำการสุ่มเพื่อเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียว

ตารางที่ ค.28 ผลการคัดเลือกสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากทุกขั้นตอนของกระบวนการทางพันธุกรรม โดยใช้โปรแกรม

No.	Sequence	Setup times	Production rates	Rank	Crowding Distance
1	AAAEBBBECDDC	375	43.0833	1	Infinity
50	AEDCCBBDEBAA	389	18.4167	1	1.0137
47	AEBDDCCABEA	424	14.75	1	0.2845
3	AEBDDACBBCEA	427	13.4167	1	0.5779
24	ABEBADCCDEBA	560	11.7500	1	0.5277
28	DABCEBAADCBE	561	9.2500	1	0.0775
46	AEADCCBBBDEA	413	18.4167	2	Infinity
19	AEADCCBBDEBA	467	17.5833	2	0.4622
7	EABBDCAACED	510	14.5833	2	0.4492
8	EABDCBDECBAA	559	13.5833	2	0.3950
21	CBAEDBBEADCA	602	12.4167	2	0.4120
4	BEABCDCADEBA	653	11.0833	2	Infinity
2	ABBDDCCEBAEA	422	21.9167	3	Infinity
40	ABBDDCCEABEA	437	19.9167	3	0.2892
20	CABBAAEAEDDCB	475	18.5833	3	0.1761
51	CAEDAEBBBDCA	513	15.7500	3	Infinity

จากตารางที่ ค. 26 ถึงตารางที่ ค. 28 แสดงสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้จากกระบวนการทางพันธุกรรมทุกกระบวนการ โดยสตริงคำตอบที่ได้จะถูกนำไปประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และทำการคัดเลือกสตริงคำตอบเก็บไว้เป็นสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ดีที่สุด ในเจนเนอเรชันปัจจุบัน และใช้หลักการเก็บค่าที่ดีที่สุดเดียวกับการเก็บค่าที่ดีที่สุดที่ได้จากการสร้างประชากรเบื้องต้น ซึ่งจากตารางที่ ค. 28 จะเป็นการเลือกสตริงคำตอบ จำนวน *popsiz* ตัว สตริงคำตอบที่มีค่าความแข็งแรงสูงที่สุด (Rank = 1) จะได้รับการพิจารณาเป็นลำดับแรก และจะพิจารณาค่าความแข็งแรงที่ลดหลั่นลงมา จนได้สตริงคำตอบครบ *popsiz* ตัว แต่เนื่องจากสมาชิกที่มีค่าอันดับที่ 3 (Rank = 3) มีจำนวนคำตอบที่ทำให้ผลรวมของจำนวนคำตอบทั้งหมดที่ถูกคัดเลือกมากกว่า *popsiz* ตัว จึงต้องเลือกสตริงคำตอบที่พิจารณาจากค่า Crowding Distance ซึ่งพบว่าสตริงคำตอบหมายเลข 20 มี Crowding Distance น้อยที่สุด ดังนั้นสตริงคำตอบนี้จึงไม่ได้รับเลือกให้เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากกระบวนการพันธุกรรมนี้

12) การรวมสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่และลูก (Combination population)

ในขั้นตอนนี้จะทำการรวม (R_t) สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ (P_t) และสตริงคำตอบรุ่นลูก (Q_t) โดยกำหนดให้ $R_t = P_t + Q_t$ และทำการปรับปรุง (Update) การรวมกันของ

สมาชิกใน Rt ในทุก ๆ เจนเนอเรชัน โดยจะนำ Rt ในเจนเนอเรชันก่อนหน้าและปัจจุบันมาปรับปรุงเพื่อให้ได้ค่าที่ดีที่สุดเจเนอเรชันนั้นๆ โดยในเจนเนอเรชันแรก จะไม่มีการ Update Rt

ตารางที่ ค.29 ผลการรวมสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่โดยใช้โปรแกรม

$Rt = Pt + Qt$	String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation
Pt	1	AECEBBAADCBD	531	20.2500
	2	AACBBEDEDABC	476	16.2500
	3	BADECABAEBDC	642	9.0833
	4	BBEECADDDBACA	541	25.9167
	5	EAADADCCBBBE	395	35.7500
	6	EACAECBDBADB	701	23.9167
	7	DBAECECAABDB	661	14.5833
	8	ABBDDACEBCEA	456	18.9167
	9	DAACBBADBCEE	483	25.0833
	10	EABBACBDACED	562	17.5833
	11	BAAEABBECDDC	475	33.0833
	12	EABDCBDACBAE	570	9.2500
	13	BEABCDCADEBA	653	11.0833
	14	DEBECDCBAABA	603	29.5833
	15	ECBAABEBCDAD	578	18.2500
Qt	16	AAAEBBBECDDC	375	43.0833
	17	AEDCCBBDEBAA	389	18.4167
	18	AEBBDDCCABEA	424	14.7500
	19	AEBDDACBBCEA	427	13.4167
	20	ABEBADCCDEBA	560	11.7500
	21	DABCEBAADCBE	561	9.2500
	22	AEADCCBBBDEA	413	18.4167
	23	AEADCCBBDEBA	467	17.5833
	24	EABBDCCBAACED	510	14.5833
	25	EABDCBDECBA	559	13.5833
	26	CBAEDBBEADCA	602	12.4167
	27	BEABCDCADEBA	653	11.0833
	28	ABBDDCCCEBAEA	422	21.9167
	29	ABBDDCCCEABEA	437	19.9167
	30	CAEDAEBBBDCA	513	15.7500

13) การคัดเลือกสตริงคำตอบไปเป็นสตริงคำตอบพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป (Selection next population)

การคัดเลือกสตริงคำตอบในเจนเนอเรชันปัจจุบันไปเป็นสตริงคำตอบพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป จะทำการคัดเลือกจากสตริงคำตอบ R_t รายละเอียดขั้นตอนนี้จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการคัดเลือกสตริงคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

1) ประเมินค่าสตริงคำตอบ R_t

ตารางที่ ค.30 ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบ R_t โดยใช้โปรแกรม

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Crowding Distance
16	375	43.0833	1	Infinity
17	389	18.4167	1	0.9836
18	424	14.7500	1	0.2636
19	427	13.4167	1	0.5054
20	560	11.7500	1	0.5336
21	561	9.2500	1	0.3300
3	642	9.0833	1	Infinity
5	395	35.7500	2	Infinity
22	413	18.4167	2	0.7552
23	467	17.5833	2	0.2570
2	476	16.2500	2	0.2201
24	510	14.5833	2	0.3330
25	559	13.5833	2	0.3409
12	570	9.2500	2	Infinity
28	422	21.9167	3	Infinity
29	437	19.9167	3	0.1925
8	456	18.9167	3	0.3557
30	513	15.7500	3	0.6390
26	602	12.4167	3	0.5667
13	653	11.0833	3	Infinity
27	653	11.0833	3	Infinity
11	475	33.0833	4	Infinity
9	483	25.0833	4	0.5492
1	531	20.2500	4	0.4629
10	562	17.5833	4	0.5654
7	661	14.5833	4	Infinity

ตารางที่ ค. 30 ผลการประเมินค่าสตรึงคำตอบ Rt โดยใช้โปรแกรม (ต่อ)

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Crowding Distance
4	541	25.9167	5	Infinity
15	578	18.2500	5	Infinity
14	603	29.5833	6	Infinity
6	701	23.9167	6	Infinity

2) คัดเลือกสตรึงคำตอบ Rt จำนวน *popsiz* ตัว

พิจารณาสตรึงคำตอบที่มีค่าความแข็งแรงสูงสุด (Rank = 1) เป็นลำดับแรก ดังนั้นสตรึงคำตอบใน Rank นี้ จำนวน 7 คำตอบจะได้รับเลือกให้เป็นสตรึงคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป และจำนวนคำตอบที่เหลือคือ $15-7 = 8$ ตัว จากนั้นพิจารณาจำนวนสตรึงคำตอบใน Rank ที่ 2 พบว่าสตรึงคำตอบทั้งหมดใน Rank นี้จะได้รับเลือกไปเป็นสตรึงคำตอบพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป เนื่องจากมีจำนวนคำตอบไม่เกินจำนวนคำตอบที่เหลืออยู่ ดังนั้นจะมีจำนวนคำตอบที่จะได้รับเลือกอีก $8-7 = 1$ ตัว จากนั้นพิจารณาสตรึงคำตอบใน Rank ที่ 3 พบว่าจำนวนคำตอบใน Rank นี้มีมากกว่าจำนวนคำตอบที่สามารถเลือกให้เป็นสตรึงคำตอบในเจนเนอเรชันต่อไป ดังนั้นจึงทำการเรียงลำดับสตรึงคำตอบใน Rank นี้ จากค่า Crowding Distance มากไปน้อย แสดงดังตารางที่ ค. 31

ตารางที่ ค.31 ผลการเรียงลำดับค่า Crowding Distance จากมากไปน้อยโดยใช้โปรแกรม

String No.	Setup times	Production rates variation	Rank	Crowding Distance
28	422	21.9167	3	Infinity
13	653	11.0833	3	Infinity
27	653	11.0833	3	Infinity
29	437	19.9167	3	0.1925
30	513	15.7500	3	0.6390
26	602	12.4167	3	0.5667
8	456	18.9167	3	0.3557

จากตารางที่ ค. 31 แสดงการเรียงลำดับค่า Crowding Distance จากมากไปน้อย พบว่าจำนวนคำตอบที่ต้องการเลือกมีเพียง 1 คำตอบ แต่เนื่องจากมีคำตอบที่ให้ค่า Crowding Distance เท่ากัน 2 คำตอบ คือคำตอบที่แสดงถึงขอบเขต (Boundary) จึงสร้างเลขสุ่ม 0 และ 1 ขึ้นมา ถ้าสุ่มได้เลข 0 จะเลือกสตรึงคำตอบแรก แต่ถ้าสุ่มได้เลข 1 จะเลือกอีกสตรึงคำตอบหนึ่ง และสตรึงที่ไม่ถูกเลือกจะยังถูกเก็บไว้ Rt และผลการเลือกสตรึงคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป แสดงดังตารางที่ ค. 32 ดังนี้

ตารางที่ ค.32 สตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป

Old String No.	String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation	Rank	Crowding Distance
16	1	AAAEBBBECDDC	375	43.0833	1	Infinity
17	2	AEDCCBBDEBAA	389	18.4167	1	0.9836
18	3	AEBDDCCABEA	424	14.7500	1	0.2636
19	4	AEBDDACBBCEA	427	13.4167	1	0.5054
20	5	ABEBADCCDEBA	560	11.7500	1	0.5336
21	6	DABCEBAADCBE	561	9.2500	1	0.3300
3	7	BADECABAEBDC	642	9.0833	1	Infinity
5	8	EAADADCCBBBE	395	35.7500	2	Infinity
22	9	AEADCCBBBDEA	413	18.4167	2	0.7552
23	10	AEADCCBBDEBA	467	17.5833	2	0.2570
2	11	AACBBEDEDABC	476	16.2500	2	0.2201
24	12	EABBDCCBAACED	510	14.5833	2	0.3330
25	13	EABDCBDECBA	559	13.5833	2	0.3409
12	14	EABDCBDACBAE	570	9.2500	2	Infinity
28	15	ABBDDCCEBAEA	422	21.9167	3	Infinity

จากตารางที่ ค. 32 แสดงสตริงคำตอบที่ได้ถูกคัดเลือกไปเป็นสตริงคำตอบพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป จะเห็นได้ว่าโปรแกรมเลือกสตริงคำตอบที่ให้ค่าดีที่สุดจากสตริงคำตอบ Rt เป็นจำนวน $popsiz$ ตัว ดังนั้นแสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนนี้ถูกต้อง และสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้ในเจนเนอเรชันปัจจุบันจะกลายเป็นสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจนเนอเรชันต่อไป จนครบจำนวนเจนเนอเรชันที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และนำคำตอบที่ดีที่สุดที่ในเจนเนอเรชันสุดท้ายเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้

ผลการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมในขั้นตอนการทำงานที่มีโครงสร้างแบบ M-NSGA II โดยทำการรันโปรแกรมที่ละขั้นตอน สามารถสรุปได้ว่าโปรแกรมที่จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี สามารถทำงานได้ตามขั้นตอนของเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่ได้อย่างถูกต้อง

2.2 การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมในการทำงานในแต่ละขั้นตอนที่มีโครงสร้างแบบ M-SPEA 2

ในการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่มีโครงสร้างการทำงานแบบ M-SPEA2 จะตรวจสอบเพียงความแตกต่างที่เกิดขึ้นระหว่าง M-NSGA II และ M-SPEA 2 นั่นคือ กำหนดค่าความแข็งแรง (Pareto Based Approach) การกำหนดค่าความหนาแน่น (Density

Information) และเทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด ซึ่งจะมีสถานที่ในการเก็บคำตอบที่ดี (Archive Population) รายละเอียดในการตรวจสอบการทำงานของโปรแกรมในอัลกอริทึมนี้ แสดงได้ดังนี้

1) การรวมสตริงคำตอบที่อยู่ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดีและสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ (Combine population)

ขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นของ M-SPEA 2 และ SPEA 2 คือการรวมกันของสตริงคำตอบพ่อแม่และสตริงคำตอบที่ดีที่สุดที่สุ่มในเจนเนอเรชันปัจจุบัน แต่เนื่องจากไม่มีสตริงคำตอบที่ถูกเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี ดังนั้นคำตอบที่ดีที่สุดที่สุ่มในเจนเนอเรชันแรกในสถานที่เก็บคำตอบที่ดีจะกำหนดให้เป็นเซตว่าง จึงทำให้สตริงคำตอบเริ่มต้นในเจนเนอเรชันแรกเท่ากับ $popsiz$ ตัวหรือ N_p ตัว (รายละเอียดในการคัดลอกสตริงคำตอบไปเก็บไว้ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดีจะกล่าวในหัวข้อถัดไป) ส่วนในเจนเนอเรชันต่อมาสตริงคำตอบที่ใช้จะเท่ากับ $N_p + N_E$

2) การกำหนดค่าความแข็งแรง (Pareto Based Approach)

จากการสร้างประชากรคำตอบเบื้องต้นและการประเมินค่าของประชากรคำตอบที่ได้จากการสุ่มแล้วจะทำการกำหนดค่าความแข็งแรงด้วยวิธี Strength of Dominator ด้วยวิธีการคำนวณมือและโปรแกรม และผลการเปรียบเทียบแสดงได้ดังนี้

ตารางที่ ค.33 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Strength Value ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Strength Value	
			Program	Manual
1	531	20.2500	3	3
2	476	16.2500	7	7
3	642	9.0833	3	3
4	541	25.9167	1	1
5	395	35.7500	0	0
6	701	23.9167	0	0
7	661	14.5833	1	1
8	456	18.9167	6	6
9	483	25.0833	2	2
10	562	17.5833	3	3
11	475	33.0833	0	0
12	570	9.2500	5	5
13	653	11.0833	2	2
14	603	29.5833	0	0
15	578	18.2500	2	2

จากตารางที่ ค.33 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความแข็งแรงของสตริงคำตอบของโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ พบว่ามีค่าที่เท่ากัน แสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนของการคำนวณที่ถูกต้อง

ตารางที่ ค.34 การคำนวณ Raw Fitness Value ให้กับแต่ละสตริงคำตอบด้วยการคำนวณมือ

String No.	Dominated individuals No.	$R(i)$
1	2 และ 8	$7+6 = 13$
2	ไม่มี	0
3	ไม่มี	0
4	1, 2, 8 และ 9	$3+7+6+2 = 18$
5	ไม่มี	0
6	1, 2, 3, 7, 8, 10, 12, 13 และ 15	$3+7+3+1+6+3+5+2+2 = 32$
7	3, 12 และ 13	$3+5+2 = 10$
8	ไม่มี	0
9	2 และ 8	$7+6 = 13$
10	2	7
11	8	6
12	ไม่มี	0
13	3 และ 12	$3+5 = 8$
14	1, 2, 4, 8, 9, 10, 12 และ 15	$3+7+1+6+2+3+5+2 = 29$
15	2, 10 และ 12	$7+3+5 = 15$

ตารางที่ ค.35 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Raw Fitness Value ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและการคำนวณมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Raw Fitness	
			Program	Manual
1	531	20.2500	13	13
2	476	16.2500	0	0
3	642	9.0833	0	0
4	541	25.9167	18	18
5	395	35.7500	0	0
6	701	23.9167	32	32
7	661	14.5833	10	10
8	456	18.9167	0	0
9	483	25.0833	13	13
10	562	17.5833	7	7
11	475	33.0833	6	6

ตารางที่ ค. 35 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Raw Fitness Value ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรมและ
การคำนวณมือ (ต่อ)

String No.	Setup times	Production rates variation	Raw Fitness	
			Program	Manual
12	570	9.2500	0	0
13	653	11.0833	8	8
14	603	29.5833	29	29
15	578	18.2500	15	15

จากตารางที่ ค.35 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความแข็งแรงของสตริงคำตอบของโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ พบว่ามีค่าที่เท่ากัน แสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนของการคำนวณที่ถูกต้อง

3) กำหนดความหนาแน่น (Density Information)

การกำหนดความหนาแน่นให้กับสตริงคำตอบด้วยวิธี k -nearest neighbor เป็นการกำหนดระยะทางระหว่างคำตอบในบริเวณ k คำตอบจากคำตอบที่พิจารณาอยู่ หรือ σ_i^k และกำหนดให้ $k = \sqrt{N_p + N_E}$ โดยที่ N_p คือจำนวนประชากรคำตอบ (Population size) และ N_E แทนจำนวนของพื้นที่เก็บคำตอบที่ดี (Archive Size) โดยในขั้นตอนนี้จะแสดงรายละเอียดการคำนวณมือเพื่อเปรียบเทียบผลกับการคำนวณด้วยโปรแกรม รายละเอียดการคำนวณแสดงไว้ดังนี้

ตารางที่ ค.36 การคำนวณระยะทางที่ได้ทำการ Normalize ให้กับแต่ละสตริงคำตอบด้วยการ
คำนวณมือ

No.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	0.0000	0.2341	0.5540	0.2150	0.7317	0.5723	0.4750	0.2501	0.2397	0.1423
2	0.2341	0.0000	0.6054	0.4202	0.7777	0.7895	0.6078	0.1195	0.3320	0.2855
3	0.5540	0.6054	0.0000	0.7123	1.2851	0.5887	0.2154	0.7110	0.7937	0.4123
4	0.2150	0.4202	0.7123	0.0000	0.6030	0.5282	0.5783	0.3822	0.1921	0.3199
5	0.7317	0.7777	1.2851	0.6030	0.0000	1.0940	1.1772	0.6620	0.4926	0.8729
6	0.5723	0.7895	0.5887	0.5282	1.0940	0.0000	0.3736	0.8223	0.7138	0.5126
7	0.4750	0.6078	0.2154	0.5783	1.1772	0.3736	0.0000	0.6894	0.7024	0.3425
8	0.2501	0.1195	0.7110	0.3822	0.6620	0.8223	0.6894	0.0000	0.2475	0.3500
9	0.2397	0.332	0.7937	0.1921	0.4926	0.7138	0.7024	0.2475	0.0000	0.3818
10	0.1423	0.2855	0.4123	0.3199	0.8729	0.5126	0.3425	0.3500	0.3818	0.0000
11	0.5149	0.6313	1.0525	0.3446	0.2799	0.8146	0.9224	0.5349	0.3011	0.6471
12	0.4317	0.4041	0.2354	0.6321	1.1466	0.6970	0.3584	0.5198	0.6583	0.3136
13	0.5264	0.6100	0.0832	0.6659	1.2516	0.5062	0.1338	0.7076	0.7644	0.3845
14	0.4217	0.6498	0.7792	0.2449	0.7180	0.3843	0.5936	0.6251	0.4269	0.4695
15	0.1709	0.3417	0.4024	0.3119	0.8879	0.4547	0.3041	0.3995	0.4026	0.0580

ตารางที่ ค. 36 การคำนวณระยะทางที่ได้ทำการ Normalize ให้กับแต่ละสตริงคำตอบด้วยการคำนวณมือ
(ต่อ)

No.	11	12	13	14	15
1	0.5149	0.4317	0.5264	0.4217	0.1709
2	0.6313	0.4041	0.6100	0.6498	0.3417
3	1.0525	0.2354	0.0832	0.7792	0.4024
4	0.3446	0.6321	0.6659	0.2449	0.3119
5	0.2799	1.1466	1.2516	0.718	0.8879
6	0.8146	0.6970	0.5062	0.3843	0.4547
7	0.9224	0.3584	0.1338	0.5936	0.3041
8	0.5349	0.5198	0.7076	0.6251	0.3995
9	0.3011	0.6583	0.7644	0.4269	0.4026
10	0.6471	0.3136	0.3845	0.4695	0.0580
11	0.0000	0.9461	1.0095	0.4384	0.6502
12	0.9461	0.0000	0.2798	0.7701	0.3385
13	1.0095	0.2798	0.0000	0.7127	0.3637
14	0.4384	0.7701	0.7127	0.0000	0.4328
15	0.6502	0.3385	0.3637	0.4328	0.0000

ตารางที่ ค.37 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่า Density ของสตริงคำตอบโดยใช้โปรแกรม
และการคำนวณมือ

String No.	Setup times	Production rates variation	Density (σ_i^k)	
			Program	Manual
1	531	20.2500	0.4465	0.4465
2	476	16.2500	0.4270	0.4270
3	642	9.0833	0.4146	0.4146
4	541	25.9167	0.4310	0.4310
5	395	35.7500	0.3679	0.3679
6	701	23.9167	0.3980	0.3980
7	661	14.5833	0.4240	0.4240
8	456	18.9167	0.4198	0.4198
9	483	25.0833	0.4288	0.4288
10	562	17.5833	0.4310	0.4310
11	475	33.0833	0.3976	0.3976
12	570	9.2500	0.4240	0.4240
13	653	11.0833	0.4194	0.4194
14	603	29.5833	0.4111	0.4111
15	578	18.2500	0.4276	0.4276

จากตารางที่ ค.37 ผลการเปรียบเทียบการคำนวณค่าความหนาแน่นของสตริงคำตอบด้วยวิธี k -nearest neighbor ของโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ พบว่ามีค่าที่เท่ากัน แสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนของการคำนวณที่ถูกต้อง

4) การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search Heuristics)

เนื่องจากหลักการที่ใช้ในการคัดเลือกคำตอบใน M-SPEA 2 และ M-NSGA II มีในแนวคิดที่ใช้เหมือนกัน แตกต่างกันในเรื่อง M-NSGA II จะพิจารณาค่าความแข็งแรงจาก Rank ที่ให้กับสตริงคำตอบ ส่วน M-SPEA 2 จะพิจารณาค่า Fitness ที่ได้จากการรวมกันของ Raw Fitness Value และ Density โดยสตริงคำตอบที่มีค่า Fitness น้อยจะได้รับโอกาสถูกเลือกมากกว่าสตริงคำตอบที่มีค่า Fitness มาก ดังนั้นรายละเอียดในการเปรียบเทียบผลการคำนวณด้วยมือและโปรแกรมในขั้นตอนนี้จะไม่ขอกล่าวถึง และกำหนดให้สตริงคำตอบที่ได้รับการคัดเลือกเป็นสตริงคำตอบเดียวกัน

การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Or-Opt ในหลังขั้นตอนการสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น

ตารางที่ ค.38 ผลการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยการค้นหาเฉพาะที่แบบ Or-Opt โดยใช้โปรแกรม

String No.	Before Local Search	Or-Opt	Objective Function		Difference		After Local Search
			Obj1'	Obj2'	Obj1'-Obj1	Obj2'-Obj2	
11	BAAEABBECDCC	BADEABBACEDC	577	17.25	102	-15.8333	BBEAAAECDDC
		BADCABBEAEDC	581	14.5833	106	-18.5	
		BBEAAAECDDC	359	43.0833	-116	10	
5	EAADADCCBBBE	EABCADCABDBE	638	12.9167	243	-22.8333	EABCADCABDBE
10	EABBACBDACED	EBCBAABDACED	539	17.5833	-23	0	EBCBAABDACED
5	EAADADCCBBBE	EAABADBCDCBE	568	22.75	173	-13	EAABADBCDCBE
5	EAADADCCBBBE	EACDCAABBBE	463	27.75	68	-8	EACDCAABBBE
3	BADECABAEBDC	BABACABDEEDC	583	28.4167	-59	19.3333	BABACABDEEDC
12	EABDCBDACBAE	ECADCBDAABAE	550	17.0833	-20	7.8333	ECADCBDAABAE
5	EAADADCCBBBE	EABCADCABDBE	638	12.9167	243	-22.8333	EABCADCABDBE
2	AACBBEDEDABC	ABCABEDEDABC	593	12.25	117	-4	
		AAABBEDCDEBC	459	33.25	-17	17	AAABBEDCDEBC
8	ABBDDACEBCEA	ACBDDACEBBEA	457	16.25	1	-2.6667	ACBDDACEBBEA
11	BAAEABBECDCC	BEBEAAACDDC	531	33.5833	56	0.5	
		BABBAAECDDC	430	40.5833	-45	7.5	BABBAAECDDC
8	ABBDDACEBCEA	AADDBBCEBCEA	415	24.0833	-41	5.1667	AADDBBCEBCEA

หมายเหตุ Obj1 และ Obj 2 คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ก่อนการค้นหาเฉพาะที่ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ
Obj1' และ Obj 2' คือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลังการค้นหาเฉพาะที่ที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

จากตารางที่ ค. 38 จะเห็นได้ว่าการปรับปรุงสตริงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาเฉพาะที่ จะทำให้คุณภาพคำตอบที่ได้ดีกว่าเดิม สามารถพิจารณาได้ในคอลัมน์ที่ชื่อ Difference ซึ่งแสดงผลต่างของฟังก์ชันวัตถุประสงค์หลังและก่อนการค้นหาเฉพาะที่ ถ้าสตริงคำตอบที่ได้ไม่ดีกว่าสตริงคำตอบเดิม (ค่าบวกทั้งสองฟังก์ชันวัตถุประสงค์) จะไม่ถูกยอมรับจากกฎ 4 กฎ ซึ่งผลของการคำนวณด้วยโปรแกรมเป็นไปตามหลักการดังกล่าว ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าโปรแกรมทำการคัดเลือกสตริงที่ได้จากการค้นหาเฉพาะที่แบบ Or-Opt ได้อย่างถูกต้อง

ตารางที่ ค.39 ผลการรวมสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกและได้รับเลือกไปทำการปรับปรุงการค้นหาเฉพาะที่แบบ Or-Opt โดยใช้โปรแกรม

Old String No.	String No.	Sequence	Old String No.	String No.	Sequence
1	1	AECEBBAADCB	10	11	EBCBAABDAGED
4	2	BBEECADDDBACA	5	12	EABADBCDCBE
6	3	EACAECBDBADB	5	13	EACDCDAABBBE
7	4	DBAECECAABDB	3	14	BABACABDEEDC
9	5	DAACBBADBCEE	12	15	ECADCBDAABAE
13	6	BEABCDCADEBA	5	16	EABCADCABDBE
14	7	DEBECDCBAABA	2	17	AAABBEDCDEBC
15	8	ECBAABEBCDAD	8	18	ACBDDACEBBEA
11	9	BBEAAAECDDC	11	19	BABBAAEECDDC
5	10	EABCADCABDBE	8	20	AADDBBCEBCEA

หมายเหตุ อักษรตัวเอียง หมายถึงสตริงคำตอบที่ไม่ได้รับเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่

ตารางที่ ค.40 ผลการเลือกคำตอบเพื่อนำไปเก็บไว้เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดหลังจากขั้นตอนการปรับปรุงประชากรคำตอบเบื้องต้นด้วยวิธี Or-Opt โดยใช้โปรแกรม

Old String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation	Raw Fitness	Density	Fitness
9	BBEAAAECDDC	359	43.0833	0	0.3746	0.3746
20	AADDBBCEBCEA	415	24.0833	0	0.4238	0.4238
6	BEABCDCADEBA	653	11.0833	0	0.4247	0.4247
10	EABCADCABDBE	638	12.9167	0	0.4370	0.4370
16	EABCADCABDBE	638	12.9167	0	0.4370	0.4370
18	ACBDDACEBBEA	457	16.2500	0	0.4374	0.4374
4	DBAECECAABDB	661	14.5833	6	0.4321	6.4321
19	BABBAAEECDDC	430	40.5833	7	0.3972	7.3972
15	ECADCBDAABAE	550	17.0833	12	0.4399	12.4399
11	EBCBAABDAGED	539	17.5833	12	0.4458	12.4458

ตารางที่ ค. 40 ผลการเลือกคำตอบเพื่อนำไปเก็บไว้เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ในหลังขั้นตอนการ
สร้างประชากรคำตอบเบื้องต้น โดยใช้โปรแกรม (ต่อ)

Old String No.	Sequence	Setup times	Production rates variation	Raw Fitness	Density	Fitness
1	AECEBBAADCBD	531	20.2500	12	0.4588	12.4588
17	AAABBEDCDEBC	459	33.2500	19	0.4289	19.4289
13	EACDCDAABBBE	463	27.7500	19	0.4334	19.4334
5	DAACBBADBCEE	483	25.0833	19	0.4427	19.4427
8	ECBAABEBCDAD	578	18.2500	23	0.4460	23.4460
12	ECADCBDAABAE	568	22.7500	28	0.4582	28.4582
2	BBEECADDACA	541	25.9167	33	0.4516	33.4516
3	EACAECBDBADB	701	23.9167	41	0.4184	41.4184
14	BABACABDEEDC	583	28.4167	48	0.4328	48.4328
7	DEBECDCBAABA	603	29.5833	49	0.4238	49.4238

หมายเหตุ อักษรตัวเอียง หมายถึงสตริงคำตอบที่ไม่ได้ถูกเก็บไว้

จากตารางที่ ค. 39 แสดงสตริงคำตอบที่ได้จากการใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Or-Opt เพื่อใช้ปรับปรุงสตริงคำตอบเริ่มต้น ซึ่งเป็นขั้นตอนที่แตกต่างจาก SPEA 2 ที่ใช้สตริงคำตอบที่ได้จากการสุ่มเพียงอย่างเดียว จากนั้นนำสตริงคำตอบที่ได้รับเลือกให้ทำการค้นหาเฉพาะที่และไม่ได้รับเลือกมารวมกันเพื่อประเมินค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเก็บค่าที่ให้คำตอบที่ดีที่สุดจำนวน $popsiz$ ตัว เพื่อเข้าสู่กระบวนการทางพันธุกรรมต่อไป โดยผลการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมในขั้นตอนนี้ แสดงให้เห็นว่าให้คำตอบที่ดีที่สุดจะให้ค่า Fitness ที่น้อยที่สุด ดังนั้นแสดงว่าโปรแกรมมีการทำงานในขั้นตอนนี้ถูกต้อง

5) การเก็บคำตอบที่ดีที่สุด ในสถานที่เก็บคำตอบที่ดี (Elitism with external populations)

สำหรับการเก็บคำตอบที่ดีที่สุด ในเจเนอเรชันแรกสถานที่เก็บคำตอบที่ดีจะกำหนดให้เป็นเซตว่าง ดังนั้นในการเก็บคำตอบในสถานที่นี้จะทำการคัดลอกคำตอบที่ดีเพื่อเก็บไว้ในเจเนอเรชันต่อไป (E_{t+1}) ดังนั้นในขั้นตอนนี้จะทำการเก็บสตริงคำตอบที่เป็น Non-dominated Solution หรือสตริงที่ให้ค่า Raw Fitness Value ($R(i)$)=0 จำนวน N_E ตัว ในกรณีนี้จะพบว่าสตริงคำตอบที่ให้ค่าที่ดีที่สุดมีสตริงคำตอบหมายเลข 6 9 10 16 18 และ 20 ทั้งหมด 6 ตัว ซึ่งน้อยกว่า N_E ดังนั้นจึงพิจารณาสตริงคำตอบที่ให้ค่า Fitness น้อยที่สุดจำนวน $15-6 = 9$ ตัว แต่ถ้าในกรณีที่จำนวนคำตอบที่ให้ค่า $R(i)=0$ มีมากกว่า N_E จะทำการเลือกสตริงคำตอบที่ให้ค่า Density น้อย แต่เนื่องจากในเจเนอเรชันแรกจะมีจำนวนสตริงคำตอบที่พิจารณาเท่ากับ N_E จึงสามารถเลือกคำตอบที่เหลือได้ทั้งหมด โดยสถานที่เก็บ

คำตอบที่ดีนี้จะได้รับการปรับปรุง (Update) ตั้งแต่เจเนอเรชันที่ 3 ขึ้นไปจนครบจำนวนเจเนอเรชันที่ถูกกำหนดไว้ล่วงหน้า และนำคำตอบที่ถูกเก็บในเจเนอเรชันสุดท้ายเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่ทำได้

สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมในขั้นตอนการคัดเลือกสตริงคำตอบเข้าสู่ Mating Pool การครอสโอเวอร์ และมิวทชัน และการใช้วิธีการค้นหาเฉพาะที่แบบ Insertion Procedure หลังการดำเนินการมิวทชันจะไม่ขอกล่าวถึง เนื่องจากเป็นขั้นตอนเดียวกับกับ M-NSGA II ซึ่งในคัดเลือกคำตอบเพื่อเข้าสู่ Mating Pool จะใช้วิธีการคัดเลือกแบบ Binary Tournament Selection เช่นเดียวกับวิธีการคัดเลือกไปทำการค้นหาเฉพาะที่ ดังแสดงในการคัดเลือกที่ใช้ในโปรแกรม M-NSGA II แต่มีความแตกต่างคือ การคัดเลือกคำตอบจะทำการคัดเลือกจากสถานที่เก็บคำตอบที่ดีเข้าสู่ Mating Pool โดยสมาชิกประชากรคำตอบที่มีความแข็งแรงมาก หรือมี Fitness Value น้อยกว่า จะมีโอกาสได้รับเลือกมากกว่า ถ้าประชากรคำตอบใดมีค่า Fitness Value เท่ากัน ให้พิจารณาที่ความหนาแน่นของประชากรคำตอบนั้น และหลักการเลือกจะใช้หลักการเดียวกับ M-NSGA II และสตริงคำตอบรุ่นลูกที่ได้ในเจเนอเรชันปัจจุบันจะกลายเป็นสตริงคำตอบรุ่นพ่อแม่ในเจเนอเรชันต่อไป จนครบจำนวนเจเนอเรชันที่กำหนดไว้ล่วงหน้า และนำคำตอบในสถานที่เก็บคำตอบที่ดีเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด

ผลการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมในขั้นตอนการทำงานที่มีโครงสร้างแบบ M-SPEA 2 โดยทำการรันโปรแกรมที่ละขั้นตอน สามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมที่จัดทำขึ้นเพื่อแก้ปัญหาคัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม ภายใต้ระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี สามารถทำงานได้ตามขั้นตอนของเมมเมติกอัลกอริทึมที่นำเสนอใหม่ได้อย่างถูกต้อง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
ผลจากการรันโปรแกรม

ผลการรันโปรแกรมของเมมเมติกอัลกอริทึม

1. ปัญหาการทดลองที่ 1 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด

1.1 ปัญหาการทดลองที่ 1.1 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 5:3:2:1:1

1.1.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAEEDBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDABACBA ACBAEABDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 561	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
2	PI	API	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAAACB CBAAEEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAEEDBDAAC CAABBEDAAABC ABCBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCBAEDACBA ABCAEDABACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 383 384 387 410 434 474 499 500 551 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.0556 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
3	PI	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAAACB CBAAEEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAEEDBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACBEDAAACB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ACBBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 473 499 550	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
4	PI	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA BAAEDCCAAABB BBAAAEDAACB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAAEDACBA ACBBAEDACBA ABCAEBDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	
5	PI	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA BAAEDCCAAABB BBAAAEDAACB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA AACBBDAAEBCA BCAAAEBDAACB BAACBDEAAACB AACBDEAACBA ACBBAEDAAACB ABCAEDAAABCA ABCBAAEDACBA ABCAEBDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 362 382 384 388 391 426 434 436 473 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.5556 9.2222 9.0556 8.7222 8.5556 7.8889 7.5556 6.5556	
6	PI	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAACCBDAAEAB BAAACCBEDAAB ACBBAEDCBAA AACBBDAAABCA ACBBAEDACBA ABCAEBDAABCA ABCAEDABACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 353 357 382 392 434 501 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 13.2222 12.7222 9.7222 9.5556 7.8889 6.8889 6.2222	
7	PI	IP	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAAEDACBA ACBBAEDACBA ABCAEBDAACBA ABCAEBDAACBA ABCAEDABACBA ABCAEBADACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 551 567	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	

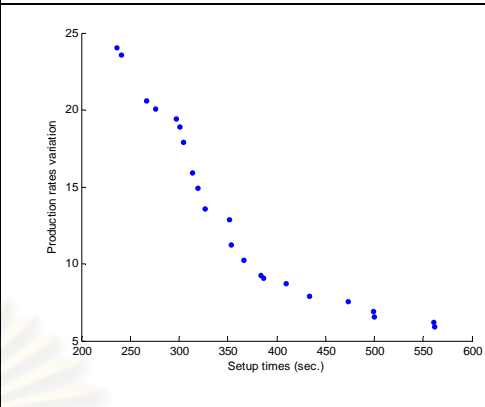
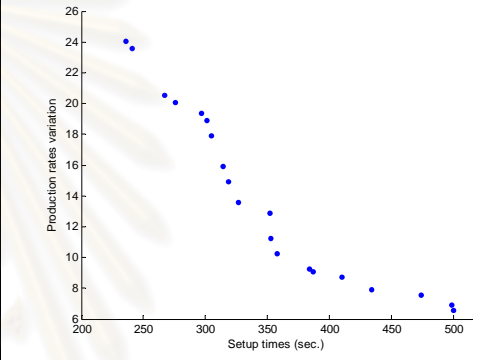
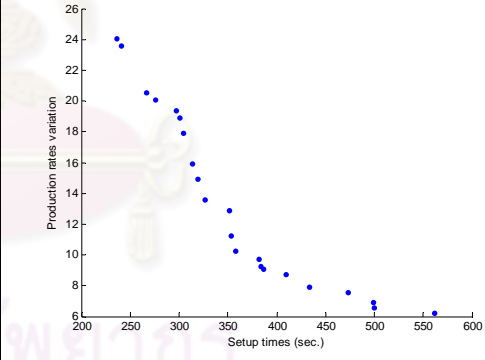
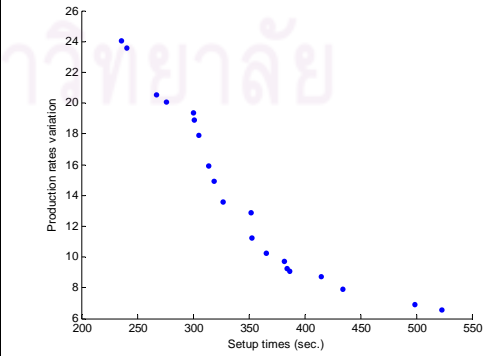
ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
8	API	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAAEBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAAEADAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBDDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAAEBDACB BAAEDCCBAAAB BAACBEDAAACB BAACBEDAAACB ACBBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCAAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 415 434 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556	
9	API	API	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAAEBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAACBB CBBAAEADAABC BAAEDCCBAAAB BAAACBEDAAB CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAAEBDACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 357 358 382 384 387 410 434 473 499 500 561 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 12.7222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
10	API	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAAEBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAACBB CBAAEDAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBDDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAAEBDACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 551 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
11	API	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAAEADAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBDDAAC CAABBEDAAABC ACBBAAEBCBA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB BAACBAEDAACB ABCBAEDAABCA ABCBAEDAABCA ABCBAEDAABCA ABCBAEDAABCA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 436 498 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.8889 9.2222 9.0556 8.7222 8.3889 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
12	API	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AACDEBBBCAAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAAEADAACBB CBBAAEDAAABC BBAACEDAAACB BAAEDCCBAAAB CBDAAEABBAAC CBAAAEDEBBAAC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBDEAAACB ACBBAEDACBA ACBAEBDAACBA ACBAEDABACBA ABCAEDABACBA	236 241 267 276 300 301 305 314 319 327 347 352 353 366 382 384 391 434 499 550 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 15.5556 14.2222 14.0556 12.8889 12.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 7.8889 6.8889 6.5556 6.2222	
13	API	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC ABEDAACCBAA BDAAAACCEAAB ACBBAAEEDCBA BCAAABDEAACB ACBAEDAABBCA ABCAEDAABBCA ABCAEDAABCBA ACBAEDABCABA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 357 367 382 392 435 436 474 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 13.0556 12.7222 9.8889 9.2222 8.2222 7.8889 7.5556 7.0556	
14	API	IP	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAAEADAACB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEEDDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBDEAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA ABCAEDABACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 499 500 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556 6.2222	
15	2-Opt	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEEDDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBDEAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEDABACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556	

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEEDAAC CBAAAEEDAAC BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEEDCAAB ACBBAAEDACBA ABCBAAEEDACBA ACBAAEEDACBA ABCBAAEEDACBA ACBAEEDACBA ABCBAEEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 366 384 387 410 434 473 499 500 561 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
17	2-Opt	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEEDAAC CAABBEDAAABC BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEEDCAAB ACBBAAEDACBA ABCBAEEDACBA ACBAEEDACBA ABCBAEEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 384 387 410 434 474 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	
18	2-Opt	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEEDAACB CBBAAEEDAAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEEDAAC CAABBEDAAABC ACBBAAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEEDCAAB ACBBAAEDACBA ABCBAEEDACBA ACBAEEDACBA ABCBAEEDACBA ABCBAEEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
19	2-Opt	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBDAAA AACDEBBBCAAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEEDAAC CBAAAEEDAAC ACBBAAEDCBAA BCAAAEEDAACB BAACBEDAAACB BAACDEBAAACB ACBBAAEDACBA ACBAEEDACBA ABCDAABEACBA	236 241 267 276 300 301 305 314 319 327 352 353 366 382 384 387 415 434 499 523	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556	

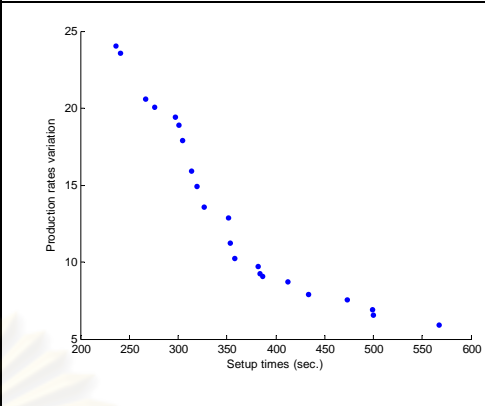
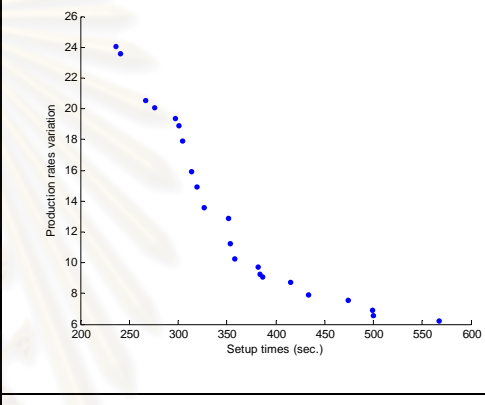
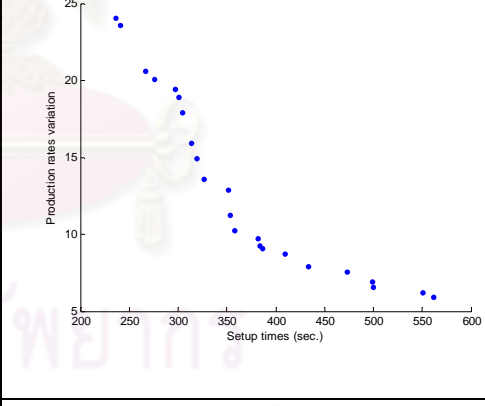
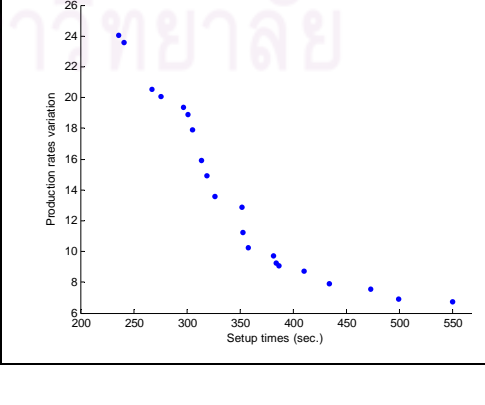
ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDAAA	276	20.0556	
			AACDEBBBCAAA	300	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAAEDAACB	319	14.8889	
			CBBAAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			BAAACCCBEDAAB	357	12.7222	
			AACBBAAEDCBAA	382	10.3889	
			BCAAEBDAAAACB	384	9.2222	
ABBCAAEDACBA	435	9.0556				
ACBBAADEACBA	458	7.8889				
ABCAABDAEBCA	501	7.5556				
ABCAABDEABCA	509	6.8889				
ABCADAEBACBA	567	6.2222				
21	2-Opt	IP	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAAEDAACB	319	14.8889	
			CBBAAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEEDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAAABC	358	10.2222	
			ACBBAAEDCBAA	382	9.7222	
BCAAEBDAAAACB	384	9.2222				
BAAEBDAAAACB	387	9.0556				
BCAAEBDCAAB	410	8.7222				
ACBBAEDACBA	434	7.8889				
ABCBAEDACBA	473	7.5556				
ACBAAEBDACBA	499	6.8889				
ABCBAEBDACBA	500	6.5556				
ABCBAEDACBA	551	6.2222				
ABCBAEBDACBA	562	5.8889				
22	3-Opt	PI	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAAAACBB	319	14.8889	
			CBAAEDAAAABBC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEEDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAAABC	358	10.2222	
			ACBBAAEDCBAA	382	9.7222	
ACBDAEEDBCAA	384	9.5556				
BAAEBDAAAACB	387	9.0556				
BAACEBDAAAACB	412	8.7222				
ACBBAEDACBA	434	7.8889				
ABCBAEDAACBBA	474	7.5556				
ACBBAEDAACBBA	499	6.8889				
ACBADAEBACBA	566	6.5556				
23	3-Opt	API	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAAAACBB	319	14.8889	
			CBBAAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CAABBEDAAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAAACB	384	9.2222	
BAAEBDAAAACB	387	9.0556				
BCAAEBDCAAB	410	8.7222				
ACBBAEDACBA	434	7.8889				
ABCBAEDACBA	473	7.5556				
ACBBAEDAACBBA	499	6.8889				
ABCBAEBDACBA	500	6.5556				
ABCBAEDAACBBA	551	6.2222				

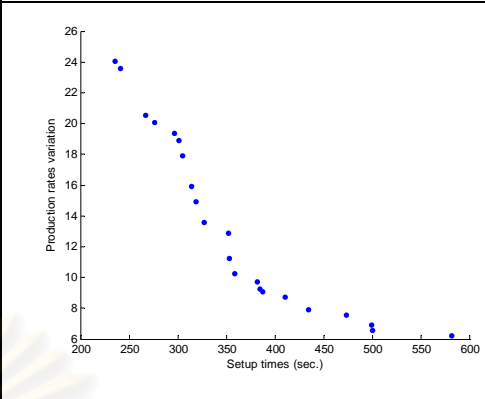
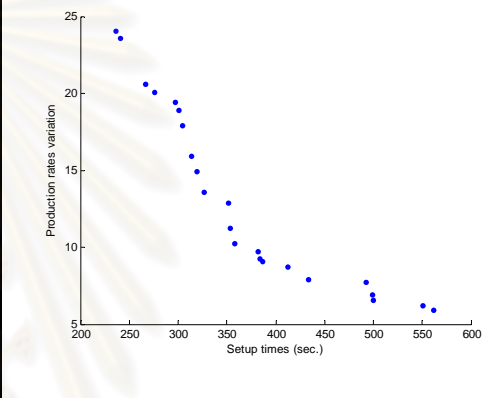
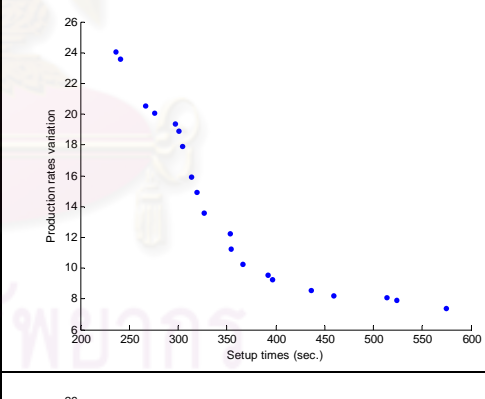
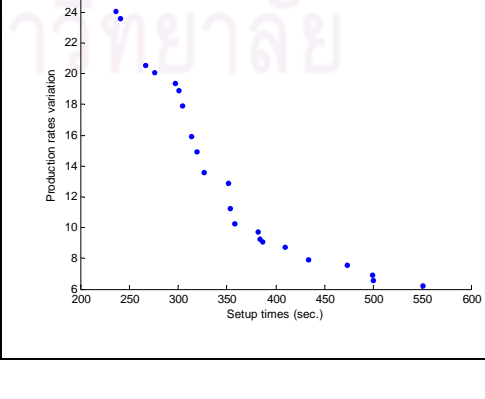
ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CBAAAEDBBAAC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEABDACBA 562	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 366 382 384 387 410 434 473 499 500 561 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
25	3-Opt	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBDEAAABC ACBBAEDCBAA BCAAAEBDAAACB BAACBEDAAACB AABCBEDAACBA ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEABDACBA 562	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 362 382 384 387 426 434 473 499 500 551 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
26	3-Opt	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBAAEEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBDAAEBBAAC CAAEBBDAABC CBAAAEDBBAAC BCAAEBDAAACB ACBDAEBCBAA ACBBAEDAACBA ACBAEDAABBCA ABCBAEDACBA ABCABDEAACBA 508	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 354 373 384 422 434 459 473 508	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 12.2222 11.2222 10.2222 9.2222 8.5556 8.2222 7.5556 6.8889	
27	3-Opt	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAEAEDAABC BAACCBDAAEAB BAAACCBDEAAB ACBAAEDCBBA ABCAAEDCBBA AACBBDAEBCA BCAAEBDECAAB AABCEBDAACBA ACBBAEACBA ACBAEBDAACBA 499	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 353 361 382 383 384 421 451 458 499	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 13.2222 12.7222 10.3889 10.0556 9.5556 8.7222 8.3889 7.8889 6.8889	

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
28	3-Opt	IP	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCBBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAAACBB	319	14.8889	
			CBAAEDAAABBC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BAACEBDAAACB	412	8.7222	
			ACBBAEDACBA	434	7.8889	
ABCBAAEDACBA	473	7.5556				
ACBAEBDAAACB	499	6.8889				
ABCAEBDAAACB	500	6.5556				
ABCAEBDAAACB	567	5.8889				
29	Or-Opt	PI	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCBBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAEDAACB	319	14.8889	
			CBBAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BAACDEBAAACB	415	8.7222	
			ACBBAEDACBA	434	7.8889	
ABCAEDAABCBA	474	7.5556				
ACBAAEBDAAACB	499	6.8889				
ABCAEBDAAACB	500	6.5556				
ABCADAEBACBA	567	6.2222				
30	Or-Opt	API	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCBBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAEDAACB	319	14.8889	
			CBBAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BCAAEBDCAAB	410	8.7222	
			ACBBAEDACBA	434	7.8889	
ABCBAEDACBA	473	7.5556				
ACBAAEBDAAACB	499	6.8889				
ABCAEBDAAACB	500	6.5556				
ABCABAEDACBA	551	6.2222				
ABCAEABDAAACB	562	5.8889				
31	Or-Opt	2-Opt	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCBBBAAA	301	18.8889	
			AABEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAAACBB	319	14.8889	
			CBBAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BCAAEBDCAAB	410	8.7222	
			ACBBAEDACBA	434	7.8889	
ABCBAEDACBA	473	7.5556				
ACBAEBDAAACB	499	6.8889				
ABACBAEDACBA	550	6.7222				

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
32	Or-Opt	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEDAACB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA ACBADABEACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 581	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
33	Or-Opt	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEDAACB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACEBDAAACB ACBBAEDACBA BAAEDBAACAB ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA ABCBAEDACBA ABCAEABDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 493 499 500 551 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.7222 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
34	Or-Opt	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEDAACB CBBAAAEDAABC CBDAAAEBBAAC CAAEBBDAABC CBAAAEDBBAAC CBAAAEBDAABC BCAAEDBAAACB ABCAAEDABBCA ACBAEDAAABCA ABCAEDBAAABC ABCAABDEBACA BAACBADEABCA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 353 354 366 392 397 436 459 514 524 575	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.2222 11.2222 10.2222 9.5556 9.2222 8.5556 8.2222 8.0556 7.8889 7.3889	
35	Or-Opt	IP	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBCAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEDAACB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	

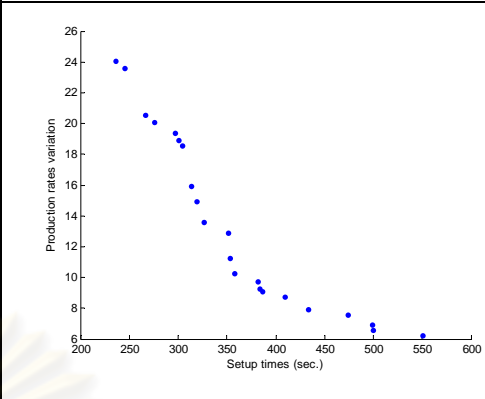
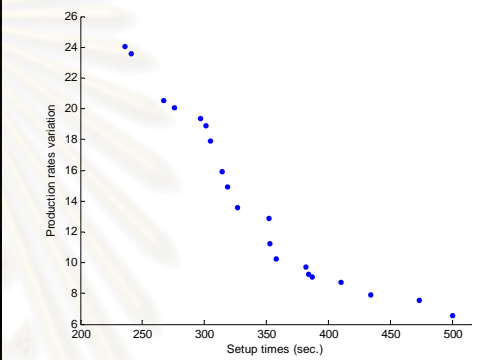
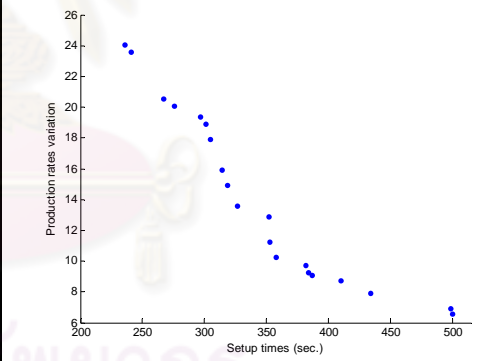
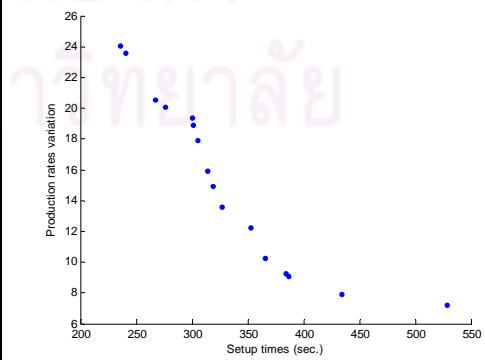
ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
36	Double-bridge	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEADAACB CBBAAAEADAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA BACAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 487 499 500 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.7222 6.8889 6.5556 6.2222	
37	Double-bridge	API	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEADAACB CBBAAAEADAABC BAAEDCCBAAAB CBDAAEBBAAC CAAEBDDAAABC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA BAAEBDAACAB ACBAEBDAACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 490 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 12.2222 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.7222 6.8889 6.5556	
38	Double-bridge	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEADAACB CBBAAAEADAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA BACAAEBDCAAB ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 487 501 504 561	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556 6.2222	
39	Double-bridge	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEADAACB CBBAAAEADAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
40	Double-bridge	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAAAEDAABC BAAABCCEDAAB BAAACCBEDAAB CAABBEDAAAABC ACBBAEDCBAA BCAAAEBDAACB BCAAAEBDECAAB ACBBAEDACBA ACBBAEDACBA BAACBAEDACBA ACBBADEACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 356 357 358 382 384 421 434 507 550 574	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 12.7222 10.2222 9.7222 9.2222 8.7222 7.8889 7.2222 7.0556 6.5556	
41	Double-bridge	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BBAAAEDCCAAB CAAABBBDAAC BBCAAEDAACB CBBAAAEDAABC BAACCCBDAAB ABEDAACCBAA CAAABBEDAABC CBAABEDBAAC ABCAAEDCBAA AACBBEDAABCA AACBBEDAABCA ACBBAEDACBA ACBBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 315 319 327 353 357 358 366 383 388 391 434 508	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 16.5556 15.8889 14.8889 13.5556 13.2222 13.0556 12.5556 10.2222 10.0556 9.5556 9.2222 7.8889 7.5556	
42	Double-bridge	IP	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAACBB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAAABC BAACBEDAAAABC ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA ABCAEBDAACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 473 499 500 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 5.8889	
43	IP	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAAABC BAACBEDAAAABC BAACBEDAAAABC ACBBAEDACBA ABCAEDAABCBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA ABCADAEBACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 362 382 384 387 412 434 474 499 500 567	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
44	IP	API	AAEDCCBBBAAA AAAEBCBBBDAA AAEDCCBBBAAA AAAEBCBBBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAABEDCCBBAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEADAACB CBAAEADAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAEEDBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCAEDAACBBA ACBAEDAACBBA ABCAEDAACBBA ABCAEDAACBBA	236 246 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 474 499 500 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 18.5556 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
45	IP	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEBEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEADAACB CBBAAAEADAABC BAAEDCCBAAAB CBAAEEDBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCAEDAACBBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.5556	
46	IP	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEBEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEADAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAEEDBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCAEDAACBBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556	
47	IP	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAAEBCBBBDAA AAEDCCBBBAAA AAEDCCBBBAAA AAEBDCCBBAAA AAEBEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBBAAAEADAABC CBDAAAEBAAC CBAAEEDBBAAC BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB ACBBAEDACBA ACBBAEDACBA ACBBAEADCBBA	236 241 267 276 300 301 305 314 319 327 353 366 384 387 434 529	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.2222 10.2222 9.2222 9.0556 7.8889 7.2222	

ตารางที่ ง.1 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
48	IP	Double-bridge	AAEDCCBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAAEBCCCBDAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCBBAAA	301	18.8889	
			AAEBDCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAAEDAACB	319	14.8889	
			BBCAAEDAACB	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAA	327	13.5556	
			BAACCCBDAAB	353	13.2222	
			BAAACCBEDAAB	357	12.7222	
			CEAABBDAAABC	367	12.5556	
			BAAEDCBAACB	382	10.2222	
			BCAAEBDAACB	384	9.2222	
ACBAAEDABBCA	435	8.8889				
ABCAEDAABBCA	460	7.8889				
ABCABDAACEBA	529	7.3889				
BACAAEBDABCA	578	7.2222				
49	IP	IP	AAEDCCBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAEBCCCBDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCBBAAA	301	18.8889	
			AAEBDCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAAEDAACB	319	14.8889	
			CBAAEDAABBC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAA	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAACB	384	9.2222	
			BAAEDCCBAAA	387	9.0556	
BCAAEBDCAAB	410	8.7222				
ACBBAEDACBA	434	7.8889				
ABCBAEDACBA	473	7.5556				
ACBAEBDAACBA	499	6.8889				
ABCAEBDABCA	504	6.5556				
ACBAEABDABCA	561	6.2222				

1.1.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2	PI	API	AAAEDCCBBBAA	236	25.8889	
			AAABBBCCEDAA	240	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAEBCCCBDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCBBAAA	301	18.8889	
			AAEBDCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAAEDAACB	319	14.8889	
			BBCAAEDAACB	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAA	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAACB	384	9.2222	
			BAAEDCCBAAA	387	9.0556	
			BCAAEBDCAAB	410	8.7222	
			ACBBAEDACBA	434	7.8889	
			BAAEDCCBAAA	490	7.7222	
			ACBAEBDAACBA	499	6.8889	
			ABCAEBDABCA	500	6.5556	
			ACBAEABDABCA	561	6.2222	
ABCADABEACBA	582	5.8889				

ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
7	PI	IP	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAEBCCBBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAEDCCBBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAAACBB	319	14.8889	
			CBAAEEDAAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDDAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BCAAEBDDCAAB	410	8.7222	
			ACBBAEEDACBA	434	7.8889	
			ABCBAEEDACBA	473	7.5556	
			ACBAEEDAACBA	499	6.8889	
ABCAABDEACBA	508	6.5556				
8	API	PI	AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAAEBCCBDDAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAEDCCBBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAAACBB	319	14.8889	
			CBBAAEEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDDAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BCAAEBDDCAAB	410	8.7222	
			ACBBAEEDACBA	434	7.8889	
			ABCBAEEDACBA	473	7.5556	
			ACBAAEEDACBA	499	6.8889	
			ABCAEEDAACBA	500	6.5556	
ACBAEEDACBA	561	6.2222				
ABCAEEDACBA	562	5.8889				
9	API	API	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAAEBCCBDDAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAEDCCBBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAAACBB	319	14.8889	
			CBBAAEEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDDCAAB	405	9.0556	
			BCAAEBDDCAAB	410	8.7222	
			ACBBAEEDACBA	434	7.8889	
			ABCBAEEDACBA	473	7.5556	
			ACBAAEEDACBA	499	6.8889	
			ABCAEEDAACBA	500	6.5556	
ABCBAEEDACBA	551	6.2222				
10	API	2-Opt	AAEDCCBBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBBCAAA	267	20.5556	
			AAAEBCCBDDAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAEDCCBBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBAAEEDAABC	319	14.8889	
			CBBAAEEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDDAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BCAAEBDDCAAB	414	8.7222	
			ABCBAEEDACBA	434	7.8889	
			ABCBAEEDACBA	473	7.5556	
			ACBAAEEDACBA	499	6.8889	
ABCAEEDAACBA	500	6.5556				
ABCAEEDAACBA	551	6.2222				

ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
11	API	3-Opt	AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAEBCCBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCCAAAEDAACB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBDAEAEBBAAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB AABCBEDAACBA ACBBAEDACBA ABCAEDAACBBA ACBDAEAEBACBA ABCAAEBDACBA ABCAEBADACBA	241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 426 434 474 499 500 567	23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 12.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 7.2222 6.5556 5.8889	
12	API	Or-Opt	AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAEBCCBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCCAAAEDAACB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBDAEAEBBAAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB AABCDEAACBA ACBBAEDACBA BAACDEBAACAB ACBDAEAEBACBA ABCAAEBDABCA ABCAEBAACBA ABCAEABDACBA	241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 382 384 387 430 434 493 499 505 515 562	23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.7222 7.2222 6.8889 6.5556 5.8889	
13	API	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAEBCCBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCCAAAEDAACB BBCAAEDCAAB BBAACEDAAACB BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CBAAAEBBAAAC ACBDAEAEBBCAA AACBBDEAACBA AABCBEDAACBA ACBBAEDABCA ABCBAEADACBA ABACBEDAACBA ABCAAEBDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 345 347 352 353 366 384 391 426 435 473 503 504	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 14.3889 14.0556 12.8889 11.2222 10.2222 9.5556 9.2222 8.7222 8.2222 7.5556 7.3889 6.5556	
14	API	IP	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAEBCCBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCCAAAEDAACB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC ABCAAEBDACBA ACBBAEADACBA ABCAAEBDACBA ABCAAEBDACBA ABCBAEADACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 414 434 473 499 500 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	

ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
15	2-Opt	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCCBBDA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAA CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEAEDCBA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB AABCBEDAACBA ACBBAEADACBA ABCBAEADACBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 426 434 473 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.8889 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	
16	2-Opt	API	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCCBBDA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAAEDAAABC BAAEDCCBAAA CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEAEDCBA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BAACEBDAACB ACBBAEADACBA ABCAEDAABCBA ACBAEBDAACBA ABCAEDABACBA ABCAEABDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 474 499 551 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.2222 5.8889	
17	2-Opt	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAAACB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAA CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEAEDCBA BCAAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ABCAEDAABCBA ACBAEBDAACBA ABCAEABDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 474 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	
18	2-Opt	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEDCCBBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAA CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB BAACBAEDAACB ACBAEDAABBCA ABCAEDAABBCA BAACDEBAACAB ACBAAEBDACBA ABCAEABDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 384 387 414 434 435 436 493 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.2222 9.0556 8.7222 8.3889 8.2222 7.8889 7.7222 6.8889 6.5556	

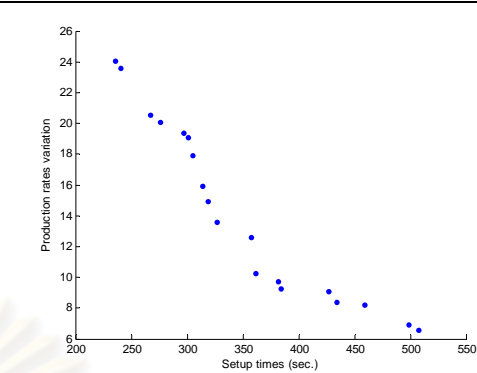
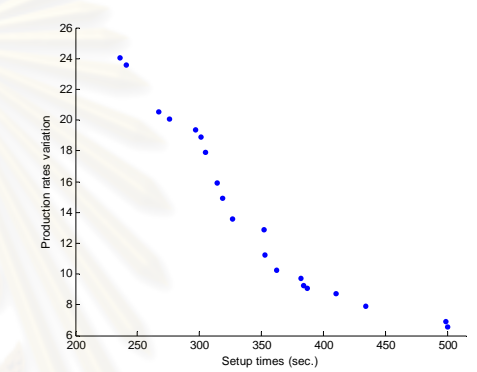
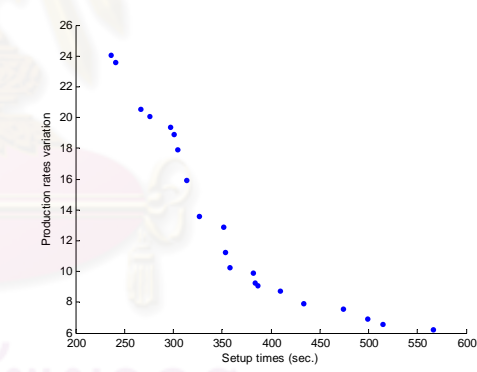
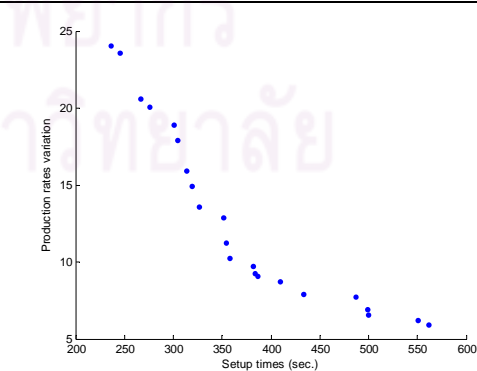
ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
19	2-Opt	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBBAEAEDAABC CAAEBDAAABC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBA BCAAEBDAAACB BAACEDBAAACB ACBBAEDAACBA BAACEDABCAAB ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 354 358 382 384 432 434 464 473 500 575	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 11.2222 10.2222 9.8889 9.2222 8.7222 8.5556 7.8889 7.5556 6.5556 6.2222	
20	2-Opt	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBBAEAEDAABC BCAAEDCAABB BAAEDCCBAAA CAABBEDAAABC CBAAEDCBBAA ABCBAEDCBBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB AABCBEDAACBA ACBBAEDABCA ABCBAEDABCA BAACBDEAACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 345 352 358 382 383 384 387 426 435 436 507 513	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 19.0556 17.8889 15.8889 14.8889 14.2222 14.0556 12.8889 12.5556 11.5556 10.0556 9.2222 9.0556 8.7222 8.2222 7.8889 7.7222 6.8889	
21	2-Opt	IP	AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAA CBAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACBEDAAACB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA	241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 473 499 508 551	23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
22	3-Opt	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAAEBBCCBDA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAA CBAAEBBDAAC CAABBEDAAABC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACBEDAAACB BAACBEDAAACB ACBBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ABCBAEDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 415 434 499 500 575	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556 6.2222	

ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
23	3-Opt	API	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCBBBCAAA CBBDAAAAEEBC AADEBBCCBAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBDAEAEBBAAC CAABBDEAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ABCBAAEDACBA ACBAEBDAACBA ABCAEBDAACBA ABCAEABDACBA	236 241 267 276 289 297 301 305 314 319 327 352 353 362 382 384 387 410 434 473 499 500 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.2222 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 12.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 5.8889	
24	3-Opt	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEAEDAACB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEADCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACDEBAAACB ACBBAEADACBA ABCAEDAABCBA ACBAAEBDACBA ABCDEBAACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 415 434 474 499 513	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	
25	3-Opt	3-Opt	AAACCCBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEAEDAACB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEADCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ABCBAEADACBA ACBAAEBDACBA ABCAABEDACBA ABCBAEADACBA	241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 504 551	23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
26	3-Opt	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBDAAEBCBAA BAACBEDAAACB ABCDAAEBCBAA ACBBAEADACBA ABCAEDAABCBA ABCABDAEBCA ACBADEBAACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 384 387 431 434 474 501 512	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.5556 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 7.2222 6.8889	

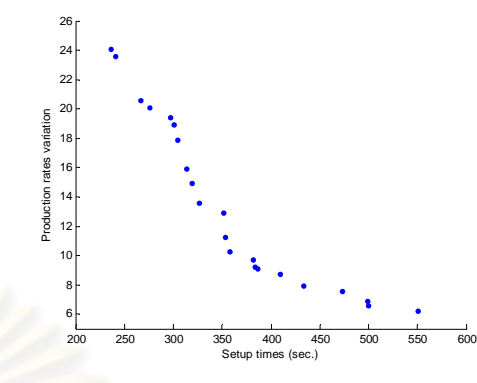
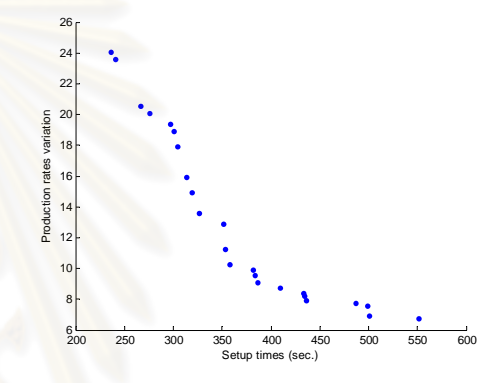
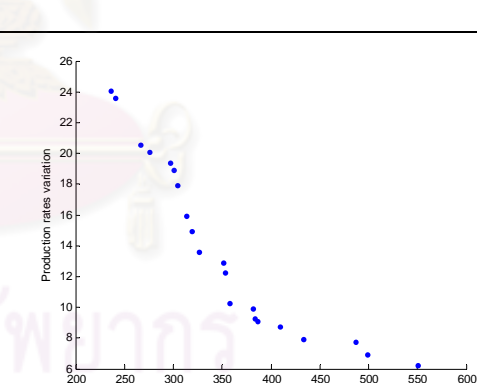
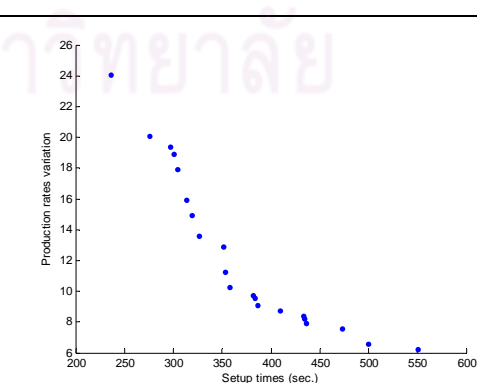
ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
27	3-Opt	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAAEBBCCBDAA AAACBBBEDCAA AAEBDDCCBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAEAEDAABC CAAABBEDAABC CAABBDEAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB AABCBEDAABCA BAACBAEDAACB ACBBAEDAACB ACBAEBDAACBA ABCAABDEACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 358 362 382 384 427 434 459 499 508	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 19.0556 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.5556 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.3889 8.2222 6.8889 6.5556	
28	3-Opt	IP	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDDCCBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAAC CAABBDEAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ACBAAEBDACBA ABCAAEBDACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 362 382 384 387 410 434 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 6.8889 6.5556	
29	Or-Opt	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDDCCBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAAC CAABBDEAAABC ACBBAEAEDCBA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ABCAEDAABCBA ACBAEBDAACBA ABCAEBAADCBA ACBAEBADACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 327 352 353 358 382 384 387 410 434 474 499 515 566	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.8889 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
30	Or-Opt	API	AAEDCCBBBAAA AAAEBBCCBDAA AAEDCCBBBAAA AAAEBBCCBDAA AAEBDDCCBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAEAEDAABC BAAEDCCBAAAB CAAEBDDAAABC CAABBDEAAABC ACBBAEAEDCBA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA BACAAEBDCAAB ACBAAEBDACBA ABCAEADACBA ABCAEADACBA ABCAEADACBA	236 246 267 276 301 305 314 319 327 352 354 358 382 384 387 410 434 487 499 500 551 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.7222 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	

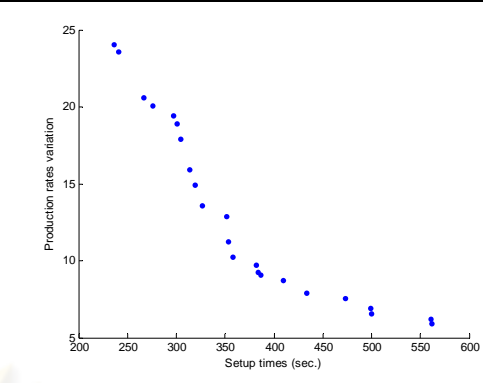
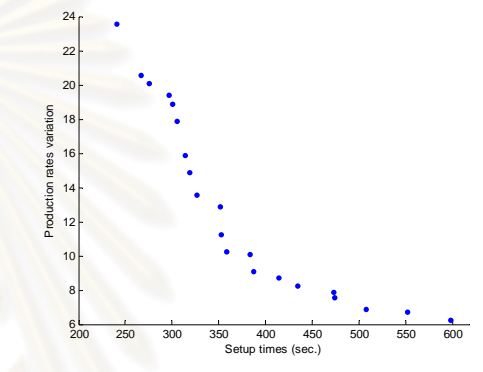
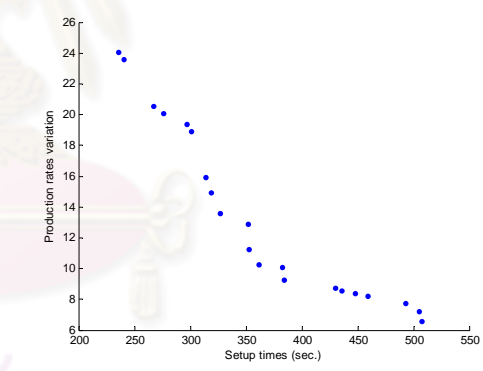
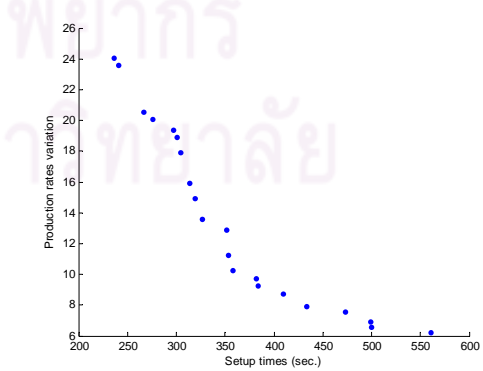
ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
31	Or-Opt	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BBCAAEDAACB CBAAEDAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBDAAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACEBDAACB ACBBAEDACBA ABCBAEADACBA ACBAEBDAACB ABCAEBDAACBA	236 241 267 276 297 301 305 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 473 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	
32	Or-Opt	3-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAEDAACB CBBAAEEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBDAAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACEBDAACB ACBBAEDACBA ABCBAEADACBA ACBDAEABACBA ABCAEBDAACBA ABCBAEADACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 473 499 500 582	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 7.2222 6.5556 6.2222	
33	Or-Opt	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAACBB CBBAAEEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBDAAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BCAAAEEDBAAAB BAACBAEDAAACB ABCAEDAABBCA ABCAEDAACBBA ACBAABDEABCA ABCAABDEABCA ABCAEBAADCBA ABCDAEABACBA ABCADBAEACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 405 434 436 474 508 509 515 575 598	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.3889 7.8889 7.5556 7.2222 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
34	Or-Opt	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCBBBCAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAACBB CBBAAEEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBDAAAC ACBBAEDCBAA ABCAEADCBBA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BAACEBDAACB ACBBAEDACBA ACBDAEABBCA ACBDAEABACBA ACBBAEDACBA ABCADBAEACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 382 383 384 412 434 459 499 503 508 676	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.3889 10.0556 9.2222 8.7222 8.5556 8.2222 7.5556 7.2222 6.8889 6.2222	

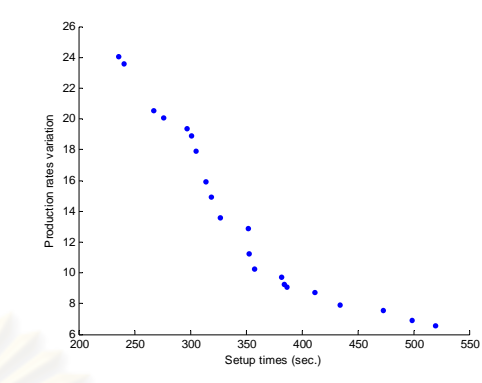
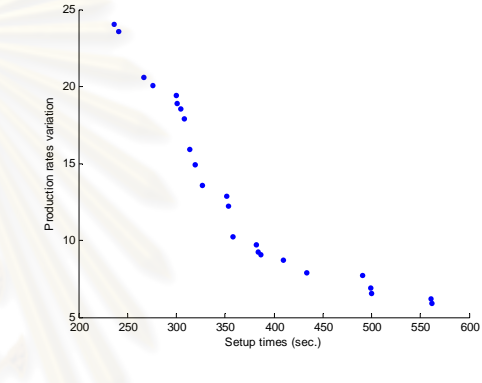
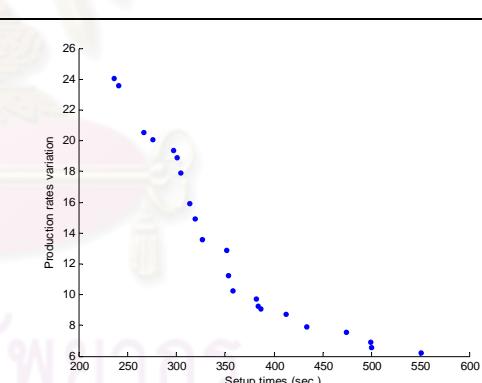
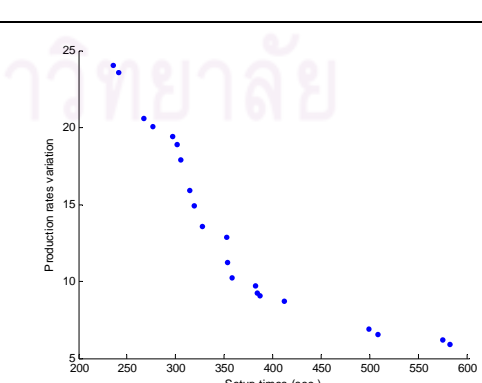
ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
35	Or-Opt	IP	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEEDACBA ABCBAEEDACBA ACBAEEDACBA ABCBAEEDACBA 551	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222	
36	Double-bridge	PI	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEEDCBAA ACBDAEEDBCCA BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB BAACBAEEDACB ACBAEEDABBCA ABCAEEDABBCA BACAAEBDCAAB ACBDAEEDACBA ABCAEEDABCA ABCAEEDABCA 552	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 435 436 487 499 501 552	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.8889 9.5556 9.0556 8.7222 8.3889 8.2222 7.8889 7.7222 7.5556 6.8889 6.7222	
37	Double-bridge	API	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAAB CBDAEEDBAAAC CAABBEDAAABC ACBBAEEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEEDACBA BACAAEBDCAAB ACBBAEEDACBA ABCAEEDABACBA 551	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 487 499 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 12.2222 10.2222 9.8889 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.7222 6.8889 6.2222	
38	Double-bridge	2-Opt	AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEDAACB CBBAEEDAAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEEDCBAA ACBDAEEDBCCA BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB BAACBAEEDACB ACBAEEDABBCA ABCAEEDABBCA ABCBAEEDACBA ABCBAEEDACBA ABCBAEEDACBA 551	236 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 435 436 473 500 551	24.0556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.5556 9.0556 8.7222 8.3889 8.2222 7.8889 7.5556 6.5556 6.2222	

ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
39	Double-bridge	3-Opt	AAEDCCBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAAEBCCBDDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAA CBAAAEBDDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAAACB BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEDACBA ABCBAEADACBA ACBBAEADACBA ABCBAEADACBA ACBAEADACBA ABCBAEADACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 410 434 473 499 500 561 562	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556 6.2222 5.8889	
40	Double-bridge	Or-Opt	AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAAEBCCBDDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAA CBAAAEBDDAAC CAABBEDAAABC ABCBAEADCBAA BAACBEDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ACBAEADACBA ABCBAEADACBA ABCBAEADACBA ABCBAEADACBA ABCBAEADACBA ABCBAEADACBA ABCBAEADACBA ABCBAEADACBA	241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 383 387 414 435 473 474 508 552 598	23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 10.0556 9.0556 8.7222 8.2222 7.8889 7.5556 6.8889 6.7222 6.2222	
41	Double-bridge	Double-bridge	AAEDCCBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAEBCCBDDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAA CBAAAEBDDAAC CAABBEDAAABC ABCBAEADCBAA BCAAAEBDCAAB AABCBDDEACBA ABCBAEADCBAA ABCBAEADCBAA ACBADEAABBCA BAACDEBAACAB ABCABEDAABCA ABCBAEADACBA	236 241 267 276 297 301 314 319 327 352 353 362 383 384 430 436 448 459 493 505 508	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 10.0556 9.2222 8.7222 8.5556 8.3889 8.2222 7.7222 7.2222 6.5556	
42	Double-bridge	IP	AAEDCCBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCCBBCAA AAEBCCBDDAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AABEDCCBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAAACBB CBAAEDAAABBC BAAEDCCBAAA CBAAAEBDDAAC CAABBEDAAABC ACBBAEADCBAA BCAAEBDAAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ABCBAEADACBA ACBBAEADACBA ABCBAEADACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 410 434 473 499 500	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 8.7222 7.8889 7.5556 6.8889 6.5556	

ตารางที่ ง.2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
43	IP	PI	AAEDCCBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBCAA	267	20.5556	
			AAEBCCBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAACBB	319	14.8889	
			CBAAEDAAABBC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BAACBEDAAACB	412	8.7222	
ACBBAEDACBA	434	7.8889				
ABCBAEDACBA	473	7.5556				
ACBAEBDAAACB	499	6.8889				
ABCAEDBAACBA	520	6.5556				
44	IP	API	AAEDCCBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBCAA	267	20.5556	
			AAEBCCBDDAAA	276	20.0556	
			AAEDCCBBCAA	300	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAABBEDCCBAA	305	18.5556	
			AAABCCDEBAA	308	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BCAAEDAACBB	319	14.8889	
			CBAAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBDAEAEBBAAAC	353	12.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
BCAAAEBDCAAB	410	8.7222				
ACBBAEDACBA	434	7.8889				
BACAAEBDCAAB	491	7.7222				
ACBAEBDAAACB	499	6.8889				
ABCAEBDAAACB	500	6.5556				
ACBAEABDCAAB	561	6.2222				
ABCAEABDCAAB	562	5.8889				
45	IP	2-Opt	AAEDCCBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBCAA	267	20.5556	
			AAEBCCBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAAEDAACB	319	14.8889	
			CBAAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BAACBEDAAACB	412	8.7222	
ACBBAEDACBA	434	7.8889				
ABCAEDAACBA	474	7.5556				
ACBAEBDAAACB	499	6.8889				
ABCAEBDAAACB	500	6.5556				
ABCBAEDACBA	551	6.2222				
46	IP	3-Opt	AAEDCCBBAAA	236	24.0556	
			AAACCCBBEDAA	241	23.5556	
			AAEDCCBBCAA	267	20.5556	
			AAEBCCBDDAAA	276	20.0556	
			AAACBBBEDCAA	297	19.3889	
			AAEBDCCBBAAA	301	18.8889	
			AAEDCCBBAAA	305	17.8889	
			BAAEDCCAAABB	314	15.8889	
			BBCAAAEDAACB	319	14.8889	
			CBAAAEDAABC	327	13.5556	
			BAAEDCCBAAAB	352	12.8889	
			CBAAAEBDDAAC	353	11.2222	
			CAABBEDAAABC	358	10.2222	
			ACBBAEDCBAA	382	9.7222	
			BCAAEBDAAACB	384	9.2222	
			BAACBEDAAACB	387	9.0556	
			BAACBEDAAACB	412	8.7222	
ACBBAEDACBA	499	6.8889				
ABCBAEDACBA	508	6.5556				
ABCDAEABACBA	575	6.2222				
ABCDAEABACBA	582	5.8889				

ตารางที่ 2 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
47	IP	Or-Opt	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEDCCBBBAAA BAAEDCCAAABB BCCAEDAACB CBBAEDAABC BCAAEDCAABB BAAEDCCBAAAB BAAACCBEDAAB CBAAAEDBBAAC ACBAAAEDCBA ACBDAAEBCAA BAACBEDAAACB BAACEBDAAACB BAACBAEDAACB ACBBAAEACBA ACBAAEDACBA ABCAEBDACBA ABCAEBADACBA	236 241 267 276 297 301 305 314 319 327 345 352 357 366 382 384 387 412 434 458 499 500 567	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 15.5556 14.2222 14.0556 12.8889 12.7222 10.2222 9.8889 9.5556 9.0556 8.7222 8.3889 7.8889 6.8889 6.5556 5.8889	
48	IP	Double-bridge	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AACDEBBBAAA AAEBDCCBBAAA AAEDCCBBBAAA BAAEDCCAAABB BCCAEDAACB CBBAEDAABC BAAEDCCBAAAB CAAEEDDAABC ACBBAEDCBAA AACBBDAAEBCA BCAAABDEAACB BCAAABDECAAB ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBBAEDACBA ABCBAEDACBA ACBAEDBACBA ABCAEDABACBA	236 241 267 276 300 301 305 314 319 327 352 354 382 384 392 421 434 473 507 513 551	24.0556 23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 9.7222 9.5556 9.2222 8.7222 7.8889 7.5556 7.2222 6.5556 6.2222	
49	IP	IP	AAACCCBBEDAA AAEDCCBBBAAA AAEBCCBBDAAA AAACBBBEDCAA AAEBDCCBBAAA AAEDCCBBBAAA BAAEDCCAAABB BCAAEDAACB CBBAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEDBBAAC CAABBEDAABC ACBBAEDCBAA BCAAEBDAACB BAACBEDAAACB BAACEBDAAACB ACBBAEDACBA BAACDEBAACB ACBAEDBACBA ABCAEBDACBA ACBADABEACBA	241 267 276 297 301 305 314 319 327 352 353 358 382 384 387 412 434 493 499 500 581	23.5556 20.5556 20.0556 19.3889 18.8889 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 9.0556 8.7222 7.8889 7.7222 6.8889 6.5556 6.2222	

1.2 ปัญหาการทดลองที่ 1.2 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 4:3:2:2:1

1.2.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ 3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAEDDCBBBAA AACCCBBEDDAA AACCCBBDDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DAACCCBBAAED DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABBEDDAABC DAABBCCEAABD BCAAEBDDAACB ACBBAEDDACBA ACBBDAAEDCBA ABCEDAABBCDA ADCBBAAEDCBA ACBDEAABDCBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 367 384 434 443 456 458 516	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 8.8056 8.6389 7.9722 7.4722	
2	PI	API	AAEDDCBBBAA AACCCBBEDDAA AACCCBBDDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DACCBBBAAED AACCCBBEDDCAA AAEBDDCCBBAA DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC BCAAEBDDAACB ACBAEDDABBCA ABCAEDDABBCA ABCEDAACBBDA ABCEDAABBCDA ADCBBAAECBDA ACBDEBAACBDA ABCEDAABDCBA ACBDAEABCBD ABCDAEABCBD ACBDAEABCBD ABCDAEABCBD	236 241 245 267 276 288 297 301 305 319 327 358 362 384 435 436 447 456 472 506 511 545 554 560 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 21.9722 21.1389 19.4722 18.1389 15.6389 14.3056 12.4722 12.3056 10.6389 10.4722 10.1389 9.4722 8.6389 8.3056 7.9722 7.8056 7.3056 6.9722 6.4722 6.1389	
3	PI	2-Opt	AAEDDCBBBAA AACCCBBEDDAA AACCCBBDDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DAACCCBBAAED DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC BCAAEBDDAACB ACBBAEDDACBA ACBBDAAEDCBA ADCBBAAEDCBA ABCDEBAACBDA ACBDEAABDCBA ACBDABEDACBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 434 443 458 515 516 564	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 8.8056 7.9722 7.6389 7.4722 6.8056	
4	PI	3-Opt	AAEDDCBBBAA AACCCBBEDDAA AACCCBBDDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DAACCCBBAAED AABEDDCBBAA BAAEDDCCAABB CAAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABBEDDAABC CBAAEDDBAAC BCAAEBDDAACB ACBBAEDDACBA ABCAEDDABBCA ABCEDAACBBDA BDAAECBEDAACB ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ACBADEABCBD	236 241 245 267 276 288 305 314 315 319 327 354 358 373 384 434 436 447 448 456 461 470 491 500 573	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 10.1389 9.4722 8.8056 8.6389 8.3056 7.9722 7.8056 7.4722 7.1389	

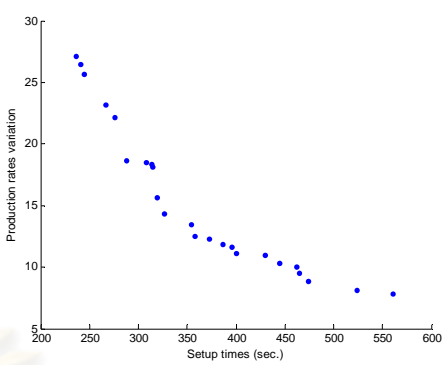
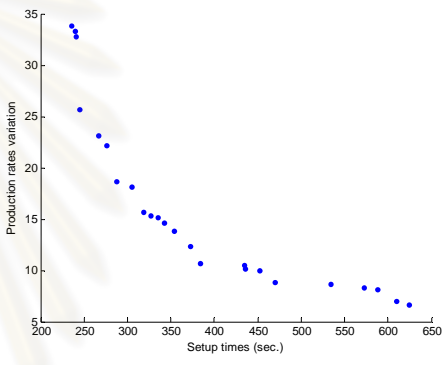
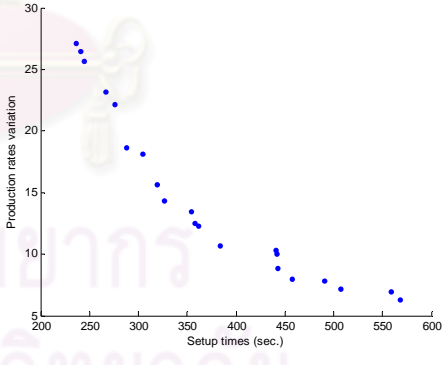
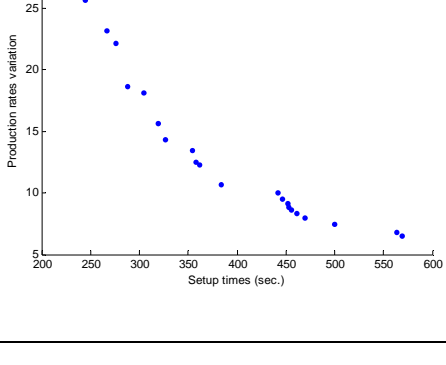
ตารางที่ 3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD DAACBBBCAAED CBBAEDDAABC DAAEBBCCAABD CBAADDEBBAAC ACBDDAAEBCA BAACBEDDAACB BCAABEDDAACB DACBBEAAACBD ACBBAEDDACBA DACBAAEBBCAD DABCAAEBBCAD DABCBAEAACBD ADCBBAAECBDA ABCDAAEBDECA DBAACEBACBAD ABDEACBDACBA ADBCBAEDACBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 366 384 387 388 398 434 451 452 484 488 516 564 568 570	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.4722 13.4722 12.4722 12.1389 11.3056 10.9722 10.8056 10.3056 9.9722 9.4722 9.3056 8.9722 8.3056 8.1389 7.9722 7.6389	
6	PI	Double-bridge	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD AABEDDCBBAA BAAEDDCCAABB DAACBBBCAAED CBAEDDAABBC BCAAEDDAABBC DEAABCCAABD DAAEBBCCAABD ACBDDAAEBCA BAAECBDDAACB BAACBDDEAABC BAACBDEDAACB BCAABDEDAACB BCDAABEAACB BCAADEABDACB DACBBAAECDBA ADBCBAACEDBA ACBDABAEBBCDA	236 241 245 267 276 288 305 314 319 327 358 362 367 384 396 430 441 442 483 520 543 568 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 15.6389 14.3056 14.1389 13.9722 12.3056 11.6389 11.3056 10.3056 9.9722 9.4722 8.9722 8.4722 8.1389 7.4722	
7	PI	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD CBAEDDAACBB CAAEBCBDDAACB CAABEDDAAABC CBAEDDDBAACB BAACBDEDAACB ACBDDAAEDCBA ADCBBAAEDCBA ACBDEAABCDBA ABCDEAABCDBA ABDCBAAEDCBA ACBDABAEDCBA ABCDABAEDCBA ABCDAEBACBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 373 384 441 443 458 491 500 507 559 568 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 8.8056 7.9722 7.8056 7.4722 7.1389 6.6389 6.3056 6.1389	
8	API	PI	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC CAAEBCBDDAACB CAABEDDAAABC DAABBCCEAABD ACBDDAAEBBCA BAACBEDDAACB BCAABEDDAACB ACBBAEDDACBA DACBBAAECBD DACBBAAECBD BCDAAEBCDAACB BCAAEDDAAACB ADCBBAAECBDA ABCDAAEBDCBA ADBCABAEDCBA ABDCABAEDCBA BACDAEBADCBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 367 384 387 392 434 445 451 453 458 472 521 596 654 661	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.3056 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 12.1389 11.3056 10.8056 10.3056 9.8056 9.4722 9.1389 8.8056 8.3056 7.3056 6.6389 6.3056 5.9722	

ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AAEBBCCDDAA	246	26.1389	
			AAECCBBDDAA	250	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAEED	288	18.6389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAABDDAEABC	354	13.8056	
			CAABDDAEABC	362	12.3056	
			ACBDDAEABCA	384	12.1389	
			ABCEDDAABCA	387	11.8056	
			BAACBDDAEACB	391	11.1389	
			BCAABDDAEACB	392	10.8056	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			ABCAEDDABBCA	436	10.1389	
			ACBDDAEEDCBA	443	8.8056	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722	
			ACBDEAABCBD	491	7.8056	
ABCDEAABCBD	500	7.4722				
ABDCBAEDCBA	507	7.1389				
ABCDAEABCBD	554	6.9722				
ACBDAEABCBD	560	6.4722				
ABCDAEABCBD	569	6.1389				
10	API	2-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAEED	288	18.6389	
			AABEDDCBBAA	305	18.4722	
			BAAEDDCCAABB	314	18.3056	
			CAAEBCBDDAAC	315	18.1389	
			DAACBBDCAEED	319	15.6389	
			CBAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBCBDDAAC	354	13.4722	
			CAABEDDAABC	358	12.4722	
			CBAEDDDBAACB	373	12.3056	
			BCAAEDDAAACB	384	10.6389	
			ACBBAEDDABCA	434	10.3056	
			ABCAEDDABBCA	436	10.1389	
			BCAABDEDAACB	442	9.9722	
			ACBDEAACBBD	452	9.1389	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
ADCBBAAECBD	472	8.3056				
ACBDEAABCBD	491	7.8056				
ABCDEAABCBD	515	7.6389				
ACBDEAABCBD	516	7.4722				
ABCDEBAADCBA	530	7.3056				
ACBDABEDACBA	564	6.8056				
ADBCAEABCBD	597	6.4722				
ADBCAEABCBD	612	6.1389				
11	API	3-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAEED	288	18.6389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			DAACBBDCAEED	319	15.6389	
			CBAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBCBDDAAC	354	13.4722	
			CAABEDDAABC	358	12.4722	
			CAABDDAEABC	362	12.3056	
			BCAAEDDAAACB	384	10.6389	
			ACBBAEDDABCA	434	10.3056	
			ACBDDAEEDCBA	443	8.8056	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
			ACBDEAABCBD	461	8.3056	
			ABCDEAABCBD	470	7.9722	
			ABDCBAEDCBA	507	7.1389	
			ABCDAEABCBD	554	6.9722	
ABCDABEDACBA	573	6.4722				
ABCDABEDACBA	606	6.1389				

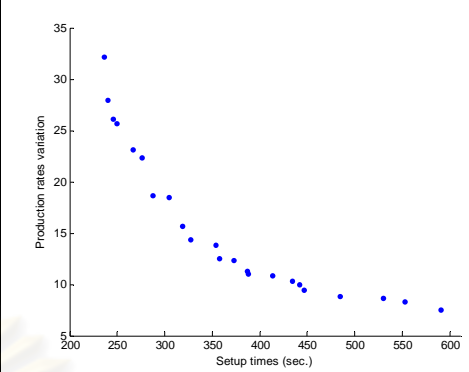
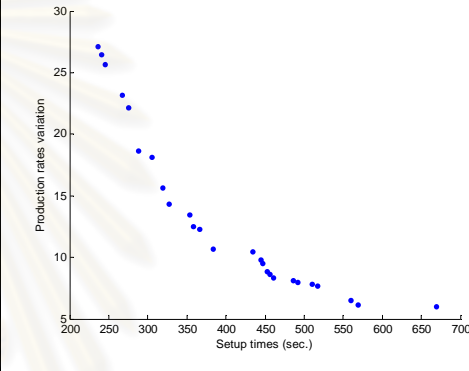
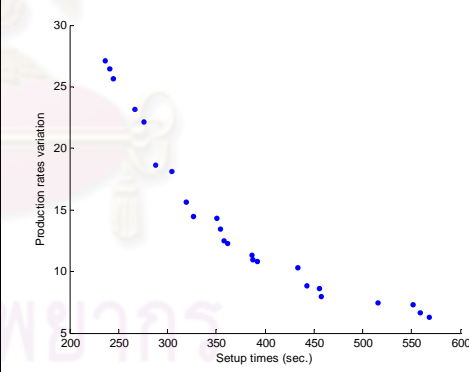
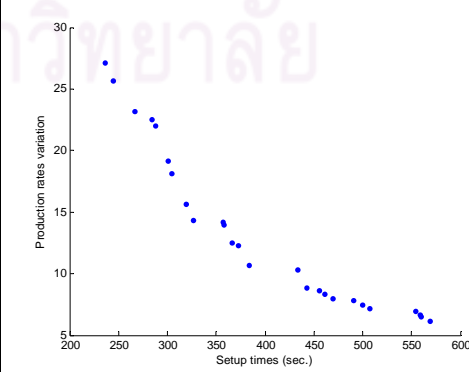
ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
12	API	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAED AABBCDDEBAA BAAEDDCAABB CAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAEDDAAABBC CAEBDDAABC CAABEDDAABC CBAEDDDBAAC ABCEDDAABBCA BAAECBDDAACB CBAABDDEAABC CBAABDDEAACB DACBBAAEACBD BCAAEBDDACAB DACBBEAACBAD ADCBBEAACBDA ABCDEBAACBDA ACBDAEBCAABD	236 241 245 267 276 288 308 314 315 319 327 354 358 373 387 396 400 430 445 462 465 474 524 561	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 11.8056 11.6389 11.1389 10.9722 10.3056 9.9722 9.4722 8.8056 8.1389 7.8056	
13	API	Double-bridge	BBAAAAEDDCB AAABBBCCEDDA AAACCBBEDDA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAED DAAEBBCCAAD DAACBBCAAED DAAEBCCBAED AACBBEDDCBAA DAAEBCCBAAD CBAEDDDBAAC CBAEDDDBAAC BCAEBDDAACB ACBAEDDABBCA ABCAEDDABBCA ABBCDAAEDCBA ACBDAEBCBDA ACBBADAEACBA ABCBADEADCBA CBAADEBACBAD ADBCEABACBDA ADBCEABADCBA	236 240 241 245 267 276 288 305 319 327 335 343 354 373 384 435 436 452 470 534 573 588 610 625	33.8056 33.3056 32.8056 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 15.3056 15.1389 14.6389 13.8056 12.3056 10.6389 10.4722 10.1389 9.9722 8.8056 8.6389 8.3056 8.1389 6.9722 6.6389	
14	API	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAED DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEDDAAABBC CAEBDDAABC CAABEDDAABC CAABDDDEAABC BCAAEBDDAACB BAACBDEDAACB BCAABDEDAACB ACBBDAEACBDA ADCBBAAEACBDA ACBDEAABCBD ABCDBAAEACBDA ABDACBAEACBDA ABCDABAEACBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 441 442 443 458 491 507 559 568	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 9.9722 8.8056 7.9722 7.8056 7.1389 6.9722 6.3056	
15	2-Opt	PI	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAED DAAEBBCCAAD DAACBBCAAED CBAEDDAAABBC CAEBDDAABC CAABEDDAABC CAABDDDEAABC BCAAEBDDAACB BCAABDEDAACB ABCEDAACBDDA ACBDEAACBDDA ACBDAEBCBDA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ACBDABEDACBA ABCDAEBDACBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 442 447 452 453 456 461 470 500 564 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 9.9722 9.4722 9.1389 8.8056 8.6389 8.3056 7.9722 7.4722 6.8056 6.4722	

ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	BBAAAAEDDCBB	236	33.8056	
			AABBCCEDDAA	240	27.9722	
			AAECCBBDDAA	250	25.6389	
			BCEDDAAAACBB	270	23.8056	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBAED	288	18.6389	
			BAAEDDCCAABB	314	18.3056	
			CAAEBCBDDAAC	315	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBCBDDAAC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CAABBDDEAACB	362	12.3056	
			BCAAEDDAACB	384	10.6389	
			ACBBAEDDACBA	434	10.3056	
			ABCAEDDABBCA	436	10.1389	
			BCAABDEDAACB	442	9.9722	
			ACBDDAAEDCBA	443	8.8056	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722	
ABDCBAAEDCBA	507	7.1389				
ABDACBAEDCBA	559	6.9722				
ACBDAEBDACBA	560	6.8056				
ABCDABEDACBA	569	6.4722				
ACBDAEBADCB	575	6.1389				
17	2-Opt	2-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDDAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBAED	288	18.6389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBCBDDAAC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			DAABCCCEAABD	367	12.3056	
			BAACBEDDAACB	387	11.3056	
			CBAEBDDAACB	392	10.9722	
			DACBBEAAACBD	398	10.8056	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			DABCEAAACBD	437	10.3056	
			DABCAEBCCAD	452	9.4722	
			CBAAEEDDAABC	466	9.1389	
			ADCBBAAEBCDA	468	8.8056	
ABCDEAAABBCDA	470	7.9722				
ACBDAEBCABDA	561	7.1389				
ABCDAEABDABCA	570	6.8056				
18	2-Opt	3-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDDAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DACCCBBAED	288	21.9722	
			AAEDCCBBDAA	297	21.1389	
			AAEBDDCCBAA	301	19.1389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBCBDDAAC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			DAABCCCEAABD	367	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ACBDDAAEDCBA	443	8.8056	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
			ACBDEAAABBCDA	461	8.3056	
			ABCDEAAABBCDA	470	7.9722	
			ACBDEAAABBCDA	491	7.8056	
ABCDEAAABBCDA	500	7.4722				
ABDCBAAEDCBA	507	7.1389				
ABCDAEADCB	568	6.3056				
ACBDAEABDABCA	575	6.1389				
19	2-Opt	Or-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDDAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBAED	288	18.6389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBCBDDAAC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CBAEEDDBAAC	373	12.3056	
			BAACBEDDAACB	387	11.3056	
			BCAAEBDDAACB	388	10.9722	
			BCAAEDDAACB	392	10.8056	
			BCAABDEDAACB	442	9.9722	
			ACBDDAAEDCBA	443	8.8056	
			ABCDEAAABBCDA	470	7.9722	
			ABCDEAAABBCAD	567	7.8056	
			ABDCBAEACBDA	570	6.9722	
ABCDAEABDABCA	574	6.8056				
ACBDAEACBDA	575	6.4722				
ABCDAEACBDA	584	6.1389				
ABCDAEACDBA	639	5.8056				

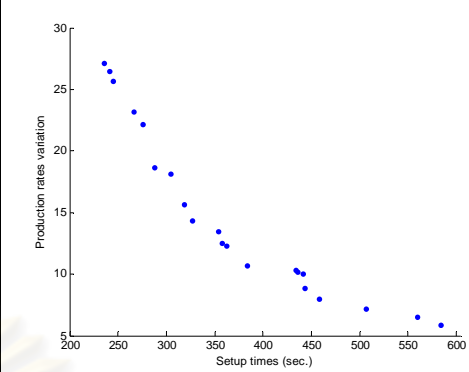
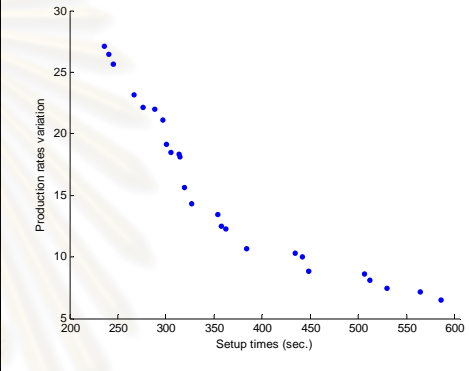
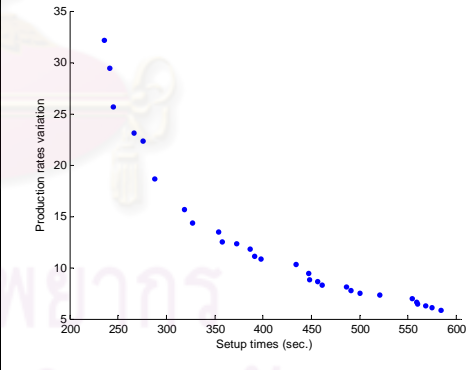
ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	AEDDCBBBAAA AABBBCCEDDAA AAEBBCCDDAA AAECCBBDDAA AAEDDCBBCAA CBDDAAAEBBC DAACCCBBAAED AABEDCCBBAA BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC CAABDDDAEBC CAABBEDDAABC BCAAEDDBAAC BAACBEDDAACB BCAABEDDAACB CBDAAAEBBDAC ACBBAAEDDACBA BCAABEDDAACB ABCEDAACBBDA BCAABEDDAACB BACDAAEBCDAB BACDEABAAACB ABDCABEDAABC	236 240 246 250 267 276 288 305 319 327 354 358 373 387 388 414 434 442 447 485 530 553 591	32.1389 27.9722 26.1389 25.6389 23.1389 22.3056 18.6389 18.4722 15.6389 14.3056 13.8056 12.4722 12.3056 11.3056 10.9722 10.8056 10.3056 9.9722 9.4722 8.8056 8.6389 8.3056 7.4722	
21	2-Opt	IP	AAEDDCBBBAA AACCCBBEDDAA AACCCBBDDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCCBBAAED DAAEBBCCAAD DAAECBBBCAAED CBAAEDDAABBC CAAEBCDDAABC CAABBEDDAABC DAABCCCEAABD BCAAEBDDAACB ACBAEDDABBCA DACBBAAEACBD ABCEDAACBBDA ACBDAAEBBCDA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCEDAABBCDA ABCEDAABBCDA ABCEDAABBCBA ABCEDAABBCBA ACBDAAEBBCBA ACBDAAEBBCBA ABCEDAABBCBA ABCEDAABBCBA ABCEDAABBCBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 367 384 435 445 447 453 456 461 486 492 511 517 560 569 670	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.4722 9.8056 9.4722 8.8056 8.6389 8.3056 8.1389 7.9722 7.8056 7.6389 6.4722 6.1389 5.9722	
22	3-Opt	PI	AAEDDCBBBAA AACCCBBEDDAA AACCCBBDDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCCBBAAED DAAEBBCCAAD DAAECBBBCAAED CBAAEDDAABBC CBBAADDEAABC CAAEBCDDAABC CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC BAACBEDDAACB BCAABEDDAACB BCAABDDEAACB ACBBAAEDDACBA ACBBDAAEBCBA ABCEDAABBCDA ADCBAAEDDCBA ACBDEAABBCBA ABDCBAEADDCBA ACBDABAEDDCBA ABCDABAEDDCBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 351 354 358 362 387 388 392 434 443 456 458 516 552 559 568	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.4722 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 11.3056 10.9722 10.8056 10.3056 8.8056 8.6389 7.9722 7.4722 7.3056 6.6389 6.3056	
23	3-Opt	API	AAEDDCBBBAA AACCCBBDDDEAA AAEDDCBBBCAA AABCCBBDDDEAA DACCBBBAAED AAEBDDCCBAA DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC BCBAEDDAACB BCAAEDDAABCB CBAADDEBBAAC CBAAEDDBAAC BCAAEDDBAACB ACBBAAEDDACBA ACBBDAAEBCBA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCBA ABCEDAABBCBA ABDCBAEADDCBA ABCEDAABBCBA ACBDABAEDDCBA ACBDABAEDDCBA ABCEDAABBCBA	236 245 267 284 288 301 305 319 327 357 358 366 373 384 434 443 456 461 470 491 500 507 554 559 560 569	27.1389 25.6389 23.1389 22.4722 21.9722 19.1389 18.1389 15.6389 14.3056 14.1389 13.9722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 8.8056 8.6389 8.3056 7.9722 7.8056 7.4722 7.1389 6.9722 6.6389 6.4722 6.1389	

ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDEEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBAAED	288	18.6389	
			DAECCBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEEDDAABC	354	13.4722	
			CAABEDDAABC	358	12.4722	
			CAABDDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ACBBAEDDACBA	434	10.3056	
			BDAACBCEDAAB	447	9.9722	
			DABCAAEBBCAD	452	9.4722	
			BCDAAEBDAACB	453	9.1389	
BCAADEBDAAACB	458	8.8056				
ACDBBAAEDCBA	498	7.9722				
ABDCBAAEDCBA	507	7.1389				
ACBDABAEDCBA	559	6.6389				
ABCDABAEDCBA	568	6.3056				
25	3-Opt	3-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDEEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBAAED	288	18.6389	
			DAECCBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			DAABCCCAAEBD	354	13.8056	
			CBAADDEBBAAC	366	12.4722	
			DAABCCCEAABD	367	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ACBBAEDDACBA	434	10.3056	
			ACBBDEAACBDA	452	9.6389	
			BCDAAEBDAACB	453	9.1389	
			BCAADEBDAAACB	458	8.8056	
ACBDEAABBCDA	461	8.3056				
BCAAEBDDACAB	536	8.1389				
BCDAAEBADACB	546	7.8056				
ABDCBAEDACBA	559	7.3056				
ABCDAAEBDACBA	569	6.4722				
26	3-Opt	Or-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDEEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBAAED	288	18.6389	
			DAECCBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			CAABDDDAEBC	354	13.8056	
			CAABEDDAABC	358	12.4722	
			CAABDDDEAABC	362	12.3056	
			ACBDDAAEBBCA	384	12.1389	
			BAACBEDDAACB	387	11.3056	
			BCAABEDDAACB	388	10.9722	
			BCAABDDDEAABC	392	10.8056	
			ACBBAEDDACBA	434	10.3056	
ABCAEDDABBCA	436	10.1389				
BDAACBCEDAAB	447	9.9722				
ABCDEAABBCDA	470	7.9722				
ACBDABAEDCBA	559	6.6389				
27	3-Opt	Double-bridge	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AAECBBBDDAA	250	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBAAED	288	18.6389	
			AABEDDCBBAA	305	18.4722	
			BAAEDDCCAAAB	314	18.3056	
			CAAECCBBDDAAC	315	18.1389	
			DAACBBBCAAED	319	15.6389	
			CBBAEEDDAABC	327	14.4722	
			CBBAADDEAABC	351	14.3056	
			DAABCCCAAEBD	354	13.8056	
			CAABDDDEAABC	362	12.3056	
			ACBDDAAEBCA	384	12.1389	
			DACEBBAAACBD	412	11.8056	
			CBDAEEDDAAC	414	11.3056	
BDAABCCEDAAB	417	11.1389				
CBAAEEDDAAC	427	10.9722				
CBAAEEDBAADC	442	10.6389				
ABBCDAAEDCBA	452	9.9722				
ACBBDAEDAACB	495	9.8056				
ACBDAEDABBCA	496	8.9722				
ACBDAEDABCBA	534	8.6389				
ABCDAAEDABCBA	543	8.3056				

ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
28	3-Opt	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBDDEAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEED DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEEDDAABBC CAAEBBDDAABC CAABBDDEAABC CAABBDDEAABC BCAAEDDAACB ACBBAEDDACBA ABCAEDDABBCA BCAABDEDAACB ACBBDAEDCBA ADCBBAAEDCBA ABDCBAAEDCBA ACBDAEBACBDA ABCDABEADCBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 434 436 442 443 458 507 560 584	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 10.1389 9.9722 8.8056 7.9722 7.1389 6.4722 5.8056	
29	Or-Opt	PI	AAEDDCBBBAA AACCBBDDEAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBAA AAEBCCBDDAA DACCBBBAAEED AACCBBDDECAA AAEBDDCCBAA AABEDDCCBAA BAAEDDCCAABB CAAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAEEDDAABBC CAAEBBDDAABC CAABBDDEAABC CAABBDDEAABC BCAAEDDAACB ACBBAEDDACBA BCAABDEDAACB BDAACBEDAACB ACBDAEACBBDA BCADAEBDAACB BACDAEBDAACB ABDACBEDACBA ABCDABEADCBDA	236 241 245 267 276 288 297 301 305 314 315 319 327 354 358 362 384 434 442 448 506 512 530 564 586	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 21.9722 21.1389 19.1389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 9.9722 8.8056 8.6389 8.1389 7.4722 7.1389 6.4722	
30	Or-Opt	API	AEDDCBBBAAA BEDDAAAACCB AACCBBDDEAA AAEDDCBBBAA CBDDAAAEBBC DAACCBBAEED AAEDDCBBBAAA BEDDAAAACCB AACCBBDDEAA AAEDDCBBBAA CBDDAAAEBBC DAACCBBAEED BCAAEDDAACBB CBAEEDDAABBC CAAEBBDDAABC CAABBDDEAABC CBAEEDDBAAC ABCEDDAABBCA BAACBDDEAACB DACBBEAAAACBD ACBBAEDDACBA ABCEDAACBBDA BDAACBEDAACB ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ABCDAABEDCBA ABCDAEABBCDA ACBDABAEDCBA ACBDAEBACBDA ABCDAEABEDCBA ACBDAEBADCBDA	236 241 245 267 276 288 236 241 245 267 276 288 319 327 354 358 373 387 391 398 434 447 448 456 461 486 491 500 521 554 559 560 568 575 584	32.1389 29.4722 25.6389 23.1389 22.3056 18.6389 32.1389 29.4722 25.6389 23.1389 22.3056 18.6389 15.6389 14.3056 13.4722 12.3056 11.8056 11.1389 10.8056 10.3056 9.4722 8.8056 8.6389 8.3056 8.1389 7.8056 7.4722 7.3056 6.9722 6.6389 6.4722 6.3056 6.1389 5.8056	

ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
31	Or-Opt	2-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBBAAED	288	18.6389	
			AAEDDCBBBAAED	305	18.4722	
			BAAEDDCCAAABB	314	18.3056	
			CAAECCBBDDAAC	315	18.1389	
			BCAAEDDAAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAAABBC	327	14.3056	
			CAAECCBBDDAAC	354	13.4722	
			CAAECCBBDDAAC	358	12.4722	
			CAAECCBBDDAAC	362	12.3056	
			ACBDAAEBBCA	384	12.1389	
			BAACBEDDAACB	387	11.3056	
			BCAAEDDAAACB	388	10.9722	
			BCAAEDDAAACB	392	10.8056	
			ACBBAEDDACA	434	10.3056	
			DACBBAAEACBD	445	9.8056	
BDAACBEDAACB	448	8.8056				
ABCDAAEBBCDA	462	8.4722				
BADACBEDAACB	515	8.1389				
BACDAEBDAAACB	530	7.4722				
ACBDEABDACBA	568	7.3056				
ABCDBAEDBCA	590	6.6389				
32	Or-Opt	3-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBBAAED	288	18.6389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAAABBC	327	14.3056	
			CAAECCBBDDAAC	354	13.4722	
			CAAECCBBDDAAC	358	12.4722	
			CAAECCBBDDAAC	362	12.3056	
			BCAAEDDAAACB	384	10.6389	
			BAACBEDDAACB	441	10.3056	
			BCAAEDDAAACB	442	9.9722	
			ABCDAACBBDA	447	9.4722	
			ACBDEAACBBDA	452	9.1389	
			ACBDAAEBBCDA	453	8.8056	
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722	
			ADBCBAAEDCBA	518	7.4722	
ACBDBAEDACBA	564	6.8056				
33	Or-Opt	Or-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DAACCCBBBAAED	288	18.6389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAAABBC	327	14.3056	
			CAAECCBBDDAAC	354	13.8056	
			CAAECCBBDDAAC	362	12.3056	
			ACBDDAAEBCA	384	12.1389	
			ABCEDDAAEBBCA	387	11.8056	
			DAACBBAAEACBD	398	11.3056	
			DCBAAAEBCAD	399	11.1389	
			BCAAEDDAAACB	404	10.8056	
			AEDCCBBAACBDA	443	10.6389	
			DCBAAEBAACBD	447	10.1389	
			DABCAAEBBCAD	452	9.4722	
			ABCDAACBBDA	461	8.8056	
ABCDAEABBDCA	487	7.9722				
ABDCBAEACBDA	570	6.9722				
34	Or-Opt	Double-bridge	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCCBBEDDAA	241	26.4722	
			AACCCBBDDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBBDDAA	276	22.1389	
			DACCCBBBAAED	288	21.9722	
			DAABBCCAAED	289	19.1389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			DAACCCBBBAAED	319	15.6389	
			CBBAEEDDAAABC	327	14.4722	
			DAAEBBCCAAED	354	13.4722	
			CBAEEDDAAABC	373	12.3056	
			BCAAEDDAAACB	384	10.6389	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			ABCAEDDABBCA	436	10.1389	
			BDAACBEDAACB	452	9.6389	
			BDAACBEAACDB	474	9.1389	
			ADCBEAABBCDA	483	8.8056	
			ABCDAEABBDCA	487	7.9722	
			ADCBBAEACBDA	576	7.4722	
BCAAEDBADCBA	589	7.3056				

ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
39	Double-bridge	3-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD DAACBBBCAAED CBAAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC BCAAEDDAACB ACBAEDDABBCA ABCAEDDABBCA BCAABDEDAACB ACBBDAEDCBA ADCBBAAEDCBA ABCEDAABDCBA ACBDEAABDCBA ACBDAEBDACBA ACBDAEBADCB ABCDAEABDCBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 435 436 442 443 458 511 516 560 575 584	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.4722 10.1389 9.9722 8.8056 7.9722 7.8056 7.4722 6.8056 6.1389 5.8056	
40	Double-bridge	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD AABEDDCBBBAA BAAEDDCCAABB CAAEBBDDAAC DAAEBBCCAED CBAAEDDAABBC CAABBDAAEBC CAABBEDDAABC ACBBDDAAEBCA ABCEDDAABBCA BCAABEDDAACB BCAABDDEAACB BCAADDBEAACB ADCBBAAEDCBA ABCDAEABCBAD	236 241 245 267 276 288 305 314 315 319 327 354 358 384 387 388 392 435 458 621	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.8056 12.4722 12.1389 11.8056 10.9722 10.8056 10.6389 7.9722 7.3056	
41	Double-bridge	Double-bridge	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD AABBCCDDEBAA BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC CAABBDAAEBC CBAADDEBBAAC BCAAEBDDAACB ACBBADDAEBCA ACBDEAACBBDA ADCBBAADEBCA ADCBEAABCBD	236 241 245 267 276 288 308 319 327 354 366 384 451 452 473 513	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 15.6389 14.3056 13.8056 12.4722 10.6389 10.4722 9.1389 8.9722 8.3056	
42	Double-bridge	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD BAAEDDCCAABB CAAEBBDDAAC DAAEBBCCAED CBAAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC BCAAEDDAACB ACBBAEDDACBA ABCAEDDABBCA ACBBDAEDCBA ADCBBAAEDCBA ACBDEAABCBD ABDCBAAEDCBA ACBDAEABCBDA ABCDAEABCBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 434 436 443 458 491 507 560 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 10.1389 8.8056 7.9722 7.8056 7.1389 6.4722 6.1389	

ตารางที่ ง.3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
43	IP	PI	AAEDDCBBBAA AACCBBDDEAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABEDDAABC CAABDDDEAABC BCAAEDDAACB DCBBAAEACBD ABCEDAACBDA ABCEDAABBCDA ABCEDAABCDA ACBDEBAACBDA ABDEACBACBDA ABDEACBADCBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 445 447 456 486 506 568 583	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 9.8056 9.4722 8.6389 8.1389 7.9722 7.6389 7.3056	
44	IP	API	AEDDCBBBAAA AACCBBDDEAA AAEDDBBCCAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAACBBCCAED CBBAEDDAABC CBBAADDEAABC DAABCCAAEBD CAABEDDAABC CAABDDDEAABC BAACBDDAACB BAACBDDAECB DBCAAAEBBCAD BAACBDEDAACB ACBDDAAEDCBA ABCEDAABBCDA ADCBAAEDCBA ACBDEAABCBDA ABCDEAABCBDA ABCDAEABCBD ABCDABAEBCBDA ACBDAEBACBDA ABCDAEABCBD ABCDAEBACBDA ABCDAEBACBDA	236 241 258 267 276 288 319 327 351 354 358 362 387 391 421 441 443 456 458 491 500 507 554 559 560 569 584	32.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 15.6389 14.4722 14.3056 13.8056 12.4722 12.3056 11.3056 11.1389 10.8056 10.3056 8.8056 8.6389 7.9722 7.8056 7.4722 7.1389 6.9722 6.6389 6.4722 6.1389 5.8056	
45	IP	2-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBDDEAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABEDDAABC CAABDDDEAABC BCAAEDDAACB ACBDDAAEDCBA ACBDEAABBCDA ACBDEBAACBDA ABCDBAAEDCBA ACBDAEABCBD ACBDAEABCBD ACBDAEABCBD ACBDAEABCBD ACBDAEABCBD	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 443 461 506 507 559	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 8.8056 8.3056 7.9722 7.1389 6.6389	
46	IP	3-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBDDEAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAEAD AABEDDCBBAA BAAEDDCCAAB CAAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC CAAEBDDAABC CAABEDDAABC ACBBAEEDCBA BCAAEBDDAACB DACBBAEACBD ABCEDAACBDA BDAACBEDAACB ADCBAAEDCBA BACDAEBDAACB ABCDAEABCBD	236 241 245 267 276 288 305 314 315 319 327 354 358 382 384 445 447 448 458 530 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 9.4722 8.8056 7.9722 7.4722 6.1389	

ตารางที่ 3 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
47	IP	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AAEBBCCDDAA AAECCBBDDAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACBBBAAED DAAEBBCCAAD DAACBBBCAAED DAABCCBBAED AACBBDDCEBAA DAAEBBCCBAAD DAAEBBCCAABD DAABCCCEAABD DAACBBCEAABD DBCAAEBBCAAD ABCEDAACBBDA CBAAEEDDAABC BDACBAEADACB BCADAEBBAACB ABDCBAEADCEBA ACBDABEACBDA	236 241 246 250 267 276 288 305 319 327 342 343 354 367 397 421 447 466 495 527 534 575	27.1389 26.4722 26.1389 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 15.1389 14.9722 14.6389 13.4722 12.3056 11.8056 11.3056 9.4722 9.1389 8.8056 8.4722 7.8056 6.4722	
48	IP	Double-bridge	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACBBBAAED DAAEBBCCAAD DAACBBBCAAED CBAAEEDDAABBC CAABDDAAEBC ACBBAEDDCBAA ACBDDAAEBCA BAACBEDDAACB BCAABEDDAACB BCAAEDDBAACB ACBBAEDDABCA DACBEBAAACBD CBAAEADABBDAC ADCBBAAEBCA ACDBBEAACBDA BCAADBAEADACB	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 382 384 387 388 404 435 452 465 473 514 532	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.8056 12.9722 12.1389 11.3056 10.9722 10.8056 10.6389 10.4722 10.3056 8.9722 8.8056 8.6389	
49	IP	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACBBBAAED DAAEBBCCAAD BCAAEEDDAACBB CBAAEEDDAABBC CAAEEDDAABC CAABEDDAABC CAABDDDEAABC BCAAEBDDAACB ACBBAEDDABCA ACBDDAAEDCBA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCEDAABBCBDA ACBDEAABBCBDA ABDCBAEADCEBA ABDACBAEADCEBA ABCDAEBACBDA ACBDABEADCEBA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 434 443 456 461 486 491 507 559 570 590	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 8.8056 8.6389 8.3056 8.1389 7.8056 7.1389 6.9722 6.8056 6.1389	

1.2.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AAEBBCCDDAA AAECBBDDAA AAEBCCBDDAA DACCBBAEED DAABBBCCAAED AABBEDDCCBAA BBAEDDCCAAB BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC BCBAEDDAACB BCAAEDDAACB CBAADDEBBAAC CBAEDDDBAAC ACBBDDAAEBCA ABCEDDAABCA BCAABEDDAACB CDAABBEDAABC ACBBEDDACA BDAABCEDAACB BDAACBEDAACB BADCEABDAACB ABCEDABADCBA	236 241 246 250 276 288 289 305 314 319 327 357 358 366 373 384 387 388 427 434 447 448 550 578	27.1389 26.4722 26.1389 25.6389 22.1389 21.9722 19.1389 18.8056 18.6389 15.6389 14.3056 14.1389 13.9722 12.4722 12.3056 12.1389 11.8056 10.9722 10.6389 10.3056 9.9722 8.8056 7.9722 6.9722	
6	PI	Double-bridge	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEED AABEDDCCBBAA CAAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC DAABBBCCAEBD CBAEDDDBAAC BCAABEDDAACB DACBBEAAACBD DACBBEAAACBD AEDCBBAAADCBA ABCDAAEBBCDA DABCAEBCAABD BCDAAEBADCAB DABCAEBACABD BADCAEBACADB ABDCAEBACADB	236 241 245 267 276 288 305 315 319 327 354 373 388 398 452 458 462 501 561 578 651 700	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.1389 15.6389 14.3056 13.8056 12.3056 10.9722 10.8056 10.4722 10.3056 8.4722 8.1389 7.8056 7.4722 6.8056 6.6389	
7	PI	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEED DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC CAAEBBDDAACB CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC BCAAEBDDAACB ACBAEDDABBCA ABCEDAACBBDA ACBDEAACBBDA ACBDAAEBBCDA ABCEDAABBCDA ADCBBAEEDCBA ACBDEAACBBDA ABCDAAEBBCBA ABCDAEABBCDA ACBDAEABBCDA ACBDEABACBDA ABCDAEABACBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 435 447 452 453 456 458 491 517 524 545 568 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.4722 9.4722 9.1389 8.8056 8.6389 7.9722 7.8056 7.6389 7.4722 7.3056 6.9722 6.1389	

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
8	API	PI	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAED	288	18.6389	
			DAEBBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAABDDAAEBC	354	13.8056	
			CAABDDAAEBC	362	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ACBDAABBCEDA	447	10.3056	
			DACBAAEBBCAD	451	9.9722	
			DABCAAEBBCAD	452	9.4722	
			ACBDAAEBBCDA	453	8.8056	
			ABCDAAEBBCDA	462	8.4722	
			ABCDAAEBCBDA	492	7.9722	
			ABCDAAEBCBDA	517	7.6389	
			ABDCBAAECBDA	521	7.4722	
ACBDAEBDACBA	560	6.8056				
ABCDABEDACBA	595	6.6389				
ABCDABEDACBA	606	6.1389				
9	API	API	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			CBEDDAAAABBC	280	22.4722	
			DAACCBBAED	288	18.6389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			AACBBDDEBCAA	330	15.4722	
			AACBBDDECBAA	335	15.1389	
			AACBBDDECBAA	342	14.9722	
			CBAADDEAABBC	351	14.4722	
			CAABDDAAEBC	362	12.3056	
			ABCEDDAABBCA	387	11.8056	
			DACBBEAAACBD	398	10.8056	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			ACBBDAAEDCBA	443	8.8056	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
			ACBDEAABBCDA	461	8.3056	
			ABCDEAABBCDA	470	7.9722	
			ABCDEAABBCDA	500	7.4722	
			ABDCBAAEDCBA	507	7.1389	
ABCDABEDACBA	554	6.9722				
ACBDABAEBCBA	559	6.6389				
ACBDABAEBCBA	560	6.4722				
ABCDABAEBCBA	568	6.3056				
ABCDABAEBCBA	569	6.1389				
ABCDABAEBCBA	624	5.8056				
10	API	2-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAED	288	18.6389	
			DAEBBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBCDDAACB	354	13.4722	
			CAABDDAAEBC	358	12.4722	
			CBAAEDDBAAC	373	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ACBBAEDDACBA	434	10.3056	
			BCAABDEDAACB	442	9.9722	
			BCAAEDBDAACB	458	8.8056	
			ACBDAEBCBDA	483	8.3056	
			ABCDAAEBCBDA	492	7.9722	
			ABDCBAAEDCBA	507	7.1389	
			ACBDAEBDACBA	560	6.8056	
11	API	3-Opt	AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAED	288	18.6389	
			DAEBBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			BCBAEEDDAACB	357	14.1389	
			BCAAEDDAACB	358	13.9722	
			CBAADDEBBAAC	366	12.4722	
			CBAAEDDBAAC	373	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			BCAABDEDAACB	442	9.9722	
			ACBBDAAEDCBA	443	8.8056	
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722	
			ABDCBAAEDCBA	507	7.1389	
			ABCDABEDACBA	573	6.4722	

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
12	API	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBDDEAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBBAED ABEDDCBBBAA BAAEDDCCAAB CAAEBBDAAAC BCAAEDDAACBB CBAADDEBBAAC CBAEDDBBAAC BCAEBDDAACB ACBBAEDDACBA BCDAAAEBCDAB BCAAEBCDAAB ADCBEAABCBDA ACBDEAABCBDA ABCDEAACBDA ABCAEBACABD	236 241 245 267 276 288 305 314 315 319 366 373 384 434 462 467 483 491 608 652	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 9.6389 9.1389 8.8056 7.8056 7.6389 7.4722	
13	API	Double-bridge	AEDDCBBBAAA AABBBCCEDDAA AACCBBDDEAA AAEBBCCDDAA AAECBBBDDAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBBAED DAAEBBCCAAD DAACBBBAAED DAABCCBBAED AACBBDDECBAA CAEBDDAAABC BCBAEEDDAACB BCBAEDDAACB DAABCCBBAED CAABDDDEBAAC ACBBAEDDCBAA BAACBEDDAACB BCAABEDDAACB BCAABDDDEAACB DACBBAAEACBD BCAAEEDDAACB ADCBBAEDACBA ACBDABEDAACB ABDACBAEDBCA BDACABEADACB ACBDABEADACB	236 240 241 246 250 267 276 288 305 319 327 342 354 357 358 372 377 382 387 388 392 445 458 510 564 581 630 668	32.1389 27.9722 26.4722 26.1389 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 15.1389 14.9722 14.8056 14.1389 13.9722 13.6389 13.4722 12.9722 11.3056 10.9722 10.8056 10.3056 8.8056 8.1389 7.6389 7.3056 6.8056 6.3056	
14	API	IP	AACCBBDDEAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBBAED DAAEBBCCAAD DAACBBBAAED CBAEEDDAABBC CAAEBBDAAABC CAABEDDAABC CAABDDDEAACB BCAEBDDAACB ACBBAEDDACBA BDAACBEDAACB ADCBBAEDCBA ABCDEBAACBDA ABCAEBACBDA ACBDAEBADACB	241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 434 448 458 515 574 653	26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 8.8056 7.9722 7.6389 6.8056 6.3056	
15	2-Opt	PI	AAEDDCBBBAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBBAED DAAEBBCCAAD BCBAEEDDAACB CBAEEDDAABBC CAAEBBDAAABC CAABDDDEAACB BCAEBDDAACB ACBAEEDDABBCA ABCAEDDABBCA ACBBDAEDCBA ACBDEBAACBDA ABCDEBAACBDA ABCDAEBADACB	236 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 435 436 443 506 515 584	27.1389 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.4722 10.1389 8.8056 7.9722 7.6389 5.8056	

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	AEDDCBBBAAA	236	32.1389	
			AABBBCCEDDAA	240	27.9722	
			AACBBBEDDAA	241	26.4722	
			AACBBBDDEAA	245	25.6389	
			BBCAAAEDDCB	267	24.6389	
			BCEDDAAAACBB	270	23.8056	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DACCBBBAAED	288	21.9722	
			AAEDCCBBDDAA	297	21.1389	
			AABEDDCBBAA	305	18.4722	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			DAAEBBCCAABD	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			ACBBAEEDDCBA	382	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ACBAEDDABCA	435	10.4722	
			BAACBDEDAACB	441	10.3056	
			DACBBAEBCAD	451	9.4722	
			ACBDAAEBCDA	453	8.8056	
ADCBBAAEDCBA	458	7.9722				
ABCDEBAACBDA	515	7.6389				
ABDCBAEDACBA	559	7.3056				
ABDACBEDACBA	564	7.1389				
ABDACBEACBDA	575	6.8056				
ABCDABAECBDA	582	6.6389				
17	2-Opt	2-Opt	AAEDDCBBBAAA	236	27.1389	
			AACBBBEDDAA	241	26.4722	
			AACBBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBAAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACBBBAAED	288	18.6389	
			AABEDDCBBAA	305	18.4722	
			BAAEDDCCAABB	314	18.3056	
			CAAEEDDAAAC	315	18.1389	
			DAACBBBAAAED	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEEDDAAABC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CAABBDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			BAACBDEDAACB	441	10.3056	
			BCAABDEDAACB	442	9.9722	
			ACBDDAAEDCBA	443	8.8056	
			ACBDEAABBCDA	461	8.3056	
			ABDCBAAECBDA	521	7.4722	
ABDAECBADCBA	588	7.3056				
BCADABAEDCBA	627	7.1389				
ADCBAEACBDA	630	6.6389				
18	2-Opt	3-Opt	AEDDCBBBAAA	236	32.1389	
			AABBBCCEDDAA	240	27.9722	
			AACBBBEDDAA	241	26.4722	
			AACBBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBAAA	267	23.1389	
			CBDDAAAEBBC	276	22.3056	
			DACCBBBAAED	288	21.9722	
			DAABBBCCAED	289	19.1389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056	
			CAABBDAAEBC	354	13.8056	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CAABBDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			BCAABDEDAACB	442	9.9722	
			BDAACBEDAACB	448	8.8056	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
			ACBDAAEBCBDA	508	7.9722	
			ACBDAAEBDCBA	512	7.6389	
ACBDABEDABCA	565	7.1389				
19	2-Opt	Or-Opt	AAEDDCBBBAAA	236	27.1389	
			AACBBBEDDAA	241	26.4722	
			AAEBBBCCDDAA	246	26.1389	
			AAEDDBBBCCAA	258	25.6389	
			AAEDDCBBBAAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACBBBAAED	288	18.6389	
			AABEDDCBBAA	305	18.4722	
			BAAEDDCCAABB	314	18.3056	
			CAAEEDDAAAC	315	18.1389	
			DAACBBBAAAED	319	15.6389	
			CBBAEEDDAAABC	327	14.4722	
			BCBAEEDDAAABC	357	14.1389	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CAABBDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722	
			BCADEABACBDA	636	7.4722	

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AAEBBCCDDAA	246	26.1389	
			AAECCBBDDAA	250	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAEED	288	18.6389	
			AABEDDCBBAA	305	18.4722	
			BAAEDDCCAABB	314	18.3056	
			BBCAAEDDAACB	319	15.8056	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			BCBAAEDDAACB	357	14.1389	
			BCAAEDDAABCB	358	13.9722	
			ACBAEDDCBBAA	382	13.4722	
			BCAAEDDCBAA	383	12.4722	
			ACBEDDAABBCA	388	12.1389	
			CBAAEDDABBAC	404	11.4722	
			DCBAAEBBAAACD	417	11.3056	
			BCAABDDCEAAB	421	11.1389	
			CBAABDDAECB	430	10.9722	
ACBAEDDABBCA	435	10.4722				
DAABCEBCAABD	452	10.3056				
ACBBADDEACBA	458	10.1389				
DBCAAEBCAABD	470	9.4722				
ABCDAAEDBBCA	474	9.3056				
BCAADBEDAACB	485	8.8056				
ADCBBAAEDACBA	510	8.1389				
ABCDEBAADCBA	530	7.3056				
21	2-Opt	IP	AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAEED	288	18.6389	
			DAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEEDDAABC	354	13.4722	
			CAABEDDAABC	358	12.4722	
			DAABBCCEAABD	367	12.3056	
			ACBDDAAEBBCA	384	12.1389	
			BAACBEDDAACB	387	11.3056	
			BCAAEDDAACB	388	10.9722	
			ACBBAEDDACBA	434	10.3056	
			BCAAEDDAACB	442	9.9722	
			ABCEDAACBBDA	447	9.4722	
			BDAACBEDAACB	448	8.8056	
			ACBDEAABBCDA	461	8.3056	
			ABCDEAABCBD	500	7.4722	
ABCADEBACBDA	574	6.8056				
ACBDABEACBDA	575	6.4722				
ACBDABEADCBA	590	6.1389				
22	3-Opt	PI	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACCBBDDEAA	241	26.4722	
			AACCBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACCBBAEED	288	18.6389	
			DAEBBCCAAD	305	18.1389	
			DAACBBBCAAED	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEEDDAABC	354	13.4722	
			CAABEDDAABC	358	12.4722	
			CAABDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEDDAACB	384	10.6389	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			BCAABDEAACB	442	9.9722	
			DCBAAEBCAABD	448	9.8056	
			CBDAEEDAAABC	453	9.4722	
			ACBDDAAECBDA	457	9.1389	
			ACBDAEDABBCA	496	8.9722	
			ABDCAAEBBCBDA	509	7.9722	
ACBDAABEDCBA	512	7.6389				
ABDCAAEBDCBA	538	7.3056				
ACBDAEBACBDA	615	6.1389				

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
23	3-Opt	API	AAEDDCBBBAA	236	27.1389					
			AACBBBEDDAA	241	26.4722					
			AACBBBDDEAA	245	25.6389					
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389					
			AAEBCCBDDAA	276	22.3056					
			DAACCBBAEED	288	18.6389					
			DAEBBBCCAAD	305	18.1389					
			BBCAEDDAACB	319	15.8056					
			DAABCCBBAEED	327	15.1389					
			CBBAADDEAABC	351	14.3056					
			CAAEBDDAABC	354	13.4722					
			CAABDDDEAABC	362	12.3056					
			BCAAEDDDAACB	384	10.6389					
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722					
			ABCAEDDABBCA	436	10.1389					
			BCAABDEDAACB	442	9.9722					
			DACBBAAEACBD	445	9.8056					
			ABCEDAACBBDA	447	9.4722					
			BDAACBEDAACB	448	8.8056					
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389					
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722					
			ACBDAEABBCDA	515	7.8056					
			ABCDAAEBDCBA	517	7.6389					
ABCDAAEABCCDA	524	7.4722								
ACBDAEABCBDA	545	7.3056								
ABCDAAEABCBDA	554	6.9722								
ACBDAEABCBDA	560	6.4722								
ABCDAAEABCBDA	569	6.1389								
ABDCAEABCBDA	641	5.8056								
24	3-Opt	2-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389					
			AACBBBEDDAA	241	26.4722					
			AACBBBDDEAA	245	25.6389					
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389					
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389					
			DAACCBBAEED	288	18.6389					
			AABEDDCBBAA	305	18.4722					
			BAAEDDCCAAAB	314	18.3056					
			CAAEBDDAAC	315	18.1389					
			DAACBBBCAAED	319	15.6389					
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056					
			CAAEBDDAACB	354	13.4722					
			CAABEDDAABC	358	12.4722					
			CAABDDDEAABC	362	12.3056					
			BCAAEDDDAACB	384	10.6389					
			ABCAEDDABBCA	436	10.1389					
			ACBEDAACBBDA	448	9.8056					
			DACBBAAEBCAD	451	9.4722					
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389					
			ABCDAAEBCBDA	492	7.9722					
			ABCDEBAACBDA	515	7.6389					
			ABCDEBAADCBA	530	7.3056					
			25	3-Opt	3-Opt		AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
AACBBBDDEAA	245	25.6389								
AAEDDCBBBCAA	267	23.1389								
AAEBCCBDDAA	276	22.1389								
DAACCBBAEED	288	18.6389								
DAEBBBCCAAD	305	18.1389								
BBCAEDDAACB	319	15.6389								
CBAEEDDAABBC	327	14.3056								
CAABDDAACB	354	13.8056								
CAABEDDAABC	358	12.4722								
CAABDDDEAABC	362	12.3056								
BCAAEDDDAACB	384	10.6389								
ACBAEDDABBCA	435	10.4722								
ABCEDAACBBDA	447	9.4722								
ACBDEAACBBDA	452	9.1389								
ACBDAEABBCDA	453	8.8056								
ACBDEAABBCDA	461	8.3056								
ABCEDAABCBDA	486	8.1389								
ABCDAAEACBD	569	7.8056								
ABDAECBACBDA	573	7.6389								
BADACEBADACB	607	7.4722								
26	3-Opt	Or-Opt				AAEDDCBBBAA	236	27.1389		
						AACBBBEDDAA	241	26.4722		
			AACBBBDDEAA	245	25.6389					
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389					
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389					
			DACBBBAAEED	288	21.9722					
			DAABBBCCAED	289	19.1389					
			DAEBBBCCAAD	305	18.1389					
			BBCAEDDAACB	319	15.6389					
			CBAEEDDAABBC	327	14.3056					
			DAABCCAAEBD	354	13.8056					
			CBAADDEBBAAC	366	12.4722					
			ACBDDAAEBBCA	384	12.1389					
			DACBBEAAACBD	398	10.8056					
			BCAADDBEAACB	435	10.6389					
			DABCAAEBBCAD	452	9.4722					
			DABCABEAACBD	515	8.4722					
			BCAADEBCADAB	526	8.1389					
			BCAADEBACDAB	544	7.4722					
			ABCEDEBACBDA	563	7.3056					
			ABCADEBACBDA	574	6.8056					

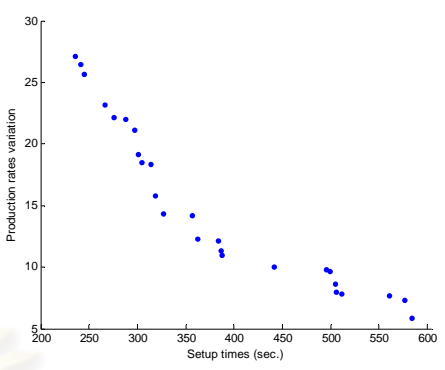
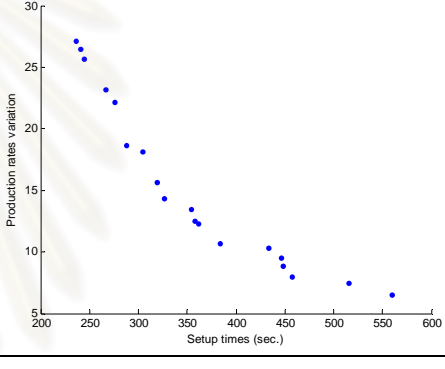
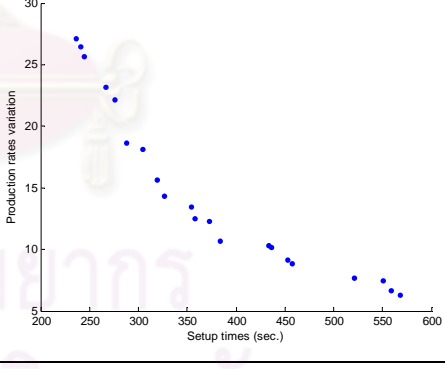
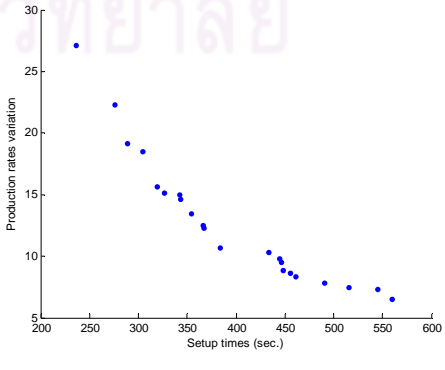
ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
27	3-Opt	Double-bridge	AAEDDCBBBAA	236	27.1389					
			AACBBBEDDAA	241	26.4722					
			AAEBBCCDDAA	246	26.1389					
			AAECCBBDDAA	250	25.6389					
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389					
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389					
			DAACBBBAAED	288	18.6389					
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389					
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389					
			AACBBDDEBCAA	330	15.4722					
			AACBBEDDCBAA	335	15.1389					
			AACBBDDECBA	342	14.9722					
			CBAADDEAABBC	351	14.4722					
			BCBAAEDDAACB	357	14.1389					
			CAABBEDDAABC	358	12.4722					
			CBAEDDDBAAC	373	12.3056					
			BAACBDDEAACB	391	11.1389					
			BCAABDDEAACB	392	10.8056					
			ACBBADDAECBA	463	10.1389					
			ABCAEDDABCBA	473	9.9722					
			ABCAEDDABCBA	474	9.8056					
			ABCABEDDABCBA	504	9.3056					
			ABCAEDDABCBA	520	9.1389					
			ACBDAEDABCBA	534	8.6389					
			ADCBAEDABCBA	595	8.4722					
			ACBADBDEACBA	604	8.3056					
			ADBCAEDABCBA	617	7.9722					
ABCEDABADACB	630	7.8056								
BADCABDEACBA	661	7.4722								
28	3-Opt	IP	AAEDDCBBBAA	236	27.1389					
			AACBBBEDDAA	241	26.4722					
			AACBBBDDEAA	245	25.6389					
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389					
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389					
			DAACBBBAAED	288	18.6389					
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389					
			DAACBBBCAAED	319	15.6389					
			CBAADDEAABBC	327	14.3056					
			CAAEBDDAABC	354	13.4722					
			CAABBEDDAABC	358	12.4722					
			CAABBDDEAABC	362	12.3056					
			BCAAEDDAACB	384	10.6389					
			ACBBAEDDABCBA	434	10.3056					
			BCAABDEDAACB	442	9.9722					
			ACBBDAEDCBA	443	8.8056					
			ACBDEAABBCDA	461	8.3056					
			ABCEAABCBD	486	8.1389					
			ABCDAAEBCBDA	492	7.9722					
			ABCEAABCBD	500	7.4722					
			DABACEBACDAB	675	7.3056					
			29	Or-Opt	PI		AACBBBEDDAA	241	26.4722	
							AACBBBDDEAA	245	25.6389	
							AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
							AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
							DAACBBBAAED	288	18.6389	
							AABEDDCBBAA	305	18.4722	
BAAEDDCCAABB	314	18.3056								
CAAEBBDAAAC	315	18.1389								
BCAAEDDAACBB	319	15.6389								
CBAADDEAABBC	327	14.3056								
CAAEBDDAABC	354	13.4722								
CAABBEDDAABC	358	12.4722								
CAABBDDEAABC	362	12.3056								
BCAAEDDAACB	384	10.6389								
ACBAEDDABBCA	435	10.4722								
ABCAEDDABBCA	436	10.1389								
BCAABDEDAACB	442	9.9722								
BDAACBEDAACB	448	8.8056								
ACBDEAABBCDA	461	8.3056								
BADACBEDAACB	515	8.1389								
ACBDAEBDACBA	560	6.8056								

ตารางที่ 4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
30	Or-Opt	API	AAEDDCBBBAA ABBBCEDDAA AACBBBEDDAA AAEDDBBBCCAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DAACCBBAEED DAAEBBBCCAAD DAACBBBCAAED AACBBDEBCAA AACBBEDDCBAA CAAEBBDDAABC CBAADDEBBAAC ACBBAAEDDCBA BCAEBDDAACB ACBBDAEDCBA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ACBDEAABCBDA ABCDEAABCBDA ABCDEAABDCBA ABCDAEABCBA ACBDABAEDCBA ACBDAEBACBDA ABCDAEBACBDA ABCDAEBACBDA ABDCAEBADCBA	236 240 241 258 267 276 288 305 319 330 335 354 366 382 384 443 456 461 470 491 500 525 554 559 560 569 601	35.8056 27.9722 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 15.4722 15.1389 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 8.8056 8.6389 8.3056 7.9722 7.8056 7.4722 7.1389 6.9722 6.6389 6.4722 6.1389 5.8056	
31	Or-Opt	2-Opt	AAEDDCBBBAA AACBBBEDDAA AACBBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DAACCBBAEED DAAEBBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABC CAAEBBDDAABC CAABEDDAABC CAABDDDEAABC BAACBEDDAACB BCAABDDAABC ACBAEDDABBCA ABCAEDDABBCA BCAABDEDAACB ACBEDAACBBDA ACBDEAACBBDA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ABCDBAEDCBA ABCDAEBACBDA ABCDAEBACBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 387 392 435 436 442 448 452 456 461 470 507 570 606	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 11.3056 10.8056 10.4722 10.1389 9.9722 9.8056 9.1389 8.6389 8.3056 7.9722 7.1389 6.8056 6.4722	
32	Or-Opt	3-Opt	AAEDDCBBBAA AACBBBEDDAA AACBBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DAACCBBAEED AABEDDCBBAA BAAEDDCCAABB CAAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABC DAABCCAAEBD CAABDDDEAABC BCAAEBDDAACB ACBBDAEDCBA ACBDEAABBCDA ABCDEAABCBDA ACBDAEABCBA ABCDEAABDCBA ADBCAEABDCBA	236 241 245 267 276 288 305 314 315 319 327 354 362 384 443 461 500 545 547 607	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.8056 12.3056 10.6389 8.8056 8.3056 7.4722 7.3056 7.1389 6.9722	
33	Or-Opt	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACBBBEDDAA AACBBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBBDDAA DAACCBBAEED DAAEBBBCCAAD DAACBBBCAAED CBAAEEDDAABC DAABCCAAEBD BCAAEDDCBAAB BCAAEBDDAACB BCDAAAEBDACB ABCEDAABBCDA ADBCEAABBCDA ABCEDAABCBDA ABCDABEDABCA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 383 384 453 456 503 541 574	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.4722 13.8056 12.4722 10.6389 10.3056 8.6389 8.3056 7.8056 6.8056	

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
34	Or-Opt	Double-bridge	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DACCBBAEAED AACBBEDDCAA AAEBDDCCBAA AAEBDDCCBAA BAAEDDCCAABB BBCAAEDDAACB CBAAEDDAABBC BCAAEDDAACB CAABDDAABC ACBDDAEBBCA BAACBEDDAACB BCAABEDDAACB BCAABDEDAACB BCAAEDDABDCB DCBAEEACBCAD ABCDAAEDABBCA ACBDEBAACBDA ABCEDAABDCBA ACBDEBAACBDA ABCDABDEACBA ABCDABDEACBA ABCDABDEACBA	236 241 245 267 276 288 297 301 305 314 319 327 357 362 384 387 388 442 496 499 505 506 511 561 577 584	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 21.9722 21.1389 19.1389 18.4722 18.3056 15.8056 14.3056 14.1389 12.3056 12.1389 11.3056 10.9722 9.9722 9.8056 9.6389 8.6389 7.9722 7.8056 7.6389 7.3056 5.8056	
35	Or-Opt	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAED DAAEBBCCAAD DAACBBBCAAED CBAAEDDAABBC CAAEEDDAABC CAABEDDAABC CAABDDAABC BCAAEDDAACB ACBBAEDDABCA ABCEDAACBDBA BDAACBEDAABC ADCBBAAEDCBA ACBDEAABDCBA ACBDAEBACBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 434 447 448 458 516 560	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 9.4722 8.8056 7.9722 7.4722 6.4722	
36	Double-bridge	PI	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAED DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAAEDDAABBC CAAEEDDAABC CAABEDDAABC BCAAEDDABAC ACBBAEDDABCA ABCAEDDABBCA BCDAEEDDAABC BCAAEDDABAC ACBDEBAADCB BCAAEDDABAC ACBDAEADCB ABCDABAEADCB	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 373 384 434 436 453 458 521 551 559 568	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.3056 10.6389 10.3056 10.1389 9.1389 8.8056 7.6389 7.4722 6.6389 6.3056	
37	Double-bridge	API	AAEDDCBBBAA AAEBBCCBDDAA DAABBBCCAED AAEBDDCCBAA BCAAEDDAACBB DAABCCBBAED AACBDDDECBAA DAAEBBCCAAD DAAEBBCCAABD CBAADDEBBAAC DAABCCCEAABD BCAAEDDAACB ACBBAEDDABCA DACBBAAEAACBD ABCEDAACBDBA BDAACBEDAABC ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ACBDEAABBCDA ACBDEAABDCBA ACBDAEABCBDA ACBDAEABCBDA	236 276 289 305 319 327 342 343 354 366 367 384 434 445 447 448 456 461 491 516 545 560	27.1389 22.3056 19.1389 18.4722 15.6389 15.1389 14.9722 14.6389 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.3056 9.8056 9.4722 8.8056 8.6389 8.3056 7.8056 7.4722 7.3056 6.4722	

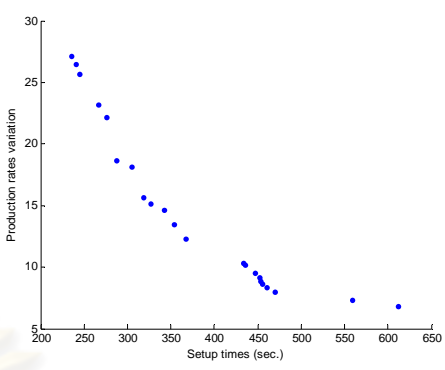
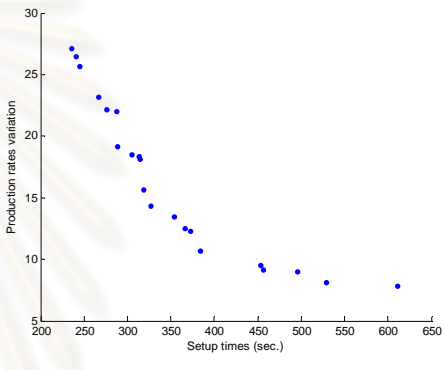
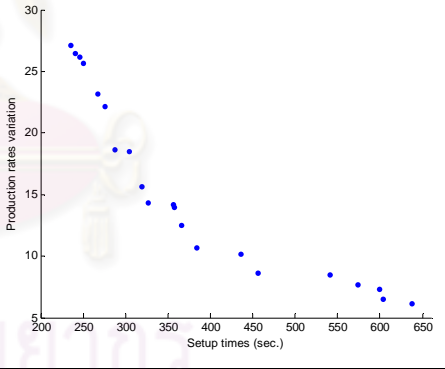
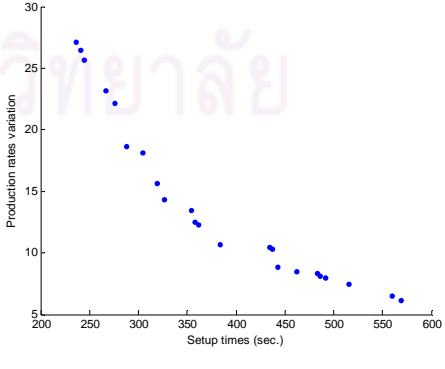
ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
38	Double-bridge	2-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAEED ABEDDCBBBAA BAAEDDCCAABB CAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAEDDAAABBC CAEBBDAAABC CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC ACBDDAAEBBCA CBAABEDDAABC DACBBAEAACBD ACBAEDDABBCA ABCAEDDABBCA ACBBDAEEDCBA BDAACBAEDACB ABCDEAABCBD ABCDAEBDACBA	236 241 245 267 276 288 305 314 315 319 327 354 358 362 384 396 398 435 436 443 495 500 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 12.1389 11.3056 10.8056 10.4722 10.1389 8.8056 8.6389 7.4722 6.4722	
39	Double-bridge	3-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAEED ABEDDCBBBAA BAAEDDCCAABB BCAAEDDAACBB CBBAEDDAABC DAABCCAAEBD CAABBEDDAABC CAABBDDEAABC BCAAEDDAACB DACBBAEAACBD BDAACBEDAACB ABCEDAABBDCA ACBDEAABBDCA ABCDAEEDCBA ADCBBAEEDCBA ABDACBEACBDA	236 241 245 267 276 288 305 314 319 327 354 358 362 384 445 448 473 478 517 536 575	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 18.3056 15.6389 14.4722 13.8056 12.4722 12.3056 10.6389 9.8056 8.8056 8.6389 8.3056 7.6389 7.4722 6.8056	
40	Double-bridge	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DAACCBBAEED DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEDDAAABBC CAEBBDAAABC CBAEDDDBAAC BCAAEDDAACB DACBBAEAACBD ACBDDAEEDBCCA CABDAAEBBDAC ACBDDAEEDCBA ADCBBAEEDACBA ACBDAEBACBDA	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 373 384 445 465 492 495 511 560	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.3056 10.6389 9.8056 9.6389 9.4722 8.9722 8.4722 6.4722	
41	Double-bridge	Double-bridge	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AEBCCBDDAA DACCBBAEED AACBBEDDCAA AEEBDDCCBAA DAAEBBCCAAD DAACBBBCAAED CBBAEDDAABC BCBAEDDAACB BCAAEDDAACB CBAADDEBBAAC ABCEDDAABBCA CBAABEDDAABC CBAABDDEAABC ACBBAEDDACA BCAAEDDAAACB ADCBBAEEDCBA BADCAEEDCBA ACBDAEEDCBA BCAAEDDAAACB	236 241 245 267 276 288 297 301 305 319 327 357 358 366 387 396 400 434 458 530 546 580 589	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 21.9722 21.1389 19.1389 18.1389 15.6389 14.4722 14.1389 13.9722 12.4722 11.8056 11.3056 11.1389 10.3056 8.8056 8.3056 7.8056 7.6389 7.4722	

ตารางที่ 4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
42	Double-bridge	IP	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACBBBEDDAA	241	26.4722	
			AACBBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACBBBAAED	288	18.6389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBDDAABC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CAABBDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEDDAACB	384	10.6389	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			ABCAEDDABBCA	436	10.1389	
			ACBDDAAEDCBA	443	8.8056	
			ABCEDAABBCDA	456	8.6389	
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722	
			ABCDDEAACBDA	515	7.6389	
			ABDCBAAECBDA	521	7.4722	
ABCDDEAACBDA	530	7.3056				
ABCDBAAEDCBA	537	7.1389				
ACBDABAEDCBA	559	6.6389				
BACDABEAEDCBA	631	6.1389				
ABCDABEAEDCBA	670	5.9722				
43	IP	PI	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACBBBEDDAA	241	26.4722	
			AACBBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACBBBAAED	288	18.6389	
			DAAEBBCCAAD	305	18.1389	
			DAACBBBCAAED	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBDDAABC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CBAAEDDBAAC	373	12.3056	
			BAACBEDDAACB	387	11.3056	
			CBAABDDEAABC	400	11.1389	
			BDAACCBEDAAB	418	10.9722	
			BAACBDEDAACB	441	10.3056	
			ACBDDAAEDCBA	443	8.8056	
			ABCDEAABBDCA	487	7.9722	
			ABDCBAAEDCBA	507	7.1389	
			ACBDABEAEDCBA	612	6.4722	
ABDCABEAEDCBA	616	5.8056				
44	IP	API	CCBBBAAAEDD	236	43.8056	
			BEDDAAAACBB	241	29.4722	
			AEEDDBBCCAA	258	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			AAACBDDDEBAA	299	21.9722	
			AAACBBBDDECAA	304	20.6389	
			AABBEDDCCBAA	305	18.8056	
			BAAEDDCCAABB	314	18.3056	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			DAABBCCAAEBD	354	13.8056	
			CAABBDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEDDAACB	384	10.6389	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			ACBDDAAEDCBA	443	8.8056	
			ADCBBAAEDCBA	458	7.9722	
			ACBDEAABCBD	491	7.8056	
			ABDCBAAEDCBA	507	7.1389	
			ABCDDEAACBDA	554	6.9722	
ACBDAEBACBDA	560	6.4722				
ABCDDEAACBDA	569	6.1389				
45	IP	2-Opt	AAEDDCBBBAA	236	27.1389	
			AACBBBEDDAA	241	26.4722	
			AACBBBDDEAA	245	25.6389	
			AAEDDCBBBCAA	267	23.1389	
			AAEBCCBDDAA	276	22.1389	
			DAACBBBAAED	288	18.6389	
			AABEDDCCBAA	305	18.4722	
			BAAEDDCCAABB	314	18.3056	
			CAAEBBDDAAC	315	18.1389	
			BCAAEDDAACBB	319	15.6389	
			CBAAEDDAABBC	327	14.3056	
			CAAEBDDAABC	354	13.4722	
			CAABBEDDAABC	358	12.4722	
			CAABBDDEAABC	362	12.3056	
			BCAAEBDDAACB	384	10.6389	
			ACBAEDDABBCA	435	10.4722	
			BAACBDEDAACB	441	10.3056	
			BDAABCEDAACB	447	9.9722	
			BDAACBEDAACB	448	8.8056	
			ABCDBAAEDCBA	482	8.4722	
ABDCBAAEDCBA	507	7.1389				
ACBDABEDACBA	564	6.8056				
ABCDDEAACBDA	637	6.6389				

ตารางที่ ง.4 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
46	IP	3-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB DAABCCBAAED DAAEBBCCBAAD DAAEBBCCAABD DAABCCCEAABD ACBBAEDDACBA ABCAEDDABBCA ABCEDAACBBDA ACBDEAACBBDA ACBDAAEBBCDA ABCEDAABBCDA ACBDEAABBCDA ABCDEAABBCDA ABDCBAEDACBA BACDABEDACAB	236 241 245 267 276 288 305 319 327 343 354 367 434 436 447 452 453 456 461 470 559 612	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 15.1389 14.6389 13.4722 12.3056 10.3056 10.1389 9.4722 9.1389 8.8056 8.6389 8.3056 7.9722 7.3056 6.8056	
47	IP	Or-Opt	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DACCBBBAAED DAAEBBCCAED AABEDDCBBAA BAAEDDCCAABB CAAEBBDDAAC BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC DAAEBBCCAABD CBAADDEBBAAC CBAEDDBBAAC BCAAEBDDAACB CBDAABEDAACB ACBDAEDABBCA BCADEAABCDAB DBAACBEACBDA	236 241 245 267 276 288 289 305 314 315 319 327 354 366 373 384 453 457 496 529 611	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 21.9722 19.1389 18.4722 18.3056 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 9.4722 9.1389 8.9722 8.1389 7.8056	
48	IP	Double-bridge	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AAEBBCCDDAA AAECBBDDBAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD AABEDDCBBAA BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC BCBAEDDAACB BCAAEDDAACB CBAADDEBBAAC BCAAEBDDAACB ABCAEDDABBCA ABCEDAABBCDA ABDCAABCDEBA ABDACEABCBD ABDCABDAECBA ABDACEBADCB ABDCABEADBCA	236 241 246 250 267 276 288 305 319 327 357 358 366 384 436 456 541 574 599 604 638	27.1389 26.4722 26.1389 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.4722 15.6389 14.3056 14.1389 13.9722 12.4722 10.6389 10.1389 8.6389 8.4722 7.6389 7.3056 6.4722 6.1389	
49	IP	IP	AAEDDCBBBAA AACCBBEDDAA AACCBBDDEAA AAEDDCBBBCAA AAEBCCBDDAA DAACCBBAEAD DAAEBBCCAAD BCAAEDDAACBB CBAEDDAABBC CAAEBBDDAACB CAABBEDDAABC CAABBDDEAACB BCAAEBDDAACB ACBAEDDABBCA DABCBEAAACBD ACBBDAAEDCBA ABCDAAEBBCDA ACBDAEBCBDA ABCEDAABCBD ABCDAEBCBDA ACBDEAABDCBA ACBDAEABCBD ABCDAEABCBD	236 241 245 267 276 288 305 319 327 354 358 362 384 435 437 443 462 483 486 492 516 560 569	27.1389 26.4722 25.6389 23.1389 22.1389 18.6389 18.1389 15.6389 14.3056 13.4722 12.4722 12.3056 10.6389 10.4722 10.3056 8.8056 8.4722 8.3056 8.1389 7.9722 7.4722 6.4722 6.1389	

ตารางที่ 5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	BBAAAEEDDCB BEEDDAAACBB DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC BCAAEEDDAACBB DEACCBBAEAD CBBAAEEDDABC DAEBBCCBAEAD EBCAADDCBBAE DEBAACBBCAED ABCEDDAEBBCA DAECBBAACBED AECBBADEBCA AECBBADECB ACBBDEAEDCBA BDEAACBCEADAB AEDCBBAECBDA BCADEBCEADAB BCAEDABDCEAB ABDCEBACDEBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 399 411 417 430 440 452 481 485 486 540 565 599	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 13.7500 12.2500 11.5833 10.9167 10.7500 10.4167 10.0833 9.9167 9.0833 8.9167 8.5833 7.4167 7.0833	
6	PI	Double-bridge	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACBB DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAEDDEBC CBBEDDAAAEBC DAAEBBCCAED DEACCBBAEAD DEAAEBBCCAED CBAADDEEABBC DAEBCCBBAEAD DEBAACCBBAEAD DAEBBCCAAEBD BCAAEBDDEACB DEACBBAACBED DAECBBAEAD DAECBBAEACBD ABEDACCBBEDA BCDAABEEDCAB ABCEDACBBDEA BCAEDBAACDEB BAEDACBCDAEB ABCEDBAECBDA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 422 425 427 439 452 483 485 527 534 575	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.7500 18.5833 17.9167 17.4167 17.0833 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 11.0833 10.9167 10.4167 10.2500 10.0833 9.0833 8.9167 8.5833 7.4167	
7	PI	IP	AEEDDCBBBAA ACCBBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCBBAEAD CBBAAEEDDABC DAEBBCCBAEAD DAEBBCCAAEBD DEBBAACBBCAED ABCEDDAEBBCA AECBDDAEBBCA ABCEDDABBCEA AEBCCDDAECBA ABCEDDABCBEA BAEDCBAEEDCB ACBEDABCBEA BCAEDABEDACB ABCEDABDEBCA BAEDCABCEDAB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 384 412 417 427 430 465 470 472 521 530 540 554	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 11.0833 10.9167 10.5833 10.0833 9.7500 9.5833 8.5833 8.2500 7.7500 7.4167 7.0833	
8	API	PI	BBAAAEEDDCB AACBBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCBBAEAD CBBAAEEDDABC DAEBBCCBAEAD DAEBBCCAAEBD ABCEDDAEBBCA BCAEBDDAAECB ABCEDDABBCEA ABCEDDABCBEA ABCEDABBCEA ABCEDABCBEA BCAEDABCBEA ABCEDABCBEA ABCEDABCBEA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 384 417 427 430 430 470 480 520 535 540 545	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 10.9167 10.5833 10.0833 9.5833 8.5833 7.9167 7.5000 7.4167 7.0833	

ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	AAEEDDCBBBA	236	34.5833	
			BCEEDDAAABB	240	33.0833	
			BBEEDDAAACB	241	32.0833	
			BCCDDAAAEBC	246	31.5833	
			BCCAAAEDEBB	265	30.0833	
			AEEDDCBBBCAA	267	29.0833	
			BCEEDDAAACBB	270	25.0833	
			CBDDAAAEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEDEBEC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			BCAEEDDAAACBB	319	18.0833	
			CBAEEDDAAABBC	327	16.7500	
			CBAEDDAAEBBC	357	14.2500	
			CAEBDDAAEBC	384	11.4167	
			ABCEDDABBCA	417	10.9167	
			AECBDDAEBCA	427	10.5833	
			ABCEDDABBCEA	430	10.0833	
			AECBADDEBCA	466	9.9167	
			ABCEDDABCBEA	470	9.5833	
			AEDCBBACBEDA	477	9.4167	
ABCEDABBCEDA	480	8.5833				
ABCEDABBCEDA	520	7.9167				
ABCEDABDEBCA	540	7.4167				
ABCEDABCDEBA	548	7.0833				
10	API	2-Opt	AAEEDDCBBBAA	236	33.0833	
			AACCBBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBBCCAAAEED	265	28.0833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEDEBEC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBBCCAAEED	319	17.5833	
			DEACCBBBAAEED	326	17.4167	
			CBBAAEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAAEED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAEED	380	12.0833	
			DAEBBCCAAEED	384	11.4167	
			DEBCAABBCEAED	412	11.0833	
			AECBDDAEBCA	427	10.5833	
			DAECBBAEBCBD	439	10.4167	
			BEDAABCCEDAB	451	10.0833	
			DAEBCBAEBCBD	465	9.7500	
			AEDCBBAEBCBA	472	8.5833	
			ABCEDABBCEDA	520	7.9167	
BCAEDABDEACB	534	7.7500				
ABCDEBAEDCBA	544	7.0833				
11	API	3-Opt	AAEEDDCBBBAA	236	33.0833	
			AACCBBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBBCCAAAEED	265	28.0833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEDEBEC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBBCCAAEED	319	17.5833	
			DEACCBBBAAEED	326	17.4167	
			CBBAAEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAAEED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAEED	380	12.0833	
			DAEBBCCAAEED	384	11.4167	
			DEBCAABBCEAED	412	11.0833	
			AECBDDAEBCA	427	10.5833	
			AECBDDAEBCA	439	10.2500	
			AECBADDEBCA	452	10.0833	
			AECBDDAEBCA	465	9.7500	
			ABCEDABBCEDA	480	8.5833	
			ADEBCBAEDCBA	525	7.9167	
ABCDEBAEDCBA	544	7.0833				
12	API	Or-Opt	AAEEDDCBBBAA	236	33.0833	
			BEEDDAAACBB	241	31.5833	
			DEBBBCCAAAEED	265	28.0833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEDEBEC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBBCCAAEED	319	17.5833	
			DEACCBBBAAEED	326	17.4167	
			CBAEEDDAAABBC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAAEED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAEED	380	12.0833	
			DAEBBCCAAEED	388	11.7500	
			DACBBEAAECBD	398	11.4167	
			DEBCAABBCEAED	412	11.0833	
			DAECBBEAAECBD	441	10.9167	
			CBAEDDBAAEBC	442	10.7500	
			ADEBBCCAEBDA	458	10.5833	
			BADEBCCAEDCB	471	10.2500	
			BAECBDAEBCD	486	9.7500	
ABCEABDDEBCA	490	9.5833				
ABCEABDDEBCA	502	9.2500				
BCDEAABEDABC	534	9.0833				
AEDCBABCEBDA	541	8.9167				
ABCDEBAAEBCB	544	8.5833				
ACBDEABCDEBA	553	7.4167				

ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	A E E D D C C B B B A A	236	33.0833	
			B E E D D A A A C C B B	241	31.5833	
			A A E D D E B B B C C A	265	30.0833	
			B C A A A E D D C B B	267	26.0833	
			B C E E D D A A A C B B	270	25.0833	
			C B D D A A A E E B B C	276	23.2500	
			C B B A A A E D D E B C	303	21.7500	
			C B E D D A A A E B B C	310	18.2500	
			B B C A A E E D D A C B	319	18.0833	
			C B B A A E E D D A B C	327	16.7500	
			C B A E D D A A E B B C	357	14.2500	
			D E B C A A A B B C E D	363	13.5833	
			C B A A E D D E B B A C	380	13.0833	
			C A E B B D D A A E B C	384	11.4167	
			C B A E B D D A A E B C	422	10.9167	
			A E C B B D D A E B C A	427	10.5833	
			A B C E D D A B B C E A	430	10.0833	
A B C E D A B B C E D A	480	8.5833				
A B C E D A B C B E D A	520	7.9167				
A B C E D A B D E B C A	540	7.4167				
A B C E D A B C D E B A	548	7.0833				
18	2-Opt	3-Opt	A E E D D C C B B B A A	236	33.0833	
			A A C C B B B E E D D A	241	31.5833	
			D E B B B C C A A A E D	265	28.0833	
			B B C A A A E E D D C B	267	25.0833	
			C B B D D A A A E E B C	276	23.2500	
			C B B A A A E D D E B C	303	21.7500	
			C B E D D A A A E B B C	310	18.2500	
			D A E B B B C C A A E D	319	17.5833	
			D E A C C B B B A A E D	326	17.4167	
			C B B A A A E E D D A B C	327	16.7500	
			D A E B C C B B A A E D	357	13.5833	
			D A E B B C C A A E B D	384	11.4167	
			B C A A E B D D E A C B	422	11.2500	
			B C A E B D D A A E C B	427	10.5833	
			B A E C B D D A A E C B	439	10.2500	
			B E D A A B C C E D A B	451	10.0833	
			D A E B C B A A E C B D	465	9.7500	
B C E D A A B C E D A B	480	8.5833				
A B C E D A B C B E D A	520	7.9167				
A B E D C B A E D C B A	541	7.0833				
19	2-Opt	Or-Opt	B A A A E E D D C C B B	236	34.5833	
			B C C E E D D A A A B B	240	33.0833	
			B E E D D A A A C C B B	241	31.5833	
			D E B B B C C A A A E D	265	28.0833	
			B C A A A E E D D C B B	267	26.0833	
			B C E E D D A A A C B B	270	25.0833	
			C B D D A A A E E B B C	276	23.2500	
			C B B A A A E D D E B C	303	21.7500	
			C B E D D A A A E B B C	310	18.2500	
			D A E B B B C C A A E D	319	17.5833	
			D E A C C B B B A A E D	326	17.4167	
			C B A E E D D A A B B C	327	16.7500	
			D A E B B C C B A A E D	357	13.7500	
			D E B C A A A B B C E D	363	13.5833	
			D E B A A C C B B A E D	380	12.0833	
			D A E B B C C A A E B D	384	11.4167	
			D A E B B C A A E B C D	423	11.2500	
D E A C B B A A C B E D	425	11.0833				
D A E B B C A A E C B D	427	10.9167				
A C E B B D D A E B C A	443	10.5833				
A E C B B D D A C E B A	455	10.2500				
A C B E D A C B B E D A	482	9.4167				
A B C E D A C B B D E A	485	9.0833				
A C E D B B A D E B C A	537	8.9167				
A D E B C B A D E B C A	540	8.2500				
A B C E D B A D E B C A	576	7.4167				
20	2-Opt	Double-bridge	A E E D D C C B B B A A	236	33.0833	
			A A C C B B B E E D D A	241	31.5833	
			D E B B B C C A A A E D	265	28.0833	
			B C A A A E E D D C B B	267	26.0833	
			C B B D D A A A E E B C	276	23.2500	
			C B A A A E D D E B B C	303	22.7500	
			A A B B E E D D C C B A	305	22.5833	
			C B E D D A A A E B B C	310	18.2500	
			D A E B B B C C A A E D	319	17.5833	
			D E A C C B B B A A E D	326	17.4167	
			C B B A A A E E D D A B C	327	16.7500	
			D A E B B C C B A A E D	357	13.7500	
			D E C B B A A A C B E D	376	13.5833	
			D E B A A C C B B A E D	380	12.0833	
			D A E B B C C A A E B D	384	11.4167	
			C B A E D D A B B E A C	449	10.7500	
			A B E D A C C B B E D A	452	10.2500	
A B C E D A C B B D E A	485	9.0833				
B A E D A C B C D A E B	534	8.5833				
A E B D C B A C B E D A	542	8.2500				
B D A E C A B C E D A B	568	7.4167				

ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	AEEDDCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBBCCAAAED BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBAAAEDDEBBC AABBEEDDCBBA CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEAD CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED DAEBBCCAAEBD DEBCAABBCAED ABCEDDAEBBCA AECBBDDAEBBCA AECBDDAEBCBA AECBDDAEBCBA ABCEDDABCBEA BAEDCBAAEEDCB BAEDCBAEADCB ABCEDABCDEBA	236 241 265 270 276 303 305 310 319 326 327 357 380 384 412 417 427 439 453 470 472 524 548	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 22.7500 22.5833 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.5833 10.2500 10.0833 9.5833 8.5833 7.4167 7.0833	
22	3-Opt	PI	AEEDDCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAEDDEBBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEAD CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DAEBBCCAAEBD DEBCAABBCAED DAEBBCAAECBD DAECBBAECBD ABEDACCBBEDA DAEBBCAAEBCD DAEBBCAAECBD BAEDCBAAEEDCB BAEDCBAEADCB BAEDCBACEDAB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 384 412 427 439 452 461 465 472 524 553	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 11.0833 10.9167 10.4167 10.2500 10.0833 9.7500 8.5833 7.4167 7.0833	
23	3-Opt	API	AEEDDCBBBAA BCCDDAAAEEBB DEBBBCCAAAED AAEBBCCEDDA CBDDAAAEEBBC CBBAAEDDEBBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEAD CBADDEEAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED DEBCAACBBAED EBDAAACBBDAE DAEBBCAACBED DAEBBCAAECBD ABCEDDABBCEA AEBCBADDEBCA DABCEABBCAED ABCEDABBCEDA ABCEDABCBEDA BCAEDABCEDAB BAEDCBACEDAB	236 246 265 270 276 303 310 319 326 351 357 380 411 414 418 427 430 466 479 480 520 529 553	33.0833 31.5833 28.0833 27.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.5833 11.4167 11.2500 10.9167 10.0833 9.9167 9.5833 8.5833 7.9167 7.4167 7.0833	
24	3-Opt	2-Opt	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACBB DEBBBCCAAAED BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAEDDEBBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEAD CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED DAEBBCCAAEBD DAEBBCAACBED AECBBDDAEBBCA DAECBBAECBD DAEBBCAAEBCD DAEBBCAACBED DAEBBCAAECBD BAEDCBAAEEDCB BAEDCBAEADCB ABEDCBAEEDCBA	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 384 418 427 439 453 456 465 472 524 541	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.5833 10.4167 10.2500 10.0833 9.7500 8.5833 7.4167 7.0833	

ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	AEEDCCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCBBAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED DAEBBBCCAEBD DEBCAABBCAED ABCEDDAEBBCA AECBDDAEBBCA ABCEDDABBCEA AEBCBADDEBCA ABCEDDABCBEA BEDAACBCEDAB BCEDAABCDAB BAEDCBAEDCB ABCEDABDEBCA ABCEDABDECB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 417 427 430 466 470 481 486 499 540 552	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.5833 10.0833 9.9167 9.5833 9.0833 8.9167 8.5833 7.4167 7.0833	
26	3-Opt	Or-Opt	AEEDCCBBBAA BBEEDDAAACCB AACBBBDDEEA DEBBCCAAAED BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCBBAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED DAEBBCCAACBED DAEBBCCAECBD DCAEBBAAECBD AEBCADDBCEA AEBDACBCEA BAEDCBAEDCB AEBDCABBCEA BCAEDABDCAEB	236 241 245 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 418 427 452 464 477 486 503 552	33.0833 32.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.2500 10.9167 10.7500 10.5833 10.0833 9.0833 8.9167 7.7500	
27	3-Opt	Double-bridge	BBAAAEEDDCBB BEEDDAAACCB DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC BBAAAAEEDDACB DEACCBBAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED CAEBDDAAEBC ACBEDDAEBBCA DAEBBCCAEBD CBEDAABBEDAC AEDCBBAEDCB AEBCADDEBCA BDEAACBDCAEB BCEDAABDCEAB BEDACBAEDCAB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 418 446 452 472 477 508 516 555	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.9167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.9167 10.4167 10.0833 9.9167 9.4167 8.5833 7.9167	
28	3-Opt	IP	AEEDCCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCBBAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED CAEBDDAAEBC ACBEDDAEBBCA DEACBBAACBED AECBDDAEBBCA ABCEDDABBCEA BCAEDDABCAEB BAEDCBAEDCB BAEDCBAEDACB ABEDCBAEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 418 425 427 430 466 472 524 541	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 11.0833 10.5833 10.0833 9.9167 8.5833 7.4167 7.0833	

ตารางที่ 5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	AEEDDCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBCCAAAE BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED CAEBDDAAEBC ABCEDDAEBBCA AECBDDAEBCA BEDAABCCEDAB BAEDCBAEDCB BAEDCBAEDACB BAEDCBACEDAB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 417 427 451 472 524 553	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 10.9167 10.5833 10.0833 8.5833 7.4167 7.0833	
30	Or-Opt	API	BBAAEEDDCB BBEEDDAAACCB AACBBBDDEEA DEBBCCAAAE BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC BBAAEEDDACB DEACCCBBAAED CBAAEEDDABC DAEBCCBBAED CAEBDDAAEBC ABCEDDAEBBCA BCAAEDDAECB ABCEDDABBCEA AEDCBAEDCBA BAEDCBAEDACB ABEDCBAEDCBA	236 241 245 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 384 417 427 430 472 524 541	33.0833 32.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 10.9167 10.5833 10.0833 8.5833 7.4167 7.0833	
31	Or-Opt	2-Opt	AEEDDCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBCCAAAE BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED DAEBCCCAEEDB DEBCAABBCAED ABCEDDABBCEA BEDACBAEDCB ABCEDABBCEA BEDACBAEDCB AECBDABDECBA ABCEDABDECBA ABEDCBAEDCBA	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 417 430 477 480 529 562 601 619	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.0833 9.4167 8.5833 8.2500 7.9167 7.4167 7.0833	
32	Or-Opt	3-Opt	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACCB DEBBCCAAAE BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCBBAED CAEBDDAAEBC ACBEDDAEBBCA DEACBBAACBED AECBDDAEBCA ABCEDDABBCEA BCAEDDABCAEB AEDCBAEDCBA BCAEDABCDAB BCAEDABCDAB BAEDCBADCEAB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 418 425 427 430 466 472 535 543 579	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.0833 9.4167 8.5833 8.2500 7.9167 7.4167 7.0833	

ตารางที่ 5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACBB DEBBBCCAAAED BCAAAEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEDEBEC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED DAEBBCCAAEBD DEBCAABBCAED BDAEBCCAAEDB BCAEDDBAACB BADEBCCAAEDB BCEDAABEDACB CBEDDAAABEDACB BAEDCBAEDACB ABEDCBAEDACB	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 458 463 471 481 520 525 619	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 11.0833 10.5833 10.0833 9.9167 8.5833 7.7500 7.4167 7.0833	
34	Or-Opt	Double-bridge	AAEEEDDCBBBA BCCEEDDAAABB BEEDDAAACBB BBCCAAAEDDEB BBCCAAAEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEDEBEC CBEDDAAAEBBC BBCAAEEDDACB CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED CABBEDDAAEBC EACBDDAAACE BCAAEBDDCAEB CBAEDDABBAEC AEBDACCBBEDA AEDCBBCADEBA ACBDABEEDCBA AEDCBAECBEDA ABCDABEEDCBA ACEBDABCDEA ACBDEABCDEBA	236 240 241 265 267 276 303 310 319 327 357 388 397 440 447 448 487 512 516 521 550 553	34.5833 33.0833 31.5833 29.5833 25.0833 23.2500 21.7500 18.7500 18.0833 16.7500 13.5833 12.2500 11.7500 11.2500 11.0833 10.5833 9.7500 9.5833 9.4167 9.2500 8.7500 7.4167	
35	Or-Opt	IP	AEEDDCBBBAA AACCCBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEDEBEC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED DAEBBCCAAEBD DEBCAABBCAED DAEBBCCAAECBD DEACBBAAECBD BEDAABCCEDAB BAEDCBAEEDCB BAEDCBAEDACB ABEDCBAEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 427 434 451 472 524 541	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 10.9167 10.7500 10.0833 8.5833 7.4167 7.0833	
36	Double-bridge	PI	AEEDDCBBBAA AACCCBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEDEBEC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED DAEBBCCAAEBD DEBCAABBCAED DAECBBCAEBD DAECBBAAECBD AEBDACCBBEDA BAEDCCBAEEDB BCEDAABEDACB ABCDEABCCEDA BAEDCBAEDACB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 427 430 452 456 481 494 524	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.7500 10.5833 10.0833 8.9167 8.5833 7.4167	

ตารางที่ 5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	BAAAEEDDCCBB BCCEEDDAAABB BDDEAAAACCB DEBBBCCAAAED BBCAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAEEDDEB AABBEEEDCCBA CBEDDAAAEBBC BCAEEDDAACBB DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAAED DEBAACCCBAED DAEBBCCAAEBD DAEBBCCAACBED AECBBDDAEBCA ABEDACCCBBEDA BACEDDBAAECB AEDCBBDAECBA CBDEAABDEABC BCAEDABAEDCB BCAEDABDECAB ABDECABEDCBA	236 240 245 265 267 276 303 305 310 319 326 327 357 380 384 418 427 452 475 486 499 525 563 579	34.5833 33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 22.7500 22.5833 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.5833 10.2500 10.0833 9.7500 9.2500 8.9167 7.4167 7.0833	
38	Double-bridge	2-Opt	AEEDDCCBBBAA AACCBBBEEEDDA DEBBBCCAAAED BBCAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBBAAAEEDDABC DAEBCCBBAAED DEBAACCCBAED DAEBBCCAABED ABCEDDAEBBCA ABCEDDABBCEA BAEDCBAAEEDCB ACBEDABCBEDA BAEDCBAEDACB ABCEDABEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 388 417 430 472 521 524 545	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.7500 10.9167 10.0833 8.5833 8.2500 7.4167 7.0833	
39	Double-bridge	3-Opt	AEEDDCCBBBAA BEEDDAAACCBB DEBBBCCAAAED BBCAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC CBAEEDDAEBBC DEBCAAABBCED CBAAEEDDEBBAC DAEBBCCAAEBD ABCEDDAEBBCA ABCEDDABBCEA ABCEDDABCBEA AEDCBBAAEDCBA ABCEDABCBEDA BCAEDABDEACB ABCEDABCDEBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 363 380 384 417 430 470 472 520 534 548	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 14.2500 13.5833 13.0833 11.4167 10.9167 10.0833 9.5833 8.5833 7.9167 7.7500 7.0833	
40	Double-bridge	Or-Opt	AEEDDCCBBBAA BEEDDAAACCBB BCCAAAEEDDEBB BCAAAEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC BBCAAAEEDDACB DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC CBAEEDDAEBBC DEAABBCBAED DCEAABBBCAED CABBEDDEAABC DCBAAEEBBCAD DEBCCAABBCEA ABCEDDABCBEA CBAEDDBAAEBC BEDAABCCEDAB ABCEDACBBEDA BDACBEAEDACB DABECBAEDAB ABEDCACBEDAB DBAECBACEDAB	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 365 388 396 399 412 431 442 451 481 540 608 624 652	33.0833 31.5833 30.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 14.2500 13.9167 13.5833 13.0833 11.7500 11.0833 10.9167 10.7500 10.0833 9.0833 8.9167 8.7500 8.2500 7.5833	

ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	AEEDDCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC BBAAAAEEDDCB DEAACBBBAED CBBAEEEDDABC DAEBBCCBAAED DEBAAAABBCED DEBAACCBBAED DAEBBCCAAEBD BCAAEBDEACB DABEBCCAEBD BDCAAEEBDACB ADEBBCCADEBA BACEDDBAAECB DABCEAEBBCAD ADECBBACBEDA ADECBBACEBDA ACBDEBADEBCA DABCEABDECAB ADBCEBACEDAB ABECDBACEDBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 363 380 384 422 453 470 471 475 495 504 529 550 641 658 660	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.9167 16.7500 13.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.9167 10.5833 10.2500 10.0833 9.7500 9.4167 8.9167 7.7500 7.5833 7.4167 7.0833	
42	Double-bridge	IP	AEEDDCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAED CBAEEDDAABBC DAEBBCCBAAED DAEBBCCAAEBD ABCEDDAEBBCA BCAAEBDDAAECB ABCEDDABBCEA BCAAEDDABCAEB ABCEDDABCBEA BAEDCBAAEEDCB ACBEDABCBEDA BAEDCBAEDACB ABEDCBAEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 384 417 427 430 466 470 472 521 524 541	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 10.9167 10.5833 10.0833 9.9167 9.5833 8.5833 8.2500 7.4167 7.0833	
43	IP	PI	AEEDDCBBBAA AACBBBEEDDA DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAAEDDEBC CBAAAAEDDEBBC AABBEEDDCBBA CBEDDAAAEBBC BCAAEDDAACBB DEACCBBAED CBAEEDDAABBC DAEBBCCBAAED CAEBDDAAEBC ABCEDDAEBBCA BCAAEBDDAAECB ABCEDDABBCEA BAEDCBAAEEDCB ACBDEBAECBDA ABCEDABCBEA	236 241 265 267 276 303 305 310 319 326 327 357 384 417 427 430 472 549 556	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 22.7500 22.5833 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 10.9167 10.5833 10.0833 8.5833 7.7500 7.4167	
44	IP	API	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACBB BCCAAAEEDDEBB BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAED CBAEEDDAABBC DAEBBCCBAAED DEBAACCBBAED CAEBDDAAEBC DEBAAAABBCAED CBAEBDDAAEBC BCEAABDDEACB DAEBBCCBAAED ACBEDDABCBEA BAEDCBAAEEDCB BAEDCBAEDACB ABCEDABCBEA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 422 435 466 471 472 524 545	33.0833 31.5833 30.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.4167 10.0833 9.9167 8.5833 7.4167 7.0833	

ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	AEEDCCBBBAA AACCBBEEDDA DEBBCCAAAEED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC BCAAEEDDAACBB DEACCBBAEED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAEED CAEBDDDAEBC DEBCAABBCAED CBAEBDDAEBC DAECBBAACBED BCEAABDDEACB BEDAACCBEDAB DAEBCCABBCAED AEDCBBAEDCBA AEDBCBAEDCBA AEBDCBAEDCBA ABEDCBAEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 422 430 435 452 466 472 532 537 541	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.7500 10.4167 10.2500 10.0833 8.5833 7.9167 7.4167 7.0833	
46	IP	3-Opt	AEEDCCBBBAA AACCBBEEDDA DEBBCCAAAEED BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAEED DEACCBBAEED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAEED DAEBBCCAAEBD DAEBBCCAAEBD CBAEBDDAEBC AECBDDAEBCA AECBDDAEBCA BEDAABCCEDAB AEBCBADDEBCA BAEDCBAAEEDCB ABCEDABCBEDA BCAEDABCDAEB ABCEDABCDEBA	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 384 418 422 427 439 451 466 472 520 535 548	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.9167 10.5833 10.2500 10.0833 9.9167 8.5833 7.9167 7.7500 7.0833	
47	IP	Or-Opt	BBAAEEDDCBB BEEDDAAACBB DEBBCCAAAEED BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAEED DEACCBBAEED CBBAEEEDDABC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAEED DAEBBCCAAEBD DEBCAABBCAED ABCEDDAEBBCA DBCEAABBCAED BCAAEDDBAACB DAEBBCCAEBCAD AEDCBABBCEDEA DAEBBCCAEBCAD AEBCCDABBCEDEA ACBDEBDAECBA ABCEDABDECB	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 417 448 463 482 490 494 500 549 552	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 10.9167 10.7500 10.4167 10.2500 10.0833 9.7500 8.9167 8.5833 7.0833	
48	IP	Double-bridge	DCCBBBAAAEED BCCEEDDAAABB AACCBBEEDDA DEBBCCAAAEED BBAAAEEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBCCAAEED DEACCBBAEED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAEED DAEBBCCAAEBD DACBBEAAACBED AEBBCADDECBA BCAAEBDDAACB ABEDACCBBEDA ABCDEEABBCDA BEDACBAAEDCB BAEDCBAAEDEB BEADCBAAEEDCB BAEDCBAADAEB EDABCABCDEBA	236 240 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 432 440 443 452 470 477 487 503 541 597	34.0833 33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.9167 10.5833 10.2500 10.0833 9.4167 9.0833 8.9167 8.5833 8.4167	

ตารางที่ ง.5 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	AEEDDCCBBBAA	236	33.0833	
			AACBBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBBCCAAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBBCCAAED	319	17.5833	
			DEACCBBAEED	326	17.4167	
			CBBAEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAEED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			DAEBBCCAAEBD	384	11.4167	
			ABCEDDAEBBCA	417	10.9167	
			AECBDDAEBCA	427	10.5833	
			ABCEDDABCEA	430	10.0833	
			ABCEDDABCBEA	470	9.5833	
			BCEDDABCEDAB	480	8.5833	
			ABCEDABCDEA	524	7.9167	
			ABCEDABDEBCA	540	7.4167	
ABCEDABCDEBA	548	7.0833				

1.3.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AACBBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBBCCAAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBBCCAAED	319	17.5833	
			DEACCBBAEED	326	17.4167	
			CBBAEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAEED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			DAEBBCCAAEBD	384	11.4167	
			DEBCAABBCAED	412	11.0833	
			DAEBBCCAAECBD	427	10.9167	
			DAECBBAECBD	439	10.4167	
			DAEBCABBCEAED	466	10.0833	
			BAEDCBAAEEDCB	472	8.5833	
			ABCEDABCDEA	524	7.9167	
			BCAEDABCEDAB	529	7.4167	
			BACEDABCEDAB	557	7.0833	
2	PI	API	AEEDDCCBBBAA	236	33.0833	
			BEEDDAAACCB	241	31.5833	
			DEBBBCCAAAED	265	28.0833	
			BCAAAEEEDDCBB	267	26.0833	
			BCEEDDAAACBB	270	25.0833	
			CBEEEDAAABBC	280	23.7500	
			CBAAAEEDDEBCC	303	22.7500	
			ABCCDDEEBBAA	308	22.5833	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			BBCAAEEDDACB	319	18.0833	
			CBAAEEDDABBC	327	16.7500	
			CBAAEEDDABBC	357	14.2500	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			DAEBBCCAAEBD	384	11.4167	
			CBAAEBDDAEBC	422	10.9167	
			BCAAEBDDAEBC	427	10.5833	
			BAECBDDAAECB	439	10.2500	
			BEDAABCCEDAB	451	10.0833	
			BAEDCBAAEEDCB	472	8.5833	
			ABCEDABCBEDA	520	7.9167	
BCAEDABCEDAB	529	7.4167				
ABCEDABCDEBA	548	7.0833				

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
3	PI	2-Opt	AEEDDCCBBBAA	236	33.0833	
			AACBBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBCCAAAED	265	28.0833	
			BCEEDDAAACBB	270	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			AABBEEDDCCBA	305	22.5833	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAAED	319	17.5833	
			DEACBBBAAED	326	17.4167	
			CBAEEDDAABBC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			EACBDDAABCE	397	11.7500	
			DEBCCAACBBAED	411	11.5833	
			CBDAAEEBBDAC	414	11.4167	
			ACBEDDAEBBCA	418	11.2500	
			DEACBBAACBED	425	11.0833	
			DAECBBAACBED	430	10.7500	
			ACEBDDAEBCA	443	10.5833	
			DEBCCAACBBAED	450	10.4167	
ACEBDDAEBCA	455	10.2500				
DAEBCBAACBED	456	10.0833				
AEDCBAEDCBA	472	8.5833				
BCAEDABCDAEB	535	7.7500				
ABCEDABCEDBA	545	7.4167				
ABCEDABCEDBA	548	7.0833				
4	PI	3-Opt	BBAAEEDDCCB	236	33.0833	
			BEEDDAAACCB	241	31.5833	
			DEBBCCAAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBBEEDDAAABC	280	24.7500	
			CBDDDEAAABBC	284	23.7500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBBEDDAAAEBC	310	18.7500	
			DAEBBCCAAED	319	17.5833	
			CBBAEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAED	357	13.7500	
			DEBCCAABBCED	363	13.5833	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			DAEBBCCAAEBD	384	11.4167	
			ABCEDDABEBCA	417	10.9167	
			AECBDDAEBCA	427	10.5833	
			BCEAABDDEACB	435	10.4167	
			AECBBAADDECB	452	10.0833	
			AEBBCBADDEBCA	466	9.9167	
			BAEDCBAAEEDCB	472	8.5833	
AEBDCBAEDCBA	537	7.4167				
ABCEDABEDCBA	545	7.0833				
5	PI	Or-Opt	AEEDDCCBBBAA	236	33.0833	
			AACBBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBCCAAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			CBAEEDDAABBC	327	16.7500	
			CBAEEDDAEBBC	357	14.2500	
			DEBCCAABBCED	363	13.5833	
			DAEBBCCAAEBD	388	11.7500	
			ABCEDDABEBCA	417	10.9167	
			DEACBBAAEBCD	434	10.7500	
			BCEAADDBEACB	478	10.5833	
			AEDCBAADDEBC	487	10.2500	
			BCDEAACBDAEB	491	10.0833	
			AECBDDAEBCDA	500	9.4167	
			DAECBBAECBAD	506	9.2500	
			BACDEBDAEBCB	519	9.0833	
			ADCEBBADEBCA	532	8.9167	
ACBDEBACBEDA	540	8.2500				
BACDEBADAEB	612	8.0833				
BACEDABCEDBA	642	7.0833				
6	PI	Double-bridge	AEEDDCCBBBAA	236	33.0833	
			AACBBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBCCAAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAAED	319	17.5833	
			CBAEEDDAABBC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAED	357	13.5833	
			DAEBCCBBAED	388	13.4167	
			DAECBBAACED	390	13.2500	
			EACBDDAABCE	398	11.4167	
			DAECBBAABBCED	429	11.2500	
			DAEBBCCAAEBD	446	10.9167	
			AEBDACCBBEDA	448	10.5833	
			BAEDCCBAEDCB	456	10.0833	
			BAEDCBAEDCB	472	8.5833	
			ABCEDABCEDBA	520	7.9167	
			BACEDABDEACB	562	7.4167	
BACEDABCEDBA	642	7.0833				

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
7	PI	IP	AEEDDCBBBAA	236	33.0833	
			BEEDDAAACBB	241	31.5833	
			DEBBCCAAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEEDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAED	319	17.5833	
			CBBAEEEDDABC	327	16.7500	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			DAEBBCCAEBD	384	11.4167	
			DEBCAABBCAED	412	11.0833	
			DAEBBCCAECBD	427	10.9167	
			DAECBBAECBD	439	10.4167	
			BAEDCCBADEB	456	10.0833	
			AEDCBAEDCBA	472	8.5833	
			AEDBCBAEDCBA	532	7.9167	
AEBCBAEDCBA	537	7.4167				
ABEDCBAEDCBA	568	7.0833				
8	API	PI	BBAAAEEDDCBB	236	33.0833	
			AACCBBEEDDA	241	31.5833	
			DEBBCCAAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEEDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			BBCAAEEEDDACB	319	18.0833	
			DEAACCBBAED	326	17.9167	
			CBAAEEDDAAEBC	357	14.2500	
			DEBCAAABBCED	363	13.5833	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			CAEBDDAAEBC	384	11.4167	
			DEBCAABBCAED	412	11.0833	
			DAECBBAACBED	430	10.7500	
			AECBDDACBEA	441	10.5833	
			BCAEDDBAAECB	447	10.4167	
AEDBBCCADEBA	478	10.2500				
ABCEDABBCEDA	480	8.5833				
ACBEDABDEBCA	541	7.7500				
ABCEDABCEBDA	545	7.4167				
ABCDEABDECB	566	7.0833				
9	API	API	BAAAEEDDCBB	236	34.5833	
			BCCEEDDAAABB	240	33.0833	
			BEEDDAAACBB	241	31.5833	
			DEBBCCAAAED	265	28.0833	
			BCAAAEEDDCBB	267	26.0833	
			BCEEDDAAACBB	270	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAED	319	17.5833	
			DEACCBBAED	326	17.4167	
			CBBAEEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			DAEBBCCAEBD	384	11.4167	
			DEBCAABBCAED	412	11.0833	
			ABCEDDAEBBCA	417	10.9167	
AECBDDAAEBCA	427	10.5833				
ABCEDDABBCEA	430	10.0833				
AEDCBAACBEDA	477	9.4167				
BCEDAABEDACB	481	8.9167				
ABCEDABBEDCA	507	8.5833				
BAEDCBAEDACB	524	7.4167				
ABEDCBAEDCBA	541	7.0833				
10	API	2-Opt	AEEDDCBBBAA	236	33.0833	
			AACCBBEEDDA	241	31.5833	
			BBCAAAEDDEB	265	29.5833	
			BBCAAAEEEDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			BBCAAEEEDDACB	319	18.0833	
			DEAACCBBAED	326	17.9167	
			CBBAEEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAED	357	13.5833	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			EACBDDAAABCE	397	11.7500	
			EACBDDAAACBE	398	11.4167	
			ABCEDDAEBBCA	417	10.9167	
			ABCEDDABBCEA	430	10.0833	
			BAEDCBAEDACB	482	9.9167	
BCEDAABDEACB	485	8.9167				
ABCEDABBDECA	514	8.5833				
BAEDACBCEADAB	528	8.2500				
BCAEDBAEDACB	539	7.7500				
ABCEDABEDCBA	545	7.0833				

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
11	API	3-Opt	AEEDDCCBBBAA BEEDDAAACCB DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBBDDAAAEBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBBAEEEDDABC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAED DAEBBCCAAEBD ABCEDDAEBBCA AECBDDAEBCA ACBEDDABBCEA AECBBADDECBA BAEDCBAEEDCB ABCEDAEBDCBA ABEDCABDECBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 417 427 431 452 472 541 579	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 10.9167 10.5833 10.4167 10.0833 8.5833 8.2500 7.0833	
12	API	Or-Opt	AEEDDCCBBBAA BEEDDAAACCB DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBBDDAAAEBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBC BBAAAEEEDDABC DEACCBBAEED CBAEEDDAAEBC CBAEDDAAEBC DEABCCBBAEED CBAEEDDEBBAC DEABCCAAEBED BCAAEEDDEACB ACBBEDDAECBA BCEAABDEACB DAEBCCAACBED BAEDCBAEEDCB DAEBCCBAEACB EACBDABEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 365 380 396 422 430 435 456 472 588 604	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 14.2500 13.9167 13.0833 12.0833 11.2500 11.0833 10.4167 10.0833 8.5833 8.4167 8.0833	
13	API	Double-bridge	DCCBBBAAEED BCCEEDDAAABB AACCBBEEDDA DEBBBCCAAAED BCAAAEEEDDCB BCEEDDAAACBB CBEEEDDAAEBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBC DAEBBCCAAED CBBAEEEDDABC DAEBCCBBAEED DAEBCCAAEBD DAEBBCCAECBD DACEBBAACBED AECBBADDECBA AEDCBAEACBDA BADCEBAEEDCB BCADBEAEDACB ABDCEBAEDCBA	236 240 241 265 267 270 280 303 310 319 327 357 384 427 446 452 486 517 539 566	34.0833 33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.7500 21.7500 18.7500 17.5833 16.7500 13.5833 11.4167 10.9167 10.7500 10.0833 8.9167 8.5833 7.7500 7.0833	
14	API	IP	AEEDDCCBBBAA AACCBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBAAAEEEDDCB CBBDDAAAEBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBBAEEEDDABC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAEED CAEBDDAAEBC ABCEDDAEBBCA BCAEBDDAAECB AECBDDAEBCA AEBCCDDAEBCA AEBCCDDAEBCA AEDCBAEBCDA ABCEDACBBDEA BAEDCBAEEDCB BCAEDABCEDAB ABCEDABEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 417 427 439 453 465 482 485 499 529 545	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 10.9167 10.5833 10.2500 10.0833 9.7500 9.4167 9.0833 8.5833 7.4167 7.0833	

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
15	2-Opt	PI	A E E D D C C B B B A A	236	33.0833	
			A A C C B B B E E D D A	241	31.5833	
			D E B B B C C A A A E D	265	28.0833	
			B C A A A E E D D C B B	267	26.0833	
			B C E E D D A A A C B B	270	25.0833	
			C B B D D A A A E E B C	276	23.2500	
			C B B A A A E D D E B C	303	21.7500	
			C B E D D A A A E B B C	310	18.2500	
			D A E B B C C A A E D	319	17.5833	
			D E A C C B B B A A E D	326	17.4167	
			C B B A A E E D D A B C	327	16.7500	
			D A E B C C B B A A E D	357	13.5833	
			C A E B B D D A A E B C	384	11.4167	
			D E A C B B A A C B E D	425	11.0833	
			D A E C B B A A E B C D	435	10.7500	
			B C A E D D B A A E C B	447	10.4167	
			B E D A A C C B E D A B	452	10.2500	
			A B C E D D A B B E C A	460	10.0833	
			B C A E D D A B C A E B	466	9.9167	
			A E D C B B A E D C B A	472	8.5833	
B C A E D A B E D A C B	530	7.7500				
B D A E C B A C E D A B	567	7.4167				
B A D E C B A C E D A B	580	7.0833				
16	2-Opt	API	A E E D D C C B B B A A	236	33.0833	
			A A C C B B B E E D D A	241	31.5833	
			D E B B B C C A A A E D	265	28.0833	
			B B C E E D D A A A C B	270	26.0833	
			C B B E E D D A A A B C	280	24.7500	
			C B B A A A D E E B C	289	23.7500	
			E A A C C B B B D D A E	299	23.2500	
			A A B B E E D D C C B A	305	22.5833	
			C B B E D D A A A E B C	310	18.7500	
			D A E B B C C A A E D	319	17.5833	
			D E A C C B B B A A E D	326	17.4167	
			C B A E E D D A A B B C	327	16.7500	
			D A E B C C B B A A E D	357	13.5833	
			D E B A A C C B B A E D	380	12.0833	
			D A C B B E E A A C B D	398	11.4167	
			D E B C A A B B C A E D	412	11.0833	
			B C A E B D D A A E C B	427	10.5833	
			D A E C B B A A E C B D	439	10.4167	
			A B E D A C C B B E D A	452	10.2500	
			B A E D C C B A A D E B	456	10.0833	
B C A E D D A B C A E B	466	9.9167				
A B C E D D A B C B E A	470	9.5833				
B C A E D B A A E D C B	494	8.9167				
B A E D C B C A E D A B	525	8.2500				
B C A E D A B C E D A B	529	7.4167				
B A E D C B A C E D A B	553	7.0833				
17	2-Opt	2-Opt	A E E D D C C B B B A A	236	33.0833	
			A A C C B B B E E D D A	241	31.5833	
			D E B B B C C A A A E D	265	28.0833	
			B C A A A E E D D C B B	267	26.0833	
			B C E E D D A A A C B B	270	25.0833	
			C B D D A A A E E B B C	276	23.2500	
			C B A A A E D E B B C	303	22.7500	
			A B E E D D C C B B A A	305	22.5833	
			C B E D D A A A E B B C	310	18.2500	
			D A E B B C C A A E D	319	17.5833	
			D E A C C B B B A A E D	326	17.4167	
			C B A E E D D A A B B C	327	16.7500	
			D A E B C C B B A A E D	357	13.5833	
			D E B A A C C B B A E D	380	12.0833	
			D A E B B C C A A E B D	384	11.4167	
			D E B C A A B B C A E D	412	11.0833	
			C B A E B D D A A E B C	422	10.9167	
			A B C E D D A B B C E A	430	10.0833	
			A E D C B B A E D C B A	472	8.5833	
			A B C E D A B C B E D A	520	7.9167	
B C A E D A B C E D A B	529	7.4167				
A B C E D A B C D E B A	548	7.0833				
18	2-Opt	3-Opt	B B A A A E E D C C B B	236	33.0833	
			B E E D D A A A C C B B	241	31.5833	
			D E B B B C C A A A E D	265	28.0833	
			B B C A A A E E D D C B	267	25.0833	
			C B B D D A A A E E B C	276	23.2500	
			C B B A A A E D D E B C	303	21.7500	
			C B E D D A A A E B B C	310	18.2500	
			D A E B B C C A A E D	319	17.5833	
			D E A C C B B B A A E D	326	17.4167	
			C B B A A E E D D A B C	327	16.7500	
			D E B A A C C B B A E D	380	12.0833	
			D A E B B C C A A E B D	384	11.4167	
			D E B C A A B B C A E D	412	11.0833	
			A B C E D D A E B B C A	417	10.9167	
			D A E C B B A A C B E D	430	10.7500	
			D A E C B B A A E C B D	439	10.4167	
			B A E D C C B A A D E B	456	10.0833	
			A B C E D D A B C B E A	470	9.5833	
			B C E D A A B E D A C B	481	8.9167	
			B A E D C B A A D E C B	499	8.5833	
B C A E D A B C D A E B	535	7.7500				
A B C E D A B D E B C A	540	7.4167				
A B C E D A B C E D B A	565	7.0833				

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
19	2-Opt	Or-Opt	AEEDDCBBBAA AACCBBBEEDDA DEBBBCCAAAED BCAAEEEDDCBB CBBDDAAAEBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAAED DEACCBBBAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DAEBBCCAAEBD BCEAABDDEACB BCEAABDDCEAB ACBEDABBCEDA BAEDACBCDAEB ABCEDABDEBCA ABCDEABEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 384 435 466 481 534 540 559	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 10.4167 10.0833 8.9167 8.5833 7.4167 7.0833	
20	2-Opt	Double-bridge	AEEDDCBBBAA AACCBBBEEDDA DEBBBCCAAAED BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBBDDAAAEBC ABEEDDCCBBA BBCEDDAAECB BCAAEEEDDCBB CBBAAEEDDABC CBAEDDAAEBBC DEBAAAABBCED DEBAACCBBAED ACBEDDAEBBCA DCAEBBAACBED DACEBBAACBED CBDEAABBEDAC DEABCBAACBD BCAEDBAAEBE ADECBBAECBDA ADEBCACBDEBA AEBBCDACDEBA ABEDCBCADEBA ABEDCBADBCEA BADCEBAECDAB	236 241 265 267 270 276 305 310 313 319 327 357 363 380 418 443 446 456 473 509 513 535 545 556 592 617	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 22.5833 21.5833 20.0833 18.0833 16.7500 14.2500 13.5833 12.0833 11.2500 11.0833 10.7500 10.4167 10.0833 9.4167 8.9167 8.7500 8.5833 8.2500 7.9167 7.0833	
21	2-Opt	IP	AEEDDCBBBAA AACCBBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBCAAEEEDDCB CBDDAAAEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAAED DEACCBBBAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAAAABBCED DEBAACCBBAED CAEBDDAAEBC DEBAAAABBCAED ABCEDDAEBBCA AECBDDAEBCA AECBDDAEBCA BEDAABCCEDAB AEBCBDDAEBCA ABCEDDABCBEA AEDCBACBEDA BEDAACBCEBDA AEDCBBADEBCA AEDCBBADEBCA ABCEDABCDEBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 363 380 384 412 417 427 439 451 465 470 477 481 487 499 548	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.5833 10.2500 10.0833 9.7500 9.5833 9.4167 9.0833 8.9167 8.5833 7.0833	
22	3-Opt	PI	BEEDDAAACBB DEBBBCCAAAED BBCAAEEEDDCB CBDDAAAEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAAAABBCED DEABCCAAEBD EACBDDAACBE ABCEDDAEBBCA ABCEDDABCBEA AEBCBDDAEBCA ABCEDDABCBEA ABCEDDABCBEA ABCEDDABCBEA ABCEDDABCBEA AEBDCBDAEBBCA ABCEDABEDCBA	241 265 267 276 303 310 319 327 357 380 392 398 417 430 465 470 514 527 539 545	31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 16.7500 13.5833 12.0833 11.7500 11.4167 10.9167 10.0833 9.7500 9.5833 9.2500 9.0833 8.9167 7.0833	

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
23	3-Opt	API	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACCB DEBBBCCAAAE BCAAAEEDDCB CEEDDAAACBB CBBDDAAAEBC CBAAAEDEBBC AABBEEDDCBA CBEDDAAAEBC DAEBBCCAAAE DEACCBBAAE CBBAEEDDABC CBBAEDDAAEB DAECBBBAAED DEBCAAABBCED DECBBAAAEBC CABBEDDAAEB DACBBEAAECB DEBCAABBCAE DAEBBCCAAEC ABCEDDABBCE DAEBCCAAECB ABCEDDABCBE DAEBCCAAECB ABCEDDABCBE BAEDCBAAECD ABCEDACBDEB BAEDCBAAECD	236 241 265 267 270 276 303 305 310 319 326 327 357 362 363 385 388 398 412 427 430 465 470 472 539 548	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 22.7500 22.5833 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 14.2500 14.0833 13.5833 13.2500 12.2500 11.4167 11.0833 10.9167 10.0833 9.7500 9.5833 8.5833 8.2500 7.4167	
24	3-Opt	2-Opt	BBAAEEDDCB AACCBBEEDDA DEBBBCCAAAE BBAAAEEDDCB CBDDAAAEBC CBBAAEDEBBC CBEDDAAAEBC DAEBBCCAAAE DEACCBBAAE CBAEEDDAAEB DAEBCCBBAAE DEBAACCBBAE DEABCCAAEBD DACBBEAAECB DAEBCCAAECB AECBDDAEBCA BCEAABDDEAC AECBDDAECBA DAEBCCAAECB DAEBCCAAECB AEDCBBACBED ACBEDABBCE ABCDEABBCED ABCEDABDEBC ABCEDABEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 392 398 418 427 435 439 456 465 477 481 516 540 545	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.7500 11.4167 11.2500 10.5833 10.4167 10.2500 10.0833 9.7500 9.4167 8.9167 8.5833 7.4167 7.0833	
25	3-Opt	3-Opt	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACCB DEBBBCCAAAE BBAAAEEDDCB CBDDAAAEBC CBBAAEDEBBC CBEDDAAAEBC BBAAAEEDDAB DEACCBBAAE CBAEEDDAAEB DAEBCCBBAAE DEBAACCBBAE CAEBDDAAEB DEBCAABBCAE ABCEDDABBCE ABCEDDABBCE AEDCBBACBED ACBEDABBCE ABCDEABBCED ABCDEABBCED AEBCCABECBD ABCDEABBCED ABCDEABBCED	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 417 430 472 525 534 565 576 579	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.0833 8.5833 8.2500 7.9167 7.7500 7.4167 7.0833	
26	3-Opt	Or-Opt	BEEDDAAACCB DEBBBCCAAAE BBAAAEEDDCB CBBDDAAAEBC CBBAAEDEBBC CBEDDAAAEBC DAEBBCCAAAE DEACCBBAAE CBAEEDDAAEB DAEBCCBBAAE DAEBCCAAEBD EACBDDAACBE DAEBCCAAEBD DAEBCCAAECB DAECBBAAECB BCAEDDAAECB DAEBCCAAECB ABEDCCABBED DABCEBAACBE BCADDEBAAEC BDCBAABCDAB BEDACBAEDAC DABCEBAECAB BCADDEBAAEC ADBCEBADCEBA	241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 388 398 422 427 435 447 476 478 485 501 522 529 572 618 622	31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 11.7500 11.4167 11.2500 10.9167 10.7500 10.4167 10.2500 10.0833 9.5833 9.4167 8.9167 8.2500 8.0833 7.7500 7.4167	

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
27	3-Opt	Double-bridge	DCCBBAAAEED	236	34.0833	
			BCCEEDDAAABB	240	33.0833	
			BEEDDAAACCB	241	31.5833	
			AEDDEBBBCCAA	265	29.5833	
			BCAAAEEDDCBB	267	26.0833	
			BCEEDDAAACBB	270	25.0833	
			CBDDAAAEBBC	276	23.2500	
			CBAAEEDDEBBC	303	22.7500	
			ABEEDDCBBAA	305	22.5833	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			BCAEEDDAAACBB	319	18.0833	
			DEACCBBAEED	326	17.4167	
			CBAAEEDDAAACBB	327	16.7500	
			CBBAEEDDAAEBC	357	14.2500	
			DEABCCBBAEED	365	13.9167	
			CBAAEEDDEBBAC	380	13.0833	
			CEABDDAAEBC	397	11.7500	
			DACBBEAAACBD	398	11.4167	
			BCAEBDDAAACEB	443	10.5833	
			DACEBBAACEBD	471	10.4167	
ABCEDDABCEBA	484	9.2500				
BCEDAABCDAB	486	8.9167				
BACDEBAEEDCB	505	8.5833				
BADECBAECEDAB	580	7.0833				
28	3-Opt	IP	AEEDDCCBBBAA	236	33.0833	
			BEEDDAAACCB	241	31.5833	
			DEBBBCCAAED	265	28.0833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBBCCAAED	319	17.5833	
			DEACCBBAEED	326	17.4167	
			CBBAEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAEED	357	13.5833	
			CBAAEEDDEBBAC	380	13.0833	
			DAEBBCCAABED	388	11.7500	
			CBDAAEEBBDAC	414	11.4167	
			DEACBBCAAEBD	422	11.2500	
			ABCEDDABBCEA	430	10.0833	
			BAEDCBAEEDCB	472	8.5833	
			ACBEDABCBEDA	521	8.2500	
			BAEDCBAEEDACB	524	7.4167	
			ABEDCBAEEDCBA	541	7.0833	
29	Or-Opt	PI	AEEDDCCBBBAA	236	33.0833	
			BEEDDAAACCB	241	31.5833	
			BBCCAAEEDDEB	265	29.5833	
			BCAAAEEDDCBB	267	26.0833	
			BCEEDDAAACBB	270	25.0833	
			CBDDAAAEBBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			DAEBBBCCAAED	319	17.5833	
			CBAAEEDDAAACBB	327	16.7500	
			CBAEEDDAAEBC	357	14.2500	
			DAECBBBCCAED	362	14.0833	
			DEBCAAABCCED	363	13.5833	
			DEBAAACBBEED	380	12.0833	
			DAEBBCCAABED	388	11.7500	
			DEBCCAACBBEED	411	11.5833	
			DEBCCAABCCAEED	412	11.0833	
			ABCEDDABEBCA	417	10.9167	
			DAECBBAAACBED	430	10.7500	
			AEBDDABBCEA	436	10.4167	
DAEBCBAACBED	456	10.0833				
DAEBCBAAECBD	465	9.7500				
ABCEDDABEBCA	486	9.5833				
AEDCBBAEEDBCA	487	8.9167				
ACBEDABCEBDA	546	7.7500				
BAEDCBAEEDABC	587	7.5833				
ACBEDABCEEDAB	597	7.4167				
30	Or-Opt	API	BBAAAEEDDCBB	236	33.0833	
			BEEDDAAACCB	241	31.5833	
			AEDDEBBBCCAA	265	29.5833	
			BBCAAAEEDDCB	267	25.0833	
			BCEEDDAAACBB	280	23.7500	
			EACCBBDDBAE	299	23.2500	
			CBAAEEDDEBBC	303	22.7500	
			AABBCCDDEEBA	308	22.5833	
			CBEDDAAAEBBC	310	18.2500	
			BBCAAAEEDDCB	319	18.0833	
			CBBAEEDDABC	327	16.7500	
			CBAEEDDAAEBC	357	14.2500	
			DAECBBBCCAED	362	14.0833	
			DCBEAAABCCED	379	13.5833	
			CBAAEEDDEBBAC	380	13.0833	
			EACBDDAABCE	397	11.7500	
			DEBCCAABCCAEED	412	11.0833	
			ABCEDDABEBCA	417	10.9167	
			AECBDDAEBCA	427	10.5833	
			AECBDDAEBCA	439	10.2500	
AEBCBDDAEBCA	453	10.0833				
AEBCBDDAEBCA	465	9.7500				
ABCEDABBCEDA	480	8.5833				
BCAEDBAEEDACB	539	7.7500				
AEBDCBACDEBA	554	7.4167				

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
31	Or-Opt	2-Opt	AEEDDCCBBAA BEEDDAAACBB DEBBBCCAAED BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDAAAEEBBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAAED DEACCCBBAAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED CAEBBDDAAEBC DEBCAABBCAED CBAEBDDAAEBC AECBDDAEBCA BDAEBCAAEDCB BEDACBAAEDCB ABCEDABBCEDA ABCEDABCBEA BCAEDABCDAEB ABCEDABEDCBA	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 422 427 474 477 480 520 535 545	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.5833 10.0833 9.4167 8.5833 7.9167 7.7500 7.0833	
32	Or-Opt	3-Opt	BBAAEEEDDCB BEEDDAAACBB DEBBBCCAAED BCAAEEEDDCBB BCEEDDAAACBB CBDAAAEEBBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAAED DEACCCBBAAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED DAEBBCCAAEBD DEBCAABBCAED AECBDDAEBCA AECBDDAEBCA AECBDDAEBCA AECBDDAEBCA BAEDCBEDAECB ABCEBDDAEBCA BDEAACBEDACB BAEDCBCAAEDEB BAEDCBCAEDAB AEDBCBAEDCBA BAEDCBDAEACB ABEDCABEDCBA	236 241 265 267 270 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 427 439 453 477 482 486 487 525 532 548 572	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.5833 10.2500 10.0833 9.9167 9.7500 9.4167 9.0833 8.2500 7.9167 7.4167 7.0833	
33	Or-Opt	Or-Opt	AEEDDCCBBAA BBEDDAAACCB AACCCBBDDDEEA DEBBBCCAAED BBCAAEEEDDCB CBDAAAEEBBC CBBAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED CAEBBDDAAEBC DAEBCCBBAEBD BCAAEBDDAEBC BAECBDDAAECB ABCEDDABBECA BCAAEDDABCEAB ABCEBDDAEBCA BAECDDABCEAB CAEDBBAEDACB AEBCBDDACDEBA BAEDCABEDABC BAEDCABDECB	236 241 245 265 267 276 303 310 319 327 357 384 422 427 439 460 479 508 526 539 545 594 626	33.0833 32.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 16.7500 13.5833 11.4167 11.2500 10.5833 10.2500 10.0833 9.5833 9.4167 9.2500 9.0833 8.5833 7.5833 7.0833	
34	Or-Opt	Double-bridge	AEEDDCCBBAA BEEDDAAACBB DEBBBCCAAED BCEEDDAAACBB CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAAED DEACCCBBAAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED DAEBBCCAAEBD DEBAACBBCAED DEBCAABBCAED BCEAABDDEACB BAEDCCBAAEBC BCDEAABCDAEB ABEDCBABCDEA BDEACBAECADB BDAECBADCABE	236 241 265 270 310 319 326 327 357 380 388 411 412 435 456 500 559 609 649	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 18.2500 17.5833 17.4167 17.0833 13.5833 12.0833 11.7500 11.5833 11.0833 10.4167 10.0833 8.9167 8.5833 8.2500 7.9167	

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
35	Or-Opt	IP	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACBB DEBBCCAAED BBCCAAEEDDCB CBDDAAAEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBBAEEDDABC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAED DAEBBCCAAEBD AEBBCADDEBCA ABCEDDABCEA BCEDDABCAEB ABCEDDABCEA BAEDCBAEEDCB BAEDCBAEEDCB ABCEDABCDEBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 428 430 466 470 472 524 548	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.0833 9.9167 9.5833 8.5833 7.4167 7.0833	
36	Double-bridge	PI	AEEDDCBBBAA AACCBBEEDDA DEBBCCAAED BBCCAAEEDDCB CBDDAAAEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBBAEEDDABC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAED CAEBDDAAEBC DEBCAABBCAED ABCEDDABCEA DAECBBAACBED DAECBBAACBED BAEDCBAEEDCB ACBDEBAEEDCB ABEDCBAEEDCB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 417 430 455 472 535 541	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 17.0833 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.7500 10.5833 8.5833 7.4167 7.0833	
37	Double-bridge	API	BBAAEEDDCB ACCBBEEDDAA BBDDAAAECCB BBCCAAEEDDEB BBCCAAEEDDCB CBDDAAAEBBC CBAAEEDDEBBC AABBEEDDCB CBEDDAAEBBC BBCCAAEEDDABC DEACCBBAEED CBBAEEDDABC CBBAEEDDABC DEBCAABBCED CAEBDDAAEBC CBAEBDDAAEBC BCABDDAAEBC BAECBDDAAECB AEBCBDDAEBCA BAEDCBAEEDCB BAEDCBAEEDCB ABEDCBAEEDCB	236 241 250 265 267 276 303 305 310 319 326 327 357 363 384 422 427 439 453 472 524 541	33.0833 32.0833 31.5833 29.5833 25.0833 23.2500 22.7500 22.5833 18.2500 18.0833 17.4167 16.7500 14.2500 13.5833 11.4167 10.9167 10.5833 10.2500 10.0833 8.5833 7.4167 7.0833	
38	Double-bridge	2-Opt	AEEDDCBBBAA AACCBBEEDDA DEBBCCAAED BBCCAAEEDDCB CBDDAAAEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBAEEDDABC DAEBCCBBAEED DAEBBCCAAEBD DAEBBCCAAEBD DAEBBCCAAEBD DAECBBAACBED DAECBBAACBED DAECBBAACBED DAECBBAACBED DAECBBAACBED BAEDCBAEEDCB BAEDCBAEEDCB BAEDCBAEEDCB BAEDCBAEEDCB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 384 418 425 427 439 456 472 549 553	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 11.4167 11.2500 11.0833 10.9167 10.4167 10.0833 8.5833 8.2500 7.0833	

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
39	Double-bridge	3-Opt	BBAAEEDDCB	236	33.0833	
			BEEDDAAACBB	241	31.5833	
			DEBBCCAAED	265	28.0833	
			BBCAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAEBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAAED	319	17.5833	
			CBBAEEDDABC	327	16.7500	
			CBAAEDEBBAC	380	13.0833	
			CAEBDDAAEBC	384	11.4167	
			ABCEDDAEBCA	417	10.9167	
			AECBDDAEBCA	427	10.5833	
			ABCEDDABBCEA	430	10.0833	
BAEDCBAEDCB	472	8.5833				
ABEDCBAEDCBA	541	7.0833				
40	Double-bridge	Or-Opt	AEDDCBBBAA	236	33.0833	
			ACCBBEEDDAA	241	32.0833	
			AACCBBDDEEA	245	31.5833	
			DEBBCCAAED	265	28.0833	
			BCAAEEDDCB	267	26.0833	
			BCEEDDAAACBB	270	25.0833	
			CBDDAAAEBC	276	23.2500	
			AABBEEDDCBA	305	22.5833	
			CBEDDAAEBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAAED	319	17.5833	
			DEACCBBAED	326	17.4167	
			CBAEEDDAAABC	327	16.7500	
			CBAEDDAAEBC	357	14.2500	
			DEAABCCBAED	365	13.9167	
			CBAAEDEBBAC	380	13.0833	
			DAEBBCCAAED	388	11.7500	
			ABCEDDAEBCA	417	10.9167	
			BCAEBDDAAEBC	453	10.7500	
			ABCEDDAEBCBA	455	10.5833	
			BEDAACCBDEAB	456	10.2500	
			BCEDAEBDACB	477	10.0833	
BCEDAABEDACB	481	8.9167				
BACEDACBEDAB	558	8.2500				
41	Double-bridge	Double-bridge	AEDDCBBBAA	236	33.0833	
			BDDEEAAACBB	245	31.5833	
			BBCCAAEEDDEB	265	29.5833	
			BBCAAEEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAEBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAAED	319	17.5833	
			CBBAEEDDABC	327	16.7500	
			DAEBBCCBAED	357	13.7500	
			DEBAACCBBAED	380	12.0833	
			CAEBDDAAEBC	384	11.4167	
			BCAEBDDAAEBC	453	10.7500	
			ACEBDDACBEA	457	10.5833	
BCDEAAEBDACB	491	10.0833				
BACEDDABCAEB	494	9.5833				
ACDEBBACBDEA	514	9.4167				
ACBEDABCBEA	521	8.2500				
ABCEDABCDEBA	548	7.0833				
42	Double-bridge	IP	AEDDCBBBAA	236	33.0833	
			AACCBBEEDDAA	241	31.5833	
			DEBBCCAAED	265	28.0833	
			BBCAAEEDDCB	267	25.0833	
			CBDDAAAEBC	276	23.2500	
			CBBAAEEDDEBC	303	21.7500	
			CBEDDAAEBC	310	18.2500	
			DAEBBCCAAED	319	17.5833	
			DEACCBBAED	326	17.4167	
			CBAEEDDAAABC	327	16.7500	
			DAEBCCBBAED	357	13.5833	
			CABBEDDAAEBC	388	12.2500	
			DEABBCCAEBD	392	11.7500	
			DACBBEEAACBD	398	11.4167	
DEBCAABBCEA	412	11.0833				
ABCEDDABBCEA	430	10.0833				
AEDCBBACBEA	477	9.4167				
ABCEDABBCEA	480	8.5833				
ABCEDABDEBCA	540	7.4167				
BACEDABEDCAB	584	7.0833				

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
43	IP	PI	AEEDDCCBBAA DEBBBCCAAAED BBCCAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBBAAEEDDABC DAEBBCCBAEED CAEBDDAAEBC DCBEAABBCAED BCEAABDDEACB ADCBBAAEDCBA AEDCBAEEDCBA ACBDEBAEDCBA	236 265 267 276 303 310 319 326 327 357 384 428 435 458 472 535	33.0833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.7500 11.4167 11.0833 10.4167 10.0833 8.5833 7.4167	
44	IP	API	BBAAAEEDDCB BBEEDDAAACCB BBDDAAAECCB BCCAAAEEDDEB BBCCAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAEBBC BBCCAAAEEDDCB CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAEED DECBBAAECBD DEBCCAAEBBCA ABCEDDAAEBBCA AECBBADDEBCA ABEDACCBEDA BDAEBCAAEDCB BEDACBAEEDCB ABCEDABBCEDA BAEDCBAEEDCB ABCDEABCDEBA	236 241 250 265 267 276 303 310 319 327 357 385 411 417 440 452 474 477 480 524 562	33.0833 32.0833 31.5833 30.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 18.0833 16.7500 13.5833 13.2500 11.5833 10.9167 10.4167 10.2500 10.0833 9.4167 8.5833 7.4167 7.0833	
45	IP	2-Opt	AEEDDCCBBAA AACCBBEEDDA DEBBBCCAAAED BBCCAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAEEDDEBBC ABEEEDCCBBAA CBEDDAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBAEEDDAABBC CBAEEDDAAEBBC DAECBBCCAAED DEAAABCCBAED DECBBAAECBD DAEBBCCAAED DAEBBCCAAED ACBDAEEDBCDA BAEDCBAEEDCB BDEACBAEDACB BDAECBAEDABC BAEDCBAEDABC ABDECBAEDACB	236 241 265 267 276 303 305 310 319 326 327 357 362 365 385 388 418 453 472 533 577 590 600	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 22.7500 22.5833 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 14.2500 14.0833 13.9167 13.2500 11.7500 11.2500 10.5833 8.5833 8.2500 7.9167 7.5833 7.4167	
46	IP	3-Opt	AEEDDCCBBAA BEEDDAAACCB DEBBBCCAAAED BBCCAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBBAAEEDDEBC CBEDDAAEBBC DAEBBCCAAED DEACCBBAEED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAEED DEBAACCBBAEED DAEBBCCAAEED DEBCAABBCAED BCBAEBDDAAECB DEBCCAAEBBCA AECBBDDACEBA BAEDCCBAAEDB BEDACBAEEDCB BAEDCBAEEDCB BDACEBAEEDCB BAEDCAEBCDAB BAEDCABDEACB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 427 450 455 456 477 487 529 560 581	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.5833 10.4167 10.2500 10.0833 9.4167 9.0833 8.9167 8.2500 7.4167	

ตารางที่ ง.6 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 1.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
47	IP	Or-Opt	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACBB DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCCBBAAED CBAEEDDAABBC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED CEABBDAAEBC ABCEDDAAEBCA BAECBDDAAECB AEDCBBAAEDCBA BAEDACBCEDAB ADCBEABEDCBA BACDEBACEDAB	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 397 417 439 472 528 572 586	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.7500 10.9167 10.2500 8.5833 8.2500 7.9167 7.0833	
48	IP	Double-bridge	AEEDDCBBBAA BEEDDAAACBB DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCCBBAAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED DAEBBCCAABED ACBEDDAAEBCA BCAEBDDAACB ABEDACCBBEDA ABCEDACBBDEA ACBEDACBDEBA ACEBDABDEBCA AEBCDBAEDABC	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 418 443 452 485 540 566 620	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 17.0833 13.5833 12.0833 11.4167 11.2500 10.5833 10.2500 9.0833 8.5833 8.2500 7.9167	
49	IP	IP	AEEDDCBBBAA AACCCBBEEDDA DEBBCCAAAED BBAAAAEEDDCB CBDDAAAEEBBC CBAAAAEDDEBC CBEDDAAAEBBC DAEBBBCCAED DEACCCBBAAED CBBAAEEDDABC DAEBCCBBAED DEBAACCCBBAED DAEBBCCAABED DEBCAABBCAED DAEBBCCAECBD DAECBBAACBED ACBEDDABBCEA AECBBADECB DAEBCCAECBD ACBEDACBBEDA BDAECBAAEDCB ABCDEABBCEDA BCAEDABEDACB ABCEDABEDCBA	236 241 265 267 276 303 310 319 326 327 357 380 384 412 427 430 431 452 465 482 486 494 530 545	33.0833 31.5833 28.0833 25.0833 23.2500 21.7500 18.2500 17.5833 17.4167 16.7500 13.5833 12.0833 11.4167 11.0833 10.9167 10.7500 10.4167 10.0833 9.7500 9.4167 8.9167 8.5833 7.7500 7.0833	

2. ปัญหาการทดลองที่ 2 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด

2.1 ปัญหาการทดลองที่ 2.1 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 7:3:2:2:1

2.1.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

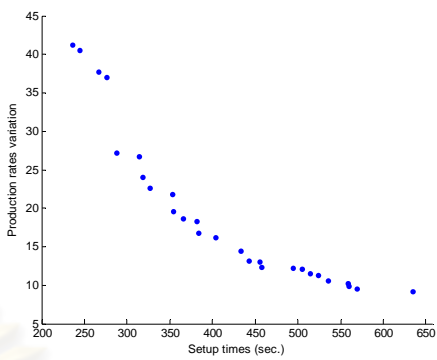
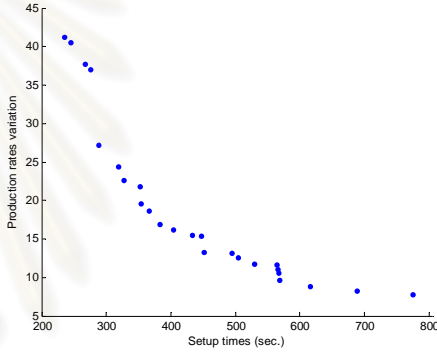
ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCBBBCAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBBAAAAED BAAAEDDCAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC DAAAEBCCAAAABED CAAAEBDDAAAABC BCAAAEDDAAAACB CBAAAEDDABBAAC AACBBAEDDACBAA ACBAAEDDABBCAA DAACBAAEBBCAAD DAABCBAEBBCAAD AADCBBAAEDCBAA AADCBBAAEDAACBA ACBDAAEEDAACBA	236 245 267 276 288 314 319 327 354 358 384 404 434 435 451 452 458 510 560	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 20.9778 18.5778 16.7111 16.1778 15.3778 14.4444 14.3111 13.7778 12.3111 11.2444 9.5111	
2	PI	API	AAACCBBDDEAAAA AAACCBBDDEAAAA AAAEDDBBCCAAAA AAAEDDCBBBCAAAA BBAAEEDDAAAACCB DAAAAEBBCCAAAD DEAAAEBBCCAAAD BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC BCAAAEDDAAAACB BAAAEDDCBAAAACB BCAAAEDDAAAACB CBAAAEDDABBAAC AACBBAEDDACBAA ABCAAEDDABBCAA AABCEDAABBCDAA AADCBBAAEDCBAA AACBBDAAAEDACBA ABCAEDAAAABCDAA AABDCBAAEDCBAA AADCBBAAEDAACBA BAADCBAAEEDCAAB ABDAACBAAEDCBAA ABDAACBEEAACBDA ABDCAABEDAACBA ABDAACBAAEDACBA ABDACAEBDAACBA ABDACAEBDAACBA	241 245 258 267 288 305 313 319 327 358 382 384 404 434 436 456 458 495 505 507 510 536 559 575 590 611 638 642	41.6444 41.1111 40.4444 37.6444 34.0444 27.9111 27.1111 24.0444 22.5778 22.3111 19.3778 16.7111 16.1778 14.4444 14.1778 12.9778 12.3111 12.1778 12.0444 11.3778 11.2444 10.5778 9.9111 9.5111 9.1111 8.9778 8.5778 8.4444	
3	PI	2-Opt	AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCBBBCAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBBAAAAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CAAAEBDDAAAABBC CAAAEBDDAAAABC BAAAEBDDAAAACB BAAAEBDDAAAACB CBAAAEDDAAAACB CBAAAEDDABBAAC ACBAAEDDAAACBAA ABCAAEDDAAACBAA AACBDEAAACBBDAA AACBEDAAAABCDAA AACBDEAAAABCDAA AACBBDAAEDAACBA DAABCBAEBCAAABD AACBDBAAAEEDCBAA AABCDEAAAABCBADA AACBDBAAAEEDCBAA ABCDAAAABAEEDCBAA ABCDAAAEBCAABDA ABCDAAAEBEDAACBA ABCDAEBAEDCBAA ABCDAEBAEDCBAA	236 245 267 276 288 319 327 354 358 386 387 392 404 434 435 452 457 461 495 501 528 529 559 568 570 573 643 667	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 24.0444 22.5778 20.9778 18.5778 18.4444 17.1111 16.9778 16.1778 15.5111 15.2444 13.5111 13.3778 12.7111 12.0444 11.9111 11.7778 11.6444 10.5778 10.1778 9.5111 9.1111 8.7111 8.4444	

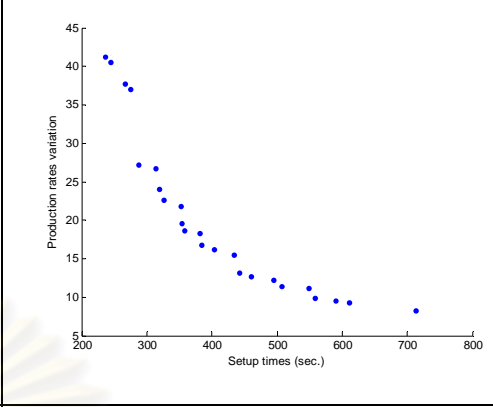
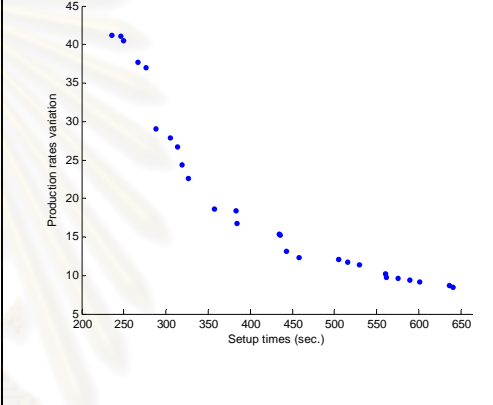
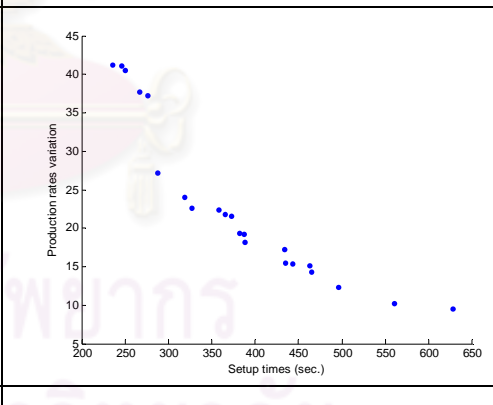
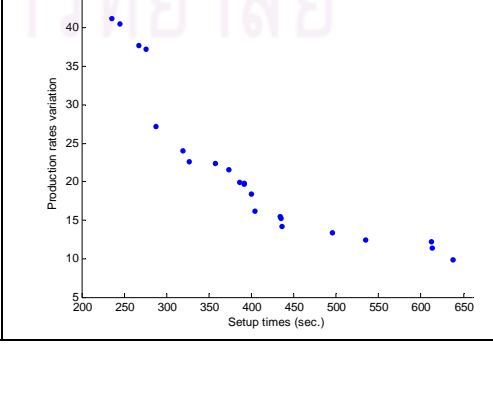
ตารางที่ ๗.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
4	PI	3-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAACCBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECBBBDAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDAAAA	276	36.9778	
			DAAAACCBBAAAED	288	28.9778	
			DAAABBBCCAAAAED	289	27.9111	
			BAAEDDCCAAAAAB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACB	319	24.0444	
			BAAAABCCEDDAAAB	356	23.7778	
			BCBAAAEDDAAACB	357	22.5778	
			BCAAAEDDAAAAACB	358	22.3111	
			AACBBAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			AACBBAAEDDAAACB	434	14.4444	
			ABCAAEDDAAABBCA	436	14.1778	
			AACBBDAAAEDCBAA	443	13.1111	
			AABCEDAABBCDAA	456	12.9778	
			AADCBBAAEDCBAA	458	12.3111	
			ABCAAEDAABBCDAA	505	12.0444	
ACBDAAEAABBCDAA	515	11.5111				
ACBDAAEAABBCDAA	545	11.3778				
ABCDAAEAABBCDAA	554	10.7111				
AACBDAEBAAACBDA	560	10.0444				
AABCDABEAACBDA	569	9.6444				
ACBDAAEBAADACBA	627	8.7111				
ACBDAEBAADACBA	694	8.0444				
5	PI	Or-Opt	CBBBAAAAAAEDDC	236	59.1111	
			AAAABBBCCEDDAAA	240	42.0444	
			AAAACCBBDDEAAAA	241	41.2444	
			AAAACCBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			DAAAACCBBAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAAACB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAABBC	327	23.7778	
			BBAAACEDDAAAAACB	347	23.2444	
			CBBAAAADDEAAACB	351	22.5778	
			CBAAAEBBDAAAC	353	21.7778	
			DAAABBBCCAAAAEBD	354	20.9778	
			CAAAEBDDAAAAACB	358	18.5778	
			BAAABCCEDDAAAAACB	386	18.4444	
			CBAAAEBDDAAAAACB	396	17.3778	
			CBAAAABDDEAAACB	400	16.9778	
			BCAAAEDDBAAAAACB	404	16.7111	
			ACBAAEDDAAABBCA	435	14.4444	
			ABCAADDEAABCBAA	498	14.0444	
			AACBDEBAAACBDA	506	12.5778	
AABCBDAEAACBDA	545	11.9111				
AABDCEAAABCBDA	577	11.3778				
BAADCAABEDAAABC	580	10.9778				
AABDCEAABCBDA	599	10.5778				
AABDCAABDAEACBA	648	10.1778				
ABADCAEAABDACBA	715	8.7111				
6	PI	Double-bridge	AAAEDDCBBBAAAA	236	42.7111	
			AAAABBBCCEDDAAA	240	42.0444	
			AAAACCBBDDEAAAA	241	41.2444	
			AAAEBBBCCDDAAA	246	41.1111	
			AAAECBBBDDEAAAA	250	40.4444	
			AAAACBBBCCEDDAAA	270	38.4444	
			AAAEBCCBBDDEAAAA	276	36.9778	
			DAAAACCBBAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAAACB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAABBC	327	22.5778	
			BCBAAAADDEAAACB	381	22.3111	
			BCAAAEDDCCBAAAB	383	18.4444	
			ACBAAEDDAAACBBAA	434	15.5111	
			AACBAAEDAABBCDAA	504	13.3778	
			ACBAAEDAABBCDAA	521	12.3111	
			ACBDAAEAABBCADA	574	11.2444	
			AABCAEDAABCBDA	621	11.1111	
			ACBDAAAEBACBDA	623	10.3111	
			ACBDAAAEBACBDA	637	10.1778	

ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
7	PI	IP	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CBAAAEBDDDA AAC	353	21.7778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CBAAAADDEBBAAAC	366	18.5778	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAACBA	434	14.4444	
			AACBDDAAAEACBAA	443	13.1111	
			AABCEDA ABB CDAA	456	12.9778	
			AADCBBAAAEACBAA	458	12.3111	
			AACBDDAAAEACBAA	495	12.1778	
			ABCDAEA ABB CDAA	505	12.0444	
			ACBDAAEA ABB CDAA	515	11.5111	
			ABCDAAEA ABB CDAA	524	11.2444	
			BAADCBAAAEACBAA	536	10.5778	
			ACBDAAEA ABB CDAA	559	10.1778	
			AACBDAAEBDAACBA	560	9.9111	
			AABCDAAEBDAACBA	569	9.5111	
ACBAAEAEBDAACBA	635	9.1111				
8	API	PI	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			DAAACCCBBBAAAAED	319	24.3111	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CBAAAEBDDDA AAC	353	21.7778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CBAAAADDEBBAAAC	366	18.5778	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.8444	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			BAACBAAEDDAACB	434	15.5111	
			AACBDAA ABB CEDAA	447	15.3778	
			DAACBBA ABE CAAD	451	13.2444	
			BAACBDA AED AACB	495	13.1111	
			BCAAAEDA ABB CDAA	505	12.5778	
			BCAAAEDA ABB CDAA	529	11.7778	
			AABEDACBAAACBDA	564	11.6444	
			DAACBBAEBAACBDA	566	10.9778	
			AACBDEA ABA ACBDA	568	10.5778	
			AABCDAEBAACBDA	569	9.6444	
			BAACDAEBAACDAAB	616	8.8444	
			ABDACBAE DAACBA	689	8.1778	
			ABACDAEBAACADBA	775	7.7778	
			9	API	API	
BEDDAAAAAAACCCBB	241	50.5778				
AAAADDECCBBBAAA	263	43.2444				
CBDDAAAAAAAEBBC	276	40.4444				
BBAAAEDDAAACCB	288	34.0444				
AAAABBCCDDEBAAA	308	32.7111				
BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444				
CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778				
BCAAAEDDAAAAACB	358	22.3111				
ACBBAAEEDDCBAAA	382	20.1778				
AABCEDDAAACBBAA	386	18.8444				
AABCEDDAAABBCAA	387	17.7778				
BCAAAEDDAAAAACB	397	16.9778				
ACBAAEDDAAACBAA	434	15.5111				
ACBAAEDDAAABBCAA	435	14.4444				
AACBBDAAAAACBDA	452	14.3111				
ACBDA AAE BB CDAA	453	13.5111				
AADCBBAAAEACBAA	458	12.3111				
AADCBBAAAEACBAA	510	11.2444				
ACBDA AEA ABB CDAA	545	10.9778				
AABDCBAAE DAACBA	559	10.3111				
ACBDA AEA BDAACBA	560	9.5111				
ACBDA AEA BAA DCBA	575	9.3778				
ABCDAAEBA A DCBA	584	9.1111				
ACBDA AEA BAA DCBA	627	8.7111				
ABCDAAEBA DACBA	636	8.5778				
ABCDAAEBA DACBA	655	8.4444				
ABDACAEBA DACBA	705	7.7778				

ตารางที่ ๗.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
10	API	2-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCCBBDDDEAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAACCCBBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CBAAAEBBDDAAAC CAAAEBDDAAAAABC CAAABBEDDAAAAABC AACBBAAAEDDCBAA BCAAAEBDDAAAAACB CBAAAEDDAAABBAAC ACBAAEDDAAACBBAA AACBBDDAAEDCBAA AACBDEAAAABBCDAA AACBBDDAAEDACBA AABDCBAAAEDCBAA ADABCBAAAEDCBAA ABDAAACBAAEDCBAA ABDAACBEAADCBAA ACBDAABAAEDACBA ACBADAAEBACDABA	236 245 267 276 288 314 319 327 353 354 358 382 384 404 434 443 461 495 507 549 559 590 611 713	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 21.7778 19.5111 18.5778 18.3111 16.7111 16.1778 15.5111 13.1111 12.7111 12.1778 11.3778 11.1111 9.9111 9.5111 9.2444 8.1778	
11	API	3-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAAEBBCCDDAAA AAAECCBBDDAAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAAACCCBBBAAAAED DAAAEBBCCCAAAD BAAAEDDCCAAAAABB BBAAAEDDAAACB CBAAAEDDAAAABBC CAAABBEDDAAAAABC BCAAAEDDCCBAAAB BCAAAEBDDAAAAACB AACBBAEDDAAACBAA ABCAAEDDAAACBBAA AACBBDAAAEDCBAA AADCBAAAEDCBAA ABCAEDAAAABBCDAA AACBDEAAAABBCDAA ABCADEAAAABBCDAA AACBDAAEBACBDA ACBDAAAEBDAABCA ACBDAAEBAAADCBAA ABCAAEBBAADCBAA ABDCAEBBAADCBAA AABCDAAEBAAADCBAA ABCAAEBBAADCBAA	236 246 250 267 276 288 305 314 319 327 358 383 384 434 435 443 458 505 516 529 560 561 575 589 601 636 641	41.2444 41.1111 40.4444 37.6444 36.9778 28.9778 27.9111 26.7111 24.3111 22.5778 18.5778 18.4444 16.7111 15.3778 15.2444 13.1111 12.3111 12.0444 11.7778 11.3778 10.1778 9.7778 9.6444 9.3778 9.1111 8.7111 8.4444	
12	API	Or-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAAEBBCCDDAAA AAAECCBBDDAAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAACCCBBBAAAAED DAAACCCBBBAAAAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC BCAAAEDDAAAABCB CBAAAEDDEBBAAC CBAAAEDDBBAAAAC BAAAEDDCBAAAACB AACBEDDAAACBBAA AACBEDDAAAABCAA AACBBAEDDAAAACB AACBBAEDDAAAACB ACBDAAAEDCBBA AACBBADDAECBAA ACBDAAAEDBBCAA AACBDDAAEDAAABCA AACBDAAEBDAABCA ADABCAAEBAACBDA	236 246 250 267 276 288 319 327 358 366 373 382 387 388 434 435 443 463 465 496 561 628	41.2444 41.1111 40.4444 37.6444 37.2444 27.1111 27.1111 24.0444 22.5778 22.3111 21.7778 21.5111 19.3778 19.2444 18.1778 17.2444 15.5111 15.3778 15.1111 14.3111 12.3111 10.1778 9.5111	
13	API	Double-bridge	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCCBBDDDEAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBBCCBBDDAAAA DAAACCCBBBAAAAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC BCAAAEDDAAAABCB CBAAAEDDBBAAAAC AAABCEDDAAACBBAA AACBDDEAAACBBAA AAACBDDEAAABCAA BAAABCCDEAAAACB CBAAAEDDAAABBAAC ACBAAEDDAAACBBAA ABCAAEDDAAACBBAA ABCAAEDDAAABCAA BCAAAEDDAAAACB AABCAEDDAAABCAA ACABAEDDAAAACB AABCAEDDAAAACB ACABAEDDAAAACB ABDCAAAABCAEDABA	236 245 267 276 288 319 327 358 373 386 391 392 400 404 434 435 436 496 535 612 613 638	41.2444 40.4444 37.6444 37.2444 27.1111 24.0444 22.5778 22.3111 21.5111 19.9111 19.7778 19.6444 18.4444 16.1778 15.5111 15.2444 14.1778 13.3778 12.4444 12.1778 11.3778 9.9111	

ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
14	API	IP	AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCBBBAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBAAAAED BAAAEDDCCAAAABB BCAA AEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CAAAEBDDAAAABC CAAAEBDDAAAABC AACBBAAEDDCBAA BCAA AEBDDAAAACB CBAAAEDDAAABBAAC AACBBAAEDDAAACBA ABCAAEDDAAABBCAA AABCEDAACBDDAA AACBDEAAACBDDAA AABCEDAABBCDDAA AABCEDAABBCDDAA ACBDAAEAACBDDAA AACBDEAAABDCBAA BAACDAABCEDAAB BAACDAABEDAAACB ACBDAAAEBDAACBA ACBDAAEBAAADCBAA ABCDAAEAABADCBAA ACBDAAEAABADCBAA ACBDAAEAABADCBAA ACBDAAEAABADCBAA	236 245 267 276 288 314 319 327 354 358 382 384 404 434 436 447 452 456 486 506 516 533 534 560 575 584 622 628 642	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 19.5111 18.5778 18.3111 16.7111 16.1778 14.4444 14.1778 13.7778 13.5111 12.9778 12.4444 12.3111 11.7778 11.6444 10.8444 9.5111 9.3778 9.2444 9.1111 8.9778 8.8444	
15	2-Opt	PI	AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCBBBAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBAAAAED BAAAEDDCCAAAABB BCAA AEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CAAAEBDDAAAABC CAAAEBDDAAAABC BCAA AEBDDAAAACB CBAAAEDDAAABBAAC ACBAAEDDAAACBBA ABCAAEDDAAACBBA AACBEDAAACBDDAA ACBDAAAEBBCDDAA AACBEDAAABBCDDAA AACBDEAAABBCDDAA AACBDAAABEDCBAA ACBAAEAACBDDAA AABCDAAABEDCBAA AABDCEAAABCBDDAA BACDAAAEBDAACB BAADCAAEBAADCBAA AABDACBAAEDCBAA ADBCAAEBAADCBAA ACBDAAEAADCBAA	236 245 267 276 288 314 319 327 354 358 384 404 434 435 448 453 457 461 512 519 521 522 530 537 559 596 627	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 19.5111 18.5778 16.7111 16.1778 15.5111 15.2444 14.1778 13.5111 13.3778 12.7111 12.5778 12.3111 12.1778 11.7778 11.6444 10.9778 10.8444 10.1778 8.7111	
16	2-Opt	API	AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAACBBCEDDAAA AAAEBCCBDDAAAA BBAAAEDDAAACCB DAAAEBBCCAAAED BAAAEDDCCAAAABB BCAA AEDDAAAACBB DAAAEBCCBBAAAAED CBAAAADDEAAAABC DAAAEBCCAAAABD AACBDAAAEBBCAA BAAAEBDDAAAACB BCAA AABDDEAAACB ACBAAEDDAAAABCA AACBDDAAAEDCBAA AABCEDAABBCDDAA AADCBBAAAEDCBAA AACBDDAAEDAACBA AADCBBAAEDAACBA BAACDAAEBAADCBAA ACBDAAAEBDAACBA ABCDAAAEBDAACBA ACBDAAEAADCBAA ACBDAAEAADCBAA ABCDAAAEBDAACBA	236 245 270 276 288 289 314 319 327 351 354 384 387 392 435 443 456 458 495 510 530 560 569 622 627 628	41.2444 40.4444 38.4444 36.9778 35.2444 27.9111 26.7111 25.2444 23.6444 22.5778 19.5111 17.5111 17.1111 16.7111 15.5111 13.1111 12.9778 12.3111 12.0444 11.2444 10.9778 9.5111 9.2444 9.1111 8.8444 8.5778	

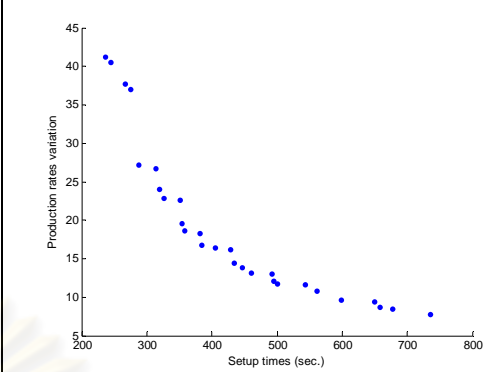
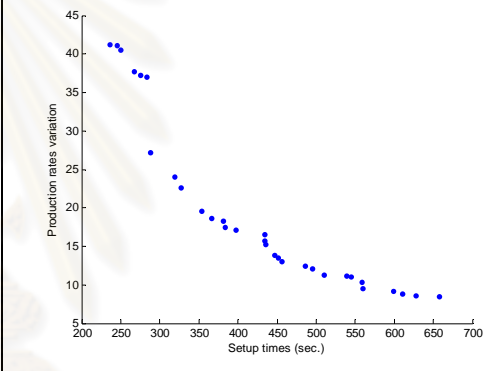
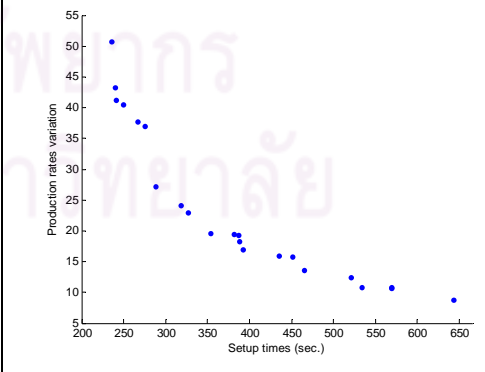
ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACBBBDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAA	267	38.7111	
			AAAACBBBCEDDAAA	270	38.4444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACBBBAAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CBAAAEBDDAAAC	353	21.7778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			AACBDDAAAAEBBCAA	384	17.5111	
			BAAACBEDDAAAAACB	387	17.1111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAACBA	434	14.4444	
			AACBDDAAAEDCBAA	443	13.1111	
			AADCBBAAAECBDAA	472	12.7111	
			AACBDDAAEDAACBA	495	12.0444	
			AADCBBAAEDAACBA	510	11.2444	
			ABDAACBAAEDCBAA	559	9.9111	
			ABDAACBAAEDAACBA	611	8.8444	
			ACBADAABEDAACBA	631	8.7111	
18	2-Opt	3-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACBBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECBBBDDEAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAA	267	38.7111	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	37.2444	
			DAAACBBBAAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CAABBEDDAAAAABC	358	22.1778	
			CAAAEBDDAAAAABC	362	18.5778	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAACBA	434	14.4444	
			DAACBAAEBBCAAAD	451	14.3111	
			AACBDEAAACBBDAA	452	13.5111	
			AACBDEAAABBCDAA	461	12.7111	
			ACBAAEDAABBCDAA	504	12.3111	
			ABCAAEDAABBCDAA	505	12.0444	
			ACDAABBAAEDCBAA	529	11.7778	
			BAACDAABEDAAACB	534	10.8444	
			AABDCBAAAEDACBA	559	10.4444	
AACBDAAEBDAAACBA	560	9.9111				
AACBDAABEDAACBA	564	9.7778				
ABCDAAEBAAADCBA	584	9.3778				
ABCAADEBAAADCBA	589	9.1111				
ACBADAABEAADCBA	657	8.7111				
ACBADABAAEDACBA	678	8.5778				
19	2-Opt	Or-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACBBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECBBBDDEAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACBBBAAAAAED	288	28.9778	
			DAAABBBCCAAAAED	289	27.9111	
			BAAACCEDDAAAAABB	317	27.2444	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			DAAABCCBAAAAAED	327	23.6444	
			BBAAACEDDAAAAACB	347	23.2444	
			BCAAAEDDAAAAABCB	358	22.3111	
			BAAAEEDDCBAAAAACB	382	19.3778	
			BAAACBEDDAAAAACB	387	17.1111	
			BCAAAABDDEAAACB	392	16.7111	
			ACBBAEEDDAAACBA	434	16.4444	
			BCAAAEDDAAABBCAA	436	16.0444	
			DAAACBBAAEBCAAD	451	14.7111	
			DAABCAAECEBBAAAD	464	14.3111	
			AADCBBAAAEDAACB	510	13.2444	
			DAABCAAEEBBAACAD	529	12.4444	
			BADACBAAAEDAACB	562	11.9111	
			AABDCEAABAABCD	608	10.5778	
ABCAADEACBAABDA	636	10.3111				
ABDCAEAABDAACBA	648	9.6444				

ตารางที่ ง.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	AAEDDCBBBAAAA AAAABBCCEDDAAA AAACCBBDDEAAAA AAACCBBDDEAAAA AAECBBBDDEAAAA AAEDDCBBBAAAA AAEBCCBBDDEAAA DAAACCBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAB DAAAACBBBAAAED CBAAAEDDAAAABBC DAAAEBCCCAAAABD AABCEDDAAAABBCA AACBEDDAAAABCAA BCAAAADDEBAAAAB BCAAAEDDAAAACB BAAAACBAEDDAAAACB AACBDAAAEBBCDAAA AABBCDAAAEDACBA AABCEAAAEDCBAAA BAADCBAAAEDCAAB AABCEBAAAACBDA BADACBAAAEDABCA	236 240 241 245 250 267 276 288 314 319 327 354 387 388 398 404 434 453 504 525 536 577 679	50.7111 42.0444 41.6444 41.1111 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 25.7778 22.5778 19.5111 18.8444 18.1778 17.1111 16.7111 16.1778 13.9111 13.2444 11.3778 10.5778 10.4444 10.3111	
21	2-Opt	IP	AAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAEDDCBBBAAAA AAEBCCBBDDEAAA DAAACCBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAB CBAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CBAAAEBBDDAAAAC DAAAEBCCCAAAABD CBAAAADDEBAAAAC AACBBAEAEDDCBAAA BCAAAEBDDAAAACB CBAAAEDDAAAABAC AACBBAEAEDDAAAACB ABCBAEDDAAAABCAA AACBBDAAAEDCBAAA AABCBDAEAEDCBAAA AACBBDAAAEDAAAACB AADCBBAEAEDAAAACB ACBDAEAEDDAAAACB ACBDAEAEDDAAAACB ABCDAAAEBDAAAACB ABDCAEAEDDAAAACB ABDCAEAEDDAAAACB	236 245 267 276 288 314 319 327 353 354 366 382 384 404 434 436 443 482 495 510 560 564 569 590 611	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 21.7778 19.5111 18.5778 18.3111 16.7111 16.1778 14.4444 14.1778 13.1111 12.7111 12.0444 11.2444 9.5111 9.3778 9.2444 9.1111 8.8444	
22	3-Opt	PI	AAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCBBBAAAA AAAACBBCEDDAAA AAEBCCBBDDEAAAA DAAACCBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CAAABDDDAAAABBC CAAABDDDAAAABC AACBBAEAEDDCBAAA BCAAAEBDDAAAACB CBAAAEDDAAAABAC AACBBAEAEDDAAAACB AACBBDAAAEDCBAAA AADCBBAEAEDCBAAA AABDCBAAAEDCBAAA AACBDAEAEDCBAAA ABCDAAEBAAAACBDA ACBDAEAEBAAAACBDA ACBDAEAEBAAAACBDA ABACDAEAEBAAAACBDA	236 245 267 270 276 288 314 319 327 354 362 382 384 404 434 443 458 507 561 569 627 689 701	41.2444 40.4444 38.7111 38.4444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 20.9778 18.5778 18.3111 16.8444 16.1778 14.4444 13.1111 12.3111 11.3778 11.2444 9.3778 8.9778 8.7111 8.4444	
23	3-Opt	API	DCCBBBAAAAAAED AACCBBDDEAAAAA AAAEDDBBCCAAAA AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA BBAEAEDDAAAACCB CAAEBBDDAAAAC BCAAAEDDAAAACBB CBBAEAEDDAAAABC CBBAEAEDDAAAABC BCBAEAEDDAAAACB AACBBAEAEDDAAAACB BCAAAEBDDAAAACB AACBBAEAEDDAAAACB ACBBAEDDAAAABCAA AABCEDAEAACBBDAAA AACBDEAAAACBBDAAA AABCEDAEAACBBDAAA AACBBDAAAEDAAAACB AABCEDAEAACBBDAAA AABCEDAEAACBBDAAA AABCEDAEAACBBDAAA ACBDAEAEBDAAAACB ACBDAEAEBDAAAACB ABCDAAEBDAAAACB ABCDAAEBDAAAACB ACBDAEAEBAAAACBDA ABCDAEAEBDAAAACB	236 245 258 267 284 288 315 319 327 351 381 382 384 434 435 447 452 470 495 500 525 560 564 569 573 627 632	63.9111 52.7111 40.4444 37.6444 36.9778 34.0444 27.7778 24.0444 22.8444 22.5778 22.3111 19.1111 16.7111 15.3778 14.4444 13.7778 13.5111 12.3111 12.0444 11.7778 11.3778 9.5111 9.3778 9.2444 9.1111 8.9778 8.4444	

ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBBAAAEDDAAABC	327	22.8444	
			CBBAAAADDEAAABC	351	22.5778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778	
			AACBBAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BCAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			CAABBAEDDAAABC	405	16.4444	
			CAABBAADDEAAABC	429	16.1778	
			AACBBAAEDDAACBA	434	14.4444	
			AABCEDAACBDDAA	447	13.7778	
			AABCEDAACBDDAA	461	13.1111	
			AABCDAAAEBCDDAA	492	12.9778	
			AACBDDAAEDAACBA	495	12.0444	
			AABCEDAAEBCDDAA	500	11.7778	
			BDAAAEBCBAACDAA	543	11.6444	
			ACBDAAEBCDABCAA	561	10.8444	
			AABCDAAEBADCBAA	599	9.6444	
ABACDAAEBADCBAA	650	9.3778				
ABCADAAEBADCBAA	658	8.7111				
ABCDAAAEBCDABA	677	8.4444				
ABCADAAEBADCBAA	736	7.7778				
25	3-Opt	3-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	41.1111	
			AAAECBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBBCCBDDAAAA	276	37.2444	
			AAAABCCBBDDAAAA	284	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEEDDAAABBC	327	22.5778	
			DAAAEBCCAAAAABD	354	19.5111	
			DAAABCCCEAAAABD	367	18.5778	
			AACBBAAEDDCBAA	382	18.3111	
			AACBDDAAAEBCCAA	384	17.5111	
			DAAACBBEAAAACBD	398	17.1111	
			AACBAEDDAACBBAA	434	16.5778	
			AACBBAEEDDAAABCA	435	15.6444	
			ABCAAEDDAAABBCA	436	15.2444	
			AABCEDAACBDDAA	447	13.7778	
			AACBDEAAACBDDAA	452	13.5111	
			AABCEDAABBCDDAA	456	12.9778	
			AABCEDAAEBCDDAA	486	12.4444	
			AACBDDAAEDAACBA	495	12.0444	
			AADCBBAAEDAACBA	510	11.2444	
			ABCDAAAEBCBAACDA	539	11.1111	
ACBDAAEAABCBDDAA	545	10.9778				
AABDCBAAEDAACBA	559	10.3111				
ACBDAAAEBCDAACBA	560	9.5111				
ABCDAAAEBAADCBA	599	9.1111				
ABDAACBAEDAACBA	611	8.8444				
ABCADAAEBDAACBA	628	8.5778				
ABCADAAEBDAACBA	658	8.4444				
26	3-Opt	Or-Opt	AAEDDCBBBAAAA	236	50.7111	
			AAABBBCCEDDAAAA	240	43.2444	
			AAAACCCBBEDDAAA	241	41.2444	
			AAAECBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBBAAAEDDAAABC	327	22.8444	
			DAAAEBCCAAAAABD	354	19.5111	
			BAAAEDDCBAAAAACB	382	19.3778	
			AACBEDDAAACBBAA	387	19.2444	
			AACBEDDAAABBCAA	388	18.1778	
			CBAAAEEDDAAAAABC	392	16.9778	
			BCAAAEDDABAAACB	435	15.9111	
			AABCADDAAEBBCAA	452	15.7778	
			AACBDDAAAEBCCAA	465	13.5111	
			ACABDDAAAEBCCAA	521	12.4444	
			BAACDAAEBDAAACB	534	10.8444	
			ABCABDEAAACBDA	569	10.7111	
			ABCDAAAEBCDABCAA	570	10.5778	
			ABDACAABEDAABCA	643	8.7111	

ตารางที่ ง.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
27	3-Opt	Double-bridge	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCCBBDDDEAAA AAAEDDCCBBBAAAA DAAACCCBBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAABB BCAAEDDDAAAAACBB CBAEAEDDAAAAABBC DAAAEBBCCAAAAABD BAAAEDDCCAAAAACB AABCEDDAAACBBAA BAAACBEDDAAAAACB BCAAADDEBAAAAACB DAABBCAAEBCAAAD AABBDCAAEDCBAA DAACBAAEBCBAAAD AACBDEAADABBCAA AABCEDAADABCBAA ABCADAEDACBBAA DAABCAABCAAEBAD ADACBBAEAADCA ABEADCAABDCBAA ACBDABAAEAADCBAA	236 245 267 288 314 319 327 354 382 386 387 397 452 469 489 520 553 563 568 604 616 637	41.2444 40.4444 37.6444 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 19.5111 19.3778 18.8444 17.1111 16.9778 15.9111 14.1778 13.6444 13.5111 13.3778 12.8444 12.7111 12.4444 12.0444 10.3111	
28	3-Opt	IP	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCCBBDDDEAAA AAAEDDCCBBBAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAACCCBBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAABB BCAAEDDDAAAAACBB CBAEAEDDAAAAABBC DAAAEBBCCAAAAABD CBAAAADEBBAAAC AACBBAAEEDDCBAA BCAAEBDDAAAAACB CBAEAEDDAAABBAAC AACBBAEEDDAACBA ABCAEDDAAABBCAA AACBBDAAEDCBAA AADCBBAAEDCBAA AACBBDAAEDAAACBA AADCBBAAEDAAACBA ABDAAACBAEDCBAA ABADCBAEAEDACBA ABDAACBAEAEDCABA	236 245 267 276 288 314 319 327 354 366 382 384 404 434 436 443 458 495 510 559 626 637	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 19.5111 18.5778 18.3111 16.7111 16.1778 14.4444 14.1778 13.1111 12.3111 12.0444 11.2444 9.9111 9.3778 8.9778	
29	Or-Opt	PI	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCCBBDDDEAAA AAAEDDCCBBBAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAACCCBBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAABB BCAAEDDDAAAAACBB DAAABCCBBAAAAED DCAAAAABBBCAAAED CBAAAAEBDDAAAAAC DAAAEBBCCAAAAABD CAABBBEDDAAAAABC BCAAABEDDCAAAAB BCAAABEDDAAAAACB CBAEAEDDAAABBAAC AACBBAEEDDAACBA AACBBAEEDDAABCA AABCEDAACBBDAA AABCEDAACBBDAA ABCAEDAAACBBDAA AABCEDAACBBDAA ABCDAAEABBCDAA BACDAAEABDAAACB ACBDAAEBAACBDA ABCDAAEBDAAACBA ABCDAAEBAEDAAACBA ABCDAAEBAEDAAACBA ABACDAAEBAEDACABA	236 245 267 276 288 314 319 327 345 353 354 358 383 388 404 434 435 447 456 496 515 524 534 560 569 573 620 728	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 23.6444 23.1111 21.7778 19.5111 18.5778 18.4444 17.1111 16.1778 15.3778 14.7111 13.7778 12.9778 12.8444 12.3111 11.6444 11.5111 9.7778 9.2444 9.1111 8.8444 8.4444	
30	Or-Opt	API	AAABBBCCEDDAAAA AAACCCBBDDDEAAA AAACCCBBDDDEAAA AAACBBCCEDDAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAAACCCBBBAAAAED DAAAEBBCCAAAAAD BCAAEDDDAAAAACBB CBAEAEDDAAAAABBC BCAAEDDDAAAAACB AACBBAEEDDCBAAA BCAAEBDDAAAAACB CAABBAEEDDAAABC CAABBAEDDAAABC AACBBAEEDDAAACBA AABCEDAACBBDAA AACBDEAAACBBDAA AABCEDAACBBDAA AACBBDAAEDAAACBA BAADCBAEAEDAAACB AABDCEAAABBCDAA ABCDAAEABBCDAA BAADCBAEAEDCAAB ACBDAAEBAACBDA ABCDAAEBAACBDA ABDCAAEBAADCBAA ABDCAAEBAACBDA ABDCAAEBAADCBAA	240 241 245 270 276 288 305 319 327 358 382 384 405 429 434 447 452 456 495 510 522 524 536 560 569 601 638 653	43.2444 41.6444 40.4444 39.2444 36.9778 28.9778 27.7778 24.0444 22.5778 22.3111 19.1111 16.7111 16.4444 16.1778 14.4444 13.7778 13.5111 12.9778 12.0444 11.9111 11.7778 11.2444 10.5778 10.0444 9.3778 9.2444 8.7111 8.5778	

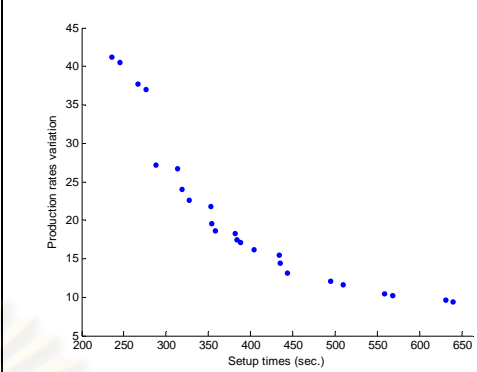
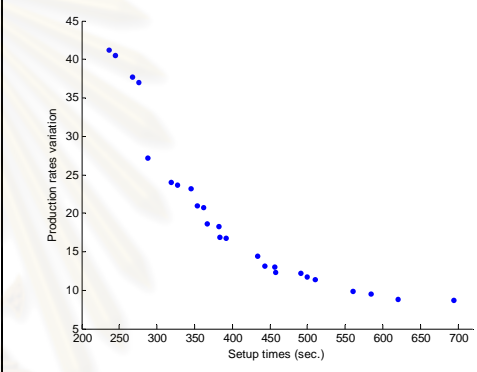
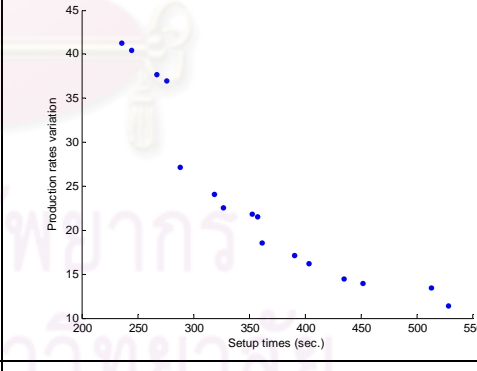
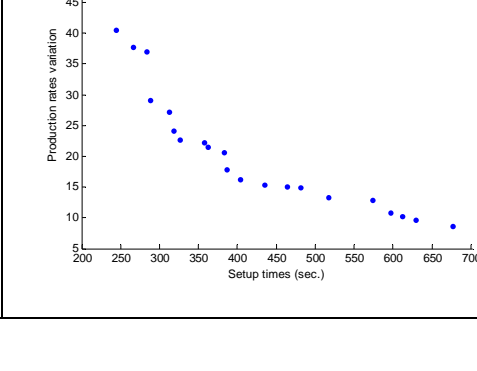
ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
31	Or-Opt	2-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			AABCEDAABBCDAAA	447	13.7778	
			AACBDEAAACBDDAA	452	13.5111	
			AACBDEAAABBCDAAA	461	12.7111	
			AABCDEAAABBCDAAA	470	12.3111	
			AABCDEBAAAAACBDA	515	12.1778	
			ABCDAAEAABBCDAAA	524	11.2444	
			ACBDAABEAACBDA	560	9.7778	
AABCDABEAACBDA	569	9.6444				
AABCDABEAACBDA	631	9.3778				
ABCADABEAADBCAAA	727	8.8444				
32	Or-Opt	3-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	41.1111	
			AAAEDDBBBCCAAAA	258	40.4444	
			AAACBBCCEDDAAAA	270	39.2444	
			AAABCCBBEDDAAAA	280	38.4444	
			AAABCCBBDDAAAA	284	37.9111	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778	
			AACBBAAEDDCCBAAA	382	18.3111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			ACBBAAEEDDAAACBA	434	15.5111	
			AACBBAAEDDAAABCA	435	14.7111	
			AACBBDAEAEDCBAAA	443	13.1111	
			AABCEDAABBCDAAA	456	12.9778	
			AADCBBAAEDDCCBAAA	458	12.3111	
			ABCAEDAAABBCDAAA	505	12.0444	
			AADCBBAAEDDAAACBA	510	11.2444	
ABDACBAAEDDCCBAAA	559	10.4444				
AACBDAEBAACBDA	560	10.0444				
ABCDAAABEDDAAACBA	573	9.1111				
ABCDAAABEDDAAACBA	620	8.8444				
33	Or-Opt	Or-Opt	AAEDDCBBBAAAAA	236	50.7111	
			AAABBBCCEDDAAAA	240	43.2444	
			AAAACCCBBBEDDAAA	241	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	40.4444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAACCCBBBAAAAAED	288	32.3111	
			DAAABBBCCAAAAED	289	27.9111	
			DAAAEBBCCAAAAAD	305	27.7778	
			BCAAEDDAAAAACBB	319	26.7111	
			CBBAAAAEDDAAAAABC	327	22.8444	
			BCBAAAAEDDAAAAACB	357	22.5778	
			BCAAAEDDAAAAACBB	358	22.3111	
			CBAAADDEBBAAAAAC	366	21.7778	
			CBAAAEDDDBBAAAAAC	373	21.5111	
			AACBBAAEDDCCBAAA	382	19.1111	
			BAAACBEDDAAAAACB	387	17.1111	
			BCAAAEDDDBBAAAAACB	404	16.7111	
			AABCAEDDAAACBBAAA	435	16.1778	
			BCAAEAABDDAAACB	446	15.6444	
			AACBBEDAACBDDAAA	448	15.5111	
AACBDEAAABBCDAAA	461	12.7111				
AADCBBAAEDDAAACBA	510	11.2444				
ADBCAAEEDDAAACBA	597	9.5111				
BAAEDDAAEDDAAACBA	646	9.1111				
34	Or-Opt	Double-bridge	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	40.4444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			DAAACCCBBBAAAAED	327	23.6444	
			CBAAADDEAAAAABBC	351	22.8444	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.8444	
			AACBDAAEAEDCBAAA	443	15.7778	
			AACBDAAABBCEDAAA	447	15.3778	
			AACBBDEAAAAACBDA	461	14.7111	
			AADCBBAAAEBCDAAA	468	13.2444	
			AADCBBAAAEBCDAAA	527	12.5778	
			ABCADAAAEBCDAAA	551	12.0444	
			AABCDAAEBDAAACBA	570	11.5111	
			AACBDAAEBDAAACBA	575	9.7778	

ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
35	Or-Opt	IP	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778	
			AACBBAAEDDCBAA	382	18.3111	
			AACBBDDAAAAEBCAA	384	18.1778	
			BAAACBEDDAAAAACB	387	17.1111	
			BCAAAABEDDAAACB	388	16.9778	
			BCAAAABDDEAAACB	392	16.7111	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			ABCAAEDDAAABBCAA	436	14.1778	
			AACBBDDAAEDCBAA	443	13.1111	
			AACBDEAAABBCDAA	461	12.7111	
			AABCDAAABBCDAA	470	12.3111	
			AACBDEAAABBCDAA	491	12.1778	
AACBDAEAABBCDAA	515	11.9111				
AABCDEAAABBCADA	529	11.6444				
BAACDAAEBDAAACB	530	10.9778				
ACBDAABEDDAAACBA	560	9.5111				
ACBDAABEDDAAACBA	564	9.3778				
ABCDAABEAADDCBA	599	9.2444				
ACBADAEBDAAACBA	627	8.8444				
ACBADAEBDAAACBA	631	8.7111				
ABCDAABEDDAAACBA	632	8.4444				
ABDACAEABDAAACBA	700	8.1778				
ABCDAABEAADACBA	710	7.7778				
36	Double-bridge	PI	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CBAAAAEBDDAAAC	353	21.7778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CBAAAADDEBBAAAC	366	18.5778	
			BCAAAEDDCBAAAB	383	18.4444	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			DAACBBAAAEBCAAD	451	13.2444	
			AABCDEAAABBCDAA	456	12.9778	
			AACBDEAAABBCDAA	461	12.7111	
			AABCDEAAABBCDAA	487	12.3111	
			AACBDEAAABBCDAA	491	12.1778	
			BAADCBAEAEDAACB	510	11.9111	
ABCDAAEAABBDCAA	541	11.2444				
ABCDAAEAABBCDAA	554	11.1111				
AABDCBAAEDAACBA	559	10.3111				
ABCDAAEAABCDABA	640	9.7778				
37	Double-bridge	API	AAABBBCCEDDAAAA	240	43.2444	
			AAACCCBBEDDAAAA	241	41.6444	
			AAACCCBBDDAAAA	245	41.1111	
			AAAECCBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAECCBBCEDDAAA	270	38.4444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAAACCCBBBAAED	288	28.9778	
			DEAAAABBBCCAAAD	313	27.1111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			BCAAAEDDAAAAABCB	358	22.3111	
			CBAAAEDDDBBAAAC	373	18.5778	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	15.3778	
			ACBAAEDDAAABBCAA	435	14.4444	
			AACBBDDAAAEBCDAA	453	14.0444	
			AACBBDDAAAEBCDAA	457	13.5111	
			ACBDAAEADABBCAA	496	12.7111	
			ABCDAAEAEDABBCAA	505	12.4444	
			ACBDAEAACBBDAA	506	12.3111	
			BCAAABDEAACDAAB	539	12.1778	
BDAAAEBCBAACDAAB	543	11.6444				
BCAAAEDEBAACDAAB	544	10.8444				
ACBDAAEBAACBDA	560	9.6444				
ABCDAAEBAAACBDA	569	9.3778				
ABCDAAEBAAACBDA	584	9.1111				
ACBDAAEBAADACBA	627	8.7111				
ABCDAAEBAAADACBA	636	8.4444				
ACBADAEBAAADACBA	694	8.0444				
ABCADAEBAAADACBA	695	7.7778				

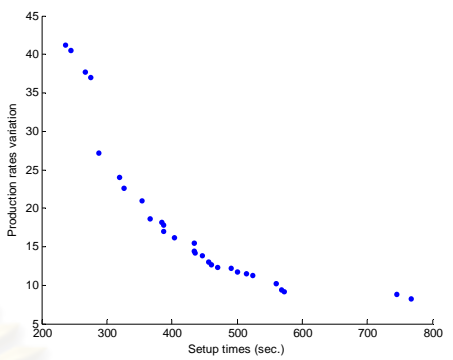
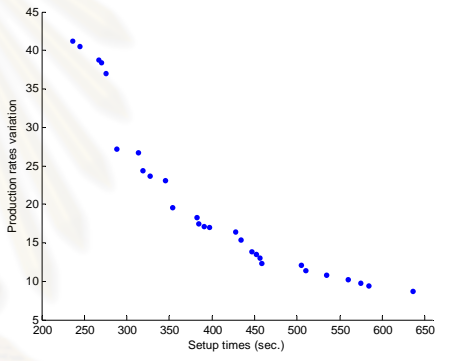
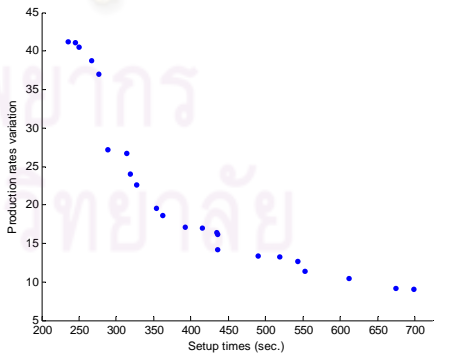
ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
38	Double-bridge	2-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444					
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444					
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444					
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778					
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111					
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111					
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444					
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778					
			CBAAAEBDDDAAAC	353	21.7778					
			DAAAEBBCCAAAAABD	354	19.5111					
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778					
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111					
			AACBDDAAAAEBBCAA	384	17.5111					
			BCAAAEBDDAAAAACB	388	17.1111					
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778					
			ACBAAEDDAAACBBAA	434	15.5111					
			ACBAAEDDAAABCAA	435	14.4444					
			AACBDDAAEDCBAA	443	13.1111					
			AACBDDAAEDAACBA	495	12.0444					
			ADACBAAAEDCBAA	510	11.6444					
AABDCBAAAEDACBA	559	10.4444								
AABCDABAAEDCBAA	568	10.1778								
ACBDAEAABCDABA	631	9.6444								
ABCDAAEAABCDABA	640	9.3778								
39	Double-bridge	3-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444					
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444					
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444					
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778					
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111					
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444					
			DAAAEBCCBBAAAAED	327	23.6444					
			BCAAAEDDCCAAABB	345	23.2444					
			DAAAEBCCAAAAEED	354	20.9778					
			DEAAEBCCAAAAABD	362	20.7111					
			DAAAEBCCAAAAABD	367	18.5778					
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111					
			BCAAAEBDDDAAACB	384	16.8444					
			BCAAAEBDDDAAACB	392	16.7111					
			AACBBAAAEDDAAACBA	434	14.4444					
			AACBDDAAEDCBAA	443	13.1111					
			AABCEDAABBCDAA	456	12.9778					
			AADCBBAAAEDCBAA	458	12.3111					
			AACBDEAAABCDAA	491	12.1778					
			AABCEDAABBCDAA	500	11.7778					
AADCBBAAAEDCBAA	510	11.3778								
AACBDAEBAACBAA	560	9.9111								
ABCDAAEBAAACBDA	584	9.5111								
ABCDAAEBDAACBAA	620	8.8444								
ACBADAEBDAACBAA	694	8.7111								
40	Double-bridge	Or-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444					
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444					
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444					
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778					
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111					
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444					
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778					
			CBAAAEBDDDAAAC	353	21.7778					
			DAAAEBCCAAAAABD	358	21.5111					
			CAAAEBDDAAAAABC	362	18.5778					
			BAAACBDDAAAAACB	391	17.1111					
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778					
			ACBAAEDDAAABCAA	435	14.4444					
			DAABCAAAEBBCAAD	452	13.9111					
			DACBAAEAABBCAAD	513	13.3778					
			ABCDAEAABBCDAA	529	11.3778					
			41	Double-bridge	Double-bridge		AAEDDCBBBAAAAA	236	50.7111	
							AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
							AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
							AAAEBCCBBDDDEAAA	284	36.9778	
DAAAACCCBBBAAAAED	288	28.9778								
DEAAAEBBCCAAAD	313	27.1111								
BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444								
CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778								
CAABBEDDAAAAABC	358	22.1778								
CAAAAEBDDAAAAABC	362	21.5111								
BCAAAEDDCAAAAAAB	383	20.5778								
AABCEDDAAABBCAA	387	17.7778								
CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778								
ABCAAEDDAAACBBAA	435	15.2444								
DAABBCAAAAACBAD	464	14.9778								
ABCDAAAACEBDDAA	482	14.8444								
DAAAEBCEBAAACBAD	518	13.2444								
ABACBAADDEAACBA	574	12.8444								
BAACDAEBADAACB	597	10.8444								
ACBDAABEAADBCAA	612	10.1778								
BADCAAEABADCAAB	630	9.6444								
ABCDAAEBAADCAABA	677	8.5778								

ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
42	Double-bridge	IP	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAAEDDAAABC	327	22.8444	
			CBAAAAEDDEAAABC	351	22.5778	
			CBAAAAEBDDAAAC	353	21.7778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778	
			AACBBAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			AABBCDAAAEDCBAA	452	14.1778	
			ACBDAAAABBCDAA	453	13.5111	
			ABCDAAAABBCDAA	462	13.2444	
			AABCDAAAABBCDAA	470	12.3111	
			AACBDEAAAABCDAA	491	12.1778	
AADCBBAAEDAAABCA	511	11.5111				
BAACDAAEBDAAACB	530	10.9778				
ABDAACBAAEDCBAA	559	9.9111				
ACBDAAAEBDAAACBA	560	9.5111				
ABCDAAAEBDAAACBA	569	9.2444				
ABDAACBAAEDACBA	642	8.5778				
43	IP	PI	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CBAAAAEBDDAAAC	353	21.7778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778	
			BCAAAEDDCBAAAB	383	18.4444	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			AACBDDAAAEDCBAA	443	13.1111	
			AABCEAAAABBCDAA	456	12.9778	
			AADCBBAAEDCBAA	458	12.3111	
			AACBDDAAAEDACBA	495	12.1778	
			ABCAAEAAAABBCDAA	505	12.0444	
			ADACBBAAEDCBAA	510	11.6444	
ABCADAAAABBCDAA	529	11.3778				
ACBDAAAABEDCBAA	559	10.4444				
ABCDAAAABEDCBAA	568	9.9111				
ABCDAAAABEDACBA	620	8.9778				
ABCADAAAABEDACBA	679	8.3111				
44	IP	API	AAAACCCBBBEDDAAA	241	41.2444	
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
			AAACBBCEDDAAAA	270	39.2444	
			AAABCCBBDDDEAAAA	284	37.9111	
			BBAAEEDDAAAACCB	288	34.0444	
			DAAAEBBBCCAAAAD	305	27.7778	
			BBAAAEDDCCAAAB	314	27.2444	
			BBCAAAEDDAAACB	319	24.3111	
			CBAAAAEDDAAABC	327	22.8444	
			BCAAAAEDDAAACB	357	22.5778	
			CAAAABEDDAAABC	358	21.7778	
			CBAAAEDDBBAAAAC	373	21.5111	
			BAAAEDDCBAAAACB	382	19.3778	
			BCAAAEDDCBAAAB	383	18.4444	
			BCAAAEBDDAAACB	384	16.8444	
			CAABBAEDDAAABC	405	16.4444	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			AABCEAAAACBDDAA	447	13.7778	
			AACBDEAAAACBDDAA	452	13.5111	
			AABCEAAAABBCDAA	456	12.9778	
			AACBDEAAAABBCDAA	461	12.7111	
ACBAEDAAAABBCDAA	504	12.3111				
AADCBBAAEDACBA	510	11.3778				
AADCBBAAEAADCBA	536	11.2444				
BDAAAACEBAAACDAAB	559	10.8444				
ACBDAAEBAAAACBDA	560	9.6444				
ACBDAAEBAAAACBDA	575	9.3778				
ABDCAAEBAADCBA	601	9.1111				
ACBDAAEBAAACBDA	638	8.9778				
ABDCAAEBAACDABA	672	8.4444				

ตารางที่ 7.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
45	IP	2-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA	236	41.2444					
			AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444					
			AAAEDDCCBBBCAAAA	267	37.6444					
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778					
			DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111					
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444					
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778					
			DAAABCCCAAAAEED	354	20.9778					
			CBAAAADDEBBAAAC	366	18.5778					
			AACBBDDAAAEBCAA	384	18.1778					
			AABCEDDAAAABCAA	387	17.7778					
			BCAAABEDDAAACB	388	16.9778					
			CBAAAEDDAABBAAC	404	16.1778					
			ACBAAEDDAACBBAA	434	15.5111					
			ACBAAEDDAABBCAA	435	14.4444					
			ABCAAEDDAABBCAA	436	14.1778					
			AABCEDDAAAACBDDAA	447	13.7778					
			AABCEDDAAAABCDAA	456	12.9778					
			AACBDEAAAABBCDAA	461	12.7111					
			AABCEDDAAAABBCDAA	470	12.3111					
			AACBDEAAAABBCDAA	491	12.1778					
			AABCEDDAAAABBCDAA	500	11.7778					
			ACBDAAEAABBCDAA	515	11.5111					
			ABCDAAEAABBCDAA	524	11.2444					
			ACBDAAEAABBCDAA	560	10.1778					
			ABCDAAEAABBCDAA	569	9.3778					
			ABCDAAEBEDAACBA	573	9.1111					
			ADABCABAEAAACDBA	745	8.8444					
			ABDACABAEDACABA	767	8.1778					
			46	IP	3-Opt		AAAEDDCCBBBAAAA	236	41.2444	
							AAAACCCBBDDDEAAA	245	40.4444	
							AAAEDDCCBBBCAAAA	267	38.7111	
							AAAACCCBBCEDDAAA	270	38.4444	
							AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
							DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
BAAAEDDCCEAAAABB	314	26.7111								
DAAACCCBBCEAAAED	319	24.3111								
DAAABCCBBBAAAAED	327	23.6444								
DCAAAABBBCCAAAED	345	23.1111								
DAAAEBBCCAAAAABD	354	19.5111								
AACBBAAAEEDDCBAA	382	18.3111								
AACBDDAAAEBBCAA	384	17.5111								
BAAACBDDEAAAAACB	391	17.1111								
BCAAADDEBAAAAACB	397	16.9778								
CBAAADDEAABBAAC	428	16.4444								
AACBBAAEDDACBAA	434	15.3778								
AABCEDDAAAACBDDAA	447	13.7778								
AACBDEAAAABBCDAA	452	13.5111								
AABCEDDAAAABBCDAA	456	12.9778								
AADCBBAAAEDCBAA	458	12.3111								
ABCBAEDAAAABBCDAA	505	12.0444								
AADCBBAAAEDACBA	510	11.3778								
BAACDAAEBEDAACB	534	10.8444								
AACBDAAEAACBDA	560	10.1778								
ACBDAAEAACBDA	575	9.7778								
AABCDAAEAACBDA	584	9.3778								
AABCDAAEAACBDA	636	8.7111								
47	IP	Or-Opt				AAAEDDCCBBBAAAA	236	41.2444		
						AAAACCCBBDDDEAAA	245	41.1111		
						AAAECBBDDAAAA	250	40.4444		
						AAAEDDCCBBBCAAAA	267	38.7111		
						AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778		
						DAAACCCBBBAAAAED	288	27.1111		
						BAAAEDDCCEAAAABB	314	26.7111		
			BCAAAEDDAAAAACBB	319	24.0444					
			CBAAAEDDAAAAABBC	327	22.5778					
			DAAAEBBCCAAAAABD	354	19.5111					
			CAAABDDDEAAAABC	362	18.5778					
			CBAAAEBDDEAAAABC	392	17.1111					
			BAAACDDEBAAAAACB	415	16.9778					
			ACBBAEDDAAAACBA	434	16.4444					
			AABCAEDDAAAACBAA	435	16.1778					
			ABCAAEDDAABBCAA	436	14.1778					
			DAABCAAAEBCBAAD	490	13.3778					
			ACBAAEDDBAAAACBA	519	13.2444					
			DACAABBEAAAACBAD	543	12.7111					
			ADCAABBEAAAACBDA	552	11.3778					
			AACBDABAEDACBAA	611	10.4444					
			ADBACAAEBAACBDA	674	9.1111					
			BAACDABAEDAABCA	698	8.9778					

ตารางที่ ง.7 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

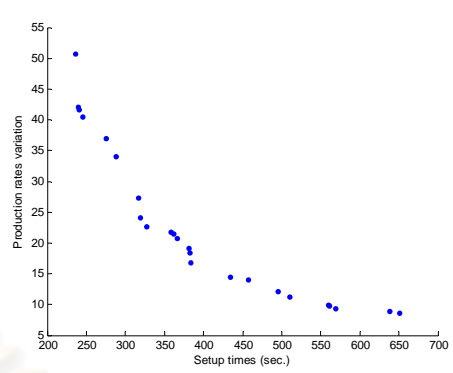
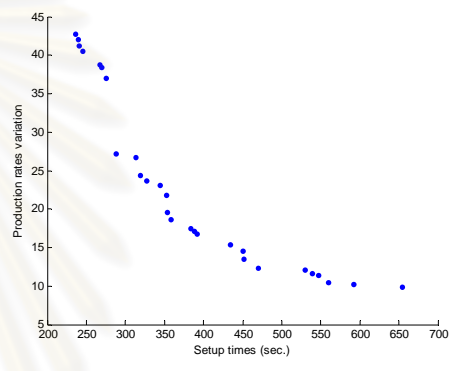
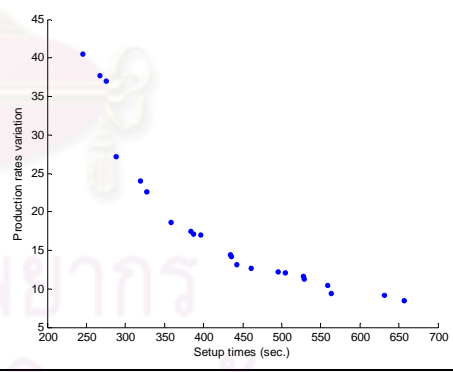
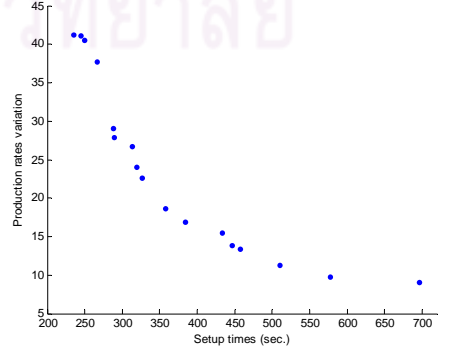
No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
48	IP	Double-bridge	AAAEDDCBBBAAAA AAAAEBBCCDDAAA AAAEDDBBCCAAAA AAAEDDCBBBAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBAAAAED BAAAEDDCCAAAABB BBAAAAEDDAAACB CBAAAEDDAAAABBC BCAAAEDDAAAABBC DAAAABCCCEAAABD BCAAAEBDDAACB AACBDDAAECBDAA BAACBDAAEDCAAB ABDCAABAEDCBAA ABCDAAABAEDCABA	236 246 258 267 276 288 314 319 327 358 367 384 457 521 585 646	41.2444 41.1111 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.3111 22.5778 22.4444 21.5111 16.8444 13.5111 11.9111 10.1778 9.2444	
49	IP	IP	AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCBBBAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBAAAAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC DAAAEBCCAAAABD CAAAABDDDEAAAABC BCAAAEBDDAAAACB CAABBAEDDAAAABC ACBAAEDDAACBBAA ACBAAEDDAABBCAA ABCAAEDDAABBCAA AABCEDAACBBDAA ACBDAAAEBBCDAA AABCEDAACBBDAA AACBDEAAABBCDAA AABCDEAAABBCDAA ABCAEDAAABBCDAA ACBDAAEAABBCDAA ABCDAEAABBCDAA AABCEDAABDACBA ACBDAAEBAAABCD ABCDAEAABAACBDA	236 245 267 276 288 319 327 354 362 384 405 434 435 436 447 453 456 461 470 505 515 524 563 569 631	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 24.0444 22.5778 19.5111 18.5778 16.7111 16.4444 15.5111 14.4444 14.1778 13.7778 13.5111 12.9778 12.7111 12.3111 12.0444 11.5111 11.2444 11.1111 10.0444 9.1111	

2.1.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

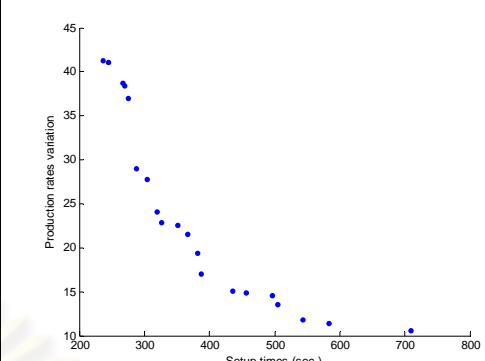
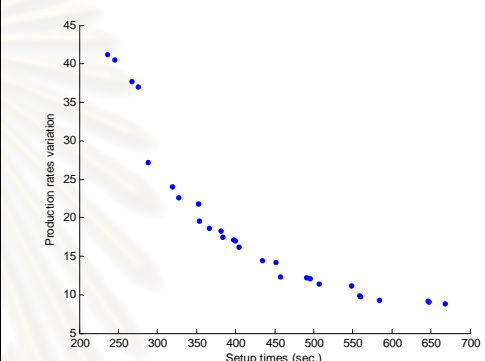
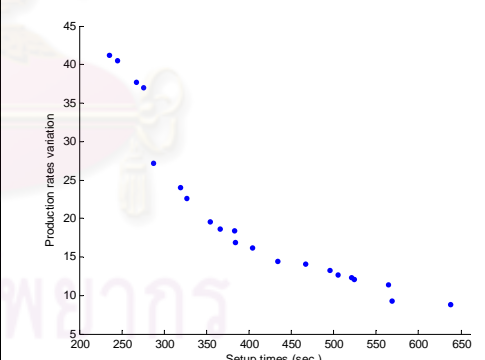
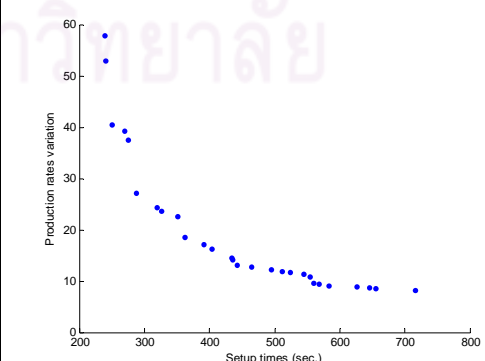
ตารางที่ ง.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAAEDDCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCBBBAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBAAAAED BAAAEDDCCAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CBAAAEBDDAAAC CAAAEBDDAAAABC CAAAEBDDAAAABC AACBBAEEDDCBAA BCAAAEBDDAAAACB CAABBAEDDAAAABC CAABBAEDDAAAABC AACBBAEEDDAACBA ABCAAEDDAABBCAA ACBDAAAEBBCDAA AACBDAAEBDCBAA ABCDAAAEBBCAADA BAACDAAEBDAAACB ACBDAAAEBACBDA AACBDAAEBAAABCA ABCDAAEBCAABDA	236 245 267 276 288 314 319 327 353 354 358 382 384 405 429 434 436 453 512 521 530 560 628 629	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 21.7778 19.5111 18.5778 18.3111 16.8444 16.4444 16.1778 14.4444 14.1778 13.5111 12.5778 12.4444 10.9778 9.7778 9.3778 8.8444	

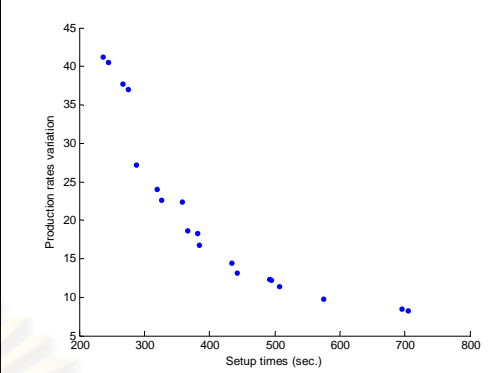
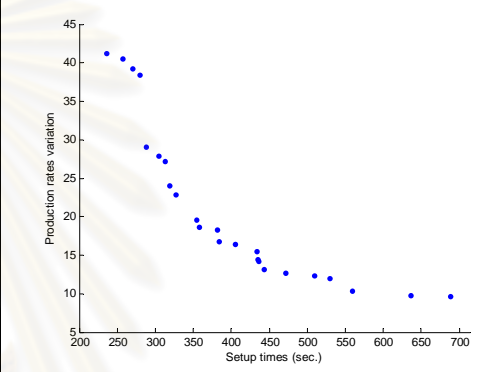
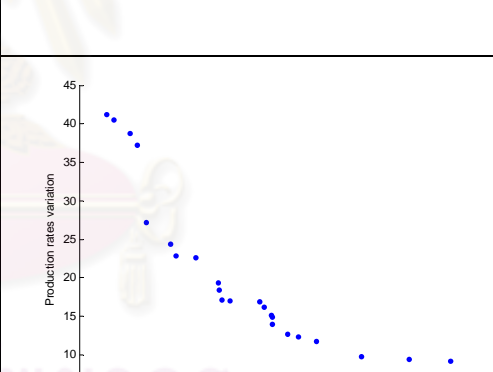
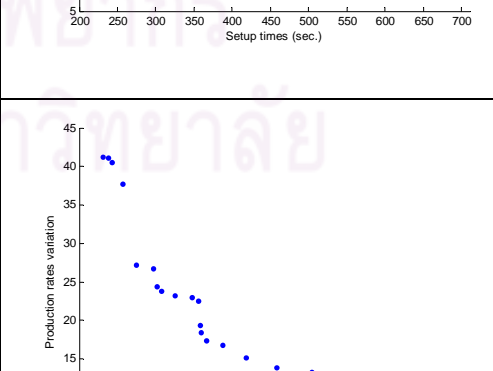
ตารางที่ ๘.๘ ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2	PI	API	AAEDDCBBBAAAA	236	50.7111	
			AAAABBBCCEDDAAA	240	42.0444	
			AAAACBBBEDDAAAA	241	41.6444	
			AAAACBBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAEBCBBDDAAAA	276	36.9778	
			BBAAEEDDAAAAACCB	288	34.0444	
			BAAACCEDDAAAAABB	317	27.2444	
			BCAAAEEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAABBEDDAAAAABC	358	21.7778	
			CAAAABBDDEAAAAABC	362	21.5111	
			CEAAABBDDEAAAAABC	367	20.7111	
			AACBBAEEDDCBAAA	382	19.1111	
			BCAAAEEDDCBAAAAB	383	18.4444	
			BCAAAEEDDAAAAACB	384	16.7111	
			AACBBAEEDDAACBA	434	14.4444	
			AADCBBAAAAEDCBA	458	14.0444	
			AACBBDAAEDAACBA	495	12.0444	
			AADCBBAAEDAACBA	510	11.2444	
			AACBDAEEDDAACBA	560	9.9111	
ACBDAAEEDDAABCA	561	9.7778				
ABCDAAEEDDAACBA	569	9.2444				
ABDACAEBAAACBDA	638	8.8444				
ABCDAABEADACBA	651	8.5778				
3	PI	2-Opt	AAAAEEDDCBBBAAA	236	42.7111	
			AAAABBBCCEDDAAA	240	42.0444	
			AAAACBBBEDDAAAA	241	41.2444	
			AAAACBBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAAEEDDCBBBAAAA	267	38.7111	
			AAAACBBBEDDAAAA	270	38.4444	
			AAAEBCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACBBBAAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEEDDCBAAAAB	314	26.7111	
			DAAACBBBAAAAAED	319	24.3111	
			DAAACBBBAAAAAED	327	23.6444	
			DCAAAEBBCCAAAEED	345	23.1111	
			CBAAAEBBDDAAAC	353	21.7778	
			DAAAEBCBAAAAABD	354	19.5111	
			CAAAABBEDDAAAAABC	358	18.5778	
			AACBDDAAEBBCAA	384	17.5111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	388	17.1111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	392	16.7111	
			AACBBAEEDDAACBA	434	15.3778	
			DACBAAAAEBBCAAD	451	14.5778	
AACBDEAAABBCDAA	452	13.5111				
AACBDEAAABBCDAA	470	12.3111				
AACBDEAAABBDACA	530	12.0444				
AACBDEAAABBDACA	539	11.6444				
ABACDEAAABBCDAA	547	11.3778				
AACBDAEBAACBDAA	560	10.4444				
AACBDEAABDCBAA	592	10.1778				
AACBDEAABDACABA	655	9.9111				
4	PI	3-Opt	AAAACBBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACBBBAAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAABBEDDAAAAABC	358	18.5778	
			AACBDDAAEBBCAA	384	17.5111	
			BAAACBEDDAAAAACB	387	17.1111	
			BCAAADDEBAAAAACB	397	16.9778	
			AACBBAEEDDAACBA	434	14.4444	
			ABCAAEEDDAABBCAA	436	14.1778	
			AACBBDAAEDCBA	443	13.1111	
			AACBDEAAABBCDAA	461	12.7111	
			AACBBDAAEDACBA	495	12.1778	
			ABCAEEDAAABBCDAA	505	12.0444	
			ACBADEAAABBCDAA	528	11.6444	
			ABCAEEDAAABBCDAA	529	11.2444	
			AABDCBAAEEDACBA	559	10.4444	
			ACBDAAEEDDAACBA	564	9.3778	
ADABCAEBEDAACBA	632	9.1111				
ABADCAEBEDAACBA	657	8.4444				
5	PI	Or-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACBBBEDDAAAA	245	41.1111	
			AAAACBBBDDEAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			DAAAACBBBAAAAED	288	28.9778	
			DAAAABBCAAAAAED	289	27.9111	
			BAAAEEDDCBAAAAB	314	26.7111	
			BCAAAEEDDAAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEEDDAAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAABBEDDAAAAABC	358	18.5778	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.8444	
			ACBAAEEDDAACBBAA	434	15.5111	
			AABCEDAACBBDAA	447	13.7778	
			AACBDEAAABBCDAA	457	13.3778	
			AADCBBAAEEDAACBA	510	11.2444	
			ABCDAAEBAAAACBDA	578	9.7778	
			ABCAADBAAEEDCABA	696	8.9778	

ตารางที่ ง.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
6	PI	Double-bridge	AAAEDDCBBBAAAA AAAACBBBDDEAAAA AAAEDDCBBBCAAAA AAAACBBBCEDDAAAA AAAEBCCBBDAAAA DAAAACBBBAAAAED DAAAEBBCCAAAAAD BCAAAEDDAAAACBB CBAAAAEDDAAAABC CBAAAAADDEAAABC DEBAAAACCBBAAAD ACBAAAAAEDDCBAA BCAAAABEDDAAACB AABCAEDDAABBCAA ACBEDAAAABCDAA BCAABDAAAEDAACB ABCDAAAEDAAABCA BDAACEAABCDAAAB AABDCBAADEAABCA DAABCBAAECBADA	236 245 267 270 276 288 305 319 327 351 366 382 388 436 457 496 505 544 584 709	41.2444 41.1111 38.7111 38.4444 36.9778 28.9778 27.7778 24.0444 22.8444 22.5778 21.5111 19.3778 16.9778 15.1111 14.8444 14.5778 13.5111 11.7778 11.3778 10.5778	
7	PI	IP	AAAEDDCBBBAAAA AAAACBBBDDEAAAA AAAEDDCBBBCAAAA AAAEBCCBBDAAAA DAAAACBBBAAAAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CBAAAEBBDDAAAC CAAAEBDDAAAAABC CBAAAADDEBBAAC AACBBAAEEDDCBAA AACBDDAAAEBBCAA BCAAAADDEBCAAB CBAAAABDDEAAABC CBAAAEDDAABBAAC AACBBAEEDDAACBA AABBCDAAAEDCBAA AADCBBAAEEDCBAA AACBDEAAABCDAA AACBDDAAEDAACBA AABDCBAAEEDCBAA ADABCBAAEEDCBAA ABDAAACBAAEDCBAA ACBDAAEBAACBDA ABCDAAAEBAACBDA AABCDAAEBACBDA ABCAADBAEEDACBA ABADCBAAEACBDA	236 245 267 276 288 319 327 353 354 366 382 384 398 400 404 434 452 458 491 495 507 549 559 560 584 647 648 668	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 24.0444 22.5778 21.7778 19.5111 18.5778 18.3111 17.5111 17.1111 16.9778 16.1778 14.4444 14.1778 12.3111 12.1778 12.0444 11.3778 11.1111 9.9111 9.7778 9.2444 9.1111 8.9778 8.8444	
8	API	PI	AAAEDDCBBBAAAA AAAACBBBDDEAAAA AAAEDDCBBBCAAAA AAAEBCCBBDAAAA DAAAACBBBAAAAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CAAAEBDDAAAAABC CBAAAADDEBBAAC BCAAAEDDCBAAAB BCAAAEBDDAAACB CBAAAEDDAABBAAC AACBBAEEDDAACBA AACBBDAAAADCBAA BDAAACBAAEEDAACB AABCDAAEEDAACB BCADAEEBCDAAAB BAACEDAAEDAACB AABCEAAAEDAACB ABCDAAAEBAACBDA ABDACAEEBAACBDA	236 245 267 276 288 319 327 354 366 383 384 404 434 467 495 505 521 524 564 569 638	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 24.0444 22.5778 19.5111 18.5778 18.4444 16.8444 16.1778 14.4444 14.0444 13.2444 12.7111 12.3111 12.0444 11.3778 9.2444 8.8444	
9	API	API	CEDDAAAAAABBBC AACBBBEDDAAAAA AAAECBBBDAAAAA AAAEBBCCEDDAAAA AAAAEBBCCBDDAAAA DAAAACBBBAAAAED DAAAACBBBAAAAED DAAAACBBBAAAAED CBAAAADDEAAABC CAAAEBDDAAAAABC BAAAACBDDAAAAACB CBAAAEDDAABBAAC AACBBAEEDDAACBA ABCAAEDDAABBCAA AACBDDAAAEDCBAA DAABCEAAABBCAAD AACBDDAAAEDACBA DAACBBAAEACBAAAD ABCDAAAEBBCDAA ACBDAAAEBDAAACB ABCDAAEAABCDAA ACBDAAEAABCDAA ABCDAAEBAAACBDA ABCDAAEBAAACBDA ACBDAAEBAAACBDA ABCDAAEBAAACBDA ABCDAAEBAAACBDA ABCDAAEBAAACBDA ABCDAAEBAAACBDA ABCDAAEBAAACBDA	240 241 250 270 276 288 319 327 351 362 391 404 434 436 443 465 495 512 524 545 554 560 569 584 627 646 655 717	57.7778 52.9778 40.4444 39.2444 37.3778 27.1111 24.3111 23.6444 22.5778 18.5778 17.1111 16.1778 14.4444 14.1778 13.1111 12.7111 12.1778 11.9111 11.6444 11.3778 10.7111 9.5111 9.3778 9.1111 8.8444 8.7111 8.4444 8.1778	

ตารางที่ 8.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
10	API	2-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAAA AAAEDDCBBBCAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBBAAAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC BCAAAEDDAAAABCB CBAAAADDEBBAAC AACBBAAEEDDCBAA BCAAAEBDDAAACB AACBBAEEDDAACBA AACBBDAAAEDCBAA AABDCEAAABBCDAA AACBBDAAAEDACBA AABDCBAAAEDCBAA ACBDAAEABADCBAA ABCDAEABAACBADA ABCDAEABAADCBA	236 245 267 276 288 319 327 358 366 382 384 434 443 492 495 507 575 695 705	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 24.0444 22.5778 22.3111 18.5778 18.3111 16.7111 14.4444 13.1111 12.3111 12.1778 11.3778 9.7778 8.4444 8.1778	
11	API	3-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAEDDBBCCAAAA AAACBBBCEDDAAAA AAABCCBBEDDAAAA DAAAACCBBAAAED DAAAEBBBCCAAAD DEAAAABBBCCAAAD BCAAAEDDAAAACBB CBBAAAAEDDAAAABC CAAAEBBDDAAAABC CAABBEDDAAAABC AACBBAAEEDDCBAA BCAAAEBDDAAACB CAABBAEEDDAAAABC BAACBAEEDDAAAABC ACBAAEDDAAABCAA ABCAAEDDAAABCAA AACBBDAAAEDCBAA AADCBBAAAECBDAA DAACBBAAAEDCBAA AABCDDEBAAAACBAA AABDCBAAEADACBA ADCBAAEABAACBDA ACBDABAAEADACBA	236 258 270 280 288 305 313 319 327 354 358 382 384 405 434 435 436 443 472 510 530 559 637 689	41.2444 40.4444 39.2444 38.4444 28.9778 27.9111 27.1111 24.0444 22.8444 19.5111 18.5778 18.3111 16.7111 16.4444 15.5111 14.4444 14.1778 13.1111 12.7111 12.3111 11.9111 10.3111 9.7778 9.6444	
12	API	Or-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAAA AAAAEDDCBBBCAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAACCBBBAAAED BBCAAAAEDDAAAACB CBBAAAAEDDAAAABC BAAACCBDDAAAAB BAAAEDDCBAAAACB BCAAAEDDCBAAAAB BAAACBEDDAAAACB BCAAAEDDAAAACB ABCAEDDAAAABCAA BCBAABDEDAACB ACBAADDAEABCAA ABCAADDAEABCAA AACBDAAAEBBCDAA AADCBBAAAECBDAA AABCDDEAABBCDAA BAADCBAEADAAAACB AABCDAAEBAACBDA AABCDAAEBAACBDA AABCDAAEBAACBDA AABCDAAEBAACBDA	236 245 267 276 288 319 327 353 382 383 387 397 436 442 451 452 453 472 487 510 569 631 686	41.2444 40.4444 38.7111 37.2444 27.1111 24.3111 22.8444 22.5778 19.3778 18.4444 17.1111 16.9778 16.8444 16.1778 15.1111 14.8444 13.9111 12.7111 12.3111 11.7778 9.7778 9.3778 9.1111	
13	API	Double-bridge	AAAEDDCCBBBAAAA AAACCBBDDEAAAA AAAECBBBDDEAAAA AAAEDDCBBBCAAAA DAAACCBBBAAAED BAAAEDDCAAAABB DAAAACBBCAAAED CBAAAEDDAAAABBC BBAAAACEDDAAAACB BAAAEDDBCCAAAAB AABCAAAEDDCBBA AAABBCEDDAAACBA CAABBEDDAAAACB CBAAAEBEDDAAAABC BCAAAABDDECAAAAB AACBBDAAAACBDA AABCDAAEDACBBAA AABCDAAEDACBBAA ABCAADAEDABBCAA AABCDABEAACBDA ABCAEDABDAACBA ABCAEDABDAACBA	236 245 250 267 288 314 319 327 347 374 383 386 388 396 421 457 504 558 564 584 612 722	41.2444 41.1111 40.4444 37.6444 27.1111 26.7111 24.3111 23.7778 23.2444 22.9778 22.4444 19.3778 18.4444 17.3778 16.7111 15.1111 13.7778 13.2444 12.4444 10.1778 9.6444 9.5111	

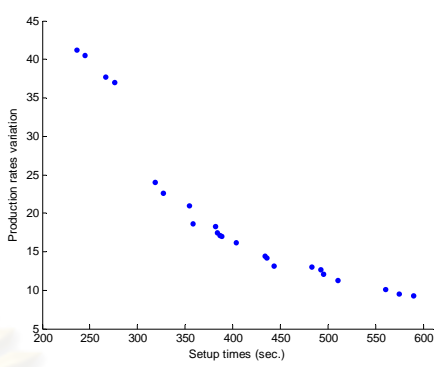
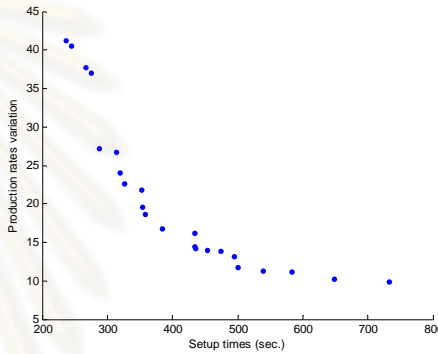
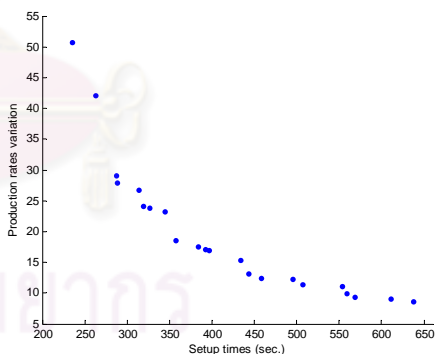
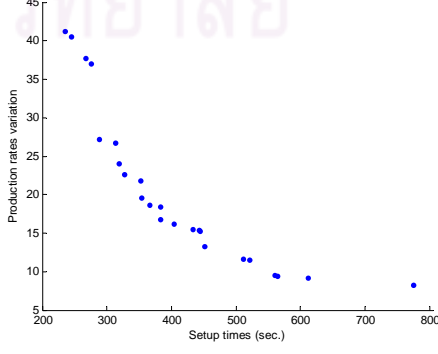
ตารางที่ 8.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
14	API	IP	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCCBBDDDEAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAACCCBBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEBDDAAC DAAAEBBCCAAABD CBAAAEDDBBAAAC AACBBAAEEDDCBAA AACBDDAAAEBBCAA AABCDAAAEBBCAA CBAAAEDDAAABBAAC BAACBAEEDDAAACB ACBAEEDDAAABBCAA ABCAAEDDAAABBCAA AACBDDAAAEDCBAA AACBDDAAAEBBCAA AACBDEBAAAACBDA AADCBBAAEDAABCA AABCDEAAAABDCBAA ACBDAABAEDCBAA ACBDAABEAACBDA ABCDAAEBAAAACBDA ABCDAAEBEDAACBA ABADCAABEDAACBA 657	236 245 267 276 288 314 319 353 354 373 382 384 393 404 434 435 436 443 482 506 511 525 559 561 569 573 657	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 21.7778 19.5111 18.5778 18.3111 17.5111 17.1111 16.1778 15.5111 14.4444 14.1778 13.1111 12.7111 12.5778 11.5111 11.3778 10.1778 9.7778 9.3778 9.1111 8.4444	
15	2-Opt	PI	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCCBBDDDEAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBBDDAAAA DAAACCCBBBAAAAED BAAAEDDCCAAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CAAAEBDDAAAABC AACBBAAEEDDCBAA AACBDDAAAEBBCAA BAAACBEDDAAAACB BCAAAABEDDAAAACB DAACBBAEAAAACBD AACBBEDAAAACBDA AACBDEAAAABCDAA AACBDDAAEDAACBA AACBDAEAABBCDAA BAADCAAEEDDAAAACB ABCDAAEBEDAACBA AACBDAEBAADCBA AABCDABEAADCBA BAACADEBAACDAAB ABADCBAAEDAACBA ABACDAEBAADCBA BAACDAEBAACDABA 760	236 245 267 276 288 314 319 327 354 382 384 387 388 445 448 461 495 515 537 574 575 584 621 626 661 760	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 19.5111 18.3111 18.1778 17.1111 16.9778 15.2444 15.1111 12.7111 12.0444 11.9111 10.9778 10.4444 10.0444 9.6444 9.5111 9.3778 8.7111 8.4444	
16	2-Opt	API	AAEDDCCBBBAAAA AAAABBBCCDDDEAAA AAAAECCBBDDAAA BBAAAEDDAAAACCB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAAEDDAAAABC BCBAAAAEDDAAAACB CAAAABDDDEAAAABC BAAAEDDCBAAAACB BCAAAABEDDAAAACB CAABBAADDEAAAABC AACBBAEEDDAAACBA ABCAAEDDAAABBCAA AABCEDAACBBDAA AABCEDAABBCDAA AABCEDAABBCDAA ACBAEDAABBCDAA AABCEDAABBCDAA ABCAEDAABBCDAA BDAAACBEAACDAAB BDAAACEBAACDAAB ACBDAEBAACBDA ABCDAAEBAACDAA ABCDAEBAACBDA ABCDAAEBAACDABA ABCDAAEBAACDABA 714	236 254 276 288 319 327 357 362 382 383 384 429 434 436 447 456 486 504 511 535 545 559 560 624 628 683 714	50.7111 41.2444 37.3778 34.0444 24.0444 22.8444 22.5778 21.5111 19.3778 18.4444 16.8444 16.1778 14.4444 14.1778 13.7778 12.9778 12.4444 12.3111 12.0444 11.5111 10.9778 10.8444 9.6444 9.3778 8.7111 8.4444 7.7778	

ตารางที่ ๘.๘ ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	AAAACBBBDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEEDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACBBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBDDAAAAEBC	354	20.9778	
			CBAAAADDEBBAAAC	366	18.5778	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	18.1778	
			AABCEDDAAAABBCAA	387	17.7778	
			BCAAAEBDDAAAACB	388	17.1111	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			ACBAAEDDAAACBBAA	434	15.5111	
			ACBAAEDDAAABBCAA	435	14.4444	
			ABCAAEDDAAABBCAA	436	14.1778	
			AADCBBEAAAABCDAA	483	13.9111	
			AABCEDAAAABCDAA	486	12.4444	
			AADBBCAAEDAACBA	532	12.0444	
			AABCEDAAAABCDAA	553	11.7778	
			ACBDAAEBAACBAA	560	11.3778	
DABCAAEBAAACBAAD	568	11.2444				
ABCDAAAEBAAACBDA	569	9.5111				
ABCDAAEABADCBA	646	9.1111				
18	2-Opt	3-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAACCBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECCBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			BBAAEDDAAAACCB	288	34.0444	
			DAABBBCCAAAAAED	289	33.9111	
			AAAEBDDCCBBAAAA	301	33.7778	
			DAAAAEBBCCAAAD	305	27.9111	
			DEAAAABBBCCAAAD	313	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			DAAAABBBCCAAAABED	358	21.5111	
			CBAAAEDDDBBAAAC	373	18.5778	
			BCAAAEDDDBBAAAB	383	18.4444	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	17.5111	
			AABCDDAAAEBBCAA	393	17.1111	
			ACBBAEDDAAAACBA	434	16.4444	
			ABCAAEDDAAACBBAA	435	15.2444	
			ACBDEAAAACBDDAA	448	14.1778	
DAABCAEBBCCAAD	452	13.7778				
ACBDAAAAEBDCBAA	512	12.1778				
AABDCEAAAACBDDAA	522	11.7778				
ACBDAABAEDCBAA	559	10.4444				
ACBDAAAEBDAACBA	560	9.5111				
ABCAADEABAACDBA	691	8.8444				
19	2-Opt	Or-Opt	AAACCBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEEDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACBBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEEDDAAAACBB	319	24.0444	
			DAAAECBBBAAAAED	327	23.6444	
			BBAAECEDDAAAACB	347	23.2444	
			DAAAEBBCCAAAABD	354	19.5111	
			CBAAAEDDDBBAAAC	373	18.5778	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	18.1778	
			BAAAEBDDAAAACB	387	17.1111	
			CBAAAEBDDAAAACB	422	16.9778	
			ACBAAEDDAAACBBAA	434	15.5111	
			AABCEDDAAABBCAA	436	15.1111	
			AACBDAEAACBDDAA	457	14.7111	
			AACBDEAAAACBDDAA	467	14.5778	
			AACBDEAAAACBDDAA	491	14.4444	
			AACBDAEDAABBCAA	496	14.0444	
			ABCAEDAAAABCDAA	505	12.0444	
ABACEDAAAABCDAA	592	11.3778				
AACBADEBAAAADBCA	610	10.7111				
ABCAADEACBAAABDA	636	10.3111				
ACBAADEBAADACBA	640	8.7111				
s20	2-Opt	Double-bridge	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAACCBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	38.7111	
			AAAABBBCCBEDDAAA	280	38.0444	
			AAAABBBCCBEDDAAA	284	37.2444	
			DAAACBBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAABBDDEAAAAABC	362	22.4444	
			DAAAECBBBAAAAACD	366	21.9111	
			ABBCAAAEDDCBAAA	383	21.5111	
			AAABCEDDAAAABBCA	387	19.9111	
			AAACBBDDAAACBAA	391	19.5111	
			CBAAAEBDDAAAABC	396	17.3778	
			AABCDDAAAEBBCBAA	431	16.7111	
			BCAAAABDEDAACB	442	15.9111	
			DAACBBAAAEBCAAD	451	13.2444	
			AACBDDAADEAACBA	519	12.8444	
			AABCDDAADEAACBA	558	12.4444	
			AADBCAEBADCBA	612	10.0444	
AACBDAEBAADBCA	674	9.7778				
ACABDAEBAADBCA	752	9.1111				

ตารางที่ ง.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBDDAAAA BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CAAABDDAAAABBC CAAABEDDAAAABC AACBAAAEDDCBAA AACBDDAAAEBBCAA BAAACBEDDAAAACB BCAAAABEDDAAACB CBAAAEDDAAABBAAC AACBBAEDDAAACBA ABCAAEDDAAABBCAA AACBDDAAAEDCBAA ACBDDAAAEBBCDAA ABCDAAAEBBCDAA AACBDDAAEDAACBA AADCBBAAEDAACBA ACBDAEAACBDAA ABDAAACBEAAACBDA ABDAACBEAAADCBA	236 245 267 276 319 327 354 358 382 384 387 388 404 434 436 443 483 492 495 510 560 575 590	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 24.0444 22.5778 20.9778 18.5778 18.3111 17.5111 17.1111 16.9778 16.1778 14.4444 14.1778 13.1111 12.9778 12.7111 12.0444 11.2444 10.0444 9.5111 9.2444	
22	3-Opt	PI	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAAACCBBAAAED BAAAEDDCCAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CBAAAEBDDAAAC CAAAEEDDAAAABC CAAABEDDAAAABC BCAAAEBDDAAAACB BAAACBAEDDAAACB ACBAAEDDAAABBCAA ABCAAEDDAAABBCAA AACBDDAAAEBBCDAA ABCAAEDDAAABCBAA ACBAAEDDAAABBCDAA AABCDEAAACBDAA BAADCBAACEDAAAB AABDCBAAAEDACBA ABDCAEAABAAACBDA ABACEADABADCBA	236 245 267 276 288 314 319 327 353 354 358 384 434 435 436 453 474 495 500 539 583 648 733	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 21.7778 19.5111 18.5778 16.7111 16.1778 14.4444 14.1778 13.9111 13.7778 13.1111 11.7778 11.2444 11.1111 10.1778 9.9111	
23	3-Opt	API	AAEDDCCBBBAAAA AAADDECCBBBAAAA DAAAACCBBAAAED DAAAEBBCCAAAED BAAAEDDCCAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC BCAAAEDDCAAABB CAAABEDDAAAABC AACBDDAAAEBBCAA AABCDDAAAEBBCAA BCAAAEDDAAAACB AACBBAEDDAAACBA AACBDDAAAEDCBAA AADCBBAAAEDCBAA AACBDDAAAEDACBA AABDCBAAAEDCBAA ABCDAAAEBBCDAA ABDAAACBAEDCBAA ABCDAAAEBDAAACBA ABDAAACBAEDACBA ABDCAEAEBDAAACBA	236 263 288 289 314 319 327 345 358 384 393 397 434 443 458 495 507 554 559 569 611 638	50.7111 42.0444 28.9778 27.9111 26.7111 24.0444 23.7778 23.2444 18.5778 17.5111 17.1111 16.9778 15.3778 13.1111 12.3111 12.1778 11.3778 11.1111 9.9111 9.2444 8.9778 8.5778	
24	3-Opt	2-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCCBBBCAAAA AAAEBCCBDDAAAA DAAAACCBBAAAED BAAAEDDCCAAAABB BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC CBAAAEBDDAAAC CAAAEEDDAAAABC CBAAAADDEBBAAC BCAAAEDDCAAAAB BCAAAEBDDAAAACB CBAAAEDDAAABBAAC ACBAAEDDAAACBAA ACBDDAAAEDCBAA DAACBBAAEAACBD DAACBBAAEBCAAD AADCBBAAAEDABCA AADCBBAAEAACBDA ACBDAEAEBDAAACBA ACBDAABEDAAACBA ABDAAACBAEDAABCA ABACDAEAACBADA	236 245 267 276 288 314 319 327 353 354 366 383 384 404 434 443 445 451 511 521 560 564 612 775	41.2444 40.4444 37.6444 36.9778 27.1111 26.7111 24.0444 22.5778 21.7778 19.5111 18.5778 18.4444 16.7111 16.1778 15.5111 15.3778 15.2444 13.2444 11.6444 11.5111 9.5111 9.3778 9.1111 8.1778	

ตารางที่ ๘.๘ ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAACCBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECCBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEEDCCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAECCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEEDCCAAAABB	314	26.7111	
			BBCAAAEEDDAAACB	319	24.3111	
			CBBAAAAEDDAAAABC	327	22.8444	
			DAAAEBBCCAAAABD	354	19.5111	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	17.5111	
			BCAAAEBDDAAACB	388	16.9778	
			CAABBAEEDDAAAABC	405	16.4444	
			ACBBAAAEDDAAACBA	434	15.5111	
			AACBDDAAAEDCBAA	443	13.1111	
			AADCBBAAAEDCBAA	458	12.3111	
			ABCAEDAAAABCDAA	505	12.0444	
			ABCAADEAABBCDAA	529	11.2444	
			ABCADEAAAABCDAA	559	10.8444	
AABCDAAEBDAACBA	569	9.5111				
ACBDAEAABAAACBA	575	9.3778				
ABCADEAABAACDCA	651	8.9778				
ACBADABEAADCBA	657	8.8444				
ACBADABEAACDAAB	728	8.7111				
26	3-Opt	Or-Opt	AAAEBBCCDDAAA	246	41.1111	
			AAAECBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACBBBAAAAAED	288	32.3111	
			DAAAEBBCCAAAAD	289	27.9111	
			DAAAEBBCCAAAAD	305	27.7778	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CAAEEDDAAAACBB	354	22.5778	
			BCAAAEDDAAAABBC	358	22.4444	
			DCAAAAEBBCCAAAD	361	21.6444	
			CBAAAEDDBBAAAAC	373	21.5111	
			BCAAAEDDCBAAAAB	383	20.5778	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	18.1778	
			DAACBBEAAAACBD	398	17.2444	
			AACBDDAAAEDCBA	443	14.8444	
			ADCBAAAAEDBBCAA	480	14.7111	
			AACBEDAAAABCDAA	487	12.8444	
			AACBEDAAAABCDAA	542	12.4444	
			ACBDAEAABCDAA	545	11.7778	
			AACBEDAAAABCDABA	573	11.5111	
AABCDAAEBDAACBA	631	10.0444				
ABDACAEBAAADBCAA	675	9.1111				
BAACDAEAABDAABCA	709	8.9778				
ACBAADBAEADCABA	751	8.4444				
27	3-Opt	Double-bridge	CBBAAAAAAEDDC	236	59.1111	
			AAABBBCCEDDAAAA	240	43.2444	
			AAAACCBBEDDAAAA	241	41.2444	
			AAACCBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECCBBDDAAAA	276	37.2444	
			DAAACCBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	25.2444	
			DAAAEBBCCAAAABD	327	23.6444	
			BBAACCEDDAAAACB	347	23.2444	
			CAAAEBDDAAAABC	362	18.5778	
			AACBBAADDEBCAA	397	18.1778	
			BCAAAEDDAAAACB	404	17.1111	
			AABCAEDDAAAABCA	436	16.1778	
			AACBDDAAAEBBCDA	453	14.0444	
			CAABDDAAEDAAACB	496	13.9111	
			AACBDDAAAECBDA	506	13.1111	
			AADBCCAEDACBAA	532	12.9778	
			AADBCCAEDAAABCA	533	12.3111	
			ACBAADDABEAACBA	581	11.9111	
			ABDABCAEADAABCA	613	10.9778	
DAABCABAEACBAD	629	10.4444				
28	3-Opt	IP	AAAEEDCCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAEEDCCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAECCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBBDDAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAABC	358	18.5778	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	17.5111	
			BAAAEBDDAAAACB	387	17.1111	
			CBAAAEBDDAAAABC	392	16.9778	
			CBAAAEDDAAAABAC	404	16.1778	
			AACBBAEEDDAAACBA	434	14.4444	
			AACBEDAAAACBDDAA	448	14.1778	
			AACBEDAAAACBDDAA	452	13.5111	
			AACBEDAAAABCDAA	457	13.3778	
			AACBEDAAAABCDAA	461	12.7111	
			AACBEDAAAABCDAA	491	12.1778	
AACBDDAAEDAAACBA	495	12.0444				
ACBDAEAABBCDAA	515	11.5111				
ACBAADEAABBCDAA	558	10.9778				
ACBDAEAEBDAACBA	560	9.5111				
ABCDAAEBAAAACBDA	569	9.3778				
ACBDAEAEBDAACBA	622	9.1111				
ABCDAEAEBDAACBA	628	8.5778				
ABCDAEAEBDAACBA	632	8.4444				

ตารางที่ ง.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCBBDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBDDAAAABC	354	19.5111	
			AACBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BAAACBEDDAAAACB	387	17.1111	
			AACBBAEEDDAACBA	434	14.4444	
			BCAAEDAAAABCDAA	505	12.5778	
			BAAADCBAACEDAAB	539	12.0444	
ABDAAECBAAAACDA	582	10.5778				
ADBCAABADEAACBA	672	9.9111				
34	Or-Opt	Double-bridge	AAABBBCCEDDAAAA	240	43.2444	
			AAAACCBBDDEAAA	241	41.2444	
			AAAACCBBDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			DAAACCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			BCAAAEDDAAAABCB	358	22.3111	
			CBAAAEDDDBAAAAAC	373	21.5111	
			ACBAAAEDDCBBAAA	382	19.6444	
			DAAECBBAAAAACBD	396	18.7111	
			CBAAAEDDAAABAAC	404	16.1778	
			ACBAAEDDAAAABCA	435	15.5111	
ACBAADDAAEBCCAA	451	15.1111				
ABCAAEDDAAAACBBA	474	14.9778				
ACBAADDAAEBCBAA	489	14.7111				
ABCAADDAAEBCBAA	490	14.4444				
AACBBAADEDAABCA	509	13.6444				
ACBDAAAEBDAACBA	560	9.5111				
35	Or-Opt	IP	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCBBDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBBAAAAEDDAAAABC	327	22.8444	
			CBBAAAAADDEAAABC	351	22.5778	
			DAAAEBCCAAAABD	354	19.5111	
			DAAAEBCCAAAABD	367	18.5778	
			BCAAAEDDCBAAAAB	383	18.4444	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	17.5111	
BAAACBEDDAAAACB	387	17.1111				
CAABBAEEDDAAAABC	405	16.4444				
AACBBAEEDDAACBA	434	14.4444				
DAABCAAAEBBCAAD	452	13.9111				
ACBDAAAEBBCDAA	453	13.5111				
CAABDEAAAABDAAAC	500	12.7111				
ACBDAAAEBBAACDA	530	11.3778				
ABCDAAEBAACDA	539	11.1111				
ACBDAAAEBDAACBA	560	9.5111				
ABCDAAAEBDAACBA	569	9.2444				
ADABCAABEDAACBA	632	9.1111				
36	Double-bridge	PI	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCBBDDEAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBBAAAAEDDAAAABC	327	22.8444	
			CBBAAAAADDEAAABC	351	22.5778	
			CBAAAEBDDAAAAC	353	21.7778	
			CAAAEBEDDAAAABC	358	18.5778	
			BCAAAEDDCBAAAAB	383	18.4444	
			BAAACBEDDAAAACB	387	17.1111	
CBAAAABDDEAAABC	400	16.9778				
CBAAAADDEAAABAAC	428	16.4444				
CAABBAADDEAAABC	429	16.1778				
AACBDDAAAEDCBAA	443	13.1111				
AACBDDAAAEDACBA	495	12.1778				
BAADCBAAAEDAACB	510	11.9111				
AABCDEAAABDBCBA	547	11.7778				
ABCDAEAAABCBDAA	554	11.5111				
BAADCEAAABCDAAB	559	10.5778				
ABCDAAEABACBDAA	569	9.9111				
BAADCBAAEACDAAB	607	9.7778				

ตารางที่ ๘.๘ ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAAEDDCBBBAAAA	267	38.7111	
			AAAAACCCBBDDAAAA	284	36.9778	
			DAACCCBBBAAAAED	288	28.9778	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			DEAAAABCCBBAAAD	351	23.9111	
			DAAAABCCBAAAAAD	354	23.2444	
			BAAAEDDCBAAAAAB	374	22.9778	
			AACBBAAEDDCBAA	382	18.3111	
			AABCEDDAABBCAA	387	17.7778	
			BCAAAABEDDAAACB	388	16.9778	
			BCAAAABDDAAAAACB	392	16.7111	
			BCAAAABEDDAAACB	435	16.1778	
			AAEDCBBAAAAACBDA	443	15.3778	
			AABCEDAAACBBDAA	447	13.7778	
			DAACBBAAAEBCAAD	451	13.2444	
			AABCEDAAABBCDAA	456	12.9778	
			AADCBBAAAEBCBAA	458	12.3111	
			AADCBBAAAEBCBAA	510	11.3778	
			ABCDAAEAABBCDAA	524	11.2444	
BAADCBAAAEDCAAB	536	10.5778				
ABCDAAEAABBCDAA	569	9.5111				
ABCDAAEAABBCDAA	584	9.3778				
ABCDAAEAABBCDAA	624	9.2444				
ACBADAAEAABBCDAA	627	9.1111				
ABCDAAEAABBCDAA	628	8.8444				
ABCDAAEAABBCDAA	655	8.4444				
ABCDAAEAABBCDAA	714	7.7778				
38	Double-bridge	2-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAACCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAACCCBBBAAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCBAAAAAB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAEAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			BAAAEDDCBAAAAAB	382	19.3778	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			AACBEDAAACBBDAA	448	14.1778	
			BDAACBAAEDAAACB	495	13.1111	
			BCAADAABEDAAACB	516	12.1778	
			AABCDAAEBBACDAA	539	12.0444	
			ABCDAAEAABBCDAA	556	11.1111	
			AACBDEAAABCDABA	577	10.8444	
			ABCAEDAAABCDABA	621	10.1778	
			ABCAEDAAABCDABA	626	10.0444	
ABCAEDAAABCDABA	699	9.7778				
ABDCAEAEBBACDAB	724	9.1111				
ACDABAEBBACDABA	732	8.9778				
39	Double-bridge	3-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	41.1111	
			AAAEDDBBBCCAAAA	258	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			DAACCCBBBAAAAED	288	32.3111	
			DAACBBBCCAAAAED	289	27.9111	
			BAAAEDDCBAAAAAB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAEAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CBAEAEBDDAAAC	353	21.7778	
			DAAAABCCAAAAEBD	354	20.9778	
			CBAEAEDDAAAABBC	366	18.5778	
			AACBBAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	15.3778	
			ACBAAEDDAAABBCAA	435	14.4444	
			ABCBAEDDAAABBCAA	436	14.1778	
			AACBBDAAAEDCBAA	443	13.1111	
			AACBBDAAEDAABCA	496	12.3111	
			AABCDEBAAAACBDA	515	12.1778	
AACBDAEAEBBAAACDA	530	11.7778				
DAABCAEAABCBAAAD	552	11.3778				
ADACBBAAEDAABCA	563	10.8444				
AABCDAEAEBDAACBA	569	9.5111				
ABCADABEAABCADA	711	9.1111				
40	Double-bridge	Or-Opt	AAAEDDCBBBAAAA	236	42.7111	
			AAAABBBCCEDDAAA	240	42.0444	
			AAAACCCBBEDDAAAA	241	41.6444	
			AAAACCCBBDDAAAA	245	41.1111	
			AAAACCCBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEDDCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAACCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			BAAAEDDCBAAAAAB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			DAAAACCCBBAAAAED	327	23.6444	
			CBAAAADDEAAAAACB	351	22.5778	
			CAAAEBDDAAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAAABC	358	18.5778	
			BCAAAEBDDAAAAACB	384	16.7111	
			AACBBAEDDAAACBA	434	15.3778	
			AABCDDAAABBCDAA	462	14.3111	
			ABCAEBDDAAACBA	500	12.9778	
			AABCDAEAEBBAAACDA	521	12.7111	
			BAADCEAAABBDAAAC	550	11.9111	
			AACBDAEBDAAACBA	560	11.7778	
ACABBDAAEDAABCA	573	11.3778				
ABCAEBDAAADCBAA	576	10.9778				
ACDABBAEDAACBA	581	10.5778				
ABCAEDAAABBCDAA	667	9.9111				
ADCBAEAEBACBDA	668	9.3778				
ABCAEDAAABBCDAA	690	9.2444				
ABCAEDAAABBCDAA	698	8.9778				

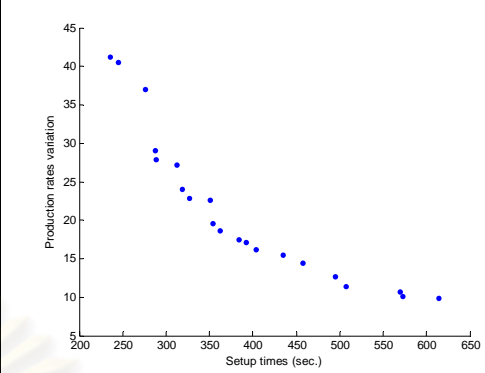
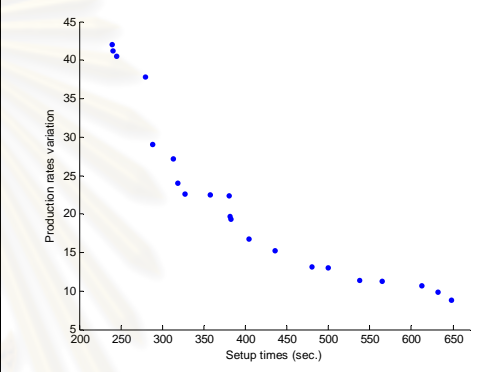
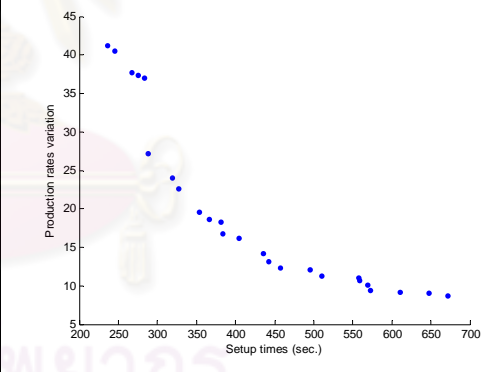
ตารางที่ 8.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	AAAEDDCCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAACCBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAABCCBBDDAAA	276	37.3778	
			BBAAAEDDAAAACCB	288	34.0444	
			DAAAABBBCCAAAED	289	27.9111	
			DEAAAABBBCCAAAD	313	27.1111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBBAAAEDDAAAABC	327	22.8444	
			CBBAAAADDEAAABC	351	22.5778	
			DAAABBBCCAAAABED	358	21.5111	
			ACBAAAEDDCCBBA	382	19.6444	
			ABCAAAEDDCCBBA	383	19.3778	
			AAACBBDDDEAAACBA	391	18.5778	
			BCAAAABDDDEAAACB	392	16.7111	
			BCAAAEDDAAABCAAB	436	15.2444	
			AACBBAADDEAAACBA	458	14.1778	
			AADCBAABEBCBDAA	498	13.9111	
			DAACBBAAAEDAABC	504	13.3778	
			ACBDAAAACBBDAA	506	12.7111	
			AABCEDAABACBDAA	563	11.2444	
			AABCDAAEABDCBAA	579	10.5778	
AABDCABEAACBDAA	601	10.1778				
AABDCABEAADCBA	616	9.5111				
42	Double-bridge	IP	AAAACCBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCBBBAAAED	288	27.1111	
			BAAAEDDCCAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAEBDDAAAABC	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAABC	358	18.5778	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			BCAAAEBDDAAAACB	384	16.7111	
			AACBBAEDDAAACBA	434	14.4444	
			ABCAEDDAAABBCAA	436	14.1778	
			AACBDDAAAEDCBAA	443	13.1111	
			AADCBBAAAEDCBAA	458	12.3111	
			ADACBBAAAEDCBAA	510	11.6444	
			ACBAADEAABBCDAA	528	11.5111	
			ABDACEAAABBCDAA	544	11.3778	
			BCAAAEDDAAACBAAB	551	10.8444	
			ABDAACBAEDCBAA	559	9.9111	
			ABCDAAEBAAAACBDA	569	9.3778	
ABCDAAEBAAAACBDA	624	9.1111				
AABCDAAEBADABCA	652	8.9778				
ABACDAAEBEAACBDA	661	8.7111				
AABCDAAEBADACBA	698	8.4444				
43	IP	PI	AAEDDCCBBBAAAA	236	50.7111	
			AAAABBBCCEDDAAA	240	42.0444	
			AAAACCBBDDEAAAA	241	41.2444	
			AAAACCBBDDEAAAA	245	40.4444	
			AAAEDDCCBBBAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAACCBBBAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CBAAAEBDDDAAAC	353	21.7778	
			DAAAEBBBCCAAAABD	354	19.5111	
			CAAAEBDDAAAABC	358	18.5778	
			BCAAAEBDDAAAACB	384	16.8444	
			CAABBAADDEAAABC	429	16.1778	
			AACBBAEDDADCBAA	434	15.3778	
			DAACBAAAEBBCAAD	451	14.4444	
			DAABCAAAEBBCAAD	452	13.9111	
			ACBDAAAEDABBCAA	496	12.7111	
			AADCBBAAEDAABCA	511	11.5111	
			AACBDEABAAAACBDA	577	11.2444	
			ACBAAEDBAAAACBDA	589	10.8444	
BADAACEAABCDAAAB	611	10.4444				
ACBDAAAEDAEACBA	622	10.1778				
ABCBAEDABADCBA	627	9.9111				
ABCADAABDAEACBA	690	9.2444				
ABDCAAEBAADBACA	700	9.1111				

ตารางที่ ๖.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
44	IP	API	AAAEEDCCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAAEEDCCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAACCBBBAAAAAED	288	32.3111	
			DAAAABBCCAAAAED	289	27.9111	
			BBAAAACCEDDAAAB	317	27.2444	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABC	327	23.7778	
			BAAAEEDCCBAAAAB	352	23.2444	
			DAAAEBBCCAAAAABD	354	19.5111	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			CBAAAEBDDAAABC	392	17.1111	
			CBAAAABDDEAAABC	400	16.9778	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	15.3778	
			AABCEDAACBBDAA	447	13.7778	
			AACBDEAACBBDAA	452	13.5111	
			AABCEDAABBCDAA	456	12.9778	
			ACBAEDAAABBCDAA	504	12.3111	
			AADCBBAAEDACBA	510	11.3778	
			BAACDAAEBDAAACB	530	10.9778	
BCAAADEBAACDAAAB	544	10.8444				
AABDCBAAAEDACBA	559	10.4444				
ACBDAAEBAACBDA	560	9.7778				
ABCDAAAEBDAAACBA	569	9.2444				
ABCDAAEBDAAACBA	628	8.5778				
ABACDAAEBDAAACBA	650	8.4444				
45	IP	2-Opt	AAAEEDCCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAACCBBDDEAAAA	245	41.1111	
			AAAECCBBDDAAAA	250	40.4444	
			AAAEEDCCBBBCAAAA	267	37.6444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAACCBBBAAAAAED	288	27.1111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAABDDAAAEBBC	354	20.9778	
			CAAAEBDDAAAABC	358	18.5778	
			AACBBDDAAAEBBCA	384	18.3111	
			AACBBDDAAAECBA	396	18.0444	
			DCBAAAEBBCCAAD	399	17.3778	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			ACBDAAAAECBBDAA	457	14.3111	
			CBAAEDAAABBDAAAC	465	14.0444	
			AABDCAAAEBBCDAA	479	13.5111	
			ACBAAEDAACBBDAA	495	13.1111	
			ACBDAAEACBBDAA	506	12.3111	
AADCBBAAEDACBA	510	11.2444				
ACBDAAEBAACBDA	560	10.0444				
ABCDAAAEBDAABCA	574	9.3778				
ACBDAAEBAACABDA	638	8.9778				
46	IP	3-Opt	AAAEEDCCBBBAAAA	236	41.2444	
			AAACBBBCEDDAAAA	270	39.2444	
			AAAEBCCBDDAAAA	276	36.9778	
			DAAAACCBBBAAAAED	288	28.9778	
			BAAAEEDCCAAAABB	314	26.7111	
			BCAAAEDDAAAACBB	319	24.0444	
			CBAAAEDDAAAABBC	327	22.5778	
			CAAAABBEDDAAAABC	358	21.7778	
			CAAAABBDDEAAABC	362	21.5111	
			DAAAABCCAAAABD	367	18.5778	
			AACBBAAAEDDCBAA	382	18.3111	
			AACBDDAAAEBBCAA	384	17.5111	
			BCAAAABDDEAAAACB	392	17.1111	
			CBAAAABDDEAAABC	400	16.9778	
			CBAAAEDDAAABBAAC	404	16.1778	
			AACBBAAEDDAAACBA	434	14.4444	
			ABCAAEDDAAABBCAA	436	14.1778	
			AACBBDAAAEDCBAA	443	13.1111	
			AADCBBAAAEDCBAA	458	12.3111	
			AACBBDAAEDAAACBA	495	12.0444	
AADCBBAAECBDA	521	11.9111				
ABCDAAEAABBCDAA	524	11.2444				
ACBDAABAEDCBAA	559	10.1778				
AACBDAAEBDAAACBA	560	9.9111				
AABCDAAEBDAAACBA	569	9.5111				
ABDAACEABDAAACBA	651	8.8444				

ตารางที่ 8.8 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
47	IP	Or-Opt	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAECCBBDDAAAA DAAAACCBBAEAED DAAAABBBCCAAAED DEAAAABBBCCAAAD BCAAAEDDAAAACBB CBAAAAEDDAAABC CBAAAADDEAAABC DAAAEBBCCAAAABD CAAAABDDEAAAABC AACBDDAAAEBBCAA BCAAAEDDAAAACB CBAAAEDDAAAACB ACBAAEDDAAAABCA ADCBBAAAEDCBAA BDAACBAAEDAACB AABDCBAAAEDCBAA AADBCBAAEDAACBA ABCDAAAABEDACBAA AABDCBAABAACBAA	236 245 276 288 289 313 319 327 351 354 362 384 392 404 435 458 495 507 570 573 614	41.2444 40.4444 36.9778 28.9778 27.9111 27.1111 24.0444 22.8444 22.5778 19.5111 18.5778 17.5111 17.1111 16.1778 15.5111 14.4444 12.7111 11.3778 10.7111 10.0444 9.9111	
48	IP	Double-bridge	AAAABBBCCEDDAAA AAAACCBBDDEAAA AAAACCBBDDEAAA AAAABCCBBEDDAAA DAAAACCBBAEAED DEAAAABBBCCAAAD BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC BCAAAEDDAAAABBC BCBAAAADDEAAACB ACBAAAEDDCCBBAAB ABCAAAEDDCCBBAAB BCAAAEDDAAAACB ABCAAAEDDAAAABCA AADBBCAAAEDCBAA ABCAAEBDDAAACBA BAACDEAABDAAACB AACBEDAABDAAACBA ABCAAEDDAAAADCA ABCDAEAABDAAACBA ABDCAEAABDAAACBA	240 241 245 280 288 313 319 327 358 381 382 383 404 436 480 500 538 565 613 632 648	42.0444 41.2444 40.4444 37.7778 28.9778 27.1111 24.0444 22.5778 22.4444 22.3111 19.6444 19.3778 16.7111 15.2444 13.1111 12.9778 11.3778 11.2444 10.7111 9.9111 8.8444	
49	IP	IP	AAAEDDCCBBBAAAA AAAACCBBDDEAAA AAAEDDCCBBBAAAA AAAAEBBCCBDDAAA AAAABCCBBBDDEAAA DAAAACCBBAEAED BCAAAEDDAAAACBB CBAAAEDDAAAABBC DAAAEBBCCAAAABD CBAAAADDEBBAAC AACBBAEAEDDCAAB BCAAAEDDAAAACB CBAAAEDDAAAABCA ABCAAEDDAAAABCA AACBDDAAAEDCBAA AADCBBAAAEDCBAA AACBDDAAEDAACBA AADCBBAAAEDAACBA ACBAADEAABCBDAA ABCAADEAABCBDAA ACBDAEABAAABCDAA AABCDAAABEDAACBA ACBDAEABEDAACBA ABCAADBAAEDAACBA ABCADAABECAABDA	236 245 267 276 284 288 319 327 354 366 382 384 404 436 443 458 495 510 558 559 569 573 611 648 672	41.2444 40.4444 37.6444 37.3778 36.9778 27.1111 24.0444 22.5778 19.5111 18.5778 18.3111 16.7111 16.1778 14.1778 13.1111 12.3111 12.0444 11.2444 10.9778 10.7111 10.0444 9.3778 9.1111 8.9778 8.7111	

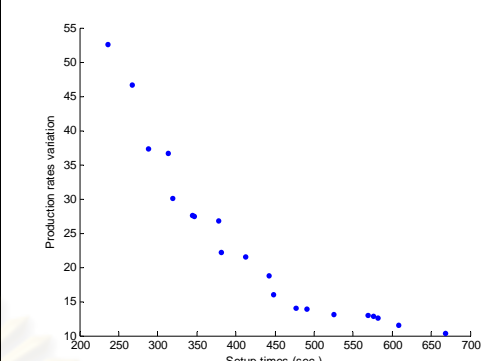
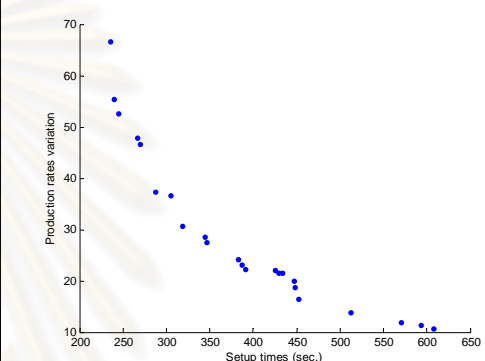
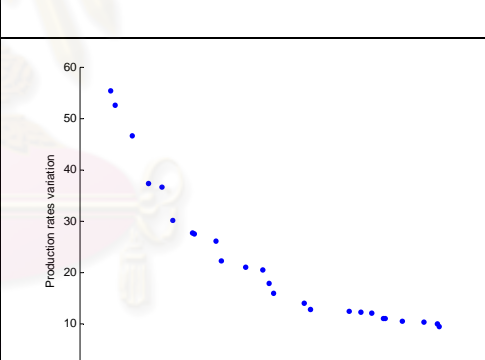
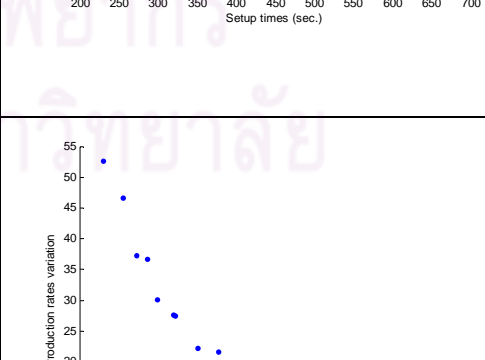
2.2 ปัญหาการทดลองที่ 2.2 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 5:3:3:3:1

2.2.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DAAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			BCAAEDDDCAAACBB	375	26.0889	
			CBAAAEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			CBAAAEDDDCBDAAC	443	18.2222	
			ABCEDDAAACBBDA	447	17.1556	
			DAACCBEDAAABCD	457	15.9556	
			DCBAAAEDBBCCAAD	480	15.8222	
			ABCEDDAAACBBDA	486	15.1556	
			DCBAAAEDCBCCAAD	489	13.8222	
			DCBAAEDACBBCAAD	541	12.8889	
			BCAADDCBAAEDCAB	567	11.6889	
DABCAEDCBAAACBD	590	11.2889				
ABCDAAECBADDCCA	627	11.1556				
DACBAEDCBAABCAD	657	9.9556				
2	PI	API	DDAAAAABBBCCCED	240	68.4889	
			BBEDDDAAAAACCCB	241	64.6222	
			AACCCBBDDDEAAA	245	53.8222	
			AAEBBCCDDDDAAA	246	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DDAAABBBCCCEAAD	318	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BAACCEDDAAACBB	347	27.4222	
			BCAAEDDDCAAACBB	375	26.0889	
			CBAAAEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			CBDAAEEDDCBBAAC	443	17.8222	
			BDAAACCBEDDAACB	448	15.9556	
			CBDAAEACBBDDAAC	457	15.8222	
			BCDAABACBEDDAACB	486	13.1556	
			BCDAAEACBBDDAACB	545	12.3556	
CABDAABCEDDAACB	564	11.8222				
ACBDAABCEDDACBA	593	10.7556				
ACBDAABCEDDACBDA	654	9.8222				
ACBDEAACBDDACBDA	659	9.6889				
3	PI	2-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DAAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BBCAAEDDDCCAAAB	345	27.8222	
			BAACCEDDAAACBB	347	27.4222	
			CBAAAEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAABCEDDAACB	417	22.0889	
			BCAAACBEDDDAACB	418	21.9556	
			CBAAAEDDDCBAABC	421	21.5556	
			BCAAEBDDDDAACB	423	20.8889	
			BAACCBDDDEAACB	441	20.6222	
			CBDAAEEDDCBBAAC	443	17.8222	
			DAACCBDEAAACBD	452	15.8222	
			DAABCCBDEAAACBD	491	13.8222	
			BCDAAEBCDDAACB	492	13.1556	
DAABCCBDAEAAACBD	545	13.0222				
BCDAAEBCDDAACB	551	12.3556				
DABCAAEDCBBAACD	560	11.8222				
DBAAACCBDAEBCAD	597	11.6889				
ACBDAAEBCDDACBA	599	10.7556				
ACBDDAACBDEADCBA	620	10.3556				
ABCDAAEBCBACBDA	659	9.8222				
ACBDEAACBDDACBDA	683	9.6889				
ACBDAEBCADACBDA	719	9.0222				
4	PI	3-Opt	AAAEDDDCCBBBAA	236	53.8222	
			AAACCCBBDDDEAA	245	52.6222	
			AAAEDDDCCBBBAAA	267	47.8222	
			BCEDDDAAAAACBB	270	46.6222	
			DAACCCBBBAAEED	288	36.6222	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	28.8889	
			BAACCEDDAAACBB	347	27.4222	
			BCAAEDDDCAAACBB	375	26.0889	
			CBAAAEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAACBEDDDAACB	417	21.9556	
			BCAAACBDDDEAACB	422	20.8889	
			CBAAEDDDACBBAAC	434	20.4889	
			ACBDDAAAEEDCCBA	443	18.7556	
			DAABCCCEDAACBD	447	15.9556	
			DAACCBDEAAACBD	452	15.8222	
DAACBCEDAACBD	477	13.9556				
BCDAABACBEDDAACB	486	13.1556				
BCDAACBAEDDAACB	534	12.6222				
DACBAAEBEDCCAABD	590	11.9556				
DACBAAEBEDDAACB	593	11.8222				
ACBDAACBEDDACBA	594	10.7556				
ACBDAACBEDDACBA	659	9.6889				

ตารางที่ 9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA DDAAACCCBBBAEED BAAEDDDCCCAAABB BCAAEDDDAAACCB BCAAEDDDCCAAABB BAACEDDDAAACBB BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBBAAC ACBDDAAAECCBA DAACCBEDDAACBD DAACBCEDAACBD DAACBCEDAACBD DCAABBCDEAAABCD DAACBCEDEAACBD CABDDAAEBCBAADC DACABBEDCAACBD ABCDAAEBCDDAACB ABCDDAABCEACDBA	236 267 288 314 319 345 347 378 382 413 443 448 477 491 526 569 576 582 608 668	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.7556 22.2222 21.5556 18.7556 15.9556 13.9556 13.8222 13.1556 13.0222 12.8889 12.6222 11.5556 10.3556	
6	PI	Double-bridge	DCCBBBAAAAEEDD AAABBBCCCEDDAA AAACCCBBDDDEAA AAEEDDDCBBCCAA BCEDDDAAAAACBB DDAAACCCBBBAAED DAAEBBBCCCAAADD BCCAAEDDDAAACBB DDCAAABBBCCAED BAACEDDDAAACBB CBAEEDDDCAABBC AABCCEDDDAABCA BAACCBDDDEAAACB CBAABCEDDDAABCB CBAACBDDDEAAABC ACBBAEDDDAACBBA ACBDDAAABCCEDA DAACCBEDDAACB AACBDDDEAACBDA BCDAAACBEDDCAAB BADCAACBEDDCAAB ACBDDAABCEADBCA ACBDEAABCCDDABCA	236 240 245 267 270 288 305 319 345 347 383 387 391 425 430 434 447 448 452 513 571 594 608	66.6222 55.4222 52.6222 47.8222 46.6222 37.2889 36.6222 30.6222 28.4889 27.4222 24.0889 23.0222 22.2222 21.9556 21.5556 21.4222 19.9556 18.7556 16.4889 13.8222 11.8222 11.2889 10.6222	
7	PI	IP	AAABBBCCCEDDAA AAACCCBBDDDEAA AAEDDDCCBBBAAA DDAAACCCBBBAAED DAAEBBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACCB BCAAEDDDCCAAABB BAACEDDDAAACBB BCAAEDDDCAACBB BCAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBBAAC CBAEEDDDAACBBAAC CBDAAEEDDCCBBAAC BDAAACCBEDDAACB DAABCCBEDAAACBD BDAACCBEDDAACB CBDAAEACBDDAABCB DCBAAEDABCCAAABD ACBDDAAACEABBCDA ACBDDACBAAEDCBA ACBDDAAEBCACBDA ABCDDAABCEACBDA ACBDACBAEDDACBA ACBDAEBCADDACBA ACBDAEBCDAACBDA	240 245 267 288 305 319 345 347 375 382 413 434 443 448 487 495 545 560 574 589 591 613 641 658 660	55.4222 52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.0889 22.2222 20.8889 20.4889 17.8222 15.9556 13.9556 12.7556 12.3556 12.2222 12.0889 11.0222 10.8889 10.3556 10.2222 9.9556 9.4222	
8	API	PI	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA DDAAACCCBBBAEED DAAEBBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACCB BCAAEDDDCCAAABB BAACEDDDAAACBB BCAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBBAAC CBDAAEEDDCCBBAAC DAABCCEDDAACBD BCDAAABCCDEAACB BCAADDAAEBCDAAB CBAADDAAEBCBAADC BCDAAADCBEDAACB DCBAAEDCBACAD ACBDDAAECBBACDA ACBDDACBAAEDCBA ACBDAAEEDCBACDA ABCDAABCEDEACBA ACBDAABCEDEACBA ACBDAEBCADACBDA	236 267 288 305 319 345 347 382 413 443 447 500 521 539 563 566 573 589 620 666 669 744	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 22.2222 21.5556 17.8222 15.9556 14.0889 13.6889 13.0222 12.7556 12.6222 11.8222 11.0222 10.7556 10.3556 9.8222 9.0222	

ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	297	40.6222	
			AAACCBDDDECAA	304	39.8222	
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222	
			BCCAAEDDDAACBB	319	30.6222	
			BBCAAEDDDCCCAAB	345	27.8222	
			BBCAAEDDDCCCAAB	372	27.4222	
			BBCAAEDDDCAACB	375	27.1556	
			ACBBAEDDDCCBAA	382	23.4222	
			CAABBCEDDDAAABC	387	22.6222	
			ACBDAAEDDDCCBAA	443	19.4222	
			ACBDDAABBCEDAA	447	18.3556	
			ACBEDDAACCBDA	448	17.1556	
			BCDDAAACBEDAACB	487	16.7556	
			BCDEAAACBDDAACB	491	15.1556	
			BCADDAABCEDAACB	545	12.8889	
			CBDAAADCBEDAACB	593	12.7556	
			DACBEAACBDDAACB	614	11.6889	
			CBADAACBEDDACBA	661	11.5556	
BDAAACBDEACDAB	677	11.0222				
ACBDAACBDEACBAD	726	9.6889				
ACBDACABDEABCDA	746	9.0222				
14	API	IP	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889	
			CBAAEDDDCCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAACB	413	20.8889	
			BCAAEDDDABCCAA	436	20.4889	
			ACBDDAAEDDDCCBAA	443	18.4889	
			DAABCCEDAAACBD	447	15.9556	
			DAACBCCEDAAACBD	477	13.9556	
			BCDAAAEBCCDDAACB	492	13.1556	
			DCAABBEDAACCBAD	541	12.7556	
			CBADAAEBCCDDAACB	559	12.3556	
			ACBDDAAEBACCBDA	560	12.2222	
			DCAABBCEDAABCAD	571	11.9556	
			ACBDDAAECBACDA	573	11.8222	
ACBDDAEBCAACBDA	591	11.1556				
ACBDAECBAADDCA	618	10.3556				
ACBDAEDCBAACBDA	650	9.4222				
15	2-Opt	PI	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			CCBAAADDEBBAAC	366	27.4222	
			CBAAEDDDCCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAACBEDDDAACB	418	21.9556	
			BCAAACBEDDDAACB	423	21.5556	
			AACBDEDDAACBBA	441	21.4222	
			CBDAACEDDDCCBBAAC	443	17.8222	
			BDAAACBEDDDAACB	448	15.9556	
			BCDAAAEBDDCCCAAB	479	15.8222	
			BCDAAAEBDDAACB	486	13.1556	
			DABCCAADEBBAACD	544	12.7556	
			BCADAACBEDAACB	545	12.3556	
			ACBDAACBEDDACBA	594	10.7556	
			ACBDAACBEDDACBA	659	9.8222	
			16	2-Opt	API	
DBBBCCAAAAAEDD	258	66.6222				
AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222				
DDAACCCBBBAAED	288	37.2889				
DDAAABBBCCCEAAD	318	36.6222				
DDAAACBBBCCAED	319	31.2889				
CBBAEDDDAAABCC	327	30.6222				
BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556				
BCAAEDDDCAACBB	375	27.4222				
ACBAAEDDDCCBBA	382	24.6222				
BCAAEDDDCCBAAB	383	24.2222				
DDAACCBEEAACBD	398	23.1556				
ACBAEDDDACCBBA	434	22.8889				
ACBDAEDDDCCBBA	443	19.4222				
DAACCBEDAAACBD	448	15.9556				
ACBDDAAEBCCBDA	483	14.4889				
DAABCCBEDAAACBD	487	13.9556				
BDAACCBAAEDAACB	495	12.7556				
DCBAAEDCBAACBD	537	12.6222				
ACBDDAEBAAACBDA	560	12.0889				
ACBDDAAEBCCABDA	561	11.8222				
DACBAAEDCBAACBD	589	11.2889				
ACBDDAAEBACBDA	591	10.8889				
ACBDDAACBEACBDA	605	10.3556				
ACBDAEDCBAACBDA	650	9.4222				

ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCAABB BAACCEDDDAACBB BBCAAEDDDCAACB CBAAAEEDDDCBBAAC BCAAEDDDCAAAACB CBDAAEEDDDCBBAAC BDAAACCBEDDAACB DAACCBDEAAACBD BCDAABCBEDDAACB BCDAACBAEDDAACB DACBAACBEDAACBD ACBDDAACBAEBCDA ACBDDAABCEACBDA	236 267 288 305 319 345 347 375 382 413 443 448 452 486 534 594 599 604	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 27.1556 22.2222 20.8889 17.8222 15.9556 15.8222 13.1556 12.6222 11.6889 11.0222 10.3556	
18	2-Opt	3-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBAAED BAAEDDDCCCAAABB BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCAABB BAACCEDDDAACBB ACBAAEDDDCCBBAA BCAAAEEDDDCCBAAB AACCBDDDAAEBCA AACBBEDDDAACBBA BCAAADDDEBCCAAB BCAAAEEDDDCBCAAB BCAAAEEDDDCBAAACB AABCCBDDDAEBCA AACCBDDDAEBCA ABCEDDAACCBDDAA DAACCBDEAAACBD DAACCBDEAAACBD BCDAABCBEDDAACB DAACBBCEDAACBAD BCADAABCEDDAACB ADCBBAAACEDDACBA ACBADDEBCAACBDA DABCAEDCBAABCAD ACBDAEDCBAACBAD DABCAEBCADABCAD	236 267 288 314 319 345 347 382 383 384 387 398 405 413 423 443 447 448 452 486 544 545 569 604 658 717 727	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 24.6222 24.2222 23.4222 23.0222 22.6222 22.2222 21.5556 21.4222 19.2889 17.8222 15.9556 15.8222 13.1556 12.6222 12.3556 11.6889 10.7556 9.9556 9.6889 9.5556	
19	2-Opt	Or-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCAABB BAACCEDDDAACBB CBAAAEEDDDCBBAAC ABCCAEDDDAABBCA ACBDDAAABCCEDA ACBDDAACCBEDAA ACBDDDEAAACBDA AACBDDDEAAACBDA BDAAABCCAEEDAACB DAABCEDCBAAACBD BCDAAEEDDCAADCB CBDAAEEDDCAADCB ABCDDABCAEEDCBA ADCBAACDEBADBCA ADCBAEADCBABCAD	236 267 288 305 319 345 347 382 436 447 448 452 491 496 541 585 597 599 735 811	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 22.2222 21.4222 19.9556 19.8222 17.5556 15.8222 14.7556 13.4222 12.6222 12.3556 11.0222 9.8222 9.2889	
20	2-Opt	Double-bridge	AAAEDDDCCBBBAA AAEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACBB DDAACCCBBBAAACED CCAABDDDDAAEBC CCAABDDDEAAABC BBCAAADDDECCAAB ACBAAEDDDCCBBAA BCAAAEEDDDCCBAAB AABCCEDDDAABBCA CAAEBCDDDDAAABC CAABDDDDCEAAABC DCBBAAEEDAACCB AABCEDDACCBBDA ACBDDDEAACCBDA CDAAABBCEDDAABC CBDAACCBDEAAABC DAABCCDEAABBCAD CBDAACBAEDDAABC BCAADDDBCAEADACB BDAACCBDEAAACBDA CABDAECBAADDABC ACBADDDBCAEDACBA	236 267 288 305 319 347 354 362 372 382 383 387 393 423 443 447 452 456 491 529 534 563 629 641 678	53.8222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 28.4889 27.9556 27.5556 27.4222 24.6222 24.2222 23.0222 22.6222 22.2222 21.5556 19.4222 17.4222 15.9556 14.0889 13.5556 12.6222 12.2222 11.5556 11.4222 10.8889	

ตารางที่ 9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACBB BCAAAEDDDCCAABB BAACCEDDAAACBB CBAAAEDDDCCBBAA BCAAAEDDDCCBAAB AACCCBDDAAEBCA CAABCEDDDAABC CAABCCDDDEAAABC BCAAAEDDDCCBAACB ACBAAEDDDCCBBDAA DAABCCEDAAACBD DAACCBDEAAACBD DAACBBCEAAACBD DAABCCBDEAAACBD DCAABBCEDAAACBD DCAABBCDEAAACBD DCAABBCDEAAACBD DAACBBCEAAACBAD DCAABBCDEAAACBAD DACBAEDCBAACBD ACBDDAEBCAACBDA ACBDDAECBAACBDA ACBDAEBDAACCBDA ACBDAEDCBAACBDA 650	236 267 288 305 319 345 347 382 383 384 387 401 413 443 447 452 477 491 503 517 537 558 570 589 591 603 621 650	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 25.4222 24.2222 23.4222 22.6222 22.2222 20.8889 20.6222 15.9556 15.8222 13.9556 13.8222 13.2889 13.1556 12.6222 12.4889 11.9556 11.2889 11.1556 10.8889 10.3556 9.4222	
26	3-Opt	Or-Opt	CBBBAAAAAEDDDCC AACCCBBBEDDDAAA AAEBBCCDDDDAAA AAEDDDBBBCCAAAA AAEDDDCCBBBAAAA DDAACCCBBBAAED CAAEBBDDDAACCC BCAAAEDDDAAACBB BAACCEDDAAACBB CBAAAEDDDCCBBAA BCAAAEDDDCCBAAB BCAABEDDDAAACCB AACBBEDDDAACCB BAACBDDDAACCB CBAAAEDDDDEBBAAC BCAAAEBCCDDAACB AACBDDAEDCCBAA DAACCBDAACCBED CDAAABCEDDAACB CBDAAEBCCDDAACB CBDAAABCCDDAACB BCDAABCEDDAACB CDAAABCEDDAACB ABCEDAACBDDABCA ACBDDAABCEACBDA 604	236 241 246 258 267 288 315 319 345 347 382 383 384 387 396 415 423 443 448 456 492 515 525 572 594 604	67.4222 55.8222 53.8222 52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 25.4222 24.2222 24.0889 23.0222 22.6222 22.2222 21.5556 20.4889 19.1556 15.9556 15.4222 14.7556 13.1556 12.3556 11.6889 10.3556	
27	3-Opt	Double-bridge	DCCBBBAAAAAEDD BEDDDAAAAACCCBB AABBBCCDDDEAAA AAEDDDCCBBBAAAA DDAACCCBBBAAED BAAEDDDCCCAABB BCCAAEDDDAACBB BBCCAAADDEAACB BCAAAEDDDCAACBB BCAAAEDDDCAACBB CBAAAEDDDCCBBAAC CBAAEDDDAACBEC ACBBAEDDDACCB CBAAAEDDDAACB CBDAAAEDDCBBAAC CBAAAEDDCBBAADC DCBAAAEDBBCCAAD BCDAAEBCCDDAACB BCDAAABCEDDAACB ACBDDAABCEACBDA ACBDAACBDDABCA 661	236 241 254 267 288 314 319 343 345 375 382 422 434 439 443 458 480 492 512 612 661	66.6222 62.4889 53.8222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 30.0889 27.5556 27.4222 22.2222 21.9556 21.8222 20.8889 17.8222 17.5556 15.8222 15.4222 13.8222 12.7556 10.6222	
28	3-Opt	IP	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAAA DDAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAAEDDDAAACBB BCAAAEDDDCCAABB CAABBEDDDAAABCC BCAAAEDDDCAACBB BCAAAEDDDCCBBAAC BCAAAEDDDCCBBAAC BCAAAEDDDCCBBAAC BCAAAEDDDCCBBAAC DAABCCDEAAACBD DAABCCDEAAACBD DAABCCBDEAAACBD DAACBBCEAAACBD BCDAAECCBDDAACB DCBAAEDCBAACBD DAABCCBDEAAACBAD ACBDDAEBAAACBDA ACBDAACBDDAEBCA ACBDAACBDDACBDA ACBDAEBCCDDACBDA ACBDAEDBAACCBDA ACBDAEDCBAACBDA 650	236 267 288 305 319 345 358 375 382 434 413 434 447 461 487 491 496 537 558 560 591 594 599 641 650	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.0889 22.2222 21.5556 20.4889 15.9556 15.8222 13.9556 13.8222 13.1556 12.6222 12.4889 12.0889 11.8222 11.6889 10.7556 10.3556 9.4222	

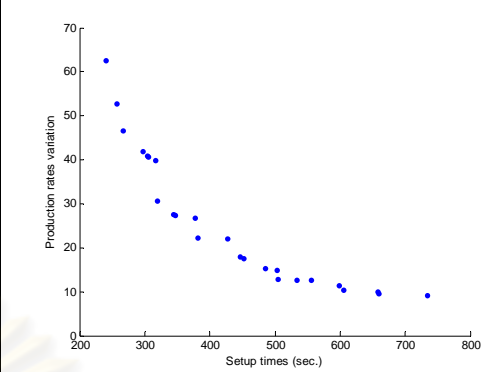
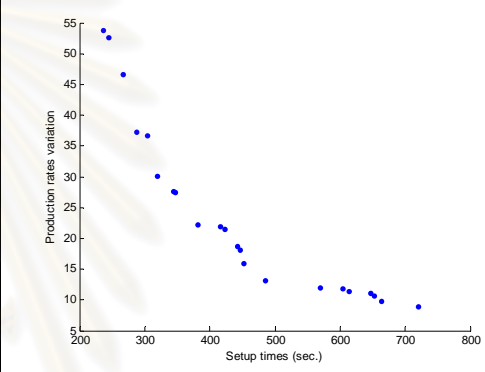
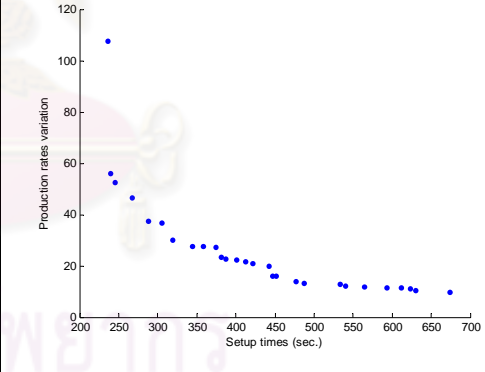
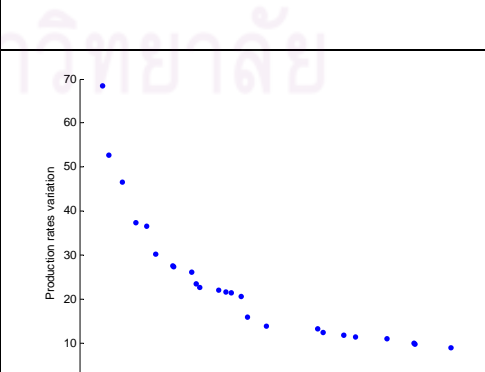
ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBCCAAA DDAAACCCBBBAAED BAAEDDDCCCAAABB BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCAAABB CBAAEDDDCCBBAAC BCAAACBDDDEAACB CBAAEDDDACBBAAC BDAAABCCEDDAACB BDAAACCBEDDAACB BCDAAABCCEDDAACB BDAAACCBEDDAACB BCADAABCCEDDAACB CABDAACBEDDAACB ACBDAACBEDDAACB DACBAEDCBAABBCD ABDACCBAEDDABCA BCDAEDCBAACBDA DABCAACBDEACBAD	236 267 288 314 319 345 382 422 434 447 448 486 526 545 565 594 598 612 659 666	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 22.2222 20.8889 20.4889 17.9556 15.9556 13.1556 12.8889 12.3556 11.8222 11.5556 11.2889 11.1556 11.0222 9.9556	
30	Or-Opt	API	DDCCBBBAAAAAED BEDDDAAAAACCCBB AAEDDDCCBBBCCAAA DDAAACCCBBBAAED CAAEBBDDDDAAACC BCCAAEEDDDAACBB BBCCAAADDEAACB BCAAAEEDDDCAABB BCAAAEEDDDCAACBB BBCAAACEDDDAACB ACBAAEDDDCCBBAA BCAAAEEDDDCCBAAB AACBEBDDAACCB BCAAAEEDDDCCAAAB BCAAABCEDDAACB BAACCBAEEDDDAACB ABCCAEEDDDAABB ACBDDAAEDDCCBA DAABCCEDDAACBD DAACBBCEDAACBD DCAABBCEDAAACBD BDAAACBAEDDAACB BCDAAACBAEDDAACB DCBAAEDCAABBCAD ADCBBAAECDDABCA CBAADDEBAAACBDA ACBDAECEAADDCBA ACBDAEDCAABBCDA ACBDAECEAADDCBA ACBDAEDCBBACDA ACBDAECEAADDCBA	236 241 267 288 315 319 343 345 375 378 382 383 387 405 417 434 436 443 447 477 503 522 534 567 589 604 619 621 654 672 747	68.4889 62.4889 46.6222 37.2889 36.6222 31.0222 30.0889 27.5556 27.4222 27.2889 24.6222 24.2222 23.0222 22.2222 22.0889 21.6889 21.4222 19.5556 15.9556 13.9556 13.2889 13.0222 12.6222 12.2222 11.8222 11.5556 10.8889 10.3556 9.9556 9.8222 9.5556	
31	Or-Opt	2-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBCCAAA DDAAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCCAAEEDDDAACBB BCAAAEEDDDCAABB BAACCEDDAACBB BBCAAAEEDDDCAACB BCAAAEEDDDCAACBB CBAAAEEDDDCCBBAAC BCAAACBDDDEAACB CBAAAEEDDDCCBBAAC ABCEDDAACBBDA CDAAABCCEDDAACB CBDAAECEBDDAAC CBDAAABCEDDAACB CBDAAABCEDDAACB ACBDAABCEDDAACB ACBDAABCEDDAACB ABCDAAEDCBAACBDA ADCBAEDACBACBDA	236 267 288 305 319 345 347 375 378 382 422 443 447 456 457 486 563 593 659 761	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.6222 27.5556 27.4222 27.1556 26.7556 22.2222 20.8889 20.2222 17.8222 15.9556 15.8222 13.1556 12.6222 10.7556 9.8222 9.5556	
32	Or-Opt	3-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBCCAAA DDAAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD DDAAACCCBBBAAED CCBAAEEDDDAAABBC BCAAAEEDDDCAABB BDDAAACCCEDDAAB ACBAAEEDDDCCBBAAC BCAAAEEDDDCCBBAAB BAACCBEDDDAACB BAACCBDDDEAACB BCAAAEEDDDCCBBAAC ACBAAEEDDDCCBBDAA DAABCCEDDAACBD DAACBBDEAAACBD DAACBBCEDAACBD CBDAAABCEDDAACB DCBAAACBDEAAACBD CABBAACEDDAACB DCBAAEBDCAACBD ABCDDAAEBCCABDA ABCDDAAEBCCABDA ACBADDEBAAACBDA ACBDAACBEDACBDA ACBDAACBEDACBDA	236 267 288 305 319 327 345 378 382 383 387 391 413 443 447 452 477 486 546 561 564 570 600 630 655 659	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 31.2889 30.6222 27.5556 27.4222 24.6222 24.2222 22.6222 22.2222 20.8889 20.6222 15.9556 15.8222 13.9556 13.1556 13.0222 12.7556 12.6222 11.8222 10.8889 10.7556 9.8222 9.4222	

ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			ACBAAEDDDCCBBAA	382	24.6222	
			AACBBEDDDAACCB	387	23.0222	
			CBAAEDDDCCBBAA	413	22.6222	
			BCAAABCEDDDAACB	417	22.0889	
			BCAAEBDDDAACB	423	20.8889	
			ACCBDDAAAEDCBA	443	20.4889	
			BCAAEDDDCCBDAAB	444	20.2222	
			DAAEBBCCEDAAACBD	447	15.9556	
BCAAEDDCBAAADCB	489	14.0889				
DCBAAEDCBAAACBD	537	12.6222				
ABCDEACDAABBCDA	647	11.0222				
ABCDADABCCABD	682	10.6222				
ABCDADABCCADBA	742	10.2222				
34	Or-Opt	Double-bridge	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BBCAAEDDDCCAAAB	345	27.8222	
			BBAACDDDEAAACB	361	27.5556	
			ACBBAEDDDCCBBAA	382	23.4222	
			CAABBCEDDDAAABC	387	22.6222	
			BCAAEDDDCCBBAA	413	22.2222	
			CBAAEDDDAACBBAC	434	21.6889	
			AACBBDEDAACCB	441	21.5556	
			DCBBAEDDAACCB	443	21.4222	
			BCEDAAACCBDDAAB	447	20.6222	
ACBDDAACCBEDDAA	448	18.3556				
DAAECBDDAACCB	457	17.8222				
ABDDCCAAAEBCBDA	479	16.7556				
AACBBDDAEACCBDA	506	16.2222				
BDAACCBEDDAACB	526	12.8889				
BDAACCEABDDAACB	535	12.7556				
ACBEDAACBDDACBA	594	11.6889				
DABCAEBCADAACBD	659	10.8889				
ADBCAEBCADAACBD	756	10.6222				
CBADAEDBACACBAD	831	10.0889				
ACBDADCABAEDBAC	842	9.8222				
35	Or-Opt	IP	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889	
			CBAAEDDDCCBBAA	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			CBAAEDDDACBBAA	434	20.4889	
			BAAEDCCBDDAACB	443	18.6222	
			DAABCCEDAAACBD	447	15.9556	
			CBDAABCEDDAACB	486	13.1556	
CDAABBCAEDDAABC	505	12.7556				
CBDAABCAEDDAABC	535	12.6222				
BCAADDCBAAEDACB	541	12.2222				
DACBAAEDCBAAACD	559	11.8222				
ACBDDACBAAEDCBA	589	11.0222				
ABCADDCAAEEDCBA	605	10.6222				
ABCDDAACBEACBDA	614	10.3556				
ADCBAEBCDAACBDA	675	9.4222				
36	Double-bridge	PI	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BBCAAEDDDAAACCB	319	30.6222	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			CBAAEDDDCCBBAA	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	21.5556	
			ACBBAEDDDAACCB	434	21.4222	
			AACBBDDAACBCEDA	447	20.6222	
			AACBBDDAACCBEDA	448	18.6222	
			AACBBDDAEACCBDA	452	16.4889	
			BCEDAAACCBDDAACB	477	15.9556	
BCDEAAACBDDAACB	491	15.1556				
DCBAAAEDECBBCAAD	516	13.9556				
BCAEDAACBDDAACB	526	13.2889				
BADCCAEBDDAACB	537	12.8889				
BADCCAEBDDAACB	541	12.7556				
ABDCCAEBDDAACB	587	12.6222				
ACBDAACBEDDACBA	594	10.7556				
ACBDAEBCAADDACBA	606	10.3556				
ACBDAABCEDACBDA	654	9.8222				

ตารางที่ 9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	BEDDDAAAACCCBB	241	62.4889	
			AAEDDDBBBCCAAA	258	52.6222	
			AAEDDDCCBBBCCAAA	267	46.6222	
			AAACBBBEDDDCCAA	297	41.9556	
			AAACBBBDDDECCAA	304	40.7556	
			AAECBBBDDDDCCAAA	306	40.6222	
			AAECDDDBBBCCAAA	317	39.8222	
			BCCAAEDDDAAACBB	319	30.6222	
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			BCAAECDDDAACBB	378	26.7556	
			CBAAAEEDDDCCBBAAC	382	22.2222	
			BCAADDDEBCAAACB	428	22.0889	
			BDAAABCCEDDAACB	447	17.9556	
			BDAAACBBDEAAACB	452	17.5556	
			ABCEDDAABCCBDA	486	15.1556	
			CDAACBBAAEDDAABC	504	14.7556	
			CDAABBCAEDDAABC	505	12.7556	
			BCDAACBAEDDAACB	534	12.6222	
			BCAAEBCADDAACB	556	12.4889	
DACBAEBCDAACBD	599	11.2889				
ACBDAEBCAADDCCBA	606	10.3556				
ACBDAEBCADDACBA	658	9.9556				
ACBDAEBCDAACBDA	660	9.4222				
ACBDAEBCADACBDA	734	9.0222				
38	Double-bridge	2-Opt	AAAEDDDCCBBBAA	236	53.8222	
			AAACCCBBBDDDEAA	245	52.6222	
			AAEDDDCCBBBCCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			CBAAAEEDDDCCBBAAC	382	22.2222	
			BCAABCEDDDAACB	417	21.9556	
			AACBCCDDDAEBCA	423	21.4222	
			BAAECCBDDAAACB	443	18.6222	
			BDAAABCCEDDAACB	447	18.0889	
			DAACBBDEAAACBD	452	15.8222	
			BCDAAABCEDDAACB	486	13.1556	
			DCAABBCEDAACBAD	570	11.9556	
			ABCDAEDAACBCCDA	604	11.8222	
			DCBAAEBCDAACBAD	614	11.2889	
			ABCDEACDAABBCDA	647	11.0222	
			ABCDEAADCCBACDA	653	10.6222	
ABCDAACBEDACBDA	664	9.8222				
ABCDAEDACBACBDA	720	8.8889				
39	Double-bridge	3-Opt	AAAAEEDDDCCBBB	236	107.4222	
			AABBCCCEDDDDAAA	240	55.8222	
			AAACCCBBBDDDEAA	245	52.6222	
			AAEDDDCCBBBCCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556	
			CAABBEDDDAAABCC	358	27.4222	
			BBCAAEDDDCAACB	375	27.1556	
			ACBBAEEDDDCCBAA	382	23.4222	
			BAACCBEDDDAAACB	387	22.6222	
			CAABCCDDDEAAABC	401	22.2222	
			BCAAAEEDDDCCBBAACB	413	21.5556	
			BCAAACBDDDEAAACB	422	20.8889	
			ACBDDDAEDCCBAA	443	19.8222	
			DAABCCCEDDAACB	447	15.9556	
			DAACBBDEAAACBD	452	15.8222	
			DAACBBCEDDAACB	477	13.9556	
			BCDAAACBEDDAACB	487	13.1556	
CDAABBCEDDAABC	533	12.8889				
BCAADDCCBAEADACB	541	12.2222				
CABDAACBEDDAABC	565	11.8222				
ACBDAABCEDDAACB	593	11.5556				
BACDABCAEDDAACB	612	11.2889				
ABCDEABCAADDCCBA	623	11.0222				
ABCDAEBDAACCBDA	630	10.3556				
ADCBAACBDEAACBDA	674	9.8222				
40	Double-bridge	Or-Opt	DDCCBBBAAAAD	236	68.4889	
			AAACCCBBBDDDEAA	245	52.6222	
			AAEDDDCCBBBCCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889	
			ACBBAEEDDDCCBAA	382	23.4222	
			CAABCCEDDDAAABC	387	22.6222	
			BCAABCEDDDAACB	417	21.9556	
			BCAAECBDDDAACB	427	21.5556	
			BCCAEEDDAABBCA	436	21.4222	
			DEAACBDDAAACBD	452	20.4889	
			DAABCCDEAAACBD	461	15.8222	
			DAABCCBDEAAACBD	491	13.8222	
			CBAAEDDBCAADABC	571	13.2889	
			BCAAEDCABDDAACB	579	12.3556	
			DACBAAEDBCCABCD	611	11.6889	
ABCADDABCCABDA	629	11.4222				
BDACAECCBAADABC	679	11.0222				
ABDACCBDAAEDBCA	720	9.9556				
ABDACCBADEABDCA	722	9.8222				
ABDCACBADEABDCA	778	8.8889				

ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBCCAAA DDAACCCBBBAAAEED DAAEBBCCCAAADD BBCAAEDDDAAACCB BCAAEDDDCCAABB BBCAAEDDDCAAACB CBAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBAAACB ABCAAEDDDCCBBDAA DAACCBDDAAABCED ACBEDDAACCBDDAA DAACCBDEAAACBD ABCDDAAEBBCCADA DAABCAEDCCBCCAAD BDAACCBDEAAABDC	236 267 288 305 319 345 375 382 413 444 447 448 452 521 542 577	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.6222 27.5556 27.4222 22.2222 20.8889 20.6222 19.1556 17.8222 15.8222 15.0222 14.6222 13.1556	
42	Double-bridge	IP	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBCCAAA DDAACCCBBBAAAEED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCAABB BAACCEDDDAACBB BCAAEDDDCAAACBB CBAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBAAACB CBAAEDDDACBBAAC ACBDDAAEDDCCBAA CBDAAACBBEDDAAC ADCCBBAAAEEDCBA CBAAEDDCCBAAADC BCAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDACBBAAC DACBBAEDDCCBAAD CBAAEDDCCBAADC CBAAEDDCAABBCAD ABCDDACBAAEDCBA ACBADDCCBAAEDCBA ACBDAADCCBAAEDCBA ADCBADCCBAAEDCBA ADCBADCCBAAEDCBA	236 267 288 305 319 345 347 375 382 413 434 443 448 458 485 494 495 510 522 534 567 598 604 665 732 758	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.0889 22.2222 20.8889 20.4889 18.4889 17.4222 16.7556 15.9556 15.5556 14.3556 13.5556 13.1556 12.7556 12.2222 11.0222 10.6222 10.0889 9.6889 9.5556	
43	IP	PI	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBCCAAA DDAACCCBBBAAAEED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACBB BBCAAEDDDCCAAB BAACCEDDDAACBB ACBBAEDDDCCBAA BAACCBEDDDAAACB BCAAECBDDDAACB BCAAEBCCDDAAACB CBDAAEDDCCBBAAC CDAAABBCEDDAABC BCDAAAEBCDDAACB DCAABBAEDCCAAABD DACBBAEDDCCBAAACD DCBAAEBDCAACBD ACDABBCEAADCCBA ABCDAAECDDAACB ADCBAAEBCCDDACBA ACBDAECCBAAADDCCBA ADCBAAEBCCDCCBDA	236 267 288 305 319 345 347 382 387 418 423 443 456 492 547 559 564 589 602 614 618 675	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.6222 27.8222 27.4222 23.4222 22.6222 22.0889 20.8889 17.8222 15.9556 13.1556 13.0222 12.8889 12.6222 11.8222 11.5556 10.7556 10.3556 9.8222	
44	IP	API	BAAAAEDDDCCBB AACCCBBDDDEAAA AECCBBBDDDDAAA AAEDDDCCBBBCCAAA DDAACCCBBBAAAEED BCAAEDDDAAACCB BBCAAEDDDCCAAB CCAABDDDEAAABC BBCAAEDDDCCAAB BCAAEDDDCAAACBB ACBAAEDDDCCBBA BAACCBEDDDAAACB BAACCBDDDEAAACB BCAAEDDDCCBBAACB ACBAAEDDDCCBBDAA ACBDDAAACCBDEDA CBAAEDDCCBBAADC DAACBBCEDAACCB DAACBBEDCAACCB CBAAEDDCAABBDAC DCBAAEBDCAACCB ABDCCAEBDDACBA ACBADDECAABBCDA DABCCAEBDCCBAD CBDAEBDCAABBDAC ACBDEACBDAACBDA ACBDAEBDCAACBDA	236 245 250 267 288 319 345 362 372 375 382 387 391 413 443 448 458 477 504 521 547 586 587 628 630 659 660	77.8222 53.8222 52.6222 46.6222 37.2889 30.0889 27.8222 27.5556 27.4222 26.0889 24.6222 22.6222 22.2222 20.8889 20.6222 18.3556 16.8889 13.9556 13.8222 13.6889 12.6222 11.8222 11.6889 11.4222 11.2889 10.0889 9.4222	

ตารางที่ 9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	DDCCBBBAAAAAED	236	68.4889	
			AAABBBCCCEDDDAA	240	55.4222	
			AAEDDDBBBCCAAA	258	52.6222	
			AAEDDDCCBBBCCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	27.5556	
			BBCAAEDDDCAACB	375	27.1556	
			CBAAEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			CBAAEDDDAAAEBC	422	21.9556	
			CBAAEDDDACBBAAC	434	20.4889	
			CBDAEAEDDDCBBAAC	443	17.8222	
			DAACCBBDAAACBD	452	15.8222	
			DAACBBCEAAACBD	477	13.9556	
			DAACBBCEAAACBD	491	13.8222	
			BCAADDABCEDAACB	545	12.4889	
			BDAACCBDAEAACB	595	12.2222	
			ACBAEDDCBAADCBA	604	11.6889	
			ACBDAABEDACCBDA	625	11.2889	
ABCDDAAEBCABDCA	626	10.8889				
ACBDABCEDAACBDA	654	9.9556				
ABDCEAACBDABDCA	716	9.6889				
46	IP	3-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBCCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	28.8889	
			CAAEBBDDDAABCC	354	27.8222	
			CAABBEDDDAAABCC	358	27.4222	
			CBBAEAEDDDCBAAAC	382	25.8222	
			AACCBDDDDAAEBCA	384	23.4222	
			BEAACCBDDDDAAACB	398	23.2889	
			BCAAEBDDDDCCAAAB	410	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			CBAAEDDDACBBAAC	434	20.4889	
			ACBBDAEAEDDDCBA	443	19.5556	
			BDAABCCEDDDAAACB	447	18.0889	
			BDAACCBEDDDAAACB	448	16.0889	
			DCBAAAEDEBBCCAAD	473	15.9556	
			CBDAEAACBEDDAABC	487	13.1556	
			BDAACCBEDDDAAACB	526	13.0222	
CBDAEAACBEDDAABC	545	12.3556				
CBDAEAACBEDDAABC	558	12.2222				
ACBDDAAEBCCABDA	561	11.8222				
ABCDDACBAAEDCBA	598	11.0222				
ACBDDAACBEACBDA	605	10.3556				
ACBDAACBDAEDCBA	650	10.0889				
ACBDEAACBDACBDA	659	9.6889				
ABCDAEBDCAACBDA	686	9.4222				
ACBDADCBAEADCBA	743	9.0222				
47	IP	Or-Opt	DDCCBBBAAAAAEDD	236	66.6222	
			AAABBBCCCEDDDAA	240	55.4222	
			AAACCCBBBDDDEAA	245	52.6222	
			AAACCCBBBCEDDDA	270	49.4222	
			AAEBBCCCBDDDA	276	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	28.8889	
			DDAACCBBAACED	347	28.4889	
			DAAEBBCCCAAABDD	354	27.8222	
			CBAAEDDDBBAAACC	373	27.5556	
			CBAAEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			BDAABCCEDDDAAACB	447	17.9556	
			DAACCBDDAAAEBCD	453	17.8222	
			ACBDDAAACBCCDA	491	14.7556	
			ABCDDAAEBCCBDA	492	14.4889	
			BCADDAAEBCCDAAB	521	14.0889	
			BDAACCBEDDDAAACB	526	13.0222	
DABCCAAEBDDAACB	561	12.8889				
ACDEBAABCDDACBA	631	11.6889				
CBADABACEDDABAC	707	11.4222				
CBADAECABDDABAC	718	10.8889				
ABCDAECBBDACBDA	776	10.7556				
CBADABACEDACBAD	813	10.4889				

ตารางที่ ง.9 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
48	IP	Double-bridge	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCBBBCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCBB	319	30.0889	
			CAAEBDDDDAAABCC	354	27.8222	
			BBAACDDDEAAACB	361	27.5556	
			CCBAAADDDEBBAAC	366	27.4222	
			ACBBAEEDDDCCBAA	382	23.4222	
			DDAABBCCEAAACBD	397	23.1556	
			CDEAAACBBDDAAC	422	22.6222	
			CBAAACBDDDEAAABC	430	21.5556	
			ACBDAAEEDCCBBAA	443	19.4222	
			CBDDAAACEDDAABC	447	19.1556	
			AACBDDAAECBDBA	457	17.4222	
			BDAACCBFAAADDCB	474	17.2889	
			ABCCDDAAEBBDCA	479	16.7556	
			DAACBBCDEAAABCD	500	13.8222	
			DCBAAACDEBBAACD	540	13.1556	
			CBADDAACBEDAABC	554	12.8889	
DACBBCDEAAABCD	578	12.6222				
ACBDACDEAABBCDA	638	10.8889				
49	IP	IP	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCBBBCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAACEDDDAAACBB	347	27.4222	
			BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889	
			CBAAAEEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			ACBDDAAAEDCCBA	443	18.7556	
			DAABCCDEAAACBD	447	15.9556	
			DCBAAAEEDCCBBAAD	458	15.8222	
			DCBAAEDCBBCAAD	489	13.8222	
			CBAAEDDEBCCAABDC	522	13.1556	
			CBAAEDDEACBBAADC	534	12.7556	
			BCADEAACBDDAACB	550	12.2222	
			ACBDDAAECBBACDA	573	11.8222	
			ACBEDAACBDDACBA	594	11.6889	
			ACBDEAACBDDACBA	598	10.6222	
ACBDEAACBDABCDA	668	9.6889				
ADCBACEBADABCDA	771	9.4222				

2.2.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCBBBCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BAAEDDDCCAAABB	314	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAACEDDDAAACBB	347	27.4222	
			CBAAAEEDDDCBBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCAACBB	422	21.5556	
			BCAAEDDDABCCAAB	436	20.4889	
			BCAAEDDDCCBDAAB	444	20.2222	
			ACBDDAAABBCCEDA	447	18.3556	
			DAACCBDEAAACBD	448	15.9556	
			DAACBCEDEAAACBD	477	13.9556	
			DAACBBAEDCCAABD	521	13.6889	
			ACBDDAAEBACCBDA	560	12.2222	
			ACBDDAAEBCCABDA	561	11.8222	
			ACBDDAAEBCCABDA	591	10.8889	
			ACBDDAACBEACBDA	605	10.3556	
			ADCBAAEDBCCABDA	735	9.9556	
ADCBAAEDBCCABDA	774	9.0222				

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
2	PI	API	CBBBAAAAEDDDC	236	66.0889					
			AACCCBBDDDEAAA	245	53.8222					
			BCCAAAAAEDDDCBB	267	51.8222					
			CBDDDDAAAAEBCC	276	47.8222					
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889					
			BCAAEDDDAACCB	319	31.8222					
			CCBAEDDDAAABBC	327	30.6222					
			CBAAEDDDAACBBC	357	28.0889					
			BAACDDDEAAACBB	361	27.8222					
			CBAAEDDDBBAAAC	373	27.5556					
			BCAAEDDDCAACBB	375	27.4222					
			CBAAEDDDCBBAAC	382	22.2222					
			BCAAEDDDCBAAACB	413	21.5556					
			ACBAAEDDDCCBDDAA	443	20.6222					
			DAABCCEDAAACBBD	447	19.8222					
			AEDCCBBAADDCBA	458	18.8889					
			CDAAAEBCDDAACB	462	17.5556					
			DCBBAAEDECCABD	469	17.2889					
			DAACBCCEDAAACBD	477	13.9556					
			DAACBCCDEAAACBD	491	13.8222					
			BCDAAAEBCDDAACB	496	13.1556					
			DCBAAEDCBAACBD	537	12.6222					
			BDCAAEBCCDDAACB	561	12.3556					
DACBAEDCBAACBD	589	11.2889								
ACBDAAEBCDDACBA	599	10.7556								
ACBDAEBCAADDCBA	606	10.3556								
ACBDAEBCDAACBDA	660	9.4222								
ADCBAEBCADACBDA	734	9.0222								
3	PI	2-Opt	BAAAAEDDDCCCB	236	77.8222					
			AAABBBCCCEDDDA	240	55.4222					
			AAACCCBBDDDEAAA	245	52.6222					
			AAEDDDCBBCCAAA	267	46.6222					
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889					
			DAAEBCBCCAAADD	305	36.6222					
			BCAAEDDDAACCB	319	30.0889					
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556					
			BAACCEDDDAACB	347	27.4222					
			CBAAEDDDCBBAAC	382	22.2222					
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889					
			BCAAEDDDABCCAA	436	20.4889					
			CBDAAEEDDCBBAAC	443	17.8222					
			CBAAEDDDCBAAADC	458	16.8889					
			DAABCCDEBBAACD	485	16.7556					
			CBDAABCEDDAACB	486	15.9556					
			BCAAEDDDCBAAACB	489	14.0889					
			DAABCCDEBBAACD	515	13.9556					
			BCDAAAEBCDDCAAB	518	13.8222					
			DCBAAACBEDAACBD	542	13.0222					
			DCBAAACBEDAACBD	546	12.6222					
			CBDAAEBCDDAACB	563	12.3556					
			DABCAACBEDAACBD	599	11.2889					
ABCDEAADCBADCA	660	10.6222								
ACBDACDEBAABDCA	709	9.9556								
ACBDACBADAEDCBA	717	9.5556								
4	PI	3-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222					
			AAEDDDCCBBBAAA	267	47.8222					
			BCEDDDAAAAACCB	270	46.6222					
			DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889					
			DAAEBCBCCAAADD	305	36.6222					
			DDAACBBBCCAAED	319	31.2889					
			CCBAEDDDAAABBC	327	30.6222					
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556					
			CCBAAADDDEBBAAC	366	27.4222					
			ACCBDDAAAEEDCBA	443	20.4889					
			ABCEDDAACCBDDAA	447	17.8222					
			DAACCBEDAACCB	448	15.9556					
			DAACCBDEAACCB	452	15.8222					
			DAACBCCDEAACCB	477	13.9556					
			BCDAAAEBCDDAACB	486	13.1556					
			BCDAAACBEDAACB	541	12.7556					
			ACBDDAAEBCCABDA	561	11.8222					
			BCAADDEBCAACBDA	605	11.5556					
			ACBDEAABDCCABDA	655	10.6222					
			ADCBAEBDAACBCDA	675	10.3556					
			ADCBAEBDAACBCDA	692	9.6889					
			5	PI	Or-Opt		AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
							AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
AAEDDDCCBBBAAA	297	40.6222								
BAAAEEDDDCCAAAB	314	38.4889								
BCAAEDDDAACCB	319	30.0889								
BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556								
ACBBAEEDDDCCBAA	382	23.4222								
BCAAEDDDBCCAAAB	405	22.2222								
ACBBAEEDDDAACCB	434	21.4222								
BCAAEDDDABCCAAAB	436	20.4889								
AACCBDDAAEDCBA	443	19.2889								
ACBDDAACCBDEDA	448	18.3556								
ACBDDDEAACCBDA	452	17.5556								
DCBBAAEDECCABD	469	17.2889								
BDAACCEBAAADDCB	488	17.1556								
DCAABDECCAAABD	507	16.0889								
CAABEDDACBDDAAC	526	15.0222								
ACBAEDDACBDDAAC	534	14.7556								
DCAABDEAACCBAD	541	12.7556								
DABCCAEDBBAACAD	603	12.2222								
DCBAAEACBBAACAD	642	12.0889								
ACBADDABCEAACB	660	11.6889								
BCAAEDBDCAACDAB	661	11.4222								
DABCDAAACBEADBCA	779	10.6222								

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
6	PI	Double-bridge	CCBBBAAAAEDDDC	236	66.0889					
			AAACCCBBBEDDDAA	241	55.4222					
			AAAECCCBBDDEAA	250	53.8222					
			AAABBBCCDDDEAA	254	52.6222					
			BBCAAAAAEDDDCCB	267	51.8222					
			AAACCCBBCEDDDA	270	49.4222					
			AAEBCCCBDDDDAA	276	46.6222					
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889					
			BAAEDDDCCAAABB	314	36.6222					
			BBCAAEDDDAACCB	319	30.6222					
			BBAAACEDDDAACB	347	30.0889					
			BCBAAEDDDAACCB	357	28.6222					
			DDCAAEEBBCCAAD	361	27.8222					
			DDAACCCBBEAAACD	368	27.5556					
			BBCAAADDECCAAB	372	27.4222					
			BBCAAACEDDDAACB	378	27.2889					
			CBAAEDDDCAAABBC	383	24.0889					
			ACBAAEDDDCCBCCA	413	22.6222					
			CAABBEDDDCAAABC	414	22.2222					
			DDAAACCCBEAAACBD	437	21.1556					
			ACBDAAEDDDCCBBA	443	19.4222					
			DCBAAEDDDCCBBA	458	15.8222					
			ACBDDEAABCBDAA	491	15.4222					
			AABDECCBAADDCBA	534	15.2889					
			ACBDDAAACBEDCBA	542	14.4889					
			ACBDDAEABCCBDAA	545	14.2222					
BCDAAEBCADDAACB	551	12.3556								
ABCADDBCAAEDBCA	649	10.6222								
7	PI	IP	CCBBBAAAAEDDDC	236	66.0889					
			AAACCCBBBEDDDAA	241	55.4222					
			AAACCCBBDDDEAA	245	52.6222					
			AAEDDDCCBBCCA	267	46.6222					
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889					
			DAAEBBCCCAAAD	305	36.6222					
			BBCAAEDDDAACCB	319	30.0889					
			DDCAAABBBCCAED	345	28.4889					
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222					
			BBCAAEDDDAACCB	375	26.0889					
			CBAAEDDDCCBBAAC	382	22.2222					
			CBAAEDDDCCBBAAC	421	20.8889					
			ACBDDAAEDDDCCBBA	443	18.4889					
			DAABBBCCEDAAACBD	447	15.9556					
			DAABCCBEDAAACBD	487	13.9556					
			DAABCCBEDAAACBD	491	13.8222					
			DCBAAEDCCBAAACBD	537	12.6222					
			BCAADDEBCAADACB	556	12.3556					
			BCAADDBCAAEDACB	563	12.2222					
			ACBDDAAECBBACDA	573	11.8222					
			DABCCBEDAAACBAD	631	11.4222					
			ABCDDAABCEABDCA	639	10.3556					
			ACBDEAADBCACBDA	696	9.6889					
			8	API	PI		AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
							AAAEEDDDCCBBCCAA	267	47.8222	
							BCEDDDAAAAACCB	270	46.6222	
DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889								
DAAEBBCCCAAAD	305	36.6222								
BBCAAEDDDAACCB	319	30.0889								
BBCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556								
BAACCEDDDAACCB	347	27.4222								
BBCAAEDDDAACCB	375	26.0889								
CBAAEDDDCCBBAAC	382	22.2222								
BBCAAEDDDCCBBAAC	413	21.5556								
BBCAAEDDDCCBBAAC	440	20.8889								
AEDCBBAACCBDDA	443	20.4889								
BDAAACCCBEDDAACB	447	17.9556								
BDAAACCCBEDDAACB	448	15.9556								
BCDAAEBCCDDAAB	462	15.8222								
DAACBBCEAAACBD	477	13.9556								
DCAABCCEDAAACBD	503	13.2889								
CBAADDEBCAAABDC	522	13.1556								
DAABCCBEDAAACBAD	554	12.6222								
DABCAAEBCCAABD	575	11.9556								
ACBDDAABCAEDCBA	590	11.0222								
ABCADDBCAAEDBCA	627	10.6222								

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
9	API	API	DDCCBBBAAAAAED	236	68.4889					
			AAACCCBBBEDDDAA	241	55.4222					
			AAACCCBBBDDDEAA	245	52.6222					
			AAACCCBBBCEDDDA	270	49.4222					
			AAABCCCBDDDEAA	284	46.6222					
			DDAACCCBBBAAAAED	288	37.2889					
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222					
			BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889					
			CCAABDDDDAAAEBC	354	27.9556					
			BCAAAEDDDCAACBB	375	27.4222					
			CBBAAEEDDDCAABC	383	25.1556					
			CAACBBDDDDAAAEBC	384	24.6222					
			BCCAAABDDDEAACB	392	24.0889					
			AABCCDDDAEABBCA	393	23.2889					
			CAABBEDDDCAAAACB	414	22.2222					
			DDAACBBCEAAACBD	427	21.1556					
			AACCBDDDAEEDCBA	443	19.2889					
			ACBDDDEAAACCBDA	452	17.5556					
			DAACCBEDAAABCD	457	15.9556					
			ACBDDAAAEBCCBDA	483	15.5556					
			DAACCBBAEDAACBD	495	15.2889					
			AACBDDEBAACCBDA	506	14.3556					
			BCAADDCBEAAADCB	520	13.1556					
			DCBAAEDCBAAACBD	537	12.6222					
			BCAADDCBAAEDACB	541	12.2222					
			BCAADDCBAAEDCAB	567	11.6889					
			ACBDDAABCEACBDA	593	11.2889					
			ACBDEAACBDDACBA	598	10.6222					
			ACBDABC AEDDACBA	642	10.2222					
			ACBDAAACBDAEDCBA	650	10.0889					
			ACBDABCEDAACBDA	654	9.9556					
			ACBDEAACBDACBDA	659	9.6889					
			ACBDAEBCDAACBDA	660	9.4222					
			DACBACBDAEADCBDA	795	9.2889					
			10	API	2-Opt		CCBBBAAAAAEDDDC	236	66.0889	
							AAABBBCCCEDDDA	240	55.4222	
AAACCCBBBDDDEAA	245	52.6222								
AAEDDDCCBBBCAAA	267	46.6222								
DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889								
DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222								
BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889								
BCAAEDDDCCAABB	345	28.8889								
BAACCEDDDAACBB	347	27.4222								
BCAACEDDDAAACBB	378	26.7556								
BCAAAEEDDDCAACB	413	21.5556								
BAACCBDDDEAAACB	441	20.6222								
ACBDDAAEEDCCBAA	443	18.4889								
DAACBBEDAACCB	448	17.8222								
ACBDDAAEBBCCDAA	453	16.4889								
ACBDDAACBBCEDA	477	16.3556								
DCBAAAEEDBBCCAAD	480	15.8222								
BCAAADDCBEDAACB	494	15.5556								
DCBAAAEEDBCCBAAD	511	13.9556								
CBAADDCBAAEDABC	549	12.2222								
ACBDAEDCAABBDCA	638	10.3556								
11	API	3-Opt	AAEDDDCCBBBCAAA	267	46.6222					
			DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889					
			DAAEBBBCCCAAADD	305	36.6222					
			BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889					
			BCAAEDDDCCAABB	345	28.8889					
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222					
			BCAACEDDDAAACBB	378	26.7556					
			ACBAAEDDDCCBBAA	382	24.6222					
			CBAAEDDDCAABBC	383	24.0889					
			AABCCEDDDAABBCA	387	23.0222					
			BAACCBDDDEAAACB	391	22.2222					
			BCAAEDDDCAABACB	413	20.8889					
			CBAAEDDDACBBAC	434	20.4889					
			DAABCCEDAAACBD	447	15.9556					
			DCBAAAEEDCCBBAAD	458	15.8222					
			DAACBBCEDAACBD	477	13.9556					
			BCDAAACBEDDAACB	487	13.1556					
			DACBBAAEDCAACBD	551	12.7556					
			BDAACCBDAEDAACB	556	12.4889					
			DACBBAAEDCAACBD	568	12.2222					
ACBAEDDCBAACBDA	589	11.6889								
ACBDEAAECDDABCA	608	10.6222								
ACBDAABCEDACBDA	654	9.8222								
ABCDADCBAAEDBCA	696	9.6889								
ABCDACBDAEACBDA	722	9.0222								

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
12	API	Or-Opt	AAEEDDDCCBBBAA	236	53.8222	
			BBCEDDDAAAAACCB	270	49.8222	
			AAEBCCCBBDDAAA	276	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BBCAAEDDDAAACCB	319	30.6222	
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556	
			CBAAEEDDDCCBAAC	382	22.2222	
			BCAAEBRDDAAACB	423	20.8889	
			AACBDDAAEDCCBA	443	19.4222	
			ACBEDDAACCCBDDAA	448	17.8222	
			BCAADCBDDDEAAACB	498	17.5556	
			BCAEDDAABCCDAAB	505	15.4222	
			BDAACCEAABDDACB	535	14.7556	
			BAACDDAECCDAAB	539	14.3556	
			BCAADCBAAEDDAACB	541	12.7556	
			BDAACCBDAEDACB	556	12.2222	
			ABCDDEABAAACCBDA	569	12.0889	
			BCAADDECBAAADCAB	594	11.8222	
			ACBAEDDCBAADCBA	604	11.6889	
DACBBACDAAEBCAD	628	11.5556				
ACBDAAEBCDABCD	669	9.8222				
ABCDEACBDBCD	755	9.5556				
13	API	Double-bridge	CCBBBAAAAEEDDDC	236	66.0889	
			BBCCAAAAAEEDDDCB	267	49.4222	
			BCEDDDAAAAACCB	270	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			BCAAEEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BCAAEEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			CBAEEDDDCCBAAAC	382	24.4889	
			CBAEEDDDCAABBC	383	24.0889	
			CAABBCDDDEAAABC	401	22.2222	
			BCAAEBRDDAAACB	423	20.8889	
			BCAAEEDDDABCCAAB	436	20.4889	
			BDAAECCBDDAAACB	457	16.8889	
			BCAAAEBCDDAACB	497	15.9556	
			BCAAADDBCEDAACB	514	15.5556	
			DAACCCBBADEAABCD	528	14.8889	
			ACBDDAAACAEBCBDA	561	13.2889	
			DABCDAAEBCAACBD	600	12.7556	
			DABCCAAEBAADCB	645	12.2222	
			DCABBACDAAEBCAD	654	12.0889	
			BADCCAAEBAADCB	673	11.4222	
ADCBEACDAABBCAD	719	11.2889				
BCDAABCADEACBDA	736	10.4889				
14	API	IP	AAEEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAACCEEDDDAAACBB	347	27.4222	
			BCAAEEDDDCAACBB	375	26.0889	
			CBAAEEDDDCCBAAC	382	22.2222	
			BCAAAEEDDDCCBAACB	413	21.5556	
			DDAACBBCEAAACBD	427	21.1556	
			CBAEEDDDACBBAAC	434	20.4889	
			ACBDDAAEEDCCBAA	443	18.4889	
			BDAABCCEDDDAACB	447	17.9556	
			DAACCCBDEAAACBD	452	15.8222	
			DAABCCBEDAAACBD	487	13.9556	
			DAABCCBDEAAACBD	491	13.8222	
			DCAABDECAAAACBD	537	13.2889	
			DCBAAACBDEAAACBD	546	13.0222	
			BCAADDCBAAACEDAB	570	12.7556	
DCAABCBAAEDAACBD	590	12.6222				
ACBDAABCCEDDACBA	593	10.7556				
ACBDAEBCAADDCCBA	606	10.3556				
15	2-Opt	PI	AAEEDDDCCBBBAAA	236	53.8222	
			AAEBBCCDDDDAAA	246	52.6222	
			AAEEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			BCAAEEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556	
			CAABBEDDDAAABCC	358	27.4222	
			CBAAEEDDDCCBAAC	382	22.2222	
			BCAAEEDDDCAAAACB	413	20.8889	
			BCAAEEDDDABCCAAB	436	20.4889	
			DAACCCBDEAAACBD	448	15.9556	
			DAACCCBDEAAACBD	452	15.8222	
			CBDAACBEDDAABC	487	13.1556	
			CBDAACBAEDDAABC	534	12.6222	
			CADABBCAEDDAABC	564	12.2222	
			BCAADDEBCAACDAB	575	11.8222	
			DACBAEDCBAAABCD	598	11.2889	
			ACDABBCAEDDACBA	612	11.1556	
			CBDAEEDCBAABCD	659	11.0222	
			ABCDEAEDCBBADCA	660	10.6222	
ACBDACBDEAAACBDA	668	9.8222				
ABCDCABEDACBDA	742	9.4222				

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	CCEDDDAAAABBBC	240	64.6222	
			BEDDDAAAACCBB	241	62.4889	
			AABBCCDDDEAAA	254	53.8222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAABBBCCAAAED	289	37.2889	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	28.8889	
			CBAEDDDAAACBB	357	28.0889	
			ACBBAAEDDDCCBAA	382	23.4222	
			BAAECBDDDAACB	396	22.6222	
			BCAAEDDDCCBAAAC	413	21.5556	
			BCAAEBCCDDAAACB	423	20.8889	
			BAAEDCCBDDAAACB	443	18.6222	
			BDAAACCBDEEAACB	452	16.8889	
			ACBDDAAEBCCDAA	453	16.4889	
			ACBDDAAEBCCBDA	483	15.5556	
			DCBAAEDCCBBCAAD	489	13.8222	
			AACBDDDEBCAACBDA	537	13.4222	
			DCBAAABCEDDAABC	550	13.1556	
			CBDAAEBCAADDABC	551	12.7556	
ACBAEDDCBAACBDA	589	11.6889				
ACBDAABCDDACBA	593	10.7556				
ACBDAEBCAADDCA	606	10.3556				
ACBDAEDCBAACBDA	650	9.4222				
17	2-Opt	2-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBCCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCCAAB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			CBAAEDDDCCBAAAC	382	22.2222	
			CBAAEDDDCCBAAAC	413	21.5556	
			CBDAEAEDCCBAAAC	443	17.8222	
			BDAACCBEDDAACB	448	16.0889	
			DAAEBCBDAACBD	483	15.8222	
			DAABCCBEDAAACBD	487	13.9556	
			DAACBCCDEAAACBD	491	13.8222	
			CBDAEACBEDDAACB	517	13.1556	
			DCBAAEDACBBCAAD	541	12.8889	
			CBAAEDDEBCAADABC	564	12.3556	
			CBDAEADACBBAAAC	571	12.2222	
			BCADACBAEDDAACB	593	11.8222	
			ACBDAACBEDDAABC	595	11.5556	
			ADBCAACBEDDAABC	631	10.7556	
ACBDAEACBDDABCA	677	9.8222				
BCADACBAEACBDA	794	9.6889				
18	2-Opt	3-Opt	DCCBBBAAAEDD	236	66.6222	
			AABBCCCEDDDEAAA	240	55.8222	
			AAABBCCDDDEAAA	254	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	47.8222	
			AAACCBBCCDDDEAA	284	46.6222	
			DAACCCBBBAAEDD	288	40.2222	
			DDAAABBCCCAED	289	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCCAAEDDDAAACBB	319	30.6222	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	28.8889	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			CBAAEDDDCCBAAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCCBAAAC	413	20.8889	
			AACCBDDDAEDCBA	443	19.2889	
			ACBDDAAEBCCEDAA	447	18.3556	
			DAACCBBEDAAACBD	448	15.9556	
			DAACCBDEAAACBD	452	15.8222	
			DAACBCCEDAAACBD	477	13.9556	
			BCDAEACBEDDAACB	486	13.1556	
			BDAACCBAAEDDAACB	495	12.7556	
DCBAAECBDAACBD	551	12.6222				
ADCBBAAECDDABCA	570	11.6889				
DACBAEBCDAAACBD	599	11.2889				
ABDCBAAEDCACBDA	676	10.8889				
ACBDAEBCAABCDBA	678	10.7556				
ACBDAECBAAEDBCA	687	9.6889				
ABDCABACEDABCDA	766	9.4222				
ADBCACBBAEABCDA	814	9.0222				
19	2-Opt	Or-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBCCAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCCAAEDDDAAACBB	319	30.6222	
			BBCCAAADDDEAACB	343	30.0889	
			BBCAAEDDDCCAAAB	345	27.8222	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			BBCAAECEDDDAACB	378	27.2889	
			CBAAEDDDCCBAAAC	382	22.2222	
			BCAACBDDDEAAACB	422	21.5556	
			CBAAEDDDCCBDAABC	482	17.5556	
			ACBDDAAACCEDBA	493	17.1556	
			CBAAEDDEBCAAADC	511	15.9556	
			BCAAADDCCEDAACB	514	15.5556	
			CBDAEBCAADDABC	551	12.7556	
			CBAAEDACBDDAACB	558	12.4889	
			ABCADDEBCAABDCA	631	10.7556	
			ADBCACABEDDAABC	709	10.3556	
			ACBDAECBADABCDA	740	9.0222	

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
20	2-Opt	Double-bridge	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222					
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222					
			AACEDDDCCBBBAAA	295	45.8222					
			AACBBBEDDDCCAAA	297	41.8222					
			AAEBBDDDDCCBAAA	301	40.6222					
			DDAAAEBBBCCCAAD	305	38.2222					
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222					
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889					
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556					
			CAABBEDDDAAABCC	358	27.4222					
			ACBAAEDDDCCBBAA	382	24.6222					
			BCAAEDDDCCBAAB	383	24.2222					
			BCCAAABDDDEAACB	392	24.0889					
			BAAECBDDDAACB	396	22.6222					
			BCAAEBDDDDCCAAB	410	22.2222					
			CBAAEDDDAACBBAC	434	21.6889					
			BCAAEBDDDDCAACB	440	21.5556					
			BEDAABCCDDAAACB	457	21.1556					
			CBAAEDDDCBBAAAC	460	20.8889					
			AABBCDDEAACCBDA	461	18.4889					
ADEBBCCAADDDBA	473	18.3556								
CDACBBAEDDAABC	504	16.7556								
DBCAAAEDCBBCAAD	511	13.8222								
DCBAAAEDBCCAABD	529	13.1556								
ABDEACCBAAADDBA	583	12.7556								
ACDBAAECDDACBA	662	11.6889								
ABCDAAEDBCDACBA	689	10.7556								
21	2-Opt	IP	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222					
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222					
			DAAACCCBBBAAAED	288	37.2889					
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222					
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889					
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556					
			BAAECEDDDAAACBB	347	27.4222					
			BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889					
			CBAAEDDDCBBAAAC	382	22.2222					
			BCAAEDDDCBAACB	413	20.8889					
			CBAAEDDDACBBAAC	434	20.4889					
			CBDAAEEDDCBBAAC	443	17.8222					
			DAACCBEDAAACBD	448	15.9556					
			CBDAACBDDAAEBC	483	15.8222					
			CBDAACBCEDDAACB	486	13.1556					
			BCDAACBDEDDAACB	541	12.7556					
			ACBDAACBCEDDACBA	593	10.7556					
			DBACAABDECACDBA	857	10.6222					
			22	3-Opt	PI		AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
							AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
DAAACCCBBBAAAED	288	37.2889								
DAAEBBCCCAADD	305	36.6222								
BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889								
BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556								
CAABBEDDDAAABCC	358	27.4222								
BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889								
CBAAEDDDCBBAAAC	382	22.2222								
BCAAEDDDCBAACB	413	21.5556								
BCAAACBDDDEAACB	422	20.8889								
DAACCBEDAAACBD	448	15.9556								
DAACCBDEAAACBD	452	15.8222								
DAACCBAAEDAACBD	495	15.2889								
DCAACBDEAAACBD	508	15.1556								
BCAADDEABCCDAAB	529	13.4222								
DCBAAEDCBAACBD	537	12.6222								
CBDAAECAADDAACB	593	12.3556								
ACBDDAACBEDACBA	594	11.2889								
ABCDABCADACDBA	725	9.8222								
23	3-Opt	API	AEDDDCCBBBAAAA	236	68.4889					
			BEDDDAAAAACCCBB	241	62.4889					
			AAAEDDDCCBBCCAA	267	47.8222					
			BCEDDDAAAAACCCBB	270	46.6222					
			DDAAABBBCCCAED	289	37.2889					
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222					
			BCCAAAEDDDAACBB	319	31.0222					
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556					
			ACBBAEDDDCCBAA	382	23.4222					
			BCAAADDDDEBCCAAB	398	22.6222					
			BCAAEDDDCBAACB	413	21.5556					
			DCBAAECBBCAADD	442	21.1556					
			ACBDAEDDDCCBBAA	443	19.4222					
			ACBDDAABCCEDAA	447	18.3556					
			BDAAAECBDDAACB	457	17.5556					
			DCBAAEDCCBBAAD	458	15.8222					
			BDAACBAAEDDAACB	495	12.7556					
			BCAADDACBEDAACB	545	12.4889					
			ABCEDAACBDDACBA	593	11.6889					
			ACBDAAEBCDDACBA	599	10.7556					
ACBDAAEBCDACBDA	659	9.8222								

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BBCAAEDDDCAACB	375	27.1556	
			CBAAEDDDCBAAC	382	22.2222	
			BCAACBEDDDAACB	418	21.9556	
			ACBBAEDDDACCBA	434	21.8222	
			BCAAEDDDAABCCAB	436	21.6889	
			ACBDAAEDDDCCBBA	443	19.4222	
			BDAAABCCEDDAACB	447	17.9556	
			ACBEDDAAACBBDA	448	17.1556	
			ACBDDEAAACBBDA	452	16.7556	
			DBCAAEDDDCCBBAAD	480	15.8222	
			ACBDDAAEBCCBDA	483	15.5556	
			ABCEDDAAABCCBDA	486	15.1556	
			DCBAAEDDCBBCAAD	489	13.8222	
			CBDAACBEDDAAACB	517	13.1556	
DBCAAECBDAACBD	573	12.6222				
ABCDDABEAACBDA	584	12.2222				
DABCAECBDAACBD	604	11.2889				
ACBDDABCAAEDBCA	612	11.0222				
ABCADDEACBACBDA	666	10.2222				
CABDAEBDCAACBDA	755	9.6889				
ABCDAAECBADCAB	828	9.5556				
ABDCABDACEABCAD	836	9.1556				
25	3-Opt	3-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	53.8222	
			AAEBBBCCDDDDAAA	246	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222	
			BCAAEDDDCCAABB	345	28.8889	
			BAAECEDDDAACBB	347	27.4222	
			BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889	
			CBAAEDDDCBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			BCAAEDDDABCCAAB	436	20.4889	
			AACCBDDDAEDCBA	443	19.2889	
			DAABBBCCEDAAACBD	447	15.9556	
			DAACCBDDAAACBD	452	15.8222	
			BCDAAABCEDDAACB	486	13.1556	
			ACDABBCAAEDDCBA	560	12.7556	
			CBAADEBCADDAAABC	564	12.4889	
			CABDAAECBEDDAAABC	565	11.8222	
			ABCDAAECBACBDA	612	10.8889	
			ABCDACBDAEDCBA	659	9.6889	
ABCDAAEDBCEACBDA	710	9.4222				
26	3-Opt	Or-Opt	AEDDDCCBBBAAAA	236	68.4889	
			AAACCCBBBDDDDAA	241	55.4222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAABB	345	28.8889	
			BAAECEDDDAACBB	347	27.4222	
			ACBBAEDDDCCBAA	382	23.4222	
			AABCCEDDDAABBCA	387	23.0222	
			BCAAADDDDEBAAACB	428	21.9556	
			ACBDDAAEDDCBAA	443	18.4889	
			BDEAAACBDDAACB	452	17.9556	
			BAADDCCBAAEDCB	458	17.8222	
			BCAAEDDCBDAACB	474	16.8889	
			BAADDCCBEAADCB	489	15.8222	
			CBDAABEDDCAABC	513	15.2889	
			ACBDDAAECEDABCA	555	14.7556	
			ACBDAAEEDBCCBDA	564	13.4222	
			DABCCAAEDABBACD	582	13.2889	
ACBDDEAABCADCBA	614	11.8222				
ADCBAAEDCBAADCBA	680	9.4222				
27	3-Opt	Double-bridge	AEDDDCCBBBAAAA	236	68.4889	
			CEDDAAAAAABBCC	240	62.4889	
			AAACCCBBBDDDEAA	245	52.6222	
			BCCAAAAEDDDCBB	267	51.8222	
			BCEDDDAAAAACBB	270	46.6222	
			DDAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BCCAAEDDDAACBB	319	30.6222	
			BBCCAAADDDEAACB	343	30.0889	
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAAECEDDDAACBB	347	27.4222	
			CBAAEDDDCBAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAACB	413	21.5556	
			BEDAAACBDDAAC	448	21.1556	
			BDEAAACBDDAACB	452	17.9556	
			BCEDAAACBDDAACB	477	15.9556	
			DAABBCCAEDAACBD	496	15.2889	
			CBDAAEACBDDAACB	506	15.0222	
			BCAAEDDCBAADACB	541	13.2889	
			DABCCAABEDAACBD	565	12.6222	
			DABCAABDEBCAAD	618	12.4889	
ADBCAACBEDDAAACB	631	11.5556				
ACDBAEDCAABDDCA	693	10.3556				

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
28	3-Opt	IP	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCCAABB BAACCEDDDAACBB BCAAEDDDCAAACBB CBAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBAAACB BCAAEDDDABCCAAB BAAEDCCBDAAACB DAACCBBEDAAACBD DAACCBDEAAACBD ACBDDAAEBCCBDA BCDAAABCEDDAACB CBDAACBAEDDAABC BDAACCBDAEADCB DACBAEDCBAAABCD ACBADDCCBAECBDA ACBDAEDCBAAACBDA ABCDACEDABADBCBA	236 267 288 305 319 345 347 375 382 413 436 443 448 452 483 486 534 556 598 618 650 774	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.0889 22.2222 20.8889 20.4889 18.6222 15.9556 15.8222 14.4889 13.1556 12.6222 12.2222 11.2889 10.6222 9.4222 9.0222	
29	Or-Opt	PI	AAEDDDCCBBBAAA AAACCCBBDDDEAA AAEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBAAED BAAEDDDCCCAAABB BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCCAABB BAACCEDDDAACBB CBAEEDDDCAAAABBC AACCBBDDDAEBCA BAACCBEDDDAAACB BAACCBDDDEAAACB BCAAEDDDCCBAAACB BCAAEDDDABCCAAB ACBDDAAAEEDCCBA BDAAACCBEDDAACB BCDAAABCEDDAACB CDAAABCEDDAACB CBDAACBAEDDAACB ACBDAAEBCDDAACB DACBACBAEADABCD DACBABCEDAABCAD	236 245 267 288 314 319 345 347 383 384 387 391 413 436 443 448 486 505 564 599 650 661	53.8222 52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 24.0889 23.4222 22.6222 22.2222 20.8889 20.4889 18.7556 15.9556 13.1556 12.7556 12.6222 11.5556 11.1556 10.4889	
30	Or-Opt	API	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA AACEDDDCCBBBAAA AACDDDEBBBAAA AAAEBCDDCCCBAAA AABBEDDDCCCBAAA DDEAAACCCBBBAAD BBAAEDDDCCCAAB BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCCAABB BCAAEDDDCAAACBB CBAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBAAACB CBAAEDDDCCBDAAC ACBEDDAAACCBDA BAADCCBEDDAACB DAACBCEDAACBD DCBAAEDCCBBCAAD BDACCBAAEDDAACB DACBAAEDCCBBCAAD DACBAAEDCCBAACBD DACBAAEDCCBBCAAD ACBDAACBEDDAACB ACBDEAADCCBBACDA DACBAAEDCCBACBAD ADCBAAEDCCBACBDA ADCBEAADCCBACBDA ACBDAEDACBACBDA	236 267 295 300 301 305 312 314 319 345 375 382 413 443 448 463 477 489 495 541 589 593 594 644 656 665 696 702	52.6222 46.6222 45.8222 41.9556 41.8222 40.7556 38.6222 38.2222 30.0889 27.5556 26.0889 22.2222 21.5556 18.2222 17.1556 16.7556 13.9556 13.8222 12.7556 11.8889 11.5556 10.7556 10.6222 10.3556 9.8222 9.6889 8.8889	
31	Or-Opt	2-Opt	AAEDDDCCBBBAAA AAEDDDCCBBBAAA AAEDCCBBDDAAA DAAEBBCCCAAADD DEAABBCCCAAADD BAAEDDDCCCAAABB BCAAEDDDAAACBB BCAAEDDDCCCAABB BAACCEDDDAACBB BCAAEDDDCCBBAAC BCAAEDDDCCBBAACB AABCCBDDDAEBCA ACBDDAAEEDCCBAA BDAAACCBEDDAACB DAACCBBEDAAACBD DAACBCEDAACBD BCDAAAEBCDDAACB CBDAEAACBDDAACB BCADEAABCDDAACB BACDEAACBDDAACB CBAADDCCBAEEDCBA ACDABBCEDAACBDA ABCDACEDCAACBDA ACDABBCAEDABCD ACBDAEDACBACBDA	236 267 297 305 313 314 319 345 347 378 382 413 423 443 447 448 477 492 554 559 568 604 624 660 682 739	52.6222 46.6222 40.6222 38.4889 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.7556 22.2222 21.5556 21.4222 19.8222 18.0889 15.9556 13.9556 13.1556 13.0222 12.2222 11.6889 11.4222 10.8889 10.3556 10.2222 8.8889	

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
32	Or-Opt	3-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BCCAAEDDDAAACBB	319	30.6222	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAAACBB	347	27.4222	
			CBAAAEDDDCBBAAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBBAAACB	413	21.5556	
			CBAEEDDDCBBAAACB	443	20.8889	
			DAACCBEDDAAACBD	448	15.9556	
			DCBAAEDCCBBAAAD	458	15.8222	
			ACBDDEAAABCCBDA	491	14.7556	
			CBAADDEBCAAABDC	522	13.1556	
			ACBDDEAACBBADCA	575	12.7556	
			DBCAAEBDDCAACBD	586	12.6222	
			ACBDDACEAABBDCA	591	12.2222	
ADBCCAAEBDDACBA	597	11.8222				
ACBDEAACBDDABCA	599	10.6222				
ACBDAAECBDDABCA	653	9.9556				
ADCBAEDCAADCBA	711	9.8222				
33	Or-Opt	Or-Opt	AAAEDDDCCBBBAA	236	53.8222	
			AAAEDDDCCBBBAA	267	47.8222	
			BCEDDDAAAAACBB	270	46.6222	
			DAAACCCBBBAAEDD	288	40.2222	
			DAABBBCCCAAADD	289	38.6222	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCCAAEDDDAAACBB	319	30.6222	
			CBAEEDDDAAABCC	327	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	27.5556	
			CBAEEDDDCBBAAAC	382	24.4889	
			CBAEEDDDCAABBC	383	24.0889	
			AABCCEDDDAABBCA	387	23.0222	
			BCAAEDDDDBCCAAB	405	22.2222	
			CBEAAACBDDDAABC	437	21.9556	
			CBDDAAACBBAEDC	443	19.8222	
			CBDAACBBDDEAAC	452	17.8222	
BCDDAAABCEDAACB	486	16.7556				
BCDAAACBDDDEAACB	491	14.0889				
CBAEEDDABCBAAADC	549	13.6889				
BCDAAAEBCADDACB	551	13.5556				
CBADDAABCEDAABC	553	12.8889				
ACBAEDDCBAABCD	598	11.6889				
BCAADDCBAAEBCDA	615	11.4222				
ACBAEDDABCAACDA	651	11.1556				
BCDAAEDACBACBDA	711	10.4889				
34	Or-Opt	Double-bridge	AAAEDDDCCBBBAA	236	53.8222	
			AAABBBCCDDDEAA	254	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DAACCCBBBAAEDD	288	38.6222	
			DDAAABBBCCCAAED	289	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BBCAAEDDDAAACCB	319	30.6222	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	27.5556	
			BBCAAEDDDCAACB	375	27.1556	
			CBAEEDDDCBBAAAC	382	22.2222	
			AEBCCDDAAACBDA	453	20.8889	
			AABCCDDAAACBDA	461	18.4889	
			ABCEDAAACBDDCA	503	17.5556	
			CBAEEDDAAACBDA	510	15.6889	
			DACBDAECCBBAAAD	524	15.5556	
			DABCCAAEDBBCAAD	533	13.5556	
BCDAABACEDDAACB	563	12.7556				
ABDCCAAEBDAACBD	647	12.4889				
BDCAAEDABCDAAACB	660	12.2222				
BDCAAEDACADACB	727	11.6889				
ABDCBAECCABDA	738	10.2222				
ADBCAAECDBABDCA	782	9.8222				
35	Or-Opt	IP	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAAADD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAAACBB	347	27.4222	
			BCAACEDDDAAACBB	378	26.7556	
			CBAAAEDDDCBBAAAC	382	22.2222	
			BCAACBEDDDAAACB	418	21.9556	
			CBAEEDDDACBBAAAC	434	20.4889	
			DAABBBCCEDAAACBD	447	15.9556	
			DCBAAEDCCBBAAAD	489	13.8222	
			DCAABBCDEAAABCD	526	13.1556	
			ABCAEDDCAABBCDA	561	12.6222	
			DACBAEEDBCCBAAD	570	12.4889	
BDACEAABCDAAACB	574	12.2222				
ACBDDAAEBEACBDA	575	12.0889				
ACBDDAAEBEACBDA	599	11.8222				
ACBDDAAEBEACBDA	604	10.3556				
ABCDAAECBDAACBDA	668	9.6889				
DACBACBADEABCAD	733	9.4222				

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
36	Double-bridge	PI	BAAAAEDDDDCCBB BEDDDAAAAACCCBB AAAEBBBBDDCCCAA BCEDDDAAAAACCCBB DDAAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAEDDDAAACCCBB BCAAEEDDDCCAABB BAACCEDDDAAACBB BCAAEDDDCAAACBB CBAAEEDDDCCBBAAC BCAAEEDDDCBAACB CBDAAEEDDDCCBBAAC ACBDDEAACCCBDDAA BCDAAEBCDDAAB DCBAAEDAABCCAD ACDEBBCAAADDCBA DACBBAEDCAAACBD DACBBAACDEAACBD BACDDAAEBCADACB BACDABECAADDACB ACDBAACBDDACBA ABCDADACEBACBDA	236 241 263 270 288 305 319 345 347 375 382 413 443 452 462 511 522 551 568 628 671 674 756	77.8222 62.4889 53.8222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.0889 22.2222 21.5556 17.8222 17.4222 15.8222 15.6889 15.5556 13.0222 12.2222 11.9556 11.8222 10.8889 9.4222	
37	Double-bridge	API	BAAAAEDDDDCCBB CDDDDAAAAECCBB BBCCAAAAADDEB AAAEEDDDCCBBCCAA DAAEBBCCCAAADD BCCAAEDDDAAACBB BCAAEEDDDCCAABB CBBAEEDDDAAACCB BBAAACDDDEAAACB CBAAEEDDDCCBBAAC BCAAEEDDDCBAACB ABCCAEDDDAABBCA ACBDAEEDDDCCBBA BDAACCEBDDAAACB ADCBBCAAEDDCBA CDAABBCAAEDDABC CBAAEEDDCAABBDAC DCBAAEDCBAACBD ADCBBAAECDDAACB DCBAAEDCBAACBAD DACBADEACBAACBD ACBDAAEABCADDDBA ABCDEADCBAADDCBA ACBDACDAEBACBDA	236 246 251 267 305 319 345 357 361 382 413 436 443 448 489 505 521 537 569 604 665 668 698 737	77.8222 67.4222 62.4889 47.8222 36.6222 30.6222 28.8889 28.6222 27.5556 22.2222 21.5556 21.4222 19.4222 16.0889 14.7556 14.3556 13.6889 12.6222 12.4889 11.2889 11.1556 10.3556 10.0889 9.2889	
38	Double-bridge	2-Opt	AAAEEDDDCCBBBAA AAACCCBBDDDEAA AAEEDDDCCBBBAAA DDAAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BBCAAEDDDAAACCB BCAAEEDDDCCAABB BAACCEDDDAAACBB BCAAEDDDCAAACBB CBAAEEDDDCCBBAAC BCAABCEDDDDAAACB ACBBAEEDDDAACBBA DAACCCBBDEAAACBD DCBAAEEDDDCCBBAAD BDACCBAEEDDAACB DCBAAEEDCEBBAAD CDAABBCEADDAABC BCAADDEACBDAACB BCDAAEBCBAADDCBA ACBADECBAAADDCBA ACDABCDBEAABCD	236 245 267 288 305 319 345 347 375 382 417 434 448 458 495 516 534 550 627 631 677	53.8222 52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.6222 27.5556 27.4222 26.0889 22.2222 21.9556 21.4222 15.9556 15.8222 14.7556 13.9556 13.0222 12.7556 11.9556 11.2889 10.7556	
39	Double-bridge	3-Opt	AAEEDDDCCBBBAAA AAEEDDDCCBBBAAA DDAAACCCBBBAAED DAAEBBCCCAAADD BCAAEEDDDAAACCCBB BCAAEEDDDCCAABB CAABBEDDDAAABCC BCAAEEDDDCAAACBB CBAAEEDDDCCBBAAC AABBCEDDDAACBBA CAACBBEDDDAAABC BAACCBDDDEAAACB CBAAEEDDDCBAABC ACBBAEEDDDAACBBA BAACCBDEDDAAACB DAABBCCDEAAACBD ACBDDAAAEBCBDBA DAACCBBAEEDDAACB DAACCBBAEDDAACB ACBDDAAEACBBDCA DCAABBCDEAAABCD CBDAACBDEDAABC ABCDDAACBAEDCBA	236 267 288 305 319 345 358 375 382 386 388 391 421 434 441 447 483 495 504 508 526 541 598	52.6222 46.6222 37.2889 36.6222 30.0889 27.5556 27.4222 26.0889 25.4222 25.0222 24.6222 22.2222 21.5556 21.4222 20.7556 15.9556 15.5556 15.4222 15.2889 14.7556 13.1556 12.7556 11.0222	

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
40	Double-bridge	Or-Opt	CEDDDAAAAABBCC	240	62.4889	
			AAEEDDDBBBCCAA	258	53.8222	
			AAEBBDDDCCAA	263	52.6222	
			AAEDDDCBBBCCAA	267	46.6222	
			DDAAACCCBBBAED	288	37.2889	
			CAAEBBBBDDAAACC	315	36.6222	
			BBCAAEDDDAAACCB	319	30.6222	
			BCAAEDDDCCAAAB	345	27.5556	
			CBAAEDDDCAABBC	383	24.0889	
			CAABBCEDDDAAABC	387	22.6222	
			BAACCBDDDEAAACB	391	22.2222	
			BCAABCEDDDAACB	417	21.9556	
			BCAAEBDDDAACB	440	20.8889	
			ACCBDDAAABBCEDA	447	19.9556	
			BDAACCBEDDAAACB	448	15.9556	
			BDAABCCAEDDAAACB	496	14.7556	
			CBAADDCABBEDAAC	541	14.3556	
BCDAABCEDAADCB	562	13.1556				
DACABBCDEAAABCD	578	12.6222				
DACABBCDEAACBAD	636	11.2889				
ADBACCADEBABCAD	816	10.6222				
41	Double-bridge	Double-bridge	AEDDDCCBBBAAA	236	68.4889	
			AACCCBBDDDEAAA	245	53.8222	
			CBEDDDAAAAABBCC	280	46.6222	
			DDAAACCCBBBAED	288	37.2889	
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556	
			AACBAEDDDCCBBAA	382	27.2889	
			AACCBEDDDAABCA	388	25.0222	
			BAACCBDDDEAAACB	391	22.2222	
			CBAAACBEDDDAABC	426	22.0889	
			CBAAACBEDDDAABC	435	21.5556	
			AEDCBBAACBDDDA	443	20.4889	
			AACCBDDDEAACBDA	452	19.4222	
			ABCCEDDAAABCCDA	456	18.4889	
			BCAAEDCBDDAABC	474	17.5556	
			CBDAACBDDAAEBC	483	15.8222	
CBDAACBDDDEAABC	491	14.0889				
DCBAAABEDCBCAAD	558	13.9556				
CBDAEAACBBAADC	571	12.2222				
CBDAEAACBDDABAC	646	11.6889				
CBDAEAACBDAACDAB	669	11.2889				
CBDAEAACBDAABDCA	690	11.0222				
ABCDABCBDAABDCA	695	9.4222				
42	Double-bridge	IP	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEEDDDCCBBBAA	267	47.8222	
			BCEDDDAAAAACCB	270	46.6222	
			DDAAACCCBBBAED	288	37.2889	
			DAAEBBCCCAADDD	305	36.6222	
			BCAAEDDDAAACCB	319	30.0889	
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556	
			CAABBEDDDAAABCC	358	27.4222	
			BCAACEDDDAAACBB	378	26.7556	
			CBAAEDDDCBBAAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAACB	413	21.5556	
			DDAACBBCEAAACBD	427	21.1556	
			CBAAACBDDDEAABC	430	20.8889	
			BCAAEDDDABCCAAAB	436	20.4889	
			CBDAEAEDDCBBAAC	443	17.8222	
			BDAACCBEDDAAACB	448	15.9556	
			CBDAEAEDDCBAAACB	486	13.1556	
DCBAAEDCBAAACBD	537	12.6222				
BCAADDAACBEDAACB	546	12.4889				
BACDAAECEDDAAACB	563	11.8222				
ABCDAAECEDDABCA	603	11.2889				
ABCDAAEBCADBCA	637	10.8889				
ADCBADBECAADCB	695	9.8222				
43	IP	PI	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEEDDDCCBBBAA	267	47.8222	
			BCEDDDAAAAACCB	270	46.6222	
			DAABBBCCCAAEDD	289	38.6222	
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222	
			BBCAAEDDDAAACCB	319	30.6222	
			BCAAEDDDCCAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAAACBB	347	27.4222	
			CBAAEAEDDDCBBAAAC	382	22.2222	
			BCAAEDDDCBAAACB	413	20.8889	
			ACBAAEDDDCCBDDAA	443	20.6222	
			DAABBCEDDAAACBD	447	19.8222	
			DAACBBDAAACCB	448	17.8222	
			DCBAAEDDBBCCAAD	473	15.9556	
			DCBAAEDDBBCCAAD	480	15.8222	
			ABCDAAEAECBDBA	492	15.5556	
			BAADDCCBAEDAACB	510	15.1556	
CBAAEDDCAEDDAAACB	534	13.6889				
BCDAABCEDAADCB	562	13.1556				
ABCDAAEBCACBDA	569	12.2222				
ACBDACBAAEDDCBA	589	11.8222				
ACBADDCBAAADCBA	635	10.7556				
ADCBAABCDAAEDCBA	674	10.0889				

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
44	IP	API	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222					
			AAEDDDCCBBBCAAA	267	46.6222					
			AACBBBEDDDCCAAA	297	41.8222					
			AAACCCBBDDDECAA	304	39.8222					
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889					
			CAABDDDDAAAEBC	354	29.8222					
			BBCAAEDDDCAACB	375	27.1556					
			ACBBAEDDDCCBAA	382	23.4222					
			CAABCEDDAAABC	387	22.6222					
			CAABCCDDDEAAABC	401	22.2222					
			BCAAEDDDCBAACB	413	20.8889					
			ACBDDAAEDCCBBAA	443	20.4889					
			ACBDDAAEBCDDAA	453	19.8222					
			CDAABBCEDDAABC	456	15.9556					
			BCDAAABCEDDAACB	486	13.1556					
			DACBBAEDCCAABD	521	12.8889					
			BADCCAAEDDAAACB	541	12.7556					
			BCDAAEDCBAACBD	558	12.6222					
			DACBAEDCBAACBD	589	11.2889					
			ACBDAABCEDDACBA	593	10.7556					
ADCBAEDACBBACDA	687	9.8222								
DACBAEDACBACBAD	708	9.4222								
ADCBAEDACBACBDA	717	8.8889								
45	IP	2-Opt	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222					
			AAEDDDCCBBBCAAA	267	46.6222					
			AACEDDDCCBBBAAA	295	45.8222					
			AAEDDDCCBBBDAAA	297	40.6222					
			AABEDDDCCBBBAAA	305	39.8222					
			BAAEEDDDCCAAABB	314	36.6222					
			BCCAAEDDDAAACBB	319	30.6222					
			BCAAAEEDDDCCAABB	345	27.5556					
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222					
			BCAAEDDDCAACBB	375	26.0889					
			ACBBAEDDDCCBAA	382	23.4222					
			AACBBEDDDAACBA	387	23.0222					
			BAACCBDDDEAAACB	391	22.2222					
			BCAAADDDCBAACB	440	21.9556					
			AACBBDEDDAACBA	441	21.4222					
			AACBBDDAAEDCCBA	443	19.4222					
			CBAAEDDCBBAADC	458	16.8889					
			DCBAAEDCBBCAAD	489	13.8222					
			DCBAAEDCBBAACD	507	13.1556					
			DACBBAEDCCAABD	548	12.7556					
DACBAAEDBCCAABD	581	11.8222								
ACBDEAACBDDACBA	598	10.6222								
ACBDAEDACBDACBA	702	9.8222								
46	IP	3-Opt	AAAEDDDCCBBBAA	236	53.8222					
			AAEDDDCCBBBCAAA	267	46.6222					
			DDAAABBBCCCAED	289	37.2889					
			BAAEDDDCCCAABB	314	36.6222					
			BCCAEDDDAAACBB	319	30.6222					
			BCAAAEEDDDCAABB	345	27.5556					
			CCBAAADDDEBBAAC	366	27.4222					
			BBCAAACEDDDAACB	378	27.2889					
			CBAAAEEDDDCBAAC	382	22.2222					
			CBAAAEEDDDCBAABC	421	21.5556					
			CBDAACEDDAABBC	447	19.1556					
			BDAACCBEDDAACB	448	16.0889					
			DAACBCEDEAAACBD	477	13.9556					
			DBCAACBDEAAACBD	568	13.0222					
			BCAADDCBAAEDABC	580	12.2222					
			ABCDAAEBCDABCA	609	11.8222					
			ACBDABCEAADDBCA	641	10.8889					
			ABDCAABDCEACBDA	716	9.4222					
			47	IP	Or-Opt		AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
							AAEDDDCCBBBCAAA	267	46.6222	
DDAACCCBBBAAED	288	37.2889								
DAAEBBBCCCAADD	305	36.6222								
BCCAEDDDAAACBB	319	30.6222								
BBAACCEDDDAACB	347	27.9556								
AABCCEDDDAACBA	386	25.0222								
BAACCBEDDDAACB	387	22.6222								
BCAABCEDDDAACB	417	21.9556								
ACBBAEDDDAACBA	434	21.4222								
DCBAAAECCBBAADD	442	21.1556								
BAACCBDDDAEAACB	445	20.8889								
ACBDDAABCCEDAA	447	18.3556								
DAACBBEDAAACCB	448	17.8222								
AADBCCAAEDDCBA	480	17.4222								
ADCBBCAAEDDCBAA	489	15.8222								
CBDAAAECBDDAABC	496	13.1556								
CBAADCBAAEDDAACB	549	12.7556								
BCDAAAECCBDDACBA	612	12.3556								
BDCAAEDBCAABDAC	698	11.2889								
ACBAEADCCBACDA	711	10.8889								
DACBAAEDCBBACBA	732	10.8889								

ตารางที่ ง.10 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
48	IP	Double-bridge	AAAEDDDDCCBBBAA	236	53.8222	
			AAEBBCCDDDDAAA	246	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAAACCCBBBAAED	288	37.2889	
			BAAEDDDCCCAAABB	314	36.6222	
			DDAAACCCBBBAAAED	319	31.2889	
			BCCAAADDDEAACBB	343	30.6222	
			BCAAEEDDCCAAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			BBCAAACEDDDAACB	378	27.2889	
			ACBBAAEDDDCCBAA	382	23.4222	
			BAACCBEDDDAACB	387	22.6222	
			BCAAEEDDCCBAACB	413	21.5556	
			ACBBDDAAEDDCCBA	443	19.5556	
			ACBBDDDEAACCBDA	452	17.5556	
			AACBBDDCAABCEDA	503	17.1556	
			BDCAACBEDDAAACB	504	15.9556	
			DACBBDAEECCAABD	535	14.2222	
			DCBAAABCEDAACBD	541	13.0222	
			ADACBBCEDAABCD	614	12.0889	
ACBAEEDCCBAADBCA	626	11.6889				
ADCBAAEDCCBAADBCA	693	11.4222				
BDCAAEDCCBAADBCA	713	11.0222				
ADCBAAEDCCBAADBCA	779	9.4222				
49	IP	IP	AAEDDDCCBBBAAA	236	52.6222	
			AAEDDDCCBBBAAA	267	46.6222	
			DDAACCCBBBAAAED	288	37.2889	
			BCAAEDDDAAACBB	319	30.0889	
			BCAAEEDDCCAAABB	345	27.5556	
			BAACCEDDDAACBB	347	27.4222	
			BCAACEDDDAACBB	378	26.7556	
			ACBBAAEDDDCCBAA	382	23.4222	
			DDAABCCCEAAACBD	397	23.1556	
			ACBBAAEDDCECBAA	409	23.0222	
			BCAAEEDDCCBAACB	413	21.5556	
			CBAAACBDDDEAABC	430	20.8889	
			ACBDAAEDDCCBBAA	443	19.4222	
			DAABCCCEAAACBD	447	15.9556	
			DCAABBCCEAAACBD	503	15.8222	
			ACBDAAEDDCCBBDA	504	15.4222	
			DCAABBCCEAAACBD	512	13.2889	
			DCBAAABCEDAACBD	541	13.0222	
			BCAAEACBDDAACB	550	12.4889	
			DCAABBCCEAAACBD	571	11.9556	
ACBDAAEDDCCBBDA	621	10.3556				
ADCBAAEDCCBAADBCA	750	9.2889				
ADCBAAEDCCBAADBCA	752	9.0222				

2.3 ปัญหาการทดลองที่ 2.3 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 3:3:3:3:3

2.3.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

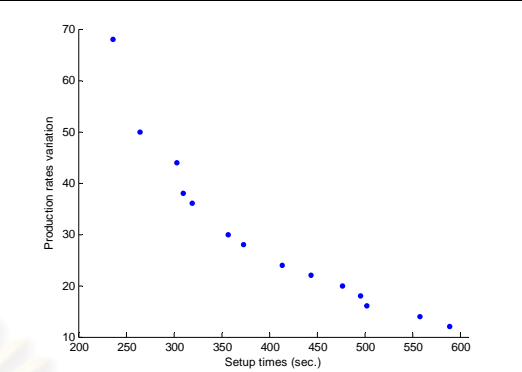
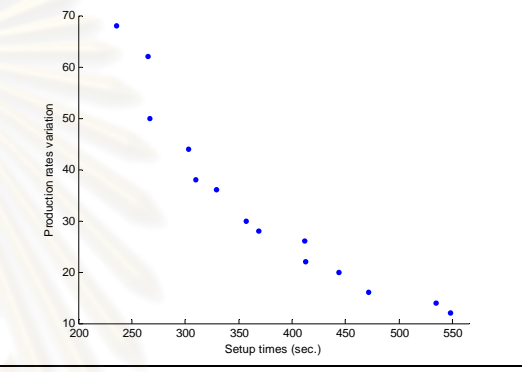
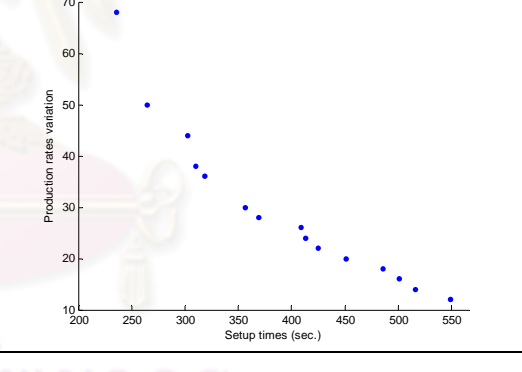
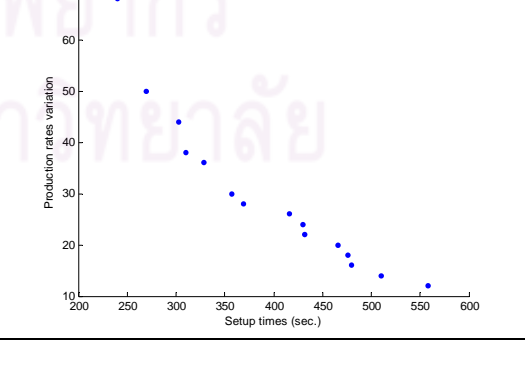
ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AEEEDDDCCBBBAA	236	68	
			CCAAEEDDDEEBBC	265	62	
			BBCAAEEEDDDCCB	267	50	
			CCBAAEEDDDEEBBC	303	44	
			CCBEEDDDAAEBBC	310	38	
			DDAEEBBCCCAAED	319	36	
			CCBAEEDDDAAEBBC	357	30	
			AEBBCCDDDEEBCAA	369	28	
			DDEBCCAAAEEBBCED	393	26	
			EBBCAAEEDDDCCBAE	413	24	
			AEBBCCDDDAEBBCA	423	22	
			DEBCCAAEEDDACBD	472	20	
			BEDACCBAAEEDDCB	477	18	
			AEDCCBBADDEEBBCA	487	16	
			CBDAEEBCAADDEBC	527	14	
			BEDACCBEDAEDDCB	572	12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2	PI	API	DCCCBBBAAEEEDD DDEBBBCCCAAED DEEBCCBBAAEED CCBEEDDDAAAEBC DDAEEBBCCCAAED CCBAEEDDDAAEBBC AEBBCCDDDEEBCAA DEBCCAAAEBBCEDD DDCBAAEEBBCCAED AEDCCBBAAEEDDCA ECBAAEDDDCBBCAE AEDCCBBAEEDDCBA DEBCCAAEDCCBBAED DECBAAEEDCBBCAED	236 265 303 310 319 357 369 393 413 434 456 472 501 544	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 16 14 12	
3	PI	2-Opt	DDCCBBBAAEEED DEBBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDDEBCC CCBEDDDAAAEBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAAEEDDDAAEBC DDEBCCAAAEEBBCD DDEBCCAAAEEBBCED EBCCAAEEDDDCBBAE DCBBEEDAAACCBED CAEBBCEDDDAEBC AEDCCBBAEEDDCBA BCDEAABCEEDDACB EDCBAABCEEDDCBAE	236 265 303 310 329 357 369 393 413 430 447 472 524 570	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 16 14 12	
4	PI	3-Opt	DDCCBBBAAEEED DDEBBBCCCAAEEED CBAAAEEDDDDEBCC CCBEEDDDAAAEBC DDAEEBBCCCAAED DAEEBBCCCAAEDD AEBBCCDDDEEBCAA AAEBCCBDDDEEBCA ABCCEDDDAAEBCA AEBBCCDDDAEBCA AEBCCBDDDAEBCA AEDCCBDDDAEBCA ACBEEDDACCBEDA BCADDEEBCAAEDCB DEACBCCDEAAEBCD	236 265 303 310 319 357 369 399 417 423 453 474 482 518 568	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
5	PI	Or-Opt	BBAAEEEDDDCCCB DEEBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDDEBCC CBBEEDDDAAAEBC BCEEDDDAAACCEBB CCBAEEDDDAAEBBC AAEBCCDDDEEBBCA CBAAEEDDDCAEBBC CAEBBCCDDAAEBC DCBAEEDCCBBAEED BCAAEEDDCBAEEDCB EDCBAABCEEDDCBAE	236 265 303 310 329 357 369 399 413 423 472 503 570	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 18 14 12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
6	PI	Double-bridge	EDDDCBBBAAEE 236 DDEBBCCCAAEEED 265 CCBAAEEDDDEEBBC 303 CCBEDDDAAAEEBBC 310 DDAEEBBBCCAAED 319 CCBAEEDDDAAEBBC 357 DDEBBCCAAAEBCD 373 BCAAEEDDDCCBAEB 413 CABBEEDDDCAAEEBC 444 AEBCCABDDDEEBCA 477 BDAEECCBDDEAACB 495 ADEBBCCADDEEBCA 502 BCEDDACBAEEDACB 558 AEDCBBDCAEEDCBA 589	236 265 303 310 319 357 373 413 444 477 495 502 558 589	68 50 44 38 36 30 28 24 22 20 18 16 14 12	
7	PI	IP	BAAAEEDDDCCBB 236 CAAAEEDDDEBBCC 265 BBCAAEEDDDCCB 267 CCBAAEEDDDEEBBC 303 CCBEEDDDAAAEEBBC 310 BCEEDDDAAACEBB 329 CCBAEEDDDAAEBBC 357 AAEBCCDDDEEBBCA 369 AAEBCCDDDEBBCEA 412 EBCAAEEDDDCCBBAE 413 EBCAAEEDDDCCBBAE 444 EDCBBAAEEDDDCCBAE 472 BCDAAEEBCCDDAECEB 535 BCEDAABCEDEAECEB 548	236 265 267 303 310 329 357 369 412 413 444 472 535 548	68 62 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
8	API	PI	CBBBAAAEEDDDCC 236 DDEBBCCCAAEEED 265 CCBAAEEDDDEEBCC 303 CCBEEDDDAAAEEBBC 310 DDAEEBBBCCAAED 319 DDAEEBCCCBBAEED 357 DDEBBCCAAAEBCD 369 DAEEDCBBBCCAAED 409 BCAAEEDDDCCBAEBC 413 CBAAEEDDDCCBAEBC 425 CBAAEEDDDCCBAEBC 451 DAEEBBCCDAABCEDE 486 DEBCCAAEDCBBAAED 501 DEBCCAAEDCBBAAED 516 DEACBBCEDAACBED 549	236 265 303 310 319 357 369 409 413 425 451 486 501 516 549	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
9	API	API	EDDDAABBBCCEEE 240 BCCEEDDDAAACBB 270 DEBBCCBAAAEEDD 303 CBBEEDDDAAAEBC 310 BCEEDDDAAACEBB 329 CCBAEEDDDAAEBBC 357 DEBCCAAAEEBBCDD 369 CBBAEEDDDAAACEBC 416 ECBBAEEDDDACCBE 430 EACBBEDDDAACBE 432 AEBCCDDDAEBBCEA 466 DCBAEEDAABBCED 476 DABCCCEEDAABBCED 480 DAEBCCEDAABBCED 510 DEACBBCEDAAEBCD 558	240 270 303 310 329 357 369 416 430 432 466 476 480 510 558	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	

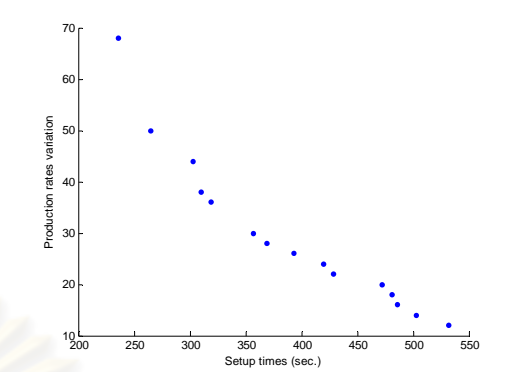
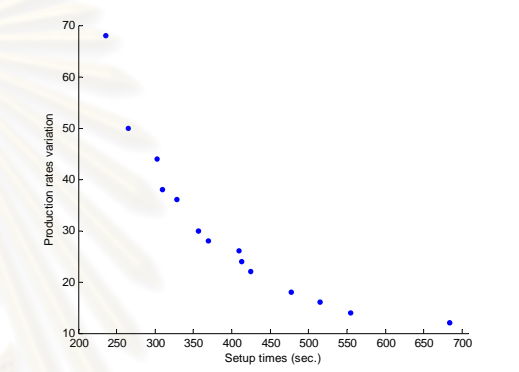
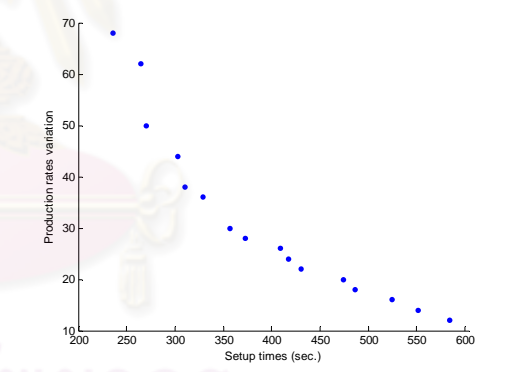
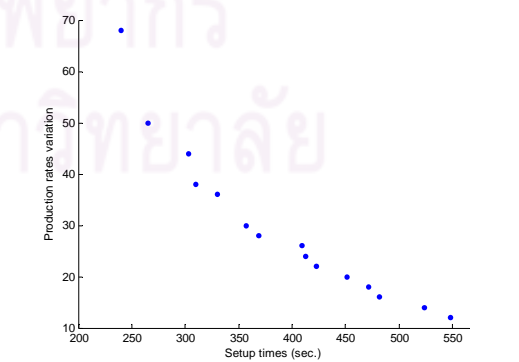
ตารางที่ 11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
10	API	2-Opt	EDDCCBBBAAEE DEBBCCCAAEEED DEBCCBBAAEEED CCBEEDDDAAEBBC DDAEECCBBBAED DDAEEBCCBBAAED DEBBCCAAAEBCDD DDEBCCAAAEBBCED DDCBAAEEBCCAED EABBCEDDDAABCE DCBBAEEDCCBAED AEDCCBBAEDDEBCA AEDCBBAEDDEBCA	236 265 303 310 331 357 369 393 413 430 472 501 532	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 18 14 12	
11	API	3-Opt	EDDCCBBBAAEE AEDDDEEBBCCCAA BCCEEDDDAAACBB CCBAAEEDDDEEBBC CCBEEDDDAAEBBC AEDCCBBBEEEDAA CCBAEEDDDAAEBBC DDEBCCAAAEBBCD DDEBCCAAAEBBCED CBBAEEDDDCAEBC AEBBCCDDDAEEBCA DEBCCDAAAEBBCED DAEBBCCCEEDAACBD DEACBBDEEAACBD DAEBBCCEDAABCE ACBEDDACEBBCEDA	236 265 270 303 310 331 357 369 393 413 423 462 477 490 510 570	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
12	API	Or-Opt	DCCBBBAAEEEDD DEBBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAEBBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEDDDAAEBBC DEBBCCAAAEBBCD DEBCCAAAEBBCEDD EBCCAEDDDAABCE EACBBEDDDAACCEB EBCCAEDDDCCBAE CBEDDAAEBBCCAED CEDABBCAEDDAEBC	236 265 303 310 329 357 369 393 417 432 473 508 559	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 16 12	
13	API	Double-bridge	CEEEDDDAAEBBCC CAAAEEDDDEBBCC BBCEEDDDAAACCB CCBAAEEDDDEEBBC CCBEEDDDAAEBBC DEBBCCAAAEEBDD CBAEEDDDAAEBBCC AAEBCCDDDEEBBCA BCAAEEDDDCCBAEB AEBCCADDDEEBBCA EDABCCEDDCBBAE EDABCCEDDAACBE BCEDDAAEBCEADCB ACBEDDABCEEDCBA	240 265 270 303 310 330 357 369 413 428 476 481 536 575	68 62 50 44 38 36 30 28 24 22 20 16 14 12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
14	API	IP	EDDDAABBBCCEE DEBBCCCAAEEED DEBBCCBAAEEED CCBEDDDAAAEBBC DDAEEBBBCCCAED CCBAAEDDDAAEBBC AEBBCCDDDEEBCAA DAEEDCCBBBCAAED EBCAAEDDDCCBBAE CAEBBCCDDDEAAEBC DCBAAEEDCCBBAE DEBCAAEDCCBBAE BCEDAECBDDEACB	240 265 303 310 319 357 369 409 413 461 472 501 558	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
15	2-Opt	PI	DCCCBBAEEEEED DDEEBBCCCAAED CCBAEEEEDDDEBBC CCBEDDDAAAEBBC DAEEBBCCCAAEDD DDEACBBBCAAEED BCEDDAAAEEDCCBB DEBCCAAEEBBCDD DEBCCAAEEBCEDD DEBCCAAEEEDDCB BEDCCBAAEEEDCB BCEDDAAACBEEDCB AEDCBAAEEDDCBA ACBDDEEABBCDEA ACBEDEEABBCEDA BCAEDDEBAAEDCB	236 265 303 310 319 357 360 369 393 420 425 459 472 499 519 532	68 50 44 38 36 32 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
16	2-Opt	API	AEEEDDDCCBBBAA CCAAEEEDDDEBBBC BBCCFEEDDDAAACB CCBAEEEEDDDEBBC CCBEDDDAAAEBBC ACBBEEEDDDCCBAA CCBAAEEDDDAAEBBC DDEBCCAAAEEBBCD DDEBCCAAAEEBBCED BCAEEDDDAABCCEB DCBEEDAAABCCED CAEBBCEDDDAEBC DCBEEDAABCCAEED CDAEEBCCAADDEBC CEDABBCEDDAEBC DAEBCCBEDAABCED	236 265 270 303 310 335 357 369 393 417 429 447 478 497 510 550	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
17	2-Opt	2-Opt	CBBBAAEEEEDDCC DEEBBCCCAAEDD CCBAAEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAAEBBC DEBBCCCAAEEBDD CCBAAEEDDDAAEBBC AEBBCCDDDEEBCAA DDEBCCAAAEEBBCED CABBCCEEDDAAEBC EABBCCEEDDAAEBC BAEDDCCBAAEEDCB DAEBCCEDAAEBBCED ABCEDDAECBBCEDA	236 265 303 310 330 357 369 393 417 430 472 510 553	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 16 14 12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
18	2-Opt	3-Opt	CBBBAAEEEDDDCC DDEBBBCCCAAED DEEBCCBBAAEED CBBEEDDDAAEBCC DDAEEBBBCCCAAED DDAEEBBCCCAAED DEBBCCAAEEBCDD DDEBCCAAEEBCCED BDEBCCAAEEEDDCB DCBEEDAAABCCED BDEBCCAAEEDDACB ABCEDDACBBEEDA ACBDDEEACBBEDA BCAEEDDCBAAEDCB BCAEEDDEBAAEDCB	236 265 303 310 319 357 369 393 420 429 472 481 486 503 532	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
19	2-Opt	Or-Opt	AEEEDDDCCBBBAA DEBBBCCCAAEEED DEEBCCBBAAEED CBEEEDDDAAEBCC BBCEEDDDAAACCEB DAEEBCCBBAAEED DEBCCAAEEBCDD DAEEEDCCBBCAAED BCAEEDDDCCBAAEB EDCCBBAAEEDDCBE DCBEEDAACBBAAED ACBDDEAEBBCEDA CBDEACBEDDAEBC DACBEDAEBCACEBD	236 265 303 310 329 357 369 409 413 425 477 515 555 684	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 18 16 14 12	
20	2-Opt	Double-bridge	DDCCBBBAAEEED CAAAEEDDEBBBCC BCCEEDDDAAACBB CBAAAEEDDEEBBCC CCBEEDDDAAAEBBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEDDDAAEBBC DEBBCCAAEECBDD AACBEEDDDCBCEA ABCCEDDDAEEBBCA DCBBEEDAAACCBED CBDDAEEBBCAAEDC AECCBBDDAEEDCBA DAECBBEDDAABCE DAEBCCBEDDAACBE DABCEEDCBAACBD	236 265 270 303 310 329 357 373 409 417 430 474 486 524 551 584	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
21	2-Opt	IP	DDAABBBCCEEED DEBBBCCCAAEEED DEEBCCBBAAEED CCBEEDDDAAAEBBC DDEBBCCCAAEEEBD CCBAEEDDDAAEBBC DEBCCAAEEBCDD DAEEEDCCBBCAAED CBAEEDDDCAAEBBC CAEEBCCDDAAEBC CBAEEDDDCBAAEBC DCBAEEDCCBAAEED DACBBEEDAAACCBED DAECBBEDAABCED DEACBBCEDAABCED	240 265 303 310 330 357 369 409 413 423 451 472 482 524 548	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	

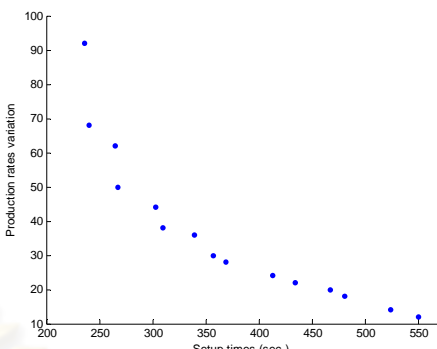
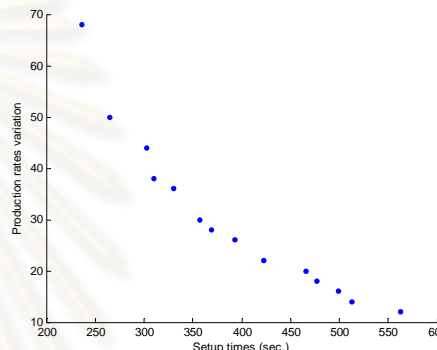
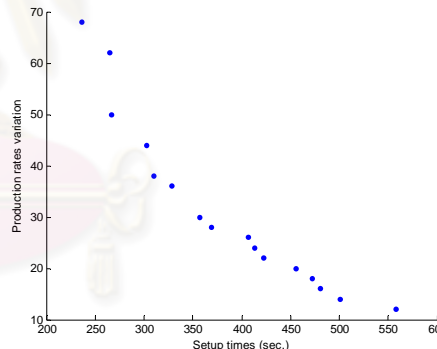
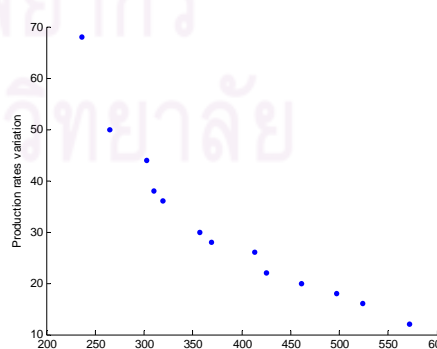
ตารางที่ 11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
22	3-Opt	PI	EEDDDCCBBBAAAE DEEBBCCCAAEEED CCBBAAEEDDDEEBC CCBEEDDDAAAEBC BCEEDDDAAACCEBB CCBAEEDDDAAEBBC BCAEEDDDAACCEBB DAEEDCCBBBCAAED CAEBBCDDAAAEBC CAEDCBBDDAAEBC EDABBCEDDAABCE DEACBBEDAACBED DEACBBCEDAACBED	236 265 303 310 329 357 378 409 423 474 480 520 549	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
23	3-Opt	API	DAAABBBCCCEEEED DEBBBCCCAAEEED DEAAACCBBCCEED CBEEEDDDAAAEBC DAEEBBBCCCAAEEED DAEEBCCBBAAEED DCEEAABBBCCAEDD AEDDACBBCCCEEDA DDCBAAEEBCCCAED CEDDAABBBCEEDAC CAEBBCEDDDAAEBC BEDDACCBAAEEEDCB CAEDCBBEDDAAEBC EDACBBCEDDAABCE ABCEDEACBBCEDA	240 265 308 310 319 357 388 412 413 441 447 477 508 510 548	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
24	3-Opt	2-Opt	EEDDDCCBBBAAAE DEEBBCCCAAEEED DDEBCCCBAAAEED CCBEEDDDAAAEBC DDAEEBBCCCAAED DAEEBCCCBAAEED AAEBCCDDDEEBBCA EDAACBBCCEDDAE EBCAAEDDDCCBBAE AEDCBBAEEDDCCBA EDCBBCAAEEDCBAE BCAEDEBCCAAEDB ABCEDDABCEEDCBA	236 265 303 310 319 357 369 412 413 472 503 523 574	68 50 44 38 36 30 28 26 22 18 16 14 12	
25	3-Opt	3-Opt	EEDDDAAABBCCCE DEBBBCCCAAEEED CBBAAEEDDDEEBCC CCBEEDDDAAAEBC DDEBBCCCAAEEED CCBBAEEDDDAAEBC AEBCCDDDEEBCAA AEBCCBDDDEEBCAA AEDCBBDDDEEBCAA AECBBDDEEBCA ACEDDAEBBCCEDA ACBDDEEABCCEDA DAEBBCCEDAABCE ABCEDEACBBCEDA	240 265 303 310 330 357 369 399 420 427 471 485 510 548	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 16 14 12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
26	3-Opt	Or-Opt	CCCBBAAAEEDDD EEDDDAAABBCCCE DEEBBCCCAAEDD CCBAAEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAAEBC DEBBCCCAAEEBDD CBBAEEDDDAAEBCC AAEBBCCDDDEEBCA ABCCEEDDCBBCEAA CBAEEDDDCAAEBBC EABCCEDDDAABBCE EDCCBAEEDDCBBAE EDCBAEEDDBBCCAE DABCBEEADACCBED BCAEDDEBCCAAEDB AEBCCDAECEBCCEDA	236 240 265 303 310 330 357 369 408 413 430 472 494 521 523 575	92 68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
27	3-Opt	Double-bridge	EDDCCCBBAAAEE DEEBBCCCAAEDD DDEEBBCCBAAAEED DDAEEBBBCCCAAED DAEEBCCCBAAEDD DCBEEAAABBCCEDD DEBCCAAAEBBCEDD DAEBBCCAAEEBCDD CEDAACBBDDDEEAC DCBAAEEDDCBBAE BCDAAEEDDBCCAE AEDDCBBEACCBDEA BCAEDDEBCCADAEB CDEABBCEDAEDCB	236 265 303 319 357 379 393 423 446 472 504 526 570 614	68 50 44 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
28	3-Opt	IP	CBBAAAEEDDDCC DDEBBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAAEBC DDAEEBBBCCCAAED CBBAEEDDDAAEBCC AEBBCCDDDEEBCAA ABCCAEEEDDEEBBCA EBCCAEDDDCCBBAE BCEDDAAAEBCCEDEB CBAEEDDCBBAEEDC AEBCCDAEBBCCEDA ABCEDDEACBCCEDA	236 265 303 310 319 357 369 412 413 462 472 516 548	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
29	Or-Opt	PI	EDDCCCBBAAAEE DEEBBCCCAAEDD CCBAAEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAAEBC DAEEBBBCCCAAEDD CBBAEEDDDAEBCC BBCEDDAAAEEDCCB DEBCCAAAEBBCDD DEBCCBAAEECBDD BCAAEEDDDCCBAEB DEBCCAEBBCCAEEDD DCBAEEDCCBBAEED ACBEEDDACCBBEDA CEDABBCEDDAAEBC BCAEDDAEBCDAEB	236 265 303 310 319 357 360 369 411 413 442 472 482 510 565	68 50 44 38 36 32 30 28 26 24 22 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
30	Or-Opt	API	BBBAAEEEDDDCCC EEDDDAAABBCCCE BCCCAAEEEDDDEBB BBCCAAEEEDDDCCB CCBAEEEDDDEBCC CBEDDDAAEEEBCC BCEDDDAACEEBCC CBAAEEDDDAAEBCC DEBCCAAEEEBCCDD CBAAEEDDDCAEBCC CAEDDCBBAAEEDC CBDEEAACBDDEBC BAEDCCBDDEEAACB BAEDCCBAEEDDACB ABCEDDAEBCCBEDA	236 240 265 267 303 310 339 357 369 413 434 467 481 524 550	92 68 62 50 44 38 36 30 28 24 22 20 18 14 12	
31	Or-Opt	2-Opt	DCCBBBAAEEEDD DEBBBCCCAAEEED CCBAEEEDDDEEBCC CBEEEDDDAAEBCC DDEBBCCCAAEEEB CBAAEEDDDAAEBCC DDEBCCAAEEEBCCD DDEBCCAAEEEBCCED AEBBCCDDAAEBBCA AECBCCDDAAEBBCA BEDDACCBAAEEDCB ADECCBAAEEDDCBA AEDCCBAAEEDDECBA DCBAEEDABCCBAED	236 265 303 310 330 357 369 393 423 466 477 499 513 563	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 18 16 14 12	
32	Or-Opt	3-Opt	AEEEDDDCCCBBA AEDDDEEBBCCCAA BBCCAAEEEDDDCCB CCBAEEEDDDEEBCC CBEEEDDDAAEBCC BCEEDDDAAACEEBB CBAAEEDDDAAEBCC DEBCCAAEEEBCCDD DEBCCBAAEEEBCCDD EBCCAAEEDDDCBBAE CAEEBCCDDAAEBCC EDCBCCAAEEDDCBE CBAAEEDDCBBAEDC EDABBCCEDDAACBE DEBCCAAEEDCCBBAED DEABCCBEDAABCCED	236 265 267 303 310 329 357 369 407 413 423 456 472 481 501 558	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
33	Or-Opt	Or-Opt	EEDDDCCCBBAAE DEBBBCCCAAEEED CBAAEEEDDDEEBCC CBEEEDDDAAEBCC DDAAEEEBBCCCAAED DAEEBCCCBAAEED AAEBBCCDDDEEBBCA BCBAEEDDDCCAEB CBAAEEDDDCBBAEC CAEBBCCDDDEAAEBCC EBCCAADDEBCCDAE CBDDEAAECBBAEDC EDCBAAEDCBBCCDAE	236 265 303 310 319 357 369 413 425 461 497 524 572	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 18 16 12	

ตารางที่ 11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
34	Or-Opt	Double-bridge	CCBBAAEEEDDDC BBCCAAEEEDDDCB CCBAEEEDDDEBBC CCBEDDDAAAEBBC DAEEBBCCCAAEDD DEEACBBCCAAEDD BCCEDDAAAEEDCBB AEBCCDDDEECBAA AEBCCDDDEECBAA DDCBAEEEBCCAED BEDCCBAAEEDDCB AEDCBAAEEDDCCBA AEDCBCEDDABCEA BDCEAAEDCBAEDCB	236 267 303 310 319 357 360 381 399 413 425 472 550 632	68 50 44 38 36 32 30 28 26 24 22 18 14 12	
35	Or-Opt	IP	EDDDDCCBBBAAAE BCCCAAEEEDDEEBB BBCCAAEEEDDDCB CCBAEEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAAEBBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEEDDAAEBBC AEBCCDDDEECBAA AEBCCDDDEECBAA CBAEEEDDCAAEBBC AEBCCDDDEECBAA AEBCCDDDEECBAA AEBCCDDDEECBAA EBCAAEEDDCCBBDAE DABCCCEEDAABBCED DAEBCCEDAABBCED DAEBCCBEDAABBCED	236 265 267 303 310 329 357 369 399 413 427 460 474 480 510 550	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
36	Double-bridge	PI	EDDDDCCBBBAAAE BBCCAAEEEDDDCB DDEEBCCBBAAAEED CBBEEDDDAAAEBBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEEDDAAEBBC BBCEEDDDAAACCEB AACBEEDDDCBBCEA BCAAEEEDDCCBBAE ABCEEDDDABBCCEA BCEDDCBAAAEEDCB CEDAABCEEDDABC DAEBCCBEDAABBCED DAEBCCBEDAABBCED	236 267 303 310 329 357 378 409 413 430 454 480 524 551	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 16 14 12	
37	Double-bridge	API	DDCCBBBAAAEED DDEBBCCCAAEEED DEBCCBBAAAEEDD DAEEBBCCCAAEDD DAEEBBCCCAAEDD DCAEEBBCCCAAEDD DDCBAEEEBCCAED CBDEEAAACBBDDDEC EBCAADDDEBCCBAE EDCBAAEEDDCCBBAE EBCDDAAEBCCDAE BCEDDAAEBCCDAE DEBCAADEBCCBAED	236 265 303 319 357 375 413 441 466 472 492 516 554	68 50 44 36 30 28 24 22 20 18 16 14 12	

ตารางที่ 11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
38	Double-bridge	2-Opt	EEDDDCCBBAAAE CAAEEEDDDEBBCC BBCAAEEEDDDCCB CCBAAEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAAEBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEDDDAAEBBC AAEBCCDDDEEBBCA BCAAEEDDDCCBBAE CAEEBCCDDDAEBC BCAEEBCDDDAECB DABCCCEEDAACBBED DABCCBEEDAACBED BAEDDCCBAEEDACB BAEDCCBAEEDACB	236 265 267 303 310 329 357 369 413 423 466 481 521 524 585	68 62 50 44 38 36 30 28 24 22 20 18 16 14 12	
39	Double-bridge	3-Opt	DAAACCCBBBEEED DEEBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDEBBC CCBEDDDAAAEBC DDAEEBBCCCAAED CCBAEEDDDAAEBBC AECBBDDDEEBBCA AEDDCBBCCAAEEDA EBBCAAEEDDCCBAE EDCCBAAAEEDDCBE EDCBBCAAEEEDDCBE CBAEEDDAACBBEDC EDABBCCEDDAACBE BCEDAACBEEDDACB BCEDAABCEDDEACB	241 265 303 310 319 357 373 409 413 425 456 477 481 511 548	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
40	Double-bridge	Or-Opt	DAAABBBCCCEEEED DDEEBBCCCAAEEED DEBBCCCBAAAEEDD BCCEEDDDAAAEBCB DDAEEBBCCCAAED DDAEEBCCCBAAEED DEBCCAAAEEBBCDD DDEBCCBAAAEBCD CAEECCBDDDAEBC DEBBCCDAAAEBCD DCBAEEDCCBAAEED DAEBBCCDEEAABCD BCDEAACBDEEDACB	240 265 303 313 319 357 369 407 427 438 472 500 579	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 18 16 12	
41	Double-bridge	Double-bridge	AEEEDDDCCBBBAA DDEBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDEBBC CBBEEDDDAAAEBC DAEEBBBCCCAAEEED CCBAEEDDDAAEBBC DDEBBCCAAAEBCD AEDDACCBBCEEDA BCAEEBDDAAECCB DAEEBBCCDAAEBD AECBBEDDDACCBEA DCBAEEDBBCCAAED CBAEEDDCBBADEAC BCAEEEDDCBAACBDE BECADAECBDDACEB	236 265 303 310 319 357 369 412 427 453 475 501 548 566 687	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
42	Double-bridge	IP	DDCCBBBAAEEED DDEBBBCCAAAEEED CCBAAAEEDDDEEBBC CBEEEDDDAAAEBC DDAEEBBBCCAAEED DAEEBBCCBAAEED AEBCCDDDEEBCAA AEBCCBDDDEEBCAA EBCCAAEDDDCBBAE CBAAEEDDDCBBAE EBCAAEEDDDCBBAE DCBBAAEEDCCBAED EDABBCCEDDAABCE DEBCAAEEDCCBBAED DCBAEECBDAABCE	236 265 303 310 319 357 369 399 413 425 444 472 480 501 584	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
43	IP	PI	CEEEDDDAAABBCC CAAAEEDDDEBBCC BBAAAEEEDDDCCB CCBAAAEEDDDEEBBC CBEEEDDDAAAEBC BCEEDDDAAACCEBB CCBAEEDDDAAEBBC DEBBCCAAAEBCDD DDEBCCAAAEBCED ABCCEEDDDAEBBCA ABCCEEDDDAEBBCA BAEEEDCCBBAEEDC EBCAAEEDCCBBAED BCDEEAABCDDAEB AEDCBBAEEDDCBA DAEBCCBEDAACBED	240 265 267 303 310 329 357 369 393 417 430 472 474 500 503 551	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
44	IP	API	DDAACCCBBBEEED DDEEBBCCCAAEEED DDEEBCCBBAAAEED CBEEEDDDAAAEBC DAEEBBBCCAAEED DEEACBBBCCAAEED AEDDCBBBCEEDAA DDEBBCCAAAEBCD DEBCCAAAEBCEDD CBEDDAAABBCEEDC CBEDDAAACBBEEDC CBEDDAAACBBEEDC DABBCEEDAACCBED DACBBEEDAACCBED BCAEDDEBCCAEDCB	241 265 303 310 319 357 360 369 393 429 430 468 481 482 532	68 50 44 38 36 32 30 28 26 24 22 20 18 16 12	
45	IP	2-Opt	CBBBAAEEEDDDCC BCCCAAEEEDDDEBB BBAAAEEEDDDCCB CCBAAAEEDDDEEBBC CBEEEDDDAAAEBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEDDDAAEBBC AEBCCDDDEEBCAA BCAAEEDDDCBBAE CAEEBBCCDDAAEBC CBDDAEEBBCCAEDC CDAEEBBCCDDAAEBC CAEDABBCEDDAEBC DAEBCCDEABBCCAED	236 265 267 303 310 329 357 369 413 423 474 492 559 573	68 62 50 44 38 36 30 28 24 22 20 16 14 12	

ตารางที่ ง.11 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
46	IP	3-Opt	BEEEDDDAAACCBB DEEBBCCCAAEEED DDEBCCCBBAAEED CBEEEDDAAAEBBC DDAEEBBBCCCAED DDAEEBBCCCBAAED DDEBCCAAAEEBBCD DEBCCAAAEBBCEDD DDCBAAEEBBCCAED DEBBCCDAAAEBCD DCBBAAEEDCCBAED ADEBBCCAEEDDCBA DAEBBCCEDAABCED DEACBBCEDAACBD	241 265 303 310 319 357 369 393 413 438 472 487 510 558	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 18 16 14 12	
47	IP	Or-Opt	EDDCCBBBAAEE DEEBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDEEBBC CCBEDDDAAAEBBC DAEEBBBCCCAAEEED CCBAEEDDDAAEBBC DDEBCCAAAEEBBCD EBBCAEDDAAACCBE CAEBBCDDAAAEBC CAEBBCDDDEAAEBC CBAEEDDCBBAEDC DEBCAAEDBBCCAED DCBAEEDBCAACBED	236 265 303 310 319 357 369 418 423 461 472 523 638	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
48	IP	Double-bridge	DDCCBBBAAEEED CAAAEEDDDEBBBCC BBCEEEEDDAAACCB CCBAAEEDDDEEBBC CBEEEDDAAAEBBC BBCEEDDAAACCEB CCBAEEDDAAAEBBC AEBBCDDDEEBCAA EDAAACBBCCEDDAE BCAEEEDDAAAECCB EACCBEDDDAABCE CBEEAEDDCBBAC EBCDDEAACCBDAE EBCAADECCBBDAAE AEBDACCBEDEBCA	236 265 270 303 310 329 357 369 412 427 431 470 491 501 571	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14	
49	IP	IP	DCCBBBAAEEEDD DEEBBCCCAAEEED CCBAAEEDDDEEBBC CBEEEDDAAAEBBC DDAEEBBBCCCAED CBBAEEDDAAAEBBC AAEBCCDDDEEBBCA AAEBCCDDDEECBA CAEBBCDDAAAEBC CDEBBCAAEDDEBC BCBAEEDDAAACCEB ACBDDEEABCCEDA BCBAEEDDDEEBBCA BCBAEEDDDEEBBCA	236 265 303 310 319 357 369 411 423 457 481 485 516 559	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 18 16 14 12	

2.3.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	EDDDCCBBAAAE DDEBBCCCAAED CCBAAEEDDEBBC CBBEEDDDAAEBCC DDAEEDBBCCAAED CCBAEEDDDAAEBBC AEBCCDDDEEBBCAA ABCCAEEDDDEEBBCA ABCCEEDDDAEBBCA DCBEEDAAABCCED DCBAEEDAAABCCED AEBCCDDAEEBBCDA DCBAEEDACCBAED	236 265 303 310 319 357 369 412 417 429 476 492 524	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 18 16 14	
2	PI	API	DCCBBBAAAEEDD CBAAEEDDDEEBCC CBBEEDDDAAEBCC DAEEDBBCCCAAEDD CCBAEEDDDAAEBBC AEBCCDDDEEBBCAA DDCBEEAAACBBCE CBBAEEDDDCAAEBC DCBEEDAAACBBED AEDCBBAEEDDCCBA AEDCBBAEEDDCCBA BCAEEDDCBAADECB DACBEEDACBBCAED	236 303 310 319 357 369 409 413 430 472 513 530 560	68 44 38 36 30 28 26 24 22 18 16 14 12	
3	PI	2-Opt	AEEEDDDCCBBAA DEBBCCCAAEEEDD DDEBBCCCAAEEED CCBEEDDDAAEBBC DDAEEDBBCCCAAED CCBAEEDDDAAEBBC BCAEEDDDCAAEBC BCAEEDDDCAAEBC AECBBDDAEEBBCA AEBBCCAEDEEBBCA ACDEEBEDACBCEDA	236 265 303 310 319 357 375 413 427 516 634	68 50 44 38 36 30 28 24 22 14 12	
4	PI	3-Opt	EDDDCCBBAAAE DEEBBCCCAAEDD DEEBCCBBAAAEED CBBEEDDDAAEBCC CCBAEEDDDAAEBBC BCAEEDDDAACCEBB AEBCCDDDEEBBCAA EBCCAEEDDDAABBCE CBEEEDAAACBBEDC ECBAEEDDDCBBCAE BAEDCCBAAEEDDCB BCDAAEEDCCDDEAB DEACCBBEDAABCE ABCEDDEACBBEDCA	236 265 303 310 357 378 399 417 430 456 472 500 519 575	68 50 44 38 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	

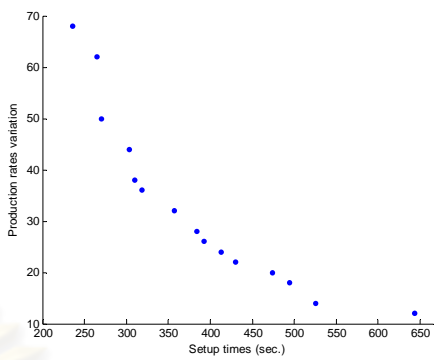
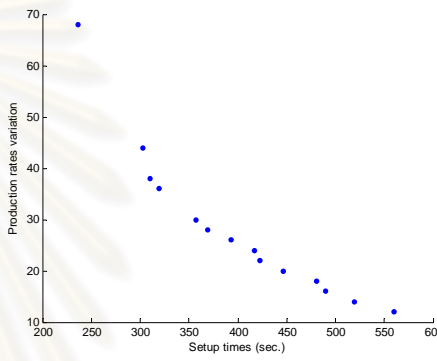
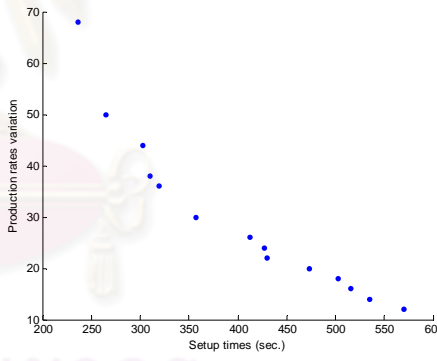
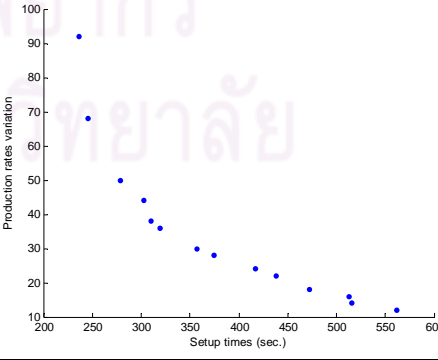
ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	BAAAAEEDDDCCBB DEBBCCCAAEEEDD CCBBAAAEEDDDEEBC CBBEEDDDAAAEBC DAEEBBCCCAAEDD DDAEEBBCCBAAED DDEBBCCAAAEBCD EBBCAAEEDDDCCBAE ECBBAEEDDDCCBAE DCCBAEEDAABBCE ADEBBCCADDEEBCA DACEEBBCDAABCE DCEABBCEDAABCE	236 265 303 310 319 357 369 413 425 476 502 545 585	68 50 44 38 36 30 28 24 22 20 16 14 12	
6	PI	Double-bridge	DCCCBBAAAEEED DEBBCCCAAEEEDD DEBCCBBAAAEEDD CCBEDDDAAAEEBBC ABCCDDDEEEBBCAA BCCAAEEDDDEACBB BBCEDDAAAEEDCCB DEBBCCAAAECEBDD DECAAEBBBCCAEDD BC AEEDDDCCAEBC ACBBDDDEEACCBEDA ACBEDDBCEEAABCD CBAEDDEBACEDABC	236 265 303 310 339 357 360 373 416 440 486 616 620	68 50 44 38 36 32 30 28 26 22 18 14 12	
7	PI	IP	CCEEEEDDAAABBC DEEBBCCCAAEEEDD DEEBBCCCAAEEEDD DAEEBBCCCAAEDD CBBAEEDDDAAEBCC AAEBCDDDEEBBCA ABCEEDDDCBBCEAA DDCBAAEEBCCAED AEBCCDDDAEEBCCA BAEDDCCBAAEEDCB CBEDAACEBDDAEC EDCBAABCEDDACBE	240 265 303 319 357 369 408 413 423 472 550 575	68 50 44 36 30 28 26 24 22 16 14 12	
8	API	PI	DCCCBBAAAEEEDD DEBBCCCAAEEEDD BCCEEDDDAAAEBCB DAEEBBCCCAAEDD DAEEBBCCCAAEDD AAEBCDDDEEBBCA DEBCCBAAAEBCDD AACBDDEEBCCEDA BCEEDDAAABCCDEB CBDEEAAACBDDEBC DACBBEEDCCBAED ACBDDEEABCCEDA ABCEDDACEBCCEDA	236 303 313 319 357 369 407 423 432 467 477 485 569	68 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	BBAAEEEDDDCCCB CCAAEEEDDEEBBC BCAAEEEDDDCCBB CBAAEEEDDEEBCC CBEEEDDAAAEBCC BCEEDDDAAAEBCB BCCAEEEDDEEACBB DAEBBCCAAEEBCDD BEDCCBAAEEEDDCB BCAEEDDDCBAAECB BEDCCBAADDEEACB BCAAEEDEBCCEDAB EABDCCBEDDAABCE EBCDAABCEDDCBAE	236 265 267 303 310 339 357 423 425 456 501 505 556 580	68 62 50 44 38 36 32 24 22 20 18 16 14 12	
10	API	2-Opt	DCCCBBAAAEEEDD DDEEBBCCCAAED CCBBAAEEDDDEEBC CCBEEDDDAAAEBBC DDAEEBBBCCCAAED DAEEBBCCCAAEDD AECCBDDDEEBCAA DEBCCAAAEBCEDD DCBEEDAAABCCED CBAAEEDDCBBAEDC BEDAACBCEEDDACB EDABBCCAEDDBCAE DEABCCDAEBBCAED	236 265 303 310 319 357 373 393 429 472 511 547 573	68 50 44 38 36 30 28 26 22 18 16 14 12	
11	API	3-Opt	CCEEEEDDAAABBBC DDEEBBCCCAAED CCBBAAEEDDDEEBC CBEEEDDAAAEBCC AAEDDCCBBBEEDA CBAEEDDAAAEBBC DDEBBCCAAAEBCD DEBCCBAAAEBCDD EABCCEDDDAABBCE CAEBBCEDDAAEBC ACBDDEEABCCEDA DAEBBCCEDAACBED AECBDDAEACBCEDA	240 265 303 310 331 357 369 407 430 447 485 511 558	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
12	API	Or-Opt	CBBBAAEEEDDDCC DEEBBCCCAAEDD DEBCCCBAAAEEDD CBEEEDDAAAEBCC BCEEDDDAAAEBCB DAEEBCCCBAAEEDD DEBBCCAAAEBCDD DDECBBAAAEBCBD EDCBBAAEEDDCCBE DCBEEDAAACBBCED CBAEEDDCBBAEDC CABDDEEACBBDAEC CBDEAAECBDBEAC	236 265 303 310 339 357 369 416 425 459 472 573 587	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	DCCBBBAAAEEDD AAEEDDDEBBCCCA BBCCEEEDDAAACB DDEEBBCCCBAAED CBBEEDDDAAAEBC DAEEBBBCCCAEED BBCCAAEDDDEEACB CAEEBDDDAEBC DEBCCAAAEBCEDD DCBAAEEBBCCAEDD ABCEEDDABBCCCEA BCEAAEBDDDEEACB BCDDEEAABCCEDAB EDABCCAEEDDCBAE DECBAEDACBBAECD	236 265 270 303 310 319 357 384 393 413 430 474 494 525 643	68 62 50 44 38 36 32 28 26 24 22 20 18 14 12	
14	API	IP	CBBBAAAEEDDDCC DEBBCCBAAAEEDD CCBEEDDDAAAEBC DAEEBBBCCCAEED CCBAEEDDDAAEBBC AEBBCCDDDEEBCAA DEBCCAAAEBCEDD ABCCCEEDDAAEBBCA CAEEBCCDDAAEBC CAEBBCEDDDAEBC DACBEEEDAABCCED DEACCBDEEAACBD DEACCBBEDAABCED AEDCBBACEDDEBCA	236 303 310 319 357 369 393 417 423 447 481 490 519 560	68 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
15	2-Opt	PI	BAAAEEDDDCCBB DEEBBCCCAAEDD CCBAAAEEDDDEBBC CBBEEDDDAAAEBC DDAEEBBCCCAAED CBAEEDDDAAEBBC BCAAEDDDEEBCCAB DAEBBCCAAEECBDD DCBEEDAAACBBED CBDEEBCAAADDEBC CBEEAADDCCBBAEDC CADEBBCAAEDDEBC BCDAAEEBCDDAECB CADEBBCAEDDAEBC	236 265 303 310 319 357 412 427 430 473 503 516 535 570	68 50 44 38 36 30 26 24 22 20 18 16 14 12	
16	2-Opt	API	EEEDDDCCBBBAAA AEEEBBCCDDDDAA DDEAAACCCBBBEED CCBAAAEEDDDEBBC CBEDDDAAAEBC DDAEEBBCCCAAED DAEEBCCCBAAEED BCAAEEDDDCCAEBB BCAEEDDDAABCCED DEBBCCDAAAEBCD CBAAEEDDCBBAEDC BAEDCCBAAEDDECB AEBCDDAEBBCEDA BAEDCCBAEDDEACB	236 246 279 303 310 319 357 375 417 438 472 513 516 562	92 68 50 44 38 36 30 28 24 22 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	EDDCCCBBAAAEE DEBBCCCAAEEEDD CBAAAEDDDEEBCC BCEEDDDAAAECCBB DDAEBBBCCCAAED CCBAEEDDDAAEBBC AAEBCDDDEEBBCA DAEECCBBBCAAED AEBCCDDAAEBBCA BCEEDDAACBBDAE DABCCCEEDAABBCED DCBAAEEDCBBACED CAEBDDEACBBDEAC	236 265 303 313 319 357 369 409 423 477 480 531 598	68 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
18	2-Opt	3-Opt	EDDAAABBBCCCEE DDEEBBCCCAAED CBAAAEDDDEEBCC CCBEDDDAAAEEBBC DAEEBBCCCAAEDD CBBAEEDDDAEBC ABCCEDDDEEBBCAA AAEBCDDDEEBBCA EBBCAEEDDDCCBAE ABCCEEDDDABBCEA DEACBBBEDAACED AEBBCCAEEDDCBA DAEBCCEDAABBCED EDACBBEADCCBADE	240 265 303 310 319 357 363 369 413 430 480 499 510 629	68 50 44 38 36 32 30 28 24 22 20 18 14 12	
19	2-Opt	Or-Opt	BBAAEEEDDDCCCB AEDDDEEBBCCCAA BBAAAEEEDDDCCB CBAAAEDDDEEBCC CCBEDDDAAAEEBBC CBAEEDDDAAEBBC DDEBBCCAAAEBCD AEBCCBDDDEEBCAA DAEBCCAAEBCDD ABCCEDDAEBBCA ACEDDAEBBCCEDA ACBDDEEBBACCEDA BCEDDAEBCCDAEB ACDEBBADECCBEDA	236 265 267 303 310 357 369 399 423 460 471 500 516 627	68 62 50 44 38 30 28 26 24 22 20 18 14 12	
20	2-Opt	Double-bridge	CBBAAEEEDDDCC BCEEDDDAAACBB CCBAEEDDDEEBBC CBBEEDDDAAEBBC ACBBEEDDDCCBAA CCBAEEDDDAAEBBC DDEBCCAAAEBCD DDCBEEAAACBBCE DEBBCCAAEEDDCB AEBCCADDDEEBBCA BCAEEDDDCBAECB BCDAEBCEEDDAACB BCDEEACBDDAAECB DECBAEDCAABBCED DBCAEEDCABABCED	236 270 303 310 335 357 369 409 420 428 456 516 534 573 670	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	AEEEEDDCCBBBA DEBBCCCAAEEEDD CCBAAEEDDEBBC CCBEEDDAAAEBBC BCEEDDAAACCEBB DAEEBCCCBAAEDD AEBBCCDDDEEBCAA ABCCAEEDDEBBCA BAECBDDDEEAACB CBAEEDDCBBAEDC ACBEDDEACCBBEDA ACBDEEDABCCBEDA	236 265 303 310 329 357 369 412 434 472 520 575	68 50 44 38 36 30 28 26 22 16 14 12	
22	3-Opt	PI	BCCCEEDDDAAABB DEEBBCCCAAEEEDD DDEEBCCCBAAAEED DAEEBBCCCAAEDD DAEEBCCCBAAEDD DDEBCCAAEEBBCD ABCEEDDDCBCEAA BEDDCBAAAEEDCB EDACBBDDAAEBCE DABCCEEDAABBCEED CBAEEDDEBCEAAEDC DBCAEEDACBBCAED	240 265 303 319 357 369 408 425 477 480 539 577	68 50 44 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
23	3-Opt	API	AEEEEDDCCBBBA AAEEEDDEBBCCCA CCEDDDAAAEEBBCC CBDDDDAAEEEBCC CCBAAEEDDEEBBC CCBEDDDAAAEEBBC CCEBDDDDAAAEBC CBAEEDDDAAEBCC DCBEEAAABCCEDD DCBEEAACBCEEDD AEBBCCADDDEEBCA EBCAADDDECBBCAE DCBEEDAABCCAEED BCDAAEEBCCDDAEB CBAEEDDACBBEDAC CBAEEDDEBCEAEEDC	236 265 270 276 303 310 335 357 379 409 428 471 478 492 529 566	68 62 56 50 44 38 36 30 28 26 22 20 18 16 14 12	
24	3-Opt	2-Opt	BBAAEEEDDDCCCB CAAAEEDDEEBBCC BCBAAEEDDDCCBB CCBAAEEDDEEBBC CBBEEDDDAAEBCC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEDDDAAEBBC EBBCAEEDDDCCBAE ECBBAAEEDDDCCBAE BCEEDDAABCCEDAB BCEDDAAECCBDDAE DACBEEDCAABBCEED ACBEDDAECBBCEDA	236 265 267 303 310 329 357 413 425 480 520 537 554	68 62 50 44 38 36 30 24 22 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	EEDDDCCBBAAAE BBCCAAAEEDDDEB BBCAAAEEDDDCCB DDEEBCCBBAAAEED CCBEEDDDAAAEBBC AACBEEEDDDCCBA CBBAEEDDDAAEBCC ABCCAEDDDEEBCCA EBBCAAEDDDCCBAE CAEBBCDDDAEEBC CAEBBCEDDDAAEBC BEDAABCCBEEDDACB BEDAACCBEEEDDACB CBDEAABCEEDDABC CAEBDDDEBCAABDEC	236 265 267 303 310 335 357 412 413 423 447 481 482 524 604	68 62 50 44 38 36 30 26 24 22 20 18 16 14 12	
26	3-Opt	Or-Opt	CEEEEDDAAABBBCC CAAEDDDEEBBBCC BCCEEEEDDAAACBB CBAAAEEDDDEEBCC CCBEDDDAAAEBBC DAEEBBBCCCAAEDD DEEAACBBBCCAEDD BCEDDAAAEEDCCBB DDEBBCCAAAEBCD CBAEEDDDCAAEBBC EDCCBBAEEDDACB EBCDAAEDDCCBBAE BCAAEDDEBCEADCB CBDAAEBCEDDEABC CEADBBCEADDAEBC	240 265 270 303 310 319 357 360 369 413 477 482 532 554 606	68 62 50 44 38 36 32 30 28 24 20 18 16 14 12	
27	3-Opt	Double-bridge	AAEEEDDDCCBBBA AEDDDEEBBCCCAA BCAAAEEDDDCCBB BCCBAAAEEDDDCB BBCAAAEEDDDEECB CBBEEDDDAAAEBBC BBCEEDDDAAACCEB CCBAEEDDDAAEBBC ABCEEDDDCCBBEAA BACCEEDDDAAEBCB EBCDDEAAACBBDE AEDACCBEEEDDCBA BAECCDDAAEEDDCB DAEBBCCEDDAAEBC EBCDDAAEBCBACDE EBCADAECCBBDAE	236 265 267 305 308 310 329 357 379 416 437 477 486 516 584 668	68 62 50 48 44 38 36 30 28 26 22 20 18 16 14 12	
28	3-Opt	IP	AEEEDDDCCBBBAA DDEBBBCCAAAEED DEBCCBBAAAEEDD CCBEEDDDAAAEBBC DDAEEBBCCCAAED CCBAEEDDDAAEBBC AAEBCCDDDEEBBCA AEDDCBBBCCAEDDA ACBBAEEDDDCCBEA CAEBBCEDDDAAEBC BEDDAACCBEEEDACB BEDAACCBDEEACB ABCEEDDACBBCEDA ABCEDDEABCCBEDA	236 265 303 310 319 357 369 409 427 447 482 486 510 558	68 50 44 38 36 30 28 26 24 20 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	BBAAEEEDDDCCCB DEBBBCCCAAEEEDD CCBAAAEEDDDEBBC CBBEEDDDAAAEBC DDAEEBBBCCCAEED CCBAEEDDDAAEBBC DEBBCCAAAEEBBCD ABCCAEEDDDEBBBCA CBAEEDDDCAAEBBC AECCBBDDDAEEBCA EBCCAADDEEBBCDA CBAEDDEBBCAAEDC EACBBDCAEEDDABCE	236 265 303 310 319 357 369 412 413 427 497 501 595	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 16 14	
30	Or-Opt	API	DAAACCCBBBEEEDD DEEBBCCCAAEEEDD DEEBCCBBAAEEDD CBBEEDDDAAAEBC DAECCCBBAAEEDD DDAEEBCCBBAEED DDEBBCCAAAEEBBCD AABCEEDDDCBBCA BCEEDDAAACCBDEB EBCCAADDDEBBCAE EDABCCEDDAAABCE DAECCBDAAECCBD DEACBBEDCAABCED	241 265 303 310 331 357 369 408 423 428 480 526 575	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 16 14 12	
31	Or-Opt	2-Opt	DAAACCCBBBEEEDD DEEBBCCCAAEEEDD DEEBCCBBAAEEDD CBBEEDDDAAAEBC DAECCCBBAAEEDD DDAEEBCCBBAEED DDEBBCCAAAEEBBCD AABCEEDDDCBBCA BCEEDDAAACCBDEB EBCCAADDDEBBCAE EDABCCEDDAAABCE DAECCBDAAECCBD DEACBBEDCAABCED	241 265 303 310 331 357 369 408 423 428 480 526 575	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 16 14 12	
32	Or-Opt	3-Opt	EEDDDCCBBBAAAE CCBBAAEEDDDEEBC DDAEEBBBCCCAEED DAEEBBCCBBAEEDD DDCAEEBBCCAAEED DEBCCAAAEEBBCD DDCBAAEEBCCAEED AEDCCBBBAEEDDCA DCBBAAEEDCCBAEED AEDBBCCAEEDDCBA AEDCCBBAEEDDCBA EDACBBCAEEDDACBE	236 303 319 357 375 406 413 434 472 494 503 560	68 44 36 30 28 26 24 22 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	CBBBAAEEEDDDCC BCCCAAEEEDDEEBB BBCAAEEEDDDCCB CCBAAEEEDDEEBBC CCBEDDDAAEEBBC BCEEDDDAAACCEBB CBBAAEEEDDAAEBCC DDEBBCCAAEEBCD AAECBCCDDDEEBBCA EBCAAEEDDDCCBBAE BCEDDAABCCCEEDA DAEBBCCDAAEEBCD DAECBBDEAACCBED DBCAAEEBDACCBAED	236 265 267 303 310 329 357 369 412 413 480 492 529 611	68 62 50 44 38 36 30 28 26 22 20 16 14 12	
34	Or-Opt	Double-bridge	CBBBAAEEEDDDCC CAAEEEDDEEBBCC BCCCAAEEEDDDCCB CCBAAEEEDDEEBBC CCBEDDDAAEEBBC ABCCDDDEEBBCAA CBAEEDDDAAEBBCC BBCAAEEDDDCCAAEB AACBEEEDDDCCBBCEA EBCEDDAAACCBDE ABCCCEEDDABBCEA EDAABCCCEEDDCBAE EDACCBBEDDAABCE BCEDDAACBEDAECB	236 265 267 303 310 339 357 375 409 423 430 476 481 554	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 18 16 14	
35	Or-Opt	IP	DDCCBBBAAEEED DEBBCCCAAEEEDD DEBCCBBAAEEEDD DDAEEBBCCCAAED DAEEBCCBBAAEED DEBCCAAEEEBBCDD DEBCCAAEEEBBCDD BCAEEEDDDCCBAAEB EDCCBBAAEEDDCBE DCBAEEEDCCBBAEED DCBAEEEDBBCCAED DBCAAEEDCCBBAEED DACCBEEDACBBACED	236 265 303 319 357 369 393 413 425 472 494 525 588	68 50 44 36 30 28 26 24 22 18 16 14 12	
36	Double-bridge	PI	BAAEEEDDDCCBB DDEEBCCBBAAEED CCBEDDDAAEEBBC DDEBBCCCAAEEEBD CCBAEEDDDAAEBBC DDEBCCAAEEEBBCD DEBCCBAAEEEBBCD ACBBAAEEDDDCCBEA AEBCCADDDEEBBCA CBAEEDDDCCBBAEED ABCEDDABCCCEEDA DBCAAEEDCCBBAEED DAEBBCCEDAAABCED ACEBDDEACBBCEA	236 303 310 330 357 369 407 427 428 472 480 494 510 588	68 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	EDDCCCBBAAAEE DDEEBBCCCAAED CBAAAEEDDDCBC DDECBBCCAAAEED BBCEEDDDAAAECCB DAEECCBBBAEADD DAEEBCCBBAAEDD BCAAEEDDCCAEAB EBBCCAEEDDAABCE BDEBCCAAAEEDDCB BEDCCBAAAEEDDCB EDCBAAEDDCCBBAE ACBBEDDEACCBEDA ACBDDEEABCCBEDA ACBEDDAEBCCBDEA	236 265 305 308 313 331 357 375 417 420 425 472 520 525 555	68 50 48 44 38 36 30 28 26 24 22 18 16 14 12	
38	Double-bridge	2-Opt	CAAAEEDDDEBBCC BBAAAAEEDDDCCB CCBAAEEDDDEBBCC BCCEEDDDAAAECCBB BCEEDDDAAAECCBB CCBAEEDDDAAEBBC AEBBCCDDDEEBCAA DCBEEAAACBBCEDD BCAAEEDDDCCBBAE CBAAEEDDDCCBBAE AECBCCDDDAEBCA BAEDCCBAAEEDDCB DACBEEDABBCCAED DABCEEDACBBCAED	265 267 303 313 329 357 369 409 413 427 466 472 530 559	62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 14 12	
39	Double-bridge	3-Opt	EDDCCCBBAAAEE DDEEBBCCCAAED CBAAAEEDDDEBBCC CBBEEDDDAAAEBC DDAEEBBCCCAAED CBAEEDDDAAEBBC AAEBBCCDDDEEBCA DAEEEDCCBBCAED ABCCEEDDDAEBCA CAEEBCCDDDAEBC BCEDDAAABCEEDCB CDAEBBCCDDAAEBC EBCDDAAECCBDDAE BCEDDAAEBCCEDAB DAEBCCAEDEBBCAED	236 265 303 310 319 357 369 409 417 423 458 492 496 510 570	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14 12	
40	Double-bridge	Or-Opt	BBAAAEEDDDCCCB CCAAEDDDEEBBCC CBAAAEEDDDEBBCC CBBEEDDDAAAEBC DDEEBBCCCAAEBD CCBAAEEDDDAAEBBC AEBBCCDDDEEBCAA EBCAAEEDDDCCBBAE EDAAACBBDEBBAE AEDBBCCADDEEBCA EDACBBAEDDCCABE EDCABBCEADAADCBE	236 265 303 310 330 357 381 413 472 509 555 613	68 62 44 38 36 30 28 22 20 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	EDDCCBBBAAEE DEBBBCCCAAEE DEEBBCCCAAEE BCCEDDDAAEECB DAEECCBBBAEEDD DAEEBCCCAAEE AECCBDDDEEBCAA AEDDACBBBCEEDA DDCBAAEEBBCCAED BCEDAACBBEEDDAB CBEEDDAACBBEDAC DECBBEAADCCBAED CBDEAEDCAABBEDC DACEBBEADCCBAED	236 265 303 313 331 357 373 412 413 481 482 544 602 614	68 50 44 38 36 30 28 26 24 20 18 16 14 12	
42	Double-bridge	IP	DCCBBBAAEEEDD DEBBBCCCAAEEEDD CCBAAEEDDDEEBBC CCBEDDDAAEEEBBC DAEEBCCCAAEEEDD CCBAEEDDDAAEEBC AEBBCCDDDEEBCAA DEBCCBAAEEEBCCD ABCCEDDDAEEEBBCA AEBBCCADDDEEBBCA EBCAADDDEBCCBAE EDACCBBAAEEDDCBE CBEDDAACBBEEDAC EBCAADDDEBCCBAE	236 265 303 310 319 357 369 407 417 428 466 477 482 527	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 14	
43	IP	PI	BAAEEEDDDCCBB CBAAEEEDDDEBBCC CCBEEEDDDAAEEBC AAEDDDCCBBBEEDA CBAEEDDDAAEEBCC DEBCCAAEEEBCCD BCAAEEDDDEBCCAB EBCAAEEDDDCCBAE CAEBBCEEDDDAAEEBC CBEDDAACBBAAEEDC BEDAACCBDDDEEACB AEDCBBCAEEEDDCBA EACBDDCAEBBCAED	236 303 310 331 357 369 412 413 447 477 486 503 620	68 44 38 36 30 28 26 22 20 18 16 14 12	
44	IP	API	CCEEDDDAAABBBC CAAAEEDDDEBBBCC BBCCAAEEEDDDCB CBAAEEDDDEEBBCC CBEDDDAAEEEBBCC DDAEEBCCCAAED DDAEEBCCCAAED EDAACBBDDCAEE DCAEEBCCBAAEEDD CAEBBCDDAAEEBC EBCAADDDEBCCBAE BCEEDDAABCCADEB EDCBCCAEEEDDCBAE AEDCCBBAEEDDCBEA AEDCBBCAEEDEBCA	240 265 267 303 310 319 357 405 413 423 466 491 503 517 532	68 62 50 44 38 36 30 28 26 22 20 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	BBAAEEEDDDCC CEEEDDDAAABBCC DEEBBCCCAAED CBAAEEDDEBBCC CBEDDDAAEEBCC DAEEBBCCCAAEDD CCBBAAEEDDDAAEBC AEBCCDDDEEBBCAA CBBAEEDDDCAAEBC CAEEBCCDDAAEBC ABCEEDDABCCBEA DAEEBCCDAABBCEB BCAEDDEBCCAAEDB AEDCBBAAEDDEBCA	236 240 265 303 310 319 357 369 413 423 470 486 523 570	92 68 50 44 38 36 30 28 24 22 20 18 14 12	
46	IP	3-Opt	AEEEDDDCCBBAA CAAAEEDDEBBCC CEDDDAAEEBCC CBDDAAEEBCC DEBCCBAAAEEDD CBEDDDAAEEBCC DAEEBBCCCAAEDD DAEEBBCCCAAEDD DEBCCBAAAEBCDD CEACBDDDAEEBC CEAAABCCDDDEEABC BAEDDCCBAAEEDCB BCEDDAACBEEEDACB ABCEDDAECBBDECA	236 265 270 276 303 310 319 357 407 427 444 472 511 587	68 62 56 50 44 38 36 30 26 24 22 16 14 12	
47	IP	Or-Opt	BAAEEEDDDCCBB CCAAEEEDDEEBBC BBCAAEEEDDDCCB CBAAEEDDDEEBBC CBEEEDDDAAEBC BBCEEDDDAAACCEB CBBAEEDDDAAEBC BBCEEDDDAAACCEB AAEBCCDDDEEBCEA CABBEEDDDAAEBC CBAEEDDDCBBAAEC BCAAEEEDCCBBDAC CBAEEDDCBBEEDAC BCEDDAACBCEADEB BAEDCCBAEDDACEB	236 265 267 303 310 329 357 378 412 417 425 474 477 534 623	68 62 50 44 38 36 30 28 26 24 22 20 18 16 12	
48	IP	Double-bridge	EDDCCBBBAAEE DEEBBCCCAAEDD CBAAEEDDDEEBBC DAEECCBBBAAEDD DDAEEBBCCCAAED DCAEEBBCCCAAEDD AEDDCBBCCAAEDA BEDDCBAAAEEDCB EDACBBDDEAACCB BCEDEEAABCCEDA DAECBBDECCBAAED BCEDDAAEBCCEADB CABEDDEACBBDEAC	236 265 303 331 357 375 409 425 486 518 527 557 602	68 50 44 36 30 28 26 22 20 18 16 14 12	

ตารางที่ ง.12 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 2.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	AEEEEDDCCBBBAA DDEEBBCCCAAED CCBAAAEEDDDEBBC CCBEDDDAAAEBBC DDAEEBBCCCAAED CCBAAEEDDAAEBBC DEBBCCAAAECEBDD AEDDCBBBCCAEEEDA DDCBAAEEBCCAED CBAAEEDDDCBBEAC ABCEEDDABCCCEDA AEBCDDEABBCCEDA EDACBBCEDAABCDE	236 265 303 310 319 357 373 409 413 427 480 524 574	68 50 44 38 36 30 28 26 24 22 16 14 12	

3. ปัญหาการทดลองที่ 3 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด

3.1 ปัญหาการทดลองที่ 3.1 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 8:7:2:2:1

3.1.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	BCCEDDAAAAAAAAABBBBBB BBBEDDAAAAAAAAACBBBB BBBCEDDAAAAAAAAACBBBB CBBBDDAAAAAAAAEBBBC BBBAAEEDDAAAAAAAAACBBBB AAAAEBBBDCCBBBAAAA AAAABBBEDDCCBBBAAAA CBBBAAAEEDDAAAABBBBC AABBBAAEDDCCBBBAAA AAABBBCCEDDAAAABBBBAA AAABBBCCDDAAAEBBBAA AACBBBAAAAEEDDCBBBAA AAACBBBDAAAEBBBCAA AAACBBBEDDAAABCBBAA AAABCBBEDDAAAABBBCAA CAAABBBDDAAAEBBBAAAC AACBBBAEDDAAACBBBBA AACBBBAEDDAAAABBBCAA AACBBBAEDDAAAABBBCAA BBAAACBDDAAEBBAAACB BCAAABBDAAAEBBAAACB BAACBBAAEDDAAABBBCAAB ACBBDAEBBAAAACBBBDA BBCAABDEAABBDAAAACB AABBBCEAAAABBCAABBDA ACBBAAEDAAABBCAABBDA AABBBCEAAAABBCAABBDA AABBCBADAAEBBDAABBCA ACBBAAEBDAAABDACBBAA ACBBDAEBBAAABDAABBCA ABBAACBDEAABBDAAACBBA BAACBDEAAAABDACBAAB BAABDACBBAAEBDAABACB BAABDACBBAAEBCABDAAB	240 241 270 276 288 301 305 327 352 356 362 382 384 426 427 431 434 435 473 499 500 551 560 569 578 612 613 667 676 677 684 753 792 793	160.2500 101.7500 93.7500 83.7500 79.8500 68.3500 64.7500 55.1500 44.3500 44.2500 41.3500 34.8500 34.1500 33.7500 32.7500 31.5500 31.2500 28.2500 26.7500 24.9500 23.9500 21.8500 21.6500 21.2500 19.7500 19.1500 18.7500 17.1500 16.8500 16.2500 14.8500 14.2500 13.9500 12.5500	

ตารางที่ 13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2	PI	API	AEBBBCCBBDDAAAAAA	276	177.8500	
			AABCCBBBBDAAAAAA	280	135.3500	
			AAABBBCCBBDDAAAAAA	284	99.7500	
			BBBCCAAAAEDDAAABBBB	289	77.4500	
			BBBCAAAAEDDAAACBBB	319	65.1500	
			CBBBAAAAEDDAAABBB	327	56.4500	
			CBBBAAAAEBBDDAAC	353	52.8500	
			AAEBBBCCAAAABBBDDAA	354	47.9500	
			BBEAAAAACCBDDAAAB	368	44.9500	
			ACBBAAAAEDDCBBBAAA	382	36.7500	
			AAACBBBDDAAABBBBCAA	388	35.9500	
			BBCAAAADDEBBBAAACBB	397	33.7500	
			BBCAAAEDDDBBAAACBB	404	33.4500	
			ACBBAAEDDABBBBCAAA	435	32.6500	
			BBCAAAADDEBBBAAACB	446	30.4500	
			CAABBBAADEBBBAAABC	483	28.5500	
			CBBAABBBDDAACBBBAA	503	26.5500	
			AACBBBAADDEBBAAACBBA	512	22.9500	
			ACBBBAADDEBBAAACBBA	551	22.8500	
			AACBBDDAAAEBAACBBDA	560	19.4500	
			ABBCDAAABBEAACBBDDAA	584	18.2500	
			ABCDDAAABBEAACBBDDAA	614	17.7500	
			ABDDAACBBAAEACBBDDAA	622	17.3500	
			BCAAABBBDEBAAACBBDAAB	623	16.9500	
			BAACBDAAEBBBAACBDAAAB	676	14.3500	
			BAACBDAAEBBBAACBDAAAB	715	13.8500	
			BAACBDAAEBBBAACBDAAAB	730	13.1500	
			BAABDACBAEBAACBDAAAB	792	12.1500	
3	PI	2-Opt	AAAACBBBBDDEAAAA	245	97.8500	
			AAAABCCBBBBDDEAAAA	284	85.8500	
			DAAAACBBBBDDEAAAAED	288	74.1500	
			AAAABBBBDDCCBBAAAA	301	73.3500	
			AAAABBBBDDCCBBAAAA	305	72.3500	
			AAAABBBCCDDEBBBAAAA	308	64.7500	
			DAAAABBBCCBBBAAAAED	327	57.6500	
			AABBBBAAEDDCCBBBAAA	352	44.3500	
			AAEBBBDDAAACCBBA	353	43.1500	
			AAABBBEDDAAACCBBA	357	41.4500	
			AAABBBCEDDAAACBBBAA	386	37.4500	
			AAABBBCEDDAAACBBBAA	387	34.4500	
			AAABBBCEDDAAACBBBAA	425	32.9500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBAEDDAAABBBBAA	473	27.7500	
			DAACBBBAAAEBAACBD	499	26.3500	
			DAACBBBAAAEBAACBD	500	25.1500	
			ABBCAAABEDDAAACBBBAA	504	22.9500	
			ABBCAAABEDDAAACBBBAA	539	22.8500	
			BCAABBAEDDABBBAAACB	551	22.0500	
			ACBBDAAEBAACBBDA	560	18.5500	
			ACBBDAAEBAACBBDA	575	18.0500	
			BAACBBDAAEBAACBBDA	628	17.0500	
			BDAACBBAAEBAACBDAAB	646	16.4500	
			BBAACDAAABBEAABBDCAAB	687	15.4500	
			BAABCDAAABBEAABBDCAAB	739	14.4500	
			BDAACBBAAEBAACBDAAB	762	14.1500	
			BAACDBAAEBAACBDAAB	768	13.9500	
BAACBBDAAEBAACBDAAB	793	13.1500				
BACBDAAEBAACBDAAB	807	12.9500				
BAABCDAAABBEAABBDCAAB	842	12.8500				
BADACBBAAEBAACBDAAB	921	12.6500				
ABBADCBAAEBAACBDAAB	986	12.5500				
4	PI	3-Opt	AAAAEDDCCBBBBDDEAAAA	236	127.7500	
			AAAACBBBBDDEAAAA	245	97.8500	
			DAAAACBBBBDDEAAAAED	288	74.1500	
			AAAABBBBDDCCBBAAAA	312	72.2500	
			AAAACBBBBDDEBBBAAAA	330	65.7500	
			BBAAAAEDDCCBBBAAAA	352	47.1500	
			AAEBBBDDAAACCBBA	353	43.9500	
			AABBBDDAAACCBBA	361	43.4500	
			BBAAAAEDDCCBBBAAAA	367	40.5500	
			BBAAAAEDDCCBBBAAAA	374	40.0500	
			AACBBBAAAEEDDCBBBAAA	382	34.7500	
			BBCAAAABBBEDDAAACBB	388	33.7500	
			BBCAAAEDDDBBAAACBB	404	33.4500	
			AABBCBAAAEEDDCBBBAAA	421	33.2500	
			AABCBBDDAAAEBAACBAA	423	31.9500	
			AACBBBAAAEEDDAAACBBBAA	434	29.5500	
			AACBBBDAAEEDDAAACBBBAA	443	28.4500	
			BBCAAAEDDDBBDAACBB	458	28.1500	
			AABBCBAAAEEDDAAACBBBAA	473	28.0500	
			AABBCBDAAEEDDAAACBBBAA	482	26.9500	
			BBAACBDDAAAEBAACBBA	499	26.7500	
			BAAACBDDAAAEBAACBBA	500	25.1500	
			AACBBDDAAAEBAACBBA	519	24.4500	
			AABBBDDAAAEBAACBBA	554	23.3500	
			AACBBDDAAAEBAACBBA	560	19.4500	
			ABDDAACBBAAAEEDDDBBBA	581	19.2500	
			AABBCBDAAEBAACBBA	599	16.8500	
			AABBCBDAAEBAACBBA	638	16.3500	
BAACBBDAAEBAACBBA	676	15.2500				
BAADCBAAAEBAACBBA	691	14.7500				
BDAACBAEBAACBDAAB	945	14.4500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
5	PI	Or-Opt	BAAAAAAAAEDDCBBBBBB	236	222.3500					
			BCCEDDAAAAAAAAABBBB	240	124.2500					
			BBBDDECCAAAAAAAAABBB	274	112.4500					
			BBDDAAAAAAAAABBBCC	276	101.6500					
			CBBEDDAAAAAAAAABBBBC	280	83.7500					
			BBBBAAAEDDAAAAACBBB	288	77.1500					
			BBBBCAEEDDAAAAACBBB	319	75.1500					
			CBBAAAEEDDAAAAABBBBC	327	56.1500					
			ABBBAAAEEDDCBBBAA	352	55.4500					
			AACBBDDAAAAEBBBBAA	353	51.8500					
			AABBBCCEDDAAAAABBBAA	356	48.2500					
			CBBAAADDEBBBBBAAAC	366	45.5500					
			AAABBBDDAAACCBBBEAA	368	43.1500					
			AACBBBAAAAEEDDCBBBAA	382	34.8500					
			AABCBBBAAAAEDDCBBBAA	421	33.3500					
			AACBBDDAAAAEBCBBAA	422	32.8500					
			AABBCBDDAAAAEBCBBAA	461	31.3500					
			BBAAACBBEDDBAAAACBB	472	30.4500					
			BBAAACBBDDDBAAAABBC	484	29.8500					
			BBAAACBBBAAAAADCB	485	29.6500					
			BBAAACBBDDAABBCAEB	500	29.9500					
			BBAAACBBDEABBCAAB	508	27.4500					
			BBAAACBBDDAABBCAAB	513	27.1500					
			ABDDAAABCCAAEBBBDAA	531	23.3500					
			BDAACBBAAEBBDAAACBB	560	19.7500					
			BAADCBBAAEBBDAAACB	575	17.5500					
			BAACBDAEBBAACBDDAAB	676	16.6500					
			BAACBDAEBBEACBDDAAB	691	15.7500					
			6	PI	Double-bridge		AAAEEDDCBBBBBBAAAAA	236	109.1500	
							AAAEEDDCBBBBBBCCAAAA	258	105.6500	
AAAEEDDCBBBBBBCCAAAA	267	94.3500								
BBBBAAAAEDDAAAAACBBB	288	76.1500								
AAAAEBBBBDDCCBBAAAA	301	73.3500								
AAAAEBBBEDDCBBBAAAA	305	64.7500								
BBCCAAAAEEDDCAAAABBB	345	61.5500								
AABBBAAEDDCBBBAAAA	352	44.3500								
AABBBBAAADDECCBBBAAA	379	44.2500								
BBBAAAAEDDCBBAAACBB	382	39.4500								
AACBBBAAADDEBBBCCAAA	397	35.2500								
AACBBBAAEDDABBBCCAAA	435	32.2500								
AABBBBAAEDDAAABBBCAA	460	31.2500								
CBBAABBBEDDAAAABBC	461	30.7500								
CAABBBAAEDDABBBBAAC	482	27.8500								
AACBBBAAEBDDAAACBBBA	503	27.4500								
AACBBBAAEDDAAACBBBAA	519	24.7500								
ABDDAAECBBBAAABCCDA	582	21.5500								
BAACBDBBEAAAABBCDAAB	669	19.4500								
BCAABDAEBBBAAABCDAA	686	15.8500								
AABBCDABEABABAABDCBA	880	13.6500								
ABBCAADBEABABAABDCBA	908	12.9500								
7	PI	IP	BBBBAAAAAAEEDDCBBBBB	236	125.3500					
			BBCCEDDAAAAAAAAABBBB	240	112.4500					
			AAAAACBBBDDDEAAA	245	105.6500					
			BBDDAAAAAAAAABBBCCBB	276	97.6500					
			CBBEDDAAAAAAAAABBBBC	280	83.7500					
			BBCCAAAAEDDAAAAABBBB	289	76.2500					
			BBCCAAAAADDEAAAABBBB	313	76.1500					
			BBBBAAAAEDDCAAAAABBBB	314	63.1500					
			CBBAAAAEDDAAAAABBBBC	327	55.1500					
			BBBAAAAEDDCBBAAAAAB	352	43.1500					
			AAAEBBBDDAAACCBBBAA	353	42.6500					
			AAABBBEDDAAACCBBBAA	357	41.4500					
			CAABBBEDDAAAAABBBBC	358	40.7500					
			AACBBBAAEEDDCBBBAAA	382	34.7500					
			AACBBDDAAAAEBBBCCAAA	384	33.4500					
			AACBBDDAAAAEBBBCCAAA	422	31.9500					
			AAABBCBDDAAAAEBBBCCAAA	423	31.6500					
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500					
			AACBBBAAEDDAAABBBCCAAA	435	28.2500					
			AABBBCEDDAAAAABBBCCDAA	456	28.1500					
			AABBCBAAEDDAAACBBBAA	473	26.8500					
			AABBCBAAEDDAAABBBCCAAA	474	26.7500					
			AACBBDDAAAAEBBCCBDDAA	483	26.3500					
			AABBBCEDDAAAAABBBCCDAA	486	26.1500					
			ACBBAAEBBDDAACBBBAA	499	23.6500					
			ABBCAAEBDDAACBBBAA	500	23.1500					
			ABBCAAEBDDAACBBBAA	504	22.9500					
			BAAACBBBAEDDAAABBCAAB	551	21.7500					
			BAACBDDAAAEBBDDAAACB	560	18.0500					
			AABCBBDEAAAABDDAACBBA	607	17.7500					
AABBCDEBAAABDDAACBBA	631	16.9500								
BAACBDDAAAEBDDACBBAAB	676	14.5500								
AABBCBAAEBBDDACBBA	740	13.8500								
ABDDAACBAAEBBDDACBBA	856	12.1500								
ABABDABCAEBAABDCBABA	973	11.9500								
ABABCDABAEBAABDCBABA	981	11.0500								

ตารางที่ 13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
8	API	PI	CBBBEDDAAAAAAAAABBBBC	280	83.7500	
			BBBAAAEEDDAAAAACBBB	288	77.1500	
			AAAAEBBDDCCBBBAAAA	301	69.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBAAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500	
			CBBBAAAEEDDAAAAABBBBC	327	56.1500	
			BBBAAAAEDDCCBBAAAAAB	352	43.1500	
			BBAAAADEBBCCAAAAAB	367	40.5500	
			BBAAAAEDDBBCCAAAAAB	374	40.0500	
			AACBBBAAAEEDDCCBBBAAA	382	34.7500	
			BBCAAAAEBDDDEAAAAACBB	392	33.4500	
			CBBAAAADEBBBAAAAABBC	405	32.7500	
			AACBBBAAEEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBAAEEDDAAABBBBCAA	435	28.2500	
			DAABBBCCAAAAECBBBAAD	464	28.0500	
			AACBBBAAEEDDAAABBBBCAA	473	26.7500	
			AACBBBAAEBDDAACBBBAA	499	24.2500	
			AABDCBBBAAAAECBBDDAA	521	23.9500	
			CAABBDAAEBDDAAAAABBC	531	22.8500	
			AABDDCBBAAAAEBCBDDAA	547	22.4500	
			BBAAAAEDCBBAAACBDDAAB	559	21.8500	
			BAACBDDAAEBDDAAAAACBB	560	20.3500	
			AABBCEDAABBBAAACBDDA	563	19.2500	
			BAADCBBAAAEBBBCDAAAB	584	18.1500	
			AABBCBDAAEEBBAACBDDA	599	17.9500	
			AABBCBDAAEEBBAACBDDA	614	17.4500	
BDAACBBAAEBAACBDDAAB	676	14.4500				
BABDAAECBAEBDDACBAAAB	807	13.2500				
9	API	API	BBBBCAAAAAAAEEDDCCBBB	267	94.6500	
			BBBEDDAAAAAAAAABBBCCB	280	94.2500	
			AAAEEDDBBBBCCBBAAAAAA	296	91.6500	
			AAAAEDDCCBBBCCBBAAAA	305	90.8500	
			BBBAAAAAEEDDCCAAABBB	314	65.4500	
			CBBBAAAEEDDAAAAABBBBC	327	56.1500	
			AAABBBCCCAAEBBDDAA	354	50.1500	
			AAABBBEDDAAAAACBBBA	357	46.9500	
			AAABBBBDEAACCCBBBAAA	361	44.7500	
			AAABBBBCCAADDEBBBAAA	367	43.5500	
			AACBBBBDAAAAACBBBAA	387	38.2500	
			BBAAAAEDCBBBDAAAAAB	413	36.5500	
			BBCAAEDDABBBCCAAAAAB	436	33.7500	
			BBAAEDCBBBDAAAAACBB	443	32.2500	
			AABBBCCDAAECBBBDAAA	466	30.7500	
			BBCAAAAEBBCCEDAAAAAB	484	30.1500	
			AABBCBDAAECCBBBDAAA	496	29.2500	
			ABBCAAAEBBDDAACBBAA	500	24.8500	
			BCAAABBDAAABBBCAAAB	505	24.5500	
			BBCAAADBBBAAEDCAABB	558	24.2500	
			ACBDDAAAEBBBAAACBDDA	560	18.5500	
			ACBDDAAAEBBBAAACBDDA	575	18.0500	
			AABBCBDAAEBBBAAACBDDA	599	17.2500	
			AABBCDAABBBAAEDAACBBA	620	16.6500	
			AABBCBAAEBBAAACBDDA	624	16.2500	
			ABBCDAAABBEAABDCBBAA	648	15.7500	
BAACBDDAAEBDAABBCAAB	677	14.9500				
BAACBDAABBEAACBDDAAB	691	13.4500				
BAADCBBAAEBBAAACBBAAB	706	12.9500				
BAACBDBAAEBBAAACBBAAB	776	12.4500				
BAABDCBAAEBBAAACBABA	871	12.3500				
10	API	2-Opt	BBBBDAAAAAAAAAACBBB	241	104.7500	
			AAAACCBBBBBDDEAAAA	245	97.8500	
			AAAEBBBCCBBBDDAAAA	276	81.3500	
			AAAACCBBBDDDEBBAAAA	299	76.5500	
			AAAEBBDDCCBBBAAAA	301	69.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
			DAAAABBBCCBBBAAAAED	327	60.1500	
			DEAAAABBBCCBBBAAAAAD	351	58.1500	
			BBBAAAAEDDCCBBAAAAAB	352	43.1500	
			BBAAAAACBBDDAAAAEBB	353	40.6500	
			BBAAAAACBBEDDAAAAAB	357	40.5500	
			BBAAAAACBBBDDEAAAAAB	361	40.0500	
			AABBBCCEDDAAAAACBBBAA	386	37.3500	
			BBAAAAACBBEDDAAAAACBB	387	34.9500	
			BBCAAABBBEDDAAAAACBB	388	33.7500	
			CBBAAAAEBBDDAAAAABBC	392	30.9500	
			AABBBCAAEDDAAABBBBCAA	436	28.2500	
			CBBAAAAEBDDAAABBBAC	469	27.7500	
			ACBBAAAAEEDDAAABBCBAA	473	27.1500	
			ACBBAAAAEBDDAACBBAA	499	26.3500	
			AACBBAAEBBDDAAABBBCA	500	26.1500	
			ABBCAAABBEDDAAACBBBAA	504	22.9500	
			BAACBDDAAAEEBDDAACB	560	19.2500	
			BAACBDDAAAEBBBCDAAAB	569	18.6500	
			BAACBDDAAAEEBDDAAABCB	599	18.2500	
			ABBCDAABBEAAABCBDDAA	623	17.9500	
BAACBDDAAAEABDDCAAAB	648	17.0500				
BAADCBBAAEBBAAACDAAAB	661	15.4500				
BDAACBBAAEBAACBDDAAB	676	13.9500				
BAABCDDAAEBBAAACBDDAAB	715	13.4500				
ABBDACAABBEAABCDABBA	778	13.2500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
11	API	3-Opt	AAAEDDCCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBEDDAAAAAAAAACBBBB	241	101.7500	
			AAABBBCCBBBBEDDAAAA	280	100.4500	
			AAAADDEBBBBCCBBBAAAA	289	85.2500	
			AAAABBBBDDCCBBBAAAA	301	68.3500	
			AAAABBBBEDDCCBBBAAAA	305	64.7500	
			AAAABBBCEDDCCBBBAAAA	334	61.8500	
			AABBBAAEDDCCBBBAAAA	352	44.6500	
			AAEBBBAAADCCBBBAAAA	368	41.9500	
			BBAAAEDDCCBBBAAACBB	382	37.3500	
			AAACBBBDDAAAEBBBCAA	384	34.1500	
			BBCAAABBBDDDEAAACBB	392	33.4500	
			CBBAABBBDDDEAAABBC	400	32.4500	
			AACBBBDAAAEDCCBBBAA	443	28.4500	
			AADCBBBAAAEDCCBBBAA	458	27.4500	
			BAACBBBAAEDDCCBBBAA	498	26.1500	
			AABDCBBBAAAEDCCBBBAA	507	23.9500	
			ACBBBAAADDEBBAACBBAA	512	23.3500	
			DBBAAACBBEAAACBBBAAD	550	21.7500	
			BBAAAEEDCCBBAAACBBDAAB	559	19.5500	
			AACBBBDAAAEBBCAABBDA	561	18.8500	
			BDAAACBBBAAAEBBCDAAB	569	18.4500	
			AABBCBDAAEBBCAABBDA	600	17.3500	
			BAACDABBBAAAECCBDAAB	659	17.1500	
			BAADCBBAAEBBAAACDABB	661	16.8500	
			BAADCBBAAEBEDBBAAACB	664	16.4500	
AABBDCAAEBBAAACDBBA	679	15.7500				
BABDAACBBAAAEBBCDAAB	685	15.6500				
ABADCBBAAEBBAAACBBDA	691	14.9500				
ABADCBBAAEBBAAACDBBA	746	14.4500				
12	API	Or-Opt	AAAEDDCCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBBEDDAAAAAAAAABBBBC	280	83.7500	
			DAAAACCB BBBBBBAAAAED	288	74.1500	
			AAAABBBBDDCCBBBAAAA	301	68.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBAAAEDDCCAAAABBBB	314	63.1500	
			AAAABBBCEDDCCBBBAAAA	334	61.7500	
			BBBAAAEDDCCBBBAAAABB	352	43.1500	
			AAAEBBBDDAAACCCBBBAA	353	42.6500	
			AAABBBBEDDAAACCCBBBAA	357	41.4500	
			CAABBBBEDDAAAABBBBC	358	40.7500	
			AACBBBBAAEEDDCCBBBAAA	382	34.7500	
			BBCAAABEBBDDAAAACBB	384	31.9500	
			CBBAAAAEBBDDAAAABBC	392	30.9500	
			AACBBBAEEDDAAABBBBCAA	435	28.2500	
			AACBBBAAEDDAAABBBBCAA	473	26.7500	
			ACBBAAEBBDDAACBBBAA	499	23.6500	
			ACBBAAEBBDDAABBBCAA	504	23.4500	
			AABBCCAEDDDBBAAACBBA	520	22.8500	
			ABBCAAEBBDDAABBCBAA	539	21.6500	
			BAACBBAAEDDABBBAACB	550	21.0500	
			AACBBDDAAEBBAAACBBDA	560	18.7500	
			ABBCCDAAEBBBAACBBDA	569	18.0500	
			AABBCCDAAEBBBAACBBDA	599	17.2500	
			AABBCCDAAEBBBAADACBBA	636	16.6500	
			ABBCCDAAEBBBAADCABBA	662	16.1500	
BAABCEDAABBBAACBDAAB	679	15.4500				
BAABCDAEABBBAACBDAAB	685	14.3500				
ABBCCAABDAEBABDCAABBA	819	13.6500				
BDAABCBAABAEABDCAAB	857	13.0500				
BDAABCBAABAEABDCAAB	947	12.7500				
13	API	Double-bridge	AAAEDDCCBBBBBBBAAAA	236	109.1500	
			BBBEDDAAAAAAAAACBBBB	241	101.7500	
			AAAADDDCCBBBBBBEAAAA	267	101.3500	
			BBBEDDAAAAAAAAABBBCCB	280	94.2500	
			BBBAAAEDDAAAAAAAAACBBB	288	77.1500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBAAAEDDCCAAAABBBB	314	63.1500	
			BBBAAAEDDCCBBBAAAABB	352	43.1500	
			BBBAAAEDDCCBBBAAACBB	382	39.4500	
			AACBBBEDDAAACBBBAAAA	387	39.3500	
			AABBBDDAAAACBBBEEAA	407	35.9500	
			CBBAAAAEDDDBBBBAAAABC	412	34.6500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBBA	434	31.2500	
			AABBCCDEAAAACBBBBDAA	461	28.4500	
			ACBBAAEBDDAAACBBBBA	499	24.8500	
			AACBBBAADDEBBAABBCA	513	23.4500	
			AACBBBAEEDDBBAAABBCA	520	23.3500	
			AACBBDEBAAAABBDACBBA	622	21.1500	
			BBAACBAADDDBBAAECBAAB	664	20.9500	
			BBAAACBADEBBAAACBDAAB	698	17.8500	
			BBADAABCAAEBBAAACBDAAB	744	17.4500	
			AABBDCAABBAABEDACBBA	771	16.4500	
			BBADAACBAABEBAACBDAAB	812	16.3500	
			ABABCBAAEBAABBCDABA	853	14.2500	

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
14	API	IP	AAAAEDDCBBBBBBAAAA	236	108.3500					
			BBBDDEAAAAAACBBBB	245	102.8500					
			AAAAEBBBBBBCCDDAAAA	246	101.3500					
			AAAAECCBBBBBDDAAAA	250	97.8500					
			BBBCEDDAAAAAACBBBB	270	93.7500					
			AAAAEBBCCBBBBDDAAAA	276	81.3500					
			BBBBAAAAEDDAAAAACBBB	288	76.1500					
			AAAABBBEDDCBBBBAAAA	305	64.5500					
			BBBAAAAEDDCCAAAABBBB	314	63.1500					
			CBBBAAEDDAAAAABBBBC	327	56.1500					
			BBBAAAAEDDCBBBAAAAB	352	43.1500					
			BBAAAAACBBBDAAAAAEBB	353	40.6500					
			BBAAAAECCBBBDAAAAAEB	366	40.0500					
			BBAAAAEDDCBBBCAAAAB	383	38.5500					
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	33.4500					
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500					
			AACBBBAAEDDAAABBBBCAA	435	28.2500					
			ACBBBAAEDDAAABBCBBAA	473	27.1500					
			AACBBBAADDEAABBCBBAA	497	26.8500					
			ACBBAAAEBDDAAACBBBAA	499	23.6500					
			ABBCAAEBDDAAACBBBAA	500	23.1500					
			ABBCAAABEDDAAACBBBAA	504	22.9500					
			ABBCAAABBDDEAACBBBAA	508	22.8500					
			AACBBBAAEDDABBAACBBB	550	22.3500					
			ACBBAAEBDDAAACBBBDAA	560	21.2500					
			ABBCAAEBDDAAACBBBDAA	561	20.7500					
			ACBBDAABBEDDAAACBBBAA	564	19.7500					
			ACBBDAABBEAACBBBDAA	575	18.7500					
			BAACBBDAAEBAADAACBB	627	18.1500					
			ACBBDAABBEAACBBBADA	642	17.9500					
			ABBCDAABBEAACBBBADA	651	17.4500					
			BCAAADBBBAEAACBBDAAB	659	17.0500					
			BAACBBDAAEBAABDDAACB	676	14.4500					
			BACABDDAAEBAABDDAACB	754	14.2500					
			BACABDDAAEBAABBCDAAB	763	13.2500					
			ABDABBCAAEBBAACBDABA	793	13.0500					
			ABACDBBAAEBAABBCDAAB	856	12.8500					
			BADACBBAAEBBAACBDABA	859	12.6500					
			15	2-Opt	PI		BAAAAAAEDDCCBBBBBB	236	222.3500	
							AAAEBBBBCCBBBDAAAA	276	92.1500	
AAAAABBBCCBBBBEDDAAA	280	90.2500								
BBBBAAAAEDDAAAAACBBB	288	77.1500								
AAAAEBBDDCCBBBBAAAA	301	69.3500								
AAAABBBEDDCBBBBAAAA	305	64.5500								
DAAAABBBCCBBBBAAAAED	327	57.6500								
AABBBBAAEDDCCBBBBAAA	352	44.3500								
AAAEBBBBDDAAACBBBAA	353	42.6500								
AAABBBEDDAAACBBBAA	357	41.4500								
BBBAAAAEDDCBBAACBB	382	39.4500								
AABBBBAAAEDDCBBBBAAA	383	37.7500								
AAACBBBDDAAAEBBBCAA	384	34.1500								
AAACBBBDDAAAEBBBCBAA	422	32.6500								
AAABBCBDDAAAEBBBCAA	423	31.6500								
CAABBBBDDAAAEBBBAAC	431	31.5500								
AACBBBAEDDAAAEBBBCAA	435	29.2500								
CBBAABBDAAAEBBBAAC	469	27.6500								
AACBBBAAEDDAAABBCBAA	473	26.7500								
AACBBBAAEBDDAACBBBAA	499	24.2500								
BAAACBBDDAAAEBBBCAAB	500	23.5500								
AACBBBAAEDDEBBAACBB	512	22.9500								
AACBBDAEBBBAACBBDA	560	20.7500								
AACBBDDAAEBBAACBBDA	575	18.9500								
BAADBCCAAEBBDDAACB	597	18.0500								
BAADCBBAAEBDEBAAACB	637	17.4500								
ABCBAEDAABBAADCBBAA	665	17.2500								
ABBDAACBAAEBBDAACBBA	676	14.4500								

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	BBDAAAAAAAAECCBBBBB	250	132.6500	
			AAAAEBBCCBBBBDDAAA	276	94.2500	
			DEBBAAAAAAAAACBBBBB	299	83.1500	
			DAAAABBBCCBBBBAAAAED	327	57.6500	
			AAABBBBAAAEDDCCBBAA	352	55.8500	
			AEBBAAAAAAAAACBBBBDDAA	353	53.3500	
			AAABBBCCEDDAABBBBAAA	356	46.4500	
			AAABBBEDDAACCCBBBBAAA	357	43.5500	
			AACBBBAAAEDDCCBBBBAAA	382	36.3500	
			AAACBBBEDDAABBBBCAA	388	35.9500	
			CBBAAAAABBBEDDAABBC	396	35.3500	
			AAABBBCCDDEAAABBBBCAA	401	34.7500	
			AACBBBAAADDEBBCCBBAAA	435	32.7500	
			BBAAAEDCBBDDAAAAACBB	443	32.2500	
			BDAAAACBBBBDAAAAACBB	448	30.8500	
			AACBBBDAAAACBBBDAA	457	28.4500	
			AADCBBBAAAAEDCBBBAA	458	27.4500	
			BBCAAAEBDDAABBBBCAAB	501	27.1500	
			BBAAAECDDAAABBBBCAAB	503	26.7500	
			BAAACBBEDDAABBBBCAAB	504	25.3500	
			AABBDCBBEAAAACBBBDAA	523	24.8500	
			AABBDCBBAAAACDEBBBAA	540	24.7500	
			BDAACBBBAAAAEDCBBBAA	559	21.5500	
			AACBBDAAEBBBAACBBDA	560	19.6500	
			AABBCDAAEBBBAACBBDA	569	18.1500	
			AABBCDAAEBBBAADCBBA	584	17.6500	
			AABBCDAAEBBBAADACBBA	636	16.6500	
			ABBCADAAEBBBAADCBBA	643	16.5500	
			AABBCDAAEBBBAADCBBA	655	16.2500	
			ABBACDAAEBBBAADCBBA	661	16.1500	
			BAACBDAAEBBBAACBDAB	676	15.5500	
			ABCDAAEBBBAEBDAAACBBA	685	14.7500	
			ACBDDAAEAEBBAADACBBA	743	14.4500	
			ABDABCAAEBBBAADCBBA	763	14.2500	
ABCDAAEBBBAEBAADCBBA	771	13.9500				
BAACBDAAEBBBAACBDAB	793	13.2500				
BAABCDAAEBBBAACBDAB	802	13.0500				
ABACBDAAEBBBAACBDAB	909	12.9500				
ABABCDAAEBBBAACBDAB	954	12.8500				
17	2-Opt	2-Opt	BBDDEAAAAAAAAACBBBBB	245	124.2500	
			BBBBBCCAAAAAAAAADDEBB	251	122.9500	
			AAAADDECCBBBBBBAAAA	263	109.2500	
			AAAAABBBCCBBBEDDAAA	280	90.7500	
			AAAAABBBCCBBBDDEAAA	284	89.6500	
			AAAADDEBBBCCBBBAAAA	289	85.2500	
			AAAACCCBBBDDDEBBAAAA	299	76.5500	
			AAAABBBBDDCCBBBAAAA	301	68.3500	
			AAAABBBEDDCBBBAAAA	305	64.5500	
			AAAABBBCEDDCBBBAAAA	334	61.7500	
			DAAAABBBCCBBBAAAD	343	59.8500	
			DEAAAABBBCCBBBAAAD	351	57.6500	
			BBAAAEDDCCBBBAAAABB	352	44.5500	
			AAABBBBDAAACCCBBBAA	353	42.6500	
			AAABBBBEDDAACCCBBBAA	357	41.4500	
			AACBBBAAAAEDDCCBBBAA	382	34.8500	
			AABBBCEDDAAABBBBCAA	387	34.3500	
			AAABBCBEDDAACBBBAA	426	32.7500	
			AACBBBAAAEDDACBBBAA	434	29.5500	
			CBBAAAEBBDAAABBBAAAC	469	26.5500	
			ACBBAAEEDDBBAAABBCA	499	23.6500	
			AACBBBAEDDBBAAABBCA	520	23.3500	
			ACBBAAEEDDBBAAABBCA	538	22.1500	
			BBDAACBBAAEDCBBBAA	559	21.6500	
			AACBBDDAAEBBDACBBAA	560	19.4500	
			BAACBAAEBBDAAABBCAAB	616	19.3500	
			ABBDCAAABBAEDACBBBAA	637	18.3500	
			ABBCAAAEEDDBBAAABBCA	677	18.1500	
			ABDDAACBBAAEDCBBBAA	693	17.9500	
			BAADCBBAAABCEABDAAAB	705	14.9500	
			BADACBBAABCEABDAAAB	757	14.7500	

ตารางที่ 13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
18	2-Opt	3-Opt	BAAAAAAEDDCBBBBBB	236	222.3500	
			BBDDDEAAAAAACBBBB	245	102.8500	
			AAAAECCBBBBBBDDAAA	250	97.8500	
			AAAAEBBCCBBBBDDAAA	276	81.3500	
			AAAAACBBBDDDEBBAAAA	299	76.5500	
			EAAAABBCCBBBBDDAAA	338	76.3500	
			DAAAEBBCCBBBBAAAAAD	343	66.3500	
			BBAAEDDCBBBAAAAABB	352	46.7500	
			BBAAACBBBDDAAAAEBB	353	44.9500	
			CAABBBBDEAAAAABBC	362	40.8500	
			BBAAAADDEBBCCAAAABB	367	40.5500	
			BBAAAEDDBBCCAAAABB	374	40.0500	
			AACBBBBAAAAEDDCBBBAA	382	34.8500	
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	33.4500	
			CBBAABBBDDDEAAAABCC	400	32.4500	
			AAABCCBDDAAAEBBBCAA	423	31.6500	
			CAABBBBDDAAAEBBBAAC	431	31.5500	
			AACBBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBBAAEDDAAABBCBA	473	27.7500	
			AACBBBBDAAAEEDACBBBAA	495	26.6500	
			ACBBAAAEBDDAACBBAA	499	26.3500	
			ABBAACBDDAAAEBBBCAA	500	24.8500	
			BCAAAEBBDDAAABBCAAB	501	24.6500	
			ACBAABBBDDAAAEBCBBAA	538	24.3500	
			BAACBBBAEDDAAABBAACB	550	22.9500	
			ACBDDAAABBBAAEDCBBAA	559	18.6500	
			ACBDDAAEBBBAAACBDDA	560	18.5500	
			ABBCDAAAEBBBAAACBDDA	569	18.0500	
			ABBCDAAEBBBAADCBBAA	584	17.6500	
			ABDDAACBBEAAACBDDAA	614	17.3500	
ACBDDAAEBBBAADACBBA	627	17.0500				
ABBCDAAEBBBAADCBBAA	636	16.5500				
ABBCDAAEBBBAACDABBA	655	16.1500				
BAACBDAAEBBBAACDAAAB	685	14.8500				
BAACBDAAEBBBAADCBAAB	691	14.3500				
ABBCADABBAEBCDAAABBA	753	13.9500				
19	2-Opt	Or-Opt	AAAEDDCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			AAAAACBBBBDDEDDAAAA	241	98.7500	
			AAAAACBBBBDDEDDAAAA	245	97.8500	
			AAAAEBBCCBBBBDDAAAA	276	83.8500	
			AAAAACBBBDDDEBBAAAA	299	76.5500	
			AAAAEBBBDDECCBAAAA	301	73.3500	
			AAABBEEDDCBBBBAAAA	305	73.1500	
			AAAABBBCCEDDBBAAAA	325	64.8500	
			CBBBAAAEEDDAAAAABBC	327	58.1500	
			AAEBBDDDAACCBBAAAA	353	46.1500	
			CAAEBBBDDAAAAABBC	354	44.3500	
			AAABBBCCAAADDEBBBAA	367	41.9500	
			AAABBBDDCCAAAEBBBAA	379	41.3500	
			BBAAAEDDCBBBAAAAACB	382	38.5500	
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	33.4500	
			AABBCDDAAAAEBBBBCAA	423	31.9500	
			ABBBCAAADDEAABBBBCAA	460	30.2500	
			AACBBEAAADDABBBBCAA	466	30.1500	
			CAABBBAAEDDAAABBAAC	482	27.9500	
			ABBCAAAEBBDAAACBBA	500	23.7500	
			BDAACBBCCAAABDEAAB	569	22.4500	
			ABBCDAAEBBBAADDBCAA	606	21.7500	
			AACBBBADEBAAABCBDDAA	612	20.4500	
			BAABBCDAAAEBBDCAAAB	664	19.5500	
			BBAAADCBBAECAABDDAAB	666	18.0500	
			BAAADBBCAAEBBAACBDAB	713	17.6500	
			ABCBAAEDABBAABDCBBAA	714	16.3500	
			ABADCBBAAEABBCDAAABBA	762	14.4500	
			ABBDACBAAEABACABBDAA	793	13.3500	
			20	2-Opt	Double-bridge	
AAAAECCBBBBDDEDDAAAA	241	110.9500				
AAAAECCBBBBDDEDDAAAA	246	106.7500				
BBBDDAAAAAACCEBBB	266	104.7500				
BBBCEDDAAAAAACCEBBB	270	93.7500				
DAAACCBBBBBDDEAAAAED	288	77.7500				
DAAAECCBBBBDDEAAAAAD	305	76.3500				
BBBCAAAEEDDAAACCBBB	319	65.1500				
AAAAABBCEDDCBBBAAAA	334	61.7500				
DAAEBBBBAAAAAACCBBD	353	56.1500				
AAABBBDDAAAEBBBCAA	354	50.1500				
BAAAABBBCCEDDAAAAAB	356	47.6500				
AAABBBCCDDAAAEBBBAA	362	41.3500				
AAACBBDDAAAEBBBCAA	384	37.1500				
BAAACBBEDDAAAAABBCB	426	35.2500				
BBBCAAAEEDDABBBAAACB	435	35.1500				
AABBCAAEDDABBBBCAAA	436	32.2500				
AAECBBBAAADDACBBBAA	463	31.9500				
AABBAEDDCBBAACBBBAA	498	31.0500				
AABBCAAEDDCBBBAAABBA	499	28.3500				
BBAAAABCEDDABBBAAACB	502	28.1500				
BCAAABBBEDDAAABBCAAB	505	24.0500				
BAACBBADDAABBCAAAE	567	23.6500				
BDAACBBAAAAABBDDEAACB	568	23.0500				
BCBAAAEBBDDAACBDDAAB	599	22.0500				
ABBCBAAAEBDDAACBBAA	612	21.4500				
ACBDDAAABBBAAAEBCBAA	624	20.2500				
ABBCAABBDDEAAAAABDCBAA	633	18.8500				
BAACBBAAEDDAAABBCA	690	17.7500				
ABDDAABBCBAAABDCBAA	716	17.0500				
BACBAABDAEBBAAACBDAB	792	14.0500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
21	2-Opt	IP	AAAEDDCBBBBBBAAAA	236	108.3500					
			AAAAACBBBBBBEDDAAA	241	106.7500					
			BBBBCCAAAAAAADDEBBB	251	101.7500					
			AAAACEBBBBBBDDAAAA	266	98.7500					
			AAAEDDCBBBBBBBCAAAA	267	94.3500					
			BBBCEDDAAAAAAACBBBB	270	93.7500					
			AAAEBBBCCBBBBDDAAAA	276	81.3500					
			AAAAACBBBBBBBAAAAED	288	74.1500					
			AAAEBBBDDCCBBBAAAA	301	68.3500					
			AAAABBBEDDCBBBBAAAA	305	64.5500					
			AAAAABBBCCBBBBAAAAED	327	57.6500					
			BBBAAAAEDDCBBBAAAAAB	352	43.1500					
			BBAAAAACBBDDAAAAEBB	353	40.6500					
			BBAAAAACBBEDDAAAAAB	357	40.5500					
			BBAAAAACBBDDAAAAAB	361	40.0500					
			AACBBBAAAAEDDCBBBAAA	382	34.7500					
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	33.4500					
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500					
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	435	28.2500					
			DAACBBBAAAAACBBBAAD	463	27.0500					
			CBBAAAEBDDAABBBAAAC	469	26.5500					
			CBBAAAEBDDAABBBAAAC	473	26.3500					
			CBBAAAEBDDAABBBAAAC	477	26.2500					
			ACBBAAEEDDAAACBBBAA	499	23.6500					
			ABBCAAABDDAAEBBBCAA	501	23.3500					
			AACBBBAADDEBBAAACBBA	512	22.9500					
			AACBBBAEDDDBAAACBBA	519	22.8500					
			ABBCAAEBDDAABCBBA	543	21.4500					
			ABBDAAACBBAAEDCBBA	559	19.2500					
			AABBCDAABBBAAEDCBBA	568	18.2500					
			AABBCDAEBBBAADCBBA	584	17.7500					
			AABBCDAABBBAAEDAAACBBA	620	16.6500					
			ABBCDAABBEAABDCBBAA	648	15.7500					
			BDABAACBBEAAABBCDAAB	700	15.4500					
			ABBCDAABBEAABCBABDA	701	15.1500					
			BAABDCAAEBAACBDDAAB	702	14.8500					
			AABBCDAABBEAABBCDABA	709	14.5500					
			BAABDCAAEBAACBDDAAB	762	13.9500					
			22	3-Opt	PI		BBBBEDDAAAAAABBBBC	280	83.7500	
							DAAAACCB BBBBBAAAAED	288	74.1500	
DAAAABCCBBBBBBAAAAED	327	65.6500								
BBAAAAEDDCBBBAAAAAB	352	44.5500								
AAAEBBBBDDAAACBBBAA	353	42.6500								
AAABBBEDDAAACBBBAA	357	41.4500								
BBAAAAEDDCBBBAAAAACBB	382	37.2500								
BBCAAAEBDDAAAAACBB	384	31.9500								
AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	31.2500								
AACBBBAEDDAAABBBCAA	435	29.2500								
AABBBCEAAAABBBBCDAA	456	28.1500								
ACBBAAEEDDAAACBBBAA	499	25.5500								
DAACBBBAAAAEBBBCAAABD	500	23.0500								
ABBCAAEBDDAABBBCAA	505	22.9500								
ABBCAAEBDDAABBCBAA	539	21.6500								
AACBBDDAAAEEDDAAACBBA	560	18.3500								
BAACBBDDAAAEEDDCAABBB	586	18.0500								
BAACBBDDAAAEEDDCAABBB	638	17.0500								
BAACBBDDAAEBAAACBDDAAB	676	13.9500								
BAACBBDDAAEBABACBDDAAB	792	12.2500								
23	3-Opt	API	BBAAAAAAEDDCBBBBBB	236	161.7500					
			BBAAAAAAACDDEBBBBBB	269	160.7500					
			BBBDDAAAAAAAEEBCCBB	276	97.6500					
			BBBCCAAAAEDDAAAAABBB	289	76.2500					
			BBBCCAAAAEDDAAAAABBB	313	76.1500					
			CBBAAAAEEDDAAAAABBBBC	327	55.1500					
			ABBBAAAEDDCBBBBAAA	352	45.5500					
			AABBBDDAAAECCBBBBAAA	366	41.7500					
			BBAAAAADDEBBCCAAAAB	367	40.5500					
			AACBBBAAAAEDDCBBBAAA	382	34.7500					
			AAABBBCEDDAAABBBBCAA	387	34.4500					
			AACBBBAAAAEDDCBBBAAA	409	34.3500					
			AABBCBAAAAEDDCBBBAAA	421	33.2500					
			AACBBBAAAAEDDAAACBBBAA	434	29.5500					
			AACBBBAAAAEDDAAACBBBAA	458	29.2500					
			BBAAACBBAAEDDCBBBAAAB	498	26.3500					
			ACBBAAEEDDAAACBBBAA	499	24.2500					
			ABBCAAAEEDDAAACBBBAA	500	23.7500					
			ACBBAAEEDDAAACBBBAA	503	23.4500					
			ABBCAAAEEDDAAACBBBAA	504	22.9500					
			BAAAEDCBBBAAABDDAACB	559	22.6500					
			ACBDDAAAEEDDAAACBBBAA	560	19.2500					
			BDAACBBAAAAEBBCDAAAAB	569	18.5500					
			BAADBBCAAEBBDDAAACB	597	18.0500					
			AABCBBDDAAAEEDDAAACBBBAA	599	17.9500					
			AABCBBDDAAAEEDDAAACBBBAA	614	17.4500					
			BAACBBDDAAAEEDDAAACBBBAA	653	16.6500					
			AABCBBDDAAAEEDDAAACBBBAA	666	16.4500					
			BDAACBBAAAAEBBDDACBAAB	676	15.0500					
			BAACBBDDAAEBBAADCBAA	706	14.8500					
			BAACBBDDAAAEEDDAAACBBBAA	743	14.7500					
			BAACBADBBAAEACBDDAAB	774	13.5500					
ABACBADBBAAEACBDDAAB	890	13.3500								

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	AAAEDDCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBBCAAAAAAEDDCBBB	267	94.6500	
			AAAABBBCCBBBBDAAAA	280	85.2500	
			BBBAAEDDAAAAACBBBB	288	79.8500	
			AAAEBBBBDDCCBBBAAAA	301	77.1500	
			AAAABBBEDDCBBBAAAA	305	64.5500	
			AAAABBBCEDDCBBBAAAA	334	61.7500	
			BBBAAAAEDDCBBBAAAA	352	43.1500	
			CAAABBBEDDAAAAABBC	358	40.7500	
			BBAAAAEDDBBCCAAAAAB	374	40.0500	
			ACBBBAAAAEDDCBBBAAA	382	36.7500	
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	33.4500	
			AACBBBAAEDDAACBBBAA	434	31.2500	
			CBBAAAEBBDDAAABBBAC	469	27.7500	
			ACBBAAEBBDDAACBBBAA	499	23.6500	
			ABBCAAEBBDDAACBBBAA	500	23.1500	
			ACBBAAEBBDDAACBBBAA	538	22.1500	
			BDAACBBAAEBBDDAACBB	560	19.7500	
			BAADCBBAAEBBDDAACBB	575	18.7500	
			AABDCBBAAEBBDDAACBB	633	16.9500	
			BAACBBDAAEBBDDAACBB	676	15.9500	
			BAADCBBAAEBBDDAACBB	700	15.3500	
			BAACBDABBAEACBBDAAB	738	13.4500	
			ABDABCABBEAAABDCBAAB	872	12.8500	
25	3-Opt	3-Opt	AAAEDDCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			AAAEEDDBBBBBBBCCAAAA	258	105.6500	
			BBBBDDAAAAAABBCCB	284	103.6500	
			BBBAAAAAEDDAAACBBB	288	79.2500	
			AAAEBBBBDDCCBBAAAA	301	73.3500	
			AAAABBEDDCBBBAAAA	305	71.7500	
			AAAABBBCCDDBBBAAAA	331	69.3500	
			AAAABBBCCBDDBBBAAAA	338	63.0500	
			BBBAAAAEDDCBBBAAAA	352	43.1500	
			AABBBDDAAAECCBBBAAA	366	41.7500	
			BBBAAAAEDDCBBCAAAAB	383	40.6500	
			BBCAAAABBDDEAAAAACBB	392	33.4500	
			CBBAAAABBDDEAAAAABBC	400	32.4500	
			AAACBBBBAEDDAAACBBBAA	434	32.3500	
			BBCAAAABBEDDCBAAAAAB	452	30.9500	
			AABBBCAADDEAABBBBCAA	460	28.3500	
			AACBBBAEDDAAABBBBAAA	473	27.7500	
			DAABBBAAAECCBBBAAABD	482	27.6500	
			DAABBBCAAAAEBBBCBAAD	490	26.4500	
			ACBBAAEBBDDAAACBBAA	499	24.2500	
			ABBCAAEBBDDAAACBBAA	500	23.7500	
			ACBBAAABBEDDAAACBBBAA	503	23.4500	
			ABBCAAABBEDDAAABBBCAA	505	22.9500	
			ABBCAAABBEDDAAACBBBAA	543	21.4500	
BAACBBDAAEBBDDAAACB	560	18.0500				
ACBBDAAEBBBAADACBBA	627	17.0500				
BAADCBBAAEBBBCADAAB	643	16.5500				
BAACBBDAAEBBBAADACB	653	16.2500				
BAACBBDAAEBBDAACBBA	676	15.1500				
ABBCADAEEBBAABDACBBA	744	15.0500				
BDAABBCAAEBBAABCDABA	802	14.8500				
BAADCBBAAEBAABDACBBA	807	14.3500				
BAADCBBAAEBAABCDADAB	812	12.2500				
26	3-Opt	Or-Opt	BAAAAAAAEEDDCBBBBBB	236	222.3500	
			BBBBBBEDDAAAAAAACCB	241	183.3500	
			BBCCDDAAAAAAAEBBBBB	246	122.3500	
			BBDDAAAAAAACCEBBBB	266	104.7500	
			AAAADDCBBBBBBEAAAA	267	101.3500	
			CBBDAAAAAAAEBBBBBC	276	81.8500	
			AAABBBEDDCBBBAAAA	305	75.9500	
			AAAABBBBDDCCBBBAAAA	312	72.2500	
			AAAABBBDDCCBBBAAAA	316	68.3500	
			AAAABBBCCEDDBBBAAAA	325	64.8500	
			CBBBAAAAAEDDAAABBC	327	61.7500	
			ABBBAAAAEDDCBBBAAA	352	49.7500	
			AEBBDDAAAAACBBBAAA	353	49.5500	
			DAABBBCCAAAAAEBBBD	354	47.7500	
			AAABBBCCEDDAAABBBAA	356	44.7500	
			AAABBBEDDAAACBBBAAA	357	44.3500	
			AAABBBCCAAADDEBBBAA	367	41.9500	
			AACBBAAAAEDDCBBBAAA	382	36.3500	
			AACBBEDDAAAAABBBCAA	388	34.3500	
			AACBBEAAADDBBBCAA	435	34.1500	
			ACBBAAAAEDDBBBCAA	442	33.7500	
			AACBBBDAAAACBBBEDAA	448	32.1500	
			BDAAAACBBBDEAAAAACBB	452	31.6500	
			BBAAECAABBBDDAAAAACBB	474	28.8500	
BAACBBDDAACBBBAAAE	499	28.1500				
AEBBAACBBDDAAABBBCA	500	27.2500				
AABBCEAABBBDDAACBBAA	513	25.0500				
ABDDAAACBBBADEBBAA	543	24.4500				
ABDDAAACBBBDEAAACBBA	568	20.7500				
BDAAAEBCBBAAACBBDAAB	599	19.5500				
BCBAAABDEABBCAAABDAB	724	19.0500				
AABBCEAABBDAAACBBA	752	18.8500				
ABDEABBCAABBDACBBA	830	17.7500				
BAACBBAAEDBADABAAACB	879	17.2500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
27	3-Opt	Double-bridge	AAAEDDCBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBEDDAAAAAAACBBBB	241	101.7500	
			AAAADDEBBBBBBCCAAAA	251	98.7500	
			AAAEDDCBBBBBBBCCAAAA	267	94.3500	
			BBBCEDDAAAAAAACBBBB	270	93.7500	
			BBBAAAEDDAAAAACBBBB	288	79.8500	
			AAAABBBEDDCBBBBAAAA	305	64.5500	
			AAAABBBCEDDCBBBBAAAA	334	61.8500	
			AAAABBBBCDCECBBBBAAAA	351	61.7500	
			BBAAAAEDDCBBBBAAAAAB	352	44.5500	
			BBAAAABBBCCDDAAAAABBB	356	43.4500	
			AABBBEDDAAACBBBBBAAA	357	41.9500	
			AAABBBCEDDAAACBBBBBAA	386	37.4500	
			AAACBBBEDDAAABBBCAA	388	35.2500	
			CAABBBBEDDAAAABBBAC	435	33.8500	
			AABBBCAAADDEBBCCBAAA	436	32.7500	
			AABBBCEDDAAACBBBBDAA	447	29.1500	
			AEBBCAABDDAAABBBCAA	501	27.4500	
			ACBBAABBEDDAAACBBBBAA	503	25.8500	
			AABBBCAABDDEAABBBCAA	509	24.7500	
AACBBBAEDDDBAACBBAA	519	23.9500				
AACBBBAEDDABBAACBBA	550	22.3500				
BAABBCEDAABBCDAAAB	572	21.1500				
AABBCBDAABBCAADEBBAA	613	20.8500				
BDAACBBAABEBBAAADABBC	666	19.1500				
ACBBAABDEBBAAACBBADA	689	18.6500				
ABCABDAABBBCAADEBBAA	691	18.3500				
BCAAEBBADAABBCABDAAB	745	16.9500				
BDAABACBEAABBCABDAAB	808	13.5500				
28	3-Opt	IP	BBAAAAAAEDDCBBBBBB	236	161.7500	
			AAAACBBBBBBBEDDAAAA	241	98.7500	
			AAAACBBBBBBBCEDDAAAA	270	95.2500	
			CBBBDDAAAAAAAEBBBC	276	83.7500	
			AAAACBBBBBDEBBBAAAA	299	76.5500	
			AAAABBBBDDCBBBBAAAA	301	68.3500	
			AAAABBBEDDCBBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBAAAAEDDCAAAABBB	314	63.1500	
			DAAAABBBCCBBBBAAAAED	327	57.6500	
			BBBAAAAEDDCBBBBAAAAAB	352	43.1500	
			AAAEBBBBDDAAACBBBBAA	353	42.6500	
			AAABBBBEDDAAACBBBBAA	357	41.4500	
			AACBBBBAAEEDDCBBBBAAA	382	34.7500	
			AACBBDDAAAAEBBBCCAA	384	33.4500	
			AACBBDDAAAAEBBBCBAA	422	31.9500	
			AACBBBBAEEDDAAACBBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBBAEEDDAAABBBCAA	435	28.2500	
			AACBBBBAEEDDAAABBCBBA	473	26.7500	
			BAAACBBDDAAAEBAACB	499	24.5500	
			AACBBBAADDEBBAACBBA	512	22.9500	
AACBBBAEDDABBAACBBA	550	22.3500				
BAAACBBBAEDDAAABBCAAB	551	21.7500				
AACBBDDAAAEBBDAACBBA	560	18.3500				
AACBBDDAAEBBAAADCBBA	575	18.2500				
BAAACBBDEBAAACBDDAAB	622	17.5500				
BAACBDAEBBAAABDDAACB	676	14.8500				
ABBDDAABAEBBAADACBBA	752	13.9500				
BAACBBDAEBBBDACBBAAB	792	12.6500				
ABABCDABAEBBAADACBBA	868	12.2500				
29	Or-Opt	PI	BBBCCEDDAAAAAAABBB	240	124.8500	
			AAAABBBBCCDDAAAAAA	276	91.8500	
			CBBBDEDDAAAAAAABBB	280	91.4500	
			BBBAAAAEDDAAACBBB	288	76.1500	
			AAAABBBBDDCBBBBAAAA	301	68.3500	
			AAAABBBEDDCBBBBAAAA	305	64.7500	
			AAAABBBCCDDEBBBAAAA	308	64.5500	
			BBBAAAAEDDCCAAAABBB	314	63.3500	
			BBBAAAAEDDAAAABBBBC	327	55.1500	
			BBBAAAAEDDCBBBBAAAAAB	352	43.1500	
			AAAEBBBBDDAAACBBBBAA	353	42.6500	
			AAABBBBEDDAAACBBBBAA	357	41.4500	
			CAABBBBEDDAAAAABBB	358	40.7500	
			AACBBBBAAEEDDCBBBBAA	382	34.8500	
			AAABBBCEDDAAABBBBAA	387	34.4500	
			BBCAAAADDEBBBAAAACBB	397	33.7500	
			AAABBBCEDDAAABBCBBA	425	32.9500	
			AACBBBAEEDDAAACBBBBAA	434	31.2500	
			ACBBBAAEEDDAAABBBCAA	435	28.6500	
			AACBBBBAADDEAACBBBAA	458	28.2500	
AACBBBBAEEDDAAABBCBBA	473	26.7500				
AACBBBBAEBDDAAACBBA	499	24.8500				
BAAACBBEDDAAABBBAAACB	503	24.5500				
ACBBAAEBDDAAABCBBA	538	23.3500				
AABBCBAABDDEAACBBBAA	546	23.2500				
ACBBDAAEEDDAAACBBBA	560	20.3500				
ABBDDAAAEEDDAAACBBBA	569	19.8500				
BDAABCBBAEBDDAAACB	599	18.5500				
ABBDDAAAEEDDAAACBBBA	638	18.4500				
AABBCBDAABBAEDAACBBA	650	17.1500				
AABBCDEAABBAADAAACBBA	693	16.3500				
AABBCDABAEBBACDAABBA	771	15.0500				
ABBDDAAAEEDDAAACBBBA	938	12.9500				
ABBACDABAEBBAACABDAB	956	12.1500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
30	Or-Opt	API	AAAABBBBBBCCEDDAAAA	240	109.2500	
			AAAABBBBBBCCBEDDAAAA	280	91.2500	
			AAAABBBBBBCCBDDEAAAA	284	90.3500	
			AAAEDDDBBBBCCBBBAAAA	296	84.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
			AAAABBBCEDDCBBBAAAA	334	61.7500	
			BBBAAAAEDDCCBBAAAAAB	352	43.1500	
			BBAAAAEDDCCBBAAAAAB	382	37.3500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBBAADDEAACBBBAA	458	28.2500	
			AABBCBBAEDDAAACBBBAA	473	26.8500	
			BAACBBDDAAABBBCAAAB	500	26.6500	
			ACBBAABBEDDAAACBBBAA	503	25.8500	
			AACBBBAAEDDDBAACBBAA	519	25.4500	
			AACBBBAEDDAAABBAACBBA	550	23.3500	
			BAAACBDDAEBDDAAACBBA	560	22.6500	
			ACBDDAAEBBAAADCBBA	575	19.6500	
			AABBCDAEBBAAADCBBA	584	19.2500	
			AADBBBCAAEBBAAACBDDA	597	18.7500	
			AABDDCBAEBBAAACBDDA	624	16.2500	
			AABDDCBAEBBAAACBDDA	639	15.7500	
BAACBDDAAEBBAACBDDAAB	676	13.9500				
BAABDCBAEBBAAACBDDAAB	740	13.6500				
BAABDCBAEBBAAACBDDAAB	848	12.6500				
ABABCDBAEBBAAACBDDAAB	922	12.0500				
31	Or-Opt	2-Opt	BBBBDAAAAAAAACBBB	241	104.7500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	250	102.8500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	267	102.1500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	276	83.7500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	288	76.1500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	301	69.3500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	305	64.5500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	314	63.1500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	327	55.1500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	352	43.1500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	362	41.3500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	382	37.2500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	392	34.6500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	396	34.4500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	400	34.3500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	431	31.5500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	435	28.6500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	469	26.4500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	499	23.6500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	538	22.1500	
			BBBBDAAAAAAAACBBB	560	19.2500	
BBBBDAAAAAAAACBBB	631	17.3500				
BBBBDAAAAAAAACBBB	676	15.6500				
BBBBDAAAAAAAACBBB	702	14.7500				
BBBBDAAAAAAAACBBB	792	13.2500				
32	Or-Opt	3-Opt	BBBCEDDAAAAAAAABBBB	240	112.4500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	241	101.7500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	270	93.7500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	289	79.1500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	327	77.1500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	334	61.7500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	353	50.3500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	354	48.8500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	356	48.2500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	361	41.7500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	382	36.3500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	387	35.2500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	388	34.3500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	426	33.7500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	434	32.2500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	435	29.2500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	436	28.2500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	457	28.1500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	461	27.4500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	473	26.7500	
			BBBCEDDAAAAAAAABBBB	486	25.6500	
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	491	25.4500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	500	24.6500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	503	23.4500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	507	23.3500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	542	21.9500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	546	21.8500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	560	18.5500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	569	18.0500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	584	17.5500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	599	16.8500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	638	16.6500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	683	16.2500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	685	15.3500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	801	14.8500				
BBBCEDDAAAAAAAABBBB	884	14.6500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	AAAEDDCBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			AAAACCB BBBBBDAAAA	241	98.7500	
			AAAE BBBCCBBBDDAAAA	276	92.1500	
			DAAACCB BBBBBAAAAED	288	77.7500	
			AAAABBBCCDDEBBBAAAA	308	64.5500	
			BBBAAAAEDDCAAAAABBB	314	63.1500	
			BBBCAAAEDDCAAAAABBB	345	61.5500	
			AABBBBAAEDDCBBBAAA	352	44.3500	
			AAABBBCEDDAAABBBBAA	356	44.2500	
			AACBBBAAEDDCBBBAAA	382	36.3500	
			AACBBBAAEDDDBBBCAAAA	404	35.3500	
			BBCAAAAEDDDBBBCAAAA	405	34.6500	
			ACBBBAAEDDDBBBBAAA	434	33.6500	
			ACBBBAAEDDDBBBBAAA	435	32.6500	
			AACBBBAAEDDDBBBBAAA	451	30.2500	
			ACBBBAAEDDDBBBBAAA	473	27.1500	
			AEBBAAACBBDDBAAABBB	500	26.7500	
			AACBBBEAADDDBAAABBB	550	25.2500	
			BBAAACBBAEDDDBAAABBB	551	22.1500	
			AABBBCEAAAABBBDAABCA	578	21.8500	
			AACBBBAEDDDBBBBAAA	620	18.8500	
			ABEDAABBCAABBCAABDDA	682	18.5500	
			ACBBAAEDDBBAAACBABBDA	696	17.6500	
BCAABEDAABBBAAABDCABB	707	16.9500				
ADABBCBAAEABDDAACBBAA	728	15.5500				
34	Or-Opt	Double-bridge	AAAEDDCBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBBEDDAAAAAAACCB	241	104.7500	
			AAAEDDCBBBBBBBAAAA	267	98.6500	
			BBBBEDDAAAAAAABBBBC	280	83.7500	
			BBBAAEDDAAAAACCB	288	79.8500	
			AAAABBEDDCBBBBBAAA	305	71.7500	
			BBBBBAAAEEDDAAAAABBB	327	55.2500	
			BBAAAAEDDCBBBBBAAA	352	47.1500	
			BBAAAAACCBEDDAAAAABBB	357	43.4500	
			AAACBBBEDDAAAAACBBAA	387	37.1500	
			AACBBDDAAAACBBBAAA	396	36.8500	
			AABBBCEAAAABBCBBAAA	439	36.3500	
			AACBBBDDAAEAACBBBAAA	445	33.8500	
			AACBBBDDAAABBCBBAAA	465	32.3500	
			BCAAABBEDDDBBAAAAACBB	473	30.9500	
			AACBBBDDAAAEACBBBAAA	495	26.6500	
			AACBBBDDAAABBECAABBA	543	25.5500	
			BBAADCAAEBBBAAADCB	552	24.9500	
			BDAAAEBBBAAACBDDAAACB	560	24.6500	
			BDAAAEBBBAAACBDDAAAE	561	24.5500	
			BCAAAEBBEDAABBBDAACB	565	19.8500	
			ABACBBEDAAABDDCAABBA	706	17.2500	
			ACBDDAAAEBBDAABACBAA	745	16.9500	
BAACEBDDAABAABBACDAB	791	16.8500				
BBADACBAAEBBAACBDAB	812	16.6500				
ABDBAABACEBDDAABACBAA	906	15.8500				
ABACEBDDAABABACADBA	974	15.5500				
35	Or-Opt	IP	AAAAAAAEEDDCBBBBBB	236	307.1500	
			AAAACCB BBBBBDAAAA	241	98.7500	
			AAAABCCBB BBBBBDAAAA	280	91.2500	
			DAAACCB BBBBBAAAAED	288	77.7500	
			DAAAABBBBCCAAAAED	289	77.6500	
			BBBBBAAAEEDDAAAAACBB	319	68.1500	
			BBBAAAADDECCAAAAABBB	341	63.4500	
			AABBBBAAEDDCBBBAAA	352	52.7500	
			AAEBBDDAAAAACBBBAAA	353	43.9500	
			AABBBEDDAAAACBBBAAA	357	41.9500	
			AAABBBCAEDDCBBBAAA	383	39.7500	
			AACBBDDAAAEBBBBAAA	384	33.4500	
			AACBBDDAAAEBBBBAAA	422	31.9500	
			ABBBCAEDDAAAABBBBAAA	436	31.1500	
			AACBBBDDAAAEBBBBAAA	451	30.4500	
			AACBBBDDAAAEBBBBAAA	484	30.3500	
			AACBBBDDAAAEBBBBAAA	499	26.1500	
			ACBBAAEBDDAAAACBBBAAA	503	25.8500	
			ABBCAABDDDEAAAACBBBAAA	508	25.4500	
			AACBBBAAEDDBBAAACBBAAA	512	24.0500	
			AABBCBAAEBDDAAAACBBAAA	538	23.3500	
			AACBBDAAEBBDDAAAACBBAAA	560	20.3500	
			AABBCDAAEBBDDAAAACBBAAA	569	18.8500	
AABBCBAAEBBDAACBBDA	625	17.4500				
ACBBABDAAAEBBAAACBBDA	676	17.3500				
BDAABBCAAEBBAAACBDAB	677	15.6500				
BAACBDAAEBBAAACBDAB	691	14.3500				
AABBCBAAEBBAAACBDAB	755	14.2500				
BAADBCBAAEBBAAACBDAB	803	13.8500				
ABBADCBAAEBBAAACBDAB	822	13.4500				
BADACBAAEBBAAACBDAB	874	12.8500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
36	Double-bridge	PI	BBBAAAEDDAAAACBBB	288	80.7500	
			BBBAAAEDDCCAAAABBB	314	63.1500	
			BBBAAAEDDCCBBAABBB	352	43.1500	
			BBAAAACBBDDAAAEBB	353	40.6500	
			BBAAAEDDDBBCCAAAAB	374	40.0500	
			BBAAAEDDCBBBAAAACBB	382	37.2500	
			BBCAAAEBBDDAAAACBB	384	31.9500	
			CBAAAEBBDDAAAABBC	392	30.9500	
			AACBBAAEDDAABBBCAA	435	28.2500	
			AABBBCAAEDDAABCBBA	474	26.7500	
			AACBBBAAAEBDDACBBAA	499	26.5500	
			BAAAACBBEDDAAACBBAA	503	26.1500	
			ABBCAABBEDDAAACBBBA	504	25.3500	
			BAACBBAAADDEBBBAAACB	512	24.0500	
			AABBBCAAEDDAAAACBBBA	520	22.8500	
			BAACBBAAEDDABBBAAACB	550	21.0500	
			AACBBDDAAEBBAAAACBBDA	560	18.7500	
			ABBCAAEBBAAAADCBBA	589	18.5500	
			AABBCDDAAABBEDAACBBAA	603	17.0500	
			AABBCDDAAEBBAAAACBBAA	614	16.7500	
			AABBCDDAAEBBAAAACBBAA	661	15.8500	
			BCAABDAEBBAAAACBBDAAB	677	15.3500	
			ABBDAACBAEBBAAAACBBDA	691	15.0500	
			ABBDAACBAEBBAAAACBBDA	706	14.3500	
			ABBDAACBAEBBAAAACBBDA	744	14.2500	
			ABCDABBAEBBAAAACBBBA	752	14.0500	
			BAADCBBAEBBAAAACBBBA	784	13.9500	
			ABDACBBAAEBBAAAACBBBA	807	12.6500	
ABDACBBAAEBBAAAACBBBA	869	12.3500				
37	Double-bridge	API	BBCEDDAAAAAAACBBB	270	110.2500	
			BBBDDAAAAAAACBBB	280	94.2500	
			BBBBAEDDAAAAACBBB	288	82.2500	
			BBBBAADDEAAAAACBBB	312	77.4500	
			BBBCAAEDDAAAAACBBB	319	71.2500	
			AAABBBAAAEDDCCBBBAA	352	50.7500	
			AABBBEDDAAAACBBBAA	357	44.3500	
			AACBBBAAAEDDCCBBBAA	382	34.7500	
			AABCBBAEAEDDCCBBBAA	421	33.2500	
			AAABCBBEDDAAAACBBBAA	426	32.7500	
			AACBBBAAAEDDCCBBBAA	434	29.5500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	458	28.2500	
			AABCBBAEAEDDCCBBBAA	473	28.0500	
			AABCBBAADDEAACBBBAA	497	26.7500	
			BCAAAEBBAAAEDDCCBBBAA	499	25.3500	
			AACBBBAEABDDAACBBBAA	514	24.7500	
			AACBBBAAEDDABBBAAACB	550	24.2500	
			BAAACBBAAEDDABBBAAACB	551	24.1500	
			BBAAAEDCBBBAAAACBDAB	559	23.3500	
			AACBBDDAAEBBAAAACBBDA	560	19.4500	
			ABBCCAADDEBBBAAAACBBDA	574	19.2500	
			ACBBDDAAEBBAAAACBBDA	575	18.0500	
			ADABBBCAAEBBAAAACBBDA	628	17.9500	
			ACBBDDAAEBBAAAACBBDA	644	16.6500	
			ABACBBDDAAEBBAAAACBBDA	676	15.4500	
			ABDABBBCAAEBBAAAACBBDA	677	15.2500	
			BAADBCCAEBBAAAACBDAB	713	14.6500	
			ABBCCAABDAEBBAAAACBDCA	741	14.3500	
ACBBDDAAEBBAAAACDABBA	762	14.0500				
ABBDDAAEBBAAAACDABBA	771	13.5500				
ABCBDDAAEBBAAAACDABBA	801	13.0500				
38	Double-bridge	2-Opt	AAAAEDDCCBBB BBBBAAA	236	108.3500	
			DAAAACBBB BBBBAAAED	288	74.1500	
			AAAABBEDDCCBBB BBBBAAA	305	71.7500	
			AAAABBBCCDDEBBB AAAA	308	64.5500	
			BBBBBAAAEDDAAAABBB	327	55.2500	
			BBBAAAEDDCCBBB AAAAB	352	43.1500	
			AAAE BBBDDAAACBBBAA	353	42.6500	
			AAABBBBEDDAAACBBBAA	357	41.4500	
			AACBBBAAAEDDCCBBBAAA	382	34.7500	
			AACBBDDAAAEBBBBCAA	384	33.4500	
			AACBBDDAAAEBB BCBA	422	32.8500	
			AACBBBAAAEDDCCBBBAAA	434	29.5500	
			AACBBBAAAEDDAAAABBBCAA	435	28.2500	
			ACBBBAAAEDDAAAABBBCAA	473	27.1500	
			AACBBDDAAEDAAAABBBCAA	496	26.3500	
			ACBBAAEBBDDAAAACBBBAA	499	24.8500	
			BCAAAEBBDDAAEBB CAAA	501	24.5500	
			AABBCAABBEDDAAACBBBAA	504	24.0500	
			ACBBAAEBBDDAAAABBCBAA	538	23.3500	
			ABBCCAABDDAAEBB CBA	539	21.8500	
			AACBBDDAAAEBBDDAABCA	561	20.9500	
			AACBBDDAAAEBBDDAABCA	569	19.9500	
			ACBBBAEDAAEBBDAABBCA	636	18.3500	
			BBAACDAEBBAAACBBDAAB	646	17.3500	
			BDABCAAEBBAAACBBDAAB	677	17.2500	
			BDAACBBAAAEBBDAABBCA	680	16.9500	
			BAABCDAAEBBAAACBBDAAB	685	14.8500	
			BACAABDEAABBCDABBA	771	14.4500	
ABBDACBAAEBBAAACDABBA	801	12.7500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
39	Double-bridge	3-Opt	AAAEDDCBBBBBBBAAAAA	236	109.1500	
			AAAABBBBBBDDCCEAAAA	276	108.3500	
			BBBEDDAAAAAAAAABBCCB	280	94.2500	
			AAAEDDBBCCBBBAAAAA	296	89.6500	
			AAACBBBBDDDEBBBAAAAA	299	84.1500	
			AAAEBBBBDDCCBBBAAAAA	301	76.1500	
			AAAABBBCCDDEBBBAAAAA	308	64.7500	
			AABBBBAAEDDCCBBBAAA	352	44.3500	
			AABBBAAEDDCCBBBCCAA	383	43.6500	
			AAABBBCEDDAACBBBAA	386	36.2500	
			AAACBBBBDAAACBBBAA	387	35.2500	
			AACBBBBAADDECBBBAAA	409	34.4500	
			AAABBCBBEDDAAACBBBAA	426	32.7500	
			AACBBBBAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBAAEDDAAABBBCAA	435	28.2500	
			AABCBBBAAEDDAAACBBBAA	473	26.8500	
			AABBCBAAEDDAAABBBCAA	474	26.7500	
			ACBBAAAEBDDAAACBBBAA	499	23.6500	
			ABBCAAAEBDDAAABBBCAA	501	23.1500	
			ABBCAAAEBDDAAABBBCAA	505	22.9500	
			ABCBAAEBDDAAABBBCAA	539	22.6500	
			ABBCAAAEBDDAAABBBCAA	543	22.3500	
			BAACBBAEDDAAABBBAAACB	550	22.0500	
			AACBBBDAAEBAACBBDDAA	560	20.3500	
			AABBBDDAAAEBAACBBDDA	569	19.4500	
			AABBBDDAAAEBAACBBDDA	570	18.8500	
			AABBBCEBDAABBCAABDDA	629	18.5500	
			AABBBCEBDAABBCAABDDA	633	18.4500	
AABBBCEBDAABBCAABDDA	640	17.2500				
BBAACDAEBBAAABDDCAAB	672	16.3500				
BCAABDAEBBAAACBDDAAB	677	15.3500				
BAACBDAABBEAABBCDAAB	700	12.9500				
40	Double-bridge	Or-Opt	AAAEDDCBBBBBBBAAAAA	236	109.1500	
			BBBCCDDAAAAAAAAEBBBB	246	104.7500	
			BBBDDAAAAAAAAEBBCCBB	276	97.6500	
			AAAABBBCCBBBDDAAAAA	284	84.3500	
			AAAABBBBDDCCBBBAAAA	301	68.3500	
			AAAABBBBCCDDEBBBAAAA	308	64.5500	
			BBBAAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500	
			DEAAAAABBBCCBBBAAAAAD	351	58.1500	
			AABBBAAEDDCCBBBAAAA	352	44.6500	
			AABBBDEAAACBBBAAAAA	361	42.6500	
			AABBBCEDDAAABBBBCAA	387	34.3500	
			AABBBBAAEDDAAACBBBAA	435	31.3500	
			DAACBBBAAAAEBBBBAAACD	469	30.9500	
			AABBBDDAAAECEBBBDDAA	482	30.6500	
			CBBAABAEEDDCCBAAAAAB	490	29.9500	
			ACBBAAAAEBBDDAACBBAA	499	29.7500	
			BBAABCEDDAAABBBAAACB	502	27.7500	
			BBAAAAECBDDAACBBAAAB	512	27.4500	
			BCAABBAADDEBCCAAAABB	514	26.0500	
			ACBBBAAEDDDBBAAACBBA	519	23.2500	
			BDAAAEBBCCAABBBDAACB	561	22.7500	
			BBAAACBBEDAACBBDDAAB	564	21.4500	
			BAADEBCCAAABBCDAABBB	583	20.2500	
			ABBDCAAEBBDDAACBBBA	586	18.7500	
			ACBBDAAAEBBDDAABCAAB	677	18.6500	
			ABACBBDAAAEBBCDAABBA	685	15.6500	
			BAADBABCAABBDABCAAB	838	14.6500	
			41	Double-bridge	Double-bridge	
AAAACBBBBBBBBDAAAAA	241	98.7500				
AAAACBBBBBBBDDAAAAA	245	97.8500				
CBBBBDDAAAAAAAAABBCC	280	91.4500				
AAAACBBBBBBBAAEDDAA	288	90.0500				
DAAAABBBBBBBCCAAAAED	289	77.6500				
AAABBBBBDCCBBBAAAAA	305	64.7500				
BBBAAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500				
DAAAABBBBCCBBBAAAAED	327	58.1500				
BBBAAAAEDDCCBBBAAAAAB	352	43.1500				
BBAAAAADDEBBCCAAAAAB	367	40.5500				
BBAAAAEBBDDAAAAACBB	384	31.9500				
BBDAAAACBBEDAAAACBB	448	28.1500				
AABBBCAAEBDDABBBCAA	501	27.1500				
ACBBBEDAAAABDDAACBBBA	564	26.8500				
BBDAACBBBAAAEDEBBAACB	573	21.8500				
ABDACBBBAAAABEDCBBA	628	19.6500				
BAAEDEBBCAAABBCDAAB	690	16.3500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
42	Double-bridge	IP	AAEBBBBBBCCDDAAAAA	246	151.1500	
			BBBCCDEAAAAAABBB	254	113.1500	
			BBBEDDCAAAAAAABBB	267	111.3500	
			AAAABBBCCBBBEDDAAA	280	85.2500	
			BBBCCAAAEDDAAAABBB	289	76.2500	
			AAAEBBBDDCCBBBAAA	301	68.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAA	305	64.5500	
			AAAABBBCEDDCBBBAAA	334	61.7500	
			BBBAAAEDDCCBBAABBB	352	43.1500	
			BBAAAACBBDDAAAAEBB	353	40.6500	
			BBAAAACBBEDDAAAABB	357	40.5500	
			BBAAAACBBBDDEAAAABB	361	40.0500	
			BBAAAEDDCBBBAAAAACBB	382	37.2500	
			AABBBCAAEDDCCBBBAAA	383	36.3500	
			BBCAAABEBDDAAAACBB	384	31.9500	
			BBCAAABEBDDAAAACBB	423	30.9500	
			AACBBBAEDDAABBBCAA	435	28.2500	
			AACBBBAEDDAABBBCAA	473	26.7500	
			ACBBAAEBBDDAACBBAA	499	24.2500	
			AACBBBAEDDEBBAACBBA	512	22.9500	
			AACBBBAEDDDBAACBBA	519	22.8500	
			AACBBBAEDDABBAACBBA	550	22.3500	
			ACBDDAAEBBDDAACBBA	560	19.2500	
			AACBBDDAAABBEDAACBBA	564	18.5500	
			BCAAABDEBAAACBDDAAB	623	16.9500	
ACBDDAAEBBAAACBDDABA	676	16.3500				
BAACBDDAAABBEDAACBBA	680	15.3500				
ACBBAADEBAAABDDAACBBA	689	15.0500				
BAACBDDAEABBAACBDAAB	738	13.4500				
BAACBDDAEABBAACBDAAB	754	12.9500				
BAACBDDAEABBAACBDAAB	792	12.5500				
BAACBDDAEABBAACBDAAB	801	11.7500				
43	IP	PI	AAABBBBBBCCDDAAAAA	254	127.7500	
			AAADDECCBBBBBBBAAAA	263	110.2500	
			AAAABBBCCBBBDDAAAA	276	83.8500	
			BBBCCAAAEDDAAAABBB	289	79.1500	
			AAAEBBBDDCCBBBAAA	301	68.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAA	305	64.5500	
			BBBAAAAEDDCAAAAABBB	314	63.3500	
			AAAABBBCEDDCBBBAAA	334	61.7500	
			BBBAAAEDDCAAAAABBB	345	61.5500	
			BBBAAAEDDCCBBAABBB	352	43.1500	
			AABBBEDDAAACBBBAAA	357	41.9500	
			CAABBBBDDEAAAAABBB	362	40.8500	
			AACBBBBAAAAEDDCCBBBAA	382	34.8500	
			AACBBBDDAAAAEBBBCAA	384	33.4500	
			AAABBBCEDDAACBBBAA	426	32.7500	
			CAABBBDDAAAEBBBAAC	431	31.5500	
			AACBBBBAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			CBAAAABDDAAAEBBBAAC	469	26.4500	
			AACBBAAEBDDAACBBBAA	499	25.7500	
			ABBCAAEBBDDAACBBBAA	500	23.1500	
			ABBCAAEBBDDAACBBBAA	504	22.9500	
			ACBBAAEABDDAACBBBAA	538	22.1500	
			ABBCAAEBBDDAACBBBAA	539	21.6500	
			BCAAAEBBAEDDAAABBCAAB	552	21.1500	
			ACBDDAAEBBBAACBDDAA	560	19.6500	
BDAAAACBBAAEDCBBAAAB	598	19.1500				
ACBDDAAEBBBAACDAABBA	646	18.0500				
ABBCCAAEBBAADABBCBAA	675	17.4500				
BAACBDDAAAEBBACBDAAB	676	14.1500				
BAACBDDAAAEBBACBDAAB	743	13.9500				
44	IP	API	AAAEDDCCBBBDDAAAAA	236	108.3500	
			AAAEDDDBBBBBBCCAAAA	258	97.8500	
			AAAEBBCCBBBDDAAAAA	276	83.8500	
			AAAEBDDCCBBBDDAAAAA	301	81.1500	
			AAAABBBCCBBBDDAAAAA	305	76.8500	
			AAAABBBCCBBBDDAAAAA	319	76.5500	
			CBBAAAAAEDDAAABBBBC	327	65.4500	
			BBAAAEDDCCBBBAAAAAB	352	46.7500	
			AAAEBBBDDAAACBBBAA	353	42.6500	
			BCAAEBBDDAAAAACBB	384	36.7500	
			CBBEAAAABDDAAAAABBC	407	34.3500	
			AACBBBAEDDAAACBBBAA	434	31.2500	
			AACBBBBAEDDAAACBBBAA	458	30.1500	
			AABBCBBAEDDAAACBBBAA	473	29.7500	
			CBBAAAAEBBDDAACBBAA	499	28.4500	
			ABBCAAEBBDDAACBBAA	500	24.8500	
			AACBBBAEDDAAACBBBAA	512	22.9500	
			ACBBAAEABDDAACBBBAA	573	19.7500	
			BDAAAACBBBAACBDDAAB	575	18.0500	
			BBAACDEBBAABBCDAAB	601	17.7500	
			BAAACDEBBAABBCDAAB	631	17.3500	
			AABBCADEBBAABBCDAAB	638	17.1500	
			ABBAACDEBBAABBCDAAB	656	16.6500	
			AABBDACBBEAAACBDABBA	691	16.4500	
			AABBCADEBBAABBCDAAB	699	15.8500	
AABBDACBBEAAACBDABBA	700	15.4500				
BAABCADEBBAABBCDAAB	716	14.2500				
BAABCADEBBAABBCDAAB	801	13.8500				

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	ECCBBBBBDDAAAAAAA	250	250.2500	
			AAAADDEBBBBBBCCAAAA	251	98.7500	
			AAAADDBBBBBBBCCAAAA	258	97.8500	
			AAAADDDCCCCBBBBAAAA	267	94.3500	
			AAAABBBCCBBBDEDAAAA	280	85.2500	
			AAAABBBCCBBBDEDAAAA	284	84.3500	
			BBBCCAAAEDDAAAABBBB	289	76.2500	
			AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBAAAEDDCCAAAABBBB	314	63.1500	
			AAAABBBCEDDCBBBAAAA	334	61.7500	
			BBBAAAAACEDDAAAACBBB	347	61.6500	
			BBBAAAAEDDCCBBAAAAAB	352	43.1500	
			BBAAAAACBBDDAAAAEBB	353	40.6500	
			AACBBBAAAEDDCBBBAAA	382	34.7500	
			AAABBBCEDDAAAABBBCAA	387	34.4500	
			CBBAAAEBBDDAAAABBC	392	30.9500	
			ACBBAAAEDDAAAABBBCAA	435	28.6500	
			AABBBCEDDAAAABBBCCDAA	456	28.1500	
			ACBBAAAEBBDDAAAACBBA	499	24.2500	
			ACBBAAAEBBDDAAAABBBCAA	500	23.6500	
			ABCBAAEABDDAACBBBAA	538	22.6500	
			BAACBBAEDDAAAABBBAAACB	550	22.0500	
			ACBDDAAAEBBAEDCBBBAA	559	20.6500	
			AACBBDDAAAEBBDAACBBAA	560	18.3500	
			AABCBBDDAAAEBBAACBBAA	614	17.4500	
AABCBBDDAAAEBBADACBBA	666	16.4500				
BAACBDEABBAACBBDAAB	684	15.2500				
BAACBDDAEAAABDDAACBAB	738	14.5500				
ABBAACBDAEBBAADCABBA	769	14.0500				
BAACBDAEBBAADCABBA	965	13.6500				
46	IP	3-Opt	AAAABBBBCCEDDAAAA	240	109.2500	
			AAAACCCBBBBBBEDDAAAA	241	98.7500	
			AAAABBBBCCBBDDAAAA	276	81.8500	
			DAAACCB BBBBAAAAAED	288	77.7500	
			AAAABBBBDEDDCCBBBAAAA	305	64.7500	
			DAAAABBBCCBBBAAAAED	327	58.1500	
			AAABBBBAEDDCCBBBAAAA	352	54.9500	
			CAAAEBBBDDAAAAABBBBC	354	44.3500	
			AAABBBBCCAAAADDEBBBAA	367	41.9500	
			AAACBBBBAEAEDDCBBBAA	382	41.6500	
			AAABBBCEDDAAAACBBBAA	386	36.2500	
			AAACBBBDEDDAAAABBBCAA	388	35.2500	
			DAEBBBAAACCB BBAAAD	420	34.5500	
			AABBBCEDDAAAABCB BBA	425	34.3500	
			AACBBBBAEDDAAAACBBBAA	434	28.3500	
			CBAAAABBBEDDAAAABBBAAAC	473	27.5500	
			DAABBBCAAAAEBBCCBAAD	490	26.4500	
			AACBBBAAEBDDAACBBBAA	499	24.2500	
			AABCBBAAEBDDAACBBBAA	542	23.3500	
			DAABBBCAEAABBBCCBAAD	552	23.1500	
			ACBDDAAAEBBBAACBDDAA	560	19.6500	
			AABBCDEAABBBAAACB BBA	592	18.2500	
			BBAAACDEAABBBAAACBDAAB	654	17.3500	
			ABBACDAAEBBBAACB BBA	661	16.2500	
			AABDCBBAEAACB BDAAB	740	15.1500	
ACBDDAAAEBBAACB BDAAB	792	15.0500				
47	IP	Or-Opt	AAAADDDCCBBB BBAAAA	236	108.3500	
			BBBDDAAAAAAAACB B B B	241	101.7500	
			CB B B B D D A A A A A A A A B B B C	280	91.4500	
			CB B B D D E A A A A A A A A B B B C	284	84.6500	
			BBBAAAEDDAAAACCB B B B	288	79.8500	
			BBBAAACCEDDAAAAB B B B	317	65.3500	
			CB B B B A A E D D A A A A A B B B C	327	58.1500	
			A A B B B B A A A E D D C C B B B A A A	352	44.3500	
			A A A B B B C C E D D A A A B B B B A A	356	44.2500	
			A E B B B A A A A D C C B B B B A A A	368	43.1500	
			A A C B B B A A A E D D C C B B B B A A A	382	36.3500	
			A A C B B B D D A A A A E C B B B A A	396	34.3500	
			A A C B B B A A E D D A A A C B B B A	434	30.2500	
			C A A A B B B E D D A A B B B A A A B C	474	30.0500	
			B D A A A A C B B B C A E D A A A B B	496	29.3500	
			A C B B B A A A E B B D D A A C B B B A A	499	26.3500	
			B A A A C B B E D D A A B B B A A A C B	503	24.5500	
			A C B B E A A A B B D D A A C B B B A A	514	24.2500	
			A B B C A A B B A E D D A C B B B A A	551	24.1500	
			A C B B D A A A E B B D A A C B B B A A	560	20.3500	
			A A B B C D A A E B B B A A C B B D A	569	18.1500	
			A A B B D C B A A B B A E D A A C B B B A	675	16.1500	
			B D A A C B B A A A B B E D A C B A A B	680	15.2500	
			A B A B D A E C B B A A A B C B D A A B	844	14.3500	

ตารางที่ ง.13 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
48	IP	Double-bridge	BCEDDAAAAAABBBBBB	240	160.2500					
			BBBEDDAAAAAACBBBBB	241	101.7500					
			CBBDDAAAAAAAEBBBBB	276	81.8500					
			BBBAAEDDAAAAACBBBB	288	79.8500					
			AAABBBEDDCCBBBAAAA	305	75.9500					
			BBBCAAEDDAAAAACBBBB	319	71.2500					
			AAAABBBCCEDDBBAAAA	325	64.8500					
			CBBBAAEDDAAAAABBBB	327	58.1500					
			AEBBDDAAAAACBBBBAA	353	50.3500					
			AABBCCEDDAAAAABBBAA	356	48.2500					
			AABBBEDDAAAAACBBBBAA	357	44.3500					
			CAAABBBDDDEAAAAABBB	362	40.8500					
			AAACBBEDDAAACBBBBAA	387	38.9500					
			AAACBBEDDAAABBBBAAA	388	35.9500					
			AACBBDDDEAAAAABBBCAA	392	34.8500					
			AAACBBDDDEAAABCBBAA	430	33.8500					
			CAAABBBEDDAAABBBAAAC	435	33.3500					
			CAAABBBDDDEAAABBBAAAC	439	32.7500					
			BAAACBBDDDEBAAAAACBB	445	31.8500					
			AACBBDDAAAEEDBBBAAAA	465	30.7500					
			CBAAABDDDEAAABBBAAAC	477	27.6500					
			BAAACBBDDDEAAABCBAAB	508	27.2500					
			ABCAABDDDEAAABBBCAA	509	26.0500					
			AACBDDAAAEEDDAAABBCA	561	23.4500					
			BDAAAEEDDAAABBCDAAB	570	21.7500					
			BCAAABDDAAAEEDDAAAB	574	20.4500					
			BCAAABDDDEBBAABCDAAAB	632	20.3500					
			BDAABBCAAABBAEDCBAB	676	20.1500					
			ABBAADBCABDEAAABBBCA	722	19.8500					
			BAAADCBBBEAADBACBAAB	742	17.8500					
			BCAABDAAABAEEDDCAAB	765	14.2500					
			49	IP	IP		AAAEDDCCBBBBBBAAAA	236	108.3500	
							DDAAACCCBBBBBBAAAAE	288	94.7500	
							AAAEDDDBBBCCBBBAAAA	296	84.3500	
							AAAABBBDDCCBBBAAAA	301	68.3500	
							AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
AAAABBBCEDDCCBBBAAAA	334	61.7500								
BBBAAAAEDDCCBBBAAAA	352	43.1500								
BBBAAACCCBBDDAAAAEBB	353	40.6500								
BBBAAACCCBBEDDAAAAAB	357	40.5500								
BBBAAACCCBBDDDEAAAAAB	361	40.0500								
AACBBBAAAEEDDCCBBBAAA	382	34.7500								
BBBAAAEEDDCCBBBAAAA	384	31.9500								
BBBAAAEEDDCCBBBAAAA	422	31.4500								
AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500								
AADCCBBBAAAAEDCBBBAA	458	27.4500								
AABCCBBBAAAAEDCBBBAA	482	26.9500								
AACBBDDAAAEEDCBBBAAA	483	26.3500								
BAAACBBAAEDDCCBBBAAA	498	25.9500								
BAAACBBDDAAEBBAAACB	499	24.1500								
AABDDCBBAAAAEDCBBBAA	507	23.4500								
AACBBDDAAAEEDDAAACBB	560	18.3500								
BAACBBDDAAAEEDDAAACBB	569	18.0500								
AABBCDAAEBBEEAADCBBA	599	17.6500								
AACBBDDAAAEEDDAAACBB	600	17.3500								
AACBBDDAAAEEDDAAACBB	627	17.2500								
ACBBDDAAAEEDDAAACBB	644	16.7500								
ACBBDDAAAEEDDAAACBB	646	16.6500								
ABBCDAAAEEDDAAACBB	653	16.1500								
ABACBBDDAAAEEDDAAACBB	676	15.4500								
BAACBDAAEBBEEAADCBBA	691	14.3500								
ACBBDDAAAEEDDAAACBB	807	14.2500								
ABCABDAAEBBEEAADCBBA	813	13.2500								
ABDACBBAAEBEAAACBBA	838	12.8500								

3.1.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAAEDDCB BBBBBA AAAA AAAACB BBBBBD AAAA AAAAEBBCCB BBBDDAAA AAAABBBEDDCB BBBBAAAA BBBAAAAACEDDAAAABBBB CBBBAAAEDDAAAABBBB CBBBAAAADDEAAAABBBB BBAAAEDDCB BBBBAAAB BBAAAACB BBBDDAAAAB BBAAAAEBBDDAAAACBB CBBAAAAEBBDDAAAABBB CBBAAAAEBBDDAAAABBB AACBBAAEBDDAACBBAA ACBBAAEBDDAABBBCAA ABBCAAEBDDAACBBAA ACBBDDAAEBDDAACBBAA BCAAAEBDDAABBBDAACB DBAACBBAABBBBAAAABD BAABBDCAAEBBAAACBDAB ABBDAAACBAABBDDEABAACB BAABCBDAABCEABABDAA	236 241 276 305 317 327 351 352 353 384 392 469 499 500 504 560 565 585 702 800 845	109.1500 98.7500 81.3500 64.5500 63.4500 58.1500 55.2500 44.5500 40.6500 31.9500 30.9500 26.5500 25.9500 23.6500 22.9500 21.4500 19.8500 19.5500 16.1500 15.7500 15.2500	
2	PI	API	AAEDDCB BBBBBA AAAA AAACB BBBBBD EAAAAA BBBBAAAEDDAAAACBBB AAAAEBBDDCCB BBBBAAAA CBBBAAAEDDAAAABBBB BBAAAEDDCB BBBBAAAB BBAAAACB BEDDAAAABBB CBBBAAAABEDDAAAABBB BBAAAAADDCB BBBBAAAB BBDAAAACB BBEDAAAAB BBAAAEDABBBCCDAAAAB BBAAACBDDAAAEBBBCAAB ABBCAAEBDDAACBBBA BAACBDDAAAEBBCBAAA BBAAEDCBAAABDDAACBB BAACBBEDAAAABDDAACB BAACBBDEAAAABDDAACB AABBBDDCAAABEDAACBBA BAACBDDAEAAABDDAACB ABBDACBAAEBBACBDDAA BDAABBCAAABBEDACBAAB BAADBBCAAABBEDACBAAB BAABDCBAAAABBEDACBAAB ABACBDDAAEBABCAABDDA ABACBDDAAEBABCAABDAB	236 245 288 301 327 352 357 396 413 418 474 500 504 538 559 564 568 590 622 676 681 718 744 793 909	130.1500 110.2500 77.1500 69.3500 56.1500 46.7500 43.4500 38.9500 37.9500 33.1500 31.4500 26.9500 24.8500 24.7500 22.8500 19.6500 18.9500 18.5500 17.3500 16.9500 15.7500 14.7500 13.7500 13.6500 12.7500	
3	PI	2-Opt	AAAAEDDB BBBBBA AAAA BBBBAAAEDDAAAACBBB BBCCAAAEDDAAAABBBB AAAEBBDDCCB BBBBAAAA AAAABBBEDDCB BBBBAAAA CBBBAAAEDDAAAABBBB AABBBBAAAEDDCB BBBBAA AAAEBBDDAACCB BBAA AAABBBEDDAAAACBBBAA CBBBAAAADDEBBBBAAC AACBBBAAAEDDCB BBBBAA AABBBCEDDAAAABBBBCAA AABCBBEDDAAAABBBBCAA AACBBBAAAEDDAAACBBAA AACBBBAAAEDDAAACBBAA DAACBBBAAAEBBBAACBD BAACBBAAAEDDEBBBAAACB BAACBDDAAAEBBDDAACB BBAAADCBBEAABBCDAAB BBAAADCBBEAACBDDAAB BBAAADCBBEAABBCDAAB BBAAADCBBEAABBCDAAB AABBDACBBEAACBDDAAB BAAABDCBBEAABBCDAAB BCAABDABBAEAABBCDAAB BAACBDABBAEAABBCDAAB	258 288 289 301 305 327 352 353 357 366 382 387 427 434 473 499 512 560 599 637 646 701 738 750 803 880	97.8500 79.2500 79.1500 76.1500 64.7500 55.2500 44.3500 42.6500 41.4500 40.7500 34.7500 34.3500 32.8500 28.3500 26.8500 24.2500 24.0500 18.0500 17.5500 17.0500 16.5500 16.0500 15.2500 15.1500 13.1500 12.6500	

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
4	PI	3-Opt	BBBBDEAAAAAAAAACBBB	245	102.8500					
			CBBBEDDAAAAAAAAABBB	280	83.7500					
			BBBAEDDAAAAAAAAACBB	288	83.0500					
			DEBBBBAAAAAAAAACBB	299	78.2500					
			CBBBAAAAAAAAEDDABBB	327	65.4500					
			BDDAAAAEBBBBAAAAAC	353	63.9500					
			BDDAAAAAEBBBCCAABB	354	62.7500					
			BAAAACBBBEDDAAAAB	357	50.5500					
			BAAAACBBDDAAAABBB	361	43.1500					
			AABBBDDAACCBBBEAAA	368	42.6500					
			AABBBBCEDDAAAACBB	386	41.2500					
			AACBBBEDDAAAACBBAA	387	38.2500					
			BBAAADDECBBAAAAAAC	409	37.9500					
			BBAAAACBBDDDEBAAA	415	37.3500					
			BBAAAACBBEDDAAAAC	426	33.9500					
			AACBBBAAADDEBBBCB	435	33.2500					
			BBDAAAAAACBBCEAAA	447	31.6500					
			DBBAAAACBBBEAAAAB	453	30.9500					
			BBDAAAAACBBDDAAAAC	457	28.9500					
			CAABBBAAEBDDAAAAB	470	28.2500					
			AABBBDAACCBBAAEBD	530	24.2500					
			AABBBDAACCBBAAEDB	543	24.1500					
			AABBBDAACCBBAAEDB	550	23.7500					
			BDAAAABBBCAAEDCB	560	21.9500					
			BAACBBDDAAABBBCE	563	21.6500					
			AABBBDDAAEBDDAAAC	569	19.4500					
			ABBDCAAEEBBCAAAB	587	19.2500					
			ABBDAAACBBBAEADAC	611	18.2500					
			ABBDAAACBBBEADAC	642	17.7500					
			ABBDCAAEEBBAAADCB	653	16.5500					
			ABCABDDAAEEBBCAAB	678	15.3500					
			ACBDABBAEBAACBDAB	792	14.7500					
			ABBDCAAEBBAEBADCA	795	13.8500					
			ABBDCAAEBBAEBADAB	822	13.7500					
			ABDACBBAEBAABCBAB	831	12.8500					
			BAACBDAEBBAAABDAC	908	12.5500					
			5	PI	Or-Opt		AAAAEDDCBBBBBAAAA	236	108.3500	
							AAAAACBBBBDDBAAAA	241	98.7500	
							AAAEBBBCBBBDDAAAA	276	92.1500	
							AAAAABBBDDDEBBBCA	300	84.2500	
AAAAEBBBDDCCBBBAA	301	68.3500								
AAAAEBBBEDDCBBBAA	305	64.7500								
AAAAEBBBCCDDEBBBAA	308	64.5500								
AAAAACBBBBDDBBBAAA	335	62.8500								
BBBAAAAEDDCBBBAA	352	43.1500								
AACBBBAAEDDCBBBAA	382	36.3500								
AACBBBAAEDDCBBBAA	413	35.1500								
ACBBBAAEDDAACBBBAA	434	34.6500								
ACBBBAAEDDAABBBCAA	435	31.7500								
AABBBCAAEDDAABBBCAA	436	31.3500								
ABBCBAAEDDAABBBCAA	474	28.1500								
ACBBBAAEDDAEBBCBAA	497	27.2500								
BBAAACBEDDAAABBBCAA	504	25.7500								
ACBBBAAEDDEBBAACB	512	24.4500								
BDAAACBBAAEBBBDAA	569	22.6500								
AABBBDDAAEDBBAACB	589	20.8500								
BBAAEDDCBAAABDDAC	675	19.8500								
BAABBDCAAEDDBBAACB	705	19.1500								
CBAAABDDAAABBEAAC	706	18.5500								
BDAAACBBBAEBAADBA	712	17.5500								
BAACBBAAEDABDDAAB	728	16.5500								
BDAAACBBBAEBAADBA	829	14.1500								
6	PI	Double-bridge	CCBBBBBAAAAAAAAAED	236	201.1500					
			AABBBBBDCEDDAAAAA	240	167.8500					
			AACBBBBDDBEDDAAAA	241	143.3500					
			BBBBBDEAAAAAAAAAC	245	132.6500					
			AAECCBBBBDDBAAAA	250	105.6500					
			BBBEDDAAAAAAAAABCC	280	93.7500					
			CBDDDEAAAAAAAAABBB	284	84.6500					
			DAAAAABBBBBDDBAAA	289	83.1500					
			AAAAEBDDCCBBBAAA	305	71.7500					
			BBBAAAAEDDAAAACBB	319	65.1500					
			CCBBAAAAEDDAAAABBB	327	56.1500					
			AABBBAAEDDCBBBAAA	352	44.6500					
			AABBBDEAAACCBBAAA	361	42.6500					
			AAEBBAAADDCBBBAAA	368	42.5500					
			AAABBBCCDDAAABBBE	377	41.9500					
			AAABBBCEDDAACBBBAA	386	39.4500					
			AAABBBCEDDAAABBBCAA	387	34.4500					
			AACBBBAEDDAAACBBBAA	434	32.2500					
			AABBBACEDDAAABBBCAA	464	29.6500					
			AABBACEDDAAABBBCAA	503	29.1500					
			DAACBBBAAEAACBBBAD	512	28.2500					
			BAAACBBAAEDDBBAAAC	519	27.4500					
			BCAAABBEDDAAABCBBA	543	26.2500					
			BAACBDDAAABBCAAEAB	562	25.5500					
			BDAAACBBBAAAEBBBCD	569	24.7500					
			BCAAAABBEADDBBCCA	637	24.6500					
			BBCAAAADABBEACBDA	643	23.8500					
			ABBCDEAABBAAADBCB	652	23.7500					
			AACBBABDEAAABBBCA	674	22.8500					
			BAABBCDAAEBBBAACDB	683	20.5500					
			BCADAABBBAAEACBDD	690	16.7500					
			BAADEBBCAAABBDAC	727	16.3500					
			ABBCADAAEBBBAACAD	742	15.9500					
			BDAABBCAAEAECBBAD	806	15.0500					
			BAACBADEBBAABCDAA	814	13.7500					
			ADBBACBAABAEACBDA	959	13.4500					

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
7	PI	IP	AAAAAEDDCBBBBBBBCAAA	267	110.2500	
			BBBBAAAAEDDAAAACBBB	288	76.1500	
			BBBCAAAAEDDAAAACBBB	319	65.1500	
			CBBBBAAAADDEAAAAABBC	351	58.2500	
			BBBBAAAAEDDCCBBAABBB	352	43.1500	
			AABBBDDDEAAACCBBBBAAA	361	42.6500	
			AABBBCCAAADDEBBBBAAA	367	41.4500	
			BBAAAEDDCBBBBBAAAACB	382	38.5500	
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	33.4500	
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	423	31.9500	
			AACBBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AABBCBAEEDDAAABBBCAA	474	26.7500	
			BAAACBBDDAAACBBAAEB	499	26.5500	
			BAAACBBDDAAABBCAAEB	500	26.0500	
			BBCAAAAEBDDAABBCAAB	501	24.0500	
			BBCAAAAEBDDAABBCAAB	505	23.8500	
			ACBBBAAADDEBBAACBBA	512	23.3500	
			AABBBCAAEBDDAABBCBAA	539	22.7500	
			ACBBDDAAAEBBAAACBBDA	560	20.7500	
			AABBBDDAAAEBBBDAABBA	578	20.4500	
			AACBDDAABBBEDAABBCA	604	19.3500	
			BAABBCDAAAEBBCBDAAB	608	19.1500	
			AACBBDDAAAEBBCADABBA	628	17.9500	
			BCAADABBBAAEDACBBAAB	679	17.6500	
			ACBDDAAABBEDAABBCAAB	681	16.5500	
			BAACBBAADEBAAABDDAACB	689	15.4500	
			ABBCAAEDDBAABDAABCBA	736	14.8500	
			ACBBAADBBAAEBDAABCBA	755	14.5500	
			BAACBBAADEBAAABDDACAB	767	14.2500	
			ABADCBABBAEBAACDABBA	893	13.2500	
ABDABBCAABAEBDABACBA	909	12.3500				
8	API	PI	BBBBCCEDDAAAAAAAABBB	240	124.8500	
			BBEDDAAAAAAAACCB BBB	241	122.9500	
			BBBCEDDAAAAAAAACBBB	270	93.7500	
			CBBBEDDAAAAAAAABBBBC	280	83.7500	
			BBBBAAAAEDDAAAACBBB	288	76.1500	
			AAAABBBCCDDEBBBAAA	308	64.5500	
			CBBBAAAAEDDAAAABBBBC	327	55.1500	
			BBBAAAAEDDCCBBAABBB	352	43.1500	
			AAAEBBBBDDAAACCBBA	353	42.6500	
			AAABBBEDDAAACCBBA	357	41.4500	
			CAAABBBEDDAAAAABBB	358	40.7500	
			BBAAAEDDBBCCAAAAB	374	40.0500	
			AACBBBBAAEDDCBBBAAA	382	34.7500	
			BBCAAAAEBDDAABBCB	384	31.9500	
			CBBAAAEBDDAABBCB	392	30.9500	
			AACBBBAAEDDACBBBAA	434	29.5500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	458	28.2500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	497	26.7500	
			ACBBAAEEDDAAACBBBAA	499	24.2500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	546	24.1500	
			AACBBDDAAABBAEDCBBAA	559	20.1500	
			ABDDAAACBBBAAEDCBBAA	586	19.9500	
			AACBBDDAAABBAEDCBBAA	611	19.0500	
			AACBBDDAABBAEDCBBAA	637	18.7500	
			ADCBBAAABBBAAECDABBA	674	18.6500	
			BAACBBDAABEAABDAACBB	691	17.6500	
			CBAABDDAABBAEDACBBAA	727	17.4500	
			ABCBAABDAABBEDCABBAA	745	16.7500	
			ABBCAABDAABBEACDBBAA	747	15.8500	
			ABACBBDAABBAEDCBBAA	753	15.4500	
ABCBAABDAEBBAACDBBAA	770	14.4500				
ABCBBDDAABEAABDDACBA	808	12.8500				
9	API	API	BBBBAAAAAAEDDCCBBB	236	113.1500	
			BBBCAAAAAAEDDCCBBB	267	102.1500	
			BBBEDDAAAAAAAABCCBB	280	93.7500	
			CBBBBAAAAAAEDDDBBCC	296	84.6500	
			AAAAABBBCCDDEBBBCAAA	339	71.9500	
			BBBBAAAAAEDDCCBBA	352	66.9500	
			CBBAAAAAEBBBDDAAAC	353	51.2500	
			CAAEBBBDDAAAAABBB	354	44.3500	
			BBAAAEDDCBBAAAAACBB	382	42.7500	
			AACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	41.3500	
			BBAAAACBBEDDAAACBB	387	39.1500	
			AAAEBBBCDDAAABBBCAA	393	38.1500	
			AACBBDDAAAAECBBBBA	396	36.4500	
			AACBBDDAAAEBCBBBAAA	422	33.3500	
			BBAAAEDDCBBDDAAACBB	443	30.8500	
			DBBCAAAAEBBBBCAAABD	470	30.7500	
			CABBEAAABBBDDAAAABBC	485	29.0500	
			BBAEDAAACBBDDAAAACBB	495	26.3500	
			AACBBDDAAAEBAACBBAA	499	26.1500	
			DABBCAAAEBBBBCAAABD	501	25.8500	
			BBAACBBAAEDDDBBAAACB	519	25.2500	
			BBAACDEABBBDDAAAACBB	538	24.7500	
			BBDAACBAAEBBBDDAAACB	560	21.4500	
			AACBBEDAAABDDAABBCA	565	20.4500	
			AABBBDDAAAEBBDDAACBA	569	19.9500	
			BAADCBBAAEBBBDDAACB	575	17.5500	
			AABDDACBBAECBBAAABDA	689	16.9500	
			BAADCBAAEBBBAACBDAAB	691	14.8500	
			BAADBCCAEBBAACBBDAAB	713	13.9500	

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
10	API	2-Opt	BBBBAAAAAAEDDCCBBB	236	113.1500					
			AAAABBBBCCBDDEAAAA	284	97.8500					
			BBBAAAAEDDAAAAACBBB	288	80.7500					
			AAAEBBDDCCBBBAAAA	301	69.3500					
			AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.7500					
			CBBBAAAAEDDAAAAABBBBC	327	56.1500					
			AABBBBAAEDDCCBBBAAA	352	44.3500					
			AAEBBBDDAAACCCBBBAA	353	42.6500					
			AAABBBEDDAAACCCBBBAA	357	41.4500					
			BBAAAAEDDCCBBBAAACBB	382	37.3500					
			AAACBBBDDAAAEBCBBAA	384	34.1500					
			AAACBBBDDAAAEBCBBAA	422	32.6500					
			ABBBCAAEDDAAABBBBCAA	436	30.1500					
			AACBBBAAADDEACBBBAA	458	29.2500					
			ACBBBAAEDDAAACBBBAA	473	28.6500					
			AACBBDDAAEBAACBBBAA	499	28.0500					
			ABBAACBDDAAAEBCBBAA	500	24.8500					
			AABBBCAADDEBBAACBBAA	513	22.9500					
			BAACBBAAEDDAAABBBAAACB	550	22.0500					
			AACBBDDAAAEBCCAAABBD	561	21.9500					
			AACBBDDAAAEBCDABBA	569	20.4500					
			BAACBBDEAAABBBDDAAB	577	19.5500					
			AABBBDDAAAEBCDABBA	578	18.9500					
			AABBCBDAAEBCDABBA	599	17.9500					
			ABBAEDCAABBBAAACBBAA	652	17.7500					
			BDAAABBCBAEAAACBBDAAB	661	16.5500					
			ABDABBBCAAEBBCDAABBA	686	15.4500					
			BAACBDABBAEAAACBBDAAB	738	13.1500					
			11	API	3-Opt		BBBBAAAAAAEDDCCBBB	236	113.1500	
							BBBBDAAAAAAAECCBBB	241	104.7500	
							BBBDDAAAAAAAECCBBB	250	102.8500	
							BBBCAAAAAAEDDCCBBB	267	102.1500	
							BBDDAAAAAAAEBCBBBCB	276	98.1500	
							BBBAAAAEDDAAAAACBBB	288	76.1500	
							AAAABBBEDDCCBBBAAAA	305	64.7500	
							AABBBAAEDDCCBBBAAA	352	44.6500	
AAABBBEDDAAACCCBBBAA	357	44.3500								
BBBAAADDECCBBBAAAB	379	43.4500								
AABBBCAAEDDCCBBBAAA	383	41.5500								
AACBBBBDAAAAACBBBAA	387	38.2500								
AAEBBBCAAADDCBBBAAA	399	36.9500								
AAABBBDDDEAAABBBCAA	401	36.3500								
AAEBBBCAAADDBBBBCAAA	421	35.9500								
AAABBCBDDAAAEBCBBAA	423	31.6500								
AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	30.2500								
AACBBBAAEDDAAABBBBCAA	435	28.3500								
ACBBBAAEBDDAAACBBAA	499	25.2500								
AABBBCAAEBDDAAACBBAA	500	24.8500								
ACBBAAEBDDAAACBBBAA	503	23.4500								
AACBBDDAAEBBAAACBBDA	560	18.7500								
AABBCBDAAEBBAAACBBDA	599	17.2500								
AABDDCBAAEBBAAACBBDA	624	16.2500								
AABDDCBAAEBBAAACBBDA	639	15.7500								
BAACBBDAAEBDDAAACBAAB	677	15.6500								
ACBBDAEBBAAEACBBDAAB	738	15.5500								
ACBBDAEBBAAEACBBDAAB	747	15.0500								
ABACBBDAEBAABACBBDA	792	14.9500								
ABCABBDDEAAABDDABACBA	801	14.8500								
ABACBBDDAAEABDDABACBA	854	13.1500								
ABACBBDDAAEABDDABACBA	908	12.2500								
12	API	Or-Opt				BAAAAAAEDDCCBBB	236	222.3500		
						BBBCCEDDAAAAAAABBB	240	112.4500		
						BBBDDEAAAAAAACBBB	245	102.8500		
						CBBDDEAAAAAAABBBBC	284	84.6500		
			BBBCCAAAAEDDAAABBB	289	80.3500					
			BBBAAAAEDDCCAAABBB	314	68.3500					
			BBBAAAAEDDAAAAABBBBC	327	55.1500					
			BBBAAAAEDDCCBBBAAA	352	45.7500					
			DAABBBBCCAAAAEBBD	354	44.7500					
			CAABBBDDDEAAAAABBB	362	40.8500					
			AACBBBAAEDDCCBBBAAA	382	36.3500					
			AAACBBBDDDEAAACBBBAA	391	35.3500					
			AAABBBBDDEAAACBBBAA	430	33.8500					
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	30.2500					
			BDDAAACBBBDECAAAAB	481	30.1500					
			BCBDAABBBDEAAACBB	491	29.1500					
			ACBBAAEBDDACBBBAAA	503	28.6500					
			ABBCAABBEDDAAABBBCAA	505	25.3500					
			BAAACBBBDDEAAABBCAAB	508	24.7500					
			AABBCABBAEDDAAACBBBAA	551	23.5500					
			AACBBDDAAECBBAAABDDA	573	21.4500					
			AABDDCBAAEBDAAACBBBAA	624	20.7500					
			AABDDCAAABBAEDABBCA	638	20.6500					
			DAABBBCAAEBDABBCAAB	681	19.5500					
			AABDDCBAEBDAAABBBCAA	703	18.1500					
			AABDDCBAEBBAAABBBCAA	739	16.6500					
			BAACBEBDAAABDDAACBAA	745	16.4500					
			ABDDCAAABBAEDCABBA	792	15.8500					
			ABBADCBAEBDAAABBCBAA	808	15.1500					
			ABDDCAAABBAEDCABBA	824	14.9500					
			BAADBCBAEBDAAABBCAAB	830	13.2500					
			ABADBCBAEBDAAABBCAAB	946	13.1500					

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	BBBCCEDDAAAAAABBBB	240	112.4500	
			BBBEDDAAAAAAACBBBB	241	101.7500	
			CBBDDAAAAAAAEBBBBC	276	81.8500	
			AAAACCBDDDEBBBAAAA	299	76.5500	
			AAAABBBDDDECCBBBAAAA	312	64.8500	
			AAAABBBCCBDDDEBBBAAAA	338	63.0500	
			AAEBBBBAAAAACBBDDAA	353	50.6500	
			AAABBBCCEDDAAABBBBAA	356	44.2500	
			BBAAAACCBDDDEAAAABBB	361	43.1500	
			BBAAAEDDCBBBAAAAAAB	383	42.2500	
			AAACBBDDDEAAACBBBAA	391	35.3500	
			BCAAAABBEDDAAAAABBCB	427	34.6500	
			AAACBBBBAEDDAAACBBBAA	434	31.2500	
			AAACBBBDDDEAAACBBBAA	467	30.7500	
			AAACBBDDAAEBAAAACBBBA	499	29.9500	
			ABBCAAAAEBBDDAACBBA	500	28.1500	
			ACBBAABDDDEAAACBBBAA	507	25.9500	
			AADCBBBBAAEADACBBBAA	510	25.6500	
			AAACBBBAEBDDAABBCBAA	542	23.3500	
			AABBCBAABEDDAABBCBAA	581	21.8500	
BBAAADCBBEAAABDDAACB	590	18.5500				
ACBDDAABBAAEACBDABBA	689	17.3500				
AAACBBADBAEDABACBABA	918	16.6500				
ADBACBBBAEDABACBABA	995	15.3500				
14	API	IP	AAAAAAEDDCCBBBBBBBA	236	227.1500	
			BBBBCAAAAAAEDDCBBB	267	94.6500	
			AAEDDAABBBBBBCCAAAA	289	88.7500	
			BBBAAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500	
			CBBBBAAAAEDDAAAABBB	327	55.2500	
			BBAAAEDDCCBBBAAAAAB	352	44.5500	
			BBAAAACCBDDDAAAAEBB	353	40.6500	
			BBAAAACCBBEDDAAAAAB	357	40.5500	
			BBAAAACCBDDDEAAAAB	361	40.0500	
			AAACBBBAAEDDCCBBBBAAA	382	36.3500	
			AAACBBDDAAAAEBBBBCAA	384	33.4500	
			BBCAAAEBBDDCAAAAAB	410	33.1500	
			DAAAABBBCCAAAEBBBAAD	421	31.5500	
			BBCAAAABDDDEBCAAAAB	447	30.3500	
			DAABBBBAAAAEBBCCAAD	452	29.5500	
			AAACBBBBAADDEAABBBCAA	459	28.2500	
			DAABBBBAAAAEBBCCBAAD	490	26.4500	
			DACBBAAEBBBAAAACBBD	499	26.1500	
			DABBCAAAEBBAAAACBBD	500	24.6500	
			AABBBCAAEBDDAABBBCAA	501	24.2500	
AABBBCAAEDDBBAAACBBA	520	22.8500				
AABBBCAAEDDABBAACBBA	551	22.3500				
ABBCAAABDDDEBBAACBBA	562	21.0500				
AABBDCAAABBBDEAACBBA	594	20.3500				
AABBCBDEAAABBDAAACBA	607	19.3500				
ADBBCAAAEBBAAAACBBA	612	18.0500				
BAADCBBEAAABDDCBAAAB	654	17.5500				
ABDDAACBAAEBBDAACBBA	676	14.4500				
ABDDAACBAAEBBCCADABBA	744	14.0500				
DABBAACBAEBBAADCBAAB	807	13.8500				
ADBBAACBAEBBAABCADBA	865	13.4500				
15	2-Opt	PI	AAAEDDCCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBEDDAAAAAAACBBBB	241	101.7500	
			BBBEDDAAAAAAABBBCCB	280	94.2500	
			BBBAAAAEDDAAAAACBBB	288	77.1500	
			AAAABBBCCDDEBBBBAAAA	308	72.3500	
			BBBAAAAAEDDCCAAABBB	314	65.4500	
			BBBAAAACCEDDAAAABBB	317	63.4500	
			BBBAAAACCDDEAAAABBB	331	63.3500	
			BBBAAAACEDDAAAAACBBB	347	63.1500	
			BBBAAAAEDDCCBBAAAAAB	352	43.1500	
			AAABBBBCCDDAAAEBBBAA	362	41.3500	
			BBAAAEDDCCBBBAAAACBB	382	37.3500	
			AAACBBBDDAAAAEBBBCA	384	36.9500	
			AAABBBCEDDAAACBBBAA	386	36.2500	
			AAABBBCEDDAAABBBCAA	387	34.4500	
			AAABBCBEDDAAAACBBBAA	426	32.7500	
			AAACBBBBAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AABBBCAAEDDAAABBBCAA	436	28.2500	
			AABBBCAAEDDAAABBBCAA	474	26.7500	
			BAAACBBDDAAEBBAAACB	499	24.5500	
ABBCAAEBBDDAAABBBCAA	501	24.3500				
ACBBAABBDDEAACBBBAA	507	23.3500				
AACBDDAAEBBAAACBDDAA	560	20.7500				
ABBCAAEDDBBAAACBDDAA	581	19.2500				
ACBBAEDABBBAAACBDDA	611	18.2500				
BAACBDAEBBAAACBDDAAB	676	14.8500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	BBBBDDAAAAAAAAACCEBB	266	122.9500	
			CBBDDAAAAAAAAAEBBBC	276	81.8500	
			BBBAAEDDAAAAACBBB	288	79.8500	
			CBBAAEDDAAAAAABBBC	327	75.3500	
			BBBBAAADCCAAAAEBBB	330	66.5500	
			AAAAACBBDDCEBBBAAAA	342	64.8500	
			AAACCBDDDDAAAEBBAA	353	55.7500	
			BBCCAAAAAEBDDAAABB	354	54.7500	
			BEAAAABDDDDAAACCB	368	51.5500	
			BBAAAABDDCCAAAAEBB	379	46.5500	
			AAACBBDDDAAEBBBCAA	384	34.1500	
			AAABCBDDDAAEBBBCAA	423	31.6500	
			ADCBBBAAAAAEBBCBDDA	498	28.3500	
			BAACBBAAEBDDAAACBB	499	25.7500	
			BAAACBBEDDAABBAACB	503	25.6500	
			BAAACBBEDDAABBCAAB	504	24.6500	
			ACBBAAABDDAEABBCAA	508	23.3500	
			AACBBBAEDDABBAACBBA	550	22.3500	
			AACBBDDAAAEBDDACBBA	560	19.4500	
			ABBDCAAAAAEBDDAABCA	625	18.8500	
ABBAACBDAAEBDDAACBBA	676	15.5500				
ABBCAABDAAEBDDAACBBA	677	14.9500				
BAABDCAEBBAAABBCDAB	788	14.0500				
ABDDAACBAEABDDAABCSBA	862	13.4500				
17	2-Opt	2-Opt	AAAAAEDDCCBBBBBAAAA	236	127.7500	
			BBBBDAAAAAAACBBB	241	104.7500	
			AAAAEBBBBBBDDCCAAAA	263	101.3500	
			AAAABBBCBBBDDAAAA	284	84.3500	
			BBBBAAAAEDDAAACBBB	288	76.1500	
			AAAAEBBDDCCBBBAAAA	301	68.3500	
			AAAAEBBDDCCBBBAAAA	305	64.5500	
			DAAAABCCBBBBBAAAAED	327	60.1500	
			CBBBAAADDEAAAAABBC	351	58.2500	
			BBBAAAAEDDCCBBAABBB	352	43.1500	
			BBAACCBDDDDAAAEBB	353	40.6500	
			BBAAAECBBDDAAAAABB	366	40.0500	
			AACBBBAAEDDCCBBBAAA	382	36.3500	
			AACBBDDAAAAAEBBBCAA	384	34.3500	
			AABBCDDAAAAEBBBCAA	393	33.4500	
			CBBAAADDEBBBAAAAABBC	405	32.7500	
			BBAAAEDCBBDDAAACBB	443	30.8500	
			CBBAABDDDEBAAAABBC	454	28.1500	
			CBBAABBEDDAAABBBAC	473	27.5500	
			AACBBBAEDDAAABBBBCAA	474	26.7500	
BAAACBBDDAAEBBAAACB	499	24.5500				
ACBBAAEBDDAABBBBCAA	500	23.6500				
ACBBAAEBDDAABBBBCAA	504	23.4500				
ACBDDAAEBDDAAACBBBAA	560	23.2500				
ACBDDAAEBBBAABDDAA	561	21.8500				
ACBDDAAEBDEAACBBBAA	568	20.6500				
ABBCDAEBBAAACBBDDAA	569	19.1500				
AACBDDAABBAEDCAABBA	637	18.7500				
ABBCAADBBBAEDAACBBA	648	18.6500				
ABBCADABBBBAEDAACBBA	679	15.5500				
AABCDABAABEBDAACBBA	784	14.5500				
BAACBDABAABBAEDCBAAB	791	13.5500				
ABADBCABAABEBDAACBBA	898	12.7500				
BABADACBBAEABDDACBAAB	921	12.5500				
18	2-Opt	3-Opt	BBBBAAAAAAEDDCCBBB	236	113.1500	
			AAACCBDDDDAEDDAAAAA	241	110.9500	
			AAADDEBBBBBBBCCAAAAA	251	106.7500	
			AAEDDDBBBBBBCCAAAAA	258	105.6500	
			BBBBDDEAAAAAACBBB	284	102.1500	
			DAAACBDDDDAEDDAAAAA	288	77.7500	
			AAAABBBDDDEBBBCCAAAA	300	76.8500	
			BBBAAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500	
			DAAAEBBDDCCBBBAAAA	343	59.8500	
			AABBBAAEDDCCBBBAAAA	352	44.6500	
			AAABBEDDAAACBBBAAA	357	44.3500	
			AABBBDEAAACBBBAAAA	361	42.6500	
			AABBBCCAAADDEBBBAAAA	367	41.4500	
			AACBBBAAAAEDDCCBBBAAA	382	34.7500	
			BBCAAAAABDDDECAAAAB	421	34.6500	
			AABBBCEDDAAABCBBA	425	34.3500	
			AAABCBDDDDAACBBBAAA	426	33.2500	
			AABBBEDDAAABBBBCAA	427	32.8500	
			ACBBBAAEDDAAACBBBAAA	434	31.6500	
			AACBBBAEDDAAABBBBCAA	435	28.2500	
AACBBBDDAAABBBBCDAA	457	28.1500				
AABBCBAEDDAAABBBBCAA	474	27.7500				
AACBBBDDAAABBBBCDAA	487	26.1500				
ACBBAAEBDDAACBBBAAA	499	25.5500				
ABBCAAEBDDAACBBBAAA	500	23.1500				
ACBDAABBBBAAEDCBBAAA	559	22.2500				
ACBDDAAEBBAAACBBDDAA	560	20.1500				
ABBCDAAEBBBAADCBBAAA	584	17.6500				
ACBBADEBBBAAABDCBBAAA	637	16.5500				
ABCBADEBBBAAABDCBBAAA	676	15.5500				
ABBCADBBEAAABDCBBAAA	707	15.4500				
BACBAADBBEAAABDCDAB	852	14.2500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
19	2-Opt	Or-Opt	AAAECCBBBBBDDAAAAA	250	105.6500	
			AAAEDDBBBBBBCCAAAA	258	97.8500	
			AAAEDDCBBBBBBCCAAAA	267	94.3500	
			BBBCEDDAAAAAAACBBBB	270	93.7500	
			BBBBAAEDDAAAAACBBBB	288	77.1500	
			AAAABEBDDCCBBBBBAAAA	301	76.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBAAAEDDCCAAAAABBBB	314	63.1500	
			CBBAEAEDDAAAAABBBBC	327	56.1500	
			AABBBAAAEDDCCBBBAAA	352	44.3500	
			AAAEBBBDDAAACCCBBBAA	353	42.6500	
			AAACBBBBBAAEDDCCBBBAA	382	38.8500	
			AAABBBBCEDDAAAAABBBCA	387	36.6500	
			AACBBBEDDAAAAABBBBCAA	388	34.3500	
			AAACBBBDDAAAECCBBBAA	396	34.1500	
			AABCBBEDDAAAAABBBBCAA	427	32.8500	
			AABBBBCAEDDAAACBBBAA	435	31.3500	
			AABBBCAEDDAAABBBBCAA	436	29.2500	
			AACBBBBAADDEAAABBBBCA	459	28.6500	
			ACBBAABEBBDDAACBBBAA	499	25.3500	
			ACBBAABEBDDAACBBBAA	528	24.4500	
			AACBBBAADDBEAACBBBAA	550	24.2500	
			BBAAADCBBDAAEBAACB	575	22.4500	
			AABBBDDAAEDBBAAABBCA	590	21.4500	
			AABDDCAAAACBBAAEBBDA	624	20.4500	
			ACBBAAEEDBBAACDABBBAA	666	19.9500	
			AABDDCBAEAAAABDCBBBA	703	19.7500	
			AABDDCBAABEBCBAABBDAA	706	16.2500	
			ABBDACBAABEBCBAABBDAA	758	15.1500	
			BAABDCBAABEBDBAACAB	791	14.7500	
BADAABCABEBAABBDACAB	891	14.4500				
BAABDDCAAAEABDABCBAA	910	13.3500				
20	2-Opt	Double-bridge	BBBBBAAAAAAEDDCCBBB	236	125.1500	
			BBEDDAAAAAAACCCBBBBB	241	122.9500	
			BBCCDDAAAAAAAEBBBBB	246	104.7500	
			CBBBDDAAAAAAAEBBBC	276	83.7500	
			BBBAAEDDAAAAACCCBBB	288	79.8500	
			AAABBBEDDCCBBBBAAAAA	305	73.1500	
			BBBAAAACDDAAAAEBBBBB	323	69.5500	
			DCBBBAAAAAAAEBBBBBCD	340	69.1500	
			CBBBBAADDDAAAAEBBBC	343	66.9500	
			BBBAAAEDDCCBBBAAAAA	352	45.7500	
			AAABBBEDDAAACCCBBBAA	357	41.4500	
			AAACBBBEDDAAACCCBBBAA	387	35.2500	
			AABBBEDAAACCCBBBDAAA	418	34.7500	
			AACBBDDAAAAEBBBBBCAAA	423	34.3500	
			AACBBBAEDDAAACCCBBBAA	434	32.2500	
			AACBBBAADDAEABBBBCAA	451	30.2500	
			AACBBBAAADDAEABBBBCAA	489	28.6500	
			BBAAACBDDAEABBBAAACB	499	28.1500	
			BCAAAEBBDDAAACBBBAAB	500	26.1500	
			BBAAACBDDAEABBBAAACB	507	25.2500	
			BAAABCBDDEAABBBCAAB	547	24.9500	
			AACBBBAADDAEABBAABBCA	567	23.2500	
			DAEBAACBBAAABBCAABD	616	22.0500	
			AACBDDAABBEAACDDBBAA	630	19.8500	
			DAACBBBAEBCAABBDAAAB	677	19.4500	
			DABBAAEBCAABBCBBAAAD	683	18.3500	
			AACBDDAABBEAACDDBBAA	746	18.1500	
			BDAABCABBAAACBEAADABB	759	17.5500	
			BDAABCABBAAACBEAADABB	808	14.6500	
			21	2-Opt	IP	
DAAAACCCBBBBBBBAAAAED	288	74.1500				
AAAABBBBDDCCBBBAAAAA	301	68.3500				
AAAABBBEDDCCBBBBAAAAA	305	64.5500				
BBBAAAEDDCCAAAAABBBB	314	63.1500				
CBBBBAAAEDDAAAAABBBBC	327	55.2500				
BBBAAAEDDCCBBBAAAAAB	352	43.1500				
CBBBBAAAADDEBBBBAAC	366	40.7500				
AACBBBAAAEDDCCBBBAAA	382	34.7500				
AACBBBEDDAAAAABBBBCAA	388	34.3500				
AAABBCBEDDAAABBBBCAA	427	32.7500				
AACBBBBAEDDAAACBBBAA	434	28.3500				
AACBBBAAEDDAAABBBBCAA	435	28.2500				
AACBBBAEDDAAABBCBBAA	473	26.7500				
ACBBAAEEDDAAACBBBAA	499	23.6500				
AACBBBAADDEBBAAACBBA	512	22.9500				
AACBBBAEDDDBBAAACBBA	519	22.8500				
BAACBBAAEDDABBBAAACB	550	21.0500				
BAACBBDAAAEBBDDAAACB	560	18.0500				
AABBCBDAAAEBBDDAACBBA	599	16.8500				
BAACBBDAAAEBBDDAACBBA	676	15.1500				
ABCBBDAAAEBBDDAACBBA	677	14.8500				
BAACBBDAAEBAABCDAAAB	685	13.9500				
BAABCDAAABBEAADBCBAAB	775	13.4500				
ACBDABBAEABACDABBA	878	13.0500				
BAADBCBAEABABAADCBBAA	882	12.8500				
BAADBCBAEABACADBBAA	981	11.8500				
BAADBCBAEABABADCBAA	983	11.4500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
22	3-Opt	PI	AAAEDDCBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBBAAAAAAEEDDCBBB	267	94.6500	
			BBBAAAAEDDAAAACBBB	288	80.7500	
			AAAABBBEDDCBBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBBAAAAEEDCCEAAAABBB	314	63.3500	
			BBBBAAAAEDDAAAABBBBC	327	56.1500	
			AABBBBAAEEDDCBBBAAA	352	44.3500	
			BBAAAAACBBDDAAAEBB	353	40.6500	
			BBAAAAACBBEDDAAAABB	357	40.5500	
			BBAAAAACBBDDAAAABB	361	40.0500	
			BBAAAAEDDCBBBAAAACBB	382	37.3500	
			AACBBBDDAAAEBBBCAA	384	34.3500	
			BBAAAAECBBDDAAAACBB	396	33.8500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBAAEDDAAACBBBAA	458	28.2500	
			CBBAAEEDDAAAABBBAAAC	469	27.7500	
			ACBBBAAEDDAAABCBBA	473	27.1500	
			AABBCBBAADDEAACBBBAA	497	26.7500	
			ACBBAAEEDDAAACBBBAA	499	23.6500	
			AACBDDAAEBBBAACBDDAA	560	20.7500	
			ABBAEDCBBAAEEDBBBCAA	596	19.8500	
			ABBAEDCAABBBAAACBDDAA	637	19.3500	
AABBCBDAEAABDDAACBBA	661	16.1500				
ABCDAAABBEAABDAABBCA	701	15.9500				
AABBCDAABBAEDBAABBCA	706	15.7500				
ABBACDABBAEEDBAABBCA	783	13.9500				
23	3-Opt	API	EBBBBBBCCDDAAAAAAA	246	281.7500	
			DAAAAAAACBBBBBBBCED	270	199.7500	
			AEBBBBBBCCBDDAAAAAAA	276	193.8500	
			AAAABBBCCBBBBDAAAAA	280	85.2500	
			AAACBBBDDDEBBBAAAAA	299	84.1500	
			AAAABBBDDDEBBBCCAAAA	300	78.3500	
			AAABBBCCDDEBBBAAAAA	308	73.7500	
			AAAABBBCCEDDDBBAAAAA	325	64.8500	
			AAEBBBCCAAAABBBDDAA	354	47.9500	
			AABBBCCAAEDDBBBBAAA	374	41.7500	
			AAACBBBDDAAAEEBBCCA	384	34.1500	
			BBCAAAAEDDBBBAACBB	404	33.4500	
			BBAAAAACBDDDEBBAAAAACB	445	31.5500	
			BBCAAAAEBBDDAAACAABB	462	29.7500	
			CBBAAADBBBEDAAAABBC	493	27.1500	
			BAAACBBDDAAEBCAABB	500	25.5500	
			ACBBAABBEDDAAACBBBA	503	25.3500	
			BAAACBBDDAAEBCAABB	539	25.0500	
			AACBDDAEBBAACBDDAA	560	20.7500	
			BAACBDDAAABBEDAAACBB	564	19.4500	
			ABBDDAAABBEAACBDDAA	584	19.1500	
			BAACBDDAAABBEDCAABB	590	18.2500	
ABBDDAAABBEAACBDDAA	638	17.7500				
ABBDDAAABBEAACDBBA	639	17.6500				
BAACBDDAAABBEDACAABB	642	17.2500				
BDAACBBAAEBBAACBDAB	676	15.1500				
BAADBBCAAEBBAACBDAB	784	14.3500				
ABBACEDABABAABDCBABA	936	13.9500				
24	3-Opt	2-Opt	BBCCEDDAAAAAABBBB	240	124.2500	
			BBBBDAAAAAABBBB	241	104.7500	
			AAAAABBCBBBBDAAAA	280	92.7500	
			BBBAAAAEDDAAAACBBB	288	85.7500	
			BBBCCAAAEDDAAAABBB	289	76.2500	
			BBBCCAAAADDEAAAABBB	313	76.1500	
			BBBAAAAACEDDAAAABBB	317	63.4500	
			CBBBAAAAEDDAAAABBB	327	56.4500	
			CBBBAAAAEDDAAAABBB	351	56.1500	
			AABBBAAEEDDCBBBAAA	352	44.6500	
			AAABBBCCEDDAAAABBBBAA	356	44.2500	
			AABBBCCDDAAAABBBBAA	377	43.1500	
			BBAAAAEBDDCCAAAABBB	379	42.3500	
			BBAAAAEDDCBBBAAAACB	382	38.5500	
			AACBBDDAAAEBBBCCA	384	35.8500	
			AABBBCEDDAAAABBBBAAA	387	34.3500	
			DAAEBBBAAAACBBBAAD	420	34.2500	
			DAABBBCCAAAEBBBBAAD	421	33.9500	
			AABBBCEDDAAAABBBBAAA	425	32.8500	
			AACBBBAAEDDAAAABBBBAAA	435	28.2500	
			CAABBBAAEDDAAAABBBBAAA	482	27.8500	
			CAABBBAAEDDAAAABBBBAAA	483	27.5500	
AABCBBAAEDDAAAABBBBAAA	498	26.8500				
AACBBDDAAAEBBBAACBAA	499	26.5500				
ACBBAABBBEDDAAACBBBAA	503	23.4500				
ACBBAABBBDDAAACBBBAA	507	23.3500				
BBAAAEEDCBAABBBDDAACB	559	21.6500				
AABBCEDAABBBDAACBBAA	563	21.0500				
ABBCDAAAEBBDDAACBBAA	569	19.8500				
ABBCAADAEBBDDAACBBAA	628	19.2500				
BBAAACEDAABBBAAACBDAB	640	19.1500				
AACBDDAABAEEDDAAACBBAA	676	17.7500				
BAACBDAABBBCAAEBDAAB	677	16.4500				
BDAACBBAAEEDDAAACBDAB	685	15.8500				
BAADBECBAABBDAAACBAA	862	15.7500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	AEDDCBBBBBBBAAAAAA BBEDDAAAAAAAAACBBB AAAACBBBBBBBCEDDAAA CBEDDAAAAAAAAABBBBC BBBDEAAAAAAAAABCCBB DAAACBBBBBBBAAAAAED BBCCAAAAEDDAAAAABBB BBBCCAAAEDDAAAACBBB AABBBAAAEDDCCBBBAA BBCCAAAAEBDDAAAABBB BBAAAABCCEDDAAAABBB BBAAAABCCDDAAAABBB ACBBBAAAEDDCCBBBAAA AABBCEDDAAAABBBCAA BBAAAABBBEDDAAAACBB BBAAAABBBDEAAAACBB CBAAAABBBDDAAAABBC AAACBBBDDAAAEBBCBAA AACBBBAEDDAAAACBBBAA BBAAAACBDDEBBAACBB AACBBDDAAAEDBBBCAA ACBBBAAAEDDAAACBBBAA AABBBCAAEDDAAACBBBAA BAACBBDDAAAABBBCAEB BCAAAABEDDAAAABBBCAAB AABBBCAAEDDDBAAABBCA ABDDAACBBAAAEDCBBBAA ABDDCAAEBAABDCBBA BDAABBCBAAABDCAABB BBAAADCEABBBACBDAAB BBAAACBDAEABBAACBDAAB BAABBDCAAEBBAACBDAAB ABDDAACBBAAEACBBADBA	236 241 270 280 284 288 289 319 352 354 356 370 382 387 388 392 396 422 434 445 465 473 474 500 505 521 559 650 654 666 676 702 774	171.3500 101.7500 99.7500 97.2500 94.8500 77.7500 76.2500 65.2500 54.5500 52.8500 43.4500 43.1500 36.7500 34.3500 33.7500 33.4500 32.7500 32.6500 31.2500 30.4500 29.8500 28.6500 28.2500 27.7500 24.7500 23.3500 19.2500 19.1500 18.4500 17.8500 15.9500 14.9500 14.1500	
26	3-Opt	Or-Opt	AAAEDDCBBBBBBBAAAAA AAACCCBBBBBBDDAAAAA AAAEDDCBBBBBBBCAAAAA AAABBBBCCBBDDAAAAA DAAACCCBBBBBBBAAAAAED AAABBBDDCCBBBBAAAAA AAAABBBEDDCCBBBBAAAAA BBAAAAAEDDCCBBAABBB BBAAAAAEDDCCBBAABBB AACBBBAAAEDDCCBBBAAA BBAAAAAEBBDDAAAACBB CBAAAAAEBBDDAAAABBC AABBBCADDEAAAABBBCAA ACBBAAEBDDAAACBBBA BAACBBDDAAAEBBAACBA ACBBDEAAABBBCAAABDDA BAACBBDDAAEDBBAAACB ACBBDEAAABBBCAAADBBAA AABDDCAAABBBADCCBBAA ACBBDDAAABEDBAAACBBA ABBCDAAAABBEDABBCABA BAABCDDEBBAAAACBBADAB ABDDAABEABCCABBADAAB BAACDABBEBAABBAABDCA BABCDABABAEDABBAABC ABACBAABEDABDDAABACAB ABADCBABEBBAABDAABCAB	236 250 267 276 288 301 305 314 352 382 384 392 460 499 500 569 580 605 612 649 690 698 845 857 891 913 924	109.1500 105.6500 98.6500 93.6500 77.7500 76.1500 64.5500 63.1500 43.1500 34.7500 31.9500 30.9500 29.5500 25.5500 25.2500 22.4500 22.1500 21.9500 21.8500 21.4500 19.1500 18.7500 18.3500 18.2500 17.1500 16.2500 13.6500	
27	3-Opt	Double-bridge	AAAAABBBBBBBBCEDDAAA BBEDDAAAAAAAAACBBB BBBDDAAAAAAAAABCCBB BBEDDAAAAAAAAABCCBB BBBBAAAAEDDAAAACBBB BBBCAAAAEDDAAAACBBB CBBBAAAAEDDAAAABBBBC BBAAAAAEDDCCBAAAABBB AABBBCCEDDAAAABBBBAA BBAAAAAEDDCCBAAAACBB AAABBBCCEDDAAAACBBBAA AABBBCCDDAAAABBBCAA AACBBBAAAAADDEBBBCAA AABBBCAEDDAAAACBBBAA AACBBBEEAADDAABBBCA BAABBAEDDCCBAAAACBB AABBBCCEDDAAABBAACBBA ACBBAABDDDEAAAABBBCA ACBBBAAEDDAAABBAABBCA ABBCEDAABBAACBBDDAA ABBCDAAAABBEAAABBCDA ABDDAACBAEBCAAABBBDA ABCBAAABDDAABCADABBA BAABDABCABBAEACBDAAB	240 241 276 280 288 319 327 352 356 382 386 393 397 435 466 498 502 508 551 563 593 677 767 806	110.2500 101.7500 97.6500 93.7500 76.1500 65.1500 55.1500 48.9500 48.2500 39.4500 37.4500 37.3500 34.3500 32.2500 30.8500 30.2500 28.9500 26.3500 24.2500 22.7500 19.5500 17.8500 17.0500 14.5500	

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
28	3-Opt	IP	ACCBBBBBBEDDAAAAAA	241	195.9500					
			AAAADDECBBBBBBAAAA	263	109.2500					
			AAAABBBCBBBBDDAAAA	276	81.3500					
			DAAACBBBBBBAAAAAED	288	77.7500					
			DAAAABBBCCBBBBAAAAED	327	58.1500					
			BBAAAAEDDCCBBBBAAAAAB	352	44.5500					
			BBAAAAACBBDDAAAAEAB	353	40.6500					
			BBAAAAACBBEDDAAAAAB	357	40.5500					
			BBAAAAACBBDDDEAAAAAB	361	40.0500					
			BBAAAAEDDCCBBBAAAAAB	383	38.5500					
			BBCAAAAEBBDDAAAAACBB	384	31.9500					
			BCBAAAAEBBDDAAAAACBB	422	30.9500					
			AACBBBBDAAAAEDCBBBAA	443	28.4500					
			AABBCCBDDAAAAEDCBBBAA	482	26.9500					
			BDAAACBBBBAAEDAAACBB	495	25.6500					
			BAAACBDDAAEBBCCAAB	500	24.7500					
			BAAACBBEDDAABBBAAACB	503	24.5500					
			BCAAABEBDDAABBBAAACB	504	23.9500					
			ACBBAAAEDDABBCCAABBA	551	23.3500					
			BCAABBAEEDDABBCCAAB	552	22.6500					
			ABDDAACBBBAAEDCBBBAA	559	19.3500					
			AACBBDDAAAEBDDAACBBA	560	18.3500					
			ABDDAACBBAAEDACBBBAA	611	17.4500					
			BDAAACBBBAEACBDDAAB	622	17.0500					
			BDAAACBBBAEABBCDAAAB	631	16.5500					
			ABDDAACBBBAEDABCBBAA	650	15.9500					
			ABDDAACBBBAEEDAABBCA	677	14.2500					
			ACBBAADBBAAEBDAABCB	751	13.7500					
			ABCDABABBAEEDAABCB	840	12.8500					
			29	Or-Opt	PI		AAAAAAEDDCCBBBBBBBA	236	227.1500	
AAAADDEBBBBBBBCCAAAA	251	98.7500								
BBBAAEDDAAAAAACBBB	288	79.8500								
AAAEBBDDCCBBBBAAAAA	301	76.1500								
AAABBBEDDCCBBBBAAAAA	305	75.9500								
BBBAAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500								
BBBAAAAEDDCCBBAAAAAB	352	43.1500								
AACBBBBBAAAAEDDCBBAA	382	42.4500								
BBCAAAAEBBDDAAAAACBB	384	31.9500								
BCBAAAAEBBDDAAAAACBB	422	30.9500								
AACBBBAEDDAAAAABBBCAA	435	29.2500								
ACBBBAEEDAAACBBBDDAA	495	27.8500								
AACBBBAEEDDAAACBBBAA	499	24.2500								
BAACBBAAADDEBBBAAACB	512	24.0500								
ACBDAABBBAAEDCBBBAA	559	21.2500								
ACBDDAAEBBCCAABBBDA	561	21.1500								
BCAAABBBADDEAABBCAAB	576	21.0500								
BAABBCAAEBDDAABBCAAB	617	19.3500								
AACBBBADAABEBAACBDDA	627	19.2500								
BAACBBDAABEBBCDAAAB	638	18.0500								
BAACBBDAABECBDDAAAB	642	17.5500								
ABDDAACBAAEBBAACBDDA	676	15.5500								
BCAABDAABEBBAADCBAAB	761	13.9500								
BAADCBAABEBBAADCBAAB	775	13.4500								
ABBACDAABEBBAADCBAAB	846	13.0500								
30	Or-Opt	API				BBCCEDDAAAAAAABBBB	240	124.2500		
						BBBBAAAAAAADDECBBB	263	112.4500		
						AAAACCEBBBBBBDDAAAA	266	98.7500		
						AAAEEDDCCBBBBBBAAAAA	267	98.6500		
						AAAACBBBBBBBCEDDAAAA	270	95.2500		
			CBBBDDAAAAAAABBBBC	280	83.7500					
			CBBBDDAAAAAAABBBBC	305	83.1500					
			BBBBAADDEAAAAACBBB	312	82.7500					
			BBBAAAEDDAAAAACBBB	319	66.1500					
			CBBBAAAEDDAAAAABBBBC	327	56.1500					
			AACBBBBBAAAAEBBDDAA	353	54.9500					
			AAABBBEDDAAACBBBBA	357	43.5500					
			AAABBBCEDDAAACBBBAA	386	36.2500					
			AABBBCEDDAAABBCBBAA	425	32.8500					
			ACBBBAEEDDAAABBBCAA	435	28.6500					
			AACBBBAADDEAABBBCAA	459	28.3500					
			AACBBBAADDEAABBCBBAA	497	26.8500					
			BAAABBCEDDAAABBCAAAB	503	26.0500					
			BAAACBBEDDAAABBCAAAB	504	25.5500					
			BCAAABEBDDAABBCAAAB	505	24.9500					
			AABBBCEAAABDDAACBBA	513	24.2500					
			ACBBDDAAABBEDAACBBA	564	22.8500					
			DAACBBAAEBBBAACBBAD	566	22.5500					
			ABBCDAAABBAEDCBBBAA	568	20.1500					
			AABDDCBAEBAACBBBDA	624	19.8500					
			DBAACBAAEBBBAACBBAD	651	19.0500					
			BAAEDCBBAAABBAACBDAB	675	18.4500					
			BDAACBAAEBBBAADCBAAB	691	15.8500					
			AABDDCBAEEDAABBCAAB	741	15.6500					
			BBAADCBAEBAADCBAAB	755	14.4500					
AABDDCBAEBAADCBAAB	804	13.5500								

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
31	Or-Opt	2-Opt	AAACCB BBBBBDDEAAAAA	245	110.2500	
			AAAEBBBBCCBBBDDAAAAA	276	92.1500	
			AAAABBBCCBBBBDDEAAAA	280	85.2500	
			AAAABBBCCBBBBDDEAAAA	284	84.3500	
			AAAAAE BBBDDCCBBBBA	301	82.7500	
			AAAABBEDDCCBBBBA	305	71.7500	
			BBBBAAAEDDCCAAAABBB	314	63.3500	
			CBBAAAAE DDAABBBBC	327	55.1500	
			BBAAAEDDCCBBBAAAB	352	44.5500	
			AAABBBCCEDDAABBBBA	356	44.2500	
			CAABBBBEDDAAAABBB	358	40.7500	
			AAACBBBBAAE DDCBBBA	382	38.8500	
			AACBBBDDAAAAEBBCCA	384	34.3500	
			AACBBBDDAAAAEBCBBA	422	32.8500	
			AACBBBAEDDAACBBBA	434	31.2500	
			AACBBBAEDDAABBBCA	435	28.2500	
			CBAAAEBBDDAAAABBAAC	469	28.1500	
			AACBBBAEDDAABBBBA	473	26.7500	
			BAACBBDDAAAE BBAACB	499	24.6500	
			AABDDAAEBBCCAABBBDA	531	24.2500	
			AABDEAAEBBCCAABBBDA	539	23.3500	
			BCAABBAEDDAABBBCA	552	22.8500	
			BBAACBDAAE BDDAACBB	560	21.7500	
			AADCBBBAEBBCAAABDDA	576	21.4500	
			ABDDAAEBBCCAACBBDA	599	20.5500	
			BDAAACBBEACBDAAAB	614	19.7500	
			BAABDCBAAEBBCEDAAAB	627	17.9500	
			AABDDCBAAE BCAAADBB	661	16.9500	
			ABBADCBAAEBBAAACBDA	691	14.7500	
			BCAABDDAAEBBAADCBAA	692	14.4500	
			ABBADCBAAEBBAAACBDA	807	13.8500	
BAACBABDEBAACBADBA	890	13.6500				
32	Or-Opt	3-Opt	BBBAAAAAAAE DDCBBB	236	125.3500	
			BBCCEDDAAAAAAABBB	240	124.2500	
			BBEDDAAAAAAACCB	241	101.7500	
			BBBDDAAAAAAAEBC	276	100.3500	
			BBBEDDAAAAAAABCC	280	93.7500	
			BBBAEDDAAAAAAAC	288	90.3500	
			BBBCCAAAEDDAAAAB	289	76.2500	
			AAAABBBBEDDCCBB	305	64.7500	
			AAAABBBCCDDEBB	308	64.5500	
			CBBBAAAAEDDAAAAB	327	55.2500	
			ABBBAAAAEDDCCBB	352	45.5500	
			CAABBBBDDDEAAAA	362	43.7500	
			BBAAAEDDCCBBBA	382	37.3500	
			AAABBBCCEDDAAA	387	36.6500	
			CBBAABBBEDDAAA	396	34.4500	
			AAABBCBEDDAAA	427	32.7500	
			AABBCAEDDAAA	436	29.2500	
			AADCBBBAAAAEBBC	468	28.9500	
			AADCBBBAAAAEC	472	27.4500	
			ACBBAAAE BDDAAC	499	24.6500	
			ACBBAABBDDEAAC	507	23.3500	
			AABBCBEAAABDDAAC	553	22.7500	
			ACBDDAAABBBEDA	565	19.7500	
			AABBCDAABBBEA	593	19.6500	
			ADACBBBAAEBBDA	628	19.5500	
			ACBDDAAABBBEAC	653	17.9500	
			BDAAABBCAAEBBDA	677	16.9500	
			DABBCAAABBEAC	759	16.5500	
			ACBBADAEBBAAAD	780	15.6500	
			BAACBBADABBEA	795	14.6500	
			BCAABDABEAABBC	817	13.0500	
33	Or-Opt	Or-Opt	AAAAEDDCCBBB	236	127.7500	
			AAAABBBBCCEDDAAA	240	109.2500	
			AAAACCB BBBBBDDEAAA	241	98.7500	
			AAAACBB BBBBCCEDDAAA	270	95.2500	
			BBBAAAAAE DDAAC	288	86.4500	
			BBBCCAAAEDDAAA	289	76.2500	
			BBBCCAAAADDEAAAA	313	76.1500	
			BBBAAAAEDDCCAAA	314	63.1500	
			CBBBAAAAEDDAAA	327	55.2500	
			CBBBAAAAADDEAAAA	351	55.1500	
			ABBBAAAAEDDCC	352	49.7500	
			DAAAE B B B C C A A A A B B D	354	44.3500	
			AABBBEDDAAAAC	357	42.7500	
			BBAAAADDCBBBAA	368	42.1500	
			ACBBAAAAEDDCCBB	382	36.7500	
			AABBBCAAEDDCCBB	383	36.3500	
			AACBBDDAAAAEBB	384	33.4500	
			CBBAABBBDDDEAAA	400	32.4500	
			AABCBBDDAAAAE	461	31.9500	
			BBCDAAAEBBAAAD	468	30.5500	
			CABBAABBBDDAAA	478	29.9500	
			BCAABDDAAEBBAA	500	28.0500	
			ABBAACBBDDAAC	507	25.8500	
			AABBBCE D A A A B B D A A C B A	563	21.5500	
			AACBBDAE B B D A A A C B A	661	19.4500	
			BDAAACB BEA A B D A A C B	668	18.6500	
			BDABCAABBADEA	753	17.4500	
			ABCBADBAEBBA	867	12.7500	

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
34	Or-Opt	Double-bridge	AAAABBBBBBCCEDDAAAA	240	109.2500	
			AAAABBBBBBCCDAAAAA	246	101.3500	
			AAAADDEBBBBBCCAAAA	251	98.7500	
			AAAACBBBBBCCEDDAAAA	270	95.2500	
			AAAABBBCCBBBBEDDAAAA	280	86.7500	
			AAAABBBBBDCCBBAAAA	305	72.3500	
			BBBAAAAACCEDDAAABBBB	317	68.4500	
			CBBBBAAAEDDAAAABBBB	327	55.2500	
			CBBBBAAAADDEAAAABBBB	351	55.1500	
			AAABBBBAEDDCBBBAAAA	352	54.0500	
			AAEBBBAAACCBBDAAAA	353	50.5500	
			AABBBEDDAAACCBBBBAAA	357	41.9500	
			BAAACBBBDDEAAAAACBBB	391	38.8500	
			BCAAAABBDDEAAAAACBBB	392	38.2500	
			CBBAAAAABBBEDDAAABBB	396	35.3500	
			AACBBBAEDDAAABBBBCAA	435	29.2500	
			AACBBBAEDDCBAABBBAA	498	28.9500	
			AABBBCAAEBDDAACBBBAA	500	24.2500	
			AABCBBAABDDAACBBBAA	546	23.2500	
			AABBBDDAAEBDAACBBBAA	569	21.3500	
			AACBBBAEDDBAACBBBAA	612	20.8500	
			AABBBDDCAAEBAAACBBDDAA	625	19.3500	
			ABBCDAAEBBAACBDDAABA	685	18.1500	
			AABCDDBBAABBEAACBBDDA	747	17.1500	
ABCDDBAAABBEAACBBDDA	770	16.3500				
ABACDBBAABBEAACBBDDA	824	15.3500				
ABCADDBBAABBEAACBBDDA	829	14.2500				
ABBDACBAAEBDDAACBBAB	870	14.1500				
BABADABCBAABEADCABBA	1006	13.9500				
35	Or-Opt	IP	BBBCCEDDAAAAAAAAABBBB	240	112.4500	
			BBBEDDAAAAAAAAACBBB	241	101.7500	
			BBBAAAAEDDAAAACBBB	288	76.1500	
			BBBAAAAACCEDDAAABBB	317	65.3500	
			BBBAAAAEDDAAAACBBB	319	65.1500	
			CBBBBAAAEDDAAAABBBB	327	55.2500	
			BBBAAAAEDDCBBAAAAAB	352	43.1500	
			AAABBBBEDDAAACCBBA	357	41.4500	
			CAAABBBBEDDAAAABBBB	358	40.7500	
			AACBBBBAEAEDDCBBBAAA	382	34.7500	
			AACBBBBAEAADDEBBBCAA	397	34.3500	
			AABBCBBAEAEDDCBBBAAA	421	33.2500	
			AAABBCBEDDAAACBBBAA	426	32.7500	
			AACBBBBAEDDAAACBBBAA	434	28.3500	
			AABBBCAAEDDAAABBBCAA	436	28.2500	
			AACBBBBAEDDAAABBBCAA	473	26.7500	
			BDAACBBBBAEDDAAACBB	495	25.6500	
			ACBBAABBBEDDAAACBBBAA	503	23.4500	
			AACBBBBAEDDAAABBBCAA	550	22.3500	
			BAACBBBBAEDDAAABBBCAA	551	21.9500	
			BDAACBBBBAEDDAAABBBCAA	559	20.4500	
			AABBDACBBAAEBBCBDDAA	599	19.3500	
			ABBCAAABDEBBCAAABDDA	624	19.0500	
			AABBDACBBAAEBBCBDDAA	625	18.9500	
ABBDAAECBBAAABDDCBAA	637	17.2500				
BCAABDEBBAAABCBDAAB	662	16.2500				
BDAABCBAEAEBDDCBAAAB	725	16.1500				
BAADBCBAEAABACBEDAAB	755	15.8500				
AABBDACBBAAEBBCBDDAA	756	15.5500				
ABBAACDABEAABBCBAABDA	801	15.3500				
ACBBAADBEAABBAADBCBA	802	14.3500				
ABBAACDABEAABBCAABDDA	848	13.2500				
ABABCDDBAEEAABBCAABDDA	918	12.8500				
36	Double-bridge	PI	AAAEDDCBBBBAABAAAA	236	108.3500	
			BBBBAEAEDDAAAACBBB	288	77.1500	
			AAAEBBDDCCBBBAAAAA	301	76.1500	
			AAAABBBEDDCBBBAAAAA	305	64.5500	
			CBBBAEAEDDAAAABBBB	327	56.1500	
			BBBAAAAEDDCBBBAAAAA	352	44.5500	
			AAEBBDDAAACCBBBBAAA	353	43.1500	
			AABBBEDDAAACCBBBBAAA	357	41.9500	
			BBBAAAAEDDAAAABBBB	367	40.5500	
			AAACBBBEDDAAACCBBBAA	387	35.2500	
			AACBBBEDDAAAABBBBCAA	388	34.3500	
			AABBBDDAAAABBCBBBAA	431	33.4500	
			ACBBBAAEDDAAACBBBAA	434	31.6500	
			AACBBBAEDDAAABBBBCAA	435	29.2500	
			AACBBBAEDDAAABBBBCAA	459	28.3500	
			BDAACBBBBAEAEDDAAACBB	495	26.1500	
			BAAACBBDDAAEBBBAACB	499	24.1500	
			ABBAEDDCBBBAAACBBDDA	559	21.9500	
			BBDAAEBCBAAACBBDDAAB	561	21.6500	
			BCAAADEBBBAAACBBDDAAB	574	20.4500	
			ABBAEDDCBAAACBBDDAA	612	19.8500	
			AACBBDDAAEBAAACBBDDA	627	19.5500	
			ADCBBAAEBBBAADACBBA	642	18.5500	
			ABBADCAAEBBBAACBBDDA	653	16.6500	
BCAABDDAAEBAAACBBDDAAB	677	14.9500				
BAACDABBAEBAABDDAACB	762	14.6500				
ABCADABBBAAEBDDCAAB	832	14.2500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	BBBBBEDDAAAAAACCB	241	131.9500	
			BDDAAAAAAAEBBBCBB	276	116.1500	
			BBBBEDDAAAAAAABCBB	280	102.2500	
			BBBBBAAAAAEDDAACCB	288	96.9500	
			BBBBDDAAAAEAAAACBBB	299	93.8500	
			CBBAAAAAAAEBBBBDDC	301	92.1500	
			CBEBDDAAAAAAACBBBB	310	90.2500	
			BBBCAAEDDAAAAACBBBB	319	66.1500	
			AAAEBBBBDDAACCBBA	353	42.6500	
			BBBAAAEDDCBBBAAACB	382	40.6500	
			AAACBBBBDDAAAEBBBCAA	384	34.1500	
			AABCBBBAAAEDDCBBBAAA	421	33.2500	
			AACBBBBBAAAEDDACBBBAA	434	29.5500	
			ACBBBAAAEDDAABCBBA	473	27.1500	
			ACBBBAAEBDDAACBBBAA	499	24.6500	
			AABBCCAEBDDAACBBBAA	500	24.2500	
			AABBCBAEBDDAACBBBAA	538	22.7500	
			BAAAEDCBBBAAABCDAA	568	21.6500	
			ABDDAACBBAAECBBDDAA	573	19.2500	
			BDAAAABBCEAAABBCDAA	583	19.0500	
BDAACBBBAEAAABBCDAA	631	18.6500				
AABBCBAEDABDDAACBBA	650	17.7500				
BAABCDEAABBBAAADCA	670	17.3500				
AABBCDEBAABDDAACBBA	685	15.2500				
ABDDAACBAEBBAADCBBA	691	14.4500				
ABDDAACBAEBBAADCBBA	769	12.9500				
BABDAACBAEBBAADCBBA	807	12.8500				
38	Double-bridge	2-Opt	AAAAAEDDCCBBBBBBBAA	236	167.3500	
			AAAAEBBBBBBCCDDAAA	246	106.7500	
			BBBAAAEDDAAAAACBBB	288	80.7500	
			BBBCCAAAAEEDDAAABBB	289	80.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBBBAAA	305	64.5500	
			BBBAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500	
			CBBBBAAAADDAAAEBBBC	343	61.3500	
			CBBBBAAAADDEAAAABBC	351	55.1500	
			BBBAAAEDDCCBBAAAA	352	43.1500	
			AABBBEDDAAACCBBBBAAA	357	41.9500	
			AACBBBAAAEDDCBBBAAA	382	34.7500	
			CBBAAAAEDDBBBBBAAAABC	412	34.6500	
			AABCBBBAAAEDDCBBBAAA	421	33.2500	
			AACBBBAAAEDDACBBBAA	434	28.3500	
			AACBBBAAAEDDACBBBAA	473	28.0500	
			ACBBBAAAEDDAAABCBBA	497	27.2500	
			BBAACBBAAEDDCBBAAAB	498	26.3500	
			DAACBBBAAEBBAAACBBD	499	25.5500	
			ACBBBAAAEDDAAACBBBAA	503	25.2500	
			AABBCCAEBDDAACBBBAA	504	24.0500	
AABBCEAABDDAACBBBAA	513	23.3500				
ACBBBAAAEDDDBAAACBBA	519	23.2500				
ACBBBAAAEDDABBAACBBA	550	22.7500				
AADCBBBAAEBBAAACBDDAA	575	21.3500				
AACBBDDAAEBBAAABDDCA	586	20.2500				
AABCBBDDAAEBBAAACBDDA	599	17.2500				
AABDDCBAAEBBAAACBDDA	663	16.2500				
BAACBBDDAAEBBAAACBDDA	676	14.6500				
BAADBCBAAEBBAAACBDDA	790	14.5500				
39	Double-bridge	3-Opt	AAAAEDDCCBBBBBBBAAA	236	108.3500	
			AAAAACBBBBDDEDDAAA	241	98.7500	
			AAAAACBBBBDDEDDAAA	245	97.8500	
			AAAEBBBBCCBBDDAAAA	276	93.6500	
			AAAABBBCCBBDDDEAAAA	284	84.3500	
			DAACBBBBDDEDDAAA	288	77.7500	
			AAAABBDDEBBBCCAAAA	300	76.8500	
			AAAEBBDDCCBBBAAAA	301	76.1500	
			DAABBBBCCBBBAAAAED	327	65.7500	
			AAAACBBBDDDECBBAAAA	342	62.7500	
			AAAABBBCCDDECBBAAAA	351	61.7500	
			BBAAAEDDCCBBBAAAB	352	44.5500	
			AABBBEDDAAACCBBA	357	44.3500	
			BBAAAEDDCCBBBAAAAEB	368	43.5500	
			AACBBBAAAEDDCBBBAAA	382	34.7500	
			AACBBDDAAAAEBBBCAA	384	33.4500	
			AABBCCAEDDAAACBBBAA	435	32.2500	
			AABBCCAEDDAAABBBCAA	436	29.2500	
			BBCAAAEDDDBBDAACB	458	28.1500	
			BBAAACBDDAAEBBAAACB	499	24.9500	
ABBCAABBEDDAAACBBBA	504	24.8500				
BAAEDCBBAAACBDDAAAB	559	23.2500				
ACBDDAAEBBBAACBDDAA	560	22.2500				
ABBDDAAEBBDAACBBBA	573	21.1500				
ABCBAABBEDDAAACBBBA	581	20.9500				
AADBBCAEBBBAADCBBA	612	19.1500				
ABBCAEDABBCCAABBDAA	613	18.9500				
ABBDDAAEBBACDAABBA	655	17.5500				
ACBDDAAEBBAAACBDDAAB	676	16.9500				
ABBDDAAEBBAAACBDDAAB	685	16.4500				
ABBACDAABBEADCBBAABA	841	14.8500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
40	Double-bridge	Or-Opt	AAAEDDCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			BBBCCAAAAAADDDEBBB	251	104.7500	
			AAAEDDCBBBBBBBAAAA	267	94.3500	
			CBBBEDDAAAAAABBBC	280	83.7500	
			AAAEBBDDCCBBBBAAAA	301	69.3500	
			DAAAABBBCCBBBBAAAAED	327	64.2500	
			CBBBAAAADDEAAAAABBBC	351	55.2500	
			ABBBAAAEDDCCBBBBAAA	352	45.5500	
			AAABBBCCEDDAAABBBAA	356	44.7500	
			AAABBBCCDDEAAAABBBAA	370	44.6500	
			AAABBBCCAAEDDDBBAA	374	42.6500	
			AACBBBAAAEDDCCBBBBAA	382	41.5500	
			AACBBDDAAAAEABBBCAA	384	33.4500	
			AABBCDDEAAAAABBBCBAA	439	33.3500	
			CAABBBAAADDEBBBBAAA	444	32.6500	
			AAACBBBDEAAAABBBCDAA	461	32.3500	
			AACBBBDAAAEDBBBCAA	465	28.4500	
			BAACBAAEBBDDAAAAACBB	499	27.2500	
			BCAEBBAAAABDDAAACBB	500	26.7500	
			AACBBBEAAAABDDAABBCA	515	24.7500	
			BAAEBDDAACBDDAAACBB	560	24.2500	
			AABBCBADEAAAABBBCDAA	567	24.1500	
			ACBBAABDDAAAEBBBDAA	569	23.7500	
ABDDAAAEBBCAADCBBA	576	22.1500				
ABDDAACBBEADCBBA	590	19.4500				
BAABCDDAAAEBCDABBA	724	17.5500				
BADCBAABBAABDEBAAACB	753	17.3500				
ABDDAACEBBABADAACBBA	772	15.8500				
ABDDAACABEBADAACBBA	774	14.9500				
41	Double-bridge	Double-bridge	AAEDDCBBBBBBBAAAAA	236	130.1500	
			AAAACBBBBBBBDDAAAA	241	98.7500	
			AAAEDDDBBBBBBCCAAAA	258	97.8500	
			CBBBEDDAAAAAABBBC	280	83.7500	
			AAAABBBCCBBBBDDAAAA	305	76.8500	
			DAAACBBBBBBBAAAAED	319	74.2500	
			DAAAABBBCCBBBBAAAAED	327	57.6500	
			BBAAAEDDCCBBBBAAAA	352	44.5500	
			CAABBBBEDDAAAAABBBC	358	40.7500	
			BBAAAEDDCCBBBBAAAA	382	37.2500	
			BBCAAAAABBEDDAAACBB	388	36.3500	
			BBCAAAEDDDBBAAAAACBB	404	33.4500	
			AABCBBAAAAEDDCCBBBAA	421	33.3500	
			AAACBBBDAAAEBBCBBA	422	32.6500	
			BCBAAAEDDDBBAAAAACBB	442	32.4500	
			DAABBBCCAAAEBBAAABD	470	29.3500	
			BAACBBAAAEBDDAAACBB	499	26.3500	
			BCAABDDAAABBBAACB	515	26.2500	
			BBAAACBDDAAEBBCBAA	538	25.0500	
			AABBDABBCAAEEDCBBA	560	22.8500	
			AABBCDAEBAACBBDDAA	569	19.7500	
			AABBCDABBEAAADBBBCAA	621	19.0500	
			AABBCDAEBAACBBBADA	636	18.9500	
DABBCAABBEAAABBCDAAB	701	16.3500				
AABBCDBAAEABACBDABBA	832	15.7500				
BAACBDBAAEADBBAAACB	860	15.5500				
AABBCDBAEBAABCDABAB	864	14.9500				
BCAABDBAAEABACBDBABA	1025	14.7500				
42	Double-bridge	IP	AAAEDDCBBBBBBBAAAA	236	108.3500	
			AAAEDDDBBBBCCBBBBAAAA	296	84.3500	
			AAAABBBEDDCCBBBBAAAA	305	64.5500	
			AABBBBAAAEDDCCBBBBAAAA	352	44.3500	
			BBAAAACBBBEDDAAAAAB	357	40.5500	
			BBAAAECBBBDAAAAB	366	40.0500	
			AACBBBAAAEDDCCBBBBAAAA	382	34.7500	
			AACBBDDAAAAEABBBCAA	384	33.4500	
			AACBBDDAAAAEABBBCBAA	422	31.9500	
			AACBBBAAAEDDABBBCAA	435	31.3500	
			ABBBCAAEDDAAABBBCAA	436	30.1500	
			ACBBBAADDEAAAABBBCAA	459	29.9500	
			AABBCADDEAAAABBBCAA	460	29.5500	
			CBAAAABDDAAAEBBBAAC	469	26.4500	
			ACBBAABDDAAAEBBBCAA	500	23.8500	
			BCAAAABDDAAAEBBBAAC	501	22.9500	
			ABBCAABDDAAAEBBCBAA	539	22.7500	
			AABCBBAAEDDBBAAACBBA	558	21.3500	
			AACBBDDAAEBBAAABBCDA	569	20.2500	
			AABCBBAAEDDBBAAACBBA	612	18.2500	
			BCAAAABDEBAAACBDDAAB	623	16.9500	
			BAACBDAEBAACBDAAB	646	16.8500	
			BAACBDDAAEBAACBDDAAB	676	13.9500	
BAACBADBBEAAABCDABAB	766	13.5500				
BAACBADAEBAABDCBAA	846	12.7500				
ABCDBAABAEABCDABBA	910	12.5500				
ABCABDAEBAABDABCAAB	946	12.2500				
BABADCABEABABDABACAB	1094	11.4500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
43	IP	PI	AABBBBBBCCEDDAAAAA	240	167.8500	
			BBBCCDDAAAAAAEBBBB	246	104.7500	
			AAAACBBBBBBCCEDDAAAA	270	95.2500	
			AAAABCCBBBBBDDDEAAAA	284	90.3500	
			DAAACBBBBBBBAAAAAED	288	77.7500	
			BBBCCAAAEDDAAAAABBB	289	76.2500	
			AAAABBBBEDDCCBBBAAAA	305	64.7500	
			BBBBAAAAEDDCCAAAABBB	314	63.3500	
			CBBBBAAAAEDDAAAABBB	327	55.2500	
			BBAAAAEDDCCBBBAAAAAB	352	44.5500	
			BBCAAAAEBBDDAAAAACBB	384	31.9500	
			CBBAEAAAABDDAAAAABBC	454	31.5500	
			CBBAAAAEBDDAABBBAAAC	469	26.5500	
			ACBBAAEEBDDAAACBBAA	499	24.2500	
			ABBCAAAEBDDAACBBBAA	500	23.1500	
			ACBBDDAAAEBAACBBDDAA	560	21.8500	
			BCAABDDAAEBBCDAAAAB	570	19.0500	
AABCBBAADEBBAAACBBDA	612	18.2500				
ABBCAAAEABBBADCBBAA	651	16.6500				
ABADCBBAAEBAACBBDA	691	15.6500				
BAACABDEBAABBDCAAB	726	15.4500				
BAADCBBAAEBBDACBBA	758	14.2500				
44	IP	API	AAAAEDDCCBBBBBBBAAA	236	127.7500	
			BBBBAAAEDDAAAAACBBB	288	77.1500	
			BBBBAAAEDDAAAAACBBB	327	74.6500	
			AAAAABBDDEBCCBBBAAA	338	73.7500	
			BBBCCAAAACEDDAAAABBB	348	66.4500	
			BBAAEEDDCCBBBAAAAAB	352	46.7500	
			BBAAAEDDCBBBAAAAACB	382	38.5500	
			ABBBCAAAEDDCBBBAAAA	383	38.2500	
			AACBBEDDAAAABBBCAA	388	34.3500	
			AAACBBBDDAAAACBBBAA	396	34.1500	
			AAABBCBDDAAAEBBBCAA	423	31.6500	
			AAABBCBAEDDAAACBBBAA	473	29.8500	
			AACBBADDEAAABBCBBA	497	28.0500	
			ABBAACBDDAAEBBCCAA	500	24.8500	
			ACBBAABBDDEAACBBBAA	507	23.3500	
			DAACBBBAAAEBBBAACBAD	566	22.2500	
			BAACBBAAADAEBBCCAAAB	567	22.0500	
			ACBBDDAAAEBBBAADCBAA	575	21.3500	
			DAABBCBAAAEBBBAACBAD	605	19.7500	
			BDAACBBAAEDAABBCAAB	612	19.1500	
			AABDDCBAAEBAACBBDDAA	624	18.0500	
AABDDCBAAEBAACBBDDAA	639	17.1500				
AABDDCBAAEBAACBBDDAA	661	15.8500				
ABBCDAABBAEBCAABDDAA	686	14.8500				
ABBCAADBBAAEBDAACBBAA	713	13.7500				
ABBCADABBAEBCAABDDAA	744	13.3500				
BAABCDABBAEAABBCDAAB	756	12.6500				
BAACBBDAABAEBACBDAAAB	792	12.5500				
BAABDDCBAAEBAACBBDDAA	856	12.4500				
ABABDDCBAAEBAACBBDDAA	972	12.3500				
BAABDDCBAAEBAACBBDDAA	1021	12.1500				
45	IP	2-Opt	AAAAEDDCCBBBBBBBAAA	236	108.3500	
			AAADDCCBBBBBBBAAAAA	267	106.7500	
			AAAEBBCBBBBBDDAAAAA	276	93.6500	
			AAAACBBBBDDDEBBBAAAA	299	76.5500	
			AAAAABBBBEDDCCBBBAAA	305	73.7500	
			AAAABBBCCDDEBBBAAAA	308	64.7500	
			BBBBAAAAEDDCCAAAABBB	314	63.3500	
			DAAAEBBBBCCBBBAAAAAD	343	59.8500	
			BBBAAAEDDCCBBBAAAAAB	352	43.1500	
			BBAAAACBBBEDDAAAABBB	357	40.5500	
			BBAAAACBBBEDDAAAABBB	366	40.0500	
			ACBBBAAAEDDCCBBBAAAA	382	36.7500	
			BBCAAAAEABDDAAAACBB	384	36.3500	
			CBBAAAAEBDDAAAABBBBC	392	34.6500	
			CBBAAAAEBDDAAAABBBBC	396	34.4500	
			AACBBBAEDDAAACBBBAAA	434	33.2500	
			ACBBBAAAEDDAAAABBBCAA	435	28.6500	
			CBBAAAAEBDDDEBAAAABBC	454	28.1500	
			CABBBAAAEDDDBAAAABBC	490	27.4500	
			AACBBBAADDEAABBCBBAA	497	26.8500	
			ACBBBAAAEBDDAAAACBBAA	499	25.2500	
			ACBBBAAAEDDDBAAAACBBAA	519	23.2500	
			ACBBBAAAEDDDBAAAACBBAA	550	22.7500	
			BDAACBBAAAEBBDDAAAACB	560	18.5500	
			ABBAACBDDAAEBAACBBDDAA	676	17.9500	
			ABDAABBCAAEBDDAACBBBAA	677	16.6500	
			BADACBBAAAEBBDBAAAACB	712	16.3500	
BADACBBAAAEBBDBAAAACB	743	14.5500				
ABDAABCABBEAABBDACBAA	808	14.2500				
ABCDABABBEAABBDACBAA	891	14.1500				
ABDACBBAAEBDBAACBAA	892	13.0500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
46	IP	3-Opt	BBCCEDDAAAAAAAAABBBBB	240	124.2500	
			BBBCCAAAAAAAAAEDDBBB	258	105.6500	
			CBBBEDDAAAAAAAAABBBBC	280	83.7500	
			BBBAAEDDAAAAACCB BBB	288	79.8500	
			AAAABBBBDDCCBBEAAAA	316	76.3500	
			BBBAAAAACCEDDAAABBBB	317	68.4500	
			AAAABBBBCCEDDDBBAAAA	325	64.8500	
			AABBBBAAAAEDCCBBBAA	352	48.5500	
			AABBCCEDDAAAABBBBAA	356	48.2500	
			BBAAAAACBBDDEAAAAABBB	361	43.1500	
			BBAAAAEBBCCDDAAAAABBB	362	42.3500	
			AACBBBAAAAEDDCBBBAAA	382	34.7500	
			AACBBBEDDAAAAABCCBBAA	426	32.8500	
			AACBBBAAAAEDDACBBBAA	434	29.5500	
			AACBBBAAEDDAABBBBCAA	435	28.2500	
			AACBBBAAAAEDDABBCBAA	473	28.0500	
			ABCBBAAEDDAABBBBCAA	474	27.6500	
			AACBBBDDAAEDAACBBBAA	495	27.5500	
			BAAACBBAAEDDCBBAAAB	498	25.9500	
			AACBBBAAEBDDAACBBBAA	499	24.2500	
			BAAACBBAAEDDABBCAAB	551	22.9500	
			BBAAACBDDAEDCBBAAAB	559	22.6500	
			AABBCDAEBBAAAAACBBDAA	569	21.2500	
			BDAAACBBBAAECBDDAAB	573	18.9500	
			AABDCBBAABBEDAAACBBAA	628	18.8500	
			BAAADCBBBAAEACBDDAAB	637	17.9500	
			ABBAADCBBBAAADBBBCBAA	679	17.6500	
			ABBAADCBAEBBAAACBBDAA	691	15.4500	
BAADCBAEBBAAACBBDAAAB	706	14.6500				
BAACDBAEBBAAABBCDAAB	740	14.3500				
BAABCDAAEBBABAABDCAAB	827	13.6500				
ABCDAAEBEABACADABBA	884	13.4500				
47	IP	Or-Opt	AAAAEDDCCBBBBBBBAAA	236	127.7500	
			AAAABBBBCCDDDEAAAA	254	108.3500	
			AAAEDDBBBBBBCCAAAAA	258	105.6500	
			AAAAEBBCCBBBBDDAAA	276	90.7500	
			DAAAAABBBBCCCAAED	289	83.1500	
			AAABBBEDDCCBBBAAAAA	305	73.1500	
			DAABBBBCCBBBAAAAAED	327	65.7500	
			DAAAAEBBCCBBBAAAAAD	343	60.3500	
			BBAAAAEDDCCBBBAAABB	352	54.9500	
			AACBBBDDAAAEBBBAA	353	51.5500	
			BBCCAAAABBBDDAAAEBB	354	48.6500	
			BBAAAAACBBDDEAAAAABBB	361	43.1500	
			BBBAAAAEDDCBBBAAAAACB	382	40.6500	
			BBCAAEBBDDAAAAACBB	384	37.3500	
			AAACBBBDDDEAAAAACBBBA	391	37.2500	
			CBBAAAAEBBDDAAAABBC	392	30.9500	
			CBBAAAAEBBDDAAAABBC	459	29.9500	
			CAABBAEBBDDAAAABBC	470	29.7500	
			CBAAAABBBDDAAAABBBAC	477	28.8500	
			AABBBCAADDAEBCBBBAA	490	28.7500	
			BAACBAAEBBDDAAAAACBB	499	27.2500	
			AABBBCEAAABDDAABBCA	514	24.7500	
			AABBCBAADDEBBAACBBAA	551	21.4500	
			ACBDDAAABCEBBAABBDAA	628	20.8500	
			AABBCDAABBECAABBDAA	651	17.9500	
			BAADBCCAABEBDDAACBAA	713	15.2500	
			ABBACDBABAECBADBABA	1012	13.4500	
			48	IP	Double-bridge	
AAAAEBB BBBCBBDAAAAA	276	85.3500				
AAAAEBB BDDCCBBBAAAA	301	69.3500				
BBBAAAAEDDCCBBAAABB	352	47.6500				
DAAAEBB BCCAAAAABBD	354	44.3500				
AAEBBBBAAAADCCBBBAA	368	43.1500				
AAACBBB BDDAAAEBBCAA	384	41.8500				
AAACBBDDDEAAAAABBBCAA	392	34.8500				
ABBBAAACBBDDAEBBAA	469	34.6500				
BAAAEBBADDCBBBAAAAAB	484	34.5500				
CBBAAAABDDCBBAAAAEB	486	33.3500				
CABBBAAEDDCBBAAAAAB	499	31.6500				
DAABBBCAAACBBBAAEBD	500	30.4500				
ABCAABBBDDAAAEBBCCAA	501	24.8500				
AABBBCEAAABDDAABBCA	514	24.7500				
AABBCBEAAABDDAABBCA	554	23.2500				
BCAAADBBAABBBEDAACB	601	22.6500				
DAABBCBAAAABEDCBBAA	618	22.4500				
BBCAAAEABDDAABBDCAAB	649	21.4500				
ABDDAAEBCAABBBDDAACB	677	18.1500				
ABDDAACBAAEBBAABBCDA	685	17.0500				
ABBCAADAEBBAADBBCAAB	781	15.8500				
ABDABACBAEBBAAABBCDA	801	15.4500				
ABDDAACBAAEBBAADCBAB	807	15.1500				
BAABDAECBBAABAABDCAB	831	14.9500				
ABDAABBCBAEBBADCABA	886	14.7500				
ADBABACBAEBBAACBABDA	944	13.5500				
ABDACBABEABAABDCABBA	949	11.9500				

ตารางที่ ง.14 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.1(ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	AAEDDCBBBBBCCAAAAA	267	123.1500	
			AAAACBBBBBBCEDDAAAA	270	95.2500	
			AAAADDCBBBBBBCEAAAA	296	90.8500	
			AAAACCBDDDEBBBAAAA	299	76.5500	
			AAAABBBEDDCCBBBBAAAA	305	64.5500	
			BBBAAAAEDDCCAAAAABBB	314	63.1500	
			AAAACBBBBEDDCCBBAAAA	335	62.8500	
			AAAACBBBBDDCCBBAAAA	342	62.7500	
			BBBCAAAEDDCCAAAAABBB	345	61.5500	
			BBBAAAAEDDCCBBAAAAAB	352	43.1500	
			BBAAAACCBDDDAAAAEBB	353	40.6500	
			BBAAAACCBDDDAAAABB	357	40.5500	
			BBAAAEDDDBBCCAAAAAB	374	40.0500	
			AACBBBBBAAEDDCCBBAAA	382	34.7500	
			AAACBBDDAAAEBBBCAA	384	34.1500	
			CBBAAADDEBBBAAAABBC	405	32.7500	
			AACBBDDAAAEBCBBAA	422	31.9500	
			AABBBCAEDDAACBBBAAA	435	31.2500	
			AABBBCEDAACBBBDDAA	447	29.1500	
			DAACBBBBBAAAEBBBCAAD	451	28.5500	
			AACBBBAEDDAABBCBBAA	473	27.7500	
			DAABCBBAAAAEBBBCAAD	490	26.0500	
			BAAAACBBAAEDDCCBBAAB	498	25.9500	
			BCAAAABBAEDDCCBBAAB	499	25.3500	
			ACBBAABDDAAAEBBBCAA	500	24.7500	
			BAAAACBBEDDAABBCAAB	504	24.6500	
			ACBBAAABDDAABBCCAA	515	24.2500	
			AACBBBAEDDDBBAAAABCA	520	23.3500	
			AACBBBAEDDABBAABBCA	551	22.8500	
			AAACBBAAEDDDBBAAABCA	552	21.9500	
			ACBBDAAEBBBAAACBDDA	560	18.5500	
			AABCBBDAABBBEDAABBCA	604	17.5500	
			BCAADABBBEAAACBDDAAB	643	17.0500	
			BAACBBDEAAABBAADCBAA	699	15.3500	
			ADBBAAACBAEBEAAACBDBA	866	14.4500	
			BABDAACBABBAAEDCBABA	869	13.8500	
			BABDAACBABBAAEDCBABA	985	13.7500	
			ABBACDBAAAEBCBADBABA	1012	13.4500	

3.2 ปัญหาการทดลองที่ 3.2 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 5:5:5:3:2

3.2.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	EBBBBCCCCDDAAAAAE	246	200.4000	
			CCBBEEDDDAAAAABBBCCC	280	87.9000	
			CBCCCEEDDDAAAAABBBCC	309	83.8000	
			CCBBAAEEDDDAAABBBCCC	327	64.5000	
			AAABBBCCDDDEEBBCCAA	339	60.0000	
			BCCBBAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			ABBCCAAEEDDEBBBCCAA	412	43.0000	
			AAEBBCCDDDAEBBCCAA	423	42.9000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAEC	425	39.5000	
			CBBCAAEEDDDCCBBBAEC	456	37.5000	
			ACBBDDAAAEBCCCBDDA	483	34.7000	
			ACBBEDDAABBBCCDEA	495	34.2000	
			AEBCCBDDAAABBBCCDEA	516	32.2000	
			ACBBEDDAAEBBCCBDDAA	517	31.0000	
			ACBBDDAAAEBCCCBDDA	521	30.8000	
			ACBBEDDAABBBCCBDEA	525	28.2000	
			AEBCCBDDAAABBBCCBDEA	556	26.2000	
			DABBBCAAEDEBBCCAABCD	614	25.2000	
			BCDDAAEBCCBBAEDCCAB	629	24.8000	
			ACBBBEADDCCBBAEDCCBA	649	21.6000	
			ABBCCEDABCDAAECCBDDA	706	21.2000	
			ABBCCEDABCDAABCCBDEA	727	20.6000	
			ABDDCCEACBDAABCCBDEA	763	19.8000	
			ABCBCEDABCDAAECCBDDA	775	19.2000	
			ACBBCEDABCDAABCCBDDA	791	17.7000	
			ABCEDABCDAABCCBEDBCA	852	16.2000	
			BCDAAEBCBDDAABDECBCA	874	15.3000	

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2	PI	API	AACCEEDDDCCBBBBAAA	295	117.9000	
			DAABBBCCCCBBAAEEDD	327	83.5000	
			DAAEBCCCBBBAAAEDD	357	74.5000	
			DEAAABBBCCCCBBAAEEDD	365	64.0000	
			CCCBAAAEDDDEBBBAACC	380	57.0000	
			CBBAAAEEDDDCCBBBAAC	382	52.5000	
			CBCCAAAEDDDEBBBAACC	411	49.0000	
			AACCBBDDEDDABBCCCEAA	431	48.9000	
			AAEBCCDDDACBBBEAA	437	48.4000	
			CBBAACCEDDDEBBBAACC	439	43.0000	
			CBBAEEDDDCCBBAAAEBC	451	39.0000	
			ACCBAAEEDDDCCBBBCEAE	505	37.5000	
			CCBEDDAAABCCBBEDAAC	521	34.4000	
			CCBBAEEDDACCBBBAEDC	524	29.2000	
			CBBCAAEDDACCBBBAEDC	555	27.2000	
			BBCCAEDDACCBBEDAACB	560	25.8000	
			CBBAACEDDACCBBBAEDC	583	25.2000	
			CBBAACEDDACCBBBAEDC	622	23.2000	
			AEBCCDAABBCCADDEBBCA	644	21.9000	
			CBBAACEDDACCBBBAEDC	712	21.6000	
			CABBCAEDDACCBBEAABDC	713	19.6000	
			CBDAECEDAACBBEDAABC	727	18.4000	
			CBDAEBCDDACBAADEBC	742	17.2000	
			BCEDAACBDACCBBEAADCB	744	17.0000	
			CBDAEBCDDACBAAEDBC	749	16.9000	
			BCDEAACBDACCBBEAADCB	758	16.7000	
			CBDEAACBDACCBBEAADCB	779	15.6000	
3	PI	2-Opt	CCAAAAEEDDDCCBBBCC	267	156.0000	
			BBCCDDDEEAAAACCCBBB	284	93.3000	
			BCCBEEDDDAAAACCCBBB	310	85.9000	
			BBCCCAAEEEDDDAAACCCBBB	319	66.0000	
			AAACCCBBBEEDDDCCBBAA	335	65.4000	
			BCCBBAEEEDDDAAACCCBBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			BCCAABBCCEEDDDAAACCCBB	417	44.3000	
			AACCBBEEDDDAACCCBBCA	418	44.0000	
			AECBBBAEEDDDCCBBAA	425	42.8000	
			AACCBBEEDDDAACCCBBEA	432	39.5000	
			AACCBBEEDDDAACCCBBDA	448	39.0000	
			ABCCCEDDAAAACCCBBBEDA	481	34.0000	
			ACCBBEDDAAAEBBCCCBDA	517	30.1000	
			ACCBBEDDAAAEBBCCCBDA	521	28.0000	
			BCEDAACCBBDDEAACCEB	536	27.2000	
			BCDAAAEBCCBBDDEAACCEB	560	26.2000	
			ACCBBEDDAAAEBBCCDEBCA	580	25.3000	
			ACCBBEDDAAAEBBCCDEBCA	627	24.0000	
			BCDAEAACCCBBDDEAACCEB	643	23.7000	
			ABCCBAEDDAAACCCBBCEFA	650	23.4000	
			ACCBBEDDAAACBBACBCDEA	671	22.2000	
			AEDCCBBAADCCBBDEACB	703	21.5000	
			ACBEDCBDAACCCBBCEDA	705	20.9000	
			BCEDAACBBCADDABBCCCEA	735	20.2000	
			ACBEDCBDAACCCBBCEDA	754	20.0000	
			BCDEAACBBCADDAEBCACB	766	17.7000	
BCEDAACBADCBBCEFAACB	776	16.3000				
BCADCAEBBCADDCEFAACB	805	16.1000				
CBDAEACBDCBEAACBBDAC	852	15.2000				
CABDAEBCDCBEAACBBDAC	877	15.1000				
4	PI	3-Opt	CCBBAAAAEEEDDDCCBBBC	305	89.4000	
			BBCCAAAEEEDDDAACCCBBB	319	66.3000	
			BCCBBAEEEDDDAACCCBBB	357	58.3000	
			BCCBBAADDDDEEAACCCBBB	381	58.0000	
			ACCCBBBAEEEDDDCCBBAA	382	53.4000	
			AABBCCCEEDDDAACCCBBA	386	50.3000	
			CAABBCCCEEDDDAACCCBBA	387	46.3000	
			BBCCAAAEEEDDDBBCCCAAB	405	46.0000	
			AACCBBCCEEDDDAACCCBBA	416	44.3000	
			AACBBBCDDDEEAACCCBBA	430	44.0000	
			ACBBCCAEEEDDDEBBCCAA	442	43.8000	
			AACCBBCCEEDDDAACCCBBA	447	42.3000	
			AACCBBCCEEDDDAACCCBBA	454	41.0000	
			AEBBCCAADDDEBCCBBAA	466	39.1000	
			ABBCCCEEDDAAAEBBCCEDA	480	33.2000	
			AEBBCCDDAAAEBBCCEDA	486	31.2000	
			ABBCCCEEDDAAAEBBCCEDA	510	28.0000	
			CBAAEDDBBCCAAAEBBDC	559	26.0000	
			ABBCCEDDAAAEBBCCEDA	575	24.6000	
			ACCBBEDDAAACBACCCEDA	628	24.0000	
			AEBCCDDABBCAACCCBBEDA	634	22.8000	
			ACBCEDDABBCAACCCBBEDA	658	22.1000	
			ACBCEDDABBCAACCCBBEDA	697	20.1000	
			CBAEDACCBBDAABCCCEDA	735	19.5000	
			ADCCBBAEBDCBBAEDBCA	781	17.2000	
			BCDEAACCBBAEDABCCBDA	827	16.4000	
			BCDAEBCAACBDABCBEDAC	910	14.2000	
CBADDEBACCBBDAEACCBAD	941	13.8000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	AAACCEEDDDBBBBBCCAA	317	94.5000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBBB	319	64.5000	
			AABBCCCEEDDDEBBBCCAAA	363	57.0000	
			AABBCCCEEDDDAACCCBBBA	386	52.5000	
			AABBCCCEEDDDABBBCCAA	387	48.0000	
			AABBCCDDDAEEBBBCCA	393	47.9000	
			ACCBBBAAEEDDDCCBBAA	413	47.4000	
			CAABBBCEEDDDAAAEBBCC	417	42.4000	
			CBBAAEEDDDCCBBAAEBC	451	40.4000	
			ABCCDDAAEEBBBCCDDAA	462	38.6000	
			BCAAECCBDDDEAAACCCBB	465	36.8000	
			BCAAEDCCBDDDEAAACCCBB	512	30.8000	
			ACCEBBBADDAAACCCBBEDA	574	30.3000	
			BCCDAAEBBCCDEBAAACCB	584	29.3000	
			DCEAABBCCBDAAABBCEC	585	29.0000	
			CBDAABBCCCEAADDEBBACC	617	27.0000	
			CDEAABBCCBDDAAEDCBC	620	26.9000	
			BCABCDDAAEBBCCCEDAAB	633	26.5000	
			CBDAAEBCBBAADDEBBACC	642	22.0000	
			DEABCCBBAADCCBEAACBD	697	19.6000	
CBDAAEBCBBAADDBCCAEB	735	18.2000				
CBDAEBCBBAADCCBEAACBD	818	16.3000				
CBDAEBCABDCCBEAACBD	855	14.8000				
CBDAACBEABDCCBEAACBD	899	14.7000				
6	PI	Double-bridge	AAAEEDDDECCBBBCCCAA	308	111.0000	
			AABBBDDDDCCCBEEAAA	316	94.8000	
			AAACCEEDDDBBBBBCCAA	317	94.5000	
			CCBBDDDDAAAAEECBCC	319	82.8000	
			AABBCEEDDDCCCBBAAA	334	74.5000	
			AACCBEEEDDDCCBBBAAA	335	64.5000	
			AABBCCCEEDDDEBBBCCAAA	363	57.0000	
			AAEBCCDDDEBBBCCAAA	369	56.5000	
			CBBAAEEDDDCCCBBAAC	382	52.5000	
			AABBCCADDDEEBBCCAA	398	48.0000	
			BBCCAAEEDDDEBBCCAAAB	412	43.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAEC	425	39.5000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAEBC	444	37.5000	
			BBAAEDDDCCCBBAAEBC	472	36.8000	
			BBCCDAAAEBCDDAACCCBB	492	36.3000	
			BCAAEDDDCCBBBAAEBC	503	30.8000	
			CCBDEAAABCCBDDAAEBC	560	29.1000	
			CBDEAAACBDDCCAAEBC	577	27.0000	
			ADEBBCCAACBDDAAEBC	635	24.2000	
			AACBDDDECCBAABCEBDA	647	23.8000	
CBDAECCBDDAEBCAABC	673	21.8000				
EBCAABCDACBBAECCBD	735	21.6000				
ABECBDDAACCCBDDAAEBC	742	21.4000				
CBEAABCDACBBAECCBD	751	20.7000				
BCDCAABCEBBAEBCBBA	902	19.7000				
7	PI	IP	CBBBBDDDDAAAAEECCCC	250	177.9000	
			CCBBBDDDDAAAAEEBCC	276	87.9000	
			CCBBBDDDEAAAAEEBCCC	314	85.3000	
			CCBBCCDDAAAAEEBCC	315	80.8000	
			CCCBBAAEEDDDAABBCC	327	65.4000	
			BBAACCEEDDDAACCCBBB	347	60.0000	
			CCBBBAAEEDDDAACCCBCC	357	58.3000	
			CBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	52.5000	
			ABBCCAEEEDDDCCBBBAA	383	50.0000	
			CAABBCCCEEDDDAABBCC	387	46.3000	
			BBCCAAAEEDDDBBCCCAAB	405	46.0000	
			BBCCAAAEEDDDEBBCCCAAB	412	43.0000	
			CAABBBCEEDDDAAAEBC	417	42.4000	
			BBCCAAAEEDDDBBCCCAEB	435	39.5000	
			CEAABBBCCDDAAAEBC	436	38.9000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAEBC	451	36.9000	
			CBEAACBDDDDAAAEBC	467	36.3000	
			BAAEDCCBBAAEEDDCCB	472	35.9000	
			CEDAABBCCCEDDAAABBC	480	33.9000	
			CEDAABBCCDDAAAEBC	486	31.9000	
CBBAEEDDDCCBBDAAEBC	512	31.7000				
BCCDAAAEBCBCCEDDAAACB	516	28.5000				
BCBAEEDDDCCBBAAEBC	541	26.9000				
BEDCCAAABBCCDDAAECB	551	26.3000				
BDECCAAABBCCDDAAECB	563	26.2000				
BCEDAACBBBAEEDDCCAB	584	24.0000				
BCAADDECCBBBAAEDACB	613	23.9000				
ABBCCDEACBCCAEBCDA	638	23.8000				
BCAADDEBCCBBAEBCDA	639	21.9000				
DCBAEBCDDAACCCBBAED	659	21.6000				
DAEBBCCAACBDAEBBCCAD	689	21.0000				
ADBBCCAECBDDCAEBBCA	727	20.6000				
BAECBAAEDDCCBBAEBCDA	730	20.1000				
BCDAAEBBCCAADCBBCEDA	739	19.6000				
AEDCBBAACCBDDCAEDBCA	757	18.7000				
AEDCBBAACCBDDCAEBBCA	762	18.2000				
BAECBADDACCCBBAEBCDA	782	17.5000				
CBAAEDCBBADCCABBCEDA	806	17.3000				
BCDEAACBCCADBEACCBDA	896	15.3000				

ตารางที่ 15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
8	API	PI	CCEAAAAADDDCCBBBBB	296	172.5000					
			BBBCCCAAAAAACDDDEEBB	300	106.5000					
			BBBCDDDDAAAAACCEEBB	305	90.9000					
			CCBBEEDDDAAAAACBBBC	310	81.9000					
			BBCCAAAEEDDDAACCCBBB	319	66.0000					
			AABBCEEDDDCCBBBAAA	334	64.5000					
			AACCBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000					
			CBCCAAEEDDDAAABBCC	358	58.0000					
			AABBCCEDDDEBBCCAAA	363	57.0000					
			AAACBBBEDDDCCBBEAA	380	56.5000					
			CCBAAAEEEDDDCCBBAAAC	382	46.0000					
			ABBCCAAEEDDDCCBBCCAA	414	44.0000					
			CCBAAAEEEDDDCCBBEAAAC	427	40.0000					
			BDAACCCBBEEDDAAACCCBB	448	35.4000					
			BAADCCBBEEDDAAABCCB	502	34.4000					
			BCEDAACCCBBEDDAAACB	511	32.0000					
			ADEBCCBBAAAEDDCCBBAA	525	28.7000					
			AEDCCBBCAAADDECCBBAA	530	28.2000					
			ACBEDCCBBAAAEDDCCBBAA	571	26.0000					
			ACBDECCBBAAAEDDCCBBAA	578	25.6000					
			ACCBEDDAAABCCBEDCBA	640	23.4000					
			DCEAABBCCDAAECBBACD	681	21.2000					
			DCBAAEBCDDAAECBBACD	706	17.6000					
			DCBAEBBCDDAAECBBACD	800	17.4000					
			ACDBAEBBCDDAAECBBACD	813	16.6000					
			ABCDAEBBCDDAAECBBACD	822	15.0000					
			9	API	API		CCDDDEAAAAAABCCBBBCC	323	133.8000	
							AAACCCBDDDEEBBCCAA	330	66.0000	
							CCBBAAEEDDDAAACCBBC	357	58.0000	
							CCBAAAEEEDDDCCBBAAAC	382	46.0000	
							CBBCAAAEEDDDCCBBAAAC	413	44.0000	
							CAAEBBBCCDDDAAEBBC	423	42.0000	
							AEBBCCAADDDEBBCCBAA	466	39.1000	
ACCBBAEADDDEBBCCBAA	480	38.9000								
CAAEBBBCCDDAAAEBBC	509	35.4000								
AABBCCEDDEAABBCCBDA	524	33.6000								
BBCDAAAECBBEDDAAACCB	530	30.2000								
AACBBBEDDCCAAEBCCBDA	573	29.8000								
BCDAEAACCBBEDDAAACCB	579	26.2000								
BCADEAACCBBEDDAAACCB	584	25.6000								
DCBBAECCBBDDAAAECCBD	594	24.9000								
BCDAAEBCCBADDEAACCB	627	24.0000								
BCEDAABBCCABEDDAAACCB	628	23.7000								
BCDAAEBCCABEDDAAACCB	634	22.7000								
CBEDAABBCCABEDDAAABC	667	22.0000								
CBEDAABBCCADDEBCCAABC	678	20.2000								
BDAAECCBBDAACBAAEDCB	693	18.8000								
BDAAECCBBDAACBAAEDCB	709	17.5000								
BCDAAECBBDAACBAAEDCB	732	14.9000								
10	API	2-Opt				CCAAAAAEEDDDCCBBBBB	267	186.0000		
			BBCCEEDDDAAAAACCCBBB	270	87.9000					
			BBCCCEEDDDAAAAABCCCB	309	81.9000					
			BBCCCAEEDDDAAAAACCCBBB	319	74.5000					
			CCCBAAEEDDDAAABBCC	327	66.0000					
			BCCBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000					
			CBBAEEDDDCCBBBAAAC	382	55.8000					
			CCBAAAEEEDDDCAABBCC	383	54.0000					
			AACCBBEEDDDAAACCCBBA	387	46.0000					
			BBCCAAAEEDDDEBBCCCAAB	412	43.0000					
			AABBCCEDDDAAEBBBCCA	417	41.5000					
			CCBBDAAEEDDCCBBBAAAC	443	39.9000					
			AEBCCBAADDDEBBCCAA	466	39.5000					
			AABCCBBEDDAAABCCCEA	470	39.1000					
			ACCBBDAAEEDDCCBBCAA	474	37.4000					
			CCBBEDDAAACCCBBAAEDC	477	36.1000					
			CCBBEDDAAACCCBBAAEBC	517	33.3000					
			BCCDAABBCEEDDAAABCCB	525	32.4000					
			DAABBCCCEDEBBAACCCBD	539	30.1000					
			ABCCEDDAABBCCEDCBAA	574	26.7000					
			DACCBBAEEDCBBAAACCCBD	589	26.2000					
			ABCCEDDACCBAABBCCDEA	640	24.3000					
			ACBBEDDACCBAABBCCDEA	641	22.3000					
			ACBBEDDACCBAABBCCDEA	705	21.2000					
			BCEDAABBCCDEAABCCDAB	710	18.9000					
			ABCEDDABCCABBACCEDBA	769	18.6000					
			BCEDAABBCCDEAABCDABC	779	18.3000					
			BACEDDCAACBACCEDAB	797	18.2000					
DACEBCCDAACBACCEDAB	868	17.6000								
BCAEDCABBADCDECAACB	871	15.9000								
BACEDDCAACBACCEDAB	888	15.6000								

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
11	API	3-Opt	CCAAAAEEDDCCBBBBBC CCBBAAAAEEDDDCCBBBC BBCCEEDDDAAAAABBBCCC CCBBEDDDAAAAEBBBCCC CCCBAAEEDDDAAABBBCCC AACCCBBEEDDDCCBBAAA CCBBAAEEDDDAAACBBBC AACCCBBEEDDDCCBBAAA CCBBAAEEDDDCCBBAAC ACCBAAEEDDDCCBBBCAA ACBBCAEEDDDCCBBBCAA DAABBBCCCEEDAAACBBBD DAABBBCCCEEDAAACBBBD AACBBBCEEDDDAEBCCBA BDEAAACCCBBEDDAACCB DAABBBCCCEEDAAACBBBD AEDCCBBBCAAEEDCCBBBA DACBBAAEEDDDCCBBAAED DACBBAAEEDDDCCBBAAED CBDAAEBCCADDEBBAACC ACCBBAEEDDDCCBBAAECBDA ACCBBAEEDDDCCBBAAEBCA DACBBEDAABBBCCAAECBD DACBBCEDAABBBCCAAECBD DABBBCEAEDBCCBEAACBD DACBBCEAEDBCCBEAACBD CBDAAECCBDDAAEBCDACB	267 305 309 310 327 335 357 366 382 413 444 447 461 485 486 491 503 577 598 604 632 633 638 667 695 707 772	166.0000 89.4000 87.9000 79.3000 66.0000 60.0000 58.5000 58.0000 46.0000 44.0000 42.0000 39.2000 39.1000 36.9000 34.7000 33.1000 28.9000 28.4000 27.1000 25.2000 25.1000 24.5000 21.7000 19.7000 19.1000 19.0000 15.8000	
12	API	Or-Opt	CCCEEDDDAAAAABBBBCC CCBBAAAAEEDDDBBBCC CBBCCEEDDDAAAAABBBCC BBCCCAEEDDDAAAAACBBB CBBCCEEDDDAAAAEBBBCC BBCCCAEEDDDCCCAAABB CCBBAAEEDDDAAACBBBCC BBCCCAEEDDDCCCAAEBB ABBCCCAEEDDDCCBBAA BAACCCBDDDEEAAACBB AEBBCCDDDDAAEBBBCCA AACCCBBEDDDAACCCBBEA AEBBCCAEDDDCCBBBCEAA ACCBBDDDEAAABBBCCBDA BCEDAACCBDDDEAAACBB AAEDBCCBDDAAEBBCCA BAEDCCAABDDCCCAAEBB BCEDAACCBEDDAAACBCB ACBBCCEDDAAEBBDACBBA BCEDAACCBDDDAECCAB CABBCEDDAAACBBAEDACB AEDCCBBAACBBEADCBBA ACBCDAEBBACDABBCEDCA CADBBAEACDCBBDAAECABC BCDABACEADCBDDAEACABC	240 303 309 319 339 345 357 375 383 391 423 432 473 491 515 573 577 580 623 637 705 834 865 945 986	142.8000 89.4000 83.8000 74.5000 73.4000 66.0000 58.5000 56.5000 52.3000 46.0000 43.0000 39.5000 37.0000 33.8000 30.7000 30.6000 30.2000 29.0000 28.5000 22.5000 20.6000 19.0000 17.5000 16.3000 16.2000	
13	API	Double-bridge	CDDDEEAAAAACCCBBBBBC BBCCCCAAEEDDDAAABBB AACCCEDDDCCBBBBBAAA CBBAAAAAEEDDDCCBBBCC CCBBEEDDDAAAAACBBBC BBCCCAEEDDDAAAAACBBB CCBBAAEEDDDAAABBBCCC AAACCCBBEEDDDCCBBAAA CCBBAAEEDDDAAACBBBC BBCAACCEEDDDAAACBBB ACCBBAAEEDDDCCBBAAA AACCCBBEEDDDAACCCBBA ACCBBBAEEDDDCCBBCAA AACCCBBEEDDDAACCCBBA ACCBBBAEEDDDCCBBAAA BAACCCBEDDDAAAECCBB BCCBAAEEDDDCCBBAACCB BAACCCBEDDDAAAECCBB BEDAACCCBBBAAEEDDCB BBCEDDAACCCBBAAEEDCB AAEDCCBBCCAEEDDABBBCA DAECBBBCCAADCCBBAED DCBBAAACBEEDAACCBAD DCBBAAACBEEDAABCCABD ABDCCBBDAACCCBDAECA BACCBEDCBAEEDCBAADCB CBACDAEBBCEAEDDABCBA ABCCBDEAABCDECBAAACB	284 289 295 305 310 319 327 335 357 378 382 387 413 418 423 430 451 456 477 537 556 584 609 659 749 793 827 857	162.9000 125.4000 121.8000 108.3000 81.9000 74.5000 66.0000 60.3000 58.3000 58.0000 46.3000 46.0000 44.3000 44.0000 43.0000 42.4000 42.0000 40.4000 34.8000 32.2000 30.7000 28.6000 25.2000 23.2000 22.2000 21.7000 18.5000 15.9000	

ตารางที่ 15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
14	API	IP	CCDDDDAAAAAEEBBBBBCCC CCEDDDAAAAAEEBBBBBCCC CCBBBDDDDAAAAAEEBBCC CBCCDDDDAAAAAEEBBCC CCBBBAAAAEEDDDABBCC AABCCDDDEEBBCCCAAA BBCCAAAEEDDDCCCAABBB CCBBBAAADDDDEEAACCBBC CCBBAAAEEDDDCCBBBAAC BBCCAAAEEDDDDEBBCCCAAB AAECCEBBDDDAEBBCCA CCAAEBBDDDDCAAEEBBC AAEBCCBBDDDAEBBCCA BBCCAAADDEEBBCCDDAAB CEAAACBBDDDDCAAEEBBC BCCDAAAEEBBCCDDAACB BDCCAAAEEBBCCDDAACB BCCDAAAEEBBCCDDAACB BDCCAAAEEBBCCDDAACB BAEDCCAAABBDDEAACCB BCEDAAACCBBDDEBAACCB BCDEAAACCBBDDEBCCAAB BCDAAECCBBBAEEDCCAB BCDAAECCBBBAEEDCCAB BCAAEDDCAABBCBAAEDCB BDAECCAABBDCCBAAEDCB BCAEDCAABBDCCBAAEDCB	246 270 276 315 327 339 345 381 382 412 427 440 453 467 483 492 509 516 533 559 569 584 603 629 650 719 736	144.3000 131.5000 87.9000 80.8000 73.3000 65.4000 60.0000 58.0000 46.0000 43.0000 42.8000 39.4000 36.8000 36.4000 36.1000 33.0000 32.0000 28.5000 27.5000 27.0000 26.2000 25.9000 23.0000 21.0000 20.2000 18.0000 16.2000	
15	2-Opt	PI	BBCCCEEDDDAAAAAABBB CCBBBDDDDAAAAAEECCC CCBBBAAAAADDDDEECCC BBCCCEEDDDAAAAACBBB BBCCAAAEEDDDAACCCBBB BBCCAADDDDEEAACCCBBB BBAAACCEEDDDAAACBBB BCCBBAAEEDDDAAACCCBB CCBBAAAEEDDDCCBBBAAC BBCCAAAEEDDDDEBBCCCAAB BBCCAAAEEDDDDBCCCAAE BBCCAAAEEDDDCBBCCAAE CBBAAEEDDDCCBBAAEBC BBCCAAADDEEBBCCEDAAAB BCCAAEDDCCBBAAAEEDCCB CBBAAEEDDCCBBAAAEEDC CBAAEDDCCBBAAAEEDC CBBAAEEDDCCBAABBDAC ACCBDDAAEBBCCBAEDCBA BCAEDDCCBBCCAAEDACB ACCBDDAAEBBCCBAEDCBA ABCCBDEDCBAAACBEDCBA CABEDCBAACBBDAEEDCBA ABCEDCBAACBBADDECCBA ABCEDCBAACBBADDECCBA CBAEDCBAACBBADDECCBA CBAEDCBAACBBADDECCBA CABEDCBAACBBADDECCBA	240 250 263 270 319 343 347 357 382 412 435 444 451 491 503 541 597 602 658 660 666 763 779 790 804 852 860	156.0000 145.8000 142.8000 91.8000 66.0000 65.4000 60.0000 58.0000 46.0000 43.0000 39.5000 37.5000 36.9000 34.9000 28.9000 26.9000 26.4000 25.6000 23.4000 22.5000 21.9000 20.3000 19.8000 16.9000 16.6000 16.3000 13.8000	
16	2-Opt	API	AAEEEDDDCCCCBBBBBAAA BBBCCEEDDDAAAAACCCBB CCBBBAAAAAEEDDDCCBBC BBCCAEEDDDAAAAACCCBB CCBBBAAAAEEDDDAACCCBB CCBBBAAAAEEDDDCCBBAAAC ABBCCEEDDDAACBBBCCAA CBBAABCCCEEDDDAABBCC CBBAABCCBEEDDDAABBCC CBBAABCCBDDDEEAABBCC AACCBEDDDAACBBBCEA AECBBCCAADDEEBBCCAA BBCCAAEDDCCBAAEDCCBB CEBBAAADDDCCBBBAAEDC BBCEDDAAACCBBCEDAACB CEDAABBCCCAEDDAABC CAADEBBCCCAEDDAACBBC AAEDCBBCCDAEEBCCDA DCCAABBBCEDAEEBCCAD AAEDCBBCCDAEEBCCBDA DAABCCBCCDAEEBCCAD BCAEDDCCAABBCEDAACB CEDAABBCCCAEDDCAABC BCDAAEBCBAAEDDCAABB CBDAAEBCBAAEDDCAABB ACCBBAEDDCCBAAEDCBBCA ACBBCAEDDCCBAAEDCBBCA DCBAAECBCCDAEEBCCAD CBAEDABCBAACBDEABC CBDAAEBCDACCBBAAEDABC ABCDEABCCBADEABCCBDA	236 270 305 319 357 382 417 425 426 430 461 471 503 517 540 567 570 582 601 612 614 615 623 629 633 649 680 688 757 780 851	136.5000 91.8000 85.3000 71.8000 58.3000 50.3000 49.8000 47.4000 45.4000 44.5000 39.0000 37.5000 33.8000 31.2000 30.1000 29.2000 28.6000 27.8000 26.6000 25.8000 24.6000 24.1000 23.9000 23.7000 21.7000 21.0000 19.0000 17.6000 16.8000 14.9000 13.4000	

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	AAEEDDDCCBCCBBBAAA	305	106.5000	
			BBCCEEDDDAAAAABCCBB	309	81.9000	
			CCCBEDDDAAAAAEBBCC	310	81.4000	
			CCBBAEEDDDAAABBBCCC	327	64.5000	
			CCBBAEEDDDAAACCBBC	357	58.5000	
			BBCCAAEEDDDCCAAEBB	375	58.0000	
			CCBBAEEDDDCCBBAAAC	382	46.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAAC	413	44.0000	
			CCBBAEEDDDCCBBAAAC	423	43.0000	
			CCBBAEEDDDCCBBAAEC	425	39.5000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAEC	456	37.5000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAEC	458	36.8000	
			CBEBDDAAACCBBAEDC	477	33.5000	
			ACCBEBDDAAACCBBEDA	482	33.2000	
			CCBBEDAACCBDDAAEBC	517	31.3000	
			CCBBEDAACCBDDAAEBC	521	30.8000	
			CCBBEDAACCBDDAAEBC	526	27.7000	
			BBCAAEDDCCBBAAEDAC	555	26.9000	
			AECBBDDAAACCBEDCBA	585	26.1000	
			DACCBEDAABCCBBAED	599	25.2000	
BCDEAAACCBDDAAECB	603	24.9000				
ACBBEDACCBDDAAEBCCA	625	22.7000				
BCAAEDCACCBBDDAAEC	663	21.3000				
BCAEDBCAACCBDDAAEC	678	19.1000				
CBADBCAACCBDDAAEBC	712	17.1000				
ACBDEABCCBDAEACBDBA	859	13.6000				
18	2-Opt	3-Opt	CCBBBEEDDDAAAAABCC	280	94.5000	
			CCBBBAEEDDDAAABCC	327	66.0000	
			AACBBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000	
			BCCBBAEEDDDAAACCB	357	58.0000	
			AACBBBEEDDDCCBBAAA	376	57.0000	
			ACCBBAEEDDDCCBBAAA	382	46.3000	
			AACBBBEEDDDAACCBBA	387	46.0000	
			ACCBBAEEDDDCCBBCAA	413	44.3000	
			ACCBBAEEDDDCCBBAAA	423	43.0000	
			AACBBBEEDDDAACCBBA	432	42.9000	
			AACBBBDAAEEDDCCBBAAA	443	42.0000	
			AACBBBCEDDDEAACCBBA	454	41.0000	
			AACBBBCEDDDEAACCBBA	459	38.9000	
			BAAEDCCBBAAEEDDCCBB	472	38.3000	
			CBBAAEEDDCCBBBDAAC	477	34.1000	
			CBBAAEEDDCCBBBDAEC	486	34.0000	
			BCAAAEEDDCCBBBDAEC	508	33.8000	
			CEDAABBBCCBDDAAEBC	516	32.4000	
			CBEDAABBBCCEDDAABBC	520	27.7000	
			CBDAAEBCCBDDAAEBC	552	26.4000	
BCDAAEBCCBDDAAEBC	560	26.3000				
BCDAECCBBAEEDDCCABB	603	24.7000				
ABCEDACCBBAEEDDCCBBA	653	20.0000				
ABCDAECCBBAADDECBCBA	699	19.4000				
CBDAABCEACBCEDDAABC	706	19.1000				
CBDAABCEADBBCCDEAABC	740	17.2000				
CBDAABCEADBBCCDEAABC	762	15.3000				
ABCDEACBDABCCBDAEBC	896	14.1000				
19	2-Opt	Or-Opt	BBCCCEEDDDAAAAACBBB	270	91.8000	
			CCBBEEDDDAAAAACBBBC	310	81.9000	
			BBBCCCAAEEEDDAAACBB	319	65.4000	
			CCBBAEEDDDAAACCBBC	357	58.5000	
			AACBBBEEDDDCCBBAAA	366	58.0000	
			ACCBBAEEDDDCCBBAAA	382	46.3000	
			AACBBBEEDDDAACCBBA	426	46.0000	
			BAACCBBAEEDDDAACCB	434	45.4000	
			BBCCAAEEDDDCCCAAEBB	435	42.9000	
			BEAACCBDDDDAAAECCBB	441	38.9000	
			CBAAECCBDDDDAAAEBC	465	36.2000	
			CBDAAEBCCBDDAAEBC	492	35.9000	
			BCCDDAAAEBCBCCAAEDB	504	34.3000	
			ABCCEDDAAACBBBCCEDA	510	34.1000	
			CEDAABCCCBDDAAAEBC	516	31.9000	
			DAABCCCBDEEBAACCB	545	31.1000	
			BBCAAEDDCCBBAAAEBC	556	29.0000	
			CBBAEEDDCCBBDAAEBC	579	27.2000	
			CBDAEBCCBDDAAEBC	614	26.5000	
			AEBBCDDACBAACCBCEDA	662	24.8000	
CBDAEBCCBDDAAECCBA	672	24.5000				
CBDAEBCCBDDAACAEBC	692	23.1000				
CBDAEBCCBDDAACAEBC	750	22.8000				
ABCCAEEDDABCCBEBAADC	757	22.4000				
ABCCBDAAEBBCDEAABCD	807	21.5000				
AECBBDAACBCCCEADCB	817	20.8000				
BDAACCBEBDCADCBAAEC	834	19.3000				
BDAECCDBBCEACBDCAB	868	19.0000				

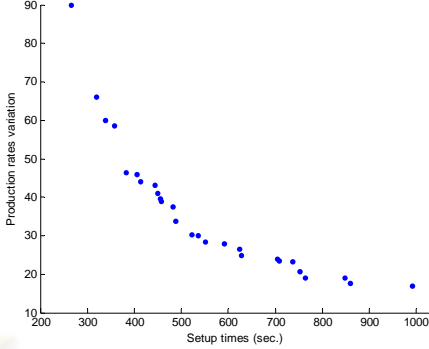
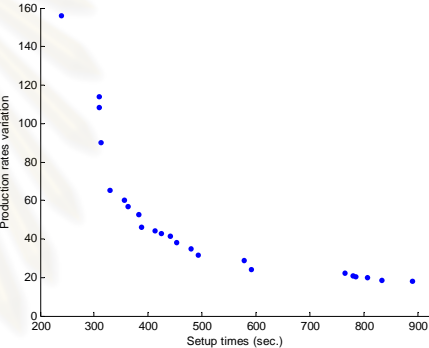
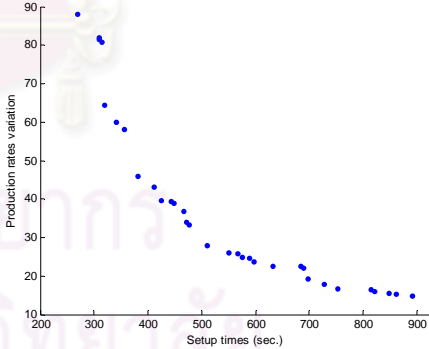
ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	BBBCCCCCEEDDDAAAABB	240	156.3000	
			BBCDDDEEAAAAACCCBBB	284	90.0000	
			BBCCCEEDDDAAAABCCCB	309	81.9000	
			BBCCAAAEEDDDAACCCBB	319	66.3000	
			AACCCBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000	
			CCBBAAAEEDDDAACCCBCC	357	58.3000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			AABBBCCEDDDAACCCBBEA	431	45.5000	
			BCCAAABDDDEEBCCCAAB	447	44.0000	
			EDAACCCBBDDAAACCCBBE	448	41.0000	
			CAAECCBBDDDEAAABCC	461	40.0000	
			AABBBCCEDDDAABCCCBEA	470	39.0000	
			AAECBBDDDAABCCCBEA	496	38.9000	
			BBCCAAAEEDDDAACCCBB	497	37.3000	
			CBBAAEEDDDCCBBBAAED	503	36.0000	
			AAEDCCBBCEDDAACCCBBA	506	35.0000	
			BDEAACCCBBDDAACCCBBE	511	33.2000	
			BCCDEAAABCCEDDCAABB	536	32.0000	
			ACCBEDDAABCCCBCEA	550	28.0000	
			CCBBAEEDDDAACCCBBAAC	567	26.6000	
AABBBCCEDDDAACCCBBEA	651	24.9000				
AEBBCCDAAABCCBBEDA	703	24.8000				
DCBAECCAAABBDACCBAED	710	24.5000				
BCDAEABCCBBDEAAACB	713	21.0000				
BCDAEABCCBBADDCBAE	722	20.8000				
BCDAACBDECCBBAECCABD	855	17.9000				
BCDAEBCDCBBAECCABD	873	17.7000				
21	2-Opt	IP	CCAAAAEEDDDCCBBB	267	186.0000	
			BBCCCEEDDDAAAACCCBBB	270	91.8000	
			CCBBEEDDDAAAABBBCC	280	87.9000	
			BBCCCEEDDDAAAABCCCB	309	81.9000	
			CCBBEEDDDAAAABBBCC	310	79.3000	
			BBCCAAEEDDDAACCCBBB	319	64.5000	
			BCCBAAEEDDDAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	413	44.0000	
			AACCCBBEDDDEAACCCBBA	425	43.0000	
			AAECBBDDDEAACCCBBA	434	42.5000	
			BEAACCCBBDDDEAACCCBB	436	39.5000	
			ACCBBDAAEEDDDCCBBAA	443	39.4000	
			DAACCCBBEEDDAAACCCBBD	448	39.1000	
			AAECBBDDDEAACCCBBA	452	35.4000	
			CBBAAEEDDDCCBBBDAAC	477	34.1000	
			BDAACCCBBEEDDAAABCCB	487	33.4000	
			BBCCAAEEDDDCCBBDAACB	508	30.3000	
			DCBBAACCBEEEDDAAACCCBBD	542	29.2000	
			BCCAEDDABBCEDAACCB	559	27.8000	
BBCCAAEEDDDAACCCBBB	560	25.8000				
CCBBAEEDDDAACCCBBAAC	568	24.6000				
BCCBAAEEDDDAACCCBBAAC	598	23.8000				
DABCCBEDAACCCBBAAACED	627	23.2000				
ACCBEDDAAACCCBBDAACB	629	22.6000				
DABCCBEDAACCCBBEAACD	648	22.5000				
BBCAAEEDDDAACCCBBAAC	658	21.8000				
BACCBAAEEDDDAACCCBBAAC	675	19.8000				
BDEAACCCBBDAACCCBBAAC	693	18.8000				
ACBBDACCBBDAACCCBBDCA	737	18.4000				
BCDEAACCCBBDAACCCBBAAC	771	15.5000				
BCADBCEDAACCBACBEACDB	967	15.1000				
22	3-Opt	PI	CCBBBDDDDAAAEECC	250	177.9000	
			CCBBBDDDDAAAEEBCC	276	87.9000	
			CCBBDDDEEAAAAACBBCC	314	84.0000	
			BBCCAAEEDDDAACCCBBB	319	66.0000	
			AAECBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000	
			CCBBAAAEEDDDAACCCBCC	357	58.3000	
			AAECBBEEDDDCCBBAAA	366	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAACCB	413	44.5000	
			BCAACCCBBDDDEEAAACCCBB	422	44.0000	
			BCCAEEBBDDEAAACCCBB	423	43.8000	
			BAACCCBBEDDDEAAACCCBB	425	43.0000	
			AAECBBBDDDAEBCCA	427	42.8000	
			AACCCBBEDDDAACCCBBEA	432	39.5000	
			BAAECCBBDDDAEACCCBB	439	39.4000	
			AACCCBBEEDDAAACCCBBD	448	39.0000	
			ACCBBDDEEAAACCCBBD	452	38.1000	
			AAECBBBDDDAECCBBA	465	36.8000	
			CBBDDEAAACCCBBAAEDC	481	34.6000	
			AACCCBBEDDAAACCCBBD	482	33.7000	
AECBBDDDAACCCBBD	491	31.2000				
CCBBAAEEDDDCCBBDAEBC	512	30.9000				
CCBEDDAAACCCBBDAAEBC	517	30.7000				
CCBBAAEEDDDCCBBDAEBC	543	28.9000				
CBCEAAADDDCCBBDAEBC	572	28.3000				
CBCEAAADDDCCBBDAEBC	602	27.5000				
CBDEAAACBBDDAAECCBCC	603	27.2000				
CBBACAAEEDDDCCBBDAEBC	620	26.9000				
AECBBDDCCAAEBCBCDA	621	25.3000				
AECBDDAAABBCECCBDA	643	23.2000				
ACBBEDDAAACBBCCDA	648	22.2000				
DBCCAAEBCDDAACCCBBAED	650	21.8000				
EABCCBDDAACCCBBDAAEBC	673	21.7000				
DBCCAAEBCDDAACCCBBAED	707	21.2000				
ACBBDDAAEBCCAEDBCBA	719	20.2000				
BACBEDDAAACBBACBDEACB	779	19.4000				
CABBDDAAEBCBACBDEACB	785	18.9000				
CDAABCEBDACCBDAAEBC	801	17.9000				
CBDAACEBBDACCBDAAEBC	811	17.5000				
CBDAACEBBDACCBDAAEBC	832	15.4000				
CBDAACEBBDACCBDAAEBC	857	13.9000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
23	3-Opt	API	EDDDAACCCBBBBBCCAAAE	319	95.4000					
			DDEEAACCCBBBBBCCAAAD	343	83.5000					
			BBCCAAEDDDEAAACCCBBB	357	61.8000					
			CCBBAAEEDDDDEBBBAACCC	380	57.0000					
			CCBBAAEEDDDEAAACCCBBBC	395	55.8000					
			BBCCAAAEEDDDEBBAAACCB	411	47.0000					
			CAABBBCCEDDDAAAEBCCB	417	42.4000					
			BCAACCCBEDDDEAAACCCBB	456	41.0000					
			BCEAACCCBEDDDAAACCCBB	461	40.2000					
			ACCCBEDDDAAABCCBBEA	471	39.6000					
			BAAEDCCBBEDDAAACCCBB	477	35.3000					
			BCCAAEDCCBBEDDAAACCB	508	34.1000					
			BAAEDCCBBEDDAAABCCB	516	33.3000					
			BCAAEDCCBBEDDAAABCCB	547	29.1000					
			CDEBBAAACCCBBEDDAAABC	549	27.0000					
			DEAACCCBBEDDAAEBBCAD	589	25.8000					
			BCCAAEDCCBBEDDAAACCB	609	25.5000					
			BCDAAECCBBAEDDAAACCB	616	23.7000					
			BCEDAACBBAEDDAAACCB	628	22.7000					
			AEDCCBBACBAADECCBBA	645	22.2000					
			BCDAAECCBBAEDDAAACCB	647	21.7000					
			AEBCCBDDAACCCBBAEDCB	658	20.9000					
			BCDAAECCBBAEDDCBAACB	671	19.7000					
			AEBCDABCCBAAEDDCBBCA	698	19.5000					
			CBAAEBCCBAAEDDCBBCA	702	19.3000					
			CBAEDABCCBAAEDDCBBAC	709	18.0000					
			CBAEDABCCBAADECCBBAC	736	17.3000					
			CBAEDABCCBAAEDDCBAAAC	740	17.0000					
			CBAEDDABCCBAAEDDCBAC	752	16.4000					
			BCAAEDCCBBAEDDCBAEDCB	763	16.2000					
			BCAAEDCCBBAEDDCBAEDCB	793	14.2000					
			BCAAEDCCBBAEDDCBAEDCB	812	13.7000					
			DABCCBBAEDDCBAEDDCB	879	13.6000					
			CBAEDACBBDACEABCDACB	931	13.0000					
CBADCBAAECCBBAEDDCB	944	12.6000								
24	3-Opt	2-Opt	BCCCEEDDDAAAAACCCBBB	270	87.9000					
			CCBBDDDEAAAAACCCBBBC	314	84.0000					
			BBCCAAEEDDDAAACCCBBB	319	64.5000					
			BBAAACCEEDDDAAACCCBBB	347	60.0000					
			BCCBBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000					
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000					
			BBCCAAEEDDDCCBBBAACB	413	44.0000					
			AABBCCEDDDAEBBCCCAA	417	43.4000					
			BAACCCBEDDDEAAACCCBB	425	43.0000					
			AABBCCEDDDAABBCCCEA	430	39.5000					
			AAECCBBDDDAACCCBBEA	441	39.0000					
			AEDCCBBAAAEEDDCCBBBA	472	33.9000					
			DAACCCBBCEEDAAACCCBB	477	33.2000					
			DAACCCBBCEEDAAACCCBB	491	33.1000					
			BBCAAEDDCCBAAEDCCBB	503	32.6000					
			BCCEDAAACBBEDDAAACCB	511	30.0000					
			CBBAEEDDCCBAAEDCCBB	541	28.6000					
			AEDCCBBCAAEDDACCBBBA	555	27.9000					
			BBCAEDAACCCBEDDAAACCB	560	27.8000					
			ABBCCAEDDAAACBBCCDEA	573	27.4000					
			CBBAEEDDCCBAAEDACBBC	593	25.8000					
			ABBCCAEDDAAACBBCCBDA	599	25.2000					
			CBBAEEDDCCBACEDAABBC	622	23.8000					
			BBCAAEDDCCBACEDAACB	653	22.6000					
			CBAAEDDCCBBAACEDBBAC	668	20.7000					
			CBBAEEDDCCBACEDAACB	691	20.6000					
			CBAAEDDCCBBAACEDBBAC	699	18.7000					
			CBEDAABCBDAACCAADEB	777	18.2000					
			BCDAAEBCCBAADEABCCDAB	813	14.1000					
			25	3-Opt	3-Opt		BBBBBAAEEDDDAACCC	288	216.3000	
							BBCCCEEDDDAAAAECCBBB	313	81.4000	
							BBCCAAEEDDDAAACCCBBB	319	66.0000	
							CCBBBAAEEDDDAACCCBB	357	58.3000	
							CCBBAAEEDDDDEBBBAACCC	380	57.0000	
BBCCAAAEEDDDAACCCBB	384	53.3000								
BAACCCBDDDEEAAACCCBB	391	46.0000								
BCCAAABCEEDDDAACCCBB	417	45.4000								
BCAACCCBDDDEEAAACCCBB	422	44.0000								
BAACCCBEDDDEEAAACCCBB	425	43.0000								
EBBCCAAADDDCCBBCCAAE	430	40.2000								
DAACCCBBEEDAAACCCBB	448	39.2000								
DAACCCBBEEDAAACCCBB	452	39.1000								
BBDCCAAEEEDDDAACCCBB	470	38.6000								
DAACCCBBCEEDAAACCCBB	477	33.2000								
AECBBBDDAACCCBBEDA	491	31.2000								
BCDAAEBCCEEDDAAACCCBB	516	30.0000								
CBEDAACCCBDDAAAEBC	517	27.5000								
BCDAAEBCCCBDDDEAACB	560	26.3000								
BCBAEDAACCCBEDDAAACCB	598	25.8000								
BCAAEDDCCBAAABCCEDAB	623	22.8000								
CBAAEDDCCBAAECCBBDA	632	22.7000								
BCAADDEBCCAABCCEDAB	638	21.7000								
BCAADDEBCCAABBEDCCAB	665	21.6000								
BCAADDEBCCAABBECCDAB	687	21.0000								
CBDDAAEBBDAACCCBEDAC	694	20.5000								
CBEDCAABBDAAACCCBEDAC	715	19.9000								
BCAADDEBCCBAAEBCBDA	751	19.6000								
CBADACBBEDAACCCBEDAC	756	18.0000								
CBDAACEBBDAAACCCBEABC	757	15.7000								
BCAADCEBDCBAAEACCDAB	921	15.0000								
BCADECABDABCBEACCDAB	956	13.1000								

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
26	3-Opt	Or-Opt	BBBCCCAAAAEEDDCCBB	267	90.0000	
			BBCCAAEEDDDAAACBBB	319	66.0000	
			AAABBCCCDDDEBBCCAA	339	60.0000	
			BBCCAAEEDDDAAABCCCB	358	58.5000	
			ACCBBAAEEDDDCCCBAA	382	46.3000	
			BBCCAAAEEDDDBBCCCAAB	405	46.0000	
			BBCCAAAEEDDDCBCCCAAB	414	44.0000	
			BBCCAAAEEDDDCBCCCAAB	444	43.0000	
			ABBCCAEDDDEBBCCCBAA	450	41.0000	
			BBCCAAAEEDDDCCBBBAEC	456	39.5000	
			ABBCCAEDDDCCBBCCCAA	457	38.9000	
			CCBBAAAEEDDDCCBBCCAAEB	482	37.5000	
			ADCCBBBCCAAAEEDDDCCBBA	489	33.8000	
			CBDDAAAEBCCCDDAAEBBC	522	30.2000	
			BCCEDAAABBBCEDDCCAAAB	536	30.0000	
			CEBDAABBBCCDDAAEBBC	551	28.3000	
			BDCEAAABBBCCDDAAEBBC	591	27.8000	
			DACBBAAABEDCCBBCCAAED	624	26.6000	
			ACBBCEDDAABCCBBCCAAED	628	24.8000	
			ABCDEBDCBBAACCCBBEDA	704	23.9000	
EBDAACBBDAECCBBCAD	708	23.4000				
CABCBAEDDCBBAACCEDB	738	23.2000				
BCADCBAECCBBDAECB	753	20.6000				
BCAEBDDCAACBBDAECB	764	19.1000				
ABCBAEDDCBACBDABCEA	849	19.0000				
CBAAECBDDCABCBDABEAC	859	17.7000				
BDABCAEACDCBAEBBDCA	991	16.8000				
27	3-Opt	Double-bridge	BBCCCEEDDDAAAAABBB	240	156.0000	
			CCBBBCEEDDDAAAAABBC	309	114.0000	
			CCBBBEEEDDDAAAAACBCC	310	108.5000	
			AABDDDEECCCCBBBAAA	312	90.0000	
			AACBBDDDEEBBCCCAA	330	65.4000	
			AABBCCCEEDDDBBCCAAA	356	60.0000	
			AAABCCCEEDDDEBBCCAA	363	57.0000	
			CCBBAAAEEDDDCCAAABBB	383	52.5000	
			AABBCCCEEDDDAABBBCCA	387	46.0000	
			ACCBBAAEEDDDCCBBCCAA	413	44.0000	
			AABBCCCEEDDDEAABBBCCA	425	43.0000	
			ABBCCCEAADDDEBBCCAA	441	41.5000	
			EAAACBBDDDDCCAAABBBCE	453	38.2000	
			CEDAABBBCCEDDAABBB	480	34.9000	
			CDAAEBBBCCDDAAEBBC	492	31.6000	
			BCEDAABBBCCDDEAACCBB	578	28.8000	
			CDEBBAACCCBDDDEAABC	592	24.1000	
			CBEAADDCCBAABBBCECAD	764	22.3000	
			CCABBDEDAABCCCEABDABC	779	21.0000	
			CBEDACBBAAACCBADDEBCA	784	20.5000	
ACBEBDDAABCCDACCBBBA	806	19.7000				
BCADEBCBAACCBADDEBCA	833	18.4000				
DACCBEBDAABCCCEABDABC	889	17.8000				
28	3-Opt	IP	BBCCEEDDDAAAAACCCBBB	270	87.9000	
			BBCCEEDDDAAAAACCCBBB	309	81.9000	
			CCCBEDDDAAAAEBCBCC	310	81.4000	
			CCBBCCDDAAAAEBCBCC	315	80.8000	
			BBCCAAAEEDDDAAACCCBBB	319	64.5000	
			AAACCBDDDEECCCBBA	342	60.0000	
			BCCBBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			BBCCAAAEEDDDDEBBCCCAAB	412	43.0000	
			CCBBAAAEEDDDCCBBBAEC	425	39.5000	
			ACCBDDAAAEEDDDCCBBAA	443	39.4000	
			AACCBBEEDDAACCCBDA	448	39.0000	
			BEAACCBDDDDAAAEBCCB	467	36.9000	
			AEDCCBBBAAEEDDDCCBBA	472	33.9000	
			DAACBBCCCEEDDAACCCBBD	477	33.2000	
			ACCBEDDAAACBBCCEDA	511	28.0000	
			ACCBEDDAAACBBCCEDA	551	26.0000	
			CCBBAAEDDABCCCEDAABC	567	25.8000	
			ACCBEDDAAACCBEDCBA	576	24.9000	
			BCAAEDDACCBBCCEDAACB	589	24.7000	
CCBBAAEDDACCBBCEDAABC	597	23.8000				
ACBBEDDACCBBAAEBCDA	633	22.5000				
ACBDAEDCBBAAECCBBEDA	684	22.4000				
CBBEDAAACCBDACBBEDAC	689	22.0000				
CBEDAACBBDAECCBBDAC	698	19.3000				
CBEDAACBBDAABCBEDAC	728	17.9000				
CBEDAACBBDAABCBEDAC	753	16.7000				
DACBCEBDAACBBACEACBD	814	16.5000				
CBDAACECBDDAABCEBDAC	821	15.9000				
BDACCAEBDCBAAEBDDCCAB	849	15.4000				
BACCBEDAACBDACBEDCAB	861	15.3000				
CBEDAACBDCBAACBECBDA	891	14.9000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	BBBCCCCAAAAAEEEDDBB	258	139.8000	
			CCBBBAAAAADDEEBBCCC	289	91.8000	
			CCBBBEDDDAAAAAEBBCC	310	82.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCBBB	319	64.5000	
			BBAACCEEDDDAAACCBBB	347	60.0000	
			CCBBBAAAEEDDDAACCBBC	357	58.3000	
			BBCAACCEEDDDAAACCBBB	378	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAACC	382	52.5000	
			BBAACCEEDDDAAABBCCB	386	52.0000	
			AACCBBEEDDDAACCBBA	387	46.0000	
			CAABBCCEDDDAAAEBCB	417	42.4000	
			AACBBBEDDDAAECCBBBA	430	41.5000	
			CBBAEEDDDCCBBAAEBC	451	40.1000	
			AAEBCCBBDDDEAACCBBA	460	38.9000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAACC	472	37.0000	
			ABBCCEDDAAACCBBBEDA	481	34.0000	
			ABBCCEDDAAEBCCBBDAA	516	31.0000	
			ACCBEDDAAABCCBBEDA	521	28.0000	
			ABCBCEDDAAABCCBBEDA	589	26.0000	
			DCBBCAAEEBCCDEAACBD	616	25.9000	
ACBBCEDDAAEBBACCBDA	623	25.4000				
AECBBDDAABCCACBBEDA	638	24.2000				
AEBDDCCAACBBAEDCBA	676	23.9000				
ACEBBDDAABCCEDACBBA	691	21.4000				
ACBDECBAACBDDACBBEA	740	18.1000				
BCDAAEBCBDACCEDAACB	762	18.0000				
ABCDECBAAACBBDACCBEDA	799	16.5000				
30	Or-Opt	API	DCCCCB BBBBAAAAAEEEDD	236	173.5000	
			DDCCCB BBBBAAAAAACEE	295	141.3000	
			BBBEEDDDCCAAAAACBB	297	112.8000	
			BBCCEDDDAAAAACBBB	308	89.4000	
			BBCCAAEEDDDAAAAACBBB	319	74.5000	
			DCCBBBAAAAAEEBCCDD	340	71.5000	
			BBAACCEEDDDAAACCBBB	347	60.0000	
			BBAACCEEDDDAAACCBBB	378	58.0000	
			BBAACCEEDDDAAACCBBB	386	54.0000	
			AABBCCCEEDDDABBCCAA	387	48.0000	
			AACBBCCEDDDABBCCAA	417	46.0000	
			BBCCAAEEDDDCCCAAEBB	435	42.9000	
			DABBCCCEEDDAAAABBCCD	456	42.2000	
			EAACBBCCDDDEAAABCC	474	41.8000	
			BBCCAAEEDDDCCCAAACBB	478	39.3000	
			AABBCCCEEDDAAABCCBDA	486	37.0000	
			BBCAADDEECCBBAADCCB	516	34.8000	
			BCCBAAEEDDDCCBAAECB	525	32.9000	
			BCCAADDEEBBCCBAAADCB	542	31.4000	
			BCAADDEEBBCCBDAAEACB	570	29.0000	
BAACEDDCCBBBAEDACCB	583	26.7000				
BCAEEDDBBCCBAAACDEF	596	26.3000				
BBCAEEDDCCBBAECCDAB	603	24.0000				
CDAAEBBCCADDCBAAEBC	645	22.5000				
DCBAAECBBCDAAABCCBED	663	21.6000				
CBDAAEBCBCCADDCBAAEBC	675	18.6000				
BCAEEDDBBDCBAAECCDAB	758	17.3000				
BCAEEDDBBDCBAAECCDAB	785	16.8000				
CBAEEDDBBDCBAAECCDAB	810	15.6000				
CBEDAACBDCABBCEAABDC	819	15.4000				
CBDAECCBACBCCAEDBEC	832	15.0000				
BCAEEDDBBDCBAAECCDAB	931	14.6000				
31	Or-Opt	2-Opt	CCBBBAAAAAEEEDDDCCBB	305	87.3000	
			BCCBBDDDEAAAAACCB	314	85.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCBBB	319	66.0000	
			AACCBDDDEEBBCCCAA	330	65.4000	
			AACBBDDDEECCCBAAA	342	60.3000	
			BBCCAAEEDDDCCCAAABB	345	60.0000	
			BCCBBAEEDDDAAACCBBB	357	58.0000	
			CCBBBAAAEEDDDCAABBC	383	50.3000	
			AACBBBEEDDDAACCBBA	387	46.0000	
			ABBCCAAEEDDDEBBCCAA	412	43.0000	
			AABBCCCEEDDAAEBBCCA	417	41.5000	
			AACBBDDDEEACCBBDAA	452	39.0000	
			AACBBDDDEEACCBBDAA	457	38.7000	
			ACCBDDAAEEDDCCBBBAA	474	36.9000	
			AACBBBEDDAAACCBBEDA	482	33.7000	
			BBCCDDAAAEBCCAAEDCB	513	32.5000	
			BBCCAADDEEBBCCAAEDCB	518	30.4000	
			CBEDAACCBBDDEAABCC	525	29.0000	
			BBCCAAEEDDABBCCEDAACB	559	25.8000	
			BCCBAAEEDDABBCCEDAACB	597	23.8000	
DABBCCEDAACCBBAABCE	626	23.2000				
BEAACCBDDABBCCEDAACB	638	21.8000				
BCADCBDAAEBCCEDAACB	730	20.0000				
BCADCEDAACCBBAEDCB	750	17.9000				
CBAAEDCBBCADBCCAEDB	800	16.1000				
CBAAEDCBBCADBCCAEDB	854	13.9000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
32	Or-Opt	3-Opt	BBBCCCAAAAAEEDDDCCBB	267	90.0000	
			BBBCCCAAAAAADDEECBB	294	87.9000	
			BCCCBAAAAAEEDDDCCBB	305	84.0000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	66.0000	
			BBAACCEEDDDAAACCCBB	347	60.0000	
			CCBBAAAAEEDDDAAACCCBB	357	58.3000	
			CBCCAAEEDDDAAABBBCC	358	58.0000	
			BBBCCAAEEDDDCCCAAEBC	375	56.5000	
			CBAAAAEEDDDCCBBAAAC	382	52.5000	
			BBAACCEEDDDAAABBBCC	386	52.0000	
			AABBCCCEEDDDAABBBCCA	387	46.0000	
			AABBCCCAEEDDDEBBCCAA	412	45.0000	
			CBBCAAAAEEDDDCCBBAAAC	413	44.0000	
			AAECCBBDDDAEABBBCCA	427	42.8000	
			BCCBAAAAEEDDDCCBBAAAC	451	42.0000	
			CBBCAAAAEEDDDECCBBAAAC	454	41.0000	
			ABBCCDDAAEABBBCCDAA	462	37.7000	
			BBAAEDDDCCBBAAAECCB	472	37.0000	
			ABBCCEDDAAEABBBCCDAA	486	36.9000	
			BCAAEDDDCCBBAAAECCB	503	27.0000	
			CDEBAAACCCBBDDAAEBC	545	26.2000	
			CBDEAAACCCBBDDAAEBC	560	24.9000	
			CAEBDDAACCCBBDDAAEBC	591	23.4000	
			CBEDAACCCBBDDAAEBC	640	22.6000	
			BCAAEDDDCCBBAAAECCB	664	22.2000	
			ABBCCEDAACBBDDABCCBEA	677	21.6000	
			CBAAEDDDCCBBAAAECCB	685	21.1000	
			ABCCBDEAACBBDDABCCBEA	730	21.0000	
			BDAAEDDDCCBBAAAECCB	731	20.7000	
			CBAAEDDDCCBBAAAECCB	732	20.2000	
			ABCCBDEAACBBDDABCCBEA	735	18.4000	
			BCAAEDDDCCBBAAAECCB	753	16.2000	
BCADAEBCCDBAABCCBDEA	890	15.8000				
33	Or-Opt	Or-Opt	BBCCDDAAAAAECCBBB	289	88.5000	
			CCBAEEDDDAAAAABBBCC	327	87.9000	
			BBCCEDDDAAAAACCCBBB	329	77.8000	
			AABBCCCEEDDDCCBBBAAA	334	66.0000	
			AACCCBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000	
			AACCCBBEEDDDCCBBAAA	366	58.0000	
			CCBAAAAEEDDDCCBBAAAC	382	46.0000	
			ACCCBAAEEDDDCCBBBAAA	413	44.0000	
			AABBCCCEEDDDAAEABBBCCA	417	41.5000	
			CCBAAAAEEDDDCCBBBAAEC	425	39.5000	
			BBCCAAEEDDDCCBBBAAEC	444	37.5000	
			BBCCAAEEDDDCCBBBAAEC	458	36.8000	
			CBBAEEDDDCCBBBAAEEDC	472	34.0000	
			BCAAEDDDCCBBBAAEEDC	508	32.8000	
			BCAAEDDDCCBBBAAEEDC	517	29.8000	
			BCAAEDDDCCBBBAAEEDC	534	24.8000	
			BBCCAAEEDDDCCBBBAAEC	666	23.4000	
			BCAAEDDDCCBBBAAEEDC	759	23.2000	
			AACBBCEEDDCCBAAEBCADC	763	21.4000	
			ACBBCAAEDDDCCBBBAAEEDC	765	21.2000	
AECBBCAAEDDDCCBBBAAEEDC	788	20.3000				
DCBAAEBCACBDECAABBCD	791	17.3000				
BADCBECAADCCBBAAEEDC	815	14.9000				
ACBDBCAEDDCBAAEBCCDBA	890	13.7000				
34	Or-Opt	Double-bridge	BBCCCEEDDDAAAAACCCBB	270	91.8000	
			CCBBEEDDDAAAAACCCBB	310	83.8000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	66.3000	
			BCCBAAAAEEDDDAAACCCBB	357	58.3000	
			BBCCAAEEDDDCCCAAEBC	375	58.0000	
			CCBAAAAEEDDDCCBBBAAAC	382	46.0000	
			BBCCAAEEDDDEBBCCCAAB	412	43.0000	
			BBCCAAEEDDDEBBCCCAAB	442	41.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBBAAAC	444	37.5000	
			AACCCBBDEAAACCCBBEDA	486	34.0000	
			AECBBDDAAACCCBBEDA	491	31.2000	
			BCDEAAACCBEDDAACCCBB	525	30.4000	
			CBBAEEDDACCBBBDAEAC	538	28.8000	
			CBEDAACCCBBEDDAACBB	551	28.7000	
			BCCAAEEDDBCCAAABEDCB	594	24.7000	
			ACCCBDEDDABBCCAEDCCBA	624	24.6000	
			AEACBDDCCBBCAABCCDEBA	732	23.8000	
			ACBDDABCCCAABBCEDEBCA	753	20.5000	
			CABDAEBCACBDDCBEEAAC	808	19.1000	
			CBAEEDDDCCAAABCEADABC	840	17.3000	
CBAAEEDDDCCABBBCEABACD	909	16.7000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
35	Or-Opt	IP	BBBDDDEAAAAACCCBB	245	145.5000	
			BBBCCCAAAAAEEDDDCCBB	267	90.0000	
			BBCCEEDDDAAAAACCCBB	270	87.9000	
			BBCCEEDDDAAAAACCCBB	308	85.8000	
			BBCCEEDDDAAAAACCCBB	309	81.9000	
			BBCCEEDDDAAAAACCCBB	313	79.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			BBAACCEEDDDAAACCCBB	347	60.0000	
			BCCBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAAC	382	46.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAAC	413	44.0000	
			AABBCCEDDDAAEBBBCCA	417	41.5000	
			CAAEBBCCDDDDAAAEBBCC	423	39.4000	
			AACCBBEDDDAACCBCEA	461	37.5000	
			CAAEBBCCDDDDAAAEBCB	466	37.4000	
			CBEAACCBDDDDAAAEBCB	467	36.3000	
			BEDAACCBBAAEEDDCB	477	34.8000	
			CBBEDDAAACCBBEDAAC	482	34.4000	
			BEDAACCBBDDEAAACCB	486	33.4000	
			BBCAAEDDCCBBAAAEBCB	503	28.7000	
			BCEDAACCBBEDDAAACCB	511	27.7000	
			BCEDAACCBBDDEAAACCB	515	27.0000	
			CBBAEEDDCCBBAAAEBCB	532	26.7000	
			BCAAEDCCBBAAEDDAAACB	555	25.8000	
			ACCBBEDDAAACCBDEBCA	571	25.3000	
			CBBAEDDAAACCBDEAABC	572	25.2000	
			ACBBAAEDDCCBBAAAEBCB	618	24.7000	
			ACBBAAEDDCCBBAAAEBCB	627	22.2000	
			BACCBEDDAAACCBDEAACB	632	21.1000	
			BDACCBAAEDCCBBAAEDCB	679	19.0000	
ABDCCBAEDCCBBAAEDCB	743	18.6000				
BCAAEDCCBDABCCBAAEBCB	749	15.8000				
CBDEAABCDCBAAEBCBCDA	870	15.3000				
CBDAACBAEDCACBBAEDABC	878	15.0000				
36	Double-bridge	PI	BBBCCCDDEEAAAAAABB	254	156.0000	
			BBBCCCDDEEAAAAAACCBB	284	95.4000	
			BBBCCCAAAAAADDEECCBB	294	87.9000	
			BBCCEEDDDAAAAABCCCB	309	81.9000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			CCBBAAEEDDDAAACBBCC	357	58.5000	
			CCBBAAADDDDEEAACCBBC	381	58.0000	
			ACCBAAEEDDDCCBBAA	382	50.0000	
			ECBBAAADDDCCBBAAE	411	46.2000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAACB	413	44.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAAC	423	43.0000	
			ACCBBAEEDDDCCBBAAE	427	42.5000	
			CCBBAAEEDDDEBCCBBAAE	449	41.0000	
			CCBBAAEEDDCCBBAAEBC	451	38.4000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAEBC	456	36.9000	
			BBCCDDAAAEBCCCEDAAB	486	36.7000	
			BBCCAAEEDDEBCCDDAACB	497	35.5000	
			BCAAEDDCCBBAAAEBCB	503	30.7000	
			BCAAEDDCCBBAAEBCB	555	29.0000	
			BBCAEDDAAACCBBEDAACB	560	26.7000	
			BCAAEDDCCBBAAEBCB	586	23.0000	
			BCAAEDDCCBBAAEBCB	624	21.0000	
			BCAAEDDCCBBAAEBCB	713	19.6000	
			BCEDAABCCDABBCCDAACB	726	15.8000	
			BCEDAABCCDABBCCDAACB	740	15.5000	
			37	Double-bridge	API	
BBCCCAAAAAAEDDDEBBB	265	141.0000				
CCBEEDDDAAAAAABBBC	280	102.8000				
CCBBAAADDDDEEBBC	289	91.8000				
CCBBCEEDDDAAAAAABBCC	309	85.8000				
BBCCCAAAAAADDEEBBCB	320	83.8000				
AACCBBDDEEBBCCCAA	330	66.3000				
AACCBBEDDDEEBBCCCAA	364	63.0000				
BBCCAAAEEDDDAACCB	384	53.1000				
AACCBBDDEEAACCBAA	391	48.3000				
AACCBBDDEEAACCBAA	422	46.3000				
AEBBCCAAADDEBBBCCA	428	43.0000				
BBCCAAEEDDDECBAAACB	454	41.0000				
BBCCAAEEDDDBBCEAACB	478	39.3000				
BCEDAABBCCEEDDAAAB	480	38.0000				
AEBBCCDDAAAEBBBCCA	497	36.4000				
BCEDAABBCEDDAAACB	510	35.0000				
BBCCEDAAACCBEDDAAACB	511	32.1000				
BBEDCCAAACCBEDDAAACB	538	32.0000				
BCEDAACBBCCEDDAAACB	540	30.7000				
BCEDAABCCCBEDDAAACB	550	26.0000				
ACBBEDAACBCDDEBBCAA	610	25.1000				
BCEDAABACCBEDDAAACB	627	24.0000				
CADEBBAACBBCCEDDAAACB	637	23.7000				
BCEDAACBACCBEDDAAACB	657	22.0000				
BCDAAEBCACCBDDDEAACB	668	20.1000				
BCDAAEBCACCBDDDEAACB	718	19.6000				
ACCBBEDDAAACBCEDEBCA	726	19.3000				
ABCEDCBAABCCDDAEBCA	727	16.8000				
BCDAAEBCEDAAABCEDACB	756	16.1000				
ABDCCBEAACBEDACBCCDA	802	15.9000				
BCDAAEBCEDCBAACBAEDCB	816	14.8000				
BCDAAEBCEDCBAACBAEDCB	820	13.0000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
38	Double-bridge	2-Opt	ACCCCB BBBBAAAEEDDDA	288	162.9000	
			AAAABCCBBBCEEDDDA	309	126.9000	
			CBBEEDDDAAAACBBCC	310	81.9000	
			BBCCAAEEDDDAAACBBB	319	66.0000	
			BBCCAAEEDDDCCAAABBB	345	64.5000	
			BCCBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCAAABBB	383	52.5000	
			BAACCB EEDDDAAACCCBB	387	50.0000	
			CCAABBEEDDDCCAAABBC	414	46.0000	
			BCCAAEBDDDEAAACCCBB	422	44.9000	
			CAAEBBCCDDDEAAABBC	431	43.5000	
			ACBBBEDDDAAACCCBBEA	432	43.0000	
			BCCAAEBDDDDCCAAABBB	440	42.8000	
			CCAABBEEDDDCCAAABBC	457	41.5000	
			BCCAAEEDCBBDDAAACCCBB	474	41.2000	
			CCBAAEBDDDDCCAAABBC	478	35.9000	
			CCBDAAEEBBCCDDAABC	492	35.0000	
			BCCAAEDDCBBEDAACCCBB	508	34.7000	
			CBBEDAAACCCBDDAAEBBC	517	30.0000	
			CEBDDAAACCCBDDAAEBBC	542	29.5000	
			BCCAEDDBBBAACCCEDAB	575	26.7000	
			BCCAAEDDCBBBAACCCEDAB	584	24.7000	
			BCCAEDDCBBBAACCCEDAB	623	22.7000	
			DAACCBEDABCCBEAACBD	678	21.3000	
			BCCAAEDDCBBBAACCCEDAB	679	20.9000	
			DCBBCAEEDABCCBEAACBD	713	19.3000	
			CBADBECCAAABCCDDEAACB	720	19.0000	
			BCAEDABCCBDDAAEBBCA	781	18.9000	
			CBDAAEBCDABCCAEABBD	817	16.4000	
			DABCBACEDABCCBEAACBD	832	15.3000	
CBAAEDCDBABCCBEABDAC	850	15.1000				
CBADAEACBDBCCBEABDAC	926	12.9000				
39	Double-bridge	3-Opt	BEDDDCCCAA AAAEBBBB	297	146.3000	
			AAACDDDEEBBBBCCCAA	300	93.3000	
			BBBCCEDDDAAA AECBB	313	82.3000	
			AABBCCCEEDDDCCBAAA	334	66.3000	
			BBBCCCAA EDDDEAACCCBB	357	61.8000	
			AAABCCCEEDDEEBBCCAA	363	57.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			ABBCCAAEEDDEEBBCCAA	412	43.0000	
			AABBCCEDDDAAEBBCCA	417	41.5000	
			BCAAEBBCEDDDAAACCCBB	447	40.1000	
			CBBAEEDDCBBBAAEDCC	472	36.7000	
			CBDAABBCCEDDAABCC	486	33.7000	
			BCCEDAAABBBDDCCAAEB	503	32.5000	
			BCCEDAAABBBCCDDAEACB	524	27.4000	
			BCCDEAAABBBCCDDAEACB	543	27.1000	
			CBDAAEBBCCBDDAEACB	552	26.4000	
			BDCCEAAABBBCCDDAEACB	560	26.0000	
			CBEDCAAABBBCCDDAEACB	590	25.1000	
			CBBAEEDDCBBBAEDACBC	593	24.6000	
			CBDAAEACBBCCBDDAEACB	595	24.4000	
			CBDAEAACBBCCDDAEACB	614	23.7000	
			CAEDCBBAACCBDDAEACB	620	23.2000	
			CBDAEAACBBCCBDDAEACB	644	21.7000	
			CBEDAACBBAAACDDDEBBAC	656	21.1000	
			CBDAECBAABCCBEDDAABC	715	18.5000	
			CBDAECBAABCCDDAEACB	758	17.6000	
			BCADCBAEEDCBBCAAEACB	783	16.3000	
			CBADAEACBBDCAAEACB	841	15.9000	
			BCADEABCADCBBCAEDCB	860	14.1000	
			40	Double-bridge	Or-Opt	
BBCCAAEEDDDAAACCCBBB	319	64.5000				
CCBBAAA EEDDDAACCCBBC	357	58.3000				
CBBAAEEDDDCCBBBAAAC	382	55.8000				
CCBBAAA EEDDDCCAAABBC	383	50.3000				
BCCAAEBEEDDDAAACCCBB	388	50.0000				
ACCBBAAEEDDDCCBBCAA	413	44.3000				
CBBAAEEDDDCCBBBAEC	425	43.0000				
AEBBCCA EEDDDCCBBBCAA	444	42.1000				
CBBAEEDDDCCBBAAAEB	451	39.0000				
ACCBBAEEDDDCCBBBCEAA	456	38.9000				
AAEDCCBBBAAEEDCCBBBA	472	37.7000				
AABBCCEDDDCAABBBCEA	486	37.0000				
AABBCCBDDDEEAABBCCDA	500	35.7000				
BCCAADDEBBCCAAAEDEB	502	34.9000				
BDCCAAABBCCEEDDAACBB	503	33.8000				
CBDAACCCBBEEDDAACBC	517	33.4000				
ADCCBBBCEAAEEDCCBBBA	532	30.8000				
BAAEDCCBBBDDAACCEAB	564	29.9000				
ACBBDEBCCAAEEDCCBBBA	566	27.3000				
BCDEAACCBBAEEDDAACCB	572	25.4000				
ACBBDECCBAAEEDCCBBBA	578	25.3000				
AEBCADCCBBAEEDCCBBBA	635	24.5000				
AEDCCBBAADCCBBBAAEDC	656	24.4000				
BAEDCCBAADCCBBBAAEDC	694	21.2000				
BCAEEDCCBBACEDDBAACB	730	19.8000				
DCBEAACBBDABCCAAECBD	743	18.8000				
ADCBBCAAEDCBBDACBCA	770	18.2000				
CBEDAACBBDACBAAEDBC	783	15.9000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	AAEEDDDCCCB BBBBAAA	236	136.5000	
			AAAEEDDDCCCB BBBBCAA	267	122.8000	
			AAEDDDEBBCCCB BBBAAA	303	105.0000	
			CCBBCAAADDDDEEBBCC	320	85.8000	
			CCBBAAEEDDDAAAABBCC	327	74.5000	
			AABBCCCEEDDDCCBBBAAA	334	64.5000	
			BCCBAAEEDDDAAACCCBBB	357	62.5000	
			AABBCCCEEDDDCCBBBAAA	365	58.5000	
			AACBBBEDDDCCBBEAAA	380	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAAC	382	52.5000	
			ECCBAAAADDDCCBBBAAE	411	46.2000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBEAAC	427	40.0000	
			CCBBAAADDDCCBBBAAEC	456	38.9000	
			CAACBBBEDDDCCAAAEBBC	474	38.0000	
			BBCCEDDAAAABCCCEDAB	480	36.8000	
			AEBBCDDAAACCCBBBCEDA	516	34.8000	
			AAEDCBBBCDDAAACCBBA	520	34.7000	
			BCEAAADDCBBCCCAAEDB	554	31.6000	
			BAADCCBBCEAEDDAACBB	584	30.1000	
			BEADCCBBCEAEDDAACBB	586	29.3000	
			DABBCCAEDDCBBAAACBBE	624	28.6000	
			AABCCBBEDDACCEDABBCA	628	27.5000	
			BCEAADDCBBBAAACBDEC	638	26.4000	
			CEAADCCBBCCDAABBEDAC	684	25.5000	
			BCEAADDCBBABDAECCAB	740	22.1000	
			DABBCCCEAACBAEDCBBADC	825	20.3000	
BCAEDACBBDAACCBABDEC	838	17.7000				
ACBBCCAEDCABACBCDEAB	982	16.9000				
42	Double-bridge	IP	BBCCCAAEEEDDDCCBBB	267	93.3000	
			BCCBDDDEAAAAACCCBB	314	85.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBBB	319	64.5000	
			BBAACCCCEEDDDAAACCCBB	347	60.0000	
			BCCBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAACB	413	44.0000	
			BCCAAEEDDDAAACCCBB	423	43.8000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAEC	425	39.5000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBEAAC	458	39.4000	
			CBAAEEDDDCCBBBAAEC	461	36.2000	
			CBBAEEDDDCCBBBEDAAC	477	34.1000	
			BBCCAAEEDDDCCBBEDAACB	508	31.5000	
			CCBBAAEEDDDCCBBEDAABC	516	30.3000	
			ACCBEDDAAAECCBBCCDA	530	30.1000	
			BCDAAEEDDDAAAECCBB	535	29.1000	
			BCEDAABCCBDDAAAECCBB	559	28.1000	
			BBCCAAEEDDACCBBEDAACB	560	25.8000	
			CBBAEEDDACCBBEDAABC	568	24.6000	
			BBCAEEDDACCBBEDAACB	619	23.8000	
			BACCBEDDACCBBCCADEF	638	22.2000	
			BCAEEDDCCBBCAEEDDACC	651	20.9000	
			BDAACCBBEDACCBAEEDCB	684	19.0000	
			BDAACCBBEDACCBBEDAACB	689	18.9000	
			CBDAEEDDACCBBEDAABC	733	16.6000	
			CBAAEEDDACCBBEDAABC	807	16.2000	
CBDAEEDDACCBBEDAABC	810	16.1000				
BCADBEACDACCBBEDAACB	853	16.0000				
BCAEEDDACCBBEDAACB	867	15.7000				
CBAAEEDDACCBBEDAABC	887	14.2000				
ABCDEBCABACDEABDCBCA	972	13.6000				
ABCDEBCABACDEABDCBCA	1002	12.4000				
43	IP	PI	CCBBDDDDAAAAEEDBCC	276	88.8000	
			CCBBEEDDDAAAAABBCC	280	87.9000	
			CCBBCEEDDDAAAAABBCC	309	85.8000	
			CCBBEDDDAAAAEEDBCC	310	79.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	66.0000	
			BBCCAAEEDDDCCCAABB	345	60.0000	
			CCBBAAEEDDDAAACCBBC	357	58.3000	
			AABCCBBEEDDDCCBBAAA	374	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAACB	413	44.5000	
			AACBBCCCEEDDDAACCBBA	416	44.3000	
			CAAEEDDDCCBBBAAACB	417	43.3000	
			CAAEEDDDCCBBBAAACB	423	42.0000	
			AACBBBEDDDAAECCBBBA	430	41.5000	
			AAECCBBEDDDAAECCBBBA	439	41.0000	
			DAACBBBEEDDAAECCBBBD	448	39.1000	
			AAECCBBEDDDAAECCBBBA	465	39.0000	
			AAECCBBEDDDAAECCBBBA	467	37.0000	
			CBDAEEDDDCCBBBAAACB	500	36.2000	
			DAACBBBEEDDCAACCBBD	504	33.1000	
			DAACBBBEEDDCAACCBBD	513	31.1000	
			CBDAEEDDDCCBBBAAACB	522	30.2000	
			CBDAEEDDDCCBBBAAACB	530	29.5000	
			CBEDAABCCEDDCAEABBC	534	27.0000	
			CBEDAABCCEDDCAEABBC	550	25.7000	
			CBEDAABCCEDDCAEABBC	564	25.0000	
CBEDAABCCEDDCAEABBC	606	24.7000				
CBEDAABCCEDDCAEABBC	646	24.5000				
CAAEEDDDCCBBBAAACB	653	23.2000				
DAACBBBEEDDCAACCBBD	672	22.5000				
CBAAEEDDDCCBBBAAACB	692	21.2000				
DAACBBBEEDDCAACCBBD	712	20.3000				
BCAAEEDDDCCBBBAAACB	768	19.6000				
CBAAEEDDDCCBBBAAACB	786	17.7000				
CBAAEEDDDCCBBBAAACB	810	15.7000				

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
44	IP	API	AAACCCBBBBCCEDDDEAA	308	105.0000					
			AAEDDDCCBBBBCCCEAAA	310	90.5000					
			AADDCCBBBBCCCEEDAAA	346	81.9000					
			DAAEBBCCCCBBBAAEEDD	357	64.5000					
			DEBBCCCAAAAEECCBBDD	373	62.6000					
			CCBBBAAAEEDDDCCBBAA	382	54.3000					
			AABBCEEDDDAACCCBBBA	386	52.5000					
			AABBCCCEEDDDAABBBCCA	387	50.3000					
			AACBBBCEEDDDAABBBCCA	417	44.3000					
			ABCCBBAADDDEECCBBAA	448	44.0000					
			CBBAAEEDDDCCBBAAEBC	451	40.4000					
			AAECCBBDDDDAACCEBBBA	455	39.5000					
			ACCBBAEEDDDCCBBBCEAA	456	38.9000					
			AECBBBDDAAAEBCCCDA	496	37.7000					
			AECBBBDDAAECCBBDA	500	31.7000					
			AECBBBDDAAACCEBBDA	516	31.1000					
			CBBAEDDAACCCBBBDAAC	529	29.0000					
			CABBEDDAACCCBBBDAAC	560	27.0000					
			CBABEDDAACCCBBBDAAC	594	26.2000					
			BCCEAAAABCCEDDDBAACB	595	26.0000					
			BCCEDAAABCCEDDCBAACB	604	25.0000					
			ABDCCBBAACEEDDABCCBA	657	23.7000					
			CBAAEBCDDAABCCBBAEDC	667	22.5000					
			ACCBEDDABBCAABCCBEDA	668	22.1000					
			CBAAEBCDDAABCCBBEDAC	672	21.2000					
			CBAAEBCDDAABCCBBEDAC	697	20.5000					
			BCAAEBCCDDAABCCBEDACB	703	19.4000					
			ACBEDABCCBDAABBBCCEDA	727	17.5000					
			BCEDAABCCBDAABCCEDACB	756	14.1000					
			CBDAABCCBDAABCCEDACB	805	13.3000					
			ACBDAEBCCBDAABCCEDCBA	817	12.5000					
			ACBEDABCCBDAABCCEDCBA	821	12.4000					
			ABCDEABCCBDAABCCEDCBA	834	12.0000					
			45	IP	2-Opt		CCCEEDDDAAAABBBBCC	240	142.8000	
AACCCBBBBDDEEAAA	284	122.8000								
CBBAAAAEEEDDDCCBBC	305	107.4000								
BBCCEEDDDAAAABBBCCB	309	81.9000								
AABBCEEDDDCCBBBAAA	334	64.5000								
AAABBBCCDDDEEBBCCAA	339	60.0000								
AABBCCCEEDDDEBBCCAAA	363	57.0000								
AAEBBCCDDDEBBBCCAAA	369	56.5000								
ACCBBAAAEEDDDCCBBBA	382	53.4000								
AABBCCCEEDDABBBCCAA	387	52.5000								
AABBCCDDDAEEBBBCCAA	393	47.4000								
ABBCCCAADDDDEEBBCCAA	398	46.0000								
AAEBBCCDDDAEEBBBCCA	423	41.0000								
AACBBBBDDDAACCCBBEA	432	39.5000								
ABBCCDDAAAEEBBCCDA	462	37.2000								
BCCAEEEDDABBCCAEB	466	37.0000								
AAEBBCCDDAAEBBCCDA	492	33.7000								
EAACCBDDAACCCBBDAE	506	32.6000								
BCCDAAAEBBBCEEDDAACB	516	28.5000								
BCCAAEDDACBBBAAEDCB	586	24.7000								
BCCAAEDDACBBBAAEDCB	629	24.6000								
DACBBAECCBBEDAACCB	637	24.4000								
BCCAAEDDACBBBAAEDCB	638	22.9000								
BCCAAEDDACBBBAAEDCB	651	22.2000								
BAACCBDDAEBCBDEAACB	667	22.1000								
CADEBBBAAEBCCBDDAABC	674	21.5000								
BACCBDEAACCCBBEDAACB	682	20.0000								
BCCAAEDDACBBBAAEDCB	711	18.4000								
BCCAAEDDACBBBAAEDCB	741	17.9000								
CBDAABCCABEDCBAEDACB	870	16.9000								
46	IP	3-Opt				AABBBDDDEECCCBAAA	312	93.3000		
						AABBCCCEEDDDCCBBAAA	334	66.0000		
						AACBBBCEEDDDCCBBAAA	364	60.3000		
						AACBBEEDDDCCBBBAAA	366	58.5000		
			CCBBAEEDDDCCBBBAAAC	382	52.5000					
			BBCCAAEEDDDEBBAACCCB	411	49.8000					
			BBCCAAEEDDDCCBBAAACB	413	44.0000					
			CCBBAAEEDDDCCBBAAEC	425	39.5000					
			BBCCAAEEDDDCCBBAAEC	444	37.5000					
			CCBBAAEEDDDCCBBAAEC	451	36.9000					
			BBCCAAEEDDDCCBBAAEC	458	36.8000					
			CCBBAAEEDDDCCBBAAEDC	472	33.7000					
			CBCCAAEEDDDCCBBAAEDC	503	31.7000					
			BBCCAAEEDDDCCBBEDAACB	508	30.3000					
			CBBAEDDAACCCBBBDAAC	529	29.0000					
			CBBAEEDDDCCBBAAEBC	537	27.1000					
			BCCAAEBDDCCBBAAEBC	568	25.7000					
			AEDCCBBAAACDDEEBCCBA	590	25.2000					
			ADCEBBBCCAAADDEBCCBA	601	25.1000					
			AEDCCBBAACDDAEBCBCCA	620	23.2000					
			BCCAAEBDDAACCCBBAAEDCB	624	21.9000					
			BCCAAEBDDAACCCBBAAEDCB	654	19.9000					
			BCCAAEBDDAACCCBBAAEDCB	663	19.2000					
			BCCAAEBDDAACCCBBAAEDCB	711	17.4000					
			ABCCDAEBDDAACCCBBAAEDCB	813	13.9000					

ตารางที่ ง.15 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
47	IP	Or-Opt	BBCCCCCEEDDDAAAAABBB	240	156.0000	
			CCDDDDAAAAEEBBBBBCC	246	147.0000	
			BBCCCCAAAAEEDDDCBBB	267	110.0000	
			BBBCCCEEDDDAAAAACCB	270	94.5000	
			CCBBBEEDDDAAAAABCC	280	91.8000	
			CCBBAAAAAEEDDDCBBBCC	305	89.4000	
			BBCCCEEDDDAAAAABCCB	309	83.8000	
			CCBBEEDDDAAAAACBBCC	310	81.9000	
			BBCCCEEDDDAAAAECCBB	313	81.4000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			AAACCCBBDDDEECCBBAA	342	60.0000	
			CCBBAEEEDDDAAACBBCC	357	58.5000	
			CCBBCCAAEEDDDAAABBBCC	358	58.0000	
			CCBBAEEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			AACCCBBEDDDEAACCCBBA	425	43.0000	
			DAABBCCCEEDAAACCCBD	447	39.2000	
			EAAABCCDDDAABBCCAEC	455	38.2000	
			DAABCCBBEEDAAACCCBD	487	33.2000	
			BCCEDAAABBCEDDAACCB	510	30.0000	
			DCBAACBBEEDAAACCCBD	542	29.2000	
			BEDCCAABCCBEDDAAACCB	577	26.9000	
			CBDAABCCCADDEAACCB	619	26.0000	
			BAEDCCBAACCBEDDAAACB	623	22.0000	
			BAEDCCBAACCBDDDEAACB	627	21.1000	
			BCAEDCBAACCBEDDAAACCB	654	20.0000	
DCBAACBBEEDDCCBAACB	813	18.4000				
48	IP	Double-bridge	CCBBBBBEEDDDAAAAACCC	241	156.0000	
			CCBBBBDDDDAAAAEECC	250	145.8000	
			BBCCCEEDDDAAAAACBBB	270	91.8000	
			CCBBEEDDDAAAAABBBCC	280	87.9000	
			BBCCCEEDDDAAAAABCCB	309	81.9000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	66.0000	
			BBAACCEEDDDAAACCCBB	347	64.5000	
			BCCBBAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAEEEDDDEBBBAACCC	380	57.0000	
			ACCBBAAEEDDDCCBBBAA	382	50.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBCAAB	414	44.0000	
			CCBBAEEEDDDCCBBBAEC	425	39.5000	
			DCCBBBAEEEDCCBBBAAD	458	39.2000	
			CCBBAEEEDDDCCBBEAABC	466	36.8000	
			BCCBBAEEDDDCCBBCAEB	482	35.5000	
			DACCBBBAEEDCCBBBAAD	510	31.2000	
			BCCAEDDACBBBAEEDCCB	555	29.0000	
			BACAEDDDCCBBBAEEDCCB	580	27.0000	
			BCBAEDDAACCCBBEDCAAB	624	26.7000	
			CBBAADDDCCBBBAEEDCCB	649	26.6000	
			BAECCBDAABCDDEAACCB	650	25.2000	
			ACBCDEAABBCCDDEACBA	684	22.7000	
			BCAEDCBBCEADCCABB	783	21.8000	
			AECBCDAABCEDDCBAABC	800	20.3000	
			CBAAEDCDBAACCCDEBCAB	821	20.2000	
ABCDAAECBCBDAABCCDEBA	843	14.6000				
49	IP	IP	BBAAADDDDEAAACCCBBB	312	123.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			BCCBBAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			ACCBBBAEEDDDCCBBAA	382	46.3000	
			CAABBCCDDDEEAAABCC	401	46.0000	
			BBCCAAEEDDDEBBCCAAAB	412	43.0000	
			CAAEBBBCCDDDAAEBC	423	39.4000	
			CCBBAEEEDDDCCBBAAEBC	451	36.9000	
			BAAEDCCCBBDDEAAACCB	481	34.5000	
			CDAAEBBCCDDEAAABCC	500	33.6000	
			BCCAAEDDCBBBAEEDCCB	503	28.9000	
			BEDAACCCBBADDEAACCB	553	28.2000	
			BCCAAEDDCBBBAEEDCCB	555	26.6000	
			AABCCDDEBBCCAAEBBCDA	585	25.1000	
			CABBCEDDAACCBDAEBC	624	21.2000	
			ABCCADDEBBCCAAEBBCDA	644	21.1000	
			ABCCAEEDDBCCAAEBBCDA	651	20.4000	
			BCEDAABCCDABBCCAEDB	707	19.4000	
			BCEDAABCCDABBCCAEDB	714	19.2000	
			BDCAAEBCCDAABCCAEDB	737	18.6000	
			CBDAEBCCDAABCCAEDCB	753	18.5000	
			CBDAEBCCDAABCCAEDCB	759	17.8000	
			BCEDAABCCDABBCCDAEB	779	16.8000	
			CDAAEBBCCDABCCDEAACB	832	16.4000	
			CBDAEBCCDABCCDEAACB	843	14.9000	
CBEADBACCDBAACCEBBDA	916	14.8000				
CBAEDCABBADCEACBDCBA	988	13.0000				

3.2.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
1	PI	PI	EEDDDAAAAACBBBCC	270	180.3000					
			CCCBBBAAAAEEDDEBCC	303	85.8000					
			CCCBEDDDAAAAAEBBCC	310	81.4000					
			BBCCAAAEEDDDAACCCBB	319	66.0000					
			AACCCBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000					
			BBCCAAAEEDDDAAABCCB	358	58.0000					
			AACCCBDDDAEEBBCCA	384	53.9000					
			AABBBCCCEEDDDAACCBBA	386	50.3000					
			AABBBCCCEEDDDAABBBCCA	387	46.0000					
			AACCCBBCEEDDDAACCBBA	416	44.3000					
			CAABBBCCEDDDAAAEBBCC	417	42.4000					
			AEBBCCCAADDEBBCCAA	428	39.5000					
			DAABBBCCCEEDDAABBCD	456	39.2000					
			AABBBCCEDDDAACBBCCBA	460	39.0000					
			CEAABBBCCDDDAAECCBCC	479	36.9000					
			AACCCBBEDDDAACCCBBEDA	482	33.7000					
			AECBBBDDAAACCCBBEDA	491	31.2000					
			DACCBBBDDAAACCCBBAAED	529	29.5000					
			AEDCBBBCCAAADDCBBEA	534	28.4000					
			AACBBEDDCCCBBAEBCDA	581	27.9000					
			AACBBEDDCCCBBAEBCDA	612	25.9000					
			AEDCCBBAACBBDDAECCBA	627	22.2000					
			AEDCCBBAACBBDDAECCBA	632	21.7000					
			AECBBADDACBBEACCBDA	715	19.8000					
			BDACBAEACACBBEDDCAACB	801	19.3000					
			ABCAEDDCBBACBCAECBDA	810	18.0000					
			BDCAAECCBDABBCAECDB	850	16.1000					
			BCADAEBCCDBAADECBBAC	899	16.0000					
			2	PI	API		CCCEEDDDAAAAACBBBCC	270	152.8000	
							CCEEDDEAAAAACBBBCC	308	145.0000	
CCBEEDDDAAAAACBBBCC	310	98.8000								
BCCEEDDDAAAAACBBBCCB	339	94.8000								
AAECCBBBDDDECCAAA	347	79.0000								
DEAAACBBBCCCAEEDD	357	64.0000								
DDAAECCBBBCCCAAEED	362	63.9000								
DECCBBBAAAAACCCBBEDD	376	58.0000								
BBCCAAAEEDDDAACCCBB	384	53.4000								
DAAEBBCCCAABBBCCEDD	417	52.5000								
AACCCBBEDDDEAACCCBBA	425	43.0000								
BBCCAAEEDDDCBAAECCBB	456	40.3000								
AACCCBBCAEDDDAEBBCCA	496	39.6000								
BDAAECCBBBDDAAECCB	500	31.6000								
AACCCBBEDDCAAEBBCCDA	543	30.3000								
BBCCAAEEDDABBCAAEDCCB	556	30.1000								
BBCCAAEEDDABBCEDAACCB	559	29.0000								
AEDCCBBCCDAAABCCEDA	576	28.4000								
BBCCAAEEDDABBCAADEC	583	26.2000								
CBBCAEDDAABCCEDAABC	598	24.6000								
CBBCAAEEDDABBCAADEC	609	24.2000								
CBBCAAEEDDABBCAADEC	625	23.9000								
ACBBCEDDAABCCEDACBA	656	20.6000								
BCCAAEEDDABBCEDAACB	663	20.5000								
CBDAEEDCBBCAEEDCBBAC	710	18.8000								
DBCAAEBCCBDAEBCBAD	735	15.6000								
BCAAEEDCBBDAEBCBAD	743	15.0000								
BADCBEACCBDAABEDCCAB	857	14.8000								
3	PI	2-Opt				AAAEEDDDCCBBBCCBBAA	305	106.8000		
						CCBBAAAEEDDDAABBBCC	327	66.0000		
			AAABCCDDDEEBBCCAA	339	60.0000					
			CCBBAAAEEDDDAACCCBC	357	58.0000					
			CBBAAEEDDDCCBBBAAC	382	52.5000					
			ABBCCAAEEDDDCCBBBAA	383	50.0000					
			ABBCCAAEDDDEEBBCCAA	398	46.0000					
			ACCCBBAEEDDDCCBBBAA	413	44.0000					
			ACCCBDAEEDDDCCBBBAA	443	42.9000					
			ABBCCAAEEDDDEEBBCCBAA	450	41.0000					
			ABBCCAAEDDDEEBBCCDAA	467	39.3000					
			CBBAAEEDDDCCBBBAEDC	472	33.2000					
			ACCCBDDAAEECCBBBCDAA	496	32.6000					
			ACCCBDDAABCCCEEBBCDAA	551	31.9000					
			ACCCBDDAAECCCEEBBCDAA	555	31.7000					
			AABBCCDDEBCCAEDBBCA	590	26.8000					
			ACCCBEDDAACCBEDACBBA	628	25.8000					
			BCCAEBDDAACCBDEAACB	629	22.6000					
			BCAAEDDCCBBAAACCAEDB	634	22.3000					
			BCAAEDDCCBBAAACCAEDB	641	22.1000					
			BACBEDDCAACCBDAEACB	693	21.3000					
			ABCCAEDBCCDAAECCBBDA	717	18.6000					
			BCAAEDBCCDAAEACDCB	817	18.2000					
			BCAAEDBCCDAAEACDCB	832	18.0000					
			BCAACDEBCCADABEACDCB	891	17.8000					

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
4	PI	3-Opt	CEEDDDAAAAABBBBCCCC DDCBBBCCCAAAAAEED CCBEEEDDDAAAAABBBCC BBCCEEDDDAAAAABBBCCB CCCBBAEEDDDAAAAABBBCC AACCCBBEEDDDCCBBBAAA AACCCBBDDDEECCBBAAA BBCCBAAEEDDDAACCCBB AAACCBEEEDDDCCBBBCAA AACCCBBDDDEECCBBBAAA CBBBAAEEDDDCCBBAAAC AACCBEEEDDDAACCCBBBA AACCCBBDDDEEAAABBBCCA BBCAAEEDDDCCBBAAACCB AACCBEEEDDDAACCCBBCAA AECCBBDDDEEAABBBCCA AAECCEBBDDDAECCBBA CBBAACCEEDDDAACCCBBC AAECCEBBDDDAEABBBCCA BEDAAACCCBBEDDAAACCB AECCBBDDDAACCCBBDEA AABCCEDDAAACCCBBCEA ACBBDDAAEEBCCBBDDAA AACBBCEDDAABCCBBEDA ACCBBAEEDDAAACCCBBCEA ABBCCAEDDCAAEBBBCCDA BADECCAABBBCEDDAACCB CBAAEEDDCBBCCAAAEBCB BADECCBAACBBEDDAAACCB ACCBBDAEBAACCBEDCBA BCACBEADDCCBBAACDEACB BDAACCEDEBBCAACBEDCBA CBABCEADDCCBAABCEDACB CBACDAEEDBBCAACBEDACB BACAEDBCDABCAEBDCACB	240 267 280 309 327 335 342 357 366 373 382 387 392 413 418 435 439 456 466 482 495 510 522 550 558 591 611 632 650 762 805 829 867 891 974	159.0000 149.0000 87.9000 81.9000 74.5000 72.0000 66.0000 60.3000 60.0000 59.4000 58.0000 52.5000 50.0000 49.8000 46.5000 44.9000 42.8000 42.3000 36.8000 34.9000 31.4000 31.2000 30.6000 29.2000 27.2000 25.7000 25.4000 25.0000 21.4000 19.8000 18.3000 17.1000 15.9000 15.3000 14.7000	
5	PI	Or-Opt	BCCDDAAAAAECCBBB BBCCEEDDDAAAAABBBCC BBCCAAEEDDDAAACCCBBB CCCBBAEEDDDAAAEABBBCC BBCCAAEEDDDAAABBBCCB BAACCCBBEEDDDAACCCBB BAACCBCEEDDDAACCCBB AACCCBBDDAAEEBCCBDA BCCAAAEBBCCDDDEAACB ABBCCDDAAEEBCCBDA ABBCCEDDAAACCCBBBDA ABBCCDDAAEEBCCBDA ABCCDDAAEBBCCCBEDAA ABCEDDAACBBCCCBDEAA CCBBAAEDDAAACCCBBEDA AACBBDDCCCAACBBCEA AACBBDDCCBEAACCBDA AACBBDDCCBAAEDEBCCBA BACEDAABCCCBDDAACCB ADCECBBAECCBDDACCBA ABDCAEBCCCAADBCEA DECAABCCDABECBAACBD BBCAAECCBDAABCEDCAB BCDAACBEBAAADCCBEDACB	289 309 319 357 358 387 416 453 461 462 486 521 526 554 568 574 594 631 652 720 747 778 806 833	117.0000 87.9000 64.5000 63.3000 58.5000 46.3000 44.3000 44.1000 43.3000 37.7000 36.6000 36.1000 33.2000 32.5000 31.2000 28.7000 26.8000 25.1000 24.1000 23.7000 23.0000 19.7000 18.9000 17.5000	
6	PI	Double-bridge	DEECCBBBCCCAAAAADD CBBBAAAAAEEDDDCCBBC BBCCAAAEEDDDAACCCBBB CCBBAEEDDDAAABBBCC CBBBAADDDEEAAACCCBBC BBCCAAAEEDDDCCBBBAAA DDAACCCBBBEEAAACCCBBD AABCCCEEDDDAAEBBCCBA BCCAAEEDDDCCBBAAECCB DAACCCBBEEDDAAABCCD BCCBAAEEDDABBBCCAAEB CBBBAAADDEBBCCAADDEBC ADEBBCCDAAABBBCCDEA EBCCAABDDAABCCBBDAE CCBBAAEDDABBBCCBAEDAC CBBAEEDCCBAACBBDDAEC BECCAABDDAABCCCBEDAB CAABDDCCBEAACCBDAEBC BCAAEDDBCCCAABDEBAC BEDAACCCBDDACBADECCAB DABEACCCBDDACBADECCAB CABDABECCBBDAACEDBCA	294 305 319 327 381 383 398 417 456 457 504 540 574 600 615 632 677 700 704 789 916 921	139.0000 85.3000 66.3000 64.5000 58.3000 54.0000 49.9000 41.5000 40.1000 39.2000 35.0000 31.0000 28.2000 28.0000 27.9000 27.2000 25.9000 24.0000 21.4000 19.5000 18.6000 16.5000	

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
7	PI	IP	BBBBBAAEEDDDAAACCC	288	216.0000	
			AADDDEECCBBBBAACAA	294	119.8000	
			AAADDCCBBBCCCEAA	296	103.5000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			BBCCAAEEDDDCCCAABBB	345	60.0000	
			BCCBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAAC	382	46.0000	
			AABBCCEDDDAAEBBCCA	417	41.5000	
			EBBCCAADDCCBBCCAEE	430	40.2000	
			AABBCCCEDDAABBCCDA	456	39.0000	
			BEAACCCBBDDAAAEBCB	467	36.9000	
			ABBCCEDDAAABBCCEDA	480	33.2000	
			BCCEDDAAABBCCEDAACB	510	30.1000	
			DAABBCCCEDAABBCCAED	529	29.3000	
			BCEDDAAACBBCCEDAACB	540	28.8000	
			CCBAADDEBBCCAABEBDC	552	28.6000	
			BCAAEDDCCBBEAAACCCB	574	26.6000	
			CAAEBDDACCBBDEAABC	599	25.8000	
			BCCAABEBDDACCEDAABBC	624	25.4000	
			BCCAABEBDDACCEDAACB	625	22.2000	
ABBCCEDDAAACBEACBBDA	677	20.5000				
CADBBAEACCCBDDAABC	689	20.1000				
BCCAADDEBBDACCDEAABC	703	19.1000				
CBEDAACBBDDCAEBBDAC	711	17.2000				
CBEDAACBBDDCAEABEBC	737	16.2000				
8	API	PI	BBBCCCCAAAAADDEEBB	251	136.5000	
			AAEEDDDCCBBBCCCAAA	267	106.5000	
			CCBBEEDDDAAAAABBBCC	280	87.9000	
			BBCCCEEDDDAAAAABBBCC	309	81.9000	
			BBBCCCCAAEEDDDAACCCB	319	65.4000	
			BCCBAAAEEDDDAACCCBB	357	58.3000	
			AAACCCBBDDDEECCBBCAA	373	58.0000	
			ACCBBAEEDDDCCBBBAA	382	50.0000	
			AABBCCCEEDDDAAABBCCA	387	46.0000	
			BBCCAAEEDDDEBCCCAABB	412	45.0000	
			ACCBBAEEDDDCBBBCCAA	413	44.0000	
			BEAACCCBBEDDDAACCCB	432	42.8000	
			BAAECCBBDDDEAAACCCB	434	40.0000	
			BDAACCCBBDDDEAAACCCB	452	39.0000	
			ACCBBEDDAAACCCBBBEDA	482	34.0000	
			BDEAACCCBBDDDEAAACCCB	490	33.7000	
			ACCBDDDEAAACBBCCEDA	515	28.7000	
			ACCBEDDAAACBBBCDEA	525	28.2000	
			BBCCAEDDAACBBEDAACB	560	26.6000	
			ADEBBCCCBAAEDDBACCB	662	25.7000	
BCCDEAAABCDDCEBAACB	665	24.1000				
BCCDEAABDDCBAACCBEDA	702	23.7000				
CBDAECAABCEDDCBBAAC	732	21.2000				
DABCCCEADABBCEBAACBD	769	19.0000				
DABCCCEADBBACCEBAACBD	815	17.0000				
9	API	API	BAAAAACEEDDDCCCBBBB	295	166.0000	
			AACCCBBDDDEECCBBA	342	66.0000	
			AACBBBAEEDDDCCCBBA	382	60.0000	
			AACCCBBDDDEEAACCBBA	391	50.0000	
			AACCCBBADDDEECCBBA	409	48.0000	
			BCAACCBDDDEEAACCB	422	44.0000	
			DAACCCBBDEEAACCBBD	452	39.1000	
			BCCEDAAABCCCEDDAAAB	480	38.3000	
			AAECCBBDDDCAAEBBCCA	483	36.8000	
			DAECCBBBCDEAAACCBBD	520	32.9000	
			BBCCAAEEDDACBBCAECB	539	32.4000	
			DAACCCBBBCDAEEAACCBBD	545	32.2000	
			CBBCAAEEDDACBBCAEBC	565	30.4000	
			CBBEDAAACCBEDDCCBAA	576	30.0000	
			BAEDCCBBAADDEAACCB	579	28.2000	
			BCAEDAACCBBEDDCCAB	586	26.0000	
			BBCADEAACCBCEDDAACB	613	25.6000	
			ABCCBEDAACBBEDDCCBAA	615	25.1000	
			CBAACDDEBCCBAAAEBC	627	23.7000	
			BCAEEDCCBBAEBDDAACCB	651	21.4000	
BCEDAACBBCAEBDDAACCB	654	21.3000				
BCCEDAABBDACCBAEEDCB	683	20.2000				
DAECCBBAABDCCBAEBCD	706	19.7000				
DCBAAEBCBDAACCBCEAD	718	19.0000				
BCEDCAABBDACCBAEEDCB	739	17.9000				
BCAACDEBBDACCBAEEDCB	743	16.7000				
ACBEDABCDAACCBEDCA	784	16.2000				
CBAEDACBBDACCBAAEBCD	796	14.6000				
BCAEDABCBDACCBEDAACB	806	14.1000				
BCADEBACBDACCBAEEDCB	840	13.8000				
BDACCBABEDACCBAEEDCB	848	13.6000				
BCAEDABCBDACCBAEEDCB	853	12.4000				

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
10	API	2-Opt	CCCCDDDEAAAAABBBBCC	254	180.0000					
			CCBBBEEDDDAAAAABBBCC	280	91.8000					
			BBCCDDDEAAAAACCCBBB	284	90.0000					
			BBCCEEDDDAAAAABBBCCC	309	87.9000					
			CCBBDDDEAAAAACBBBCC	314	84.0000					
			CBCCAAAAADDEEBBBCC	320	83.8000					
			CCBBAAEEDDDAABBBCCC	327	66.0000					
			AABBCCCEEDDDCCBBBAAA	334	64.5000					
			AACBBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000					
			CBCCAAEEDDDAABBBCC	358	58.0000					
			AACBBBAEEDDDCCBBBAAA	382	54.0000					
			AACBBBDDDAEEBCCCAA	384	53.4000					
			CBBAACCEEDDDAAABBBCC	386	52.3000					
			AACBBBEEDDDAACCCBBA	387	46.0000					
			AABBCCCEEDDAEBBCCAA	417	43.4000					
			BBAECCCBDDDEAAACCB	434	42.8000					
			ACBBCCAEDDDEBBCCAA	442	41.0000					
			DAABBCCCCEEDAACCCBBD	447	39.2000					
			ACCBBDDDEAAACCCBDA	452	38.1000					
			BDAACCCBBEDDEAAACCB	486	35.1000					
			AACBBBDDDEAAACCBDA	491	33.4000					
			CEDAABBBCCEDDAACBBC	510	32.2000					
			DAEABCCCBDDAAACCBED	517	32.1000					
			AACBBDDCCEEAABBBCCDA	522	31.0000					
			CBBAEDDACCBBBEDAAC	529	28.9000					
			CEDAABBBCCADDEAACBBC	583	27.4000					
			CBBACEEDAACBBBEDAAC	588	26.9000					
			DEABCCBDDAAACCBBAED	603	25.6000					
			ABEDCCAABBCDDEBBCCAA	606	25.0000					
			CABBEDAACBDDDEAACBBC	633	24.3000					
			ABDCEBCCBAADDEBBCCA	650	23.5000					
			ABDCEACCBBAADDEBBCCA	673	21.5000					
			DABCCBEBAADCEBAABCD	781	17.8000					
			ACDEBBCAACDBBAEDCBCA	829	15.5000					
			ACDEBBCAABCDECABACBD	936	15.4000					
			11	API	3-Opt		EDDDCCBBBCCAAAAAE	267	155.4000	
AAACCCBBBCCCEEDDDAA	270	109.8000								
BBBCCDDDEAAAAACCCBB	284	93.3000								
BBCCEEDDDAAAAABBBCCB	309	81.9000								
CCBBAAEEDDDAAAAABBBCC	327	74.5000								
AAABBCCCEEDDDCCBBBAAA	334	66.0000								
AAACCBBDDEECCCBAAA	342	60.0000								
ACCBBDDDAAEEBBCCCA	384	56.7000								
ACCBBBEEDDDAAACCCBBA	387	52.5000								
CBCCAAADDDDEEBBAAACC	397	52.0000								
EAACCBBDDDAAACCCBBE	398	46.2000								
ABBCCAEEEDDCBBBCCAA	414	44.0000								
EAACCBBCDDDAACCCBBE	437	40.2000								
DAACCCBBDEEAAABBCD	461	39.1000								
CAAEBBCCDDDAAECCBBC	466	37.4000								
ACCBBEEDDAABBCCBDA	487	36.6000								
EDAACCBBDDAACCCBBAE	495	35.2000								
BCCAEDDCBBBAAAECCB	503	28.9000								
ACCBBEDDAABBCCBEDA	521	28.0000								
BCAADDEBCCBBAAAECCB	556	25.7000								
ACCBBDDAAEBCCABBCEA	624	23.6000								
BCCAEDDCBBAACBAEDCB	649	22.7000								
CBAAEDDCBCCBAAEADBC	679	21.6000								
ABCCEDDABBCCBAAEDABC	714	21.0000								
BCAEDCBCCAADABCCEDAB	782	18.0000								
BCAEDCBCCAADAEBCADCB	825	17.5000								
ADBCCABCDEBAABCEBDA	896	17.3000								
12	API	Or-Opt				CCCCAAAAEEDDDBBBBB	258	243.3000		
						BBBCCAAAAEEDDDCCBB	267	93.3000		
						BBCCAAAAADDEECCBBB	294	91.8000		
						CCBBAAAAEEDDDCCBB	305	87.3000		
						CCBBEEDDDAAAAACBBBC	310	81.9000		
						BBCCAAEEDDDAAAAACBBB	319	74.5000		
						CCBBAAEEDDDAABBBCCC	327	64.5000		
						AABBCCDDDEEBBCCAAA	339	60.3000		
						CCBBAEEDDDAAACCBBC	357	58.5000		
			CCBBAEEDDDCCBBAAACC	382	52.5000					
			CAACCBBEEDDDAAABBBCC	388	52.3000					
			ACCBBAADDEEBBCCCAA	397	50.3000					
			EACCBBDDDAAACCCBBE	398	49.6000					
			AABBCCDDDEEABBBCCAA	401	48.3000					
			AABBCCCEEDDEABBBCCAA	425	45.0000					
			ACCBBAADDEEBBCCBAA	435	44.3000					
			CCBBAEEDDEBCCAABBBCC	450	43.8000					
			ACCBBCEAADDEEBBCCCAA	471	41.5000					
			ABBCCDDAAEEDBBBCCAA	474	40.7000					
			AACBBBCCDDAAEEDCCBBA	482	38.5000					
			AACBBDDDEEAACBBBCCDA	491	34.1000					
			AACBBDDDEEBCAACCBDA	537	30.1000					
			ABCCEDDAABBCCCEBAA	548	29.4000					
			AACBBDDDEEBCAACBBDA	576	28.1000					
			CBDAABBCCCEAADCCBBAAC	619	26.0000					
			ACBBAEDDCBAADEBBCCA	664	22.4000					
			BACCBADDEEBCAACBBDA	759	22.1000					
			BCCAEDBBCEADCBDAACB	761	21.6000					
			BAACCBDEABDECBAADCB	810	20.4000					
			AEDCBBCABDCCAABDECB	812	17.7000					

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	BBBBCCCEEDDDAAAAACCB	270	126.0000	
			BBCCCAAEEDDDAAACBBB	319	66.0000	
			AABBCDDDEEBBCCCAAA	339	65.4000	
			AACBBDDDEECCBBAAA	342	60.3000	
			AABBCCCEEDDDBBBCCAAA	356	60.0000	
			BCCBBAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			AEBBCCCAEEDDDCCBBAA	413	48.8000	
			BBCCAAAEEDDDCCBBCAAB	414	44.0000	
			CEAABBBCCDDDAAEBC	436	38.9000	
			CEAABBBCCDDAAABBCCE	508	37.9000	
			ACCBDDDECAABBBCCDAA	520	37.4000	
			CAEBBCCDAAEDDAABBC	535	36.7000	
			CEDAAABCCBBEDDAACCB	550	32.9000	
			BCCBAAADDCEEBDAACCB	557	32.3000	
			CDEBBAACBCEDDAAABBC	578	31.7000	
			CCAEDABBBCAEDDAACBBC	608	31.0000	
			DAABCCBCCDAEECCAABBD	613	30.2000	
			BEAADCCBCCAEDDAABCCB	625	28.5000	
			CBDAAEBCCBBDDEAAABC	629	28.0000	
			ACCEDABBBCEDDAABBCA	637	27.0000	
			ABCEABBCCDAADCCBBCEA	702	26.5000	
			ABCAEDDABBBCCACCBEDA	715	26.1000	
			CEAADBCCBBAACDDAEBC	718	25.2000	
			CAABBEDCCBDAACBBDAEC	724	20.2000	
			ADBCCBEAABCDABBCCEA	747	19.6000	
			ABCEDABBBCCDABACCBEDA	813	17.5000	
			CBADCECABADCCBBADECBA	972	14.4000	
			14	API	IP	
CCBBDDDEAAAAEBBCCC	314	83.5000				
CCBBBAAAAEEDDDABBCCC	327	75.4000				
AAABCCCEEDDDCCBBBAA	334	66.0000				
BBCCAAAEEDDDCCCAABBB	345	60.0000				
CBCCAAAEEDDDAAABBBCC	358	58.0000				
AACBBBAEEDDDCCBBAA	382	48.3000				
CAABBBCEEDDDAAABBC	387	46.3000				
BBCCAAAEEDDDBBCCCAAB	405	46.0000				
ACCBBAEEDDDCCBBCCAA	413	44.0000				
BCCBAAAEEDDDCCBBCCAA	452	42.0000				
AABBBCCDDAAEEDBBCCDA	462	38.2000				
AABBBCCDDDEEAABBBCCDA	470	35.4000				
AEABBBCCDDAAABBBCCEDA	486	33.2000				
AEBBCCDDAAAEABBBCCDA	492	31.7000				
AEBBCCDDAAABBBCCBDEA	530	29.4000				
AEDBBCCCBAAADDEBBCCA	547	28.2000				
AEDCBCCBAAADDEBBCCA	556	26.2000				
BDECCBAAACBBDDAEACCB	587	26.0000				
CBDEAAACBCCDDEAACBCC	598	25.9000				
CBDEAAACBCCDDCAEBC	616	24.4000				
BCCAEBBDDACCBAEDCB	620	22.3000				
DABBCDEAACBBCEAACBD	681	20.3000				
DCBBAACEDCABBCEAACBD	748	17.3000				
CBEDAACBDCBAABDCBAEC	856	16.8000				
CAEBDCBBAACDEACBBDAC	860	16.3000				
AEBDCACBDACBEACBBCCA	890	15.3000				
BCEADBCAACBEDACBDCAB	938	14.9000				
CAEBDBCADACBEACBADCB	1041	14.3000				
15	2-Opt	PI	ACCCDDDEEBBBBCCAAAA	300	120.0000	
			BBBAAEEDDDCCCCCAAAAB	314	91.8000	
			CCBBBAAAAADDEECBBC	332	85.9000	
			BBBCCAAEEDDDCCCAABBB	345	66.0000	
			BBBAAACCEEDDDAACCCBB	347	65.4000	
			BBCCAAADDEECCCAABBB	372	60.3000	
			BBCCAAAEEDDDCCCAACBBB	375	58.0000	
			CCBBAAAEEDDDEBBAAACCC	380	57.0000	
			CCBBAAAEEDDDCCBBBAA	382	54.0000	
			BAACCCBBEEDDDAACCCBB	387	46.3000	
			BAACCCBBDDDEEAACCCBB	391	46.0000	
			BBCCAAAEEDDDEBBCCCAAB	412	43.0000	
			BBCCAAADDEEBBCCCAAE	428	42.8000	
			BBCCAAAEEDDDBBCCCAAE	435	39.5000	
			BBCCAAAEEDDDCCBBCCAE	444	37.5000	
			BDAACCCBBEEDDDAACCCBB	448	35.4000	
			CBCCAAAEEDDDCCBBAEBC	482	34.9000	
			AACCCBBDDDEAACCCBBEDA	486	34.0000	
			BCAADCCBBEEDDAACCCBB	494	33.6000	
			ACCBDDDEAAACBBCCEDA	515	28.7000	
			ACCBDDDEAAACBBBECDA	590	26.6000	
			ACCBDDDEAAACBCEBBCCA	619	25.1000	
			ACCBDDDEAACBAEBBCDA	637	23.1000	
			EBDAACCCBBACDDABBCAE	677	23.0000	
			BADCCBBEAACCAEBDDACB	728	22.9000	
			DABBCCAEDCAABCEBBCAD	748	19.3000	
			CBBAEDCCBACAEBBCDA	861	18.8000	
			ABCBACEDCCBACAEBBCDA	891	17.0000	
ABCBACDEDCBACAEBBCDA	898	16.9000				
BDAEACCCBBADCBADCB	954	16.0000				

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
16	2-Opt	API	BCEAAAAEDDDCCCB BBB	310	133.5000					
			AAEEBCCBBCCDDAAA	315	97.5000					
			BBCCAAAADDDEACCCBB	343	74.5000					
			BBCCAAAEDDDAACCBBB	357	63.0000					
			AAACCBBEDDDCCCBAA	376	57.0000					
			BCCBAAEDDDAAECCBB	400	55.3000					
			AACCCBBAEDDDEBBCCAA	411	51.0000					
			ABBCCCAAEDDDEBBCCAA	412	43.0000					
			ACBCCAAEDDDEBBCCAA	442	41.0000					
			BCAAAEBBCCDDDEAACBB	461	40.8000					
			ABBCCDDAAAEEBBCCDA	462	37.2000					
			ACBCCDDAAAEEBBCCDA	492	35.2000					
			ACCBBAEEDDCCBBCCEDAA	506	34.4000					
			ACBDDCCAAAEEBBCCDA	509	32.0000					
			AABBDDCCBEAAEBCCDA	571	30.7000					
			BCCBEDDAACBCCEDAACB	580	28.7000					
			ACBBEDDCAACCBBCDEA	581	26.3000					
			ACBBEDDCAABCCBEDCAA	634	25.0000					
			ACBBEDDCAABCCBEDCAA	634	24.4000					
			CABBEDDCAABCCBEDAAC	655	23.0000					
			ACBBEDDCAABCCBEDAAC	683	22.1000					
			ACBBEDDCAABCCBEDAAC	684	20.1000					
			CDAEEBBCCDAACBDEABC	707	19.4000					
			ACBBEDDCAACBDEABC	724	18.0000					
			BDCCAAEBBCCDAACBDEABC	772	17.6000					
			BDCCAAEBBCCDAACBDEABC	793	16.1000					
			BCEDAACBCCDAACBDEABC	823	15.7000					
			CBDAACBCCDAACBDEABC	899	13.6000					
			ABCDEABCDBAECACDBA	1007	13.1000					
			17	2-Opt	2-Opt		CCDDDDAAAAEEBBBCC	246	147.0000	
							CCDDDEEAAAAABBBBCC	254	145.5000	
							CBDDDDAAAAEEBBBCCC	276	117.0000	
							BBCCDDDEEAAAAACCB BB	284	90.0000	
							CBCCDDDDAAAAEEBBCC	315	80.8000	
BBCCAAEEDDDAAACBBB	319	66.0000								
AABBCCDDDEEBBCCAAA	339	60.3000								
BBAACCCEDDDAAACBBB	347	60.0000								
CCBBAAEEDDDAAACB BC	357	58.0000								
AABBCCEDDDEEBBCCAAA	363	57.0000								
AACCBBDDDAAEEBBCCCA	384	53.9000								
BBAACCCEDDDAAABCCB	386	52.0000								
AACBBBEEDDDAACCBBA	387	46.0000								
AABBCCEDDDAEBBCCAA	417	43.4000								
AABBCCEDDDAABBBCEA	430	39.5000								
AABBCCDDAEEBBCCDAA	462	38.7000								
ACBBBEDDAAACCBBEDAA	482	37.9000								
BAAEDCCBBDAAAECBB	486	34.4000								
BEDAACCBBDAAAECBB	491	31.9000								
ACBBDEAAAACCBCEBDA	525	28.7000								
ACBBDEAAAACCBCEBDA	550	28.6000								
BCCADDEABBBCCAAEDCB	580	27.7000								
CBDAACCBBDAAAEBBCB	595	27.1000								
CABBCEDDAABCCEDAABBC	627	21.8000								
ACBBCEAACBDDAECBBBA	680	20.8000								
ABBCCDAACBDDAECBBDA	697	20.4000								
ADCCBBEAACBDDAECBBA	702	19.9000								
ACBBCEAACBDDAECBBDA	741	17.8000								
18	2-Opt	3-Opt				ACCCCB BBBEEDDDAAA	241	180.0000		
						BBDDDEEAAAAACCCBBB	245	139.8000		
						BBCCCEEDDDAAAACCB BB	270	87.9000		
						BBCCAAEEDDDAAACCB BB	319	64.5000		
						CCBBAAEEDDDAAACBBCC	357	58.5000		
						CCCBAAEEDDDCBBBAAC	382	58.3000		
			AACCBBEEDDDAACCBBA	387	46.0000					
			BBCCAAEEDDDCBBAAACB	413	44.5000					
			AABBCCEDDDAAEBBCCCA	417	41.5000					
			AAEBBCCDDDAEEBBCCCA	423	41.0000					
			DAABBBCCDEEAAACBBB	461	39.1000					
			AACBBEDDDCAEEBBCCCA	474	39.0000					
			DEAABBBCCEDDAACBBB	485	38.4000					
			CBBEDAAACBBDDAEEAAC	486	37.4000					
			ACBBDDDEEAACBBCCDAA	491	35.4000					
			BCCAAAEDDDBBCCCAEDB	509	33.4000					
			DEAACBBCCEDDAACBBB	515	32.4000					
			CBDEAAAACBBDDAABCC	525	30.6000					
			CBDEAAAACBBDDAABCC	529	29.9000					
			DCAEEBBCCEDDAACBBB	533	29.7000					
			CBDEAAAACBBDDAEEAAC	559	27.9000					
			ACBBDDDEAACBBCCBAEDA	602	26.7000					
			ACBEDDACCBBBAEDCCBA	623	22.1000					
			ACBEDDACCBBBAEDCCBA	692	20.1000					
			CBAAEDDBCCBBAAEDCCBA	756	19.9000					
			BDAACCEBBCCDAECBBDC	788	17.0000					
			DBCAEBCACBDAECBAABCD	905	15.0000					
			ABDCCBAEDCBABECACDBA	989	14.3000					

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
19	2-Opt	Or-Opt	BBBCCAAAAEEDDDCCBB	267	93.3000	
			BCCBAAAAAEEDDDCCBB	305	85.3000	
			BBCCAAEEDDDAACCCBB	319	64.5000	
			BCCBAAAAEEDDDAACCCBB	357	58.3000	
			BBCCAAEEDDDAAABCCB	358	58.0000	
			BAACCCBEEDDDAACCCBB	387	50.0000	
			BAACCCBDDDEEAACCCBB	391	46.0000	
			ACCBBAAEEDDDCCBBCAA	413	44.0000	
			CAABBBCEEDDDEAAABCC	425	43.0000	
			CCAAEBBCCDDDEAAABCC	431	42.8000	
			CAAEBBCCBEDDDAAABCC	457	41.3000	
			CBBAACCBEDDDAAABCC	464	41.0000	
			CEAABBBCEEDDDAAABCC	470	40.8000	
			CBAAACBDDDEECCAAABBC	489	40.3000	
			CCBBDEAAACCBBDDEAAC	490	38.3000	
			BCCEAABCCDDDEAAABCC	513	38.0000	
			CCBBDEAACCBDEAAABCC	529	32.6000	
			DAABCCDEEBCCAAACBBD	546	32.5000	
			BBCAAEDACCBEDDAAACBB	560	32.1000	
			CBDAEBBCCAADEBBAACC	604	28.7000	
			DBCAAACBBDDEECCAAABBC	636	27.1000	
			ACBDDACBBEEAACCBBCDA	644	25.0000	
			CBDEAABCCDEBAAADCBB	698	24.5000	
			BCEAEBBCCAADDEBACAB	751	22.7000	
			DACBBACBCEADEAABCCBD	778	22.3000	
			DACBBACBCEADEACCBAD	806	20.3000	
			CABCEADDBACBBECDAAACB	899	18.3000	
			BDEACCBADACBACBBDCAE	939	17.9000	
			DABCEBCAADCEBBABDCA	948	16.0000	
			20	2-Opt	Double-bridge	
CBBBAAAAAEEDDDCCBB	305	85.3000				
BBCCAAEEDDDAACCCBB	319	66.0000				
AABBCCCEEDDDBBBCCAA	356	60.0000				
BCCBAAEEDDDAACCCBB	357	58.0000				
CBBAAEEDDDCCBBAAAC	382	52.5000				
BAACCCBEEDDDAACCCBB	387	50.0000				
AABBCCCAEDDDEBBCCAA	412	45.0000				
AACBCCAEEDDDEBBCCAA	442	43.0000				
ACCBBBEEDDDAACCCBDA	448	41.3000				
CAABBBCEEDDDEAAACBCC	455	41.0000				
ACCBBDEAAACBBCCDDA	491	39.9000				
BDAACCCBBAAEEDDAAACCB	495	33.8000				
ACCBBDDAAAEBBCCEDBA	562	31.3000				
DCCBBAEEDDABCCBBAEED	563	29.5000				
BECCAAADDCBBBECAADCB	652	27.4000				
BDAABCCDEECCABBCCDAAB	706	27.1000				
EACCBDDAAACEBBDCAACB	720	23.8000				
BCDEAABCCAEABDAAACCB	727	23.1000				
ACEBDCBBDAAAECCBDA	740	23.0000				
BAAECCDDBCBEAABCADCB	788	22.4000				
BAEDCBCAACBBAADECCB	792	20.5000				
BAEDCBDAACEBBDCAACB	804	19.9000				
ADCBECAADBCAEBCCDBA	939	14.3000				
21	2-Opt	IP	BBBCCCEEDDDAAAAACCB	270	94.5000	
			AAAEBBBCCCCBDDDEAA	314	90.5000	
			DAAABBBCCCCBBAEEDD	327	83.5000	
			BBCCAAEEDDDCCCAABBB	345	60.0000	
			AACCCBEEDDDCCBBCCAAA	366	58.5000	
			BBBCCAAEEDDDCCCAEABB	375	56.5000	
			ACCBBBAEEDDDCCCBAA	382	46.3000	
			AACCCBBEEDDDAACCCBBA	387	46.0000	
			ACCBBAAEEDDDCCBBCCAA	413	44.0000	
			AACCCBBEDDDEAACCCBBA	425	43.0000	
			AEBBCCCAADDEBBCCAA	428	39.5000	
			ACCBBBDAEEDDDCCCBAA	443	39.4000	
			ADCCBBBAEEDDDCCCBAA	458	35.4000	
			CCBBAEEDDACCBBAEEDC	524	29.2000	
			BCAAEDCCBBAEEDDAAACCB	555	26.8000	
			BCBAAEDDCCBBAACCFEB	574	26.2000	
			BCAAEDDCCBCCAAABDECB	610	23.1000	
			CBAAEDDCCBCCDAAEBC	689	21.3000	
			BCAAEDDCCBCCAAEBCDAB	693	18.9000	
			BCAAEDDCCBCCAAEBCDAB	727	18.8000	
ABCCDEABDCAACEDCBBA	766	17.6000				
BACCAEBBDACCABDEACB	853	14.3000				

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
22	3-Opt	PI	EEDDDCCBBBBBCCAAAAA	267	180.3000	
			BCCCEEDDDAAAAACBBB	270	117.9000	
			BCCBBEEDDDAAAAACBB	310	83.8000	
			DDAAACCCBBBBBCCAEEED	319	79.0000	
			BBCCAAADDDEEAACCCBB	343	66.3000	
			BCCBBAEEDDDAAAAACBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAACC	382	48.0000	
			AABBCCDDDAEEBBCCGA	393	47.9000	
			BBCCAAADDDEEBCCCAAB	398	46.3000	
			CAABBBCCEDDDAAEEBCC	417	42.4000	
			AABBCCEDDDAABBBCCEA	430	39.5000	
			DAACCCBBEEDDAACCBBD	448	39.2000	
			DAACCCBBDEEAACCBBD	452	39.1000	
			CCBBAAEEDDDCCBBEDAAC	477	34.6000	
			CEDAABBBCCDDAAEEBCC	486	33.3000	
			DAABCCBBEEDDAACCBBD	487	33.2000	
			DAABCCBBDEEAACCBBD	491	33.1000	
			CDAAEBBBCCDDAAEEBCC	492	33.0000	
			BCAAEDDDCCBBEDAACCB	508	32.8000	
			BCAAEDDDCCBBDAAECCB	517	29.8000	
			CBBAEEDDDCCBBAAABDEC	548	28.2000	
			BBCCAAEDDACCBBAAEDCCB	555	28.1000	
			CAEBBDDCCBBAAAEDEC	559	27.4000	
			CEAABDDCCBBAAAEDEC	572	26.9000	
			CBBAEDDCAACBBBAEDEC	580	26.1000	
			BBCCAAEDDACCBBEDAACB	599	23.8000	
			BCEDAABDDCCBBAAAEDEC	658	23.6000	
			BCAACBEDDABBCEAADC	684	19.2000	
			BCAACBEDDACCBBEDAACB	698	17.8000	
			CADBBCAAEDCBAEBDCDABC	873	15.5000	
ACBADCCBECADBCBAEDCBA	990	13.8000				
23	3-Opt	API	BBBAAAAEEDDDCCCCBB	236	156.3000	
			BBBAAAAEEDDDCCCCBB	277	153.0000	
			AADDDEECBBBBBCCAAA	294	109.8000	
			BBBAAAAEEDDDCCBBBC	305	108.3000	
			BBCCAAAAADDDEEBCCCB	320	88.5000	
			BBCCDDDEEAAAAABCCCB	323	84.0000	
			AACCCBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000	
			CCBBBAAEEDDDAACCBBC	357	58.3000	
			BCCAAABBEEDDDAACCBBC	388	52.3000	
			CCBBAAEEDDDBBBCCAAC	404	52.0000	
			CCBBAAEEDDDDEBBCCAAC	411	49.0000	
			AABBCCCEDDDAABCCCEA	430	45.1000	
			CCBDDAAAEEDCCBBBAAC	443	44.2000	
			CBBAAEEDDDCCBBAAEBC	451	43.5000	
			CCBBAAADDDCCBBBEAAC	454	43.3000	
			AACBBBCEEDDDAABCCCEA	460	39.1000	
			BBCCAAEEDDDCCBBCAACB	485	39.0000	
			BBDDAAACCBEEEDDCCAAB	513	34.8000	
			BBEDAACCCBBAEEDDACC	529	34.0000	
			BCCEDAAACBDDCCAEBB	533	33.9000	
			BCAAEDDCCBBCEDDAACB	537	31.4000	
			DACCBBBAADCCBBAAED	555	29.7000	
			ACBBEDDCAACBBBCEDEA	567	28.8000	
			ABBCEDDCBAAACCCBBEDA	575	28.1000	
			AACBBDDDEBCAACBBCEA	600	25.7000	
			BCEDAABCCBDDDECAACB	613	23.0000	
			CBEDAABCCBDDDECAACB	625	22.5000	
			BCAACBAEDDCCBBEDAACB	683	22.3000	
			CBEDCAAABCCDDECBAAAC	687	22.2000	
			ABCCDEBBDDAAAECCBDDA	697	21.4000	
CDAAEBBCCBDAAECCBDDA	703	18.3000				
CBDAECCBDDAACBBAEDC	732	16.2000				
CBEDAACBBDDAACBDAAC	776	14.8000				
ABCDEACBBCEADACBBDDA	819	14.6000				
ACBDEACBBCEADACBBDDA	834	13.4000				
24	3-Opt	2-Opt	BBBCCCEEDDDAAAAACCB	270	124.5000	
			CCCBBAAAAADDDEEBBC	289	112.8000	
			CCCBBAAAAADDDEEBBC	305	93.3000	
			CBCCCEEDDDAAAAABBB	309	83.8000	
			BBCCEDDDAAAAECCBBB	313	79.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			CCBBBAAEEDDDAACCBBC	357	58.3000	
			CBCCAAEEDDDAAABBBCC	358	58.0000	
			ACCBBAEEDDDCCBBBAA	382	50.0000	
			CAABBBCCEDDDAAABBB	387	46.3000	
			BAACCCBDDDEEAACCB	391	46.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAAC	413	44.0000	
			CAABBBCCEDDDAAABBB	425	43.0000	
			CCBBAAEEDDDDEBCCAAB	450	41.0000	
			BBCCAAEEDDDCCBBAAAC	472	39.5000	
			DAACBBBCEEDDAACCBBD	477	33.2000	
			CBBAAEEDDDCCBBDAEBC	512	30.4000	
			CBBAAEEDDDCCBBDAEBC	525	30.2000	
			DCAABBBCEEDDCAABBCD	568	29.1000	
			AACBEDCCBBAEEDDCCBBA	571	27.8000	
			AABCEDDCCBBAADDECCBBA	597	27.1000	
			BAACCEDDAABBCCAEACB	636	22.9000	
			BECACBDDAACCEBBADC	738	22.2000	
			AEDCCBCCABAEDACBBDDA	771	21.9000	
			DCAEBBCCAADCCBBCEAD	775	21.7000	
			DEACBBCAADCBBEACBCAD	787	17.8000	
			BCADEBCAADCCBBCEADABC	862	13.9000	

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	CBBBBBEEDDDAAAAACCC	241	184.5000	
			CCBBEEDDDAAAAABBCC	280	87.9000	
			CCBBEEDDDAAAAACBBCC	310	81.9000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			CCBBAAEEDDDAAACBBCC	357	58.5000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAAC	382	46.0000	
			AACCCBBEDDDAABCCCEA	431	45.5000	
			AACCCBBEDDDAACCBBEA	432	39.5000	
			ABCCEDDAABBBCCCEDA	480	36.8000	
			ACCBBEDDAAECCCBBD	491	36.1000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAADEC	499	33.9000	
			ACCBBEDDAACBBCCCEDA	511	28.0000	
			BCAAEEDDDCCBBCAAEDCB	534	24.8000	
			AEBCCBDDAAABCCCEBDA	624	24.1000	
			ABCCEDDAABCCCEDDABCA	627	21.8000	
ACBBCEDAABCCCEDDABCA	657	21.1000				
AEBCCBDDAACBBAAEDBCCA	680	20.8000				
BAECCBDDAACBBAAEDACCB	684	20.2000				
AEBCCBDDAACBBAAEDCBA	689	18.8000				
26	3-Opt	Or-Opt	CCCCEDDDAAAAEBBBBBC	270	169.3000	
			CCBBDDDEEAAAAABBCC	284	120.0000	
			AAABBEEEDDDCCCCBBAA	305	94.5000	
			BCCBBEEDDDAAAAACCCBB	310	83.8000	
			BBCCDDAAAAEEBCCCB	315	82.5000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	66.0000	
			CCBBAAEEDDDAAABBCC	327	64.5000	
			BCCBBAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAAC	382	52.5000	
			ABBCCAAEEDDDCCBBAA	383	50.0000	
			BCCAACBDDDEEAAACCCBB	422	46.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBEAAC	427	40.0000	
			CCBBAAEEDDDCCBBAAEBC	451	36.9000	
			ABBCCEDDAAECCCBBD	490	36.1000	
			BCCBAAEEDDDBBCCAAECB	516	34.9000	
			DAACBBDDCCCEAAABCCD	522	34.5000	
			ABBCCEDDAACCCBBBA	540	32.4000	
			AECBBACBDDDEAABBCCA	581	31.5000	
			DAACBBECCDDAAABCCED	585	29.6000	
			ABBCCEDDAABCCDECCBA	591	27.1000	
BCCADEAABCCDDCAAECCB	658	26.3000				
DBAACCBEDDCAABBCEAD	671	23.3000				
CAEBDABCCBADEDAABBCC	755	22.7000				
EACCBADDCAABCCBAEBCD	774	20.1000				
ABCEDACBDBAACBBCEDA	802	19.3000				
CAEBDABCCBADEDAABBCC	811	18.7000				
BACCEDADACBBAEEDCB	865	17.4000				
ABCEDACBDBAACBECBCDA	920	15.7000				
27	3-Opt	Double-bridge	BBBBEEDDDAAAAACCCCB	241	177.9000	
			CCEEDDDAAAAACBBBCC	270	146.5000	
			BBAAEEDDDAAACCCBB	288	117.9000	
			BBCCCEAAAAADDCCBB	296	88.8000	
			BBCCEDDDAAAAABBCC	309	81.9000	
			CCCBBAAEEDDDAABBCC	327	66.3000	
			BCCBBAAEEDDDAACCBB	357	58.3000	
			CBCCAAEEDDDAABBCC	358	58.0000	
			CBBAACCEEDDDAABBCC	386	52.3000	
			AABBCCCEEDDDAABBCCA	387	46.0000	
			AABBCCCEEDDDAABBCCBA	425	44.0000	
			DDAACBBCCCEAAABBCCD	436	43.9000	
			EBBAACCCBDDDAACCCBE	452	43.6000	
			ACCEBBDDDDAAAECCBBA	455	43.5000	
			CBBAACCEEDDDAACCBB	456	42.3000	
			EAACBBCCBDDDAACCCBE	467	41.6000	
			AACCCBBEDDAEDCCBBA	477	41.3000	
			AAECCBBDDDAACEBCCA	486	38.8000	
			AEBCCDDDAABBCECCBA	504	38.3000	
			AADCCBBEDDAECCBBBA	506	37.7000	
			BDCAAEECCBBDDAACCB	513	36.3000	
			DAACBBCCAEEDDAACCB	526	34.3000	
			DAACBBCEEDACCBBAD	544	33.2000	
			CDAAEBBCCBDDAAABBEC	565	31.1000	
			BCEAADDACBBCCDDAEBC	594	29.0000	
CEDAABBACCBEDDAACBC	627	26.9000				
BCDAAECCBBDAAACCB	648	26.0000				
ACBEDAACCBDDAACCEB	653	25.5000				
BEAACCBDDBBACCEDAACB	684	23.8000				
ABCDABCCBAEDDACCBBA	719	19.1000				
ABCCABEDDABCCBAEADCB	857	16.7000				

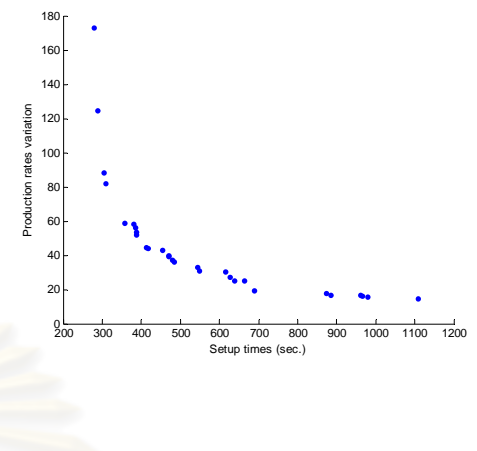
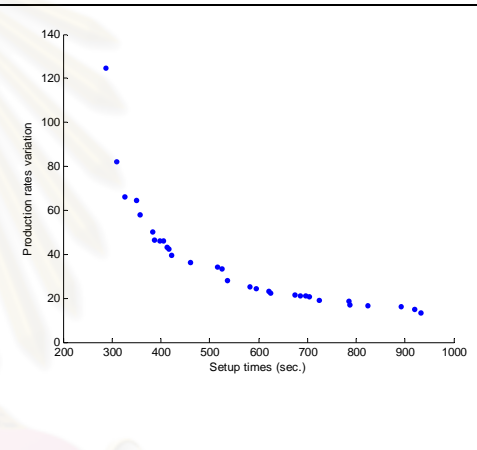
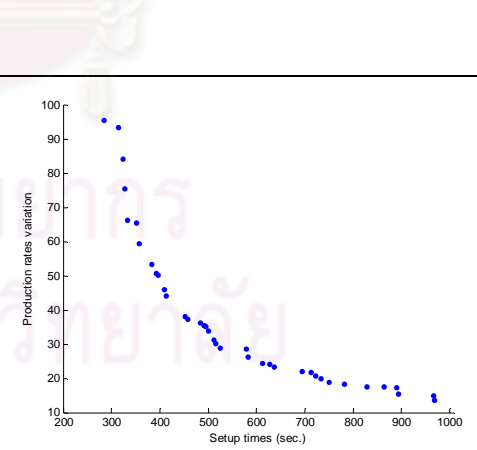
ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
28	3-Opt	IP	AAAEEDDDCCBBBBBCCAA	267	112.8000	
			BCCCEEDDDAAAAACBBB	270	91.8000	
			BBCCBAAAAEEDDDCCBB	305	87.3000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBB	319	64.5000	
			BBCCAAEEDDDCCCAABBB	345	60.0000	
			BCCBAAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			AABBCCEDDDDEBBBCCAA	363	57.0000	
			AACCCBBCEEDDDAACCCBA	416	44.3000	
			ABBCCEDDDAAABBCCCEA	430	43.0000	
			BEAACCCBBEDDDAACCCBB	432	42.8000	
			ACCCBBDDAAAEEDCCCBBA	443	41.2000	
			BDAACCCBBBEEDDAAACCB	448	38.1000	
			ACCCBBDDAAAECCCBBDAA	457	37.2000	
			ABBCCEDDDAAABBCCCEA	480	33.2000	
			ABBCCEDDAAACCCBBCEA	510	28.0000	
			AEDCCBBAAACDDDEBBCA	536	26.3000	
			ACBBCEDDAAACCCBBEDCA	567	24.7000	
			ACCCBBDEAACCCBAEDCA	629	23.8000	
			ACCCBBEDDAAACCCBAEDCA	662	18.9000	
			BCDAAECBDCABBEDAACCB	763	17.8000	
BDCAEACBBDCABEDACCB	829	16.7000				
BDCAEACBBDCAAECBADCB	834	14.8000				
ACBDCAEBDCABBAECCBDA	892	14.0000				
29	Or-Opt	PI	CCCCDDAAAAAEEBBBBB	246	238.8000	
			CCCAAAAAEDDDEBBBBBCC	265	153.0000	
			CCCBDDDDAAAAAEEBBBCC	276	88.8000	
			CBCCDDDDAAAAAEEBBBCC	315	80.8000	
			CCBBAEEDDDAAABBBCCC	327	64.5000	
			CCBBAEEDDDAAACBBCC	357	58.5000	
			AAABBCCDDDEEBBCCBAA	377	58.0000	
			BBAAACCCBEEDDDAACCCBB	387	53.4000	
			ACCCBBAAADDEEBBCCCAA	397	52.0000	
			ABBCCCAAADDEEBBCCCAA	398	46.0000	
			AABBCCAAEDDDEBBBCCAA	412	45.0000	
			CCAAEBBCCDDDAAEBBCC	423	42.2000	
			CCBBAAEEDDDEBCCAABBC	450	41.0000	
			BBCCAAADDEEBBCCDDAAB	467	36.4000	
			CCBDDAAACCCBEBDDAABC	512	33.9000	
			AACCCBBDDDECAABBCCDA	520	33.4000	
			CDAABBCCAAEEDDAAACCCBB	535	32.1000	
			BDAAACCCBAEEDDAAACCCB	565	28.1000	
			ABEDCCBBCCAAEEDDCCBBA	572	27.7000	
			BCAAEADACCCBDDAACCEB	585	27.3000	
ABBCEDDAACCCBAAEDCCBA	622	22.7000				
ABCCEDDAAACCCADDEBBCA	638	21.2000				
ABCCDEABBCDAAEDBCCBA	797	16.6000				
BCADCBEAACBBDAEDCACB	849	15.8000				
BCADEBCAACDEBBCAABDC	853	15.2000				
BCDEABCADABCABCEDACB	946	13.6000				
ACBDABCEBCADACBEDBCA	967	12.4000				
30	Or-Opt	API	BBCCCCBBAAAAAEDDDEB	303	147.8000	
			AEEDDDCCBBBCCCBAAAA	305	123.0000	
			AACCCEDDDEBBBCCBAAA	324	89.4000	
			AAEDDDCCBBBCCCBAAAA	350	84.5000	
			AABBCCCEEDDDBCCBAAA	356	66.3000	
			BBCCAAEEDDDAAECCBBB	362	65.5000	
			DEAABBCCCCCBAAAAEDD	365	64.0000	
			AAABBCCCEEDDDBCCBAA	394	58.3000	
			DDEAAACCCBBBCCCBAAED	395	58.0000	
			ACBBEEDDDAACCCBBBCCAA	418	55.9000	
			CAAEBBCCDDDAAEBBBCC	423	45.9000	
			CCBBAECCDDDAAEBBBCC	435	45.2000	
			BBCCAAEEDDDEBBCAACCB	442	43.0000	
			BCCBAAEEDDDEBBCCCAAB	450	41.0000	
			CCBBAAEEDDCCBBBDAACC	477	38.3000	
			CCBBAAEEDDCCBBBCEAAC	506	34.6000	
			BBCCAAEEDDCCBBBDAACB	508	34.5000	
			CCBBAAEEDDCCBBBDAABBC	516	33.5000	
			BCAAEEDDCCBBBCCAAEFB	518	32.3000	
			ACBBEDDAAACCCBBEDCCAA	538	30.7000	
CCBADDEAACCCBBBDAEAC	562	29.8000				
CCBAEDDAAACCCBBBDAABC	568	24.7000				
ABBCCEDDAAABBCCAEDCBA	623	20.9000				
BCAAEEDDCCBBBCEAACCB	672	19.8000				
CBAAEEDDCCBBBCEAACCB	702	18.8000				
DACBBEACADCCBBCAABCD	743	17.6000				
BCEDAACBBCCAAACBDEACB	761	14.5000				
BCDAEBCAACCCBBBDAEACB	766	14.4000				
CBEDAACBBCCAAACBDEABC	767	14.1000				
ACBDAAEBCDABCEACBBBCDA	889	13.9000				
DABCEACBBCCAAACBDEABC	910	13.2000				
BADCBEACBDCAAACBDEABC	1002	13.1000				

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
31	Or-Opt	2-Opt	CCEEDDDAAAAABBBBCCC	240	136.5000					
			CCEEDDEAAAAABBBBCCC	278	135.0000					
			DAAABBBBCCCCEAAEEDD	289	113.5000					
			BBCCCAAEEEDDDAAACBBB	319	66.0000					
			AACCBDDDEECCBBBAAA	342	65.4000					
			BBAAACCEEDDDAAACBBB	347	60.0000					
			BBCCCAAEEEDDDAAABCCB	358	58.0000					
			ACCBBAAEEDDDCCCBAA	382	46.3000					
			AABBCCCEEDDDAABBCCA	387	46.0000					
			BBCCAAEEDDDCBAAACCB	413	44.5000					
			CAABBCCCEEDDDAACBBB	417	44.3000					
			CAABBCCCEEDDEAAABCC	425	43.0000					
			BCCAAEEDDDCBBAAECCBB	456	42.9000					
			BAACBBCCEDDDAAAECCBB	459	42.4000					
			BCEAABBCCEDDDAAACBB	460	40.2000					
			AAECCBBCCDDDAEBBCCA	466	36.8000					
			CCBBAADDEECCBBBDAAC	470	36.4000					
			BCDAABBCCCEEDDAACBB	486	33.0000					
			BEDAACCBBDDBAACCEB	507	31.4000					
			CBDAABBCCCEEDDAACBB	516	31.0000					
			CEDAABBCCBEDDAACBBC	550	30.2000					
			BEDAACBCCBDDAAAECCB	560	29.9000					
			AACBDDCCCEBAACCBDA	567	29.0000					
			CBAADDEBBCCBAAAEDBC	585	25.7000					
			ABCCDDEBBAAACCBEDCA	605	23.7000					
			AEDCCBBAACBCEEDDBCA	671	23.2000					
			AEDBCCBAACBCEEDDBCA	713	21.2000					
			ACBDABCCCEDAABEBBCCDA	762	19.9000					
			BDCAEACBDBBCEDAACCB	802	19.7000					
			ACBDAECCBDDAACBDDCAE	812	17.5000					
			AEDBCCBAADCBBACEBDA	840	15.9000					
BAEDCCBAACDBBACEADB	911	15.1000								
BEACDCBAACDBBACEADB	1011	14.5000								
32	Or-Opt	3-Opt	BBEEDDDAAAAACCCBBB	241	136.5000					
			BBCCAAAAAEEDDDCCBBB	267	93.3000					
			BBCCDDAAAAAECCBBB	289	88.5000					
			CCBBBAAAAAEEDDDCCBB	305	85.3000					
			BBCCAAAAEEDDDAACCCBB	319	66.0000					
			CCAAEEBBDDDAABBBCC	354	65.7000					
			AABBCCCEEDDDBBBCCAA	356	60.0000					
			BCCBBAAEEDDDAACCCBB	357	58.3000					
			AAACCBDDDEECCBBCAA	373	58.0000					
			ACBBBDDAAAAEBCBCCA	384	56.7000					
			AABBCCCEEDDDAACCCBBA	386	52.0000					
			AACCBBBEEDDDAACCCBBA	387	46.0000					
			ABBCCCAAEDDDEBBBCCAA	412	43.0000					
			ABBCCCEAADDEBBBCCAA	441	41.5000					
			ACBBCCAAEDDDEBBBCCAA	442	41.0000					
			DAACCBBDDEEAAACCCBD	452	39.2000					
			AEBBCCAADDDEBCCBBAA	466	39.1000					
			CDAAEBBBCCEDDAABBB	486	33.6000					
			BDEAACCBDDDAAECCBB	495	33.1000					
			BDAAECCBBDDAAAECCBB	500	33.0000					
			CEDAACBBCCDDAAAEBC	516	31.9000					
			CDAAEBBBCCAEEDDAABBC	535	28.6000					
			CCBBAEDDAABBCCEDAABC	567	26.6000					
			BCEDAABBCCAEEDDAABBC	598	25.7000					
			BCCAEDDAABCCBEDAACB	599	24.7000					
			CAEBBCDDAABBCCEDAABC	633	20.2000					
			CAEDBBDDAABBCCEDAABC	714	19.2000					
			CBDAAEBCBDACBBAAEDC	719	18.2000					
			CBADAEBCCBDACBBAAEDC	786	17.6000					
			33	Or-Opt	Or-Opt		CBBEEDDDAAAAABBBCCC	280	87.9000	
							CBCEEDDDAAAAABBBCCC	309	85.9000	
CCBBBAAAAADDEEBCCC	320	81.9000								
BBCCCEEDDDAAAAACBBCC	339	79.9000								
BBBCCAAAEEDDDCCCAABB	345	60.3000								
BBCCCAAEEEDDDAAABCCB	358	58.0000								
CCBBBAEEDDDCAABBBCC	383	54.0000								
CBBAACCEEDDDAAABBBCC	386	50.0000								
EAACCBBDDBDAAABBBCE	397	46.2000								
ACCBBAAEEDDDECCBBAA	423	43.0000								
ABBCCCEEDDDAAABBBCCDA	456	41.3000								
AABBCCEDDDAACBBBCEAA	460	40.4000								
CBBAAEEDCCBDDAAABBBCC	482	39.2000								
AABBCCEDDDAACBBBCCDA	486	37.3000								
ACCDEBBBAEEDDDCCBBAA	505	34.9000								
ACCBDEBBBAAECCCBDA	549	29.5000								
ACCBDEBBBAAAECCBBDA	580	27.6000								
CDEBBAACCBCEDDAABBC	627	26.3000								
BCCDAAEBBCCDDABEAACB	653	26.1000								
ACCBDEBBBAECCCBDA	657	25.6000								
DCCBAAEBBCCDEAACCBAD	682	25.5000								
BCCDAAEBBCCDAABBEDAC	703	22.3000								
BCCDAAEBBCCDAEBBDCA	725	21.6000								
CEDAACBBDDCAABBEADC	740	21.5000								
CBEAADBCCDAABEDACBC	784	20.0000								
DEABCACBBDDCAABEBACD	840	19.1000								
BCAEDACBDBAACCECDAB	860	18.8000								
CEDABBCABDCCAABEBDCA	913	17.9000								

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
34	Or-Opt	Double-bridge	BBEEEDDDAAAAABCCCCC BBAAAEEDDDAACCCCB AABBEEDDDCCCBBA BBCEEDDDAAAAABCCB CCBBAAEEDDDAACCBBC BCCBAAADDDDEAACCB ABBCCEEDDDAACCCBB CCAAABBBCEEDDAABBC AACCBBEEDDDAABBCCA BBCCAAEEDDDCBAAACCB AACBBCEEDDDAABBCCA AACCBBAEEDDECCBBCAA AABCCBEDDDAABBCCCEA AABCCBBEDDDAACCBBEA AAECBBCCDDDAABBCCCEA EAACBBCCEDDDAACCBBAE CADABBBCCEDDDAACCBBC ACCBBDDDEAAACCBDECA BECCAADDCCBBDDAAAEBC CAABCCDEBBCCAEAAACB DEABCCBDDAACCAEBBCD BCCADEAACBBDDCAACEB ACBBCCDEAAACCAEDBBCA CBDAEBCDBACBEDCBAAC CADBECBDDAACCAEDABC BDEACCBAAACDEBCABACD ACDBABCCBDBACCBEDA CDBAABCECDBAACCBDEAB CADBABCCEBDBADCECAB	280 288 305 309 357 381 386 387 388 413 417 454 470 471 479 484 545 549 615 628 638 665 689 873 886 962 967 980 1110	172.8000 124.5000 87.9000 81.9000 58.5000 58.0000 55.8000 53.4000 52.0000 44.5000 44.0000 43.0000 39.5000 39.1000 37.0000 36.2000 33.0000 30.7000 30.2000 27.3000 24.9000 24.8000 19.3000 17.8000 16.8000 16.7000 16.3000 15.7000 14.6000	
35	Or-Opt	IP	BBAAAEEDDDAACCCCB BBCEEDDDAAAAABCCB CCBBAAEEDDDAACCBCC CCBBAAADDDDEAAABCC CCBBAAEEDDDAACCBBC ABBCAAEEDDDCCBBBAA CAABBBCEEDDDAACCBCC EBCCAAADDDCCBBBAE BBCCAAEEDDDBBCCCAAB BBCCAAEEDDEBBCCCAAB CAABBBCEEDDDAAEBBC CAEBBBCCDDDAAEBCBCC CBAEBBCCDDDAAEBCBCC EBCCDDAAABBBCCCAABDE AAECBBCCDDAAEDCCBBA AEDCCBBBAACDDDEBCCA ABBCEDDDAACCBDECCBA BCAAEDDDCCBBBAACCAEB ABBCEDDDAACCBDECCBA ABCCEDDDAACCBDDAEBCA DCBAEBCBDAEBBCCAAD CAEBDDCAACBBDDAEACBC ACBDCAAEBBCCDDAEBCBA BCADDEBBCAACDDDEBAACB CADEBBBBAACDDDEBAABC CDAEBBCCDABBCAAEBCD CBDAEBCCBCCAEBAADC BCDAEBBCCDAEABDCCAB CDABCAEDCAEBBCAABDC CDEBAACBBCDAEACBCDAB BCDAEBCCBDAEACBDCAB BCADCAEBBCCDAEACBDCAB	288 309 327 351 357 383 387 399 405 412 417 423 461 516 525 536 582 595 621 624 675 685 686 697 705 725 785 787 824 892 919 932	124.5000 81.9000 66.3000 64.5000 58.0000 50.0000 46.3000 46.2000 46.0000 43.0000 42.4000 39.4000 36.2000 34.2000 33.2000 28.2000 25.1000 24.3000 23.3000 22.3000 21.5000 21.2000 21.0000 20.9000 20.7000 19.2000 18.7000 16.9000 16.6000 16.3000 15.1000 13.3000	
36	Double-bridge	PI	CCBBDDDEEAAAAABCC CCBBDDDEEAAAAABCC BBCCDDDEEAAAAABCCB CCBBAAAEEDDDABCC AABBBCCCEEDDDCBBA AABBCDDDEECCBBBA BCCBBAAEEDDDAACCB ACCBBDDDAEEBBCCCAA ABCCDDDDAAAEEBBCCA ACCBBDDDAEECCBBAA ACCBBAAADDDDEECCBBAA ACCBBAEEDDDCCBBCCAA ACCBBDDDEEAAACCBDA ACCBBDDAAEECCBBDA CCBBDDAAEEBCCBBDAAC ACCBBDDDEAACBBCCDAA ACCBBDDAAAECCBCCDA AECCBBDDAAEECCBBDA AACCBEDDAAACBBBCEDA ABCCEDDAAAEBCBBDA ACCBBDEAAABCCCBEDA ACCBBDDAAACBBCCDAE BCDEAAACBBDDAEACCB BCDEAAACBBDDACCEAB ACCBBDDABAACBBCCEDA ACCBBDDAEACBAEBBCDA CABEDDCAACBBEDAAABC BCAACBBDEDAACCBEDACB BCABEDDCAABBCCEDAABC ACBBEACBDDAACCBEDCBA BADCCBBAEDAACCBEDACB BCADCBBAEDAACCBEDACB ADCBCBAEDCAACBDEBBCA DCAECBBAACBBAECCDAB BADCCBBAACDACCBBDEAC DCABCEBACBDAEBCCBAD BACEBCDAADBCAEBCCDAB BADCCAEBAACDACCBBDEAC	284 314 323 327 334 351 357 384 393 396 409 413 452 457 483 491 496 500 511 516 525 579 583 612 627 637 694 713 723 733 751 782 828 864 889 893 967 968	95.4000 93.4000 84.0000 75.4000 66.3000 65.4000 59.4000 53.3000 50.7000 50.2000 46.0000 44.0000 38.1000 37.2000 36.2000 35.4000 35.2000 33.7000 31.2000 30.1000 28.7000 28.5000 26.2000 24.3000 24.0000 23.3000 22.1000 21.8000 20.7000 20.0000 18.8000 18.2000 17.6000 17.5000 17.2000 15.4000 14.9000 13.6000	

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
37	Double-bridge	API	BCCCCAAAADDDEECBBBB	294	141.8000					
			CCBBBAAAAAEEDDDBBCCC	296	93.3000					
			BBCCCCAAAADDDEEBBCCB	320	83.8000					
			AAACCCBBDDDEEBBCCAA	330	66.0000					
			AAACCCBBEDDDEEBBCCAA	364	63.0000					
			AAAEBBCCDDDEEBBCCAA	369	58.0000					
			AACCCBBDDDEEABBBCCAA	392	54.3000					
			ACBBBCEDDDAACCCBBBA	416	52.5000					
			AAEBBCCADDDEEBBCCAA	428	42.9000					
			AAEBBCCDDCAEBBCCAA	479	42.3000					
			EACCCBBDDDAABBBCCAE	485	38.2000					
			AABCCBBEDDDAAECBBCA	500	36.9000					
			BCCAAAEDDCBBBDEAACCB	512	33.6000					
			ACBBBCEDDAAACCBCEDA	540	31.2000					
			AAEDCCBBCEAADDCBBCA	563	30.6000					
			CBBCDAAAEBCEDDAACBBC	585	30.0000					
			CBBAAEDDCCBCCBAEDAC	593	29.9000					
			BACCADDEBBBCCAAAEEDCB	595	25.4000					
			BCAAEDDCBBBEAADCCAB	612	24.8000					
			CBAAEDDCBBCCBAAAEBC	625	23.2000					
			BCDECAAABCCBDDEAACB	627	22.8000					
			BDAABCCBAACBBDDEAACB	681	22.6000					
			ABCEDDACBBAAEDBCCBA	682	21.3000					
			BCAABCEDDCBBCAEADACB	684	20.1000					
			BCAAEDDCBBCAACBADECB	707	19.1000					
			ABCEDDACBBCAABEDCCBA	722	18.1000					
			BCAAECCBDDCBACBAEEDCB	757	17.2000					
			ACBCADEBBCCDAABEDCCBA	802	16.6000					
			BAEDCACBBCCDAABEDCCAB	827	15.8000					
			ABDCBEACCBDAAEEDCCBA	855	15.0000					
			BADCBEACCBDAABEDCCAB	857	14.8000					
			ABDCEACBACBADCBEBCA	990	14.6000					
			38	Double-bridge	2-Opt		AAACCCBBBBDDEEAA	284	106.5000	
							CCBBAAAAAEEDDDBBCCC	296	95.4000	
							CCBBAAAAAEEDDDBBCCC	305	89.4000	
							BBCCAAAEEDDDAACCCBBB	319	66.0000	
							AAACCCBBBBDDEEAA	335	60.3000	
BBCCAAAEEDDDCCCAABBB	345	60.0000								
CCBBAAAAAEEDDDAACCCB	357	58.3000								
CCBBAAAAAEEDDDCCBBAA	382	46.0000								
BBCCAAAEEDDDCCBBAA	413	44.5000								
AACCCBBBBDDEEAA	418	44.0000								
AACCCBBBBDDEEAA	436	42.8000								
BBCCAAAEEDDDEEBBCCAA	442	41.0000								
BDAAACCCBBBBDDEEAA	448	39.8000								
BCAAEBBCCDDDEAAACCB	461	36.8000								
CBDAAEEBBCCDDAAABBC	492	35.2000								
CEDAABBBCCDDAAABBC	494	33.9000								
CDEAABBBCCDDAAABBC	500	33.1000								
BBCCAAAEEDDDCCBBAA	503	31.9000								
ABBCCEDDAACBBBCCEDAA	510	30.7000								
BCEDAACBBBDDCCAAEBC	576	27.6000								
BCCEAADDCBBBAAEDACCB	584	27.3000								
DCAAEBBCCDDAACCBBAED	590	25.1000								
DCAAEBBCCDDAACCBBAED	620	23.1000								
BEDACCBAAACBBDDECAACB	691	20.2000								
BDAACCEBBCCDAABEDACB	723	19.5000								
BCDAABCEADCBEDAAACCB	753	18.1000								
CBDAABCAEDCBBDCAAEBBC	776	17.9000								
CBDAEBCAADCBBDCAAEBBC	792	15.7000								
CBDAEBCAADCBBDCAAEBAC	869	14.8000								
CBDAEBCAADCBBAEACBCD	921	14.3000								
39	Double-bridge	3-Opt	CCBBBBDDEEAAAAACCC	245	156.3000					
			CCBBBBDDEEAAAAAEBC	276	105.8000					
			BBCCDDDEEAAAAACCCBB	284	90.0000					
			BCCBBEEDDDAAAAACCB	310	88.5000					
			CCBBBBDDEEAAAAEBC	314	85.3000					
			BBCCAAAEEDDDAACCCBB	319	66.0000					
			AABCCCEEDDDCCBBBAAA	334	64.5000					
			AACCCBBEEDDDCCBBAAA	335	60.0000					
			CCBBAAEEDDDAACCCBB	357	58.5000					
			AACCCBBEEDDDCCBBAAA	376	57.0000					
			AACCCBBAAEEDDDCCBB	382	55.4000					
			AACCCBBEEDDDAACCCBB	387	48.0000					
			AACCCBBBBDDEEAAACCC	391	46.3000					
			AACCCBBBBDDEEAAACCC	430	41.5000					
			ACCCBBBBDDEEAAACCC	452	38.1000					
			CCBBAAEEDDDCCBBBAAED	472	34.0000					
			BAAEDDCBCCBBBAAAEED	503	32.2000					
			DAABCCCEEDDAABBBCCAD	515	31.1000					
			CCBBAAEEDDDAACCCBB	548	28.7000					
			CCBBAAEEDDDAACCCBB	555	28.0000					
			ACCCBBBDAAEEBBCCACB	591	27.0000					
			ABCCBEDDAACCBDEBCCA	610	25.1000					
			CCBBAAEEDDDAACCCBB	623	20.8000					
			CDAAEBBBDAAACCBEDAC	723	19.5000					
			BCAEDCBBCAADCBAAEED	756	18.0000					
			CBEAEDCBDAACBBAAEED	810	16.5000					
			CBEAEDCBDAACBBAAEED	812	16.0000					

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
40	Double-bridge	Or-Opt	AAACCB BBBBCC EEDDDAA	270	109.8000	
			BBCDDDEEAAAAACCCBBB	284	105.5000	
			AAAEC CCCBBB BCEDDDAA	313	105.3000	
			BBBAAEEDDDCCCCAAAAB	314	91.8000	
			DDAAACBBB BBCCAAEED	319	79.0000	
			AAABBBCEEDDDCCCBBA	334	74.5000	
			AACBBEEEDDDCCCBBA	335	68.5000	
			BBCCAAEEDDDCCCAAABB	345	64.5000	
			DEAAACBBB BBCCAAEED	357	64.0000	
			DDCCAAE BBBBCCCAAED	375	62.6000	
			CBBAAEEDDDCCCBBAAC	382	52.5000	
			ACBBBDDDAEECCCBBA	396	50.2000	
			BBCCAAE EEDDDCCCAAAB	414	48.3000	
			ACBBBDDDAEECCCBBA	427	48.2000	
			BCCAABBEDDDAAEECCCB	431	47.3000	
			ABBCCAADDDEECCBBBCA	441	44.3000	
			BCCAAEDDDCBBAAECCBB	456	42.9000	
			BCCEAAACBBBDDAAEECCB	470	40.8000	
			EABBBCCDDDACBBCCA	485	39.6000	
			CAAE BBBDDCCCBBAAEEDC	499	37.7000	
			CEAABBBDDCCCBBAAEEDC	512	37.2000	
			BCCEDAACBBBDDAAEECCB	520	33.0000	
			CBBAEEDDACCBBBCAED	555	30.8000	
BBCCAAEDDCBBAEADCCB	581	28.6000				
CBDEAACBBCCDDAAEECCB	603	28.4000				
BCCAAEDDACBBBCAADECB	613	25.0000				
BEDAACCCBBAACBDDEACB	632	23.7000				
BDAAECCCBBAACBDDEACB	641	23.4000				
ADBCCBAEEDCCABBCEDA	720	22.3000				
ADECBBBACCDEAABCCDBA	779	21.9000				
ABEDACCBBADCADEBBCCA	792	21.6000				
BCADAEBCDABBDAEECCB	814	18.7000				
BCAECDAABDCABBAADCECB	924	18.5000				
CABDAECBCDABBAADCECB	937	17.8000				
41	Double-bridge	Double-bridge	BBBBCCCCDDDEEAAAAB	254	184.5000	
			AAADDCCBBB BCCCEEA	296	103.5000	
			BCCCEEDDDAAAAABBCCB	309	99.9000	
			BBAACCCDDDEEAAABBB	331	94.5000	
			AABBBCCCEEDDDCCBAAA	334	66.3000	
			AACBBBEEEDDDCCCBAAA	335	60.0000	
			BBCCAAEEDDDAAABBCCB	358	58.5000	
			CCAEEEBBDDDAACCBBC	384	57.7000	
			AACBBBDEEDCCCBAAA	389	56.4000	
			BAABBBCCDDDEEAAACBB	400	52.0000	
			CCAABBBDDDEEAAABCC	401	48.0000	
			BBCCAAEEDDDDEBBAACCB	411	47.0000	
			CCBBAEEDDDCCBBAABC	421	46.5000	
			AABBBCCEDDDAABBCCCEA	430	45.0000	
			CCBBAEEDDDBCCAAABBC	443	44.5000	
			DDAABBBCCCEEBBAACBD	451	42.2000	
			AEBBCCDDDAACBBBCEAA	466	41.2000	
			ACBBBEBDDAAABBCCCEDA	481	39.2000	
			ACBBCAAEDDDCCBBCCCEAA	487	36.9000	
			ACBBDEAEEDDBBCCCBAA	541	35.4000	
			BAACCBEDDDAABBCCCEAB	547	34.4000	
			ABBCCDDAAEEABBCCBDA	554	31.0000	
			BCCAAEDDABBCCBBADE	609	28.9000	
CDAAABBECCBAEDDAACBBC	646	24.3000				
BDACCEAACBBBCDAABEDC	763	23.4000				
ADCEBBAACBBBCDAEBCA	778	19.4000				
CABEADDBBCCACBDAEABC	864	18.6000				
BCADEBCABCCAADEBBCCA	865	18.3000				
42	Double-bridge	IP	CCDDAAAAAEEBBBCC	246	144.3000	
			CCBDDAAAAAEEBBCC	276	88.5000	
			BBCCAAEEDDDAAACCCBBB	319	64.5000	
			AAACCB BBDDDEECCBBA	342	60.0000	
			CCBBAEEDDDAAACBBBC	357	58.5000	
			CBCCAAEEDDDAAABBCC	358	58.0000	
			CCBBAEEDDDCCBBBAAC	382	46.0000	
			ABBCCAAEDDDEBBCCAA	412	43.0000	
			AECBBBAAEDDDCCCBAA	425	42.8000	
			BEAACCCBBDDDEAAACBB	436	39.5000	
			CCBBEAAADDDCCBBBAEC	456	38.9000	
			BBCCAAEEDDDCCBBBAECB	458	36.8000	
			CBBAAEEDDDCCBBBAEDC	472	33.2000	
			BBCCAAEEDDDCCBBDAACB	508	30.3000	
			BBCEDAAACBBEDDAACCB	511	30.0000	
			CDEBAAABBCCCEDDAABBC	548	28.7000	
			CBEDAAACBBCCEDDAABBC	550	25.7000	
			BCAAEDDDCCBBBAEDACB	555	24.7000	
			BCAAEDDDCCBBBAEDCCAB	581	22.7000	
			ACBBAEDDDCCBBAEDCCBBA	618	21.8000	
			BCAACBEDDABBCCEDAACB	658	19.8000	
			CDEBAAACBBDAECBDAABC	765	18.9000	
			CABDEACBBDACBBEDAAC	771	18.0000	
BCDEAACBBDAECBDAABC	819	15.6000				

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
43	IP	PI	CBBCCEEDDDAAAAABBBCC	309	83.8000	
			CCCBBAEEDDDAAABBBCC	327	66.0000	
			AACCBDDDEECCBBBAAA	342	65.4000	
			BCCBBAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			ACCBBAEEDDDCCCBBA	382	46.3000	
			BAACCBDDDEEAAACCCBB	391	46.0000	
			ACCBBAEEDDDCBBBCCAA	413	44.0000	
			ACCBBAEEDDDCCCBBA	423	43.0000	
			ACCBBAEEDDDCCCBBA	427	42.5000	
			EAACCBBCDDDAABBCCE	436	40.2000	
			BCEAAACCBDDDEAAACCB	465	39.0000	
			EAACCBBCDDDAACBBCE	466	38.2000	
			ACCBBEDDAACCCBBBEDA	482	36.7000	
			EAACCBBCDDAACCBBAE	484	36.2000	
			ACBBEDDAACCBBCCEA	511	30.8000	
			BCCEDAAACBBDDDEAACCB	515	29.3000	
			ACBBEDDAACCBBCCEA	589	29.2000	
			BEDAACCBBCDDDEAACCB	594	28.2000	
			AACBBEDDBCCCAABBCEDA	597	28.0000	
			BACCEDDAACBBBCCEA	617	22.7000	
			BACCEADDAACBBBCCEA	695	22.1000	
			BBCDACEAACBBCAEDCB	714	21.9000	
			EABCBDAAACBBCEA	754	21.7000	
			CBDAACCBBCCEA	766	20.7000	
			ACDBBCEAACBBCAEDCB	799	16.5000	
			CDEBACBBDAACEBACADBC	1003	16.3000	
			CBADCBACBDEBACADBC	1023	15.9000	
			CABDBACDEBACBCEA	1055	15.7000	
CABDABCDEBACBCEA	1057	14.7000				
44	IP	API	DDAAAAEEBBBCCCCD	246	187.0000	
			DDCCCBBCBBBEEAAAAAD	267	185.5000	
			BBBCCCEEDDDAAAAACCB	270	126.0000	
			CBDDDDAAAAEEBBBCC	276	117.0000	
			BBBEEDDDCCAAAAACCB	297	112.8000	
			BCCCEEDDDAAAAACBB	309	107.9000	
			CCBBEEDDDAAAAACBB	310	81.9000	
			DDCCBBBEEAAAAACBDD	355	73.0000	
			AABBCCCEEDDDBBBCCAA	356	60.0000	
			AABBCCCEEDDDAABBBCCAA	387	48.0000	
			AABBCCCEEDDDAACBBBCCA	417	46.5000	
			CCBBAAEEDDDCBBAAABCC	421	46.0000	
			AABBCCCEEDDDAABBCBBA	425	44.0000	
			AABBCCCEEDDDAEBCCBBA	455	43.4000	
			ABBCCEEDDDAACBBBCEAA	460	41.0000	
			AABBCCCEEDDDAABBCBBA	489	40.3000	
			BBCCAEEEDDABCCBBAE	504	37.0000	
			AACBBEDDAACCBBCCEA	511	36.0000	
			ADEBCCBBAADDEBBCCA	540	28.0000	
			DCCBAAEBBCDAABBCED	580	27.8000	
			ADEBCCBBAADDEBCCA	583	26.0000	
			DCBAAEBBCDAABBCED	611	25.8000	
			DABCCAEBBCDAABBCED	633	23.8000	
			CBAEDDCBBAAABCCDAEBC	667	22.7000	
			AAEBCCBDDABCCAEBCDCA	686	22.6000	
			CAEBBDCAABCCBDEAABC	694	19.3000	
			CAEBBCDDAACBBCEAEDABC	712	16.5000	
			CAEBBDCAACBBCEAEDABC	798	15.7000	
CAEBBDACBDAECBAEDABC	849	14.3000				
45	IP	2-Opt	BBCCCEEDDDAAAAECCBB	313	81.4000	
			BBCCAEEEDDDAACCCBB	319	66.0000	
			BBAACCEEDDDAACCCBB	347	60.0000	
			BCCBBAEEDDDAAACCCBB	357	58.0000	
			ACCBBAEEDDDCCBBBAA	382	50.0000	
			AACBBBEEDDDAACCCBBA	387	46.0000	
			AACBBBEDDDAACCCBBA	432	39.5000	
			BCCEAAABDDDDCCCEAABB	466	39.4000	
			BDAACBBCCCEEDDAACCCBB	477	35.4000	
			BCCDDAAAEBBCCCAAEDEB	497	34.5000	
			BBCCEDDAACBBCCAED	521	34.3000	
			DAACBBBCAEEDAACCBDD	526	32.5000	
			ACCBDEBBAAECCCBDA	549	29.5000	
			ACCBDDDEAAACBBCCBDA	555	26.7000	
			BACCEDDAACBBBCCAED	598	26.3000	
			CBEDAACBBCCDAAAECCBB	599	26.1000	
			ACCBBEDDAACBBCEAEDCBA	605	22.9000	
			ACCBBEDDAACBBCEAEDCBA	623	20.9000	
			DCBBAECCBDCAEBAEDCBA	753	19.6000	
			DCBBAECCBDAACEBAEDCBA	756	17.6000	
			ACBDAEBBCDAEACCBDA	796	17.3000	
			BCEDAABBCDAEBAEDCBA	814	16.5000	
			CBDEAACBBCEAEDCBA	844	15.0000	
			ACBDAEBBCDAEBAEDCBA	906	14.9000	
			CBAEDABCDAEBAEDCBA	926	13.6000	

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
46	IP	3-Opt	AACBBBBBEEDDDCCCAA	297	116.3000	
			AAEDDDECCCBBCBAAA	308	115.0000	
			AADDDEEBCCBBBCCAAA	320	103.8000	
			AACCCEDDDEBBBCCAAA	324	89.4000	
			AACCBDDDEEBBCCAAA	330	65.4000	
			AABBCCCEEDDDCCBBBAAA	334	64.5000	
			AAABBBCCCEEDDEBBCCAA	363	57.0000	
			AABBCCCEEDDAABBCCCA	387	52.5000	
			AABBCCDDDAEEBBCCAA	393	47.4000	
			ABBCCCAADDDEEBBCCAA	398	46.0000	
			ABBCCCAAEDDDEBBCCAA	412	43.0000	
			ABBCCCEAADDDEBBCCAA	441	41.5000	
			CAABBCCBEDDDAAAEBBCC	457	40.4000	
			AACBBCCEDDDAABBCCCEA	460	37.5000	
			ABBCCCEDDAABBCCCEA	480	33.2000	
			AEBDDCCCAAABBCCCEA	503	33.0000	
			ABBCCEDDAACBBCCCEA	510	28.0000	
			ACDEBBBCCAAADDEBBCCA	551	26.7000	
			CBBAEDDCCBBAECCBDA	632	22.4000	
			CBADCEBBAACDDAAEBBC	655	21.6000	
			CBAEDECBAABCCDDAAEBBC	667	20.0000	
DABBCECAADBCCCEAACBD	743	19.4000				
ABCEBADDBCCAEBCCBDA	764	19.3000				
BCDAACBCEAADBBCEACB	803	18.6000				
BADECACBCBCCAEDACB	875	17.8000				
CDAEBBCAADCBBEACACDB	914	15.9000				
47	IP	Or-Opt	BBBBEEDDDAAAAACCCCB	241	177.9000	
			AAAEEDDDCCBBBCCCAA	267	112.8000	
			AAAEEDDDCCBCCCBBA	305	110.8000	
			CCBBEEDDDAAAAACBBBC	310	81.9000	
			BBCCCAAEEDDDAAACBBB	319	66.0000	
			DCCBBBEEAAAAACCCBDD	346	65.5000	
			CCBBAAEEDDDAAACBBBC	357	58.5000	
			CCBBAAEEDDDCCBBBAA	382	54.0000	
			CBBAACCEEDDDAAABBCC	386	50.0000	
			AACBBBDDDEEAACBBBCA	422	44.3000	
			CAAEBBBCCDDDEAAABBCC	431	40.0000	
			ACBBBBDAAAEEDCCBBBA	477	37.7000	
			CCBBAEBBDDCCAAAEBBC	478	35.9000	
			ACBBEDDAACCCBBBCDEA	525	32.3000	
			ACBBDDAAACCCBBDEBCA	575	30.3000	
			CBBEDAAACCBDDDECBAAC	583	27.3000	
			ABBCEDDAABCCABBCEDA	627	26.1000	
			BDEAACCCBDDAAACBEDCB	641	24.9000	
			ABBCEDDAABCCCEABBCCA	646	24.7000	
			ACBBEDDAABCCCEABBCCA	647	22.7000	
			AEDBCABBCCDAACCBEDA	715	22.4000	
ABBCEADCCBDAACBEDCB	782	22.0000				
BCEAAADDCCBEAACDBACB	798	19.9000				
CBCADEBAABCDCEAABC	845	17.7000				
ADCBECDABCAACBBDECA	876	16.5000				
48	IP	Double-bridge	BAAAAADDEECCCBBCBB	263	185.4000	
			CBEEEDDAAAAABBBCCC	280	126.5000	
			EBBDDDDAAAAACCCBBE	306	118.2000	
			CCBBDDDDAAAAACCEBBB	335	92.4000	
			EBCCDDDDAAAAABBBCCE	344	84.2000	
			BBBCCAAAAEEDDDCCABB	345	69.4000	
			AACCCBDDDEECBBBAAA	373	66.3000	
			BBCCAAAEEDDDCCAAACBB	375	58.0000	
			BBCCAAAEEDDDBBCCAA	405	46.0000	
			BCCBAAAEEDDDBBCCAA	443	44.0000	
			DCCBAAAEEBCCBBAADD	468	41.9000	
			BBCCEAAADDDBCCCEAAB	477	39.4000	
			DEBBCCAAAAEEDBBCCAAD	509	38.4000	
			AABBCCCEEDDCAABBCCDA	512	35.3000	
			BCAAADDECBBCCCEAACB	564	31.3000	
			BBCCAADDEBBAACCEADCB	624	29.2000	
			DCCBAAAEEDDDBBCCCEA	644	27.9000	
			BEACDCCAAABBCEDDAACB	664	25.8000	
			CBBAAEEDDCAACCBEDCBA	717	20.9000	
			ABCEBADDCBAACCBEDCBA	801	17.6000	

ตารางที่ ง.16 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	AAAAACCCCEDDDEBBBBB	293	239.4000	
			BCCBBEEDDDAAAAACBB	310	88.5000	
			AABBBCCCEDDDCBBAAA	334	66.3000	
			AACBBBEEEDDDCCBAAA	335	60.0000	
			AAACBBBCEEDDDCCBAA	364	59.4000	
			AAACBBBEEEDDDCCBBAA	366	58.3000	
			ACBBBAAEEDDDCCBBAA	382	46.3000	
			AABBBCCCEDDDAABBCCA	387	46.0000	
			ACBBAAEEDDDCCBBCAA	413	44.0000	
			ACBBBAAEDDDECCBBAA	423	43.0000	
			BEAACCCBEDDDAAACBB	432	42.8000	
			EACBBBCCDDDAACBBE	437	40.2000	
			AACBBBDDDEAACCCBDA	452	35.4000	
			BAAEDCCBBBEDDAACCB	477	35.0000	
			BEAADCCBBBEDDAACCB	508	34.5000	
			BCEDAABBCCEDDAACBB	510	29.7000	
			BDCCAAEBBBCCEDDAACB	533	27.5000	
			ABBCCEDDAABBCCEDCBA	574	24.9000	
			BCBAAEDCCBBAAACEDCB	600	24.7000	
			BAECCDAABBCCEDDAACB	606	24.2000	
			AEBCCDDAABCCEDDBCAA	632	24.0000	
			DACBBEAABBCCEDAACBD	638	23.8000	
			CBAAEBDDCCBBAACDEBC	639	22.5000	
			CBDAAEBCABCCEDDAABBC	663	20.7000	
			ABCCEDDAABBCCBEADCB	692	19.5000	
			CBDAAEBCABCCEDDABBAC	740	18.7000	
			BAEDCCBAACBBCCDAECAB	749	18.3000	
			ABCDAEEDCBBCAABEDCCBA	788	17.0000	
			ABCECBDDABCAACBEDBCA	852	15.6000	
			ACBDAECBDBCAABEDCCBA	878	14.0000	

3.3 ปัญหาการทดลองที่ 3.3 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 4:4:4:4

3.3.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	DDEEEBBBCCCAAADD	251	152.0000	
			DDEEBBCCCAAEEEDD	265	104.0000	
			DDEEBBCCCBBAAAEEDD	303	88.0000	
			CCBBEEEDDDAAAAEBBCC	310	80.0000	
			DDAAEEBBBCCCAAEEEDD	319	72.0000	
			DDEEAACBBBCCAAEEDD	357	56.0000	
			DDAAEEBCCBBCCAAEEDD	388	54.0000	
			DDEEBBCCAAAEBBCEEDD	393	52.0000	
			BBCCAEEDDDAAAEEDCCBB	409	50.0000	
			ECCBBAEEEDDDAABBCCCE	429	48.0000	
			EBBCCAEDDDDEBBCCAAE	442	44.0000	
			EDDCCBBAEEEDDCCBBAE	472	40.0000	
			DABBCCCEEDDAACCBBEED	481	36.0000	
			BDEEAACCBDDDEEAACB	490	34.0000	
			AEBBCCEDDDAACCEEBBDA	536	32.0000	
			AEBBCCEDDDAAECCEEBBDA	579	30.0000	
			AEBBCCEDDDAAECCEBCCDA	618	28.0000	
			BDCEEAADBBCCAAEEDDCB	640	26.0000	
			DEAACBBEDDECCBAACBED	655	24.0000	
			DEBCAACDDEEBBACAACBED	664	22.0000	
DECBAACEDDEBBACAACBED	700	20.0000				
ACBEDCBEDAACBEDDEBCA	794	16.0000				
2	PI	API	AEEBCCCBBBEEDDDAAA	310	124.0000	
			DDEECCAAAABBBCEEDD	337	72.0000	
			DDEEBBCCAAAABBCEEDD	363	56.0000	
			DDEEBBCCAAAEBBCEEDD	393	52.0000	
			AEEBCCCCDDDAEEBBCA	423	50.0000	
			DDEBBCCCEAAAEBBCEEDD	436	48.0000	
			EBBCCAAEDDDDEBBCCAAE	442	44.0000	
			ECBBCAEEDDDDEBBCCAAE	485	42.0000	
			ADDEEBBCCAAEEDDCBBA	487	40.0000	
			BCCEEDDAABBCAAEEDDCB	507	34.0000	
			BCAADDEEBBCCAAEEDDCB	518	30.0000	
			BCAAEDEEBBCCAAEEDDCB	532	28.0000	
			BCAADDEEBBCCAEDEACB	608	24.0000	
			BCAEDEEBBCCAEDEACB	622	22.0000	
			BCAAEDECBBCAEDEACB	665	20.0000	
			BCEAADDECBBCAEDEACB	694	18.0000	

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
3	PI	2-Opt	CCCAAAEEDDDDEEBBBC	265	152.0000					
			ABBCCDDDDDEEEBBAAA	308	120.0000					
			DDEEEBBBCCAAAACEDD	324	100.0000					
			DDEEACCCBBBBAAEEDD	326	80.0000					
			AABBCCDDDDDEEEBBCAA	339	78.0000					
			DDEEAAAACBBBCCAEEED	357	64.0000					
			AABBCEEDDDDEEBBCCAA	363	56.0000					
			AABBCEEDDDDEEBBCCAA	406	54.0000					
			ACCBAAEEDDDDEEBBCCAA	411	52.0000					
			DDAAEEBBCCAAEEBCCDD	423	50.0000					
			CAAEEDCCBBBBAAEEDDC	434	48.0000					
			BBCCDDEEAAAACBBEEDDCB	473	46.0000					
			CBBAEEEDCCBBDDDEEAAC	481	40.0000					
			ACCBDDDEEAABBCCDDEEA	499	38.0000					
			CDDEEAABBCCAAADDEEBC	505	36.0000					
			CDDEEAABBCCAAEDDEBC	519	34.0000					
			CDDEEAABBCCAAEDDABC	543	32.0000					
			DAEEBBCCEDDAAABCCBED	550	30.0000					
			ABCCDDEEBBCCAAEEDDCBA	575	28.0000					
			ACBBDDDEEAACBBEEDDCBA	580	26.0000					
ACBEEDDCBBCCAAEEDDCBA	602	24.0000								
DABCCAAEEDBBDEAACCBED	714	22.0000								
DACBAEDECBBDEAACCBED	763	20.0000								
DACBAEDECBBDEAACCBED	794	18.0000								
CBAEEDDACEBBDECAECBAD	916	16.0000								
4	PI	3-Opt	BBEEEEDDDDCCCAAAABB	267	152.0000					
			AABBCEEEEEDDDDCCBBAA	334	72.0000					
			AAEBCCCEEEEEDDDDCCBBAA	364	68.0000					
			AAEEBBCCDDDDDEEBBCCAA	369	56.0000					
			AAEBCCCEDDDDDEEBBCCAA	393	52.0000					
			AEEBBCCADDDEEBBCCAA	428	50.0000					
			ECCBBDDDEEAACCBDDDE	441	48.0000					
			AABBCEEDDDDEEBBCCEDAA	456	46.0000					
			AAEBCCDDDEEBBCCEDAA	462	42.0000					
			DABBCEEEEDDAAABCCCED	480	34.0000					
			DAEBCCCEEDDAAABCCCED	510	30.0000					
			CBEEEDDAAABBCCAAEDDEBC	545	28.0000					
			AEDCCBBEDDAAEEBBCCDA	577	26.0000					
			CBDDAAEEBCCBEDDAAEBC	615	24.0000					
			CBDAAEEDBBCCEDDAAEBC	627	22.0000					
			CBAAADDEBCCBADDEAEBC	715	20.0000					
			BCDEAAEEDBCCBEDDAAECB	718	18.0000					
			CEBDAADBECCBAEDDAAECB	875	16.0000					
			5	PI	Or-Opt		AACCCBBBEEEEDDDDAA	241	152.0000	
							DDEEAAAACCCBBBEBDD	279	116.0000	
DDEAAAABCCCCBBEEEDD	318	100.0000								
DDAAEEEBBCCCAAEEDD	319	78.0000								
AAEEDDCCCBBBEEDDAA	331	72.0000								
DDEEAACBBBCCAAEEDD	357	56.0000								
AAEEDDCCBBBCCBEEDDAA	400	54.0000								
AAEDDCCBBBCCBEEDDAA	419	52.0000								
AABCEEDDDCCBBBEEDAA	429	50.0000								
CAABBEEDDDCCAAEEBBC	444	48.0000								
AABCEEDDDCCBBBCEEDAA	458	44.0000								
DCCBBAAEEDDCCBBAEED	472	40.0000								
AEEDDCCBBCCAAEEDDCB	503	38.0000								
CEDDAABBCCCEDDAAEBC	510	34.0000								
ACCBEEEDDAAABCCBEDBA	566	32.0000								
AEEDCCBBAEEDDBCCEDA	587	30.0000								
AEBCCEDDAAABCCDEEBCA	609	24.0000								
AECBDDAEBBADCCCEEDBA	797	20.0000								
6	PI	Double-bridge				BBBCCCEEEEDDDAAAACB	270	132.0000		
						CBDDDDAAAEEEBBCC	276	120.0000		
			BBCAAADDDDEEECCBB	294	116.0000					
			CBBAAAAEEEDDDDEEBCC	303	108.0000					
			CBBEEDDDAAAEEEBCC	310	88.0000					
			BBCEEDDDAAAEEEBCC	313	84.0000					
			CCBBDDDDAAAEEEBCC	335	78.0000					
			DDCCCEBBBAAAACEEDD	354	72.0000					
			CCBBAAEEDDDAAEEBCC	357	68.0000					
			DDEEBBCCAAAABCCCEEDD	363	56.0000					
			CBBAAEEDDDCCCAEEEB	413	54.0000					
			CBBAAEEDDDCCBBAEEEC	425	48.0000					
			BBCCEEDDAAAACBDDAEEB	477	46.0000					
			BAAEDCCBBDDDEEEAACCB	481	44.0000					
			DEEAACBBDDAAEECCBD	495	36.0000					
			BCEEDDABCCAAEEDDCB	507	34.0000					
			EADCCBBDDDEEAACCBDE	566	32.0000					
			ACEBDDEEBAACCCBDDDEA	603	30.0000					
			ECBDDAAEEBCCBDDAAEBC	662	22.0000					

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
7	PI	IP	BEEDDDDEAAAAACCCBBB	279	152.0000	
			CCBBBEEEDDDAAAAECC	284	128.0000	
			CCBBAADDDDEEEEBBCC	289	104.0000	
			CCBBAAEEDDDDEEBBCC	303	88.0000	
			CCBBEEDDDAAAAEEBCC	310	72.0000	
			CBBCCEEDDDAAAAEEBCC	339	70.0000	
			BBCCAEEEDDDDEEAACBB	357	56.0000	
			DDEBBCCAAAAEEBCCEDD	393	52.0000	
			EBBCCAEEEDDDCCBBAE	413	48.0000	
			DDEBBCCAEEEBCCAEEDD	442	44.0000	
			EDCCBBAAEEDDDCCBBAE	472	34.0000	
			DEBBCCAEEEDDDCCBBAE	501	30.0000	
			DEBBCCAEEEDDDCCBBAE	539	28.0000	
			DEBBCCAEEEDDDCCBBAE	560	26.0000	
DEBBCCAEEEDDDCCBBAE	598	24.0000				
EDCAABCEDEBAACCBDE	683	20.0000				
EDCAABCEDEBAACCBDE	761	18.0000				
8	API	PI	CCEAAAAADDDDEEBBCC	294	120.0000	
			CCBBDDDDDEAAAAEBC	314	100.0000	
			CCEEBDDDDAAAAEEBCC	335	78.0000	
			AAEEBDDDDCCCBEEAA	346	72.0000	
			BBCCAEEEDDDDEEAACBB	357	56.0000	
			CBBCAAEEDDDAAEEBCC	388	54.0000	
			AAEBCCEDDDDEEBCCAA	393	52.0000	
			EBBCCAEEEDDDAABCCCE	417	48.0000	
			DDEBBCCAEEEBCCAEEDD	442	44.0000	
			DCCBBAEEDDDAAABCCED	476	38.0000	
			DACCBEEEDDDAAABCCED	481	34.0000	
			DACCBEEEDDDAAABCCED	511	32.0000	
			DEBBCCAADDEECCBBAED	528	30.0000	
			DEACCBDEDEAAABCCED	557	28.0000	
DEACCBADDEEAABCCED	590	26.0000				
DEACCBADDEEAABCCED	643	24.0000				
DEBBAACCEDDCBEAABCCED	672	22.0000				
EBCADDBCAEEDAACBCCDE	755	20.0000				
9	API	API	EEDDDAAAACCCBBBEE	241	152.0000	
			EEDDDAAACCCBBBBAEE	288	128.0000	
			BBCEEEEDDDAAAAABCCB	309	116.0000	
			CCBBDDDDDEEEAAAAEBC	314	104.0000	
			CBBCAAAADDDDEEEEBBCC	320	102.0000	
			BBCCAEEEDDDDEEEEBCC	334	92.0000	
			BCCEEDDDAAAAEEBCCB	339	80.0000	
			DDAAEEEBBCCCBBAEEDD	357	62.0000	
			CCBBAEEDDDDEEAABCC	365	60.0000	
			BBCCAEEEDDDDEEAACBB	400	58.0000	
			DDEBCCBAAAAEEEBCCDD	407	54.0000	
			ABBCCCEEDDDAAEEBCCA	417	48.0000	
			DDAABCCEEEBCBBAEEDD	455	46.0000	
			DDAABCCEEEBCBBAEEDD	482	44.0000	
DDAABCCEEEBCBBAEEDD	498	42.0000				
EDAACCBEDDDAACBCCCE	511	40.0000				
DAABCCCEEDDAABCCAEED	529	36.0000				
EDABCCCEEDDAACBCCAE	559	34.0000				
EDCAABCCEDDDEAACBCE	575	32.0000				
ADEBCCBAEEDDDEEBCCBA	592	30.0000				
DABCCAEEDDACCBBCAED	608	26.0000				
DCAEBBCAEEDDAAABCCED	615	24.0000				
CBAEEDDAACBCCEDDAEBC	627	22.0000				
DAEBCCAEEDDACCBBCAED	638	20.0000				
DAEBCCAEEDDACCBBCAED	676	18.0000				
BCAEDCBAEEDCBAACBDE	833	16.0000				
10	API	2-Opt	EEEBBCCCAAADDDDE	251	168.0000	
			EECCCBBBBAAAADDDDE	263	152.0000	
			DDCCBBBCCAAAAEEEDD	267	136.0000	
			AAEEBBBCCCEEDDDDA	270	120.0000	
			DDEECCCBBBBAAAEEEDD	277	104.0000	
			DDEEBBCCCBBAAAEEEDD	303	88.0000	
			DDEEAACCCBBBAAEEEDD	326	72.0000	
			DDAAEEEBCCCBBAEEEDD	357	56.0000	
			DDEAAEBBCCCBBAEEEDD	395	54.0000	
			EEDDAACBBBCCEDDAAE	412	52.0000	
			DDCBBAEECCCBBAEEEDD	425	50.0000	
			EDDAACBBBEEEDDAACCE	442	48.0000	
			DDAAEBCCCEEBBCCAEEDD	447	46.0000	
			CBEEEDDAACBBBAEEDDC	477	36.0000	
CBEEEDDAACBBBAEEDDC	516	34.0000				
DAAECCBDDDEEAABCCED	528	32.0000				
ABCCCEEDDAABCCCEEDDA	545	30.0000				
CBEEEDDAACBBEDDAEBC	551	26.0000				
CBEDDAACECCBDDAAEBC	619	24.0000				
CBEDDAABEECCBDDAAEBC	629	22.0000				
CBEDDAABEECCBDDAAEBC	645	20.0000				

ตารางที่ ๓.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
11	API	3-Opt	EEDDDDACCCBBBAAAE AEEDDDBBBCCCCEAAA CBBAEEEEEDDDCCBBC DDEAAAAACCCBBBCEED AAEDDDCCBBBCCCEAA DDEEAACCCBBBAAEED DDEEAACBBBCCAEEED DDEEAACBBCCBBAEED DDEEBBAAACCCBBAEED EBBCCAEEEDDDCCBBAE EBCCBAEEEDDDCCBBAE DCCBBAEEEDCCBBAEED BAAEEDCCBBAAEEDDCB DCBAAEEDCCBBAAEED DEAAABCCDDEEBBAACED CBAEEDCCBBAEEDDABC BCEDAAEDBBCCAEEEDDCB BCAEEDDAABCCBEDDEACB AEDCBAEDCCBBAEEDDCBA BCEDAAEDCCBBAEEDDCBA	288 301 305 308 310 326 357 395 411 413 451 472 503 531 547 563 618 637 708 743	128.0000 120.0000 112.0000 92.0000 88.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 40.0000 34.0000 32.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	
12	API	Or-Opt	BCCEEEEDDDAAAACBBB CBBAAAEEEDDDEEBCCC BBCCAAEEEDDDDEECBB BBCCAAEEEDDDAACBB BBCCAAEEEDDDDEAACBB BCCBAEEEDDDDEEAACBB CBBAEEEDDDCCAAEEBBC BBCCAAEEEDDDCBEEAACB AEDCCBBAEEEDDDCCBBA DABBCEEEEDDAAABCCED DABBCEEEEDDAAACBCCED DEBBCAEEEDDCBCCBAEED AECBBEDDAAACDDEEBBCA ACEBBDDAAACDDEEBBCA CBDAAEDACBBCEDDAAEBC	270 303 308 319 357 395 413 458 472 480 510 570 584 604 688	120.0000 104.0000 88.0000 72.0000 56.0000 54.0000 48.0000 46.0000 40.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 18.0000	
13	API	Double-bridge	BBBBCCCCDDDEEEFAAAA BBBCEEEEDDDAAAACCCB CCBDDDDDEEEFAAABCC DDAAEBBBCCCCEAAEEDD DDAAECCCBBBBAAEEDD AABCCDDDDDEEECCBBA BBCCAAEEEDDDAAEECCBB AABCCCEEDDDDEECBBA BBCCAAEEEDDDAAEEBCB EBBCCAEEEDDDCCBBAEE CBBEEDDAAAACCEEDDBBC DCBBEEDDAAAACCBBAEED BCCAAEEDDEBBCCDDAAEEB AECCBBEDDAAACCBBEEDA DEABBACCEDDEBBCAEED DECBAACCEDDEEBAAACBD DBCEAADDEBBCCCEAABCE BCADEECADAEBBCCDAEB DEACBBCADAEBCDDAEB	254 270 284 319 331 351 362 375 388 413 450 477 511 525 620 635 693 850 943	216.0000 132.0000 104.0000 86.0000 78.0000 72.0000 70.0000 56.0000 54.0000 50.0000 48.0000 42.0000 38.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
14	API	IP	EEEDDDAAAACCCBBBBE BBDDDDAAAEEEEECCCB EEDDDAAAACCCBBBCEE BBEEEDDDEEAAAACCCBB CCBBBEEEDDDAAAEECC BBEEEDDDAAAACCCBBB DDEEBBCCCCEAAEEDD DDEEAAAACCCBBBCEEDD CCBBEEDDDAAAEEBCC BBCCEEDDDAAAEEBCCB CCBBAEEEDDDAAEEBCC CBBCAAEEEDDDAAEEBCC DDEBCCCEAAACCBBEDD DDEEBCCAABBBCCAEEEDD DDCCBAAEEEBBCCAEEEDD DDBCCAEEEBBCCAEEEDD DDECCBAAEEEBBCCAEEEDD CBAAEEDDDCCBBAAEEDC BCAAEEDDDCCBBAAEEDC DEBBCCAEEEDDAAABCCED CBAAEEDDECCBBAEEDDEBC CBEDDAAEBCCBDDEEAABC CBAEDDEAABCCBDDEEABC DCBEABCDAAEEDCCBBAED AEDCBBAAEDCCBBAEDDCBEA	241 250 270 279 284 300 303 308 310 339 357 388 407 412 413 435 454 472 503 543 580 594 649 733 753	168.0000 152.0000 140.0000 136.0000 120.0000 116.0000 92.0000 88.0000 72.0000 70.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 34.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
15	2-Opt	PI	DDEEEAAAABBBCCCEEDD DDEAAAACBBBCCCEEDD DDAAEEBBBCCCCAAEEDD DDEEAACBBBCCAAEEDD DDAAEEBCCBBBCCAAEEDD DAAEEDCCBBBCCAAEEDD CBBAAEEDDDCCCEEAABBC BBCAAEEEDDDCCBAAEECB CAAEEEDCCBBBCCAAEEDD CBBAAEEDDDCCBBAAEEDD AEEDDBBCCCAAEEEDDCBBA BCAAEEDDDCCBBAAEEDDCB BCDDAAEEBCCAAEEDDCB BCAAEEDCCBBAAEEDDACB BCAAEEDDCBBAAEEDDACB ABCEEDDACBAAEBBDDECA ABCEEDDACBAAEBBDDECA DCBAEEADCCBDAEECBAD	278 308 319 357 388 409 426 456 465 472 494 503 513 555 624 690 691 786	116.0000 100.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 38.0000 34.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	
16	2-Opt	API	CBBBDDDDAAAAEEEECC CCBBDDDDAAAAEEEEBC CCBBAADDDDEEEEBCC CBEEEDDDAAAAEEBCC DDEEAACCCBBBAAEEDD DDEEAABBBCCCBAAEEDD DDAAEEACCCBBBCCAAEEDD AAEDCCBBDDDEEEBCAA CEDDAACCCBBBEEEDDAC DDEBCAAECCBBBAAEEDD ACEEDDAACBBBCCCEEDDA DCBAAEEDCCBBBAAEEDD CBEDDAACCCBBBEEEDDAC ABCEEDDAACBBBCCCEEDDA ACBDEEDAACBBBCCCEEDDA EBCAADDEECCBDDAABBC BAEDDEACCCBBBAAEEDDCB BCEDDEAACCBBAEEDDACB CBDDAAEEBCCBDDAAEEABC DCBAAEEDCCBDDAAEEABC DCBAAEEDCCBDDAAEEABC BEDCAAEDCABBCCDEEDACB ABEDCBACEDDEACBBEDCA	250 276 289 310 326 365 411 420 442 454 471 472 482 510 565 599 603 627 652 742 743 799 841	168.0000 116.0000 104.0000 88.0000 72.0000 60.0000 58.0000 56.0000 54.0000 50.0000 46.0000 44.0000 40.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
17	2-Opt	2-Opt	DDDAAACBBBCCCEEEED DDEEEAAAABBBCCCEEDD AAEEDDDCCBBBCCCEEEA AAEEDDDCCBBBEEEDDAA AAEEDDDCCBBBCEEDDAA AAEEDDDCCBBBCEEDDAA AABBCCEEDDDDEBCCCEAA CAAEEBCCDDDDAAEEBBC EAABBCCEEDDDDEBCCCEAA EDAABBCCEEDDDAABBCCE AEBBCCDDDAEEBCCCEEDA DACCBBEEDDAACBBCEAED CBEDDAEEBCCBAABDDEC CBEDDAEEBCCBAABDDEC DEABCEBCDDAAEBBCCAED CBDAEEBADCCDEBBAAEDC	270 278 310 331 360 398 406 423 455 480 516 603 622 646 701 788	156.0000 116.0000 92.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 44.0000 36.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	
18	2-Opt	3-Opt	AAEEDDDDECCBBBBA DDCCAAAAEEEBBBD AAEEDDDCCBBBEEEDDAA AAEEDDDCCBBBCEEDDAA AAEEDDDCCBBBEEEDDCAA DDEEBCCBAAAAEECCBDD EEDDAACBBBCCCEEDDAE EDDCCBBAAAEEDDCCBBE AAEEDDDCCBBBCEEDDCAA EEDDABCCCAAEEEDDCCBBE AEEDDDCCBBAABCCDDDEEA EBDDAACCEEBBBDCAA BCCDDAAEEEBCCAAEEDDCB BCCEDDAEECCBBAEEDDCB AEDDCCBBEAAEBBCCDDEA AEDDCCBBEAAEBBCCDDEA BCDAEEEDCCBBAAEEDDCB AEBCEEDDCBAAEBCCDDEBA ABCEEDDCBAAEEDDCBBA CABDEEDBAAACDEBBBAED	277 302 331 360 387 411 412 425 454 478 490 512 513 549 565 589 617 702 725 879	140.0000 116.0000 72.0000 60.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 38.0000 34.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
19	2-Opt	Or-Opt	BBAAAAEEDDDDEECCCB BCCCEEDDDAAAAEECB AACCEEDDDDEEBBCCAA AACCBDDDDDEEEEBCCAA AABBCDDDDDEEEEBCCAA BBCCAAEEDDDDEEAACCB AAEBCCDDDDDEEEEBCCAA BBCCAAEEDDDAAEEDCCBB AEBBCADDDEEEEBCCAA EBBCCAADDDEECCBBAE AAECBBEDDDDAEEBCCA EDAACCBEDDDCCBBAEE EBBCCAAEEDDDAEBBCCAE DEAACCBDEECCBBAEED DCBBCAEEDDEEBBCCAE DEBBAACCDDEEEBAABCD DECBBAAACDDEEEBAACD DEBBCCAAEDDEBBACCAE DECEAABCCDDAEBBCCAE DECBBAAECDEEBBACCAE CEBAEDDCBAEABCEDDABC ABDCECBDAEEDBCCDAE CBADEEBDCAEDCABBDAE	277 313 324 330 339 357 399 409 428 440 461 477 496 522 532 577 581 607 675 678 812 887 960	136.0000 100.0000 88.0000 80.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 42.0000 40.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
20	2-Opt	Double-bridge	BBCCCEEDDDAAAAEEBB BBEEEDDDCCCCAAAAEEBB BBCCCEEDDDAAAAEECB CCBBDAAAAAEEEDDEBBCC BBCCAAEEDDDAACCEEBB DDEEBBCCAAAAEBCCEDD DCCBBEEEDAAAAABCCED DEBCCEDDAAAABBCCED DCCBBEEDAAAAEBCCEDD DDEACCBEEAAABCCEDD DAACCBEEEDDAAABCCED AEDDCCBBEEAACCBDDDEA DCBBAAECDDDEAABCCED DEBCCBAEADDEAACCBED DAEABBCCEEDDCBAEBCD BCAECDDDEBBAEEDDCEAB BCAEADDEBCCABEDDCCAEB DAECBBCEDDACEABBAECD CABDEEADCBEDCABBDAE	270 297 313 364 378 393 429 456 459 469 481 526 592 660 672 700 787 800 972	120.0000 104.0000 72.0000 70.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 42.0000 36.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
21	2-Opt	IP	DDEEBBCCCAAAAAEEDD DDEEBBCCCBAAAAEEDD DDEEAAAACBBBCCCEEDD DDEEBBAAAACCCBBEEDD DDEEAACBBBCCAAEEDD DDEEBBCCAAAAEBCCEDD DDEEBCCAAABBBCCAEEDD DDCCBAEEEBBCCCAEEDD DDACCBEEEAABBBCCEDD DDEBCCAAEEEBBCCAEEDD EDCCBBAAEEDDDCCBBAE EDCBBAAEEDDDCCBBAE AEDCBBCAAEEDDDCCBBAE BCAAEDDEEBCCDAEEDCB DEAAACBBCEDEBCCBAEED AEDCBBCAAEEDDEBCCBDA EDABBCCEDAACBDEBDACE CADEBBAEDCCAEDEBDEAC	265 303 308 333 357 393 412 413 431 442 472 503 548 601 642 665 801 845	104.0000 100.0000 88.0000 72.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 42.0000 34.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
22	3-Opt	PI	DDDEEAAAACBBBCCED DDECBBBAAAACCEEDD DDEECCAAAABBBCCCEEDD BBCCAAEEDDDDEEAACCB DDEEBBCCAAAAEBBCCEDD EEAACCBDDDDDEEBCCAAE DCCBBEEDDAAAACCBBEED DDACCBEEEAACCBBEEDD EAACCBEDDDDEBCCAAE DDEABBCCEEAACCBBEEDD BEEDDACCBBAEAEEEDDCB EDAACCBBEEDDDAACCB BCDDEEAACCBDDDEEAACB BEDDCAECCBDDDEEAACB CBEEEDAACBBDDEEAACB ACBBEEDDCAABEDDCCBEA ACBDDDEEACBBCEDDACBEA ACBDEEABCCDDEABBCEA	308 336 337 357 393 422 430 432 456 469 477 482 529 585 594 647 706 753	116.0000 92.0000 72.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 38.0000 34.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
23	3-Opt	API	BBDDDDDEEEEEAAAABBCCCC	284	168.0000	
			BBAAAEEDDDDDACCCBB	288	128.0000	
			BBBCAAAEEDDDDACCCB	319	108.0000	
			CCBBAAAEEDDDDABBCC	327	80.0000	
			CBBAAEEDDDDAEBCCC	357	74.0000	
			BBCCAAAEEDDDAAECCBB	362	58.0000	
			BBCCAAAEEDDDAAECCBB	405	56.0000	
			ABBCCAEEDDDAACCBEEA	431	48.0000	
			ACBBCEEDDDAABCCCEA	460	46.0000	
			ACBBCEEDDDAECBBEEA	475	44.0000	
			ABBCCAEEDDDAACCBEEA	481	42.0000	
			EDAAABCCCEEDDDAEBCC	510	40.0000	
			ABBCCAEEDDDAEBCCEDA	518	34.0000	
			DEBCCAEADDEBBBCCAED	559	30.0000	
DAAEBBCCCEDECBBCAED	578	28.0000				
DEBCCAEEDDEBBCAACED	614	24.0000				
DEBCCAEEDDEBBCAACED	628	22.0000				
DAEBBCCDAEBCDAABCED	732	18.0000				
DCAEBBCCDAACBDEEBCAD	784	16.0000				
24	3-Opt	2-Opt	ECCCCBBBDDDDDEEAAA	288	168.0000	
			CCBBBAAAEDDDDEEEBCC	303	104.0000	
			DAAEEBBBCCCAAEEEDD	319	88.0000	
			DDEEAAACCCBBBBAEED	326	84.0000	
			DDEEABBBCCCAAEEED	327	80.0000	
			BBCCEAAAADDDEECCBB	337	72.0000	
			DDEEAAACCCBBBCCAAEEED	357	56.0000	
			DDAAEEBCCBBBCCAAEEED	388	54.0000	
			DAAEEDCCBBBCCAAEEED	409	52.0000	
			DDAAEECCBBAABCCCEED	429	50.0000	
			CAAEEDDCBBBAAEEDDC	434	48.0000	
			DDEBCCAEBBCCAAEEED	442	46.0000	
			CAAEEDDCBBBCCAAEEED	465	44.0000	
			DCBBAAEEDDCCBBAEED	472	36.0000	
BCAAEEDDCCBBAEEDDCB	503	30.0000				
BCAAEEDDCCBBDDEAACB	546	28.0000				
AEDCBBEDCCAAEEDDCBBA	623	26.0000				
CAEBBDDEEACCBDDAEBC	629	24.0000				
CEABBDDEEACCBDDAEBC	647	22.0000				
CEDABBDDEEACCBDDAEBC	697	20.0000				
EDABBCCAEDDEBACCBDAE	730	18.0000				
ACBEDCBAEDDBEACCBEDA	848	16.0000				
25	3-Opt	3-Opt	CCAAAAEEEDDDBBBCC	258	152.0000	
			DEEAAAACCCBBBEEEDD	279	120.0000	
			DDEECBBBCCAAAEEED	308	88.0000	
			DDAEEBBBCCCAAEEED	319	78.0000	
			AACCBDDDDDEEEEBCCAA	330	72.0000	
			DDEEACCCBBBCCAAEEED	357	64.0000	
			DDAECCBBBCCCAAEEED	362	62.0000	
			AABBCCCEEDDDDEEBCCAA	363	56.0000	
			AAEBCCCEEDDDDEEBCCAA	393	52.0000	
			DDAEEBBCCCAAEBCEED	417	48.0000	
			DDAEEBBCCCAAEBBCDD	423	46.0000	
			DDAEEBBCCCAAEBBCDD	447	44.0000	
			DABBCCCEEDDAAEBCCED	480	34.0000	
			BCEEDDAABBCCAAEEDDCB	507	30.0000	
BCAEEDDACCBBEEDDAACB	560	26.0000				
BCAEEDDBBCCAAEEDDEACB	615	24.0000				
BCAEEDDACCBBADDEEACB	631	22.0000				
BCAEEDDACCBBADDEEACB	645	20.0000				
AEBCCDDAEBCBEADDEABC	819	18.0000				
26	3-Opt	Or-Opt	DDEEAAAACCCBBBEEED	279	104.0000	
			BCCBEEEDDDDAACCCBB	310	102.0000	
			DDEEBBBCCAAAACCEED	324	88.0000	
			DDEEBBAAAACCCBEED	333	80.0000	
			CCEBAAAADDDEEBBCC	348	78.0000	
			CCBBAEEDDDAAEEBCC	357	58.0000	
			BBCCAAEEDDDAAECCBB	362	56.0000	
			BCCBAAEEDDDDEEAACBB	395	54.0000	
			ACCBBAEEDDDDEEBCCAA	411	52.0000	
			DDAEEBBCCAAACCBEEED	418	50.0000	
			DDAACBBEECCCBAAEED	430	48.0000	
			DDAEEBBCCAAACCBEEED	465	46.0000	
			AEEBCCDDDDAAECEBBA	482	44.0000	
			CCBAADDEEBBDDAAEBCC	496	42.0000	
CCBAADDEEBBDDAAEBCC	510	40.0000				
BCCAAEDDEEBBDDAAECB	515	36.0000				
AEDDCBBEEEAACCCDDEBA	550	34.0000				
AEDDCBBEEEAACCCDDEBA	567	32.0000				
AEDCCBBDEEAACCBDDDEA	580	26.0000				
BCEADDCEEAABCCDDCEB	730	24.0000				
DAEBCCADDEBBAECBCAED	759	20.0000				
DECAABBDCCEBBAEDCABED	879	18.0000				
DCEABAEBCCEADBBCEAD	936	16.0000				

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
27	3-Opt	Double-bridge	BBBCCDDDDAAAAEEEB	246	168.0000					
			AAEEEEDDDDCCBBBCAA	267	140.0000					
			CCBEEEEDDDDAAAABBCC	280	116.0000					
			CBBAAAEDDDDEEEBBCCC	303	108.0000					
			AAEEBBBDDDDCCCEEAA	306	104.0000					
			CCBBEDDDAAAAEEEBCC	310	80.0000					
			EEBBCCDDDDAAAABBCEE	344	78.0000					
			DDAAEEBBCCCBAAEEDD	357	60.0000					
			DDEEBBCCAAAABBCEEDD	363	58.0000					
			AACBBEEDDDCCBBEEAA	380	56.0000					
			BCBAAEEDDDCCAAEEEB	413	54.0000					
			DDAAEEBBCCCAABBCEEDD	417	52.0000					
			AACBBEEEDDDCCBBEDAA	430	50.0000					
			ACCBAAEEDDDDEBBCEAA	454	48.0000					
			EAACBBEDDDAAEBBCCE	461	46.0000					
			ABBCEEDDDAACBBEEDA	481	36.0000					
			CEDDAABBCEEDDAEBBC	510	32.0000					
			CBDDAAEECCBDDAAEEBC	526	30.0000					
			DEAACBBCEEDDAACBBED	549	28.0000					
			DCAEEBBCCDEBCCAACBED	666	26.0000					
CAEBDDACBBEEDAABDC	715	24.0000								
DEACCBEDDCAABECAEBD	762	22.0000								
DBCACBEBDDCBBAEACED	836	20.0000								
EDBACACBEDDCABEDEBCA	966	16.0000								
28	3-Opt	IP	CCEEEEDDDDAAAABBBCC	240	152.0000					
			CCEDDDAAAEEEBBBCC	270	128.0000					
			BBCCDDDDAAAEEECBB	289	116.0000					
			CCBBEEDDDAAAEEEBCC	310	72.0000					
			BBCCCEEDDDAAAEEBCCB	339	70.0000					
			CCBBAAEEDDDAAEEEBCC	357	56.0000					
			CBBCAAEEDDDAAEEEBCC	388	54.0000					
			ABBCCAEEEDDDDEEBCCAA	412	52.0000					
			EBBCCAEEEDDDCCBBAE	413	48.0000					
			CCDAEEBBDDDAEEBCC	453	46.0000					
			DCBBEEDDAAAEEBCCED	459	44.0000					
			EDCCBBAAEEDDDCCBBAE	472	34.0000					
			DACBBEEDDAEEBCCED	511	32.0000					
			AEBBCCDDDAEEBCCEDA	516	30.0000					
			DACBBEEDDAEEBCCED	589	28.0000					
			ADEBBCCEDDAEEBCCDA	590	26.0000					
			DBCAAEEBCCDDEBBCAED	627	24.0000					
			BCAEDDAEBCCBEDDCAE	685	20.0000					
			EBACDDAEBBCAEDDCBAE	736	18.0000					
			EBACDDAEBBCAEDDBCAE	796	16.0000					
29	Or-Opt	PI	DDCCBBBBAAAAEEED	267	156.0000					
			DDECCBBBBAAAAEEEDD	277	116.0000					
			AAEECCCBBBDDDDDEEAA	288	104.0000					
			DDEEBBCCCBBAAAEEDD	303	88.0000					
			DDAAEEBBBCCCAAEEDD	319	72.0000					
			DDEEAACBBBCCAAEEDD	357	56.0000					
			DDAAEEBBCCCBAAEEDD	388	54.0000					
			DAAEEDCCBBBCCAAEEDD	409	52.0000					
			DDAAEEBBCCAAACBBEEDD	418	50.0000					
			EAACBBEEDDDCCBBAE	427	48.0000					
			ECCBBAEEDDDDEBBCCAAE	454	44.0000					
			DAABCCCEEDDDCCBBAED	476	36.0000					
			DAAEBBCCCEEDDAACBBED	511	32.0000					
			DEAABCCCEEDDCCBBAED	514	30.0000					
			DEAACBBCEEDDCCBBAED	544	28.0000					
			DAEBBCCAEEDDCCBBAED	555	26.0000					
			AEDCCBBEDAEDCCBBDEA	666	20.0000					
			DEACCBDEAAEDCBAECBD	769	18.0000					
			30	Or-Opt	API		AEEEEDDDDCCBBBCCAAA	267	152.0000	
							DEECCBBBBAAAAEEEDD	308	108.0000	
AAEEEEDDDDCCBBBCCCAA	310	100.0000								
DDEEAAAABCCCBBBEEDD	318	92.0000								
DDEEAAAABCCBBBCEEDD	347	86.0000								
CCBBAEEEEEDDDAACBBC	357	70.0000								
DDEECBBAAAABBCEEDD	375	56.0000								
AAEECBBCDDDEECBBAA	424	54.0000								
CBBCAAEEDDDDEEAACBBC	426	52.0000								
AAEBCBBDDEECCBBAA	445	50.0000								
EABBCCEEDDDAACBBCE	460	48.0000								
ABBCCCEEDDDAACBBCE	469	46.0000								
AEEDCCBBBAADDDEECBA	499	36.0000								
CAAEEDDBCCBEEDDAABC	538	34.0000								
BAAEEDDCBBCEDEAACB	544	32.0000								
BAAEEDDCBBCEEDDABC	555	30.0000								
DECABBCEDEAAABBCCED	615	26.0000								
BCEDDEAACBBCEDEACB	616	24.0000								
BCDDEEAACBBCEDEACB	641	22.0000								
BCAEDDEACBBCEDEACB	714	16.0000								

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
31	Or-Opt	2-Opt	CBBBBDDDDDEEEAAAACCC DDEECCCB BBBAAAEEDD DDEEAAAABCCCB BBEEDD DDEEAACCCBBBBAEEDD BBCCAAEEDDDDEEAACCB BCCAAEEDDDDEEAACCB BBCCAAEEDDDAAEEDCCBB DDAAEBBCCCEEEAACBBDD DDEAABCCCEEEAACBBDD DDEAABCCCEEEAABBCCD CEDDAE BBBBCEEDDAAC CBDAAE BBBBCEEDDAAC EDDAABBBCCCEEDDAABCE BCDDAAE BBBBCEEDDAAB ABCEEDDAACCB BBEEDDA DEAAABCCDDEEBBCCAED DEAAABCCDDEEBBCCAED DEAAACBBDDDEEBBCCAED DACCBEEDAABBBCEEDDACB ABCEEDDAABCCBDEBCAED	245 277 318 326 357 395 409 427 435 444 471 477 480 486 510 519 557 572 688 751	168.0000 104.0000 92.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 40.0000 36.0000 34.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000	
32	Or-Opt	3-Opt	EEBBCCCCBBDDDDAAAEE AABBEEDDDDDCCCBBA CCBAEEEDDDDAABBCC AABBCCEEEEDDDCCBBA AEBBCEEEEDDDCCBBA CCBAEEEDDDDEEAABCC BBCCAAEEDDDDEEAABCCB BBCCAAEEDDDDEEAABCCB EAABBCCEEDDDCCBBAE DDEBCCAAEEBBBCCAEDD EDCCBBAEEEDDAABBCCE EDCCBBAEEEDDEBBCCAE EDCCBBAEEEDDABBBCCAE BEDDCCAAEEBBCCDDAEB CBEDDEAACCBDDDEEAACB BCEDDAABBECCDDAAECB DAEBBCCCEEAADCCBBCAED BCEDDAACCEEBBCDDAAECB BCAAEDDCBEEDACBBCEDA DCBAEBDCEAABCEEDACBD EACBDDABCEEDACBAEBCD	276 305 327 334 364 365 396 411 426 442 476 501 525 543 593 602 615 618 748 847 877	136.0000 104.0000 84.0000 72.0000 68.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 42.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
33	Or-Opt	Or-Opt	CBBBBCCAAAAEEEDDDDC CBBDDDDAAAEEEBBCC DDDECCBBBCCAAAAEED DDEEAAAABBBCCCAEDD AACCBDDDDDEEBBCCAA AABBCCEEDDDDEEBBCCAA AAEBBCCEDDDDEEBBCCAA AAEEBBCCDDDDAEEBBCCA AAEEBCCDDDDAEEBBCCA AAEDCCBBEDDDEEBBCCAA DEBBCCEDDAAAEEEBBCCD DCCBBAEEDDAACCBBEED ADDEEBBCCCAAEEEDCBBA DAAEEBBCCDDAAEEEBBCD DEBBCCAAEEDDAACCBBED DECBBAAEEDDAACCBBED EBCDDAABCCBEEDDAACBE CDEBBAAECDDACEAEBBDC EDACABBEDCCBEAEDABCD	267 276 308 327 330 363 393 423 453 454 462 477 487 492 506 577 625 776 918	168.0000 120.0000 104.0000 92.0000 72.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 38.0000 36.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
34	Or-Opt	Double-bridge	BBCEEEEDDDAAAACCB BCCBEEDDDAAAACCB BBCEEEEDDDAAAACCB BBCEEEEDDDAAAACCB EEBBCCDDDDAAAABBCC BBCCAAEEDDDDEEAACCB BCCAAEEDDDDEEAACCB ABBCCEEDDDAAEEBBCCA EBBCCAAEEDDDDECCBBAE DAACCBBEEDDAACCBBEED DEECCBBAADDEEBBCCAD DABCCBEEDDAAAACCBED CBADDEEEBAACCBDDDEAC ABCEDDEBCCAAEEDDBBCA ADBCCCEEBDAADCEEDCBA AEDCBCEBDAABEDCCBEDA	270 310 313 329 344 357 395 417 454 482 514 521 611 621 773 825	104.0000 102.0000 80.0000 78.0000 72.0000 56.0000 54.0000 48.0000 44.0000 40.0000 36.0000 32.0000 28.0000 24.0000 22.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
35	Or-Opt	IP	BBCCCCDDDEEAAAEEBB EEBBCCCCAAAABDDDEE DDEECCCCAAAABBEEDD DDEEBBAAAAACCCBBEDD DDEEBBCCCCAAAABBEEDD BBCCAEEEDDDDEEAACCB DDEEBBCCCCAAAABBEEDD EBBCCAEEEDDDCCBBAE AAEBBCCDDDEEBBCCDAA CBAEEBCCDDDDAAEEBBC AAEBBCCDDDEEBBCCDAA ABBCCEDDAAEEEDDCCBBA DACCBEEEDDDAAACCBED CBDAEEBCCDDDAEEBC AEDCCBDDDEEAABCCEDA ACBDEEAAACBBEEDDCBA DAEBCCBEAADDECCBBAED EBDAACCBEDDECBAAACBDE EDABCCDABEEDCBAACBDE	284 300 308 333 334 357 393 413 438 461 462 476 482 522 575 630 665 736 816	136.0000 120.0000 104.0000 84.0000 72.0000 56.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 40.0000 34.0000 30.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
36	Double-bridge	PI	AADDDCCCCBBBEEEEAA CCAAAAEEEBBBDDEDDCC DDCCAAAEEEEBBBCCDD AACCEEDDDDEEBBCCAA AACBDDDDDEEBBCCAA AABCCDDDEEBBCCAA BBCCAEEEDDDCCAAAB AABCCCEEDDDDEEBBCCAA AAEBBCCEDDDDEEBBCCAA DDEEBBCCAAAEEAACBBD ECCBAAEEEDDDCCBBAE EBCCAEDDDDEEBBCCAAE DDEACBBBEEAAAACBBD DDEACBBBEEAAAACBBD EDDCCBAAAEEEDDCCBBAE DABCCCEEDDDAAABCCED AEDCCBBAEEEDDCCBBAE DEBBCCAADDEEBCCBAED BCEDAEDDCCBBAEEDCB BCEDAEEBCCDDEAAEDCB DCBAAEEDCCBBAEEDCCBAD	267 297 302 324 330 339 345 363 393 422 425 442 469 470 472 480 517 554 596 644 735	152.0000 140.0000 104.0000 88.0000 80.0000 78.0000 72.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 36.0000 34.0000 30.0000 28.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
37	Double-bridge	API	AAAEEDDDDEECCCBBA CBBBAAAAEEEDDDDBCC CCBBAAAAEEEBDDDDCC CBBAAAAEEDDDDEEBBCC BBAAAAEEEDDDDEECCBB BCCAEEEDDDDAACBBB DDCCBBEEEEAAAACBBD BBCCAEEEDDDDEEAACBB BBCCAEEEDDEEEDAACBB ABBCAAEEDDDDEEBBCCAA EBBCAAEEDDDCCBBAE ABBCCEEDDDAACBBCEA EDAACBBDDDEEAABCCCE DEAAABCCDDEEAAAACBBD DCCBBAEEEDDCCBBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE DEAAABCCDDEEBCCBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE DECCBBAEEDDCCBBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE DEBCCBAEEDDCCBBAE	277 296 301 303 308 319 346 357 407 412 413 460 485 499 513 539 557 580 617 667 714 780	152.0000 132.0000 120.0000 104.0000 100.0000 88.0000 86.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 42.0000 36.0000 34.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	
38	Double-bridge	2-Opt	CBBBEEEEEDDDAAAACCC BBEEEDDDAAAACCCBB AAEDDDCCBBBCCCEEEAA BBCCCEEDDDAAAACBB BBCCAEEEDDDAACCCBB AAEEBCCDDDDDEEBBAA BBCCCEEDDDAAAACBB AACBBEEDDDDEEBBCCAA AAEBBCCEDDDDEEBBCCAA EBBCAAEEDDDAACCBBE EBCCAEEEDDDDEEBBCCAAE ACCBBEEDDDDAEEBCCCEA AAEDCCBBEEDDDCCBBAE DEECCBBAADDDCCBBAE BCAAEEEDDDCCBBAEEDCCB BCCEAADDEEBCCDDAEB CBAAEEDDDCCBBAEEDCCB DEAAACBBCEEDDAACCBED DAEBBCCBAADDEEBCCAD DAEBCCBAADDEEBCCAD ADECCBBEDAADCBEEDCBA EDCBAABCDEEDCABBCDEA	241 284 310 313 319 338 360 364 393 418 442 461 470 499 503 540 541 549 599 639 769 850	168.0000 128.0000 104.0000 92.0000 84.0000 72.0000 70.0000 56.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 38.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 18.0000 16.0000	

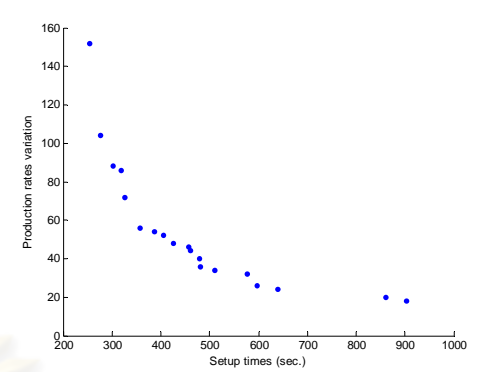
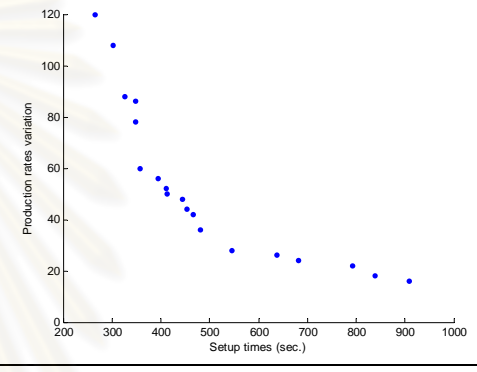
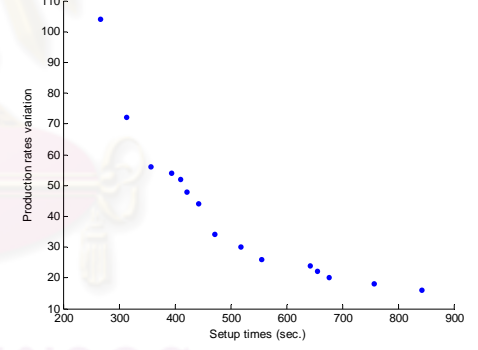
ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
39	Double-bridge	3-Opt	BCCDDDEEEEEAAAACBBB BBCCEDDDDDEEEAAAACBB BBCCEEDDDAAAAEECCBB BBCCEEDDDAAAAEEBCCB BBCCEEDDAAAAEEDDCBB BBCAAEEDDDAAEEBCCB BBCCEEDDAAAEDDCCEBB ABBCEEDDDAABBCCEEA EBBCEEDDAAAEDDCBBE AEBBCEEDDDAACCBEEA DACCBBEEDDAAACBBEED DACCBBEEDDAAACBBCE DEACCBBEEDDAAABCCED DEACCBBEEDDAAACBBCE ABBCEEDDCAAEEDDBCEA BCEDAAECBDDDAECCAEB EACBDDACEEDACBBBADE EACBDDACEEDCABBCEA	284 308 313 339 360 388 419 430 459 461 482 511 519 549 638 671 720 810	120.0000 92.0000 72.0000 70.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 36.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	
40	Double-bridge	Or-Opt	BBCCEEEEDDDAAAAACBB CCBBEEDDDAAAAEEBCC BCCBEEDDDAAAAEECCBB BBCAAEEDDDDEEAACBB CBBCAAEEDDDAAEEBCC CAAEEBBCDDDDAAEEBCC CCBBAEEDDAAAAEEBCC EBBCCAEDDDAAEEBCC AEEDCCBBDDAAEEBCCA ABBCEEDDAAEEDDCBBBA DAACCBEEEDDAAABCCED DAAEBBCCEDDAAEEBCC DEBAACCBEDDAAABCCED DEBAABCCEDDAAEEBCC CBAEDDEEBCCAAEDDAEBC DCAAEEBBCDDAEBCCAED ADEBBCAEEDDACCBBEDA CABDDEACBCEEBADDAEBC	270 310 353 357 388 423 443 447 474 476 481 516 573 578 608 621 693 794	104.0000 72.0000 70.0000 56.0000 54.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
41	Double-bridge	Double-bridge	AAAACCCBBBEEEEEDDD DDEEBBCCCBAAAAEEDD DDEEBBCCCBAAAAEEDD DDEEAACCCBBBAAAEEDD DDEEAACCCBBBAAAEEDD DDEEBBCCCBAAAAEEDD DDEEAABCCCBBAAEEDD DDAAEEBCCCBBAAEEDD DDCAAEEBBCCCBAAAEEDD AEEDDCCBBBAAAEEDD AAEEDDCCBBBAAAEEDD CBBAAEEDDCCBBAAAEEDD BCCAEEEDDDBBAAEEDD CAAEEDDDBBCCAEEDD BCEEDDAAACCBCEEDD EDCCBBAEEDDCCBBDAE BCDAAEEDDCCBBAAEEDD DCBAAEEDDCCBBAAEEDD CBEDEBADAACBCEEDD ABEDCECBDDAABBCEDECA DBCBAEEDDDBACBEACD	241 265 303 326 357 363 365 388 413 437 454 486 494 498 510 533 572 627 771 805 916	216.0000 104.0000 92.0000 72.0000 68.0000 58.0000 56.0000 54.0000 50.0000 48.0000 46.0000 40.0000 38.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 18.0000	
42	Double-bridge	IP	EEDDDAABBBCCCAAE EEDDAAAACCCBBBDDDE DDEEBBCCCBAAAAEEDD DDAAEEBCCCBBAAEEDD DDAAEEBCCCBBAAEEDD DDEEBBCCCBAAAAEEDD DDEEBBCCCBAAAAEEDD DDCAAEEBBCCCBAAAEEDD DDAAEEBCCCAAAEBCEEDD DDAAEEBCCCAAAEBBCDD DDAAEEBCCCAAAEBBCDD DCBBAEEDDCCBBAAED DCBBAEEDDCCBBAAED DECBBAAEEDDCCBBAAED DAEBCCAEEDDCCBBAAED DAECBBCAEEDDCCBBAAED AEDDCBBCAEEDDCCBBAAED AEDCBBDAEEDDCCBBAAED CAEDCBBDAEEDDCCBBAAED	289 295 303 319 357 393 406 413 417 423 447 472 503 513 555 598 661 700 778	120.0000 104.0000 88.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 34.0000 32.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	

ตารางที่ ๓.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

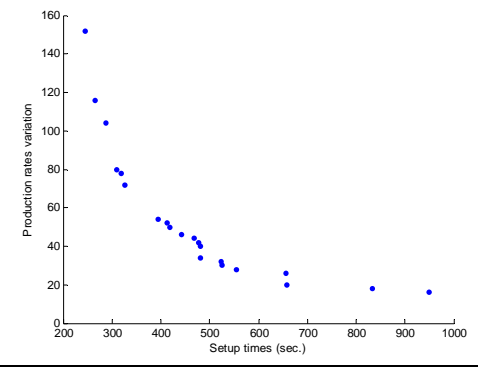
No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
43	IP	PI	CCBBBBDEEEEDDAAAACC CBBBEEEDDDAAAABCC BBCEEDDDAAAEECCBB BBCCAAEEDDDDEEAACBB BCCBAAEEDDDDEEAACBB BBCCAAEEDDDDEEBAACBB CBBAAEEDDDCCEEAABBC DDEBBCCAAEAABBCEDD BAAEDDCCBEEEDDAACBB CEDDAABBBCEEEEDDAABC BCDDEEAACBBAAEEDDCB DAEEBBCCDDAAEBBCCAED BCAEDDEAABCCCEEBDDACB DAEBBCCDEAEDCBBCAED DAEBBCCDEAEDABBCACED	295 310 313 357 395 411 426 455 477 480 520 565 662 693 774	136.0000 108.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 34.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
44	IP	API	CBBBEEEDDDDEAAAACC CBBBEEEDDDAAAABCC AABBBCCDDDDDEEEEBAA CBEEEDDDAAAEEBBCC CCBAEEEEEDDDAABBBCC BCCEEDDDAAAEEBBCCB CBBDEEDDDAAAEEBBCC AACBBEEDDDDEECCBBAA AABCCBEEDDDDEECCBBAA CCBBDAEEEDDAAEEBBCC AAEEDDCCBBCEEDDAA ECBBAAEEDDDAABBCCE EAABBBCCDDDEEAACBBDE EAABBBCEEDDDAACCBBDE CCBEDDAAAEEBBCCDAEBC DAABBBCEEDDCEEAACBD DAEBCCBAEEDDAEBBCAD DCAEEABBCDDCAEEBBCD CDAEEBBCCDDCAEEDABC DAEBCCBAEEDCAACBBED DAEBCCBAEEDCAABBCED DAEBCCBAEEDCAABBCAED	279 280 308 310 327 339 364 376 415 418 429 460 499 523 556 586 662 666 698 715 736 785	152.0000 116.0000 104.0000 88.0000 84.0000 80.0000 70.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 46.0000 42.0000 36.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
45	IP	2-Opt	CCBBCEEEEDDDAAAABB DDEBBBBAAAEECCDD BCCAAADDDDEEEBBCCB AABBBCEEEEDDDCCBBAA AABBBCEEEEDDDDEBBCAA DDEAAAABBBCCBBAEEDD AABBBCEEDDDDEECCBBAA AAEBBCEEDDDDEECCBBAA DDCBBAAEEECBBAAEEDD DDEAABBBCEEAABBCEDD DAABBBCEEDDAABBCED AEBBCCDDDAEEBBCCEDA CBEDDAAEBBCCDDEEAABC CBEDAEBBCCDDEEAABC CBDAEEDACBBEAADDECB BCEDAEBBCCADEEADBC	309 312 320 334 363 365 375 405 425 468 480 516 564 638 726 823	152.0000 128.0000 112.0000 72.0000 66.0000 64.0000 56.0000 52.0000 46.0000 44.0000 36.0000 30.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	
46	IP	3-Opt	BCCEEEEDDDAAAACBBB BBCEEDDDDEAAAACBB CBBBEEEDDDAAAEEBBCC CBCEEDDDAAAEEBBCC CBBAAEEDDDAAAEEBBCC CBBAAEEDDDAAAEEBBCC DDEECBBAAAEBBCEDD BBCCAAEEDDDAAAEECCBB EBBCCAAEEDDDCCBBAAE EBBCCAAEEDDDCCBBAAE CBBAAEEDDDCCBBAAEBC DDEACBBEEAAABBCEDD BAAEEDDCCBEEEDDAACCB DABBCEEDDDAABBCCEED BCEEDDAABBBCEAEDDCB DAAECCBBDDDEEBCCAABED BCAEDDAEBBCCAAEEDDCB CBEDAACBDDEEBCCAEDBC EDACBDCBAEEBCDACBDAE	270 308 310 339 357 388 405 409 413 444 451 469 477 480 507 584 586 721 896	120.0000 88.0000 72.0000 70.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 40.0000 36.0000 30.0000 28.0000 24.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.17 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

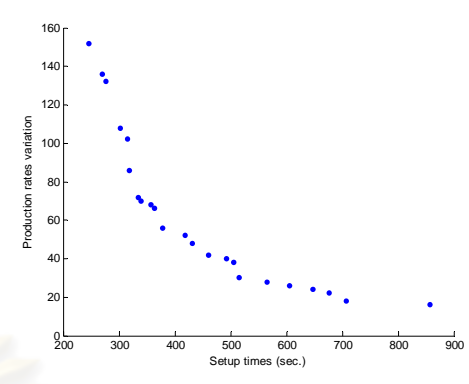
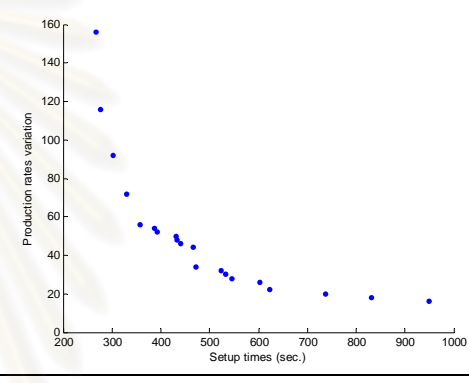
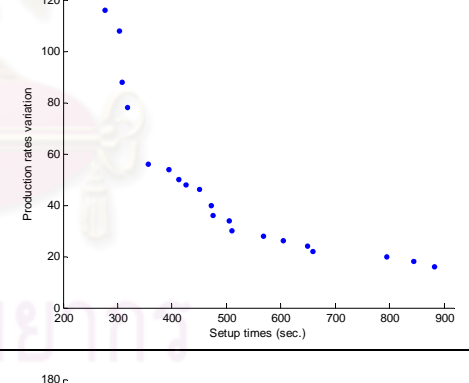
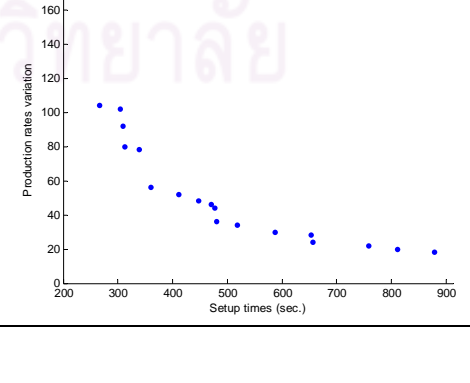
No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
47	IP	Or-Opt	EAAAAABBBBCCCCDDDEE DDEECCCCBBBAAAAEEDD DDEEBBCCCCBAAAAEEDD DDAAEBBBBCCCCAAEEEDD DDEEAACCCBBBBAEEEDD DDEEAACCCBBBCCAEEEDD DDAAEEBCCBBCCAEEEDD DDECCBAAAAEEBCCEDD ECCBAAEEEDDDCCBBAE AABCEEDDDCCBBCEEDAA DDAAEBCCBBAAAAEEBCDD DAABCCCEEDDAABCCCEED DAABCCCEEDDAACCBED ACBBCEEDDAACCBEEEDA AECCBDAAEECCBBCCDEA AEDCCBBAEADCCBBEEEDA ACDEBBCEDDAAEEBCCDA CADEBBEDACCEABBEDADC CADEBBEDACDEABCCCEAD	254 277 303 319 326 357 388 405 425 458 461 480 481 511 577 598 639 861 904	152.0000 104.0000 88.0000 86.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 36.0000 34.0000 32.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	
48	IP	Double-bridge	DEEBBBCCCCAAAAEEDDD DEEBCCCCBBBAAAAEEDDD DEEAACCCBBBBAEEEDDD DDEEAAAACBBCCBEEEDD EEDAACCCBBBDDDAEE DDEEAACCCBBBBAEEEDD AAEEEDCCBBBDDDEECCAA DDEEBAACCCBBCCAEEEDD DDCAAEEBBCCBBAEEEDD DDEAACBBBEEEAABCCDD DDECCBAAEEBBBCCAEDD DDECBBAAEECCBBAEDD DACCBBEEDDAACCBBEED BCAAEEDDCBBEDDEAACB BCEEADDACBBCCDAEEECB CEBAEEDDCBBCEEADABC DCBAAECBDDBCCAAEEEDB DACBBAEEDCCBEDAADCEB AEDCBEDACBDBEACCBEDA	265 303 326 348 349 357 394 411 413 445 454 466 482 546 637 682 793 839 909	120.0000 108.0000 88.0000 86.0000 78.0000 60.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 44.0000 42.0000 36.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 18.0000 16.0000	
49	IP	IP	CBEADDEACBBDAECCBAED BBCCEEDDDAAAAEECCBB BBCCAAEEDDDDEEAACBB BCCBAAEEDDDDEEAACBB BBCCAAEEDDDDEEBAACCB BCCAAEEBDDDEEAACCB EBCCAAEEDDDDEBBCCAAE AEDDCBBBAAEEEDCCBA DEACCBBEEDDAABCCED BCAEEDDACBBAAEEDDCB BCAEEDDACBBDAAEDECB BACEEDDACBBEAADDECB BCAEEDDACBBEDAADCEB BCEAADDECBDAECCEDAB CBEADDEACBBDAECCBAED	267 313 357 395 411 422 442 472 519 555 643 655 677 758 843	104.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 44.0000 34.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

3.3.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AEEEEEBBBBCCCCDDDDAA DDEEBBCCCCAAAAEEEDD AAEECCCCBBBDDDDDEEAA CBBEEEDDDAAAAEBBCC DDAAEEEEBBBCCCCAAEEDD DDEEAABBBBCCCCAAEEEDD DDEEAEBBCCCCBBAEEEDD DDEEBCCAABBBCCAEEEDD DDAACCBEEEBBCCAEEEDD DDEBCCAEBBCCAEEEDD DDEAACCBBEAABCCEDD CBBEEDDDAACCBBAEEEDC DEEAACBBDDCCBBAEEED BEDDAACCBBEEDDAACB DEEAACBBDDDEAACCBED CBDAEECCBDDDAEEBC DEBCCAEEEDDABBCCAED DAEABCCBDDAEBCCAED DCEAABCCEDDAEBCCAED CBEADDAEBBCCAEDCBDA BDECACBADEEDBCEADCB	246 265 288 310 319 327 395 412 418 442 469 477 481 482 524 526 554 657 658 834 950	152.0000 116.0000 104.0000 80.0000 78.0000 72.0000 54.0000 52.0000 50.0000 46.0000 44.0000 42.0000 40.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2	PI	API	BBCCCDDDDAAAAEEEBB	246	152.0000	
			BCCCEEDDDAAAAEEEBB	270	136.0000	
			CBBBDDDDAAAAEEEBCC	276	132.0000	
			CCCBAAAAEDDDDEEBBCC	303	108.0000	
			CBBCDDDDAAAAEEEBCC	315	102.0000	
			DDAEEEBBBCCCAAEEED	319	86.0000	
			CCEEBDDDDAAAAEEEBCC	335	72.0000	
			BCCCEEDDDAAAAEEEBCC	339	70.0000	
			CCBBAEDDDAAAAEEEBCC	357	68.0000	
			AABCCEDDDDEEBBCCAA	363	66.0000	
			DDAACCEEBBCCAAEEED	378	56.0000	
			DDCAAECCBBBCCAAEEED	418	52.0000	
			ABBCCEDDDAACCCBBEEA	431	48.0000	
			DDAEBBCCCEAAACCBEDD	461	42.0000	
			DAEBCCDDAAAAEEEBCCD	492	40.0000	
			DEBBCAEEDDAACCCBED	506	38.0000	
			DEBBCCAADDEEBBCCAED	516	30.0000	
			DEBBCAACDDEEBBCCAED	565	28.0000	
			BCEDDAACCEBBAEEDCEB	606	26.0000	
			AEBCCDDEAABCEDEEBBCA	647	24.0000	
DEBBCAACDDEECBAACBED	676	22.0000				
DAEBCCDAEEDACBBCAED	707	18.0000				
BECADDAEBCEDABCCEDAB	858	16.0000				
3	PI	2-Opt	DCCBBBCCAAAAEEEDDD	267	156.0000	
			DDECCCBBBBAAAAEEEDD	277	116.0000	
			DDEEBBCCCBAAAAEEEDD	303	92.0000	
			AACCBDDDDDEEEEBBCCAA	330	72.0000	
			CCBBAEEDDDAAEEEBBCC	357	56.0000	
			BBCCAAEEDDDAAEEEBCCB	388	54.0000	
			DDEBBCCAAAAEEEBCCEDD	393	52.0000	
			BDDEECCBAAAAEEDDCBB	432	50.0000	
			AEEDDCCBBBAAEEDDCCA	434	48.0000	
			BBCEDDAAACCEEDDABB	441	46.0000	
			ECCBBAEEDDDDECCBBAE	466	44.0000	
			DCBBAEEDDDCCBBAEED	472	34.0000	
			DCCBBAEEDDACCBBAAED	524	32.0000	
			CBAAEEDDCCBBAEEDDBC	532	30.0000	
			CBAAEEDDCBBCEEDDAABC	545	28.0000	
			DBCAEEDDCCBBAEEDCBD	602	26.0000	
			AEDCCBBAEEDDACCBBDEA	623	22.0000	
			AEDCCBBAEEDDACBDCBEA	738	20.0000	
			EADCCBBEADCCBBAEBCADE	832	18.0000	
			BEADCCEDABCEABCAEDB	950	16.0000	
4	PI	3-Opt	DDECCCBBBBAAAAEEEDD	277	116.0000	
			DEEBCCCCBBBAAAAEEEDD	303	108.0000	
			DDEECCBBBCCAAAAEEEDD	308	88.0000	
			DDAEEEBBCCCAAEEEDD	319	78.0000	
			DDEEAACCBBBCCAAEEEDD	357	56.0000	
			BCCBAAEEDDDDEEAACCB	395	54.0000	
			DDCAAEEBBCCCBAAEEDD	413	50.0000	
			BEEDDCCBBAAAEEDDCB	425	48.0000	
			DDCAAEEBBCCCBAAEEDD	451	46.0000	
			CBBAEEDDCCBBAEEDDC	472	40.0000	
			DCCBBAEEDDDAABBCCED	476	36.0000	
			DEBBCCAEDDAACCBBEED	506	34.0000	
			CEDDAABBCCCEEDDAEBC	510	30.0000	
			DCBAAEEDDCBCCAAEEDB	568	28.0000	
			BCAADDEECBBCEAAEEDCB	604	26.0000	
			DCBBAEEDDCCBAEBCAED	649	24.0000	
			AEBCCDDAEEBBCAEDDCBA	659	22.0000	
			ACBEBDDACEEACBCDDEBA	795	20.0000	
			AEDCBCDEBADECCBDEBA	844	18.0000	
			AEDCBCDEBADECCBDEBA	883	16.0000	
5	PI	Or-Opt	CCCEEEEDDDAAAABBBCC	240	168.0000	
			BBCCAAAAEEEDDDCCBB	267	104.0000	
			BCCBAAAAEEEDDDCCBB	305	102.0000	
			BBCCAAAAEEEDDDCCBB	310	92.0000	
			BBCCEEDDDAAAAECCBB	313	80.0000	
			BBCCEEDDDAAAAEBCCB	339	78.0000	
			BBCCEEDDAAAAEEDDCCBB	360	56.0000	
			BBCCEDDAAEEEDDAACCB	412	52.0000	
			CEBBCAEEDDDAAEEEBCC	447	48.0000	
			AECBBAEEDDDCCBBEA	470	46.0000	
			CBBAEEDDDAACBBEEDC	477	44.0000	
			ABCCEEDDAABBCCCEEDDA	480	36.0000	
			DECCBBAEEDDAAACCBED	518	34.0000	
			BCEEDDAABBCACCEEDDAB	588	30.0000	
			EDABCCBBEAEDDDCCBEA	653	28.0000	
			AEDDCBBCEEDAACBBEDCA	657	24.0000	
			ABEDDCBCEEDAACBDEBCA	759	22.0000	
			DABEECBCAADDCBEBACED	811	20.0000	
			CEBDAAABCEDEABCBCED	879	18.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
6	PI	Double-bridge	CBBDDDEEEEEAAAABBCC CCBBAAAADDDDEEEEBCC CCBBAAAEEEDDDDEEBCC CCBBEEEDDDDEAAAEBCC CCBBAAEEDDDAAEEBCC CBBCAAEEDDDAAEEBCC CCEBBAAEDDDAAEEBCC CCBBDAEEEDDDAAEBCC EEDAACCBDDDDCCBAEE DCBBAAEEEDDCCBBAED DEECAABBCEDDCCBBAED DAEBCCBEEDDABBCCAED EACBDDDEAACCEBBACDDE EACBDDDEAACCEBBADDC EBCDDAAECCBAEDABBCCDE CDAEBBCEAADDCBEDEBAC	284 289 303 348 357 388 416 418 443 472 573 599 665 677 739 806	120.0000 104.0000 88.0000 76.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 34.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 18.0000	
7	PI	IP	DDEEEAAAACBBBCCDD AACDDDDDEEECCBBBAA DDEEAAAABBCCCBEEEDD AABCCDDDDDEEEBCCAA BBCCAEEEDDDDEEAACBB CBBCAAEEDDDAAEEBCC AAEBCCEDDDEEBCCAA ABBCCEEDDDAABCCCEEA CBBAEEEDDDCCEAAEBBC DCBBAAEEEDDCCBBAED BCEEAADDCCBBEEDDAACB DEAAACBBEEDDCCBBAED CBDAEACBEEDDCCBBAED CBDEAACBEEDDCCBBAED ACBEEDDABCCBAEDCDEA DABCEEACBDAECBDCBAED	284 312 318 339 357 388 393 430 456 472 537 574 734 746 788 883	136.0000 120.0000 88.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 34.0000 30.0000 26.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
8	API	PI	BCCEEEEDDDAAAACBCCB BBCCEEEEDDDAAAACBCC BBCCAEEEDDDCCCAABB CCBBAAEEEDDDAAEBCC DDEBBCCAAAEEECBBDD DDCCBBAAEEEBCCAAEDD EBBCCAEEEDDDAACBBE EBBCCAEEEDDDEBBCCAE AEEBBCCAADDDEBBCCAE CBDDEEEAAACBBEDDAC DCCBAAEEEDDDBBCCAED DDEBBCCAAAEEEDCCBBAED DEAAACBBEDDCCAAEBD CBEDDEAACBBCAEEBDDC DEBCEAACBDDAAECCBED BCAEDBECDDAAEBBAEDC AEDCBEBCCDEAACBBCDEA BCAEDBDACBDCAAEDC ACDEBAEDBCDEABCBDEA	309 339 345 357 373 413 418 442 471 486 494 501 542 611 657 747 757 866 957	114.0000 102.0000 72.0000 58.0000 56.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 36.0000 34.0000 32.0000 28.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
9	API	API	BBBEEEDDDAAAACCCB BCCAAAADDDDEEECCBB CBEEEDDDDDAAAACCCB AACDDDEEEEBCCCBAA DDAACBBBCCCEEEAADD AABCCCEEEEDDDBBCCAA DDEEAACBBBCCCAEEEDD CCBBAAEEDDDDEEAACBBC CCBBAAEEDDDCAAEBBC ACCBBEEDDDAAEECCBBA AADEEBCCDDDEEBBCAA AECCBBEDDDAAEECCBBA AEBBCCDDAAEEEDDCCBBA DAAEBBCCDDEECBBAED DAAEBBCCDDEECBBAED DEABBBCCDDEECBBAED DECBBAAEDDEEBBCCAED DEAACBBCEEDDABBCCAED DEBBCAACDDEEBCAAEBCD DECBBAAEDDEEBBCCAED DBCAEDBEAACCEBDCBAED	241 294 310 338 348 356 357 395 413 430 443 473 482 523 554 562 577 597 669 681 933	168.0000 120.0000 114.0000 110.0000 92.0000 78.0000 60.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 36.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
10	API	2-Opt	AACCCGDDDEEEEBBBA CCEEDDDAAAEBBCC DDEAAAAACCCBBCEEDD CCBBEEEDDDAAAEBCC CCBBEEEDDDAAAEBCC CCBBEEEDDDAAAEBCC DDEBBCCAAAEECCBDD DDEBBCCAAAEECCBDD AEEBBCCDDDAEEBCCA AEBBCCEDDDAEEBCCA ABBCEEDDACCBBEEDAA CEEDAABBCCDDAAEEBCC DAEBBCCEDDAAABCCED DEBCCAABBEEDAAACBED ABCCEDDAEBBACCEDDEBA ABCEEDCBDDAEBBCCDAE DEBACCBEDDAEBCBAACED	269 270 308 310 353 357 373 393 423 447 481 486 510 575 679 733 749	152.0000 128.0000 92.0000 80.0000 78.0000 58.0000 56.0000 52.0000 48.0000 44.0000 42.0000 38.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
11	API	3-Opt	EEEDDDCCBBBAAAAE DDCCCEEBBBAAAEEDD ACCBEEEEEDDDCCBAAA AAEEDDCCBBBCCCEEDDA DDAAEECCBBBCCCEAAEDD AAEEDDCCBBBCCAEEDDA EAACCBEDDDCCBBAEE BEEAACBBDDDEEAACCB ABCCEEDDAAABCCCEBDA CEAABDDEECCBBAADDEBC CEBAADDEECCBBAADDEBC DEBCCAEDDBDAEECCBD DABCCCEBAADDCEABBCE EDBAACCBDEECBACBDAE BEDAACCBDEEACBDDABCE DCBEAAEBCBDDACEEACBD	267 295 335 360 405 409 427 436 545 606 611 661 711 776 791 889	156.0000 120.0000 88.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
12	API	Or-Opt	DDCCCCBBBAAAAEEED DDCCAAAABBBCCCEEEEDD EDDCCCBBBBAAAAEEDDE DDCEEBBCCCAAAEEDD DDEEABBBCCCAAAEEDD AAEBBCCDDDEEEBBA DDEEAACCBCCBAAEEDD DDAEEBBCCAACCBEEEDD DDEAACCBEEBCCAAEEDD EDDCBAAAEEBCCADDE DEEBCCAAEEDCCBBAED BAEDDCCCBBAEEEDDACB DEBBCAAEDDCCBEEAACD DCEBBAEEDDCCBEEAACD DCBBEEAACDDECAABBCE CBAEDECBBDEAACDDEACB DBCEEABACDDECAABBCE BCDAECDEABBDAAECDCB	236 296 324 326 327 369 395 418 456 487 501 524 581 611 653 806 853 868	168.0000 120.0000 112.0000 90.0000 80.0000 58.0000 56.0000 50.0000 44.0000 40.0000 34.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	
13	API	Double-bridge	CCCCBBBAAAADDDEEEEB BAAAABDDDEEECCCB CEDDDAAAABBBEEECCE EEDDCCCAAAABBBDDDEE EEBCCDDDDAAAACCBEE DDEEBCCAAAEEEDCBB AAEEBCCDDDEEBBAAA CBBEEDAAAACCBEEEDDC BEEDDACCBBAAEEEDCCB ADDEBBCCCAEEEBDDCA EAABCCDDDEEAACBCCDE BDDCEEAAACCBAAEEDDCB DEACCBBEDDAAACBBDE DCEAACBDDDEEAACBBED CBEDDBAACBCEEDDAAEBC AEBCCBEDDDAAECBACED BACEDDCEBCABEAADDCEB EBCADEADCBBAAEDCABDE	289 312 313 321 345 420 428 430 477 514 538 542 574 585 665 700 827 886	180.0000 168.0000 132.0000 104.0000 80.0000 54.0000 52.0000 48.0000 40.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
14	API	IP	BCCEEEEDDDAAAACBBB BBCCEEDDDDEAAAACBB BBCCEEEEDDDAAAACBB BCCBEEEDDDAAAACBB DDCCBBEEEEAAAABBCCDD BBCCAEEEDDDDEEAACBB BCCBAAEEDDDDEEAACBB BBCCEDDAAEEEDDAACBB EBBCCAEEEDDDCCBBAE CBAAEEEDDDCCBBAEEBC DCBBAAEEEDDCCBBAED DCBBAAEEEDDCCBBAED BCAEEEDCCBBAEEEDDCB DECBBAAEEDDCCBBAEED EDBBACCAEEDDBAACBBDE BCDAAEEDAACBBCCDEEBCA DCBAAEEDBBCEADCCBAED DACBEEDABCEDABCCBAED	270 308 313 353 355 357 395 412 413 451 472 513 534 609 715 727 733 808	120.0000 88.0000 80.0000 78.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 34.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 16.0000	
15	2-Opt	PI	BBBBCCCCAAAADDDDEEEE CCCEEDDDAAAEEBBBBC BCEDDDDEEEAAAACBBB CBBEEDDDAAAEEBBCCC BBCEEDDDAAAEECCBB CCCEEBDDDDAAAEEBBCC CBCEEDDDAAAEEBBCC CCBBAAEDDDAAAEEBBCC CCBBEEDDAAAADDEEBCC AAEEEDCCBBCCBBDDDEEA EBBCCAEEEDDDCCBBAEE AEEBCCDDDDAACBBEEA AEDDCCBBAEEEDDCCBBA CBDDAAEEBCCAAADDEEBBC BDAEECCBBDDCAEEECB AEBDCCBBAEEEDDCCBEA DACCBDEEEAADCCBAED CBCEDDAAEEBCCADDAEBC DEAABBCEDDCCBEAABCE CBAEDDEBCCAEEDEBABC	251 270 308 310 313 335 339 357 384 404 413 437 472 527 556 582 609 644 657 684	216.0000 136.0000 120.0000 88.0000 84.0000 72.0000 70.0000 68.0000 56.0000 54.0000 50.0000 48.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000	
16	2-Opt	API	BBBCCAAAEEEEEDDDDCB CBEEEDDDAAAEEBBBCC CCBBAAEEEDDDDAABCC CCBAEEEDDDAAAEEBBCC CBAAEEEDDDAAAEEBBCC CCBBEEEDDAAAEDDBCC BCCAEEEDDDDEEAABCCB CCBBEEDDDAAAEEEDCBB BEEDDCCBBAEEEDDCCB DCCBAAEEEDDCCBBAED CEEDDAABBCCAAEEEDBBC DEBCCAEEEDDCCBBAED BCEEADDBCCAAEEEDDCB DAAEBCCEDDCEEAABCD BCDAEEEDBCCAAEEEDDCB BCAEEEDABBCCAEEEDACB DEACBBCADDEEAACBBBAED	267 310 327 357 388 391 396 400 425 472 498 501 554 585 594 608 669	132.0000 100.0000 72.0000 70.0000 68.0000 66.0000 64.0000 56.0000 48.0000 42.0000 40.0000 36.0000 32.0000 30.0000 28.0000 22.0000 20.0000	
17	2-Opt	2-Opt	CAAAACDDDEEEEBBBC CBAAAEEEDDDDEEBBCC AADDCCCCBBBEEEDDAA AAEEEDDCCCBBBEEDAA AAEDDCCBBBCEEDDAA AADDEECBBBCCCEEDDAA BBCCAEEEDDDDEEBCCAAB AACBBEEDDDACCBBEEA CEEDDAABBBCCEEDDAAC CEDDAEEBBBCCCEEDDAAC CBDDAAEEBBBCCCEEDDAAC EDAAABBCCCEEDDAAABCE DABBCCCEEDDAAACBBEED DAAEBBCCCEEDDAAABCCED CEEDDAABBCCBEDDAAEBC DEACBBCAEEDDAAACBBED DEACBBCEEDDAAACBBED DEACBBCEADDEEAACBBDE DEACBBCEADDEEAACBBDE ACDEBEEDCAEADCBBCDEA	300 303 317 331 360 387 412 432 441 471 477 480 481 510 550 598 627 818 857 937	168.0000 116.0000 104.0000 78.0000 66.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 44.0000 42.0000 40.0000 36.0000 32.0000 30.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
18	2-Opt	3-Opt	CCAAAAEEDDDDEEBBBC CCCEAAAEEDDDDEEBBBC CCBBDDDEEAAAEEBBC CCBBAAEEEEEDDDABBCC CCBBAAEEDDDAAEEBCC BBCCAAEEDDDAAEEBCCB AACCBEEEDDDAEEBCCA AEEBCCAADDDEEBCCA DDEBCCAAEEEECCBBADD EDCBBAAEEDDDCCBBAE EDCBBAAEEDDDAABBCCE EDBBCCAAEEDDDCCBBAE DEBBCCAAEEDDBCCAAED DEBBCCAAEEDDCBBCAED DECBBCAEEDDCBBCAED AEDDCBBAAEEDDABBCCEA AEDDCBBAAEEDDABBCCEA AEDDCBBAAEEDDABBCCEA BAECDDCAEEDCBDAAECEB	265 308 314 327 357 388 418 428 440 472 476 494 523 532 575 632 648 750 800	152.0000 144.0000 116.0000 80.0000 56.0000 54.0000 50.0000 48.0000 46.0000 40.0000 36.0000 34.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	
19	2-Opt	Or-Opt	DDEBCCCCBBAAAAEEEDD DDEEBBAAAAACCCBBEEDD BCCBEEDDDAAAAEEBCC DDCCBBEAAAAEEBCCDD DDECCBAAAAEEBCCEDD ECBDDAAAAEECCBDDDE AAEDDCCBBEEDDEBCAA DDECCBAAEEAABCCEDD CBEEEDDAACCBDDDEAAC CBEAAEDDCCBBDDDEAAC AEDDCCBBAEEDDCCBBEA CEDBEAACBDDAAEDEC ECADCBAAEEDDEBACDE BAEDDCBAAEEABCDDABCE	303 333 379 385 405 446 454 467 486 526 562 695 761 819	104.0000 72.0000 70.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 44.0000 40.0000 34.0000 28.0000 26.0000 24.0000 18.0000	
20	2-Opt	Double-bridge	BBBBEEEEEDDDAAACCC CBBEEEEEDDDAAABCC BBCEEEEEEDDDAADDCCBB CCBBAAEEDDDAAEEBCC DDEEBCCAAAABBBCCEDD AAECBDDDDDEEBCCAA DDEEBCCAAAABBBCCEDD ACCBBEEEEEDDDAABBCCEA BCCEEDDAAAABDDDEECB CCBBAAEEDDDCEEDAABBC CEEDDAABBBCCCEEDDAABC DCBBAAEEDDCCBBAAEED AEDCCBEEEDAACCBEDDA CBEDDAAAECBBEDDABEC AEDCCBBAEEDDEBCCBDEA CABDDEEACBECBDDDEAABC EBCDDAABCECDABEACBDE	241 280 346 357 363 373 393 431 436 476 480 541 572 637 655 749 878	216.0000 104.0000 92.0000 78.0000 70.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 36.0000 34.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 18.0000	
21	2-Opt	IP	CCBBAAAAAEEEEEDDDCC DDCCCBBBBAAAAEEEDD CCCEBBBAAAAEEEEEDDDCC DDEEBBCCCCBAAAAEEDD BBCEEEEDDDAAAAEECCBB BBCEEEEDDDAAAAEECCBB DDAAEEBCCCCBBAEEDD CBBCAAEEDDDAAEEBCC BEEDDCCBBAAAEEDDCCB AACBDDDEECCBDDDEAA EDAAACBBBEEEDDCCBAAE EDAAACBBBEEEDDAAACBCE EDAAACBBBEEEDDAAACBCE BCAAEEEDDCCBBAEEDDCB BCEEDDAACBBAAEEDDCB BCEEDDAACBBAAEEDDCB DAEEBCCDDAAEBCEABD CBAEEDDCBBAEEDDCB ACEBDDCCBBAEEDDCB DACEBDECBAAEDCEBEDACB	236 281 295 303 313 339 357 388 425 441 477 481 482 503 537 589 717 791 903 984	152.0000 140.0000 128.0000 92.0000 72.0000 70.0000 56.0000 54.0000 48.0000 46.0000 38.0000 36.0000 34.0000 30.0000 28.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
22	3-Opt	PI	CEEDDDDEEAAAACBBBBC	308	152.0000	
			CBBBBDDEDEAAAAEECC	322	140.0000	
			EECCAAAADDDCCBBBEE	326	120.0000	
			AACBDDDDDEEEBBCCAA	330	92.0000	
			BBCEEDDDAAAAEEBCCB	339	84.0000	
			BCCBEEDDDAAAAEECCB	353	70.0000	
			DDEEBBCCAAAABBCEEDD	363	56.0000	
			EAACBDDDDDEEBBCCAAE	422	54.0000	
			EABCCDDDDDEEBBCCAAE	431	52.0000	
			BCCEEDAAAAABDDEECB	436	48.0000	
			BCCEEDAAAAABCCEDDEB	456	46.0000	
			BCCEEDAAAAABCEEDDCB	458	44.0000	
			AEEDDCBBBAABCCCEEDDA	476	40.0000	
			AEECCBDDDDAABCCCEEDA	490	36.0000	
			BCEEDDAACBDDDEEACCB	515	34.0000	
			AEECCBDDDAEABCCEDA	559	30.0000	
			BCDDEEAABCCADDCEAB	628	28.0000	
			CBEEDDAACCBADDEECBA	650	26.0000	
ABCDDEEACCBADDEECBA	663	22.0000				
ACBDEEDACCBADDEECBA	692	20.0000				
EBADDCCBEABCAEDDCBAE	796	18.0000				
CABDEEBCDAECCBAEDCB	899	16.0000				
23	3-Opt	API	CCBBBDDDDDEEEAAAABCC	284	116.0000	
			BCCAAAADDDDEEEBBCCB	320	112.0000	
			CCAAAEEBBDDDDDEEBCC	330	110.0000	
			ACBEEEEEDDDCCBBAAA	335	94.0000	
			BBBCCAADDDDEEEAAACCB	343	88.0000	
			CCBBAAADDDDEEEAAABCC	351	84.0000	
			CCBBAAEDDDDEEEAAABCC	365	72.0000	
			AAEBBCCDDDEEEBBCCAA	369	56.0000	
			AAEBBCCEDDDDEEBCCAA	393	52.0000	
			AEBBCCADDDDEEBBCCAA	428	50.0000	
			ECCBBAADDDDEEBBCCAAE	440	48.0000	
			EBBCCAAEDDDDECCBAAE	454	44.0000	
			EBBCCAAEDDDDEBCCBAE	480	42.0000	
			DEEAACBBDDAACCBBEED	486	40.0000	
			DDEAACBBDEEBBCCAAED	510	38.0000	
			DEBBCCAADDEEECCBBAAD	514	36.0000	
			DEBBCCAAEEDDCCAAEBBD	528	32.0000	
			DECCBBAEEDDBBCCAAED	535	30.0000	
DEBBCCAAEEDDABCCAAED	554	26.0000				
DEBBCCAAEEDDABCCBAED	592	24.0000				
DECBBCAAEDDABCCBAED	635	22.0000				
DECBBCAAEDDEABCCBAED	673	20.0000				
AEBCCABCEDEABBCEDA	875	16.0000				
24	3-Opt	2-Opt	BDDDEEEEDAAAACCCBBB	295	156.0000	
			CAAAEEEDDDCEEBBCC	326	142.0000	
			CCBBAADDDDEEEAABCC	351	72.0000	
			AACBDDDDDEEEBCCBAA	368	70.0000	
			CCBDDDEAAAADDEEBCC	388	56.0000	
			CCBAAEEDDDDEEAACBBC	395	54.0000	
			DDEBBCEAAAACBBEEDD	407	52.0000	
			AACBBEEDDDAECCBBA	430	50.0000	
			EAAABCCDDDEEAABCCCE	444	48.0000	
			EEDAACBBDDDAEBCCE	477	44.0000	
			EDDAACBBEEDDAABCCCE	481	40.0000	
			ACCBBDEEEAACBBEDDA	486	38.0000	
			DEAACBBDDDEEEAACBBD	490	36.0000	
			DEEAABCCBDDDEEAACBBD	529	34.0000	
			CEDDAABCCCEEDDAABBEC	553	30.0000	
			DECCBAAEBDDAAECCBED	626	26.0000	
			BCEDDAAEECBADDCCEAB	656	24.0000	
			EBDCAADDCEBCEAACBDE	771	22.0000	
BACEDDEBCCAABEDDBEAC	811	18.0000				
25	3-Opt	3-Opt	CCBBEEDDDAAAAEEBCC	310	72.0000	
			CCBBAEEDDDAAEEBCC	357	56.0000	
			CBBAACEEDDDAAEEBCC	416	52.0000	
			DDAAEEBCCCAAEEBCCD	423	50.0000	
			ACBCEEDDDAABCCCEEA	460	46.0000	
			BCCAAEEDDDBBCEEAACB	478	44.0000	
			ACCBEEDDAABBBCCCEEDDA	481	38.0000	
			ABCCCEEDDAABBBCCDDEEA	494	36.0000	
			DCBAAEEDDCBBCCAAEED	503	34.0000	
			AEBCCEDDAABBBCCEDDEA	548	32.0000	
			EABCCDDDEEAABCCCADE	567	30.0000	
			BCDAAEEDBBCCDDEEAACB	611	26.0000	
			CBEDAAEDBBCCDDEEAACB	675	24.0000	
			CDAEBBCCDDEEAACBDAEC	711	22.0000	
ABCDEEDABCCDAEBBCCDEA	804	16.0000				

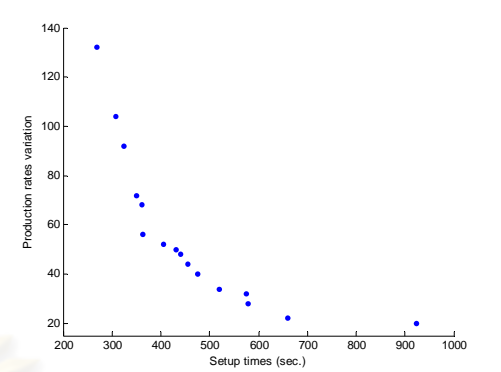
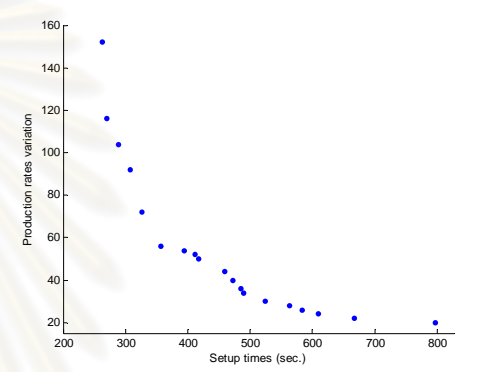
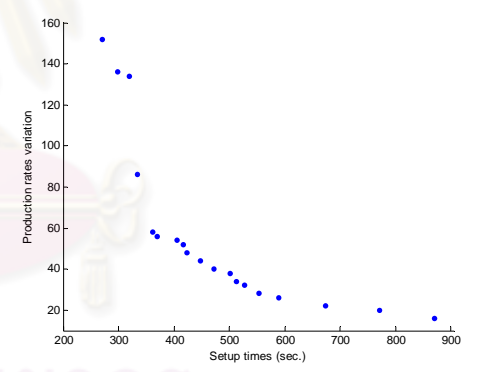
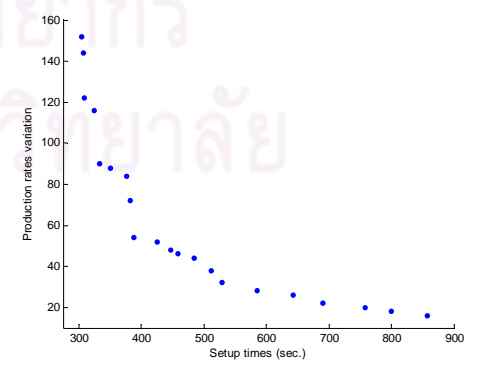
ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
26	3-Opt	Or-Opt	BBCCCEEDDDAAAAEEBB CBCCAAAEEEEEDDDBBC ABCCCEEDDDDEEBBAAA DDEEECCAAAABBBCCEDD AACCBDDDDDEEEECBBAA AACCBDDDDDEEEECBBAA DDEECBBAABBBCCCEEDD DDEECBBBAAAACCCBEEDD CCBBEEDDAAAEEEDDBBCC DDEECBBCAAAACCCBEEDD EBBCCAEEEDDDCCBBAAE BCAAEEDDDCCBBAEECB DCCBBEEDDAAABCCAEED BDDEEACCBBAAEEDDCB ABBCDDEEAACCCBDDDEEA BCAAEEDDCCBBAAEEDDCB CBAEEDDAABCCCEBDDAC CBDAAEEDCBDAACCBED BCDAAEEDCBDAEEDDCAB EABCDABEDCBDAEEDDCAB	270 327 332 337 342 342 368 375 376 391 407 413 456 478 481 499 503 631 727 780 907	120.0000 112.0000 104.0000 84.0000 72.0000 70.0000 64.0000 62.0000 56.0000 54.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 38.0000 30.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	
27	3-Opt	Double-bridge	CBBBDDDEAAAAEBCCC BBCCDDDEAAAAEECCBB BBCCAEEDDAAEEDDCCBB BBCCEEDDAAAAEEDDCCBB BCCBDDDEAAAAEEDDCCBB BBCCAEEDDAAEEDDCCBB CCBBEDDAAAAEEDDABCC AEEBDDAACCCEBDEEDA DEBBCCDDAAAAEBCCED BAEEDDCCBAAEEDDCCBB BBCCDDEAAABCCCEEDDAB EBBCCDAAAECCCBDDAE AEBBCCDDAAEEDDCCBDA AEDBBCCAEADDEBCECBDA BCDAEEDCABCEBAADDECB	314 327 359 360 404 409 422 448 462 472 494 496 642 753 805	116.0000 88.0000 86.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 42.0000 40.0000 36.0000 24.0000 20.0000 18.0000	
28	3-Opt	IP	EEEEEAAABBBCCDDDD CCBBDDDDAAAAEEEBCC BBCCCEEDDDAAAAEECCBB CBBCCEEDDDAAAAEEEBCC DDEEAACCBBBCCAAEEDD DDEEAACCBBBCCAAEEDD DDEBCCCEAAAAABCCEDD DCCBBEEDDAAAABCCCEED DDEAABCCCEEBBCCAAEEDD DCCBBAEEEDDAAABCCCED DACCBEEEDDAAAABCCCED DEEBBCCAAADDEBBCCAED BACCCEEDDAAABCCCEEDDAB EBCDAABCCCEEDDAAABCC DEBCAABCCDDEEAABCCED DEBCAABCCDDEEAABCAED ACEBBDDAECCEADACBBEDA EBCACDDEAABCEADDEBCA DBCAEBDAECCEADACBAED	254 276 313 339 357 395 406 429 455 476 481 516 557 584 617 666 751 833 894	216.0000 104.0000 72.0000 70.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 44.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
29	Or-Opt	PI	BBCCCEEEEDDDCAAAAB DDAAEEBBBCCCAAEEDD DDEEAACCBBBCCAAEEDD DDAAEEBCCBBCCAAEEDD DAAEEDCCBBBCCAAEEDD DDCAAEEBBCCBBAEEDD BCCAEEEBDDDDDEEAACCB CCBDDAAEEEBBDDAAECC CEDDAAEBBCCAAEEDDC CBAEEDDCBBBAEEDDCC AEBBCCDDAAEEEDCCBBA AEBBCCDDAAEEECBBDA CDAAEEBBCCEDDAAEBC CBAADDEEBBCCAAADDEBC AEBBCCDDAAEEDCBBCDEA BCEADDEBCCAAEADDECB CAEBDDECBCCAAEEDDCEAB CBEDAECACBCCAAEEDDCB EBCADEACBCCBDAEAEEDCDB	296 319 357 388 409 413 422 457 468 472 482 496 516 540 620 749 761 812 1095	128.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 38.0000 34.0000 32.0000 30.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
30	Or-Opt	API	EEEEAAACCBBBCCDDDDDE	284	156.0000	
			DACCCBBBBAEEEEEDDD	288	144.0000	
			DEEAAACBBBCCCEEDDD	308	108.0000	
			DDEAACCCBBBBAEEEEEDD	326	84.0000	
			DDAECCCBBBBAEEEEEDD	331	78.0000	
			DDEEACBBBCCCAEEEEEDD	357	68.0000	
			EEDDAACCCBBBBAADDEE	393	60.0000	
			DEEDAACBBBCCCAEEEEEDD	407	58.0000	
			AEEDDACCBBBCEEDDAA	412	56.0000	
			DCEEDAABBBCCCAEEEEEDD	438	52.0000	
			DDCCCEEAABBBCEEAABDD	466	50.0000	
			ACEEDDACBBBCCCEEDDAA	471	46.0000	
			ABCCCEEDDAABBBCEEDA	480	34.0000	
			ACBBEEDDAAABCCCEEBDA	546	32.0000	
			DABCCCEEDDAABBBCEEAD	558	30.0000	
			BCCEEDDAABCCAEDEACB	597	24.0000	
			DCEEBAABCCDDEBAABCED	701	22.0000	
ABCEDEACCCBAEEDCBDA	721	20.0000				
DEBCAACBEDDECBAABCED	739	16.0000				
31	Or-Opt	2-Opt	BBCCAAAAEEEEEDDDCCBB	267	104.0000	
			BBCCDDAAAAEEEEEDCCBB	336	72.0000	
			BBCCCEEDAAAAEEDDCCBB	360	56.0000	
			BBCCEDDEAAAAEEDDCCBB	398	54.0000	
			BBCCAEEEDAAAAEEDDCCBB	409	52.0000	
			BBCCEDDAAAAEEDDACCB	412	50.0000	
			BBCCEDDAAAAEEDDABCCB	451	48.0000	
			BBCEDDAAACEEEDDACCB	471	46.0000	
			BAEDDCCBAAAAEEEEEDCCBB	472	44.0000	
			CEEDDAAABBBCCCEEDDABC	480	36.0000	
			ABCCEDDAAEEBBCCEDDA	510	34.0000	
			ABCCEDDAAEEBCCBEDDA	550	32.0000	
			BAEDDCCBBAEEDDCCAAEB	580	28.0000	
			BCAAEEDDBBACCCEEDDCAEB	661	26.0000	
			AEDCCBBDECCAAEEDDCBEA	701	22.0000	
			BEDCCAEDDBBAECABEDC	834	20.0000	
			ACDEEBADCCBDEABEDCA	917	18.0000	
32	Or-Opt	3-Opt	BBDDDDAAAAEEEEBCCCB	276	156.0000	
			DDEECCBBBBAAAAEEEDD	308	92.0000	
			CCBBEEAAAADDDDEEBCC	334	72.0000	
			DDEEBBCCCAAAAEBBEDD	364	70.0000	
			DDEEBBCCCAAAAEBBCDD	369	56.0000	
			DDEEBBCCCAAAAEBCEDD	393	54.0000	
			BBCCAAEEDDDDEEBCCAAB	412	52.0000	
			AABBBCEEDDDAEEBBCCA	417	50.0000	
			DDABBBCEEEAABBBCEEDD	430	46.0000	
			DDABCCBEEEAABBBCEEDD	470	44.0000	
			AEEDCCBBAADDEEBBCCA	487	38.0000	
			DEAABBBCCCEEDDDAABBBCE	518	34.0000	
			DCAEEBBCCDAAAABBBCEED	542	32.0000	
			DEAABBBCCCEEDDEAABBBCE	556	28.0000	
			AEDDBBCCAAEEDCCBBEDA	589	26.0000	
			DEACBBCEEADCCBAAEBD	687	24.0000	
			DEABCCBEEADDCBAABCED	730	20.0000	
DEABCCBEADEDCBBAACED	779	18.0000				
BECDAAEDCBACBAEDEDCA	957	16.0000				
33	Or-Opt	Or-Opt	ECCCBBBBAAAAEEDDDD	277	168.0000	
			DDEEBBBBAAAAACCEEDD	293	104.0000	
			DDECCBBBAAAAACCEEDD	336	84.0000	
			DDEEBBCCBAAAAACCEEDD	362	82.0000	
			AABBCEEDDDDEEBBCCAA	363	56.0000	
			AACBBCEEDDDDEEBBCCAA	393	54.0000	
			DDEEBCCAABBBCCAAEEDD	412	52.0000	
			AEBBCCDDDDAAEEEBBCCA	423	50.0000	
			CCBBAEEDDDAAEEEBBCC	443	48.0000	
			DDAEEBBCCAACCBBAEEDD	465	46.0000	
			DDECCBBAEECCBBAEEDD	466	44.0000	
			ABBCCDDEAAEEEBBCCDDA	500	42.0000	
			BCCDDEEAABBBCCDDEEAB	508	36.0000	
			DEBBAAACCEDEEAACCBBD	538	34.0000	
			DEECCBBAADDECCBBAED	540	32.0000	
			BCCEEDDBCAACBDDDEEACB	631	28.0000	
			BCEDDEBCCAACBDDDEEACB	638	26.0000	
EDCAABCBEEDDBAACCBDE	716	22.0000				
EABCCDDCAAEEDCABBDC	825	20.0000				
EDCABBDCCEEABDCAADBCE	902	18.0000				
DABCEDAECBBECDAAEBC	922	16.0000				

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
34	Or-Opt	Double-bridge	BCEEEEDDDAAAACCCBBB BCCEEDDDDEAAAAACCCBBB DDEEBBBBCCCCAAAACEEDD AABBEEDDDCCCCBBEEAA BBCCAAEEEDDDAAEECCBB DDEEBBCCAAAABBCCEEDD DDEEBBCCAAAABBCCEEDD DEEBBCCDAAAABBCCEEDD CBBEEDDCCAAAADDEEBBC DDEEBCCAAEEEAACCBEDD DAABBCCCEEDDCCBAAEED DEAAACCBEDDAABBCCEED DEEBBCCAADDEBBCAAED DAAECBBCEDEBBCCAED DECBAEEBBCCDDEAABCED AEDCDBABBECDEACBEDA	270 308 324 350 362 363 406 432 440 456 476 519 575 578 659 924	132.0000 104.0000 92.0000 72.0000 68.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 44.0000 40.0000 34.0000 32.0000 28.0000 22.0000 20.0000	
35	Or-Opt	IP	AADDDDEEECCCBBAABAA BBCEEEEDDDAAAACCCBBB CCBBAAADDDDEEEEBBCC BBCCAAAEEEDDDEEECCBB CCBBAEEEDDDDAABBC DDEEAACCBBBCCAAEEDD DDEEAACCBBBCCBAEEDD DDEEBAAACCBBCCAAEEEDD AABBCCEEDDDAAEEBCCA AEBBCCEDDDDAABBCCEEA CBBAEEEDDCCBBAEEDC AEDDCBBAEEEECCBDDA BDEEAACCBDDDEEAACB AEDDCBBAEEECBBDDEA AEDDCBBAEEECBBDDEA AEDDCBBAEEECBBDDEA DAECBBAEEDDEAABBCED DEACCBBAEEDDCAABBCED DCBEAAEDCCBAEEDDEACD	263 270 289 308 327 357 395 411 417 460 472 486 490 524 563 583 609 667 797	152.0000 116.0000 104.0000 92.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 44.0000 40.0000 36.0000 34.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
36	Double-bridge	PI	DDDAAACCBBBCCEEEED CCBBBDDDDAAEEEEEACC EEDDDAAAEBBBBCCCAE DDEEBCCBBBCCAAAEEEDD BBCCAAEEDDDAAEECCBB AAEEBCCDDDEEBBCCAA BCCCEAAEDDDAAEECCBB CABBCEEDDDAAEEEBCC AEEBCCDDDDAAEEEBCCA AEBBCCEDDDAAEEEBCCA DCCBBAEEEDDCCBBAEED CBBAEEEDDCCAAEDDEBCC AEBBCCDDAAEEEDDCBCCA DECCBAADDEEBBCCAAED DEBCCAADDEEBBCCBAED ACEDDEBBCCAAEDDEBCCA ADEBBCCEDDAAACBDEEBCA ACBDDEACBBAEEDDCCBA DCBEADEACBBAEEDDEACD	270 299 319 334 362 369 405 417 423 447 472 501 513 528 554 589 674 771 870	152.0000 136.0000 134.0000 86.0000 58.0000 56.0000 54.0000 52.0000 48.0000 44.0000 40.0000 38.0000 34.0000 32.0000 28.0000 26.0000 22.0000 20.0000 16.0000	
37	Double-bridge	API	EEEDDDCCCBBAABBE AAEEEDDDDECBBCBCCA BBCEEEEDDDAAAABBCCC ACEEDDDDEEBBCCCAAA CBBCAAAEEEDDDDEBBCC BBCCEDDDDEAAAAEECCBB CBCCEDDDDEAAAAEECCBB BBAAEEEDDDCCCBBAEE DDAAEEBCCCBBCAAEEDD DDEAAEBCCCBBCAAEEDD DDAAEEBCCCAAEBBCEDD BCDDDEEBCCAAAEEEDCCBB EDCCBBAEEEDDCCBBCE BCAAEEEDDCCBDEEAACBB EDACCBAEEDDDAACCCBE EDACCBAEEDDCCBDDAAE CBDDAAEBCCEDDBBAEAC CBDDAAEBCCEDDBBAEAC DAEBCAEBCCBDDAEEBCAD CBAEEDDEACBDAEBBCAED CDAEBBACEDDEACBBAEED	305 308 309 324 334 351 377 382 388 426 447 459 485 512 529 585 643 690 758 800 858	152.0000 144.0000 122.0000 116.0000 90.0000 88.0000 84.0000 72.0000 54.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 38.0000 32.0000 28.0000 26.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
38	Double-bridge	2-Opt	DDEEBBCCCCBAAAAEEDD DDECCBBBCCAAAAEEDD DDAAEEBBBCCCAAEEEDD DDAAEEBBCCCBAAEEEDD DAAEEDCCBBBCCAAEEEDD EBBCCAEEEDDDCCBBAE DDAAEBBCCCEEBBCCAAEEDD EABBBCAEEEDDDCCBBAE ACCBBDDEEAABBCCEEDDA EDAACBBCEEDDDCCBBAE CBAAEDDCCBBEEEDDAABC CBAADDEEBBCCAADDEEBC BEDDAACCBEEEDDACCCEB BCAAEADDDBBCEAADECB EBCDAEEDDBBCCAEDBCE EBCDAEEDDBBCEAAEDBCE CEDAABBCEDDBCAAEEDBC	303 308 319 357 409 413 447 475 485 506 516 540 590 673 713 731 795	92.0000 88.0000 72.0000 56.0000 52.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 18.0000	
39	Double-bridge	3-Opt	DAAAABCBBCCCEEEEDDD AEEEEBBCCCBEDDDAAA AAEEEBBCCCBDDDDAAA AAEDDDDEBBCCCBEEAAA DDEEAACBBBCCAAEEDD DDEEAACBBCCBBAEEDD DDEEAACBBCCBBAEEDD BEDDAACCCBEEEDDAAB DDECAAEBCBCCBBAEEDD DDEEAACBBCCBBAEEDD DDABBCCEEDAAABBCCEED EDDAABBCCEEAACBBDDE CEEDAABCCDDAAEEBBC BCCAEEEDAAABCCCEEDDAB BCAAEDDEBBCCCEEAADDCB BCEDDAACBBAEECCEDDAB ABCCDDEEABBDAAEECCBDA ABCCDDEEABBDAAEECCBDA CBEDDAACBBEEDCAEBDAC	309 310 314 348 357 395 424 452 454 469 480 485 486 529 561 630 681 745 767	156.0000 128.0000 100.0000 92.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 40.0000 38.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000	
40	Double-bridge	Or-Opt	DEEEAAAACBBBCCDDDD DDEEEAAAACBBBCCDDDD DDEEBCCCAAEEEEEBDD BCCEEDDAAAEEEDCCBBB BBCCCEEDDAAAADDEECBB DDEEBBCCCAAEEEBCEEDD BCCCEEDDAAAEEEDDACCBB DDEEBCCCAAEEEEEBCCADD EBBAACDDDDDEEBBCCAAE CBBEEDDAAAACCEDEEBBC DDEEBCCAAEEEBBAACCEEDD ADEEBBCCAAEEEDDDCCBBA DAABBCCEEDDEEBBCCAED AEBCCBDDAAEEEBCCBDDA DAAEBBCCCEEDDABBCCAED CBAEEDDAAACBBEEDDABCD EBCDAEBDCCAAAEDBBCCDE CEDDBABCAEEABCCDDAEB DBCEDAEBCCABCEEDDABCE	284 314 330 360 387 393 412 428 446 457 470 487 505 552 559 684 782 810 866	152.0000 134.0000 78.0000 72.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 44.0000 42.0000 34.0000 32.0000 28.0000 26.0000 24.0000 20.0000 18.0000	
41	Double-bridge	Double-bridge	CCDDDDAAAAEEEEEBBCC BBCCAAAADDDDEEEECBB DAAEECCCBBBBAAEEDDD CBBBCEEDDDAAAAEEBCC BBCCAAEEDDDDEEAACBB CCBBAEEDDDDEEAACBB DDAAEEBCCBBCCBAAEEDD ACBBCAEEDDDDEEBBCCAA BBCAAEEEDDDCAAEEEDCBB BAAEEDDCCBBCCDDAAEEB EAADDCCBBEEDDCCBAAE DACCBBEEDDEAAAEBBCCD BEDDEAABCCBEEEDDAACB BCAAEEDDABBCCDAAEECCB ECBAADDEEBBCCAABCDDE BCAAEEDDABBCEAACCFEB ABCDDDECBAAACBBCEDEA ECBDDAAECCDEBBAAACBDE CEABDDAECBBAADCEEDCB DECBBAAECDEDCBAACBDE CEBADCEDABBEDCAAEDBC	246 294 331 339 357 395 426 442 465 482 503 525 559 578 602 632 659 715 806 832 899	152.0000 104.0000 88.0000 84.0000 56.0000 54.0000 52.0000 50.0000 42.0000 40.0000 38.0000 36.0000 34.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
42	Double-bridge	IP	DDDDCCCBBBAAAAEEEB DDEEBBCCBBBAAAAEEDD BBCCDDAAAAEEEDCCBB DDAAEEBCCBBBAAEEDD AAEEEDCCBBBCCCEEDDAA DDEBCCAAAAEEEBCCEDD AABCCDDEEBBCCEDDAA AAEDDCBBBCCCEEDDCBAA CBEEDDAABBCCAAEEDDC DAABBCCCEEDDAABBCE CEEDDAABBCCAADDEEBC AEBBCCDDAAAAEEEBCCDA BCEEDDAABBCCAAEEDDCB CBAADDEEBCCAAEEDDEBC ABCCEEDCCAAEBEEDDCBA CBDDAEBCCAABDDEEABC CBEDDAEBCCAABDDEEABC ABCDDAEBCCEBAEEDDBCA ADBCEEDCBAEADDEBCA	301 303 336 357 360 393 432 454 478 480 491 492 507 554 601 638 687 799 843	192.0000 88.0000 72.0000 60.0000 56.0000 52.0000 48.0000 44.0000 42.0000 40.0000 36.0000 34.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000	
43	IP	PI	DDDEEBBCCBBBAAAAEED DDEEBBCCBBBAAAAEEDD AAEEEDDDCCBBBCCCEAA AACCEEDDDCCBBBEEAA EEDAAACCCBBBDDDAEE DDEEBBCCBBBAAAAEEDD EBBCCCEEDDDAAAAABBCE BBCCAAEEDDDCCAAEEEB DDEEBBCCAAAAEEEBCCEDD AACCBEEEDDDABBCCCEEA BCCCEEDDAAAAABBCCDEEB AEBBCCAEDDDCCBBEEAA DABBCCCEEDDAAACCBED BAEEDDCCBBAAEEDDECB AAEDCCBEEEDDABBCCDEA AEDACCBBEEDDABBCCEDA CEDAABBCCDDEBAEEDABC AEDCCBAEEDDABBCCDEA CEDAABCBEEDDACCBBEDAC CAEDDBBACEDBCEAACBED BEACDCBEDAAECBDCDAEB	265 303 310 340 349 362 368 375 393 431 432 458 481 513 585 623 690 701 722 884 932	132.0000 104.0000 92.0000 88.0000 86.0000 82.0000 72.0000 56.0000 52.0000 50.0000 48.0000 46.0000 34.0000 32.0000 30.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
44	IP	API	AACCCDDDEEEEBBBA CBBBDDDDAAAAEEEC DDEEBBBAACCCCEEDD EEDDCCCAAAABBBDEE DDEEBBAAAAACCCBBEDD DDEEBBCCCAAAABBEEDD BBCCAAEEDDDDEEACCB BBCCDDDEAAAAEEDCCBB BBCCAAEEDDDAAEEBCB BBCCAAEEDDAAEEDCCBB BAAECCBDDDEEACCB ECCBBAADDDDEEACCB EDAACCBDDDEEBCCAAE DCCAAEEBBDDAACCBEE DEAAACBBDDDEAACCBEE DEAAACBBDDDEEBCCAED CBEEDDAACCBEEAADD AEBCCBDDDEAAEBCCBEDA DAECBBCAEEDDEBCCAEBD BDCAEBCEDEAEBCAEEDCB BCEDAEBCEDEAEDCBDAE	269 288 293 321 333 334 357 374 388 409 434 454 472 504 524 564 568 624 692 874 990	152.0000 140.0000 116.0000 104.0000 84.0000 72.0000 68.0000 64.0000 54.0000 52.0000 50.0000 48.0000 44.0000 38.0000 36.0000 32.0000 30.0000 24.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
45	IP	2-Opt	CBBAAAADDDDEEEEBBCC CCBBBEDDDAAAAEEEDCC AACCCBEEEDDDDEEBBAA CCBEEDDDAAAAABBECC AABCCCEEDDDDEEBBCCAA AACCBEEEDDDAEEBCCA BBCCAAEEDDDDEBCCAEB AEBBCCEDDDAAECCBBA DCCBBAEEDDAAABBCEED EBCCDDAAEEEBBCCDDAE EBCCDDAAEEEBBDDCCBAE ECDAACBEEEDDCCBBADE BCDDAAEEEBBCCDEAADCEB BDEAAACBEDDABBCEEADC DAECBBCAEADDEBBCEAD CEBDAAACBEDEACBBCEAD DACBEDEACBDCBEAABCE	289 331 333 353 363 418 442 459 476 492 547 629 665 752 793 841 865	120.0000 110.0000 104.0000 78.0000 56.0000 50.0000 46.0000 44.0000 40.0000 34.0000 30.0000 28.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 16.0000	

ตารางที่ ง.18 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 3.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
46	IP	3-Opt	EBBCCCCBAAAAEEEDDDD	303	164.0000	
			DDDEEECCBBBCCAAAAED	308	116.0000	
			DDEEBCCCBBBCCAAAAEED	334	86.0000	
			DDEEAACCCBBBCCAAEEDD	357	56.0000	
			DDAAEEBCCCBBBCCAAEEDD	388	54.0000	
			DAAEEDCCBBBCCAAEEDD	409	52.0000	
			DDCAAEEBCCCBBAAEEDD	413	50.0000	
			DDEBCCAAEBBCCAAEEDD	442	46.0000	
			BAEEDDCCBBAAAEEDDCB	472	34.0000	
			BCDDEEAACCCBBAEEDDCB	520	30.0000	
			CBDAAEEDDDACCEEBBADC	695	24.0000	
			DAEBCCBDDAAEEBCEACBD	703	22.0000	
			CBDAAEEDDDCCABEEBCDA	785	20.0000	
			DECBAABCDEECABEDABCD	875	18.0000	
BCDEACBDEAEABCDDECAB	904	16.0000				
47	IP	Or-Opt	BBBBEEEEDDDDCCCAAAA	267	216.0000	
			BBCCEEEEDDDAAAACCB	270	104.0000	
			BBCCEEEEDDDAAAACCB	308	92.0000	
			DDEEACCCBBBBAAAEEDD	326	80.0000	
			BBCCEEDDAAAEEEDDCBB	360	56.0000	
			CBBAEEEEDDDDCCAAEBBC	413	52.0000	
			CBEEEDAAAACCCBBDDDEEC	437	50.0000	
			AEEDDACCBBBCCAEEDDA	461	48.0000	
			AEEBCBDDDDAABBCCEEA	466	46.0000	
			DDEBCCAAEEBBAACCEDD	470	44.0000	
			EDAACCBDDDEEBCCAAE	472	42.0000	
			BBCAAEEEDDDCCBBAEEDC	503	38.0000	
			ACCBEDDAAEEEDDCBBEA	522	34.0000	
			BCAAEEEDCBBCDDDEEAACB	551	32.0000	
AEBBCDDDAEECCBBCDEA	603	30.0000				
BEAACCEDDDEBBCAAEDCB	605	28.0000				
BDEAACDDECCBBAEEDCB	692	26.0000				
AEDBBCCAAEEDDBCEBCDA	713	24.0000				
CDAAEEBCCDDEAABCBAEDC	736	22.0000				
EBCCDDAABCEDEBCEADEC	825	18.0000				
48	IP	Double-bridge	CCCCAAAEDDDDEEEBBBB	265	204.0000	
			CCBBBEEEDDDDEAAAACC	279	140.0000	
			DDCCCBEEEBBBAAAEEDD	335	122.0000	
			AAEEEEEDDCCBBBCCDDAA	336	104.0000	
			EEEDDAAACCCBBBDDAAE	349	88.0000	
			AAAEEEDDCCBBBCCCEEDA	360	78.0000	
			DDEEBBAAACCCBAAEEDD	380	66.0000	
			DDEBBCCAAAEEEBCCBDD	399	54.0000	
			DCCBBEEDAAAACCBBEEDD	430	50.0000	
			AACCBDEEEEBBCCDDDEAA	437	48.0000	
			BCAAEEEDDDCCBBDAAEEB	474	44.0000	
			CBBEEDDAAACCBBAEEDDC	477	40.0000	
			BDDEEAACCCBBDDEEAACB	490	36.0000	
			ACCBDDDEEAACCBDDDEBA	544	34.0000	
DCBAAEEDCCBBDDAAEEEC	611	32.0000				
AEDBBCCAAEEDCCBBEDDA	616	30.0000				
AEBBCCDDEAAACEEDBBCA	677	26.0000				
CABDEEACCBDDAAEEBCD	724	24.0000				
DCBAEECBDDAAEEBCDCAB	823	22.0000				
ABCCDEDBAAEEABCDCEBDA	911	20.0000				
ADCBCEDBAEEABCDCEBDA	953	18.0000				
49	IP	IP	BCCEEEEDDDAAAACCB	270	120.0000	
			BBCAAEEEEEDDDAACCCBB	319	84.0000	
			CCBBEAAAADDDDEEBCC	334	80.0000	
			CBBCCEEDDDAAAEEBCC	339	70.0000	
			BBCCAAEEEDDDAAEECCBB	362	56.0000	
			BBCCAAEEEDDDAAEECCBB	388	54.0000	
			EBBCCAAEEEDDDAABBCCE	417	48.0000	
			EBBCCAAEEEDDDAEBBCCE	447	46.0000	
			EBBCCAAEEDDDAABBCCE	455	44.0000	
			ABBCEEDDDAACCCBEEDA	481	36.0000	
			ACBBEEDDDAACCCBEEDA	482	34.0000	
			EBDAACCBEEEDDDAACCCBE	547	30.0000	
			BEDDAACCBCEEAADDCEB	596	28.0000	
			ECBAADDCCBEEEAADDCEB	631	26.0000	
CDAAEEBCCDDAACBBEEDAC	664	22.0000				
CBADDEBCCDDAACBBEEDAC	707	20.0000				
ACDEBCDAEBCEDAEBBCDA	885	18.0000				
BAEDCACBDEBCDABCEDA	1012	16.0000				

4. ปัญหาการทดลองที่ 4 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด

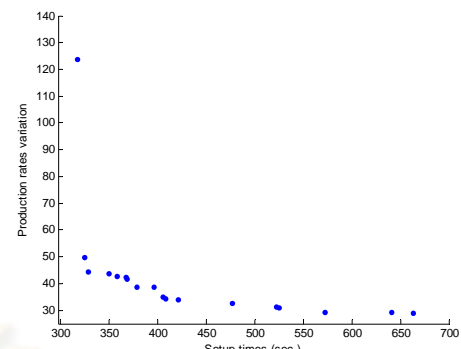
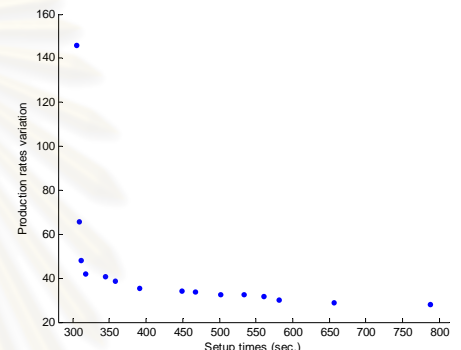
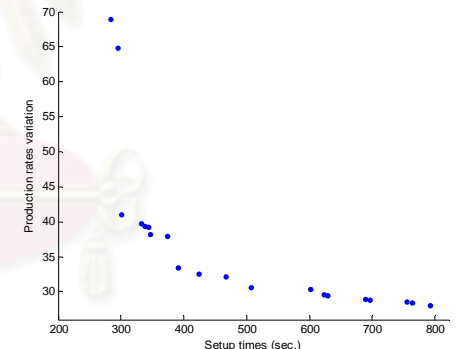
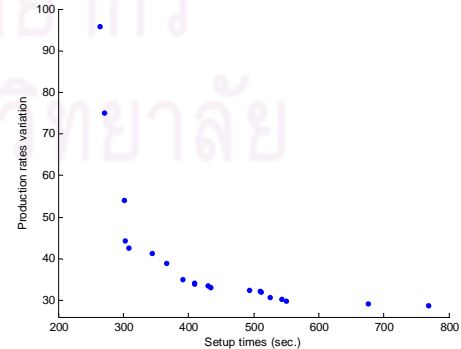
4.1 ปัญหาการทดลองที่ 4.1 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 7:5:1:1:1:1:1:1:1:1

4.1.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	BBFAAEDJAAAAICGHBBB AAICBBFEDJAAAHBBBGAA AAIDJBBBCGAAAEHBBFAA AAICBBGDJAAAEHBBBFAA AAIBBGDJAAAHBBBCEFAA AAIBBGDJAAAEHBBBCFAA AAHBBFDJBEAAAIICBBGAA BBAAHDEFAAICBBGAAAJB AAHBBFAJBEDAICBBGAA BAABFEDJAAICBBGAAAHB BGAACJBAHBBFAAEDAB ABBAHDEFAAICBBGAAJBA ABCDAJBBGAIEFAAHBBA BAAEDAJBBGAICFAAHBA ABAEDAJBBGAICFAAHBA ABACBGDAHBEIAJBBFA ABGAJBDABIAHFAACBBA ABEDABFAHJBAICBGABA ABGAJBADHBAICAAFBFA	298 308 309 320 344 351 363 371 411 424 472 487 501 549 629 644 674 679 705	74.9500 44.3500 43.9500 42.5500 42.1500 40.9500 39.1500 36.7500 34.7500 33.7500 32.9500 32.7500 31.9500 31.1500 30.9500 30.1500 29.7500 29.1500 28.9500	
2	PI	API	BBGAAAIEDJCFAAAAHBBB BGEAAIDJBBCFAAAAHBB BGEAAIDJBBCFAAAAHBB AAHBBGEEAAICBBDBJFAA AAJBBGEAAIDCAHBBBFAA AJBBEAAIDCGAAHBBBFAA AAHBBGEDAAICJBBAABFA BAAEHBAICJBBFDAAAB BAACBFAIDEAHBBGAAAJB BAAHBGEAAICJBBDAFAAB BAAHBGEAAICJBBDAFAAB BDAABFAACBGEAHJBAAB BDAABFAACBGEAHJBAAB ABFAEBGADJBAACBAHBA ABDABFAICABGEBJAAHBA ABFABGDABIAAJCBAHBA ABFABGDABIAAJCBAHBA BADABFAICABGEBHJAAAB	290 317 355 364 396 401 437 447 470 539 540 600 603 667 693 737 743 767	56.3500 45.5500 43.7500 40.3500 38.5500 37.9500 36.1500 33.7500 32.3500 31.9500 31.1500 30.5500 30.1500 29.5500 29.3500 29.1500 28.9500 28.1500	
3	PI	2-Opt	ICBBGAAEHDJBBBFAAAAA AAAIEDJCBGAHBBBFAAAA AAIIJBBCEGAAHBBBFAAA AAIIJBBGAHDECBBFAAAA AAIIJBBFEDGAAHBBBCAAA AAIIJBBBCFAAAEHBBGDAA AAICBBGAAHBFEDJBBAAA BBFAAIEDJAAHBBGAAACB AAJBBGAIDEAAHBBBCFAA AJBBFAIEDGAAHBBBCAAA AABBCGAIEDJAAHBBBFAAA AAHBBAAEDJBFAAICBBGAA AHBBAIDJBFAAECBBGAA BAAICBGAHBEJBFAAAB BAAIDEBGABFAACJBAAHB AHBBAIDJBAACFEBAABGA AHBBAICFABGDEBAAJBA BDAAHBAIEFAAJBGCAAB BAAJBCGAAHBEFAIDABBA AHBBAIDFABGEACBAJBA BAIAHBADEBFAAJBGCAAB ABHBAIDFABGEACBAJBA BAAHBAIEFABGDACBAJBA	303 315 327 329 334 341 349 365 368 376 380 391 408 460 541 560 566 584 616 627 648 707 730	92.5500 71.1500 47.5500 45.1500 44.3500 42.5500 41.1500 40.3500 38.5500 37.9500 37.5500 34.7500 33.3500 32.1500 31.5500 31.3500 30.9500 30.1500 29.9500 29.5500 28.9500 28.7500 28.3500	
4	PI	3-Opt	AAAAHDJBBBGEICBBFAAA AAAAHBBBGDJEICBBFAAA AAAHBBBCEDJBBGAAAIIF AAHDJBBBGEAAICBBFAAA BBGAAAIJFEDJBCAAAAHBB AAJBBHDEFAAAIICBBBGAA BBGAAIAAEDJBBCFAAAHB AAJBBIDEFAAAHBCBBGAA BBGAAAIJAECCBBFAAAHB AIBBFAAEDJCAAHBBBGAA AJBBGAAIDFAAHBCBBAA AEBBAIDJBCGAAHBBFAA BAADJBGAAACBBEIAAAHB BAADJBGAAACBBEIAAAHB BGAAAIJBCAHBFABDEAAB BGAAAIJBDEAHBCAJBFAAB BAABCJAIFEABDHGAAB BAAJCBAIFFBAAHDBGAAB BAABCJAIFABDAEHGAAB ABAHBFADJBIAAGBCAABA	271 301 307 312 314 335 355 363 367 395 401 410 461 484 547 549 601 619 633 733	69.3500 63.3500 62.1500 50.5500 44.3500 40.9500 39.7500 39.3500 38.3500 37.9500 37.1500 34.3500 33.9500 32.5500 32.3500 31.5500 30.9500 29.1500 28.9500 28.5500	

ตารางที่ ๑๙ ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	BEFAAAAAAHIDJBBBBGC AAICBBFEAAAAHBBBGDJA AHBBFAAAAAIEDJBBCBGAA AAAHBBBGAEDJAICBBFAA AAICBBEDJAAAHBBBGFAA AICBBFAAAAJBBDDEHBGAA AAICBBFDJAAAHBBBGAEA AAJBFBFDHBAAAICBBGAA AAJBGDHBBAAAEICBBFAA BGAACBFAAIEDJBBAAAHB BCAAHBGAIDEBBFAAAJB AAJBBCFAHBGAAIDEBBAA AABJBCFAHBGAAIDEBBAA BAAICBFADJBGAAEBAAHB ABCAJBFABHGAAIDEBBAA BAAICBFABHGAAJEBDAAB ABCAJBFABHGAAIDEBABA ABCDABFAHBGAAIJBAEBA	318 325 329 350 359 368 369 379 397 406 409 422 477 523 525 573 641 663	123.5500 49.5500 44.3500 43.5500 42.5500 42.3500 41.7500 38.7500 38.5500 34.9500 34.1500 33.7500 32.5500 31.3500 30.7500 29.3500 29.1500 28.9500	
6	PI	Double-bridge	AHICBBBBJBFEDGAAAAA HDJBGAAAAEICBBBFAAA AICBBFEFAAAHDJBBGAA BBFAAAIEHDJBBGAAACB AAICBBFAAAHBEDJBBGAA BBAAEFAAHDJBBGAAICB AICBBAAHBFAEDJBBGAA AABBICEDAHHBFJBBGAA BFAAJBEDAAHBCBGAIAIB BDAAHBGAAABFEICBAAAJB BAEFAABBIDCJAAHBGAAB BAIBGAAECBDJAAHBFAB ABFAICBAHBAEDJAABGGA ABFAEBDAHBAICJBGABA ABEACBAGBFAIDABJAHBA	305 309 311 318 344 358 391 449 467 502 534 561 582 656 788	145.9500 65.7500 47.9500 41.9500 40.7500 38.7500 35.3500 34.1500 33.5500 32.5500 32.3500 31.7500 30.1500 28.9500 27.9500	
7	PI	IP	BBFEAAICGAAAHDJBBB BBAAICGEFAAAHDJBBB AAHBBBCEFAAAIDJBBGAA AAEHBBCEFAAAIDJBBGAA AAHBCBBFEAAIDJBBGAA AAHBBEDJBFAAICBBGAA AAHBBCEBFAAAIDJBBGAA AAHBBGAEFAAIDJCBBA AHBBAEDJBFACBBGAA ABGGAHDJBFACBBGAA AHBBAEDJBFACBBGAA BAAHBGAEDJBFACBBAAB ABGABEFAABICDJAHHBA BAACJBAEBFGAAIBHDAAB ABJBAICBFEDAHHGABA BAACJBAEBFGAAIBHDAAB ABGAJBAECBFAABHDAIBA ABGAJBAEFABDAIHBACBA ABGAJBAEFABDAICHBABA ABGAJBAEFABIDHABACBA	284 296 301 333 338 344 347 374 391 425 468 507 602 624 629 689 697 756 764 792	68.9500 64.7500 40.9500 39.7500 39.3500 39.1500 38.1500 37.9500 33.3500 32.5500 32.1500 30.5500 30.3500 29.5500 29.3500 28.9500 28.7500 28.5500 28.3500 27.9500	
8	API	PI	AAAIECGHDJBBBBFAAA AAAHJBBBBGAICEFAAA AHBBBGAAAIJBBCEFAAA AAICBBGAAAEHDJBBBFAA AAICBBFEAAAHJBBBGAA AICBBGAAAHBEDJBBFAA BGAAAEDJBBBAICFAAHB AHBBGAAEDJBFACBBAA AABBCEAIDJBGAAAHBBFA ACBBAEHBGAAIDJBBFAA ABBCEAHHBFAAIDJBBAA AABBCEAHHBFAAIDJBBAA AABBDGAEHBFAAIBCBAA BAAEFACBGAIDJBBAAH AEBBCAIDJBGAAABFAHBA BGAAHBFABAAEDJBCAAB BAAHBFABEGAAIDCJBAAB BAABGEDAHHBFAAICJBAAB ABABGDAEHBFAAIBCBABA ABAJBGAIHBAADFCBAEBA	264 271 301 303 308 344 366 391 409 410 430 434 494 511 512 525 543 550 676 769	95.7500 74.9500 53.9500 44.3500 42.5500 41.1500 38.9500 34.9500 34.1500 33.9500 33.5500 32.9500 32.3500 32.1500 31.9500 30.5500 30.1500 29.7500 29.1500 28.7500	

ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	JBFAAAAAAIEHBCBBBGD AAAEHDJBBGAICBBBFAAA BCGEDAAAAIJBFBFAAHHB AAJBBDGAAAIHBBBCFAA AACJBBBGDAAIEHBBFAA AAJBBCGDAAIEAHBBFAA AACBBBGDAAIEAHJBBFAA AAIIBBGAEHJBFACCBBA ACBFAAJBBDAIEHBBGAA ABBGAAHDEFJBAIICBBAA ABBGAACEHBFAAIJBBDA ABBCCGAHBFIAEAJBBDA BGAABIAEDJBFACBAAHB AABBCGAHBFIEBAJBDAA BAACBGAHBAIAJBFDAAB BAACBGAHBAIAJBFDAAB ABFACBDABGAIEAJBAHBA ABFABCDABGAIEAGBAJBA	299 303 334 341 344 389 410 436 437 458 466 499 535 576 583 612 716 790	120.3500 59.1500 52.7500 42.7500 40.9500 39.9500 38.7500 36.5500 34.7500 33.9500 33.3500 32.7500 32.5500 32.1500 29.3500 28.5500 28.1500 27.7500	
10	API	2-Opt	EHBBBGAAAAAICJBBFD GEHBBBFAAAAAICDJBB HDJBBGAAAAAICBBBFAAE AEHBBGDJAAAAICBBBFAA AAHBBGDJAAAAICBBBFAA AAHBBFEDAIAIJCBBGAA AAHBBFEDAIAIJCBBGAA AAHBBGDJAAAAICBBBFAA AAICBBFAEDJBGAAHBBAA BAAHBCFAAIDJBBGAAAE AABCBFEAHBAIDAJBBGA ABBAIDEAAHBCFAAJBBGA BAAHBCDAAEFJBBGAAIAB ABBFEDAIAJBGAIACBAHBA ABGAIBFAAHBEDAAJBCBA BAACJBDAEAHBAIBFAAB ABFAJBDAEAHBAIBACBA ABFAJBDAEAHBAIBACBA	277 287 303 320 325 354 373 379 391 409 483 484 523 532 583 619 671 780	81.9500 81.5500 57.5500 47.9500 40.9500 39.3500 38.5500 38.1500 36.1500 33.1500 32.7500 32.1500 31.9500 30.7500 30.1500 28.9500 28.7500 28.3500	
11	API	3-Opt	AAIDJBBBCEFAAHBBGAAA BFAAAEHDJBBGAAAAICBB AAHBBBCGAAAIJEDJBBAA AAHBBFEDAIAIJCBBGAA AAHBBFEDAIAIJCBBGAA AHBBAAEDJBGAAICBBFAA ABBGAAEICBFAAHDJBBAA ABBGAAEICBFAAHDJBBAA BAAHJBFACBBGAAEDAB BGAAEBACBAAHDJBFAB BAABFEAIBGAAABDCJAAB ABGAEBADJBAIICBFAHBA	301 303 328 355 373 391 425 466 494 520 629 639	54.3500 45.5500 40.1500 39.3500 38.1500 33.3500 32.5500 32.1500 31.3500 30.3500 29.9500 28.5500	
12	API	Or-Opt	AAAAEIDJBBBBCGHFAAA AHBBCGAAIEDJBBBFAAAA AAHBBBCGAAAIJBBBFAA BCAAAIDJBBGAFAAAHBB BBFAAAIEAHDJBBGAAACB BBGAAACEAIDJBBFAAHHB AAJCBFBFAAIDEAAHBBGA AAHBBGAAIDJCAAEHBBFA BCAAEBGAAIDJBBFAAHHB BAAEBDJAICBBFGAAAHB AABBEFAIDJAHBGAABBCA ABBCGAADJBAIEFAHBBAA AHBBEAACBGAIBFAADJBA BAABHDJAAECBBFGAAIAB ABBFAACIDJAHBGAABEBA ABFAJEAIDBBGAAHBA ABFABCEAIDJBGAAHBA BAJAABFICABGDABBEAAB ABJBAAHICABGDFABEABA	276 305 314 350 365 370 379 382 396 454 494 507 555 561 611 613 616 681 750	83.7500 57.9500 42.7500 39.7500 38.9500 38.7500 38.1500 37.9500 34.1500 33.1500 32.9500 32.7500 32.5500 32.3500 31.9500 31.3500 30.5500 29.5500 29.3500	

ตารางที่ 19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	AAAAHDJBBBBBEICFGAA AAACEDJBBBBBAAAAHF JBBFAAICBBBAAAAEHD BFEAAICBBGAAAAHDJBB AAIEBBBCFAAAHDJBBGAA BGAAICBBFAAAHDEAAJBB BGAAAJBBFDEAICAAAHBB BBGAAAEJBAACBFAAHB BBCAAIDJBGAEBFAAHB ACBBFAAAIEBGAHDJBBA AHBBGAACEBAADJBBFAA ABBGAAEDHBAACJBBFAA ABEAACBBGAHDJAABBF AEBBAIDJBGAACBFAAHB BAAHBJACEBAADJBAAGB BAAHBGAEBFAADJBAACA ABGAEBAHJBDAAACBIABFA	276 293 303 308 317 363 385 391 396 419 424 438 494 511 681 682 703	101.9500 74.1500 62.1500 51.9500 40.9500 39.9500 38.9500 36.3500 36.1500 34.3500 34.1500 33.5500 32.5500 31.7500 30.3500 29.9500 29.1500	
14	API	IP	BGAAICFEDJAAAAHBBBB BBCGAAIFEDJAAAAHBBBB BBGAAAFEDJCAAAHBBBB CBBFAAAAEHDJBBGAAAI AICBBBFEDJAAAAHBBGA BBGAAAFEDJBBCAAAHB AICBBFAEDJAAHBBBGAA BBGAAIAEDJBBCFAAAHB BBGAAIFAAEDJBBCAAAHB ACBBFAAIEDJAAHBBBGAA BBAAIFEDJAHBBGAAACB BGAAHDJBAAEBBFAAACB BAAHBGAAIEDJBBFAAACB BAAEHGAAIDJBBFAAACB ABBGAIFAEDJBBCAAHBA ACBBGAAIFAEJAAHBBBA BFAAEBGAAIDJBCAHBAAB BAAIBFAEDJBAAHBGACB ABBFAIEDJBAAHBGACBA BAAEBGAAIDJBBFAAACB BAAIBFAEDJBAAHBGACBA ABAEBJACHBADGFABAIAB	283 287 300 303 308 314 350 355 356 365 388 404 406 410 472 483 512 524 587 603 640 915	82.7500 59.3500 56.3500 48.9500 45.9500 41.9500 40.1500 39.7500 38.7500 37.9500 37.1500 36.7500 34.1500 33.1500 32.9500 32.5500 32.1500 30.1500 29.5500 29.3500 28.7500 28.3500	
15	2-Opt	PI	GAAAAIDJBBBCEFAAHBB AHBBGAAAIEDJBBBCFAAA BFAAAIDJBBCEBGAHAHB BFAAAIDJBBCEBGAHAHB BGAAEAIDJBBBCFAAAHB BFAAICBBGDJBAAAAEHB BBGAAIDFAAHBBCAAAJB BBGAAIDFAAHBBCAAAJB AJBBFAAIDEAAHBBBCGAA AJBBAIEDGAHBBBCFAA BAAAEDJBBFAAICBGAHBB ACBBAAIEDJBGAHBBFAA AHBBAAICDEBGAHAJBFA BEAAHJBBFAAICBGAHAHB AABBGAIEDAHBFAAJBBCA BAIDAAEBBGAHBBFAAJB AHBBAAIDJBACGAAEBBFA AABBCJAIDEBFAAHBGABA ABHBAIDJBACGAAEBBFA BAAHDGABBFJAIEICBAAB ABGAHBFABCEAAJIDABBA ABGAHBFABJEAIDBACBA ABGABFJAABDEACBHAIBA	301 304 342 347 355 361 363 368 369 389 391 406 439 464 474 476 487 539 567 585 658 714 777	88.7500 45.3500 44.3500 43.5500 43.3500 40.7500 40.3500 39.9500 38.1500 37.5500 34.9500 34.3500 33.9500 33.3500 33.1500 32.9500 32.1500 31.7500 31.3500 30.5500 30.1500 28.9500 28.5500	
16	2-Opt	API	CEDJBBBGHBBFAAAAAAI AAIEDJBBBCGHBBFAAAAA AAAIJBBBCGHBBFAAAAA CBFAAAHBBBGGEDJAAAI AAEIDJBBBCFAAAAHBBG AAIEDJBBBCFAAAAHBBG AHBBFAAAICBBEDJBGA AHBBFAAAICBBEDJBAAA AHBBFGAAICBBEDJBAAA AAHJBBBFGAAIDCBBEAA AAHJBBBFGAAIDCBBEAA AAHBBGJBFAAIDCBBEAA AHBBGAAIDECFAJBBA AAHBBGAAIDECFAJBBA AAHBBGAAIDECFAJBBA AHBBGAAIDECFAJBBA AAHBBGAAIDECFAJBBA AIBBFACJBGAAEDHBBAA AIBBFACJBGAAEDHBBAA BAAHBGAAIDECFAJBBA BAEAAJBBFAIDGAHBACA BAAJBFAAEBGDACBAAHB BAAJBFAAEBGDACBAAHB BAAJBFAAEBGDACBAAHB ABAJBFAAEBGDACBAAHB ABCABFJAABDEACBHAIBA	276 277 286 312 314 329 344 353 383 384 403 417 421 422 425 452 455 492 524 543 544 545 622 660 709	166.1500 89.5500 71.3500 59.7500 55.5500 55.1500 43.5500 42.5500 42.3500 40.9500 39.3500 38.1500 35.7500 35.3500 34.1500 33.3500 33.1500 32.5500 31.5500 31.1500 30.1500 29.1500 28.9500 28.5500 28.3500	

ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	AAHDEFAAAIJBBBBBCGAA AAAHBBBICJBBGDEFAAAA AAIDJBBCEFAAAHBBBGAA AAHBBGDEFAAAICBBBJAA AHBBGAAIDFAAJBBBCAA AHBBGAAICBAEDJBBFAA ACBBAAJBGAIDEAAHBBFA ABCAAJBBGAIDEAAHBBFA BAAECGABBAIDJBFAAAHB BAAICBAGBAEDJBFAAAHB AEBBAICAAJBGDFAAHBBBA BJAACBIAABGDEAAHBFAB BAACBAIEABGDJAAHBFAB BAABGFDEAAHBJAICBAAB ABGAICBAEFBAJBDHDAAB BAABHFAEDGABIAJBCABA	285 292 301 327 363 391 470 471 500 507 516 579 614 624 667 806	81.5500 76.5500 46.7500 40.9500 37.9500 34.1500 33.3500 33.1500 32.7500 32.3500 31.9500 31.7500 30.9500 30.1500 29.3500 28.9500	
18	2-Opt	3-Opt	BBGHDJAAAAAICBBFEB AAHBBGEDJAAAAICBBFA AACBBGEIDJAAHBBBFBA AICBBFAAEDJAHBBBGAA BGAAAHBBFEDJAAAAICBB AACBBFDJBGAAAIHBBAA AHBBGAAICDJAEEBBFAA BFAAHBBGDEAAICJAABB AAHBBFAJBEDAICBBGAA BFAAHBBGEDAAICBJAAB AJBFAAEBBGHDAICBBAA AHBBGAAICBAEFJAABDA AHBBGAAICBAEFDAJBBBA AAEBBGAHBFDAICBAJBA AHBBAACJBFDAIEBGABA AJBFAAEBBGHDAIBACBA ABBGAIDAHBAEFACJABBA BAHCAABFBGAEIJDJBAAB BAAEFBHDAAABCAIBGAJAB ABAIJBGACBAADHBFEBAA	293 312 337 350 374 378 385 396 411 434 471 477 485 531 563 604 624 666 684 704	81.5500 46.3500 42.7500 40.5500 40.1500 38.3500 37.9500 36.5500 34.7500 33.1500 32.9500 32.7500 32.1500 31.7500 30.9500 30.7500 30.5500 30.3500 29.3500 29.1500	
19	2-Opt	Or-Opt	AHBBBCEFAIDJBBGAAAA AAAEHDJBBBGGAAAAICBBF BBFAAAAIICGHDEAAAJB BBCAAAAIDJBBGEFAAHB BFAAAAIIDEHBBBCGAAAJB BBCAAAEFIDJBBGAAAAHB AABBCEFAHDEIJBBBGA AAHBBFIDEAAJBBBCGAA AJBBFAIDEAAHBBBCGAA BBAAACEFAIDJBBGAAAHB BBAAICEFAADJBBGAAAHB AHBBFAAEDJBGAAAIIBBCA BDAABCEFAAJBBGAAAHB BAAIBCEFAADJBBGAAAHB ABBFAIDJAHBGAECBBA BAAHBBCEFAADJBBGAAAHB ABBEAIDJAHBCFAABBGA BAADJBFAAIBCGAEBAAHB BAADJBFAAHBCGAEBAAHB	301 303 311 312 322 334 351 353 369 378 390 409 444 446 483 495 499 555 604	94.1500 60.9500 58.1500 50.7500 46.7500 44.3500 43.7500 40.9500 38.1500 37.7500 36.7500 34.5500 34.3500 33.3500 32.5500 32.3500 31.9500 30.1500 28.9500	
20	2-Opt	Double-bridge	CFAAAAAEDJBBBBBGAHI AAHICGAAEDJBBBBBFBA AAAIICBBBFEDJAAHBBGA BBAAAFEDJCBGAAAAAHB BBGAAAAHDJBBFIEAACB AAICBBBFEDJAAHBBGAA BBGAAIEFAAHBBCAADJ AAHBBGAICEDJAAHBBFAA BGAADJBBFAICEAAAHBB AAJBBBFAAEHDGAICBBAA BBAAAEFDJBBGAAAHB AHBBGAAAIJBFEEACBBA BEAAAIJBBGDAAHBFACB BAAICBBGAEDJAAHBFACB AJBBAAIDEAHBFACBBGAA BAAICBBAEDGAAJBFACB AJBBAAIDEAGACFAAHBBBA BFAAJBIAABDEAHBGAAACB BFAAJBIAABDEAHBGAAACB ABGAHBFACJBDAAABAEIBA ABFEABADJACGABAHIAAB ABIEABADJACGABAHFAFAB	298 299 308 338 349 350 377 379 382 388 399 415 443 466 470 476 499 559 600 694 905 1004	89.7500 89.5500 45.3500 43.1500 42.7500 40.3500 40.1500 39.3500 38.3500 37.5500 37.1500 34.3500 34.1500 33.5500 32.9500 32.7500 32.1500 31.3500 30.3500 29.9500 29.5500 29.3500	

ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	AAICBBGAAAEHDJBBBFAA BBFAAAAIICEDJBBGAAAHB AAICBBGAEDJAAHBBBFAA AAICBBBGAHJDJAAEBBFBA ACBBGAAIEDJAAHBBBFAA AAICBBBGAAEHDJAABBFBA ABBGAAICEDJAAHBBBFAA BAAEDJBFAAICBBGAAAHB BAAJBFAAEDCBBGAAAHB BAAJBFAAEACBBGAAAHB BAAJBFIDEACBBGAAAHB BAAJBFEDAACBBGAAAHB ABFAJBEDAAICBGAHBBBA AJBBGAAIEBAHDCBFBAAB BAAHBEIAADJBCGABFAAB BAAIEHDAABCGAJBFAAB ABDCAABGJAHBIABFBAEBA ABEAHBAGAIJDJABFABCA	303 304 350 363 365 378 379 391 421 469 470 519 527 550 578 594 760 784	44.3500 41.9500 40.1500 38.1500 37.9500 37.5500 37.3500 33.7500 33.1500 32.5500 32.3500 32.1500 31.7500 31.5500 29.9500 29.7500 29.1500 28.9500	
22	3-Opt	PI	AAHBBCEFAAAIDJBBBGAA AAHBBGEFAAAIDJBBBCBAA AAHBBGEFAIAADJBBBCAA AHBBFAAAIDJBGAAEBBCA AAHBBGAIDJBAAECEBBFAA ACBBAAIDJBGAAEHBBFAA AABCBGAIJDJBAAEHBBFAA BAAJBGAIIDEACBBFAAAHB AHBBAAIDJBGAAACEFABBA ACBBAAHJDJBGAAIEBFABA BAAIDCBAAIJBGAAEHBFBA BAAJBFIAACBAHDEBGAAB BAAJBFIAACBAHDEBGAAB BAABGAEIDJBAACHBFBAAB ABFBAAICJBDAAHBBGAEBBA ABABFAICJBDAAHBBGAEBBA ABAEBAICJBFAAHBBGDABA BAAJBGAIIDEACBAFBAHAB	301 350 390 396 408 410 449 470 494 535 568 583 587 626 656 662 690	40.9500 39.7500 39.5500 34.9500 34.3500 33.3500 33.1500 32.3500 31.5500 30.5500 30.3500 30.1500 29.9500 29.5500 29.3500 29.1500 28.5500	
23	3-Opt	API	AAAIEDGHBBBBJCFAAAA AAAIEDGHBBBBJCFAAAA AIDGAAAHHBBBBJCJFAAA AAAIEDGHBBBBJCJFAAAIF EDGAAAHHBBBBJCFAAAI AAIIDEHBBBBGAAJBCFAAA AAIIDEHBBBBGAACJBFBA AHBBBEDGAAAICJBBFAA BGAAAIDEBBJCFAAAAHBB AHBBBAEDGAAAICJBBFAA AHBBBGADEAAICJBBFAA AAHBBBEDGAAAICJBBFAIA BFAAAIIDEBBGAHBCAAAJB BEDAAAIJBBFAACBGAHBA BFAAAIIDEBBGAAHBJAAB ABBGAAEDHBAACJBBFAA BAAIEBDGAAICJBBFAAAHB ACBBFAAIDEAHBBGAAJBA ABBGAAEDHBAACJBBFAA BFAAJBAIDEBAACBGAHBA BAAHBCAAJBJIDGABFAAB ABFAJBAIDEBAACBGAHBA	286 287 308 311 314 321 324 330 347 377 383 396 409 426 437 438 457 470 483 524 572 640	83.7500 78.5500 76.3500 74.1500 70.5500 64.7500 62.7500 49.1500 42.7500 42.5500 41.9500 41.7500 36.5500 36.1500 34.9500 33.5500 33.3500 33.1500 32.7500 31.1500 29.5500 28.3500	
24	3-Opt	2-Opt	BBGEDJAAAICBBFAAAAHB AAHBBGDJAAAICBBBFEEA AAHBBGDJAAAICBBBFEEA AAJBBBFAAICEDAAHBBGA AAHBBGAICBAEDJBBFAA ABBGAAIEDJBFAAAHBBCA AAHBBIEAACBGDJAABBFBA AABBFEIAAJBHDAACBBGA AABBFEIAACBHDJAABBFBA AHBBIDAIAJBGCEAABBFBA ABFAJBDAAABCEIAAHBBGA BAAHBBIEAAJBGDCAABBFBA BAAIABFEAJBCDAHBBGAAB ABAHBBICAJBGDFAEABBA BAACBDIAJAHBFABGEAAB	312 325 367 371 391 407 460 480 488 515 562 594 618 656 679	58.7500 40.9500 40.1500 37.9500 34.5500 33.9500 33.3500 33.1500 32.5500 31.9500 30.9500 30.7500 30.3500 30.1500 28.7500	

ตารางที่ ๑๙ ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	AHBBBCFAAIEDJBBGAAA AAHDJBBBFCAAICBBGAA AAICBBBGEFAAHDJBBAA AAHDJBBBAAAICFEBBAA AAHBBBCFAAIDJEBBGAA AAHBDJBBFCAAICBBGAA AAHBDJBBFCAAICBBGAA AABHDJBBFAAAICBBGAA AAICBBFAHBGAEDJBBAA AHBBFAAJBEDAAICBBGAA AAIBBCFAHBGAEDJBBAA ACBBAAIFEBGAAHDJBBAA ACBBAAIFAHBGAEDJBBAA BAAECBFHGBAAIDJBBAA ABAEBCFHGBAAIDJBBAA BGAACBJAAEFHJDJBAAB BGAAJCBAAHBDEAIBFAAB ABAEBCFHGBAAIDJBBAA ABAEBCFHGBAAIDJBBAA BAAECBFHGBAAIDJBBAA BAACJBAAABHDGAIIBFAAB BAJADBFHGBAAIIBCBABA	304 308 320 337 343 360 361 389 391 411 422 442 471 524 525 548 573 592 600 618 797	50.7500 43.9500 41.9500 41.3500 40.9500 40.3500 38.5500 37.3500 35.3500 34.3500 33.7500 32.5500 32.3500 31.1500 30.9500 30.7500 30.5500 30.3500 29.9500 29.1500 28.9500	
26	3-Opt	Or-Opt	BGAAAAIECBBFAAHDJB BGAAAIICBBFEHDJAAAAB BGAAAIICBBFAEDJAAHBB AAHBBGAEBCAAIDJBBFAA AABBCFAAIEDJBBAAHBGA BAAIECBBFAAHDJBGAAAB AABBFHEDJBGAICAAHBBA BAABFAHDJBGAICAAHEB BAAIEBFACDJBBAAHBGA BIAABFEAABCAHDJBGAAAB BCAAABGDHBAEAIIBFAAB BAABEIDAJACBFHGBAAAB	316 336 350 396 420 432 469 520 557 569 618 627	46.9500 43.1500 38.9500 34.9500 34.7500 33.3500 32.7500 32.1500 31.9500 31.1500 30.9500 29.3500	
27	3-Opt	Double-bridge	AAAAHBCGAIEDJBBBFAA AAICBBBGAHDJBBFEAAA AAHBBFEDAAAIICJBBBGAA AABBGHDEAAAIICJBBFAA AAHBBGDEAAAIICJBBFAA BBAAIJEDJAAICBBGAAAHB AAICBBGAAEDJBBAAHBBA BGAACBFAAIEDJBBAAAHB BAAHBFEDAICBBGAAAJB BAAJBGAEAIICBBFAAHHB ACBBAAIEDJBFABGAHBA BAAHBGDAACBIFBAEJAAB	305 308 317 352 360 388 391 406 416 482 522 655	80.3500 47.7500 40.9500 40.1500 39.3500 38.1500 36.1500 34.9500 33.3500 32.3500 31.3500 29.9500	
28	3-Opt	IP	AIDJBBCEFAAHBBBGA AAIDJBBCFAAAEHBBBGAA AAIJBBCFAAAHBBBGEDAA AADJBBBCFAAAIEHBBGAA AAICBBBFAAEDJAAHBBGA BAAICBBFAAEHGDAAJBB AAICBBFAAEDJBAHBBGAA BCAAAIIDJBBFAAHBGAAB BCAAAIIDJBBFAAEHGBAA BFAAICBBDJAAEHGBAA BFAAICBAAEHGDHBAAJB BAAICBBAAEFDJAHBGAAB BAAEDJBAAHBFACBGAAB BFAAICBAAJBDEAHBGAAB BAAICBBAAEFDJAHBGAAB BAAJBGDAACBFAHBEAAB BAAJBDIAICBFAAHBGEAAB ABEAJBDIAACBFAIHGBABA BAADBEAJFAHBGACBAIBA	301 308 333 335 350 388 391 396 411 430 492 493 524 531 539 544 547 700 839	72.9500 44.9500 43.7500 40.9500 38.1500 37.7500 37.1500 34.9500 33.9500 33.1500 32.9500 31.5500 30.7500 30.5500 30.1500 29.5500 29.1500 28.7500 28.3500	

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	AHDJBBBBBFAAAICGEAA AAHDJBBFEBBICGAAAA BBFAAAAEHDJBBGAAICB BFAAAHDJBBGEIAAACBB BBCAAAAIEDJBBGFAAHH BFAAAHDJBBGAAICAEHB BAAAEDJBBFAAICBGAHH BAAAHDJBBFAAICBGEAAB BAAHDJBBGAAICBFAAEB BAAABDJBBGAAICBFAAHH BAAICBAAHDJBF AEBGAAB BAHACBAAIDJBF AEBGAAB BAIABJDAEBCFAHBGAAB	288 300 303 337 347 366 391 428 471 518 520 614 652	95.9500 94.7500 43.1500 42.7500 41.9500 39.5500 34.9500 33.9500 32.3500 31.9500 30.5500 30.3500 28.9500	
34	Or-Opt	Double-bridge	CBBBBGAIAAAAHBFEDJI BCEFAIAAAAHBBBGGAIJ BBGAAIAAHDJBBFEAICB BFAAAACEHBBBGAIAAIDJB AIJBBFAIAAHDCEBBBGAA BBGAAIAICDJBBFEAIAHH AAHBBEDCFAAAIJBBBGAA BBFAAICGAAEDJBBAAHH AAHBBGAADEFJBBBCAA AICBBFAAEDJBAIAHHBGA BGAIDJBBEAAACBFAAHH AICBBAABFEDJAAHHBGA AICBBAADJBF EAAHHBGA AHBBGAAACBFEIDAIAJBB BGAAEBCAIDJAABBFAAHH BAAHBJDAI FBBGAAACB BGAAIBFEDABCAHBAAJB BAAIJBAABC FDEBGAHH BAADJBAEBCFIAABGAHH ABGAJBF AHHBDICAAEBBA BAACBGDAHBAIEABJFAAB BAAEBGDAHBAICABFAJAB BAAIBGDAHBAECABFAJBA	299 301 308 323 329 330 349 367 390 391 410 424 427 441 471 494 550 560 587 599 677 682 753	110.7500 77.9500 52.9500 45.5500 44.7500 41.9500 40.9500 39.7500 38.5500 37.5500 37.1500 35.7500 35.3500 33.9500 33.7500 33.1500 32.5500 31.7500 31.5500 30.3500 28.5500 28.3500 28.1500	
35	Or-Opt	IP	FAIAAAAEIDJBBBGHBBBC AAHBBCAAIDJBBGGEFAAA BBCFAIAAEIDJBBGAAHH BBFAIAAIEDJCBGAAHH AAHBBGDEAAIICJBBBFAA AABBGHDEAAIICJBBBFAA BGAAHHBBCAIDFAAAJBB AEBBGAIDJAAHHBBBCFAA AHBBGAAICEDA JBBBFAA AHBBAAICDEFAAJBBBGAA BCAAEBFAIDJBBGAAHH BGAAHHBBCEAIDJBF AAB BGAAHHBBJAIDEFABCAAB BGAAHHJBBIDAEBFCFAAB AHBBAACFJBAIDAAEBBGA BCAABFJBDIAAHHBGAAB ABFAJBAIACBEDGAAHHBA ABGAHBF AIBCEDAABBJA BAAHBFJBAIDEACBGAAAB BAAHBFJBAIDEACBGABA ABFABAHHBJAIDAEACBA	286 312 314 315 322 352 363 368 371 393 396 409 493 512 524 541 545 557 586 702 814	186.9500 48.1500 43.1500 41.9500 40.9500 40.1500 38.3500 38.1500 37.9500 37.3500 34.1500 33.3500 32.7500 32.5500 32.1500 31.5500 31.3500 30.3500 28.7500 28.5500 28.3500	
36	Double-bridge	PI	AAAICEDJBBGAHBBBF A BBGAAIAICBBFEDJAAHH BGAAACBBFEIDJAAHHBB BGAAIAICBBFAEDJAAHHBB AEBBFAAIDJCAHHBBBGAA BAAEDJBF AAIICBBGAAHH BAAICBFAADJBBGAAHH BAAICBFAABGEDJBAHH BAAEBFAIDJBBGACAAHH ABBGAAEIDBCAAJBF AHH ABBGAAECBFAIDJBAHH ABGAHBCAABFAIDJBAEBA	304 308 333 350 382 391 427 469 540 569 591 628	77.1500 44.3500 41.9500 38.3500 37.9500 33.7500 33.3500 31.5500 31.3500 30.3500 29.9500 29.3500	

ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	AAAIJCEBBBGAHHBFFA	333	56.1500	
			BGAAIJBBFEHDAACBB	343	50.7500	
			AADJBCBBGAAAIEHBBFA	360	43.5500	
			BFAAIDJAAECBBBGAAAHB	367	42.5500	
			BFAAIDJAAEBBCCGAAAHB	369	40.1500	
			BGAAIJBBFAAAHDEAACBB	378	39.9500	
			BBFAAIDJAAEBCBGAAAHB	393	38.1500	
			BGAAIJBBFAAAHDECAABB	407	37.7500	
			AHHBBFAAIDEBCAAJBBGA	409	35.3500	
			BGAAAIJBBFAAHDEBAACB	432	34.3500	
			ABGAAIJBBFAAHDECBBA	445	33.7500	
			AHHBBGEAAJBFDCAAIBBA	482	33.3500	
			BGAAAIJBFAAHDEBCAAB	490	32.5500	
			AHHBBFAAIDEBAAJBACBGA	524	32.1500	
			BGAAJBFAACBAIDEHBAAB	539	31.5500	
			BAAHDACBBFAIEABGAAJB	548	31.3500	
			BAAHJBFAACBAIDEBGAAB	560	30.1500	
			BAAHJBFDAACBAIEBGAAB	582	29.9500	
			BAAHJBFDAACBAIEBGAAB	583	29.5500	
			ABDACBFAAJBGAHBAEBA	654	28.7500	
ABAEBDACBFAIJGHAHBA	705	28.3500				
ABGABDACBFAIJAHBEABA	744	28.1500				
ABGABDACBFAIJAHBEABA	796	27.9500				
38	Double-bridge	2-Opt	AHBBGAAAIJDBBBCFAAA	304	45.3500	
			BBCEAAAIFDJBBGAAAHB	326	43.1500	
			CBBFAAAAIEDJBBGAAAHB	329	42.3500	
			BFAAAAICBBEDJBGAAAHB	344	41.9500	
			ACBBGAAAIJDBBBBFCAA	365	39.1500	
			BGAAAIJDBBBBFCAA	379	38.9500	
			AAICBBFAAEDJBGHBBAA	391	36.7500	
			AEBBGAAAIJDBFAAHBBCA	396	34.9500	
			ACBBGAAAIJDBFAEHHBBAA	410	34.5500	
			BCAAAIJDBBGAAEHBFCAAB	411	33.9500	
			AABBCFAAIJDBGAAHBBAA	417	33.7500	
			ACBBAEFAAIJDBGAAHBBAA	465	33.1500	
			AAJBBFAIDAHBBGAAECBA	475	32.9500	
			BAAHBFAIDGAAEBBCCAAB	481	32.7500	
			BAAHBFAIDGAAEBBCCAAB	495	31.7500	
			BAAHBFAIDACBBGAEAAJB	524	31.3500	
			BAAHBFAIDGAAJBBCAAB	569	30.9500	
			BAAHBFAIDACBBGAEAAJB	576	30.3500	
			BAAHBFAIDGABBACJEAAB	609	29.9500	
			BAAHBFAIDGAEBCAJAAB	610	29.5500	
BAAHBFAIDGABACJBEAAB	628	28.9500				
ABAGBCIAABFEAJBDAHBA	785	28.7500				
39	Double-bridge	3-Opt	BGAAAAAAHBBBFIEDJCB	283	122.3500	
			AAAAIJBBBGHBBCFEAAA	285	74.9500	
			BBBGAAAAICBBFEAAHDJ	308	74.1500	
			BGAAAAHBBCFEAAIDJBB	313	66.7500	
			AAEHBBFAAICDJBBBGAAA	325	45.1500	
			AAHHBBFAAICDJBBBGAAA	330	43.5500	
			BBFEAAAIDHBBCCGAAAJB	344	43.1500	
			AAHHBBFAAICBDJBBGAAA	360	41.5500	
			AAHHBBFDJBCAAIEBBGAA	364	41.1500	
			BBCAAAIEDGAAHBBFAAJB	376	38.7500	
			AAHHBBFAAICEDGAAJBBA	389	37.3500	
			AAHHBAEDJBFACBBGAA	391	34.7500	
			AHHBAAIDJBCFAAAEBBGA	409	33.9500	
			AHHBAAEDJBCAAIFBBGAA	442	33.3500	
			AHHBAAEDJBFACBBGAA	444	32.5500	
			AHHBAAEDJBFACBBGAA	507	30.7500	
			BAAJBFACBDAAHBGAAB	551	30.1500	
			BAAEHBFAAIBDAJBCGAAB	570	29.3500	
			BAAEHBFAAIBDJABGCAAB	609	29.1500	
			BAAEFBADCBAIJAHBGAAB	621	28.5500	
BAAEFBADCBAIJAHBGAAB	628	28.3500				
ABFAHBAIJABDGAEBACABA	748	27.7500				
40	Double-bridge	Or-Opt	AAIDJBBGAAAHHBBBFCAA	309	44.9500	
			AAICHHBBGAAEDJBBFAA	330	42.1500	
			BBFAAIDJAAEBBCCGAAAHB	369	39.9500	
			BCAAAIJBFACBBGAAAHB	396	37.5500	
			BAAIDJBGAAAHBBCEFAAB	417	33.7500	
			AABBGDAEHBFACBBJAA	442	33.5500	
			BFAACBAIDEAJBBGAAAHB	470	33.3500	
			AABBCCJAEHBFACBBGAA	510	31.7500	
			BAAIDBCAHHBFAAJBGAEEB	548	30.3500	
			ABBAICDAJBAAFEBGHAHBA	658	29.9500	
			BAIDABFAACEBGAHBAJBA	723	29.3500	

ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	BBGAAAAIDJBCEFAAAHB	301	42.7500	
			BBFAAAIDJCEBBGAAAHB	333	41.9500	
			AAHBBGDEAAAIJBBBCFAA	334	40.9500	
			AAHBBGAEDAAIJBBBCFAA	371	39.9500	
			AAJBBBDAICEFAHBBGAA	390	38.3500	
			BFAAAIDJBCAEBBGAAAHB	396	37.1500	
			ABBCAIJDJBFAAHBBGAA	407	34.3500	
			ABCBAIJDJBGAAAEHBBFA	449	33.7500	
			AHBBCAAEDJBFAAIABBGA	458	33.5500	
			BAAABCIJDJBFAAEBGAAHB	506	33.1500	
			BGAAAHBBFDIAJAECSAAB	518	32.7500	
			BGAAAHBCBDIAJAEFBAAB	536	31.5500	
			BAADJBFAAEHBCABGAAIB	556	30.5500	
			BAAJBGABIAADEBCFAAB	578	29.7500	
BAIABFAEJAAADHBCGAAB	648	29.5500				
ABAHBGAJDBCAAIEBFABA	734	28.7500				
42	Double-bridge	IP	AICBBGAAAHDJBBBFEEAAA	308	46.7500	
			AAICJBBGAAAHDEBBBFAAA	318	44.9500	
			AAJBBGAAHDEICBBBFAAA	322	44.5500	
			BBFAAAAHDECBGGAAAIJB	329	43.1500	
			AAICBBBGAHAAHDEJBBFAA	340	40.9500	
			AAICBBBGAHAAHDEFJBBAA	342	40.1500	
			AJBBFAAHDEAAICBBBGAA	363	38.1500	
			BBAAHDEFAAICBBGAAAJB	371	36.7500	
			BBAIIEGAAHJBBFAAACB	415	36.5500	
			BAAJBFEDAICBBGAAAHB	416	33.3500	
			BAAIEBGAHJBBFAAACB	419	33.1500	
			BAADJBF AEIACBBGAAAHB	469	32.5500	
			BAAJBFADAEIACBBGAAAHB	482	32.3500	
			BAAJBFDEAAIBCBGAAAHB	501	32.1500	
			ABJBAIEFBGAAHDCBBAA	529	31.7500	
			BAAHBCGAAIBAEJBF AAB	539	30.1500	
			BAAHBCGAAEBIADJBF AAB	566	29.3500	
			BAAHBCAEBIADJBF GAAB	618	28.9500	
ABAHBFAEBCAIDAJBGABA	695	28.3500				
43	IP	PI	AAAAAAICEHBFDJBBBGGAA	276	153.9500	
			BGAAAIACBBFEDJAAAAHBB	308	41.9500	
			BBGAAAAICBFEDJBAAAHB	349	40.3500	
			AHBBFAAICEDAAJBBBGAA	371	37.9500	
			AHBBAAICEDGAAJBBBF A A	389	37.3500	
			BBAAAICFEDAJBBGAAAHB	391	37.1500	
			BGAAAIACBBFAHDJBAAAEB	404	34.7500	
			BAAICBAAEFDJBBGAAAHB	418	34.1500	
			BGAAAIACBBJAAHDEFAAB	437	33.7500	
			BAAICFAAEDJBBGAAAHB	444	33.5500	
			BAAIBFEDA AJBBGAAAHB	448	33.3500	
			BAAICBGAAJBF AHDEAABB	479	32.7500	
			BAAICBFAAHBGDEBJA AAB	489	32.1500	
			BAAEBCGAAHBF DJBA AAI B	496	31.5500	
			BAAICBFAAJBG AHBEDAAB	527	29.3500	
			ABFAEBAHBDJAAIBCGAAB	679	29.1500	
			ABAIJADGBCAAHBEFABA	740	28.7500	
			ABGIABACHAEBDABFAJBA	865	28.3500	
44	IP	API	AAAHBBCJBBBF EIDGAAAA	283	80.1500	
			AAAHBBCBBFEIDJBGAAAA	297	71.3500	
			AAAHDEBBGAAAIJCBBBFA	318	60.5500	
			AAHDEBBFAAAAIJCBBBGA	341	53.1500	
			BFAAAAHIDECCBBGAAAJBB	353	52.3500	
			AAHBBFIDEAAAACJBBBGA	355	46.3500	
			BGAAAHIDEBBFAAAACJB	357	43.9500	
			BBFAAAAHDCIEBBGAAAJB	370	41.9500	
			AHBBFAIDEAAACJBBBGAA	371	40.5500	
			BBFAAAAHIDECCBBGAAAJB	380	40.1500	
			BBFAAAAHIDEACBBGAAAJB	402	38.3500	
			AABBHDEF AA AJCBBGAA	413	37.3500	
			BGAAAEHBBIDA AJBBFAAC	439	37.1500	
			AHBBFEIDA AJBBACBGA	441	36.1500	
			AACBBFEAAHBBIDA AJBGA	444	35.3500	
			BAAJBF EA AHBBIDGAAACB	462	33.9500	
			AABBFIJAAEDHBBACBGA	495	33.7500	
			BFAAABCEDHBA AJBGAAB	504	31.5500	
BAACBFAEDHBA AJBGAAB	552	29.1500				
ABGABFAEDHBA AJBACBA	668	28.3500				

ตารางที่ 19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	AAHBBCEFAAIDJBBBGAAA AAHBBGDJAAAEICBBBFAA BBFAAIEAAHDJBBGAAACB BBAAEIFAHJBBGAAACB BBAAAEFDJAICBBGAAAHB BCAAHBFAAIDJBBGAAAE BAAHBFEDAICBBGAAAJB ACBBGAADJBFIAEAHBB ABBGAAIEBFANDJAACBBA ABGAIBFAAEBCAHDJBBAA BAACBGAIBFAAEHDJBAAB BAACBGAIEFBAAHJBAAB BAACBGAIEFBAHJBAAB	301 326 365 373 377 396 416 484 494 538 552 575 644	43.7500 40.9500 38.7500 37.7500 37.1500 34.1500 33.3500 32.7500 31.9500 30.7500 30.1500 29.5500 28.9500	
46	IP	3-Opt	HBBBGAAAAIEDJBBCFAAA BBFAAAAIDJBBCEGAAAHB AAHBBGDJAAAEICBBBFAA BBFAAAAIDJBBCEGAAAHB AAHBBGDJAAAEICBBBFAA ACBBAAHBGAAIEDJBBFAA BGAAJBFAAIEDCBBAAHB AAHBBGAAEDJBCFAAIBBA AEBBAAICBFDAJAAHBBGA AHBBGAAACBFEDAIAJBB BAAHBGAEFDAJBBCAAAB BAAEFDAJAAHBBGAAACB BAAEDFAHBBGAAICBAAJB BAAEDGAHBBFAAICBJAAB BAAIBGABDEFAAHBCAAJB ACBBAIEBFANDGAABJBA ACBBAIEFBANDGAABJBA BAAHBGAIDBAAEFBJAACB ABAHBGAIDAEFBJAACBBA BAJAEFBAAHBDGACBAAB BAAHBGAIDBAAEFBCAJBA ABIADHBCBAEFAJGBABA	304 318 326 347 359 406 421 422 423 441 466 470 483 490 557 559 582 601 624 633 704 863	62.1500 42.7500 40.9500 40.7500 39.3500 36.1500 34.9500 34.7500 34.3500 33.9500 33.7500 32.7500 32.5500 31.5500 31.3500 31.1500 30.7500 30.3500 30.1500 29.7500 28.9500 28.7500	
47	IP	Or-Opt	JBBCEFAAAAAHBBBGAAID BBGAAAIEDJBCBFAAAAHB BBGAAAIEICDJBFFAAAHB BBFAAAAIDEBJBCGAAAHB AAJBBDFAAAIHBBBCGAA AAHBBBGAECAAIDJBBFAA BBAEFAAICDJBGGAAAHB BGAAEDJBAAAICBBFAAHB BAAEFDAIDJBCGAAAHBB AICBBAAEFDJBGAAHBB BAAEFDAIDJBBGAAAHB AHBBFAEFAICBAADJBBGAA ABBCAADJBGAIEFAAHBB BAAJBFIAEDABCBAAAAHB BAACBGAIEBFBJDAAHB BAAJBEFDAIBAACBGAAHB ABBACEDAHHFAIJBGAA BAACBAIFEAJBDGAHBAAB BAHAEBIAACJBDGABFAAB BAGACBDHAHBAIJBAEFAB ABHACBIAEAJBDGABFAAB	301 329 331 362 368 370 380 391 410 418 420 477 493 512 538 571 618 641 689 712 814	65.7500 43.9500 41.9500 41.5500 40.9500 38.7500 37.5500 37.3500 36.5500 35.9500 34.1500 33.1500 31.9500 31.5500 31.3500 31.1500 30.1500 29.9500 29.7500 29.5500 28.9500	
48	IP	Double-bridge	AAAAHBBICEFDJBBBGAAA BBGAAAIDJBBCEFAAAAHB AAHBCBBFAAIEDJBBGAA BBGAAEFDAIDJBBCAAHB BBAACEFAIDJBBGAAAHB BGAAAHJBBFAAICBBAAE AHBGAAICBBEDAAAJBFFA AHBBGAABFEDAIAICBBAA AHBBFAAEJBGDAICBBAA AABBEFAAJBGHDAICBBAA AABHJBGDAICBFAAEBBA AABBCFAAJBGHDAIEABBA BFAABGEACBDAIJBAAHB BAAIDJBCAABEGAHBFAB BAAIDJBFABEGAHBACAB BACABFADEBAAHBJGIABA	293 301 329 350 378 404 411 424 452 466 529 534 562 577 654 886	64.5500 42.7500 39.3500 38.9500 37.7500 36.3500 35.9500 35.3500 34.1500 33.7500 33.5500 32.7500 31.3500 29.7500 29.5500 29.3500	

ตารางที่ ง.19 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	AAIEDJBBGAAAAHBBBCFA	304	52.3500	
			BBFAAAIEDHBBGAAAJB	335	41.9500	
			AAHBBEDJBGAAAICBBFA	344	40.3500	
			BFAAIDEAAHBBBCGAAJB	369	40.1500	
			AJBBGAAIEDAAHBBBCFAA	371	38.1500	
			AJBBFAAIEDGAAHBBBCAA	376	37.9500	
			AJBBAAIEDGAAHBBBCFAA	389	37.5500	
			AHBBAAEDJBGAAICBBFAA	391	33.3500	
			AHBBFAAIEBGAADJCBBAA	447	33.1500	
			ABGGAIDAEHBCJAABFFA	492	32.5500	
			AHBBAAIDGABCJAAEBFFA	495	32.1500	
			AHBBAAIEDGABCJAAEBFFA	506	31.9500	
			BGAABCAIDEBAAJBFAAHB	525	31.1500	
			ABFAHBJAAEBGDAICBBAA	543	30.5500	
			BAADGBCAIEBAAJBFAAHB	585	30.3500	
			ABCABGAIEAJBFDAAHBBAA	609	29.9500	
			BAAEBGAJABFIACBHDAAAB	676	29.1500	
ABAJGAIFFAAECBDAHBA	702	28.7500				
ABEAHBGAJABFDAIBACBA	754	27.7500				

4.1.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAICEDJBBBGAHAHBBFAA	304	53.5500	
			AAHBBBFEDJAAAICBBGA	308	43.9500	
			BBAAAICFEDJBBGAAAHAH	324	43.1500	
			AAHBBBFEDGAAAIJBBBCAA	334	40.9500	
			AAHBBBFEDGAAAIJBBBCAA	372	39.7500	
			AAHBBBCAAIEFADJBBGAA	377	38.5500	
			AAHBBBFEDGAAAIJBBBCAA	391	38.1500	
			AHBBFAAAIDJBBGAAEBCA	396	35.1500	
			ACBBFAAAIDJBBGAAEHBA	410	34.3500	
			ABBGAAHDJBCFAAAIEBBA	433	33.9500	
			AABBGAIDEBCFAAHBJBAA	477	33.7500	
			ABBGAAHDJBCFAAAIEBBA	484	32.9500	
			BCAAHBFAAEDJABBGAIAB	533	32.5500	
			BAABGAIJBCFAAHBEAAB	540	30.9500	
			BGAAJBFAABCEAHDBIAAB	598	30.3500	
			ABGBAAHDEBCCAIBFIAAB	661	29.9500	
			ABCFAAAIEADBGAJBAHBA	736	29.3500	
2	PI	API	BFAAAAAAIEHBBBGDJCB	285	128.3500	
			BBBFAAAAAAHDEICJBGB	300	100.1500	
			CBBFAAAAAAIEHBBBGDI	311	93.3500	
			BFAAAAAAICBBGDJAHBB	325	80.5500	
			CJBBFAAAAAIEHBBBGDAI	329	63.9500	
			AAHBBBGDEFAAAICJBBA	330	41.9500	
			AAJBBBCGEDAAAHHBBIFAA	361	40.9500	
			AAJBBBCGEDAAAHHBBIFAA	385	40.7500	
			AAJBBBCGEDAAAHHBBIFAA	399	39.9500	
			BBAHDJAAICBBFGAAAE	402	36.5500	
			BJAICBBGAAAHBFDAE	429	35.7500	
			JAABBEFAAICBBGDAAAHA	450	35.5500	
			AAJBBGAAHICBFDAEABBA	463	34.7500	
			BAAHBDJAAICFEHBBGAAAB	464	34.5500	
			BAHBAEFAAICBBGDJAAAB	491	34.3500	
			BAHDAAICBBFAAJGEEAAB	495	32.1500	
			ABGGAICBAEHJDAABFFA	568	31.9500	
AJBAAIFCBAEDGAAHBBAA	576	31.7500				
ABAJBAICBAEDGAHBBFAA	592	31.5500				
ABDAAICBBGAEFAJBAHBA	593	30.5500				
BAAJBHAIACBAEDGABFAAB	659	28.7500				
ABDABEFABGACIABJHABA	915	28.3500				

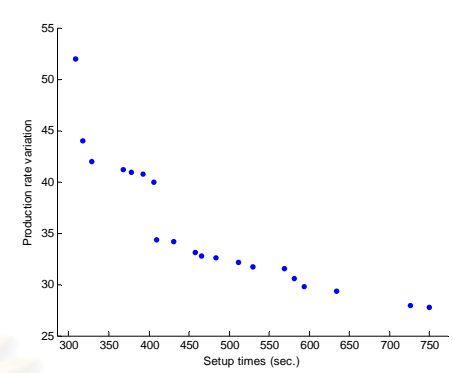
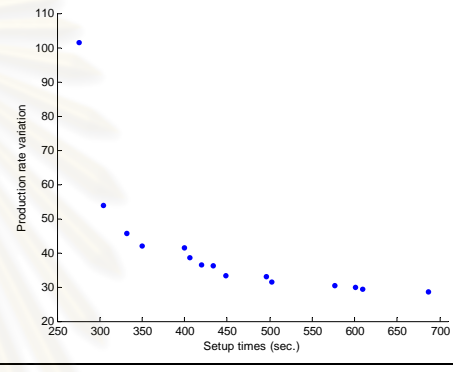
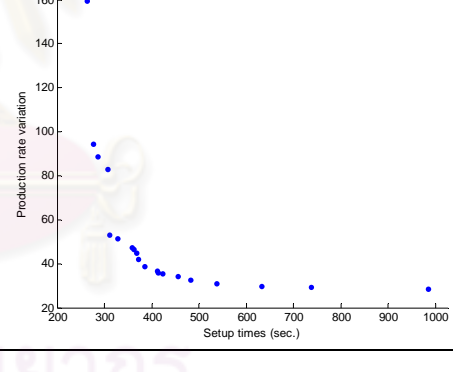
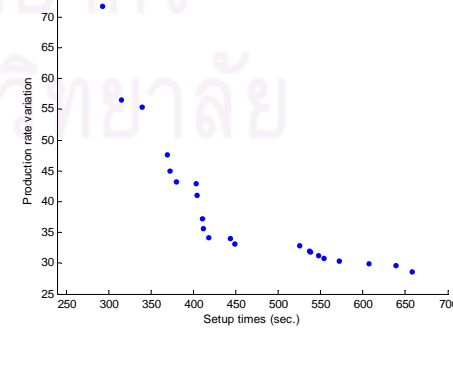
ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
3	PI	2-Opt	AAHBBGDJBBBFEICAAAA BBFAAAICEDJBBGAAAH AAICJBBBFEDAAAAHBBGA BBFAAAACEIDJBBGAAAHB BBAAIIFEDCJBBGAAAHB AAICJBBBAAAEFDHBBGAA BBFAAIEDJAAAHBBGAACB AAHBBDJAAEFAICBBBGAA AEBCAAIDJBBFAAHBBGAA BFAAJBEDAACBBGAAAHB AAJBFFEDAHHGAIACBBAA AEBBAAICDJBFAAHBBGA BAAICJBFAAHBBGEDAAB BAADJBCFAAIHBBGAAEB AAJBBCEDAHHGAIFFABBA AJBABEDAICBGAAAHBBFA AEBABDJAAICBGAAAHBBFA BAAEBAICDJBFAAHBBGA BCABDAJBAIFGAHBEAAB ABIAHBACJBAADGEBFAAB	287 304 317 329 345 349 365 369 396 411 416 426 437 467 490 527 531 542 658 731	96.7500 48.5500 47.1500 44.3500 43.1500 42.1500 40.7500 39.3500 37.9500 34.3500 34.1500 33.9500 33.7500 33.3500 33.1500 32.9500 32.1500 30.5500 29.7500 28.9500	
4	PI	3-Opt	ICBBGAAAAEHDJBBFAAA AAHBBBCFAAIEDJBBGAAA AAHBBBCGAAIFEDJBBAAA AAICBBBGAAEDJAAAHBBFA AAHBBBCGAAEAIDJBBFAA AAECBBBFAAIDJAAHBBGA AAHBBBCFAAIEDJAAHBBGA AAEBBCBFAAIDJAAHBBGA AHBBGAAIDJBCAAEFBBAA AHBBGAAIDJBCAAEFBBAA AHBFAABBGEAAIDJBCBAA BAAHBGAACBJDFBFAAAEB AHBGAAABCBAIDEFBAAJBB BAAJAHBCBGAAIDEBFAAB BAAJCBGAIBAAHDEBFAAB BADABCEAAJHGAIBAFAB BAFABIAGHBJAAECBADBA	303 304 328 350 356 367 379 393 396 436 458 473 517 522 575 821 897	63.3500 45.3500 43.7500 39.9500 39.5500 38.1500 37.5500 36.5500 34.5500 34.1500 33.5500 32.9500 31.9500 31.5500 29.5500 28.7500 28.5500	
5	PI	Or-Opt	AAAAIBBGEHDJBBBCFAAA BBGEFAAAAAIDJBBBCAAH AHBBGDJAAAIFFBBBCAAA AHBBGAAAAIDFBBBCJAA AAHBBBGEFAAAAAIDBCCJA AABBDIDGEFAAAAAHBBBCJA AABBBFEAAAAHDJICBBGAA BBFGAAIAAEDJBBCAAAHB AEBCAAHBGAAIDJBBBFAA BFAAEDJBCAAHBBGAAAIIB BAACBGAIDJBBEFAAAHB AHBBGAAIIBCDEFAAJBBAA BAAHBGEAAIDCBBFAAABJ BAAJBFDAAACIEBBGAAAHB BAAEFAICBBHDAAJBGAAB ABEFAABCADJBGAAHBBAA ABGABDFAAIEBCJAAHBBAA BAABEAIDJABHFACBGAAB	296 312 344 347 362 373 374 381 396 409 418 449 489 502 505 535 578 670	65.7500 53.5500 47.1500 45.9500 45.1500 44.3500 43.9500 42.1500 39.7500 36.9500 34.1500 33.9500 33.5500 33.1500 32.9500 32.5500 30.7500 29.1500	
6	PI	Double-bridge	AAAAEHBBBCGAIDJBBBF AAHDDJBBEFAAICBBBGAA AAHBBBGDEFAAAICBBJAA AAJBBBGDEFAAAHICBBAA BGAAAHDJBBCAAFAAIBB ABBGAAIEFDAAHBBBCJAA BCAAAHBBEFAAIDJBBGAA AJBBGAAAIEDCBFAAHBBAA AAHBBBCJAAIDBFAAEBBGA AABBFDAIABCJAAHBBBA BAAHBCJAAIDBFAAEBBGA BAABDEAJABCIFAHBGAAB BAJAEDBABCIFAHBGABA	309 311 327 361 376 399 419 421 446 502 562 681 886	98.1500 50.9500 42.7500 41.9500 39.5500 37.5500 35.9500 35.1500 34.3500 32.5500 31.7500 29.3500 28.9500	

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier				
7	PI	IP	IDJBBGAAAAHBBBCFEAAA	313	64.1500					
			GAAAHDJBBBBCEFAAIB	327	63.5500					
			DJBBGAAAAHBBBICFAAE	328	56.3500					
			DJBBGAAAAHBBBCBEFAAI	341	53.9500					
			BGAAAEIDHBBBCFAAAJB	344	45.5500					
			AAEBBFIDJAAAHBBBCGAA	353	40.9500					
			BGAAECBBFAAIDJAAHBB	367	38.9500					
			AACBBBFEAIDJAAHBBGA	374	38.1500					
			AAEBBFIDJAAHBBBCGAA	393	36.9500					
			AEBBFAAIDJBBCAAHBGA	396	35.1500					
			BGAAECBBFAAIDJAAHBB	408	34.3500					
			AABBEFDJAAHBBGAAICBA	446	33.1500					
			AABBGFFAAICBDJAAHBBA	447	32.9500					
			BAAEBFAAIDJBCAAHBGAB	512	32.1500					
			BAAEBFJAAHBBGCAIDAA	523	31.9500					
			BFAAICBAJBGAAEDBAAHB	543	31.7500					
			ABBAAIDHBGAAECBFAJBA	554	31.5500					
AHBAICBAJBGAAEDBBFA	574	31.3500								
ABBAAIDHJBGAAECBFABA	590	31.1500								
ABJACBGAAIDHBBAAEFBA	595	30.7500								
ABFACBGAAIDHBBAAEFBA	616	30.3500								
BAAIBGADJACBHBAAEFBA	649	29.5500								
ABIAHBFABDAAGBJACBA	746	28.5500								
8	API	PI	BBCFAAIEDJBBGAAAAHB	304	47.3500					
			BCAAHBBGFEFAAAIDJBB	312	46.7500					
			BCBFAAIEDJBBGAAAAHB	329	46.1500					
			ACBBFAAIEDJBBGAAAA	338	44.1500					
			BFAAAHBBGDEICAAAAJB	342	41.9500					
			AHBBGAAEFADJBBBCAA	350	41.3500					
			BFAAAICBBGEDJBAAAAHB	353	41.1500					
			ACBBFAAIEDJAAHBBBGAA	365	37.9500					
			BGAAICBBAEDJBFAAAHB	391	35.1500					
			BFAAAICBBDJAAHBGAAEB	415	34.1500					
			AJBBAIDAECEFAHBBGAA	475	33.5500					
			AHBBFAAIBAEJAAACBBGA	483	33.1500					
			AJBBAIDAECEFAHBBGAA	498	32.7500					
			BAADEFAIBBGAHBCJAAB	522	31.5500					
			BAJAAHBBGADFAIBEAAB	621	31.1500					
			ABJACBEAABIDGHAABFBA	662	30.3500					
			ABJACBEAABIDAHBGABFA	685	29.3500					
BAIACBEAABJHDABGFAAB	736	28.9500								
9	API	API	AAHBBCFAAAEIJBBBGDAA	347	42.7500					
			AAHBBCFAAAEIJBBBGDAA	372	40.9500					
			BBFAAAEDJAIIBCCGAAAHB	382	38.3500					
			AAHBBGCBFAAAEIJBBDDAA	411	38.1500					
			BAAICBFDAAJBBGAAAEHB	430	34.5500					
			BFAABCDJAAHBBGAAAHB	465	34.3500					
			AHBBAAEDJAIIBCCGAAAHB	466	32.7500					
			BAAICBFDAAJBBGAAAEHB	477	32.3500					
			BAAICBFAEBGAAJBDAAHB	523	30.3500					
			BAAICBFDAAJBGAEHBAAB	563	30.1500					
			BAAICBFDAAJBGAEHBAAB	602	29.7500					
			BAAICBFDAAJBGAEHBAAB	665	29.5500					
			ABACBIDFAAJBGAEHBAAB	681	29.1500					
			BAAICBAGHBAADFABEJBA	723	28.3500					
			BAAICBAGHBAADFABEJBA	807	27.9500					
			10	API	2-Opt		AAAHDJBBBBBCGAIEFAA	272	78.9500	
							FAAHDJBBBBBCGEAAAIA	291	75.3500	
AAAIBBBBCCGAAAEHDF	309	74.1500								
AAAHBHBBBCCGAAAEHDF	316	71.7500								
AAHBBBFEDGAAAIICBBJA	332	43.9500								
AAHBBBCCAAAIIDGEBFAA	363	40.9500								
AAHBBBFAICEDAAJBBGAA	371	39.5500								
AAHBBBFAICEDAAJBBGAA	394	37.7500								
ABBFAAICBGEDJAAHBBBA	428	35.5500								
AHBBFAAICBJAAAEDEBBGA	434	35.1500								
ABBFAAICBJAAAEDEBBGA	435	33.9500								
BAAJBIFAACDEBBGAAAHB	481	33.1500								
BAAIDJAEBBCAABFGAAHB	510	32.9500								
AAHBBDJAEBFACBAIBGA	548	32.7500								
AIBAEBGAHBFACDJBBA	559	31.5500								
BIAABDGAEBCAAHBFABJA	570	31.3500								
BAAIBDJAEBCAABFGAAHB	588	30.7500								
AHBBCAAIBJAGDAEFBABA	620	30.3500								
ABDAIBJAEGBAHBFACBA	670	30.1500								
AJBABFIAAHBGDAEBACBA	695	29.1500								

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
11	API	3-Opt	AAICBBBAAAAHBBFEDJA BBGAAAIJBFEDAAAAHBB BGAAAIJBBCFEDAAAAHBB BFAAACBIJEDJGAAAAHBB BFAAIJBBCEGAAAAHBB BGAAACBIJBFEDAAAAHBB AAHBBBCFIAAEDAJBBGAA ABBFAAIDJBCEAAHBBGAA BGAAAIJBBCDAAEFAAHBB ABBFAAIDJBCEAAHBBGAA AABBCCAIJBAEFAHBBGAA ABBFAAIDJBCEAAHBBGAA ABGAHBCAAEBBFAAIDJBA AAHBBFAIJAEDGAABCBAA BFAAABIDACBJAEHBBGAA BAHFAABBCEAIDAJBGAAB BFAACBAHBEAIDAJBGAAB BGAAHBAECBAIJABFDAA ABGAHBAECBAIJABFDABA ABGAHBAECBAIJABFDABA	308 317 329 368 378 393 406 409 431 458 466 484 512 530 569 581 593 634 726 750	51.9500 43.9500 41.9500 41.1500 40.9500 40.7500 39.9500 34.3500 34.1500 33.1500 32.7500 32.5500 32.1500 31.7500 31.5500 30.5500 29.7500 29.3500 27.9500 27.7500	
12	API	Or-Opt	BBIFEDJCGAAAAAAHBBB BBFAAIJEDJBCGAAAAHBB BIFAAEDJBBCGAAAAHBB BFAAIJBBCGAAAAHBB BBGAAIDFAEHBAAACBB BAAAIJEDJBBCGAAAAHBB AAHBBGDEAAAIJBBFAJBA BJAABGEDAAAIJBBFAHBB BAAIJBGDAACBBFAAAHBB AABBIDJACBGAFFHBBAA ABBADJACBGEFAAAHBB BJAABGACBDAAHBEFAAB BAABGAIJACBFAEHBAA BAAIHBAAABGDACBFAEAB ABIAHBJAABGDACBFAEBA	276 305 332 350 400 406 420 434 448 496 502 577 601 609 687	101.3500 53.7500 45.5500 41.9500 41.5500 38.5500 36.3500 36.1500 33.3500 32.9500 31.5500 30.3500 29.9500 29.3500 28.5500	
13	API	Double-bridge	DJCGAAAAAAIEHBBBBBF BBCGAAAAAAIEHBBBFDJ BBCGHIAAAAAAEFJBBB BBGAAAAAAHBBBFDJAI AICBBFAAAHBBBGEDJAAA AAAEICBBBGAHBBFDJAA AAAHBBFDEICGAAJBBBAA AAAHBBFDEICGAAJBBBAA AAHBBBCGEAAAJBBFIDAA BDJBAAAAIJBBGFAAAHBB BBAAAIJACBGEFAAAHBB AABBFAIEDAAHBCJBBGAA AAHBBDJAAEBBFAAICBGA BAAAEBFDAICBBGAAHBB BFAAEBAAIJBBGAAHBB BAAEBFADJACBGEFAAAHBB BAAICBFADJBBGAAHBB BAAAGAHDAJBCFAIABAA ABGAHBAFAEABDJACIABBA ABAJDBAEFABHGACIABAA	263 277 287 308 312 328 358 362 369 372 386 413 415 423 456 482 538 633 737 986	159.3500 94.1500 88.7500 82.7500 52.7500 51.3500 47.3500 46.3500 44.9500 41.9500 38.5500 36.7500 35.9500 35.3500 33.9500 32.3500 30.7500 29.7500 29.1500 28.5500	
14	API	IP	AAAIJCFEHDJBBBGGAAAA AAAIJCFEHDJBBBGGAAAA AAHBBCAIFEDJBBBGGAAAA BCGAAAAHBBBIDEFAAJBB JBFAAAAIJBBBGGAAHBB BBFAAAAIJBBBGGAAHBB BGAAAIJBBBGGAAHBB CBBAEDFAAAHJBBBGGAAI BBFAAAAIJBBBGGAAHBB FAAHBBGAAIDJBBEAAACB AHBBEDAAAIJBBBGGAAHBB BAAICBAAEFJBBBGGAAHBB AEBBDAAIJBBBGGAAHBB BAAICBFAAIJBBBGGAAHBB ABDHBAAIJBBBGGAAHBB ABAEDHBAAIJBBBGGAAHBB BAAIEBFACBGAADJBBAAH AJBBDAAIJBBBGGAAHBB BAAIJBGAAACBDEFAAHBB BADEBAAIJBBBGGAAHBB ABEHBAAIJBBBGGAAHBB AHBAEBAAIJBBBGGAAHBB BAAEBCGAJBBBGGAAHBB	261 292 314 339 369 372 379 403 404 410 411 418 443 449 525 537 538 547 554 572 607 639 658	73.7500 71.7500 56.5500 55.3500 47.5500 44.9500 43.1500 42.9500 40.9500 37.1500 35.5500 34.1500 33.9500 33.1500 32.7500 31.9500 31.7500 31.1500 30.7500 30.3500 29.9500 29.5500 28.5500	

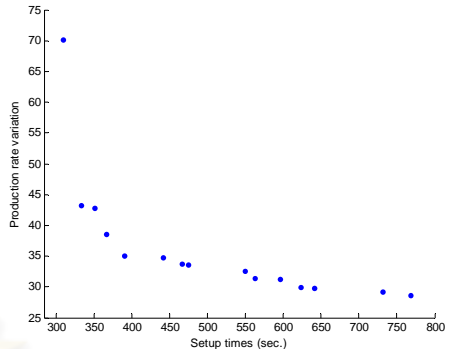
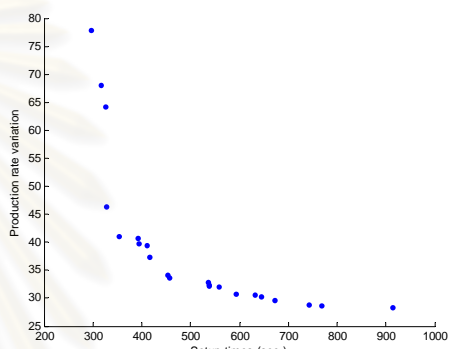
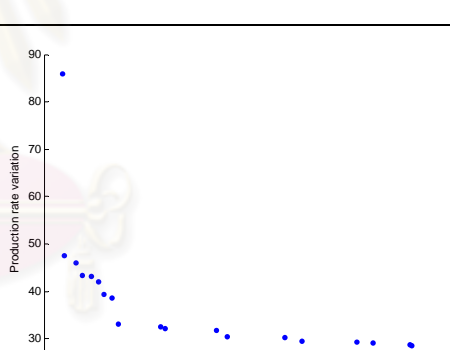
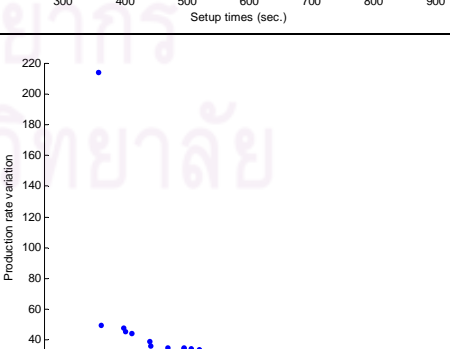
ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
15	2-Opt	PI	BFAAAICEDJBBGAAAHHBB AAAIBBCGEDJAAHBBBFAA AHBBGAAAICBFEDJBBAA AHBBGAAAICBFAEDJBBAA AHBBGAAIEDJBFAAACBBA AHBBCAAEDJBGAAIBBFAA BAAICBFAADJBBGAAAEHB BAAICBAAEDJBBFGAAAHB ABBFAAEDJBAICAAHBBGA BAAHBGAAEDJBAICBFAAB BAAHBGAIEDJBAACBFAAB ACBBADEBGAIFAHBJABA ABAHBGAECBAIFJAABDA ABBADJAICBAEFAHBAABGA ABHAABDEBGAIFABJACBA ABADHBGAIBCFJBAEBA	304 344 349 391 406 409 422 430 469 507 522 630 662 668 746 749	46.7500 45.1500 41.5500 36.3500 36.1500 34.9500 34.3500 34.1500 32.1500 30.7500 30.5500 30.1500 29.7500 29.5500 29.3500 27.9500	
16	2-Opt	API	FEICGAAAAAAHDJBBBBB AAAAAHDJBBBBBCFGEIAA BBBFAICGAAAAAAHDJBB BBBFAICGAAAAAAHDJBB AAAAHDJBBCCBBGAAIEFA BBCAIEFGAAAAHDJBBB BBFAAAAAHDJBBGAAIICB BBFAAAAAHDJBBGAAIIEB AACBBBIEAAAAHDJBBFGAA AACBBBIEAAAAHDJBBGAA BBIAEFAAHDJBBGAAACB BBAAEFAAHDJBBGAAACB ACBFAAHHBAAIEDJBBGAA AACBBGAHDJBAIEBBFAA BFAAAIEBBGAAHDJBCAAB AHBFAAJBBGAIEDAABBCA BCAAHBFDAAJBBGAAIEAB BAAHBCFDAAJBBGAAIEAB CAABBGAAHDJBAIEBFBAAB BAAHBJAIDAEBBFACGAAB ABGAEBAAHDJBAIIFCBAA ABAHBJAIDAEBBFACGABA	243 274 284 285 296 297 308 328 366 376 386 397 406 419 420 474 493 495 536 568 609 684	164.9500 101.9500 80.3500 77.3500 73.5500 67.9500 44.3500 43.1500 42.5500 40.9500 38.7500 37.5500 36.1500 34.3500 33.3500 32.7500 32.5500 32.3500 31.5500 30.3500 30.1500 29.9500	
17	2-Opt	2-Opt	AIJBBBBGAAAHBBFEDAAA AACJBBBBGAAAHBBFEIDAA BBGAAAAHBBFEICAAADJB AAHBBCEGAAAJBBIFAA ABBGAIDEFAAAHBBBCJAA ABBCAAIEDJBGAAHBBFAA ABBFAIEDJBGAAHCBBA ABBGDJEAHBFACBBA ABBFAIDJAEBCAAHBBGA ABBFAIEDJBGAAHCBBA ABGBAAHDJBAAEFCBBAA ABBGDCEAAHBFACBBA ABGAIEBAAJBFDAACHBBAA ABGAIEBAAJBFDAACHBBAA ABAHBEAIDJBAEACBFBAA ABAHBEAIDJBAEACBFBAA BAAJBFDAIBGABCEAHBA BAAGBFAIDEABJACBAHBA	340 342 348 354 377 407 451 458 471 523 582 585 601 659 698 708 781	59.3500 48.1500 47.9500 40.9500 39.5500 34.3500 34.1500 33.7500 32.5500 31.9500 31.7500 31.1500 30.9500 29.9500 28.9500 28.5500 28.3500	
18	2-Opt	3-Opt	BBCFAAAAAAIDJBBGEHB BBBICFGAAAAAAEHDJBB BBAICGEFAAAAAAHDJBBB AAIDJBBCEFAAAAAHBBBG AAIDJBBBFAAAAEHBBGGA AAJBBGDEFAAAAHBBBICAA BBAIDCEFAAHHBBGAAAJB AEBBFAAHBGAAIDJBBCAA AEBBFAAHBGAAIDJBBCAA ABBGAAHBFEEAIDJBBAA AEBBFAAHBGAAIDJBBCAA ABCGAAHBFEEAIDJBBAA BAAHBGEAADFJBBIAACB BAAHBGEAADFJBBIAACB BAAJBGABFDAAIEHCBAAB ABEAHBFJBAIDGACBBAAB BAADJBEABGFAAHCBAAB BAEAJBDABFGAAIHCBAAB BAIDAABHBAEGJACBFAAB BAEABDAJBFGACAIHBAAB BAIDABAHBEAGJACBFAAB	270 279 296 301 309 353 393 396 420 430 434 454 560 604 606 611 642 715 721 748 764	91.7500 88.7500 73.7500 61.3500 46.3500 40.9500 38.1500 34.5500 33.7500 33.5500 33.3500 32.7500 32.1500 31.1500 30.9500 30.3500 30.1500 29.9500 29.7500 29.5500 28.9500	

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
19	2-Opt	Or-Opt	AAAAICEDJBBGHBBFFAA	276	106.7500	
			AEHDJBBBBBGAACIFAAA	278	104.7500	
			AAAAIEBBGHDJCBFFFAAA	300	67.7500	
			AAEHDJBBBGAACIFBBFA	303	47.5500	
			BFAAAIEHDJBBGAAAACBB	318	46.7500	
			AAICBBEAAHDJBBBFGAAA	342	46.3500	
			AAAHBEDJBBGAAACBBFA	344	44.7500	
			AAICBBGAAHDJBBFFAAEA	350	43.3500	
			AAHBGEDJBBAAAICBBFA	353	42.3500	
			BBFAAICEDAAAJBGGAAHB	371	40.7500	
			AAJBGGEDHBAACICBBFA	383	39.9500	
			BBAAAICEDGAAJBFFAAHB	389	37.5500	
			AABBHDJBFAAAICEBBGAA	397	37.3500	
			AAEBBGAHDJBFAAICBBAA	404	34.5500	
			BAAIEBGAHDJBBFAACB	419	33.1500	
			BAAIEBGAHBBAFDJAACB	529	32.7500	
			BDAAIHBBGAJAECBFAAB	541	32.5500	
BAAEBCFDJABBGAIAAHB	570	32.3500				
BAAEHBBAADGJAICBFAAB	574	31.7500				
BFAAIBAHBGACEADJBAAB	631	30.1500				
BAADEABHCBFAAIBGJAAB	691	29.9500				
BAAGBECAAFBJDIABHAAB	873	29.5500				
20	2-Opt	Double-bridge	FAAAAAAICGDEHJBBBBB	270	223.7500	
			FAAAAAAICGDEHBBJBBB	289	213.3500	
			EAAAAAAICGDHJBBBBBF	292	209.7500	
			AAAAAAIDHJBBBBBGCEF	296	204.9500	
			CEFAAAAAAIDGHBBBJBB	297	172.7500	
			BGAAAAAICEDJBBBFAAH	304	54.5500	
			ACBBGAAAIHJDJBBFFAAA	318	44.1500	
			BBFAAAAIHDEJCBGGAAAHB	356	41.9500	
			AJBBCAAIDEFAAHBBBGAA	363	37.9500	
			AAHJBBBCAAIDEFAABBGA	399	37.5500	
			FAABBGAAEIDJBBCAAHBB	417	36.5500	
			AAHBBCFAIDEBAAAJBGGAA	422	35.5500	
			AABGHBBCAAIDEFAJBBA	451	35.3500	
			AAHBBCFAIDEBAAAJBGGAA	460	35.1500	
			AHBBGAAEDJBBAAIFACBA	471	34.3500	
			BFAABDEAACJBBGAAAHB	502	34.1500	
			AABBIDGAEBCFCAAHBJBA	510	33.5500	
			BAADEBJCAAIBBFGAAAHB	518	33.3500	
			AHBFAABBGDIAAJBCBA	526	33.1500	
			BCAABFAHBIDAEBGAAJB	541	31.5500	
			ABDAACBJBGAEHAIABFFA	646	31.3500	
			AIBACBGAFABDJAHHBBEA	654	31.1500	
BCAABFAHBADIAEBGAAJB	655	30.9500				
BAAIJBGACFAHBEAADAB	675	30.5500				
BGAACBDJBAEFHBAIBA	726	29.1500				
BAAFJBACBIAEHABGADAB	798	28.5500				
ABHAJBACIBAEFABGADBA	901	27.5500				
21	2-Opt	IP	GAICFEAAAAAHDJBBBBB	283	156.5500	
			AAAAHHBCJBBBGAIDEFAA	302	71.3500	
			ICBBBFEEAAAAAHDJBBGAA	308	65.9500	
			BBFEAAAAAHDJBBBGAAC	311	54.7500	
			AICBBGEFAAAAAHDJBBBAA	320	49.1500	
			BGAAAAIDCEHBBFAAAJB	338	41.9500	
			AAHBBGAAEAIDJCBFFAA	366	40.7500	
			AAJBBCGAAIDEAHBBFAA	369	38.5500	
			AAJBBCGAAICEDAAHBBFA	371	37.9500	
			AAHJBBBGAIDEFAABBCCA	399	37.5500	
			AAHBJBGGAAIDEACBBFAA	409	36.9500	
			BGAAAIHBCDEAAJBFFAAHB	415	36.3500	
			BGAAAIHBBCFAAJBAAEB	439	35.9500	
			AABBIDEFAAHBBCAAJBGA	441	33.9500	
			AABBIDEAAHBCFAAJBBGA	446	33.1500	
			AABBIDEAAHBCFGAAJBBA	485	32.5500	
			AABBFEAICBAHDAAJBBGA	491	32.3500	
ABBGAAICBDEAAJBFAAHB	531	32.1500				
ABGABIABCFEAAHDJBBAA	570	31.7500				
BAAACBFABHJAABGDEIAAB	576	30.9500				
BAABGDCAAEFBIAHJBAAB	641	29.9500				
ABACBFABHJAEDGABIABA	750	28.7500				
ABAIJBABHCAEGABFDABA	775	28.3500				

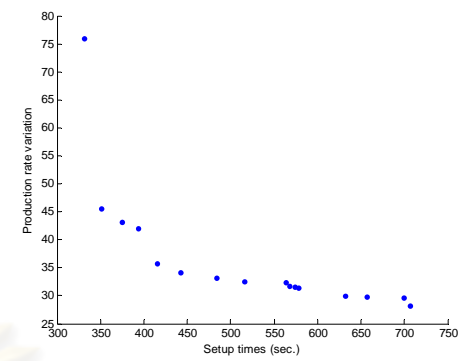
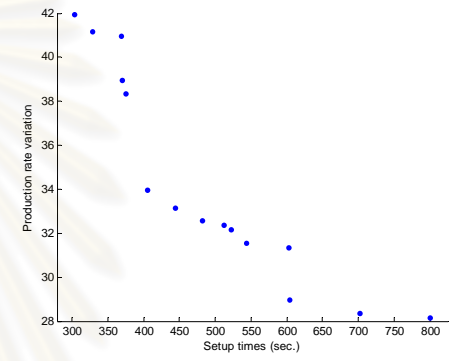
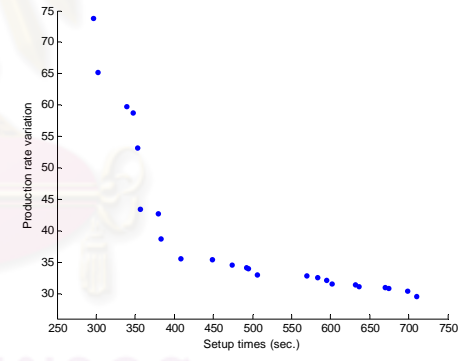
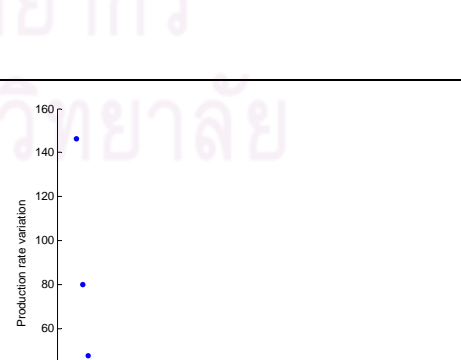
ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
22	3-Opt	PI	CGAAAAIDJBBBFAAAEHBB	309	70.1500	
			BCBGAAAAIDJBBFAAAEHBB	333	43.1500	
			AAHBBICEDGAAAJBBBFAA	351	42.7500	
			AAHBBFAIDJAAECBBBGAA	367	38.5500	
			BAAAEDJBBGAAICBFAAHH	391	34.9500	
			AAHBBCAEBDGAJJBBFAA	441	34.7500	
			AJBBFAAIEBGDAAHBCBAA	467	33.7500	
			AAHBBFAAIEBGDJAABCBA	475	33.5500	
			ABBGAAECBHJAIDAABBF	550	32.5500	
			AEBBAHDAJBAICGAABBF	563	31.3500	
			BCAAEBFAAHBGDJBAAI	596	31.1500	
			BAAECHEAAIBGDJABFAA	624	29.9500	
			BAAJBGDAACBAHBFIAA	641	29.7500	
			BFAABGDAJBAEIAACBAH	732	29.1500	
ABAJDBGAAEBFIACBAH	768	28.5500				
23	3-Opt	API	AAAIJBGHBBBBDEFAAAA	296	77.7500	
			AAICJBGAAAAHBBBFFEDA	317	67.9500	
			AAAAIJBBBFEDCGHBBAAA	327	64.1500	
			AAIJBBBCFEDAAAHBBGAA	329	46.3500	
			AAIJBBBCAAAHDFEBBGAA	354	40.9500	
			BBGAAIFAAHBBEDAACJB	392	40.7500	
			AAIJBBBCBAAAHDFFBBGAA	395	39.7500	
			AAIBJBBCAAHDFFEBBGAA	411	39.3500	
			AHBBFEDAAAJBGGAAICBA	416	37.3500	
			BAAICBAAHDFFEBGGAAJB	454	34.1500	
			BFAAEDAJBGGAAICBAAH	458	33.5500	
			BFAAEDCBAABGAIJBAAH	537	32.7500	
			BAAICBAHDFFEBGGAAJB	538	32.3500	
			BFAAEBCAABGAIJBDAAH	539	32.1500	
			BFAAEDBCAABGAIJBAAH	559	31.9500	
			BAABCDEAABFGAIJBAAH	594	30.7500	
			BAAECDEAABFGAIJBAAH	633	30.5500	
			BAAHBAEDACBGJBAIFA	646	30.1500	
			BAAHBAEDCABGJBAIFA	672	29.5500	
ABFAIBHAAJBDGAEBCA	742	28.7500				
ABFABIHAAJBDGAEBCA	769	28.5500				
ABFABIHAAJBDGAEBCA	915	28.3500				
24	3-Opt	2-Opt	FDJBBGAAAAAAIEHBCBB	301	85.9500	
			AAHBBGAAIEDJBBCFAAA	304	47.5500	
			AHBBFAAAAIDECJBBGAA	322	45.9500	
			BBFAAAICEHDJBBGAAAB	332	43.3500	
			BFAAAIDJBCEBBGAAAAH	347	43.1500	
			BJAAAICBBFGDEAAAAHBB	358	41.9500	
			AHBBFAAICGAAEDJBBBAA	367	39.3500	
			AAIBFBBCAAAHDJBBGAA	380	38.5500	
			AHBBGAAICBFAAEDJBBAA	391	33.1500	
			AHBBGAAICBFAAEDJBBAA	458	32.5500	
			AHBBGAAICBFAAEDJBBAA	466	32.1500	
			BAAICEBGAABFAHDJBBAA	549	31.7500	
			BIAACBEAAHBFADJBGAA	566	30.3500	
			AJBBAAHICABFEDABGABA	658	30.1500	
			ABEJBAAIDAHBGACBFABA	686	29.5500	
			BAAIBAEDGBACBFHJAAB	774	29.3500	
ABAIBAEDGBACBFHJAAB	800	29.1500				
ABIABAHDGBACBFHJAAB	860	28.7500				
BAAIBAEDGABJHAFBACAB	863	28.5500				
25	3-Opt	3-Opt	AAAAAAIEHDJBBCCBBGF	297	214.1500	
			AICBBBGAAAAEHDJBBFAAA	303	49.5500	
			BBCAAIFEHJDJBBGAAAB	342	47.9500	
			AAICBBBJAAEFHBBGAAA	346	45.3500	
			BBAAAIDJCBFBGAAAAEHB	358	44.3500	
			BBGAAICEAAJBBFDAAAHH	390	38.9500	
			BGAAEDJBBAAICBFAAAHH	391	36.1500	
			BGAAADJBBEAIACBFAAAHH	422	35.1500	
			BAAAHHBGGDEAAIJBCFAA	450	34.7500	
			AAHBBGEDAAIBFAACBBA	451	34.5500	
			BGAJJBBAAEFHDBAAACB	463	34.3500	
			AAHBBGDAJJBEICFAABBA	478	33.9500	
			BGAAEBFAAIBCDJBAAAHH	482	32.5500	
			AJBBAAIEFAHBDGAACBBA	510	31.9500	
			ABBCAAIEFAHBDGAACBBA	542	31.3500	
			BAAIBAEJBAICAHBFBAAB	581	30.9500	
			BAAEDJAAIBCAHBFBAAB	628	29.7500	
			BAAEBJAFHBDGACBGAAB	692	29.3500	
			BAIEBCAHBAGDJAFBAAB	769	29.1500	
BAAHBFAGAJBCEAIBDABA	774	28.7500				
ABIAEBCAHBAGDFABJAAB	817	28.5500				

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
26	3-Opt	Or-Opt	AAAICGEFAAHDJBBBBBAA BBGAAAIEHJBBFAACB AAECBBBGAIIHDJBBFAA BGAAHDJBBBCAAIEFAAB ACBAHBBGAAAIEDJBBFAA AHBBGAAIDJCBFAAAEBBA ABBGAAICBAHDJBBFAA AEBBCAAIDJABGAAHBBFA BAABCAIDJBFABHGAAAEAB AEBBCAAIFDABGAAHBJBA AJBBAAFDEIAABBCGAHBA BCAIHBADBFJAJBGAAB BAADJBAACBFHABGAAEB BGAAEBCAIAJBBHADAFAB ABCADBFJAIBAHIEGABBA BAFAGEBAIBCAAHDJABBA ABAJCBHFAAIBDAGEBABA ABHABAEGBAACJABFBA	296 318 347 374 406 420 428 471 512 551 554 606 609 629 735 770 816 901	100.9500 41.9500 40.9500 38.9500 37.1500 36.1500 34.1500 33.1500 32.5500 32.3500 32.1500 31.7500 31.3500 30.9500 30.5500 30.3500 29.7500 29.5500	
27	3-Opt	Double-bridge	AHBBBCFAAAIEDJBBGAAA BBGAAAIFEDJBCAAAHBB AHBBBCGAAAFEDJBBBAAA AHBBBCFAAAIAEDJBBBGAA BBGAAICFAAEDJBBAAHB AHBBBCFAAIDJAAEBBGGAA BFAAHBCAAIDJBBGAAEB ABBGAAHBFALIEDJAABBCA AHBBAAIDJCBGAAEBBFA BFAAHBGAIJBBEADAB BFAAIJABACBAEHBGDAAB ABBFAAEJGDABCAIAHBBBA ABFAEJABDCBAAHBGAIB BAAHGBACJIBAADEBFAAB	304 314 328 355 366 368 396 482 498 567 634 668 718 742	50.7500 45.1500 44.7500 41.9500 41.7500 39.7500 34.1500 32.7500 32.5500 32.3500 32.1500 31.5500 30.9500 29.1500	
28	3-Opt	IP	BBCFAAAIDJBBBGAAAEH AHBBBFAAAAEIDJBCBGAA AAEBBBCFAAAHIDJBBGAA AHBBFAAIDJAAECBBBGAA AHBBFAAIDJCAAEBBBGAA AHBBFAAIDJBGAAEBBCA AJBBAAEDHGBAAICBBFAA ABBFAAEDJAICBBGAAHBA ABBFAAIDJAHBGEAACBBBA ABBFAAEDJABICBGAHBA ABBFAAIEHBGAACBDAJBA ACBABAIBJGAAEDBFAHBA BAAIEBADJBAGFAHBCAAB	308 339 341 367 382 396 421 466 494 544 553 674 699	51.5500 45.9500 40.9500 38.1500 37.9500 34.5500 33.3500 32.5500 31.9500 31.3500 30.3500 30.1500 28.3500	
29	Or-Opt	PI	AAAHICGDJBBBBBFEEAAA GAAAEDJBBBBBFEEAAHIC AAIEDJBCFAAAHBBBBGAA AAAHDJBBBFAAAICEBBGA AAIEDJBBFAAAHCBGAA AAEDJBBBIFAAAHHBBGAA AEHBBBAAAAICFDJBBGAA AAHDJBBBIFAAAECBBGAA BBFAAAEDJ.BICBGAHBA AEDJBBAAHBFACBBGAA ACBBAAIEDJBGAAHBBFAA BAACBGAAIIDEJBBFAAHHB BCAAEBBGAIDAJBFAAHHB ABCBAAIEHBGAADJBBFAA BAAIEBGAADJBAHBCFAAB BAAIBGCAEABJFDAABHAB ABEAHCBAAGABIABJFDABA	274 299 304 317 329 332 338 343 353 391 406 447 463 476 552 794 910	85.7500 75.9500 61.3500 50.7500 46.5500 45.5500 44.7500 43.9500 40.7500 38.1500 34.3500 34.1500 33.9500 32.5500 29.7500 29.5500 28.9500	

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
30	Or-Opt	API	DFGAAIJBBBBCEAAAAH BGAAAEFJBBBCAAAAIDHB BGAAAIICBFDEBBJAAAHB BCAAAIBGHDJBBFAAEB AAJBBACBFEDAHHBBGA BAACBGAAIFDJBBEAAAHB ABBEAACJBAFADGHHBBA AHBBAAACGEBIDAJBFFAA ACBGAAJBEBFIDAAHHBBA ACBAJBFABEAIDGHHBBA AJBCAABGEBFIDAAHHBBA BACBFAAEBGAIDAHBAJB AHBBAAACGEBIDAJBFAAB AJBCAABGEBIDAHHBFABA AHBBAAFEGBAIDACBAJBA ABGAECBAJBAIDABFAHBA	332 351 375 394 416 443 484 516 564 568 574 578 632 657 700 707	75.9500 45.5500 43.1500 41.9500 35.7500 34.1500 33.1500 32.5500 32.3500 31.7500 31.5500 31.3500 29.9500 29.7500 29.5500 28.1500	
31	Or-Opt	2-Opt	BGGAAAIEDJBBBCFAAAHB BGGAAAIEDJBCBFAAAHB AAJBBCFIAAEDHBBBGAA BBAIFAAEDJBBCGAAAHB AACBBFAEIDJAAHBBBGAA ACBBAAIEDJBGAAAHBBFA ABBFAAIEDJBGAAAHBCBA BAAJBFEDAIDAHBBGAAACB ABGAEBAAIDJBCAAHBBFA BAACBFAAIEDJBGAAHBAAB BAIFAHHBBCAAJEBGDAAB BAJJAABHBCFAAEBGDAAB BAACBFADJBEAAHBBGAIAB BACABFEAIBAHDAJBGAAAB ABCAGBFADAHBJAEBEA	304 329 369 370 375 406 445 482 512 522 544 603 604 702 800	41.9500 41.1500 40.9500 38.9500 38.3500 33.9500 33.1500 32.5500 32.3500 32.1500 31.5500 31.3500 28.9500 28.3500 28.1500	
32	Or-Opt	3-Opt	AAHFEIDJBBBBBCGAAAA IFAAAEHDJBBBBBCGAAAA AAAIDHJBBBBBCGAAAEFA AAAHBEDJBBBBCGAAIFAA AAIDJBBBCAAAEHBBFGA AIDJBBCAAAEHBBGFAA AIDJBBBCFAAAHBBGAEA BAAAFEBHBBCGAAADJBB BBCFAAEDAHHBBGAAIJB AIDJBBBFAACAHBBGEAA BBFAACEDAHHBBGAAIJB BCAAAJBGGHDAIEFAAABB AAJBBFEDAHHBBGAAIICB AAHBBCGAIDJBAAABFEA AAHBIFACBBGAAEDJBBA AAJBBCDAIEHHBBGAAABFA AACBBJIDAAEBBFAAHBGA ABBGAIDEAAHBJACBBFAA AABBFAIDEAHHBBGAAJBA ABBAIFEDAHHBGAAJBCCA AABBFAIDEAHHBGCAAJBA BAAJBAIDEAHHBGCBFAAAB BAAHBCFAADJBGAAIBBEA AABBIFDEAAHBJACBGABA AABBFAIDEAHHBJACBGABA BAAIBFAEDAHHBJACGAAAB	262 282 314 323 334 351 355 359 371 381 386 413 416 430 433 446 467 484 485 497 548 554 569 595 600 605	101.9500 82.7500 72.3500 66.1500 51.5500 44.9500 44.7500 44.5500 43.5500 42.9500 40.1500 37.7500 37.1500 36.3500 35.9500 35.1500 34.7500 33.5500 33.1500 32.7500 32.3500 32.1500 31.7500 31.3500 30.7500 28.7500	
33	Or-Opt	Or-Opt	FAAAIEHDCGAAAJBBBB AAAHEIDJBBCCBBFGAAAA AAAJBBBFAAHDEICBBGAA AAEHBBGAAAIICDJBBFAA BBFAAEDAIEHBBGAAAHB AAJBBBFAAIEHDACBBGAA BGGAAIDJBCEAAHBBFA AABBGAIDJBCEAAHBBFA AHBBFAAACBIDEGAAJBBA ABGAHBBJAAIDEFAACBBA BFAAJBAICBEDAABGAAHB BFAAJBGAHDBBAICEAAB ABGAICBAAHBDEFAAJBBA BAAHABCEBAIIDJBGAAAB BFAAJBGAIAHBDABCEAAB ABAJBGAICBDAAHBFEEAAB ABAJBFAICBEAAHBDGABA	309 316 322 325 372 385 396 409 482 492 527 531 539 582 603 659 672	146.3500 80.1500 47.7500 40.9500 38.9500 38.3500 36.1500 34.5500 33.9500 32.9500 32.1500 31.7500 30.7500 30.1500 29.9500 28.9500 28.7500	

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
34	Or-Opt	Double-bridge	BBGAAAAHDJBBFAAICB BHGAAAAEDJBBFAAICB BCBGAAAAEDJBBFIAAHHB BAAAEBCGDJBBFAAHHB AAHHBCAAAIJGDJBBFAA AEDJBBFAAHHBGAICBBAA BFAAIDJBBCAAEBGAAHB AAHHBGDAIJBFAAEBBCA AABBFDCAAEHBAIJBBA BAICAADEBBFAHHBGAJJB AHBBAAIJBFDGAAEBBCA BFAHHBGAABEDAJBAAIB ABFAHHBGAIBEDAABJCB BAAJBGAFFBCDAEHBAAB BAAIEBGAFFBCHDAJBAAB BAADJBGAIBEFHABCAAB	312 355 364 376 379 391 396 429 471 498 508 545 624 636 641 682	44.3500 43.1500 41.9500 41.7500 40.7500 39.9500 34.9500 34.3500 33.5500 33.1500 32.5500 31.3500 30.9500 30.3500 29.9500 29.5500	
35	Or-Opt	IP	BBGAAIDJBBCEFAAAHHB AAHHBBCGAAAIJBBFEAA AAHHBBCGAAEDJBBFAA BBFAAICGAEDJBBAAHHB BFAAAHBBCGAIDJAAAEHB BFAAAEHBBBCGAIDJAAAB BFAAAHBBCGAAIDJEAAB AAHHBCAAIEDJBBGAABFA AAHHBFAIDJBCEAABGGA AAHHBBCGAAIDJBBAAEBFA BAAEFBAIDJCBGAAHHB BGAAIDJBBAEFAHBCAAB AEBBGAIJAHBCDAABBFBA BAAHBFADGAICBBEAAJJB ABBGADJAAHBCFEAAIBBA ABGAIAAHDJBCFAAEBBA ABGAJBFAAHHBIDCAEBBAA ABGAIABAHHBIDJFAAEBBA BAAHHGCAAJBIDEAABFBAB ABGAJBAAHHBIDFAEBACBA	301 314 336 367 369 384 406 407 409 410 420 466 506 507 521 551 566 588 594 681	46.7500 42.5500 40.9500 39.1500 38.3500 37.7500 36.7500 36.1500 34.7500 34.5500 34.1500 33.1500 32.5500 32.3500 31.9500 31.7500 30.9500 30.7500 30.1500 29.3500	
36	Double-bridge	PI	FAAAAEHBBGAAAIJBBB BCBGAAIDJFAAAAHBB AAIEDHBCFAAAJBBBGGAA BBFAAAEDHBBGAAAIJJB BBFAAAEDJBBGAAIAAHHB AACBBGEFAAAIJBBBHDA AHBBGAAIDJCAAJBBBFAA BGAAICBFAAAHHBEDAAB AJBBGAAICBFAAHHBBDAA AABBGDAICBFAAHHBBA ABBFAAEDJBAACAHBBGA ABBFAAEDJBIAACGHBBAA BAAECBGAHBAIJBDAAAB BAFABEAJAHBGABCDIAIB	309 331 334 335 356 366 383 411 422 442 469 483 551 779	85.5500 68.9500 61.3500 45.5500 44.3500 40.9500 37.9500 35.7500 33.9500 33.5500 33.1500 32.5500 29.3500 29.1500	
37	Double-bridge	API	HBBBBBIJGDEFAAAAAAA AAEDJICBBBBBGHFAAAA GAAAEHDJBBBFAAAAICBB AAACBBGEDJAAAHBBBFA HBBFAAAIDJCBBBGAAAE AAICBBGAEDJAAHHBBFAA AAIDJBBGAAEBCAHHBBFAA BAAAIJBBGAAEBFAAHHB AACBBFEAAIDHBBGAAJBA AJBBGAAIAEBCDAHHBBFAA AHBBAAIDJAEBCGAAABBFBA BGADAAJBBIFAAEHBCAAB ABDJBAICBGAAEHHBBFAA BCAAHBGAJBIAADEBFBAAB BAABFDGAJBIAAEHBCAAB BAADFBAJBIAAEHBCAAB ABGAJBIAAEBCDAHHBBFA ABGAJBIAICBEAADBFHBA	291 302 303 312 319 350 396 410 445 482 483 532 538 565 593 629 676 690	234.9500 101.9500 60.5500 50.7500 48.9500 40.1500 38.9500 34.7500 34.3500 33.7500 32.7500 32.5500 31.3500 30.3500 29.7500 29.3500 29.1500 28.3500	

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
38	Double-bridge	2-Opt	BBBCFGAAAAAIEHDJBB	255	88.7500	
			BBGAAAIcFAAAAEHDJBBB	278	74.3500	
			AAAJBBBFDEHBBcGAAAA	290	68.9500	
			BBCEFAAIDJBGAAAAAHBB	301	61.7500	
			AAICBBFEDJAAAHBBBGAA	308	44.3500	
			BBGAAAAIEDHBBcFAAAJB	334	41.9500	
			AABBBcFGAAAEHDJBBAA	371	41.3500	
			AAICBBFGAAAEHDJBBAA	394	40.1500	
			BBFAAHBGAIJBCAAAE	396	38.3500	
			BAECBFAAIDJBBGAAAHB	408	35.9500	
			AHBBFAAEIDJBBcAABGA	417	35.7500	
			ABBGAAIDJBCFAEHBBAA	424	35.3500	
			AIBcCGAAAJBFADHBBAA	449	34.9500	
			AAHBBcDcFAAEJJAIBBGA	477	34.5500	
AHBBFEAAJDCAAIJBGA	480	33.9500				
ABBEAIDAJBCGAAHBBFA	492	32.5500				
BAEFAABBGAIJCAAHBBAA	568	32.1500				
ABGFAAHBCBAEDJAAIBBA	578	31.5500				
ABGHAABCBAEDJAAIBBA	597	31.1500				
BFAAJAHBCBAEDAIBGAAB	613	30.9500				
BAIAACBGHBAEDAIBGAAB	636	29.9500				
39	Double-bridge	3-Opt	AAAICJBBBBBGEHDFAAAA	258	85.7500	
			AAAICJBBBBGDEHBFAAAA	275	73.7500	
			AAAIDJBBBcGHBBFEAAAA	286	71.3500	
			AAAIAJBBBcGDEHBBFAAA	288	65.7500	
			AAAIDJBBBcEFAAAHBBGA	301	47.7500	
			AAEDHBBGAAAIcJBBBFAA	322	44.9500	
			AHBBGDAAAEIcJBBBFAA	335	42.7500	
			AACBBGEHDAAIJBBBFAA	347	40.9500	
			AHBBGEIDAAAJBBcBFAA	368	39.3500	
			AIIBBCEHBBGAAADJBBFAA	391	39.1500	
			AHBBGAAIDJBAAECBBFAA	408	33.9500	
			ABBGAAIHJBAAEcBBFAA	463	33.3500	
			AABBCEAIDGAHBBFAAJBA	494	32.7500	
			ABFABEDAHBGAICBBJAA	541	31.5500	
ABFAEBCAHBGAAIDJBABA	628	29.1500				
40	Double-bridge	Or-Opt	HDJBBFAAAAAAIEBBBcG	290	82.7500	
			AHBBBcGAAAIcJBBFEA	314	47.9500	
			AAEHBBGAAAIcJBBFA	319	47.1500	
			ABBFAAAIcJBBBcGAAA	333	46.5500	
			BBcAAAAIDJBBGAAEFHBB	350	42.7500	
			AAJBBBGEIAAAHDCBBFAA	352	40.9500	
			AAICBBGEBAAAHJBBFAA	366	38.9500	
			AICBBAAAEIJBBFAHBGAA	391	37.7500	
			BBAICGAAHJBBFEAAAB	403	37.1500	
			BGAICBBFAAAHJBBAAE	404	36.7500	
			AHBBAAAIcJBFACBBGAA	406	36.5500	
			AJBAIEBBFAAHDCBBGAA	434	35.3500	
			AHBBcGAAAJBDEAAIBBFA	447	35.1500	
			AABBHDAAEIJBFACBBGA	471	34.5500	
			BAADcBGAHJBBFAAIEB	473	34.3500	
			AHBBcGAAEFDAAJBBIA	481	33.9500	
			AJBCCAABFAIDGAABBEA	496	32.5500	
			BAAECBBFAHDAIJBGAA	550	32.3500	
AABFEJJAACBGHDAABBIA	559	32.1500				
BDAABFAICHBEAAIJBGAA	593	31.1500				
BAAEIJBCAABDAHBFGAAB	599	29.9500				
BAADcBAFAHBEIAJBGAA	669	28.9500				
ABADcBAFAHBEIAJGABA	785	28.5500				
41	Double-bridge	Double-bridge	BBGAAAAIDJCEBBBFAAH	333	54.5500	
			AAHBBFAEDJAAICBBBGAA	350	38.5500	
			AAHBBFAAIDJBAECBBGA	408	37.1500	
			AAHBBFAAIDJBEAACBBGA	410	35.3500	
			BFAABGAAIcDEHBBcAAAJB	424	35.1500	
			ABBFAAHBCEDAIAJBBGAA	425	34.5500	
			ABBFAAIcDECBGAAHBBJAA	435	34.3500	
			BAAAEHBBFDJAAICBBGAAB	438	33.7500	
			BFAAIDEBBAAJCAHBBGAAB	511	33.3500	
			BBAAJAEFDHBAAIcBBGAAB	523	32.9500	
			ABBFAAIcDECBGAAHBBJAA	551	31.7500	
			BAACJBGAAIBFEAHBBAA	613	31.5500	
			ABAHBCFAIBADEAAJBBGA	629	30.5500	
			ABJAHBDFAABACEIBGABA	745	29.7500	
ABJABACFDABAIEHBBGABA	782	29.1500				

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
42	Double-bridge	IP	BFEDAHHBGGAAAAAICJBB BBGAAAAIEDCJBBFAAHHB AICBBFAAAAHHBGEDJBBAA BBGAAAIEDACJBBFAAHHB ACBBAAIDJFBAHHBBGGAA AECBBAAIDJFBAHHBBGGAA AACBBEAIDJFBAHHBBGGAA BEAAAIACBBGAAHDJBFAB AEBBAAIDJFBAHHBGCBA BAAHHBGAIDJFBAECBAAB BFAAHHBGAEEBDJAICBAAB BAAIDBFAABCJAHBGAEEB BAAIDBFAAJEBCAHHBGAAB ABFAHHBGAEEBDJAICBABA BAGAHBDAABJECABIAFAB	317 322 353 374 399 408 410 419 479 524 531 562 598 647 826	55.3500 41.9500 40.3500 38.3500 37.3500 35.7500 34.9500 33.3500 32.1500 30.9500 30.5500 30.3500 29.5500 28.9500 28.7500	
43	IP	PI	BGEHBBBCAAAAAIFDJB JAAHBBBBBGGAAAAEICFD AAIDJBFBAHHBBBCGEAA AICJBBBGGDEAAAAHBFBA BGAAAAACEIDJBBFAAHHB AAHIDJBBBGGAAEEBCCFAA AHBBFAAAICJEBBGGDAAA BBGAAAIIDEAAHBBCCFAAJB BGAHHBBFAAICEDAAAJBB BGAHHBBFAAICEDJAAABBB BGAHHBBAAICFEDJAAABBB BGAHHBFAAICBBDJAAABBB BAAEFBGAACBBDJAAABBB AHBBAAICEAJBFDGAABBA AHBBAAIEBGADJCAABBFBA ABICAAEBBFDAAJBGAAHBA BAAHICBAAEBGABDFAAAB	290 303 318 322 329 341 364 368 371 379 399 415 455 524 525 571 651	95.3500 88.7500 63.3500 59.5500 49.1500 47.9500 45.3500 39.3500 38.7500 37.5500 37.3500 34.1500 33.1500 32.5500 31.9500 30.7500 29.5500	
44	IP	API	AAIFEHDJBBBCBBGAAAAA AAAACJBBBBBGGHIDEFAAA JBBFEAAAACBBGGAAAHHD BEFAAAAACBBGGAAAHHDJB BBCFAAAIDJBGEAAAHBB AABBCJAAIDGEHBBBFAAA AACBBBGGHEFAAIDJBBAA AAIBBBGAEDJCAAAHBBFA AAHBJBBFAAIDACBBGEAA BAAAIFFEDJBBAAACBGAHHB AABBCAEDJBIFAAHHBBGAA AABBEDACJBIFAAHHBBGAA ABGGAAECBHFAAIDJBBAA BGAAABIDJBCEAAHHBFAAB BFAAHHBGAEEBDJAICBAAB BIAACBFDAABGEAHHBAAAB ABDEBAAICBGAFFJBAHBA ABHAEBIDABFAACJBGABA	264 283 308 311 317 317 356 375 395 425 429 434 470 477 487 531 597 647 740	97.9500 85.7500 54.3500 48.5500 45.5500 43.7500 41.9500 39.1500 38.7500 37.1500 34.5500 34.1500 32.9500 32.5500 30.5500 30.3500 29.7500 29.5500	
45	IP	2-Opt	AAHHBBBCEFAAIDJBBGA AAHHBBBCEFAAIDJBBGEAA BFAAAIJBBCEGDGAAAHBB AAHHBBBCEFAAIDJBBGAA AEBBFAAIDJBBAAHHBBGAA BFAAJBEDAAICBBGAAHHB AJBBGAAAHBIEDFAABBCA ABCBIAAAEHBFDAJABBGA ABAEBGAIDJBBAAHHBFAA AABEBGAIDAHBCAAJBBFA BGAIAACBBAEHDAJBFAB BFAAEBAAHHBIDGABCJAAB BAAJBFCAICADGABHBAEAB ABAHJBDAIABFGACBEABA	301 317 327 341 396 411 461 505 512 532 552 573 647 795	47.1500 42.5500 41.9500 40.9500 34.9500 34.3500 33.9500 33.1500 32.5500 32.3500 31.7500 31.1500 30.5500 28.1500	

ตารางที่ ง.20 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
46	IP	3-Opt	AAAAAICBFHEHJBBBBGA	261	146.3500	
			AAAAHDJBBBGEICBBFAAA	271	69.3500	
			BBGAAIDJBBCEFAAAAAHB	301	62.7500	
			AAAEHJBBBGAICBBFAAA	303	57.3500	
			AAHDJBBBGGAAICBFEEA	308	53.9500	
			BBGAAAAEICBFAAAHDJBB	309	51.7500	
			AABBFAAAICEHDJBBBGAA	332	50.9500	
			ABBFAAAIEHDJBBBCGAAA	333	46.5500	
			AAHDJBBBCGAAAIBFEAA	340	45.5500	
			AAJBBCAAIFDEHBBBGAAA	341	44.5500	
			AABBBGCGAAAFEHJBBAA	356	43.1500	
			BBAAAIEHDJBFGAAACBB	357	42.7500	
			BBCAAAHDJBBGAAIEFAAB	374	40.3500	
			AICBBAAAEDJBBFAAHBGA	391	35.9500	
			AEBBCAAIDJBBFAAHBGA	396	35.1500	
			ABBFAAICBEAAHDJBBGAA	419	33.9500	
			AABBGEAHDCAAIJBBFAA	458	33.5500	
			AJBBGAAEICBAAFDHBAA	490	33.1500	
			ABBFAAICBEAAHDGJBAA	520	32.7500	
			ABGAHBAEDJBBFAAIBCA	525	32.5500	
ABBFAAICBEAAHDJBGABA	535	31.1500				
BAAIEHBFABGDJBAACB	559	30.7500				
ABAJBFACBEIDAHBGABA	668	29.7500				
ABFAEBCAIAHBDJBGABA	706	28.3500				
BAAJBFACBAIDAHBGABA	707	28.1500				
47	IP	Or-Opt	BCGDJBFAAAAAAIEHBBB	275	86.3500	
			BCGHBBFAAAAAAIEDJBB	277	79.1500	
			GAHBBBCFAAAAAAIEDJBB	304	65.3500	
			CBGAAAEHBBFAAAIDJB	333	48.9500	
			BBAAAAICGDJBFAAAEHBB	337	48.5500	
			BCAAAFHBBBGAAAIDJB	344	45.5500	
			AAIEHBBBCAAADJBBFGAA	361	43.7500	
			BJAAAIDEFHBBBGAAACB	376	43.1500	
			AIBBCFAAEDJAAHBBBGAA	381	39.7500	
			AABBCFEHBGAAAIDJBBA	382	39.5500	
			BBJAAIDEFHBBGAAABC	415	38.7500	
			AAEDJBBGAAHBFACBBIA	419	38.5500	
			ABBGAAIEHFAADJBBBCAA	427	37.5500	
			BGAAEBFAHBBBCDAAIJB	431	36.1500	
			BAAACBIDEFAHBBGAAAJB	440	35.3500	
			BCAAAJBDEFHBBGAAIIB	441	35.1500	
			BCAAAIJBBDFAAEBGAAHB	448	34.1500	
			BAJBAIDEFHBBGAAACB	478	33.3500	
			BAABCAIDEFAHBBGAAAJB	479	33.1500	
			BAAICBBGAAEDFAHBJAAB	497	31.7500	
ABFACBJAEDAHBBGAAIIB	605	30.7500				
BAAIBAFGDHBJAAEBCAAB	654	30.5500				
ABFABJADABHECBGAAIIB	768	29.9500				
48	IP	Double-bridge	BBCGAAAAAAIFEDJBHBB	292	98.5500	
			JBBFAAAAAAICBBBGHDE	312	93.3500	
			BBGAAAAAICJBBFAAEDH	322	67.5500	
			AJBFEDAAAAAICBBBGGAA	328	58.3500	
			ABBGAAHDEICJBBBFAAAA	339	55.5500	
			AAJBBEHDGAAICBBBFAAA	341	45.1500	
			AABBFEDHAAIICJBBBGAA	345	40.1500	
			ABBFAAHDEAAIICJBBBGAA	380	38.9500	
			BGAHBAAAIDJBBFAAAECB	408	37.7500	
			BDAAEHBBGAAICBBFAAJB	422	36.5500	
			BAADEHBBFAAICBGAAAJB	435	35.1500	
			ABBIAAEHDCBFAAJBBGAA	462	34.3500	
			BAAEHBFIDAACJBBGAAB	494	33.5500	
			AABBDJAIBCAEFAHBBGAA	503	33.1500	
			AIEBGAABDJBAACBFHBA	587	32.9500	
			AABBAFEDJBAICAAAGHBA	606	32.5500	
			AABCBFEGHBAABIDJBAA	608	32.1500	
			BAAIEBGFAABHDJBAACAB	633	30.5500	
			BAAIEDBGAABCAJBFHAB	662	29.7500	
			BAAIEBDFABCAJBGHAB	667	29.3500	
ABAIEDJABCAGBFHBA	728	28.9500				
49	IP	IP	BBFAAAEHJBBGAAAAICB	303	43.9500	
			BBGAAAAEIDCJBBFAAAHB	332	41.9500	
			BBGAAEDJAAICBBFAAAHB	350	38.9500	
			BBGAAEDAICJBBFAAAHB	359	38.7500	
			BBAAEDGAAICJBBFAAAHB	377	36.5500	
			BFAAEDJBBGAAICBAAHB	391	34.9500	
			BGAABEDJAAICBBFAAAHB	419	34.3500	
			BAAEBFAAICDJBBGAAAHB	426	34.1500	
			BAAJBEDAICBBFGAAAHB	450	33.1500	
			BAAIDJACBBFAAEBGAAHB	470	32.5500	
			AEBBAIFDAJBCGAAHBBBA	510	31.9500	
			BAAIDJACBBFAAEBGHAAB	545	31.5500	
			BAAIDJACBBFAAEBGAHAB	573	31.3500	
			BAAACBJAHBFDGAAEBIAAB	591	30.5500	
			BAAJBFIAHBDGACBAAEB	595	29.9500	
BAAJBFIAHBDGAEACBA	672	28.7500				

4.2 ปัญหาการทดลองที่ 4.2 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 5:5:3:1:1:1:1:1:1

4.2.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	AAEHDJBBFAICCCBBBGAA	303	62.3500	
			CAAHDJBBFBEBBGGAAIICC	324	61.9500	
			BFAAHDJCCCBGGAAIEBB	328	57.1500	
			AHBBBFEEAICCCDJBBGAA	330	54.3500	
			BBGAAAFECCEBBAAHDJB	339	54.1500	
			BFAAHDJBCCCBGAAIEBB	342	51.7500	
			CBBAAAFEDJBBGAAHBCC	352	45.5500	
			BFAAHDJCCBBGGAAIECB	371	43.9500	
			BFAAHDJBCCBBGAAIECB	378	42.5500	
			BBCAAIFEDJBBGCCAAB	390	40.1500	
			BFAAICCBHDJBGAAAEBCB	437	38.7500	
			CBGAAJBBFAIEDCAHBBC	452	34.7500	
			BBCAAFFDGAHBBCJAAICB	463	34.3500	
			CBBAAFEDJAHBCCGAABC	472	33.1500	
			BCBAAFEDJAHBCCGAACB	502	32.7500	
			CAABBFIDEAHBCCGAAJBC	524	31.7500	
			BCAAHBDJBFACBCGAAIB	562	31.3500	
			CBBAAEFDGAHBCJJAABC	566	30.9500	
CBBAAEFDGAHBCJJAABC	575	30.5500				
CABBAEDIFAHBBCGAAJBC	606	29.7500				
CBAABEDFJBCAHBGAAICB	623	28.9500				
ACBBADFEIAHBBCJBGAAACB	660	28.1500				
CBAABEDFJBCAHBGAIBAC	687	27.9500				
2	PI	API	AJJEFDHBBBBBCCCGAAAA	296	115.3500	
			AAIJCFDEHBBBBBCCGAAA	320	79.5500	
			AAHDECCJBBBBBGGAAICF	336	68.7500	
			BBFAAHDECCJBBGAAICB	361	43.7500	
			AJBCCAAIFDGEHBBBCAA	406	40.1500	
			BCGAAHBDJBCFAAAICBB	433	36.1500	
			BCGAAEBHDJBCFAAAICBB	461	35.7500	
			BCGAAHBDJAIEBCCFAAB	489	33.7500	
			BCGAAHBDJAIEBCCFAAB	517	33.3500	
			CBAAJCBBGAIIDEAHBFAC	525	32.3500	
			CBAAHDJCBBGAIIEABBFAC	536	31.7500	
			BBCAADEFAICBGHBJAACB	537	31.5500	
			BGAACBFDAICBEHBJAACB	558	30.1500	
			BGAACBFDAICBEHBJAACB	573	29.7500	
			BCGAABFDAICBEHBJAACB	588	28.7500	
			BCGAABFDAICBEHBJAACB	604	28.5500	
			BACBGAIHDAICBFJBAACB	648	28.1500	
			BACBGAIHDAICBFJBAACB	662	27.7500	
BACBGAIHDAICBFJBAACB	715	27.3500				
BACBGAIHDAICBFJBAACB	797	27.1500				
3	PI	2-Opt	EFAAAJBCCCBBBGGAAHD	309	76.1500	
			AAIDJBBCCCFAAAHBBBGE	317	66.7500	
			BFAAJBBCCCEGAAAHBB	327	51.7500	
			AJBBBCCEDGAAAHBBBCFA	371	47.7500	
			BCAAJBBCCFEDGAAAHBB	378	46.9500	
			BCGAAJBBFEDCCAAAHBB	386	41.3500	
			AAHBCCJBBFEAIDCBBGA	400	39.1500	
			BCEDAAJBFACCCBBGAAHB	440	38.7500	
			CBGAAJBBFEDCBAAAHBC	448	35.7500	
			CBAAHDJBBGEFAICBBAAC	466	34.3500	
			BCAAHDJBBGEFAICBBAAB	467	34.1500	
			BCAAHDJBBGEFAICBBAAB	498	32.9500	
			AAACBBGDEFJAICBBJAHBCA	504	32.1500	
			AAACBBGDEFJAICBBJAHBCA	543	31.5500	
			ACABBFEDJCBGAAIHHBCA	559	30.7500	
			ACABBFEDJCBGAAIHHBCA	582	30.5500	
			BCAABGDFEJAICBBJAHBCA	611	29.5500	
			ACBGABDFEJAICBBJAHBCA	614	28.1500	
BACBEFAICBGADHABJACB	753	27.3500				
4	PI	3-Opt	BBGAAHDECCCFAAAJBBB	304	65.7500	
			BGAAHDEICCCBFAAAJBB	322	59.7500	
			AAHBBDEICCCFAAJBBBGA	349	53.7500	
			BGAAHDEIBCCCFAAAJBB	353	53.1500	
			BGAAHDEICBCCCFAAAJBB	366	50.9500	
			BAAICBBBFECGAAAHJBB	381	49.7500	
			BBCEFAAHDJBBGCGAAICB	385	42.5500	
			BCAAJBBFHDGAAACCBB	392	40.5500	
			BFAAICBBCEHDGAAACJBB	417	39.9500	
			BCAAICBBFEHDGAAACJBB	424	38.9500	
			CAAHBBFEDJBCGAAAIIBC	434	37.3500	
			BCAAHBEFDJBBGCGAAICB	447	34.9500	
			BCAAHBCGDJBFEBAAIIBC	496	33.5500	
			BCAAICBBFEHDGAAACJBB	505	31.9500	
			BACDJBGAAHBBCEIFAACB	539	30.9500	
			BACJBAHDCGABBFAAEICB	609	30.5500	
			ABCJABFAICEHBBGDABCA	649	29.1500	
			BACJBAHDCGABFAIEBACB	719	27.3500	

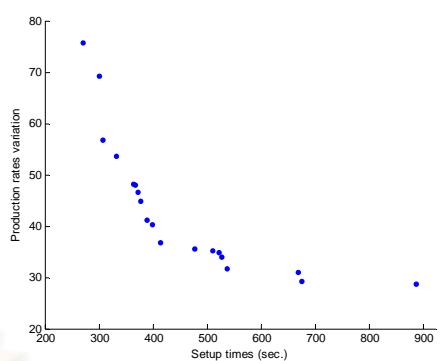
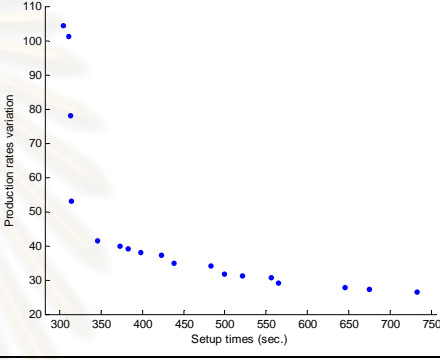
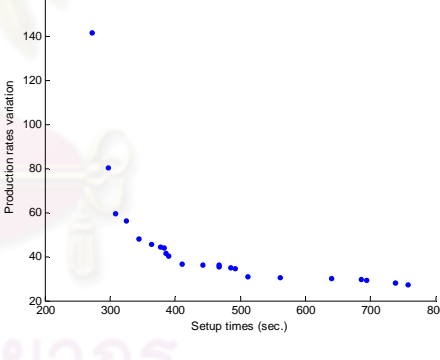
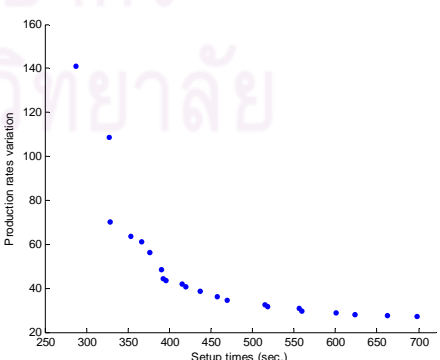
ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	AHBBBBBCCCEDJAAAFGA CCGBBBFEDJAAAAHBBBC FAAHBBBCCCAAIDJBBGE CBBFAAEIDJBBGAAAHBCC BBCCGAAAIJBBCEFAAHB CCBBFAAAJBGEIDAAHBBBC AHBBCCBGAAAIJBBCEFA CBBAAICFEDJBGAAAHBBC CBBAAICDJBGEFAAAHBBBC CBBFAAEDJGGAICAAHBBBC CBDAAIJBBCEFGAAAHBBC CBAAIJBBCEFGDAAAHBBC CBAAHBCFEDJBGAAAHBBC CBAAFEDJBBCCGAAAHBBAIC BCAAHBEDJBFACGAACBB ACBBAICFEDJBGAAAHBBCA ACBBGAIDFBCAAHBBBCJA ACBBGAIDFBCAAHBBBCJA ACBGBAIDACBFHAJCBBA	305 309 312 339 346 368 370 393 411 422 436 442 449 485 497 501 524 551 700	120.7500 82.7500 63.5500 46.3500 45.7500 45.5500 43.1500 37.1500 36.7500 36.3500 35.9500 35.3500 35.1500 33.1500 32.3500 31.1500 30.1500 29.7500 28.1500	
6	PI	Double-bridge	BBBGAIDJCCCFEAAAHBB BGAAAIJBBCCCFEAAHBB BGDAAIJBBCCCFEAAHBB AIDJBBCCCFEAAAHBBGCGA BCAAAIJBBCCCFEAAHBB AAHBBBCCEDJBFACICBGA AICJBBBGAIEDHBBCCBFAA AIBBCCGEDJBFACAHBBBCA CBGAAHDJBBFEAICAABBC CBGAICJBBFEAHDAAABBC CBAACJBBGHDAIEFAABBC CBGAAICJBBFAAHDDBEAC ACBBEAAIJBGDCCFAHBBBA BCAAHBCAIDJBFEBGAACB CBAAHBFAIDJBBCEBGAACB ABCFAACBGHBDJAEIABBCA ABCFAACBGHBDJAEIABBCA	299 301 334 346 357 373 391 416 455 461 498 502 512 531 562 707 760	66.1500 55.1500 52.5500 48.7500 45.7500 44.3500 42.1500 37.1500 35.9500 35.1500 34.5500 34.3500 34.1500 29.9500 29.5500 29.1500 27.5500	
7	PI	IP	BBGEIFAAAAHDJBBCCBB CCBBBGEFAAAAAHIDJBBBC BBBFEEAIDJCCCGAAAHBB BBGAAIICCBBFAAAEHDB BBFEAAIICCBBGAAHDJB BBGAAHICCCBBFAAAEDJB AHBBFEAAIDJCCBBBGAA CCBBFAAIEDJBBGAAHBC CCBBAAIFEDJBBGAAHBC AHBBCEFAAIDJCCBBBGAA CBBFAAIDJBBCCGAAEHBC CBBGAAAHIDJBBCFAAEBC CBBGAAIFAHIDJBBCAEBC AICBBGAAHDJBCAEBBCFA AICBBGAHDJBCAAEBCBFA ACBBGAHFEDCBAAICBBJA ACBBGAHFEDCAICAJBBCA ACBBGIFAAJBCAHDEBCBA ABBCEAHFEDACBBJAICBA BGACBAIEFACBAHDJBCAB ACBEBFAGCBIAAHDJBCBA BAACBGFEBDAHJCBAICAB BAACBGFEBDAHJCBAICAB ABCABGFDEBAHCJBAICBA	274 282 300 303 308 323 324 329 352 356 378 410 438 479 504 543 555 599 610 666 672 737 739 772	95.1500 71.9500 69.1500 57.9500 54.1500 53.9500 53.5500 44.3500 43.1500 42.3500 38.9500 37.1500 35.9500 32.5500 31.1500 30.9500 29.9500 29.7500 29.1500 28.9500 28.5500 28.3500 27.9500 26.5500	
8	API	PI	AHBBBIEFDJCCBBGAAAA AAADHBBGEICCCJBBBFAA AHBBGAAIDCCCJBBBFAA AHBBGAAIDCCCJBBBFAA BCEFAAHBBBCCGAAAIJDB CCBBAAAIJBBFEHBGAAC ACBBGAAHDEICCJBBBFAA CBBFAAICGDEHBBBJAAC CBBFAAICEBGDJAHHBBBC CBBGAAAIJBCFEHBBAAAC CBBFAAIECBGHDJBBAAAC AICBBBEFAACBGHDJBBCAA ACBBIEFAACBGHDJBBCAA AEBBCAIDGCJBFACAHBBBCA BCAEFAHBDABBCJAAICB CABBFAICGEBADHJBBAAAC ABBCEAHFEDCAICAJBBBCA BCABIEFAACBGHDJBBAAACB BACAIJBBCFADGAEHBCAB CBAAHBIEFBADCBJACGBA	304 321 322 334 346 368 369 394 403 412 434 460 484 527 559 566 589 607 675 781	94.3500 69.1500 53.1500 52.5500 48.9500 46.7500 42.3500 39.7500 37.3500 35.7500 35.5500 33.5500 32.3500 31.7500 31.5500 30.5500 29.3500 28.7500 28.5500 28.1500	

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	AAHBBBCCCFEIDJBBGAAA AAHBBJCCCFIDEBBBGAAA BGAAAHBCCCFEDJAAIBBB AAHBBEDJCCCFIBBBGAAA AAHBBBCCCFEDJCBGGAA BBGAAAHICCCDJBBFAAEB AAHBBBCCAFEDJCBGGAA BCFAAHBBIDJCCGAAAEBB AHBBCCBBAIFEDJCBGGAA CBFAAHBBAICEDJBBGAAC BCFAAHBBAICEDJBGAAACB BCFAAHBBAICEDJBGAAACB BCFAAHBBAICEDJBGAAACB BCFAAHBBAICEDJBGAAACB	272 331 339 345 348 358 369 402 407 450 494 515 554 571	67.9500 66.3500 65.9500 64.5500 59.7500 52.5500 45.3500 42.3500 40.7500 33.9500 29.9500 29.7500 28.5500 28.3500	
10	API	2-Opt	AAIDJBBBCCCEFAAAHBBG AHBBGAAICCCEDJBBBFAA AHBBGAAICCCEDJBBBFCAA AICBBFDGAAAEHBBBCCJA AJBBCCGAAIDFEHBBBCCAA BBCAAHDEFAICCBGGAAJB BCBAAHDEFAICCBGGAAJB AJBBCCAAHBFEDAICBBGA AJBBCCAAHBFEDGAICBBA BGAAACCJBBIDAEBFAACB BCAAHBBGDEAICBFACJB BCAAHBBGDAICBFACJB BCAAHBBGDAICBFACJB CBAAHBDEBGAICBFACJB BACJBAHABCBDGFEFAACB ACBGABJABICEDHBFACB ACBGABJABICEDHBFACB BCAAJBHABCBDGFEFAACB BACJBAHABCBDGFEFAACB	301 304 348 377 390 402 440 447 465 486 499 506 547 593 687 704 722 730 813	57.7500 52.5500 44.7500 44.1500 42.3500 38.7500 37.1500 34.7500 33.5500 32.9500 31.7500 30.9500 29.7500 29.5500 29.1500 28.7500 28.5500 27.1500 26.3500	
11	API	3-Opt	AHBBFAAICCCEDJBBBGA AAIEBBBCCCFDJAHHBBG AHBBFAAICCCGDJBBBAA AICBBGAAHDECCJBBBFAA ACBBGAAIFEHDJBBBCCAA AICBBCFAAEHDJBBBCGAA AHBBCCGAAICFEDJBBBCAA AICBBGAAHJBFECBBAA AICBBGAAHBFEDCJBBCAA AICBBFAHDEBJAACBBGA BGAACBFADHDEBCCJAAICB ACJBBFAHDEBCCJAAICB AICBBGAAHBFEDCJACBBA ACBBFJAAEDHBCAICBBGA ACJBBFAEDCHBBAICBGA CABBGAAHBCFDJBAIIBC ABCBGEAAHBCFDJBBBCA ACBBFDAHBCGEBJAICBA ABCBDGAAHBCFEBJAICBA	304 336 342 361 372 392 400 405 442 461 492 495 516 528 538 550 568 582 626	62.5500 57.1500 52.9500 42.7500 41.3500 40.1500 38.1500 36.5500 34.7500 34.1500 33.7500 32.7500 32.1500 31.9500 31.7500 29.9500 28.7500 28.3500 27.9500	
12	API	Or-Opt	CBBFAAAEHDJBBBGAIIIC CCBBFAAAEDJHBBBGAIIIC CAEBBFAAHDJBBBGAIIIC CBBFAAAHDCJBBBGAIIIC CBBAAAFEHDJCBBBGAAIC CBBGAAHJBCIFAABBC ACBBEAAHDJBGAICCBBFA BCAAIBBGEDJAHBCCFAAB ACBBFAHDJCBGAAIECBA BCAAHDJBBGAIICBEFAABC BCABHICABGDJEFBCAAB ABCJBIAGBCDHEFAACBBA ABCGBIIAABCDFEFABBCA	303 348 366 370 407 410 449 490 517 527 704 712 733	51.1500 49.1500 47.5500 41.9500 40.9500 37.1500 34.5500 34.1500 31.1500 29.9500 29.1500 28.9500 27.9500	

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	AAIDJBBBCCCGEHBFAAA	271	75.7500	
			AAIEHBBCCCBFDJBGAAA	301	69.1500	
			BBGAAIDJBBCCCFAAEHB	308	56.7500	
			BFAAIDJBBGECCCAAHBB	332	53.5500	
			AIDJCCBBBFAAAEHBBCGA	364	48.1500	
			AAHDJCBBBFAAICCBGGEA	367	47.9500	
			BBGAAACEIDJBBCCFAAHBB	373	46.5500	
			AAIDJBBBCCCFAAEHBBCGA	377	44.7500	
			BCAAIDHBBGEFAAACJBB	389	41.1500	
			AHBBCCGAIDJBFEBBCCAA	399	40.3500	
			ABBCCGAIDJBFEBBCCAA	414	36.7500	
			CAAHBBIDJBGAAECBBFAC	478	35.5500	
			BCGAAIDECBBAAJBCFAHB	510	35.1500	
			AHBBCCGAIDJBFEBBCCAA	522	34.7500	
			CFABBCCAIDJBGHBAAEBC	528	33.9500	
			CBAJBFAAHIDECBBGAABC	538	31.7500	
			BCAABGHAIIDJCEFAABC	669	30.9500	
BCAABGHAIIDJCEABCFAB	675	29.1500				
CBJAEBACIFABGHABDCBA	888	28.7500				
14	API	IP	DJBBBCCCGAAAHHBFAIE	305	104.3500	
			AAAAEIDJBBBCCBGHBF	311	101.1500	
			JBBCCCAAHHBBGAAIFED	314	77.9500	
			BBFAAAIEDJCCCBGAAHB	315	53.1500	
			BBCEFAAIDJBBCCGAAHB	346	41.5500	
			BBCEFAAIEDJBBCCGAAHB	373	39.7500	
			AHBBCCFAAIEDJBBCCGAAHB	383	38.9500	
			BCBF AAAIEDJBBCCGAAHB	398	38.1500	
			BBACEFAAIDJBBCCGAAHB	423	37.3500	
			BCAAIDJBBGAAECBBFAHB	439	34.7500	
			AHBBCCFAAIDJBBCEACBGA	483	33.9500	
			AICBBEDAABJBCGAHBBBCFA	500	31.7500	
			BCAAJCBGGEDAABHBFACB	521	31.1500	
			AICBBEDAABJBCGAHBBBCA	556	30.5500	
			BCAAEHBBCCJAIFDGBAACB	565	28.9500	
			ACBBEAIDJACBGHBCFB	645	27.7500	
			BCAAHBFIDABCGABJCB	675	27.3500	
ABCBAEFDJABCGBAHICBA	732	26.5500				
15	2-Opt	PI	BGAAAAHDCCCFEIJBBBB	272	141.7500	
			CCBBGHDEIFAAAAJBBBC	297	80.3500	
			CCBBGAAHDEFAAIJBBCC	309	59.5500	
			CCBBGAAHDEIFAAAAJBBBC	325	56.3500	
			CCAAHBBBGDEIFAAAAJBBBC	345	47.9500	
			CCBGAAJBBFEIDAAAHBBC	364	45.5500	
			CBGAAHBBDEIFAAAAJBBCC	377	44.3500	
			CCBAAJBBGDEIFAAAAHBBC	383	43.9500	
			CFAAHBBBGDEICAAAJBBCC	386	41.3500	
			CAAHBBBGGDEIFAAAAJBBCC	390	40.1500	
			CBFAAJBBGDEICAAAHHBBC	411	36.5500	
			CBAIICBGGDEHFAAAJBBBC	443	36.3500	
			CBAAHBBGDEDAIICJBBFA	467	36.1500	
			BCAAHBBGDEDAIICJBFAB	468	35.1500	
			CABBGAEDJCAHBBBFAAIC	486	34.7500	
			ABCCAJBBGDEIFAAHBBCA	492	34.5500	
			CBAAHBJAICBGDEFAAABBC	512	30.7500	
BAICBFAAJCBGDEBCCAHHB	561	30.3500				
ABCBAHJAICBGDEFAAABBC	640	30.1500				
CABBFAEDJACGHBAIBBCA	686	29.7500				
AIBCBFAAJCBGDEBAHBAC	694	29.1500				
ABCAHJBIABCGBFAEDCBA	739	27.9500				
ACBAHJBIABCGEFABDCBA	758	27.1500				
16	2-Opt	API	DGAAAAAIEHBBBCCCBJBF	287	140.9500	
			JBFEDGAAAAAHBBBCCCI	328	108.5500	
			AAIJBBGDEFHBBCCCAA	329	70.3500	
			CCAAEIJBBFDGAAAHBBBC	354	63.5500	
			AICJBFEDGAAAHBBBCCA	366	61.1500	
			CAAJBBFAEDGAAAHBBBCC	376	56.3500	
			AHBBCCFDGAAAIICBBBJA	390	48.3500	
			AAICJBBBDEFHBBCCBGAA	393	44.3500	
			BJAAEHBBCCGDFAAAIICBB	396	43.3500	
			AICBBBJAHDEFACCBGAA	415	41.9500	
			BJAAEHBBCCGDFAAAIICBB	420	40.7500	
			AICBBGAAEFHJBBCCBAA	437	38.5500	
			CBJAAHBBCEFGDAAAIIBBC	458	36.1500	
			CBBAAEFDGAICBJAAHBBBC	470	34.5500	
			CBBAEFDAICHHBGAAJBC	515	32.3500	
			CBBAAEFDGAICHHBGAAJBC	518	31.5500	
			BAACBFDEAICHHBGAAJCB	556	30.9500	
CBAABFDEBGAICBJAAHBC	560	29.7500				
ACBBAEFDGAICHHBGAAJBCA	601	28.7500				
ACBBAEFDGAICHHBGAAJBCA	624	27.9500				
BCAABFDEAIBCHBGAAJCB	663	27.7500				
ABCBAEFDGAICHHBGAAJBCA	698	27.1500				

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	CCGAAAAHDJBFIEBBBCC	302	141.1500	
			BBBFAAEHDJBGAAIACC	303	128.5500	
			BFEAAHDJBBBGAICCCB	308	75.7500	
			CBFEAAHDJBBBGAIIACC	311	55.9500	
			BBGAAEHDCCBFAAAIJBB	333	53.7500	
			CCBBFAAAHDJEBBGAIAIC	338	49.1500	
			BBCEFAAAHDJBBGAAICCB	340	45.5500	
			BBCFAAEHJBGAAIACBB	347	45.3500	
			CBBFAAIEHDJBGAAABCC	357	44.7500	
			CBBFEAAHDJCBBBGAIAIC	363	42.1500	
			CBBFAAIEHDJBGAAACBBC	387	41.7500	
			CBBAAIACEFDJBGAAAHBBC	400	37.1500	
			CAHBBGAAIDJBCBFAAEAC	439	36.9500	
			CAHBBGAAIDJBCFAAEBBC	440	34.5500	
			ACBBFAEHJBAIACCBGGA	449	32.5500	
			AIBCCGAAEDJBCFAHBBCA	498	31.5500	
			BCAAEBBCCGAIDHJBFACB	537	30.1500	
			BCAAEBCCGAIDHJBFACB	561	29.5500	
			BCAAJBGCFIEBBHDAACB	570	29.3500	
			BACAJBGCFIEBBHDAACB	647	28.9500	
BACAJBIFGAECBBHDAACB	667	28.5500				
BACAJBEFGAICBBHDACAB	713	28.1500				
ACBIEBFAABCGDHAJBACB	764	27.9500				
ABCGFBAACBEIDHJABCBA	766	27.7500				
ABCIEBFAABCGDHJABCAB	805	27.5500				
18	2-Opt	3-Opt	CCCBGAAHDJBBBFEAAAI	308	93.3500	
			BGAAAHJDJBCCCFAAIEBB	317	56.7500	
			AICBBGAAHDJBBBCEFAAA	340	44.5500	
			AICBBGAAEHJCCBFFAA	358	41.1500	
			BCGAAHDJBBBCEFAAAICB	385	39.3500	
			BBCEFAAAHDJCBGGAAICB	395	38.5500	
			BBCFAAAEHDJCBGGAAICB	402	37.3500	
			CBBAAIACGDJBBBFAAHBC	414	36.5500	
			ACBBAHJDJBFEEAICCBGGA	454	32.9500	
			ACBBAEHDJCBFFAAICBGA	504	32.5500	
			BAHBCEAAICGDJBBFAACB	512	32.1500	
			BACEHBAIACGDJBBFAACB	542	30.3500	
			AHBBCAIEBCJADFGABBCCA	630	29.7500	
			ABCHBAIDJBCFEAAGBBCCA	637	28.7500	
			BACAHBJBGAIECBDAFACB	719	28.5500	
			ABCHBAIEBJCFDAABGCBA	723	28.3500	
BAHCBAIECJBADGABFACB	758	27.1500				
BACHBAIECJBADFGBAACB	775	26.9500				
BACHBAIECJBADGABCFAB	782	26.7500				
19	2-Opt	Or-Opt	CCBGAAHDJBBBGEFAAIC	311	55.9500	
			CBBCAAHDJBBBGEFAAIC	351	50.9500	
			BBGAAHDJBBFAAEICCB	354	47.5500	
			CCBGAAHDJCBBBGEFAAIC	366	43.1500	
			CCBGAAEDJBCBHBFAAIC	399	39.7500	
			CBBFAAAHBCGEIDAABJBC	413	37.5500	
			BCCAABGEAHDJBBFAAICB	459	36.3500	
			BCAACBGEDJAHBBFAAICB	489	32.5500	
			CAABBFEICJBDAAHBBGAC	511	32.1500	
			BCAEDACBGJAHBBFAAICB	586	31.5500	
			CABAGDEBCJBIAAHBBFAC	655	31.3500	
			ABAHCBFEICADJBBGACBA	685	30.9500	
			BCAEBDAACJBIFAHBACGB	696	30.1500	
			ABCEBJAAGCBHDFABBICA	714	28.7500	
20	2-Opt	Double-bridge	BBGAAAIEDJBBCCFAAIB	304	56.1500	
			BGAAIEFDJBBCCFAAIB	318	55.9500	
			BBAAIEFDJBBCCFAAIB	332	53.1500	
			BCGAAAIEDJBBBCCFAAIB	349	43.5500	
			BBGAAAIEDJBBCCFAAIB	363	40.3500	
			BBGAAAIEDJBBCCFAAIB	387	39.7500	
			BCBAAAIEDJBBCCFAAIB	401	38.7500	
			AHBBCCAIFEDJBBBACGA	436	38.1500	
			BCAAIEBBCCGDJBCFAAIB	451	37.9500	
			CAHBBIAACFEDJBBBGAAC	460	36.1500	
			AICBBAAFEDJBCCAHBBGA	471	35.7500	
			CAABBFIDJBGACEAAHBBC	501	34.1500	
			BAAJBCCEDGAIBBFAAHBC	514	33.7500	
			CAHBBAAFECJBDGAABBC	552	33.1500	
			BCGAAHBCBFEIDAABJBCA	556	31.7500	
			AEBACAJBBGAIDFAHBBCA	566	31.3500	
			BACGAHBBCCFEIDAABJBCA	608	30.5500	
			BACFAHBBCCFEIDAABJBCA	612	30.1500	
ACBBJAIFAHBCGDBAAEBC	668	28.7500				
BCABAEHIAGBCJBDFAACB	743	28.1500				

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	CFAAIJBBBGAHDEBBCC	330	57.5500	
			CCBBJAAAEDEGHBBFAIC	346	49.1500	
			BBCCGAAAIIDEHBBFAAIB	366	44.5500	
			BBCCGAAAIIDEHBBFAACJB	369	42.9500	
			BBCCGAAAIIDEHBBFAAJCB	377	42.5500	
			AAHBBCEGAIDJBCCBBFAA	387	41.9500	
			CJBBAAHHDGECBBBFAIC	395	40.9500	
			AHBBCEGAIAIJBCCBBFAA	404	39.7500	
			BCAAIDJBBGACCEFAAHBB	409	37.5500	
			CBBJAAIDGECBBFAAHBC	422	36.1500	
			BCFAAIDJBBGAEBCCAABH	440	34.9500	
			BCAAIDEHBBFAAJBCCGAB	469	33.9500	
			BCFAAIJBBGADEBCCAABH	480	33.7500	
			BBCAAEDHBCFAAJBGAICB	496	33.5500	
			BCAAIDEHBBCFAAIJGACB	498	30.7500	
			BCAAHDEBBCFAAIJGACB	522	30.1500	
			BCAAIEHBBCFAAIJBDGACB	530	29.9500	
			BCAAIEHBBCFAAIJBDGACB	544	29.5500	
			BCAAHGDDEBCFAAIJBBCA	566	28.7500	
			BCAAHBDCEBFAAJBGCAB	575	28.5500	
BCAAHBDCEBFAAJBGCAB	605	28.3500				
BCAABGHDJBCAFEAIBCB	683	27.1500				
BACABGHDJBCAFEAIBCB	771	26.7500				
22	3-Opt	PI	AAAHBBGDJCCBBBFEIAA	300	67.3500	
			CEDJBFAAAHBBBGAIIICC	304	63.1500	
			CJBFEDAAAHBBBGAIIICC	317	60.3500	
			CCAAHBBBGDEFAAAIJBBC	329	49.1500	
			AICBBBFEDJAAAHBBCCGA	353	46.9500	
			CBGGAIJBFEDAAAHBBCC	354	45.9500	
			CAIICBBBGEFDJAAAHBBC	370	43.7500	
			CAAIJBBBCEGDEFAAAHBBC	374	40.9500	
			AICBBFEDJAAAHBBCCBGA	377	40.7500	
			CBJAAICBBGDEFAAAHBBC	396	37.1500	
			AICBBGEAAHBFDJCCBBAA	427	36.1500	
			AICBBGAAEHBFDJCCBBAA	432	35.9500	
			AHBBAIICGDJBAAECCBFA	481	35.5500	
			ACBBGAIDJBFEEAHBCCBA	484	32.1500	
			ACBBGAIDJBFEEAHBCCBA	521	31.7500	
			ACBBAIICJBGEDFAAAHBBCC	525	31.1500	
			CBGAAHBFDAACJBBAEAIICB	546	30.9500	
			ACBBFDGAAECBIAHBCBJA	587	30.1500	
			ACBBGAIFDCEAHBAJBBCA	595	29.9500	
			ACBBFDJAEACBIAHBCBGA	612	29.7500	
ACBBGAIDCBAEFAHBCBJA	641	28.9500				
CBAAIIGDCCBAEFAHBJBAC	649	27.7500				
CBAAIIGDCCBAJEBFAHBCA	721	27.5500				
BAICABGDCCBAEFAHBJBAC	741	27.1500				
23	3-Opt	API	AAAEHDJBBBFFIICCAGAA	263	96.7500	
			AAHFEIDJBBBCCBBGAAA	286	79.9500	
			AAHBCFEIDJBBBCCGAAA	317	63.9500	
			AAIHBBCCFEDJBBBCCGAAA	338	57.9500	
			CCBAAAFEDJBBGAAHBBCC	352	53.5500	
			BBCAAIFEDJBCCGAAAHBB	359	43.5500	
			BBCAAIFEDJBGAAAHBCCB	383	42.7500	
			BCBAAIFEDJBCCGAAAHBB	397	41.9500	
			CBGAAAHDJBFEECAABBC	414	37.5500	
			CBGAAAHDJBFEECAABBC	416	35.7500	
			ACBBGAAHJBFEECAABBC	454	33.9500	
			ACBBGAAHJBFEECAABBC	482	33.7500	
			ABCBBGAAHJBFEECAABBC	493	33.5500	
			ACBBGAAHJBFEECAABBC	513	31.7500	
			ABCBBGAAHJBFEECAABBC	552	31.3500	
			BCAJBAICBFDGAEBCAAHB	611	30.7500	
			AJBBCFIDCBGAEHBAACA	616	30.5500	
			BCAJBAICBFDGAEHBAACA	626	29.9500	
			AJBCBFAEHBCAADGBCBA	646	29.5500	
			CBAJBAEHBCAADGBCBA	698	28.9500	
ACBAJBAEHBCIDFABCBA	710	28.5500				
ACBAJBAEHBCIDFABCBA	712	28.1500				
ABCBEAGACBDFIJBAAACB	830	27.5500				
ABCBEAGACBDFIJBAAACB	834	27.1500				
24	3-Opt	2-Opt	AHBBCCCGAAAIJBBBFA	309	59.7500	
			AHBBGAAIJDJBCCBBFAA	329	52.5500	
			BBCFAAAIIDEHBBCCGAAJB	366	40.3500	
			AHBBCCGAAIJDJBCCBBFAA	374	38.9500	
			ACBBFAAIIDEHBBCCJBGAA	393	38.3500	
			AICBBGAAHBJCCBBFAA	399	37.1500	
			ACBBGAAIIDEHBBCCFJBBA	438	36.9500	
			AICBBFAHBEDAACCBGGA	458	36.5500	
			AICBBEAAHJDJBCCGABBF	464	34.9500	
			ACBBGAAIJDJBCCBFHBA	475	33.7500	
			CBGAAEFHICBBDJAABC	486	33.3500	
			CBGAHBAIICEDJBBFAABC	489	32.3500	
			AICBBGAAABCEDJAHBBCF	492	31.9500	
			CBFAHBAIICBBDGDEAABC	504	31.5500	
			BCAAHBAIICEDJBBFAABC	520	30.9500	
			AICBBGAAECBDFAHBBCA	555	29.9500	
ABCBFGAHBCAEAIJBBBCA	597	28.7500				
ABCBFGAHBCAEAIJBBBCA	619	28.3500				
ABCBFGAHBCAEAIJBBBCA	635	27.5500				

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	IDJCCBBFEHBBGAAAAA	277	156.3500	
			AAEHBBBBBFICCGDJAAA	280	101.5500	
			CCFJBBGAAAAAIDEHBBBC	292	76.7500	
			CAAHBBFEDJBBBGAIIICC	311	56.3500	
			CBBFAAAIDEHBBGAAJCC	332	51.1500	
			BCGAAHBBFEDJAAIICBB	353	42.5500	
			CBGAAHBBFEDJAAIICBBC	377	41.3500	
			BBCFAAAIIDEHBBGAAJCB	413	38.7500	
			BBCFAAAHDEICBBGAAJCB	421	37.3500	
			BCGAAHBBFEDJAICCAABB	431	36.9500	
			BCGAAHBBFEDAICCAABB	437	36.3500	
			BCFAAHBBGEDAICCBAAJB	464	33.9500	
			BCFAAHBBGEDAICBAAJB	495	32.9500	
			BCFAAHBBGEDAICBAAJB	509	32.5500	
			BCAAIDJBGAEBBCHFAACB	539	31.1500	
			BCAAIJBGACBBEHDAAACB	551	29.9500	
			BCAAIJDACEHBBFGAACB	566	29.5500	
BFAACBGEIBCAHJBDAAACB	620	29.3500				
ACBGBAIFEBCAHDACJBBA	664	28.9500				
CBFAABGEIACBHJBDAAACB	671	28.5500				
ACBFABEICAJGBHDAACB	741	27.9500				
26	3-Opt	Or-Opt	BCFEIDJBBGAAAAAHBCCB	341	69.5500	
			CJAAIIBBBGDEFAAHBBCC	345	56.3500	
			JAAICBBBGDEFAAHBBCC	358	47.1500	
			BCAAIDJBBGEFAAAHBBCC	381	40.7500	
			AACBBIEDJBBGFAAHBBGA	412	40.1500	
			BCAAIDJBBGAEFAAHBBCCB	419	39.5500	
			CBJBAIICBGGDEFAAHBBCC	437	37.3500	
			ACBBFAAJBDEHICBBGAA	446	37.1500	
			CAAHBBBGDCFEAAJBBIAIC	464	36.7500	
			AACBBFEDJBAAHICBBGGA	472	36.3500	
			AJBCBFABHDEAAIICBBGGA	484	33.9500	
			ACBBGAHIDJBEAACBBFA	488	32.5500	
			BCAJBGAAIDEHBBGFAACB	498	31.9500	
			ACBGABBJCDEIFAHHBBCA	565	31.7500	
			ACBBAIJCDEBFAAHCBGGA	584	31.1500	
			ABCGABDJCEIFAHHBBCA	585	29.1500	
			BCAAIFDCBAEHJBGCAAB	717	28.3500	
BACBFIAHBGCAEAJBDACB	767	27.5500				
BACBFIAHBGCAEDABJACB	772	27.1500				
27	3-Opt	Double-bridge	CBBFAAAAEHDJBBGAIIC	303	59.9500	
			BGAAIDJCCBBFAAAEHBB	319	57.1500	
			AHBBCCGAAAIJBBBCEFA	346	44.3500	
			ICBBFAAAAEHDJBBCCBGAA	372	43.3500	
			BCAAEHBBGDJBFAAIICCB	392	41.5500	
			BCAAEDJBGHBBFAAIICCB	394	41.1500	
			BBAIICGAEDJBBCCFAAHH	411	39.1500	
			AEHBBCCFAAIJBBGACBA	454	36.3500	
			ABBIAIDCCJBFAAHBBGGA	483	35.9500	
			CBAIFAAACEHDJBBBGAAC	495	34.9500	
			BAHDCCBGAAJBBFEAAICB	514	33.7500	
			BAHDCCJBGAAACBBFEAAICB	516	32.9500	
			ACBBGAAHDJBFECBBBAIBA	538	32.7500	
			BCBAJJEHDCCGABBFAIICB	559	31.9500	
			BAHCBDEJEAACBBFGAAICB	596	31.7500	
			ABBCGHAAIIBFDECAJBBCA	620	30.9500	
			BCAABFEHDCAABIJGBBCA	702	30.3500	
AGCBBHACABFDEAIJBCBA	754	29.7500				
28	3-Opt	IP	BGAAIIEHDJCCCFAAHBBB	304	69.5500	
			BBFAAAIIEHDJCCCBGAAHBB	315	56.3500	
			BBFAAAIIEHDJCCCBGAAHBB	322	52.5500	
			CCBBGAAAIIDEHBBFAAJCC	332	51.1500	
			CCBBGAAAIIDEHBBFAAJCB	346	44.3500	
			CCBBGAAAIIEHDJBBFAABCC	357	43.9500	
			ICBBGAAAIIEHDJCCCBFAA	372	43.1500	
			BBGAAAIIEHDJBBCCFAAB	377	40.1500	
			ACBBFAAIIEHDJCCCBGAA	387	37.9500	
			CCBBGAAAIIEHDJCCCBGAA	390	37.3500	
			CCBBGAAAIIEHDJCCCBGAA	415	35.7500	
			CCBBFAAIIEHDJCCCBGAA	432	34.5500	
			CCBBFAAIIEHDJCCCBGAA	493	32.5500	
			BACBFAAIIEHDJCCCBGAA	519	32.1500	
			ACBBJAAIIEHDJCCCBGAA	523	31.9500	
			BCAAIIEHDJCCCBGAA	569	31.7500	
			ACBBFAAIIEHDJCCCBGAA	582	30.5500	
ACBBFAAIIEHDJCCCBGAA	602	28.5500				
ACBBDEIAAFBCGHAJBCBA	689	28.1500				

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	BGAAIDJBBCCCEFAAAHB	301	57.1500	
			BBGAAAIACCCEJBBFAAHB	304	53.1500	
			BBGAAAIEDCCCJBBFAAHB	322	52.5500	
			CBFAAIEDJBBBGAHHBCC	329	47.5500	
			CCBBFAAIDJBGEEAAHBBC	342	46.7500	
			BBCCGAAAIJBBCEFAAHB	346	45.7500	
			CCBAIIDJBBGEFAAAHBBC	350	44.7500	
			BBCFEAAAIJBBCCGAAHB	358	41.5500	
			BBCGAAAIJBBCCFAAHB	359	40.3500	
			CBGAAAIJBBCEFAAHBBC	370	40.1500	
			BCEBGAAIJBBCCFAAHB	391	39.1500	
			CBGAAIJBBCFEDAAAHBBC	398	35.9500	
			CBGAAIDJBBCEAAHBFBAC	439	33.1500	
			CABBGEAAIJCBFFAAHBC	475	31.7500	
			ACBGAIDJBBCEFAAHBBCA	478	31.5500	
			BCEAAHBGDJACBBFAIACB	561	29.7500	
			BCEAAHBGDAICBBFAJACB	590	29.3500	
ABCGAHBEDAICBBFAJBCA	603	28.1500				
ABCGAHBEDAICBBFAJBCA	627	27.7500				
BACEABFBCIADGHJABCAB	874	27.3500				
30	Or-Opt	API	BBBBFEAAAAIACCCHDJB	256	117.3500	
			BBFAAAAAIACCCHDJB	257	108.3500	
			HDJBBGAAAAIACCBBBFE	261	87.3500	
			AIACCBBGAHJDJBBFFAA	303	69.5500	
			CBFFAAIEHJDJBBGAAACC	318	47.9500	
			ACBBFAAIEHJDJBBCCGAA	363	41.9500	
			ACBBFAAIEHJDJCCBBGAA	387	37.9500	
			ACBBFAAIEHJDJBBCCBGAA	416	37.3500	
			ACBBFAAIEHJDJCCBBGAA	425	36.7500	
			ACBBFAAIEHJDJBBCCBAA	461	36.3500	
			ACBBFAAIEHJDJBBCCABGA	465	34.9500	
			AICBBGAAEFJBBCAHBCA	480	33.1500	
			BAIACCBBGAHJDJBAABC	488	32.7500	
			BAAHBICCBFAEDJBGAAACB	499	32.1500	
			ACBBFAAIEHJDJCCBBGAA	510	31.9500	
			BAIACCBBGAHJDJBAABC	515	31.7500	
			CBAAIHBBGACFEDJBAAC	516	31.1500	
BCAAJCBGAIFFEDHBAACB	545	30.7500				
BCAAHBBGACFEDJBAACB	547	28.7500				
BCAAHBBGACFEDJBAACB	623	28.3500				
ABCJBGDAIBCAEBAHFBCA	739	27.9500				
BCAAHBBGACFEDJBAACB	740	27.5500				
31	Or-Opt	2-Opt	BBGDJAAAIACCCEFAAHBBB	288	67.3500	
			JBBBGAIAIACCCEFAAHBBB	323	62.9500	
			CJBBGAAAIIDEHBBFAACC	324	49.1500	
			CBGAAIDJBFAAAEHBBCC	333	47.9500	
			CBGAAIDJBFAAAHBBCC	338	45.5500	
			CBGAAIDJBBCEFAAHBBC	370	37.3500	
			CBFFAIDJBCGEEAAHBBC	387	37.1500	
			CABBGAIEIDJBCFAAHBBC	461	34.5500	
			CBBAHJDJBAICEFGAABBC	495	32.1500	
			CBBAAGHDJAICBBFAABC	531	31.3500	
			ACBBDGAAICJBBFAECHBA	570	30.1500	
			BAACBGHDJAICBFEBACB	585	29.5500	
			ACBBDJAAICBGEFABCHBA	601	28.5500	
			ABCBAIHJDJBCGAAFEBCA	614	28.3500	
			ACBDJBAAIACBGEFABCHBA	642	28.1500	
			ACBGABJHDABCEFAICBBA	681	27.9500	
			32	Or-Opt	3-Opt	
CAAAAAIBGDJBFEBBBCC	337	131.9500				
BICCCAAAAADJBBFGEHBB	347	106.3500				
CCBBBAAAAADJBBFGEHIC	355	85.9500				
AHBBBICCCFAAAJBBGDE	358	67.5500				
AAICBBBFAAEHBBCCGDJA	365	53.5500				
BBDEFAAIACCJBCGAAHBB	369	52.7500				
AAICBBBFAAEHBBCCGDJA	370	50.1500				
BBICFAAAEDJBBCCGAAHB	373	42.1500				
BBGAAACCEDHJBBFAAICB	400	41.3500				
BFECBAAAIJBBCCGAAHB	411	39.7500				
CBFFAAHDECAJBBGAAIC	422	38.3500				
BBGAAJCCEDAHBBFAAICB	426	37.3500				
CBGAAHBCFEDJBBAAIIBC	449	35.7500				
BCAIDJBFAAEHBBCCGAAB	456	34.9500				
BCAIDJBFAAECBBGAAHB	484	34.1500				
BCGAAHBCEDAJBBFAAICB	485	31.3500				
CBAAJBGEDACBBHFAAIBC	575	29.9500				
CBAABFGHDJBCAAIEBBCA	608	29.1500				
BCAABFGHDJBCAAIEBBCA	689	28.5500				
CBAABEHIDJBCFGABBCCA	716	28.3500				
ABCBGAHFDEBACJABIBCA	753	27.3500				
ABCBFAHGDBCAEIAJBICA	770	26.7500				

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	BFAAAAIEDHBBGGCCJB	305	124.3500	
			AAICCCBGGAAAHDJBBBF	312	84.3500	
			AIEBBBGAHBJBCCCFAA	317	68.7500	
			CCBBGAAAHDEIFAAJBBBC	325	56.3500	
			CCBBGAAAHDJBFIAIEBBC	342	48.3500	
			AAHDJBBBCCFAAEICBBGA	353	45.9500	
			CBGGAAHJBFEEAAICBBC	377	42.5500	
			BBCEFAAIDGHHBCCAAJB	389	41.3500	
			CBGAAHBCFEFDAAIJBBC	405	39.7500	
			BBGAAHDJCEBBFAAICB	417	38.7500	
			BDAAACJBBGHEBFAAICB	431	38.5500	
			CBGGAAEDJBCFAHBBIAIC	435	35.7500	
			BEAACCBGGAHBFDAIICB	477	34.5500	
			ABBGCAIJBFEAAHBBBCDA	527	34.1500	
			AIJCBDDAAEBCFAHBBGCA	536	33.9500	
			ACBBGAAEHICBFDAIJBBC	539	33.7500	
			ACJBBGAAECDHBAICBBFA	546	32.9500	
ACJBBGAAICDHEACBBFA	548	32.5500				
CBFAAEBIJDAHBBGGAABC	578	32.3500				
AHBCBEDAAJBCFAHBBGCA	580	30.5500				
ABCEBIAADJBCFAHBBGCA	592	29.7500				
BGACIAJBBCAEFDAHBCAB	685	28.9500				
34	Or-Opt	Double-bridge	BFAAAICCCEDJBGAHHBBB	304	77.9500	
			BBFAAAAIEDJBCCCGAHBB	305	71.7500	
			BBFAAAAICCCDJBBBGAH	333	56.5500	
			BBBCCGAAAIEDJCCFAAHBB	335	55.5500	
			BBGAAAIEDJBCCFAAHBB	348	47.9500	
			BBGAAAIEDJBCCFAAHBB	349	42.9500	
			CBGGAAIIFEDJBCCAAHBB	383	41.7500	
			CBGGAAIICEDJBBBHFAAC	403	40.9500	
			CBBAIIFEBGAAAHDJBBBC	410	39.5500	
			BGAHBCEDJBCFAAICBB	417	38.9500	
			BBGAAAIEDJBCCFAAHBC	418	38.5500	
			BCGAAHBEJBCFAAICBB	433	36.1500	
			ACBBFAIICEDJBBGAAHBC	481	32.3500	
			BBCAAIEDJBCFAAHBCGAB	496	32.1500	
			AACBBGDJBCAEFIAHBBCA	528	31.1500	
			ABCBGAHBCEDFIAJBBCA	585	29.5500	
			BICAABDHBCAEFAJBGACB	657	28.7500	
BACJABDHBCAEFIABGACB	759	26.3500				
35	Or-Opt	IP	EDJBBBGAIIAFAHBBCC	307	93.3500	
			CCBFIEIAAHDJBBBGAACC	333	51.5500	
			CCBBGAAAEIDJBBFAAHBC	339	44.3500	
			BGAAHBBCCFEDJAAIICBB	352	42.7500	
			BCGAAHBBFEDJAAIICBB	353	42.5500	
			AACBBBFIEDJAAHBBGCA	378	41.7500	
			CBBCGAAAEIDJBBFAAHBC	384	41.3500	
			BGAAHBBCCFEDJBAAIICB	393	40.3500	
			CBGGAAAEIDJCBFFAAHBC	394	36.1500	
			CBGGAAAEICDJBBFAAHBC	400	35.9500	
			CBGGAAICEDJABFFAAHBC	448	34.5500	
			CABBGAIIICEDJBBFAAHBC	451	32.5500	
			CABBGDAAJECBBFAAHBC	515	31.7500	
			CABBGAIIICEDJBBFAAHBC	517	31.3500	
			BCAIHBBGAACEDJBBFAACB	527	30.7500	
			BACDHGAAEICBBFJAACB	583	29.7500	
			AHBBCAIEBACFDGAJBBCA	601	29.3500	
AHBBCAIEJACFDGABBCCA	638	29.1500				
BCAAIJACBFDFGBHAACB	654	28.9500				
ABCIEAAJCBFDHBBGACBA	657	27.9500				
ACBBIEAJACBFGHDACBBA	711	27.5500				
ABCBFAIEAJBCDGAHBCAB	727	26.9500				
ABCBFAIEACBJHDABGBCA	737	26.7500				
ABCBFAIEAJBCHDABGACB	787	26.5500				
36	Double-bridge	PI	AAHDJBBCCBBGGAAAIIEF	296	69.1500	
			AAHDJBBBCCCFAAIEBBGGA	317	52.9500	
			BBGAAIDJCCCBFFAAAEHBB	319	52.5500	
			AAHDJBBBCCCFAAIEBBGGA	340	45.9500	
			BGAHHDJCCBBBFEEAAICB	363	43.9500	
			BFAAHDJBCCBGGAAAEICB	378	42.5500	
			AAHBBDJBCCGEAAIICBBFA	409	41.9500	
			AAHBBGEDCCBFAAIICBBJA	412	40.7500	
			AAHBBGEDCCBFAAIJBBCA	414	38.9500	
			BBAACCFEDJAHBBGAAICB	429	35.7500	
			BBCAAHDJACBBGFEAABC	456	32.7500	
			CBBAAHDJACBBGFEAABC	464	31.5500	
			BCBAAHDJACBBGFEAABC	494	31.1500	
			CBAAHBDJACBBGFEAABC	516	30.3500	
			CABBAHDJACBBGFEAABC	542	29.5500	
			ACBBAHDJACBBGFEAABC	571	29.1500	
			ACBBAHDJACBBGAFEBBCA	589	28.7500	
CBAABDFJACBGEAHBBBCA	648	28.3500				
CBAABDJFACBGEAHBBBCA	673	28.1500				
ACBBAHDJACBIFGAEBACB	736	27.5500				
ABCBAHDJACBIFGAEBBAC	737	27.3500				
ACBBAHDJACBIFGAEBBCA	740	27.1500				

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	FEICCCJBBBBGAAAAAHD	260	142.7500	
			BBGAAAAIFEHDJBCCCB	264	114.9500	
			BBGAAAEFAAHDJCCBBB	282	95.1500	
			FAAEICCCJBBBBGAAAAHD	302	86.5500	
			BBGAAAAEICCCFDJAHBBB	303	80.5500	
			CBGAAAAIFEDJAHBBCC	311	65.9500	
			HBBFAAIEDCCCJBBBGAA	322	57.1500	
			AHBBFAAEICCCDJBBBGAA	331	52.5500	
			BAAIFEDJBCCCBGAAAHB	352	52.3500	
			AHBBFAAIBDJCCCBGAA	380	52.1500	
			AHBBCGAAIFEDJCCBBAA	383	42.9500	
			AICBBGAFAHDJCCBBAA	413	41.1500	
			CBBFAAAIEHDCBJBBGAAC	418	38.5500	
			CJBBFAAAICBGDHBBAEC	436	38.3500	
			CBBFAAAIEHBCDJBGAABC	448	33.7500	
			CBBFAAAIEBCHDJBGAABC	466	33.5500	
			CBBFAAIDAEHBCJBGAABC	486	32.5500	
			CBBFAAIEAHBCDJBGAABC	495	31.7500	
			BCFAAIEBAHBCDJBGAACB	554	29.7500	
			CBFAAIEBAHBCDJBGAABC	566	29.3500	
			BCFAAIEBAHBCDJBGAACB	571	28.9500	
			BCAAIJBBCAEDHFABGCAB	603	28.5500	
			BCAAIJBBCEAHDFAHGCAB	634	28.1500	
			BCAAIJBBCEAHDFAHGCAB	689	27.7500	
			ACBIBEAHBCFDJABGCBA	691	27.5500	
			BCFAAIEBAHBCDJBGAABC	727	27.3500	
			ABCAIEBHACBFDJABGCBA	766	26.7500	
ABCAIEBHDACBJFABGCBA	827	26.3500				
38	Double-bridge	2-Opt	EHBCCCGDAAAAIJBBBF	300	91.3500	
			HDEBCCCFAAAAIJBBBG	302	89.7500	
			CFAAIDJBBGAAAEHBBCC	308	57.5500	
			CBGAAIDJBBFAAEHBBCC	333	49.1500	
			CBGAAIDJBBFAAAHBBCC	338	45.1500	
			CBGAAIJBBFEDAAAHBBCC	354	44.3500	
			CBGAAIDJBCFAAAEHBBCC	377	38.3500	
			CBGAAIDJBCFEAAAHBBCC	382	37.1500	
			CBGAAIDJBCAAEFHBBCC	419	36.3500	
			AJBBCAIDEHBFACCBGGA	454	34.3500	
			ACBBJAIDEHBFACCBGGA	467	32.5500	
			CABBGAHBCFEIDJBBAAAC	496	32.3500	
			ABCBJAIDEHBFACCBGGA	506	32.1500	
			ACBBGAIDEHBFACCBGGA	509	31.5500	
			ACBBJAIDECBFAAHBCBGA	534	29.3500	
ACBBGAIDECBFAAHBCBGA	561	27.9500				
39	Double-bridge	3-Opt	AAIDJBBGAAEHBBCCBFBA	333	63.7500	
			CAAJBBBGDEHBBFAAICC	336	58.7500	
			AICJBBFEDGHBBCCBAAA	376	55.1500	
			BFAAEDGHBBCCJAAIACBB	377	53.3500	
			BFAAEDGHBBCCAAIICJBB	380	49.9500	
			BBGAACDDEHBBFAAICJB	385	41.9500	
			BCCAABJBGDEHBBFAAICB	405	40.3500	
			BBGAICCFEAHBBDJAACB	428	39.9500	
			BAACCJBGEDHBBFAAICB	430	37.9500	
			BBGAACDDEFAHBBJAACB	437	36.7500	
			BBGAACCFEIAHBBDJAACB	465	35.9500	
			BGAICBFEAHBCDJAACBB	504	35.5500	
			BBAACCDGEFAHBBJAACB	509	34.9500	
			BGAACCBIEIAHFDJAACB	521	34.5500	
			CBGAEBBFAAHCBDJAABC	532	34.1500	
			CBFAABBGAEHICBDJAABC	547	32.1500	
			CBGAABBFEAHCBDJAABC	552	31.7500	
			BACBGAIDEFAHBBJCBAAB	581	31.3500	
			ACBBEFAIAJCBBDGAHBCA	600	29.1500	
			CBAIABGCAHBFADJBBAC	685	28.5500	
ABCABGHDEAICBFJABCBA	713	27.7500				
ACBHAGBFECBAIDABCJBA	797	27.3500				
40	Double-bridge	Or-Opt	BBBFAAIEHDJBGAAACCB	318	82.9500	
			CGEFAAAHBBBAIDJBCC	326	70.7500	
			CBBBFAAAEIDJBGAAHBC	339	54.7500	
			CBBFAAAEDJBGAAIBCC	359	47.1500	
			CBBFAAAEDJBGAAICBBC	372	44.1500	
			BFAAICCBGGEHDAACJBB	379	40.9500	
			BFAAICCBGGEHDAACJBB	387	40.3500	
			BFAAICCBGGEHDAACJBCB	401	38.7500	
			BFAACBCEHDJBGAAICBB	431	38.1500	
			CBFAAIDJBGAEBCAAHBBCC	465	36.7500	
			AICBBFAAEDJBGACCHBBA	476	34.5500	
			AICBBFAHDEBCAAJBBCCGA	493	31.7500	
			AICBBFAHDEBCAAJBCBGA	517	31.1500	
			ACJBFABHBCBGADAIEBBCA	606	30.1500	
			BCAAEDHBCBGJAIBCBA	652	29.9500	
			AIBCBADAGBCJFAAHBEBCA	730	29.7500	
			AJBCAHBGBACEDIBFAACB	756	28.5500	
AJBCAHBGCABEDIBFAACB	765	28.3500				

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	AAHBBBGEFIDJBBCCCAAA	296	80.7500	
			BGAAIFEDJBBBCCCAAHHB	314	58.9500	
			BBAAIDJBFECCECGAAAHBB	342	54.3500	
			AAHBBCCAIDJBBCCGEFAA	357	49.1500	
			AHBBCAAIFEDJBBBCCGAA	359	43.7500	
			AHBBCGAEAIJBBBCCFAA	400	42.1500	
			BCAAAIJBFEDJBBCCGAAHB	412	39.1500	
			CBBAIDJAAABCEFAAHBC	445	37.3500	
			BCGAAIBFAHDJBBCCAAEB	467	34.1500	
			BCAAEIBFAHDJBBCCGAAB	488	33.3500	
			AABBCCGIDJBCFAEAHBBCA	549	32.5500	
			BCGAAHDBFIAECBBJAACB	592	32.1500	
			ACBBGAEDBCJIAAHCBBFA	604	30.9500	
			BAIDCBJAAHBCCEGBFAACB	625	29.5500	
			BCABAEHDJBCFAGAIBBCA	732	28.3500	
			BAGCHABDCAJBEFAIBACB	879	27.9500	
42	Double-bridge	IP	AJBBGHDEICCCBBBFAAAA	294	88.9500	
			BBGAHDEICCCFAAAAJB	297	75.7500	
			AHDJBBBFAAAEICCCBBGA	309	60.1500	
			BBGAAHDEICCCBBFAAAB	322	53.7500	
			AAJBBBGDEICCCAAHBBFA	342	53.1500	
			AABBGGDEICCCJAAHBBBFA	356	52.9500	
			AHDECBBBFAAAICJBBGA	361	45.3500	
			AAHBBCEJBFAAICCCBBGA	373	38.5500	
			AAHBBCCGEDJBFACBBBA	398	38.1500	
			AICBBGAAHJBECCBBFAA	400	37.5500	
			AICBBGAAHJBFECBBBAA	405	36.5500	
			ACBBGAAHJBFECBBBAA	413	35.7500	
			AHBBCAEDJBFAAICCCBBGA	422	34.3500	
			AHBBCCGAAEDJBFABBBCA	454	33.7500	
			CBGAAHBBFAJICEDAABBC	506	32.5500	
			ABCBGAHJBFACBBBBA	524	31.3500	
ACBBGAAHJECBBFAICBA	527	30.5500				
AHCBGAAJBCFEIDACBBAA	554	30.3500				
ACBBGDAAHJECBBFAICBA	572	29.7500				
ADBCBGAAJBCEIFAHBBCA	596	29.3500				
43	IP	PI	EFAHDJBBCCBBBGA AAAI	296	92.5500	
			DJBBFAAICCCBBBGA AAEH	303	65.3500	
			BBGAAAI CCBBF EA AHDJB	308	55.5500	
			CBBEFAAAHDJBBBGA AICC	311	52.3500	
			CCBBFAAAEDJBBBGA AIC	341	49.1500	
			CCBBFAAAEDJBHBBGA AIC	355	48.3500	
			CJBBFAAAHDECB BBGA AIC	361	42.1500	
			CJBBFAAAHDECB BBGA AIC	387	41.7500	
			AAICBBEDJBF AAHBBCCGA	389	41.5500	
			AABBCCGDEIFA AHHBBBCJA	404	40.1500	
			AAEBBCJBHDGAAICCB BFA	423	39.7500	
			AAEBBCGDEIFA AHHBBBCJA	434	39.5500	
			CAAHBBBDJCF AAEBBGAIC	448	38.3500	
			CBBF AA EHDJBG AICCBBA	449	38.1500	
			AABBCCGDEBFA AHHBBICJA	458	37.7500	
			CAAHBBIDJCF AAEBBBGAC	465	37.5500	
			ICBBFAAAHDECB BBGA AIC	469	37.3500	
			AHBBCCGAIFAA JB BDCBA	484	36.1500	
			CJBAAHDEBB CF AIBBGAC	495	33.9500	
			CBBAIDCJBGAHBF EAACB	531	32.9500	
			BBCAAIEHACBGDJBFAACB	540	31.1500	
			ACBBGAAHDC EBF AJBBCA	551	29.9500	
			ACBBGAAHCBFIEDAJBBCA	563	29.7500	
			CBGABFAIAHBCEDAJB BAC	622	29.3500	
			ACGBBFAIAHBCEDAJB BAC	667	29.1500	
			ABGCBFAIAHBCEDAJB BAC	678	28.9500	
ACGBBFAEAI BCHDAJB CBA	680	28.5500				
BACGFBIAHBCEDAJB BAC	754	27.9500				
ACBBJADCEBHAFIBGCAB	862	27.7500				
44	IP	API	CGAAAAIFDEHBBB BJCC	294	143.5500	
			GDCCJBF EIAAAA HBBB	307	138.7500	
			CJBBIDEFAAAA HBBGCC	309	70.7500	
			AJBBGEDC CCAHBBBF AA	345	60.5500	
			CAJBBGEFDAAA HBBBCC	347	58.7500	
			AAJBBGDCCCEAAHBBBFA	351	55.3500	
			AJBBAE DCCGHBBBFAA	369	53.3500	
			AIDJBBCC EFGAAHBBBCA	371	50.1500	
			BFAACEIDJBBCCGAAAHBB	374	45.7500	
			BBCGAAAI DEHBBCCBFAAJ	391	44.3500	
			CBAAIDJBBCEFGAAAHBBC	409	35.1500	
			CBAAIDJBCBFGAAAHBBC	455	34.9500	
			BCAAIDJBCBFGAAAHBBC	480	34.7500	
			BCAAIDJBCBFGAAAHBCB	486	34.5500	
			CBFAAIJBBGAEHBBAAAC	495	32.3500	
			CBAAIJBBCAEFDGHBBAAAC	521	31.3500	
			ACBBAIDEHJBCGAAABBCFA	548	30.9500	
			BCAAIEDJBBCFAGHBAACB	557	30.7500	
			BCAAIEDJBBACFGHBAACB	569	29.7500	
			ACBBAIEDJAHBCGABBCFA	570	29.3500	
			ACBBAIEDJACBFGAHBBCA	581	27.5500	
			ACBBAIEDJACBFGAHBBCA	595	27.3500	
			ABCBAIEDJACBFGAHBBCA	620	27.1500	
			ABCBAIEDJACBFGAHBBCA	634	26.9500	
			BACBAIEDJACBFGAHBCAB	713	26.5500	

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	BBGAAIFEDJCCCAAHHBB AIEDJBBBCCCFAAAHBBGA BFAAAIEDJBBCCCGAAHBB BGAAIEDJBBCCCFAAAHB BBGAAICEDJBCCFAAAHBB BGAAIEDJBBCCFAAAHICBB AHBBCAIFEDJCCBBBGAA CBBGAAAIEDJBBCFAAHBC AICBBGAAEDJBBCCAHHBF CBBGAAAIEDJBBCFAAHBC AICBBGAAEDJBBCCFAHBA ACBBGAAIEDJBBCCFAHBA CABBGAAICEDJBBFAAHBC ACBBGAAICEDJBBFAHBCA ACBBGAHDEBCAAIJCBFA ACBBGAAIEDJBCFAHBCBA ACBBGAHDECBAAIJCBFA ABCBGHDECBAAIJCBFA ACBBGAHDEAIBICJBFACBA ABCBGHDECBDAFBJAICBA	300 304 305 329 348 367 369 373 422 424 435 450 451 481 518 519 587 607 634 760	67.9500 62.5500 57.9500 52.3500 47.1500 46.3500 43.1500 37.1500 36.7500 35.9500 34.7500 34.3500 32.5500 30.9500 30.5500 30.1500 29.3500 28.9500 27.3500 27.1500	
46	IP	3-Opt	AIDJBBCCCGAAAHBBBFEA AIDJBBCCCGAAAHBBFEFA AHBBBIEAACCGDJBBFAA BAAIDJBBCCCGAAAHBFEB AAEBIDJBBCCCGAAAHBFBA BFAAEICDJBBCCCGAAAHBB BCAAIDJBBGCEFAAAHBB ACJBBFAAHDEAICBBBGA ACJBBFAEHDAICBBBGA AHBBCEDAAJBBFICCBGAA BCAIEDJBBFAACCBGAHBC CBBAAHDEFAICJBBGAABC BCAAHBCEFAIDJBBGAACB BCAAHBFEDAICJBBGAACB BCAABFDJBAICEHBGAACB	314 317 361 368 372 376 377 410 417 424 437 457 478 494 569	59.5500 59.1500 53.7500 50.9500 50.1500 47.9500 42.9500 41.9500 40.7500 39.9500 39.3500 32.1500 30.7500 29.7500 27.7500	
47	IP	Or-Opt	AAAICCCJBBBGGHDAEF AAAIBJCCBBBGGHDEFDA BGDAIICCCJBBBFAAAEHB BGAAICEHDJBBFAAACCB BBCFAAAIDEHBBGAACCB CBBGAAICEDJBBFAAAHBC CBBFAAAICEHBBGAADJBC CBBFAAAICEHDJBBGAACB CBBGAAIDEABBCJFAAHBC CABBGAAICEFJBBCAAHB CBBGAIDCAEBBJFAAHBC BCAAHBFAICBGDJBAAEFCB CBAAHBDICGABBFEAJABC BCAAHBFAICBGDJBAEACB ABCJBFHFAICABDGABCEBA ABCJBFHFAICABDGABCEBA ABCJBFHFAICABDGABCEBA ABCJBFHFAICABDGABCEBA ABCJBFHFAICABDGABCEBA	298 324 329 362 368 373 404 431 495 509 512 536 661 738 756 816 835 867	92.9500 79.1500 57.9500 48.1500 43.3500 38.1500 37.7500 35.9500 34.9500 34.1500 33.7500 29.1500 28.9500 28.3500 27.7500 27.3500 27.1500 26.9500	
48	IP	Double-bridge	AHHBEICCGDJBBBFAAA CBBGAAAEHDJBBBFAIICC CBBGAAAEHDJBBBFAIICC CBFAAIDJBBGAAAHBBCC CBBGAAAIEDJBBCFAAHBC AHBBCCAIEDJBGAAABCFBA ABCCFAAIDJBGAAEHBBCA BCAAEFDBBGAIBCCAHHB ACBAHBBCFGDEAAIJBBCA BCAABFDCBGAIBBECAHHB BCFAAIBBAGEDCAHBJCAB BAICDHBAACJBGABECFAB BCAAFBIAECBJAHGBDACB	296 303 338 368 373 451 455 501 550 599 683 706 806	65.1500 51.1500 48.7500 46.7500 37.1500 35.3500 33.5500 32.9500 31.7500 30.3500 30.1500 29.5500 29.1500	

ตารางที่ ง.21 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	BCCCFAAAAIEDJBBGHBB	276	120.9500	
			BCCCFAAAAAJBBGDHB	297	90.7500	
			AHBBBCCCAIFEDJBBGAA	314	58.1500	
			BCCFAAAIEDJBBCGAAHB	349	44.5500	
			BBCAAIFEDJBBCCGAAHB	359	40.3500	
			AAHBBCCBFEDAICBBGA	377	38.9500	
			AAHBBCCJBFEDAICBBGA	386	38.1500	
			BCAAHBBFEDAICCGAAJBB	423	37.3500	
			BCAAHBBFEDAICCGAAJBB	447	34.1500	
			CBFAAHBBICAEDJBBGAAC	461	33.5500	
			ACBBJAHBFCEDAICBBGA	504	31.9500	
			ACBBFAHJBCEDAICBBGA	506	30.9500	
			ACBBDAJHJBCEDAICBBGA	529	30.1500	
			ACBBGAAHBCFEFDJBAICBA	546	29.1500	
			ACBBJAICEFAHGDABBCA	587	28.9500	
			CBBGAEAHBCFDJBAIBAC	665	28.3500	
ABCGAEBJAHBFCFADABICBA	712	26.5500				

4.2.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	DGAAAAIACCBBJBBBFEB	285	145.7500	
			AAICJCCBBBBFEHDGAAA	302	92.9500	
			HBGAAAEIDJCCBBBBBFAA	325	70.3500	
			BBGAAIDJCCBBBBBFAAHB	327	53.7500	
			CCBBAIFEDJBGAAAHBBC	352	44.7500	
			CBFFAAICEDJBGAAAHBBC	373	38.1500	
			CBBAICFEDJBGAAAHBBC	393	37.1500	
			CBBAICDJGGEFAAAHBBC	411	36.7500	
			CBBAIJCGBGDEFAAAHBBC	422	36.5500	
			CBGAAIACBBFEHDJBAABC	446	35.5500	
			CBBAIJCGBGAEDFAAHBBC	455	34.7500	
			CBBAIJCGBGAEDFAAHBBC	476	34.1500	
			BCEGAAICBBFAHDJBAACB	528	32.9500	
			ABCJBAIEGDHBAACCCBFA	589	32.1500	
			ACBBHAIFEDJBAACBBGCA	602	31.9500	
			ABCJBGAIDEFACHBBACBA	649	31.3500	
ABCJBGAICEFADHBBACBA	652	30.9500				
ABCDJBGAIACBHAAEFBCBA	671	28.7500				
BFACBAEHBJAICGADBCBA	779	28.3500				
2	PI	API	BBBBGAAIACCFAAAHDJB	283	92.5500	
			AAEHDJBBBGAAIACCCBFA	303	62.1500	
			AHDJBBBGAAIFCCCBBA	339	58.5500	
			ADHBBGAAIACCJBBFEAA	358	54.7500	
			AHBDJBBGAAIACCBBFEAA	360	53.9500	
			AAIDJBBBCCAEFAAHBBCG	395	48.9500	
			AIBBCGDJAAEHBBCCFAA	396	43.7500	
			AAICBBGGAHDEFBIBCJAA	431	42.7500	
			AAICBBGGAHDEFBIBCJAA	448	41.5500	
			BCAABGAHDJBBFEAAICCB	455	39.9500	
			ACBBGAAIACCFAHDJBBBA	473	39.1500	
			AICBBGEAADJBBCCFAHBA	475	34.7500	
			AHBBGGAIDJBBFEACBA	515	31.9500	
			AHBBGGAIDJBBFEACBA	522	31.7500	
			BIAACBBDJACFEHGBACB	567	31.3500	
			AICBBAHDJBCAAEFGBBCA	574	29.5500	
AIBCBBAHDJBCAAEFGBBCA	592	29.3500				
ABICBAHDJBCAAEFGBBCA	614	28.5500				
ACGBBDAHICBAEFBAJBCA	725	28.3500				
ABGCBDAHICBAJEFACBA	758	27.3500				
BAGCBADHICBAJEFACBA	854	26.9500				

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
3	PI	2-Opt	BBCCGAAAHDEIFAAJBBB	301	82.3500	
			AIACCCBBBFHDBBBGAAA	327	77.5500	
			AAAIACCCBBBFHDBBBGCAA	337	58.1500	
			BBBAAICCGEFAAAHDCBB	351	57.3500	
			CCBGAAEFADHJBBBBAIC	358	55.5500	
			BBFAAICCEDGAAAHBBCJB	359	50.1500	
			CCAAHBBBFHDBBBGAAAC	368	45.5500	
			BAAICCCBBGFHDBBBGAAAC	375	43.7500	
			CGAAHBBBCFEIDAAAJBBC	384	40.9500	
			BJAACCCBBBFHDBBBGAAAC	390	40.1500	
			CAAHBBBGDCEIFAAAJBBC	406	39.5500	
			AHBBGACCFHDBBBGAAAC	412	39.3500	
			BFAACJBBCEHDBBBGAAAC	417	38.3500	
			CGAAHBBBFHDBBBGAAAC	451	37.3500	
			BCAAIIEBFDJCCGAAHBB	462	36.5500	
			CAAHBBBCDCEIFAAAJBBC	467	36.1500	
			CAHBBGAAEIDJCBFAABBC	472	34.9500	
			ACBAIDJBFACBGAAHBBCEA	585	30.3500	
			BCAAIDFBGGCAHBAJCEAB	680	29.3500	
			AHCBBAICBAEDFGJACBA	735	28.9500	
AHCBBAICBAEDFGJACBA	738	28.3500				
BCAHBAICBAEDFGJACBA	833	27.7500				
BACBAEGJBICAFHDBACAB	944	27.1500				
4	PI	3-Opt	CCFEHDBBBBGGAAAIAIC	236	124.7500	
			AAICCCBBBFHDBBBGAAA	305	72.1500	
			BBBAAAIIEFDJCCGAAHBB	318	66.3500	
			CCBBAAIIEFDJCCGAAHBB	341	46.7500	
			BBCAAIFEDJCCGAAHBB	359	42.9500	
			AIBCCFAAEHDBBBGAAAC	379	40.7500	
			CBBAAAIIEFDJCCGAAHBB	382	40.1500	
			AAIBCCCFEDJBBGAAHBCA	411	39.5500	
			AHBBCCFAEIDJBBBGACA	422	38.5500	
			BCAAIJBBFEHDCGAAACBB	444	36.9500	
			CBAAIJBBFEHDCGAAACBB	452	35.7500	
			BCAAIJBBFEHDCGAAACBB	483	35.3500	
			CBAAIJBBFEHDCGAAACBB	484	34.9500	
			AIBCCFAAEHDBBBGAAAC	511	34.7500	
			BGAAICBBJAEFDHBCAACB	523	34.5500	
			BAAICBBEHDCFAJBGAAACB	538	32.5500	
			AJBCCGAIDCBFAAEHBCBA	539	30.5500	
			BCAAIJBBCAHFDEGBAACB	616	28.9500	
			BCGAABFIEABHCDJBAACB	687	28.5500	
			BAGCABFEIABHCDJBAACB	845	27.7500	
BAGCABFEIABHCDJBAACB	884	27.1500				
5	PI	Or-Opt	BFAAHBCCBBGAAAIEDJB	329	54.7500	
			AHBBCCFAAICEDJBBBGAA	348	48.5500	
			BFAAHBCCCEGAAAIJB	359	44.5500	
			BFAAHBCCCEGAAAIJB	397	43.3500	
			AHBBBCCGAAEAIJBBBCFA	400	43.1500	
			AHBBBCCGFAIDAJBBBCA	424	39.3500	
			AACBBBGHDJAACFEICBBA	465	38.7500	
			CBFAABBGDEAICJAAHBBC	466	34.9500	
			CBBAAHIDJBGACCBFAAB	535	34.3500	
			BCAAHBFDEIBGABCCAAJB	547	32.5500	
			CBFAABEHJACGBBAAIICB	586	31.7500	
			CBAAJBAIDCBGAEHBFABC	610	30.7500	
			CAABBGDHBCAAIFBJCAB	659	30.5500	
			BCAJBAAIIDBGCABHBFABC	670	29.9500	
			AIBCDABGAHBJCEBFACBA	718	28.7500	
ABCEJAFBBGCAIDHABCBA	800	27.9500				
6	PI	Double-bridge	CFAAAAAIDJGEBHBBBCC	270	140.3500	
			BFAAAAAIDJGEBHBBCCCB	295	128.5500	
			CCBFAAEHDBBBBGGAAAIC	303	59.5500	
			CBBFAAAIDJBBGAAEHBC	333	48.7500	
			CBBGAAAIJBBFEAAHBCC	338	46.3500	
			BBCFAAEHDBBBGAAAIICB	347	45.1500	
			BGAACCEHDBBBFAAIIICB	362	43.3500	
			CBBFAAICDJBGGAAEHBC	394	38.9500	
			CBGAAIDJBBFEACBAAHBC	484	33.9500	
			BFAAIBCCJBGDAAEHBCAB	531	33.3500	
			BFAAHBCCJBGDAAEHBCAB	538	32.9500	
			AHCBBAEJBGDAIDCCBBFA	570	32.3500	
			AHCBBAEJBGDAIDCCBBFA	574	31.5500	
			BFAACBGJABCEBICAABH	589	31.3500	
			AIBCCGAJBCFAAEHDBCB	600	30.9500	
BFAACBGDIABCEBICAABH	664	30.3500				
ABCIBAAEJDBCGHBCABFA	816	29.5500				

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
7	PI	IP	BBFAAAAHBBGDEICCCJB	281	110.7500	
			EFAAHBBGAAIDJBBBCC	301	100.1500	
			GDJBBBFAAAAHICCCB	307	89.5500	
			BGDEBBFAAAAHICCCJB	308	87.1500	
			AHBBGEDJAAAICCBBBFA	312	58.9500	
			AAHBBBFDJAICCCBBGAA	330	56.9500	
			CFAAHBBBGDJAIAIEBBCC	334	51.5500	
			CCFAAHBBBGEDJAAIIBC	343	51.1500	
			BCFAAHBBBGEDJAAIICBB	356	42.5500	
			AAICCCBBFEDGAAHBBBJA	363	42.3500	
			BCFAAIEHBBGDJAAACCBB	379	42.1500	
			AAHBBCCGEIDAAJBBBCFA	388	41.1500	
			CBFAAIEHBBGDJAAACBBC	404	40.9500	
			AAICBBBCEFDGAAHBBBJA	414	38.7500	
			BCFAAAJBBGDEBCCAABH	419	38.5500	
			AHBBBJAAIDEBGCCBBFAA	421	38.1500	
			AHBBBJAAIFDEBBCCGBAA	462	37.9500	
			AHBBBJAAIDECBBGCCBFAA	464	37.3500	
			ACCBBJAAIDEBGAAHBBBCFA	466	37.1500	
			AHBBBJAAICBFDGEBBCAA	471	34.1500	
AHBBBJAAICBGFDEFAABBCA	505	33.5500				
ACBGDJAHBBBCFAAIEBBCA	511	31.1500				
ACBBGJAAICBFEDAHHBBCA	544	28.7500				
ACBFABEADGBCJAHBBBCA	717	28.1500				
8	API	PI	BBBCCDHHBBGEFAAAAIJ	310	154.7500	
			CBBBFAAHDJBBGAAAIIC	311	70.3500	
			AAIJBBCCCEDEGAAHBBBFA	327	57.1500	
			BBEFAAHDCCCGAAAIJBB	341	55.3500	
			BCGAAIDJBBBCCFEAAAHB	358	45.9500	
			AAHBBCCFEIDGAAJBBBCA	388	41.9500	
			AAHBBCCGEDJBBAAAIICBF	398	41.5500	
			AAJBBCCHEBGGAAIICBBFA	410	37.7500	
			CBAAIJBBCCGEFBAAHBC	441	35.1500	
			AICBBFAAHDEBCGAJBBBCA	493	30.9500	
			AIBCBAEFDJAHBCGABBBCA	625	30.1500	
			AICBBAJCABFDEHGBACBA	655	28.9500	
			BCAIBFAACDEBHGABCJAB	723	28.7500	
			9	API	API	
BBAAHGDEFAAAAIICCJB	306	81.7500				
AHBBDEFAAAAIICCJB	324	80.5500				
BBCGHIDEFAAAAIICJB	328	78.1500				
BBGDEFAAAAIICCJB	330	58.3500				
BBCCEFAAIDJBBCGAAHB	346	46.9500				
BBCEFAAIDJBBGCCAAHB	377	41.3500				
CEBBFAAIDJBBGCCAAHB	423	39.9500				
AHBBBCGAIDEFACBBBCJAA	452	38.5500				
AICBBAHDEFABBCJBBGA	457	35.9500				
BCGADEBAAIJBBCCFAAHB	494	35.5500				
BCGADEBAAIJBBCCFAAHB	519	34.9500				
AHBBBCGAIDEJBCAABBCFA	537	33.9500				
BAHBCAIDEFACJBBGACB	556	30.7500				
ACBBJAIEDGACBAHBBBCFA	579	30.1500				
BAHBCAIDEFACJBBGACB	618	29.5500				
ABBCAHFEBCAIDJBGACB	636	28.5500				
ACBJAIEDGABFCHBACBA	769	27.9500				
10	API	2-Opt	FECCAAAAAHDJBBBBI	303	152.3500	
			BBBGAIAIEFDJCCCAHBB	304	68.1500	
			HBBGAAIDJCCCEBBBFAA	333	57.1500	
			ABBFAAIDJCCCEHBBBGAA	348	54.1500	
			BBCGAAIEFDJCCCAHBB	363	43.1500	
			CBBFAAAEHDJBCBBGAAIC	372	40.5500	
			BGAAIICCBEHBDJAAACBB	418	40.3500	
			BGAAIBCCFEHBDJAAACBB	449	39.7500	
			CBGAAAHDEJIEBFCFAABC	459	37.1500	
			BCAAEJJBGAHBBIFAACCB	464	36.3500	
			AICBBGABCEAHDJBBCFAA	492	35.9500	
			AICBBGABCEAHDJBBCFAA	522	35.7500	
			GBBAAIICCBAEHDJBFACB	526	34.5500	
			BGCAHBAEAIJBBCFACB	577	32.7500	
			GBAABICCBAAEHDJBFACB	604	32.5500	
			ACBBFADGAJBBICBEAHBA	615	31.3500	
BCAIBGABCEAHDJBFACB	642	28.3500				

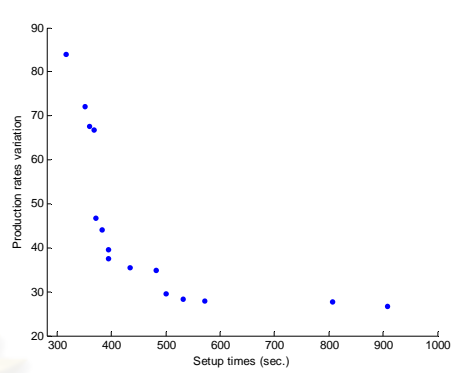
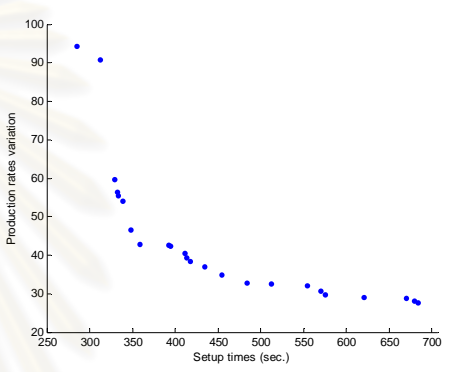
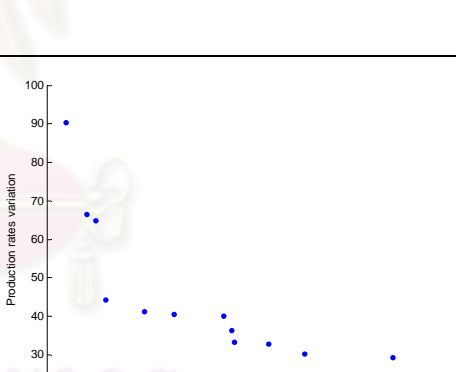
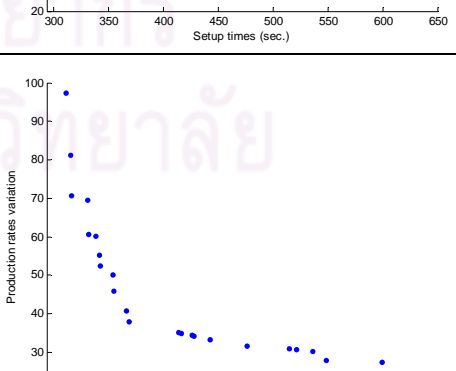
ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
11	API	3-Opt	BBBCCFDJBGEIAAAAAHB AHDJBBBGAAIECCBBFAA AHDJBBBCCGAAIEBBFA AHDJBBBGGAAIECCBBFA ACEHBBGGAAIDJBCCFA AHDJBBBCCGAAIFEBBCA AAHDEBBCCJBGAAICBBFA BCAAEDJBBFAAICCGAHBB BCAAEDJBBFAAICCGAHB ACBBAHDFJBGAIECCBBA CBGAAEBBJAHICDFAABBC CBGAAIEBBCAJHDFABBC BAACBGHJAICBBFEDAACB BGACBAHDAICBBFEJAACB ABCBD AHFEBCGAAIBBCJA CBGAABJBCAHDEFBAABC CBGAABJCB AHDEFBAABC ACBBAHDFAJBCIEABCBA ABCIAHEBCDABGAJBFACB	295 316 318 361 367 372 387 398 467 518 533 538 559 603 616 620 644 667 823	130.3500 56.9500 52.9500 48.7500 45.3500 45.1500 43.3500 38.3500 33.7500 32.7500 32.5500 31.9500 30.1500 29.7500 29.5500 28.7500 28.5500 28.3500 28.1500	
12	API	Or-Opt	HDCCCJBBBBGGAAIFAAE BGEFIDAAAAAHBCCCJBBB BBCCBGAAAAAHIDJBBFE AIFAAJBCCCEHBBBBGAA BGAHBBDEFAAAAIJCCBB BBFAAAIJBBCCCAEDGHBB AAI BBBCCCFEDJBGHBA AAJBBFEHDCCCGBBBIA AHBBCCCGEDJAAIBBFA CBBGDJAAAIHBBBFEAACC AAI BBCCFEDJBGHBBCAA CBAHDEFALJBBBBGAACC CFAAJBBBEDAAIICGHBB CDAABBBGHIEFAAJBBCC CAAEBBGHDJBBFAAICBC BBCAAEHDGJBBFAAICCB AJBBCFAAIEDAHBBCCGA BCFAAHBBBAIDECGAAJB AJBBCFADEIAHBBBCCGA CBBFAAHBGEDJACCBBAAI CFAABBCBGEDJAAIAHBBC AICBFJBBHDGAAEBBCCA AIBCFJBBEDGAAHBBCCA BAAHBBCCDEFJBGAAICABB AICBBFADGEHBAJCCBBA CBBAAIEHBFACJBDGAABC CBAAIHBBACJBDGABBFAC BCAJAFBEHBGDCAAIBACB	299 302 324 337 347 348 352 357 368 371 383 386 403 405 407 411 416 441 450 458 461 484 491 511 524 541 618 738	137.5500 104.5500 92.3500 78.3500 77.5500 74.3500 66.7500 64.5500 63.7500 53.9500 51.7500 51.5500 49.9500 47.9500 43.9500 43.5500 42.3500 41.9500 41.1500 39.7500 38.7500 37.9500 37.3500 36.9500 34.7500 30.5500 30.3500 29.7500	
13	API	Double-bridge	BGEHBBCCAAAAICFDJBB CBBFAEDJBBGAAAAHBICC BBGAAAEIDCCBBFJAAHB CGAAHBBFAEDJBBAAIICC AAI EBCCBGAAHDJBBCFA CBBFAAHBCGDEIAAJBBC AABCCHEBBGAIJABBCFA BC EA AHBBGDJBCFAAICB AICBBAAEHDBJCCFABGGA CFAABBBGDJCEAAIHBAABC CABFAICHBBGAAEDJBBAC BJAABCFAIBCEDGHBAACB BCAAIHBJABGCBCEAFAB CBAABJFAIBCEDGHBCAAB ABCAJBHDA BFGECBAACB	331 353 361 367 386 414 481 483 540 552 554 621 655 704 757	69.7500 61.1500 51.7500 49.1500 40.5500 38.5500 35.9500 35.5500 35.3500 35.1500 32.3500 31.1500 30.9500 29.5500 29.1500	
14	API	IP	AAIDJBBBCCGAAEHBBFA AAIDJBBBCCGAAEHBBFA CJBGGAAIEDHBBFAABCC ACDJBBBGGAAICCEHBBFAA ACBBFDGAAICCEHBBBJAA CJBGGAAIEDHBBFAACCB ACJBBBFAAIDECCHBBGAA ACBDJBBGAAICCEHBBFAA BBFAACCJAIDEHBBGAACB ACBBFDGAAICEHBBBCJAA BBAACCFDJAIEHBBGAACB BGABCCAAIEDHBBFAACJB BBCAACFDJAIEHBBGAACB CBAAHBCFAIDEHBBGAAJBC ABCGABBBCFDJAIEHBBCA ACBBGAI CBHDAEFACBBJA ABCGABBBCFDJAIEHBBCA ACBBFEDACAIBHBGAJBCA	309 362 376 384 405 406 407 414 429 436 458 484 489 491 543 579 594 652	52.9500 45.3500 45.1500 43.1500 42.9500 42.5500 41.3500 40.3500 37.1500 36.9500 35.7500 35.3500 35.1500 31.5500 30.9500 30.3500 30.1500 28.9500	

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
19	2-Opt	Or-Opt	EAHBBBBBFDJCCCGAAAAI	310	125.9500	
			AAAEHBBGDJBBBCCCFAlA	325	80.5500	
			AHBBGAlFEDCCBBBJAAA	342	61.9500	
			HBBAAlFEDCCJBBBGAA	345	57.1500	
			CCBAAlFEDJBBBGAAAHBC	352	48.7500	
			BBCAAlFEDJBCCGAAHBB	359	42.9500	
			BBCEFAAlJBBGDCCAAHB	390	42.1500	
			BBCGAAAlHIFEDJBBCCAAB	407	41.1500	
			BBGDJAAAlFEBCCBGAHBB	415	40.9500	
			BCBGAAAlHIFEDJBBCCAAB	431	39.5500	
			BGAAlHCCAEIDJBBFAACB	447	34.5500	
			BGAAlHCCFAIDJBBFAACB	454	34.1500	
			BCEJAAAlHBBFDAlCBGAAACB	541	32.7500	
			CBFAAlJBHDEACBBGAAAlBIC	551	32.1500	
BCAAlHJBFIACDEBBGAAACB	586	29.9500				
AHBCAlBFDJCEBGAAlBICBA	657	29.7500				
20	2-Opt	Double-bridge	IEBBBGHDCCCJBBFAAAAA	307	144.9500	
			BFAAAAAIEBBBGHDJBCCC	314	132.1500	
			FEDIJBCCCGAAAAAHBBB	328	125.5500	
			BBFEDAlJBCCCGAAAAHBB	330	71.7500	
			AHJBBBGAAAlEDCCBBFA	341	61.3500	
			CCBFAAlIEBBBGAAHDJBC	342	51.5500	
			CCBBGAAAlJBBFAAAHDEBC	355	50.7500	
			AHDJBBCCFAAlICEBBBGA	361	50.5500	
			JBCBGAAAlIECCBBFAAHD	385	48.9500	
			AHCBBBGAAAlEDCCJBBFA	397	43.9500	
			AlEBBBCCGAAAlHDJBBFCA	418	43.7500	
			CJBBBAAAlIEDCBFGAAHBC	430	42.9500	
			BCCAAEBBGAlHDJBFAlICB	435	36.3500	
			CBBAACGAlIEDJBBFAAHBC	451	35.1500	
			CAAEBBGAlICDJBFFAAHBC	457	34.7500	
			BCAAFEHBBDAICCBGAAJB	502	33.3500	
			ABCAHBFAlIEDJBBGACCBA	553	32.9500	
			AEBBGAlCDJBAICBFAlHBCA	603	31.7500	
			BCAADJBAIFBCGEHBCAAB	627	29.9500	
			ABBCCGAlHEACDJBFFAlICB	635	29.7500	
ABCJAEFBGGDCAlHAIBBCA	675	29.3500				
BAACDJBFIABCGEHBAlBAC	760	28.9500				
BCAADIFBCGAlJEHBAlBACAB	818	28.5500				
CBAlJBAEBAlIDCFBAGHCBA	884	28.3500				
ACBFAlBCIHAlBGDBJAlECAB	923	27.5500				
21	2-Opt	IP	BBBGAAAlEFICCCAAHDJBB	304	69.1500	
			AAICCCBBBEFAAlHDJBBGA	311	64.3500	
			CCBBGAAAlJBBBHDEFAIC	335	63.1500	
			AAICCCBBBEFAAlHDJBBGA	340	54.1500	
			AlCCBBBFAlAEHDJBBCGAA	348	44.7500	
			AAICCCBBBEFAAlHDJBBCGA	353	43.1500	
			AACCCBBBIEFAAlHDJBBCGA	380	42.5500	
			BBGAAAlCCEDHBBFAAlJCB	389	42.3500	
			BBCCFAAlEAHDJBBGAAICB	394	41.7500	
			AlCCBBBAEFAlAHJDJBBCGA	403	41.3500	
			CFAAEHBBBAlDAIDJBBGAC	416	40.3500	
			BCEAAHBBGAlIDJBFAlACCB	439	36.3500	
			ACBBFAAlICBGEHDJBBCAA	442	33.3500	
			CBBAAlECBAlIDJBFAlAHBC	477	33.1500	
ACBBFAICBGAAlEHDJBBCAA	480	31.7500				
CABBFAICBGAAlEHDJAAlBBC	525	30.5500				
ACBBGAlFBGAlAEHDJBBBCA	531	29.9500				
BACBFAlICBGAAlEHDJBAAlCB	595	27.7500				
CABFGAlICBAlEHDJBAAlCB	713	27.5500				
ABCBAHDFJCBAlGAlEBCBA	723	27.1500				
ABCBAHDFJCBAlGAlEIBCBA	757	26.7500				
22	3-Opt	PI	JBBGDFAAlAEHBBBCCAAI	353	71.9500	
			BCCGAAAlAHJDJBBBAlCFAlIEB	362	62.3500	
			CCBBBFAlAAADJBGAlEAlAHBC	379	53.5500	
			CCBGAlAAAlHBBBFAAlEDJBC	380	50.7500	
			CBGAlEAlAAAlHBBCFAlAlIDJBC	386	43.7500	
			AAJBCCEDHBFAlAlICBBGA	403	37.7500	
			AABBAlCCDEHBFAlAlICBBGA	448	36.9500	
			AJBCCFAEHBDAlAlICBBGA	466	35.5500	
			BCBAEFAlAHJDJBBGAAAlICB	472	34.3500	
			ACBBFAEHBDJAlAlACBBGA	526	32.1500	
			BCAlHDJBAAlCBFFGAlAlICB	527	31.9500	
			ACBBEDFAAlHBCJAlIBBCGA	543	30.5500	
			CBAAAlJBACBFAlDGHAlBAlBEAC	684	30.1500	
			CBAAAlJBHCBAlDGFAlBAlABC	703	28.1500	
BCAAAlJBHCBAlFEGDBAlABC	783	27.9500				
ABAlCHBDGFAlBCJAlIBAlECBA	866	27.5500				
BAlCAlBAlJEHCBAlIBDFAlGAlCAlB	902	27.3500				

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
23	3-Opt	API	CBBDJBBGAAAAIFEHBC	316	83.9500	
			AAEHBCCCBBIDJBBGFAAA	351	72.1500	
			EDJBCAAHBBBCCGAAAIF	359	67.5500	
			AAEHJBBBCCGDCBBFAAA	368	66.7500	
			CBBFAAAEHBJBBGAAACC	372	46.7500	
			BCAAAFEDJBBCCBGAHBB	383	44.1500	
			CBBFAAAEHBCDJBBGAAIC	394	39.5500	
			BBCAAEFADJBBCCGAAHBB	395	37.5500	
			BBCAAEFADJBBCCGAAICB	434	35.5500	
			ACBBFAAHDEJBBACCBBGA	483	34.7500	
			ACJBBGAAICBFDEAHBBCA	501	29.5500	
			ACBJBGAICBFDEAHBBCA	532	28.3500	
			BACJBBGAAICBFEDHBAACB	572	27.9500	
ABCJADBHEACBFGABBICA	807	27.7500				
BCAJDABHEACBGFABICBA	908	26.7500				
24	3-Opt	2-Opt	AAAAHBBCCCEIFDJBBBGA	285	94.3500	
			AHBBIECCCFDJBBBGA AAA	313	90.7500	
			AAHBBBCCCFEDAAAIJBBG	329	59.5500	
			CCAAAHBBBEFDJBBGAAIC	333	56.3500	
			BGAAAHBBCCCEDFAAIJBB	334	55.3500	
			CCAAABBBFEHBJBBGAAIC	339	53.9500	
			AHBBBCFAAICCEDJBBBGAA	348	46.5500	
			BGAAHBBCCCFDJA A AICBB	359	42.7500	
			BGAAAHBBCCCFEDJBA AICB	393	42.5500	
			AHBBBCFJA AIEDCCBBBGAA	395	42.3500	
			CAAHBBBCAEFDJBBGAAIC	411	40.5500	
			BBCCAIFA EHDJBBGAAICB	414	39.3500	
			AAHBBCCBFEDJBA AICBBGA	418	38.3500	
			BAAHBBCCFAEDJBGAAICB	435	36.9500	
			BBCA AICFA EHDJBBGAAICB	455	34.7500	
			ACBBAHFEDJBGAAICCBBA	484	32.7500	
			ACBBAHFEDJBGAAICCBBA	512	32.5500	
			CBFAIABCAEHDJBBGAAICB	555	32.1500	
			BACBAICFAEHDJBBGAAICB	570	30.7500	
			BCEAAJBBCF AHDJAIBGACB	576	29.7500	
ACBBFAHBCGAIJBDEAACB	621	28.9500				
BACBF AHB CDAIJBGEAACB	670	28.7500				
CABFAHBI DACBJBGEAACB	680	28.1500				
BCAAHBDJCB AFEIABACB	684	27.5500				
25	3-Opt	3-Opt	AAHDGEBBBBFAAICCCJA	311	90.3500	
			CJBAAAHBBBGGDEF A AICC	330	66.3500	
			IAAHBBCCCFEDJBBGAAA	338	64.7500	
			AICBBBGGAAAEH DJBCFA	347	44.1500	
			AHBCBGAAIFEDJBBBCCAA	383	41.1500	
			BCGAAAHBBIDJCEFAABB	410	40.5500	
			CBGAEDHBBCAIFA A JBBC	455	39.9500	
			BCAHHBFAAIEDJCCBGAAB	462	36.3500	
			CBAAHDEBBGGAIFA A JBBC	465	33.1500	
			BCAAHDEBBGGAIFA A JBCB	496	32.7500	
			ACBBGAEBCFIAAHDJBBCA	529	30.1500	
ACBBGAECBFDAAHIBJBCA	609	29.3500				
26	3-Opt	Or-Opt	BBBGDCCEIAAAAAHFJBB	321	97.3500	
			AACCCBBFIDJEHBBBGA AAA	328	81.1500	
			CBBEIFDJAAAAHBBBGCC	329	70.7500	
			CBBBGIFAEDJAAAAHBBCC	355	69.5500	
			FAICCBGGEDJAAAAHBBBC	356	60.5500	
			AICGDJBBCCAAEHBBBF A A	368	60.1500	
			CCJBBBAAAHDEF A AIBBGC	373	55.1500	
			CCAAJBBBGDF A A A HBBEIC	374	52.3500	
			ICCBGGAEDJAAHBBBCFA	394	49.9500	
			AAJBBBCDEHFAICCBGGAA	396	45.9500	
			BCEIAAAHBBGDJCCFAABB	415	40.7500	
			CAAHBBBGGEDJAAICBBFAC	420	37.9500	
			AICBBEAAHDBGBCCAJBFA	496	35.1500	
			BAICBGAAEHBJCCFAABB	501	34.9500	
			BAAIECCBBGFAAHDJBACB	518	34.3500	
			AACBBGDHEBCFAAICJBBA	521	34.1500	
			AICBBJA AHDGCBFACBBEA	546	33.1500	
			ABGCCBIAAHDJEFABBBCA	603	31.5500	
			CBFAAJBBIGEACBDAHBAC	669	30.9500	
			BCAIBJAAHDGBBCEFAACBA	680	30.7500	
ACBAIEBCFJBGDABAHBACA	706	30.1500				
ABCHFABBJACDEGAIBBCA	726	27.9500				
BACBAIDHEBAJCBGFACAB	814	27.3500				

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
27	3-Opt	Double-bridge	BDJBGAAIICCFAAEHBBB CCBHBBGAAAEFDJBBAIC AACCBFFEIDJBCAAAHBBG BBAAICCJBGFEFAAAHBBB ACBBGAAHBBCEFDJBCAA AAHBBCCBFJAEDGAICBBA BAICAAHBBCEFDJBGAAACB BAICBCAAHBEFDJBCGAAB AHDCCBBGAACJBFIEBACBA ACBGBAEHDJBCIAACBBFA ACBDAHBCEFCGAAJICBBA AHBBCAJBCFAEDABGICBA BCAJBAHBCFAEDABGACIB ABCGAJBEFDBCAAHICBBA BCAJBAHBCFAEDGBIABAC BACFAHBBEDACIAGBJCBA	330 382 405 417 449 475 501 563 611 617 629 651 738 763 772 845	67.7500 55.1500 48.7500 40.1500 39.5500 36.5500 32.5500 32.3500 32.1500 31.1500 30.9500 29.9500 29.7500 29.5500 28.3500 27.7500	
28	3-Opt	IP	AAIEHBFJBBBBCCGAAA AAIEBBCCBGHJBBFAAA AIEBBCCCGAAAHJBBFA CJAAIEBBBFDGAAAHBBCC CJAAICBBBFDGAAAHBBCC CCBBAAAIEHBGDJBBFAAC AICBBFAAHBGEDJBBCCAA BCAAEHDJBBFAAICGABB CBBFAAAHJBCEIDGAABBC CBBFAAHDJBCGAIEAABBC CBBFAAHJBCGAIEDAABBC CBFAAHBJCGAIEAABBC CBFAAHJBBCAIEDGAABBC BCAAHBGDJBCAIEFAACBB BCAAHBGDJBFABCAIICB BCAAHBGDJBCAIFEBACB ABCGAEBBCAHDJFBAICBA BCAJBFHGBACEDAICBACB	277 314 318 347 363 376 384 426 442 449 477 479 481 493 524 562 698 788	85.3500 65.5500 57.1500 51.5500 45.1500 44.3500 39.3500 36.9500 35.5500 34.3500 33.9500 32.3500 31.9500 31.1500 30.7500 27.5500 27.3500 26.9500	
29	Or-Opt	PI	CCBBBGEFAAAAAHBBIDJC CDJBBBGEFAAAAAHBBCC AIJBBBCCCGAAAHBBFDEA AAHBBBCCCGAAIIBBFEDJA AHBBBCCGAAICBBFEDJAA CBBGDEAAAJBBFAAHBBCC CBBFEDAAAIJBCFAAHBBCC CBBGDEAAAIJBCFAAHBBCC AABCEIDJBBGAAHBBCCFA CAAHBBBGDJAICBBFEAC CBFAAAEIBIDJBCGAAHBBCC CBFAAAEIBIDJBCGAAHBBCC BAAHDJBCCGAIEBBFAACB CBAHBBBGDJAIECBBFAC ACBBFDHBJAIECBBBGA ACBBFADHBEAICCJBBGA CBFAAJBEDAAICGHBBAC BGACBDAIJBFECCBAAHB ACBBFADHBJAIECBBBGA ABCBFADHJBIACCCBBGA BCAADHJBIFEACBBGAACB AHBCBFAADECJBGACBBA AHBCBFAECAJBGDACBBA ACBBFADHJBCGAEBACBBA	298 311 337 340 353 359 386 403 412 433 441 453 464 479 488 499 505 539 576 583 596 617 618 664	74.3500 72.7500 59.5500 59.1500 56.9500 49.1500 41.9500 41.7500 41.1500 39.5500 38.1500 37.3500 35.5500 35.1500 34.3500 33.9500 33.5500 33.3500 32.7500 32.1500 31.7500 31.5500 30.5500 27.5500	
30	Or-Opt	API	IEHDJBBBBBFAAACCCGAA AIEDJBBCCCBGHBBFAAAA CAAAHBGEDJBBBBFAAICC AAEDJBBCCCGHBBBAAIIF BBGAAEHICCCBBFDAAAJB CBAAHBGEIDJBBBFAAACCC AAICCBGGEDJBFAAHBBBA BCAAHBBGEDJCFAAIICBB BCAAHBGEDJBCFAAICBB AACBHBGEDJBCFAAICBBA AHBBCFAAEDJBCBGAIBCA BCAAHBGEDJBCFAAIBACB ACBBAEHDFACJBGACBBA ACBBFAHDEACJBGACBBA	294 301 315 342 362 378 384 414 428 507 522 561 588 612	129.1500 93.1500 65.1500 64.3500 53.7500 50.3500 41.1500 37.3500 34.9500 34.3500 31.5500 29.7500 29.3500 27.9500	

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
31	Or-Opt	2-Opt	BBFAAICC CGAAEHDJBBB JBBFAAICCBBBGAAEHD BFAAIEDJBCCCBGAAAHBB CCBGAAAHBBFEDJBBAAIC AHBBCAAIFEDJBCCBBGAA CBBGAAAHBBFEDJBBAAIC CJBBAAAIEFDHBBCGAABC CBBGAAHIDJBCAEBBFAAC CBBAAICJBFEAHDGAAABBC BCGAAICBBFEAAHDJBACB ACBBGAIFEAHDCBAJBBCA ACBBGHDAIABCJFABCBEA BCAEBGADIABCJFABCAHB	279 303 329 349 383 393 448 474 479 499 580 695 788	76.3500 60.1500 53.7500 46.3500 39.7500 37.5500 37.1500 36.1500 33.5500 32.3500 30.1500 29.1500 27.9500	
32	Or-Opt	3-Opt	HBBBGAAAAIDJBCCCFE BBCCCGAAAAAIDJBBFEH BBCCBGAAAAAIDJBBFEH CBBGHFAAAAAIDJBBBCC FAHBBCCCGAAAAAIDJBBE BBFAAICC CGHDJAAABBB HBBCCGAAAAAIDJBBCEFA CFAAEHBBBCGAAAIJBBC ABBBCFAIEHDJBBCCGAA ACBBFEIAAHDJBBCCGAA AICBBFAAHDJBGEBBCCAA CBBFAAAICDEHBBJBGAAC CBBFAAAIEDHBBJBGAAC AICBBFAEHDJBGAAABCCA BCAAHBFEDAJBBCCGAAB BCAAHBFEDAJBBCCGAAB CAABBFIEAHBCGDJBBAAAC ABBCEIFAACBGHDJAAABBC ACBBEIFAACBGHDJAAABBC BAACBGEIAHBCFDJBAACB	266 267 291 299 317 331 346 353 377 378 397 423 444 450 461 477 514 565 566 587	106.7500 96.7500 93.1500 71.9500 65.9500 64.5500 52.9500 46.7500 46.1500 41.1500 39.7500 38.9500 38.5500 37.9500 32.9500 32.5500 32.1500 31.9500 30.9500 28.7500	
33	Or-Opt	Or-Opt	BAAAAIFEBBBGANDJCCC BGAAEDJBBFAICCAHBB CCBFEIAAAABBBGANDJBC ADJBBFAAHBEICCCBBGAA BGAACEDJBBFAICCAHBB CFBBAAJBDEICGAAHBB ACBBGEDJAAIHBCCFBAA ABBCEIGAAHBDJCCBFFAA ABBCCFAAHBEIDGAAJBBC BCFAAIEHBBDCACBGAAJB CFBBAAJBDEICGAAHBB AIECBBGACDHBAAJBBBCFA BICAAJBBCAHDEBGFACB ACBBDJAAACGIEBFAHBBCA ACBBIJAADGCEBFAHBBCA BCDAAHBEIABCBFJAACB ACBBGJAAFBCEDIAHBBCA CABBIJACABFEDGABHBCA ABCGBEAHBCAJFABICDBA ABHCBAIDCABFEAJGBCBA	351 353 372 381 412 480 488 498 499 520 557 558 574 585 602 657 663 783 840 842	122.5500 62.9500 61.9500 52.1500 38.9500 38.1500 37.1500 36.9500 36.5500 35.5500 35.3500 35.1500 30.5500 30.1500 29.9500 29.7500 28.7500 28.3500 27.3500 27.1500	
34	Or-Opt	Double-bridge	BBBBFIJCCCEAAAAHDG ECCGAAHBBB JBBFAAID BFEEAHBBCCBBGAAAIJ CBBBGAHAAHDEJBBFAIC CJBBSGAAHDECBFFAAC CJBFAAAHDEICBBBGAAC CJBBAAAHDEICBBBFFAAC AABBCCEJBGAAIHBBCFA AABBCCEFDJBAIHBBCGA CBBGAADFBJAICBAHBC ACBBACHDJBGAAIFBCEA BJAACBCDEBGAIFABHACB ABCBEAAICBHGDJABBCA ACBBAJCDEBGAIFABHBCA	333 336 338 340 361 369 422 433 492 543 583 699 708 729	179.7500 98.5500 63.7500 56.3500 49.7500 41.3500 39.7500 36.1500 35.7500 33.5500 31.9500 30.1500 29.3500 27.9500	

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
35	Or-Opt	IP	BBBFAAAAICCCEDJBBGH AAHBBBCCCGEDJBBIFAA CJBFFAAAEHDHBBGAAIICC CGAAIJBBBFDEAAAHBBCC CBBJAAAEFDHBBGAAIICC AAHBBCCGEDJBBFAAICA CBGAAIJBBFDEAAAHBBCC AAHBBCCEDJBBGAAICBFA AAHBBCCFEDJBGAAICCBBA CBBAAIEFDJBCGAAAHBBC CAAHBBBCEAFDJBGAAICB BCFBGAAAHBCEDJBAIICB CBAABGEFDJBCIAAAHBBC CBAIBAIEFDJBCGAAAHBBC ABICCBAAIEFDJBGAAHBBCA ACBGAAHBBIACFEDJBBCAA ABCGAHBBIACFEDJBBCAA ABBCAHDEFABCJBGAIACBA ACBBAHDEFABCJBGAIACB ABCBAHDEFABCJBGAIACB	276 294 322 337 346 360 361 373 393 401 480 503 510 519 527 529 544 604 698 737	99.5500 66.7500 52.3500 51.5500 51.1500 49.1500 44.3500 39.7500 38.7500 35.7500 35.5500 34.3500 33.7500 33.3500 33.1500 31.9500 31.5500 27.9500 27.5500 27.1500	
36	Double-bridge	PI	BBGAAIDJCCCFAAAEHBBB BBGAAAIEDJBCCCFAAHBB BBGAAAIEDJBCCCFAAHBB BBGAAICDJBCCEFAAHBB AAHBBCCEDJBGAAICBBFA AABCCCEHDJBGAAICBBFA BBFAAICCBEDJAHBGAAACB CBAAHBBGAIDJBCCEFAABC CBFAAHBECAIBBGDJAAC ABCAHEBCBGAIIDJBBCCFA CAHBBDFAIICBGAIEJBBAC CBAEHDBGAIBCJBAABC BACGAEHBAIDJBCBFAACB BCJAAHBBGAIDBCEFAABBCA CBGABADHBCJAEIABFAABC ABCBADIAGBHECJBAABC ACBADIEGBHACJBFACBA	294 304 359 362 373 401 449 486 553 563 579 597 601 645 652 867 869	65.7500 55.1500 53.3500 48.5500 37.7500 36.7500 36.5500 32.7500 32.5500 31.7500 31.1500 30.9500 30.3500 29.7500 29.1500 28.7500 27.7500	
37	Double-bridge	API	AAHBBDEFICCCJBBBGAAA AAHDJBBBCFEICBBGAAA AAHDJBBBCFEICBBGAAA AAHBBBCFEDJICBBGAAA AAHBBCFIEDCCJBBBGAAA AAHBBCFEIDCCJBBGAAA AACBBBHDFEICBBGAAA AAHDJBBBCFEICCAAABBG AABCCFEIDJAAHBBBCGA ACBBGAHDJAEICBBBFAA AAEBBCCFIDJBAAHBBBCGA CBBAAHFEIDJBCGAAABBC ABBCFEDJAAHBBBCGAICBA ABBCAHDEFICBJAABBCGA ACBBAHDFEICBJAABBCGA BCAAEBGHBCAAIFDJBCAB BCAAEBGHBCAAIFDJBCAB CBAAHBFBJBCGEBDAIABC CBAAHBFBJBCGEBDAIABC	308 311 336 343 350 372 386 389 392 414 438 447 513 561 564 578 579 635 676	64.5500 63.1500 60.7500 58.9500 58.5500 57.3500 55.3500 53.5500 40.1500 38.9500 37.5500 36.5500 32.5500 32.1500 31.1500 29.9500 29.5500 28.7500 28.1500	
38	Double-bridge	2-Opt	CGAAEHBBBFAAIDJBBCC BBGAAICCCFEDJBBAAAHB BBAAIICCCGEDJBBFAAHB CCGAAHBBBFEDJAAIIBBC CCBFAAAHBBEDJBBGAAIC GAAHBBCCFEDJAAIICBB AICBBBFAAAEHDJCCBBGA CBBFAAAHBCEDJBBGAAIC CBGAAHBBCFEDJAAIIBBC CBBAAEFAICBBGDJAAHBC AICBBFAAEHDJBBBCGAACB CBBAAHFAICJBGDEAAABC BCAAHBEDJAICBBFGAACB BCAAHBDJICAEBBFGAACB BCAAIBDFHBAJBEGAACB ABCAGBFCDHBJAAEBICAB	309 324 329 340 344 352 358 373 408 444 494 496 519 584 720 860	57.5500 56.3500 55.5500 51.1500 48.7500 46.7500 43.7500 39.9500 36.1500 33.9500 33.5500 33.1500 28.9500 28.7500 28.5500 28.1500	

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
39	Double-bridge	3-Opt	HBCCCCGAAAAIJBBBFED AAIBJGDEHBBCCBBFAAA AJBBCCCAAIFEDHBBGAA BCCGAAEIDJBBCFAAAHBB AAHDJBBCCFAAIECBBBGA AAHDEBBCCFAAIJBBBCGA AHBBCCGAAIFDEBBCCJAA AEBBCCAIJBFCAAHBBBCG AIBBCCAHDJBFEAACBBGA BAAIBCCJAHBBFEDGAACB AIBBCCAHDJBFAGAEBBCA BAAICBDJAHBBCEFGAACB ABCHBAEIDJBFACBBBGA BCADJBFGEHBCBAIICB BAAICBDJAHBEBCBFGAACB BAACBGFICBAHDEBCAAJB ABCHBAIEDJBFACBGCBA ABDCAFBJBGAHCAIEBBCA BACHBAIEBGCAAFBJDCAB	293 312 344 359 360 375 385 441 472 496 519 536 540 561 596 634 652 748 835	88.7500 69.5500 57.7500 54.1500 51.1500 47.5500 40.7500 38.9500 35.5500 33.9500 32.9500 32.3500 31.7500 30.7500 30.3500 30.1500 29.5500 28.7500 27.5500	
40	Double-bridge	Or-Opt	FAAHDECCCJBBBBGAAAI CCBBBGAIAEFAAHDJBBC CBBFAAAEIJBBGAAHDCC AIECBBFAAAHDJBBBCCGA DCBBFAAAEIJCCBBBGAH BBFAAICGAEDJBBCAAHB AHBBCAIDGAAEBBCCBFA CBBGAAIEBCAAHDJBBFAC CBGAAAHBBICEFDJBAABC BCADJBEFAAICBBCGAAHB BCAAHBGEDAIJBBCFAACB BCAAHBGGAICDEFBJAACB	295 296 339 361 394 398 448 450 478 506 510 554	91.1500 59.5500 56.3500 47.5500 46.7500 39.1500 37.7500 34.7500 33.9500 33.7500 30.7500 29.9500	
41	Double-bridge	Double-bridge	BGAAIACCBBFEDJAAHBB BBFAAICCBBGHJAAEB BBCAAAEFICBBGAAHDJB AAICBBGEDJBBFAAHBCA AACBBBFIEDJCCAAHBBGA BBGAAIACCJAHBBFAAEDCB CAHBBGAAIDJBCCFAAEBB BCAAHBFADJBBCCGAAEB BCAAHBFAAEICBBGAADJCB BCAAABCEJAHBBFGAAICB BAACBFEDJAHBBCAICGAB ABCJAHBIABCFEDCAGBA	308 335 373 384 391 412 440 441 514 518 577 765	57.9500 53.1500 47.5500 43.5500 42.7500 38.9500 37.9500 33.9500 32.3500 31.5500 30.7500 30.5500	
42	Double-bridge	IP	FEDJCGAAAAIICHHBBBB BBFECGAAAAIICHDJBBB CFAHDEBBGAAAAIJBBBCC EFAAJBBBBCCCAAIDHBG BBFAAAHDJBGEICCCAABB AAHDJBBBCCCGEIAABBFA CCBFAAHDEBBGAAAIJBBC BFAAHDJCCBBGEEAICBB AICBBFAAHDJBGEBBCCAA ACBBFAAHDJBEICBBBGA ACBBFAAHDJBGEICBBBAA BCAAHDJBBGAAIICBFEAB BCAAHDJBBGEAICBF AAB ACBB AHDJBGAIICBAEBBFA CAEBBFAAHDJBBGAIABC ACBB AHDJBGAAICBFECBA BCAAHDJBGGEICBFAACB ACBBDEAAJBICFBGAHBCA ACBB AHDJBGACBAIFECBA ACBB AHDJBGAICAFECBA	319 320 330 342 349 352 355 367 397 408 417 455 459 512 533 551 567 615 631 642	152.3500 80.3500 66.7500 65.3500 58.5500 55.3500 49.1500 44.3500 39.7500 36.7500 35.7500 33.9500 33.1500 32.1500 31.1500 30.3500 29.5500 28.9500 28.5500 27.7500	

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
43	IP	PI	BBCCAAAIHBBGFEFAAJB	342	65.5500	
			BCCFAAEHJBBBGAAIICB	347	47.5500	
			BCCFAAAIDJBBGCEAAHB	376	43.5500	
			AJBCCCAAIEDGHBBBCFAA	392	40.7500	
			AJBCCBAAIEDGHBBBCFAA	430	40.5500	
			ACJBBBCFAAAIDGEHBBCA	433	39.5500	
			CBAIDGEBBCJBFAAAHBC	451	35.9500	
			BAAHBCCFAIDGEBBAACJB	503	35.1500	
			AHBBCCAAIDGEBFAJBBCA	512	33.5500	
			AHBBBCFAEDGAJBBCAICBA	551	32.1500	
			BCAAIHBFADJBBCEGAACB	553	30.7500	
			BCAAIFBHDAJBBCEGAACB	610	30.3500	
			BCADJBEAABFCGHBAIIBC	711	29.5500	
			ABCAHBDABFCBGAEJECBA	772	27.7500	
BAHCBAEIBACJBGADCAB	776	27.1500				
44	IP	API	HBBBFAAAAAIDJBBGCCCE	291	110.9500	
			BFAAAAIDJBBBCCCGAEHB	309	77.7500	
			AAAIJBBCCGDEHBBBCFAA	332	59.3500	
			AAIJBBBCCGDEHBCBFAAA	357	59.1500	
			AABCCGCEHIDJBBBCFAAA	363	54.7500	
			BCFAAAIDJBBCCBGAAEHB	377	45.3500	
			ACBBGDJAAAICCEHBBBFA	419	42.7500	
			CBFGAAADJBBBCEIAAHBC	438	40.1500	
			ACEHBBFAIDAJBCCBBGAA	459	39.1500	
			CBFGAAADJBBBCBIEAAHBC	477	38.5500	
			AHBBBGCCEBIFAAJBBCA	480	37.3500	
			ABBCGDJAAIBEHBCBFAA	490	37.1500	
			AAJBBCFDCBIEAAHBCGGA	491	36.1500	
			ABCEHBFDAIDJBBCCBBGAA	498	35.9500	
			AAHBBCEDEGCBIFAAJBBCA	499	35.5500	
			AAJBBCFDCBIAIEAHBBBCGA	529	34.9500	
			AAJBBCFDCBIAIEAHBCBGA	553	34.3500	
			CBEAAJBBDHGAICBFAACB	567	31.3500	
			BCAEAJBBDHGAICBFAACB	576	29.9500	
			ACBAHBBGDJAICFEABCBA	631	29.7500	
			ACBBEAJBHDGAICBFAACB	644	29.5500	
			BCAEABHBGADJICBFAACB	676	29.1500	
			ABCEBAJBHDGAICBFAACB	697	28.7500	
			ABCEBAJGDHBAICBFAACB	738	27.9500	
ABCEBAJDGHBAICBFAACB	751	27.5500				
ABCFAJGJBAICHDEBAAACB	770	26.9500				
45	IP	2-Opt	CBGDJIFAAAAAEHBBBCC	314	88.7500	
			CBBGDJAFAAAAEHBBBCC	323	65.9500	
			AAHBBCCGDJBBBCEIFAAA	328	63.9500	
			CGAJBBBDEIFAAAAHBBCC	353	55.9500	
			AAHBBCCGDJBBBFEEAAIC	373	53.7500	
			AAHBBCCGDJBBBFAAAEIC	374	52.5500	
			AAICBBBGDJEFAAHBBCCA	381	43.3500	
			AAICBBBGDJAEFAHBBCCA	406	42.1500	
			AAICBBBGDJCEAAHBBCF	420	38.1500	
			AAICBBBGDCEFAAHJBBCA	441	36.9500	
			CBFAAHJBDEAICBBBGAAC	481	36.1500	
			BAACCBBGDJEAHBFAAICB	488	35.1500	
			BCBAAICGDJAHBBFEAACB	516	31.9500	
			BCEAABBGDJAICAHBCFAB	587	31.1500	
			ABCGBAIDJBCEFAHBBAC	647	29.1500	
			ABCBAIEGCHBFDAAJBCAB	805	28.9500	
			BCAAHGBDABIEFCABJACB	821	28.7500	
ACBFBHAJBGACBEADIBCA	834	28.5500				
ABCAHGBDABIEFCABJACB	937	28.3500				
46	IP	3-Opt	AAJBBBIFEHDCCCBBGAAA	318	67.9500	
			CBBFAAHDJBBGAAAEIBCC	342	49.1500	
			AHBBCCAAIEDJBBCCBF	374	38.9500	
			CBBGAAICBFEDJAAHBBCC	377	37.3500	
			BCAAHBCIFEDJBBGAAACB	463	35.3500	
			BBCAADJAIICFEHBBGAAACB	491	34.3500	
			CBAAJBGHDCIBFAAAEBBC	549	33.9500	
			CBAAJBGHDCIBFAAAEBBC	571	32.7500	
			CBAAJBGEBCDFAAIHHBAC	600	29.5500	
			BCAAJBGEBCDFAAIHHBAC	632	29.1500	
			ACBBFADGEACBBIHJACBA	695	28.3500	
			ABCBFADGEACBBIHJACBA	717	27.9500	

ตารางที่ ง.22 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
47	IP	Or-Opt	BBCCCGAAEIDJBFAAHHB IAAHBBBCCCGEDJBFAA BBBAIACCCEJBFFAAHHB BGEAAIACCCDJBBFAAHHB CCBBBFGEAIDJAAAHBBC BBGEFAAAIACCCDJBBAAHHB BBFAAAIACCCBEDJBGAAHHB AIACCJBBBGEDAAAHBBCF BBFAAAIDECJBBGAAHHB AHBBCGAAEICCCDJBBFFAA AHCCBBGFAAIDJBBCAA CBBGAAEIDJCBFFAAHHB CBBEAAAHBCFDJBGAAIHC BBAAIJDJBFHBCGAAACB CBBFAAHHBCADJBGAAEBC BCAAIBGDABJCCBFAAHHB BCAAJBDHBCAAIFBECGAB BCAAJBBHICAEFDABCGAB ACBHAEBJCIABBFGDACBA	315 318 329 334 340 342 344 365 367 376 381 394 463 495 523 541 601 651 797	83.9500 70.5500 65.5500 65.1500 64.7500 55.3500 50.7500 49.5500 47.5500 44.7500 43.1500 36.1500 35.1500 33.5500 32.7500 32.1500 29.7500 29.3500 28.5500	
48	IP	Double-bridge	BBBGAAIDJCCCEFAAHHB CBBBGEFAAIDJAAAHBBC BBGAAIDJCCCEFAAHHB BFAAIDJBBCCCAAHHBGE BBGAAIDJCCCEFAAHHB CBAAIJBBGDEFAAAHBBC BBGAAEFAIDJBBCCAAHHB ABCCBFAAIEDJBBGHBCAA BGCBAAEFAIDJBBCCAAHHB CBBAAIDJBGACBEFAAHHB AACBBFEDGCBAAIHHBCCA BCABGACEAIDJBBFAHHBAC BICAAEBFDABGCJHHBCAAB CBAAGBJFDCBIAEHHBAABC ABCBAFEDGCBAAIHHBCBA	287 309 327 358 366 367 409 458 464 487 565 663 713 727 822	65.1500 63.5500 54.5500 52.1500 51.3500 43.5500 38.9500 37.3500 36.1500 32.1500 31.5500 30.1500 29.9500 28.7500 26.7500	
49	IP	IP	AAIEHFDJBBBCCBBGAAA AAHBBBGAICCCEDJBBFAA BBFDJAAAIACCCBBGAAHHB AAHBBBCCCAIEDJBBFAA BBAAIFCCBBGAAAHDJBB BFAAIEBBCCCGAAAHDJBB BFAAIEBBCCCGAAAHDJBB AAHBBBCCGAICCCEDJBBFAA DJBBCAAIFECBBBGAHHB AHBBCAAIEFDJCCBBGAA BBCJAAAIFFDECCBBGAAHHB AHBBCAAIEFDJCCBBGAA CBBJAAIFEDCBBGAAHHB BFAHCCAAIDJBGAAEBBC BBCAAIFEDCGHBBJAACB BCAAHBBAAIFEDCCBGAJBB CBBAAHFAIDJCCBBGAAEBC ACBBFAIDJBECCGAAHHBCCA ACBBFAJBECAAHDGBBCCA ACBBFAJBECAAHDGHHBCA AICBBAFEGABCJDAHBBCCA BCAAEBHIAAGCJBFACDAB CBAABEHIABGCDJBFACBA	290 304 335 336 339 341 342 349 370 373 383 387 411 465 467 475 478 514 570 653 679 737 768	79.9500 54.5500 54.3500 53.9500 53.1500 52.9500 51.7500 48.9500 48.5500 43.1500 42.7500 39.7500 37.5500 37.3500 37.1500 35.3500 33.3500 29.7500 29.1500 28.7500 28.5500 27.9500 27.5500	

4.3 ปัญหาการทดลองที่ 4.3 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 2:2:2:2:2:2:2:2

4.3.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

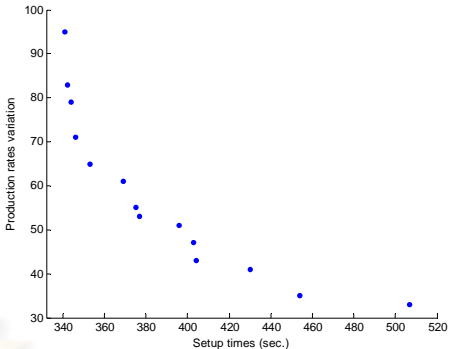
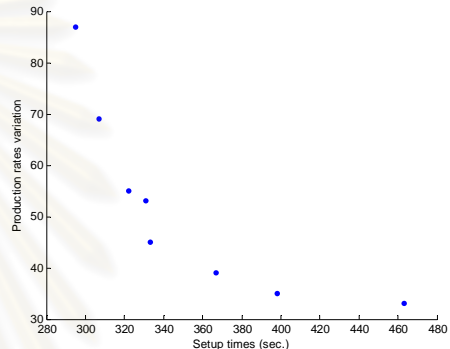
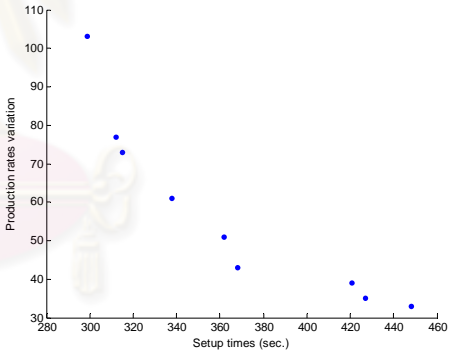
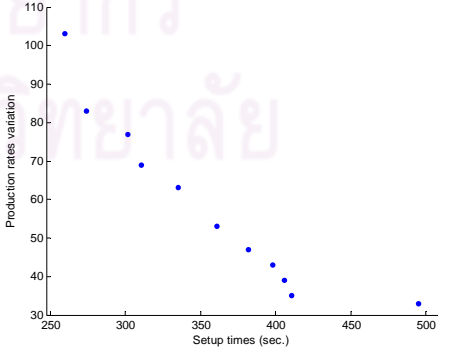
ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	JCCFFGGAAIIIEHDDHBBJ BGGHHICCEEDDFFAAIJJB GAHJCCFAIIEEHDDBBGG IFAAHBJCCEEDDJBGGHFI IFAHDDJCCGGHBJBEEFAI GHJBFICCEEDDFAAHJBG GHDJAICCFEEFAIHDJBGG IFAHDJBCCEEHDJBGGFAI DGHBFJCCEEFAAIJBGHD IFGAHBJCCEEDDJBGHFAI IDEHFACJBGGEHDJBCFAI	302 314 316 348 358 363 380 388 393 403 477	103.0000 95.0000 75.0000 63.0000 61.0000 55.0000 53.0000 47.0000 41.0000 39.0000 33.0000	
6	PI	Double-bridge	EICCHDDJBBFGGAAIIFE EAAIFDDJBBCCGGHHIFE EIFAADDJBBCCGGHHIFE EIFAADDJBBCCGGHHIFE EFIAHDDJBBCCGGHHIFE EICFAHDDJBBCCGGHHIFE EICFAHDDJBBCCGGHHIFE EIFGAHDDJBBCCGGHHIFE AUCFEEHBGDDJBGHICFA EHIFJBCGGAHDDJBFAICE EFIDJAHBCCGGAHDDJBIFE CGAHIDJBFEEHFDJBGAIC	301 307 325 326 355 367 392 413 414 419 437	85.0000 79.0000 63.0000 53.0000 51.0000 47.0000 43.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
7	PI	IP	EHHJBFFAAIICCJBGGDDE DJBGEFFAAIICCJBFGHHD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD DJBGGHFFEEFAAIICJBGD	297 311 315 321 337 346 351 359 367 388 424 438	87.0000 63.0000 61.0000 51.0000 49.0000 47.0000 45.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
8	API	PI	JCCFAAIDDGGEEHHBBFJ HBFDDJCCBGGEIIFAAH GGHBFDDJCCCEIIFAAH DJJAHBCCFEFFGGAAIID HBCCEIFFDDJBGGEFAAH HBCCFEDDGGAAIJBFEH GAHBIDDJCCFEFFAHBG EHBGDDJCCFAAIIFEBHG HBGAIIFDDJCCFEFFAHBG GAHBFIDDJCCFEIIFAHBG HBJCFAIIDDGGEECJBFAH GAHFDJBIICCFEEDJAHBG HBGAIIFEDDCCGAIJBFEH HJBCFAIEDDGGAIJBFEH AICJBFEHDDGGIEHJBCFA	289 297 312 320 324 327 338 359 370 376 404 407 410 437 465	91.0000 85.0000 83.0000 81.0000 77.0000 67.0000 61.0000 59.0000 51.0000 47.0000 45.0000 41.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	EIIFGGAHHBBFDDJJCE IFGGAHHDDJBCCJBFEEI IFJBGGAAHHDDJBCCFEEI IFJBGGAAHHDDJCCBFEEI ICJBFGGAAHHDDJBCCFEEI EFIJBCCGGAHHDDJBCFE CJBFGEIIAAHHDDJBFGC EFICJBGGAAHHDDJBCFE AEFICJBGGHHDDDEICJBFA IAEFJCBGGHDDAHJBCFEI GAHFDJBCEIIAHDEFJBCG	287 289 295 306 330 337 363 369 404 487 502	97.0000 85.0000 73.0000 71.0000 61.0000 59.0000 53.0000 49.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
10	API	2-Opt	BFGEEFIICCGAAHHDDJJB GEHFAIICCFEHDJJBBG GHJBCCEEIIFFAHDDJBG GHDJBFIAIICCFEHDJBG GEHDJBFIAIICCFEHDJBG GEHDJBIFAIICCFEHDJBG HDJBGFAIICCFEHDJBGA GEHDJBFICAICFEHDJBG	296 301 311 321 356 397 411 447	95.0000 81.0000 65.0000 47.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
11	API	3-Opt	EEFFIIHDDJBBGGAHJCC AHBFEEIICJBGGHDDJFA AHBFEEIICJBGGHDDCFJA AHBFEEIICJCCGGDDHBFJA IFAHCCJBGGDDJAHBFEEI EHDJBFIIICJBGGDAAHFE EHJBCCGAIIFFDDJAHBGE DJBCFGGAEEHIIJBFAHD ICFEHDDJBGGAAHBFJCEI DHJBFACGGEEIICJBFAHD GEHJBCFAAHDJBFIEICG GEHDJBCFAAHDJBFIEICG	324 327 345 356 365 373 377 390 397 415 423 445	107.0000 65.0000 63.0000 61.0000 59.0000 55.0000 49.0000 45.0000 43.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
12	API	Or-Opt	FICCBGGHDDJBJAIFEE EFAICCBHHDDJJBGGAIIFE EFAICCGGHDDJBBHJAIIFE EFAJBGGHDDJBCCFAHIE EFAJBGGHDDJBCCFGAIE EIFAHDJCCBBGGHJJAIFE EIFAHDJBBGCCGHJJAIFE EIFAHDJBBGCCGHJJAIFE DJBGEHFAICCGBFIEJAH	328 336 357 360 375 379 414 446 460	85.0000 57.0000 55.0000 45.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	AHBCCGGEEBFDDJJAIF FAIJBGGHDDJBF AECC CHHJBGGEEDFFAAIJBC IFGAAHBGEEHDDJCCBFI CF AEEJBGGHDDJBF AIC JBGGAICCFDDEEHHBFAJ IFAHJBGGCCDDEEHBFAI IFAHJBBGEEHDDJCCGFAI ICFAHJBGGHDDDEECBFAI IFAHJBGGEEDJCCBFAI CHDJBFGEIIFGAAHDJBC IEAHJBCCFGDDJEHBFAI BFEHDAJCCGGEHBFAIDJ JBCFGAIEHDDJBCFGEIAH	341 342 344 346 353 369 375 377 396 403 404 430 454 507	95.0000 83.0000 79.0000 71.0000 65.0000 61.0000 55.0000 53.0000 51.0000 47.0000 43.0000 41.0000 35.0000 33.0000	
14	API	IP	ICCEEHFDDJBBGGHFAAI EFAAICCHDDJBBGGHIFE CFAIEEHDDJBBGGHFAIC CFAIEHDDJBBGGGEFAIC CFAJBGGEHDDJBF AIC CFAIDJBGGEHDDJBF AIC CFAIHDJBGGEHDDJBF AIC EFJBGAICHDDJBGHICFAE	295 307 322 331 333 367 398 463	87.0000 69.0000 55.0000 53.0000 45.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
15	2-Opt	PI	EEHDDJBBCCFAAIFGGH GHBFFEEDDJCCJAAHIIFG GHFEEDDJBBCCJAAHIIFG GAHBIIIDJCCFEFAHGB GHBFAICDDJJAIFEEHGB GHBFEIDDJCCJAAIFEHGB GDEIFAHBBCCJJAIFEHGD AIFEHJBBCCGAHBF EIDJ DJFEHBGAICCAIFEHGBD	299 312 315 338 362 368 421 427 448	103.0000 77.0000 73.0000 61.0000 51.0000 43.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
16	2-Opt	API	DJJAIIICCGHHBBFEEDD JBF AIIICCGHHBBFEEDD DJJBF AIIICCGGAHBBFEED JBF EIIICCGGAHBBFEEDD EAJBF AIIICCGHHDDJBF E EFAHBIIICCGDDJBF AHE EDJBF AIIICCGGAHBBFDJE EFDJ AIIICCGHBBHDJAIFE GAIDJBF EEEICCFDJAHBG EHDJBF AIIICCGGAHJBF DE GAIDJBF EHCFFIEHDAJBG	260 274 302 311 335 361 382 398 406 411 495	103.0000 83.0000 77.0000 69.0000 63.0000 53.0000 47.0000 43.0000 39.0000 35.0000 33.0000	

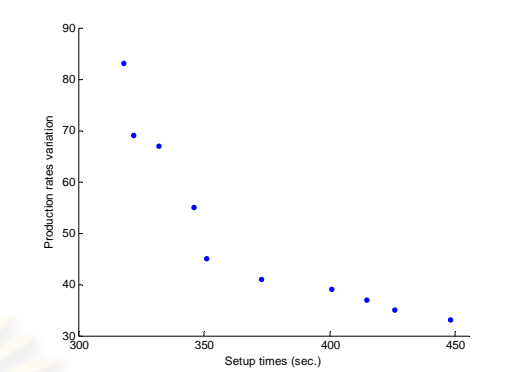
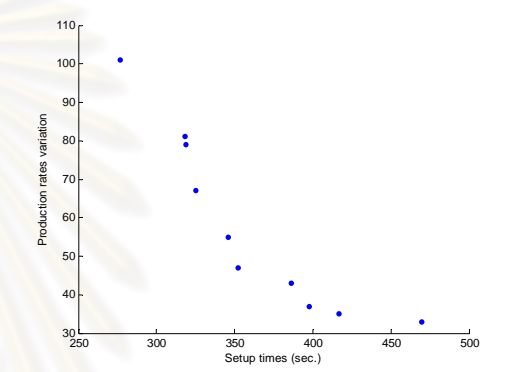
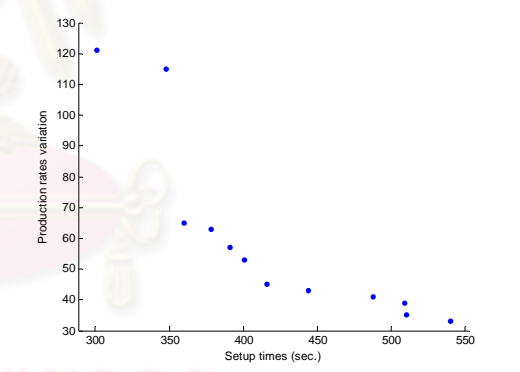
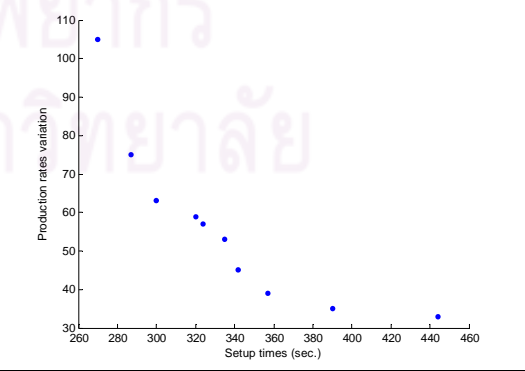
ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	EHBFIICCGAAHDDJJBFE EFAHJJBCCGGAIIIDDJBFE EFIIJJBCCGGAHHDDJBFE GHDJBCCFEEIIFAAHDJBG EHFJJBCCGGAHHIIDDJBFE EFAHJJBCCGGAHHIIDDJBFE EHFIDJBCCGGAHHIIDDJBFE GAHDJBFICCEEIIFAAHDJBG CGAIFEHJJBGAHIFEDJJC	290 321 327 330 361 367 391 398 441	67.0000 61.0000 59.0000 49.0000 47.0000 43.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
18	2-Opt	3-Opt	HDDJAAIICCGGHBJBFFEE FEEHDDJAAIICCBGGJBF DJBFFEEHAAIICJBGGHD AHDJBGGCCFFEEHIIIDJA AHBFIICCGGDEEHIJJBFA CJBFEIIDDFAAHHJBGGEIC CFEHIJBGGAAEHIFDDJC CEHFAIJBGGHDDDEFIJC CIFEHJBGGAAHDDJBFEIC BCJFEHGGAAIICFEHJJB HFAIDJBGEEICFAHDJJB BFEIDJAHCCGGAIFEHJJB GDEHICJBFAIFEHJJBCCG	301 314 315 338 349 378 379 383 396 423 426 433 447	101.0000 93.0000 71.0000 65.0000 57.0000 55.0000 53.0000 51.0000 41.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
19	2-Opt	Or-Opt	DHBFFAAIJJCCGGEEHD HJBCCFIIIEFAAHDJJBGG GJBFAAIIICCEEHDDJBFG EBHFAAIJJCCGGHDDJBFE CBGGHDJEEFIIFAHDJBC DHBGFEAAIJJCCGHBFD GHDJBCCFEAIIFAEHDJBG HDJBGEFAAIIICCBFGHDJE CFAEHJBIDGGGEHJBFAIC GHDJBCEIFAIEICFAHDJBG	287 318 326 358 364 382 404 423 449 481	89.0000 79.0000 63.0000 59.0000 57.0000 45.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
20	2-Opt	Double-bridge	EEHHDDJCCJBBFGGAAIIF DJEEFIICJBBFGGAHHDD DJAAIICJBBFGGEEHHIFD EFJBBGAAHDDJCCGHIIIFE EFJBBGAAHDDJBCCAIIFE EFAJBGGHDDJBCCAIIFE EHJBBFAIIDDJCCGGAHFE EFAHBIIDDJJBCCGGAHFE CJBGAIFDDJBGEEHHFAIC EFJBBGAAHDDJBCCGHIFE EFJBBGAAHDDJBCCGAIIFE EFJBBGAAHDDJCCBGAIFE AIJBGEHCCFDDJBGEHIFA EFJBBGAAHDDJBCCGAIIFE	269 295 314 327 331 332 333 342 373 379 390 416 433 452	115.0000 91.0000 81.0000 67.0000 65.0000 63.0000 61.0000 57.0000 51.0000 47.0000 43.0000 41.0000 37.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	GEHHDDJBBFEFAAIIICCG HDDJBCCFAAIIIFEHBBGG AAJBFEEIICCGHHDDJBF JCCFEHBBGGAIIFEHDDJ EHJBFAAIICCGHDDJBFE GHDJBFAAIIICCFEHDJBG EHDJBFAAIIICCGHDDJBFE EHDJBFAIICCGGAHDJBFE GHDJBFEIICCFAAIEHDJBG EHDJBFAIICCGGAHIDJBFE GEHDJBFAICCAIFEHDJBG	276 280 294 297 300 321 322 350 386 388 422	95.0000 93.0000 81.0000 75.0000 55.0000 47.0000 45.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
22	3-Opt	PI	IIJBFDDHHBCCGGEEFAA DJBBGEEFAAIIJCCFGHHD DHBGEEFFAAIICJJBGHD HJBGGEFAAIIICDDJBFEH HDJBGEEFAAIIICCFDJBGH HDJBGEEFAAIIICCFDJBGH AICJBFHDDGGGEIJBCEFA DJCHBGEFAAIIJBCEFGHD AHBGEIJCDFDEIJCGBHFA	301 309 315 344 348 378 397 447 482	107.0000 77.0000 63.0000 57.0000 47.0000 45.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
23	3-Opt	API	AAHHDDJBBCCGGEEIIF HHDDJBBFIICCGGEEFAA IFAAHHDDJBBCCGGEEFI AHFEEHDDJBBCCGGIIFA AHHFDDJBBCCGGEEIJFA AHHFDDJBBCCGGEEIJBFA EIFDDJAAHHBCCGGAIIFE EFDDJAAHHBCCGGAIJBFE EIFDDJAAHHBCCGGAIJBFE AHJBFICCGGHDDDEEIJBFA IJBCGGEFAHDDJBCEFAI IEFJBCGGAAHDDJBCEFAI AIFDJBCGGHDEEIJBFGA EFUJAHBCCGGHDDCGAIJBFE AIFDJBCGEEHDEIJCJBFGA	250 257 260 300 308 313 321 328 358 359 395 404 439 467 474	123.0000 115.0000 89.0000 87.0000 81.0000 73.0000 67.0000 63.0000 53.0000 49.0000 45.0000 41.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
24	3-Opt	2-Opt	BBGGAHHIIFEEHDDJCC GHDDJAAIIIFEHBBCCFG BGGHJAAIIIFEHDDJCCB GHBJAAIIIFEHDDJBCCG HDJCCGGAIFEEIJBFAH HBFJCCGAAIIFEEIJBGH HBFJCCGAAIIFEEIJBGH CGHBJAAIIIFEHDDJBGC GEHBFJCCAAIIFEHDDJBG IFAHJBCCGGDDEEHBFGAI IFAHJBCCGGDDEEHBFGAI IFAHJBCCGGDDEEHBFGAI IFAHJBGDDEECCGHJBFBI ICGAHJBFEHDDCFJBGAI ICFAHJBGDDEECCGHJBFBI AICJBGHFEDDJCGEHBFAI	274 278 295 304 335 336 340 349 361 374 404 409 411 435 452 469	117.0000 87.0000 85.0000 71.0000 67.0000 59.0000 57.0000 55.0000 51.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	EHDDJJAIFGGHBBFICCE DJBFEIICCJBGGHIFAAHD DJBCCFEEAAHIFJBGGH CJBFIEEHDDJJAIFGGHBC DJBGAHFFEEIICCJBGAD DJBGAHFFEEIICCJBGAD DHJBGAIFFEEIICCJBGAD DGAHJBFEEIICCJBGAD CGAHJBFEEIICCJBGAD DJBGACFEHICJBGEFAHD	318 322 332 346 351 373 401 415 426 448	83.0000 69.0000 67.0000 55.0000 45.0000 41.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
26	3-Opt	Or-Opt	IFEEFDDJCCJBBGGAHHI HBBJAIFFEEFDDJCCGGAH EHHFDDJICCJBBGGAIFE AUBGGHDDJBFEEHICCF EIFAHHBGGDDJBCCJAIFE EIFAHDJBBGGHDCJJAIFE EIFAHDJBBGGHDCJJAIFE DHJBGAICCFEFAIJBGH DHJBFGAICCEFAIJBGH EIFAHDJCBGGHBCDJAIFE	277 318 319 325 346 352 386 398 417 470	101.0000 81.0000 79.0000 67.0000 55.0000 47.0000 43.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
27	3-Opt	Double-bridge	GHBCJFDDJJAIFEFHGB CJBFIDDHBBGGEEFIAHJC AHIFDDJBCCBGEEHIFAJ CFAIHDJBBGGFAIEHDJ FAJCGGHDDDEEFAHICJB IFACJBGGEHDDJCFEHB CJIDAHHBGGEEFBAIDHJC BFAICGHJDDDEEFAHICJB FGAEDHIJBCCGHDJBFIAE	378 391 401 416 444 488 509 510 540	63.0000 57.0000 53.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
28	3-Opt	IP	BFFEEHDDGGAIIJCCB CJBFEEHDDGGAIIJBC CJBFEEHDDGGAIIJBC BFEHJCCGGAIIFEHDDJB CJBFEEHDDGGAIIJBC CJBFEEHDDGGAIIJBC BFEHJCCGGAIIFEHDDJB DJBFEHICCGGAIIJBEHD DJAHBFEEIICCJJBFEHD DJBFEHAICCGGAIIJBEHD	270 287 300 320 324 335 342 357 390 444	105.0000 75.0000 63.0000 59.0000 57.0000 53.0000 45.0000 39.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	CCJAAHFIIFFEEHDDGGBB GHBBFIICCJAAHDDGEEF BCCFJAAHDDJIEFFGGHB CJAIIEHBGGAHFFDDJBC EHBGHJCCFAAIFDDJBGE EHBGAIJCCFFAHDDJBGE DGHBFICCJAAIFEEHBGD DGHBFACCJJAIFEHBGD DGHBFIEIJCCAAIFEHBGD DGHBFACCJEEFIAHJBGD DHBGAIEFJCCJAIFEHBGD	328 329 333 344 352 358 368 384 419 448 454	115.0000 83.0000 79.0000 69.0000 61.0000 51.0000 49.0000 45.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
30	Or-Opt	API	GHHFDEEFFAAIICCJBBG GAHHDEEFFAIICCJBBG GAHHDDFEFFAIICCJBBG GAHHFDDEFFAIICCJBBG GHFAHDDEFFAIICCJBBG GHDDJBFFAEEFAIICCJBG GHJBFADDEFFAIICCJBG AHDDJBGEFFAIICCJBGF DJBFGGAHEEIIICJBFAD DHFAJBGEFFAIICCJBGH GHFAICCJBDDEFFAHJBG CFGAIJBGHDDDEFFAHJBC AICJBGHDDDEFFAHICJBG AICJBGHDDDEFFAICJBGEH EFAICJBGHDDICJBGAHFE	270 272 286 298 302 310 335 353 358 383 402 412 432 457 460	101.0000 97.0000 95.0000 93.0000 91.0000 77.0000 61.0000 59.0000 49.0000 47.0000 43.0000 41.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
31	Or-Opt	2-Opt	DJBFAAICCFFEEHJBGGD CFIIJAHBBGGEEFAHDDJC IJBFACCGEEHHDDJBFAI HJBFGAICCFFEDDJBGH HDJBGAIICCFFEDJBFGH AHDJBFIIICCEHJDFBGA GIEHJBFIAAICCFEHDJBG GCEHJBFIAAICCFEHDJBG GHDCAIFJBEEICFAHJBG	293 333 335 362 384 409 410 421 495	73.0000 65.0000 53.0000 49.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
32	Or-Opt	3-Opt	DJAAHBFFEEIICCJBGHGD DJAIFFEHICCJBBGGHGD AHJCCFEEIDDJBBGGHIFA AICCFEEHJBGHDDJBIFA DJBGAHFFEEIICCJBGHGD DGAHJBFFEEIICCJBGHGD DHJBGAIFFEEIICCJBGHGD DHJBGAIFFEEIICCJBGHGD DGAHJBFFEEIICCJBGHGD CGAHIJBFEEDDGHFAIJB DGAIFEHBJCCFAEHIJBGD	293 326 332 340 351 377 391 401 415 426 469	71.0000 67.0000 63.0000 61.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	HFEEIIDDJJCCAAHBBGG HBGGEIIDDJJCCFAHBFA JBGDDHHAFAIICJBFE JAHFEEIIDDGGHBBFAICCJ CFAIDDJJBGGEHIFAHBC AIFJBGGHDEEHJBCCFA CFAJBBHDDGGEEFAIJC CJBFAIEHDDGGHBFIAJC CFAJBHDDGGEEHBFIAJC CFJBGHDEAAIFGEHJBC CFAJBGEHDDGHBFAIJC	298 331 338 348 350 354 361 370 398 443 476	91.0000 87.0000 79.0000 65.0000 57.0000 55.0000 53.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
34	Or-Opt	Double-bridge	DJCCFGGAAIJDJBFEHH DAAHEEIIICCJBBFFGGHD GAAHDFIICCJBBFEHHDG FAHJBBFEIICCGHDDJAI GEHDAIICCJBBFEHHDG GAHJBFAIDDCCFEHJBG AHFDDJBEEICCGHJBFJA AIDJBHFEIICCGHJBFJA GAHJBFEEIICCGFAJBHDG DGAHJBFEEIICCGAHJBFID FAHJBGDEIICCJBGFEAHD CGHJBFEEIICCGHJBFJA	312 318 334 344 355 369 376 387 404 429 468 489	93.0000 91.0000 71.0000 69.0000 63.0000 55.0000 53.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
35	Or-Opt	IP	IFEEHHDDJJBCCGGAAI GEEFAHHDDJBBFAIICC IFJBCCFEHHDDJBGGAAI EFAICCGHHDDJBBFAIE EHBFAIICCGHDDJJBIFE CJBGGAIFFEEHDDJBFAIC EFAICJBGGHHDDJBFAIE CJBGAIFEEHHDDJBGAIC CJBGAIFEEHHDDJBFGAIC CJBGAIFEEHDDGHJBFAIC CJBGAIFEEHDDDEFJBGAIC CJBGAIDHFEHDDJBFGAIC	240 273 289 297 319 320 324 343 359 389 404 439	105.0000 87.0000 81.0000 63.0000 59.0000 51.0000 49.0000 45.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
36	Double-bridge	PI	IFICCGDDJJAHHBBFEE DJBFEIICCGGAHHJBFID CFEEHJBGGAHDDJBFIC DJBFEIICCGGAHHJBFID IDJBFEEHCCGGAAHJBFID EHBFDJJAICCGGAHHJBFIE DJBFAIICCGGEHJBFIAEHD GHDJBFIEFAIICCEHJBG AHDJBFIEICCGHJBFIEA CBGDJAHIFEHDDGJBFIC	300 302 337 346 370 373 391 399 402 471	107.0000 63.0000 55.0000 49.0000 47.0000 45.0000 43.0000 41.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	EHFFAAIICCJBBGGHDDE EHFFAAIICCJBBGGHDDE EHFFAAIICCJBBGGHDDE DJBEEHFFAAIICCJBBGGHD DJBCCEEHFAAIIJBBGGHD DEHJBFEHFAAIIJBBGGHD DJBCEEHFFAAIICCJBBGGHD DJBCEEHFFAAIICCJBBGGHD BFEDJAAIICCGGFEDHJB EFGHDJBCJAAIICBGHDFE DGEHFCJBFAAIICJBGEHD BFEDJAIICCGAICDJFEHB	270 292 302 312 322 338 341 363 381 433 448 495	91.0000 87.0000 85.0000 69.0000 67.0000 65.0000 61.0000 57.0000 45.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
38	Double-bridge	2-Opt	DJBGGBHFEIJJCCFAAHD DJBGAIIFFEEJCCBGHHD DJBFAIIFEEHBJCCGGAHD IFEHDDJBBGGCCJAAHBFIE EHFIJBCCGGAHDDJBFIE DJBGAHFEFIJCCBGAHD DJBGAHFEFIJCCBGAHD DJCGAHBFEEIJBFCGAHD DCJBGHFAIEIJBFCGAHD	309 327 336 349 359 361 406 421 469	73.0000 69.0000 65.0000 51.0000 47.0000 43.0000 41.0000 35.0000 33.0000	
39	Double-bridge	3-Opt	AIICCGAHHDDJBBFEFEF ICCGAEEHHDDJBBFFAI CBGGFEEHHDDJBFAAIIC JBFAAIICCGHDDJBFEEH BFAIICCGHDDJBFEEH FIJBCCGGEEHHDDJBFAAI EHDJBFAAIICCGHDDJBFEE EHDJBFAAIICCGHDDJBFEE EHDJBFAAIICCGHDDJBFEE EFICGAHDDJBBFEFEF	269 279 294 300 320 321 322 350 389 472	115.0000 93.0000 85.0000 77.0000 75.0000 69.0000 45.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
40	Double-bridge	Or-Opt	EEFAIICCJBBGGHDDAHBF CJBFAAIEEDDJBBGGHDFIC EFAJBBGGHDDHBCJJAIFE CJBHFAIEEDDJBBGGHDFIC DJCFAHBGGEEHICJBFAD HDJBFEEIICCGHDDJBBGEFA CEIJBFGAHHDDHBBGEFJAIC	325 330 366 403 418 431 468	85.0000 63.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	DJJBFEIICCFAAHHBGGD GHJBFAAIICCFEEHDDJBG DEHBFAAIICCGGHJBFED DJBFEAAHIICCGGHJBFED DJAHBFEEICCGGAHJBFED DJAHBFEEICCGGAHJBFED BGHDEFJAICCGAHHBFEIDJ	277 299 344 370 384 427 477	87.0000 59.0000 55.0000 47.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
42	Double-bridge	IP	FAICCGGEEHDDJBBFAI DJBFIICCGGEEHJBFAAHD IFJBCCGGEEHDDJBFAAHI IFAAHJBCCGGEEHDDJBFI IFAJBCCGGEEHDDJBFAI IFAHJBCCGGEEHDDJBFAI AHDJBFIIICCGGEEHJBFA IFAHJJBCCGGEEHDDJBFAI GHJBCFAIEEHDDJBFACG GHDJBFACIEEHDDJBFACG	297 316 318 319 323 335 338 357 400 422	75.0000 67.0000 65.0000 61.0000 53.0000 47.0000 45.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
43	IP	PI	HDDJBGGAAIICCBFFEEH BFEHDDJAAIICCBFGGH GHBFEHJAAIICCFDDJBG GHBFEIIDDJCCJAAHBFG CJEHBGGAAIIFHEHDDJBC GAHDJBFIIICCFEEHDDJBG GAHDJBFDEEIIICCAHBF GAHDJBFEEIICCDJAHBFG CEFAIJBGGHDDFAEHIJBC GAHIDJBFEECCJAIHDFBG GAHICJBFEDDEICJAHBFG	264 303 318 325 338 349 394 400 435 446 461	87.0000 75.0000 67.0000 61.0000 57.0000 47.0000 45.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
44	IP	API	DJCCFEFFAAIJBGGHHD HJBCCFEFFAAIIDDJBGGH HDJBCCFEFFAAIIDDJBGGH HBGDDJCCFEFFAAIJBGH DHBCCGEEFFAAIIFJBGHD DGHBCCEFFAAIIFJBGHD DJCCBGHFEFFAAIJBGH DGHJBCCFEFFAAIJBGH DGHJBCCFIIEFFAAIJBGH CFEIBGHDDJAAIFEHBGC CFEIBGHDDJAAIFEHBGC JBGHICFEDDFEHBGCAIJ	266 292 314 324 341 343 344 349 375 425 447 479	93.0000 77.0000 67.0000 63.0000 61.0000 59.0000 57.0000 51.0000 49.0000 39.0000 37.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	IFAAHDDJBBGGEEHJCCFI ICCFAHDDJBBGGEEHFJAI DJBGGEEHICCFFAAJBGHD IFAHDDJBCCBGEEHFJAI GHDJBCCFAAEFFIHDJBG DJBGFEEHICCFFAAJBGHD DJBGAEEHICCFFAAJBGHD DJBGAHFIAICCFEJFBGHD AIDJBGHFEICCFEHDJBGA DJBGAHFIEICCFEIDJBGAH	304 330 338 358 371 381 390 401 425 459	73.0000 63.0000 55.0000 53.0000 49.0000 45.0000 43.0000 41.0000 35.0000 33.0000	
46	IP	3-Opt	DJJBBGGAHIICCFEEFAHD DHFJBFAAIICJBGGEHD HBGGAIFFEDDJBCCEFAH HJBGAIFDDJBFEEICCGH HFEDDJBGGAAIICJBFIEH EHIFJBGDDJAAHICCBFE JBFHDDGGAIIICJBFIEH DEHIJBFGGAAIICJBFIEH DCFEJBGGAIIICJBFIEH DJBGAICFEEHBFJAIJCD GAHIJCBFEDDJCEFAIHBG	292 327 342 353 361 363 367 376 415 445 489	85.0000 71.0000 65.0000 63.0000 55.0000 53.0000 51.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
47	IP	Or-Opt	EFJBBFAAHIICCGHDDJE EFAAJBGGHHIICJBFDD DFEHBJAAIICJBFGGHD DJFEHBGGAAIICJBFIEH DEHJBFGGAAIICJBFIEH DEFGBJAAIICJBFIEH DJBIFGEHCCGAAIJBFEHD DAHJBCFEICCGAJBFIEH EFJBGDAHICCGHBFADJE	314 329 334 352 388 398 439 462 487	81.0000 69.0000 65.0000 45.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
48	IP	Double-bridge	FEEHHJBGGAIIICJBFDD DJBGGEEHIIAICJBFDD DHJJBFAAIIFEECCBGGHD EHHFDDJBGAIIICJBFGE GAHBFEEIICJAHDDJBFGE DJBGFEEIICJBGAAHFD DJBAHFEEIICJBGGAHFD DJBGFHAAIIFEECCBGGHD GAJBFEEIICCEAHDJBFGE JBFHDDGGAIIICJBFIEH DEHIFJBGGAIIICJBFIEH DJBFGHEIICCAHFJBGED DJBGFHAAIICJBGAAHFD DEHICJBGFAAIECFJBGHD	313 325 330 333 337 349 377 393 408 412 413 424 436 497	89.0000 77.0000 75.0000 67.0000 55.0000 51.0000 49.0000 47.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.23 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	HDDFFAAIICCJBBGGEEH HDDJBFFAAIICCBGGEEH HDDJBFAAIICCBFGGEEH EHDDJBFAAIICCBGGHFE EHJBFAAIICCGHDDJBFE EDJBFAAIICCGHDDJBFE DJBGHFEFFAAIICCBGGH EHDJBFAAIICCGHDDJBFE DJBGHIEFFAAIICCBGGH EHDJBFGAAIICCGHDDJBFE ICGAHJBFEHDDJBFCGAI ICGAHJBFEHDDJBFCGAI ICGAHJBFEHDDJBFCGAI	258 268 284 294 300 318 321 322 359 361 411 418 433	105.0000 87.0000 81.0000 63.0000 55.0000 53.0000 51.0000 45.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

4.3.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	DJBCCGGAIIJBFFEEHHD EFAHDDJCCJBBGGAIIFE HDJBCCIEFFAAIIDJBGGH CFEEDJBBGGAIIFAHHDJC EHFJBCCGGAIIHDDJBFE CHDJBGGAAIIFEEHJBC EFAHDDJCCJBBGGAIIFE EFAHDDJCCJBBGGAIIFE HDJBCCGGAIIIFEEHJBC HDJBCCGGAIIIFEEHJBC CFAHDJBBGGIEIFAHDJC CGEHFAIDJBBGGHIEFAC AIFEHJBGDDJCCGEIHBFA EICFAHDJBBGGAIIFEHJBC DJBHFGAICCBGGEFAHID	277 285 317 334 337 339 347 368 387 393 424 433 447 456	87.0000 75.0000 69.0000 67.0000 55.0000 53.0000 51.0000 47.0000 45.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
2	PI	API	CGGHHFEEDDJBBFAAIIC CJBBGGAHHDDFEEIIFJC DEEFICCBGGGAIIFHHD CJBBGGAHHDDDEEFIJBC CJBBGGAHHDDDEEFIJBC AIFJBCCGHHDDDEEFIJBC CJBBGGAHHDDDEEFIJBC DFAHJBCGGEEIIFAJBCHD HDJBGAFFEEICCBGAIIFDH FGAHDJBIEECCJBGAIFDH FAIJBGGHDEEDFAICJBGH	263 299 327 329 348 370 407 441 449 489 502	97.0000 85.0000 83.0000 67.0000 59.0000 47.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
3	PI	2-Opt	JJBFEIICCGGAHBFHDD EHHFAICCBGGDDJJAIFE EHHFAICCBGGDDJJBFAIE CJBFAAHDGGEEHJBFIIIC CJBFAIDGGEEHJJBFAIC AHDJBFEIICCGGEHJJBFA CJBFAHIDGGEEHJJBFAIC CGAIJBFEHDDGHAHJBFIEIC	315 323 341 348 356 363 402 458	87.0000 69.0000 63.0000 59.0000 45.0000 39.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
4	PI	3-Opt	JBGHHFAAIFEEDDJCCB FAJBGGAAIFEEHDDCCJB EEHJBBFAICCGHDDJAIF CBGGDJFAAIFEEHHDJBC CDJBGGFAAIFEEHHDJBC DCCGHBFAIEEFJJBGAHD GDJBCCFAAIFEEAHDJBG CHFDJBGGAAIFEEAHDJBC CGHDJBFAIEEFJJBGAHDC	317 336 338 359 363 376 389 412 447	87.0000 81.0000 71.0000 63.0000 59.0000 57.0000 47.0000 43.0000 33.0000	
5	PI	Or-Opt	JBGGEHIIIDJBCCFFAAH GEEHIIIDJAAHBCCFFJBG HBJAAIFEEDDJBFICCGGH AHJBGGEEIIDDJBCCFFHA EFIIICJBGAHDDJGHHBFE EFJBGAHIIIDJBCCFFGHE GEHDJFAAIIICJBFDHGBG AEFHJBIICCEHDDJBFGA GHDJCBFEAAHIIIDJBCFG HJBGEFAICDDJEFHABG CGAHDJBFEEAIIEDHJBG CFGAIHJBEEDDJBCCGFHAI AIFGCEHDJBFEDHJBCGAI	316 326 337 371 377 386 413 419 424 439 471 500 529	91.0000 85.0000 73.0000 71.0000 63.0000 51.0000 47.0000 43.0000 41.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
6	PI	Double-bridge	IIFAADDJCCCEEHBBGGHF AHHFJCCGGDDJBBFAIIEE CJAHHIEFDJBBFGGEIC CGGHBJAIDDEEFJBFAIC FBGAIDDJCCCEEHBBGAIF EIFAHDGGCCJBBFAIEHJ FAIEHJBDJCCGGAIFEFB JBFAHICCEDDGGAIJBFEH EAICFBGGDDHJCBFAIE EHJBFGAIDCCGAEHJBF CFDJIAEHBBGGAHDJBCFEI	338 347 355 373 397 427 428 429 452 476 519	103.0000 93.0000 71.0000 69.0000 53.0000 51.0000 43.0000 41.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
7	PI	IP	JBGGAIIFFEEHFDJJBCC HBFJCCFAAIEEDDJBGGH GHFJBCCAIIFFEEHDDJBG CFEHDJBGGAAIIFEHDJBC CFEHDJBGGAAIIFEHDJBC IFEHJBGAAICCGEHDJBF FEHDJBIICGGAICFEHDJB GHBFAIEDJCCJAEHBFIDG	293 312 329 341 355 420 435 480	89.0000 77.0000 59.0000 45.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
8	API	PI	BGGIICCBFEFFAAHDDJJ BGGJBFIIICCEFFAAHDDJ GGJICCBFEFFAAHDDJB FAAHDDJBCCGEEIJBGHF JBGHFAAIIICCEEFJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD DJBGHFAACCFEIIJBGHDD	295 326 337 340 346 361 374 377 384 424	115.0000 99.0000 95.0000 69.0000 63.0000 49.0000 47.0000 45.0000 37.0000 33.0000	
9	API	API	CJBGHHDDDEFFAAIIBC CJBGHHDDDEFFAAIIBC FGHBCCJAAIIDDGHBFE ICCBGGHDDFEFFAAJBHI GHJBFIDDEFFAAHJCCBG EFGHJBCCJAAIIDDGHBFE GHJBCFIDDEFFAAHICJBG GHJBCFIDDEFFAAHICJBG HDJBCEFGAIIICJBHDGEFA	284 319 343 348 354 365 401 426 504	75.0000 73.0000 71.0000 69.0000 61.0000 51.0000 41.0000 39.0000 33.0000	
10	API	2-Opt	IICCGEEHDDJBBFFJAA FAAIIICGGHEHDDJBBFFE DGGHFAAIIICJJBHBFEE BFAAIIICGGHEHDDJBBFFI FEHBJAAEIIICGGHDDJBF DJBFAIICCGEEFAHBBGD GAHDDJBIIFACCFEIIJBG JBGHFAAIIICGGDDEHJBF GFICAEHDDJBBFAICG EHFAIJBCCGGHDDJAEFI GAHJBFEEIICCFADHJBG AICJBFEFGHDDJBGAICEF EIJCGAHBDDJBICGAHFE	273 316 329 339 352 357 369 373 403 406 413 460 500	119.0000 97.0000 83.0000 73.0000 63.0000 61.0000 59.0000 57.0000 53.0000 47.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
11	API	3-Opt	EIIICJJAAHBBFFGGHDD DHEEFAAIIICJJBFFGGHD EFAHIIICGGJJBFFAHDDDE DEEFGAIIICJJBFFGAHD DGAHFEEIIFJJBCCGAHD DGAHFEEIIFJJBCCGAHD DFAHBGEEIIFJJBCCGAHD DJAICCGHFEEIJBFFGAHD EFICCGAHJBFFDDJBGAHIE DGAHJBCCFEEIJBFFGAHD DJBGEHFAICCEIJBFFGAHD	285 307 340 351 360 373 382 387 415 421 442	117.0000 79.0000 69.0000 61.0000 59.0000 53.0000 51.0000 49.0000 47.0000 37.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
12	API	Or-Opt	CJAAHBGGHDDEEIIFFJBC GHJBCCFAAIIIEEFDJBG GHJBFCCAIIIEEFDJBG GAHIJBFEEAIIICCFDDJBG CBGHFJAAIIIEEFDJBG CJAHBGGDDFIEEFAHIJBC CJBGHDFEIIAAHJBGDC CJBGAHDFIEEIHFGDJBC IFACJBGGHDDEECFAHBI HBFIDJCCGAAIEHFDJBG CJAHBGIFDDEEGHJBFAIC CBJAHIDFGEEFGDHAJBC	322 363 384 392 397 407 427 439 451 452 477 548	75.0000 61.0000 57.0000 53.0000 49.0000 47.0000 45.0000 43.0000 41.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
13	API	Double-bridge	AIIFJBGHGHDDCCJBEEFA ICCJBGHGHIEFAHDDJBF CBFAAIIIEHDDGGJJBFC AIFEDDCCJBGHGHJBIEFA CJBGGFEHIAAHDJBFIEC AEIFJBGHGHDDCCJBIEFA CBFJAHIEEHDGGAJBFIC CJBGEFAAIHDEHIFJBG GEICJBFAAHDDCGHFEIJB IEFJBGHDDCCJBIEHFGA GHIFBCEDJAAICEHFDJBG	329 357 379 392 395 403 419 446 464 480 521	73.0000 71.0000 63.0000 53.0000 49.0000 45.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
14	API	IP	BCCFAAIIIEEHHDDJBGJ HJBFICCEFAAIDDJBGH HDDJBFAIICCGEEFAJBH HJBFCCCEFAAIDDJBGH HJBFICCGEEFAAIDDJBGH CJBGAHIIIEEFGAHDJBC DJBFHAIICCGEEFAHJBGD HDJBFACCGEEFAIDJBGH HDJBFACCGEEFAIJBGHD EIFAHDJBCGGIFAHJBC	310 332 339 356 357 362 377 395 439 464	101.0000 67.0000 61.0000 59.0000 53.0000 49.0000 43.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
15	2-Opt	PI	EEDJAAIICCJBFGGHBF JAAIICCJBFGGEEHBFDD HBFEDDAAIICCFJBGH EHJBFGGAAIICCHDDJBF EHBGGDJCCFAAIIHJBF EHJBFGGAAIICCHDDJBF GDJBHFAAIIICCEHFDJBG CFEDJBGHIIAHDJBFEC CAHIDJBFGGEEHJBFAC CFEDJBGHIIAHDJBFEC	299 303 305 330 362 372 389 408 417 487	107.0000 103.0000 73.0000 55.0000 53.0000 49.0000 45.0000 41.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	HDDJJBFEAAIICCBFGGH HDDJJBFEFEGAIIICCBGH EFAHBIICCGGAHDDJJBFE CGHJJBFEFEGAHDJBIIC CGHJJBFEFEGAHDJBIIC EDJBFAIICCGHFAHDJBE GHDJBFIECCFAIJBEBHDG CGEJJBFAIDDGHJBFEAIC	296 304 323 378 382 394 424 465	87.0000 85.0000 61.0000 55.0000 49.0000 45.0000 37.0000 33.0000	
17	2-Opt	2-Opt	ICCGHHBFDDJJBEEFAAI CJBGGEHHFAAIIFDDJBC GHDDJBCCFEEFAAHIJBG CFJBGGEHHAAIIFDDJBC CJBGGHFAAHIEEFDDJBC CGHJBFEEIIFGAHDDJBC CJBFGAHHIEEFHDDJBC GHIDJBCCFEEFAAHIDJBG GAHFEIDDJBCEHFAIJBG CBFEHJAIDDGGAHIEFJBC CBGDHJAIFEEFGAHIDJBC	296 297 304 340 343 348 350 376 418 443 476	93.0000 71.0000 67.0000 65.0000 61.0000 55.0000 53.0000 43.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
18	2-Opt	3-Opt	JBGGBFEFEEAIICCJAHDD DJBGGAJCCBFEEHHFAID CEEFAIDDJBGHHJBFAIC IJBCCEEFAHDDGGHJBFAI EFAICDDJBGHHJBFAIE GAJBHDDDEEIIICCFJAHBG GAJBHDDDEEIIICCFJAHBG GACJBFEEHDDJICFAHBG GAICJBHDDDEEIIICCFJAHBG GAICJBHDDDEEIIICCFJAHBG DJBFEAHICCGGHJBFEAID HDEFAIJBCCGGDCJBIEFAH	319 345 348 357 365 395 399 404 423 433 438 502	87.0000 81.0000 59.0000 57.0000 53.0000 49.0000 47.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
19	2-Opt	Or-Opt	BGGHBFEEFAACCHIDDJJ JBEEHHJBGGAAICFFDD DDGHHJBCCGAAIIBFFEE JAIIFAHDDJBGGEHBCCF CHDDJJAIFGGHBBEEFIC CCFEHHJBGGAAIFEDDJB EIFJBCCGGAHDDJIHBF AFJBCGGHDDDEEIIICJBFA AIFEDJBCCGGHDJBFEHIA FEHJBAIICCGGAHFEDJBC CHDFEIJBGAAIFGEDHJBC	335 339 342 344 352 355 383 399 413 474 512	109.0000 105.0000 101.0000 85.0000 79.0000 75.0000 51.0000 49.0000 39.0000 37.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	DJBCCFAIJBGGEEFAHHD FGEEHIIDDJBCCGAAHFJB DJAHHBCCGEEFIIFAJBGD AIFGEHDDJJBICCBGEFA DFAHJBCCGEEFAIJBGHD DFAHJBCCGEEFIJAHBGD FAHJBGGEEIACCFGHDJB EFAICJBGGHFDDAHJBICE DJBFAICGGHEIJCBAHFED	312 373 379 384 389 418 436 458 515	73.0000 69.0000 57.0000 53.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 37.0000	
21	2-Opt	IP	CCEEFJBGGAAHDDJBFII DDJBFEIICCGGAAJBFHH HJBFAAIIICCGEEFDDJBGH HJBFEIICCGGAAHDDJBFIE HDJBFAAIIICCGEEFDJBGH EHJBFEIICCGGAAHDDJBFIE EHJBFAIICCGGAHDDJBIFE EHDJBFEIICCGGAAHDDJBFIE HDJBFAIICCGEEFIDJBGAH GAHDJBFEICCAIFEHDJBG	305 325 327 337 349 352 369 374 407 424	93.0000 79.0000 61.0000 55.0000 51.0000 47.0000 43.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
22	3-Opt	PI	CCFJBGGAAEEHDDJBFII JBGGEEIFAAHDDJBFICC IFAACCBGHHDDJJBGEEFI IFJBCCGAAHDDJCEEFI JBFGAHDDCCJBGEEFI CFIJBGGAAEEHDDJBFIC CFIJBGAHDDDEEFIJBGC EFJBGAIHDDCCJBGAIFE CGAHDJBFEFEIICGAHDJB CFIJBGAEEHDDJBGAEFIC	312 314 333 339 353 369 390 407 434 439	87.0000 79.0000 75.0000 69.0000 59.0000 51.0000 45.0000 39.0000 37.0000 35.0000	
23	3-Opt	API	AHHDDGGEEFIICJBBFA AHHDDGGEEFIJCCJBBFA HDDJBGGEEFIICJBFAAH AHDDEEFICJBGGHJBFA AHJBEEFGDDHIICJBFA AJBFGDDHIEHICJBFA AHJBIEEFGDDHIICJBFA AHJBFGDDGEEHICJBFA AIEFJBHDDGGEEICJBFA CJBFAHDDGGEECFHJB DEFAICJBGGHICBEFJAHD GDEHJBFAFACCEIJBFAHDG	267 293 309 345 362 380 385 397 435 449 475 497	97.0000 95.0000 77.0000 65.0000 59.0000 57.0000 51.0000 47.0000 43.0000 39.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	HIDDJBCCGGEEIFFAAH EEFAHHBGGDDJAIJBCCF AIICCJBGGEEHDDHFBFA IEFAAHHJBGGDDJCCEFI EFAHHBGGDDJCCGAIJBFE JBHFAIICCGGEEHDDJBFA IFAHDJBBCCGGEEIFAHDJ BJAIFEHDDCCGGAIFEHJB DGAIFEHBCCJBGHJAIFED DJBGAIFEHCCGEFAHIJBD	288 325 327 336 353 365 392 403 442 477	93.0000 87.0000 81.0000 69.0000 57.0000 55.0000 45.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
25	3-Opt	3-Opt	BGGHHEEFAAIIICCBFDDJ CCGGDJBFAAIIFEEHHDJB HDJBCCFEIIFAAHDDJBG AIJBCCFEFFGGHDDJBIA GHDJBFAIIFEECCHDJBG GAHJBCCFFEEIIAHDJBG GAHJBCCFEFFIIAHDJBG GAHJBCCFEIIFIAHDJBG EIBFGHDJCCGAAHIDJBFE EFAIHBGDJCCGAHIDJBFE	308 319 330 349 363 367 377 407 447 456	97.0000 83.0000 67.0000 63.0000 49.0000 45.0000 43.0000 41.0000 37.0000 33.0000	
26	3-Opt	Or-Opt	EHDDJCCGAAIIFJBGGHE FEHDDJCGGAAIICEHJBBF JBFGEHDDJAAIICCFEGB HBFGEHDDJAAIICCFJBGE JBFGEHDDJAAIICCFEGB JBFGEHDDJAAIICCFEGB BGHICCFDDJAAIIFGHJB DJBGEFAHCCJBGIIFAEHD DJCBGHFAIIECJBGF AHD CGEFAIDHBJAIFBCGHJD	343 364 385 387 402 404 410 448 460 553	71.0000 65.0000 63.0000 57.0000 55.0000 51.0000 47.0000 41.0000 35.0000 33.0000	
27	3-Opt	Double-bridge	HDDJBGCCFIIEFAAJBGH AHIFEHDDJCCGGHIEFA DJAHBGCCFIIEFJBGAHD AIFEHGGDDJCCCEHBGAIF FAEICJBGHDDJBCGAIFE AHDJEICBFGGAIJJEHBCF	351 398 401 414 443 524	65.0000 53.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
28	3-Opt	IP	EHHFFGGDDJCCBBAIIE FJCCBBGGDDEEHHJAAIIF AIJBBGGDDJCCHHIEFFA CFAAIJGGDDEEHHJBFIC CFAIJBGDDEEHHJBFIC CFAIJBGDDEEHAHJBFIC EIFAHBGDDJCCGHIJBFIE HFAICJBGEEDJBGICFAH HFAEICJBGDDJBGAIKFEH	313 315 327 346 362 399 421 444 459	105.0000 93.0000 87.0000 59.0000 45.0000 41.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
29	Or-Opt	PI	GAAIJBFEEHHDDFICCBJBG GAIJBFEEHHDDFACCBJBG GAIJBFEEHHDDFICCBJBG AIJBFEEFGHDDHICCBJGA GAICJBFEEHHDDFAICJBG GHBFAICJEEHDDFAICJBG GBCJAIFDEHHDEFAICJBG	331 348 373 375 379 419 496	65.0000 63.0000 57.0000 55.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
30	Or-Opt	API	AIICCJBHDDJBGGEFFA HDDJBFAAIICCJBGGHFEE HDDJBFAAIICCJBGGFEEH GHDJBFAAIICCJBFEEHDG EHDJBFAAIICCJBGGHDFE IJAHBFEECCGGHJBFIAI DJBFAICCGEJBFIGAEND EDGHJBAIFICCJBGHDFAE EFAHICJBGDFAIIDGCBHE	287 294 297 332 339 399 457 509 562	95.0000 81.0000 79.0000 51.0000 49.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
31	Or-Opt	2-Opt	JBBGGEEFAIICCFHDDJ DJBBGGFAIICCFEEAHHD BFAAHDEEIIICCBGGHFJJ HBGDDFGEEIICCJBFAAH DJBGGAAHEIICCJBFFAHD DJAHJBFEEIICCGBFPAHD DJBGAHFEEIICCJBGAFHD AIFEHJBGGECCFIHJBA DJAICHBGEEFJBICFGAHD BGEFAICHJEFIDJCGAHD	272 316 323 338 342 370 377 463 481 527	95.0000 93.0000 85.0000 79.0000 61.0000 57.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
32	Or-Opt	3-Opt	FJBGGAAHDDEEIIICCFJB IFEEHJJBGGHDJAAICCBF CJBFGDDGAIIEEFAHJBC CJBHIFGGDDEEFAAHJBC CFAHJBGGDDEEFAHJBC CJBGAHIFDDJBGEEIFAHC DEIFAHJBBGGCCJAHFEID EHFDJBGAIICCAHDJBFGE DJBGHIFECBGEAIFJHD	336 368 378 385 395 423 425 428 503	71.0000 67.0000 59.0000 47.0000 45.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
33	Or-Opt	Or-Opt	AAHBIICCGDDJJHBFEEF IFAAHBCCGGDDJJBIFEEH GHDDJBFEEIICJFAAHBG EHDFAAJBCCGGHJBIIFE EDDFAJJBCCGGHJJAIFE EFAIHCCGGDDJJBHFAIE DJBEFAHICGGAJBIEHCFD	338 340 341 379 383 397 521	99.0000 73.0000 63.0000 57.0000 55.0000 45.0000 33.0000	
34	Or-Opt	Double-bridge	GGAFFEEHDDJBIICCB HDDJBGGAIICCBFAIFEEH HDDJBGGAIICCBFIEEFAH IAHJBFGGEEHDDJBCCFA CJBGGHDDEEFAHJBFIAIC CJBFGHDDEEAAHJBFIIC AIJBFHDDGGHIEFJBCCA CJBIAHFEEDDGGHJBFIAIC DCFEIJBGGHAAICJBFHED JBGAIHFEHDDCCFEDJBGAIH	317 320 336 359 384 400 406 414 451 481	113.0000 77.0000 73.0000 71.0000 59.0000 57.0000 51.0000 39.0000 37.0000 33.0000	
35	Or-Opt	IP	GAAIEEHDDJBCCFFIJBG AIDJBFEEHHDDCCJBGGA BFAIEEHDDJBCCFGGAIJ CFAIJBGGEEHDDFAIJB GAICJBFEEHHDDFAICJBG GHJBCFAIEEHDDFAICJBG EHBJCFIIDDGGHJBCFAIE GHFAIDEJBCCFEIAHDJBG	316 328 348 363 379 417 439 493	81.0000 77.0000 65.0000 45.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
36	Double-bridge	PI	BGGCCFAAIIIEEDDJBHHJ EHJBGGAAIICCFHDDJBFJE EFDJBIICCGGHHDJBFAAE CJBGAHIIIEEEDDJBGH CJBGAHIIIEEEDDJBGH CJBGHFAAIIIEEDDJBGH HDJBCCGAIIEEEDDJBGAH HDJBGAIIIEEEDDJBGAH CJBGAHIIIEEEDDJBGH	335 342 349 357 361 363 376 401 489	101.0000 63.0000 61.0000 55.0000 53.0000 49.0000 47.0000 37.0000 35.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	HJBCCFFAAIIEHDDJBGG CFAAIIIEHDDJBGGHFJBC GHJBFAAIIEHDDCCJBFG GHBJCFFAAIIEHDDJBGC GBJCFAAHIIIEHDDJBGC CFAAHDJBGGEIIDEHFJBC CDJBFGAIIIEFHDDJBGEC DFAJBCGHIIEFAJBCGHD GDJCBFAEHIIIECJBFADHG	302 319 336 352 389 407 428 456 505	83.0000 75.0000 57.0000 55.0000 53.0000 51.0000 47.0000 35.0000 33.0000	
38	Double-bridge	2-Opt	ICCJBBGGHDDJEEFFAAHI CCJBBGGHHIIEEDDJBFAAI FJBBGGHDDDEEFAAIIICCJB FJBBGGHDDDEEIIICCJBFAAH AIIJBBGGHDDDEECCJBFA CJBBGGAHDDEEFAHBFIIJC CJBBGGEEIFDDAAHHJBFC AHIFDDJBGHIIICCJBGEFFA AIFJBBGGHDDDEEIIICCJBHFA CJBBGHIEEDDJBFGAAHIC AICJBBGGHDDDEEHICJBFA ACFIJBBGGHDDDEEHICJBFA ACFIJBEHDDGGEHICJBFA CGHFEIBDJAIIIDJBGHFEC	291 312 318 326 340 351 361 367 369 375 377 445 471 529	89.0000 85.0000 75.0000 71.0000 65.0000 63.0000 61.0000 59.0000 49.0000 47.0000 41.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
39	Double-bridge	3-Opt	AAHFJBBGGHDDJBCCEEIIF AHFJBBGGHDDJBCCFEEIIA CFJBBGGEEHHFDDAAIIBC GDDJBCFEEHHFAAIIJCBG IFAJBBGGEEHDDJBCCFEFAI CFAIJBGGGHFDDEEHBJAIC EHFAIJBGGDDJCCFAIEHB FAICHJBBGGDEEHFAICJB FAICHJBBGGDEEHFAICJB CHDEFJBBGGGEHJBFAIDC	328 334 344 355 360 395 432 461 470 486	91.0000 77.0000 69.0000 65.0000 51.0000 45.0000 41.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
40	Double-bridge	Or-Opt	CEEAHFGGHHBFIIDDJJC JBBGAAIIEFHBBFDDECCJ EHDJAAIICCFDJBGGGHIFE GHIDJBCCFAAIIIEFFDJBG GHIDJBCCFAAIIIEFFDJBG DJBFGHICCAAIIEFFDJBGH FEHBGAICDDJJBGAIFEH AIEHJCBFGEDDJBGHICFA GHBAEFIDJCCAIEHFDJBG	332 335 351 386 409 422 423 476 513	97.0000 85.0000 59.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	FEEHDDGGHBBCCJJFAAI GDDEEFAHBBCCJJAIIFG EHIFGGHBBCCFJJAAIDDE CGHDDJJBFGAEEHBFIAIC CEEHFJBFGGAIHDDJBC CJBFGGAEIIFAIHDDJBC CFJBHFGGAAIEHDDJBC GEIFAHBBCCDDJJAEIFG IEHBFDDJCCGEFAAHJBI EHBFAICGGFAHDDJBCFE GDJIEFAHBBCCDJAEIFG CJAHBFEDGGAIEHIDFJBC GAHBFICEDDJAHFEBICG BGJAHICFEDDEHBCFGAIJ	307 308 342 359 375 376 377 385 415 444 475 491 492 533	105.0000 85.0000 81.0000 71.0000 69.0000 63.0000 59.0000 53.0000 47.0000 43.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
42	Double-bridge	IP	FEEIICCGHDDJJBFAAHB BFJAAIICCGDDJBFEEHH BFAIICCGDDJJBFEAAHH JBBFAIDDGGEEFAHICCCJ GAHBFEEIICJJBFHDDG CJBFHDDGGEEFAIIBC EHBFAICCGHDDJJBFAIE EFAHJBIICCGHDDJJBFAE EFAHJBIICCGHDDJJBFAIE CJBFHDDGGEEFAHJIBC CEJBFHDDGGGAHJBFEIC CEJBFHDDGGGAHJBFEIC	284 304 319 321 322 323 334 359 373 385 421 443	97.0000 87.0000 85.0000 79.0000 61.0000 57.0000 49.0000 47.0000 41.0000 39.0000 35.0000 33.0000	
43	IP	PI	DJJBFEIICCFEHBGGAHD HBFAIIDDGGCCJJBFAEEH HDJBGAIIICCFEHDJBG BFAHDJICCBGGEEFAHJDJ IFAHDJCCBGGDEEHJBFBI IFAHJBCCEDDGGGEHJBFBI GAHDJBFEIICCGAHIDJBF IEDGHJBFACCFDEHJBGAI	314 341 344 383 396 410 433 509	81.0000 69.0000 53.0000 49.0000 43.0000 41.0000 37.0000 33.0000	
44	IP	API	FGGAAIFEEHDDJBCCJB HIIFDDGGAAJJBCCFEH HFIIIDDGAAJJBCCFEH JBBFGGAAHIEHDDJCCF EHDDJBCCJBFGGAAIIFE DFAHJBCCJBGGAIFEEHD CJBFGGAAHIEHDDJBFC CJBFGGAHDDJIEEFAHBC CJBHDDFAIEEHBGGAIJFC DGAICFEHJJBBFCGAID CJBGAIHDDFEEHBGAIFJC DJBGAICFEHJJBBFCGAID DJCBGIFAHEHJBGAIJFC	283 293 301 315 330 348 353 357 405 407 423 424 503	111.0000 93.0000 91.0000 89.0000 77.0000 63.0000 59.0000 53.0000 49.0000 45.0000 37.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	EHHIJBBCCGGDDFFAAE FAHDDJBBCCGGHEEFAL GHFAIJBBCCCEFAHDDG DEIJJCCGGHBBFAAIFEH GHFAIJBBCCJEEFAHDDG IFAHDJBBCCGGHJEEFAI DJBFAICCGGHBFEEJAH IEFADJBBCCGGHDEFAL EIFADJBBCCGGHDAJFE IEFADJBBCCGGHDEFJAI EFAIDJBGHBCCGHJFAIE FAHDJBICGEEFGDJCAHBI	299 316 324 345 348 356 359 368 428 445 451 526	105.0000 83.0000 69.0000 67.0000 65.0000 51.0000 47.0000 45.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
46	IP	3-Opt	ICCGGAADDJBBEEHHFFI IJCCFGGAAEHDDJBBFEH HDJAAIICCFEHDJBBFGGE HIIJCCFGGAAEHDDJBFE BFEHIIICJBGGAHEFDDJ HJBFEICCGGHDDJBFAAIE HJBFEICCGGAHDDJBFAE ECJBFahiiccggaHDDJBFE EHBjFAiiccgghDDAJBFE CEHjBFAiDGGHDJBFEIC DJBCEFAHIIICGAJHBFED EDJBGFAHIIICGAHJBDFE ECGAHDJBFIDHBjCGAIFE	324 347 354 361 363 365 379 385 416 421 467 490 518	105.0000 87.0000 79.0000 71.0000 69.0000 55.0000 53.0000 47.0000 41.0000 39.0000 37.0000 35.0000 33.0000	
47	IP	Or-Opt	AAHHBBIICGGEEIFFDDJJ EFDDJAAHBBIIICGGGEHF AHBBFDDJCCFGGEEIIHJA FJAHBFEEIICGGDDJAHB DJBBFEIICGGAHJCFEHD JAHFIDDJBCCGGEEHBFAL FJAHBGGEIICCFEDDJAHB DJAHBFEEICCGGHJABFEID CGEHjBFAiDDFAIEBGHJC	307 338 350 361 367 388 397 455 492	117.0000 81.0000 75.0000 63.0000 61.0000 55.0000 51.0000 35.0000 33.0000	
48	IP	Double-bridge	EEDDJAAICCGGHFJBFFI JBFFDGGAAIICJBBEEHHD BFAIICCGGHDDJBHFEIJ DJBEHBIICCGGEFFJAAHD ICFAAHBGEEDDJCGHBFI JBFEHDAHAIICJBGFEFD FJBGEHDCCGAIIEFAHDJB GEIDJBFAHCCGAIIEFHJ	335 346 353 380 384 414 455 478	99.0000 85.0000 75.0000 69.0000 51.0000 43.0000 41.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.24 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 4.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	DDFEEHIIICCJBBGGAH HIICJBGGAAHDDJBFFEE CFAHDDJBBGGAHFEEIIC CFEHDDJBBGGAHFEEIIC CFAAIEHDDJBBGGHFEIC CFAIEHDDJBBGGHFEIC CFEHDDJBBGGAAHFEEIC DJAHFEIICCJBBGGFAHD CFAIEHDDJBBGGHFEIC GEIFAHDDJBCCEIFAHBG CFEIJBGGAAHDDJBFEIC CFEIJBGGAAHDDJBFEIC BGEFAHDDJCCGEHFAIJB CEFAHJBBGGDDJBFAHEIC	278 288 300 303 331 334 341 349 359 386 393 395 425 435	111.0000 97.0000 75.0000 69.0000 59.0000 55.0000 53.0000 49.0000 45.0000 43.0000 41.0000 39.0000 37.0000 35.0000	

5. ปัญหาการทดลองที่ 5 กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด

5.1 ปัญหาการทดลองที่ 5.1 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ

20:20:20:15:15:1:1:1:1:1:1:1:1:1

5.1.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
1	PI	PI	CCCFEEEECCBBBBBCCCCGAAAAAMDAAAAAAAAAIKDDDDDDJAAACCCCB BBBBLDDDDDDNEEEEEABBBBBBCCCCAAAAEEEEHO EEECCCEEECCBBBBBCCCCGAAAAAMDAAAAAAAAAIKDDDDDDJAAACCCCB BBBBLDDDDDDNEEEEEABBBBBBCCCCAAAAEEEEHOFE FEEEECCBBBBBCCCCGAAAAAMDAAAAAAAAAIKDDDDDDJAAACCCCB BBBBLDDDDDDNEEEEEABBBBBBCCCCAAAAEEEEHOCCC FEEEECCBBBBBCCCCGAAAAAMDAAAAAAAAAIKDDDDDDJAAACCCCB BBBBLDDDDDDNEEEEEABBBBBBCCCCAAAAEEEEHOCCC CFMAAAAKAACCCCB BBBBLDDDDDDNEEEEEABBBBBBCCCCAAAAEEBGAAAAAAIELDDDDDDAAAAACCCCB BBBBLDDNEEEEECEHOCC JAAACCCCB BBBBLDDDDDDNEEEEEAAAAOCCFEEEBBBBCCDBBCCCCGAAAAAAILDDEDDDAHEEEEBBBBBBCCCCAAAAAED AABBBBCCCCEEFAAADDDDMHAAAAOCCFEEEBBBBCCDBBCCCCGAAAAAAILDDEDDDAHEEEEBBBBBBCCCCAAAAAED JAAACCCCB BBBBLDDDDDDNEEEEEAAAAOCCFEEEBBBBCCDBBCCCCGAAAAAAILDDEDDDAHEEEEBBBBBBCCCCAAAAAED BBEEFFDDMDAAAAOCCCB BBBBCCDEEEEBCCGAAAAAAILDDEDDDAHEEEEBBBBBBCCCCAAAAAEDDEEB CBEEFFDDMDAAAAOCCCB BBBBCCDEEEEBCCGAAAAAAILDDEDDDAHEEEEBBBBBBCCCCAAAAAEDDEEB BCCDEBBBGA AAAACCCCEEEENJCCCB BBBAADDDDDDEEEALDEBBBBDKIAAAAAAACCFCCCBCCOBBDDDEEEECBDMHAAAB DCCOAEBBBBAAADDDDEEEMCCBCCBCCAAAADDLKDEBBBIHGAAAAACCCFEEENDECB BBBBCCCCAAAAABBCJEEEDDDFAADDC CCCOAEBBBBAAADDDDEEEMCCBCCBCCAAAADDLKDEBBBIHGAAAAACCCFEEENDECB BBBBCCCCAAAAABBCJEEEDDDFAADDC CCCOAEBBBBAAADDDDEEEMCCBCCBCCAAAADDLKDEBBBIHGAAAAACCCFEEENDECB BBBBCCCCAAAAABBCJEEEDDDCAADDC DCBBBCOAAALDEKIDCB BBBAEEEDDDCCB BBAEEEDDDAACCCBBBDHGAAAAACCFEEJENDECB BBBBCCCCAAAAADMEEDD CBAAAIKDDBBBAACCCCEEEENJCCCB BBBAADDDDDDEEEALCFBBBCGAAAAAACBDCBBBCCOAAEBCCAADDDDEEEMCCAHHBC CBAAAIKDEBBBAACCCCEEEENJCCCB BBBAADDDDDDEEEALCFBBBCGAAAAAACBDCBBBCCOAAEBCCAADDDDEEEMCCAHHBC EDCBBCCOAAEBCCAADDDDEEEMCCAHHBCBAAIIDLKDEBBBDGAAAAACCFEEJENDECB BBBBCCCCDDDDADDAAAAAACBEE ACBBCCOAAEBCCAADDDDEEEMCCAHHBCBAAIIDLKDEBBBDGAAAAACCFEEJENDECB BBBBCCCCDDDDADDAAAAAACBEE ACBBCCOAAEBCCAADDDDEEEMCCAHHBCBAAIIDLKDEBBBDGAAAAACCFEEJENDECB BBBBCCCCDDDDADDAAAAAACBEE AABCCMAACCEEEEDDBBBAACCCGAAEDDDDCBCCACCOAAALDEKIDCB BBBAEEEDDDCCB BBAEEEFHNEEDDJAAACCCBBCCBBA DCBBBAEEEDDDAACCCBCCBOAAEDDIDCB BBAEEEEEDDCB BBCCAAALDKDAFHBEEDJAAABCCBBAABBBCCBDDDEEEEG AABCCMAACCEEEEDDBBBAACCCGAAEDDDDCBCCACCOAAALDEKIDCB BBBAEEEDDDCCB BBAEEEFHNEEDDJAAACCCBBCCBBA AABCCMAACCBDDDEEEFABBAECCGAAEDDDDCBCCACCOAAALDEKIDCB BBBAEEEDDDCCB BBAEEEFHNEEDDJAAACCCBBCCBBA AECBGEAAEDDDCB CBCEDBBEAAACCHBD BBAALKEEDDDCCB BBAIEAFEEEDDDJAAACCCB BBAABBBCCMACCBDDDEENABBA BAAECBGEAAEDDDCB CBCEDBBEAAACCHBD BBAALKEEDDDCCB BBAIEAFEEEDDDJAAACCCB BBAABBBCCMACCBDDDEENABBA BAAECBGEAAEDDDCB CBCEDBBEAAACCHBD BBAALKEEDDDCCB BBAIEAFEEEDDDJAAACCCB BBAABBBCCMACCBDDDEENABBA CEDBBACAAEEEDDDCB BBCCNAAMHAAABCAADFIIEEDDCB BBCCAAALDKDCBBAEAAEAGDCCEDBBCCCEEBDBBAACDDDBAAJ NAAEEEDDDCB CBCCCAAMHAAABCAADFIIEEDDCB BBCCAAALDKDCBBAEAAEAGDCCEDBBCCCEEBDBBAACDDDBAAJ NAAEEEDDDCB CBCCCAAMHAAABCAADFIIEEDDCB BBCCAAALDKDCBBAEAAEAGDCCEDBBCCCEEBDBBAACDDDBAAJ AEBCCDDJAOADBCNEEEDCCBBCCBAAALMHAACBDBCEADACBBDKEICBBBAEEEDDDCAACCCGCEDBBBACCFEDDBBAACEDDBA DBBACAAEEEDDDCCB BBCCNAAMHAAABCAADFIIEECADDBCB BBCCBAALDKDCBBAEAAEAGDCCEDBBCCCEEBDBBAACDDDBAAJ EDCCEDBBAACCEEDDBBBAEEBAIACCEHBD BBAAEFOJEDLCCEDBBKAAEAEECCBDMCDDBCCDAACBBCCDAEBBCEAAEAADNC AAFEEEDDCB BBCCCAALDAKIDCBDAEAGEGDCEDDBBAACCEEBBDAEAECDDBEACBDMACBDEBCCADAAEACCCEDDBJNEHAAABCB EGDCEDBBAACCEEDDBBBAEEBAIACCEHBD BBAAEFOJEDLCCEDBBKAAEAEECCBDMCDDBCCDAACBBCCDAEBBCEAAEAADNC ABBCCDABDECCENECAAGCEDBAAJCEDBCAADFIIECHBBLKABCCDECEAAABBDDECCCAEAADOCBDEDBCAMDBCAEDDEAAACEDDB EAACEDBBBCCDABDECCENECAAGCEDBAAJCEDBCAADFIIECHBBLKABCCDECEAAABBDDECCCAEAADOCBDEDBCAMDBCAEDDEAAACEDDB AOBDAFCABCEBDECCEDDBDBAEAGEGDCNEAADACBDEIDBCAMDBCAEDDECEBDAKLBBAACEBCBAHEBAACADACEDBBAEDDECAJ	1034 1189 1196 1228 1295 1356 1374 1453 1486 1519 1779 1779 1812 1877 1923 1965 1980 1986 2010 2020 2102 2177 2292 2292 2348 2404 2504 2517 2593 3015 3027 3043 3060 3112 3476 3549 3609 3805 3830 4488	3649.3800 3479.1200 2980.2600 2962.2600 2196.0400 1684.7600 1495.8200 1435.7600 1134.8800 1124.2400 1118.3000 1110.7600 995.5200 876.8200 865.5200 862.6600 847.5800 821.6000 820.1800 802.4000 784.0400 770.8800 754.8200 764.4200 754.8200 694.8200 654.8200 651.4600 602.5200 583.5600 563.5800 563.1600 543.8200 543.3200 528.9800 520.1200 517.1000 495.2000 483.7200 453.0600 450.8200

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
2	PI	API	BBBBBEEEBBBBCCIFHCDECCCEBEECCCBBAABAAAADDDDEEECECCCNEDDDAAAAAADDDDAALJMKGOAA	1476	10938.9200
			ABBBBEEEBBBBCCIFHCDECCCEBEECCCBBAABAAAADDDDEEECECCCNEDDDAAAAAADDDDAALJMKGOAA	1520	9021.2400
			DDDDAAAAAADDDBBBEEEBBBCCCEBEECCCECCEDDCHFCBBBEEEBBEECECCCNEDDDAAAAAADDDDAALJMKGOAA	1526	4932.3800
			BBBBBCCFHCDBDEEEBAADCCCECCCBBAABAAAADDDDEEECECCCNEDDDAAAAAADDDDAALJMKGOAA	1598	4369.6000
			BBBIFHBCCBBBBADEECCCEEDDDAAAAAADDDDAALJMKOABBBEEEBBCCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1599	2047.5200
			BBBIFHBCCBBBBADEECCCEEDDDAAAAAADDDDAALJMKOABBBEEEBBCCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1605	2046.8800
			BBBIFHBCCBBBBADEECCCEEDDDAAAAAADDDDAALJMKOABBBEEEBBCCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1636	2042.7800
			BBBBBEECCCEEDDDAAALJMAAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1649	1567.2200
			BECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1828	1544.8000
			CCCEDDDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1842	1422.7000
			CCCEDDDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1880	1422.1000
			CCCEDDDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1903	1378.0200
			CCCEDDDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1915	1371.7000
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1921	1237.4000
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	1947	1234.9000
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2021	1172.8000
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2109	1166.5800
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2112	1153.6800
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2225	979.4200
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2239	974.7000
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2301	934.2600
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2484	725.3400
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2507	792.1000
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2651	690.6000
			EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2675	685.8000
EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2773	636.9000			
EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	2896	607.7400			
EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	3044	536.4200			
EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	3047	533.7200			
EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	3481	523.7200			
EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	3645	479.2600			
EBECCCECCDAABBBLBEFEACDCJMGAAKDDDOAABCAAAAADDCHFCBBBEEEBBEECCCNBEEEDDCCDDAAAAAADBBBGGCCB	4125	477.4200			
3	PI	2-Opt	CCCCCAAAHCBAAAAAEEEBBBBBAJOFCCDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1607	3963.7600
			BBBNAAAAAAEEEBBBBMBCCCCAAJOFCCDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1641	2699.0400
			AEIEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1711	1831.9600
			BNDAAAAAEEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1717	1677.5400
			AAAAAEEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1786	1407.1000
			CEEDHKAIEEBBNDAAAAAEEEBBBBMBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1836	1344.5000
			AAAAAEEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1874	1329.7000
			DHKBAAAAAEEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1896	1204.7600
			CDHKBAAAAAEEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1925	1129.4800
			CDHKBAAAAAEEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	1960	1063.4800
			CDHKBAAAAAEEEBBBBCCCCCAAJFBDDBDDDDDDDDDDDDCCGCAALAAAEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2017	1054.7200
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2032	929.4600
			AADDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2124	835.3000
			ABBBDDCCCEDEEEAABGDDEEBCECJABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2214	800.5000
			ABBBDDCCCEDEEEAABGDDEEBCECJABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2226	783.5000
			BBBCCCNDDAACCBAAEAEABGDDEEBCECJABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2487	781.8000
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2488	773.6400
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2494	766.7400
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2502	748.8000
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2566	725.6400
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2602	716.8000
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2639	686.4400
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2643	658.3800
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2648	638.0800
			AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2678	623.8800
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2736	610.2400			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2740	565.6600			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	2940	542.1400			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3042	531.1400			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3065	506.3000			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3067	489.1600			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3376	484.5200			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3391	481.3200			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3395	431.1400			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3645	408.3400			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3710	406.6000			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3727	405.3200			
AGDDDEBCECCABBBBNAABCECCBLLAAADDDDKHCEBBBBAAAAAAEEEBBBBCCCECEIIEEBBBAAAAAAEEEBBBBMB	3762	397.1600			
4	PI	3-Opt	AABDDDDCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	1852	1696.5000
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	1869	1162.3200
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	1897	1096.4800
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	1943	927.9400
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	1996	895.8000
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2010	831.1200
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2036	816.2000
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2051	748.9200
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2058	701.1200
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2089	670.9800
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2100	642.1800
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2127	602.2400
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2262	577.1800
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2297	543.6800
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2851	521.7800
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2904	433.3400
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2108	1090.0200
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2151	999.8200
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2235	887.8400
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2292	816.0600
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2322	814.0600
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2324	779.6600
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2368	742.9400
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2483	725.1200
			EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2507	720.6400
EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2514	689.3600			
EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2548	659.7800			
EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2659	647.2200			
EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	2833	601.7400			
EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	3078	573.5800			
EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	3150	530.3200			
EEEDDDGCCCCBBBAAAAAABCEENDDCCBFKAADDJBBAAEBBCCDDDEEBBLDHBCCIAAMCOEAAABBBCCCGDDEDEEEEA	3197	471.8800			

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
6	PI	Double-bridge	BBELCCCCDDAAAGEEEB BBBBFKMAEEDDDCEEBBAAAACCCCBDDHNDJCCCECAAAADDEEEEOBBAABBBBBAACAAAAIECBB BBBFAAAAAEEEDCEBBBCCCCAAAABDDCHHBBBKDDDDDCCECAAADDEEEEOAABBBBBAJCCCCCBBDNDAAAMEIDLGEEBB CCCCDDGEEEBBBBFAAAAEEDJDCCEBBBCCCCAAAABDDCHHBBBKNDNDDDCCCECAAADDEEEEOAABBBBBAACAAAAIECBBREL CAAGCDDDEEEEBBBAABLLCCBBAAAABEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBAAAAEEDICCFMND CCAAADDEEEEBBBAABLLCCCGGGBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBAAAAEEDICCFMND DDDEEEBBAABLLCCCGGGBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBAAAAEEDICCFMNDCAA DDDEEEBBAABLLCCCGGGBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBAAAAEEDICCFMNDCAA ABBBEDICCNMAADDEEEDDBCFBAAAIBLCCCGGGBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBA AEBBCCCCGGGBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBAAAAEEDICCFMNDCAA ABBBEDICCNMAADDEEEDDBCFBAAAIBLCCCGGGBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBA ADDEEEDDBCFBAAAIBLCCCGGGBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAABBBCEDEEEDDDJCCBBBBAAAAEEDICCFMND BCEEDEEAACBDDCHBBBKAAAAADDDDDCCCGAAEEEEEBCBBAABEDDIEMBLCCCAADDEAJBBAAAEEDDEBDDCCBBAAFCCCGG BCEEDEEAACBDDCHBBBKAAAAADDDDDCCCGAAEEEEEBCBBAABEDDIEMBLCCCAADDEAJBBAAAEEDDEBDDCCBBAAFCCCGG ABNDDDCCCGBAAACDEEEEBBBAABKDDGCEEDDAABBBBAHEFLCCJCCDDDBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAAAE CAAABCDDEEBBBBBAACAEDEEEICCNMAADDEKAOCCEABBBAHEFLCCJCCDDDBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAA CCAAABCDDEEBBBBBAACAEDEEEICCNMAADDEKAOCCEABBBAHEFLCCJCCDDDBAAAABBEEDDDDEEAACCCCBDDHBBBKAAAA ADDEEAABBBBAHCBCDDDEECBFAAABCAIECEBBEDGCCBDDDDNMCECAAAJBBAAAEEDDEBDDCCBBAAFCCCGG DCBKACAAEEBBEAADHCBABCDDDEECBFAAABCAIECEBBEDGCCBDDDDNMCECAAAJBBAAAEEDDEBDDCCBBAAFCCCGG CAAEFBBAADHCBABCDDDEECBFAAABCAIECEBBEDGCCBDDDDNMCECAAAJBBAAAEEDDEBDDCCBBAAFCCCGG	1722 1816 1862 1888 1946 1948 2001 2135 2180 2192 2293 2373 2378 2407 2450 2533 2642 2801 2881	1662.5400 1393.0200 1283.3000 983.5400 981.5000 880.6600 832.9400 825.2000 816.1000 790.8400 727.5800 705.0000 687.4000 648.9000 619.9200 606.5400 603.2200 572.1600 551.0600
			BBBNMCCCJAAABBBBCEEDDECCCGEEDKDDFAAAAAEEEDDLCAAAAAACOBBDDEAAAAEEDDDDDCCCHHEIIBBBBBSBCCC BBBNMCCCJAAABBBBCEEDDECCCGEEDKDDFAAAAAEEEDDLCAAAAAACOBBDDEAAAAEEDDDDDCCCHHEIIBBBBBSBCCC AAHBCBDDDDDEEBBBBBAACAAAIIDDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDEECCCGCA CCBBNMCJBBBBAACAAALDDDEEFAADDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDEECCCGCA CCAAAHBBDDDDDEEBBBBBAACAAAIIDDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDEECCCGCA EECCCGCAAHBBDDDDDEEBBBBBAACAAAIIDDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDDDEE EECCCGCAAHBBDDDDDEEBBBBBAACAAAIIDDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDDDEE CCAAAHBBDDDDDEEBBBBBAACAAAIIDDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDDDEECCCG CCCAEAHBBDDDDDEEBBBBBAACAAAIIDDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDDDEECCCG CCCAEAHBBDDDDDEEBBBBBAACAAAIIDDDDEECCCGAAEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDDDEECCCG ADDDDEBCCCAAECEBBBBAACAAAIIDDDDEECCGFAAAOEBBBNJMKAAAAEELBBBCECCCAABDDDDDEECCCGCA CBEAEEDDCACCEBBBBDKDDKDDMCFAAAAAAEEEBBCCBBCEEDDDBLBAACCCGGBAAAABBNDDDEECCCGCAAHBBDDDD ECCBEDDDAAAABBECECBDDDIAAAOCCBFEECCMKJBBEDDAAAALBEHDCGCEBBBCECAAADDEEEECBDDDDAAAACCBBBE AABFCBBAEEDDDDLBCCCAIEACCBGEDDABCBBBAOCCCEDDAAHEAACCBNDDECAAJBBBCCCAKIEEDDDDBACCBBAEEDA AABFCBBAEEDDDDLBCCCAIEACCBGEDDABCBBBAOCCCEDDAAHEAACCBNDDECAAJBBBCCCAKIEEDDDDBACCBBAEEDA CBAEACACFBDEEDDDDLBCCCAIEACCBGEDDABCBBBAOCCCEDDAAHEAACCBNDDECAAJBBBCCCAKIEEDDDDBACCBBAEEDA EEDBCCAAADDEEBBCCAAABADDEENJMHBCCECBDEAQBEECEACBDCFLGCEBDDAICDDBAADDEEBBCECCCAABDDDEECC AEDJEAABECBDDCOABAADACCBCEBCEABDDANMABBCEEEEDDIAKACLBCEBACBDAEHCADFDBBDEAACCBBCBCEBBAED CDJEAEBACDABBCBCEEDDOLAACCBADNMACIKAEABEDDCECBBBBCEADCBDAAEHCADFDBBDEAACCBBCBCEBBAED ACBDCBBAEEDDCEJEAEBACDDBCOABAADACCBCEBCEABDDANMABBCEEEEDDIAKACLBCEBACBDAEHCADFDBBDEAACCB ACBDCBBAEEDDCEJEAEBACDDBCOABAADACCBCEBCEABDDANMABBCEEEEDDIAKACLBCEBACBDAEHCADFDBBDEAACCB ACBDCBBAEEDDCEJEAEBACDDBCOABAADACCBCEBCEABDDANMABBCEEEEDDIAKACLBCEBACBDAEHCADFDBBDEAACCB	1520 1535 1548 1558 1569 1609 1668 1741 1747 1761 1776 1889 1931 1977 2073 2319 2376 2668 3268 3728 3772 3819 3942 3972	2584.1400 2396.0800 2241.0600 2098.1400 1408.8000 1159.6600 1042.3600 989.3000 867.1200 749.0200 735.1800 732.1400 829.6400 579.5000 542.2600 503.7400 492.1000 477.7000 468.0000 471.4000 447.3600 437.8800 434.9200 433.8800
			CCBCCBBBCHAAAAEEECBBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC CCBCCBBBCHAAAAEEECBBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC AAAAACAEEEDDDDBBCCBCEEBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC AACCCAAAEEDDDDBBCCBCEEBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC CCBBEAAABCCBCEEBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC EEDDDDBBCCBCEEBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC CCBEEENAAABCCBCEEBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC CCBEEENAAABCCBCEEBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC CCBEEENAAABCCBCEEBBBAFAAAAEEDDDDBBCCBCCCCBAAAADCCCBIBBNDDDDDIKGDDDDDEEEOAALBFAAAABCC CEBBAABBBCCCEAAADDEEIKMGBBDDDLAHCNCCCEBFAAAABBBCCDDCCCEEDFAAAABBBBDDDDJAEADABBCEBCCCEAAAC CEBBAABBBCCCEAAADDEEIKMGBBDDDLAHCNCCCEBFAAAABBBCCDDCCCEEDFAAAABBBBDDDDJAEADABBCEBCCCEAAAC BCCBAABBBCCCEAAADDEEIKMGBBDDDLAHCNCCCEBFAAAABBBCCDDCCCEEDFAAAABBBBDDDDJAEADABBCEBCCCEAAAC BBBCCCEAAADDEEIKMGBBDDDLAHCNCCCEBFAAAABBBCCDDCCCEEDFAAAABBBBDDDDJAEADABBCEBCCCEAAACCBBD 2392 2419 2431 2483 2582 2592 2720 2752 2964 3129	1624 1757 1837 1925 1950 2008.9800 1950 2047 2050 2165 2224 2235 2392 2419 2431 2483 2582 2592 2720 2752 2964 3129	2866.6600 2666.4800 2534.9000 2328.9200 2008.9800 1950 1950.7600 1273.6200 1250.4200 772.2200 766.9000 725.4000 713.6200 712.7200 683.0800 624.3800 618.8800 618.7800 549.7600 533.9000 487.1000
			DDDDJJBCCBBAACCCCEEEEAABBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED DDDDJHBCCBBAACCCCEEEEAABBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED DDDBCCBBBAACCCCEEEEAABBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EEDDDJBBBNNMCCCCDEEEEAADDEEBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EEDDDJBBBNNMCCCCDEEEEAADDEEBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EEDDDJBBBNNMCCCCDEEEEAADDEEBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EEDDDJBBBNNMCCCCDEEEEAADDEEBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED DDCCCEAAACCEEEEDJBBBNNMCCDBBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EEDDDJBBBNNMCCCCDEEEEAADDEEBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EBBBAAAAAACCCCEBCEEEEDJBBNDDBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED BDDCCBBBKAABAAAAACCCBCEEEEDJBBNDDBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EBBBAAAAAACCCCEBCEEEEDJBBNDDBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED AABDDDCBBBKAABAAAAACCCBCEEEEDJBBNDDBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED AABDDDCBBBKAABAAAAACCCBCEEEEDJBBNDDBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED CAABBCEDACEEEDJBBBNNMCCDBBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED ABCCACEEEDJBBBNNMCCDBBBKAABAAAAHCCBBDDEICDDDLBEEAAGCCCBCCBFAAAAAAEEEEEJBNMCCBBBDDDEED EEBNNBKAABAAAAACCCCEFEEDLDDDBBABIIDCCCEEAEEEDDBGMHCBCEBAEAECCBDEAAABDDCCBBAEAECECCBDEBBDDEA ABLAHCCCEBDEGAABIDDCBCEEEABBOBAANDCAADDDCEKJJBBAADMCEAAACBCCCEEBDDCCBAEBAEAECECCBDEBBDDEA DDBBAACDDCEEAELDCHCCBEDBAABIDDCBCEEEABBOBAANDCAADDDCEKJJBBAADMCEAAACBCCCEEBDDCCBAEBAEAECECCBDEBBDDEA DDACBDECCAAABAELEHOCCEBEDBAABIDDCBCEEEABBOBAANDCAADDDCEKJJBBAADMCEAAACBCCCEEBDDCCBAEBAEAECECCBDEBBDDEA AEACDDDEBCCBBALEHOCCEBEDBAABIDDCBCEEEABBOBAANDCAADDDCEKJJBBAADMCEAAACBCCCEEBDDCCBAEBAEAECECCBDEBBDDEA CCBEDBAABIDDCBCEEEABBOBAANDCAADDDCEKJJBBAADMCEAAACBCCCEEBDDCCBAEBAEAECECCBDEBBDDEA CCBEDBAABIDDCBCEEEABBOBAANDCAADDDCEKJJBBAADMCEAAACBCCCEEBDDCCBAEBAEAECECCBDEBBDDEA EACCCBAABDDDEEBEDKACDCDABADCAADNAEBOGBCBHLAABDDCCCEEDACEDJJBBAAMAIDDCBEEDEEAACBCEBDBCCAA DAECBBAACDEBCCBBDGLCBCEDEEDCAAAABDDCECHBACAMEBEEBBAABFCBCCCAABDDDEEAEBEABDIABCDNCEJACACDDBBBAEDC	1650 1888 1900 1943 1960 1966 2046 2100 2131 2228 2248 2249 2636 2665 2744 2771 2907 2954 3083 3130 3396 3802	1403.8200 1305.1400 1262.7200 1260.2200 1135.7800 1128.7200 1102.2200 1089.6400 987.5400 975.3400 881.8000 820.0400 814.6800 806.1800 782.9400 766.9800 724.0200 706.7400 647.1000 642.0600 573.4600 550.2200 545.9200 490.0200 486.4400

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
10	API	2-Opt	BBFJMKCCBBBEECCDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1437	3598.9400
			DAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEEEBBAAAAABCCBBBAAAAACCCDDDDDDDEEEFJMKEEBBCCCEHLDDDD	1453	3518.0200
			AACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1477	3471.3600
			EFJMKCCBBBEEEBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1504	1731.1800
			JMKEEBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1603	1723.8800
			JMKEEBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1666	1365.1600
			EEEBFJMKAAAAACCCBBBDDDDDDCCOIGCCCEEBBAAAAABCCBBBAAAAAHBCCBBEEEDDDDDAAEACCCBBBCCENDD	1679	1364.9000
			AAAAACCCBBBBDCCENDDDEEBFJMKAAAAACCCDDDBBCCBBEEAAAAEECCLGAAIOCCDDDBBCCAAAAACCCDDDDDBBAAEBBEEA	1746	1230.0200
			AAAAACCCBBBBDCCENDDDEEBFJMKAAAAACCCDDDBBCCBBEEAAAAEECCLGAAIOCCDDDBBCCAAAAACCCDDDDDBBAAEBBEEA	1789	1223.1200
			CDDDBBBBEEAAAAEECCEDDAHBBDDDDCCBBBAAAAACCCJDDAEEMKBCAAAAABBBCCCAAAEENDDDBBBBEECCCLAAICDDB	1854	1222.3200
			AACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1874	1217.6000
			BBBDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1879	1212.7600
			AIOCCDDDBBBBEEAAAAEECCEDDAHBBDDDDCCBBBAAAAACCCJDDAEEMKBCAAAAABBBCCCAAAEENDDDBBBBEEAAAAEECCLG	1912	1002.1200
			ACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1978	972.1800
			BBBEEAAAAEECCEDDAHBBDDDDCCBBBAAAAACCCJDDAEEMKBCAAAAABBBCCCAAAEENDDDBBBBEEAAAAEECCLAAICDDB	2001	911.3400
			GAAIOCCDDDBBBBEEAAAAEECCEDDAHBBDDDDCCBBBAAAAACCCJDDAEEMKBCAAAAABBBCCCAAAEENDDDBBBBEEAAAAEECCL	2014	906.6000
			BBBEEAAAAEECCEDDAHBBDDDDCCBBBAAAAACCCJDDAEEMKBCAAAAABBBCCCAAAEENDDDBBBBEEAAAAEECCLAAICDDB	2060	894.8400
			DBBEEAAAAEECCEDDAHBBDDDDCCBBBAAAAACCCJDDAEEMKBCAAAAABBBCCCAAAEENDDDBBBBEEAAAAEECCLAAICDDB	2102	853.1800
			BFJMAAACCCDDDBBBBEEAAAAEECCGAAICGCAKCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2190	802.6800
			AAAAACCCGADDDBDDCCBBBAAAAACCCOIDEFEFEBNDAABBBCCEDDDAAAAEBCCLFEECCBCCAAAAABDDDBCCFJBEE	2212	781.7400
			LGAEECCBBAABDDCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2237	766.9600
			CAIOCCDDDBBBBEEAAAAEECCEDDAHBBDDDDCCBBBAAAAACCCJDDAEEMKBCAAAAABBBCCCAAAEENDDDBBBBEEAAAAEECCL	2246	733.9000
			MACCCDDDBBBBEEAAAAEECCGAAICGCAKCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2259	712.1800
			EAAAAACCCGADDDBDDDBABICLMEEECCBBAABKCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFJBEE	2372	687.3600
			ABDDDCCFJBEEAAAAEECCGAAICGCAKCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2438	661.9400
			EAAAAACCCGADDDBDDDBABICLMEEECCBBAABKCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFJBEE	2525	653.7800
			BAAACCCDDCAEFBDDDBABICLMEEECCBBAABKCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2527	608.6000
			COBDEECCBBAABDDCCABINBDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2590	569.1600
			DDACEECCBBAABDDCCABINBDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2604	552.2200
			DDACEECCBBAABDDCCABINBDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2646	557.0600
			DABDCEEECCBBAABKCCOBDDEEBNDAABBBCCEDDDDBCCAAAAAHEBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2846	551.7200
			BABCCDDCAEECLBBAEADDCCEBBAJFDDCAAIIGCCDDDBKDACBCECAAAEODDMNBEEEBBEECCBCCAAAAABDDDBCCFEF	2984	516.5800
			ABABDDABCMEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDBCCBBAEADDE	3727	509.7600
			AABDDABCMEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDBCCBBAEADDE	3785	495.6600
			ABABDDABCMEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDBCCBBAEADDE	3804	494.3600
			BBBECACADDEABABDDABICLMEEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDB	4022	489.0400
			BBBECACADDEABABDDABICLMEEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDB	4060	487.3800
			BBBECACADDEABABDDABICLMEEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDB	4076	487.0400
			BCCBAAEADDEABABDDABICLMEEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDB	4177	486.7400
			BCCBAAEADDEABABDDABICLMEEEHBCBAABDDCCEDJEDGCBCEEDKBDACBACBEADACODACAEBCCLDBBBAAAEINBEECCFDDDB	4183	486.0200
AAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1926	2346.6000			
AAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	1938	2298.0400			
EEOJAEEDDDCCNBBLCAAAAFBBAADDDCCBBEEDDDAAADHDAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCC	1955	1816.1000			
BCCCEEDDKCNBBBAAAFBBAADDDCCBBEEDDDAAADHDAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCC	2005	1572.6600			
AIEEDDDCNBBLCAAAAFBBAADDDCCBBEEDDDAAADHDAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCC	2018	1538.6600			
EEEEEAAADDDIEECCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDDBBBEECCCEBEE	2039	1440.5400			
FBAADDDCCBBEEDDDAAADHDAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCCAAAAEIOBBBBDCCENDDDD	2092	1091.5400			
BAOBCEEDDDCCNBBLCAAAAFBBAADDDCCBBEEDDDAAADHDAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCC	2126	836.1400			
BAOBCEEDDDCCNBBLCAAAAFBBAADDDCCBBEEDDDAAADHDAAAACCCBBBBDCCENDDDDAAAAACCCAAAAEHLDDDDDDAAAAACCC	2172	811.5400			
DJEDDAAAAEEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECCBBBBA	2344	735.5400			
BABDJEDDAAAAEEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECCBBBBA	2404	699.9200			
BBBBDJEDDAAAAEEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECCBBBBA	2418	677.9400			
CBABDJEDDAAAAEEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECCBBBBA	2443	740.0000			
AHBBDEEMARCEDDCCEDDAAAAACCEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAA	2544	584.7800			
ACACCEBBDCCEDDAAAAACCEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECC	2605	530.9800			
DAACACCEBBDCCEDDAAAAACCEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECC	2618	517.3800			
DAACACCEBBDCCEDDAAAAACCEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECC	2666	510.7000			
DAACACCEBBDCCEDDAAAAACCEBBDCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECC	2673	473.3600			
CAEBCBEABDDDBCCEDGEEKCDDDAAGAACNBCCDDIEEABBOBBLCEAAAAHBBBBDCEEMADDDACCCDDAAAAEECCBBBBA	3592	467.2400			
BBDDAEACBCCBEDACAEBCBEAABDDDBOCEACLDJCKDEAEGBBBDNBAAGAEAEACADNCCBACBDBMBDEBCCCAABDAEBDEAE	3853	466.2000			
BBDDAEACBCCBEDACAEBCBEAABDDDBOCEACLDJCKDEAEGBBBDNBAAGAEAEACADNCCBACBDBMBDEBCCCAABDAEBDEAE	3876	457.7400			
BCCDDAEACBCCBEDACAEBCBEAABDDDBOCEACLDJCKDEAEGBBBDNBAAGAEAEACADNCCBACBDBMBDEBCCCAABDAEBDEAE	3881	425.8800			
AEDBCBCEADDAABBAABMDCECCLJCKDEAEGBBBDNBAAGAEAEACADNCCBACBDBMBDEBCCCAABDAEBDEAE	3948	420.8000			
DDAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBBDCCOAAAAEEDDDDDABBBBBDGDDDD	1586	2209.6000			
DDAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBBDCCOAAAAEEDDDDDABBBBBDGDDDD	1656	1973.6800			
EDDDDDACAAEAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBBDCCOAAAAEEDDDDDABBBBBDGDDDD	1785	1963.0800			
BBBBGGDDDDAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBBDCCOAAAAEEDDDDDABBBBBDGDDDD	1787	1581.6800			
BBBBGGDDDDAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBBDCCOAAAAEEDDDDDABBBBBDGDDDD	1813	1364.0800			
BEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEKABBBBDCCOAAFAIEDDDDDGGBCCBBBBDHAECCCEEEAAAAACDDDDDEEAAABB	1853	1248.1600			
BEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEKABBBBDCCOAAFAIEDDDDDGGBCCBBBBDHAECCCEEEAAAAACDDDDDEEAAABB	1924	1239.1400			
BEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEKABBBBDCCOAAFAIEDDDDDGGBCCBBBBDHAECCCEEEAAAAACDDDDDEEAAABB	1958	1154.6600			
AAEEDAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEKABBBBDCCOAAFAIEDDDDDGGBCCBBBBDHAECCCEEEAAAAACDDDDDEEAAABB	2075	966.0600			
DDCECCDDDDJAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBBDCCOAAAAEEDDDDDABBBBBDGDDDD	2176	874.9800			
BBBFGCCDDCCBAAACCAEEBBDCCCEKIDLAADAADDDMCECCDDJAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCE	2223	800.1000			
ACEEDDENBBBBAECCCGDDCCBAAAAEEBBDCCCEKIDLAADAADDDMCECCDDJAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCE	2290	724.4800			
ACEEDDENBBBBAECCCGDDCCBAAAAEEBBDCCCEKIDLAADAADDDMCECCDDJAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCE	2306	708.4800			
BCAACBDDCEDECBGMAIECCDDNDAAAAACCEEBBBAEEDDDDBDDJAAAAIEECFBBDCCCECCCEAAAAEEBBDCCDDDDCCNMJCAAAAAEECCCE	2316	700.8000			
BBFALBCCEDDAABBBFAECCDDGBCDDAEFEEAAAAHMEEBBBDCCCAAAEDKDDDDCCBBBBDGMAAADCCCAACEEIEDDBAJCCCEBACNCCEDDAABB	2597	678.1200			
CEBBLBCCEDDAABBBFAECCDDGBCDDAEFEEAAAAHMEEBBBDCCCAAAEDKDDDDCCBBBBDGMAAADCCCAACEEIEDDBAJCCCEBACNCCEDDAABB	2616	672.8000			
ECCBBBBAACDDDEAAAAAEEDEBBDCCCLJCKDEAEGBBBDNBAAGAEAEACADNCCBACBDBMBDEBCCCAABDAEBDEAE	2618	646.7000			
AAABCCDDABBECCCEIIDDDBAJCCCEBBLBCCNDDAABBBAEACCCDDGDBDEEAAAAACCCDDAHHMEECBACCAABBBBACCCDDDEEAA	2717	595.5200			
CAACACBDDDEEBBCEIIDDDBAJCCCEBBLBCCNDDAABBBAEACCCDDGDBDEEAAAAACCCDDAHHMEECBACCAABBBBACCCDDDEEAA	2919	593.7200			
AAABCCDDABBECCCEIIDDDBAJCCCEBBLBCCNDDAABBBAEACCCDDGDBDEEAAAAACCCDDAHHMEECBACCAABBBBACCCDDDEEAA	2929	577.8200			
ACAAACBDDABBECCCEIIDDDBAJCCCEBBLBCCNDDAABBBAEACCCDDGDBDEEAAAAACCCDDAHHMEECBACCAABBBBACCCDDDEEAA	2947	557.9000			
CCDAABBBECCCEIIDDDBAJCCCEBBLBCCNDDAABBBAEACCCDDGDBDEEAAAAACCCDDAHHMEECBACCAABBBBACCCDDDEEAA	2974	520.1000			
BCEEDDDCAABBBCCAAAEIKDGBELBACNCCDDAABBBAEACCCDDGDBDEEAAAAACCCDDAHHMEECBACCAABBBBACCCDDDEEAA	2985	455.3600			
AABCCBEEEDDABACBBDIDEBEBCCBAADACLDGEBEHCADMDDEBAEACBACDEOBCBAEACNCCAAEEDBDECCCEBAEHBCECAIKDJCEAAABBDAABCCBEDD	3701	452.9800			
ABACEBDEEBECCBAADACLDGEBEHCADMDDEBAEACBACDEOBCBAEACNCCAAEEDBDECCCEBAEHBCECAIKDJCEAAABBDAABCCBEDD	3740	434.6200			

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
13	API	Double-bridge	DDAAAAKECFBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCDDDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1586	2209.6000
			DAAAKEEFBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCDDDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1656	1973.6800
			EDDDDDCAAEAAAIKEE OFBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1785	1963.0800
			BBBGGEDDDDDAAAAIKEE OFBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1787	1581.6800
			BBBGGEDDDDDAAAAIKEE OFBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1813	1364.0800
			BEAAAAE EBBBLBCDDDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1853	1248.1600
			BEAAAAE EBBBLBCDDDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1924	1239.1400
			BEAAAAE EBBBLBCDDDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1958	1154.6600
			AAEEDAEE EBBBLBCDDDDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2075	966.0600
			DDCECCBDDJAAAAE HBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2176	874.9800
			BBFEGDDDDCBACCAAE EBBBEEIKDLAADAODDDMCEEECCBDDJAAAAE HBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2223	800.1000
			ACEEDDENBBBFAECCCGDDCBAAAAEE EBBBAEIKDCLCABDAE DDDMCEEECCBDDJAAAAE HBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2290	724.8400
			ACEEDDENBBBFAECCCGDDCBAAAAEE EBBBAEIKDCLCABDAE DDDMCEEECCBDDJAAAAE HBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2306	708.4800
			BACACBDDCEDECBGMAIECCCNDAAAAAEE EBBBAEIKDCLCABDAE DDDMCEEECCBDDJAAAAE HBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2316	700.8000
			BBFALABCCEDDAABCEHOCCACDDDEEAAEBBBBCCAAAAE DEKDDDDCCBBBGGEDDDMCEEECCBDDJAAAAE HBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2597	678.1200
			CEBLABCCEDDAABCEHOCCACDDDEEAAEBBBBCCAAAAE DEKDDDDCCBBBGGEDDDMCEEECCBDDJAAAAE HBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	2616	672.8000
			ECCBBBABCDDDEAAAAAEEDEBBDDCCLGJ DDECBAAAAEHOEBCCEEFBBDDDAEEDMCEEBBBAADDBCNACCCDDAABBBE	2618	646.7000
			AAABCCDDABBECEEEIKDDDBAJCCGEBLBCNCCDDAABBBFAECCDDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	2717	595.5200
			CAACACDDDEBCEEEIKDDDBAJCCGEBLBCNCCDDAABBBFAECCDDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	2916	593.7200
			AAABCCDDABBECEEEIKDDDBAJCCGEBLBCNCCDDAABBBFAECCDDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	2929	577.8200
ACAACDDDEBCEEEIKDDDBAJCCGEBLBCNCCDDAABBBFAECCDDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	2974	557.9000			
CCDAABBBEFCCEIKDDDBAJCCGEBLBCNCCDDAABBBFAECCDDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	2974	520.1000			
BCFEEDDDCAABBBCCAAAEIKDGEGLBCNCCDDAABBBFAECCDDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	2985	455.3600			
AABCCCEFEEDDABACIBJDDDEBCECCBAADCLGDEBEHCADMDEEABEBCACBCEOBCBAEACNCCAAFBCECCDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	3701	452.9800			
ABACFEEDDEBCECCBAADCLGDEBEHCADMDEEABEBCACBCEOBCBAEACNCCAAFBCECCDDEDEEAAAAAABCCDDAOHBMEECCMAACACBCEBCEDEDDBBAC	3740	434.6200			
14	API	IP	BBBCCAAAEENDDDCBCCBBIAAAAABDDDDDEAAAAE EBBBCECCCEAAAAE EBBBLBCAADDDDCCNMJCAAAAAEECCCEEAHBBBCCOAAAAEEDDDDDABBBBGGEDDD	1799	1316.9200
			BNAAAACBCECCBLDDAAAHCCDDDEE OFEBCCBBEAAEEDDDDDABAAAAIIBCCDDDEE EAAACFBEBEECCBGMKDDJCCCBBAAB	1869	1120.0600
			BNAAAACBCECCBLDDAAAHCCDDDEE OFEBCCBBEAAEEDDDDDABAAAAIIBCCDDDEE EAAACFBEBEECCBGMKDDJCCCBBAAB	1894	1072.6600
			ADCBCCAAADDEBCCCEEE EBBBCCAAAAEENDDJLCCBCCBBIAAAAABDDDDDEAAAAE HBBBCEFCOE EEDCCBGMKDDJCCCBBAAB	1946	868.8400
			AABBCAAEEEDDDJCCBCCBBIAAAAABDDDDDEAAAAE HBBBCEFCOE EEDCCBGMKDDJCCCBBAAB	2031	796.8400
			EEEDDDJCCBCCBBIAAAAABDDDDDEAAAAE HBBBCEFCOE EEDCCBGMKDDJCCCBBAAB	2052	762.8800
			BCCAAAEENDDDFIAABCCBBCCBJDDDEE EAAACBAAALDDBBCCOE EEEHGMKDDCCBCCBBAABABDDDEE EEDCCBGMKDDJCCCBBAAB	2081	740.2800
			CAAAEFDEBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	2321	692.2800
			CAAAEFDEBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	2364	684.4200
			CAAAEFDEBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	2400	683.1200
			BBBCCAAEEEDDDJCCBCCBBIAAAAABDDDDDEAAAAE HBBBCEFCOE EEDCCBGMKDDJCCCBBAAB	2404	634.1000
			CCAAEFDEBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	2605	607.8200
			BBBCCAAEEEDDDJCCBCCBBIAAAAABDDDDDEAAAAE HBBBCEFCOE EEDCCBGMKDDJCCCBBAAB	2723	588.3400
			AKAECCABFDEBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	2797	566.2200
			BCDDBDAEECBKDAECCCAAEDEBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	2805	561.8200
			BCDDBDAEECBKDAECCCAAEDEBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	2818	554.1000
			CBBDDEAAEABCDCCDCBCEBBBCCAJBBCCEDDDAEEDEAECCBLBGAAIIDEKMAACCBBBNDCCBDAABBBCCAAEE EHHDDCCACDDDAABCEEEBCCB	3326	545.2800
			BBEDDCCDAACCAAEDEBCECLBBCCBBDANAKIMBBEEBAEGDDCCAAACCBDFBEHDCODDBDAEECBDDCCCAABEEJEB	3349	533.1000
			EBBDEDDCCDAACCAAEDEBCECLBBCCBBDANAKIMBBEEBAEGDDCCAAACCBDFBEHDCODDBDAEECBDDCCCAABEEJEB	3460	503.9800
			CEBACDDBBEDAJAABDDCECEABBECCDEADACCBDDFBEHGMKIAAAAAACDDCCAE EEBBCCBDBDAEECBDDCCCAABEEJEB	3576	490.0200
15	2-Opt	PI	EFEBBLCNAAAAAADDEBCCCEEDDCBBBCCDDGAAAAAADDDHMKAAAAAADDDCCBCCCEEDDIBBBCCBEEEBBCCCECCCECCBCE	1795	3963.3200
			EFEBBLCNAAAAAADDEBCCCEEDDCBBBCCDDGAAAAAADDDHMKAAAAAADDDCCBCCCEEDDIBBBCCBEEEBBCCCECCCECCBCE	1819	3948.9400
			EFEBBLCNAAAAAADDEBCCCEEDDCBBBCCDDGAAAAAADDDHMKAAAAAADDDCCBCCCEEDDIBBBCCBEEEBBCCCECCCECCBCE	1887	3502.6200
			ECCEFEFBBBLNOAAAAAADDCCEBCCCEEDDCBBBCCDDGAAAAAADDDHMKAAAAAADDDCCBCCCEEDDIBBBCCBEEEBBCCCECCCECCBCE	1933	2397.6200
			AAACDDDAEEDDAICBBBBOBCCCEEEAECEEEFAAABBBBLDDDDCCMHLKAOABBEEDDACBBBBOBCCCEEEAECEEEAABBBBDDDDGAAAAA	1936	1380.5800
			AAACDDDAEEDDAICBBBBOBCCCEEEAECEEEFAAABBBBLDDDDCCMHLKAOABBEEDDACBBBBOBCCCEEEAECEEEAABBBBDDDDGAAAAA	1948	1365.7800
			DDDAACCECCCEEECBEEEDDAAAAIICBBBBOBCEFAAABBBBLDDDDCCADDOAAABBNDEJBBBGACCEMHKAAACCEEEAABBBDDCCCEEBD	2028	1033.8200
			DDDAACCECCCEEECBEEEDDAAAAIICBBBBOBCEFAAABBBBLDDDDCCADDOAAABBNDEJBBBGACCEMHKAAACCEEEAABBBDDCCCEEBD	2087	881.3600
			BBAAACDDDAEEDDAICBBBBOBCCCEEEAECEEEFAAABBBBLDDDDCCADDOAAABBNDEJBBBGACCEMHKAAACCEEEAABBBDDCCCEEBD	2235	805.4200
			BBAAACDDDAEEDDAICBBBBOBCCCEEEAECEEEFAAABBBBLDDDDCCADDOAAABBNDEJBBBGACCEMHKAAACCEEEAABBBDDCCCEEBD	2283	732.0600
			BBAAACDDDAEEDDAICBBBBOBCCCEEEAECEEEFAAABBBBLDDDDCCADDOAAABBNDEJBBBGACCEMHKAAACCEEEAABBBDDCCCEEBD	2353	708.4200
			AEDDDDAICCEEAABBBCCBBDDGCCCCFAADDDCCAEABBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2375	664.0800
			CCEAEABBBAAACDDAEEDDAICBDGACBCCBCCCEFEAABBBDDCCCEAEABBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2433	627.8800
			CCEAEABBBAAACDDAEEDDAICBDGACBCCBCCCEFEAABBBDDCCCEAEABBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2451	580.7800
			HLKAEADIBBCCCEEAEDAAABBBDDCCCEAEABBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2635	567.1800
			DDDCBBAEECCMCCBBAACCCDDAEEDJBBBBDGACBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2636	563.2600
			AAEEDDDAICBDGACBCCBCCCEFEAABBBDDCCCEAEABBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2667	545.3600
			CCDAEAEABBBDDCCCEAEABBBAAACCCDDFECEBBAABACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2713	516.6200
			ECAEABBBAAACDDDFECCBBAABACCCDDAEEDJBBBBDGACBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2714	500.3000
			EMCCBEEADDDCAADJBBEBDGAACBIAAEBBCCBBDHDELCAEADAEKCEBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2788	480.9800
EBBACDDDACBBAEAEFCMCCBBAACCCDDAEEDJBBEBDGAACBIAAEBBCCBBDHDELCAEADAEKCEBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2864	464.8600			
BBACDEAEFEMCCBBAACCCDDAEEDJBBEBDGAACBIAAEBBCCBBDHDELCAEADAEKCEBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2881	451.1600			
DDACBBAEAEFCMCCBBAACCCDDAEEDJBBEBDGAACBIAAEBBCCBBDHDELCAEADAEKCEBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2911	443.1200			
DBBBACDDAEFEMCCBBAACCCDDAEEDJBBEBDGAACBIAAEBBCCBBDHDELCAEADAEKCEBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	2926	417.5800			
BCCBEAADDDBBAEAEFCMCCBBAACCCDDAEEDJBBEBDGAACBIAAEBBCCBBDHDELCAEADAEKCEBBAACCCDDAEEDJBBBACCMHLKAAECCCEEAABBBDDCCCEEBD	3128	392.4600			
16	2-Opt	API	CBBCCEAAAAECCCEAADDBBBBNDDDDDDLDFEFCBBBBDDBAACCCCEAE EEEAAAAAGHEAAAAAMKJAAAAI ECCCBBBEBCCCE	1816	3328.8200
			CBBCCEAAAAECCCEAADDBBBBNDDDDDDLDFEFCBBBBDDBAACCCCEAE EEEAAAAAGHEAAAAAMKJAAAAI ECCCBBBEBCCCE	1860	3276.8200
			DDNBBBBDDBDAECCCEAAAAE EEEGKMCCECCAAACCBBDDBDEEAAACCBBCBCE EAAAAACBHOAACCEAEIIFAEEDDDBBBCCDD	1937	1476.2000
			DCDNBBBBDDBDAECCCEAAAAE EEEGKMCCECCAAACCBBDDBDEEAAACCBBCBCE EAAAAACBHOAACCEAEIIFAEEDDDBBBCCDD	2043	1401.5000
			DHBBEEAAAAACCCMKGAAAAIEBCCCEBNDDBBBCECCCEBCCBCEFDLDDDDAAAE EBBCCBEEAAAAOBCDDJCCDD	2092	1058.8800
			CJJAE EBBDDDEEAHBBEAAAAACCCMKGAAAAIEBACCCBNDDBBBCECCCEBCCBCEFDLDDDDAAAE EBBCCBEEAAAAOBCDDJCCDD	2113	983.1200
			DHBBEEAAAAACCCMKGAAAAIEBCCCEBNDDBBBCECCCEBCCBCEFDLDDDDAAAE EBBCCBEEAAAAOBCDDJCCDD	2177	975.9800
			AAAAECCCEBHHGGDDDBEEMKCAAAIEBCCCEBNDFEAAADDDDEEBCBBLCDCAOAJCCCEBBDDDEEBEEABBBEAAAAACCCD	2211	894.2600
			AAAAECCCEBHHGGDDDBEEMKCAAAIEBCCCEBNDFEAAADDDDEEBCBBLCDCAOAJCCCEBBDDDEEBEEABBBEAAAAACCCD	2263	891.0200
			AACADDDBBCECCJAJOBDDDEEEMKGAHBBBEEAAAAIAAACCCBBDDBDBBCCBCECCAAAE EBBCCBCEFDLDDDDAAAE EBBCCBEEAAAAOBCDDJCCDD	2284	859.2600
			BAAAECCCEBHHGGDDDBEEMKCAAAIEBCCCEBNDFEAAADDDDEEBCBBLCDCAOAJCCCEBBDDDEEBEEABBBEAAAAACCCD	2290	755.5200
			AAECDDDBBCECCJAJOBDDDEEEMKGAHBBBEEAAAAIAAACCCBBDDBDBBCCBCECCAAAE EBBCCBCEFDLDDDDAAAE EBBCCBEEAAAAOBCDDJCCDD	2345	676.4600
			EAAACDDDBBCECCJAJOBDDDEEEMKGAHBBBEEAAAAIAAACCCBBDDBDBBCCBCECCAAAE EBBDDDACCEEBBCEAAAAACCCD	2353	625.7600
			AAAAECDDDBBCECCJAJOBDDDEEEMKGAHBBBEEAAAAIAAACCCBBDDBDBBCCBCECCAAAE EBBCCBCEFDLDDDDAAAE EBBCCBEEAAAAOBCDDJCCDD	2471	624.5600
			CAEEBCCBEEAAAAACDDDFLGAEBBCCDDDBBEEAAACCCJCAAEEDDDNBBKMABCCAAAE EBBDDCBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2484	564.0200
			DDCCAAAEDEBCCBBAIDFLGAEBBCCDDDBBEEAAACCCJCAAEEDDDNBBKMABCCAAAE EBBDDCBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2579	561.8400
			DDCBAAAEDEBCCBBAIDFLGAEBBCCDDDBBEEAAACCCJCAAEEDDDNBBKMABCCAAAE EBBDDCBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2593	545.8400
			CBAAAEEDDBCCBBAIDFLGAEBBCCDDDBBEEAAACCCJCAAEEDDDNBBKMABCCAAAE EBBDDCBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2602	525.3200
			DABBBDDEACCCAIJLGAEBBCCDDDBBEEAAACCCJCAAEEDDDNBBKMABCCAAAE EBBDDCBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2653	511.3400
			CCCAAE EBBDDDBABBDEEAACCCAIJLGAEBBCCDDDBBEEAAACCCJCAAEEDDDNBBKMABCCAAAE EBBDDCBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2757	510.6400
AIFBAE EBBCCDDJBE EAAACCCDDDBBEDDAKMACBACAEECBACDDDLCCBEE EBAE EAGDHOCCCAADDBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2809	509.2400			
AIFBAE EBBCCDDJBE EAAACCCDDDBBEDDAKMACBACAEECBACDDDLCCBEE EBAE EAGDHOCCCAADDBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2815	491.7000			
CCCAAE EBBDDDBABBDEEAACCCAIJLGAEBBCCDDDBBEEAAACCCJCAAEEDDDNBBKMABCCAAAE EBBDDCBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	2820	457.7400			
DBEAACCBEDCCBBAE EFAKJADMBCCBAEDHBOICAAEECCBACDDDLCCBEE EBAE EAGDHOCCCAADDBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	3351	455.3400			
EDAACCBEDBEAEACCEFBACDDBAEAKJADMBCCBAEDHBOICAAEECCBACDDDLCCBEE EBAE EAGDHOCCCAADDBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	3545	428.8600			
EDAACCBEDBEAEACCEFBACDDBAEAKJADMBCCBAEDHBOICAAEECCBACDDDLCCBEE EBAE EAGDHOCCCAADDBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	3700	423.5800			
CBAEDDBCAACE EBBACBDFBACDDBAEAKJADMBCCBAEDHBOICAAEECCBACDDDLCCBEE EBAE EAGDHOCCCAADDBBAAE EDEBCCBHOCCCAADDEB	4135	389.1600			

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
21	2-Opt	IP	CCFEILBBBBAAAACCECEAAAABBBKCCDDNEAEEEEAEBBCCCEAAAAAAAHBCCDDDDMAEBBEEEEEEDDDDDGGODDDDBCCBBJCC	1691	3485.1400
			AHNB BBBBAAAEECEEDDDDDGGODDDAEBCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1749	2281.8800
			DEHEBBBBAAAEECEEDDDDDGGODDDAABCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1774	2115.0200
			CCFEILBCEEDDDDDGGODDDAABCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1825	2071.4400
			FEILCEEDDDDDGGODDDAABCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1857	1543.3600
			FEILCEEDDDDDGGODDDAABCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1886	1532.2600
			EBNBBBBAAAACDEEBCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1937	1195.4600
			EEAEEBBCCCEEDDDDDGGODDDAABCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1956	1188.1000
			EBNBBBBAAAADDEEBCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1980	1148.7600
			DDDECCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	1987	1089.5400
			EBNBBBBAAAADDEEBCCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	2000	1010.1600
			BEEMDDDECCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	2048	1004.7200
			DDDECCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	2067	979.3600
			EEMDDDECCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	2086	844.7000
			EEMDDDECCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	2126	818.0600
			AABBCEEMDDDECCCECCBBBAJCCCFEILBBBBAAAAAACCEABCCCEEDDDDDMAEBBEEEEEKAAAA	2240	727.2200
			CCCEDDDDBBDDGAAAEABBCBCCDDNAAEEEBBBAEFCFCCCECCBBLDHDHDDDBDDACEABDEEBECCMAAAAEEDDDDCJBAABBBCC	2345	709.2400
			CJBEAEACBDBBBAACCCBCEEDDDDCCECBGEEILNBBBBAAEAACCAACEDDDDDKDBBBDCCCFEEBCCMAAAAEEDDDDAHBBBCC	2372	663.4600
			BBBGAECCEDEBCCDDAAAEIEEBDAACCECFEFAAABHDDDEAQBNNBBLLKDDCCBMAAACCCAAEDDCCBEBEAADJBCDEEABCAAB	2728	655.0200
			EEAEEDDDDCJBAABBBICCCCEDEDBBBFGKAAAEACCCBDALDDEAEACHDCBNNAAEABEBDCCCEDEEBBMAAADAEBCCCEBBAAB	2750	643.1000
			CCCEDDDDBBDDGAAAEABBCBCCDDNAAEEEBBBAEFCFCCCECCBBLDHDHDDDBDDACEABDEEBECCMAAAAEEDDDDCJBAABBBCC	2751	630.4000
			CDEEAADCBBBGACAECEDCBCCDDAAEEEBBBAEFCFCCCECCBBLDHDHDDDBDDACEABDEEBECCMAAAAEEDDDDCJBAABBBCC	2843	612.5000
			ADCBBBGAECCEDEBCCDDAAAEIEEBDAACCECFEFAAABHDDDEAQBNNBBLLKDDCCBMAAACCCAAEDDCCBEBEAADJBCDEEABCAAB	2847	582.8200
			EADAAECCDDDBBBICCCCEDEDBBBFGKAAAEACCCBDALDDEAEACHDCBNNAAEABEBDCCCEDEEBBMAAADAEBCCCEBBAAB	2871	577.0000
			CCCEDDDDBBDDGAAAEABBCBCCDDNAAEEEBBBAEFCFCCCECCBBLDHDHDDDBDDACEABDEEBECCMAAAAEEDDDDCJBAABBBCC	2917	559.6000
			BDBEBBCCMAAAAEEDDDDCJBAABBBICCCCEDEDBBBFGKAAAEACCCBDALDDEAEACHDCBNNAAEABEBDCCCEDEEBBMAAADAEBCCCEBBAAB	3008	542.8800
			DEBEBCCMAAAAEEDDDDCJBAABBBICCCCEDEDBBBFGKAAAEACCCBDALDDEAEACHDCBNNAAEABEBDCCCEDEEBBMAAADAEBCCCEBBAAB	3106	514.0400
			CADDEBEBCCMAAAAEEDDDDCJBAABBBICCCCEDEDBBBFGKAAAEACCCBDALDDEAEACHDCBNNAAEABEBDCCCEDEEBBMAAADAEBCCCEBBAAB	3188	482.5000
			ABBEEDDEMAACCCBAEDDCCBEBEAADJCCCECAEGBBBDDAAAEIACCCBDALDDEAEACHDCBNNAAEABEBDCCCEDEEBBMAAADAEBCCCEBBAAB	3361	473.3000
			ABBEEDDEMAACCCBAEDDCCBEBEAADJCCCECAEGBBBDDAAAEIACCCBDALDDEAEACHDCBNNAAEABEBDCCCEDEEBBMAAADAEBCCCEBBAAB	3364	460.7800
			CCHBBBEEEEEEDNAAAAAACCCBBBCCCGDDDDDDMCCBBBBAAAAAAACCCBDDDDDCJBBBEEEEEIEAIAAAEEELCDFK	1444	2612.4400
			FKCHBBBEEEEEEDNAAAAAACCCBBBCCCGDDDDDDMCCBBBBAAAAAAACCCBDDDDDCJBBBEEEEEIEAIAAAEEELCDFK	1472	2439.9600
			DDCCCHBBBEEEEEIEAIAAAEEELCDFKDNBBCCCGDDDDDDMCCBBBBAAAAAAACCCBDDDDDCJBBBEEEEEIEAIAAAEEELCDFK	1500	2315.1200
BEIEENAAAAAACCCBBBCCCGDDDDDDMCCBBBBAAAAAAACCCBDDDDDCJBBBEEEEEIEAIAAAEEELCDFK	1530	2171.0600			
BBBCCDDDEEEEEDNAAAAAACCCBBBCCCGDDDDDDMCCBBBBAAAAAAACCCBDDDDDCJBBBEEEEEIEAIAAAEEELCDFK	1625	1738.6600			
BEEIEEDENAJCDDAAAAACCCBBBCCCGDDDDDDMCCBBBBAAAAAAACCCBDDDDDCJBBBEEEEEIEAIAAAEEELCDFK	1652	1704.2400			
OFKCCBDDDDDEEAAAAAAAEEBBCCCECCCBABBBBCCDDDECEAAAAEAAAEEBBBDCCNCCDDDDDEEBCCMAAAAEELCDFK	1732	1254.4400			
GKCCBDDDDDEEAAAAAAAEEBBCCCECCCBABBBBCCDDDECEAAAAEAAAEEBBBDCCNCCDDDDDEEBCCMAAAAEELCDFK	1893	1225.5600			
FKMAAAABBBCCDDDDDEBEECEAAABBNCCDDDDDEEBCCMAAAAEELCDFK	1967	944.3800			
FKMAAAABBBCCDDDDDEBEECEAAABBNCCDDDDDEEBCCMAAAAEELCDFK	1989	905.0000			
FKMAAAABBBCCDDDDDEBEECEAAABBNCCDDDDDEEBCCMAAAAEELCDFK	2043	856.0000			
GKMAAEBBCCDDDDDEEBCEAAAEIIBBNCAAHOHDBEECEBDAACCBJLDAEAAEAEEBBBDCCNCCDDDDDEEBBEECCAAABF	2232	847.9600			
DDMCCBBBCEAAKACACDDDEBEECEAAAEIIBBNCCDDDDDEEBCCMAAAAEELCDFK	2247	820.2200			
BBAAAEIEEEDDKCCBDDDDMCCFICBBBBAANCAAOHDBEECEBDAACCBJLDAEAAEAEEBBBDCCNCCDDDDDEEBBEECCAAABF	2271	785.3600			
DEBEECEBBAAGKCCADDDDMCCFICBBBBAANCAAOHDBEECEBDAACCBJLDAEAAEAEEBBBDCCNCCDDDDDEEBBEECCAAABF	2405	776.0400			
DEBEECEBBAAGKCCADDDDMCCFICBBBBAANCAAOHDBEECEBDAACCBJLDAEAAEAEEBBBDCCNCCDDDDDEEBBEECCAAABF	2456	722.7400			
AAEEDDDDCBBBAECCBDDDCBEBFBGDECAAIKEBAAMNCCBBBCCEDDCCAAAEEBBBADEDDCCAAAEHCECAAEEBBBLDDJ	2528	655.1000			
AAEEDDDDCBBBAECCBDDDCBEBFBGDECAAIKEBAAMNCCBBBCCEDDCCAAAEEBBBADEDDCCAAAEHCECAAEEBBBLDDJ	2584	641.7200			
CCDDDAABBEIEEBBBAEBCDDDFGIKAEAMNCCBBBCCEDDCCAAAEEBBBADEDDCCAAAEHCECAAEEBBBLDDJ	2630	613.4400			
EBBAACBCDCJDDAEABBEBCDDDFGIKAEAMNCCBBBCCEDDCCAAAEEBBBADEDDCCAAAEHCECAAEEBBBLDDJ	3064	593.0000			
EBBAACBCDCJDDAEABBEBCDDDFGIKAEAMNCCBBBCCEDDCCAAAEEBBBADEDDCCAAAEHCECAAEEBBBLDDJ	3094	579.4600			
EBBAACBCDCJDDAEABBEBCDDDFGIKAEAMNCCBBBCCEDDCCAAAEEBBBADEDDCCAAAEHCECAAEEBBBLDDJ	3173	568.9200			
DAEEBCCADCELCBCCDDABCAEAADBDCCACFGBBBBEEIKEBBEEAACCDCCEANBBCEBDCACAJCDDMAEBBCCDDADBCAFAADBB	3913	557.0200			
BEECECCBBBDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	1582	1585.4800			
BEECECCBBBDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	1618	1579.7800			
BEDECCCECCBBBDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	1656	1427.7800			
BBBCCCEEDDDDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	1845	1095.3000			
BBBCCCEEDDDDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	1901	1046.7400			
BBBCCCEEDDDDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	1954	1024.7400			
BBBCCCEEDDDDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	1958	1004.3400			
BBBCCCEEDDDDDAAAAAACCCCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	2160	969.6200			
BDOBAHDEBEECCAADAAACCEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	2286	825.1600			
DDAAACEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	2288	790.0600			
AAAACEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	2368	784.6000			
DDAAACEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	2371	691.1600			
DAAGBAAACEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	2409	685.6600			
DAAGBAAACEEECCCLBBBBDJDDGGOFDAIMHDEAADDEBBBBDCCCEEDDDDDAAAAAAKACCEEECECCBBB	2420	675.7600			
CBDDAEAFBNADDAABOCCCEEEELCBDDCBBBFBABDCEBGAACAAEECHDBBBBAIDDDCAAECECJDEBBCCCAAKMDEDDDBACBABB	2843	603.6800			
CEABBCCDDAEAFBNADDAABOCCCEEEELCBDDCBBBFBABDCEBGAACAAEECHDBBBBAIDDDCAAECECJDEBBCCCAAKMDEDDDBACBABB	2938	541.5200			
BCCDDAAFEFBBBCCDAACLEDEECCOADAABANBAEEDDCEBGCACBDCDAACAEHBBBBAIDDDCAAECECJDEBBCCCAAKMDEDDDBACBABB	3112	536.8400			
EABCCDDAAFEFBBBCCDAACLEDEECCOADAABANBAEEDDCEBGCACBDCDAACAEHBBBBAIDDDCAAECECJDEBBCCCAAKMDEDDDBACBABB	3176	469.3200			
CEDBCEBABCDAAEADBCAIEEDDCAEMCCBGCAJBBBBDAAEACBCDCDABCEABBCEAEDDBNNAEECEDDCECLCBDFHAAABBBADCEC	3621	446.7200			
BCCDEEBBABCDAAEADBCAIEEDDCAEMCCBGCAJBBBBDAAEACBCDCDABCEABBCEAEDDBNNAEECEDDCECLCBDFHAAABBBADCEC	3888	432.4000			

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
32	Or-Opt	3-Opt	BJMAKOB... 1282	6431.9600	
			1318	6257.4800	
			1383	4787.0400	
			1451	2358.7000	
			1525	1486.4800	
			1584	1482.2800	
			1741	1460.8800	
			1764	1434.8200	
			1812	1392.0800	
			1814	1347.4600	
			1824	1019.3800	
			2012	957.3600	
			2047	955.7800	
			2137	938.1800	
			2150	871.3000	
33	Or-Opt	Or-Opt	BBDDAEE... 1966	4156.7000	
			1968	2480.8400	
			2036	2188.5600	
			2039	1604.6000	
			2041	838.8400	
			2054	838.5400	
			2059	823.1400	
			2234	763.2000	
			2264	687.3800	
			2445	680.4400	
			2543	637.9200	
			2569	631.3400	
			2601	577.0200	
			2638	552.7400	
			34	Or-Opt	Double-bridge
1832	1822.5600				
1847	1731.6800				
1933	1300.5600				
1957	1285.3600				
2041	900.6600				
2243	888.9400				
2258	813.3000				
2310	742.3000				
2447	736.7200				
2466	700.0000				
2504	702.4000				
2538	690.1400				
2562	623.1800				
35	Or-Opt	IP			
			2082	1268.9400	
			2169	1157.5600	
			2223	1123.2200	
			2323	1093.9600	
			2357	1049.4600	
			2365	1000.2200	
			2389	778.0800	
			2526	774.6000	
			2553	758.1400	
			2556	695.7800	
			2691	678.7000	
			2714	669.2200	
			2763	620.2600	
			2777	621.5400	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
40	Double-bridge	Or-Opt	ACABBBBCCCCAAACCCCEAEEDDDDEENDDAAACBBBBAACCCCEAAJCCBBGIMHDDDDDDAAAEEBBBBBLCAAEEKCCCEFAF BBBCCCCAAACCCCEAEEDDDDEENDDAAABBBBBAACCCCEAEEDDDDDAAAEEBBBBBLCAAEEKCCCEFAF AAABBCDDDDAAEDDCCBBBLCCCCFEAAJCCBBGIDBCAOAEEBBBCCCCAAACCCBEEEMAAADDDDDBBBDDDEEAAEEECBCHCCA DDCCCEGAAAI(CEEBLDMHAABBCBCEEBEDCAAEEEDDDDDAAAEEDDDBBBBBAACCCCEAAJCCBBFBAADDDDBBBBCCCNKEE DBBBBLNOKCCCCAAEEAAAEJEEBCAFEEEDDDDDAAACBBBBAACCCCEAAJCCBBEEMAAADDDDBBBBCCCEAGACAI(CEEBDD BLDDDEEAAEECCBCCBCMAAAABBCDDAAEDDCCBBBCCCCFEAAJCCBBGIDBCAOAEEBBBCCCCAAACCCBEEEMAAADDDDDCNCBAAAEAE DEEACDDAAEDDCCBBBLCCCCFEAAJCCBBGIDBCAOAEEBBBCCCCAAACCCBEEEMAAADDDDDCNCBAAAEAE DAAAEDDCCBBBLCCCCFEAAJCCBBGIDBCAOAEEBBBCCCCDDDDDDAAAEEDDDBBBBBAACCCCEAAJCCBBEEMAAADDDDBBBBCC EEEBCCCCMAAAABBCDDAAEDDCCBBGIAEHEEDDBCCCAAJBCBBKNOAECFFEDDDAAADDBBBBEECCCCAAACBBLLDDDEEAC ACADDEEBEACABBBBCEDEADJCNBACCCDDDADEEBBIBICCGMAAEDDDDBBBBCEAAAAEECCCCBFBALDDEHDBBBAAA AAEEDDCBBBBAACCCCEAEEDDCCCEBDEADJLBNCAACBBBAAAEAEEBGKFCBCCBBDDDEEAAEEECBCHCCMAADDBBAAAA AAEEDDCBBBBAACCCCEAEEDDCCCEBDEADJLBNCAACBBBAAAEAEEBGKFCBCCBBDDDEEAAEEECBCHCCMAADDBBAAAA CDEHDCBBBAAACCCADDEEFCAABBBACACNBLJADEBOECEDDCAAEDEEBBBBCCBGAADDDDBLBBBAAEACAIKDEEBBCC EHCDDDBBAAACCCADDEEFCAABBBACACNBLJADEBOECEDDCAAEDEEBBBBCCBGAADDDDBLBBBAAEACAIKDEEBBCC DAJEBNCABFAAECCCEBEEDDAAACMEBOBCCDDCAAEDEEBBBBCCBGAADDDDBLBBBCEAAAAACAIKDEEBBCCDAJEBBAC EHDCDDDBBAAACCCADDEEFCAABBBACACNBLJADEBOECEDDCAAEDEEBBBBCCBGAADDDDBLBBBCEAAAAACAIKDEEBBCC DAACDEKAAACBBEABBCBCEHEDDDBBAAAMCCAI(DDDEEFCAACBACBCEEECAOBBCEDDDBCGAAACBCECCDDJNABEABAD DKAACFBACBCEHEDDDBBAAAMCCAI(DDDEEFCAACBACBCEEECAOBBCEDDDBCGAAACBCECCDDJNABEABAD DKAACFBACBCEHEDDDBBAAAMCCAI(DDDEEFCAACBACBCEEECAOBBCEDDDBCGAAACBCECCDDJNABEABAD CCAAEDDBBEAEABCCDDAALDBEACEDFEBBCHDAEOICBBAACBDBCECEBAACIKDDABNBBGAEEBCCCAAAEABBCDDACC BCEAENCFBACBCEHEDDDBBAAAMCCAI(DDDEEFCAACBACBCEEECAOBBCEDDDBCGAAACBCECCDDJNABEABAD ABRECCDDALCEAEMCADDFEBBCCDAECCBAAADDECEKBBAAACBCEAACBDDDBADJUCBAAEDDCEBBAABEBCACCNEDFEBGA AENCFBACBCEHEDDDBBAAAMCCAI(DDDEEFCAACBACBCEEECAOBBCEDDDBCGAAACBCECCDDJNABEABAD	1681	1724.7200
			1757	1447.8400	
			1979	1322.4000	
			1993	1172.1200	
			2003	1123.9600	
			2004	1096.4200	
			2031	954.8800	
			2037	914.8800	
			2083	832.4600	
			2120	754.7400	
2273	726.6400				
2363	714.3400				
2486	685.1800				
2396	681.1000				
2527	671.2000				
2626	663.5400				
2632	646.8000				
2674	634.0000				
2679	610.8400				
2685	587.5700				
3138	531.2200				
3145	520.5600				
3225	505.3600				
3317	490.7800				
3425	485.1000				
3465	436.6800				
3723	429.4800				
41	Double-bridge	Double-bridge	BCCCBBBBAAAAEFEEBBCCCCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAE BBAAAAAEFEEBBCCCCBBBBAAAAEFBKDDDDDAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC CCBBBBAAAAEFEEBBCCCCBBBBAFKDDDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC ABDDDDAAAAAEFEEBBCCCCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC GBDDDDAAAAAEFEEBBCCCCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC ADAAAAAEFEEBBCCCCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC AAAAAEFEEBBCCCCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC ADAAAAAEFEEBBCCCCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC CCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC CCBBBBAFKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC AAEBAAEDEBCCBBCCIDDEEDDBBAAHCFBCCOCEEDDNNAAAJCCBEBBBAEAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC CCAAEEAAJDDAADDDBBCCBBIIDFDBEECCBDDCCAAALDCCCEEMKCNBAJBBBBDGDDDEAAEDAACCCBBBCEDEEABBC CCACEEAAADDAADDDBBCCBBIIDFDBEECCBDDCCAAALDCCCEEMKCNBAJBBBBDGDDDEAAEDAACCCBBBCEDEEABBC EACBBAECCDDAADDDBBCCBBIIDFDBEECCBDDCCAAALDCCCEEMKCNBAJBBBBDGDDDEAAEDAACCCBBBCEDEEABBC EEDDBBAEADABBCJBCOCEEBIDBAGAAABDEMCCECDDFEEDDAAALBCCBDBBAEKDDEAHCACBBAEBBNCBACBA EEEDDCAACBBAEACBFI(ADDDDECEAEABCCDEEHOJ)CBBACBDEAABBCMEKDEAABDDAABGAEECCBCEBDDAAAECCBB CBACEDDEBACCNBBAEBCEDDAA(DFACBACADDBCCDEEHOJ)CBBACBDEAABBCMEKDEAABDDAABGAEECCBCEBDDAAAECCBB CBACEDDEBACCNBBAEBCEDDAA(DFACBACADDBCCDEEHOJ)CBBACBDEAABBCMEKDEAABDDAABGAEECCBCEBDDAAAECCBB BBAECCDEEACCNBBAEBCEDDAA(DFACBACADDBCCDEEHOJ)CBBACBDEAABBCMEKDEAABDDAABGAEECCBCEBDDAAAECCBB BBDALCDEEACCNBBAEBCEDDAA(DFACBACADDBCCDEEHOJ)CBBACBDEAABBCMEKDEAABDDAABGAEECCBCEBDDAAAECCBB CDEAABDDCEACCLDABBCBBAEAEFBKDDDAIDDEAAADDDNMCCOHEECCCCBBBBAJAEEDDDDBBLLDDAAAEAEFEEBBCCCC	1507	2285.2200
			1548	1989.2200	
			1604	1986.5000	
			1682	1340.8400	
			1891	1209.5200	
			1924	877.0200	
			2130	875.4600	
			2147	844.4400	
			2246	785.2800	
			2359	736.4400	
2377	762.4600				
2531	610.7600				
2988	570.8400				
3121	556.4000				
3213	536.4000				
3277	503.0600				
3313	482.1600				
3340	473.2000				
3700	415.7600				
42	Double-bridge	IP	AAAEEDDDDDDDHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDDDAAAAAABBBBCCCCCNDDBBCCCCCEEEEFEEIKCCEFAA AAAAAACCBBBDDDDGAAKIEEEEEECCCEBEEEBBCCCCBBBFBGLCJHDDDDDDDEEFAAAAAADDDAAABBBBCCCCCNCNBM AAAAAACCBBBDDDDGAAKIEEEEEECCCEBEEEBBCCCCBBBFBGLCJHDDDDDDDEEFAAAAAADDDAAABBBBCCCCCNCNBM DDAAAAACEEBCBCCBBBBLGJHDDDDDDDEEFAAAAAADDDAAABBBBCCCCCNCNBM MBBBDNDDDDEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC ECBBBNDDDDEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC BBBNDDDDEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC CCAAAAANDEBBBCCCCBBDDEEIKMAAAAAAAEEDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC BBNDDEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC DDDDDEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC BBDDEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC EBCDDDEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC AAAAAEEDDDBBCCCCBBDDEEIKMAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC AAAAAEEDDDBBCCCCBBDDEEIKMAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC DEEAEFBCCBCCCCBAAAAAEEDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC AHFBGCCCCBBDCCCEEEADAAAAADDDDEEAEFBCCBCCCCBBDDEEIKMAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC BAAECCBCCDMMHEEBBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC ABBEHMDHDDCCBEEAAAEFEEBBCCCCBAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC AABAAAAEECCBCCDMMHDEEAEFBCCBCCCCBBDDEEIKMAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC AABAAAAEECCBCCDMMHDEEAEFBCCBCCCCBBDDEEIKMAAAAAEFEIKCCBBOAAAAAEEDDDDDDDDEEJHJLBCBCCCCBMBBAAAAAEEDDDEC AADDEEBBEBCCCCAACBBDHDDOBFAAAAEEGACJBBBCCDDAICDDAAEACBAEBBBDLMAACAKEEEDDDDDAAACCCCEEDDBBCC EDDEECGAAABBBCCCCAACBBDHDDOBFAAAAEEGACJBBBCCDDAICDDAAEACBAEBBBDLMAACAKEEEDDDDDAAACCCCEEDDBBCC EDDEECGAAABBBCCCCAACBBDHDDOBFAAAAEEGACJBBBCCDDAICDDAAEACBAEBBBDLMAACAKEEEDDDDDAAACCCCEEDDBBCC EDDEECGAAABBBCCCCAACBBDHDDOBFAAAAEEGACJBBBCCDDAICDDAAEACBAEBBBDLMAACAKEEEDDDDDAAACCCCEEDDBBCC CADDDEEBBCCCCAACBBDHDDOBFAAAAEEGACJBBBCCDDAICDDAAEACBAEBBBDLMAACAKEEEDDDDDAAACCCCEEDDBBCC DACAADDEEBBCCCCAACBBDHDDOBFAAAAEEGACJBBBCCDDAICDDAAEACBAEBBBDLMAACAKEEEDDDDDAAACCCCEEDDBBCC CCBBAEEDDDKACBBAEACEDCDAEEBCBNDCCBBAADDCBCCJIOAHGBEECDADFCAACEEDECBBBBLAAACEDDCCCEACMAAEDDBCC CCBBAEEDDDKACBBAEACEDCDAEEBCBNDCCBBAADDCBCCJIOAHGBEECDADFCAACEEDECBBBBLAAACEDDCCCEACMAAEDDBCC CCBBAEEDDDKACBBAEACEDCDAEEBCBNDCCBBAADDCBCCJIOAHGBEECDADFCAACEEDECBBBBLAAACEDDCCCEACMAAEDDBCC BAECBEDDDKACBBAEACEDCDAEEBCBNDCCBBAADDCBCCJIOAHGBEECDADFCAACEEDECBBBBLAAACEDDCCCEACMAAEDDBCC BAECBEDDDKACBBAEACEDCDAEEBCBNDCCBBAADDCBCCJIOAHGBEECDADFCAACEEDECBBBBLAAACEDDCCCEACMAAEDDBCC	1207	4504.3400
			1242	2715.7600	
			1282	2674.9200	
			1300	2626.9400	
			1319	2233.3800	
			1381	1811.1000	
			1421	1527.7200	
			1497	1490.0200	
			1553	1475.7000	
			1585	1461.0400	
1654	1337.5000				
1731	1328.8600				
1735	1175.1800				
1745	1172.4200				
1853	1152.8400				
1870	998.2200				
2058	982.7800				
2134	919.7800				
2177	913.2400				
2202	830.3600				
2243	816.4600				
2292	805.0600				
2319	774.8800				
2333	753.1600				
2453	671.3800				
2494	619.3400				
2574	618.7000				
2606	566.1400				
2626	537.0400				
3184	529.2200				
3203	523.3600				
3236	504.7400				
3276	504.7400				
3361	490.4400				
3439	460.9400				
43	IP	PI	BAAACCCCAAEBCBCCMAEAAAAAEEDDDDDDBBCHBBDDEEIEBILBLCBAAAAACCCCAAAOBBEEFFDDDDDDGABKCNJBB AAACCCDDDFEEAAAAAAACCJABBBBMBHDDDDDBBBOILBCCGCCAAAAAEEDDDDDDBBCHBBDDEEIEBILBLCBAAAAACCCCAAAOBBEEFFDDDDDDGABKCNJBB DDFEAEAAAAAAACCJABBBBMBHDDDDDBBBOILBCCGCCAAAAAEEDDDDDDBBCHBBDDEEIEBILBLCBAAAAACCCCAAAOBBEEFFDDDDDDGABKCNJBB CCDDDFEEAAAAAAACCJABBBBMBHDDDDDBBBOILBCCGCCAAAAAEEDDDDDDBBCHBBDDEEIEBILBLCBAAAAACCCCAAAOBBEEFFDDDDDDGABKCNJBB AAEENDDDDDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA CCAAABBEELCBMBCI(ODDDCEEDNEBBBBAECCCEAAAEEDDDDDDBBCHBBDDEEIEBILBLCBAAAAACCCCAAAOBBEEFFDDDDDDGABKCNJBB CCBAAAAEENDDDDDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA AAAEENDDDDDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA ACCBAAAAEENDDDDDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA AAAEENDDDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA DEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA DDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA BBAEAAACAEENDDDDDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA DDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA BCCAAAAEENDDDDDEEAI(CEBBLCCCCBMBMAEEDD)JADDDHBBBEEECCEAAABBEKCCBBDAAAEFFDDDDCCCAAAAGBCCCEBCCBAA CCBBCCAAEEDDAAACCCCAEENEMDBBCCBBDCCDEEAAEADJAAACCCBKBKEDDFEEDDCCBGBBLAAAEBCBBAACCBDDDAIEBCC CBBCCAAEEDDAAACCCCAEENEMDBBCCBBDCCDEEAAEADJAAACCCBKBKEDDFEEDDCCBGBBLAAAEBCBBAACCBDDDAIEBCC EEDDCCBCCBCCAAACCLDAABBEKCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC EEBBNEADDDCAACCLDAABBEKCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC DCCBFAEEEMCCBBAACAAADCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC EBEADDAADCCBCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC EEDDCCBCCBCCAAACCLDAABBEKCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC EEDDCCBCCBCCAAACCLDAABBEKCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC EEDDCCBCCBCCAAACCLDAABBEKCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC EEDDCCBCCBCCAAACCLDAABBEKCCBBDAAAFDADGADCAEABBBEADDEEIOBBAAEEDCEECBBDMAAACDDJAAEHBADDCBCCBNC	1651	3060.1200
			1678	2158.7400	
			1694	2153.2200	
			1731	1568.7000	
			1817	1328.1600	
			1903	1239.0600	
			1907	951.2000	
			1929	901.3000	
			1943	831.6000	
			1948	800.1600	
2088	792.6800				
2147	777.1800				
2203	753.6400				
2295	738.4000				
2307	717.5600				
2461	700.5200				
2515	667.2600				
2526	660.7800				
2680	622.7400				
2694	617.8000				
2785	511.4000				
2895	468.8200				
3298	467.5200				
3595	450.9200				

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
44	IP	API	BBBBBBBAAAECECCCEAAABBDDDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1748	1831.1800
			BBBBBBBAAAECECCCEAAABBDDDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1757	1830.9800
			BBBBBBBAAAECECCCEAAABBDDDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1787	1828.6800
			BBBBBBBAAAECECCCEAAABBDDDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1834	1470.6200
			BBBBCEBBDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCDDAAECCCEAAABB	1854	1275.8600
			BBBBCEBBDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCDDAAECCCEAAABB	1942	1269.0600
			BBBBCEBBDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCDDAAECCCEAAABB	1946	1263.3600
			BBBBBDAECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCDDAAECCCEAAABB	2005	1131.1400
			BAAABBDDDAAECCCEEDLBCBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2095	1116.0600
			CLBBBCCDDAAHDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2104	907.7000
			CLBBBCCDDAAHDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2110	906.8600
			BCCCEABBDDDDAAEECCAAAAAEAFMNDDDCCBCBHLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCDDAAECCCEAAABB	2224	804.2200
			BLDEEAABCCCAABCCJAOAABBBKEDDDGIEEDDAAACDCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2248	765.1000
			ACECEDALBBBECDDDDAAAHDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2305	746.4800
			ACECEDALBBBECDDDDAAAHDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2327	746.0000
			ACECEDALBBBECDDDDAAAHDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2331	743.6800
			CAECCCEDLABBEBCCDDDDAAAHDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2336	708.2200
			EADDACCBBBCCBALHDDDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2386	691.8200
			EADDACCBBBCCBALHDDDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2419	689.3200
			BFMNDAAECCCECBCCAEEDDDCAEBBCCADDIAECCBBBAAAECAACEEBBCCDDAHLDEEFCABBAACOKEDDDCGAAEBBCC	2514	665.9400
EDDDCGAAEBBCCCAEBBFMANDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2582	462.4600			
BFMNDAAECCCEDEECAAABDACCJBEIAACDEBBCCAEFBCCDDHAAAADDCCBEBBBDLDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCC	2587	588.2200			
BFMNDAAECCCEDEECAAABDACCJBEIAACDEBBCCAEFBCCDDHAAAADDCCBEBBBDLDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCC	2626	586.8800			
BBEAAADCCBBEACDDCCDAEAEFBLJCAOKEDDDCGAAEBBCCBBFMNDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2732	571.5200			
ACDEBBCCAEFBCCDDDDAAADACCJBEIAEABBDCCAEFBCCDDHAAAADDCCBEBBBDLDEEAABCCOAKEDDDCGAAEBBCC	2787	553.2200			
BACCEABBDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	2798	519.1600			
BACCEABBDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	3106	502.2800			
BACCEABBDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	3120	502.2800			
BDDDCBBAADDECCAAEAHKBCCBDEBGAIEBAEBCJFDECCDMCEDLACBBAADDEDBEEAACBCCAOEDDDDBAAECCNCCB	3164	468.8600			
CCEABBDDDDCCBBADEBCCAAEAHKBCCBDEBGAIEBAEBCJFDECCDMCEDLACBBAADDEDBEEAACBCCAOEDDDDBAAECCNCCB	3265	442.3200			
CCAEBBNCAADDECCAAEAHKBCCBDEBGAIEBAEBCJFDECCDMCEDLACBBAADDEDBEEAACBCCAOEDDDDBAAECCNCCB	3320	409.4600			
CCAEBBNCAADDECCAAEAHKBCCBDEBGAIEBAEBCJFDECCDMCEDLACBBAADDEDBEEAACBCCAOEDDDDBAAECCNCCB	3360	407.4600			
DCAEBBNCAADDECCAAEAHKBCCBDEBGAIEBAEBCJFDECCDMCEDLACBBAADDEDBEEAACBCCAOEDDDDBAAECCNCCB	3483	384.7600			
EBDAEACDABCECAADNBCCACBABBIEIACDDAAHKBCCBDEBGAIEBAEBCJFDECCDMCEDLACBBAADDEDBEEAACBCCAOEDDDDBAAECCNCCB	4061	361.1400			
EBDAEACDABCECAADNBCCACBABBIEIACDDAAHKBCCBDEBGAIEBAEBCJFDECCDMCEDLACBBAADDEDBEEAACBCCAOEDDDDBAAECCNCCB	4111	360.2400			
45	IP	2-Opt	BCEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCECCBFAAAAAAEHAAAAACCBLDDDEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1655	1439.8000
			AEEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCECCCHKAAAAACCBLDDDDDBBBBEECCCEAAACGDDDEBBBDDAAAFBEEEBBAA	1793	1402.7200
			EBBCCJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCECFEHHAAAAAELEEECCBBAABBBCCDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	1895	1376.6800
			AEEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCECCCHKAAAAACCBLDDDDDBBBBEECCCEAAACGDDDEBBBDDAAAFBEEEBBAA	1927	1327.3600
			KAACAAACCCBDDDEEMAAADDBCCBGLCEIEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	1947	1158.4600
			EBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCECCBFAAAAAAELEEECCBBAABBBCCDDDDAAECCCEAAABBDDDDDDAAECCCEAAABB	1966	1092.8400
			AAABCCBDDDEEMAAADDBCCBGLCEIEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2016	1006.7600
			BCCCEAAACGDDDEBBBDDAAAFBCCCLCEIEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2056	988.9400
			ABBCBDDDEEMAAADDBCCBGLCEIEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2064	985.5800
			DACDDEECCBBBAAAHBCCGEEACBKDDAAACCCBIMBLDEEBBFDDEECCBCCDAAAAAAADDECCBEEEBBJAAOBBCCNDDDD	2068	859.7200
			AACCBDDDEEMAAADDBCCBGLCEIEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2074	830.7600
			AACCBDDDEEMAAADDBCCBGLCEIEEBBJAAOBBCCNDDDDDAIEBCCBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2186	737.2600
			FAABCCDDDEECCBBBAAAHBCCGEEACBKDDAAACCCBNDLBECEBADDDEBBCCFDDDBBCEJDDDAIAAIAOACBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2391	679.9200
			AEBALCECCCEBBAAABBBEEDDDDAIEBCCBCECCBNDLBECEBADDDEBBCCFDDDBBCEJDDDAIAAIAOACBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2507	671.2400
			DACDDEECCBBBAAAHBCCGEEACBKDDAAACCCBNDLBECEBADDDEBBCCFDDDBBCEJDDDAIAAIAOACBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2518	666.8400
			CBDDAACDDEECCBBBAAAHBCCGEEACBKDDAAACCCBNDLBECEBADDDEBBCCFDDDBBCEJDDDAIAAIAOACBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2520	654.0400
			AACDDEECCBBBAAAHBCCGEEACBKDDAAACCCBNDLBECEBADDDEBBCCFDDDBBCEJDDDAIAAIAOACBCEIEEBBCCAECCCEBBDDDDCCBFAAAAAE	2528	626.2400
			CCCEHDHEDDAAABBBIEICEBDAACBKDDABCCCEBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	2606	557.0200
			CCCEHDHEDDAAABBBIEICEBDAACBKDDABCCCEBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	2672	550.1200
			EDDAADDBCCBCEFAAACBKDDABCCCEBIEICAADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	2771	548.0800
CEADDEBDDAAABBBIEICEBDAACBKDDABCCCEBIEICAADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	2902	515.3000			
BBEEDDAAAEBCBCCCEANDBHEDDAAABBBIEICEADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	2913	511.3800			
CEIIDAACBKDEBACBDEDDDAABCCBFABOBAABJMECBBADEBCEBDEDDAAGNCCBGLBEEDDAAAEBCBCCCAEDDHHEDDAAABBBIEICEBDAACBKDDABCCCEBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	2933	507.7800			
AAABCCBEEEDDAAAEBCBCCCAEDDHHEDDAAABBBIEICEADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	3040	469.6400			
AEBBCCCAEDDHHEDDAAAEBCBCCCAEDDHHEDDAAABBBIEICEADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	3351	444.4800			
ACBDDDEBCCAMAAJBBACDCEBBLACDEBADEEFCACDABDDFBACDKEIOAGNBBEAAEBBCCCAEDDHHEDDAAABBBIEICEADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	3532	441.9200			
BCCEBEMJADACDBACDCEBBLACDEBADEEFCACDABDDFBACDKEIOAGNBBEAAEBBCCCAEDDHHEDDAAABBBIEICEADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	3832	439.1000			
ABCDDDEBCCAMAAJBBACDCEBBLACDEBADEEFCACDABDDFBACDKEIOAGNBBEAAEBBCCCAEDDHHEDDAAABBBIEICEADDEBCCBEGEAAAFBCCNDDDDDELAEMAJAABCEBDDCCBDDDEEAABBAABECCB	4203	431.4800			
46	IP	3-Opt	DDDDDGODCCCEELKCCAAAACBBBDAANJMACDDDDDDAAICCEEEHBBBBDDBBEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1840	3510.7600
			CAADDDDDGODCCBCCCEEBLKCAAAACBBBDAANJMACDDDDDDAAICCEEEHBBBBDDBBEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1867	3324.6600
			DDDDDDGODCCBCCCEEBLKCAAAACBBBDAANJMACDDDDDDAAICCEEEHBBBBDDBBEECCCEAEABBJAOKDDGAAIABAABCCB	1902	3133.4800
			BBBBGAABBBDDDDCCCEAEABBCFEFEBBADDCCAAAACCCBAECCBBBCNDDDMJAAAAAEFEEBCCCAADDEOBHHLDDDKDDAAAECECCB	1910	2826.7400
			BBBGAABBBDDDDCCCEAEABBCFEFEBBADDCCAAAACCCBAECCBBBCNDDDMJAAAAAEFEEBCCCAADDEOBHHLDDDKDDAAAECECCB	1944	1325.6600
			BJGAABBBDDDDCCCEAEABBCFEFEBBADDCCAAAACCCBAECCBBBCNDDDMJAAAAAEFEEBCCCAADDEOBHHLDDDKDDAAAECECCB	1965	1168.5400
			EBCCDDAIFEOBHLDDDDAAAECEBBBCCCEAEABBCFEFEBBADDCCAAAACCCBAECCBBBCNDDDMJAAAAAEFEEBCCCAADDEOBHHLDDDKDDAAAECECCB	2016	972.6600
			BHLDDDDAAAECEBBBCCCEAEABBCFEFEBBADDCCAAAACCCBAECCBBBCNDDDMJAAAAAEFEEBCCCAADDEOBHHLDDDKDDAAAECECCB	2087	896.5200
			CCDAAAECEBBDDCCILKEEBBBBDDACEEBBCCAAAABCCDDDDAAAAACEEEBBBCCDDDMJAAAAAEFEEBCCCFDCCBBBNDDDAAAECEEBB	2098	790.3000
			CCDAAAECEBBDDCCILKEEBBBBDDACEEBBCCAAAABCCDDDDAAAAACEEEBBBCCDDDMJAAAAAEFEEBCCCFDCCBBBNDDDAAAECEEBB	2126	790.6000
			CCDAAAECEBBDDCCILKEEBBBBDDACEEBBCCAAAABCCDDDDAAAAACEEEBBBCCDDDMJAAAAAEFEEBCCCFDCCBBBNDDDAAAECEEBB	2134	783.5400
			CCDAAAECEBBDDCCILKEEBBBBDDACEEBBCCAAAABCCDDDDAAAAACEEEBBBCCDDDMJAAAAAEFEEBCCCFDCCBBBNDDDAAAECEEBB	2139	779.9600
			CCDAAAECEBBDDCCILKEEBBBBDDACEEBBCCAAAABCCDDDDAAAAACEEEBBBCCDDDMJAAAAAEFEEBCCCFDCCBBBNDDDAAAECEEBB	2159	713.5400
			DGCCAEABBBBCCNDDJAAAAAEFEEBCCCAAMDEOBDDCCILKEEBBBBDDAAABCAAEHECCDDDBAAAAACEEBBCCAEAEBAEDBCCFD	2358	693.4600
			BBBNDDDJAAAAAEFEEBCCCAAMDEOBDDCCILKEEBBBBDDAAABCAAEHECCDDDBAAAAACEEBBCCAEAEBAEDBCCFD	2464	639.2000
			CBDDDDDBAAAAAEFEEBCCCAAMDEOBDDCCILKEEBBBBDDAAABCAAEHECCDDDBAAAAACEEBBCCAEAEBAEDBCCFD	2731	626.4200
			AHBCCKCBJEAABBNDDDAIACCCBEEDEFEAABCCDDBBEOACCAAEEDACBBDCEBCCDDAAAAELCCCGEABBBDDCCCEEEABDAMBA	2800	614.6800
			AHBCCKCBJEAABBNDDDAIACCCBEEDEFEAABCCDDBBEOACCAAEEDACBBDCEBCCDDAAAAELCCCGEABBBDDCCCEEEABDAMBA	2806	609.7800
			CCEBDDDBBAAAAAEFEEBCCCAAMDEOBDDCCILKEEBBBBDDAAABCAAEHECCDDDBAAAAACEEBBCCAEAEBAEDBCCFD	2812	590.5800
			CBJEAABBNDDDAIACCCBEEDEFEAABCCDDBBEOACCAAEEDACBBDCEBCCDDAAAAELCCCGEABBBDDCCCEEEABDAMBA	2920	563.1400
CDBBDEBCHBAEMCDAAAEIABCEBDDCCAAEAABCCDDBBEOACCAAEEDACBBDCEBCCDDAAAAELCCCGEABBBDDCCCEEEABDAMBA	3105	532.1000			
BBDEOACCAAEEDACBBDCECEAAJDACDBAEBCBDECDDEECCBCCGAAAAACBBDKLNLFDBDBCHBEMCDAAEIBAECCBDDCCAAEAABCCD	3658	530.8400			
BBDEOACCAAEEDACBBDCECEAAJDACDBAEBCBDECDDEECCBCCGAAAAACBBDKLNLFDBDBCHBEMCDAAEIBAECCBDDCCAAEAABCCD	3732	506.3400			
BBDEOACCAAEEDACBBDCECEAAJDACDBAEBCBDECDDEECCBCCGAAAAACBBDKLNLFDBDBCHBEMCDAAEIBAECCBDDCCAAEAABCCD	3752	459.3000			

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	
2	PI	API	
3	PI	2-Opt	
4	PI	3-Opt	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	
6	PI	Double-bridge	
7	PI	IP	
8	API	PI	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	
10	API	2-Opt	
11	API	3-Opt	
12	API	Or-Opt	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	
14	API	IP	
15	2-Opt	PI	
16	2-Opt	API	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	
18	2-Opt	3-Opt	
19	2-Opt	Or-Opt	
20	2-Opt	Double-bridge	

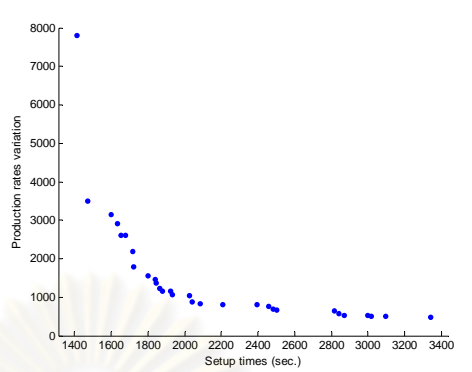
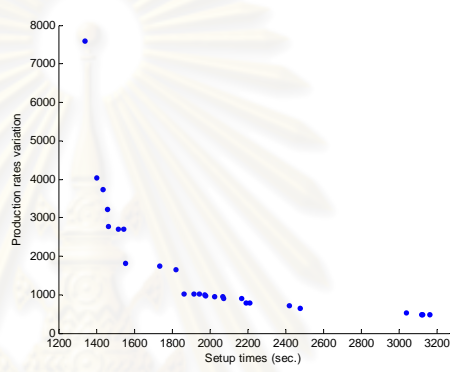
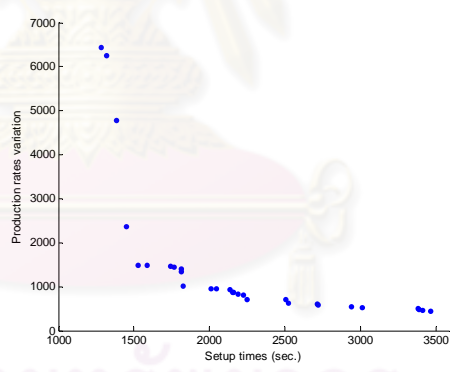
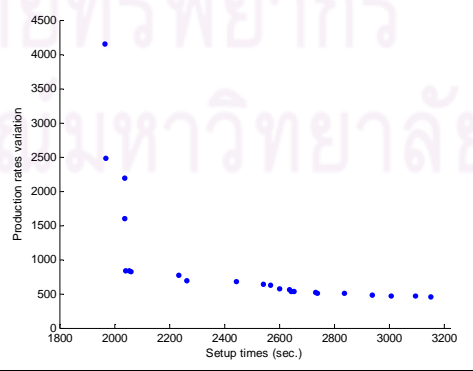
ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	
22	3-Opt	PI	
23	3-Opt	API	
24	3-Opt	2-Opt	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	
26	3-Opt	Or-Opt	
27	3-Opt	Double-bridge	
28	3-Opt	IP	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	
30	Or-Opt	API	
31	Or-Opt	2-Opt	
32	Or-Opt	3-Opt	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	
34	Or-Opt	Double-bridge	
35	Or-Opt	IP	
36	Double-bridge	PI	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	
38	Double-bridge	2-Opt	
39	Double-bridge	3-Opt	
40	Double-bridge	Or-Opt	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	
42	Double-bridge	IP	
43	IP	PI	
44	IP	API	

ตารางที่ ง.25 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 45. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1600. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4500. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
46	IP	3-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 46. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 4000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3800. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
47	IP	Or-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 47. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 3000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1400 to 3000. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
48	IP	Double-bridge	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 48. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 4000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3400. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
3	PI	2-Opt	BBBEEONDDAAABBBEECCCCAADDDDDAAAABBBBEECCCCAAABBBBGGHFECCCCCEBAKCCCBMAAAAEIILDDDDCCDDEEJBBB	1721	1472.2600
			CCBNCMAAAAEEDILDDDDCCBBBGBDDDDAAAABBBBEEEDCCCCCCCCCEEBBEEAAABBBBEECCCCAAADDDDDAAAABBBBDFHEEKC	1767	1447.0400
			BCCCCEDEEJBBBAAAKBBEENDDAAABBBBEECCCCAADDDDDAAAABBBBFECCCCAAEEDILDDDDCCBCCGCCCEEEBOMAAAAAB	1820	1316.3000
			CCCCDEEAMCBBBAAABEENDDAAABBBBEECCCCAADDDDDAAAABBBBFECCCCAAEEDILDDDDCCBCCGCCCEEEBOMAAAAAB	1870	1147.6800
			CCBMAAAAEEDILDDDDJBBBCCCCDEEAKCBBBBAABEENDDAAABBBBEECCCCAADDDDDAAAABBBBGGHFECCCCCEEBAABOCC	1896	1106.3800
			BBBEECCCCAADDDDDAAAABBBBDFHEECCBNCDDAAEEEOAABBBBCCCCBDDMAJAAAEEDILDDDDCCBCCGCCCEEEBEEBAAAB	1918	948.8800
			BBBEECCCCAADDDDDAAAABBBBDFHEECCBNCDDAAEEEOAABBBBCCCCBDDMAJAAAEEDILDDDDCCBCCGCCCEEEBEEBAAAB	1955	847.7800
			BBBEECCCCAADDDDDAAAABBBBDFHEECCBNCDDAAEEEOAABBBBCCCCBDDMAJAAAEEDILDDDDCCBCCGCCCEEEBEEBAAAB	2017	810.3800
			DDCKEBBBAAEEAADLCCCCDCBBBFAIDDAABEEEDCCBBBAAADGEOBBBEEEDDDCCBCCGCCCEEMAAAAEEDDAABBBECCCEAND	2150	711.0000
			DDCKEBBBAAEEAADLCCCCDCBBBFAIDDAABEEEDCCBBBAAADGEOBBBEEEDDDCCBCCGCCCEEMAAAAEEDDAABBBECCCEAND	2204	690.6400
			CDDEDAACBBDEAABBBEFCBCCDDAAEEEOAABBBBIAJLDDDDCCGCCAEFEEBBBAAABEENCCCCAADDDDDAAAABBBBHEECCCB	2511	686.3400
			CAEEBCCCCAADHBBEDDCBBBAAAEEDDAICCBDAABBBEJEECCCCAADDMKEECBDAACBEBBBDLDFBBAADCCNEEAAEEDDBBBCC	2540	652.1800
			EBCCCADHBBEDDCBBBAAAEEDDAICCBDAABBBEJEECCCCAADDMKEECBDAACBEBBBDLDFBBAADCCNEEAAEEDDBBBCC	2560	563.8600
			BAEEBCCCCAADHBBEDDCBBBAAAEEDDAICCBDAABBBEJEECCCCAADDMKEECBDAACBEBBBDLDFBBAADCCNEEAAEEDDBBBCC	2789	524.5800
			EECCBDDABCBAAEADLBBDEBCBAEKCCMABBBCDIADDEJFAAOABBBCCDEBBDACCCBEEENGHDEEEAABDDCCAAACDDABBBAAEE	3153	518.2600
DDBAGBACEACABBBCEEDDCCAKMABBBCIADDEJFAAOABBBCCDEBBDACCCBEEAEEDLDBEBAEACBDDCCBBAACCCN	3410	517.2400			
ACEBDDACBEBEADLBEAEBCCCAADHBBEDDCBBBAAAFJEDDAICCBBAAMKACDDDEECBBAACECAGBAGABBCDBBEEACDDA	3485	494.9800			
CCBBBEEADDEMACADDDBEDAKBACCCBHFCEIADDEJAAOBABBBGDAEEDCCBEEAABEDDCCBABCNDCAABEDDCEADLALC	3680	494.1400			
ACEBDDACBEBEADLBBDEBCBAEKCCMABBBCDIADDEJFAAOABBBCCDEBBDACCCBEEAEEDLDBEBAEACBDDCCBBAACCCN	3799	408.4600			
4	PI	3-Opt	CEEFBBBCCAAACEEDDCCBBGAAACADDJEEEMAAEEHKBCCBBBCCDDDDAAABBBEEDCCCAANDDEEBCCOAAACCBBEBAADDDDB	2075	978.9000
			DDDDCCGEECCBBBAEOAAACCAAACCBFFEEEDMAAEEHKBCCBBBCCDDDDAAABBBEEDCCCAANDDEEBCCOAAACCBBEBAADDDDB	2135	951.3600
			DDJBBBCCAAEBEDDBBAAACCAAACCBFFEEEDMAAEEHKBCCBBBCCDDDDAAABBBEEDCCCAANDDEEBCCOAAACCBBEBAADDDDB	2140	820.5200
			EAAACCCBBBCEBAEAAADDDDBBBEEFNDNIDLCCBBAACCCDEEMAAACCEJHKDCBBBCCAAABDDDCBBBEEEDCCBBAACCCDDEE	2165	751.4200
			BBCCAAEECCBBAADCBGAAACDDJEEEMAAEEHKBCCBBBCCDDDDAAABBBEEDCCCAANDDEEBCCOAAACCBBEBAADDDDB	2191	724.0400
			OEAADDDBBCCAAEBEDDCCAAACCBFFEEEDMAAEEHKBCCBBBCCDDDDAAABBBEEDCCCAANDDEEBCCOAAACCBBEBAADDDDB	2272	723.3600
			ACEECCBBBBAADDDDBBCCBBAEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBCCAEBEEDM	2369	693.1600
			AAADDIBBCCBAAEEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBCCAEBEEDM	2403	647.8000
			AAADDIBBCCBAAEEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBCCAEBEEDM	2425	647.3000
			AAADDIBBCCBAAEEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBCCAEBEEDM	2430	641.8000
			MAACECCBBECAAADDDIBBCCBAAEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBC	2442	599.0200
			EBBBCCAAEBEDDADDCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBCCAEBEEDM	2505	593.5400
			ABADDILBCCBAAEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBCCAEBEEDM	2637	577.1000
			AAABCCDNDDEEEEBBACBCCDDDAABCEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBC	2706	560.7000
			AAABCCDNDDEEEEBBACBCCDDDAABCEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBGAAACADDJEECBBC	2791	557.9800
CEEDDCCBBAACAAJDBBEEALCCEDAACGDDCCBBAEAEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBG	2956	508.9600			
ABEEDDCCBBAACAAJDBBEEALCCEDAACGDDCCBBAEAEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBG	3054	482.2800			
BEAAAADCCBBAACAAJDBBEEALCCEDAACGDDCCBBAEAEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBG	3095	472.4200			
BEAAAADCCBBAACAAJDBBEEALCCEDAACGDDCCBBAEAEEDDCCBAAALBCEENHKBEDDDBBCCBEEEFBBBCCDAAAACEEDDCCBBG	3196	442.5800			
5	PI	Or-Opt	AAAABBBCCBCCBDDDEEBBBBEECEEDHIAACCAAAACCAAKDEEAMAJLAAOGBBBBCCNDEDDDDAAEEEDDCCBCCAADEE	1975	3757.7400
			BCEEDDDBCCBCCBDDDEEBBCEAEAEAAAAAMGBBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2002	1293.1200
			EAAFAAECCBBDJCCAAHDEEECCBBBBLBEEDDDBCCBCCCAACBDDDDDAEAAAAAIIIEECCBBBCCBEEEDDDBCCBCCAAAE	2069	1205.5400
			JAAAHDEECCBBBBLCEEDDDBBCCCAAGBDDDDDAEAAAAAIIIEECCBBBCCBEEEDDDBCCBCCAAAE	2088	1181.1000
			CCBEECCBDDDDAAAAACAAHDEEECCBBBBLBEEDDDBBCCCAACBDEEAMAJLAAOGBBBBCCNDEDDDDAAEEEDDCCBCCAADEE	2117	1015.3800
			CCBEECCBDDDDAAAAACAAHDEEECCBBBBLBEEDDDBBCCCAACBDEEAMAJLAAOGBBBBCCNDEDDDDAAEEEDDCCBCCAADEE	2144	982.1600
			BLBBCCAAEECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2197	924.8200
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2218	802.0200
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2276	756.9400
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2353	717.3400
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2384	627.9400
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2398	626.6000
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2412	624.6400
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2467	610.8800
			BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2501	606.3600
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2550	604.5200			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2551	562.3600			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2875	551.3200			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	2998	550.1800			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	3026	534.5800			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	3403	529.7200			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	3550	514.1200			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	3609	502.4600			
BBNDCCAAAECCBBDDBAAAEACCBEDDDBBCCBBAACCCBGNDDDDIIEECCCAKDEEAABHGLBAJAJDDDDCCBBBCCBBAEAE	3633	500.1000			
6	PI	Double-bridge	CCBBBCCBBAEAEHBBCCBCCDDDDIAEAAAAABCCCAAEEMKJDDDDFAAAAAEEDDDDDDEECCBCCBCCDDNAAAGBBBEE	1620	3032.4600
			CCCCCJAEEBBBBCCNDDDDAAAABBBBGAEBBCCBBAEAEEDDDDLAIAAAECCCCBBBBOKDDDDDABBCCAAAEAEFFMCAEEAEC	1625	1890.5000
			CCCCCJAEEBBBBCCNDDDDAAAABBBBGAEBBCCBBAEAEEDDDDLAIAAAECCCCBBBBOKDDDDDABBCCAAAEAEFFMCAEEAEC	1792	1164.1400
			DDCCCGMEEEEBBBBAAAAABDEDDCCCAAACCCBBAADDDDLDDJAECCBBBCCBBAEAEHBBCCDFAAEEKAAACDDDBBNBIDD	1989	1054.6200
			EEECJADCCBDBBCKAKFCBBBEEAAIILDDDEEENAAAAACBMMDDDEEEOBCCBCCDDDDGAAABBBBCCDDDAABBBEEAAAHBBCC	2044	1025.2400
			NCCCBBDCAAEEEDDDDDCBAAAAKACBBBEEAAIILDDDEEENAAAAACBMMDDDEEEOBCCBCCDDDDGAAABBBBCCDDDAABBBEEAAAHBBCC	2054	922.2400
			AIADDDDDCCCGEEEBBBBAAAAABBBCCBEEEECAOOLDDJAECCBBBCCBBAEAEHBBCCDFAAEEKAAACDDDBBNBIDD	2072	902.6800
			CCBDEDEEAAACJBNBDDCCBCCBBBGGDCAAAEEDDDDLAIAAAECCCCBBBBOKDDDDDABBCCAAAEAEFFMCAEEAEC	2088	852.6600
			CCBDEDEEAAACJBNBDDCCBCCBBBGGDCAAAEEDDDDLAIAAAECCCCBBBBOKDDDDDABBCCAAAEAEFFMCAEEAEC	2090	781.0600
			NCCCBBDCAAEEEDDDDDMCBAAAAKACBBBEEAAIILDDDEEENAAAAACBMMDDDEEEOBCCBCCDDDDGAAABBBBCCDDDAABBBEEAAAHBBCC	2098	709.8200
			AAAEEBBCCDDCCBDEEEAAAJBNMDDCCDBBBBCCAAEEDDDDLAIAAAECCCCBBBBOKDDDDDABBCCAAAEAEFFMCAEEAEC	2312	701.2200
			DAADDEEIAAAGCCBBDDBCCDGDGANECAABBEEDCCBBCCAAOOLDDJAECCBBBCCBBAEAEHBBCCDFAAEEKAAACDDDBBNBIDD	2336	701.1800
			EDDDCCAAAAABBBBCCDDDEEDDCEAAAAAABBIMBCCCEEBBDANDDCCJAEBBBCCFKAHAAEEDDDGACCEEDCCBBBCCDGGAAABBB	2351	660.6800
			IAAACCCBBDDBCCDGDGANECAABBEEDCCBBCCAAOOLDDJAECCBBBCCBBAEAEHBBCCDFAAEEKAAACDDDBBNBIDD	2467	624.2000
			AHAABBBCCCEDEDDCCCAAACBBAEILMCCBEEBBDANDDCCJAEBBBCCFKAHAAEEDDDGACCEEDCCBBBCCDGGAAABBB	2588	571.0000
ACDDDBAABCCEBBGNDJEAACBBBCECFDMDDAEAAHBBCCDDCCBCCBCLBBEAAADDDDBBEECCBCCAAAIKOEEDCADDABEACBDCB	2985	556.4400			
ACEDBBAACDDBAABCCEBBGNDJEAACBBBCECFDMDDAEAAHBBCCDDCCBCCBCLBBEAAADDDDBBEECCBCCAAAIKOEEDCADDABEACBDCB	3053	505.6800			
CCABBDDCAAECCBNDJEAACBBBCECFDMDDAEAAHBBCCDDCCBCCBCLBBEAAADDDDBBEECCBCCAAAIKOEEDCADDABEACBDCB	3169	502.3800			
CBCDCDEEABBBGABDACAADDAECBCCCEIMBFHEABBBBCEAEEDDACCJABBBCCABBDACAEEELCBBBDEDDCCBEOKAAACDDAABCC	3342	460.8000			

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
7	PI	IP	CAACBBCCCCCGKAAAAAHBDDDDDBEEEEEAAABBBEEAAAAAABNDDDDDDECCBCCCCCAEJBBB BBBEEEEEDDDDFIMODLCC	1610	3217.1000
			CAACBBCCCCCGKAAAAAHBDDDDDBEEEEEAAABBBEEAAAAAABNDDDDDDECCBCCCCCAEJBBB BBBEEEEEDDDDFIMODLCC	1667	2841.9600
			BBBEEEEEEACCCCGKAAAAAHBDDDDDBEEEEECCCBBLCDADDDOMFICJCEBCCCEDDDDDBNAAAAAEEEBBBAACCB	1718	2480.7800
			BBBEEEEEEACCCCGKAAAAAHBDDDDDBEEEEECCCBBLCDADDDOMFICJCEBCCCEDDDDDBNAAAAAEEEBBBAACCB	1757	2225.7600
			AAAAAANDDDCCCGCAJBBBEEEEEDDDDFIBBEDACBAADDCLKABEEBBBCCCCBBBEEEEEEAAAAAABDDDDCCBBBMOGHAAA	1771	1571.0800
			CGBBBDEEEAAAAAABNDDDDDCCBEEEDACBCCAADDLKBEEBBBCCCCBBBEEEEEEAAAAAABDDDDCCBBBEIAJHFMOC	1805	1396.0600
			OCBCCGBBBDEEEAAAAAABNDDDDDCCBEEEDACBCCAADDLKBEEBBBCCCCBBBEEEEEEAAAAAABDDDDCCBBBEIAJHFM	1846	1309.1200
			OCBCCGBBBDEEEAAAAAABNDDDDDCCBEEEDACBCCAADDLKBEEBBBCCCCBBBEEEEEEAAAAAABDDDDCCBBBEIAJHFM	1868	1301.6200
			EBCCBCCBDDBBEBKAAAAAEEEDDDDFIMODLCCCAACBDDCCBCCCCGBBBEEAEAAAAAABNDDDDDCCBEEEDACBBAHBE	1973	1251.0400
			OCBCCGBBBDEEEAAAAAABNDDDDDCCBEEEDACBCCAADDLKBEEBBBCCCCBBBEEEEEEAAAAAABDDDDCCBBBEIAJHFM	2073	1248.3200
			EEEBECCBDDDBBBKAAAAAABNDDDDAAEAEFCBIMODDBCCCCGGBBNDJEAEEDEAAAAAABLDDBCCBCCCAADDEEBBA	2075	1058.0600
			EEEBECCBDDDBBBKAAAAAABNDDDDAAEAEFCBIMODDBCCCCGGBBNDJEAEEDEAAAAAABLDDBCCBCCCAADDEEBBA	2148	1056.8800
			DFDACCBBEACCCCGKAAAAAHBDDDDDBEEEEECCCBBLCDADDDOMFICJCEBCCCEDDDDDBNAAAAAEEEBBBAACCB	2157	960.4600
			DFDACCBBEACCCCGKAAAAAHBDDDDDBEEEEECCCBBLCDADDDOMFICJCEBCCCEDDDDDBNAAAAAEEEBBBAACCB	2305	883.2000
			OEEDCCBCCBBEAEAAAAAABDDDDCCBEEEDACBBAHBEEBEFCBCCGGBDDDAAMNCCAAAAEBCCBCCBADEELBCCDDKAAI	2406	874.4400
			CBDDDDDEAAAAAACCBBDDCAIIBCBEEEBBAJEECAAHDEEBFCCGGBDDDAAMNCCAAAAEBCCBCCBADEELBCCDDKAAI	2435	808.0400
			CBDDDDDEAAAAAACCBBDDCAIIBCBEEEBBAJEECAAHDEEBFCCGGBDDDAAMNCCAAAAEBCCBCCBADEELBCCDDKAAI	2508	799.1200
			BAACEJEBBBCCDDDAADBNCCAAAAECODDBCCDDDBLCAAAAEIEEBBBBCECBADEEBBCCFAADDAAAEAEBCGICB	2522	755.9200
			ADDDCEEBBHAABJCAEAEBCDDDBAAACCBEEEDDDDFACBEEIEECAAABCCOBBAADDLDDDDNCCAAAAEBCCBCCBADEELBCCDDKAAI	2584	748.7600
			ADDDCEEBBHAABJCAEAEBCDDDBAAACCBEEEDDDDFACBEEIEECAAABCCOBBAADDLDDDDNCCAAAAEBCCBCCBADEELBCCDDKAAI	2653	737.0000
DDAAAEAEBCCCBEEEBBKAADDBLDDDBCCBCCCCGBOAADAIEAEFEEDDAAMDBNCCAAEBCCBCCBADEEBBCCFAADD	2668	674.4000			
EBCCDDDAACBGGACCEIDAKCAMEAEAEBCBCEJAHDDAADDDCFBDEAEBCBEEIEECAAABCCOBBAADDLDDDDNCCAAAAEBCCBCCBADEELBCCDDKAAI	2783	583.5800			
EBCCDDDAACBGGACCEIDAKCAMEAEAEBCBCEJAHDDAADDDCFBDEAEBCBEEIEECAAABCCOBBAADDLDDDDNCCAAAAEBCCBCCBADEELBCCDDKAAI	2797	556.2000			
EAAEBCAODCCDDDECBBAEAAACBCECBADEEBBCCJHFAAADCCBLEDABCEBANADCCBBADEEBBCCDDAACBGGACCEIDAKCAME	3153	523.8400			
EAAEBCAODCCDDDECBBAEAAACBCECBADEEBBCCJHFAAADCCBLEDABCEBANADCCBBADEEBBCCDDAACBGGACCEIDAKCAME	3169	517.9800			
EAAEBCAODCCDDDECBBAEAAACBCECBADEEBBCCJHFAAADCCBLEDABCEBANADCCBBADEEBBCCDDAACBGGACCEIDAKCAME	3280	511.2200			
CEBBEBCDDCCANAAAEABBBCEEDDDCCAEADDBDCAABIAACIMADLEBKAFAEBHCCDDECEBCECBBAADAACCAEDDABEBFC	3615	511.2000			
DAEBCACAAEEEGDDMDACHDBBBAEBCBCEADCEODDBBAFAAEBCBCKCAEJBDADAEEDDBAABEBCDDENEDDBAABEBCDDALDIA	4039	490.8600			
EGDDAHCDBBAEBCBCEADCEODDBBAFAAEBCBCKCAEJBDADAEEDDBAABEBCDDENEDDBAABEBCDDALDIA	4116	438.1200			
8	API	PI	ECCCBBAACCCBBBAAAAAEEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	1859	2058.8200
			ECCCBBAACCCBBBAAAAAEEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	1982	1919.0600
			AAAOBDEEEIECCCBBBBAAAAAEEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2033	1064.6400
			AAAOBDEEEIECCCBBBBAAAAAEEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2182	938.1000
			DDDDCCBBAACCCBBBAAAAAEEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2227	925.1000
			DDDDCCBBAACCCBBBAAAAAEEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2268	844.8800
			EHBNDEEDDAACCCBBBDEEEIEAAADAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2275	795.0800
			EHBNDEEDDAACCCBBBDEEEIEAAADAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2301	734.3600
			DDAAOBNCEEEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2332	728.4600
			DDAAOBNCEEEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2368	704.2600
			BBCDDEAABNECEEEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2407	670.6600
			BBCDDEAABNECEEEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2425	663.4000
			DDEAABNECEEEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2437	600.6600
			DDEAABNECEEEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2534	598.8800
			BDDAECCBAAAAAEBBHEGDDDMOECBBLDEEBNAACDAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2627	592.4000
			BDDAECCBAAAAAEBBHEGDDDMOECBBLDEEBNAACDAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2670	587.4200
			BBCABCEANEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2683	582.2200
			BBCABCEANEEDDCCBBBAAAAAABHBBCCDDDLIAAAAEIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2705	552.4000
			BDDAECCBAAAAAEBBHEGDDDMOECBBLDEEBNAACDAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	2748	525.7800
			BDDAECCBAAAAAEBBHEGDDDMOECBBLDEEBNAACDAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	3095	525.2200
BCACEADDDBBBAEACCKBDEEABNECBADDCGHHAAAAAJBBCCDDDEEDOCBAEABEAGMCDDEAADDACCIEEBBBBLLEACD	3139	493.8200			
BCACEADDDBBBAEACCKBDEEABNECBADDCGHHAAAAAJBBCCDDDEEDOCBAEABEAGMCDDEAADDACCIEEBBBBLLEACD	3487	433.8000			
CEBACBBDJDDDEBEACBAAIACBNAEDDFBBAEACBCCDDDBLDEEBAACDAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE	3855	414.6200			
CEBACBBDJDDDEBEACBAAIACBNAEDDFBBAEACBCCDDDBLDEEBAACDAAIIECCBBDDEEMKDDDFDDEEDLHCDDCCBBAADDCBBAACCCBNEEBBAAAAAABAEDEE					
9	API	API	BCCB BBBEEEEAAAODDDNJKCCDDHIMGBEAAAAAADACCBCCFDDBLBBDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	1911	1878.6200
			BCCB BBBEEEEAAAODDDNJKCCDDHIMGBEAAAAAADACCBCCFDDBLBBDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	1941	1648.6200
			DBBBEEEEAAAODDDNJKCCDDHIMGBEAAAAAADACCBCCFDDBLBBDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2005	1405.0600
			DBBBEEEEAAAODDDNJKCCDDHIMGBEAAAAAADACCBCCFDDBLBBDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2036	1290.1600
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2067	1183.0800
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2083	1118.4600
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2105	923.2800
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2268	864.2200
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2305	820.3200
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2374	816.8200
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2375	798.4600
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2408	769.0000
			CCCCEDDLBEEACCAAAAAADDDABDDDEEBBEEAABBBCCBCCBCCBDDAAAAAEEEEE	2596	766.5200
			BEEDDBCCBABBAAADDAACCCCADABBBBAEEDDLBGGIEMNKACCCACEEEOBBAABEDDAAACCCBDECBBAAEEDHFDJDDABBAE	2644	741.0200
			BEEDDBCCBABBAAADDAACCCCADABBBBAEEDDLBGGIEMNKACCCACEEEOBBAABEDDAAACCCBDECBBAAEEDHFDJDDABBAE	2687	739.9400
			BEEDDBCCBABBAAADDAACCCCADABBBBAEEDDLBGGIEMNKACCCACEEEOBBAABEDDAAACCCBDECBBAAEEDHFDJDDABBAE	2690	716.2400
			BEEDDBCCBABBAAADDAACCCCADABBBBAEEDDLBGGIEMNKACCCACEEEOBBAABEDDAAACCCBDECBBAAEEDHFDJDDABBAE	2795	667.9400
			EADBCCCBBAAEEDDABDDDEEBBDDCCDACCACAAABBJNKOEIHHMBEAEAAAAADDFCCBDBBDEEBBCCCAACAAEAAAEEDBBD	2955	663.2400
			EADBCCCBBAAEEDDABDDDEEBBDDCCDACCACAAABBJNKOEIHHMBEAEAAAAADDFCCBDBBDEEBBCCCAACAAEAAAEEDBBD	3039	646.2400
			DEBCCICEEDDLBEEACCAAAAAADDDCCMFBNNKOBDDAEABCCDDEEAEABBDCCCHJCAAEEDCBEDDBEACBACAEEDDGBBBAACABED	3078	630.5000
DEBCCICEEDDLBEEACCAAAAAADDDCCMFBNNKOBDDAEABCCDDEEAEABBDCCCHJCAAEEDCBEDDBEACBACAEEDDGBBBAACABED	3149	618.2000			
DEBCCICEEDDLBEEACCAAAAAADDDCCMFBNNKOBDDAEABCCDDEEAEABBDCCCHJCAAEEDCBEDDBEACBACAEEDDGBBBAACABED	3176	577.8400			
DEBCCICEEDDLBEEACCAAAAAADDDCCMFBNNKOBDDAEABCCDDEEAEABBDCCCHJCAAEEDCBEDDBEACBACAEEDDGBBBAACABED	3248	474.3000			
CAECMEBAKCEDABDCBDBAABDDAAEABCCBEBLEAEADDDCAICGGGBBDEDBEACBACAJBBCCCEAAAHNBFADABEDCCBDAEE	3867	473.8800			
CAECMEBAKCEDABDCBDBAABDDAAEABCCBEBLEAEADDDCAICGGGBBDEDBEACBACAJBBCCCEAAAHNBFADABEDCCBDAEE					
10	API	2-Opt	DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	1857	5144.7600
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	1875	2518.0800
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	1918	2411.6400
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	1929	1478.9000
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2074	1317.3200
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2086	1016.8200
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2097	938.8600
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2176	800.4800
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2184	785.7800
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2242	634.6600
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2550	622.1200
			DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2687	576.4400
DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	2752	514.4200			
DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	3003	567.8000			
DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	3183	511.5800			
DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	3726	510.6600			
DDDAACCBCCBCEEEIECCBBDDBCCBEEEFMNGOCKDDJAAACCCCHHILDDDDAAAEIEEBLBBBBAADAEEBBBAADAAAAA	3763	493.0200			

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
11	API	3-Opt	CCBAAAAAEEEDAACCCBBBFAAAAIGCEEECCCAADDDDDNEEEAAAABCCBBBEEBCCBBBKEHLADDDDDDDMCCCBBBBCEBB	1797	4219.6000
			BEIEEBGCBLLDDDDDDCCBBBEEEFAAACAAAHHBCCBMAAAACAAEEJBEBBEBOCCAAAIAAEEBAANICCBDDDDDDCCBBBEE	1798	2360.9000
			BGCBLLDDDDDDCCBBBEEEFAAACAAAHHBCCBMAAAACAAEEJBEACCEEBBBOAAKAAEEBAANICCBDDDDDDCCBBBEE	1814	2060.0200
			EBBLCDDDDDCCBBBEEBCCGIAAANFBBBBCCAAAAMDDDAACCEEEJBEBBBBOCCAAAIAAEEBAANICCBDDDDDDCCBBBEE	1865	1822.5400
			EBGCBCLLDDDDDDCCBBBEEEFAAACAAAHHBCCBMAAAACAAEEJBEBBEBOCCAAAIAAEEBAANICCBDDDDDDCCBBBEE	1872	1816.9000
			CBCCDDDDGAAAEEBBIAEDAMCCBCCJBBFAEEEOABBBBCCCAANDDDDDAACCEEECCBBBKEHLADDDDDAAEECCBBBDEEAAC	1963	775.5400
			CBCCDDDDGAAAEEBBIAEDAMCCBCCJBBFAEEEOABBBBCCCAANDDDDDAACCEEECCBBBKEHLADDDDDAAEECCBBBDEEAAC	1978	750.2600
			BCCDDDDGAAAEEBBIAEDAMCCBCCJBBFAEEEOABBBBCCCAANDDDDDAACCEEECCBBBKEHLADDDDDAAEECCBBBDEEAAC	2155	732.3400
			CBCCDDDDGAAAEEBBIAEDAMCCBCCJBBFAEEEOABBBBCCCAANDDDDDAACCEEECCBBBKEHLADDDDDAAEECCBBBDEEAAC	2192	692.7000
			CAAEEDDACCBBCCBLLCCAAEEDDDAEEBBCCBAACDDDDGJAAEFBBAEEMCOABBBBCCCAAHDDDDDAACCEEECCBBBKENDEA	2247	646.9800
AEEDDACCBBCCBLLCCAAEEDDDAEEBBCCBAACDDDDGJAAEFBBAEEMCOABBBBCCCAAHDDDDDAACCEEECCBBBKENDEA	2366	646.1800			
AEEDDACCBBCCBLLCCAAEEDDDAEEBBCCBAACDDDDGJAAEFBBAEEMCOABBBBCCCAAHDDDDDAACCEEECCBBBKDEACA	2367	618.8800			
AEEDDACCBBCCBLLCCAAEEDDDAEEBBCCBAACDDDDGJAAEFBBAEEMCOABBBBCCCAAHDDDDDAACCEEECCBBBKDEACA	2420	606.2400			
AEEDDACCBBCCBLLCCAAEEDDDAEEBBCCBAACDDDDGJAAEFBBAEEMCOABBBBCCCAAHDDDDDAACCEEECCBBBKDEACA	2446	568.9400			
CAAEEDDACCBBCCBLLCCAAEEDDDAEEBBCCBAACDDDDGJAAEFBBAEEMCOABBBBCCCAAHDDDDDAACCEEECCBBBKDEACA	2788	527.9600			
CBCCADDEEAACAEHBBCCDDDDMADEKAAEENDDCBCCBBAJAAOAIICDCEBCEDEFAACCBCEADBBEACBDDCEAADDDCCCBLLB	3110	503.6000			
CBCCADDEEAACAEHBBCCDDDDMADEKAAEENDDCBCCBBAJAAOAIICDCEBCEDEFAACCBCEADBBEACBDDCEAADDDCCCBLLB	3126	478.0400			
EBCBABCCAAEEDCABBCCDDAEDAMKAAEENDDGBCBCCBBJAAOAIICDCEBCEDEFAACCBCEADBBEACBDDCEAADDDCCCBLLB	3158	456.9800			
12	API	Or-Opt	CCCCCEEMAAADGODDAAAEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAAAAEEEBBCCCAACFDDBBDDAEEDDAICBKCCAAEECCC	1851	1593.6600
			BILKABCCCAAAGFDDDBBBEEDDDCEEMAAOAAEEEBBCCACENDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	2028	958.9800
			AMDDDBCCCAAEECCBBBCCAAAEEDDDCCDAHCCBCCAAABDEDDIILKAEEBBBBGEJBBEEFCCEAAAAACCCNDDBBDDDDAAE	2259	938.0600
			EDEABBBCCCAAEDFDDCBLLKADBEBAACCCCEEBBMAADDDGODDAAAEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAA	2269	919.7200
			IABLDCADEDDHAECCBBBCCCCCAKCEEBBMAAGODDAAAEEBBCCACCNDDDDECCCAAAAAEEEBBCCBDDBBCCFJAAAEEDDB	2272	894.0600
			IEDDIABLDCAEEACBBBCCDCCCAKCEEBBMAADDDGODDAAAEEBBCCACCNDDDDECCCAAAAAEEEBBCCBDDBBCCFJAAAEEDDB	2298	768.3600
			BCCCAAAAEFBDEEAAAEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCBDDBBCCFJAAAEEDDB	2381	767.2800
			CNAEDDABCCCEBBAAAAEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCBDDBBCCFJAAAEEDDB	2432	727.4200
			CCCAADDEDDIILKAAEEEBBCCBCEEDDCCNAEEDDGGCABCCMAEDAAAEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAA	2558	670.2600
			NEEDGODDAAAEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCBDDBBCCFJAAAEEDDB	2698	630.4800
EAAEEEBBCCCAAAGFDDDBBBEEDDDCEEMAAOAAEEEBBCCACENDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	2886	604.6800			
MIAAAEEEBBCCCAAAGFDDDBBBEEDDDCEEMAAOAAEEEBBCCACENDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	2899	602.3200			
AAOCEBBBDDCAAECEBBBCCAAAEEDDDCCDAHCCBCCAAABDEDDIILKAEEBBBBGEJBBEEFCCEAAAAACCCNDDBBDDDDAAE	2924	588.7400			
AAAEEBBCCCAAAGFDDDBBBEEDDDCEEMAAOAAEEEBBCCACENDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	2945	562.7200			
AEEBBCCCAAAGFDDDBBBEEDDDCEEMAAOAAEEEBBCCACENDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	3035	512.1000			
CBCCAAEAEABDDACKCEBBDLCCBAAAAEEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	3420	506.8400			
AADCCEEBBMAJFCDECCNDAAEABDDACKCEBBDLCCBAAAAEEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	3519	496.2600			
BMACCCNDAAEAEABDDACKCEBBDLCCBAAAAEEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	3594	478.0200			
CBAAADCEEBBMAJFCDECCNDAAEABDDACKCEBBDLCCBAAAAEEEBBCCACCNDDDDDDEBBBCCAHBBBAAACCCCEAAAAAEEEBBCCADJDCDB	3619	417.1200			
13	API	Double-bridge	DAABBBBCEEEAAAEEBBHDLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDCEAACCC	2178	1496.2600
			AIDCCCEEECBDDOAAAEBGLCCCMCCBBHBEJAADDCEAAAEKBBBNDDECAACCCDDDAABBBBCEEEAAAEEBBBDDBDDBBAA	2198	1270.6600
			CCDDDAABBBBCEEEAAAEEBBHDLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	2200	811.4400
			AAECCBDDFDDDBBAAIIDCCCEEEGLDDBBAAACCCCAOBEEMCCBBHBEJAADDCEAAAEKBBBNDDECAACCCDDDAABBBBCEEE	2229	675.8600
			CCDDDAABBBBCEEEAAAEEBBHDLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	2261	649.0400
			CAACBDEEECBDDOAAAEBBGLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	2504	648.5000
			CABACCEEECBDDOAAAEBBGLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	2626	634.9400
			CCDDDAABBBBCEEEAAAEEBBHDLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	2662	601.0600
			CCDDDAABBBBCEEEAAAEEBBHDLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	2709	557.0600
			BACCEEECBDDOAAAEBBGLDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	2727	556.4200
ABCCAADLDEEBBBDDBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAAAIIDCCDCCCEKDAOBREAAEEMCCCAJEBBBDDBDCEAAAAEEEBBBDDBDDBBAA	3036	555.2000			
KCBDAEEDBBDCAACDDNFBBAAAAEEDDCEBCCDDBEIAACCAALBECBBDCECAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	3309	554.1200			
BBEBEDCAACDDNFBBAAAAEEDDCEBCCDDBEIAACCAALBECBBDCECAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	3368	549.4000			
BBEBGAAACDDDEFBBAAAAEEDDCEBCCDDBEIAACCAALBECBBDCECAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	3484	516.4800			
DEBECAACABEDCCBDEKCDABCLBAACCAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	3654	507.7200			
CBDEECCDAEABLBAACCAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	3674	485.6000			
BDEECCDAEABLBAACCAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	3772	469.9000			
ACAIEDDBBACJCCDEEBBDAEMEAACCAKBBCCBEDDADAACBBAOCEHBEBDLGFNBAECABEBEGBAADCABEDCCBDBBCCDEDAEA	3996	454.9600			
DEEBBBAEACCCBDEEBBCCDEKAAEAACAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	4140	430.4400			
BGAADCABEDCCBDEEBBCCDEKAAEAACAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	4240	427.1600			
BEBAADCABEDCCBDEEBBCCDEKAAEAACAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	4331	381.0200			
CCABDEEBBGAADCABEDCCBDEEBBCCDEKAAEAACAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	4572	378.8200			
BEBAADCABEDCCBDEEBBCCDEKAAEAACAIIEEDBDBACBDEIEACCEAAABBDGCHGEFAAEBCBBDFAAEEDDDACBMB	4602	365.6600			
14	API	IP	DDAAAAHAABBBBCCCEKLDLDDDDAAAGJMBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBCEFEFEFECECCCB	1501	5534.7000
			DDAAAAHAABBBBCCCEKLDLDDDDAAAGJMBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBCEFEFEFECECCCB	1562	5247.7600
			DDAAAAHAABBBBCCCEKLDLDDDDAAAGJMBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBCEFEFEFECECCCB	1574	3421.0200
			DEAAAAAABDCCBBCCCEEEAAAAADDDDDKIEECCCCJBBCCBDDDDNAAAAEEECCECCFLMGOBBBBAABAAHBBBCCDEEED	1643	3033.2400
			BBBLBBBCCACCHCCMCCCEEEAAAAADDDDDKIEECCCCJBBCCBDDDDNAAAAEEECCECCFLMGOBBBBAABAAHBBBCCDEEED	1645	2467.7200
			BBBBIIFDEAAEEAAEEECCECCJBBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	1657	2102.9200
			DDDAACCCBBBCCBCCFEFEEDAAEEECCECCMCCJBBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	1662	1519.6000
			HAALDDDBBBAACBCCFEFEEDAAEEECCECCMCCJBBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	1673	1351.2200
			DDDDAAACCCBBLLBIFDEAAEEEDAAEEECCECCMCCJBBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	1728	1282.3400
			DDDDAAACCCBBLLBIFDEAAEEEDAAEEECCECCMCCJBBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	1744	1239.6800
EEEECCMCCBBBDDDDAAAECCBBBBOBBAAAAEEEEEAAAAANDDDDBCCBBCCCEEBDDAAAHLLDEKIEDDCCBBBACBBCCFEEDAAE	1763	1176.2000			
EEEECCMCCBBBDDDDAAAECCBBBBOBBAAAAEEEEEAAAAANDDDDBCCBBCCCEEBDDAAAHLLDEKIEDDCCBBBACBBCCFEEDAAE	1827	1166.2400			
CCBBGAAADDDAEEBBBAACCMNDHCCCEEBBMLDDDDCFECCJCAAAAABBEBBEEAAAAADDDKIEECCCECCBBDDBDDBBBAACBBBCCFEEDAAE	1915	1138.6000			
DDDDAECCFBBAABBBCCCEEEDEAAEEECCECCMCCJBBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	1995	1056.2400			
CBDDDDNAAAAEEEEECCCEMDDBBGAAABCCBBDDEEDDCEEDABBBBHLDDDDFECCJCAAAAABBEBBEEAAAAADDDKIEECCCECCBBDDBDDBBBAACBBBCCFEEDAAE	2010	966.4000			
CBDDDDNAAAAEEEEECCCEMDDBBGAAABCCBBDDEEDDCEEDABBBBHLDDDDFECCJCAAAAABBEBBEEAAAAADDDKIEECCCECCBBDDBDDBBBAACBBBCCFEEDAAE	2120	868.8400			
IBCCAAAEHBBBCCCEKCEDEEDDDAANDAAACCCGBOEMCCCAABBBBAADDEECCEDDACEBFLCCBBBCCJAAAADDEEDDBBCCDE	2215	866.8200			
EDCCBBBAAAEDEECCCFABDDDCBIAAABGMCCJEBBBDDBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	2315	751.8600			
DEEDBBAACCBAAAAAGBCCDEEECAABBNDDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	2397	751.6800			
CEBAADDECCDDAEEBBBAACCMNDHBBEEDDDCFIKLGAACACBOBCEEECAABBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	2432	705.0000			
AEAAGBCCDEEECCAAABNDDBBBDDBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	2461	690.1600			
AAACCMNDHBBEEDDDCEEDCBBAAAAEDEECCCFABDDDCBIABLAACBBBBAACBBBBOBBAAAAADDDIEEEECCECCBAAACCEEDDLDBHBBKDDFAACCB	2589	628.4200			
CBENDCBAADDAICBCCCEEBBBAACCBABBAEDDCEEDABBBBHLDDDDFECCJCAAAAACEMADDBBCCDDAEEBBBAACCB	2622	609.3000			
DBBAAACECCDDAEEBBBAACCMNDHBBEEDDDCEEDCAACBFCBAEBGKBBBCECCDDDAABACBCEDEALBCCDDBBIAAEJCB	2717	592.5400			
DBBAAACECCDDAEEBBBAACCMNDHBBEEDDDCEEDCAACBFCBAEBGKBBBCECCDDDAABACBCEDEALBCCDDBBIAAEJCB	2781	568.5200			
BAAECECCDDAEEBBBAACCMNDHBBEEDDDCEEDCAACBFCBAEBGKBBBCECCDDDAABACBCEDEALBCCDDBBIAAEJCB	2834	482.0000			
15	2-Opt	PI	EEEECCBBFLDDDDAAAEBAAAAEEEBBCCBBBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2063	1674.2800
			EEEECCBBFLDDDDAAAEBAAAAEEEBBCCBBBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2078	1246.1200
			BBBBBAAAEFEEBBCCCECCDDDBDDAADDJBBCEAAAEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2095	1188.1000
			AADJBBIEAAAEFEEBBCCCECCDDDBDDAADDJBBCEAAAEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2110	1084.6000
			EEACCBBFLDDDDAAAEBAAAAEEEBBCCBBBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2159	997.9600
			AAAEFBBDCCBBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2163	960.4400
			CCFLDAAAEEBCCBBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2193	870.1600
			CCBFLDDBAEAAAEEBBCCBBBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2267	863.2600
			CCFLDAAAEEBCCBBBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2277	825.2000
			BBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2328	821.6200
BBCEACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCDDDAAGEBBBDDOADDJBBBBAAAEEEMCBCCBCCBDDDAHINKACCCC	2392	667.1800			
AAABCCDFDCCCEEBEACDDDEEBBCCNAABBBDDCCJAAAEEMCBDDAAHCCDDDAAGEBBBGECECCBFLDDDBBBAACBBBCCFEEDAAE	2430	646.1400			
AAABCCDFDCCCEEBEACDDDEEBBCCNAABBBDDCCJAAAEEMCBDDAAHCCDDDAAGEBBBGECECCBFLDDDBBBAACBBBCCFEEDAAE	2522	617.6800			
AAAAEBCDCCBBCEICCBEDAANDDAEECCBBDAAECCBAABCCJADECFBEBKDDDEAAACBCCBBBBAADDDCCCEAAECCBBBAAALGGDDDEA	2797	616.9800			
AAAAEBCDCCBBCEICCBEDAANDDAEECCBBDAAECCBAABCCJADECFBEBKDDDEAAACBCCBBBBAADDDCCCEAAECCBBBAAALGGDDDEA	2899	553.7400			
CBABDDEAAAEBCBCEDAANDDMECCBBDAAECCBAABCCJADECFBEBKDDDEAAACBCCBBBBAADDDCCCEAAECCBBBAAALGGDDDEA	2914	475.6200			
EBCEDDAADCBBCCDBBNEEMCBABDDDAAEABGDCBADCBAECEECEHKLJLBFCCBEABCIDAADBAADDBCCCEEBBCCDCEAACBAE	3909	467.6600			
EBCEDDAADCBBCCDBBNEEMCBABDDDAAEABGDCBADCBAECEECEHKLJLBFCCBEABCIDAADBAADDBCCCEEBBCCDCEAACBAE	3954	468.6600			
ADACECDBAABCCEDDAAOCEBCCBBDKNCNABCAADMCAEEDDBDAEIAEBAABCCBCCDLAEFCBCEACBEAGDCBADCBAECEECEHKLJLBFCCBEABCIDAADBAADDBCCCEEBBCCDCEAACBAE	4307	448.2800			

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
21	2-Opt	IP	DDEECCBFAAABBBCCEEECBBAAOEEEBCCBCCJCBBAADDDDEEBBCCMKGAIAADDAALCCCNDDDEEAAAAEHBDD	1741	3192.9400
			AAEEDJBBBCDDDDCCCEEEAAABBBEEAADAACCGICCCCEEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	1752	2880.3000
			AAEEDJBBBCDDDDCCCEEEAAABBBEEAADAACCGICCCCEEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	1781	2782.3600
			EECCFAAACCCBBEEDDDAAAABCCJBBCCBEEEOAABBBCEEECKGAIADDDAALCCCNDDDDDEEAAAMBBBHHBBBAEEDDD	1833	2588.7400
			AAAAAABCCDDDEAAABFBEBBHEMGICEBBBAEEDDDCCCEEBBCCBCEEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDDEEEBBEE	1858	2571.6000
			AAAAAAEJBBBCDDDDCCBEBBCCMKGIAADALCCCNDDDEEAAAAEHBBBAEEDDDCCCEEBBFADEEBBEEEBBBAAOEE	1860	2003.5800
			BBEEDDDBAAOEEBAAAAEEJBBBCDDDDCCBEBBCCMKGIAADDAALCCCNDDDEEAAAAEHBBBAEEDDDCCCEEBBFADEEBBEEEBBBAAOEE	1873	1769.5600
			CCCEEEBBBAOEEBAAAAEEJBBBCDDDDCCBEBBCCMKGIAADDAALCCCNDDDEEAAAAEHBBBDADFDDAECCDEEBBCC	1905	1655.2600
			AAAAAAEJBBBCDDDDCCCEEEAABBBEEEBBEBFBEEBOHDEAAAAEEEDDDCCCLADAAIAGKCCBBBCCCEEBBDDAAA	1922	1606.5400
			DDABFDAAECCDEEBBCCCEEECBBAAOEEBCCBCCBBAADDDDEEBBCCMKGIAADDAALCCCNDDDEEAAAAEHBBB	1923	1505.6800
			DEEEAAABCCDDDEAAABFBEBBEMKGICEBBAAEEDDDCCCEEBBEEEDDAAAABCCBEBEEDDHOAAEEJBBBBAALCCCNDD	1932	1210.7000
			BJEEAAABCCDDDEAAABFBEBBEMKGICEBBAAEEDDDCCCEEBBEEEDDAAAABCCBEBEEDDHOAAEEJBBBBAALCCCNDD	1946	1060.2000
			BJEEAAABCCDDDEAAABFBEBBEMKGICEBBAAEEDDDCCCEEBBEEEDDAAAABCCBEBEEDDHOAAEEJBBBBAALCCCNDD	2004	1034.1200
			DEEEAABCCDDDEAAABFBEBBEMKGICEBBAAEEDDDCCCEEBBEEEDDAAAABCCBEBEEDDHOAAEEJBBBBAALCCCNDD	2048	1003.3200
			ABLCCDDDDDEOCEEBBBJEAAAAAABCCDDDEAAABFBEBBENMKGICEBBBAEEDDDCCCEEBBEEEDDAAAABCCBEBEEDDAAA	2060	934.6400
DDAOAABBBCEEEBCCBEBEEDDAAAABCCDDDDDEAAABBBCCJBBCEELDEICCNKACCBAAADDEEEEBCCBMBFAAABCCDD	2063	775.0000			
CCBBAAEEDCCBEBEEDFAAAABCCDDDDENKGAEECCBBBEEAAAAEBBDDCLDCBCEAAMCBIODDDEEBBAABAEHDDCC	2313	553.3000			
ABBCCCEEEAABCELEADDCCBBAECAAABCCDDMACOBBDICEENKCCGAABBACBCEAEHFDDDDAAAABCCBCEEBBEEEDDAA	2699	551.7000			
EEDDCAACCFEELADDCCBCECAAABCCDDMACOBBDICEENKCCGAABBACBCEAEHFDDDDAAAABCCBCEEBBEEEDDAA	3604	526.2000			
CABEBDECAACCFEELADDCCBCECAAABCCDDMACOBBDICEENKCCGAABBACBCEAEHFDDDDAAAABCCBCEEBBEEEDDAA	3622	496.6800			
LCEDCBAAADCEABBDDDAEEABCCDEIKCEBBAACECCGIBOACDCBACBBAEABCEACBDDACDDDEAFEEBDEEBDDMAACBCC	3844	482.3800			
BDADACEBCEBBAACECCBACADDDCCBAEEDDDMACOBBDICEENKCCGAABBACBCEAEHFDDDDAAAABCCBCEEBBEEEDDAA	3940	472.2800			
BDADACEBCEBBAACECCBACADDDCCBBAEEDDDMACOBBDICEENKCCGAABBACBCEAEHFDDDDAAAABCCBCEEBBEEEDDAA	3947	452.5600			
22	3-Opt	PI	KAAAAABCCBCCBCCBCCDDDDDEAAAAEBGGCCBDDDDDMANOCEEEHEAAAAAABBEBCBCCBBAADDDDEEHEEIAICLCBAAEE	1663	2335.3600
			CCBBDDBDDDEEHEEIJLCCBAAEEKAAAAAABCCCEDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	1795	1696.4800
			AAAAACCCBDDCEDDCAABBBNOCHEEDDDDEEHEEJMLCCBAAEEKAAAAAABCCCEDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	1880	1300.9000
			AAAAAJCEEEDDBBBBCCCEBEENDDICDFBCCDDDDDEEAAAAEBBCCBAAEEKAAAAAABCCCEDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2000	1293.6200
			DDDAABAAAAEBCCBCCBBDCEEDDCAAAABCCCLMJJFEEEDDDDEHEBCCNBBBEEKAAAAAABCCCEDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2025	1183.8200
			AABAAJCEEEDDBBBFDDIDDDNEECCBCCBBDCCDDDDDEEAAAAEBBCCBAAEEKAAAAAABCCCEDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2053	1167.7600
			DEEBCCBCCBBDNMAAAAEEDDDDEEHCOCBBBAAGCAEEDDDCCCAECCBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2076	1035.0000
			AAEDDBBDDDEEBCCBCCBBDCAACDDDDDEEAAAAEBBCCBAAEEKAAAAAABCCCEDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2092	998.6800
			DDDDAAAAEBBACBIEGEEBCCBCCDDAAAEEOBBBACFKDNDNAELCABCJHCCDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2145	990.2600
			ECFDDDEEBCCBBAEAAAAAABCCBOCECEDDDCCBBAACBIEEHLDDDDDEEAAAAEBBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2199	944.7400
			CBBEEDDAAAABCCBBDDBCEEDDCAAAABCCCLMJJFEEEDDDDEHEBCCNBBBEEKAAAAAABCCCEDEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2228	866.9200
			GCAAEHMACBBBCCDDCCBBAEAAAAEEDDDCCCAEABBBNLAJCFDCIDDDDEEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2237	792.2000
			AAEEACBBBCCDDCCBBAEAAAAEEDDDCCCAEABBBNLAJCFDCIDDDDEEBCCBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2275	782.9400
			BMEEDDDCAAAABIEGEBLCCBCCDDAAAEEBBBACBNOBCEACBFAKEADDDDAAEEBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2510	685.7200
			BBCEEDDDCAAAABIEGEBLCCBCCDDAAAEEBBBACBNOBCEACBFAKEADDDDAAEEBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2536	626.6200
CCDDAAAEEBBACBIEGEBLCCBCCDDAAAEEBBBACBNOBCEACBFAKEADDDDAAEEBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2789	612.7800			
AAADCBMDEDDCCBEEEBFAKEDDDGLHABCAAAIEEBCCCAAADAADDEEBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2869	585.4600			
CEACBEEAADDCCBECBAAABCHDGEELCCBCCDDDEAAADAAAEFKCEEBBDCJMAEBCCBEEIEBCAABCCDDDDCAAEEDDDEEBBACBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2874	573.8600			
CBAAADCBMDEDDCCBEEEBFAKEDDDGLHABCAAAIEEBCCCAAADAADDEEBCCBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2909	569.8000			
OBCEACBEEAADDCCBECBAAABCHDGEELCCBCCDDDEAAADAAAEFKCEEBBDCJMAEBCCBEEIEBCAABCCDDDDCAAEEDDDEEBBACBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2959	560.2000			
ACBCEAADDCCBECBAAABCHDGEELCCBCCDDDEAAADAAAEFKCEEBBDCJMAEBCCBEEIEBCAABCCDDDDCAAEEDDDEEBBACBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2937	556.8000			
CEACBEEAADDCCBECBAAABCHDGEELCCBCCDDDEAAADAAAEFKCEEBBDCJMAEBCCBEEIEBCAABCCDDDDCAAEEDDDEEBBACBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2969	504.4800			
BEHCBAABCCBDEEBLCCBCCDDGAAADAAAEFKCEEBBDCJMAEBCCBEEIEBCAABCCDDDDCAAEEDDDEEBBACBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	3198	498.5400			
23	3-Opt	API	BNDDDDDDILKDDDEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1528	4015.2000
			CCCCAEEIEKDDDEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1539	2365.2400
			CCCCAEEIEKDDDEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1587	2360.5600
			CCCEIEKDDDEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1653	2035.2600
			AAEEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1663	1669.7600
			BBBDDBDCEEEAAAAAACEEAHBBBCCCFDDDDIMCCBBAAGCCEEEAABBBCCDDDDDDNJBBCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1711	1479.4000
			BDDDDDBDCEEEAAAAAACEEAHBBBCCCFDDDDIMCCBBAAGCCEEEAABBBCCDDDDDDNJBBCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1715	1307.1800
			CEEAABDDDDCCBBAEAAAAEEEBBCCCEEDAAAEFBGMAAHOCCCAAEBBBBNDDDDDCCBBAAAAAABCCCEEDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1827	970.1000
			CCBBAEAAAAEEEBBCCCEEDAAAEFBGMAAHOCCCAAEBBBBNDDDDDCCBBAAAAAABCCCEEDDDEEHEEIAAAAAABEBC	2133	898.2400
			DDAAAAACCCILKDDDEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	2302	888.1200
			DDAAAAACCCILKDDDEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	2344	882.1600
			BECCDHAEEEOBGAABCCCAAABBBDFLCAEEDDDDAEACCEACBIBBBBNDDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAEECBCCDDAAE	2368	817.8000
			BECCDHAEEEOBGAABCCCAAABBBDFLCAEEDDDDAEACCEACBIBBBBNDDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAEECBCCDDAAE	2386	815.8800
			BECCDHAEEEOBGAABCCCAAABBBDFLCAEEDDDDAEACCEACBIBBBBNDDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAEECBCCDDAAE	2417	808.6000
			DAEECBCCDDACDABBBBEEEDDKLCCCAAEEABCCBBAHEEMCEADACCBBDEAEOCCCAANBBBDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAE	2471	771.8400
DDILCCBBAEAAEEEBBCCCEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	2496	766.7600			
DDILCCBBAEAAEEEBBCCCEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAAABBBGAFDDDDMAAAAAEEEBBCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	2522	766.3600			
CCCAAABBBFCAEEDDDDAEEAACBNDJABBCCBCCBIBLAAAEHEEMCCEDDDDAECCBBDEADDDCAAEEDDDEEBBACBBAADDDGAEACCCBBDDBDDDDMAANOCEEEHEEIAAAAAABEBC	2593	713.0800			
CCCBDEDDAABCCDHAEEEOBGAABCCCAAABBBDFLCAEEDDDDAEACCEACBIBBBBNDDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAEECBCCDDAAE	2815	652.1200			
CCDAAEBBCCCHDAAEEEOBGAABCCCAAABBBDFLCAEEDDDDAEACCEACBIBBBBNDDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAEECBCCDDAAE	2869	637.6800			
CCDAAEBBCCCHDAAEEEOBGAABCCCAAABBBDFLCAEEDDDDAEACCEACBIBBBBNDDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAEECBCCDDAAE	2922	635.7200			
CCDAAEBBCCCHDAAEEEOBGAABCCCAAABBBDFLCAEEDDDDAEACCEACBIBBBBNDDDDDDAEEMCCCECAAAAABCCBDDAAEECBCCDDAAE	3025	625.2200			
24	3-Opt	2-Opt	DDAAANEABKFEHJDDDDMBBBAIEAAAEOLCCBCCBCCBCCBCCBEBBEEAAAAADDDCCBCCBBAADDDDEEHEEIAAAAAABEBC	1741	2146.0000
			BLBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCMCCJHFKCCDDDAEABBBACCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	1814	1679.4800
			DDDAANEEACBBLCKEHLJDDCCDDMCBBBIAEAAAEOLBCCBBAEAAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	1887	1294.9200
			BBCCBCCBCEAOEDDDDEAAAAEAEIIBBBCCMDDDCNJHFKCCCEBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	1897	969.4600
			BBDDCCCEBBAACBDEDDDAEAAAEIIBBBCCMDDDCNJHFKCCCEBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2231	959.6600
			CFEEAAAAABCCDDEADDAACBBAACCECCBDDDGJLKEECCBNDAAAEEEDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2248	908.3800
			CEEDDAHCCEDDDBBCCBBAEAAEABBBGIBNEAJMCCDDDDACCBBCCBBAAOOLKDFDABBBCEEEEDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2249	882.8200
			FEFEAAAAABCCDDEADDAACBBAACCECCBDDDGJLKEECCBNDAAAEEEDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2263	874.4400
			BBBCBDDDAEAAAAEDDCCBBAOEEDEEMABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2266	850.3200
			DGDAEEEBCCBBAEAAAAEEIIBBBCCMDDDCNJHFKCCCEBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2269	790.1200
			DDDAANEEEBBBDCCCEEBBBAEAAAAEEDDCCBCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2309	780.5600
			AEDEBCCBDDALCEFAEAIIDGACBCCBBDDBDAEENAAAADDDCCBBAOEEDEEMABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2334	702.3600
			ALDCEFAEAIIDGACBCCBBDDBDAEENAAAADDDCCBBAOEEDEEMABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2446	658.2600
			BBLCCFEAEAIIDGACBCCBBDDBDAEENAAAADDDCCBBAOEEDEEMABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2459	613.2600
			DCCLCCBDEAAAAEECCBAEABBBCCAAEEDDEBDAENBBAEEDDDCCBBAOKEEEDAEIABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2543	610.3000
DDEHDAACBBALCEFAEAIIDGACBCCBBDDBDAEENAAAADDDCCBBAOEEDEEMABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2569	570.6600			
DDDEHABBBCCAAALCEFAEAIIDGACBCCBBDDBDAEENAAAADDDCCBBAOKEEEDAEIABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2645	525.1000			
DDDEHABBBCCAAALCEFAEAIIDGACBCCBBDDBDAEENAAAADDDCCBBAOKEEEDAEIABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2687	479.4600			
CCAEABKDEEHAACBBAALCEFAEAIIDGACBCCBBDDBDAEENAAAADDDCCBBAOKEEEDAEIABBBCCNJEHFKCCBBAEEDDAAAADDDAAAEEEBBBDCCCEEBBEEEDDAAAABCCCNKDDAAALDDDDMMBBBHHBBBFEEBBAA	2761	474.8000			
25	3-Opt	3-Opt	BBBCCBAIKADECCBADAEEEFDDDAEEEDDDDDLEHBBBHHBBBAACBBBEEBCCCECCDDJAAAAAABEBC	1901	3222.8800
			BBBCCBAIKADECCBADAEEEFDDDAEEEDDDDDLEHBBBHHBBBAACBBBEEBCCCECCDDJAAAAAABEBC	2036	3040.3600
			CCCAIKADDECCBBAEAEENDDJDBBAAABCCCEEBBEEEDDDDDDFHBBBAAAOCCCBABMCCBCCBCEEEAABBBBEBLDDAAAABBB	2038	2861.8200
			CCCAIKADDECCBBAEAEENDDJDBBAAABCCCEEBBEEEDDDDDDFHBBBAAAOCCCBABMCCBCCBCEEEAABBBBEBLDDAAAABBB	2068	2099.2200
			CCCAIKADDECCBBAEAEENDDJDBBAAABCCCEEBBEEEDDDDDDFHBBBAAAOCCCBABMCCBCCBCEEEAABBBBEBLDDAAAABBB	2142	1080.4200
			MCCBCCDDDEAAAAABBBEEAADDCCBCCGDEDDAENAAAABBBEEEDDDACBBBEEBCCCECCDDJAAAAABCLDDEEFAAABCCBBAE	2154	999.6400
			KDDDFAHBMCCBBAEAEENDDCCBCCGDEDDAENAAAABBBEEEDDDACBBBEEBCCCECCDDJAAAAABCLDDEEFAAABCCBBAE	2167	971.3000
			EEBCCCEDDCCBBAAAAJDDCCBCCBLLDEEBAEAAEFAAAAABBBCCBDEHCCBCCGDDNAAEEBBEEBCCCECCMADAAAADDAEBBEE	2264	796.7600
			EEBCCCEDDCCBBAAAAJDDCCBCCBLLDEEBAEAAEFAAAAABBBCCBDEHCCBCCGDDNAAEEBBEEBCCCECCMADAAAADDAEBBEE	2282	781.1600
			CBAIKEDDFEABHMCCBBAEAEENDDCCBCCGDDDAENAAAABBBEEEDDABBBEEBCCCECCDDJAAAAABCLDDEEFAAABCCBBAE	2306	755.5400
			CBAIKEDDFEABHMCCBBAEAEENDDCCBCCGDDDAENAAAABBBEEEDDABBBEEBCCCECCDDJAAAAABCLDDEEFAAABCCBBAE	2351	717.8800
			AAABBCLDDEEBAABBBCCBAIKADDDDECCBCCGDDDAENAAAABBBEEEDDABBBEEBCCCECCDDJAAAAABCLDDEEFAAABCCBBAE	2375	613.3400
			AAABBCLDDEEBAABBBCCBAIKADDDDECCBCCGDDDAENAAAABBBEEEDDABBBEEBCCCECCDDJAAAAABCLDDEEFAAABCCBBAE	2408	578.5400
			BBAAEDDDECCBCCGDDDAENAAAABBBCCBAIKEDDFEABHMCCBCEEBBEEEDDDJAAABBBCLDDEEBAABBBCCBAE	2869	513.0600
			BBAAEDDDECCBCCGDDDAENAAAABBBCCBAIKEDDFEABHMCCBCEEBBEEEDDDJAAABBBCLDDEEBAABBBCCBAE	3458	486.5000
DEABCCBCCGDDDEAAAAABKIDACBLCBEECAEABHBCJAEABBAABDECCBCCGDDDAENAAAABBBEEEDDABBBEEBCCCECCDDJAAAAABCCBBAE	3552	478.0400			
DEABCCBCCGDDDEAAAAABKIDACBLCBEECAEABHBCJAEABBAABDECCBCCGDDDAENAAAABBBEEEDDABBBEEBCCCECCDDJAAAAABCCBBAE	3689	465.4400			
ACBBDLKADACBBAEACBAEEDCEBBAEBBICCCDDDEBHAEECEADCCDAAEABBBCCDDEEFAAABBBCLDDEEBAABBBCCBAE	3730	451.0400			
ACBBDLKADACBBAEACBAEEDCEBBAEBBICCCDDDEBHAEECEADCCDAAEABBBCCDDEEFAAABBBCLDDEEBAABBBCCBAE	3871	436.6400			

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
26	3-Opt	Or-Opt	DBBBCCCEBBBAABKCCBBBAAMGHJBBCCBCCBBAAEEBCCBBNDDDDCFDEEEEEECCOBLDDAAADAAAAADIEEEAAAAADDD	1803	7174.5200
			CABBBAAABCCBBBDEDDDEEEAAAAAEEHCCFDCAACACBCCAABBBBGOAABEMCCBBBLDDDDICEEDDDDEEEAAAAAACC	1837	2032.1600
			BEMCCBBBLDDDDCEEEAABCCAAACCCBBBDDDEDDNBBCBCCCAEEEEAAAAAABACCJBBBBDIDDEEEHDFDCAACCAAGAOAB	1881	1947.4200
			DDCCFDDKIEEAAAAACBBBCCBBBCCCEAABCCJMAAAEEDDDAAAEIDLAAEEAEACCCBBBNDHGOABCEBCCBBDD	1909	1790.9000
			DDDDAAEEBAAAECCBBBAABGHJBBCCBCCBBAAIEEECCBDDDDABCFDEEEEEECLDDAABAABAAABCCBBAAEMCCBBNDD	1926	1356.6200
			CBAAAALCCBBBMAAADDEEEFDDDBBBCECBAOAGHDDNBBCBCCCAEEEEAAAAAABCACCCJBBBBDIDDEEEAEBCCBCKAAAEEDDD	1979	1101.6400
			AAALCCBBBMAAADDEEEFDDDBBBCECBAOAGHDDNBBCBCCCAEEEEAAAAAABCACCCJBBBBDIDDEEEAEBCCBCKAAAEEDDDCBA	2007	850.5800
			DEAAAAALCCBBBMAAADDEEEFDDDBBBCECBAOAGHDDNBBCBCCCAEEEEAAAAAABCACCCJBBBBDIDDEEEAEBCCBCKAAAEEDDD	2206	115.4000
			CCBBBMAAADDEEEFDDDBBBCECBAOAGHDDNBBCBCCCAEEEEAAAAAABCACCCJBBBBDIDDEEEAEBCCBCKAAAEEDDDCBA	2256	787.4600
			CCBBBMAAADDEEEFDDDBBBCECBAOAGHDDNBBCBCCCAEEEEAAAAAABCACCCJBBBBDIDDEEEAEBCCBCKAAAEEDDDCBA	2271	785.0600
			AAFLBCCCEEEBAACADCCBBBBAADDEODDGAABEMCCBBBDDAAEEACJBNKHEBEECAAAAACBBIDDEEABCCBBAAAAEEDDCBB	2476	698.0000
			AAEBACDDDDLCCEBBBBAEAAAAEEEFACNDDEOKICBCCJBBCHHEECCAAAACBDDCADECBMADDEEBBCCBBBDDCCAAEA	2864	311.4400
			AEABCCDDDDLCCEBBBBAEAAAAEEEFACNDDEOKICBCCJBBCHHEECCAAAACBDDCADECBMADDEEBBCCBBBDDCCAAEA	2960	616.1800
BBCAIBCCDDDEEAGECCAAACBBEADCAJBAEEDNBKBBEAEAHCCAEIEEBCLDDCAACBBAACCCDDAABBBCCBAEEDMA	3098	603.6600			
CBEEEDMABCCAIIBCCDDDEEAGECCAAACBBEADCAJBAEEDNBKBBEAEAHCCAEIEEBCLDDCAACBBAACCCDDAABBBCCBAEEDMA	3129	571.6800			
CBEEEDMABCCAIIBCCDDDEEAGECCAAACBBEADCAJBAEEDNBKBBEAEAHCCAEIEEBCLDDCAACBBAACCCDDAABBBCCBAEEDMA	3224	568.4800			
BEEDMABCCAIIBCCDDDEEAGECCAAACBBEADCAJBAEEDNBKBBEAEAHCCAEIEEBCLDDCAACBBAACCCDDAABBBCCBAEEDMA	3268	554.1200			
CBEEEDMABCCAIIBCCDDDEEAGECCAAACBBEADCAJBAEEDNBKBBEAEAHCCAEIEEBCLDDCAACBBAACCCDDAABBBCCBAEEDMA	3332	251.1800			
27	3-Opt	Double-bridge	NDDEEEDDDDEEECCDDDBBBAAACCCAAAAACCCADDEEEBBBBAADCFDDDEEEBCCAAAABBBBBAKAAHCCCGGJMAELDEJB	1823	2259.5800
			BBBCEJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCAAAACADDEEEBBBBAAMDDCFDDDEEEBCCBAEEDD	1919	1781.6000
			AAAAEECCDDCBBAAACBBBDDDEEEBCCAAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	1940	1069.3600
			CCBBAACBBBDDDEEEBCCAAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2050	1049.1600
			CCAAAFBECCDDCBBAAACBBBDDDEEEBCCAAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2147	941.3000
			CCAAALJBBBBAADDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2169	914.3000
			AAAFBEECCDDCBBAAACBBBDDDEEEBCCAAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2220	859.9600
			BBBEEBCCAAAADDEECCDAAAABBBBCCCEDEEODCCBAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2229	851.9000
			BBBEEBCCAAAADDEECCDAAAABBBBCCCEDEEODCCBAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2231	791.3200
			BBBEEBCCAAAADDEECCDAAAABBBBCCCEDEEODCCBAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2328	764.4200
			DAAAAABBBCCCEEEBBAADAAHCCCEDEEODCCBAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2494	653.8000
			DDAAAABBBCCCEEEBBAADAAHCCCEDEEODCCBAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2606	644.5600
			DLCEAAABBBCCCEEEBBAADAAHCCCEDEEODCCBAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2651	633.9600
EACDDAAACBBBCCCEEEBBAADAAHCCCEDEEODCCBAALJBBBNDDEEEBCCADDEEECCAADDAAOBBBBAHAKCCCGGJMAELDEEEBCC	2898	620.7200			
KADDAACJBBBBAEADDEECCBBAECCAAABEDHAABBBECCADDDCCOEEFBAAACBDDDDENIACMABGLIEABBAABBBEEDDABACC	2931	614.9400			
ADDECCBBAAADCCCEAEBCBAHBCCEEFDEEDBACCCKMDADALJBBBBAEDDEECCNBAIACBAGAACCCDDEBCCBDDBBCC	3154	609.8200			
ADDECCBBAAADCCCEAEBCBAHBCCEEFDEEDBACCCKMDADALJBBBBAEDDEECCNBAIACBAGAACCCDDEBCCBDDBBCC	3162	543.8600			
ADDECCBBAAADCCCEAEBCBAHBCCEEFDEEDBACCCKMDADALJBBBBAEDDEECCNBAIACBAGAACCCDDEBCCBDDBBCC	3473	526.5800			
CBCCDEADDBEAEACBDAEABBCNDHFAABBECAEEMCCDDDBACADDEEBOJLAECCJCEAAABBBBBAADDDCEEEBCCBBAEBAE	3765	516.5000			
28	3-Opt	IP	EACCCDDDBBBAAFBBBBKDDDEECCJMAAAAEFEELCECCAAIOAHEEDDDDBBCCBBBCCBBBBDLKAHAAHCCCGGJMAELDEEJ	1775	2960.6400
			CCCCDDBBBAAFBBBBKDDDEECCJMAAAAEFEELCECCAAIOAHEEDDDDBBCCBBBCCBBBBDLKAHAAHCCCGGJMAELDEEJ	1785	2510.0600
			CCCCDDBBBAAFBBBBKDDDEECCJMAAAAEFEELCECCAAIOAHEEDDDDBBCCBBBCCBBBBDLKAHAAHCCCGGJMAELDEEJ	1897	1851.1600
			CCCCDDBBBAAFBBBBKDDDEECCJMAAAAEFEELCECCAAIOAHEEDDDDBBCCBBBCCBBBBDLKAHAAHCCCGGJMAELDEEJ	1959	1243.2400
			BBBAAAAHEEBDDDEEACCCDEBCCBBBBAADDEEADCCAAANDEEECCBBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2049	1151.5000
			ACCCBBAHEIOBBBDDDEEFAAAACCCBBCCCEEDDALKGFBBAACBDDDEEAAAHEEECCBBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2057	866.6600
			ACCCBBAHEIOBBBDDDEEFAAAACCCBBCCCEEDDALKGFBBAACBDDDEEAAAHEEECCBBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2098	786.7800
			CCBBDDDEEFAAAACCCBBBBAAMAJCCCEEDDALKGFBBAACBDDDEEAAAHEEECCBBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2163	742.2200
			CCBBDDDEEFAAAACCCBBBBAAMAJCCCEEDDALKGFBBAACBDDDEEAAAHEEECCBBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2291	742.3000
			CCCEDEFAAACBBBBDAAAJCCAAABBBELEDCCBDDDEHIAIAACCEEECCBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2456	708.1200
			EDEFAAACBBBBDAAAJCCAAABBBELEDCCBDDDEHIAIAACCEEECCBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2459	682.6200
			EDEFAAACBBBBDAAAJCCAAABBBELEDCCBDDDEHIAIAACCEEECCBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2494	658.6000
			CCDEFAAACBBBBDAAAJCCAAABBBELEDCCBDDDEHIAIAACCEEECCBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2767	611.1400
BBADCCCEEDDFAAACBBBBDAAAJCCAAABBBELEDCCBDDDEHIAIAACCEEECCBBBAAMAJCCCEEDDDDLKGFIOBCCGAEEDBBAAB	2890	608.1400			
CCCAAEEDDDGABBAAFMJLEEEBNDCCBCCBAEDBAEDBEACCAEEDBBHAIACCCCECCBBBAADDEEEBBAKAAEDDCCBAEBCBA	3067	605.8400			
DDABBBAAEEEDDCCBIEBCCBAACCAEEDDDBGABBAAFMJLEEEBNDCCBCCBAEDBAEDBEACCAEEDBBHAIACCCCECCBBBAADDEEEBBAKAAEDDCCBAEBCBA	3079	591.7000			
CCCAAEEDDDGABBAAFMJLEEEBNDCCBCCBAEDBAEDBEACCAEEDBBHAIACCCCECCBBBAADDEEEBBAKAAEDDCCBAEBCBA	3093	544.1800			
CCBIEEBDAACABAAAEDEEBCCDDAEEDDDBGABBAAFMJLEEEBNDCCBCCBAEDBAEDBEACCAEEDBBHAIACCCCECCBBBAADDEEEBBAKAAEDDCCBAEBCBA	3409	511.9600			
AEODCEBDEBACDDAEEDBEBBCBAACCAEEDDDBGABBAAFMJLEEEBNDCCBCCBAEDBAEDBEACCAEEDBBHAIACCCCECCBBBAADDEEEBBAKAAEDDCCBAEBCBA	3529	503.2200			
CCCEFAAEHFBDKCBAAEDBCCDAEEDBEBBCBAACCAEEDDDBGABBAAFMJLEEEBNDCCBCCBAEDBAEDBEACCAEEDBBHAIACCCCECCBBBAADDEEEBBAKAAEDDCCBAEBCBA	3676	499.8600			
29	Or-Opt	PI	CEEDDDAAACCAAGEEFAAACCCBDDDBBBBCCCEEDDDAAACBBBBAACCFIMHKJLDDAABCEEDDDAAAACBBBBDDEEECC	1827	1286.6600
			BCCBDDDEECCAGLMAAAAAABDDCEECCHIEFDCBBBCCAAANEEDDDJJAABBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	1943	839.9000
			GEDDDNOAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2023	815.5600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2091	837.6600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2121	805.6600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2164	779.9400
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2176	700.7600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2186	664.8200
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2208	653.3400
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2231	633.3400
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2414	591.3800
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2759	577.0800
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2861	550.7600
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2992	526.0800			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3194	524.9600			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3312	469.0400			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3645	436.9800			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3653	408.9800			
30	Or-Opt	API	DNDHAAACCCBBBBDDEECCAAAAAABBBBEEFECCCKCEBCCBCCOBFEECCBBBEEIMGBBDDDDDDDDJLCAEEFAAAAAAEDD	1626	3106.6800
			AADAEEEBEECCBBBDEDDDDDAABBNAAAAAABCCBCCBCCBCEEBEEIMGBBDDDDDDDDJLCAEEFAAAAAAEDD	1761	2781.4400
			BEEAAECCBBBDEDDDAACCCBBBDEDDDAOFMGBBDJCEEEEDDNDHAAACCCBBBBDDEDDDEAAAAAALBBBEEFECCCKCIB	1800	1269.8800
			BCCBDDDEECCAGLMAAAAAABDDCEECCHIEFDCBBBCCAAANEEDDDJJAABBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	1943	839.9000
			GEDDDNOAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2023	835.5600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2091	817.6600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2121	805.6600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2164	779.9400
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2176	700.7600
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2186	664.8200
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2208	653.3400
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2231	633.3400
			EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2414	591.3800
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2707	551.7800			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2861	526.0800			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	2992	524.9600			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3194	524.9600			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3312	469.0400			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3645	436.9800			
EEEDDDAAACBBBBDDEECCACDDAABBBDFIMHKLDJEEEBCCCAAAABCCCEEDDDAAACBBBBDDBCCCEEEAAAAACBBBBDDEEECC	3653	408.9800			

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
36	Double-bridge	PI	BBCCCBBCBBBAAAMKCCCEDEDDDDDDCCCBBLCCBBBAAAEEDNGIBAAAEFFDDDBBCCCHDAAOEEEEEAAAAAJJ	1606	5056.5400
			EEEEAAAAAJBBCCCBBLCCBBBAAAMKCCCEODDDDFDEEEAAAAABCCCEABBICNDADDDEEEAAADDDCCBCCBBBGGHEE	1633	2099.0800
			CCBBDDBBCCCGHDEEDAAEEEEEAAAAAJBBCCCBBLMKDNDNDCCICCCBBBFFDDDDDBBCCCEDEDAEEEEEAAAAAJBBCC	1654	2020.7800
			CCBCCBBBAAACCCEEDDDDFDDEEAAAAABCCCEACCBBLCCBBBAAAMKCCINDDDEEDDDDBBCCGHEEEEEEAAAAAJBBCC	1712	1659.7200
			BBCCCHDAAEEDDEAAAAAJBBCCCBBLCCBBBAAAMKCCCEODDEDDDBBCCBCEEEENGCCBCCAIICCBBBAAAAAEEDDFDDDB	1775	1626.9200
			DDDDDEAAAAEEDDDCCCBBLCCBBBAAAEAEAEACDDDEOHFEAJMKCCBBBNDCCGDDAAAAAEEDDEEBBAACCCCAAIDDCBBBC	1838	1221.1000
			DFEBBAADDBDDCCCBBLCCBBBAAAEAEAEACDDDEOHFEAJMKCCBBBNDCCGDDAAAAAEEDDEEBBAACCCCAAIDDCBBBC	1847	1108.8800
			DDEEBBAADDBDDCCCBBLCCBBBAAAEAEAEACDDDEOHFEAJMKCCBBBNDCCGDDAAAAAEEDDEEBBAACCCCAAIDDCBBBC	1969	996.4000
			DDEEBBAADDBDDCCCBBLCCBBBAAAEAEAEACDDDEOHFEAJMKCCBBBNDCCGDDAAAAAEEDDEEBBAACCCCAAIDDCBBBC	2039	937.1000
			HDCCCAOCCBBDDBLCCBBBAAAEAEAEACDDDEOHFEAJMKCCBBBNDCCGDDAAAAAEEDDEEBBAACCCCAAIDDCBBBC	2146	890.5800
			ECDDDEEEAAAAABCCCBCCNDBBHAHAIIDDEEFBBBAJBBBDAAMKCCCEEGGCAAEODDDEEEAADABDDCCCBBLCCBBBAAAE	2250	864.2000
			EAAACBDDCABBDDCCCBCCBBBAAAAANBBDDDEEEAEACDDCCGOJMKACAELEBFFEDDIAHADBBDDCCCBBLCCBBBAAAE	2258	824.0200
			CCBBLDDDDAAAADBBCCCEAEEDDEBAABBBCCAACDCBBBOHFEIJMKCCBBBNDCCGDDAAEEDDEEEAAAADDBACCBBBEEAAACBCC	2267	820.3000
			BCCBLDDDDAAAADBBCCCEAEEDDEBAABBBCCAACDCBBBOHFEIJMKCCBBBNDCCGDDAAEEDDEEEAAAADDBACCBBBEEAAACBCC	2328	796.5000
			ECBDDDDAAAADHACCBBBEEAAACBBCCBBLDDAAAADBBCCCEEFKIMGAEEDDDEDNCCCEAAACBCCBCCBDDDDAAAADBBCCCE	2400	762.2200
DCCEAAACBBBEEODDAAACBCCBBGHDLDAADAEEDKCCBFEEMCBBBAAAECCBBBAACDABNCLJDDDDDEEECAAACECCBBAACD	2486	724.6800			
BEEAAACBCCBBLDDAAAADAEEDCCCEECBBBAAAECCFFEMCBBBAAAIODDDEBNDCACBCCACEDDJAEBBDAOKCCDEEDHACBB	2583	712.4200			
ECBBBCCAAAADDEEDACBCCBCCGHDLDAADAEEDKCCBFEEMCBBBAAAECCBBBAACDABNCLJDDDDDEEECAAACECCBBAACD	2587	695.2800			
BEEAAACBCCBBLDDAAAADAEEDCCCEECBBBAAAECCFFEMCBBBAAAIODDDEBNDCACBCCACEDDJAEBBDAOKCCDEEDHACBB	2592	690.4200			
BEEAAACBCCBBLDDAAAADAEEDCCCEECBBBAAAECCFFEMCBBBAAAIODDDEBNDCACBCCACEDDJAEBBDAOKCCDEEDHACBB	2637	619.0200			
CCBDDDDAAAADAEEDCCCEECBBBAAAECCFFEMCBBBAAAIODDDEBNDCACBCCACEDDJAEBBDAOKCCDEEDHACBB	2777	618.3400			
ADEEDACCBBBEEODDAAACBCCBBGHDLDAADAEEDKCCBFEEMCBBBAAAECCBBBAACDABNCLJDDDDDEEECAAACECCBBAACD	2864	583.9600			
ADEEDACCBBBEEODDAAACBCCBBGHDLDAADAEEDKCCBFEEMCBBBAAAECCBBBAACDABNCLJDDDDDEEECAAACECCBBAACD	2940	561.9600			
EBCCDEAAEBBEEODDAAACBCCBBGHDLDAADAEEDKCCBFEEMCBBBAAAECCBBBAACDABNCLJDDDDDEEECAAACECCBBAACD	3307	542.7200			
DDCCAAEECCBBBAECBDDDEBBCCGHDEFAAEFBMIOABBCAAACDDECCAJDDEBAEACBCEEDDBNACBAEBDBCEBACCEBACBCEFKAA	3403	512.0000			
FEACBDDCAACDBBCEBDEABCAJJDDECAEACBCEEDDBNACBAEBDBCEBACCEBACBCEFKAA	3750	505.7800			
ACBDAAEFCBACAKEDDDEBBCCGHDEFAAEFBMIOABBCAAACDDECCAJDDEBAEACBCEEDDBNACBAEBDBCEBACCEBACBCEFKAA	3815	502.6400			
ACAECDDBBDEFCBAJAKEHDBBAAABACBCECCNBBDEIDMGCADLBBCCAAEEACADDECEBBBACACEDDDEBAEACBCEEDDBNACBAEBDBCEBACCEBACBCEFKAA	3873	484.2800			
ACBAAEECBDCBNMIBDHCCEKACBCEEDDBBCCGHDEFAAEFBMIOABBCAAACDDECCAJDDEBAEACBCEEDDBNACBAEBDBCEBACCEBACBCEFKAA	4040	480.8200			
37	Double-bridge	API	EBCCCCAAAAABBBEEDEEBBDDDDDDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1670	2137.9600
			AABBEEEBBDDDDDDDDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1723	1910.2800
			EEENBBAAADDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1733	1256.8800
			EEENBBAAADDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1764	1249.2800
			CAAAAAOBBEENBBDDDDDDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1809	995.1200
			CAAAAAOBBEENBBDDDDDDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1824	980.5200
			CAAAAAOBBEENBBDDDDDDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1878	925.4200
			CAAAAAOBBEENBBDDDDDDCCCBCCBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	1894	922.4200
			BBEEACBBBDDDDJCCCAAEEABAABBBGAEEAAHNCDDKCEBBLDDDDCCCEBCCCEEBFAAAAAEBBCCBCCDDCCDAAEADIMC	2124	917.7200
			BBEEACBBBDDDDJCCCAAEEABAABBBGAEEAAHNCDDKCEBBLDDDDCCCEBCCCEEBFAAAAAEBBCCBCCDDCCDAAEADIMC	2131	854.8800
			EBBDDCCBEEDDDAAAABBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	2162	809.9800
			HCBEAADEIMCBEEACBBBDDDDJCCCAAEEABAABBBGAEEAAHNCDDKCEBBLDDDDCCCEBCCCEEBFAAAAAEBBCCBCCDDCCDAAEADIMC	2164	752.7600
			EBBDDCCBEEDDDAAAABBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	2273	740.7800
			EBBDDCCBEEDDDAAAABBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	2310	677.0600
			BCCBEDDDAAAABBBCCCECGAAAAAAAIIDDBBCCCFKDDBBCCCEEEAAAAEALBBHNM	2337	671.3000
CBEAADEIMCBEEACBBBDDDDJCCCAAEEABAABBBGAEEAAHNCDDKCEBBLDDDDCCCEBCCCEEBFAAAAAEBBCCBCCDDCCDAAEADIMC	2403	654.2200			
CCCEAABBBAEDDDEMIACBBAEACBBBDDDDJCCCAAEEAGBBACABDDDEEBCCNHAADABBBCCCLAAEEEBDDDDAAAABBBCC	2542	644.9800			
EDDDAAEBBCCDEMIACBBAEACBBBDDDDJCCCAAEEAGBBACABDDDEEBCCNHAADABBBCCCLAAEEEBDDDDAAAABBBCC	2548	620.2800			
CAFBEACBBAEDDDEMIACBBAEACBBBDDDDJCCCAAEEAGBBACABDDDEEBCCNHAADABBBCCCLAAEEEBDDDDAAAABBBCC	2634	533.4800			
CAFBEACBBAEDDDEMIACBBAEACBBBDDDDJCCCAAEEAGBBACABDDDEEBCCNHAADABBBCCCLAAEEEBDDDDAAAABBBCC	2667	532.2000			
EACBCEACBBAEDDDEMIACBBAEACBBBDDDDJCCCAAEEAGBBACABDDDEEBCCNHAADABBBCCCLAAEEEBDDDDAAAABBBCC	3095	507.8200			
BBACDCBBAEAEHCDDDDAALBBAEENCCCBDBAEBKABEBAEADDBAFBDCBCCCEJBBDEEIAACBDEACADMCDDDBBBCCBAEAE	3326	498.9000			
BBACDCBBAEAEHCDDDDAALBBAEENCCCBDBAEBKABEBAEADDBAFBDCBCCCEJBBDEEIAACBDEACADMCDDDBBBCCBAEAE	3410	464.4400			
BBACDCBBAEAEHCDDDDAALBBAEENCCCBDBAEBKABEBAEADDBAFBDCBCCCEJBBDEEIAACBDEACADMCDDDBBBCCBAEAE	3708	495.9400			
DDDBCCBBAEAEHCDDDDAALBBAEENCCCBDBAEBKABEBAEADDBAFBDCBCCCEJBBDEEIAACBDEACADMCDDDBBBCCBAEAE	3743	453.8400			
CBCCDDDBBAEAEHCDDDDAALBBAEENCCCBDBAEBKABEBAEADDBAFBDCBCCCEJBBDEEIAACBDEACADMCDDDBBBCCBAEAE	3855	445.0800			
DBBCCDCBEGCAEDDDBAABBAEAEABOLAEHNCDDDDFABBAEABEBCAKEDBACBCEJBBDEEIAACBDEACADMCDDDBBBCCBAEAE	4129	441.2600			
38	Double-bridge	2-Opt	DAAAAAEEEEEEAAGAAACODDDNDBBBBCCBFMBBBBCCCBCCJBBBDDDDLDCCCAKAAAAAAHEEEEBBCCBCCCAACBDDDD	1558	3950.9400
			EEEEAAAAAODDDNDBBBBFBMBBBBCCCBCCJBBBDDDDLDCCCAKAAAAAAHEEEEBBCCBCCCAACBDDDD	1577	3009.6000
			EEEEAAAAAODDDNDBBBBFBMBBBBCCCBCCJBBBDDDDLDCCCAKAAAAAAHEEEEBBCCBCCCAACBDDDD	1597	2600.2800
			EEGAAABBBBDDDDLDCCCAKAAAAAAHEEEEBBCCBCCCAACBDDDD	1647	1851.7800
			EEEECCJBBDDAEEEEEAAAGODDNDDBBCCBFMBBBBCCCBCCJBBBDDDDLDCCCAKAAAAAAHEEEEBBCCBCCCAACBDDDD	1692	1808.4000
			EEEECCJBBDDAEEEEEAAAGODDNDDBBCCBFMBBBBCCCBCCJBBBDDDDLDCCCAKAAAAAAHEEEEBBCCBCCCAACBDDDD	1794	992.1600
			AECBCCCEJBBBBAAAAADDAACEEEDDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	1857	956.8600
			BNDECCBCCCEEBBBAAAAADDAACEEEDDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	1859	936.4200
			DECCBCEEBBBAAAAADDAACEEEDDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	1944	872.0400
			BCCJBBDDAAABCGHEEECCFAABABDDDAABEECCCLDDDDMIKIBBBAACCCBAAAEEEBBBOBCCBCCCEEBBEEENDDDAAAAECCBBD	2133	846.8400
			AECBBAABDDDDCCCAAEEHEBEEEDDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	2148	754.4200
			BAAABBBEDGCCDCEEECDAAACJBBBOACCEEDDDAAABEEEBBAMCNDAAABLLKDECAABFFDDDDDEEECCBCCBBAAAAABBAADDCB	2452	716.9000
			BAAABBBEDGCCDCEEECDAAACJBBBOACCEEDDDAAABEEEBBAMCNDAAABLLKDECAABFFDDDDDEEECCBCCBBAAAAABBAADDCB	2484	643.4400
			BAAABBBEDGCCDCEEECDAAACJBBBOACCEEDDDAAABEEEBBAMCNDAAABLLKDECAABFFDDDDDEEECCBCCBBAAAAABBAADDCB	2517	595.4000
			ACDDDAABBBECCCECAABAAHNEABCCDABDDDBLKCDECAABFFDDEEECCAAOBBBBDDECAAAAAACBBDDEECCBCCCEEBBBAADAE	2763	538.4200
DCCADCCEDBBAAEEDJBBDHCAEECBBAADAMCNEAABLLKDECFEADBAADDDDBCCBCCBBAEAEAEICDCCDECBEGDCEEAABDDCA	3414	510.8000			
BACCEAABLLKDECDCCADBBAAAEEDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	3489	474.1200			
ABBCCDECCDABBAAEEDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	3576	473.7200			
BDCADCCDABBAAEEDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	3810	454.1400			
39	Double-bridge	3-Opt	CECCBBBICCCBEEECAAAAAABCAAAAALFBFBBCBCCDDDDDDGDDHDDDEEEEDJEDMKDDEEBNCCCOBEECAAAAAACBBBCCB	1697	3105.2600
			BBBEECBBBBCCAAAAAACBCCDDDDCCBBLCCOAAAAAFADDDDDDEEGHDDJEEDEEBBEEBAAAAABBBBCCCEEMKDDDEECNCC	1713	2812.2200
			CECCBBBICCCBEEECAAAAAABCAAAAALFBFBBCBCCDDDDDDGDDHDDDEEEEDJEDMKDDEEBNCCCOBEECAAAAAACBBBCCB	1765	2581.7400
			CECCBBBICCCBEEECAAAAAABCAAAAALFBFBBCBCCDDDDDDGDDHDDDEEEEDJEDMKDDEEBNCCCOBEECAAAAAACBBBCCB	1818	1604.2800
			JILBCCDDDEEAAAAAABCAAAAALFBFBBCBCCDDDDDDGDDHDDDEEEEDJEDMKDDEEBNCCCOBEECAAAAAACBBBCCB	1819	1573.7000
			BGDDDDJBBBAAAEEMKDDDEECBBBCCBBIIOECCAAAAAACBCEBBDCCDDEAAHDDDEEEDFLAAAAAACBBBCCBCCBEEA	1899	1566.8000
			BBCCAAHDDDEJBCDEEEDCCBCCBBLAAAAAACNOFAICGBBCCBCCCEEEEDDDDDDECAAMKDDDEEECAAAAAABBBBDDDBACCBC	1904	1383.1200
			BBCCAAHDDDEJBCDEEEDCCBCCBBLAAAAAACNOFAICGBBCCBCCCEEEEDDDDDDECAAMKDDDEEECAAAAAABBBBDDDBACCBC	1975	1030.8600
			BLCCAEEDDDDBCCBAAAAAMKEDDEECCBBIIOECCAAAAAACBCEBBDCCDDEAAHDDDEEEDFLAAAAAACBBBCCBCCBEEA	2142	809.4000
			BLCCAEEDDDDBCCBAAAAAMKEDDEECCBBIIOECCAAAAAACBCEBBDCCDDEAAHDDDEEEDFLAAAAAACBBBCCBCCBEEA	2143	787.0000
			CCCAADEEBBCCAAADDDJBBEEEDIDCCBBAACBBLCCAEEDDDDEMKOABAAANCFEAFBCCACDDCCBBAEEECBBBEEEDDCCAAAAAC	2342	747.0400
			CCCAADEEBBCCAAADDDJBBEEEDIDCCBBAACBBLCCAEEDDDDEMKOABAAANCFEAFBCCACDDCCBBAEEECBBBEEEDDCCAAAAAC	2495	734.3400
			BACDDEECCBCCBBDAAAEEAEEMCEELIACACDDCCBGBACCEAAABBBDDCEAEABCCADDEEBBBAAAAADDBCCNDCCAEFKABBCC	2643	694.2800
			BACDDEECCBCCBBDAAAEEAEEMCEELIACACDDCCBGBACCEAAABBBDDCEAEABCCADDEEBBBAAAAADDBCCNDCCAEFKABBCC	2758	644.7200
			BACDDEECCBCCBBDAAAEEAEEMCEELIACACDDCCBGBACCEAAABBBDDCEAEABCCADDEEBBBAAAAADDBCCNDCCAEFKABBCC	2787	612.2000
BCDAABDEECCBCCBBDAAAEEAEEMCEELIACACDDCCBGBACCEAAABBBDDCEAEABCCADDEEBBBAAAAADDBCCNDCCAEFKABBCC	2798	610.8000			
BCDAABDEECCBCCBBDAAAEEAEEMCEELIACACDDCCBGBACCEAAABBBDDCEAEABCCADDEEBBBAAAAADDBCCNDCCAEFKABBCC	2836	602.7600			
ACBBBCCAAADABCCCEEDDEKMAAAACBBDCCDCAACDCEAEEDDDBCCBBLDDAAABCCBBDKDDCCCEEEEBBBAAAAABFFEDDDDDCCCEEBBBAAAAAB	3007	492.2800			
ADCEBABBDECAAOBDECEABDDDECCBNCGAFACCCJDEDBACDDBAAEADDDIALBECCCAABBBDDDEBCCAAEAEKEDCEACBCCBCEBAA	3761	488.0400			
EABDEBACFCBCEAAACDDDEEBBAADDABCCGEEBCCDCAECDEEMKMAAAEBCDCBBAHDIJLCCDCEBAAAEACBBBDECAABDD	3861	476.3000			

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 1. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 8000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1000 to 4000. The data points form a curve that starts at approximately (1300, 7800) and decreases as setup times increase, leveling off around 3000 seconds.</p>
2	PI	API	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 2. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 9000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1000 to 4000. The data points form a curve starting at approximately (1300, 8200) and decreasing as setup times increase.</p>
3	PI	2-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 3. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1600. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4000. The data points form a curve starting at approximately (1700, 1450) and decreasing as setup times increase.</p>
4	PI	3-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 4. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 6000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1600 to 3200. The data points form a curve starting at approximately (1600, 5000) and decreasing as setup times increase.</p>

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 5. The y-axis is 'Production rates variation' ranging from 0 to 4000. The x-axis is 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3800. The plot shows a series of blue dots forming a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates variation and setup times.</p>
6	PI	Double-bridge	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 6. The y-axis is 'Production rates variation' ranging from 0 to 3500. The x-axis is 'Setup times (sec.)' ranging from 1600 to 3400. The plot shows a series of blue dots forming a downward-sloping curve.</p>
7	PI	IP	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 7. The y-axis is 'Production rates variation' ranging from 0 to 3500. The x-axis is 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4500. The plot shows a series of blue dots forming a downward-sloping curve.</p>
8	API	PI	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 8. The y-axis is 'Production rates variation' ranging from 400 to 2200. The x-axis is 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4000. The plot shows a series of blue dots forming a downward-sloping curve.</p>

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	
10	API	2-Opt	
11	API	3-Opt	
12	API	Or-Opt	

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	
14	API	IP	
15	2-Opt	PI	
16	2-Opt	API	

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	
18	2-Opt	3-Opt	
19	2-Opt	Or-Opt	
20	2-Opt	Double-bridge	

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	
22	3-Opt	PI	
23	3-Opt	API	
24	3-Opt	2-Opt	

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 25. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 3500. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4000. The data points form a curve that starts at approximately (1800, 3200) and descends to about (2500, 500), then continues horizontally to (4000, 500).</p>
26	3-Opt	Or-Opt	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 26. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 8000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3400. The data points form a curve that starts at approximately (1800, 7200) and descends to about (2200, 800), then continues horizontally to (3400, 800).</p>
27	3-Opt	Double-bridge	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 27. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2400. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3800. The data points form a curve that starts at approximately (1800, 2200) and descends to about (2500, 600), then continues horizontally to (3800, 600).</p>
28	3-Opt	IP	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 28. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 3000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4000. The data points form a curve that starts at approximately (1800, 2800) and descends to about (2500, 500), then continues horizontally to (4000, 500).</p>

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	
30	Or-Opt	API	
31	Or-Opt	2-Opt	
32	Or-Opt	3-Opt	

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	
34	Or-Opt	Double-bridge	
35	Or-Opt	IP	
36	Double-bridge	PI	

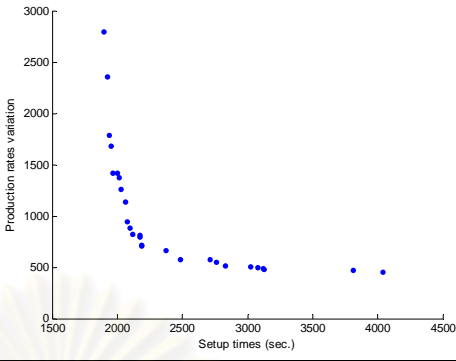
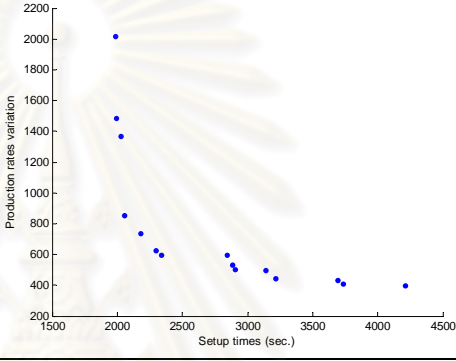
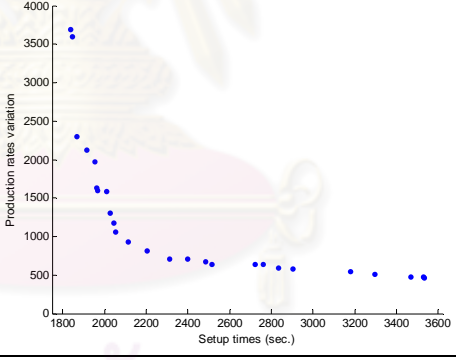
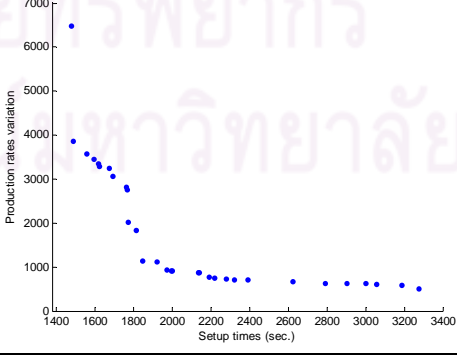
ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	
38	Double-bridge	2-Opt	
39	Double-bridge	3-Opt	
40	Double-bridge	Or-Opt	

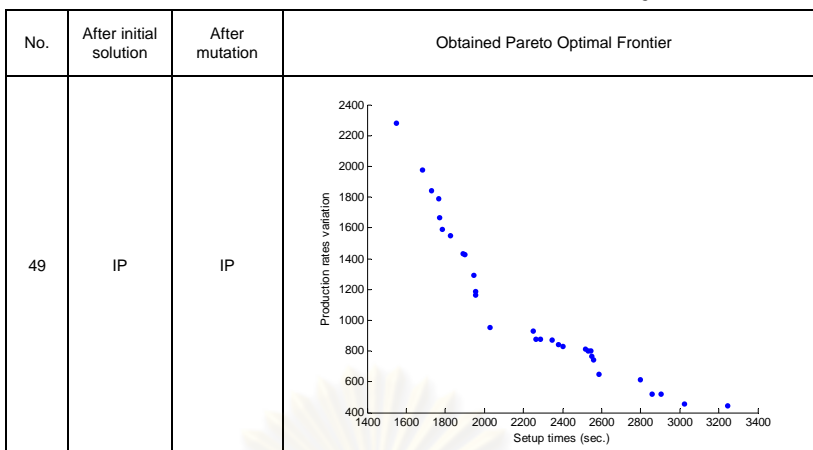
ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	
42	Double-bridge	IP	
43	IP	PI	
44	IP	API	

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	
46	IP	3-Opt	
47	IP	Or-Opt	
48	IP	Double-bridge	

ตารางที่ ง.26 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.1 (ต่อ)



5.2 ปัญหาการทดลองที่ 5.2 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ

5:15:15:10:10:10:10:5:4:1:1:1:1:1:1

5.2.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
1	PI	PI	GGGOCCFAIBBFAAEEBCFFAAAABCCCFELDDDEEHDDDEIAEEFAAENBBFAAHBCCBGGCCBGJMHFFBFAAHBCCBGIDGDDDD	1865	1911.1100
			DDGGGOCCFAIBBFAAEEBCFFAAAABCCCFELDDDEEAHDDDEIAEEFAAENBBFAAHBCCBGGCCBGJMHFFBFAAHBCCBGIDGDDDD	1890	1473.0500
			GDGGGOCCFAIBBFAAEEBCFFAAAABCCCFELDDDEEAHDDDEIAEEFAAENBBFAAHBCCBGGCCBGJMHFFBFAAHBCCBGIDGDDDD	1912	889.2900
			EEBCFFAAHBCCBGDDDFAHBCCCBIDDEGEFAEEIJNIAAFAEMHBBDDGGGOCCFAIBBFCAAEELCEFAAHBCCBGDDDFIFEBBFAA	1948	829.9500
			EEBCFFAAHBCCBGDDDFAHBCCCBIDDEGEFAEEIJNIAAFAEMHBBDDGGGOCCFAIBBFCAAEELCEFAAHBCCBGDDDFIFEBBFAA	1984	787.3500
			MECFAAHBDDDDGGGOCCFAIBBLCFAAEEBCEFAAHBCCBGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	1997	704.4900
			CFAAHBDDDDGGGOCCFAIBBLCFAAEEBCEFAAHBCCBGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2013	678.8900
			MECFAAHBDDDDGGGOCCFAIBBLCFAAEEBCEFAAHBCCBGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2047	674.3900
			CFAAHBDDDDGGGOCCFAIBBLCFAAEEBCEFAAHBCCBGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2050	636.1500
			FAAHBCCDDGGGOCCFAIBBLCFAAEEBCEFAAHBCCMGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2073	635.7700
			FAAHBCCDDGGGOCCFAIBBLCFAAEEBCEFAAHBCCMGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2076	636.1500
			CFAAHBLDDGGGOCCFAIBBFCAAEBCCEFAAHBCCBGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2089	634.8700
			CFAAHBLDDGGGOCCFAIBBFCAAEBCCEFAAHBCCBGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2098	630.8700
			CFAAHBLDDGGGOCCFAIBBFCAAEBCCEFAAHBCCBGDDDFGEFAEEIJBFEBHBCCCCNDDGGDGAEBCCFAIBHFIFAEFAAHBCCBGM	2133	599.3900
			ABBBCCFADGEFAAGDDGBCCBHAFIIGHBEEFAAEHBBCCDDGGMOCCFAIBBNEFAAEEBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2327	593.0300
			AEBBCCFADGEFAAGDDGBCCBHAFIIGHBEEFAAEHBBCCDDGGMOCCFAIBBNEFAAEEBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2331	579.3300
			AEBBCCFADGEFAAGDDGBCCBHAFIIGHBEEFAAEHBBCCDDGGMOCCFAIBBNEFAAEEBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2344	573.5300
			FAAHBCCABDDGGDDGEFAEIBBCCFAAHBGEFAAEHBBCCDDGGMOCCFAIBBNEFAAEEBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2391	571.4100
			FAAHBCCABDDGGDDGEFAEIBBCCFAAHBGEFAAEHBBCCDDGGMOCCFAIBBNEFAAEEBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2493	539.9700
			BBFAAHCCGGDDGFAAEHCBIDGGJBBGOMDDFABLFAAEEBCFAAHBCCBGDDDFGEFAACHBCFEIAHBNIDGCFEABFADGEBCCFB	2512	539.1700
BBFAAHCCGGDDGFAAEHCBIDGGJBBGOMDDFABLFAAEEBCFAAHBCCBGDDDFGEFAACHBCFEIAHBNIDGCFEABFADGEBCCFB	2567	494.7300			
DFAAHBCIDGGEBNCHAAFBBCIDGGJBCBGMDFEAAEEBCFFAAHBACCDDGGDDGEFAEIBBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2818	481.4100			
DFAAHBCIDGGEBNCHAAFBBCIDGGJBCBGMDFEAAEEBCFFAAHBACCDDGGDDGEFAEIBBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2868	477.1500			
DFAAHBCIDGGEBNCHAAFBBCIDGGJBCBGMDFEAAEEBCFFAAHBACCDDGGDDGEFAEIBBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2875	476.7500			
BHFAACIDGGEBNCHAAFBBCIDGGJBCBGMDFEAAEEBCFFAAHBACCDDGGDDGEFAEIBBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2907	474.3300			
CHAAABBFIDGGJCCBDEFFDMFAAEEBCFFAAHBACCDDGGDDGEFAEIBBCCFAAHLDDCCGGCFBFAAJBFHBBCCDDGA	2938	431.5900			
2	PI	API	BBFAAIAOCCBBGAAEEFFCCGGEEGGGEEHDDHJBCCCHKDDDDNDMGGGEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1745	2983.270
			ABFAAIAOCCBBGAAEEFFCCGGEEGGGEEHDDHJBCCCHKDDDDNDMGGGEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1769	2954.770
			GAAEEFFFCBBFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHEBDDDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1779	2486.670
			DFFAAIBCCBBGAAEEFFCCGGEEHDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1809	1533.750
			DFFAAIBCCBBGAAEEFFCCGGEEHDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1829	1532.610
			FFAAABCCBBGAAEEFFCCGGEEHDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1848	1417.830
			ACBFAACCFIBGGAAEEFFCCGGEEHDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1888	1295.710
			CBBCBBGAAEEFFHDDDFECCCBFFFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1898	1232.710
			CBBCBBGAAEEFFHDDDFECCCBFFFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1921	1231.050
			CBBCBBGAAEEFFHDDDFECCCBFFFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1924	1230.770
			CBBCBBGAAEEFFHDDDFECCCBFFFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1928	1228.050
			CBBCBBGAAEEFFHDDDFECCCBFFFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1940	1227.210
			AICBCCBBGAAEEFFHDDDFECCCBFFFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	1976	1101.930
			AICBCCBBGAAEEFFHDDDFECCCBFFFAAIAOCCCHKDDNDMGGGEEHDDHJBAGGGIFEEHDDAICBFFFFFAAIFACCBFFBFAAIAOCCBBAABL	2021	1074.270
			CGAHBCCAEFFDDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2073	954.250
			DFFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2096	894.590
			CGAHBCCAEFFDDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2132	888.310
			DFFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2137	887.290
			CGAHBCCAEFFDDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2207	858.050
			CFFAABOBBCHCCGEGDEHIFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2336	791.250
			OHLKDDAFAACBBHEBCCGGGFAACCFIBDDDAIEEFDAAACCFABHCCGGBBEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2409	789.330
			DAAACCFABCCGGBBEEHFAACBHGAIIEEFDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2434	741.610
			DAAACCFABCCGGBBEEHFAACBHGAIIEEFDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2464	659.990
			DAAACCFABCCGGBBEEHFAACBHGAIIEEFDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2520	658.350
			EEGGFCBMCMAANDCFAAFBCCBDDCCBGGIDEHIFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	2582	578.170
			FGDBBACGEFABCCBBGAAEIHCFDDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	3063	555.510
			FGDBBACGEFABCCBBGAAEIHCFDDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	3064	539.910
			FGDBBACGEFABCCBBGAAEIHCFDDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	3104	537.510
			FGDBBACGEFABCCBBGAAEIHCFDDFAIGAHHBCKAJBBGGCCBFFCFAADDAEEEEECCGGGGHFAACCFACCCNDMHDDDIIBFIBGGAAEEBBFFAAIIC	3109	507.630
			BCAEFACBGMHIEEGDDNBBFAAACCFDGLBHFGBBAOCGEFICCAAEEDFIJGHBBCCBGBCCDAEEHDFAEFACBGCDBAHFEKIGAEDCGB	3126	447.130
			BCAEFACBGMHIEEGDDNBBFAAACCFDGLBHFGBBAOCGEFICCAAEEDFIJGHBBCCBGBCCDAEEHDFAEFACBGCDBAHFEKIGAEDCGB	3189	446.630
			EFACBGMHIEEGDDNBBFAAACCFDGLBHFGBBAOCGEFICCAAEEDFIJGHBBCCBGBCCDAEEHDFAEFACBGCDBAHFEKIGAEDCGB	3404	445.890
			BCAEFACBGMHIEEGDDNBBFAAACCFDGLBHFGBBAOCGEFICCAAEEDFIJGHBBCCBGBCCDAEEHDFAEFACBGCDBAHFEKIGAEDCGB	3465	431.490
			GBBCEAFACBGMHIEEGDDNBBFAAACCFDGLBHFGBBAOCGEFICCAAEEDFIJGHBBCCBGBCCDAEEHDFAEFACBGCDBAHFEKIGAEDCGB	3472	416.350
			BCAEFACBGMHIEEGDDNBBFAAACCFDGLBHFGBBAOCGEFICCAAEEDFIJGHBBCCBGBCCDAEEHDFAEFACBGCDBAHFEKIGAEDCGB	3482	403.050
BCAEFACBGMHIEEGDDNBBFAAACCFDGLBHFGBBAOCGEFICCAAEEDFIJGHBBCCBGBCCDAEEHDFAEFACBGCDBAHFEKIGAEDCGB	3562	378.390			

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
7	PI	IP	DDDDDDMCCBBBFFFAAAEHFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBGGGEEIIAAHBBBAAAGGAAEEHBBBIIKGGGAAAEEDD	1043	6334.6300
			EEDDDDDDMCCBBBFFFAAAEHFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBGGGGGAIIDDEHOBBBIAAAAAEEDHBBBIIKGGGAAAE	1083	5255.0100
			DDDDDDDDMCCBBBFFFAAAEHFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBGGGGGAIIDDEHOBBBIAAAAAEEDHBBBIIKGGGAAAE	1122	5253.4500
			DDMCCBBBFFFAAAEHFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBGGGGGAIIDDEHOBBBIAAAAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDD	1126	4877.1900
			BBBBIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAFFFAAAEHBBBGGGAAAEEOCCHIIDDEEEDHBB	1173	2981.0300
			BBIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAFFFAAAEHBBBGGGAAAEEOCCHIIDDEEEDHBB	1189	2828.2300
			BBIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAFFFAAAEHBBBGGGAAAEEOCCHIIDDEEEDHBB	1198	2824.1900
			IKGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEHHEHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDCCCCBFFFEHBB	1205	2535.2900
			BBBGAAGAAOCEEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDCCHIFFAAHB	1230	2506.5300
			AAAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMLCFFFBFBBNJCCCCCCCCCAAAEHBBFFFAAABGGGEEGGAOCCCHHBBBIIIDDGA	1266	2313.6300
			AAEHBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEHHEHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDCCCCBFFFAA	1282	1829.1700
			CCCCBCCGFAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCBFFFAA	1450	1732.2700
			CCCCCGAAEDMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCCCNJFGGGBBAAAGGAAEEHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDCCCCBFFFAAEHLFC	1492	1599.5100
			BBCGGAFAAEEDHBBBIIKDDFFGGAAAEEDDDDDMLCCECCCNJCCBBGOAHBGAFFFAAAEHBBBHHIIEEDDEFFGGAAACCCC	1494	1492.0900
			CCBGGAFBAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCBFFFAA	1529	1329.2300
			CCCAHGBFFAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCB	1531	1185.0300
			CCCAHGBFFAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCB	1602	1177.9900
			CCCAHGBFFAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCB	1602	1177.9900
			CCCAHGBFFAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCB	1602	1177.9900
			CCCAHGBFFAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCB	1602	1177.9900
			ABCCCAHGBFFAAEEDHBBBIIKGGGAAAEEDDDDDMFLCCCCCCCCCNJBFFFFFAAAEHBBBGGGAAAEEDDDDDCCCCB	1718	1104.5500
			GGAAAEHIMKDDFFCCBBBAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	1895	950.4900
			GGAAAEHIMKDDFFCCBBBAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	1913	944.1900
			OCGAAAEHIMKDDFFCCBBBAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	1914	884.2100
			CCOCGAAEDMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	1962	853.9700
			CCOCGAAEDMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	1974	852.1500
			GGAAAEHIMKDDFFCCBBBAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2029	845.1700
			EGOCGGAADMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2083	839.2700
			IBFFAEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2133	812.6700
			CMKIBFBFAEDDHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2171	781.6900
			CMKIBFBFAEDDHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2177	780.3900
			FAHBBFFCCCGGAAAEEDDDMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2275	692.7700
			FAHBBFFCCCGGAAAEEDDDMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2284	688.6500
			DFAHBBFFCCCGGAAAEEDDDMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2585	614.5100
			DFAHBBFFCCCGGAAAEEDDDMIIKBBBHHFFBAAAEEDHHCCEFAAALCNDJBFFGGGAAAEEDHBBFFCCDDAAIIGGGGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	2603	612.2100
CADHCAFEBFFGGGIDKMECAADBBABHBBAAOCCIECCBCCDFABFFGAAIICNAJDEEEDDHCBCAEFFBFCGACGFEBIDCBHAGGAAD	3291	580.5300			
EBGIAECFFHBBFADDCCABHBBEEDJBCGCAOKFCMCCBHFEDDCAFFBLCAGBEGGDIACBBBGFDEACEGABIDDFBCCCEEDAHBBFFOC	3349	577.2900			
BGAICNAJDEEEDDHCBCAEFFBFCGACGFEBIDCBHAGGAAD	3404	545.7100			
BGAACEBFFACBCHDDEEJDMANCIACGFEBIDCBHAGGAAD	3420	523.6500			
BGAACEBFFACBCHDDEEJDMANCIACGFEBIDCBHAGGAAD	3447	522.8900			
BGAACEBFFACBCHDDEEJDMANCIACGFEBIDCBHAGGAAD	3519	521.6900			
HBBBCEEDDGGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1768	1713.7100			
DDHFDGCGGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1820	1677.1700			
GGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1848	1492.2700			
DDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1850	1437.9700			
CCGGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1871	1429.7300			
CCAAIIDEEDGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1884	1395.3700			
CCFEEDDGGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1891	1051.8100			
FBCCFEEDDGGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1938	1001.7900			
FBCCFEEDDGGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1952	997.4700			
FBCCFEEDDGGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	1984	947.7900			
EEFGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	2014	921.8300			
EEFGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	2016	825.5700			
EEFGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	2073	736.5700			
EEFGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	2087	685.9700			
AJGCHLIDBBFAABCFCCCEEGDDGFFEEHBBBCCMAAAHDDCFHIFCEEBGAAKMHDDGGGIFEEAACCGHFEEDBBBFAADCCGNA	2266	631.6700			
EFAGDDHBBBCCMAAAAFIAAAHBEELCFEEFDGDDGDDHBBBCCJBFAMAAIACCCEEGHBBCCNAIIFKOCFFEEFGDD	2417	621.6500			
FAABBFCCCEEAHDDCGGGLIBHCAEFMKAOCCJBDADICBDDGAGBFBBCFAAGGBCFFCCIEFFEGDDHBBBCCMAAABCDDBAIHGEFF	2779	606.4100			
GBCFAEBBCCFAEDNAGHDLFLHCAEFMKAOCCJBDADICBDDGAGBFBBCFAAGGBCFFCCIEFFEGDDHBBBCCMAAABCDDBAIHGEFF	2944	606.1100			
GBCFAEBBCCFAEDNAGHDLFLHCAEFMKAOCCJBDADICBDDGAGBFBBCFAAGGBCFFCCIEFFEGDDHBBBCCMAAABCDDBAIHGEFF	3035	559.1900			
GBCFAEBBCCFAEDNAGHDLFLHCAEFMKAOCCJBDADICBDDGAGBFBBCFAAGGBCFFCCIEFFEGDDHBBBCCMAAABCDDBAIHGEFF	3255	541.3900			
ACCEBGGDDDDGCGHIFEEFAHBEEDDADDFBDCBGGIBGEGCBHAKFAEJCGGCAFAEDAFDCGDBBDFIACFBHCAEMBAICBACFDECB	3655	491.6100			
AFCDGHBBCDIFAEABCEEDGIBACBCHHFFDGLKJGFAEFGDCBHDIFAOFMBCEAABBEHADDGCGGIBGEGCBHAKFAEJCGGCAFAEDAFDCGDBBDFIACFBHCAEMBAICBACFDECB	3951	469.9300			
ICBEGDCBHAFAECBCCAFADAFDCGDBBDFIACFBHCAEMBAICBACFDECB	4106	458.3900			
9	API	API	EHFGGAAIIDDDEHFBDDDAABBBGGDDGJEFBFFFAAECCCCCCCCDDGGAAAAAEFEEMKIIHLBNBNOBBBHHBCCCCGGFEFAEAE	1576	2782.0700
			EHFGGAAIIDDDEHFBDDDAABBBGGDDGJEFBFFFAAECCCCCCCCDDGGAAAAAEFEEMKIIHLBNBNOBBBHHBCCCCGGFEFAEAE	1632	2781.6700
			FEHBFDDDAABBBGGDDGJEFBFFFAAECCCCCCCCDDGGAAAAAEFGGEEFFEEHIMKIBLBNBNOBBBHHBCCCCCAAEHFGGAAIIDD	1657	1976.3100
			FEHBFDDDAABBBGGDDGJEFBFFFAAECCCCCCCCDDGGAAAAAEFGGEEFFEEHIMKIBLBNBNOBBBHHBCCCCCAAEHFGGAAIIDD	1704	1973.3900
			BBBCCFFGDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1709	1571.2300
			BCBFFGDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1732	1540.7100
			FAAENLCCCCBBBDDGEEHJMOHDGGAIAAEFEEDBBIFFHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1750	1220.0300
			BBBBBFACCCCCFEFGDDGAAAEFAAEHJMOHDGGAIAAEFEEDBBIFFHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1789	1105.8100
			BBBBBFACCCCCFEFGDDGAAAEFAAEHJMOHDGGAIAAEFEEDBBIFFHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1817	1104.4900
			CBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1818	1059.9900
			DBBBBFACCCCCFEFGDDGAAAEFAAEHJMOHDGGAIAAEFEEDBBIFFHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1917	942.1100
			DBBBBFACCCCCFEFGDDGAAAEFAAEHJMOHDGGAIAAEFEEDBBIFFHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	1940	941.6300
			CICBEHDDGGFFFAAAAEHLCCCCBBBDDGDFGAADDACBCCCEHBBGGGEEFFEEHIFBAJMKAGHDDACCBIBCFDGGDAAAFAEEHCBB	2067	865.0700
			CICBEHDDGGFFFAAAAEHLCCCCBBBDDGDFGAADDACBCCCEHBBGGGEEFFEEHIFBAJMKAGHDDACCBIBCFDGGDAAAFAEEHCBB	2105	863.3100
			IICBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2216	849.1100
			IICBDDGFFGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2248	848.9900
			IICBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2264	847.3900
			BIIICBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2266	726.2900
			BIIICBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2303	724.2900
			BIIICBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2344	722.6900
			BIIICBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2453	692.3100
			CBICBFGDAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	2671	657.4900
			ABFFGABCAEECDBBACGGIEBFAHDDHJMKAGGHEEDDACCBBBIIICBFFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	3128	618.8300
			HCBFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	3284	609.4500
			HCBFDDGAAAEFAAEHJMOHDGGBBIEEHFGCCCCCFKIIDDDGGGHDAAEFBDBBBFFFAAEHCCCLCCCBFFFDGGAIAAEEDB	3290	608.8500
			GHHFABCDDEEBFIEBACGGADCCICDDGGAAEFLNOCABBAAEFBMCBBGCEHADBHKHFIIGICDDGGAAEFAEABCAEFAEFBBDHJMK	3405	590.5500
			HKEACGHFABCDDEEBFIEBACGGADCCICDDGGAAEFLNOCABBAAEFBMCBBGCEHADBHKHFIIGICDDGGAAEFAEABCAEFAEFBBDHJMK	3435	590.3700
			GHHFABCDDEEBFIEBACGGADCCICDDGGAAEFLNOCABBAAEFBMCBBGCEHADBHKHFIIGICDDGGAAEFAEABCAEFAEFBBDHJMK	3470	573.5300
			GHHFABCDDEEBFIEBACGGADCCICDDGGAAEFLNOCABBAAEFBMCBBGCEHADBHKHFIIGICDDGGAAEFAEABCAEFAEFBBDHJMK	3473	573.1300
			ACGHFABCDDEEBFIEBACGGADCCICDDGGAAEFLNOCABBAAEFBMCBBGCEHADBHKHFIIGICDDGGAAEFAEABCAEFAEFBBDHJMK	3477	563.2700
			ACGHFABCDDEEBFIEBACGGADCCICDDGGAAEFLNOCABBAAEFBMCBBGCEHADBHKHFIIGICDDGGAAEFAEABCAEFAEFBBDHJMK	3503	560.4300

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
15	2-Opt	PI	HBBAAACCFHOB... 1901 1483.4300		
			CEHCCHBB... 1981 1317.9100		
			AHBBAAACCF... 1985 1276.3300		
			BHFGGEEA... 2013 1084.1100		
			BGGEEA... 2043 1068.3500		
			BGGEEA... 2066 1064.6900		
			BGGEEA... 2070 1019.5700		
			ACCFHBB... 2122 856.0100		
			BIFDDG... 2267 850.0900		
			ACCFHBB... 2273 788.3300		
16	2-Opt	API	CCCCGG... 1812 3306.6100		
			AFFAADE... 1866 2253.2900		
			DDDBB... 1871 1439.7300		
			CHHAAF... 1918 988.2500		
			CHAAF... 2034 976.6500		
			BGHFF... 2057 928.2700		
			GGDDCE... 2114 856.5100		
			GGDDCE... 2114 856.5100		
			CCFEH... 2195 826.6900		
			FIEAH... 2274 776.4900		
17	2-Opt	2-Opt	AEHBB... 1912 1757.4100		
			DDCCB... 1917 1525.7500		
			FFBDD... 1925 708.2300		
			JFBDD... 1971 706.6100		
			FFBDD... 1981 654.7300		
			BFBLC... 2104 646.4500		
			BFGCH... 2113 613.6700		
			CEHAIF... 2139 609.6300		
			CEHAIF... 2144 608.1100		
			CEHAIF... 2185 571.9300		
18	2-Opt	3-Opt	CBFEE... 1974 991.2500		
			ICCBFF... 2033 987.6300		
			BICCB... 2071 761.8500		
			BICCB... 2215 747.6500		
			BICCB... 2225 707.4500		
			CGDF... 2427 700.1700		
			CGDF... 2443 682.7700		
			BICCB... 2454 675.4300		
			CGDF... 2471 641.4700		
			CGDF... 2478 619.6100		
19	2-Opt	Or-Opt	FGGBC... 1989 1655.8100		
			LDLDD... 2015 1342.4300		
			BGBBG... 2058 1220.0300		
			CEEH... 2062 1177.2100		
			BFGG... 2146 808.7700		
			AIGHB... 2146 794.8300		
			AIGHB... 2205 790.4300		
			AIGHB... 2213 788.8300		
			ABHGC... 2223 782.9300		
			GHBGG... 2232 731.3100		

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
30	Or-Opt	API	EHLFDDBBBIIEFEKCCCCCCCCAAAAAGGECDDENOMCCJCFAHFHGAFAAAGFBFBBDDBDDFAAHHFGEEIEIIBBBBFGGGG BBLEFDDDBBBIIEFEKCCCCCCCCAAAAAGGECDDENOMCCJCFAHFHGAFAAAGFBFBBDDBDDFAAHHFGEEIEIIBBBBFGGGG CCCCFAEFAAEDDDBHFBGGGIEHAFAAEEFIIIBBBDDDDDLNJKMCOCCBBBFEAEFBGGEBBFAAABHFBGGGHEAAACCC CCAAHBIJFAIEFGAABBGLKDEENMCCCCAAEEDDBBBBGGGHCCEFFFAAEDDDHBBFGGGGHEAAAEFFIIBBBDDDFE BDDFECCAAHBIJFAIEFGAABBGLKDEENMCCCCAAEEDDBBBBGGGHCCEFFFAAEDDDHBBFGGGGHEAAAEFFIIBBB NMCCFAAIIHBBHFGGLCCDDDBEHAFAAEEFIIIBBBDDDDGGCCCCGGGGAFAAEFFEBBBDFFCCCAAHBIJFAIEFGAABBGLKDEE OBBGGDEEMCCFAAIIHBBHCCFGAAKDDDECCBBNIAFAHAADFDFGGAHFGEEIEFBFGGGHBBLEFDDDBBBIIEFEKCCCCAAAA HBIFFAIEFGAABBGLKDEECCCAAEACCCGGBBIIBBBDDDDDLNMAEFCFAAAHHEFGCCCGGHHBBFFAAABFECCDDDFECCAAH HBIFFAIEFGAABBGLKDEECCCAAEACCCGGBBIIBBBDDDDDLNMAEFCFAAAHHEFGCCCGGHHBBFFAAABFECCDDDFECCAAH FFAEHIFGAOBBGGKDEECCCAAEACCCGGBBIIBBBDDDDDLNMAEFCFAAAHHEFGCCCGGHHBBFFAAABFECCDDDFECCAAHBI FAEHIFGAOBBGGKDEECCCAAEACCCGGBBIIBBBDDDDDLNMAEFCFAAAHHEFGCCCGGHHBBFFAAABFECCDDDFECCAAHBI GFAACCCGFGHBBBAEFBDDDDFAAIIHBBHFGGLIEGKDDDEENOMCCJCFAHFHGAFAAAGFBFBBDDBDDFAAHHFGEEIEIIBBBB CCBIEFFAAAEEDDIOGCCABDDGGAHFAEEDDHCCBBAFDDLNMAEFCFAAAHHEFGCCCGGHHBBFFAAABFECCDDDFECCAAHBI DDFAAIIIDDEEMCCFAAIIHBBHCCFGAAKDDDECCBBNIAFAHAADFDFGGAHFGEEIEFBFGGGHBBLEFDDDBBBIIEFEKCCCCAAAA AGCBAFAEECCBDDDFAIIBGCAEMGHKCBFEDICLAAABHGGGHHBBFFAAAEFFBBDDBDDFAAHHFGEEIEIIBBBBFGGGG AGGACBAFAEECCBDDDFAIIBGCAEMGHKCBFEDICLAAABHGGGHHBBFFAAAEFFBBDDBDDFAAHHFGEEIEIIBBBBFGGGG BGGACBAFAEECCBDDDFAIIBGCAEMGHKCBFEDICLAAABHGGGHHBBFFAAAEFFBBDDBDDFAAHHFGEEIEIIBBBBFGGGG DFAAIIIDDEEMCCFAAIIHBBHCCFGAAKDDDECCBBNIAFAHAADFDFGGAHFGEEIEFBFGGGHBBLEFDDDBBBIIEFEKCCCCAAAA CCDDFAEFAEFAAABHBBHFGGLIEGKDDDECCBBNIAJAGCCABDDGGACBFAACDDHCCBACFAEFIMGGAHBFDDEEBCBAHAFFIDCCC CCDDFAEFAEFAAABHBBHFGGLIEGKDDDECCBBNIAJAGCCABDDGGACBFAACDDHCCBACFAEFIMGGAHBFDDEEBCBAHAFFIDCCC AACCEBGGDEEMGCCBFFEDICLKGHAAAFEBFBCAHDDBCEAAALJFDBCFGCOBBDNCGGGDEECCAHBAFAEFGABCCAAHBDGFEI AACCEBGGDEEMGCCBFFEDICLKGHAAAFEBFBCAHDDBCEAAALJFDBCFGCOBBDNCGGGDEECCAHBAFAEFGABCCAAHBDGFEI DAGFAIIBGCAEMGHKCBFEDICLKGHAAAFEBFBCAHDDBCEAAALJFDBCFGCOBBDNCGGGDEECCAHBAFAEFGABCCAAHBDGFEI DAGFAIIBGCAEMGHKCBFEDICLKGHAAAFEBFBCAHDDBCEAAALJFDBCFGCOBBDNCGGGDEECCAHBAFAEFGABCCAAHBDGFEI BCCDAGFAIIBGCAEMGHKCBFEDICLKGHAAAFEBFBCAHDDBCEAAALJFDBCFGCOBBDNCGGGDEECCAHBAFAEFGABCCAAHBDGFEI KEAHBFBCECBAICGDDEADGAHFBFBCECCEFDADDCCGGGIECCBADIACBNNJLHIAAFGOCABDDGGACBFAEEDDCCGABBAEFEM AHBFBFBCECBAICGDDEADGAHFBFBCECCEFDADDCCGGGIECCBADIACBNNJLHIAAFGOCABDDGGACBFAEEDDCCGABBAEFEM AHBFBFBCECBAICGDDEADGAHFBFBCECCEFDADDCCGGGIECCBADIACBNNJLHIAAFGOCABDDGGACBFAEEDDCCGABBAEFEM AHBFBFBCECBAICGDDEADGAHFBFBCECCEFDADDCCGGGIECCBADIACBNNJLHIAAFGOCABDDGGACBFAEEDDCCGABBAEFEM 3449 461 3300	1668	3801.7300
			1709	3616.4300	
			1713	2308.8300	
			1745	1833.7500	
			1800	1351.2500	
			1842	1333.4100	
			1844	1257.8900	
			1855	1256.8900	
			1891	1208.8900	
			1893	1203.4100	
1926	1202.5900				
1951	1033.1700				
2050	1014.9100				
2252	994.9500				
2349	978.7100				
2368	934.8500				
2386	923.8500				
2440	900.6100				
2442	899.3900				
2454	890.7100				
2465	827.1900				
2451	810.0900				
2567	808.0900				
2589	807.8900				
2601	678.5700				
2663	675.0500				
2868	594.0500				
2968	594.0300				
2980	593.4900				
3218	523.0300				
3351	462.1900				
3449	461.3300				
31	Or-Opt	2-Opt	BBBBBAAAODEHIFEEIEICDDFAACCCDDFAFDDEBBBAAAHLCCFFGEEIEFCFEEAADDHBBGGAAACCCBGGGGANMKIJB BBBBBAAAODEHIFEEIEICDDFAACCCDDFAFDDEBBBAAAHLCCFFGEEIEFCFEEAADDHBBGGAAACCCBGGGGANMKIJB IDHBBBGGGAAAGGACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH AAAHIDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH IFDGHEAADDHBBBGGGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODE GAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH BGGAAACCCDDHIFGBBGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDD AAAHIDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH GAGEMKIECCFAHBBCCFAIFDGHNEAADHBBBGGGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAACCCODE GGAGNMKIECCFAHBBCCFAIFDGHNEAADHBBBGGGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAACCCODE CFEAADDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH FCEAADDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH GAAAHFFDCCCEAAIDHBBBLCCCFIKEEFAADDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEI FEEAIDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH FEEAIDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH FEEAIDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH GAAAHFFDCCCEAAIDHBBBLCCCFIKEEFAADDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEI GFEEAADDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH GAAAHFFDCCCEAAIDHBBBLCCCFIKEEFAADDHBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEI GACBFCFEAADDHBBBGGGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDD AIIFFDDEBBBGGGAAACCCDDFNKMEHIFDEEIEFFJBBBBAAAAACCCODEHFFIFEEIEICDDFAACCCDDFAADHBBBGGGAAAH GGADDFEABBBCCDDFGHIEEJAOBACCFMNAACDBBAADDECBACBCEHEFBGHAIDEFAABFCCKALCGGIFEEAADDHBBG GGADDFEABBBCCDDFGHIEEJAOBACCFMNAACDBBAADDECBACBCEHEFBGHAIDEFAABFCCKALCGGIFEEAADDHBBG BGGADDFEABBBCCDDFGHIEEJAOBACCFMNAACDBBAADDECBACBCEHEFBGHAIDEFAABFCCKALCGGIFEEAADDHBBG BCCNGFGBAIDEFAABBBDDDBCCDEIAFFAHGACACADHBBBFGGACCFIACBDFFAIEAEECDHGEBCGABBFCEAADDHBBG FCAGCBACBFEICCADDFJAEEDDHHGGGACBBLCCFFMNAACDBBAADDECBACBCEHEFBGHAIDEFAABFCCKALCGGIFEEAADDH 3472 484 3900	1716	2693.2900
			1756	2924.9900	
			1783	2038.3900	
			1801	1931.2100	
			1825	1344.3500	
			1860	1282.8500	
			1914	1234.3500	
			1935	1158.0700	
			1937	1062.2900	
			1974	1047.1500	
1982	1039.8300				
1989	887.6300				
2014	884.9100				
2018	869.8100				
2035	834.0100				
2038	828.0100				
2060	776.0100				
2118	763.9100				
2126	760.2100				
2126	715.4300				
2428	709.9500				
2579	681.7700				
2748	562.8900				
2768	547.2700				
2903	517.4900				
3334	495.2900				
3472	484.3900				
32	Or-Opt	3-Opt	DCFFFFCCBDEEAAAFGGGACCCCAIFDDBBNAIIFEEFABHBBHJMBHCGGGAACCAIOFDDCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEBLLBBBBD CCEEEFHIAACCCDDFBBBBNGGMAHDDDAIIFEAEECCBFGGCCBGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEBLLBBBBD FEEKCCBBBGGAAHDDAAGAACCCCHIFDDDBNAIIFEEFBBHBBHJMBHCGGGAACCAIOFDEELFGAFFECCBBBGGGCEEEBLLBBBBD AAJGHBDFDEFECCBBBGGGAAACCAIIFDDBBNAIIFEEFBBHBBHJMBHCGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEB AAACGHBDFDEFECCBBBGGGAAACCAIIFDDBBNAIIFEEFBBHBBHJMBHCGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEB DCCGIBFAFEAECCBBBGGGAAACCAIIFDDBBNAIIFEEFBBHBBHJMBHCGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEB DCCGIBFAFEAECCBBBGGGAAACCAIIFDDBBNAIIFEEFBBHBBHJMBHCGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEB DCCGIBFAFEAECCBBBGGGAAACCAIIFDDBBNAIIFEEFBBHBBHJMBHCGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEB CDEHCEHICBGAIAAFAFDGGMILBBBFAEDAJGHBDFDEFECCBBBGGGAAACCAIIFDDBCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEBLLBBBBD CDEHCEHICBGAIAAFAFDGGMILBBBFAEDAJGHBDFDEFECCBBBGGGAAACCAIIFDDBCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEBLLBBBBD EHCADAJFBIMGGDDDECCBDFGBBAAGHBAEFAEIEHCLBBBGGGACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEBLLBBBBD EHCADAJFBIMGGDDDECCBDFGBBAAGHBAEFAEIEHCLBBBGGGACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEBLLBBBBD EHCADAJFBIMGGDDDECCBDFGBBAAGHBAEFAEIEHCLBBBGGGACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEBLLBBBBD DFIBDEHCECHBGGAAAFDFJGMIIBLBBFAADDCGHBFADEFEAECCBBBNGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEB DFIBDEHCECHBGGAAAFDFJGMIIBLBBFAADDCGHBFADEFEAECCBBBNGGGAACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEEHHBBBGGGCEEEB FCBAAAEHBBBGGGCEEEFIMAHLCDBDKADDFGBCCEIAABGAEDCGHGFIECCDFJIBBBAABBGGGACCAIIFDDOFFCCBAAAIKEE KFAEECCBBBGADCFGAGDNIIMHLCDDBAAAFDFDCCCEEBGHBGADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC FEAECCBBBGADCFGAGDNIIMHLCDDBAAAFDFDCCCEEBGHBGADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC FBCEGAACBCEGDAABFENHMAHLCDDBKADDFDCCCEIBAGBADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC BFKECGAACBCEGDAABFENHMAHLCDDBKADDFDCCCEIBAGBADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC FBFBCEGACBCEGDAABFENHMAHLCDDBKADDFDCCCEIBAGBADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC FBFBCEGACBCEGDAABFENHMAHLCDDBKADDFDCCCEIBAGBADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC FBFBCEGACBCEGDAABFENHMAHLCDDBKADDFDCCCEIBAGBADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC FBFBCEGACBCEGDAABFENHMAHLCDDBKADDFDCCCEIBAGBADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC FBFBCEGACBCEGDAABFENHMAHLCDDBKADDFDCCCEIBAGBADECAABBIJFFDDBCCIEFGCOABDDGGGAHBAFEAIECDHCCBGC 3715 486.8900	1935	2659.5300
			2015	1324.2500	
			2015	1089.0300	
			2083	1023.8700	
			2117	939.4900	
			2135	785.0500	
			2169	774.4500	
			2200	738.0900	
			2281	679.0500	
			2361	651.5500	
2388	642.3900				
2524	638.5700				
2534	633.2300				
2701	624.4900				
2711	587.9100				
3072	583.0100				
3333	553.5500				
3363	546.2100				
3417	520.8100				
3601	510.5900				
3610	492.8900				
3715	486.8900				
3746	453.4100				
33	Or-Opt	Or-Opt	LDDDBBGGBCFENMAAHCAGAAAACCFCEEDDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEE CEEHHIDJGGAHCBBDFAAAIICCCFCBBLDDDEDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEE BFGGFAECEHHIDJGGAHCBBDFAAAIICCCFCBBLDDDEDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEE AIBGHBGGCFEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEEAAAAIICFFCEEDDDGGHBBGCFEE 2146 794.8300	2062	1177.2100
			2080	1088.7700	
			2146	794.8300	
			2205	790.4300	
			2213	788.8300	
			2291	787.0700	
			2303	695.6300	
			2396	672.0300	
			2412	634.4100	
			2421	629.4700	
2441	620.5700				
2451	582.0500				
2489	573.7500				
2759	564.4100				
2913	542.3700				
3535	511.1900				
3578	499.6300				

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation			
37	Double-bridge	API	EEFMAIIHHFAADDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEE	1549	3456.5700			
			EEFMAIIHHFAADDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEE	1562	3452.5700			
			GHFHFAADDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1572	2645.3500			
			IGBGGHFAADDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1578	1825.9300			
			IGBGGHFAADDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1623	1823.6300			
			IGBGGHFAADDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1672	1817.5900			
			AAEAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1760	1745.7900			
			CCFFJBBGGGGHBBFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1776	1260.2300			
			CCFFJBBGGGGHBBFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1814	1252.2100			
			GGDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1844	1239.1100			
			DFACCCGGGALDDDEFFKAHBBEECCFJBBBHHHDOFCDDDEEAFAAGBBBFFCNAIBBBCCCCAAAEEFMAIICBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1861	1223.7100			
			AEFMAIICBBBGGGGHBBFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1885	1119.7900			
			FAHBBAAEEEDDDCCCCFFJBBBHHHGGGDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1901	1055.6500			
			IAGHFAAEEEDDDCCCCFFJBBBHHHGGGDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1929	1004.2900			
			EBFANAEEEDDDCCCCFFJBBBHHHGGGDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1970	999.2300			
			GGAEFAHBBBCCCCDDFAAIGGGDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	1974	919.3900			
			EFCJAHFAAEEEDDACCBBBDFGMAAGCCBBFBGAHBIHDOCCBBIAAEFAIICGGGGADDEFAFAHBBBCCALDDDEFFAHHBBBCCGGCNEUE	2123	907.0300			
			EOCBFFAAEEFAICGGADDAEFMABGGGHHBCCCCDDFAAKLDFFAHBBBGGGGHFFEDCCIFAEEBFDECGAAIICGAEDDDCCBBCCAGHNB	2156	886.2300			
			EOCBFFAAEEFAICGGADDAEFMABGGGHHBCCCCDDFAAKLDFFAHBBBGGGGHFFEDCCIFAEEBFDECGAAIICGAEDDDCCBBCCAGHNB	2164	884.8300			
			BFACCGGGALDDDEFFKAHBBEECCFJBBBHHHDOFCDDDEEAFAAGBBBFFCNAIBBBCCCCAAAEEFMAIICBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2198	830.3100			
			DDFAAGBBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2248	832.8100			
			DDFAAGBBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2274	803.9300			
			EFACCCDGGBFAAEEEDDCCNGAFFAHHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2282	765.3700			
			BEFAACCBHGGDAEAFBDGCGNFAAHHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2377	738.5500			
			AEFBCCBBHGGDAEAFBDGCGNFAAHHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2394	738.1500			
			BBAEFHBBBCCCCDDIAAFAAGGDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2716	672.5500			
			BGFDHADDCCBBAAEEFAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2931	671.4500			
			BGFDHADDCCBBAAEEFAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2948	671.0500			
			BGFDHADDCCBBAAEEFAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2956	669.7300			
			DDFAHBBBACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	2967	648.9500			
			DDGAFABBBACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3013	648.5300			
			DAGHGEICCCABBDGAEFBDDGCGNFAAHHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3030	644.2500			
			AABFGBCDDFAHBBCEEDBBACGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3133	643.7300			
			DAFABACCGBDDGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3149	643.3300			
			AABFGBCDDFAHBBCEEDBBACGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3162	643.0700			
			DAFABACCGBDDGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3181	641.6300			
			DFDAFABBBACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3183	590.3500			
IDFABBBAGEEIHDAEDACCJGGGAMFCBBBFFHAEDNFAHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3194	598.7700						
DAFFGDCBBBAECCAEFGDBBACGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3200	568.7500						
DAFFGDCBBBAECCAEFGDBBACGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3234	568.6300						
IDFABBBAGEEIHDAEDACCJGGGAMFCBBBFFHAEDNFAHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3319	566.7700						
FAFDBGEICCCABBDGAEFBDDGCGNFAAHHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3346	517.4100						
FAFDBGEICCCABBDGAEFBDDGCGNFAAHHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3356	515.9700						
JFADFGEICCCABBDGAEFBDDGCGNFAAHHBBIAACCGCEIEBGGHDAHFAAEEEDDDCCCCBBFAAAEFDAHHAHAABBBCCODDDEEEFAIICLKGNNCCCCFFJBBB BBBBGGGGHBBGGGFGDDDCFAAEEFMAIIGB	3436	501.6500						
FGCEHMADCCBBBHAEBICDADGAIACAEFFDCGADFBAAFIICODDNECBFAGBAEHBHFDHCCGACLKGAEIFJBBBBIIDAHFGAECGCECAF	3439	449.4300						
38	Double-bridge	2-Opt	CCCCGDBDEEAABFAAHGGMIIOKCCCCBBFFDEEEEDDFDDDAIJBENDEFFAAHBBGGGCCCCBBBGAABBAHAHLDDGAIICG	1780	2058.2900			
			CFGBDDCEAABFAAHGGMIIOKCCCCBBFFDEEEEDDFDDDAIJBENDEFFAAHBBGGGCCCCBBBGAABBAHAHLDDGAIICG	1789	1991.0900			
			AHDEEHBACCCBBBDDIAAFMCCCCBBFFFEEDDGGJKAJAAHFGGAIIOGAAIIDDIBGGGCCCCBBBGAABBAHAHLDDGAIICG	1805	1699.7300			
			BGGGCCCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	1908	1541.3700			
			FEEDAHHICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	1926	1320.6100			
			GGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	1943	967.7300			
			GGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2020	955.2300			
			GGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2069	926.3900			
			GGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2106	895.8300			
			GGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2129	895.2100			
			GGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2152	830.3900			
			GGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2189	799.3700			
			FAAHEFAOKCCCFGGDDEEAABBBCCIDDFEIBBBGGCCGAMDAIIBHFFBGGGFAEAEDEFJAHGCCCBLLDNFEBBAAHICCBGGDFE	2199	764.2700			
			ADCGGICCCBBFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2330	734.9500			
			BLFFBDDAAHICCBGEEAAHFFGDEEBBCCNDAAHCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2403	695.9500			
			JAECCCBDDAAGAAHFFGDEEBBCCNDAAHCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2502	693.3500			
			GBBDGAIICCFAAHFFDFDEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2585	678.1300			
			IEDEHFAHCCBBGGFFAAAAAFBEDBGDLCBEHICCBAAOJCIKMGGDFFGCGCFEDCFABFAGAAHFFDEEBBCCNDAAAHICCBGGDE	2618	642.3500			
			DFDGFCEEBBCCNDAAAHBCEIEHBEHBAADGGGMIJLIIOKCCCEFFDAIBDEEFAADFAAHHBBGGGCCCCBBBGFEEAAD	2668	637.1300			
			IBDDCEAGFJBBCCGDEFAAKCEDCBGAFAHFFGGDEEBBCCNDAAAHICCBCCGGEFECCBDDFALGABGAHFFGDDDEEBBCCDACHMI	2744	615.6900			
			BDDCGEFFHCCAAEBBICFAAAAFBEDBGDLCBEHICCBAAOJCIKMGGDFFGCGCFEDCFABFAGAAHFFDEEBBCCNDAAAHICCBGGDE	2835	589.8900			
			BDDCGEFFHCCAAEBBICFAAAAFBEDBGDLCBEHICCBAAOJCIKMGGDFFGCGCFEDCFABFAGAAHFFDEEBBCCNDAAAHICCBGGDE	2955	577.1900			
			39	Double-bridge	3-Opt	FGGCGDDGNCNJBBSBBEIEFAAAHFAEEFDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	1885	1255.0300
						FGGCGDDGNCNJBBSBBEIEFAAAHFAEEFDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	1935	1247.0300
						AFGCGDDGNCNJBBSBBEIEFAAAHFAEEFDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	1946	934.7300
						CCGDDGNCNJBBSBBEIEFAAAHFAEEFDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	2021	901.1500
						CCBBGGDDICNJBBSBBEIEFAAAHFAEEFDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	2027	868.7900
						CCBBGGDDICNJBBSBBEIEFAAAHFAEEFDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	2029	848.5700
						CCGDDGNCNJBBSBBEIEFAAAHFAEEFDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	2030	835.4500
						GGCCBBFBGEEAAFFEEDDIHBGAACEFDDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	2106	833.6300
						GGCCBBFBGEEAAFFEEDDIHBGAACEFDDIIHDGFKCCBBGGGCOCAAAHLCCCBFFDDCCBBFAABBBGEEEMAAHFFEEDDDIHGBAACBB	2141	801.1700
						COBBCCGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCMAADAACBGDDCCJBBBEEEFAAAAHFFEEFDIIHDGACCBGGGG	2148	761.2500
						COBBCCGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCMAADAACBGDDCCJBBBEEEFAAAAHFFEEFDIIHDGACCBGGGG	2166	736.0100
						COBBCCGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCMAADAACBGDDCCJBBBEEEFAAAAHFFEEFDIIHDGACCBGGGG	2185	730.4100
						COBBCCGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCMAADAACBGDDCCJBBBEEEFAAAAHFFEEFDIIHDGACCBGGGG	2192	711.0100
						FDCGAAAHBCCFFEEEDDFKCEAHLBCCNJAAGGAAIICCBDDAACGGAHFOACFEDDCBBFAEBBGGEEEMAAHFFCFCBGGGDDAAIIEHBF	2251	681.8700
						DCCOBBGGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCMAADAACBGDDCCJBBBEEEFAAAAHFFEEFDIIHDGACCBGGGG	2294	665.9900
FDCGAAAHBCCFFEEEDDFKCEAHLBCCNJAAGGAAIICCBDDAACGGAHFOACFEDDCBBFAEBBGGEEEMAAHFFCFCBGGGDDAAIIEHBF	2305	610.1700						
BBCGGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCNJAAGGAAIICCBDDAACGGAHFOACFEDDCBBFAEBBGGEEEMAAHFF	2415	604.0300						
AGCBBCGGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCNJAAGGAAIICCBDDAACGGAHFOACFEDDCBBFAEBBGGEEEMAAHFF	2431	599.8900						
AGCBBCGGDDAAIIEHBFFFCGAAAHBCCFFDEEBBNDFKCEAHLBCCNJAAGGAAIICCBDDAACGGAHFOACFEDDCBBFAEBBGGEEEMAAHFF	2475	564.5900						
BBCGGDDAAIIEHBFFAEDFCGAHBCFFFEBCCHLDBEBCFANBDEJEGGAAIICCBDDGMFCGAHBEACFEDDDFACGAAHBBBFECACAE	2756	555.7700						
GFCACGEBBBDHBEADCCIDFABGHDDGBCFAEBFFKCEAHLBCCNJAAGGAAIICCBDDAACGGAHFOACFEDDDFACGAAHBBBFECACAE	2990	482.1300						
CAHBBDFCECCGIDFAEFAABGABGCFBDEDAEFAHHCDAEIEGGFOCAJGEBBBBHDFAEAMECCNLIDIFGADHDDGBCFKABBFCECAG	3777	472.7900						
CAHBBDFCECCGIDFAEFAABGABGCFBDEDAEFAHHCDAEIEGGFOCAJGEBBBBHDFAEAMECCNLIDIFGADHDDGBCFKABBFCECAG	3812	468.0900						

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

Table with 7 columns: No., After initial solution, After mutation, Obtained Pareto Optimal Sequence, Setup times, Production rates variation. It contains data for three test cases (40, 41, 42) comparing Double-bridge and IP methods. Case 40 compares Or-Opt and Double-bridge. Case 41 compares Double-bridge and Double-bridge. Case 42 compares Double-bridge and IP. Each case lists 30 Pareto optimal sequences and their corresponding setup times and production rates.

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
44	IP	API	DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1699	2150.4100
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1717	2149.9500
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1728	2048.3900
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1731	2023.4300
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1753	1867.6300
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1761	1631.5300
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1789	1452.3500
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1794	1369.0900
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1808	1113.0500
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1848	1080.5900
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	1977	786.0300
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2004	771.7100
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2145	690.0300
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2237	689.0100
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2251	688.0300
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2426	681.7900
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2427	676.8700
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2682	566.7500
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2736	565.1300
			DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	2980	558.4300
DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	3187	558.2300			
DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	3975	514.6100			
DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	3224	511.8500			
DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	3359	481.1900			
DDGGGJCCCCFBBBBGBAAIHDDHAAEEEF IHBMCCBBBBLKCCNGOFFEFGDDDFAAAIIHDEFEI CAAAAAEEFFFGDDCCBBB	3375	478.2900			
45	IP	2-Opt	EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	1756	2266.6900
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	1838	2091.0700
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	1841	1948.7300
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	1872	1630.5100
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	1876	1461.7700
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	1962	1373.9500
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2000	1312.2900
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2009	1182.4700
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2022	1155.3100
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2039	1144.0500
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2070	925.0500
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2175	824.0700
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2142	800.1700
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2454	789.0700
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2488	778.7700
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2508	736.7100
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2530	730.5300
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2591	698.9300
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2630	692.5100
			EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2632	691.7900
EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2645	562.8100			
EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	2723	557.6100			
EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	3496	549.1500			
EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	3562	543.4700			
EEAAAAACFCGBCGHOCCEGHHBBBGGEEAABCCCEMFFKFLDDDDJCCCCDDAHBBGFEI AEAABCFEFGGAI IAAADBBBGG	3800	492.5500			
46	IP	3-Opt	HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	1925	2679.4100
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	1975	2162.8300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	1978	1712.3900
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	1994	1651.4900
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2014	1365.3300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2080	1181.3300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2087	888.1900
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2111	791.0300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2156	748.6300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2207	734.5300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2212	688.6300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2256	664.5300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2556	664.3300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2569	627.9300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2609	571.3500
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2648	554.7100
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	2725	491.5300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	3033	477.1300
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	3018	488.5100
			HFMAIFFAAAABCCCEEEFFGGCGGAAALBCCCEEFKAEICCNDDDDHAAAABBBBFEFGCGGHFCCJIFAABHBBGDDCCBBBBIICDD	3062	413.7700
47	IP	Or-Opt	GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	1901	937.1700
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	1999	862.2900
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2011	759.1300
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2054	753.7300
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2108	696.0100
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2187	597.0300
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2457	589.4900
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2532	530.4300
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2775	508.7900
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3033	477.1300
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3018	488.5100
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3062	413.7700
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	1971	1797.2500
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	1998	1260.2700
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2037	1190.8500
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2062	1162.7700
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2103	1138.5500
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2148	907.9500
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2156	893.1100
			GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2204	764.2900
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2263	690.0700			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2297	661.9700			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2301	658.6900			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2309	631.6700			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2403	611.2900			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2762	595.9500			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	2941	579.7300			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3061	566.7300			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3098	559.1300			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3156	503.7300			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3357	462.3100			
GBBFAAACCFEIEFBCCAAHDDOFFGGAHBBNDGAEIBLCCJAAAFDDDEMGGAHBBIIIEEGGDHBIKCCCFEABCFAAACCCFBFBEEFFHDDGGGBBFAA	3426	404.5100			

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
49	IP	IP	BBBCCGAAAAADDDFAAHFEFFHFEFFEEFOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1659	2273.9700
			BBBCCGAAAAADDDFAAHFEFFHFEFFEEFOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1717	2239.3900
			LDDCCGAAAAADDDFAAHFEFFHFEFFEEFOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1727	2116.2700
			GAAIGDDGGHBBBIAACCCCFHENEFFEOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1761	1487.2700
			AAIGDDGGHBBBIAACCCCFHENEFFEOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1786	1458.6100
			AAIGDDGGHBBBIAACCCCFHENEFFEOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1806	1453.7100
			AAIGDDGGHBBBIAACCCCFHENEFFEOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1837	1394.1900
			EAAIGDDGGHBBBIAACCCCFHENEFFEOBBBBAAMKII CCGGHBBBCCGGAEEFFEBBCJLDDAHDDFANDDDEFFGGCCBBAI CCGGGH	1852	1341.2900
			BFAAICNDDDCCBBBGFDDAAHIFEHBCCGGHEHGGAAADFEFFEOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	1877	1238.3500
			BFAAICNDDDCCBBBGFDDAAHIFEHBCCGGHEHGGAAADFEFFEOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	1906	1225.3500
			BFAAICNDDDCCBBBGFDDAAHIFEHBCCGGHEHGGAAADFEFFEOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	1917	1178.0300
			FEFBAICNDDDCCGGBBGFDDAAHIFEHBCCGGHEHGGAAADFEFFEOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	1923	934.6100
			DCCCCGAAEFFEBBDDHIBCCGEHFGGAAADFEFFEOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	1937	881.1900
			DCCCCGAAEFFEBBDDHIBCCGEHFGGAAADFEFFEOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	1973	871.7100
			FEFBAICNDDDCCGGBBGFDDAAHIFEHBCCGGHEHGGAAADFEFFEOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	1976	864.3700
BBBCCGGAEEFFEBBCCGAFFDDEFEI JALCCCGGGAHHADDFEFAEFOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	2034	822.0900			
BBBCCGGAEEFFEBBCCGAFFDDEFEI JALCCCGGGAHHADDFEFAEFOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	2054	793.9500			
FEFBAICNDDDCCGAFEBEIJALCCGGAHHADDFEFAEFOBBBBAAMKII JALCCDDCCCGGAHHDDGGCFBBBBCFAEFAE	2198	791.8100			
ACGGAHADFEFFEOBBBBAAMKII CCGGHBBBIAACEFEFFDDBCCBICCGGADDAEIBHCCCGGAHFEFKAAAGDDFIJBBBCCA	2279	710.4100			
BFLBEDMKAJIBGFEAAGGCHIIDFEBBAECCCGGAHDDFBBCBEFFEBABAANCCCGGAHDDFEHAFGOBBBICAIDBFAHEFDGAGCCCE	2681	679.2700			
DEAAGGHIIDFEBBAECCBACCGGAADFBFBFBFDANECGGCCAAHDDFEHACFGOBBBICAIDBFAHEFDGAGCCCE	2834	667.2700			
BEAAGGHIIDFEBBAECCBACCGGAADFBFBFBFDANECGGCCAAHDDFEHACFGOBBBICAIDBFAHEFDGAGCCCE	2848	620.6100			
BEAAGGHIIDFEBBAECCBACCGGAADFBFBFBFDANECGGCCAAHDDFEHACFGOBBBICAIDBFAHEFDGAGCCCE	2865	617.8900			
GECCFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGIDJKAIALBDAEAOIIBBNFDDHAAGGCCCEABBMKIIJAEFFGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGID	3030	601.6100			
DBGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGIDJKAIALBDAEAOIIBBNFDDHAAGGCCCEABBMKIIJAEFFGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGID	3031	593.2700			
DBGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGIDJKAIALBDAEAOIIBBNFDDHAAGGCCCEABBMKIIJAEFFGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGID	3046	590.4700			
GECCFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGIDJKAIALBDAEAOIIBBNFDDHAAGGCCCEABBMKIIJAEFFGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGID	3051	570.8300			
DBGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGIDJKAIALBDAEAOIIBBNFDDHAAGGCCCEABBMKIIJAEFFGECFAABBBFCGECAHDDCAHFEFGGID	3076	556.7500			

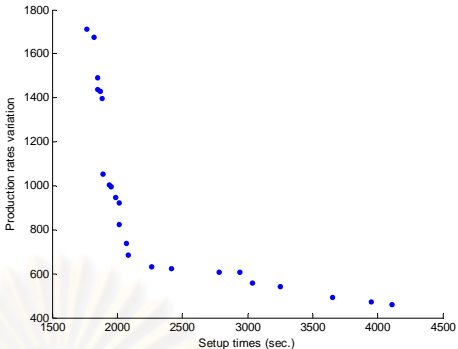
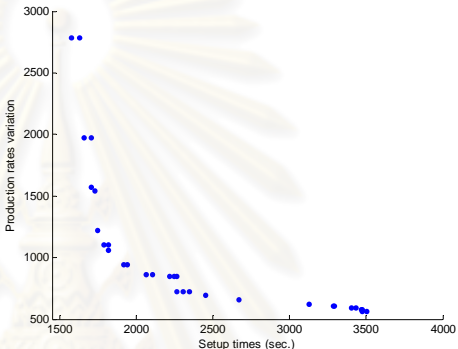
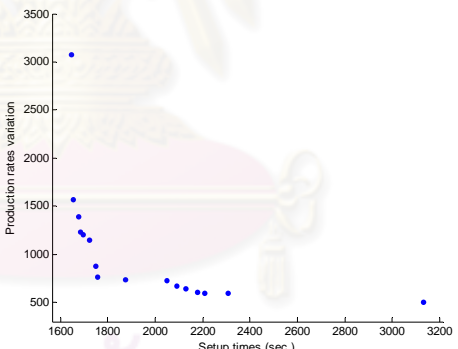
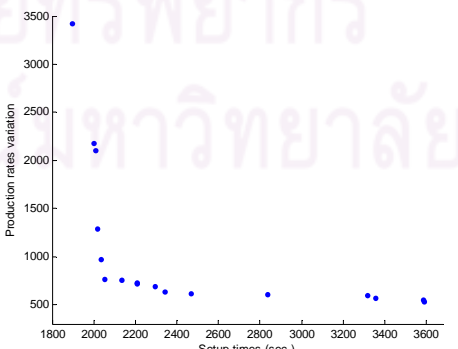
ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	
2	PI	API	
3	PI	2-Opt	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
4	PI	3-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 4. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1600. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1600 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
5	PI	Or-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 5. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2200. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
6	PI	Double-bridge	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 6. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1300. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
7	PI	IP	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 7. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 7000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1000 to 4000. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
8	API	PI	
9	API	API	
10	API	2-Opt	
11	API	3-Opt	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
12	API	Or-Opt	
13	API	Double-bridge	
14	API	IP	
15	2-Opt	PI	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	
17	2-Opt	2-Opt	
18	2-Opt	3-Opt	
19	2-Opt	Or-Opt	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	
21	2-Opt	IP	
22	3-Opt	PI	
23	3-Opt	API	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	
25	3-Opt	3-Opt	
26	3-Opt	Or-Opt	
27	3-Opt	Double-bridge	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
28	3-Opt	IP	
29	Or-Opt	PI	
30	Or-Opt	API	
31	Or-Opt	2-Opt	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
32	Or-Opt	3-Opt	
33	Or-Opt	Or-Opt	
34	Or-Opt	Double-bridge	
35	Or-Opt	IP	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
36	Double-bridge	PI	
37	Double-bridge	API	
38	Double-bridge	2-Opt	
39	Double-bridge	3-Opt	

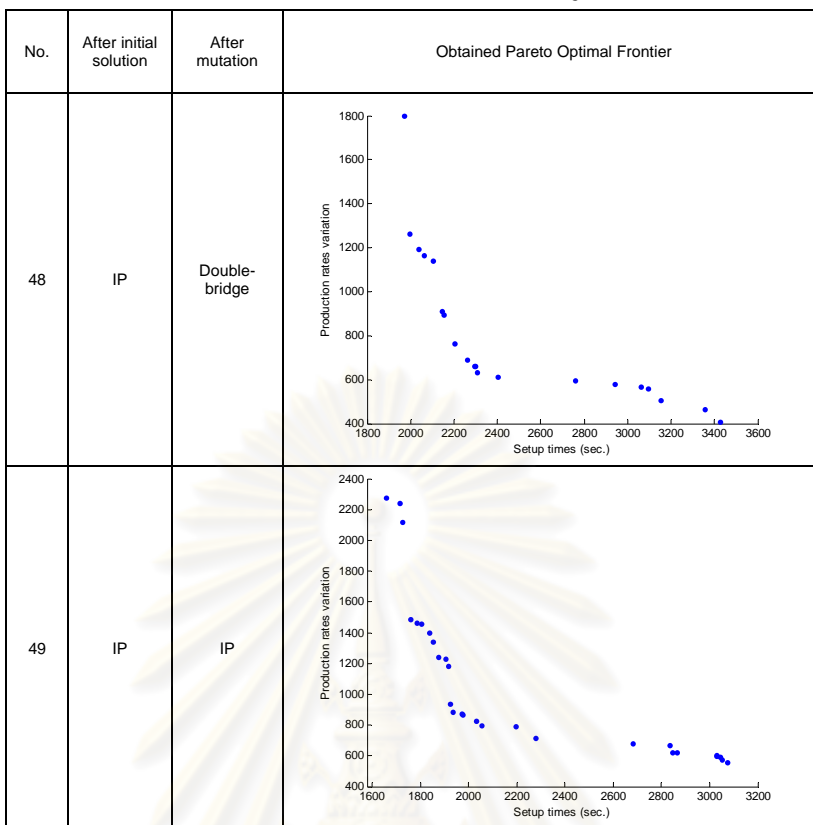
ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
40	Double-bridge	Or-Opt	
41	Double-bridge	Double-bridge	
42	Double-bridge	IP	
43	IP	PI	

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
44	IP	API	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 44. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2200. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1600 to 3400. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
45	IP	2-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 45. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2400. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4000. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
46	IP	3-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 46. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 3000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
47	IP	Or-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 47. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 450 to 950. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3400. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

ตารางที่ ง.27 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)



5.2.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2
 ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
1	PI	PI	NLDLAAHFBFFBDDGGAADDGHHDFEFBBBGGFAAEFFAHDGDDGGCCCCCEEEAAJAFEBBBBCCCGFEEMCAIHHBBCCCGGFOAFKAIID	1758	2875.0900
			CCEEEAACCCCGGEBFAAHBAEFIMHDDAHDHDDGGAEBBCCCGGOFEFFAICNJBKIIHBBBBAHDFEFBBBGGFAAEFFAHDGDDGGCCCC	1768	1894.6100
			AAEFFAHDGDDGGAEBCCCACBBFEFEFAIDNDCCBFEEHDDGDDGAAHBBBCCCGGFCAIKJMAHBBCCCGGOFEFIAIAEHFBBBGAA	1867	1386.2300
			CCCGGEFAIHHBBBCCCGGFEFAKIEDNDLDAEHBFBGGAAAEFFAHDGDDGAEIMAAABBBCCCCBBCEEFDFHJAFEDDGGGAOFHBBBC	1899	1214.0500
			DCCCGGOFEFADAAEHFBDDGGAAAEFFAHHBCCNDCBLDEEAABBGHCJEMEFDGKAAHBBFAHDDGGAAEMCCCGGFEFBBBGGEEFAIID	1932	811.4900
			IDDFAAFBGEECCCGGEBBFAAHBAEFIMHDDGGAEBBCCCGGOFEFFAICDNDCLFEAAABKJHHDDDGHHBFFCCCGEAABGFI	1983	753.5300
			DEEFBFCFAEDDGAHBBBCCCGGFEFAIINDAHAHGAEBBCCCGGOFFAKDBBLFECEMBJHDGAAHBBIEFFAHDGDDGGAEECCCGGFEABBF	2107	709.3500
			IDDFAAFBGEECCCGGEBBFAAHBAEFIMHDDGGAEBBCCCGGOFEFFAICDNDCLFEAAABKJHHDDDGHHBFFCCCGEAABGFI	2128	686.9900
			DCBBFEDAACBGJIKEMCAHEFDGGGAHCCBEEFEFBGFAAEEDDGAHBBBCCCGGFEFAIINDNDCLFEAAABBFHCCCGHBBGACFDD	2363	677.2300
			AHDAACBBGGFEAIDCCCANDFECFEDFCGBBAJGGHDFBBAALOMEBECFDAAHBBBCCCGGFEFAIINDCCCEAEFFGHDDGAAEBBBBCCAGFK	2373	589.0700
DAACBBGGFEAIDCCCANDFECFEDFCGBBAJGGHDFBBAALOMEBECFDAAHBBBCCCGGFEFAIINDCCCEAEFFGHDDGAAEBBBBCCAGFKAH	2680	567.7700			
2769	561.3100				
2	PI	API	CLKAAHDGGGAFFIIDGHBBBCCBBAAAEEDDFMGGFFIINJOBHBBBBAAEAEHFDGGAFFDDGHBBBBAAEAECECCCGGFECECC	1828	4039.7100
			DGHBBBBAAEAECECCCLKAAHDGGGAFFIDGFBDFMAHDDGGGAADDCCCNBOFFIIBBBBEECBBCCHBBBAAEAECECAHFDGGAFFD	1838	1727.4100
			DCCCBGGAAAIFFGDGGAHAAEAHBBGAAAEIKCCCBGGAAAIJFGEEFFDGHNOCCFFBBLCDHBBBBAAEAECECCFFGDDBBHMFDD	1858	1704.2500
			DCCCBGGAAAIFFGDGGAHAAEAHBBGAAAEIKCCCBGGAAAIJFGEEFFDGHNOCCFFBBLCDHBBBBAAEAECECCFFGDDBBHMFDD	1860	1703.9500
			DCCCBGGAAAIFFGDGGAHAAEAHBBGAAAEIKCCCBGGAAAIJFGEEFFDGHNOCCFFBBLCDHBBBBAAEAECECCFFGDDBBHMFDD	1903	1699.3500
			FDDGHBBBBAAEAECECCCLAAHBBCCCKIDGGGAFFIDGFFMAHDDGGGAFFIINDJOBHBBBEECBBCCHBBBAAEAECECAHFDGGAFFD	1909	1564.1700
			DFDGEHFICCCFFBBLCDHBBBBAAEAEIKCCCBGGAAAIJFGGNDGGHAOEAAHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFDHHKBBGAAAHGD	1911	1438.1300
			HGAEAECECCFFGGDIIDGHBBBBAAEAEHBBGAAAJAFEEFCFCCIDFFBLGCDHBBBBAAEAECECCFFGKDDFFMHBBDDICCCCBGGAA	1915	1399.6500
			HGDDFEFICCCFFBBLCDHBBBBAAEAEIKCCCBGGAAAIJFGGNDGGHAOEAAHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFDHHKBBGAAAHGD	1937	1248.3900
			EEEECCFFGGDIIDGHBBBBAAEAEHBBGAAAJAFEEFCFCCIDFFBLGCDHBBBBAAEAECECCFFGKDDFFMHBBDDICCCCBGGAAAHGD	1953	1060.5700
			DGGFAHBBGAAAEAECECCFFGDBBCCCKIDDDFFMHBBBBAAEIINJFGGAHOEEFAAGHBLCCCBAAIFGDGAAAEAECECCCBHBBDDDFH	1974	1052.9100
			EEEECCFFGGDIIDGHBBBBAAEAEHBBGAAAJAFEEFCFCCIDFFBLGCDHBBBBAAEAECECCFFGKDDFFMHBBDDICCCCBGGAAAHGD	1991	1003.1900
			EEEECCFFGGDIIDGHBBBBAAEAEHBBGAAAJAFEEFCFCCIDFFBLGCDHBBBBAAEAECECCFFGKDDFFMHBBDDICCCCBGGAAAHGD	2024	998.9100
			HBBBBAAEAECECCFFGDBBHMFFDDDKICCCCBGGAAAIJFGGNDGGHAOEAAHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2055	985.0300
			ALCGDHHBBGAAAEAECECCFFGDBBCCCKIDDDFFMHBBBBAAEIINJFGGAHOEEFAAGHBLCCCBAAIFGDGAAAEAECECCCBHBBDDDFHBBBGA	2111	982.4700
			ALCGDHHBBGAAAEAECECCFFGDBBCCCKIDDDFFMHBBBBAAEIINJFGGAHOEEFAAGHBLCCCBAAIFGDGAAAEAECECCCBHBBDDDFHBBBGA	2114	981.4700
			CFGICGAAAEAECECCFFDDBBLCGDHBBHBBBBAAEIINJFGGADCCOHEEFAAGHBLCCCBAAIFGDGAAAEAECECCCBHBBDDDFHBBBGA	2155	975.9900
			BGBAAAEAECECCFFGDBBHMFFDDDKICCCCBGGAAAIJFGGNDGGHAOEAEHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2186	955.4700
			DDDKCCCBGGAAAIIFGHAEBBDDFFCCCEEFMHBBBBAAEIINJFGGAHOEEAECCDDDFBBAABHBBEDDGGFLCAAEECECCFFGDBBHMFF	2188	932.0500
			DDDKCCCBGGAAAIIFGHAEBBDDFFCCCEEFMHBBBBAAEIINJFGGAHOEEAECCDDDFBBAABHBBEDDGGFLCAAEECECCFFGDBBHMFF	2203	927.4500
ALCGDHHBBGAAAEAECECCFFGDBBHMFFDDDKICCCCBGGAAAIJFGGNDGGHAOEAEHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2213	878.5700			
CCCFDABAHGAEAECECCFFGGDIIDGHBBBBAAEAEHBBGAAAJAFEEFCFCCIDFFBLGCDHBBBBAAEAECECCFFGKDDFFMHBBDDICCCCBGGAA	2247	808.1300			
ACBBAEHBCCGFBNDGGAAGHDDAOCBBEECCCFLAIFKDHDFIICBADDDGHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2369	796.0900			
GAFFIDGHBBBBAAEAECECCCBHMFDDDKICCCCBGGAAAIJFGGNDGGHAOEAEHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2381	767.9900			
ACBBAEHBCCGFBNDGGAAGHDDAOCBBEECCCFLAIFKDHDFIICBADDDGHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2480	747.7900			
BBAEAECECCFFGDBBHMFFDDDKICCCCBGGAAAIJFGGNDGGHAOEAEHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2512	697.2500			
ABCAEHBCCGFBNDGGAAGHDDAOCBBEECCCFLAIFKDHDFIICBADDDGHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2670	615.5500			
BACJAEHBCCGFBNDGGAAGHDDAOCBBEECCCFLAIFKDHDFIICBADDDGHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2736	615.2500			
FAPBCHJAECCGFBNDGGAAGHDDAOCBBEECCCFLAIFKDHDFIICBADDDGHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	2894	612.7300			
AEDAEBCCBFCAADGGBBFAECCGDEIBACBHEECCFNDNMKFFBFLCBOAHDDGGHAAAECCCFDFAIIBEDGGFAACBBAEAEHCCCFGBFDI	3136	565.0300			
CFBCHJAECCGFBNDGGAAGHDDAOCBBEECCCFLAIFKDHDFIICBADDDGHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	3221	561.3300			
AADHCCGFBNDGGAAGHDDAOCBBEECCCFLAIFKDHDFIICBADDDGHBBGAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	3428	548.9100			
FADEABCCBFCAADGGBBFAECCGDEIBACBHEECCFNDNMKFFBFLCBOAHDDGGHAAAEAECECCFFGDBCCCMDDDFHBBBBAALCGD	3480	497.3300			

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
3	PI	2-Opt	FCABGDBBBHDDGGCCBFAAEFICCCBBKAIFEEFDDFFDBBBLHDDGGCCBFBAMAAAHJCGAHCCGGAAAHICCCDFDEEE	2032	2447.6500
			HDDGGCCBFAAEFICCCBBKAIFEEFDDFFDEECCGGDLHBBBKAIFECBAMAAAHJCGAHCCGGAAAHICCCDFDEE	2073	2100.6300
			CCBJGGAHBFGGAAADAAHDCCEIFCCBBBDFDEEEEFIAKGDDBBLHDDGGCCBFBAAIIMAFGGFAHFCCEEEEBAAAADDOAHBNNCC	2076	1255.7700
			CCBJGGAHBFGGAAADAAHDCCEIFCCBBBDFDEEEEFIAKGDDBBLHDDGGCCBFBAAIIMAFGGFAHFCCEEEEBAAAADDOAHBNNCC	2112	1195.7700
			CCBBBGGFFAHFCCEEEEBAAAADDAHBCDFDEEEEFIAKGDDBBLHDDGGCCBFBAAIIMAFGGFAHFCCEEEEBAAAADJCCBBBDD	2245	1059.8300
			CCBGAADAAHDCCEIFCCBBKAIFEEFDDFFABBBLHDDGGCCBFBAAIIMAFGGFAHFCCEEEEBAAAADDAHBBCCDFDONJGABHCC	2290	1007.0700
			AIGGFAGDEBCCAAEECCFABLBDDFAECGAAAIJDJBHBCFCHDDOGBHCCFFEEEFAGBBBDDGGCCBFBAAIIMADAHBNNCCBF	2345	956.0500
			ABDDHIEFADACGBBBFFDGMHJGKEIEAACCCBGGBNCFAAALDFEEEGCGAAABCCDDEFGGAEHDDHCFBBAACFEABBBBIE	2435	930.5900
			DHIEFADACGBBBFFDGMHJGKEIEAACCCBGGBNCFAAALDFEEEGCGAAABCCDDEFGGAEHDDHCFBBAACFEABBBBIE	2476	917.9300
			EECGAAADDBBBHDCHEEFCDDAAGBBBFFDGMHJGKEIEAACCCBGGBNCFAAALDFEEEGCGAAABCCDDEFGGAEHDDHCFBBAACFEABBBBIE	2507	802.4100
4	PI	3-Opt	FBDFEEAHKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	1866	2793.2900
			FBDFEEAHKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	1923	2326.5100
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2012	2098.2100
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2037	1484.0700
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2132	1184.5700
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2137	1163.1900
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2150	1118.6500
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2161	1035.9300
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2189	927.7300
			AECEEBHKKCCGGCCDFDCCFBABIIIEEOCHBBBGGCCDFDCCFBABIIIEEFCGHHBBGGDDAEMAAAAHDDDAHBBBAAACCCCF	2208	918.8900
5	PI	Or-Opt	GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	1929	2221.1900
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2045	1806.8700
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2114	931.9700
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2221	705.2700
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2356	697.8500
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2525	635.0300
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2547	629.0300
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2582	584.0900
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	2887	529.6900
			GCCECCCFMHHBLCGAAAAANDCCBBBGGBBGCAEEBEFHIIIDDDAAHBCCEEEEFHIIHJKJFFFFBCCDDDDGGGAOFCDBCGCAABB	3763	509.1500
6	PI	Double-bridge	AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	1811	2614.7900
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	1906	2161.6300
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	1913	1681.3700
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	1982	1521.1700
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	2050	1027.4400
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	2162	1097.2300
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	2192	1055.7900
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	2207	862.6500
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	2354	853.4100
			AAIEEBBGGGAAAAIAAIEEBBHKMCCDFDFFDCGCCCCJLBBBHFADDHDDGHDFEEBHFBCBGGDDHBBFFBCCGCCGAAAAAII	2386	781.6500
7	PI	IP	GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	1825	2570.3500
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	1885	2463.1100
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	1899	2456.6500
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	1917	2177.7500
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	1972	2027.2900
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	2031	1829.0300
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	2033	1534.3900
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	2045	1493.7900
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	2097	1444.4100
			GGGFAAICBBBBAIAIEDDDDEHJKCCACCCEEEICBBBGGGGFMAAICBBBBAELDDDDDEHOCCCFCHHFAAAAGGAENFFH	2098	1424.4100

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
26	3-Opt	Or-Opt	BFFGAAABFFDDMJEEHOBBSGGCCBBBGLCBCCAAAFEEHBBFGGHAHAFAFFIEEHHBBGGCCNDEEHIKDDCIDDDIAAAACC FBGGCBFFFAAACCCFGGGAFAAFDEEHHBBGGCCDDEEHIHBBCCNDEEHCCEAAACFGAAALDDDDDFDIEEHOBBBKMJGG GAAABFFDDMJEEHOBBSGGHDBCCBBBGLCBEEFFAAACCCFGGHAHAFAFFIEEHHBBGGCCNDEEHIKDDCIDDDIAAAACFF BBBCEJEICCCGGAFAAFDEEHHBBBDHKIMGGAFAAFDDIFFEDCCCBHGGGGFFBFBBIICCAAHEFFFAAAACCCBFGGLDDNEO ADDFBBCCCGGAFAAFDEEHHBBBHAIKIFJEMCCCAIADNCCBFGGGHDEEFFBAAAFABBCCGGLDFEGEEHOBBBCCIDDF ADDFBBCCCGGAFAAFDEEHHBBBHAIKIFJEMCCCAIADNCCBFGGGHDEEFFBAAAFABBCCGGLDFEGEEHOBBBCCIDDF CBDDAFBBCCCGGAFAAFDEEHHBBBDHKIMJACCCGLGFGGAAFAFFIEHBBBGNIEHCFBAAAFDDDFDIEEHOBBBCCAAAGGGFCC AAAFBCCCGGLDDEEGEEHOBBBCKIDDFAAEACCCFGGHAFAAFDDIEIEBFFBBDJEDDMCCCHAAIABBBDDNCCBFGGLDDNEO AAFFDDIBBCCCGGAFAAFDEEHHBBBDHKIMJACCCGLGFGGAAFAFFIEHBBBGNIEHCFBAAAFDDDFDIEEHOBBBCCAAAGGGFCC DAFGFBCCCAAAAFDEEHHBBBDHKIMJACCCGLGFGGAAFAFFIEHBBBGNIEHCFBAAAFDDDFDIEEHOBBBCCAAAGGGFCC ELBDAFACBCKHDGGGCEIBBBCCAAAFDDIEIEEENAGGHBBFGDDHDFBBCCGGGAFAAFDEEHHBBBDHACCCFOIEFABGG HHDDIFFBCCCGGAAGJEAFFANBLDDAOABCCFEHDEGGDIBBBCCAAAFIEEHCCEAAACFGAAALDDDDDFDIEEHOBBBCCAAAGGGFCC AFACBCKHDGGGCEIBBBCCAAAFDDIEIEEENAGGHBBFGDDHDFBBCCGGGAFAAFDEEHHBBBDHACCCFOIEFABGG DGBCCCAAAAFDDIEIEEENAGGHBBFGDDHDFBBCCGGGAFAAFDEEHHBBBDHACCCFOIEFABGG BIEFBAAAAACCCBFGGLDDEEFCFEHACGGGCCOKDDDLHBAEAFBBIABCAEHEGGDGBECCCAAFBEEHCCGMBICFAAFFBBAADD DCEGBCCCAAFDDHAEAFIFGBBAGGCCHEFFIEANBLDDAOABCCFEHDEGGDIBBBCCAAAFIEEHCCEAAACFGAAALDDDDDFDIEEHOBBBCCAAAGGGFCC EFCAAADGECBBIADOFBGCBCFAEEBAHCDAGDGBNJCFLCFDCCBCCBAGFAAIBDFMEICABBFHBBFCADDECCCGGDAAEH EBAHCAAGDHFBCFDLCCFIACBAGCFDDAAGBDEEFFFGACIAGNIMJCBBCBGGDGFCEHAEHDDAACGACGBCAFDEEGBBCCAAAGGGFCC	1687 1738 1749 1783 1943 2001 2110 2141 2166 2189 2408 2522 2538 2639 2648 2778 3239 3280	2856.0700 2650.0300 2325.3500 1176.5100 920.4100 909.2100 863.4100 851.8300 831.9500 811.2700 776.1500 754.4100 752.4900 719.8700 677.0300 635.8900 581.2700
27	3-Opt	Double-bridge	OCFFHAAAAACGAAAAHDDDEIIDDHDDGGEEFFKFBAGMAAHJBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC CGAAAAHDDDEIIDDHDDGGEEFFKFBAGMAAHJBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC DGGEEFFKFBAGMAAHJBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC GAAAAHDDDEIIDDHDDGGEEFFKFBAGMAAHJBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC FHCGAAAAHDDDEIIDDGGEEFFKFBAGMAAHJBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC FAACCEAAHEIIDDGGEEFFKFBAGMAAHJBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC DDGGEEHAIHNCBBCEAGDDIIDAFAEKFMMJBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC BGGHDFBCCBFBAACCEIIDDGGAAHBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC BCCDAHDFCBGAAAAFMAAHBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC HMACNBGGHDFBCCBFBAACCEIIDDGGAAHBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC CGDDDDHGBICCEAAAFBEECGAAFFBBCCAIAHBMACNBGGGOLGDEEHEFFBCCBFKAACCEIIDDGGAAHBBBBDCCCGGFG BCCGDDHGBICCEAAAFBEECGAAFFBBCCAIAHBMACNBGGGOLGDEEHEFFBCCBFKAACCEIIDDGGAAHBBBBDCCCGGFG DDHDBGICCEAAAFBEECGAAFFBBCCAIAHBMACNBGGGOLGDEEHEFFBCCBFKAACCEIIDDGGAAHBBBBDCCCGGFG MGOIDFGBAHNEEBACBFBAGDACCIDDFGCCBCEAAAEHFFBCCBFKAACCEIIDDGGAAHBBBBDCCCGGFG CFFABKCEGAEJCCBBHBMDFEFGAAOCCGIDDFDEFGAAHBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC HBBIAJDFCEGAEJCCBBHBMDFEFGAAOCCGIDDFDEFGAAHBBBBDCCCGGFGBEIIDDGGEEFFFBGAAHBBBCCCLNBBCC GCBBCBFFEMACGDDEIAAADFEGAGAECDCHKHBBCCBGGDDEOCFAIFBCCFDDEGGAAJBLCDIEAGBGBNHAACBACFFBCEI GGCDBFEAACBAEGCDBBCCFCHBDDHDAEJHCKIMEIAIFDHBCFCIOBBGGDCEHLAABCAAFBDDNAGCEAFDDEAGBCEFE	1637 1775 1843 1888 1909 1954 1962 2016 2052 2095 2116 2166 2369 2431 2471 2663 2700 3594	5277.9300 3992.2900 3853.4300 3097.2900 2421.0700 1897.3900 1713.6500 1272.8100 1162.3500 1110.8500 998.9300 842.1900 838.0500 819.5100 724.3100 683.8500 624.5500 557.3100
28	3-Opt	IP	FAIEFFAAOAAHDDDBGGICCCBGGHBBGEEIEICCNMJKCFDHDHAAFFBFBFEFAAABBBCAFAHDDDBGEEIECCCHLBBBGG EFAAFAAHHDDDBGGICCCBGGHBBGDEEIEICCNMJKCFDHDHAAFFBFBFEFAAABBBCAFAHDDDBGEEIECCCHLBBBGG KFFAAHDDDBGGICCCBGGHBBGNEFFBCCJGAAAAFIEIHECCBAHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCCBGGH AAADDEEGBGFGBBBHCCEFAAFAHBBGEEIEICCNMJKCFDHDHAAFFBFBFEFAAABBBCAFAHDDDBGEEIEICCFADCCFAA DGEFFBFBCCOAAFAHDDDBGGICCCBGGHBBGNEFFBCCJGAAAAFIEIHECCBAHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGIC KMGEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCCBGGHBBGNEFFBCCJGAAAAFIEIHECCBAHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGG GOAADDBGGICCECCCFDHHBBGAAAFDHEICCCBCHADDFBFCMGAABBAFFIDHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGIC ICCCBCHADDFBFCMGAABBAFFIDHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBGAAAFDHEICCCBCHADDFB ICCCBCHADDFBFCMGAABBAFFIDHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBGAAAFDHEICCCBCHADDFB CBAHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBGAAAFDHEICCCBCHADDFBFCMGAABBAFFIDHBBGEEIE IAACFDDEEBEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBGAAAFDHEICCCBCHADDFBFCMGAABBAFFIDHBBGEE HBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBGAAAFDHEICCCBCHADDFBFCMGAABBAFFIDHBBGEEIEICCF GACBAGDEFDAAACEFFBFCGCDHBBGAADEIEIEHBIJCCCGGBCAADAEEFFIIONMKGAFBDAFAAFDHHBBGEEIEICCF AAFFDEICCCGGBHGBDDAFAHBBGAADEIEIEHBIJCCCGGBCAADAEEFFIIONMKGAFBDAFAAFDHHBBGEEIEICCFADCC CCCGBGAADDEIEIOGBAGFAAFAHBBGEEIEIEHBIJCCCGGBCAADAEEFFIIONMKGAFBDAFAAFDHHBBGEEIEICCFADCC AHFBGEEADDBHBICCCBGAAADAGBKMINOIFEEFFDAAFFDHHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBG GADBBGADEEHHBICCCCBGAADEEFFIIONMKGAFBDAFAAFDHHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBG DBBGADEEHHBICCCCBGAADEEFFIIONMKGAFBDAFAAFDHHBBGEEIEICCFADCCFAAABHDDDBGGICCECCCFDHHBBG FFAFBBAEACDHBGCEIBCAACOAAHDDDBGGGAECCBCEJNIFEEFAMGBAGBCKBHLDBCFBFGEEICCAADDBEHFAAECDHCG EBCAOCFAHDDDBGGGAECCBCEJNIFEEFAMGBAGBCKBHLDBCFBFGEEICCAADDBEHFAAECDHCG BCGAEFFAFBEACDHBGCEIBCAACOAAHDDDBGGGAECCBCEJNIFEEFAMGBAGBCKBHLDBCFBFGEEICCAADDBEHFAAECDHCG BCGAEFFAFBEACDHBGCEIBCAACOAAHDDDBGGGAECCBCEJNIFEEFAMGBAGBCKBHLDBCFBFGEEICCAADDBEHFAAECDHCG	1796 1875 2018 2073 2143 2172 2176 2350 2377 2431 2471 2668 2699 2714 2734 2762 2806 3052 3124 3246 3296	1827.7900 1268.3100 1160.5900 1139.6700 1132.1300 1004.0300 913.7100 900.2900 878.7700 859.4100 849.2500 799.0300 771.0900 759.4100 747.3300 695.2300 663.1500 648.8700 653.3500 514.4300
29	Or-Opt	PI	DDCCMGHBBBBAACAAIAAHHOFFGGBBCCFKCFDDJBCDDGGGBIFIEHHBNAAEEEAEEEEELBAAAAAABFFIIBBGGCCCFDGGACC DDCCMGHBBBBAACAAIAAHHOFFGGBBCCFKCFDDJBCDDGGGBIFIEHHBNAAEEEAEEEEELBAAAAAABFFIIBBGGCCCFDGGACC DDCCMGHBBBBAACAAIAAHHOFFGGBBCCFKCFDDJBCDDGGGBIFIEHHBNAAEEEAEEEEELBAAAAAABFFIIBBGGCCCFDGGACC AAAAHKBGGCCBIEIEEIEFFBCCCFDDGGCCDDCCJGMGBHBBBACIAAAAAHBBFFGGBNAAIEEEDIEFFBCCCFHDDALGGOBACIA AAAAHKBGGCCBIEIEEIEFFBCCCFDDGGCCDDCCJGMGBHBBBACIAAAAAHBBFFGGBNAAIEEEDIEFFBCCCFHDDALGGOBACIA AAAAHKBGGCCBIEIEEIEFFBCCCFDDGGCCDDCCJGMGBHBBBACIAAAAAHBBFFGGBNAAIEEEDIEFFBCCCFHDDALGGOBACIA FKCFDJBGGCCBGGHBBBACIAAAAAHBBFFGGBBCCFKCFDDJBCDDGGGBIFIEHHBNAAEEEAEEEEELBAAAAAABFFIIBBGGCCCFDGGACC GGAAACDCCFBHBBCCGDFEEMAAHLBDDGGGAEFFBNICACCCBBBBDJDDGAIIBCCBBIIEFAAABHAKDDCFFEEFCGGAAACCCBBD CCAHHGGBBAAIEEEDAEFFBCCCFHDDIDGGAAFFFCGAEACCCBBDGAAAAOBBGGBBNAAIEEEDIEFFBCCCFHDDALGGOBACIA AACCCBBBBIAGGGDADJBCOHIEFEDEAAHKDDCFMFBFFFCGGAAACCCBBDGAAANBBFEE DLDDGGBBFFIEIEHBBFBGAAACCCBBDAC EEBBBCDHHDDGGAMFFFCGAEACCCBBDGAAAAOBBGGBBNAAIEEEDIEFFBCCCFHDDALGGOBACIA EEBBBCDHHDDGGAMFFFCGAEACCCBBDGAAAAOBBGGBBNAAIEEEDIEFFBCCCFHDDALGGOBACIA GHIAACCGBBBACIEEDEFBCCCFHDDIDAGBBFFDAFFKCCGHIAAACCLMBNDHAOGBBBAAIEEEDIEFFBCCCFHDDALGGOBACIA GHDAEGCCBBBAEFAJLHIFBCCFAADMEFBGGKCCCFACBBADDGCCFEFEEDAACGBAHOIAAAIEHDDCCGBCCAHBBFFGGBNAAIEEFCFIB GHDAEGCCBBBAEFAJLHIFBCCFAADMEFBGGKCCCFACBBADDGCCFEFEEDAACGBAHOIAAAIEHDDCCGBCCAHBBFFGGBNAAIEEFCFIB GHDAEGCCBBBAEFAJLHIFBCCFAADMEFBGGKCCCFACBBADDGCCFEFEEDAACGBAHOIAAAIEHDDCCGBCCAHBBFFGGBNAAIEEFCFIB CEEGAAGHBGDDDBBAFJBOHAFBCCFAADMEFBGGKCCCFACBBADDGCCFEFEEDAACGBAHOIAAAIEHDDCCGBCCAHBBFFGGBNAAIEEFCFIB DAGEDAACBBFFCCBBBGLHAMDGEEHGFBCCKCAACEDFBADDFBNAIFGCBAAEGBGFEDIAOACBCCAECAABBBHJDIEFBCCGHDAGE DAACBBFFCCBBBGLHAMDGEEHGFBCCKCAACEDFBADDFBNAIFGCBAAEGBGFEDIAOACBCCAECAABBBHJDIEFBCCGHDAGE CAIEBBGAFFGDCJHEBCDMFEFBGGKCCCFACBBADDHAHAIFGCBDAEEGGBGFEDIAOACBCCAECAABBBHJDIEFBCCGHDAGE AGCAIEDBBGAFFBDCJHEBCDMFEFBGGKCCCFACBBADDHAHAIFGCBDAEEGGBGFEDIAOACBCCAECAABBBHJDIEFBCCGHDAGE	1838 1975 2005 2037 2085 2184 2258 2268 2460 2489 2492 2551 2577 2885 2941 2975 3167 3466 3480 3504 3738	2072.9900 2001.9900 1768.8900 1240.5300 1213.3100 1192.7500 1150.5300 915.3700 905.3900 870.0300 852.2300 816.6300 716.0300 633.2700 619.2700 609.2300 608.6900 551.9900 521.8900 506.0500

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

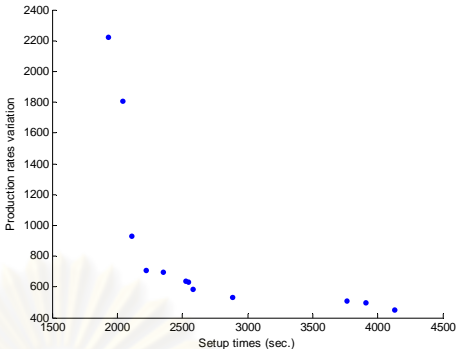
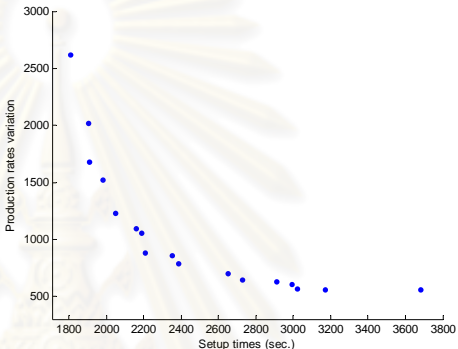
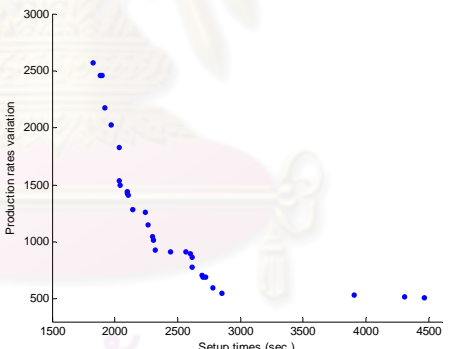
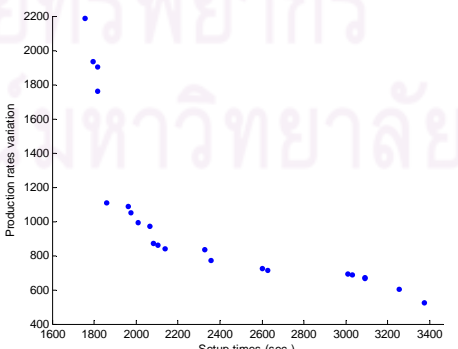
No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
30	Or-Opt	API	NBKC... 1308	3517.4700	
			BBFE... 1324	2564.8300	
			HHIE... 1471	2410.3300	
			HHIE... 1414	2407.8500	
			EFEC... 1438	2200.7300	
			ABFE... 1494	1746.9100	
			ABBB... 1535	1627.0100	
			BBBB... 1538	1625.0300	
			AIBB... 1575	1487.9100	
			EFGE... 1724	1334.5100	
EACC... 1766	1203.6100				
EBCA... 1889	1111.4500				
AHGB... 1945	1104.9100				
AHGB... 2020	1101.5300				
BACC... 2074	1101.0300				
EAAH... 2096	1085.5300				
AECAC... 2110	1064.2300				
CAAI... 2118	987.4900				
EFKC... 2283	929.5300				
FEK... 2316	925.5300				
GGGA... 2427	888.9300				
EGGA... 2473	848.4300				
GGGA... 2483	846.4300				
GDJAF... 2571	797.3900				
GDJAF... 2581	773.3900				
BCEA... 2788	678.7500				
CLBG... 2931	644.0100				
FABAG... 3181	615.2500				
FABAG... 3233	615.0900				
BICGE... 3272	605.8300				
FCAG... 3527	573.4300				
DEGH... 3592	516.8100				
31	Or-Opt	2-Opt	BGGG... 1784	2216.8500	
			AGCC... 1855	2070.1700	
			ICEH... 1866	1970.2500	
			BBFD... 1886	1679.3500	
			DDCJ... 1896	1284.9500	
			BFEI... 1937	1270.8700	
			BFEI... 1968	1250.8700	
			BFEI... 1970	1211.0700	
			BFEI... 1984	1156.8700	
			BBFI... 2018	1146.4500	
ABFD... 2065	1105.0100				
BBDF... 2083	1076.9300				
BBDF... 2229	1038.1300				
CECC... 2230	830.1100				
BDFE... 2289	777.7100				
DFFH... 2522	765.1300				
HBBF... 2568	760.9900				
DAHE... 2622	710.3700				
BHBD... 2753	602.0500				
BEDC... 2796	591.7300				
AABB... 3008	585.6500				
AEFK... 3272	571.9100				
AEFK... 3282	544.3900				
ECFA... 3397	536.7700				
ADBB... 3421	524.8500				
AFFB... 3789	512.2300				
ICAF... 3816	483.2700				
ICAF... 3853	465.8700				
32	Or-Opt	3-Opt	EEFA... 1992	2629.0700	
			GBBA... 2011	2385.4300	
			CGFE... 2015	2231.5700	
			CCFA... 2099	1686.0300	
			CCCE... 2104	1162.6300	
			DDAC... 2111	1024.9100	
			AABC... 2245	972.1300	
			IJFF... 2254	880.0300	
			DDCC... 2264	875.3500	
			EDGH... 2335	868.4700	
EFDD... 2337	832.1500				
DDK... 2382	814.8900				
DDAA... 2406	810.0500				
GDBB... 2439	781.5100				
FBGA... 2449	717.3500				
AGIC... 2483	712.0900				
AGIC... 2495	683.1900				
BBFE... 2646	667.1100				
KDFA... 2740	620.6900				
BGFE... 2806	615.5900				
AABH... 2938	576.2300				
AABH... 3003	565.0300				
AABH... 3069	549.1300				
FBKG... 3194	540.3900				
CBGA... 3709	523.1700				
CAGB... 4270	504.0700				

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
42	Double-bridge	IP	DDGCCCCBBBAEIAAABBFEEAHDHICCCBCCCEFFIGGBHHKDEAAAABGGFFEEAHDHDDJICCNLBGBBBAAMGGGOFDDBFEE CCCEBEAHDHICCBCCCGDDEAAAAJBMMGGGGGFFFFFGDDEAAAAABGGFFEEHDLBGAIBBCCCBNCBBHKAABBBFFEEAHDHDDI ADDIBBCCCGDDEAAAAABBFEEAHDHICCCBCCCEFFIGGBHHKDEAAAABGGFFEEAHDHDDJICCNLBGBBGBCCAAAAMGGGOFDDBFEE DCCCCCEIHDEAAABBFEEAHDHDDICCNLBGBBGBCCAAAAMGGGOFFAABGGFFEEAHDHDDJICCEABBIKCCCBGHFFGEEAABFFED BGDDEAAABBFNFEAHDHIBBCCCAAHHFFGGDDEAAAAABGGCCJBBBCCBBFFGDDDEMOGGGGKILCCCCCEABBAAAFFFEEDDHI AABBFEEAHDHICCBCCCGDDEAAAAJBMMGGGGGFFFFFGDDEAAAAABGGFFEEHDLBGAIBBCCCBNDCCNCBBHKAABBFDEEAAA AAECBBGGFFEEADDDICCBCCCEFFIGGBHHKDEAAAABGGFFEEAHDHDDJICCEFFGBAAAFANCCHEDEEFFMGGGOIDDDCCBBLBBBAA FGAIIICCCBAAAABBFEEAHDHDDHNCBCCBGGELDDBEFFIGGBHHKDEAAAABGGFFEEAHDHDDJICCCBGBEDGAAABCCBFFMFOAGF CCCEIFHDEAAABFFLBEAHDHDDICCNBGBBGBCCAAAAMGGGOFFAABDDDDHAEFFGGBJICCEABBIKCCCBGHFFGEEAABFFEDDCC FEGAIIICCCBAAAABBFEEAHDHDDHNCBCCBGGELDDBEFFIGGBHHKDEAAAABGGFFEEAHDHDDJICCCBGBEDGAAABCCBFFMFOAGF BEHEDGGOIDDDCCBBAAAAFFAHNCCBCCBGGELDDBEFFIGGBHHKDEAAAABGGFFEEAHDHDDJICCCBGBEDGAAABCCBFFMFOAGF AAAEIEFFGGDDBLBCCCFAAABHDDCHBBBDCCCEFFMCI OGAEGHNCBAAAABGGFFEEAHDHDDJICCEABBIKCCCBGHFFGEEAABFFED GHHFLGIAAEEEDDDCCBCCCFAAABHDDCHBBBDCCCEFFMCI OGAEGHNCBAAAABGGFFEEAHDHDDJICCEABBIKCCCBGHFFGEEAABFFED CCAAAEIEFFGGDDBLBCCCFAAABHDDCHBBBDCCCEFFMCI OGAEGHNCBAAAABGGFFEEAHDHDDJICCEABBIKCCCBGHFFGEEAABFFED DCAAAAEIEFFGGDDBLBCCCFAAABHDDCHBBBDCCCEFFMCI OGAEGHNCBAAAABGGFFEEAHDHDDJICCEABBIKCCCBGHFFGEEAABFFED CIAEGAHDDDBBCCIIFKJAEAAACEDDDBEFNHHAAGGOCBFAAFGCECCGGFFELBMAACIIAHDFEGIAEACBCCBGGHFFGDBFAEDGCC FCCIEDAAEGAHBLDDCBCCIFFMGGAAEEDDAHEFFCECFABFFENCCDDDDHIOKIBBBAAFEGCCEDCGEBAABCBHGGOCDFH CIGGAHDDDBBCCIIFKJAEAAACEDDDBEFNHHAAGGOCBFAAFGCECCGGFFELBMAACIIAHDFEGIAEACBCCBGGHFFGDBFAEDGCC FDGCGCIAEGGAHDDDBBCCIIFKJAEAAACEDDDBEFNHHAAGGOCBFAAFGCECCGGFFELBMAACIIAHDFEGIAEACBCCBGGHFFGDBFA FDGCGCIAEGGAHDDDBBCCIIFKJAEAAACEDDDBEFNHHAAGGOCBFAAFGCECCGGFFELBMAACIIAHDFEGIAEACBCCBGGHFFGDBFA AFCECIABHDBHBCGFAAEDDGGCCIEIBFFBAFDGCCIDABBEKDCCEBAAJCCELDHNBGCHJFFEFBDDMAAABEDCCGGHAAECCE	1923 1946 1953 1981 2034 2040 2061 2111 2177 2192 2228 2334 2350 2393 2410 2411 2423 2945 2996 3053 3065 3086 3094 3487	2420.2900 2233.8900 2173.1700 1512.8100 1417.6500 1317.6100 925.8100 919.2100 908.0300 876.1100 857.0500 855.3300 773.6500 766.1500 741.6300 675.3100 662.9300 660.7700 658.9900 652.8900 645.7900 597.8300 579.1300 562.2900
			BGIEBBBDDDDCCCEHIAAAAAAGCECGGGDCCCEFFEEFAHDOFFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA AAGCEFFBDDCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAAGGGDCCCEFFEEFAHDOFFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA BDDDDCCCEHIAAAAAAGCECGGGDCCCEFFEEFAHDOFFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA BDDDDCCCEHIAAAAAAGCECGGGDCCCEFFEEFAHDOFFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA BDDDDCCCEHIAAAAAAGCECGGGDCCCEFFEEFAHDOFFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA AAFGBIEIEGGGHDDJCCCEBDBFFEDFAHDDGOCBBAIECGGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA EGGGAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA CCBIAIEEGGGAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA EIIIGHJCCBDBEEDFAHDDGOCBBAIECGGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA DFHDDCCCEAIAEGGGAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA BIAIEEGGGAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA EDFMAHDDGOCBBAIEEGGGAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA FDIIECCDDMAAAAEHGGHGGGOCGDFNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA EDFIAHDDGOCBBAIEEGGGAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA FECCJFGGGHBAAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA AAEFCCJFGGGHBAAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA BNAECCJFGGGHBAAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA AEDECCCBFGGGHBAAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA CCJFGGGHBAAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA FAHDDGOCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA AHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA EFFFMAHDDGOCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA FBFACGHAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA BFBACGHAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA DEBBAACGHAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA MFCBAACGHAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA AEDBACGHAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA AEDBACGHAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA FAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA EACHCBAACGHAHDDCCBBAIEEGGGAOIFDDILBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAAOIFBDDNLCCBDBBFFDDCCBEHIIAMAAEGGAIAHFGAA 3937 485.3500	1790 1813 1828 1853 1899 1907 1919 1942 1958 1976 2010 2014 2017 2034 2057 2065 2069 2140 2227 2291 2458 2470 2516 2553 2650 3627 3631 3637 3875 3937	2278.7100 1878.9700 1839.6300 1789.3900 1766.9100 1738.2900 1553.1500 1549.4700 1407.5900 1375.5900 1240.0300 1148.1900 1144.5700 1060.6100 1038.6900 993.5100 877.6300 873.2700 813.4100 707.1700 706.1500 684.0300 646.9300 646.9300 586.9700 579.9500 566.5500 544.7300 514.8100 485.3500
43	IP	PI	CAAEIEBGGEEBBBOKMCCBEGGEEBDDDDAAAHLLHFAACCCCCCFIAIAAIFFGDDDDDFAFIFFAAAHHHGGGGEBBBDNIBCCCCC AAAFIEBBDCCCCCFIAIOMLBNDDHHEGGGEBDDDDDDCGEGGEEBGGCCCECCDDFFAIFFAAHHHJAAAIAHFFBGGGBBEEBFF CCAAAIIFIAEDDEFBGGEEBBBOKMCCCFEABGGGEEBDDDDAAALHHAACCCCFIAIAAIFFGGGGEEBBDNIBCCBBDHDDHCC HHHBAABBCCCCCAADFAIFFBGGEECCCFIAIOMLBNDDHHEGGGEBDDDDDDDFAFIFFAAHHHJAAAIAHFFBGGGBBEEBFF CCBGGGEEBBDNIBCCBBDHDDHHAHFAACCCCFIAIOMLBNDDHHEGGGEBDDDDDDDFAFIFFAAHHHJAAAIAHFFBGGGBBEEBFF DDBNIAAFJIHHHBCCCCCFAAEDEDEFBGGEEBBBOKMCCBEGGEEBDDDDAAALHFAACCCCFIAIAAIFFGGGGEEBBDNIBCCBBDHDDH HHHNBGGGDDFAABCCCFIAAIEDDEFBGGEEBBBOKMCCBEGGGBBOKMCCBEGGEEBDDFAAIDCFFAAHHHJAAAIAHFFBGGGBBEEBFF HHFAABCCGHDGEEBGGCCAAIADDDDDGEBBFFFAIFFCCCEBGGGEEAABGGCCCECCCFIAIAAOMLBNDDHHEGGGEBDDNIBCCBBDH FAABCCGHDGEEBGGCCAAIADDDDDGEBBFFFAIFFCCCEBGGGEEAABGGCCCECCCFIAIAAOMLBNDDHHEGGGEBDDNIBCCBBDH FBIEFAAICDGGGLBGBNJIHHFAABCCCFIAAAGEDDDGEBBFFBGGEEAABIFACCFDDDBFFHHAHFAACCCCFBGGGEEBBBOKMCCB BCCALGEEBBAADDDGEBBFFFAIFFCCCEBGGGEEAABGGCCCECCCFIAIAAOMLBNDDHHEGGGEBDDNIBCCBBDHDDHHAHFAACCCCFIAIAA BECCCFIAAABGAHDDGEBBFFFAIFFHDDGEBEACCCBFFAGFBGGGCCCCCFIAAAGEDDDDEBEHIFJIEGNEGBBFAAAKBBGEECCCFDDGFE IFFAABCCGHDGEEBGGCCAAIADDDDDGEBBFFFAIFFCCCEBGGGEEAABGGCCCECCCFIAIAAOMLBNDDHHEGGGEBDDNIBCCBBDH BBOIGAEFAABCCCGHDDGEMKFAHABFBBCCHCACDAJIDGEBBFBGFBEGEEENDFGABAADGCFBBDGEEBCCCFIAIABGADFA FBFIEGCCCABEGDDMAIKCAFFADEABGCCBAALJINBGDGECCCFIAIABGADFAFBGGEHDDGEBEACCCCFEIFFBICAFDAEABGCCBA BBFIEGCCCABEGDDMAIKCAFFADEABGCCBAALJINBGDGECCCFIAIABGADFAFBGGEHDDGEBEACCCCFEIFFBICAFDAEABGCCBA EHCCCBAGAHDFBGGCCGDFADBDENBABIABAAIFACCFEFCDDGGGMKIFHDBGHAABFLBCCGCEHJDDAAEECCDFIDGAABFCBGG FIDGCECAADHJECGBCBFAAHGBDFABFLBHHCCCEKIMGGDEFBECFIAAABDEBGNACADFDCCDEFEGCHAAABFCBGGCEHGCBAFABG ADHECGBCBFAAHGBDFHACCEKIMBGGDEFBECFIAAABDEBGNACADFDCCDEFEGCHAAABFCBGGCEHGCBAFABGDFIDGCECA ABCGDFIDGCECAADHJECGBCBFAAHGBDFHACCEKIMBGGDEFBECFIAAABDEBGNACADFDCCDEFEGCHAAABFCBGGCEHGCBAF ABCGDFIDGCECAADHJECGBCBFAAHGBDFHACCEKIMBGGDEFBECFIAAABDEBGNACADFDCCDEFEGCHAAABFCBGGCEHGCBAF ABCGDFIDGCECAADHJECGBCBFAAHGBDFHACCEKIMBGGDEFBECFIAAABDEBGNACADFDCCDEFEGCHAAABFCBGGCEHGCBAF ABCGDFIDGCECAADHJECGBCBFAAHGBDFHACCEKIMBGGDEFBECFIAAABDEBGNACADFDCCDEFEGCHAAABFCBGGCEHGCBAF	1614 1641 1773 1803 1906 1921 2026 2056 2163 2314 2330 2558 2573 3025 3223 3302 3422 3617 3705 3725 3798 3810 3836 4000	3043.6900 2784.4100 2205.4700 2062.9500 1945.1700 1615.4100 1359.1500 1265.2300 1163.5300 1107.9500 919.9300 918.0100 745.7500 687.2100 598.1300 596.7900 584.4700 549.2500 525.7300 432.8500 430.7500 429.5500 428.8500 427.9500
			KJBEIFCCCFDDHIFBBAAAAAGGDEHBBBCBAEHEBGGEEIBFFALCCCCCNMCCCFDDHGHIFBBAAAAAGGDEHBEBCBOFFJ BEIFFCCCFDDHIFBBAAAAAGGDEHBBBCBAEHEBGGEEIBFFALCCCCCNMCCCFDDHGHIFBBAAAAAGGDEHBEBCBOFFJ DAAAHEBGGEEIBFGBCCCDDGHIFBBAAAAAGGDEHBEBCBOFFJBEFFLNCMCCCFDDHGHIFBBAAAAAGGDEHBEBCBOFFJ FAEFDEHBBBCADACGGEABCCCFIFJGGCBBDDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ AHIFFGCCBFDDEAAGGEBHBCCEIBBFKAAAJDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ CCCGHIFBBAABAAAAGGDEHBEBCBOFFJBEFFLNCMCCCFDDHGHIFBBAAAAAGGDEHBEBCBOFFJ IBGGDDCECBFAAFCEBFGGFKMAAJCHDDAAAHEBBEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ AFDDEHBBBCADACGGEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ BFAAAHEBGGIBCCDFIFJGGCBBDDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ ACDDEHBBBCADACGGEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ AAEFDEHBBBCADACGGEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ AFEFCDDEHBBBCADACGGEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ CLFBGHDDAEBCGCFEFADEABCIIOCGGGBJBDNDAAHEBFAAMCFAAFECDEHBBACDAGGEEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEB CFBGBHDDAEBCGCFEFADEABCIIOCGGGBJBDNDAAHEBFAAMCFAAFECDEHBBACDAGGEEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEB FACFEDEBBIICDFGGGAAIICCBGBHDDAEBCGCFEFADEABCIIOCGGGBJBDNDAAHEBFAAMCFAAFECDEHBBACDAGGEEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEB DAGGEBBACDAGGEEIBBFKCFIFJGGCBBDDAAAHEBGGEEIBFFBLDDACCEAAIIFBBAABFBDAAAAGGDEHBEBCBOFFJ DGBCCCFEAAFGDEHBBBCAANDBCIAGAFBMEICEFFADEABGCCBFLBCCGCEHECIJAAOAGGDEHBEBCBOFFJ FDEAGCCBFBADCGBAANDBCIAGAFBMEICEFFADEABGCCBFLBCCGCEHECIJAAOAGGDEHBEBCBOFFJ EGBCCDFABACHDEBOCAANDBCIAGAFBMEICEFFADEABGCCBFLBCCGCEHECIJAAOAGGDEHBEBCBOFFJ	2027 2209 2271 2304 2338 2569 2578 2600 2629 2667 2749 2788 2927 2939 3188 3252 3325 3578 3792	1195.0500 1177.2900 1148.2700 973.1100 827.6900 821.1300 819.8300 801.9900 790.2300 706.2700 691.4300 672.0500 650.5500 636.2100 632.4500 597.4900 584.9700 575.0900 559.3900 515.5900 478.5900

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	
2	PI	API	
3	PI	2-Opt	
4	PI	3-Opt	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	
6	PI	Double-bridge	
7	PI	IP	
8	API	PI	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	
10	API	2-Opt	
11	API	3-Opt	
12	API	Or-Opt	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 13. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 1200. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
14	API	IP	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 14. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 3500. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1600 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
15	2-Opt	PI	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 15. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 4000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1500 to 4000. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
16	2-Opt	API	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 16. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 0 to 3000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3800. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	
18	2-Opt	3-Opt	
19	2-Opt	Or-Opt	
20	2-Opt	Double-bridge	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	
22	3-Opt	PI	
23	3-Opt	API	
24	3-Opt	2-Opt	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	
26	3-Opt	Or-Opt	
27	3-Opt	Double-bridge	
28	3-Opt	IP	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	
30	Or-Opt	API	
31	Or-Opt	2-Opt	
32	Or-Opt	3-Opt	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
33	Or-Opt	Or-Opt	
34	Or-Opt	Double-bridge	
35	Or-Opt	IP	
36	Double-bridge	PI	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	
38	Double-bridge	2-Opt	
39	Double-bridge	3-Opt	
40	Double-bridge	Or-Opt	

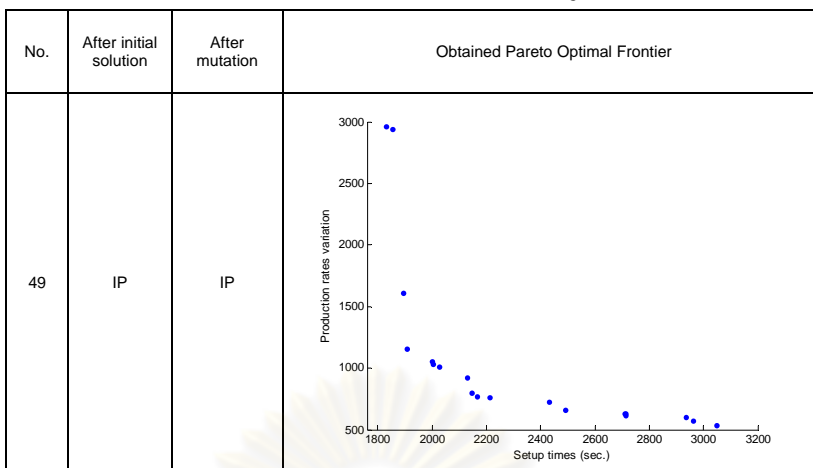
ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	<p>Production rates variation</p> <p>Setup times (sec.)</p>
42	Double-bridge	IP	<p>Production rates variation</p> <p>Setup times (sec.)</p>
43	IP	PI	<p>Objective2</p> <p>Objective1</p>
44	IP	API	<p>Objective2</p> <p>Objective1</p>

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	
46	IP	3-Opt	
47	IP	Or-Opt	
48	IP	Double-bridge	

ตารางที่ ง.28 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.2 (ต่อ)



5.3 ปัญหาการทดลองที่ 5.3 จำนวนผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดคือ 7:7:7:7:7:7:7:6:6:6:6

5.3.1 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-NSGA II

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
1	PI	PI	IENAAKCNNEILLBBAHGGGOFJANJMMGLCCOOFKCEHDDDDGGOFJDFKEEIJBGOCJAHDDDDIIIFGOFMMJMAHAKCNJEHHLBBBKKEBC	2078	1747.4300
			IENAAKCNNEILLBLLCNBBGGHHAOFJAJMMGCOOFFKCEHDDDDGGOFJDFKEEIJBGOCJAHDDDDIIIFGOFMMJMAHAKCNJEHHLBBBKKEBC	2113	1537.6100
			IIFGOFAMMHKCNJEHNNMJBLLBIEEKCCGAAGBBOLCAHDFKIEHDDDDGABFJENNIILBBJJMAHDDDDGGOFJANJMMGLCCOOFKCEEOCHI	2115	1204.6700
			KEEIJBGOCJAHDLNCFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJDM	2139	1167.2500
			DFKEEIJBGOCJAHDLNCFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2239	856.9900
			DFKEEIJBGOCJAHDLNCFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2264	844.3300
			DMKEEIJBGOCJAHDLNCFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2293	825.2900
			EEIJBGOKAHHDDCNFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2299	789.5500
			EEIJBGOKAHHDDCNFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2399	700.5100
			EEIJBGOKAHHDDCNFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2384	680.8900
EEIJBGOKAHHDDCNFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2437	649.9700			
EEIJBGOKAHHDDCNFILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2437	648.3500			
IIKDHABJLGFGOENJCBJAHDFELKOHJCNBFEMMGAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2500	624.0900			
JCNJLFCFKABGAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2515	603.6700			
EGMNOAGHKCNJLFCFKABGAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2724	542.7900			
CAKIDNGFEHJMGOLBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2905	521.7100			
CJHKCNAFIEDMGOILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2937	507.0100			
CJHKCNAFIEDMGOILBGGGAHFQKHKCNOFEMMAIFLCNNMMHKAHOHDDGIEEMFJCNJIIILBLNJBBAOBCAHEKCEHDDDDGGOFJ	2986	468.8700			
2	PI	API	JBICCCJBCBEDEKDLKEMMACJAAHLBFHKEHMBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIOBNNNDGGGGGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFFJBI	1864	2296.0500
			JBCBEDEKDLKEMMACJAAHLBFHKEHMBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIOBNNNDGGGGGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFFJBI	1948	1826.3100
			JBCBEDEKDLKEMMACJAAHLBFHKEHMBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIOBNNNDGGGGGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFFJBI	1967	1825.0300
			EBEMCJDEEMILLKOCNNDGGGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBB	2005	1318.9700
			EBEMCJDEEMILLKOCNNDGGGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBB	2030	1312.9700
			DEMJJIOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2039	1223.6700
			DEMJJIOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2058	1217.5300
			EMKFAAHJONNDLLKICCCGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFAAAHJCBBBJLKCOCGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKICCCGG	2066	1022.1500
			EMKFAAHJONNDLLKICCCGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFAAAHJCBBBJLKCOCGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKICCCGG	2110	1021.4100
			GGHEHMBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2134	951.3700
GGHEHMBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2156	946.0100			
DEMJBIEJOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2215	877.7500			
DEMJBIEJOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2223	874.7900			
GGHLBIJNDNDCCAHLBIEFFKMOODJMKGGHDFELCNBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2304	865.2500			
AAHLBIEFFKMOODJMKGGHDFELCNBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBB	2308	711.6300			
DAHLBIEFFKMOODJMKGGHDFELCNBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBB	2339	652.4700			
DAHLBIEFFKMOODJMKGGHDFELCNBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBB	2340	651.8500			
BJCHODDAAHLBIEFFKMOODJMKGGHDFELCNBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	2415	595.5700			
BGKHBFEMAAHJIOCNDDLLKICCCGGHGHDFEIKEMJAAHJIOCNDDLLKFAAAHLBIOCFJGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCGG	2563	572.2500			
BEGGKMEJOOIKLLDFHAAJIMFBHNDNCCBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	3131	562.6900			
IDCABEGGKMEJOOIKLLDFHAAJIMFBHNDNCCBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	3146	562.5300			
BEGGKMEJOOIKLLDFHAAJIMFBHNDNCCBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	3190	524.7300			
BEGGKMEJOOIKLLDFHAAJIMFBHNDNCCBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	3219	521.1100			
GEJEMJAOICDGGKLLDFHAAJIMFBHNDNCCBNDHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKICCCBBBEBEMGGGHKEMHBFIEJMAAHOIIOCNDDLLKIC	3242	512.2700			
3	PI	2-Opt	HHKIMHOFEBGGHKKFEEDLLCGOIJBNMAANOFABGHKFECCNOGDDLLCGHGFEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2161	1972.2500
			JBBGENMAACNOFKABGHKFEEDLLCGOIJBNMAANOFABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2163	1525.2700
			HHKFEEDDDLLCGOIJBNMAANOFABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2205	1303.6700
			ABGHKFEEDDDLLCGOIJBNMAANOFABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2213	1286.7300
			ECGOILKJIBBIMGHACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIHNMJIIJBBBFDFLCOGKDMAIMHENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJB	2228	972.2300
			FBFDFLCOGKDMGOIHHJBBGENMAACNOFKAMAHKFEEDDDLLCGOIHNMJIIJBBBFDFLCOGKDMAIMHENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJB	2244	818.2700
			ECGOILKJIBBIMGHACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIHNMJIIJBBBFDFLCOGKDMAIMHENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJB	2248	788.2300
			DNMCFEJCGOILKJIBBGENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIHNMJIIJBBBFDFLCOGKDMAIMHENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJB	2292	771.5900
			FBEDDLCOGKDMGOIHHJBBGENMAACNOFKAMAHKFEEDDDLLCGOIHNMJIIJBBBFDFLCOGKDMAIMHENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJB	2309	742.3900
			ECGOILKJIBBIMGHACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIHNMJIIJBBBFDFLCOGKDMAIMHENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJB	2317	666.9100
JAJMNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2342	561.1000			
BNMCAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2342	561.1000			
BJMCAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2439	561.1900			
BJMCAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2443	555.9900			
BJMCAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2467	534.8900			
FKBHKFECCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2482	530.2700			
HKMDLDFLCOGKDMGOIHHJBBGENMAACNOFKABGHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2659	528.7700			
BHKFEEDDDLLCGOIFELCCGNMAAJJBKJIBBNMFIJMMANOKA	2669	512.4900			

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
4	PI	3-Opt	
5	PI	Or-Opt	
6	PI	Double-bridge	
7	PI	IP	

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
8	API	PI	
9	API	API	
10	API	2-Opt	
11	API	3-Opt	

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
12	API	Or-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 12. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 1400. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2100 to 3100. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
13	API	Double-bridge	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 13. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2200. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
14	API	IP	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 14. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2200. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2100 to 3100. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
15	2-Opt	PI	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 15. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 2000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
16	2-Opt	API	
17	2-Opt	2-Opt	
18	2-Opt	3-Opt	
19	2-Opt	Or-Opt	

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
20	2-Opt	Double-bridge	
21	2-Opt	IP	
22	3-Opt	PI	
23	3-Opt	API	

ตารางที่ 3.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
24	3-Opt	2-Opt	
25	3-Opt	3-Opt	
26	3-Opt	Or-Opt	
27	3-Opt	Double-bridge	

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
28	3-Opt	IP	
29	Or-Opt	PI	
30	Or-Opt	API	
31	Or-Opt	2-Opt	

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
32	Or-Opt	3-Opt	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 32. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1800. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
33	Or-Opt	Or-Opt	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 33. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1800. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1900 to 2300. The data points form a downward-sloping curve.</p>
34	Or-Opt	Double-bridge	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 34. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 2500. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 2700. The data points form a downward-sloping curve.</p>
35	Or-Opt	IP	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 35. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 4000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3000. The data points form a downward-sloping curve.</p>

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
36	Double-bridge	PI	
37	Double-bridge	API	
38	Double-bridge	2-Opt	
39	Double-bridge	3-Opt	

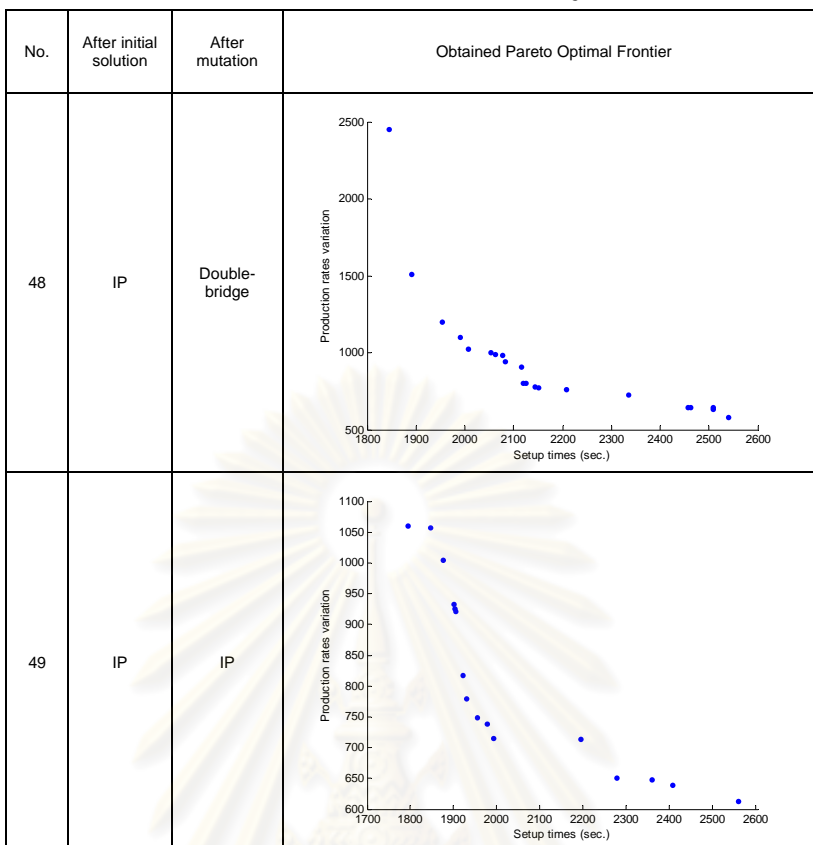
ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
40	Double-bridge	Or-Opt	
41	Double-bridge	Double-bridge	
42	Double-bridge	IP	
43	IP	PI	

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
44	IP	API	
45	IP	2-Opt	
46	IP	3-Opt	
47	IP	Or-Opt	

ตารางที่ ง.29 ผลการรันโปรแกรมของ M-NSGA II ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)



4.3.2 ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยของ M-SPEA 2
 ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
1	PI	PI	GOHDI I IOKDAAIMBHFFLDEEENJMJCCAAALBHFFLDEEEDNNJAAHBNJCNDLDGJBLBEMFFFKCLBI IKG000OKKGGMCMKCBGG	1929	2821.7100
			GOIKDAAIBHFFLDEEEMJJCACAAALBHFFLDEEEDNNJAAHBNJCNDLDGJBLBEMFFFKCOBI IKG000LKKGGMCMKIDNMHICBCGG	2047	2470.9500
			OKCCILBFOHFLDNEKHLBACAAHLDGGGJJJNMMMLDNJJJEEBMCXGDDGFFLDEEIIIBBAAOOCACAAHNNMMDKCBFFEMCFKGAII IO	2133	1698.7700
			OOKAHHNDFLBEMCFKCLBCIIAHHLDDGGGAGGJJJNMMDEEBNJKKCLDGGIFFLDEEIIIBBAAOOCACAAHNNMMDKCBFFELHII	2158	1213.0500
			LBCJAHHLDDGGGOIIFKEENJNNDMDMIKKCBHBGAOAOAFIFLLEENNAAHDFLDIIIOOKGBBGMJDLCCJMMAFKCLBCJAHHNDGFKC	2224	1196.5100
			ENNDMMDIIFKCFBLBEEMOBFKCLBCAAHLDGGGII IJNOOAOOKJJAHHNDENJMDNMDGKCLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKE	2301	1128.1500
			ENNDMMDIIFKCFBLBEEMOBFKCLBCAAHLDGGGII IJNOOAOOKJJAHHNDENJMDNMDGKCLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKE	2333	1104.6300
			CJLGFKNNDMDMIKKCBHBGAOAOAFIFLLEENNAAHDFLDIIIOOKGBBGMJDLCCJMMAFKCLBCJAHHNDGHLDDGGGOI IAKEENMFJB	2339	990.4700
			IAOFFLBCJAHLEOMKGGCLDII IKEENJNNDMDMIKKCBHJMMCAHHDFAABENNMMDJBBEEMFFFKCLBCAAHLDLDDGGGOI IJNOEAOJK	2385	984.3100
			CJLGFKNNDMDMIKKCBHBGAOAOAFIFLLEENNAAHDFLDIIIOOKGBBGMJDLCCJMMAFKCLBCJAHHNDGHLDDGGGOI IAKEENMFJB	2392	938.4700
AHJBEKFFKCBJANNILDHIMHLDDGGGOBKIDGGOAOONCECJIIIAHHDFJNNDMMDKLLEEMFFFKCBBCJAHHLDDGGGOI IAKEENMFBB	2443	921.5100			
OCEMHFLIEOAKCGGAAJDDJFLBGOIENMCHIKKDEJFJNNDMMDKCLBBAOACEHFII OJLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	2600	864.7300			
CHOFMHLIEOAKCGGAAJDDJFLBGOIENMCHIKKDEJFJNNDMMDKCLBBAOACEHFII OJLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	2617	765.8100			
EMAFKCBBAHLDGABJDDJFLBGOIENMCHIKKDEJFJNNDMMDKCLBBAOACEHFII OJLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	2658	761.3300			
HFMHLIEOAKCGGABDDNFBGOIENMCHIKKDEJFJNNDMMDKCLBBAOACEHFII OJLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	2669	736.2100			
JDDMNEOFJNIAIOKCLBHMHLI BAGGCKAFMDDNFBGOIENMCHIKKGAABFBECCJHFLDHIIMGFKCBBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	2813	679.7500			
JCEMHFLNEOAKCGGAAJDDJFLBGOIENMCHIKKDEJFJNNDMMDKCLBBAOACEHFII OJLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	2873	631.3500			
DDNJFLGNMHIKGAABFBECCJHFLDHIIMGFKCBBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	3016	630.5100			
BGOIEOAHFCKMIHDLDFDKGAHEANEJNNDMMDKCLBBAOACEHFII OJLBEEMFFFKCLBCJAHHLDDGGGOI IAKAEB	3190	551.8700			
2	PI	API	GGCKDMMIIIAAHHFIFBNLLCFGOCOKJJEEDBNDMKEEAAEFCFGGOOJNEBLDMKIDKDFDCCFLCFBFGGOONJNMMHBLKAAHMBB	2151	1476.1300
			OOCNOKDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFICLLAFGOJCCFCGOCOKMMJJEDNDMKEEILCFBFBNGGBNDMKEEAAHFIHFLCBGG	2237	1429.8900
			BNEEAHHBFILCFGOCNOKJDDNDMILCFBFGGOOCNOKDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFIFBFLGCLCFGOCOMJBJMKEEAH	2265	1146.9100
			OOKGNDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFICLLAFGOJCCFCGOCOKMMJJEDNDMKEEILCFBFBNGGBNDMKEEAAHFIHFLCBGO	2272	1113.4900
			CBFGGOONJHJNMAEHBLDKLCAAAIEMILCFGGOOCOKMMJBJMKEEEDDAIHBNDDEAAHBFILCFGOCNOKJDDNDMKEEHHBFILBGFIL	2286	1099.9300
			HIBNLGCGCOKJEDDNDMKEEAAHBFILCFGGOOCNOKDMMIIIAAHHFIFBFLGCLCFGOCOKJJEEDBNDMKEEAAHBFILCFBGMKGF	2311	1038.3300
			ILCFBFGGOONJNMMHABLDKFLCAAAIEMILCFGGOOCOKMMJBJMKEEEDDAIHBNDDEAAHBFILCFGOCNOKJDDNDMKEEHHBFILBGF	2332	1011.1700
			BBKNEDDEICCMDJLKLGGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMIIIAAHHFIFBFLGCLCFGOCOKJJEEDBNDMKEEAAHBFILCFGNM	2357	950.5300
			BEKNDEICCMDJLKLGGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMIIIAAHHFIFBFLGCLCFGOCOKJJEEDBNDMKEEAAHBFILCFGNM	2386	949.8100
			DBNDMKEEHHBFILKLGGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMIIIAAHHFIFBFLGCLCFGOCOKJJEEDBNDMKEEAAHBFILCFGNM	2442	900.5500
LGOCOKJDDNDMKEEAAHBFILCFGGMNIFLAAHHFIFBFLGCLCFGOCOKJJEEDBNDMKEEAAHBFILCFGGOONJNMMHABLDKFLCAAAIEM	2508	831.4300			
GMAEABFLCFGOCNOJNDMKEEHHBFILBOCNAIHIFLFGOOKJDDDMKEEAAHBFILCFBGMKEEHHBNDDNICMJDJLKLGGGOJAAEHBNBFIL	2581	696.0700			
CLKEJECI I DBFNMGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFIFLCFGOCOKMMHABLDDEEBGJK	2621	693.4500			
OCNDMKEEHHBFILKLGGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFIFLCFGOCOKMMHABLDDEEBGJK	2808	679.4900			
OCNDMKEEHHBFILKLGGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFIFLCFGOCOKMMHABLDDEEBGJK	2852	649.5700			
OCNDMKEEHHBFILKLGGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFIFLCFGOCOKMMHABLDDEEBGJK	2895	647.2700			
IKCELJDBFNMGGOJAAEHBNBFILCFBFGGOOCNOKDMMHABLDDEEBGJKDDNDNAIIIFLAAHHFIFLCFGOCOKMMHABLDDEEBGJK	3106	605.2100			
ILCOMMHALEEBGKJNDHGBIENBNKJFDHAKAGOFIDCLLAHCKOFMBGJOFJMLCLAGDFIEOJNBNBNDHKIDKCMBFGMCLAHGDFIEOJAH	3617	601.5700			
ILCOMMHALEEBGKJNDHGBIENBNKJFDHAKAGOFIDCLLAHCKOFMBGJOFJMLCLAGDFIEOJNBNBNDHKIDKCMBFGMCLAHGDFIEOJAH	3649	600.5500			
ILCOMMHALEEBGKJNDHGBIENBNKJFDHAKAGOFIDCLLAHCKOFMBGJOFJMLCLAGDFIEOJNBNBNDHKIDKCMBFGMCLAHGDFIEOJAH	3701	599.2100			
OBHMGALEMLCEI I KHBGIEENBNKJFDHAKAGOFIDCLLAHCKOFMBGJOFJMLCLAGDFIEOJNBNBNDHKIDKCMBFGMCLAHGDFIEOJAH	3796	596.6300			
MCHOALIGHBCNDEEMFDJIKHBGIEENBNKJFDHAKAGOFIDCLLAHCKOFMBGJOFJMLCLAGDFIEOJAH	3880	572.4700			

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
45	IP	2-Opt	BBBGGOOFFECCEMAKDLIKIMMNDFFEOKAHHHHKJDDGOONDDFEOHLBCHFFKACNNLHFEMLAGBBGGEEICJAAIMMNCDFJLJNJJIIIC DDNNGOHHKJCGEEMCHHHFKLLIIIFLBBKOBGAKEEFHGGONDDFLCCNICFKDUAAIMMCLDNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC AAICGLBBBKOHFKJDDGOONDDFEOKAAMMMFKJBCENNDLNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC IJAAABBBMMGGDDCEENODDNNGOHJJCCEEMCHHHFKLLIIIFLBBKOBGAKEEFHGGONDDFFCCNFKBJAAIMMCCOLLEFHBNNMKIA LDIECFKAOXJIMMMCHHBEGLENAJBBGGONDDFNJJAHEFLDHIHGOCCFHKAAILCBBGGODDNNJJIFKKAIGOOFCCEIMMKMEEA LDIECFKAOXJIMMMCHHBEGLENAJBBGGONDDFNJJAHEFLDHIHGOCCFHKAAILCBBGGODDNNJJIFKKAIGOOFCCEIMMKMEEA JIFABNOGGBDDDFEOCAAMMMFKJBCENNDLNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC ABNOGGBDDDFEOCAAMMMFKJBCENNDLNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC NOGGBDDDFEOCAAMMMFKJBCENNDLNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC DDFEOCBHKAAMFKJBCENNDLNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC BDDICAIKALNDFEOMMMFKJBCENNDLNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC BJIMMCDHENAAICBHLKCGOONDDFNJJAHEFLDHIHGOCCFHKAAILCBBGGODDNNJJIFKKAIGOOFCCEIMMKMEEA IFKICLAHMGONMABDDKJBBGLHFEINCCNEADKFFDDOGHEEJAACOLDFFECBNNKIKJIMMCMIBHJGGODDAAIFKJBCELLDNNGOHH CEIFKICLAHMGONMABDDKJBBGLHFEINCCNEADKFFDDOGHEEJAACOLDFFECBNNKIKJIMMCMIBHJGGODDAAIFKJBCELLDNNGOHH GOJBAEKALNDFEOMMMFKJBCENNDLNNGOHJJICGEEFAHHAFFECCEICGOMJKBHBMALLDDGFKIILIC LKFENAIMGNCOCMDLFBLLBJKDBACNOMHIFLNGIFMAKHOJEDAAJBJDGAHIEBINFCECHHNDFOCBLEMGICJEMFIDLKBOAHI LKFENAIMGNCOCMDLFBLLBJKDBACNOMHIFLNGIFMAKHOJEDAAJBJDGAHIEBINFCECHHNDFOCBLEMGICJEMFIDLKBOAHI	2183 2214 2261 2272 2295 2331 2440 2464 2496 2589 2612 2614 3192 3193 3453 3805	2161.5500 1600.9300 1514.8700 1374.5700 1031.1700 912.8500 992.9700 912.8500 865.0700 778.2100 755.1700 692.9300 690.9700 678.2900 603.4100 602.0100
			FDMDKFAHLEEOIIOFJCBNDMAELKJIIHNCJBEHEEHLBGOCFCGGNDMKNAAHLBGOCFCGGNDMKNAAHLJFJFMJMBHLBGOC IIOFJCBNDMAELKJIIHNCJBEHEEHLBGOCFCGGNDMKNAAHLBGOCFCGGNDMKNAAHLJFJFMJMBHLBGOC ELGAFMDMEOKICJFJGHKIANDNLKAAABEEHLBGIFGOOOCMCCNDFIJHHCCEENMDKNALGGHIDFJBLDMDGCEMAAHLKJBFNOJIB HLBCNNDMDKGAALLOOIJBLKADMCDFEHIANDNAEEMOFFKJIBJBEHHLBGOCFCGGNDMKNAAHLBGOCFCGGNDMKNAAHLJFJFMJMBHLBGOC NAJMLGEOIIOFJCBNDMAELKJIIHNCJBEHEEHLBGOCFCGGNDMKNAAHLBGOCFCGGNDMKNAAHLJFJFMJMBHLBGOC JMLHGEOKGDIIOFACNDFIBJHMGAGEFBGKJLCCNDMAELKJIIHNCJBEHEEHLBGOCFCGGNDMKNAAHLBGOCFCGGNDMKNAAHLJFJFMJMBHLBGOC OLGAFMDMEOKICJFJGHKIANDNLKAAABEEHLBGIFGOOOCMCCNDFIJHHCCEENMDKNALGGHIDFJBLDMDGCEMAAHLKJBFNOJIB DNAMOEIIOFJCBNDMAELKJIIHNCJBEHEEHLBGOCFCGGNDMKNAAHLBGOCFCGGNDMKNAAHLJFJFMJMBHLBGOC DNAMIEIIOFJCBNDMAELKJIIHNCJBEHEEHLBGOCFCGGNDMKNAAHLBGOCFCGGNDMKNAAHLJFJFMJMBHLBGOC	2295 2328 2389 2461 2589 2687 2782 3014 3137	1276.1300 804.6500 702.3300 649.8900 607.2100 578.2100 503.3000 552.5300 535.4300
46	IP	3-Opt	FIFAOFFIEOKMDOKJMGCBHLLBGGOMMHLKJCGOCHKIBGMCEEFADAKJHDHCKCNOLDDDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI EEOCBIMMLKJCGOCHKIBGMCEEFADAKJHDHCKCNOLDDDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI HBLCNNAIEIEIAOFFIEAKNDOKJMGCBHLLBGGOMMHLKJCGOCHKIBGMCEEFADAKJHDHCKCNOLDDDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI LGMCECEAAIOFMKAHMAOHHKIBNNMFDGCGHFMCCJDDJBNENNAKJHDGCHKCOIILDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI GGBHDDCJBLKFFGKHLMGCECEAAIOFMKAHMAOHHKIBNNMFDGCGHFMCCJDDJBNENNAKJHDGCHKCOIILDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI IJKBGIEDDNNAKMHBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII IJKBGIEDDNNAKMHBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII IJKBGIEDDNNAKMHBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII IJKBGIEDDNNAKMHBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII JGIEDDNNAKMHBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII EHIIONLLKMDJIAHFKMAHJGEHBLFANNEECJGOFABLIDJFDGCHKCOIILDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI EKJGOFALLBIDHNDNDIAIFJMGCHGCEHBLJGOMOFDMKGBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII CDIJIHNAOKEEMHKBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII EFALJIDJADHBIEMDNNAKMHBGOBFJGKICLLEOCJAAEMHDDGNAHOHHBFCCKHJDMCFDHBILLCGHMCNDJJAFAEFANNEEFKMGOOJBLII CDDJAEFKMAHJGEHBLFANNEECJGOFABLIDJFDGCHKCOIILDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI CJFJHMCBGODABHLGENNEOKJIBMLAKEANOBDFJBNFICCGDMLKGGKHJDAJMFJAIFIEHBCDFEHIIONLLKMDJIAHFKMAHJGEHBLFANNEECJGOFABLIDJFDGCHKCOIILDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI IKMOCODABHLGNEOKJIBMLAKEANOBDFJBNFICCGDMLKGGKHJDAJMFJAIFIEHBCDFEHIIONLLKMDJIAHFKMAHJGEHBLFANNEECJGOFABLIDJFDGCHKCOIILDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI FJMGODABHLGNEOKJIBMLAKEANOBDFJBNFICCGDMLKGGKHJDAJMFJAIFIEHBCDFEHIIONLLKMDJIAHFKMAHJGEHBLFANNEECJGOFABLIDJFDGCHKCOIILDDJJANEDEGGHJJAHAHBLLLKDDMDIOBGOBFJDDJNAAMCFDNNNEIFFI DLGEOKJIBHNGMAECOFJCFGKHGDANDOIILCAAKEHBBFNECMJGFBLLIHKJODMCEBNCADHFLGNQBHAJMEDHKBGONCLIMBFAKJ DLGEOKJIBHNGMAECOFJCFGKHGDANDOIILCAAKEHBBFNECMJGFBLLIHKJODMCEBNCADHFLGNQBHAJMEDHKBGONCLIMBFAKJ CFIDANFJAHEAHDLOOGBBICMLKKEGNECMFBLIHKJODMCEBNCADHFLGNQBHAJMEDHKBGONCLIMBFAKJ CFIDANFJAHEAHDLOOGBBICMLKKEGNECMFBLIHKJODMCEBNCADHFLGNQBHAJMEDHKBGONCLIMBFAKJ	2098 2220 2283 2305 2349 2364 2449 2451 2472 2500 2631 2690 2812 2917 2919 2952 3043 3094 3563 3565 3787	2551.2700 1809.0100 1738.4900 1574.8700 1188.2300 913.1700 847.2700 836.9900 729.9000 729.9000 719.2100 715.9500 682.7300 652.4700 647.4300 636.0700 595.7900 556.1500 555.7100 502.7100 474.7500
			GIIIDDFFAOCCGGBHLLBJNNDDEKCEHBBIAIKOBCCIEEAHNDMMMMMMGGGGGKJOFLLBJHBJHAAJEEJHFFCDDIKONJHKKAN BIJNAAIHOHBFLLBJNNDDEKCEHBBIAIKOBCCIEEAHNDMMMMMMGGGGGKJOFLLBJHBJHAAJEEJHFFCDDIKONJHKKAN BCCEEFGHGOHBJBNMOKIDDDCEFEFDFHDIICGCHJIEEEAAHNDMMMMMMGGGGGKJOFLLBJHBJHAAJEEJHFFCDDIKONJHKKAN JAHJNMGGIDDBFFGHJBJKMAAHLIIINNNMOKIIDDJCFGGGFEFAOMCGGOHBFLLBJNBNMOKIIDDCEFFGAHJ AAHMMMMGGDDFFFGJACHLBJNEOKIKOHLBIENAJJNNDDEKJIMCFGBBAIOKOBCEFEFHKGMAJHALLBJNBNMOKIIDDCEFFGAHJ JAHJNMGGIDDBFFGHJBJKMAAHLIIINNNMOKIIDDJCFGGGFEFAOMCGGOHBFLLBJNBNMOKIIDDCEFFGAHJ HAMIFAMCGGOHBFBJNNDDEKCEHBBIAIKOBCCIEEAHNDMMMMMMGGGGGKJOFLLBJHBJHAAJEEJHFFCDDIKONJHKKAN EJAEFFJHJHMAAGNNMIIDDCEFAOMCGGOHBFLLBJNNDDEKJIMCFGBBAIOKOBCEFEFHKGMAJHALLBJNBNMOKIIDDCEFFGAHJ EFDJMAAHFGNNMOKIIDDCEFAOMCGGOHBFLLBJNNDDEKJIMCFGBBAIOKOBCEFEFHKGMAJHALLBJNBNMOKIIDDCEFFGAHJ KIJNGMMCFGLDAEAFGBENDDHJIBOBBCEAHKAOHLILBFJHOKEIIDDCEFFGAHJ GBFFEDNGAOJINMKEIIDDCEFAOMCGGOHBFLLBJNNDDEKJIMCFGBBAIOKOBCEFEFHKGMAJHALLBJNBNMOKIIDDCEFFGAHJ EOKKIJNGMMCFGLDAEAFGBENDDHJIBOBBCEAHKAOHLILBFJHOKEIIDDCEFFGAHJ NDDGKECFBHMJAOJMGCNBLIIFGOAHOIILFECNNDCEBMBJBOAMCEKHJHGANDBLHDFEJAGLIFGGGAHKCOMBEFFIKIBIAJHKLMDND	2298 2312 2335 2340 2355 2390 2445 2456 2516 2521 2729 2788 2826 3445	1707.1500 1508.0100 1311.7100 1033.2900 1014.4100 1013.7900 1006.2700 910.9900 843.9100 737.9700 715.9100 670.8300 617.8500 604.2500
48	IP	Double-bridge	OHHMDDHBDHHAALLEFATIEKMKDDLJCCCNHFAAAAIIIOBLKMKGGGGGJEEBFGGOFMOBFNLLCCNNOCCFGIFJEDJBBBEEHO HDDNOCOCFGIFJEDJBBBEEHO HDDNOCOCFGIFJEDJBBBEEHO DDAIIOOBBLLCCNMMKMMJJGAEFFCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLICMAIENHIFCGGDD GJAAHKNDNEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLICMAIENHIFCGGDD IIFIEODDJBLCCHHLLGNDABOBDKCGANGGIIJAAHKBDEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI OFILLICNMMHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM MOBFNILLICNMMHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM LHLDONAAAJIEBBKGGFMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM FHHFGGGOBNOCMJEEBLEFAIIEKMKDDLJCCCNHFAAAAIIIOBLKMKGGGGGJEEBFGGOFMOBFNLLCCNNOCCFGIFJEDJBBBEEHO KDFLIAGGJAAHLLBENOCGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM ILLCNMHHKJIEEBBFKGGMAHOCANGJAAHKEFDDCNMFMHDDLKILDOICNBBGGJAAHKBHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM HMHFGONNOBMLLEFADIEKMDJBJCCFMHLEKAOCANGGIIJAAHKBDEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI LCJIFEEBFKGGMAHOCANGJAAHKEFDDCNMFMHDDLKILDOICNBBGGJAAHKBHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM FGFIJDDJAEHBEHMOHMLCCNBFKLEMAKOCANGGIIJAAHKBDEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI DNMHNBAIOOCJAGHJFEIKKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI NDDMHNBAIOOCJAGHJFEIKKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI NOMIJDJBCHHGANDAOFBIEKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI NOMIJDJBCHHGANDAOFBIEKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI	2113 2140 2178 2252 2279 2285 2392 2400 2429 2497 2543 2592 2641 2719 2729 2924 3023 3352 3514 3515	2901.3300 2050.8300 1925.9500 1834.5300 1347.0100 1241.5900 1233.8500 1198.1700 1059.9700 1014.6700 1007.0100 962.6300 812.5500 785.4900 733.4300 648.7100 610.0900 561.4900 542.8900 509.1700
			OHHMDDHBDHHAALLEFATIEKMKDDLJCCCNHFAAAAIIIOBLKMKGGGGGJEEBFGGOFMOBFNLLCCNNOCCFGIFJEDJBBBEEHO HDDNOCOCFGIFJEDJBBBEEHO HDDNOCOCFGIFJEDJBBBEEHO DDAIIOOBBLLCCNMMKMMJJGAEFFCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLICMAIENHIFCGGDD GJAAHKNDNEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLICMAIENHIFCGGDD IIFIEODDJBLCCHHLLGNDABOBDKCGANGGIIJAAHKBDEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI OFILLICNMMHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM MOBFNILLICNMMHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM LHLDONAAAJIEBBKGGFMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM FHHFGGGOBNOCMJEEBLEFAIIEKMKDDLJCCCNHFAAAAIIIOBLKMKGGGGGJEEBFGGOFMOBFNLLCCNNOCCFGIFJEDJBBBEEHO KDFLIAGGJAAHLLBENOCGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM ILLCNMHHKJIEEBBFKGGMAHOCANGJAAHKEFDDCNMFMHDDLKILDOICNBBGGJAAHKBHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM HMHFGONNOBMLLEFADIEKMDJBJCCFMHLEKAOCANGGIIJAAHKBDEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI LCJIFEEBFKGGMAHOCANGJAAHKEFDDCNMFMHDDLKILDOICNBBGGJAAHKBHIEOCCFGMJEIEHKAJAAJAFKMEBBHFKKALGGDDDOBOBICNDILBNHOCJAEEDFILLCNMHHKAMNDJHJGEEFKGGOFM FGFIJDDJAEHBEHMOHMLCCNBFKLEMAKOCANGGIIJAAHKBDEOBBLLIICNMMHJJAEIMEFKCNMHHKKEEBBFDFCJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI DNMHNBAIOOCJAGHJFEIKKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI NDDMHNBAIOOCJAGHJFEIKKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI NOMIJDJBCHHGANDAOFBIEKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI NOMIJDJBCHHGANDAOFBIEKGMCLDEDEGELLIAJBHOCBFFMJCFAKMHNFNGOIBEEGAGILKCMJKHLLBMEIDCFJHDNDJBEOKFAHDHJKJAJGCEBBKGOBLLI	2113 2140 2178 2252 2279 2285 2392 2400 2429 2497 2543 2592 2641 2719 2729 2924 3023 3352 3514 3515	2901.3300 2050.8300 1925.9500 1834.5300 1347.0100 1241.5900 1233.8500 1198.1700 1059.9700 1014.6700 1007.0100 962.6300 812.5500 785.4900 733.4300 648.7100 610.0900 561.4900 542.8900 509.1700

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1	PI	PI	
2	PI	API	
3	PI	2-Opt	
4	PI	3-Opt	

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
5	PI	Or-Opt	
6	PI	Double-bridge	
7	PI	IP	
8	API	PI	

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
9	API	API	
10	API	2-Opt	
11	API	3-Opt	
12	API	Or-Opt	

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
13	API	Double-bridge	
14	API	IP	
15	2-Opt	PI	
16	2-Opt	API	

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
17	2-Opt	2-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for No. 17. The Y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2600. The X-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1800 to 3600. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
18	2-Opt	3-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for No. 18. The Y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 5000. The X-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 1600 to 3000. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
19	2-Opt	Or-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for No. 19. The Y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 5500 to 9000. The X-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2200 to 3100. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
20	2-Opt	Double-bridge	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for No. 20. The Y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 3500. The X-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2200 to 3800. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
21	2-Opt	IP	
22	3-Opt	PI	
23	3-Opt	API	
24	3-Opt	2-Opt	

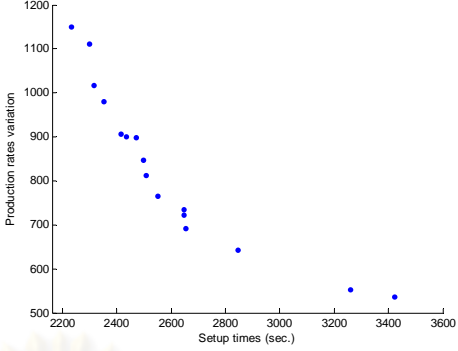
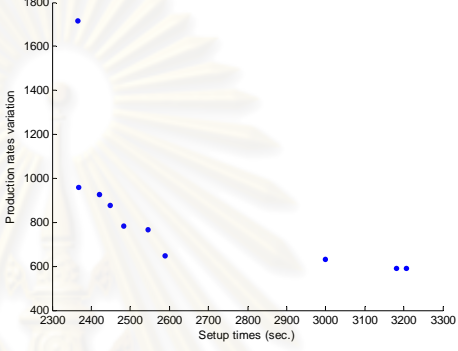
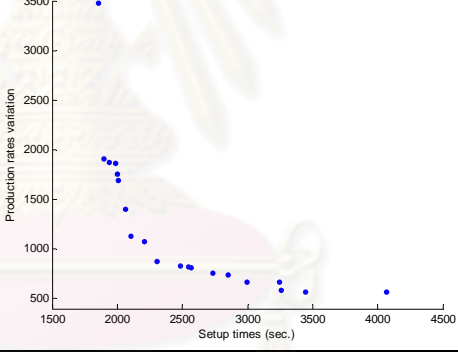
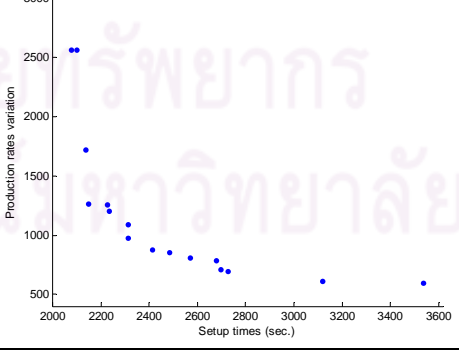
ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
25	3-Opt	3-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 25. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1800. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 3600. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
26	3-Opt	Or-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 26. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 2000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2200 to 3600. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
27	3-Opt	Double-bridge	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 27. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1800. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 4500. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
28	3-Opt	IP	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 28. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1600. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 3400. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

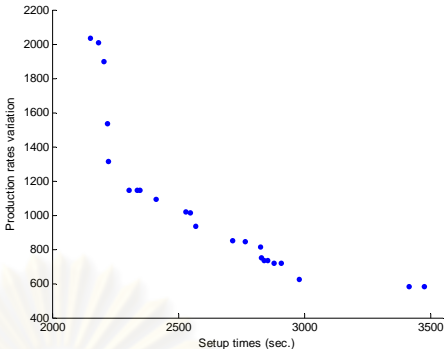
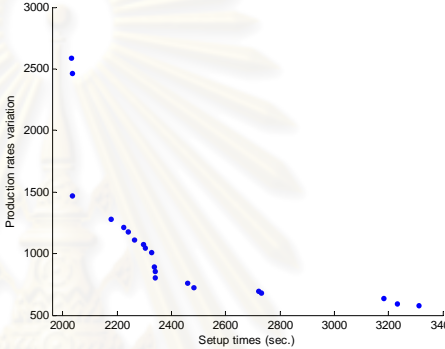
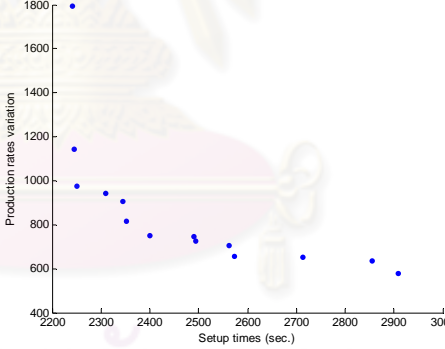
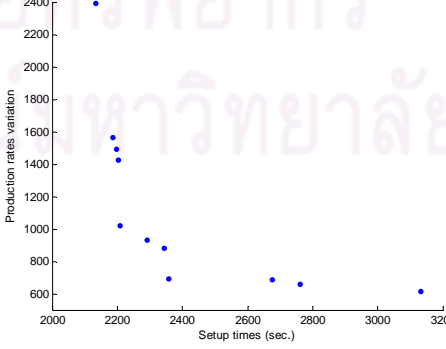
ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
29	Or-Opt	PI	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 29. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 400 to 1600. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 3400. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
30	Or-Opt	API	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 30. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 600 to 1500. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 3200. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
31	Or-Opt	2-Opt	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 31. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 3000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2200 to 3100. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>
32	Or-Opt	3-Opt	<p>Scatter plot showing Pareto optimal frontier for case 32. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 2000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2200 to 3600. The data points form a downward-sloping curve, indicating a trade-off between production rates and setup times.</p>

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

33	Or-Opt	Or-Opt	
34	Or-Opt	Double-bridge	
35	Or-Opt	IP	
36	Double-bridge	PI	

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
37	Double-bridge	API	
38	Double-bridge	2-Opt	
39	Double-bridge	3-Opt	
40	Double-bridge	Or-Opt	

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
41	Double-bridge	Double-bridge	
42	Double-bridge	IP	
43	IP	PI	
44	IP	API	

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
45	IP	2-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 45. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 600 to 2200. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 4000. The data points show a clear trade-off, with higher production rates variation generally corresponding to lower setup times.</p>
46	IP	3-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 46. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 1300. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2200 to 3200. The data points show a trade-off, with higher production rates variation generally corresponding to lower setup times.</p>
47	IP	Or-Opt	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 47. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 500 to 3000. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2000 to 3800. The data points show a trade-off, with higher production rates variation generally corresponding to lower setup times.</p>
48	IP	Double-bridge	<p>Scatter plot showing the Pareto optimal frontier for case 48. The y-axis represents 'Production rates variation' ranging from 600 to 1800. The x-axis represents 'Setup times (sec.)' ranging from 2200 to 3600. The data points show a trade-off, with higher production rates variation generally corresponding to lower setup times.</p>

ตารางที่ ง.30 ผลการรันโปรแกรมของ M-SPEA 2 ในปัญหาการทดลองที่ 5.3 (ต่อ)

No.	After initial solution	After mutation	Obtained Pareto Optimal Frontier
49	IP	IP	

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลการรันโปรแกรมของอัลกอริทึมดั้งเดิม (NSGA II และ SPEA 2)

ตารางที่ ง.31 ผลการรันโปรแกรมของ NSGA II ในทุกปัญหาการทดลอง

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1.1	BBAAAAEDCCB AAABBBCCEDAA AAEBCCBBDAAA AAABBDCCBAA AAABBDCCBEAA BBAAAAEDACB CBAAAAEDABC BCAAEDCAAABB CBBAADEAAABC CAABEDAAAABC AABBBCCAEDBAA ACBAAEDCBBAA BAACBDEAAACB BAACBAEDAACB BCAAEABDCAAB ABCADEAAABCBA ABCABDAAEBCA ABCDAEABACBA	236 240 276 301 316 319 327 345 351 358 374 382 391 434 472 498 501 570	31.8889 24.0556 20.0556 19.5556 19.0556 16.8889 15.5556 14.8889 14.2222 13.8889 13.7222 10.3889 9.0556 8.3889 8.0556 7.5556 7.2222 6.8889	
1.2	BBAAAAEDCCB BBEDDAAAACCB BBDDAAAACCEB AABBBEDDCCAA BBCEDDAAAACB CBBEDDAAAABC AABBBCCBDDEAA CBBAAADDEBC AABCCBBDDBAA AABCCEDDBBAA AACBBEDDCBAA CABBEDDAAAABC AACBBDDAEBCA CAABBDDEAABC CBAADEBBDAAC ACBBEDAACBDA ACBDAEACBBDA ACBBDAEDBCA ABCDAAEBBDCA ACBDAEBCBDA ABCDAAEBCBDA ABCEDAABDCBA ABCDAAEBDCBA ACBDAEBADCBA	236 241 266 267 270 280 284 289 305 325 335 358 384 412 427 448 457 465 479 483 492 511 521 575	33.8056 30.8056 29.4722 28.1389 26.3056 24.9722 22.9722 22.4722 21.6389 18.9722 15.1389 14.4722 12.6389 11.4722 10.9722 10.4722 9.6389 9.1389 8.4722 8.3056 7.9722 7.8056 7.3056 6.1389	
1.3	BDDEEAAACCB AEEDDCBBBCAA AABCCBBDDEEA BBCAAADDEECB BBCAAEDDECB AAECBBBCDDEA BCDAAAEEEDCBB EBBAACCBDDAE DAEEBCCCAABD CBBAEEDDAEBC DAECBBBAACED DAECBBBAACED BCAAEDDEBCAB DAECBBAAACBED BEDAACBAEDCB CBEDAABDAEBC BCDAAEBDCAE ADCEBBAEDCBA BADECBAEACB BEADCBAEDCAB	245 267 284 294 308 327 336 353 354 357 362 390 412 430 477 487 509 517 580 581	31.5833 29.0833 28.4167 25.0833 23.0833 21.5833 20.0833 19.9167 17.7500 15.2500 14.0833 13.2500 12.4167 10.7500 10.5833 9.7500 9.4167 8.5833 7.9167 7.4167	
2.1	CBBBEDDAAAAAAC DDAAAAAACBBBCE CCBEDDAAAAAABB AEAAAAACBBDDAA AAADDAAEBBCCAA BBCAAAAAEDDAACB CBAAAAEDDAAAABC BAAAAECCBDDAAAB DAAABECCBBAAAAD AAACBBEDDAABCAA BAAADDCCBEAAAACB DCAABBEAAAAACBD ACBBAAAEDDABCAA BAAACBEADDAACB AEBCDCAAABBCDAA DAACBBAAEAACBAD AABCEDAAAABCABDA AADCBBAAEAACADBA AABCADAEABCABDA CABDAAAEBCAADBA ABCDAAEAEDAACAB ABCADABAEDACAAB	241 270 280 299 305 319 327 366 386 388 413 424 435 465 479 512 564 635 637 675 698 757	80.5778 74.4444 63.6444 43.9111 42.3111 27.2444 23.7778 23.3778 22.7111 19.9111 18.8444 18.5778 16.8444 15.7778 14.3111 12.5778 11.3778 10.9778 10.5778 10.1778 9.3778 8.7111	

ตารางที่ ง.31 ผลการรันโปรแกรมของ NSGA II ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2.2	BBBCCEDDAAAAA ABBDDDECCAAAA CAAAAABDDDEBCC ABDDECCCBAAAA BCCCEAAADDAABB AAAACBBDDDEBCCA AABDDDBCCCEAAA AABCCBDDDECAAA AABCCCEDDDABAA AACBBBDDDAECA CCAABDDDEAAABC AABCCADDDEBCAA CAAABCCDDDEBAAC CDAABBBCEDDAABC ACBDDAEAAACBDBA CDAABBBCEAABDDAC ACBDDCAAAEBDCBA AADCBBCEDAADCB BCADAACEBDDCAAB DABCDACEBAABCD ACBDDCAABAECBDA DCAABBCDAEDABC BACDABCAEDDCAAB BACDAACEBDAADCB ACBEDAABDCACBDA ADBCCAABDEABDCA BADCABCDEAABDCA	240 274 300 312 318 330 336 343 356 358 362 398 416 456 506 544 564 568 597 621 629 630 638 665 681 692 787	107.8222 73.2889 68.7556 58.7556 52.8889 50.0889 47.8222 40.7556 38.7556 35.6889 27.5556 25.5556 25.1556 15.9556 15.5556 14.8889 14.7556 13.5556 13.1556 13.0222 12.4889 12.2222 11.9556 11.8222 10.7556 10.3556 10.0889	
2.3	AAABBCCBEEEDDD ABBBCCCAEEEDDD DCCBCCBAAEEEDD DAAABCCBCEEEED DDAABBCCCEAEED AEDEBBBCCCEAAA CBBEDDAAAEDEBCC BCCAEEEDDAEBCB CEBCADDDAAEEBBC DDACBCEEEAABCD DCCBBAADDEEBBCD DEBCCAAAEBCDCED DECBCCAAAEBCED CBEAAEDDCCBBAD CBDEAABCDDEEBAC EABCDACEBBCAED	280 289 305 309 332 358 384 388 433 436 473 479 524 544 553 632	86.0000 80.0000 64.0000 60.0000 52.0000 36.0000 32.0000 30.0000 28.0000 26.0000 24.0000 22.0000 20.0000 18.0000 14.0000 12.0000	
3.1	DCEAAAAAABBBBBBCD BBBCCDEAAAAAABCBBB BBCCBAAAAADAAEBBBB CBBBBDAAAAAAEDCBBB DCEAAAABBBBBBAAACD DAAAAEBBBBBBCCAABAD AAABBBDDCEAAACBBBAA ABBBCDEAAAAACBBBDAA BBAACAAABBDDEAAACBB BAAACABBBBEDDAAAACB AABBDCCBDEAAAACBBBAA CABBBAAEDDBBAAAACBB AAABBDCAABDEAACBBBAA CBAABBAEEDDBAABBAAC CABBAEABDDAAABBAACB AABBBEDCAABBBACDBAA AABBAADCBBBADEAACBBA CAABBDAAABBAADAACB BCAABDAABBBAAEDBAACB BAABDACEBAABDCABBAAB DABABCAABBBEAACAADBB ABCABDEABBAABADCAABBA ABACBADAEBBAACADBBAB	315 323 343 366 392 421 422 461 469 504 516 520 594 605 616 645 650 675 697 847 871 894 1022	167.1500 90.6500 81.2500 75.8500 62.1500 57.0500 38.3500 34.8500 34.6500 34.5500 33.5500 27.9500 26.9500 23.5500 23.2500 23.1500 22.9500 21.5500 16.8500 16.3500 16.2500 13.4500 13.2500	
3.2	BBCCCAAAAABCEEBDDDD AAEBBCCDEDDBBCCCAA AACCBDDDEDACBBCCAA CCBBDAACDDEBBECCAA BBCECAAAACDDCBBBAAE CBBAACEDDCEDCBBBAAC AACDCEBBBCEDDAABCCA AACBCEDDBBCEAAACBBA BCCEDAAACBBBDCAEAB CBBEDAAACDDBCCBAEBC CBBAADECACBBDDECAABC DACBCEABCDAAACBBEABD BABCDAADECCAABBCEDACB CBDACEABCABBDDEACBBA BCEDAABCBAACBCEADABC DBCAECBBACDAABECACBD ABCADBECDDAAABECBCBA BCACDBEAABCEADABCDCB BACDCEBBAACDABCEDBAC CBAADCBEDCABEABCDBCA CBADCBACADBCAEBBDCA	421 450 472 580 581 590 601 639 664 684 714 820 827 866 880 909 946 947 979 1012 1026	124.8000 89.7000 43.3000 42.6000 40.4000 36.4000 33.4000 31.5000 29.5000 28.7000 21.8000 21.0000 20.6000 18.0000 17.5000 16.9000 16.6000 16.1000 14.3000 14.2000 13.7000	

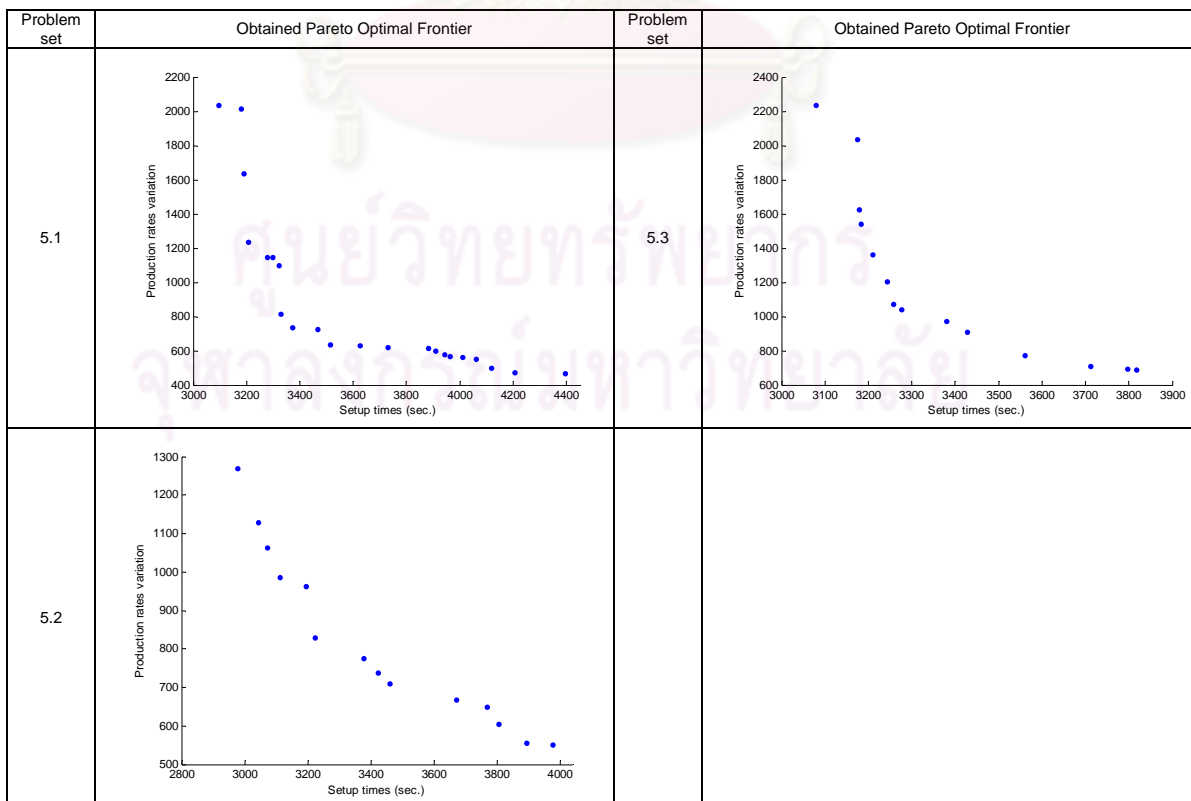
ตารางที่ ง.31 ผลการรันโปรแกรมของ NSGA II ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
3.3	BBBCAAADDDDBECCCAEEE CBBEEEEAAACCEBDDDDABC DAAAEIEBCBDDCCCBAD BCAACEBDDDDCCCEEBAAAB DBCCEAAEBCCBAADDEED EAAEBCBDDCCDDDEAABBE ACBBDCBEBDDDAABCCEEA BEDAACBDECCDDDEAAEBB BAAECCBDEEBBCAEDDAC BCAEDDCBEAAECCBDDEAB DEACCBDAEEECDBAABCE ADEBCDEACBBCEDAEDCBA	494 496 512 566 590 600 611 652 661 716 859 864	126.0000 78.0000 66.0000 56.0000 54.0000 46.0000 44.0000 36.0000 34.0000 20.0000 18.0000 16.0000	
4.1	DHBCCGAAAIAACJBBBBFE CCJBBAAAAABBFHIDGEC CBHDEFAAAAABBICGJBBC ACCEIBBAHDJGBBCFAAA CCEIBBAAHFJJBGBBAAC CCAAEIBBAHFJJBGBBAAC EIAACCBBAHFJJBGBBCAA BCCFEDAABHCAIAACJJBGB EBBIAACCFADJJBGBBAAC AABGBCDHBJAIFECBBAA AHBFAACBJCGAABBIEDCA CEBAIIBBAHFJJBGBBAAC BAAJBHDCBGAICAEBFCFAB BAAHDCBGBJAICAEBFCFAB ABGABCDHBJAICAEBFCBA ABCBJAICAEBHDAFBCBAG BCADEBAHIBAJCBACGFAB	391 449 450 476 481 530 532 535 543 551 577 607 651 662 755 830 835	88.5500 79.5500 71.1500 59.3500 51.1500 48.7500 46.9500 46.1500 40.3500 38.5500 37.5500 34.3500 33.7500 31.5500 29.7500 29.1500 28.7500	
4.2	AAAAJCCEHICGDFBBBBBA AAAGAJCCEHICBBBBBFA AAAAGCCJBDHBBBBICFEA EAAACJBBBBDAACGHFI AJBBGACCEHICFBBBAAA BBGAAAJCCEHICFBBBAAA CGBBAAAAEDHICFBBJAC JBCFAAHBCCGAIABBBDA AACBBBHFGAAJEBBCAID DAABCCBGFAAHJEBBCAI CJBAAICGBAAEBBFDHBAC BHDAABCCGJBAEIFEBBCA BAACJEBFDGAICBBACAHB AHBBACAEIFBJBDGACBA CBFAAEBHCBGAIDJCBABA AHBBCAEACIFBJBDGACBA BCABFAAECBHDGIJBACBA CABHAJBDBIEACFGABBAC	415 425 446 452 473 498 511 532 535 558 594 627 638 690 721 725 776 836	150.7500 131.5500 99.3500 77.9500 55.5500 52.3500 51.1500 49.3500 45.9500 38.7500 37.9500 34.1500 32.1500 31.7500 31.3500 30.7500 29.3500 28.9500	
4.3	FGGAIEHJBCCDDEHAJBF IFDJCCBGFAEHDGAEBBI CBFEHAJAGGDDEHBIJJC JBHAEFICGGDDEBFAHICJ GBJAICDFEHEAICHDFJBG	461 511 520 533 640	63.0000 61.0000 51.0000 35.0000 33.0000	

ตารางที่ ง.31 ผลการรันโปรแกรมของ NSGA II ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
5.1	DDCCDAAAICCCBCKDLDCEABECCEBBCEGMAAADDEDNDCCAAHFEDDABEEEBDEACCBCECCBADDBACBBAABEEJEBEBAE	3096	2036.0200
	CBCCBBBCEEEACHIAAAEAACACBACCFBDBABAEAEEDCEDDDEKAOJCBAAAGDDDDCCBCECBEDDLDLMDBBBCEEEACCAAAAE	3179	2011.4200
	CCABBENCBEDBEADAAACOCBEAADECBCEBCECHDAABAEEBEKADCCCGGIAACEEBACBBDDMDLDDCCBBDDDEBEFBAAAAAC	3192	1633.4200
	BEEBCCBBAALAAIAODDDBJECCAGDDKMAEADAEEAEEDBBCCDCCBNCDCCAAHFEDDABEEEBDEACCBCECCBADDBACBBAABEE	3206	1235.8400
	BBAABEICKADAAEAEABECDDDDABCCNEBCCBBAACBEEHOJDBCBADCEEEAAABDDCCDCCBBLCDADBCAAAFEEAAAECCBGGEDD	3280	1146.9600
	ECABCEBCEBBAADAACNEAABBLKDDDEBBCEACBCMDAAHODAEADCBCECCDDDJCBCCCFDADBECEEBDDGBBCEAAAACCAEAEA	3299	1146.9400
	ECDAABCBAALAAEJEBEBAEDDDCDOAAIICCCAGDBDKMAEADBEDEEBAEDBBCCDCCBNCDCCAAHFEDDABEEEBBCCEDDDAA	3322	1097.4200
	CBGGEDDBAABEECKADCCCEAEDEBCECNBEFAACBDADCLACBEEHOJDMBCBADCDEAAABDDDDCCCEAIEBCCABCCACBBAEAAE	3330	810.9400
	ABBCAACCCBBDEDEJEBEBAEDDDCDOAAIICCCAGDBDKMAEADBEDEEBAEDBBCCDCCBNCDCCAAHFEDDABEEEBDEACCBBLBAAA	3372	736.8000
	DDLCEBDAEACBBGGEDDBAABEEICCCCMHAHOADBCBAEADACBBCEAEADCCDDBDEBBADACAFJEENECECCADDAACAEDEBDABCBK	3469	724.2400
	ICCCAGDBDAEDABDEEBAEDBBCCDCAAMCNEAABBLKDDDEBBCEACACBACBDBAHFEEEDDBCCBBABEEJEBEBAEDDDCDOAAA	3516	633.2800
	BDDCAEADHOADMCAEACBCEBCECEBADECBDCNEAABBLKDDDEBBCEAAACIBDDDEBBAGDACAFFJEECECCADDAACAEDEBDABCB	3625	630.5400
	DHDCBBCEBCECAACAEABDDCCAGDBDKMAEADBEDEEBAEDBBCCBNCBCEDEIAAODCCDAAEAELEBCECBABEAADDBAFJCCDD	3730	617.7000
	BBAEADCODACEIEIKLDCBBCCBMDAHDADBCBAEADCBCEAEADCCDDBDEBBAGDACAFFJEEENECECCADDAACAEDEBDABCB	3883	611.6000
	AABCBDACEAIEICCCBCEBADEAGEBBDCECLDLBFCEAAADDJDEEBABEDCANABBBABCEABDDCECCAKDACEBCEACACBMDAAODE	3910	597.1800
EBCBACDAABECDDDBAABEEICKADCCCAOENBBECCDAMAHCEADDACBEBEEDLABBCECCFJAAACBAEABEDDEADBCDABCB	3943	578.3600	
ADDBACBEEBCEBACDAABECDDCEBOCCBAGBANDCBCEBIEAECDDAMAHKCEADDACAEABBAEDECBLBDECCCFJAABAAEABEDDE	3964	566.3200	
DDAABCEADAEIEBCBBEBBBLCEDEEACCAADDAKBAFAEACBDGEECNDCCBACEABBDHCAOAAJCEBBAEBCBDBABEDBACB	4010	558.7400	
BEEBCEBACDAABECDDCEBOCCBAGBANDCBCEBIEAECDDAMAHKCEADDACAEABBAEDECBLBDECCCFJAABAAEABEDDEADBCD	4062	547.6200	
DDCCBAAEDBEBADICCBEBFABKADDAEACDBACCAAEDECLBBAEACBDGEECNDCCBACEABBDHCAOAAJCEBBAEBCBDBABEDBACB	4120	495.4800	
EEABCCAADCEJELBCCFDADCAEACBACBDECEBDDMIABCBKCEDEABBAABCDACACCHAEBAEDBCBGGDCCBACONDEBEBEDDCCAAA	4208	472.4400	
ANDCCBCEIEACCCDAAKCEBCEDAEBCBAAEADBEBDDACACMECBDCBAEHGDEDLFJAABACBEEBCEBACDAABECDDCEBOCCBAGB	4395	464.2800	
5.2	EAHDBGDDBBBAAEAFGEFFBGOCAAAACBCCCAFIHABCCCEBHEIIFHDBGDDBBBAJANAFAEFGDGLGGDFEBHFIFCCBCCACAGBFE	2978	1269.3300
	BAAFAAHBGCCEBDDDBHIECCBAEACJFGGEEDCGBBFHFHCDGGEFEFGBACACNDEKAOAAAACFCBGFGEIBHDDDIALCCBFGMFF	3044	1127.6500
	IFHDBGDDBBBAAEAFGEIEDHBECCBHAFFIACCCBMAAACAOGBFEAHDDBGDDBBBAJANAFAEFGDGLGGDFGFGBCCAFABCCCEBHEI	3073	1061.6300
	AAECBFKDLGCGFBGFHFIIEHBECCBHAFFIACCCBMAAACAOGBFEAHDDBGDDBBBAJANAFAEFGDGLGGDFGFGBCCAFABCCCEBHEI	3113	984.4500
	AACBDEFFGDCBMAAACAOGBFEAHDDBGDDBBBAJANAFAEFGDGLGGDFGFGBCCAFABCCCEBHEIIFHDBGDDBBBAJANAFAEFGDGLGGDFGFGBCCAFABCCCEBHEI	3194	962.5900
	EFICAAOCFCGDAKGAHEFBEBBEBFEACHDGDDGHDCNFAAGMDACBFGGIDBCFJICEHBBIDFBBCEDGCCBCCAAAFAGBEEFBL	3224	828.8900
	BGBACBEEFEAFCCGHJADLBCIEFFDFGDEJBDADHDGAKCCGAOAHBFHCBDCBCCFIACCAAEIGBAGFEDHNBCCMABGAFFDDBGEE	3378	774.6700
	BGBACBEEFEAFCCGHJADLBCIEFFDFGDEJBDADHDGAKCCGAOAHBFHCBDCBCCFIACCAAEIGBAGFEDHNBCCMABGAFFDDBGEE	3424	736.7500
	BGBACBEEFEAFCCGHJADLBCIEFFDFGDEJBDADHDGAKCCGAOAHBFHCBDCBCCFIACCAAEIGBAGFEDHNBCCMABGAFFDDBGEE	3461	709.4900
	EAFCEBFBALAHDIIDCEBACDGCHEJBNAGAABIEEDCAOFBGGFDGAFICGEBEAFACFBGIBDEKMDHCBAGAEFCGBBEEAHCACDGBFE	3672	668.3300
	ABGBFEICAGBAGFCDHCCBDEHEBHFJCDGDFGAFGDEMDFAEAAACAOCLCAFDFBFGBHGIDCCBGEFACABNEDDACCGBAHEAFICE	3770	649.6500
	HCCAEADGBFEAFCEBFBALAHDIIDCEBACDGCHEJBNAGAABIEEDCAOFBGGFDGAFICGEBEAFACFBGIBDEKMDHCBAGAEFCGBBEEAHCACDGBFE	3806	604.4700
	DGHDHFCAGAEGBAGFCDHCCBDEHEBHFJCDGDFGAFGDEMDFAEAAACAOCLCAFDFBFGBHGIDCCBGEFACABNEDDACCGBAHEAFICE	3895	554.7700
	CEFBHCEFBAGBAADFELGCDIAHABDDDEGGCBGFOBEGDCCABAHCGBGIANJAFEAEDFCHGMDCCAEEBBCDFHIEABEFKBCBADGGAB	3979	549.7300
	5.3	EGCHHMKCMCFHKCGJBFCEGMBJOLKANNDEEAIFDJDFLBKFNICCFJFIKDGJMANJGDEJONBNAEFLDHHMHLLEAOABBBKA	3080
AOEEDGFLLOBLHONKFFMABEEONBGMHMHKFAKLGKJGHDDDLNKAEDKIDKJCCJFIIMCIKIELECMCDHJIBAFGHAOBGG		3176	2035.75
DEDLKEJAIHGLNNDGFLMNDCLJIIKAOMHEBIFGOIKHHHBNOMEHJACHFFACDEJGOBIEJAGCKAKCCCFKNOHLOBOBGMDFDM		3179	1623.01
LHJEEFKDGGKCOINIOIKHHBNOMEHJACHLDDFFLCLFGGGFDMNAALGONMADAJJNBICBOEKEKDIIMAMILCFHEBCEGMDEKGAOBB		3183	1538.41
BCOMAGMGLCKCLIMOAHDBKJEFHJAEAEAFHBFKFNICCFJFIKDGJMANJGDEJONBNAEFLDHHMHLLEAOABBBKA		3210	1360.49
FHAJKEAOCFMGBNDGBLHJIFKAODMMDEDDHDLKEHEHJABANJEONIBLOBOCCCFIINNKGGLJCMFKMBAFNDGJAHHIBEOIMLL		3243	1201.25
OBFMKHLJBLNDDMHGCEIAOJMEAMMIBFLIABCHLJIBGKCCAEKHEKHNFFAEENBGOHNCHEOGKIFGLJMJJDDCLKANA		3258	1071.43
EGJAHHIFLJBLNDDMHGCEIOKEJHCBALFBIDMMAEGMJOAIEFKCFCCFJFIKDGJMANJGDEJONBNAEFLDHHMHLLEAOABBBKA		3277	1039.67
IOMGEMMIBFLIABCHLJIBGKCCAEKHEKHNFFAEENBGOHNCHEOGKIFGLJMJJDDCLKANA		3381	969.37
JAFNFMAGMGLHCCDKCKBDHAOFINMILFEHJKEBAFOFGBLCLBFFICNDDDHAGHEMKEGAOBLJJEKNDGKCONOLJIMNIBGDFHIA		3428	907.93
OIMAFDLFGKHEKHAICFAHGBCLNIDJGCDENJNBOMEBGMIDNEDNAHDKDKJABOFHBLJJEKCAHJFAEMGONNHKBLGMLFOLH		3560	770.77
HMCLDONFGBMABOFHBLJJEKCAHJFAEMGONNHKBLGMLFOLH		3713	710.41
EKJKBODJNMGCCFJCIDOBLGALBEAFHGHOLAHNNMIMNICGIFKLDDDEONFGBDMJABOFHBLJJEKCAHJFAEMGONNHKBLGMLFOLH		3798	689.95
ENCGCFKKBOMJJCIDOBLGALBEAFHGHOLAHNNMIMNICGIFKLDDDEONFGBDMJABOFHBLJJEKCAHJFAEMGONNHKBLGMLFOLH		3819	685.31

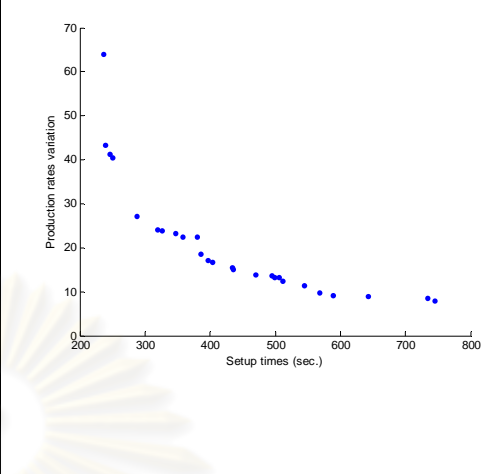
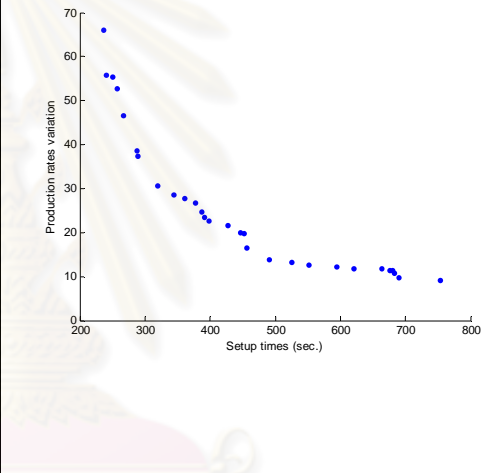
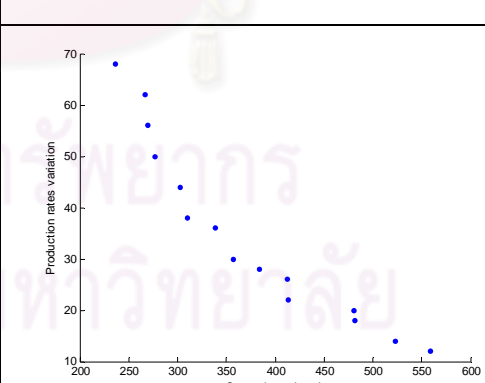
ตารางที่ ง.31 ผลการรันโปรแกรมของ NSGA II ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)



ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
1.1	AAEDCCBBBAAA AAACCCBBBEDAA AAAEDCCBBBCAA AAACBBBCEDAA AAAEBBCCBDA AAEBDCCBBAAA AAABBEDCCBAAA AABDECCBBAAA BAAEDCCAAABB BBCAAAEADAACB CBBAAAEDAABC BAAEDCCBAAAB CBAAAEBBDAAC CAABDEAAAB ACBBAEDCBA BCAAAEBDAACB BCAAAEBDCAAB ACBBAEADACBA ABCABEDAACBA	236 241 267 270 276 301 305 312 314 319 327 352 353 362 382 384 410 434 500	24.0556 23.5556 21.8889 20.5556 20.0556 18.8889 18.5556 17.8889 15.8889 14.8889 13.5556 12.8889 11.2222 10.2222 9.7222 9.2222 8.7222 7.8889 6.5556	
1.2	AEDDCCBBBAAA AABBCCEDDAA AACCCBBBEDDAA AACCBBDDDEAA BBCAAAEDDCB AACBBBCEDDAA AAEBCCBDDAA DAABBCCAAED AABEDDCCBBAA BBCAAEDDAACB CBAAEDDAABBC CAABBEDDAABC CBAAEDDBAAC ABCEDDAABCA BCAABDDEAACB BCAADDBEAACB ABCEDAABBCDA ABCEDAABCDA ACBDEBAACBDA ABCEDAABDCBA ABCDEBAACBDA BACDEAABCDAB ABCEDABACBDA ABCDAEBCABDA ABCDAEBCADBA	236 240 241 245 267 270 276 289 305 319 327 358 373 387 392 435 456 486 506 511 515 547 563 570 606	32.1389 27.9722 26.4722 25.6389 24.6389 23.9722 22.1389 19.1389 18.4722 15.8056 14.3056 12.4722 12.3056 11.8056 10.8056 10.6389 8.6389 8.1389 7.9722 7.8056 7.6389 7.4722 7.3056 6.8056 6.4722	
1.3	AEDDCCBBBAA AACCCBBBEDDA DEBBCCAAAED BCAAAEEDDCBB BCEDDAAACBB CBDDAAAEEBBC CBAAAEDDEBBC AABBEEDDCCBA BCEAAEEDDCBB BBCAAEEDDACB DEAACCCBBBAED CBBAAEEDDABC BBCAAEDDEACB CABBEEDDAABC DEBCAAABBCED CAEBDDAAEBC CBAEBDDAAEBC DAECBBAACBED ACEBDDAEBCA DAECBBAACEBD ABCDEFABBCDA AEDCBBDAECBA AEDCBBDAECBA AEDCBBDAECBA ACBEDABCBEA AEBCDABDEBCA AEBCDABCDEBA ABCDEBADECBA	236 241 265 267 270 276 303 305 310 319 326 327 357 358 363 384 422 430 443 455 470 486 487 499 521 546 554 571	33.0833 31.5833 28.0833 26.0833 25.0833 23.2500 22.7500 22.5833 22.0833 18.0833 17.9167 16.7500 16.0833 15.0833 13.5833 11.4167 10.9167 10.7500 10.5833 10.4167 10.0833 9.7500 8.9167 8.5833 8.2500 7.7500 7.4167 7.0833	

ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
2.1	DCCBBBAAAAAED AAABBBCCEDDAAA AAAEBBCCDDAAAA AAAECCBBDDAAAA DAAACCBBBAAAAED BCAAAEDDAAAACBB DAAABBCCBAAAAED BBAAACEDDAAAACB BCAAAEDDAAAABBC BCBAAAADDEAAAACB BAAAACEDDAAAACB BCAAAADDEBAAAACB BCAAAEDDBAAAACB AACBBAAEDDAAAACBA AABCAEDDAABBCAA AACBBDAADCECBAA AACBBAAEDAAAACBDA ACBAAEBDDAAAACBA AACBBDAEAACBDAA AACBDDAAABDCBAA ACDAABBEAAAACBDA AABCDAAEBAAAACBDA ABCAADEBAAAACBDA ABDAACBEAADABCA ABADACBEAADCABA ABDACABEAADCABA	236 240 246 250 288 319 327 347 358 381 386 397 404 434 436 470 495 499 506 512 545 569 589 643 735 746	63.9111 43.2444 41.2444 40.4444 27.1111 24.0444 23.9111 23.2444 22.4444 22.3111 18.4444 17.1111 16.7111 15.3778 15.1111 13.7778 13.6444 13.2444 13.1111 12.4444 11.3778 9.7778 9.1111 8.8444 8.5778 7.9111	
2.2	CCBBBAAAAAEDDDC AACCCBBBEDDDAAA AADDEBBBCCCAAAA AAEDDDBBBCCCAAAA AAEDDDCBBBCCCAAAA DAACCCBBBAAAEDD DDAAABBBCCCAED BBCAAEDDDAAAACCB DCAAAABBBCCAED BAACCCDDFAAACBB BCAACEDDDAAAACBB AACBBEDDDACCBAA AACBBDDDEAACCBAA BCAAAADDEBCCAAB BCAAAECDDDAACB AABBCEDDAACBDA ACBDDDEAACCBDA ACBDDAAECCBDDAA DAACBBCDEAAAACBD DAACBBCAEDAACBD DCAABBCEAEDAACBD CBDAEDACBDAABC CDAABBEDCAABDAC BDCAABCDEAACDAB ABDCAEDCBAACBD CADABBEDCAABDAC ABDACBCDEAACBAA ACBDABEDCAABDCDA ACBDABACDEABDCDA	236 241 251 258 267 288 289 319 345 361 378 387 391 398 427 447 452 457 491 526 552 595 621 664 676 680 683 690 754	66.0889 55.8222 55.4222 52.6222 46.6222 38.6222 37.2889 30.6222 28.4889 27.8222 26.7556 24.6222 23.4222 22.6222 21.5556 19.9556 19.8222 16.4889 13.8222 13.2889 12.6222 12.2222 11.8222 11.6889 11.4222 11.2889 10.7556 9.8222 9.0222	
2.3	DDCCBBBAAAAEEED DDCCBBBAAAAEEED BCCCEEDDDAAAEBB DDECCBBBAAAAEED DEBCCBBBAAAAEED CBBEEDDDAAAEBCC BCEEDDDAAAEBCCB CCBAEEDDDAAEBBC CAEEBDDDDAAEBCC AEBCCDDDEBBCEAA EBCAEEDDDCCBBAE EDAABCCBBEDDACE EBCDAAEDDCCBBAE DEBCCAEDBBCCAED DABCEEDACBBCAED	236 267 270 277 303 310 339 357 384 412 413 481 482 523 559	68.0000 62.0000 56.0000 50.0000 44.0000 38.0000 36.0000 30.0000 28.0000 26.0000 22.0000 20.0000 18.0000 14.0000 12.0000	

ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier		
3.1	BBBDDEAAAAAACCCBBB	245	102.8500			
	BBBDDEAAAAAABBCCB	284	95.3500			
	AAAADDEBCCBBBBAAAA	289	91.2500			
	DEBBBAAAAAACCCBBBD	299	78.2500			
	AAABBBDDDECCBBBAAAA	312	76.2500			
	DAAAABBBCCBBBAAAAED	327	57.6500			
	AAABBBEDDAAACCCBBAA	357	41.4500			
	AACBBBDDEAAAAACBBBAA	391	37.8500			
	AACBBBDDEAAAAACBBCAA	392	34.8500			
	ACBBBAADDEAACCCBBBAA	458	32.9500			
	BAAAEBCDDAABCCAAABB	470	32.2500			
	ABCBBAAADDEAACCCBBBAA	497	31.9500			
	AABBBACDDEAACCCBBBAAA	498	31.0500			
	BBAABDDDEAACCCBBBAAACB	507	30.5500			
	BAACBBDDDEAACCCBBBAAACB	508	28.2500			
	BAACBBAAEDDDBBAAACBB	519	23.7500			
	BAACBBAAEDDDBBAAACBB	551	21.6500			
	DAABBBCAAAEBBACBBAAAD	567	20.1500			
	AACBBBDAAAEBAADCBBA	575	18.9500			
	AABCBBDAAAEBAADCBBA	614	17.4500			
	AABCBBDAAAEBAADCBBA	663	16.9500			
	ABDACBBAAAEBBDACBBA	676	14.3500			
	BADACBBAAAEBBDACBBA	743	13.8500			
	BADACBBAAAEBBDACBBA	859	13.7500			
	BAABCDABEABADBCBAAB	876	13.3500			
ABDACBBAAAEABDACBBA	885	12.0500				
3.2	AAAEDDDEBBBBBCCCCCAA	265	141.0000			
	ADDDEECB BBBBCCCCAAA	294	132.9000			
	AEEDDDECCBBBCCCCAAA	308	105.0000			
	AACCEDDDEBBBBBCCCCAAA	324	85.8000			
	CCAAADDDEEBBBBCCCAAC	359	85.3000			
	DDCCCAAEEB BBBBCCCAAD	361	73.9000			
	AABBCCCEDDDEBBBCCAAA	363	57.0000			
	CCBBAAEEDDDEBBBCCCAAC	411	49.0000			
	BCCCAAEDDDEBBCCCAAB	412	43.0000			
	BCCDDAAEEB BCCCAADBB	490	42.3000			
	CAABCCCEDDDEBAAACCCBB	509	41.0000			
	ABBBCCEDDAAACCCBBCEDA	510	37.2000			
	BBCCAAEDDDCABBCCAAEB	522	35.0000			
	BCEDAABBCCDDDEAAACCCBB	524	30.7000			
	DCBBAAAEEDCBBBCCAAECED	562	29.5000			
	DACBBCCAAEDDEBBCCCAAD	570	28.1000			
	AABBCCDECCBAACCCBBEDA	592	27.7000			
	DCABCCAAEDDEBBAACCCBD	644	24.1000			
	DCBAACBEDAABBCCCAEAD	662	23.5000			
	CBDDAAECBCCAACEBBDAC	693	22.2000			
	DECAABBCCDBCCAAEBBCAD	734	21.4000			
	DBCCAAEBBDDCCAAEBBCDA	753	19.4000			
	DABCCBEAADCCBCEAAABCD	772	15.8000			
	BACCDBEAADCCBEACDCAB	923	14.6000			
	3.3	EEDDDCCCCBBBAAAAEEE	236		152.0000	
DDDEEAAAABBBBCCCCCED		278	120.0000			
BBCDDDDDEEEAAAAACCCBB		284	104.0000			
CBBEEDDDDAAAEEBCC		310	88.0000			
BBACDDDDDEEEAAAAACCCBB		361	78.0000			
EBBCDDDDAAAAEEBCCCE		374	72.0000			
DDCCBBAAEEEEEAAABCCDD		402	56.0000			
ECCBBDAAAEEDDDBBCCCE		459	54.0000			
DEBBCCAAAEEDDECCBBBD		461	50.0000			
BBCDDAAEEEBAAEDDCCB		482	46.0000			
DCBBAAAEEDDCCAEEBBD		499	44.0000			
BDDEEAACBBCCAEEEDDCB		512	36.0000			
BCCDDEEAABCCAAEEDDCB		521	30.0000			
BCCDDEEAACBBEAAEEDDCB		565	28.0000			
BEACDDAABEBCAAEEEDDCB		704	24.0000			
AEDDCBBCAEADECCBBDEA		721	22.0000			
ACBBEDDAECCAEDEBECDA		818	20.0000			
CEABDDCAEBCDEAABDEBC		860	18.0000			
ACDEBBEDCABCDAAEDCAB		950	16.0000			
4.1		BBBCFEIDGAAAAAAHJBB	277	101.3500		
		BBBCFEIDGAAAAAAHJB	296	100.1500		
		AAAEICJBBBFHBBGAAAA	300	71.7500		
		AAAIJBBFDDAAHBBGEAA	340	50.9500		
		AAAJCBBBFDDAAHBBGEIAA	373	48.9500		
		AJBBBFDEHBGAAAAICBB	376	48.7500		
	BBGAAAIJBDAAAAHBBFE	382	47.9500			
	AJBBBICAEEFDDAAHBBGA	409	43.5500			
	BBGAADEFAAHBBICAIAJB	414	38.9500			
	AJBBBFHBBGAAAIACBBADA	447	38.3500			
	AABBDFHBBGAAAIACBBAAJ	480	38.1500			
	BAAADEHJBFACBBGAAAIIB	488	37.7500			
	AIBBAAACJBDGFAHBBAA	491	35.7500			
	ABFAAHBBGJAAECBBDAA	512	34.3500			
	AAJBBFDEAAACIGAHBBAA	548	34.1500			
	ABBADGAI FEHBAACJBBA	562	33.5500			
	ABBADGAI FEHBAAJBBBA	578	32.5500			
	AABBCAEDFABGAIJBHAA	579	32.1500			
	ABBADGAIHBAEFAACJBBA	625	31.3500			
	ABABCDFEAAABGAIJBHAA	648	31.1500			
	ABEABFIAJACBGDAAHBBA	669	30.1500			
	ABABCDFEAAABGAIHBAJBA	715	29.3500			
	BAEABIAAGDAHBFACJBAAB	740	28.9500			
	BAAECBADFABHGAJBAAB	752	28.7500			

ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation	Obtained Pareto Optimal Frontier
4.2	BBBFIEDJCCCGAAAAHHB	275	107.7500	
	AAHFIEDCCCJB BBBGAAA	295	100.3500	
	AAAHBBBFIEDCCCJB GAA	306	66.3500	
	AAHBBFAIEDCCCJB GAA	322	56.3500	
	BBFIAEDJCCCBGAAAHBB	350	56.1500	
	BEAIFDHBCCCGGAAAJBB	372	53.1500	
	BEFAAIDJCCCBGAAAHBCB	396	47.3500	
	BBFAAIDJCCCBGAAAHBCE	402	45.7500	
	CBFAAIDJCCBGAAAHBBEC	416	39.7500	
	CBBFAAIDCEAHGGAABBJC	495	36.1500	
	BBCFAAIDCBGEAHBAAJCB	533	34.5500	
	BCFAAIDBBGACHBCEAAJB	574	32.9500	
	AICABBDJCEAHBBGACBFA	594	32.7500	
	BCBFAAIDCEAHBGAJBCAB	601	31.7500	
	BCFAAIDCEAHBGBCAAJB	615	31.1500	
	ABICAHGEBACDAJBBCFA	685	29.1500	
	ACBIDBAEAHBCGJABBCFA	727	28.9500	
CABBAIDJCEAHBBGAFCA	732	28.3500		
BACABJDCEAHBIGBFACAB	880	27.3500		
BACEACDHBAJIGBFACAB	896	27.1500		
4.3	BGGAIIICFFFEHDDHJJB	278	103.0000	
	GAAIIICFFFEHDDHJJBGG	285	101.0000	
	BFGGAAIICFFFEHDDHJJB	294	95.0000	
	HHBGAAIICFFFEHDDHJJB	303	93.0000	
	GAAEIIICFFFEHDDHJJBGG	305	91.0000	
	JHHBGGAAIICFFFEHDDHJ	307	79.0000	
	HGAAIICFFFEHDDHJJBGE	335	75.0000	
	JBGAAIICFFFEHDDHJJBGH	344	73.0000	
	JEEHBGAAIICFFFDHJJBGH	358	69.0000	
	HJJBFBGGAAIICFFFEHDDH	367	67.0000	
	DEHJBGAAIICFFFEHJJBGD	386	45.0000	
	EHDJBGAAIICFFFEHJJBGE	419	41.0000	
	HDJBGAIICFFFEHJJBGE	431	39.0000	
	AEDJBGHFIICFFFEHJJBGA	463	35.0000	
	AICFDJBGHEIICFFFEHJJBGA	503	33.0000	

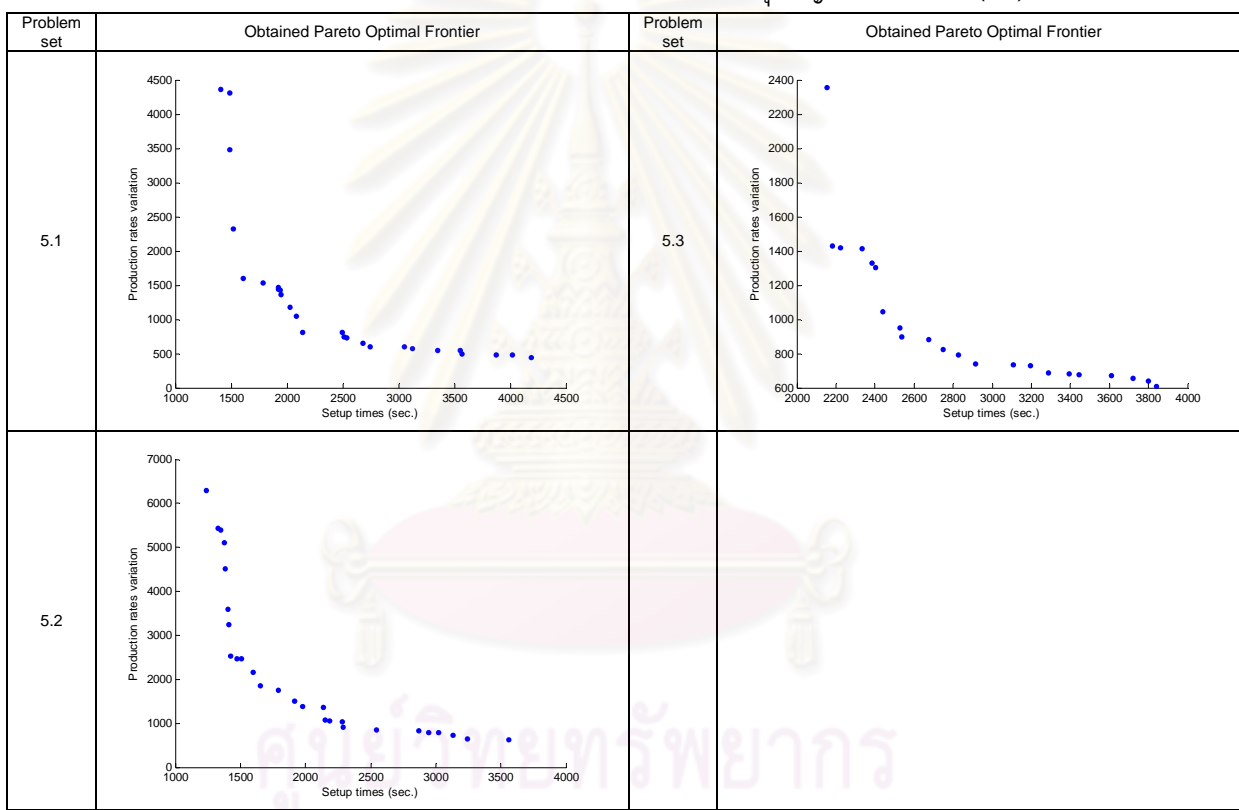
ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
5.1	MGBBBBBOEENBBBCCDDDDAAAAAABBEEBCCDDDDDDCCCCCCCCDDDDCCCCAAAADDAAAAAEEEEBBB BBBBJAAAEFEKHEHLI	1408	4358.1200
	EEEEIOJAAENBBBCCDDDDAAAAAABBEEBCCDDDDDDCCCCCCCCDDDDCCCCAAAADDAAAAAEEEEBBB BFBKGLIMEEBBBBBBBH	1485	4312.9800
	BBBDEEAANEEBCCDDDDAAAAAABBEEBCCDDDDDDCCCCCCCCDDDDCCCCAAAADDAAAAAEEEEBBB BFKGLIMHJBBBBBEEFO	1486	3485.6200
	HBCECCDDJEEBBBDAAAAAADDDDDCCCCCEEBBLCCCCCNAAAAAEEFEKEGEBBBBIMBBBBBBBCCDDDEEEDDAAAAAADD	1518	2317.9800
	CBLLAACCCFEEDDCEMHB BBBBNNKDDDJEEBBDAAAAAAEEGCCBBCCDDDDAAAAAADDAAAAAEEEEBBB BDEAAAAAEEB	1605	1594.5600
	BIMDDDBBBBAAAAADFEBBBCCDDDEEEDDDCCCCAAACEEFAAKABBBBBDAAAAAACCDDDDCCCCCNNEEBBDEEAJHLBB	1789	1534.4800
	BRECCCAADEDEDAABB BBBDKJHLCCCAIMDEEDDEAAEGCCBBBCCDDDDAAAAAADDAAAAAEEEEBBB BDDDDCCCCAAAADDDBB	1922	1466.4800
	AAAAIADDDDEEFAIDCCCAALBBBCCCB BB BBGEEEEEDDECCCAADDDABBBBDEDAACCCCAKACCNEEBECDDDBBBBAAAMH	1924	1447.0200
	MAAAAADDDEEFAIEGBBBBCCCB BBBLAACCCDEEEDDECCOCCCAADDDABBBBDEDAACCCCAKACCNEEBECDDDBBBBAAAHJ	1937	1427.8000
	EELACCCDDDDADD BB BHJMAACEEFAAABB BB BBDAAAAAAACCDDDDCCCCCEEBBDEFAFGOAAABBBCDDDAACCBDDAEKHEE	1951	1366.0600
	CCCCBBBEEDEDDDEEABBCFAAALIEBDDJCCDOBMAAEEGCBHKEFAAAAADDDAEEBBB BBCCCB BBBAACCCDEEEDDAACCC	2025	1174.1400
	AAADDBBBBCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBCCDDDDAAAAAADDAAAAAEEEEBBB BCCCAAAA	2082	1041.8200
	EBBAABB BBBDJHLCCCAIDDEEDDEAAEGCCBBBCCAAMDEEEDAABKNCCCFEBBBBEEDECCCAAAAADDDBBBBEECCCAAEDD	2143	811.1800
	BBAADAADDCCCNBBEEDDEAADAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBCCDDDDAAAAAADDAAAAAEEEEBBB BBAADDE	2495	807.9200
	BBB BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAAEFECD	2510	737.1400
	ECCDAAAABB BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDAABEECBCCBDDDAE	2537	725.9000
	ABB BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDAABEECBCCBDDDAEBCDDAA	2679	647.2200
	CECB BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAEBCDDAA	2747	604.6400
	ABCCDDDEADDBLBBCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAEBCDDDAEBCDDAAEBCDD	3053	607.3600
	DAAE BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAEBCDD	3123	571.8000
	DCAAE BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAEBCDD	3347	547.5600
DAAAE BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAEBCDD	3349	543.2400	
EDBB BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAEBCDD	3551	540.6800	
AECDB BBBDCCCAAADDEEDAADKDBJHLABCCCBABIMDEEEDDEAAEGCCBBBFAAABNNEOCCBDDAABEECBCCBDDDAEBCDD	3565	488.6000	
BAEBCCIADEBBANADCCCLKADEABBEEGCCCFDBBDAAEBCADECBCAEMCDACADJDBBBEBCAAEBCCDDACBCEBCEAEAAADCCBB	3872	485.4800	
ABEBCCIADEBBANADCCCLKADEABBEEGCCCFDBBDAAEBCADECBCAEMCDACADJDBBBEBCAAEBCCDDACBCEBCEAEAAADCCBB	4017	481.4800	
DBCCBFAAEABEBCCIADEBBANADCCCLKADEABBEEGCCCFDBBDAAEBCADECBCAEMCDACADJDBBBEBCAAEBCCDDACBCEBCEAEAAADCCBB	4187	439.6000	
5.2	AAAHBBBBIJAAGGGHDDDDHIIHEEOAGGGHDDDDDLKMAAAAEFFFGGGBBCCDDDDCCCCCCCCAAAADDDDDDDAAAAAEEEEFF	1236	6300.0700
	DDLCCCCGGGGGGHDDDDHIIHFFFFDDEEFAE BBBBCCCAAAJIEFFAEBBBB BBCCCAAAABEEEFGGHHCNIIKMAAAAAM	1325	5429.3100
	CCCB BB BBCCCFGAAGGGHGGHDDDDHIIHFFFGGGHDDDDDEEFAE BBBB BBCCCAAAABEEEFNNIIKMAAAAAMAAIILCC	1348	5385.3900
	BBBJAAHDDDDHIIHEEOAGGGHDDDDDLKMAAAAEFFFGGGBBCCDDDDCCCCGGGAAACCCCAAAAEFFFFFEFFFAAHH	1375	5114.9700
	CCOCLDGGGGGGDDDDHDFAA BB BBCCCAAAABEEEFGGHHCNIIHIIHFFFFDDEEFAE BBBB BBCCCAAAAEFFFFFEFFFAAHH	1387	4518.2100
	CCAAIILCCCCBB BB BBFGGGGAAGGGHDDDDHIIHFFFFDDEEFAE BBBB BBBAABEEEFGGHHCNIIKMAAAAAMDDLCC	1406	3591.3500
	GGHDDDDDEEFAE BBBB CC AAABEEHDDDDHAEHIIHFFFGGGGGHBBCCCB BB BBCCCEENKMAAAAAMAAIILCCCAAFFFF	1411	3243.7100
	BBCCCAAABBEFFFEFAHBBBBIJAAGGGHDDDDHIIKAAHFFFEFFFAE BBBB CC AAANIIHCCOOLGGGGGGHDDDDFAA	1424	2524.4100
	DLBB BB BBCCCGGGCCCAAAAEFFFEFFAADDHDDHIIHDFFAAGGGGGHBBCCBB BB BBCCCEEAFFFAAEEDDECCNIIKMAAAA	1471	2474.5100
	MAAAAADLCCCFCCFFFEFAHBBBBIJAAGGGHDDDDHIIHEEOAAGGGGGHBBCCCB BB BBCCCEEAFFFAAEEDDECCNIIK	1507	2464.8300
	IBFFAACCCGHHIIHDDDDHGGAJBB BB BHAFFFEEDDEFFBB BB CCCEFFFGGGGAEBBBBNAEAECCOFOHDDDAAMKI	1599	2167.2300
	FFFFEAHCCCB BB BBCCJAGGGHDDDDDLKMAAAAEFFFGGBBNEEIIHMAAAAGGOCFBFBHGCGGGAAIEEDDDHBAACCFBCC	1654	1844.0900
	GGHDDDDLKAAAAEBCB BB NECCCFIHHBBGOCFCFBHJMAIAGGAABBBBCEEDDDHAAFCFCFFFEFAHBB BB BAAAG	1790	1576.6300
	DDCFFFE BB BBNECCCFIHHBAABAGOCFCFBFBHGCGGGAAIEEDDDFFABBBBCCDDDAACIKMAAAAABBEEEFGGHHCNIIH	1917	1501.6500
	ABGOCFCFBFBHGCGGGAAIEEDDDHBAACCFFB BB BCLAAIKMAAAAABBEEEFDDDDFFFBGGHCGGBBBNECCCFIHHBA	1979	1373.6500
	DDGDCCFHFAE BBBB BBKMAEAECCCFIHHBBGOCFCFBFBHJMAIAGGAABBBBCEEDDDFFACBBCCDDLDAACBEEFFGGH	2137	1364.9500
	CGDDDDCFFFAE BBBB NAEEAECCCFIHHBBGOCFCFBFBHJMAIAGGAABBBBCEEDDDFFACBBCCDDLDAACBEEFFGGHHC	2148	1081.6300
	CGDDDDCFFFAE BBBB NAEEAECCCFIHHBBGOCFCFBFBHJMAIAGGAABBBBCEEDDDFFACBBCCDDLDAACBEEFFGGHHC	2187	1053.5300
	AAAADLHGCCCCCFEFAHBBBBIKIDGGBGAAAEBCDDHBBCCBBNDHHCCEEOAFFGAAGALFBCAANDCCBB BB BFFFGH	2285	1034.8500
	BGBKAEEACCFHIDBNADDCCFFFAHBBBBIKIDGGBGAAAEBCDDHBBCCBBNDHHCCEEOAFFGAAGALFBCAANDCCBB BB BFFFGH	2292	904.2900
	GAIIIEEDDDFFABBBCCCFGGAAGMKIBBDDDFCAAACCFDHCGBBGBGAEFAEABBBCCDDLDAACBEEFFGGHHCNIIHBAAG	2545	846.1700
AHIIIEEDDDFFABBBCCCFGGAAGMKIBBDDDFCAAACCFDHCGBBGBGAEFAEABBBCCDDLDAACBEEFFGGHHCNIIHBAAG	2870	834.1700	
BGBKAECCADBIIEFGGAAGGGBDIIFFOECCFHLDNCCFBDDCFBEEAACCCGBFMAAGMKIBBGBDDFCACACCEDEBBFHDAE	2943	794.1700	
FBABBBFCCCGMDDDBAACAEFGDAEFCFBIIECCFIIDAAEFGGBBGGCCAAHBBCEFAEEDCCOIBAGDICIICGDFHAEHLDKJBB	3023	790.6300	
CCBBBFFEGGHAADIDAAFMAIAGKGBJECCEAFCNIFAGCBGBGDFHDEECCACCFDHBEEIAFFBAGCOHCBBFFFAEHLKAAACD	3132	731.8500	
DDAAAJBHFBCFCOGBHCBGAEFNACDDDECCCBGBKIAAMFBGAEACDDEEIAFFGACHGBBFFAGEILBHCADDDCCBB BB BFEFGGHAADI	3245	645.5900	
CGBB BB BFAAFCDFCEHCCACLDEHBBDDNIIACAKMFBFAFOEDDIIHBAHGBCFAEBCGGGAFBGFDFCFBBAIAJAEHEGGCB	3559	632.6100	

ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)

Problem Set	Obtained Pareto Optimal Sequence	Setup times	Production rates variation
5.3	BII OFEDNJJJFEHKCGGGGOBDHLBII OFEDNJJJFKKKJNNBCCCHHLCLDEEIFFMMOGOBDAHAAMFLMMMIILDBFAAAAEHKCCGGGOBDHL	2154	2356.0300
	MMMIILDBBOFAAAAEHKCGGGGOBDHLBII OFEDNJJJFKKKJNNBCCCHHLCLDEEEMMOIGOBDAHAAMFLMMMIILDBFAAAAEHKCCGGGOBDHL	2180	1427.1700
	MII LDBBOFAAAAEHKCGGGGOBDHLBII OFEDNJJJFKKKJNNBCCCHHLCLDEEIFFMMOGOBDAHAAMFLMMMIILDBFAAAAEHKCCGGGOBDHL	2223	1418.4100
	GGJJJBOKMKAIECFABFMGGNNEEIOOKDDLHDAIFFALBII OFEMJJDDHHLDDGGEMNCGEIFNAAKEDOOKJNNBCCCHHLCLDJBBBFKAIC	2333	1412.7700
	JBOEMCKAIAFAHBFMMGGNNEEIOOKDDLHDAIFFALBII OFEMJJDDHHLDDGGEMNCGEIFNAAKEDOOKJNNBCCCHHLCLDJBBBFKAICGGJJ	2386	1326.4900
	OBKJKAIECFABFMGGNNEEIOOKDDLHDAIFFALBII OFEMJJDDHHLDDGGEMNCGEIFNAAKEDOOKJNNBCCCHHLCLDJBBBFKAICGGJJ	2405	1302.8900
	MGEOKLDAIFFALBII OFEMJJDDHHLDDGGEMNCGEIFNAAKEDOOKJNNBCCCHHLCLDJBBBFKAICGGGOBDHLBII OFEDNJJJKAFAEMCCGDKAM	2438	1043.5700
	HDIAIFFABFMGGNNEEIOOKDDLHDAIFFALBII OFEMJJDDHHLDDGGEMNCGEIFNAAKEDOOKJNNBCCCHHLCLDJBBBFKAICGGGOBDHL	2529	947.8500
	AIEOOKDDFAHBFMMGGNNEEILLHACCNJBFKJBLBJCCENDNGGHHFJEFIDHMLCLOAAIJKFAKGOBDLII OFDNJEMMCHDCEGGAOKM	2539	896.0100
	KAIEFAHBFMMGGNNEEIOOKDDLHDAIFFALBII OFEMJJDDHHLDDGGEMNCGEIFNAAKEDOOKJNNBCCCHHLCLDJBBBFKAICGGGOBDHL	2676	883.7700
	GAEEOHCLBFJBOKKFGHEHLKAINDNMIFMNDANECCJBLDIHKKOMCLLGGDBBIOIMACAEJMAFGOBDHLBII OFEDNJJJKAFAEMCCGDFHHG	2748	822.3500
	AFFJKFAKGOBDHLBII OFEDNJJJKAFAEMCCGDFHHG	2827	792.8900
	HDHFKNLGDCAEFAMGOBDHLBII OFEDNJJJKAFAEMCCGDFHHG	2916	741.4900
	JKFAKGOBDHLBII OFEDNJJJKAFAEMCCGDFHHG	3109	733.8500
	HLINBGOAMKJELJCLBCDFMIOIKFMNNDGAAOHDHGEENIABJHKLKBLCFAGMGGBGAOMEOLHICLBFJJBOKFAMNHHKBNCFJ	3198	727.3500
KGMEIFAKEOJKCHLCLJBBBFAMHKEIINDDNCNJDGHBEHALOCGFDHMEJINDHMLGBEACNKJEMKCNIOIAOBFJDLHLKBLCFAGMG	3290	688.5900	
CJIKIFBECNMDAOLGODAOKEHBLGDCNFMEMKJNDGHBAJICFABKFCGDEHLKBLGLOUJHDGGEENAIMHLLBOBJMMNNECCCKDIFAI	3395	683.9900	
NJJDODAOKEHBLGDCNFMEMKJNDGHBAJICFABKFCGDEHLKBLGLOUJHDGGEENAIMHLLBOBJMMNNECCCKDIFAI	3447	677.8700	
JMFAIADLBNHGNCKOEHMCKJABAKFKGELBJNBLIFEMJIOIFHHGGANCCDDHMLFBGEHAOCDHEJABKFMFCELKBLGLOAIJDNCOGMN	3611	672.2300	
QJBNKLDHNCIFAGMGAOEMICELJIKIFBECNMDAOLGODAOKEHBLGDCNFMEMKJNDGHBAJICFABKFCGDEHLKBLGLOAIJDNCOGMN	3723	657.7700	
JNKLHNCIFAGMGAOEMICELJIKIFBECNMDAOLGODAOKEHBLGDCNFMEMKJNDGHBAJICFABKFCGDEHLKBLGLOAIJDNCOGMN	3800	641.3100	
JNKLHNCIFAGMGAOEMICELJIKIFBECNMDAOLGODAOKEHBLGDCNFMEMKJNDGHBAJICFABKFCGDEHLKBLGLOAIJDNCOGMN	3841	608.5100	

ตารางที่ ง.32 ผลการรันโปรแกรมของ SPEA 2 ในทุกปัญหาการทดลอง (ต่อ)



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก จ
ผลการวิเคราะห์การทดลอง

1. ปัญหาการทดลองที่ 1 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 12 หน่วย

1.1 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.0031812	0.0010604	23.90	0.000
Error	8	0.0003550	0.0000444		
Total	11	0.0035362			

S = 0.006661 R-Sq = 89.96% R-Sq(adj) = 86.20%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
M-NSGA II	3	0.003433	0.002750	-0.001617	0.008483
M-SPEA 2	3	0.007600	0.006165	-0.001765	0.016965
NSGA II	3	0.045100	0.010671	0.023758	0.066442
SPEA 2	3	0.021800	0.004246	0.013308	0.030292

Pooled StDev = 0.006661

■ การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Algorithms

Simultaneous confidence level = 82.43%

Algorithms = M-NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
M-SPEA 2	-0.008375	0.004167	0.016709
NSGA II	0.029125	0.041667	0.054209
SPEA 2	0.005825	0.018367	0.030909

Algorithms ---+-----+-----+-----+-----+---
M-SPEA 2 (---*---)
NSGA II (---*---)
SPEA 2 (---*---)
-----+-----+-----+-----+-----+
-0.030 0.000 0.030 0.060

Algorithms = M-SPEA 2 subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
NSGA II	0.024958	0.037500	0.050042
SPEA 2	0.001658	0.014200	0.026742

Algorithms ---+-----+-----+-----+-----+---
NSGA II (---*---)
SPEA 2 (---*---)
-----+-----+-----+-----+-----+
-0.030 0.000 0.030 0.060

Algorithms = NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
SPEA 2	-0.035842	-0.023300	-0.010758

Algorithms ---+-----+-----+-----+-----+---
SPEA 2 (---*---)
-----+-----+-----+-----+-----+
-0.030 0.000 0.030 0.060

1.2 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.0000439	0.0000146	0.64	0.608
Error	8	0.0001818	0.0000227		
Total	11	0.0002257			

S = 0.004767 R-Sq = 19.44% R-Sq(adj) = 0.00%

				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----			
M-NSGA II	3	0.021200	0.004093	(-----*-----)			
M-SPEA 2	3	0.024400	0.003822	(-----*-----)			
NSGA II	3	0.024300	0.007411	(-----*-----)			
SPEA 2	3	0.020033	0.002150	(-----*-----)			
				0.0150	0.0200	0.0250	0.0300

Pooled StDev = 0.004767

1.3 การวิเคราะห์เมื่อใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Ratio of Non-dominated solution versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	1.6412	0.5471	21.87	0.000
Error	8	0.2001	0.0250		
Total	11	1.8413			

S = 0.1582 R-Sq = 89.13% R-Sq(adj) = 85.06%

				Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev			
Level	N	Mean	StDev	-----+-----+-----+-----+-----			
M-NSGA II	3	0.8972	0.0660	(-----*-----)			
M-SPEA 2	3	0.8974	0.0890	(-----*-----)			
NSGA II	3	0.0185	0.0321	(-----*-----)			
SPEA 2	3	0.3970	0.2945	(-----*-----)			
				0.00	0.35	0.70	1.05

Pooled StDev = 0.1582

■ การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Algorithms

Simultaneous confidence level = 82.43%

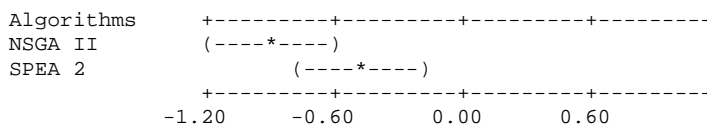
Algorithms = M-NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
M-SPEA 2	-0.2976	0.0001	0.2979
NSGA II	-1.1765	-0.8787	-0.5809
SPEA 2	-0.7980	-0.5002	-0.2024

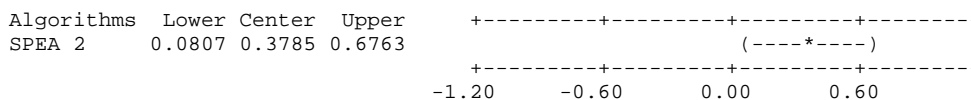
Algorithms	+-----+-----+-----+-----+-----			
M-SPEA 2	(-----*-----)			
NSGA II	(-----*-----)			
SPEA 2	(-----*-----)			
+-----+-----+-----+-----+-----				
	-1.20	-0.60	0.00	0.60

Algorithms = M-SPEA 2 subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
NSGA II	-1.1766	-0.8788	-0.5811
SPEA 2	-0.7981	-0.5003	-0.2026



Algorithms = NSGA II subtracted from:



2. ปัญหาการทดลองที่ 2 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 15 หน่วย

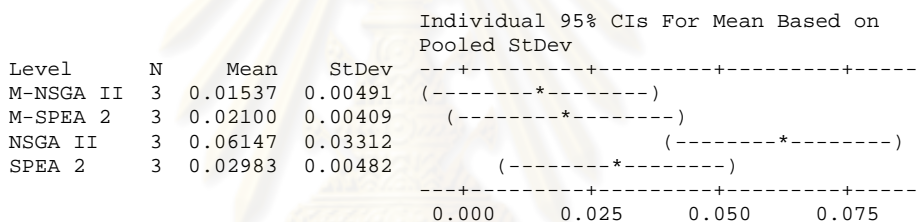
2.1 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.003812	0.001271	4.38	0.042
Error	8	0.002321	0.000290		
Total	11	0.006133			

S = 0.01703 R-Sq = 62.15% R-Sq(adj) = 47.96%



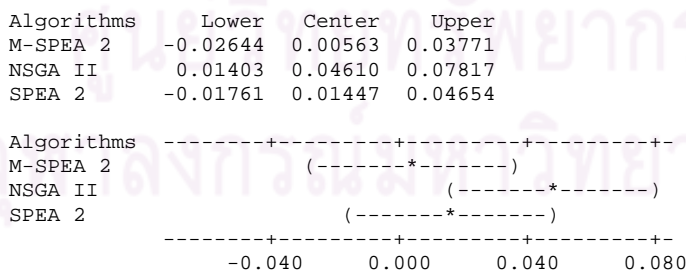
Pooled StDev = 0.01703

■ การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

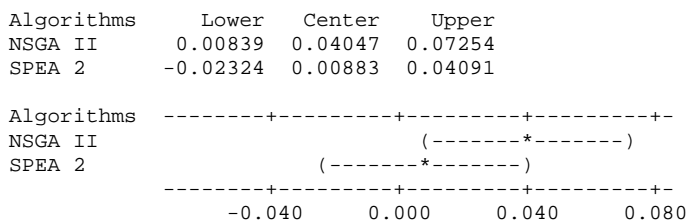
Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Algorithms

Simultaneous confidence level = 82.43%

Algorithms = M-NSGA II subtracted from:



Algorithms = M-SPEA 2 subtracted from:



Algorithms = NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
SPEA 2	-0.06371	-0.03163	0.00044

Algorithms	Lower	Center	Upper
SPEA 2	-0.040	0.000	0.040

2.2 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.0001347	0.0000449	1.37	0.320
Error	8	0.0002625	0.0000328		
Total	11	0.0003972			

S = 0.005728 R-Sq = 33.92% R-Sq(adj) = 9.14%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
M-NSGA II	3	0.022800	0.002851	(-----*-----)
M-SPEA 2	3	0.030233	0.009001	(-----*-----)
NSGA II	3	0.028733	0.005550	(-----*-----)
SPEA 2	3	0.022933	0.003361	(-----*-----)

Pooled StDev = 0.005728

2.3 การวิเคราะห์เมื่อใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Ratio of Non-dominated solution versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.74848	0.24949	33.11	0.000
Error	8	0.06027	0.00753		
Total	11	0.80875			

S = 0.08680 R-Sq = 92.55% R-Sq(adj) = 89.75%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
M-NSGA II	3	0.61270	0.04890	(-----*-----)
M-SPEA 2	3	0.49893	0.04011	(-----*-----)
NSGA II	3	0.00000	0.00000	(-----*-----)
SPEA 2	3	0.14823	0.16167	(-----*-----)

Pooled StDev = 0.086

■ การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Algorithms

Simultaneous confidence level = 82.43%

Algorithms = M-NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
M-SPEA 2	-0.27720	-0.11377	0.04966
NSGA II	-0.77613	-0.61270	-0.44927
SPEA 2	-0.62790	-0.46447	-0.30104


```

Algorithms -----+-----+-----+-----+
M-SPEA 2          (---*---)
NSGA II          (---*---)
SPEA 2           (---*---)
-----+-----+-----+-----+
                    -0.40    0.00    0.40    0.80

```

Algorithms = M-SPEA 2 subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
NSGA II	-0.66236	-0.49893	-0.33550
SPEA 2	-0.51413	-0.35070	-0.18727

```

Algorithms -----+-----+-----+-----+
NSGA II          (----*---)
SPEA 2           (---*---)
-----+-----+-----+-----+
                    -0.40    0.00    0.40    0.80

```

Algorithms = NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
SPEA 2	-0.01520	0.14823	0.31166

```

Algorithms -----+-----+-----+-----+
SPEA 2          (---*---)
-----+-----+-----+-----+
                    -0.40    0.00    0.40    0.80

```

3. ปัญหาการทดลองที่ 3 กรณีผลิตภัณฑ์ 5 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย

3.1 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าใช้ค่าเฉลี่ยของการสุ่มเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.02231	0.00744	5.09	0.029
Error	8	0.01170	0.00146		
Total	11	0.03400			

S = 0.03824 R-Sq = 65.60% R-Sq(adj) = 52.70%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
M-NSGA II	3	0.02013	0.00367	(-----*-----)
M-SPEA 2	3	0.02740	0.00361	(-----*-----)
NSGA II	3	0.12773	0.07605	(-----*-----)
SPEA 2	3	0.04197	0.00618	(-----*-----)

Pooled StDev = 0.03824

■ การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Algorithms

Simultaneous confidence level = 82.43%

Algorithms = M-NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
M-SPEA 2	-0.06473	0.00727	0.07926
NSGA II	0.03560	0.10760	0.17960
SPEA 2	-0.05016	0.02183	0.09383

```

Algorithms -----+-----+-----+-----+
M-SPEA 2          (-----*-----)
NSGA II          (-----*-----)
SPEA 2           (-----*-----)
-----+-----+-----+-----+
                    -0.10    0.00    0.10    0.20

```


4. ปัญหาการทดลองที่ 4 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ความต้องการในการผลิต 20 หน่วย

4.1 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.08225	0.02742	2.87	0.103
Error	8	0.07629	0.00954		
Total	11	0.15854			

S = 0.09765 R-Sq = 51.88% R-Sq(adj) = 33.83%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
M-NSGA II	3	0.06540	0.04485	(-----*-----)
M-SPEA 2	3	0.11050	0.07504	(-----*-----)
NSGA II	3	0.28147	0.16261	(-----*-----)
SPEA 2	3	0.10873	0.06374	(-----*-----)

0.00 0.12 0.24 0.36

Pooled StDev = 0.09765

4.2 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าเฉลี่ยของการกระจายของกลุ่มคำตอบที่หาได้เป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Spread versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.000418	0.000139	0.48	0.708
Error	8	0.002343	0.000293		
Total	11	0.002761			

S = 0.01711 R-Sq = 15.14% R-Sq(adj) = 0.00%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
M-NSGA II	3	0.03667	0.01135	(-----*-----)
M-SPEA 2	3	0.03920	0.01083	(-----*-----)
NSGA II	3	0.04813	0.03006	(-----*-----)
SPEA 2	3	0.03190	0.00468	(-----*-----)

0.016 0.032 0.048 0.064

Pooled StDev = 0.01711

4.3 การวิเคราะห์เมื่อใช้อัตราส่วนของจำนวนกลุ่มคำตอบที่หาได้เทียบกับกลุ่มคำตอบที่แท้จริง เป็นคำตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Ratio of Non-dominated Solution versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.05251	0.01750	3.90	0.055
Error	8	0.03588	0.00448		
Total	11	0.08839			

S = 0.06697 R-Sq = 59.41% R-Sq(adj) = 44.19%

Level	N	Mean	StDev	Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev
M-NSGA II	3	0.15277	0.13393	(-----*-----)
M-SPEA 2	3	0.00000	0.00000	(-----*-----)
NSGA II	3	0.00000	0.00000	(-----*-----)
SPEA 2	3	0.00000	0.00000	(-----*-----)

0.00 0.10 0.20 0.30

Pooled StDev = 0.06697

5. ปัญหาการทดลองที่ 5 กรณีผลิตภัณฑ์ 15 ชนิด ความต้องการในการผลิต 100 หน่วย

5.1 การวิเคราะห์เมื่อใช้ค่าใช้ค่าเฉลี่ยของการเข้าสู่กลุ่มคำตอบที่แท้จริงเป็นค่าตอบสนอง

■ การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

One-way ANOVA: Convergence versus Algorithms

Source	DF	SS	MS	F	P
Algorithms	3	0.25584	0.08528	30.58	0.000
Error	8	0.02231	0.00279		
Total	11	0.27816			

S = 0.05281 R-Sq = 91.98% R-Sq(adj) = 88.97%

Individual 95% CIs For Mean Based on Pooled StDev

Level	N	Mean	StDev	CI Lower	CI Upper
M-NSGA II	3	0.05993	0.03083	-0.04107	0.15780
M-SPEA 2	3	0.11830	0.02515	0.06810	0.16850
NSGA II	3	0.43297	0.06891	0.33516	0.53078
SPEA 2	3	0.12410	0.06946	0.02464	0.22356

Pooled StDev = 0.05281

■ การวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons

Fisher 95% Individual Confidence Intervals
All Pairwise Comparisons among Levels of Algorithms

Simultaneous confidence level = 82.43%

Algorithms = M-NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
M-SPEA 2	-0.04107	0.05837	0.15780
NSGA II	0.27360	0.37303	0.47247
SPEA 2	-0.03527	0.06417	0.16360

Algorithms

Algorithms	Lower	Center	Upper
M-SPEA 2	-0.04107	0.05837	0.15780
NSGA II	0.27360	0.37303	0.47247
SPEA 2	-0.03527	0.06417	0.16360

Algorithms = M-SPEA 2 subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
NSGA II	0.21523	0.31467	0.41410
SPEA 2	-0.09363	0.00580	0.10523

Algorithms

Algorithms	Lower	Center	Upper
NSGA II	0.21523	0.31467	0.41410
SPEA 2	-0.09363	0.00580	0.10523

Algorithms = NSGA II subtracted from:

Algorithms	Lower	Center	Upper
SPEA 2	-0.40830	-0.30887	-0.20943

Algorithms

Algorithms	Lower	Center	Upper
SPEA 2	-0.40830	-0.30887	-0.20943

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวเพ็ญพัทธ์ ปิ่นกุ่มภีร์ เกิดเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม พ.ศ.2527 ที่อำเภออุ้มทอง จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาสถิติประยุกต์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เมื่อปีพ.ศ. 2549 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับบัณฑิตศึกษา ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยในปีเดียวกัน



ศูนย์วิทยพักรพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย