การยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน

นายบุญญภัทร์ บุญศรี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

5870187321_3956507395

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

Order Acceptance and Production Planning in Flow Shop Production System

Mr. Boonyapad Boonsri

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering
Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2018

Copyright of Chulalongkorn University

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน
โดย	นายบุญญภัทร์ บุญศรี
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ เตชวรสินสกุล)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิรวิชญ์ สว่างนพ)

บุญญภัทร์ บุญศรี : การยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน. (Order Acceptance and Production Planning in Flow Shop Production System) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ผศ. ดร.นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตตามนโยบายการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to Order: MTO) โดยระบบการผลิตที่ศึกษาเป็นระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีสถานีงานและชนิดผลิตภัณฑ์ที่หลากหลายที่ขึ้นกับข้อจำกัดการส่งมอบจำนวนผลิต และเวลากำหนดส่งที่ชัดเจนภายใต้กำลังการผลิตที่มีอย่างจำกัด

ลักษณะของปัญหาประกอบไปด้วยสองปัญหาย่อย ได้แก่ 1.ส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อที่มีจำนวนความต้องการที่ผลิตที่รับงานได้รวมเป็นวัตถุประสงค์หลัก 2.ส่วนการวางแผนการผลิตที่กำหนดจำนวนการผลิตในช่วงระยะวางแผนผลิตโดยที่มีจำนวนวัสดุคงคลังน้อยที่สุดเป็นวัตถุประสงค์รอง ผู้วิจัยได้นำเสนอรูปแบบจำลองสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed Integer Linear Programing: MILP) ที่ประยุกต์ใช้จากแบบจำลอง Integrated production planning models with order acceptance (PP-OA) และนำเสนอวิธีการโดยตรงในการหาคำตอบ แต่เนื่องจากความซับซ้อนของปัญหาจากอัตราการใช้กำลังการผลิตที่แตกต่างกัน ส่งผลให้เวลาการหาคำตอบของวิธีการโดยตรงสูงขึ้นตามขนาดของปัญหา ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกจากการประยุกต์ใช้วิธีการ Branch and Bound (B&B) สำหรับส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และนำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกจากการประยุกต์ใช้การวางแผนการผลิตแบบถอยหลัง (Backward Scheduling) สำหรับส่วนการวางแผนการผลิต โดยการทดลองทางคอมพิวเตอร์ถูกนำมาใช้ในการทดสอบประสิทธิภาพการหาคำตอบของทั้งสองวิธีในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2561 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

5870187321 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: Production planning, Order acceptance, Flow shop production system

Boonyapad Boonsri : Order Acceptance and Production Planning in Flow Shop Production System. Advisor: Asst. Prof. Naragain Phumchusri, Ph.D.

This research proposes an order acceptance and production planning method for a make-to-order production policy. This study focuses on flow shop production system with limited capacity, multi-stage and multi-product type, having strict customer's demand volume and lead time constraints.

The problem can be divided into two sub-problems: 1) Screening order process with a primary objective of maximizing the total accepted, and 2) the production planning process with the secondary objective of minimizing total stock volume. Mixed Integer Programing (MILP) that applies Integrated production planning model with order acceptance (PP-OA) is developed and the Exact Method is proposed to solve the problem. However, due to complexity of problem when capacity consumption rates are various, the computational time increases as the problem instance increases. Therefore, the Heuristics adapted by Branch and Bound (B&B) is proposed in the order screening section. Then, heuristics adapted by Backward Scheduling is proposed in production planning section. Computer experiments are performed to test the heuristics performances under different scenarios.

Field of Study: Industrial Engineering Student's Signature .....

Academic Year: 2018 Advisor's Signature .....

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนวิทยานิพนธ์ขอกราบขอบพระคุณผศ.ดร. นระเกณฑ์ พุ่มชูศรี อาจารย์ที่ปรึกษางานวิทยานิพนธ์ ที่คอยชี้แนะแนวทางการศึกษาและวิธีการศึกษางานงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จไปได้ด้วยดี และขอขอบพระคุณกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน รศ.ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์ภิลาศ ประธานกรรมการสอบ รศ.ดร.ปวีณา เชาวริตวงศ์ กรรมการสอบ และ ผศ.ดร. สิรวิชญ์ สว่างนพ กรรมการประจำภายนอกมหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้คำแนะนำประเด็นที่สำคัญเพื่อนำไปปรับปรุง และชี้แนะแนวทางของงานวิทยานิพนธ์ถูกต้องและสำเร็จออกมาในรูปแบบสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณ ดร.กฤษดา พัวสกุล ที่คอยให้คำปรึกษาและวิธีการดำเนินงานวิทยานิพนธ์ที่ถูกต้อง คุณญาณวโรตม์ พงศ์เศรษฐไพศาล และคุณอนวัช อริยสัจจากร ที่คอยช่วยเหลือและปรึกษาการเขียนโปรแกรมเพื่อหาคำตอบของปัญหาให้สมบูรณ์ และพี่น้องในหน่วยงานวิจัยการจัดการทรัพยากรและการดำเนินงาน (ROM) ที่คอยให้กำลังใจและชี้แนวทางในการทำงานวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณเพื่อนรุ่นปริญญาโทที่คอยรับฟังปัญหา เสนอแนวทางงานวิทยานิพนธ์ให้เป็นไปในทางที่เหมาะสม ตลอดจนสนับสนุนทรัพยากรในการทำงานวิทยานิพนธ์ตลอดจนเสร็จอย่างสมบูรณ์

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ผู้ที่คอยสนับสนุนการเรียนต่อในระดับปริญญาโทนี้ คอยให้กำลังใจเมื่อมีปัญหาหรืออุปสรรค และเป็นแบบอย่างในการดำเนินชีวิตจนได้ผลของงานวิทยานิพนธ์ชิ้นนี้มาอย่างสมบูรณ์

บุญญภัทร์ บุญศรี

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1. ที่มาและความสำคัญ 1

1.2. ปัญหางานวิจัย 4

1.3. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 7

1.4. ขอบเขตของงานวิจัย 7

1.5. ผลลัพธ์งานวิจัย 8

1.6. ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย 8

1.7. ขั้นตอนของแนวทางในการดำเนินงานวิจัย 8

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 11

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 11

2.1.1 การวางแผนการผลิต (Production planning) 11

2.1.2 การวางแผนการผลิตรวมและการวางแผนการผลิตย่อย (Aggregate and Disaggregate production planning) 12

2.1.3 การจัดตารางการผลิต (Production scheduling) 14

2.1.4 สายการผลิต (Production line) 15

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

2.1.4.1 สายการผลิตแบบโครงการ (Project shop) 16
2.1.4.2 สายการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job shop) 16
2.1.4.3 สายการผลิตแบบเซลล์ (Cellular manufacturing) 16
2.1.4.4 สายการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible manufacturing) 16
2.1.4.5 สายการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop production line) 17
2.1.5 นโยบายการจัดการเวลากำหนดส่ง (Due date management) 19
2.1.6 รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์และวิธีการหาคำตอบของปัญหา 21
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 23
บทที่ 3 กระบวนการศึกษาดำเนินงานวิจัย 27
3.1 ขั้นตอนการวางแผนการผลิตด้วยวิธีการยอมรับคำสั่งซื้อ 27
3.2 องค์ประกอบในระบบการผลิตที่ศึกษา 29
3.3 รูปแบบทั่วไปของความต้องการ 30
3.4 กรอบแนวคิดสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต 31
3.5 ข้อสมมติฐานของงานวิจัย 33
บทที่ 4 หลักการและแนวคิดการแก้ไขปัญหา 35
4.1 ขั้นตอนดำเนินการหาคำตอบ 35
4.2 การจัดเรียงลำดับของคำสั่งซื้อ 36
4.3 การจัดเตรียมข้อมูลด้วยการกำหนดอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วย 38
4.4 ลำดับตำแหน่งการตัดสินใจสำหรับสายการผลิตแบบไหลเลื่อน 40
4.5 การจำลองตัวแบบกำหนดจำลองเชิงเส้น และวิธีการหาคำตอบแบบโดยตรง (Exact method) 41
4.5.1 การกำหนดแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ 43
4.5.2 การกำหนดแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับการวางแผนการผลิต 46
4.6 การทดสอบสมรรถนะและข้อจำกัดการหาคำตอบสำหรับวิธีแม่นตรง 48

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บทที่ 5 แนวทางการหาคำตอบของปัญหา 52
5.1 การคัดเลือกคำสั่งซื้อด้วยวิธีทางฮิวริสติก (Heuristics method for Order selective problem section) 52
5.1.1 ข้อมูลนำเข้าเกี่ยวข้องในวิธีการฮิวริสติกสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ 54
5.1.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบระหว่างกำลังการผลิตสะสมที่ต้องการกับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง 55
5.1.3 ขั้นตอนการสร้างตัวแทนและแตกกิ่งคำตอบจากวิธีการฮิวริสติกสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ 57
5.1.4 ตัวอย่างการหาคำตอบด้วยวิธีทางฮิวริสติกสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ 58
5.2 วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต (Heuristics method for Production planning section) 63
5.2.1 ข้อมูลนำเข้าวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต 63
5.2.2 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต 64
5.2.3 ขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) ของวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต 67
5.2.4 ขั้นตอนการพัฒนาคำตอบ (Improvement solution) ของวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต 70
5.2.5 การพัฒนาคำตอบกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นไปได้ สำหรับการวางแผนการผลิตด้วยวิธีทางฮิวริสติก 73
บทที่ 6 การทดสอบเปรียบเทียบและผลการทดสอบ 75
6.1 ค่าพารามิเตอร์และกลุ่มที่ใช้ในการทดสอบ 75
6.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบลักษณะปัญหา 75
6.1.2 ตัวอย่างกลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบสมรรถนะของการหาคำตอบ 77
6.1.3 ตัวชี้วัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของแต่ละวิธีการหาคำตอบ 79
6.2 การทดสอบสมรรถนะคำตอบในระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน 80

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

6.2.1 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน 80
6.2.2 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน 82
6.2.3 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน 83
6.3 การทดสอบสมรรถนะคำตอบในระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 85
6.3.1 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 85
6.3.2 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากัน 86
6.3.3 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากัน 88
บทที่ 7 สรุปผลการศึกษาวิจัย 91
7.1 ข้อสรุปงานวิจัย 92
7.2 ปัญหาและอุปสรรคของงานวิจัย 93
7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย 93
บรรณานุกรม 94
ประวัติผู้เขียน 98

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างการใช้กำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละกระบวนการ..... 30

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างเซตข้อมูลคำสั่งซื้อ..... 31

ตารางที่ 4-1 เซตคำสั่งซื้อที่ผ่านการจัดเรียงตามรูปแบบ Earliest Due Date..... 37

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างอัตราการใช้งานกำลังการผลิตต่อหน่วยของแต่ละผลิตภัณฑ์และกระบวนการ 40

ตารางที่ 5-1 จำนวนความต้องการสุทธิในเซตคำสั่งซื้อ..... 59

ตารางที่ 5-2 อัตราการใช้กำลังการผลิตและอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมในแต่ละสถานีงาน ของลำดับคำสั่งซื้อ..... 60

ตารางที่ 5-3 กำลังการผลิตที่มีอยู่จริงในสิ้นสุดวันกำหนดส่ง..... 61

ตารางที่ 6-1 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ..... 77

ตารางที่ 6-2 กลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบสมรรถนะคำตอบ..... 78

ตารางที่ 6-3 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลัง การผลิตเท่ากัน..... 81

ตารางที่ 6-4 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลัง การผลิตเท่ากัน..... 81

ตารางที่ 6-5 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้ กำลังการผลิตเท่ากัน..... 82

ตารางที่ 6-6 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้ กำลังการผลิตเท่ากัน..... 83

ตารางที่ 6-7 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลัง การผลิตเท่ากัน..... 83

ตารางที่ 6-8 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลัง การผลิตเท่ากัน..... 84

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตารางที่ 6-9 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 85

ตารางที่ 6-10 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 86

ตารางที่ 6-11 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 87

ตารางที่ 6-12 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 87

ตารางที่ 6-13 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 89

ตารางที่ 6-14 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน 89

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1-1 วิวัฒนาการของกำไรและต้นทุนจากความต้องการที่รับเข้ามาทั้งหมด 3

ภาพที่ 1-2 สายการผลิตแบบไหลเลื่อน 5

ภาพที่ 1-3 ตัวอย่างองค์ประกอบคำสั่งซื้อ 6

ภาพที่ 1-4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย 10

ภาพที่ 2-1 ข้อมูลความต้องการและผลลัพธ์ของการวางแผนการผลิตรวม 13

ภาพที่ 2-2 การจัดเรียงลำดับการผลิตแบบไปข้างหน้า (Foreward scheduling) 14

ภาพที่ 2-3 การจัดลำดับการผลิตแบบย้อนหลัง (Backward scheduling) 15

ภาพที่ 2-4 ระบบการไหลเลื่อนอย่างบริสุทธิ์ (Pure flow shop) 17

ภาพที่ 2-5 ระบบการไหลเลื่อนทั่วไป (General flow shop) 18

ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต 28

ภาพที่ 3-2 รูปแบบระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน 29

ภาพที่ 3-3 กรอบระบบการวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อ 32

ภาพที่ 4-1 ขั้นตอนการดำเนินงานตัดสินใจ 36

ภาพที่ 4-2 การไหลของวัตถุดิบและข้อมูลสารสนเทศ 41

ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงเวลาในการคำนวณสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต สำหรับวิธีแม่นตรง 49

ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาระบบการผลิตที่ใช้กำลังกำลังการผลิต ต่างกันในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ 50

ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาระบบการผลิตที่ใช้กำลังกำลังการผลิต ต่างกันในส่วนการวางแผนการผลิต 51

ภาพที่ 5-1 การใช้กำลังการผลิตสะสมของแต่ละสถานีงาน 53

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ภาพที่ 5-2 การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง Cumulative capacity consumption และ Available capacity 56
ภาพที่ 5-3 การใช้กำลังการผลิตเกินจากกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง 57
ภาพที่ 5-4 ตัวอย่างการหาคำตอบด้วยแผนภูมิต้นไม้ 57
ภาพที่ 5-5 แผนภูมิต้นไม้แสดงคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับคำสั่งซื้อมากกว่าสามคำสั่งซื้อ 58
ภาพที่ 5-6 ตัวอย่างการคำตอบทางเลือกด้วยวิธีการแตกกิ่งลงระดับที่ 1 62
ภาพที่ 5-7 ตัวอย่างการหาคำตอบทางเลือกด้วยวิธีการแตกกิ่งลงระดับที่ 2 63
ภาพที่ 5-8 ขั้นตอนรวมของการวางแผนการผลิตด้วยวิธีทางฮิวริสติก หน้าที่ 1 65
ภาพที่ 5-9 ขั้นตอนรวมของการวางแผนการผลิตด้วยวิธีทางฮิวริสติก หน้าที่ 2 66
ภาพที่ 5-10 ตัวอย่างการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) 67
ภาพที่ 5-11 ขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) หน้าที่ 1 68
ภาพที่ 5-12 ขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) หน้าที่ 2 69
ภาพที่ 5-13 การพัฒนาคำตอบจากการหาคำตอบเบื้องต้น 71
ภาพที่ 5-14 ขั้นตอนการพัฒนาคำตอบ (Improvement solution) 72
ภาพที่ 5-15 การแสดงการเกิดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้จากการจัดเรียงการผลิต 74

3955507395
CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บทที่ 1
บทนำ

1.1. ที่มาและความสำคัญ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

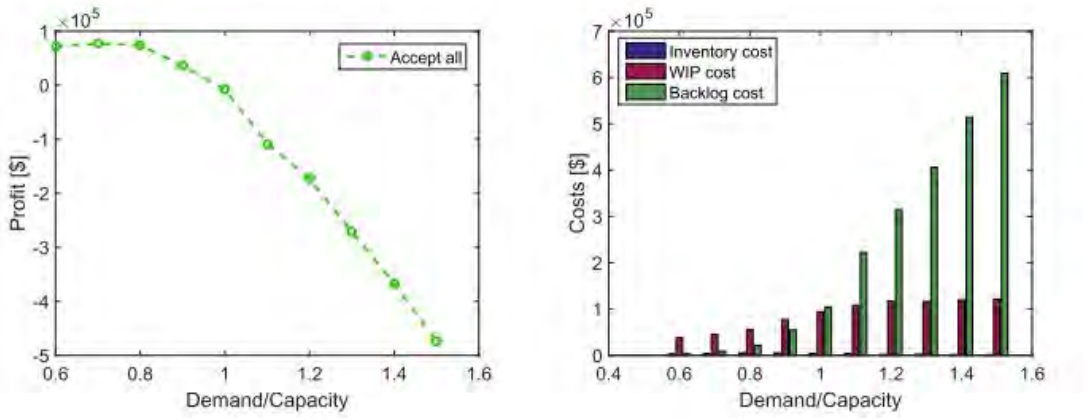
ความต้องการของลูกค้ามีความหลากหลายพร้อมกับจำนวนที่สูงเพิ่มมากขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลให้ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมการผลิตเกิดการแข่งขันในอัตราที่สูงมากขึ้นตามมา ดังนั้นอำนาจในการตัดสินใจลูกค้าจึงเป็นที่สำคัญในการดำเนินธุรกิจ (Nobibon and Leus, 2011) ทำให้องค์กรส่วนใหญ่นอกจากจะวางแผนดำเนินการให้เกิดประสิทธิภาพด้านต้นทุนแล้วยังต้องการนำเสนอ"คุณค่า"ของการผลิตและการบริการแก่ลูกค้าที่แตกต่างและตรงตามความคาดหวัง (Keskinocak and Tayur, 2004) ผู้ประกอบการในภาคอุตสาหกรรมจึงต้องหาวิธีการต่างๆที่จะตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นการนำเสนอความหลากหลายทางด้านผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น หรือการจัดการผลิตให้มีประสิทธิภาพที่ดีที่สุดเพื่อให้เกิดความพึงพอใจและน่าเชื่อถือ การตอบสนองต่อลูกค้าที่รวดเร็วและตรงต่อความต้องการเป็นส่วนหนึ่งที่แสดงถึงความเอาใส่ใจและให้ความสำคัญต่อการดำเนินการแก่ลูกค้า ผู้ประกอบการจึงต้องจัดการดำเนินการให้สอดคล้องกับความต้องการนั้นอย่างรวดเร็ว (Oğuz et al., 2010) เพื่อความน่าเชื่อถือในตัวของลูกค้าทำให้โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ผู้ประกอบการเลือกที่จะผลิตให้ทันต่อความต้องการด้วยการกำหนดนโยบายการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to order) (Kingsman et al., 1989) ซึ่งนอกจากที่จะเป็นการกำหนดการผลิตตามคำสั่งซื้อที่ลูกค้าได้กำหนดมาแล้วนั้น ยังเป็นการผลิตเพื่อให้เกิดต้นทุนจากจำนวนพัสดุคงคลังที่น้อยด้วยเช่นกัน

การวางแผนการผลิตในสายการผลิตเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการดำเนินการผลิตเพื่อมุ่งสู่เป้าหมายตามความต้องการของลูกค้าด้วยการจัดการแผนการผลิตโดยรวม (Aggregate planning: AGG) โดยในปัจจุบันการจัดตารางการผลิตเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญในการวางแผนการผลิตภายใต้สภาวะการแข่งขันทางการตลาดเพื่อจัดการทรัพยากรการผลิตที่มีให้เกิดประสิทธิภาพในการผลิตให้เป็นไปตามเป้าหมาย (แก้วปราถนา, 2548) วัตถุประสงค์หลักที่สำคัญคือการผลิตเพื่อให้เกิดประโยชน์จากการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดและทำให้เกิดความพึงพอใจจากลูกค้า รูปแบบการวางแผนการผลิตมักปฏิบัติไปตามเวลานำของการผลิต (Lead time) Pahl et al. (2005) ซึ่งเวลานำเป็นเวลาระหว่างช่วงเริ่มการผลิตไปจนถึงช่วงเวลาที่ผลิตภัณฑ์แปรสภาพเสร็จสมบูรณ์พร้อมส่งมอบตามความต้องการของลุกค้า ในความเป็นจริงเวลานำนั้นไม่ได้เกิดเพียงแค่เวลาที่เกิดจากการผลิตที่เครื่องจักร แต่การรอ

คอยนั้นก็เป็นส่วนที่ทำให้เกิดเวลานำของการผลิตที่ถูกเพิ่มขึ้น (Hopp and Spearman, 2011) โดยสัดส่วนของการเพิ่มขึ้นในปัจจัยนี้เป็นค่าถึง 85% ที่มากที่สุดจากปัจจัยของเวลานำที่ได้จากการผลิต ดังนั้นเวลานำที่เพิ่มสูงนั้นจะมักขึ้นอยู่กับกำลังการผลิตที่ใช้งานอยู่จริง (Tatsiopoulos and Kingsman, 1983)

ในทางปฏิบัติจริงของการวางแผนการผลิตฝ่ายขายจะเป็นผู้ทำหน้าที่ส่งคำสั่งซื้อทั้งหมดให้กับนักวางแผนภายในสายการผลิต และโดยทั่วไปฝ่ายขายมักจะเลือกรับคำสั่งซื้อจากคำสั่งลูกค้าทั้งหมดเข้ามาในการผลิต เพื่อให้เกิดยอดขายที่แปรผันไปสู่กำไรจากการประกอบการให้ได้มากที่สุด แต่ด้วยกำลังการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดในสายการผลิตการรับคำสั่งซื้อทั้งหมดจึงเป็นผลทำให้เกิดความแออัดในการผลิต (Congestion effect) นั่นหมายถึงการรับภาระโหลดงานของกำลังการผลิตที่สูง ทำให้เกิดการรอคอยการผลิตในสถานีงาน ส่งผลทำให้เกิดเวลานำจากการผลิตไม่สอดคล้องต่อเวลานำของลูกค้าที่เป้นเวลากำหนดส่ง ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถผลิตได้ทันตามความต้องการทั้งหมดที่ถูกกำหนดจากลูกค้าได้ Geryl (2015) ศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นของกำไรและต้นทุนเมื่อมีการตัดสินใจเลือกรับคำสั่งซื้อเข้ามาดำเนินการผลิตทั้งหมดโดยพบว่า เมื่ออัตราจำนวนความต้องการต่อกำลังโหลดงานมีค่าที่สูงมากขึ้นผลกำไรมีค่าที่ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และยังเกิดต้นทุนจากการจัดเก็บพัสดุคงคลังสินค้าระหว่างผลิต และต้นทุนงานสายเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน การรับคำสั่งซื้อมาภายใต้กำลังการผลิตที่จำกัดนอกจากจะเกิดผลกำไรที่ลดลงและต้นทุนที่เพิ่มมากขึ้นแล้วนั้นยังอาจจะพบการสูญเสียความเชื่อมั่นที่นำไปสู่การสูญเสียลูกค้าในการสั่งครั้งนั้นและครั้งถัดไป โดยลักษณะปัญหาเหล่านี้ทำให้ผู้ประกอบการจึงต้องรับมือหรือหาแนวทางในการแก้ปัญหาไม่ว่าจะเป็นการเพิ่มชั่วโมงการทำงานขึ้น (Overtime: OT) การวานจ้างการผลิตจากหน่วยงานภายนอกภายนอก (Outsource) หรือไม่เป็นการวางแผนระยะยาวด้วยการเพิ่มกำลังการผลิตด้วยการเพิ่มทรัพยากรการผลิตขึ้น (Wang et al., 2013) ซึ่งการใช้แนวทางดังกล่าวอาจทำให้ใช้ต้นทุนที่สูงและอรรถประโยชน์ (Utilization) ของทรัพยากรนั้นทำงานได้อย่างไม่มีประสิทธิภาพ

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3955507395



ภาพที่ 1-1 วิวัฒนาการของกำไรและต้นทุนจากความต้องการที่รับเข้ามาทั้งหมด

ด้วยปัญหาที่เกิดขึ้นจึงเกิดคำถามที่เกี่ยวกับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตว่าควรมีการจัดการที่ถูกต้องและเหมาะสมด้วยการยอมรับหรือปฏิเสธในบางคำสั่งซื้อหรือไม่ โดยเรียกว่าการยอมรับคำสั่งซื้อ (Order acceptance) ประเด็นดังกล่าวทำให้นักวิจัยและนักปฏิบัติการสนใจเรื่องการจัดการนโยบายเวลากำหนดส่ง (Due date management policy) Keskinocak and Tayur (2004) นำเสนอนโยบายการจัดการเวลากำหนดส่งด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อในบางรายการที่เหมาะสมภายใต้สภาวะของกำลังการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด ซึ่งมีสาเหตุสำคัญที่พยายามใช้นโยบายการผลิตแบบทันทีหรือตามสั่งจนละเลยกำลังการผลิตที่มีอยู่จริงไป จำเป็นต้องเกิดการตัดสินใจคัดเลือกคำสั่งที่เหมาะสมและสอดคล้องกับกำลังการผลิต เวลากำหนดส่ง และสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องให้ได้ Rom and Slotnick (2009) ได้กล่าวไว้ว่า “การตัดสินใจปัญหานี้เป็นสิ่งที่ยาก เพราะการตัดสินใจจะต้องทำให้เกิดความสมดุลระหว่างรายได้กับกำลังการผลิตจำกัดและค่าปรับที่ต่างๆที่เกิดขึ้น” Guerrero (1988) กล่าวถึงการยอมรับคำสั่งซื้อที่ไม่ผ่านการพิจารณาต้นทุนจากกำลังการผลิตที่จะเกิดขึ้น ก็เหมือนกับการยอมจ่ายเงินให้กับสิทธิที่ยอมรับการผลิตนั้น

วิธีการยอมรับคำสั่งซื้อจึงเป็นสิ่งที่น่าสนใจของนักวิจัยหลายท่านในทศวรรษที่ผ่านมา และถูกนำไปใช้แก้ไขปัญหาในสถานการณ์ต่างๆ ทั้งการแก้ปัญหาในโรงงานสิ่งทอ (Stern and Avivi, 1990) โดยพิจารณาการตัดสินใจลงในเครื่องจักรสิ่งทอให้กับลูกค้าที่กำหนดเข้ามา การพิจารณาคัดเลือกคำสั่งซื้อที่ขึ้นกับเวลาติดตั้งเครื่องจักรในอุตสาหกรรมฟิล์มสะท้อนแสง (Oğuz et al., 2010) การตัดสินใจคัดเลือกคำสั่งซื้อในอุตสาหกรรมเคมีภัณฑ์ (Raaymakers et al., 2000) หรือแม้กระทั่งการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการจัดตารางการผลิตการบริการในร้านซักรีดเพื่อให้เกิดจำนวนงานสายที่น้อยที่สุด (Xiao et al., 2012) ดังนั้นรูปแบบการยอมรับคำสั่งซื้อสามารถที่จะนำไปใช้ในการหาคำตอบสำหรับการผลิตที่มีข้อจำกัดทางด้านกำลังการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดได้ดี โดยให้วัตถุประสงค์ที่เป็น

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

กำไรที่เกิดจากการขายและถูกหักจากการส่งล่าช้าเป็นส่วนใหญ่ (Revenue with weight tardiness) หรือ รูปแบบของวัตถุประสงค์อื่นๆที่แตกต่างกันไปตามบริบทของปัญหา (Slotnick, 2011)

การผลิตภายในระบบสายการผลิตแบบไหลเลื่อนเป็นระบบที่สำคัญที่นำมาใช้ในสถานประกอบการ สายการผลิตแบบไหลเลื่อนเป็นสายการผลิตที่มีการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการทำงานที่เหมือนกัน ทำให้กระบวนการทำงานมีมากกว่าหนึ่งกระบวนการ (Multiple stage) ที่สามารถรองรับชนิดผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิด (Multiple product type) ทำให้สามารถผลิตได้จำนวนมากในระยะเวลาที่สั้น แต่เมื่อมีการรับคำสั่งซื้อเข้ามาจำนวนมากในกำลังการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัดการตัดสินใจผลิตในแต่ละจุดกระบวนการและแต่ละชนิดตามช่วงระยะเวลาวางแผนการผลิตเป็นสิ่งที่ยาก ซึ่งงานวิจัยการยอมรับคำสั่งซื้อโดยทั่วไปแล้วจะเป็นการศึกษาสำหรับเครื่องจักรที่มีกระบวนการทำงานเพียงหนึ่งกระบวนการ (Single stage) และพิจารณาเพียงหนึ่งชนิดผลิตภัณฑ์ (Single product type)

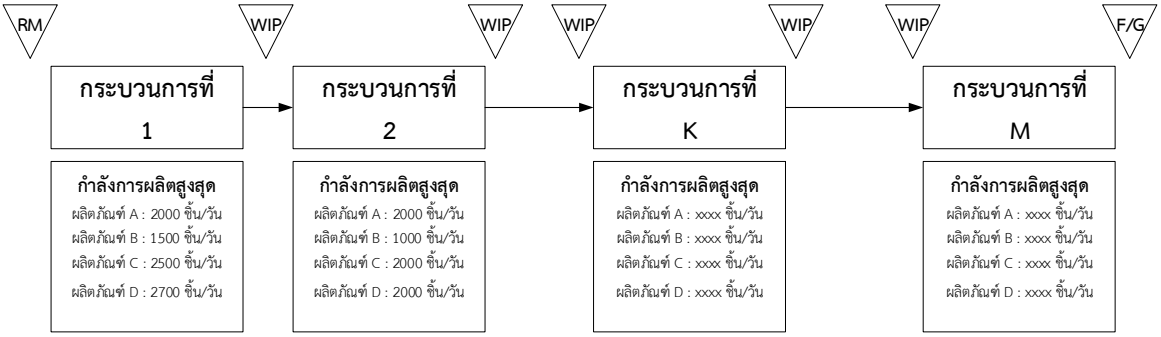
งานวิจัยฉบับนี้ศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อและวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนที่เป็นระบบการผลิตที่มากกว่าหนึ่งกระบวนการ (Multiple stage) ชนิดของผลิตภัณฑ์มากกว่า 1 ชนิด (Multiple product type) โดยมีเงื่อนไขการส่งมอบจำนวนผลิตภัณฑ์ได้ตรงตามกำหนดของลูกค้า ซึ่งในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ที่สำคัญได้แก่ 1.จำนวนการผลิตจากการส่งมอบมากที่สุด (Maximize total delivered demand volume) และจำนวนการจัดเก็บที่เกิดจากการกำหนดการผลิตมีค่าที่น้อยที่สุด (Minimize total holding stock volume) ด้วยการนำแบบสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อที่ขึ้นกับเวลานำ (Integrated production planning with order acceptance: PP-OA) จากการศึกษาของ (Aouam and Brahimi, 2013, Brahimi et al., 2015) มาประยุกต์ใช้เพื่อออกแบบให้สอดคล้องกับสถานการณ์ของปัญหา

1.2. ปัญหางานวิจัย

ในงานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตบนช่วงแผนการผลิต (Time planning horizon) ภายใต้ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop production) รูปแบบของการไหลในสายการผลิตจึงมีลักษณะเป็นเส้นตรง (Straight production line) ที่ประกอบไปด้วยกระบวนการที่ 1, 2, ..., m กระบวนการ โดยในแต่ละกระบวนการมีจำนวนทรัพยากรการผลิตจำนวน 1 หน่วย ในสายการผลิตมีขั้นตอนกระบวนการอยู่ m กระบวนการที่ถูกเชื่อมต่อให้ต่อเนื่องกัน (Stage in series) โดยเรียงลำดับกระบวนการตั้งแต่กระบวนการที่ 1 ไปจนถึงกระบวนการที่ m

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3956507395

ตามลำดับ ทำให้การผลิตนั้นไม่สามารถข้ามขั้นตอนการผลิตไปยังขั้นตอนอื่นๆได้ และในแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์มีกระบวนการผลิตที่ตรงตามสายการผลิตด้วยเช่นกัน ด้วยความแตกต่างของชนิดผลิตภัณฑ์ทำให้ระยะเวลาในการผลิตของแต่ละชนิดแตกต่างกัน ทำให้ในระหว่างกระบวนการมีแหล่งจัดเก็บพัสดุคงคลังเพื่อรอผลิตคงคลังของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์รวมกัน (Work-in-Process: WIP) เพื่อรอสำหรับการผลิตในกระบวนการถัดไป และการจัดเก็บผลิตภัณฑ์เพื่อรอการจัดส่ง (Finish goods: FG)



ภาพที่ 1-2 สายการผลิตแบบไหลเลื่อน

รูปแบบการผลิตในสายการผลิตที่ศึกษาเป็นการไหลรูปแบบชิ้นเดียว (Single-piece flow) หมายถึงในทรัพยากรการผลิตสามารถดำเนินการผลิตได้เพียงหนึ่งชิ้นต่อเครื่องจักร และสามารถส่งไปยังกระบวนการถัดไปโดยที่ไม่จำเป็นต้องรอให้ครบตามกำหนดของคำสั่งซื้อ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าลักษณะของการผลิตแบบส่งผ่านชิ้นเดียวสามารถที่จะแบ่งการผลิตของคำสั่งซื้อ (Split job) ออกเป็นหลายจำนวนเพื่อนำไปผลิตในวันหลังได้ และสามารถที่จะกำหนดการผลิตเพื่อให้ผลิตต่อไปโดยที่ไม่จะเป็นต้องรอให้เกิดการผลิตครบล็อตการผลิต (Lot size) โดยการสับเปลี่ยนชนิดของผลิตภัณฑ์จะใช้ระยะเวลาที่สั้นมาก จึงทำให้ไม่มีการพิจารณาเวลาที่เกิดขึ้นเนื่องจากสับเปลี่ยนงาน (No setup time) หรือให้มีการรวมอยู่ภายในเวลาในการผลิต (Processing time) นอกจากจะมีเวลาที่เกิดจากการผลิตแล้วแต่ยังมีเวลาการรอคอยที่เกิดจากเงื่อนไขผลิตได้เพียงหนึ่งชิ้นด้วยเพิ่มขึ้นมา และการผลิตภายในสายการผลิตจะเป็นการผลิตแบบต่อเนื่องโดยไม่ให้เกิดการแทรกงาน (No Preemption) และการสูญเสียผลิตภัณฑ์เนื่องจากเกิดตำหนิหรือสูญหาย (No defect and Lost unit)

ความต้องการหรือคำสั่งซื้อเป็นการถูกสั่งซื้อล่วงหน้าในวันก่อนที่จะเกิดการจัดตารางการผลิตหรือวันที่ 0 ตั้งแต่ลำดับคำสั่งซื้อที่ J_1 ไปจนถึง J_N โดยที่ค่าของ N คือจำนวนคำสั่งซื้อที่ถูกรับมาทั้งหมด โดยคำสั่งซื้อทุกคำสั่งจะทราบในวันก่อนที่จะเริ่มการวางแผนและดำเนินการผลิต

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

(Deterministic data) การเข้ามาของคำสั่งซื้อจะเป็นลักษณะคงที่ (Static arrival) โดยจะไม่มีการเข้ามาเพิ่มในช่วงหลังจากการวางแผนการผลิตไปแล้ว รายละเอียดคำสั่งซื้อจะประกอบไปด้วย 1.ชนิดของผลิตภัณฑ์ (Product type) เป็นลักษณะรูปลักษณ์และแบบผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยในหนึ่งคำสั่งซื้อจะมีเพียงแค่หนึ่งชนิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 2.จำนวนความต้องการ (Demand volume) เป็นจำนวนความต้องการของชนิดผลิตภัณฑ์ที่ถูกกำหนด 3.ช่วงเวลากำหนดส่ง (Due date) เป็นเวลาที่ให้ผู้ซื้อขอสัญญาในการกำหนดส่งผลิตภัณฑ์ที่ครบตามจำนวนที่ต้องการ โดยที่เวลากำหนดส่งนั้นจะอยู่ในช่วงวันของการจัดตั้งแผนการผลิต (Time planning horizon)

คำสั่งซื้อที่ 1	คำสั่งซื้อที่ 2	คำสั่งซื้อที่ 3		คำสั่งซื้อที่ N
ผลิตภัณฑ์ A	ผลิตภัณฑ์ B	ผลิตภัณฑ์ B	...	ผลิตภัณฑ์ P
ความต้องการจำนวน **1,500 ชิ้น** ช่วงเวลากำหนดส่ง **วันที่ 18**	ความต้องการจำนวน **2,000 ชิ้น** ช่วงเวลากำหนดส่ง **วันที่ 5**	ความต้องการจำนวน **1,400 ชิ้น** ช่วงเวลากำหนดส่ง **วันที่ 6**		ความต้องการจำนวน **X ชิ้น** ช่วงเวลากำหนดส่ง **วันที่ X**

ภาพที่ 1-3 ตัวอย่างองค์ประกอบคำสั่งซื้อ

การดำเนินแผนการผลิตด้วยนโยบายการผลิตตามคำสั่งซื้อโดยทั่วไปจะเริ่มให้ความสำคัญของลำดับความต้องการด้วยรูปแบบเข้ามาก่อนจะถูกเริ่มก่อน (First come first serve: FCFS) ซึ่งจะถูกกำหนดโดยฝ่ายขายเมื่อลูกค้าติดต่อเรื่องความต้องการและออกแบบคำสั่งซื้อมา จากนั้นหน่วยงานวางแผนผลิตจะเริ่มวางแผนการผลิตตามความสำคัญที่ถูกกำหนดมาด้วยการเริ่มที่กระบวนการแรก เมื่อผ่านกระบวนการแรกวัตถุจะถูกนำส่งไปยังกระบวนการถัดไป ซึ่งในกรณีที่กำลังการผลิตนั้นมีค่าน้อยกว่ากำลังการผลิตที่ต้องการ

ในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนมีกระบวนการทำงานที่มากกว่าหนึ่งกระบวนการ และวัตถุสามารถผลิตไหลได้เพียงหนึ่งชิ้นซึ่งสามารถทำให้แยกงานเพื่อไปผลิตในวันอื่นได้ การผลิตสำหรับหนึ่งคำสั่งซื้อนั้นมีจะมีหลายปัจจัยที่ทำให้เกิดเวลานำเพิ่มขึ้น ไม่ว่าจะเป็นเวลานำที่เกิดจากการผลิตและเวลานำที่เกิดจากการรอคอย ซึ่งเมื่อมีคำสั่งซื้อจำนวนมากเข้ามาเพื่อผลิตภายในระบบทำให้การตัดสินใจเป็นสิ่งที่ยาก อันเนื่องมาจากความหลากหลายของเวลานำที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการ หากมีการตัดสินใจเลือกผลิตในคำสั่งซื้อใดๆ ก็จะส่งผลให้เกิดเวลานำและการรอคอยของคำสั่งซื้อต่อๆไปได้

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ความซับซ้อนที่เกิดขึ้นนั้นยากต่อการตัดสินใจที่จะเลือกคำสั่งซื้อที่เหมาะสมเข้ากับกำลังการผลิตที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์ต่างๆ เช่นการผลิตในแต่ละสถานีงานของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์มีอัตราที่แตกต่างกันทำให้จะต้องตัดสินใจเลือกการผลิตจะไม่ทำให้เกิดการผลิตที่เกินกำลัง อีกทั้งการตัดสินใจผลิตในแต่ละช่วงเวลาของแต่ละผลิตภัณฑ์จะต้องสมดุลในแต่ละสถานีงาน โดยที่จะต้องไม่เกิดการรอคอยจนเกิดเป็นต้นทุนในการจัดเก็บผลิตภัณฑ์

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

1.3. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop production system) เพื่อให้ได้ตามวัตถุประสงค์หลักคือจำนวนความต้องการส่งมอบรวมที่มากที่สุด (Maximize total delivered demand volume) และวัตถุประสงค์รองคือจำนวนการจัดเก็บพัสดุคงคลังให้น้อยที่สุด (Minimize total stock volume)

1.4. ขอบเขตของงานวิจัย

1. งานวิจัยเล่มนี้มุ่งเน้นการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน ที่เป็นระบบปิด (Discrete manufacturing process) ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่เป็นช่วงตอนไม่ต่อเนื่องกัน (Intermittent production Line) ในสายการผลิตระบบไหลเลื่อนเส้นตรง (Flow shop production line) ด้วยลักษณะการไหลแบบชิ้นเดียว (Single piece flow) โดยไม่มีข้อกำหนดต้องรอคอยให้ครบจำนวนล็อตงาน (Batch processing) ทำให้สามารถแบ่งงานจากคำสั่งซื้อนำไปผลิตในวันอื่นได้ (Job splitting)

2. งานวิจัยฉบับนี้นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาการโดยแบ่งลักษณะปัญหาออกเป็นสองส่วนคือส่วนการยอมรับคำสั่งซื้อเพื่อให้ได้จำนวนความต้องการมากที่สุดที่เป็นวัตถุประสงค์หลัก และส่วนจัดตารางการผลิตเพื่อให้เกิดจำนวนการจัดเก็บพัสดุคงคลังเป็นวัตถุประสงค์รอง

3. วิธีการตัดสินใจที่นำเสนอในปัญหางานวิจัยมีอยู่สองวิธีคือ วิธีการหาคำตอบโดยตรง (Exact method) จากแบบกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear programing: MILP) และวิธีการทางฮิวริสติก (Heuristics)

4. เป็นการศึกษาการผลิตที่มีนโยบายในการผลิตแบบตามคำสั่งซื้อ Make to order (MTO)

5. ค่าพารามิเตอร์เป็นค่าที่ถูกกำหนดและทราบค่าแน่นอน (Deterministic data) โดยทุกค่าจะไม่ถูกรบกวนจากปัจจัยภายนอกและปัจจัยภายในใดๆ และการเข้ามาของคำสั่งซื้อเป็นค่าคงที่ (Static arrival)

6. ทำการศึกษาภายใต้สถานีงานจำนวนสูงสุด 10 สถานีงาน และชนิดผลิตภัณฑ์สูงสุด 5 ชนิด ในช่วงระยะแผนการผลิต 90 วัน

1.5. ผลลัพธ์งานวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้จะได้ผลลัพธ์เป็นวิธีการหาคำตอบสำหรับการตัดสินใจในแผนการผลิต แบ่งออกเป็นสององค์ประกอบ ได้แก่ การคัดเลือกคำสั่งซื้อและตารางการผลิต คำตอบที่ได้สามารถให้วิธีการตัดสินใจสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการตัดสินใจลำดับการผลิตในช่วงแผนการผลิตสำหรับสายการผลิตแบบไหลเลื่อน การตัดสินใจจะเป็นไปตามวัตถุประสงค์หลักที่ให้จำนวนความต้องการที่มากที่สุด และทำให้เกิดจำนวนการจัดเก็บพัสดุคงคลังน้อยที่สุดจากวัตถุประสงค์รอง

1.6. ประโยชน์ที่ได้รับจากงานวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการวางแผนการผลิตในสายการผลิตประเภทสายการผลิตเดียวแบบไหลเลื่อนที่มีจำนวนคำสั่งซื้อที่สูงในกำลังการผลิตที่จำกัด และเป็นแนวทางการศึกษาของนักวิจัยที่สนใจทางด้านการยอมรับคำสั่งซื้อกับการวางแผนการผลิต

1.7. ขั้นตอนของแนวทางในการดำเนินงานวิจัย

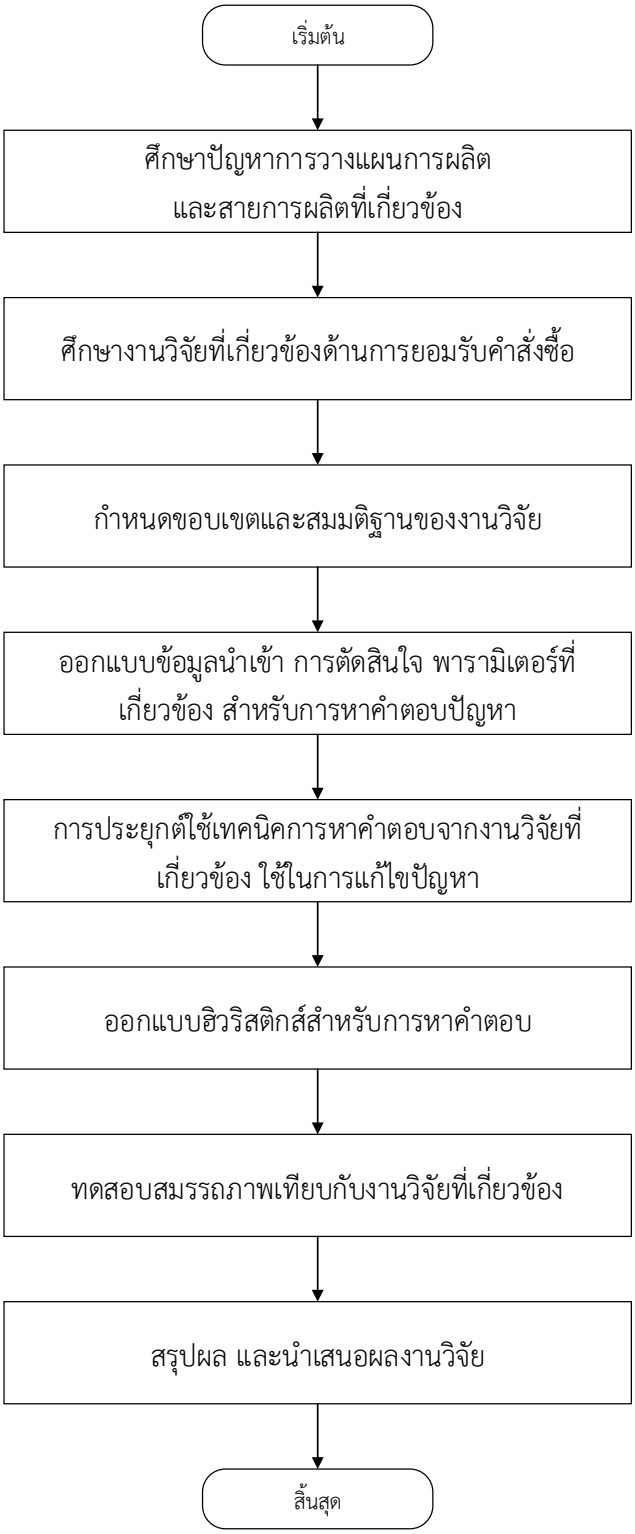
เมื่อทราบเป้าหมายของงานวิจัยแล้วนั้นจะนำไปสู่ขั้นตอนของการดำเนินงานวิจัย โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่
    a. ศึกษาปัญหาการวางแผนการผลิต และรูปแบบลักษณะของสายการผลิตในแต่ละประเภทที่เกิดขึ้นจริงในอุตสาหกรรม
    b. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทางด้านการยอมรับคำสั่งซื้อ (Order acceptance) และด้านการบูรณาการวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อ (An integrated Production planning with Order acceptance)
2. กำหนดขอบเขตของงานวิจัย วัตถุประสงค์ของงานวิจัย จากการพบประเด็นของปัญหาที่สำคัญจากการศึกษา เพื่อแสดงข้อจำกัดและความเป็นไปได้ที่เกิดขึ้นในงานวิจัย
3. ออกแบบกรอบแนวคิดสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อของระบบการผลิตที่ศึกษาในงานวิจัย
4. ออกแบบวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหางานวิจัย
    a. ออกแบบวิธีการหาคำตอบสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3955507395

   b. ออกแบบวิธีการหาคำตอบสำหรับการวางแผนความต้องการผลิต
5. ออกแบบอัลกอลิทึมจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยโปรแกรม
6. ทดสอบความถูกต้องของอัลกอลิทึมและแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น
7. ทดสอบสมรรถนะและเปรียบเทียบค่าคำตอบอัลกอลิทึมของงานวิจัย ด้วยตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องโดยแบ่งขั้นตอนการทำงานออกเป็นดังนี้
   a. การทดสอบคุณภาพของคำตอบระหว่างคำตอบจากวิธีที่ดีที่สุดและอัลกอลิทึม
   b. การทดสอบสมรรถภาพของการหาคำตอบในด้านเวลา
8. สรุปผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
9. นำเสนอผลและจัดทำรูปเล่มงานวิจัย

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 1-4 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เนื้อหาในบทนี้เป็นการศึกษาสายการวางแผนการผลิต การจัดตารางการผลิต สายการผลิตที่เกี่ยวข้อง นโยบายการจัดการเวลานำส่ง ปัญหารูปแบบสมการคณิตศาสตร์พร้อมทั้งวิธีการค้นหาคำตอบ และปัญหางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง การศึกษานำไปสู่ทฤษฎีและขอบเขตของการกำหนดตัวปัญหา โดยในบทนี้ได้สรุปและแบ่งลักษณะของการศึกษาออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาตามขอบเขตที่กำหนด และส่วนของข้อสรุปของงานวิจัยอื่นที่มีการศึกษาปัญหาที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งการนำเสนอรูปแบบการแก้ปัญหามาก่อนแล้ว โดยมีรายละเอียดของงานดังต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 การวางแผนการผลิต (Production planning)

ศฤงคารศิริ (2545) ได้กล่าวถึงการวางแผนการผลิตไว้ว่า การวางแผนและการควบคุมการผลิตเป็นเครื่องมือที่ใช้ไว้เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการการตัดสินใจความต้องการ ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรในการผลิต และพัสดุอื่นที่เกี่ยวข้องภายในระบบการผลิต ระบบการผลิตได้ให้ความหมายที่สำคัญคือ การที่ใช้ทรัพยากรการผลิตที่มีอยู่ดำเนินการไปตามลำดับของขั้นตอนเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมาย องค์ประกอบที่สำคัญของระบบผลิตคือ 1.ข้อมูลนำเข้า (Input) เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องในการผลิต 2.กระบวนการแปรสภาพ (Conversation process) และ 3.ผลผลิต (Output) ที่เป็นผลจากการนำปัจจัยการผลิตมาผ่านกระบวนการแปรสภาพ เพื่อให้การดำเนินการผลิตในระบบการผลิตนั้นมีประสิทธิภาพทั้งทางด้านเวลา คุณภาพ และราคาการวางแผนการผลิตที่จำเป็นต้องมี

เป้าหมายที่สำคัญของการวางแผนการผลิตคือการจัดการผลิตให้ดำเนินการได้ทันต่อความต้องการของลูกค้ามากที่สุด โดยจะต้องเกิดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการที่ต่ำที่สุด ซึ่งไม่ว่าจะเป็นต้นทุนในการผลิต การจัดส่งเคลื่อนย้าย หรือแม้กระทั่งการจัดเก็บ ซึ่งกระบวนการวางวางแผนการผลิตข้างต้นสามารถทำให้เกิดการดำเนินการภายในอุตสาหกรรมประสานงานกันได้อย่างลงตัว สามารถลดต้นทุนในการผลิตจากการจัดตารางการผลิตของกิจกรรม มีวัสดุในการใช้งานที่พอเพียง ลดเวลาในการรอคอยในแต่ละสถานีงาน รู้แนวทางของการผลิตเพื่อให้เกิดความรวดเร็วในการสั่งผลิต เป็นต้น

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

องค์ประกอบที่สำคัญสำหรับการวางแผนการผลิตนั้นได้แก่ 1.การวางแผน (Planning) เป็นวิธีการวิเคราะห์สถานการณ์และข้อมูลที่มีอยู่มาวางแผนเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการ โดยเป็นการกำหนดให้กับส่วนย่อยของเป้าหมายที่เกี่ยวข้องไว้ก่อนล่วงหน้า และนำส่วนย่อยของแต่ละเป้าหมายมาสู่เป้าหมายหลักเดียวกัน 2.การดำเนินการผลิต (Operating) เป็นการนำหลักการที่ถูกวางแผนไว้เรียบร้อยแล้วมาดำเนินการตามส่วนที่เกี่ยวข้องของงาน เช่นการดำเนินการผลิต เป็นต้น และ 3.การควบคุมขั้นตอนการผลิต (Control) เป็นการติดตามผลของการดำเนินงานว่ายังเป็นไปตามแผนการที่ถูกวางไว้หรือไม่ หากมีความคลาดเคลื่อนจึงจะปรับปรุงแผนงานเพื่อให้เป็นไปตามเป้าหมายต่อไป โดยการวางแผนการผลิตนั้นมีทั้งการวางแผนในระยะสั้น หรือการดำเนินการวางแผนในระยะเวลาไม่เกิน 12 เดือน หรือการวางแผนในระยะยาวสำหรับการดำเนินการผลิตระยะที่มากกว่า 12 เดือน

หน่วยงานที่มีส่วนเกี่ยวข้องในการวางแผนการผลิตโดยทั่วไปก่อนที่จะเริ่มต้นดำเนินงาน มีทั้งผู้ที่จัดทำงบประมาณการผลิต การกำหนดรายการวัสดุ การวางแผนกรรมวิธี ออกแบบรายละเอียดของเครื่องจักร วางแผนดำเนินงาน การสร้างแผนภูมิกระบวนการผลิต การกำหนดระยะเวลา และรวมไปถึงการจัดตารางการผลิต โดยการจัดตารางการผลิตเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้กำหนดงานในแต่ละงานให้ดำเนินการผลิตและเริ่มต้นและสิ้นสุดที่เวลาใดๆ ผลลัพธ์ที่ได้จากการวางแผนจะเป็นจำนวนการผลิตที่ต้องการรวมเป็นหน่วยเดียวกัน

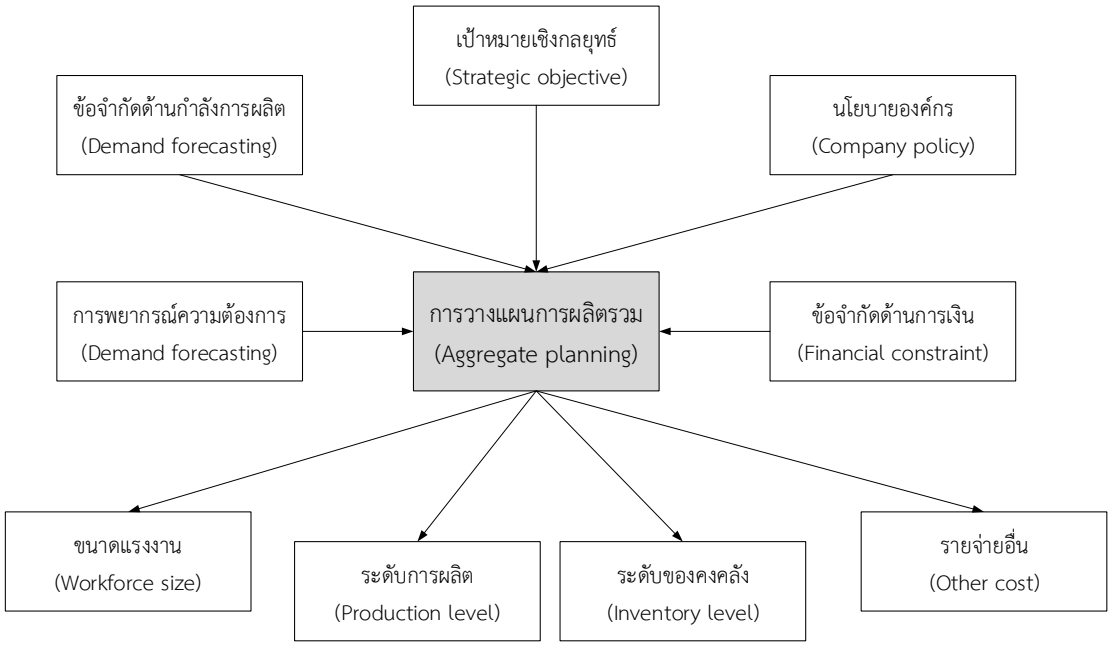
2.1.2 การวางแผนการผลิตรวมและการวางแผนการผลิตย่อย (Aggregate and Disaggregate production planning)

การวางแผนการผลิตรวมเป็นระดับหนึ่งที่ถูกกำหนดรายละเอียดของกิจกรรมการผลิตกับทางปฏิบัติการอย่างคร่าวโดยไม่เจาะจงในรายละเอียดในช่วงระยะเวลา 1 – 3 เดือนด้วยข้อมูลนำเข้าที่ถูกวิเคราะห์ ลักษณะของการวางแผนการผลิตถูกกำหนดจำนวนของความต้องการผลิตเพื่อให้ใกล้เคียงกับความต้องการให้ได้มากที่สุด วัตถุประสงค์ของการวางแผนการผลิตรวมนั้นเป็นการกำหนดแผนการใช้ทรัพยากรให้ใช้ทรัพยากรในการผลิตให้เกิดประสิทธิภาพ เพื่อให้ตอบสนองต่อความต้องการให้อยู่ในรูปหน่วยรวมให้น้อยที่สุด ซึ่งนั่นรวมหมายถึงการเกิดกิจกรรมที่สร้างต้นทุนต่างๆให้ได้น้อยที่สุด

การวางแผนการผลิตรวมจะรับข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งได้แก่ กลยุทธ์ในการผลิต นโยบายขององค์กรให้มีการดำเนินการผลิตนั้นเป็นไปอย่างไร และข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องที่ได้แก่ ข้อจำกัดทางด้าน

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ต้นทุน และข้อจำกัดทางด้านกำลังการผลิต เป็นต้น โดยการทำงานของการวางแผนการผลิตรวมจะเป็นการตัดสินใจจำนวนความต้องการที่รวมมาออกแบบการผลิตในกลุ่มผลิตภัณฑ์รวม และผลลัพธ์ของการวางแผนการผลิตจะเป็นระดับของการผลิตและระดับของพัสดุคงคลัง



ภาพที่ 2-1 ข้อมูลความต้องการและผลลัพธ์ของการวางแผนการผลิตรวม

ผลลัพธ์ที่ได้จากการวางแผนการผลิตจะเป็นลักษณะของจำนวนของกำลังการผลิตที่ต้องการอย่างโดยรวม โดยจะนำไปสู่การกำหนดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการใช้งานจริงให้ตรงตามสภาพการใช้งานจริงที่เรียกว่า การวางแผนการผลิตย่อย (Disaggregate production planning) ที่ประกอบไปด้วยการกำหนดการผลิตหลัก (Master production schedule: MPS) เป็นการกำหนดจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในแต่ละช่วงของเวลา โดยผลจากการวางแผนจำนวนที่ต้องการผลิตจะเป็นการวางแผนความต้องการพัสดุ (Material requirement planning: MRP) ที่แสดงผลของจำนวนพัสดุที่ต้องการในการผลิตทุกช่วงระยะเวลาการผลิต การกำหนดการผลิตหลักเป็นส่วนสำคัญที่จะบ่งบอกรายละเอียดที่ได้จากแผนการผลิตรวมมาแจกแจงระดับวัน เพื่อให้เห็นความต้องการของวัสดุคงคลังและแสดงถึงขีดความสามารถของกำลังการผลิตว่าสามารถผลิตได้ตรงตามความต้องการที่ถูกกำหนดหรือไม่

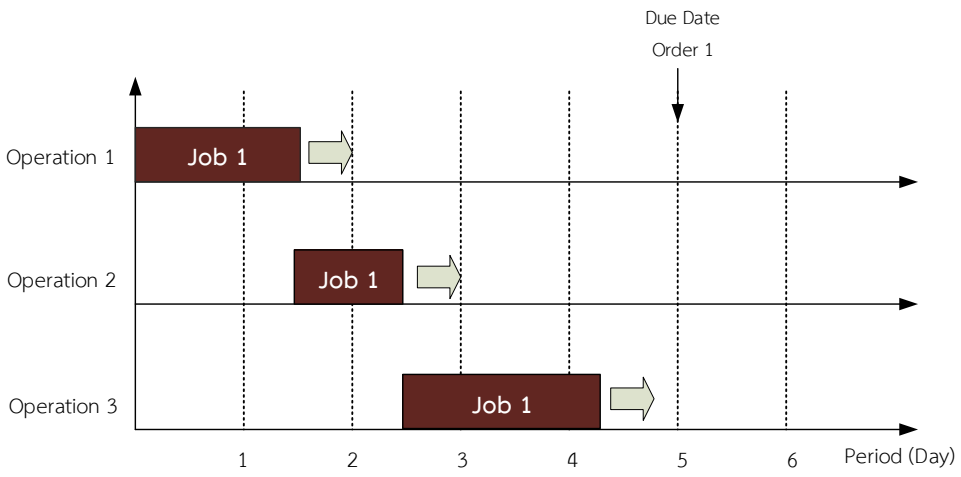
3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ในส่วนนี้ทำให้เห็นถึงลักษณะปัญหาเมื่อเกิดค่าความต้องการนั้นมีอยู่สูงทำให้เกิดความแออัดของงานโหลดที่จะกำหนดการผลิตได้ทันต่อความต้องการจริง ผู้วิจัยจึงเลือกการศึกษาภายในระดับการกำหนดการผลิตหลักที่สามารถแสดงจำนวนการผลิต และแสดงความต้องการของพัสดุคงคลัง

2.1.3 การจัดตารางการผลิต (Production scheduling)

คำนิยามของการจัดตารางการผลิต (Pinedo, 2012) คือการจัดการทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดเพื่อดำเนินการให้กับงาน (Task) ที่ได้ถูกกำหนดไว้ให้ได้ตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นสำหรับการจัดตารางการผลิตนั่นคือแนวทางในการจัดเรียงลำดับการผลิตของงานที่เป็นไปตามเป้าหมายของวัตถุประสงค์ โดยได้สรุปการแบ่งแนวทางในการจัดตารางการผลิตออกได้เป็น 2 วิธี ได้แก่

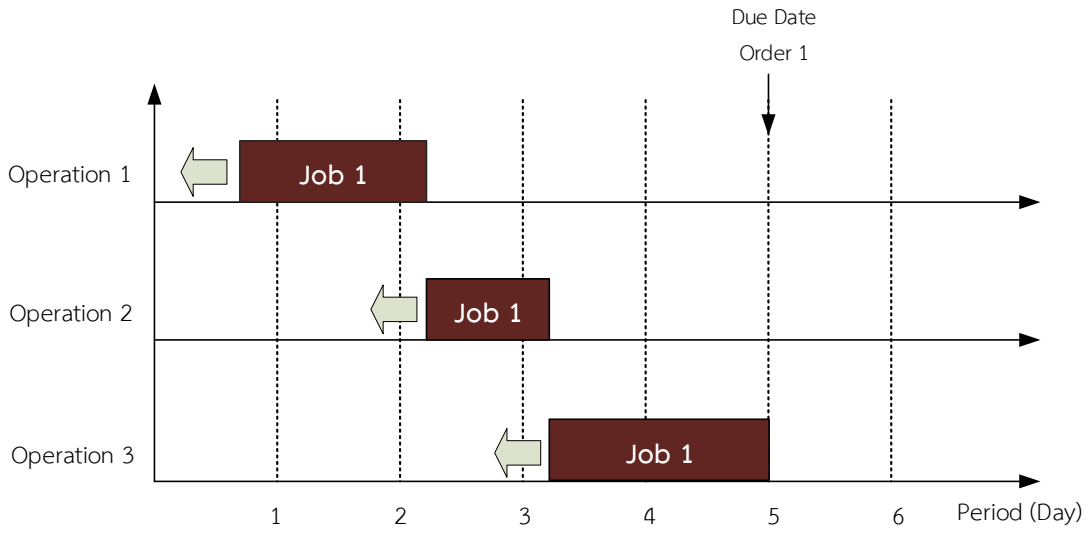
1. การจัดตารางการผลิตแบบไปข้างหน้า (Forward scheduling) เป็นลักษณะการจัดตารางการผลิตให้กับงานที่ถูกมอบหมายเริ่มต้นในทรัพยากรที่ยังไม่มีการทำอะไร หรือเริ่มต้นในวันที่ 0 ของวันที่เริ่มวางแผนการผลิตโดยที่ไม่ต้องคำนึงถึงกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง ดังนั้นลักษณะการจัดตารางไปทางด้านหน้าจะไม่ได้พิจารณาเวลาในการกำหนดส่งของงานที่ถูกมอบหมาย แต่จะเน้นการทำงานให้เสร็จไวที่สุด หรือเวลาในการปิดงานที่น้อยที่สุด ดังนั้นการผลิตเช่นนี้อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เสร็จสิ้นก่อนล่วงหน้า ส่งผลให้ต้องมีการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ดังกล่าวเพื่อรอถึงช่วงเวลาการส่งมอบ วิธีการจัดตารางแบบนี้จึงเน้นการผลิตเพื่อการจัดเก็บ (Make to stock: MTS)



ภาพที่ 2-2 การจัดเรียงลำดับการผลิตแบบไปข้างหน้า (Foreward scheduling)

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3956507395

2. การจัดตารางการผลิตแบบไปข้างหลัง (Backward scheduling) เป็นลักษณะของการผลิตที่เน้นการผลิตให้ทันต่อเวลากำหนดส่ง (Due date) โดยเริ่มการผลิต ณ งานที่มีวันกำหนดส่งไกลที่สุดก่อน แล้วจากนั้นจึงไกล่เกลี่ยไปทางด้านวันก่อนหน้าอันเนื่องมาจากข้อจำกัดทางด้านทรัพยากร โดยทุกงานจะต้องมีการกำหนดในวันที่กำหนดส่งทุกงาน ซึ่งวิธีการนี้จะไม่เน้นการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ไว้ ทิศทางของงานเมื่อสำรวจจากแผนภูมิแกนต์ (Gantt's chart) จะพบว่ามีการกำหนดผลิตจากขวาไปซ้ายซึ่งเหมือนลักษณะการจัดงานแบบถอยหลังไป วิธีดังกล่าวมักนำไปใช้งานการผลิตแบบตามคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งเน้นการผลิตที่ใกล้วันกำหนดส่ง เพื่อทำให้เกิดการจัดเก็บสินค้าคงคลังให้น้อยที่สุด



ภาพที่ 2-3 การจัดลำดับการผลิตแบบย้อนหลัง (Backward scheduling)

2.1.4 สายการผลิต (Production line)

สายการผลิตจะประกอบไปด้วยการนำสถานีงานที่มีทรัพยากรการผลิต ที่อาจมีเพียงหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งได้ถูกใช้ในการดำเนินงานต่อกันอย่างเป็นระบบ (Russell and Taylor, 2011) คำว่าสถานีงานหมายถึงพื้นที่หรือบริเวณที่มีทรัพยากรในการปฏิบัติหรือดำเนินการ ทรัพยากรการผลิตหมายถึงสิ่งที่ทำให้วัตถุหรือสิ่งที่ถูกมอบหมายดำเนินการไม่ว่าจะเป็นการแปรรูป การเพิ่ม การตัดตอน เพื่อให้วัตถุนั้นเกิดมูลค่าที่เพิ่มมากขึ้น ตัวอย่างของทรัพยากรการผลิตนั้นได้แก่เครื่องจักรผลิตและคน เป็นต้น ซึ่งระบบได้หมายถึงองค์ประกอบการทำงานที่เกิดจากการรับสิ่งหนึ่งผ่านการดำเนินงาน ไม่ว่าจะเป็นการปรับปรุง การพัฒนา หรือการสร้าง เพื่อให้เกิดเป้าหมายออกมา Pongsethpaisal (2017) ได้แบ่งลักษณะของสายการผลิตออกเป็น 5 ลักษณะได้แก่

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

2.1.4.1 สายการผลิตแบบโครงการ (Project shop)

เป็นลักษณะสายการผลิตที่มีการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ และไม่เกิดการทำงานรูปแบบเดิมบ่อยครั้ง ซึ่งส่วนใหญ่จะเกิดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ดำเนินการนั้นน้อยนัก การผลิตส่วนนี้จะพบในผลิตภัณฑ์ที่มีมูลค่าสูงและขนาดที่ใหญ่ ได้แก่ การผลิตเครื่องบิน รถไฟ เรือสำเภา เรือดำน้ำ เป็นต้น

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

2.1.4.2 สายการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง (Job shop)

สายการผลิตที่มีการแยกของสถานีงานที่มีการดำเนินงานแตกต่างกัน ทำให้สามารถนำวัตถุที่มีความต้องการใช้กระบวนการที่สอดคล้องกัน ทำให้สามารถเริ่มที่สถานีงานใดๆก่อนและหลังได้ตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ ดังนั้นความยืดหยุ่นในการผลิตที่สูงสำหรับการปรับเปลี่ยนชนิดของผลิตภัณฑ์ สายการผลิตประเภทนี้จึงไม่ได้เป็นสายการผลิตแบบต่อเนื่องที่ถูกต่อยาวจนถึงปลายกระบวนการ แต่ความยืดหยุ่นในการทำงานทำให้เกิดการจัดแผนการผลิตที่ซับซ้อน และเวลาของการติดตั้งของเครื่องจักรบ่อยครั้ง (Setup time)

2.1.4.3 สายการผลิตแบบเซลล์ (Cellular manufacturing)

เป็นการจัดกลุ่มทรัพยากรหรือสถานีงานที่ถูกกำหนดตามลักษณะต่างๆ โดยเน้นการจัดกลุ่มที่มีลักษณะกระบวนการที่คล้ายกัน โดยเรียกกลุ่มที่ถูกรวมกระบวนการว่าเซลล์ (Cell) ซึ่งเหมาะกับการผลิตที่มีความหลากหลายของการผลิต ลักษณะของสายการผลิตแบบเซลล์มีความผิดพลาดที่น้อยกว่าสายการผลิตประเภทอื่นๆ เหมาะสมที่จะนำไปผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีความหลากหลายได้เกิดผลิตภาพที่สูง (High productivity) เนื่องจากการจัดกลุ่มจะช่วยลดเวลาในการเคลื่อนย้ายของวัตถุที่น้อย ลดการเกิดการจัดเก็บระหว่างกระบวนการลง (Work-in-Process) โดยการจัดตั้งสายการผลิตแบบเซลล์ใช้ต้นทุนที่สูง และจำเป็นต้องใช้พนักงานที่มีความสามารถหรือคุ้นเคยในการควบคุมทรัพยากรทุกตัวที่อยู่ภายในกลุ่ม

2.1.4.4 สายการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible manufacturing)

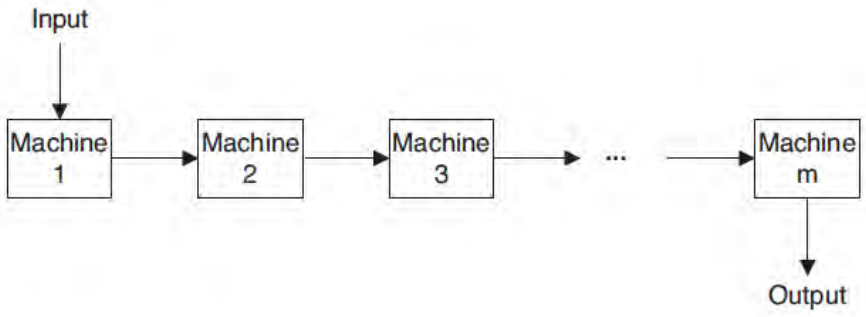
สายการผลิตที่ประกอบไปด้วยทรัพยากรแบบอัตโนมัติ (Automation resource) ที่เหมาะสมกับความต้องการที่มีความไม่แน่นอนและสม่ำเสมอ เพื่อรองรับกับความเสี่ยงที่ก่อให้เกิดความล่าช้า ทรัพยากรการผลิตส่วนมากจะเป็นเครื่องจักรที่ถูกแบ่งกลุ่มตามลักษณะที่ต้องการผลิตของ

แต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ค่าใช้จ่ายด้านการผลิตในค่อนข้างต่ำและคุณภาพทั้งด้านผลผลิตและผลิตภัณฑ์ที่คงที่ แต่สามารถผลิตให้กับความหลากหลายผลิตภัณฑ์ที่น้อยกว่าสายการผลิตแบบเซลล์

2.1.4.5 สายการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop production line)

สายการผลิตนั้นจะประกอบไปด้วยสถานีที่มีลักษณะการแปรรูปหรือดำเนินการต่างๆ โดยในแต่ละสถานีงานจะถูกเชื่อมต่อกันอย่างเป็นระบบ ภายในสถานีงานจะประกอบไปด้วยทรัพยากรสำหรับการดำเนินงานไม่ว่าจะเป็นคนหรือเครื่องจักร ลักษณะของสายการผลิตแบบไหลเลื่อนนั้นมีความรวดเร็วในการผลิต ทำให้สามารถผลิตได้จำนวนหลายๆชิ้น ซึ่งทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการผลิตต่อหน่วยที่ต่ำ จึงเป็นที่นิยมนำมาประยุกต์ใช้ในการผลิตให้กับความต้องการที่มีจำนวนมาก หรือความคล่องตัวในการทำงานที่มีประสิทธิภาพ ส่วนประกอบรูปแบบของสายการผลิตแบบไหลเลื่อนจะประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวน m เครื่อง ที่มีกระบวนการทำงานที่แตกต่างกัน m กระบวนการ โดยที่ Baker (1974) ได้แบ่งระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1. ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนอย่างบริสุทธิ (Pure flow shop) ซึ่งเป็นลักษณะของการดำเนินการทุกกระบวนการตั้งแต่กระบวนการที่ 1 ไปจนถึงกระบวนการที่ m เมื่อมีเครื่องจักรทั้งหมด m เครื่อง โดยเรียงวิธีการดำเนินงานตั้งแต่ 1, 2, ..., m อย่างเช่นเมื่อมีการผลิตให้กับงาน j จะมีวิธีการกำหนดลักษณะการผลิตคือ (1, j), (2, j), ..., (m, j) เป็นต้น

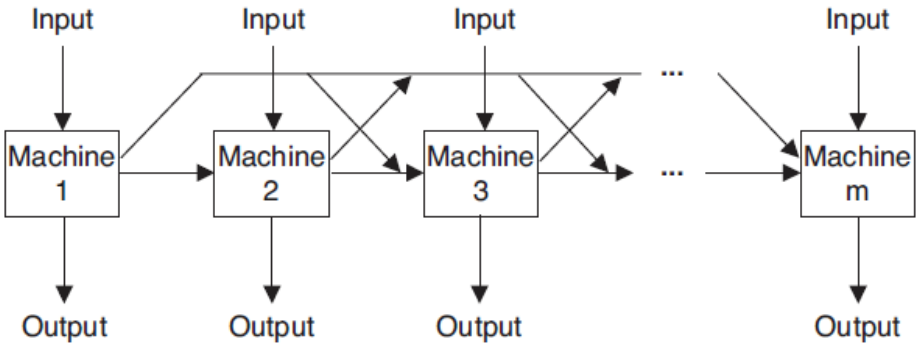


ภาพที่ 2-4 ระบบการไหลเลื่อนอย่างบริสุทธิ์ (Pure flow shop)

2. ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนทั่วไป (General flow shop) ที่แตกต่างจากลักษณะของสายการผลิตแบบไหลเลื่อนมีสามารถให้งานที่ j ดำเนินการในสายการผลิตน้อยกว่า m กระบวนการได้และสามารถที่จะเริ่มที่กระบวนการใดก่อนและข้ามกระบวนการแก่กันอย่างอิสระก็ได้ แต่ไม่

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

สามารถทำในกระบวนการที่ j เมื่อกระบวนการเริ่มต้นที่ k โดยที่ k > j หรือการดำเนินการย้อนกลับ โดยทั่วไปแล้วระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนจะมีข้อสมมติฐานที่ใช้โดยทั่วไปดังนี้คือ



ภาพที่ 2-5 ระบบการไหลเลื่อนทั่วไป (General flow shop)

ก. เซตของงานจำนวน n งานจะถูกเริ่มต้นดำเนินการ ณ เวลาที่ t = 0 (โดยที่แต่ละงานมีการดำเนินการที่ m กระบวนการ และแต่ละกระบวนการต้องทำในเครื่องจักรที่แตกต่างกัน)

ข. เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรนั้นเป็นอิสระ และถูกรวมอยู่ไว้เดียวกันกับเวลาในการผลิต (Processing time)

ค. ทราบข้อมูลคุณสมบัติและลักษณะของงานในแต่ละงาน

ง. เครื่องจักรทั้งหมด m เครื่องจักรมีความพร้อมในการปฏิบัติงานเริ่มต้น

จ. ในขณะที่มีการเริ่มกระบวนการ จะไม่ยอมให้มีกระบวนการแทรกงานเกิดขึ้น

การผลิตในสายการผลิตแบบไหลเลื่อนที่มีลักษณะที่นิยมในอุตสาหกรรมการประกอบ (Assembly line) ที่มีการประกอบด้วยกระบวนการที่เป็นไปตามลำดับ เพื่อความรวดเร็วและได้ผลิตภาพเป็นจำนวนมาก (High productivity) ที่ต้องใช้การผลิตให้กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการในหลายๆชนิด โดยรูปแบบของสายการประกอบการผลิตมีการพิจารณาตามจำนวนชนิดผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่

1. สายการผลิตผลิตภัณฑ์เดี่ยว (Single model production line) ลักษณะของสายการผลิตจะมีเพียงผลิตภัณฑ์ชนิดเดียวที่สามารถทำการผลิตได้ รูปแบบนี้เน้นการผลิตแบบรวดเร็วและไม่มีความยืดหยุ่นในการปรับเปลี่ยนชนิดผลิตภัณฑ์

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3956507395

2. สายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ (Multi model production line) เป็นการผลิตในสายการผลิตที่มีชนิดของผลิตภัณฑ์มากกว่าหนึ่งชนิดขึ้นไป โดยรูปแบบนี้จะมีความยืดหยุ่นในการผลิตให้กับหลายชนิดผลิตภัณฑ์ โดยส่วนใหญ่ของการผลิตจะเป็นการผลิตแบบหลายชิ้นรวมเป็นชุดเดียวกัน (Batch) แต่ด้วยการสับเปลี่ยนทำให้เกิดเวลาในการติดตั้งทรัพยากรการผลิตที่เพิ่มขึ้นตามมา

3. สายการประกอบผลิตภัณฑ์ผสม (Mixed model production line) ลักษณะของสายการผลิตแบบนี้มีความคล้ายเคียงกับสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ แต่ด้วยสายการผลิตแบบนี้มีองค์ประกอบที่คล้างเคียงกันในการทำงาน ทำให้การไหลของวัตถุสำหรับแต่ละชนิดมีความเป็นอิสระที่มากกว่าสายการผลิตแบบหลายผลิตภัณฑ์ ทำให้ไม่จำเป็นต้องมีข้อกำหนดในการผลิตว่าใครจะเริ่มก่อนหลัง ซึ่งระหว่างกระบวนการดำเนินการผลิตไม่จะเป็นต้องปรับตั้งทรัพยากรการผลิต

2.1.5 นโยบายการจัดการเวลากำหนดส่ง (Due date management)

ด้วยความซับซ้อนของการจัดตารางการผลิตภายใต้ข้อมูลเวลาในการกำหนดส่งและกำลังการผลิตที่มีอย่างจำกัดในสภาวะการแข่งขันในตลาดที่เกิดขึ้น การจัดตั้งนโยบายที่คอยกำหนดควบคุมการดำเนินการตามคำสั่งซื้อที่เหมาะสมจึงมีความสำคัญ

Keskinocak and Tayur (2004) นำเสนอสาเหตุของปัญหาว่าลูกค้ามักจะกำหนดเวลาที่เชื่อมั่นว่าจะได้รับผลิตภัณฑ์ตามกำหนดซึ่งเรียกว่าเวลานำของลูกค้า (Customer lead time) ดังนั้นการผลิตเพื่อตอบสนองต่อเวลานำของลูกค้าจึงต้องมีเวลานำการผลิต (Production lead time) ที่น้อยกว่าหรือเท่ากับเวลานำของลูกค้า ความสำคัญของเวลานำลูกค้าจึงเป็นตัวสำคัญที่ทำให้องค์กรพยายามตอบสนองด้วยการผลิตสินค้าจากการผลิตเป็นจำนวนมากเป็นเจาะจง (Mass production to mass customization) หรือการผลิตเพื่อจัดเก็บเป็นการผลิตตามคำสั่งมากขึ้น (Make to stock to make to order) โดยเมื่อมีความหลากหลายของความต้องการของลูกค้าทำให้ส่งผลต่อความต้องการใช้กำลังการผลิตในสายการผลิตที่แตกต่างกัน (Capacity required) ซึ่งความสำคัญของลูกค้าที่สอดคล้องกับรายได้ที่เกิดขึ้นเป็นสิ่งหนึ่งที่ควรจะพิจารณาด้วยเช่นกัน จนทำให้เกิดการศึกษานโยบายการจัดการเวลากำหนดส่ง (Due date management policy) ที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจผลกระทบ ที่จะเกิดขึ้นโดยมีตัวแปรเป็นเวลานำของแต่ละลูกค้า โดยส่วนหนึ่งเป็นการตัดสินใจยอมรับคำสั่งซื้อจากลูกค้า (Order acceptance)

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

โครงสร้างการตัดสินใจนโยบายการจัดการเวลากำหนดส่งนั่นคือการยอมรับคำสั่งซื้อ (Order acceptance) มีลักษณะประกอบไปด้วยการตัดสินใจเลือกคำสั่งซื้อจากเวลานำของลูกค้า (Order selection) และการจัดตารางการผลิต (Scheduling) โดยแนวคิดการตัดสินใจจะต้องดำเนินการสองส่วนไปอย่างพร้อมกัน ซึ่งบางทีในหลายงานวิจัยได้มีการตัดสินใจตามลำดับโดยเริ่มจากการตัดสินใจเลือกคำสั่งซื้อ และนำคำสั่งซื้อนั้นไปจัดเรียงลงในตารางการผลิตตามลำดับ จุดประสงค์ของการกำหนดนโยบายจะต้องเป็นจุดประสงค์ที่ไม่มีขัดแย้งต่อวิธีการเลือกคำตอบและการจัดตารางการผลิต หรือคำตอบของการคัดเลือกคำสั่งซื้อเป็นข้อข้อมูลหรือข้อจำกัดของวิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาวิธีการหาคำตอบเพื่อมุ่งสู่วัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

ก. ค่าเฉลี่ย/ผลรวมของน้ำหนักวันกำหนดส่ง (Average/total weight due date)
ข. ค่าเฉลี่ยของการเกิดงานสาย (Average tardiness) หรือจำนวนงานที่สาย (Number of tardy jobs)
ค. จำนวนเวลาที่ก่อนกำหนดเฉลี่ย (Average earliness)
ง. ผลรวมน้ำหนักของเวลาล่าช้าและก่อนกำหนดที่ถูกถ่วงน้ำหนัก (Total weighted earliness and tardiness) และเวลานำผลิต (Lead times)
จ. ค่าเฉลี่ยเวลารอคอยภายในคิวงาน (Average queue length) ค่าเฉลี่ยการรอคอย (Average waiting time) และค่าเฉลี่ยเวลาไหลของงาน (Average flow time)
ฉ. จำนวนงานที่ยังทำไม่เสร็จภายในระบบ (Number of incomplete jobs in system or WIP) จำนวนเวลาทั้งหมดของงานที่ยังทำไม่เสร็จ (Total processing time of unfinished jobs in the system: CWIP)

ปัญหาการจัดการเวลากำหนดส่งนั้นมีความหลากหลายจากมิติต่างๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับบริบทของระบบอุตสาหกรรมการผลิตหรืองานการบริการ ด้วยมิติที่มีความแตกต่างกันนั้นส่งผลต่อการตั้งปัญหาและกำหนดปัญหาทางรูปแบบคณิตศาสตร์ด้วยเช่นกัน ไม่ว่าจะเป็นมิติคำสั่งซื้อแบบ Online และ Offline โดยลักษณะของ Offline เป็นลักษณะที่มีคุณสมบัติของคำสั่งซื้อที่ถูกสมมติขึ้นมา ทำให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องไม่ว่าจะเป็นชนิดของความต้องการ (Type of product) ช่วงเวลาการเข้ามาของคำสั่งซื้อ (Job arrival) หรือแม้กระทั้งเวลาที่ดำเนินการ (Processing time) นั้นทราบก่อนที่จะเริ่มวางแผนการจัดตารางการผลิตในช่วงเวลาที่วางแผน ซึ่งจะมีลักษณะที่ตรงข้ามกับลักษณะ Online ที่จะทราบข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดก็ต่อเมื่อมีการเข้ามาของคำสั่งซื้อ นอกจากนี้ยังมิติอื่นๆที่สำคัญไม่ว่าจะเป็นการใช้เครื่องจักรเดียวและเครื่องจักรหลายเครื่อง (Single server vs Multiple server) การ

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

แทรกของงาน (Preemption) ความเป็นข้อมูลรูปแบบ Stochastics และ Deterministic เป็นต้น ดังนั้นจึงต้องสำรวจลักษณะและปัญหาที่มีอยู่ภายในระบบอย่างชัดเจน

วัตถุประสงค์ของการจัดการเวลานำส่งในงานหลายวิจัยได้แต่งตั้งหลายรูปแบบเพื่อความสอดคล้องระหว่างสถานการณ์หรือคุณสมบัติที่ศึกษาอยู่ จะเห็นได้ว่าวัตถุประสงค์ของการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการจัดตารางการผลิตนั้นมีความซับซ้อนของการหาคำตอบที่เหมาะสม

2.1.6 รูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์และวิธีการหาคำตอบของปัญหา

วิธีการกำหนดรูปแบบทางคณิตศาสตร์เป็นส่วนหนึ่งของศาสตร์การวิจัยและดำเนินงาน (Operation research: OR) (ธรรมาภรณ์พิลาศ, 2555) เป็นตัวช่วยออกแบบระบบที่มีข้อจำกัดทางด้านทรัพยากรเพื่อช่วยในการตัดสินใจจากปัญหาให้ถูกต้อง นำไปสู่การหาคำตอบที่เหมาะสมที่ดีสุด (Optimization) ด้วยการกำหนดรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ได้ถูกนำไปใช้ในการวางระบบเพื่อการตัดสินใจในหลายปัญหาสถานการณ์ เช่นการออกแบบและจัดตารางการผลิต ปัญหาการวางแผนการผลิต ปัญหาการจัดการสินค้าคงคลัง รวมทั้งปัญหาการขนส่ง เป็นต้น

ตัวกำหนดสมการเชิงเส้นทางคณิตศาสตร์ประกอบไปด้วย ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective function) ที่เป็นตัวกำหนดเป้าหมายของปัญหาที่ต้องการเป็นไปในทิศทางใด โดยในฟังก์ชันสามารถกำหนดรูปแบบสมการให้สามารถหาคำตอบได้เป็นสองทิศทาง ทั้งการให้มูลค่าวัตถุประสงค์นั้นสูงที่สุดหรือน้อยที่สุดตามตัวอย่างของสมการที่ 2.1

$$\begin{aligned} &\text{Minimize } Z: && z = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i \\ &\text{Subject to:} && Ax \le b && \text{Unequally constraint} \\ & && Ax = b && \text{Equality constraint} \\ & && x \ge b && \text{Continuous variables} \end{aligned} \qquad (2.1)$$

นอกเหนือสมการเป้าหมายแล้วมีสมการเงื่อนไขสำหรับกำหนดขอบเขตของสถานการณ์ที่เกิดขึ้น โดยข้อจำกัดอาจเป็นไปได้ทั้งรูปแบบสมการ (Equality constraint) และอสมการ (Unequally constraint) โดยองค์ประกอบของตัวแปรตัดสินใจเป็นค่าต่อเนื่อง (Continuous variable) และจำนวนเต็ม (Integer variable) เมื่อสถานการณ์ของปัญหาที่มีการตัดสินใจเป็นจำนวนเต็มแล้วนั้น สมการเงื่อนไขจะแสดงตัวแปรตัดสินใจทั้งหมดจะถูกกำหนดค่าให้เป็นจำนวนเต็มทั้งหมด ดังสมการที่ 2.2

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

$$
\begin{aligned}
&\text{Minimize Z:} && z = \sum_{i=1}^{n} c_i x_i && \\
&\text{Subject to:} && Ax \le b && \text{Unequally constraint} \\
& && Ax = b && \text{Equality constraint} \\
& && x \ge 0 && \text{Continuous variables} \\
& && x_K \subset x, \forall k \in K : x_K \in \mathbb{Z} && \text{Integer variable}
\end{aligned} \tag{2.2}
$$

วิธีการหาคำตอบสำหรับสมการเชิงเส้นนั้นจะใช้แบบจำลองในการหาค่าผลเฉลยซึ่งจะได้ผลเฉลยที่มีค่าเหมาะสมที่สุดตามวัตถุประสงค์ และรูปแบบสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มนั้นเป็นแบบจำลองที่ต้องการค่าผลเฉลยเป็นจำนวนเต็มทำให้ผลเฉลยที่ได้ที่สุดอาจไม่สามารถเป็นตัวแทนของผลเฉลยได้ ดังนั้นจึงมีวิธีการที่ถูกศึกษาเพื่อให้หาคำตอบที่สอดคล้องกับความซับซ้อนของปัญหาในตัวกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม วิธีการหาคำตอบสำหรับรูปแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมถูกกำหนดออกเป็นสองวิธีได้แก่

1.วิธีการคำตอบโดยตรง (Exact method) การหาผลเฉลยที่ดีที่สุดเป็นของตัวแบบสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม เป็นวิธีการหาผลคำตอบที่ดีที่สุดจากจำลองหาคำตอบตามรูปแบบตัวกำหนดทางคณิตศาสตร์ ด้วยการหาคำตอบในสมการเชิงเส้นหย่อน (LP relaxation) รูปแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมใช้วิธีการหาคำตอบแบบวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound: B&B) โดยเป็นรูปแบบการแตกกิ่งของคำตอบลงไปดั่งการหยั่งรากต้นไม้ โดยวิธีการหาคำตอบจะเป็นการหาคำตอบเชิงเส้นหย่อนเป็นค่าขอบเขตบน (Upper bound) สำหรับวัตถุประสงค์สูงสุด และขอบเขตล่าง (Lower bound) สำหรับวัตถุประสงค์ต่ำสุดก่อนที่จะกำหนดตัวแปรตัดสินใจใกล้เคียงกับจำนวนเต็ม หากตรงตามเงื่อนไขจะหยุดการหาคำตอบซึ่งตรงข้ามกับการหยั่งหาคำตอบต่อไปเมื่อคำตอบยังไม่เป็นไปตามเงื่อนไขของปัญหาที่กำหนด วิธีการนี้จะให้ผลเฉลยที่ดีที่สุดแต่เมื่อมีความซับซ้อนของปัญหาเกิดขึ้นทำให้เกิดระยะเวลาของการหาผลเฉลยนั้นสูงขึ้น วิธีการนี้จึงไม่เหมาะกับการหาคำตอบที่มีข้อจำกัดทางด้านเวลา (Time calculation)

2.วิธีการหาคำตอบด้วยฮิวริสติก (Heuristics solution) เป็นวิธีการที่ถูกกำหนดขึ้นเนื่องมาจากขนาดของปัญหาจริงที่ต้องการหาคำตอบที่ดีที่สุดนั้นมีความซับซ้อน หรือขนาดของปัญหาที่ใหญ่มาก ซึ่งทำให้วิธีการหาคำตอบโดยตรงไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดภายใต้เวลาการหา

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

คำตอบที่จำกัดได้ การหาคำตอบด้วยวิธีการทางฮิวริสติกจึงถูกออกแบบเพื่อหาตัวแทนของคำตอบที่ดี (A good solution) พื้นฐานการออกแบบวิธีฮิวริสติกเป็นวิธีการลองงาน (Rule of thumb) หรือการใช้ประสบการณ์ในการหาคำตอบ (Experiences) หรือการตัดสินใจด้วยสามัญสำนึก (Intuitive judgment) คำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบที่ดีภายใต้สภาพของปัญหาซึ่งจะไม่ได้การันตีว่าจะเป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด แต่เวลาหาคำตอบด้วยวิธีดังกล่าวจะยังคงอยู่ภายใต้ขอบเขตที่กำหนดไว้ได้ ประเภทของฮิวริสติกในปัจจุบันที่ศึกษาได้ถูกแบ่งออกเป็นสองประเภทดังต่อไปนี้

1. ฮิวริสติกรูปแบบโครงสร้าง (Constructive heuristics) เป็นฮิวริกติกที่ถูกกำหนด ถูกสร้างภายใต้ขอบเขตของปัญหาที่มีอยู่ โดยวิธีการจะเป็นการหาคำตอบจากตัวแปรตัดสินใจไปทีละขั้นตอน โดยเมื่อหาคำตอบในตัวแปรตัดสินใจได้ทุกจำนวน จะหยุดกระบวนการหาโดยที่ไม่ต้องพิจารณาปัจจัยอื่นใด

2. ฮิวริสติกรูปแบบพัฒนา (Improvement heuristics) ลักษณะการหาคำตอบนั้นคล้ายกับฮิวริสติกโครงสร้าง แต่จะแตกต่างที่สามารถพัฒนาคำตอบตามขอบเขตหรือเงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ โดยเริ่มหาคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) และสร้างคำตอบชุดใหม่จากชุดคำตอบเดิมตามเงื่อนไขของการหาคำตอบ และทำซ้ำไปจนกระทั้งเข้าขอบเขตหรือข้อกำหนดในการค้นหาคำตอบเรียบร้อยแล้ว

นอกจากนั้นยังมีวิธีการหาคำตอบอื่นที่เรียกว่าการหาคำตอบทางเมตาฮิวริสติก (Meta heuristics) ซึ่งเป็นลักษณะวิธีการที่เหมือนกับวิธีหาคำตอบทางฮิวริสติก แต่วิธีเมตาฮิวริสติกเป็นวิธีการที่ถูกพัฒนาการหาคำตอบจากนักวิจัยที่นำมาใช้ด้วยการดัดแปลงให้เข้ากับสภาพของปัญหา วิธีการเมตาฮิวริสติกถูกคิดค้นในหลายๆวิธีได้แก่ วิธีการจำลองแบบอบอ่อน (Simulated annealing algorithm: SA) วิธีการค้นหาแบบต้องห้าม (Tabu search algorithm: TA) หรือวิธีการค้นหาคำตอบข้างเคียง (Variable neighborhood search) วิธีการตัดแต่งทางพันธุกรรม (Genetics algorithm: GA) เป็นต้น

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การยอมรับคำสั่งซื้อเป็นกลยุทธ์หนึ่งที่มีความสำคัญและมีอิทธิพลต่อการดำเนินการผลิต เพราะเมื่อไหร่ก็ตามที่มีการยอมรับคำสั่งซื้อที่สูงมากๆก็จะทำให้เกิดภาระโหลดงานที่สูงมากขึ้น และนำไปสู่เวลานำที่เพิ่มขึ้นที่จะทำให้เกิดงานสายและค่าปรับที่ตามมา ทำให้การตัดสินใจยอมรับคำสั่งซื้อที่ดีนั้นมีผลกับต้นทุนกำไรที่ได้จากการผลิตหรือค่าปรับจากงานสายที่เกิดขึ้นเป็นต้น Man et al.

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

(2017) อธิบายเป้าหมายหลักของการยอมรับคำสั่งซื้อนั้นคือการได้มาของกำไร รายได้ หรือการลดลงของต้นทุนที่ได้จากการยอมรับคำสั่งซื้อ และมีเป้าหมายรองจากการเพิ่มขึ้นของระดับบริการ (Service level) อรรถประโยชน์ (Utilization) และการลดลงของเวลาสาย (Minimize lateness) Geryl (2015) กล่าวถึงการศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อมีวัตถุประสงค์ไปในสองด้านได้แก่ การนำการยอมรับคำสั่งซื้อไปทำงานร่วมกับการวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดผลสำคัญทางด้านเศรษฐศาสตร์ และด้านการนำเสนอวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมกับรูปแบบปัญหา ซึ่งจะเป็นการนำไปเปรียบเทียบกับความสามารถของเมตาฮิวริสติกหรือการพัฒนานำไปใช้ต่อ การศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อถูกนำไปศึกษาในลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันไป

การศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อจะเริ่มต้นศึกษาจากการเข้ามาของคำสั่งซื้อแบบคงที่ (Static arrival) จากงานเครื่องจักรเดียวประเภท Job shop (Slotnick and Morton, 1996) ด้วยวัตถุประสงค์ที่ให้ได้กำไรมากที่สุดจากการหักลบกับค่าปรับที่เกิดจากงานสายให้น้อยที่สุด (Lateness) โดยนำเสนอฮิวริสติกที่เรียกว่า Beam search ในการหาคำตอบขนาดเล็ก และวิธี myopic ในการหาคำตอบที่มีขนาดใหญ่ ซึ่ง Ghosh (1997) ได้พิสูจน์และสรุปวิธีการปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อที่มีด้วยการยอมรับค่าปรับจากงานสายถือปัญหาดังกล่าวจัดเป็นปัญหาระดับ NP-Hard ซึ่งเป็นปัญหาที่ซับซ้อนและยากในการหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ (Optimization) Lewis and Slotnick (2002) ได้ต่อยอดงานวิจัยที่พิจารณาระยะเวลาที่มากขึ้น (Multi-period) และนำเสนอ Dynamic programing เป็นตัวเปรียบเทียบกับฮิวริสติก myopic ที่นำมาใช้ โดยให้ผลค่าที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดในกลุ่มปัญหาขนาดเล็ก และให้ผลที่เหมาะสมในปัญหาขนาดใหญ่

Ebben et al. (2005) ศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อบนการผลิตแบบ Job shop ตามนโยบายการผลิตตามคำสั่งซื้อ ด้วยการนำเสนอวิธีการหาคำตอบทั้งสี่รูปแบบได้แก่ The Aggregate resource loading (ARL), Resource loading per resource (RLR) และ EDD based order acceptance และ Branch-and-Price resource loading (BPRL) และทดสอบคุณภาพการหาคำตอบด้วยการจำลองสถานการณ์ด้วยดัชนีชี้วัดทางอรรถประโยชน์ของงานโหลด (Rate of utilization) และระดับการให้บริการ (Service level) โดยทุกงานวิจัยเป็นการพิจารณาภายใต้ทรัพยากรผลิต (Resource) ภายใต้หนึ่งถึงสองทรัพยากรผลิต

การยอมรับคำสั่งซื้อยังมีการศึกษาร่วมกับการจัดตารางการผลิตที่เรียกว่า การยอมรับคำสั่งซื้อและการจัดตารางการผลิต (Order acceptance and Scheduling: OAS) เช่นในงานวิจัยของ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

Nobibon et al. (2009) นำเสนอการยอมรับคำสั่งซื้อและการจัดตารางการผลิตสำหรับเครื่องจักรเดี่ยว โดยนำเสนอรูปแบบการหาคำตอบได้แก่ วิธีการหาคำตอบโดยตรง (Exact method) และนำเสนอวิธีการทางฮิวริสติกจำนวน 6 วิธีการสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ และทดสอบหาคุณภาพของคำตอบด้วยวิธีการจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ Og˘uz et al. (2010) ที่ศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อและการจัดตารางการผลิตโดยที่ที่การตัดสินใจจัดเรียงการผลิตจะขึ้นอยู่กับเวลาในการติดตั้งเครื่องจักรและมูลค่าของคำสั่งซื้อที่ถูกกำหนดขึ้นมา Wang et al. (2013) นำเสนอปัญหาภายใต้เครื่องจักรสองเครื่องที่ต่อกันในรูปแบบไหลเลื่อน โดยนำเสนอฮิวริสติกสำหรับปัญหาขนาดใหญ่และวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตในการค้นหาคำตอบสูงสุด 20 งาน

นอกจากนั้นมีงานวิจัยที่พิจารณาการยอมรับคำสั่งซื้อรวมกับการวางแผนการผลิต เพื่อให้มีการกำหนดการใช้พัสดุคงคลังที่เหมาะสมภายใต้สภาวะความแออัดของการโหลดงานในกำลังการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด Geunes et al. (2002) ศึกษาการเลือกคำสั่งซื้อนำไปวางแผนการผลิตภายใต้กำลังการผลิตมีทีอยู่อย่างจำกัดและไม่จำกัดด้วยการนำเสนอในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่จะลดต้นทุนในการผลิตและการจัดเก็บพัสดุคงคลัง โดยนำเสนอ Shortest path ในการหาคำตอบสำหรับลักษณะปัญหาที่มีกำลังการผลิต Brahimi et al. (2015) นำเสนอความสัมพันธ์ของเวลานำในการผลิตและจำนวนวัสดุคงคลังด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต ด้วยการออกแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer programing: MILP) ที่เป็นแบบจำลองการยอมรับคำสั่งซื้อในการวางแผนการผลิต (Integrated production planning with order acceptance: PP-OA) โดยการนำเสนอเอาความสัมพันธ์ของเวลานำและการดำเนินการผลิต และเสนอวิธีการหาคำตอบภายใต้การหย่อนของเวลากำหนดส่ง (Flexible due date) เพื่อให้เห็นกำไรที่เกิดจากการกำหนดช่วงระยะเวลาการส่ง และออกแบบวิธีการหาคำตอบฮิวริสติกสองรูปแบบได้แก่ Time-based relax-and-fix heuristics และวิธี Order-based relax-and-fix heuristics โดยสามารถให้สมรรถนะของคำตอบใกล้เคียงกับวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสม

ปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อถูกจำลองรูปแบบในแบบกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear Programing: MILP) โดยศึกษาภายใต้คุณลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันไป และวิธีการหาคำตอบโดยตรง (Exact method) จะให้ประสิทธิภาพของคำตอบได้ในขนาดของปัญหาขนาดเล็ก แต่ด้วยลักษณะปัญหาที่ซับซ้อนและมีขนาดที่ใหญ่ขึ้น วิธีการหาคำตอบจึงถูกนำเสนอจากการพัฒนาประยุกต์ใช้อัลกอลิทึมเพื่อให้สามารถหาคำตอบได้รวดเร็วขึ้น เช่น Alidaee et al. (2001) พัฒนาใช้ Greedy algorithm ในการหาคำตอบเลือกคำสั่งซื้อที่มีชื่อว่า Best-in greedy algorithm

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ในการแก้ปัญหาการเลือกคำสั่งซื้อซึ่งสามารถให้ประสิทธิภาพที่ดีในการหาคำตอบ Rom and Slotnick (2009) พัฒนางานจากปัญหาเดิมด้วยการใช้ Genetic algorithm ที่เป็น meta-heuristic ในการหาคำตอบสำหรับแก้ไขปัญหาขนาดใหญ่ เปรียบเทียบกับวิธีการทำงานของ myopic ซึ่งการพัฒนาการอัลกอลิทึมทางพันธุศาสตร์ให้คุณภาพคำตอบที่ดีในช่วงเวลาที่สั้น Cesaret et al. (2012) ที่ใช้วิธีการ Tabu search algorithm ในการแก้ไขปัญหาจำนวนของคำสั่งซื้อได้มากสุดที่ 100 คำสั่งซื้อที่มีขนาดเล็ก Lin and Ying (2015) ใช้แบบจำลองอบอ่อน (Simulate annealing: SA) สำหรับการหาคำตอบในการรับคำสั่งซื้อและจัดตารางการผลิต โดยประยุกต์เป็นวิธีการ Multi initiator simulated annealing ที่สามารถหาคำตอบได้มากสุดใน 500 คำสั่งซื้อ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นความสำคัญถึงความซับซ้อนและขนาดของปัญหาที่ใหญ่สำหรับขอบเขตงานที่ศึกษาว่าควรนำเสนอวิธีการปัญหาที่สามารถพบคำตอบที่เกิดประสิทธิภาพในด้านเวลาหาคำตอบ

การยอมรับคำสั่งซื้อภายใต้การวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อมุ่งเน้นการศึกษาสำหรับกระบวนการเดียวและผลิตภัณฑ์ผลิตเดียว ซึ่งยังไม่พบงานวิจัยที่มุ่งเน้นไปทางด้านการวางแผนการผลิตบนกระบวนการที่มากกว่าหนึ่งกระบวนการ ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อในการวางแผนการผลิตสำหรับระบบที่มีกระบวนการผลิตมากกว่าหนึ่งกระบวนการและมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ (Multiple stage and Multiple product) ปัญหาจะถูกออกแบบจำลองด้วยตัวกำหนดสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม หาคำตอบด้วยวัตถุประสงค์สองวัตถุประสงค์ได้แก่ ด้วยเงื่อนไขที่การส่งมอบคำสั่งซื้อจะต้องครบทุกจำนวนตามระยะเวลาที่ต้องการ โดยการอ้างอิงรูปแบบการจำลองตัวแบบกำหนดสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมและนำเสนอวิธีการหาคำตอบที่สอดคล้องภายใต้ลักษณะและขนาดของปัญหาต่อไป

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บทที่ 3
กระบวนการศึกษาดำเนินงานวิจัย

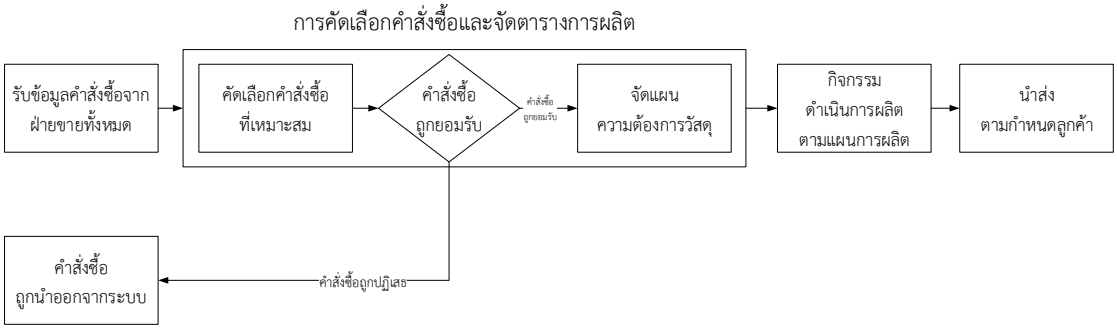
การคัดเลือกคำสั่งซื้อสำหรับการวางแผนการผลิตนั้นมีสภาพแวดล้อมของปัญหาที่แตกต่างกันไปในแต่ละงานวิจัย ผู้วิจัยได้ศึกษาปัญหาภายใต้สภาพแวดล้อมของระบบการผลิตที่เป็นแบบไหลเลื่อน (Flow shop production system) จึงต้องศึกษาสภาพแวดล้อมของปัญหาที่ถูกต้องที่นำไปสู่กระบวนการตัดสินใจ ดังนั้นเนื้อหาของบทนี้จึงกล่าวถึงรายละเอียดการศึกษาการวางแผนการผลิตด้วยการคัดเลือกคำสั่งซื้อภายในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน ด้วยการอธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบที่สำคัญในสายการผลิต รูปแบบการไหลของผลิตภัณฑ์และข้อมูล ด้านความต้องการหรือคำสั่งซื้อ เงื่อนไขของความต้องการจากลูกค้า และวัตถุประสงค์ที่สำคัญ โดยจะนำไปสู่กรอบของระบบการวางแผนการผลิตที่แสดงรายละเอียดข้อมูลนำเข้า ผลลัพธ์ของคำตอบ และช่วงของกระบวนการตัดสินใจ

3.1 ขั้นตอนการวางแผนการผลิตด้วยวิธีการยอมรับคำสั่งซื้อ

การวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อจะเป็นวิธีดำเนินการตัดสินใจในระดับการวางแผนการผลิตรวม (Aggregate planning level) และการวางแผนความต้องการของวัสดุ (Material requirement planning: MRP) ที่เป็นการกำหนดจำนวนความต้องการวัสดุเพื่อทำการผลิตในช่วงระยะเวลาแผนการผลิต ดังนั้นการเข้ามาของคำสั่งซื้อจะถูกพิจารณาวางแผนก่อนการดำเนินงานผลิตจริง ขั้นตอนการวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อเริ่มต้นจากการรับข้อมูลนำเข้าเป็นเซตคำสั่งซื้อที่มีระยะเวลากำหนดส่งอยู่ภายใต้ขอบเขตระยะแผนการดำเนินงาน (Time planning horizon) เพื่อรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเข้าสู่การคัดเลือกคำสั่งซื้อตามสถานการณ์และสภาพแวดล้อมของการผลิต หากคำสั่งซื้อนั้นถูกยอมรับคำสั่งซื้อจะถูกนำไปกระบวนการวางแผนการผลิต หากคำสั่งซื้อใดๆไม่ถูกยอมรับจะถูกนำออกจากระบบเพื่อส่งแนวทางแก่ลูกค้าต่อไป ขั้นตอนการวางแผนการผลิตจะรับข้อมูลนำเข้าเป็นเซตคำสั่งซื้อที่ผ่านการพิจารณาและคัดเลือกคำสั่งซื้อที่เหมาะสมกับกำลังการผลิตและตัดสินใจวางแผนการผลิตด้วยการตัดสินใจกำหนดจำนวนการผลิตในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ว่าจะมีการผลิตที่กระบวนการใด จำนวนเท่าใดตั้งแต่วันแรกจนถึงขอบเขตเวลาการวางแผนการผลิต คำตอบสุดท้ายของการติดสินใจจะแสดงเซตคำสั่งซื้อที่รับเลือกนำมาดำเนินการผลิตและแผนการผลิตสำหรับ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

แต่ละผลิตภัณฑ์ในระยะการวางแผน จากนั้นจึงเริ่มดำเนินการผลิตตามแผนงานและนำส่งต่อลูกค้าตามจำนวนต้องการต่อไป



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต

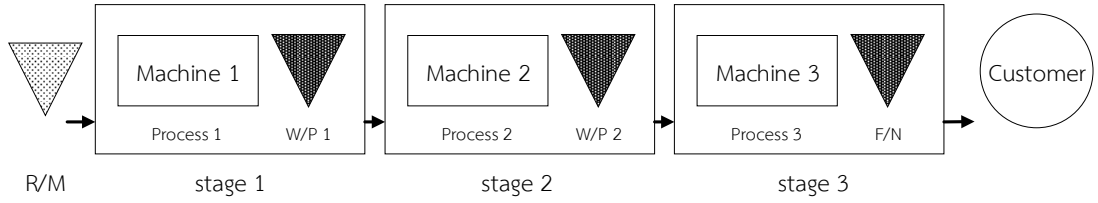
การวางแผนการผลิตด้วยการคัดเลือกคำสั่งซื้อของการศึกษาได้ทั้งสองรูปแบบ (ten Kate, 1994) ทั้งวิธีการหาคำตอบได้ทั้งบูรณาการตัดสินใจไปพร้อมกัน (Integrated process) หรือวิธีการการตัดสินใจเป็นลำดับขั้น (Hierarchical process) ซึ่งวิธีการตัดสินใจเป็นลำดับขั้นนั้นจะเริ่มตัดสินใจเลือกจนได้เซตของคำสั่งซื้อที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์และนำเข้ากระบวนการวางแผนการผลิตเพื่อตัดสินใจแผนการผลิตที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการตัดสินใจแบบเป็นลำดับขั้นจึงถูกนำมาใช้ในการตัดสินใจหาคำตอบในหลายสภาพแวดล้อมของปัญหา

การตัดสินใจพร้อมกันระหว่างการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตพร้อมกันจะเป็นการหาคำตอบเพื่อส่งเซตคำตอบหลังขั้นตอนการวางแผนการผลิต การหาคำตอบอาจไม่พบคำตอบที่ไม่ตรงกับเงื่อนไขในส่วนปัญหาการจัดการผลิต ทำให้เกิดการหาคำตอบวนซ้ำเริ่มต้นที่ขั้นตอนแรกอยู่เสมอ ซึ่งแตกต่างกับการหาคำตอบเป็นลำดับชั้นที่ถูกหาคำตอบสำหรับเซตคำสั่งซื้อที่เป็นไปได้ก่อนเซตคำตอบจะเป็นคำตอบที่ถูกคัดเลือกได้คำตอบที่สามารถนำไปหาขั้นตอนต่อไปโดยที่ไม่ต้องวนซ้ำ งานวิจัยนี้จึงเลือกวิธีการแบบลำดับขั้นในการตัดสินใจหาคำตอบ ซึ่งเป็นการส่งข้อมูลเซตคำสั่งซื้อที่ถูกยอมรับส่งต่อในขั้นตอนการวางแผนการผลิตเพื่อตัดสินใจต่อไป ทำให้ส่วนการตัดสินใจจำเป็นต้องรับทราบข้อมูลเกี่ยวกับระบบในสายการผลิต โดยการตัดสินใจแต่ละส่วนสามารถอธิบายได้ดังนี้คือ ส่วนแรกคือส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อเพื่อให้ได้จำนวนคำตอบที่เหมาะสมเพื่อให้ได้จำนวนความต้องการที่มากที่สุด และส่วนที่สองเป็นส่วนการวางแผนการผลิต โดยจะเป็นส่วนที่กำหนดจำนวนที่ต้องการผลิตและจำนวนความต้องการพัสดุคงคลังในแต่ละกระบวนการ โดยพิจารณาตั้งแต่กระบวนการแรกจนถึงกระบวนการสุดท้ายทุกชนิดผลิตภัณฑ์ตลอดระยะเวลาการวางแผนการผลิต

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

3.2 องค์ประกอบในระบบการผลิตที่ศึกษา

องค์ประกอบของสายการผลิตที่เป็นระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน (Flow shop production system) มีสถานีงานที่บ่งบอกถึงกระบวนการในการผลิตมากกว่าหนึ่งสถานีงาน (Multiple stage) โดยประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวนหนึ่งเครื่องอยู่ภายในแต่ละสถานีงาน ทำให้สายการผลิตมีเครื่องจักรถูกต่อเป็น M_1, M_2, ..., M_m สำหรับเครื่องจักรจำนวน m เครื่อง จึงเป็นการต่อกันของเครื่องจักรแรกไปยังเครื่องจักรที่สองตามลำดับกระบวนการ ทำให้การผลิตสำหรับหนึ่งผลิตภัณฑ์ไม่สามารถข้ามขั้นตอนในแต่ละกระบวนการผลิตได้ ดังนั้นจึงสามารถผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการเหมือนกันได้ และในระหว่างกระบวนการนั้นจะมีจุดจัดเก็บวัตถุสำหรับการผลิต วัตถุดิบและวัสดุสำเร็จรูป แทรกอยู่ระหว่างกระบวนการ ระบบผลิตแบบไหลเลื่อนเป็นระบบที่ถูกจัดให้เป็นระบบการผลิตแบบเป็นช่วงตอน (Intermittent production system) ซึ่งเป็นระบบการผลิตที่มีการหยุดพักระหว่างกระบวนการเพื่อนำส่งไปในกระบวนการถัดไป หรือมีการหยุดชะงักเพื่อนำส่งไปผลิตในกระบวนการถัดไป ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนนี้จะสามารถผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการที่เหมือนกันได้หลายชนิด



ภาพที่ 3-2 รูปแบบระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน

การไหลของวัตถุสำหรับการผลิตเป็นการไหลจากต้นทางของกระบวนการแรกสิ้นสุดที่กระบวนการส่งมอบผลิตภัณฑ์ โดยที่การไหลของวัตถุจะสวนทางกับการไหลของข้อมูลสารสนเทศที่รับมา การไหลของวัตถุในสายการผลิตโดยทั่วไปจะมุ่งเน้นการผลิตแบบกลุ่มชิ้นงาน (Batch size) จึงเกิดการพักของวัตถุเพื่อรอการผลิตในกระบวนการถัดไปตามจำนวนชุดของงานที่สั่งทำ ซึ่งทำให้เกิดเวลาในการรอคอยของกระบวนการก่อนหน้าที่จะรับเข้ามาผลิต ภายใต้ความรวดเร็วในการผลิตพร้อมทั้งเงื่อนไขของระยะเวลาที่จำเป็นต้องส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ชัดเจนวิธีการไหลแบบจำนวนชิ้นงาน (Single piece flow) ซึ่งเป็นการไหลของวัตถุไปยังกระบวนการหรือสถานีงานถัดไปได้เมื่อสถานีงานถัดไปเกิดสถานะว่างงาน (Idle) และในสถานีงานปัจจุบันนั้นเสร็จสิ้น ซึ่งมีประโยชน์ในด้านการการ

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

นำไปผลิตเพื่อเกิดผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปได้รวดเร็ว ผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาการวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อภายใต้ลักษณะการไหลแบบจำนวนชิ้นงาน

ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ทำการศึกษาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีกระบวนการในการผลิตที่เหมือนกัน ทำให้สามารถผลิตภายในระบบการผลิตร่วมกันได้ ซึ่งในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์มีความแตกต่างในลักษณะขนาด หรือน้ำหนักของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่สามารถใช้วัตถุดิบทดแทนหรือร่วมกันได้ในแต่ละจุดสถานีงาน อีกทั้งความแตกต่างของชนิดผลิตภัณฑ์ทำให้ระยะเวลาในการผลิตที่ไม่เท่ากันด้วยเช่นกัน จึงเกิดเป็นการบ่งบอกกำลังการผลิตสูงสุดที่เกิดขึ้นในแต่ละกระบวนการผลิตตามมาตามตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ตัวอย่างการใช้กำลังการผลิตสูงสุดของแต่ละผลิตภัณฑ์ในแต่ละกระบวนการ

Workstation	Max capacity per day (unit)			
	Product type			
	Product A	Product B	Product C	Product D
1	250	210	310	300
2	200	200	250	100
3	300	400	550	350
4	70	150	2000	250

จากตารางที่ 3-1 เป็นตัวอย่างแสดงการใช้กำลังการผลิตสูงสุดในแต่ละกระบวนและชนิดของผลิตภัณฑ์ เมื่อพิจารณาที่กระบวนการที่ 1 จะพบว่าเครื่องจักรที่อยู่กระบวนการที่ 1 สามารถผลิตให้กับแต่ละชนิดของผลิตภัณฑ์ได้สูงสุดต่อวันที่ผลิตภัณฑ์ A จำนวน 250 ชิ้น ผลิตภัณฑ์ B จำนวน 210 ชิ้น ผลิตภัณฑ์ C จำนวน 310 ชิ้น และผลิตภัณฑ์ D จำนวน 300 ชิ้น

3.3 รูปแบบทั่วไปของความต้องการ

Sujan et al. (2012) แสดงกรอบแนวคิดสำหรับการยอมรับคำสั่งซื้อ ซึ่งได้กำหนดข้อมูลนำเข้าหรือคำสั่งซื้อที่นำไปใช้ในการตัดสินใจประกอบไปด้วยรูปแบบของความต้องการผลิตภัณฑ์ (Product specification) จำนวนความต้องการผลิตภัณฑ์นั้น (Demand quantity) และระยะเวลากำหนดส่ง (Due Date) สำหรับโดยปกติทั่วไปความต้องการจะถูกรับเข้ามาจากฝ่ายขาย ข้อมูลคำสั่งซื้อที่ถูกรับมาเป็นข้อมูลที่ถูกรับเข้ามาอย่างคงที่ (Static arrival) ในวันที่ 0 ก่อนเริ่มวางแผนและดำเนินการผลิต เซตคำสั่งซื้อเป็นข้อมูลที่ถูกกำหนดมาอย่างแน่นอน (Deterministic demand)

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ข้อมูลที่สำคัญของแต่ละคำสั่งซื้อจึงประกอบไปด้วย ชนิดของผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ จำนวนความต้องการของชนิดผลิตภัณฑ์นั้นและเวลากำหนดส่งโดยแสดงดังในตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ตัวอย่างเซตข้อมูลคำสั่งซื้อ

Order No.	Product type	Demand volume (Unit)	Due date (Day)
1	Product A	8	480
2	Product A	6	400
3	Product B	20	780
4	Product D	21	1000
5	Product C	18	990
6	Product D	7	910
7	Product B	9	870

ในตัวอย่างเซตข้อมูลคำสั่งซื้อตัวอย่างจะแสดงข้อมูลคำสั่งซื้อที่ถูกเรียงลำดับตามการสั่งซื้อ ในเซตคำสั่งซื้อจะมีจำนวนคำสั่งซื้ออยู่รวมกันทั้งหมด 6 คำสั่ง เมื่อดูรายละเอียดคำสั่งซื้อจะประกอบไปด้วยชนิดที่ต้องการผลิต จำนวนที่ต้องการ และกำหนดระยะเวลาส่ง เช่นในคำสั่งซื้อที่ 1 เป็นคำสั่งที่ต้องการผลิตภัณฑ์ A จำนวน 480 ชิ้น โดยมีกำหนดส่งผลิตภัณฑ์ในวันที่ 8 เป็นต้น

ด้วยเหตุผลอำนาจการตัดสินใจของลูกค้านั้นสูงทำให้โอกาสทางเลือกที่ลูกค้าจะไม่รับผลิตภัณฑ์ที่ผิดเงื่อนไขจากข้อกำหนดตามคำสั่งซื้อผู้ประกอบการจึงต้องให้ความระมัดระวังในการวางแผนการผลิตให้ตรงตามคำสั่งซื้อที่ถูกกำหนดเข้ามา ดังนั้นการส่งมอบผลิตภัณฑ์ตามกำหนดส่งต้องครบตามจำนวนที่ต้องการ หากมีการส่งมอบผลิตภัณฑ์ที่ไม่ครบตามจำนวนที่ต้องการหรือส่งผลิตภัณฑ์ล่าช้าตามระยะเวลาที่กำหนดผู้สั่งซื้อจะไม่รับผลิตภัณฑ์ดังกล่าวทุกจำนวน ทำให้เกิดต้นทุนหรือความสูญเปล่าจากการผลิตที่เกิดขึ้น

3.4 กรอบแนวคิดสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต

จากการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องสำหรับปัญหาการวางแผนการผลิตด้วยการคัดเลือกคำสั่งซื้อในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนแล้วนั้น สามารถแสดงกรอบระบบการผลิตที่มีส่วนประกอบทั้งหมดสามส่วนใหญ่ และส่วนเงื่อนกับวัตถุประสงค์เพิ่มเติมตามภาพที่ 3-3

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ภาพที่ 3-3 กรอบระบบการวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อ

ส่วนประกอบแรกเป็นข้อมูลนำเข้าสำหรับการนำไปตัดสินใจว่าควรที่จะมีองค์ประกอบใดบ้าง เพื่อทำให้เกิดกระบวนการตัดสินใจเป็นไปอย่างสมบูรณ์ โดยข้อมูลผ่านการศึกษาจากหัวข้อที่ผ่านมา ทำให้สรุปเป็นองค์ประกอบที่สำคัญเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนของระบบการผลิต และส่วนความต้องการหรือคำสั่งซื้อ

1.ส่วนของระบบการผลิต ที่ประกอบไปด้วย

- ระยะแผนการผลิต (Time planning horizon)
- กระบวนการหรือสถานีงานในสายการผลิต (Process or workstation)
- ชนิดผลิตภัณฑ์ที่สามารถผลิตได้ในสายการผลิต (Product type)
- กำลังการผลิตสูงสุด (Max capacity)
- นโยบายการผลิตตามคำสั่ง (Make to order production policy)

2.เป็นส่วนความต้องการหรือส่วนของคำสั่งซื้อ ภายในเซตคำสั่งซื้อนั้นจะประกอบไปด้วย

- จำนวนคำสั่งซื้อ (Amount of order) โดยในแต่ละคำสั่งซื้อประกอบไปด้วย
  - ชนิดผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Type of product requirement)
  - จำนวนความต้องการ (Demand volume)
  - เวลากำหนดส่ง (Due date)

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3956507395

ส่วนประกอบสองคือผลลัพธ์หรือข้อมูลส่วนออกของงานในกรอบแนวคิด โดยเป็นผลลัพธ์ที่สอดคล้องกับวิธีการหาคำตอบจากแนวทางของงานวิจัยที่ผ่านมา และข้อมูลที่เกิดขึ้นของการวางแผนการผลิตโดยในส่วนของข้อมูลออกนั้นจะประกอบไปด้วย

1. คำสั่งซื้อที่รับเลือกผลิต เป็นคำสั่งซื้อที่ผ่านการพิจารณายอมรับคำสั่งซื้อตามเงื่อนไขทางด้านจำนวนและเวลาที่กำหนดให้

2. แผนการผลิต ซึ่งเป็นแผนที่แสดงความต้องการวัสดุสำหรับผลิตในแต่ละสถานีงาน โดยในช่วงเวลาของระยะแผนการผลิต (Time planning horizon) จะบ่งบอกจำนวนที่ต้องการวัสดุของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ในทุกสถานีงาน

ส่วนประกอบของกรอบความคิดทั้งสามส่วนจะถูกดำเนินการภายใต้วัตถุประสงค์ที่สำคัญได้แก่ 1.จำนวนความต้องการที่ส่งรวมมากที่สุด (Maximize total delivered demand volume) และ 2.จำนวนการจัดเก็บจากการผลิตรวมน้อยที่สุด (Minimize total stock volume) และมีส่วนของเงื่อนไขการตัดสินใจได้แก่ กำลังการผลิตที่ต้องการจากคำสั่งซื้อจะต้องมีภาระที่ไม่เกินต่อกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง และระยะเวลาในการผลิตจะต้องไม่เกินระยะเวลาส่งมอบที่ถูกกำหนดจากคำสั่งซื้อ

และส่วนสุดท้ายเป็นส่วนกระบวนการตัดสินใจที่อยู่ระหว่างส่วนของข้อมูลนำเข้า (Input) และข้อมูลส่งออกหรือผลลัพธ์ (Output) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ได้มาซึ่งประกอบไปด้วยขั้นตอนการหาคำตอบจนนำไปถึงผลลัพธ์ด้วยวิธีการหาคำตอบต่างๆที่เหมาะสมกับปัญหา

3.5 ข้อสมมติฐานของงานวิจัย

นอกจากปัญหาที่ถูกกำหนดสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนแล้ว และการศึกษาวิธีการหาคำตอบแล้วนั้น การศึกษาวิจัยจะถูกศึกษาภายใต้ข้อสมมติฐานดังต่อไปนี้

1. การส่งมอบต้องส่งครบตามจำนวนและเวลาตามคำสั่งซื้อโดยไม่สามารถรับจำนวนผลิตภัณฑ์เมื่อเกิดกรณีงานสาย และไม่มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการส่งมอบผลิตภัณฑ์ล่วงหน้า (No reward early delivered)

2. เวลาที่ใช้สำหรับเคลื่อนย้ายวัตถุด้วยแรงงาน (Labor) หรือเครื่องมือถ่ายสินค้ารูปแบบต่างๆ (Equipment and material handling) รวมไปถึงการสับเปลี่ยนระหว่างผลิตภัณฑ์อาจทำให้

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

เกิดการติดตั้งเครื่องจักร (Setup procedure) ถูกกำหนดให้ใช้ในระยะเวลาที่สั้นและรวดเร็ว จึงไม่มีผลกระทบต่อเวลาในการดำเนินการผลิต

3. การจัดเก็บในระหว่างกระบวนการหรือการจัดเก็บผลิตภัณฑ์ไม่มีข้อจำกัดด้านการจัดเก็บในหลายๆปัจจัย เช่น พื้นที่ของการจัดเก็บ และมูลค่าการจัดเก็บในแต่ละจุดมีความแตกต่างกันชัดเจน โดยมูลค่าของผลิตภัณฑ์จะถูกเพิ่มขึ้นจากการไหลผ่านกระบวนการผลิตในแต่ละกระบวนการ และมีการถูกใช้สินค้าคงคลังตามลักษณะมาก่อนออกก่อน (First in first out: FIFO) และจำนวนจุดวัตถุดิบ (Raw material) เพื่อการผลิตเริ่มต้นมีจำนวนที่พอเพียงต่อการผลิต

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

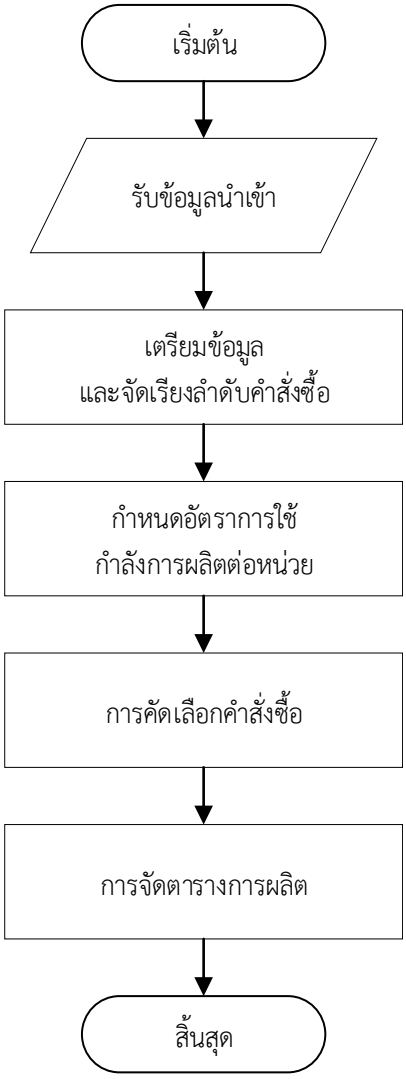
บทที่ 4
หลักการและแนวคิดการแก้ไขปัญหา

เมื่อทราบกรอบความคิดสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตแล้วจึงนำไปสู่การนำเสนอส่วนของกระบวนการตัดสินใจ ซึ่งจะนำเสนอส่วนรายละเอียดของการเกิดการตัดสินใจให้ได้ผลลัพธ์ที่คาดไว้ โดยในบทนี้จะนำเสนอรายละเอียดที่ประกอบไปด้วย ขั้นตอนการดำเนินการ การจัดเรียงลำดับคำสั่งซื้อ การกำหนดอัตราการใช้การผลิตต่อหน่วย และลำดับการตัดสินใจในสายการผลิต ซึ่งจะนำไปสู่วิธีการหาคำตอบในสถานการณ์ที่แตกต่างกัน

4.1 ขั้นตอนดำเนินการหาคำตอบ

จากแนวคิดการหาคำตอบสำหรับการวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อนั้นสามารถหาคำตอบเชิงลำดับขั้นได้ ผู้วิจัยจึงพิจารณาการหาคำตอบออกเป็นสองส่วนที่เป็นประเด็นสำคัญได้แก่ ส่วนของการคัดเลือกคำสั่งซื้อ (Order selection) เป็นส่วนที่รับเซตคำสั่งซื้อมาพิจารณาภายใต้กำลังการผลิตที่มีอยู่จริง เพื่อให้ได้เซตคำตอบของคำสั่งซื้อที่สามารถยอมรับได้ ผลลัพธ์ส่วนนี้จะแสดงผลเป็นชุดคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด และภายในกลุ่มคำตอบจะเลือกเซตคำสั่งซื้อที่ให้ผลของจำนวนความต้องการส่งรวมมากที่สุด และส่วนที่สองคือส่วนการจัดตารางการผลิต ด้วยการตัดสินใจกำหนดจำนวนที่ต้องการผลิตสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ กระบวนการ และช่วงเวลาภายในระยะวางแผนการผลิตโดยที่ไม่เกินกำลังการผลิตในแต่ละช่วงเวลา ตามเป้าหมายเพื่อให้จำนวนที่เกิดจากการผลิตน้อยที่สุด สองส่วนความคิดสามารถสรุปเป็นขั้นตอนการหาคำตอบได้ดังภาพที่ 4-1

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 4-1 ขั้นตอนการดำเนินงานตัดสินใจ

4.2 การจัดเรียงลำดับของคำสั่งซื้อ

เมื่อลักษณะของความต้องการนั้นมีเงื่อนไขของการกำหนดส่งมอบที่ชัดเจน ทำให้การตัดสินใจเลือกผลิตคำสั่งซื้อนั้นจะต้องผลิตให้ตรงตามระยะเวลากำหนดส่ง หากเกินระยะเวลาที่ได้ตกลงตามคำสั่งซื้อนั้นแล้วจะไม่ถูกรับจำนวนการผลิตที่ส่งมอบให้ทั้งหมด ดังนั้นผลผลิตที่เกิดขึ้นทั้งหมดทำให้เกิดต้นทุนของการผลิตและการจัดเก็บที่สูญเปล่า ลำดับการผลิตภายในเซตคำสั่งซื้อจึงเป็นส่วนที่สำคัญที่จะต้องกำหนดให้สอดคล้องกับเงื่อนไขของเวลากำหนดส่งได้ การผลิตแบบส่งก่อนทำก่อน (Earliest due date: EDD) เป็นการจัดเรียงลำดับความสำคัญของเวลาส่งมอบที่สั้นที่สุดเป็นลำดับความสำคัญที่สุด เพื่อให้เกิดการผลิตที่ทันส่งมอบต่อทุกคำสั่งซื้อให้ได้มากที่สุดผู้วิจัยจึงเลือกลำดับการ

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ผลิตที่ให้ความสำคัญของเวลากำหนดส่ง (Earliest due date: EDD) ที่ให้ความสำคัญสำหรับแต่ละคำสั่งซื้อที่มีกำหนดส่งที่ใกล้ที่สุดก่อน ซึ่งจะช่วยให้สามาถผลิตตามจำนวนที่กำหนดได้ทันตามระยะเวลาส่งมอบได้

ตัวอย่าง

เมื่อกำหนดปัญหาการคัดเลือกคำสั่งซื้อสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน โดยมีลำดับและจำนวนของสถานีงาน 4 สถานีงานที่สามารถผลิตให้กับชนิดผลิตภัณฑ์ A, B, C และ D ตามลำดับ ซึ่งมีกำลังการผลิตสูงสุดตามแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้จากตารางที่ 3-1 ระยะเวลาในการวางแผนการผลิตจำนวน 30 วัน โดยมีรายการคำสั่งซื้อจำนวนทั้งหมด 7 คำสั่งซื้อ ตามรายละเอียดในตารางที่ 3-2

หลังสำรวจข้อมูลจะพบว่าคำสั่งซื้อจะถูกรับมาตามลำดับการสั่งของลูกค้าจากฝ่ายขาย ทำให้ลำดับนั้นเกิดการจัดเรียงในรูปแบบมาก่อนทำก่อน (First come first serve: FCFS) เมื่อคำสั่งซื้อมีวันกำหนดส่งตามช่วงเวลาการวางแผนจะถูกจะเรียงคำสั่งซื้อตามรูปแบบ EDD โดยให้ความสำคัญของวันกำหนดส่งเป็นสำคัญทำให้ผลการจัดเรียงเป็นไปดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 เซตคำสั่งซื้อที่ผ่านการจัดเรียงตามรูปแบบ Earliest Due Date

Order No.	Previous order No.	Product type	Demand volume (Unit)	Due date (Day)
1	2	Product A	6	400
2	6	Product D	7	910
3	1	Product A	8	480
4	7	Product B	9	870
5	5	Product C	18	990
6	3	Product B	20	780
7	4	Product D	21	1000

จากตารางคำสั่งซื้อจะถูกสับเปลี่ยนจากคำสั่งซื้อเดิม และถูกกำหนดให้เป็นลำดับคำสั่งซื้อใหม่ เช่นคำสั่งซื้อที่ 1 เมื่อผ่านการจัดเรียงลำดับคำสั่งซื้อด้วยรูปแบบ EDD แล้วนั้น ลำดับคำสั่งซื้อจะอยู่ในลำดับที่สอง คำสั่งซื้อดังกล่าวจะถูกเรียกชื่อตามตำแหน่งที่ถูกเรียงตามลำดับให้กลายเป็นคำสั่งซื้อที่สองเป็นไปโดยปริยาย

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

4.3 การจัดเตรียมข้อมูลด้วยการกำหนดอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วย

ด้วยความหลากหลายของกระบวนการและชนิดผลิตภัณฑ์ทำให้เวลาในการผลิตแต่ละขั้นตอนอาจมีความแตกต่างกันไป ซึ่งเป็นผลทำให้เกิดความซับซ้อนในการตัดสินใจสั่งผลิตให้กับคำสั่งซื้อใดๆเพื่อทำให้การวางแผนนั้นพอเพียงต่อกำลังการผลิตที่มีอยู่ ณ ช่วงเวลานั้น อีกทั้งการตัดสินใจผลิตอาจทำให้เกิดเหตุการณ์คอขวด (Bottleneck) ที่ทำให้สถานีงานปัจจุบันมีอัตราการใช้งานที่หนาแน่นจนกระทั่งสถานีงานถัดไปต้องเกิดการรอคอยขึ้น ผู้วิจัยจึงเลือกหน่วยในการใช้กำลังการผลิตสำหรับความแตกต่างนี้ด้วยการจำลองให้กำลังการผลิตในแต่ละกระบวนการมีร้อยละเต็มอัตราของในแต่ละวัน และกำหนดให้การใช้กำลังการผลิตสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์นั้นเป็นอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วย (Capacity consumption rate) ซึ่งเป็นการจัดเตรียมข้อมูลก่อนที่จะเริ่มดำเนินการหาคำตอบหรือตัดสินใจ และเพื่อง่ายต่อการตรวจสอบการใช้กำลังการผลิตเมื่อมีความหลากหลายของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการผลิตร่วมกัน โดยอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยมีวิธีการคำนวณตามรูปแบบสมการที่ 4.1

$$cu_{pw} = \frac{100}{mp_{pw}} \tag{4.1}$$

Indices

p = ชนิดผลิตภัณฑ์

w = ลำดับสถานีงาน

Parameter

cu_{pw} = อัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยสำหรับชนิดผลิตภัณฑ์ p ที่สถานีงาน w (เปอร์เซ็นต์ต่อชิ้น)

mp_{pw} = จำนวนที่ผลิตสูงสุดสำหรับชนิดผลิตภัณฑ์ p ที่สถานีงาน w (ชิ้น)

รูปแบบการหาอัตราการใช้งานกำลังการผลิตต่อหน่วยจะเป็นวิธีการเปรียบเทียบสัดส่วนต่อร้อยของการใช้กำลังการผลิตสูงสุด เพื่อแสดงให้เห็นถึงการใช้กำลังการผลิตในรูปแบบร้อยละของแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ โดยที่ในแต่ละช่วงเวลาและกระบวนการจะมีกำลังการผลิตเต็มอัตราที่ 100 % ซึ่งหากกำลังการผลิตในช่วงเวลาและกระบวนการที่ถูกเลือกจะต้องน้อยกว่าเกินอัตราการใช้กำลังการ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ผลิตรวมในแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ จะแสดงให้เห็นว่ากระบวนการนั้นมีการใช้งานเกินกำลังการผลิตที่มีอยู่จริงได้ ซึ่งเมื่อผลิตด้วยจำนวนที่ต้องการจึงต้องนำอัตราการใช้งานเป็นตัวคูณเพื่อให้เห็นอัตราการใช้งานกำลังการผลิตจริงดังสมการที่ 4.2

$$cr_{ipw} = dmv_{ipw} \times cu_{pw} \tag{4.2}$$

ดัชนี:

i = ลำดับคำสั่งซื้อ

p = ชนิดผลิตภัณฑ์

w = ลำดับสถานีงาน

พารามิเตอร์:

cr_{ipw} = อัตราการใช้กำลังการผลิตของคำสั่งซื้อลำดับ i ชนิดผลิตภัณฑ์ p ที่สถานีงาน w (เปอร์เซ็นต์)

dmv_{ipw} = จำนวนที่ผลิตต้องต้องการสุทธิของคำสั่งซื้อลำดับ i ชนิดผลิตภัณฑ์ p ที่สถานีงาน w (ชิ้น)

cu_{pw} = อัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยสำหรับชนิดผลิตภัณฑ์ p ที่สถานีงาน w (เปอร์เซ็นต์ต่อชิ้น)

<u>ตัวอย่าง</u>

จากตารางที่ 3-1 เป็นตัวอย่างกำหนดจำนวนการผลิตสูงสุดสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ต่อกำลังการผลิตในช่วงเวลา 1 วัน เมื่อพิจารณาผลิตภัณฑ์ประเภท A นำไปคำนวณเพื่อหาอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยสำหรับกระบวนการที่ 1 ด้วยการใช้การใช้สมการที่ 4.1 จะสามารถกำหนดได้ดังต่อไปนี้

$$cu_{pw} = \frac{100}{mp_{pw}} = \frac{100}{"250"} = 0.4\% \tag{4.3}$$

จากสมการที่ 4.3 จะสรุปได้ว่าผลิตภัณฑ์ A เมื่อต้องการผลิตจำนวน 1 ชิ้นสำหรับกระบวนการที่ 1 แล้วนั้น จะถูกใช้กำลังการผลิตด้วยอัตรา 0.4 จากอัตรากำลังการผลิตสูงสุดที่ 100

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

โดยเมื่อคำนวณจากตัวอย่างตารางที่ 3-1 จะสามารถแสดงรายละเอียดอัตราการใช้งานกำลังการผลิตต่อหน่วยได้ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ตัวอย่างอัตราการใช้งานกำลังการผลิตต่อหน่วยของแต่ละผลิตภัณฑ์และกระบวนการ

Workstation	Capacity consumption rate per unit			
	Product type			
	Product A	Product B	Product C	Product D
1	0.40%	0.48%	0.32%	0.33%
2	0.50%	0.50%	0.40%	1.00%
3	0.33%	0.40%	0.18%	0.29%
4	1.43%	0.67%	0.50%	0.40%

เมื่อคำนวณสำหรับผลิตภัณฑ์ A สำหรับทุกกระบวนการจะพบว่าอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยในกระบวนการ 1 เท่ากับ 0.40% สำหรับกระบวนการที่ 2 จำนวน 0.50% สำหรับกระบวนการที่ 3 0.33% และ 1.43% สำหรับกระบวนการที่ 4 และเมื่อมีการกำหนดผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์ประเภท A จำนวน 400 ชิ้น ความต้องการใช้กำลังการผลิตของสถานีงานที่ 1 จะสามารถคำนวณได้ดังต่อไปนี้

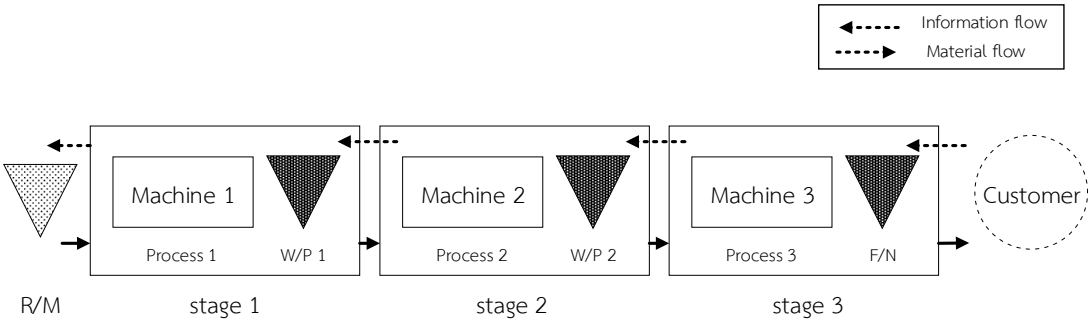
$$cr_{ipw} = dmv_{ipw} \times cu_{pw} = 400 \times 0.4 = 160\% \qquad ;i = 1,\ p = A,\ w = 1 \qquad (4.4)$$

จะเห็นได้ว่าเมื่อมีความต้องการใช้ ดังนั้นสำหรับคำสั่งซื้อลำดับที่ 1 การใช้กำลังการผลิตสำหรับชนิดผลิตภัณฑ์ A สำหรับสถานีงานที่ 1 จะถูกใช้กำลังการผลิตจนถึงวันส่งมอบที่จำนวน 160% ทั้งนี้การคำนวณหาอัตราการใช้กำลังการผลิตทุกครั้งจะต้องผ่านการคำนวณหาความต้องการสุทธิ ด้วยการลบออกจากจำนวนสินค้าคงคลังเริ่มต้น (Initial stock volume) ของแต่ละชนิดในแต่ละตำแหน่งของสถานีงาน

4.4 ลำดับตำแหน่งการตัดสินใจสำหรับสายการผลิตแบบไหลเลื่อน

จากการไหลของวัตถุในสายการผลิตแบบไหลเลื่อนจะเริ่มต้นจากรับวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการผลิต การรับของข้อมูลสารสนเทศจะอยู่ภายในทิศทางตรงกันข้าม โดยข้อมูลคำสั่งซื้อจะถูกกรับข้อมูลสารสนเทศเพื่อให้ทราบความต้องการที่จะต้องผลิตในกระบวนการสุดท้ายเสียก่อน และกระบวนการที่อยู่ก่อนหน้าจะบอกข้อมูลความต้องการจากสถานีงาน

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 4-2 การไหลของวัตถุดิบและข้อมูลสารสนเทศ

ดังนั้นการตัดสินใจผลิตจะถูกตัดสินใจเริ่มต้นที่ปลายของสายการผลิตเพื่อรับข้อมูลสารสนเทศที่จุดความต้องการ และตัดสินใจตามคำสั่งหรือข้อมูลสารสนเทศที่ถูกรับเข้ามา เมื่อผ่านกระบวนการตัดสินใจข้อมูลการตัดสินใจจะถูกกำหนดให้เป็นความต้องการรูปแบบสารสนเทศเพื่อส่งให้กระบวนการก่อนหน้าต่อไป จากตัวอย่างสายการผลิตในภาพที่ 4-2 เซตความต้องการจะถูกส่งข้อมูลความต้องการไปที่จุด F/N หากข้อมูลไม่ถูกตอบสนองตามความต้องการจุด F/N จะส่งคำสั่งไปยัง stage ที่ 3 ซึ่งเป็นความต้องการที่จะผลิตสำหรับผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป ดังนั้นใน stage ที่ 3 จะต้องตัดสินใจผลิตเพื่อตอบสนองตามคำสั่งหรือข้อมูลที่ถูกรับมา และเมื่อถูกตัดสินใจผลิตใน stage ที่ 3 แล้วจะเกิดความต้องการวัสดุใน stage ที่ 2 เพื่อที่จะผลิตได้ตามจำนวนที่ถูกตัดสินใจขึ้น ซึ่งลักษณะการไหลจะเป็นการผลักดันความต้องการจากปลายสายการผลิตไปยังต้นสายการผลิตด้วยชนิดข้อมูลที่เป็นความต้องการผลิต

4.5 การจำลองตัวแบบกำหนดจำลองเชิงเส้น และวิธีการหาคำตอบแบบโดยตรง (Exact method)

Brahimi et al. (2015) ศึกษาความสัมพันธ์ของการวางแผนการผลิต ซึ่งเมื่อมีจำนวนความต้องการที่เพิ่มสูงมากขึ้นก็จะทำให้เกิดจำนวนของพัสดุคงคลังที่ทำให้เกิดการยืดของเวลานำ ซึ่งจะนำไปสู่งานสายเกิดขึ้น โดยนักวิจัยได้มุ่งเน้นการยอมรับคำสั่งซื้อด้วยการเพิ่มตัวแปรตัดสินใจที่ทำให้เกิดการยอมรับหรือการปฏิเสธคำสั่งซื้อนั้นๆออกไป โดยได้นำเสนอแบบกำหนดเชิงเส้นทางคณิตศาสตร์เพื่อจำลองสถานการณ์ปัญหาออกมาที่มีชื่อว่า Integrated production planning model with order acceptance (PP-OA) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ดัชนี:

$i = \{1, 2, ..., I\}$ คือหมายเลขคำสั่งซื้อ

$t = \{1, 2, ..., T\}$ คือช่วงเวลาในแผนการผลิตวันแรกจนถึงวันที่ T

$k = \{1, 2, ..., K\}$ คือช่วงความชันของกราฟ

ค่าพารามิเตอร์:

r_t = ต้นทุนการผลิตในช่วงเวลาที่ t

c_t = ต้นทุนผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปช่วงเวลาที่ t

w_t = ต้นทุนการจัดเก็บพัสดุคงคลังเพื่อรอการผลิตในช่วงเวลา t

h_t = ต้นทุนการจัดเก็บพัสดุคงคลังในช่วงเวลา t

a_k = ค่าความชันของช่วงเซต K

b_k = ค่าจุดตัดของช่วงเซต K

π_i = อัตราส่วนรายได้ต่อชิ้นของคำสั่งซื้อที่ i

q_i = จำนวนความต้องการจากคำสั่งซื้อที่ i

ตัวแปรตัดสินใจ:

R_t = จำนวนที่ผลิตในช่วงเวลาที่ t

X_t = จำนวนการผลิตในเวลาที่ t

W_t = จำนวนพัสดุเพื่อรอการผลิตในวันที่ t

I_t = จำนวนพัสดุคงคลังสำเร็จรูปในเวลาที่ t

Y_i = ตัวแปรตัดสินใจเลือกคำสั่งซื้อที่ i

<u>สมการวัตถุประสงค์</u>

สมการที่ (4.1) แสดงผลกำไรที่เกิดขึ้นให้ได้มากที่สุด โดยเป็นผลรวมระหว่างส่วนกำไรที่เกิดจากการขายลบกับส่วนต้นทุนที่เกิดขึ้นจาก จำนวนวัตถุดิบ การผลิต และจำนวนพัสดุคงคลัง

$$\max P^B = \sum_i \pi_i q_i Y_i - \sum_t (r_t R_t, c_t X_t, w_t W_t, h_t I_t) - \sum_i I_i (1 - Y_i) \qquad (4.1)$$

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

<u>สมการเงื่อนไข</u>

สมการที่ (4.2) แสดงความสมดุลของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ถูกจัดเก็บและถูกดึงไปใช้ไว้ในช่วงเวลาที่ t

$$W_t = W_{t-1} + R_t - X_t \qquad \forall t \quad (4.2)$$

สมการที่ (4.3) แสดงความสมดุลของผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ถูกจัดเก็บและถูกดึงไปใช้ไว้ในช่วงเวลาที่ t

$$I_t = I_{t-1} + X_t - \sum_{\{i:\tau_i=t\}} q_i Y_i \qquad \forall t \quad (4.3)$$

สมการที่ (4.4) แสดงสมการความสัมพันธ์ Clearing function

$$X_t \le a_k (W_{t-1} + R_t) + b_k \qquad \forall t, \forall k \quad (4.4)$$

สมการที่ (4.7) แสดงจำนวนตัดสินใจมีค่ามากกว่า 0 และ (4.8) แสดงตัวแปรการตัดสินใจเลือกคำสั่งซื้อเป็นจำนวนเลขฐานสอง

$$R_t, X_t, W_t, I_t \ge 0 \qquad \forall t \quad (4.5)$$

$$Y_i : binary \qquad \forall i \quad (4.6)$$

แบบจำลองดังกล่าวได้ถูกนำเสนอในการวางแผนการผลิตด้วยการยอมรับคำสั่งซื้อ เพื่อตัดสินใจร่วมกันระหว่างการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต สำหรับช่วงเวลาวางแผนการผลิตสำหรับสถานีงานเดียวในพื้นที่การผลิต (Single resource) โดยนักวิจัยได้ศึกษารูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์และนำแบบจำลองมาปรับและประยุกต์ใช้กับการวางแผนการผลิตสำหรับระบบการผลิตที่มีกระบวนการทำงานมากกว่าหนึ่งกระบวนการ (Multiple stage) โดยในระบบการผลิตสามารถที่จะรองรับชนิดผลิตภัณฑ์ได้มากกว่าหนึ่งชนิด (Multiple product) โดยที่จะแบ่งแบบจำลองออกเป็นสองส่วนได้แก่ ส่วนของการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และส่วนการจัดแผนการผลิต

4.5.1 การกำหนดแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ

ผู้วิจัยได้กำหนดปัญหาส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อให้อยู่ในรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ โดยรูปแบบทางคณิตศาสตร์ถูกประยุกต์จากแบบงานวิจัยที่ถูกกำหนดปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อที่มีการหาคำตอบร่วมกับการวางแผนการผลิตตามกำหนดเวลาส่ง (Integrated production planning with order acceptance: PP-OA) (Aouam and Brahimi, 2013, Brahimi et al., 2015) ที่ออกแบบตามลักษณะปัญหาให้อยู่ในรูปแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear programming: MILP) สำหรับหนึ่งกระบวนการทำงานที่มีเงื่อนไขการส่งมอบผลิตภัณฑ์อย่าง

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ชัดเจน ส่วนแรกของปัญหาการคัดเลือกคำสั่งซื้อเป็นการกำหนดเซตของคำสั่งซื้อที่ในแต่ละคำสั่งซื้อจะถูกคัดเลือกเพื่อนำไปวางแผนผลิต โดยที่วัตถุประสงค์เพื่อให้ได้จำนวนผลิตภัณฑ์ที่สามารถส่งมอบได้มากที่สุด ซึ่งมีข้อจำกัดของปัญหาที่จะต้องส่งมอบครบตามจำนวนในช่วงเวลาที่ถูกกำหนดตามคำสั่งซื้อ และการผลิตทุกชนิดผลิตภัณฑ์จะต้องไม่เกินกำลังการผลิตในแต่ละสถานีงานที่มีอยู่จริง รูปแบบกำหนดการเชิงเส้นถูกนำมาปรับเปลี่ยนเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาที่กำลังศึกษาโดยมีรายละเอียดของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ และตัวดัชนีเซตสำหรับกลุ่มตัวแปรต่างๆ ดังนี้

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

<u>ขั้นที่หนึ่ง</u> การกำหนดค่าพารามิเตอร์

ดัชนี:

$j = \{1, 2, ..., J\}$	คือหมายเลขคำสั่งซื้อ
$p = \{1, 2, ..., P\}$	คือชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต
$t = \{1, 2, ..., T\}$	คือช่วงเวลาในแผนการผลิตวันแรกจนถึงวันที่ T
$m = \{1, 2, ..., M\}$	คือกระบวนการในสายการผลิต

ค่าพารามิเตอร์:

$D_{j,p,t}$	= จำนวนความต้องการคำสั่งซื้อที่ j สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด p สำหรับช่วงเวลาที่ t
$maxcap$	= อัตราการผลิตสูงสุดที่ 100
$C_{p,m}$	= อัตราการใช้กำลังการผลิตต่อชิ้นของชนิดผลิตภัณฑ์ p และหน่วยสถานีงาน m

ตัวแปรตัดสินใจ:

$X_{j,p,t}$	= การยอมรับในคำสั่งซื้อ j ชนิดผลิตภัณฑ์ p ณ เวลาส่งที่ t $\begin{cases} 1; \text{ยอมรับคำสั่งซื้อ} \\ 0; \text{ไม่ยอมรับคำสั่งซื้อ} \end{cases}$
$P_{p,m,t}$	= จำนวนสั่งผลิตชนิดผลิตภัณฑ์ p เครื่องจักร m ณ เวลาที่ t
$I_{p,m,t}$	= จำนวนจัดเก็บชนิดผลิตภัณฑ์ p เครื่องจักร m ณ เวลาที่ t

ขั้นที่สอง การกำหนดสมการวัตถุประสงค์

สมการวัตถุประสงค์ที่ (4.1) แสดงผลรวมคำสั่งซื้อทุกคำสั่งซื้อทุกชนิดทุกช่วงเวลาที่ต้องการให้ได้มากที่สุด

$$\max z = \sum_{j=1}^{N}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T}\left(X_{j,p,t}D_{j,p,t}\right) \quad (4.1)$$

ขั้นที่สาม การกำหนดสมการเงื่อนไข

สมการที่ (4.2) แสดงการคำนวณจำนวนการจัดเก็บสิ้นสุดของช่วงวันที่ t สำหรับลำดับสถานีงานสุดท้ายของปลายสายการผลิตและทุกชนิดผลิตภัณฑ์

$$I_{p,M,t} = I_{p,M,t-1} + P_{p,M,t} - \sum_{j=1}^{N}\left(X_{j,p,t}D_{j,p,t}\right) \qquad \forall p, \forall t \quad (4.2)$$

สมการที่ (4.3) แสดงการคำนวณจำนวนการจัดเก็บสิ้นสุดของช่วงวันที่ t สำหรับทุกลำดับสถานีงานยกเว้นตำแหน่งจุดสุดท้ายของปลายสายการผลิตและทุกชนิดผลิตภัณฑ์

$$I_{p,m,t} = P_{p,m,t} + I_{p,m,t-1} - P_{p,m+1,t} \qquad \forall p, \forall t, \forall m; m \neq M \quad (4.3)$$

สมการที่ (4.4) แสดงผลรวมอัตราการผลิตทุกชนิดผลิตภัณฑ์ที่สถานีงาน m จะต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดที่ผลิตได้

$$\sum_{p=1}^{P}\left(P_{p,m,t}C_{p,m}\right) \leq maxcap \qquad \forall m, \forall t \quad (4.4)$$

สมการที่ (4.5) และสมการที่ (4.6) แสดงการการตัดสินใจของจำนวนพัสดุคงคลัง และจำนวนสั่งผลิตที่ชนิดผลิตภัณฑ์ p สถานีงาน m ช่วงเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

$$I_{p,m,t} \geq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t \quad (4.5)$$

$$P_{p,m,t} \geq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t \quad (4.6)$$

สมการที่ (4.7) แสดงจำนวนสั่งผลิตเป็นจำนวนเต็ม และ (4.8) แสดงการตัดสินใจเลือกคำสั่งซื้อเป็นจำนวนเลขฐานสอง

$$P_{p,m,t} : \text{int} \qquad \forall p, \forall m, \forall t \quad (4.7)$$

$$X_{j,p,t} : binary \qquad \forall p, \forall m, \forall t \quad (4.8)$$

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

4.5.2 การกำหนดแบบจำลองเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับการวางแผนการผลิต

คำตอบที่ได้จากส่วนของการคัดเลือกคำสั่งซื้อเป็นเซตคำตอบที่เป็นไปได้ (Alternative solution set) ในแต่ละเซตคำตอบประกอบไปด้วยเซตคำสั่งซื้อที่ผ่านการพิจารณาคัดเลือกคำสั่งซื้อภายใต้กำลังการผลิตที่มีอยู่จำกัดได้อย่างเหมาะสม โดยในเซตคำสั่งซื้อจะต้องถูกนำไปวางแผนผลิตเพื่อบ่งบอกจำนวนที่ต้องการผลิตสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ในทุกสถานีงานตลอดระยะเวลาในการวางแผนการผลิต โดยการวางแผนการผลิตจะต้องเกิดประสิทธิภาพในการผลิตในด้านต้นทุนการจัดก็บพัสดุคงคลัง จึงทำให้การวางแผนการผลิตถูกออกแบบการวางแผนให้เกิดจำนวนการจัดเก็บที่น้อยที่สุด โดยที่การผลิตจะต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่ถูกกำหนดไว้ ซึ่งได้ศึกษาภายใต้การวางแผนการผลิตที่ทำให้เกิดจำนวนการจัดเก็บวัสดุคงคลังรวมน้อยที่สุด ผู้วิจัยจึงได้กำหนดรูปแบบวิธีการหาคำตอบด้วยแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับการหาคำตอบในส่วนนี้ขึ้น

รูปแบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมในส่วนนี้ถูกออกแบบให้ตัดสินใจจำนวนที่จะผลิตสำหรับทุกชนิดผลิตภัณฑ์และทุกกระบวนการในแต่ละช่วงเวลาของระยะเวลาแผนการผลิต โดยที่มีวัตถุประสงค์ให้เกิดจำนวนการจัดเก็บรวมที่น้อยที่สุด ซึ่งมีเงื่อนไขการตัดสินใจในแต่ละช่วงเวลาจำนวนที่ถูกผลิตจะต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดที่มีอยู่จริง คำสั่งซื้อทุกคำสั่งจะต้องถูกผลิตเพื่อส่งมอบให้ตามตามช่วงเวลาที่ถูกกำหนด จึงถูกกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องและสมการเงื่อนไขต่างๆ ดังต่อไปนี้

<u>ขั้นที่หนึ่ง</u> การกำหนดค่าพารามิเตอร์

ดัชนี:

$j = \{1, 2, ..., J\}$	คือหมายเลขคำสั่งซื้อ
$p = \{1, 2, ..., P\}$	คือชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ผลิต
$t = \{1, 2, ..., T\}$	คือช่วงเวลาในแผนการผลิตวันแรกจนถึงวันที่ T
$m = \{1, 2, ..., M\}$	คือกระบวนการในสายการผลิต

พารามิเตอร์:

$D_{j,p,t}$ = จำนวนความต้องการคำสั่งซื้อที่ j สำหรับผลิตภัณฑ์ชนิด p สำหรับช่วงเวลาที่ t

$maxcap$ = อัตราการผลิตสูงสุดที่ 100

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3956507395

M_1 = จำนวนค่า Big M ที่ 1

ตัวแปรตัดสินใจ:

$P_{p,m,t}$ = จำนวนสั่งผลิตชนิดผลิตภัณฑ์ p เครื่องจักร m ณ เวลาที่ t

$I_{p,m,t}$ = จำนวนจัดเก็บชนิดผลิตภัณฑ์ p เครื่องจักร m ณ เวลาที่ t

$Y^1_{p,m,t}$ = การตัดสินใจเลือกผลิตเพื่อเกิดการจัดเก็บ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ขั้นที่สอง การกำหนดสมการวัตถุประสงค์

สมการวัตถุประสงค์ที่ (4.9) แสดงผลรวมของจำนวนการจัดเก็บทุกชนิดผลิตภัณฑ์ ทุกสถานีงานและช่วงเวลาให้น้อยที่สุด

$$\max z = \sum_{j=1}^{N}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T} I_{p,m.t} \qquad (4.9)$$

ขั้นที่สาม การกำหนดสมการเงื่อนไข

สมการที่ (4.10) แสดงการคำนวณจำนวนการจัดเก็บสิ้นสุดของช่วงวันที่ t สำหรับสถานีงานจุดสุดท้ายของปลายสายการผลิตและทุกชนิดผลิตภัณฑ์

$$I_{p,M,t} = I_{p,M,t-1} + P_{p,M,t} - \sum_{j=1}^{N}(D_{j,p,t}) \qquad \forall p, \forall t \qquad (4.10)$$

สมการที่ (4.11) แสดงการคำนวณจำนวนการจัดเก็บสิ้นสุดของช่วงวันที่ t สำหรับทุกสถานีงานยกเว้นตำแหน่งจุดสุดท้ายของปลายสายการผลิตสำหรับทุกชนิดผลิตภัณฑ์

$$I_{p,m,t} - I_{p,m,t-1} + P_{p,m+1,t} = P_{p,m,t} \qquad \forall p, \forall m, \forall t, m \neq M \qquad (4.11)$$

สมการที่ (4.12) แสดงผลรวมอัตราการผลิตทุกชนิดผลิตภัณฑ์ที่สถานีงาน m จะต้องไม่เกินกำลังการผลิตสูงสุดที่ผลิตได้

$$\sum_{p=1}^{P}(P_{p,m,t}C_{m,p}) \leq maxcap \qquad \forall m, \forall t \qquad (4.12)$$

สมการที่ (4.13)-(4.16) แสดงการคำนวณความสมดุลของการผลิตและการจัดเก็บทุกสถานีงานและทุกช่วงเวลาการผลิต โดยกำหนดการตัดสินใจแบบถอยหลัง

$$I_{p,m,t} - I_{p,m,t-1} + P_{p,m+1,t} - (M_1 \times Y^1_{p,m,t}) \geq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t, m \neq M \qquad (4.13)$$

$$I_{p,m,t-1} - I_{p,m+1,t} + P_{p,m+1,t} - (M_1 \times (1 - Y^1_{p,m,t})) \geq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t, m \neq M \qquad (4.14)$$

$$I_{p,m,t} - I_{p,m,t-1} + P_{p,m+1,t} - (M_1 \times Y^1_{p,m,t}) \leq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t, m \neq M \qquad (4.15)$$

$$I_{p,m,t-1} + P_{p,m+1,t} - (M_1 \times (1 - Y^1_{p,m,t})) \leq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t, m \neq M \qquad (4.16)$$

สมการที่ (4.17) และสมการที่ (4.18) แสดงการการตัดสินใจของจำนวนพัสดุคงคลัง และจำนวนสั่งผลิตที่ชนิดผลิตภัณฑ์ p สถานีงาน m ช่วงเวลา t มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับศูนย์

$$I_{p,m,t} \geq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t \qquad (4.17)$$

$$P_{p,m,t} \geq 0 \qquad \forall p, \forall m, \forall t \qquad (4.18)$$

สมการที่ (4.7) แสดงจำนวนสั่งผลิตเป็นจำนวนเต็ม และ (4.8) แสดงการตัดสินใจเลือกคำสั่งซื้อและการตัดสินใจเลือกการจัดเก็บพัสดุคงคลังเป็นจำนวนเลขฐานสอง

$$P_{p,m,t} : \text{int} \qquad \forall p, \forall m, \forall t \qquad (4.19)$$

$$X_{j,p,t}, Y^1_{p,m,t} : binary \qquad \forall p, \forall m, \forall t \qquad (4.20)$$

แบบกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมจะหาคำตอบด้วยการกำหนดการเชิงเส้นหย่อน (LP relaxation) หรือการปรับเงื่อนไขตัวแปรตัดสินใจจากจำนวนเต็มให้กลายเป็นสมการเชิงเส้นในการหาคำตอบ และได้ผลเฉลยที่ได้ค่าที่เหมาะสมแต่ไม่สามารถเป็นตัวแทนของคำตอบได้ จึงต้องปรับตัวแปรตัดสินใจให้อยู่ใกล้ชิดกับจำนวนเต็มเพื่อให้ได้ผลเฉลยที่มีข้อกำหนดเป็นจำนวนเต็ม แต่คำตอบจะไม่ถูกการันตีว่าเป็นผลคำตอบที่ดีที่สุด วิธีการที่เหมาะสมสำหรับการหาคำตอบของคือวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch and bound: B&B) (ธรรมาภรณ์พิลาศ, 2555, Winston and Goldberg, 2004) ขนาดของคำตอบนั้นเป็นไปในลักษณะการหาคำตอบแบบรากต้นไม้ (Decision tree) ซึ่งจะทำการหาจำนวนเต็มที่อยู่ใกล้เคียงของค่าคำตอบ

การหาคำตอบด้วยวิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตจะถูกนำไปใช้ในการหาคำตอบปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อและการจัดตารางการผลิต (Og˘uz et al., 2010, Wang et al., 2013, Slotnick, 2011, Slotnick and Morton, 2007, Nobibon and Leus, 2011) ดังนั้นการใช้วิธีแม่นตรงถูกนำมาหาคำตอบที่ดีที่สุดในรูปแบบเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมสำหรับปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อ

4.6 การทดสอบสมรรถนะและข้อจำกัดการหาคำตอบสำหรับวิธีแม่นตรง

ปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตถูกออกแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เป็นตัวกำหนดเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม วิธีการหาคำตอบโดยตรง (Exact method) เป็นวิธีการที่ดีที่สุดใน

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

การหาคำตอบของแบบจำลองนี้ แต่ด้วยการศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมานั้นพบว่าการหาวิธีการโดยตรงมีข้อจำกัดในการหาคำตอบ จำนวนขนาดและความซับซ้อนของคำตอบนั้นเป็นปัจจัยที่สำคัญของปัญหาที่เกิดขึ้น ทำให้ผู้วิจัยทำการพิสูจน์ปัญหาที่เกิดขึ้นภายใต้ระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน

ผู้วิจัยทำการทดสอบเวลาในการหาคำตอบสำหรับวิธีการหาคำตอบโดยตรง ในลักษณะของปัญหาที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากันทุกสถานีงานและทุกชนิดผลิตภัณฑ์ ผลที่ได้ดังภาพที่ 4-3 พบว่าเวลาการหาคำตอบวิธีโดยตรงในลักษณะปัญหาที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากันมีการใช้เวลาสั้น โดยแสดงความสัมพันธ์ของกราฟเป็นแบบเส้นตรง (Linear) ทั้งเวลาในการหาคำตอบส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและส่วนการวางแผนการผลิต ซึ่งทำให้เห็นว่าเมื่อมีขนาดของจำนวนคำสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้นเวลาในการหาคำตอบก็จะมีการใช้เวลาที่สั้น ซึ่งถือว่าวิธีการโดยตรงเป็นวิธีที่ดีในการหาคำตอบปัญหาที่มีลักษณะการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน

ภาพที่ 4-3 กราฟแสดงเวลาในการคำนวณสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตสำหรับวิธีแม่นตรง

ในลักษณะของปัญหาอุตสาหกรรมที่อยู่ในปัจจุบันนั้นมีความหลากหลายในการผลิต ทำให้กรรมวิธีในการผลิตนั้นก็แตกต่างกันตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์ เป็นเหตุทำให้สายการผลิตนั้นมีการใช้กำลังการผลิตที่แตกต่างกันไป อย่างเช่นการทดสอบด้วยจำนวนค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกันแต่มีความแตกต่างกันของอัตราการใช้กำลังการผลิต ซึ่งทำให้เกิดความซับซ้อนในการตัดสินใจสำหรับ

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ปัญหาดังกล่าวมา เมื่อนำวิธีการโดยตรงในการหาคำตอบอาจหาคำตอบได้ค่าที่ดีที่สุดแต่อาจจะใช้เวลาในการหาคำตอบที่สูงมากขึ้น ข้อสมมติฐานของผู้วิจัยเล็งเห็นความสมดุลของกำลังการผลิตเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้เกิดความซับซ้อนในการตัดสินใจ จึงได้ศึกษาเวลาการหาคำตอบในลักษณะสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่แตกต่างกัน (Unbalanced capacity)

ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่แตกต่างกัน (Unbalanced capacity) พบเวลาในการหาคำตอบที่สูงมากขึ้นเป็นรูปแบบเส้นเอ็กซ์โพเนนเชียล (Exponential) ทั้งส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและในส่วนการวางแผนการผลิตตั้งแต่คำสั่งซื้อที่ 75 เป็นต้นไปดังภาพที่ 4-4 และภาพที่ 4-5

ภาพที่ 4-4 กราฟแสดงเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาระบบการผลิตที่ใช้กำลังกำลังการผลิตต่างกันในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3955507395

ภาพที่ 4-5 กราฟแสดงเวลาในการหาคำตอบสำหรับปัญหาระบบการผลิตที่ใช้กำลังกำลังการผลิตต่างกันในส่วนการวางแผนการผลิต

วิธีการหาคำตอบโดยตรงถือเป็นวิธีการหนึ่งที่นำมาใช้ในการหาคำตอบจากตัวกำหนดสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม แต่เป็นเรื่องที่ซับซ้อนในการหาคำตอบเมื่อเกิดความแตกต่างทางด้านการใช้กำลังการผลิตและขนาดของคำสั่งซื้อมีค่าที่มากขึ้น การหาคำตอบด้วยวิธีการโดยตรงจึงไม่สามารถหาคำตอบที่เหมาะสมภายในระยะเวลาที่จำกัดในระยะสั้นได้ ด้วยเหตุการณ์จึงนำเสนอวิธีการหาคำตอบทางฮิวริสติกในการหาคำตอบ สำหรับปัญหาระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่แตกต่างกัน ทั้งในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตที่สามารถหาคำตอบได้ในระยะเวลาที่สั้น

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บทที่ 5
แนวทางการหาคำตอบของปัญหา

หลังจากการสร้างแบบตัวกำหนดสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสมและแสดงการหาคำตอบด้วยวิธีการโดยตรงพบว่า วิธีการโดยตรงสามารถหาคำตอบได้ในลักษณะปัญหาสายการผลิตมีกำลังการผลิตที่เท่ากัน (Balanced capacity) แต่เมื่อเกิดความซับซ้อนจากจำนวนสถานีงานและจำนวนคำสั่งซื้อที่สูงเพิ่มมากขึ้น อีกทั้งการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากันภายในสายการผลิต (Unbalanced capacity) ทำให้การหาคำตอบนั้นใช้เวลาในการหาคำตอบที่สูงขึ้น ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนในส่วนที่สถานีงานมีการใช้กำลังการผลิตในแต่ละชนิดไม่เท่ากัน ด้วยการนำเสนอวิธีทางฮิวริสติกในการหาคำตอบทั้งในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและในส่วนการวางแผนการผลิต

5.1 การคัดเลือกคำสั่งซื้อด้วยวิธีทางฮิวริสติก (Heuristics method for Order selective problem section)

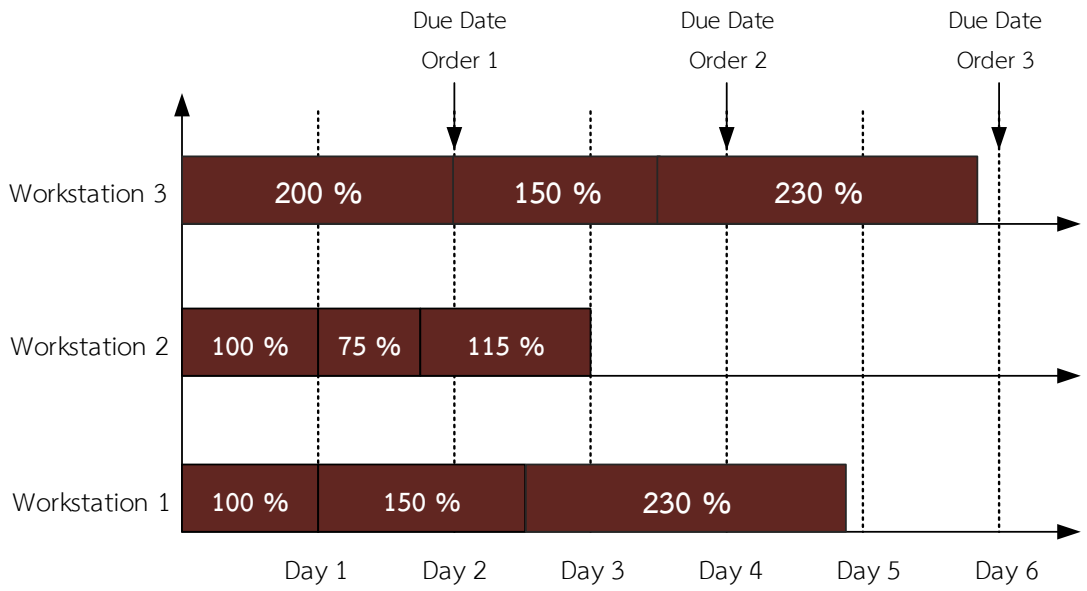
การคัดเลือกคำสั่งซื้อเป็นการตัดสินใจกำหนดตัวแปรที่อยู่ภายในเซตคำสั่งซื้อว่าจะเลือกหรือไม่ ซึ่งเป็นตัวแปรที่มีการตอบเป็น 0 เมื่อไม่รับคำสั่งซื้อ และ 1 เมื่อยินยอมรับคำสั่งซื้อ ทำให้การเลือกตัดสินใจแต่ละลำดับคำสั่งซื้อจึงเป็นลักษณะแผนภูมิต้นไม้ (Decision tree) ซึ่งแสดงให้ว่าข้อมูลพื้นฐานนั้นเป็นรากต้นไม้ (Root node) และแตกกิ่งใบไม้ (Node) ออกมาเพื่อแสดงคำตอบที่เป็นไปได้โดยแผ่ขยายออกลงมายังส่วนล่าง เช่นการตัดสินใจตัวแปรที่เรียงลำดับกัน 3 ตัวแปรได้แก่ X_1, X_2 และ X_3 โดยทางเลือกของค่าตัวแปรชุดรวมมีความเป็นไปได้ทั้งหมด 2*2*2 = 12 ทางเลือก โดยวิธีการหาคำตอบเหมือนกับวิธีการแตกกิ่ง (Branch and bound: B&B) ซึ่งการตัดสินใจจริงในอุตสาหกรรมนั้นมีตัวแปรในการตัดสินใจอยู่จำนวนมาก ทำให้การหยั่งรากของตัวแปรตัดสินใจที่เป็นไปได้หลายจำนวน ทำให้เวลาในการหาคำตอบที่เหมาะสมนั้นสูงและยากต่อการตัดสินใจหาคำตอบที่เหมาะสมในเวลาที่จำกัด

ด้วยวิธีการหาคำตอบแบบแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตสามารถที่จะนำพาไปสู่การหาค่าคำตอบที่เหมาะสมแต่ไม่สามารถหาคำตอบในลักษณะปัญหาที่ใหญ่ได้ ผู้วิจัยจึงประยุกต์วิธีการดังกล่าวด้วยการปรับปรุงวิธีการหาคำตอบให้รวดเร็วและสอดคล้องกับลักษณะปัญหา การหาคำตอบจะเป็นการไล่

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3955507395

พิจารณาความเป็นไปได้ของการผลิตไปทีละลำดับของคำสั่งซื้อ โดยที่คำสั่งซื้อจะผ่านการจัดเรียงลำดับด้วยวิธี EDD และพิจารณาคำสั่งซื้อด้วยการถูกเทียบระหว่างกำลังการผลิตที่จะต้องใช้เพื่อทำการผลิต (Capacity required) กับกำลังการผลิตสูงสุดที่มีอยู่จริง (Maximum capacity) สำหรับทุกสถานีงานในระบบการผลิต ซึ่งเป็นนำหลักการใช้งานทรัพยากรการผลิต (Aggregate resource loading: ARL) (Ebben et al., 2005)

วิธีการเปรียบเทียบค่าประมาณของระยะเวลาที่ผลิตของรายการคำสั่งซื้อที่ j เทียบกับค่าประมาณกำลังการผลิตที่มีในช่วงระหว่างเวลาที่รับคำสั่งซื้อและเวลากำหนดส่งของคำสั่งซื้อที่ j หากคำสั่งซื้อซื้อนั้นมีการใช้กำลังการผลิตที่น้อยกว่าก็จะถูกจองกำลังการผลิตนั้น (Reserved) เพื่อเป็นแผนดำเนินการผลิตและให้เห็นกำลังการผลิตคงเหลือในแต่ละสถานีงาน คำสั่งซื้อลำดับถัดไปก็จะถูกพิจารณาซ้ำดังกับคำสั่งซื้อแรกจนกระทั่งครบทุกคำสั่งซื้อที่รับเข้ามา ซึ่งทำให้เกิดเหตุการณ์ที่คำสั่งซื้อใดๆนั้นไม่สามารถนำไปลงการผลิตได้ เนื่องจากการใช้กำลังการผลิตมีอัตราที่มากกว่ากำลังการผลิตที่เหลือ ทำให้คำสั่งซื้อนั้นไม่สามารถจองกำลังการผลิตเพื่อนำไปผลิตได้ แต่สามารถนำคำสั่งซื้อดังกล่าวไปผลิตด้วยการเลือกยกเลิกการจองจากคำสั่งซื้อก่อนหน้านี้ หรือยกเลิกคำสั่งซื้อที่ถูกพิจารณาอยู่ออกจากเซตคำสั่งซื้อไป



ภาพที่ 5-1 การใช้กำลังการผลิตสะสมของแต่ละสถานีงาน

จากทางเลือกที่เกิดขึ้นทำให้มีโอกาสที่จะตัดคำสั่งซื้อตั้งแต่ลำดับคำสั่งซื้อแรก จนถึงคำสั่งซื้อลำดับสุดท้าย ซึ่งทำให้เกิด node ที่สามารถตัดลำดับคำสั่งซื้อ โดยมากจากยัง root ระดับไม่ยังไม่ได้

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตัดคำสั่งซื้อใด (ระดับ 0) ซึ่งวิธีการนี้จะกระทำจนกระทั่งพบคำตอบที่เป็นไปได้ที่จะสามารถนำไปลงแผนการผลิตต่อได้ ดังนั้นวิธีการทางฮิวริสติกจึงเริ่มต้นจากการพิจารณาระดับของเซตคำสั่งซื้อที่ระดับ 0 ซึ่งหมายถึงระดับที่ไม่มีการตัดคำสั่งซื้อใดๆออกจากเซต และเริ่มกระบวนการเทียบจนเกิดโอกาสตัดคำสั่งซื้อออกจากเซตจนเกิดคำตอบที่เป็นไปได้ โดยจะอธิบายลักษณะการเปรียบเทียบในประเด็นถัดไป

การตัดคำสั่งซื้อทำให้เกิดคำตอบที่เป็นไปได้และเป็นไปได้ ซึ่งการหยั่งรากจะไม่กระทำทุกความเป็นไปได้ของคำตอบ ทำให้ช่วยลดเวลาในการค้นหาหรือแสดงคำตอบที่เป็นไปไม่ได้จากการพิจารณาความเป็นไปได้ของกำลังการผลิตที่มี

5.1.1 ข้อมูลนำเข้าเกี่ยวข้องในวิธีการฮิวริสติกสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ

การตัดสินใจในวิธีการฮิวริสติกสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อนั้นจำเป็นต้องรับค่าพารามิเตอร์ต่างๆดังต่อไปนี้

1. ระยะแผนการผลิต (Time planning horizon) เป็นระยะของแผนการผลิตที่ถูกกำหนดสำหรับการวางแผนการผลิต

2. จำนวนและลำดับของสถานีงาน (Workstation) ที่บ่งบอกความสามารถในการผลิตแก่ชนิดผลิตภัณฑ์ใดๆ

3. อัตราการผลิตที่ต้องใช้ต่อชิ้น (Capacity consumption rate per product type) เป็นอัตราการใช้งานกำลังการผลิตเมื่อกำหนดให้ชนิดผลิตภัณฑ์ใดๆ เข้าผลิตต่อเครื่องจักร ณ สถานีงานใดๆ

4. เซตคำสั่งซื้อ เป็นเซตคำตอบคำสั่งซื้อทั้งหมดที่ผ่านการคัดเลือกจำนวนคำสั่งซื้อที่เหมาะสมภายใต้กำลังการผลิตที่มีอยู่อย่างจำกัด มีวัตถุประสงค์จำนวนความต้องการรวมที่ส่งมอบทันมากที่สุด

5. จำนวนชิ้นงานที่รอผลิต วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์ (Stock volume) เนื่องจากงานวิจัยได้พิจารณาเวลาในการวางแผนการผลิตปัจจุบัน ทำให้การผลิตจริงในสายการผลิตมีจำนวนงานที่ถูกผลิตไว้แล้วในแต่ละกระบวนการ ซึ่งจำนวนชิ้นงานเหล่านั้นจะถูกนำมาใช้เพื่อลดความต้องการที่จะผลิตลงในแต่ละเครื่องจักร

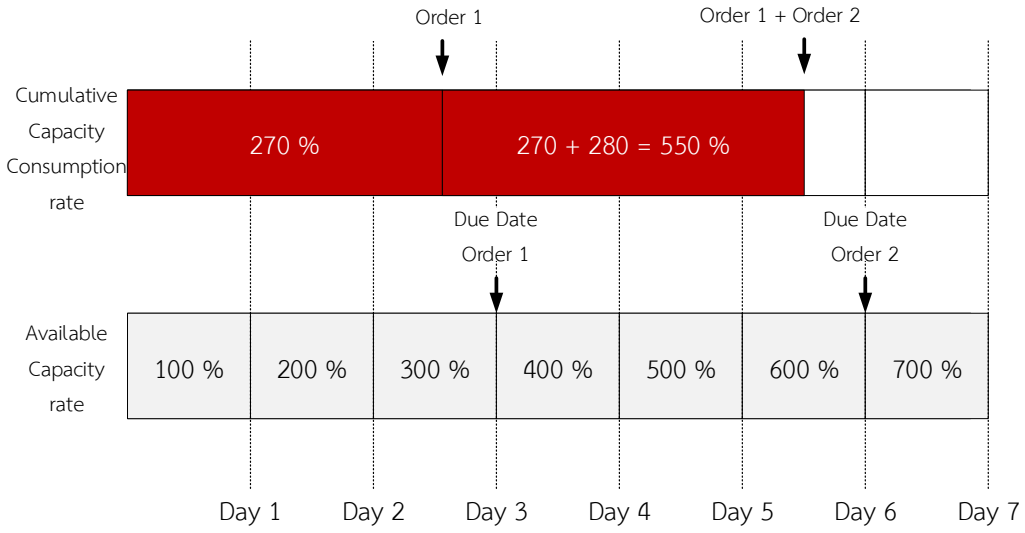
3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

5.1.2 ขั้นตอนการเปรียบเทียบระหว่างกำลังการผลิตสะสมที่ต้องการกับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง

หลักการดังกล่าวถูกนำมาดัดแปลงเป็นการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสม (Cumulative capacity consumption rate) และกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง (Available capacity rate) ซึ่งเป็นการตรวจสอบการใช้กำลังการผลิตสะสมตั้งแต่ลำดับคำสั่งซื้อแรกไปจนถึงลำดับคำสั่งซื้อที่ถูกพิจารณาเทียบกับส่วนต่างกับกำลังการผลิตสะสมตั้งแต่ช่วงเวลาที่ 1 จนถึงช่วงเวลากำหนดส่งของลำดับคำสั่งซื้อที่ถูกพิจารณา หากทุกสถานีงานในสายการผลิตมีอัตราการใช้กำลังการผลิตสะสมน้อยกว่าหรือเท่ากับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริงคำสั่งซื้อจะถูกยอมรับผลิตตั้งแต่ลำดับแรกถึงลำดับที่พิจารณา ตรงกันข้ามเมื่ออัตราการใช้กำลังการผลิตสะสมมีค่าที่สูงกว่าในสถานีงานใดๆจะถูกพิจารณาคัดเลือกคำสั่งซื้อจากลำดับแรกถึงลำดับที่พิจารณาออกจากเซตคำสั่งซื้อ

จะเห็นว่าอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง (Available capacity) ที่ในแต่ละวันนั้นมีกำลังการผลิตสูงสุดอยู่ที่ 100% และจะถูกสะสมทวีคูณด้วยจำนวนวันถัดไปที่ถูกเพิ่มขึ้น ซึ่งการเปรียบเทียบนั้นจะเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตรวมสะสมจากวันที่ 1 จนถึงวันกำหนดส่งของคำสั่งซื้อที่พิจารณา จากตัวอย่างของรูปที่ 5-2 จะเป็นวิธีการเปรียบเทียบระหว่างอัตราการใช้กำลังการผลิตและกำลังการผลิตที่มีอยู่ เราจะเห็นว่าในคำสั่งซื้อที่ 1 นั้นมีอัตราการใช้กำลังการผลิตอยู่ที่ 270% และคำสั่งซื้อที่ 2 จะมีอัตราการใช้กำลังการผลิตเท่ากับ 280 จะเห็นได้ว่าอัตราการใช้กำลังการผลิตจริงทั้งสองคำสั่งซื้อนั้นอยู่ที่จำนวน 550 % ในขณะที่กำลังการผลิตที่มีอยู่จริงจากวันที่ 1 ถึงสิ้นสุดวันส่งมอบของคำสั่งซื้อที่ 2 มีค่าเท่ากับจำนวน 100%*6 = 600% แล้วอัตราการใช้กำลังการผลิตที่ถูกสะสมรวม 550% นั้นมีค่าน้อยกว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่จริง ทำให้สองคำสั่งซื้อนั้นสามารถนำไปผลิตจริงภายใต้กำลังการผลิต คำสั่งซื้อที่ผ่านการพิจารณากำลังการผลิตและถูกยอมรับจะถูกจองกำลังการผลิตและคำสั่งซื้อลำดับถัดไปจะถูกนำมาพิจารณาเทียบกำลังการผลิตต่อไป

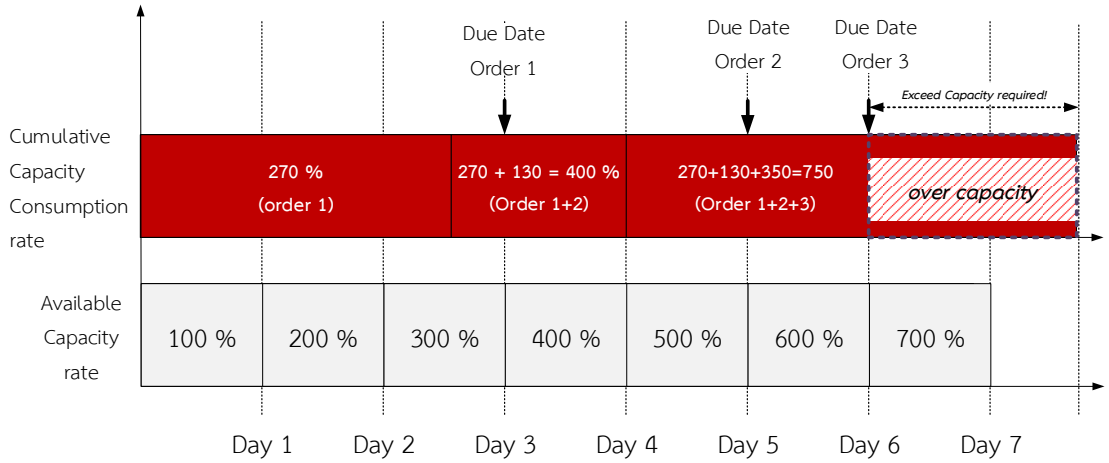
3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-2 การเปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่าง Cumulative capacity consumption และ Available capacity

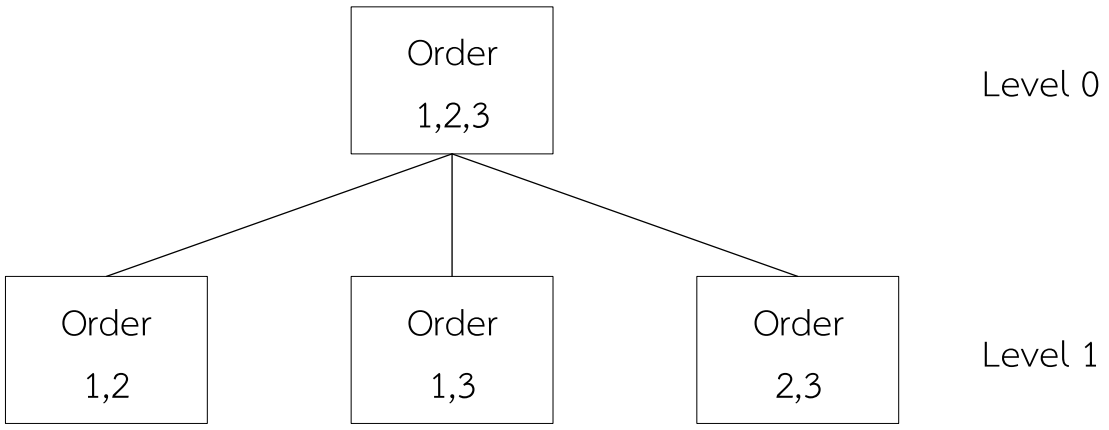
หากในกรณีที่อัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมนั้นมีค่าที่สูงกว่ากำลังการผลิตที่มีอยู่จริง จะเกิดอัตราส่วนเกินในการใช้กำลังการผลิต (Capacity exceed) ซึ่งแสดงให้เห็นการใช้อัตรากำลังการผลิตเกินในสถานีงานนั้น (Over capacity) ทำให้ไม่สามารถส่งมอบคำสั่งซื้อที่ถูกพิจารณาล่าสุดได้ตามเวลาที่กำหนดได้ อย่างเช่นตัวอย่างในภาพที่ 5-3 ที่เป็นการพิจารณาที่เครื่องจักรใดๆแล้วด้วยจำนวนคำสั่งซื้อทั้งหมดสามคำสั่งซื้อ โดยที่ลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 และ 2 มีการใช้กำลังการผลิตรวมทั้งสิ้น 400 % ซึ่งในลำดับคำสั่งซื้อทั้งสองสามารถผลิตได้พอเพียงหรือทันกำหนดส่งในวันที่ 5 ที่มีกำลังการผลิตสามารถผลิตได้สูงสุด 500 % คำสั่งซื้อทั้งสองจึงถูกจองกำลังการผลิตเพื่อการผลิตต่อไป แต่การผลิตทั้งสองลำดับคำสั่งซื้อนั้นถูกใช้กำลังการผลิตจนไม่สามารถผลิตให้ลำดับคำสั่งซื้อที่สามได้ทันตามกำหนดส่ง ซึ่งเมื่อนำคำสั่งซื้อลำดับที่สามเข้ามาพิจารณาใช้กำลังการผลิตจะพบว่าอัตราการใช้กำลังการผลิตถูกใช้เกินตามกำลังการผลิตที่มีในสายการผลิตจำนวน 150 %

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-3 การใช้กำลังการผลิตเกินจากกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง

ดังนั้นเพื่อไม่ให้เกิดเหตุการณ์ใช้กำลังการผลิตเกินในสถานีงานจึงต้องพิจารณาเลือกคำสั่งซื้อใดคำสั่งซื้อหนึ่งออกจากการผลิต โดยการนำคำสั่งซื้อใดๆออกจากการผลิตจะช่วยให้กำลังการผลิตที่ถูกจองให้กับคำสั่งซื้อนั้นๆจะถูกยกเลิกไป และสามารถนำไปชดเชยเป็นค่ากำลังการผลิตเพื่อนำผลิตให้กับคำสั่งซื้อในลำดับถัดไปได้ คำตอบที่เป็นไปได้สำหรับการนำคำสั่งซื้อออกนั้นสามารถเป็นไปได้ทั้งสามคำสั่งซื้อ สามารถเขียนรูปแบบแผนภูมิต้นไม้แสดงใน ภาพที่ 5-4



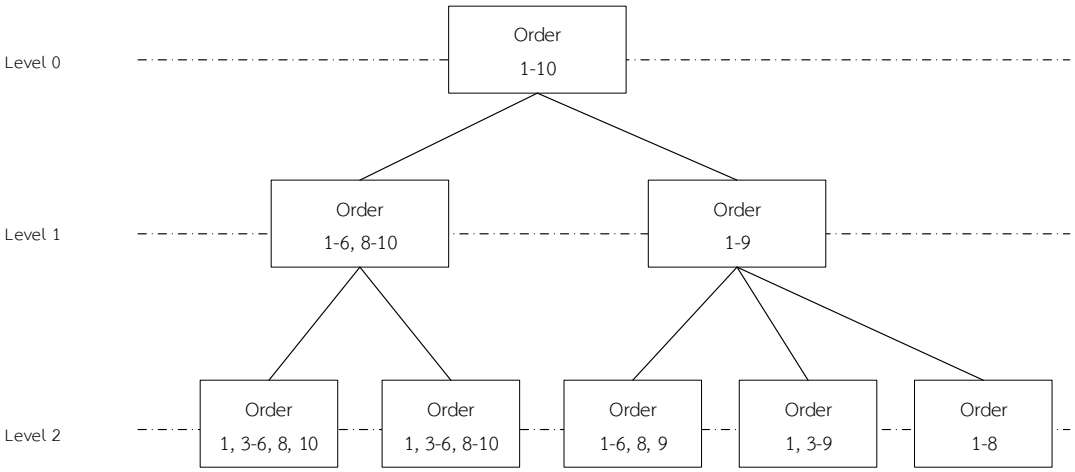
ภาพที่ 5-4 ตัวอย่างการหาคำตอบด้วยแผนภูมิต้นไม้

5.1.3 ขั้นตอนการสร้างตัวแทนและแตกกิ่งคำตอบจากวิธีการฮิวริสติกสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ

เซตของคำตอบที่เป็นไปได้จากการเลือกตัดคำสั่งซื้อหนึ่งคำสั่งซื้อจะถูกแสดงอยู่ในระดับต่างๆ โดยกำหนดให้ระดับเป็นตัวแสดงการคัดเลือกคำสั่งซื้อออกจากเซตคำสั่งซื้อ ตัวอย่างเช่นหากเซตคำสั่ง

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3956507395

ซื้อนั้นถูกนำคำสั่งซื้อออกจำนวน 2 คำสั่งซื้อ คำตอบนั้นจะถูกจัดให้อยู่ในระดับที่ 2 เพื่อแสดงให้เห็นแหล่งที่มากจากต้นของคำตอบว่าถูกคัดเลือกคำสั่งซื้อออกหนึ่งคำสั่งซื้อจากที่ใด และเป็นการแสดงให้เห็นจำนวนทางเลือกของคำตอบเมื่อถูกกำหนดให้นำคำสั่งซื้อออกด้วยจำนวนเท่ากันหรืออยู่ในระดับเดียวกันว่าเป็นจำนวนเท่าใด ดังตัวอย่างในภาพที่ 5-5 ในระดับที่ 0



ภาพที่ 5-5 แผนภูมิต้นไม้แสดงคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับคำสั่งซื้อมากกว่าสามคำสั่งซื้อ

จากแผนภูมิภาพจะทำให้เห็นลักษณะการหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับโครงสร้างข้อมูลแบบต้นไม้ แต่การหยั่งรากลงทุกครั้งจะเป็นการหาคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible solution) และคำตอบที่ไม่ผ่านเงื่อนไขกำลังการผลิตหรือคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ (Infeasible solution) ซึ่งเมื่อพยายามที่จะหยั่งรากลงไปค่าคำตอบวัตถุประสงค์ของคำตอบจะแย่ลงจากการนำคำสั่งซื้อที่มีจำนวนคำสั่งซื้อนั้นออกไป ดังนั้นจำนวนเซตคำสั่งซื้อที่เป็นไปได้จึงเป็นสิ่งที่สำคัญในการเลือกเพื่อหาคำตอบในส่วนการจัดตารางการผลิตต่อไป

5.1.4 ตัวอย่างการหาคำตอบด้วยวิธีทางฮิวริสติกสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ

ในส่วนนี้ได้แสดงตัวอย่างของการหาคำตอบด้วยวิธีการทางฮิวริสติก โดยมีค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องได้แก่ เซตคำสั่งซื้อที่ผ่านการจัดเรียงลำดับของตารางที่ 4-1 และอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยทุกชนิดผลิตภัณฑ์และทุกสถานีงานจากตารางที่ 4-2 โดยมีระยะของแผนการผลิตที่ 90 วัน

เซตคำสั่งซื้อที่ผ่านการจัดเรียงจะถูกกำหนดเป็นคำตอบที่อยู่ระดับที่ 0 จากนั้นจึงตรวจสอบความเป็นไปได้ของคำตอบด้วยการเปรียบเทียบอัตราการใช้กำลังการผลิตสะสม (Cumulative capacity consumption rate) และกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง (Available capacity rate) โดยเริ่มต้น

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

นำคำสั่งซื้อทั้งหมดมาหาจำนวนความต้องการสุทธิจากการหักลบกับวัสดุคงคลังเริ่มต้นจากสถานีงานลำดับที่ 4 ตามตารางที่ 5-1

ตารางที่ 5-1 จำนวนความต้องการสุทธิในเซตคำสั่งซื้อ

Order No.	Product type	Due date (day)	Demand volume (Unit)	NET demand volume (Unit)			
				Workstation			
				1	2	3	4
1	A	6	400	400	400	400	400
2	D	7	910	**860**	**860**	**860**	**860**
3	A	8	480	480	480	480	480
4	B	9	870	**845**	870	870	870
5	B	18	990	990	990	990	990
6	C	20	780	**680**	**680**	780	780
7	D	21	1000	1000	1000	1000	1000

จากเซตคำสั่งซื้อเริ่มต้นพิจารณาลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 ที่มีความต้องการผลิตภัณฑ์ประเภท A จำนวน 400 ชิ้น ดังนั้นสถานีงานที่ 4 จะมีความต้องการผลิตจำนวน 400 ยูนิตโดยที่ไม่มีจำนวนจัดเก็บคงคลังเริ่มต้น ความต้องการผลิตจำนวน 400 ชิ้น จะถูกส่งข้อมูลความต้องการพัสดุคงคลังเพื่อการผลิต (Work-in-Process: WIP) จำนวน 400 ชิ้นให้กับสถานีงานที่ 3 ดังนั้นทั้งสามสถานีงานหลังจะมีความต้องการผลิตจำนวน 400 ทั้งหมด ในกรณีคำสั่งซื้อที่ 4 มีจำนวนสินค้าคงคลังจำนวน 25 ชิ้นบนสถานีงานที่ 1 ทำให้สินค้าคงคลังดังกล่าวถูกทดแทนความต้องการผลิตออกไป ความต้องการผลิตสำหรับคำสั่งซื้อที่ 5 ในสถานีงานที่ 1 จึงเป็นจำนวนเท่ากับ 870-25 = 845 ชิ้น และจำนวนสินค้าคงคลังเริ่มต้นจะหมดไปโดยที่คำสั่งซื้อลำดับที่ 5 จะไม่ถูกนำจำนวนสินค้าคงคลังเริ่มต้นมาคำนวณจำนวนความต้องการสุทธิจะถูกนำไปคำนวณหาอัตราการใช้งานกำลังการผลิตและอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสม เริ่มต้นพิจารณาที่คำสั่งซื้อลำดับที่ 1 และเริ่มต้นพิจารณาที่สถานีงานที่ 4 โดยมีผลคำตอบจากการคำนวณได้ดังนี้

$$cr_{ipw} = dmv_{ipw} \times cu_{pw} = 400 \times 1.43\% = 572\% \qquad ;i=1, p=A, w=4 \quad (5.1)$$

ความต้องการผลิตของคำสั่งซื้อลำดับที่ 1 ในสถานีงานที่ 4 มีค่าเท่ากับ 400 ชิ้น โดยที่อัตราการใช้กำลังการผลิตต่อชิ้นของคำสั่งซื้อที่ 4 เท่ากับ 1.43% ทำให้สถานีงานลำดับที่ 4 ถูกใช้กำลังการ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ผลิตสำหรับคำสั่งซื้อลำดับที่ 1 ด้วยอัตรา 572% และสำหรับสถานีงานลำดับที่ 3, 2, 1 มีค่าเท่ากับ 132%, 200% และ 160% ตามลำดับ โดยที่อัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมจะมีอัตราที่เท่ากับอัตราการใช้กำลังการผลิต ในขณะที่ลำดับคำสั่งซื้อที่ 2 ที่มีความต้องการผลิตภัณฑ์ชนิด B วิธีการคำนวณหาอัตราความต้องการจะมีขั้นตอนของการหาคำตอบเหมือนกับลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 ทุกประการ ในส่วนวิธีการหาอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมจะถูกรวบรวมอัตราความต้องการจากสะสมตั้งแต่คำสั่งซื้อลำดับแรกที่เท่ากับ 572% รวมเข้ากับอัตราความต้องการของคำสั่งซื้อของคำสั่งซื้อแรก

$$ccr_{ipw} = \sum_{i=0}^{i=i-1} ccr_{ipw} + cr_{ipw} = 572\% + 344\% = 916\% \qquad ;i = 2, p = B, w = 4 \qquad (5.2)$$

การคำนวณหาอัตราการใช้งานกำลังการผลิตแบบสะสมจะถูกไล่หาคำตอบตั้งแต่สถานีงานที่ 4 ไปจนถึงสถานีงานที่ 1 และพิจารณาตั้งแต่ลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 ไปจนถึงคำสั่งซื้อลำดับที่ 7 ที่เป็นลำดับคำสั่งซื้อสุดท้ายดังตารางที่ 5-2 เพื่อนำเปรียบเทียบกับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริงต่อไป

ตารางที่ 5-2 อัตราการใช้กำลังการผลิตและอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมในแต่ละสถานีงานของลำดับคำสั่งซื้อ

Order No.	Product type	Due date (day)	Capacity consumption rate				Cumulative capacity consumption rate			
			Workstation				Workstation			
			1	2	3	4	1	2	3	4
1	A	6	160%	200%	132%	572%	160%	200%	132%	572%
2	D	7	284%	860%	249%	344%	444%	1060%	381%	916%
3	A	8	192%	240%	158%	686%	636%	1300%	540%	1602%
4	B	9	406%	435%	218%	583%	1041%	1735%	757%	2185%
5	B	18	475%	495%	248%	663%	1517%	2230%	1005%	2849%
6	C	20	218%	272%	140%	390%	1734%	2502%	1145%	3239%
7	D	21	330%	1000%	290%	400%	2064%	3502%	1435%	3639%

หลังการคำนวณเพื่อหาอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมแล้วจะถูกคำนวณหากำลังการผลิตที่มีอยู่ในวันกำหนดส่งของแต่ละคำสั่งซื้อ การคำนวณจะใช้อัตราการผลิตสูงสุดที่ 100% คูณกับระยะเวลากำหนดส่งของคำสั่งซื้อที่จะพิจารณา เช่นเมื่อพิจารณาลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 ในสถานีงานที่ 4 กำลังการ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ผลิตที่มีอยู่สูงสุดที่สิ้นสุดวันส่งมอบจะมีค่าเท่ากับ 600% โดยทุกสถานีงานจะได้ค่าจากการคำนวณเท่ากัน เนื่องมาจากกำลังการผลิตที่มีอยู่นั้นไม่ได้ถูกจองให้กับคำสั่งซื้อใดๆ

$$ac_{ip} = 100\% \times DD_i = 100\% \times 6 = 600\% \qquad ;i = 1,\ p = 4 \qquad (5.3)$$

ตารางที่ 5-3 กำลังการผลิตที่มีอยู่จริงในสิ้นสุดวันกำหนดส่ง

Order No.	Product type	Due date (day)	Available capacity			
			Workstation			
			1	2	3	4
1	A	6	600%	600%	600%	600%
2	D	7	700%	700%	700%	700%
3	A	8	800%	800%	800%	800%
4	B	9	900%	900%	900%	900%
5	B	18	1800%	1800%	1800%	1800%
6	C	20	2000%	2000%	2000%	2000%
7	D	21	2100%	2100%	2100%	2100%

เมื่อทราบอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมสำหรับแต่ละลำดับคำสั่งซื้อและแต่ละสถานีงาน และกำลังการผลิตที่มีอยู่จริงแบบสะสม ณ ช่วงเวลากำหนดส่งของแต่ละคำสั่งซื้อและสถานีงาน แล้วค่าพารามิเตอร์ทั้งสองรูปแบบจะถูกนำมาหาค่าผลต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์ทั้งสอง โดยเริ่มต้นจากลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 และเมื่อพิจารณาลำดับคำสั่งซื้อแล้วจะถูกพิจารณาลำดับสถานีงานที่ 4 ดังนี้

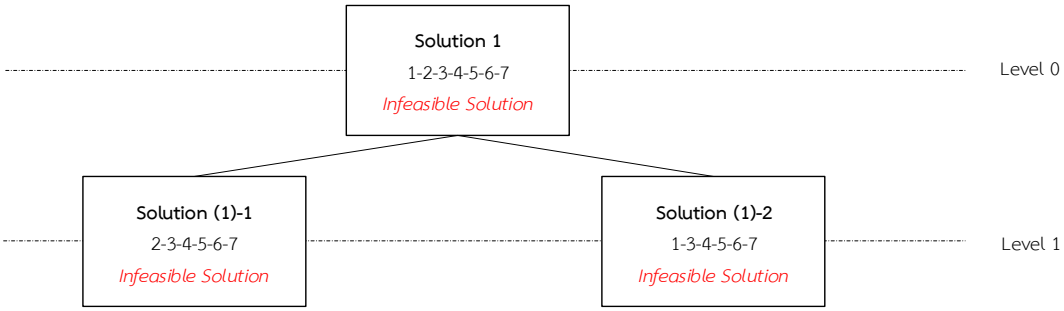
$$di_{ip} = ccr_{ipw} - ac_k = 572\% - 600\% = -28\% \qquad ;i = 1,\ p = 4 \qquad (5.4)$$

จากการคำนวณที่ (5.4) เป็นการหาผลต่างระหว่างกำลังการผลิตสูงสุด ณ วันกำหนดส่งของลำดับคำสั่งซื้อและอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมสำหรับลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 ณ สถานีงานลำดับที่ 4 พบว่าผลต่างระหว่างค่าพารามิเตอร์มีค่าเท่ากับ -28% แสดงถึงอัตราการกำลังการผลิตในสถานีงานมีเพียงพอต่อลำดับคำสั่งซื้อที่ 1 ในสถานีงานที่ 4 และหากพิจารณาที่สถานีงานที่ 3, 2 และสถานีงานที่ 1 ได้ค่าผลต่างจากการคำนวณเท่ากับ -468%, -400% และ -440% ตามลำดับ ทำให้สรุปได้ว่าคำสั่งซื้อลำดับที่ 1 มีกำลังการผลิตที่พอเพียง สามารถนำไปสั่งผลิตในระบบการผลิตได้

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

เมื่อพิจารณาหาผลต่างของคำสั่งซื้อที่สองนั้นจะถูกคำนวณวิธีการคล้ายกับลำดับคำสั่งซื้อแรก และพบว่าผลต่างมีค่าเท่ากับ 216% ซึ่งหมายถึงอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสมมีค่าที่สูงกว่ากำลังการผลิตสูงสุด ณ วันกำหนดส่งของคำสั่งซื้อที่สอง หรือกำลังการผลิตไม่เพียงพอต่อการผลิตสำหรับสองลำดับคำสั่งซื้อที่พิจารณา

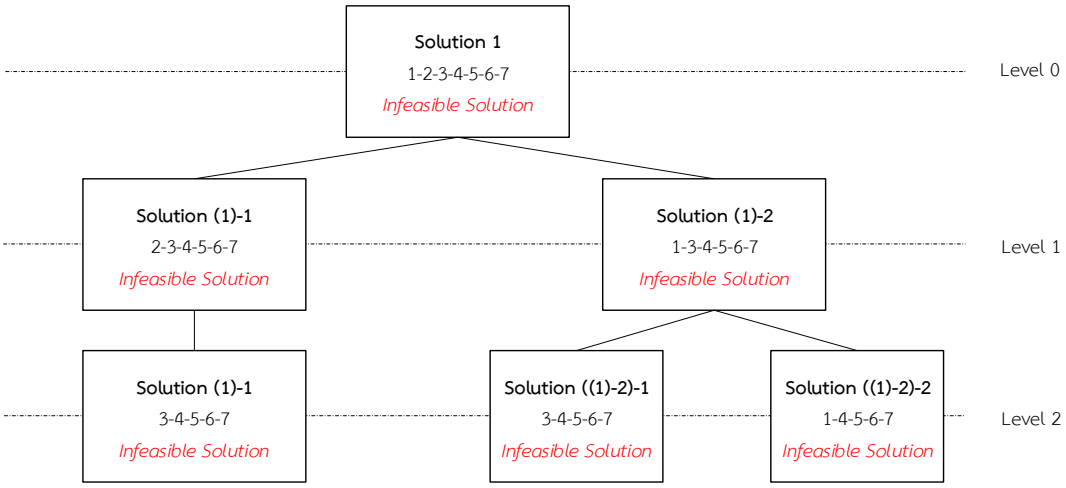
ภายในเซตคำสั่งซื้อสองคำสั่งซื้อนั้นไม่สามารถผลิตร่วมกันเพื่อส่งภายใต้กำลังการผลิตที่มีอยู่ได้ จึงจำเป็นต้องเลือกคำสั่งซื้อใดคำสั่งซื้อหนึ่งจากสองลำดับที่พิจารณานำออกจากเซตคำสั่งซื้อ ดังนั้นคำตอบที่เป็นไปได้จึงเป็นสองคำตอบที่ได้แก่ คำตอบที่ 1 เป็นคำตอบที่นำคำสั่งซื้อลำดับที่ 1 ออกจากเซตคำสั่งซื้อ (2-3-4-5-6-7) คำตอบที่ 2 เป็นคำตอบที่นำคำสั่งซื้อลำดับที่ 2 ออกจากเซตคำสั่งซื้อ (1-3-4-5-6-7) ซึ่งทั้งสองคำตอบอยู่ภายในระดับคำตอบที่หนึ่ง ซึ่งทั้งสองคำตอบจะถูกทดสอบความเป็นไปได้ของคำตอบด้วยขั้นตอนการเปรียบเทียบค่าระหว่างอัตราการใช้กำลังการผลิตแบบสะสม และกำลังการผลิตที่มีอยู่จริงอีกครั้ง



ภาพที่ 5-6 ตัวอย่างการคำตอบทางเลือกด้วยวิธีการแตกกิ่งลงระดับที่ 1

จากการทดสอบความเป็นไปได้ของคำตอบสำหรับคำตอบที่ 1.1 และ 1.2 พบว่าคำตอบที่ 1.1 และ 1.2 เกิดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ซึ่งทำให้ยังไม่พบคำตอบที่เป็นไปได้ตามจำนวนที่ต้องการ จากนั้นจึงเลือกกลุ่มขอบเขตที่เป็นไปได้ตามขนาดของคำตอบที่เท่ากับ 3 คำตอบที่เป็นไปได้จะถูกจัดเรียงคำตอบเพื่อคัดเลือกเข้ากลุ่มของคำตอบดังนั้นกลุ่มของคำตอบจะถูกหาคำตอบที่เป็นไปได้ของ Solution (1)-1 และ Solution (1)-2 โดยภายในทั้งสองคำตอบนั้นไม่ได้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้เมื่อทำการเปรียบเทียบอัตราส่วนที่เกิดขึ้น ทั้งสองคำตอบจะถูกหาคำตอบที่เป็นไปได้อีกครั้งหนึ่ง

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-7 ตัวอย่างการหาคำตอบทางเลือกด้วยวิธีการแตกกิ่งลงระดับที่ 2

คำตอบจะถูกคำนวณหาคำตอบจนเมื่อจบกระบวนการค้นพบคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับการหาคำตอบ โดยคำตอบที่เหมาะสมจะอยู่ในระดับที่ 4 โดยมีคำตอบคือ 2, 6 และ 7 โดยมีจำนวนความต้องการรวมเท่ากับ 2,960 ชิ้น

5.2 วิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต (Heuristics method for Production planning section)

ปัญหาการวางแผนการผลิตเป็นการกำหนดงานเพื่อดำเนินการผลิต ด้วยการกำหนดจำนวนที่ต้องการผลิตสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์และแต่ละสถานีงานในช่วงระยะวางแผนการผลิต โดยการศึกษางานวิจัยการกำหนดงานจะต้องอยู่ภายใต้จำนวนพัสดุคงคลังน้อยที่สุด แนวคิดในการสร้างวิธีการหาคำตอบนั้นเริ่มจากการตัดสินใจด้วยการพิจารณาแบบย้อนหลัง (Backward Scheduling) ซึ่งเป็นการตัดสินใจจำนวนการผลิตเริ่มต้นจากวันกำหนดส่งและพิจารณาย้อนหลัง โดยวิธีการฮิวริสติกจะประยุกต์การตัดสินใจนำมากำหนดจำนวนความต้องการผลิตเพื่อทำให้เกิดการจัดเก็บพัสดุคงคลังให้ได้น้อยที่สุด

5.2.1 ข้อมูลนำเข้าวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต

1. เซตคำตอบที่ผ่านการคัดเลือกคำสั่งซื้อ (Alternative solution set) ในแต่ละสมาชิกประกอบไปด้วย ลำดับคำสั่งซื้อ ชนิดผลิตภัณฑ์ จำนวนความต้องการ และระยะเวลากำหนดส่งมอบ

2. ระยะเวลาการวางแผนการผลิต (Time planning horizon) เป็นช่วงเวลาของแผนการผลิตที่จัดคำสั่งผลิตเริ่มต้นในสิ้นสุดวันที่ 1

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

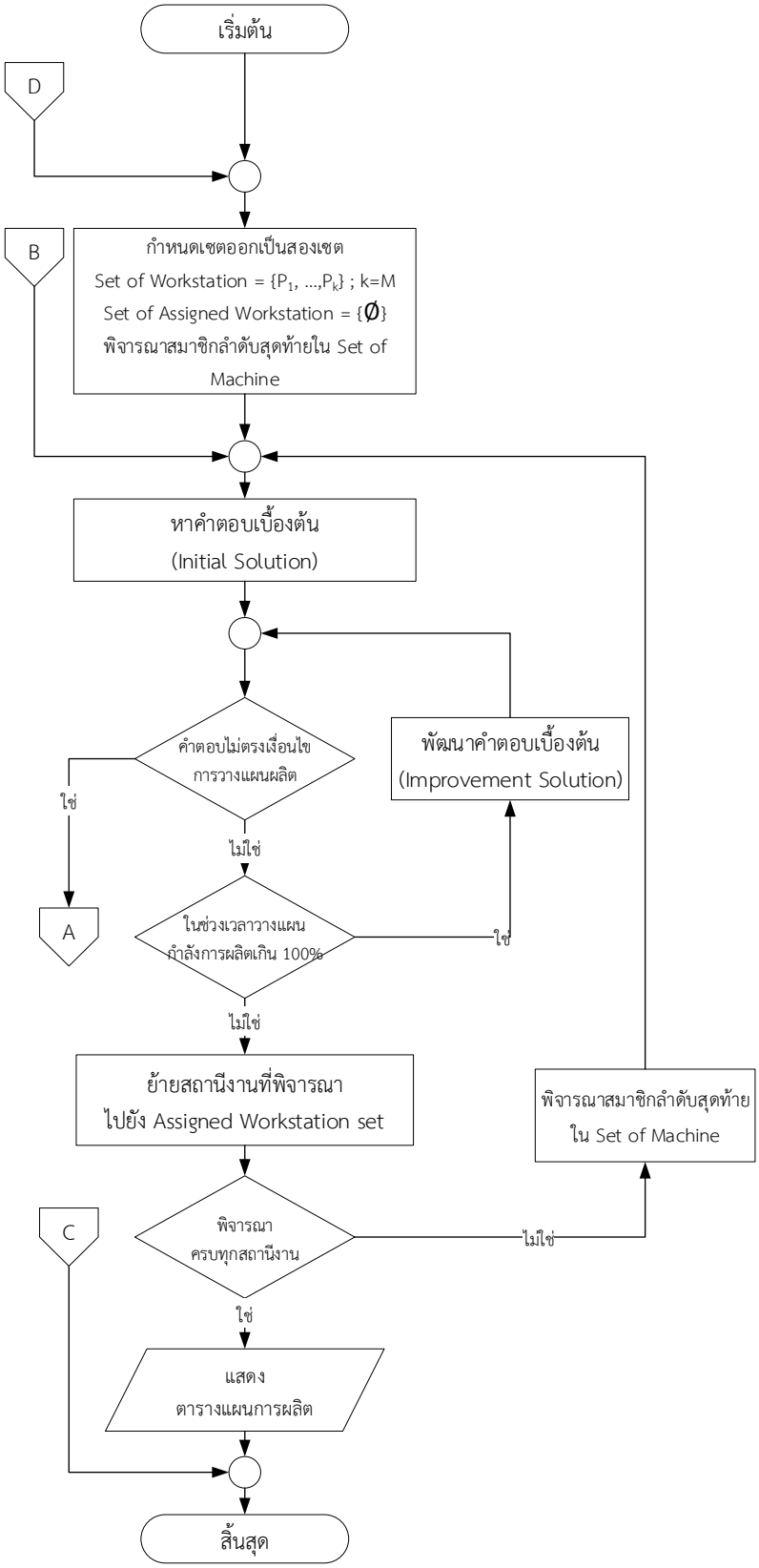
3. อัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยสำหรับแต่ละผลิตภัณฑ์ (Capacity consumption rate per unit) ในทุกแต่ละสถานีงาน และกำลังการผลิตสูงสุด (Maximum capacity) สำหรับแต่ละสถานีงานและแต่ละช่วงเวลา

4. รูปแบบตารางการผลิต โดยตารางการผลิตจะต้องแสดงช่วงระยะเวลาตั้งแต่ช่วงเวลาสิ้นสุดในวันที่ 1 จนถึงระยะเวลาวางแผนการผลิต และแสดงจำนวนที่ต้องการสั่งผลิตสำหรับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์สำหรับแต่ละสถานีงาน

5.2.2 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต

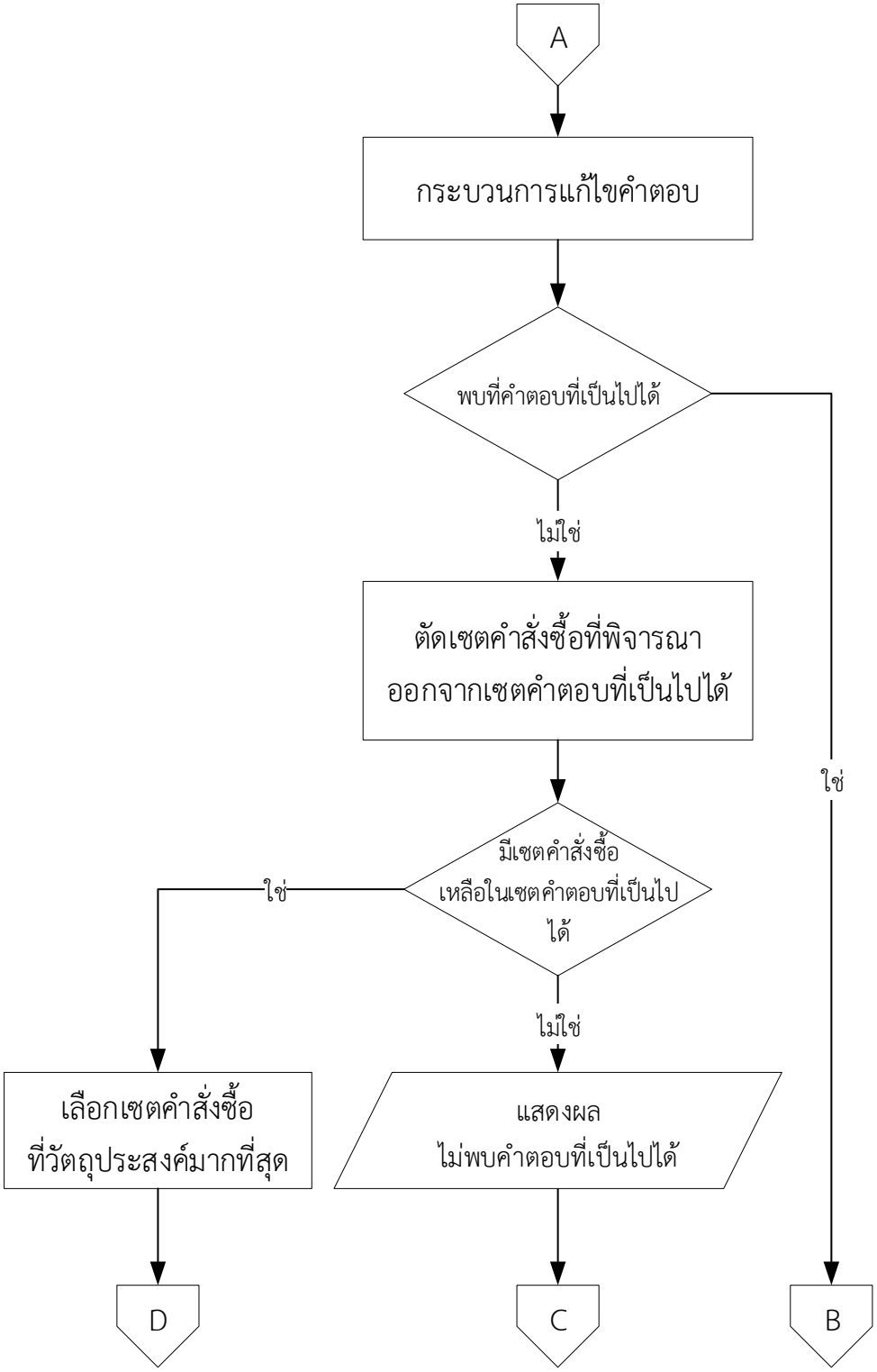
การหาคำตอบด้วยวิธีฮิวริสติกนี้จะแบ่งออกเป็นสองส่วนได้แก่ การหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) ซึ่งจะได้คำตอบพื้นฐานจากการตัดสินใจแบบถอยหลัง และการพัฒนาคำตอบ (Improvement solution) สำหรับพัฒนาคำตอบให้สอดคล้องไปตามเงื่อนไข ด้วยการย้ายจำนวนงานที่มีการใช้อัตราการผลิตน้อยที่มากที่สุด การดำเนินการจะพิจารณาจากสถานีงานลำดับสุดท้าย และผลจากการกำหนดจำนวนที่ต้องการผลิตจะแสดงข้อมูลความต้องการพัสดุ (Inventory requirement) เพื่อบ่งบอกความต้องการพัสดุสำหรับการผลิตของเครื่องจักรก่อนหน้า ซึ่งแนวคิดทั้งหมดสามารถสรุปเป็นขั้นตอนการทำงานได้ดังภาพที่ 5-8 และภาพที่ 5-9

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-8 ขั้นตอนรวมของการวางแผนการผลิตด้วยวิธีทางฮิวริสติก หน้าที่ 1

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

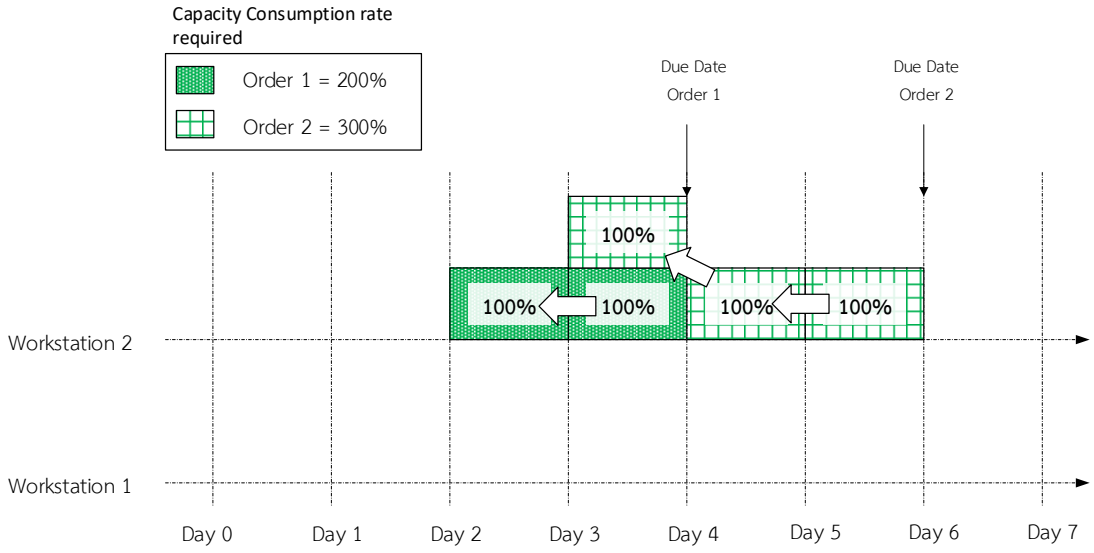


ภาพที่ 5-9 ขั้นตอนรวมของการวางแผนการผลิตด้วยวิธีทางฮิวริสติก หน้าที่ 2

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

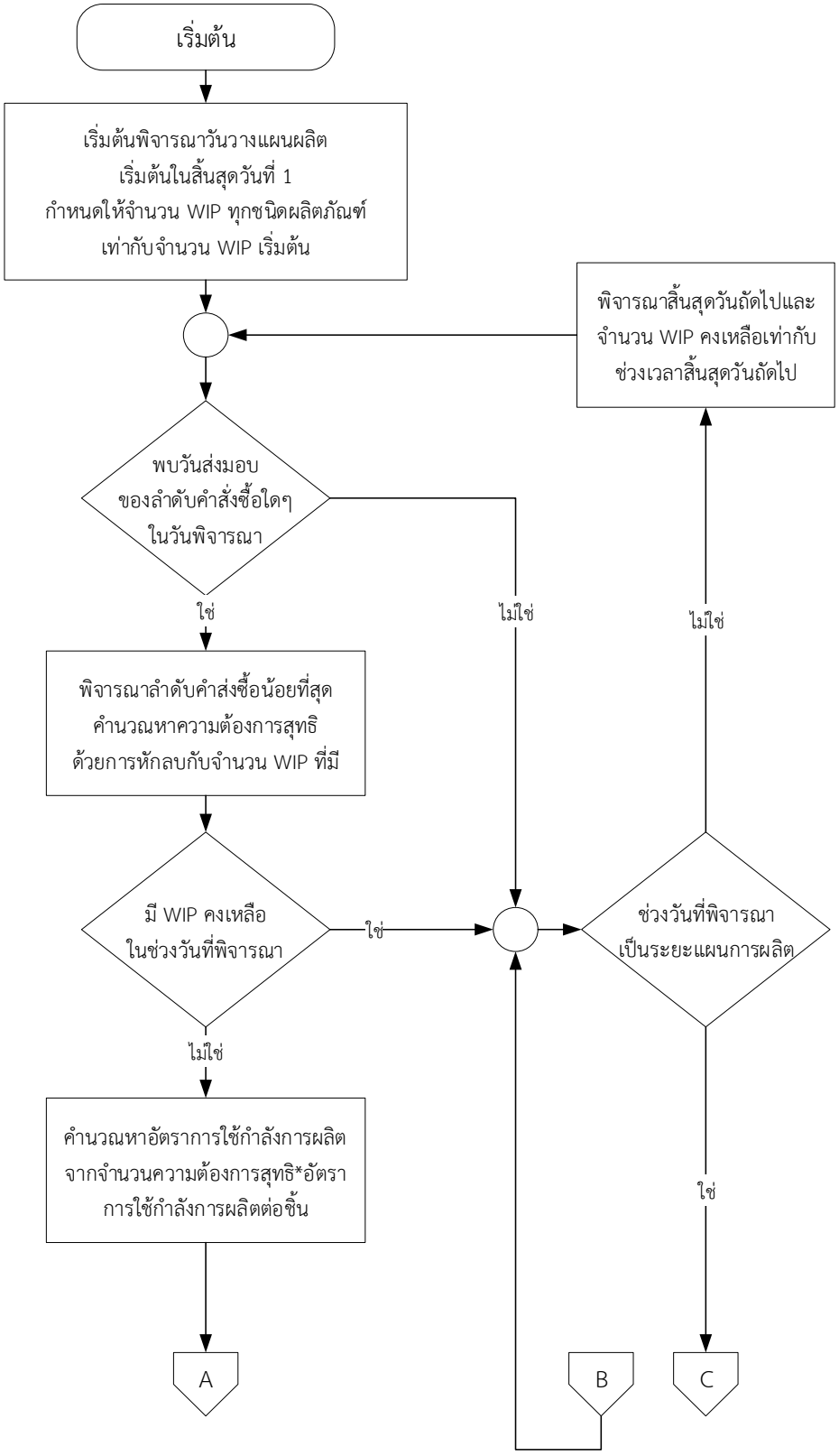
5.2.3 ขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) ของวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต

ขั้นตอนการหาคำตอบเริ่มต้นจากพิจารณาเครื่องจักรในสถานีงานลำดับสุดท้ายในสายการผลิต การหาคำตอบเบื้องต้นจะพิจารณาจากคำสั่งซื้อลำดับแรกไปจนถึงลำดับสุดท้ายที่ผ่านการเรียงลำดับจากเวลากำหนดส่ง การตัดสินใจกำหนดจำนวนที่ต้องการผลิตจะใช้วิธีการกำหนดการผลิตแบบถอยหลัง (Backward scheduling) ซึ่งหมายถึงเริ่มพิจารณาตัดสินใจจำนวนที่ต้องการผลิตเริ่มต้นในวันกำหนดส่งมอบของลำดับคำสั่งซื้อที่พิจารณา ด้วยการกำหนดเท่ากับอัตรากำลังการผลิตสูงสุด หากคำสั่งซื้อที่พิจารณายังเหลืออัตราการผลิตที่ต้องการอยู่จำนวนหนึ่งคำสั่งซื้อนั้นจะถูกพิจารณากำหนดจำนวนการผลิตในวันก่อนหน้า คำสั่งซื้อที่พิจารณาจะถูกตัดสินใจจนกระทั่งได้กำหนดการผลิตจนครบจำนวนที่ต้องการจึงจะเริ่มพิจารณาในคำสั่งซื้อถัดไป หากพิจารณาครบตามจำนวนที่ต้องการแล้วนั้นจึงจะเริ่มพิจารณาลำดับคำสั่งซื้อถัดไปจนครบทั้งหมดในเซตคำสั่งซื้อ ขั้นตอนการดำเนินงานส่วนนี้สรุปได้เป็นรายละเอียดดังภาพที่ 5-11 และ ภาพที่ 5-12



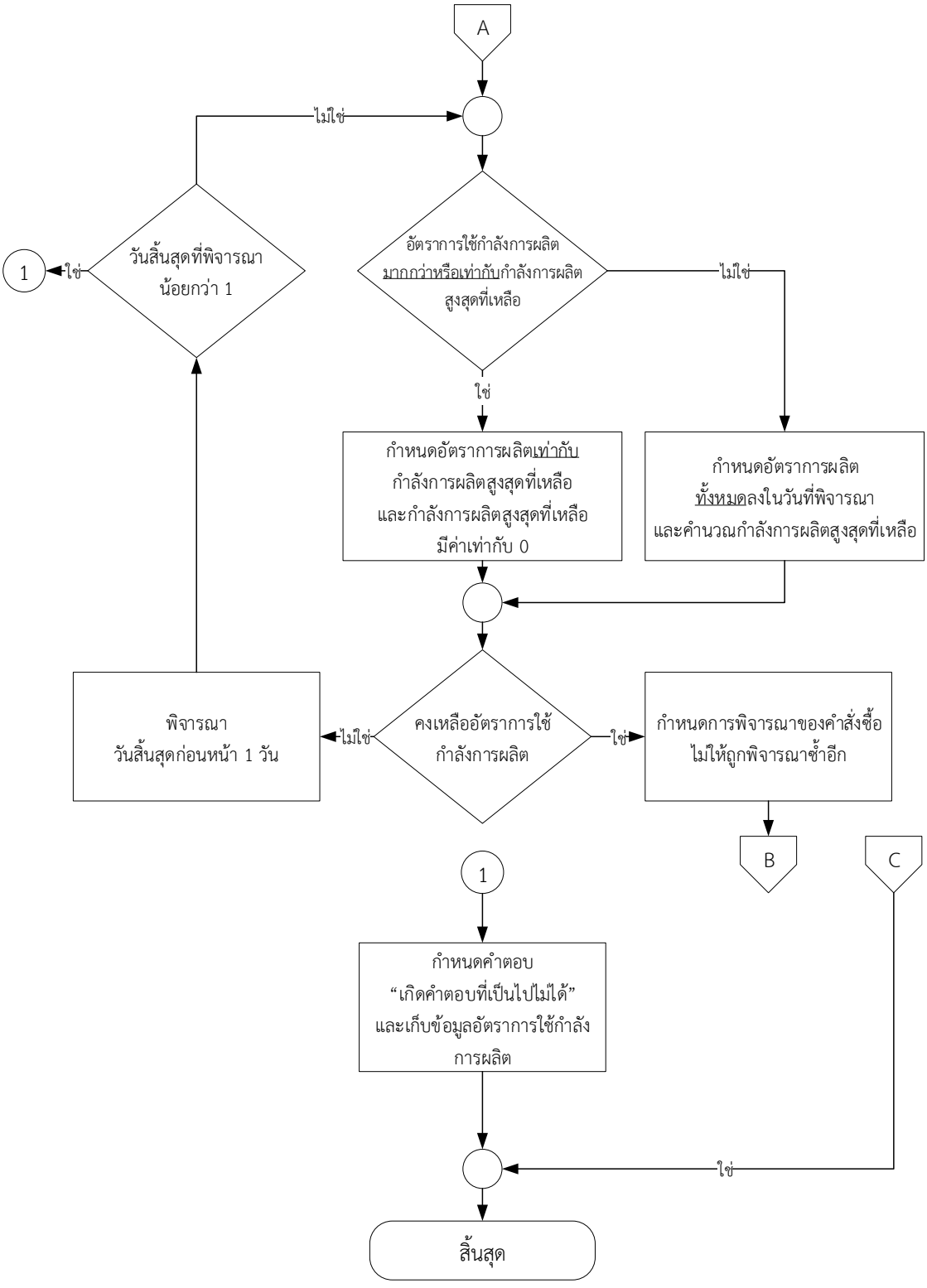
ภาพที่ 5-10 ตัวอย่างการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution)

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-11 ขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) หน้าที่ 1

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-12 ขั้นตอนการหาคำตอบเบื้องต้น (Initial solution) หน้าที่ 2

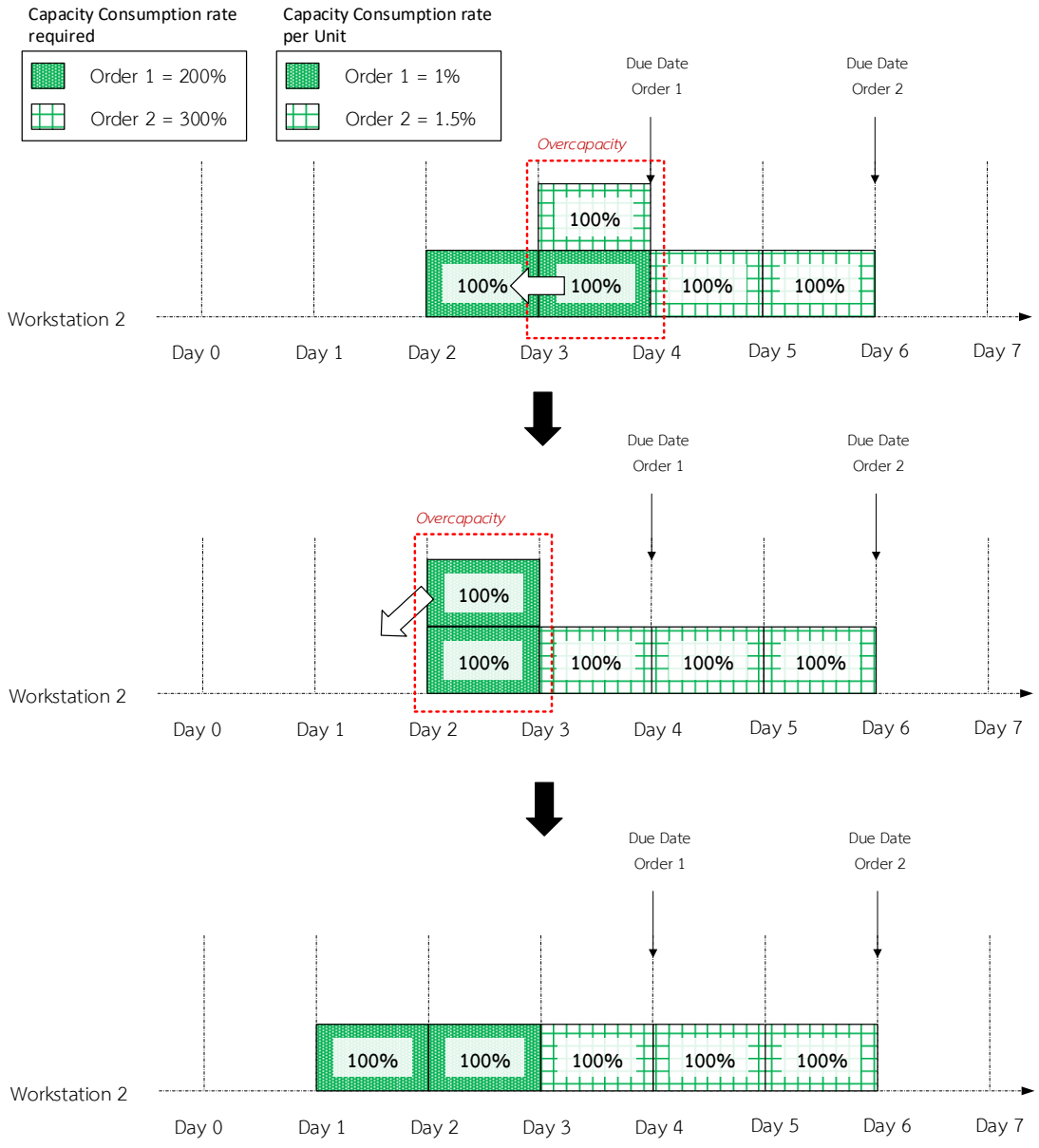
3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

5.2.4 ขั้นตอนการพัฒนาคำตอบ (Improvement solution) ของวิธีการทางฮิวริสติกสำหรับการวางแผนการผลิต

เมื่อได้หาคำตอบด้วยขั้นตอนเบื้องต้นแล้วพบว่าในบางช่วงระยะเวลามีการใช้กำลังการผลิตเกินความสามารถ (Overcapacity) แสดงให้เห็นว่าคำตอบจากเซตคำสั่งซื้อเป็นคำตอบที่ขัดกับเงื่อนไขและข้อจำกัด (Infeasible solution) เหตุการณ์ดังกล่าวจะถูกนำไปพัฒนาคำตอบเพื่อให้เกิดคำตอบที่เป็นไปได้ที่ส่วนการพัฒนาคำตอบ โดยค้นหาการใช้กำลังการผลิตรวมที่เกินอัตราการใช้สูงสุดตั้งเริ่มต้นแต่วันแรกของการวางแผนการผลิต วิธีการพัฒนาคำตอบจะเป็นการย้ายอัตราการใช้กำลังการผลิตของผลิตภัณฑ์ใดโยกย้ายไปในวันก่อนหน้าเพื่อหยุดปัญหาที่เกิดขึ้น โดยพิจารณาที่ชนิดผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อชิ้น (Capacity consumption rate per unit) ที่มากที่สุด เพราะอัตราการใช้กำลังการผลิตที่น้อยทำให้เกิดผลผลิตจำนวนมาก หากมีการย้ายชนิดผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการผลิตที่สูงก็จะทำให้เกิดต้นทุนต่อชิ้นในการจัดเก็บที่น้อย และเมื่อสิ้นสุดการย้ายก็ดำเนินการค้าหาต่อไปจนครบระยะเวลาวางแผนการผลิต และสิ้นสุดวิธีพัฒนาคำตอบเมื่อไม่พบการใช้อัตราการผลิตเกินภายในสถานีงานนั้น

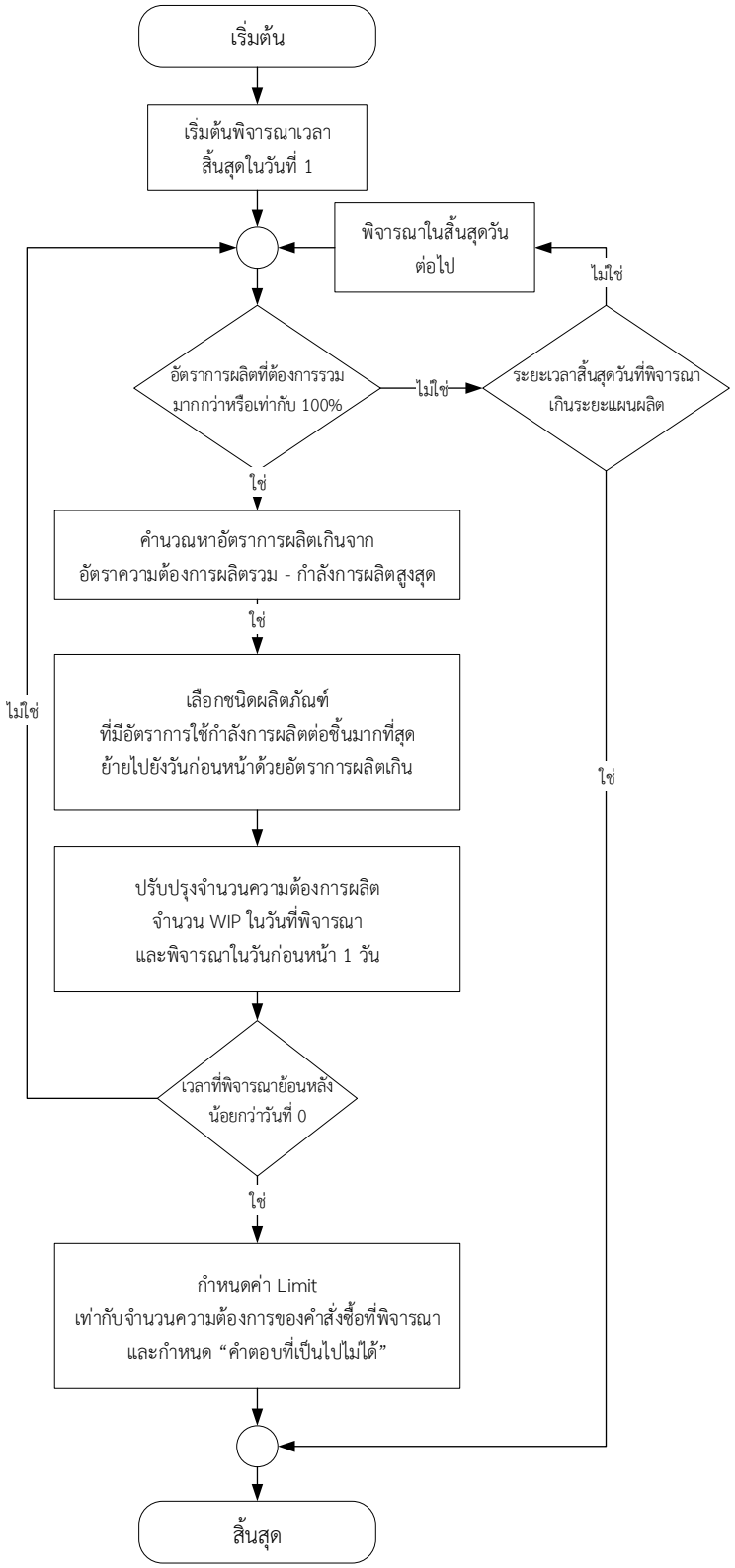
เมื่อผ่านการหาคำตอบเบื้องต้นพร้อมกับพัฒนาคำตอบจนพบว่าสามารถกำหนดจำนวนการผลิตในแต่ละช่วงเวลาจนถึงระยะเวลาการผลิตจะถูกพิจารณาในสถานีงานลำดับก่อนหน้าต่อไป โดยที่จำนวนการผลิตที่กำหนดจะถูกเป็นความต้องการสำหรับสถานีงานลำดับก่อนหน้า และดำเนินการจนครบสถานีงานในสายการผลิต โดยแนวคิดของการพัฒนาคำตอบนั้นมีขั้นตอนของการทำงานดังภาพที่ 5-14

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-13 การพัฒนาคำตอบจากการหาคำตอบเบื้องต้น

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3956507395



ภาพที่ 5-14 ขั้นตอนการพัฒนาคำตอบ (Improvement solution)

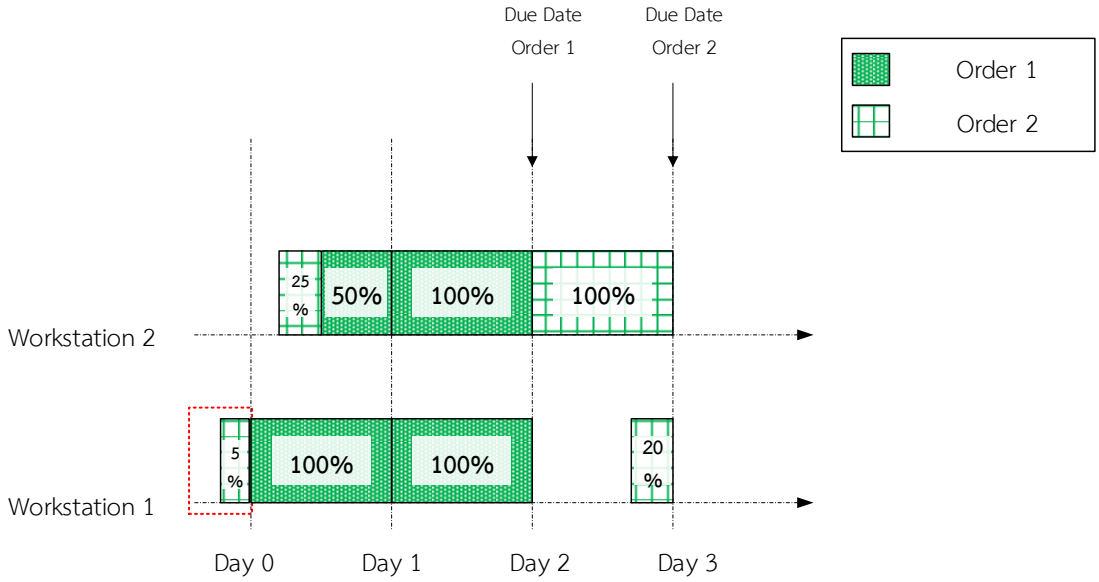
3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

5.2.5 การพัฒนาคำตอบกรณีที่ไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นไปได้ สำหรับการวางแผนการผลิตด้วยวิธีทางฮิวริสติก

ในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อจะได้ผลคำตอบเป็นเซตคำสั่งซื้อที่พิจารณาจากการเปรียบเทียบกำลังการผลิตที่ต้องใช้สะสมกับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง ผลคำตอบจะถูกนำมาลงแผนการผลิตซึ่งอาจพบกรณีที่ไม่สามารถนำไปลงในตารางสำหรับการวางแผนการผลิตจริงได้ เป็นเนื่องมาจากการกำหนดการผลิตด้วยการพิจารณาย้อนหลังจากวันกำหนดส่งมอบ ซึ่งการกำหนดย้อนหลังทำให้เกิดการว่างของกำลังการผลิตบางส่วนเกิดขึ้นได้ ตัวอย่างเช่นภาพที่ 5-15 การกำหนดความต้องการผลิตสำหรับสองคำสั่งซื้อที่ผ่านกระบวนการคัดเลือกคำสั่งซื้อแล้ว โดยที่อัตราความต้องการกำลังการผลิตของคำสั่งซื้อที่ 1 และคำสั่งซื้อที่ 2 สำหรับสถานีงานที่สองมีค่าเท่ากับ 150% และ 125% ตามลำดับ และมีอัตราความต้องการในสถานีงานที่หนึ่งเท่ากับ 200% และ 25% ตามลำดับ ซึ่งเมื่อเทียบกับกำลังการผลิตในวันส่งมอบพบว่ากำลังการผลิตนั้นเพียงพอต่อการผลิตทั้งสองคำสั่งซื้อ แต่เมื่อนำจัดลงตารางแผนการผลิตด้วยสำหรับคำสั่งซื้อที่ 1 จะถูกวางลงสายการผลิตด้วยวิธีการหาคำตอบเบื้องต้น ทำให้คำสั่งซื้อที่ 2 ถูกผลิตในสิ้นสุดวันที่ 1 จำนวน 25% แต่ไม่สามารถกำหนดผลิตให้กับคำสั่งซื้อที่ 2 ในสถานีงานที่ 1 ได้อันเนื่องมาจากความมีกำลังผลิตไม่พอเพียงสำหรับช่วงเวลานั้นเอง

ด้วยเหตุผลดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงคำตอบที่ได้จากการคัดเลือกคำสั่งซื้อสามารถแสดงผลคำตอบเป็นคำสั่งซื้อที่เหมาะสมภายใต้กำลังการผลิต แต่คำตอบที่ได้เมื่อนำไปหาคำตอบในส่วนการวางแผนการผลิตอาจได้คำตอบผิดเงื่อนไขที่เป็นข้อจำกัดในการหาคำตอบ ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการพัฒนาคำตอบด้วยการสับเปลี่ยนจำนวนการผลิตภายในช่วงเวลาการผลิตจนถึงกำหนดส่งมอบ เพื่อเป็นการแก้ไขคำตอบที่อาจจะนำไปสู่การผิดเงื่อนไขของโจทย์ปัญหาได้

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9



ภาพที่ 5-15 การแสดงการเกิดคำตอบที่เป็นไปไม่ได้จากการจัดเรียงการผลิต

กระบวนการส่วนนี้จะเป็นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวด้วยวิธีการสับเปลี่ยน (SWAP) ความต้องการผลิตจากสถานีงานถัดไป โดยพิจารณาจากคำสั่งซื้อที่ไม่สามารถกำหนดลงในตารางการผลิตได้ในสถานีงานถัดไป และทำการสับเปลี่ยนภายในช่วงระหว่างวันที่กำหนดการผลิตไปจนถึงวันที่กำหนดส่งเผื่อผลิตสำหรับกระบวนการถัดไป ซึ่งจะเป็นการสับเปลี่ยนอัตราการผลิตจากการพิจารณาจากชนิดของผลิตภัณฑ์ การพิจารณาจะเลือกสับเปลี่ยนกับชนิดผลิตภัณฑ์ที่มีอัตราการใช้งานกำลังการผลิตที่มากที่สุด ซึ่งถ้าหากวิธีการสับเปลี่ยนไม่สามารถพัฒนาคำตอบให้เป็นคำตอบที่เป็นไปได้จะถูกเข้าสู่กระบวนการคัดเลือกออก การคัดเลือกจะพิจารณาคำสั่งซื้อลำดับแรกจนถึงลำดับที่คำตอบไม่ผ่านเงื่อนไข มีมีจำนวนความต้องการที่น้อยที่สุดนำออกเพื่อชดเชยกำลังการผลิตที่มีให้เพียงพอกับการใช้งาน แต่ในการคัดเลือกออกไปจะทำให้คำตอบที่เป็นไปได้ถูกเลือกนำค่าที่มีความต้องการมากที่สุดนำมาพิจารณาต่อไป

วิธีการสับเปลี่ยนอาจนำไปสู่การหมุนวนกลับซ้ำ ซึ่งหมายถึงมีการสับเปลี่ยนผลิตภัณฑ์แล้วยังคงเกิดเหตุการณ์ที่ไม่สามารถหาคำตอบที่เป็นไปได้อีก เมื่อทำการสับเปลี่ยนอาจเกิดการตัดสินใจกลับซ้ำอีกได้ ผู้วิจัยจึงได้เพิ่มเงื่อนไขเป็นจำนวนขอบเขตจำกัดการเกิดซ้ำของการแก้ไขปัญหาดังกล่าวขึ้น เมื่อเกิดเหตุการณ์ซ้ำครบตามจำนวนที่กำหนดขึ้นปัญหาจะถูกจัดการด้วยการพิจารณาเลือกตัดคำสั่งซื้อจากลำดับแลกไปจนถึงลำดับสุดท้าย โดยเลือกตัดคำสั่งซื้อที่มีจำนวนความต้องการน้อยที่สุดและทำการเลือกเซตคำตอบที่ให้ผลที่ดีไปหาคำตอบในส่วนการวางแผนการผลิตต่อไป

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บทที่ 6
การทดสอบเปรียบเทียบและผลการทดสอบ

จากการนำเสนอวิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต ประกอบไปด้วย วิธีการคำนวณโดยตรง (Exact method) และวิธีทางฮิวริสติกด้วยการประยุกต์ใช้การแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตสำหรับการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และการตัดสินใจย้อนหลังสำหรับส่วนการวางแผนการผลิต โดยทำการทดสอบเพื่อแสดงให้เห็นสมรรถนะของการหาคำตอบในด้านคุณภาพของคำตอบและประสิทธิภาพของเวลาการหาคำตอบในแต่ละสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกัน โดยแสดงผลชี้วัดตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยและระยะเวลาการหาคำตอบ ส่วนของบทที่หกนี้จะเป็นการทดสอบสมรรถนะโดยมีส่วนเนื้อที่เกี่ยวข้องได้แก่ การกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง การกำหนดกลุ่มของสถานการณ์ปัญหา และผลการทดสอบสมรรถนะของคำตอบ

การทดสอบเปรียบเทียบคุณภาพคำตอบและประสิทธิภาพของเวลาและการทดลองอื่นที่เกี่ยวข้องจะทดสอบด้วยโปรแกรม IBM ILOG CPLEX ver. 12.6.2 สำหรับการทดสอบวิธีการหาคำตอบโดยตรง และโปรแกรม Visual Basic for Applications (VBA) ver. 7.1 in Microsoft Office Excel บนคอมพิวเตอร์ Intel® Core i5-3.10GHz และหน่วยความจำประมวลผลสำรอง (RAM) 8 GB

6.1 ค่าพารามิเตอร์และกลุ่มที่ใช้ในการทดสอบ

การทดสอบสมรรถนะของวิธีการหาคำตอบจำเป็นต้องกำหนดลักษณะของปัญหา โดยปัญหานั้นจะต้องสอดคล้องกับงานวิจัยที่กำหนด ซึ่งจะต้องจำแนกลักษณะของปัญหาที่อยู่ภายในขอบเขตศึกษาและค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับลักษณะปัญหาที่สนใจ โดยในส่วนนี้จะอธิบายค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง กลุ่มของปัญหาที่ทำการทดสอบ ตลอดไปจนถึงตัวชี้วัดสมรรถนะคำตอบนี้

6.1.1 ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการทดสอบลักษณะปัญหา

การทดสอบสมรรถนะของการหาคำตอบจะต้องมีลักษณะของปัญหาที่ถูกต้องและตรงตามขอบเขตของการศึกษา โดยลักษณะของปัญหาจะประกอบไปด้วยลักษณะของค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องที่หลากหลาย โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกศึกษาปัญหาที่มีค่าพารามิเตอร์ที่สอดคล้อง

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

คุณลักษณะของระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนและการศึกษาจากงานวิจัยที่ผ่านมา โดยสามารถอธิบายค่าพารามิเตอร์ต่างๆได้ดังต่อไปนี้

1. ระยะเวลาวางแผนการผลิต (Time planning horizon) เป็นการกำหนดลักษณะของการวางแผนว่ามีระยะในการกำหนดจำนวนความต้องการผลิตสูงสุด โดยกำหนดระดับของระยะเวลาการวางแผนการผลิตเท่ากับ 90 วัน

2 สถานีงานการผลิต (Number of workstation) เป็นตัวที่กำหนดของการผลิตให้กับแต่ละชนิดผลิตภัณฑ์ ค่าพารามิเตอร์นี้จะถูกกำหนดให้เกิดภาระงานที่สอดคล้องต่อระยะเวลาในการผลิตที่เกิดขึ้น ซึ่งถ้าหากมีสถานีงานที่สูงมากขึ้นก็จะส่งผลให้เกิดการผลิตและเกิดเวลาในการดำเนินการผลิตเพิ่มขึ้น โดยระดับของการศึกษาแบ่งออกเป็นจำนวน 3, 5, 7 และ 10 สถานีงานตามลำดับ

3. จำนวนคำสั่งซื้อ (Number of order) เป็นตัวกำหนดความหลากหลายของการผลิต ซึ่งความหลากหลายนั้นส่งผลทำให้เกิด แบ่งระดับการศึกษาจำนวนคำสั่งซื้อออกเป็น 10, 30, 50, 70, 100, 150, 200 และ 400 ตามลำดับ

4. ชนิดผลิตภัณฑ์ (Type of product) เมื่อมีชนิดของผลิตภัณฑ์ที่มากกว่าหนึ่งชนิดจะทำให้เกิดความหลากหลายของการใช้กำลังการผลิตต่อชิ้น ซึ่งทำให้เกิดความยากในการตัดสินใจเลือกจำนวนที่จะต้องนำไปผลิต โดยผู้วิจัยเลือกกำหนดชนิดผลิตภัณฑ์ในระบบการผลิตจำนวน 5 ชนิดเป็นค่าพารามิเตอร์ที่นำมาทดสอบ

5. ช่วงความต้องการ (Demand volume) เป็นจำนวนความต้องการในช่วงที่สนใจเพื่อนำมาทดสอบ โดยในทุกคำสั่งซื้อจะถูกกำหนดช่วงของจำนวนความต้องการที่มีรูปแบบการกระจาย ~Unif(100,1000)

6. ช่วงระยะเวลากำหนดส่ง (Due date) เป็นช่วงวันกำหนดส่งของคำสั่งซื้อนั้นๆ ซึ่งจะมีผลกระทบต่อการกำหนดผลิตภายใต้กำลังการผลิต โดยค่าพารามิเตอร์ดังกล่าวจะถูกกำหนดทดสอบในช่วงวันแรกจนถึงวันสุดท้ายในระยะวางแผนการผลิต (Time planning horizon)

7. อัตราการใช้งานกำลังการผลิตต่อชิ้น (Capacity consumption rate per unit) เป็นอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อหน่วยการผลิต ซึ่งในการทดสอบได้กำหนดการใช้งานต่อหน่วยของทุกชิ้นงานและทุกสถานีงานเท่ากับ 0.2 % ในกรณีทดสอบการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน แต่ในกรณีที่มี

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

การใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากันผู้วิจัยได้กำหนดสุ่มเพิ่มค่าจากพารามิเตอร์ที่กำหนดจากเดิมประมาณ 0.01% ถึง 0.19%

8. ระยะเวลาคำนวณจำกัด (Computation time limit) เป็นการกำหนดระยะเวลาในการคำนวณ เกิดเนื่องจากวิธีการหาคำตอบโดยตรงใช้เวลาในการหาคำตอบที่สูงมาก ในกรณีที่แก้ปัญหาในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากัน โดยตั้งระดับในการคำนวณเท่ากับ 2 ชั่วโมง (7,200 วินาที)

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตารางที่ 6-1 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในการทดสอบ

No.	Parameter	Level	Unit
1	Time planning horizon	90	Days
2	Number of workstations	3, 5, 7, 10	Workstations
3	Number of orders	10, 30, 50, 70, 100, 150, 200, 400	Orders
4	Type of product	5	Type
5	Demand volume	~Unif(100,1000)	Units
6	Due date	~Unif(1,90)	Days
7	Capacity consumption rate per unit	0.2*	Percent by unit
8	Computation time limit	7,200	Second

**ในกรณีที่มีการทดสอบในปัญหาที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน (Unbalanced capacity) จะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างสุ่มโดยเพิ่มหรือลดค่าลงในช่วงระหว่าง 0.01% ถึง 0.19%*

6.1.2 ตัวอย่างกลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบสมรรถนะของการหาคำตอบ

เพื่อทดสอบสมรรถนะของการหาคำตอบสำหรับสามวิธีในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนกำหนดจำนวนผลิตจึงกำหนดกลุ่มของปัญหาที่ทำการทดสอบ ผู้วิจัยจึงได้กำหนดเซตปัญหาที่ทำการทดสอบจำนวน 34 ปัญหา และได้จำแนกกลุ่มของปัญหาทดสอบออกเป็นสามขนาดของปัญหา ได้แก่ กลุ่มของปัญหาขนาดเล็ก (Small problem size) จำนวน 6 ปัญหา กลุ่มของปัญหาขนาดกลาง (Medium problem size) จำนวน 6 ปัญหา และกลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ (Large problem size) 5 ปัญหา ศึกษาในลักษณะของกำลังการผลิตที่เหมือนและแตกต่างกัน โดยแสดงค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในตารางที่ 6-2

ตารางที่ 6-2 กลุ่มปัญหาที่ใช้ทดสอบสมรรถนะคำตอบ

Capacity property	Problem size	Instance	Number of workstations	Number of orders
Balanced capacity	Small problem size	1	3	10
		2	3	30
		3	3	50
		4	5	10
		5	5	30
		6	5	50
	Medium problem size	7	5	70
		8	5	100
		9	5	150
Balanced capacity	Medium problem size	10	7	70
		11	7	100
		12	7	150
	Large problem size	13	5	100
		14	5	200
		15	7	100
		16	7	200
		17	10	400
Unbalanced capacity	Small problem size	18	3	10
		19	3	30
		20	3	50
		21	5	10
		22	5	30
		23	5	50
	Medium problem size	24	5	70
		25	5	100
		26	5	150
		27	7	70

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

Capacity property	Problem size	Instance	Number of workstations	Number of orders
		28	7	100
		29	7	150
	Large problem size	30	5	100
		31	5	200
		32	7	100
		33	7	200
		34	10	400

กลุ่มของปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่มที่ได้แก่กำลังการผลิตที่เท่ากัน (Balanced capacity) และกำลังการผลิตที่ไม่เท่ากัน (Unbalanced capacity) โดยแต่ละตัวอย่างปัญหาจะมีค่าพารามิเตอร์ที่มีระดับแตกต่างกันอยู่สองค่าซึ่งได้แก่ จำนวนสถานีงาน (Number of Workstations) และจำนวนคำสั่งซื้อ (Number of Orders) ทั้งหมดสามค่าพารามิเตอร์ อัตราการใช้กำลังการผลิตต่อชิ้นสำหรับการทดสอบบนสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากันมีค่าเท่ากับ 0.2% เหมือนกันทุกสถานีงานและทุกผลิตภัณฑ์ ส่วนการทดสอบบนสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากันกำหนดอัตราการใช้ที่แตกต่างกัน ด้วยเพิ่มอัตราการใช้กำลังการผลิตต่อชิ้นเพิ่มหรือลดลงในอัตราอย่างสุ่มในช่วง 0.1% - 1% สำหรับทุกชนิดผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานในแต่ละสถานีงาน

6.1.3 ตัวชี้วัดสำหรับการทดสอบสมรรถนะของแต่ละวิธีการหาคำตอบ

เนื่องจากเป็นการวัดสมรรถนะของอัลกอลิทึมในการหาคำตอบสำหรับส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนจัดลงตารางผลิตเพื่อแสดงขีดความสามารถของคำตอบ ผู้วิจัยจึงกำหนดตัวชี้วัดที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ในแต่ละส่วนของปัญหา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. จำนวนความต้องการส่งมอบ (Total delivered demand volume) เป็นจำนวนความต้องการรวมที่แต่ละคำสั่งซื้อนั้นสามารถส่งให้กับลูกค้าตามกำหนดที่ได้มอบไว้ให้ สามารถคำนวนเป็นรูปแบบสมการได้ดังนี้

$$z = \sum_{j=1}^{N}\sum_{p=1}^{P}\sum_{t=1}^{T}\left(X_{j,p,t}D_{j,p,t}\right) \qquad (6.1)$$

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

2. จำนวนการจัดเก็บรวม (Total stock volume) เป็นจำนวนการจัดเก็บที่ถูกผลิตเพื่อการรอคอยนำไปผลิตหรือผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ผ่านจากการผลิต

$$z = \sum_{j=1}^{N} \sum_{p=1}^{P} \sum_{t=1}^{T} I_{p,m,t} \tag{6.2}$$

3. เวลาในการหาคำตอบ (Computation time) เป็นเวลาที่ประมวลผลหาคำตอบของแต่ละวิธีการหาคำตอบ โดยใช้หน่วยเวลาซีพียู (CPU time)

การทดสอบจะถูกทดสอบความกว้างในการหาคำตอบระหว่างวิธีการทั้งสอง กับผลคำตอบที่ได้เป็นค่าขอบเขตบนซึ่งเป็นผลคำตอบที่ผ่อนคลายตัวแปรการตัดสินใจเป็นจำนวนเส้นตรง ซึ่งวิธีการทั้งสองจะต้องเข้าใกล้คำตอบของค่าขอบเขตบนให้ได้มากที่สุดในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ ส่วนในด้านการวางแผนการผลิตที่มีวัตถุประสงค์ทำให้เกิดจำนวนพัสดุคงคลังรวมน้อยที่สุดได้เทียบกับขอบเขตล่างที่มีวิธีการหาคำตอบเช่นเดียวกับขอบเขตบน โดยสมการหาความกว้างของคำตอบเทียบแสดงได้ดังในสมการที่ 6.3

$$Gap_difference\% = 100 \times \frac{|BestB - Sol.|}{BestB} \tag{6.3}$$

6.2 การทดสอบสมรรถนะคำตอบในระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน

6.2.1 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

ในการทดสอบสมรรถนะของคุณภาพคำตอบและเวลาในการหาคำตอบของวิธีการโดยตรงและวิธีการทางฮิวริสติก โดยทดสอบในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต โดยผลการทดสอบมีดังต่อไปนี้

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตารางที่ 6-3 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total delivered demand (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
3	10	5,058	5,058	0%	0%	6.62	>1.00
	30	16,361	16,361	0%	0%	6.95	>1.00
	50	25,524	25,524	0%	0%	6.99	>1.00
5	10	7,853	7,853	0%	0%	7.21	>1.00
	30	16,105	16,105	0%	0%	7.43	>1.00
	50	26,841	26,841	0%	0%	9.32	>1.00

ในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อสำหรับปัญหาขนาดเล็กพบว่าวิธีการหาคำตอบโดยตรงกับวิธีการทางฮิวริสติกให้คุณภาพของคำตอบที่เท่ากัน โดยพบว่ามีความกว้างระหว่างค่าขอบเขตบนและผลของคำตอบมีค่าเท่ากันเท่ากับ 0% และเวลาในการหาคำตอบของวิธีการโดยตรงใช้เวลาสูงสุดเท่ากับ 9.32 วินาที สำหรับปัญหาที่มีสถานีงานเท่ากับ 5 และจำนวนคำสั่งซื้อเท่า 50 คำสั่งซื้อ ซึ่งวิธีการทางฮิวริสติกมีเวลาในการหาคำตอบน้อยกว่า 1 วินาที

ตารางที่ 6-4 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total stock volume (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
3	10	1,371	1,371	0%	0%	7.04	>1.00
	30	8,911	8,911	0%	0%	7.09	>1.00
	50	36,698	36,698	0%	0%	7.10	>1.00
5	10	4,611	4,611	0%	0%	7.17	>1.00
	30	3,149	3,149	0%	0%	7.52	>1.00
	50	36,703	36,703	0%	0%	8.04	>1.00

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตารางที่ 6-4 แสดงสมรรถนะการหาคำตอบระหว่างวิธีการโดยตรงและวิธีฮิวริสติกของปัญหาขนาดเล็กและมีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน ผลการทดสอบพบว่าความกว้างของคำตอบระหว่างค่าขอบเขตล่างมีค่าเท่ากันทั้งวิธีการหาคำตอบโดยตรงและวิธีทางฮิวริสติก โดยระยะเวลาในการหาคำตอบของวิธีการโดยตรงมีค่าสูงสุดเท่ากับ 8.04 วินาที สำหรับลักษณะปัญหาที่มีสถานีงานจำนวน 5 สถานีงาน และจำนวนคำสั่งซื้อเท่ากับ 50 คำสั่งซื้อ

6.2.2 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

เมื่อทำการทดสอบการหาสมรรถนะการหาคำตอบของวิธีการทั้งสองแล้วนั้น จะสู่การทดสอบในขนาดปัญหากลางที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน โดยทดสอบบนปัญหาลำดับที่ 7-12 ทั้งสองส่วนการหาคำตอบ โดยผลการทดสอบออกมาเป็นดังตารางที่ *6-5* ถึง ตารางที่ *6-6*

ตารางที่ 6-5 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total delivered demand (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	70	38,204	38,204	0%	0%	10.14	383.00
	100	44,997	45,000	0%	0%	12.06	582.00
	150	44,999	44,989	0%	0%	11.41	497.00
7	70	37,589	37,589	0%	0%	18.44	856.00
	100	42,628	42,628	0%	0%	16.70	2,280.00
	150	45,000	44,999	0%	0%	19.14	2,383.00

เมื่อทำการทดสอบสมรรถนะการหาคำตอบของปัญหาขนาดกลางพบว่า ความกว้างของคำตอบระหว่างค่าขอบเขตบนมีค่าเท่ากันทั้งสองวิธี และจะพบว่าวิธีการหาคำตอบด้วยฮิวริสติกให้เวลาในการหาคำตอบที่เพิ่มขึ้น เมื่อขนาดของคำสั่งซื้อมีจำนวนมากกว่า 30 คำสั่งซื้อขึ้นไป โดยพบว่าวิธีทางฮิวริสติกมีการใช้เวลาในการหาคำตอบสูงถึง 2,383 วินาทีในปัญหาสถานีงานเท่ากับ 7 และจำนวนคำสั่งซื้อเท่ากับ 150 คำสั่งซื้อ

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตารางที่ 6-6 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total stock volume (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	10	88,650	88,650	0%	0%	14.56	6.00
	30	210,875	210,875	0%	0%	15.44	8.00
	50	360,094	360,094	0%	0%	15.89	8.12
7	10	91,814	91,814	0%	0%	16.02	8.14
	30	244,222	244,222	0%	0%	16.62	24.12
	50	436,976	436,976	0%	0%	18.56	26.00

จากผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากันนั้นพบว่า ความห่างของคำตอบระหว่างขอบเขตล่างของทั้งสองวิธีนั้นเท่ากัน โดยที่วิธีการหาคำตอบจากวิธีโดยตรงนั้นมีเวลาที่สั้นกว่าวิธีฮิวริสติก

6.2.3 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน

ต่อไปในส่วนการทดสอบสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากันจะเป็นการทดสอบปัญหาขนาดใหญ่ โดยผลการทดสอบสามารถแสดงในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และในส่วนการวางแผนการผลิตได้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6-7 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total delivered demand (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	200	44,846	44,837	0%	0%	10.14	383.00
	250	44,995	44,995	0%	0%	12.06	582.00

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

Number of W/S	Number of Orders	Total delivered demand (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
7	200	45,000	44,997	0%	0%	11.41	497.00
	250	44,998	45,000	0%	0%	18.44	856.00
10	400	44,999	45,000	0%	0%	16.70	2,280.00

ในส่วนการหาผลคำตอบสมรรถนะของทั้งสองวิธีพบว่า ความห่างระหว่างขอบเขตบนและวิธีการทั้งสองมีค่าเท่ากัน แต่พบว่าวิธีการทางฮิวริสติกนั้นใช้เวลาในการหาคำตอบที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งให้เวลาในการหาคำตอบสูงถึง 2,280 วินาทีบนสถานีงานเท่ากับ 10 จำนวนคำสั่งซื้อ 400 คำสั่งซื้อ

ตารางที่ 6-8 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตเท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total stock volume (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	200	218,239	218,239	0%	0%	14.56	6.00
	250	558,353	558,353	0%	0%	15.44	8.00
7	200	444,844	444,844	0%	0%	15.89	8.12
	250	437,018	437,018	0%	0%	16.02	8.14
10	400	918,136	918,136	0%	0%	16.62	24.12

จากการทดสอบในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากันในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและส่วนการวางแผนการผลิตจะพบว่า วิธีการทางฮิวริสติกให้ผลคำตอบที่เท่ากับวิธีการหาคำตอบโดยตรง โดยที่ระยะเวลาในการหาคำตอบสั้นกว่าวิธีการหาคำตอบโดยตรง แต่ทั้งสองวิธีนั้นมีระยะเวลาไม่ต่างกันมาก ซึ่งสรุปได้ว่าคุณภาพของคำตอบและประสิทธิภาพเวลาในการหาคำตอบสำหรับวิธีโดยตรงและวิธีทางฮิวริสติกนั้นคล้ายกัน

ผลการทดสอบของสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตแสดงให้เห็นว่า วิธีการหาคำตอบโดยตรงและวิธีการทางฮิวริสติกให้คำตอบเท่ากัน ซึ่งวิธีการทั้งสองใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่สั้น

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

โดยวิธีการโดยตรงจัดเป็นวิธีการที่ดีในการหาคำตอบสำหรับคำสั่งซื้อสูงสุด 400 คำสั่งซื้อในจำนวน 10 สถานีงาน

6.3 การทดสอบสมรรถนะคำตอบในระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

ในส่วนการทดสอบในสายการผลิตที่มีอัตราการใช้กำลังการผลิตที่ต่างกันถูกกำหนดทดสอบจำนวน 17 ปัญหา โดยผลการทดลองถูกแยกออกเป็นส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และส่วนการวางแผนการผลิต โดยที่มีกลุ่มของปัญหาที่แตกต่างกัน ดังต่อไปนี้

6.3.1 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

ปัญหาขนาดเล็กจะถูกทดสอบในลำดับปัญหาที่ 18 ถึงลำดับปัญหาที่ 23 ด้วยการทดสอบสมรรถนะของการหาคำตอบทั้งสองวิธี โดยผลการทดสอบแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 6-9 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total delivered demand (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
3	10	5,510	5,510	0%	0%	7.11	< 1.00
	30	13,672	13,672	0%	0%	7.00	< 1.00
	50	24,325	24,325	0%	0%	7.04	< 1.00
5	10	5,567	5,567	0%	0%	6.85	< 1.00
	30	15,780	15,780	0%	4%	6.86	< 1.00
	50	25,905	25,905	0%	2%	11.16	< 1.00

ลักษณะของปัญหาขนาดเล็กสำหรับสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากันพบว่า การหาคำตอบของวิธีการโดยตรงสามารถทำเวลาในการหาคำตอบสูงสุด 11.16 วินาทีในจำนวนสถานีงานที่ 5 จำนวนคำสั่งซื้อเท่ากับ 50 คำสั่งซื้อ และวิธีการทางฮิวริสติกให้คำตอบเท่ากับวิธีการโดยตรงโดยใช้เวลาในการหาคำตอบที่น้อยกว่า 1.00 วินาทีในทุกปัญหา

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตารางที่ 6-10 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดเล็กในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total stock volume (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
3	10	5,510	5,510	0%	0%	8.00	<1.00
	30	13,672	13,672	0%	0%	7.39	<1.00
	50	24,325	24,325	0%	0%	13.52	1.14
5	10	5,567	5,567	0%	0%	10.37	1.21
	30	15,780	15,134	0%	4.09%	14.00	1.32
	50	25,905	25,313	0%	2.29%	19.00	2.00

ปัญหาขนาดเล็กในส่วนการวางแผนการผลิตนั้นพบว่า วิธีการทางฮิวริสติกพบความกว้างของคำตอบระหว่างค่าคำตอบขอบเขตล่าง โดยมีความกว้างสูงสุดเท่ากับ 4.09% ในขนาดคำตอบเท่ากับ 30 คำสั่งซื้อในจำนวน 5 สถานีงาน แต่เวลาในการหาคำตอบสำหรับวิธีทางฮิวริสติกนั้นมีระยะเวลาที่สั้นกว่าวิธีการโดยตรง ด้วยการทดสอบจากปัญหาขนาดเล็กจะพบว่า วิธีการโดยตรงให้สมรรถนะในการหาคำตอบได้ดีเมื่อเทียบกับวิธีการทางฮิวริสติก ผู้วิจัยจึงดำเนินการทดสอบเพื่อดูสมรรถนะการหาคำตอบในปัญหาขนาดกลางต่อไป

6.3.2 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากัน

ปัญหาขนาดกลางจะทำการทดสอบปัญหาในลำดับที่ 24 ถึงลำดับปัญหาที่ 29 โดยผลการทดสอบสมรรถนะของคำตอบในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และในส่วนการวางแผนการผลิตให้ผลการทดสอบดังต่อไปนี้

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ตารางที่ 6-11 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total delivered demand (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	70	35,014	29,498	0%	15.75%	62.00	11.00
	100	36,870*	33,249	1.2%*	10.93%	7,207	32.00
	150	41,264*	36,723	0.56%*	11.51%	7,204	74.00
7	70	32,128*	31,118	0.05%*	3.19%	7,210	20.00
	100	34,824*	32,946	1.03%*	6.37%	7,204	24.00
	150	37,202*	30,762	0.47%*	17.70%	7,202	38.00

*หมายเหตุ: *ผลการทดลองจากการทดสอบด้วยระยะเวลาการคำนวณสูงสุด 2 ชั่วโมง*

จากการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของคำตอบระหว่างวิธีการทั้งสองวิธีในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อสำหรับปัญหาขนาดกลางที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากันพบว่า วิธีการหาคำตอบโดยตรงให้คำตอบที่เหมาะสมภายในระยะเวลาที่จำกัด โดยที่วิธีทางฮิวริสติกพบความแตกต่างระหว่างคำตอบกับค่าขอบเขตบนเท่ากับ 15.75% แต่เมื่อพิจารณาปัญหาสถานีงานเท่ากับ 5 และจำนวนคำสั่งซื้อเท่ากับ 100 คำสั่งซื้อจะพบว่า วิธีการโดยตรงใช้เวลาที่เกินจากระยะเวลาที่จำกัด โดยในช่วงระยะเวลาที่จำกัดให้คุณภาพคำตอบใกล้เคียงกับค่าขอบเขตบนใกล้สุดที่ 0.47% วิธีทางฮิวริสติกให้คำตอบที่ห่างจากขอบเขตบนสูงสุดเท่ากับ 17.70% แต่ใช้ระยะเวลาในการหาคำตอบที่สั้นกว่า

ตารางที่ 6-12 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดกลางในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total stock volume (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	70	148,311	148,311	0.00%	0.00%	187.00	3.00
	100	270,083*	287,277	0.16%*	6.54%	7,210	56.00
	150	236,608*	267,931	0.40%*	13.70%	7,209	61.00

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

Number of W/S	Number of Orders	Total stock volume (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
7	70	226,222*	260,663	0.56%*	15.87%	7,211	79.00
	100	180,452*	211,508	0.36%*	17.63%	7,212	112.00
	150	164,024*	217,863	0.47%*	17.70%	7,209	141.00

*หมายเหตุ: *ผลการทดลองจากการทดสอบด้วยระยะเวลาการคำนวณสูงสุด 2 ชั่วโมง*

เมื่อทำการทดสอบสมรรถนะเพื่อหาคุณภาพคำตอบและประสิทธิภาพเวลาในทั้งสองวิธีพบว่าวิธีการทดสอบโดยตรงสามารถให้คำตอบที่เหมาะสมในปัญหาคำตอบสำหรับส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อจำนวน 70 คำสั่งซื้อใน 5 สถานีงาน โดยที่คุณภาพของคำตอบเท่ากับวิธีทางฮิวริสติก แต่เมื่อขนาดของปัญหาที่เกิดจากการเพิ่มขึ้นของคำสั่งซื้อและจำนวนสถานีงานจะไม่สามารถหาคำตอบภายในระยะเวลาที่ถูกจำกัดได้ เช่นในผลการทดสอบตั้งแต่ปัญหาที่มีจำนวนสถานีงานเท่ากับ 5 และจำนวนคำสั่งซื้อเท่ากับ 100 คำสั่งซื้อ วิธีการหาคำตอบโดยตรงให้ผลคำตอบที่ใกล้เคียงในความกว้างของคำตอบเท่ากับ 0.16% เมื่อเทียบกับวิธีทางฮิวริสติกแล้วนั้นสามารถให้คำตอบได้เร็ว โดยมีความห่างระหว่างค่าขอบเขตบนเท่ากับ 6.54% โดยที่ใช้ระยะเวลาในการคำนวณเพียง 54 วินาที โดยทั่วไปในการทดสอบสมรรถนะของคำตอบทั้งสองจะพบว่า วิธีการทางฮิวริสติกยังมีความห่างระหว่างค่าขอบเขตบนอยู่ แต่สามารถหาคำตอบภายในแต่ละปัญหาได้รวดเร็วโดยมีค่าสูงสุดเท่ากับ 141 วินาที

6.3.3 การทดสอบสมรรถนะหาคำตอบสำหรับปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากัน

กลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ประกอบไปด้วยลำดับปัญหาที่ 30 ถึง 34 โดยทำการทดสอบสมรรถนะในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต โดยให้ผลการทดสอบคุณภาพคำตอบและเวลาในการคำนวณแสดงผลออกมาได้ดังต่อไปนี้

CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9
3955507395

ตารางที่ 6-13 ผลการทดสอบการคัดเลือกคำสั่งซื้อของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total delivered demand (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	200	39,145*	40,142	4.13%*	1.69%	7,205.00	62.00
	250	39,129*	41,187	7.47%*	2.61%	7,202.00	125.00
7	200	40,604*	40,714	1.19%*	0.92%	7,209.00	114.00
	250	41,252*	42,190	2.81%*	0.60%	7,202.00	187.00
10	400	37,434*	39,327	13.25%*	8.86%*	7,212.00	715.00

*หมายเหตุ: *ผลการทดลองจากการทดสอบด้วยระยะเวลาการคำนวณสูงสุด 2 ชั่วโมง*

ในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อผลการทดสอบพบว่าวิธีการหาคำตอบโดยตรงใช้เวลาเพื่อจะหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเกินเวลาที่ถูกกำหนดไว้ และพบว่าวิธีการทางฮิวริสติกใช้เวลาในการหาคำตอบที่สั้นกว่าวิธีการโดยตรง และคุณภาพของคำตอบมีค่าสูงกว่าวิธีการโดยตรงเมื่อเทียบความกว้างของคำตอบระหว่างค่าขอบเขตบน และพบว่าเมื่อทำการทดสอบในปัญหาขนาดใหญ่ที่สุดวิธีการโดยตรงมีความกว้างระหว่างคำตอบที่มากกว่าวิธีฮิวริสติกเท่ากับ 13.25% ในขณะที่วิธีฮิวริสติกให้ความกว้างเท่ากับ 8.86%*

ตารางที่ 6-14 ผลการทดสอบการวางแผนการผลิตของปัญหาขนาดใหญ่ในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตไม่เท่ากัน

Number of W/S	Number of Orders	Total stock volume (Unit)		Gap difference between Upper bound		Computation time (Sec.)	
		Exact	Heuristics	Exact	Heuristics	Exact	Heuristics
5	200	222,117*	265,807	1.12%*	21%	7,211.00	48.00
	250	234,915*	272,574	1.20%*	17%	7,214.00	54.00
7	200	276,029*	319,929	1.98%*	18%	7,213.00	52.00
	250	198,601*	227,107	2.40%*	17%	7,209.00	57.00
10	400	427,031*	481,578	2.62%*	16%	7,214.00	58.00

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

*หมายเหตุ: *ผลการทดลองจากการทดสอบด้วยระยะเวลาการคำนวณสูงสุด 2 ชั่วโมง*

ในส่วนการวางแผนการผลิตนั้นพบคุณภาพของคำตอบที่ดีในส่วนวิธีการหาคำตอบโดยตรง โดยมีค่าความห่างของคำตอบใกล้มากกว่าวิธีทางฮิวริสติก แต่ไม่สามารถหาคำตอบได้สิ้นสุดภายในระยะเวลาที่จำกัด หรือมีการหาคำตอบในระยะเวลาคำนวณสูงสุดเท่ากับ 7,214 วินาที ในขณะที่วิธีทางฮิวริสติกให้เวลาในการหาคำตอบสูงสุดเท่ากับ 58 วินาที

จากการทดสอบผลสมรรถนะของคำตอบระหว่างวิธีการโดยตรงและวิธีฮิวริสติกในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากันพบว่า วิธีการโดยตรงให้ผลของสมรรถนะที่ดีสำหรับปัญหาขนาดเล็ก เมื่อเกิดปัญหาขนาดกลางพบการใช้เวลาในการหาคำตอบเกินข้อจำกัดแต่ยังให้คุณภาพของคำตอบที่ดีกว่าวิธีการทางฮิวริสติก แต่เมื่อมีขนาดที่ใหญ่ขึ้นวิธีฮิวริสติกให้ผลที่ดีกว่าวิธีการโดยตรงในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และเมื่อทำการทดสอบในขนาดปัญหาที่ใหญ่ที่สุดที่จำนวนสถานีงานเท่ากับ 10 สถานีงาน และคำสั่งซื้อเท่ากับ 400 คำสั่งพบว่า วิธีฮิวริสติกให้สมรรถนะของคำตอบที่ดีในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อ และวิธีโดยตรงให้ผลคำตอบที่ดีกว่าวิธีฮิวริสติกในส่วนการวางแผนการผลิต

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บทที่ 7
สรุปผลการศึกษาวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อน โดยศึกษารูปแบบปัญหาออกเป็นสองส่วนได้แก่ การคัดเลือกคำสั่งซื้อโดยเพื่อให้ได้จำนวนความต้องการรวมมากที่สุดเป็นวัตถุประสงค์หลัก และการวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดจำนวนของวัสดุคงคลังที่ได้จากการผลิตน้อยที่สุดเป็นวัตถุประสงค์รอง โดยการศึกษาจะอยู่ภายใต้ข้อจำกัดการส่งมอบที่จะต้องส่งมอบให้ทันครบตามจำนวนและตรงตามเวลาของคำสั่งซื้อใดๆ นอกจากนั้นการตัดสินใจจะอยู่ภายใต้กำลังการผลิตที่มีในสายการผลิต ลักษณะระบบการผลิตที่ศึกษามีความหลากหลายทางด้านกระบวนการหรือสถานีงานสูงสุด 10 สถานีงาน และความหลากหลายของผลิตภัณฑ์สูงสุด 5 ชนิดผลิตภัณฑ์ ในระยะการศึกษา 90 วัน ซึ่งทำให้เกิดความซับซ้อนในการตัดสินใจเลือกคำสั่งซื้อและการกำหนดจำนวนที่ต้องการผลิตในแผนการผลิต

จากงานวิจัยที่ผ่านมามีการศึกษาการยอมรับคำสั่งซื้อในลักษณะของปัญหาและวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันไป โดยการยอมรับคำสั่งซื้อจะถูกนำปัญหามาจำลองในรูปแบบสมการเชิงเส้นจำนวนเต็มผสม (Mixed integer linear programing: MILP) งานวิจัยชิ้นนี้จึงนำรูปแบบจำลองของปัญหา (Integrated production planning with order acceptance: PP-OA) ประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับลักษณะปัญหาวิจัยและให้วิธีการโดยตรง (Exact method) ซึ่งเป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการคำนวณเพื่อหาคำตอบที่เหมาะสม แต่ด้วยวิธีการโดยตรงจะใช้เวลาในการคำนวณหาที่นานเมื่อลักษณะปัญหานั้นมีความซับซ้อนมากขึ้น โดยผู้วิจัยกำหนดการทดสอบสมรรถนะการหาคำตอบของปัญหาสองส่วนโดยออกแบบการทดลองของปัญหาสองลักษณะได้แก่ ลักษณะสายการผลิตที่มีอัตราการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากัน (Balanced capacity) ซึ่งวิธีการโดยตรงเวลาการทดสอบเป็นเส้นตรงและคุณภาพคำตอบที่เหมาะสม แต่เมื่อทำการทดสอบในลักษณะสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ต่างกัน (Unbalanced capacity) พบว่ามีการใช้เวลาในการคำนวณที่ยาวนาน ผู้วิจัยจึงนำเสนอวิธีการฮิวริสติกในการหาคำตอบทั้งสองส่วน โดยส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อจะถูกดัดแปลงวิธีการหาคำตอบแบบแตกกิ่งและจำกัดขอบเขตมาใช้ในการหาคำตอบ ด้วยการลดจำนวนโหนดในการหาคำตอบจากการพิจารณาเปรียบเทียบกำลังการผลิตที่ต้องการกับกำลังการผลิตที่มีอยู่จริง (Aggregate resource loading: ARL) และในส่วนการวางแผนการผลิตจะใช้วิธีการตัดสินใจหาคำตอบแบบถอยหลังและ

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

พัฒนาคำตอบเกิดขึ้น ซึ่งวิธีการที่นำเสนอได้ถูกนำมาทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของคำตอบระหว่างวิธีการโดยตรง โดยที่มีตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องได้แก่ ความกว้างระหว่างคำตอบกับขอบเขตของคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบ

7.1 ข้อสรุปงานวิจัย

วิธีการทั้งหมดที่นำเสนอจะถูกทดสอบสมรรถนะเพื่อให้เห็นความสามารถในการหาคำตอบแต่ละสถานการณ์ปัญหา โดยเทียบกับการคำนวณด้วยวิธีการโดยตรงที่เป็นวิธีการที่ดีที่สุดในการหาคำตอบ สถานการณ์ปัญหาจะถูกแบ่งทดสอบออกเป็นสองส่วน คือการทดสอบในระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากันและระบบการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ต่างกัน ในแต่ละส่วนได้จำแนกลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันแบ่งออกเป็นสามกลุ่มได้แก่ กลุ่มปัญหาขนาดเล็ก กลุ่มปัญหาขนาดกลาง และกลุ่มปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งรวมทั้งสิ้น 34 ปัญหา

ในส่วนปัญหาสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เท่ากันนั้นพบว่า วิธีการทั้งสองให้สมรรถนะในการหาคำตอบที่ดีในด้านคุณภาพของคำตอบและประสิทธิภาพทางด้านเวลา วิธีการโดยตรงใช้เวลาในการหาคำตอบที่สูงกว่าวิธีการทางฮิวริสติก แต่วิธีการโดยตรงยังสามารถหาคำตอบที่เหมาะสมภายในระยะเวลาที่สั้นได้ ซึ่งวิธีการทางฮิวริสติกให้คุณภาพของคำตอบที่เหมือนกัน แต่มีการใช้เวลาที่สูงมากขึ้นเมื่อขนาดของคำตอบมีค่าเพิ่มขึ้นซึ่งมากกว่าวิธีการหาคำตอบโดยตรง ดังนั้นวิธีการโดยตรงสามารถหาคำตอบได้เหมาะสมของปัญหาในสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่เหมือนกัน

ในส่วนสายการผลิตที่มีการใช้กำลังการผลิตที่ไม่เท่ากันวิธีการหาคำตอบโดยตรงให้ผลสมรรถนะที่ดีในปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลางทั้งในส่วนการคัดเลือกคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิต โดยที่ปัญหาขนาดกลางวิธีการหาคำตอบโดยตรงมีการใช้เวลาในการหาคำตอบที่สูงแต่พบคุณภาพของคำตอบเข้าใกล้ค่าขอบเขตบนในแต่ละส่วนของปัญหา และวิธีการทางฮิวริสติกให้สมรรถนะในการหาคำตอบที่ดีภายในปัญหาขนาดใหญ่ ทั้งด้านคุณภาพของคำตอบและประสิทธิภาพของเวลาในการหาคำตอบ และวิธีการโดยตรงให้คุณภาพคำตอบที่ดีกว่าในส่วนการวางแผนการผลิต

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

7.2 ปัญหาและอุปสรรคของงานวิจัย

ในช่วงทำการดำเนินงานวิจัยพบปัญหาในระหว่างศึกษาและดำเนินงานจากประเด็นดังต่อไปนี้

1. คอมพิวเตอร์ไม่สามารถหาคำตอบภายใต้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่กำหนดได้ทุกลักษณะปัญหา และใช้เวลาการหาคำตอบยาวนาน

2. จำนวนครั้งในการทดสอบแต่ละปัญหาน้อยและไม่พอเพียงต่อการหาค่าตัวแทนในการแสดงผลทางสถิติเพื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูล

3. ข้อมูลที่ใช้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการหาคำตอบเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณการซึ่งอาจมีความแตกต่างจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องหรือข้อมูลความเป็นจริง

7.3 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัย

การยอมรับคำสั่งซื้อและการวางแผนการผลิตในระบบการผลิตแบบไหลเลื่อนในงานวิจัยฉบับนี้เป็นการศึกษารูปแบบของปัญหาและนำเสนอวิธีการหาคำตอบที่ตอบประสิทธิภาพในด้านเวลาจากคุณลักษณะของปัญหาในรูปแบบต่างๆ จะพบว่าวิธีทางฮิวริสติกจะใช้เวลาในการหาคำตอบที่สั้นกว่าวิธีการโดยตรงในกรณีที่ปัญหาที่ใช้กำลังการผลิตแตกต่างกัน แต่คุณภาพของคำตอบที่ให้ยังเข้าใกล้ค่าคำตอบขอบเขตบนและขอบเขตล่างในแต่ละส่วนปัญหาไม่มากเท่าใดนัก ผู้วิจัยจึงเสนอแนะการศึกษาเพิ่มเติม ด้วยการทดสอบเพื่อหาสมรรถนะของคำตอบระหว่างทั้งสองวิธีด้วยการจำกัดระยะเวลาในการหาคำตอบที่สั้นลงเพื่อให้เห็นคุณภาพของคำตอบเมื่อมีการกำหนดระยะเวลาในการคำนวณที่เท่ากัน และนำเสนอแนะการพัฒนาวิธีการทางฮิวริสติกในด้านการค้นหาคำตอบ เช่นการตัดข้อมูลซ้ำของโหนดหรือเพิ่มจำนวนโหนดที่ใช้พิจารณาหาคำตอบที่เหมาะสม เพื่อให้การค้นหาคำตอบพบโอกาสในการหาคำตอบที่จะนำไปสู่การพบคำตอบที่เหมาะสม

การศึกษาปัญหาดังกล่าวอยู่ภายใต้องค์ประกอบของปัญหา สมมติฐานและขอบเขตอย่างจำกัด ซึ่งยังมีประเด็นอื่นๆที่เกี่ยวข้องในการศึกษาลักษณะปัญหาดังกล่าว เช่นการพิจารณาเวลาในการติดตั้งเครื่องจักร (Setup time consideration) จำนวนเครื่องจักรหรือทรัพยากรผลิตภายในแต่ละสถานีงานมากกว่า 1 จำนวน (Multiple resource) หรือการพิจารณากรอบเวลากำหนดส่ง (Time windows constraint) เพื่อให้เกิดความยืดหยุ่นในการส่งมอบผลิตภัณฑ์

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

บรรณานุกรม

ALIDAEE, B., KOCHENBERGER, G. A. & AMINI, M. M. 2001. Greedy solutions of selection and ordering problems. *European Journal of Operational Research,* 134**,** 203-215.

AOUAM, T. & BRAHIMI, N. An integrated production planning and order acceptance model with flexible due dates. 2013 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, 10-13 Dec. 2013 2013. 1214-1218.

BAKER, K. R. 1974. *Introduction to sequencing and scheduling*, Wiley.

BRAHIMI, N., AOUAM, T. & AGHEZZAF, E.-H. 2015. Integrating order acceptance decisions with flexible due dates in a production planning model with load-dependent lead times. *International Journal of Production Research,* 53**,** 3810-3822.

CESARET, B., OĞUZ, C. & SIBEL SALMAN, F. 2012. A tabu search algorithm for order acceptance and scheduling. *Computers & Operations Research,* 39**,** 1197-1205.

EBBEN, M. J. R., HANS, E. W. & OLDE WEGHUIS, F. M. 2005. Workload based order acceptance in job shop environments. *OR Spectrum,* 27**,** 107-122.

GERYL, I. K. 2015. *Order Acceptance in Production Planning*. Ghent University.

GEUNES, J., ROMEIJN, H. E. & TAAFFE, K. Models for integrated production planning and order selection. IIE Annual Conference. Proceedings, 2002. Institute of Industrial and Systems Engineers (IISE), 1.

GUERRERO, H. H. K., GARY M 1988. How to more effectively accept and refuse orders. *Production and Inventory Management Journal; Alexandria,* 29**,** 59.

HOPP, W. J. & SPEARMAN, M. L. 2011. *Factory Physics: Third Edition*, Waveland Press.

KESKINOCAK, P. & TAYUR, S. 2004. Due Date Management Policies. *In:* SIMCHI-LEVI, D., WU, S. D. & SHEN, Z.-J. (eds.) *Handbook of Quantitative Supply Chain Analysis: Modeling in the E-Business Era.* Boston, MA: Springer US.

KINGSMAN, B. G., TATSIOPOULOS, I. P. & HENDRY, L. C. 1989. A structural methodology for managing manufacturing lead times in make-to-order companies. *European Journal of Operational Research,* 40**,** 196-209.

LEWIS, H. F. & SLOTNICK, S. A. 2002. Multi-period job selection: planning work loads to maximize profit. *Computers & Operations Research,* 29**,** 1081-1098.

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

LIN, S.-W. & YING, K.-C. 2015. Order acceptance and scheduling to maximize total net revenue in permutation flowshops with weighted tardiness. *Applied Soft Computing,* 30**,** 462-474.

MAN, J. C. D., ANDERSEN, B. S. & STRANDHAGEN, J. O. 2017. Addressing the Performance of Order Acceptance. *Procedia CIRP,* 63**,** 301-306.

NOBIBON, F. T., HERBOTS, J. & LEUS, R. 2009. Order acceptance and scheduling in a single-machine environment: exact and heuristic algorithms. *Available at SSRN* 1472957.

NOBIBON, F. T. & LEUS, R. 2011. Exact algorithms for a generalization of the order acceptance and scheduling problem in a single-machine environment. *Computers & Operations Research,* 38**,** 367-378.

OGˇUZ, C., SIBEL SALMAN, F. & BILGINTüRK YALçıN, Z. 2010. Order acceptance and scheduling decisions in make-to-order systems. *International Journal of Production Economics,* 125**,** 200-211.

PAHL, J., VOß, S. & WOODRUFF, D. L. 2005. Production planning with load dependent lead times. 4*OR,* 3**,** 257-302.

PINEDO, M. L. 2012. *Scheduling: Theory, Algorithms, and Systems,* New York, Springer-Verlag

PONGSETHPAISAL, Y. 2017. *Heuristic design for production line design and improvement.* Master Degree, Chulalongkorn University.

RAAYMAKERS, W. H. M., BERTRAND, J. W. M. & FRANSOO, J. C. 2000. The performance of workload rules for order acceptance in batch chemical manufacturing. *Journal of Intelligent Manufacturing,* 11**,** 217-228.

ROM, W. O. & SLOTNICK, S. A. 2009. Order acceptance using genetic algorithms. *Computers & Operations Research,* 36**,** 1758-1767.

RUSSELL, R. S. & TAYLOR, B. W. 2011. *Operations Management*, Wiley.

SLOTNICK, S. A. 2011. Order acceptance and scheduling: A taxonomy and review. *European Journal of Operational Research,* 212**,** 1-11.

SLOTNICK, S. A. & MORTON, T. E. 1996. Selecting jobs for a heavily loaded shop with lateness penalties. *Computers and Operations Research,* 23**,** 131-140.

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

SLOTNICK, S. A. & MORTON, T. E. 2007. Order acceptance with weighted tardiness. *Computers & Operations Research,* 34**,** 3029-3042.

SUJAN, P., KATSUHIKO, T. & KATSUMI, M. 2012. Order acceptance decision in make-to-order system: satisfaction level based approach. *OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT-AN INTERNATIONAL JOURNAL,* 5**,** 84-96.

TATSIOPOULOS, I. P. & KINGSMAN, B. G. 1983. Lead time management. *European Journal of Operational Research,* 14**,** 351-358.

TEN KATE, H. A. 1994. Towards a better understanding of order acceptance. *International Journal of Production Economics,* 37**,** 139-152.

WANG, X., XIE, X. & CHENG, T. C. E. 2013. Order acceptance and scheduling in a two-machine flowshop. *International Journal of Production Economics,* 141**,** 366-376.

WINSTON, W. L. & GOLDBERG, J. B. 2004. *Operations Research: Applications and Algorithms*, Thomson Brooks/Cole.

แก้วปราณนา, ส. 2548. การจัดตารางงานแบบไหลเลื่อนยืดหยุ่น 2 ขั้นตอน ที่มีเวลาดำเนินงานไม่แน่นอน. วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธรรมาภรณ์พิลาศ, ว. 2555. หลักการหาความเหมาะสมที่ดีที่สุด, กรุงเทพมหานคร.

ศฤงคารศิริ, ช. 2545. การวางแผนและควบคุมการผลิต, กรุงเทพมหานคร, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

3956507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายบุญญภัทร์ บุญศรี
วัน เดือน ปี เกิด	19 มกราคม 2534
สถานที่เกิด	ศรีสะเกษ
วุฒิการศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตร์บัญฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยศิลปากร กำลังศึกษาระดับชั้นปริญญาโท วิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ช่วงระหว่างการศึกษาได้เข้าร่วมวิจัยในหน่วยงานวิจัยการจัดการทรัพยากรและดำเนินงาน Resource Operation Management (ROM)
ที่อยู่ปัจจุบัน	278/21 ซอยร่มเกล้า 24 ถนนร่มเกล้า แขวงมีนบุรี เขตมีนบุรี กรุงเทพมหานคร 10510
ผลงานตีพิมพ์	เข้าร่วมนำเสนอผลงานประชุมวิชาการเครือข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมประจำปี 2560 ในหัวข้อเรื่อง "การกำหนดจุดจัดเก็บคงคลังในสายการผลิตเดียว" เข้าร่วมนำเสนอผลงานประชุมวิชาการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ ประจำปี 2562 ในหัวข้อเรื่อง "การบูรณาการวางแผนการผลิตและคัดเลือกคำสั่งซื้อที่มีเงื่อนไขกำหนดส่งชัดเจนสำหรับสายการผลิตรูปแบบไหลเลื่อน"

3955507395 CU iThesis 5870187321 thesis / recv: 01082562 11:02:43 / seq: 9