

การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน



นายชนะ เยี่ยงกมลสิงห์

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2541

ISBN 974-639-385-5

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย

I 1 8 9 8 0 5 4 1 2 3 8 2 2 5 4 3

AN APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PLANT LAYOUT DESIGN

Mr. Chana Yiangkamolsing

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

Department of Industrial Engineering

Graduate school

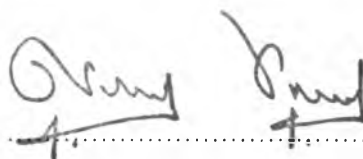
Chulalongkorn University

Academic Year 1998

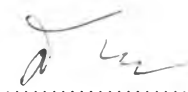
ISBN 974-639-385-5


หัวข้อวิทยานิพนธ์ การประยุกต์ใช้เจเนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน
โดย นายชนะ เยี่ยงกมลสิงห์
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา


บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้หัวข้อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต



.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศาสตราจารย์ นายแพทย์ ศุภวัฒน์ ชูติวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


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


.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. มานพ เรี่ยวเดชะ)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เจริญ บุญดีสกุลไชย)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ชนะ เยี่ยงกมลสิงห์ : การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมในการออกแบบผังโรงงาน (AN APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PLANT LAYOUT DESIGN)

อ. ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา , 337 หน้า. ISBN 974-639-385-5.

ปัญหาการจัดผังโรงงานเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในระบบการผลิต โดยทั่วไปแล้วปัญหาการจัดผังโรงงานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ ตามลักษณะของข้อมูลที่ใช้ ได้แก่ การจัดผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงปริมาณ และการจัดผังโรงงานโดยพิจารณาถึงข้อมูลเชิงคุณภาพ ผังโรงงานที่ดีควรมีค่าใช้จ่ายของการไหลวัสดุต่ำสุดหรือมีความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่าง ๆ โดยรวมสูงสุด งานวิจัยฉบับนี้เสนอการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithms) มาประยุกต์ใช้ในการค้นหาคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงาน ซึ่งหมายถึงการหารูปแบบของผังโรงงานที่มีค่าใช้จ่ายต่ำและมีความสัมพันธ์ระหว่างแผนกต่าง ๆ สูง นอกจากนี้ในงานวิจัยฉบับนี้ยังได้นำเสนอถึงวิธีการปรับปรุงประสิทธิภาพของเจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อลดเวลาในการหาคำตอบอีกด้วย ซึ่งทำได้โดยการนำคำตอบจากวิธีฮิวริสติกมาเป็นคำตอบเริ่มต้นสำหรับเจนเนติกอัลกอริทึม และศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อความไวและเวลาในการหาคำตอบเพื่อเป็นแนวทางในการนำเอาเจนเนติกอัลกอริทึมไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดผังโรงงานจริง จากผลการทดลองปรากฏว่า ประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมจะเพิ่มขึ้นโดยการให้คำตอบเริ่มต้นจากวิธีฮิวริสติกหลาย ๆ คำตอบที่แตกต่างกัน เนื่องจากการให้คำตอบเริ่มต้นหลาย ๆ คำตอบจะทำให้เจนเนติกอัลกอริทึมสามารถหาคำตอบที่ดีได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้ ผลจากการทดลองยังแสดงอีกด้วยว่า ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบและระยะเวลาในการหาคำตอบของเจนเนติกอัลกอริทึมอย่างมีนัยสำคัญคือ จำนวนประชากรและค่าความน่าจะเป็นในการเกิดมิวเตชัน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.....
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ.....
ปีการศึกษา2541.....

ลายมือชื่อนิสิต เยี่ยงกมลสิงห์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

C816395 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEY WORD: FACILITY LAYOUT PROBLEM / GENETIC ALGORITHMS

CHANA YIANGKAMOLSING : AN APPLICATION OF GENETIC ALGORITHMS IN PLANT LAYOUT DESIGN. THESIS ADVISOR : PARAMES CHUTIMA, Ph.D. 337 pp. ISBN 974-639-385-5.

Facility layout problem is one of the most critical problems in production systems. Generally, facility layout problem can be classified into 2 classes according to the types of data being considered, i.e., quantitative data and qualitative data. Good facility layout is designed to minimize total transportation cost or maximize total department relationship. In this research, Genetic Algorithms are applied to searching for a good facility layout with satisfactorily low total transportation cost or high total department relationship. Furthermore, an algorithm which improves searching speed is also developed; that is, tentative facility layouts obtained from heuristic methods are used as initial inputs to the Genetic Algorithms. The factors affecting the performances of Genetic Algorithms are also studied. The results indicate that Genetic Algorithms can solve facility layout problem effectively. To improve the performances of Genetic Algorithms, several facility layouts derived from heuristics should be prescribed as initial inputs to the Genetic Algorithms. The results also show that the factors which significantly affect the performance of the Genetic Algorithms are the number of population and mutation probability.

ภาควิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมอุตสาหการ.....

ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต..........

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..........

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ อาจารย์ ดร. ปารเมศ ชูติมา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นต่าง ๆ ในงานวิจัยมาด้วยดีตลอด

ขอขอบพระคุณ คุณปฏิพัทธ์ พันธุ์บุญรัตน์ คุณภัททิศา สุวรรณรุจิ คุณรจนาภ ไกรปัญญาพงศ์ คุณศมจรรย์ วุฒิภราดร และเพื่อน ๆ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา และเนื่องจากทุนการวิจัยครั้งนี้บางส่วนได้รับมาจากทุนอุดหนุนวิจัยของบัณฑิตวิทยาลัย จึงขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัยมา ณ ที่นี้ด้วย

ท้ายนี้ ผู้วิจัยใคร่ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ซึ่งสนับสนุนในด้านการเงินและให้ความห่วงใยและกำลังใจเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา ตลอดจนพี่ ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่ให้กำลังใจมาโดยตลอด

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญรูป.....	ด
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย.....	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษาและวิจัย.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	4
1.6 สรุปเนื้อหาของงานวิจัย.....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับ GAs.....	6
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาด้วย AI.....	12
2.3 สรุปงานวิจัยและผลงานที่เกี่ยวข้อง.....	12
บทที่ 3 ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับเงินเนติกอัลกอริทึม.....	13
3.1 เงินเนติกอัลกอริทึม.....	13
3.2 เงินเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย.....	16
3.3 ตัวอย่างการใช้เงินเนติกอัลกอริทึมในการหาคำตอบของฟังก์ชัน.....	21
3.4 สรุป.....	24
บทที่ 4 รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงาน.....	26
4.1 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ.....	26
4.2 การจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ.....	44
4.3 สรุป.....	47
บทที่ 5 การประยุกต์ใช้เงินเนติกอัลกอริทึมกับปัญหาการจัดผังโรงงาน.....	49
5.1 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะของแบบจำลอง.....	49

5.2	ขั้นตอนของเงินเนติกัลกอรี่ทิม.....	49
5.3	การเข้ารหัสสตรีง.....	51
5.4	กระบวนการรีโปรดักชั่น.....	51
5.5	กระบวนการการครอสโอเวอร์.....	54
5.6	กระบวนการมิวเตชัน.....	57
5.7	ตัวอย่างการหาคำตอบของเงินเนติกัลกอรี่ทิมกับปัญหาการจัดผังโรงงาน...	58
5.8	สรุป.....	81
บทที่ 6	การทดลองการจัดวางผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงปริมาณ.....	82
6.1	การทดลองปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของ GAs.....	82
	การทดลองที่ 1.....	83
	การทดลองที่ 2.....	85
	การทดลองที่ 3.....	90
	การทดลองที่ 4.....	95
	การทดลองที่ 5.....	102
6.2	วิเคราะห์ผลการทดลอง.....	104
6.3	สรุป.....	105
บทที่ 7	การทดลองการจัดวางผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ.....	107
7.1	การใช้เงินเนติกัลกอรี่ทิมกับการจัดผังโรงงานโดยใช้ข้อมูลเชิงคุณภาพ. . .	107
	การทดลองที่ 1.....	110
	การทดลองที่ 2.....	129
	การทดลองที่ 3.....	147
	การทดลองที่ 4.....	163
	การทดลองที่ 5.....	179
7.2	สรุป.....	194
บทที่ 8	สรุป.....	196
8.1	ทฤษฎีพื้นฐานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	195
8.2	รูปแบบของปัญหาการจัดผังโรงงาน.....	197
8.3	การนำเงินเนติกัลกอรี่ทิมไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดผังโรงงาน.....	198
8.4	การทดลองในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการหาคำตอบของเงินเนติกัลกอรี่ทิม.....	199
8.5	การทดลองศึกษาถึงปัจจัยต่างๆที่มีผลต่อคำตอบและความเร็วในการหาคำ	

ตอบ.....	200
8.6 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต.....	201
รายการอ้างอิง.....	202
ภาคผนวก - ก.....	206
ภาคผนวก - ข.....	218
ภาคผนวก - ค.....	221
ภาคผนวก - ง.....	223
ภาคผนวก - จ.....	234
ภาคผนวก - ฉ.....	247
ภาคผนวก - ช.....	249
ภาคผนวก - ซ.....	269
ภาคผนวก - ฌ.....	288
ภาคผนวก - ฎ.....	308
ภาคผนวก - ฏ.....	328
ภาคผนวก - ฐ.....	333
ประวัติผู้วิจัย.....	337

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 3.1	เปรียบเทียบคำศัพท์ระหว่างเงินเนติกอัลกอริทึมและเงินเนติกอัลกอริทึม.	14
ตารางที่ 3.2	กลุ่มของประชากรตัวอย่างและค่าความเหมาะสม.....	18
ตารางที่ 3.3	การคำนวณหาค่าตอบของ GAs กับฟังก์ชัน $f(x) = x^2$	22
ตารางที่ 4.1	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 1...	31
ตารางที่ 4.2	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 2...	31
ตารางที่ 4.3	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 3...	32
ตารางที่ 4.4	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 4...	33
ตารางที่ 4.5	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 5...	33
ตารางที่ 4.6	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 6...	34
ตารางที่ 4.7	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 7...	34
ตารางที่ 4.8	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 8...	35
ตารางที่ 4.9	ค่าใช้จ่ายของการจัดวางแผนกต่างๆจากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 9...	35
ตารางที่ 4.10	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 0.....	39
ตารางที่ 4.11	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 1.....	40
ตารางที่ 4.12	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 2.....	41
ตารางที่ 4.13	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 3.....	41
ตารางที่ 4.14	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 4.....	42
ตารางที่ 4.15	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 5.....	42
ตารางที่ 4.16	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 6.....	43
ตารางที่ 4.17	ผลการสลับตำแหน่งผังโรงงานด้วยวิธี SDPI รอบที่ 7.....	43
ตารางที่ 4.18	สัญลักษณ์และความหมายของระดับความสัมพันธ์.....	45
ตารางที่ 4.19	การเปรียบเทียบการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียลและแบบเชิงเส้น.....	46
ตารางที่ 5.1	กระบวนการรีโพรดักชันของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพโดยพิจารณาถึงระยะทางระหว่างแผนก.....	52
ตารางที่ 5.2	กระบวนการรีโพรดักชันของปัญหาการจัดผังโรงงานด้วยข้อมูลเชิงคุณภาพโดยพิจารณาถึงความใกล้ชิดระหว่างแผนก.....	53
ตารางที่ 6.1	คำตอบที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกและ SDPI ที่มีค่า Seed ต่างกัน...	84
ตารางที่ 6.2	การแปรค่าจำนวนประชากรเพื่อทำการศึกษาเบื้องต้น.....	86

ตารางที่ 6.3	การแปรค่าจำนวนเงินเนอเรชั่นเพื่อทำการศึกษาเบื้องต้น.....	86
ตารางที่ 6.4	การแปรค่าการมิวเตชั่นเพื่อทำการศึกษาเบื้องต้น.....	87
ตารางที่ 6.5	การกำหนดค่าการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์เพื่อทำการศึกษาเบื้องต้น.....	88
ตารางที่ 6.6	การแปรค่าการครอสโอเวอร์แบบ PMX เพื่อทำการศึกษาเบื้องต้น.....	88
ตารางที่ 6.7	การแปรค่าการครอสโอเวอร์แบบ OX เพื่อทำการศึกษาเบื้องต้น.....	89
ตารางที่ 6.8	การแปรค่าการครอสโอเวอร์แบบ CX เพื่อทำการศึกษาเบื้องต้น.....	89
ตารางที่ 6.9	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	91
ตารางที่ 6.10	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	92
ตารางที่ 6.11	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	93
ตารางที่ 6.12	เปรียบเทียบเงินเนอเรชั่นเฉลี่ยที่พบคำตอบของการครอสโอเวอร์แบบ PMX OX และ CX.....	95
ตารางที่ 6.13	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ CX โดยให้คำตอบเริ่มต้น 1 สตริงจากวิธีการ SDPI.....	96
ตารางที่ 6.14	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ CX โดยให้คำตอบเริ่มต้น 5 สตริงจากวิธีการ SDPI.....	97
ตารางที่ 6.15	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ CX โดยให้คำตอบเริ่มต้น 10 สตริงจากวิธีการ SDPI.....	98
ตารางที่ 6.16	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ CX โดยให้คำตอบเริ่มต้น 5 สตริงจากวิธีการคอนสตรัคชันฮิวริสติก.....	99
ตารางที่ 6.17	ผลการทดลองของการครอสโอเวอร์แบบ CX โดยให้คำตอบเริ่มต้น 10 สตริงจากวิธีการคอนสตรัคชันฮิวริสติก.....	100
ตารางที่ 6.18	เปรียบเทียบเงินเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการครอสโอเวอร์แบบ CX โดย ให้สตริงคำตอบเริ่มต้นที่มีลักษณะเดียวกัน.....	101
ตารางที่ 6.19	เปรียบเทียบเงินเนอเรชั่นที่พบคำตอบของการครอสโอเวอร์แบบ CX โดย ให้สตริงคำตอบเริ่มต้นที่มีลักษณะแตกต่างกันจากวิธี SDPI.....	103
ตารางที่ 6.20	การวิเคราะห์ ANOVA.....	105
ตารางที่ 6.21	การวิเคราะห์ Duncan's Multiple Range Test.....	105
ตารางที่ 7.1	การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร.....	111
ตารางที่ 7.2	การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเงินเนอเรชั่น.....	112
ตารางที่ 7.3	การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชั่น..	112
ตารางที่ 7.4	การทำการศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอ	

	เวอร์เป็นศูนย์.....	113
ตารางที่ 7.5	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	113
ตารางที่ 7.6	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	114
ตารางที่ 7.7	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	114
ตารางที่ 7.8	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	118
ตารางที่ 7.9	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	118
ตารางที่ 7.10	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	119
ตารางที่ 7.11	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับเปรียบเทียบการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ.	121
ตารางที่ 7.12	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	121
ตารางที่ 7.13	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	121
ตารางที่ 7.14	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	121
ตารางที่ 7.15	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร.....	130
ตารางที่ 7.16	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเงินเนอเรชั่น.....	131
ตารางที่ 7.17	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน..	131
ตารางที่ 7.18	การศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์.....	132
ตารางที่ 7.19	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	132
ตารางที่ 7.20	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	133
ตารางที่ 7.21	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	133
ตารางที่ 7.22	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	135
ตารางที่ 7.23	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการ	

	ครอสโอเวอร์แบบ OX.....	136
ตารางที่ 7.24	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการ ครอสโอเวอร์แบบ CX.....	137
ตารางที่ 7.25	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับเปรียบเทียบการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ.	138
ตารางที่ 7.26	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	139
ตารางที่ 7.27	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	142
ตารางที่ 7.28	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	144
ตารางที่ 7.29	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร.....	148
ตารางที่ 7.30	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเงินเนอเรชั่นเมื่อ <i>pop</i> เป็น 10.....	148
ตารางที่ 7.31	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเงินเนอเรชั่นเมื่อ <i>pop</i> เป็น 70.....	149
ตารางที่ 7.32	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน..	150
ตารางที่ 7.33	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอ เวอร์เป็นศูนย์.....	150
ตารางที่ 7.34	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอ เวอร์แบบ PMX.....	151
ตารางที่ 7.35	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอ เวอร์แบบ OX.....	152
ตารางที่ 7.36	การทำการศึกษเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอ เวอร์แบบ CX.....	152
ตารางที่ 7.37	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 5*4 ด้วยวิธีการ ครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	154
ตารางที่ 7.38	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 5*4 ด้วยวิธีการ ครอสโอเวอร์แบบ OX.....	154
ตารางที่ 7.39	TCR ของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 5*4 ด้วยวิธีการ ครอสโอเวอร์แบบ CX.....	154
ตารางที่ 7.40	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับเปรียบเทียบการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ.	156
ตารางที่ 7.41	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ LSD.....	157
ตารางที่ 7.42	ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการ Duncan.....	157
ตารางที่ 7.43	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	158

ตารางที่ 7.44	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	159
ตารางที่ 7.45	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	161
ตารางที่ 7.46	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร.....	164
ตารางที่ 7.47	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเงินเนอเรชั่น.....	164
ตารางที่ 7.48	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน..	165
ตารางที่ 7.49	การศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์.....	165
ตารางที่ 7.50	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	166
ตารางที่ 7.51	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	166
ตารางที่ 7.52	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	167
ตารางที่ 7.53	เงินเนอเรชั่นที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	168
ตารางที่ 7.54	เงินเนอเรชั่นที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	169
ตารางที่ 7.55	เงินเนอเรชั่นที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	170
ตารางที่ 7.56	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับเปรียบเทียบการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ.	171
ตารางที่ 7.57	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	171
ตารางที่ 7.58	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	174
ตารางที่ 7.59	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	177
ตารางที่ 7.60	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนประชากร.....	180
ตารางที่ 7.61	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าจำนวนเงินเนอเรชั่น.....	180
ตารางที่ 7.62	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการมิวเตชัน..	181
ตารางที่ 7.63	การศึกษาเบื้องต้นโดยการกำหนดความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์เป็นศูนย์.....	182
ตารางที่ 7.64	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	182
ตารางที่ 7.65	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอ	

	เวอร์แบบ OX.....	183
ตารางที่ 7.66	การศึกษาเบื้องต้นโดยการแปรค่าความน่าจะเป็นในการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	183
ตารางที่ 7.67	เงินเนอเรนซ์ที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	185
ตารางที่ 7.68	เงินเนอเรนซ์ที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	185
ตารางที่ 7.69	เงินเนอเรนซ์ที่พบคำตอบของปัญหาการจัดผังโรงงานเชิงคุณภาพขนาด 2*5 ด้วยวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	186
ตารางที่ 7.70	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับเปรียบเทียบการครอสโอเวอร์วิธีการต่างๆ.	187
ตารางที่ 7.71	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ PMX.....	188
ตารางที่ 7.72	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ OX.....	190
ตารางที่ 7.73	การวิเคราะห์ ANOVA สำหรับวิธีการครอสโอเวอร์แบบ CX.....	192
ตารางที่ ก1	แผนภูมิจาก-ไป.....	210
ตารางที่ ก2	ระดับความสัมพันธ์ระหว่างแผนก.....	212
ตารางที่ ก3	แสดงขนาดพื้นที่ของผังโรงงานตัวอย่าง.....	216
ตารางที่ ค1	เวลาในการคำนวณที่อยู่ในรูป Time Complexity Function.....	221
ตารางที่ ค2	ขนาดของปัญหาในการคำนวณของคอมพิวเตอร์ที่มีความเร็วสูงกว่า 1000 เท่า.....	222
ตารางที่ จ1	สรุปไฟล์ข้อมูลที่ต้องเตรียมให้กับโปรแกรม.....	240

สารบัญรูป

		หน้า
รูปที่ 3.1	เปรียบเทียบลักษณะระหว่างเจนเนติกอัลกอริทึมและลักษณะทางพันธุศาสตร์.....	14
รูปที่ 3.2	ขั้นตอนของ GAs อย่างง่าย.....	16
รูปที่ 3.3	การรีโพรดักชันอย่างง่ายด้วยวิธีการใช้วงล้อรูเล็ตที่แต่ละช่องมีขนาดเป็นสัดส่วนกับค่าความเหมาะสม.....	19
รูปที่ 3.4	การตรวจสอบโอเวอร์อย่างง่ายเพื่อแสดงให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลงสตริงและการแลกเปลี่ยนข่าวสารโดยเลือกตำแหน่งที่ไขว้แบบสุ่ม.....	19
รูปที่ 3.5	ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ $f(x) = x^2$	21
รูปที่ 4.1	ระยะทางแบบยูคลิเดียนและแบบเรคติลิเนียร์.....	27
รูปที่ 4.2	ขั้นตอนของคอนสตรัคชันฮิวริสติก.....	29
รูปที่ 4.3	แผนภูมิจาก-ไป ของปริมาณการไหล.....	30
รูปที่ 4.4	แผนภูมิจาก-ไปของค่าใช้จ่าย.....	30
รูปที่ 4.5	ตำแหน่งพื้นที่ของผังโรงงานตัวอย่าง.....	30
รูปที่ 4.6	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 0.....	30
รูปที่ 4.7	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 1.....	31
รูปที่ 4.8	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 2.....	32
รูปที่ 4.9	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 3.....	32
รูปที่ 4.10	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 4.....	33
รูปที่ 4.11	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 5.....	34
รูปที่ 4.12	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 6.....	34
รูปที่ 4.13	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 7.....	35
รูปที่ 4.14	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 8.....	35
รูปที่ 4.15	ผังโรงงานที่ได้จากคอนสตรัคชันฮิวริสติกรอบที่ 9.....	36
รูปที่ 4.16	รูปแบบของผังโรงงานที่กำหนด.....	36
รูปที่ 4.17	ขั้นตอนของวิธีการ SDPI.....	37
รูปที่ 4.18	ผังโรงงานคำตอบที่ได้จาก SDPI.....	44
รูปที่ 4.19	ความใกล้ชิดระหว่างสถานี.....	45
รูปที่ 4.20	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ซึ่งมีจำนวนสถานี 10 แผนก.....	46
รูปที่ 4.21	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์กับการให้ระดับคะแนนแบบเอ็กซ์โปเนนเชียล	

	และแบบเชิงเส้น.....	47
รูปที่ 5.1	ขั้นตอนของเจเนติกอัลกอริทึมที่ใช้ในงานวิจัย.....	50
รูปที่ 5.2	ตำแหน่งพื้นที่ของผังโรงงาน.....	51
รูปที่ 5.3	การจัดวางสถานีที่ 0 – 9 จากสตริงที่กำหนด.....	52
รูปที่ 5.4	ผังโรงงานคำตอบที่ได้จากสตริงตัวที่ 1.....	60
รูปที่ 6.1	แผนภูมิจาก – ไปแสดงปริมาณการไหลของปัญหาตัวอย่าง.....	83
รูปที่ 6.2	ค่าใช้จ่ายการไหลวัสดุของปัญหาตัวอย่าง.....	83
รูปที่ 6.3	เปรียบเทียบคำตอบเฉลี่ยของการครอสโอเวอร์แบบ PMX OX และ CX.....	94
รูปที่ 6.4	เปรียบเทียบคำตอบเฉลี่ยของวิธีการที่ 4 – 8.....	102
รูปที่ 6.5	เปรียบเทียบคำตอบเฉลี่ยของวิธีการที่ 9 – 10.....	103
รูปที่ 6.6	เจเนเนอเรชันเฉลี่ยที่ GAs พบคำตอบของวิธีการทดลองต่างๆ.....	104
รูปที่ 7.1	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแผนกของปัญหาที่ใช้ในการทดลอง.....	108
รูปที่ 7.2	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาโดยให้ระดับคะแนนเป็นแบบเชิงเส้น..	109
รูปที่ 7.3	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของปัญหาโดยให้ระดับคะแนนเป็นแบบเอ็กซ์โป เนนเชียล.....	109
รูปที่ 7.4	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจเน เนอเรชัน.....	120
รูปที่ 7.5	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	122
รูปที่ 7.6	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ OX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	125
รูปที่ 7.7	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	128
รูปที่ 7.8	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจเน เนอเรชัน.....	138
รูปที่ 7.9	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	140
รูปที่ 7.10	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ OX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	143
รูปที่ 7.11	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	145
รูปที่ 7.12	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจเน เนอเรชัน.....	156
รูปที่ 7.13	ผลจากการแบ่งกลุ่มด้วยวิธี LSD.....	157
รูปที่ 7.14	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	158
รูปที่ 7.15	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ OX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	160
รูปที่ 7.16	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	162

รูปที่ 7.17	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจน เนอเรชัน.....	173
รูปที่ 7.18	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	173
รูปที่ 7.19	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ OX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	175
รูปที่ 7.20	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	178
รูปที่ 7.21	เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคำตอบของการครอสโอเวอร์แต่ละวิธีในแต่ละเจน เนอเรชัน.....	187
รูปที่ 7.22	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ PMX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	189
รูปที่ 7.23	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ OX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	191
รูปที่ 7.24	ค่าเฉลี่ย TCR จากการครอสโอเวอร์แบบ CX ที่ระดับปัจจัยต่างๆ.....	193
รูปที่ ก1	ขั้นตอนการออกแบบผังโรงงานอย่างมีระบบ.....	206
รูปที่ ก2	แผนภูมิผลิตภัณฑ์-ปริมาณ.....	207
รูปที่ ก3	แผนภูมิการผลิตลับเทป.....	208
รูปที่ ก4	แผนภาพแสดงการไหลของกระบวนการผลิตลับเทป.....	209
รูปที่ ก5	รูปแบบการไหลวัสดุลักษณะต่างๆ.....	210
รูปที่ ก6	รูปแบบการไหลแบบสพายน์.....	210
รูปที่ ก7	การไหลของวัสดุเข้าสู่การประกอบ.....	211
รูปที่ ก8	แผนภาพ REL.....	211
รูปที่ ก9	แผนภาพของผังโรงงานก่อนการจัดและหลังจัดเสร็จแล้ว.....	213
รูปที่ ก10	แผนภาพแสดงความสัมพันธ์ของพื้นที่และขนาดของผังโรงงานตามขนาด กริด.....	216
รูปที่ ก11	ผังโรงงานหลังจากสลักริดระหว่างแผนก PS และ XT.....	217
รูปที่ ง1	รูปแบบของปัญหาที่พิจารณาถึงข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพในงาน วิจัย.....	231
รูปที่ จ1	ข้อมูลอินพุตสำหรับโปรแกรม quaclose และ quadist จากไฟล์ init.dat.....	236
รูปที่ จ2	ข้อมูลอินพุตจากโปรแกรม quaninit จากไฟล์ cost.dat.....	237
รูปที่ จ3	ข้อมูลอินพุตจากโปรแกรม quaninit จากไฟล์ frequency.dat.....	238
รูปที่ จ4	ข้อมูลอินพุตจากโปรแกรม quaninit จากไฟล์ init.dat.....	239
รูปที่ จ5	การป้อนค่าพารามิเตอร์เมื่อเรียกโปรแกรม quaclose.....	240
รูปที่ จ6	การแสดงผลของโปรแกรม.....	241
รูปที่ จ7	ลักษณะการจัดเรียงข้อมูลที่ได้จากไฟล์ result.txt.....	242

รูปที่ ๑8	ลักษณะการจัดเรียงข้อมูลที่ได้จากไฟล์ summary.txt.....	243
รูปที่ ๑9	การเรียกใช้งานและการป้อนขนาดของผังโรงงานให้กับโปรแกรม craft.....	244
รูปที่ ๑10	การแสดงผลของโปรแกรม craft ในแต่ละขั้นตอนและการหาคำตอบ.....	244
รูปที่ ๑11	การเรียกใช้งานและการป้อนขนาดของผังโรงงานให้กับโปรแกรม construct.	245
รูปที่ ๑12	การแสดงผลของโปรแกรม construct ในแต่ละขั้นตอนและการหาคำตอบ...	246
รูปที่ ฉ1	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของโรงงานปัญหาตัวอย่างขนาด 20 แผนก.....	247
รูปที่ ฉ2	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของโรงงานปัญหาตัวอย่างโดยให้ระดับคะแนน แบบเอ็กซ์โปเนนเชียล.....	248