การจัดตารางการผลิตสำหรับหน่วยผลิตแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันโดยมีการแยกล้อต ในโรงงานผลิตเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง

นางสาวพิมพ์ประไพ ไทยเนียม

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2552
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

UNRELATED PARALLEL WORKSTATION SCHEDULING WITH LOT-SPLITTING IN A LACE PRODUCTION PLANT

Miss Pimprapai Thainiam

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 2009

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดตารางการผลิตสำหรับหน่วยผลิตแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันโดยมีการแยกล้อตในโรงงานผลิตเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง
โดย	นางสาวพิมพ์ประไพ ไทยเนียม
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วเรศรา วีระวัฒน์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พิมพ์ประไพ ไทยเนียม : การจัดตารางการผลิตสำหรับหน่วยผลิตแบบขนานที่ไม่สัมพันธ์กันโดยมีการแยกล้อตในโรงงานผลิตเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง. (UNRELATED PARALLEL WORKSTATION SCHEDULING WITH LOT-SPLITTING IN A LACE PRODUCTION PLANT) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : ผศ.ดร.สีรง ปรีชานนท์, 79 หน้า.

ผู้วิจัยทำการพิจารณาระบบผลิตของโรงงานผู้ผลิตเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งที่มีการผลิตเป็นแบบตามสั่ง (made-to-order) ด้วยเครื่องจักรขนานที่ไม่สัมพันธ์กัน (unrelated parallel machine) ซึ่งสามารถควบคุมเวลาที่ใช้ในการผลิตได้ (controllable processing time) และเครื่องจักรแต่ละเครื่องสามารถผลิตงานมากกว่าหนึ่งงานได้ในเวลาเดียวกัน โรงงานผู้ผลิตเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งประสบกับปัญหาที่สำคัญสองประการคือต้นทุนการผลิตสูงและเวลาในการส่งมอบงานล่าช้า งานวิจัยนี้นำฮิวริสติกการค้นหาแบบข้อห้ามชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่ใช้ฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบอเนกนาม (Multinomial Tabu Search Algorithm : MTS) มาประยุกต์เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีวัตถุประสงค์สองประการ ได้แก่ 1) เพื่อลดต้นทุนการผลิต ซึ่งสามารถสะท้อนได้ด้วยเวลาเดินเครื่องเปล่ารวม (total idle time) และ 2) ลดระยะเวลาแล้วเสร็จของงาน ซึ่งสามารถสะท้อนได้ด้วยผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา (total completion time ratio) จากนั้นทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ของฮิวริสติกที่ใช้ในงานวิจัยที่เหมาะสมกับปัญหา แล้วเลือกตารางการผลิตที่ดีที่สุดเพียงคำตอบเดียวจากกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธี Global Criteria Method จากผลการทดลองพบว่าวิธีการทางฮิวริสติกนั้นให้ตารางการผลิตที่ดีกว่าทั้งด้านต้นทุนการผลิตและเวลาเสร็จงาน นอกจากนี้เวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตยังลดลงอย่างเห็นได้ชัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต พิมพ์ประไพ ไทยเนียม

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

ปีการศึกษา 2552

4970793421 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORDS : PRODUCTION SCHEDULING / MULTINOMIAL TABU SEARCH ALGORITHM / UNRELATED PARALLEL MACHINE / CONTROLLABLE PROCESSING TIME

PIMPRAPAI THAINIAM : UNRELATED PARALLEL WORKSTATION SCHEDULING WITH LOT-SPLITTING IN A LACE PRODUCTION PLANT . THESIS ADVISOR : SEERONK PRICHANONT, 79 pp.

We consider a made-to-order, unrelated parallel machine lace production plant, where processing time is controllable and multiple jobs can be processed simultaneously on each machine. The lace production plant faces two serious problems – high production cost and late delivery. This research applies Multinomial Tabu Search Algorithm (MTS) to solve the production scheduling problem with two objectives: 1) to reduce production cost represented by total machine idle time and 2) to reduce completion time represented by actual vs. committed completion time ratio. The experiment is designed and conducted to determine suitable MTS parameters for this problem. Then, MTS is run, and through the Global Criteria Method, the best-found production schedule is chosen from the non-dominated solution set. The experimental results show that, with MTS, better set of solutions, both in terms of production cost and completion time can be obtained. Moreover, with MTS, computational time can be significantly reduced.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department : Industrial Engineering Student's Signature Pimprapai Thainiam
Field of Study : Industrial Engineering Advisor's Signature
Academic Year : 2009

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สีรง ปรีชานนท์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่กรุณารับเป็นที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์และให้คำแนะนำ แนวคิดและข้อคิดเห็นต่าง ๆที่เป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มานพ เรี่ยวเดชะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วเรศรา วีระพัฒน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัยพร้อมทั้งจัดทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้เกิดความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติพี่น้อง และเพื่อนทุกคนที่คอยช่วยสนับสนุนและเป็นกำลังใจให้แก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ในด้านต่าง ๆแก่ผู้วิจัยจนสามารถทำงานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ
กิตติกรรมประกาศ..... ฉ
สารบัญ..... ช
สารบัญตาราง..... ญ
สารบัญภาพ..... ฎ
บทที่ 1 บทนำ..... 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา..... 1
1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา..... 2
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย..... 2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย..... 3
1.5 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย..... 4
1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย..... 4
1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย..... 4
1.8 สรุปเนื้อหางานวิจัย..... 5
บทที่ 2 ศึกษาสภาพปัญหาและการนิยามปัญหา..... 6
2.1 ลักษณะการผลิต กระบวนการจัดตารางการผลิตและสภาพปัญหาของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง..... 6
2.1.1 ลักษณะการผลิตและกระบวนการจัดตารางการผลิต..... 6
2.1.2 สภาพปัญหาของกระบวนการจัดตารางการผลิต..... 12
2.2 การนิยามปัญหา (Problem Definition) 12
2.3 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดตารางการผลิต..... 14
2.3.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์ด้านต้นทุนการผลิต..... 14
2.3.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์ด้านเวลาเสร็จงาน..... 18
2.4 สรุปท้ายบท..... 18
บทที่ 3 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 19
3.1 ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization Problems : MOPs) 19

หน้า

3.1.1 วิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making)..... 21
3.1.2 วิธีการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์..... 25
3.2 การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Scheduling Problem)..... 30
3.3 ทฤษฎีที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัย..... 30
3.3.1 Global Criteria Method ชนิด No-preference method..... 30
3.3.2 การค้นหาแบบข้อห้ามชนิดหลายวัตถุประสงค์โดยใช้ฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบอเนกนาม (Multinomial Tabu Search Algorithm : MTS) 32
3.3.3 ตัววัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม..... 36
3.4 สรุปท้ายบท..... 36
บทที่ 4 การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อการจัดตารางการผลิต..... 37
4.1 การประยุกต์ใช้ MTS เพื่อแก้ปัญหาการจัตารางการผลิต..... 37
4.1.1 กระบวนการเริ่มต้น (Initialization) 37
4.1.2 การเลือกวัตถุประสงค์หลัก..... 39
4.1.3 การสร้างตารางการผลิตข้างเคียง (Neighborhood Production Schedule) 40
4.1.4 การปรับปรุงรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม..... 41
4.1.5 การปรับปรุงรายการข้อห้าม..... 44
4.1.6 การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ (Diversification)..... 44
4.1.7 การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดการค้นหาคำตอบ..... 44
4.2 การทดลองเพื่อหาเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสม..... 44
4.3 สรุปท้ายบท..... 47
บทที่ 5 ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิต..... 48
5.1 ผลการทดลองหาเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสม..... 48
5.2 ผลการจัดตารางการผลิตด้วย MTS..... 51
5.2.1 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 1..... 51
5.2.2 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 2..... 53
5.2.3 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 3..... 55
5.2.4 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 4..... 57
5.2.5 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 5..... 59

หน้า

5.3 วิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิตด้วย MTS..... 61
5.4 สรุปท้ายบท..... 66
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ..... 67
6.1 สรุปผลการวิจัย..... 67
6.2 ข้อเสนอแนะ..... 69

รายการอ้างอิง..... 70
ภาคผนวก..... 72
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 79

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ประเภทของเครื่องถักแบบเข็ม (Knitting Machine).....	7
2.2	เกณฑ์ระยะเวลานำตามสัญญาและระยะเวลาผลิตตามสัญญา	10
2.3	ชนิดต้นทุน องค์ประกอบต้นทุนและประเภทต้นทุนของโรงงานกรณีศึกษา.....	15
4.1	ค่าความน่าจะเป็นของแต่ละวัตถุประสงค์.....	40
4.2	เซตของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง 32 เซต.....	46
5.1	ค่า R_{NDS} และค่า R_{NDS} เฉลี่ยของเซตของพารามิเตอร์ 32 เซต.....	50
5.2	สรุปค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆของ MTS ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทผ้าลูกไม้เพื่อการตกแต่ง.....	51
5.3	ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาการทดลองที่ 1.....	52
5.4	ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาการทดลองที่ 2.....	54
5.5	ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาการทดลองที่ 3.....	56
5.6	ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาการทดลองที่ 4.....	58
5.7	ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาการทดลองที่ 5.....	60
5.8	สรุปผลของตารางการผลิตที่ได้จากการประยุกต์ใช้ MTS.....	61
5.9	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตารางการผลิตด้านค่าวัตถุประสงค์และด้านเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต.....	63

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

รูปที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการวางแผนและควบคุมการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา	3
2.1	ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง	7
2.2	ลักษณะการผลิตบนเครื่องถักแบบเข็ม (Knitting Machine)	8
2.3	ความสัมพันธ์ระหว่างงาน กลุ่มงานและเครื่องจักรขนาน	9
2.4	กระบวนการจัดตารางการผลิตโดยพนักงาน	11
2.5	ระบบผลิตแบบขนานของเครื่องจักร M เครื่อง	13
2.6	แบบจำลองตารางการผลิตของงาน 3 งานที่ถูกจัดสรรให้ผลิตบนเครื่องจักร 1 เครื่อง	17
3.1	กลุ่มคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Pareto Optimal Front) ของปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิด 2 วัตถุประสงค์ทั้ง 4 แบบ	20
3.2	การแบ่งกลุ่มของวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์	22
3.3	เวกเตอร์วัตถุประสงค์ในอุดมคติ (z^*) ของปัญหาที่มี 2 วัตถุประสงค์	32
3.4	แผนผังแสดงกระบวนการค้นหาคำตอบของ MTS	35
4.1	การปรับปรุงรายการคำตอบใน 3 กรณี	42
5.1	กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ (obtained-pareto optimal) ของปัญหาการทดลอง 5 ปัญหา	49
5.2	ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 1	52
5.3	ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 2	54
5.4	ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 3	56
5.5	ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 4	58
5.6	ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 5	59
5.7	กราฟเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วย MTS และด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (a) Total idle time และ (b) Total completion time ratio	64
5.8	กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วย MTS และด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา	65
5.9	กราฟแสดงร้อยละของการปรับปรุงค่าด้านวัตถุประสงค์และด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต	65

บทที่ 1

บทนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้นกับโรงงานกรณีศึกษา วัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย ผลและประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยและสรุปเนื้อหางานวิจัยในบทต่าง ๆ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ระบบการส่งออกและนำเข้าสินค้าสิ่งทอในแบบเดิมนั้นเป็นระบบโควตาที่สินค้ามีหลักประกันทั้งเรื่องตลาดส่งออกและปริมาณการส่งออกที่แน่นอน แต่หลังจากการเปิดเสรีการค้าสิ่งทอตามข้อตกลงสิ่งทอและเครื่องนุ่งห่มขององค์การการค้าโลก (World Trade Organization : WTO) ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2548 อย่างสมบูรณ์แล้วพบว่าประเทศสมาชิกที่มีศักยภาพด้านการส่งออกสูงสามารถส่งออกสินค้าของตนได้อย่างเสรีโดยไม่มีข้อจำกัดด้านปริมาณการส่งออกอีกต่อไป จึงทำให้กระแสการแข่งขันในอุตสาหกรรมสิ่งทอรุนแรงขึ้นและเป็นเหตุให้ประเทศสมาชิกองค์การการค้าโลกทั้งหลายจำเป็นต้องเพิ่มศักยภาพของตนเองในทุก ๆด้านเพื่อเพิ่มความสามารถในการช่วงชิงส่วนแบ่งทางการตลาดให้มากที่สุด จึงเป็นเหตุให้อุตสาหกรรมสิ่งทอของไทยต้องเผชิญกับการแข่งขันจากประเทศผู้ผลิตอื่น ๆที่มีความสามารถในการแข่งขันด้านการตลาดสูงกว่า เช่น จีนและอินเดีย ซึ่งเป็นประเทศที่มีต้นทุนค่าแรงงานต่ำและมีวัตถุดิบเพียงพอที่จะรองรับปริมาณการผลิตที่สูงขึ้นได้ ดังนั้นอุตสาหกรรมสิ่งทอของไทยจึงต้องตระหนักถึงสถานการณ์ที่เกิดขึ้นเหล่านี้และหาหนทางในการแก้ไขปัญหาต่อไป

ดังที่ได้กล่าวมาแล้วว่าเมื่อระบบโควตาได้ถูกยกเลิกไปและมีการเปิดเสรีการค้า ส่งผลให้รูปแบบการค้าและการแข่งขันของสินค้าประเภทสิ่งทอเปลี่ยนแปลงไปอย่างมาก ผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กจึงไม่สามารถปรับตัวได้ทันต่อความเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จึงก่อให้เกิดปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขอย่างเร่งด่วน คือ ภาวะการสูญเสียความสามารถในการแข่งขัน (losing competitiveness) ซึ่งแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าวคือจำเป็นต้องมีการนำสินค้าออกสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็วและมีราคาขายต่ำที่สุด วิธีการหนึ่งที่จะช่วยเพิ่มความสามารถทางการแข่งขันในระยะยาวได้ก็คือการที่องค์กรมีกระบวนการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพ (efficiency) และประสิทธิผล (effectiveness) ที่สามารถค้นหาตารางการผลิตที่ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็นลงโดยการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้คุ้มค่ามากที่สุดและตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เร็วที่สุด ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตที่มักจะมุ่งเน้นที่การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ขององค์กรและแก้ไขปัญหาต่าง ๆที่เกิดขึ้น เช่นเดียวกับโรงงานกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้ซึ่งเป็นโรงงานผู้ผลิตเทปลูกไม้เพื่อการ

ตกแต่งที่มีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างมาก จึงยากที่จะจัดตารางการผลิตให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลได้

1.2 ข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

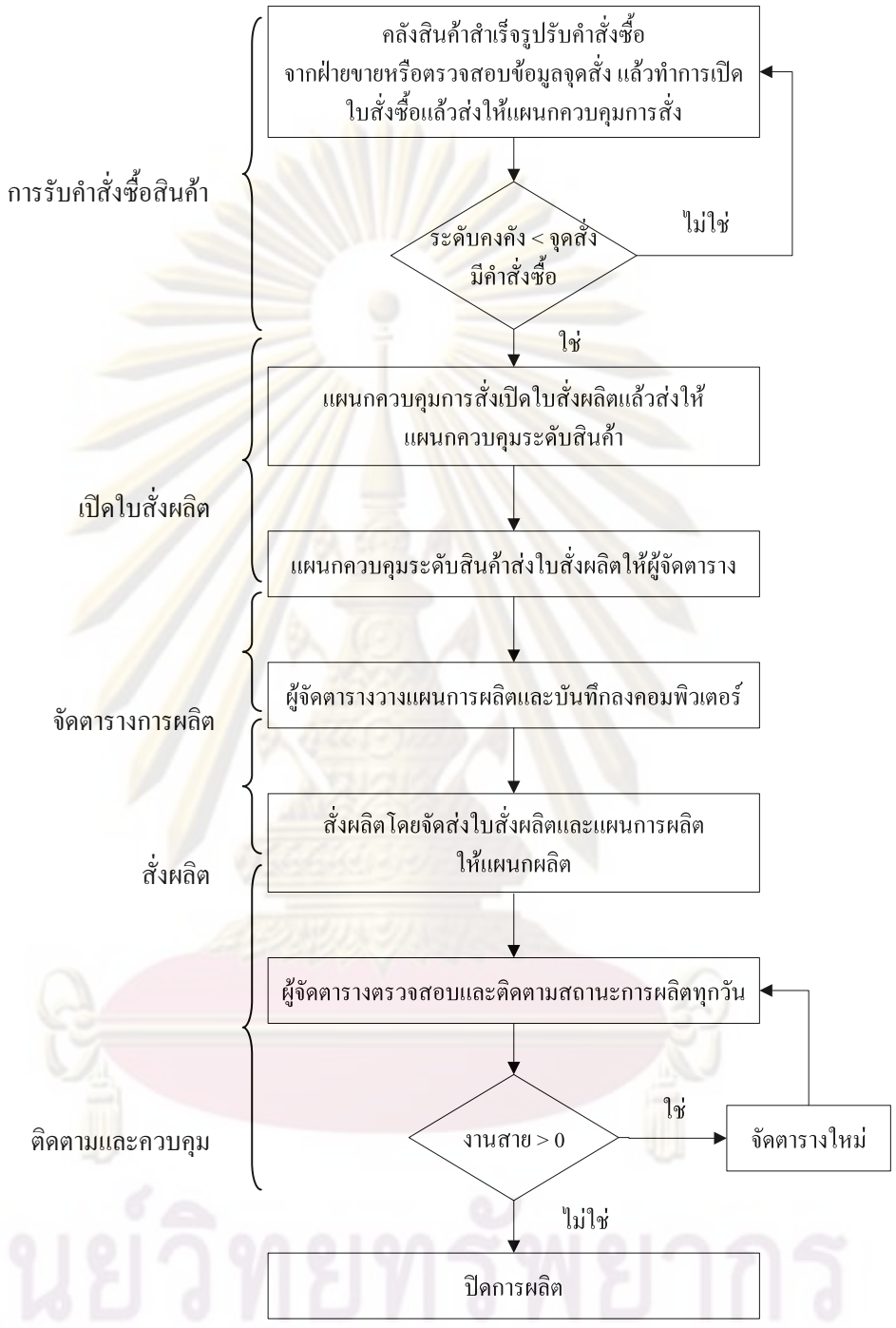
โรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานผู้ผลิต จำหน่าย และส่งออก สิ่งทอประเภทของตกแต่ง (narrow fabric trimmings manufacturer) ได้แก่ สินค้าลูกไม้ตกแต่งเสื้อผ้า ฟิล์มพลาสติก เลื่อม ดิ้นเงิน ดิ้นทอง ชายครุย ซึ่งในปัจจุบันมีพนักงานทั้งหมด 450 คน กำลังการผลิตสูงสุด 60 ตัน บนเนื้อที่กว่า 150,000 ตารางเมตร มีลูกค้าทั้งในและต่างประเทศ โดยมีการผลิตทั้งแบบตามสั่ง (made-to-order) และแบบผลิตเพื่อเก็บเข้าคลัง (made-to-stock) โดยผลิตภัณฑ์หลักคือเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งคิดเป็น 90% ของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

กระบวนการวางแผนการผลิตของโรงงานเริ่มตั้งแต่การรับคำสั่งซื้อสินค้าซึ่งคลังสินค้าสำเร็จรูปจะรับคำสั่งซื้อสินค้ามาจากฝ่ายขายหรือตรวจสอบข้อมูลจุดสั่ง (Re-Order Point : ROP) จากนั้นจึงทำการเปิดใบสั่งซื้อ (Sale Order : SO) แล้วส่งให้แผนกควบคุมการสั่ง (Order Control) เพื่อทำการตรวจสอบว่ามีสินค้าสำเร็จรูปอยู่เพียงพอกับปริมาณที่ลูกค้าต้องการหรือไม่ ถ้ามีอยู่พอจึงทำการเปิดใบส่งสินค้าให้กับฝ่ายขายเพื่อจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าโดยไม่ต้องมีการสั่งผลิต แต่ถ้ามีสินค้าไม่พอกับความต้องการของลูกค้าก็จะส่งใบสั่งซื้อให้แผนกควบคุมระดับสินค้า (Stock Control : SC) เปิดใบสั่งผลิต (Work Order : W/O) จากนั้นแผนกควบคุมระดับสินค้าก็จะส่งใบสั่งผลิตให้กับแผนกวางแผนเพื่อทำการวางแผนการผลิตต่อไป ดังรูปที่ 1.1

เมื่อฝ่ายวางแผนได้ทำการวางแผนการผลิตและจัดตารางการผลิตเสร็จเรียบร้อยแล้วก็จะส่งใบสั่งผลิต (Work Order) ให้กับแผนกผลิตเพื่อจ่ายงานลงเครื่องจักรและผลิตสินค้าตามใบสั่งผลิต ในขณะที่เครื่องจักรเดินเครื่องเพื่อผลิตอยู่นั้นแผนกวางแผนการผลิตก็จะมีหน้าที่ติดตามและควบคุมการผลิตให้เป็นไปตามตารางการผลิต โดยผู้จัดตารางการผลิตจะติดตามสถานะการผลิตทุกวันโดยการตรวจสอบการตอบสนองต่อแผน (Response to Plan : RTP) และประสานงานกับแผนกผลิตเพื่อดูแลให้เป็นไปตามตารางการผลิต แต่ถ้าการผลิตไม่เป็นไปตามตารางการผลิตก็จะทำการจัดตารางใหม่ (Re-Schedule) และแจ้งแผนกควบคุมการสั่งเพื่อแจ้งฝ่ายขายต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

ประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อการจัดตารางการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งที่ผลิตด้วยเครื่องถักแบบเข็มของโรงงานกรณีศึกษา โดยตารางการผลิตที่ได้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการผลิตและลดระยะเวลาแล้วเสร็จของงาน



รูปที่ 1.1 ขั้นตอนการวางแผนและควบคุมการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้จะศึกษาการจัดตารางการผลิตเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งที่ผลิตด้วยเครื่องถักแบบเข็มเท่านั้นและจะพิจารณาเฉพาะงานที่พร้อมทำทันที ซึ่งงานที่พร้อมทำทันทีนี้หมายถึงงานที่มีวัตถุดิบพร้อมและเพียงพอที่จะนำมาผลิต ไม่มีการผลิตล่วงเวลา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เวลาการทำงานเท่ากับ 8 ชั่วโมงต่อวัน ไม่มีการแทรกงานและศึกษาเฉพาะงานที่ผลิตตามคำสั่งซื้อ (made-to-order) เท่านั้น

1.5 ผลที่ได้รับจากงานวิจัย

ผลที่ได้จากงานวิจัยนี้คือฮิวริสติกเพื่อการจัดตารางการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งที่ผลิตด้วยเครื่องถักแบบเข็ม โดยมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆของฮิวริสติกที่เหมาะสมกับสภาพการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาและสามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ทั้งสองประการขององค์กรคือต้นทุนการผลิตต่ำสุดและเวลาเสร็จงานเร็วสุดได้

1.6 ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

ประโยชน์ที่โรงงานกรณีศึกษาได้รับจากงานวิจัยนี้คือฮิวริสติกเพื่อการจัดตารางการผลิตที่สามารถจัดตารางการผลิตให้กับเครื่องถักแบบเข็มโดยใช้เวลาในการจัดตารางการผลิตน้อยกว่าการจัดตารางการผลิตด้วยพนักงานในปัจจุบัน ซึ่งจะช่วยให้ตารางการผลิตที่ได้สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ทั้งสองประการของทางโรงงานได้คือต้นทุนการผลิตต่ำลงและเวลาเสร็จงานเร็วขึ้น โดยผลลัพธ์ที่ได้คือทำให้ศักยภาพในการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาเพิ่มขึ้นส่งผลให้ความสามารถในการแข่งขันในตลาดสิ่งทอที่เพิ่มขึ้นเช่นกัน ประโยชน์ที่ได้รับอีกประการคือประสิทธิภาพของตารางการผลิตที่ได้จะไม่ขึ้นอยู่กับประสบการณ์ของพนักงานจัดตารางการผลิตอีกต่อไปเนื่องจากตารางการผลิตทั้งหมดจะถูกจัดโดยฮิวริสติกโดยพนักงานจัดตารางการผลิตจะเป็นเพียงผู้ป้อนข้อมูลนำเข้าเท่านั้นซึ่งจะแตกต่างจากการจัดตารางการผลิตในปัจจุบันที่ประสบการณ์ด้านการจัดตารางการผลิตของพนักงานเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลกับเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตและประสิทธิภาพของตารางการผลิตที่ได้

การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดที่มีหลายวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่านที่ต้องการศึกษาแนวทางและขั้นตอนวิธีในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตและยังเป็นตัวอย่างในด้านการประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหาและเปลี่ยนวัตถุประสงค์ขององค์กรให้เป็นวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตหรือตัววัดสมรรถนะที่สามารถสะท้อนวัตถุประสงค์ขององค์กรได้

1.7 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1) ศึกษากระบวนการผลิตและกระบวนการจัดตารางการผลิต จากนั้นจึงนิยามปัญหาและวิเคราะห์วัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

2) ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3) เก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการดำเนินงานวิจัยจากโรงงานกรณีศึกษา

4) ศึกษาวิธีการใช้งานโปรแกรม Scilab

5) เขียนโปรแกรมการประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรม Scilab

6) ทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม

7) ทำการทดลองเพื่อหาเซตของค่าพารามิเตอร์ของฮิวริสติกที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับโรงงานกรณีศึกษา

8) เปรียบเทียบผลการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตด้วยฮิวริสติกกับการจัดตารางการผลิตโดยพนักงานทั้งด้านวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ประการและด้านเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

9) สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

10) จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

1.8 สรุปเนื้อหางานวิจัย

บทที่ 2 ศึกษากระบวนการผลิตและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง จากนั้นจึงนิยามปัญหาด้วยโมเดลทางคณิตศาสตร์ (mathematical model) และทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์ขององค์กรกำหนดวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดตารางการผลิต

บทที่ 3 ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Optimization Problem) ซึ่งประกอบด้วยวิธีที่ใช้ในการค้นหาคำตอบและวิธีที่ใช้ในการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making) จากนั้นจึงเลือกวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางการผลิตในงานวิจัยนี้มาประยุกต์ใช้

บทที่ 4 อธิบายขั้นตอนการประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาที่เลือกจากบทที่ 3 เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยละเอียดและออกแบบการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆที่ใช้ในกระบวนการค้นหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม

บทที่ 5 เปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตที่ได้จากงานวิจัยกับผลที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วยพนักงานทั้งในด้านคุณภาพของวัตถุประสงค์และด้านเวลาที่ใช้ในการจัดตาราง

บทที่ 6 กล่าวถึงงานวิจัยและผลของงานวิจัยโดยสรุปและข้อเสนอแนะ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

ศึกษาสภาพปัญหาและการนิยามปัญหา

ก่อนการตัดสินใจเลือกวิธีการใดวิธีการหนึ่งเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตนั้น ผู้วิจัยจะต้องเข้าใจถึงกระบวนการผลิตและกระบวนการจัดตารางการผลิตในปัจจุบันเสียก่อน และจะต้องกำหนดวัตถุประสงค์แล้วทำการนิยามปัญหาให้ชัดเจนเสียก่อน ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของลักษณะการผลิต กระบวนการจัดตารางการผลิตและสภาพปัญหาของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง จากนั้นจึงนิยามปัญหาและวิเคราะห์วัตถุประสงค์ขององค์กรเพื่อกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดตารางการผลิต

2.1 ลักษณะการผลิต กระบวนการจัดตารางการผลิตและสภาพปัญหาของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง

เมื่อทราบถึงที่มาที่ไปของปัญหาเพื่อให้ทราบถึงเหตุผลที่จะต้องมีการเปลี่ยนแปลงกระบวนการจัดตารางผลิตดังได้กล่าวถึงบทที่ 1 แล้ว ผู้วิจัยจะสามารถเปลี่ยนแปลงกระบวนการจัดตารางการผลิตได้ก็ต่อเมื่อต้องเข้าใจในลักษณะการผลิตและกระบวนการจัดตารางการผลิตที่มีอยู่เดิมก่อน

2.1.1 ลักษณะการผลิตและกระบวนการจัดตารางการผลิต

ผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้โดยการนำวัตถุดิบหรือด้ายมาผ่านกระบวนการถักตามลวดลายที่ต้องการ ผลิตภัณฑ์แต่ละประเภทจะมีหน้ากว้างแตกต่างกันซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.5-10 เซนติเมตร ผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งของโรงงานกรณีศึกษานั้นมีลวดลายที่หลากหลายเป็นอย่างมากคือเท่ากับ 242 แบบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.1 ซึ่งจะสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 176 กลุ่มโดยมีหลักเกณฑ์ในการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์คือผลิตภัณฑ์ที่มีลวดลายเดียวกันก็จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน นอกจากนี้ผลิตภัณฑ์ในแต่ละแบบยังสามารถเปลี่ยนสีของวัตถุดิบได้อีกด้วยทำให้ผลิตภัณฑ์ยิ่งมีความหลากหลายมากขึ้น

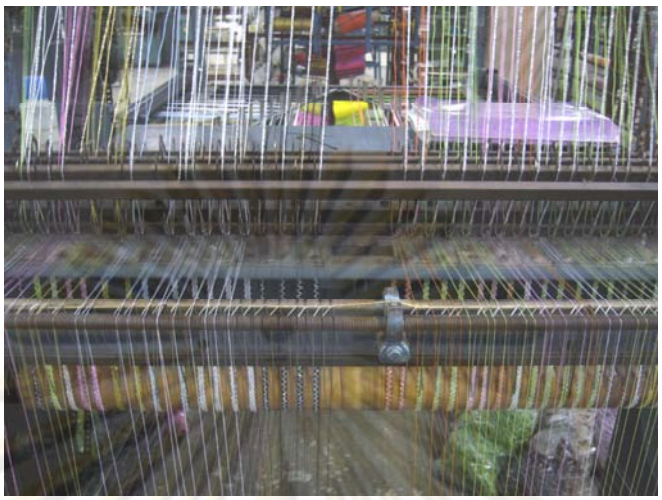
ผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งนั้นผลิตได้ด้วยเครื่องถักแบบเข็ม (Knitting Machine) ที่มีอยู่ทั้งหมด 13 ประเภท รวม 113 เครื่อง ดังแสดงในตารางที่ 2.1 โดยประสิทธิภาพในการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องนั้นจะแตกต่างกันถึงแม้ว่าจะเป็นเครื่องถักแบบเข็มประเภทเดียวกันก็ตาม ซึ่งมีลักษณะการผลิตคือการใช้มอร์เตอร์ด้านข้างเพื่อกำหนดจังหวะการขึ้นลงของเข็มถัก หน้ากว้างของเครื่องถักเท่ากับ 70 เซนติเมตรและมีเข็มถักเรียงอยู่

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง

เต็มความกว้าง การที่หน้ากว้างของเครื่องจักรกว้างกว่าหน้ากว้างของงานที่นำมาผลิตมากทำให้เครื่องจักรสามารถผลิตงานได้มากกว่า 1 เส้นในคราวเดียว ซึ่งการที่เครื่องจักรสามารถผลิตงานได้หลายเส้นในคราวเดียวได้นั้นสามารถกล่าวได้อีกนัยหนึ่งว่าเครื่องจักรสามารถแบ่งช่องผลิต (production slot) ได้หลายช่องผลิตนั่นเอง ซึ่งช่องผลิตเหล่านี้เปรียบเสมือนหน่วยผลิตแบบขนานนั่นเอง ดังแสดงในรูปที่ 2.2 จำนวนช่องผลิตที่ได้จากการแบ่งช่องผลิตขึ้นอยู่กับหน้ากว้างของงานที่ผลิตอยู่บนเครื่องจักรนั้น หากงานมีหน้ากว้างน้อยก็จะสามารถแบ่งช่องผลิตได้มากขึ้นแต่หากงานมีหน้ากว้างมากขึ้นก็จะสามารถแบ่งช่องผลิตได้น้อยลงหรืออาจกล่าวได้ว่าจำนวนช่องผลิตของเครื่องจักรของงานที่มีหน้ากว้างน้อยจะมีจำนวนมากกว่างานที่มีหน้ากว้างมาก จะเห็นได้ว่าจำนวนเส้นหรือช่องผลิตของเครื่องจักรแปรผกผันกับหน้ากว้างของงานที่ผลิต

ตารางที่ 2.1 ประเภทของเครื่องถักแบบเข็ม (Knitting Machine)

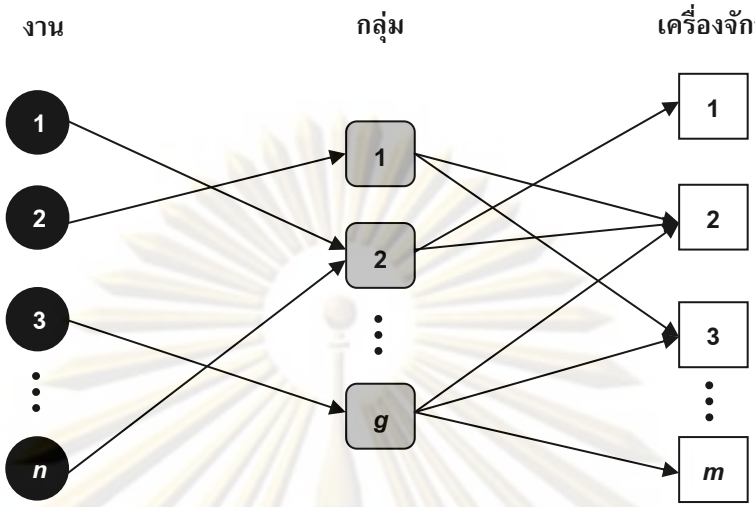
ประเภทที่	ชื่อเครื่องจักร	จำนวน (เครื่อง)
1	เครื่องถักเขาต๊อก 10 เข็ม	23
2	เครื่องถักเขาตวัด 10 เข็ม	12
3	เครื่องถัก10 เข็ม (เดินยาว)	3
4	เครื่องทำเทปกีฬา 20 เข็ม	1
5	เครื่องความเร็วสูง 20 เข็ม	1
6	เครื่องถัก 20 เข็ม	1
7	เครื่องถัก12 เข็ม	1
8	เครื่องถัก 1 เขาต๊อก 14 เข็ม	45
9	เครื่องถักหลายเขาต๊อก 14 เข็ม	17
10	เครื่องถัก14 เข็ม	2
11	เครื่องถักหลายเขาต๊อก 15 เข็ม	2
12	เครื่องถัก15 เข็ม	1
13	เครื่องความเร็วสูง15 เข็ม	4



รูปที่ 2.2 ลักษณะการผลิตบนเครื่องถักแบบเข็ม (Knitting Machine)

ระบบผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งเป็นระบบที่จะต้องทำการจัดกลุ่มให้กับงานทั้งหมด N งานที่เข้ามายังระบบผลิตเสียก่อนซึ่งสามารถจัดกลุ่มได้ทั้งหมด G กลุ่ม ซึ่งเกณฑ์ในการจัดกลุ่มคืองานที่สามารถผลิตไปพร้อม ๆกันได้บนเครื่องจักรเดียวกันจะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน ดังนั้นงานทุกงานที่เข้ามาสู่ระบบจะต้องถูกจัดกลุ่มก่อนที่จะทำการจัดตารางการผลิตโดยการจัดสรรเครื่องจักรจำนวน M เครื่องให้กับงาน G กลุ่มจากนั้นจึงจัดสรรงานในแต่ละกลุ่มให้กับเครื่องจักรที่ถูกจัดสรรมาเพื่อผลิตงานในกลุ่มนั้น ๆและสุดท้ายคือการจัดสรรช่องผลิตของเครื่องจักรให้กับงาน แต่เนื่องจากเครื่องจักรแต่ละประเภทนั้นไม่มีความสามารถที่จะผลิตงานได้ครบทุกกลุ่มดังนั้นการเลือกเครื่องจักรเพื่อนำมาผลิตงานในกลุ่มใด ๆนั้นจะต้องเลือกเฉพาะเครื่องจักรที่สามารถผลิตงานในกลุ่มนั้นได้เท่านั้นดังรูปที่ 2.3 เป็นการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างงาน กลุ่มงานและเครื่องจักร จะเห็นว่างาน N งานจะถูกจัดกลุ่มได้เป็น G กลุ่มในลักษณะหนึ่งต่อหนึ่ง (One-to-One) แต่ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มงานกับเครื่องจักรเป็นลักษณะหลาย ๆต่อหลาย ๆ (Many-to-Many) คืองานในกลุ่ม g ใด ๆสามารถผลิตได้โดยเครื่องจักรหลายประเภทและเครื่องจักรแต่ละประเภทก็สามารถผลิตงานได้หลายกลุ่มเช่นกัน

ก่อนที่จะเริ่มทำการผลิตจะต้องมีการปรับตั้งเครื่องจักรซึ่งเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรประกอบด้วยสองส่วนคือเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งโซ่ที่ด้านข้างของเครื่องจักรเพื่อกำหนดจังหวะการขึ้นลงของเข็มถักโดยที่งานในแต่ละกลุ่มก็จะใช้เวลาในการปรับตั้งโซ่แตกต่างกันและเวลาในการร้อยด้ายโดยเวลาในส่วนนี้มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 15 นาทีต่อช่องผลิตไม่ว่าจะเป็นงานในกลุ่มใดก็ตาม ซึ่งเวลาปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นดังสมการที่ (2.1)-(2.2) จะเห็นว่าเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรจะแปรผันตามจำนวนช่องผลิตที่ใช้ในการผลิต ดังนั้นเครื่องจักรนั้นจะเริ่มทำการผลิตได้ก็ต่อเมื่อได้ปรับตั้งเครื่องจักรให้กับงานที่จะผลิตบนเครื่องจักรนั้น ๆจนครบตามจำนวนช่องผลิตที่กำหนดเรียบร้อยแล้วจึงจะเริ่มทำการผลิตได้ ทำให้เวลาเสร็จงานจริงของงานที่ผลิตอยู่บนเครื่องจักรนั้นจะมีค่าเท่ากับเวลาปรับตั้งเครื่องจักรรวมบวกกับเวลาที่ใช้ในการผลิต



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างงาน กลุ่มงานและเครื่องจักรขนาน

$$s_j = S_j + 15\sum_{i \in Q_j} l_{ij} \qquad \forall j \in M \tag{2.1}$$

$$L_j \geq \sum_{i \in Q_j} l_{ij} \tag{2.2}$$

โดยที่ s_j คือเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม

S_j คือเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งโซ่ซึ่งขึ้นอยู่กับกลุ่มงานที่ถูกจัดสรรให้ผลิตบนเครื่องจักรนั้น

l_{ij} คือจำนวนช่องผลิตที่จัดสรรให้กับงานที่ i ที่ผลิตบนเครื่องจักร j

L_j คือจำนวนช่องผลิตที่มากที่สุดที่เครื่องจักรสามารถแบ่งได้ซึ่งขึ้นอยู่กับกลุ่มงานที่ถูกจัดสรรให้ผลิตบนเครื่องจักรนั้น

M คือจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต

Q_j คือจำนวนงานที่ถูกจัดสรรให้ผลิตบนเครื่องจักร j

เมื่อ $i = 1,2,...,Q_j$ และ $j = 1,2,...,M$

สำหรับการสั่งซื้อนั้นผู้สั่งซื้อจะต้องระบุแบบ สีของวัตถุดิบ ปริมาณที่สั่งซื้อและหน่วยที่สั่งซื้อซึ่งได้แก่ พับ ม้วนและกิโลกรัม ผู้วิจัยเรียกหน่วยเหล่านี้ว่าหน่วยหลักใช้เป็นข้อมูลนำเข้าในการจัดตารางการผลิต จากนั้นจะต้องแปลงหน่วยหลักเหล่านี้ให้อยู่ในหน่วยหลาเพื่อใช้ในการกำหนดเวลาเสร็จงานตามสัญญา (commitment completion time) และระยะเวลาผลิตตามสัญญา (commitment production time)

กระบวนการจัดตารางการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ประเภทนี้จะทำโดยพนักงานจัดตารางการผลิตซึ่งในปัจจุบันเป็นการจัดตารางให้กับงานทีละงานโดยพนักงานซึ่งพนักงานจะต้องตัดสินใจเรื่องข้อมูลการผลิตในหลายด้านดังแสดงในรูปที่ 2.4 มีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) บันทึกข้อมูลพื้นฐานของสินค้าที่จะทำการผลิต ได้แก่ รหัสใบสั่งสินค้า รหัสสินค้าชื่อลูกค้า ปริมาณที่สั่งผลิตและหน่วยที่สั่งผลิต

2) ทำการตัดสินใจด้านข้อมูลการผลิตและบันทึกข้อมูลดังกล่าว ซึ่งข้อมูลที่จะต้องตัดสินใจมีดังนี้

2.1) ตัดสินใจเลือกเครื่องจักรที่จะทำการผลิตซึ่งจะต้องคำนึงถึงประเภทเครื่องจักรที่สามารถผลิตงานนั้น ๆได้และเครื่องจักรที่เลือกจะต้องมีช่องผลิตเหลืออยู่

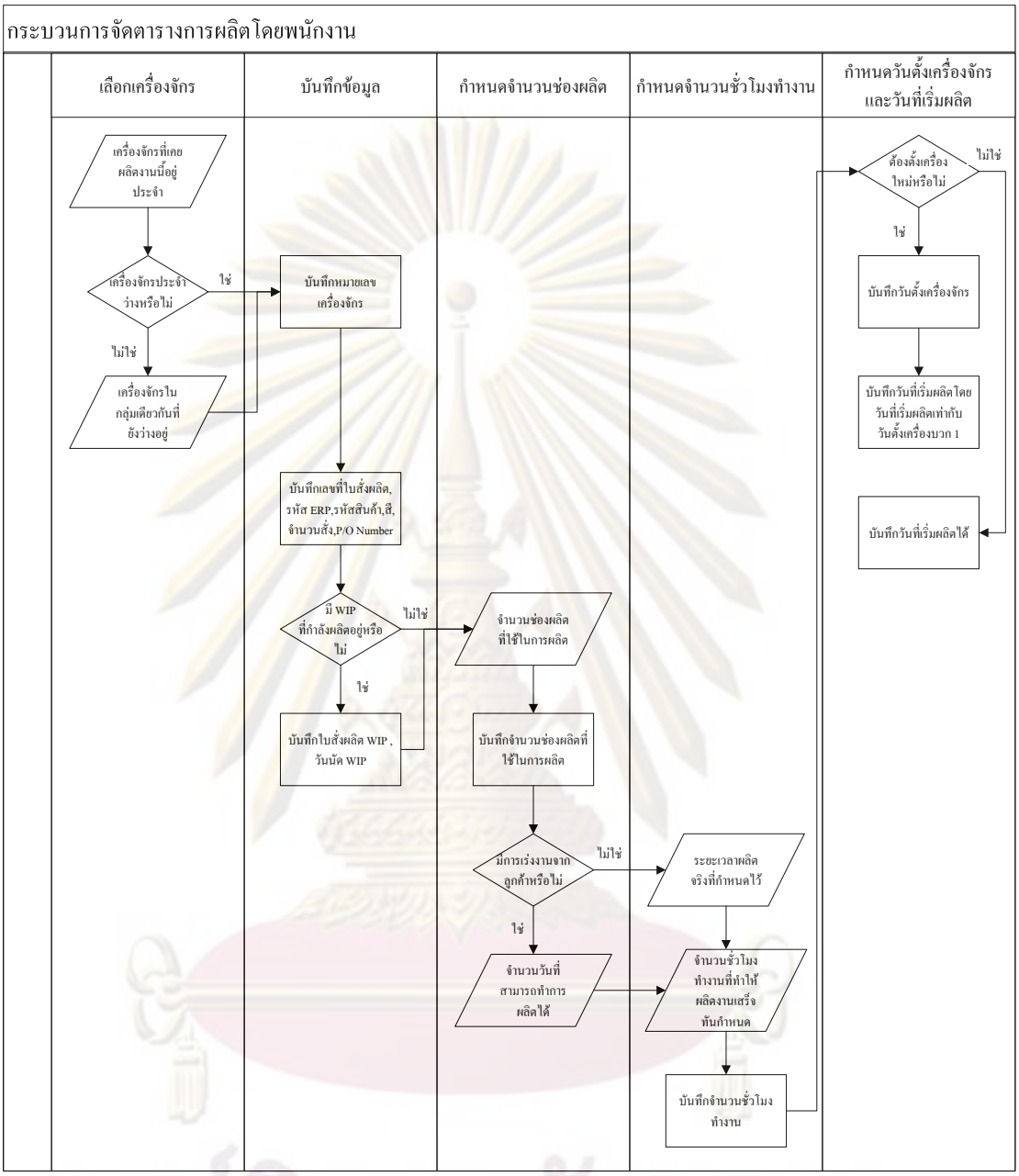
2.2) จัดสรรจำนวนช่องผลิตให้กับงานนั้น ๆ โดยถ้าหากจัดสรรช่องผลิตให้แต่ละงานมากเกินความจำเป็นก็จะทำให้จำนวนเครื่องจักรที่ต้องใช้ในการผลิตเพิ่มมากขึ้นส่งผลให้ต้นทุนค่าการผลิตเพิ่มขึ้น โดยจำนวนช่องผลิตที่จะจัดสรรให้กับงานแต่ละงานนั้นจะต้องทำให้เวลาเสร็จงานจริง (completion time) เป็นไปตามเกณฑ์การเสร็จงานก็คือระยะเวลาการผลิตตามสัญญาดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่งเป็นตารางแสดงเกณฑ์ของระยะเวลานำตามสัญญาและระยะการเวลาผลิตตามสัญญาของงานที่มีปริมาณสั่งผลิตในหน่วยหลาต่าง ๆกัน ระยะเวลานำตามสัญญาก็คือระยะเวลาการผลิตตามสัญญารวมกับระยะเวลาในการบรรจุหีบห่อ ในกรณีของโรงงานกรณีศึกษานั้นกำหนดให้ระยะเวลาการผลิตตามสัญญาคือเวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องรวมกับเวลาที่ใช้ในการผลิตและระยะเวลาที่ใช้ในการบรรจุหีบห่อมีค่าคงที่เท่ากับ 3 วัน จึงสรุปได้ว่าเวลาเสร็จงานจะช้าหรือเร็วนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนช่องผลิตที่ได้รับจากขั้นตอนการจัดสรรช่องผลิต

2.3) วันที่ทำการตั้งเครื่องจักรและวันที่เริ่มทำการผลิต

3) คำนวณเวลาเสร็จงานจริงเพื่อนัดวันส่งงานให้กับลูกค้า

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ระยะเวลานำตามสัญญาและระยะเวลาผลิตตามสัญญา

ปริมาณการผลิต (หลา)	ระยะเวลานำตามสัญญา หรือเวลานัดส่งงานจริง (วัน)	ระยะเวลาการผลิตตามสัญญา หรือเวลาเสร็จงานตามสัญญา	
		(วัน)	(ชั่วโมง)
0 – 500	6	3	24
501 – 1000	10	7	56
1001 - 2000	13	10	80
2001 - 3000	17	14	112
3001 - α	20	17	136



รูปที่ 2.4 กระบวนการจัดตารางการผลิตโดยพนักงาน

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่าเวลาเสร็จงานหรือระยะเวลาการผลิตสามารถควบคุมได้ (controllable processing time) โดยการจัดสรรจำนวนช่องผลิตให้มากขึ้นเมื่อต้องการให้งานเสร็จเร็วขึ้นและน้อยลงเมื่อต้องการให้งานเสร็จช้าลง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.2 สภาพปัญหาของกระบวนการจัดตารางการผลิต

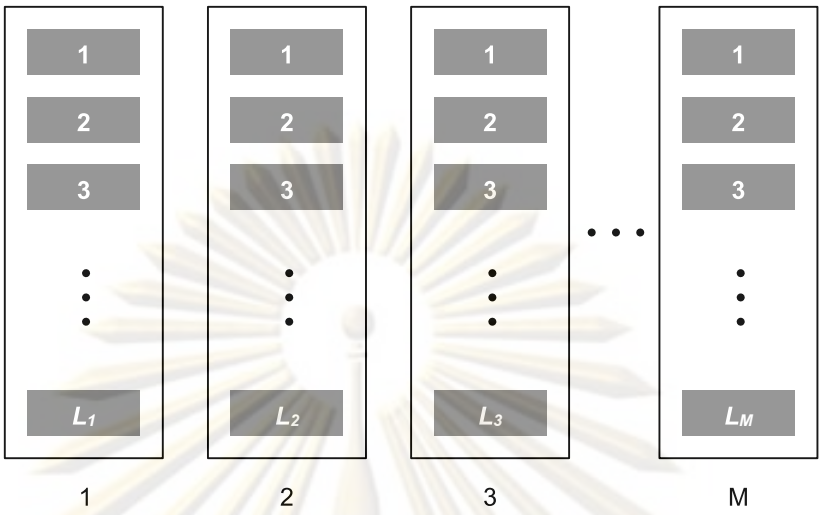
เมื่อทราบรายละเอียดของกระบวนการผลิตและการจัดตารางการผลิตแล้ว ผู้วิจัยจึงทำการพิจารณาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นได้ดังนี้คือในขณะที่พนักงานทำการจัดตารางการผลิตนั้นจะสนใจเพียงแค่การกำหนดให้งานผลิตบนเครื่องจักรใดด้วยจำนวนช่องผลิตเท่าไหร่เพื่อให้ระยะเวลาการผลิตเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดเท่านั้น แต่ไม่ได้คำนึงถึงวัตถุประสงค์ของโรงงานในภาพรวม ทำให้ในบางครั้งเวลาเสร็จงานจริงกับเวลาเสร็จงานตามตารางที่ได้จากการจัดตารางการผลิตของพนักงานไม่ตรงกันจึงส่งผลให้ต้องเลื่อนกำหนดส่งมอบสินค้าอยู่เป็นประจำและการที่มีเครื่องจักรอยู่เป็นจำนวนมากก็อาจทำให้ตารางการผลิตที่ได้ไม่เหมาะสมในแง่ของความคุ้มค่าในการใช้เครื่องจักร เนื่องด้วยเป็นการจัดตารางให้กับงานทีละงานบางครั้งอาจจะมีงานที่สามารถผลิตบนเครื่องจักรเดียวกันได้แต่งานทั้งสองนั้นมีลำดับการจัดตารางการผลิตที่ห่างกันทำให้ผู้จัดตารางจัดตารางให้งานทั้งสองผลิตด้วยเครื่องจักรคนละเครื่องกันแทนที่จะจัดให้งานทั้งสองผลิตอยู่บนเครื่องจักรเดียวกัน สิ่งเหล่านี้ถือเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ลูกค้าตัดสินใจเปลี่ยนผู้จัดหา (supplier) ไปเป็นผู้ผลิตในประเทศอื่น ๆแทนเพราะเกิดความไม่มั่นใจในความสามารถด้านการผลิตของโรงงาน รวมทั้งสินค้าจากประเทศเหล่านั้นยังมีราคาที่ถูกกว่าและสามารถส่งมอบสินค้าได้ตรงตามกำหนดเวลาอีกด้วย

จากสภาพปัญหาที่กล่าวมาสรุปได้ว่าสาเหตุของปัญหาดังกล่าวมาจากกระบวนการจัดตารางการผลิตในปัจจุบันไม่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเพียงพอที่จะช่วยตัดสินใจด้านการจัดสรรช่องผลิตที่มีอยู่ให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ตารางการผลิตที่สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ของโรงงานและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเปลี่ยนแปลงกระบวนการจัดตารางการผลิตเพื่อตอบสนองวัตถุประสงค์ 2 ประการขององค์กร ได้แก่ ต้นทุนการผลิตต่ำสุดและเวลาเสร็จงานเร็วสุดจึงเกิดเป็นปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective optimization scheduling) ขึ้น

2.2 การนิยามปัญหา (Problem Definition)

ปัญหาการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาคือปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์โดยมีลักษณะการผลิตเป็นแบบตามสั่งที่สามารถควบคุมเวลาที่ใช้ในการผลิตได้และเครื่องจักรสามารถผลิตได้มากกว่าหนึ่งงานในเวลาเดียวกันด้วยเครื่องจักรขนานที่ไม่สัมพันธ์กัน (Unrelated Parallel Machine) ดังรูปที่ 2.5 ที่แสดงระบบผลิตแบบขนานของเครื่องจักร M เครื่องและแต่ละเครื่องสามารถแบ่งช่องผลิตได้เท่ากับ L_M ช่อง

ผู้วิจัยได้กำหนดรูปแบบการจัดตารางการผลิตขึ้นมาใหม่คือทำการจัดตารางผลิตให้กับงานทีละคาบเวลาซึ่งคาบเวลาที่ใช้ในงานวิจัยนี้คือ 1 วันหรือ 8 ชั่วโมงทำงานซึ่งจำนวนชั่วโมงที่ใช้ในการผลิตก็เท่ากับ 8 ชั่วโมงต่อวันโดยไม่มีการผลิตล่วงเวลาเช่นกัน โดยงานทั้งหมดที่ส่งคำสั่งผลิตเข้ามาในคาบเวลา t จะถูกสะสมเอาไว้จนจบคาบ เมื่อสิ้นสุดคาบจะนำงานที่ได้จาก



รูปที่ 2.5 ระบบผลิตแบบขนานของเครื่องจักร M เครื่อง

คาบเวลา t ทั้งหมด N งานมาจัดตารางการผลิตเพื่อที่จะนำเข้าสู่ระบบผลิตในคาบเวลาที่ $t+1$ เมื่อเริ่มต้นคาบที่ $t+1$ พบว่ามีจำนวนพนักงานตั้งเครื่องที่พร้อมทำงานตั้งแต่เริ่มต้นคาบเท่ากับ M คน จึงกำหนดให้จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตงานในคาบที่ $t+1$ เท่ากับ M เครื่องเช่นกัน เนื่องจากพนักงานตั้งเครื่องมีจำนวนจำกัดทำให้จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละคาบเวลาจึงไม่เท่ากัน

ขั้นตอนการจัดตารางการผลิตในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนการจัดสรรงานให้กับเครื่องจักรและขั้นตอนการจัดสรรช่องผลิตของเครื่องจักรให้กับงาน โดยขั้นตอนแรกของการจัดตารางการผลิตเป็นการกำหนดว่างานใดจะผลิตด้วยเครื่องจักรใด ซึ่งจะทราบว่าเครื่องจักรเครื่องที่ j ผลิตงานจำนวน Q_j งานดังสมการที่ (2.3) และงานที่ต้องผลิตนั้นเป็นงานกลุ่มใด เมื่อทราบว่าจะต้องผลิตงานกลุ่มใดแล้วก็จะทำให้ทราบจำนวนช่องผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่องซึ่งเท่ากับ L_j ช่อง ในขั้นตอนที่สองของการจัดตารางการผลิตคือการจัดสรรช่องผลิตจำนวน L_j ช่องของเครื่องจักร $M=\{1,2,...,M\}$ เครื่องให้กับงานที่ถูกจัดสรรให้ผลิตบนเครื่องจักรนั้น $Q_j=\{1,2,...,Q_j\}$ งาน โดยงานแต่ละงานจะได้รับการจัดสรรช่องผลิตให้จำนวน l_{ij} ช่อง

$$N=\left(\sum_{j\in M} Q_j : \forall j \in M\right) \tag{2.3}$$

โดยที่ N คือจำนวนงานทั้งหมดที่จะต้องจัดตารางการผลิต

M คือจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต

Q_j คือจำนวนงานที่ถูกจัดสรรให้ผลิตบนเครื่องจักร j

แต่สำหรับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตแล้วนั้นคำตอบที่ได้จะต้องบรรลุวัตถุประสงค์ 2 ประการและไม่ขัดกับข้อจำกัดดังสมการที่ (2.4) – (2.5)

$$Minimize \qquad z = \{f_1(x), f_2(x)\} \tag{2.4}$$

$$subject\ to \qquad \sum_{i \in Q_j} l_{ij} \le L_j, \qquad \forall j \in M \tag{2.5}$$

โดยที่ $f_1(l_{ij})$ คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 1 ของงานที่ i ที่ผลิตบนเครื่องจักร j

$f_2(l_{ij})$ คือฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ 2 ของงานที่ i ที่ผลิตบนเครื่องจักร j

l_{ij} คือจำนวนช่องผลิตที่จัดสรรให้กับงานที่ i ที่ผลิตบนเครื่องจักร j

L_j คือจำนวนช่องผลิตของเครื่องจักร j

M คือจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่ใช้ในการผลิต

เมื่อ $i = 1,2,...,Q_j$ และ $j = 1,2,...,M$

2.3 วิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดตารางการผลิต

วัตถุประสงค์ของปัญหานั้นได้มาจากการวิเคราะห์สภาพปัญหาหรือความต้องการขององค์กรแล้วแปลงสิ่งเหล่านั้นให้กลายเป็นวัตถุประสงค์ จากนั้นจึงหาฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่สะท้อนถึงวัตถุประสงค์ที่ต้องการได้ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนดวัตถุประสงค์ที่ต้องการคือต้นทุนการผลิตต่ำสุดและเวลาเสร็จงานเร็วสุดไว้ในหัวข้อ 2.1 แล้ว จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์เพื่อกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ ดังนี้

2.3.1 วิเคราะห์วัตถุประสงค์ด้านต้นทุนการผลิต

การลดต้นทุนการผลิตเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันได้ทางหนึ่ง หลักในการลดต้นทุนนั้นก็คือการพยายามทำให้ต้นทุนต่อหน่วยต่ำที่สุดและใช้ในปริมาณให้น้อยที่สุดโดยที่คุณภาพของสินค้าไม่ลดลง ก่อนที่จะทำการลดต้นทุนจะต้องเข้าใจในเรื่องโครงสร้างต้นทุนขององค์กรเสียก่อน ต้นทุนการผลิต (cost of production) นั้นแบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ

2.3.1.1 ต้นทุนคงที่ (fixed cost)

ต้นทุนคงที่คือค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยคงที่ หรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งได้ว่าต้นทุนคงที่เป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ไม่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือไม่ว่าจะผลิตปริมาณมากหรือน้อยหรือไม่ผลิตเลยก็จะเสียค่าใช้จ่ายในจำนวนที่คงที่แต่หากผลิตได้น้อยกว่าที่ประมาณการ จะทำให้ต้นทุนต่อหน่วยเพิ่มขึ้น ตัวอย่างของต้นทุนคงที่ ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าเสื่อมราคา ค่าใช้จ่ายในสำนักงาน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ตายตัวไม่เปลี่ยนแปลงตามปริมาณการผลิต

2.3.1.2 ต้นทุนผันแปร (variable cost)

ต้นทุนผันแปรหมายถึงค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายในการผลิตที่เกิดจากการใช้ปัจจัยผันแปรหรือกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่าต้นทุนผันแปรเป็นค่าใช้จ่ายหรือรายจ่ายที่ขึ้นอยู่กับปริมาณของผลผลิต กล่าวคือ ถ้าผลิตปริมาณมากก็จะเสียต้นทุนมาก ถ้าผลิตปริมาณน้อยก็จะเสียต้นทุน น้อย และจะไม่ต้องจ่ายเลยถ้าไม่มีการผลิต ตัวอย่างของต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าวัตถุดิบ ค่าไฟฟ้าในส่วนการผลิต

โครงสร้างต้นทุนของโรงงานกรณีศึกษาเป็นดังตารางที่ 2.3 เมื่อพิจารณาในรายละเอียดพบว่าค่าไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ส่วน ได้แก่ ค่าไฟฟ้าที่เป็นต้นทุนคงที่คือค่าไฟฟ้าที่เกิดจากส่วนของสำนักงานซึ่งเป็นส่วนที่ต้องใช้อยู่ตลอดเวลาไม่แปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการผลิตและค่าไฟฟ้าที่เป็นต้นทุนผันแปรคือค่าไฟฟ้าที่เกิดจากส่วนของการผลิต ซึ่งเป็นส่วนที่สามารถทำให้ลดลงได้โดยการจัดตารางการผลิตให้มีการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่ามากที่สุด

ตารางที่ 2.3 ชนิดต้นทุน องค์ประกอบต้นทุนและประเภทต้นทุนของโรงงานกรณีศึกษา

ชนิดต้นทุน	องค์ประกอบต้นทุน	ประเภทต้นทุน
ต้นทุนวัตถุดิบ	- ด้ายจากคลังวัตถุดิบ	ต้นทุนผันแปร
	- ด้ายจากการปั่นรวม	ต้นทุนผันแปร
ค่าการตั้งเครื่อง	- ค่าแรงพนักงานตั้งเครื่อง	ต้นทุนคงที่
ค่าการผลิต	- ค่าไฟฟ้า	ต้นทุนผันแปร,คงที่
	- ค่าแรงพนักงานคุมเครื่อง	ต้นทุนคงที่
	- ค่าเช่าพื้นที่	ต้นทุนคงที่
	- ค่าเช่าเครื่องจักร	ต้นทุนคงที่
	- ค่าแรงซ่อมบำรุง	ต้นทุนคงที่
	- ค่าใช้จ่ายอะไหล่เครื่องจักร	ต้นทุนคงที่
ค่าจัดการต่อหน่วย	- ค่าแรงพนักงานประจำ	ต้นทุนคงที่
	- ค่าแรงพนักงงานรายวัน	ต้นทุนคงที่
	- ค่าของใช้สำนักงาน	ต้นทุนคงที่
ค่าดำเนินการปั่นกรอ	- ค่าแรงพนักงานปั่นกรอ	ต้นทุนคงที่
ค่าจัดจ้าง	- ค่าดำเนินการจัดจ้าง	ต้นทุนคงที่
	- ค่าจัดจ้าง	ต้นทุนคงที่

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.3(ต่อ) ชนิดต้นทุน องค์ประกอบต้นทุนและประเภทต้นทุนของโรงงานกรณีศึกษา

ชนิดต้นทุน	องค์ประกอบต้นทุน	ประเภทต้นทุน
ค่าบรรจุภัณฑ์	- ค่าแรงพนักงานบรรจุ	ต้นทุนคงที่
	- ค่าเช่าพื้นที่	ต้นทุนคงที่
	- ค่าแรงซ่อมบำรุง	ต้นทุนคงที่
	- ค่าอุปกรณ์บรรจุภัณฑ์	ต้นทุนผันแปร

สำหรับโรงงานกรณีศึกษาทรัพยากรในส่วนการผลิตที่เกี่ยวข้องกับค่าไฟฟ้าก็คือเครื่องจักร จึงมีหลักการของความคุ้มค่าที่ว่า “เมื่อใดที่เครื่องจักรทำงานจะต้องได้งานมากที่สุด” สำหรับเครื่องถักนั้นเมื่อเครื่องจักรเดินเครื่องไม่ว่าจะผลิตงานเพียง 1 ช่องหรือผลิตเต็มจำนวนช่องผลิตที่สามารถผลิตได้ก็จะเสียค่าไฟฟ้าเท่ากัน ดังนั้นจึงควรจัดตารางให้มีการผลิตเต็มทุกช่องผลิตจึงจะเป็นใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่ามากที่สุด

จากที่กล่าวมาสรุปได้ว่าความคุ้มค่าของการใช้ทรัพยากรสามารถสะท้อนได้ด้วยเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมต่ำสุด (minimum total idle time) ซึ่งเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมสามารถคำนวณได้จากเวลาเสร็จงานจริงและเวลาเสร็จงานจริงสามารถคำนวณได้จากจำนวนช่องผลิตที่จัดสรรให้งานที่ i ที่ผลิตบนเครื่องจักร j ซึ่งมีค่าเท่ากับ l_{ij} ช่อง ดังสมการที่ (2.6)-(2.12)

$$l_{ij}^{\max} = P_{ij}^{main} (\text{mod} \ \ l_{ij}) \tag{2.6}$$

$$l_{ij}^{\min} = l_{ij} - l_{ij}^{\max} \tag{2.7}$$

$$c_{ij}^{\max} = \frac{\left\lceil \frac{P_{ij}^{main}}{l_{ij}} \right\rceil \times u_{ij} \times E_j}{R_i} \tag{2.8}$$

$$c_{ij}^{\min} = \frac{\left\lfloor \frac{P_{ij}^{main}}{l_{ij}} \right\rfloor \times u_{ij} \times E_j}{R_i} \tag{2.9}$$

$$c_{ij} = c_{ij}^{\max} \tag{2.10}$$

$$t_j = \max_{i \in Q_j} c_{ij} \tag{2.11}$$

$$f_1(x) = \sum_{i \in Q_j} \sum_{j \in M} (((t_j - c_{ij}^{\max}) \times l_{ij}) + ((l_{ij}^{\max} - l_{ij}^{\min}) \times (c_{ij}^{\max} - c_{ij}^{\min}))) \tag{2.12}$$

โดยที่ l_{ij} คือจำนวนช่องผลิตที่จัดสรรให้ผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j

$l_{ij}^{\max}$ คือจำนวนช่องผลิตที่มีปริมาณการผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j สูงสุด

$l_{ij}^{\min}$ คือจำนวนช่องผลิตที่มีปริมาณการผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j ต่ำสุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

$c_{ij}^{\max}$ คือเวลาเสร็จงานของช่องผลิตที่มีปริมาณการผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j สูงสุด

$c_{ij}^{\min}$ คือเวลาเสร็จงานของช่องผลิตที่มีปริมาณการผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j ต่ำสุด

P_{ij}^{main} คือปริมาณการสั่งผลิตในหน่วยหลักของงาน i บนเครื่องจักร j

u_{ij} คือค่าคงที่ในการแปลงหน่วยจากหน่วยหลักไปเป็นหน่วยหลาของงาน i บนเครื่องจักร j

t_j คือค่ามากที่สุดของเวลาเสร็จงานสูงสุดของเครื่องจักร j

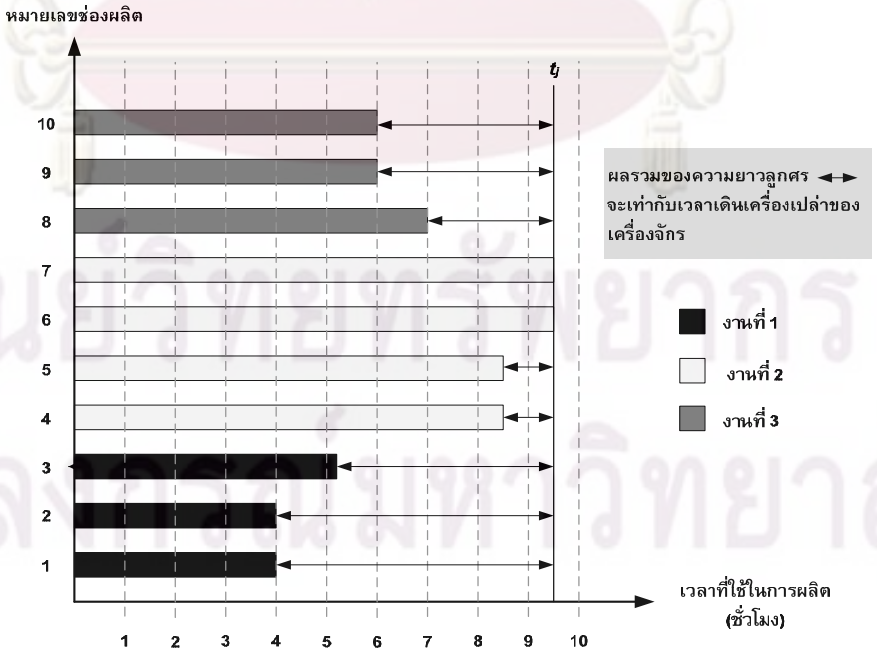
E_j คือประสิทธิภาพของเครื่องจักร j

R_i คืออัตราการผลิตของงาน i

c_{ij} คือเวลาเสร็จงานจริงของงาน i บนเครื่องจักร j

เมื่อ $i = 1,2,...,Q_j$ และ $j = 1,2,...,M$

สมการที่ (2.6)-(2.7) เป็นการคำนวณหาจำนวนช่องผลิตที่มีปริมาณการผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ สมการที่ (2.8)-(2.9) เป็นการคำนวณเวลาเสร็จงานของช่องผลิตที่มีปริมาณการผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j สูงสุดและต่ำสุดตามลำดับ สมการที่ (2.10) กำหนดให้เวลาเสร็จงานจริงเท่ากับเวลาเสร็จงานของช่องผลิตที่มีปริมาณการผลิตสูงสุด สมการที่ (2.11) เป็นการกำหนดค่ามากที่สุดของเวลาเสร็จงานสูงสุดของเครื่องจักร j และสมการที่ (2.12) คือการคำนวณค่าเวลาเดินเครื่องเปล่า ดังรูปที่ 2.6 แสดงเวลาเดินเครื่องเปล่าของเครื่องจักร



รูปที่ 2.6 แบบจำลองตารางการผลิตของงาน 3 งานที่ถูกจัดสรรให้ผลิตบนเครื่องจักร 1 เครื่อง

เหตุผลที่จะต้องมีค่า $l_{ij}^{\max}$ และ $l_{ij}^{\min}$ เนื่องจากการจัดตารางการผลิตนั้นได้นำหน่วยหลักมาพิจารณาการแบ่งผลิตก็จะต้องแบ่งเป็นจำนวนเต็มหน่วย ทำให้เวลาบรรจุหีบห่อ เช่น การม้วนหรือการพับจะไม่มีการต่องานเกิดขึ้นภายในม้วนหรือพับนั้น ๆและวิธีนี้ยังลดการสูญเสียวัตถุดิบเนื่องจากการผลิตงานเกินได้อีกด้วย

2.3.2 วิเคราะห์วัตถุประสงค์ด้านเวลาเสร็จงาน

เมื่อพิจารณาถึงวัตถุประสงค์ด้านเวลาเสร็จงานที่ต้องการให้งานเสร็จเร็วที่สุดและไม่ควรเกินกว่าระยะเวลาผลิตตามสัญญาที่กำหนดพบว่างานทุกงานมีระยะเวลาผลิตตามสัญญาเป็นเกณฑ์ที่กำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องรวมกับเวลาที่ใช้ในการผลิตซึ่งแปรผันตามปริมาณการสั่งผลิตในหน่วยหลา การเอาระยะเวลาเสร็จงานจริงหารด้วยระยะเวลาผลิตตามสัญญาจะได้เป็นอัตราส่วนที่สามารถบ่งบอกได้ว่าเวลาเสร็จงานของงานนั้น ๆเป็นอย่างไร เช่น เมื่ออัตราส่วนที่ได้น้อยกว่า 1 แสดงว่างานนั้นเสร็จก่อนระยะเวลาผลิตตามสัญญา แต่หากค่าอัตราส่วนที่ได้มากกว่า 1 แสดงว่างานนั้นเสร็จหลังระยะเวลาผลิตตามสัญญา ดังนั้นวัตถุประสงค์ที่ต้องการให้มีเวลาเสร็จงานเร็วที่สุดสามารถสะท้อนได้ด้วยผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาต่ำสุด (minimum total completion time ratio) ซึ่งอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาสามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (2.13)

$$f_2(x) = \sum_{i \in Q_j} \sum_{j \in M} \left(\frac{c_{ij}}{C_{ij}} \right) \qquad (2.13)$$

โดยที่ c_{ij} คือเวลาเสร็จงานจริงของงาน i บนเครื่องจักร j

C_{ij} คือเวลาเสร็จงานตามสัญญาของงาน i บนเครื่องจักร j

เมื่อ $i = 1,2,...,Q_j$ และ $j = 1,2,...,M$

2.4 สรุปท้ายบท

ในบทนี้ได้ทำการอธิบายรายละเอียดของกระบวนการผลิต การจัดตารางการผลิตและปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง จากนั้นได้วิเคราะห์ปัญหาต่าง ๆ แล้วตั้งเป็นวัตถุประสงค์เพื่อการแก้ปัญหาขึ้นมา 2 วัตถุประสงค์คือต้นทุนการผลิตต่ำสุดและเวลาเสร็จงานเร็วสุด จากนั้นผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์วัตถุประสงค์ทั้ง 2 ประการอย่างละเอียดเพื่อกำหนดฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่สามารถสะท้อนวัตถุประสงค์เหล่านั้นได้ โดยฟังกชันวัตถุประสงค์ดังกล่าวคือเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมต่ำสุด (minimum total idle time) และผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาต่ำสุด (minimum total completion time ratio) เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาการจัดตารางต่อไป

บทที่ 3

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาที่พบโดยทั่วไปนั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัญหาที่พบคำตอบที่เป็นไปได้เพียงคำตอบเดียวและปัญหาที่พบคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบโดยไม่ขัดกับข้อจำกัดของปัญหา โดยทั่วไปจะพบว่าปัญหาที่พบคำตอบที่เป็นไปได้หลายคำตอบนั้นเป็นปัญหาที่มีวัตถุประสงค์มากกว่าหนึ่งวัตถุประสงค์ ซึ่งจะเกิดคำถามกับปัญหาประเภทนี้ต่อมาว่าคำตอบใดกันแน่ที่เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาดังกล่าวคือการนำเอาวิธีการต่าง ๆมาช่วยในการตัดสินใจเพื่อเลือกคำตอบที่ต้องการเพียงคำตอบเดียว ซึ่งวิธีการเหล่านั้นเรียกว่าวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making : MCDM) และรูปแบบของปัญหาดังกล่าวเรียกว่าปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Optimization Problems : MOPs) เมื่อใดที่ปัญหาการจัดตารางการผลิตจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์มากกว่าหนึ่งวัตถุประสงค์จะทำให้ปัญหาที่เกิดขึ้นนั้นกลายเป็นปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Scheduling Problem) แนวทางในการหาคำตอบให้กับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์นั้นมีอยู่หลายวิธีซึ่งจะมีขั้นตอนแตกต่างไปจากปัญหาที่มีเพียงวัตถุประสงค์เดียว

ดังนั้นในหัวข้อที่ 3.1 นี้จะกล่าวถึงแนวทางการตัดสินใจเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดและแนวทางในการหาคำตอบของปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ หัวข้อที่ 3.2 กล่าวถึงแนวทางการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่พบในงานวิจัยที่ผ่านมา และหัวข้อสุดท้ายคือหัวข้อที่ 3.3 จะกล่าวถึงรายละเอียดของวิธีการที่นำมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา

3.1 ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-objective Optimization Problems : MOPs)

ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงส่วนใหญ่ล้วนแล้วแต่เป็นปัญหาที่จะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ในหลาย ๆด้านไปพร้อมกันโดยวัตถุประสงค์เหล่านี้มักขัดแย้งกันเองยากที่จะหาคำตอบที่ทำให้วัตถุประสงค์ทั้งหมดมีค่าเหมาะสมที่สุดได้ ซึ่งจะพบว่าคำตอบของปัญหาลักษณะนี้ไม่ได้มีเพียงคำตอบเดียวแต่จะเป็นกลุ่มของคำตอบ กลุ่มคำตอบที่ถือว่าเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดนั้นพบว่าจะไม่มีคำตอบใดในกลุ่มนี้ที่สามารถปรับปรุงค่าวัตถุประสงค์ใดวัตถุประสงค์หนึ่งให้ดีขึ้นได้โดยไม่ทำให้วัตถุประสงค์อื่นมีค่าแย่ลงและเรียกกลุ่มคำตอบนี้ว่ากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto optimal solutions หรือ Pareto Optimal Front) หรือกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม (non-dominated solutions) ซึ่งคำตอบของกลุ่มคำตอบดังกล่าวนี้จะอยู่บนเส้นขอบของพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้ (feasible

solution space) ดังแสดงในรูปที่ 3.1 (Deb, 2005) แต่ในที่สุดแล้วคำตอบของปัญหาจะต้องมีเพียงคำตอบเดียวเท่านั้นจึงทำให้วิธีการแก้ปัญหาที่มีหลายวัตถุประสงค์เช่นนี้จะต้องประกอบด้วย 2 ขั้นตอนคือขั้นตอนของการค้นหาคำตอบ (searching) และขั้นตอนของการตัดสินใจ (decision making) จึงมีการนำเสนอวิธีต่าง ๆทั้งที่ใช้ในขั้นตอนของการค้นหาคำตอบและขั้นตอนของการตัดสินใจ โดยมีรูปแบบของปัญหาเป็นดังสมการที่ (3.1)-(3.2)

$$Minimize \quad z = \{f_1(x), f_2(x), ..., f_k(x)\} \tag{3.1}$$

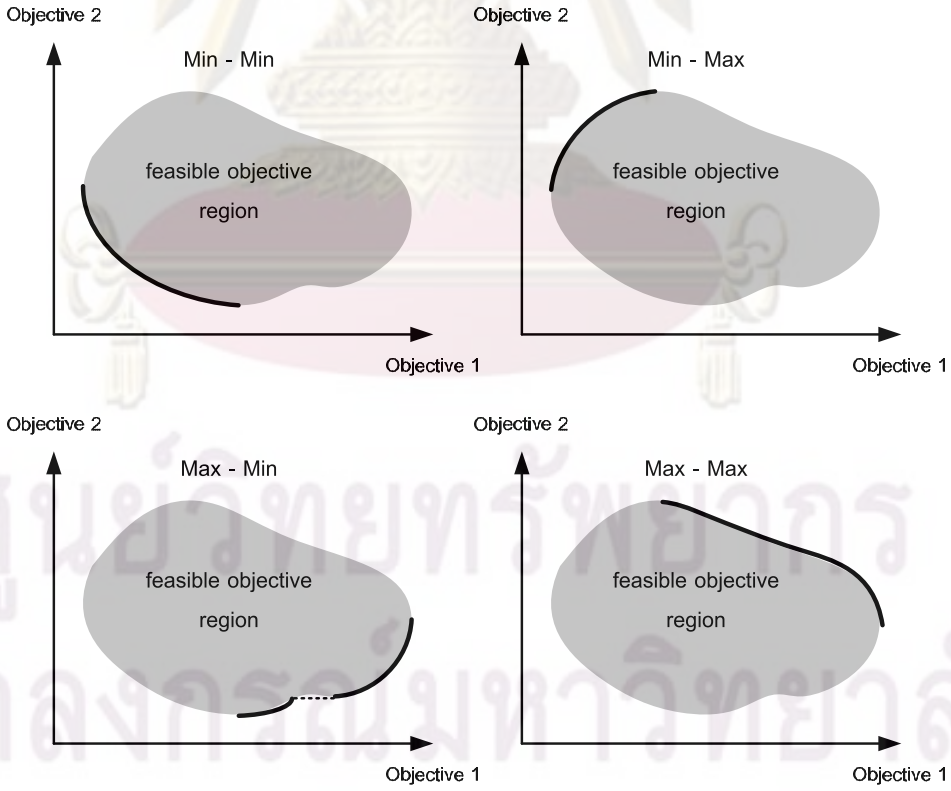
$$subject\ to \quad x \in S \tag{3.2}$$

โดยที่ z คือเวกเตอร์วัตถุประสงค์

x คือเวกเตอร์ตัวแปรตัดสินใจ

S คือพื้นที่ที่เป็นไปได้ของเวกเตอร์ตัวแปรตัดสินใจ (feasible objective region)

k คือจำนวนวัตถุประสงค์ สำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์จะมีค่า $k \geq 2$



รูปที่ 3.1 กลุ่มคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Pareto Optimal Front) ของปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิด 2 วัตถุประสงค์ทั้ง 4 แบบ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.1 วิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ (Multiple Criteria Decision Making)

แนวคิดของวิธีการต่าง ๆที่ใช้ในขั้นตอนของการตัดสินใจเพื่อการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์นั้นเกิดขึ้นเพื่อช่วยให้ผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ (decision maker) สามารถค้นหาคำตอบที่พึงพอใจที่สุดเพียงคำตอบเดียวได้ ซึ่งวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์นั้นมีอยู่หลายวิธี โดยวิธีเหล่านี้สามารถแบ่งออกเป็นกลุ่มตามลักษณะการทำงานได้หลายแบบ เช่น ในงานวิจัยของ Cohan (Cohan and Marks, 1975) และงานวิจัยของ Carlos (Carlos et al., 2007) ได้จัดกลุ่มการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ออกเป็น 3 กลุ่ม คือ A *priori* methods A *posteriori* methods และ Progressive methods ส่วนงานวิจัยของ Hwang (Hwang and Masud, 1979) และงานวิจัยของ Miettinen (Miettinen, 1999) ได้แบ่งกลุ่มการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ออกเป็น 4 กลุ่ม คือ No-preference methods A *priori* methods A *posteriori* methods และ Interactive methods

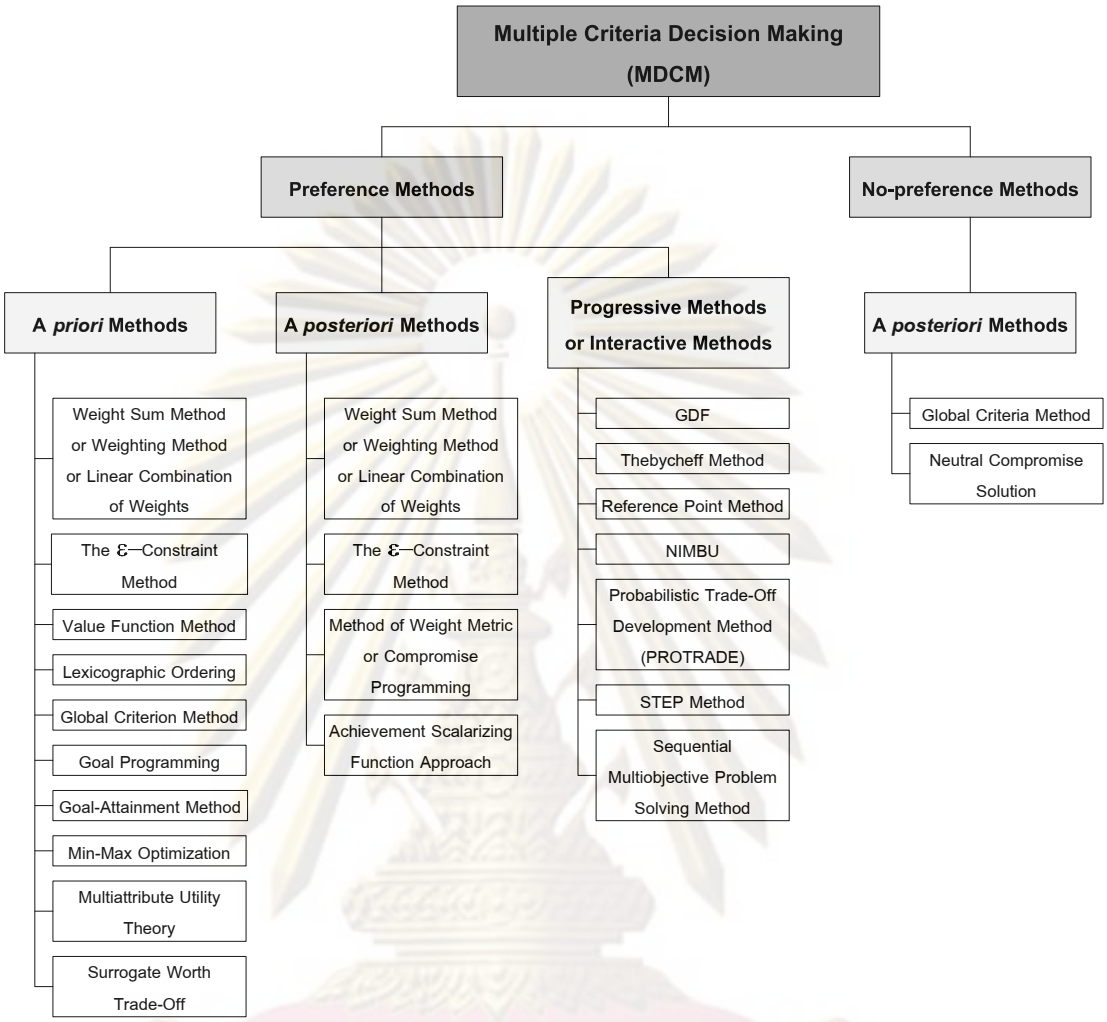
เมื่อพิจารณาลักษณะการแบ่งกลุ่มของงานวิจัยต่าง ๆข้างต้นพบว่าการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ ๆและสามารถแบ่งเป็นกลุ่มย่อย ๆได้ดังรูปที่ 3.2 ซึ่งวิธีการหาคำตอบของการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์มีดังนี้

3.1.1.1 Preference Methods

วิธีการนี้เป็นวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ที่เหมาะกับปัญหาที่ต้องอาศัยข้อมูลเพื่อการตัดสินใจจากผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ เพื่อใช้ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดกับสถานการณ์ของปัญหาในขณะนั้น โดยวิธีการในกลุ่มนี้สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1) A *priori* methods รูปแบบการแก้ปัญหาของวิธีนี้คือทำการตัดสินใจก่อนกระบวนการค้นหาคำตอบ ในขั้นตอนการตัดสินใจนั้นมักจะเป็นการแปลงฟังก์ชันวัตถุประสงค์จากที่มีหลายวัตถุประสงค์ให้กลายเป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์เดียวก่อน และจะพบว่าเมื่อสิ้นสุดกระบวนการค้นหาคำตอบแล้วจะได้คำตอบออกมาเพียงคำตอบเดียว วิธีการที่นิยมมีดังนี้

- Weight Sum Method or Weighting Method or Linear Combination of Weights เสนอโดย Gass และ Saaty ในปี 1955 โดยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของวิธีนี้จะได้จากผลรวมของค่าน้ำหนักคูณกับค่าวัตถุประสงค์ต่าง ๆ โดยผลรวมของค่าน้ำหนักของทุกวัตถุประสงค์จะต้องเท่ากับ 1 ข้อดีของวิธีนี้คือง่ายต่อการประยุกต์ใช้ แต่ข้อเสียคือยากที่จะกำหนดค่าน้ำหนักให้เหมาะสมกับสภาพปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อหน่วยของแต่ละวัตถุประสงค์แตกต่างกัน



รูปที่ 3.2 การแบ่งกลุ่มของวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์

- The ε-Constraint Method เสนอโดย Haimes *et.al.* ในปี 1971 โดยมีหลักการคือทำการเลือกวัตถุประสงค์หลักมาเพียงวัตถุประสงค์เดียวและเปลี่ยนวัตถุประสงค์ที่เหลือให้เป็นสมการข้อจำกัดโดยมีค่าทางขวาของสมการ (right hand side) เป็นค่าขอบเขตบน (upper bound) ข้อดีของวิธีนี้คือง่ายต่อการประยุกต์ใช้ แต่ข้อเสียคือการเลือกวัตถุประสงค์มาเป็นวัตถุประสงค์หลักและการกำหนดค่าขอบเขตบนให้เหมาะสมกับปัญหาโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อวัตถุประสงค์มีจำนวนมากขึ้นก็ยิ่งทำให้การกำหนดค่าขอบเขตบนยากขึ้นเช่นกันเนื่องจากเสี่ยงต่อการที่จะทำให้กลุ่มคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible region) กลายเป็นเซตว่าง

- Value Function Method เสนอโดยKeeney และ Raiffa ในปี 1976 วิธีนี้จะเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงมากหาก decision maker สามารถสร้างฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ (value function) ที่บ่งบอกถึงความต้องการได้ ข้อเสียของวิธีการนี้คือยากที่จะหาฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์นั้นได้และถึงแม้จะหาได้ก็อาจมีความซับซ้อนเกินไป

- Lexicographic Ordering เสนอโดย Fishburn ในปี 1974 วิธีการนี้เป็นวิธีที่แตกต่างจากวิธีอื่น ๆคือวิธีอื่นนั้นพยายามเปลี่ยนฟังก์ชันวัตถุประสงค์จากหลายวัตถุประสงค์ให้กลายเป็นวัตถุประสงค์เดียว โดยมีขั้นตอนการทำงานคือขั้นแรกผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจจะต้องเรียงลำดับความสำคัญของวัตถุประสงค์จากมากไปน้อย ขั้นตอนต่อมาคือการค้นหาคำตอบโดยกำหนดให้วัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญมากที่สุดเป็นวัตถุประสงค์หลักในการค้นหาคำตอบเพียงวัตถุประสงค์เดียวและไม่มีการเปลี่ยนแปลงสมการข้อจำกัด จากนั้นทำการค้นหาคำตอบ กระบวนการค้นหาคำตอบจะหยุดเมื่อพบคำตอบเพียงคำตอบเดียวแต่หากคำตอบที่ได้ยังเป็นกลุ่มคำตอบอยู่ให้ทำขั้นต่อไปคือนำวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญรองลงมาใช้เป็นวัตถุประสงค์หลักในการค้นหาคำตอบและเพิ่มฟังก์ชันวัตถุประสงค์ก่อนหน้าลงในกลุ่มของสมการข้อจำกัดโดยมีค่าทางขวาของสมการเท่ากับค่าวัคถุประสงค์ที่ได้จากการค้นหาในรอบก่อนหน้า ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าคำตอบที่ได้จะมีเพียงคำตอบเดียว ข้อดีของวิธีการนี้คือง่ายต่อการนำไปใช้งานจริงโดยเฉพาะอย่างยิ่งกับปัญหาที่มีวัตถุประสงค์เป็นจำนวนมาก ข้อเสียคือความยากในการจัดลำดับความสำคัญของวัตถุประสงค์และมีความเป็นไปได้สูงที่กระบวนการค้นหาคำตอบจะหยุดก่อนที่จะมีการนำเอาวัตถุประสงค์ที่มีความสำคัญน้อยมาพิจารณาเพื่อการค้นหาคำตอบทำให้วัตถุประสงค์นั้นไม่มีส่วนร่วมในการค้นหาคำตอบ

- Global Criterion Method เสนอโดย Osyczka ในปี 1984 วิธีนี้มีวัตถุประสงค์ของการค้นหาคำตอบคือผลรวมของค่าความแตกต่างระหว่างค่าวัตถุประสงค์ที่ได้จากเวกเตอร์คำตอบกับค่าวัตถุประสงค์ของเวกเตอร์คำตอบในอุดมคติ (Ideal objective vector) ของทุกวัตถุประสงค์น้อยที่สุด โดยผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจจะต้องกำหนดเวกเตอร์คำตอบในอุดมคติ

- Goal Programming เสนอโดย Charnes และ Cooper ในปี 1961 หลักการของวิธีนี้คือการค้นหาคำตอบที่มีผลรวมของค่าการเบี่ยงเบนของวัตถุประสงค์ของคำตอบที่เบี่ยงเบนไปจากค่าเป้าหมายของวัตถุประสงค์นั้นต่ำสุด โดยผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจจะต้องเป็นผู้กำหนดค่าเป้าหมายของทุกวัตถุประสงค์

- Goal-Attainment Method เสนอโดย Gembicki ในปี 1974 เป็นวิธีการที่พยายามหาค่าน้อยสุดของสัมประสิทธิ์ของสมการเงื่อนไข ซึ่งสมการนี้เป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าเป้าหมายของแต่ละวัตถุประสงค์กับค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบ โดยที่ค่าเป้าหมายของแต่ละวัตถุประสงค์นั้นจะกำหนดให้เป็นขอบเขตบนหรือขอบเขตล่างก็ได้ วิธีนี้ผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจจะต้องกำหนดค่าเป้าหมายและค่าน้ำหนักของทุกวัตถุประสงค์ก่อนทำการค้นหาคำตอบ

นอกจากนี้ยังมีการนำเสนอวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์อื่น ๆอีกมากที่มีประสิทธิภาพและเป็นการตัดสินใจที่ต้องใช้ข้อมูลเพื่อการตัดสินใจ (preference) จากผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจแบบ A *priori* methods เช่น Min-Max Optimization เสนอโดย Jutler

Multiattribute Utility Theory เสนอโดย Von Neumann และ Morgenstern และ Surrogate Worth Trade-Off เสนอโดย Haimes และ Hall

2) A *posteriori* methods วิธีการนี้จะทำการค้นหากลุ่มของคำตอบที่ไม่ถูกข่มออกมาก่อนจากนั้นจึงตัดสินใจเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียวจากกลุ่มคำตอบที่ได้ โดยวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์รูปแบบนี้มีวิธีการที่นิยม ได้แก่

- Weight Sum Method or Weighting Method or Linear Combination of Weights เป็นวิธีการเปลี่ยนฟังก์ชันวัตถุประสงค์เหมือนใน A *priori* methods แต่แตกต่างกันตรงที่วิธีนี้จะนำเวกเตอร์วัตถุประสงค์ของคำตอบทุกคำตอบจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มมาแทนค่าลงในฟังก์ชัน โดยจะเลือกคำตอบที่มีค่าที่ได้จากฟังก์ชันดีที่สุด

- The ε-Constraint Method วิธีการนี้ทำได้โดยการเลือกคำตอบที่มีค่าวัตถุประสงค์หลักดีที่สุดจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มและมีค่าวัตถุประสงค์อื่น ๆเป็นไปตามสมการข้อจำกัด

- Method of Weight Metric or Compromise Programming เสนอโดย Zeleny ในปี 1973 วิธีการนี้มีหลักการในการหาคำตอบเหมือนกับวิธี Global Criterion Method ที่ใช้ใน No-preference methods แต่ต่างกันเพียงวิธีนี้มีการกำหนดค่าน้ำหนักให้แต่ละวัตถุประสงค์

- Achievement Scalarizing Function Approach เสนอโดย Wierzbicki ในปี 1982 วิธีนี้เป็นการหาค่าน้อยที่สุดของระยะทางที่มากที่สุดระหว่างค่าวัตถุประสงค์ของเวกเตอร์คำตอบไปยังค่าวัตถุประสงค์ของเวกเตอร์อ้างอิง ซึ่งวิธีนี้แตกต่างจากวิธี weighted Tchebycheff คือฟังก์ชันของวิธีนี้ไม่มีเครื่องหมายสัมบูรณ์ (absolute) และไม่ว่าจุดอ้างอิงจะเป็นจุดใดก็ตามก็จะยังสามารถหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดได้แต่วิธี weighted Tchebycheff นั้นจุดอ้างอิงจะต้องอยู่นอกบริเวณที่เป็นไปได้ของคำตอบ (feasible region) เท่านั้น

3) Progressive methods or Interactive methods เสนอโดย Miettinen ในปี 1999 เป็นวิธีการที่เปิดโอกาสให้มีการสื่อสารกันระหว่างโปรแกรมการค้นหาคำตอบกับผู้จัดตาราง ซึ่งการสื่อสารนี้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนพื้นฐาน คือ

ขั้นตอนที่ 1 ค้นหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม (non-dominated solution)

ขั้นตอนที่ 2 ติดต่อสื่อสารกันระหว่างโปรแกรมการค้นหาคำตอบกับ decision maker เพื่อพิจารณากลุ่มคำตอบที่ได้ว่าจะต้องเปลี่ยนแปลง preference หรือไม่

ขั้นตอนที่ 3 วนกลับไปทำข้อ 3.1) และ 3.2) ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนกว่าจะได้คำตอบที่ decision maker พอใจหรือจนกว่าจะไม่สามารถปรับปรุงกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มให้มีค่าวัตถุประสงค์ที่ดีขึ้นได้อีก

วิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ที่เป็น Progressive methods นั้นมีพื้นฐานมาจาก 3 ขั้นตอนดังกล่าว ซึ่งมีวิธีการที่นิยมหลายวิธี เช่น วิธี GDF เสนอโดย Geoffrion และคณะ ในปี 1972 วิธี Tchebycheff Method เสนอโดย Steuer ในปี 1986 วิธี Reference Point Method เสนอโดย Wierzbiki ในปี 1980 วิธี NIMBU เสนอโดย Miettinen ในปี 1994 วิธี Probabilistic Trade-Off Development Method (PROTRADE) เสนอโดย Goicoechea และคณะ ในปี 1976 วิธี STEP Method (STEM) เสนอโดย Cohon ในปี 1978 และวิธี Sequential Multiobjective Problem Solving Method (SEMOPS) เสนอโดย Monarchi และคณะ ในปี 1973

3.1.1.2 No-preference methods

วิธีการนี้เป็นวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ที่เหมาะกับปัญหาที่ไม่มีความต้องการที่เฉพาะเจาะจงในการค้นหาคำตอบ จึงไม่มีข้อมูลเพื่อการตัดสินใจจากผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจ เนื่องจากวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ในกลุ่มนี้ไม่มีข้อมูลเพื่อการตัดสินใจทำให้วิธีการต่าง ๆในกลุ่มนี้เป็นแบบ A *posteriori* method เพราะต้องมีการหาค่าอ้างอิงจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่ได้จากกระบวนการค้นหาคำตอบเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจเลือกคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยวิธีการที่เป็นที่นิยมได้แก่

- Global Criteria Method ความแตกต่างของวิธีนี้เมื่อเป็น No-preference methods กับ Preference methods คือเมื่อเป็น Preference methods เวกเตอร์วัตถุประสงค์ในอุดมคติจะถูกกำหนดโดยผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจแต่เมื่อเป็น No-preference methods เวกเตอร์วัตถุประสงค์ในอุดมคติจะหาได้จากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม

- Neutral Compromise Solution เสนอโดย Wierzbicki ในปี 1999 หลักการของวิธีนี้คือพยายามหาคำตอบที่ได้จากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่มีค่าวัตถุประสงค์ใกล้เคียงกับค่ากลางของช่วงวัตถุประสงค์มากที่สุด ซึ่งค่ากลางของช่วงวัตถุประสงค์หาได้จากค่าเฉลี่ยของ ideal objective value และ nadir objective value ของแต่ละวัตถุประสงค์

3.1.2 วิธีการค้นหาคำตอบสำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์

รูปแบบในการค้นหาคำตอบของปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 รูปแบบ (Carlos et al., 2007) คือ วิธีการแจงนับ (Enumerative) วิธีการแบบสถิต (Deterministic) และวิธีเฟ้นสุ่ม (Stochastic) ลักษณะการค้นหาคำตอบเหล่านี้สามารถใช้เพื่อแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดวัตถุประสงค์เดียวได้ดีแต่ในปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์นั้นเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนมากทำให้การนำเอาวิธีการแจงนับและวิธีการแบบสถิตมาใช้เพื่อแก้ปัญหาจึงไม่เหมาะสม ดังนั้นรูปแบบการแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้เพื่อแก้ไขปัญหาประเภทนี้คือวิธีการแบบพลวัต ซึ่งวิธีการแบบพลวัตที่เป็นที่นิยมคือ

ขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithms) และเมธาฮิวริสติก (Metaheuristics) ต่าง ๆ ดังนี้

3.1.2.1 ขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multiobjective Evolutionary Algorithms : MOEAs)

วิธีการค้นหาคำตอบเพื่อแก้ไขปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่อยู่ในกลุ่มของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการชนิดหลายวัตถุประสงค์นั้นมีพื้นฐานมาจากการค้นหาด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และอาศัยเทคนิคการกำหนดค่าความแข็งแรงของคำตอบ (Fitness Assignment) ด้วยวิธีการจัดอันดับแบบพาเรโต (Pareto Ranking Approach) ซึ่งมีอยู่หลายวิธี ความแตกต่างของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการชนิดหลายวัตถุประสงค์แต่ละวิธีนั้นอยู่ที่การเลือกใช้วิธีการจัดอันดับแบบพาเรโตและเทคนิคในการคัดเลือกคำตอบเข้าสู่ Mating Pool โดยวิธีการค้นหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่อยู่ในกลุ่มของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Ehrgott และ Gandibleux, 2002) ได้แก่

- Multi-Objective Genetic Algorithm (MOGA) เสนอโดย Carlos M. Fonseca และ Peter J. Fleming ในปี 1993 เป็นวิธีการที่ใช้วิธีการจัดอันดับให้คำตอบโดยการพิจารณาจำนวนคำตอบที่ไม่ถูกคำตอบนั้นข่ม

- Niched-Pareto Genetic Algorithm (NPGA) เสนอโดย Jefrey Horn, Nafpliotis และ Goldberg ในปี 1994 วิธีนี้เป็นวิธีที่รวมเอาทฤษฎี Pareto dominance กับ Pareto tournament เข้าไว้ด้วยกัน ซึ่งทำได้โดยการเปรียบเทียบคำตอบเพื่อหาคำตอบที่ดีกว่า

- Nondominated Sorting Genetic Algorithm (NSGA) เสนอโดย N. Srinivas และ Kalyanmoy Deb ในปี 1994 วิธีนี้ได้ประยุกต์ใช้แนวคิดในการจัดลำดับคำตอบของ Goldberg ซึ่งอันดับของคำตอบที่ได้คือชั้น (layer) ของกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (Pareto Front)

- Strength Pareto Evolutionary Algorithm (SPEA) เสนอโดย Eckart Zitzler และ Lothar Thiele ในปี 1999 วิธีนี้เป็นการรวมเอาข้อดีของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่ถูกเสนอก่อนหน้านี้มาใช้ในการค้นหาคำตอบ

- Pareto-Archived Evolution Strategy (PAES) เสนอโดย Joshua D. Knowles และ David W. Corne ในปี 2000 วิธีนี้ได้นำเอาการค้นหาเฉพาะที่ (Local Search) มาสร้างคำตอบใหม่และใช้คำตอบอ้างอิงมาคำนวณหาประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้

- Multiobjective Messy Genetic Algorithm (MOMGA) เสนอโดย David A. Van Veldhuizen และ Gary B. Lamont ในปี 2000 เป็นวิธีการที่พยายามจะแก้ไขความยุ่งยากที่เกิดขึ้นจากการใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์

- Pareto Envelope-based Selection Algorithm (PESA) เสนอโดย Corne และคณะ ในปี 2000 วิธีการนี้ประกอบด้วยกลุ่มประชากร 2 กลุ่ม คือ กลุ่มประชากรขนาดเล็กซึ่งเป็นกลุ่มประชากรภายในและกลุ่มประชากรขนาดใหญ่ซึ่งเป็นกลุ่มประชากรภายนอก และนำเอาการวัดแบบ crowding มาเป็นเกณฑ์ในการพิจารณาคำตอบ

3.1.2.2 Simulated Annealing

Simulated Annealing เพื่อการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ถูกเสนอเป็นครั้งแรกโดย Serafini ในปี 2004 งานวิจัยที่เสนอการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่มีพื้นฐานมาจาก Simulated Annealing ได้แก่

- วิธีของ Serafini ขั้นตอนการค้นหาคำตอบเป็นดังนี้คือขั้นแรกทำการหากลุ่มคำตอบข้างเคียงของคำตอบเริ่มต้น จากนั้นเปรียบเทียบคำตอบข้างเคียงที่ได้นั้นถูกข่มโดยคำตอบเริ่มต้นหรือไม่ หากคำตอบข้างเคียงไม่ถูกข่มโดยคำตอบเริ่มต้นจึงยอมรับคำตอบนั้นแล้วทำการปรับปรุงกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม แต่หากคำตอบข้างเคียงที่ได้ถูกข่มโดยคำตอบเริ่มต้นให้คำนวณความน่าจะเป็น L_{α}-Tchebycheff เพื่อใช้ในการยอมรับคำตอบข้างเคียงนั้น

- Multi-Objective Simulated Annealing (MOSA) เสนอโดย Ulungu ในปี 1992 วิธีนี้คล้ายคลึงกับวิธีของ Serafini แต่แตกต่างกันตรงที่ภายในฟังก์ชันการคำนวณความน่าจะเป็นของคำตอบได้เปลี่ยนจากการเลือกค่ามากที่สุดมาเป็นการใช้ผลรวมของค่าน้ำหนัก (weighted sum)

- Pareto Simulated Annealing (PSA) เสนอโดย Czyzak และ Jaszkiewicz ในปี 1998 วิธีนี้นำเอาเทคนิคกลุ่มประชากรมาใช้และใช้ผลรวมของค่าน้ำหนักเช่นเดียวกับวิธี MOSA แต่ค่าน้ำหนักของแต่ละวัตถุประสงค์จะเพิ่มมากขึ้นเมื่อคำตอบข้างเคียงที่มีค่าวัตถุประสงค์ใกล้ค่าวัตถุประสงค์คำตอบเริ่มต้นมากที่สุดมีค่าวัตถุประสงค์แย่กว่าค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบเริ่มต้นและค่าน้ำหนักจะมีค่าลดลงเมื่อคำตอบข้างเคียงที่มีค่าวัตถุประสงค์ใกล้ค่าวัตถุประสงค์คำตอบเริ่มต้นมากที่สุดมีค่าวัตถุประสงค์ดีกว่าค่าวัตถุประสงค์ของคำตอบเริ่มต้น เมื่อเปรียบเทียบวิธี PSA กับวิธีของ Serafini พบว่าคำตอบที่ได้จากวิธี PSA มีคำตอบที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดแท้จริง (true Pareto Front) มากกว่าวิธีของ Serafini และคำตอบมีการกระจายตัวดีกว่า

- Multi-Objective Simulated Annealing (SMOSA) เสนอโดย Suppapitnam และคณะในปี 2000 ได้นำเอาหลักการ Pareto dominance มาใช้ในการกำหนดกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มและเก็บคำตอบที่ไม่ถูกข่มไว้ในไฟล์ภายนอก ซึ่งไฟล์ภายนอกนี้จะทำหน้าที่เป็นประชากรเหมือนวิธี PAES การค้นหาคำตอบในรอบต่อไปจะเริ่มเมื่อสามารถสร้างคำตอบใหม่ได้แต่ถ้าไม่สามารถสร้างได้ให้หาค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับตามฟังก์ชันที่กำหนดไว้ใน

งานวิจัยของทุกคำตอบและเลือกคำตอบที่ถูกยอมรับมาเป็นคำตอบเริ่มต้นการค้นหาคำตอบรอบต่อไป

3.1.2.3 Tabu Search

Tabu Search เพื่อการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ถูกเสนอเป็นครั้งแรกโดย Gandibleux ในปี 1997 งานวิจัยที่เสนอการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่มีพื้นฐานมาจาก Tabu Search ได้แก่

- Multi-Objective Tabu Search (MOTS) เสนอโดย Gandibleux และคณะ ในปี 1997 เป็นวิธีการที่นำ utopian reference point มาใช้เพื่อการเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ที่มีการปรับปรุง ซึ่ง utopian reference point นั้นได้มาจากค่าวัตถุประสงค์ที่ดีที่สุดของแต่ละวัตถุประสงค์ของคำตอบข้างเคียงในรอบการค้นหานั้น ๆ

- Multi-Objective Tabu Search (MOTS*) เสนอโดย Hansen ในปี 1998 เป็นวิธีการที่นำเอา λ-weighted Tchebycheff metric มาใช้เพื่อถ่วงน้ำหนักให้เวกเตอร์คำตอบ โดยมีแนวคิดในการค้นหาคำตอบคือจะสามารถพบกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดและมีการกระจายอย่างสม่ำเสมอเมื่อเปลี่ยนแปลงค่าน้ำหนักไปเรื่อย ๆ ซึ่งค่าที่ได้จากการถ่วงน้ำหนักให้กับเวกเตอร์คำตอบข้างเคียงจะนำมาใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกคำตอบข้างเคียงที่ดีที่สุดสำหรับรอบการค้นหานั้น

- Tabu Search for multiobjective combinatorial optimization (TAMOCO) เสนอโดย Hansen ในปี 2000 วิธีนี้แตกต่างจาก MOTS* สามารถหากลไกที่ช่วยให้คำตอบกระจายอยู่บน Pareto Front ได้สำเร็จโดยการเลือกคำตอบที่อยู่ใน quad tree ที่อยู่ใกล้คำตอบที่ได้จาก λ-weighted Tchebycheff มากที่สุด

- Multi-Objective Tabu Search (MOTS) เสนอโดย Baykasoğlu ในปี 1999 วิธีนี้ประกอบด้วย 2 รายการ ได้แก่ Pareto list มีหน้าที่เก็บคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่พบระหว่างการค้นหาคำตอบและ candidate list มีหน้าที่เก็บคำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (local non-dominated) คือคำตอบทั้งหมดที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดวงกว้าง (global non-dominated) ซึ่งคำตอบที่เก็บไว้ใน candidate list นี้จะนำมาใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นเมื่อไม่พบคำตอบเริ่มต้นในรอบการค้นหานั้น ๆ

- Multi-Objective Tabu Search (MOTS) เสนอโดย Jaeggi และคณะในปี 2004 วิธีนี้ใช้กับปัญหาแบบต่อเนื่องชนิดหลายวัตถุประสงค์ ซึ่งมีพื้นที่การค้นหาคำตอบเป็นพื้นที่ต่อเนื่อง (continuous search space)

- Multinomial Tabu Search (MTS) เสนอโดย Kulturel-Konak ในปี 2006 วิธีการนี้ใช้เพื่อแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงการจัดแบบขนานชนิดหลายวัตถุประสงค์โดยการใช้ฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบอเนกนาม (multinomial probability

mass function) มาช่วยในการเลือกวัตถุประสงค์เพื่อใช้เป็นวัตถุประสงค์หลักของการค้นหาคำตอบในรอบนั้น ๆ และใช้หลัก Pareto dominance ในการพิจารณาคำตอบ

3.1.2.4 Ant System

การแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Ant System ถูกเสนอเป็นครั้งแรกโดย Mariano และ Marales ในปี 1999 งานวิจัยที่เสนอการแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่มีพื้นฐานมาจาก Ant System ได้แก่

- Multi-Objective Ant-Q (MOAQ) เสนอโดย Mariano และ Marales ในปี1999 โดยกระบวนการค้นหาคำตอบนั้นจะพิจารณากลุ่มของ m agent ของฟังก์ชันวัตถุประสงค์ k ฟังก์ชัน

- Multi-Objective Network Optimization using ACO (MONACO) เสนอโดย Mariano และ Morales ในปี 1999 เป็นวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหาของระบบที่มีลักษณะเป็นแบบพลวัต (dynamic system)

- Population-based Ant Colony Optimization (PACO) เสนอโดย Guntsch และ Middendorf ในปี 2003 เป็นวิธีการที่ใช้พื้นฐานของกลุ่มประชากรร่วมกับวิธี Ant Colony Optimization

3.1.2.5 Particle Swarm Optimization

การแก้ปัญหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Particle Swarm Optimization ถูกเสนอเป็นครั้งแรกโดย Ray และ Liew ในปี 2002 งานวิจัยที่เสนอการแก้ปัญหาชนิดหลายวัตถุประสงค์โดยมีพื้นฐานมาจาก Particle Swarm Optimization ได้แก่

- *swarm metaphor* algorithm เสนอโดย Ray และ Liew ในปี 2002 ในปี แนวคิดของวิธีนี้มาจากการนำแนวคิดในการค้นหาคำตอบของขั้นตอนวิธีวิวัฒนาการกับ particle swarm มาปรับใช้และใช้หลักการ crowding ร่วมด้วย

- *covering*MOPSO (cvMOPSO) เสนอโดย Mostahim และ Teich ในปี 2004 กระบวนการค้นหาคำตอบของวิธีนี้แบ่งออกเป็น 2 เฟส เฟสแรกคือการประมาณการกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มแบบด้วย MOPSO เฟสต่อมาคือการทำ cvMOPSO โดยมีข้อมูลนำเข้าคือกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่ได้จากเฟส 1

- Adaptive Weighted PSO (AWPSO) เสนอโดย Mahfouf และคณะ ในปี 2004 เป็นวิธีการที่เพิ่มประสิทธิภาพให้กับการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ซึ่งใช้พื้นฐานของวิธี PSO โดยหลักการของวิธีนี้คือการเพิ่มความเร็วให้กับกระบวนการหาคำตอบในแต่ละรอบทำให้สามารถเพิ่มจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบได้ เมื่อจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบเพิ่มมากขึ้นก็ทำให้ความสามารถในการค้นหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้างเพิ่มขึ้นเช่นกัน

- Intelligent Particle Swarm Optimization (IPSO) เสนอโดย Xiao-hua และคณะ ในปี 2005 เป็นวิธีการแก้ปัญหาชนิดหลายวัตถุประสงค์โดยมีการใช้ Agent-Environment-Rule (AER) model เพื่อหาค่าความดันที่เหมาะสมซึ่งจะช่วยให้สามารถกลุ่มคำตอบที่เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดได้

3.2 การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Scheduling Problem)

ปัญหาการจัดตารางการผลิตมักเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจ 2 ด้าน คือ การตัดสินใจด้านการจัดสรรทรัพยากร (Allocation) และการตัดสินใจด้านการจัดลำดับงาน (Sequencing) บางครั้งการจัดตารางการผลิตอาจเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจเพียงด้านเดียวขึ้นอยู่กับลักษณะปัญหาที่กำลังพิจารณาอยู่ในขณะนั้น เช่น การจัดตารางการผลิตให้กับเครื่องจักรเดี่ยวนั้นก็จะมีการตัดสินใจด้านการจัดลำดับงานเพียงอย่างเดียว เป็นต้น

Nowicki และ Zdrazalka ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีวัตถุประสงค์ 2 ประการคือเวลาเสร็จงานและต้นทุนการผลิตของงาน n งาน บนเครื่องจักรขนานสัมพันธ์กัน m เครื่อง ทั้งที่เหมือนกันทุกประการและเหมือนกันแต่มีอัตราการผลิตต่างกัน และสามารถแทรกงานได้ โดยเวลาในการผลิตสามารถควบคุมได้และเวลาการผลิตนี้มีความสัมพันธ์เป็นแบบเส้นตรงกับต้นทุนการผลิต งานวิจัยนี้ได้นำเอาอัลกอริทึมแบบตะกราม (Greedy Method) มาใช้ในการค้นหาคำตอบ ต่อมา Jansen และ Mastrolilli (Jansen และ Mastrolilli, 2004) ทำการวิจัยปัญหาในลักษณะเดียวกันแต่ความสัมพันธ์ต้นทุนการผลิตนั้นหาได้โดยการประมาณค่าแบบพหุกำลัง นอกจากนี้ยังศึกษากรณีที่มีการแทรกงานด้วย

3.3 ทฤษฎีที่ประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นงานวิจัยที่นำเอาทฤษฎีต่าง ๆมาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์ ดังนั้นในหัวข้อนี้จึงเป็นการอธิบายในรายละเอียดของทฤษฎีต่าง ๆที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัย

3.3.1 Global Criteria Method ชนิด No-preference method

Global Criteria Method ชนิด No-preference method เป็นวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากผู้ที่มีอำนาจในการตัดสินใจเพื่อเลือกคำตอบจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม ซึ่ง Global Criteria Method นี้เป็นวิธีที่อยู่บนพื้นฐานของการใช้จุดอ้างอิง (Reference Point Approaches) คือมีการใช้เวกเตอร์คำตอบอ้างอิงมาใช้ในการคำนวณหาค่าวัตถุประสงค์ของ Global Criteria Method เพื่อตัดสินว่าคำตอบใดเหมาะสมที่สุดที่จะเป็นคำตอบของปัญหา วัตถุประสงค์ของ Global Criteria Method คือค่าน้อยที่สุดของผลรวมของระยะห่างระหว่างคำตอบที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มกับคำตอบอ้างอิงของทุกวัตถุประสงค์ดังสมการที่

(3.3)-(3.4) โดยเวกเตอร์คำตอบอ้างอิงในที่นี้คือเวกเตอร์วัตถุประสงค์ในอุดมคติ (Ideal Objective Vector : z^*) แต่เนื่องจากค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองค่านั้นมีหน่วยที่แตกต่างกันดังนั้นจึงต้องทำการปรับค่าวัตถุประสงค์ (normalized) ทั้งหมดที่ได้จากกระบวนการค้นหาคำตอบให้กลายเป็นค่าที่สามารถนำมาใช้ในกระบวนการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์เพื่อให้ค่าเหล่านั้นสามารถเปรียบเทียบกันได้โดยไม่มีการได้เปรียบเสียเปรียบซึ่งกันและกันระหว่างค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองค่า โดยวิธีที่ใช้ในการปรับค่าวัตถุประสงค์คือ Student's t-statistic เป็นการหาค่าความแตกต่างระหว่างค่า x ใด ๆกับค่าเฉลี่ยของกลุ่มประชากร ($\overline{X}$) เทียบกับส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของประชากร (standard deviation : s) ซึ่ง Student's t-statistic สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3.5)

$$Minimize \ \left(\sum_{i=1}^{k}\left|f_i(x)-z_i^*\right|^p\right)^{1/p} \tag{3.3}$$

$$subject \ to \ \ x \in S \tag{3.4}$$

โดยที่ x คือเวกเตอร์คำตอบที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม

k คือจำนวนวัตถุประสงค์

z^* คือเวกเตอร์คำตอบอ้างอิง

p คือจำนวนเต็มบวกเมื่อ $1 \le p \le \infty$ สำหรับงานวิจัยนี้ค่า $p=1$

$$N_m = \frac{x_m - \overline{X_m}}{s_m} \tag{3.5}$$

โดยที่ N_m คือค่าวัตถุประสงค์ที่ m ที่ทำการปรับค่าด้วยวิธี Student's t-statistic

x_m คือค่าวัตถุประสงค์ที่ m ก่อนทำการปรับค่า

$\overline{X_m}$ คือค่าเฉลี่ยของวัตถุประสงค์ที่ m ของกลุ่มประชากร

s_m คือส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของวัตถุประสงค์ที่ m

เมื่อ $m = 1,2,..,Number \ \ of \ \ objective$

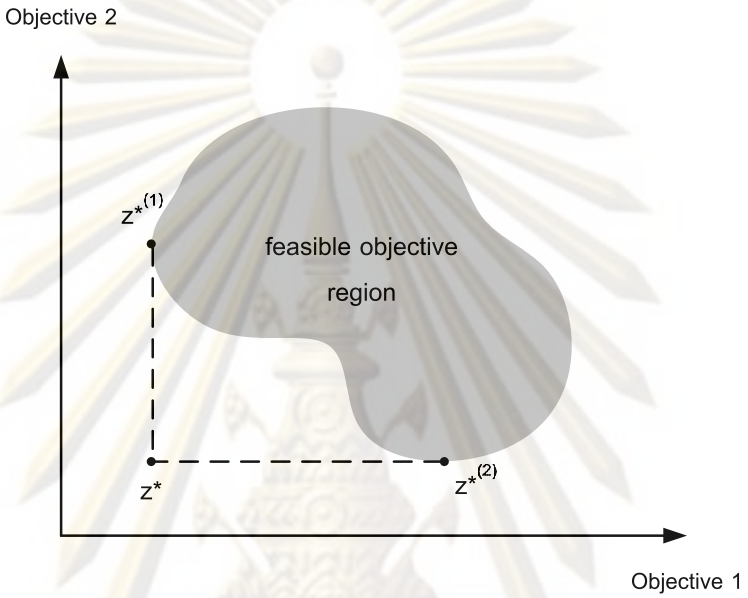
เวกเตอร์วัตถุประสงค์ในอุดมคติแสดงดังรูปที่ 3.3 เกิดจากค่าวัตถุประสงค์ที่เป็นค่าเหมาะสมที่สุดของทุก ๆวัตถุประสงค์ ซึ่งค่าวัตถุประสงค์ที่เหมาะสมที่สุดดังกล่าวนี้หาได้จากคำตอบที่เป็นสมาชิกของกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่มีค่าวัตถุประสงค์นั้น ๆเป็นค่าเหมาะสมที่สุด ในกรณีที่ต้องการหาค่าน้อยที่สุดของวัตถุประสงค์ m วัตถุประสงค์ การหาเวกเตอร์วัตถุประสงค์ในอุดมคติเป็นดังสมการที่ (3.6)-(3.8) (Deb, 2005)

$$Minimize \ \ \ f_m(x) \tag{3.6}$$

$$subject \ to \ \ x \in S \tag{3.7}$$

ถ้าเวกเตอร์คำตอบที่มีค่าวัตถุประสงค์ที่ m น้อยที่สุดคือเวกเตอร์ $x^{*(m)}$ และมีค่าวัตถุประสงค์เท่ากับ f_m^* ดังนั้น Ideal Objective Vector (z^*) คือ

$$z^* = f^* = (f_1^*, f_2^*, f_3^*, ..., f_m^*) \tag{3.8}$$



รูปที่ 3.3 เวกเตอร์วัตถุประสงค์ในอุดมคติ (z^*) ของปัญหาที่มี 2 วัตถุประสงค์

3.3.2 การค้นหาแบบข้อห้ามชนิดหลายวัตถุประสงค์โดยใช้ฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบอเนกนาม (Multinomial Tabu Search Algorithm : MTS)

MTS ถูกเสนอขึ้นครั้งแรกโดย Kulturel-Konak Smith และ Norman ในปี 2006 (Kulturel-Konak et al., 2006) มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดเชิงการจัดชนิดหลายวัตถุประสงค์ (Multi-Objective Combinatorial Optimization Problems) หลักการทำงานของ MTS คือใช้ฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องอเนกนาม (multinomial probability mass function) มาช่วยเลือกวัตถุประสงค์เพียง 1 วัตถุประสงค์มาเป็นวัตถุประสงค์หลักสำหรับแต่ละรอบการค้นหาคำตอบ วิธีการนี้เป็นวิธีการที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ง่ายต่อการประยุกต์ใช้และจำนวนวัตถุประสงค์สามารถมีได้มากกว่า 2 วัตถุประสงค์โดยจำนวนวัตถุประสงค์ที่เพิ่มขึ้นนั้นไม่มีผลกระทบต่อความยากง่ายของกระบวนการค้นหาคำตอบ กระบวนการค้นหาคำตอบของ MTS เป็นดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 : กระบวนการเริ่มต้น (Initialization)

1.1) กำหนดให้รายการข้อห้าม (tabu list) และรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม (non-dominated solution list : ND list) เป็นเซตว่าง

1.2) เลือกคำตอบที่อยู่ในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้มา 1 คำตอบเพื่อใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นของกระบวนการค้นหาคำตอบ

1.3) เพิ่มคำตอบในข้อ 1.2) ลงใน ND list

ขั้นตอนที่ 2 : เลือกวัตถุประสงค์หลัก

2.1) ทำการเลือกวัตถุประสงค์หลักโดยการใช้ฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบอเนกนาม

ขั้นตอนที่ 3 : ค้นหาคำตอบข้างเคียง

3.1) ค้นหาคำตอบข้างเคียงทั้งหมดที่เป็นไปได้

3.2) เลือกคำตอบที่มีค่าวัตถุประสงค์หลักดีที่สุดและไม่ถูกห้ามหรือคำตอบที่มีค่าวัตถุประสงค์หลักดีที่สุดและเป็นคำตอบที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มมา 1 คำตอบ

ขั้นตอนที่ 4 : ปรับปรุงรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม

4.1) นำคำตอบที่ได้จากข้อ 3.2) มาเปรียบเทียบกับคำตอบที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทุกตัว โดยการเปรียบเทียบนั้นมีอยู่ 3 กรณี คือ

กรณีที่ 1 : เมื่อคำตอบที่ได้จากข้อ 3.2) ข่มบางคำตอบที่อยู่ใน ND list ให้ทำการลบคำตอบที่ถูกข่มออกจาก ND list แล้วเพิ่มคำตอบจากข้อ 3.2) ลงไปใน ND list

กรณีที่ 2 : เมื่อคำตอบที่ได้จากข้อ 3.2) ไม่ข่มคำตอบที่อยู่ใน ND list และไม่ถูกข่มโดยคำตอบที่อยู่ใน ND list ให้ทำการเพิ่มคำตอบที่ได้จากข้อ 3.2) ลงไปใน ND list

กรณีที่ 3 : เมื่อคำตอบที่ได้จากข้อ 3.2) ถูกข่มโดยคำตอบที่อยู่ใน ND list ไม่ต้องปรับปรุงคำตอบใน ND list

ขั้นตอนที่ 5 : ปรับปรุงรายการข้อห้าม

5.1) เพิ่มลักษณะการค้นหาคำตอบของคำตอบจากข้อ 3.2) ลงใน tabu list ในลำดับสุดท้าย เมื่อ tabu list เต็มให้ลบรายการที่เก่าที่สุดออกแล้วจึงเพิ่มรายการใหม่ลงไป

5.2) เปลี่ยนแปลงขนาดของ tabu list ทุก ๆ 20 รอบการค้นหา

ขั้นตอนที่ 6 : เพิ่มความหลากหลายของคำตอบ (Diversification)

6.1) หาก ND list ไม่มีการปรับปรุงคำตอบต่อเนื่องกันเป็นจำนวนรอบเท่ากับเกณฑ์หยุดการค้นหา (stopping criterion)/4 ให้ทำการเลือกคำตอบที่ไม่ถูกข่มอย่างสุ่มจากคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่พบระหว่างการค้นหาคำตอบมา 1 คำตอบ

6.2) กำหนดให้ tabu list เป็นเซตว่าง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

6.3) นำคำตอบจากข้อ 6.1) มาใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นสำหรับการค้นหาคำตอบในรอบถัดไปและวนกลับไปทำขั้นตอนที่ 2 ใหม่

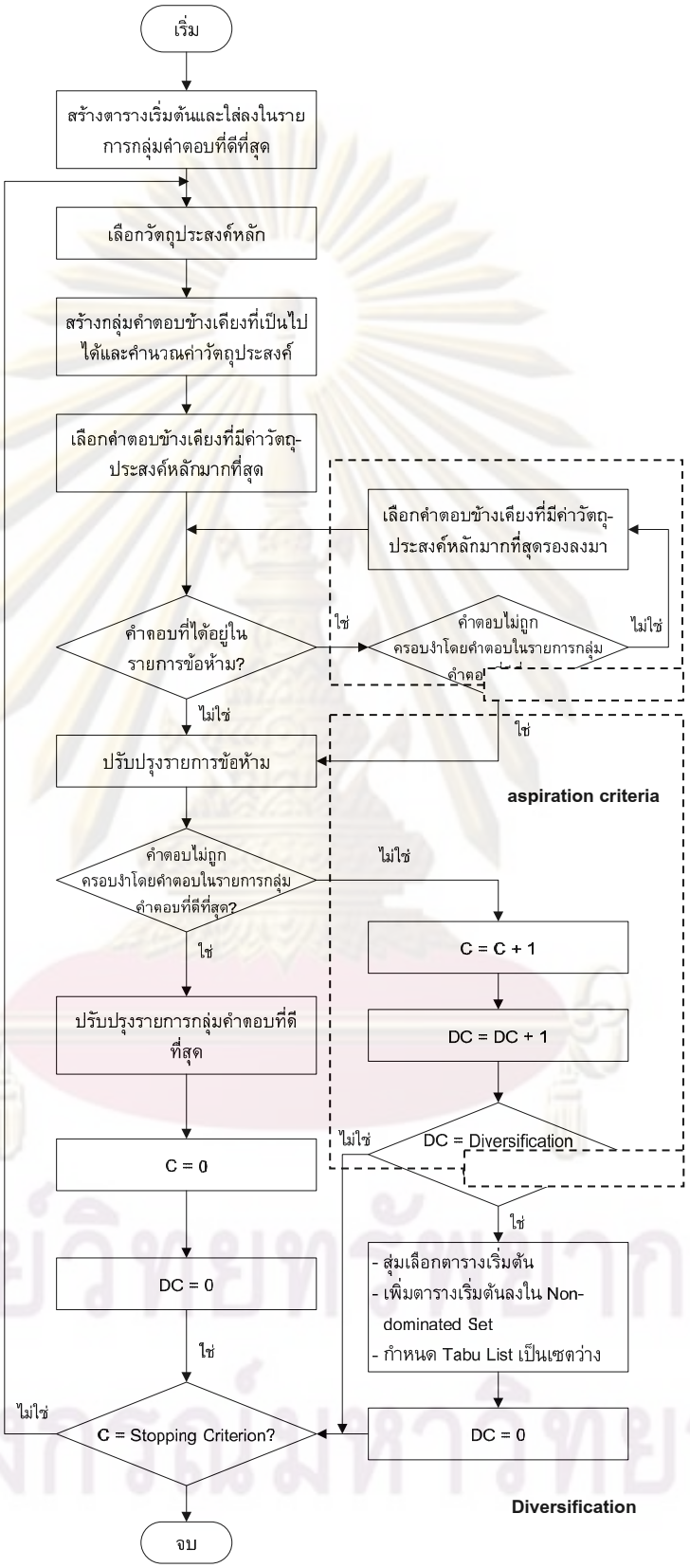
ขั้นตอนที่ 7 : ตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดการค้นหาคำตอบ

7.1) ตรวจสอบกระบวนการค้นหาคำตอบกับเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ ซึ่งเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบคือจำนวนรอบที่ไม่มีการปรับปรุง ND list หากจำนวนรอบดังกล่าวยังมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ ให้กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 ใหม่

7.2) จำนวนรอบที่ไม่มีการปรับปรุง ND list มีค่าเท่ากับเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ ให้หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบนั้นและคำตอบที่อยู่ใน ND list ก็คือกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มนั่นเอง

จากขั้นตอนการค้นหาคำตอบด้วย MTS ข้างต้นสามารถเขียนเป็นแผนผังกระบวนการทำงานได้ดังรูปที่ 3.4

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 3.4 แผนผังแสดงกระบวนการค้นหาคำตอบของ MTS

3.3.3 ตัววัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม

เมื่อมีการทดลองเพื่อหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีการที่ต่างกัน ผู้ทดลองจะทราบได้อย่างไรว่ากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มกลุ่มใดเป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีตัววัดสมรรถนะที่ดีพอที่จะสามารถใช้เป็นตัวเปรียบเทียบกลุ่มคำตอบเหล่านั้นได้ สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้อัตราส่วนของคำตอบที่ไม่มีคำตอบใดข่มคำตอบนี้ (ratio of non-dominated solution : R_{NDS}) เป็นตัววัดสมรรถนะของกลุ่มคำตอบ สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ (3.9) (Ishibuchi et al., 2003)

$$R_{NDS}(S_j) = \frac{\left|S_j - \left\{x \in S_j \mid \exists y \in S : y \prec x\right\}\right|}{\left|S_j\right|} \tag{3.9}$$

โดยที่ S_j คือคำตอบที่ j เมื่อ $j = 1,2,3,...,J$

S คือการรวมกันของคำตอบ J เซตคำตอบ $S = S_1 \cup S_2 \cup S_3 \cup ... \cup S_J$

x คือคำตอบที่หาได้

y คือคำตอบที่แท้จริง

$y \prec x$ หมายถึงคำตอบ x ถูกข่มโดยคำตอบ y

3.4 สรุปท้ายบท

จากการสำรวจงานวิจัยด้านวิธีการแก้ปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์ที่ผ่านมาและการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์ ผู้วิจัยได้เลือก MTS มาใช้ในขั้นตอนการหาคำตอบและเลือก Global Criteria Method มาใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจเลือกคำตอบ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตชนิดหลายวัตถุประสงค์ของโรงงานกรณีศึกษา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

การประยุกต์ใช้ฮิวริสติกเพื่อการจัดตารางการผลิต

จากบทที่ 3 ที่ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาและวิธีการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์สำหรับปัญหาการหาค่าเหมาะสมที่สุดชนิดหลายวัตถุประสงค์และได้เลือกวิธี MTS มาใช้ในการหาค้นหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มและวิธี Global Criteria Method มาช่วยในการตัดสินใจเลือกตารางการผลิตจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่ได้จากวิธี MTS แล้ว ดังนั้นในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการประยุกต์ใช้ MTS เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางของงานวิจัยนี้อย่างละเอียดและออกแบบวิธีการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆของ MTS ที่เหมาะสมกับปัญหา

4.1 การประยุกต์ใช้ MTS เพื่อแก้ปัญหาการจัตารางการผลิต

ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 2 แล้วว่าขั้นตอนการจัดตารางการผลิตประกอบด้วย 2 ขั้นตอนหลัก คือ ขั้นตอนการจัดสรรงานลงเครื่องจักรและขั้นตอนการจัดสรรช่องผลิตของเครื่องจักรให้กับงาน เมื่อทำครบทั้ง 2 ขั้นตอนแล้วจะได้ตารางการผลิตที่อยู่ในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (feasible solution space) ออกมาซึ่งตารางการผลิตที่ได้นี้อาจจะเป็นตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มหรือไม่ก็ได้ แต่การแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตนั้นตารางการผลิตที่ได้จะต้องเป็นตารางการผลิตที่บรรลุวัตถุประสงค์ทั้ง 2 ประการของปัญหา ซึ่งการประยุกต์ใช้ MTS นั้นเป็นการประยุกต์ใช้เพื่อการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตที่เกิดขึ้น โดย MTS เป็นวิธีการที่ใช้เพื่อการปรับปรุงตารางการผลิตให้มีค่าวัตถุประสงค์ที่ดีขึ้น ขั้นตอนการประยุกต์ใช้ MTS เพื่อการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เป็นดังนี้

4.1.1 กระบวนการเริ่มต้น (Initialization)

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการก่อนที่จะเริ่มกระบวนการปรับปรุงคำตอบ โดยในขั้นแรกจะต้องสร้างรายการข้อห้าม (tabu list) และรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม (non-dominated solution list : ND list) และกำหนดให้รายการทั้งสองเป็นเซตว่าง ซึ่ง ND list คือรายการที่ใช้เพื่อเก็บคำตอบที่เป็นคำตอบที่ไม่ถูกข่มและ tabu list คือรายการที่ใช้เก็บเส้นทางในการค้นหาคำตอบ (tabu active) ของคำตอบที่ถูกเลือกจากกลุ่มคำตอบข้างเคียงให้เป็นตัวแทนของรอบการค้นหานั้น เพื่อป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่มีเส้นทางในการค้นหาคำตอบซ้ำกับเส้นทางใน tabu list ซึ่งเป็นเส้นทางเดิมที่เคยถูกค้นหามาแล้ว (บุญเสริม, 2005) โดยการป้องกันการเดินซ้ำเส้นทางเดิมนี้เป็นการป้องกันไม่ให้คำตอบตกอยู่ในภาวะที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะที่ (local optimum) (ณัฐพล และ ธนัญญา, 2005) (ปารเมศ, 2003) โดย tabu list จะมีขนาดเท่ากับระยะเวลาต้องห้าม (tabu

tenure) (Glover และ Laguna, 2002) ที่กำหนด ซึ่งเป็นจำนวนรอบของการค้นหาคำตอบที่ห้ามไม่ให้เลือกคำตอบที่เดินบนเส้นทางการค้นหาคำตอบเดียวกันมาเป็นคำตอบของรอบการค้นหานั้น

ขั้นตอนต่อมาคือขั้นตอนของการสร้างตารางการผลิตเริ่มต้น โดยขั้นตอนในการสร้างตารางการผลิตเริ่มต้นของงานวิจัยนี้เป็นไปตามขั้นตอนการจัดตารางการผลิต 2 ขั้นตอนดังนี้

1) ขั้นตอนการจัดสรรงานลงเครื่องจักร มีขั้นตอนดังนี้

1.1) ทำการจัดกลุ่มให้งานทั้งหมด N งานได้เป็น $G = \{1,2,...,G\}$ กลุ่ม

1.2) ทำการเปลี่ยนหน่วยปริมาณที่สั่งผลิตของแต่ละงานให้อยู่ในหน่วยหลา จากนั้นหาผลรวมของปริมาณการสั่งผลิตในหน่วยหลาของงานทั้งหมดที่อยู่ในกลุ่มงานแต่ละกลุ่ม ดังสมการที่ (4.1)-(4.2)

$$P_k^{sub} = P_k^{main} \times u_k, \qquad \forall k \in N_g \tag{4.1}$$

$$s_g = \sum_{k \in N_g} P_k^{sub}, \qquad \forall g \in G \tag{4.2}$$

โดยที่ P_k^{main} คือปริมาณการสั่งผลิตในหน่วยหลักของงาน k

P_k^{sub} คือปริมาณการสั่งผลิตในหน่วยหลาของงาน k

u_k คือค่าการแปลงหน่วยของงาน k จากหน่วยหลักไปเป็นหน่วยหลา

s_g คือปริมาณการสั่งผลิตรวมของงานทุกงานที่อยู่ในกลุ่ม g

N_g คือเซตของงานที่ถูกจัดให้อยู่ในกลุ่ม g

เมื่อ $g = \{1,2,...,G\}$

1.3) ทำการจัดสรรจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดจำนวน M เครื่องให้กลุ่มงานตามปริมาณการสั่งผลิตในข้อ 1.2) โดยแต่ละกลุ่มจะต้องมีเครื่องจักรอย่างน้อย 1 เครื่องดังสมการที่ (4.3)-(4.4)

$$M = \sum_{g \in G} m_g \tag{4.3}$$

$$m_g \geq 1, \qquad \forall g \in G \tag{4.4}$$

โดยที่ m_g คือจำนวนเครื่องจักรที่จัดให้ผลิตงานในกลุ่ม g

M คือจำนวนเครื่องจักรทั้งหมดที่สามารถใช้ผลิตงานในคาบเวลานี้ได้

เมื่อ $g = \{1,2,...,G\}$

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.4) เลือกเครื่องจักรให้งานในแต่ละกลุ่มตามจำนวนในข้อ 1.3) โดยจะพิจารณาเครื่องจักรที่ว่างและมีประสิทธิภาพสูง โดยเครื่องจักรที่เลือกจะต้องสามารถผลิตงานในกลุ่มนั้นได้

1.5) จัดสรรงานของแต่ละกลุ่มให้กับเครื่องจักรที่ถูกเลือกมาจากข้อ 1.4) ซึ่งทำได้โดยเรียงลำดับงานที่มีปริมาณการผลิตในหน่วยหลาจากมากที่สุดไปน้อยที่สุด จากนั้นจัดสรรงานที่มีปริมาณการสั่งผลิตมากที่สุดให้กับเครื่องจักร ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดและนำงานที่มีปริมาณการสั่งผลิตรองลงมาจัดสรรให้กับเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพรองลงมาจนครบจำนวนเครื่องจักรแล้วจึงนำงานไปจัดสรรให้เครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดอีกครั้ง ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนงานทุกงานในกลุ่มถูกจัดสรรจนครบ

2) ขั้นตอนการจัดสรรช่องผลิตของเครื่องจักรให้กับงาน ทำได้โดยจัดสรรช่องผลิตที่มีอยู่จำนวน L_M ช่องของเครื่องจักรให้กับงานแต่ละงานที่ได้จากข้อ 1.5) โดยจะจัดสรรช่องผลิตให้งานตามอัตราส่วนปริมาณการผลิตในหน่วยหลา ถ้าหากงานใดมีอัตราส่วนปริมาณการสั่งผลิตมากก็จะจัดสรรให้ได้รับช่องผลิตมากเช่นเดียวกับงานที่มีอัตราส่วนปริมาณการสั่งผลิตน้อยก็จะจัดสรรให้ได้รับช่องผลิตน้อยเช่นกัน โดยมีเงื่อนไขของการจัดสรรว่าจะต้องจัดสรรช่องผลิตจนหมด ดังสมการที่ (4.5)

$$L_j = \sum_{i \in Q_j} l_{ij}, \qquad \forall j \in M \tag{4.5}$$

โดยที่ l_{ij} คือจำนวนช่องผลิตที่จัดสรรให้ผลิตงานงาน i บนเครื่องจักร j

L_j คือจำนวนช่องผลิตที่มีอยู่ทั้งหมดของเครื่องจักร j

เมื่อได้ตารางการผลิตเริ่มต้นเรียบร้อยแล้วให้เพิ่มตารางการผลิตเริ่มต้นนี้ลงใน ND list แล้วเริ่มกระบวนการปรับปรุงตารางการผลิตต่อไป

4.1.2 การเลือกวัตถุประสงค์หลัก

การเลือกวัตถุหลักนั้นนำเอาฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องอเนกนาม (multinomial probability mass function) เข้ามาช่วย โดยจะต้องกำหนดความน่าจะเป็นของแต่ละวัตถุประสงค์ก่อน และผลรวมของค่าความน่าจะเป็นของทุกวัตถุประสงค์ต้องมีค่าเท่ากับ 1 จากนั้นคำนวณฟังก์ชันการแจกแจงสะสม ดังสมการที่ (4.6)-(4.7)

$$0 \le f(y_a) \le 1 \qquad \forall a \in A \tag{4.6}$$

$$\sum_{a \in A} f(y_a) = 1 \tag{4.7}$$

โดยที่ $f(y_a)$ คือความน่าจะเป็นของวัตถุประสงค์ a
เมื่อ $a = \{1,2,...,A\}$

ก่อนการค้นหาตารางการผลิตข้างเคียงของทุกรอบการค้นหาคำตอบจะต้องมีการเลือกวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาตารางการผลิต ทำได้โดยสุ่มตัวเลขสุ่มมา 1 ค่า ค่าตัวเลขสุ่มนี้ตกอยู่ในช่วงของค่าความน่าจะเป็นของวัตถุประสงค์ใดก็ให้เลือกวัตถุประสงค์นั้นมาเป็นวัตถุประสงค์หลัก

สำหรับปัญหาในงานวิจัยนี้เป็นปัญหา 2 วัตถุประสงค์ ค่าความน่าจะเป็นของแต่ละวัตถุประสงค์เท่ากับ 0.5 (Kulturel-Konak et al., 2006) และตารางความน่าจะเป็นของแต่ละวัตถุประสงค์เป็นดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ค่าความน่าจะเป็นของแต่ละวัตถุประสงค์

วัตถุประสงค์	ความน่าจะเป็น	ช่วงของความน่าจะเป็น
1. เวลาเดินเครื่องเปล่ารวมต่ำสุด	0.5	0.00-0.50
2. ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาต่ำสุด	0.5	0.51-1.00

4.1.3 การสร้างตารางการผลิตข้างเคียง (Neighborhood Production Schedule)

ตารางการผลิตข้างเคียงนั้นได้มาจากการเปลี่ยนแปลงค่าบางค่าของคำตอบหรือการย้ายตำแหน่งบางส่วนของคำตอบตามรูปแบบที่กำหนดทำให้เกิดคำตอบใหม่ ๆขึ้น ซึ่งรูปแบบการค้นหาคำตอบข้างเคียงในงานวิจัยนี้มีอยู่ 2 แบบ คือ

4.1.3.1 การเพิ่ม-ลดจำนวนช่องผลิต (Add-drop Move)

สำหรับทุก ๆเครื่องจักรที่ถูกจัดสรรให้ผลิตงานมากกว่า 1 งานจะมีงานที่มีเวลาเสร็จงานจริงสูงที่สุดและงานที่มีเวลาเสร็จงานจริงต่ำที่สุด การเพิ่ม-ลดจำนวนช่องผลิตทำได้โดยการลดจำนวนช่องผลิตของงานที่มีเวลาเสร็จงานจริงต่ำที่สุดลง 1 ช่องแล้วนำไปเพิ่มให้กับงานที่มีเวลาเสร็จงานจริงสูงที่สุดในเครื่องจักรเดียวกัน การลดช่องผลิตจากงานหนึ่งไปเพิ่มให้อีกงานหนึ่งบนเครื่องจักรเดียวกันเช่นนี้จะทำให้ได้ตารางการผลิตข้างเคียง 1 ตาราง โดยจะทำการเพิ่มลดช่องผลิตกับทุก ๆเครื่องจักรที่ถูกจัดสรรให้ผลิตงานมากกว่า 1 งาน แล้วจึงคำนวณค่าวัตถุประสงค์ของตารางข้างเคียงที่ได้ ซึ่งเส้นทางการค้นหาตารางการผลิตของวิธีการเพิ่ม-ลดจำนวนช่องผลิตนี้คือหมายเลขงานที่ถูกลดช่องผลิตและหมายเลขงานที่ถูกเพิ่มช่องผลิต

4.1.3.2 การแทรกงาน (Insert Move)

สำหรับกลุ่มงานที่ได้รับการจัดสรรให้มีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมากกว่า 1 เครื่อง จะมีเครื่องจักรที่มีผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงกับเวลาเสร็จงานตามสัญญาของงานที่ผลิตอยู่บนเครื่องจักรนั้นสูงที่สุดและต่ำที่สุด ซึ่งการแทรกงานทำได้โดยนำงานที่ผลิตอยู่บนเครื่องจักรที่มีอัตราของเวลาเสร็จงานสูงสุดแต่ละงานไปผลิตบนเครื่องจักรที่มีอัตราของเวลาเสร็จงานต่ำสุดทำเช่นนี้จนครบทุกงาน การนำงานไปแทรกทีละงานก็จะทำให้ได้ตารางข้างเคียง 1 ตาราง ทำเช่นนี้จนครบทุกกลุ่มที่ได้รับการจัดสรรให้มีเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิตมากกว่า 1 เครื่อง จากนั้นจึงจัดสรรช่องผลิต คำนวณค่าต่าง ๆที่เกี่ยวข้องและคำนวณค่าวัตถุประสงค์ของตารางข้างเคียงที่ได้ ซึ่งเส้นทางการค้นหาตารางการผลิตของวิธีการแทรกงานนี้คือหมายเลขงานที่นำไปแทรกและหมายเลขเครื่องจักรที่ถูกแทรกงาน

เนื่องจากมีวิธีการค้นหาตารางการผลิตข้างเคียง 2 วิธี จึงทำให้จำเป็นต้องมี tabu list 2 รายการคือรายการที่ได้จากการเพิ่ม-ลดจำนวนช่องผลิตและรายการที่ได้จากการแทรกงาน

4.1.4 การปรับปรุงรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม

การปรับปรุงรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม (ND list) ก่อนที่จะทำการปรับปรุง ND list นี้ได้นั้นจะต้องทราบถึงรูปแบบการเปรียบเทียบคำตอบเสียก่อน เมื่อทราบรูปแบบการเปรียบเทียบคำตอบแล้วจึงจะสามารถปรับปรุง ND list ได้

4.1.4.1 หลักในการปรับปรุงรายการคำตอบ

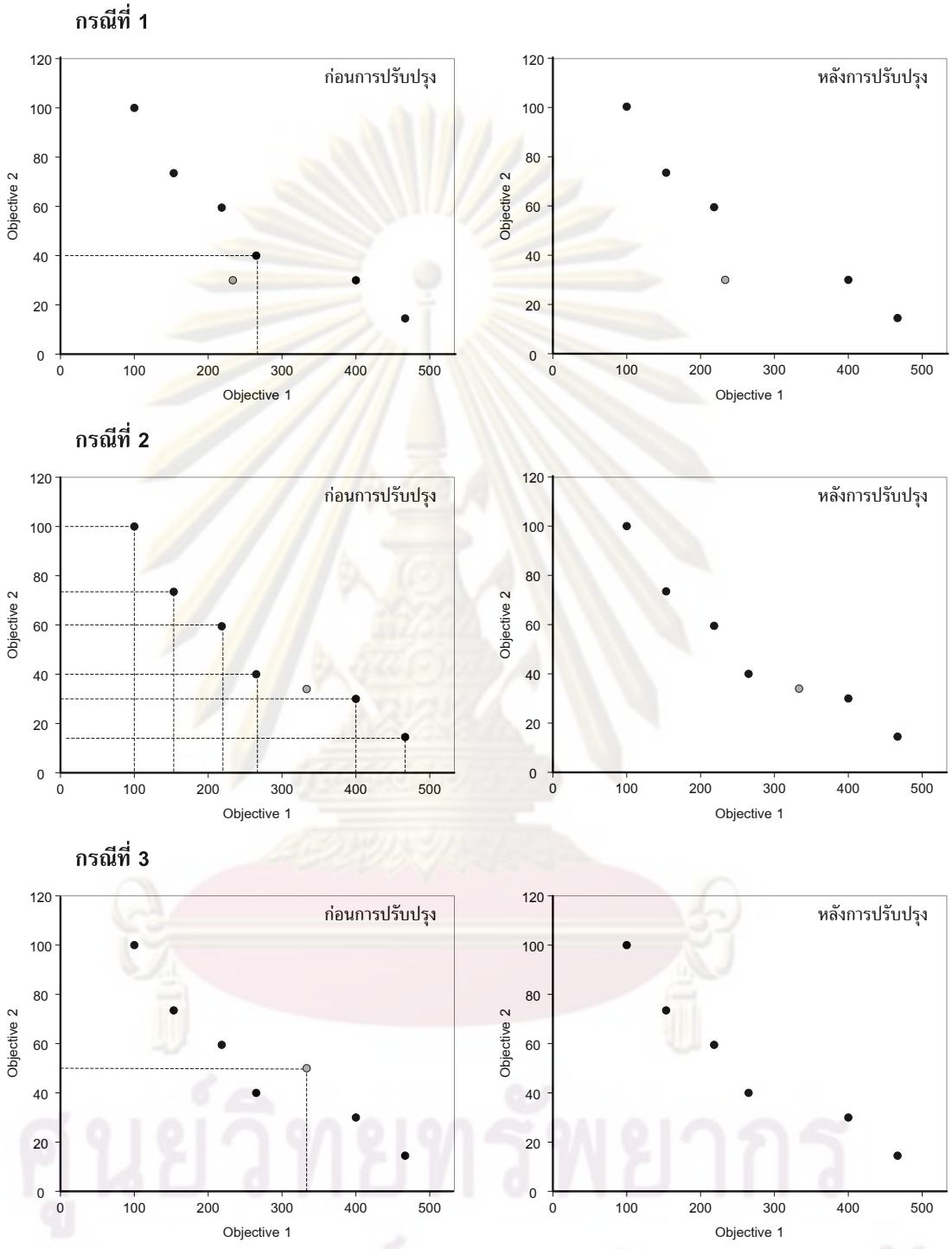
หลักการปรับปรุงรายการตารางการผลิตที่ถูกเลือกกับตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มทุกตัว โดยการปรับปรุงนั้นแบ่งได้เป็น 3 กรณี ดังรูปที่ 4.1 คือ

กรณีที่ 1 เมื่อตารางการผลิตที่ถูกเลือกข่มบางคำตอบที่อยู่ใน ND list ให้ลบคำตอบที่ถูกข่มออกจาก ND list แล้วเพิ่มตารางการผลิตที่ถูกเลือกลงไปใน ND list

กรณีที่ 2 เมื่อตารางการผลิตที่ถูกเลือกไม่ข่มคำตอบที่อยู่ใน ND list และไม่ถูกข่มโดยคำตอบที่อยู่ใน ND list ให้ทำการเพิ่มตารางการผลิตที่ถูกเลือกลงไปใน ND list

กรณีที่ 3 เมื่อตารางการผลิตที่ถูกเลือกถูกข่มโดยคำตอบที่อยู่ใน ND list ไม่ต้องปรับปรุงคำตอบใน ND list

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.1 การปรับปรุงรายการคำตอบใน 3 กรณี

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.4.2 การเลือกคำตอบจากกลุ่มคำตอบข้างเคียงและการปรับปรุงรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม

เมื่อทำการค้นหาตารางการผลิตข้างเคียงเรียบร้อยแล้วจะต้องทำการเลือกตารางการผลิตข้างเคียงที่เป็นตัวแทนของรอบการค้นหานี้มา 1 ตาราง โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) เลือกตารางการผลิตข้างเคียงที่มีค่าวัตถุประสงค์หลักสูงที่สุดออกมา 1 ตาราง

2) นำเส้นทางการค้นหาคำตอบของตารางการผลิตในข้อ 1) ไปตรวจสอบกับเส้นทางการค้นหาคำตอบใน tabu list ว่าตารางการผลิตที่เลือกมานั้นเป็นตารางการผลิตที่มีเส้นทางการค้นหาคำตอบซ้ำกับเส้นทางที่อยู่ใน tabu list หรือไม่ ซึ่งแบ่งเป็น 2 กรณีคือซ้ำกับไม่ซ้ำดังนี้

2.1) กรณีที่เส้นทางการค้นหาคำตอบซ้ำกับเส้นทางใน tabu list ให้นำตารางการผลิตนี้ไปตรวจสอบกับ ND list ว่าตารางการผลิตนี้สามารถเพิ่มเข้าลงไปใน ND list ได้หรือไม่ สามารถเกิดได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ถ้าสามารถเพิ่มได้ก็ให้ทำการปรับปรุง ND list โดยไม่ต้องสนใจว่าตารางการผลิตนี้จะถูกห้ามหรือไม่ ซึ่งจะเรียกการกระทำเช่นนี้ว่าเกณฑ์แห่งความปรารถนา (Aspiration Criteria) เป็นวิธีการในการให้โอกาสกับตารางการผลิตข้างเคียงที่สามารถเข้ามาอยู่ใน ND list ได้

กรณีที่ 2 ถ้าไม่สามารถเพิ่มได้ให้เลือกคำตอบที่เป็นตัวแทนของรอบการค้นหานี้ใหม่ โดยเลือกคำตอบที่มีค่าวัตถุประสงค์หลักรองลงมาแล้วนำกลับไปพิจารณาตามข้อ 2) ต่อไปจนกว่าตารางการผลิตที่ได้เป็นไปตามกรณีที่ 1 หรือเป็นไปตามข้อ 2.2)

2.2) กรณีที่เส้นทางการค้นหาคำตอบไม่ซ้ำกับเส้นทางใน tabu list ให้นำตารางการผลิตนี้ไปตรวจสอบกับ ND list ว่าตารางการผลิตนี้สามารถเพิ่มเข้าลงไปใน ND list ได้หรือไม่ สามารถเกิดได้ 2 กรณี คือ

กรณีที่ 1 ถ้าสามารถเพิ่มได้ก็ให้ทำการปรับปรุง ND list

กรณีที่ 2 ถ้าไม่สามารถเพิ่มได้ให้เริ่มทำการค้นหาในรอบต่อไปโดยใช้ตารางการผลิตนี้เป็นตารางการผลิตเริ่มต้นในการค้นหาตาราการผลิตข้างเคียงในรอบต่อไป

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.1.5 การปรับปรุงรายการข้อห้าม

เมื่อเลือกตารางการผลิตที่ได้จากกลุ่มตารางการผลิตข้างเคียงได้แล้ว จากนั้นจึงทำการปรับปรุง tabu list โดยนำเส้นทางการค้นหาคำตอบของตารางการผลิตที่เลือกไปเพิ่มใน tabu list ของการวิธีการค้นหาคำตอบข้างเคียงของตารางการผลิตนั้น โดยทำการเพิ่มเส้นทางการค้นหาคำตอบนี้ลงในลำดับสุดท้ายแล้วเลื่อนรายการอื่น ๆขึ้นไปและให้ลบเส้นทางการค้นหาคำตอบที่อยู่ในลำดับแรกออก ซึ่งรายการในลำดับแรกนั้นเป็นรายการที่เก่าที่สุด สำหรับขนาดของ tabu list หรือระยะเวลาต้องห้ามที่ใช้ในงานวิจัยนี้มีค่าคงที่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงขนาดไม่มีผลต่อการค้นหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่ม (Kulturel-Konak et al., 2006)

4.1.6 การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ (Diversification)

ถ้าหาก ND list ไม่มีการปรับปรุงคำตอบต่อเนื่องกันเป็นจำนวนรอบเท่ากับเกณฑ์การเพิ่มความหลากหลาย (diversification criterion) ให้ทำการเลือกคำตอบที่ไม่ถูกข่มอย่างสุ่มจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่พบระหว่างการค้นหาคำตอบแต่ไม่ถูกเลือกให้เป็นตัวแทนในแต่ละรอบของการค้นหาซึ่งจะถูกเก็บไว้ในรายการคำตอบที่เป็นไปได้ (candidate list) มา 1 คำตอบ และกำหนดให้ tabu list เป็นเซตว่าง นำตารางการผลิตที่ได้จากการสุ่มมาปรับปรุง ND list แล้วใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นสำหรับการค้นหาคำตอบในรอบถัดไป

4.1.7 การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดการค้นหาคำตอบ

ตรวจสอบกระบวนการค้นหาคำตอบกับเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ (stopping criterion) ซึ่งเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบคือจำนวนรอบที่ไม่มีการปรับปรุง ND list หากจำนวนรอบดังกล่าวยังมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ ให้กลับไปเริ่มค้นหาคำตอบในรอบต่อไป เมื่อจำนวนรอบที่ต่อเนื่องกันโดยไม่มีการปรับปรุง ND list มีค่าเท่ากับเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ ให้หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบซึ่งเรียกกระบวนการหยุดการค้นหาคำตอบในลักษณะเช่นนี้ว่าการค้นหาแบบปรับปรุงดีที่สุด (Best improvement) (เพ็ญพักตร์, 2551) และคำตอบที่อยู่ใน ND list ก็คือกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มนั่นเอง

4.2 การทดลองเพื่อหาเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ในการประยุกต์ใช้ MTS จะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ซึ่งค่าพารามิเตอร์เหล่านี้จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของคำตอบที่ได้ ดังนั้นจึงต้องมีการทดลองเพื่อหาเซตของพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้แก่ เกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ ความน่าจะเป็นของแต่ละวัตถุประสงค์ ระยะเวลาต้องห้าม (tabu-tenure) และเกณฑ์การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง เพื่อให้ได้ตารางการผลิตที่เป็นกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดแบบวงกว้าง (Global Optimal Solution) แต่เนื่องจากงานวิจัยของ Kulturel-Konak ได้มีการทดลองเพื่อกำหนดค่าความน่าจะเป็นของแต่ละ

วัตถุประสงค์พบว่าควรมีค่าเท่ากัน (Kulturel-Konak et al., 2006) ดังนั้นค่าความน่าจะเป็นของแต่ละวัตถุประสงค์จึงเท่ากับ 0.5

สำหรับปัญหาที่ใช้ในการทดลองเป็นปัญหาจริงทั้งหมดจำนวน 5 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาคืองานทั้งหมดที่มีการสั่งผลิตในคาบเวลาที่ t ข้อมูลนำเข้าของปัญหาทดลองเพื่อใช้ในการจัดตารางการผลิตคือหมายเลขคำสั่งผลิต หมายเลขผลิตภัณฑ์ ปริมาณที่สั่งผลิตและหน่วยที่สั่งผลิต ดังแสดงในภาคผนวก ก. ซึ่งมีวิธีการทดลอง ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการค้นหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกครอบงำ โดยการเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆของ MTS ไป ซึ่งจะได้เซตของค่าพารามิเตอร์ทั้งหมดจำนวน 32 เซต ดังตารางที่ 4.2 เพื่อใช้ในการหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มให้กับปัญหาทั้งหมด 5 ปัญหา

ขั้นตอนที่ 2 หากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุด (obtained-pareto optimal) ของแต่ละปัญหาจากทุกกลุ่มคำตอบที่ได้จากการค้นหาคำตอบโดยใช้เซตของพารามิเตอร์ทั้ง 32 เซตในขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าอัตราส่วนคำตอบที่ไม่ถูกข่มโดยกลุ่มคำตอบที่หาได้ (R_{NDS}) ของทุกกลุ่มคำตอบที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ของทุกปัญหา จากนั้นทำการหาค่า R_{NDS} เฉลี่ยจากทุกปัญหาการทดลองของทุกเซตของพารามิเตอร์

เซตของพารามิเตอร์ที่จะนำมาใช้กับการประยุกต์ MTS เพื่อการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของงานวิจัยนี้คือเซตของพารามิเตอร์ที่มีค่า R_{NDS} เฉลี่ยมากที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 เซตของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง 32 เซต

เกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ (SC) (รอบ)	ระยะเวลาต้องห้าม (รอบ)		เกณฑ์การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ (รอบ)
	การเพิ่ม–ลดจำนวนช่องผลิต	การแทรกงาน	
1000	20	20	SC/5 = 200
			SC/10 = 100
			SC/20 = 50
			SC/50 = 20
	10	10	SC/5 = 200
			SC/10 = 100
			SC/20 = 50
			SC/50 = 20
500	20	20	SC/5 = 100
			SC/10 = 50
			SC/20 = 25
			SC/50 = 10
	10	10	SC/5 = 100
			SC/10 = 50
			SC/20 = 25
			SC/50 = 10
250	20	20	SC/5 = 50
			SC/10 = 25
			SC/20 = 15
			SC/50 = 5
	10	10	SC/5 = 50
			SC/10 = 25
			SC/20 = 15
			SC/50 = 5
100	20	20	SC/5 = 20
			SC/10 = 10
			SC/20 = 5
			SC/50 = 2
	10	10	SC/5 = 20
			SC/10 = 10
			SC/20 = 5
			SC/50 = 2
รวม 32 เซต			

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.3 สรุปท้ายบท

ในขั้นตอนการประยุกต์ใช้ MTS เพื่อการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งนั้นแบ่งออกได้เป็น 7 ขั้นตอนหลักได้แก่

1) กระบวนการเริ่มต้น – เป็นการค้นหาตารางการผลิตเริ่มต้นเพื่อใช้เป็นคำตอบเริ่มต้นในการค้นหาคำตอบข้างเคียงของรอบการค้นหาที่ 1
2) การเลือกวัตถุประสงค์หลัก – เป็นการเลือกวัตถุประสงค์มาเพียงวัตถุประสงค์เดียวจากวัตถุประสงค์ที่มีทั้งหมด เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุประสงค์หลักในการพิจารณาคำตอบในรอบนั้น ๆโดยใช้ฟังก์ชันมวลของความน่าจะเป็นแบบไม่ต่อเนื่องอเนกนาม
3) การสร้างตารางการผลิตข้างเคียง – เป็นการสร้างตารางการผลิตใหม่ด้วยวิธีการเพิ่ม–ลดจำนวนช่องผลิตและวิธีการแทรกงาน
4) การปรับปรุงรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม – เป็นการนำเอาตารางการผลิตที่ถูกเลือกมาจากกลุ่มตารางการผลิตข้างเคียงโดยใช้วัตถุประสงค์หลักจากข้อ 2) เป็นเกณฑ์ไปเปรียบเทียบกับตารางการผลิตที่อยู่ใน ND list ว่าคำตอบนี้จะสามารถเพิ่มเข้าเข้าไปใน ND list ได้หรือไม่
5) การปรับปรุงรายการข้อห้าม – เป็นการนำเอาเส้นทางการค้นหาคำตอบของตารางการผลิตที่ถูกเลือกในข้อ 4) มาเพิ่มลงใน tabu list
6) การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ – เป็นกระบวนการที่ใช้เมื่อรายการ ND list ไม่ถูกปรับปรุงเป็นระยะเวลาเท่ากับเกณฑ์การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ
7) การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดการค้นหาคำตอบ – เป็นการตรวจสอบว่ากระบวนการค้นหาคำตอบนั้นจะหยุดค้นหาคำตอบได้แล้วหรือไม่

จากนั้นจึงทำการทดลองเพื่อหาเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งด้วย MTS โดยการเลือกเซตของพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่า R_{NDS} เฉลี่ยของทั้ง 5 ปัญหามีค่าสูงที่สุด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

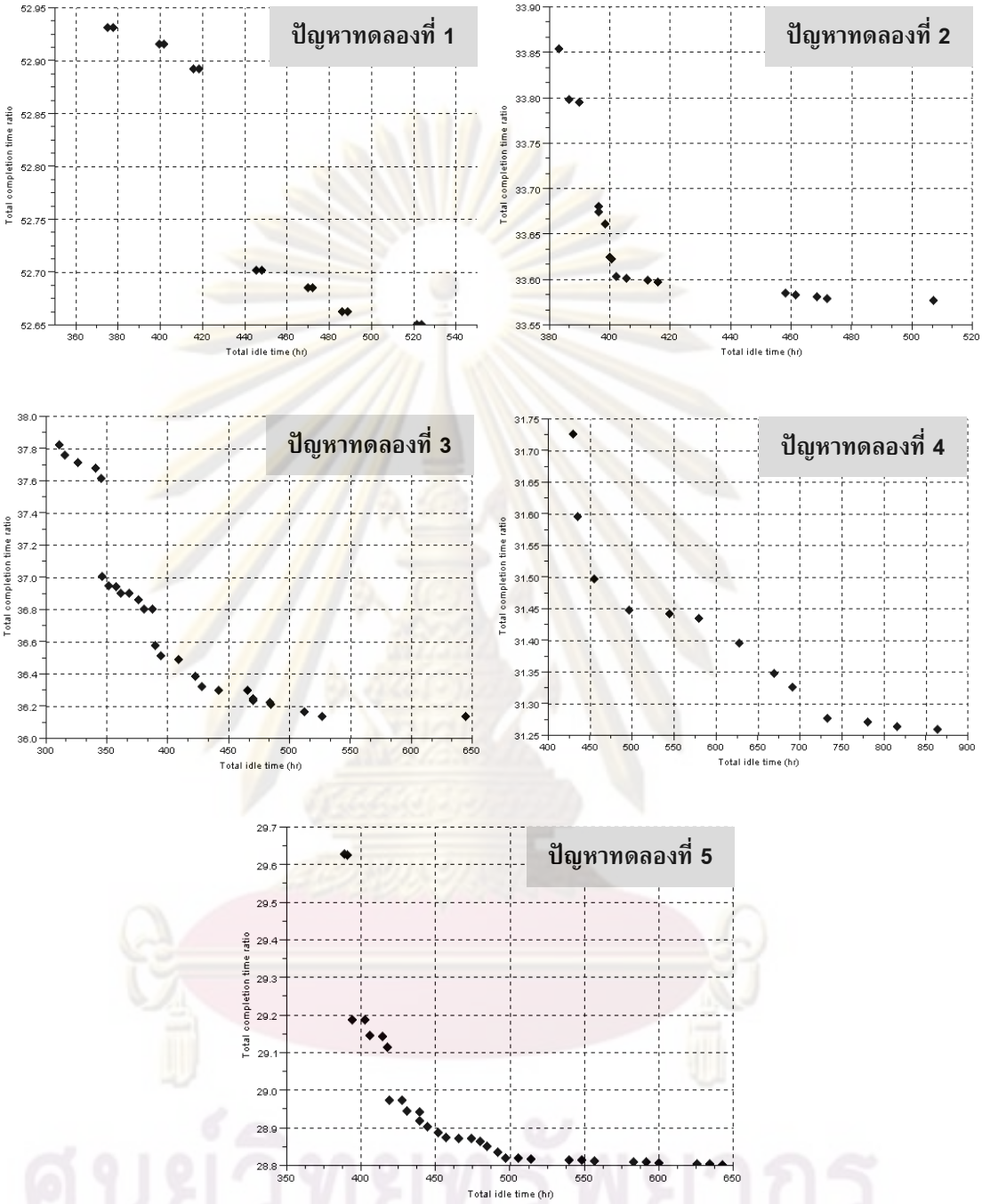
ผลการทดลองและวิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิต

เมื่อทำการประยุกต์ใช้ MTS เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งและทำการออกแบบการทดลองเพื่อหาเซตของพารามิเตอร์ของ MTS ที่เหมาะสมกับปัญหาเรียบร้อยแล้ว จากนั้นจึงทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบไว้ซึ่งได้แสดงผลการทดลองไว้ในบทนี้ นอกจากนั้นยังทำการวิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิตที่ได้จากการประยุกต์ใช้ MTS เปรียบเทียบกับผลการจัดตารางการผลิตที่ได้จากพนักงานอีกด้วย

5.1 ผลการทดลองหาเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

จากการประยุกต์ใช้ MTS เพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของงานวิจัยนี้และได้มีการออกแบบการทดลองเพื่อหาเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหาในบทที่ 4 แล้ว จากนั้นได้ทำการสร้าง MTS ที่นำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาของงานวิจัยด้วยโปรแกรม Scilab แล้วทำการรันผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทั้ง 5 ปัญหาที่มีการเปลี่ยนแปลงเซตของพารามิเตอร์ทั้งหมด 32 เซต ซึ่งจะได้กลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มของแต่ละปัญหาการทดลองทั้งหมด 32 กลุ่ม จากนั้นจึงนำกลุ่มคำตอบทั้ง 32 กลุ่มมาหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ (obtained-pareto optimal) ของแต่ละปัญหา โดยกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ของแต่ละปัญหาการทดลองนั้นได้มาจากการนำคำตอบทุกคำตอบจากกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดทั้ง 32 กลุ่มมารวมกันแล้วเลือกเฉพาะคำตอบที่ไม่ถูกข่ม ดังแสดงในรูปที่ 5.1 จากนั้นจึงทำการคำนวณค่า R_{NDS} ของทุกกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงเซตของพารามิเตอร์โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ของปัญหาทดลองทั้ง 5 ปัญหา จากนั้นจึงคำนวณค่า R_{NDS} เฉลี่ยของแต่ละเซตของพารามิเตอร์ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.1 กลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ (obtained-pareto optimal) ของปัญหาทดลอง 5 ปัญหา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.1 ค่า R_{NDS} และค่า R_{NDS} เฉลี่ยของเซตของพารามิเตอร์ 32 เซต

Parameter				R_{NDS}					Avg.R_{NDS}
SC	TL1	TL2	DC	Prob.1	Prob.2	Prob.3	Prob.4	Prob.5	
1000	20	20	200	0.167	0.500	0.588	0.211	0.964	0.486
			100	0.429	0.824	0.593	0.669	1.000	0.703
			50	0.182	0.941	0.636	0.769	1.000	0.706
			20	0.250	0.889	1.000	0.669	0.750	0.712
	10	10	200	0.250	0.500	0.588	0.250	0.964	0.511
			100	0.429	0.824	0.593	1.000	1.000	0.769
			50	0.250	0.941	0.636	0.667	1.000	0.699
			20	0.250	0.889	1.000	0.571	0.750	0.692
500	20	20	100	0.600	0.733	0.294	0.669	0.852	0.630
			50	0.182	0.882	0.467	0.769	1.000	0.660
			25	0.250	0.944	0.400	0.669	1.000	0.653
			10	0.000	0.941	0.364	0.667	1.000	0.594
	10	10	100	0.600	0.733	0.294	0.529	0.852	0.602
			50	0.250	0.882	0.636	0.667	1.000	0.687
			25	0.250	0.944	0.600	0.800	1.000	0.719
			10	0.000	0.941	0.636	0.667	1.000	0.649
250	20	20	50	0.222	0.643	0.636	0.769	0.935	0.641
			25	0.250	0.944	0.588	0.667	1.000	0.690
			15	0.000	0.944	0.568	0.917	1.000	0.686
			5	0.250	0.941	0.618	0.667	0.806	0.656
	10	10	50	0.143	0.643	0.636	0.267	0.935	0.525
			25	0.250	0.944	0.588	0.667	1.000	0.690
			15	0.000	0.944	0.568	0.917	1.000	0.686
			5	0.250	0.941	0.618	0.667	0.806	0.656
100	20	20	20	0.250	0.647	0.517	0.571	0.611	0.519
			10	0.000	0.941	0.636	0.667	0.933	0.636
			5	0.250	0.941	0.618	0.667	0.806	0.656
			2	0.455	0.833	0.658	0.917	0.781	0.729
	10	10	20	0.250	0.647	0.517	0.571	0.611	0.519
			10	0.000	0.941	0.636	0.667	0.933	0.636
			5	0.250	0.941	0.618	0.667	0.806	0.656
			2	0.455	0.833	0.658	0.917	0.781	0.729

หมายเหตุ : SC คือเกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ
TL1 คือระยะเวลาต้องห้ามของการเพิ่ม-ลดจำนวนช่องผลิต
TL2 คือระยะเวลาต้องห้ามของการแทรกงาน
DC คือเกณฑ์การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ
Avg.R_{NDS} คือค่า R_{NDS} เฉลี่ย
Prob.1 คือปัญหาทดลองที่ 1
Prob.2 คือปัญหาทดลองที่ 2
Prob.3 คือปัญหาทดลองที่ 3
Prob.4 คือปัญหาทดลองที่ 4
Prob.5 คือปัญหาทดลองที่ 5

จากตารางที่ 5.1 พบว่าเซตของพารามิเตอร์ที่มีค่า R_{NDS} เฉลี่ยสูงหมายถึงเมื่อทำการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยใช้เซตของพารามิเตอร์ดังกล่าวมาเป็นเซตของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาพบว่าจำนวนคำตอบจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มที่ไม่ถูกข่มโดยคำตอบที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดที่หาได้ต่อจำนวนคำตอบทั้งหมดในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มเฉลี่ยของทุกปัญหาทดลองมากกว่ากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดของเซตของพารามิเตอร์ที่มีค่า R_{NDS} เฉลี่ยต่ำกว่า ดังนั้นการเลือกเซตของพารามิเตอร์มาใช้เป็นพารามิเตอร์ของ MTS จะต้องเลือกเซตของพารามิเตอร์ที่มีค่า R_{NDS} เฉลี่ยสูงที่สุด ซึ่งเซตของพารามิเตอร์ที่มีค่า R_{NDS} เฉลี่ยสูงที่สุดแสดงดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 สรุปค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆของ MTS ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทผ้าลูกไม้เพื่อการตกแต่ง

พารามิเตอร์	
เกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ	1000 รอบ
ระยะเวลาต้องห้ามของการเพิ่ม–ลดจำนวนช่องผลิต	10 รอบ
ระยะเวลาต้องห้ามของการแทรกงาน	10 รอบ
เกณฑ์การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ	100 รอบ
ความน่าจะเป็นของเวลาเดินเครื่องเปล่ารวม	0.5
ความน่าจะเป็นของผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญารวม	0.5

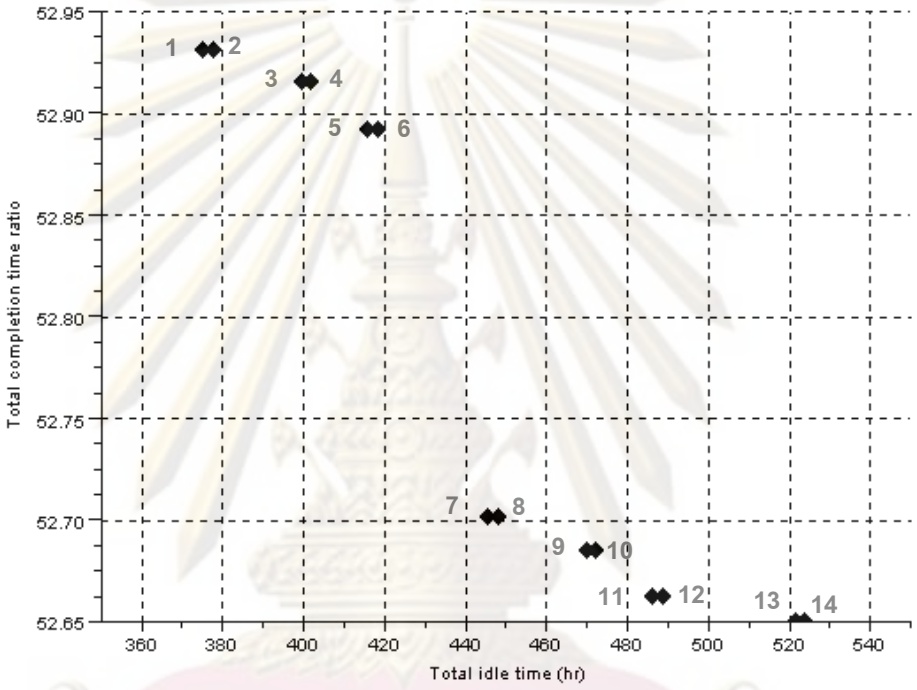
5.2 ผลการจัดตารางการผลิตด้วย MTS

เมื่อทราบแล้วว่าเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับสภาพปัญหาการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาจากหัวข้อที่ 5.1 จากนั้นจึงนำเอาเซตของค่าพารามิเตอร์ที่ได้เหล่านั้นมาใช้ใน MTS เพื่อแก้ปัญการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยทำการจัดตารางการผลิตให้กับปัญหาทดลองทั้ง 5 ปัญหาแล้วนำผลจากการจัดตารางการผลิตที่ได้ไปเปรียบเทียบกับผลที่ได้การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการเดิมเพื่อวัดผลด้านประสิทธิภาพของวัตถุประสงค์และด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

5.2.1 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 1

จากการรันโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วย MTS ของปัญหาทดลองที่ 1 พบว่ามีตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มจำนวนทั้งหมด 14 ตาราง โดยค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการของตารางการผลิตทั้งหมดนั้นแสดงดังรูปที่ 5.2

เมื่อได้กลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 1 แล้วจึงคำนวณค่า z ของทุกตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วยวิธี Global Criteria Method โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองวัตถุประสงค์ที่ได้จากการปรับค่าวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Student's t-statistic ดังแสดงในตารางที่ 5.3 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดออกมาเพียง 1 ตาราง โดยตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดของปัญหาทดลองที่ 1 คือตารางการผลิตหมายเลข 1



รูปที่ 5.2 ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 1

ตารางที่ 5.3 ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 1

ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า z
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
1	375.4161219	-0.166	52.93171988	0.092	0.299
2	377.7128606	-0.162	52.93171988	0.092	0.307
3	399.6302616	-0.123	52.9154843	0.070	0.384
4	401.9270002	-0.119	52.9154843	0.070	0.392
5	416.0720397	-0.094	52.89236222	0.039	0.441
6	418.3687783	-0.090	52.89236222	0.039	0.449
7	445.738367	-0.042	52.70180634	-0.214	0.545

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่ม ของปัญหาทดลองที่ 1

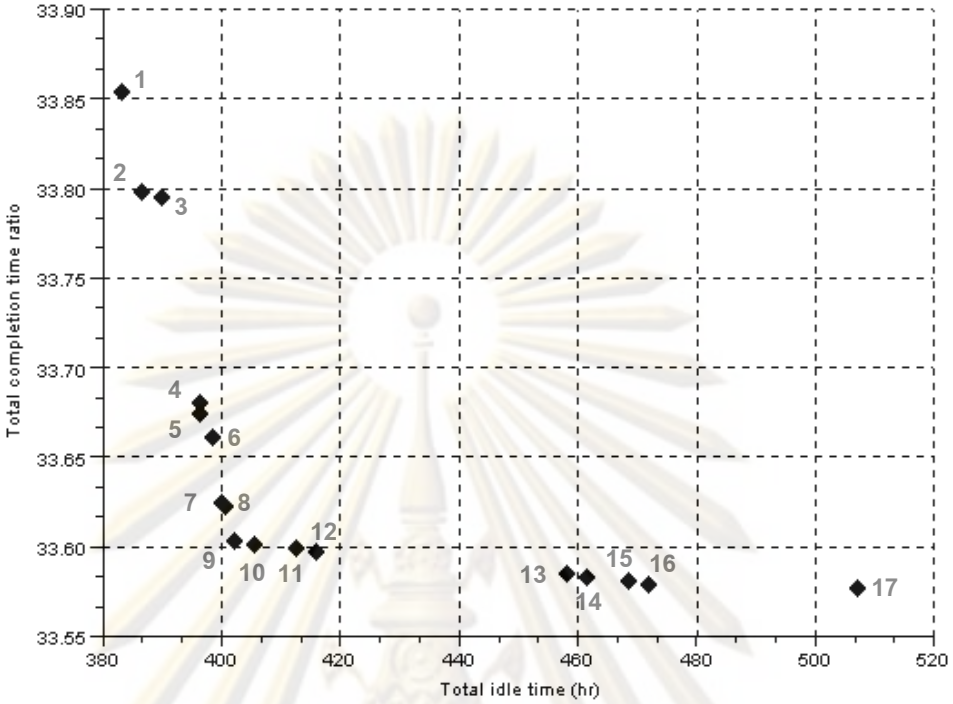
ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า z
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
8	448.0351056	-0.038	52.70180634	-0.214	0.554
9	469.9525067	0.000	52.68557075	-0.235	0.630
10	472.2492453	0.004	52.68557075	-0.235	0.639
11	486.3942848	0.029	52.66244868	-0.266	0.688
12	488.6910234	0.033	52.66244868	-0.266	0.696
13	521.5963708	0.091	52.65080777	-0.282	0.812
14	523.8931095	0.095	52.65080777	-0.282	0.820
หมายเหตุ : z^* มีค่าเท่ากับ 370.836 และ 52.651 จากรูปที่ 5.1 ของปัญหาทดลองที่ 1 z^* มีค่าเท่ากับ -0.174 และ0.0282 จากการหาค่า Student's t-statistic					

5.2.2 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 2

จากการรันโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วย MTS ของปัญหาทดลองที่ 2 พบว่ามีตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มจำนวนทั้งหมด 17 ตาราง โดยค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการของตารางการผลิตทั้งหมดนั้นแสดงดังรูปที่ 5.3

เมื่อได้กลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 2 แล้วจึงคำนวณค่า z ของทุกตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วยวิธี Global Criteria Method โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองวัตถุประสงค์ที่ได้จากการปรับค่าวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Student's t-statistic ดังแสดงในตารางที่ 5.4 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดออกมาเพียง 1 ตาราง โดยตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดของปัญหาทดลองที่ 2 คือตารางการผลิตหมายเลข 9

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 2

ตารางที่ 5.4 ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 2

ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า *z*
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
1	383.1922799	-0.179	33.85352232	0.456	0.621
2	386.8070402	-0.158	33.79769901	0.330	0.517
3	390.1252048	-0.138	33.79544175	0.325	0.532
4	396.4455527	-0.099	33.68057935	0.067	0.312
5	396.454477	-0.099	33.67465956	0.054	0.299
6	398.6642711	-0.086	33.66153903	0.025	0.283
7	400.060313	-0.078	33.62475603	-0.058	0.209
8	400.6012629	-0.074	33.62205128	-0.064	0.206
9	402.2790314	-0.064	33.60361304	-0.105	0.174
10	405.597196	-0.044	33.60135579	-0.110	0.189
11	412.6516798	-0.002	33.59921837	-0.115	0.227
12	415.9698444	0.018	33.59696112	-0.120	0.242
13	458.2282685	0.273	33.5850742	-0.147	0.470
14	461.5464331	0.293	33.58281695	-0.152	0.485

ตารางที่ 5.4(ต่อ) ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่ม ของปัญหาทดลองที่ 2

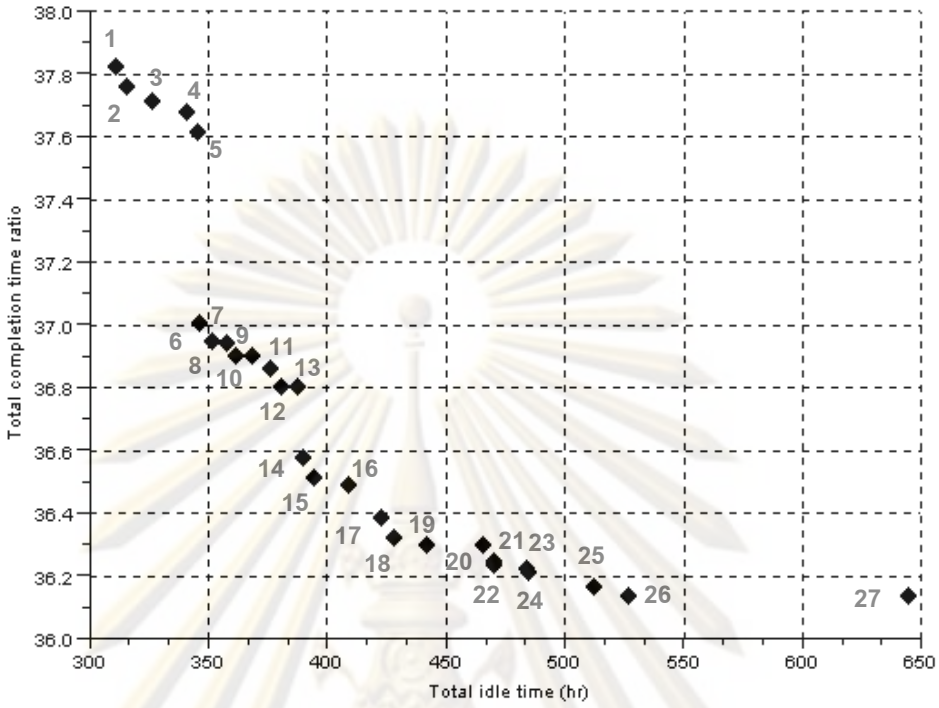
ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า z
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
15	468.6009169	0.335	33.58067953	-0.157	0.523
16	471.9190815	0.355	33.57842228	-0.162	0.538
17	507.0808255	0.567	33.5771665	-0.165	0.747
หมายเหตุ : z^* มีค่าเท่ากับ 383.192 และ 33.577 จากรูปที่ 5.1 ของปัญหาทดลองที่ 2 z^* มีค่าเท่ากับ -0.179 และ0.165 จากการหาค่า Student's t-statistic					

5.2.3 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 3

จากการรันโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วย MTS ของปัญหาทดลองที่ 3 พบว่ามีตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มจำนวนทั้งหมด 27 ตาราง โดยค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการของตารางการผลิตทั้งหมดนั้นแสดงดังรูปที่ 5.4

เมื่อได้กลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 3 แล้วจึงคำนวณค่า z ของทุกตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วยวิธี Global Criteria Method โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองวัตถุประสงค์ที่ได้จากการปรับค่าวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Student's t-statistic ดังแสดงในตารางที่ 5.5 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดออกมาเพียง 1 ตาราง โดยตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดของปัญหาทดลองที่ 3 คือตารางการผลิตหมายเลข 15

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.4 ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 3

ตารางที่ 5.5 ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 3

ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า *z*
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
1	310.9551201	-0.131	37.82159723	0.200	0.386
2	315.8579381	-0.123	37.75956477	0.188	0.382
3	326.5047308	-0.105	37.71520314	0.179	0.391
4	340.7661395	-0.081	37.67742191	0.171	0.407
5	345.6689576	-0.073	37.61538946	0.158	0.402
6	346.5633944	-0.071	37.00719876	0.034	0.280
7	351.4662124	-0.063	36.94516631	0.022	0.275
8	358.1638376	-0.052	36.94461928	0.022	0.286
9	362.1130051	-0.046	36.90080467	0.013	0.284
10	368.8106303	-0.034	36.90025764	0.013	0.295
11	376.3744138	-0.022	36.86302345	0.005	0.300
12	381.2772319	-0.014	36.80099099	-0.008	0.296
13	387.9748571	-0.002	36.80044396	-0.008	0.307

ตารางที่ 5.5(ต่อ) ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่ม ของปัญหาทดลองที่ 3

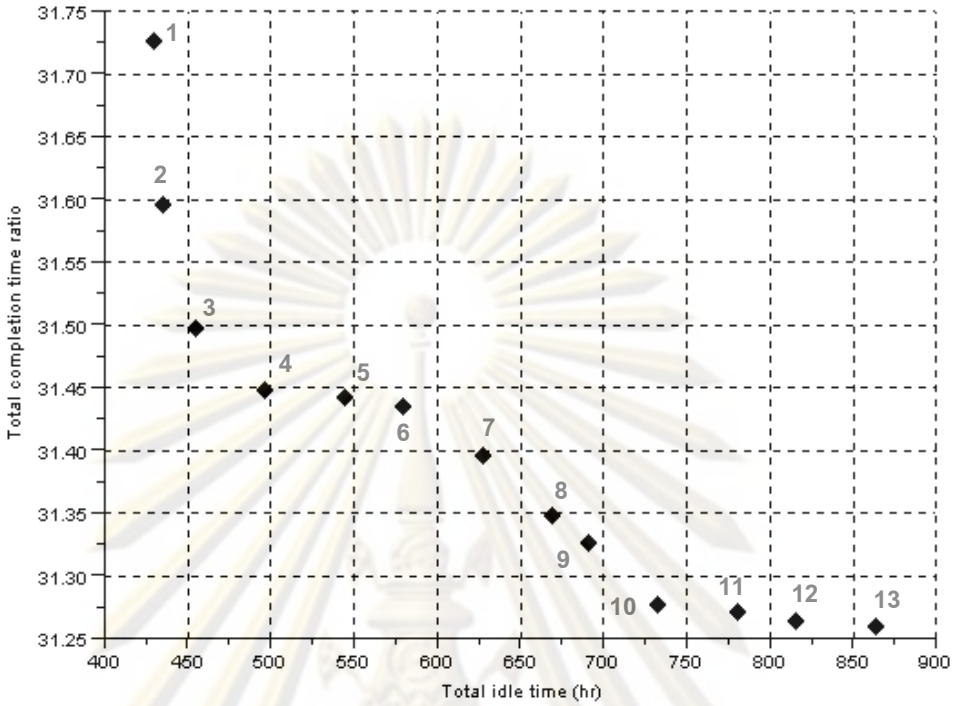
ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า z
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
14	389.8189351	0.001	36.57593997	-0.054	0.264
15	394.7217531	0.009	36.51390751	-0.066	0.260
16	408.9537587	0.033	36.49030992	-0.071	0.279
17	423.1492977	0.056	36.38276241	-0.093	0.280
18	428.0521157	0.065	36.32072995	-0.106	0.276
19	442.2841213	0.088	36.29713236	-0.110	0.295
20	465.8804642	0.128	36.29638465	-0.111	0.334
21	470.0576758	0.135	36.24909623	-0.120	0.331
22	470.7832823	0.136	36.23435219	-0.123	0.330
23	484.2896814	0.158	36.22549865	-0.125	0.350
24	485.0152878	0.160	36.2107546	-0.128	0.349
25	512.7888424	0.206	36.16271847	-0.138	0.385
26	527.0208479	0.230	36.13912088	-0.143	0.404
27	644.553834	0.426	36.13699334	-0.143	0.600

หมายเหตุ : z^* มีค่าเท่ากับ 285.021 และ 36.137 จากรูปที่ 5.1 ของปัญหาทดลองที่ 3
z^* มีค่าเท่ากับ -0.174 และ0.143 จากการหาค่า Student's t-statistic

5.2.4 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 4

จากการรันโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วย MTS ของปัญหาทดลองที่ 4 พบว่ามีตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มจำนวนทั้งหมด 13 ตาราง โดยค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการของตารางการผลิตทั้งหมดนั้นแสดงดังรูปที่ 5.5

เมื่อได้กลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 4 แล้วจึงคำนวณค่า z ของทุกตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วยวิธี Global Criteria Method โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองวัตถุประสงค์ที่ได้จากการปรับค่าวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Student's t-statistic ดังแสดงในตารางที่ 5.6 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดออกมาเพียง 1 ตาราง โดยตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดของปัญหาทดลองที่ 4 คือตารางการผลิตหมายเลข 13



รูปที่ 5.5 ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 4

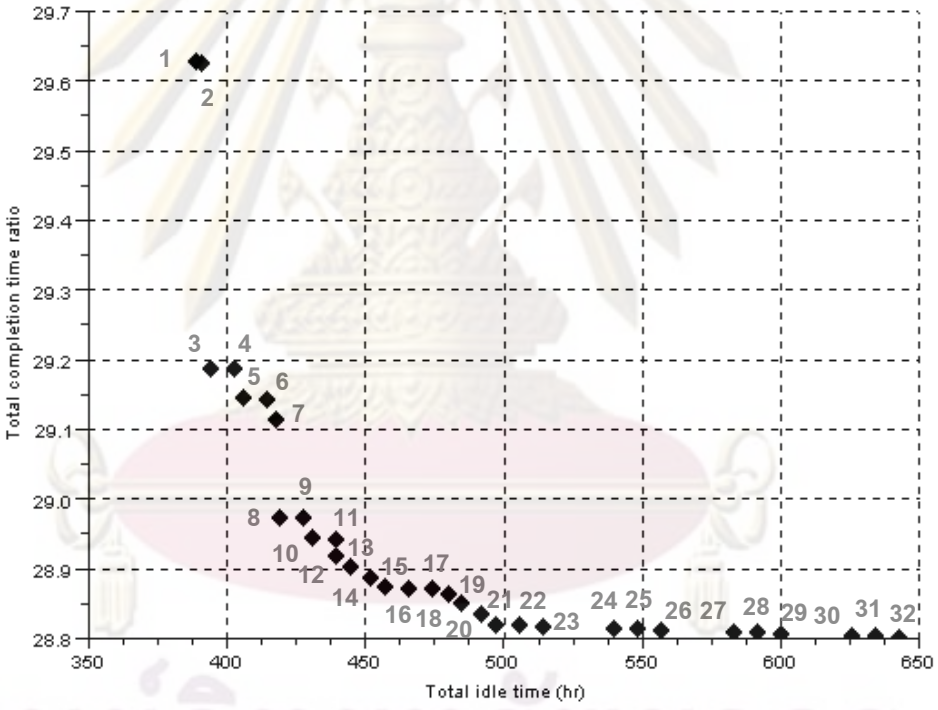
ตารางที่ 5.6 ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 4

ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า z
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
1	430.2060477	-0.307	31.72675052	33.463	42.928
2	435.7111399	-0.301	31.59572924	21.433	30.904
3	455.1201522	-0.278	31.49727257	12.393	21.887
4	497.2920551	-0.229	31.44841435	7.907	17.450
5	544.6293332	-0.174	31.44225875	7.342	16.941
6	580.1834632	-0.132	31.43533611	6.707	16.347
7	627.8800846	-0.076	31.39601165	3.096	12.792
8	670.0519875	-0.027	31.34715343	-1.390	8.355
9	691.2782249	-0.002	31.32544349	-3.383	6.387
10	733.4501278	0.047	31.27658526	-7.869	1.950
11	780.7874059	0.102	31.27042967	-8.434	1.440
12	816.3415359	0.144	31.26350703	-9.070	0.846
13	864.5446778	0.200	31.25920317	-9.465	0.507
หมายเหตุ : z* มีค่าเท่ากับ 430.206 และ 31.259 จากรูปที่ 5.1 ของปัญหาทดลองที่ 4 z* มีค่าเท่ากับ -0.307 และ -9.465 จากการหาค่า Student's t-statistic					

5.2.5 ผลการจัดตารางการผลิตของปัญหาทดลองที่ 5

จากการรันโปรแกรมที่สร้างขึ้นเพื่อค้นหาตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วย MTS ของปัญหาทดลองที่ 5 พบว่ามีตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มจำนวนทั้งหมด 32 ตาราง โดยค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการของตารางการผลิตทั้งหมดนั้นแสดงดังรูปที่ 5.6

เมื่อได้กลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 5 แล้วจึงคำนวณค่า z ของทุกตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มด้วยวิธี Global Criteria Method โดยใช้ค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองวัตถุประสงค์ที่ได้จากการปรับค่าวัตถุประสงค์ด้วยวิธี Student's t-statistic ดังแสดงในตารางที่ 5.7 เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการเลือกตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดออกมาเพียง 1 ตาราง โดยตารางการผลิตที่มีค่า z ต่ำที่สุดของปัญหาทดลองที่ 5 คือตารางการผลิตหมายเลข 8



รูปที่ 5.6 ค่าวัตถุประสงค์ของกลุ่มตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 5

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 5.7 ค่าวัตถุประสงค์ของตารางการผลิตที่อยู่ในกลุ่มของตารางการผลิตที่ไม่ถูกข่มของปัญหาทดลองที่ 5

ตารางการผลิต หมายเลข	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม		ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ค่า z
	ชั่วโมง	Student's t-statistic		Student's t-statistic	
1	389.4204395	-0.143	29.6287389	0.252	0.386
2	391.3886206	-0.139	29.62646092	0.251	0.389
3	394.3896981	-0.133	29.18768514	0.046	0.190
4	402.8660702	-0.117	29.18642378	0.045	0.205
5	406.0914716	-0.111	29.14469009	0.026	0.192
6	414.5678437	-0.095	29.14342873	0.025	0.207
7	418.1981928	-0.088	29.11423728	0.012	0.201
8	419.1361986	-0.086	28.97457112	-0.053	0.137
9	427.6125707	-0.070	28.97330976	-0.054	0.153
10	431.2429197	-0.063	28.94411831	-0.068	0.146
11	439.7192918	-0.047	28.94285695	-0.068	0.162
12	439.9258946	-0.047	28.91803889	-0.080	0.150
13	445.0396158	-0.037	28.90356568	-0.086	0.153
14	452.0326157	-0.024	28.88758608	-0.094	0.159
15	457.146337	-0.014	28.87311287	-0.101	0.162
16	465.6227091	0.002	28.8718515	-0.101	0.178
17	474.0990812	0.018	28.87059014	-0.102	0.193
18	480.0350853	0.029	28.86504305	-0.104	0.202
19	485.1488066	0.039	28.85056984	-0.111	0.205
20	492.1418065	0.052	28.83459024	-0.119	0.211
21	497.2555277	0.062	28.82011703	-0.125	0.213
22	505.7318999	0.078	28.81885566	-0.126	0.229
23	514.208272	0.094	28.8175943	-0.127	0.244
24	539.8876791	0.143	28.81491462	-0.128	0.292
25	548.3640513	0.159	28.81365326	-0.128	0.307
26	556.8404234	0.175	28.81239189	-0.129	0.323
27	583.0877148	0.225	28.80974607	-0.130	0.372
28	591.5640869	0.241	28.80848471	-0.131	0.387
29	600.040459	0.257	28.80722334	-0.131	0.403
30	625.7198662	0.306	28.80454367	-0.133	0.450
31	634.1962383	0.322	28.8032823	-0.133	0.466
32	642.6726104	0.338	28.80202094	-0.134	0.481

หมายเหตุ : z^* มีค่าเท่ากับ 389.420 และ 28.802 จากรูปที่ 5.1 ของปัญหาทดลองที่ 5

z^* มีค่าเท่ากับ -0.143 และ -0.134 จากการหาค่า Student's t-statistic

เมื่อรันโปรแกรมเพื่อค้นหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มและทำการเลือกตารางการผลิตจากกลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มมา 1 ตารางด้วยวิธี Global Criteria Method แล้วจะได้ตารางการผลิตที่เป็นตัวแทนของการแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตโดยมีค่าวัตถุประสงค์ต่าง ๆและเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 สรุปผลของตารางการผลิตที่ได้จากการประยุกต์ใช้ MTS

ปัญหาทดลองที่	วัตถุประสงค์		ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตาราง (นาที)
	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม (ชั่วโมง)	ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา	
1	375.42	52.93	58.57
2	402.28	33.60	49.75
3	394.72	36.51	57.43
4	864.54	31.26	82.25
5	419.14	28.97	71.16

5.3 วิเคราะห์ผลการจัดตารางการผลิตด้วย MTS

จากการหาค่าร้อยละของการปรับปรุง (percent improvement) เพื่อเปรียบเทียบตารางการผลิตที่ได้จากการค้นหาคำตอบด้วย MTS ร่วมกับ Global Criteria Method กับวิธีการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการเดิมของโรงงานกรณีศึกษาพบว่าตารางการผลิตที่ได้จาก MTS ร่วมกับ Global Criteria Method มีค่าเฉลี่ยร้อยละของการปรับปรุงค่าวัตถุประสงค์ทั้งด้านเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมและผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา และด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางของปัญหาทดลองทั้ง 5 ปัญหาเท่ากับ 40.20 89.50 และ 62.99 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 5.9 โดยรูปที่ 5.7 เป็นการเปรียบเทียบผลของค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการของตารางการผลิตที่ได้จากทั้งสองวิธี และรูปที่ 5.8 เป็นการเปรียบเทียบผลด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต ซึ่งร้อยละของการปรับปรุงค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการและระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตของแต่ละปัญหาทดลองนั้นแสดงให้เห็นดังรูปที่ 5.9 จะเห็นว่าวิธีการจัดตารางการผลิตที่นำเสนอในงานวิจัยนี้สามารถช่วยค้นหาตารางการผลิตที่ทำให้วัตถุประสงค์ด้านเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมลดลงเฉลี่ยร้อยละ 40.20 และวัตถุประสงค์ด้านผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาลดลงเฉลี่ยร้อยละ 89.50 ซึ่งใช้เวลาในการจัดตารางการผลิตลดลงเฉลี่ยร้อยละ 62.99 เมื่อเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

เนื่องจากค่าเฉลี่ยของร้อยละการปรับปรุงค่าผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาที่มีค่าสูงถึงเกือบ 90 เปอร์เซนต์ซึ่งเป็นค่าที่สูงมากนั้นมีสาเหตุมาจากวิธีการจัดตารางในแบบเดิมเป็นการจัดตารางการผลิตให้กับงานทีละงานที่เข้ามาสู่ระบบทั้ง ๆที่ความเป็นจริงแล้วอาจจะมีบางงานสามารถผลิตไปพร้อม ๆกันด้วยเครื่องจักรเดียวกันได้ แต่เนื่องจากการเข้ามาสู่ระบบของงานในเวลาที่แตกต่างกันทำให้งานที่ควรจะผลิตด้วยเครื่องจักรเดียวกันถูกจัดตารางให้ผลิตด้วยเครื่องจักรต่างเครื่องกันจึงทำให้เสียความสามารถในการตั้งเครื่องจักร (setup capability) ไปโดยเปล่าประโยชน์ ในกรณีที่จัดตารางให้ผลิตงานด้วยเครื่องจักรที่ว่างอยู่ จากสิ่งที่เกิดขึ้นเหล่านี้ยังส่งผลกระทบต่องานอื่น ๆคือทำให้ต้องเลื่อนเวลาที่เริ่มทำการตั้งเครื่องจักรเพื่อผลิตงานอื่นออกไปเนื่องจากความสามารถในการตั้งเครื่องจักรมีไม่เพียงพอ และสาเหตุอีกประการคือการจัดตารางการผลิตโดยกำหนดให้งานใหม่ที่เข้ามาสู่ระบบไปผลิตบนเครื่องจักรที่กำลังผลิตงานอื่นอยู่ ซึ่งจะส่งผลให้เวลาเสร็จงานจริงของงานที่ผลิตอยู่ก่อนแล้วเลื่อนออกไปจากกำหนดเดิมที่ได้คำนวณไว้ในตอนแรกเนื่องจากต้องหยุดเครื่องจักรเพื่อทำการตั้งเครื่องจักรเพื่อผลิตงานใหม่ที่เข้ามา จากสาเหตุต่าง ๆที่กล่าวมานี้เองทำให้เวลาเสร็จงานจริงเลื่อนออกไปจากเวลาเสร็จงานตามสัญญามาก

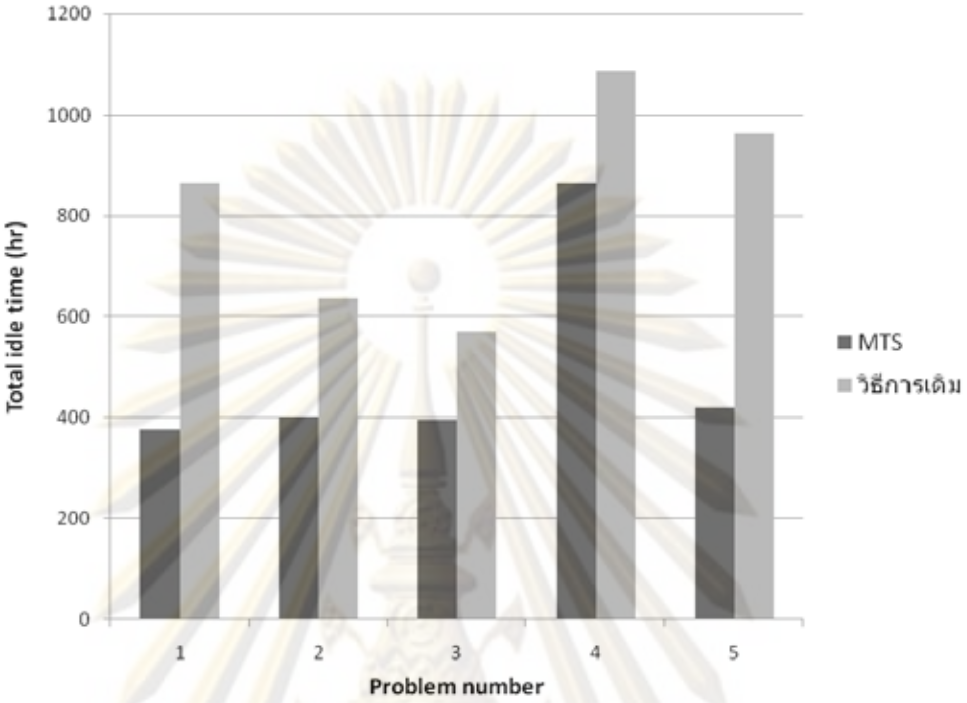
ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1

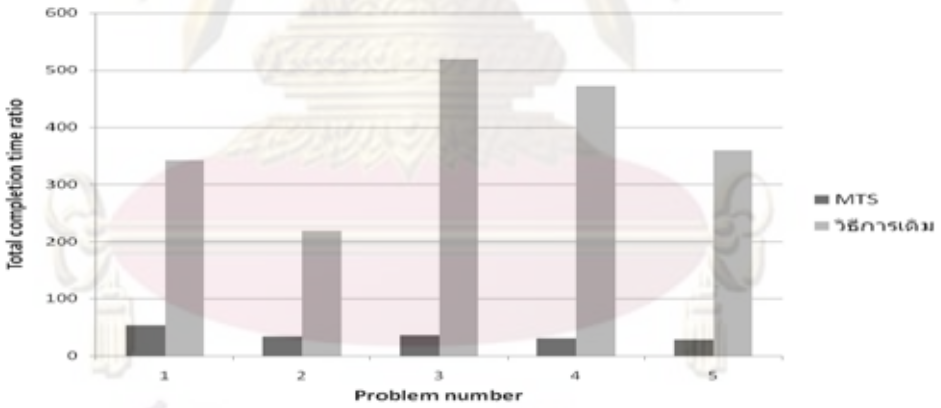
ตารางที่ 5.9 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของตารางการผลิตด้านค่าวัตถุประสงค์และด้านเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

ปัญหาทดลองที่	เวลาเดินเครื่องเปล่ารวม (ชั่วโมง)		ร้อยละของการปรับปรุงเวลาเดินเครื่องเปล่า	ผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญา		ร้อยละของการปรับปรุงผลรวมของอัตราส่วน	ระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตาราง (นาที)		ร้อยละของการปรับปรุงเวลาการจัดตาราง
	MTS	พนักงาน		MTS	พนักงาน		MTS	พนักงาน	
1	375.42	864.56	56.58	52.93	342.57	84.55	58.57	243.00	75.90
2	402.28	635.43	36.69	33.60	218.93	84.65	49.75	215.00	76.86
3	394.72	570.44	30.80	36.51	518.62	92.96	57.43	172.00	66.61
4	864.54	1085.50	20.36	31.26	472.55	93.38	82.25	146.00	43.66
5	419.14	965.25	56.58	28.97	359.67	91.94	71.16	148.00	51.92
	ร้อยละของการปรับปรุงเฉลี่ย		**40.20**	**ร้อยละของการปรับปรุงเฉลี่ย**		**89.50**	**ร้อยละของการปรับปรุงเวลาเฉลี่ย**		**62.99**

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



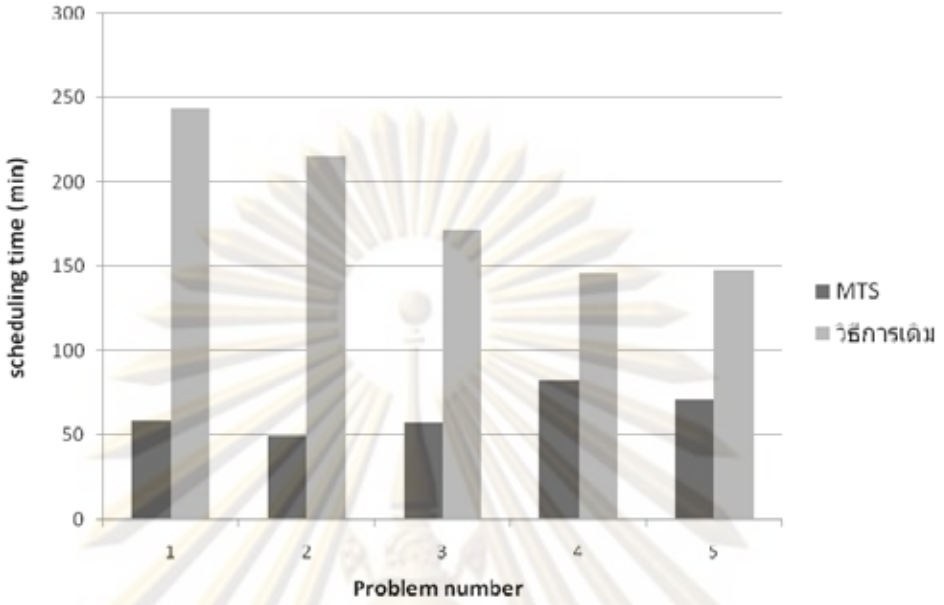
(a)



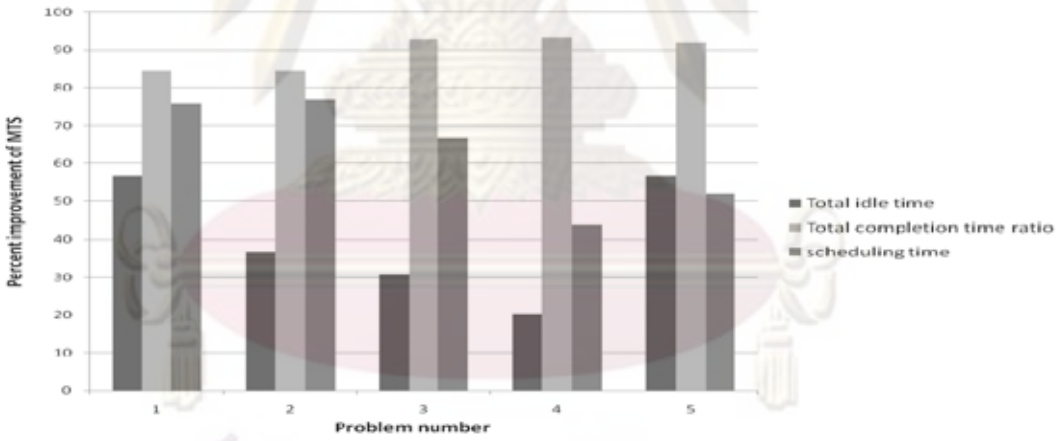
(b)

รูปที่ 5.7 กราฟเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์ที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วย MTS และด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา (a) Total idle time และ (b) Total completion time ratio

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.8 กราฟเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วย MTS และด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานกรณีศึกษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 5.9 กราฟแสดงร้อยละของการปรับปรุงค่าด้านวัตถุประสงค์และด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

5.4 สรุปท้ายบท

จากผลการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์พบว่าค่าพารามิเตอร์ของ MTS ที่เหมาะสมเพื่อแก้ปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง ได้แก่

1) เกณฑ์การหยุดการค้นหาคำตอบ (Stopping Criterion) เท่ากับ 1000 รอบ
2) ระยะเวลาต้องห้ามของการเพิ่ม–ลดจำนวนช่องผลิต (tabu tenure of add-drop move method) เท่ากับ 10 รอบ
3) ระยะเวลาต้องห้ามของการแทรกงาน (tabu tenure of insert move method) เท่ากับ 10 รอบ
4) เกณฑ์การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ (Diversification Criterion) เท่ากับ 100 รอบ
5) ความน่าจะเป็นของเวลาเดินเครื่องเปล่ารวม (probability of total idle time) เท่ากับ 0.5
6) ความน่าจะเป็นของผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญารวม (probability of total completion time ratio) เท่ากับ 0.5

จากผลการจัดตารางในเรื่องของประสิทธิภาพของตารางการผลิตที่ได้จากวิธี MTS ร่วมกับ Global Criteria Method นั้นช่วยให้กระบวนการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาสามารถค้นหาตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพด้านค่าวัตถุประสงค์ทั้งสองประการคือเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมและผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาดีขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 40.20 และ 89.50 และประสิทธิภาพของกระบวนการจัดตารางการผลิตด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตดีขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 62.99

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงเนื้อหางานวิจัยโดยสรุปตั้งแต่ที่มาของปัญหา วิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา ผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการแก้ปัญหานั้น และยังได้เสนอข้อเสนอแนะอื่น ๆไว้ในส่วนสุดท้ายของบทอีกด้วย

6.1 สรุปผลการวิจัย

กระบวนการทำงานวิจัยนี้เริ่มขึ้นเมื่อผู้วิจัยได้ทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง โดยปัญหาที่เกิดขึ้นนี้เกิดจากตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตโดยพนักงานซึ่งเป็นวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทางโรงงานกรณีศึกษาใช้มาเป็นเวลานานนั้นยังไม่สามารถตอบสนองวัตถุประสงค์ขององค์กรได้ดีเท่าที่ควร ซึ่งวัตถุประสงค์ดังกล่าวคือการลดต้นทุนการผลิตและการทำให้เวลาเสร็จงานเร็วขึ้น เมื่อทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นอย่างคร่าว ๆแล้ว จากนั้นจึงทำการศึกษากระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทผ้าลูกไม้เพื่อการตกแต่ง กระบวนการจัดตารางการผลิตและข้อจำกัดของการผลิตอย่างละเอียดเพื่อทำการกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์ของปัญหาที่แท้จริง

จากการศึกษาอย่างละเอียดพบว่าปัญหาการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่งคือการจัดตารางการผลิตให้กับเครื่องจักรขนานที่ไม่สัมพันธ์กัน M เครื่องให้กับงานทั้งหมด N งานซึ่งเป็นแบบตามสั่ง ระบบผลิตสามารถควบคุมเวลาที่ใช้ในการผลิตงานแต่ละงานได้โดยการจัดสรรช่องผลิตให้กับงานนั้น ๆ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการผลิตจะแปรผันตรงกับจำนวนช่องผลิตที่จัดสรรให้กับงานและเครื่องจักรสามารถผลิตงานได้มากกว่า 1 งานในเวลาเดียวกันโดยมีเงื่อนไขว่างานที่จะนำมาผลิตบนเครื่องจักรเดียวกันนั้นจะต้องเป็นงานที่อยู่ในกลุ่มงานเดียวกันเท่านั้น เมื่อกำหนดปัญหาเรียบร้อยแล้วจึงทำการกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตที่สามารถสะท้อนวัตถุประสงค์ขององค์กรได้ วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตที่ได้คือระยะเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมต่ำสุด (minimum total idle time) เป็นวัตถุประสงค์ที่สะท้อนถึงวัตถุประสงค์ขององค์กรด้านต้นทุนการผลิตและผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาต่ำสุด (minimum total completion time ratio) เป็นวัตถุประสงค์ที่สะท้อนถึงวัตถุประสงค์ขององค์กรด้านเวลาเสร็จงาน

เมื่อผู้วิจัยกำหนดปัญหาและวัตถุประสงค์เป็นที่เรียบร้อยแล้วจากนั้นจึงทำการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาชนิดหลายวัตถุประสงค์เพื่อใช้ในขั้นตอนของการค้นหากลุ่มคำตอบที่ไม่ถูกข่มและแนวทางการตัดสินใจแบบพหุเกณฑ์เพื่อใช้ในขั้นตอนการตัดสินใจเลือกคำตอบเพียงคำตอบเดียวจากกลุ่มคำตอบที่ได้ ซึ่งการค้นหาแบบข้อห้ามชนิดหลายวัตถุประสงค์โดยใช้ฟังก์ชันมวลของ

ความน่าจะเป็นแบบอเนกนาม (Multinomial Tabu Search Algorithm : MTS) และ Global Criteria Method แบบ No-preference method มาใช้ในขั้นตอนการค้นหากลุ่มคำตอบและขั้นตอนการตัดสินใจตามลำดับ โดยมีขั้นตอนการประยุกต์ใช้ MTS ดังนี้

1) กระบวนการเริ่มต้น (Initialization) เป็นกระบวนการที่ต้องทำก่อนที่จะเริ่มกระบวนการปรับปรุงคำตอบ ทำได้โดยการกำหนดขนาดของรายการข้อห้ามและทำการสร้างตารางการผลิตเริ่มต้น
2) การเลือกวัตถุประสงค์หลัก เป็นกระบวนการที่ใช้เพื่อเลือกวัตถุประสงค์เพื่อนำมาเป็นวัตถุประสงค์หลักของแต่ละรอบการค้นหา โดยการพิจารณาเลือกคำตอบที่ดีที่สุดจากกลุ่มตารางการผลิตข้างเคียงนั้นจะพิจารณาเฉพาะวัตถุประสงค์หลักของรอบการค้นหานั้นเท่านั้น
3) การสร้างตารางการผลิตข้างเคียง (neighborhood production schedule) เป็นกระบวนการค้นหาตารางการผลิตอื่น ๆที่อยู่ในพื้นที่ที่เป็นไปได้ของคำตอบจากตารางการผลิตเริ่มต้น
4) การปรับปรุงรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่ม ทำได้โดยการนำเอาตารางการผลิตที่ดีที่สุดที่ได้จากกลุ่มตารางการผลิตข้างเคียงมาเปรียบเทียบกับคำตอบที่อยู่ในรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่มว่าตารางการผลิตที่เลือกนั้นสามารถเพิ่มเข้าไปในรายการคำตอบที่ไม่ถูกข่มได้หรือไม่
5) การปรับปรุงรายการข้อห้าม เป็นกระบวนการเพิ่มเส้นทางของการค้นหาคำตอบที่เพิ่งผ่านมา เพื่อป้องกันไม่ให้คำตอบที่ได้จากกระบวนการค้นหาคำตอบในรอบถัดไปเป็นคำตอบที่มีเส้นทางการค้นหาคำตอบซ้ำกับคำตอบที่ได้จากรอบการค้นหาที่ผ่านมาแล้วจำนวนเท่ากับระยะเวลาต้องห้ามรอบ
6) การเพิ่มความหลากหลายของคำตอบ (Diversification) เป็นกระบวนการที่ทำให้การค้นหาคำตอบมีประสิทธิภาพมากขึ้นโดยการเปลี่ยนคำตอบเริ่มต้นของการค้นหาคำตอบข้างเคียง
7) การตรวจสอบเงื่อนไขการหยุดการค้นหาคำตอบว่าตรงกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้แล้วหรือไม่ ถ้าตรงกับกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ให้หยุดกระบวนการค้นหาคำตอบ

จากนั้นผู้วิจัยได้นำเอาวิธีการที่เลือกมาประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดตารางการผลิตของงานวิจัยนี้และได้นำขั้นตอนการค้นหากลุ่มคำตอบจากการประยุกต์ใช้นี้ไปสร้างบนโปรแกรม Scilab เพื่อใช้ในการค้นหากลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับทำการทดลองหาเซตของพารามิเตอร์ของ MTS ที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดตารางการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา โดยใช้ปัญหาจริงจำนวน 5 ปัญหามาเป็นปัญหาการทดลอง เมื่อทำการค้นหาเซตของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเรียบร้อยแล้วจากนั้นจึงทำการค้นหากลุ่มคำตอบของปัญหาทดลองโดยใช้เซตพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลอง

และเลือกคำตอบเพียง 1 คำตอบจากกลุ่มคำตอบที่ดีที่สุดโดยใช้ Global Criteria Method แบบ No-preference method แล้วทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ MTS โดยการนำค่าวัตถุประสงค์และเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วย MTS มาหาร้อยละของการปรับปรุงค่าต่าง ๆ เทียบกับตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการเดิม ซึ่งพบว่าการจัดตารางการผลิตด้วย MTS สามารถช่วยให้ประสิทธิภาพด้านวัตถุประสงค์ทั้งสองประการคือระยะเวลาเดินเครื่องเปล่ารวมต่ำสุดและผลรวมของอัตราส่วนระหว่างเวลาเสร็จงานจริงต่อเวลาเสร็จงานตามสัญญาต่ำสุดของตารางการผลิตที่ได้มีค่าที่ดีขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 40.20 และ 89.50 และประสิทธิภาพของกระบวนการจัดตารางการผลิตด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตดีขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 62.99

6.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการแก้ปัญหาที่มีวัตถุประสงค์ด้านเวลาเสร็จงานซึ่งเมื่อวิเคราะห์อย่างละเอียดแล้วพบว่าการใช้วัตถุประสงค์ที่มาสะท้อนถึงเวลาเสร็จงานเพียงวัตถุประสงค์เดียวนั้นไม่สามารถสะท้อนได้ครบทุกมุมมองของวัตถุประสงค์ด้านเวลาเสร็จงาน ตัวอย่างเช่นเมื่อเลือกใช้วัตถุประสงค์ที่ทำให้เวลาเสร็จงานของแต่ละงานเร็วสุดซึ่งเป็นไปได้ว่าจะมีงานจำนวนหนึ่งเป็นงานที่ล่าช้าแต่เวลาที่ล่าช้านั้นมีค่าน้อย ถ้าหากงานเหล่านี้มีเป็นจำนวนมากก็จะส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นที่มีต่อองค์กรว่ามีงานสายเป็นประจำทั้งที่ตารางการผลิตที่ได้นี้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้แล้ว หรือในทางกลับกันเมื่อเลือกใช้วัตถุประสงค์ที่ทำให้จำนวนงานที่ล่าช้ามีจำนวนน้อยที่สุดก็ตามแต่เวลาเสร็จงานนั้นอาจล่าช้ากว่ากำหนดออกไปมากซึ่งส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นขององค์กรได้เช่นกันทั้งที่บรรลุวัตถุประสงค์แล้วก็ตาม ดังนั้นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตจะต้องสามารถสะท้อนวัตถุประสงค์ขององค์กรได้ในทุก ๆมุมมอง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ณัฐพล พุทธิพงษ์ และ ธนัญญา วสุศรี. การประยุกต์ใช้เทคนิควิธีการค้นหาแบบตาบูในการจัดตารางการผลิตเครื่องจักรแบบขนาน กรณีศึกษาโรงงานทอยาง. วารสารวิจัยและพัฒนา มจธ 28 (2548) : 361-376.

บุญเสริม กิจศิริกุล. ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) เอกสารประกอบคำสอนวิชา 2110654. 2546.

ปารเมศ ชุติมา. เทคนิคการจัดตารางการดำเนินงาน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

เพ็ญพักตร์ ปิ่นกุมภีร์. การประยุกต์ใช้เมมเมติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดลำดับสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์ผสมที่มีหลายวัตถุประสงค์ในระบบผลิตแบบทันเวลาพอดี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.

ภาษาอังกฤษ

Carlos A. Coello Coello, Gary B. Lamont and David A. Van Veldhuizen. Evolutionary Algorithms for Solving Multi-Objective Problems. New York : Springer, 2007.

Chin-Lai Hwang and Abu Syed Md. Masud. Multiple Objective Decision Making – Method and Application. New York : Spring-Verlag, 1979.

Cohon, J. L. and Marks, D. H.. A Review and Evaluation of Multiobjective Programming Techniques. Water Resources Research 11 (1975) : 208-220.

Deb, K.. Multi-objective optimization, chapter 10. Berlin : Springer, 2005.

Deb, K. et al. Multiobjective Optimization Interactive and Evolutionary Approaches. Berlin : Springer, 2008.

Ehrgott, M. and Gandibleux, X.. Multiobjective Combinatorial Optimization - Theory, Methodology, and Applications. Multiple Criteria Optimization State of the Art Annotated Bibliographic Surveys. Boston : Kluwer Academic Publishers, 2002.

Glover, F. and Laguna, M.. Tabu Search. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1997.

Hisao Ishibuchi, Tadashi Yoshida and Tadahiko Murata. Balance between Genetic Search and Local Search in Memetic Algorithms for Multiobjective Permutation Flowshop Scheduling. IEEE Transactions on Evolutionary Computation 7 (2003) : 204-223.

Jansen, K. and Mastrolilli, M..Approximation Schemes for Parallel Machine Scheduling Problems with Controllable Processing Times. Computers and Operations Research 31 (2004) : 1565-1581.

Kulturel-Konak, S., Smith, A. E., and Norman, B. A.. Multi-objective tabu search using a multinomial probability mass function. European Journal of Operational Research 169 (2006) : 918-931.

Miettinen, K.. Nonlinear Multiobjective Optimization. Boston : Kluwer Academic Publishers, 1999.

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปัญหาทดลอง

ปัญหาการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นปัญหาจริงของการจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ประเภทเทปลูกไม้เพื่อการตกแต่ง โดยมีข้อมูลนำเข้าเพื่อใช้ในการจัดตารางการผลิตคือหมายเลขใบสั่งผลิต หมายเลขผลิตภัณฑ์ ปริมาณที่สั่งผลิตและหน่วยที่สั่งผลิต ซึ่งมีรายละเอียดเป็นดังตารางที่ 1

ปัญหาทดลองที่ 1 ปัญหาการทดลองนี้มีคำสั่งผลิตรวมทั้งหมดเท่ากับ 106 คำสั่ง และมีจำนวนพนักงานตั้งเครื่องที่พร้อมทำงานเท่ากับ 22 คน

ปัญหาทดลองที่ 2 ปัญหาการทดลองนี้มีคำสั่งผลิตรวมทั้งหมดเท่ากับ 86 คำสั่ง และมีจำนวนพนักงานตั้งเครื่องที่พร้อมทำงานเท่ากับ 25 คน

ปัญหาทดลองที่ 3 ปัญหาการทดลองนี้มีคำสั่งผลิตรวมทั้งหมดเท่ากับ 82 คำสั่ง และมีจำนวนพนักงานตั้งเครื่องที่พร้อมทำงานเท่ากับ 19 คน

ปัญหาทดลองที่ 4 ปัญหาการทดลองนี้มีคำสั่งผลิตรวมทั้งหมดเท่ากับ 77 คำสั่ง และมีจำนวนพนักงานตั้งเครื่องที่พร้อมทำงานเท่ากับ 18 คน

ปัญหาทดลองที่ 5 ปัญหาการทดลองนี้มีคำสั่งผลิตรวมทั้งหมดเท่ากับ 78 คำสั่ง และมีจำนวนพนักงานตั้งเครื่องที่พร้อมทำงานเท่ากับ 24 คน

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1 ข้อมูลนำเข้าของปัญหาทดลอง 5 ปัญหา

หมายเลขคำสั่งผลิต	ปัญหาทดลองที่ 1			ปัญหาทดลองที่ 2			ปัญหาทดลองที่ 3			ปัญหาทดลองที่ 4			ปัญหาทดลองที่ 5		
	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต
1	156	100	1	83	500	3	29	600	2	30	200	2	72	800	3
2	156	100	1	83	500	3	29	600	2	30	200	2	72	800	3
3	78	50	3	83	500	3	29	600	2	30	450	2	72	800	3
4	78	50	3	83	300	3	29	1200	2	30	450	2	72	550	3
5	78	50	3	83	300	3	29	1200	2	30	1500	2	72	550	3
6	78	50	3	83	300	3	29	1500	2	30	1500	2	72	550	3
7	78	50	3	83	300	3	4	350	2	30	1800	2	72	550	3
8	78	50	3	83	300	3	4	350	2	30	1800	2	72	300	3
9	78	50	3	83	300	3	4	300	2	30	600	2	72	300	3
10	78	80	3	83	300	3	4	300	2	30	600	2	72	300	3
11	78	80	3	135	100	2	4	300	2	30	600	2	72	300	3
12	78	80	3	135	200	2	4	800	2	30	600	2	7	450	2
13	78	40	3	135	100	2	4	800	2	60	300	3	7	450	1
14	78	40	3	94	130	2	4	800	2	60	300	3	7	450	1
15	78	40	3	94	130	2	4	1000	2	60	300	3	7	150	1
16	78	40	3	94	130	2	4	1000	2	60	400	3	7	150	1
17	78	40	3	94	50	2	4	1000	2	60	400	3	7	150	1
18	78	50	3	94	50	2	4	1000	2	60	500	3	16	250	3
19	78	50	3	94	50	2	4	200	2	60	500	3	16	250	3
20	78	50	3	94	50	2	4	200	2	60	1000	3	16	300	3
21	78	120	3	94	50	2	4	200	2	60	1000	3	16	300	3
22	78	120	3	129	150	3	4	400	2	60	1000	3	16	200	3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1(ต่อ) ข้อมูลนำเข้าของปัญหาทดลอง 5 ปัญหา

หมายเลขคำสั่งผลิต	ปัญหาทดลองที่ 1			ปัญหาทดลองที่ 2			ปัญหาทดลองที่ 3			ปัญหาทดลองที่ 4			ปัญหาทดลองที่ 5		
	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต
23	3	100	3	129	150	3	4	400	2	77	1500	3	16	200	3
24	3	100	3	129	150	3	4	150	2	77	1500	3	16	700	3
25	3	100	3	129	220	3	4	150	2	77	1200	3	16	700	3
26	35	50	1	129	220	3	161	1500	1	77	1200	3	16	300	3
27	35	50	1	129	220	3	161	1500	1	77	2000	3	16	300	3
28	35	50	1	129	220	3	161	1500	1	77	2000	3	16	300	3
29	35	50	1	129	220	3	161	900	1	77	2000	3	89	3000	1
30	35	50	1	23	350	1	161	900	1	28	550	2	89	1500	1
31	62	200	3	23	350	1	161	900	1	28	550	2	89	1500	1
32	62	200	3	23	400	1	161	600	1	28	550	2	109	230	3
33	175	80	2	23	400	1	161	600	1	28	400	2	109	230	3
34	175	80	2	23	600	1	161	600	1	28	400	2	109	230	3
35	175	80	2	23	600	1	161	600	1	28	600	2	109	500	3
36	126	150	2	23	200	1	159	300	2	28	600	2	109	500	3
37	126	150	2	23	200	1	159	300	2	28	600	2	111	750	2
38	126	150	2	23	400	1	159	300	2	28	300	2	111	1500	2
39	126	150	2	23	400	1	159	300	2	28	300	2	111	750	2
40	126	150	2	19	130	3	159	100	2	28	100	2	111	750	2
41	126	150	2	19	50	3	159	100	2	28	100	2	111	1500	2
42	126	150	2	19	50	3	81	800	2	28	100	2	111	750	2
43	126	150	2	19	50	3	81	800	2	131	950	3	130	360	2
44	126	150	2	112	450	3	81	600	2	131	950	3	130	360	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1(ต่อ) ข้อมูลนำเข้าของปัญหาทดลอง 5 ปัญหา

หมายเลขคำสั่งผลิต	ปัญหาทดลองที่ 1			ปัญหาทดลองที่ 2			ปัญหาทดลองที่ 3			ปัญหาทดลองที่ 4			ปัญหาทดลองที่ 5		
	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต
45	126	200	2	112	450	3	81	600	2	131	400	3	130	800	2
46	126	200	2	112	300	3	81	600	2	131	400	3	130	800	2
47	126	200	2	112	300	3	81	600	2	131	400	3	130	360	2
48	126	200	2	112	500	3	81	500	2	131	800	3	130	150	2
49	126	200	2	112	500	3	81	500	2	131	800	3	130	150	2
50	126	100	2	112	500	3	81	500	2	131	800	3	127	1000	1
51	126	100	2	112	500	3	81	500	2	131	1000	3	127	1000	1
52	126	100	2	112	250	3	81	500	2	131	1000	3	127	1000	1
53	126	100	2	112	250	3	81	500	2	131	1200	3	127	1000	1
54	126	100	2	112	250	3	81	500	2	131	1200	3	127	1000	1
55	93	130	3	55	180	3	98	200	1	131	500	3	127	1500	1
56	93	130	3	55	180	3	98	200	1	131	500	3	127	1500	1
57	93	130	3	55	180	3	98	200	1	131	500	3	127	300	1
58	93	130	3	55	200	3	98	250	1	166	300	1	127	300	1
59	93	130	3	55	200	3	98	250	1	166	300	1	127	300	1
60	93	130	3	55	200	3	98	300	1	166	600	1	14	250	2
61	93	130	3	146	300	1	98	300	1	166	600	1	14	250	2
62	93	130	3	146	300	1	98	300	1	166	600	1	14	250	2
63	93	130	3	146	900	1	122	500	1	145	250	1	14	300	2
64	93	130	3	146	900	1	122	500	1	145	250	1	14	300	2
65	161	500	1	146	900	1	122	500	1	145	250	1	14	300	2
66	161	500	1	171	2100	1	122	1200	1	145	800	1	14	300	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1(ต่อ) ข้อมูลนำเข้าของปัญหาทดลอง 5 ปัญหา

หมายเลขคำสั่งผลิต	ปัญหาทดลองที่ 1			ปัญหาทดลองที่ 2			ปัญหาทดลองที่ 3			ปัญหาทดลองที่ 4			ปัญหาทดลองที่ 5		
	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต
67	161	500	1	171	2100	1	122	1200	1	145	800	1	14	300	2
68	161	500	1	171	600	1	128	100	3	145	600	1	14	200	2
69	161	500	1	171	600	1	128	100	3	145	600	1	14	200	2
70	162	500	1	171	600	1	128	100	3	145	500	1	14	620	2
71	162	500	1	71	900	1	128	100	3	145	500	1	14	620	2
72	162	500	1	71	900	1	128	100	3	145	600	1	14	620	2
73	164	500	1	71	900	1	128	150	3	145	600	1	169	300	1
74	164	500	1	75	250	3	128	150	3	145	600	1	169	300	1
75	119	250	3	75	250	3	128	150	3	145	300	1	169	300	1
76	119	250	3	75	250	3	128	150	3	145	300	1	169	300	1
77	14	300	2	75	250	3	128	150	3	145	300	1	169	300	1
78	14	300	2	75	400	3	128	260	3				169	300	1
79	14	300	2	75	400	3	128	260	3						
80	14	300	2	75	400	3	128	300	3						
81	14	300	2	75	400	3	128	300	3						
82	14	500	2	70	300	1	128	300	3						
83	14	500	2	70	300	1									
84	14	500	2	70	600	1									
85	14	500	2	70	600	1									
86	14	500	2	70	600	1									
87	14	650	2												
88	14	650	2												

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 1(ต่อ) ข้อมูลนำเข้าของปัญหาทดลอง 5 ปัญหา

หมายเลขคำสั่งผลิต	ปัญหาทดลองที่ 1		
	หมายเลขผลิตภัณฑ์	ปริมาณที่สั่งผลิต	หน่วยที่สั่งผลิต
89	14	650	2
90	14	400	2
91	14	400	2
92	14	400	2
93	14	500	2
94	14	500	2
95	14	500	2
96	14	500	2
97	14	850	2
98	14	850	2
99	14	850	2
100	14	750	2
101	14	750	2
102	14	750	2
103	14	500	2
104	14	500	2
105	14	500	2
106	14	500	2

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

78

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวพิมพ์ประไพ ไทยเนียม เกิดเมื่อวันที่ 6 กุมภาพันธ์ พ.ศ.2527 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสตรีนนทบุรี จังหวัดนนทบุรี และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ สาขาวิชาปิโตรเคมีและวัสดุพอลิเมอร์ จากมหาวิทยาลัยศิลปากร ในปีการศึกษา 2549 และได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในภาคการศึกษาปลายปีการศึกษา 2549

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย