การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า

นายศิวพล วุฒิพงศ์ประเสริฐ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2544
ISBN 974-03-0839-2
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PRODUCTION SCHEDULING WITH FUZZY DEPENDENT SETUP TIME

Mr. Siwapol Wuttipongprasert

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2001
ISBN 974-03-0839-2

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า
โดย	นายศิวพล วุฒิพงศ์ประเสริฐ
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

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

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชุติมา)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงาประเสริฐวงศ์)

..... กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ปวีณา เชาวลิตวงศ์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศิวพล วุฒิพงศ์ประเสริฐ : การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า (APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PRODUCTION SCHEDULING WITH FUZZY DEPENDENT SETUP TIME) อ.ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.ปารเมศ ชุติมา, 364 หน้า. ISBN 974-03-0839-2.

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาผลของการประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) ในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า และเป็นเวลาในการปรับตั้งแบบฟัซซี่ เพื่อให้เกิดเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรน้อยที่สุด โดยวัดผลจากเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวม ซึ่งแบ่งการศึกษาออกเป็น 3 กรณีศึกษา และนำคำตอบที่ได้ไปเปรียบเทียบผลกับวิธีฮิวริสติกของ CUC เนื่องจากประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมจะขึ้นอยู่กับพารามิเตอร์ต่างๆ จึงได้มีศึกษาและทดสอบพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมในลักษณะของปัญหาที่มีขนาดต่างกันซึ่งได้แก่ ขนาดของประชากร ประเภทของการคัดเลือกสตริงคำตอบ ประเภทของการครอสโอเวอร์ ประเภทของการมิวเตชัน ความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์และความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน โดยการทำการทดลองเบื้องต้น (Pilot Run) การทดสอบทีละระดับปัจจัย (One-Factor-at-a-Time) และการทดสอบทุกระดับปัจจัย (Full Factorial Design) จากการทดสอบพบว่าพารามิเตอร์ทุกตัวที่ได้กล่าวมาเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบโดยเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งในการนำเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้งานจริงควรมีการกำหนดพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยอาจจะใช้ค่าจากการทดลองในงานวิจัยนี้เป็นแนวทางเบื้องต้น และเมื่อนำผลของการประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในกรณีศึกษาทั้ง 3 กรณี มาเปรียบเทียบกับวิธีการของ CUC ผลของการประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมสามารถให้คำตอบที่ดีกว่าในทุกกรณีศึกษา ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าการนำเจนเนติกอัลกอริทึมไปประยุกต์ใช้กับปัญหาในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า เป็นวิธีการหาคำตอบที่มีประสิทธิภาพและสามารถให้คำตอบที่ดีภายในระยะเวลาที่กำหนดได้

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต .....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....
ปีการศึกษา 2544	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม .....

4370521521 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD :

GENETIC ALGORITHMS / PRODUCTION SCHEDULING / DEPENDENT SETUP TIME / FUZZY

SIWAPOL WUTTPONGPRASERT: APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PRODUCTION SCHEDULING WITH FUZZY DEPENDENT SETUP TIME. THESIS ADVISOR: ASST. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 364 pp. ISBN 974-03-0839-2.

Genetic Algorithms (GAs), which is one of the most promising techniques for solving combinatorial problem, is applied in this research. GAs considers the fuzzy dependent setup time production scheduling with the objective is to minimize setup time in 3 case studies. The GAs' solutions will be compared with the CUC's solutions. Experimental design is set up to test the significance of several parameters of GAs including problem sizes, population sizes, selection types, crossover types, mutation types, probability of crossover, and probability of mutation by pilot run, one factor at a time, and full factorial design. The results of the experiment show that all of parameters have significant impact on the solution obtained from GAs at $\alpha = 0.05$. As a result, it is necessary to define appropriate parameters while using GAs. However, the suitable parameters obtained from the research are useful as a guideline in practice. When comparing the result of GAs' solution with the suitable parameters and the CUC's solution, the GAs' solution is better than CUC's solution in all cases. From the research, an application of GAs in production scheduling with dependent setup time is an efficient method that can search for a good solution within an acceptable time limit.

Department Industrial Engineering Student's signature .....

Field of study Industrial Engineering Advisor's signature .....

Academic year 2001 Co-advisor's signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ. ดร. ปารเมศ ชุติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งเป็นผู้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยมาด้วยดีโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ และเพื่อนๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้ความห่วงใยและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

ศิวพล วุฒิพงศ์ประเสริฐ

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญรูป ..... ฎ
สารบัญตาราง ..... ฒ

บทที่ 1 : บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 3
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย 3
1.4 ลักษณะของปัญหา 4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 8
1.6 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย 8
1.7 สรุปเนื้อหางานวิจัย 8

บทที่ 2 : การสำรวจงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องการประยุกต์ลักษณะของปัญหา Traveling Salesman Problems (TSP) กับลักษณะงานต่างๆ 10
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการนำวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม (GAs) มาใช้ในการแก้ปัญหาต่างๆ 14
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับฟัซซี่ 18
2.4 สรุปท้ายบท 21

บทที่ 3 : ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเจนเนติกอัลกอริทึม

3.1 เจนเนติกอัลกอริทึม 24
3.1.1 พันธุศาสตร์กับเจนเนติกอัลกอริทึม 25
3.1.2 ความหมายของเจนเนติกอัลกอริทึม 26

สารบัญ (ต่อ)

3.2 เจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย 27
3.2.1 การเข้ารหัสและสร้างประชากรอย่างสุ่ม 27
3.2.2 ประชากรรุ่นเก่า 29
3.2.3 การดำเนินการของ SGA 29
3.2.4 ประชากรรุ่นใหม่ 31
3.3 ตัวอย่างการใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน 32
3.4 สรุปท้ายบท 35

บทที่ 4 : ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว

4.1 ทฤษฎี Traveling Salesman Problem 37
4.2 ทฤษฎีการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว 39
4.2.1 การจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว 39
4.2.2 วิธี Heuristic ที่ใช้ในการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้าบนเครื่องจักรเพียงเครื่องเดียว 42
4.2.3 ข้อดี-เสียของการจัดตารางการผลิตโดยวิธี Heuristic แบบต่าง ๆ 55
4.3 สรุปท้ายบท 56

บทที่ 5 : รูปแบบของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า

5.1 แนวความคิดเรื่องฟัซซี่ (Fuzzy Theory) 58
5.1.1 ทฤษฎีฟัซซี่เซต 59
5.1.2 ทฤษฎีฟัซซี่ลอจิก 61
5.1.3 การหาคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหาแบบฟัซซี่ 64
5.2 ลักษณะของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า 67
5.3 ตัวอย่างของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า 73
5.4 สรุปท้ายบท 76

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ 6 : การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมกับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาของการปรับตั้งแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า

6.1 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงานของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม 77
- 6.1.1 โครงสร้างหลัก 77
- 6.1.2 ขั้นตอนในการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม 78

6.2 การประยุกต์วิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า 79
- 6.2.1 การใส่รหัสคำตอบ 80
- 6.2.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น 82
- 6.2.3 การถอดรหัสคำตอบ 82
- 6.2.4 การประเมินค่า 84
- 6.2.5 การคัดเลือกคำตอบ 86
- 6.2.6 การครอสโอเวอร์ 90
- 6.2.7 การมิวเตชัน 97
- 6.2.8 เทคนิคการเก็บค่าที่ดีที่สุด 99

6.3 สรุปท้ายบท 102

บทที่ 7 : การทดสอบพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม

7.1 การทดลองหาพารามิเตอร์ที่เหมาะสม 104
- 7.1.1 การระบุปัญหา 104
- 7.1.2 การเลือกตัวแปรตอบสนอง 105
- 7.1.3 การเลือกปัจจัยและระดับปัจจัย 106
- 7.1.4 การพิจารณาผลกระทบร่วมกันของระดับปัจจัย 108

7.2 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 110
- 7.2.1 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการจากการทดลองแต่ละระดับปัจจัย 110
- 7.2.2 การกำหนดรูปแบบการทดลอง 110
- 7.2.3 การเก็บและจัดระบบข้อมูล 129

7.3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง 130
- 7.3.1 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ 131

สารบัญ (ต่อ)

7.3.2 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ปัญหาตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ 135
7.3.3 การวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ปัญหาตัวอย่าง ผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ 142
7.4 สรุปผลการทดลอง 150
7.5 สรุปท้ายบท 151

บทที่ 8 : การเปรียบเทียบคำตอบจากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมกับวิธีฮิวริสติก

8.1 ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ 153
8.1.1 การหาคำตอบโดยใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม 154
8.1.2 การหาคำตอบโดยวิธี CUC 155
8.1.3 การเปรียบเทียบผล 155
8.2 ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ 157
8.2.1 การหาคำตอบโดยใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม 157
8.2.2 การหาคำตอบโดยวิธี CUC 158
8.2.3 การเปรียบเทียบผล 159
8.3 ปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ 160
8.3.1 การหาคำตอบโดยใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม 160
8.3.2 การหาคำตอบโดยวิธี CUC 162
8.3.3 การเปรียบเทียบผล 162
8.4 สรุปผลการเปรียบเทียบวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมกับวิธี CUC 164
8.5 สรุปท้ายบท 164

บทที่ 9 : บทสรุปและข้อเสนอแนะ

9.1 ทฤษฎีพื้นฐานของวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม 166
9.2 รูปแบบและลักษณะของปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งเครื่องจักรแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า 167
9.3 เจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า 169
9.3.1 การพัฒนาเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดตารางการผลิตที่มีเวลาปรับตั้งแบบฟัซซี่ซึ่งขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า 169

สารบัญ (ต่อ)

9.3.2 การทดสอบและหาค่าพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึมที่เหมาะสม 176
9.3.3 ผลการใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการแก้ไขปัญหา 176
9.4 ข้อเสนอแนะ 177
9.5 ข้อจำกัดของโปรแกรม 178

รายการอ้างอิง 180
ภาคผนวก 184
ภาคผนวก ก ปัญหา NP-hard 185
ภาคผนวก ข ตัวอย่างปัญหา 187
ภาคผนวก ค การทดสอบความถูกต้องของโปรแกรม 199
ภาคผนวก ง ผลการทดลอง One Factor at a Time 224
ภาคผนวก จ วิเคราะห์ One Factor at a Time 230
ภาคผนวก ฉ ผลการทดลอง Full Factorial 242
ภาคผนวก ช ผลการวิเคราะห์ Full Factorial 350
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 364

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูปภาพ

รูปที่ 1.1 แสดงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักร 4
รูปที่ 1.2 การจัดตารางการผลิตสำหรับปัญหาตัวอย่าง 6
รูปที่ 1.3 เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมจากปัญหาตัวอย่าง 7
รูปที่ 3.1 เปรียบเทียบลักษณะระหว่างเจนเนติกอัลกอริทึมกับลักษณะทางพันธุศาสตร์ 25
รูปที่ 3.2 ขั้นตอนของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย 28
รูปที่ 3.3 การรีโปรดักชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูลเล็ทที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม 30
รูปที่ 3.4 การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสตริงและการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม 30
รูปที่ 3.5 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$ 33
รูปที่ 4.1 เวลาในการผลิตผลิตภัณฑ์ต่างๆ บนเครื่องจักรเครื่องเดียวกัน 39
รูปที่ 4.2 การหาคำตอบของปัญหาตัวอย่างโดยวิธี BB 53
รูปที่ 5.1 แสดงลักษณะเซตแบบฟัซซี่ 61
รูปที่ 5.2 แสดงการยูเนียนระหว่างฟัซซี่เซตกับคอมพลีเมนท์ฟัซซี่เซต 61
รูปที่ 5.3 แสดงการอินเตอร์เซคระหว่างฟัซซี่เซตกับคอมพลีเมนท์ฟัซซี่เซต 61
รูปที่ 5.4 การแทนรูปฟัซซี่ด้วยค่าการเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซต $\tilde{A}$ 62
รูปที่ 5.5 การแทนรูปคอมพลีเมท์ของฟัซซี่ด้วยค่าการเป็นสมาชิกของฟัซซี่เซต $\overline{\tilde{A}}$ 63
รูปที่ 5.6 การทำ Disjunction ของฟัซซี่เซต $\tilde{A}$ และ $\overline{\tilde{A}}$ 63
รูปที่ 5.7 การทำ Conjunction ของฟัซซี่เซต $\tilde{A}$ และ $\overline{\tilde{A}}$ 65
รูปที่ 5.8 แสดงรูปฟัซซี่เซตของ ก) Membership Function และ ข) Objective Function 65
รูปที่ 5.9 การหาค่าของความพึงพอใจสูงสุดจากรูปภาพ 66
รูปที่ 5.10 เวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรของปัญหา 67
รูปที่ 5.11 แสดงวิธีการรวมเวลาในการปรับตั้งแบบฟัซซี่ 69
รูปที่ 5.12 ลักษณะค่าของความพึงพอใจในการจัดตารางการผลิตจากปัญหาตัวอย่าง 70
รูปที่ 5.13 การหาค่าของความพึงพอใจโดยวิธี Max-Min Operator 71
รูปที่ 5.14 แสดงการหาค่าของความพึงพอใจโดยใช้วิธี Max-Min Operator ซึ่งอาจจะขัดต่อหลักความเป็นจริง 72
รูปที่ 5.15 การจัดตารางการผลิตของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างโดยวิธี CUC 74

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 5.16	เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมน้อยที่สุดจากตัวอย่างโดยวิธี CUC	74
รูปที่ 5.17	การจัดตารางการผลิตผลิตภัณฑ์จากตัวอย่างโดยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม	75
รูปที่ 5.18	เวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมน้อยที่สุดจากตัวอย่างโดยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม	75
รูปที่ 5.15	การเปรียบเทียบเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรระหว่างวิธี CUC กับวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม	75
รูปที่ 6.1	แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเจนเนติกอัลกอริทึม	80
รูปที่ 6.2	การนำสตริงคำตอบมาเรียงเป็นวงกลมตามเข็มนาฬิกา	83
รูปที่ 6.3	วงล้อรูลเล็ท	88
รูปที่ 7.1	แสดงผลการทำ Pilot Run สำหรับผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์	111
รูปที่ 7.2	แสดงผลการทำ Pilot Run สำหรับผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์	112
รูปที่ 7.3	แสดงผลการทำ Pilot Run สำหรับผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์	113
รูปที่ 7.4	การวิเคราะห์ความแตกต่างด้วยวิธี LSD	149
รูปที่ 8.1	ผลการหาคำตอบโดยวิธี GAs สำหรับปัญหาตัวอย่าง 10 ผลิตภัณฑ์	154
รูปที่ 8.2	กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งระหว่างคำตอบที่ได้จาก GAs กับ CUC สำหรับปัญหาตัวอย่าง 10 ผลิตภัณฑ์	156
รูปที่ 8.3	การเปรียบเทียบเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรระหว่างวิธี GAs กับ CUC สำหรับปัญหาตัวอย่าง 10 ผลิตภัณฑ์	156
รูปที่ 8.4	ผลการหาคำตอบโดยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่าง 20 ผลิตภัณฑ์	158
รูปที่ 8.5	กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งระหว่างคำตอบที่ได้จาก GAs กับ CUC สำหรับปัญหาตัวอย่าง 20 ผลิตภัณฑ์	159
รูปที่ 8.6	การเปรียบเทียบเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรระหว่างวิธี GAs กับ CUC สำหรับปัญหาตัวอย่าง 20 ผลิตภัณฑ์	160
รูปที่ 8.7	ผลการหาคำตอบโดยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมสำหรับปัญหาตัวอย่าง 30 ผลิตภัณฑ์	161
รูปที่ 8.8	กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งระหว่างคำตอบที่ได้จาก GAs กับ CUC สำหรับปัญหาตัวอย่าง 30 ผลิตภัณฑ์	163
รูปที่ 8.9	การเปรียบเทียบเวลาในการปรับตั้งเครื่องจักรระหว่างวิธี GAs กับ CUC สำหรับปัญหาตัวอย่าง 30 ผลิตภัณฑ์	163

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปที่ 9.1 กราฟเปรียบเทียบเวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งระหว่างคำตอบที่ได้จาก GAs โดยมีสตริงคำตอบเบื้องต้นจากวิธี CUC กับ CUC สำหรับปัญหาตัวอย่าง 20 ผลิตภัณฑ์ 178

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1	แสดงรายละเอียดของปัญหากรณีศึกษาที่ใช้ในการวัดผล	4
ตารางที่ 1.2	แสดงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละผลิตภัณฑ์	6
ตารางที่ 2.1	สรุปผลงานวิจัยของบุคคลต่างๆโดยแยกตามประเภทของงานวิจัย	21
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจนเนติกอัลกอริทึม	26
ตารางที่ 3.2	กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม	30
ตารางที่ 3.3	การคำนวณหาคำตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$	33
ตารางที่ 4.1	แสดงเวลาการปรับตั้งเครื่องจักรขึ้นอยู่กับผลิตภัณฑ์ก่อนหน้า	41
ตารางที่ 4.2	แสดงวิธีการหาคำตอบของปัญหาตัวอย่างโดยวิธี DPS	44
ตารางที่ 4.3	เมตริกซ์เริ่มต้น	48
ตารางที่ 4.4	การหาค่าที่ต่ำที่สุดในแต่ละแถวจาก Original Metrix	48
ตารางที่ 4.5	การนำค่าต่ำสุดของแต่ละแถวลบออกจากตัวเลขภายในแถว	48
ตารางที่ 4.6	การนำค่าต่ำสุดของสดมภ์ที่ไม่มีเลข 0 ลบออกจากสดมภ์นั้นๆ	49
ตารางที่ 4.7	การหาค่า Lower Bound ของ Original Metrix	49
ตารางที่ 4.8	การหาประจุของ Reduce Metrix	49
ตารางที่ 4.9	การจัดทางเลือกที่เป็นไปไม่ได้จากการแตกกิ่ง	50
ตารางที่ 4.10	การหา Lower Bound จากตารางที่ 4.9ก	51
ตารางที่ 4.11	การหา Lower Bound จากตารางที่ 4.9ข	51
ตารางที่ 4.12	การหาประจุของตารางที่ 4.10	52
ตารางที่ 4.13	การจัดทางเลือกที่เป็นไปไม่ได้จากการแตกกิ่ง	52
ตารางที่ 4.14	การหา Lower Bound จากตารางที่ 4.13ข	53
ตารางที่ 4.15	สรุปข้อดี-เสียของ Heuristic ต่างๆ	56
ตารางที่ 5.1	แสดงเวลาที่ใช้ในการปรับตั้งเครื่องจักรของแต่ละผลิตภัณฑ์	73
ตารางที่ 6.1	ตัวอย่างตารางแสดงการสร้างวงล้อรูลเล็ท	87
ตารางที่ 6.2	ตัวอย่างการคัดเลือกด้วยวิธี Tournament Selection	90
ตารางที่ 7.1	ลักษณะของปัญหาตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง	105
ตารางที่ 7.2	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับจำนวนประชากร จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์	116
ตารางที่ 7.3	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์	117

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 7.4 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในมิวเตชัน จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ 118

ตารางที่ 7.5 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับจำนวนประชากร จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ 120

ตารางที่ 7.6 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ 121

ตารางที่ 7.7 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในมิวเตชัน จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ 122

ตารางที่ 7.8 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับจำนวนประชากร จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ 124

ตารางที่ 7.9 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ 125

ตารางที่ 7.10 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของระดับค่าความน่าจะเป็นในมิวเตชัน จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time สำหรับปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ 126

ตารางที่ 7.11 ระดับของปัจจัยต่างๆที่ได้จากการทดลอง One-Factor-at-a-Time 127

ตารางที่ 7.12 รายละเอียดของปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง Full Factorial Design 128

ตารางที่ 7.13 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 10 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนอง 132

ตารางที่ 7.14 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนอง 136

ตารางที่ 7.15 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 20 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นค่าตอบสนอง 141

ตารางที่ 7.16 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้เวลาเฉลี่ยในการปรับตั้งเครื่องจักรรวมเป็นค่าตอบสนอง 143

ตารางที่ 7.17 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นค่าตอบสนอง 148

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ 7.18 ผลการวิเคราะห์ LSD ของปัญหาตัวอย่างผลิตภัณฑ์ 30 ผลิตภัณฑ์ เมื่อใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันที่พบคำตอบเป็นค่าตอบสนอง 148
ตารางที่ 7.19 ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม 151
ตารางที่ 8.1 การเปรียบเทียบค่าวัตถุประสงค์จากวิธีเจนเนติกอัลกอริทึมกับวิธี CUC 164

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย