การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์

นางสาวหฤทัย ศุภพฤกษพงศ์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3580-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I21227330

MULTI-MODEL ASSEMBLY-LINE BALANCING WITH COMPUTER SIMULATION MODELING

Miss Haruetai Suphapruksapongse

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 2003

ISBN 974-17-3580-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์
โดย	นางสาวหฤทัย ศุภพฤกษพงศ์
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาศ)

หฤทัย ศุภพฤกษพงศ์ : การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์โดยการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ (MULTI-MODEL ASSEMBLY-LINE BALANCING WITH COMPUTER SIMULATION MODELING) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา , 266 หน้า. ISBN 974-17-3580-4.

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ในเปรียบเทียบการจัดสมดุลสายการประกอบ 2 แบบ ได้แก่ การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ รวมทั้งวิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ 2 แบบได้แก่ วิธี COMSOAL และวิธีปัจจุบันของโรงงานกรณีศึกษาซึ่งผลิตจอแสดงภาพ (Monitor) โดยการนำเทคนิคการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ผล

ในการศึกษา ได้ทำการจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธีการและรูปแบบต่าง ๆ แล้วทำการจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ จากนั้นจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ผลโดยใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียล ซึ่งปัจจัยที่ใช้ในการทดลองได้แก่ วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ รูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบ และความเร็วสายพาน แล้วทำการวัดประสิทธิภาพของระบบในด้านจำนวนสถานีงาน ประสิทธิภาพของสายการผลิต จำนวนผลผลิต และเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ

ผลที่ได้จากการจัดสมดุลสายการประกอบพบว่า การจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์จะทำให้จำนวนสถานีงานในการผลิตจอแสดงภาพน้อยกว่า การจัดสมดุลสายการประกอบแบบผลิตภัณฑ์เดียว 5 สถานี ซึ่งหมายความว่าจำนวนคนงานที่ใช้น้อยกว่า 5 คน

ผลที่ได้จากการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลพบว่า สำหรับทั้ง 3 สายการประกอบที่ทำการศึกษานั้น วิธีการจัดสมดุลสายการประกอบ และรูปแบบการจัดสมดุลสายการประกอบมีผลต่อทั้งเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ จำนวนผลผลิต และประสิทธิภาพสายการผลิต โดยวิธี COMSOAL และการจัดสมดุลสายการประกอบแบบหลายผลิตภัณฑ์ทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบน้อยกว่า จำนวนผลผลิตมากกว่า และประสิทธิภาพสายการผลิตสูงกว่า สำหรับปัจจัยความเร็วสายพานจะมีผลต่อเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเพียงอย่างเดียว โดยความเร็วสายพานที่เพิ่มขึ้นทำให้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบลดลง โดยไม่มีผลต่อประสิทธิภาพสายการผลิต และจำนวนผลผลิต

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต หฤทัย ศุภพฤกษพงศ์

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

ปีการศึกษา 2546 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

##4370665221 : MAJOR INDUSTRAIL ENGINEERING
KEY WORD : ASSEMBLY LINE BALANCING / SIMULATION

HARUETAI SUPHAPRUKSAPONGSE : MULTI-MODEL ASSEMBLY-LINE BALANCING WITH COMPUTER SIMULATION MODELING. THESIS ADVISOR: ASSOCIATE PROFESSOR PARAMES CHUTIMA, Ph.D.

266 pp. ISBN 974-17-3580-4.

The main objective of this study is firstly to compare between single-model assembly line balancing and multi-model assembly line balancing of monitor production line. Secondly, it is to compare the line balancing method between COMSOAL technique and the plant method. The use of research enquiry is investigated by applying computer simulation techniques.

In studying, the assembly line balancing has been executed by two line balancing types and two line balancing methods to the monitor assembly line, and proceeds by the simulation. Our results have been analyzed by experimental design with 3 factors, namely line balancing method, line balancing type and conveyor speed. Then, the efficient procedure is evaluated by the number of stations, line efficiency, output and throughput time.

It has been found that the station number used in the multi-model assembly line balancing is less than the single-model one for 5 stations, which means 5 workers less.

In addition, quantitative results from factorial design indicate that the method of line balancing and line balancing type provide many effects to line efficiency, output and throughput time. The multi-model assembly line balancing and COMSOAL technique contribute higher line efficiency value, higher output and less throughput time. Moreover, the conveyor speed only influences the throughput time, without any impact to line efficiency and output.

Department	INDUSTRIAL ENGINEERING	Student's signature	
Concentration	INDUSTRIAL ENGINEERING	Advisor's signature	
Academic year	2003	Co-advisor's signature	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือ แนวคิดอย่างดียิ่งของ รศ. ดร. ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดต่างๆในงานวิจัยด้วยดีตลอดเวลาการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณผศ. ดร. มานพ เรียวเดชะ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์ และอาจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมาภรณ์พิลาส กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบพระคุณผู้จัดการ และวิศวกรแผนกวิศวกรรม ตลอดจนพนักงานทุกท่านของโรงงานที่สนับสนุนข้อมูลและแนวทางในงานวิจัยนี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำตลอดจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

หฤทัย ศุภพฤกษพงศ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ญ

สารบัญภาพ ..... ฑ

บทที่ 1 : บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3 ขอบเขตงานวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย 4

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 4

บทที่ 2 : ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชนิดของกระบวนการผลิต 5

2.2 การจัดสมดุลสายการผลิต 7

2.3 การจำลองแบบปัญหาด้วยคอมพิวเตอร์ 12

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 15

บทที่ 3 : การจัดสมดุลสายการประกอบ

3.1 การจัดสมดุลสายการประกอบด้วยวิธี COMSOAL 22

3.2 การจัดสมดุลสายการประกอบของโรงงาน 53

3.3 สรุปท้ายบท 60

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 : การจำลองแบบปัญหา

4.1 ระบบงาน 61
4.2 ขั้นตอบการทำงานของระบบผลิตจอแสดงภาพ 62
4.3 การจัดเตรียมข้อมูล 65
4.4 การพัฒนาโปรแกรม 70
4.5 การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง 71
4.6 การตรวจสอบความสมเหตุสมผลของแบบจำลอง 73
4.7 การออกแบบการทดลองและการใช้งานแบบจำลอง 77
4.8 การวิเคราะห์และประเมินผล 80
4.9 สรุปท้ายบท 81

บทที่ 5 : การวิเคราะห์สายการประกอบเพื่อกำหนดระดับของปัจจัย

5.1 การกำหนดปัจจัย 82
5.2 การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board 83
5.3 การวิเคราะห์สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board 92
5.4 การวิเคราะห์สายการประกอบจอแสดงภาพ 100
5.5 สรุปท้ายบท 105

บทที่ 6 : การวิเคราะห์ผล

6.1 การวิเคราะห์ผลการจัดสมดุลสายการประกอบ 106
6.2 การวิเคราะห์ผลการจากแบบจำลองปัญหา 109
6.3 สรุปท้ายบท 154

บทที่ 7 : สรุปผลและข้อเสนอแนะ

7.1 สรุปผล 156
7.2 ข้อเสนอแนะ 159

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

รายการอ้างอิง 161

ภาคผนวก 163

ภาคผนวก ก. เวลาในการผลิตแต่ละขั้นงาน 164

ภาคผนวก ข. แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลัง 170

ภาคผนวก ค. เวลาขั้นงาน 188

ภาคผนวก ง. โปรแกรมการจัดสมดุลสายการผลิตด้วยวิธี COMSOAL 194

ภาคผนวก จ. โปรแกรมแบบจำลองปัญหา 203

ภาคผนวก ฉ. ผลการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลแบบ 2^k เพื่อกรองปัจจัยที่มีนัยสำคัญจากโปรแกรมแบบจำลองปัญหา 208

ภาคผนวก ช. ผลการออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลเพื่อกำหนดค่าระดับของปัจจัยที่เหมาะสมจากโปรแกรมแบบจำลองปัญหา 234

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 266

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงรายละเอียดของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
ตารางที่ 3.1 แสดงรายการ A สำหรับวิธี COMSOAL 23
ตารางที่ 3.2 แสดงรายการ B สำหรับวิธี COMSOAL 23
ตารางที่ 3.3 แสดงรายการ A สำหรับวิธี COMSOAL หลังจากขั้นตอนที่ 3 และ 4 24
ตารางที่ 3.4 แสดงรายการ B สำหรับวิธี COMSOAL หลังจากขั้นตอนที่ 3 และ 4 24
ตารางที่ 3.5 แสดงคำตอบที่เป็นไปได้สำหรับวิธี COMSOAL 24
ตารางที่ 3.6 เวลาขั้นงานในการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board 32
ตารางที่ 3.7 ปริมาณการผลิตต่อเดือน 34
ตารางที่ 3.8 เวลาที่ใช้ในการผลิตต่อเดือน 34
ตารางที่ 3.9 การคำนวณรอบเวลาการผลิต 35
ตารางที่ 3.10 ตัวอย่างผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ด้วยวิธี COMSOAL ก่อนการปรับปรุง 36
ตารางที่ 3.11 ตัวอย่างผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ด้วยวิธี COMSOAL หลังการปรับปรุง 37
ตารางที่ 3.12 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ด้วยวิธี COMSOAL 38
ตารางที่ 3.13 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board ด้วยวิธี COMSOAL 39
ตารางที่ 3.14 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบจอแสดงภาพด้วยวิธี COMSOAL 40
ตารางที่ 3.15 ปริมาณการผลิตจอแสดงภาพต่อวัน 44
ตารางที่ 3.16 การคำนวณเวลารวมของขั้นงาน 44
ตารางที่ 3.17 เวลาขั้นงานรวมของ 3 สายการประกอบ 45
ตารางที่ 3.18 การคำนวณรอบเวลาการผลิตต่อวัน 49
ตารางที่ 3.19 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board แบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL 50
ตารางที่ 3.20 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board แบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL 51
ตารางที่ 3.21 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบจอแสดงภาพแบบหลายผลิตภัณฑ์ด้วยวิธี COMSOAL 52
ตารางที่ 3.22 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ของโรงงาน 54

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 3.23 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board ของโรงงาน 55
ตารางที่ 3.24 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบจอแสดงภาพของโรงงาน 56
ตารางที่ 3.25 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board แบบหลายผลิตภัณฑ์ของโรงงาน 57
ตารางที่ 3.26 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board แบบหลายผลิตภัณฑ์ของโรงงาน 58
ตารางที่ 3.27 ผลการจัดสมดุลสายการประกอบจอแสดงภาพแบบหลายผลิตภัณฑ์ ของโรงงาน 59
ตารางที่ 4.1 แสดงองค์ประกอบ ลักษณะเฉพาะตัว และกิจกรรมของระบบการผลิต จอแสดงภาพ 61
ตารางที่ 4.2 การกระจายของข้อมูลเวลาขั้นงานของสายการประกอบ Function Key Board 66
ตารางที่ 4.3 การกระจายของข้อมูลเวลาขั้นงานของสายการประกอบ Interface Board 67
ตารางที่ 4.4 การกระจายของข้อมูลเวลาขั้นงานของสายการประกอบจอแสดงภาพ 68
ตารางที่ 4.5 ปริมาณความต้องการผลิตต่อวัน 74
ตารางที่ 4.6 ข้อมูลจำนวนผลผลิตที่ได้จากแบบจำลอง 74
ตารางที่ 5.1 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 1 86
ตารางที่ 5.2 ผลของรอบเวลาการผลิตจากสายพานช่วงที่ 2 ของสายการประกอบ Function Key Board 87
ตารางที่ 5.3 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 2 88
ตารางที่ 5.4 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 3 89
ตารางที่ 5.5 ผลของรอบเวลาการผลิตจากสายพานช่วงที่ 4 ของสายการประกอบ Function Key Board 90
ตารางที่ 5.6 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 4 90
ตารางที่ 5.7 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 5 91
ตารางที่ 5.8 ตารางสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยเพื่อนำไปทำการกรองปัจจัยในครั้งแรก 92
ตารางที่ 5.9 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 1 94
ตารางที่ 5.10 ผลของรอบเวลาการผลิตจากสายพานช่วงที่ 2 ของสายการประกอบ Interface Board 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 5.11 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 2 95
ตารางที่ 5.12 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 3 97
ตารางที่ 5.13 ผลของรอบเวลาการผลิตจากสายพานช่วงที่ 4 ของสายการประกอบ Function Key Board 98
ตารางที่ 5.14 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 4 98
ตารางที่ 5.15 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 5 99
ตารางที่ 5.16 ตารางสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยเพื่อนำไปทำการกรองปัจจัยในครั้งแรก 100
ตารางที่ 5.17 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 1 102
ตารางที่ 5.18 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 2 103
ตารางที่ 5.19 ผลจากแบบจำลองปัญหาสำหรับแต่ละระดับของความเร็วสายพานช่วงที่ 3 104
ตารางที่ 5.20 ตารางสรุปปัจจัยและระดับของปัจจัยเพื่อนำไปทำการกรองปัจจัยในครั้งแรก 105
ตารางที่ 6.1 จำนวนสถานีงานจากผลการจัดสมดุลสายการประกอบ 106
ตารางที่ 6.2 Balance Delay ของสายการประกอบ 108
ตารางที่ 6.3 ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้านประสิทธิภาพสายการผลิต และจำนวนผลผลิต 110
ตารางที่ 6.4 ตารางสรุปปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 111
ตารางที่ 6.5 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต 113
ตารางที่ 6.6 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับจำนวนผลผลิต 116
ตารางที่ 6.7 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 119
ตารางที่ 6.8 ระดับของปัจจัยที่ใช้เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 124
ตารางที่ 6.9 ผลจากโปรแกรม MINITAB เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 125
ตารางที่ 6.10 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด สำหรับสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board 127
ตารางที่ 6.11 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต 128
ตารางที่ 6.12 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับจำนวนผลผลิต 131
ตารางที่ 6.13 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 133
ตารางที่ 6.14 ระดับของปัจจัยที่ใช้เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 138
ตารางที่ 6.15 ผลจากโปรแกรม MINITAB เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 139
ตารางที่ 6.16 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด สำหรับสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board 141

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 6.17 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับประสิทธิภาพสายการผลิต 142
ตารางที่ 6.18 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับจำนวนผลผลิต 145
ตารางที่ 6.19 ผลจากโปรแกรม MINITAB สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 148
ตารางที่ 6.20 ปัจจัยและระดับของปัจจัยที่ใช้เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม
สำหรับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 151
ตารางที่ 6.21 ผลจากโปรแกรม MINITAB เพื่อกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 152
ตารางที่ 6.22 ระดับของปัจจัยที่เหมาะสมเพื่อให้ได้เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบที่น้อยที่สุด
สำหรับสายการจอแสดงภาพ 154
ตารางที่ 7.1 ตารางแสดงประสิทธิภาพสายการประกอบและจำนวนผลผลิต 158

สารบัญภาพ

หน้า

รูปที่ 3.1 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board ของรุ่น L1 26
รูปที่ 3.2 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบแผ่นวงจร Interface Board ของรุ่น L1 27
รูปที่ 3.3 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบจอแสดงภาพของรุ่น L1 29
รูปที่ 3.4 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ A 42
รูปที่ 3.5 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของผลิตภัณฑ์ B 42
รูปที่ 3.6 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังรวมของผลิตภัณฑ์ A และ B 42
รูปที่ 3.7 แผนภาพลำดับการทำงานก่อนหลังของขั้นงานการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board แบบรวมทุกรุ่น 43
รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานของระบบการผลิตจอแสดงภาพ 63
รูปที่ 4.2 การกระจายของข้อมูลเวลาการทำงานในขั้นงานการหยิบแผ่น PCB 65
รูปที่ 4.3 ตัวอย่างโปรแกรม ARENA ส่วนหนึ่งของสายการประกอบ Function Key Board 70
รูปที่ 4.4 ส่วนหนึ่งของการใช้คำสั่ง TRACE แสดงว่ามีการสร้าง Entity 2 ที่เวลา 0 72
รูปที่ 4.5 ส่วนหนึ่งของการใช้คำสั่ง TRACE 73
รูปที่ 4.6 กราฟ Moving Average ของแบบจำลองสายการประกอบ Function Key Board 78
รูปที่ 4.7 กราฟ Moving Average ของแบบจำลองสายการประกอบInterface Board 78
รูปที่ 4.8 กราฟ Moving Average ของแบบจำลองสายการประกอบจอแสดงภาพ 79
รูปที่ 4.9 กราฟ Correlogram ของแบบจำลองสายการประกอบFunction Key Board 79
รูปที่ 4.10 กราฟ Correlogram ของแบบจำลองสายการประกอบ Interface Board 80
รูปที่ 4.11 กราฟ Correlogram ของแบบจำลองสายการประกอบจอแสดงภาพ 80
รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board 84
รูปที่ 5.2 สายพานช่วงที่ 1 ของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board 84
รูปที่ 5.3 สายพานช่วงที่ 2 ของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board 85
รูปที่ 5.4 สายพานช่วงที่ 5 ของสายการประกอบแผ่นวงจร Function Key Board 85
รูปที่ 5.5 แสดงลักษณะของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board 93
รูปที่ 5.6 สายพานช่วงที่ 5 ส่วนงานการทดสอบแผ่นวงจรของสายการประกอบแผ่นวงจร Interface 93

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 5.7 สายพานช่วงที่ 5 ส่วนงานการประกอบอุปกรณ์ขั้นสุดท้ายของ
สายการประกอบแผ่นวงจร Interface Board 93
รูปที่ 5.8 แสดงลักษณะของสายการประกอบจอแสดงภาพ 100
รูปที่ 5.9 สายพานช่วงที่ 1 ส่วนงานการประกอบของสายการประกอบจอแสดงภาพ 101
รูปที่ 5.10 สายพานช่วงที่ 2 การ Burn-In ของสายการประกอบจอแสดงภาพ 101
รูปที่ 5.11 สายพานช่วงที่ 3 การทดสอบการทำงานต่าง ๆ ของจอแสดงภาพ 101
รูปที่ 5.12 สายพานช่วงที่ 3 ส่วนงานการตรวจความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์
ของสายการประกอบจอแสดงภาพ 102
รูปที่ 6.1 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 113
รูปที่ 6.2 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต 114
รูปที่ 6.3 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
ประสิทธิภาพสายการผลิต 114
รูปที่ 6.4 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 116
รูปที่ 6.5 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต 117
รูปที่ 6.6 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต 117
รูปที่ 6.7 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 122
รูปที่ 6.8 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 122
รูปที่ 6.9 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 123
รูปที่ 6.10 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ
ในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 126
รูปที่ 6.11 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่
ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 126
รูปที่ 6.12 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 129
รูปที่ 6.13 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต 129
รูปที่ 6.14 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
ประสิทธิภาพสายการผลิต 130
รูปที่ 6.15 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 131
รูปที่ 6.16 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต 132
รูปที่ 6.17 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต 132
รูปที่ 6.18 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 136
รูปที่ 6.19 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 136

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

รูปที่ 6.20 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 137
รูปที่ 6.21 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ
ในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 140
รูปที่ 6.22 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่
ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 140
รูปที่ 6.23 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 143
รูปที่ 6.24 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองประสิทธิภาพสายการผลิต 143
รูปที่ 6.25 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
ประสิทธิภาพสายการผลิต 144
รูปที่ 6.26 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 145
รูปที่ 6.27 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต 146
รูปที่ 6.28 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองจำนวนผลผลิต 146
รูปที่ 6.29 กราฟ Normal Probability Plot แสดงปัจจัยหลักและอันตรกิริยาที่มีนัยสำคัญ 149
รูปที่ 6.30 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 149
รูปที่ 6.31 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง
เวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ 150
รูปที่ 6.32 ภาพผลหลักของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ
ในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 152
รูปที่ 6.33 ภาพอันตรกิริยาของปัจจัยที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนองเวลาที่ชิ้นงานอยู่
ในระบบในการกำหนดระดับของปัจจัยที่เหมาะสม 153