

การประยุกต์เงินเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน



นาย ณพงค์ ดันตนาตระกูล

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2542

ISBN 974-334-055-6

ลิขสิทธิ์ของ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PLANT LAYOUT DESIGN
FOR UNEQUAL-SIZE DEPARTMENTAL AREA**



Mr. Napong Tantanatrakool

สถาบันวิทยบริการ

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

Department of Industrial Engineering

Faculty of Engineering


Chulalongkorn University

Academic Year 1999


ISBN 974-334-055-6

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนก
 มีขนาดไม่เท่ากัน
โดย นายณพงศ์ ตันตนาตระกูล
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยดำเนินการ
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

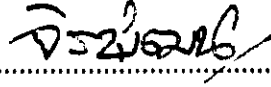

..... คณะบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ)


..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปารเมศ ชูติมา)


..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ดำรงค์ ทวีแสงสกุลไทย)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์)

ณพงศ์ ดันตนาตระกูล : การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่
แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน (APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PLANT
LAYOUT DESIGN FOR UNEQUAL-SIZE DEPARTMENTAL AREA.)

อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. ปารเมศ ชูติมา , 253 หน้า. ISBN 974-334-055-6

ปัญหาการออกแบบผังโรงงานเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบการผลิต โดยทั่วไป
นิยมออกแบบผังโรงงานโดยพิจารณาถึงวัตถุประสงค์เพียงอย่างเดียว คือเพื่อมีค่าใช้จ่ายของ
การขนถ่ายวัสดุภายในโรงงานต่ำที่สุด โดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ(Quantitative) หรือเพื่อให้มี
ความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่างๆโดยรวมสูงที่สุด โดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ(Qualitative) แต่ใน
ความเป็นจริงนั้นจำเป็นจะต้องคำนึงถึงวัตถุประสงค์ทั้งสองควบคู่กันไป(Multi-Objective) ดังนั้น
งานวิจัยฉบับนี้จึงเสนอ การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) ในการค้นหา
คำตอบของปัญหาการออกแบบผังโรงงานทั้งแบบวัตถุประสงค์เดียว(Single-Objective)และแบบ
หลายวัตถุประสงค์(Multi-Objective) โดยปัญหาที่ใช้ในการวิจัยจะมีลักษณะใกล้เคียงกับความ
เป็นจริงกล่าวคือแต่ละแผนกมีข้อจำกัดด้านขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน

เนื่องจากเจเนติกอัลกอริทึมมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์เป็นอย่างมาก จึงจำเป็น
ต้องการกำหนดค่าพารามิเตอร์ให้เหมาะสมกับปัญหา ดังนั้นจึงได้การออกแบบการทดลองเพื่อ
ทดสอบผลของพารามิเตอร์ต่างๆที่มีต่อการหาคำตอบของเจเนติกอัลกอริทึม ซึ่งพบว่าพารา
มิเตอร์ที่มีผลต่อการหาคำตอบอย่างมีนัยสำคัญนั้นแตกต่างกันตามแต่ละรูปแบบของปัญหา

พบว่าเจเนติกอัลกอริทึมสามารถช่วยในการจัดผังโรงงานทั้งแบบวัตถุประสงค์เดียว
และแบบหลายวัตถุประสงค์ที่มีข้อจำกัดด้านต่างๆได้อย่างมีประสิทธิภาพภายในเวลาที่กำหนด
แต่นั้นมิได้หมายความว่าผังโรงงานได้จากเจเนติกอัลกอริทึมนั้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเสมอ
เพราะเนื่องจากคำตอบที่ได้นั้นอาจจะติดอยู่ใน Local Optima และไม่สามารถเข้าสู่ Global
Optima ได้ก่อนเสร็จสิ้นกระบวนการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....
ปีการศึกษา 2542.....

ลายมือชื่อนิสิต.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4170293221 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD:

GENETIC ALGORITHMS / PLANT LAYOUT

NAPONG TANTANATRAKOOL: APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN
PLANT LAYOUT DESIGN FOR UNEQUAL-SIZE DEPARTMENTAL AREA.

THESIS ADVISOR: ASST. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D. 253 pp. ISBN
974-334-055-6

Plant layout design is one of the most critical problems in production system design. Most algorithms to this problem generally focus only on a single objective, either minimizing transportation cost (using quantitative data) or maximizing total department relationships (using qualitative data). In reality, plant layout designers have to consider both objectives (multi-objective) concurrently so as to attain a good solution that can respond to the given design requirements. Genetic algorithms (GA) which is one of the most promising techniques for such problem is applied in this research.

GA is very sensitive to its parameters. There for the experimental design has to be setup to test the significant of several parameters of GA including problem sizes, population sizes, crossover types, probability of crossover, mutation types and probability of mutation. It is found that the significant parameters are different and depend on problem specifications.

The research finds that GA is an efficient method that can search for a good solution for both single and multi-objective plant layout design problems within an acceptable time limit. But GA doesn't guarantee the best solution because the solution maybe located in local optimum, not global one.

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหกรรม.....

ปีการศึกษา 2542.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ ผศ. ดร. ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยมา ด้วยดีตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ คุณกรรณิกา ศิลาพันธ์ คุณนันทนัตต์ อิทธิอมร กุลชัย และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอ มา และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้ความห่วงใยและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจ มาโดยตลอด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฎ
สารบัญรูป.....	ณ
1. บทนำ	
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
1.5 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย.....	5
1.6 สรุปเนื้อหา.....	5
2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์เงินเนติกอัลกอริทึมเพื่อแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงาน.....	7
2.2 งานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคและวิธีการของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	9
2.3 สรุปงานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง.....	10
3. เงินเนติกอัลกอริทึมและการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์	
3.1 เงินเนติกอัลกอริทึม.....	11
3.1.1 พันธุศาสตร์กับเงินเนติกอัลกอริทึม.....	11
3.1.2 ความหมายของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	13
3.2 เงินเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms).....	14
3.2.1 การเข้ารหัสและสร้างประชากรเริ่มต้นอย่างสุ่ม.....	14
3.2.2 ประชากรรุ่นเก่า (Old Population).....	15
3.2.3 การดำเนินการของ GAs.....	15
3.2.4 ประชากรรุ่นใหม่ (New population).....	18

สารบัญ (ต่อ)

3.3 ตัวอย่างการใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการหาค่าตอบของฟังก์ชันวัตถุประสงค์.....	18
3.4 ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์.....	21
3.5 วิธีการแก้ปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์.....	21
3.6 สรุป.....	22
4. รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงาน	
4.1 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ.....	25
4.1.1 ค่าใช้จ่าย.....	25
4.1.2 การแก้ปัญหาผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ.....	26
4.2 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ.....	26
4.2.1 ค่า TCR ที่พิจารณาความใกล้ชิดระหว่างแผนก.....	27
4.2.2 ค่า TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก.....	27
4.3 สรุป.....	29
5. การออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน	
5.1 หลักการออกแบบ.....	31
5.2 องค์ประกอบสำคัญในการออกแบบ.....	32
5.3 สรุป.....	34
6. การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน	
6.1 ข้อยกเว้นของการออกแบบ.....	35
6.2 แนวทางในการประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึม.....	37
6.3 ขั้นตอนและวิธีการของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	37
6.3.1 การรีโพรดักชัน (Reproduction).....	39
6.3.2 กระบวนการครอสโอเวอร์(Crossover).....	41
6.3.2.1 การครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	41
6.3.2.2 การครอสโอเวอร์แบบ OX.....	42
6.3.2.3 การครอสโอเวอร์แบบ CX.....	42
6.3.2.4 การครอสโอเวอร์แบบ PBX.....	43
6.3.2.5 การครอสโอเวอร์แบบ OBX.....	44
6.3.3 การมิวเตชัน(Mutation).....	45

สารบัญ (ต่อ)

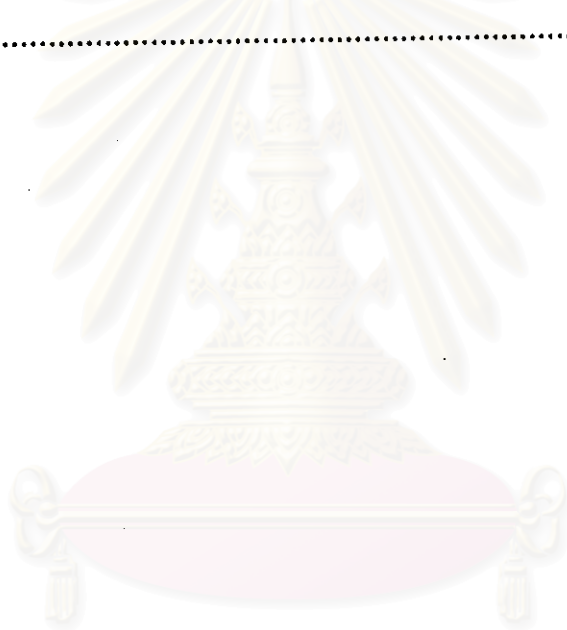
6.3.3.1 การมิวเตชันแบบ Reciplrical Exchange Mutation.....	45
6.3.3.2 การมิวเตชันแบบ Insertion Mutation.....	45
6.3.3.3 การมิวเตชันแบบ Random Seqeunce.....	46
6.4 การประยุกต์เงินเนติกอัลกอริทึมกับการออกแบบผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์ เดียว.....	46
6.4.1 หลักการของการสร้างรหัสสตริง.....	47
6.4.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial population).....	48
6.4.3 การรีโพรดักชันแบบวงล้อรูเล็ต(Roulette wheel).....	48
6.4.4 การครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	50
6.4.5 มิวเตชันแบบ Reciprocal Exchange Mutation.....	52
6.5 การประยุกต์เงินเนติกอัลกอริทึมกับการออกแบบผังโรงงานแบบหลายวัตถุ ประสงค์.....	54
6.5.1 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial population).....	56
6.5.2 การรีโพรดักชันแบบวงล้อรูเล็ต(Roulette wheel).....	56
6.5.3 การครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	57
6.5.4 มิวเตชันแบบReciprocal Exchange Mutation).....	59
6.6 สรุป.....	61
7. การออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบผลของพารามิเตอร์	
7.1 รูปของปัญหา.....	62
7.2 ผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียว (พิจารณาข้อมูลเชิงปริมาณ.....	63
7.2.1 ผังโรงงานที่แผนกมีขนาดเท่ากัน.....	63
7.2.2 ผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน.....	63
7.3 ผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์.....	64
7.4 การออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบพารามิเตอร์.....	65
7.4.1 พารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องทั้งหมด.....	65
7.4.2 การทำpilot run เพื่อกำหนดค่าจำนวนเงินเนอเรนซ์สูงสุด.....	65
7.5 สรุป.....	67
8. ผลการทดสอบพารามิเตอร์ และการวิเคราะห์ผล	

สารบัญ (ต่อ)

8.1	ขั้นตอนของการวิเคราะห์.....	68
8.2	ผลการทดสอบพารามิเตอร์ของการออกแบบผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียว....	68
	8.2.1 ผังโรงงานขนาด 6 แผนก ที่มีแผนกมีขนาดเท่ากัน.....	68
	8.2.1.1 วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA).....	68
	8.2.1.2 Duncan's multiple range test.....	70
8.3	สรุปการวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ที่มีต่อปัญหาผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียวและแบบหลายวัตถุประสงค์.....	75
8.4	สรุป.....	80
9.	เปรียบเทียบค่าตอบ	
9.1	การเปรียบเทียบค่าตอบ ปัญหาผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียวและแบบหลายวัตถุประสงค์.....	83
9.2	สรุปการเปรียบเทียบระหว่างค่าตอบที่ได้จากเงินเนติกัลกอริทึมและค่าตอบที่ได้จากวิธีการอื่นๆ.....	110
10.	สรุป	
10.1	ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยของเงินเนติกัลกอริทึม.....	112
10.2	รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงาน.....	113
10.3	การนำเงินเนติกัลกอริทึมในการประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดผังโรงงานที่แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน.....	114
10.4	ความสามารถและข้อจำกัดของโปรแกรม.....	115
10.5	ปัจจัยที่มีผลต่อการหาค่าตอบของเงินเนติกัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน.....	116
10.6	การเปรียบเทียบระหว่างค่าตอบที่ได้จากเงินเนติกัลกอริทึมและวิธีการอื่นๆ....	121
10.7	ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....	122
10.8	สรุป.....	123
	รายการอ้างอิง.....	124
	ภาคผนวก	
	ภาคผนวก ก. Quadratic Assignment Problem.....	127

สารบัญ (ต่อ)

ภาคผนวก ข. ปัญหา NP-hard.....	127
ภาคผนวก ค. รูปแบบปัญหาที่ใช้ในการทดลอง.....	130
ภาคผนวก ง. การวิเคราะห์ความแปรปรวน.....	149
ภาคผนวก จ. เจนเนเรชันที่พบคำตอบในการทำpilot run.....	206
ภาคผนวก ฉ. การตรวจสอบความถูกต้อง.....	210
ภาคผนวก ช. โปรแกรมและวิธีใช้.....	218
ประวัติผู้วิจัย.....	255



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบค่าศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเจเนติกอัลกอริทึม.....	13
ตารางที่ 3.2	กลุ่มประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม.....	16
ตารางที่ 3.3	การคำนวณหาค่าตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$	19
ตารางที่ 4.1	สัญลักษณ์และความหมายของระดับความสัมพันธ์.....	28
ตารางที่ 4.2	เปรียบเทียบการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและแบบเชิงเส้น.....	28
ตารางที่ 6.1	กระบวนการรีโปรดักชันของปัญหาการจัดฝั่งโรงงานด้วยข้อมูลเชิงปริมาณ.....	39
ตารางที่ 6.2	รายละเอียดของปัญหาตัวอย่าง 6.2.....	47
ตารางที่ 6.3	แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก(เที่ยว) ของปัญหาตัวอย่าง 6.2.....	47
ตารางที่ 6.4	ประชากรเริ่มต้นของปัญหาตัวอย่าง 6.2.....	48
ตารางที่ 6.5	การคำนวณfitness functionของปัญหาตัวอย่าง 6.2.....	49
ตารางที่ 6.6	ค่าสุ่มจากวงล้อรูเล็ต.....	49
ตารางที่ 6.7	สตริงที่ผ่านเข้าสูการครอสโอเวอร์.....	50
ตารางที่ 6.8	สุ่มค่าเพื่อเลือกสตริงไปทำการครอสโอเวอร์.....	50
ตารางที่ 6.9	สตริงที่ผ่านการเลือกเข้าสูการครอสโอเวอร์.....	50
ตารางที่ 6.10	สตริงคู่ที่ 1 หลังผ่านการครอสโอเวอร์.....	51
ตารางที่ 6.11	สตริงคู่ที่ 2 หลังผ่านการครอสโอเวอร์.....	51
ตารางที่ 6.12	สตริงลูกหลานที่ได้จากการครอสโอเวอร์แทนที่สตริงพ่อแม่ ในประชากรเดิม.....	52
ตารางที่ 6.13	สตริงที่ผ่านเข้าสูการมิวเตชัน.....	53
ตารางที่ 6.14	ค่าสุ่มเพื่อเลือกสตริงไปมิวเตชัน.....	53
ตารางที่ 6.15	สตริงที่ได้จากการมิวเตชัน.....	53
ตารางที่ 6.16	สตริงทั้งหมดหลังการมิวเตชัน.....	54
ตารางที่ 6.17	รายละเอียดของปัญหาตัวอย่าง 6.3.....	55
ตารางที่ 6.18	แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก(เที่ยว) ของปัญหาตัวอย่าง 6.3.....	55
ตารางที่ 6.19	ประชากรเริ่มต้นของปัญหาตัวอย่าง 6.3.....	56
ตารางที่ 6.20	การคำนวณfitness functionของปัญหาตัวอย่าง 6.3.....	57
ตารางที่ 6.21	ค่าสุ่มจากวงล้อรูเล็ต.....	57
ตารางที่ 6.22	สตริงที่ผ่านเข้าสูการครอสโอเวอร์.....	58
ตารางที่ 6.23	สุ่มค่าเพื่อเลือกสตริงไปทำการครอสโอเวอร์.....	58

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ 6.24	สตรีงที่ผ่านการล็อกเข้าสู่การครอสโอเวอร์.....	58
ตารางที่ 6.25	สตรีงคู่ที่ 1 หลังผ่านการครอสโอเวอร์.....	58
ตารางที่ 6.26	สตรีงคู่ที่ 2 หลังผ่านการครอสโอเวอร์.....	59
ตารางที่ 6.27	นำสตรีงลูกหลานที่ได้จากการครอสโอเวอร์แทนที่สตรีงพ่อแม่ ในประชากรเดิม....	59
ตารางที่ 6.28	ค่าสุ่มเพื่อเลือกสตรีงไปมิวเตชัน.....	60
ตารางที่ 6.29	สตรีงที่ได้จากการมิวเตชัน.....	60
ตารางที่ 6.30	นำสตรีงลูกหลานที่ได้จากการครอสโอเวอร์แทนที่สตรีงพ่อแม่ ในประชากรเดิม...	60
ตารางที่ 7.1	สรุปลักษณะปัญหาผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียว.....	64
ตารางที่ 7.2	การให้น้ำหนักในการตัดสินใจแบบหลายวัตถุประสงค์.....	64
ตารางที่ 7.3	สรุปลักษณะปัญหาผังโรงงานแบบวัตถุหลายประสงค์.....	64
ตารางที่ 7.4	จำนวนเงินเนอเรนซ์สูงสุดที่จะใช้ในการทดลองสำหรับปัญหาแบบวัตถุประสงค์ เดียว.....	66
ตารางที่ 7.5	จำนวนเงินเนอเรนซ์สูงสุดที่จะใช้ในการทดลองสำหรับปัญหาแบบหลายวัตถุ ประสงค์.....	66
ตารางที่ 8.1	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนของ ผังโรงงานขนาด 6 แฉก ที่มีแผนกมีขนาด เท่ากัน.....	68
ตารางที่ 8.2	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแยกตามพารามิเตอร์.....	69
ตารางที่ 8.3	พารามิเตอร์ที่มีนัยสำคัญต่อค่าตอบสนอง ที่ระดับนัยสำคัญ 0.95.....	70
ตารางที่ 8.4	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในระดับต่างๆของ จำนวนประชากรเริ่มต้น.	70
ตารางที่ 8.5	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในระดับต่างๆของ วิธีการครอสโอเวอร์.....	71
ตารางที่ 8.6	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในระดับต่างๆของวิธีการมิวเตชัน.....	72
ตารางที่ 8.7	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในระดับต่างๆของ ความน่าจะเป็นในการ มิวเตชัน.....	73
ตารางที่ 8.8	การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยในระดับต่างๆของ Interaction ระหว่าง $P_c \cdot P_m$ ที่ระดับ $P_m=0.3$	74
ตารางที่ 8.9	สรุปการวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ที่มีต่อปัญหาผังโรงงานขนาด 6 แฉก ที่มี แผนกมีขนาดเท่ากัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95.....	74

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ 8.10	สรุปการวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ต่อความเหมาะสมของค่าตอบ ของปัญหา ผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียว ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95.....	75
ตารางที่ 8.11	สรุปการวิเคราะห์ผลของพารามิเตอร์ต่อความเหมาะสมของค่าตอบของปัญหา ผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ ที่ระดับความเชื่อมั่น 0.95.....	76
ตารางที่ 8.12	เรียงลำดับเวลาที่ใช้ในการคำนวณของพารามิเตอร์ต่าง ๆ.....	77
ตารางที่ 8.13	สรุปพารามิเตอร์ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุดและมีผลต่อความเหมาะสม ของค่าตอบอย่างนัยสำคัญ ของปัญหาผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียว ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 0.95.....	78
ตารางที่ 8.14	สรุปพารามิเตอร์ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุดและมีผลต่อความเหมาะสม ของค่าตอบอย่างมีนัยสำคัญ ของปัญหาผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ ที่ ระดับความเชื่อมั่น 0.95.....	79
ตารางที่ 10.1	พารามิเตอร์ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุดและมีผลต่อความเหมาะสมของค่า ตอบอย่างมีนัยสำคัญ ของปัญหาผังโรงงานแบบวัตถุประสงค์เดียว ที่ระดับความ เชื่อมั่น 0.95.....	116
ตารางที่ 10.2	พารามิเตอร์ที่ใช้เวลาในการคำนวณน้อยที่สุดและมีผลต่อความเหมาะสมของค่า ตอบอย่างมีนัยสำคัญ ของปัญหาผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ ที่ระดับ ความเชื่อมั่น 0.95.....	116
ตารางที่ ข.1	เวลาในการคำนวณที่อยู่ในรูป Time Complexity Function โดยมีสมมติฐานว่า การคำนวณในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที.....	131
ตารางที่ ข.2	ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า...	133
ตารางที่ ง.1	ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.1.....	149
ตารางที่ ง.2	ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.2.....	150
ตารางที่ ง.3	ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.3.....	152

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตารางที่ ง.19 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.19.....	184
ตารางที่ ง.20 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.20.....	186
ตารางที่ ง.21 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.21.....	188
ตารางที่ ง.22 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.22.....	190
ตารางที่ ง.23 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.23.....	192
ตารางที่ ง.24 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.24.....	194
ตารางที่ ง.25 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.25.....	196
ตารางที่ ง.26 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.26.....	198
ตารางที่ ง.27 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.1.27.....	200
ตารางที่ ง.28 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.2.1.....	202
ตารางที่ ง.29 ANOVA , Duncan's multiple range test และพารามิเตอร์ที่มีผลตอบค่าตอบ สนองของการวิเคราะห์ ง.2.2.....	204
ตารางที่ จ.1 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในการทำpilot run ของปัญหาแบบวัตถุประสงค์เดียว...	206
ตารางที่ จ.2 เจนเนอเรชั่นที่พบคำตอบในการทำpilot run ของปัญหาแบบหลายวัตถุประสงค์..	207

สารบัญรูป

รูปที่ 3.1	เปรียบเทียบลักษณะระหว่างเงินเนติคัลกอริทึมกับลักษณะทางพันธุศาสตร์.....	12
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนของ GA อย่างง่าย.....	14
รูปที่ 3.3	การรีโพรดักชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูเล็ตที่มีขนาดของแต่ละช่องเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม.....	16
รูปที่ 3.4	การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสตริงและการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม.....	17
รูปที่ 3.5	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$	19
รูปที่ 4.1	แสดงการคำนวณระยะทางแบบต่างๆ.....	26
รูปที่ 4.2	ความใกล้ชิดระหว่างสถานี.....	27
รูปที่ 4.3	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์กับการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและเชิงเส้น.....	29
รูปที่ 5.1	การเรียงพื้นที่แบบต่างๆ.....	32
รูปที่ 5.2	ลักษณะผังโรงงานที่ได้จากการออกแบบโดยการเรียงพื้นที่ไปตามแนวแกน Y.....	34
รูปที่ 6.1	ผังโรงงานสำหรับปัญหาตัวอย่าง 6.1.....	37
รูปที่ 6.2	หลักการของGA.....	38
รูปที่ 6.3	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนก ตัวอย่าง 6.3.....	56
รูปที่ 9.1	ค่าใช้จ่ายของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรนซ์ของGAsในการเปรียบเทียบคำตอบ 9.1.1.....	83
รูปที่ 9.2	ค่าใช้จ่ายของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรนซ์ของGAsในการเปรียบเทียบคำตอบ 9.1.2.....	84
รูปที่ 9.3	ค่าใช้จ่ายของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรนซ์ของGAsในการเปรียบเทียบคำตอบ 9.1.3.....	85
รูปที่ 9.4	ค่าใช้จ่ายของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรนซ์ของGAsในการเปรียบเทียบคำตอบ 9.1.4.....	86
รูปที่ 9.5	ค่าใช้จ่ายของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรนซ์ของGAsในการเปรียบเทียบคำตอบ 9.1.5.....	87

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่ 9.20 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.20.....	102
รูปที่ 9.21 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.21.....	103
รูปที่ 9.22 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.22.....	104
รูปที่ 9.23 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.23.....	105
รูปที่ 9.24 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.24.....	106
รูปที่ 9.25 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.25.....	107
รูปที่ 9.26 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.26.....	108
รูปที่ 9.27 ค่าใช้จ่ายและTCRของผังโรงงานในแต่ละเงินเนอเรชั่นของGAsในการเปรียบเทียบ คำตอบ 9.1.27.....	109