

การประยุกต์ใช้พีชคณิตเชิงเส้นในกรณีการตัดลำดับผลิตภัณฑ์
เข้าสู่สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบพีชคณิต



นางสาววันวิสาข์ นิมมะโน

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2544

ISBN 974-03-0832-5

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1 20 324017

1 0 ๒๕.ย. 2546

APPLICATION OF FUZZY GENETIC ALGORITHMS FOR SEQUENCING IN
MIXED-MODEL ASSEMBLY LINE WITH FUZZY PROCESSING TIME

Miss Wunwisa Nimmano

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

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 2001


ISBN 974-03-0832-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้พืชชี้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้า
สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบพีชชี
โดย นางสาววันวิสาข์ นิมมะโน
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

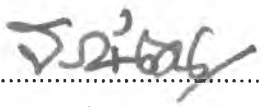
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยรับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโทบัณฑิต

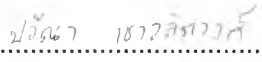

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

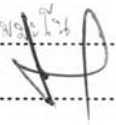

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์จिरพัฒน์ เจาประเสริฐวงศ์)


..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

วันวิสาข์ นิมมะโน : การประยุกต์ใช้ฟuzzyที่เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดลำดับผลิตภัณฑ์
 เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบฟuzzy (APPLICATION
 OF FUZZY GENETIC ALGORITHMS FOR SEQUENCING IN MIXED-MODEL
 ASSEMBLY LINE WITH FUZZY PROCESSING TIME) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.
 ปารเมศ ชุติมา, 271 หน้า. ISBN 974-03-0832-5.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการประยุกต์ใช้ฟuzzyที่เจนเนติกอัลกอริทึมใน
 การแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงาน
 แบบฟuzzy เพื่อให้ได้ลำดับผลิตภัณฑ์ที่ใช้เวลาในการประกอบเสร็จสิ้นน้อยที่สุด โดย
 วัดในรูปของค่าความพึงพอใจของผู้จัดลำดับผลิตภัณฑ์ การศึกษาแบ่งเป็น 3 กรณีศึกษา และ
 เปรียบเทียบผลคำตอบกับวิธีฮิวริสติกของ CDS เนื่องจากประสิทธิภาพในการหาคำตอบโดย
 กระบวนการฟuzzyที่เจนเนติกอัลกอริทึมขึ้นกับพารามิเตอร์ต่างๆ ได้แก่ จำนวนประชากร ความน่า
 จะเป็นในการครอสโอเวอร์ ความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน วิธีการคัดเลือกสตรีง วิธีการครอสโอ
 เวอร์ วิธีการมิวเตชัน และจำนวนเจนเนอเรชันสูงสุด จึงต้องมีการทดลองเบื้องต้นเพื่อหาระดับ
 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการหาคำตอบ ผลจากการใช้วิธีการฟuzzyที่เจนเนติกอัลกอริทึมใน
 การแก้ปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์ในกรณีศึกษาตัวอย่างทั้ง 3 กรณี พบว่าวิธีฟuzzyที่เจนเนติก
 อัลกอริทึมสามารถให้คำตอบที่ดีกว่าหรือเท่ากับวิธีการฮิวริสติกของ CDS ดังนั้นสรุปได้ว่า ฟuzzy
 เจนเนติกอัลกอริทึมเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดลำดับ
 ผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบฟuzzy โดยสามารถ
 ให้คำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่กำหนด

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
 สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
 ปีการศึกษา 2544

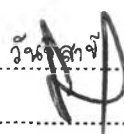
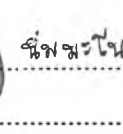
ลายมือชื่อนิสิต วันวิสาข์ นิมมะโน
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

4370488521: MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: GENETIC ALGORITHMS / MIXED MODEL ASSEMBLY LINE / FUZZY / SEQUENCING

WUNWISA NIMMANO : APPLICATION OF FUZZY GENETIC ALGORITHMS FOR SEQUENCING IN MIXED-MODEL ASSEMBLY LINE WITH FUZZY PROCESSING TIME. THESIS ADVISOR: ASSIST. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 271 pp. ISBN 974-03-0832-5.

This research proposes fuzzy genetic algorithms (GAs) for sequencing in mixed-model assembly line with fuzzy processing time. The objective is to minimize the makespan, represented by fitness value of GAs. This study uses three problems to compare the performance of fuzzy genetic algorithms with the CDS heuristic. The performance of fuzzy genetic algorithms depend on several parameters, so the pilot run and the experimental designs are set up to test the parameters include population size, probability of crossover, probability of mutation, selection type, crossover type, mutation type and maximum generation. Through the performance comparatives for the study problems, fuzzy GAs perform equally or significantly better than the CDS heuristic. From the research, it is found that fuzzy genetic algorithms are a powerful and efficient method that can search for a good solution with an acceptable time limit.

Department	Industrial Engineering	Student's signature	
Field of study	Industrial Engineering	Advisor's signature	
Academic year	2001	Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ. ดร. ปารเมศ ชุตินา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ สำหรับคำแนะนำและคอยให้คำปรึกษา ขอบคุณ คุณอมตะ หาญวิริยะพันธ์ สำหรับกำลังใจที่ดี และเพื่อน ๆ ทุกคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่ และน้องซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้ความห่วงใยและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

วันวิสาข นิมมะโน

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ฎ
สารบัญตาราง.....	ฏ

บทที่ 1 : บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ลักษณะของปัญหา.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
1.6 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย.....	9
1.7 สรุปเนื้อหางานวิจัย.....	9

บทที่ 2 : การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.2 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20

บทที่ 3 : ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเงินเนติกอัลกอริทึม

3.1 เงินเนติกอัลกอริทึม.....	22
3.1.1 พันธศาสตร์กับเงินเนติกอัลกอริทึม.....	22
3.1.2 ความหมายของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	24
3.2 เงินเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย.....	25
3.2.1 การเข้ารหัสและสร้างประชากรอย่างสุ่ม.....	26
3.2.2 ประชากรรุ่นเก่า.....	26
3.2.3 การดำเนินการของ SGA.....	26
3.2.4 ประชากรรุ่นใหม่.....	29
3.3 ตัวอย่างการใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน.....	30
3.4 สรุปท้ายบท.....	33

บทที่ 4 : ทฤษฎีพีชชีเซต

4.1	ความเป็นมาและความสำคัญของพีชชีเซต	34
4.2	นิยามและคุณสมบัติเบื้องต้นของพีชชีเซต	36
4.2.1	นิยามพีชชีเซต	36
4.2.2	คุณสมบัติเบื้องต้นของพีชชีเซต	36
4.2.3	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิก	37
4.2.4	ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ของพีชชีเซต	39
4.3	การแปลงค่าผลลัพธ์แบบพีชชีกลับเป็นค่าที่แน่นอน	39
4.4	ปัญหาการหาคำตอบที่ดีที่สุดแบบพีชชี	43
4.5	สรุปท้ายบท	44

บทที่ 5 : ทฤษฎีการจัดลำดับงานเข้าสายการประกอบแบบลีนไหล

และสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

5.1	สายการผลิตแบบลีนไหล	45
5.1.1	ลักษณะของสายการผลิตแบบลีนไหล	45
5.1.2	การจัดลำดับงานของสายการผลิตแบบลีนไหล	46
5.1.3	การจัดลำดับงานเข้าสายการผลิตแบบลีนไหล	
	กรณีเวลาการทำงานแบบพีชชี	53
5.2	สายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม	55
5.3	สรุปท้ายบท	57

บทที่ 6 : พีชชีเงินเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการลำดับผลิตภัณฑ์

เข้าสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม

6.1	ลักษณะของปัญหาการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสายการประกอบ	
	แบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบพีชชี	58
6.2	โครงสร้างของเงินเนติกอัลกอริทึม	59
6.3	ขั้นตอนการทำงานของเงินเนติกอัลกอริทึม	60
6.4	วิธีการของพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึมสำหรับการจัดลำดับผลิตภัณฑ์เข้าสาย	
	การประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีเวลาการทำงานแบบพีชชี	63
6.4.1	การใส่รหัสคำตอบ	63
6.4.2	การถอดรหัสคำตอบ	65
6.4.3	การประเมินค่า	65

สารบัญ (ต่อ)

ผ

6.4.4 การคัดเลือกสตริงคำตอบ	68
6.4.5 การตรวจสอบโอเวอร์	72
6.4.6 การมีเวชัน	78
6.4.7 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด	81
6.5 สรุปท้ายบท	83

บทที่ 7 : การทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม

7.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม	85
7.1.1 การระบุปัญหา	85
7.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง	86
7.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับปัจจัย	87
7.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย	89
7.2 การออกแบบการทดลอง	91
7.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลอง แต่ละระดับปัจจัย	91
7.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง	91
7.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล	93
7.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง	93
7.4 กรณีศึกษาตัวอย่าง	94
7.4.1 กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	95
7.4.2 กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	111
7.4.3 กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	123
7.5 สรุปผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์	137
7.6 สรุปท้ายบท	138

บทที่ 8 : การเปรียบเทียบผลการหาคำตอบของพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึมกับวิธีฮิวริสติก

8.1 กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	141
8.1.1 การหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึม	141
8.1.2 การหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติกของ CDS	142
8.1.3 การเปรียบเทียบคำตอบจากวิธีพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึม กับวิธีฮิวริสติกของ CDS	143
8.1.4 การเปรียบเทียบคำตอบจากวิธีพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึม กับคำตอบที่ดีที่สุด	143

สารบัญ (ต่อ)

ญ

8.2	กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	144
8.2.1	การหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม	144
8.2.2	การหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติกของ CDS	145
8.2.3	การเปรียบเทียบคำตอบจากวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กับวิธีฮิวริสติกของ CDS	146
8.3	กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	147
8.3.1	การหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม	147
8.3.2	การหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติกของ CDS	148
8.3.3	การเปรียบเทียบคำตอบจากวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กับวิธีฮิวริสติกของ CDS	149
8.4	สรุปผลการเปรียบเทียบผลการหาคำตอบ	149
8.5	สรุปท้ายบท	150
บทที่ 9 : บทสรุปและข้อเสนอแนะ		
9.1	สรุปงานวิจัย	152
9.1.1	ลักษณะปัญหา	152
9.1.2	การประยุกต์ใช้พีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม	153
9.1.3	การทดสอบพารามิเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึม	155
9.1.4	ผลการใช้พีชชีเจนเนติกอัลกอริทึมแก้ปัญหา	156
9.1.5	ผลการเปรียบเทียบคำตอบจากวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กับวิธีฮิวริสติก	156
9.2	ข้อจำกัดของโปรแกรม	157
9.3	ข้อเสนอแนะ	157
รายการอ้างอิง		159
ภาคผนวก		162
ภาคผนวก ก	ปัญหา NP-hard	163
ภาคผนวก ข	รายละเอียดของกรณีศึกษา	165
ภาคผนวก ค	การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม	175
ภาคผนวก ง	ผลจากการรันโปรแกรม	189
ภาคผนวก จ	การวิเคราะห์ผลการทดลอง	236
ภาคผนวก ฉ	การหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติกของ CDS	262
ประวัติผู้ทำการวิจัย		271

สารบัญญรูปภาพ

รูปที่ 1.1	ฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเวลาการทำงาน.....	5
รูปที่ 1.2	การรวมเวลาการทำงานแบบฟัซซี่.....	6
รูปที่ 1.3	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์.....	7
รูปที่ 1.4	การหาค่าความพอใจของเวลาการทำงานเสร็จสิ้น.....	8
รูปที่ 3.1	เปรียบเทียบลักษณะระหว่างเงินเนติกอัลกอริทึม กับลักษณะทางพันธุศาสตร์.....	22
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนของ GAs อย่างง่าย	24
รูปที่ 3.3	การรีโพรดักชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูเล็ตที่มีขนาด ของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม	27
รูปที่ 3.4	การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสตริง และการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม.....	27
รูปที่ 3.5	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$	29
รูปที่ 4.1	ระดับการเป็นสมาชิกของเซตธรรมดาและฟัซซี่เซต.....	35
รูปที่ 4.2	กราฟแสดงลักษณะฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซต.....	37
รูปที่ 4.3	ลักษณะของนอร์มอลฟัซซี่เซต.....	38
รูปที่ 4.4	ลักษณะของคอนเวกฟัซซี่เซต.....	38
รูปที่ 4.5	ลักษณะกราฟแสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซตแบบต่าง ๆ.....	38
รูปที่ 4.6	กราฟแสดงการแปลงผลลัพธ์ฟัซซี่เป็นค่าที่แน่นอน.....	42
รูปที่ 4.7	กราฟแสดงการหาค่า Agreement Index.....	42
รูปที่ 4.8	การหาค่าตอบ Fuzzy Optimization โดยใช้ Max-Min Operator.....	44
รูปที่ 5.1	สายการผลิตแบบ Pure Flow Shop.....	46
รูปที่ 5.2	สายการผลิตแบบ General Flow Shop.....	46
รูปที่ 5.3	ตัวอย่างผลการจัดลำดับงานโดยกฎจอร์นสัน.....	48
รูปที่ 5.4	ประเภทของสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสม.....	56
รูปที่ 6.1	แผนผังแสดงโครงสร้างและขั้นตอนของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	62
รูปที่ 6.2	กราฟแสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของเวลาการประกอบเสร็จสิ้น.....	66
รูปที่ 6.3	กราฟแสดงฟังก์ชันการเป็นสมาชิกของวัตถุประสงค์.....	67
รูปที่ 6.4	กราฟแสดงการหาค่า Fitness โดยใช้ Max-Min Operator.....	68
รูปที่ 6.5	วงล้อรูเล็ต.....	70
รูปที่ 7.1	กราฟแสดงผลการทดลองเบื้องต้น กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	92

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

๘

รูปที่ 7.2	กราฟแสดงผลการทดลองเบื้องต้น กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	92
รูปที่ 7.3	กราฟแสดงผลการทดลองเบื้องต้น กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	93
รูปที่ 7.4	กราฟแสดงอิทธิพลของจำนวนประชากรต่อเวลาที่พบคำตอบ กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดในการทดสอบที่ละปัจจัย	99
รูปที่ 7.5	กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	103
รูปที่ 7.6	กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	103
รูปที่ 7.7	กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อลำดับที่เจอเนอเรชันที่พบคำตอบ กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	106
รูปที่ 7.8	กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อลำดับที่เจอเนอเรชัน ที่พบคำตอบกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	107
รูปที่ 7.9	กราฟแสดงอิทธิพลของจำนวนประชากรต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดในการทดสอบที่ละปัจจัย	113
รูปที่ 7.10	กราฟแสดงอิทธิพลของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดในการทดสอบที่ละปัจจัย	113
รูปที่ 7.11	กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	119
รูปที่ 7.12	กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิดในการทดสอบทุกระดับปัจจัย.....	119
รูปที่ 7.13	กราฟแสดงอิทธิพลของจำนวนประชากรต่อลำดับที่เจอเนอเรชันที่พบ คำตอบกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด ในการทดสอบที่ละปัจจัย	126
รูปที่ 7.14	กราฟแสดงอิทธิพลของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ต่อลำดับที่ เจอเนอเรชันที่พบคำตอบ กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบที่ละปัจจัย	126
รูปที่ 7.15	กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด ในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	131
รูปที่ 7.16	กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อค่า Fitness กรณีผลิตภัณฑ์ 10ชนิดในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	131
รูปที่ 7.17	กราฟแสดงอิทธิพลของปัจจัยต่อลำดับที่เจอเนอเรชันกรณีผลิตภัณฑ์ 10ชนิดในการทดสอบทุกระดับปัจจัย.....	134

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

๕๖

รูปที่ 7.18	กราฟแสดงอิทธิพลจากความสัมพันธ์ร่วมของปัจจัยต่อลำดับที่ เงินเนอเรชั่นกรณีผลิตภัณฑ์ 10ชนิดในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	135
รูปที่ 8.1	ผลการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึม ของกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	141
รูปที่ 8.2	ผลการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึม ของกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	145
รูปที่ 8.3	ผลการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเงินเนติกอัลกอริทึม ของกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	147
รูปที่ ค.1	กราฟแสดงค่า Fitness ของสตริงคำตอบที่ดีที่สุดของเงินเนอเรชั่นที่ 1-50.....	188

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	แสดงรายละเอียดของปัญหากรณีศึกษาที่ใช้ในการวัดผล.....	4
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม.....	23
ตารางที่ 3.2	กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม.....	26
ตารางที่ 3.3	การคำนวณหาค่าตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$	30
ตารางที่ 5.1	ตัวอย่างผลการจัดลำดับงานเข้าสายการผลิตแบบ Flow Shop โดยกฎของจอห์นสัน.....	48
ตารางที่ 6.1	ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูเล็ต.....	69
ตารางที่ 6.2	ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธี Tournament Selection.....	71
ตารางที่ 7.1	แสดงรายละเอียดของกรณีศึกษา.....	86
ตารางที่ 7.2	รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบที่ละปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	95
ตารางที่ 7.3	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นคำตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	96
ตารางที่ 7.4	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ของ เจเนอเรชันเป็นคำตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	97
ตารางที่ 7.5	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้เวลา ที่พบคำตอบเป็นคำตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	98
ตารางที่ 7.6	ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด เมื่อใช้เวลาที่พบคำตอบเป็นคำตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	100
ตารางที่ 7.7	รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	101
ตารางที่ 7.8	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดเมื่อใช้ค่า Fitness เป็นคำตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	102
ตารางที่ 7.9	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิดเมื่อใช้ลำดับที่ เจเนอเรชันเป็นคำตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	105
ตารางที่ 7.10	รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดสอบที่ละปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	111
ตารางที่ 7.11	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นคำตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	112
ตารางที่ 7.12	ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ Fitness เป็นคำตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ณ

ตารางที่ 8.3	แสดงการเปรียบเทียบการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กับวิธีฮิวริสติกของ CDS กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	143
ตารางที่ 8.4	แสดงการเปรียบเทียบคำตอบที่ได้จากวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม และคำตอบที่ดีที่สุด กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	144
ตารางที่ 8.5	ผลการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	145
ตารางที่ 8.6	ผลการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติกของ CDSกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	146
ตารางที่ 8.7	แสดงการเปรียบเทียบการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กับวิธีฮิวริสติกของ CDS กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	146
ตารางที่ 8.8	ผลการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	148
ตารางที่ 8.9	ผลการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติก CDSกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	148
ตารางที่ 8.10	แสดงการเปรียบเทียบการหาคำตอบโดยวิธีพีชชีเจนเนติกอัลกอริทึม กับวิธีฮิวริสติกของ CDS กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	149
ตารางที่ 8.11	สรุปผลการเปรียบเทียบผลการหาคำตอบโดยวิธีพีชชี เจนเนติกอัลกอริทึมและวิธีฮิวริสติกของ CDS.....	150
ตารางที่ ก.1	เวลาในการคำนวณที่อยู่ในรูป Time Complexity Function โดยมี สมมติฐานว่าการคำนวณในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที	163
ตารางที่ ก.2	ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่มี ความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า	164
ตารางที่ ข.1	เวลาการทำงานของแต่ละชั้นงานกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	165
ตารางที่ ข.2	ชั้นงานต่างๆในสถานีงานของสายการประกอบกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	169
ตารางที่ ข.3	เวลาการทำงานของแต่ละชั้นงานกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	170
ตารางที่ ข.4	ชั้นงานต่างๆในสถานีงานของสายการประกอบกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	172
ตารางที่ ข.5	เวลาการทำงานของแต่ละชั้นงานกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	173
ตารางที่ ข.6	ชั้นงานต่างๆในสถานีงานของสายการประกอบกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	172
ตารางที่ ค.1	เวลาการทำงานของกรณีศึกษาที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรม	176
ตารางที่ ค.2	ผลการเปรียบเทียบการประเมินค่าสตรึงคำตอบ ของโปรแกรมกับการคำนวณด้วยมือ	179
ตารางที่ ค.3	เปรียบเทียบการสร้างวงล้อรูเล็ตโดยโปรแกรมและการคำนวณด้วยมือ.....	180
ตารางที่ ค.4	ผลการสุ่มเลือกสตรึงคำตอบโดยวิธี Tournament Selection ในการทดสอบโปรแกรม	180

สารบัญตาราง (ต่อ)

ฅ

ตารางที่ 7.13	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ของ เงินเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	115
ตารางที่ 7.14	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้เวลาที่พบคำตอบ เป็นค่าตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	116
ตารางที่ 7.15	รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	117
ตารางที่ 7.16	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ค่าFitness เป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	118
ตารางที่ 7.17	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ของ เงินเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	121
ตารางที่ 7.18	รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบที่ละปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	123
ตารางที่ 7.19	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ค่า Fitness เป็นค่าตอบสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	124
ตารางที่ 7.20	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ ของเงินเนอเรชั่นเป็นค่าสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	125
ตารางที่ 7.21	ผลการวิเคราะห์ Fisher's Pairwise Comparisons กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่น เป็นค่าตอบสนอง ในการทดสอบที่ละปัจจัย	127
ตารางที่ 7.22	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้เวลาที่ พบคำตอบชั้นเป็นค่าสนองในการทดสอบที่ละปัจจัย	128
ตารางที่ 7.23	รายละเอียดของปัจจัยในการทดสอบทุกระดับปัจจัย กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	129
ตารางที่ 7.24	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ลำดับที่ เงินเนอเรชั่นเป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	130
ตารางที่ 7.25	ผลการวิเคราะห์ ANOVA กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด เมื่อใช้ค่าFitness เป็นค่าตอบสนองในการทดสอบทุกระดับปัจจัย	133
ตารางที่ 7.26	ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม	137
ตารางที่ 8.1	ผลการหาคำตอบโดยวิธีพีซีซีเงินเนติกอัลกอริทึม กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	142
ตารางที่ 8.2	ผลการหาคำตอบโดยวิธีฮิวริสติก CDSกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	142

สารบัญญัตราง (ต่อ)

ด

ตารางที่ ค.5	ผลการคัดเลือกสตริงคำตอบสำหรับการครอสโอเวอร์โดยใช้โปรแกรม	181
ตารางที่ ค.6	ผลการหาสตริงคำตอบใหม่จากการครอสโอเวอร์โดยใช้โปรแกรม	182
ตารางที่ ค.7	ผลการถอดรหัสและประเมินค่าสตริงหลังการครอสโอเวอร์ โดยใช้โปรแกรม	183
ตารางที่ ค.8	ผลการคัดเลือกสตริงคำตอบเพื่อทำการมิวเตชันโดยใช้โปรแกรม	185
ตารางที่ ค.9	ผลการหาสตริงคำตอบใหม่จากการมิวเตชันโดยใช้โปรแกรม.....	185
ตารางที่ ค.10	ผลการถอดรหัสและประเมินค่าสตริงหลังการมิวเตชันโดยใช้โปรแกรม	186
ตารางที่ ง.1	ผลการรันโปรแกรมทดสอบจำนวนประชากรในการทดสอบที่ละปัจจัยกรณี ผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	189
ตารางที่ ง.2	ผลการรันโปรแกรมทดสอบความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ในการทดสอบที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	190
ตารางที่ ง.3	ผลการรันโปรแกรมทดสอบความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ในการทดสอบที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	191
ตารางที่ ง.4	ผลการรันโปรแกรมทดสอบจำนวนประชากรในการทดสอบ ที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	192
ตารางที่ ง.5	ผลการรันโปรแกรมทดสอบความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ในการทดสอบที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	193
ตารางที่ ง.6	ผลการรันโปรแกรมทดสอบความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ในการทดสอบที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	194
ตารางที่ ง.7	ผลการรันโปรแกรมทดสอบจำนวนประชากรในการทดสอบ ที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	195
ตารางที่ ง.8	ผลการรันโปรแกรมทดสอบความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ ในการทดสอบที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	195
ตารางที่ ง.9	ผลการรันโปรแกรมทดสอบความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน ในการทดสอบที่ละปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	196
ตารางที่ ง.10	ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	197
ตารางที่ ง.11	ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	210
ตารางที่ ง.12	ผลการรันโปรแกรมในการทดสอบทุกระดับปัจจัยกรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด....	223
ตารางที่ ฉ.1	เวลาการทำงานในแต่ละสถานีนงานของกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด.....	262
ตารางที่ ฉ.2	ผลการคำนวณค่า $t_{p,1}$ และ $t_{p,2}$ กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	263
ตารางที่ ฉ.3	แสดงแผนการจัดลำดับงานจากวิธีวิวิธติของCDS กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด..	264

สารบัญตาราง (ต่อ)

๓

ตารางที่ ฉ.4	ผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์โดยวิธีการฮิวริสติกของ CDS กรณีผลิตภัณฑ์ 3 ชนิด	265
ตารางที่ ฉ.5	เวลาการทำงานในแต่ละสถานงานของกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด.....	265
ตารางที่ ฉ.6	ผลการคำนวณค่า $t_{1,1}^*$ และ $t_{1,2}^*$ กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	266
ตารางที่ ฉ.7	แสดงแผนการจัดลำดับงานจากวิธีฮิวริสติกของCDS กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	267
ตารางที่ ฉ.8	ผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์โดยวิธีการฮิวริสติกของ CDS กรณีผลิตภัณฑ์ 4 ชนิด	267
ตารางที่ ฉ.9	เวลาการทำงานในแต่ละสถานงานของกรณีศึกษาผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด.....	268
ตารางที่ ฉ.10	ผลการคำนวณค่า $t_{1,1}^*$ และ $t_{1,2}^*$ กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	268
ตารางที่ ฉ.11	แสดงแผนการจัดลำดับงานจากวิธีฮิวริสติกของCDS กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	269
ตารางที่ ฉ.12	ผลการจัดลำดับผลิตภัณฑ์โดยวิธีการฮิวริสติกของ CDS กรณีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด	270