# การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์

นาย ชัชพล มงคลิก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2543
ISBN 974-13-0237-1
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# INTERACTIVE PRODUCTION SCHEDULING AND SEQUENCING : A CASE STUDY OF AN AUTOMOTIVE PARTS INDUSTRY

Mr. Chatpon Mongkalig

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

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 2000

ISBN 974-13-0237-1

| | |
|---|---|
| หัวข้อวิทยานิพนธ์ | การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ |
| โดย | นาย ชัชพล มงคลิก |
| สาขาวิชา | วิศวกรรมอุตสาหการ |
| อาจารย์ที่ปรึกษา | ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ |

---

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการ
(อาจารย์ นันทพร ลีลายนกุล)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย ชัชพล มงคลิก : การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ : กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. (INTERACTIVE PRODUCTION SCHEDULING AND SEQUENCING : A CASE STUDY OF AN AUTOMOTIVE PARTS INDUSTRY) อ.ที่ปรึกษา : ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, 204 หน้า. ISBN 974-13-0237-1.

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ (Branch and Bound without Backtracking – Proposed Lower Bound) วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่พัฒนามาจากวิธีการหา โลเวอร์บาวด์แบบเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของอุตสาหกรรมที่เป็นกรณีศึกษาคือ การลดปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า

ในการทดลองเพื่อวิเคราะห์หากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมพบว่า กฎการจัดตารางการผลิต วิธีการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต เป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของตารางการผลิต กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ให้ประสิทธิภาพของตารางการผลิตโดยเฉพาะวัตถุประสงค์ในการลดจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้นพบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต จำนวนขั้นตอนการทำงาน และปัจจัยร่วม เป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิต และจากการวิเคราะห์ความไวของเวลาในการจัดตารางการผลิตพบว่า เวลาในการจัดตารางการผลิตมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนขั้นตอนการทำงาน อย่างไรก็ตามวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่เป็นกรณีศึกษาได้ เนื่องจากเวลาในการจัด ตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา โดยใช้ข้อมูลจากการผลิตจริงในเดือนธันวาคม 2543 พบว่าเมื่อจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมี

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2543

# # 4270279621 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING
KEYWORD: SCHEDULING / PRODUCTION SCHEDULING / INTERACTIVE PRODUCTION SCHEDULING / RESCHEDULE / SCHEDULING SOFTWARE

CHATPON MONGKALIG : INTERACTIVE PRODUCTION SCHEDULING AND SEQUENCING : A CASE STUDY OF AN AUTOMOTIVE PARTS INDUSTRY. THESIS ADVISOR : PROFESSOR SIRICHAN THONGPRASERT, Ph.D., 204 pp. ISBN 974-13-0237-1.

The objectives of this research are to propose interactive production scheduling and develop software for scheduling. An algorithm to generate active schedules using branch and bound without backtracking – proposed lower bound is proposed and used in the scheduling software.

Two experiments are conducted. The objective of the first experiment is to find the appropriate approach to generate schedules, which are suitable for the objectives: minimizing number of tardy jobs and mean tardiness. The algorithm to generate active schedules using branch and bound without backtracking – proposed lower bound is the most appropriate approach in the first experiment. The objective of the second experiment is to study factors that affect time to generate active schedules using the proposed algorithm. The factors that affect time are heuristics, number of operations and their interactions. According to the sensitivity analysis, time to generate active schedules using the proposed algorithm is sensitive to the number of operations.

The comparison using real production data in December 2000 between the algorithm to generate active schedules using branch and bound without backtracking – proposed lower bound and the factory's approach to generate schedules is conducted. The result indicates that the number of tardy jobs decreases by 55.56% and mean tardiness decreases by 63.31% when the proposed algorithm is used.

| | | | |
|---|---|---|---|
| Department | Industrial Engineering | Student's signature | ..... |
| Field of study | Industrial Engineering | Advisor's signature | ..... |
| Academic year | 2000 | | |

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ ที่ได้ให้ความรู้และคำปรึกษาอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ จันทนา จันทโร ประธานคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา และ อาจารย์ นันทพร ลีลายนกุล กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนเงินทุนอุดหนุนในการทำวิจัย ตลอดจนขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ นิสิตภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ได้ให้คำแนะนำและกำลังใจด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณบุพการี ผู้ซึ่งให้กำลังใจและสนับสนุนด้านการเงินจนกระทั่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ฎ

สารบัญรูปภาพ..... ณ

**บทที่**

**1 บทนำ**..... **1**

1.1 ที่มาและความสำคัญ..... 1

1.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดตารางการผลิต..... 2

1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย..... 2

1.4 ขอบเขตการวิจัย..... 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ..... 4

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย..... 4

**2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**..... **7**

2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต... 7

2.1.1 การจำแนกปัญหาการจัดตารางการผลิตตามลักษณะของการผลิต..... 8

2.1.2 การจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ..... 10

2.1.3 แบบจำลองของปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ..... 10

2.1.4 ประวัติความเป็นมาของการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ..... 11

2.1.5 ชนิดของตารางการผลิต..... 11

2.1.6 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ โดยวิธีการของ Giffler และ Thompson..... 13

2.1.7 กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต..... 14

2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ..... 21

2.2.1 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ..... 22

2.2.2 แนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ... 24

2.3 การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้นในการจัดตารางการผลิต..... 24

2.3.1 การสร้างแบบจำลองปัญหาการตัดสินใจ..... 26

หน้า

2.3.2 การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญ..... 27
2.3.3 การคำนวณลำดับความสำคัญสัมพัทธ์..... 27
2.3.4 การพิจารณาความสอดคล้องในการเปรียบเทียบ..... 27
2.3.5 การจัดลำดับทางเลือกในการตัดสินใจ..... 28
2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 29
**3 การศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา..... 33**
3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน..... 33
3.2 โครงสร้างองค์การ..... 33
3.3 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา..... 35
3.4 กระบวนการผลิต..... 36
3.5 ปัญหาที่พบ..... 37
3.6 รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องจักร..... 40
3.6.1 สถานีงานเครื่องตัด..... 40
3.6.2 สถานีงานเครื่องกลึง CNC..... 42
3.6.3 สถานีงานเครื่องเจียรไน..... 44
3.6.4 สถานีงานเครื่องปั๊มขึ้นรูป..... 45
3.6.5 สถานีงานเครื่องกลึงอัตโนมัติ..... 45
3.6.6 สถานีงานเครื่องต๊าปเกลียว..... 47
3.6.7 สถานีงานเครื่องเจาะรู..... 48
**4 กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในงานวิจัย..... 49**
4.1 วิธีการจัดตารางการผลิต..... 50
4.1.1 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ..... 50
4.1.2 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์..... 52
4.2 กฎการจัดตารางการผลิต..... 53
4.2.1 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ EDD..... 53
4.2.2 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ LWKR..... 55
4.2.3 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ MWKR..... 57
4.2.4 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ MOPNR..... 58

หน้า

4.2.5 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ SMT..... 59
4.2.6 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ SPT..... 60
4.2.7 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ STPT..... 61
4.3 วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์..... 62
4.3.1 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์..... 62
4.3.2 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์..... 63
4.4 วิธีการหาโลเวอร์บาวด์..... 64
4.4.1 วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม..... 64
4.4.2 วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ..... 69
**5 โครงสร้างโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 73**
5.1 การพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 73
5.2 รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 74
5.3 องค์ประกอบของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 78
5.3.1 ส่วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิต..... 78
5.3.2 ส่วนของการจัดตารางการผลิต..... 82
5.3.3 ส่วนของการกำหนดผู้ใช้งาน..... 85
5.3.4 ส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรม..... 87
5.4 การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 93
5.5 ข้อจำกัดของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 96
5.6 การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 97
**6 การทดลองเพื่อวิเคราะห์หากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 98**
6.1 วัตถุประสงค์..... 98
6.2 สมมติฐานการทดลอง..... 98
6.3 วิธีการทดลอง..... 99
6.4 วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน..... 100
6.5 ผลการทดลอง..... 100
6.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ..... 122
6.7 สรุปผลการทดลอง..... 123

# สารบัญ (ต่อ)

หน้า

**7 การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต**..... **124**

7.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ ..... 124

7.1.1 วัตถุประสงค์..... 124

7.1.2 สมมติฐานการทดลอง..... 124

7.1.3 วิธีการทดลอง..... 126

7.1.4 ผลการทดลอง..... 126

7.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงาน..... 131

7.2.1 วัตถุประสงค์..... 131

7.2.2 สมมติฐานการทดลอง..... 131

7.2.3 วิธีการทดลอง..... 133

7.2.4 ผลการทดลอง..... 133

7.3 การวิเคราะห์ความไว..... 138

7.3.1 วัตถุประสงค์..... 138

7.3.2 สมมติฐานการทดลอง..... 139

7.3.3 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง..... 139

7.3.4 วิธีการทดลอง..... 139

7.3.5 ผลการทดลอง..... 140

**8 การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา**..... **142**

8.1 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต..... 142

8.1.1 ข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้า..... 142

8.1.2 ข้อมูลใบสั่งผลิตและใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต..... 146

8.1.3 เวลาการทำงานของเครื่องจักร..... 146

8.2 กระบวนการในการจัดตารางการผลิต..... 150

8.3 ตารางการผลิตที่ได้จากโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 150

หน้า

8.4 ผลการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม..... 153
8.5 ผลการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอ..... 153
8.6 สรุปและวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบ..... 160
**9 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ**..... 162
9.1 สรุปผลการวิจัย..... 162
9.2 ข้อเสนอแนะ..... 166
**รายการอ้างอิง**..... 168
**ภาคผนวก**..... 170
ภาคผนวก ก..... 171
ภาคผนวก ข..... 182
ภาคผนวก ค..... 193
**ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์**..... 204

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า


2.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบเทคนิคในการบรานช์..... 16
3.1 ตารางแสดงจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในเดือนกันยายน..... 38
3.2 ตารางแสดงจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในเดือนตุลาคม..... 39
6.1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย..... 101
6.2 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย..... 102
6.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย..... 104
6.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อจำนวนงานล่าช้า..... 107
6.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้า..... 108
6.6 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้า..... 109
6.7 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย..... 112
6.8 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย..... 113
6.9 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย..... 114
6.10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan)..... 117
6.11 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อ makespan..... 118
6.12 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อ makespan..... 119
7.1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 126

ตารางที่ หน้า

7.2 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 128
7.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 129
7.4 ตารางแสดงจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบในเดือนธันวาคม 2543..... 132
7.5 ตารางแสดงผลการทดลองซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอในหน่วยวินาที..... 134
7.6 ตารางแสดงผลการทดลองโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT ในหน่วยวินาที..... 134
7.7 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 135
7.8 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 136
7.9 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของจำนวนขั้นตอนการทำงานที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 138
7.10 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอในหน่วยวินาที..... 140
7.11 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน..... 140
7.12 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT ในหน่วยวินาที..... 141

ตารางที่ หน้า

7.13 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน..... 141
8.1 ตารางแสดงตัวอย่างของแผนกำหนดส่งมอบสินค้าเดือนธันวาคม 2543..... 144
8.2 ตารางแสดงตัวอย่างใบสั่งผลิตและใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต..... 148
8.3 ตารางแสดงจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในเดือนธันวาคม 2543 เมื่อใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา..... 154
8.4 ตารางแสดงจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยในเดือนธันวาคม 2543 เมื่อใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่โดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 157
9.1 ตารางแสดงกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีในสามอันดับแรกของตัววัดผลต่างๆ.. 163
9.2 ตารางแสดงผลสรุปของการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน..... 164
9.3 ตารางแสดงผลสรุปของการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน..... 164
9.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา..... 165
ก-1 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 1 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 172
ก-2 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 2 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 173
ก-3 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 3 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 174
ก-4 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 4 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 175
ก-5 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 5 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 176
ก-6 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 6 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 177
ก-7 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 7 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 178

ตารางที่ หน้า

ก-8 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 8 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 179
ก-9 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 9 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 180
ก-10 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 10 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม..... 181

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญรูปภาพ

รูปที่ หน้า


2.1 รูปแสดงการผลิตแบบ pure flow shop..... 8
2.2 รูปแสดงการผลิตแบบ general flow shop..... 8
2.3 รูปแสดงการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ..... 9
2.4 รูปแสดงประเภทของตาราง (ก) Semiactive (ข) Active
(ค) Active (ง) Nondelay..... 12
2.5 รูปแสดงแผนภาพเวนน์ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของตารางการผลิต
แบบนอนดีเลย์ (ก) ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (ข) ไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด..... 13
2.6 รูปแสดงวิธีการในการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ..... 14
2.7 รูปแสดงวิธีบรานช์แอนด์บาวด์..... 15
2.8 รูปแสดงแผนภูมิขั้นตอนเทคนิค AHP..... 25
3.1 รูปแสดงผังโครงสร้างองค์การของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา..... 34
3.2 รูปแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของโรงงาน..... 35
3.3 รูปแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ของโรงงาน..... 35
3.4 รูปแสดงด้านหน้าของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา..... 40
3.5 รูปแสดงเครื่องเลื่อยชนิดสายพาน..... 41
3.6 รูปแสดงสถานีงานเครื่องกลึง CNC..... 42
3.7 รูปแสดงเครื่องกลึง CNC ชนิดป้อนมีดมีลักษณะเป็นชุด..... 43
3.8 รูปแสดงเครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดที่หมุนได้..... 44
3.9 รูปแสดงเครื่องปั้มขึ้นรูป..... 45
3.10 รูปแสดงสถานีงานเครื่องกลึงอัตโนมัติ..... 46
3.11 รูปแสดงเครื่องต๊าปเกลียว..... 47
4.1 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ
โดยใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ..... 52
4.2 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์
โดยใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ..... 55
4.3 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ EDD..... 56
4.4 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ LWKR..... 57
4.5 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ MWKR..... 58
4.6 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ MOPNR..... 59
4.7 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ SMT..... 60

รูปที่ หน้า

4.8 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ SPT..... 61
4.9 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ STPT..... 62
4.10 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ
โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์..... 66
4.11 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์
โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์..... 68
4.12 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม..... 71
4.13 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่..... 72
5.1 รูปแสดงส่วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิต..... 78
5.2 รูปแสดงฟอร์มสถานีงาน..... 79
5.3 รูปแสดงฟอร์มเครื่องจักร..... 80
5.4 รูปแสดงฟอร์มงาน..... 80
5.5 รูปแสดงฟอร์มขั้นตอนการทำงาน..... 81
5.6 รูปแสดงฟอร์มเวลาในการตั้งเครื่อง..... 82
5.7 รูปแสดงส่วนของการจัดตารางการผลิต..... 83
5.8 รูปแสดงส่วนของการกำหนดผู้ใช้งาน..... 85
5.9 รูปแสดงฟอร์มการเพิ่มรายชื่อผู้ใช้โปรแกรม..... 86
5.10 รูปแสดงฟอร์มการเปลี่ยนรหัสผ่านของผู้ใช้ที่มีชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่ออยู่แล้ว..... 86
5.11 รูปแสดงฟอร์มการลบรายชื่อผู้ใช้โปรแกรม..... 86
5.12 รูปแสดงส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรม..... 87
5.13 รูปแสดงฟอร์มการกำหนด ปรับเปลี่ยนแก้ไข และเพิ่ม/ลด
ตารางการทำงานของเครื่องจักร..... 88
5.14 รูปแสดงฟอร์มแสดงผลการจัดตารางการผลิต..... 89
5.15 รูปแสดงแผนภูมิแกนต์ซึ่งแสดงตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิต..... 89
5.16 รูปแสดงฟอร์มซึ่งแสดงตารางค่าตัววัดผล..... 90
5.17 รูปแสดงฟอร์มเปรียบเทียบความสำคัญของตัววัดผล..... 91
5.18 รูปแสดงฟอร์มเปรียบเทียบกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต..... 92
5.19 รูปแสดงค่า CI CR และน้ำหนักความสำคัญของกฎและ
วิธีการจัดตารางการผลิต..... 92
5.20 รูปแสดงฟอร์มการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณ..... 93
5.21 รูปแสดงตัวอย่างการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ..... 94

รูปที่ หน้า

5.22 รูปแสดงผลการสลับงานของการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ..... 94
5.23 รูปแสดงค่าตัววัดผลของการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ..... 95
5.24 รูปแสดงข้อความในแผนภูมิแกนต์ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับงาน
และขั้นตอนการทำงาน..... 96
6.1 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มี
ผลกระทบต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย..... 102
6.2 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มี
ผลกระทบต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย..... 103
6.3 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎ
และวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย..... 106
6.4 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มี
ผลกระทบต่อจำนวนงานล่าช้า..... 108
6.5 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิต
ที่มีผลกระทบต่อจำนวนงานล่าช้า..... 109
6.6 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎ
และวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้า..... 111
6.7 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มี
ผลกระทบต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย..... 113
6.8 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มี
ผลกระทบต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย..... 114
6.9 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎ
และวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย..... 116
6.10 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มี
ผลกระทบต่อ makespan..... 118
6.11 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิต
ที่มีผลกระทบต่อ makespan..... 119
6.12 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎ
และวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีต่อ makespan..... 121
7.1 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มี
ผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 127

รูปที่ หน้า

7.2 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 128
7.3 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 136
7.4 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยจำนวนขั้นตอนการทำงานที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต..... 137
8.1 รูปแสดงตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตรอบที่ 1..... 151
8.2 รูปแสดงตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตรอบที่ 2..... 152

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญ

การจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบผลิตตามสั่ง (make to order) เป็นการผลิตสินค้าเมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าโดยโรงงานอาจมีรายการสินค้าให้ลูกค้าเลือกแบบอยู่แล้วหรือผลิตตามข้อกำหนดทางวิศวกรรมในแบบ (drawing) ที่ลูกค้าส่งมาให้ การจัดตารางการผลิตสำหรับการผลิตแบบผลิตตามสั่งขึ้นกับคำสั่งซื้อของลูกค้าและวัตถุดิบจากผู้ส่งมอบ (supplier) ในการผลิตจริงพบว่า ความต้องการของลูกค้ามีความไม่แน่นอนและมีการเปลี่ยนแปลงได้ตลอดเวลา และช่วงเวลานำ (lead time) ซึ่งเป็นช่วงเวลาตั้งแต่สั่งซื้อวัตถุดิบจนกระทั่งวัตถุดิบถูกส่งมาถึงโรงงานมีความไม่แน่นอน ความผันแปรเหล่านี้มีผลกระทบต่อวันที่ผลิตสินค้าสำเร็จรูปครบตามประเภทและจำนวนสินค้าเพื่อเตรียมส่งมอบให้กับลูกค้า ซึ่งส่งผลให้เกิดปัญหาการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าไม่ทันกำหนดเวลา

ปัญหาการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าไม่ทันกำหนดเวลาเป็นปัญหาสำคัญที่มีผลกระทบต่อความเชื่อมั่นของลูกค้าที่มีต่อโรงงานผู้ผลิต ภาพพจน์ของธุรกิจอุตสาหกรรม และการสูญเสียโอกาสในผลิตสินค้าเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า วิธีการที่มีประสิทธิภาพในแก้ปัญหาการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าไม่ทันกำหนดเวลาคือ หลักการในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling and Sequencing) เพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนตารางการผลิตได้ตามสภาพความไม่แน่นอนที่พบในการผลิต งานวิจัยนี้จึงสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต เนื่องจากการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตมีขั้นตอนและวิธีการที่ค่อนข้างยุ่งยาก รวมถึงมีการเสนอวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่เพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา ดังนั้นการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยตัดสินใจในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตทำให้สามารถจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการหลายๆ วิธี แล้วทำการเปรียบเทียบตารางการผลิตที่ได้แต่ละวิธีโดยใช้เกณฑ์การเปรียบเทียบที่เหมาะสมกับอุตสาหกรรมที่เป็นกรณีศึกษาเช่น เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) และจำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) เป็นต้น

## 1.2 การใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการจัดตารางการผลิต

ปัจจัยที่สำคัญในการผลิตและดำเนินธุรกิจในภาวะการแข่งขันที่รุนแรงได้แก่ ต้นทุน คุณภาพ การบริการ และความรวดเร็วในการส่งมอบ การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตที่ดีจึงเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการทำให้บรรลุวัตถุประสงค์เหล่านั้น รวมถึงการใช้ทรัพยากรหรือวัตถุดิบที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งการจัดตารางการผลิตในแต่ละขั้นตอนการผลิตมีเงื่อนไขสำคัญสองประการคือ เงื่อนไขลำดับการผลิตก่อนหลัง (precedence constraint) และเงื่อนไขเกี่ยวกับกำลังการผลิตของเครื่องจักร (capacity constraint)

ในการจัดตารางการผลิตพบว่า มีขั้นตอนในการคำนวณตามหลักการและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตหลายขั้นตอนและมักเป็นการคำนวณซ้ำหรือมีการวนลูป (loop) และด้วยข้อจำกัดเกี่ยวกับประสิทธิภาพและความถูกต้องในการคำนวณของมนุษย์ จึงต้องมีการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและป้องกันความผิดพลาดจากการคำนวณ

การนำการโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ Visual Programming Language (VPL) มาสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยตัดสินใจในการจัดตารางการผลิตจึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการวางแผนการผลิตและสามารถพิจารณาได้ว่า จะสามารถส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ตรงตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดหรือไม่ ทั้งนี้หากไม่สามารถส่งมอบสินค้าได้ทันกำหนดเวลาก็ต้องหาวิธีในการแก้ปัญหาเช่น การเพิ่มเวลาการทำงานในช่วงนอกเวลาเพื่อเร่งการผลิตให้ทันส่งมอบให้ ลูกค้า อย่างไรก็ตามการที่อุตสาหกรรมสามารถพยากรณ์ได้ล่วงหน้าอย่างถูกต้องตามข้อมูล นำเข้า (input) จะทำให้อุตสาหกรรมนั้นสามารถเตรียมการแก้ไขปัญหาล่วงหน้าได้อย่าง ทันท่วงที

## 1.3 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อเสนอการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling and Sequencing) ในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการจัดตารางการผลิต

## 1.4 ขอบเขตการวิจัย

1.4.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นเป็นระบบชนิดที่ค่าต่างๆ ในระบบเป็นค่าคงที่ (deterministic) ซึ่งเป็นระบบที่พารามิเตอร์ต่างๆ เช่น เวลาในการผลิตในแต่ละขั้นตอน จำนวนรูปแบบของ สินค้าที่ลูกค้าต้องการ จำนวนสินค้าในแต่ละรูปแบบ และจำนวนทรัพยากรในการผลิตเป็นค่าคงที่ และพิจารณาเฉพาะขั้นตอนการผลิตที่มีพารามิเตอร์ต่างๆ เป็นค่าคงที่และมีเสถียรภาพ

1.4.2 สามารถเปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตตามกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตต่างๆ เพื่อให้สามารถเลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด

1.4.3 ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับงานที่เข้ามาไม่พร้อมกันได้ (nonsimultaneous arrivals)

1.4.4 ระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถรองรับกรณีที่เวลาในการตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับของงานในการผลิต (sequence-dependent setup times) โดยใช้ค่าเวลาในการตั้งเครื่องซึ่งพิจารณาลำดับของงานบนเครื่องจักรในการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ว่า งานก่อนหน้าเป็นงานอะไรและงานปัจจุบันที่พิจารณาเป็นงานอะไร อย่างไร ก็ตาม ระบบที่พัฒนาขึ้นไม่มีการใช้กฎหรือฮิวริสติกเกี่ยวกับเวลาในการตั้งเครื่อง

1.4.5 ระบบที่พัฒนาขึ้นใช้ได้ในกรณีที่เครื่องจักรในแต่ละกลุ่มมีเครื่องจักรที่สามารถใช้แทนกันได้หลายเครื่อง (identical machine) โดยมีการจัดกลุ่มเครื่องจักรในสถานีงานต่างๆ

1.4.6 ไม่มีการแทรกงานหลังจากที่จัดลำดับการผลิตและจัดตารางการผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้าเสร็จแล้ว นอกจากมีความจำเป็นเร่งด่วนอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ซึ่งจะส่งผลกระทบให้ต้องทำการจัดลำดับการผลิตและจัดตารางการผลิตใหม่

1.4.7 เวลาในการเคลื่อนย้ายชิ้นงานระหว่างผลิตจากเครื่องจักรหรือสถานีงานหนึ่งไปยังเครื่องจักรหรือสถานีงานอื่นมีค่าน้อยมากและสามารถตัดทิ้งได้

1.4.8 สามารถจัดตารางการผลิตและออกตารางการผลิตในแต่ละทรัพยากรได้

1.4.9 ศึกษาเฉพาะการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ (job shop) เนื่องจากในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ที่เป็นกรณีศึกษามีการวางผังโรงงานแบบกระบวนการ (process layout) และมีรูปแบบผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปหลายชนิดในลักษณะการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ โดยที่ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดผ่านขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน

1.4.10 ตัววัดผล (measure of performance) ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตในงานวิจัยได้แก่

- จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) และ

- เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) เป็นต้น

1.4.11 ในงานวิจัยนี้ งานที่พิจารณาในการจัดตารางการผลิตเป็นงานผลิตตามสั่ง (make to order) เท่านั้น เนื่องจากเป็นงานส่วนใหญ่ซึ่งโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาผลิต

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพิ่มประสิทธิภาพและความถูกต้องของการคำนวณในการจัดตารางการผลิต (Production Scheduling) และเพิ่มประสิทธิภาพในการวิเคราะห์หาเวลาที่คาดว่าสามารถส่งมอบสินค้าสำเร็จรูปให้ลูกค้าได้

1.5.2 เป็นการเสนอการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling) โดยออกแบบและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดตารางการผลิตเพื่อให้สามารถปรับเปลี่ยนตารางการผลิตตามความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการผลิต

1.5.3 ลดเวลาในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งในการวางแผนการผลิตได้ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความยุ่งยากในการจัดตารางการผลิตอันเนื่องจากความต้องการรูปแบบและจำนวนสินค้าในแต่ละรูปแบบที่หลากหลาย

1.5.4 สามารถจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์และสอดคล้องกับสภาพการผลิตจริง รวมถึงสามารถจัดตารางการผลิตในแต่ละเครื่องจักรตามช่วงเวลาการทำงานจริงได้

## 1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

1.6.1 ศึกษาทฤษฎี งานวิจัย และสำรวจวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการต่างๆ รวมถึงการโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ VPL เป็นเครื่องมือในการสร้างและพัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในระบบปฏิบัติการวินโดว์ 98

1.6.2 ศึกษากระบวนการผลิตและการจัดตารางการผลิตในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาโดยศึกษาถึงวิธีการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตในปัจจุบัน การเก็บข้อมูลแบบฟอร์มต่างๆ เช่น แบบฟอร์มคำสั่งซื้อของลูกค้า แบบฟอร์มคำสั่งผลิต และเอกสารกำกับงานระหว่างการผลิตในแต่ละขั้นตอน เป็นต้น ตลอดจนการไหลของข้อมูลการวางแผนการผลิต รวมถึงการเก็บข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

1.6.3 แบ่งแยกขั้นตอนการผลิตสินค้าในแต่ละรูปแบบตามคำสั่งซื้อ พิจารณาลำดับก่อน-หลังของขั้นตอนการผลิต และแบ่งกลุ่มสถานีงานตามลักษณะการปฏิบัติงานที่เหมือนกัน

1.6.4 รวบรวมข้อมูลที่นำไปใช้ในการคำนวณเพื่อจัดลำดับการผลิตและจัดตารางการผลิตซึ่งได้แก่ รายละเอียดของงาน เช่น งานที่ต้องการจัดตารางการผลิต (job) ลำดับหรือขั้นตอนการทำงาน (operation) ของงานแต่ละงาน วันและเวลากำหนดส่งมอบ (due date) เวลาในการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการทำงานของทรัพยากรได้แก่ เครื่องจักรและคนงาน (processing time) เป็นต้น รวมถึงเส้นทางการไหลของชิ้นงานผ่านเครื่องจักรต่างๆ (routing) และรายละเอียดของเครื่องจักรหรือสถานีงานได้แก่ เครื่องจักรที่ใช้ในการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน (machine) เป็นต้น

1.6.5 ออกแบบโปรแกรมที่ช่วยในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต

1.6.6 สร้างโปรแกรมการจัดตารางการผลิตโดยใช้การโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบบ VPL ในขั้นตอนการสร้างโปรแกรมสามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยสองขั้นตอน ดังนี้

1.6.6.1 การสร้างฟอร์ม (form) ต่างๆ ที่ใช้ในการวางออบเจ็คท์ (object) และการสร้างออบเจ็คท์ (object) ต่างๆ ซึ่งเป็นส่วนที่ติดต่อกับผู้ใช้งาน (user interface)

1.6.6.2 การเขียนชุดคำสั่งการทำงานให้กับออบเจ็คท์ตามวิธีการต่างๆ ในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต เพื่อจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

1.6.7 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมโดยการเปรียบเทียบการคำนวณในขั้นตอนต่างๆ ของโปรแกรมกับขั้นตอนการคำนวณที่กำหนดในแต่ละวิธีการ หากมีขั้นตอนใดผิดพลาดก็ทำการปรับปรุงโปรแกรมในส่วนของโค้ด (source code) แล้วทำการตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมที่ปรับปรุงแล้ว จนกระทั่งมีความเชื่อมั่นในขั้นตอนการทำงานที่ถูกต้องของโปรแกรม

1.6.8 ทำการศึกษาวิธีการต่างๆ และกฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต รวมทั้งเสนอฮิวริสติก (heuristic procedures) ใหม่เพื่อสร้างตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตัววัดผลสำคัญของโรงงานคือ จำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด

1.6.9 ทำการทดลองเพื่อศึกษาหาวิธีการและกฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ค่าของตัววัดผลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าล่าช้า เช่น จำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยมีค่าน้อยที่สุด

1.6.10 ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตและทำการวิเคราะห์ความไว (Sensitivity Analysis) ของเวลาในการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

1.6.11 เปรียบเทียบตัววัดผล (Measure of Performance) ที่ได้จากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอ โดยการเก็บบันทึกข้อมูล ตัววัดผลที่ได้จากโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต เพื่อเปรียบเทียบกับตัววัดผลที่ได้จากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

1.6.12 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการทำวิจัย สรุปผลการวิจัย และเสนอข้อเสนอแนะ



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 2
# เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ และการนำการวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (AHP) มาใช้ในการกำหนดวัตถุประสงค์ในจัดตารางการผลิตแบบหลายเกณฑ์ รวมทั้งงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตเป็นการแยกประเภทและปริมาณสินค้าออกมาให้ชัดเจนว่า ใครจะเป็นผู้ทำ จะใช้เครื่องจักรเครื่องใดจะเริ่มทำงานวันไหน ตั้งแต่เวลาใดถึงเวลาใด และทำจำนวนเท่าใด กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือ เป็นการจัดเตรียมตารางเวลาการทำงานให้กับทรัพยากรที่เกี่ยวข้อง ซึ่งอาจจะเป็นคนงานหรือเครื่องจักรอุปกรณ์ ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตมีความเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ การพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต รวมถึงเทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องโดยเน้นการวิเคราะห์เชิงปริมาณ การวิเคราะห์เชิงปริมาณเริ่มตั้งแต่การแปลงเป้าหมายในการตัดสินใจไปเป็นฟังก์ชันเป้าหมาย (objective function) และการแปลงข้อจำกัดต่างๆ ในการตัดสินใจไปเป็นข้อจำกัดในแบบจำลอง โดยทั่วไปเป้าหมายในการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต ได้แก่

- การตอบสนองที่รวดเร็วต่อความต้องการของลูกค้า
- การส่งมอบผลิตภัณฑ์ทันตามเวลาที่ลูกค้ากำหนด เป็นต้น

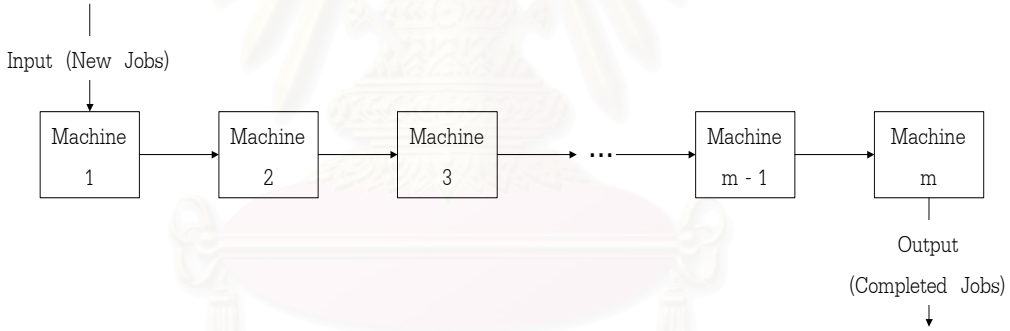
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.1 การจำแนกปัญหาการจัดตารางการผลิตตามลักษณะของการผลิต

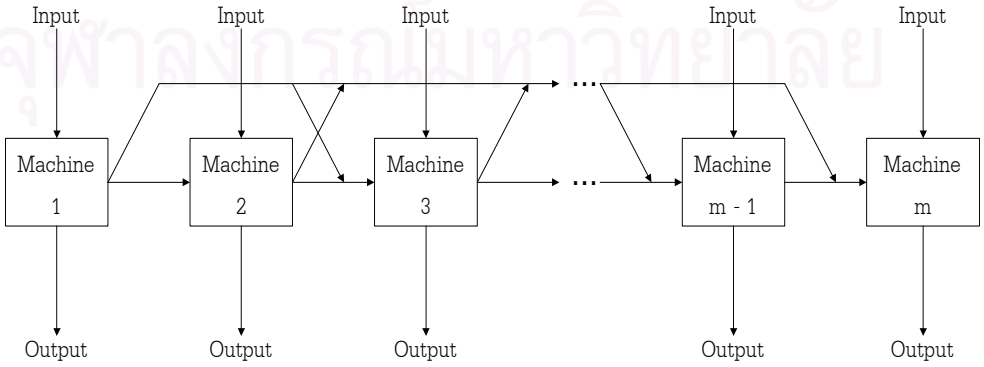
ปัญหาการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตสามารถแบ่งตามลักษณะการผลิตได้ ดังนี้

2.1.1.1 การจัดตารางการผลิตของการผลิตแบบการไหลของสายงาน (flow shop scheduling)

ลักษณะการผลิตแบบการไหลของสายงาน ประกอบด้วยเครื่องจักรหรือสถานีงานหลายสถานีงานที่ทำงานต่อเนื่องกันโดยลำดับขั้นตอนการทำงานของทุกงานเหมือนกัน ซึ่งหมายความว่างานเหล่านี้มีเส้นทางการไหลเหมือนกัน ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบการไหลของสายงานประกอบด้วยเครื่องจักรที่ต่างกัน m เครื่องและงานแต่ละงานประกอบด้วยจำนวนขั้นตอนการทำงาน m ขั้นตอน (operation) โดยในแต่ละขั้นตอนการทำงานใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกัน (Baker, 1974: 136)



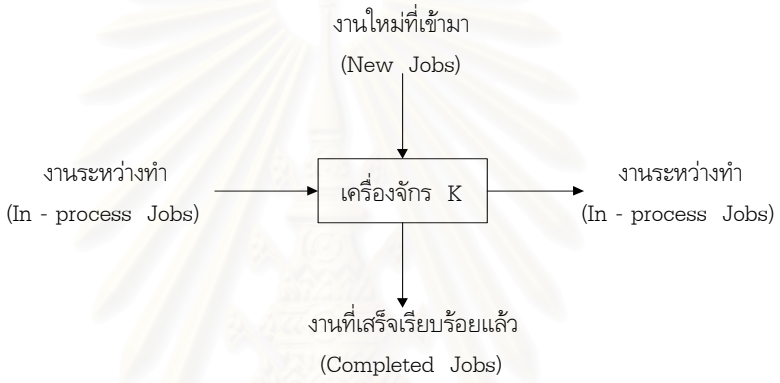

รูปที่ 2.1 รูปแสดงการผลิตแบบ pure flow shop (Baker, 1974: 137)




รูปที่ 2.2 รูปแสดงการผลิตแบบ general flow shop (Baker, 1974: 137)

2.1.1.2 การจัดตารางการผลิตของการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ (job shop scheduling)

ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ มีลักษณะแตกต่างจากปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบการไหลของสายงานคือ เส้นทางการไหลของงานมีความแตกต่างกันไปตามชนิดของงาน ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ ประกอบไปด้วยเครื่องจักรจำนวนหนึ่งและงานหลายๆ ประเภท โดยงานแต่ละงานประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานหลายๆ ขั้นตอนซึ่งมีลำดับก่อน - หลังในการผลิตที่แน่นอน (Baker, 1974: 178)




รูปที่ 2.3 รูปแสดงการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ (Baker, 1974: 178)

ปัญหาการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตมีผู้ศึกษาและค้นคว้ามานานกว่า 30 ปี เริ่มตั้งแต่ Conway (1967) ซึ่งเป็นผู้ที่เขียนหนังสือเกี่ยวกับทฤษฎีการจัดตารางการผลิตเล่มแรก ต่อมามีผู้เขียนหนังสือเกี่ยวกับทฤษฎีการจัดตารางการผลิตเล่มต่อมาได้แก่ Ashour (1972) Baker (1974) Ecker (1977) Brucker (1981) French (1982) Tanaev (1994) และ Chretinne (1995) เป็นต้น ผู้ที่สร้างผลงานวิจัยเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตได้แก่ Rinnooy Kan (1976) Lenstra (1977) Van de Velde (1991) Nuijten (1994) และ Vaessens (1995) เป็นต้น

ปัญหาการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตสามารถจัดจำแนกความแตกต่างขึ้นอยู่กับลักษณะงานว่าเป็นลักษณะสถิต (static) คือระบบที่งานในการจัดตารางการผลิตไม่เปลี่ยนแปลง หรือลักษณะพลวัต (dynamic) คือระบบที่มีงานใหม่เกิดขึ้นและแทรกเข้ามาในการจัดตารางการผลิตเดิม หรืออาจแบ่งเป็นระบบที่พารามิเตอร์ต่างๆ มีค่าคงที่ (deterministic) คือระบบที่ตัวแปรต่างๆ ที่พิจารณาในระบบมีค่าคงที่ หรือระบบที่พารามิเตอร์ต่างๆ มีการกระจาย

ความน่าจะเป็น (probabilistic) คือระบบที่ตัวแปรต่างๆ ที่พิจารณาในระบบมีการเปลี่ยนแปลงและสามารถกำหนดได้ด้วยฟังก์ชันการกระจายความน่าจะเป็น

2.1.2 <u>การจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ</u>

การผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ ประกอบไปด้วยชุดของเครื่องจักรที่แตกต่างกัน เช่น เครื่องกลึง เครื่องเจาะ และเครื่องกัด เป็นต้น โดยชิ้นงานแต่ละประเภทมีเส้นทางการไหลหรือขั้นตอนการทำงานที่แน่นอนแต่มีความแตกต่างกันไปตามประเภทของงาน ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ เป็นปัญหาในลักษณะ NP-hard (Lenstra and Rinnoy Kan, 1979) และเป็นปัญหาที่จัดการได้ยากมากที่สุดปัญหาหนึ่ง (Lawler, 1993)

2.1.3 <u>แบบจำลองของปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ</u>

มีผู้สร้างแบบจำลองของปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ ที่แตกต่างกันหลายแบบจำลอง เช่น Bowman (1959), Wagner (1959), Manne (1960), Fisher (1983), Fisher และคณะ (1983), Blazewicz และคณะ (1991), Brah และคณะ (1991) ในที่นี้พิจารณาแบบจำลองของ Adams และคณะ (1988) ดังนี้

ให้ V = {0, 1, ..., n} แทนเซตของขั้นตอนการทำงาน (operation) โดยที่ 0 เป็นขั้นตอนการทำงานเริ่มต้นของงานทุกๆ งาน และ n เป็นขั้นตอนการทำงานสุดท้ายของงานทุกๆ งาน ให้ M แทนเซตของเครื่องจักร m เครื่อง และ A เป็นเซตของขั้นตอนการทำงานที่เรียงลำดับตาม เงื่อนไขลำดับก่อน - หลังของการผลิต สำหรับเครื่องจักร k เซต $E_k$ แทนเซตของขั้นตอนการทำงานที่ใช้เครื่องจักร k ขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอน i มีเวลาในการทำงาน คงที่ $p_i$ และเวลาที่เริ่มต้นได้เร็วที่สุดของขั้นตอน i คือ $t_i$ ดังนั้นปัญหาการจัดตารางการผลิตมีรูปแบบ ดังนี้

$$\textbf{min} \quad t_n$$

s.t.

$$t_j - t_i \geq p_i \qquad \forall (i,j) \in A, \tag{2.1}$$

$$t_j - t_i \geq p_i \ \textbf{หรือ}\ t_i - t_j \geq p_j \qquad \forall (i,j) \in E_k, \quad \forall k \in M, \tag{2.2}$$

$$t_i \geq 0 \qquad \forall i \in V \tag{2.3}$$

สมการข้อจำกัดที่ 2.1 เป็นข้อจำกัดที่ว่าลำดับขั้นตอนการทำงานของงานแต่ละงานต้องสอดคล้องตามลำดับก่อน – หลังในการผลิต สมการข้อจำกัดที่ 2.2 เป็นข้อจำกัดที่ว่าเครื่องจักรแต่ละเครื่องสามารถแปรรูปงานได้เพียงหนึ่งงานเท่านั้นในเวลาหนึ่งๆ และสมการ

ข้อจำกัดที่ 2.3 เป็นข้อจำกัดเกี่ยวกับการแล้วเสร็จของงาน ผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ที่สอดคล้องกับสมการข้อจำกัดทั้ง 3 สมการเรียกว่า ตารางการผลิต (schedule)

2.1.4 ประวัติความเป็นมาของการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ

ปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ มีผู้ศึกษามานานกว่า 30 ปี โดยเริ่มจาก Fisher และ Thompson ในปี ค.ศ. 1963 ได้ศึกษาปัญหาที่ประกอบไปด้วยชิ้นงานจำนวน 10 งาน และเครื่องจักรจำนวน 10 เครื่อง ซึ่งเป็นปัญหาที่มีนักวิจัยจำนวนมากศึกษาขั้นตอนการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด เริ่มตั้งแต่ขั้นตอนการหาผลลัพธ์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ (Branch and Bound) ซึ่งได้รับความสนใจอย่างมากจากนักวิจัยจำนวนมาก เช่น Brooks และ White (1965) ตามด้วย Greenberg (1968) ซึ่งวิธีการของ Greenberg พัฒนามาจากปัญหาการโปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming) ของ Manne แล้วตามด้วยงานวิจัยของ Balas (1969) Charlton และ Death (1960) Florian และคณะ (1971) Ashour (1974) Ashour และ Hiremath (1973) และ Fisher (1973) ซึ่งเป็นผู้เสนอวิธีการหาโลเวอร์บาวด์ (lower bound) โดยการใช้ตัวคูณของลากรางจ์ (Lagrange Multipliers)

ต่อมามีผู้ศึกษาการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและตารางการผลิตแบบ นอนดีเลย์ โดยใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Rule) คือ Gere (1966) และงานวิจัยของ Day และ Hottenstein (1970) Panwalkar และ Iskander (1977) รวมถึงงานวิจัยของ Haupt (1989) สำหรับ Giffler และคณะ (1963) ได้ใช้วิธีการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็น (Probabilistic Dispatching Procedures) และวิธีการสุ่ม (Sampling Procedures) สำหรับการเลือกขั้นตอนการทำงานในการสร้างตารางการผลิตที่ทำให้เวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัด ตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan) มีค่าน้อยที่สุด

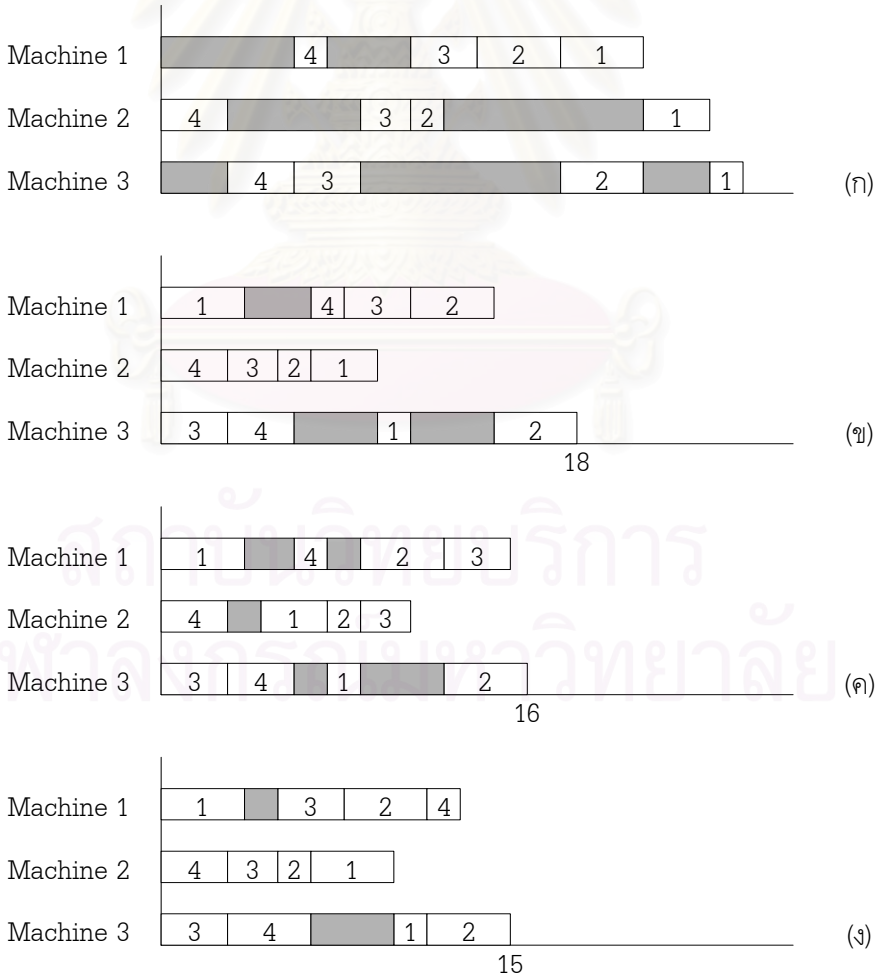
2.1.5 ชนิดของตารางการผลิต

ชนิดของตารางการผลิตที่เป็นไปได้ มีดังนี้

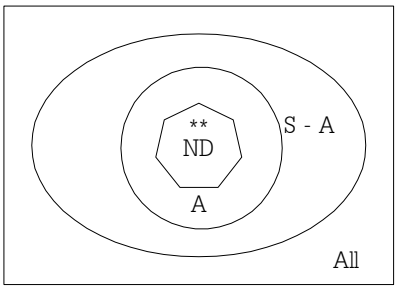
2.1.5.1 ตารางการผลิตแบบเซมิแอคทีฟ (Semiactive Schedule) เป็นตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการเลื่อนซ้ายเฉพาะแห่ง (local left-shift) โดยที่เซตของตารางการผลิตแบบเซมิแอคทีฟเป็นเซตของตารางการผลิตซึ่งไม่มีขั้นตอนการทำงานใดที่สามารถเลื่อนเวลาเริ่มต้นให้เร็วขึ้นได้โดยที่ไม่มีการเปลี่ยนลำดับการทำงานของงานที่ทำงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่อง (French, 1982)

2.1.5.2 ตารางการผลิตแบบแอคทีฟ (Active Schedule) เป็นตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการเลื่อนซ้ายทั้งหมด (global left-shift) เซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟเป็นสับเซตของเซตของตารางการผลิตแบบเซมิแอคทีฟ ในการหาตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตัววัดผลที่ดีที่สุด สามารถพิจารณาเฉพาะตารางการผลิตในเซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟ โดยที่เซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟเป็นเซตของตารางการผลิตซึ่งไม่มีขั้นตอนการทำงานใดที่สามารถเลื่อนเวลาเริ่มต้นให้เร็วขึ้นได้โดยที่ไม่ทำให้ขั้นตอนการทำงานอื่นล่าช้าหรือไม่ทำให้ขัดต่อเงื่อนไขลำดับก่อน - หลังของการผลิต (French, 1982)

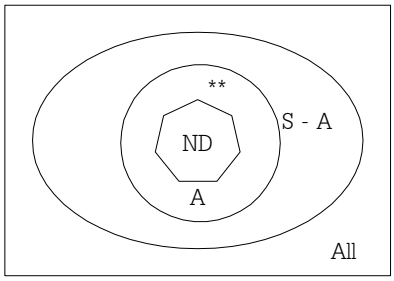
2.1.5.3 ตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ (Nondelay Schedule) เป็นสับเซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟ โดยมีลักษณะสำคัญคือ ไม่มีเครื่องจักรใดที่ถูกปล่อยให้ว่างถ้าเครื่องจักรนั้นสามารถทำขั้นตอนการทำงานบางขั้นตอนได้ แม้ว่าจะไม่สามารถรับประกันได้ว่าผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (optimal solution) อยู่ในเซตของตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ แต่ตารางการผลิตที่ดีที่สุดในเซตของตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ เป็นผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ที่ดีที่สุดแม้ว่าจะมิใช่ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดก็ตาม (Baker, 1974)




รูปที่ 2.4 รูปแสดงประเภทของตาราง (ก) Semiactive (ข) Active (ค) Active (ง) Nondelay




(ก)




(ข)

รูปที่ 2.5 รูปแสดงแผนภาพเวนน์ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ (ก) ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (ข) ไม่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Baker, 1974: 186)

2.1.6 <u>วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยวิธีการของ Giffler และ Thompson (Giffler and Thompson Algorithm)</u>

2.1.6.1 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ

ขั้นตอนที่ 1 ให้ t = 0 และเริ่มต้น partial schedule ($PS_t$) เป็นเซตว่าง และเซตของ schedulable operation ($S_t$) เป็นเซตของขั้นตอนการทำงานแรกของงานทุกงาน

ขั้นตอนที่ 2 หา $\phi^* = \min_{j \in St} \{\phi_j\}$ และ เครื่องจักร m* ที่สอดคล้องกับ $\phi^*$

ขั้นตอนที่ 3 สำหรับขั้นตอนการทำงาน (operation) แต่ละขั้นตอน $j \in S_t$ ที่ใช้เครื่องจักร m* และ $\sigma_j < \phi^*$ สร้าง partial schedule ใหม่โดยเพิ่มขั้นตอนการทำงาน (operation) j ลงใน $PS_t$ และเริ่มต้นที่ $\sigma_j$

ขั้นตอนที่ 4 สำหรับ partial schedule ที่สร้างขึ้นมาใหม่ในขั้นตอนที่ 3 ปรับปรุงข้อมูล ดังนี้

- นำขั้นตอน j ออกจาก $S_t$
- สร้าง $S_{t+1}$ โดยการเพิ่มขั้นตอนการทำงานที่ถัดจากขั้นตอนการทำงาน j ลงใน $S_t$
- เพิ่มค่า t อีกหนึ่งค่า

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 สำหรับ $PS_{t+1}$ ที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3 และทำซ้ำในลักษณะเช่นนี้ไปจนกระทั่งจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟได้ครบทุกขั้นตอนการทำงาน

2.1.6.2 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

ขั้นตอนที่ 1 ให้ t = 0 และเริ่มต้น partial schedule ($PS_t$) เป็นเซตว่าง และ เซตของ schedulable operation ($S_t$) เป็นเซตของขั้นตอนการทำงานแรกของงานทุกงาน

ขั้นตอนที่ 2 หา $\sigma^* = \min_{j \in St} \{\sigma_j\}$ และ เครื่องจักร m* ที่สอดคล้องกับ $\sigma^*$

ขั้นตอนที่ 3 สำหรับขั้นตอนการทำงาน (operation) แต่ละขั้นตอน $j \in S_t$ ที่ใช้เครื่องจักร m* และ $\sigma_j = \sigma^*$ สร้าง partial schedule ใหม่โดยเพิ่มขั้นตอนการทำงาน (operation) j ลงใน $PS_t$ และเริ่มต้นที่ $\sigma_j$

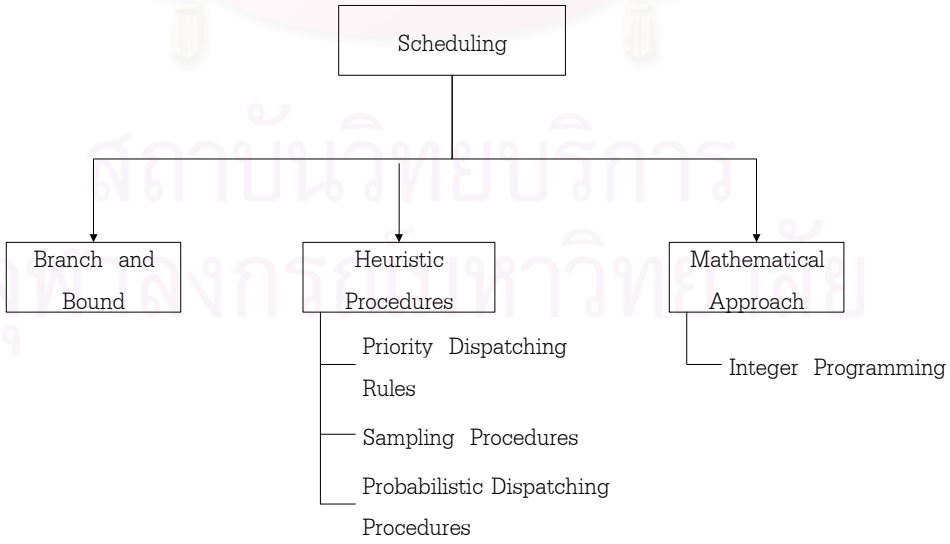
ขั้นตอนที่ 4 สำหรับ partial schedule ที่สร้างขึ้นมาใหม่ในขั้นตอนที่3 ปรับปรุงข้อมูล ดังนี้

- นำขั้นตอน j ออกจาก $S_t$
- สร้าง $S_{t+1}$ โดยการเพิ่มขั้นตอนการทำงานที่ถัดจากขั้นตอนการทำงาน j ลงใน $S_t$
- เพิ่มค่า t อีกหนึ่งค่า

ขั้นตอนที่ 5 กลับไปทำขั้นตอนที่ 2 สำหรับ $PS_{t+1}$ ที่สร้างขึ้นในขั้นตอนที่ 3 และทำซ้ำในลักษณะเช่นนี้ไปจนกระทั่งจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้ครบทุกขั้นตอนการทำงาน

2.1.7 <u>กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต</u>

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีหลายวิธีการในการจัดลำดับก่อน - หลังของขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 2.6



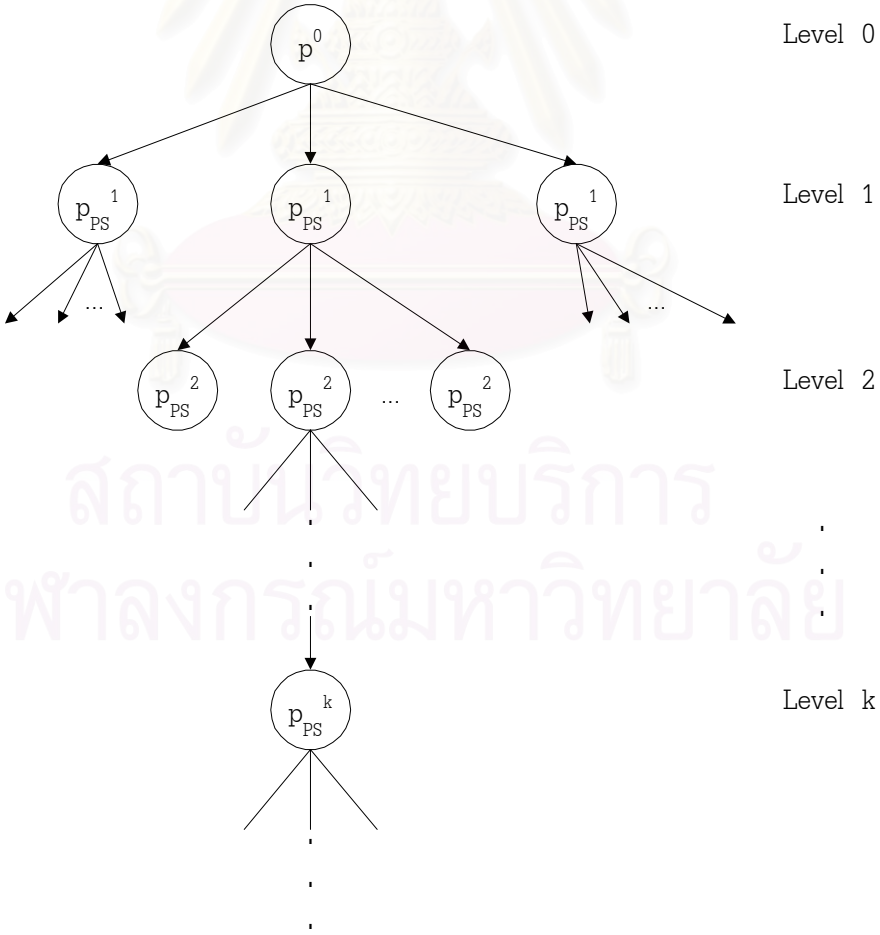

รูปที่ 2.6 รูปแสดงวิธีการในการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ

2.1.7.1 วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ (Branch and Bound Algorithm)

วิธีการนี้ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน คือ การบรานช์ (branching) เป็นกระบวนการแบ่งส่วนของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ออกเป็นปัญหาย่อยซึ่งมากกว่า 2 ปัญหาย่อยขึ้นไป และการบาวด์ (bounding) เป็นกระบวนการของการคำนวณโลเวอร์บาวด์ (lower bound) ที่ดีที่สุดของปัญหาย่อยนั้น ประสิทธิผลจะขึ้นอยู่กับโลเวอร์บาวด์ที่ดีซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (Baker, 1974: 55) ดังรูปที่ 2.7

กระบวนการบรานช์ เป็นกระบวนการแทนที่ปัญหาที่มีขนาดใหญ่ด้วยปัญหาย่อยซึ่งมีลักษณะดังนี้

1. ปัญหาย่อยมีลักษณะเมื่อรวมปัญหาย่อยทุกกรณีแล้วจะได้ปัญหาเดิม (exhaustive) และเป็นปัญหาที่ไม่เกิดร่วมกัน (mutually exclusive)
2. เมื่อเราแก้ปัญหาย่อยจะเป็นการแก้ปัญหาเดิมบางส่วนด้วย
3. ปัญหาย่อยมีขนาดเล็กกว่าปัญหาเดิม




รูปที่ 2.7 รูปแสดงวิธีบรานช์แอนด์บาวด์ (Baker, 1974: 56)

จากรูปที่ 2.7 กำหนดให้ $P^0$ เป็นปัญหาซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน (operation) ซึ่งสามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้จำนวน n ขั้นตอน และ $P^0$ สามารถแยกออกเป็นปัญหาย่อยได้ n ปัญหา ดังนั้น $P_{PS}^1$ จะเป็นปัญหาย่อยของ $P^0$

หลังจากผ่านกระบวนการบรานช์แล้ว จะได้โครงสร้างของปัญหาที่มีลักษณะเหมือนโครงสร้างของต้นไม้ซึ่งประกอบด้วยตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ ในแต่ละ node ของโครงสร้างของปัญหาแสดงตารางการผลิตที่จัดแล้วบางส่วน (partial schedule) เพื่อคำนวณหาค่าโลเวอร์บาวด์สำหรับตารางการผลิตที่จัดแล้วบางส่วน

สำหรับเทคนิคในการบรานช์ (branching) นั้นมีสองแบบคือ แบบแรกเป็นกระบวนการเลือกแยกปัญหาย่อยออกจาก node ที่ให้ค่าโลเวอร์บาวด์ต่ำที่สุดโดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับกิ่ง (branch) หนึ่งไปยังอีกกิ่งหนึ่งจนครบทุกกิ่ง ส่วนแบบที่สองเป็นกระบวนการแยกปัญหาย่อยออกจาก node ที่ให้ค่าโลเวอร์บาวด์ต่ำที่สุดโดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับกิ่งที่เป็นกิ่งชุดเดียวกันหรือเป็นกิ่งที่แยกออกจาก node ที่ระดับบนหรือระดับก่อนหน้าระดับที่พิจารณาเดียวกัน จนถึงระดับที่ n จะได้รับคำตอบ (Trial Solution) ซึ่งเป็น ตารางการผลิตที่ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงาน (operation) ครบทุกขั้นตอน

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการเปรียบเทียบเทคนิคในการบรานช์

| แบบแรก | แบบที่สอง |
|---|---|
| 1. มีปัญหาย่อยที่ถูกแยกออกมามาก | 1. มีปัญหาย่อยที่ถูกแยกออกมาน้อยกว่า |
| 2. การค้นหาคำตอบใช้เวลามากกว่า | 2. การค้นหาคำตอบใช้เวลาน้อยกว่า |
| 3. ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum) มากกว่า | 3. ให้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุด (Optimum) น้อยกว่า |
| 4. มีจำนวนกิ่งมาก | 4. มีจำนวนกิ่งน้อย |

ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ในลักษณะที่แยกปัญหาย่อยออกจาก node ที่ให้ค่าโลเวอร์บาวด์ต่ำที่สุดโดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับกิ่งที่เป็นกิ่งชุดเดียวกันจนถึงระดับที่ n จะได้รับคำตอบ (Trial Solution) โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับ เนื่องจากเป็นวิธีการที่มีความยุ่งยากซับซ้อนน้อยกว่าโดยมีปัญหาย่อยที่ถูกแยกออกมาน้อยกว่าและใช้เวลาในการหาคำตอบหรือจัดตารางการผลิตน้อยกว่า

2.1.7.1.1 วิธีการในการหาโลเวอร์บาวด์

วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมในกระบวนการบรานช์แอนด์บาวด์ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ เป็นการประมาณค่า makespan โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาตารางการผลิตที่ทำให้ได้ค่า makespan ต่ำที่สุด ผู้ที่นำเสนอวิธีการนี้คือ Brooks และ White (Baker, 1974: 193)

วิธีการหาโลเวอร์บาวด์ของ Brooks และ White ใช้หลักการในการคำนวณหา job-based bound และ machine-based bound การคำนวณ job-based bound มีสมมติฐานว่าเมื่อจัดตารางการผลิตให้ทุกๆ งานอยู่ชิดกันมากที่สุดแล้ว จะไม่มีงานใดที่ทำงานอยู่บนเครื่องจักรพร้อมกันสองงานในเวลาเดียวกัน นั่นคือไม่มีการขัดแย้งเงื่อนไขกำลังการผลิตของเครื่องจักร (capacity constraint) การคำนวณหา job-based bound สามารถคำนวณได้จากตารางการผลิตที่จัดแล้วบางส่วน (partial schedule) หรือ $PS_t$ และเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตได้ (schedulable operations) หรือ $S_t$ โดยในแต่ละขั้นตอนจะมีขั้นตอนการทำงานบางขั้นตอนที่ยังไม่ได้จัดลงในตารางการผลิต สำหรับขั้นตอนการทำงาน j ในเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตได้ (schedulable operations) หรือ $S_t$ ให้ $\sigma_j$ แทนเวลาเริ่มต้นได้เร็วที่สุดของขั้นตอนการทำงาน และให้ $R_j$ แทนผลรวมของเวลาการทำงานของขั้นตอนที่ยังไม่ได้จัดลงในตารางการผลิตของงาน (job) ที่สอดคล้องกับ ขั้นตอนการทำงานที่กำลังพิจารณาอยู่ ดังนั้นงาน (job) ดังกล่าวจะสามารถแล้วเสร็จได้อย่างเร็วที่เวลาเท่ากับ $\sigma_j + R_j$ ซึ่งเราสามารถเขียนในรูปของ job-based lower bound ได้ดังนี้

$$b_1 = \max_{j \in S_t} (\sigma_j + R_j) \qquad (2.4)$$

สำหรับการคำนวณ machine-based bound มีสมมติฐานว่า เมื่อจัดตารางการผลิตให้ทุกๆ งานอยู่ชิดกันมากที่สุดแล้ว จะไม่มีงานใดที่ขัดแย้งเงื่อนไขลำดับก่อน - หลังในการผลิต (precedence constraint) การคำนวณหา machine-based bound สามารถคำนวณได้จากตารางการผลิตที่จัดแล้วบางส่วน (partial schedule) หรือ $PS_t$ ซึ่งเวลาแล้วเสร็จของขั้นตอนการทำงานล่าสุดที่ทำงานบนเครื่องจักร k เท่ากับ $f_k$ ให้ $M_k$ แทนผลรวมของเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานที่ยังไม่ได้จัดลงในตารางการผลิตซึ่งต้องทำงานบนเครื่องจักร k ดังนั้นในการพิจารณาภาระงานบนเครื่องจักร k สามารถหาเวลาที่ขั้นตอนการทำงานสุดท้ายที่ทำงานบนเครื่องจักร k แล้วเสร็จเร็วที่สุดเท่ากับ $f_k + M_k$ ซึ่งเราสามารถเขียนในรูปของ machine-based lower bound ได้ดังนี้

$$b_2 = \max_{1 \le k \le m} \left( f_k + M_k \right) \qquad (2.5)$$

ดังนั้นเราสามารถหาโลเวอร์บาวด์ ได้ตามสมการ $B = \max \{b_1, b_2\}$

ในการหาโลเวอร์บาวด์หลังจากที่เราคำนวณค่าโลเวอร์บาวด์ได้แล้ว นำค่าโลเวอร์บาวด์ที่อยู่ในกระบวนการบรานช์ที่ขั้นตอนการคำนวณ (stage) เดียวกัน มาเปรียบเทียบกันเพื่อ หา node ที่มีค่าโลเวอร์บาวด์ต่ำที่สุดแล้วจึงแยกปัญหาจาก node นั้นออกเป็นปัญหาย่อย คำนวณในลักษณะเช่นนี้ต่อเนื่องไปจนกระทั่งได้ตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ที่ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานครบทุกขั้นตอน เรียกตารางการผลิตหรือผลลัพธ์ที่ได้นี้ว่า Trial Solution (Baker, 1974: 194)

2.1.7.1.2 กระบวนการคำนวณย้อนกลับ (Backtracking)

หลังจากผ่านกระบวนการบรานช์ ซึ่งเป็นกระบวนการแยกปัญหาจนถึงระดับที่ n จนได้ตารางการผลิตที่ประกอบด้วยขั้นตอนการทำงานครบทุกขั้นตอนแล้ว ใช้กระบวนการคำนวณย้อนกลับเพื่อย้อนกลับขึ้นไปเปรียบเทียบค่าโลเวอร์บาวด์ ซึ่งมีกรณีที่เป็นไปได้ 2 กรณี คือ

- ค่าโลเวอร์บาวด์ของ node ที่ย้อนกลับไปพิจารณามีค่ามากกว่าค่าของ Trial Solution ในกรณีนี้ node ที่กำลังพิจารณาอยู่จะถูกตัดทิ้งจากการคำนวณ (fathomed)
- ค่าโลเวอร์บาวด์ของ node ที่ย้อนกลับไปพิจารณามีค่าน้อยกว่าค่าของ Trial Solution ในกรณีนี้ต้องแยกปัญหาย่อยจาก node นั้นต่อไป (เราจะแยกปัญหาย่อยต่อไปเรื่อยๆ ถ้าโลเวอร์บาวด์ของ node ยังไม่ถูกตัดทิ้งจากการคำนวณ) จนกระทั่งถึงระดับล่างสุดครั้งใหม่ นั่นคือ ได้ผลลัพธ์หรือตารางการผลิตที่มีขั้นตอนการทำงานครบทุกขั้นตอน (Trial Solution) ซึ่งเป็นตารางการผลิตที่เป็นผลลัพธ์จากการคำนวณครั้งใหม่เปรียบเทียบกับโลเวอร์บาวด์ซึ่งเป็นตัวประมาณค่าของ makespan ของ Trial Solution เดิม แล้วนำค่าโลเวอร์บาวด์ที่น้อยกว่าไปเปรียบเทียบตามกระบวนการคำนวณย้อนกลับต่อไป

กระบวนการคำนวณย้อนกลับ (Backtracking) จะดำเนินต่อไป จนกระทั่งถึงระดับที่ไม่สามารถแยกปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยได้อีกและ node ต่างๆ ได้ถูกตัดทิ้งออกจากการคำนวณทั้งหมด ซึ่งทำให้ได้ตารางการผลิตที่ดีที่สุด

2.1.7.1.3 ข้อจำกัดของกระบวนการคำนวณย้อนกลับ

สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ การคำนวณมีความยุ่งยากและต้องใช้เวลานานในการคำนวณเพื่อหาตารางการผลิตแบบแอคทีฟที่ดีที่สุด เราอาจเปลี่ยนจากการพิจารณาเซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟไปเป็นเซตของตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ ซึ่งเป็นการลดความยุ่งยากและเวลาในการคำนวณเนื่องจากเซตของขั้นตอนการทำงาน (operation) ที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์มีจำนวนขั้นตอนการทำงานน้อยกว่าเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ อย่างไรก็ตามการคำนวณตามกระบวนการคำนวณย้อนกลับยังคงมีความยุ่งยากและต้องใช้เวลาในการคำนวณนานเกินกว่าที่จะนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ ดังนั้นเราจึงใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับซึ่งวิธีการบรานช์แอนด์บาวด์จะสิ้นสุดเมื่อพบผลลัพธ์ที่เป็นไปได้ (feasible solution) ที่เป็นผลลัพธ์แรกและถือได้ว่าเป็นวิธีการฮิวริสติกวิธีหนึ่ง

2.1.7.2 วิธีการฮิวริสติก (Heuristic Procedures)

วิธีนี้เป็นการนำกฎต่างๆ มาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่น่าพอใจของปัญหาและวิธีที่ทำให้ผลลัพธ์เป็นที่น่าพอใจนั้นไม่สามารถรับรองได้ว่าเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีการนี้สามารถหาผลลัพธ์ของปัญหาที่มีขนาดใหญ่ โดยไม่ต้องใช้การคำนวณมากนัก (Baker, 1974: 195) กฎต่างๆ ที่เป็นฮิวริสติก ได้แก่

2.1.7.2.1 กฎการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Dispatching Rules)

กฎการจัดลำดับความสำคัญเป็นกฎที่ใช้เลือกขั้นตอนการทำงาน (operation) จากการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟซึ่งผ่านเงื่อนไข $\sigma_j < \phi^*$ และทำงานบนเครื่องจักร $m^*$ ส่วนในกรณีของการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญในการเลือกขั้นตอนการทำงานที่ผ่านเงื่อนไข $\sigma_j = \sigma^*$ และทำงานบนเครื่องจักร $m^*$ (Baker, 1974: 196)

ในการสร้างตารางการผลิตโดยใช้ฮิวริสติกนี้ สามารถทำได้ 2 แบบ คือในขณะที่เลือกเงื่อนไข $\sigma_j < \phi^*$ จากตารางการผลิตแบบแอคทีฟ และ $\sigma_j = \sigma^*$ จากตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ และสามารถนำกฎเกณฑ์ที่เป็นฮิวริสติกมาใช้ในการตัดสินใจเลือกขั้นตอนการทำงานได้ ซึ่งกฎเกณฑ์ที่เป็นฮิวริสติกเหล่านี้ ได้แก่

1. EDD (Earliest Due Date)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานของงานที่จะถึงกำหนดเวลาส่งงานเร็วที่สุด

2. LWKR (Least Work Remaining)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานที่งานนั้นมีผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือ (Work Remaining) น้อยที่สุด

3. MWKR (Most Work Remaining)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานที่งานนั้นมีผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือ (Work Remaining) มากที่สุด

4. MOPNR (Most Operation Remaining)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานของงานที่มีจำนวนขั้นตอนการทำงานที่เหลือมากที่สุด

5. SMT (Smallest Value Obtained by Multiplying Processing Time with Total Processing Time)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานที่มีค่าของผลคูณระหว่างเวลาการทำงานกับผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมดของงานน้อยที่สุด

6. SPT (Shortest Processing Time)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานที่มีเวลาการทำงานน้อยที่สุด

7. STPT (Shortest Total Processing Time)

กฎนี้เป็นการเลือกขั้นตอนการทำงานของงานที่มีค่าผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมดน้อยที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.7.2.2 วิธีการสุ่ม (Sampling Procedures)

วิธีการนี้จะเลือกวิธีการสุ่ม ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับจำนวนขั้นตอนการทำงานด้วยจำนวนตัวอย่างจากการสุ่มที่มากกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่เข้าใกล้ผลลัพธ์ที่ดีมากกว่าจำนวน ตัวอย่างที่น้อยกว่า (Baker, 1974: 200)

2.1.7.2.3 วิธีการสุ่มโดยใช้ความน่าจะเป็น (Probabilistic Dispatching Procedures)

เป็นการนำค่าความน่าจะเป็นมาใช้ในการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ซึ่งคล้ายกับวิธีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Procedures) (Baker, 1974: 202)

2.1.7.3 วิธีการทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Approach)

เป็นการนำแบบจำลองทางด้านคณิตศาสตร์มาใช้ในการหาผลลัพธ์ ซึ่งได้แก่

2.1.7.3.1 การโปรแกรมเลขจำนวนเต็ม (Integer Programming)

เป็นวิธีการโปรแกรมเลขจำนวนเต็มเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดโดยสามารถรับประกันได้ว่า ผลลัพธ์ที่ได้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (optimal solution) (Baker, 1974: 206)

## 2.2 แนวคิดเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling)

การจัดตารางการผลิตเป็นปัญหาที่มีความยากทั้งในเชิงทฤษฎีและปฏิบัติ ปัญหาการจัดตารางการผลิตในเชิงทฤษฎีซึ่งเกี่ยวข้องกับการหาตารางการผลิตที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับเงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ ในการจัดตารางการผลิตมีความยุ่งยากซับซ้อนและส่วนใหญ่เป็นปัญหาในลักษณะ NP-hard (Garey and Johnson, 1979) ดังนั้นจึงมีรายงานเกี่ยวกับการนำทฤษฎีการจัดตารางการผลิตไปใช้ในทางปฏิบัติน้อยมาก ปัญหาในทางปฏิบัติมีความซับซ้อนเนื่องจากมีเงื่อนไขจำนวนมากและมีความหลากหลายเกิดขึ้น (Fox, 1987) รวมทั้งตัววัดผลหรือเกณฑ์ในการประเมินตารางการผลิตที่ดีมีความแตกต่างกันแล้วแต่วัตถุประสงค์ของผู้จัดตารางการผลิต นอกจากนี้ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตเช่น เวลาการทำงาน เวลาที่วัตถุดิบเข้ามาถึงที่โรงงานและความพร้อมในการใช้งานของเครื่องจักร เป็นต้น มักมีความไม่แน่นอน (Fox and Kempf, 1985) วิธีการในการหาตารางการผลิตที่ดีที่สุด (optimal schedule) มีข้อจำกัดในการคำนวณและการใช้งาน ซึ่งนำไปสู่การที่ไม่สามารถนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้หากไม่มีการนำฮิวริสติกมาใช้แทนวิธีการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด (exact algorithm) และหากไม่มีการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบเพื่อตอบสนองความไม่แน่นอนที่พบในการผลิตจริง ในสภาพแวดล้อมของการผลิตจริงมีการ

เปลี่ยนแปลงตลอดเวลาและมักมีเหตุการณ์ไม่คาดคิดเกิดขึ้น ดังนั้นการจัดตารางการผลิตในทางปฏิบัติจึงต้องมีการปรับเปลี่ยนอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้สอดคล้องกับความไม่ แน่นอนที่เกิดขึ้น จึงถือได้ว่าการจัดตารางการผลิตเป็นกระบวนการที่มีความต่อเนื่องและต้องเปลี่ยนแปลงไปตามสถานการณ์ของการผลิตจริงโดยใช้หลักการและแนวความคิดในการจัด ตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Scheduling)

การจัดตารางการผลิตเพื่อตอบสนองความไม่แน่นอนในการผลิตจำเป็นต้องอาศัยข้อมูลย้อนกลับจากการผลิตจริงที่แตกต่างไปจากข้อมูลที่ใช้จัดตารางการผลิตครั้งแรก โดยมีวิธีการจัดตารางการผลิตตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไป 2 วิธี วิธีการแรกคือ การจัดตารางการผลิตขึ้นมาใหม่ วิธีการที่สองเป็นการปรับเปลี่ยนตารางการผลิตเดิมให้สอดคล้องกับสถานการณ์ที่เปลี่ยนไป สำหรับวิธีการแรกมีข้อดีคือ ทำให้ได้ตารางการผลิตที่เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่มีข้อเสียคือ ต้องใช้เวลาในการคำนวณเพื่อจัดตารางการผลิตใหม่ ดังนั้นการจัดตารางการผลิตจึงมักเป็นไปตามหลักการที่จะไม่มีการสร้างตารางการผลิตใหม่บ่อยครั้ง แต่มีการปรับเปลี่ยนตารางการผลิตให้สอดคล้องกับความเป็นจริง และจัดตารางการผลิตใหม่ตามรอบระยะเวลาการจัดตารางการผลิต (Smith, 1994)

2.2.1 <u>วิธีการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ</u>

เป้าหมายที่สำคัญในการวางแผนการผลิตคือ การตอบสนองความต้องการของลูกค้าอย่างรวดเร็วและสามารถส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าได้ทันเวลา การจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการที่มีประสิทธิภาพจะทำให้ผู้ผลิตบรรลุเป้าหมายดังกล่าว โดยสามารถพยากรณ์เวลาที่งานแล้วเสร็จและคาดการณ์อุปสรรคและปัญหาเกี่ยวกับการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าไม่ทันเวลา ซึ่ง การที่สามารถคาดการณ์ปัญหาดังกล่าวได้ล่วงหน้าจะทำให้ผู้ผลิตเตรียมวิธีการแก้ไขปัญหาได้ทันท่วงที

กฎการจัดตารางการผลิตที่นำไปใช้มากในอุตสาหกรรมได้แก่ กฎการจัดลำดับความสำคัญ (priority rule) เช่น กฎ EDD ซึ่งเลือกทำขั้นตอนการทำงานของงาน (job) ที่กำหนดส่งมอบมาถึงก่อน หรือกฎ SPT ซึ่งเลือกทำขั้นตอนการทำงานที่มีเวลาการทำงานสั้นที่สุด Iskander (1977) รวบรวมกฎเหล่านี้ถึง 100 กฎ รวมถึงกฎที่ประกอบด้วยกฎพื้นฐานต่างๆ

การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบเป็นการควบคุมและเฝ้าติดตามการนำตารางการผลิตไปใช้ และเปลี่ยนแปลงตารางการผลิตตามประสบการณ์ของผู้จัดตารางการผลิตหรือเพื่อตอบสนองเหตุการณ์ที่คาดไม่ถึงซึ่งเกิดขึ้นในการผลิตจริง ในการจัดตารางการผลิตต้องพิจารณาประสิทธิภาพในการคำนวณของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่สามารถตอบสนองเหตุการณ์

ต่างๆ ที่เกิดขึ้นในการผลิต และต้องเปรียบเทียบระหว่างประสิทธิภาพการผลิตที่ดีขึ้นกับเวลาและค่าใช้จ่ายในการจัดตารางการผลิต (Kerr and Szelke, 1994)

แม้ว่าการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต แต่งานวิจัยทางด้านนี้ยังคงมีน้อย เนื่องจากการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบเป็นปัญหาที่ ยุ่งยากซับซ้อนมากและวิธีการพื้นฐานไม่สามารถนำมาใช้ได้

สถาบัน Robotics Institute of Carnegie Mellon University ได้เสนอระบบการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบซึ่งเป็นที่แพร่หลาย (Hasle and Smith, 1995) คือ ระบบ OPIS ซึ่งมีการพัฒนาต่อมาจากระบบ ISIS (Fox, 1994) โดยใช้การพิจารณาเงื่อนไขต่างๆ ในการผลิต ระบบการจัดตารางการผลิตใช้ฮิวริสติกเพื่อหาตารางการผลิตที่เหมาะสมโดยตัดสินว่า สอดคล้องกับเงื่อนไขต่างๆ อย่างเหมาะสมหรือไม่ ถ้ามีเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดเกิดขึ้นระบบจะพยายามปรับตารางการผลิตเพื่อไม่ให้ขัดแย้งกับเงื่อนไขใหม่และมีการประเมินประสิทธิภาพของการปรับตารางการผลิต อย่างไรก็ตามระบบไม่รับประกันว่าการปรับเปลี่ยนตารางการผลิตจะ ทำให้ตารางการผลิตมีประสิทธิภาพดีขึ้น

ระบบการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบที่พัฒนาต่อมาคือ ระบบ DAS (Burke and Prosser, 1991) ระบบ DAS มีระบบที่เป็นลำดับขั้นในการควบคุมประสิทธิภาพของการผลิตสำหรับงาน (job) และทรัพยากร (resource)

ในการประเมินประสิทธิภาพของตารางการผลิต ผู้จัดตารางการผลิตไม่สามารถพิจารณาทุกๆ แง่มุมที่เกี่ยวข้องกับการประเมินประสิทธิภาพของตารางการผลิตเนื่องจากสภาพแวดล้อมในระบบการจัดตารางการผลิตในอุตสาหกรรมมีความซับซ้อนมากและมีตัววัดเชิงปริมาณมากมายที่ไม่สามารถวัดได้ ความยุ่งยากซับซ้อนเกิดขึ้นจากสภาพแวดล้อมในการผลิตที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา เช่น จำนวนเครื่องจักรมีการเปลี่ยนแปลง และการปรับเปลี่ยนวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต ดังนั้นระบบการจัดตารางการผลิตที่ดีจึงต้องสามารถปรับเปลี่ยนได้ง่ายและสามารถควบคุมโดยผู้จัดตารางการผลิต แม้ว่าระบบการจัดตารางการผลิตจะช่วยสนับสนุนการตัดสินใจให้กับผู้จัดตารางการผลิต แต่ความรับผิดชอบยังอยู่ที่ผู้จัดตารางการผลิต โดยผู้จัดตารางการผลิตสามารถเลือกได้ว่า จะให้ระบบจัดตารางการผลิตโดยอัตโนมัติหรือจัดตารางการผลิตด้วยผู้จัดตารางการผลิตเองในลักษณะการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ และผู้จัดตารางการผลิตสามารถเปลี่ยนแปลงตารางการผลิตซึ่งสร้างมาจากระบบการจัดตารางการผลิต โดยระบบจะแสดงประสิทธิภาพหลังการเปลี่ยนแปลงเพื่อเป็นการ เปรียบเทียบ

2.2.2 <u>แนวทางการพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้ในการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ</u>

การพัฒนาระบบการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องมาเป็นลำดับ การพัฒนาเพิ่มขึ้นจากระบบการจัดตารางการผลิตที่มีอยู่เดิมจะช่วยลดเวลาและค่า ใช้จ่ายในการพัฒนา และจะทำให้ได้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ดีขึ้นเนื่องจากมีการทดสอบและนำส่วนประกอบของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เดิมมาพัฒนาอย่างต่อเนื่อง (Sametinger, 1997) ลักษณะของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ช่วยในการจัดตารางการผลิต ได้แก่

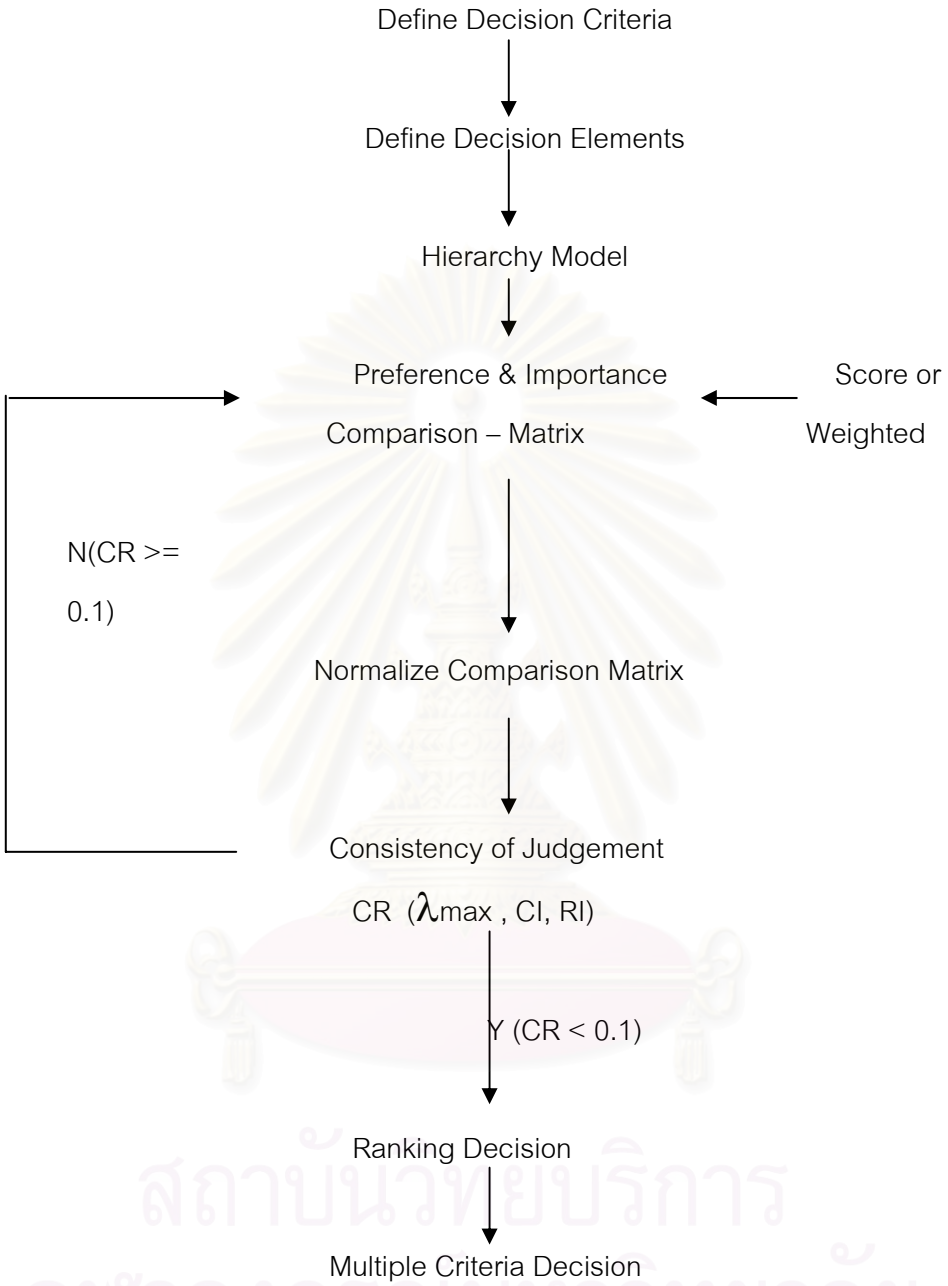
- มีการใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ชั้นสูง (high-level languages)
- เป็นเครื่องมือในการจัดตารางการผลิต (scheduling tools)
- เป็นกรอบโครงสร้างในการจัดตารางการผลิต (scheduling framework)

## 2.3 การประยุกต์ใช้การวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (Analytical Hierarchy Process, AHP) ในการจัดตารางการผลิต

เทคนิค AHP (Analytical Hierarchy Process) เป็นวิธีที่นำมาใช้วิเคราะห์ผลในการจัดตารางการผลิตแต่ละวิธี เพื่อตัดสินใจเลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลลัพธ์โดยรวมเหมาะสมที่สุด หรือมีน้ำหนักของปัจจัยโดยรวมมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>แผนภูมิขั้นตอนเทคนิค AHP</u>




รูปที่ 2.8 รูปแสดงแผนภูมิขั้นตอนเทคนิค AHP

ทฤษฎี AHP พัฒนาขึ้นมาโดย Thomas L. Satty ในการวิเคราะห์การตัดสินใจในปัญหาที่มีตัววัดผลหรือเกณฑ์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก คือ

- การสร้างแบบจำลองของปัญหาการตัดสินใจ (Modeling the Decision Problem) เป็นการสร้างแบบจำลองของปัญหาการตัดสินใจด้วยการแบ่งลำดับขั้น (hierarchy) ของความสัมพันธ์ของการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์ (criteria) และทางเลือกในแต่ละทางเลือก (alternative)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญ (Preference and Importance Comparison) เป็นการพัฒนาการตัดสินใจเลือกทางเลือกเพื่อให้ได้ความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจแต่ละเกณฑ์โดยวิธีการเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison)
- การคำนวณลำดับความสำคัญสัมพัทธ์ (Computing Relative Priority) เป็นการคำนวณและประเมินความสำคัญของทางเลือกแต่ละทางเลือก (decision element) ในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจ โดยการเปรียบเทียบกันในรูปของตัวเลข (numerical)
- การพิจารณาความสอดคล้องในการเปรียบเทียบ (Consistency of Judgement) เป็นการวิเคราะห์ค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) จากการคำนวณเพื่อแสดงว่าการเปรียบเทียบและการจัดลำดับความสำคัญของทางเลือก แต่ละทางเลือก ในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจมีค่าอัตราส่วน CR โดยปกติหรือไม่ ถ้าปกติจะมีค่าไม่เกิน 0.1 หรือ 10%

$$CR = \frac{CI}{RI} = \frac{\left(\frac{\lambda max - n}{n-1}\right)}{RI} \qquad (2.6)$$

- การจัดลำดับทางเลือกในการตัดสินใจ (Ranking Decision Alternative) เป็นการเลือกลำดับความสำคัญจากตัวเลขน้ำหนักที่คำนวณได้ในทางเลือกแต่ละทางเลือกเพื่อตัดสินใจ

2.3.1 <u>การสร้างแบบจำลองปัญหาการตัดสินใจ (Modeling the Decision Problem)</u>

กระบวนการ AHP ทำการแตกปัญหาที่มีตัววัดผลหรือเกณฑ์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ ในรูปแบบของลำดับขั้น (hierarchy level) ดังนี้

Top level เป็น Overall Objective

2nd level เป็นเกณฑ์การตัดสินใจหลัก (major criteria)

3rd level เป็นการแบ่งลำดับความสำคัญของเกณฑ์การตัดสินใจสู่เกณฑ์การตัดสินใจย่อย (sub criteria)

Last level เป็นทางเลือกในการตัดสินใจ (decision alternative)

2.3.2 การเปรียบเทียบลำดับความสำคัญ(Preference and Importance Comparison)

ผู้ตัดสินใจต้องทำการสร้างเมตริกการเปรียบเทียบ (comparison matrices) โดยการกำหนดความสำคัญเป็นตัวเลขของทางเลือกแต่ละทางเลือก การเปรียบเทียบจะทำโดยการจับคู่ของทางเลือกที่ต้องการเลือกแล้วให้คะแนนความสำคัญว่า ทางเลือกใดมีความสำคัญหรือเป็นไปตามวัตถุประสงค์มากกว่า ดังสเกล (scale) ต่อไปนี้

| Preference | Definition |
|---|---|
| 1 | มีความสำคัญเท่ากัน |
| 3 | มีความสำคัญมากกว่าปานกลาง |
| 5 | มีความสำคัญมากกว่ามาก |
| 7 | มีความสำคัญมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด |
| 9 | มีความสำคัญมากกว่าเป็นอย่างยิ่ง |

ส่วนตัวเลขคู่ในระหว่างตัวเลขคี่ของความสำคัญ อาจจะใช้เมื่อผู้ตัดสินใจเปรียบเทียบแล้วรู้สึกเป็นกลางๆ ในระหว่างค่าลำดับความสำคัญ 2 ลำดับ

2.3.3 การคำนวณลำดับความสำคัญสัมพัทธ์ (Computing Relative Priority)

ขั้นตอนนี้เป็นการคำนวณลำดับความสำคัญของทางเลือกแต่ละทางเลือก โดยใช้การเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison) ซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.3.3.1 รวมค่าของคอลัมน์แต่ละคอลัมน์ของเมตริกการเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison matrix) แล้วเอาไปหารจำนวนตัวเลข (scores) ที่อยู่ใน pairwise matrix เรียกว่า “Normalized Comparison Matrix”

2.3.3.2 คำนวณค่าเฉลี่ยของ Normalized Comparison Matrix (NCM) ของแถวแต่ละแถว (ROW) เป็นค่าลำดับความสำคัญสัมพัทธ์ (relative priority) ของทางเลือกแต่ละทางเลือกที่ตรงกับทางเลือกนั้นในเมตริก

2.3.4 การพิจารณาความสอดคล้องในการเปรียบเทียบ (Consistency of Judgement)

ขั้นตอนนี้เป็นส่วนสำคัญอีกอย่างหนึ่งของ AHP ในการตัดสินใจจากเมตริกการเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison matrix) ยกตัวอย่างเช่น ถ้าให้ A สำคัญมากกว่า B (5) มากและ B สำคัญมากกว่า C (3) ปานกลาง แล้วเราควรทราบว่า A สำคัญมากกว่า C (7) อย่าง

เห็นได้ชัด หรือมากกว่า 7 โดยปกติในการเปรียบเทียบบ่อยครั้งพบว่าผู้ตัดสินใจกำหนด preference score ไม่สอดคล้องกัน ดังนั้น AHP จะคำนึงถึงความสอดคล้องของการเปรียบเทียบ (consistency) ในเมตริกการเปรียบเทียบ (comparison matrix) ว่ามีความเชื่อมั่นได้หรือไม่ว่าสอดคล้องกัน โดยพิจารณาจากอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio) โดยปกติจะยอมรับค่าที่มี CR ไม่เกิน 0.1 ซึ่งใช้เป็นดัชนีในการพิจารณาและแก้ไขการ เปรียบเทียบและตัดสินใจในเมตริกการเปรียบเทียบ

อัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio) คำนวณได้โดย

2.3.4.1 คำนวณค่า weighted sum โดยเอาค่าของทางเลือกในเมตริกการเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison matrix) แต่ละคอลัมน์ (column) ของแต่ละแถว (row) คูณกับ weighted relative priorities

2.3.4.2 นำค่าที่ได้จากข้อ 2.3.4.1 แต่ละแถวหารด้วย weighted priorities value ของทางเลือกในการตัดสินใจ

2.3.4.3 คำนวณค่า $\lambda$max จากการเฉลี่ยค่าในข้อ 2.3.4.2

2.3.4.4 คำนวณค่าดัชนีความสอดคล้อง (Consistency Index, CI) จาก

$$CI = \frac{\lambda\,\mathbf{max} - \mathbf{n}}{\mathbf{n} - \mathbf{1}} \qquad (2.7)$$

โดยที่ n = จำนวนทางเลือกในการตัดสินใจ

ถ้าค่า $\lambda$max = n จะทำให้ค่า CI = 0 ซึ่งเป็นค่าที่ดีที่สุด

2.3.4.5 คำนวณค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio, CR) จาก

$$\mathbf{CR} = \frac{\mathbf{CI}}{\mathbf{RI}} = \frac{\left(\dfrac{\lambda\,\mathbf{max} - \mathbf{n}}{\mathbf{n} - \mathbf{1}}\right)}{\mathbf{RI}} \qquad (2.8)$$

2.3.5 <u>การจัดลำดับทางเลือกในการตัดสินใจ (Ranking Decision Alternative)</u>

เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการจัดลำดับทางเลือกในการตัดสินใจจากความสัมพันธ์ของการเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison) ในแต่ละทางเลือกของลำดับขั้น (hierarchy) โดยคำนวณจากความสำคัญของเกณฑ์ในการตัดสินใจแต่ละเกณฑ์และลำดับความสำคัญของทางเลือกแต่ละทางเลือก แล้วนำมาบวกกันในแต่ละทางเลือกในการตัดสินใจ (decision

elements) ถ้าทางเลือกใดมีค่าน้ำหนักความสำคัญมากที่สุด ทางเลือกนั้นจะถูกเลือกตัดสินใจและมีลำดับความสำคัญสูงสุดในเมตริกการเปรียบเทียบเป็นคู่ (pairwise comparison matrix)

AHP เป็นการตัดสินใจเลือกทางเลือกด้วยตัววัดผลหรือเกณฑ์การตัดสินใจหลายเกณฑ์ ทำให้มีการตัดสินใจตามขั้นตอนของแบบจำลองที่ทำให้แน่ใจยิ่งขึ้นว่า การตัดสินใจเลือกทางเลือกใดทางเลือกหนึ่งไม่ได้ตัดสินใจตามตัววัดผลหรือเกณฑ์การตัดสินใจเพียงเกณฑ์เดียวเท่านั้น ด้วยวิธีการใช้เมตริกการเปรียบเทียบ (comparison matrix) ในแบบจำลองในลักษณะที่เป็นลำดับขั้น (hierarchy model) การตัดสินใจว่าทางเลือกใดดีกว่าในแต่ละเกณฑ์การตัดสินใจและเกณฑ์การตัดสินใจในแต่ละเกณฑ์ เกณฑ์ใดสำคัญกว่าโดยการให้คะแนนตามลำดับความสำคัญ 1-9 และวิธีการ AHP ยังตรวจสอบความสอดคล้องในการเปรียบเทียบของเมตริกได้โดยพิจารณาจากค่าอัตราส่วนความสอดคล้อง (Consistency Ratio) ซึ่งจะยอมรับเมื่อมีค่าน้อยกว่า 0.1 และสุดท้ายจะเลือกทางเลือกใดนั้นขึ้นกับค่า ranking weighted ของทางเลือกแต่ละทางเลือกโดยเลือกทางเลือกที่มีค่า ranking weighted มากที่สุด

## 2.4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

**Giffler และคณะ (1960)** เสนอวิธีการสำหรับการแก้ปัญหาการลดเวลาการผลิตในการจัดตารางการผลิต วิธีการที่เสนอในการจัดตารางการผลิตที่เป็นสับเซตของตารางการผลิตทุกๆ ตารางที่เป็นไปได้เรียกว่า ตารางการผลิตแบบแอคทีฟ (Active Schedule) ซึ่งในตารางการผลิตแบบแอคทีฟมีตารางการผลิตที่ดีที่สุด (Optimal Schedule) อยู่ในเซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟ งานวิจัยนี้ได้แสดงอีกว่าจากประสบการณ์ในการคำนวณโดยใช้วิธีการที่เสนอพบว่าเป็นไปได้ที่จะสร้างตารางการผลิตแบบแอคทีฟทุกตารางการผลิตอย่างสมบูรณ์และเลือก ตารางการผลิตที่ดีที่สุดโดยตรงจากเซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟในกรณีที่เป็นปัญหาเล็กๆ แต่ในกรณีที่เป็นปัญหาใหญ่ควรใช้วิธีสุ่มจากเซตของตารางการผลิตแบบแอคทีฟทั้งหมด

**Gere (1966)** ได้ศึกษาทั้งปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบสถิต (static) และแบบพลวัต (dynamic) งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อค้นหาว่า มีการลดผลรวมของเวลาสายของงาน (Sum of Lateness) หรือไม่ เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์นี้จึงทำการจำลองแบบปัญหาขั้นตอนของการผลิตแบบ Job Shop โดยใช้ภาษา Fortran ผู้วิจัยใช้โปรแกรมที่ทดสอบกฎการจัดลำดับความสำคัญ (Priority Rule) แปดกฎ ผลจากงานวิจัยชี้ให้เห็นว่าประสิทธิภาพของฮิวริสติกในการรวมกฎการจัดลำดับความสำคัญสามารถปรับปรุงตารางการผลิตอย่างมีนัยสำคัญเมื่อใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญที่สมเหตุสมผล

**Hershauer และคณะ (1975)** เสนอวิธีการมาตรฐานสำหรับการเลือกกฎการจัดลำดับในการผลิตแบบ Job Shop กฎการจัดลำดับเป็นการรวมเชิงเส้นของตัวแปรตัดสินใจหลายตัวโดยมีการให้น้ำหนักตัวแปรตัดสินใจแต่ละตัว กฎที่เสนอนี้ใช้เพื่อหาลำดับความสำคัญของงานแต่ละงานในแถวคอยและมีการหาต้นทุนการผลิตจากการจำลองแบบปัญหาโดยใช้คอมพิวเตอร์ มีการปรับสัมประสิทธิ์ของฟังก์ชันลำดับความสำคัญโดยวิธีการหาแบบแผนเพื่อหาสัมประสิทธิ์ที่ทำให้ต้นทุนคาดหมายต่อการสั่งซื้อน้อยที่สุดสำหรับโครงสร้างต้นทุนที่กำหนด โดยโครงสร้างต้นทุนเป็นการรวมของตัววัดผลที่ได้หลายๆ ตัว วิธีการที่ Hershauer และคณะเสนอเป็นวิธีการสำหรับหากฎการจัดลำดับที่ได้ผลดีในการผลิตแบบ Job Shop

**Buzacott (1976)** ได้คำนวณกำลังการผลิตของการผลิตแบบ Job Shop ในกรณีที่มี พื้นที่ในการเก็บที่จำกัดโดยสมมติว่า จำนวนของงานที่รออยู่หน้าเครื่องจักรถูกจำกัด ดังนั้นงานที่เข้ามาขณะที่ไม่มีพื้นที่เหลือใน shop ทำให้เกิดแถวคอยใน shop กำลังการผลิตหรืออัตราที่มากที่สุดที่ชิ้นงานออกจาก shop ขึ้นอยู่กับวิธีการในการเลือกงานจากแถวคอยใน shop เข้าสู่แถวคอยของเครื่องจักร สำหรับกรณีของการผลิตแบบ Job Shop ที่มีเครื่องจักรที่เหมือนกันและใช้งานแทนกันได้สองเครื่องและมีเส้นทางการไหลของงานแบบสุ่ม มีการเปรียบเทียบกฎในการเลือกงานจากแถวคอย จากงานวิจัยพบว่า กำลังการผลิตสูงขึ้นเมื่อจำนวนของงานใน shop น้อยกว่าพื้นที่ที่มีอยู่

**Spachis และคณะ (1979)** ทำการสำรวจประสิทธิภาพและความเหมาะสมของ Local-neighborhood-search-based Heuristic สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตของการผลิตแบบ Job Shop คณะผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนการประเมินเป้าหมายในรูปของประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยและประสิทธิภาพขั้นต่ำซึ่งเกี่ยวข้องกับความยุ่งยากซับซ้อนในการคำนวณของปัญหาและความเร็วในการหาผลลัพธ์รวมทั้งมีการเสนอแบบจำลองในการปรับปรุงผลลัพธ์และกฎในการหยุดการคำนวณ

**Blackstone และคณะ (1982)** ได้ศึกษาทบทวนเกี่ยวกับกฎการเร่งงาน (Dispatching Rule) วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่ออธิบายเกี่ยวกับกฎการเร่งงาน รวมถึงวิธีการเชิงวิเคราะห์ (Analytical Approach) เทคนิคการจำลองแบบปัญหา (Simulation Technique) และเกณฑ์การประเมิน (Evaluation Criteria) รวมถึงมีการเปรียบเทียบกฎการเร่งงานหลายๆ กฎซึ่งใช้ข้อมูลจากผลการศึกษาที่ตีพิมพ์ในช่วงเวลานั้น Blackstone สรุปว่าไม่มีกฎการเร่งงานกฎใดเพียงกฎเดียวที่สามารถลดค่าใช้จ่ายจากงานล่าช้าได้น้อยที่สุดในการผลิตแบบ Job Shop กฎ SI อาจเป็นกฎที่ดีที่สุดในกรณีที่ 1. ไม่มีการกำหนดวันส่งมอบ (Due Date) 2. มีการกำหนดวันส่งมอบที่เข้มงวด 3. มีการกำหนดวันส่งมอบอย่างหลวมๆ ในช่วงเวลาที่มีงานในการผลิตมาก

**Russell และคณะ (1987)** เสนอการวิเคราะห์เชิงเปรียบเทียบของกฎการจัดลำดับงาน COVERT ซึ่งเป็น Job Shop Dispatching Rule ที่จัดลำดับความสำคัญของงานในแถวคอยตามอัตราส่วนระหว่างเวลาที่คาดว่างานจะล่าช้ากับเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานนั้น มีการทดสอบกฎการจัดลำดับ COVERT กว่า 20 ปีที่ผ่านมาด้วยผลที่น่าพึงพอใจ อย่างไรก็ตามหลังจากนั้นกฎ COVERT ก็ถูกรวมอยู่เป็นเพียงกฎหนึ่งที่มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกฎการจัดตารางการผลิตแบบอื่น ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบกฎ COVERT ในส่วนของรายละเอียดเมื่อเปรียบเทียบกับความสะดวกในการใช้งาน ความไวต่อพารามิเตอร์ที่เป็นข้อมูลนำเข้า และตัววัดประสิทธิภาพเมื่อเปรียบเทียบกับกฎการจัดตารางการผลิตแบบอื่น เช่น Truncated SPT Dynamic Slack และ Modified Duedate มีการทดสอบประสิทธิภาพของกฎ COVERT โดยใช้ตัววัดเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) งานวิจัยนี้ดำเนินการทดสอบโดยใช้แบบจำลองในการจำลองแบบปัญหาของการผลิตแบบ Job Shop โดยที่มีงานและเส้นทางการไหลของงานที่ได้จากการสุ่ม ผลการทดสอบพบว่า กฎ COVERT เป็นกฎการจัดลำดับที่ดีและในหลายๆ กรณี พบว่า กฎ COVERT มีประสิทธิภาพที่ดีกว่ากฎการจัดตารางการผลิตแบบอื่น

**Anderson และคณะ (1990)** เสนอกฎการเร่งงาน (Dispatching Rule) ซึ่งเป็นกฎใหม่จำนวนสองกฎเพื่อลดเวลาล่าช้าของงาน (Tardiness) ในการผลิตแบบ Job Shop กฎทั้งสองกฎมีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับกฎ Modified Operation Due Date (MOD) กฎแรกที่เสนอคือ กฎที่เกิดจากการรวมกันของกฎ Shortest Processing Time (SPT) และกฎ Critical Ratio (CR) และกฎที่สองที่เสนอคือกฎที่เกิดจากการรวมกันของกฎ SPT และกฎ Slack per Remaining Work (S/RPT) กฎใหม่ทั้งสองกฎสามารถนำไปใช้ได้ง่ายและสามารถดัดแปลงเพื่อลด Weighted Tardiness นอกจากนั้นกฎทั้งสองกฎไม่จำเป็นต้องมีการประมาณค่าพารามิเตอร์ในการนำไปใช้ซึ่งดีกว่ากฎที่คิดค้นก่อนหน้ากฎนี้คือ กฎ COVERT ผลจากการจำลองแบบปัญหาแสดงให้เห็นว่าประสิทธิภาพของกฎใหม่ทั้งสองกฎดีกว่ากฎอื่นๆ ที่ถูกพัฒนาขึ้นเพื่อลด Total Weighted Tardiness และ Unweighted Tardiness ในลักษณะการผลิตแบบ Job Shop และกฎทั้งสองนี้มีประสิทธิผลในการลดจำนวนงานที่ล่าช้าด้วย

**Ulrich และ Durig (1992)** ออกแบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ระบบสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนและควบคุมการผลิต ระบบสนับสนุนการตัดสินใจที่สร้างขึ้นเกี่ยวข้องกับการจัดตารางการผลิตซึ่งได้พัฒนาเครื่องมือในการวางแผนการผลิตที่มีลักษณะเป็นเมนูแบบไมโครซอฟต์วินโดว์ สำหรับการดำเนินการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just-In-Time, JIT) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจนี้ใช้การโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในลักษณะ Object-Oriented (Object-Oriented Programming, OOP) โดยใช้ Smalltalk-80

**HE และคณะ (1993)** เสนอฮิวริสติกที่มีประสิทธิภาพสำหรับกรณีของ Multiple-Pass สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตของการผลิตแบบ Job Shop โดยมีจุดประสงค์เพื่อลดผลรวมของเวลาล่าช้าของงานทั้งหมด (Total Job Tardiness)

**Askin และคณะ (1994)** ได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องและเสนอวิธีการสำหรับการจัดกลุ่ม PCB และจัดชิ้นส่วนเข้าเครื่องจักรหลายเครื่องโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan) ผู้วิจัยได้เสนอขั้นตอนสามขั้นตอนดังนี้ ขั้นตอนแรกเป็นขั้นตอนสำหรับการจัดกลุ่ม ขั้นตอนที่สองเป็นขั้นตอนสำหรับการจัดตารางการผลิตโดยใช้กฎ SPT และขั้นตอนที่สามเป็นขั้นตอนสำหรับการขึ้นรูปงานโดยใช้ความคล้ายคลึงเป็นเกณฑ์

**Brown Randall และ Ceyhun Ozgur (1997)** เสนอกรอบในการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ (Priority Class Scheduling) ซึ่งมีประโยชน์ต่อผู้ผลิตในหลายๆ ด้าน ประการแรกช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิต ประการที่สองช่วยฝ่ายการตลาดในการจัดลำดับความสำคัญของการผลิต ประการที่สามช่วยฝ่ายบริการลูกค้าโดยการจัดตารางการผลิตที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริง ประการที่สี่ช่วยให้ผู้ผลิตเน้นไปที่การปรับปรุงประสิทธิภาพในการผลิตและคุณภาพของสินค้า ประการสุดท้ายช่วยให้เกิดความร่วมมือระหว่างฝ่ายผลิต ผู้ที่จัดตารางการผลิต ฝ่ายการตลาด และฝ่ายบริการลูกค้า งานทุกๆ งานมีการจัดเรียงตามลำดับความสำคัญโดยมีกำหนดวันส่งมอบและความสำคัญของงานเป็นเกณฑ์ในช่วงเวลาที่วางแผนการผลิตช่วงหนึ่ง เพื่อผลิตสินค้าให้ได้มากที่สุดและสอดคล้องกับเงื่อนไขลำดับความสำคัญของงาน

**Maturana และคณะ (1997)** ได้พัฒนาระบบการจัดตารางการผลิตแบบ Object-Oriented สำหรับปัญหาการผลิตแบบ Job Shop ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการวางแผนและควบคุมการผลิตเพื่อบรรลุเป้าหมายตามที่ต้องการ ระบบประกอบด้วยส่วนประกอบสามส่วนซึ่งเทคนิคที่ผู้วิจัยใช้คือ เทคนิค Genetic Algorithms

**C. Chu, J.M. Proth และ C. Wang (1998)** เสนอการหาผลลัพธ์สำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบ Job Shop เป้าหมายคือ makespan ซึ่งต้องการค่า makespan ที่น้อยที่สุด วิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ makespan มีค่าน้อยที่สุดคือ การสลับลำดับของงานบางงานบนเครื่องจักร โดยมีการใช้แบบจำลองของปัญหาการจัดตารางการผลิตแบบ Job Shop โดยใช้กราฟการสลับงานสองงานที่อยู่ติดกันบนเครื่องจักรเปรียบได้กับการสลับทิศทางของส่วนโค้งวิกฤต สิ่งสำคัญคือ ผู้วิจัยสามารถเลือกส่วนโค้งวิกฤตที่ทำการสลับแล้วส่งผลให้ค่า makespan ลดลงในการสลับแต่ละครั้ง และวิธีการนี้ง่ายต่อการนำไปใช้และไม่ยุ่งยากซับซ้อน

# บทที่ 3
# การศึกษาสภาพทั่วไปของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลทั่วไปของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา โครงสร้างองค์การ ผลิตภัณฑ์ กระบวนการผลิต ปัญหาที่พบ และรายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต

## 3.1 ข้อมูลทั่วไปของโรงงาน

โรงงานที่เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ทั้งรถยนต์นั่ง รถกระบะ และรถจักรยานยนต์ ข้อมูลโดยทั่วไปของโรงงานมีดังนี้

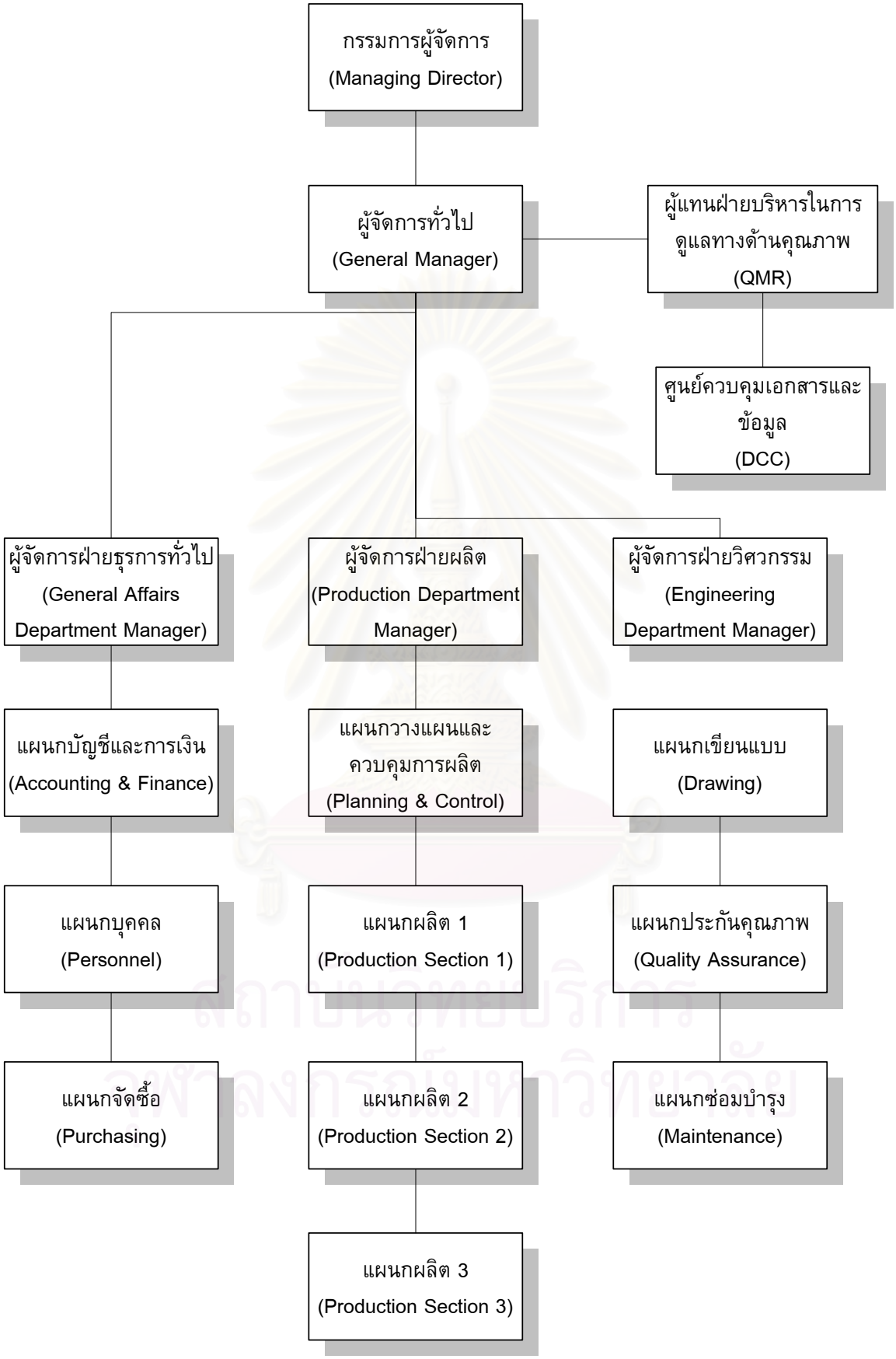
| | | |
|---|---|---|
| ที่ตั้งโรงงาน | : | ตำบลบึงบอน อำเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี |
| ก่อตั้งเมื่อ | : | 3 พฤษภาคม 2538 |
| เริ่มดำเนินการ | : | เดือนสิงหาคม 2538 |
| พื้นที่ของโรงงาน : | 1,596 ตารางเมตร | |
| พื้นที่ในโรงงาน | : | 960 ตารางเมตร |

## 3.2 โครงสร้างองค์การ

โครงสร้างองค์การของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษามีการจัดผังโครงสร้างองค์การตามภารกิจหน้าที่ มีผู้จัดการทั่วไปทำหน้าที่เป็นผู้แทนฝ่ายบริหารในการดูแลทางด้านคุณภาพ โครงสร้าง องค์การแบ่งออกเป็น 3 ฝ่าย คือ ฝ่ายธุรการทั่วไป ฝ่ายผลิต และฝ่ายวิศวกรรม

ฝ่ายธุรการทั่วไปแบ่งออกเป็น แผนกบัญชีและการเงิน แผนกบุคคล และแผนกจัดซื้อ ฝ่ายผลิตแบ่งออกเป็น แผนกวางแผนและควบคุมการผลิต แผนกผลิต 1 ซึ่งดูแลสถานีงานเครื่องตัด แผนกผลิต 2 ซึ่งดูแลสถานีงานเครื่องกลึง CNC แผนกผลิต 3 ซึ่งดูแลสถานีงานเครื่องปั้มขึ้นรูป เครื่องกลึงอัตโนมัติ และเครื่องจักรชนิดอื่นๆ ฝ่ายวิศวกรรมแบ่งออกเป็น แผนกเขียนแบบ แผนก ประกันคุณภาพ และแผนกซ่อมบำรุง

งานวิจัยนี้ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับฝ่ายผลิต โดยเฉพาะแผนกวางแผนและควบคุมการผลิต เนื่องจากแผนกวางแผนและควบคุมการผลิตมีหน้าที่โดยตรงในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตและเป็นแผนกที่เก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต




รูปที่ 3.1 รูปแสดงผังโครงสร้างองค์การของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

## 3.3 ผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

ผลิตภัณฑ์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้แก่ ชิ้นส่วนยานยนต์ทั้งรถยนต์นั่ง รถกระบะ และรถจักรยานยนต์ โดยมีรูปแบบหลากหลายชนิด ตามที่ลูกค้ากำหนดในแบบ และผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดผ่านขั้นตอนการผลิตที่แตกต่างกัน ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของโรงงานแสดงดังรูป

รูปที่ 3.2 รูปแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ของโรงงาน

รูปที่ 3.3 รูปแสดงตัวอย่างผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ของโรงงาน

## 3.4 กระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตของโรงงานมีลักษณะแบบผลิตตามสั่ง ผลิตภัณฑ์ของโรงงานได้แก่ ชิ้นส่วนยานยนต์ทั้งรถยนต์นั่ง รถกระบะ และรถจักรยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งมีรูปแบบที่หลากหลายตามแบบที่ลูกค้ากำหนด เช่น สลัก (Pin) เพลา (Shaft) และ Sleeve Gear Box เป็นต้น

กระบวนการผลิตของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาโดยสังเขป มีดังนี้

3.4.1 รับวัตถุดิบเข้าคลังวัตถุดิบ

3.4.2 ตรวจรับวัตถุดิบ โดยการสุ่มตรวจขนาดตัวอย่างประมาณ 10 %

3.4.3 ตัดความยาวตามที่กำหนดในข้อกำหนดทางวิศวกรรมในแบบที่ลูกค้ากำหนดมาให้

3.4.4 เป็นการขึ้นรูปงานตามข้อกำหนดทางวิศวกรรมในแบบที่ลูกค้ากำหนดมาให้โดยมีขั้นตอนที่แตกต่างกันตามแต่ละประเภทของงานในลักษณะของการผลิตแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ (Job Shop) เช่น

- งานกลึงเป็นงานที่ขึ้นรูปโดยใช้เครื่องกลึงทั้งที่เป็นเครื่องกลึงอัตโนมัติ (Auto Lathe) และเครื่องกลึง CNC (CNC Lathe) ได้แก่ สลัก (Pin) เพลา (Shaft) Eye และ Bar เป็นต้น งานประเภทนี้ผ่านขั้นตอนการผลิตดังนี้
  ตัด ⟶ กลึง ⟶ เจาะ ⟶ ต๊าปเกลียว
- งานปั๊มขึ้นรูปเป็นงานที่ใช้เครื่องปั๊มขึ้นรูป (Press) ในการขึ้นรูปโลหะ งานประเภทนี้ได้แก่ แหวน (Plate) ขั้วปลั๊กไฟ (Terminal Plating) แผ่นรองสวิตช์ (Switch Support) และ Knob Washer เป็นต้น งานประเภทนี้ผ่านขั้นตอนการผลิตดังนี้
  ตัด ⟶ กลึง ⟶ ปั๊มขึ้นรูป
- งานที่จ้างผู้รับเหมาช่วงในการหล่อขึ้นรูปโลหะ งานหล่อประเภทนี้มีขนาดที่ได้จากการหล่อตามข้อกำหนดทางวิศวกรรมของลูกค้าจึงไม่ต้องผ่านขั้นตอนการตัด งานประเภทนี้ผ่านขั้นตอนการผลิตดังนี้
  รับชิ้นงานจากผู้รับเหมาช่วง ⟶ กลึง ⟶ เจาะ ⟶ ต๊าปเกลียว

งานที่ยกตัวอย่างมาข้างต้นเป็นงานที่ผลิตตามคำสั่งซื้อของลูกค้า (make to order) อย่างไรก็ตามโรงงานมีการผลิตชิ้นงานเพื่อรอขาย (make to stock) ด้วย เช่น Guide Post

- Guide Post เป็นงานที่โรงงานผลิตขึ้นเพื่อรอขาย ประกอบด้วยสองส่วนคือ Column กับ Base สำหรับ Base มีขั้นตอนในการผลิตดังนี้
  หล่อ (จ้างผู้รับเหมาช่วง) ⟶ พ่นสี ⟶ กลึง

ส่วน Column มีขั้นตอนในการผลิตดังนี้

ตัด ⟶ กลึง ⟶ ชุบแข็ง ⟶ กลึงอีกครั้งเพื่อความสวยงามของผิว ⟶ เจียรไน

3.4.5 ตรวจสอบขั้นสุดท้าย

3.4.6 ทำความสะอาดและป้องกันสนิม

3.4.7 บรรจุ (Packaging) และสุ่มตรวจก่อนจัดส่ง

3.4.8 จัดส่งให้ลูกค้า

**3.5 ปัญหาที่พบ**

โดยปกติการผลิตชิ้นงานให้กับลูกค้าหลายรายพบว่า รูปแบบผลิตภัณฑ์ ข้อกำหนด และปริมาณที่ลูกค้าต้องการมีความแตกต่างกันตามความต้องการของลูกค้าแต่ละราย โรงงานต้องสามารถตอบสนองต่อความต้องการที่หลากหลายของลูกค้าได้เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ด้วยเหตุนี้เองที่ทำให้การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตเปลี่ยนแปลงไปตามคำสั่งซื้อของลูกค้า แต่ด้วยข้อจำกัดของการคำนวณของมนุษย์อาจพบว่า บ่อยครั้งที่เกิดความคลาดเคลื่อนในการคำนวณตามขั้นตอนในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต และการคำนวณเพื่อจัดลำดับการผลิตและจัดตารางการผลิตในแต่ละครั้งใช้เวลาในการคำนวณที่ค่อนข้างนาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อมีเหตุการณ์ต่างๆ ที่ส่งผลต่อตารางการผลิตซึ่งทำให้ต้องมีการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตใหม่เช่น ในกรณีที่มีงานบางประเภทที่ลูกค้าต้องการด่วนโรงงานจึงต้องผลิตงานนั้นก่อน และกรณีที่วัตถุดิบของงานบางประเภทมาไม่ทันกำหนดซึ่งมีผลทำให้การผลิตต้องเลื่อนออกไป เป็นต้น โรงงานที่เป็นกรณีศึกษายังไม่มีการนำเครื่องมือหรือคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตในปัจจุบันยังคงใช้ประสบการณ์และการพิจารณาตามกำหนดวันส่งมอบ ซึ่งยังไม่มีการจัดตารางการผลิตอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ดังจะเห็นได้จากข้อมูลจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยซึ่งแสดงอยู่ในตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

งานวิจัยนี้จึงได้สร้างโปรแกรมที่ช่วยในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตซึ่งคำนวณและให้ผลลัพธ์ได้อย่างรวดเร็วและสามารถใช้หลักการของการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling) เพื่อตอบสนองต่อความต้องการรูปแบบผลิตภัณฑ์ ข้อกำหนดและปริมาณที่หลากหลายของลูกค้า สามารถตอบสนองความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการผลิตได้ รวมถึงสามารถคาดการณ์ได้ล่วงหน้าว่า ผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ ที่ลูกค้าสั่งซื้อนั้นสามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้เมื่อใด หรือพิจารณาได้ว่าจะสามารถผลิตได้เสร็จทันเวลาส่งมอบที่ลูกค้ากำหนดได้หรือไม่ ในกรณีที่ไม่สามารถส่งมอบสินค้าสำเร็จรูปให้ลูกค้าได้ทันตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดอาจต้องมีการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การทำงานล่วงเวลาเพื่อเร่งงานให้เสร็จทันตามกำหนดเวลา เป็นต้น

ตารางที่ 3.1 ตารางแสดงจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในเดือนกันยายน 2543

| รหัสชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานล่าช้า ($N_T$) | เวลาล่าช้าของงาน (วัน) | เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย | % ($N_T$/ N) |
|---|---|---|---|---|---|
| UH 7434 450002 (TUBE-INNER) | 1 | 1 | 21 | 21.000 | 100.00% |
| UH 7134 470012 (TUBE-INNER) | 1 | 1 | 21 | 21.000 | 100.00% |
| W 1503-0060A (SPINNER SHAFT) (53AS) | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 100.00% |
| 51404-0044-00 (SHAFT-B) | 14 | 1 | 4 | 0.286 | 7.14% |
| 5 HF-F5322-00 (INSERT SHAFT) | 11 | 8 | 12 | 1.091 | 72.73% |
| 44802-KGHA-9010-H1 (SLEEVE GEAR BOX) | 11 | 11 | 107 | 9.727 | 100.00% |
| 92151-1789A (BOLT) | 2 | 2 | 11 | 5.500 | 100.00% |
| 92151-1727A (BOLT) | 3 | 2 | 12 | 4.000 | 66.67% |
| 49035-1069A (PIN SPRING) | 1 | 1 | 5 | 5.000 | 100.00% |
| DKC-DW-0054 (LINER) | 1 | 1 | 5 | 5.000 | 100.00% |
| SHAFT 3.0 SKM (แกน 3 HP) | 1 | 1 | 4 | 4.000 | 100.00% |
| SHAFT 5.0 SKM (แกน 5 HP) | 1 | 1 | 4 | 4.000 | 100.00% |
| 10201-02542 (EYE (S)) | 1 | 1 | 3 | 3.000 | 100.00% |
| 56278E23FOOT (BALANCER) | 3 | 2 | 7 | 2.333 | 66.67% |
| HL105410 (TERMINAL PLATING) 3SA | 1 | 1 | 13 | 13.000 | 100.00% |
| HL105110 (TERMINAL PLATING) 5SA | 1 | 1 | 13 | 13.000 | 100.00% |
| 48542-35010-B (PIN, ABSORBER) | 4 | 4 | 62 | 15.500 | 100.00% |
| 48532-35090-A (PIN PR, ABSORBER UPR PIVOT) | 4 | 2 | 15 | 3.750 | 50.00% |
| 14672-035-0300 (BUSH CAM) | 3 | 2 | 4 | 1.333 | 66.67% |
| **รวม** | 65 | 44 | 324 | | |
| **เฉลี่ย** | | | | 4.985 | 67.69% |

ตารางที่ 3.2 ตารางแสดงจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ในเดือนตุลาคม 2543

| รหัสชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานล่าช้า ($N_T$) | เวลาล่าช้าของงาน (วัน) | เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย | % ($N_T$/ N) |
|---|---|---|---|---|---|
| MB175800 (LWR ARM ASSY) | 1 | 1 | 11 | 11.000 | 100.00% |
| UH7434-450002 (TUBE-INNER) | 5 | 4 | 53 | 10.600 | 80.00% |
| UH7134-470012 (TUBE-INNER) | 5 | 6 | 72 | 14.400 | 120.00% |
| DKC 51404-0044-00 (SHAFT-B) | 9 | 6 | 11 | 1.220 | 66.66% |
| 5 HH-F5322-00 (INSERT SHAFT) | 7 | 1 | 13 | 1.850 | 14.28% |
| 44802-HG HA 9010-H1 (SLEEVE GEAR BOX) | 10 | 1 | 29 | 29.000 | 10.00% |
| 45110 KFMA-9000-H1 (SLEEVE PANEL) | 1 | 1 | 9 | 9.000 | 100.00% |
| 92151-1727 A (BOLT) | 1 | 1 | 23 | 23.000 | 100.00% |
| DSC - KORAT (COLLAR) | 3 | 3 | 13 | 4.330 | 100.00% |
| DKS-DW-0010 A (LINER) | 3 | 1 | 2 | 0.660 | 33.33% |
| DKS-DW-0054 (LINER) | 6 | 2 | 9 | 1.500 | 33.33% |
| FFF-SHAFT2.0 SKM (แกน 2 HP) | 1 | 1 | 2 | 2.000 | 100.00% |
| FFF-SHART5.05 KM (แกน 5 HP) | 1 | 1 | 2 | 2.000 | 100.00% |
| SHAFTA7.551 KM (แกน 7.5 HP) | 1 | 1 | 2 | 2.000 | 100.00% |
| PDT-21528-B105-002 (PICK SHAFT) | 1 | 1 | 2 | 2.000 | 100.00% |
| 21549-B103-002 (ROD) | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 100.00% |
| 12001-03009-L (R.B. COLLAR) | 4 | 2 | 8 | 2.000 | 25.00% |
| 12001-03004-L (R.B. COLLAR) | 4 | 3 | 7 | 1.750 | 75.00% |
| 12001-03030-L (R.B. COLLAR) | 4 | 2 | 2 | 0.500 | 50.00% |
| 12001.02120-L (EYE) (S) | 5 | 2 | 13 | 2.600 | 40.00% |
| 13001-00501-L (THOTTLE) | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 100.00% |
| 10101-02506-L (EYE) | 1 | 1 | 2 | 2.000 | 100.00% |
| TDC60-60027B (WASHER) | 2 | 1 | 22 | 11.000 | 50.00% |
| 41921-21DOO (SPCR ENG) | 1 | 1 | 2 | 2.000 | 100.00% |
| AL 100660 (HEAT CONVEY ROD) | 1 | 1 | 1 | 1.000 | 100.00% |
| HL 702000 (KWOB SCREW) | 1 | 1 | 11 | 11.000 | 100.00% |
| HL 105410 (TERMINAL PLATING) | 1 | 1 | 8 | 8.000 | 100.00% |
| 48542-35010-B (PIN) | 3 | 1 | 30 | 10.000 | 33.33% |
| 48532-35090-A (PIN) | 3 | 1 | 30 | 10.000 | 33.33% |
| VCS-14672-035-0300 (BUSH CAM) | 1 | 1 | 3 | 3.000 | 100.00% |
| **รวม** | **88** | **50** | **394** | | |
| **เฉลี่ย** | | | | **4.000** | **56.81%** |

## 3.6 รายละเอียดเกี่ยวกับเครื่องจักร

รูปที่ 3.4 รูปแสดงด้านหน้าของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

3.6.1 <u>สถานีงานเครื่องตัด</u> ประกอบด้วย

3.6.1.1 เครื่องเลื่อยชนิดสายพาน (Band Saw) จำนวน 2 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร S1 และ S2

ยี่ห้อ AMADA รุ่น 250

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องเลื่อยที่ทำงานโดยระบบอัตโนมัติ (มีการเลื่อน (Feed) ชิ้นงานที่ทำการตัดในการตัดครั้งต่อไปโดยอัตโนมัติ) ควบคุมโดยใช้ PLC (Programmable Logic Controller) สามารถตัดชิ้นงานได้พร้อมกันหลายชิ้นและทำงานได้ต่อเนื่องในการผลิตจำนวนมาก ใบเลื่อยทำงานโดยหมุนในทิศทางเดียวคล้ายกับสายพาน คือ ในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ทำหน้าที่ตัดงานโลหะประเภทเหล็กที่มีจำนวนการผลิตมาก เช่น งานบุช (Bush) งานเพลา (Shaft) งานประเภทปลอก (Sleeve) และงานหูโช้คอัพ (Eye) เป็นต้น

รูปที่ 3.5 รูปแสดงเครื่องเลื่อยชนิดสายพาน

3.6.1.2 เครื่องเลื่อย Hack Saw จำนวน 1 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร S3

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องเลื่อยที่ทำงานโดยระบบอัตโนมัติ (มีการเลื่อน (Feed) ชิ้นงานที่ทำการตัดในการตัดครั้งต่อไปโดยอัตโนมัติ) สามารถตัดชิ้นงานได้ครั้งละหนึ่งงานจึงไม่เหมาะกับงานที่มีการผลิตจำนวนมาก ใบเลื่อยมีลักษณะเป็นฟันปลา ในการทำงานใบเลื่อยจะมีการเลื่อยกลับไป - มาเป็นจำนวนรอบ (Stroke)

ทำหน้าที่ตัดงานโลหะประเภทเหล็กที่เป็นเศษเหลือจากการตัดโดยใช้เครื่องเลื่อยสายพานและงานที่นำกลับมาซ่อมแซม

3.6.1.3 เครื่องเลื่อยวงเดือน (Circular Saw) จำนวน 1 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร S4

ลักษณะการทำงานเป็นเครื่องเลื่อยที่ทำงานโดยระบบอัตโนมัติ (มีการเลื่อน (Feed) ชิ้นงานที่ทำการตัดในการตัดครั้งต่อไปโดยอัตโนมัติ) ควบคุมโดยใช้วงจรแม่เหล็กหรือรีเลย์ (Magnetic Circuit) สามารถตัดชิ้นงานได้ครั้งละหนึ่งงานและงานที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดเล็ก ใบเลื่อยมีลักษณะเป็นแผ่นวงกลมและมีราคาแพง ใบเลื่อยทำงานโดยหมุนในทิศทางเดียวคล้ายกับสายพานคือ ในทิศทวนเข็มนาฬิกา

ทำหน้าที่ตัดงานโลหะประเภทอลูมิเนียมและทองเหลือง

3.6.2 สถานีงานเครื่องกลึง CNC (CNC Lathe) ประกอบด้วย

3.6.2.1 เครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดมีลักษณะเป็นชุด (CNC Two Spindle Gang Type Lathe) จำนวน 5 เครื่อง

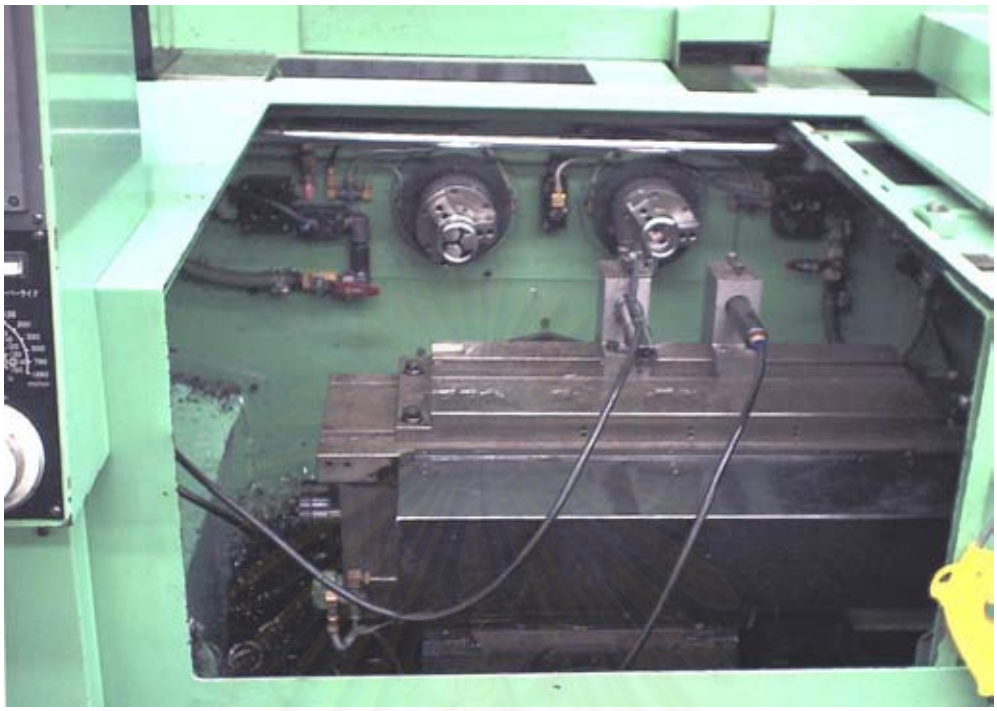
รหัสเครื่องจักร C1 C2 C3 C4 และ C5

ยี่ห้อ Micro Star รุ่น 2S

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องกลึง CNC (Computerized Numerical Control) ที่มีสองสปินเดิลจึงทำงานได้พร้อมกันสองชิ้นงาน และป้อมมีดเป็นชนิด Gang Type โดยมีลักษณะที่สามารถเพิ่มป้อมมีดได้เพื่อใช้กับงานที่มีรูปร่างซับซ้อน ทำให้สามารถขึ้นรูปได้โดยใช้เครื่องกลึง CNC เพียงเครื่องเดียว

ทำหน้าที่กลึงชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก และรูปร่างมีลักษณะเป็นท่อหรือเพลาที่กลวง ได้แก่ งานบุช (Bush) งานประเภทปลอก (Sleeve) และงานหูโช้คอัพ (Eye) เป็นต้น

รูปที่ 3.6 รูปแสดงสถานีงานเครื่องกลึง CNC



รูปที่ 3.7 รูปแสดงเครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดมีลักษณะเป็นชุด
(CNC Two Spindle Gang Type Lathe)

3.6.2.2 เครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดหมุนได้ (CNC Turret Lathe) จำนวน 3 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร C6 C7 และ C8

ยี่ห้อ Mori Seiki (เครื่อง C6) Okuma (เครื่อง C7) และ Takamaz (เครื่อง C8)

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดที่หมุนได้

ทำหน้าที่กลึงชิ้นงานได้ทั้งชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่และชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก ได้แก่ งานเพลา (Shaft) ทั่วไป และแกนสปินเดิลต่างๆ เช่น แกนสปินเดิลของมอเตอร์และ Insert Shaft เป็นต้น

รูปที่ 3.8 รูปแสดงเครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดที่หมุนได้
(CNC Turret Lathe)

3.6.3 สถานีงานเครื่องเจียรไน (Grinding) ประกอบด้วย

3.6.3.1 เครื่องเจียรไนไร้ศูนย์ (Centerless Grinding Machine) จำนวน 1 เครื่อง
รหัสเครื่องจักร G1
ยี่ห้อ Paragon
ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องเจียรไนงานประเภทเพลาที่ไม่ต้องการความแม่นยำของตำแหน่งศูนย์มากนัก
ทำหน้าที่ขัดผิวชิ้นงานให้มีความเรียบมากขึ้นและลดค่าความหยาบ (Roughness) ให้น้อยลงสำหรับชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดของผิวมาก เช่น Column ของ Guide Post และแกนปั่นของเครื่องซักผ้า เป็นต้น

3.6.4 <u>สถานีงานเครื่องปั้มขึ้นรูป (Press)</u> ประกอบด้วย

3.6.4.1 เครื่องปั้มขึ้นรูป (Press) จำนวน 3 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร P1 P2 และ P3

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องปั้มขึ้นรูปชนิดข้อเหวี่ยง มีลักษณะการทำงานคล้ายเพลาข้อเหวี่ยงและมีแม่พิมพ์ขึ้นรูป (Punch and Die) ที่แตกต่างกันไปตามชนิดของงาน

ทำหน้าที่ปั้มขึ้นรูปชิ้นงานจำพวกแหวน (Washer) และที่ยึดสวิทช์ (Switch Support) เป็นต้น

รูปที่ 3.9 รูปแสดงเครื่องปั้มขึ้นรูป

3.6.5 <u>สถานีงานเครื่องกลึงอัตโนมัติ (Auto Lathe)</u> ประกอบด้วย เครื่องกลึงอัตโนมัติ จำนวน 8 เครื่อง ดังนี้

3.6.5.1 เครื่องกลึงอัตโนมัติชนิด Turret (Auto Turret Lathe) จำนวน 2 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร A1 และ A2

ยี่ห้อ Fuji

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องกลึงอัตโนมัติชนิด Turret โดยใช้ระบบ ไฮดรอลิกส์ (Hydraulics) ซึ่งควบคุมด้วยวงจรแม่เหล็ก (Magnetic Circuit)

ทำหน้าที่กลึงงานประเภทเพลาที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อนมากนักและงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำของขนาดมากนัก เช่น งานแกนปั่นเครื่องซักผ้าซึ่งงานชนิดนี้ต้องมีการไปเจียรไนเพื่อขัดผิวในขั้นตอนต่อไป เครื่องกลึงอัตโนมัตินี้มีข้อเสียคือ ควบคุมขนาดชิ้นงานได้ไม่ แม่นยำ จึงเหมาะกับงานที่มีค่าเผื่อ (Allowance) มาก

รูปที่ 3.10 รูปแสดงสถานีงานเครื่องกลึงอัตโนมัติ

3.6.5.2 เครื่องกลึงอัตโนมัติชนิดเลียนแบบงานตัวอย่าง (Auto Copy Lathe)

จำนวน 1 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร A6

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องกลึงอัตโนมัติที่กลึงขึ้นรูปตามรูปร่างของชิ้นงานตัวอย่าง มีเข็มที่สัมผัสกับผิวของชิ้นงานตัวอย่าง เพื่อให้ทราบว่าชิ้นงานตัวอย่างมีรูปร่างอย่างไร

ทำหน้าที่ขึ้นรูปตามรูปร่างของชิ้นงานตัวอย่าง งานที่ผ่านขั้นตอนโดยใช้เครื่องกลึงอัตโนมัติชนิดเลียนแบบงานตัวอย่าง (Auto Copy Lathe) ได้แก่ Insert Shaft Stopper และงานเพลาที่มีขนาดสั้น เป็นต้น

3.6.5.3 เครื่องกลึงอัตโนมัติที่ดัดแปลงมาใช้ในการเจาะรู จำนวน 1 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร A8

ยี่ห้อ Toyoda

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องกลึงอัตโนมัติที่ดัดแปลงมาใช้ในการเจาะรูโดยมีสปินเดิลที่ใช้จับชิ้นงานจำนวนสองสปินเดิล

ทำหน้าที่ในการเจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่และต้องไปผ่านขั้นตอนการคว้านผิวด้านในให้เรียบในขั้นตอนต่อไป เนื่องจากผิวด้านในที่ได้จากการเจาะรูโดยใช้เครื่องกลึงอัตโนมัติที่ดัดแปลงมาใช้ในการเจาะรูจะมีผิวที่ไม่เรียบ ชิ้นงานที่ผ่านเครื่องนี้ ได้แก่ งานหูโช้คอัพ (Eye) เป็นต้น

สำหรับเครื่องกลึงอัตโนมัติที่เหลืออีกจำนวน 4 เครื่อง คือ เครื่องกลึงอัตโนมัติรหัส A3 A4 A5 และ A7 ใช้กลึงงานเฉพาะงาน Guide Post ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่โรงงานผลิตเพื่อจำหน่ายเอง

3.6.6 <u>สถานีงานเครื่องต๊าปเกลียว (Tapping)</u> ประกอบด้วย

3.6.6.1 เครื่องต๊าปเกลียว (Tapping Machine) จำนวน 4 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร T1 T2 T3 และ T4

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องต๊าปเกลียวที่ใช้ทำเกลียวตามรูปแบบเกลียวที่ต้องการซึ่งขึ้นอยู่กับดอกต๊าปเกลียว

ทำหน้าที่ทำเกลียวตามรูปแบบของข้อกำหนดในแบบทางวิศวกรรม

รูปที่ 3.11 รูปแสดงเครื่องต๊าปเกลียว (Tapping)

3.6.7 สถานีงานเครื่องเจาะรู (Drilling) ประกอบด้วย

3.6.7.1 เครื่องเจาะรู (Drilling Machine) จำนวน 6 เครื่อง

รหัสเครื่องจักร D1 D2 D3 D4 D5 และ D6

ลักษณะการทำงาน เป็นเครื่องเจาะรูขนาดเล็ก ใช้สำหรับงานที่ต้องใช้แรงในการเจาะรูไม่มาก ดอกสว่านมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแตกต่างกันไปตามขนาดรูที่ต้องการ

ทำหน้าที่เจาะรูตามขนาดที่กำหนดในแบบทางวิศวกรรมและใช้ในการ ลบมุมรูที่เจาะ (Chamfer) ชิ้นงานที่มีการเจาะรู ได้แก่ งานแหวน (Washer) Insert Shaft และ Sleeve Gear Box เป็นต้น

นอกจากนี้ยังมีกลุ่มเครื่องจักรที่ไม่ค่อยมีการใช้งานบ่อย ได้แก่

- กลุ่มเครื่องกลึงควบคุมด้วยมือขนาดเล็ก จำนวน 3 เครื่อง รหัส LH1 LH2 และ LH3

ทำหน้าที่กลึงงานขนาดเล็กที่ต้องการความรวดเร็วและงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำของขนาดมากนัก

- กลุ่มเครื่องกัด (Milling Machine) จำนวน 3 เครื่อง รหัส M1 M2 และ M3

ทำหน้าที่เจาะรูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดใหญ่ ปาดหน้าเพื่อให้ผิวเรียบ กัดร่องชิ้นงานที่ผ่านเครื่องกัด เช่น Shaft B Guide Post งานซ่อมบำรุงเครื่องจักร และใช้ในการสร้างอุปกรณ์จับยึด (Jig and Fixture) และแม่พิมพ์งานปั้มขึ้นรูป (Punch and Die)

- กลุ่มเครื่องกลึงควบคุมด้วยมือ (Manual Lathe) จำนวน 4 เครื่อง รหัส L1 L2 L3 และL4

ทำหน้าที่ในการกลึงงานที่ไม่ต้องการความแม่นยำของขนาดมากนัก งานที่มีจำนวนการผลิตน้อย และใช้ในการกลึงชิ้นงานที่ไม่ได้ขนาดของเศษที่เหลือจากขั้นตอนการตัด ไม่เหมาะกับงานที่เป็นลักษณะงานที่ผลิตจำนวนมาก (Mass Production) นอกจากนี้เครื่องกลึงควบคุมด้วยมือยังใช้ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและชิ้นงานที่เสียแล้วนำกลับมาซ่อมแซม รวมถึงใช้ในการสร้างอุปกรณ์จับยึด (Jig and Fixture) และแม่พิมพ์งานปั้มขึ้นรูป (Punch and Die)

- กลุ่มเครื่องไส (Shaper) จำนวน 1 เครื่อง

ทำหน้าที่ในการซ่อมบำรุงเครื่องจักรและใช้ในการสร้างอุปกรณ์จับยึด (Jig and Fixture) และแม่พิมพ์งานปั้มขึ้นรูป (Punch and Die)

# บทที่ 4
# กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในงานวิจัย

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในการหาตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตัววัดผลตามเป้าหมายที่ต้องการมีมากมายหลายวิธี ซึ่งกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแต่ละวิธีมีข้อดีและข้อเสียจากการประเมินผลด้วยตัววัดผลต่างๆ แตกต่างกัน เนื้อหาในบทนี้เกี่ยวข้องกับกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีอยู่เดิมรวมถึงวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอ ซึ่งใช้ในโปรแกรมการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต

จากบทที่ 3 พบว่า โรงงานที่เป็นกรณีศึกษาประสบปัญหาเกี่ยวกับการส่งมอบสินค้าให้ลูกค้าล่าช้า ดังนั้นตัววัดผลที่โรงงานที่เป็นกรณีศึกษาต้องการลดให้น้อยที่สุดคือ ตัววัดผลที่เกี่ยวข้องกับความล่าช้าของงาน ได้แก่ จำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย จากงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ของ สมโภชน์ แซ่น้ำ (2542) พบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้จำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุดในสามอันดับแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SMT วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ STPT และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ EDD สำหรับกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดในสามอันดับแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SMT และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ EDD และกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดในสามอันดับแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SMT วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ LWKR และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ STPT

ดังนั้นกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ ด้วยกฎ SMT กฎ STPT กฎ SPT กฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR และวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม รวมทั้งมีการเสนอวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่เพื่อเปรียบเทียบกับกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

## 4.1 วิธีการจัดตารางการผลิต

### 4.1.1 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ (Active Schedule Generation)

วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจำนวนลูป (loop) เท่ากับศูนย์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน (operation) แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 12

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ได้แก่ ค่า I = 0 ค่า ค่า $\phi^*$ = ค่าของวันที่ที่มากที่สุด และค่า m* = 0

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงานที่ I ($\sigma$) เครื่องจักรที่ขั้นตอนการทำงานที่ I ทำงานอยู่ (m) และหาเวลาสิ้นสุดของขั้นตอนการทำงานที่ I ($\phi$)

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบค่า $\phi$ กับค่า $\phi^*$ ถ้าค่า $\phi$ น้อยกว่าค่า $\phi^*$ แล้วกำหนดค่า $\phi^* = \phi$ และค่า m* = m แล้วเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 10

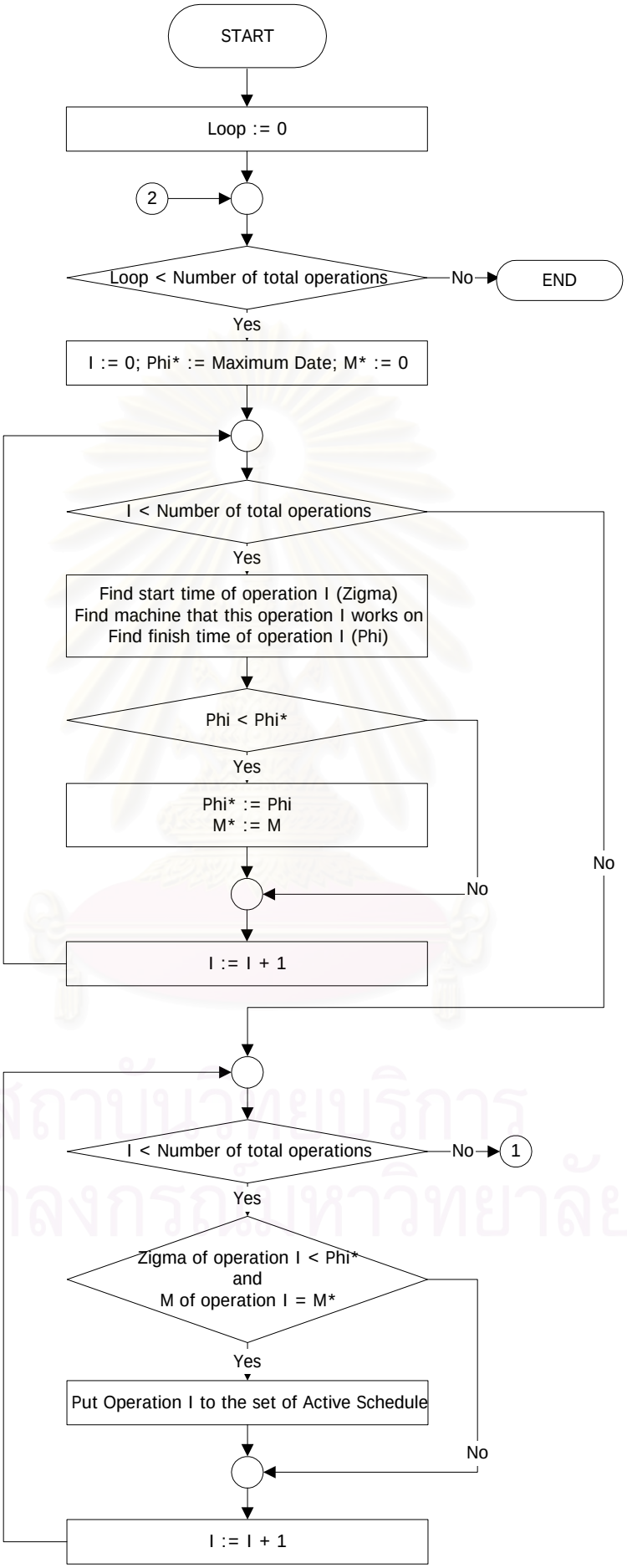
ขั้นตอนที่ 8 ถ้าค่า $\sigma$ น้อยกว่า $\phi^*$ และเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงาน I (m) เท่ากับ m* แล้ว เก็บค่าของขั้นตอนการทำงานลงในเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟได้

ขั้นตอนที่ 9 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 7

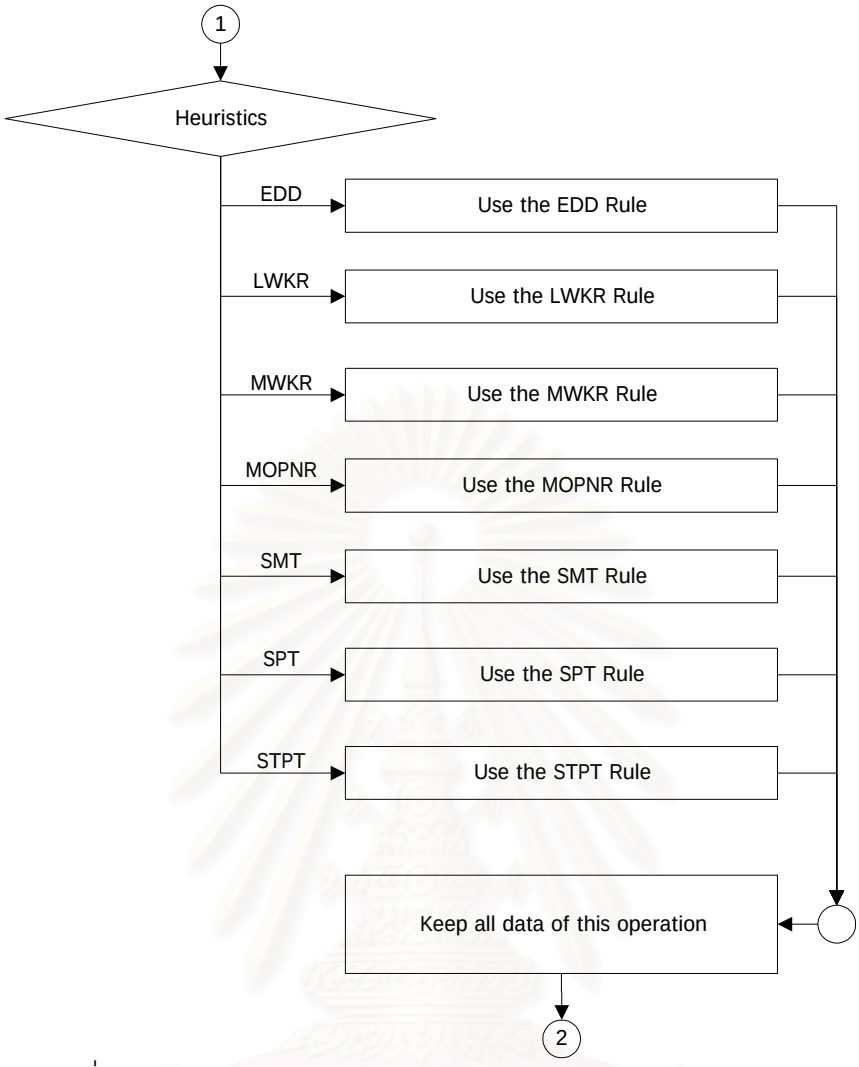
ขั้นตอนที่ 10 แยกคำนวณตามกฎการจัดตารางการผลิตในแต่ละรูปแบบตามที่ผู้จัดตารางการผลิตต้องการ เพื่อเลือกขั้นตอนการทำงานที่จะจัดลงในแผนภูมิแกนต์

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณหาค่าเวลาในการตั้งเครื่อง (setup time) เพื่อเก็บค่าลงในตัวแปรไว้ใช้คำนวณในการวนลูปรอบต่อไปและเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 12 จบการทำงาน




สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4.1 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ (priority rule)

4.1.2 <u>วิธีการจัดการผลิตแบบนอนดีเลย์ (Nondelay Schedule Generation)</u>

วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจำนวนลูป (loop) เท่ากับศูนย์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน (operation) แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 12

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ได้แก่ ค่า I = 0 ค่า $\sigma^*$ = ค่าของวันที่ที่มากที่สุด และค่า m* = 0

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงานที่ I ($\sigma$) และเครื่องจักรที่ขั้นตอนการทำงานที่ I ทำงานอยู่ (m)

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบค่า $\sigma$ กับค่า $\sigma^*$ ถ้าค่า $\sigma$ น้อยกว่าค่า $\sigma^*$ แล้วกำหนดค่า $\sigma^* = \sigma$ และค่า $m^* = m$ แล้วเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 10

ขั้นตอนที่ 8 ถ้าค่า $\sigma$ เท่ากับค่า $\sigma^*$ และเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงาน I (m) = $m^*$ แล้วเก็บค่าของขั้นตอนการทำงานลงในเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

ขั้นตอนที่ 9 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 10 แยกคำนวณตามกฎการจัดตารางการผลิตในแต่ละรูปแบบตามที่ผู้จัดตารางการผลิตต้องการ เพื่อเลือกขั้นตอนการทำงานที่จะจัดลงในแผนภูมิแกนต์

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณหาค่าเวลาในการตั้งเครื่อง (setup time) เพื่อเก็บค่าลงในตัวแปรไว้ใช้คำนวณในการวนลูปรอบต่อไป และเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 12 จบการทำงาน

## 4.2 กฎการจัดตารางการผลิต

### 4.2.1 กฎการจัดตารางการผลิตแบบ EDD

กฎการจัดตารางการผลิตแบบ EDD มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าวันที่เริ่มต้นซึ่งเป็นค่าคืนกลับ (Return Value) เป็นค่าวันที่ที่มากที่สุด

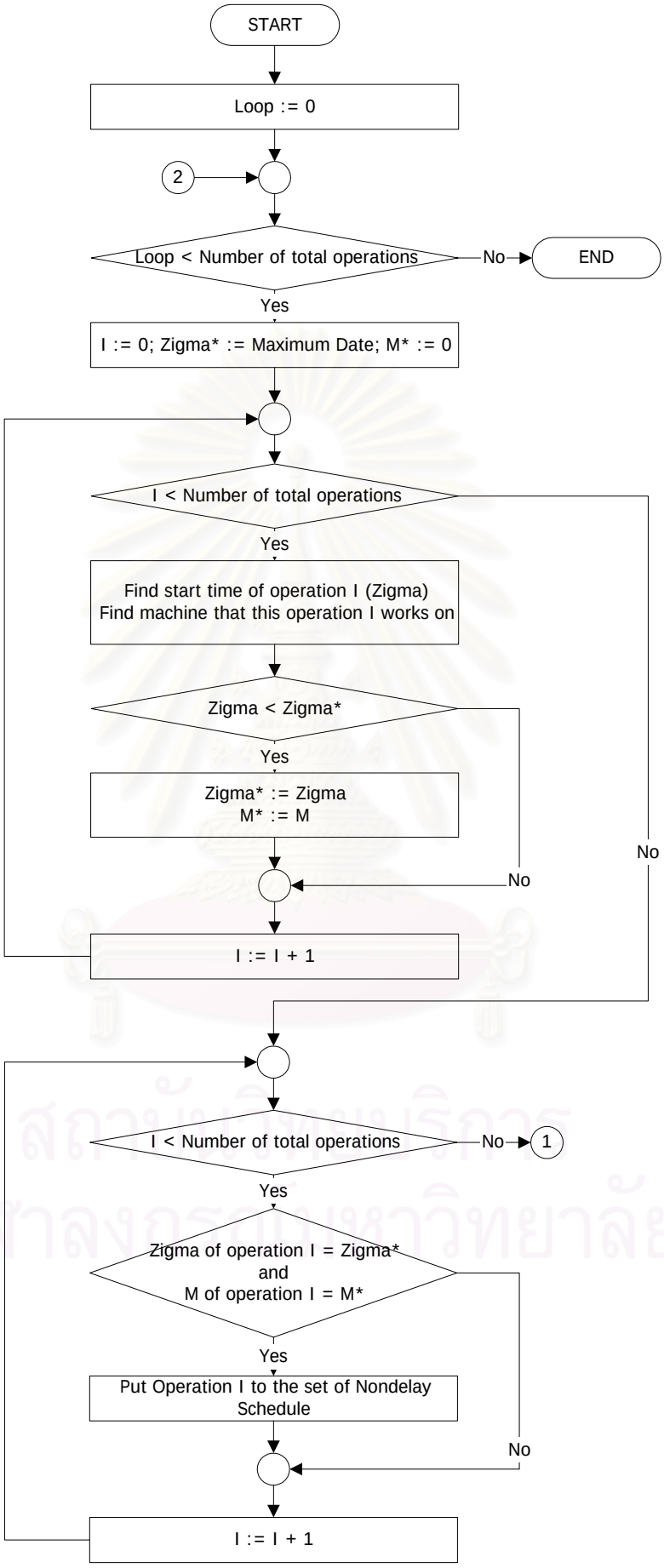
ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

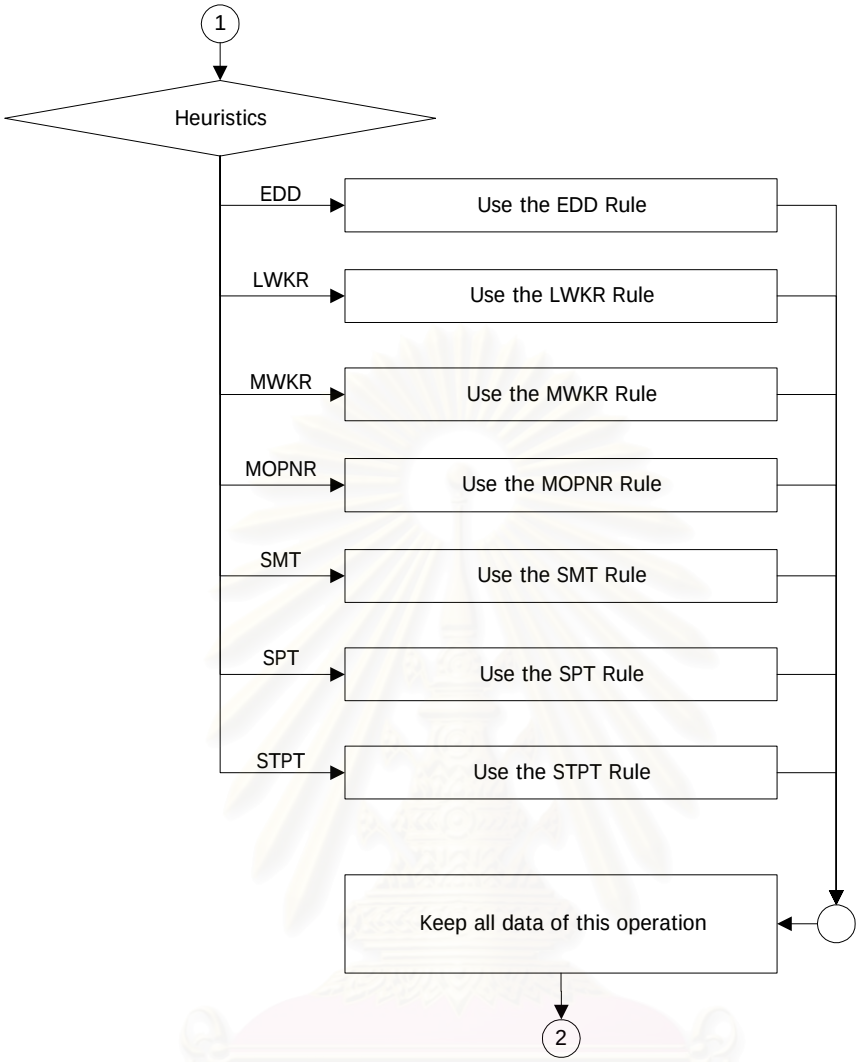
ขั้นตอนที่ 3 หาค่าวันกำหนดส่งมอบของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบดูว่าเป็นค่าน้อยกว่าหรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่น้อยกว่าให้กำหนดค่าเป็นวันกำหนดส่งมอบของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 5 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานถัดไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลือกขั้นตอนการทำงานที่มีวันกำหนดส่งมอบงานเร็วที่สุดจัดลงในแผนภูมิแกนต์


START
Loop := 0
2
Loop < Number of total operations
No
END
Yes
I := 0; Zigma* := Maximum Date; M* := 0
I < Number of total operations
Yes
Find start time of operation I (Zigma)
Find machine that this operation I works on
Zigma < Zigma*
Yes
Zigma* := Zigma
M* := M
No
No
I := I + 1
I < Number of total operations
No
1
Yes
Zigma of operation I = Zigma*
and
M of operation I = M*
Yes
Put Operation I to the set of Nondelay Schedule
No
I := I + 1




รูปที่ 4.2 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ (priority rule)

4.2.2 <u>กฎการจัดตารางการผลิตแบบ LWKR</u>

กฎการจัดตารางการผลิตแบบ LWKR มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือเริ่มต้นซึ่งเป็นค่าคืนกลับ (Return Value) เป็นค่าที่มากที่สุด

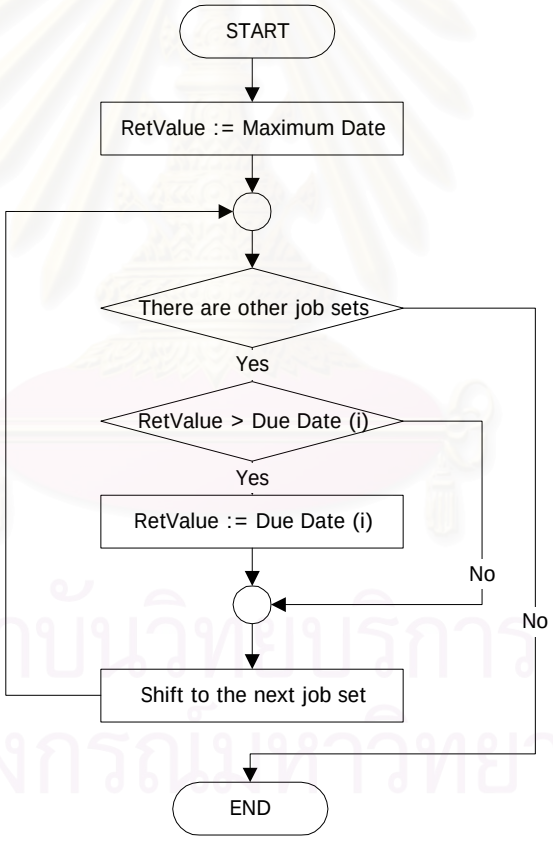
ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบดูว่าเป็นค่าน้อยกว่าหรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่น้อยกว่าให้กำหนดค่าเป็นผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

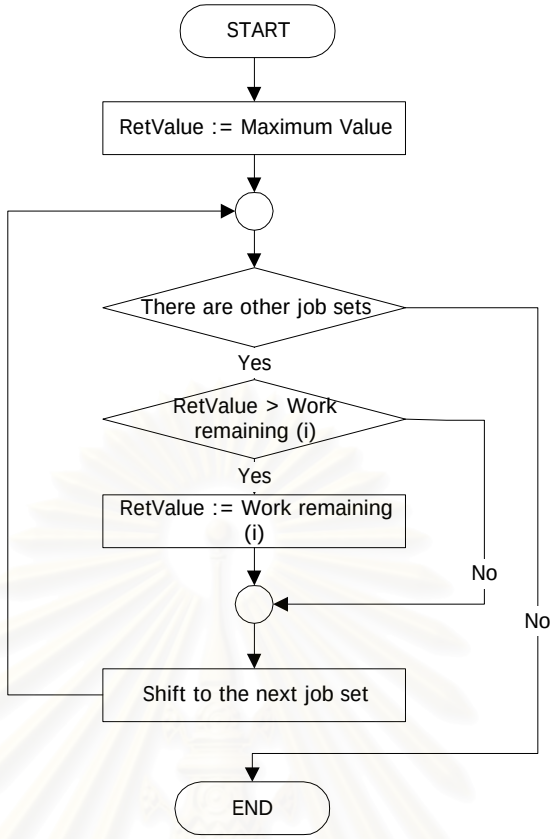
ขั้นตอนที่ 5 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานถัดไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลือกขั้นตอนการทำงานที่มีผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือของงานน้อยที่สุดจัดลงในแผนภูมิแกนต์




รูปที่ 4.3 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ EDD

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4.4 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ LWKR

4.2.3 <u>กฎการจัดตารางการผลิตแบบ MWKR</u>

กฎการจัดตารางการผลิตแบบ MWKR มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือเริ่มต้นซึ่งเป็นค่าคืนกลับ (Return Value) เป็นค่าที่น้อยที่สุด

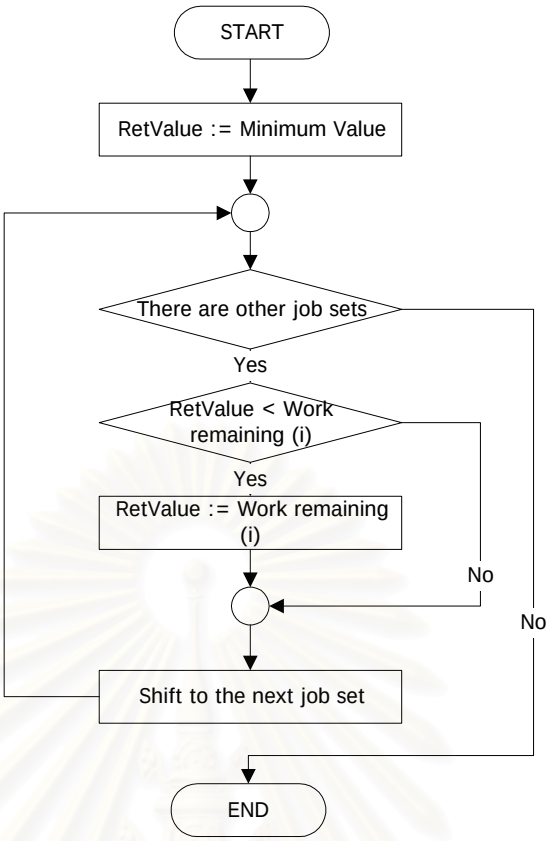
ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือของงานบนขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบดูว่าเป็นค่ามากกว่าหรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่มากกว่าให้กำหนดค่าเป็นผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือของงานบนขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 5 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานถัดไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลือกขั้นตอนการทำงานที่มีผลรวมของเวลาการทำงานที่เหลือของงานมากที่สุดจัดลงในแผนภูมิแกนต์




รูปที่ 4.5 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ MWKR

4.2.4 <u>กฎการจัดตารางการผลิตแบบ MOPNR</u>

กฎการจัดตารางการผลิตแบบ MOPNR มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าจำนวนขั้นตอนการทำงานที่เหลือเริ่มต้นซึ่งเป็นค่าคืนกลับ (Return Value) เป็นค่าที่น้อยที่สุด

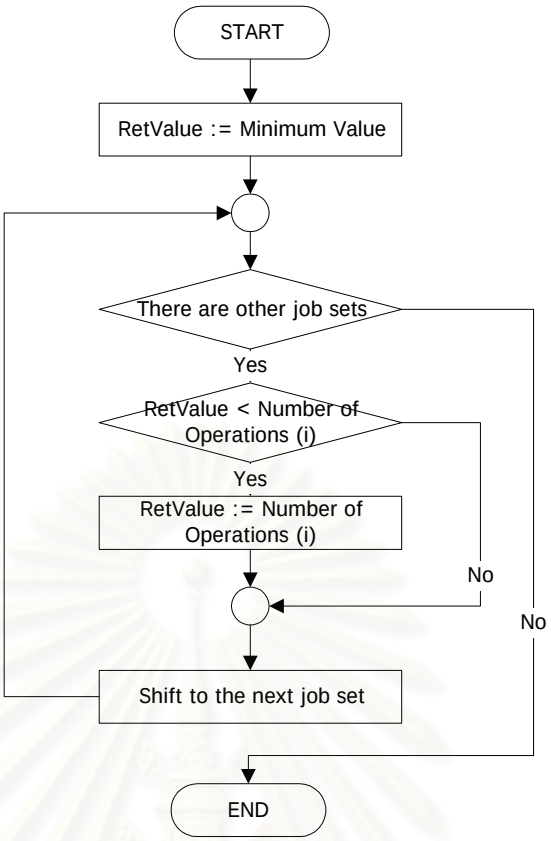
ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าจำนวนของขั้นตอนการทำงานที่เหลือของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบดูว่าเป็นค่ามากกว่าหรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่มากกว่าให้กำหนดค่าเป็นจำนวนของขั้นตอนการทำงานที่เหลือของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 5 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานถัดไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลือกขั้นตอนการทำงานที่มีจำนวนขั้นตอนการทำงานที่เหลือของงานมากที่สุดจัดลงในแผนภูมิแกนต์




รูปที่ 4.6 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ MOPNR

4.2.5 <u>กฎการจัดตารางการผลิตแบบ SMT</u>

กฎการจัดตารางการผลิตแบบ SMT มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าผลคูณเริ่มต้นซึ่งเป็นค่าคืนกลับเป็นค่ามากที่สุด

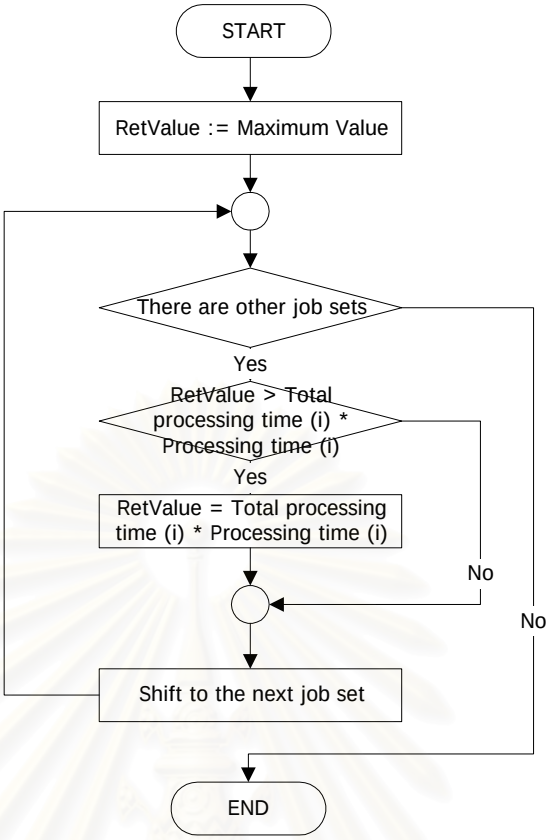
ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

ขั้นตอนที่ 3 หาผลคูณของค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานนี้กับค่าเวลาการทำงานทั้งหมดของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบดูว่าเป็นค่าน้อยกว่าหรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่น้อยกว่าให้กำหนดเป็นค่าผลคูณของค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานนี้กับค่าเวลาการทำงานทั้งหมดของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 5 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานถัดไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลือกขั้นตอนการทำงานที่มีค่าผลคูณของค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานที่พิจารณากับค่าเวลาการทำงานทั้งหมดของงานของขั้นตอนการทำงานนี้น้อยที่สุดจัดลงในแผนภูมิแกนต์




รูปที่ 4.7 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ SMT

4.2.6 <u>กฎการจัดตารางการผลิตแบบ SPT</u>

กฎการจัดตารางการผลิตแบบ SPT มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าเวลาการทำงานเริ่มต้นซึ่งเป็นค่าคืนกลับ (Return Value) เป็นค่าที่มากที่สุด

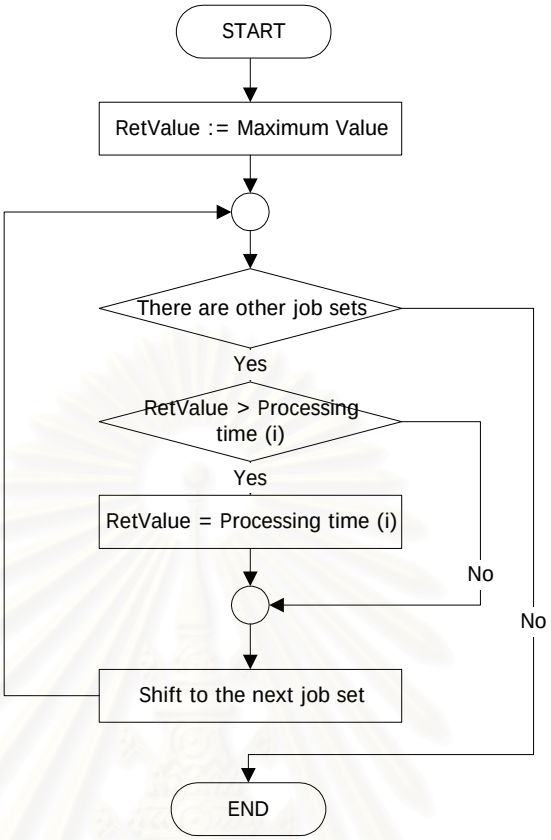
ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

ขั้นตอนที่ 3 หาค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบดูว่าเป็นค่าน้อยกว่าหรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่น้อยกว่าให้กำหนดเป็นค่าเวลาของการทำงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 5 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานถัดไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลือกขั้นตอนการทำงานที่มีค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนน้อยที่สุดจัดลงในแผนภูมิแกนต์




รูปที่ 4.8 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ SPT

4.2.7 <u>กฎการจัดตารางการผลิตแบบ STPT</u>

กฎการจัดตารางการผลิตแบบ STPT มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดค่าผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมดของงานเริ่มต้นเป็นค่ามากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟหรือตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

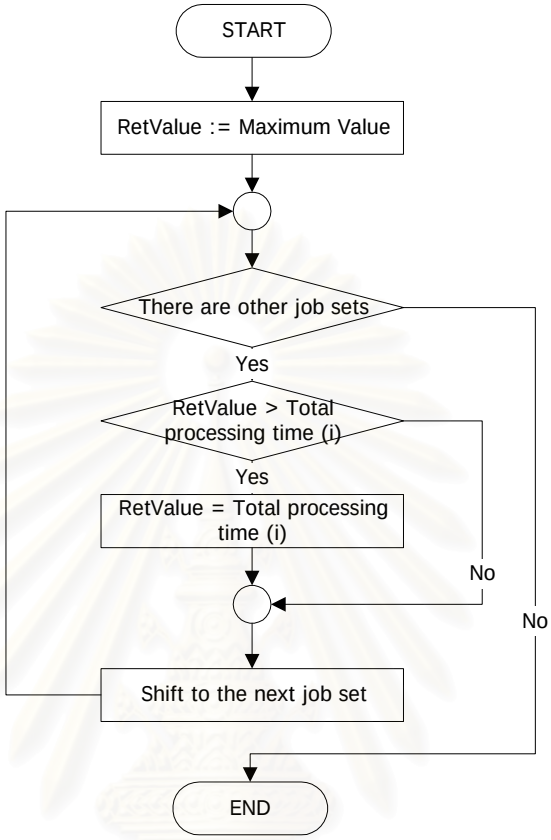
ขั้นตอนที่ 3 หาค่าผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมดของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 4 เปรียบเทียบดูว่าเป็นค่าน้อยกว่าหรือไม่ ถ้าเป็นค่าที่น้อยกว่าให้กำหนดค่าเป็นผลรวมเวลาการทำงานของงานของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 5 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานถัดไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลือกขั้นตอนการทำงานที่มีค่าผลรวมของเวลาการทำงานทั้งหมดของงานน้อยที่สุดจัดลงในแผนภูมิแกนต์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4.9 รูปแสดงผังการไหลของกฎการจัดตารางการผลิตแบบ STPT

## 4.3 วิธีการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์

### 4.3.1 วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์

วิธีการจัดตารางการผลิดแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจำนวนลูป (loop) เท่ากับศูนย์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน (operation) แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 12

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ได้แก่ ค่า I = 0 ค่า $\phi^*$ = ค่าของวันที่ ที่มากที่สุดและค่า $m^* = 0$

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงานที่ I ($\sigma$) หาเครื่องจักรที่ขั้นตอนการทำงานที่ I ทำงานอยู่ (m) และหาเวลาสิ้นสุดของขั้นตอนการทำงานที่ I ($\phi$)

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบค่า $\phi$ กับค่า $\phi^*$ ถ้าค่า $\phi$ น้อยกว่าค่า $\phi^*$ แล้วกำหนดค่า $\phi^* = \phi$ และค่า $m^* = m$ แล้วเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 10

ขั้นตอนที่ 8 ถ้าค่า $\sigma$ น้อยกว่าค่า $\phi^*$ และเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงาน I(m) เท่ากับ $m^*$ แล้วเก็บค่าของขั้นตอนการทำงานลงในเซตของ ขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟได้

ขั้นตอนที่ 9 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 10 แยกคำนวณตามวิธีการหาโลเวอร์บาวด์ในแต่ละรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณหาค่าเวลาในการตั้งเครื่อง (setup time) เพื่อเก็บค่าลงในตัวแปรไว้ใช้คำนวณในการวนลูปรอบต่อไป และเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 12 จบการทำงาน

4.3.2 <u>วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์</u>

วิธีการจัดตารางการผลิดแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 กำหนดจำนวนลูป (loop) เท่ากับศูนย์

ขั้นตอนที่ 2 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน (operation) แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 12

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดค่าเริ่มต้นต่างๆ ได้แก่ ค่า I = 0 ค่า $\sigma^*$ = ค่าของวันที่ที่มากที่สุดและค่า $m^* = 0$

ขั้นตอนที่ 4 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 5 หาค่าเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงานที่ I ($\sigma$) หาเครื่องจักรที่ขั้นตอนการทำงานที่ I ทำงานอยู่ (m)

ขั้นตอนที่ 6 เปรียบเทียบค่า $\sigma$ กับค่า $\sigma^*$ ถ้าค่า $\sigma$ น้อยกว่าค่า $\sigma^*$ แล้วกำหนดค่า $\sigma^* = \sigma$ และค่า $m^* = m$ แล้วเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 4

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวนลูปซ้ำจนกระทั่งครบทุกขั้นตอนการทำงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 10

ขั้นตอนที่ 8 ถ้าค่า $\sigma$ เท่ากับค่า $\sigma^*$ และเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงาน I (m) = $m^*$ แล้วเก็บค่าของขั้นตอนการทำงานลงในเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ได้

ขั้นตอนที่ 9 เลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 10 แยกคำนวณตามวิธีการหาโลเวอร์บาวด์ในแต่ละรูปแบบ

ขั้นตอนที่ 11 คำนวณหาค่าเวลาในการตั้งเครื่อง (setup time) เพื่อเก็บค่าลงในตัวแปรไว้ใช้คำนวณในการวนลูปรอบต่อไป และเลื่อนทำขั้นตอนการทำงานต่อไปแล้วทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 จนครบทุกขั้นตอนการทำงาน

ขั้นตอนที่ 12 จบการทำงาน

## 4.4 วิธีการหาโลเวอร์บาวด์

### 4.4.1 วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม

วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บค่าต่างๆ สำหรับการคำนวณของงานและเครื่องจักรปัจจุบันและเซตค่าปัจจุบันเป็นค่าของงานที่ถูกเลือก

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ได้แก่ ค่า B1 เป็นค่าวันที่ที่น้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวนลูปซ้ำจนครบทุกงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 7

ขั้นตอนที่ 4 หาค่าเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน หมายเลขเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงานและค่าผลรวมเวลาการทำงานที่เหลือของงานนี้และหาค่าเวลาที่เหลือในแต่ละเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงานในงานนี้

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบเวลาแล้วเสร็จของงานกับค่า B1 ถ้ามีค่ามากกว่าให้กำหนดค่า B1 ด้วยค่าเวลาแล้วเสร็จของงาน

ขั้นตอนที่ 6 เลื่อนพิจารณางานถัดไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 จนเสร็จสิ้นครบทุกงาน

ขั้นตอนที่ 7 ทำการวนลูปซ้ำจนครบทุกงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 10

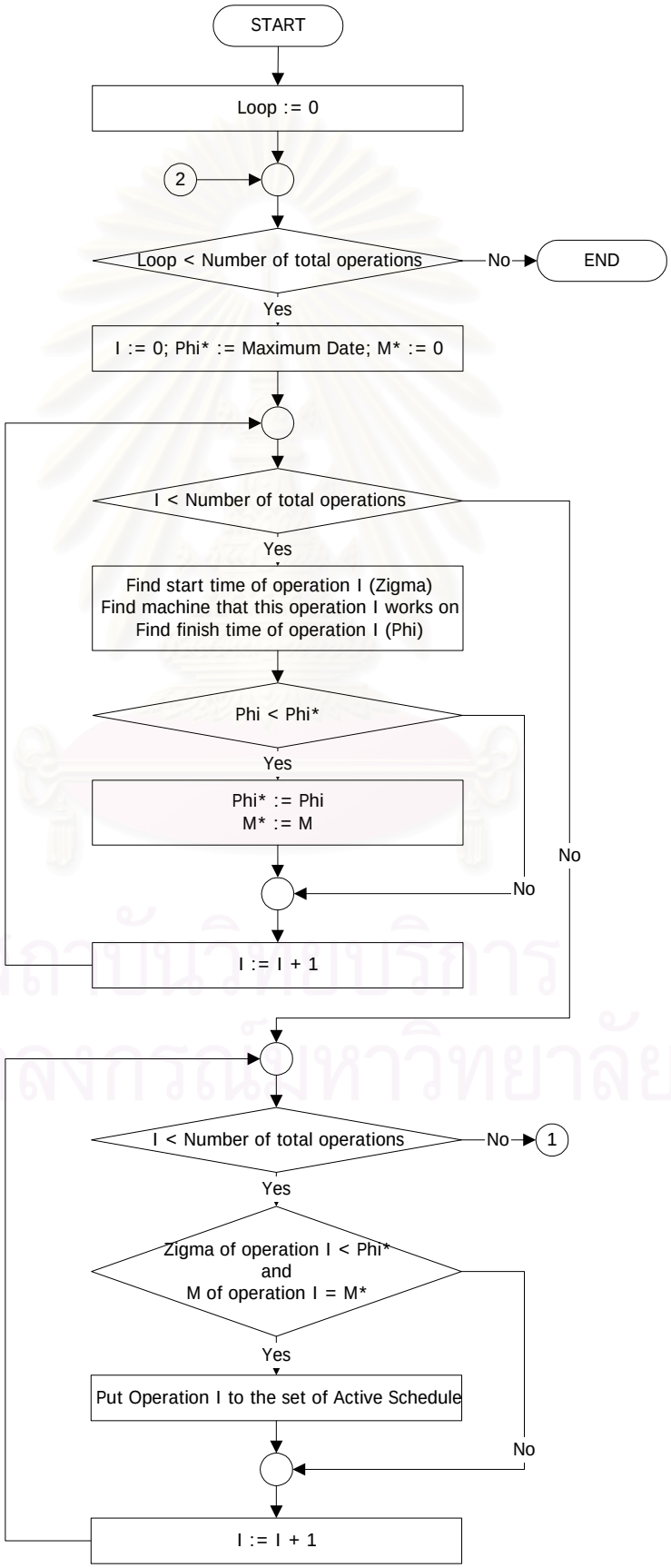
ขั้นตอนที่ 8 หาค่าเวลาที่เหลือในแต่ละเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงานนี้

ขั้นตอนที่ 9 เลื่อนพิจารณางานถัดไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 7 จนเสร็จสิ้นครบทุกงาน

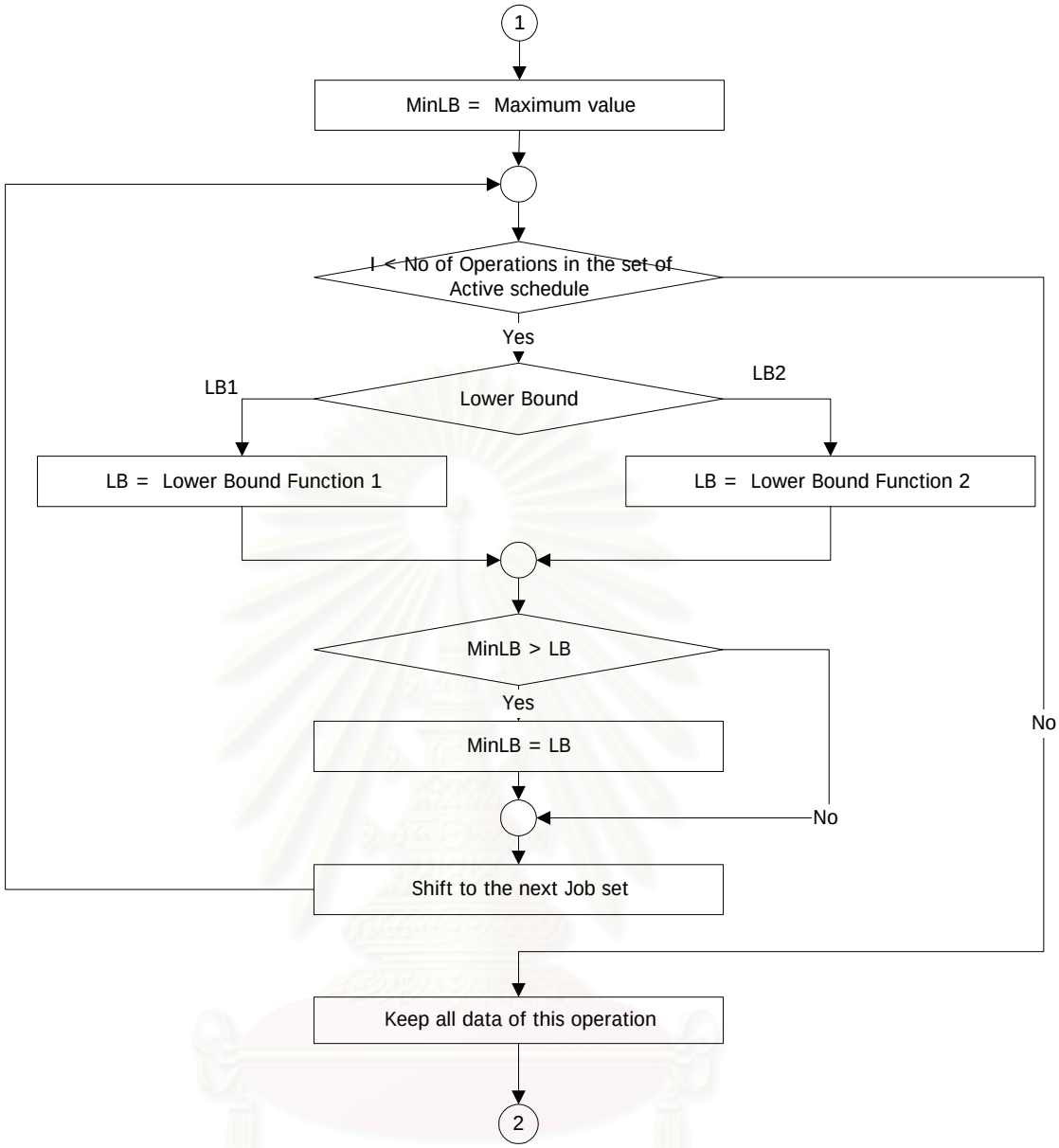
ขั้นตอนที่ 10 กำหนดค่า B2 เท่ากับค่ามากที่สุดของวันแล้วเสร็จของขั้นตอนการทำงานบนเครื่องจักรทุกๆ เครื่อง

ขั้นตอนที่ 11 เปรียบเทียบค่า B1 กับค่า B2 ถ้า B1 มีค่ามากกว่า B2 ให้คืนค่า B1 มิฉะนั้นแล้วคืนค่า B2

ขั้นตอนที่ 12 เซตค่าต่างๆ กลับเป็นค่าของงานและเครื่องจักรปัจจุบัน

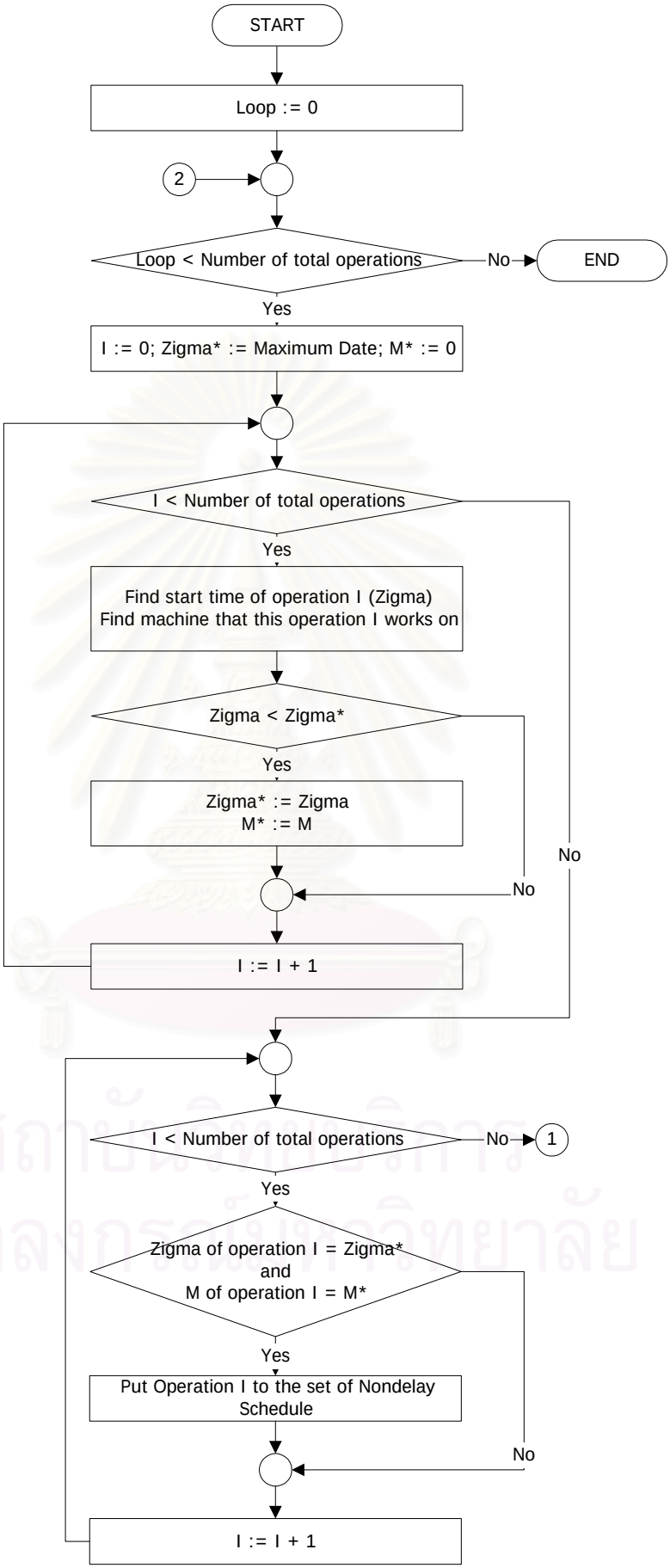


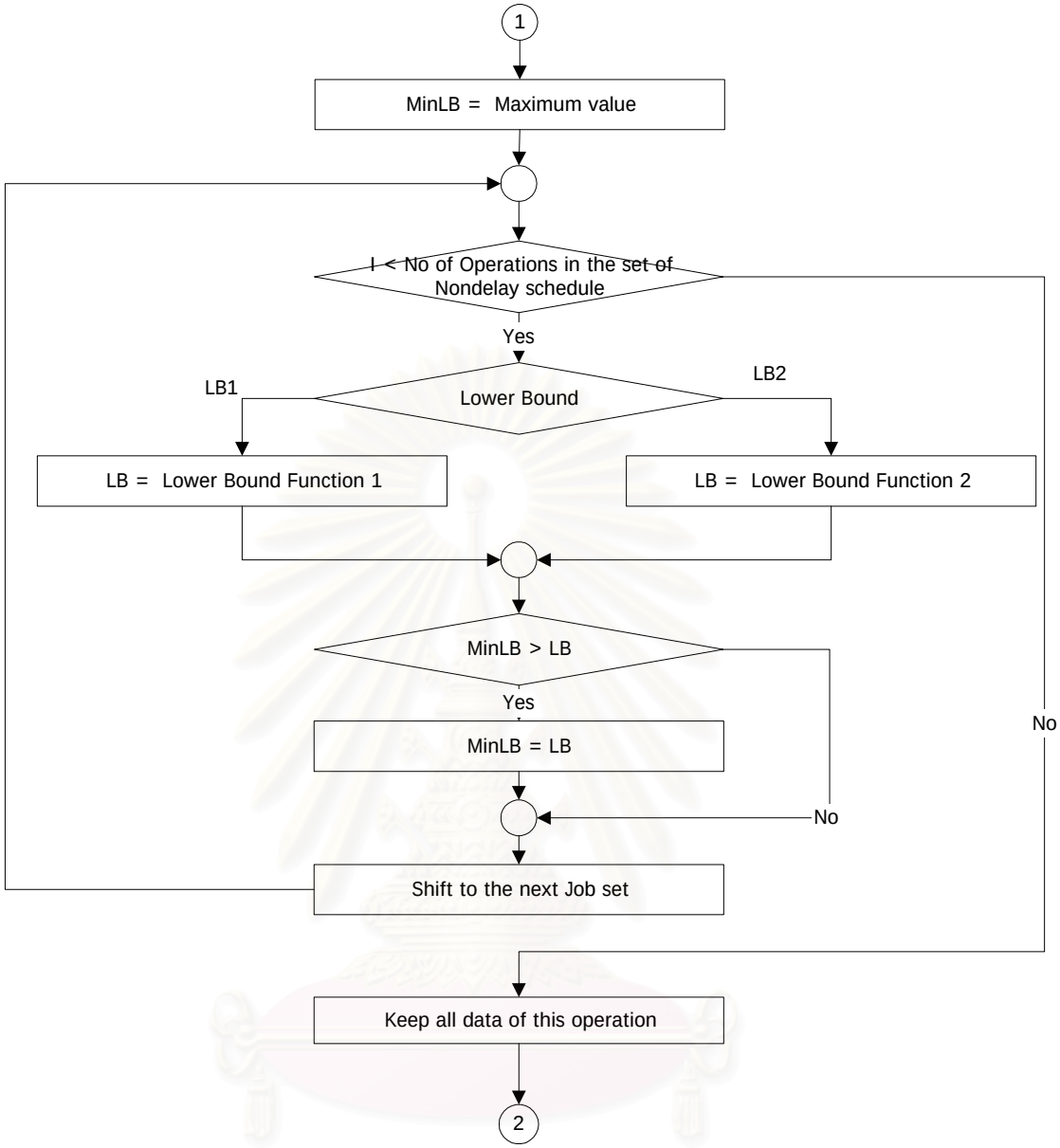

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย




รูปที่ 4.10 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ (Branch and Bound)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย


START
Loop := 0
2
Loop < Number of total operations
No
END
Yes
I := 0; Zigma* := Maximum Date; M* := 0
I < Number of total operations
Yes
Find start time of operation I (Zigma)
Find machine that this operation I works on
Zigma < Zigma*
Yes
Zigma* := Zigma
M* := M
No
No
I := I + 1
I < Number of total operations
No
1
Yes
Zigma of operation I = Zigma*
and
M of operation I = M*
Yes
Put Operation I to the set of Nondelay Schedule
No
I := I + 1




รูปที่ 4.11 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ (Branch and Bound)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเก่าเป็นการประมาณค่าเวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan) ซึ่งหาได้จากค่าที่มากกว่าระหว่าง job-based lower bound กับ machine-based lower bound อย่างไรก็ตามตัววัดผลที่สำคัญของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา คือ จำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเสนอวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ซึ่งเป็นการประมาณค่าตัววัดผลที่สามารถใช้ในการประเมินปัญหาเกี่ยวกับการส่งมอบสินค้าไม่ทันกำหนดเวลา ได้แก่ จำนวนงานล่าช้า เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย โดยทำการเปรียบเทียบและเลือก node ที่มีค่าโลเวอร์บาวด์น้อยที่สุดตามลำดับความสำคัญของตัววัดผลดังนี้ จำนวนงานล่าช้า เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ตามลำดับ

วิธีการประมาณค่าตัววัดผลทั้ง 3 ตัวดังกล่าวเริ่มจากการประมาณค่าเวลาเร็วที่สุดที่คาดว่างานจะแล้วเสร็จจาก job-based bound ที่สามารถคำนวณได้จากตารางการผลิตที่จัดแล้วบางส่วน (partial schedule) หรือ $PS_t$ และเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตได้ (schedulable operations) หรือ $S_t$ โดยในแต่ละขั้นตอนมีขั้นตอนการทำงานบางขั้นตอนที่ยังไม่ได้จัดลงในตารางการผลิต สำหรับขั้นตอนการทำงาน j ในเซตของขั้นตอนการทำงานที่สามารถนำมาจัดตารางการผลิตได้ (schedulable operations) หรือ $S_t$ ให้ $\sigma_j$ แทนเวลาเริ่มต้นได้เร็วที่สุดของขั้นตอนการทำงาน และให้ $R_j$ แทนผลรวมของเวลาการทำงานของขั้นตอนที่ยังไม่ได้จัดลงในตารางการผลิตของงาน (job) ที่สอดคล้องกับขั้นตอนการทำงานที่กำลังพิจารณาอยู่ ดังนั้นงาน (job) ดังกล่าวจะสามารถแล้วเสร็จได้อย่างเร็วที่เวลาเท่ากับ $\sigma_j + R_j$ ซึ่งสามารถเขียนตัวประมาณค่าเวลาแล้วเสร็จของงานของขั้นตอนการทำงาน j ได้ตามสมการ

$$\text{Estimator of } C_j = \sigma_j + R_j \qquad (4.1)$$

เมื่อ $C_j$ คือเวลาที่งานแล้วเสร็จ (Completion Time)

ดังนั้นสามารถหาตัวประมาณค่าของเวลาสายของงาน ($L_j$) ได้ตามสมการ

$$L_j = C_j - d_j \qquad (4.2)$$

เมื่อ $d_j$ คือเวลากำหนดส่งมอบงาน

สามารถหาตัวประมาณค่าของเวลาล่าช้าของงาน ($T_j$) ได้ตามสมการ

$$T_j = \max(0, L_j) \qquad (4.3)$$

เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness) และเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) หาได้ตามสมการ

$$\bar{L} = \frac{\sum_{j=1}^{n} L_j}{n} \qquad (4.4)$$

$$\bar{T} = \frac{\sum_{j=1}^{n} T_j}{n} \qquad (4.5)$$

และสามารถหาตัวประมาณค่าของจำนวนงานล่าช้า ได้ตามสมการ

$$N_T = \sum_{j=1}^{n} \delta(T_j) \qquad (4.6)$$

โดยที่ $\delta(x) = 1$ เมื่อ $x > 0$

$\delta(x) = 0$ เมื่อ $x \leq 0$

วิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เก็บค่าต่างๆ สำหรับการคำนวณของงานและเครื่องจักรปัจจุบันและเซตค่าปัจจุบันเป็นค่าของงานที่ถูกเลือก

ขั้นตอนที่ 2 กำหนดค่าเริ่มต้น ได้แก่ ค่า MeanT = 0 ค่า MeanLate = 0 และค่า N = 0

ขั้นตอนที่ 3 ทำการวนลูปซ้ำจนครบทุกงาน แล้วทำต่อขั้นตอนที่ 7

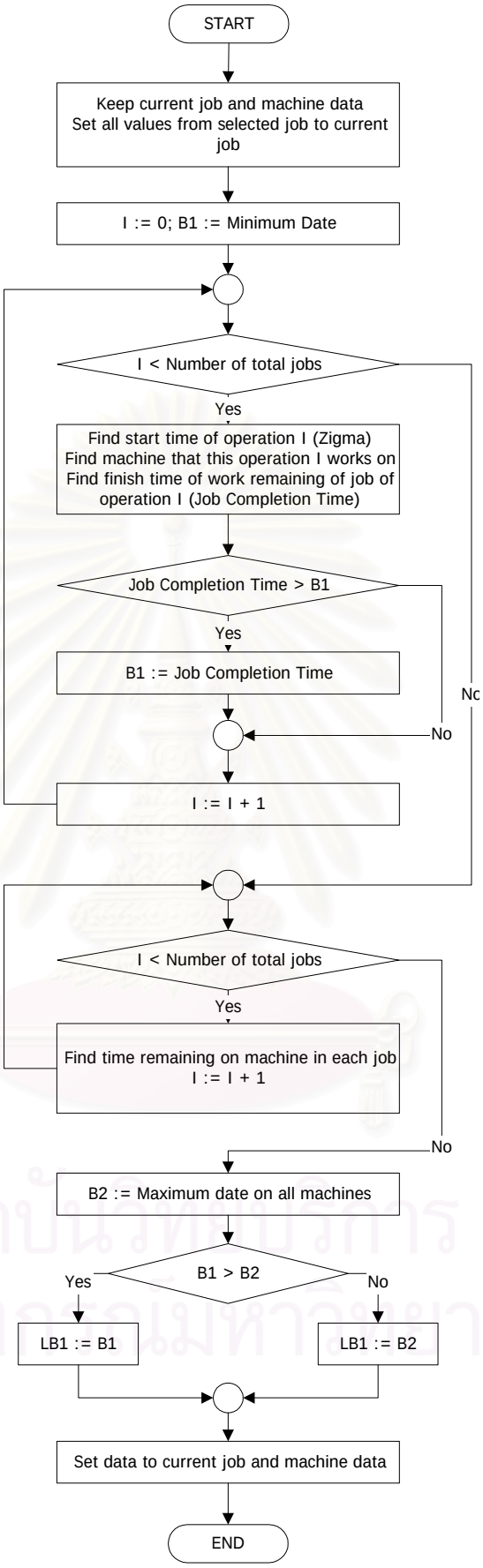
ขั้นตอนที่ 4 หาค่าเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน หมายเลขเครื่องจักรของขั้นตอนการทำงานและค่าของเวลาแล้วเสร็จของงานนี้ กำหนดค่า MeanLate = MeanLate + เวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน + ค่าผลรวมเวลาการทำงานที่เหลือของงานนี้ - เวลากำหนดส่งมอบงาน

ขั้นตอนที่ 5 เปรียบเทียบค่าของตัวประมาณค่าเวลาแล้วเสร็จของงานกับเวลากำหนดส่งมอบงาน ถ้ามีค่ามากกว่าให้กำหนดค่า MeanT = MeanT + เวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน + ค่าผลรวมเวลาการทำงานที่เหลือของงานนี้ – เวลากำหนดส่งมอบงาน และกำหนดค่า N = N + 1

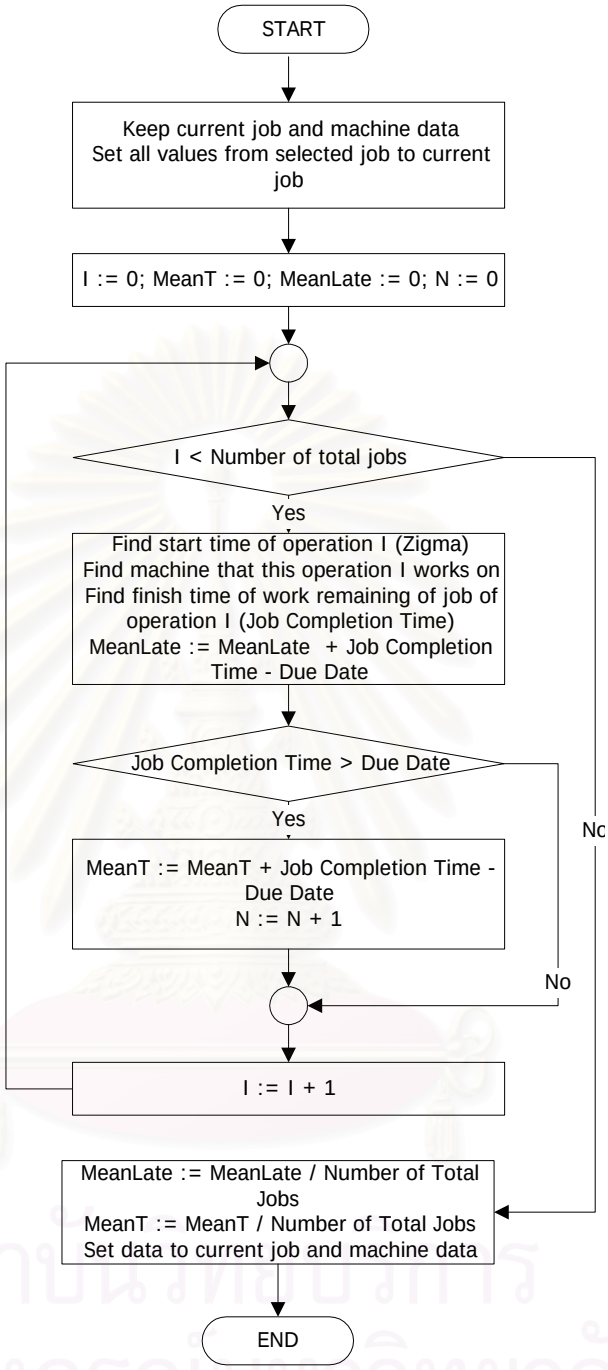
ขั้นตอนที่ 6 เลื่อนพิจารณางานถัดไปและทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 จนครบทุกงาน

ขั้นตอนที่ 7 กำหนดค่า MeanLate = MeanLate / จำนวนงานทั้งหมด และกำหนดค่า MeanT = MeanT / จำนวนงานทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 8 เซตค่าต่างๆ กลับเป็นค่าของงานและเครื่องจักรปัจจุบัน




รูปที่ 4.12 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม




รูปที่ 4.13 รูปแสดงผังการไหลของวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 5
# โครงสร้างโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

การนำกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมจำเป็นต้องมีการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิต เนื่องจากกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีขั้นตอนการคำนวณหลายขั้นตอนและมีขั้นตอนการคำนวณหลายขั้นตอนที่ต้องมี กา รวนลูปหรือการคำนวณซ้ำ ในปัจจุบันมีการพัฒนาประสิทธิภาพในการคำนวณของคอมพิวเตอร์เป็นอย่างมาก โดยสังเกตได้จากประสิทธิภาพการทำงานและการประมวลผลที่ รวดเร็วแม่นยำ ซึ่งเมื่อมีการพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในระบบปฏิบัติการวินโดว์ สามารถทำให้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตมีรูปแบบที่เป็นกราฟฟิกซึ่งง่ายต่อการใช้งานและเป็นมิตรต่อผู้ใช้ รวมถึงสามารถทำให้การปรับตารางการผลิตหรือการจัดตารางการผลิตใหม่เพื่อตอบสนองความไม่แน่นอนในการผลิตจริงใช้เวลาไม่นาน ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อการนำกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตไปประยุกต์ใช้งานในอุตสาหกรรม เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางการผลิต คุณสมบัติของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต องค์ประกอบของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต ข้อจำกัดของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต และการประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต

## 5.1 การพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต เป็นขั้นตอนที่ต้องใช้เวลาการคำนวณมาก เนื่องจากมีการวนลูปทำซ้ำในการคำนวณขั้นตอนต่างๆ ดังนั้นเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิต และป้องกันความผิดพลาดที่เกิดจากการคำนวณของมนุษย์ ผู้วิจัยจึงได้ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการจัดตารางการผลิตโดยใช้ไมโครซอฟต์วิชวลเบสิก 6 (Microsoft Visual Basic 6) ซึ่งเป็นภาษาการเขียนโปรแกรมแบบวิชวล (Visual Programming Language, VPL) เนื่องจากการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ไมโครซอฟต์วิชวลเบสิก 6 ทำให้สามารถสร้างและพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้ง่าย มีความยืดหยุ่นในการพัฒนาต่อไปในอนาคต รวมถึงมีเครื่องมือที่ช่วยในการสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่มีรูปลักษณ์สวยงามบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ (Microsoft Windows) และเป็นมิตรกับผู้ใช้ซึ่งหมายความว่า ผู้ใช้สามารถใช้โปรแกรมได้ง่าย

## 5.2 รายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการจัดลำดับการผลิตและจัดตารางการผลิตมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

### 5.2.1 ระบบปฏิบัติการที่เหมาะสมกับโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

โปรแกรมการจัดตารางการผลิตนี้จัดทำบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์ วินโดว์ 98 (Microsoft Windows 98) และสามารถใช้งานบนระบบปฏิบัติการไมโครซอฟต์วินโดว์ 95 และไมโครซอฟต์วินโดว์ 2000 ได้

### 5.2.2 กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในโปรแกรมดังที่ได้กล่าวถึงไว้ในบทที่ 4 คือ การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎการจัดลำดับความสำคัญ และวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับ (Branch and Bound without Backtracking) ด้วยวิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมและวิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่นำเสนอ

### 5.2.3 ตัววัดผล (Measures of Performance)

ตัววัดผลที่ใช้ในการจัดการตารางการผลิตในโปรแกรมการจัดตารางการผลิต มีดังต่อไปนี้

5.2.3.1 จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs)

จำนวนงานล่าช้า หมายถึง จำนวนงานที่ส่งมอบไม่ทันเวลากำหนดส่งมอบงาน สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 5.1

$$N_T = \sum_{j=1}^{n} \delta(T_j) \qquad (5.1)$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตเพื่อให้ได้ค่าจำนวนงานล่าช้าน้อย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.2.3.2 เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness)

เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานในระบบ สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 5.2

$$\overline{T} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^{n} T_j \qquad (5.2)$$

โดยที่ $T_j = \max \{ 0, L_j \}$

$L_j$ หมายถึง ระยะเวลาที่งานเสร็จก่อนหรือหลังเวลากำหนดส่งงาน

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตเพื่อให้ได้ค่าเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อย

5.2.3.3 เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness)

เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย หมายถึง ค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานในระบบ สามารถหาค่าได้ตามสมการที่ 5.3

$$\overline{L} = \frac{1}{n} * \sum_{j=1}^{n} L_j \qquad (5.3)$$

โดยที่ $L_j = C_j - d_j$

$L_j$ หมายถึง ระยะเวลาที่งานเสร็จก่อนหรือหลังเวลากำหนดส่งงาน

$C_j$ หมายถึง เวลาแล้วเสร็จของงาน j

$d_j$ หมายถึง เวลากำหนดส่งงาน j

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตเพื่อให้ได้เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยน้อย

เหตุผลที่ใช้ตัววัดผลดังกล่าวข้างต้น เนื่องจากในปัจจุบันโรงงานผู้ผลิตประสบปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า ทำให้โรงงานต้องเสียภาพพจน์และความน่าเชื่อถือเกี่ยวกับการตรงต่อเวลาในการส่งมอบงาน โดยจำนวนงานล่าช้าเป็นตัววัดผลที่สำคัญที่สุด เนื่องจากลูกค้าจะปรับลดคะแนนที่ให้กับโรงงานตามจำนวนงานล่าช้ามากที่สุด ตัววัดผลที่มีความสำคัญในลำดับรองลงมาได้แก่ เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ตามลำดับ

5.2.3.4 เวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (Makespan)

เวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ หมายถึง เวลาแล้วเสร็จของงานที่มีเวลาแล้วเสร็จช้าที่สุดในรอบการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบ (Maximum Completion Time) สามารถหาค่าได้ตามสมการ 5.4

$$\textbf{Makespan} = \max_{\forall j}(\textbf{Completion Time of Job j}) \quad (5.4)$$

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตนี้คือ เป็นการจัดตารางการผลิตเพื่อให้ได้เวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จน้อย

5.2.3.5 ตัววัดผลหลายเกณฑ์ (Multiple Criteria Measure of Performance)

ตัววัดผลหลายเกณฑ์ใช้ในกรณีที่ผู้ใช้โปรแกรมมีวัตถุประสงค์ในการจัดตารางการผลิตหลายเกณฑ์วัตถุประสงค์ ซึ่งในกรณีนี้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตใช้หลักการของการวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (AHP) เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกใช้กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในการจัดตารางการผลิตหลายเกณฑ์วัตถุประสงค์ และมีการแสดงค่าดัชนีอัตราส่วนความสอดคล้องในการเปรียบเทียบ (Consistency Ratio) ดังรายละเอียดและขั้นตอนที่กล่าวในบทที่ 2

5.2.4 <u>คุณสมบัติของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต</u>

โปรแกรมจัดตารางการผลิตที่จัดทำขึ้นมีคุณสมบัติ ดังต่อไปนี้

- สามารถจัดตารางการผลิตตามรอบระยะเวลาการจัดตารางการผลิตได้
- สามารถตอบสนองการขัดจังหวะในการผลิตได้
- สามารถเลื่อนงานเข้าออกตามความเร่งด่วน
- สามารถแสดงประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตตามกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ และการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive Production Scheduling) ได้
- สามารถเปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตตามกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ เพื่อให้สามารถเลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีประสิทธิภาพดีที่สุด
- สามารถจัดตารางการผลิตใหม่ได้เมื่อมีเหตุการณ์ที่จำเป็น
- สามารถจัดตารางการผลิตที่สอดคล้องกับเวลาการทำงาน

- สามารถตอบสนองต่อการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ
- สามารถออกตารางการผลิตในแต่ละทรัพยากรได้
- สามารถกำหนดช่วงการทำงานให้สอดคล้องกับช่วงของการทำงานจริงของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง และสามารถลดหรือขยายช่วงการทำงานในกรณีที่มีการเพิ่มกะการทำงานหรือมีการทำงานนอกเวลาได้
- สามารถกำหนดเวลาการตั้งเครื่องจักรแบบขึ้นกับลำดับของงานบนเครื่องจักร (sequence-dependent setup times) ตามความเป็นจริงในการผลิตได้ โดยพิจารณาจากงานก่อนหน้าที่ทำบนเครื่องจักรและงานปัจจุบันที่ทำบนเครื่องจักรที่พิจารณา
- สามารถจัดตารางการผลิตตามลำดับก่อนหลังของขั้นตอนการทำงานของงานแต่ละงาน โดยมีการเหลื่อมของช่วงเวลาในการตั้งเครื่องจักร นั่นคือ เวลาเริ่มต้นของการตั้งเครื่องจักรสามารถเริ่มต้นได้ก่อนเวลาสิ้นสุดการทำงานของขั้นตอนก่อนหน้า ตามความเป็นจริงในการผลิตเนื่องจากพนักงานสามารถเลื่อนเวลาเริ่มต้นในการตั้งเครื่องจักรตามความจำเป็นหลังจากได้ชิ้นงานจากขั้นตอนก่อนหน้าบางชิ้นก็สามารถนำชิ้นงานมาตั้งเครื่องจักรสำหรับขั้นตอนการทำงานถัดไปได้
- สามารถจัดตารางการผลิตโดยใช้ตัววัดผลหลายเกณฑ์ตามวิธีการวิเคราะห์แบบลำดับขั้น (AHP) และสามารถแสดงค่าลำดับความสำคัญของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ให้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ รวมถึงสามารถแสดงอัตราส่วนความสอดคล้องในการเปรียบเทียบ (Consistency Ratio) ได้
- สามารถแบ่งกลุ่มเครื่องจักรตามลักษณะการใช้งานแทนกันได้ เรียกว่า สถานีงาน (workstation)
- สามารถเพิ่มและลดสถานีงาน เครื่องจักร และงานตามการผลิตจริงได้
- สามารถกำหนดค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องในสถานีงานเดียวกันให้มีค่าแตกต่างกันได้ และสามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเลือกใช้งานให้กับเครื่องจักรแต่ละเครื่องได้
- สามารถแสดงขั้นตอนการคำนวณอย่างละเอียดเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการคำนวณของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- สามารถกำหนดค่าของเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงานตามความไม่แน่นอนในการผลิตจริงได้ เช่น การล่าช้าเนื่องจากวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเข้ามาไม่ทัน เป็นต้น
- สามารถกำหนดผู้ที่ใช้งานโปรแกรมได้และรหัสผ่านของผู้ใช้ รวมถึงการเพิ่มและลดผู้ที่ใช้งานโปรแกรมได้

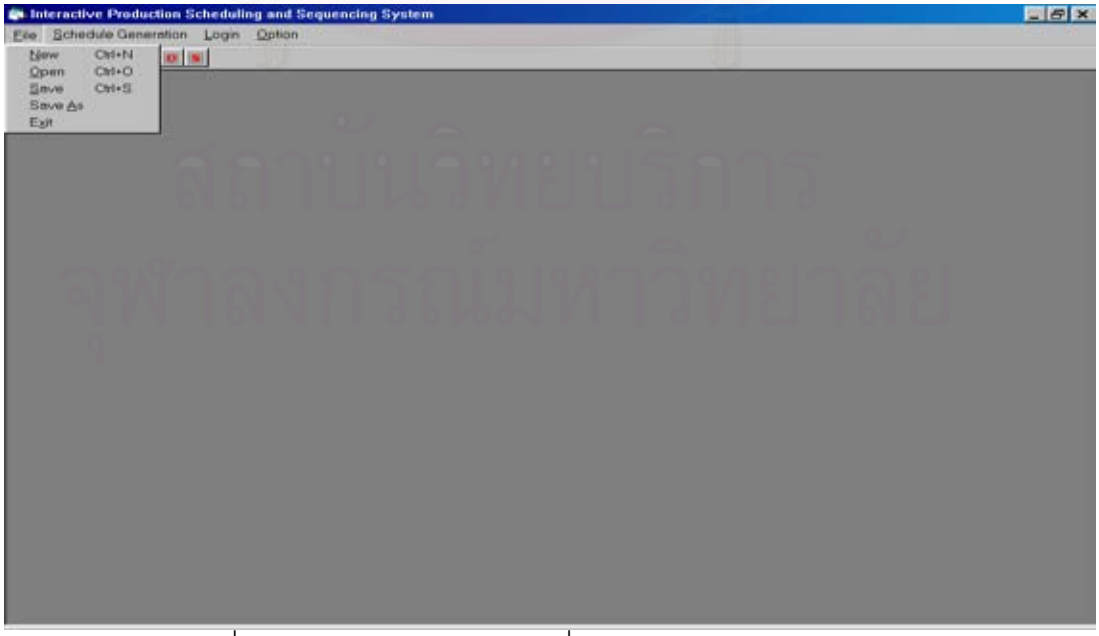
## 5.3 องค์ประกอบของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

สำหรับโปรแกรมการจัดตารางการผลิตแบ่งออกเป็น 4 ส่วนดังนี้

- ส่วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิต
- ส่วนของการจัดตารางการผลิต
- ส่วนของการกำหนดผู้ใช้งาน
- ส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรม (option)

### 5.3.1 ส่วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิต (File)

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนนำเข้าข้อมูลที่จำเป็นต่อการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดของสถานีงาน เครื่องจักร งาน ขั้นตอนการทำงาน และเวลาในการตั้งเครื่อง เช่น จำนวนเครื่องจักรในแต่ละสถานีงาน เครื่องจักรที่ใช้ในการทำงานและช่วงเวลาที่เครื่องจักร ทำงาน จำนวนขั้นตอนการทำงานของงานแต่ละงาน และระยะเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงาน เป็นต้น โดยรายละเอียดในแต่ละส่วนนี้ได้แสดงอยู่ในฟอร์มของสถานีงาน เครื่องจักร งาน ขั้นตอนการทำงาน และเวลาในการตั้งเครื่องจักร ดังรูปที่ 5.1 ซึ่งมีเมนูที่ประกอบด้วยรายละเอียดดังต่อไปนี้

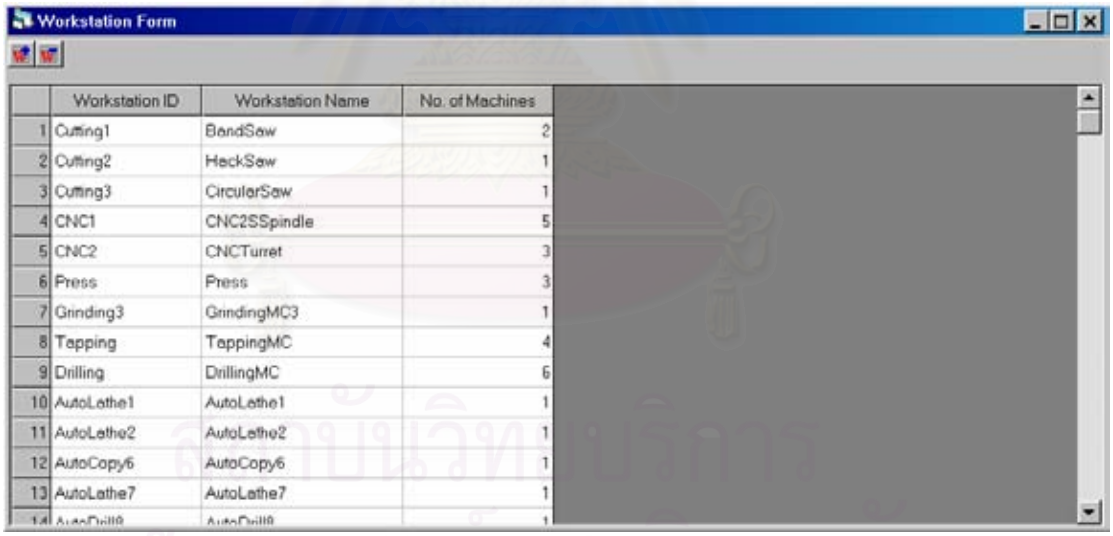



รูปที่ 5.1 รูปแสดงส่วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิต

- New เมื่อต้องการใส่ข้อมูลเพื่อนำมาจัดตารางการผลิตโดยเป็นข้อมูลใหม่ที่ยังไม่มีการบันทึกมาก่อน
- Open เป็นการเปิดไฟล์ข้อมูล (file) ที่มีการบันทึกอยู่ก่อนหน้านี้แล้วเพื่อนำมาแก้ไขหรือนำมาจัดตารางการผลิตใหม่
- Save เป็นการบันทึกข้อมูลที่ได้กรอกไว้ซึ่งจะนำไปใช้ในการจัดตารางการผลิตและบันทึกข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลต่างๆ ในโปรแกรม
- Save As เป็นการบันทึกข้อมูลโดยการเก็บข้อมูลลงในชื่อไฟล์ใหม่
- Exit เป็นการออกจากโปรแกรม

สำหรับรายละเอียดของฟอร์มการนำเข้าข้อมูลต่างๆ ประกอบด้วย

5.3.1.1 ฟอร์มสถานีงาน (Workstation) ประกอบด้วยการป้อนข้อมูล รหัสสถานีงาน (Workstation ID) ชื่อสถานีงาน (Workstation Name) และจำนวนเครื่องจักรในแต่ละสถานีงาน (Number of Machine) ดังรูปที่ 5.2

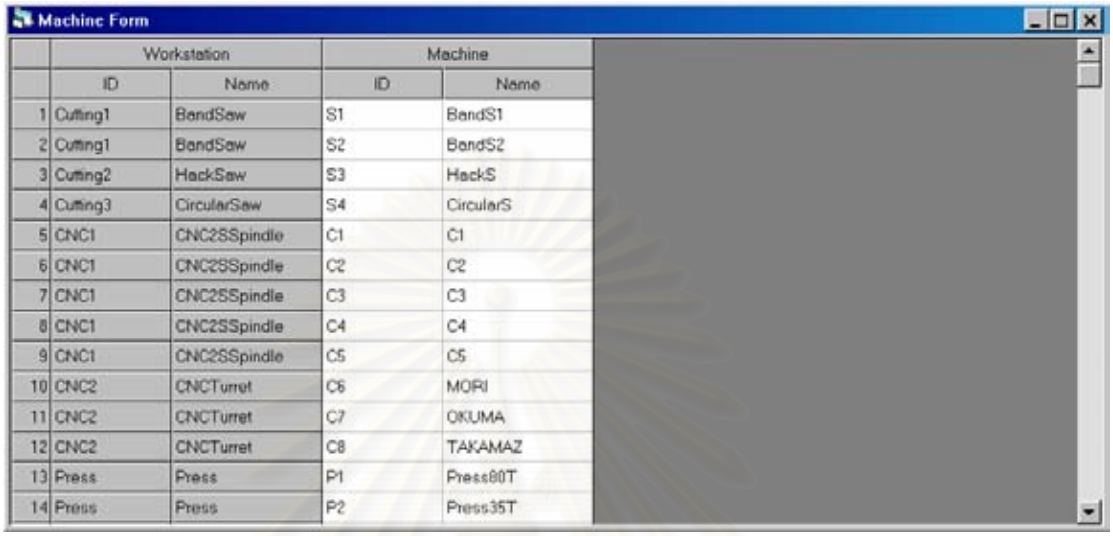



รูปที่ 5.2 รูปแสดงฟอร์มสถานีงาน (Workstation Form)

ในหน้าฟอร์มนี้จะประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ดังนี้

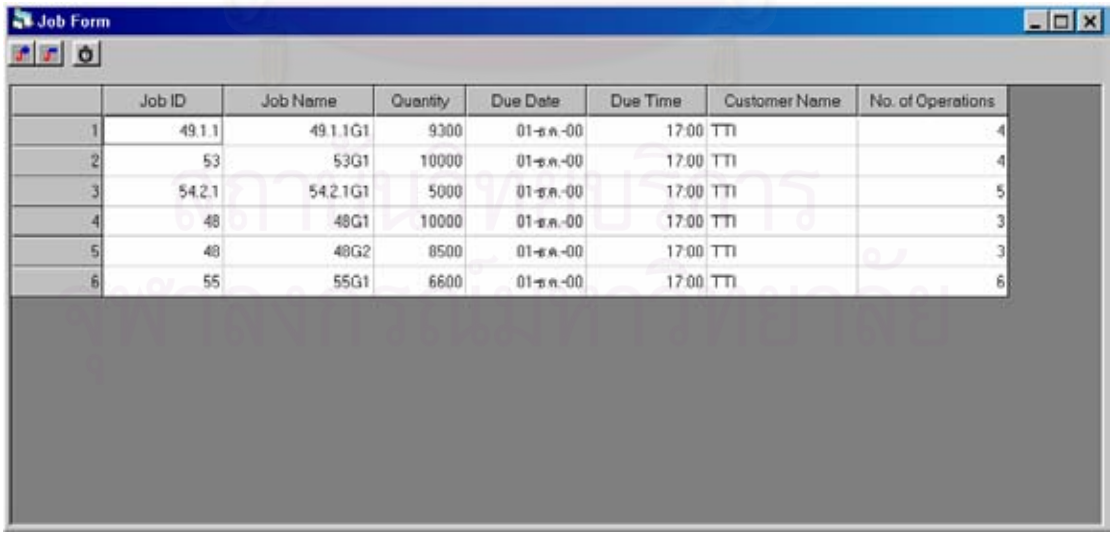
- ปุ่ม Add Workstation สำหรับเพิ่มสถานีงานที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต
- ปุ่ม Delete Workstation สำหรับลบสถานีงานที่ไม่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

5.3.1.2 ฟอร์มเครื่องจักร (Machine) ประกอบด้วยการป้อนข้อมูล รหัสเครื่องจักร (Machine ID) และชื่อเครื่องจักร (Machine Name) โดยแต่ละเครื่องจักรมีการแสดงรหัสสถานีงานและชื่อสถานีงาน ดังรูปที่ 5.3




รูปที่ 5.3 รูปแสดงฟอร์มเครื่องจักร (Machine Form)

5.3.1.3 ฟอร์มงาน (Job) ประกอบด้วยการป้อนข้อมูล รหัสงาน (Job ID) ชื่องาน (Job Name) ปริมาณของงาน (Quantity) วันกำหนดส่งมอบงาน (Due Date) เวลากำหนดส่งมอบงาน (Due Time) ชื่อลูกค้า (Customer Name) และจำนวนขั้นตอนการทำงานของงานแต่ละงาน (Number of Operations) ดังรูปที่ 5.4




รูปที่ 5.4 รูปแสดงฟอร์มงาน (Job Form)

ในหน้าฟอร์มนี้จะประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ดังนี้

- ปุ่ม Add Job สำหรับเพิ่มงานที่ต้องการจัดตารางการผลิต
- ปุ่ม Delete Job สำหรับลบงานที่ไม่ต้องการจัดตารางการผลิต
- ปุ่ม Edit Start Time สำหรับกำหนดเวลาเริ่มต้นของงาน

5.3.1.4 ฟอร์มขั้นตอนการทำงาน (Operation) ประกอบด้วยการป้อนข้อมูลชื่อสถานีงานที่ทำ (Workstation Name) เวลาการทำงานต่อหน่วย (Unit Processing Time) วันเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน (Release Date) และเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน (Release Time) ซึ่งต้องกำหนดในกรณีที่วันและเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงานช้ากว่าวันและเวลาเริ่มต้นของรอบการจัดตารางการผลิต ดังรูปที่ 5.5

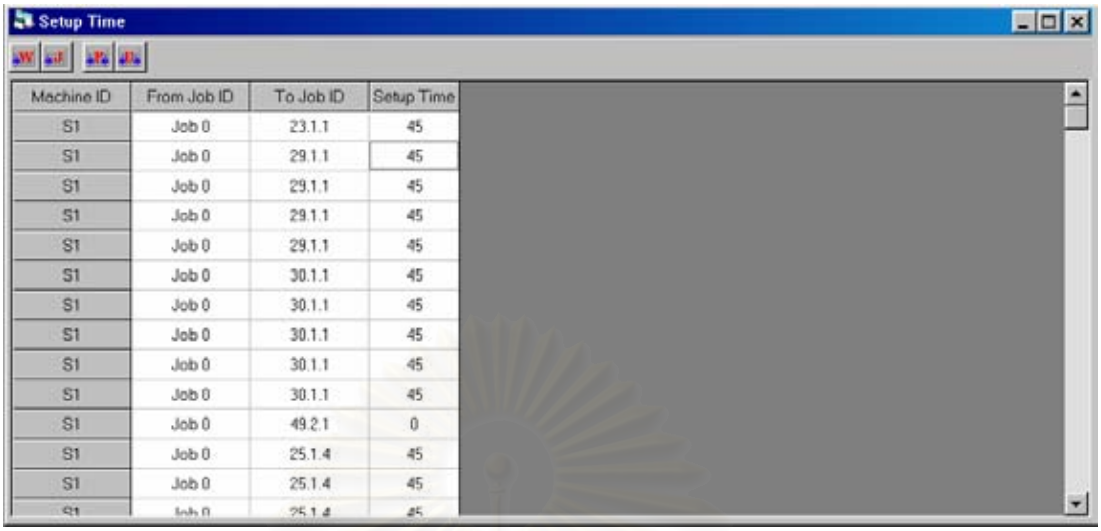
Operation Form

| | Job ID | Job Name | Operation | Workstation Name | Unit Processing Time | Release Date | Release Time |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 49.1.1 | 49.1.1G1 | 1 | Press | .0409 | | |
| 2 | 49.1.1 | 49.1.1G1 | 2 | Press | .1285 | | |
| 3 | 49.1.1 | 49.1.1G1 | 3 | Press | .0562 | | |
| 4 | 49.1.1 | 49.1.1G1 | 4 | TappingMC | .225 | | |
| 5 | 53 | 53G1 | 1 | CircularSaw | .1224 | | |
| 6 | 53 | 53G1 | 2 | GrindingMC3 | .235 | | |
| 7 | 53 | 53G1 | 3 | Press | .0723 | | |
| 8 | 53 | 53G1 | 4 | Press | .05875 | | |
| 9 | 54.2.1 | 54.2.1G1 | 1 | CircularSaw | .1839 | | |
| 10 | 54.2.1 | 54.2.1G1 | 2 | Press | .0587 | | |
| 11 | 54.2.1 | 54.2.1G1 | 3 | Lathe6 | .1566 | | |
| 12 | 54.2.1 | 54.2.1G1 | 4 | DrillingMC | .3916 | | |
| 13 | 54.2.1 | 54.2.1G1 | 5 | DrillingMC | .1566 | | |
| 14 | 48 | 48G1 | 1 | Press | .015 | | |
| 15 | 48 | 48G1 | 2 | Press | .1125 | | |

รูปที่ 5.5 รูปแสดงฟอร์มขั้นตอนการทำงาน (Operation Form)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.3.1.5 ฟอร์มเวลาในการตั้งเครื่อง (Setup Time) ประกอบด้วยการป้อนข้อมูล เวลาในการตั้งเครื่องบนเครื่องจักรจากงานที่กำหนดไปยังงานที่ต้องการ ดังรูปที่ 5.6



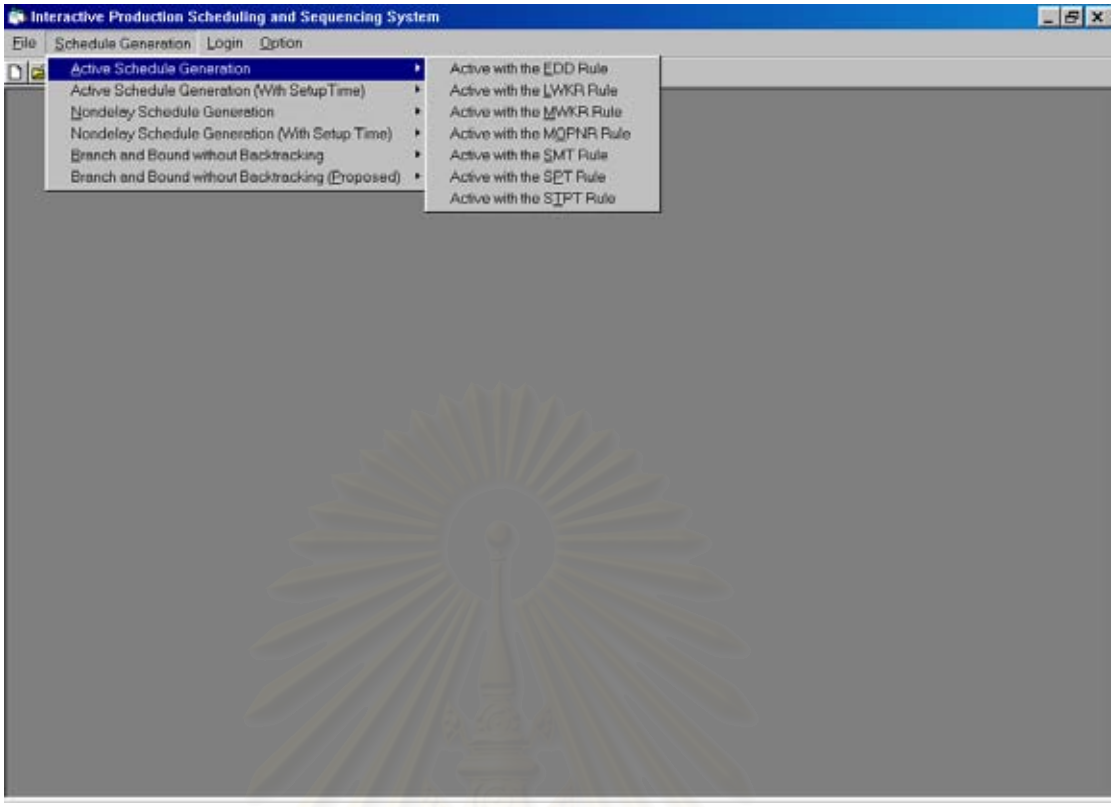

รูปที่ 5.6 รูปแสดงฟอร์มเวลาในการตั้งเครื่อง

ในหน้าฟอร์มนี้จะประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ดังนี้

- ปุ่ม Fill Workstation สำหรับช่วยในการเติมเวลาในการตั้งเครื่องบนเครื่องจักรที่อยู่ในสถานีงานเดียวกันจากงานที่กำหนดไปยังงานที่ต้องการ
- ปุ่ม Fill to Job สำหรับช่วยในการเติมเวลาในการตั้งเครื่องบนเครื่องจักรที่อยู่ในสถานีงานเดียวกันจากงานที่ใดๆ ไปยังงานที่ต้องการ
- ปุ่ม Pack Setup Time Table สำหรับบีบอัดข้อมูลเวลาในการตั้งเครื่องของงานที่มีรหัสงานเดียวกันเพื่อให้จำนวนของข้อมูลเวลาในการตั้งเครื่องที่ผู้ใช้ต้องใส่ค่ามีจำนวนข้อมูลลดลง
- ปุ่ม Unpack Setup Time Table สำหรับขยายข้อมูลเวลาในการตั้งเครื่องที่เป็นของงานที่มีรหัสงานเดียวกันเพื่อใช้ในการแสดงผลการกรอกข้อมูลเวลาในการตั้งเครื่อง

5.3.2 <u>ส่วนของการจัดตารางการผลิต (Schedule Generation)</u>

เป็นส่วนของการเลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ ดังรูปที่ 5.7




รูปที่ 5.7 รูปแสดงส่วนของการจัดตารางการผลิต

5.3.2.1 การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎต่างๆ ดังนี้

5.3.2.1.1 กฎ EDD (Earliest Due Date)

5.3.2.1.2 กฎ LWKR (Least Work Remaining)

5.3.2.1.3 กฎ MWKR (Most Work Remaining)

5.3.2.1.4 กฎ MOPNR (Most Operation Remaining)

5.3.2.1.5 กฎ SMT (Smallest Value Obtained by Multiplying Processing Time with Total Processing Time)

5.3.2.1.6 กฎ SPT (Shortest Processing Time)

5.3.2.1.7 กฎ STPT (Shortest Total Processing Time)

5.3.2.2 การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟที่พิจารณารวมเวลาในการตั้งเครื่องด้วย (With Setup Time) โดยใช้กฎต่างๆ ดังนี้

5.3.2.2.1 กฎ LWKR (Least Work Remaining)

5.3.2.2.2 กฎ MWKR (Most Work Remaining)

5.3.2.2.3 กฎ SMT (Smallest Value Obtained by Multiplying Processing Time with Total Processing Time)

5.3.2.2.4 กฎ SPT (Shortest Processing Time)

5.3.2.2.5 กฎ STPT (Shortest Total Processing Time)

5.3.2.3 การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎต่างๆ ดังนี้

5.3.2.3.1 กฎ EDD (Earliest Due Date)

5.3.2.3.2 กฎ LWKR (Least Work Remaining)

5.3.2.3.3 กฎ MWKR (Most Work Remaining)

5.3.2.3.4 กฎ MOPNR (Most Operation Remaining)

5.3.2.3.5 กฎ SMT (Smallest Value Obtained by Multiplying Processing Time with Total Processing Time)

5.3.2.3.6 กฎ SPT (Shortest Processing Time)

5.3.2.3.7 กฎ STPT (Shortest Total Processing Time)

5.3.2.4 การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ที่พิจารณารวมเวลาในการตั้งเครื่องด้วย (With Setup Time) โดยใช้กฎต่างๆ ดังนี้

5.3.2.4.1 กฎ LWKR (Least Work Remaining)

5.3.2.4.2 กฎ MWKR (Most Work Remaining)

5.3.2.4.3 กฎ SMT (Smallest Value Obtained by Multiplying Processing Time with Total Processing Time)

5.3.2.4.4 กฎ SPT (Shortest Processing Time)

5.3.2.4.5 กฎ STPT (Shortest Total Processing Time)

5.3.2.5 การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์ 2 วิธี ดังนี้

5.3.2.5.1 วิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม

5.3.2.5.2 วิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

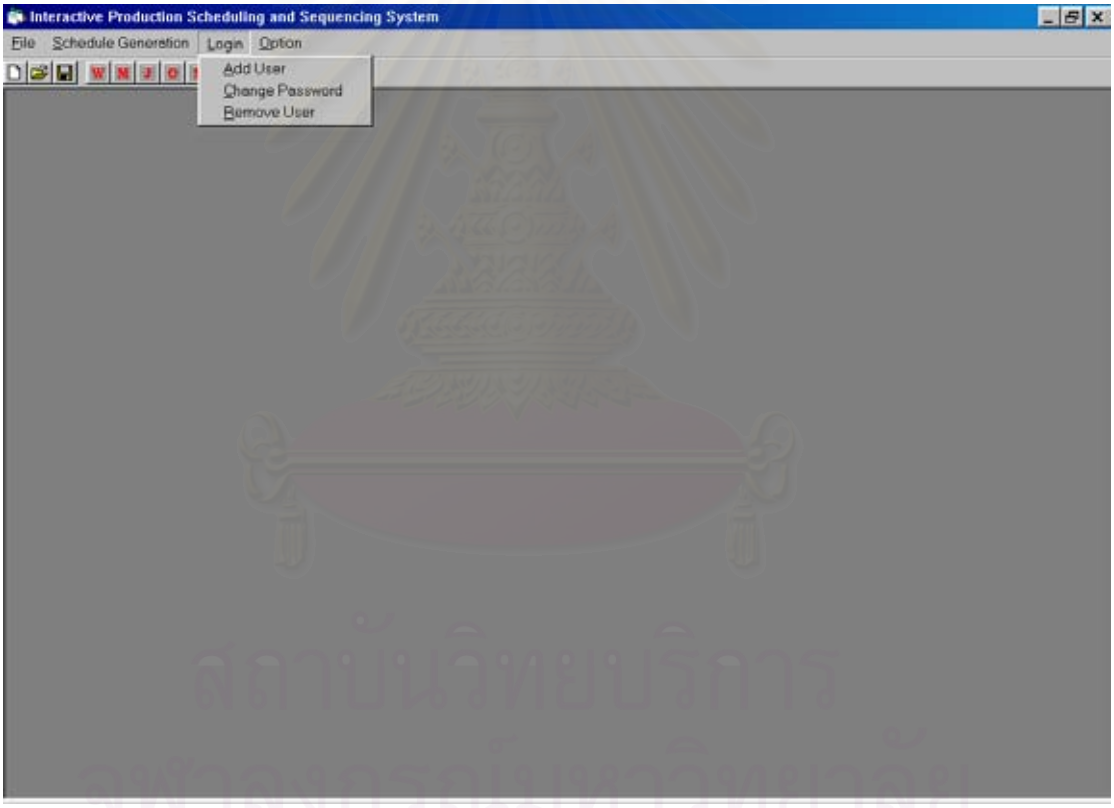
5.3.2.6 การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์ 2 วิธีดังนี้

5.3.2.6.1 วิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม

5.3.2.6.2 วิธีการคำนวณหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

5.3.3 ส่วนของการกำหนดผู้ใช้งาน (Login)

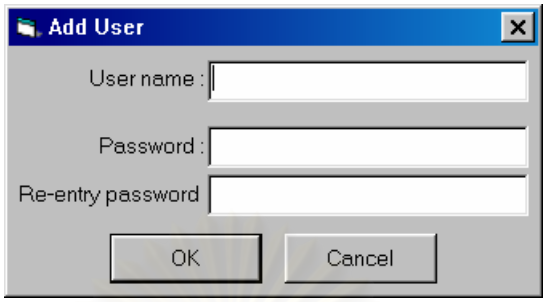
เป็นส่วนของการกำหนดผู้ใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต การกำหนดและการเปลี่ยนรหัสผ่าน การเพิ่มและการลดผู้ใช้งาน ดังรูปที่ 5.8




รูปที่ 5.8 รูปแสดงส่วนของการกำหนดผู้ใช้

ส่วนของการกำหนดผู้ใช้มีเมนู ดังต่อไปนี้

5.3.3.1 Add User เป็นการเพิ่มรายชื่อผู้ใช้โปรแกรม ประกอบด้วยช่องสำหรับกรอกชื่อผู้ใช้ รหัสผ่าน และยืนยันรหัสผ่าน ดังรูปที่ 5.9

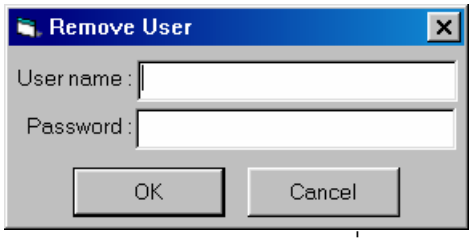



รูปที่ 5.9 รูปแสดงฟอร์มการเพิ่มรายชื่อผู้ใช้โปรแกรม

5.3.3.2 Change Password เป็นการเปลี่ยนรหัสผ่านของผู้ใช้ที่มีชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่ออยู่แล้ว ประกอบด้วยช่องสำหรับกรอกชื่อผู้ใช้ รหัสผ่านเดิม รหัสผ่านใหม่ และยืนยันรหัสผ่านใหม่ ดังรูปที่ 5.10

รูปที่ 5.10 รูปแสดงฟอร์มการเปลี่ยนรหัสผ่านของผู้ใช้ที่มีชื่ออยู่ในบัญชีรายชื่ออยู่แล้ว

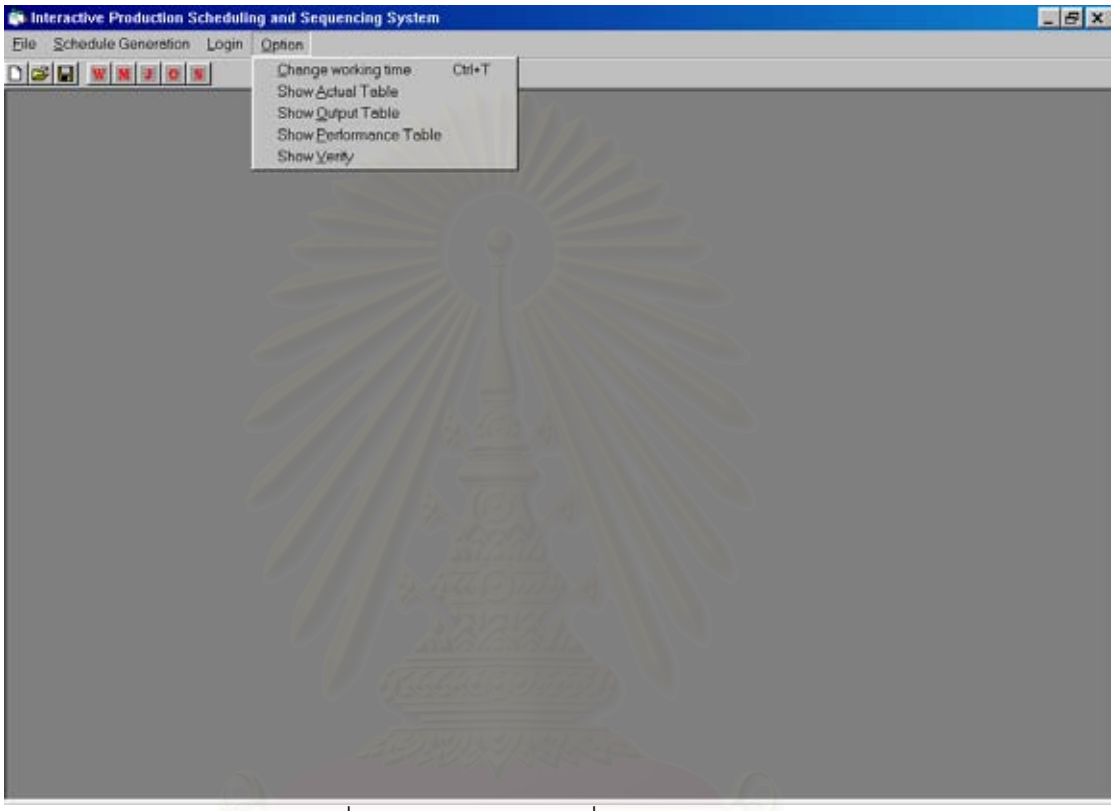
5.3.3.3 Remove User เป็นการลบรายชื่อผู้ใช้โปรแกรม ประกอบด้วยช่องสำหรับกรอกชื่อผู้ใช้ และรหัสผ่าน ดังรูปที่ 5.11




รูปที่ 5.11 รูปแสดงฟอร์มการลบรายชื่อผู้ใช้โปรแกรม

5.3.4 <u>ส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรม (Option)</u>

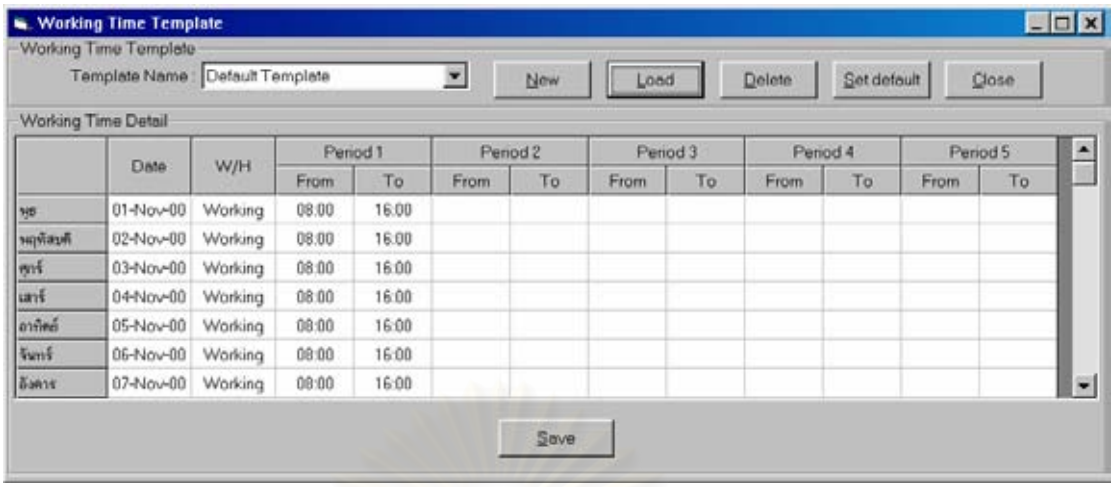
เป็นส่วนหน้าจอเพิ่มเติมของโปรแกรมสำหรับการรับข้อมูลหรือแสดงผลข้อมูลเพิ่มเติม ดังรูปที่ 5.12




รูปที่ 5.12 รูปแสดงส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรม

ส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรมมีเมนู ดังต่อไปนี้

5.3.4.1 ฟอร์มการกำหนด ปรับเปลี่ยนแก้ไข และเพิ่ม/ลดตารางการทำงานของเครื่องจักร (Change Working Time) เป็นการกำหนด ปรับเปลี่ยนแก้ไข เพิ่ม/ลดตารางการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง ประกอบด้วยรายชื่อของเทมเพลต (Template) ของช่วงเวลาการทำงาน ดังรูปที่ 5.13




รูปที่ 5.13 รูปแสดงฟอร์มการกำหนด ปรับเปลี่ยนแก้ไข และเพิ่ม/ลด ตารางการทำงานของเครื่องจักร

ฟอร์มการกำหนด ปรับเปลี่ยนแก้ไข และเพิ่ม/ลดตารางการทำงานของเครื่องจักร ประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ได้แก่

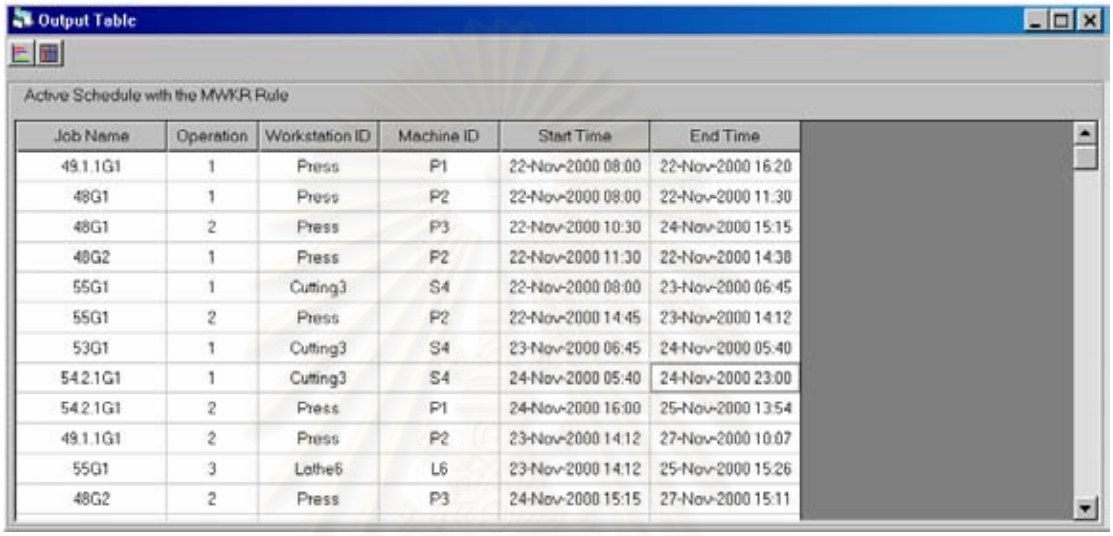
- ปุ่ม New สำหรับการเพิ่มเทมเพลตของช่วงเวลาการทำงาน
- ปุ่ม Load สำหรับการอ่านข้อมูลเทมเพลตของช่วงเวลาการทำงานที่มีอยู่
- ปุ่ม Delete สำหรับการลบข้อมูลเทมเพลตของช่วงเวลาการทำงานที่มีอยู่
- ปุ่ม Set Default สำหรับกำหนดค่าปกติ (default) ของเทมเพลตของช่วงเวลาการทำงาน
- ปุ่ม Close สำหรับปิดฟอร์ม

5.3.4.2 ฟอร์มแสดงผลของเวลาการทำงานจริง (Show Actual Table) เป็นการแสดงผลของเวลาการทำงานจริงของขั้นตอนการทำงาน ซึ่งจะแสดงงาน เครื่องจักร ขั้นตอนการทำงาน เวลาเริ่มต้นในการตั้งเครื่อง เวลาแล้วเสร็จของการตั้งเครื่อง เวลาแล้วเสร็จของ ขั้นตอนการทำงาน และเปอร์เซ็นต์การเสร็จสิ้นของงาน

ฟอร์มแสดงผลของเวลาการทำงานจริง ประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ได้แก่

- ปุ่ม Add Finish Job สำหรับการเพิ่มขั้นตอนการทำงานที่ทำเสร็จสิ้นแล้ว
- ปุ่ม Edit Finish Job สำหรับการแก้ไขขั้นตอนการทำงานที่ทำเสร็จสิ้นบางส่วนแต่ยังไม่แล้วเสร็จสมบูรณ์
- ปุ่ม Show Gantt สำหรับแสดงข้อมูลขั้นตอนการทำงานที่เสร็จสิ้นแล้วในรูปของแผนภูมิแกนต์

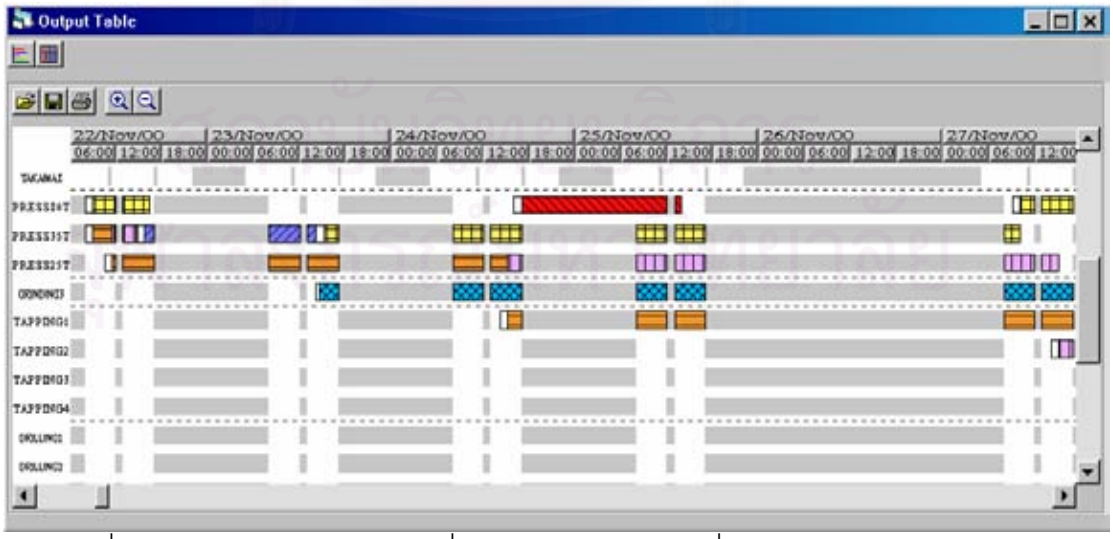
5.3.4.3 ฟอร์มแสดงผลการจัดตารางการผลิต (Show Output Table) เป็นการแสดงตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตโดยใช้กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ และการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ ซึ่งจะแสดงชื่อของงาน รหัสสถานีงาน รหัสเครื่องจักร ขั้นตอนการทำงาน เวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน และเวลาแล้วเสร็จของขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 5.14




รูปที่ 5.14 รูปแสดงฟอร์มแสดงผลการจัดตารางการผลิต

ฟอร์มแสดงผลการจัดตารางการผลิต ประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ได้แก่

5.3.4.3.1 ปุ่ม Show Gantt สำหรับแสดงผลการจัดตารางการผลิตในรูปของแผนภูมิแกนต์ ดังรูปที่ 5.15



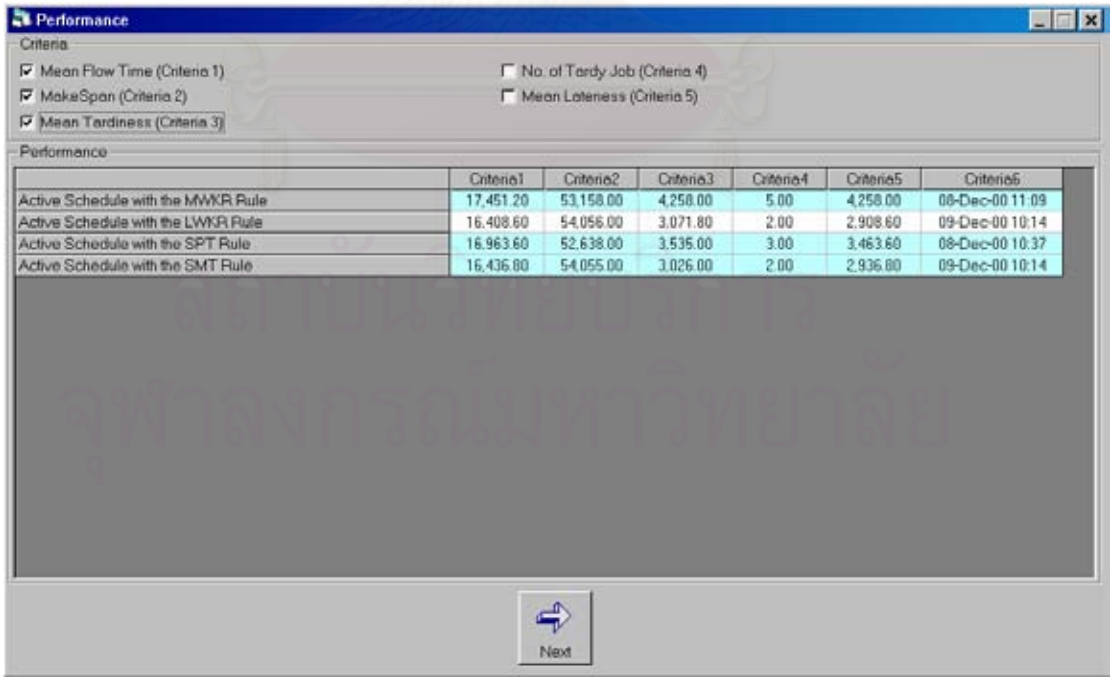

รูปที่ 5.15 รูปแสดงแผนภูมิแกนต์ซึ่งแสดงตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิต

ฟอร์มแผนภูมิแกนต์ ประกอบด้วยปุ่มต่างๆ ดังนี้

- ปุ่ม Load Gantt สำหรับอ่านข้อมูลจากตารางเพื่อแสดงผลในรูปของแผนภูมิแกนต์
- ปุ่ม Save Gantt สำหรับบันทึกข้อมูลจากแผนภูมิแกนต์เพื่อแสดงผลในรูปของตาราง
- ปุ่ม Print Gantt สำหรับพิมพ์ข้อมูลจากแผนภูมิแกนต์ออกสู่เครื่องพิมพ์ โดยพิมพ์ตามแผนภูมิแกนต์ที่ปรากฏในหน้าจอ
- ปุ่ม Zoom In สำหรับขยายขนาดของแผนภูมิแกนต์ซึ่งขยายความละเอียดได้ถึงช่วงเวลา 15 นาที
- ปุ่ม Zoom Out สำหรับย่อขนาดของแผนภูมิแกนต์ซึ่งย่อความละเอียดได้ถึงช่วงเวลา 12 ชั่วโมง

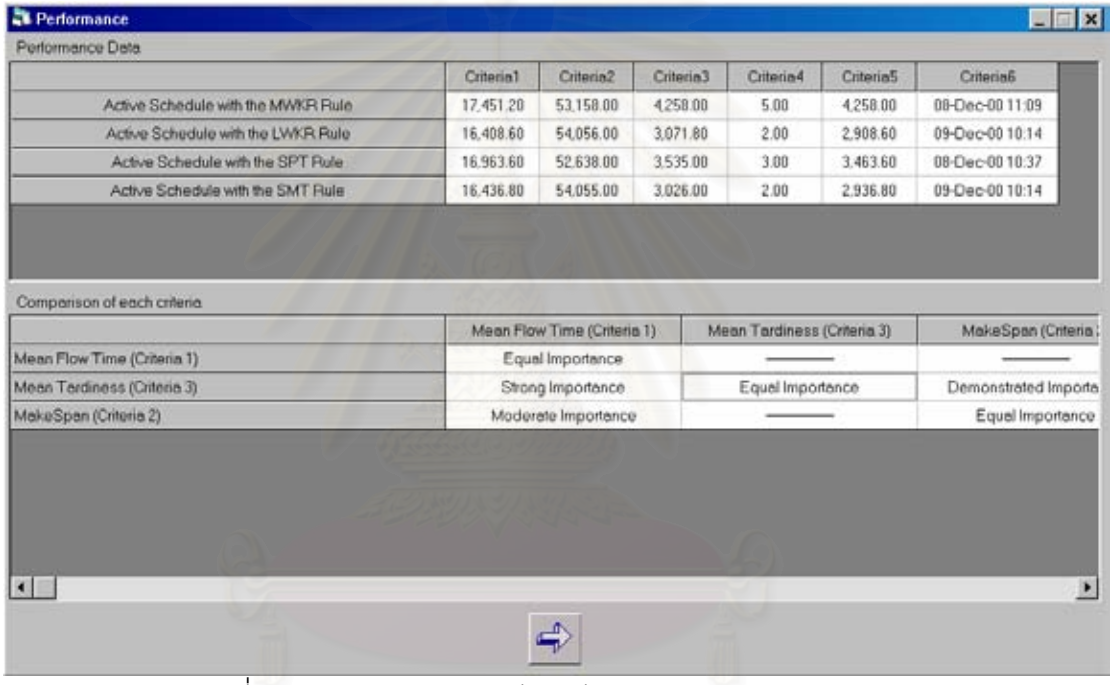
5.3.4.3.2 ปุ่ม Show Table สำหรับแสดงผลการจัดตารางการผลิตในรูปของตาราง

5.3.4.4 ฟอร์มแสดงตารางค่าตัววัดผล (Show Performance Table) เป็นการแสดงค่าตัววัดผลต่างๆ ของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เลือกใช้ ประกอบด้วยช่องสำหรับเลือกตัววัดผลและตารางแสดงค่าของตัววัดผลแต่ละประเภทของกฎและวิธีการจัดตาราง การผลิตแบบต่างๆ ดังรูปที่ 5.16



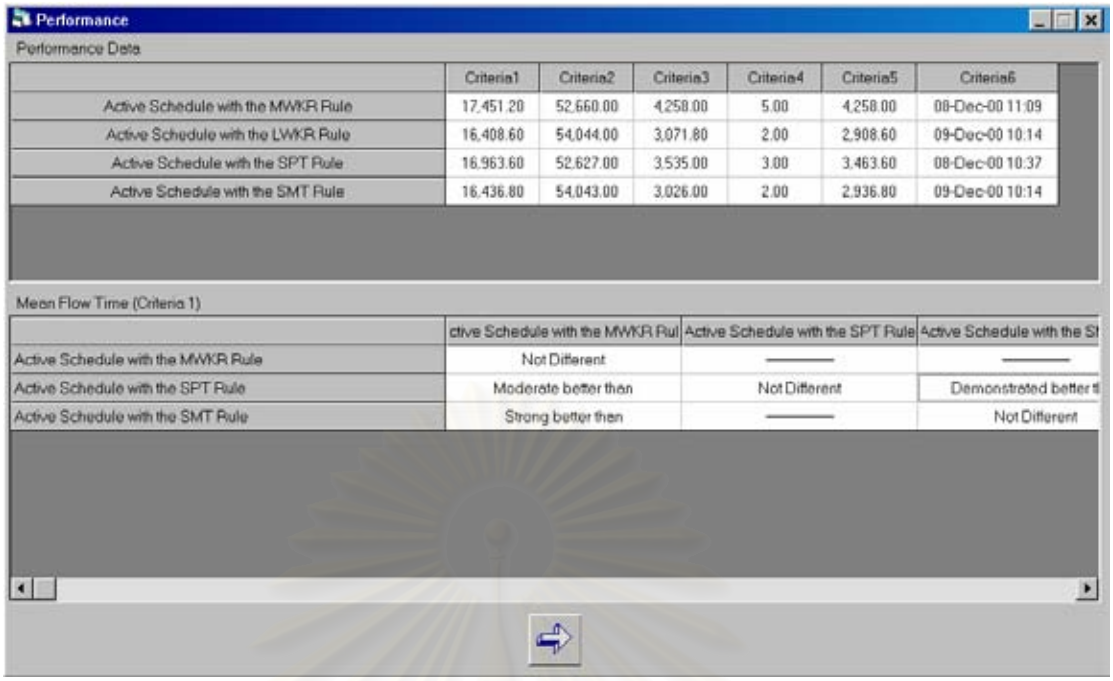

รูปที่ 5.16 รูปแสดงฟอร์มซึ่งแสดงตารางค่าตัววัดผล

หลังจากที่เลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต และตัววัดผลตามวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต จากนั้นกดปุ่ม Next เพื่อไปยังฟอร์มถัดไปซึ่งแสดงตารางแสดงค่าของตัววัดผลของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ และตารางการเปรียบเทียบตัว วัดผล สำหรับกรอกค่าน้ำหนักความสำคัญระหว่างตัววัดผลแต่ละคู่ตามวัตถุประสงค์ของผู้ใช้จนครบทุกคู่ ซึ่งประกอบด้วย 5 ระดับความสำคัญ ได้แก่ มีความสำคัญเท่ากัน (Equal Importance) มีความสำคัญมากกว่าปานกลาง (Moderate Importance) มีความสำคัญมากกว่ามาก (Strong Importance) มีความสำคัญมากกว่าอย่างเห็นได้ชัด (Demonstrated Importance) และมีความสำคัญมากกว่าเป็นอย่างยิ่ง (Extreme Importance) ดังรูปที่ 5.17



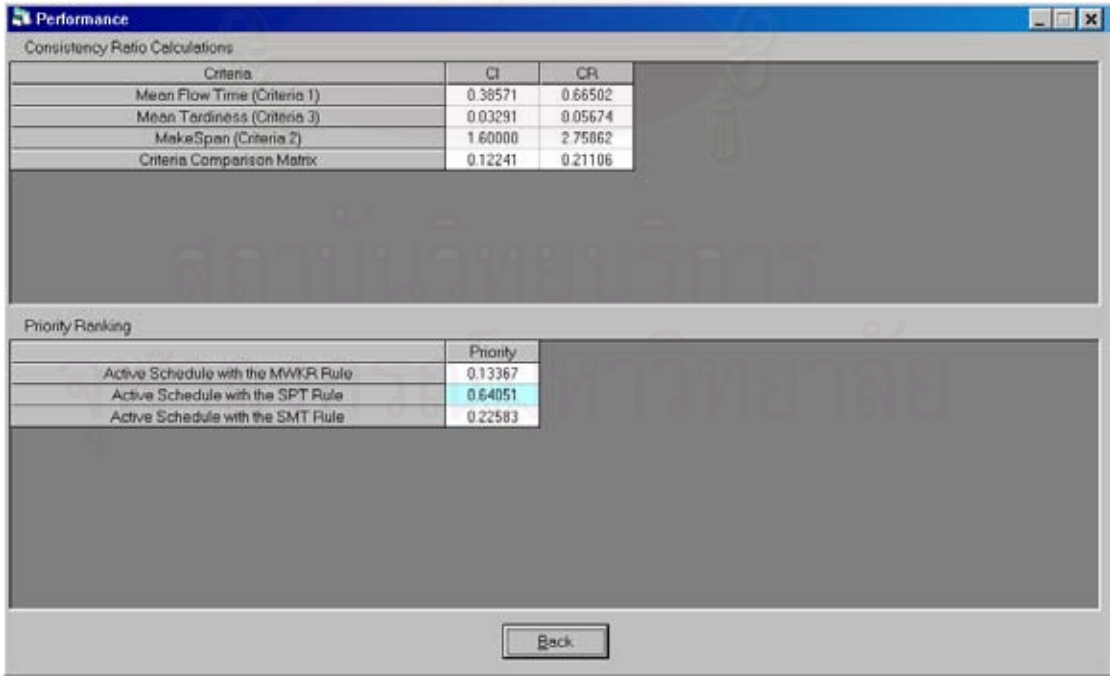

รูปที่ 5.17 รูปแสดงฟอร์มเปรียบเทียบความสำคัญของตัววัดผล

จากนั้นมีการแสดงฟอร์มซึ่งประกอบด้วยตารางแสดงค่าของตัววัดผลของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ และตารางการเปรียบเทียบกฎและวิธีการจัดตาราง การผลิตที่นำมาวิเคราะห์ตามหลักการ AHP ซึ่งประกอบด้วยระดับการเปรียบเทียบ 5 ระดับ ได้แก่ ไม่มีการแตกต่าง (Not Difference) ดีกว่าปานกลาง (Moderate Better than) ดีกว่ามาก (Strong Better than) ดีกว่าอย่างเห็นได้ชัด (Demonstrated Better than) และดีกว่าเป็นอย่างยิ่ง (Extreme Better than) ดังรูปที่ 5.18




รูปที่ 5.18 รูปแสดงฟอร์มเปรียบเทียบกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต

หลังจากการคำนวณค่าทั้งหมดแล้วจะแสดงตารางซึ่งแสดงค่าดัชนีวัดความสอดคล้องในการเปรียบเทียบ (Consistency Index) และค่าอัตราส่วนความสอดคล้องในการเปรียบเทียบ (Consistency Ratio) รวมถึงตารางแสดงน้ำหนักความสำคัญของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต ดังรูปที่ 5.19



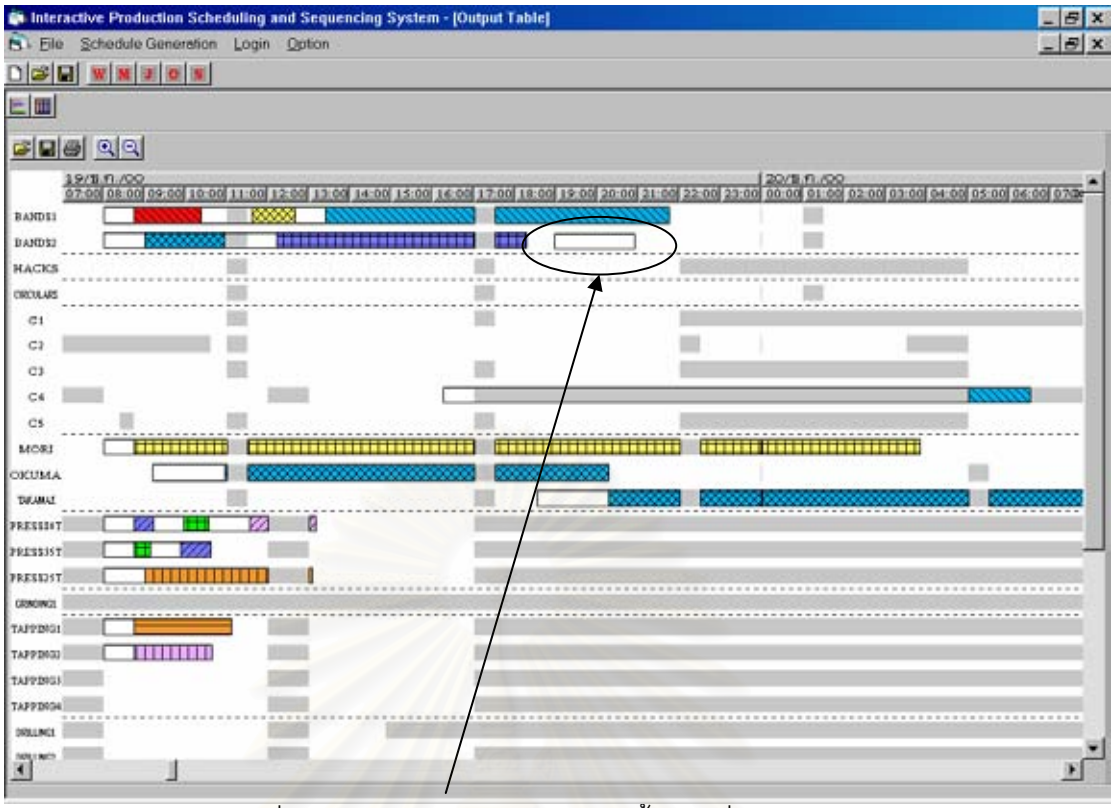

รูปที่ 5.19 รูปแสดงค่า CI CR และน้ำหนักความสำคัญของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต

5.3.4.5 ฟอร์มแสดงการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณ (Show Verify) เป็นฟอร์มที่แสดงขั้นตอนการคำนวณอย่างละเอียดทุกขั้นตอนตามกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ผู้ใช้โปรแกรมเลือก เพื่อใช้ในการตรวจสอบการคำนวณ ดังรูปที่ 5.20

รูปที่ 5.20 แสดงฟอร์มการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณ

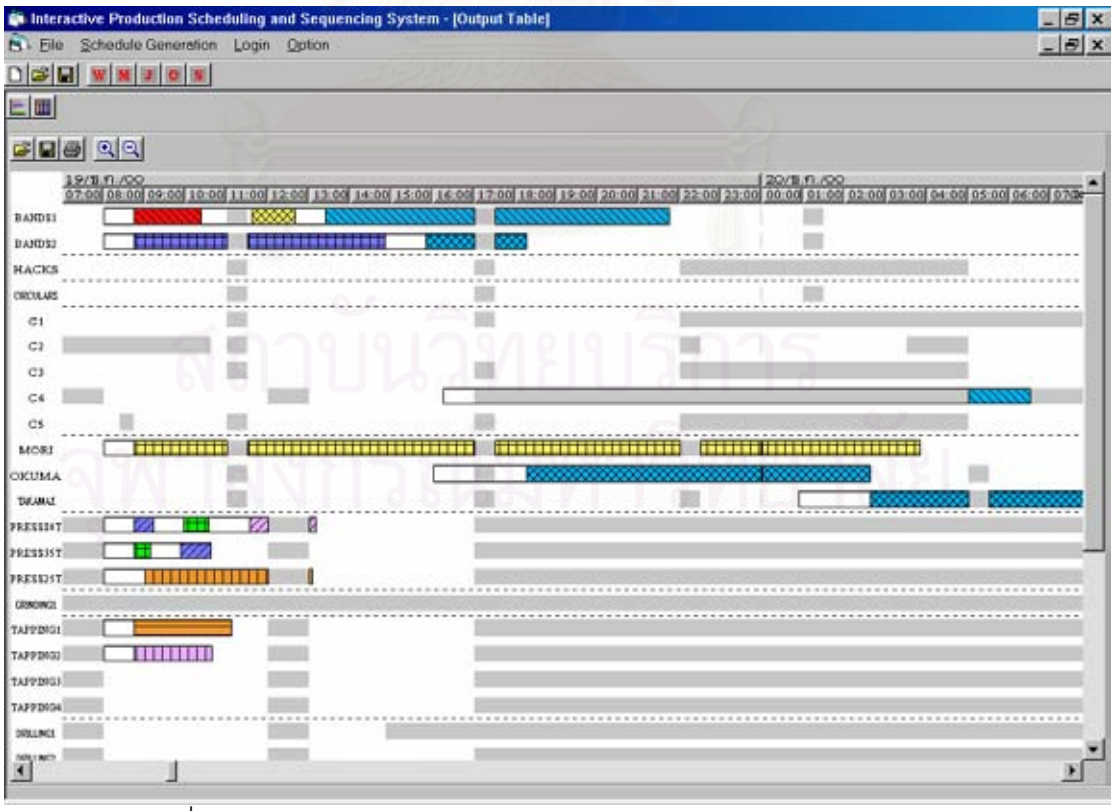
## 5.4 การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต

หลังจากที่โปรแกรมจัดตารางการผลิตได้คำนวณหาตารางการผลิตที่ดีออกมาแล้ว ผู้ใช้โปรแกรมสามารถปรับเปลี่ยนตารางการผลิตที่เป็นผลลัพธ์จากโปรแกรมให้สอดคล้องกับสภาพแวดล้อมในการผลิตจริงซึ่งมีความไม่แน่นอนและมีผลต่อการจัดตารางการผลิต เช่น การเพิ่มงาน การยกเลิกงาน การเพิ่มปริมาณชิ้นงานในแต่ละงาน การลดปริมาณชิ้นงานในแต่ละงาน การขาดแคลนวัตถุดิบ การเสียของเครื่องจักร การหยุดงานของพนักงาน การเลื่อนเวลาการ ส่งมอบงานให้เร็วขึ้น และการเลื่อนเวลาการส่งมอบงานให้ช้าลง เป็นต้น โดยสามารถเปรียบเทียบตัววัดผลต่างๆ ระหว่างตารางการผลิตที่เป็นผลลัพธ์จากโปรแกรมและตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ ดังรูปที่ 5.21 และรูปที่ 5.22 ซึ่งเป็นตัวอย่างในการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบโดยการสลับงานสีน้ำเงินมาทำก่อนงานสีฟ้า เนื่องจากลูกค้าเร่งให้ส่งงานสีน้ำเงินก่อน สำหรับรูปที่ 5.23 แสดงค่าตัววัดผลของการจัดตารางการผลิตแบบ โต้ตอบ จากรูปจะเห็นได้ว่า การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบให้ค่าตัววัดผลที่เกี่ยวกับปัญหาการส่งมอบงานล่าช้าที่แย่ลงกว่าเดิม

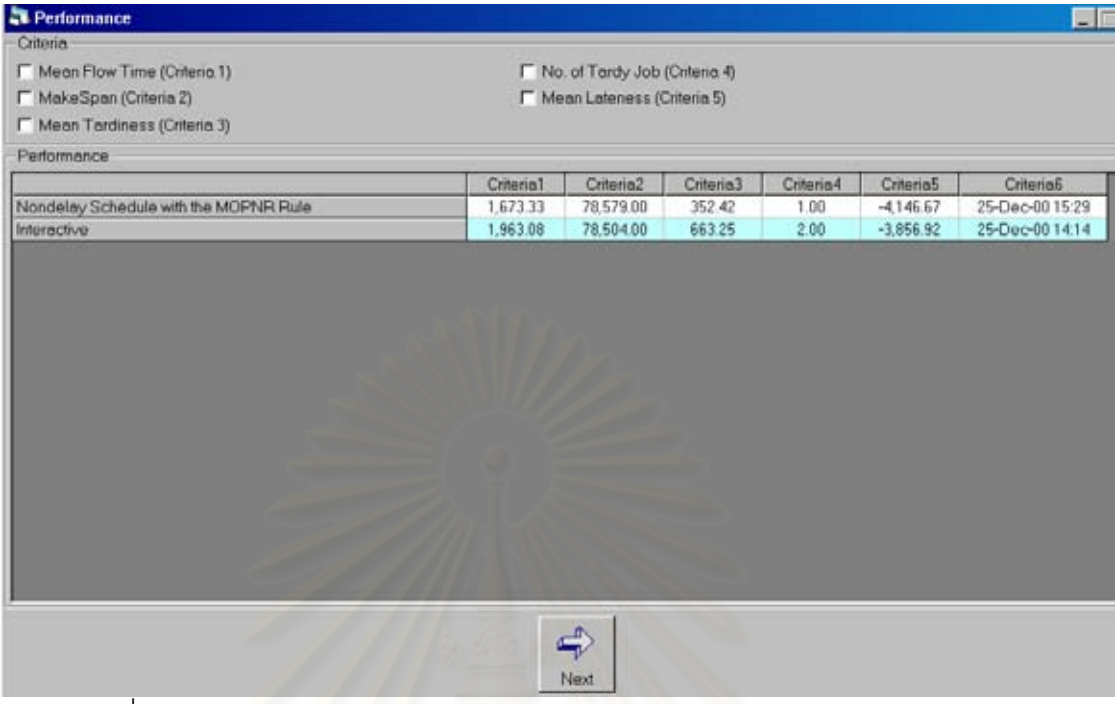



ส่วนของการลากเมาส์เพื่อสลับงานสีฟ้ามาทำหลังงานสีน้ำเงินเนื่องจากลูกค้าเร่งให้ส่งงานสีน้ำเงินก่อน

รูปที่ 5.21 แสดงตัวอย่างการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ

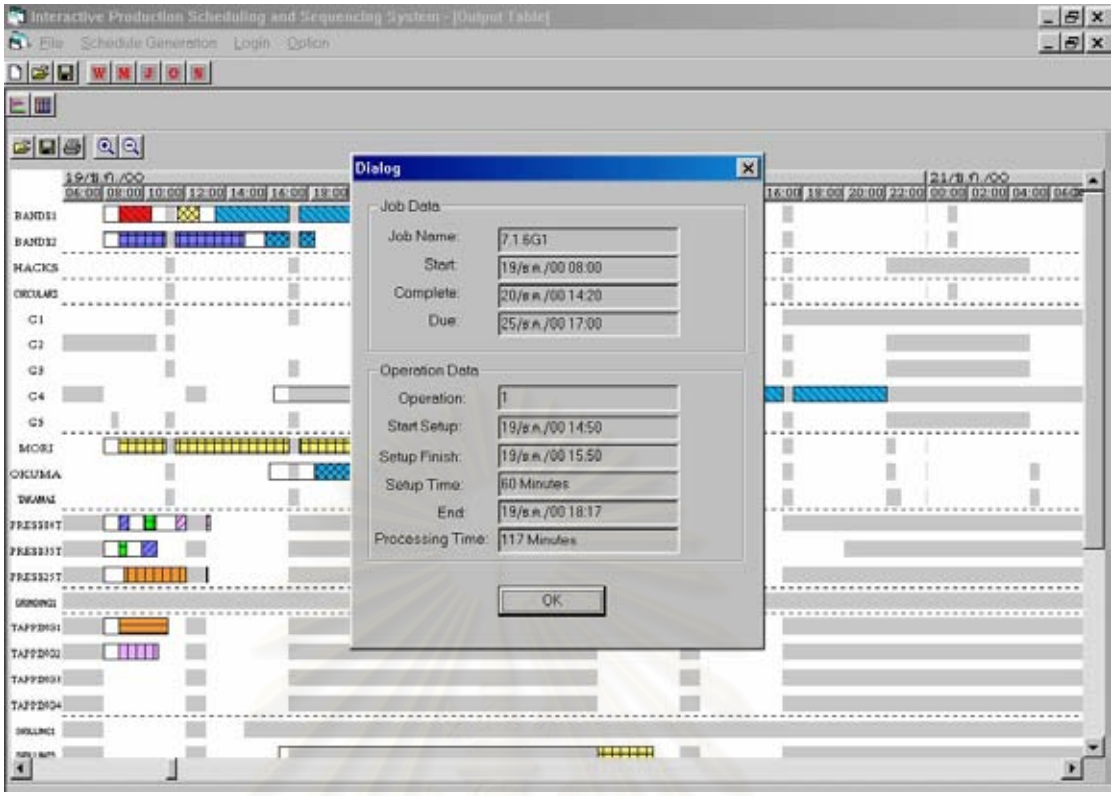



รูปที่ 5.22 รูปแสดงผลการสลับงานของการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ




รูปที่ 5.23 รูปแสดงค่าตัววัดผลของการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ (Interactive)

ในการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ เราสามารถปรับเปลี่ยนค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ในโปรแกรมหรือปรับเปลี่ยนตารางการผลิตในแผนภูมิแกนต์ได้ง่าย เนื่องจากอยู่ในรูปแบบกราฟฟิก (graphic) โดยผู้ใช้โปรแกรมสามารถทำการเคลื่อนย้ายขั้นตอนการทำงานที่กำหนดไปยังตำแหน่งที่ต้องการ ในการตรวจสอบว่าขั้นตอนการทำงานที่พิจารณาอยู่เป็นขั้นตอนการทำงานใดของงานใด วันและเวลาเริ่มต้นของงาน วันและเวลาแล้วเสร็จของงาน วันและเวลากำหนดส่งมอบของงาน วันและเวลาเริ่มต้นของขั้นตอนการทำงาน วันและเวลาแล้วเสร็จของการตั้งเครื่อง วันและเวลาแล้วเสร็จของขั้นตอนการทำงาน เวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่อง และเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานมีค่าเท่าใด สามารถตรวจสอบได้โดยการดับเบิลคลิกที่ ขั้นตอนการทำงาน ดังรูปที่ 5.24




รูปที่ 5.24 รูปแสดงข้อความในแผนภูมิแกนต์ซึ่งแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับงานและขั้นตอนการทำงาน

## 5.5 ข้อจำกัดของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

โปรแกรมจัดตารางการผลิตที่จัดทำขึ้นมีข้อจำกัด ดังต่อไปนี้

5.5.1 จำนวนงาน จำนวนขั้นตอนการทำงาน จำนวนสถานีงาน และจำนวนเครื่องจักรที่สามารถใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมนี้ขึ้นอยู่กับข้อจำกัดด้านทรัพยากรของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้อยู่ การที่มีจำนวนงาน จำนวนขั้นตอนการทำงาน จำนวนสถานีงาน และจำนวนเครื่องจักรมากเกินไปจะทำให้หน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ (memory) ไม่ เพียงพอสำหรับการใช้งานโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

5.5.2 เวลาที่โปรแกรมใช้ในการคำนวณขึ้นกับจำนวนขั้นตอนการทำงานและจำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต หากพารามิเตอร์ต่างๆ ดังกล่าว มีจำนวนมากจะทำให้ใช้เวลาในการคำนวณนาน

5.5.3 ช่วงเวลาและรอบระยะเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมมีช่วงเวลาจำกัดไม่เกิน 1 ปี ซึ่งเป็นช่วงเวลาที่เพียงพอในการจัดตารางการผลิตโดยทั่วไปและเพียงพอในการจัดตารางการผลิตสำหรับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

5.5.4 เทมเพลตของช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรมีจำนวนจำกัดไม่เกิน 41 เทมเพลตซึ่งเพียงพอสำหรับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากโรงงานที่เป็นกรณีศึกษามีจำนวนเครื่องจักรน้อยกว่า 41 เครื่อง

## 5.6 การประยุกต์ใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต

โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ออกแบบและพัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้พยายามออกแบบให้มีความสอดคล้องกับลักษณะการผลิตจริงของโรงงานตัวอย่าง ดังจะเห็นได้จากการพัฒนาโปรแกรมให้สามารถรองรับกรณีที่เวลาในการตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับของงานที่ทำงานบน เครื่องจักร (sequence-dependent setup times) กรณีที่มีการจัดกลุ่มเครื่องจักรที่สามารถใช้งานแทนกันได้ ซึ่งเรียกว่าสถานีงาน กรณีที่เครื่องจักรในสถานีงานเดียวกันสามารถใช้แทนกันได้ด้วยเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานที่แตกต่างกัน กรณีที่เครื่องจักรในสถานีงานเดียวกันสามารถกำหนดลำดับความสำคัญในการเลือกใช้เครื่องจักร และกรณีที่มีการเหลื่อมของเวลาในการตั้งเครื่อง เป็นต้น โดยจะเห็นได้ว่ากรณีต่างๆ ดังกล่าวข้างต้นเป็นกรณีที่พบในการผลิตจริง อย่างไรก็ตาม แม้ว่าแนวความคิดของ AHP สามารถนำมาใช้ในโปรแกรมการจัดตารางการผลิตสำหรับการจัดตารางการผลิตโดยใช้ตัววัดผลหลายเกณฑ์ได้ แต่เนื่องจากโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาต้องการลดค่าตัววัดผลเกี่ยวกับปัญหาการส่งมอบงานล่าช้าได้แก่ จำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยให้มีค่าต่ำที่สุด ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงยังไม่มีการนำวิธีการ AHP ที่ใช้กับตัววัดผลหลายเกณฑ์มาใช้กับโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

นอกจากสามารถนำโปรแกรมการจัดตารางการผลิตนี้ไปใช้ในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาแล้ว ยังสามารถนำโปรแกรมการจัดตารางการผลิตไปใช้ในโรงงานอื่นที่มีลักษณะการผลิตเป็นแบบสั่งผลิตเป็นงานๆ (Job Shop) และมีลักษณะเป็นไปตามข้อจำกัดของโปรแกรม รวมถึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนวิชาการจัดตารางการผลิตซึ่งโปรแกรมนี้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจและเห็นความสำคัญของการจัดตารางการผลิต รวมถึงสามารถนำทฤษฎีการจัดตารางการผลิตไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมได้

# บทที่ 6
# การทดลองเพื่อวิเคราะห์หากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

จากทฤษฎีการจัดตารางการผลิตที่กล่าวมาแล้วในบทที่ 2 และกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ใช้ในโปรแกรมการจัดตารางการผลิตในบทที่ 4 จะเห็นได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตมีอยู่ 2 ปัจจัยด้วยกันคือ กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตและวิธีการจัดตารางการผลิต ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพื่อวิเคราะห์หากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ เหมาะสมในแต่ละวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิต โดยพิจารณาจากตัววัดผลต่างๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดตารางการผลิตที่สามารถตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้อย่างเหมาะสม

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงรายละเอียดของ วัตถุประสงค์ สมมติฐานการทดลอง วิธีการทดลอง วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ผลการทดลอง การวิเคราะห์ผลทางสถิติ และสรุปผลการทดลองตามลำดับ

## 6.1 วัตถุประสงค์

**เพื่อวิเคราะห์หากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมสำหรับวัตถุประสงค์การจัดตารางการผลิต โดยพิจารณาจากตัววัดผลต่าง ๆ**

## 6.2 สมมติฐานการทดลอง

### 6.2.1 กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

กฎและวิธีที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตนั้นมีทั้งหมด 9 แบบ ได้แก่ กฎ EDD LWKR MWKR MOPNR SMT SPT STPT วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม (Branch and Bound without Backtracking) และวิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ (Branch and Bound without Backtracking – Proposed Lower Bound) โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการคำนวณตามกฎการจัดตารางการผลิต ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 4

6.2.2 วิธีการจัดตารางการผลิต

วิธีการในการจัดตารางการผลิตนั้นมี 2 วิธี ได้แก่ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ แอคทีฟและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

6.2.3 วัตถุประสงค์ในการจัดตารางการผลิต

วัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตในการทดลองนี้ มีทั้งหมด 5 วัตถุประสงค์ ดังต่อไปนี้

6.2.3.1 เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย (Mean Tardiness) น้อยที่สุด

6.2.3.2 จำนวนงานล่าช้า (Number of Tardy Jobs) น้อยที่สุด

6.2.3.3 เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย (Mean Lateness) น้อยที่สุด

6.2.3.4 เวลาที่งานสุดท้ายแล้วเสร็จในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบ (Makespan) น้อยที่สุด

6.2.4 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะของข้อมูล ดังต่อไปนี้

6.2.4.1 จำนวนงานที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 10 งาน

6.2.4.2 จำนวนขั้นตอนการทำงานที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 5 ขั้นตอน

6.2.4.3 จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 5 เครื่อง

6.2.4.4 เวลาการทำงานและเครื่องจักรที่ใช้ในขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอนได้จากการสุ่ม

**6.3 วิธีการทดลอง**

วิธีการทดลองในงานวิจัยนี้สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

6.3.1 ใช้ข้อมูลเกี่ยวกับงาน (job) ขั้นตอนการทำงาน (operation) เครื่องจักร (machine) เวลาที่ใช้ในการผลิตแต่ละขั้นตอน (processing time) วันและเวลากำหนดส่งมอบ (due date) และเส้นทางการไหลของงาน (route) จากวิธีการสุ่ม

6.3.2 สร้างฐานข้อมูลเพื่อรองรับตารางการผลิตที่ได้

6.3.3 ทดลองจัดตารางการผลิตด้วยกฎการจัดตารางการผลิตทั้ง 9 แบบ ด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและแบบนอนดีเลย์ โดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ได้สร้างขึ้น

6.3.4 คำนวณหาค่าตัววัดผล

6.3.5 นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ตามกระบวนการทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test โดยใช้ค่า $\alpha$ = 0.05

## 6.4 วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA)

หลังจากได้ข้อมูลผลจากการทดลองแล้ว จึงทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนเนื่องจากสองปัจจัย คือ วิธีการจัดตารางการผลิต กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต และผลจากปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต โดยสามารถเขียนสมการแสดงความแปรผันของตัวแปรตามได้ดังนี้

$$X_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

โดยที่ $\alpha_i$ = อิทธิพลของปัจจัยที่หนึ่ง (วิธีการจัดตารางการผลิต)

$\beta_j$ = อิทธิพลของปัจจัยที่สอง (กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต)

$(\alpha\beta)_{ij}$ = อิทธิพลร่วมของปัจจัยทั้งสอง

สมมติฐานหลักที่จะทดสอบคือ

$H_0 : \alpha_1 = \alpha_2 = 0$

$H_0 : \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7 = \beta_8 = \beta_9 = 0$

$H_0 : \alpha_1\beta_1 = \alpha_1\beta_2 = \alpha_1\beta_3 = \alpha_1\beta_4 = \alpha_1\beta_5 = \alpha_1\beta_6 = \alpha_1\beta_7 = \alpha_1\beta_8 = \alpha_1\beta_9 =$
$\alpha_2\beta_1 = \alpha_2\beta_2 = \alpha_2\beta_3 = \alpha_2\beta_4 = \alpha_2\beta_5 = \alpha_2\beta_6 = \alpha_2\beta_7 = \alpha_2\beta_8 = \alpha_2\beta_9 = 0$

## 6.5 ผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ (ดังแสดงในภาคผนวก ก) เมื่อนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย

| แหล่งความแปรผัน | df | ผลบวกกำลังสอง | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง | F | P-value |
|---|---|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิต | 1 | 1412.880 | 1412.880 | 15.038 | 0.000 |
| กฎ | 8 | 11338.474 | 1417.309 | 15.085 | 0.000 |
| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | 8 | 2906.160 | 363.270 | 3.866 | 0.000 |
| ความผิดพลาดแบบสุ่ม | 162 | 15220.455 | 93.953 | | |
| รวม | 179 | 30877.970 | | | |

จากวิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน ได้บริเวณวิกฤตซึ่งเป็นบริเวณที่ปฏิเสธสมมติฐานหลักดังนี้

บริเวณวิกฤต (critical region) สำหรับการทดสอบผลกระทบของปัจจัยหลัก (main effect)

ปฏิเสธ $H_0$ : $\alpha_i = 0$ ถ้า $MS_{\text{ปัจจัยที่ 1}} / MS_E < F_{0.05,\ 1,\ 162}$ หรือ P-value < 0.05

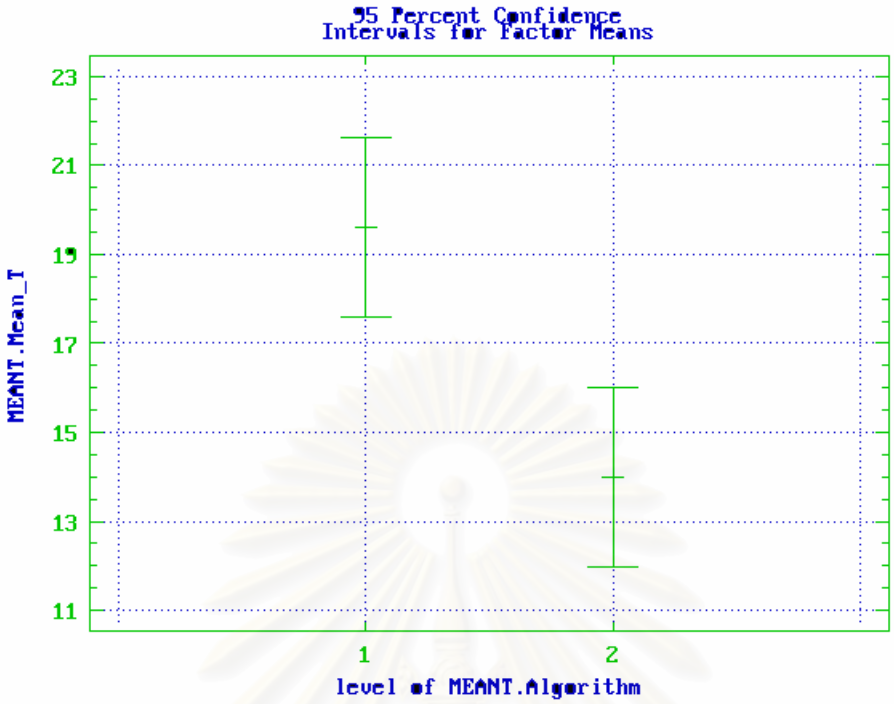
ปฏิเสธ $H_0$ : $\beta_j = 0$ ถ้า $MS_{\text{ปัจจัยที่ 2}} / MS_E < F_{0.05,\ 8,\ 162}$ หรือ P-value < 0.05

บริเวณวิกฤต (critical region) สำหรับการทดสอบผลกระทบร่วมของปัจจัย (interaction effect)

ปฏิเสธ $H_0$ : $(\alpha\beta)_{ij} = 0$ ถ้า $MS_{\text{ผลกระทบร่วม}} / MS_E < F_{0.05,\ 8,\ 162}$ หรือ P-value < 0.05

จากตารางที่ 6.1 พบว่า ปัจจัยแรกคือวิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งสรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย ปัจจัยที่สองคือ กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งสรุปได้ว่า กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัด ตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งสรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย

สรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิต กฎการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



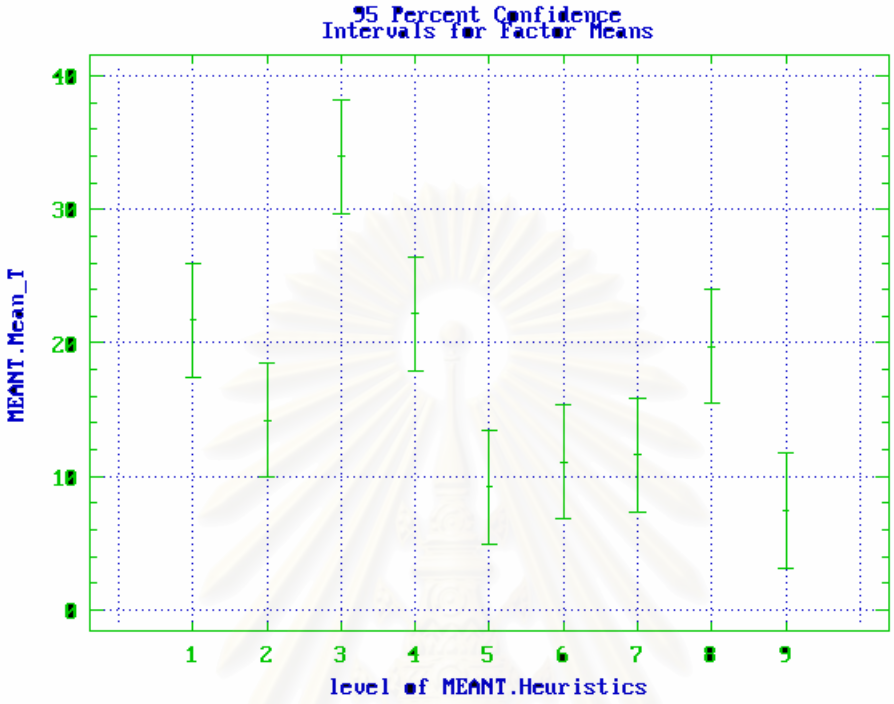

รูปที่ 6.1 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย โดยหมายเลข 1 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ และ หมายเลข 2 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

ตารางที่ 6.2 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ | 90 | 14.000 | X |
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ | 90 | 19.603 | X |
| Contrast | | Difference | |
| 1 – 2 | | 5.60333 * | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.1 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและจากตารางที่ 6.2 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัยสองระดับ คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยมากกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.2 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย โดยหมายเลข 1 คือ กฎ EDD หมายเลข 2 คือ กฎ LWKR หมายเลข 3 คือ กฎ MWKR หมายเลข 4 คือ กฎ MOPNR หมายเลข 5 คือ กฎ SMT หมายเลข 6 คือ กฎ SPT หมายเลข 7 คือ กฎ STPT หมายเลข 8 คือ วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดย ไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม และหมายเลข 9 คือ วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 6.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ (9) | 20 | 7.470 | X |
| กฎ SMT (5) | 20 | 9.215 | X X |
| กฎ SPT (6) | 20 | 11.085 | X X |
| กฎ STPT (7) | 20 | 11.615 | X X |
| กฎ LWKR (2) | 20 | 14.225 | X X |
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม (8) | 20 | 19.750 | X X |
| กฎ EDD (1) | 20 | 21.700 | X |
| กฎ MOPNR (4) | 20 | 22.200 | X |
| กฎ MWKR (3) | 20 | 33.955 | X |

| Contrast | Difference |
|---|---|
| 1 - 2 | 7.47500 * |
| 1 - 3 | -12.2550 * |
| 1 - 4 | -0.50000 |
| 1 - 5 | 12.4850 * |
| 1 - 6 | 10.6150 * |
| 1 - 7 | 10.0850 * |
| 1 - 8 | 1.95000 |
| 1 - 9 | 14.2300 * |
| 2 - 3 | -19.7300 * |
| 2 - 4 | -7.97500 * |
| 2 - 5 | 5.01000 |
| 2 - 6 | 3.14000 |
| 2 - 7 | 2.61000 |
| 2 - 8 | -5.52500 |
| 2 - 9 | 6.75500 * |
| 3 - 4 | 11.7550 * |

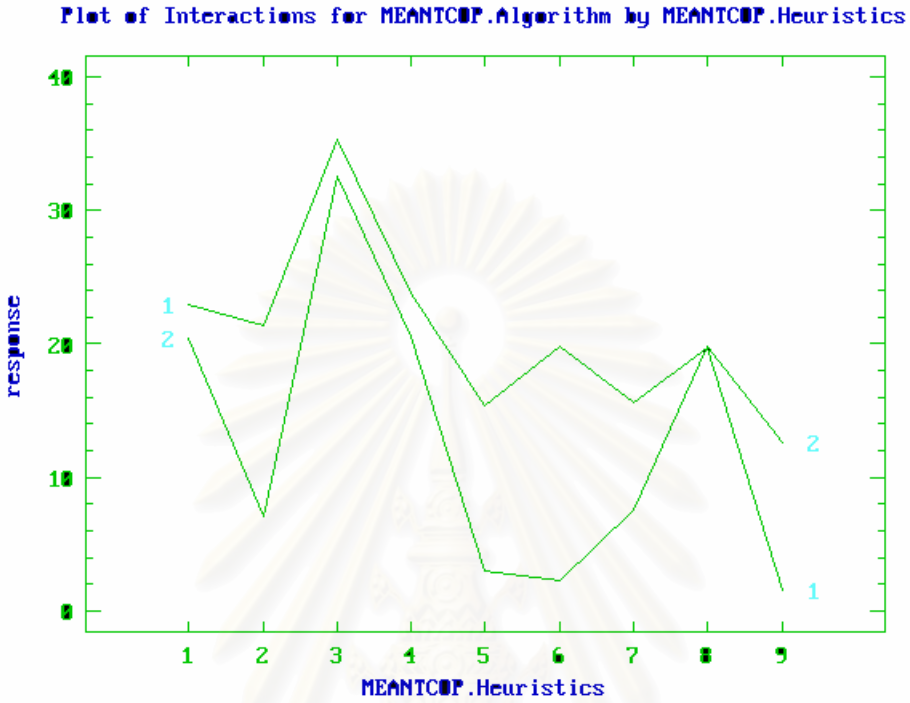
สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Contrast | Difference |
|---|---|
| 3 - 5 | 24.7400 * |
| 3 - 6 | 22.8700 * |
| 3 - 7 | 22.3400 * |
| 3 - 8 | 14.2050 * |
| 3 - 9 | 26.4850 * |
| 4 - 5 | 12.9850 * |
| 4 - 6 | 11.1150 * |
| 4 - 7 | 10.5850 * |
| 4 - 8 | 2.45000 |
| 4 - 9 | 14.7300 * |
| 5 - 6 | -1.87000 |
| 5 - 7 | -2.40000 |
| 5 - 8 | -10.5350 * |
| 5 - 9 | 1.74500 |
| 6 - 7 | -0.53000 |
| 6 - 8 | -8.66500 * |
| 6 - 9 | 3.61500 |
| 7 - 8 | -8.13500 * |
| 7 - 9 | 4.14500 |
| 8 - 9 | 12.2800 * |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.2 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยและจากตารางที่ 6.3 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยที่สองคือ กฎการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัย 9 ระดับ คือ กฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR กฎ SMT กฎ SPT กฎ STPT วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม และวิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหา โลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้า

ของงานโดยเฉลี่ยน้อยกว่ากฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR และวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.3 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย

จากรูปที่ 6.3 เป็นรูปกราฟ Plot of Interactions ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงผลกระทบของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยพบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดในสามอันดับแรก คือ

1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT
3. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT

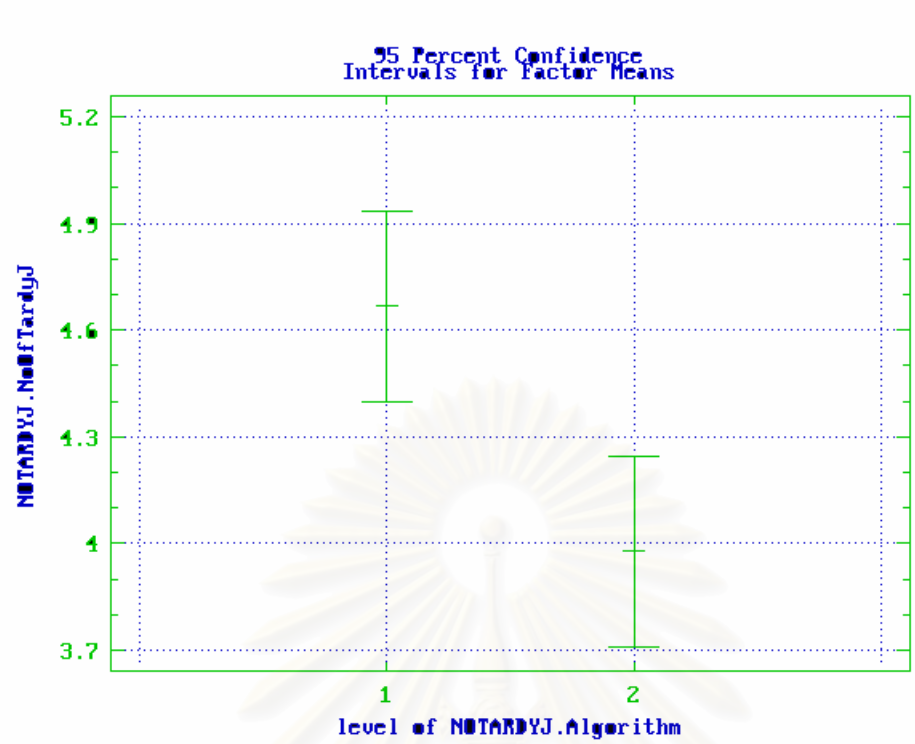
ตารางที่ 6.4 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อจำนวนงานล่าช้า

| แหล่งความแปรผัน | df | ผลบวกกำลังสอง | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง | F | P-value |
|---|---|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิต | 1 | 21.356 | 21.356 | 12.967 | 0.000 |
| กฎ | 8 | 282.711 | 35.339 | 21.458 | 0.000 |
| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | 8 | 68.444 | 8.556 | 5.195 | 0.000 |
| ความผิดพลาดแบบสุ่ม | 162 | 266.800 | 1.647 | | |
| รวม | 179 | 639.311 | | | |

จากตารางที่ 6.4 พบว่า ปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อจำนวนงานล่าช้า ปัจจัยที่สองคือ กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่ากฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตมีผลต่อจำนวนงานล่าช้า และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อจำนวนงานล่าช้า

สรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิต กฎการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้าอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความ เชื่อมั่น 95%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



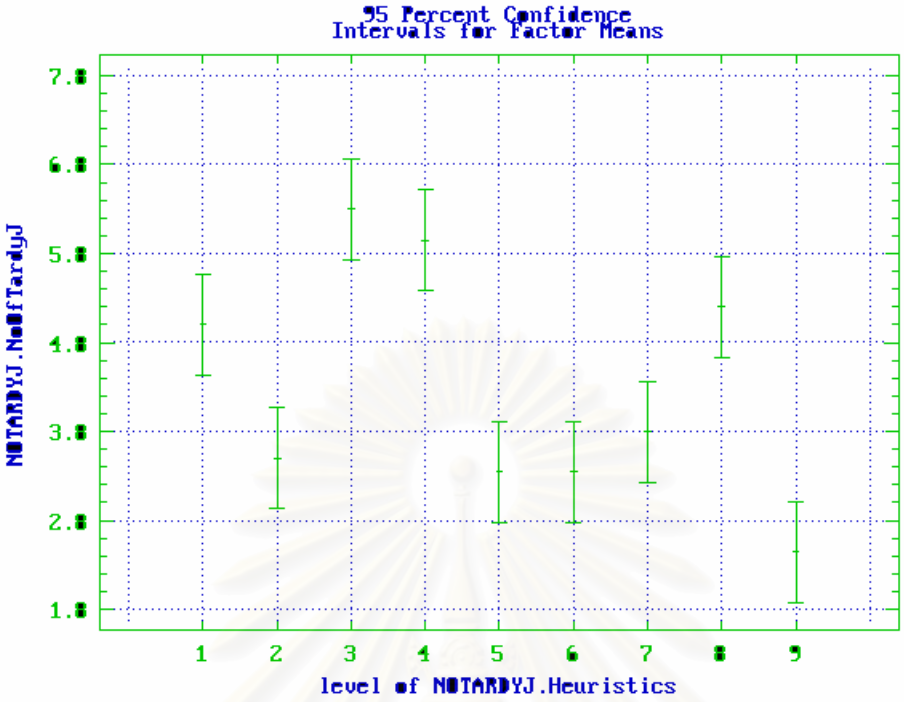

รูปที่ 6.4 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อจำนวนงานล่าช้า โดยหมายเลข 1 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ และหมายเลข 2 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

ตารางที่ 6.5 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้า

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ | 90 | 3.978 | X |
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ | 90 | 4.667 | X |
| Contrast | | Difference | |
| 1 – 2 | | 0.68889 * | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.4 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของจำนวนงานล่าช้าและจากตารางที่ 6.5 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัยสองระดับ คือวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ สามารถวิเคราะห์ได้ว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนงานล่าช้ามากกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.5 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อจำนวนงานล่าช้า

ตารางที่ 6.6 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้า

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีบรานซ์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ (9) | 20 | 2.450 | X |
| กฎ SMT (5) | 20 | 3.350 | X |
| กฎ SPT (6) | 20 | 3.350 | X |
| กฎ LWKR (2) | 20 | 3.500 | X |
| กฎ STPT (7) | 20 | 3.800 | X |
| กฎ EDD (1) | 20 | 5.000 | X |
| วิธีบรานซ์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม (8) | 20 | 5.200 | X X |
| กฎ MOPNR (4) | 20 | 5.950 | X X |
| กฎ MWKR (3) | 20 | 6.300 | X |

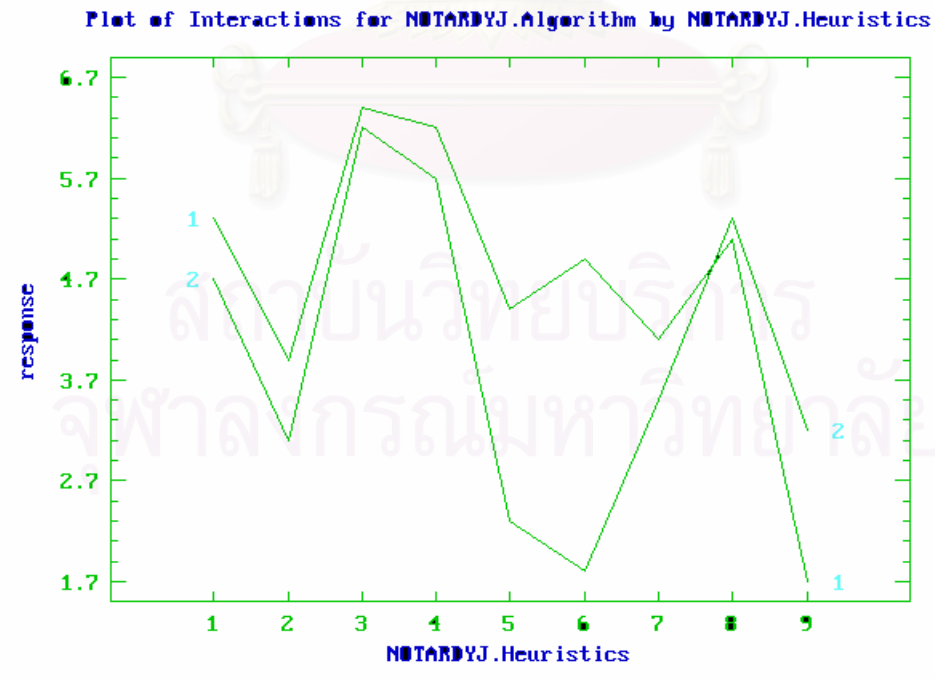
| Contrast | Difference |
|---|---|
| 1 - 2 | 1.50000 * |
| 1 - 3 | -1.30000 * |
| 1 - 4 | -0.95000 * |
| 1 - 5 | 1.65000 * |
| 1 - 6 | 1.65000 * |
| 1 - 7 | 1.20000 * |
| 1 - 8 | -0.20000 |
| 1 - 9 | 2.55000 * |
| 2 - 3 | -2.80000 * |
| 2 - 4 | -2.45000 * |
| 2 - 5 | 0.15000 |
| 2 - 6 | 0.15000 |
| 2 - 7 | -0.30000 |
| 2 - 8 | -1.70000 * |
| 2 - 9 | 1.05000 * |
| 3 - 4 | 0.35000 |
| 3 - 5 | 2.95000 * |
| 3 - 6 | 2.95000 * |
| 3 - 7 | 2.50000 * |
| 3 - 8 | 1.10000 * |
| 3 - 9 | 3.85000 * |
| 4 - 5 | 2.60000 * |
| 4 - 6 | 2.60000 * |
| 4 - 7 | 2.15000 * |
| 4 - 8 | 0.75000 |
| 4 - 9 | 3.50000 * |
| 5 - 6 | 0.00000 |
| 5 - 7 | -0.45000 |
| 5 - 8 | -1.85000 * |
| 5 - 9 | 0.90000 * |
| 6 - 7 | -0.45000 |
| 6 - 8 | -1.85000 * |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Contrast | Difference |
|---|---|
| 6 - 9 | 0.90000 * |
| 7 - 8 | -1.40000 * |
| 7 - 9 | 1.35000 * |
| 8 - 9 | 2.75000 * |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.5 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของจำนวนงานล่าช้าและจากตารางที่ 6.6 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยที่สองคือ กฎการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัย 9 ระดับ คือ กฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR กฎ SMT กฎ SPT กฎ STPT วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม และวิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหา โลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยของจำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของจำนวนงานล่าช้าน้อยกว่ากฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR กฎ SMT กฎ SPT กฎ STPT และวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.6 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้า

จากรูปที่ 6.6 เป็นรูปกราฟ Plot of Interactions ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงผลกระทบของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อจำนวนงานล่าช้าพบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของจำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุดในสามอันดับแรก คือ

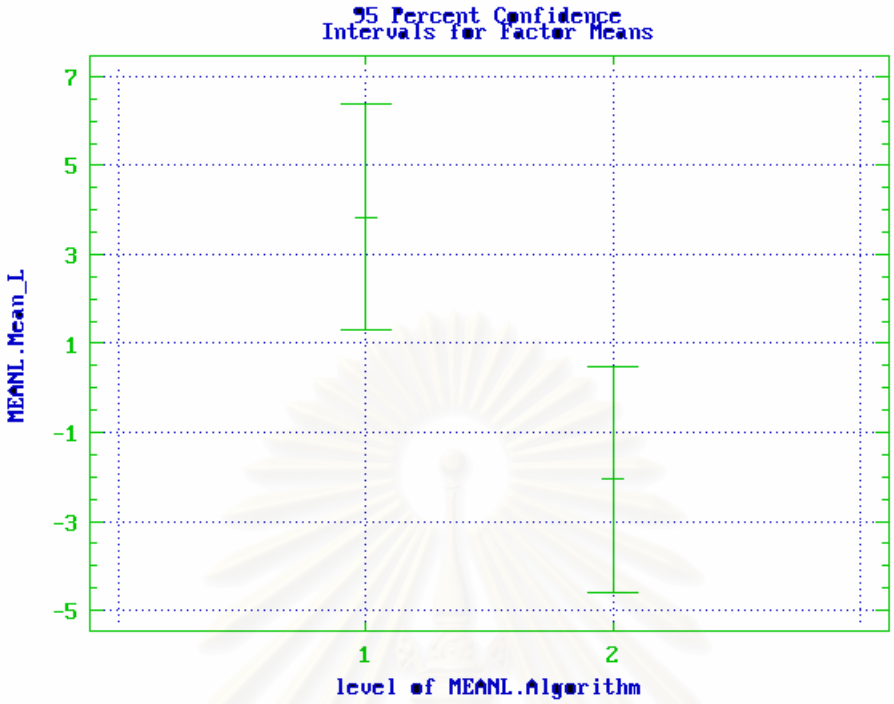
1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT
3. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT

ตารางที่ 6.7 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

| แหล่งความแปรผัน | df | ผลบวกกำลังสอง | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง | F | P-value |
|---|---|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิต | 1 | 1540.598 | 1540.598 | 10.105 | 0.002 |
| กฎ | 8 | 13328.660 | 1666.083 | 10.928 | 0.000 |
| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | 8 | 2788.355 | 348.544 | 2.286 | 0.024 |
| ความผิดพลาดแบบสุ่ม | 162 | 24697.740 | 152.455 | | |
| รวม | 179 | 42355.353 | | | |

จากตารางที่ 6.7 พบว่า ปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย ปัจจัยที่สองคือ กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งสรุปได้ว่ากฎที่ใช้ในการจัด ตารางการผลิตมีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่าปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

สรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิต กฎการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% รวมทั้งสังเกตได้ว่า ค่า P-value เรียงลำดับจากน้อยไปมากดังนี้ 0.000, 0.002 และ 0.024 ตามลำดับ และค่าสถิติ F ที่ใช้ทดสอบเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ 10.928, 10.105 และ 2.286 ตามลำดับ ดังนั้นสามารถเรียงลำดับผลกระทบของปัจจัยที่มีต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยจากมากไปน้อยได้ดังนี้ ผลกระทบจากกฎการจัดตารางการผลิต ผลกระทบจากวิธีการจัด ตารางการผลิต และผลกระทบร่วมกันของทั้งสองปัจจัย ตามลำดับ



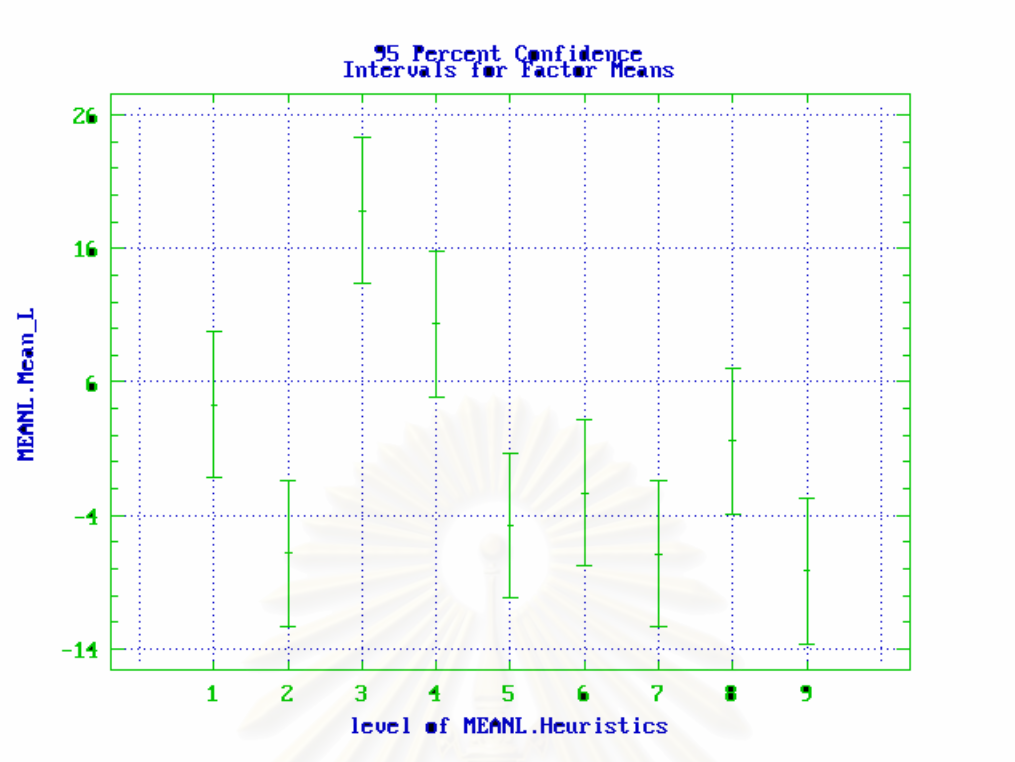

รูปที่ 6.7 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย โดยหมายเลข 1 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ และหมายเลข 2 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

ตารางที่ 6.8 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ | 90 | -2.238 | X |
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ | 90 | 3.613 | X |
| Contrast | | Difference | |
| 1 – 2 | | 5.85111 * | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.7 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยและจากตารางที่ 6.8 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัยสองระดับ คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยมากกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.8 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

ตารางที่ 6.9 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ (9) | 20 | -8.135 | X |
| กฎ STPT (7) | 20 | -6.875 | X X |
| กฎ LWKR (2) | 20 | -6.815 | X X |
| กฎ SMT (5) | 20 | -4.745 | X X |
| กฎ SPT (6) | 20 | -2.325 | X X X |
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม (8) | 20 | 1.600 | X X |
| กฎ EDD (1) | 20 | 4.290 | X X |
| กฎ MOPNR (4) | 20 | 10.370 | X |
| กฎ MWKR (3) | 20 | 18.825 | X |

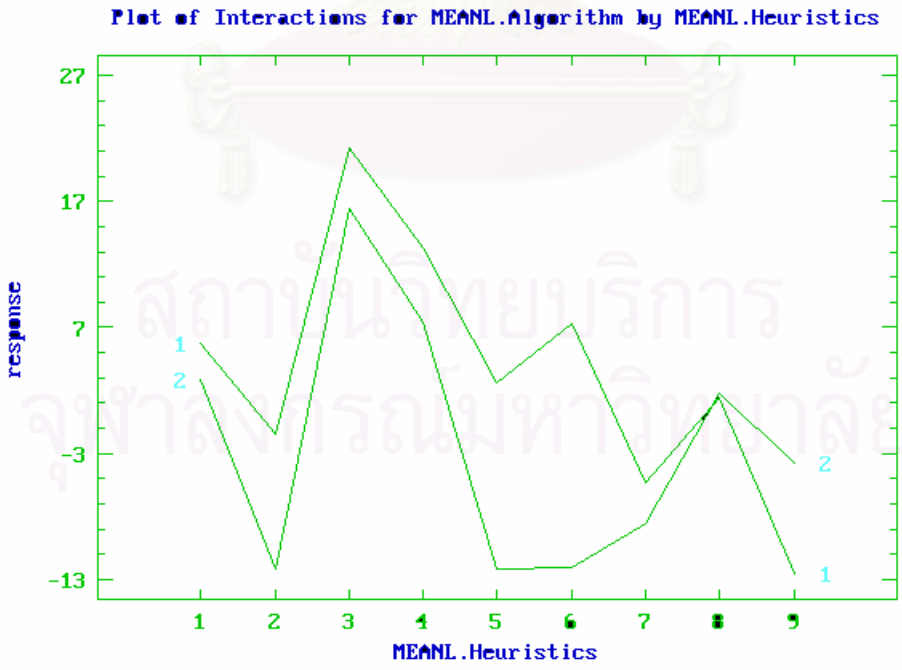
| Contrast | Difference |
|---|---|
| 1 – 2 | 11.1050 * |
| 1 – 3 | -14.5350 * |
| 1 – 4 | -6.08000 |
| 1 – 5 | 9.03500 * |
| 1 - 6 | 6.61500 |
| 1 - 7 | 11.1650 * |
| 1 - 8 | 2.69000 |
| 1 - 9 | 12.4250 * |
| 2 - 3 | -25.6400 * |
| 2 - 4 | -17.1850 * |
| 2 - 5 | -2.07000 |
| 2 - 6 | -4.49000 |
| 2 - 7 | 0.06000 |
| 2 - 8 | -8.41500 |
| 2 - 9 | 1.32000 |
| 3 - 4 | 8.45500 * |
| 3 - 5 | 23.5700 * |
| 3 - 6 | 21.1500 * |
| 3 - 7 | 25.7000 * |
| 3 - 8 | 17.2250 * |
| 3 - 9 | 26.9600 * |
| 4 - 5 | 15.1150 * |
| 4 - 6 | 12.6950 * |
| 4 - 7 | 17.2450 * |
| 4 - 8 | 8.77000 * |
| 4 - 9 | 18.5050 * |
| 5 - 6 | -2.42000 |
| 5 - 7 | 2.13000 |
| 5 - 8 | -6.34500 |
| 5 - 9 | 3.39000 |
| 6 - 7 | 4.55000 |
| 6 - 8 | -3.92500 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Contrast | Difference |
|---|---|
| 6 - 9 | 5.81000 |
| 7 - 8 | -8.47500 |
| 7 - 9 | 1.26000 |
| 8 - 9 | 9.73500 * |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.8 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยและจากตารางที่ 6.9 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยที่สองคือ กฎการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัย 9 ระดับ คือ กฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR กฎ SMT กฎ SPT กฎ STPT วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมและวิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหา โลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด และมีค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยน้อยกว่ากฎ EDD กฎ MWKR กฎ MOPNR และวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.9 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ย

จากรูปที่ 6.9 เป็นรูปกราฟ Plot of Interactions ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงผลกระทบของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยพบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีค่าเฉลี่ยของเวลาสายของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุดในสามอันดับแรก คือ

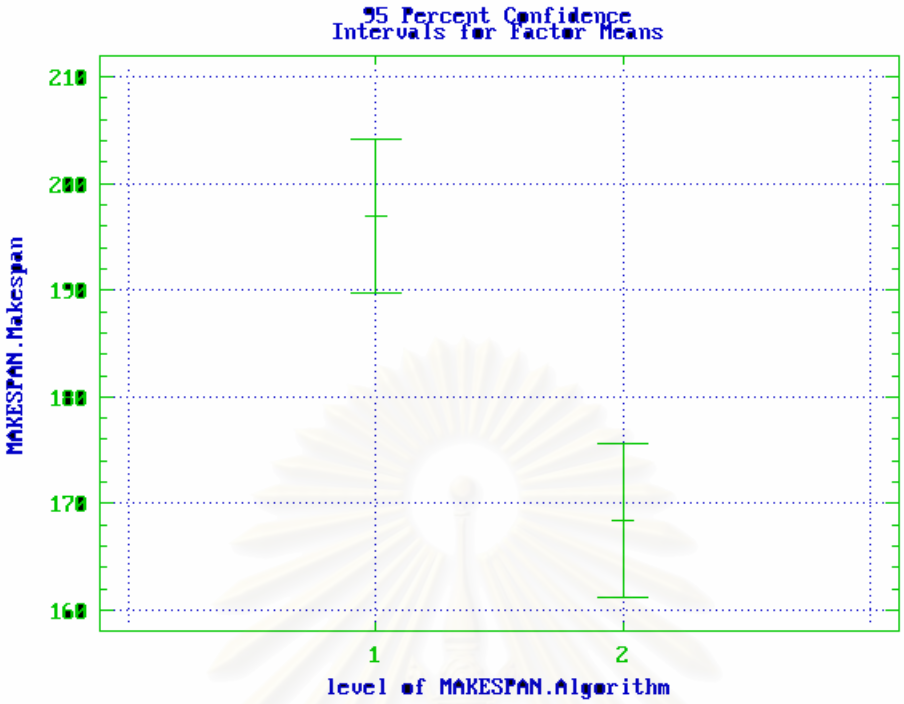
1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT
3. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ LWKR

ตารางที่ 6.10 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan)

| แหล่งความแปรผัน | df | ผลบวกกำลังสอง | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง | F | P-value |
|---|---|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิต | 1 | 36437.339 | 36437.339 | 30.612 | 0.000 |
| กฎ | 8 | 56453.278 | 7056.660 | 5.929 | 0.000 |
| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | 8 | 25457.211 | 3182.151 | 2.673 | 0.009 |
| ความผิดพลาดแบบสุ่ม | 162 | 192826.500 | 1190.287 | | |
| รวม | 179 | 311174.330 | | | |

จากตารางที่ 6.10 พบว่า ปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อ makespan ปัจจัยที่สองคือ กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลัก ซึ่งสรุปได้ว่ากฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตมีผลต่อ makespan และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อ makespan

สรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิต กฎการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อ makespan อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% รวมทั้งสังเกตได้ว่า ค่า P-value เรียงลำดับจากน้อยไปมากดังนี้ 0.000, 0.000 และ 0.009 ตามลำดับ และค่าสถิติ F ที่ใช้ทดสอบเรียงลำดับจากมากไปน้อยดังนี้ 30.612, 5.929 และ 2.673 ตามลำดับ ดังนั้นสามารถเรียงลำดับผลกระทบของปัจจัยที่มีต่อ makespan จากมากไปน้อยได้ดังนี้ ผลกระทบจากวิธีการจัดตารางการผลิต ผลกระทบจากกฎการจัดตารางการผลิต และผลกระทบร่วมกันของทั้งสองปัจจัย ตามลำดับ



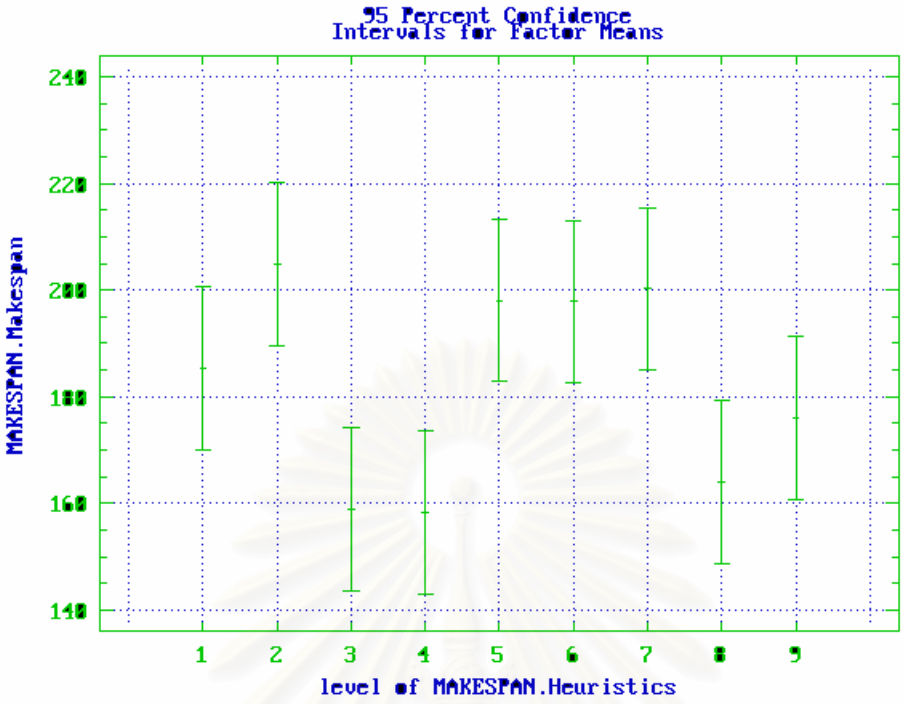

รูปที่ 6.10 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อ makespan โดยหมายเลข 1 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ และหมายเลข 2 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

ตารางที่ 6.11 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อ makespan

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ | 90 | 168.433 | X |
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ | 90 | 196.889 | X |
| Contrast | | Difference | |
| 1 – 2 | | 28.4556 * | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.10 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ makespan และจากตารางที่ 6.11 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัยสองระดับ คือวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ สามารถวิเคราะห์ได้ว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ makespan มากกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.11 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อ makespan

ตารางที่ 6.12 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อ makespan

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| กฎ MOPNR (4) | 20 | 158.350 | X |
| กฎ MWKR (3) | 20 | 159.000 | X |
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม (8) | 20 | 164.000 | X X |
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ (9) | 20 | 176.100 | X X X |
| กฎ EDD (1) | 20 | 185.400 | X X X |
| กฎ SPT (6) | 20 | 197.850 | X X |
| กฎ SMT (5) | 20 | 198.100 | X X |
| กฎ STPT (7) | 20 | 200.250 | X |
| กฎ LWKR (2) | 20 | 204.900 | X |

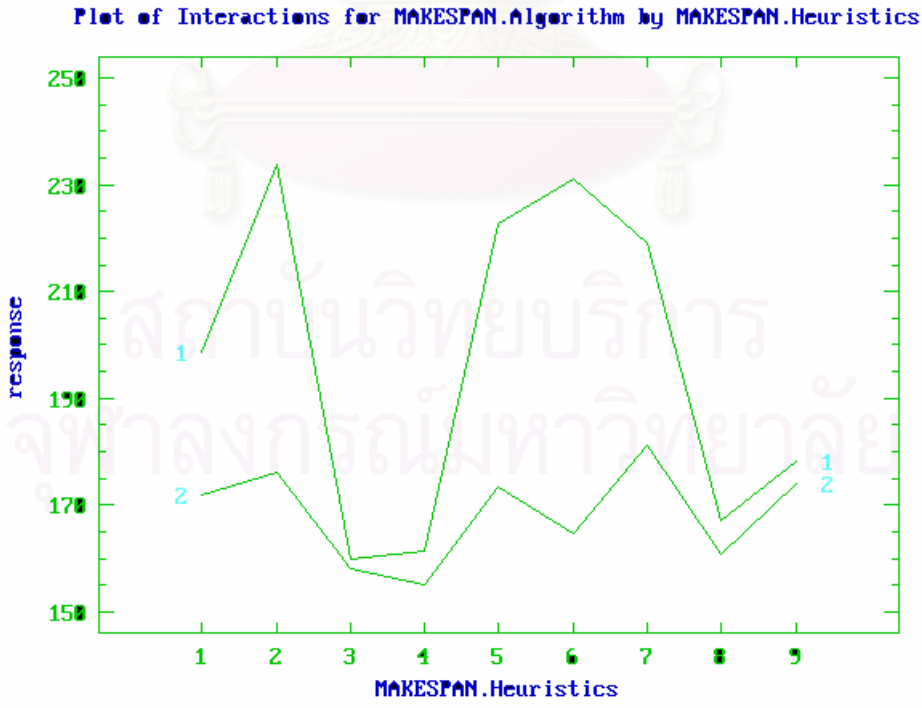
| Contrast | Difference |
|---|---|
| 1 - 2 | -19.5000 |
| 1 - 3 | 26.4000 * |
| 1 - 4 | 27.0500 * |
| 1 - 5 | -12.7000 |
| 1 - 6 | -12.4500 |
| 1 - 7 | -14.8500 |
| 1 - 8 | 21.4000 |
| 1 - 9 | 9.30000 |
| 2 - 3 | 45.9000 * |
| 2 - 4 | 46.5500 * |
| 2 - 5 | 6.80000 |
| 2 - 6 | 7.05000 |
| 2 - 7 | 4.65000 |
| 2 - 8 | 40.9000 * |
| 2 - 9 | 28.8000 * |
| 3 - 4 | 0.65000 |
| 3 - 5 | -39.1000 * |
| 3 - 6 | -38.8500 * |
| 3 - 7 | -41.2500 * |
| 3 - 8 | -5.00000 |
| 3 - 9 | -17.1000 |
| 4 - 5 | -39.7500 * |
| 4 - 6 | -39.5000 * |
| 4 - 7 | -41.9000 * |
| 4 - 8 | -5.65000 |
| 4 - 9 | -17.7500 |
| 5 - 6 | 0.25000 |
| 5 - 7 | -2.15000 |
| 5 - 8 | 34.1000 * |
| 5 - 9 | 22.0000 |
| 6 - 7 | -2.40000 |
| 6 - 8 | 33.8500 * |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Contrast | Difference |
|---|---|
| 6 - 9 | 21.7500 |
| 7 - 8 | 36.2500 * |
| 7 - 9 | 24.1500 * |
| 8 - 9 | -12.1000 |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 6.11 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของ makespan และจากตารางที่ 6.12 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยที่สองคือ กฎการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัย 9 ระดับ คือ กฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR กฎ SMT กฎ SPT กฎ STPT วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม และวิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า กฎ MOPNR กฎ MWKR และวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมและวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่จะทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งมีค่าเฉลี่ยของ makespan น้อยกว่ากฎ EDD กฎ SPT กฎ SMT กฎ STPT และกฎ LWKR อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 6.12 รูปแสดงกราฟ Plot of Interactions แสดงผลของปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อ makespan

จากรูปที่ 6.12 เป็นรูปกราฟ Plot of Interactions ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงผลกระทบของปัจจัยร่วมที่มีผลต่อ makespan พบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มี ค่าเฉลี่ยของ makespan น้อยที่สุดในสามอันดับแรก คือ

วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MOPNR

1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MWKR
2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม

## 6.6 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

จากตารางที่ 6.1- ตารางที่ 6.12 สามารถสรุปผลการวิเคราะห์ทางสถิติได้ดังต่อไปนี้

6.6.1 ปัจจัยด้านวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อค่าตัววัดผลทั้ง 4 ตัว อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.6.2 ปัจจัยด้านกฎในการจัดตารางการผลิตมีผลต่อค่าตัววัดผลทั้ง 4 ตัว อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.6.3 ปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อค่าตัววัดผลทั้ง 4 ตัวอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

6.6.4 จากการใช้วิธีการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test โดยใช้ $\alpha$ = 0.05 สามารถสรุปผลโดยแบ่งตามวัตถุประสงค์ของการจัดตารางการผลิตได้ดังต่อไปนี้

6.6.4.1 เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีในสามอันดับแรก ได้แก่

- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT

6.6.4.2 จำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุด

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีในสามอันดับแรก ได้แก่

- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT

6.6.4.3 เวลาสายของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีในสามอันดับแรก ได้แก่

- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ LWKR

6.6.4.4 เวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan) น้อยที่สุด

กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีในสามอันดับแรก ได้แก่

- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MOPNR
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MWKR
- วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม

## 6.7 **สรุปผลการทดลอง**

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของตารางการผลิตคือ วิธีการจัดตารางการผลิต กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วม กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ตอบสนองต่อวัตถุประสงค์ ส่วนใหญ่ได้อย่างดีคือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ โดยเฉพาะวัตถุประสงค์ในการลดปัญหาการส่งมอบงานไม่ทันตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้แก่ การลดจำนวนงานล่าช้าให้น้อยที่สุดและการลดเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยให้น้อยที่สุด

ดังนั้นวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอจึงเป็นวิธีการจัดตารางการผลิตที่นำไปเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา และนำเสนอให้โรงงานที่เป็นกรณีศึกษานำไปใช้ในการจัดตารางการผลิตต่อไป

# บทที่ 7
# การศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตมีผลกระทบต่อการนำโปรแกรมไปใช้ในอุตสาหกรรม เนื่องจากการนำโปรแกรมการจัดตารางการผลิตไปใช้ในอุตสาหกรรมต้องสามารถตอบสนองต่อความไม่แน่นอนที่เกิดขึ้นในการผลิตได้อย่างรวดเร็ว

ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่สำคัญได้แก่ กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตและจำนวนขั้นตอนการทำงาน เนื้อหาในบทนี้ส่วนแรกจะกล่าวถึงรายละเอียดของการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของกฎและวิธีการจัด ตารางการผลิตแบบต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาในการการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัด ตารางการผลิต ส่วนที่สองจะกล่าวถึงรายละเอียดของการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยอื่นๆ ที่มีต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต ได้แก่ จำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงาน และส่วนที่สามจะกล่าวถึงการวิเคราะห์ความไว (sensitivity analysis) ตามลำดับ ในการทดลองต่างๆ ในบทนี้ใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ AMD รุ่น Athlon 850 MHz และมีหน่วยความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์ (RAM) 256 MB

## 7.1 การทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่าง ๆ

### 7.1.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

### 7.1.2 สมมติฐานการทดลอง

7.1.2.1 จำนวนระดับปัจจัยของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต

กฎและวิธีการในการจัดตารางการผลิตที่ใช้มี 18 วิธี ได้แก่

- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ EDD
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ LWKR
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ MWKR
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ MOPNR
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ SMT
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ SPT
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ STPT
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวนย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม
- การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวนย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ EDD
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ LWKR
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MWKR
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MOPNR
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ STPT
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวนย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม
- การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวนย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

7.1.2.2 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองมีลักษณะของข้อมูลดังต่อไปนี้

- จำนวนงานที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 10 งาน
- จำนวนขั้นตอนการทำงานที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 5 ขั้นตอน
- จำนวนเครื่องจักรที่ใช้ในการทดลองเท่ากับ 5 เครื่อง
- เวลาการทำงานและเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนการทำงานได้จากการสุ่ม

7.1.3 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

7.1.3.1 สร้างข้อมูลด้านเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงานของแต่ละงาน และเครื่องจักรที่ใช้ในแต่ละขั้นตอนขึ้นมาแบบสุ่ม โดยทำการสร้างขึ้นมา 10 ชุดข้อมูล

7.1.3.2 สร้างฐานข้อมูลเพื่อรองรับตารางการผลิตที่ได้

7.1.3.3 ทดลองจัดตารางการผลิตด้วยกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตทั้ง 18 วิธี โดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ได้สร้างขึ้นเพื่อศึกษาผลกระทบของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

7.1.3.4 เก็บรวมรวมเวลาในการจัดตารางการผลิตด้วยกฎและวิธีการต่างๆ ของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

7.1.3.5 นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ตามกระบวนการทางสถิติ เพื่อวิเคราะห์หาความแตกต่างของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test โดยใช้ค่า $\alpha = 0.05$

7.1.4 ผลการทดลอง

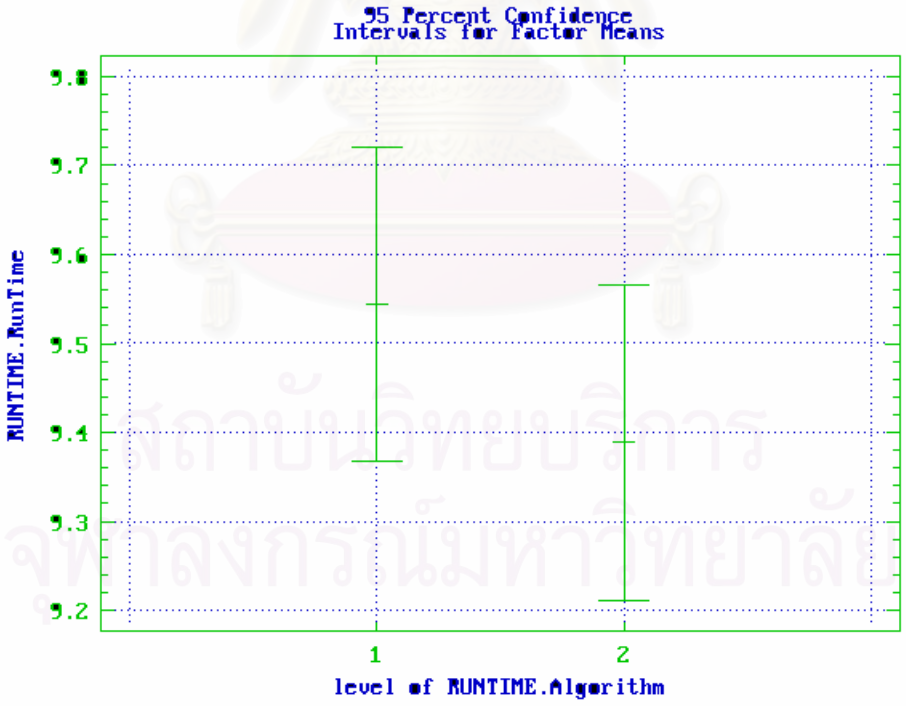
จากผลการทดลองที่ได้ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 7.1 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

| แหล่งความแปรผัน | ดีกรีของความอิสระ | ผลบวกกำลังสอง | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง | F | P-value |
|---|---|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิต | 1 | 1.089 | 1.088 | 1.508 | 0.221 |
| กฎ | 8 | 22999.900 | 2874.987 | 3890.75 | 0.000 |
| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | 8 | 28.811 | 3.601 | 4.987 | 0.000 |
| ความผิดพลาดแบบสุ่ม | 162 | 117.000 | 0.722 | | |
| รวม | 179 | 23146.800 | | | |

จากตารางที่ 7.1 พบว่า ปัจจัยแรกคือ วิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ซึ่งสรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตไม่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต ปัจจัยที่สองคือ กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับ นัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

สรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตไม่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต สำหรับกฎการจัดตารางการผลิตและปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



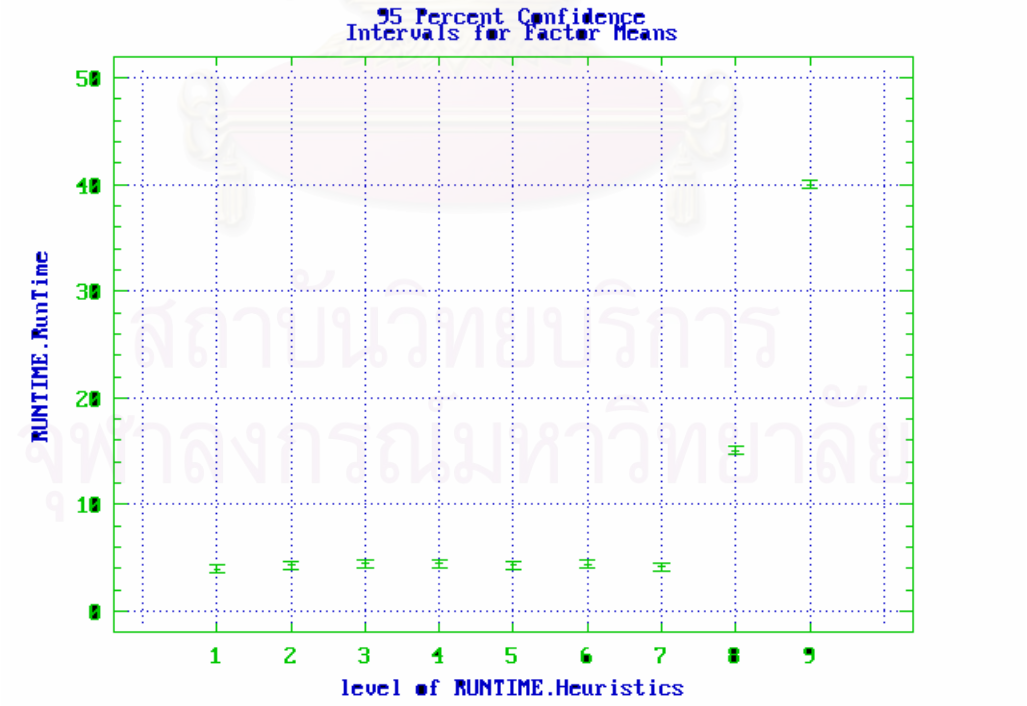

รูปที่ 7.1 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต โดยหมายเลข 1 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ และหมายเลข 2 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์

ตารางที่ 7.2 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ | 90 | 9.389 | X |
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟ | 90 | 9.544 | X |
| Contrast | | Difference | |
| 1 – 2 | | 0.15556 | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 7.1 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตและจาก ตารางที่ 7.2 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยแรกคือวิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัยสองระดับ คือวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ สามารถวิเคราะห์ได้ว่าวิธีการจัดตารางการผลิตทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 7.2 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

ตารางที่ 7.3 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| กฎ EDD (1) | 20 | 3.950 | X |
| กฎ STPT (7) | 20 | 4.200 | X |
| กฎ LWKR (2) | 20 | 4.350 | X |
| กฎ SMT (5) | 20 | 4.350 | X |
| กฎ SPT (6) | 20 | 4.400 | X |
| กฎ MWKR (3) | 20 | 4.450 | X |
| กฎ MOPNR (4) | 20 | 4.450 | X |
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม (8) | 20 | 15.050 | X |
| วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ (9) | 20 | 40.000 | X |

| Contrast | Difference |
|---|---|
| 1 - 2 | -0.40000 |
| 1 - 3 | -0.50000 |
| 1 - 4 | -0.50000 |
| 1 - 5 | -0.40000 |
| 1 - 6 | -0.45000 |
| 1 - 7 | -0.25000 |
| 1 - 8 | -11.1000 * |
| 1 - 9 | -36.0500 * |
| 2 - 3 | -0.10000 |
| 2 - 4 | -0.10000 |
| 2 - 5 | 0.00000 |
| 2 - 6 | -0.05000 |
| 2 - 7 | 0.15000 |
| 2 - 8 | -10.7000 * |
| 2 - 9 | -35.6500 * |
| 3 - 4 | 0.00000 |
| 3 - 5 | 0.10000 |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| Contrast | Difference |
|---|---|
| 3 - 6 | 0.05000 |
| 3 - 7 | 0.25000 |
| 3 - 8 | -10.6000 * |
| 3 - 9 | -35.5500 * |
| 4 - 5 | 0.10000 |
| 4 - 6 | 0.05000 |
| 4 - 7 | 0.25000 |
| 4 - 8 | -10.6000 * |
| 4 - 9 | -35.5500 * |
| 5 - 6 | -0.05000 |
| 5 - 7 | 0.15000 |
| 5 - 8 | -10.7000 * |
| 5 - 9 | -35.6500 * |
| 6 - 7 | 0.20000 |
| 6 - 8 | -10.6500 * |
| 6 - 9 | -35.6000 * |
| 7 - 8 | -10.8500 * |
| 7 - 9 | -35.8000 * |
| 8 - 9 | -24.9500 * |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 7.2 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต และจากตารางที่ 7.3 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยที่สองคือ กฎการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัย 9 ระดับ คือ กฎ EDD กฎ LWKR กฎ MWKR กฎ MOPNR กฎ SMT กฎ SPT กฎ STPT วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม และวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดย ไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ สามารถวิเคราะห์ได้ว่า กฎการจัดตารางการผลิตที่ใช้เวลาในการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตมากที่สุดคือ วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหา โลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอและวิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิมตามลำดับ ซึ่งวิธีบรานช์แอนด์บาวด์ทั้งสองวิธีใช้เวลาในการจัด ตารางการผลิตมากกว่ากฎการจัดตารางการผลิตทั้ง 7 กฎ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สรุปได้ว่า สามารถเรียงลำดับเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตโดยใช้กฎการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ จากมากไปน้อย ดังนี้

1. การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
2. การจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม
3. กฎการจัดตารางการผลิตทั้ง 7 กฎ

## 7.2 การทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงาน

### 7.2.1 วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ จำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

### 7.2.2 สมมติฐานการทดลอง

#### 7.2.2.1 ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

ปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตได้แก่ จำนวนขั้นตอนการทำงานและจำนวนงาน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจำนวนสถานีงานและจำนวนเครื่องจักรอาจมีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตด้วย แต่พบว่า ในการผลิตจริงจำนวนสถานีงานและจำนวนเครื่องจักรมักไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตจึงตั้งสมมติฐานการทดลองโดยให้จำนวนสถานีงานและจำนวนเครื่องจักรคงที่ตามจำนวนที่มีอยู่จริงในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาคือมีจำนวนสถานีงาน 15 สถานีงาน และมีจำนวนเครื่องจักร 32 เครื่อง

7.2.2.2 จำนวนระดับปัจจัยของจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงาน

จำนวนระดับปัจจัยของจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานสามารถกำหนดได้จากจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานโดยเฉลี่ยของการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบ จากข้อมูลการผลิตจริงในเดือนธันวาคม 2543 สามารถแสดงจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบ ได้ดังตารางที่ 7.4

ตารางที่ 7.4 ตารางแสดงจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบในเดือนธันวาคม 2543

| รอบการจัดตารางการผลิต | จำนวนงาน | จำนวนขั้นตอนการทำงาน |
|---|---|---|
| รอบที่ 1 | 6 | 25 |
| รอบที่ 2 | 16 | 48 |
| รอบที่ 3 | 26 | 62 |
| รอบที่ 4 | 13 | 25 |
| รอบที่ 5 | 20 | 50 |
| รอบที่ 6 | 18 | 50 |
| รอบที่ 7 | 10 | 19 |
| รอบที่ 8 | 16 | 53 |
| รอบที่ 9 | 15 | 45 |
| รอบที่ 10 | 13 | 27 |
| ค่าเฉลี่ย | 16 | 40 |

จากตารางที่ 7.4 ได้ค่าเฉลี่ยของจำนวนงานเท่ากับ 16 งานและจำนวนขั้นตอนการทำงานเท่ากับ 40 ขั้นตอน ดังนั้นจึงกำหนดระดับปัจจัยของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต 2 วิธี คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT เนื่องจากกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตทั้งสองวิธีเป็นกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ค่าของตัววัดผลที่สำคัญของโรงงานคือจำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุดและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยต่ำที่สุด ตามลำดับ และกำหนดระดับปัจจัยของจำนวนงาน 3 ระดับ คือ 14 งาน 16 งาน และ 18 งาน รวมถึงกำหนดระดับปัจจัยของจำนวนขั้นตอนการทำงาน 3 ระดับ คือ 32 ขั้นตอนการทำงาน 40 ขั้นตอนการทำงาน และ 48 ขั้นตอนการทำงาน เนื่องจากจำนวนขั้นตอนการทำงานโดยเฉลี่ยคือ 40 ขั้นตอนการทำงาน เมื่อนำค่าเฉลี่ยมาลบและบวกด้วย 20 เปอร์เซ็นต์ของจำนวนขั้นตอนการทำงานโดยเฉลี่ย ได้ค่าเท่ากับ 32 ขั้นตอนการทำงานและ 48 ขั้นตอนการทำงาน ตามลำดับ

7.2.2.3 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเป็นข้อมูลที่ปรับค่าจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานตามระดับปัจจัยแต่ละระดับจากข้อมูลการผลิตจริงในเดือนธันวาคม 2543 ซึ่งมีการจัดตารางการผลิตทั้งหมด 10 รอบ เนื่องจากรอบการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบมีระยะเวลา 3 วัน

7.2.3 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

7.2.3.1 นำข้อมูลจริงมาใช้ในการทดลองโดยปรับค่าจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานตามระดับปัจจัยแต่ละระดับ โดยมีจำนวนสถานีงานและจำนวนเครื่องจักรเท่ากับ 15 สถานีงาน และ 32 เครื่อง ตามจำนวนสถานีงานและจำนวนเครื่องจักรที่มีอยู่ในการผลิตจริง

7.2.3.2 สร้างฐานข้อมูลเพื่อรองรับตารางการผลิตที่ได้

7.2.3.3 ทดลองจัดตารางการผลิตตามระดับปัจจัยต่างๆ ที่กำหนด โดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ได้สร้างขึ้น

7.2.3.4 เก็บรวมรวมเวลาในการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตตามกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต จำนวนงาน และจำนวนขั้นตอนการทำงานใน แต่ละระดับปัจจัย

7.2.3.5 นำผลที่ได้ไปวิเคราะห์ตามกระบวนการทางสถิติ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวนและการวิเคราะห์เปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธีการ Duncan's Multiple Range Test โดยใช้ค่า $\alpha = 0.05$

7.2.4 ผลการทดลอง

7.2.4.1 ผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.5

ตารางที่ 7.5 ตารางแสดงผลการทดลองซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอในหน่วยวินาที

| จำนวนขั้นตอน / จำนวนงาน | 32 | 40 | 48 |
|---|---|---|---|
| 14 | 139 | 178 | 240 |
| | 162 | 273 | 315 |
| 16 | 147 | 175 | 245 |
| | 230 | 359 | 456 |
| 18 | 166 | 240 | 341 |
| | 286 | 389 | 425 |

7.2.4.2 ผลการทดลองเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ นอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 7.6

ตารางที่ 7.6 ตารางแสดงผลการทดลองโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT ในหน่วยวินาที

| จำนวนขั้นตอน / จำนวนงาน | 32 | 40 | 48 |
|---|---|---|---|
| 14 | 4 | 7 | 8 |
| | 4 | 6 | 8 |
| 16 | 5 | 7 | 8 |
| | 4 | 8 | 9 |
| 18 | 5 | 7 | 10 |
| | 5 | 8 | 10 |

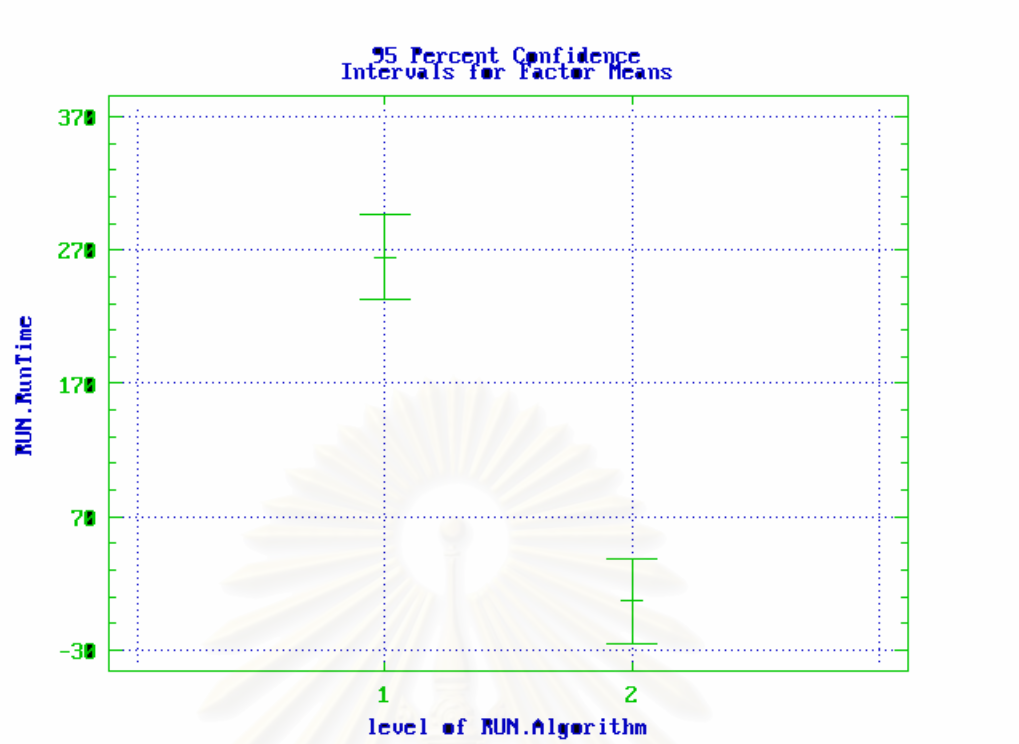
จากผลการทดลองที่ได้ เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแปรปรวนได้ผลดังตารางที่ 7.7

ตารางที่ 7.7 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

| แหล่งความแปรผัน | df | ผลบวกกำลังสอง | ค่าเฉลี่ยผลบวกกำลังสอง | F | P-value |
|---|---|---|---|---|---|
| ปัจจัยหลัก (Main Effects) | | | | | |
| A : กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | 1 | 598818.03 | 598818.03 | 149.593 | 0.0000 |
| B : จำนวนงาน | 2 | 12580.72 | 6290.36 | 1.571 | 0.2350 |
| C : จำนวนขั้นตอนการทำงาน | 2 | 35206.89 | 17603.44 | 4.398 | 0.0279 |
| ปัจจัยร่วม (Interactions) | | | | | |
| AB | 2 | 11860.722 | 5930.361 | 1.481 | 0.2537 |
| AC | 2 | 31316.222 | 15658.111 | 3.912 | 0.0388 |
| BC | 4 | 437.778 | 109.444 | 0.027 | 0.9984 |
| ABC | 4 | 437.778 | 109.444 | 0.027 | 0.9984 |
| ความผิดพลาดแบบสุ่ม | 18 | 72053.500 | 4002.9722 | | |
| รวม | 35 | 762711.64 | | | |

จากตารางที่ 7.7 พบว่า ปัจจัยแรกคือ กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัด ตารางการผลิต ปัจจัยที่สองคือ จำนวนงานได้ค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงไม่สามารถปฏิเสธสมมติฐานหลักได้ซึ่งสรุปได้ว่า จำนวนงานไม่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต ปัจจัยที่สามคือ จำนวนขั้นตอนการทำงานได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า จำนวนขั้นตอนการทำงานมีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต และสำหรับปัจจัยร่วมกัน มีเพียงปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตกับจำนวนขั้นตอนการทำงานเท่านั้นที่ได้ค่า P-value น้อยกว่าระดับนัยสำคัญที่ทดสอบ ($\alpha$ = 0.05) จึงปฏิเสธสมมติฐานหลักซึ่งสรุปได้ว่า ปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตกับจำนวนขั้นตอนการทำงานมีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

สรุปได้ว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตคือ กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต และจำนวนขั้นตอนการทำงาน สำหรับปัจจัยร่วมมีเพียงปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตกับจำนวนขั้นตอนการทำงานเท่านั้นที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%



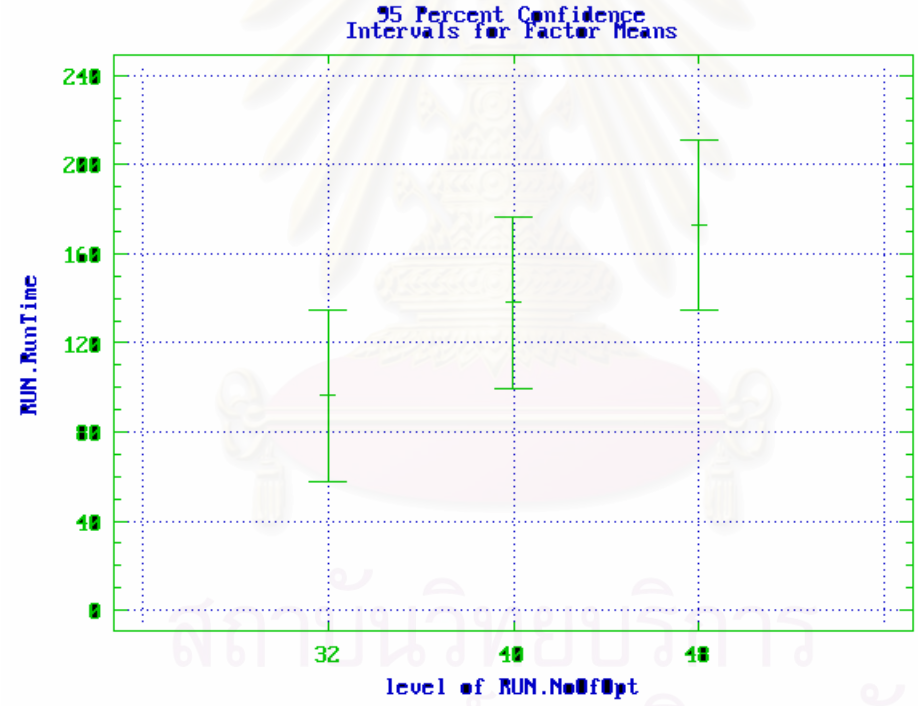

รูปที่ 7.3 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต โดยหมายเลข 1 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ด้วยวิธีการหา โลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ และหมายเลข 2 คือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT

ตารางที่ 7.8 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT | 18 | 6.833 | X |
| วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์ด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ | 18 | 264.778 | X |
| Contrast | | Difference | |
| 1 – 2 | | 257.944 * | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 7.3 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตและจากตารางที่ 7.8 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยแรกคือ กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต ซึ่งมีระดับปัจจัยสองระดับ คือวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT สามารถวิเคราะห์ได้ว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ใช้เวลาในการจัดตารางการผลิตมากกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ




รูปที่ 7.4 รูปแสดงกราฟ Means Plot ของปัจจัยจำนวนขั้นตอนการทำงานที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

ตารางที่ 7.9 ตารางแสดงผลการวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test ของจำนวนขั้นตอนการทำงานที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

| ระดับปัจจัย | จำนวน | LS Mean | Homogeneous Groups |
|---|---|---|---|
| จำนวน 32 ขั้นตอนการทำงาน | 12 | 96.417 | X |
| จำนวน 40 ขั้นตอนการทำงาน | 12 | 138.083 | X X |
| จำนวน 48 ขั้นตอนการทำงาน | 12 | 172.917 | X |
| Contrast | | Difference | |
| 32 – 40 | | -41.6667 | |
| 32 – 48 | | -76.5000 * | |
| 40 – 48 | | -34.8333 | |

* แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากรูปที่ 7.4 เป็นรูปแสดงกราฟ Means Plot ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงช่วงความเชื่อมั่น 95% ของเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตและจากตารางที่ 7.9 ซึ่งเป็นวิธีการเปรียบเทียบเชิงซ้อนด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test สำหรับปัจจัยที่สองคือ จำนวนขั้นตอนการทำงานซึ่งมีระดับปัจจัย 3 ระดับคือ จำนวนขั้นตอนการทำงาน 32 ขั้นตอนการทำงาน 40 ขั้นตอนการทำงาน และ 48 ขั้นตอนการทำงานสามารถวิเคราะห์ได้ว่าระดับปัจจัยจำนวนขั้นตอนการทำงาน 48 ขั้นตอนใช้เวลาในการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตมากกว่าจำนวนขั้นตอนการทำงาน 32 ขั้นตอนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

## 7.3 **การวิเคราะห์ความไว** (Sensitivity Analysis)

การวิเคราะห์ความไวเป็นวิธีหนึ่งซึ่งใช้ตรวจสอบว่า โปรแกรมการจัดตารางการผลิตสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลการผลิตอันเนื่องจากความไม่แน่นอนในการผลิตจริงได้ดีเพียงใด สิ่งสำคัญประการหนึ่งในการนำโปรแกรมการจัดตารางการผลิตไปใช้ในอุตสาหกรรมคือ เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต ซึ่งจากหัวข้อที่ 7.2 พบว่าปัจจัยจำนวนขั้นตอนการทำงานมีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรม ในหัวข้อนี้จะเสนอรายละเอียดของการวิเคราะห์ความไว

7.3.1 <u>วัตถุประสงค์</u>

**เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ความไวของเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบมาจากปัจจัยจำนวนขั้นตอนการทำงาน**

7.3.2 สมมติฐานการทดลอง

การวิเคราะห์ความไวมีสมมติฐานว่า มีการเปลี่ยนแปลงค่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อตัวแปรตอบสนองในครั้งหนึ่งๆ เพียงปัจจัยเดียวและปัจจัยที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าเป็นอิสระต่อปัจจัยอื่นๆ

7.3.3 ลักษณะของข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

ข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเป็นข้อมูลจากการผลิตจริงในเดือนธันวาคม 2543

7.3.4 วิธีการทดลอง

วิธีการทดลองในงานวิจัยนี้ สามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

7.3.4.1 จากการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบของปัจจัยต่างๆ ที่มีต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตพบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตคือ กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตและจำนวนขั้นตอนการทำงาน กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษามี 2 วิธี สำหรับจำนวนขั้นตอนการทำงานในการจัดตารางการผลิตอาจมีการเปลี่ยนแปลงและมีความไม่แน่นอน ดังนั้นจึงวิเคราะห์ความไวของเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่มีผลมาจากจำนวนขั้นตอนการทำงาน

7.3.4.2 เลือกช่วงข้อมูลจำนวนขั้นตอนการทำงานที่เป็นไปได้ซึ่งมีช่วงตั้งแต่จำนวนขั้นตอนการทำงาน 20 ขั้นตอนไปจนถึง 60 ขั้นตอนและเพิ่มจำนวนขั้นตอนการทำงานจากค่าน้อยที่สุดไปมากที่สุดครั้งละ 10 เปอร์เซ็นต์หรือ 4 ขั้นตอนการทำงาน

7.3.4.3 สร้างฐานข้อมูลเพื่อรองรับตารางการผลิตที่ได้

7.3.4.4 ทดลองจัดตารางการผลิตโดยการเปลี่ยนระดับปัจจัยของจำนวนขั้นตอนการทำงานตามช่วงข้อมูลที่กำหนดในข้อ 7.3.4.2

7.3.4.5 ทำการบันทึกข้อมูลเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต รวมทั้งสรุปและวิเคราะห์ผล

7.3.5 ผลการทดลอง

จากการทดลองจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ โดยใช้จำนวนงานคงที่เท่ากับจำนวนงานโดยเฉลี่ยคือ 16 งาน ได้ผลดังตารางที่ 7.10 และตารางที่ 7.11

ตารางที่ 7.10 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอในหน่วยวินาที

| จำนวนขั้นตอน | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา (วินาที) | 52 | 72 | 136 | 180 | 183 | 275 | 351 | 391 | 401 | 401 | 446 |

ตารางที่ 7.11 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน

| จำนวนขั้นตอน | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา | 0.189 | 0.262 | 0.495 | 0.655 | 0.665 | 1.000 | 1.276 | 1.422 | 1.458 | 1.458 | 1.622 |

จากตารางที่ 7.10 และตารางที่ 7.11 พบว่า เมื่อจำนวนขั้นตอนการทำงานแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของขั้นตอนการทำงานซึ่งมีจำนวนขั้นตอนการทำงาน 40 ขั้นตอนการทำงาน เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยแปรผันตามจำนวนขั้นตอนการทำงาน สังเกตได้จากเมื่อจำนวนขั้นตอนการทำงานเพิ่มขึ้นเป็น 60 ขั้นตอนการทำงานซึ่งเท่ากับเพิ่มขึ้น 50% เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 446 วินาทีซึ่งเท่ากับเพิ่มขึ้น 62.2%

จากการทดลองจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบ นอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT โดยใช้จำนวนงานคงที่เท่ากับจำนวนงานโดยเฉลี่ยคือ 16 งาน ได้ ผลดังตารางที่ 7.12 และตารางที่ 7.13

ตารางที่ 7.12 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT ในหน่วยวินาที

| จำนวนขั้นตอน | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 44 | 48 | 52 | 56 | 60 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา (วินาที) | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 | 8 | 8 | 9 | 9 | 10 |

ตารางที่ 7.13 ตารางแสดงการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน

| จำนวนขั้นตอน | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา | 0.333 | 0.500 | 0.667 | 0.667 | 0.833 | 1.000 | 1.333 | 1.333 | 1.500 | 1.500 | 1.667 |

จากตารางที่ 7.12 และตารางที่ 7.13 พบว่า เมื่อจำนวนขั้นตอนการทำงานแตกต่างจากค่าเฉลี่ยของขั้นตอนการทำงานซึ่งมีจำนวนขั้นตอนการทำงาน 40 ขั้นตอนการทำงาน เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตจะมีการเปลี่ยนแปลงโดยแปรผันตามจำนวนขั้นตอนการทำงาน สังเกตได้จากเมื่อจำนวนขั้นตอนการทำงานเพิ่มขึ้นเป็น 60 ขั้นตอนการทำงานซึ่งเท่ากับเพิ่มขึ้น 50% เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมก็จะเพิ่มขึ้นเป็น 10 วินาทีซึ่งเท่ากับเพิ่มขึ้น 66.7% ซึ่งการวิเคราะห์ความไวโดยใช้วิธีการจัด ตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT นี้มีผลการทดลองในลักษณะเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ความไวโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

สรุปได้ว่า เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนขั้นตอนการทำงาน (operation) อย่างไรก็ตามการจัดตารางการผลิตซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่สามารถนำไปใช้ในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้เนื่องจากเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตในกรณีที่มีจำนวนขั้นตอนการทำงานที่มากที่สุดคือ จำนวน 60 ขั้นตอน ใช้เวลา 446 วินาที หรือเท่ากับ 7 นาที 26 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่สามารถยอมรับได้และไม่นานเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพของการจัดตารางการผลิตที่ได้จากวิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต

# บทที่ 8
# การศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอในบทที่ 4 ได้มีการทดลองและวิเคราะห์ในบทที่ 6 แล้วพบว่าเป็นวิธีการจัดตารางการผลิตที่ทำให้ได้ตารางการผลิตซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาคือ จำนวนงานล่าช้าน้อยที่สุดและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยน้อยที่สุด และวิธีการดังกล่าวสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ดังจะเห็นได้จากเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตอยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ ทำให้สามารถตอบสนองต่อความไม่แน่นอนในการผลิตได้

เนื้อหาในบทนี้จะกล่าวถึงการศึกษาเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากการผลิตจริง

## 8.1 ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต

ในการศึกษาเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา มีข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิตดังนี้

- ข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้า
- ข้อมูลใบสั่งผลิตและใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต

### 8.1.1 ข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้า

เนื่องจากลักษณะการผลิตของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาเป็นแบบผลิตตามสั่ง (make to order) ซึ่งเป็นการผลิตสินค้าเมื่อได้รับคำสั่งซื้อจากลูกค้าโดยผลิตตามข้อกำหนดทางวิศวกรรมในแบบ (drawing) ที่ลูกค้าส่งมาให้ การวางแผนการผลิตในขั้นต่างๆ จึงยึดถือข้อมูล

คำสั่งซื้อของลูกค้าเป็นสำคัญ ข้อมูลดังกล่าวอยู่ในเอกสารที่โรงงานเรียกว่า แผนการส่งมอบสินค้า (delivery plan) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

- ชื่อลูกค้า
- หมายเลขชิ้นส่วนหรือสินค้า
- ชื่อชิ้นส่วนหรือสินค้า
- หมายเลขใบสั่งซื้อ
- วันกำหนดส่งมอบ
- ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการทั้งหมด
- ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการให้ทยอยส่งเป็นงานๆ
- ปริมาณสินค้าที่สามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้จริง
- ผลต่างระหว่างปริมาณสินค้าที่ลูกค้าให้ทยอยส่งเป็นงานๆ กับปริมาณที่สามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้จริง
- ผลต่างระหว่างปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการทั้งหมด กับปริมาณที่สามารถส่งมอบให้ลูกค้าได้จริง

รายละเอียดต่างๆ และตัวอย่างแผนกำหนดส่งมอบสินค้าแสดงในตารางที่ 8.1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.1 ตารางแสดงตัวอย่างของแผนกำหนดส่งมอบสินค้าเดือนธันวาคม 2543

Delivery Plan / Parts

Month/Year : Dec - 2000

| Customer | Parts | Qty | -2 | -1 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 666 | MB1F2660 | Pull | | | | | | | | | | | | | | | | 11,961 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | [illegible] | Dlv | | | | | | | | | | | | | | | | 13,966 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13,966 |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | 3,966 | | | 5,000 | | | | | 4,400 | | | | 600 | | | | | | | 13,966 |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | 3,966 | | | 5,000 | | | | | 4,400 | | | | 666 | | | | | | | 14,031 |
| | | Bal. | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| | | Bal2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10,000 | -10,000 | -10,000 | -10,000 | -10,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -400 | -400 | -400 | -400 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 | 66 |
| DSC | S1+0-00++00 | Pull | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [NORST] | [illegible] | Dlv | 7,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | 5,000 |
| | | Plan | | | 3,500 | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | | | | | | | | | | | 5,000 |
| | | Act | | | 3,500 | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | 5,000 |
| | | Bal. | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,000 | -1,000 | -2,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal2 | -7,000 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,000 | -2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | [illegible] | Pull | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | [illegible] | Dlv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | 1,000 | | 1,000 | | | | | | | | | | | | 3,000 |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | Bal. | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -2,000 | -2,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 |
| | | Bal2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 | -3,000 |
| | [illegible] | Pull | [illegible] | | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | [illegible] | Dlv | 1,200 | | 1,200 | | | | | | | | | | | | | | | | 5,200 | | | | | | | | | | | | | | | | 16,700 |
| | [illegible] | Plan | | 1,200 | 1,200 | | | | | | | | | | | | | | | | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | | | | | | | | | | | 16,700 |
| | | Act | | 1,200 | 500 | 700 | | | | | | | | | | | | | | | 1,200 | 1,100 | 1,500 | 1,100 | 1,700 | | | | 1,000 | | | | | | | 17,700 |
| | | Bal. | 0 | 0 | -700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,900 | -2,900 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 |
| | | Bal2 | -1,200 | 0 | -700 | 0 | 0 | 0 | 0 | -12,100 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -6,800 | -6,800 | -6,800 | -6,800 | -6,800 | -6,800 | -7,200 | -6,100 | -4,600 | -3,700 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 |
| | [illegible] | Pull | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | [illegible] | Dlv | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | 1,000 |
| | | Plan | | | | 70 | 930 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | 1,000 |
| | | Act | | | | 70 | 930 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | 1,000 |
| | | Bal. | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal2 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | [illegible] | Pull | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | [illegible] | Dlv | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | 1,000 |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | 1,000 |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 400 | | 600 | | | | | | | 1,000 |
| | | Bal. | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -600 | -600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -600 | -600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| - | [illegible] | Pull | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [illegible] | [illegible] | Dlv | 750 | | | | | | | | | | | | | | | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,000 |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | 500 | | | | 500 | | | | | | 500 | | | | | | | 5,000 |
| | | Act | | | | | | | | | | | | 320 | | | 500 | | 500 | | 700 | | | | 160 | | | | | | | | | | | | 2,290 |
| | | Bal. | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320 | 320 | 320 | 820 | 820 | 820 | 820 | 1,110 | 1,110 | 730 | 730 | 240 | 240 | -260 | -260 | -260 | -760 | -760 | -760 | -760 | -760 | -760 | -760 | -760 |
| | | Bal2 | -750 | -750 | -750 | -750 | -750 | -750 | -750 | -750 | -750 | -750 | -750 | -70 | -70 | -70 | 120 | -2,660 | -2,340 | -2,340 | -1,640 | -1,640 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 |

Delivery Plan / Parts

Month/Year : Dec - 2020

| Customer | Parts No. | Qty | 24/11 | 25 | 26 | 27 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | Total |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DSC | 90080-[illegible]126 | Actual | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| [illegible] | PIN | Orn | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | Plan | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | Act | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 |
| | | Bal+ | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal? | -500 | -500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ITT | SHAFT 3 0 SEAL | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3665 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KIT 3 HP | Orn | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 20 |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | 35 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 35 |
| | | Bal+ | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | Bal? | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| HSS | [illegible] | [illegible] | | | | | | | [illegible] | | | | | | | | | | | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | COIL INK | Orn | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 |
| | | Plan | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 |
| | | Act | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 |
| | | Bal+ | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal? | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| DEI | [illegible] | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | [illegible] | | | | | | | |
| | PIPE COIL-F | Orn | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 750 | | | | | | | 750 |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 100 | | | | | | | 600 | | | | | | | 750 |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 100 | | | | | | | 600 | | | | | | | 750 |
| | | Bal+ | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal? | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| PMS | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | [illegible] | | | | | | | |
| | PIPE COIL-F | Orn | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | | 1,710 |
| | | Plan | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | | 1,710 |
| | | Act | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | | 1,710 |
| | | Bal+ | | -500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal? | 0 | -500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| SKYB | [illegible] | [illegible] | | | | | | | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KIT COIL INK | Orn | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,500 |
| | | Plan | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,500 |
| | | Act | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,500 |
| | | Bal+ | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal? | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | [illegible] | [illegible] | | [illegible] | | | | | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | [illegible] | [illegible] | | | | | | | | | | | | | |
| | KIT COIL INK | Orn | | 5,000 | | | | | 25,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,000 | 5,000 | | | | | | | | | | | | | 35,000 |
| | | Plan | | 5,000 | | | | | 5,000 | | | | | | 5,000 | | | | | 5,000 | | | | | | 5,000 | 5,000 | | | | | | | | | | | | | 35,000 |
| | | Act | | 5,000 | | | | | 5,000 | | | | | | 5,000 | | | | | 5,000 | | | | | 5,000 | | 5,000 | | | | | | | | | | | | | 35,000 |
| | | Bal+ | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal? | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

8.1.2 ข้อมูลใบสั่งผลิตและใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต

นอกจากข้อมูลคำสั่งซื้อของลูกค้าซึ่งบอกถึงวันกำหนดส่งมอบงาน ปริมาณสินค้าทั้งหมดที่ลูกค้าต้องการ และปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการในแต่ละงานแล้ว ข้อมูลที่จำเป็นอีกประเภทหนึ่งคือ ข้อมูลใบสั่งผลิตและใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

- หมายเลขใบสั่งผลิต
- หมายเลขชิ้นส่วนหรือสินค้า
- ชื่อชิ้นส่วนหรือสินค้า
- ปริมาณที่ลูกค้าต้องการในแต่ละงาน
- วันกำหนดส่งมอบ
- รายละเอียดการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน
- ชื่อเครื่องจักร อุปกรณ์ และเครื่องมือ
- เวลาเตรียมเครื่องในแต่ละขั้นตอนการทำงาน
- เวลาผลิตต่อชิ้นในแต่ละขั้นตอนการทำงาน
- เวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละขั้นตอนการทำงาน
- ผลรวมของเวลาที่ใช้ในการผลิตทุกขั้นตอนการทำงาน
- วันที่สั่งผลิต

หลังจากที่ทราบวันกำหนดส่งมอบงาน ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการในแต่ละงาน รายละเอียดการปฏิบัติงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน เครื่องจักรที่ใช้ เวลาเตรียมเครื่อง เวลาผลิตต่อชิ้น เวลาที่ใช้ในการผลิตในแต่ละขั้นตอนการทำงาน และผลรวมของเวลาที่ใช้ในการผลิตทุกขั้นตอนการทำงานแล้ว สามารถหาวันที่ต้องเริ่มสั่งผลิตได้ ดังแสดงตัวอย่างใบสั่งผลิตและใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิตดังตารางที่ 8.2

8.1.3 เวลาการทำงานของเครื่องจักร

เวลาการทำงานของเครื่องจักรโดยปกติของโรงงานมีกะการทำงาน 3 ประเภทโดยขึ้นกับภาระงานของแต่ละเครื่องจักร ได้แก่ กะการทำงาน 1 กะ กะการทำงาน 2 กะ และกะการทำงาน 3 กะ เครื่องจักรที่มักมีการใช้งานในการผลิตเสมอจะมีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมง โดยแบ่งออกเป็น 3 กะการทำงาน เช่น เครื่องเลื่อยชนิดสายพาน (band saw) S1 และ S2 และเครื่องเลื่อยวงเดือน (circular saw) S4 เป็นต้น เนื่องจากชิ้นงานที่ผลิตส่วนใหญ่ต้องผ่านเครื่องตัดก่อนเครื่องจักรที่มีการใช้งานบ่อยครั้งมีกะการทำงาน 2 กะ เช่น เครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดมี

ลักษณะเป็นชุด และเครื่องกลึง CNC ชนิดป้อมมีดที่หมุนได้ (CNC turret lathe) เป็นต้น สำหรับกะการทำงาน 1 กะเป็นกะการทำงานโดยปกติของเครื่องจักรโดยทั่วไป เช่น เครื่อง ต๊าปเกลียว เครื่องเจาะรู เครื่องกัด เครื่องปั้มขึ้นรูป และเครื่องกลึงควบคุมด้วยมือ (manual lathe) เป็นต้น

ช่วงเวลาของกะการทำงานทั้งสามกะ มีดังนี้

8.1.3.1 กะการทำงาน 1 กะ เริ่มงานตั้งแต่ 8.00 น. จนถึง 12.00 น. พักเที่ยงตั้งแต่ 12.00 น. จนถึง 13.00 น. เริ่มการทำงานช่วงบ่ายตั้งแต่ 13.00 น. จนถึง 17.00 น.

8.1.3.2 กะการทำงาน 2 กะ เริ่มงานตั้งแต่ 5.00 น. จนถึง 11.00 น. พักครึ่งชั่วโมงตั้งแต่ 11.00 น. จนถึง 11.30 น. ทำงานต่อตั้งแต่ 11.30 น. จนถึง 17.00 น. พักครึ่งชั่วโมงตั้งแต่ 17.00 น. จนถึง 17.30 น. และเริ่มงานต่อตั้งแต่ 17.30 น. จนถึง 22.00 น.

8.1.3.3 กะการทำงาน 3 กะ เริ่มงานตั้งแต่ 1.30 น. จนถึง 11.00 น. พักครึ่งชั่วโมงตั้งแต่ 11.00 น. จนถึง 11.30 น. ทำงานต่อตั้งแต่ 11.30 น. จนถึง 17.00 น. พักครึ่งชั่วโมงตั้งแต่ 17.00 น. จนถึง 17.30 น. เริ่มงานต่อตั้งแต่ 17.30 น. จนถึง 22.00 น. และช่วงการทำงานสุดท้ายเริ่มงานตั้งแต่ 22.00 น. จนถึง 1.00 น. ของวันถัดไป

ในการผลิตจริงนั้น เวลาการทำงานของเครื่องจักรบางเครื่องอาจมีการขยายออกไปในการทำงานล่วงเวลาเนื่องจากโรงงานประสบปัญหาการส่งมอบงานไม่ทันตามที่ลูกค้ากำหนด เพื่อเร่งรัดการทำงานโดยเฉพาะเมื่อใกล้ถึงเวลากำหนดส่งมอบ ซึ่งเป็นการแก้ปัญหาที่ปลายเหตุและไม่ทันท่วงที

ในการศึกษาเปรียบเทียบวิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานในบทนี้ ข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตโดยโปรแกรมการจัด ตารางการผลิตเป็นข้อมูลจากการผลิตจริง รวมทั้งข้อมูลเวลาการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่องก็เป็นข้อมูลจริงที่ได้จากรายงานการผลิตในเดือนธันวาคม 2543 ว่าในแต่ละวันมีการขยายการทำงานในช่วงการทำงานล่วงเวลาช่วงใดบ้าง และมีช่วงการทำงานใดที่ไม่มีการทำงานอันเนื่องจากสาเหตุต่างๆ เช่น เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตเสีย พนักงานขาดงาน และมีการประชุมพนักงาน เป็นต้น

สำหรับข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับสถานีงานและเครื่องจักรแต่ละเครื่องแสดงอยู่ในบทที่ 3

ตารางที่ 8.2 ตารางแสดงตัวอย่างใบสั่งผลิตและใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต

1.1.4

## ใบสั่งผลิต / ใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต

**หมายเลขใบสั่งผลิต** 011/0521

**หมายเลขชิ้นส่วน :** MB 175800 LWR ARM ASSY

**ปริมาณ :** 600 **วันกำหนดส่ง :** 26 ธ.ค. 2543 **วันที่ออกใบสั่ง :** 23 ธ.ค. 2543

| หมายเลขการปฏิบัติ | แผนก | รายละเอียดการปฏิบัติงาน | ชื่อเครื่องจักร-อุปกรณ์-เครื่องมือ | เวลาเตรียมเครื่อง | เวลาผลิตต่อชิ้น | เวลามาตรฐาน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PD1 | ตัด (1000) | S1 - S2 | 45 | 0.7833 | 514.98 |
| 2 | PD2 | ปอก + กลึงR (1000) | C1-C5 | 45 | 0.8166 | 534.96 |
| | | | | | | 1049.94 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

23.1.2

# ใบสั่งผลิต / ใบแสดงขั้นตอนของกระบวนการผลิต

หมายเลขใบสั่งผลิต SOM22

หมายเลขชิ้นส่วน : A0101-02506-LT EYE(S)

ปริมาณ : 1,000 วันกำหนดส่ง : 15 ธ.ค. 2543 วันที่ออกใบสั่ง : 7 ธ.ค. 2543

| หมายเลขการปฏิบัติ | แผนก | รายละเอียดการปฏิบัติงาน | ชื่อเครื่องจักร-อุปกรณ์-เครื่องมือ | เวลาเตรียมเครื่อง | เวลาผลิตต่อชิ้น | เวลามาตรฐาน |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | PD1 | ตัด (1000) | S1 | 45 | 0.8679 | 912.9 |
| 2 | PD3 | นำศูนย์ (1000) | L3 | 20 | 0.6714 | 691.4 |
| 3 | PD3 | เจาะ (1000) | L8 | 30 | 1.1750 | 1205 |
| 4 | PD2 | ปาด+ปอก+ควักรู+กลึงR(1000) | C1 - C5 | 45 | 0.9038 | 948.8 |
| | | | | | | |
| | | | | | | 3758.1 |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 8.2 กระบวนการในการจัดตารางการผลิต

หลังจากที่ได้ข้อมูลต่างๆ ที่ใช้การจัดตารางการผลิตแล้ว กระบวนการในการจัดตารางการผลิตมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

8.2.1 ขั้นตอนการรับข้อมูลการจัดตารางการผลิต ขั้นตอนนี้เป็นการรับข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตของงานที่วันสั่งผลิตอยู่ในช่วงรอบระยะเวลาการจัดตารางการผลิต เช่นเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอนการทำงาน ลำดับการทำงานก่อน - หลังของขั้นตอนการทำงาน เครื่องจักรที่ใช้ในขั้นตอนการทำงานแต่ละขั้นตอน ตารางเวลาการทำงานของเครื่องจักร และเวลาส่งมอบงาน เป็นต้น

8.2.2 ขั้นตอนการเลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต ขั้นตอนนี้เป็นการเลือกกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสมกับวัตถุประสงค์ของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาในการลดจำนวนงานล่าช้าและลดเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยได้แก่ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT

8.2.3 ขั้นตอนการจัดตารางการผลิต ขั้นตอนนี้เป็นการประมวลผลเพื่อจัดตารางการผลิตตามข้อมูลที่ได้รับมาโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่พัฒนาขึ้น

8.2.4 ขั้นตอนการแสดงผล ขั้นตอนนี้เป็นการแสดงผลของการจัดตารางการผลิต ค่าของตัววัดผลต่างๆ ในรูปของตารางและแผนภูมิแกนต์ซึ่งแสดงตารางการผลิตที่ได้

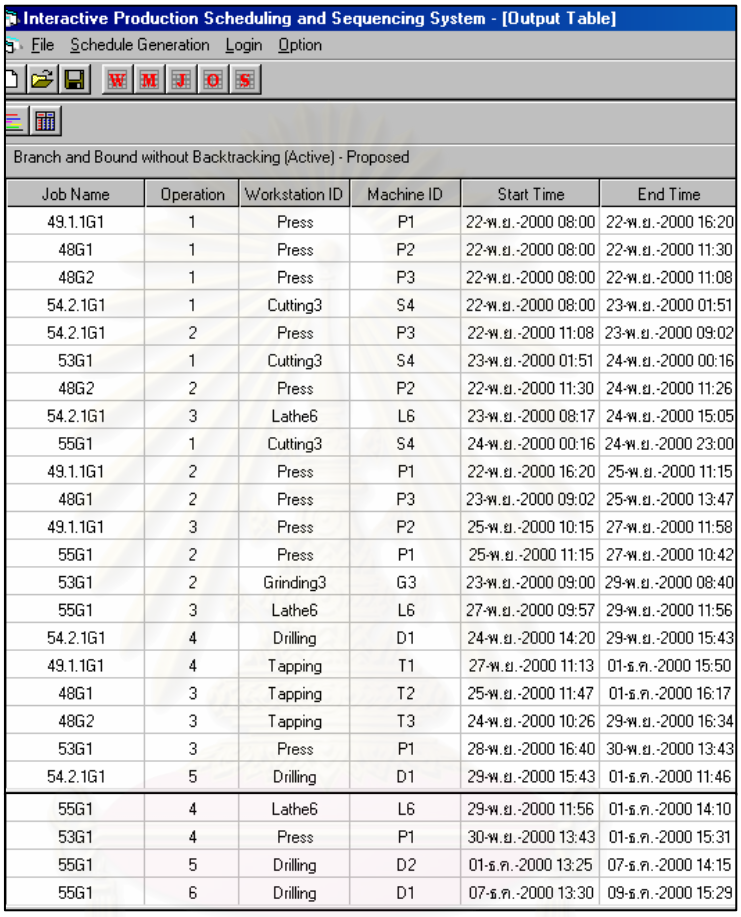
8.2.5 ขั้นตอนการตรวจสอบผลการคำนวณ ขั้นตอนนี้เป็นการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณในแต่ละขั้นตอนของการจัดตารางการผลิต ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางการผลิตให้มีฟอร์มสำหรับแสดงการคำนวณในแต่ละขั้นตอนของการจัดตารางการผลิตเพื่อให้ง่ายต่อการตรวจสอบ ดังที่ได้แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโครงสร้างโปรแกรมการจัดตารางการผลิตในบทที่ 5

8.2.6 ขั้นตอนการจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบ ขั้นตอนนี้เป็นการจัดตารางการผลิตโดยผู้จัดตารางการผลิตเพื่อปรับเปลี่ยนตารางการผลิตตามข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงไปตามความ ไม่แน่นอนในการผลิต

## 8.3 ตารางการผลิตที่ได้จากโปรแกรมการจัดตารางการผลิต

การจัดตารางการผลิตโดยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตใช้ข้อมูลการผลิตจริงของเดือนธันวาคม 2543 มีรอบการจัดตารางการผลิตทั้งหมด 10 รอบ เนื่องจากแต่ละรอบการจัด ตารางการผลิตมีช่วงระยะเวลา 3 วันได้ตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มี

การคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ ดังแสดงตัวอย่าง ตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตสองรอบแรกดังรูปที่ 8.1 และรูปที่ 8.2



Interactive Production Scheduling and Sequencing System - [Output Table]

File Schedule Generation Login Option

Branch and Bound without Backtracking (Active) - Proposed

| Job Name | Operation | Workstation ID | Machine ID | Start Time | End Time |
|---|---|---|---|---|---|
| 49.1.1G1 | 1 | Press | P1 | 22-พ.ย.-2000 08:00 | 22-พ.ย.-2000 16:20 |
| 48G1 | 1 | Press | P2 | 22-พ.ย.-2000 08:00 | 22-พ.ย.-2000 11:30 |
| 48G2 | 1 | Press | P3 | 22-พ.ย.-2000 08:00 | 22-พ.ย.-2000 11:08 |
| 54.2.1G1 | 1 | Cutting3 | S4 | 22-พ.ย.-2000 08:00 | 23-พ.ย.-2000 01:51 |
| 54.2.1G1 | 2 | Press | P3 | 22-พ.ย.-2000 11:08 | 23-พ.ย.-2000 09:02 |
| 53G1 | 1 | Cutting3 | S4 | 23-พ.ย.-2000 01:51 | 24-พ.ย.-2000 00:16 |
| 48G2 | 2 | Press | P2 | 22-พ.ย.-2000 11:30 | 24-พ.ย.-2000 11:26 |
| 54.2.1G1 | 3 | Lathe6 | L6 | 23-พ.ย.-2000 08:17 | 24-พ.ย.-2000 15:05 |
| 55G1 | 1 | Cutting3 | S4 | 24-พ.ย.-2000 00:16 | 24-พ.ย.-2000 23:00 |
| 49.1.1G1 | 2 | Press | P1 | 22-พ.ย.-2000 16:20 | 25-พ.ย.-2000 11:15 |
| 48G1 | 2 | Press | P3 | 23-พ.ย.-2000 09:02 | 25-พ.ย.-2000 13:47 |
| 49.1.1G1 | 3 | Press | P2 | 25-พ.ย.-2000 10:15 | 27-พ.ย.-2000 11:58 |
| 55G1 | 2 | Press | P1 | 25-พ.ย.-2000 11:15 | 27-พ.ย.-2000 10:42 |
| 53G1 | 2 | Grinding3 | G3 | 23-พ.ย.-2000 09:00 | 29-พ.ย.-2000 08:40 |
| 55G1 | 3 | Lathe6 | L6 | 27-พ.ย.-2000 09:57 | 29-พ.ย.-2000 11:56 |
| 54.2.1G1 | 4 | Drilling | D1 | 24-พ.ย.-2000 14:20 | 29-พ.ย.-2000 15:43 |
| 49.1.1G1 | 4 | Tapping | T1 | 27-พ.ย.-2000 11:13 | 01-ธ.ค.-2000 15:50 |
| 48G1 | 3 | Tapping | T2 | 25-พ.ย.-2000 11:47 | 01-ธ.ค.-2000 16:17 |
| 48G2 | 3 | Tapping | T3 | 24-พ.ย.-2000 10:26 | 29-พ.ย.-2000 16:34 |
| 53G1 | 3 | Press | P1 | 28-พ.ย.-2000 16:40 | 30-พ.ย.-2000 13:43 |
| 54.2.1G1 | 5 | Drilling | D1 | 29-พ.ย.-2000 15:43 | 01-ธ.ค.-2000 11:46 |
| 55G1 | 4 | Lathe6 | L6 | 29-พ.ย.-2000 11:56 | 01-ธ.ค.-2000 14:10 |
| 53G1 | 4 | Press | P1 | 30-พ.ย.-2000 13:43 | 01-ธ.ค.-2000 15:31 |
| 55G1 | 5 | Drilling | D2 | 01-ธ.ค.-2000 13:25 | 07-ธ.ค.-2000 14:15 |
| 55G1 | 6 | Drilling | D1 | 07-ธ.ค.-2000 13:30 | 09-ธ.ค.-2000 15:29 |

รูปที่ 8.1 รูปแสดงตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตรอบที่ 1

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Interactive Production Scheduling and Sequencing System - [Output Table]

File Schedule Generation Login Option

Branch and Bound without Backtracking (Active) - Proposed

| Job Name | Operation | Workstation ID | Machine ID | Start Time | End Time |
|---|---|---|---|---|---|
| 30.1.1G1 | 1 | Cutting1 | S2 | 25-พ.ย.-2000 08:00 | 25-พ.ย.-2000 10:34 |
| 30.1.1G2 | 1 | Cutting1 | S1 | 25-พ.ย.-2000 08:00 | 25-พ.ย.-2000 11:49 |
| 25.1.4G4 | 1 | Cutting1 | S2 | 25-พ.ย.-2000 10:34 | 25-พ.ย.-2000 14:50 |
| 30.1.1G5 | 1 | Cutting1 | S1 | 25-พ.ย.-2000 11:49 | 25-พ.ย.-2000 13:53 |
| 54.1.1G1 | 1 | Cutting3 | S4 | 25-พ.ย.-2000 08:00 | 25-พ.ย.-2000 15:38 |
| 30.1.1G3 | 1 | Cutting1 | S1 | 25-พ.ย.-2000 13:53 | 25-พ.ย.-2000 16:27 |
| 25.1.4G1 | 1 | Cutting1 | S2 | 25-พ.ย.-2000 14:50 | 25-พ.ย.-2000 22:53 |
| 25.1.4G4 | 2 | CNC1 | C1 | 25-พ.ย.-2000 14:05 | 25-พ.ย.-2000 21:39 |
| 30.1.1G3 | 2 | CNC1 | C2 | 25-พ.ย.-2000 15:42 | 27-พ.ย.-2000 07:42 |
| 30.1.1G5 | 2 | CNC1 | C3 | 25-พ.ย.-2000 13:08 | 25-พ.ย.-2000 20:35 |
| 30.1.1G2 | 2 | CNC1 | C4 | 25-พ.ย.-2000 10:34 | 25-พ.ย.-2000 20:04 |
| 30.1.1G1 | 2 | CNC1 | C5 | 25-พ.ย.-2000 09:49 | 25-พ.ย.-2000 19:19 |
| 30.1.1G4 | 1 | Cutting1 | S1 | 25-พ.ย.-2000 16:27 | 25-พ.ย.-2000 19:31 |
| 25.1.4G2 | 1 | Cutting1 | S1 | 25-พ.ย.-2000 19:31 | 26-พ.ย.-2000 04:20 |
| 25.1.4G3 | 1 | Cutting1 | S2 | 25-พ.ย.-2000 22:53 | 26-พ.ย.-2000 06:57 |
| 29.1.1G1 | 1 | Cutting1 | S1 | 26-พ.ย.-2000 04:20 | 26-พ.ย.-2000 09:08 |
| 29.1.1G2 | 1 | Cutting1 | S2 | 26-พ.ย.-2000 06:57 | 26-พ.ย.-2000 12:15 |
| 29.1.1G3 | 1 | Cutting1 | S1 | 26-พ.ย.-2000 09:08 | 26-พ.ย.-2000 13:41 |
| 29.1.1G4 | 1 | Cutting1 | S2 | 26-พ.ย.-2000 12:15 | 26-พ.ย.-2000 16:18 |
| 23.1.1G1 | 1 | Cutting1 | S1 | 26-พ.ย.-2000 13:41 | 27-พ.ย.-2000 05:55 |
| 30.1.1G4 | 2 | CNC1 | C5 | 25-พ.ย.-2000 19:31 | 27-พ.ย.-2000 10:16 |
| 49.2.1G1 | 1 | Press | P2 | 25-พ.ย.-2000 08:00 | 27-พ.ย.-2000 13:05 |
| 30.1.1G1 | 3 | Press | P1 | 27-พ.ย.-2000 11:27 | 27-พ.ย.-2000 14:57 |
| 30.1.1G4 | 3 | Press | P3 | 27-พ.ย.-2000 10:42 | 27-พ.ย.-2000 14:12 |
| 25.1.4G1 | 2 | CNC1 | C3 | 25-พ.ย.-2000 21:15 | 27-พ.ย.-2000 18:38 |
| 25.1.4G2 | 2 | CNC1 | C1 | 27-พ.ย.-2000 05:00 | 27-พ.ย.-2000 18:38 |
| 25.1.4G3 | 2 | CNC1 | C4 | 27-พ.ย.-2000 05:00 | 27-พ.ย.-2000 19:23 |
| 30.1.1G2 | 3 | Press | P3 | 27-พ.ย.-2000 14:12 | 27-พ.ย.-2000 15:57 |
| 49.2.1G1 | 2 | Press | P2 | 27-พ.ย.-2000 13:05 | 28-พ.ย.-2000 08:22 |
| 30.1.1G3 | 3 | Press | P1 | 27-พ.ย.-2000 14:57 | 27-พ.ย.-2000 16:42 |
| 29.1.1G1 | 2 | CNC1 | C2 | 27-พ.ย.-2000 07:42 | 27-พ.ย.-2000 18:33 |
| 29.1.1G2 | 2 | CNC1 | C5 | 27-พ.ย.-2000 10:16 | 28-พ.ย.-2000 05:37 |
| 29.1.1G2 | 3 | Press | P3 | 27-พ.ย.-2000 15:57 | 28-พ.ย.-2000 08:48 |
| 30.1.1G5 | 3 | Press | P1 | 27-พ.ย.-2000 16:42 | 28-พ.ย.-2000 09:06 |
| 29.1.1G1 | 3 | Press | P2 | 28-พ.ย.-2000 08:22 | 28-พ.ย.-2000 10:13 |
| 29.1.1G3 | 2 | CNC1 | C2 | 27-พ.ย.-2000 18:33 | 28-พ.ย.-2000 10:39 |
| 29.1.1G3 | 3 | Press | P3 | 28-พ.ย.-2000 10:39 | 28-พ.ย.-2000 13:30 |
| 49.2.1G1 | 3 | Press | P1 | 28-พ.ย.-2000 09:06 | 28-พ.ย.-2000 11:58 |
| 29.1.1G4 | 2 | CNC1 | C1 | 27-พ.ย.-2000 18:38 | 28-พ.ย.-2000 11:59 |
| 23.1.1G1 | 2 | Lathe3 | L3 | 27-พ.ย.-2000 08:45 | 28-พ.ย.-2000 13:16 |
| 29.1.1G4 | 3 | Press | P2 | 28-พ.ย.-2000 11:59 | 28-พ.ย.-2000 14:50 |
| 54.1.1G1 | 2 | Press | P1 | 28-พ.ย.-2000 11:58 | 28-พ.ย.-2000 15:55 |
| 49.2.1G1 | 4 | Tapping | T3 | 30-พ.ย.-2000 08:34 | 01-ธ.ค.-2000 08:49 |
| 54.1.1G1 | 3 | Lathe6 | L6 | 01-ธ.ค.-2000 15:10 | 02-ธ.ค.-2000 13:08 |
| 54.1.1G1 | 4 | Drilling | D2 | 02-ธ.ค.-2000 11:23 | 03-ธ.ค.-2000 15:11 |
| 54.1.1G1 | 5 | Drilling | D2 | 03-ธ.ค.-2000 15:11 | 04-ธ.ค.-2000 11:24 |
| 23.1.1G1 | 3 | Lathe8 | L8 | 27-พ.ย.-2000 09:27 | 06-ธ.ค.-2000 08:45 |
| 23.1.1G1 | 4 | CNC1 | C3 | 06-ธ.ค.-2000 08:00 | 07-ธ.ค.-2000 07:49 |

รูปที่ 8.2 รูปแสดงตารางการผลิตที่ได้จากการจัดตารางการผลิตรอบที่ 2

## 8.4 ผลการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม

การจัดตารางการผลิตแบบเดิมเป็นการจัดตารางการผลิตที่ยังไม่มีระบบและไม่มีขั้นตอนการจัดตารางการผลิตที่แน่นอน การจัดตารางการผลิตโดยส่วนใหญ่เป็นลักษณะที่เลือกทำงานที่เข้ามาก่อนหรือเลือกทำงานที่จะถึงเวลากำหนดส่งมอบงานก่อน ทั้งนี้ขึ้นกับพนักงานที่ทำหน้าที่วางแผนการผลิตหรือบางครั้งก็ขึ้นกับพนักงานผู้ปฏิบัติงานในแต่ละเครื่องจักร การจัดตารางการผลิตในลักษณะดังกล่าวยังไม่มีประสิทธิภาพเท่าที่ควร ดังจะเห็นได้จากปัญหาการส่งมอบงานล่าช้าที่กล่าวในบทที่ 3 ซึ่งพบว่า มีจำนวนงานล่าช้าในเดือนกันยายน 2543 จำนวน 44 งานจากงานทั้งหมดจำนวน 65 งาน คิดเป็น 67.69% และในเดือนตุลาคม 2543 มีจำนวนงานล่าช้า 50 งานจากงานทั้งหมด 88 งาน คิดเป็น 56.81%

สำหรับในเดือนธันวาคม 2543 ซึ่งเป็นเดือนที่ทำการเปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษากับผลการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอพบว่า มีจำนวนงานล่าช้า 27 งานจากจำนวนงานทั้งหมดในเดือนธันวาคม 2543 จำนวน 116 งาน คิดเป็น 23.28% ดังรายละเอียดที่แสดงในตารางที่ 8.3 และภาคผนวก ข

## 8.5 ผลการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอ

การจัดตารางการผลิตซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ ซึ่งใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ได้มีการนำเสนอขั้นตอนการคำนวณในบทที่ 4 มีการวิเคราะห์เปรียบเทียบกับกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ ในบทที่ 6 และมีการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอในบทที่ 7 สรุปได้ว่า วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอซึ่งใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตมีความเหมาะสมกับการนำไปใช้ในอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงมีการศึกษาเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีดังกล่าวกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาโดยใช้ข้อมูลในการผลิตจริงตามขั้นตอนกระบวนการจัดตารางการผลิตที่กล่าวมาแล้ว จากการศึกษาเปรียบเทียบได้ผลการจัดตารางการผลิตด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอ ดังแสดงในตารางที่ 8.4 และภาคผนวก ค

ตารางที่ 8.3 ตารางแสดงสรุปความล่าช้าของการส่งมอบสินค้า ( ประจำเดือนธันวาคม 2543 )

| รหัสชิ้นงาน | ชื่อชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานที่ล่าช้า (NT) | เวลาล่าช้าของงาน (วัน) | ผลรวมความล่าช้าของงานแต่ละชิ้น (Total Tadiness / N) | เวลาล่าช้าของงาน (นาที) | ผลรวมความล่าช้าของงานแต่ละชิ้น (Total Tadiness / N) | % ($N_T$ / N) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| MB175800 | LWR ARM ASSY | 4 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 51404-004400 | SHAFT-B | 5 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 5HH-F5322-00 | INSERT SHAFT | 1 | 1 | 9.000 | 9.000 | 12960.000 | 12960.000 | 100% |
| 44802-KGHA-9010-H1 | SLEEVE GEAR BOX | 14 | 6 | 9.000 | 0.643 | 12960.000 | 925.714 | 43% |
| 92151-1789A | BOLT | 1 | 1 | 2.000 | 2.000 | 2880.000 | 2880.000 | 100% |
| 92151-1727A | BOLT | 1 | 1 | 5.000 | 5.000 | 7200.000 | 7200.000 | 100% |
| COLLAR | HEX19 | 5 | 5 | 40.000 | 8.000 | 57600.000 | 11520.000 | 100% |
| 43110-KFER-7000 | COLLAR | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 14160-28F00T | PIPE COMP | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 14160-28F00T | PIPE COMP | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 12001-02130-L | EYE (S) | 2 | 1 | 1.000 | 0.500 | 1440.000 | 720.000 | 50% |
| 12001-02149-L | EYE (S) | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10201-02513-L | EYE (S) | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10201-02514-L | EYE (S) | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| A0101-02506-LT | EYE (S) | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10001-02524-L | EYE (S) | 2 | 1 | 1.000 | 0.500 | 1440.000 | 720.000 | 50% |
| 10101-02525-L | EYE (S) | 4 | 1 | 1.000 | 0.250 | 1440.000 | 360.000 | 25% |
| 10101-02526-L | EYE (S) | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |

| รหัสชิ้นงาน | ชื่อชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานที่ล่าช้า (NT) | เวลาล่าช้าของงาน (วัน) | ผลรวมความล่าช้าของงานเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย (Total Tadiness / N) | เวลาล่าช้าของงาน (นาที) | ผลรวมความล่าช้าของงานเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย (Total Tadiness / N) | % ($N_T$ / N) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 12001-02120-L | EYE (S) | 4 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10001-02501-LF | EYE (S) | 4 | 4 | 25.000 | 6.250 | 36000.000 | 9000.000 | 100% |
| 13001-00864-L | PISTON | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 13001-02302-L | STEERING S.FLANGE | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 12251-00306-L | VALVE STOPPER | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 09150-05101 | NUT | 13 | 1 | 3.000 | 0.231 | 4320.000 | 332.308 | 8% |
| 54740-26101 | SPCR COMP | 10 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 09180-10148 | SPCR FR HUB | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 11682-28F00 | BUSH, ENG MTG | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| CL413900 | HEATER TERMINAL | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| CL414001 | SWITCH BASESUPPORT | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| HL103400 | KNOB WASHER | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| HL103500 | KNOB WASHER | 4 | 1 | 1.000 | 0.250 | 1440.000 | 360.000 | 25% |
| EL800300 | HEAT SENSING | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| HL702000 | KNOB SCRBW | 1 | 1 | 10.000 | 10.000 | 14400.000 | 14400.000 | 100% |
| HL105410 | TERMINAL PLATING 3SA | 2 | 1 | 18.000 | 9.000 | 25920.000 | 12960.000 | 50% |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

| รหัสชิ้นงาน | ชื่อชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานที่ล่าช้า (NT) | เวลาล่าช้าของงาน (วัน) | ผลค่าล่าของงานเฉลี่ย (Total Tadiness / N) | เวลาล่าช้าของงาน (นาที) | ผลค่าล่าของงานเฉลี่ย (Total Tadiness / N) | % ($N_T$ / N) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| HL105110 | TERMINAL PLATING 5SA | 2 | 1 | 1.000 | 0.500 | 1440.000 | 720.000 | 50% |
| 897254-299014 | MASS UNDER NO.4 | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| TG949540-0440 | PIPE | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 09474501 | SLEEVE BATTERYCHAMP | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| ผลรวมทั้งหมด | | 136 | 27 | 133 | | 191,520 | | |
| ค่าโดยเฉลี่ย | | | | | 0.978 | | 1408.235 | 19.85% |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8.4 ตารางแสดงสรุปความล่าช้าของการส่งมอบสินค้าจากโปรแกรมการจัดตารางการผลิต เดือนธันวาคม 2543

| รหัสชิ้นงาน | ชื่อชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานที่ล่าช้า (NT) | เวลาล่าช้าของงาน (นาที) | เฉลี่ยความล่าช้าของงานต่อชิ้น (Total Tadiness / N) | % ($N_T$ / N) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| MB175800 | LWR ARM ASSY | 4 | 2 | 20438.000 | 5109.500 | 50% |
| 51404-0044-00 | SHAFT-B | 5 | 2 | 6793.000 | 1358.600 | 40% |
| SHH-F5322-00 | INSERT SHAFT | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 44802-KGHA-9010-H1 | SLEEVE GEAR BOX | 14 | 3 | 9415.000 | 672.500 | 21% |
| 92151-1789A | BOLT | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 92151-1727A | BOLT | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| COLLAR | HEX19 | 5 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 43110-KFER-7000 | COLLAR | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 14160-28F00T | PIPE COMP | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 14160-28F00T | PIPE COMP | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 12001-02130-L | EYE (S) | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 12001-02149-L | EYE (S) | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10201-02513-L | EYE (S) | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10201-02514-L | EYE (S) | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| A0101-02506-LT | EYE (S) | 2 | 1 | 8089.000 | 4044.500 | 50% |
| 10001-02524-L | EYE (S) | 2 | 1 | 49.000 | 24.500 | 50% |
| 10101-02525-L | EYE (S) | 4 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10101-02526-L | EYE (S) | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |

| รหัสชิ้นงาน | ชื่อชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานที่ล่าช้า (NT) | เวลาล่าช้าของงาน (นาที) | เฉลี่ยล่าช้าของงานต่อชิ้น (Total Tadiness / N) | % ($N_T$ / N) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 12001-02120-L | EYE (S) | 4 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 10001-02501-LF | EYE (S) | 4 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 13001-00864-L | PISTON | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 13001-02302-L | STEERING S.FLANGE | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 12251-00306-L | VALVE STOPPER | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 09150-05101 | NUT | 13 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 54740-26101 | SPCR COMP | 10 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 09180-10148 | SPCR FR HUB | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| 11682-28F00 | BUSH, ENG MTG | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| CL413900 | HEATER TERMINAL | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| CL414001 | SWITCH BASESUPPORT | 2 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| HL103400 | KNOB WASHER | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| HL103500 | KNOB WASHER | 4 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| EL800300 | HEAT SENSING | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| HL702000 | KNOB SCREW | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| HL105410 | TERMINAL PLATING 3SA | 2 | 1 | 3984.000 | 1992.000 | 50% |

| รหัสชิ้นงาน | ชื่อชิ้นงาน | จำนวนงานทั้งหมด (N) | จำนวนงานที่ล่าช้า (NT) | เวลาล่าช้าของงาน (นาที) | ดัชนีความล่าช้าของงานเปรียบเทียบ (Total Tadiness / N) | % ($N_T$ / N) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| HL105110 | TERMINAL PLATING 5SA | 2 | 1 | 11429.000 | 5109.500 | 50% |
| 897254-299014 | MASS UNDER NO.4 | 2 | 0 | 0.000 | 1358.600 | 0% |
| TG949540-0440 | PIPE | 1 | 0 | 0.000 | 672.500 | 0% |
| 09474501 | SLEEVE BATTERYCHAMP | 1 | 0 | 0.000 | 0.000 | 0% |
| ผลรวมทั้งหมด | | 136 | 12 | 70,277 | | |
| ค่าโดยเฉลี่ย | | | | | 516.743 | 8.82% |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 8.6 สรุปและวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบ

จากตารางที่ 8.3 ซึ่งเป็นตารางแสดงการสรุปความล่าช้าของการส่งมอบสินค้าของเดือนธันวาคม 2543 โดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานพบว่า จากจำนวนงานทั้งหมด 116 งาน มีจำนวนงานที่ล่าช้า 27 งาน คิดเป็น 23.28% และมีผลรวมเวลาล่าช้าของงานทั้งหมด 133 วัน หรือ 191,520 นาที คิดเป็นเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย 1.147 วัน หรือ 1,651.034 นาที

จากตารางที่ 8.4 ซึ่งเป็นตารางแสดงการสรุปความล่าช้าของการส่งมอบสินค้าของเดือนธันวาคม 2543 ซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอด้วยโปรแกรมการจัดตารางการผลิตพบว่า จากจำนวนงานทั้งหมด 116 งาน มีจำนวนงานที่ล่าช้า 12 งาน คิดเป็น 10.34%และมีผลรวมเวลาล่าช้าของงานทั้งหมด 70,277 นาที คิดเป็นเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย 605.836 นาที

การจัดตารางการผลิตซึ่งใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ ทำให้ได้ตารางการผลิตที่มีจำนวนงานล่าช้า 12 งานลดลงจากการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานซึ่งมีจำนวนงานล่าช้า 27 งาน คิดเป็นจำนวนงานล่าช้าที่ลดลง 15 งาน หรือ 55.56% และมีเวลา ล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยจากการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอ 605.836 นาที ในขณะที่มีเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยจากการวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม 1,651.034 นาที คิดเป็นเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยที่ลดลง 1,045.198 นาที คิดเป็น 63.31%

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบผลการจัดตารางการผลิตในตารางที่ 8.3 และตารางที่ 8.4 พบว่า มีงานบางงานที่เมื่อจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตที่เสนอแล้วจำนวนงานล่าช้ามากกว่าวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม เช่น งาน LWR ARM ASSY รหัสชิ้นงาน MB175800 มีจำนวนงานล่าช้าเพิ่มขึ้น 2 งานและงาน SHAFT-B รหัสชิ้นงาน 514044-0044-00 มีจำนวนงานล่าช้าเพิ่มขึ้น 2 งาน เป็นต้น เนื่องจากวิธีการจัดตารางการผลิตทั้งสองวิธีมีการจัดลำดับงานที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอจะทำให้งานบางงานมีจำนวนงานล่าช้าและมีเวลาล่าช้าของงานเพิ่มขึ้น แต่การสลับลำดับงานดังกล่าวทำให้ผลรวมของจำนวนงานล่าช้าทั้งหมดและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิมอย่างเห็นได้ชัด

สรุปได้ว่า การจัดตารางการผลิตซึ่งใช้วิธีจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานพบว่า ทำให้ ประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตดีขึ้นตามวัตถุประสงค์การลดปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า ดังจะเห็นได้จากจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิม 55.56% และ 63.31% ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# บทที่ 9
# สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีจุดประสงค์เพื่อเสนอการจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตวิธีใหม่ที่เสนอคือ วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ และการออกแบบและพัฒนาโปรแกรมการจัดตารางการผลิต โดยงานวิจัยฉบับนี้สามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

## 9.1 สรุปผลการวิจัย

9.1.1 การจัดลำดับการผลิตและการจัดตารางการผลิตเป็นขั้นตอนหนึ่งในการวางแผนการผลิตที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตได้ แต่พบว่าการนำทฤษฎีและวิธีการในการจัดตารางการผลิตไปใช้ในอุตสาหกรรมไม่พบบ่อยนักเนื่องจากขั้นตอนการคำนวณในการจัดตารางการผลิตค่อนข้างยุ่งยาก มีการวนลูปหรือการคำนวณซ้ำหลายขั้นตอน จึงทำให้เสียเวลาในการคำนวณนาน อย่างไรก็ดีในปัจจุบันมีการพัฒนาคอมพิวเตอร์อย่างต่อเนื่องจนทำให้คอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูงและประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการจัดตารางการผลิตโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตจึงสามารถตอบสนองต่อการเปลี่ยนแปลงข้อมูลและความไม่แน่นอนในการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

9.1.2 โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่ผู้วิจัยออกแบบและพัฒนาขึ้นเป็นโปรแกรมที่ใช้ในระบบปฏิบัติการวินโดว์ซึ่งมีคุณสมบัติสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้ เช่น สามารถจัดตารางการผลิตที่สอดคล้องกับเวลาการทำงานจริง สามารถกำหนดเวลาในการตั้งเครื่องจักรในลักษณะที่เวลาในการตั้งเครื่องขึ้นกับลำดับของงานบนเครื่องจักรนั้น (sequence-dependent setup times) สามารถแบ่งกลุ่มเครื่องจักรตามลักษณะการใช้งานที่ใช้แทนกันได้เรียกว่า สถานีงาน และสามารถกำหนดค่าเวลาการทำงานของขั้นตอนการทำงานบนเครื่องจักรแต่ละเครื่องในสถานีงานเดียวกันให้มีค่าแตกต่างกันได้ เป็นต้น องค์ประกอบของโปรแกรมการจัด ตารางการผลิตแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ ส่วนของข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดตารางการผลิต ส่วนของการจัดตารางการผลิตซึ่งมีกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต 18 วิธี ส่วนของการกำหนดผู้ใช้งาน และส่วนเพิ่มเติมของโปรแกรมซึ่งมีฟอร์มการกำหนด ปรับเปลี่ยนแก้ไข และเพิ่ม/ลดตารางการทำงานของเครื่องจักร ฟอร์มแสดงผลของเวลาการทำงานจริง ฟอร์มแสดงผลการจัดตารางการผลิต ฟอร์มแสดงค่าตัววัดผล และฟอร์มแสดงการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณ

9.1.3 จากการทดลองจัดตารางการผลิตโดยมีงาน 10 งาน ขั้นตอนการทำงาน 5 ขั้นตอนและเครื่องจักร 10 เครื่อง จำนวน 10 ชุดการทดลองด้วยกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ ทั้งหมด 18 วิธี เมื่อพิจารณาจากตัววัดผลทั้ง 4 ตัว อันได้แก่ จำนวนงานล่าช้า เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย และเวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan) ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 9.1

ตารางที่ 9.1 ตารางแสดงกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีในสามอันดับแรกของตัววัดผลต่างๆ

| ตัววัดผล | กฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่ดีในสามอันดับแรก |
|---|---|
| จำนวนงานล่าช้า | 1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ<br>2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT<br>3. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT |
| เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย | 1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับ ด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ<br>2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT<br>3. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT |
| เวลาสายของงานโดยเฉลี่ย | 1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธี บรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับ ด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ<br>2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT<br>3. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ LWKR |
| เวลาที่งานที่เสร็จช้าที่สุดในการจัดตารางการผลิตแต่ละรอบแล้วเสร็จ (makespan) | 1. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MOPNR<br>2. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MWKR<br>3. วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม |

ปัจจัยวิธีการจัดตารางการผลิต กฎที่ใช้ในการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อประสิทธิภาพของตารางการผลิตเมื่อพิจารณาจากตัววัดผลทั้ง 4 ตัว

9.1.4 จากการศึกษาปัจจัยกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตโดยมีงาน 10 งาน ขั้นตอนการทำงาน 5 ขั้นตอน และเครื่องจักร 10 เครื่อง จำนวน 10 ชุดการทดลองด้วยกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบต่างๆ ทั้งหมด 18 วิธี พบว่า กฎการจัดตารางการผลิต และปัจจัยร่วมกันระหว่างกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตเป็นปัจจัยที่มีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

9.1.5 ในการศึกษาปัจจัยจำนวนงานและจำนวนขั้นตอนการทำงานที่มีผลกระทบต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต โดยใช้ข้อมูลจากการผลิตจริงในเดือนธันวาคม 2543 ซึ่งกำหนดระดับปัจจัยจำนวนงาน 3 ระดับ คือจำนวนงาน 14 งาน 16 งาน และ 18 งาน กำหนดระดับปัจจัยจำนวนขั้นตอนการทำงาน 3 ระดับคือ จำนวนขั้นตอนการทำงาน 32 ขั้นตอนการทำงาน 40 ขั้นตอนการทำงาน และ 48 ขั้นตอนการทำงานพบว่า กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต จำนวนขั้นตอนการทำงาน และปัจจัยร่วมกันระหว่างขั้นตอนการทำงานกับกฎและวิธีการจัดตารางการผลิตมีผลต่อเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95 %

จากการวิเคราะห์ความไวของเวลาที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตโดยใช้ข้อมูลจากการผลิตจริงในเดือนธันวาคม 2543 โดยปรับช่วงข้อมูลจำนวนขั้นตอนการทำงานที่เป็นไปได้ซึ่งมีช่วงข้อมูลตั้งแต่ 20 ขั้นตอนการทำงานไปจนถึง 60 ขั้นตอนการทำงานและเพิ่มจำนวนขั้นตอนการทำงานจากค่าน้อยที่สุดไปค่ามากที่สุดครั้งละ 10% หรือ 4 ขั้นตอนการทำงาน ได้ผลดังที่แสดงในตารางที่ 9.2 และ 9.3

ตารางที่ 9.2 ตารางแสดงผลสรุปของการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอเมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน

| จำนวนขั้นตอน | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา | 0.189 | 0.262 | 0.495 | 0.655 | 0.665 | 1.000 | 1.276 | 1.422 | 1.458 | 1.458 | 1.622 |

ตารางที่ 9.3 ตารางแสดงผลสรุปของการวิเคราะห์ความไวซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ด้วยกฎ SPT เมื่อเทียบกับค่าเฉลี่ยที่ 40 ขั้นตอนการทำงาน

| จำนวนขั้นตอน | 0.5 | 0.6 | 0.7 | 0.8 | 0.9 | 1 | 1.1 | 1.2 | 1.3 | 1.4 | 1.5 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| เวลา | 0.333 | 0.500 | 0.667 | 0.667 | 0.833 | 1.000 | 1.333 | 1.333 | 1.500 | 1.500 | 1.667 |

สรุปได้ว่า เมื่อใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์-บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอและวิธีการจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT เวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตจะมีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของจำนวนขั้นตอนการทำงาน และวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอสามารถนำไปใช้ในโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้ เนื่องจากเวลาในการจัดตารางการผลิตของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตในกรณีที่มีจำนวนขั้นตอนการทำงานมากที่สุด 60 ขั้นตอน ใช้เวลา 446 วินาที หรือเท่ากับ 7 นาที 26 วินาที ซึ่งเป็นเวลาที่ยอมรับได้

9.1.7 ในการศึกษาเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาโดยใช้ข้อมูลจากการผลิตจริงในเดือนธันวาคม 2543 สามารถแสดงผลการเปรียบเทียบดังตารางที่ 9.4

ตารางที่ 9.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานที่เป็นกรณีศึกษา

| ตัววัดผล | วิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิม | วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิต | ผลต่าง | ผลต่างคิดเป็นร้อยละ |
|---|---|---|---|---|
| จำนวนงานล่าช้า | 27 งาน | 12 งาน | 15 งาน | 55.56 |
| เวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ย | 1,651.034 นาที | 605.836 นาที | 1,045.198 นาที | 63.31 |

สรุปได้ว่า การจัดตารางการผลิตซึ่งใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอคือการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานพบว่า ทำให้ประสิทธิภาพในการจัดตารางการผลิตดีขึ้นตามวัตถุประสงค์ในการลดปัญหาการส่งมอบงานล่าช้า ดังจะเห็นได้จากจำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานโดยเฉลี่ยลดลงจากเดิม 55.56% และ 63.31% ตามลำดับ

## 9.2 ข้อเสนอแนะ

9.2.1 การนำวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอโดยใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตไปใช้งานในการผลิตจริงยังคงมีปัญหาและอุปสรรค ได้แก่

9.2.1.1 ปัญหาการทำความเข้าใจหลักการและขั้นตอนการคำนวณในการจัดตารางการผลิตโดยใช้วิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอซึ่งต้องอาศัยการฝึกอบรมและใช้เวลาในการทำความเข้าใจ เนื่องจากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบใหม่ที่เสนอมีขั้นตอนการคำนวณหลายขั้นตอน

9.2.1.2 ปัญหาการทำความเข้าใจวิธีการใช้งานโปรแกรมการจัดตารางการผลิต เนื่องจากโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาเป็นโรงงานในกลุ่มวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม (SME) บุคลากรที่เชี่ยวชาญในการใช้คอมพิวเตอร์มีจำนวนน้อย การฝึกอบรมบุคลากรที่ไม่มีพื้นฐานทางคอมพิวเตอร์หรือมีพื้นฐานทางคอมพิวเตอร์น้อยให้มีความชำนาญในการใช้โปรแกรมการจัดตารางการผลิตและโปรแกรมอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น โปรแกรมไมโครซอฟต์แอคเซส (Microsoft Access) ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับโปรแกรมการจัดตารางการผลิตในส่วนของฐานข้อมูล (database) เป็นต้น ในระยะเวลาอันสั้นจึงเป็นเรื่องยาก

9.2.1.3 ปัญหาทรัพยากรที่โปรแกรมการจัดตารางการผลิตต้องการโดยเฉพาะเครื่องคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูงเนื่องจากโปรแกรมการจัดตารางการผลิตมีขั้นตอนการคำนวณมากและขั้นตอนการคำนวณหลายขั้นตอนมีการวนลูปหรือการคำนวณซ้ำ และควรมีขนาดความจุข้อมูลขนาดใหญ่เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตโดยเฉพาะข้อมูลในการผลิตจริงมีข้อมูลต่างๆ เช่น เวลาการทำงานของเครื่องจักรแต่ละเครื่องในช่วงหนึ่งปี ขั้นตอนการทำงานรวมทั้งเวลาที่ใช้ในการตั้งเครื่องและเวลาการทำงานในแต่ละขั้นตอน เป็นต้น จำนวนมาก นอกจากนี้ควรมีหน่วยความจำขนาดใหญ่และมีความเร็วในการประมวลผลโดยสังเกตได้จากความเร็วของ CPU ซึ่งควรใช้ CPU รุ่นไม่ต่ำกว่า Pentium II ความเร็วไม่ต่ำกว่า 450 MHz อย่างไรก็ตามโรงงานที่เป็นกรณีศึกษามีจำนวนเครื่องคอมพิวเตอร์น้อยคือ มีเพียง 3 เครื่องและมีประสิทธิภาพไม่ดีนัก

9.2.2 ในอนาคตเมื่อมีการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของคอมพิวเตอร์มากยิ่งขึ้น จะทำให้สามารถเพิ่มขีดความสามารถของโปรแกรมการจัดตารางการผลิตและลดข้อจำกัดต่างๆ ของโปรแกรมการจัดตารางการผลิต เช่น สามารถจัดตารางการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมหรือ โรงงานขนาดใหญ่ที่มีจำนวนงาน จำนวนขั้นตอนการทำงาน จำนวนสถานีงาน และจำนวนเครื่องจักรมากกว่าโรงงานที่เป็นกรณีศึกษาได้ เป็นต้น

9.2.3 โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่พัฒนาขึ้นในอนาคตควรมีส่วนที่แนะนำและช่วยเหลือผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้สามารถเข้าใจและใช้งานโปรแกรมการจัดตารางการผลิตได้โดยง่าย

9.2.4 โปรแกรมการจัดตารางการผลิตที่พัฒนาขึ้นในอนาคตควรออกแบบให้สามารถกรอกข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว เนื่องจากข้อมูลที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตในการผลิตจริงมีข้อมูลจำนวนมาก และในอนาคตเมื่อมีการพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ จะทำให้การสร้างฐานข้อมูลและการเรียกใช้ฐานข้อมูลมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# รายการอ้างอิง


ภาษาไทย

ปิยมาภรณ์ ชมสุวรรณ. การจัดตาราง/การเปลี่ยนตารางการผลิตสำหรับระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นในกรณีของเครื่องจักรเสีย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2540.

สมโภชน์ แซ่น้ำ. การจัดตารางการผลิตแบบโต้ตอบภายใต้เงื่อนไขการผลิตที่มีความไม่แน่นอน. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.

ภาษาอังกฤษ

Anchalee Krich-anant. Scheduling Policy for a Mixed Job Shop and Flow Shop Type Manufacturing System : A Case Study. Master thesis Industrial Engineering School of Advanced Technologies AIT., 1996.

Arinze, K., Kim, S., and Banerjee, A. A Multicriteria Model for Supporting Setup Reduction Investment Decisions. Production Planning and Control Vol.6 No.5 (1995) : 159-172.

Asawin Wongwiwat. Production Scheduling and Sequencing in a Semiconductor Industry : A Case Study. Master thesis Industrial Engineering School of Advanced Technologies AIT., 1998.

Baker, K. R. Introduction to Sequencing and Scheduling. New York : John Wiley & Sons, 1974.

Cenna, A. A. Bicriteria Scheduling Problem in a Job Shop with Parallel Identical Machines. Master thesis Industrial Engineering School of Advanced Technologies AIT., 1990.

Fischetti, M., Martello,S., and Toth, P. Approximation Algorithms for Fixed Job Schedule Problems. Operation Research Vol.40 No.1 (1992) : S96-S108.

Mansoung Klaimanee. Genetic Algorithm Approach for Flow Shop Layout and Sequencing : A Case Study. Master thesis Industrial Engineering School of Advanced Technologies AIT., 1997.

Montgomery, D. C. Design and Analysis of Experiments. New York : John Wiley & Sons, 1997.

Nagar, A., Haddock, J., and Heragee, S. Multiple and Bicriteria Scheduling: A Literature Survey. European Journal of Operation Research No.81 (1995) : 88-104.

Pinedo, M. Scheduling Theory, Algorithms, and Systems. New Jersey : Prentice-Hall, 1995.

Purnama, I. L. Sequencing and Scheduling in Mixed Model Assembly Lines : A Case Study of PT Federal Motor in Indonesia. Master thesis Industrial Engineering School of Advanced Technologies AIT., 1995.

Sun, D., Batta, R., and Lin, L. Effective Job Shop Scheduling Through Active Chain Manipulation. Computers Operations Research Vol.22 No.2 (1995) : 159-172.

Xia, Z. Production Planning in a Job Shop System with Bottle Neck Machines : A Case Study. Master thesis Industrial Engineering School of Advanced Technologies AIT., 1994.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ก

ภาคผนวก ก เป็นการแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตด้วยวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟและตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์ และกฎการจัดตารางการผลิต 9 กฎ รวมทั้งสิ้นมีจำนวนกฎและวิธีการจัดตารางการผลิต 18 วิธี ดังนี้

1. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ EDD (Earliest Due Date)
2. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ LWKR (Least Work Remaining)
3. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ MWKR (Most Work Remaining)
4. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ MOPNR (Most Operation Remaining)
5. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ SMT (Smallest Value Obtained by Multiplying Process Time with Total Process Time)
6. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ SPT (Shortest Processing Time)
7. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้กฎ STPT (Shortest Total Processing Time)
8. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม
9. การจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ
10. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ EDD (Earliest Due Date)
11. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ LWKR (Least Work Remaining)
12. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MWKR (Most Work Remaining)
13. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ MOPNR (Most Operation Remaining)
14. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SMT (Smallest Value Obtained by Multiplying Process Time with Total Process Time)
15. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ SPT (Shortest Processing Time)
16. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้กฎ STPT (Shortest Total Processing Time)
17. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบเดิม
18. การจัดตารางการผลิตแบบนอนดีเลย์โดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ

ตารางที่ ก-1 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 1 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 1

| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 190.00 | 22.50 | 5.00 | -13.40 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 282.00 | 9.70 | 3.00 | -22.90 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 180.00 | 25.30 | 4.00 | -4.50 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 192.00 | 19.90 | 4.00 | -3.20 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 326.00 | 6.40 | 4.00 | -23.30 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 307.00 | 11.90 | 5.00 | -5.90 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 279.00 | 8.50 | 2.00 | -25.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 181.00 | 21.50 | 5.00 | -18.30 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 246.00 | 0.00 | 0.00 | -35.8 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 178.00 | 18.90 | 3.00 | -20.00 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 202.00 | 3.30 | 3.00 | -30.40 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 174.00 | 15.80 | 3.00 | -23.30 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 173.00 | 14.80 | 3.00 | -15.70 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 224.00 | 3.80 | 2.00 | -31.40 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 185.00 | 9.00 | 3.00 | -28.90 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 201.00 | 9.20 | 4.00 | -18.70 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 173.00 | 19.10 | 4.00 | -19.30 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 178.00 | 15.40 | 3.00 | -21.30 |

ตารางที่ ก-2 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 2 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 2

| **กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต** | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 188.00 | 11.10 | 4.00 | -3.20 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 192.00 | 13.10 | 3.00 | -6.80 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 156.00 | 31.90 | 6.00 | 23.40 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 157.00 | 16.70 | 5.00 | 9.40 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 178.00 | 11.10 | 6.00 | 1.90 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 190.00 | 16.50 | 6.00 | 10.30 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 185.00 | 8.40 | 3.00 | -7.20 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 136.00 | 7.40 | 4.00 | -12.20 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 144.00 | 0.30 | 1.00 | -15.60 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 139.00 | 2.40 | 1.00 | -13.80 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 130.00 | 0.20 | 1.00 | -22.50 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 136.00 | 29.20 | 6.00 | 12.40 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 138.00 | 9.60 | 3.00 | -3.70 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 139.00 | 0.30 | 2.00 | -14.70 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 137.00 | 0.10 | 1.00 | -13.30 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 135.00 | 2.00 | 2.00 | -13.90 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 138.00 | 4.80 | 4.00 | -13.20 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 142.00 | 0.00 | 0.00 | -18.70 |

ตารางที่ ก-3 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 3 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 3

| **กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต** | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 252.00 | 25.50 | 6.00 | 1.80 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 299.00 | 36.40 | 4.00 | 8.30 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 176.00 | 30.10 | 5.00 | 9.10 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 175.00 | 29.90 | 6.00 | 18.40 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 295.00 | 29.10 | 5.00 | 6.60 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 303.00 | 34.30 | 4.00 | 17.30 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 266.00 | 22.80 | 4.00 | -3.30 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 175.00 | 21.20 | 4.00 | -6.70 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 216.00 | 0.90 | 2.00 | -9.70 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 179.00 | 20.90 | 4.00 | 1.80 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 210.00 | 3.00 | 3.00 | -15.0 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 176.00 | 30.10 | 5.00 | 9.10 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 169.00 | 24.60 | 4.00 | 5.00 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 205.00 | 5.60 | 2.00 | -9.90 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 191.00 | 1.30 | 2.00 | -9.70 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 205.00 | 7.70 | 4.00 | -7.90 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 170.00 | 28.30 | 4.00 | 3.20 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 179.00 | 20.90 | 4.00 | 1.80 |

ตารางที่ ก-4 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 4 ที่ได้จากการทดลองจัดตาราง การผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 4

| **กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต** | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 190.00 | 20.40 | 5.00 | -1.70 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 220.00 | 17.50 | 5.00 | -10.00 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 137.00 | 20.60 | 6.00 | 7.00 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 148.00 | 15.90 | 5.00 | 2.70 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 172.00 | 13.10 | 4.00 | -11.30 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 252.00 | 27.70 | 66.00 | 9.70 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 197.00 | 11.10 | 4.00 | -13.50 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 158.00 | 14.40 | 4.00 | -9.30 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 169.00 | 1.90 | 1.00 | -20.70 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 183.00 | 17.90 | 4.00 | -5.30 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 163.00 | 7.72 | 2.00 | -18.30 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 148.00 | 25.30 | 6.00 | 7.10 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 147.00 | 12.00 | 6.00 | -0.70 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 155.00 | 1.60 | 4.00 | -12.20 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 159.00 | 5.80 | 2.00 | -16.30 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 169.00 | 3.80 | 2.00 | -17.50 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 158.00 | 13.80 | 4.00 | -10.50 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 180.00 | 13.10 | 4.00 | -9.70 |

ตารางที่ ก-5 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 5 ที่ได้จากการทดลองจัดตาราง การผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 5

| **กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต** | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 198.00 | 20.10 | 5.00 | 9.10 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 270.00 | 32.70 | 5.00 | 8.60 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 165.00 | 22.50 | 7.00 | 20.20 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 168.00 | 15.00 | 7.00 | 7.60 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 193.00 | 14.30 | 3.00 | -2.60 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 231.00 | 29.70 | 5.00 | 23.80 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 233.00 | 28.50 | 5.00 | 4.90 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 186.00 | 19.10 | 6.00 | 13.00 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 157.00 | 1.40 | 3.00 | -6.80 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 176.00 | 18.00 | 5.00 | 10.70 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 227.00 | 15.00 | 3.00 | -4.50 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 168.00 | 17.10 | 6.00 | 13.60 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 167.00 | 11.00 | 5.00 | 0.10 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 172.00 | 8.10 | 3.00 | -5.30 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 156.00 | 1.80 | 3.00 | -6.20 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 233.00 | 18.10 | 4.00 | -1.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 159.00 | 15.40 | 6.00 | 10.70 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 174.00 | 13.50 | 3.00 | 3.00 |

ตารางที่ ก-6 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 6 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 6

| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 173.10 | 23.10 | 5.00 | 8.20 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 204.00 | 25.20 | 6.00 | 0.70 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 121.00 | 14.10 | 7.00 | 5.60 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 107.00 | 11.60 | 7.00 | 3.70 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 199.00 | 17.80 | 6.00 | 0.00 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 197.00 | 18.60 | 5.00 | 2.90 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 205.00 | 22.00 | 4.00 | -3.40 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 119.00 | 13.60 | 7.00 | -0.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 145.00 | 0.30 | 1.00 | -10.40 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 126.00 | 9.80 | 5.00 | -3.80 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 145.00 | 3.50 | 4.00 | -8.80 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 121.00 | 14.20 | 7.00 | 5.70 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 107.00 | 11.60 | 7.00 | 3.70 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 145.00 | 2.30 | 3.00 | -11.80 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 145.00 | 0.30 | 1.00 | -10.30 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 145.00 | 1.60 | 3.00 | -11.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 117.00 | 10.40 | 6.00 | -3.40 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 149.00 | 1.60 | 2.00 | -9.00 |

ตารางที่ ก-7 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 7 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 7

| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 189.00 | 31.50 | 7.00 | 20.30 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 196.00 | 16.70 | 2.00 | -1.40 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 137.00 | 32.40 | 8.00 | 23.50 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 137.00 | 30.70 | 8.00 | 20.70 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 206.00 | 19.00 | 5.00 | 0.90 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 181.00 | 22.20 | 5.00 | 3.40 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 182.00 | 14.50 | 6.00 | -0.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 143.00 | 2880 | 6.00 | 17.00 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 160.00 | 7.80 | 3.00 | -6.70 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 180.00 | 30.10 | 7.00 | 16.50 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 150.00 | 10.50 | 4.00 | -4.30 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 137.00 | 32.40 | 8.00 | 22.50 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 137.00 | 31.30 | 8.00 | 21.60 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 153.00 | 2.60 | 3.00 | -11.50 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 153.00 | 2.60 | 3.00 | -11.50 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 153.00 | 11.40 | 5.00 | -2.00 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 149.00 | 21.00 | 6.00 | 8.20 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 167.00 | 7.20 | 4.00 | -9.70 |

ตารางที่ ก-8 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 8 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 8

| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 166.00 | 27.00 | 7.00 | 16.60 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 197.00 | 16.10 | 4.00 | 2.80 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 126.00 | 39.40 | 6.00 | 20.60 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 136.00 | 29.00 | 6.00 | 17.00 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 178.00 | 17.10 | 4.00 | 4.80 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 177.00 | 15.40 | 4.00 | 7.70 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 161.00 | 7.90 | 3.00 | -6.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 147.00 | 20.80 | 5.00 | 9.70 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 143.00 | 1.60 | 2.00 | -6060 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 140.00 | 26.60 | 5.00 | 11.20 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 146.00 | 6.80 | 3.00 | -6.40 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 126.00 | 39.40 | 6.00 | 20.60 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 124.00 | 31.90 | 6.00 | 16.80 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 135.00 | 2.70 | 2.00 | -9.80 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 125.00 | 0.10 | 1.00 | -7.30 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 146.00 | 4.30 | 3.00 | -8.40 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 133.00 | 29.00 | 6.00 | 14.20 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 157.00 | 7.80 | 2.00 | -0.80 |

ตารางที่ ก-9 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 9 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 9

| กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 231.00 | 25.10 | 5.00 | 11.00 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 252.00 | 21.30 | 3.00 | 6.60 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 209.00 | 91.80 | 7.00 | 72.40 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 204.00 | 45.00 | 8.00 | 35.90 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 218.00 | 8.80 | 4.00 | 1.20 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 220.00 | 9.60 | 5.00 | 6.50 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 224.00 | 16.00 | 6.00 | 5.30 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 219.00 | 23.40 | 6.00 | 9.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 213.00 | 6.00 | 2.00 | 3.20 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 228.00 | 37.40 | 8.00 | 24.70 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 202.00 | 13.80 | 4.00 | 0.50 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 208.00 | 78.30 | 7.00 | 61.30 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 204.00 | 44.40 | 8.00 | 34.50 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 202.00 | 0.00 | 0.00 | -6.60 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 202.00 | 0.00 | 0.00 | -6.60 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 202.00 | 9.60 | 4.00 | 1.60 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 219.00 | 34.40 | 8.00 | 21.70 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 216.00 | 24.10 | 5.00 | 18.20 |

ตารางที่ ก-10 ตารางแสดงค่าของตัววัดผลของข้อมูลชุดที่ 10 ที่ได้จากการทดลองจัดตารางการผลิตเพื่อหากฎและวิธีการจัดตารางการผลิตที่เหมาะสม

ข้อมูลชุดที่ 10

| **กฎและวิธีการจัดตารางการผลิต** | Makespan | $\overline{T}$ | N | $\overline{L}$ |
|---|---|---|---|---|
| Active Schedule with the EDD Rule | 210.00 | 23.40 | 4.00 | 7.80 |
| Active Schedule with the LWKR Rule | 255.00 | 25.30 | 4.00 | -0.40 |
| Active Schedule with the MWKR Rule | 191.00 | 45.40 | 8.00 | 35.50 |
| Active Schedule with the MOPNR Rule | 191.00 | 23.70 | 6.00 | 21.10 |
| Active Schedule with the SMT Rule | 262.00 | 17.60 | 5.00 | 0.70 |
| Active Schedule with the SPT Rule | 252.00 | 12.90 | 4.00 | -2.10 |
| Active Schedule with the STPT Rule | 260.00 | 16.30 | 4.00 | -4.00 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) | 208.00 | 26.30 | 4.00 | 11.90 |
| Branch and Bound without Backtracking (Active) – Proposed LB | 189.00 | 3.10 | 2.00 | -16.40 |
| Nondelay Schedule with the EDD Rule | 192.00 | 22.30 | 5.00 | 6.50 |
| Nondelay Schedule with the LWKR Rule | 186.00 | 6.70 | 4.00 | -12.00 |
| Nondelay Schedule with the MWKR Rule | 188.00 | 41.10 | 8.00 | 34.70 |
| Nondelay Schedule with the MOPNR Rule | 186.00 | 14.60 | 7.00 | 12.50 |
| Nondelay Schedule with the SMT Rule | 205.00 | 3.00 | 2.00 | -8.30 |
| Nondelay Schedule with the SPT Rule | 194.00 | 1.90 | 2.00 | -10.00 |
| Nondelay Schedule with the STPT Rule | 224.00 | 8.60 | 4.00 | -6.10 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) | 192.00 | 22.30 | 5.00 | 6.30 |
| Branch and Bound without Backtracking (Nondelay) – Proposed LB | 198.00 | 22.50 | 5.00 | 9.00 |

# ภาคผนวก ข

ภาคผนวก ข เป็นการแสดงข้อมูลตัววัดผลสำคัญ 2 ตัว คือ จำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานแต่ละงานที่ได้จากวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงาน ในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานในบทที่ 8 ดังแสดงรายละเอียดในหน้าถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Option | Part No | Q'ty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AAA | MB175800 | P.O.No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | [illegible] | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Lwr ARM ASSY | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13,986 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,986 | | | | | 5,000 | | | | 4,400 | | | | 600 | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,986 | | | | | 5,000 | | | | 4,400 | | | | 665 | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -10,000 | -10,000 | -10,000 | -10,000 | -10,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -600 | -600 | -600 | -600 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | | | | | |
| DSC | 51404-0044-00 | PO No | 42/P001/002388 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | | | |
| ORA | SHAFT-B | QTY | 7,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,000 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | 3,500 | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | | | | | | | | | |
| | | Act | | 3,500 | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | 2,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,000 | 1,000 | 2,000 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | -7,000 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,000 | -2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| | SHH-F5322-00 | PO No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | |
| | INSERT SHAFT | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 |
| | | $N_3$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9 | | | | | | | | | |
| | 44B02-KGHA- | PO No | 42/P001/002285 | | 42/P001/002542 | | | | 42/P001/002570 | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | | | |
| | 9010-HT | QTY | 1,200 | | 1,200 | | | | 13,200 | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,500 | | | | | | | | | | | | | |
| | SLEEVE GEAR BOX | Plan | | 1,200 | 1,200 | | | | 1,100 | 1,100 | | | | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | | 1,100 | 1,100 | | | | 1,100 | | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | | | | | | | | | |
| | | Act | | 1,200 | 500 | 700 | | | 1,100 | 1,100 | | | | 2,200 | | 2,200 | | | 2,200 | | | | | | | 1,200 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | | | | 1,000 | | | | | |
| | | Bal 1 | 0 | 0 | -700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,100 | 0 | 1,100 | 0 | 0 | 1,100 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,100 | -1,100 | -1,000 | -1,000 | -800 | -800 | -200 | -200 | -200 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| | | Bal 2 | -1,200 | 0 | -700 | 0 | 0 | 0 | -12,100 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -8,800 | -8,800 | -8,800 | -8,800 | -8,800 | -8,400 | -8,400 | -8,400 | -8,400 | -8,400 | -8,400 | -8,400 | -8,700 | -7,600 | -6,300 | -5,200 | -3,500 | -3,500 | -3,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 |
| | | $N_4$ | | | | | | | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | | | 1 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | | | 2 | | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 | | | | | | | | | |
| | 92151-1789A | PO No | 42/P001/002285 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | |
| | BOLT | QTY | 11,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | 70 | 930 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | 70 | 930 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_5$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2 | | | | | | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| System | Part No. | Q'ty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 92151-1727A | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | | |
| | BOLT | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | |
| | | Act. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 400 | | 800 | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -600 | -600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -600 | -600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | |
| | | $t$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5 | | | | | | | | | | | |
| | - | P/O No. | 3B/L001/000619 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/000717 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | COLLAR H13 | QTY | 790 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | 500 | | | | 500 | | | 500 | | | | | | |
| | | Act. | | | | | | | | | | | | | | | 320 | | | 590 | | 500 | | | | 180 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320 | 320 | 320 | 910 | 410 | 910 | 910 | 910 | 910 | 590 | 590 | 90 | 90 | -410 | -410 | -410 | -910 | -910 | -910 | -910 | -910 | -910 | -910 |
| | | Bal 2 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -470 | -470 | -470 | 120 | -2,880 | -2,380 | -2,380 | -2,380 | -2,380 | -2,380 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 |
| | | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | | 1 | | | 1 | | | | | | |
| | | $t$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | 13 | | 11 | | 9 | | | 8 | | | | | | |
| FFF | SHAFT 3.0 SKM | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | 43/565 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 6/7u 3 HP | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act. | | | | | | | | | | | | | | | | | | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $t$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MBS | 43110-KFER-7000 | P/O No. | | | | | | | 42/P001/000641 | | | | | | | | | | | | 42/P001/000717 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | COLLAR | QTY | | | | | | | 300 | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 300 | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act. | | | | | | | 300 | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $h_1$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | $t$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OEI | 14160-28F00T | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12,000 | | | | | | |
| | PIPE COMP | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,750 | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,650 | | | | | | |
| | | Act. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,650 | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -100 | -100 | -100 | -100 | -100 | -100 | -100 |
| | | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| | | $t$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| astcar | Part No. | Q'ty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PNA | 14160-28F00T | P/O No. | | 0011/041 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0012/062 | | | | | | |
| | PIPE COMP | QTY | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | |
| | | Plan | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | |
| | | Act | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | |
| | | Bal 1 | | -500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | -500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| SKYE | 12001-02130-L | P/O No. | | | | | | | | | | | | | FDM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 1,200 | 800 | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,300 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12001-02149-L | P/O No. | | | | | | | | | | | | | FDM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | | 4,400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | 2,400 | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 2,400 | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10201-02513-L | P/O No. | | | | | | | 50M22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10201-02514-L | P/O No. | | | | | | | 50M22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Month / Year : Dec - 2000

| Part No | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A0101-02506-LT | PO No. | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EYE (S) | QTY | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P. | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10001-02524-L | PO No. | | | | | | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | SOM76 | | | | | | | | | | | | | | | |
| EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | 1,700 | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | 1,700 | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | 1,700 | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P. | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10101-02525-L | PO No. | | | | | | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | 14,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | 3,500 | | 3,500 | | | | | 3,500 | | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | 7,000 | | | | | 3,500 | | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,500 | 3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,500 | 0 | 3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -14,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -3,500 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P. | | | | | | | | | | | | 1 | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | | | 1 | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10101-02526-L | PO No. | | | | | | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P. | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| A0106-02512-L | PO No. | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| EYE (S) | QTY | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P. | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Station | Part No. | Q'ty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SKYE | 10201-02522-L | P/O no. | | | | | | | | | | | | | | 50M69 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | | | 330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | 330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 330 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 330 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h. | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | t | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12001-02120-L | P/O no. | | | | | | | FOM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 15,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 4,000 | | | | | | 4,000 | | | | | 4,000 | | 3,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 4,000 | | | | | | 4,000 | | | | | 4,000 | | 3,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -3,000 | -3,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h. | | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | t | | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10001-02501-LF | P/O no. | | | | | | | FOM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 19,800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 4,800 | | | | | | 5,000 | | | | | 5,000 | | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | 1,200 | | 3,600 | | | | 1,500 | | 3,000 | | 7,000 | | | 3,500 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4,800 | -4,800 | -4,800 | -4,800 | -4,800 | -3,600 | -8,600 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -8,500 | -8,500 | -10,500 | -10,500 | -3,500 | -3,500 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -19,800 | -19,800 | -19,800 | -19,800 | -19,800 | -18,600 | -18,600 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -13,500 | -13,500 | -10,500 | -10,500 | -3,500 | -3,500 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h. | | | | | | | 1 | | | | | | 1 | | | | | 1 | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | t | | | | | | | 7 | | | | | | 9 | | | | | 4 | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13001-00864-L | P/O no. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | FOM66 | | | | | | | FOM68 | | | | | | | | | | |
| | PISTON | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | 700 | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | 700 | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | 700 | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | |
| | | t | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | |
| | 13001-02302-L | P/O no. | | | | | | | | | | | | | | FOM83 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | STEERING S.FLANGE | QTY | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h. | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | t | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Union | Part No | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12251-00306-L | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | FDM66 | FDM49 | | | | | | | | | | | |
| | VALVE STOPPER | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | 700 | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | 700 | | | | | | | | | | | |
| | | Act. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | 700 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| TEP | 56151(11)-28F00 | P/O No. | | | | | 1201 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 59190 | | | | | | | | | | |
| | HANDLE BAR | QTY | | | | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,800 | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | 2,300 | | | | | | | | | |
| | | Act. | | | | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | 150 | | | | | | | 500 | 2,150 | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | -2,150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| TSM | 09150-05101 | P/O No. | | 234787 | 234788 | | | | | | | | | | | | | | 247375 | | | | 253265 | | | 253266 | 253267 | | | 13068 | | | | | | | | | |
| | NUT | QTY | | 360 | 360 | | | | 840 | | | 1,570 | | 840 | 960 | | | | 120 | 720 | 840 | 840 | 480 | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Plan | | 360 | 360 | | | | 840 | | | 1,570 | | 840 | 960 | | | | 120 | 720 | 840 | 840 | 480 | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Act. | | 360 | 360 | | | | | | | 2,410 | | 840 | 960 | | | | 120 | 720 | 840 | 840 | 480 | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | +840 | -840 | -840 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -840 | -840 | -840 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr | | | | | | | 1 | | | 0 | | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 3 | | | 0 | | 0 | 0 | | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | 54740-26101 | P/O No. | | 234816 | 234817 | | | | 253275 | | | 253278 | | | | 245215 | | | | 253279 | 253280 | 253281 | | | | 253283 | 253284 | | | 13073 | | | | | | | | | |
| | SPCR COMP | QTY | | 360 | 360 | | | | 720 | | | 480 | | | | 120 | | | | 480 | 600 | 720 | | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Plan | | 360 | 360 | | | | 720 | | | 480 | | | | 120 | | | | 480 | 600 | 720 | | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Act. | | 360 | 360 | | | | 720 | | | 480 | | | | 240 | | | | 480 | 600 | 720 | | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | | Pr | | | | | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | 09180-10005L | P/O No. | | | | 245213 | | | | | | | | | | | | | | 258203 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SPCR, FR HUB | QTY | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act. | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year Dec - 2000

| Part No | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 09180-10148 | P.O.No. | | | 253269 | 253270 | | | | | | | | | | 253271 | | | 253272 | | | | 258072 | | | | | 253273 | | | | | | | | | | | |
| SPCR FR HUB | QTY | | | 480 | 480 | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | | | | 120 | | | | | 360 | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | 480 | 480 | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | | | | 120 | | | | | 360 | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | 480 | 480 | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | | | | 120 | | | | | 360 | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P<br>T | | | | | | | | | | | | | | 0<br>0 | | | 0<br>0 | | | | 0<br>0 | | | | | 0<br>0 | | | | | | | | | | | |
| 42211-03001L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | | 259206 | | | 259207 | 259208 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SPCR, CTR STAND | QTY | | | | | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P<br>T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 41231-35002-L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | | | | | 257204 | | | 13070 | | | | | | | | 13071 | 13072 | | | | | | | | |
| BOSS REAR | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | 960 | | | 960 | | | | | | | | 720 | 240 | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | 960 | | | 960 | | | | | | | | 720 | 240 | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | 960 | | | 960 | | | | | | | | 720 | 240 | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P<br>T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 09180-06030L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 258202 | | | | | | | | | | | |
| SPCR, HEAD LAMP | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P<br>T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TSM 11582-28F00 | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | 258073 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BUSH, ENG MTG | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | P<br>T | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Part No | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5627BE28F00 | PO No. | | | | | | | | | | | | | | 258074 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| BALANCER | QTY | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $h_2$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TTI CL413900 | PO No. | | | | | | | 0022220-03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HEATER TERMINAL | QTY | | | | | | | 18,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | 18,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | 18,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $h_1$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $h_2$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CL414001 | PO No. | | | | | | | 0022220-03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 024325-03 | | | | | | |
| SWITCH BASE | QTY | | | | | | | 9,300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | |
| SUPPORT | Plan | | | | | | | 9,300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | |
| | Act | | | | | | | 9,300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,000 | 2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,000 | 2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $h_1$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| | $h_2$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| HL103400 | PO No. | | | | | | | | 322971-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| KNOB WASHER | QTY | | | | | | | | 4,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Plan | | | | | | | | 4,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | 4,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $h_1$ | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | $h_2$ | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HL103500 | PO No. | | | | | | | 319990-00 | 322971-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 022068-00 | 024374-00 | | | | |
| KNOB WASHER | QTY | | | | | | | 7,700 | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7,500 | 1,500 | | | | |
| | Plan | | | | | | | 7,700 | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7,500 | 1,500 | | | | |
| | Act | | | | | | | 7,700 | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9,000 | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | $h_1$ | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0 | | | | |
| | $h_2$ | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | 0 | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Custom | Part No | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EUR30300 | PO no | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 922416-08 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HEAT SENSING | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | F | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HL702000 | PO no | | | | | | | | 022971-09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KNOB SCREW | QTY | | | | | | | | 10,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | 10,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | 7,733 | | | | | | | | | | 2,267 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | F | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HL105410 | PO no | | | | | | | 019990-08 | 022971-09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TERMINAL PLATING | QTY | | | | | | | 2,000 | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 3SA | Plan | | | | | | | 1,999 | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 2,000 | 1,240 | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | 1,760 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | F | | | | | | | 0 | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | 18 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TTI | HL105110 | PO no | | | | | | | 019990-08 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 025444-09 | | | | |
| | TERMINAL PLATING | QTY | | | | | | | 6,600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | | |
| | 5SA | Plan | | | | | | | 6,600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | | |
| | | Act | | | | | | | 6,600 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | F | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | |
| YNP | T0945640-0440 | PO no | | | | | | | | | | | | | 644/11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PIPE | QTY | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | F | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Part No | Q'ty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 09474501 | PO no. | | | | | | | | | | | | | 844/11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| SLEEVE BATTERY | QTY | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| CHAMP | Plan | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | h. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ภาคผนวก ค

ภาคผนวก ค เป็นการแสดงข้อมูลตัววัดผลสำคัญ 2 ตัว คือ จำนวนงานล่าช้าและเวลาล่าช้าของงานแต่ละงานที่ได้จากจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอ ในการเปรียบเทียบระหว่างวิธีการจัดตารางการผลิตแบบแอคทีฟโดยใช้วิธีบรานช์แอนด์บาวด์โดยไม่มีการคำนวณย้อนกลับด้วยวิธีการหาโลเวอร์บาวด์แบบใหม่ที่เสนอกับวิธีการจัดตารางการผลิตแบบเดิมของโรงงานในบทที่ 8 ดังแสดงรายละเอียดในหน้าถัดไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No. | Q'ty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AAA | MB175800 | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 011/0521 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | LWR ARM ASSY | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13,986 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,986 | | | | | 5,000 | | | | 4,400 | | | | 600 | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,986 | | | | | 5,000 | | | | 4,400 | | | | 665 | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ±10,000 | ±10,000 | -10,000 | -10,000 | -10,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -600 | -600 | -600 | -600 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 | 65 |
| | | P/I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | 1 | | | | 1 | | | | 0 | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | 5,881 | | | | 14,567 | | | | 0 | | | | | |
| DSC | 51404-0044-00 | P/O No. | 42/P001/002388 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | | | |
| [KORAT] | SHAFT-B | QTY | 7,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,000 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | 3,500 | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | 1,000 | | | | | | | | | |
| | | Act | | 3,500 | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | 2,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,000 | 1,000 | 2,000 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | -7,000 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,000 | -2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P/I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | 0 | 2,813 | 3,985 | | | | | | | | | |
| | SNW-FS322-00 | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | |
| | INSERT SHAFT | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 |
| | | P/I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | |
| | 44802-KGHA- | P/O No. | 42/P001/002286 | | 42/P001/002542 | | | | 42/P001/002576 | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | | | |
| | 9010-H1 | QTY | 1,200 | | 1,200 | | | | 13,200 | | | | | | | | | | | | | | | | | 5,500 | | | | | | | | | | | | | |
| | SLEEVE GEAR BOX | Plan | | 1,200 | 1,200 | | | | 1,100 | 1,100 | | | | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | | 1,100 | 1,100 | | | | 1,100 | | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | 1,100 | | | 1,000 | | | | | | |
| | | Act | | 1,200 | 500 | 700 | | | 1,100 | 1,100 | | | | 2,200 | | 2,200 | | | 2,200 | | | | | | | 1,200 | 1,300 | 1,300 | 1,100 | 1,100 | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | 0 | 0 | -700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,100 | 0 | 1,100 | 0 | 0 | 1,100 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,100 | -1,100 | -1,000 | -1,000 | -800 | -800 | -200 | -200 | -200 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 | 800 |
| | | Bal 2 | -1,200 | 0 | -700 | 0 | 0 | 0 | -12,100 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -8,800 | -8,800 | -8,800 | -8,800 | -8,800 | -4,400 | -4,400 | -4,400 | -4,400 | -4,400 | -4,400 | -4,400 | -8,700 | -7,600 | -6,300 | -5,200 | -3,500 | -3,500 | -3,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 | -2,500 |
| | | P/I | | | | | | | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | | | 0 | | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | | 0 | 0 | | | | 0 | | 0 | 2,731 | 2,455 | 0 | 4,229 | | | | | | | | | |
| | 92151-178NA | P/O No. | 42/P001/002286 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | |
| | BOLT | QTY | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | 70 | 930 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | 70 | 930 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -930 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P/I | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No. | QTy | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 92151-1727A | PO No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/002798 | | | | | | | | | | | |
| | BOLT | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 400 | | 600 | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -600 | -600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -600 | -600 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| | - | PO No | 38A/001/000819 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 42/P001/000717 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | COLLAR H19 | QTY | 790 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | 500 | | | 500 | | 500 | | 500 | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | 320 | | | 590 | | 500 | | | | 180 | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 320 | 320 | 320 | 910 | 410 | 910 | 910 | 910 | 910 | 590 | 590 | 90 | 90 | -410 | -410 | -410 | -910 | -910 | -910 | -910 | -910 | -910 | -910 |
| | | Bal 2 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -790 | -470 | -470 | -470 | 120 | -2,680 | -2,380 | -2,380 | -2,380 | -2,380 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 | -2,200 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | 0 | | | 0 | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | 0 | | | 0 | | | | | | |
| FFT | SHAFT 3.0 SKM | PO No | | | | | | | | | | | | | | | | | | 43/565 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | MAIN HP | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | 55 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 | 5 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| NBS | 43110-KFER-7000 | PO No | | | | | | | 42/P001/000641 | | | | | | | | | | | | 42/P001/000717 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | COLLAR | QTY | | | | | | | 300 | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 300 | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 300 | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| OEI | 14160-26F00T | PO No | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 12/030 | | | | | | |
| | PIPE COMP | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 4,750 | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 100 | | | | | | 4,650 | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 100 | | | | | | 4,650 | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $N_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No | QTY | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| PNA | 14160-28F00T | P.O.No. | | 3011041 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9/12/00 | | | | | | |
| | PIPE COMP | QTY | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | |
| | | Plan | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | |
| | | Act | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1,710 | | | | | | |
| | | Bal 1 | | -500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | -500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P<br>T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | |
| SKYB | 12001-02130-L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | FDM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 1,200 | 800 | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -800 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,300 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | -1,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P<br>T | | | | | | | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12001-02149-L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | FDM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | | 4,400 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | 2,400 | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 2,400 | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | -2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P<br>T | | | | | | | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10201-02513-L | P.O.No. | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 50 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P<br>T | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10201-02514-L | P.O.No. | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 100 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P<br>T | | | | | | | 0<br>0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No | Q'ty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A0101-02508-LT | P/O No | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P/ | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 8,089 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10001-02524-L | P/O No | | | | | | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | SOM76 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | 1,700 | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | 1,700 | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 1,700 | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,700 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P/ | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | 49 | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10101-02525-L | P/O No | | | | | | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | 14,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | 3,500 | | 3,500 | | | | | 3,500 | | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 7,000 | | | | | 3,500 | | 3,500 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,500 | 3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3,500 | 0 | 3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -14,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -3,500 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P/ | | | | | | | | | | | | 0 | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | 0 | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10101-02526-L | P/O No | | | | | | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | 1,500 | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P/ | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | A0106-02512-L | P/O No | | | | | | | SOM22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | 1,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | -1,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | P/ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |

Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No. | Qty. | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SKYB | 10201-02522-L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | | SDM03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | | | | | | | | 330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | 330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 330 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 330 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 330 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr. | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 12001-02120-L | P.O.No. | | | | | | | FDM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 15,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 4,000 | | | | | | 4,000 | | | | | 4,000 | | 3,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 4,000 | | | | | | 4,000 | | | | | 4,000 | | 3,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -11,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -7,000 | -3,000 | -3,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr. | | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 10001-02501-LF | P.O.No. | | | | | | | FDM31 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | EYE (S) | QTY | | | | | | | 19,800 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 4,800 | | | | | | 5,000 | | | | | 5,000 | | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | 1,200 | | 3,800 | | | | 1,500 | | 3,000 | | 7,000 | | | 3,500 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -4,800 | -4,800 | -4,800 | -4,800 | -4,800 | -3,600 | -8,600 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -5,000 | -8,500 | -8,500 | -10,500 | -10,500 | -3,500 | -3,500 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -19,800 | -19,800 | -19,800 | -19,800 | -19,800 | -18,600 | -18,600 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -15,000 | -13,500 | -13,500 | -10,500 | -10,500 | -3,500 | -3,500 | -3,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr. | | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | 0 | | | | | 0 | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13001-00864-L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | FDM06 | | | | | | | FDM07 | | | | | | | | | | |
| | PISTON | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | 700 | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | 700 | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | 700 | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 13001-02302-L | P.O.No. | | | | | | | | | | | | | | FDM03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | STEERING FLANGE | QTY | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Pr. | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month : Year Dec - 2000

| Customer | Part No | QTY | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 12251-00300-L | PO No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | FOM66 | FOMA9 | | | | | | | | | | | |
| | VALVE STOPPER | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | 700 | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | 700 | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | 700 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | |
| TEP | 56151(11)-28F00 | PO No. | | | | | 1201 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 59190 | | | | | | | | | | |
| | HANDLE BAR | QTY | | | | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,800 | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 500 | 2,300 | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | 130 | | | | | | | | | | | | | | | 150 | | | | | | | 500 | 2,150 | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | 150 | -2,150 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | |
| TSM | 09150-05101 | PO No. | | 234787 | 234788 | | | | | | | | | | | | | | 247375 | | | | 253265 | | | 253266 | 253267 | | | 13068 | | | | | | | | | |
| | NUT | QTY | | 360 | 360 | | | | 840 | | | 1,570 | | 840 | 960 | | | | 120 | 720 | 840 | 840 | 480 | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Plan | | 360 | 360 | | | | 840 | | | 1,570 | | 840 | 960 | | | | 120 | 720 | 840 | 840 | 480 | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Act | | 360 | 360 | | | | | | | 2,410 | | 840 | 960 | | | | 120 | 720 | 840 | 840 | 480 | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -840 | -840 | -840 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -840 | -840 | -840 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $h_1$ | | | | | | | 0 | | | 0 | | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | 0 | | | 0 | | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | 54740-26101 | PO No. | | 234816 | 234817 | | | | 253275 | | | 253278 | | | | 245215 | | | | 253279 | 253280 | 253281 | | | | 253283 | 253284 | | | 13073 | | | | | | | | | |
| | SPCR COMP | QTY | | 360 | 360 | | | | 720 | | | 480 | | | | 120 | | | | 480 | 600 | 720 | | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Plan | | 360 | 360 | | | | 720 | | | 480 | | | | 120 | | | | 480 | 600 | 720 | | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Act | | 360 | 360 | | | | 720 | | | 480 | | | | 240 | | | | 480 | 600 | 720 | | | | 600 | 1,080 | 600 | | 480 | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 | 120 |
| | | $h_1$ | | | | | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | | | 0 | 0 | 0 | | 0 | | | | | | | | | |
| | 09180-10005L | PO No. | | | | 245213 | | | | | | | | | | | | | | 258033 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SPCR, FR HUB | QTY | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $h_1$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No. | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 09180-10148 | P/O No. | | | 253269 | 253270 | | | | | | | | | | 253271 | | | 253272 | | | | 258072 | | | | | 253273 | | | | | | | | | | | |
| | SPCR FR HUB | QTY | | | 480 | 480 | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | | | | 120 | | | | | 360 | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | 480 | 480 | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | | | | 120 | | | | | 360 | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | 480 | 480 | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | | | | 120 | | | | | 360 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h, | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | 0 | | | | 0 | | | | | 0 | | | | | | | | | | | |
| | 42211-03001L | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | 259206 | | | 259207 | 259208 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SPCR, CTN STAND | QTY | | | | | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | 480 | | | 600 | 180 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 41231-35002-L | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | 257204 | | | 13070 | | | | | | | | 13071 | 13072 | | | | | | | | |
| | BOSS REAR | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | 660 | | | 960 | | | | | | | | 720 | 240 | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | 660 | | | 960 | | | | | | | | 720 | 240 | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | 660 | | | 960 | | | | | | | | 720 | 240 | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 09180-06030L | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 258080 | | | | | | | | | | | |
| | SPCR, HEAD LAMP | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h, | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TSM | 11982-28F00 | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | 258073 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | BUSH, ENG MTG | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | 120 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | h, | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 56278E28F00 | PO No | | | | | | | | | | | | | | 2/6/074 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | BALANCER | QTY | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | 240 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TTI | CL413900 | PO No | | | | | | | 0022220-03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HEATER TERMINAL | QTY | | | | | | | 18,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 18,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 18,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CL414001 | PO No | | | | | | | 0022220-03 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0243325-03 | | | | | | |
| | SWITCH BASE | QTY | | | | | | | 9,300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | |
| | SUPPORT | Plan | | | | | | | 9,300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 9,300 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,000 | 2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2,000 | 2,000 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | |
| | HL103400 | PO No | | | | | | | | 0022971-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KNOB WASHER | QTY | | | | | | | | 4,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | 4,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | 4,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HL103500 | PO No | | | | | | | 0022971-00 | 0022971-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0022988-00 | 0243374-00 | | | | |
| | KNOB WASHER | QTY | | | | | | | 7,700 | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7,500 | 1,500 | | | | |
| | | Plan | | | | | | | 7,700 | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 7,500 | 1,500 | | | | |
| | | Act | | | | | | | 7,700 | 2,500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 9,000 | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -7,500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | |
| | | T | | | | | | | 0 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | 0 | | | | |

## Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No. | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | EL800300 | P/O No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 022416-08 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HEAT SENSING | QTY | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HL702000 | P/O No. | | | | | | | | 022971-09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | KNOB SCREW | QTY | | | | | | | | 10,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | 10,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | 7,733 | | | | | | | | | | 2,267 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | -2,267 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | HL105410 | P/O No. | | | | | | | 010890-00 | 022971-09 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | TERMINAL PLATING | QTY | | | | | | | 2,000 | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 35A | Plan | | | | | | | 2,000 | 5,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | 2,000 | 1,240 | | | | | | | | | | | | | 2,000 | | | | | 1,760 | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -3,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | -1,760 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | 1 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | 3,084 | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| TTI | HL105110 | P/O No. | | | | | | | 019000-00 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 025444-09 | | | | |
| | TERMINAL PLATING | QTY | | | | | | | 6,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | | |
| | 55A | Plan | | | | | | | 6,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | | |
| | | Act | | | | | | | 6,000 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 3,000 | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -3,000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | |
| | | T | | | | | | | 11,429 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | |
| YNP | TG949540-0440 | P/O No. | | | | | | | | | | | | | 044/11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | PIPE | QTY | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Plan | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | 500 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | $P_0$ | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Delivery Plan / Parts

Month / Year : Dec - 2000

| Customer | Part No. | Qty | 26/11 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 | 30 | 31 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 09474501 | Promise | | | | | | | | | | | | | 644/11 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | SLEEVE BATTERY | QTY | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | CHAMP | Plan | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Act | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 200 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | Bal 1 | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | Bal 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | -200 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| | | No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | T | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 13,080 | | | | | | | | | | | | | | | | | |

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ชัชพล มงคลิก เกิดเมื่อวันที่ 3 กันยายน พ.ศ. 2520 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยม) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ จาก มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปีการศึกษา 2541 หลังจากนั้นได้เข้าศึกษาต่อในระดับปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ที่ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2542

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย