


การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึม กับการออกแบบผังโรงงานที่ไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า



นายอรรถวิทย์ คุเอกชัย

ศูนย์วิทยทรัพยากร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ


คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2546

ISBN 974-17-3644-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR  
NON-RECTANGULAR PLANT LAYOUT DESIGN



Mr. Attawit Kooakachai

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 974-17-3644-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึม กับการออกแบบผังโรงงานที่ไม่  
เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

โดย

นายอรรถวิทย์ คูเอกชัย

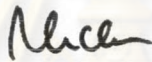
สาขาวิชา

วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา

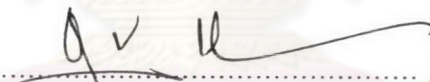
รองศาสตราจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้  
เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

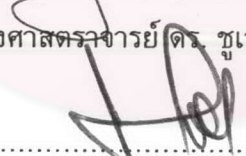


..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์  
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

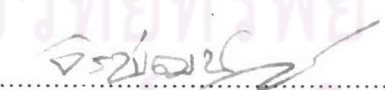
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



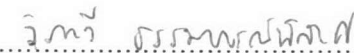
..... ประธานกรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ ดร. ชูเวช ช่างสง่าเวช)



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



..... กรรมการ  
(รองศาสตราจารย์ จิรพัฒน์ เงามประเสริฐวงศ์)



..... กรรมการ  
(อาจารย์ ดร. วิภาวี ธรรมภรณ์พิลาศ)

อรรถวิทย์ คุเอกชัย : การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึมกับการออกแบบผังโรงงานที่ไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า. (APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR NON-RECTANGULAR PLANT LAYOUT DESIGN) อ.ที่ปรึกษา : รศ. ดร.ปารเมศ ชุตติมา, 316 หน้า. ISBN 974-17-3644-4.

การประยุกต์ใช้เจเนติกอัลกอริทึม ในงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการออกแบบผังโรงงานในอดีตที่ผ่านมา พยายามที่จะประยุกต์ใช้กับปัญหาที่อยู่ในโลกของความเป็นจริง โดยมีการพัฒนามาเป็นลำดับขั้น ซึ่งการเพิ่มข้อจำกัดต่างๆให้กับการออกแบบ ทำให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริง และตรงตามความต้องการของผู้ออกแบบ

งานวิจัยฉบับนี้ ได้ใช้เจเนติกอัลกอริทึมประยุกต์แก้ปัญหากับการออกแบบผังโรงงานแบบหลายวัตถุประสงค์ ทั้งเชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ คือ ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุทางเดินระหว่างแผนก และความสัมพันธ์ระหว่างแผนก ซึ่งมีข้อจำกัดต่างๆ เช่น ผังโรงงานที่ไม่เป็นรูปสี่เหลี่ยมมุมฉาก พื้นที่ตายตัวบรรจุอยู่ในผังโรงงาน แผนกมีขนาดไม่เท่ากัน บางแผนกมีรูปร่างคงที่ และบางแผนกมีที่ตั้งคงที่ โดยการตั้งสมมติฐานก่อนการทดลอง เพื่อให้สามารถหาคำตอบที่มีความเป็นไปได้ในความเป็นจริง และสามารถผ่านข้อจำกัดทั้งหมด นอกจากนี้ งานวิจัยฉบับนี้ยังได้ใช้ข้อมูลนำเข้าแบบพีชชีมาใช้ในการทดลอง เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถกำหนดข้อมูลนำเข้า ขณะออกแบบได้ในขณะที่สิ่งแวดล้อมเปลี่ยนแปลงไป

เนื่องจากเจเนติกอัลกอริทึมมีความสัมพันธ์กับพารามิเตอร์อย่างมาก งานวิจัยฉบับนี้จึงได้เลือกโอเปอเรเตอร์ของเจเนติกอัลกอริทึม ที่ผลของงานวิจัยฉบับอื่นๆบ่งชี้ว่ามีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดีมาใช้ในการออกแบบการทดลอง เพื่อทดสอบหาค่าพารามิเตอร์ต่างๆที่เหมาะสมในการแก้ปัญหา

ผลการวิจัยพบว่า เจเนติกอัลกอริทึมมีประสิทธิภาพในการหาคำตอบที่ดี และวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX กับวิธีการมิวเตชันแบบ Reciprocal Exchange มีความสามารถในการหาคำตอบที่ดีอย่างโดดเด่น แต่เนื่องจากมีข้อจำกัดทางกายภาพของการออกแบบมากขึ้น ผังโรงงานคำตอบที่เป็นไปได้ และผ่านข้อจำกัดทั้งหมดจึงมีไม่มาก การหาคำตอบด้วยวิธีเจเนติกอัลกอริทึมจึงใช้เวลานานโดยเฉพาะปัญหาขนาดใหญ่ ทำให้ผังโรงงานที่ได้จากเจเนติกอัลกอริทึมอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด สำหรับการนำเข้าข้อมูลนำเข้าแบบพีชชีนั้น พบว่ากรณีที่ไม่ใช่ค่าเฉลี่ยสามารถหาคำตอบได้เหมาะสมกับกรณีตัวเอง ส่วนกรณีค่าเฉลี่ยหรือพีชชีสามารถครอบคลุมทุกกรณีของความไม่แน่นอน

ภาควิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม .....ลายมือชื่อนิสิต.....อรรถวิทย์ คุเอกชัย.....  
สาขาวิชา ..... วิศวกรรมอุตสาหกรรม .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....  
ปีการศึกษา ..... 2546 .....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

# # 4470648721 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD : GENETIC ALGORITHMS / PLANT DESIGN / OPTIMIZATION


ATTAWIT KOOAKACHAI : APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS FOR  
NON-RECTANGULAR PLANT LAYOUT DESIGN. THESIS ADVISOR:  
ASSOC. PROF. PARAMES CHUTIMA, Ph.D., 316 pp. ISBN 974-17-3644-4.

Applications of Genetic Algorithms (GA) in recent years have been tried to solve plant layout design problem in real world. The approach to solve this problem is to add more constraints to make the situation the closer to real world problems.

This research applies GA to solve plant layout design problem by using both of quantitative (material handling cost and aisle relation) and qualitative (department relation) data. The combined constraints are non-rectangular plant, fixed areas (areas in plant that already exist), unequal department areas, fixed shape departments, and fixed position departments. Because of the large numbers of constraints, predefined assumptions have been set to achieve feasible plant layout solution. Besides that, this research uses fuzzy input data for serving designer to handle with uncertainty of situation of non-precise information.

Since GA is highly sensitive to its parameters, this research chooses well-known operators that have good efficiency in finding solution (indicated by other researches) to test in experimental design on several levels. The appropriate parameters from experimental design will be used in solving problems.

The research finds that GA has good performance for finding solutions. In addition, Partially Match Crossover (PMX) and Reciprocal Exchange Mutation are prominent in finding solutions. But, as the numbers of constraints increase, they affect physical plant layout and lead to limitation of feasible solutions. Because of that, problem solving is time consuming especially in large size problems. As the result, solutions obtained by GA may not be optimal. As for fuzzy input data, it can be concluded that the non-fuzzy approach can obtain solution suitable for its considered case while the fuzzy approach can get a reasonable solution suitable for all cases.

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

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รศ. ดร. ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการทุกท่าน ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น และเทคนิคต่างๆ ที่นำมาใช้ในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา รวมทั้งให้คำชี้แนะในกระบวนการทำวิทยานิพนธ์ที่ถูกต้อง

อีกทั้งต้องขอขอบคุณ อาจารย์ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ ที่ได้ให้คำแนะนำเทคนิคต่างๆ และความช่วยเหลือของการรันโปรแกรม เพื่อนๆ ที่ทุกท่านที่ช่วยสนับสนุนและเป็นแรงใจช่วยเหลือตลอดมา และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนการวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งให้กำลังใจ และขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาแก่ผู้วิจัย จนสามารถทำงานวิจัยสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

นายอรรณวิทย์ คุเอกชัย

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม

ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญรูป.....	ด
สารบัญตาราง.....	ป
<b>บทที่ 1 บทนำ.....</b>	<b>1</b>
1.1 บทนำ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	4
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	4
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	8
1.5 ขั้นตอนศึกษาและทำวิจัย.....	9
1.6 สรุปเนื้อหา.....	9
<b>บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....</b>	<b>11</b>
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเงินเนติกอัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงาน.....	11
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้พีชชีเงินเนติกอัลกอริทึม ที่เกี่ยวกับปัญหาการวางผังโรงงาน.....	17
2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาอื่นๆ.....	17
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคนิค และวิธีการของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	19
2.5 สรุปงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
<b>บทที่ 3 เงินเนติกอัลกอริทึม และการแก้ปัญหาหลายวัตถุประสงค์.....</b>	<b>22</b>
3.1 เงินเนติกอัลกอริทึม.....	22
3.1.1 พันธุศาสตร์กับเงินเนติกอัลกอริทึม.....	23
3.1.2 ความหมายของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	24
3.2 เงินเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithms).....	25
3.2.1 การเข้ารหัส และการสร้างประชากรเบื้องต้นอย่างสุ่ม.....	26

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.2 ประชากรรุ่นเก่า (Old Population).....	27
3.2.3 การดำเนินการของ SGA.....	27
3.2.4 ประชากรรุ่นใหม่ (New Population).....	30
3.3 ตัวอย่างการใช้เงินเหนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน.....	30
3.4 เงินเหนติกอัลกอริทึมแบบหลายวัตถุประสงค์.....	33
3.5 สรุปท้ายบท.....	36
<b>บทที่ 4 รูปแบบของปัญหาการออกแบบผังโรงงาน.....</b>	<b>37</b>
4.1 การออกแบบผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ.....	37
4.1.1 ค่าใช้จ่าย.....	37
4.1.2 ทางเดินระหว่างแผนก.....	38
4.1.3 การแก้ปัญหาผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ.....	39
4.2 การออกแบบผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ.....	40
4.3 การออกแบบผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลแบบพีชชี.....	41
4.4 สรุปท้ายบท.....	43
<b>บทที่ 5 หลักการออกแบบผังโรงงานที่ใช้ในงานวิจัย.....</b>	<b>44</b>
5.1 หลักการของ MCRAFT.....	44
5.1.1 รูปแบบการเรียงพื้นที่.....	45
5.2 หลักการออกแบบผังโรงงานที่ใช้ในงานวิจัย.....	46
5.2.1 ระบบการทำงานของกรวางผังโรงงาน.....	46
5.2.2 ข้อสมมติฐานเบื้องต้น.....	49
5.2.3 ตัวอย่างการวางผังโรงงาน.....	52
5.3 สรุปท้ายบท.....	54
<b>บทที่ 6 การประยุกต์ใช้เงินเหนติกอัลกอริทึม</b>	
<b>ในการแก้ปัญหาการออกแบบผังโรงงาน.....</b>	<b>56</b>
6.1 ลักษณะของปัญหาการออกแบบผังโรงงาน	
ที่รูปร่างของผังโรงงานไม่เป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก.....	56
6.1.1 ขอบเขตของปัญหา.....	56
6.1.2 ข้อมูลที่ใช้พิจารณา.....	58



## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
6.2 โครงสร้างของเงินเนติกอัลกอริทึม	
สำหรับปัญหาการออกแบบผังโรงงาน.....	60
6.2.1 โครงสร้างหลัก.....	60
6.2.2 ขั้นตอนการทำงานของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	61
6.3 วิธีการของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	66
6.3.1 การใส่รหัสคำตอบ (Chromosome Representation/ Coding).....	66
6.3.2 การสร้างกลุ่มประชากรเบื้องต้น (Initial Population Creating).....	66
6.3.3 การรีโปรดักชัน (Reproduction).....	67
6.3.4 การครอสโอเวอร์ (Crossover).....	72
6.3.5 การมิวเตชัน (Mutation).....	79
6.3.6 การเก็บค่าสตริงที่ดีที่สุด (Elitist).....	81
6.3.7 การสร้างสตริงใหม่อีกครั้ง (Re-initialization).....	81
6.4 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมกับการออกแบบผังโรงงาน.....	82
6.4.1 การเตรียมข้อมูล (Data Input).....	82
6.4.2 การสร้างสตริงคำตอบเบื้องต้น.....	86
6.4.3 การประเมินค่า.....	86
6.4.4 การคัดเลือกสตริงคำตอบ.....	87
6.4.5 การเก็บค่าสตริงที่ดีที่สุด.....	88
6.4.6 การครอสโอเวอร์.....	89
6.4.7 การเก็บค่าสตริงที่ดีที่สุด.....	92
6.4.8 การมิวเตชัน.....	93
6.4.9 การเก็บค่าสตริงที่ดีที่สุด.....	94
6.4.10 การสร้างสตริงใหม่.....	95
6.5 โปรแกรมการประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึม	
ในการออกแบบผังโรงงาน.....	101
6.5.1 หน้าที่ของโปรแกรม.....	101
6.5.2 ข้อจำกัดและข้อควรพิจารณา.....	101
6.5.3 ข้อมูลที่ป้อนให้กับโปรแกรม.....	102
6.5.4 ผลที่ได้จากโปรแกรม.....	106
6.6 สรุปท้ายบท.....	107

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 7 การทดสอบพารามิเตอร์ของเจนเนติกอัลกอริทึม.....	109
7.1 การเลือกตัวแปรตอบสนอง.....	109
7.2 การทดลองเบื้องต้น.....	110
7.2.1 ปัญหาที่ 1.....	113
7.2.2 ปัญหาที่ 2.....	115
7.2.3 ปัญหาที่ 3.....	117
7.2.4 ปัญหาที่ 4.....	119
7.2.5 ปัญหาที่ 5.....	121
7.2.6 ปัญหาที่ 6.....	123
7.2.7 ปัญหาที่ 7.....	125
7.2.8 ปัญหาที่ 8.....	127
7.2.9 ปัญหาที่ 9.....	129
7.2.10 ปัญหาที่ 10.....	131
7.2.11 ปัญหาที่ 11.....	133
7.2.12 ปัญหาที่ 12.....	135
7.2.13 ปัญหาที่ 13.....	137
7.2.14 ปัญหาที่ 14.....	139
7.2.15 สรุปค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดลองเบื้องต้น.....	141
7.2.16 การให้เหตุผลของจำนวนเจนเนอเรชั่นทั้งหมด.....	142
7.3 การออกแบบการทดลอง.....	143
7.3.1 ปัจจัยในการออกแบบการทดลอง.....	143
7.3.2 การกำหนดจำนวนข้อมูลที่ต้องการ.....	144
7.3.3 การกำหนดรูปแบบการทดลอง.....	144
7.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.....	145
7.4.1 ปัญหาที่ 1.....	147
7.4.2 ปัญหาที่ 2.....	150
7.4.3 ปัญหาที่ 3.....	152
7.4.4 ปัญหาที่ 4.....	155
7.4.5 ปัญหาที่ 5.....	158
7.4.6 ปัญหาที่ 6.....	160
7.4.7 ปัญหาที่ 7.....	164

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
7.4.8 ปัญหาที่ 8.....	167
7.4.9 ปัญหาที่ 9.....	170
7.4.10 ปัญหาที่ 10.....	174
7.4.11 ปัญหาที่ 11.....	177
7.4.12 ปัญหาที่ 12.....	180
7.4.13 ปัญหาที่ 13.....	184
7.4.14 ปัญหาที่ 14.....	187
7.5 สรุปผลการทดลอง.....	191
7.5.1 ปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 6.....	192
7.5.2 ปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 10.....	192
7.5.3 ปัญหาที่มีจำนวนแผนกเท่ากับ 15 ถึง 20.....	192
7.5.4 ผลสรุปของการสร้างสตริงใหม่.....	193
7.6 สรุปท้ายบท.....	193
<b>บทที่ 8 การเปรียบเทียบคำตอบ.....</b>	<b>195</b>
8.1 การสร้างคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	195
8.2 การควบคุมการแก้ปัญหา.....	196
8.2.1 การกำหนดเงื่อนไข การหยุดการทำงานของเจนเนติกอัลกอริทึม.....	196
8.2.2 การควบคุมคอมพิวเตอร์ที่ใช้แก้ปัญหา.....	197
8.3 ปัญหาที่ 1.....	197
8.3.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	197
8.3.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	198
8.3.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	199
8.3.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	199
8.4 ปัญหาที่ 2.....	201
8.4.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	201
8.4.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	202
8.4.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	202
8.4.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	203
8.5 ปัญหาที่ 3.....	204

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8.5.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	204
8.5.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	205
8.5.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	206
8.5.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	206
8.6 ปัญหาที่ 4.....	208
8.6.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	208
8.6.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	209
8.6.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	209
8.6.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	210
8.7 ปัญหาที่ 5.....	212
8.7.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	212
8.7.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	213
8.7.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	213
8.7.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	214
8.8 ปัญหาที่ 6.....	216
8.8.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	216
8.8.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	217
8.8.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	217
8.8.4 การวางพื้นที่คงที่ที่ลงในผังโรงงานคำตอบ.....	218
8.9 ปัญหาที่ 7.....	220
8.9.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	220
8.9.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	221
8.9.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	221
8.9.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	222
8.10 ปัญหาที่ 8.....	224
8.10.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	224
8.10.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	225
8.10.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	225
8.10.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	226
8.11 ปัญหาที่ 9.....	228
8.11.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม.....	228

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8.11.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	229
8.11.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	229
8.11.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	230
8.12 ปัญหาที่ 10.....	232
8.12.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม.....	232
8.12.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	233
8.12.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	233
8.12.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	234
8.13 ปัญหาที่ 11.....	236
8.13.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม.....	236
8.13.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	237
8.13.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	237
8.13.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	238
8.14 ปัญหาที่ 12.....	240
8.14.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม.....	240
8.14.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	241
8.14.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	241
8.14.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	242
8.15 ปัญหาที่ 13.....	244
8.15.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม.....	244
8.15.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	245
8.15.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	245
8.15.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	246
8.16 ปัญหาที่ 14.....	248
8.16.1 การหาคำตอบด้วยวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม.....	248
8.16.2 การหาคำตอบด้วยวิธีการสุ่ม.....	249
8.16.3 การเปรียบเทียบคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	249
8.16.4 การวางพื้นที่ตายตัวลงในผังโรงงานคำตอบ.....	250
8.17 สรุปผลการเปรียบเทียบคำตอบ.....	252
8.17.1 สรุปความแตกต่างของแต่ละปัญหา.....	252
8.17.2 การเปรียบเทียบกรณีของปัญหาแบบฟิชชี.....	253

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
8.18 สรุปท้ายบท.....	254
<b>บทที่ 9 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>257</b>
9.1 สรุปงานวิจัย.....	257
9.1.1 การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน.....	258
9.1.2 การทดสอบพารามิเตอร์ของเงินเนติกอัลกอริทึม.....	259
9.1.3 ผลการใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหา.....	260
9.2 ข้อเสนอแนะ.....	260
9.2.1 ข้อสังเกตของโปรแกรมในงานวิจัย.....	260
9.2.2 ข้อดีและข้อเสีย.....	262
9.2.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม.....	262
รายการอ้างอิง.....	264
ภาคผนวก.....	268
ภาคผนวก ก Quadratic Assignment Problem.....	269
ภาคผนวก ข ปัญหา NP-hard.....	272
ภาคผนวก ค รายละเอียดของปัญหาในงานวิจัย.....	274
ค.1 ปัญหาที่มีจำนวนแผนก 6 แผนก.....	274
ค.2 ปัญหาที่มีจำนวนแผนก 10 แผนก.....	277
ค.3 ปัญหาที่มีจำนวนแผนก 20 แผนก.....	280
ค.4 ปัญหาแบบพีชชี.....	285
ภาคผนวก ง ผังโรงงานคำตอบของการเปรียบเทียบคำตอบ.....	290
ง.1 ปัญหาที่ 1.....	290
ง.1.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	290
ง.1.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	290
ง.2 ปัญหาที่ 2.....	291
ง.2.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	291
ง.2.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	292
ง.3 ปัญหาที่ 3.....	292
ง.3.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	292

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ง.3.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	292
ง.4 ปัญหาที่ 4.....	292
ง.4.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	292
ง.4.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	294
ง.5 ปัญหาที่ 5.....	295
ง.5.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	295
ง.5.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	295
ง.6 ปัญหาที่ 6.....	295
ง.6.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	295
ง.6.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	295
ง.7 ปัญหาที่ 7.....	296
ง.7.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	296
ง.7.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	297
ง.8 ปัญหาที่ 8.....	298
ง.8.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	298
ง.8.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	299
ง.9 ปัญหาที่ 9.....	300
ง.9.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	300
ง.9.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	301
ง.10 ปัญหาที่ 10.....	302
ง.10.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	302
ง.10.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	304
ง.11 ปัญหาที่ 11.....	305
ง.11.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	305
ง.11.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	306
ง.12 ปัญหาที่ 12.....	307
ง.12.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	307
ง.12.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	308
ง.13 ปัญหาที่ 13.....	309
ง.13.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	309
ง.13.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	311

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
ง.14 ปัญหาที่ 14.....	312
ง.14.1 ผังโรงงานคำตอบก่อนการวางพื้นที่ตายตัว.....	312
ง.14.2 ผังโรงงานคำตอบหลังจากวางพื้นที่ตายตัว.....	314



ศูนย์วิทยทรัพยากร  
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



## สารบัญรูป

	หน้า
รูปที่ 1.1	ผังโรงงานที่ใช้ในงานวิจัยแบบที่ 1..... 4
รูปที่ 1.2	ผังโรงงานที่ใช้ในงานวิจัยแบบที่ 2..... 5
รูปที่ 3.1	การเปรียบเทียบลักษณะระหว่าง เงินเนติกอัลกอริทึมกับลักษณะทางพันธุศาสตร์..... 23
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนของเงินเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย..... 26
รูปที่ 3.3	การรีโปรแกรมอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูเล็ต..... 28
รูปที่ 3.4	การครอสโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสตริง และการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งไขว้แบบสุ่ม..... 29
รูปที่ 3.5	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$ ..... 31
รูปที่ 4.1	แสดงการวัดระยะทางแบบเรคติลิเนียร์..... 38
รูปที่ 4.2	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์กับการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล..... 41
รูปที่ 4.3	ตัวเลขพีชชีแบบสี่เหลี่ยมคางหมู..... 42
รูปที่ 5.1	การเรียงพื้นที่แบบต่าง ๆ..... 46
รูปที่ 5.2	แผนผังแสดงขั้นตอนในการออกแบบผังโรงงาน..... 49
รูปที่ 5.3	ตัวอย่างการคำนวณอัตราส่วนด้านยาวต่อด้านกว้าง..... 51
รูปที่ 5.4ก	ตัวอย่างผังโรงงานและพื้นที่ตายตัว..... 52
รูปที่ 5.4ข	การวางแผนกที่ 1 ที่มุมล่างซ้าย..... 53
รูปที่ 5.4ค	ทิศทางการเรียงพื้นที่ตามแนวแกน X-Y..... 53
รูปที่ 5.4ง	เรียงแผนกตามลำดับการเรียง..... 54
รูปที่ 5.4จ	ผังโรงงานคำตอบ..... 54
รูปที่ 6.1	แผนผังแสดงโครงสร้างและวิธีการของเงินเนติกอัลกอริทึม..... 65
รูปที่ 6.2	แผนผังแสดงวิธีและจำนวนครั้งในการสร้างสตริง Band Width..... 79
รูปที่ 6.3	ผังโรงงานตัวอย่างก่อนการวางแผนก..... 83
รูปที่ 6.4	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก..... 85
รูปที่ 6.5	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรนซ์ของปัญหาตัวอย่าง..... 97
รูปที่ 6.6	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุ และเงินเนอเรนซ์ของปัญหาตัวอย่าง..... 97
รูปที่ 6.7	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า TCR ที่พิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก และเงินเนอเรนซ์ของปัญหาตัวอย่าง..... 98

## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 6.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสัมพันธ์ของทางเดิน และเงินเนอเรชั่นของปัญหาตัวอย่าง.....	98
รูปที่ 6.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าเฉลี่ยของฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม ของประชากรในแต่ละเงินเนอเรชั่น และเงินเนอเรชั่น.....	99
รูปที่ 6.10 ผังโรงงานคำตอบที่ยังไม่ได้วางพื้นที่ตายตัวของปัญหาตัวอย่าง.....	99
รูปที่ 6.11 ผังโรงงานคำตอบสุดท้ายของปัญหาตัวอย่าง.....	100
รูปที่ 7.1 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 1 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	148
รูปที่ 7.2 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 1 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	149
รูปที่ 7.3 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 2 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	151
รูปที่ 7.4 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 2 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	151
รูปที่ 7.5 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 3 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	154
รูปที่ 7.6 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 3 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	154
รูปที่ 7.7 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 4 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	157
รูปที่ 7.8 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 5 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	159
รูปที่ 7.9 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 5 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	159
รูปที่ 7.10 ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมีวเตชั่นของปัญหาที่ 6.....	161
รูปที่ 7.11 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 6 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	162
รูปที่ 7.12 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 6 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	163
รูปที่ 7.13 ผลของวิธีการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 7.....	165

## สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 7.14 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 7 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	166
รูปที่ 7.15 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 7 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	166
รูปที่ 7.16 ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมีเวตชันของปัญหาที่ 8.....	168
รูปที่ 7.17 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 8 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	169
รูปที่ 7.18 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 8 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	169
รูปที่ 7.19 ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการมีเวตชันของปัญหาที่ 9.....	171
รูปที่ 7.20 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 9 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	172
รูปที่ 7.21 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 9 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	173
รูปที่ 7.22 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 10 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	175
รูปที่ 7.23 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 10 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	176
รูปที่ 7.24 ผลของวิธีการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 11.....	178
รูปที่ 7.25 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 11 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	179
รูปที่ 7.26 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 11 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	179
รูปที่ 7.27 ผลของวิธีการครอสโอเวอร์ และความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 12.....	181
รูปที่ 7.28 ผลของความน่าจะเป็นในการมีเวตชันของปัญหาที่ 12.....	182
รูปที่ 7.29 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 12 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	183

## สารบัญญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 7.30 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 12 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	183
รูปที่ 7.31 ผลของวิธีการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 13.....	185
รูปที่ 7.32 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 13 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	186
รูปที่ 7.33 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 13 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	186
รูปที่ 7.34 ผลของความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์ของปัญหาที่ 14.....	189
รูปที่ 7.35 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 14 ที่มีค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	190
รูปที่ 7.36 ผลของปัจจัยหลักของปัญหาที่ 14 ที่มีลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	190
รูปที่ 8.1 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 1.....	198
รูปที่ 8.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 2.....	201
รูปที่ 8.3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 3.....	205
รูปที่ 8.4 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 4.....	208
รูปที่ 8.5 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 5.....	212
รูปที่ 8.6 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 6.....	216
รูปที่ 8.7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 7.....	220
รูปที่ 8.8 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 8.....	224
รูปที่ 8.9 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงินเนอเรชั่นของปัญหาที่ 9.....	228

## สารบัญญรูป (ต่อ)

		หน้า
รูปที่ 8.10	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงื่อนไขของปัญหาที่ 10.....	232
รูปที่ 8.11	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงื่อนไขของปัญหาที่ 11.....	236
รูปที่ 8.12	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงื่อนไขของปัญหาที่ 12.....	240
รูปที่ 8.13	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงื่อนไขของปัญหาที่ 13.....	244
รูปที่ 8.14	กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวม และเงื่อนไขของปัญหาที่ 14.....	248
รูปที่ 8.15	กราฟความผิดพลาดสัมพันธ์เมื่อเทียบกับคำตอบจากกรณีพีชชี.....	254
รูปที่ ค.1	รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแผนก 6 แผนก.....	274
รูปที่ ค.2	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 6 แผนก.....	276
รูปที่ ค.3	รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแผนก 10 แผนก.....	277
รูปที่ ค.4	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 10 แผนก.....	279
รูปที่ ค.5	รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแผนก 20 แผนก.....	280
รูปที่ ค.6	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 20 แผนก.....	283
รูปที่ ค.7	รูปแบบของผังโรงงานสำหรับปัญหาแบบพีชชี.....	285
รูปที่ ค.8	แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างแผนกจำนวน 15 แผนก.....	288
รูปที่ ง.1	ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1.....	290
รูปที่ ง.2	ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1.....	291
รูปที่ ง.3	ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4.....	293
รูปที่ ง.4	ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4.....	293
รูปที่ ง.5	ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4.....	294
รูปที่ ง.6	ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 4.....	294



## สารบัญรูป (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ ง.22 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 12.....	309
รูปที่ ง.23 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	310
รูปที่ ง.24 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	310
รูปที่ ง.25 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	311
รูปที่ ง.26 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	312
รูปที่ ง.27 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	313
รูปที่ ง.28 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	313
รูปที่ ง.29 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	314
รูปที่ ง.30 ผังโรงงานคำตอบจากวิธีการสุ่ม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	315

## สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 1.1	ลักษณะปัญหาที่ทำการวิจัยตามข้อ 1.3.8.1.....	7
ตารางที่ 1.2	ลักษณะปัญหาที่ทำการวิจัยตามข้อ 1.3.8.2.....	8
ตารางที่ 2.1	เปรียบเทียบขอบเขตและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละงานวิจัย ที่ประยุกต์เงินเนติกอัลกอริทึมในการแก้ปัญหาการจัดวางผังโรงงาน.....	16
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างพันธุศาสตร์และเงินเนติกอัลกอริทึม.....	24
ตารางที่ 3.2	กลุ่มประชากรตัวอย่างและความเหมาะสม.....	28
ตารางที่ 3.3	การคำนวณหาค่าตอบของ SGA กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$ .....	31
ตารางที่ 4.1	สัญลักษณ์และความหมายของระดับความสัมพันธ์.....	40
ตารางที่ 4.2	เปรียบเทียบการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล.....	41
ตารางที่ 5.1	ข้อมูลตัวอย่างการวางผังโรงงาน.....	52
ตารางที่ 6.1	ตัวอย่างประชากรเริ่มต้นและค่าวัตถุประสงค์.....	71
ตารางที่ 6.2	ตัวอย่างการคำนวณฟิตเนสฟังก์ชันของชุดสตริงคำตอบ.....	71
ตารางที่ 6.3	ตัวอย่างค่าสุ่มจากวงล้อรูเล็ต.....	72
ตารางที่ 6.4	ข้อมูลขนาดผังโรงงานของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก.....	83
ตารางที่ 6.5	ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก และรายละเอียดต่าง ๆ ของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก.....	84
ตารางที่ 6.6	แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เที่ยว) ของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก.....	84
ตารางที่ 6.7	ประชากรเบื้องต้นของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก.....	86
ตารางที่ 6.8	ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบเบื้องต้น ของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก.....	87
ตารางที่ 6.9	การสร้างวงล้อรูเล็ตของปัญหาตัวอย่างจำนวน 6 แผนก.....	87
ตารางที่ 6.10	ผลการสุ่มเลือกสตริงคำตอบโดยวิธีการของวงล้อรูเล็ต.....	88
ตารางที่ 6.11	ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังจากการรีโพรดักชัน.....	88
ตารางที่ 6.12	ชุดสตริงคำตอบที่ได้จากการอิลิทีสไมภายหลังการรีโพรดักชัน.....	89
ตารางที่ 6.13	การเลือกสตริงเพื่อทำการครอสโอเวอร์.....	89
ตารางที่ 6.14	สตริงคู่ที่ 1 ภายหลังจากการครอสโอเวอร์.....	90
ตารางที่ 6.15	สตริงคู่ที่ 2 ภายหลังจากการครอสโอเวอร์.....	91
ตารางที่ 6.16	สตริงคู่ที่ 2 ภายหลังจากการครอสโอเวอร์.....	92
ตารางที่ 6.17	ผลการประเมินค่าสตริงคำตอบที่ได้ภายหลังจากการครอสโอเวอร์.....	92
ตารางที่ 6.18	ชุดสตริงคำตอบที่ได้จากการอิลิทีสไมภายหลังการครอสโอเวอร์.....	93



## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 6.19	การเลือกสตรีงเพื่อทำการมิวเตชัน.....	93
ตารางที่ 6.20	สตรีงที่ได้จากการมิวเตชัน.....	94
ตารางที่ 6.21	ชุดสตรีงคำตอบที่ได้จากการอิลิทีสภายหลังการมิวเตชัน.....	95
ตารางที่ 6.22	ชุดสตรีงคำตอบที่ได้จากเงินเนอเรชั่นที่ 200.....	95
ตารางที่ 6.23	ชุดสตรีงคำตอบที่ได้จากการสร้างสตรีงใหม่.....	96
ตารางที่ 6.24	ชุดสตรีงคำตอบของปัญหาตัวอย่าง.....	96
ตารางที่ 6.25	ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่คำนวณใหม่.....	100
ตารางที่ 7.1	ปัญหาที่มีข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นค่าคงที่.....	111
ตารางที่ 7.2	ปัญหาที่มีข้อมูลการไหลของวัสดุเป็นแบบพีชชี.....	112
ตารางที่ 7.3	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 1.....	113
ตารางที่ 7.4	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 2.....	115
ตารางที่ 7.5	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 3.....	117
ตารางที่ 7.6	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 4.....	119
ตารางที่ 7.7	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 5.....	121
ตารางที่ 7.8	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 6.....	123
ตารางที่ 7.9	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 7.....	125
ตารางที่ 7.10	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 8.....	127
ตารางที่ 7.11	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 9.....	129
ตารางที่ 7.12	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 10.....	131
ตารางที่ 7.13	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 11.....	133
ตารางที่ 7.14	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 12.....	135
ตารางที่ 7.15	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 13.....	137
ตารางที่ 7.16	การทดลองเบื้องต้นของปัญหาที่ 14.....	139
ตารางที่ 7.17	สรุปค่าพารามิเตอร์ของการทดลองเบื้องต้น.....	141
ตารางที่ 7.18	การออกแบบการทดลองของแต่ละปัจจัย.....	144
ตารางที่ 7.19	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 1 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	147
ตารางที่ 7.20	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 1 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	148
ตารางที่ 7.21	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 1.....	149

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 7.22	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 2 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	150
ตารางที่ 7.23	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 2 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	150
ตารางที่ 7.24	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 2.....	152
ตารางที่ 7.25	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 3 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	152
ตารางที่ 7.26	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 3 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	153
ตารางที่ 7.27	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 3.....	155
ตารางที่ 7.28	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 4 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	155
ตารางที่ 7.29	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 4 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	156
ตารางที่ 7.30	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 4.....	157
ตารางที่ 7.31	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 5 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	158
ตารางที่ 7.32	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 5 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	158
ตารางที่ 7.33	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 5.....	160
ตารางที่ 7.34	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 6 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	160
ตารางที่ 7.35	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 6 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	161
ตารางที่ 7.36	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 6.....	163
ตารางที่ 7.37	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 7 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	164
ตารางที่ 7.38	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 7 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	164
ตารางที่ 7.39	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 7.....	167

## สารบัญตาราง (ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 7.40 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 8 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	167
ตารางที่ 7.41 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 8 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	168
ตารางที่ 7.42 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 8.....	170
ตารางที่ 7.43 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 9 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	170
ตารางที่ 7.44 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 9 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	171
ตารางที่ 7.45 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 9.....	173
ตารางที่ 7.46 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 10 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	174
ตารางที่ 7.47 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 10 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	174
ตารางที่ 7.48 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 10.....	176
ตารางที่ 7.49 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 11 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	177
ตารางที่ 7.50 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 11 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	177
ตารางที่ 7.51 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 11.....	180
ตารางที่ 7.52 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 12 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	180
ตารางที่ 7.53 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 12 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	181
ตารางที่ 7.54 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 12.....	184
ตารางที่ 7.55 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 13 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	184
ตารางที่ 7.56 ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 13 โดยใช้ลำดับที่ของเจนเนอเรชันเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	185
ตารางที่ 7.57 สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 13.....	187

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 7.58	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 14 โดยใช้ค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์รวมเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	188
ตารางที่ 7.59	ผลการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาที่ 14 โดยใช้ลำดับที่ของเงินเนอเรชั่นเป็นตัวแปรตอบสนอง.....	188
ตารางที่ 7.60	สรุปค่าพารามิเตอร์ของปัญหาที่ 14.....	191
ตารางที่ 7.61	สรุปค่าพารามิเตอร์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหา.....	191
ตารางที่ 8.1	ค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ 1.....	197
ตารางที่ 8.2	คำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมของปัญหาที่ 1.....	198
ตารางที่ 8.3	คำตอบที่ได้จากวิธีการสุ่มของปัญหาที่ 1.....	199
ตารางที่ 8.4	การเปรียบเทียบคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1.....	199
ตารางที่ 8.5	คำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1.....	199
ตารางที่ 8.6	คำตอบจากวิธีการสุ่มหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1.....	200
ตารางที่ 8.7	คำตอบของทั้ง 2 วิธีหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 1.....	200
ตารางที่ 8.8	ค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ 2.....	201
ตารางที่ 8.9	คำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมของปัญหาที่ 2.....	202
ตารางที่ 8.10	คำตอบที่ได้จากวิธีการสุ่มของปัญหาที่ 2.....	202
ตารางที่ 8.11	การเปรียบเทียบคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 2.....	202
ตารางที่ 8.12	คำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 2.....	203
ตารางที่ 8.13	คำตอบจากวิธีการสุ่มหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 2.....	203
ตารางที่ 8.14	คำตอบของทั้ง 2 วิธีหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 2.....	204
ตารางที่ 8.15	ค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ 3.....	204
ตารางที่ 8.16	คำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมของปัญหาที่ 3.....	205
ตารางที่ 8.17	คำตอบที่ได้จากวิธีการสุ่มของปัญหาที่ 3.....	206
ตารางที่ 8.18	การเปรียบเทียบคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 3.....	206
ตารางที่ 8.19	คำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 3.....	206
ตารางที่ 8.20	คำตอบจากวิธีการสุ่มหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 3.....	207
ตารางที่ 8.21	คำตอบของทั้ง 2 วิธีหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 3.....	207
ตารางที่ 8.22	ค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ 4.....	208





## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ 8.77	คำตอบของทั้ง 2 วิธีหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 11.....	239
ตารางที่ 8.78	ค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ 12.....	240
ตารางที่ 8.79	คำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมของปัญหาที่ 12.....	241
ตารางที่ 8.80	คำตอบที่ได้จากวิธีการสุ่มของปัญหาที่ 12.....	241
ตารางที่ 8.81	การเปรียบเทียบคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 12.....	242
ตารางที่ 8.82	คำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 12.....	242
ตารางที่ 8.83	คำตอบจากวิธีการสุ่มหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 12.....	243
ตารางที่ 8.84	คำตอบของทั้ง 2 วิธีหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 12.....	243
ตารางที่ 8.85	ค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ 13.....	244
ตารางที่ 8.86	คำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมของปัญหาที่ 13.....	245
ตารางที่ 8.87	คำตอบที่ได้จากวิธีการสุ่มของปัญหาที่ 13.....	245
ตารางที่ 8.88	การเปรียบเทียบคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	246
ตารางที่ 8.89	คำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	246
ตารางที่ 8.90	คำตอบจากวิธีการสุ่มหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	247
ตารางที่ 8.91	คำตอบของทั้ง 2 วิธีหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 13.....	247
ตารางที่ 8.92	ค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาที่ 14.....	248
ตารางที่ 8.93	คำตอบที่ได้จากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึมของปัญหาที่ 14.....	249
ตารางที่ 8.94	คำตอบที่ได้จากวิธีการสุ่มของปัญหาที่ 14.....	249
ตารางที่ 8.95	การเปรียบเทียบคำตอบ ก่อนการวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	250
ตารางที่ 8.96	คำตอบจากวิธีเงินเนติกอัลกอริทึม หลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	250
ตารางที่ 8.97	คำตอบจากวิธีการสุ่มหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	251
ตารางที่ 8.98	คำตอบของทั้ง 2 วิธีหลังจากวางพื้นที่ตายตัวของปัญหาที่ 14.....	251
ตารางที่ 8.99	สรุปการเปรียบเทียบคำตอบของแต่ละปัญหา.....	252
ตารางที่ 8.100	การเปรียบเทียบกรณีของปัญหาแบบพีซซี.....	253
ตารางที่ 9.1	ข้อสังเกตของโปรแกรมในงานวิจัย.....	261
ตารางที่ 9.2	ข้อดีและข้อเสียของการประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในงานวิจัย.....	262
ตารางที่ ข.1	เวลาในการคำนวณที่อยู่ในรูป Time Complexity Function โดยมีสมมติฐานว่าการคำนวณในแต่ละครั้งใช้เวลา 1 ไมโครวินาที.....	272

## สารบัญตาราง (ต่อ)

		หน้า
ตารางที่ ข.2	ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า.....	273
ตารางที่ ค.1	ข้อมูลขนาดผังโรงงานจำนวน 6 แผนก.....	274
ตารางที่ ค.2	ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 6 แผนก.....	275
ตารางที่ ค.3	แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เทียวย) จำนวน 6 แผนก.....	275
ตารางที่ ค.4	ข้อมูลขนาดผังโรงงานจำนวน 10 แผนก.....	277
ตารางที่ ค.5	ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 10 แผนก.....	278
ตารางที่ ค.6	แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เทียวย) จำนวน 10 แผนก.....	278
ตารางที่ ค.7	ข้อมูลขนาดผังโรงงานจำนวน 20 แผนก.....	280
ตารางที่ ค.8	ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 20 แผนก.....	281
ตารางที่ ค.9	แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เทียวย) จำนวน 20 แผนก.....	282
ตารางที่ ค.10	ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุจำนวน 20 แผนก (หน่วยเทียวย).....	284
ตารางที่ ค.11	ข้อมูลขนาดผังโรงงานของปัญหาแบบพีชชี.....	285
ตารางที่ ค.12	ข้อมูลความต้องการพื้นที่ของแต่ละแผนก และรายละเอียดต่างๆ จำนวน 15 แผนก.....	286
ตารางที่ ค.13	แผนภูมิการไหลระหว่างแผนก (เทียวย) จำนวน 15 แผนก.....	287
ตารางที่ ค.14	ค่าใช้จ่ายในการขนถ่ายวัสดุจำนวน 15 แผนก (หน่วย/เทียวย).....	289