

ฮิวริสติกสำหรับการไหลตงานและการจัดตารางงาน ของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น



นางสาว สาลินี สันติธีรากุล

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-4595-8

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A HEURISTIC APPROACH FOR LOADING AND SCHEDULING PROBLEMS OF FLEXIBLE  
MANUFACTURING SYSTEMS



Miss Salinee Santitheerakul

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
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 2003

ISBN 974-17-4595-8

หัวข้อวิทยานิพนธ์

อิวิริสติกสำหรับการไหลงานและการจัดตารางงาน ของระบบผลิต  
แบบยืดหยุ่น

โดย

นางสาวสาลินี สันติธีรากล


สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา

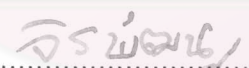
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น  
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต


  
..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.ติเรก ลาวัณย์ศิริ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

  
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ช่างสง่าเวช)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา  
(รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา)

  
..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์จिरพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์)

  
..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร.สิริง ปรีชานนท์)

ศูนย์วิทยนตร์พยากรณ์  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สาลินี สันติธีรากล : ฮิวริสติกสำหรับการโหลดงานและการจัดตารางงาน ของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น (A Heuristic Approach for Loading and Scheduling Problems of Flexible Manufacturing Systems) อ.ที่ปรึกษา : รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา ,225หน้า. ISBN 974-17-4595-8

งานวิจัยฉบับนี้ทำการศึกษาวิธีการแบบฮิวริสติกในการโหลดงานให้กับเครื่องจักรและการจัดตารางงานบนระบบผลิตแบบยืดหยุ่น ฮิวริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) ได้ถูกปรับปรุงเพื่อแก้ปัญหาการโหลดงานและการจัดตารางงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อลดเวลาล่าช้าของงาน และสามารถรองรับข้อจำกัดของระบบ ซึ่งได้แก่ เวลาที่มีในการผลิต และช่องใส่เครื่องมือที่มีอย่างจำกัด ฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุงนี้นอกจากที่จะพิจารณาในส่วนของการจัดลำดับชิ้นงานเพื่อโหลดงาน และการจัดสรรงานให้เครื่องจักรแล้ว ยังพิจารณาควบคู่กับกฎการจ่ายงานที่ใช้ในการจัดตารางงานอีกด้วย การทดลองดำเนินการภายใต้ปัจจัย ดังนี้ กฎการกำหนดส่งมอบงาน (Due-Date Assignment Rules) การจัดลำดับงานเพื่อเลือกงานในการโหลดให้เครื่องจักร (Part Type Selection) ฮิวริสติกที่ใช้ในการโหลดงานให้เครื่องจักร (Heuristic for Loading Problem) กฎในการจัดสรรงานซ้ำ (Reallocate Rules) และกฎการจ่ายงาน (Dispatching Rules) โดยมีดัชนีที่ใช้วัดประสิทธิภาพของระบบประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ (Mean Flow Time) ค่าเฉลี่ยของเวลาสายของชิ้นงาน (Mean Lateness) และค่าเฉลี่ยของเวลาล่าช้าของชิ้นงาน (Mean Tardiness) ผลการทดลองพบว่า ปัจจัยที่นำมาพิจารณาทุกปัจจัยมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และพบว่าฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุงนี้สามารถแก้ปัญหาการโหลดงานและการจัดตารางงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่อนิสิต.....สาลินี.....  
สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา.....2546.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 45705922 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: LOADING / SCHEDULING / FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEM

SALINEE SANTITHEERAKUL : A HEURISTIC APPROACH FOR LOADING AND SCHEDULING OF FLEXIBLE MANUFACTURING SYSTEMS. THESIS ADVISOR: ASSOC.PROF.PARAMES CHUTIMA, Ph.D, 225 pp. ISBN 974-17-4595-8.

This paper deal with the solution of the loading and scheduling problems in a flexible manufacturing system (FMS) environment. A heuristic of Vidyarthi and Tiwari (2001) is improved to solve the machine loading and scheduling problems. The objective of this research is to minimize mean tardiness, satisfying the technology constraint such as availability of machining time and tool slots. The proposed heuristic not only determines the part type sequence and the operation machine allocation but also considers dispatching rules for scheduling problems. The experiments are conducted under various factors, i.e. due date assignment rules, part type sequencing, heuristic approach, reallocating rules and dispatching rules. The performance measures consist of mean flow time, mean lateness and mean tardiness. The experimental results indicate that all factors affect every performance measurement for 95% significant level. This experiment indicates that proposed heuristic can solve the FMS loading and scheduling problem effectively.

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Department ..... Industrial Engineering ..... Student's signature..... *Salinee* .....  
 Field of study..... Industrial Engineering ..... Advisor's signature.....  
 Academic year..... 2003 ..... Co-advisor's signature.....

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องด้วยความช่วยเหลือ และการให้คำปรึกษาของ รองศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ ตลอดระยะเวลาของการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชูเวช ชานูสง่าเวช ประธานการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์ และ อาจารย์ ดร.สิริง ปรีชานนท์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ขอขอบคุณชม หนึ่ง พี่ปู ลูกหมี มิ่งค์ และเพื่อนๆทุกคนที่คอยช่วยเหลือ ให้กำลังใจ และช่วยแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตลอดระยะเวลาในการทำงานวิจัยนี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจและให้คำแนะนำตลอดจนสำเร็จการศึกษา



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ .....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญภาพ.....	ญ
สารบัญตาราง .....	ท
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา .....	2
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย .....	3
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย .....	7
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย .....	7
1.6 สรุปเนื้อหาในงานวิจัย .....	7
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	9
2.1 บทนำ .....	9
2.2 ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น .....	9
2.3 การวางแผนและควบคุมการผลิตบนระบบผลิตแบบยืดหยุ่น.....	11
2.4 การไหลงานให้เครื่องจักรบนระบบผลิตแบบยืดหยุ่น.....	12
2.5 การจัดตารางการผลิตบนระบบผลิตแบบยืดหยุ่น .....	18
2.6 การกำหนดเวลาส่งมอบงาน.....	23
2.7 งานวิจัยที่ศึกษาปัญหาการไหลงานให้เครื่องจักร .....	24
2.8 งานวิจัยที่ศึกษาปัญหาการไหลงานร่วมกับปัญหาอื่นๆ .....	27
2.9 บทสรุป .....	30
บทที่ 3 การปรับปรุงฮิวริสติกในการหาคำตอบ.....	31
3.1 บทนำ .....	31
3.2 ลักษณะของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น.....	31
3.3 ฮิวริสติกในการไหลงานของ Vidarthi and Tiwari (2001).....	36

## สารบัญ (ต่อ)

3.4	ปัญหาที่พบในอิวิริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) .....	46
3.5	แนวทางในการปรับปรุงอิวิริสติกของ Vidyarthi and Tiwari (2001) .....	53
3.6	อิวิริสติกที่ได้รับการปรับปรุง .....	57
3.7	ความแตกต่างระหว่างอิวิริสติกที่ได้รับการปรับปรุง และอิวิริสติกเดิม .....	68
3.8	บทสรุป .....	70
บทที่ 4	การออกแบบการทดลอง .....	71
4.1	บทนำ .....	71
4.2	ลักษณะของระบบผลิตแบบยืดหยุ่น .....	71
4.3	การกำหนดเวลาส่งมอบงาน .....	73
4.4	วิธีในการจัดลำดับความสำคัญของงาน .....	74
4.5	อิวิริสติกที่ใช้ในการไหลตงาน .....	75
4.6	กฎที่ใช้ในการจัดสรรงานซ้ำ .....	76
4.7	กฎการจ่ายงาน .....	77
4.8	เกณฑ์วัดประสิทธิภาพของระบบ .....	78
4.9	ปัจจัยในการทดลอง .....	78
4.10	บทสรุป .....	79
บทที่ 5	ผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลอง .....	81
5.1	บทนำ .....	81
5.2	การวิเคราะห์ความแปรปรวน .....	81
5.3	การวิเคราะห์ปัจจัยหลัก .....	89
5.4	การวิเคราะห์ปัจจัยร่วม .....	102
5.5	พิจารณาสถานะที่ดีที่สุด .....	109
5.6	บทสรุป .....	111
บทที่ 6	การผ่อนผันข้อจำกัดและการวิเคราะห์ความไว .....	112
6.1	บทนำ .....	112
6.2	แนวคิดในการทดลอง .....	112
6.3	การผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	114
6.4	การผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ .....	125



สารบัญ (ต่อ)

6.5	การผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลาและช่องใส่เครื่องมือ .....	138
6.6	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบ.....	152
6.7	การวิเคราะห์ความไวของค่าความกระชั้นของเวลาส่งมอบ .....	153
6.8	บทสรุป .....	159
บทที่ 7	สรุปผลงานวิจัย .....	161
7.1	สรุป .....	161
7.2	ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต .....	163
	รายการอ้างอิง.....	164
	ภาคผนวก .....	167
	ภาคผนวก ก ปัญหาที่นำมาใช้ในงานวิจัย.....	168
	ภาคผนวก ข ตัวอย่างผลการทดลอง .....	179
	ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	225

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญภาพ

รูปที่ 2.1	แผนผังแสดงลักษณะระบบผลิตแบบยืดหยุ่น.....	10
รูปที่ 2.2	ขั้นตอนในการวางแผนและควบคุมการผลิต .....	11
รูปที่ 2.3	ตัวอย่างช่องใส่เครื่องมือบนเครื่องจักร .....	14
รูปที่ 2.4	แผนผังแสดงวิธีการในการแก้ปัญหาการจัดตารางงาน .....	19
รูปที่ 5.1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณาด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	83
รูปที่ 5.1 (ต่อ)	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณาด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ...	84
รูปที่ 5.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณาด้านเวลาสาย .....	85
รูปที่ 5.2 (ต่อ)	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณาด้านเวลาสาย .....	86
รูปที่ 5.3	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้า.....	87
รูปที่ 5.3 (ต่อ)	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน เมื่อพิจารณาด้านเวลาล่าช้า .....	88
รูปที่ 5.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	90
รูปที่ 5.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างระหว่างวิธีการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับเวลาสาย .....	90
รูปที่ 5.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการกำหนดเวลาส่งมอบงานกับเวลาล่าช้า .....	91
รูปที่ 5.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ETR Priority กับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ.....	92
รูปที่ 5.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ETR Priority กับเวลาสาย.....	92
รูปที่ 5.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ETR Priority กับเวลาล่าช้า .....	93
รูปที่ 5.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง OTR Priority กับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	94
รูปที่ 5.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง OTR Priority กับเวลาสาย.....	94
รูปที่ 5.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง OTR Priority กับเวลาล่าช้า.....	95
รูปที่ 5.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอิวิริสติกที่ใช้ในการไหลตงานกับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	96
รูปที่ 5.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอิวิริสติกในการไหลตงานกับเวลาสาย.....	96
รูปที่ 5.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอิวิริสติกในการไหลตงานกับเวลาล่าช้า.....	97
รูปที่ 5.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎในการจัดสรรงานซ้ำกับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ ...	98
รูปที่ 5.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎในการจัดสรรงานซ้ำกับเวลาสาย.....	99
รูปที่ 5.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎในการจัดสรรงานซ้ำกับเวลาล่าช้า.....	99
รูปที่ 5.19	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	100
รูปที่ 5.20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลางานสาย.....	101
รูปที่ 5.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างกฎการจ่ายงานกับเวลาล่าช้า .....	101
รูปที่ 5.22	ผลของปัจจัยร่วม 2 ระดับ เมื่อพิจารณาในด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	106

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.23 ผลของปัจจัยร่วม 2 ระดับ เมื่อพิจารณาในด้านเวลาสายของชิ้นงาน .....	107
รูปที่ 5.24 ผลของปัจจัยร่วม 2 ระดับ เมื่อพิจารณาในด้านเวลาลำช้าของชิ้นงาน .....	108
รูปที่ 6.1 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนเมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา เมื่อพิจารณาด้านเวลา ที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ .....	116
รูปที่ 6.1 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ เมื่อผ่อนผัน ข้อจำกัดด้านเวลา.....	117
รูปที่ 6.2 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ เมื่อผ่อนผัน ข้อจำกัดด้านเวลา.....	118
รูปที่ 6.3 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาสาย เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	119
รูปที่ 6.3 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาสาย เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา	120
รูปที่ 6.4 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาสาย เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้าน เวลา .....	121
รูปที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาลำช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	122
รูปที่ 6.5 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาลำช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	123
รูปที่ 6.6 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปัจจัยหลักด้านเวลาลำช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	124
รูปที่ 6.7 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเมื่อผ่อนผันข้อจำกัด ด้านช่องใส่เครื่องมือ .....	127
รูปที่ 6.7 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบเมื่อผ่อนผัน ข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ .....	128
รูปที่ 6.8 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาที่ชิ้นงานอยู่ในระบบ เมื่อผ่อนผัน ข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ .....	129
รูปที่ 6.9 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาสายเมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ .....	131
รูปที่ 6.9 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาสายเมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่ เครื่องมือ.....	132
รูปที่ 6.10 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาสาย เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้าน ช่องใส่เครื่องมือ.....	133
รูปที่ 6.11 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาลำช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่ เครื่องมือ.....	135

## สารบัญภาพ (ต่อ)

รูปที่ 6.11(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	136
รูปที่ 6.12 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาล่าช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	137
รูปที่ 6.13 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบ เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลา และด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	140
รูปที่ 6.13 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบ เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลา และด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	141
รูปที่ 6.14 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบ เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลาและด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	142
รูปที่ 6.15 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาสาย เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลา และด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	144
รูปที่ 6.15 (ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาสาย เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลา และด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	145
รูปที่ 6.16 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาสาย เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลาและด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	146
รูปที่ 6.17 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลา และด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	148
รูปที่ 6.17(ต่อ) ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนด้านเวลาล่าช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลา และด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	149
รูปที่ 6.18 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปัจจัยหลักด้านเวลาล่าช้า เมื่อผ่อนผันข้อจำกัดทั้งด้านเวลาและด้านช่องใส่เครื่องมือ.....	150
รูปที่ 6.19 กราฟเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบที่ลักษณะข้อจำกัดที่แตกต่างกัน.....	152
รูปที่ 6.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสายของชิ้นงาน กับความกระชั้นของเวลาส่งมอบงานที่เปลี่ยนแปลงไปที่ส่งผลต่อฮิวริสติกในการไหลตงาน.....	155
รูปที่ 6.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาล่าช้าของชิ้นงาน กับความกระชั้นของเวลาส่งมอบงานที่เปลี่ยนแปลงไปที่ส่งผลต่อฮิวริสติกในการไหลตงาน.....	155
รูปที่ 6.22 กราฟแสดงความแตกต่างระหว่างเวลาสายและเวลาล่าช้าของชิ้นงาน เมื่อความกระชั้นของเวลาส่งมอบงานเปลี่ยนแปลงไปที่ส่งผลต่อฮิวริสติกในการไหลตงาน.....	156
รูปที่ 6.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาสายของชิ้นงาน กับความกระชั้นของเวลาส่งมอบงานที่เปลี่ยนแปลงไปที่ส่งผลต่อกฎการจ่ายงาน.....	158

## สารบัญภาพ (ต่อ)

- รูปที่ 6.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาลำช้าของชิ้นงาน กับความกระชั้นของเวลาส่งมอบงานที่เปลี่ยนแปลงไปที่ส่งผลต่อกฎการจ่ายงาน..... 158
- รูปที่ 6.25 กราฟแสดงความแตกต่างระหว่างเวลาสายและเวลาลำช้าของชิ้นงาน เมื่อความกระชั้นของเวลาส่งมอบงานเปลี่ยนแปลงไป ที่ส่งผลต่อกฎการจ่ายงาน..... 159



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## สารบัญญัตราง

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างปัญหาที่นำมาศึกษาในงานวิจัย .....	35
ตารางที่ 3.1 แสดงจำนวนงานที่ถูกตัดออกจากการพิจารณาของ Vidyarthi and Tiwari (2001) .....	47
ตารางที่ 3.2 แสดงผลการเลือกเส้นทางการผลิตของVidyarthi and Tiwari (2001).....	51
ตารางที่ 3.2 (ต่อ) แสดงผลการเลือกเส้นทางการผลิตของVidyarthi and Tiwari (2001).....	52
ตารางที่ 3.3 แสดงความต้องการเวลาในการผลิตและเวลาที่เกินกำลังการผลิตของเครื่องจักร.	53
ตารางที่ 3.4 สรุปข้อแตกต่างระหว่างฮิวริสติกที่ได้รับการปรับปรุง และฮิวริสติกเดิม .....	69
ตารางที่ 5.1 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบ .....	109
ตารางที่ 5.2 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาสาย .....	110
ตารางที่ 5.3 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาล่าช้า.....	110
ตารางที่ 6.1 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบ ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	124
ตารางที่ 6.2 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาสาย ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	125
ตารางที่ 6.3 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาล่าช้า ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	125
ตารางที่ 6.4 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบ ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่ เครื่องมือ .....	137
ตารางที่ 6.5 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาสาย ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ .....	138
ตารางที่ 6.6 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาล่าช้า ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	138
ตารางที่ 6.7 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาที่ขึ้นงานอยู่ในระบบ ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา และช่องใส่เครื่องมือ .....	151
ตารางที่ 6.8 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาสาย ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านช่องใส่เครื่องมือ .....	151
ตารางที่ 6.9 สภาวะที่ดีที่สุดด้านเวลาล่าช้า ของการผ่อนผันข้อจำกัดด้านเวลา .....	151
ตารางที่ 6.10 แสดงผลประสิทธิภาพเมื่อเปลี่ยนแปลงฮิวริสติกในการไหลงาน .....	154
ตารางที่ 6.11 แสดงผลประสิทธิภาพเมื่อเปลี่ยนแปลงกฎการจ่ายงาน.....	157