การพัฒนาโปรแกรมช่วยในการจัดวางผังคลังสินค้า

PROGRAM DEVELOPMENT FOR WAREHOUSE LAYOUT DESIGN

นางสาวเสาวภา อยู่เพชร รหัส 50363860
นางสาวอนงค์นภา จันทร์มี รหัส 50363884

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 ส.ค. 2554
เลขทะเบียน 1551920
เลขเรียกหนังสือ ป.ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว94311
2553

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2553

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การพัฒนาโปรแกรมช่วยในการจัดวางผังคลังสินค้า	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวเสาวภา อยู่เพชร	รหัส 50363860
	นางสาวนงค์นภา จันทร์มี	รหัส 50363877
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2553	

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์**ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง**
ของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

.....ประธานกรรมการ
(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

.....กรรมการ
(ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม)

.....กรรมการ
(อาจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การพัฒนาโปรแกรมช่วยในการจัดวางผังคลังสินค้า		
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวสาวภา	อยู่เพชร	รหัส 50363860
	นางสาวนงค์นภา	จันทร์มี	รหัส 50363884
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผศ.ดร.ภูพงษ์	พงษ์เจริญ	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2553		

.....

บทคัดย่อ

เนื่องด้วยธุรกิจด้านคลังสินค้าจะต้องมีการจัดการกับผลิตภัณฑ์อยู่ตลอดเวลา เริ่มตั้งแต่การสั่งซื้อผลิตภัณฑ์เพื่อที่จะนำเข้ามาเก็บไว้ในคลังสินค้า โดยจะต้องคำนึงถึงการใช้พื้นที่ให้สามารถบรรจุผลิตภัณฑ์ได้ทั้งหมดและเกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เพื่อส่งมอบให้กับลูกค้าโดยใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งจะต้องมีการออกแบบการจัดวางผังคลังสินค้าที่เหมาะสมก่อนจึงจะทำให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดได้

โครงงานนี้ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรเพื่อให้สามารถประยุกต์ใช้ได้กับการแก้ปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้าเพื่อให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นที่สุด โดยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรมด้วย Genetic Algorithm: GA เมื่อได้โปรแกรมแล้วจึงมีการทดสอบความถูกต้องของโปรแกรมด้วยการใช้ข้อมูลสมมติ จากนั้นก็นำโปรแกรมที่ได้ไปใช้จริงกับข้อมูลจากศูนย์กระจายสินค้าแห่งหนึ่งในการออกแบบการจัดวางผังคลังสินค้าเพื่อให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นที่สุด นอกจากการออกแบบผังคลังสินค้าโดยการใช้ GA แล้วโครงงานนี้ยังได้มีการทดสอบประสิทธิภาพในการหาคำตอบโดยนำค่าระยะทางที่ได้จาก GA ไปเปรียบเทียบกับวิธี Random Search: RS เพื่อดูว่าวิธีการหาคำตอบด้วย GA นั้นมีการวิธีการค้นหาคำตอบที่ให้ค่าคำตอบดีกว่า RS

นอกจากรูปแบบของการจัดวางสินค้าที่เหมาะสมและก่อให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นที่สุดในรูปแบบของตัวอักษรและรูปภาพแล้ว โครงงานนี้ยังสามารถที่จะใช้ออกแบบขนาดพื้นที่ที่จะใช้ในการบรรจุผลิตภัณฑ์ได้และยังสามารถที่จะแสดงถึงจำนวนพาเลทของผลิตภัณฑ์มากที่สุดที่จะสามารถบรรจุได้ในพื้นที่หนึ่งๆ ได้ ทำให้ผู้ประกอบการคลังสินค้ารู้จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่จะสั่งซื้อเข้ามาเก็บไว้ในคลังสินค้าของตนเองรวมทั้งยังกำหนดขนาดพื้นที่สำหรับผลิตภัณฑ์จำนวนหนึ่ง แล้วนำพื้นที่ส่วนที่เหลือไว้เพื่อจัดเก็บผลิตภัณฑ์ชนิดใหม่ที่ยังไม่เคยมีในคลังสินค้ามาก่อนและกำลังเป็นที่นิยมของผู้บริโภคได้ด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงและสมบูรณ์ด้วยความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งได้เสียสละเวลาให้คำปรึกษา แนะนำเอกสารและหนังสือที่เป็นประโยชน์ต่อการทำปริญญานิพนธ์ นอกจากนี้แล้วยังให้คำปรึกษาในการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Tcl/Tk ตลอดจนช่วยตรวจทานและแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นให้ถูกต้องและสมบูรณ์ในปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง ประธานคณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ดร.สุธนิตย์ พุทธพนม, อาจารย์ศรีศัจจา วิทยศักดิ์ กรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ตลอดจนครูอาจารย์ทุกท่านที่ได้อบรมสั่งสอนให้ประพฤติดี พร้อมทั้งยังให้ความรู้ซึ่งเป็นประโยชน์ยิ่งแก่ผู้วิจัย

ขอบคุณเพื่อนๆ และพี่น้องในมหาวิทยาลัยนเรศวรทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ให้การช่วยเหลือทุกด้านทำให้ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา พี่น้อง รวมถึงบรรดาญาติมิตรทุกคนที่คอยดูแลเอาใจใส่และเป็นแรงบันดาลใจ ทั้งยังส่งเสริมด้านทุนทรัพย์ ทำให้โครงงานวิจัยนี้เสร็จสมบูรณ์ตลอดจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิจัย
นางสาวเสาวภา อยู่เพชร
นางสาวอนงค์นภา จันทร์มี
23 กุมภาพันธ์ 2554

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ค
สารบัญ ..... ง
สารบัญตาราง ..... ฉ
สารบัญรูป ..... ช
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ ..... ญ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 2
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 3
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 5
2.1 ทฤษฎีการจัดเรียงสินค้าในคลังสินค้า 5
2.2 พาเลทและชั้นวางสินค้า 9
2.3 วิธีการแก้ปัญหาในการหาคำตอบที่ดีที่สุด 12
2.4 เจนเนติกอัลกอริทึม 13
2.5 โปรแกรมภาษา Tcl/Tk 24
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 26

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน 27
3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล 27
3.2 การวิเคราะห์และการออกแบบแฟ้มข้อมูลนำเข้า 29
3.3 การวิเคราะห์และการออกแบบแฟ้มข้อมูลนำออก 31

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การประยุกต์ใช้ GA สำหรับการแก้ปัญหาการจัดวางสินค้า 33
3.5 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อนำ GA มาใช้หาลำดับการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ 37
3.6 ตัวอย่างการคำนวณระยะทาง.....46

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.....52
4.1 ค่าปัจจัยและระดับของการทดลองผลการทดลอง.....52
4.2 การทดลอง.....52
4.3 ผลการทดลอง.....54

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.....88
5.1 บทสรุป.....88
5.2 ข้อเสนอแนะ.....89

เอกสารอ้างอิง.....90

ภาคผนวก ก.....91
ภาคผนวก ข.....115
ภาคผนวก ค.....118
ภาคผนวก ง.....121

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.1	ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน	3
2.1	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ	5
2.2	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า	6
2.3	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า	6
2.4	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว	7
2.5	แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บแบบผสมผสาน	7
2.6	แสดงรูปแบบของการสลับสายพันธุ์	18
2.7	แสดงรูปแบบของภารกลายพันธุ์	19
3.1	แสดงตัวอย่างรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์	28
3.2	แสดงลำดับขั้นตอนของการสร้างประชากรเริ่มต้น	34
3.3	แสดงข้อมูลผลิตภัณฑ์ (สมมติ)	46
3.4	แสดงข้อมูลการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า (สมมติ)	47
4.1	แสดงค่าปัจจัยและระดับของการทดลอง	52
4.2	แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 1	55
4.3	แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 1	56
4.4	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 1	57
4.5	แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 2	58
4.6	แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 2	59
4.7	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 2	60
4.8	แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 3	61
4.9	แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 3	62
4.10	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 3	63
4.11	แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 4	64
4.12	แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 4	65
4.13	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 4	66
4.14	แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 5	68
4.15	แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 5	69
4.16	แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 5	70
4.17	แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 6	71

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.18 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 6 72
4.19 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 6 73
4.20 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 1 74
4.21 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 1 75
4.22 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลจริงชุดที่ 1 76
4.23 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 2 77
4.24 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 2 78
4.25 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลจริงชุดที่ 2 79
4.26 แสดงสรุปค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากทุกข้อมูลในการทดลอง 80
4.27 แสดงค่าเปรียบเทียบระหว่าง GA กับ RS ด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 1 81
4.28 แสดงค่าเปรียบเทียบระหว่าง GA กับ RS ด้วยข้อมูลจริงชุดที่ 1 82
4.29 แสดงระยะทางที่ได้จากการเลือกรูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบต่างๆ 84
4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ 85
4.31 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางโดยมีการเพิ่มจำนวนชั้นวางสินค้า 86
ก.1 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 1 92
ก.2 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 2 93
ก.3 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 3 94
ก.4 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 4 95
ก.5 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 5 96
ก.6 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 6 97
ก.7 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1 98
ก.8 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2 104
ก.9 รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า 15 วัน 110
ข.1 แสดงผลการทดลองประมวลผลด้วย GA กับ RS ด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 1 116
ข.2 แสดงผลการทดลองประมวลผลด้วย GA กับ RS ด้วยข้อมูลจริงชุดที่ 1 117

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงพาเลทที่วางซ้อนทับกัน	9
2.2	แสดงพาเลทที่ทำจากไม้	10
2.3	แสดงพาเลทที่ทำจากพลาสติก	10
2.4	แสดงพาเลทที่ทำจากกระดาษ	11
2.5	แสดงพาเลทที่ทำจากโฟม	11
2.6	แสดงโครงสร้างการทำงานของ SGA	15
2.7	แสดงรูปแบบของโครโมโซมที่มียีน 8 ยีน	15
2.8	แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบอนุกรม	16
2.9	แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบขนาน	17
2.10	แสดงการสลับสายพันธุ์	18
2.11	แสดงการกลายพันธุ์	18
2.12	แสดงรูปวงล้อเสี่ยงทาย	22
2.13	แสดงกลไกการทำงานของ Elitist Strategy	23
2.14	แสดงกลไกการทำงานของ Elitist Selection แบบวีณา พรหมเทพ	24
3.1	แสดงข้อมูลของกล่องผลิตภัณฑ์	27
3.2	แสดงรูปแบบการจัดเรียงของชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว	28
3.3	แสดงรูปแบบการจัดเรียงของชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่	28
3.4	แสดงรูปแบบการเรียงข้อมูลผลิตภัณฑ์จาก Data file	29
3.5	แสดงตัวอย่างข้อมูลจริงของผลิตภัณฑ์ใน Data file	30
3.6	แสดงรูปแบบการเรียงข้อมูลรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์	30
3.7	แสดงตัวอย่างข้อมูลรายการสั่งซื้อสินค้าจริงใน Data file	30
3.8	แสดงแฟ้มข้อมูลนำออกของโปรแกรม	32
3.9	แสดงรูปแบบของโครโมโซม	33
3.10	แสดงลำดับการทำงานของ GA	36
3.11	แสดงหน้าจอแรกของโปรแกรม	37
3.12	แสดงการนำเข้าแฟ้มข้อมูลนำเข้า	37
3.13	แสดงการโหลดข้อมูลสำเร็จจาก Data File	38
3.14	แสดงการเลือก Tool	38
3.15	แสดงการเลือก Genetic Algorithm เพื่อการกำหนดค่าสำหรับการคำนวณ	39

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่		หน้า
3.16	แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมด้วยวิธี Genetic Algorithm	39
3.17	แสดงส่วนของการกำหนดค่าสำหรับ Genetic Algorithm	40
3.18	แสดงส่วนการกำหนดค่าสำหรับปัญหาการจัดวางผังคลังสินค้าด้วย GA	41
3.19	แสดงส่วนของปุ่มต่างๆ ของ Genetic Algorithm	41
3.20	แสดงการเลือก Random Search เพื่อการกำหนดค่าสำหรับการคำนวณ	42
3.21	แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมด้วยวิธี Random Search	42
3.22	แสดงส่วนของปุ่มต่างๆ ของ Random Search	43
3.23	แสดงการประมวลผล	44
3.24	แสดงการเลือก View เพื่อดูผังการจัดวางสินค้า	45
3.25	แสดงผังการจัดเรียงสินค้า	45
3.26	แสดงผังการจัดเรียงสินค้า (ตัวอย่างการคำนวณ)	48
4.1	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 1	56
4.2	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 2	60
4.3	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 3	63
4.4	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 4	66
4.5	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 5	69
4.6	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 6	72
4.7	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลจริงชุดที่ 1	75
4.8	แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลจริงชุดที่ 2	78
4.9	แสดงรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้า	87
ค.1	แสดงการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี EERX	119
ค.2	แสดงการกลายพันธุ์ด้วยวิธี EERX	120
ง.1	แสดงการคำนวณหาความเพียงพอของพื้นที่ต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง	122
ง.2	แสดงการคำนวณหาความเพียงพอของพื้นที่ต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้าง	123

สารบัญอักษรย่อ

อักษรย่อ	: คำอธิบาย
GA	: เจนเนติกอัลการิทึม (Genetic Algorithm)
SGM	: เจนเนติกอัลการิทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm)
COAs	: วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimization Algorithms)
AOAs	: วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดโดยอาศัยหลักของการประมาณ (Approximation Optimization Algorithms)
P_C	: ความน่าจะเป็นของโครโมโซมลูกที่เกิดจากการสลับสายพันธุ์ (Probabilities of Crossover)
COP	: การสลับสายพันธุ์ (Crossover)
OX	: การสลับสายพันธุ์แบบออเดอร์ (Order Crossover)
PMX	: การสลับสายพันธุ์แบบพาเชียลลีแม็พ (Partially Mapped Crossover)
CX	: การสลับสายพันธุ์แบบไซคลิง (Cycling Crossover)
ERX	: การสลับสายพันธุ์แบบเอดจ์รีคอมบิเนชัน (Edge Recombination Crossover)
EERX	: การสลับสายพันธุ์แบบเอ็นฮานซ์เอดจ์รีคอมบิเนชัน (Enhanced Edge Recombination Crossover)
PBX	: การสลับสายพันธุ์แบบโพซิชันเบส (Position Based Crossover)
MPX	: การสลับสายพันธุ์แบบแม็กซ์ซีมัลพรีเซอร์เวชัน (Maximal Presevation Crossover)
1PX	: การสลับสายพันธุ์แบบวันพอทย์ (One Point Crossover)
2PCX	: การสลับสายพันธุ์แบบทูพอยท์เซนเตอร์ (Two point Center Crossover)
P_M	: เปอร์เซ็นต์ของโครโมโซมที่เกิดจากการกลายพันธุ์ (Probability of Mutation)
MOP	: การกลายพันธุ์ (Mutation)

สารบัญอักษรย่อ (ต่อ)

อักษรย่อ	: คำอธิบาย
IM	: การกลายพันธุ์แบบอินเวอร์สชัน (Inverse Mutation)
SOM	: การกลายพันธุ์แบบชิฟท์โอเปอเรชัน (Shift Operation Mutation)
3OAS	: การกลายพันธุ์แบบทรีโอเปอเรชันส์แอดดาเจนซ์แสว็ป (Three Operation Adjacent Swap Mutation)
3ORS	: การกลายพันธุ์แบบทรีโอเปอเรชันส์แรนดอมแสว็ป (Three Operation Random Swap Mutation)
2OAS	: การกลายพันธุ์แบบทูโอเปอเรชันส์แอดดาเจนซ์แสว็ป (Two Operation Adjacent Swap Mutation)
2ORS	: การกลายพันธุ์แบบทูโอเปอเรชันส์แรนดอมแสว็ป (Two Operation Random Swap Mutation)
CIM	: การกลายพันธุ์แบบเซนเตอร์อินเวิร์ส (Center Inverse Mutation)
E2ORS	: การกลายพันธุ์แบบเอนฮานซ์ทูโอเปอเรชันส์แรนดอมแสว็ป (Enhanced Two Operation Random Swap Mutation)
%E	: เปอร์เซ็นต์ของการเก็บโครโมโซมพันธุ์ดีเทียบต่อขนาดของประชากร (Percentage of Keeping Elite Chromosome)

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีกระบวนการผลิตและแปรรูปวัตถุดิบให้เป็นผลิตภัณฑ์ หลังจากนั้นผลิตภัณฑ์จะถูกจัดเก็บไว้ในศูนย์กระจายสินค้าแต่ละแห่งเพื่อความสะดวกในการจำหน่ายให้แก่ลูกค้าตามความต้องการซึ่งเรารู้จักกันดีในชื่อ "สินค้า (Goods)" หลังจากที่มีการส่งสินค้าจากผู้ผลิตไปยังศูนย์กระจายสินค้าแล้วจะต้องมีการจัดเก็บสินค้าไว้ในคลังสินค้า (Tompkins and Smith, 1998) ซึ่งมีหลายวิธีดังนี้

1.1.1 การจัดเก็บสินค้าโดยไร้รูปแบบ เป็นการเก็บสินค้าโดยไม่มีตำแหน่งจะวางไว้ที่ใดในคลังสินค้าก็ได้

1.1.2 การจัดเก็บสินค้าที่มีตำแหน่งตายตัว เป็นการเก็บสินค้าเข้าไว้ในตำแหน่งเดิมเนื่องจากมีการกำหนดตำแหน่งให้กับสินค้าชนิดนั้นๆ ไว้แล้ว

1.1.3 การเก็บสินค้าตามรหัสสินค้า เป็นการเก็บสินค้าโดยระบุรหัสของสินค้าแล้วนำเข้าไปเก็บในตำแหน่งที่รหัสนั้นอยู่

1.1.4 การจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า เป็นการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้าโดยไม่คำนึงถึงรุ่นหรือยี่ห้อของสินค้า

1.1.5 การจัดเก็บสินค้าที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว เป็นการเก็บสินค้าที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งสามารถวางไว้ในที่ใดในคลังสินค้าก็ได้แต่ต้องมีระบบสารสนเทศเพื่อบอกตำแหน่งของสินค้าชนิดนั้นๆ

1.1.6 การจัดเก็บสินค้าแบบผสมผสาน เป็นการจัดเก็บสินค้าที่รวมข้อดีของทุกรูปแบบมาปรับใช้โดยการพิจารณาจากข้อกำหนดของสินค้า

ศูนย์กระจายสินค้ามีความสำคัญต้อระบบห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) โดยการเชื่อมโยงระหว่างผู้ผลิต ผู้ขาย (ทั้งปลีกและส่ง) และผู้บริโภค สถานประกอบการที่ทำธุรกิจด้านคลังสินค้าแห่งนี้เป็นศูนย์กระจายสินค้าขนาดใหญ่ที่มีการเก็บสินค้าประเภทผลิตเพื่อเข้าสต๊อก (Make to Stock) อยู่หลายชนิดเนื่องจากมีการหมุนเวียนของสินค้าทั้งเข้าและออกเป็นประจำ, พื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บซึ่งมีเพียงจำกัดทำให้ต้องมีการวางแผนการจัดเก็บสินค้าและวางแผนการหยิบเพื่อขนย้ายสินค้าไปยังรถขนสินค้า (Storage Planning and Packing) ถ้าหากไม่มีการจัดการดังกล่าวแล้วจะทำให้เกิดการจัดวางสินค้าอย่างไม่เป็นระบบและไม่มีระเบียบ สูญเสียพื้นที่ในการจัดเก็บโดยเปล่าประโยชน์ การขนย้ายสินค้าของรถโฟล์คลิฟต์มีระยะทางมากซึ่งทำให้ระยะเวลาในการขนย้ายสินค้าเพิ่มมากขึ้นด้วย เหล่านี้ส่งผลกระทบต่อความเชื่อมั่นในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า จึงเป็นเหตุผลให้ทำโครงงานนี้โดยนำเอาโปรแกรมช่วยในการจัดเรียงเครื่องจักรในการผลิตแบบยืดหยุ่นมาพัฒนาปรับปรุงให้สามารถใช้ในการออกแบบผังการจัดวางสินค้าในศูนย์กระจายสินค้า ทำให้มีการจัดวางสินค้าบนพื้นที่

อย่างเกิดประโยชน์ที่สุด ลดระยะทางในการขนย้ายซึ่งทำให้ใช้ระยะเวลาในการขนย้ายที่สั้นที่สุด การลดระยะเวลาลงทำให้ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้นและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เร็วขึ้น ลูกค้ามีความเชื่อมั่นในการสั่งซื้อสินค้า นอกจากนั้นแล้วยังประหยัดค่าใช้จ่ายจากค่าน้ำมันของรถโฟล์คลิฟต์ ทั้งหมดนี้ทำให้ต้นทุนในด้านการเก็บสินค้าลดลง (กำไรเพิ่มขึ้น)

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อพัฒนาและปรับปรุงโปรแกรมการจัดเรียงเครื่องจักรให้สามารถใช้ได้กับการออกแบบผังการจัดวางสินค้าภายในคลังสินค้าทำให้เกิดระยะทางในการขนย้ายสินค้าที่สั้นที่สุด

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

ได้โปรแกรมที่สามารถช่วยในการออกแบบการวางผังคลังสินค้าและการหยิบสินค้าเพื่อการขนย้าย

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

โปรแกรมที่พัฒนาสามารถแสดงผังการจัดวางสินค้าในคลังสินค้าที่เหมาะสมโดยใช้ระยะทางการขนย้ายสินค้าที่สั้นที่สุด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 สำหรับโครงงานนี้ได้มีการทำวิธีการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของ Genetic Algorithm และวิธี Random Search ในการแก้ปัญหาการจัดวางสินค้า

1.5.2 โครงงานนี้จะสามารถแสดงการวางชั้นวางสินค้าได้ 4 รูปแบบคือ แถวเดี่ยวติดผนังด้านข้าง, แถวเดี่ยวไม่ติดผนังด้านข้าง, แถวคู่ติดผนังด้านข้างและแถวคู่ไม่ติดผนังด้านข้าง

1.5.3 โครงงานนี้กำหนดให้มีจำนวนของชั้นวางสินค้าได้มากที่สุด 3 ชั้น

1.5.4 โครงงานนี้กำหนดให้พาเลท 1 อัน สามารถบรรจุสินค้าได้เพียงชนิดเดียวเท่านั้น

1.5.5 โครงงานนี้กำหนดให้จุดเริ่มต้นและจุดสุดท้ายของการจอดรถโฟล์คลิฟต์เพื่อการขนย้ายสินค้าเป็นจุดเดียวกัน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

8 เดือน เริ่มตั้งแต่ กรกฎาคม 2553 ถึง กุมภาพันธ์ 2554

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ระยะเวลาในการดำเนินงาน	2553						2554	
แผนการดำเนินงาน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.8.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับโปรแกรม (การจัดเรียงเครื่องจักร) 1.8.1.1 ศึกษาการค้นคว้าด้วยตนเอง เรื่อง การจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยวิธี Genetic Algorithm ของนางสาวพัชราภรณ์ อริยะวงษ์ 1.8.1.2 การศึกษาการเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพาร์ทิเคิลสวอม ออปติไมเซชันและเจนเนติกอัลกอลิทึมเพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นของนายณัฏฐพงศ์ คำขาด	←	→						
1.8.2 ศึกษาโปรแกรม Tcl/Tk	←	→						
1.8.3 ศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า 1.8.3.1 ศึกษาขนาดของพื้นที่ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้า 1.8.3.2 ศึกษาการจัดเก็บสินค้ารูปแบบเดิม 1.8.3.3 ศึกษาชนิดและปริมาณของสินค้าในการจัดเก็บ 1.8.3.4 ศึกษาปริมาณการสั่งซื้อสินค้าแต่ละชนิด	←	→	←	→				

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

ระยะเวลาในการดำเนินงาน	2553						2554	
แผนการดำเนินงาน	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.
1.8.4 วิเคราะห์ข้อมูล 1.8.4.1 เกี่ยวกับศูนย์กระจายสินค้า 1.8.4.2 เกี่ยวกับโปรแกรม	←	→						
1.8.5 ศึกษาโปรแกรมโดยละเอียดและออกแบบโปรแกรม 1.8.5.1 ศึกษาโปรแกรมการจัดเรียงเครื่องจักร 1.8.5.2 ศึกษาโปรแกรม Tcl/Tk			←	→				
1.8.6 ออกแบบโปรแกรมวางผังการจัดวางด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม			←	→				
1.8.7 เขียนโปรแกรม ทดสอบโปรแกรม แก้ไขโปรแกรม				←	—	—	→	
1.8.8 ทดสอบโปรแกรมสำเร็จรูป							←	→
1.8.9 เขียนวิธีการหาคำตอบโดยวิธี Random Search โดยพิจารณาจากปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าแล้วนำไปเปรียบเทียบกับโปรแกรมที่ได้								← →
1.8.10 สรุปการทำวิจัยและจัดทำเอกสารประกอบการทำโครงงาน								← →

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ทฤษฎีการจัดเรียงสินค้าในคลังสินค้า

Tomkins และ Smith ได้เสนอแนวคิดว่า รูปแบบในการจัดเก็บสินค้าควรมี 6 รูปแบบ ดังนี้

2.1.1 ระบบการจัดเก็บแบบไร้รูปแบบ (Informal System)

เป็นการจัดเก็บสินค้าโดยไม่มีตำแหน่ง สามารถวางสินค้าไว้ในตำแหน่งใดก็ได้ พนักงานรู้ตำแหน่งของสินค้าที่จัดเก็บเป็นอย่างดี เหมาะสำหรับคลังสินค้าที่มีขนาดเล็ก ซึ่งมีจำนวนของสินค้าและจำนวนพื้นที่ในการจัดเก็บน้อย พนักงานแต่ละคนจะมีพื้นที่รับผิดชอบของตนเพื่อคอยดูแลเรื่องการจัดเก็บสินค้าตามแนวทางของตนเอง ซึ่งจะพบปัญหาในการจัดเก็บและการหาสินค้าในวันที่พนักงานในเขตพื้นที่รับผิดชอบนั้นๆ ไม่มาทำงาน ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บโดยไร้รูปแบบ

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ไม่ต้องการการบำรุงรักษาอุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ 2. ยืดหยุ่นสูง	1. ไม่มีประสิทธิภาพ 2. หาสินค้ายากขึ้นอยู่กับทักษะของพนักงานภายในคลังสินค้า

2.1.2 ระบบจัดเก็บโดยกำหนดตำแหน่งตายตัว (Fixed Location System)

เป็นการจัดเก็บสินค้าที่กำหนดตำแหน่งตายตัวไว้แล้ว เหมาะกับคลังสินค้าที่มีขนาดเล็ก จำนวนพนักงาน จำนวนสินค้าและขนาดพื้นที่การจัดเก็บสินค้ามีน้อย จะพบปัญหาอยู่ 2 กรณี คือ

2.1.2.1 มีการสั่งซื้อสินค้าเข้ามาทีละมากๆ ทำให้พื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าไม่เพียงพอ

2.1.2.2 เมื่อไม่มีการสั่งซื้อสินค้าเข้ามา ตำแหน่งของการจัดเก็บสินค้าชนิดนั้นว่างทำให้เสียประโยชน์ในการใช้พื้นที่จัดเก็บ

2.1.3 ระบบจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า (Part Number System)

รูปแบบการจัดเรียงสินค้าแบบนี้คล้ายกับการจัดเก็บสินค้าโดยกำหนดตำแหน่ง (Fixed Location System) แต่มีข้อแตกต่างคือ การจัดเก็บแบบใช้รหัสสินค้าจะมีลำดับในการจัดเรียง เช่น A12 ทำให้รหัสดังกล่าวจะถูกจัดเก็บก่อน A13 เป็นต้น การจัดเก็บสินค้ารูปแบบนี้เหมาะกับคลังสินค้าที่ต้องการส่งออกและนำเข้าสินค้าที่มีจำนวนคงที่ เนื่องจากมีการจัดเก็บโดยใช้รหัสแล้วจัดเก็บไว้ในตำแหน่งของสินค้านั้นๆ จะทำให้พนักงานรู้ตำแหน่งของสินค้าได้ง่าย แต่ไม่มีความยืดหยุ่นสำหรับองค์กรหรือบริษัทที่กำลังเติบโตและต้องการขยายจำนวนสินค้า ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บโดยจัดเรียงตามรหัสสินค้า

ข้อดี	ข้อเสีย
1. ง่ายต่อการค้นหาสินค้า 2. ง่ายต่อการหยิบสินค้า 3. ง่ายต่อการนำไปใช้ 4. ไม่จำเป็นต้องมีการบันทึกตำแหน่งสินค้า	1. ไม่ยืดหยุ่น 2. ยากต่อการปรับปริมาณความต้องการสินค้า 3. การเพิ่มการจัดเก็บสินค้าใหม่ส่งผลต่อการเก็บสินค้าทั้งหมด 4. ใช้พื้นที่จัดเก็บได้ไม่เต็มที่

2.1.4 ระบบการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า (Commodity System)

เป็นการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้าโดยตำแหน่งของการจัดเก็บคล้ายกับร้านค้าปลีกหรือห้างสรรพสินค้า โดยการจัดเก็บสินค้าประเภทเดียวกันให้อยู่ใกล้กัน ซึ่งการจัดเก็บสินค้ารูปแบบนี้จัดอยู่ในรูปแบบของ Combination System ด้วย ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บสินค้าตามประเภทของสินค้า

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีการใช้งานพื้นที่จัดเก็บมากขึ้น 2. สะดวกต่อการหยิบสินค้าเนื่องจากรู้ตำแหน่ง 3. ยืดหยุ่นสูง	1. ในกรณีที่มีสินค้าประเภทเดียวกันหลายรุ่นหรือหลายยี่ห้ออาจทำให้หยิบสินค้าผิดรุ่นหรือผิดยี่ห้อได้ 2. การใช้พื้นที่จัดเก็บดีขึ้น แต่ยังไม่ดีที่สุด 3. สินค้าบางอย่างยุ่งยากในการจัดประเภท

2.1.5 ระบบจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว (Random Location System)

เป็นการจัดเก็บสินค้าที่มีรูปแบบตายตัว สามารถวางสินค้าไว้ที่ใดก็ได้ในคลังสินค้าแต่ต้องมีระบบสารสนเทศที่ใช้ในการจัดเก็บและติดตามข้อมูลของสินค้าเหล่านั้นว่า อยู่ในตำแหน่งใดโดยต้องมีการปรับปรุงข้อมูลอยู่ตลอดเวลา ซึ่งวิธีการจัดเก็บสินค้ารูปแบบนี้เหมาะสมกับคลังสินค้าทุกชนิด ดังแสดงในตารางที่ 2.4

2.1.6 ระบบจัดเก็บแบบผสมผสาน (Combination System)

เป็นการจัดเก็บสินค้าโดยใช้หลักการผสมผสานของกลักการเบื้องต้นโดยพิจารณาจากข้อจำกัดหรือเงื่อนไขของสินค้าชนิดนั้นๆ เช่น หากคลังสินค้ามีสินค้าประเภทวัตถุอันตรายหรือสารเคมีต่างๆ วางรวมกับสินค้าประเภทอาหาร ควรมีการแยกพื้นที่ในการจัดเก็บสินค้าทั้งสองประเภทให้อยู่ห่างกัน เป็นต้น สำหรับพื้นที่ๆ เหลือจะมีการจัดเก็บสินค้าแบบตายตัวเนื่องจากมีการคำนึงถึง

ประโยชน์ของพื้นที่ใช้งานและยังสามารถจัดเก็บสินค้าแบบไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัวไว้ด้วยก็ได้ ดังแสดงในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.4 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บที่ไม่ได้กำหนดตำแหน่งตายตัว

ข้อดี	ข้อเสีย
1. มีการใช้พื้นที่จัดเก็บได้อย่างเกิดประโยชน์สูงสุด 2. ง่ายต่อการขยายการจัดเก็บ 3. ยืดหยุ่นสูง 4. ง่ายในการปฏิบัติงาน 5. ระยะทางในการหยิบสินค้าไม่ไกล	1. จะต้องมีการบันทึกข้อมูลอย่างละเอียดและประสิทธิภาพ 2. เข้มงวดในการจดบันทึกข้อมูล

ตารางที่ 2.5 แสดงการเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของการจัดเก็บแบบผสมผสาน

ข้อดี	ข้อเสีย
1. รวมข้อดีของทุกรูปแบบไว้ 2. ปรับเปลี่ยนรูปแบบการจัดเก็บได้ตามสภาพของคลังสินค้า 3. ยืดหยุ่นสูง 4. ขยายการเก็บได้ง่าย	1. การใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในการจัดเก็บไม่มีความแน่นอน เปลี่ยนได้ตลอดเวลา 2. อาจทำให้พนักงานเกิดความสับสนเนื่องจากรูปแบบการจัดเก็บมีมากกว่า 1 วิธี

2.1.7 แนวคิดในการจัดเก็บสินค้าแบบ Charles (Charles, 2002) มี 2 แนวคิด คือ

2.1.7.1 การจัดเก็บแบบสุ่ม (Random Storage)

เป็นการจัดเก็บสินค้าไว้ในตำแหน่งที่ว่างได้ทุกตำแหน่งทั่วทั้งคลังสินค้าเพราะไม่มีการกำหนดตำแหน่งที่แน่นอนในการจัดเก็บสินค้าสำหรับประเภทใด

2.1.7.2 การจัดเก็บตามปริมาณความต้องการสินค้า (Volume-based Storage)

เป็นการจัดเก็บสินค้าโดยพิจารณาจากสินค้าที่มีปริมาณความต้องการสูงจะถูกเก็บไว้ใกล้กับประตูเข้าออก

ข้อแตกต่างระหว่างการจัดเก็บสินค้าแบบสุ่มและการจัดเก็บสินค้าตามปริมาณความต้องการหยิบสินค้าคือ การจัดเก็บตามปริมาณความต้องการสินค้า ช่วยลดเวลาและระยะทางในการหยิบสินค้าแต่อาจมีข้อเสียคือ เกิดความแออัดในช่องทางเดินสินค้าและเกิดความไม่สมดุลในการใช้พื้นที่จัดเก็บสินค้า ซึ่งตรงข้ามกับการจัดเก็บแบบสุ่ม ซึ่งมีการใช้ประโยชน์ของพื้นที่ในการจัดเก็บ

อย่างทั่วถึงแต่ก็มีข้อเสียคือ เสียเวลาในการค้นหาสินค้า การหยิบสินค้าบ่อยครั้งและระยะทางในการหยิบสินค้าอยู่ไกล

2.1.8 แผนผังพื้นที่คลังสินค้า (Plano graph or Warehouse Floor Plan) (คำนาย อภิปรัชญา, 2550)

การวางแผนผังพื้นที่ที่ใช้สำหรับการจัดเก็บสินค้าจะช่วยในการจัดการควบคุมและการใช้พื้นที่อย่างเหมาะสม แผนผังพื้นที่คลังสินค้าที่ได้จัดทำไว้อย่างสมบูรณ์และมีการปรับปรุงอยู่เสมอจะแสดงให้เห็นถึงการใช้พื้นที่สุทธิที่แท้จริงและมีการแก้ไขเปลี่ยนแปลงพื้นที่ๆ ที่ใช้ในการจัดเก็บสินค้าอยู่เสมอ โดยพื้นที่ในการเก็บสินค้าส่วนใหญ่จะแบ่งเป็นพื้นที่รับสินค้า พื้นที่จ่ายสินค้า ทางเดินและพื้นที่สำหรับความมุ่งหมายอย่างอื่นๆ นอกจากนี้ยังแสดงถึงพื้นที่ซึ่งมีสินค้าเก็บอยู่และพื้นที่ว่างด้วย

2.1.9 การกำหนดตำแหน่งของสินค้า

กำหนดตามความถี่ของการหมุนเวียนโดยไม่ต้องคำนึงถึงขนาดที่แตกต่างกันของแต่ละรายการในประเภทเดียวกัน ยกเว้นรายการที่มีขนาดใหญ่มากหรือมีน้ำหนักมากผิดปกติจริงๆ ที่จะเป็นปัญหาเกี่ยวกับการยกเพื่อขนย้ายสินค้าทำให้ต้องมีการจัดเก็บที่ต้องแยกตำแหน่งเก็บที่เหมาะสมต่างหาก โดยไม่คำนึงถึงความถี่ในการหมุนเวียนอย่างรายการทั่วไป แต่อย่างไรก็ควรให้อยู่ในพื้นที่เดียวกันกับสินค้าชนิดอื่นๆ ที่เป็นประเภทเดียวกัน ซึ่งอาจเลือกตำแหน่งที่ง่ายต่อการเข้าถึงและอาจใช้เครื่องมือยกขนหรือวิธีการเก็บรักษาเป็นพิเศษโดยเฉพาะ แตกต่างไปจากสินค้ารายการอื่นๆ ในประเภทเดียวกัน การกำหนดตำแหน่งของสินค้าควรเป็นไปตามลำดับดังต่อไปนี้

2.1.9.1 จัดทำแผนผังพื้นที่

สิ่งที่จะต้องจัดทำไว้ในแผนผังขั้นแรก ได้แก่ อุปสรรคที่เป็นข้อจำกัดในการเก็บรักษาซึ่งได้แก่ ตำแหน่งของเสา ช่องบันได ทางเลื่อนทางลิฟต์ พื้นที่สำนักงานและห้องน้ำ การกำหนดพื้นที่รับพื้นที่จ่ายและพื้นที่สำหรับการเก็บรักษาปลีกย่อยต้องเป็นไปตามลำดับความสำคัญ

2.1.9.2 กำหนดตำแหน่งสินค้าลงบนแผนผังบริเวณ

กำหนดตำแหน่งสินค้าตามความคล้ายคลึงก่อนเพื่อให้ทราบพื้นที่สำหรับการจัดเก็บสินค้าแต่ละประเภท โดยพิจารณาเลือกประเภทที่มีการหมุนเวียนสูงที่สุดไว้ใกล้กับพื้นที่บรรจุและจัดส่ง ส่วนใหญ่ก็จะให้อยู่ใกล้พื้นที่เก็บรักษาปลีกย่อยมากที่สุด ในขณะเดียวกันการกำหนดพื้นที่เก็บรักษาเป็นล็อตขนาดใหญ่นั้นควรกำหนดจำนวนพื้นที่เก็บรักษาในตู้เก็บที่เป็นส่วนปลีกย่อยให้เพียงพอสำหรับสินค้าแต่ละประเภทนั้นด้วย ส่วนสินค้าประเภทที่มีอัตราการหมุนเวียนสูง ก็จะได้รับการกำหนดพื้นที่ใกล้เคียงกับประเภทแรก ทำไปเรื่อยๆ จนครบโดยสินค้าที่มีอัตราการหมุนเวียนต่ำสุดจะอยู่ด้านหลังสุดของพื้นที่เก็บสินค้า

2.1.9.3 กำหนดเนื้อที่เก็บรักษาตามขนาดของสินค้า

โดยแบ่งเป็นสินค้าที่มีขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ ซึ่งเหมือนกับการเก็บรักษาตามล็อตขนาดใหญ่และการเก็บรักษาเป็นปลีกย่อย

2.1.10 ปัจจัยพิจารณาในการคำนวณความต้องการ

เพื่อความเหมาะสมในการจัดการพื้นที่อย่างเหมาะสมจึงต้องมีปัจจัยที่ใช้ในการคำนวณ ดังนี้

2.1.10.1 ปริมาณของสินค้าที่เก็บรักษา

องค์ประกอบหลายอย่างถึงแม้จะมีอิทธิพลต่อการจัดพื้นที่ในการเก็บรักษา แต่ปริมาณสินค้าก็เป็นองค์ประกอบสำคัญที่จะต้องนำมาพิจารณาก่อน ซึ่งปริมาณของสินค้านั้นมีการเปลี่ยนแปลงเนื่องมาจากปริมาณที่รับเข้ากับปริมาณที่ส่งออกไปภายในช่วงเวลานั้นๆ

2.1.10.2 ลักษณะเฉพาะของสิ่งอำนวยความสะดวกในการเก็บรักษา

การเก็บรักษาจะได้รับการจัดวางทั้งแนวตั้งและแนวราบ ดังนั้นการจัดพื้นที่เก็บรักษาจะต้องคำนึงถึงขีดจำกัดที่มีอยู่เช่น ความสามารถในการรับน้ำหนักของพื้นที่ ความสูงของด้านบนอาคาร เป็นต้น

2.1.10.3 ลักษณะเฉพาะของสินค้า

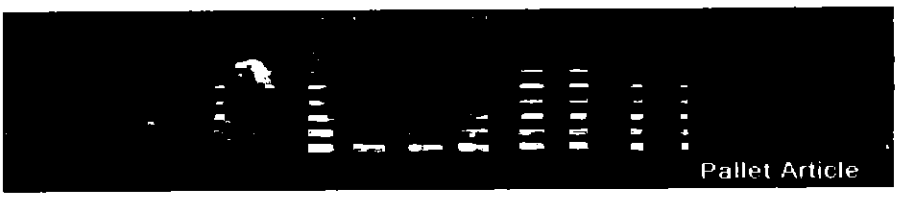
ลักษณะเฉพาะของสินค้ารวมทั้งลักษณะของบรรจุภัณฑ์สินค้าจัดเป็นองค์ประกอบสำคัญที่มีส่วนต่อความสูงของพื้นที่ในการเก็บรักษา โดยในปัจจุบันมีการจัดเก็บสินค้าโดยใช้อุปกรณ์ช่วยให้ง่ายจ่อการขนย้ายเช่น เก็บสินค้าบนพาเลท การบรรจุสินค้าลงกล่อง การวางสินค้าซ้อนกันบนชั้นสินค้า

2.1.10.4 เนื้อที่ซึ่งแบ่งไว้สำหรับกิจกรรมอื่น

พื้นที่ที่นอกเหนือจากการเก็บสินค้าได้แก่ พื้นที่สนับสนุนการเก็บรักษาและทางเดิน

2.1.11 การยกหรือเคลื่อนย้ายสินค้า จำเป็นต้องมีพื้นที่ว่างระหว่างพาเลทอย่างเพียงพอเพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้มีการเปลี่ยนตำแหน่งเก็บสินค้าใหม่

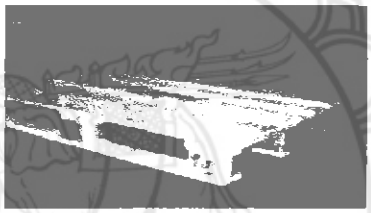
2.2 พาเลท (Pallet) และชั้นวางสินค้า (Rack)



รูปที่ 2.1 แสดงพาเลทที่วางซ้อนทับกัน

ที่มา: วสันต์ กลิ่นชั้น. มาตราฐานพาเลท. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2554 จาก http://www.polypallet.net/basic-knowledge.html

2.2.1 พาเลท (วสันต์, 2552) ขนาดของพาเลทนั้นมีหลายขนาด (วสันต์ กลิ่นชั้น) ซึ่งที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายนั้น 65% ของจำนวนพาเลททั้งหมดในโลกถูกผลิตขึ้นในยุโรป มีขนาดอยู่ที่ 800 มม. X1200 มม. หรือ 1000 มม.X1200 มม. ส่วนอีก 36% พาเลท (pallet) ผลิตขึ้นที่สหรัฐอเมริกามีขนาด 1219 มม.X1016 มม. (48นิ้วX40นิ้ว) และพาเลท (pallet) อีก 24% ที่เหลือนั้นผลิตที่ประเทศญี่ปุ่นมีขนาด 1100 มม.X1100 มม. เป็นส่วนใหญ่ ปัญหาส่วนใหญ่ที่ผู้ผลิตรวมทั้งผู้ใช้พาเลท (pallet) ทั่วโลกต้องพบเจอนั้นคือ เรื่องขนาดอันเป็นมาตรฐานของพาเลทที่เป็นสากล จึงทำให้เกิดการออกแบบพาเลทและพัฒนาพาเลทที่มีความหลากหลาย ทั้งขนาดของพาเลทและชนิดของวัสดุที่นำมาผลิตเป็นพาเลทซึ่งมีทั้งชนิดไม้, พลาสติก, กระดาษและนวัตกรรมล่าสุดของการผลิตพาเลทคือการนำโฟม EPS (Expanded Polystyrene) มาเป็นวัสดุเพื่อใช้ทดแทนข้อเสียของพาเลททุกชนิดที่ผลิตออกมาก่อนแล้วให้ได้มากที่สุด พาเลทสามารถประเภทแบ่งได้ตามชนิดของวัสดุที่ใช้ในการผลิตดังนี้



รูปที่ 2.2 แสดงพาเลทที่ทำจากไม้
ที่มา: วสันต์ กลิ่นชั้น. มาตราฐานพาเลท. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2554
จาก http://www.polypallet.net/basic-knowledge.html

2.2.1.1 พาเลทไม้

ไม้เป็นวัสดุแรกที่นำมาใช้ทำพาเลทเพราะเป็นวัสดุที่หาง่าย แข็งแรง ราคาไม่แพง ใช้เวลาในการผลิตพาเลทรวดเร็วและสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ แต่พาเลทไม้จะมีปัญหาเรื่องเชื้อราและแมลงที่อาศัยอยู่ในไม้รวมทั้งปัญหาเรื่องเสี้ยนไม้ ที่ก่อให้เกิดความเสียหายต่อสินค้า

รูปที่ 2.3 แสดงพาเลทที่ทำจากพลาสติก
ที่มา: วสันต์ กลิ่นช้อน. มาตราฐานพาเลท. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2554
จาก http://www.polypallet.net/basic-knowledge.html

2.2.1.2 พาเลทพลาสติก

พลาสติกชนิดที่นำมาใช้ทำพาเลทส่วนใหญ่จะได้แก่ HDPE, PP, PVC ซึ่งมีราคาแพงกว่าพาเลทไม้อยู่ประมาณ 3-6 เท่า ต่อน้ำหนัก 1 ปอนด์ (ของพาเลทไม้) ข้อได้เปรียบสำคัญของพาเลทพลาสติกคือ ไม่มีปัญหาเรื่องเชื้อราและแมลง พาเลทประเภทนี้เหมาะกับการใช้ในอุตสาหกรรมอาหารและยาหรือใช้รองรับสินค้าที่ต้องการความสะอาดสูงเพราะพาเลทพลาสติกสามารถทำความสะอาดคราบเปรอะเปื้อนได้ง่าย โดยไม่ฝังอยู่ในเนื้อพาเลทพลาสติก จำนวนกว่า 50% ของพาเลทพลาสติกในทวีปเอเชีย มีการนำกลับมาใช้ใหม่อยู่เสมอ

รูปที่ 2.4 แสดงพาเลทที่ทำจากกระดาษ
ที่มา: วสันต์ กลิ่นชั้น. มาตราฐานพาเลท. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2554
จาก http://www.polypallet.net/basic-knowledge.html

2.2.1.3 พาเลทกระดาษ

พาเลทกระดาษคิดเป็นจำนวนเพียง 1% ของจำนวนพาเลท**ใหม่ กระดาษที่ใช้ทำพาเลท**ส่วนใหญ่จะเป็นกระดาษลูกฟูก 5 ชั้น ซึ่งมีกระดาษเรียบหรือกระดาษผิว**กล่อง จำนวน 3 แผ่นคั่นด้วย**กระดาษลอนลูกฟูก ซึ่งกระดาษประเภทนี้จะให้ความแข็งแรงกว่า**กระดาษชนิดอื่น**พาเลทกระดาษเหมาะสำหรับใช้รองรับสินค้าที่ไม่มีน้ำหนักมากและปราศจากความชื้น**โดยสิ้นเชิง ข้อเสียของพาเลท**กระดาษคือ เป็นพาเลทแบบใช้ครั้งเดียว (ใช้ส่งสินค้าแค่ขาไปครั้งเดียว**เท่านั้น) แต่ด้วยความที่มีน้ำหนักเบากว่าพาเลทไม้และพาเลทพลาสติกทำให้เหมาะต่อการขนส่งทางอากาศ**

รูปที่ 2.5 แสดงพาเลทที่ทำจากโฟม
ที่มา: วสันต์ กลิ่นชั้น. มาตราฐานพาเลท. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2554
จาก http://www.polypallet.net/basic-knowledge.html

2.2.1.4 พาเลทโฟม

พาเลทโฟมผลิตจากโฟมพลาสติก Polystyrene ซึ่งมีคุณสมบัติที่เบาแต่แข็งและมีความยืดหยุ่น สามารถกันน้ำและทำความสะอาดพาเลทโฟมได้ง่าย อีกทั้งยังไม่มีปัญหาเรื่องแมลงและเชื้อราอีกด้วย ซึ่งความแข็งของโฟม PS นั้นจะขึ้นอยู่กับความหนาแน่น (Density) ของการฉีดขึ้นรูป ด้วยคุณสมบัติพิเศษของโฟมดังกล่าวข้างต้นนั้น ทำให้โฟม PS เป็นวัสดุอีกชนิดหนึ่งที่เหมาะเป็นอย่างยิ่งสำหรับการนำมาผลิตเป็นพาเลทเพราะมีความได้เปรียบทั้งเรื่องของความสะอาด ความยืดหยุ่นที่ไม่ก่อให้เกิดการเสียหายต่อสินค้าที่บรรทุกและน้ำหนักของตัวพาเลทเองที่เบากว่าพาเลทไม้และพาเลทพลาสติกถึง 50% ทำให้เหมาะสำหรับการขนส่งสินค้าทางอากาศเพราะผู้ใช้สามารถประหยัดค่าขนส่งได้มากพาเลทโฟมนั้น มีอยู่ 2 แบบด้วยกันในท้องตลาดคือ พาเลทโฟมล้วนและพาเลทโฟมหุ้มผิวพลาสติก

2.2.2 ประเภทของชั้นวางสินค้า

2.2.2.1 โฟล์แร็ค เป็นการจัดเก็บที่ช่วยประหยัดพื้นที่การจัดเก็บและเข้าถึงสินค้าที่มีลักษณะเหมือนกันในแต่ละช่อง เหมาะสำหรับคลังสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวเป็นประจำหรือการจัดเก็บตามลำดับก่อนหลัง ประเภท FIFO

2.2.2.2 ไดว์อินแร็ค เป็นการจัดเก็บที่ช่วยประหยัดพื้นที่การจัดเก็บและเข้าถึงสินค้าที่มีลักษณะเหมือนกันในแต่ละช่อง เหมาะสำหรับคลังสินค้าที่มีการเคลื่อนไหวเป็นจำนวนมากหรือการจัดเก็บประเภท LIFO

2.2.2.3 ซีเล็กทีฟแร็ค เป็นการจัดเก็บที่อำนวยความสะดวกในการจัดวางและเข้าถึงสินค้าที่สะดวกและคล่องตัวที่สุด

2.2.2.4 ชั้นลอย สามารถช่วยเพิ่มพื้นที่ใช้งานเป็น 2-4 เท่า การใช้งานสะดวก ออกแบบให้ชั้นสามารถรับน้ำหนักของชั้นลอย โดยไม่ต้องเพิ่มเติมโครงสร้างอาคาร

2.3 วิธีการแก้ปัญหาในการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Optimization Algorithm)

วิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดสามารถจำแนกได้เป็น 2 ประเภทคือ การแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimization Algorithm) และการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการประมาณ (Approximation Optimization Algorithm)

2.3.1 การแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ (Conventional Optimization Algorithm: COAs)

วิธีการนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาทางการทหารที่มีความซับซ้อน ต่อมาได้มีการนำวิธีการดังกล่าวมาใช้กับปัญหาอื่นๆ อย่างแพร่หลายเช่น ปัญหาการจัดตาราง (Scheduling Problems) และปัญหาการบรรจุผลิตภัณฑ์ลงกล่องในคอนเทนเนอร์ (Container Packing Problem: CPP) จากการศึกษาพบว่า วิธีการที่นำมาใช้ในการแก้ไขปัญหานั้นมีอยู่หลายวิธี

เช่น วิธีโปรแกรมเชิงเส้น (Integer Linear Programming), วิธีโปรแกรมเชิงพลวัต (Dynamic Programming) และวิธีบรานช์แอนด์บาวน์ (Branch-and-Bound Algorithm) เป็นต้น ซึ่งมีนักวิจัยหลายท่านที่นำวิธีการในกลุ่ม COAs นี้ไปใช้แก้ปัญหา

2.3.2 การแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักการประมาณ (Approximation Optimization Algorithm: AOAs)

วิธีการในกลุ่มนี้จะมีการค้นหาแบบสุ่มจึงมีความเหมาะสมและทำได้ดีเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาขนาดใหญ่ที่มีความซับซ้อนค่อนข้างสูง เมื่อพิจารณาปัญหาในการหาค่าที่ดีที่สุดโดยอาศัยการจัดเรียง (Sequencing Optimization Problems) คือ แต่ละคำตอบจะแตกต่างกันเมื่อลำดับของทรัพยากรแตกต่างกัน เช่น งานในปัญหา Scheduling หรือการวางผังเครื่องจักร (Machine Layout) ของโรงงาน พบว่าเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นการหาและนำคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดมาเปรียบเทียบกันแล้วเลือกค่าคำตอบที่ดีที่สุดนั้นเป็นเรื่องยากมาก ด้วยเหตุนี้จึงทำให้มีวิธีการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดโดยการประมาณขึ้น (Pongcharoen, 2001) ได้แก่ วิธีการเมทฮ้าฮิวริสติก (Metaheuristics) ซึ่งเป็นสาขาหนึ่งของ AOAs ที่ประสบความสำเร็จมากในการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง โดยวิธีการในกลุ่มเมทฮ้าฮิวริสติกนี้จะมีรูปแบบของการวนซ้ำ (Iterative) เป็นลักษณะเด่นที่เหมือนกันแต่แตกต่างกันที่กลไกที่ถูกนำมาใช้ในการค้นหาและสำรวจกลุ่มของค่าคำตอบที่เป็นไปได้ให้มีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้มาซึ่งค่าของคำตอบที่ใกล้เคียงความเป็นจริงมากที่สุดซึ่งมีหลายวิธี เช่น ซิมูเลทเทดแอนนีลลิง (Simulated Annealing: SA), ทาบูเสิร์จ (Taboo Search: TS), นิวรอลเน็ทเวิร์ค (Neural Network: NN) และเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm: GA)

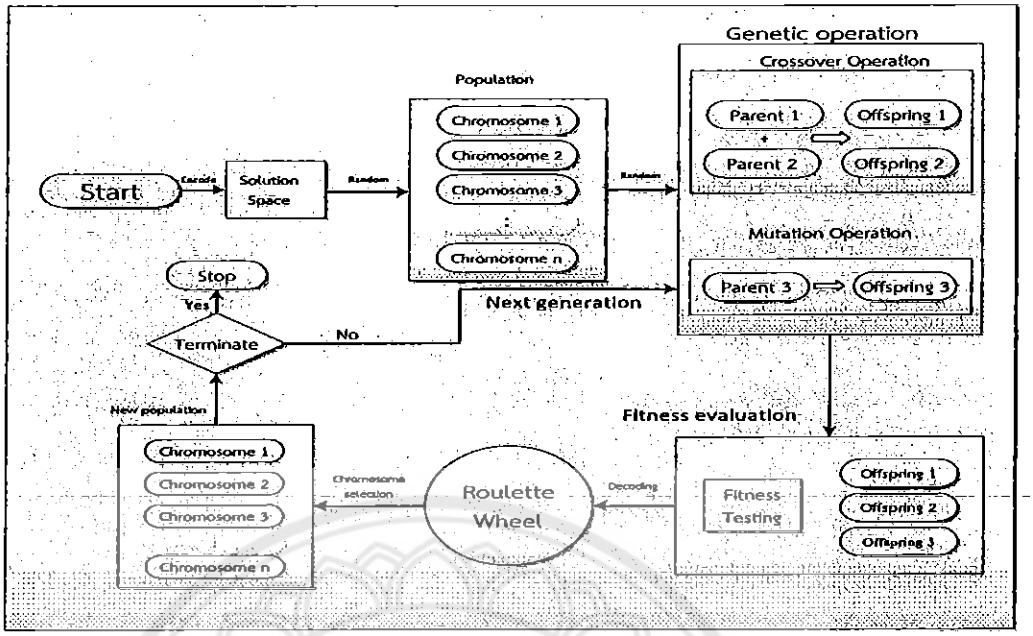
2.4 เจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm)

Genetic Algorithm เกิดจากคำสองคำมารวมกันคือ Genetic รวมกับ Algorithm โดย Genetic (พันธุ์ศาสตร์) วิชาพันธุศาสตร์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากบรรพบุรุษสู่รุ่นลูกรุ่นหลาน โดยมีโครโมโซม (พ่อและแม่) เป็นตัวแทนในการถ่ายทอด โครโมโซมคือ สายรหัสของ DNA ประกอบไปด้วยยีน ซึ่งแต่ละยีนจะมีลักษณะพิเศษเช่น สีตา สีผม ซึ่งโครโมโซมเหล่านี้มีบทบาทอย่างมากในกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากรุ่นหนึ่งไปยังรุ่นหนึ่ง ซึ่งจะมีปรากฏการณ์ธรรมชาติเกิดขึ้นในระหว่างการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในแต่ละรุ่น ซึ่งกระบวนที่เกิดขึ้นเหล่านี้ ทำให้เกิดวิวัฒนาการ (Evolution) กระบวนการที่ว่านี้ ได้แก่ การกลายพันธุ์ (Mutation) และการสลับสายพันธุ์ (Crossover) ส่วน Algorithm (ขั้นตอน) เป็นคำสั่งที่มีการเรียงลำดับขั้นตอนด้วยกระบวนการทางด้านคณิตศาสตร์และทางตรรกะเพื่อแก้ปัญหาใดปัญหาหนึ่ง ซึ่ง Alan The Gorithm Turing เป็นผู้พิสูจน์ว่า คำตอบที่ได้จากการพิสูจน์ทางคณิตศาสตร์หรือปัญหาทางตรรกะสามารถตัดสินได้ด้วยชุดของขั้นตอนวิธีที่มีความถูกต้องเพื่อให้สามารถแก้ปัญหายากๆ จะต้องแบ่งย่อยปัญหาออกเป็นขั้นตอนง่ายๆ นอกจากนี้

ยังเป็นการใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของคอมพิวเตอร์ได้อีกด้วยเช่น ในการเขียนโปรแกรม ถ้ามีการออกแบบขั้นตอนที่ดี โปรแกรมนั้นย่อมมีความถูกต้องและมีประสิทธิภาพที่ดีและมีขนาดที่เล็ก เป็นต้น

Genetic Algorithm (ขั้นตอนทางพันธุศาสตร์) วิธีแก้ปัญหาหนึ่งในใช้ในการค้นหา (Search) เพื่อให้ได้จุดที่เหมาะสมที่สุดเรียกว่า Optimum points โดยได้พัฒนาและจำลองวิธีการมาจากกระบวนการทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตทฤษฎีวิวัฒนาการหรือทฤษฎีการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตโดย ทฤษฎีนี้เป็นของ Charles Darwin ซึ่งจากทฤษฎีนี้ John Holland นักวิทยาศาสตร์สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ ได้ทำการคิดค้นการลอกเลียนแบบขั้นตอนธรรมชาติของการพัฒนาสิ่งมีชีวิตขึ้นในปีคริสต์ศักราช 1970 โดยพัฒนาขึ้นร่วมกับเพื่อนร่วมงานและนักศึกษาของมหาวิทยาลัย Michigan ประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่ออธิบายการเปลี่ยนแปลงกระบวนการทางธรรมชาติของพันธุกรรมและนำกลไกการเปลี่ยนแปลงเหล่านี้มาประยุกต์ใช้กับการเขียนโปรแกรมเป็นตัวเลขที่เป็นจำนวนจริง

โครงสร้างโดยทั่วไปของเจนเนติกอัลกอริทึมจะมีกลไกการทำงานที่แตกต่างจากวิธีการอื่นๆ โดยเริ่มจากกลุ่มเป้าหมายซึ่งเกิดจากการสุ่ม เรียกว่า ประชากร ซึ่งแต่ละประชากรจะถูกเรียกว่าโครโมโซม มีโครงสร้างแบบสาย โดยทั่วไปจะเป็น Binary Bits โครโมโซมจะมีวิวัฒนาการตามจำนวนรอบที่เกิดใหม่ เรียกว่า รุ่น (Generation) แต่ละรุ่นจะถูกประเมินผลโดยการใช้วัดความแข็งแรงความสมบูรณ์ ในการสร้างรุ่นใหม่ ซึ่งเรียกว่า Offspring จะถูกสร้างโดยการรวมของโครโมโซมจากรุ่นของปัจจุบันหรือการคัดประชากรทิ้งเพื่อให้เหลือจำนวนกลุ่มประชากรเท่าเดิมโครโมโซมได้วิวัฒนาการหลายรุ่น กระบวนการจะเข้าไปสู่โครโมโซมที่ดีที่สุด ซึ่งจะได้คำตอบที่ดีมี่สุด GA มีจุดเด่นคือ การเก็บผลเฉลยจะอยู่ในรูปของเซตแต่วิธีการอื่นจะเก็บและเปลี่ยนแปลงค่าที่ละผลเฉลย ซึ่งในปัจจุบัน GA ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้สามารถใช้งานได้เหมาะสมกับปัญหานั้นๆ โครงสร้างมาจาก GA ตัวต้นแบบที่เรียกว่า "เจนเนติกอัลกอริทึมอย่างง่าย (Simple Genetic Algorithm: SGA)" ดังรูปที่ 2.6

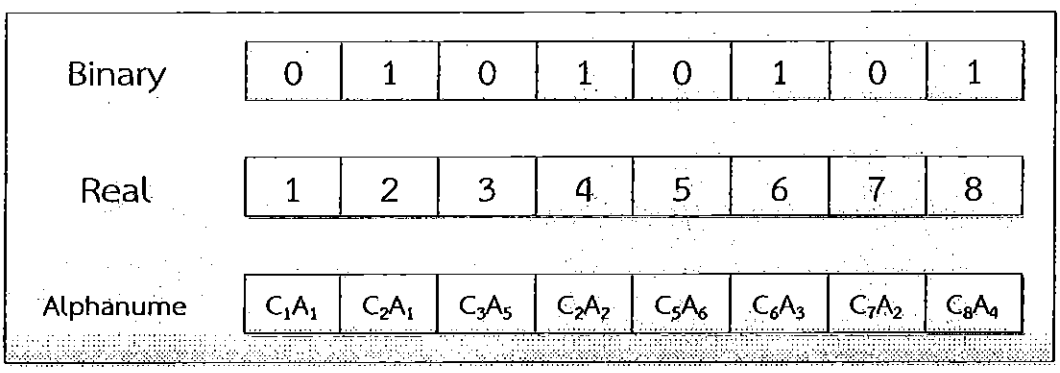


รูปที่ 2.6 แสดงโครงสร้างการทำงานของ SGA (ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ **อริยะวงษ์**, 2550)

2.4.1 การสร้างโครโมโซม (Chromosome Encoding)

เป็นขั้นตอนสำหรับแปลงทางเลือกเหมาะสำหรับการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ให้อยู่ในรูปแบบของ Chromosome สำหรับการแปลงวิธีการสำหรับการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้ ให้อยู่ในรูปแบบของ Chromosome นั้นสามารถที่จะทำได้ในหลายรูปแบบแล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละปัญหา โดยโครโมโซมแต่ละตัวจะประกอบไปด้วยยีนจำนวนหนึ่ง ซึ่งมาเรียงต่อกัน สามารถแทนยีนได้ 2 รูปแบบคือ แบบตัวเลขและแบบตัวอักษรผสมตัวเลข (Alphanumeric) ดังแสดงในรูปที่ 2.7

แบบตัวเลขมี 2 ลักษณะคือ Binary และ Real String ซึ่งทั้งสองลักษณะจะแทนแต่ละยีนด้วยตัวเลข ซึ่งแตกต่างกันที่ Binary จะเป็น เลข 0 กับ 1 แต่ Real String จะเป็นตัวเลขที่เป็นจำนวนจริง



รูปที่ 2.7 แสดงรูปแบบของโครโมโซมที่มียีน 8 ยีน (ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550)

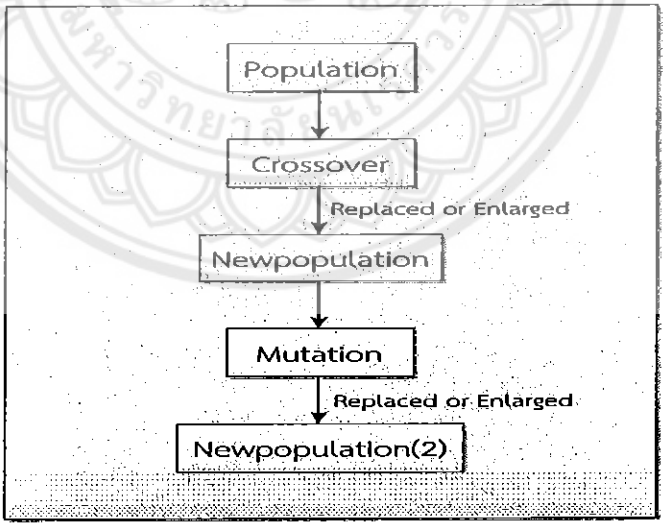
การทำงานแต่ละขั้นตอนจะเกิดจากการสุ่มยีนเพื่อเรียงลำดับในโครโมโซม เพื่อให้แต่ละโครโมโซมเกิดลำดับการจัดเรียงที่แตกต่างกันซึ่งการกำหนดจำนวนโครโมโซมใน 1 รุ่น ขึ้นอยู่กับค่าที่กำหนดไว้ในพารามิเตอร์ (Parameter) คือ ค่าขนาดของประชากร (Population Size) และจำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generation) ซึ่งเป็นตัวกำหนดจำนวนโครโมโซมที่จะถูกพัฒนาไปว่ามีจำนวนกี่รุ่น

2.4.2 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation)

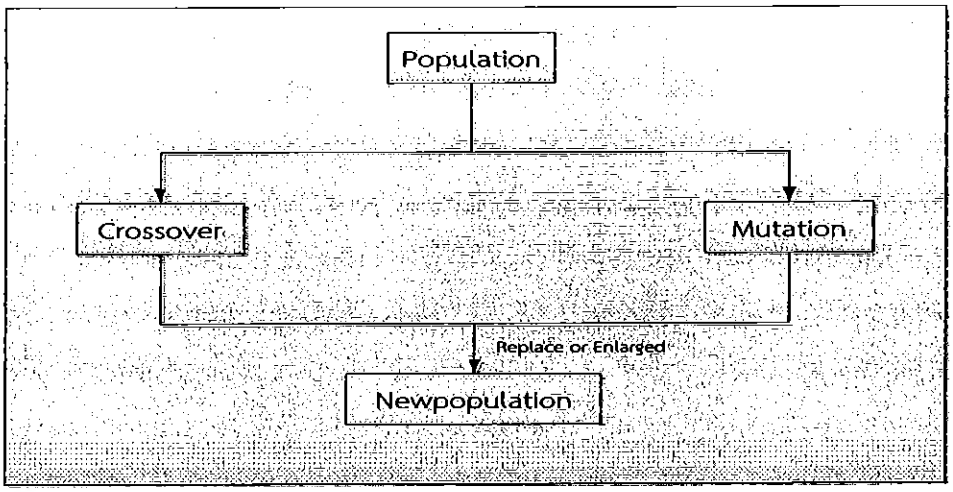
เป็นการสุ่มเลือกเพื่อสร้างประชากรต้นแบบขึ้นมา ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของขั้นตอนการวิวัฒนาการ ขั้นตอนนี้จะเป็นขั้นตอนแรกที่เกิดขึ้นก่อนที่จะเข้ากระบวนการของ Genetic Algorithm: GA โดยประชากรกลุ่มแรกหรือประชาการต้นกำเนิดจะเกิดจากการสุ่มเลือกกลุ่มของประชากรทั้งหมดที่มีอยู่โดยในการสุ่มเลือกจะทำการสุ่มตามจำนวนของประชากรที่ได้กำหนดไว้เป็น Parameter ของ Algorithm ซึ่งยังไม่มีการสนใจค่าความเหมาะสมของแต่ละโครโมโซม สามารถแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานออกเป็นหัวข้อย่อยเป็น 3 ข้อย่อย ดังนี้

2.4.2.1 ลำดับของการทำกระบวนการ GA

เป็นลำดับในการสลับพันธ์และกลายพันธ์ซึ่งมี 2 รูปแบบคือ แบบอนุกรม (Series) ทำการสลับพันธุ์ก่อนแล้วจึงทำการกลายพันธุ์ดังแสดงในรูปที่ 2.8 และแบบขนาน (Parallel) ทำการสลับพันธุ์ไปพร้อมกับการกลายพันธุ์ ดังแสดงในรูปที่ 2.9



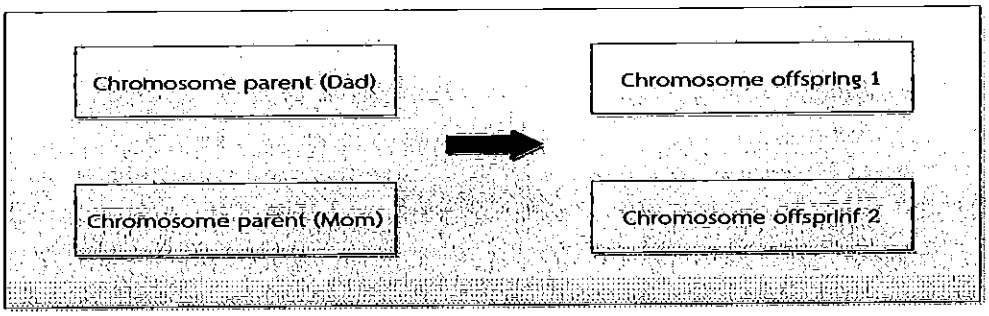
รูปที่ 2.8 แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบอนุกรม
(ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550)



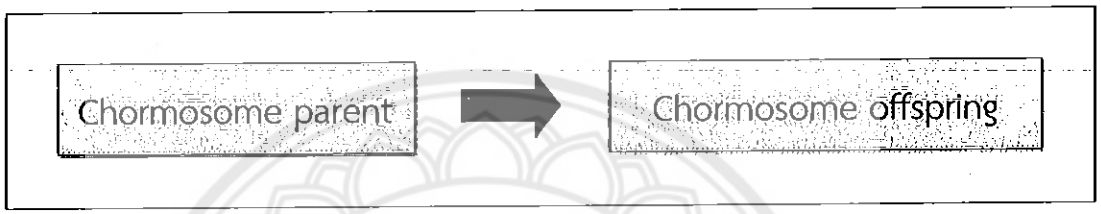
รูปที่ 2.9 แสดงลำดับการทำกระบวนการ GA แบบขนาน
(ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550)

2.4.2.2 กระบวนการ GA (Genetic Operations)

ประกอบด้วยกระบวนการ 2 ขั้นตอนคือ 1) การสลับสายพันธุ์ จะทำให้เกิดการเปลี่ยนของสิ่งมีชีวิตที่หลากหลายขึ้น การ crossover นำ 2 โครโมโซม (Parent) มาผสมกันเพื่อให้ได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา จากนั้นใช้วิธีการที่ง่ายที่สุดคือ สุ่มตำแหน่งและทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง crossover ของพ่อและคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่ง crossover ของแม่รวมกันจะได้ลูกตัวที่หนึ่งออกมาจากนั้นทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่ง crossover ของแม่และคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่ง crossover ของพ่อรวมกันจะได้ลูกตัวที่สองออกมาและทำการกลายพันธุ์ การกำหนดอัตราการสลับสายพันธุ์ ถ้าสูงเกินไปจะทำให้ขอบเขตของคำตอบที่เป็นไปได้มากขึ้นและเพิ่มโอกาสในการค้นหา ทำให้ครอบคลุมมากขึ้น ลดโอกาสที่เป็นคำตอบเฉพาะพื้นที่ ซึ่งไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดแต่ทำให้เสียเวลาในการค้นหาในพื้นที่ที่ไม่มีโอกาสจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด 2) การกลายพันธุ์เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นหลังจากการ crossover เสร็จสิ้นคือ ได้รุ่นลูกที่เกิดจากผสมจากรุ่นพ่อแม่แล้วจึงนำรุ่นลูกมาดำเนินการ mutation เมื่อได้ตำแหน่งแล้วจะเปลี่ยนแปลงค่า ณ ตำแหน่งที่สุ่มนั้น การกำหนดอัตราการกลายพันธุ์ต่ำเกินไปจะทำให้เสียประโยชน์จากการกลายพันธุ์ แต่ถ้ากำหนดสูงไปจะทำให้การวิวัฒนาการจะถูกแทรกด้วยการสุ่มซึ่งทำโครโมโซมที่ถ่ายทอดจากพ่อและแม่ไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ รูปของการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.10 และ 2.11



รูปที่ 2.10 แสดงการสลับสายพันธุ์ (ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550)



รูปที่ 2.11 แสดงการกลายพันธุ์ (ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550)

รูปแบบของการสลับสายพันธุ์ (Gen & Cheng, 1997) มีหลายรูปแบบ สามารถแสดงดังตารางที่ 2.6

ตารางที่ 2.6 แสดงรูปแบบของการสลับสายพันธุ์

การสลับสายพันธุ์ (COP)
1. Order Crossover (OX)
2. Partially Mapped Crossover (PMX)
3. Cycling Crossover (CX)
4. Edge Recombination Crossover (ERX)
5. Enhanced Edge Recombination Crossover (EERX)
6. Position Based Crossover (PBX)
7. Maximal Preservation Crossover (MPX)
8. One Point Crossover (1PX)
9. Two Point Center Crossover (2PCX)

รูปแบบของของการกลายพันธุ์ (Pongcharoen et al., 2001) มีหลายรูปแบบ สามารถแสดงดังตารางที่ 2.7

ตารางที่ 2.7 แสดงรูปแบบของการกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์(MOP)
1. Inverse Mutation (IM)
2. Shift Operation Mutation (SOM)
3. Three Operation Adjacent Swap Mutation (3OAS)
4. Three Operation random Swap Mutation (3OAS)
5. Two Operation Adjacent Swap Mutation (2OAS)
6. Two Operation random Swap Mutation (2OAS)
7. Center Inverse Mutation (CIM)
8. Enhanced two Operation Random Swap Mutation (E2ORS)

Pongcharoen et al., 2001 ได้ศึกษาและทดสอบการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์กับการปัญหาการจัดตาราง (Scheduling Problem) โดยได้รวมตัวแปรอื่นๆ ที่มีผลต่อการทำงานของ GA เข้ามาพิจารณาด้วย ได้แก่ ขนาดของประชากร (Population Size), จำนวนรุ่นของโครโมโซม (Generation), ความน่าจะเป็นของโครโมโซมลูกที่เกิดจากการสลับสายพันธุ์ (P_C), ความน่าจะเป็นของโครโมโซมลูกที่เกิดจากการกลายพันธุ์ (P_M) และการวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้หลักการทางสถิติซึ่งสรุปผลว่า การสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ที่ดีที่สุดคือ การใช้วิธี EERX และ 2OAS ทำให้ผู้วิจัยเลือกที่จะใช้วิธีการ EERX และ 2OAS ในการทดลองนี้

2.4.2.3 วิธีการจัดเก็บโครโมโซมลูก

หลังจากการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์จะได้โครโมโซมใหม่ เรียกว่า "โครโมโซมลูก (Offspring)" ซึ่งการนำโครโมโซมลูกไปเก็บไว้ในกลุ่มของโครโมโซมหรือประชากร (Population) มี 2 แบบคือ การเก็บตามขนาดที่กำหนด (Regular) และการเก็บแบบขยายตัว (Enlarge) โครโมโซมที่ได้จากการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์จะถูกนำไปแทนที่ในตำแหน่งของโครโมโซมพ่อและแม่ที่ถูกสุ่มขึ้นมา กระบวนการนี้เรียกว่า การทำให้กำเนิดแบบแทนที่ ทำให้ขนาดของประชากรที่เกิดรุ่นใหม่มีขนาดเท่ากับประชากรเดิม

2.4.3 การคำนวณค่าความเหมาะสม (Fitness Function)

เป็นฟังก์ชันสำหรับประเมินค่าความเหมาะสมเพื่อให้คะแนนสำหรับคำตอบต่างๆ ที่เป็นไปได้ของปัญหา โครโมโซมทุกตัวจะมีค่าความเหมาะสมของตัวเองเพื่อใช้สำหรับพิจารณาว่า โครโมโซมตัวนั้น เหมาะสมหรือไม่ที่จะนำมาใช้สืบทอดพันธุกรรมสำหรับสร้างโครโมโซมรุ่นใหม่ วิธีการสำหรับคิดค่าความเหมาะสมนั้นมี 3 ขั้นตอน (ซึ่งจะใช้สมการที่สอดคล้องกับแต่ละปัญหา) คือ

2.4.3.1 การถอดโครงสร้างของโครโมโซมให้กลายเป็นโครงสร้างคำตอบ (Decoding Chromosome) ซึ่งวิธีการถอดรหัสของแต่ละวิธีจะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับฟังก์ชันเป้าหมายที่กำหนด

2.4.3.2 นำแต่ละโครโมโซมไปคำนวณในฟังก์ชันเป้าหมายเพื่อประเมินหาค่าคำตอบ สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้การคัดสรรแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel) และ Elitist Selection

2.4.3.3 เปลี่ยนผลลัพธ์ของสมการเป้าหมายให้เป็นค่าที่เหมาะสมซึ่งขึ้นอยู่กับเป้าหมายของปัญหาว่าต้องการหาคำตอบที่มากที่สุด (Maximize Problem) หรือต้องการหาค่าคำตอบที่น้อยที่สุด (Minimize Problem)

การหาค่าคำตอบที่ต้องการคำตอบที่มากที่สุด (Maximize Problem) ค่าความเหมาะสมจะมีค่าเท่ากับ ค่าผลลัพธ์ของสมการเป้าหมาย สามารถเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$Eval\ (V_k) = f\ (k_x)\ ;\ k = 1,2,3,.....pop\ size \qquad (2.1)$$

เมื่อ eval (V_k) คือ ค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของแต่ละโครโมโซม

F (x_k) คือ ฟังก์ชันเป้าหมาย

Pop size คือ ขนาดของประชากรหรือจำนวนโครโมโซมทั้งหมด

ส่วนการหาค่าคำตอบที่ต้องการคำตอบที่น้อยที่สุด (Minimize Problem) จำเป็นต้องมีการปรับค่าคำตอบจากค่าที่มากซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ดี ให้เป็นค่าคำตอบน้อยซึ่งเป็นคำตอบที่ดีให้มีค่าความเหมาะสมมาก ซึ่งวิธีนี้ใช้กลับค่าโดยนำแนวคิดมาจาก วัฒนพล ชัยเนตร, 2548 ที่นำค่าคำตอบที่แย่ที่สุด (Worst Solution: x_W) มาพิจารณาโดยนำ x_W มาเป็นตัวตั้งแล้วลบด้วยค่าคำตอบของโครโมโซมแต่ละโครโมโซมจากนั้นนำมาเพิ่มพจน์ "+1" เข้ามาในสมการเพื่อให้ได้โครโมโซมที่แย่ที่สุดมีโอกาสในการเข้าสู่กระบวนการคัดสรรเพราะในกรณีที่โครโมโซมตัวแย่ที่สุดถูกลบด้วยตัวของมันเองแล้วจะทำให้โอกาสในการอยู่รอดเท่ากับศูนย์ สามารถเขียนเป็นรูปสมการได้ดังนี้

$$Eval\ (V_k) = (x_W - x_k) \qquad (2.2)$$

เมื่อ x_W คือ โครโมโซมที่มีค่าคำตอบแย่ที่สุด

x_k คือ ค่าคำตอบของโครโมโซมที่ k โดย k = 1,2,3,.....Population size

ตัวอย่างที่ 1

สมมติให้ $x_1 = 10$, $x_2 = 20$, $x_3 = 30$ จากข้อมูลข้างต้นทำให้ทราบว่าโครโมโซมตัวที่แย่ที่สุด (x_W) คือ $x_3 = 30$ และเมื่อนำไปแทนในสมการ (2.2) จะทำให้ค่าความเหมาะสมของโครโมโซมแต่ละตัวดังนี้

$Eval\ (v_1) = (30-10) + 1 = 21$

$Eval\ (v_2) = (30-20) + 1 = 11$

$Eval\ (v_3) = (30-30) + 1 = 1$

ด้วยการคำนึงถึงความต้องการของปัญหาว่า ปัญหาต้องการมากที่สุดหรือน้อยที่สุด จึงทำให้การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของแต่ละโครโมโซมสอดคล้องกับเป้าหมายของปัญหา

2.4.4 การคัดสรร (Selection)

เป็นขั้นตอนการดำเนินการต่างๆ ตาม Genetic Algorithm เพื่อให้กระบวนการนำไปสู่แนวทางในการหาคำตอบ สำหรับงานวิจัยนี้ผู้ทดลองได้เลือกใช้การคัดสรรแบบวงล้อเสี่ยงทายและการคัดสรรด้วย Elitist Selection

2.4.4.1 การคัดสรรแบบวงล้อเสี่ยงทาย

เป็นรูปแบบหนึ่งของวิธีการที่ได้รับความนิยมมากคือ โครโมโซมจะถูกจัดสรรลงบนวงล้อเสี่ยงทายโดย 1 โครโมโซมจะแทน 1 ช่อง ซึ่งจะมีช่องบนวงล้อเท่ากับจำนวนโครโมโซมทั้งหมดและความกว้างของแต่ละช่องก็จะถูกกำหนดโดยความน่าจะเป็นในการถูกเลือกสำหรับแต่ละโครโมโซมตามสัดส่วนค่าความเหมาะสมของโครโมโซมนั้น หากการปั่น (Spin) ของวงล้อตกที่ช่องใดโครโมโซมในช่องนั้นจะถูกเลือกให้อยู่รอดในรุ่นต่อไป สำหรับโครโมโซม k แทนค่าความเหมาะสม (Fitness Value) ของโครโมโซม k ด้วย f_k และแทนความน่าจะเป็นในการถูกเลือก (Selection Probability) ของโครโมโซม k ด้วย p_k (Gen & Cheng, 1997) สามารถหาค่าความน่าจะเป็นในการถูกเลือกและเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$p_k = \frac{f_k}{\sum_{j=1}^{pop_size} f_j} \qquad (2.3)$$

ตัวอย่างที่ 2

ข้อมูลจากตัวอย่าง 1 สามารถคำนวณความน่าจะเป็นในการถูกเลือกของโครโมโซมด้วยสมการที่ (2.3) ดังนี้

ผลรวมของค่าความเหมาะสมของทุกๆ โครโมโซม ($\sum_{j=1}^{pop_size} f_j$) จะคำนวณได้จาก

$$\sum_{j=1}^{pop_size} f_j = (f_1 + f_2 + f_3)$$
$$= (21 + 11 + 1)$$
$$= 33$$

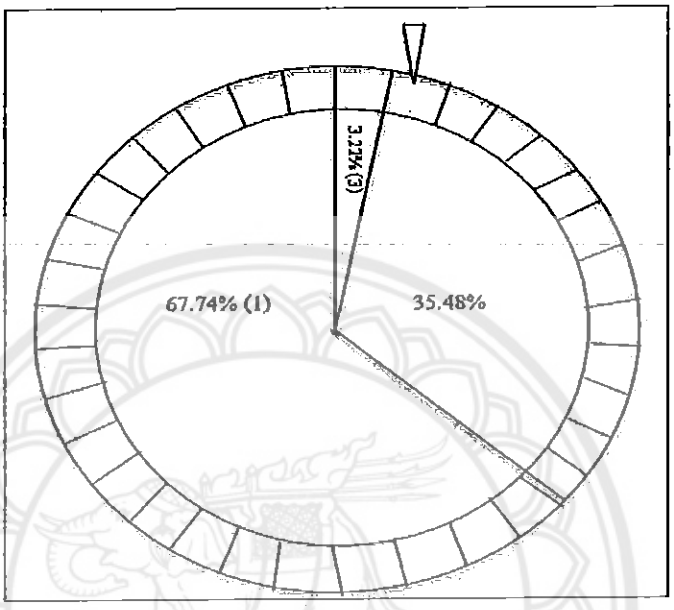
นำ f_k และ $\sum_{j=1}^{pop_size} f_j$ แทนในสมการ (2.3) เพื่อคำนวณหาโอกาสในการถูกเลือกของแต่ละโครโมโซม ดังนี้

$$p_1 = \frac{21}{31} = 0.6774 \text{ คิดเป็น } 67.74\%$$

$$p_2 = \frac{11}{31} = 0.3548 \text{ คิดเป็น } 35.48\%$$

$$p_3 = \frac{1}{31} = 0.0322 \text{ คิดเป็น } 3.22\%$$

สามารถสร้างวงล้อเสี่ยงทายได้ตามความน่าจะเป็นในการถูกเลือก โยนค่า p_k ของแต่ละโครโมโซมไปสร้างได้ดังรูปที่ 2.14



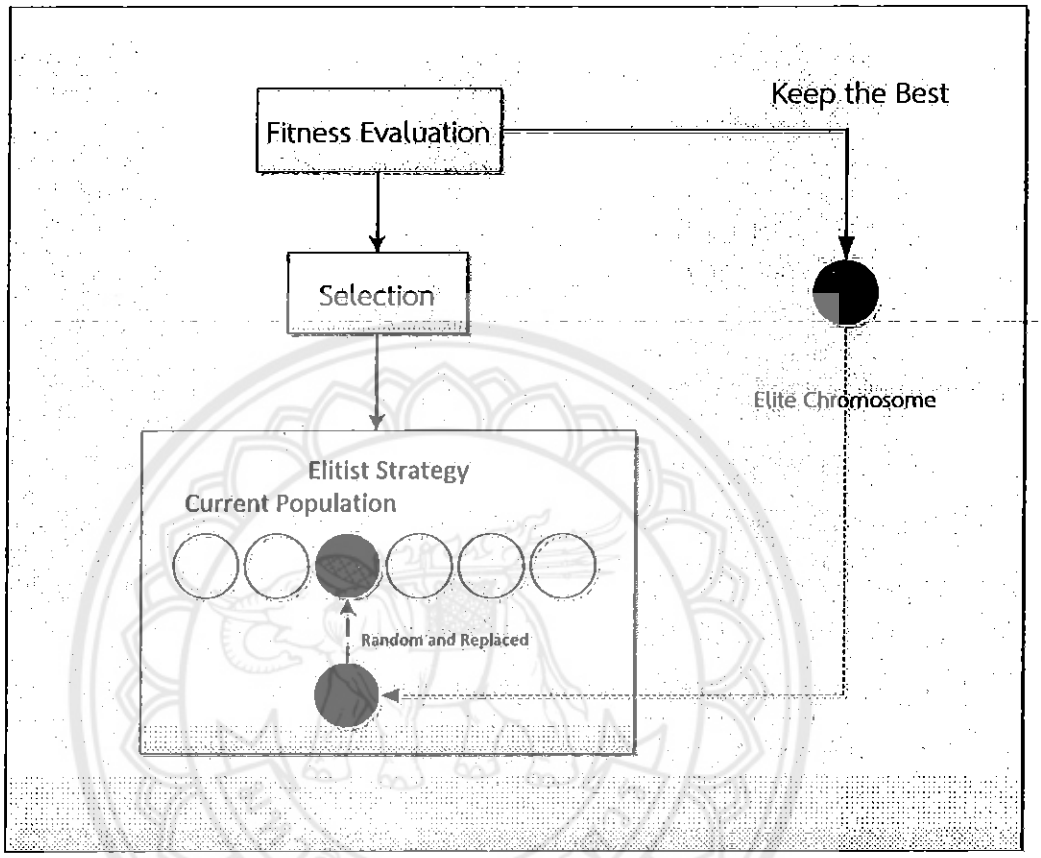
รูปที่ 2.12 แสดงรูปวงล้อเสี่ยงทายจากตัวอย่างที่ 2 (ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550)

การทำงานของวงล้อเสี่ยงทายเพื่อคัดสรรโครโมโซมที่จะผ่านไปรุ่นถัดไปนั้น จะเกิดขึ้นจากการหมุนวงล้อเสี่ยงทายเท่ากับจำนวนของโครโมโซมหรือค่า Pop size (จากตัวนี้วงล้อเสี่ยงทายจะหมุนเป็นจำนวน 3 ครั้ง) โดยที่แต่ละครั้งของการหมุนนั้น หากมาร์กเกอร์ (Marker: ▽) ชี้ไปที่ช่องของโครโมโซมใดโครโมโซมนั้นจะได้ผ่านไปยังรุ่นถัดไป แล้วจึงหมุนในครั้งต่อไปจนได้ครบทุกโครโมโซม

2.4.4.2 การคัดสรรด้วย Elitist Selection

เป็นการเลือกโดยการรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดีไว้ในแต่ละรอบ การทำงานของ GA จะมีโครโมโซมตัวที่ดีที่สุดที่จะได้รับโอกาสในการอยู่รอด แต่อาจจะเกิดกรณีที่โครโมโซมตัวที่ดีที่สุดนั้นไม่สามารถผ่านไปในรุ่นถัดไปได้ ทำให้การวิวัฒนาการของโครโมโซมเกิดอย่างไม่ต่อเนื่อง ด้วยเหตุผลนี้จึงทำให้ Murata et al., 1996 เสนอแนวคิดเกี่ยวกับกลยุทธ์ในการปกป้องโครโมโซมตัวที่ดีที่สุด (Elitist Chromosome) ให้สามารถอยู่รอดต่อไปได้เรียกว่า กลยุทธ์การรักษาเผ่าพันธุ์ชั้นดี (Elitist Strategy) โดยที่หลังจากโครโมโซมทั้งหมดผ่านขั้นตอนของการประเมินค่าความเหมาะสมแล้วจะเลือกเก็บโครโมโซมที่ดีที่สุดเอาไว้ เพื่อนำไปแทนในโครโมโซมรุ่นถัดไป โดยกลยุทธ์ชนชั้นดีของ Murata et al., 1996 นั้นจะสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรในรุ่นปัจจุบัน (Current Population)

ขึ้นมา 1 ตัว แล้วจึงแทนโครโมโซมดังกล่าวนี้ด้วยโครโมโซมที่ดีที่สุดที่ได้จากการเก็บเอาไว้ แสดงกลยุทธ์การรักษาเผ่าพันธุ์ชนชั้นดี ไว้ดังรูป

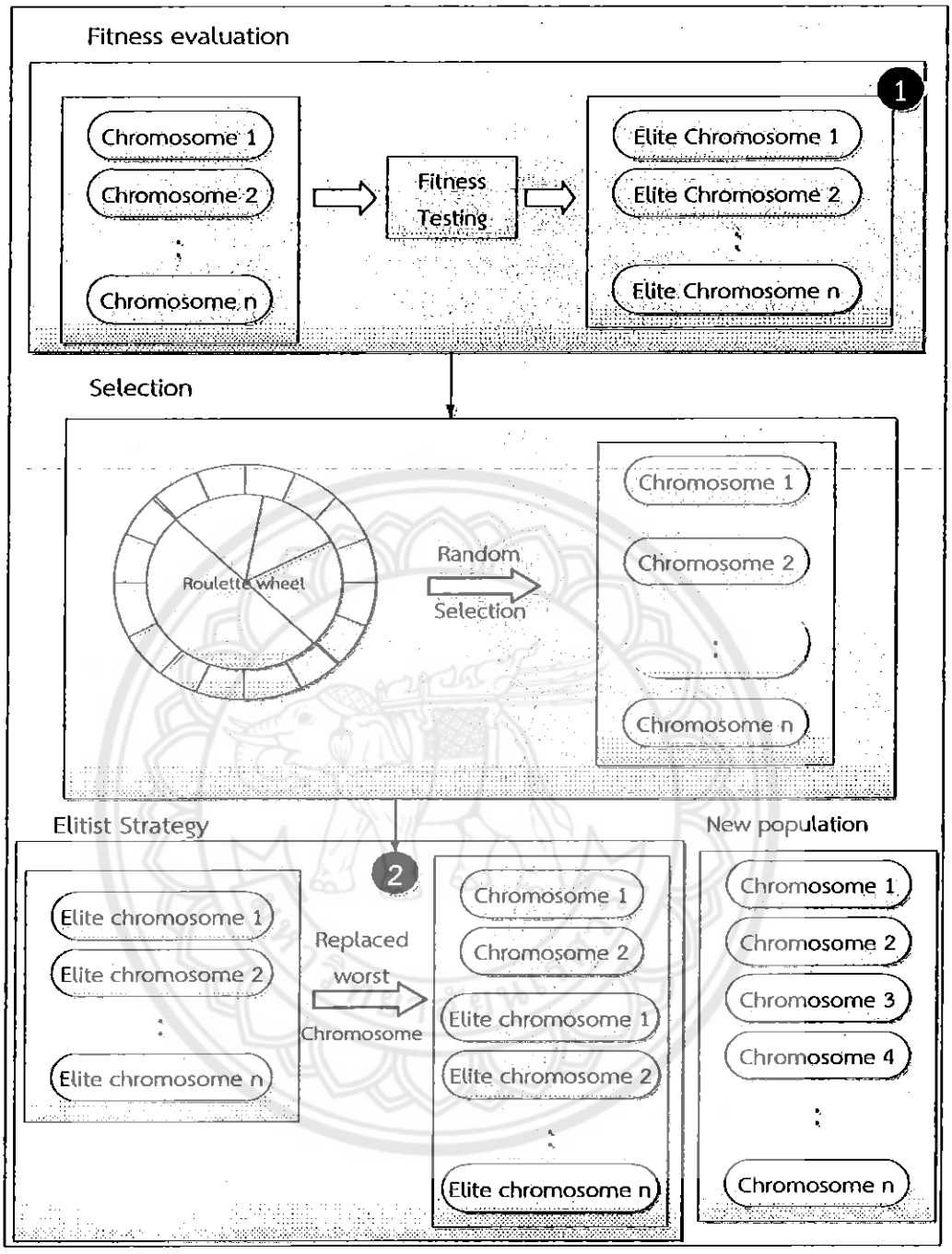


รูปที่ 2.13 แสดงกลไกการทำงานของ Elitist Strategy (ปรับปรุงมาจาก Murata et al., 1996)

ต่อมาในปี พ.ศ. 2548 วีณา พรหมเทศ ได้ปรับปรุงแนวคิดดังกล่าวนี้ โดยเปลี่ยนจากการสุ่มเลือกโครโมโซมจากประชากรในรุ่นปัจจุบันมาเป็นการเรียงลำดับโครโมโซมแล้วแทนที่โครโมโซมตัวที่แย่ที่สุดด้วยตัวที่ดีแล้วเก็บเอาไว้ นอกจากนั้นยังได้ออกแบบให้สามารถเก็บโครโมโซมพันธุ์ดีได้หลายตัว โดยกำหนดเปอร์เซ็นต์ของการเก็บโครโมโซมพันธุ์ดีเทียบกับขนาดของประชากร (Percentage of Keeping Elitist Chromosome: %E) และเก็บรักษากลุ่มของโครโมโซมพันธุ์ดีนี้เอาไว้ในลิสต์ (Elitist List) สามารถแสดงกลไกการทำงาน Elitist Selection ได้ดังรูปที่ 2.20

2.4.5 การตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน (Termination)

GA จะหยุดการทำงานเมื่อ GA มีการทำงานวนครบตามจำนวนรุ่น (Number of Generation) ที่กำหนดเอาไว้ ถ้าหากการทำงานยังไม่ครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนด ก็จะวนกลับไปทำตามกระบวนการทางพันธุกรรมต่อไป



รูปที่ 2.14 แสดงกลไกการทำงานของ Elitist Selection (ปรับปรุงมาจาก วีณา พรหมเทพ, 2548)

2.5 โปรแกรมภาษา Tcl/Tk

การพัฒนาแอพพลิเคชันบนระบบปฏิบัติการลีนุกซ์มีเครื่องมือให้ใช้หลายตัวเช่น C/C++, Python รวมถึง Tcl/Tk ซึ่งการเขียนโปรแกรมยังถือว่าเป็นเรื่องยาก ในสมัยก่อนที่ยังมีการใช้เครื่อง Apple นั้น ใช้ภาษาเบสิกในการเขียนโปรแกรมซึ่งจัดว่าเป็นภาษาที่ง่ายในการเขียนโปรแกรม เหมาะสำหรับผู้ที่กำลังหัดเขียนโปรแกรม

Tck/Tk มีลักษณะคล้ายกับภาษาเบสิก ซึ่งหากผู้ที่เคยเขียนโปรแกรมด้วยภาษาเบสิกแล้วก็สามารถที่จะเขียนภาษา Tck/Tk ได้โดยใช้ระยะเวลาไม่นาน ทำให้เป็นที่นิยมสำหรับผู้ที่จะฝึกเขียนหรือผู้ที่จะพัฒนาโปรแกรม

Tck-Tool Command Language เป็นโปรแกรมภาษาสคริปต์ที่ใช้ตัวแปรภาษาหรืออินเตอร์พรีตเตอร์ในการทำงาน คล้ายกับภาษา Perl หรือ Unix shell ดังนั้นการใช้งานจึงต้องมีการใช้ Tcl shell (tclsh) และยังมี Tk ใช้สำหรับสร้างกราฟฟิคยูสเซอร์อินเตอร์เฟสบน X Windows system การเรียกใช้งาน Tk ต้องอาศัย Windowing shell (wish)

Tck/Tk ถูกพัฒนาโดย John K.Outsterhoot ในขณะที่เขาเป็นศาสตราจารย์ของภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและวิทยาการคอมพิวเตอร์ของ University of California, Berkeley โดยตั้งใจให้ Tcl/Tk เป็นคำสั่งภาษาที่ใช้สำหรับสั่งงานบนอินเตอร์แอคทีฟเท่านั้น ต่อมาได้มีการพัฒนาความสามารถของ Tcl ให้มากยิ่งขึ้น ซึ่งทำให้สามารถใช้งานได้หลายแพล็ตฟอร์ม ตั้งแต่ยูนิกซ์ ลีนุกซ์ แมคอินทอชและวินโดวส์ (ขจร โรจน์เมธินทร์, 2543)

1551920

W5.

ท9431

2559

โปรแกรมภาษา Tcl/Tk มีข้อดีต่างๆ ดังนี้

2.5.1 ง่ายต่อการเรียนรู้ (Easy to learn) Tcl/Tk เป็นโปรแกรมที่มีรูปแบบของภาษาที่ง่ายต่อการใช้งาน ผู้ที่ฝึกหัดการเขียนหรือแก้ไขโปรแกรมสามารถเขียนได้โดยง่ายและสำหรับผู้มีมีประสบการณ์ในการเขียนโปรแกรมสามารถที่จะเรียนรู้ Tcl/Tk และพัฒนาโปรแกรมด้วย Tcl/Tk ได้อย่างรวดเร็ว

2.5.2 สามารถใช้งานได้หลายระบบปฏิบัติการ (Cross-platform support) Tcl/Tk สามารถทำงานได้ทั้งบนระบบปฏิบัติการ UNIX, Windows, Macintosh และระบบปฏิบัติการอื่นๆ ที่มีให้ใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่ในส่วนของการแสดง GUI จะมีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแต่ละ platform

2.5.3 มีความเสถียรภาพสูง (Ready for enterprise) เหมาะสำหรับการใช้งานขนาดใหญ่และเพื่อวัตถุประสงค์อื่นๆ ในองค์กร

2.5.4 สามารถทำงานร่วมกับโปรแกรมอื่นได้ (Flexible integration) จากการใช้งานของ Tcl/Tk ทำให้ง่ายต่อการประสานกับองค์ประกอบและโปรแกรมอื่นที่มีอยู่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตัวอย่างเช่น การใช้งาน Tcl/Tk เป็นภาษาสำหรับการควบคุมอุปกรณ์และ Protocols ที่ทำงานเฉพาะอย่าง การเพิ่ม GUI หรือส่วนติดต่อกับเครือข่ายให้กับแอพพลิเคชั่นเดิมหรือการรวมแอพพลิเคชั่นที่สร้างจากภาษา Java กับ code โปรแกรมเดิมของภาษา C/C++

2.5.5 สามารถสร้างระบบเครือข่ายได้ (Network-aware applications) ไม่มี platform ใดที่ให้ความสะดวกในการเชื่อต่อกับเครือข่ายได้ง่ายเท่ากับ Tcl/Tk การสร้างเครื่องบริการและเครื่องลูกข่ายซึ่งใช้เวลาเพียง 2-3 นาที ด้วย code ไม่กี่บรรทัด

2.5.6 ไม่เสียค่าใช้จ่าย (It's free) เนื่องจากเป็นโปรแกรมฟรีที่สามารถหาโหลดได้และสามารถทำการแก้ไขให้เหมาะสมกับความต้องการของนักพัฒนา

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.6.1 การจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม (พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550) ซึ่งเป็นงานวิจัยที่นำระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing: FMS) มาใช้เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยการนำเจนเนติกอัลกอริทึมมาใช้แก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตดังกล่าวเพื่อช่วยให้การผลิตชิ้นส่วนของผลิตภัณฑ์ได้อย่างหลากหลาย โดยการใช้ระยะทางที่สั้นที่สุด ซึ่งจะทำให้ผลิตชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ได้ในปริมาณที่มากขึ้นและลดระยะเวลาที่สูญเสียไปในการเดินทางของรถขนถ่ายสินค้า

จากงานวิจัยดังกล่าวเป็นงานวิจัยที่ทำในลักษณะใกล้เคียงกับโจทย์ของการวางผังคลังสินค้าที่ต้องการแก้ปัญหาโดยสิ่งที่ป้อนเข้าไป (Input) ในโปรแกรมและสิ่งที่ป้อนกลับ (Output) ของโปรแกรมมีลักษณะที่คล้ายกัน จึงจะนำเอาขั้นตอนและวิธีการเขียนโปรแกรมมาเขียนในลักษณะที่คล้ายๆ กัน

2.6.2 การศึกษาเปรียบเทียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพาร์ทิเคิลสวอมออปติไมเซชันและเจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น (ณัฏฐพงศ์ คำชาด, 2550) เป็นการศึกษาการทำงานของกระบวนการค้นหาคำตอบด้วยวิธีพาร์ทิเคิลสวอมออปติไมเซชันเพื่อนำมาใช้ในการแก้ไขปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตยืดหยุ่น (Flexible Manufacturing: FMS) เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดในการเดินทางของรถขนถ่ายสินค้าพร้อมทั้งเปรียบเทียบการทำงานของวิธีพาร์ทิเคิลสวอมออปติไมเซชันและเจนเนติกอัลกอริทึม

สิ่งที่ต้องการจากงานวิจัยนี้ คือขั้นตอนและวิธีการเขียนโปรแกรมเหมือนผลงานวิจัยของนางสาวพัชราภรณ์ อริยะวงษ์ เพื่อให้ได้วิธีเขียนโปรแกรมช่วยวางผังคลังสินค้าที่ดี มีเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากที่สุด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

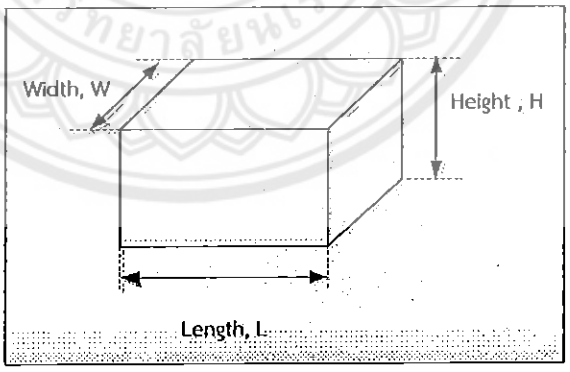
สำหรับบทนี้เป็นการนำทฤษฎีที่กล่าวไว้แล้วในบทที่ 2 มาประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการออกแบบผังการจัดวางผลิตภัณฑ์ในศูนย์กระจายสินค้า ทำให้มีการจัดวางผลิตภัณฑ์บนพื้นที่อย่างเกิดประโยชน์ที่สุด ลดระยะทางในการขนย้ายซึ่งทำให้ได้ระยะเวลาในการขนย้ายที่สั้นที่สุด ประสิทธิภาพในการทำงานเพิ่มมากขึ้นและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้เร็วขึ้น ลูกค้ามีความเชื่อมั่นในการสั่งซื้อสินค้า

3.1 ศึกษาและรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการแก้ปัญหาการออกแบบการวางผังผลิตภัณฑ์ประกอบไปด้วยข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่สั่งเข้ามา ข้อมูลรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า ข้อมูลรูปแบบการเรียงชั้นวางสินค้า

3.1.1 ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ในคลังสินค้า

ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะถูกบรรจุไว้ในกล่องผลิตภัณฑ์ ซึ่งแต่ละกล่องจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมมุมฉาก มีขนาดความกว้างและความยาวแตกต่างกันไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์ (กล่องของผลิตภัณฑ์มีหน่วยเป็นเมตร) กล่องผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดจะถูกจัดวางไว้บนพาเลทจากนั้นพาเลทจะถูกนำไปจัดเรียงไว้บนชั้นวางสินค้าในตำแหน่งที่เหมาะสม



รูปที่ 3.1 แสดงข้อมูลของกล่องผลิตภัณฑ์

3.1.2 ข้อมูลรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า

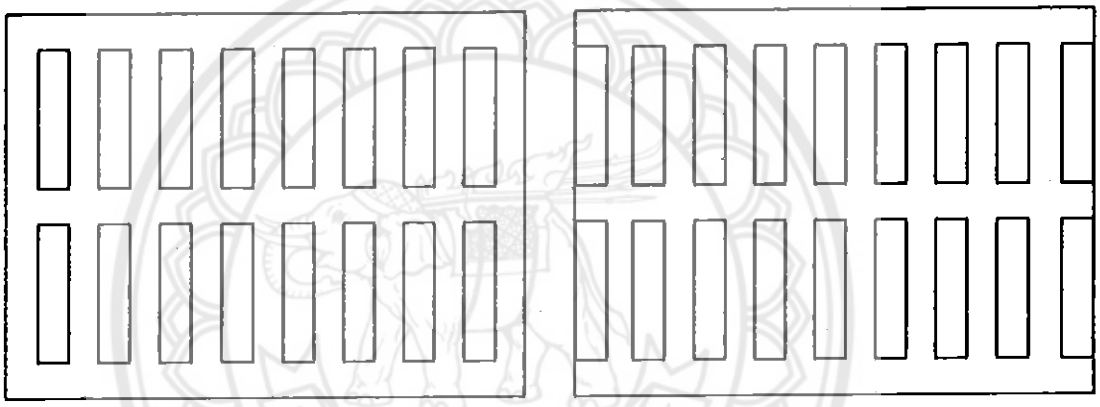
ข้อมูลรายการผลิตภัณฑ์เป็นจำนวนรายการ, รหัสของผลิตภัณฑ์และปริมาณความต้องการผลิตภัณฑ์ทุกรายการ

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวอย่างรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์

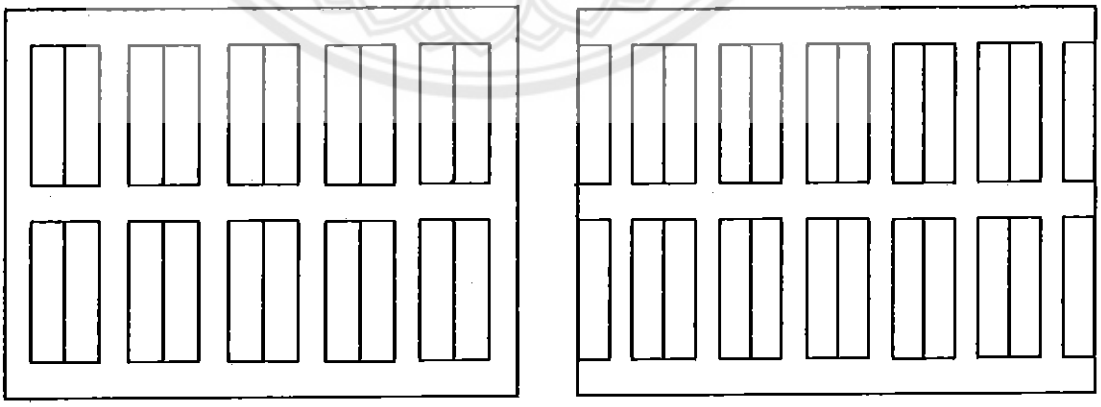
No. Order	Order Details			
3 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์				
1	5:18.0	2:32	1:5.0	4:19.0
2	2:24	8:9.0	1:12	รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนของผลิตภัณฑ์
3	3:23.0	6:23	9:43.0	5:30.0

3.1.3 รูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้า

รูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้ามีอยู่ 4 รูปแบบ คือ



รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว (ซ้าย) ไม่ติดผนังด้านข้าง
รูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว (ขวา) ติดผนังด้านข้าง



รูปที่ 3.3 แสดงรูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ (ซ้าย) ไม่ติดผนังด้านข้าง
รูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ (ขวา) ติดผนังด้านข้าง

3.2 การวิเคราะห์และการออกแบบแฟ้มข้อมูลนำเข้า (Input Data)

แฟ้มข้อมูลนำเข้า (Input Files) เป็นแฟ้มสำหรับเก็บข้อมูลรายละเอียดสำคัญ 2 ส่วน คือ จำนวนของผลิตภัณฑ์ จำนวนของรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ของลูกค้า

3.2.1 ข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์

เป็นข้อมูลที่บอกถึงจำนวนชนิดของผลิตภัณฑ์ ซึ่งในที่นี้อาจจะหมายถึง ผลิตภัณฑ์ที่ i อาจมีรุ่นของสินค้าจำนวน 2 รุ่น ถือว่า ผลิตภัณฑ์ชนิดนั้นมี 2 ชนิด โดยมีการกำหนดตัวแปรสำหรับการเก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์ดังนี้

Total Product (N) = จำนวนผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (Integer)

Product (i) = รหัสของผลิตภัณฑ์ (Integer)

Wi = ความกว้างของกล่องผลิตภัณฑ์ (Float)

Li = ความยาวของกล่องผลิตภัณฑ์ (Float)

Hi = ความสูงของกล่องผลิตภัณฑ์ (Float)

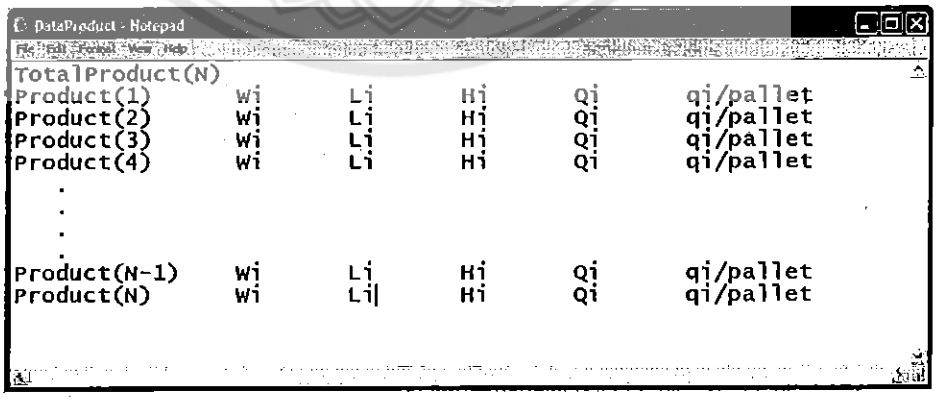
Qi = จำนวนของกล่องผลิตภัณฑ์ (Float)

qi/pallet = จำนวนของกล่องผลิตภัณฑ์ต่อพาเลท (Float)

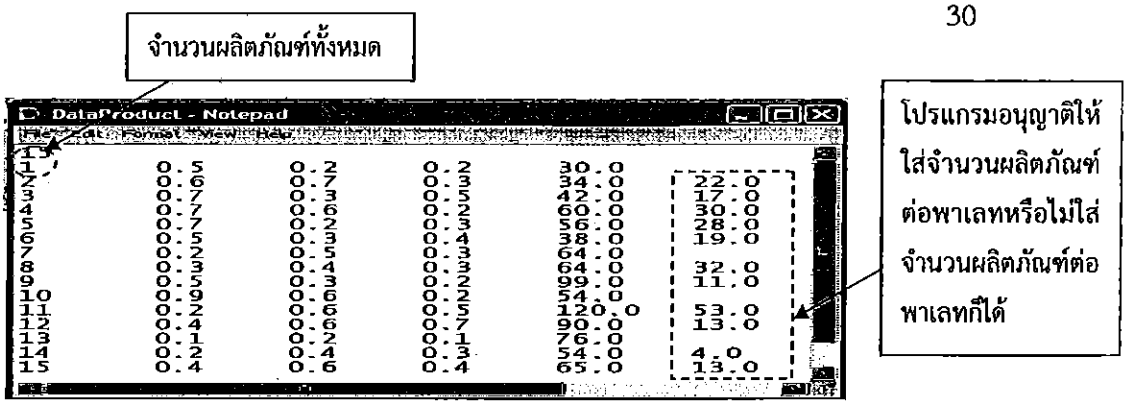
i = ผลิตภัณฑ์ (1,2,.....N)

***หมายเหตุ จำนวนของผลิตภัณฑ์ต่อพาเลท (qi/pallet) ขึ้นอยู่กับผู้ประกอบการคือถ้าผู้ประกอบการมีข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทก็ใส่แต่ถ้าหากไม่มีข้อมูลจำนวนผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทก็ไม่ต้องใส่ โปรแกรมจะคำนวณจำนวนผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทให้

สามารถแสดงตัวอย่างรูปแบบแฟ้มข้อมูลนำเข้าของผลิตภัณฑ์ในโปรแกรม Notepad ได้ดังรูป



รูปที่ 3.4 แสดงรูปแบบการเรียงข้อมูลของผลิตภัณฑ์จาก Data File



รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างข้อมูลจริงของผลิตภัณฑ์ใน Data File

3.2.2 ข้อมูลจำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์

จะเป็นข้อมูลที่บอกถึงจำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ โดยมีการกำหนดตัวแปรสำหรับการเก็บข้อมูลผลิตภัณฑ์ดังนี้

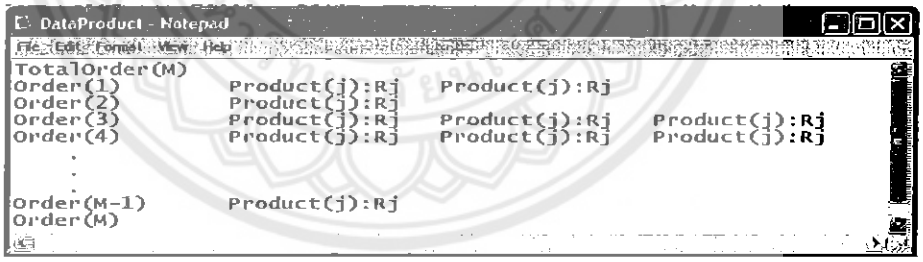
Total Order (M) = จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ทั้งหมด (Integer)

Order (j) = ลำดับการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ (Integer)

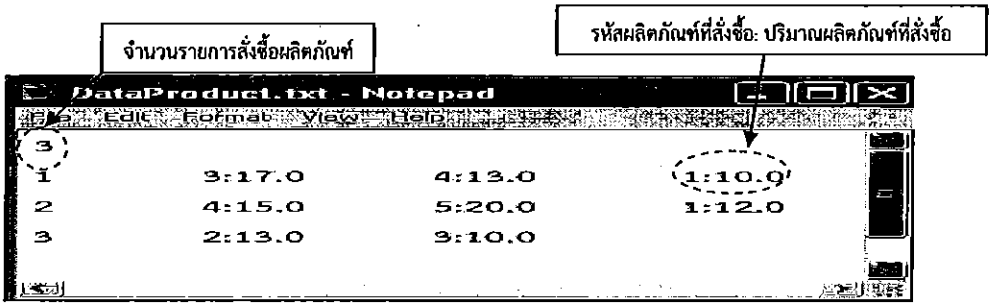
Product (j) = รหัสของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อ (Integer)

Rj = จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อ (Float)

สามารถแสดงตัวอย่างรูปแบบของแฟ้มข้อมูลนำเข้าของรายการสั่งสินค้าในโปรแกรม Notepad ได้ดังรูป



รูปที่ 3.6 แสดงรูปแบบการเรียงข้อมูลรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์



รูปที่ 3.7 แสดงตัวอย่างข้อมูลรายการสั่งซื้อสินค้าจริงใน Data File

3.3 การวิเคราะห์และการออกแบบแฟ้มข้อมูลนำออก (Output Data)

แฟ้มข้อมูลนำออก (Output Files) เป็นแฟ้มสำหรับแสดงผลลัพธ์จากการประมวลผลแล้วแสดงออกทางหน้าจอ ซึ่งหน้าจอแสดงผลแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

3.3.1 แสดงกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (Parameter Setting)

ค่าพารามิเตอร์เช่น จำนวนประชากร (Population size), จำนวนรุ่น (Number of generation), ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ (Crossover and Mutation), รูปแบบของการสลับสายพันธุ์และกลายพันธุ์ (Crossover and Mutation), ค่าของหมายเลขในการสุ่ม (Random Seed Value) และเปอร์เซ็นต์ของการเก็บโครโมโซมพันธุ์ดี (Percent of elitist)

3.3.2 แสดงการกำหนดค่าขนาดของปัญหา (Problem Setting)

ขนาดของปัญหาเช่น ขนาดของพื้นที่ (Area Size), ขนาดของพาเลท (Pallet Size), ข้อมูลของชั้นวางสินค้า (Rack Information) และความกว้างของช่องทางเดิน (Width of an aisle)

3.3.3 แสดงส่วนของผลลัพธ์ที่ได้

ส่วนของการแสดงผลลัพธ์จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 แสดงค่าของตัวเลขในแต่ละเจนเนอเรชั่น, ค่าที่ดีที่สุดจากการคำนวณของเจนเนอเรชั่นนั้นๆ, ค่าที่ดีของทุกๆ เจนเนอเรชั่น (Best So Far: BSF), จำนวนพาเลทของผลิตภัณฑ์ที่สามารถบรรจุได้ในชั้นวางสินค้า 1 อัน, ความเพียงพอต่อการใช้พื้นที่ในการจัดเรียงผลิตภัณฑ์, จำนวนแถวของชั้นวางสินค้าทั้งหมดที่จะสามารถจัดเรียงได้ในพื้นที่และตำแหน่งของชั้นวางสินค้าที่มากที่สุด 1 แถว, ค่าเฉลี่ยของระยะทางในแต่ละเจนเนอเรชั่นนั้นๆ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation:SD) และส่วนที่ 2 แสดงลำดับการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ของคลังสินค้า,เวลาที่ใช้ในการคำนวณ, จำนวนรายการสั่งสินค้าจากลูกค้า และตำแหน่งของพาเลทสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 3.8

Genetic Algorithm for Modeling Layout Problem

1

Population size	:	10	
Number of generation	:	1	
Probability of crossover	:	0.10	
Probability of rnutation	:	0.10	
Crossover operation	:	EERX	
Mutation operation	:	2OAS	
Random seed value	:	111	
Percent of elitist	:	10%	
Layout Area			
Width area	:	30	metres
Length area	:	30	metres
Width of an aisle	:	1	metre(s)
Pallet area			
Width pallet	:	1	metre(s)
Length palet	:	1	metre(s)
Height pallet	:	1	metre(s)
Rack Information			
Column of rack	:	1	column(s)
Width of shelf	:	single	
Position	:	closed	

2

Each rack contains 87 pallets. This layout area is sufficient for install rack.
This area have rack contains about 15 rows .This area have rack about 29 positions.

Start time : 01:16:46 02/19/11

Generation No.	Best value	Best so far	Average	SD
1	1854.0	1854.0	2045.60	119.832

Sequence of product with GA is: 2 8 7 4 14 10 1 12 9 5 6 13 11 15 3

End time : 01:16:56 02/19/11

Position of product on pallet is :

product No. 2:1 1.0 1.0 1.0 3.0

product No. 2:2 1.0 1.0 2.0 3.0

รูปที่ 3.8 แสดงแฟ้มข้อมูลนำออกของโปรแกรม

3.4 การประยุกต์ใช้ GA สำหรับการแก้ปัญหาการจัดวางสินค้า

สำหรับโครงงานนี้ได้นำเจนเนติกอัลกอลิทึมมาใช้ในการแก้ปัญหา ซึ่งกระบวนการทำงานนั้นสามารถแบ่งเป็นหัวข้อย่อยตามลำดับการทำงานได้ดังนี้

3.4.1 การกำหนดรูปแบบของโครโมโซม (Chromosome Representation)

3.4.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)

3.4.3 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation)

3.4.4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

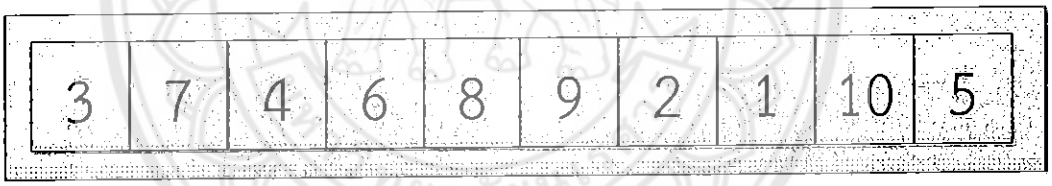
3.4.5 การคัดสรร (Selection)

3.4.6 การตรวจสอบเงื่อนไขหยุดการทำงาน (Termination)

ขั้นตอนการทำงานของ Genetic Algorithm (GA) สามารถอธิบายการทำงานได้ดังนี้

3.4.1 การกำหนดรูปแบบของโครโมโซม (Chromosome Representation)

รูปแบบของโครโมโซมจะแทนด้วยเลขจำนวนเต็ม (Integer) โดยที่แต่ละยีนจะแทนด้วยเลขจำนวนเต็ม 1 ค่า คือ รหัสผลิตภัณฑ์ (Product) จะเรียงต่อกันไปเรื่อยๆ จนครบจำนวนของผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น มีผลิตภัณฑ์ 10 ชนิด แต่ละยีนก็จะถูกจัดเรียง ซึ่งแต่ละลำดับของการจัดเรียงนั้นเป็นการสุ่มตัวเลขจากรายการผลิตภัณฑ์ทั้งหมด



รูปที่ 3.9 แสดงรูปแบบของโครโมโซม (ปรับปรุงมาจาก ธนภัทร เอี่ยมตาล, 2550)

3.4.2 ประเมินการสร้างประชากรเริ่มต้น (Population Initialization)

เป็นการกำหนดค่าเริ่มต้นให้กับกลุ่มประชากร ซึ่งค่าที่ได้เป็นค่าที่เกิดจากการสุ่มซึ่งมีลำดับขั้นตอน ดังนี้

3.4.2.1 สร้างลิสต์สำหรับการเก็บให้มีจำนวนเท่ากับจำนวนของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

3.4.2.2 ทำการสุ่มค่าของผลิตภัณฑ์ขึ้นมาทีละหนึ่งและค่าที่ถูกสุ่มแล้วจะถูกหักออกจากกลุ่มประชากร เพื่อป้องกันการเกิดยีนซ้ำภายในโครโมโซม

3.4.2.3 การสร้างประชากรจะทำตามลำดับข้อ 1-2 ไปเรื่อยๆ จนกระทั่งครบตามขนาดของประชากรที่กำหนดไว้ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงลำดับขั้นตอนของการสร้างประชากรเริ่มต้น (พัชราภรณ์ อริยะวงษ์, 2550)

ลำดับ	การทำงาน

1	Creat list (1 to t) //t is totalproduct = List size
	Inverst value from 1 to t into list //List (1 to t) = (Pd_1,Pd_2.....Pd_t)
	a=0;
	k=1; //k is number of chromosome

2	If k > Pop size then stop
	Else
	l=1; //l is the position of gene in the chromosome
	when l <= t do
	create chromosome(k,l);
	b = random choose one productID from list(1 to t)
	chromosome(k,l) = a;
	delete list(a)
	l=l+1;

3	k=k+1; go to step 1;

3.4.3 กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation)

กระบวนการทางพันธุกรรมประกอบไปด้วยการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์ ในขั้นตอนแรกจะต้องมีการสุ่มเลือกค่าเพื่อเป็นประชากรต้นแบบก่อน จากนั้นจะเข้าสู่กระบวนการสลับสายพันธุ์และกลายพันธุ์ตามลำดับ สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี Enhanced Edge Recombination Crossover: EERX และวิธีการกลายพันธุ์ด้วยวิธี Two Operations Adjacent Swap ได้เสนอไปแล้วไปบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.4 ขั้นตอนที่ 2 กระบวนการ GA (Genetic Operations)

3.4.4 การประเมินค่าความเหมาะสม (Fitness Evaluation)

สำหรับงานวิจัยนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะหาระยะทางในการขนย้ายสินค้าที่สั้นที่สุด หลังจากการออกแบบการจัดเรียงสินค้ามีผลทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานมากขึ้น

สมการวัตถุประสงค์คือ

$$\text{Minimize Total Distance} = \sum_{i=1}^{n} (x_i + y_i) * 2 \qquad (3.1)$$

เมื่อกำหนดให้

n = จำนวนรอบการเคลื่อนที่ของรถโฟล์คลิฟต์จากรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์

x = การเคลื่อนที่ของรถโฟล์คลิฟต์ในแนวแกน x

y = การเคลื่อนที่ของรถโฟล์คลิฟต์ในแนวแกน y

i = ผลิตภัณฑ์ (i= 1,2,.....,n)

โดยระยะทางการเคลื่อนที่ของรถโฟล์คลิฟต์นั้นจะเริ่มนับจากที่รถจอดอยู่ซึ่งรถโฟล์คลิฟต์จะเคลื่อนที่ตามจุดกึ่งกลางของช่องทางเดินในแนวแกน x ไปยังแถวของผลิตภัณฑ์ แล้วเคลื่อนที่ในแนวแกน y เข้าไปตำแหน่งที่ผลิตภัณฑ์อยู่แล้วเอาพาเลทสินค้าชนิดนั้นๆ เคลื่อนที่กลับมายังจุดที่รถโฟล์คลิฟต์อยู่

หลังจากมีการคำนวณค่าตามฟังก์ชันเป้าหมายแล้วก็นำค่าที่ได้ไปประเมินหาค่าความเหมาะสม (Fitness value) สำหรับงานวิจัยนี้เป็นการหาค่าที่น้อยที่สุด (Minimize Problem) ซึ่งต้องมีการปรับค่าที่มากจากสมฟังก์ชันเป้าหมายซึ่งมีค่าความเหมาะสมน้อยนี้ให้เป็นไปตามการหาค่าความเหมาะสม

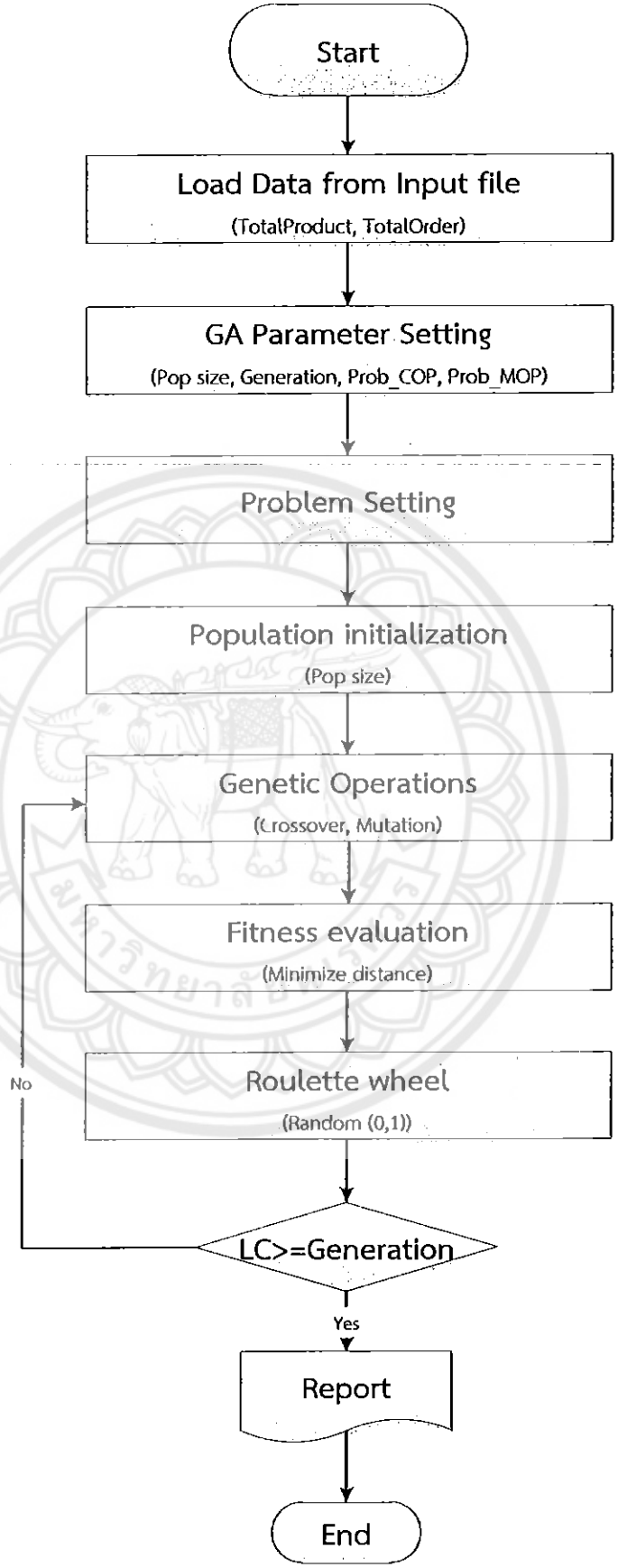
3.4.5 การคัดสรร (Selection)

สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้รูปแบบการคัดสรรแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette wheel) ซึ่งได้นำเสนอไปแล้วในบทที่ 2 หัวข้อ 2.4 ขั้นตอนที่ 4 การคัดสรร

3.4.6 การตรวจเงื่อนไขหยุดการทำงาน (Termination)

สำหรับการทำงานของ GA ได้กำหนดให้หยุดการทำงานเมื่อทำงานครบตามจำนวนรุ่นที่กำหนดเอาไว้ ซึ่งถ้าหากการทำงานยังไม่ครบตามที่กำหนดก็กลับไปทำตามกระบวนการทางพันธุ์กรรมต่อไป

จากการอธิบายขั้นตอนการทำงานของ GA สามารถแสดงผังทำงานของกระบวนการ GA ได้ดังรูปที่ 3.10



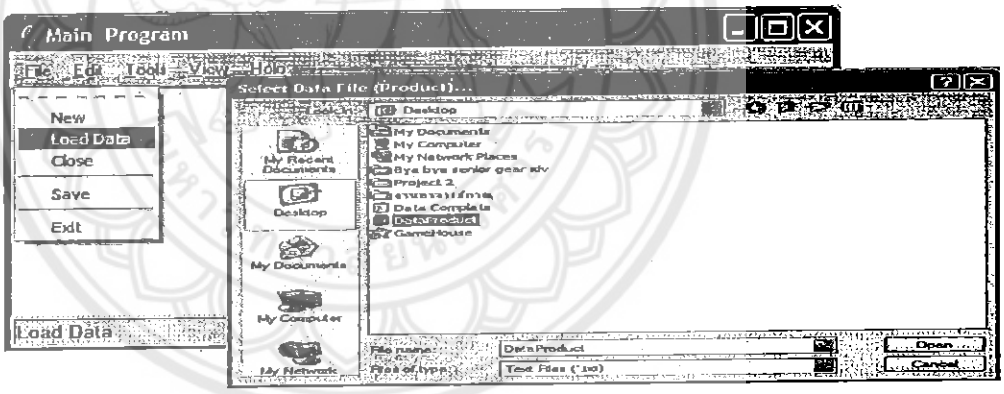
รูปที่ 3.10 แสดงลำดับการทำงานของ GA (ปรับปรุงมาจาก พัชราภรณ์ อริยะวงษ์)

3.5 การพัฒนาโปรแกรมเพื่อใช้หาลำดับการจัดเรียงผลิตภัณฑ์

โปรแกรมนี้ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรม Tcl และ Tk เวอร์ชัน 8.4 ซึ่งเป็นโปรแกรมที่สามารถให้การติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic User Interface) ได้ดีโดยโปรแกรม GAWLP ที่ถูกพัฒนาขึ้นมีลักษณะดังนี้

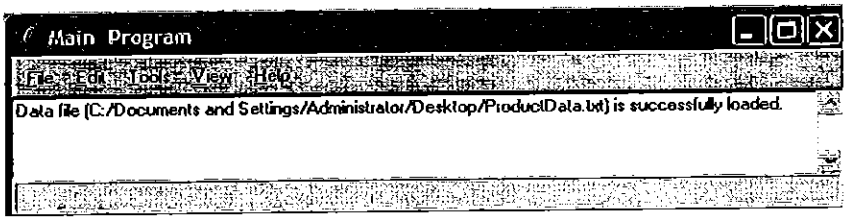
3.5.1 เมื่อเรียกโปรแกรมขึ้นมาทำงานจะพบหน้าจอแรกของโปรแกรม GAWLP (รูปที่ 3.11) จากนั้นโปรแกรมจะทำการนำแฟ้มข้อมูลเข้า (Input Files) (รูปที่ 3.12) (ดูรายละเอียดในบทที่ 3 หัวข้อ 3.2.2)

รูปที่ 3.11 แสดงหน้าจอแรกของโปรแกรม



รูปที่ 3.12 แสดงการนำเข้าแฟ้มข้อมูลขาเข้า

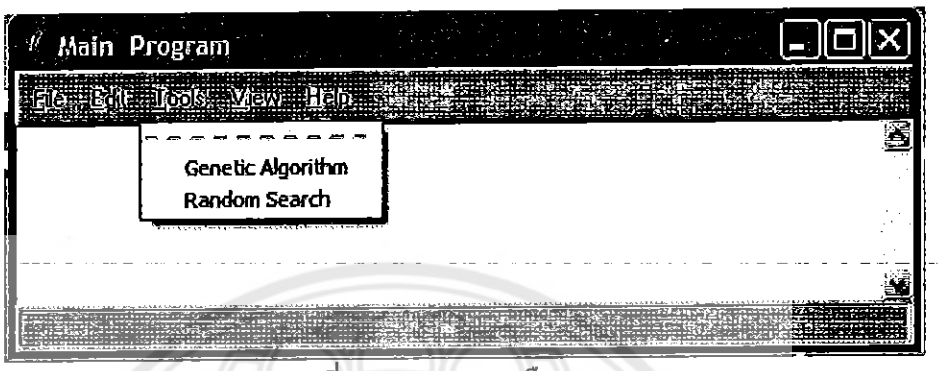
3.5.2 หลังจากการนำแฟ้มข้อมูลเข้าแล้ว โปรแกรมจะแสดงข้อความการโหลดข้อมูลจาก Data Files สำเร็จ ดังรูปที่ 3.13



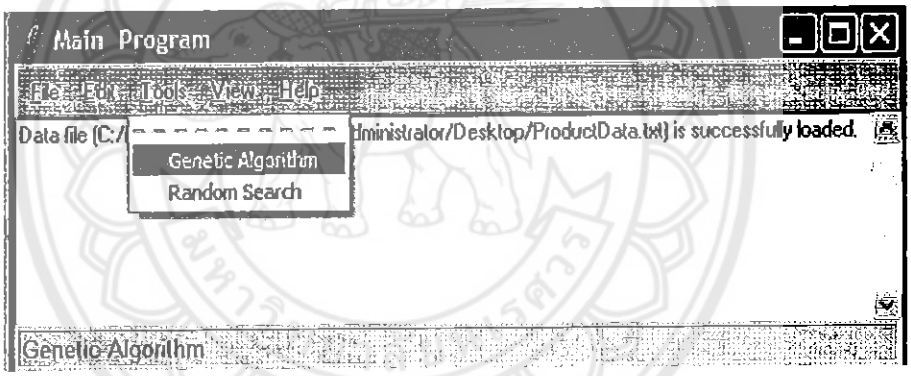
รูปที่ 3.13 แสดงการโหลดข้อมูลสำเร็จจาก Data File

3.5.3 เลือกวิธีในการหาคำตอบจากโปรแกรม ผู้วิจัยได้จัดทำวิธีการในการหาคำตอบ 2 วิธีคือ Genetic Algorithm และ Random Search

3.5.3.1 วิธีการหาคำตอบแบบ Genetic Algorithm

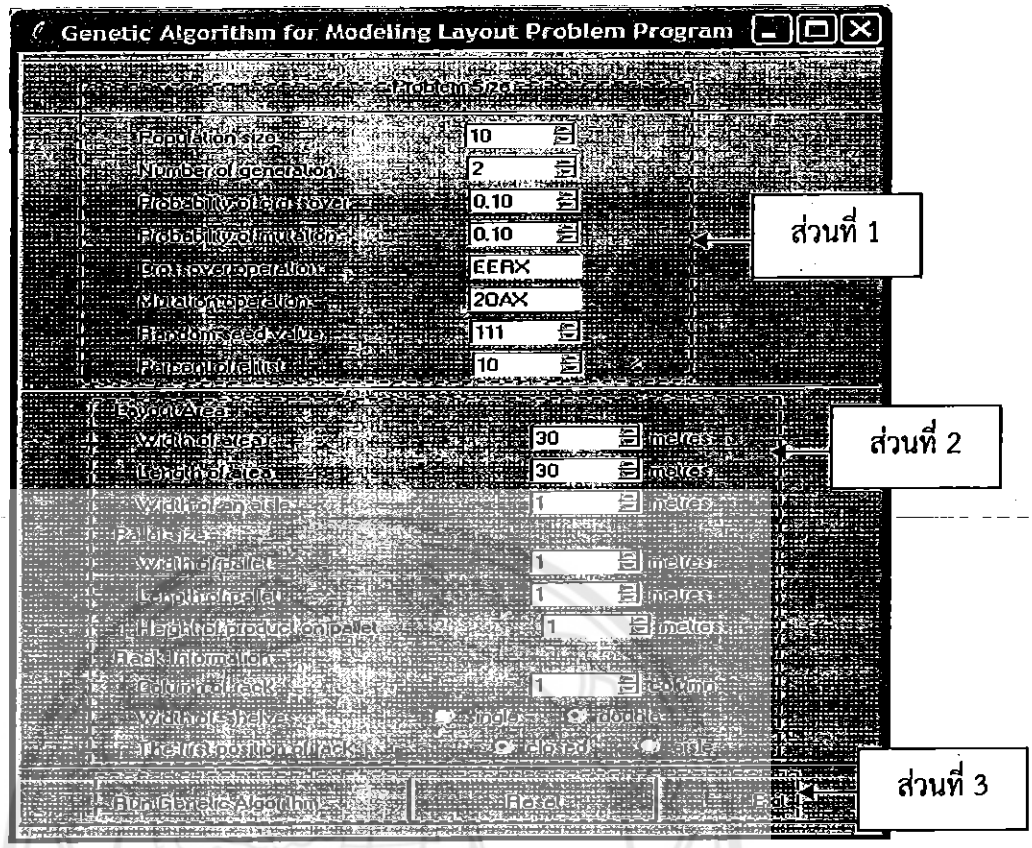


รูปที่ 3.14 แสดงการเลือก Tool



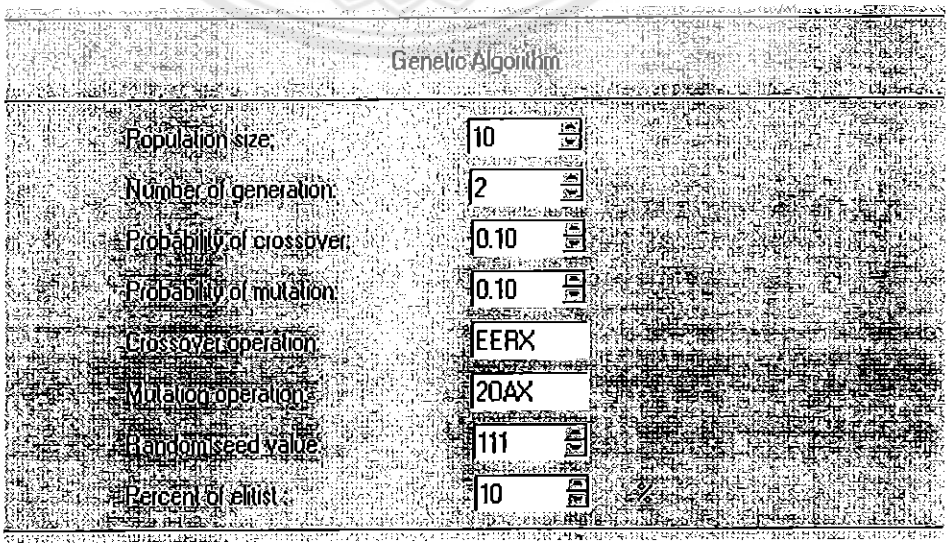
รูปที่ 3.15 แสดงการเลือก Genetic Algorithm เพื่อการกำหนดค่าสำหรับการคำนวณ

ถ้าผู้ใช้โปรแกรมเลือกวิธี Genetic Algorithm ในการหาคำตอบหน้าจอหลักจะแสดงดัง รูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมด้วยวิธี Genetic Algorithm

ส่วนที่ 1 Genetic Algorithm เป็นส่วนของการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ซึ่งตัวผู้ใช้โปรแกรมสามารถกำหนดค่าได้ตามต้องการเพื่อให้สามารถคำนวณผลลัพธ์ที่ถูกต้องได้ ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงส่วนของการกำหนดค่าสำหรับ Genetic Algorithm

ก. ขนาดของประชากร (Population size) กำหนดเพื่อที่จะแสดงถึงจำนวนโครโมโซมที่จะทำการศึกษาในแต่ละรุ่น (ค่าที่กำหนดต้องเป็นจำนวนเต็ม)

ข. จำนวนรุ่น (Number of Generation) กำหนดเพื่อที่จะแสดงถึงจำนวนรุ่นที่จะทำการศึกษาและทำให้โปรแกรมทราบว่าควรหยุดการทำงานของโปรแกรมเมื่อใด

ค. ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (Probability of Crossover) กำหนดเพื่อแสดงถึงจำนวนของโครโมโซมที่จะถูกนำมาสลับสายพันธุ์เมื่อเทียบกับขนาดของประชากร โดยค่าที่กำหนดนั้นจะต้อง อยู่ในช่วง 0.01–1 ซึ่งหมายความว่า ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์มีค่าเท่ากับ 1% ถึง 100% ของประชากร

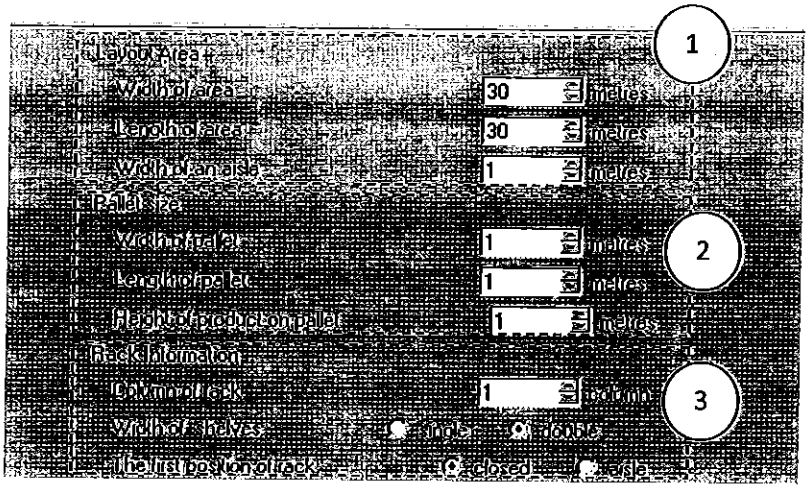
ง. ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Probability of Mutation) กำหนดเพื่อแสดงถึงจำนวนของโครโมโซมที่จะถูกนำมากลายพันธุ์เมื่อเทียบกับขนาดของประชากร โดยค่าที่กำหนดนั้นจะต้อง อยู่ในช่วง 0.01–1 ซึ่งหมายความว่า ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์มีค่าเท่ากับ 1% ถึง 100% ของประชากร

จ. กระบวนการทางพันธุกรรม (Genetic Operation) จะประกอบด้วยขั้นตอนการสลับสายพันธุ์ (Crossover Operation) ซึ่งใช้วิธี EERX และการกลายพันธุ์ (Mutation Operation) ซึ่งใช้วิธี 2OAS

ฉ. ค่าของหมายเลขในการสุ่ม (Random Seed Value) ในการทำงานของ GA จะใช้หลักการสุ่มตลอด ตั้งแต่การสุ่มประชากรเริ่มต้นหรือการสุ่มว่าโครโมโซมใดที่จะถูกเลือกให้สลับสายพันธุ์หรือการกลายพันธุ์ ดังนั้นรูปแบบของการสุ่มจึงเป็นส่วนหนึ่งที่มีความจำเป็นต่อประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรม โดยค่าของการสุ่มจะมีชุดของการสุ่มชุดหนึ่งที่ทำให้ค่าเหมือนเดิมทุกครั้ง เมื่อใช้หมายเลขสุ่มของหมายเลขเดิมซึ่งในโปรแกรมนี้ใช้การสุ่มแบบกำหนดค่าทำให้การกำหนดหมายเลขในการสุ่มมีความแน่นอน การรันในแต่ละครั้งที่กำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ รวมถึงหมายเลขการสุ่มด้วยค่าเดิม จะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่มีค่าเท่าเดิม ดังนั้นจึงทำให้สามารถตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมได้

ช. เปอร์เซ็นต์ของการเก็บโครโมโซมพันธุ์ดี (Percent of elitist) ซึ่งอยู่ในขั้นตอนของการคัดสรรสามารถคำนวณได้จากค่าเปอร์เซ็นต์ของการเก็บโครโมโซมพันธุ์ดีเทียบกับขนาดของประชากร (%E x Pop size)

ส่วนที่ 2 รายละเอียดของการกำหนดปัญหาการจัดวางผังคลังสินค้า เป็นรายละเอียดส่วนของการกำหนดขนาดของปัญหา ประกอบด้วย 3 ส่วน คือ 1) ขนาดของพื้นที่ 2) ขนาดของพาเลท 3) ข้อมูลของชั้นวางสินค้า ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงส่วนการกำหนดค่าสำหรับปัญหาการจัดวางผังคลังสินค้าด้วย Genetic Algorithm

ขนาดของพื้นที่ ประกอบด้วยความกว้าง ความยาว ความสูงของพื้นที่และขนาดความกว้างของช่องทางเดินสำหรับการขนย้ายผลิตภัณฑ์

ขนาดของพาเลท ประกอบด้วยความกว้างของพาเลท ความยาวของพาเลทและความสูงของพาเลท ข้อมูลของชั้นวางสินค้า ประกอบด้วย จำนวนช่วงของชั้นวางสินค้าทั้งหมด ชั้นของชั้นวางสินค้า ลักษณะของแถว (แถวเดี่ยวหรือแถวคู่) ตำแหน่งของการจัดวางชั้นวางสินค้า (ติดหรือไม่ติดผนังด้านข้าง)

ส่วนที่ 3 ปุ่มต่างๆ เพื่อสั่งงานตามรายละเอียดที่กำหนดไว้บนปุ่มโดยโปรแกรมมีอยู่ทั้งหมด 3 ปุ่มดังรูปที่ 3.19

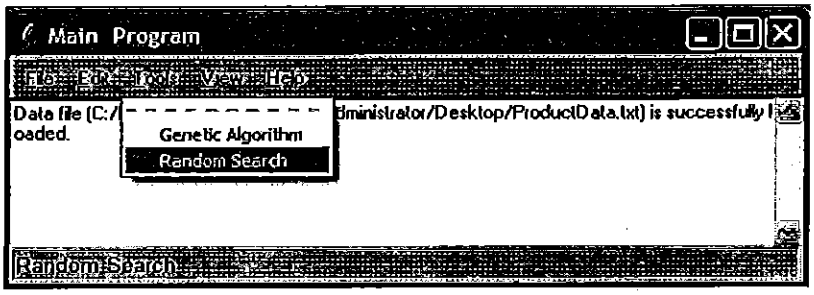
รูปที่ 3.19 แสดงส่วนของปุ่มต่างๆ ของ Genetic Algorithm

ปุ่มรัน (Run Genetic Algorithm Button) เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงานตามที่กำหนดค่าให้กับพารามิเตอร์ต่างๆ เอาไว้

ปุ่มเริ่มต้นใหม่ (Reset Button) เพื่อยกเลิกค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้แล้วและทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใหม่ทั้งหมด

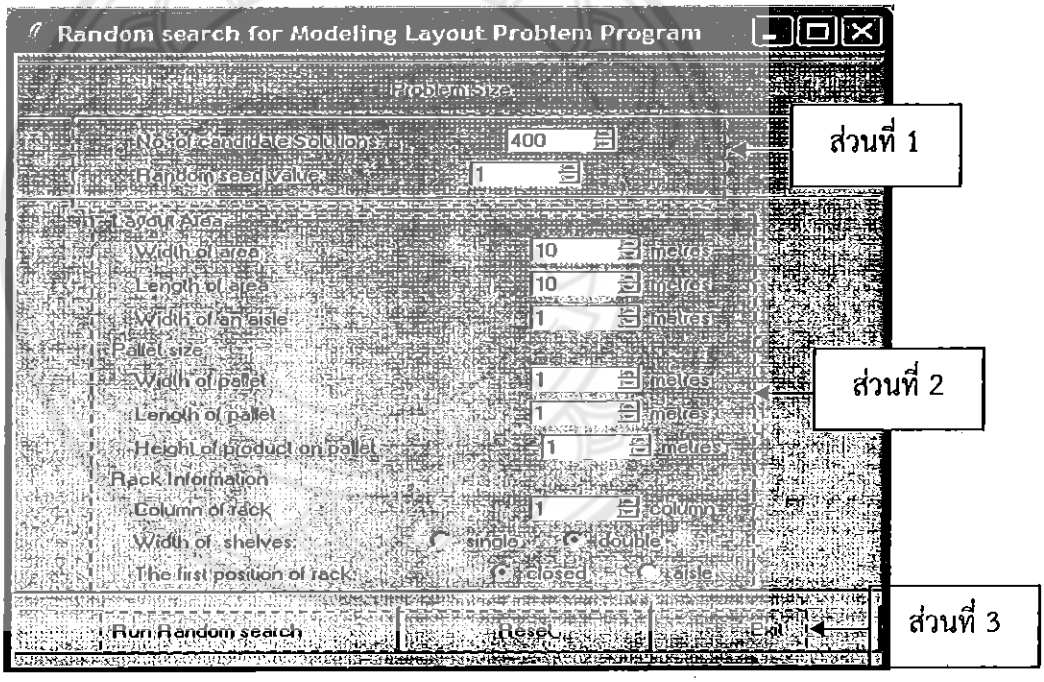
ปุ่มออก (Exit Button) เพื่อออกจากโปรแกรม

3.5.3.2 วิธีการหาคำตอบแบบ Random Search



รูปที่ 3.20 แสดงการเลือก Random Search เพื่อการกำหนดค่าสำหรับการคำนวณ

จากนั้นหน้าจอหลักจะแสดงดังรูปที่ 3.21



รูปที่ 3.21 แสดงหน้าจอหลักของโปรแกรมด้วยวิธี Random Search

ส่วนที่ 1 เป็นส่วนของการกำหนดขนาดของคำตอบเพื่อหาค่าผลเฉลย ซึ่งตัวผู้ใช้โปรแกรมสามารถกำหนดค่าได้ตามต้องการ

ก. ขนาดของคำตอบ (No. of candidate Solutions) กำหนดจำนวนคำตอบที่จะนำมาเปรียบเทียบหาค่าผลเฉยที่ดีที่สุด (ค่าที่กำหนดต้องเป็นจำนวนเต็ม)

ข. หมายเลขในการสุ่ม (Random seed value) เพื่อกำหนดหมายเลขที่จะใช้ในการสุ่มหาคำตอบ

ส่วนที่ 2 เป็นส่วนของการกำหนดขนาดของปัญหาซึ่งจะเหมือนกับวิธีการหาคำตอบแบบ Genetic Algorithm

ส่วนที่ 3 ปุ่มต่างๆ เพื่อสั่งงานตามรายละเอียดที่กำหนดไว้บนปุ่มโดยโปรแกรมมีอยู่ทั้งหมด 3 ปุ่มดังรูปที่ 3.22

รูปที่ 3.22 แสดงส่วนของปุ่มต่างๆ ของ Random Search

ปุ่มรัน (Run Random Search Button) เพื่อสั่งให้โปรแกรมทำงานตามค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่กำหนดไว้

ปุ่มเริ่มต้นใหม่ (Reset Button) เพื่อยกเลิกค่าพารามิเตอร์ที่กำหนดไว้แล้วและทำการกำหนดค่าพารามิเตอร์ใหม่ทั้งหมด

ปุ่มออก (Exit Button) เพื่อออกจากโปรแกรม

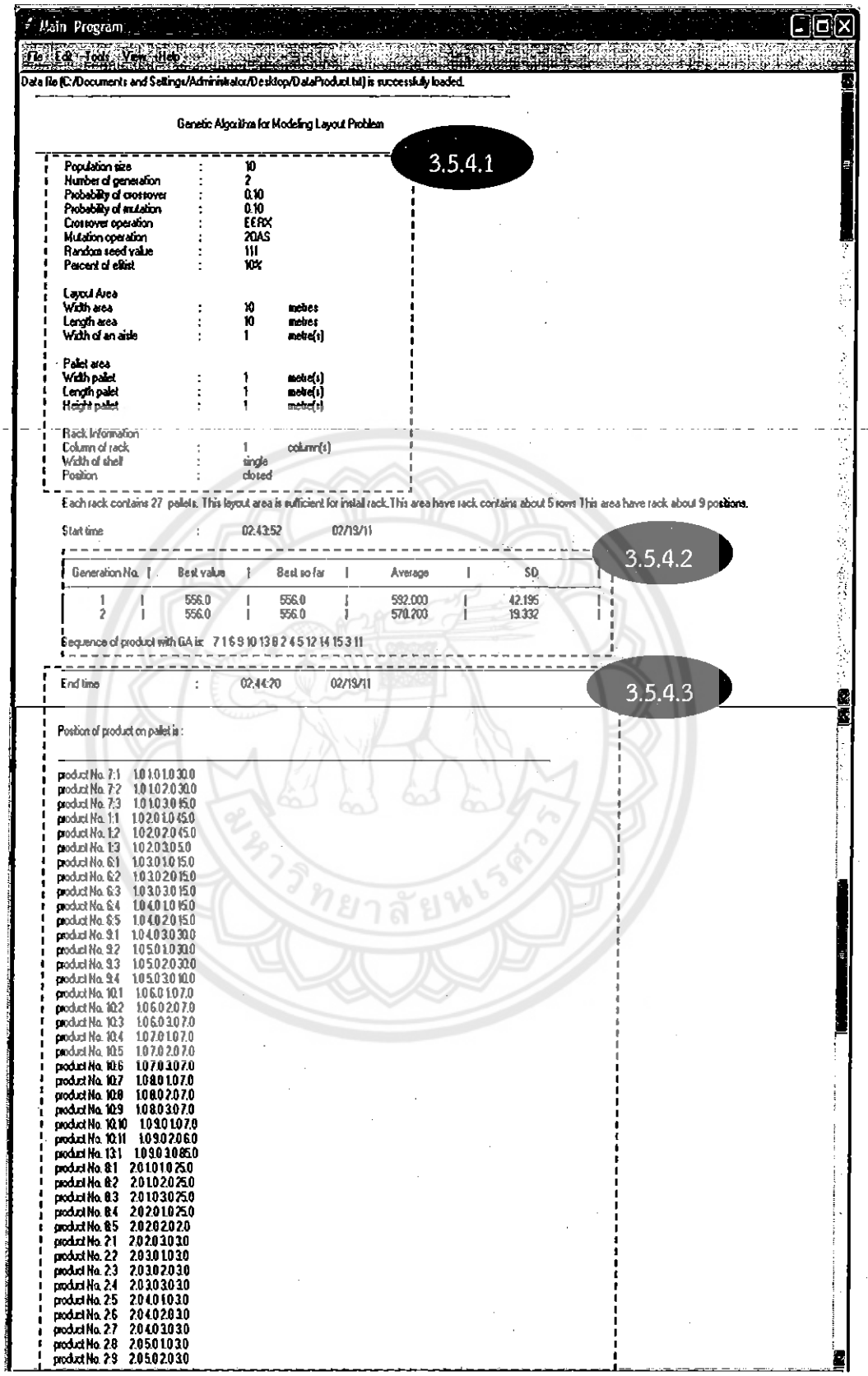
3.5.4 เมื่อคลิกปุ่มรัน (Run Button) โปรแกรมจะเริ่มทำงาน โดยจะแสดงส่วนของผลลัพธ์เชิงภาพรวม ดังรูปที่ 3.23 ซึ่งผลลัพธ์ที่แสดงสามารถแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้คือ

3.5.4.1 ส่วนแสดงค่าพารามิเตอร์ต่างๆ (Parameter Setting) โปรแกรมจะแสดงขนาดของประชากร, จำนวนรุ่น, ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์, ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์, วิธีการสลับสายพันธุ์, วิธีการกลายพันธุ์, ค่าของหมายเลขในการสุ่มและเปอร์เซ็นต์ของการเก็บโครโมโซมพันธุ์ดี เป็นต้น

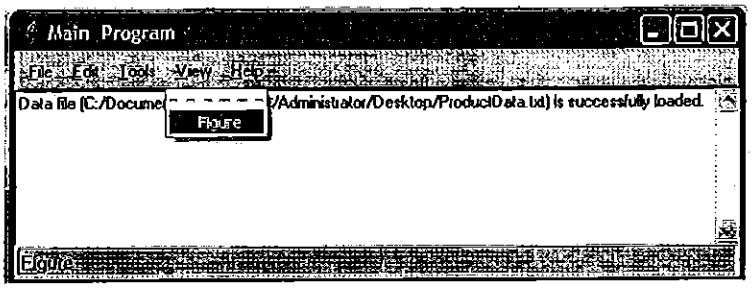
3.5.4.2 แสดงส่วนของผลลัพธ์ที่ได้ แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะแสดงระยะทางที่ได้ในแต่ละรุ่น, ค่าที่ดีที่สุดของทุกๆ เจนเนอเรชัน, ค่าเฉลี่ย, ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและผลเฉลยที่ได้ ส่วนที่ 2 แสดงลำดับของการจัดเรียงผลิตภัณฑ์จากโครโมโซมตัวที่ดีที่สุดซึ่งให้ค่าระยะทางรวมที่น้อยที่สุดด้วย

3.5.4.3 แสดงการจัดวางผังคลังสินค้าที่ได้จากโครโมโซมตัวที่ดีที่สุด ในรูปแบบตัวอักษร

3.5.5 แสดงการจัดวางผังคลังสินค้าในรูปแบบของภาพ โดยคลิกที่ View→ Figure ดังรูปที่ 3.24 ซึ่งตัวอย่างรูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ที่ได้จะแสดงดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.23 แสดงการประมวลผล



รูปที่ 3.24 แสดงการเลือก View เพื่อดูผังการจัดวางสินค้า

8:5:25.0	14:2:40.0	1:3:5.0	12:11:5.0	
8:4:25.0	14:1:40.0	1:2:45.0	12:10:5.0	
8:3:25.0	15:20:4.0	1:1:45.0	12:9:5.0	
8:2:25.0	15:19:4.0	9:4:10.0	12:8:5.0	
8:1:25.0	15:18:4.0	9:3:30.0	12:7:5.0	10:11:6.0
2:22:3.0	15:17:4.0	9:2:30.	12:6:5.0	10:10:7.0
2:21:3.0	15:16:4.0	9:1:30.0	12:5:5.0	10:9:7.0
2:20:3.0	15:15:4.0	3:10:3.0	12:4:5.0	10:8:7.0
2:19:3.0	15:14:4.0	3:9:8.0	12:3:5.0	10:7:7.0
2:18:3.0	15:13:4.0	3:8:8.0	12:2:5.0	10:6:7.0
2:17:3.0	15:12:4.0	3:7:8.0	12:1:5.0	10:5:7.0
2:16:3.0	15:11:4.0	3:6:8.0	4:10:10.0	10:4:7.0
2:15:3.0	15:10:4.0	3:5:8.0	4:9:10.0	10:3:7.0
2:14:3.0	15:9:4.0	3:4:8.0	4:8:10.0	10:2:7.0
2:13:3.0	15:8:4.0	3:3:8.0	4:7:10.0	10:1:7.0
2:12:3.0	15:7:4.0	3:2:8.0	4:6:10.0	7:3:15.0
2:11:3.0	15:6:4.0	3:1:8.0	4:5:10.0	7:2:30
2:10:3.0	15:5:4.0	11:9:5.0	4:4:10.0	7:1:30
2:9:3.0	15:4:4.0	11:8:10.0	4:3:10.0	13:1:85
2:8:3.0	15:3:4.0	11:7:10.0	4:2:10.0	12:19:5.0
2:7:3.0	15:2:4.0	11:6:10.0	4:1:10.0	12:18:5.0
2:6:3.0	15:1:4.0	11:5:10.0	5:6:18.0	12:17:5.0
2:5:3.0	6:5:15.0	11:4:10.0	5:5:18.0	12:16:5.0
2:4:3.0	6:4:15.0	11:3:10.0	5:4:18.0	12:15:5.0
2:3:3.0	6:3:15.0	11:2:10.0	5:3:18.0	12:14:5.0
2:2:3.0	6:2:15.0	11:1:10.0	5:2:18.0	12:13:5.0
2:1:3.0	6:1:15.0	14:3:40.0	5:1:18.0	12:12:5.0

รูปที่ 3.25 แสดงผังการจัดเรียงสินค้าด้วย Genetic Algorithm

3.6 ตัวอย่างการคำนวณระยะทาง

ตัวอย่างการคำนวณระยะทางเพื่อแสดงหลักการคิดระยะทางของโปรแกรม GAWLP ซึ่งมีข้อมูลของผลิตภัณฑ์ (สมมติ) แต่ละชนิดดังตารางที่ 3.3 และข้อมูลการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ของลูกค้า (สมมติ) ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 แสดงข้อมูลของผลิตภัณฑ์ (สมมติ)

รหัสผลิตภัณฑ์	กว้าง	ยาว	สูง	จำนวนกล่อง	จำนวนกล่องต่อพาเลท
1	0.5	0.2	0.2	95	45
2	0.6	0.7	0.3	65	-
3	0.7	0.3	0.5	75	8
4	0.7	0.6	0.2	100	10
5	0.7	0.2	0.3	96	18
6	0.5	0.3	0.4	75	15
7	0.2	0.5	0.3	75	-
8	0.3	0.4	0.3	102	25
9	0.5	0.3	0.2	100	30
10	0.9	0.6	0.2	76	7
11	0.2	0.6	0.5	85	-
12	0.4	0.6	0.7	95	5
13	0.1	0.2	0.1	85	-
14	0.2	0.4	0.3	100	40
15	0.4	0.6	0.4	80	-

หมายเหตุ กรณีที่ข้อมูลไม่มีจำนวนกล่องต่อพาเลทมาให้ จะต้องคำนวณหาจาก

ด้านยาว = ด้านยาวของพาเลท / ด้านยาวของกล่องผลิตภัณฑ์

ด้านกว้าง = ด้านกว้างของพาเลท / ด้านกว้างของกล่องผลิตภัณฑ์

ด้านสูง = ด้านสูงของพาเลท / ด้านสูงของกล่องผลิตภัณฑ์

ค่าที่คำนวณได้ จะปัดเศษทิ้งทั้งหมด

จำนวนกล่องที่สามารถบรรจุได้ต่อพาเลท เท่ากับ ด้านยาว * ด้านกว้าง * ด้านสูง

ตารางที่ 3.4 แสดงข้อมูลส่วนของการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ของลูกค้า (สมมติ)

รายการ	รหัสผลิตภัณฑ์:จำนวนกล่องผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าสั่งซื้อ			
1	5:18.0	11:40.0	1:18.0	2:16.0
2	1:10.0	7:45.0	10:14.0	6:30.0
3	3:8.0	4:45.0	12:20.0	13:30.0
4	15:32.0	3:17.0	8:15.0	9:23.0

กำหนดขนาดของพื้นที่ ดังนี้

ด้านกว้าง = 10 เมตร

ด้านยาว = 10 เมตร

ความกว้างของช่องทางเดิน = 1 เมตร

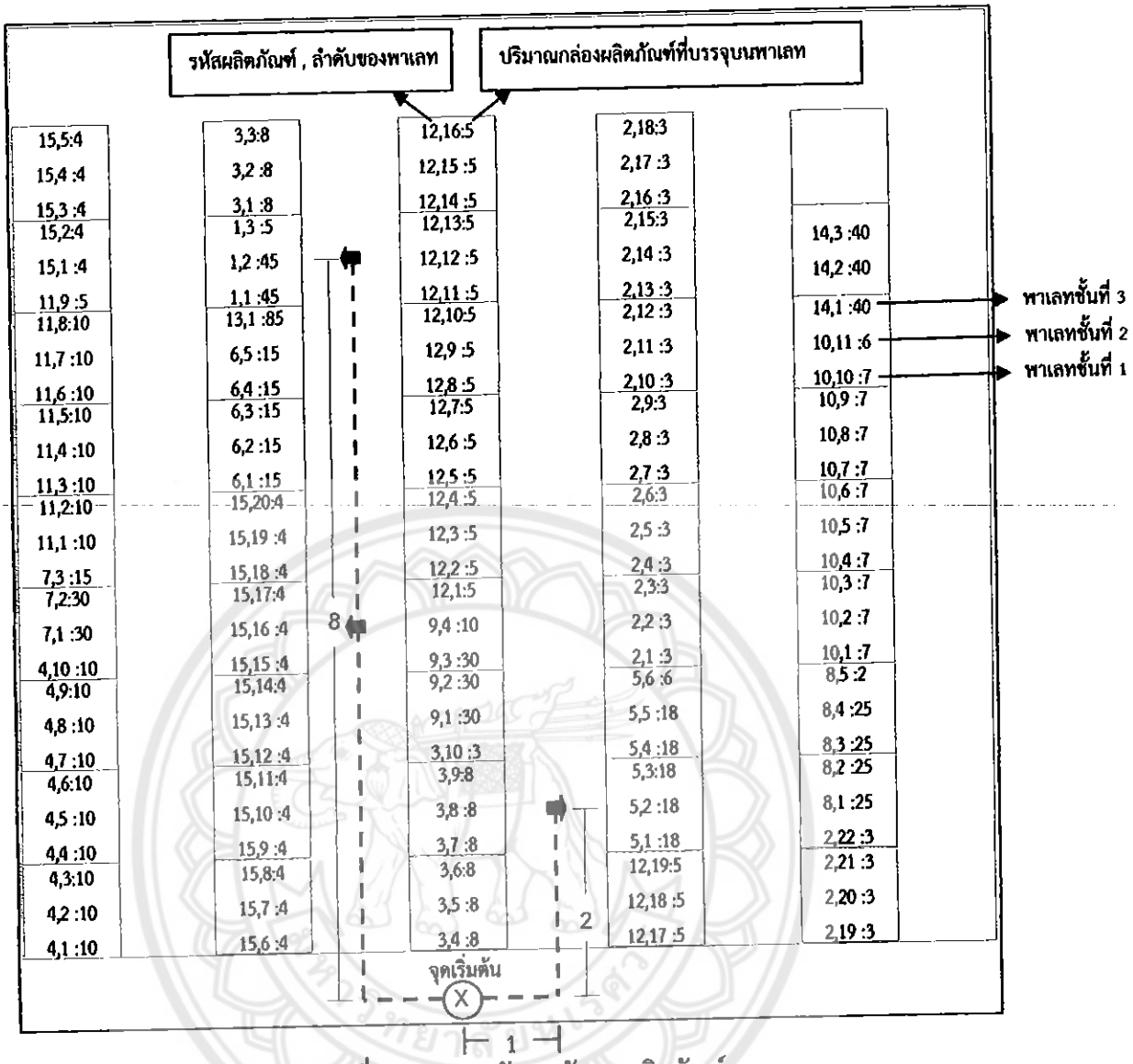
กำหนดขนาดของพาเลท ดังนี้

ด้านกว้าง = 1 เมตร

ด้านยาว = 1 เมตร

ความสูง = 1 เมตร

ผู้วิจัยต้องการให้ มีชั้นวางสินค้าเป็นแบบแถวเดี่ยว ด้านข้างไม่มีช่องทางเดิน และมีช่วงของชั้นวางสินค้า 1 ช่วง



รูปที่ 3.26 แสดงผังการจัดวางผลิตภัณฑ์

รูปที่ 3.26 เป็นภาพที่แสดงผังการจัดวางผลิตภัณฑ์ ให้จุด x เป็นจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนที่ โดยการคิดระยะทางในการหยิบผลิตภัณฑ์จะพิจารณาเป็นคู่ๆ ของรายการสั่งผลิตภัณฑ์ กรณีหยิบผลิตภัณฑ์ที่เต็มพาเลท คิดจากระยะทางแกน x บวกกับระยะทางแกน y ของผลิตภัณฑ์นั้นๆ (เส้นสีน้ำเงิน) แต่กรณีคำนวณหาระยะทางของผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนไม่เต็มพาเลท พิจารณาถึงปริมาตรของผลิตภัณฑ์ทั้งสองว่าสามารถที่จะขนย้ายไปด้วยกันได้หรือไม่ ถ้าสามารถขนย้ายไปด้วยกันได้ ระยะทางเพื่อขนย้ายของผลิตภัณฑ์จากทั้งสองผลิตภัณฑ์จะคิดจากผลิตภัณฑ์ที่ไกลที่สุดเพียงอย่างเดียวเท่านั้น (เส้นสีแดง)

ระยะทางที่ได้ มีดังนี้

ผลิตภัณฑ์ที่ 5 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 18 กล่อง

พาเลท 5,1:18 จำนวนของที่ได้ 18 กล่อง ระยะทาง (1+2)*2 = 6 เมตร (5,1:0)

ผลิตภัณฑ์ที่ 11 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 40 กล่อง

พาเลท 11,1:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+5)*2 = 16 เมตร (11,1:0)

พาเลท 11,2:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+5)*2 = 16 เมตร (11,2:0)

พาเลท 11,3:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+6)*2 = 18 เมตร (11,3:0)

พาเลท 11,4:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+6)*2 = 18 เมตร (11,4:0)

ผลิตภัณฑ์ที่ 1 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 18 กล่อง

พาเลท 1,1:45 จำนวนของที่ได้ 18 กล่อง ระยะทาง (1+8)*2 = 18 เมตร (1,1:27)

ผลิตภัณฑ์ที่ 2 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 16 กล่อง

พาเลท 2,1:3 จำนวนของที่ได้ 3 กล่อง ระยะทาง (1+4)*2 = 10 เมตร (2,1:0)

พาเลท 2,2:3 จำนวนของที่ได้ 3 กล่อง ระยะทาง (1+4)*2 = 10 เมตร (2,2:0)

พาเลท 2,3:3 จำนวนของที่ได้ 3 กล่อง ระยะทาง (1+4)*2 = 10 เมตร (2,3:0)

พาเลท 2,4:3 จำนวนของที่ได้ 3 กล่อง ระยะทาง (1+5)*2 = 12 เมตร (2,4:0)

พาเลท 2,5:3 จำนวนของที่ได้ 3 กล่อง ระยะทาง (1+5)*2 = 12 เมตร (2,5:0)

พาเลท 2,6:3 จำนวนของที่ได้ 1 กล่อง ระยะทาง (1+5)*2 = 12 เมตร (2,6:2)

ผลิตภัณฑ์ที่ 1 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 10 กล่อง

พาเลท 1,1:27 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (1+8)*2 = 18 เมตร (1,1:17)

ผลิตภัณฑ์ที่ 7 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 45 กล่อง

พาเลท 7,1:30 จำนวนของที่ได้ 30 กล่อง ระยะทาง (3+4)*2 = 14 เมตร กล่อง (7,1:0)

พาเลท 7,2:30 จำนวนของที่ได้ 15 กล่อง ระยะทาง (3+4)*2 = 14 เมตร กล่อง (7,1:15)

ผลิตภัณฑ์ที่ 10 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 14 กล่อง

พาเลท 10,1:7 จำนวนของที่ได้ 7 กล่อง ระยะทาง (3+4)*2 = 14 เมตร (10,1:0)

พาเลท 10,2:7 จำนวนของที่ได้ 7 กล่อง ระยะทาง (3+4)*2 = 14 เมตร (10,2:0)

ผลิตภัณฑ์ที่ 6 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 30 กล่อง

พาเลท 6,1:15 จำนวนของที่ได้ 15 กล่อง ระยะทาง (1+6)*2 = 14 เมตร (6,1:0)

พาเลท 6,2:15 จำนวนของที่ได้ 15 กล่อง ระยะทาง (1+6)*2 = 14 เมตร (6,1:0)

ผลิตภัณฑ์ที่ 3 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 8 กล่อง

พาเลท 3,1:8 จำนวนของที่ได้ 8 กล่อง ระยะทาง (1+9)*2 = 10 เมตร (3,1:0)

ผลิตภัณฑ์ที่ 4 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 45 กล่อง

พาเลท 4,1:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+1)*2 = 8 เมตร (4,1:0)

พาเลท 4,2:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+1)*2 = 8 เมตร (4,2:0)

พาเลท 4,3:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+1)*2 = 8 เมตร (4,3:0)

พาเลท 4,4:10 จำนวนของที่ได้ 10 กล่อง ระยะทาง (3+2)*2 = 10 เมตร (4,4:0)

พาเลท 4,5:10 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (3+2)*2 = 10 เมตร (4,5:5)

ผลิตภัณฑ์ที่ 12 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 20 กล่อง

พาเลท 12,1:5 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (1+4)*2 = 10 เมตร (12,1:0)

พาเลท 12,2:5 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (1+5)*2 = 12 เมตร (12,2:0)

พาเลท 12,3:5 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (1+5)*2 = 12 เมตร (12,3:0)

พาเลท 12,4:5 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (1+5)*2 = 12 เมตร (12,4:0)

ผลิตภัณฑ์ที่ 13 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 30 กล่อง

พาเลท 13,1:85 จำนวนของที่ได้ 30 กล่อง ระยะทาง (1+7)*2 = 16 เมตร (13,1:55)

ผลิตภัณฑ์ที่ 15 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 32 กล่อง

พาเลท 15,1:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (3+8)*2 = 22 เมตร (15,1:0)

พาเลท 15,2:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (3+8)*2 = 22 เมตร (15,2:0)

พาเลท 15,3:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (3+9)*2 = 24 เมตร (15,3:0)

พาเลท 15,4:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (3+9)*2 = 24 เมตร (15,4:0)

พาเลท 15,5:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (3+9)*2 = 24 เมตร (15,5:0)

พาเลท 15,6:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (1+1)*2 = 4 เมตร (15,6:0)

พาเลท 15,7:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (1+1)*2 = 4 เมตร (15,7:0)

พาเลท 15,8:4 จำนวนของที่ได้ 5 กล่อง ระยะทาง (1+1)*2 = 4 เมตร (15,8:0)

ผลิตภัณฑ์ที่ 3 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 17 กล่อง

พาเลท 3,2:8 จำนวนของที่ได้ 8 กล่อง ระยะทาง (1+9)*2 = 10 เมตร (3,2:0)

พาเลท 3,3:8 จำนวนของที่ได้ 8 กล่อง ระยะทาง (1+9)*2 = 10 เมตร (3,3:0)

พาเลท 3,4:8 จำนวนของที่ได้ 1 กล่อง ระยะทาง (1+1)*2 = 4 เมตร (13,2:7)

ผลิตภัณฑ์ที่ 8 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 15 กล่อง

พาเลท 8,1:25 จำนวนของที่ได้ 15 กล่อง ระยะทาง (3+2)*2 = 10 เมตร (8,1:10)

ผลิตภัณฑ์ที่ 9 จำนวนผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ 23 กล่อง

พาเลท 9,1:30 จำนวนของที่ได้ 23 กล่อง ระยะทาง (1+3)*2 = 8 เมตร (9,1:7)

ระยะทางการขนย้ายผลิตภัณฑ์รวมทั้งสิ้น เท่ากับ 546 เมตร

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 ค่าปัจจัยและระดับของการทดลอง

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าปัจจัยและระดับของการทดลอง

ปัจจัย	ระดับ (Levels)	ค่า (Values)		
		ต่ำ	กลาง	สูง
ขนาดประชากร (Pop), จำนวนรุ่น (Gen)	3	10/40	20/20	40/10
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (Pc)	3	0.1	0.5	0.9
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Pm)	3	0.1	0.5	0.9
หมายเลขในการสุ่ม (Seed)	3	111	555	999

จากตารางที่ 4.1 ปัจจัยที่ใช้ในการศึกษาปัญหาเกี่ยวกับการออกแบบผังคลังสินค้าเพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดนั้น ประกอบไปด้วย 4 ปัจจัย ดังนี้

ปัจจัยที่ 1 คือ ขนาดของประชากร ซึ่งผู้วิจัยกำหนดให้มีขนาดของโครโมโซมเท่ากันทุกระดับคือ 400 โครโมโซม

ปัจจัยที่ 2 คือ ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์

ปัจจัยที่ 3 คือ ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์

ปัจจัยที่ 4 คือ หมายเลขในการสุ่ม

จากการกำหนดค่าปัจจัยและระดับของการทดลอง โดยการใช้การออกแบบเชิงแฟกทอเรียลสมบูรณ์ (Full Factorial Design: FFD) สำหรับการทดลองนี้จะใช้การออกแบบการทดลองเชิงแฟกทอเรียลสามระดับ (3^k Factorial Designs) ทำการรันการทดลองทั้งสิ้น 3x3x3x3 = 81 ครั้ง

4.2 การทดลอง

สำหรับโครงงานนี้ได้ทำการทดลองกับข้อมูลรายการผลิตภัณฑ์และรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ 2 ขนาด คือ ข้อมูลสมมติมีขนาดข้อมูล 15 ผลิตภัณฑ์และข้อมูลจริงมีขนาดข้อมูล 160 ผลิตภัณฑ์ ซึ่งรายละเอียดของข้อมูลที่ใช้ในการทำการทดลองมีดังนี้

4.2.1 ข้อมูลสมมติ มีข้อมูล 6 ชุด ดังนี้

4.2.1.1 ข้อมูลสมมติชุดที่ 1 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1)

สำหรับข้อมูลนี้เมื่อมีการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 1 ระหว่างวิธีการหาคำตอบ 2 วิธีคือ

Genetic Algorithm กับ Random Search โดยจะแสดงถึงระยะทางที่น้อยที่สุด, ระยะทางที่มากที่สุด, ระยะทางเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมจากวิธีการหาคำตอบทั้งสองวิธี นอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์ของการปรับปรุงการจัดวางผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นที่สุดด้วย

4.2.1.2 ข้อมูลสมมติชุดที่ 2 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2)

ข้อมูลสมมติชุดที่ 2 เมื่อเทียบกับข้อมูลสมมติชุดที่ 1 จะมีขนาดของกล่องผลิตภัณฑ์เท่าเดิม, มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของกล่องผลิตภัณฑ์โดยให้มีจำนวนกล่องทุกผลิตภัณฑ์เท่ากันและกำหนดให้มีปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทเท่าเดิม

4.2.1.3 ข้อมูลสมมติชุดที่ 3 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3)

ข้อมูลสมมติชุดที่ 3 เมื่อเทียบกับข้อมูลสมมติชุดที่ 1 จะมีขนาดของกล่องผลิตภัณฑ์เท่าเดิม, มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของกล่องผลิตภัณฑ์โดยให้มีจำนวนกล่องแต่ละผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากันและกำหนดให้มีปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทเท่าเดิม

4.2.1.4 ข้อมูลสมมติชุดที่ 4 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4)

ข้อมูลสมมติชุดที่ 4 เมื่อเทียบกับข้อมูลสมมติชุดที่ 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล่องใหม่, มีจำนวนของกล่องผลิตภัณฑ์เท่าเดิมและกำหนดให้มีปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทใหม่

4.2.1.5 ข้อมูลสมมติชุดที่ 5 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.5)

ข้อมูลสมมติชุดที่ 5 เมื่อเทียบกับข้อมูลสมมติชุดที่ 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล่องใหม่, มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของกล่องผลิตภัณฑ์โดยให้มีจำนวนกล่องทุกผลิตภัณฑ์เท่ากันและกำหนดให้มีปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทใหม่

4.2.1.6 ข้อมูลสมมติชุดที่ 6 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.6)

ข้อมูลสมมติชุดที่ 6 เมื่อเทียบกับข้อมูลสมมติชุดที่ 1 จะมีการเปลี่ยนแปลงขนาดของกล่องใหม่, มีการเปลี่ยนแปลงจำนวนของกล่องผลิตภัณฑ์โดยให้มีจำนวนกล่องแต่ละผลิตภัณฑ์ไม่เท่ากันและกำหนดให้มีปริมาณผลิตภัณฑ์ต่อพาเลทใหม่

4.2.2 ข้อมูลจริง มีข้อมูล 2 ชุด ดังนี้

4.2.2.1 ข้อมูลจริงชุดที่ 1 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.7)

ข้อมูลจริงชุดที่ 1 เป็นข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในศูนย์กระจายสินค้า เมื่อมีการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลจริง ในเบื้องต้นแล้วผู้วิจัยจะทำการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานด้วยข้อมูลจริงชุดนี้ระหว่างวิธีการหาคำตอบ 2 วิธี คือ Genetic Algorithm: GA กับ Random Search: RS โดยจะระบุระยะทางที่น้อยที่สุด, ระยะทางที่มากที่สุด, ระยะทางเฉลี่ย, ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและระยะเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมจากวิธีการหาคำตอบทั้งสองวิธี นอกจากนี้ยังมีเปอร์เซ็นต์ของการปรับปรุงการทำงานระหว่าง GA กับ RS จากการจัดวางผลิตภัณฑ์ที่ทำให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นที่สุดและข้อมูลชุดนี้ผู้วิจัยจะนำไปวิเคราะห์ผลกระทบของการเลือกรูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าที่ทำให้เกิดการใช้พื้นที่อย่างเกิด

ประโยชน์สูงสุด จากการพิจารณาขนาดพื้นที่ที่กำหนดให้จะออกแบบขนาดพื้นที่ของคลังสินค้าโดยการกำหนดปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่จะเข้ามาอยู่ในคลังสินค้าเป็นอันดับแรกได้อย่างไร

4.2.2.2 ข้อมูลจริงชุดที่ 2 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.8)

ข้อมูลจริงชุดที่ 2 เป็นข้อมูลผลิตภัณฑ์ภายในศูนย์กระจายสินค้ากรณีต้องการขยายศูนย์กระจายสินค้าให้สามารถรองรับความต้องการของผู้บริโภคเพิ่มเป็น 2 เท่าและจะต้องใช้พื้นที่ขนาดเท่าไหร่จึงจะสามารถจัดเก็บผลิตภัณฑ์ได้หากพื้นที่เดิมที่มีอยู่ไม่เพียงพอต่อปริมาณผลิตภัณฑ์

4.3 ผลการทดลอง

4.3.1 ข้อมูลสมมติชุดที่ 1 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.1)

ผลการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 1 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.2

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.2 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.3

ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% จะพบว่าค่า P ของขนาดประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen), ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) และค่าหมายเลขในการสุ่ม (Seed) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่า ขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น, ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์และค่าหมายเลขในการสุ่มมีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ส่วนความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) นั้นค่า P ที่ได้มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหาจากการคำนวณค่าความแปรปรวนจากตารางที่ 4.3 สามารถแสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ได้ดังรูปที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 1

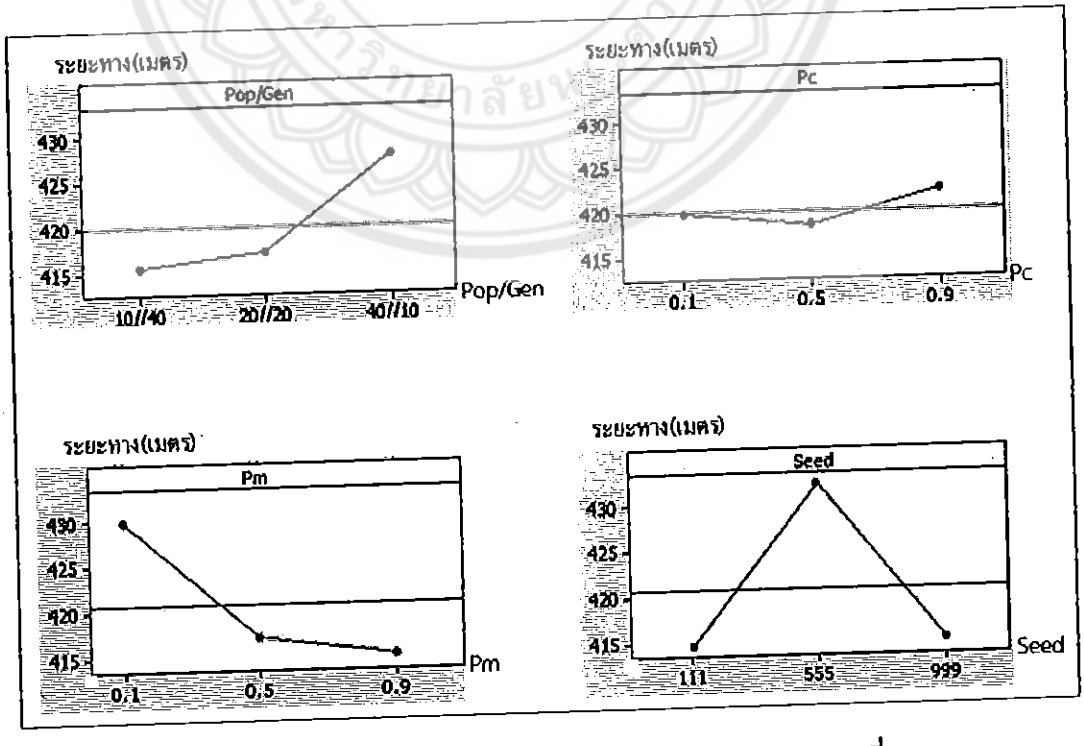
NO.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	420	438	410
2	10/40	0.1	0.5	422	420	408
3	10/40	0.1	0.9	430	420	398
4	10/40	0.5	0.1	398	452	412
5	10/40	0.5	0.5	408	404	408
6	10/40	0.5	0.9	408	410	402
7	10/40	0.9	0.1	404	408	438
8	10/40	0.9	0.5	406	440	406
9	10/40	0.9	0.9	390	452	404
10	20/20	0.1	0.1	426	436	418
11	20/20	0.1	0.5	402	432	398
12	20/20	0.1	0.9	390	416	396
13	20/20	0.5	0.1	428	436	434
14	20/20	0.5	0.5	396	434	398
15	20/20	0.5	0.9	416	426	416
16	20/20	0.9	0.1	440	446	408
17	20/20	0.9	0.5	388	424	402
18	20/20	0.9	0.9	408	420	424
19	40/10	0.1	0.1	460	446	432
20	40/10	0.1	0.5	426	420	416
21	40/10	0.1	0.9	386	442	422
22	40/10	0.5	0.1	424	450	414
23	40/10	0.5	0.5	422	438	414
24	40/10	0.5	0.9	420	430	398
25	40/10	0.9	0.1	436	436	450
26	40/10	0.9	0.5	418	454	436
27	40/10	0.9	0.9	396	438	424

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	2420.8	1210.4	6.67	0.003
P_c	2	191.5	95.8	0.53	0.593
P_m	2	3798.6	1899.3	10.47	0.000
Seed	2	5958.6	2979.3	16.43	0.000
Pop/Gen*Pc	4	669.8	167.53	0.92	0.458
Pop/Gen*Pm	4	996.0	249.0	1.37	0.256
Pc*Pm	4	214.1	53.7	0.30	0.879
Pop/Gen*Pc*Pm	8	939.1	117.4	0.65	0.734
Error	52	9430.7	181.4		
Total	80	24620.0			

ในรูปที่ 4.1 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับต่ำคือ 10/40 เป็นการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของช่วงระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา

ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูงคือ 0.9 เป็นการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของช่วงระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา



รูปที่ 4.1 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 1

ค่าของหมายเลขในการสุ่ม (Seed) ซึ่งเป็นปัจจัยรบกวนที่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ค่าหมายเลขในการสุ่มนี้จะเป็นพารามิเตอร์มิเตอร์ที่ไม่สามารถกำหนดค่าที่เหมาะสมได้

ส่วนความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) ที่ถึงแม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในทางทฤษฎีแล้วจะสามารถเลือกใช้ค่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ที่ระดับใดก็ได้ แต่ในทางปฏิบัติแล้วผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้ค่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ ที่ระดับกลางคือ 0.5 ซึ่งเมื่อดูจากกราฟแสดงผลกระทบปัจจัยหลักแล้วพบว่า ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ที่ระดับนี้จะทำให้ได้ค่าเฉลี่ยในการคำนวณหาระยะทางที่น้อยสั้นที่สุด จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ได้ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 1

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	10/40
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.5
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.9

4.3.2 ข้อมูลสมมติชุดที่ 2 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.2)

ผลการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 2 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.5

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.5 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.6

ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่าค่า P ของขนาดประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่า ขนาดประชากรและจำนวนรุ่นมีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ส่วนความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C), ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) และค่าหมายเลขในการสุ่ม (Seed) นั้น ค่า P ที่ได้มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงไม่มี

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 2

N0.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	460	402	428
2	10/40	0.1	0.5	418	414	430
3	10/40	0.1	0.9	418	400	396
4	10/40	0.5	0.1	468	402	454
5	10/40	0.5	0.5	396	402	402
6	10/40	0.5	0.9	402	404	418
7	10/40	0.9	0.1	406	418	416
8	10/40	0.9	0.5	394	440	418
9	10/40	0.9	0.9	396	434	410
10	20/20	0.1	0.1	444	418	448
11	20/20	0.1	0.5	412	438	448
12	20/20	0.1	0.9	432	410	430
13	20/20	0.5	0.1	444	406	424
14	20/20	0.5	0.5	438	416	458
15	20/20	0.5	0.9	416	438	426
16	20/20	0.9	0.1	442	418	412
17	20/20	0.9	0.5	422	448	398
18	20/20	0.9	0.9	422	442	430
19	40/10	0.1	0.1	452	420	446
20	40/10	0.1	0.5	424	410	424
21	40/10	0.1	0.9	428	416	420
22	40/10	0.5	0.1	452	446	424
23	40/10	0.5	0.5	438	420	414
24	40/10	0.5	0.9	440	414	454.
25	40/10	0.9	0.1	418	420	450
26	40/10	0.9	0.5	446	446	464
27	40/10	0.9	0.9	420	412	418

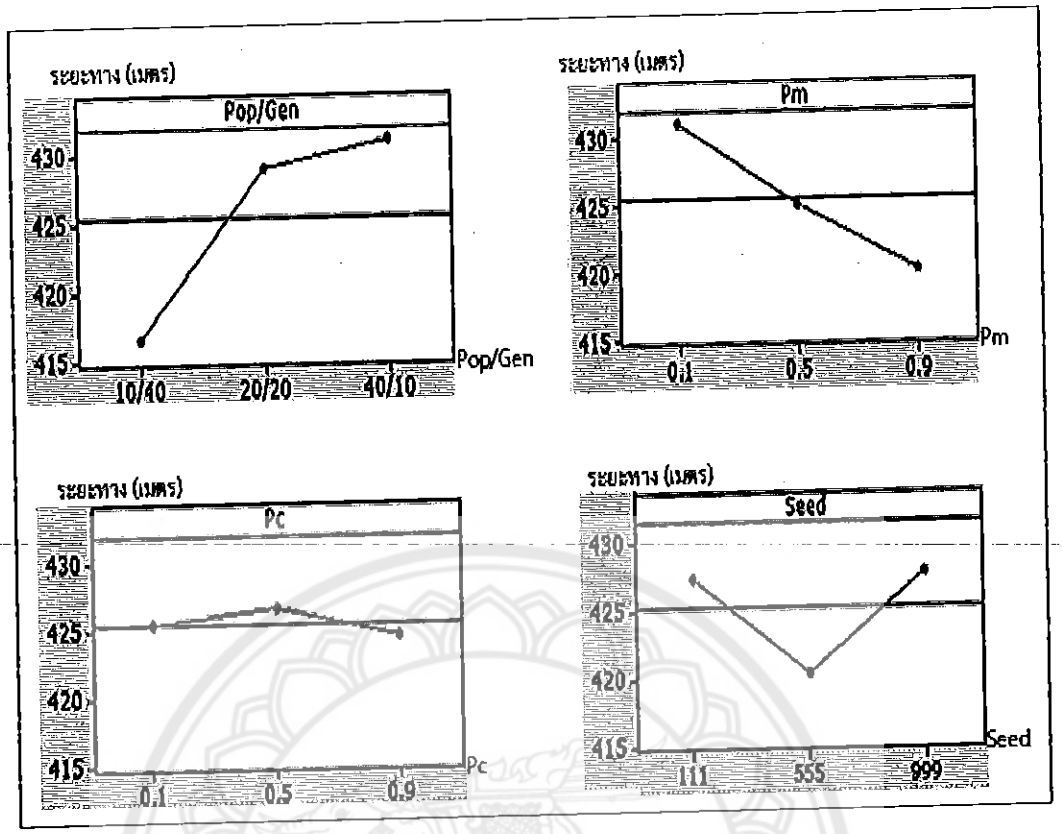
ตารางที่ 4.6 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	3293.7	1646.9	6.05	0.004
P_c	2	58.2	29.1	0.11	0.899
P_m	2	1538.8	791.9	2.91	0.063
Seed	2	990.3	495.2	1.82	0.172
Pop/Gen*Pc	4	382.4	95.6	0.35	0.842
Pop/Gen*Pm	4	1030.1	257.5	0.95	0.445
Pc*Pm	4	1686.1	421.5	1.55	0.202
Pop/Gen*Pc*Pm	8	3355.1	419.4	1.54	0.166
Error	52	14156.3	272.2		
Total	80	26536.1			

ผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหา (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) จากการคำนวณค่าความแปรปรวนจากตารางที่ 4.6 สามารถแสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ได้ดังรูปที่ 4.2

ในรูปที่ 4.2 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับต่ำคือ 10/40 เป็นการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของช่วงระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา

ส่วนปัจจัยที่มีค่า P มากกว่าระดับนัยสำคัญ (ในทางทฤษฎีแล้วจะสามารถเลือกใช้ค่าที่ระดับใดก็ได้) คือ ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) จะพบว่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ที่ระดับสูงคือ 0.9 จะทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของระยะทางที่สั้นที่สุดจากกการทดลอง ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูงคือ 0.9 ซึ่งเมื่อพิจาณาจากกราฟจะพบว่าให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางที่สั้นที่สุดและหมายเลขในการสุ่มถึงแม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่เนื่องจากเป็นปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถ้าหากจะต้องนำไปใช้จริงจะต้องมีการทำการทดลองซ้ำด้วยการนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและหมายเลขในการสุ่มจำนวนหลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์และกระบวนการของ GA ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ได้ดังตารางที่ 4.7



รูปที่ 4.2 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 2

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 2

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	10/40
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.9
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.9

4.3.3 ข้อมูลสมมติชุดที่ 3 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.3)

ผลการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 3 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.8

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.8 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 3

N0.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	388	436	408
2	10/40	0.1	0.5	400	388	408
3	10/40	0.1	0.9	398	398	414
4	10/40	0.5	0.1	402	472	424
5	10/40	0.5	0.5	422	428	408
6	10/40	0.5	0.9	448	396	414
7	10/40	0.9	0.1	432	462	470
8	10/40	0.9	0.5	404	408	404
9	10/40	0.9	0.9	410	446	428
10	20/20	0.1	0.1	450	466	428
11	20/20	0.1	0.5	382	434	410
12	20/20	0.1	0.9	432	434	408
13	20/20	0.5	0.1	460	424	450
14	20/20	0.5	0.5	426	426	430
15	20/20	0.5	0.9	416	414	410
16	20/20	0.9	0.1	406	408	452
17	20/20	0.9	0.5	414	402	434
18	20/20	0.9	0.9	420	396	452
19	40/10	0.1	0.1	450	460	438
20	40/10	0.1	0.5	430	430	420
21	40/10	0.1	0.9	398	406	408
22	40/10	0.5	0.1	446	448	430
23	40/10	0.5	0.5	422	430	436
24	40/10	0.5	0.9	434	436	408
25	40/10	0.9	0.1	428	412	452
26	40/10	0.9	0.5	418	420	414
27	40/10	0.9	0.9	436	446	432

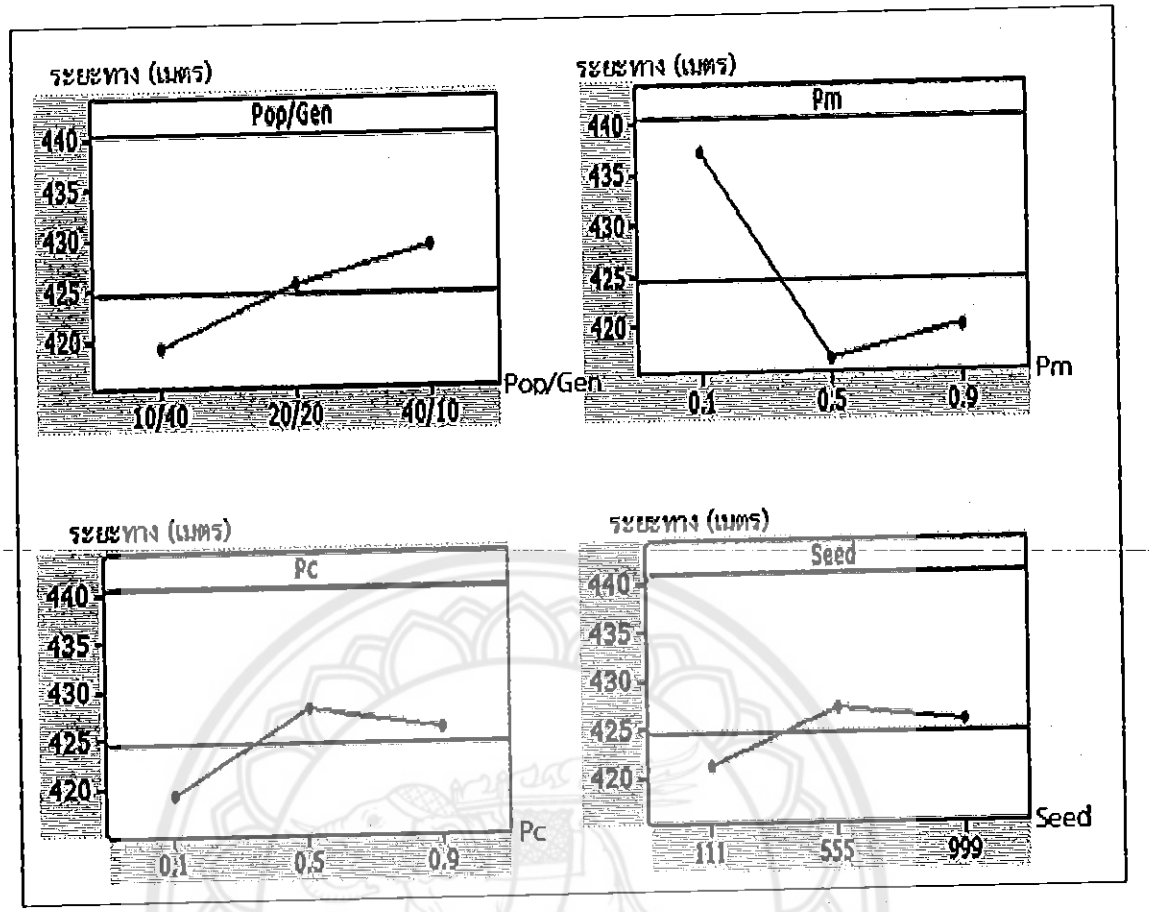
ตารางที่ 4.9 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 3

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	1395.4	697.7	2.35	0.105
P_c	2	1153.3	576.6	1.94	0.154
P_m	2	6547.1	3273.5	11.03	0.000
Seed	2	480.7	240.3	0.81	0.451
Pop/Gen*Pc	4	2451.5	612.9	2.06	0.099
Pop/Gen*Pm	4	307.5	76.9	0.26	0.903
Pc*Pm	4	1580.6	395.2	1.33	0.271
Pop/Gen*Pc*Pm	8	3820.8	477.6	1.61	0.145
Error	52	15439.3	296.9		
Total	80	33176.1			

ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า P ของความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่า ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ส่วนขนาดประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) และค่าหมายเลขในการสุ่ม (Seed) นั้นค่า P ที่ได้มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหา (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) จากการคำนวณค่าความแปรปรวนจากตารางที่ 4.9 สามารถแสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ได้ดังรูปที่ 4.3

ในรูปที่ 4.3 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับกลางคือ 0.5 เป็นการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของช่วงระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา

ส่วนปัจจัยที่มีค่า P มากกว่าระดับนัยสำคัญ (ในทางทฤษฎีแล้วจะสามารถเลือกใช้ค่าที่ระดับใดก็ได้) คือ ขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับต่ำคือ 10/40, ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) ที่ระดับต่ำคือ 0.1 จะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของระยะทางที่สั้นที่สุดจากการทดลองนี้และหมายเลขในการสุ่มถึงแม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่เนื่องจากเป็นปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถ้าหากจะต้องนำไปใช้จริงจะต้องมีการทำการทดลองซ้ำด้วยการนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและหมายเลขในการสุ่มจำนวนหลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ได้ดังตารางที่ 4.10



รูปที่ 4.3 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 3

ตารางที่ 4.10 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 3

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	10/40
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.5
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.1

4.3.4 ข้อมูลสมมติชุดที่ 4 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4)

ผลการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 4 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 4

N0.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	570	536	564
2	10/40	0.1	0.5	582	522	524
3	10/40	0.1	0.9	520	574	544
4	10/40	0.5	0.1	586	590	568
5	10/40	0.5	0.5	562	522	550
6	10/40	0.5	0.9	568	526	542
7	10/40	0.9	0.1	612	554	554
8	10/40	0.9	0.5	570	510	586
9	10/40	0.9	0.9	516	546	530
10	20/20	0.1	0.1	548	534	530
11	20/20	0.1	0.5	546	568	576
12	20/20	0.1	0.9	522	522	568
13	20/20	0.5	0.1	542	562	574
14	20/20	0.5	0.5	538	586	520
15	20/20	0.5	0.9	544	540	526
16	20/20	0.9	0.1	552	584	540
17	20/20	0.9	0.5	532	530	554
18	20/20	0.9	0.9	546	550	540
19	40/10	0.1	0.1	546	540	558
20	40/10	0.1	0.5	510	524	562
21	40/10	0.1	0.9	528	528	558
22	40/10	0.5	0.1	526	570	556
23	40/10	0.5	0.5	548	526	552
24	40/10	0.5	0.9	506	552	538
25	40/10	0.9	0.1	540	592	544
26	40/10	0.9	0.5	548	536	558
27	40/10	0.9	0.9	540	528	552

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.11 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.12

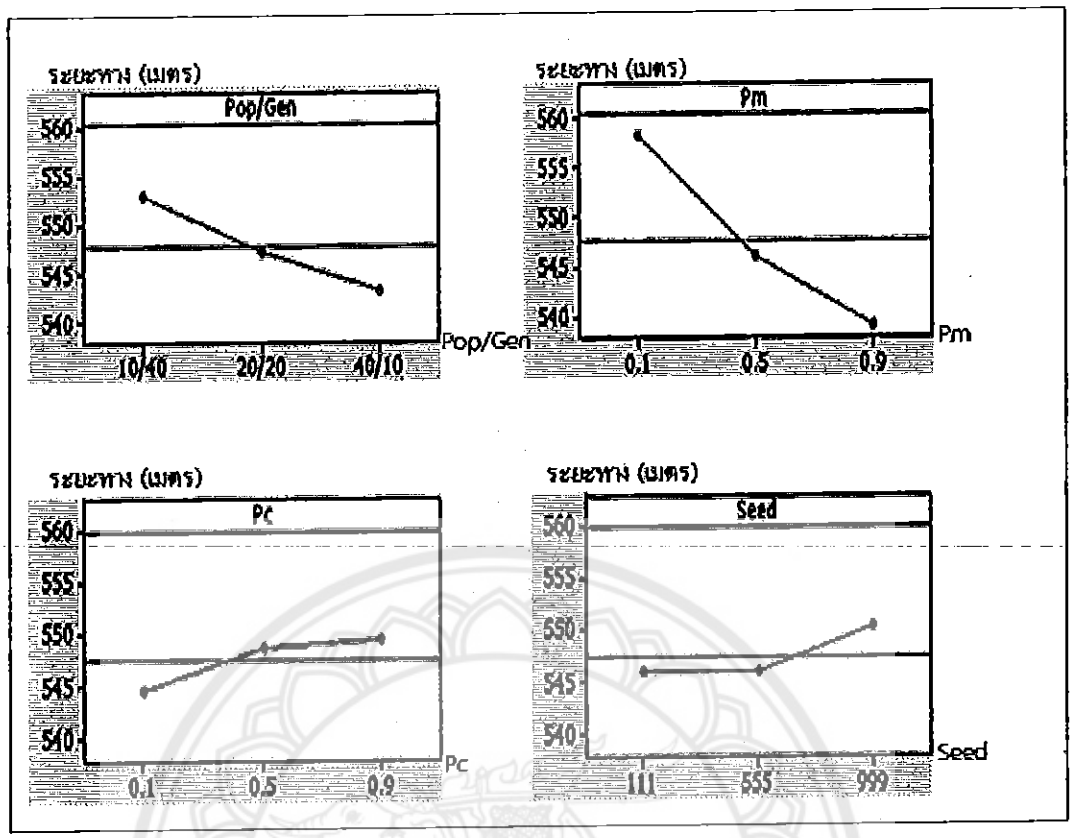
ตารางที่ 4.12 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 4

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	1284.2	642.1	1.31	0.279
P_c	2	415.2	207.6	0.42	0.657
P_m	2	5093.4	2546.7	5.19	0.009
Seed	2	344.1	172.0	0.35	0.706
Pop/Gen*Pc	4	371.2	92.8	0.19	0.943
Pop/Gen*Pm	4	1257.4	314.3	0.64	0.636
Pc*Pm	4	1236.6	309.2	0.63	0.643
Pop/Gen*Pc*Pm	8	2318.3	289.8	0.59	0.781
Error	52	25498.6	490.4		
Total	80	37819.1			

ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า P ของความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) มีค่าน้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่า ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์มีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ส่วนขนาดประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) และค่าหมายเลขในการสุ่ม (Seed) นั้นค่า P ที่ได้มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหา (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) จากการคำนวณค่าความแปรปรวนจากตารางที่ 4.12 สามารถแสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ได้ดังรูปที่ 4.4

ในรูปที่ 4.4 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับสูงคือ 0.9 เป็นการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของช่วงระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา

ส่วนปัจจัยที่มีค่า P มากกว่าระดับนัยสำคัญ (ในทางทฤษฎีแล้วจะสามารถเลือกใช้ค่าที่ระดับใดก็ได้) คือ ขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับต่ำเท่ากับ 40/10, ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) ที่ระดับต่ำเท่ากับ 0.1 จะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่



รูปที่ 4.4 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุด 4

ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของระยะทางที่สั้นที่สุดจากการทดลองนี้และหมายเลขในการสุ่มถึงแม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่เนื่องจากเป็นปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถ้าหากจะต้องนำไปใช้จริงจะต้องมีการทำการทดลองซ้ำด้วยการนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมและหมายเลขในการสุ่มที่แตกต่างกันจำนวนหลายครั้งเพื่อให้ได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุด จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้าได้ดังตารางที่ 4.13

ตารางที่ 4.13 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 4

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	40/10
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.1
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.9

4.3.5 ข้อมูลสมมติชุดที่ 5 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.5)

ผลการชระมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 5 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.14

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.14 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.15

ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า P ของทุกปัจจัยมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ ซึ่งก็หมายถึง ขนาดประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C), ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) และหมายเลขในการสุ่ม (Seed) ไม่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหา (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลชุดนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากกราฟผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ได้ดังรูปที่ 4.5

ในรูปที่ 4.5 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับกลางเท่ากับ 20/20, ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) ที่ระดับต่ำเท่ากับ 0.1, ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับกลางเท่ากับ 0.5 จะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของระยะทางที่สั้นที่สุดจากการทดลองนี้และหมายเลขในการสุ่มถึงแม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่เนื่องจากเป็นปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถ้าหากจะต้องนำไปใช้จริงจะต้องมีการทำการทดลองซ้ำด้วยหมายเลขสุ่มที่แตกต่างกันในแต่ละครั้งเพื่อทำการทดลองด้วย

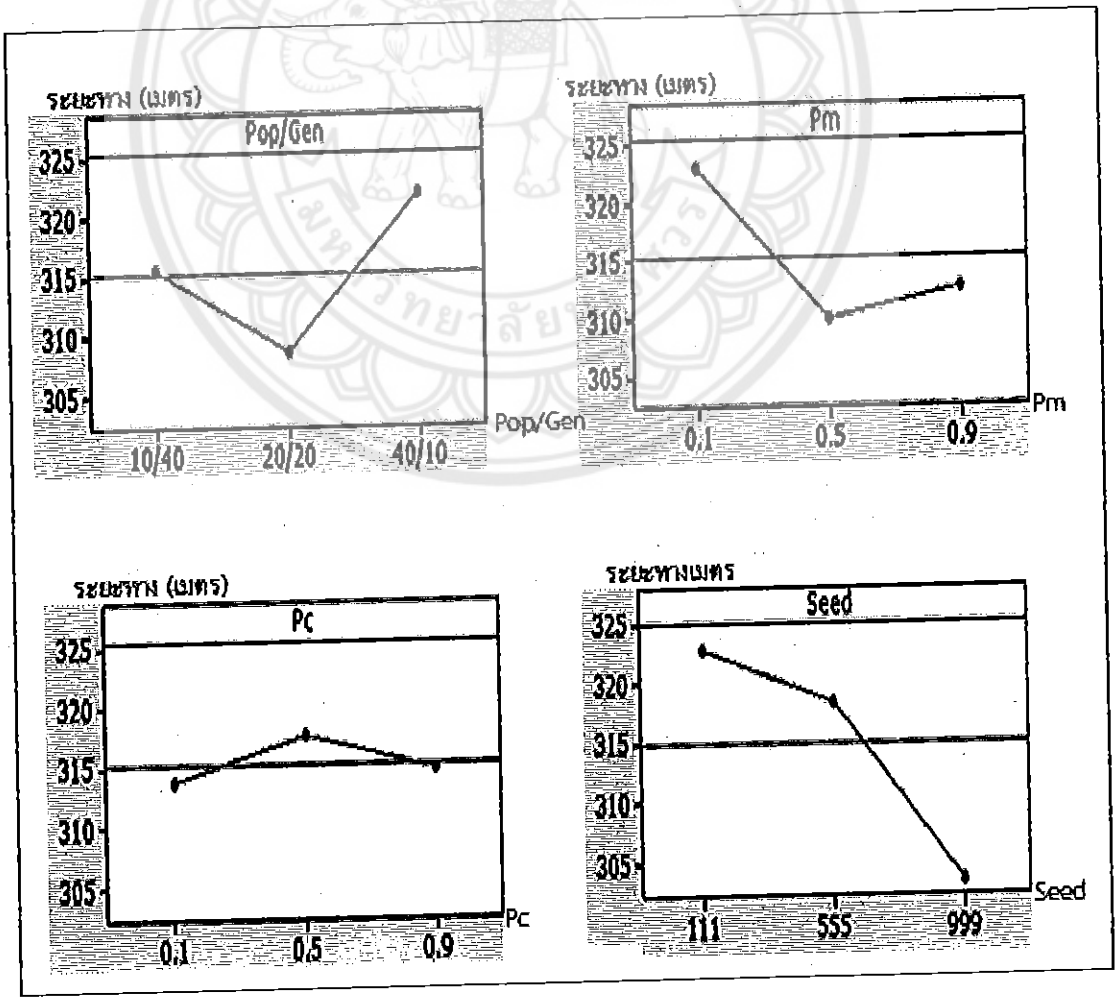
จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ได้ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 5

N0.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	348	308	314
2	10/40	0.1	0.5	346	304	408
3	10/40	0.1	0.9	320.	292	308
4	10/40	0.5	0.1	318	304	314
5	10/40	0.5	0.5	310	304	312
6	10/40	0.5	0.9	316	304	302
7	10/40	0.9	0.1	322	304	314
8	10/40	0.9	0.5	298	334	290
9	10/40	0.9	0.9	292	328	302
10	20/20	0.1	0.1	332	350	312
11	20/20	0.1	0.5	322	306	31
12	20/20	0.1	0.9	340	308	308
13	20/20	0.5	0.1	324	348	312
14	20/20	0.5	0.5	322	326	312
15	20/20	0.5	0.9	318	324	304
16	20/20	0.9	0.1	316	326	308
17	20/20	0.9	0.5	312	316	308
18	20/20	0.9	0.9	322	310	312
19	40/10	0.1	0.1	342	320	320
20	40/10	0.1	0.5	324	350	306
21	40/10	0.1	0.9	320	316	312
22	40/10	0.5	0.1	340	320	320
23	40/10	0.5	0.5	334	316	314
24	40/10	0.5	0.9	324	316	314
25	40/10	0.9	0.1	338	328	320
26	40/10	0.9	0.5	320	330	314
27	40/10	0.9	0.9	308	316	306

ตารางที่ 4.15 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 5

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	2388	1194	1.01	0.373
P_c	2	220	110	0.09	0.912
P_m	2	2572	1286	1.08	0.346
Seed	2	5744	2872	2.42	0.099
Pop/Gen*Pc	4	6689	1672	1.41	0.244
Pop/Gen*Pm	4	7867	1967	1.66	0.174
Pc*Pm	4	1590	397	0.33	0.853
Pop/Gen*Pc*Pm	8	14930	1866	1.57	0.156
Error	52	61699	1187		
Total	80	103700			



รูปที่ 4.5 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 5

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 5

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	20/20
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.1
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.5

4.3.6 ข้อมูลสมมติชุดที่ 6 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.6)

ผลการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 6 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.17

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.17 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.18

ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า P ของหมายเลขในการสุ่ม มีค่า P น้อยกว่า 0.05 ซึ่งหมายความว่า หมายเลขในการสุ่มนี้มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทางแต่เนื่องจากค่าหมายเลขในการสุ่มจัดเป็นปัจจัยรบกวนซึ่งไม่สามารถควบคุมได้ ถ้าหากต้องใช้หมายเลขในการสุ่มจริงจะต้องทำการทดลองซ้ำหลายๆ ครั้ง เพื่อที่จะให้ได้ค่าระยะทางที่สั้นที่สุด ส่วนขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C), ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) นั้นเมื่อพิจารณาค่า P ซึ่งมีค่ามากกว่า 0.05 หมายถึง ปัจจัยดังกล่าวนี้ไม่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหา (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลชุดนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากกราฟผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ได้ดังรูปที่ 4.6

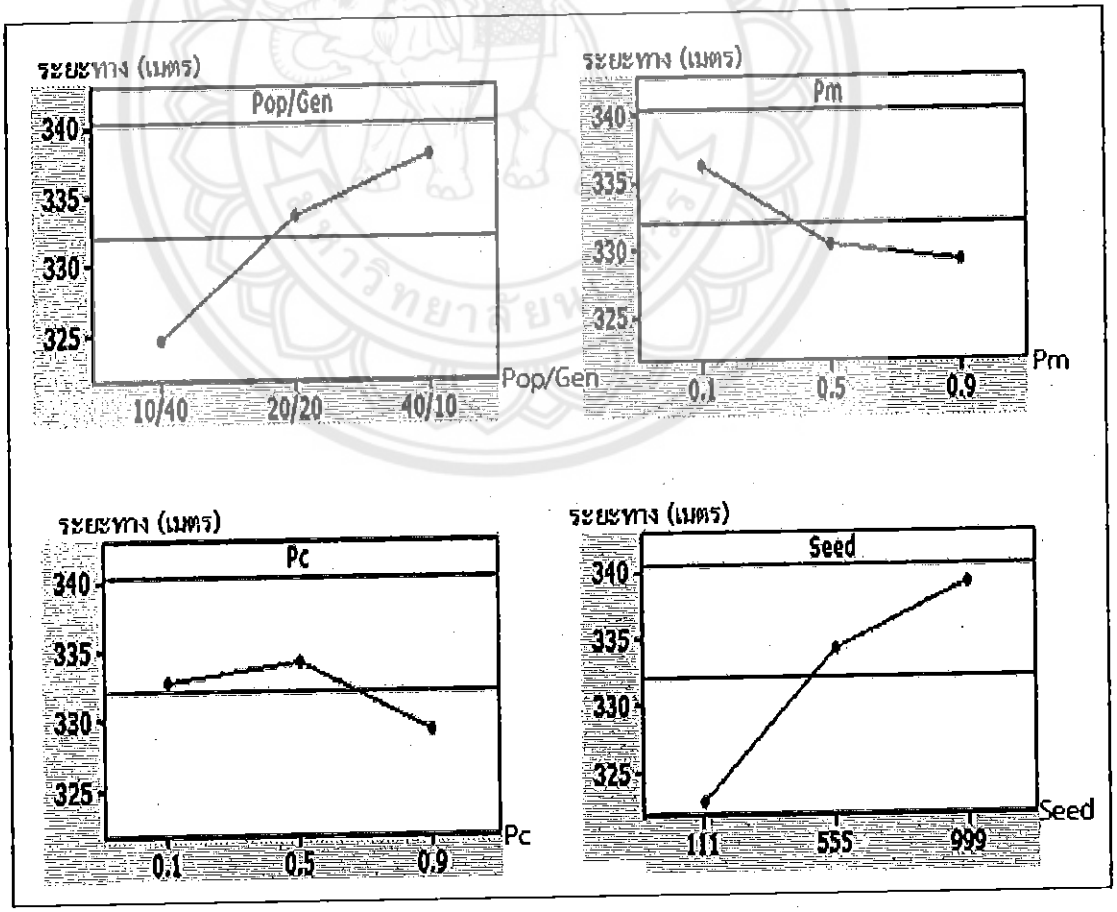
ในรูปที่ 4.6 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า ขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับกลางเท่ากับ 20/20, ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) ที่ระดับต่ำเท่ากับ 0.9, ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับกลางเท่ากับ 0.9 จะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของระยะทางที่สั้นที่สุดจากการทดลอง จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์และกระบวนการของ GA ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ได้ดังตารางที่ 4.19

ตารางที่ 4.17 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 6

N0.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	314	326	356
2	10/40	0.1	0.5	292	326	352
3	10/40	0.1	0.9	310	304	336
4	10/40	0.5	0.1	308	370	338
5	10/40	0.5	0.5	286	336	350
6	10/40	0.5	0.9	326	316	344
7	10/40	0.9	0.1	312	352	310
8	10/40	0.9	0.5	294	326	314
9	10/40	0.9	0.9	296	354	314
10	20/20	0.1	0.1	354	340	326
11	20/20	0.1	0.5	342	324	308
12	20/20	0.1	0.9	336	350	328
13	20/20	0.5	0.1	344	330	328
14	20/20	0.5	0.5	334	348	328
15	20/20	0.5	0.9	326	350	354
16	20/20	0.9	0.1	332	330	324
17	20/20	0.9	0.5	310	320	330
18	20/20	0.9	0.9	346	324	338
19	40/10	0.1	0.1	316	366	360
20	40/10	0.1	0.5	340	340	364
21	40/10	0.1	0.9	310	314	346
22	40/10	0.5	0.1	340	338	310
23	40/10	0.5	0.5	340	326	364
24	40/10	0.5	0.9	326	312	350
25	40/10	0.9	0.1	340	356	360
26	40/10	0.9	0.5	340	326	360
27	40/10	0.9	0.9	300	318	362

ตารางที่ 4.18 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของผลการทดลองจากข้อมูลสมมติชุดที่ 6

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	2518.6	1259.3	3.72	0.031
P_c	2	348.0	174.0	0.51	0.601
P_m	2	772.8	386.4	1.14	0.327
Seed	2	3776.4	1888.2	5.58	0.006
Pop/Gen*Pc	4	881.4	220.3	0.65	0.629
Pop/Gen*Pm	4	2416.5	604.1	1.78	0.146
Pc*Pm	4	620.9	155.2	0.46	0.766
Pop/Gen*Pc*Pm	8	664.4	83.0	0.25	0.980
Error	52	17604.9	338.6		
Total	80	29604.0			



รูปที่ 4.6 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลสมมติชุดที่ 6

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลสมมติชุดที่ 6

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	10/40
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.9
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.9

4.3.7 ข้อมูลจริงชุดที่ 1 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.7)

ผลการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลจริงชุดที่ 1 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.20

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.20 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.21

ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง เมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัยที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า P ของความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) และค่าหมายเลขในการสุ่ม (Seed) มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.05 ซึ่งหมายความว่า ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์และหมายเลขในการสุ่มมีผลกระทบต่อการหาค่าคำตอบของปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้าแต่เนื่องจากค่าหมายเลขในการสุ่มนั้นจัดเป็นปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ในการทดลองจะต้องมีการทดลองด้วยหมายเลขในการสุ่มที่ต่างกันจำนวนหลายๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่าผลเฉลยที่ดีที่สุด ส่วนขนาดประชากร (Pop), จำนวนรุ่น (Gen), ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) นั้น ค่า P ที่ได้มีค่ามากกว่าค่าระดับนัยสำคัญที่กำหนดไว้ ดังนั้นจึงไม่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหา (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) จากการคำนวณค่าความแปรปรวนจากตารางที่ 4.21 สามารถแสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ดังรูปที่ 4.7

จากรูปที่ 4.7 จะแสดงให้เห็นว่าค่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) ที่ระดับกลางคือ 0.5 เป็นการกำหนดค่าที่เหมาะสมที่สุดของช่วงระดับปัจจัยที่ทำการศึกษา

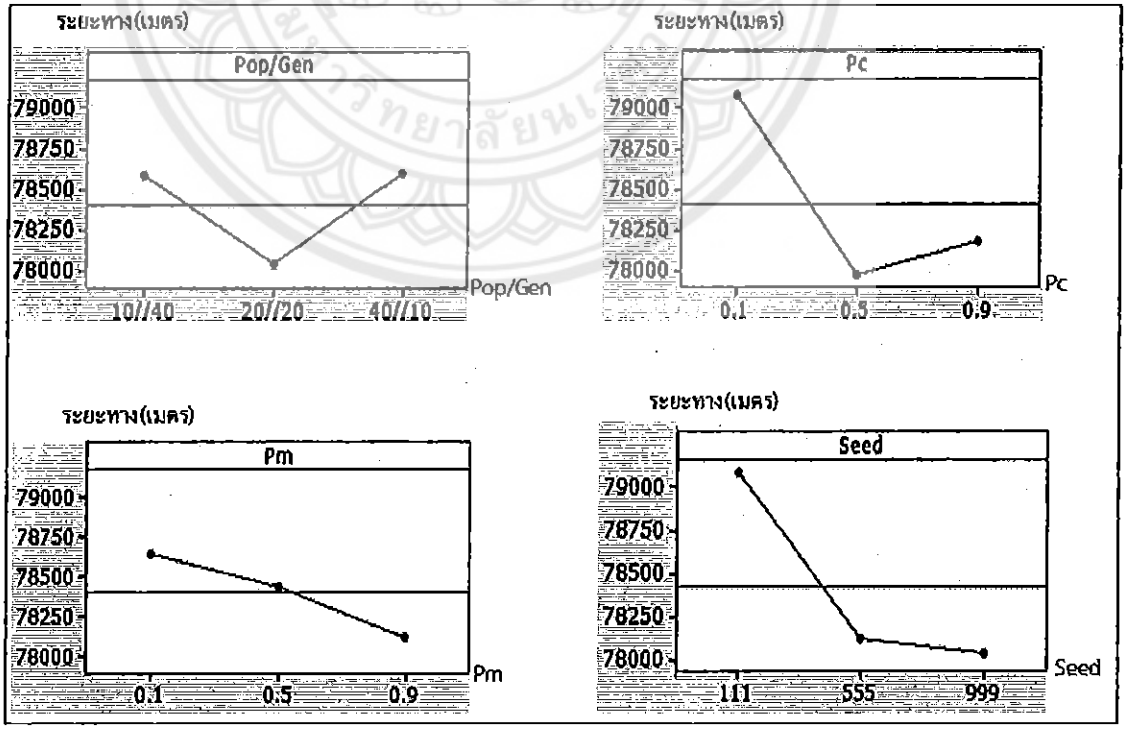
ค่าของหมายเลขในการสุ่ม (Seed) ซึ่งเป็นปัจจัยรบกวนที่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ค่าหมายเลขในการสุ่มเป็นพารามิเตอร์มิเตอร์ที่ไม่สามารถควบคุมได้

ตารางที่ 4.20 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 1

N0.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	82127	79192	78110
2	10/40	0.1	0.5	83555	78386	76998
3	10/40	0.1	0.9	83606	79725	77110
4	10/40	0.5	0.1	78772	79520	79041
5	10/40	0.5	0.5	76061	77721	77494
6	10/40	0.5	0.9	76000	79111	76671
7	10/40	0.9	0.1	76217	79270	78532
8	10/40	0.9	0.5	79224	77510	78287
9	10/40	0.9	0.9	77170	77756	78541
10	20/20	0.1	0.1	78361	79713	78542
11	20/20	0.1	0.5	77002	76104	77767
12	20/20	0.1	0.9	76936	79523	76924
13	20/20	0.5	0.1	77942	79194	74334
14	20/20	0.5	0.5	78353	76373	78924
15	20/20	0.5	0.9	78683	76805	78967
16	20/20	0.9	0.1	80462	80538	79313
17	20/20	0.9	0.5	77634	78332	78767
18	20/20	0.9	0.9	76908	75340	79312
19	40/10	0.1	0.1	80014	79565	78662
20	40/10	0.1	0.5	84317	79369	78290
21	40/10	0.1	0.9	80642	76386	78122
22	40/10	0.5	0.1	78682	75424	78384
23	40/10	0.5	0.5	80055	77612	79486
24	40/10	0.5	0.9	78951	79034	77571
25	40/10	0.9	0.1	78754	78254	76644
26	40/10	0.9	0.5	80055	76291	77921
27	40/10	0.9	0.9	79533	76530	77542

ตารางที่ 4.21 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 1

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	5444417	2722208	1.01	0.371
P_c	2	18751030	9375515	3.48	0.038
P_m	2	3764045	1882022	0.7	0.502
Seed	2	20294977	10147488	3.77	0.03
Pop/Gen*Pc	4	18359111	4589778	1.7	0.163
Pop/Gen*Pm	4	10505607	2626402	0.97	0.429
Pc*Pm	4	2737145	684286	0.25	0.906
Pop/Gen*Pc*Pm	4	23157311	2894664	1.07	0.395
Error	52	140077952	2693807		
Total	80	243091596			



รูปที่ 4.7 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลจริงชุดที่ 1

ส่วนขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen), ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ถึงแม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ในทางทฤษฎีแล้วจะสามารถเลือกใช้ค่าที่ระดับใดก็ได้ แต่ในทางปฏิบัติผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกค่าที่ทำให้เกิดระยะทางเฉลี่ยที่สั้นที่สุดคือ ขนาดของประชากรและจำนวนรุ่นเท่ากับ 20/20, ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ ที่ระดับสูงเท่ากับ 0.9 เพื่อที่ทำให้ได้ค่าเฉลี่ยของผลเฉลยที่ดีที่สุด และจากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์และกระบวนการของ GA ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ได้ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลจริงชุดที่ 1

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	20/20
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.5
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.9

4.3.8 ข้อมูลจริงชุดที่ 2 (ภาคผนวก ก ตารางที่ ก.8)

ผลการประมวลผลโปรแกรมด้วยข้อมูลจริงชุดที่ 2 เพื่อหาระยะทางโดยการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆในกระบวนการเจนเนติก ดังแสดงในตารางที่ 4.1 ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.23

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.23 สามารถวิเคราะห์ผลการทดลองนี้โดยจะใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสำหรับวิเคราะห์สถิติ ซึ่งผลที่ได้แสดง ดังตารางที่ 4.24

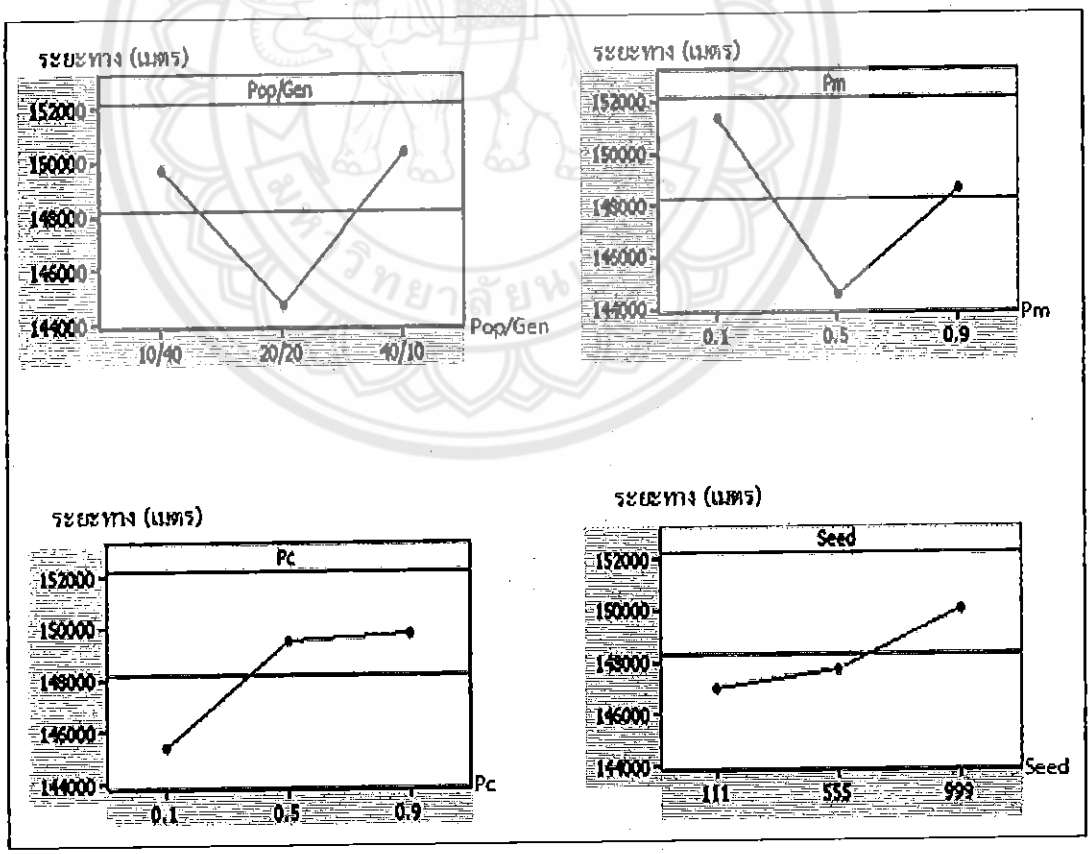
ในการวิเคราะห์การคำนวณค่าทางสถิติผู้วิจัยได้ตั้งสมมติฐานของการทดลองคือ ถ้าค่า P-value ของปัจจัยใดมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ จะถือว่าปัจจัยนั้นไม่มีผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทาง ซึ่งเมื่อพิจารณาค่า P ที่ได้จากปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เนื่องจากค่า P ของทุกปัจจัยมีค่ามากกว่าระดับนัยสำคัญ ซึ่งก็หมายถึง ขนาดประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen),ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C), ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) และหมายเลขในการสุ่ม (Seed) ไม่มีผลกระทบต่อการหาคำตอบของปัญหา (ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95%) แต่ในทางปฏิบัติแล้วจะต้องมีการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับข้อมูลชุดนี้ ซึ่งผู้วิจัยได้พิจารณาเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยดูจากกราฟผลกระทบของปัจจัยหลัก (Main Effect Plot) ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.05 ของปัจจัยหลักทั้ง 4 ปัจจัย ได้ดังรูปที่ 4.8

ตารางที่ 4.23 แสดงผลการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 2

N0.	Pop/Gen	P_C	P_M	Random Seed Value		
				111	555	999
1	10/40	0.1	0.1	152503	148670	152201
2	10/40	0.1	0.5	155464	143242	148474
3	10/40	0.1	0.9	150147	143108	149041
4	10/40	0.5	0.1	158199	149107	152749
5	10/40	0.5	0.5	152003	146785	148258
6	10/40	0.5	0.9	149769	144051	146707
7	10/40	0.9	0.1	151448	155544	152531
8	10/40	0.9	0.5	152239	142941	150041
9	10/40	0.9	0.9	150412	150125	144503
10	20/20	0.1	0.1	153065	150027	152961
11	20/20	0.1	0.5	15786	148515	150506
12	20/20	0.1	0.9	150047	147819	150026
13	20/20	0.5	0.1	153469	147293	147390
14	20/20	0.5	0.5	150109	143971	152102
15	20/20	0.5	0.9	147759	144639	151510
16	20/20	0.9	0.1	153347	151287	149755
17	20/20	0.9	0.5	150785	148412	151682
18	20/20	0.9	0.9	149769	141962	151510
19	40/10	0.1	0.1	152937	151271	147819
20	40/10	0.1	0.5	157018	148208	152261
21	40/10	0.1	0.9	153455	146918	154069
22	40/10	0.5	0.1	154361	148632	149123
23	40/10	0.5	0.5	156432	148105	146509
24	40/10	0.5	0.9	153182	147800	145911
25	40/10	0.9	0.1	149017	151241	151180
26	40/10	0.9	0.5	146932	147032	150867
27	40/10	0.9	0.9	148714	149930	149930

ตารางที่ 4.24 แสดงผลการคำนวณค่าความแปรปรวนของการทดลองจากข้อมูลจริงชุดที่ 2

Source	DF	SS	MS	F	P
Pop/Gen	2	518792343	259396171	1.09	0.345
P_c	2	321697028	160848514	0.67	0.514
P_m	2	623491423	311745711	1.31	0.280
Seed	2	134586755	67293377	0.28	0.756
Pop/Gen*Pc	4	859096228	214774057	0.90	0.471
Pop/Gen*Pm	4	879977707	219994427	0.92	0.459
Pc*Pm	4	813402555	203350639	0.85	0.499
Pop/Gen*Pc*Pm	8	2049734732	256216842	1.07	0.396
Error	52	12414395442	238738374		
Total	80	18615174214			



รูปที่ 4.8 แสดงกราฟผลกระทบจากปัจจัยหลักข้อมูลจริงชุดที่ 2

ในรูปที่ 4.8 ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่า ขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น (Pop/Gen) ที่ระดับกลางเท่ากับ 20/20, ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C) ที่ระดับต่ำเท่ากับ 0.1, ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m) ที่ระดับกลางเท่ากับ 0.5 จะเป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้เกิดค่าเฉลี่ยของระยะทางที่สั้นที่สุดจากการทดลองนี้และหมายเลขในการสุ่มถึงแม้จะไม่มีนัยสำคัญทางสถิติแต่เนื่องจากเป็นปัจจัยรบกวนที่ไม่สามารถควบคุมได้ ถ้าหากจะต้องนำไปใช้จริงจะต้องมีการทำการทดลองซ้ำด้วยหมายเลขที่แตกต่างกันในแต่ละครั้งของการทำการทดลองด้วย จากผลการทดลองนี้สามารถสรุปการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับปัญหาการออกแบบผังคลังสินค้า ได้ดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.25 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองข้อมูลจริงชุดที่ 2

พารามิเตอร์	ค่าที่เหมาะสมที่สุด
ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น (Pop/Gen)	20/20
ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ (P_C)	0.1
ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (P_m)	0.5

เนื่องจากข้อมูลชุดนี้เพิ่มปริมาณผลิตภัณฑ์ที่จะจัดเก็บให้เพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า 30 วัน หรือ 2 เท่า ดังนั้นจะต้องมีการคำนวณหาความต้องการของพื้นที่เพื่อให้เพียงพอต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ที่เข้ามา โดยจะต้องใช้ประโยชน์จากพื้นที่ในการจัดเรียงชั้นวางสินค้าสำหรับรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่และให้ติดผนังด้านข้าง ซึ่งขนาดของพื้นที่ที่ทำให้เกิดการจัดเรียงชั้นวางสินค้าที่เหมาะสมและพอดีกับจำนวนพาเลทของผลิตภัณฑ์ทั้งหมดคือ ด้านกว้างเท่ากับ 70 เมตร และด้านยาว 90 เมตร

4.3.9 สรุปค่าพารามิเตอร์ของทุกชุดข้อมูล

จากการทดลองโดยใช้ข้อมูลทุกชุดสามารถสรุปค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้จากการทดลองได้ดังตารางที่ 4.26 ซึ่งจะพบว่าข้อมูลที่มีขนาดเท่ากัน การกำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Genetic Algorithm ต่างกัน และในข้อมูลที่มีขนาดต่างกัน ค่าพารามิเตอร์ของ Genetic Algorithm ที่ต้องกำหนดก็ต่างกันด้วย ซึ่งสามารถวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์ในแต่ปัจจัยได้ดังนี้

4.3.9.1 ขนาดของประชากรและจำนวนรุ่น เมื่อดูจากตารางที่ 4.26 จะพบว่าปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเล็กน้อยคือ ถ้าใช้ข้อมูลสมมติที่มีขนาดของโจทย์ใกล้เคียงกัน ค่าขนาดของประชากรและจำนวนรุ่นที่ได้จากผลการทดลองนั้นจะมีผลกระทบต่อข้อมูลสมมติเล็กน้อย แต่ถ้าใช้ข้อมูลจริงที่มีขนาดของโจทย์ใกล้เคียงกันค่าขนาดของประชากรและจำนวนรุ่นที่ได้จากผลการทดลองจะมีค่าเท่ากันซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าการใช้ข้อมูลจริงในการทำการทดลองจะให้

ค่าขนาดของประชากรและจำนวนรุ่นที่มีค่าเท่ากัน ดังนั้นการใช้ข้อมูลจริงโดยการกำหนดค่าขนาดของประชากรและจำนวนรุ่นจึงไม่มีผลกระทบต่อชุดข้อมูล

4.3.9.2 ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ เมื่อดูจากตารางที่ 4.26 จะพบว่าปัจจัยนี้จะให้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความหลากหลายคือ เมื่อใช้ข้อมูลสมมติที่มีขนาดโจทย์ใกล้เคียงกันค่าความน่าจะเป็นของการสลับพันธุ์ที่ได้จากผลการทดลองในแต่ละชุดข้อมูลก็แตกต่างกันไป ในทำนองเดียวกันเมื่อใช้ข้อมูลจริงที่มีขนาดใกล้เคียงกันค่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ที่ได้จากผลการทดลองจากข้อมูลทั้ง 2 ชุด ก็ยังให้ค่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงสรุปว่าปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อการเลือกใช้ชุดข้อมูล ทำให้ผู้ใช้ต้องทำการทดลองกับชุดข้อมูลใหม่เพื่อนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาความแปรปรวนของข้อมูลและหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมให้กับข้อมูลชุดนั้นๆ ด้วย

4.3.9.3 ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เมื่อดูจากตารางที่ 4.26 จะพบว่าปัจจัยนี้มีผลกระทบต่อข้อมูลที่ใช้ในการทดลองเล็กน้อยคือ ถ้าใช้ข้อมูลสมมติที่มีขนาดของโจทย์ใกล้เคียงกันค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์จะมีผลกระทบต่อข้อมูลเล็กน้อยและเมื่อใช้ข้อมูลจริงที่มีขนาดใกล้เคียงกันค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ที่ได้จากการทดลองก็มีผลกระทบต่อข้อมูลเล็กน้อยเช่นกัน ดังนั้นหากผู้ใช้โปรแกรมไม่รู้ว่าจะเลือกใช้ค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ที่ค่าระดับใดก็ควรทำการทดลองด้วยข้อมูลชุดนั้นแล้วนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความแปรปรวนเพื่อกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมต่อไป แต่ถ้าไม่มีเวลาในการทำการทดลองเพื่อจะนำผลการทดลองที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความความแปรปรวนของข้อมูลก็ให้ผู้ใช้โปรแกรมเลือกใช้ค่าความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์มีเท่ากับ 0.9

ตารางที่ 4.26 สรุปค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลอง

ข้อมูล	ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่น	ความน่าจะเป็นของการสลับสายพันธุ์	ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์
สมมติชุดที่ 1	10/40	0.5	0.9
สมมติชุดที่ 2	10/40	0.9	0.9
สมมติชุดที่ 3	10/40	0.5	0.1
สมมติชุดที่ 4	40/10	0.1	0.9
สมมติชุดที่ 5	20/20	0.1	0.5
สมมติชุดที่ 6	10/40	0.9	0.9
จริงชุดที่ 1	20/20	0.5	0.9
จริงชุดที่ 2	20/20	0.1	0.5

หมายเหตุ ประมวลผลโปรแกรมด้วย คอมพิวเตอร์ Acer Core i3 3.53GHz./2GB DDR3

การนำไปประยุกต์ใช้จริง สำหรับผลการทดลองนี้ได้นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากตารางที่ 4.24 ไปประยุกต์ใช้จริงกับศูนย์กระจายสินค้าแห่งหนึ่ง มีขนาดพื้นที่คือ ด้านกว้าง 35 เมตร ด้านยาว 50 เมตร ต้องการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ด้านข้างชิดผนัง ด้วยข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในคลังสินค้าในรอบ 15 วันและข้อมูลรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ในระยะเวลา 15 วัน

รูปแบบการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ที่เหมาะสมคือ 158, 136, 50, 107, 11, 52, 16, 104, 157, 87, 25, 55, 34, 138, 81, 145, 103, 27, 38, 140, 68, 78, 8, 131, 58, 95, 152, 102, 123, 96, 73, 121, 30, 130, 132 111 57 148 106 71 84 115 110 146 48 72 82 15 64 7 45 141 14 151 159 70 113 33 126 118 139, 1, 89, 119, 154, 85, 114, 92, 79, 54, 49, 5, 44, 62, 100, 35, 122, 6, 67, 83, 75, 28, 9, 76, 105, 142, 53, 144, 117, 101, 91, 36, 65, 60, 10, 17, 155, 24, 41, 88, 143, 109, 13, 3, 97, 26, 120, 124, 63, 20, 116, 56, 149, 31, 66, 21, 99, 43, 90, 150, 69, 137, 42, 94, 125, 129, 23, 77, 59, 29, 127, 51, 98, 135, 46, 4, 153, 19, 147, 39, 156, 134, 12, 112, 93, 160, 80, 133, 18, 86, 47, 2, 37, 74, 108, 32, 61, 22, 40, 128

ใช้ระยะทางการขนย้ายผลิตภัณฑ์รวมทั้งสิ้น 74,831 เมตร

4.3.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่าง Genetic Algorithm กับ Random Search

4.3.10.1 ข้อมูลสมมติชุดที่ 1 เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากข้อมูลสมติมาประมวลผลหาระยะทางเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการหาคำตอบจากทั้งสองวิธี คือ Genetic Algorithm: GA กับ Random Search: RS ซึ่งทั้งสองวิธีมีจำนวนปริมาณการค้นหาคำตอบวิธีละ 400 คำตอบ แล้วทำการรันผลการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง โดยจะเปลี่ยนค่าหมายเลขในการสุ่มสำหรับวิธีการหาคำตอบด้วย GA ซึ่งสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการทำงานจากทั้งสองวิธี ได้ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 แสดงค่าเปรียบเทียบระหว่าง GA กับ RS ด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 1

	GA	RS	% การปรับปรุง
ค่าระยะทางน้อยที่สุด (เมตร)	382	412	7.28%
ค่าระยะทางมากที่สุด (เมตร)	438	446	1.79%
ค่าเฉลี่ยระยะทาง (เมตร)	414.67	430.20	3.61%
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมตร)	13.92	7.80	43.99%
ระยะเวลาเฉลี่ย (วินาที)	30.77	10.87	64.68%

จากตารางที่ 4.27 พบว่า

ก. GA ให้ค่าของระยะทางน้อยที่สุด เท่ากับ 382 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี RS ที่ให้ค่าระยะทางน้อยที่สุดเท่ากับ 412 เมตร ถ้าหากมีการเลือกใช้ GA จะทำให้ได้ค่าระยะทางที่ได้ดีกว่า RS ประมาณ 7.28 %

ข. GA ให้ค่าของระยะทางมากที่สุดเท่ากับ 438 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี RS ที่ให้ค่าระยะทางมากที่สุดเท่ากับ 446 เมตร ถ้าหากมีการเลือกใช้ GA จะทำให้ได้ค่าระยะทางที่ได้ดีกว่า RS ประมาณ 1.79 %

ค. GA ให้ค่าเฉลี่ยของระยะทาง เท่ากับ 414.667 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี RS ที่ให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางเท่ากับ 430.200 เมตร ถ้าหากมีการเลือกใช้ GA จะทำให้ได้ค่าระยะทางที่ได้ดีกว่า RS ประมาณ 3.61 %

ง. RS ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 7.80 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี GA ที่ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 13.92

จ. RS ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 10.87 วินาที ซึ่งใช้ระยะเวลาเฉลี่ยที่น้อยกว่าวิธี GA ที่ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเฉลี่ยเท่ากับ 30.77 วินาที

4.3.10.2 ข้อมูลจริงชุดที่ 1 เมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากข้อมูลสมติมาประมวลผลหาระยะทางเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการหาคำตอบจากทั้งสองวิธี คือ Genetic Algorithm กับ Random Search: RS ซึ่งทั้งสองวิธีมีจำนวนปริมาณการค้นหาคำตอบวิธีละ 400 คำตอบ แล้วทำการรันผลการทดลองทั้งหมด 30 ครั้ง โดยจะเปลี่ยนค่าหมายเลขในการสุ่มของวิธีการหาคำตอบด้วย Genetic Algorithm: GA เพื่อให้ได้ค่าสุ่มในแต่ละครั้งที่แตกต่างกัน ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 แสดงค่าเปรียบเทียบระหว่าง GA กับ RS ด้วยข้อมูลจริงชุดที่ 1

	GA	RS	% การปรับปรุง
ค่าระยะทางน้อยที่สุด (เมตร)	74831	76254	1.87%
ค่าระยะทางมากที่สุด (เมตร)	81983	82571	0.71%
ค่าเฉลี่ยระยะทาง (เมตร)	78401.80	78524.47	0.16%
ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (เมตร)	1633.03	1852.56	11.85%
ระยะเวลาเฉลี่ย (นาที)	56.11	11.06	80.28%

จากตารางที่ 4.25 พบว่า

ก. GA ให้ค่าของระยะทางน้อยที่สุด เท่ากับ 74,831 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี RS ที่ให้ค่าระยะทางน้อยที่สุดเท่ากับ 76,254 เมตร ถ้าหากมีการเลือกใช้ GA จะทำให้ได้ค่าระยะทางที่ได้ดีกว่า RS ประมาณ 1.87 %

ข. GA ให้ค่าของระยะทางมากที่สุดเท่ากับ 81,983 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี RS ที่ให้ค่าระยะทางมากที่สุดเท่ากับ 82,571 เมตร ถ้าหากมีการเลือกใช้ GA จะทำให้ได้ค่าระยะทางที่ได้ดีกว่า RS ประมาณ 0.71 %

ค. GA ให้ค่าเฉลี่ยของระยะทาง เท่ากับ 78,401.80 เมตร ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี RS ที่ให้ค่าเฉลี่ยของระยะทางเท่ากับ 78,524.467 เมตร ถ้าหากมีการเลือกใช้ GA จะทำให้ได้ค่าระยะทางที่ได้ดีกว่า RS ประมาณ 0.16 %

ง. GA ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1633.03 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าวิธี RS ที่ให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1852.56

ฉ. RS ใช้ระยะเวลาเฉลี่ยในการประมวลผลโปรแกรมเท่ากับ 11.06 นาที ซึ่งใช้ระยะเวลาเฉลี่ยที่น้อยกว่าวิธี GA ที่ใช้เวลาในการประมวลผลโปรแกรมเฉลี่ยเท่ากับ 56.11 นาที

จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานระหว่าง Genetic Algorithm กับ Random Search ทั้ง 2 ข้อมูล พบว่า Genetic Algorithm ให้คำตอบที่มีประสิทธิภาพดีกว่า Random Search คือสามารถค้นหาลำดับการจัดเรียงของผลิตภัณฑ์ที่ทำให้มีระยะทางในการขนย้ายที่สั้นกว่า แต่ Genetic Algorithm ใช้เวลาที่มากกว่า Random Search ในการประมวลผล อาจเพราะ Genetic Algorithm มีขั้นตอนการทำงานที่มากกว่า

4.3.11 ผลกระทบต่อระยะทางจากการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงผลิตภัณฑ์

ผลกระทบต่อระยะทางจากการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงผลิตภัณฑ์ที่มีจำนวนชั้นวางสินค้า 3 ชั้น เนื่องจากโครงงานนี้ผู้วิจัยได้มีการออกแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าโดยแบ่งตามรูปแบบของแถวในการเรียงชั้นวางสินค้าได้ 2 รูปแบบคือ การจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว, การจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ซึ่งแต่ละรูปแบบยังสามารถเลือกจุดเริ่มต้นในการจัดเรียงชั้นวางสินค้าที่มี 2 รูปแบบคือ ติดผนังด้านข้างและไม่ติดผนังด้านข้างของคลังสินค้า จากนั้นทำการประมวลผลโปรแกรมเพื่อช่วยในการออกแบบผังคลังสินค้าโดยใช้ข้อมูลจริงจากศูนย์กระจายสินค้าด้วยข้อมูลจริงชุดที่ 1 ซึ่งมีจำนวนของพาเลทผลิตภัณฑ์รวมทั้งสิ้น 3,115 พาเลท และขนาดของพื้นที่ในการจัดเรียงชั้นวางสินค้าคือ ด้านกว้างเท่ากับ 35 เมตร ด้านยาวเท่ากับ 50 เมตร ได้ระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ดังแสดงในตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 แสดงระยะทางที่ได้จากการเลือกรูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบต่างๆ

รูปแบบแถว	รูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้า	ระยะทางที่ได้ (เมตร)
แถวเดี่ยว	ติดผนังด้านข้าง	พื้นที่ไม่เพียงพอ
	ไม่ติดผนังด้านข้าง	พื้นที่ไม่เพียงพอ
	%การปรับปรุงการเลือกรูปแบบการจัดวาง	-
แถวคู่	ติดผนังด้านข้าง	74,831
	ไม่ติดผนังด้านข้าง	74,036
	%การปรับปรุงการเลือกรูปแบบการจัดวาง	1.06%

จากตารางที่ 4.29 จะพบว่า การเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้ามีผลกระทบต่อระยะทางที่ได้จากการขนย้ายผลิตภัณฑ์สามารถวิเคราะห์แต่ละรูปแบบได้ดังนี้

4.3.11.1 จัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง เนื่องจากปริมาณพาเลทของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3,115 พาเลท เมื่อนำมาจัดวางในพื้นที่ด้วยขนาดดังกล่าวซึ่งสามารถบรรจุจำนวนพาเลทได้ทั้งหมด 2,550 พาเลท เท่านั้น ทำให้ขนาดพื้นที่ของศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้ไม่เพียงพอที่จะจัดวางผลิตภัณฑ์โดยให้มีชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยวและติดผนังด้านข้าง ซึ่งถ้าต้องการจะจัดวางจำนวนพาเลททั้ง 3,115 พาเลท ด้วยรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบนี้จะต้องเพิ่มขนาดของพื้นที่อีก 565 ตารางเมตร ดังรูปภาคผนวก ง. รูปที่ ง.1 เพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนพาเลทของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

4.3.11.2 จัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้าง เนื่องจากปริมาณพาเลทของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3,115 พาเลท เมื่อนำมาจัดวางในพื้นที่ด้วยขนาดดังกล่าวซึ่งสามารถบรรจุจำนวนพาเลทได้ทั้งหมด 2,448 พาเลท เท่านั้น ทำให้ขนาดพื้นที่ของศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้ไม่เพียงพอที่จะจัดวางผลิตภัณฑ์โดยให้มีชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยวและติดผนังด้านข้าง ซึ่งถ้าต้องการจะจัดวางจำนวนพาเลททั้ง 3,115 พาเลท ด้วยรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบนี้จะต้องเพิ่มขนาดของพื้นที่อีก 667 ตารางเมตร ดังรูปภาคผนวก ง. รูปที่ ง.2 เพื่อให้เพียงพอต่อจำนวนพาเลทของผลิตภัณฑ์ทั้งหมด

4.3.11.3 จัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ติดผนังด้านข้าง เนื่องจากปริมาณพาเลทของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3,115 พาเลท เมื่อนำมาจัดวางในพื้นที่ด้วยขนาดพื้นที่และรูปแบบการจัดเรียงดังกล่าวแล้วพบว่า ขนาดพื้นที่ของศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้สามารถที่จะจัดวางพาเลทได้ทั้งหมด 3,366 พาเลท ทำให้ยังเหลือพื้นที่ที่ยังจะสามารถจัดเรียงพาเลทของผลิตภัณฑ์ได้อีก 351 พาเลท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่สามรถจัดวางสินค้าที่เหลือได้อีก เท่ากับ 7.46 %

4.3.11.4 จัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ไม่ติดผนังด้านข้าง เนื่องจากปริมาณพาเลทของผลิตภัณฑ์เท่ากับ 3,115 พาเลท เมื่อนำมาจัดวางในพื้นที่ด้วยขนาดดังกล่าวแล้วพบว่า ขนาด

พื้นที่ของศูนย์กระจายสินค้าแห่งนี้สามารถที่จะจัดวางพาเลทได้ทั้งหมด 3,264 พาเลท ทำให้ยังเหลือพื้นที่ที่ยังจะสามารถจัดเรียงพาเลทของผลิตภัณฑ์ได้อีก 149 พาเลท คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ที่สามรถจัดวางสินค้าที่เหลือได้อีก เท่ากับ 4.56% และจากตารางที่ 4.29 จะพบว่าเมื่อเลือกรูปแบบของชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ไม่ติดผนังด้านข้างจะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงจากการเลือกใช้รูปแบบนี้ในการจัดวางผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 1.06%

4.3.12 ผลกระทบต่อระยะทางจากการเพิ่มขนาดพื้นที่

เนื่องจากการเลือกรูปแบบของชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยวทั้งที่ติดผนังด้านข้างและไม่ติดผนังด้านข้าง จะทำให้พื้นที่ๆ มีอยู่ไม่เพียงพอต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์ จากผลการทดลองข้างต้นจะต้องมีการเพิ่มขนาดของพื้นที่เพื่อให้เพียงพอต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์ตามรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าคือ ถ้าเลือกรูปแบบของชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้างจะต้องเพิ่มขนาดของพื้นที่เท่ากับ 565 ตารางเมตร แต่ถ้าเลือกรูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้างจะต้องเพิ่มขนาดของพื้นที่เท่ากับ 667 ตารางเมตร แต่เนื่องจากผู้วิจัยต้องการให้เกิดการเปรียบเทียบค่าระยะทางที่ได้จากการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยวด้วยขนาดพื้นที่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงขอเพิ่มพื้นที่สำหรับการจัดวางผลิตภัณฑ์ทั้งที่ติดผนังด้านข้างและไม่ติดผนังด้านข้างอีก 700 ตารางเมตร ดังนั้นพื้นที่ที่ใช้ในการจัดวางผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าสู่คลังสินค้านี้จะมีขนาดด้านกว้างเท่ากับ 35 เมตร ยาว 70 เมตร จากตารางที่ 4.30 จะพบค่าระยะทางที่ได้จากการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง ที่มีค่าระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เท่ากับ 81,856 เมตร ส่วนการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ไม่ติดผนังด้านข้าง ค่าระยะทางที่ได้ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เท่ากับ 84,828 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้างก่อให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นกว่าการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้าง ซึ่งถ้าหากเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้างจะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงจากการเลือกใช้รูปแบบนี้ในการจัดวางผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 3.50%

ตารางที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์

รูปแบบแถว	รูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้า	ระยะทางที่ได้ (เมตร)
แถวเดี่ยว	ติดผนังด้านข้าง	81,856
	ไม่ติดผนังด้านข้าง	84,828
	%การปรับปรุงการเลือกรูปแบบการจัดวาง	3.50%

จากผลการทดลองในตารางที่ 4.30 จะเป็นการเปรียบเทียบค่าระยะทางที่ได้จากการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบต่างๆ ที่มีจำนวนของชั้นวางสินค้าเท่ากับ 3 ชั้น ซึ่งในเบื้องต้นแล้วจะพบว่า การเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยวนั้นจะมีพื้นที่ในการจัดวางผลิตภัณฑ์ที่มีเพียงพอต่อจำนวนผลิตภัณฑ์ที่จะเข้ามาในศูนย์กระจายสินค้าทำให้ต้องมีการเพิ่มขนาดของพื้นที่ แต่ถ้าหากมีขนาดพื้นที่จำกัดคือ มีขนาดพื้นที่ของคลังสินค้าด้านกว้างเท่ากับ 35 เมตร ด้านยาวเท่ากับ 50 เมตร ก็จำเป็นที่จะต้องมีการเพิ่มจำนวนของชั้นวางสินค้าจาก 3 ชั้น เป็น 4 ชั้นเพื่อเพิ่มพื้นที่ในการจัดวางสินค้าอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งสามารถแสดงค่าระยะทางที่ได้จากการเพิ่มชั้นวางสินค้าและเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงจากการกำหนดค่าชั้นวางสินค้า 3 ชั้น ให้เป็น 4 ชั้น ดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบระยะทางโดยมีการเพิ่มจำนวนชั้นวางสินค้า

รูปแบบแถว	รูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้า	ระยะทางที่ได้ (เมตร)
แถวเดี่ยว	ติดผนังด้านข้าง	76,642
	ไม่ติดผนังด้านข้าง	73,702
	%การปรับปรุงการเลือกรูปแบบการจัดวาง	3.84%
แถวคู่	ติดผนังด้านข้าง	73,066
	ไม่ติดผนังด้านข้าง	74,182
	%การปรับปรุงการเลือกรูปแบบการจัดวาง	1.50%

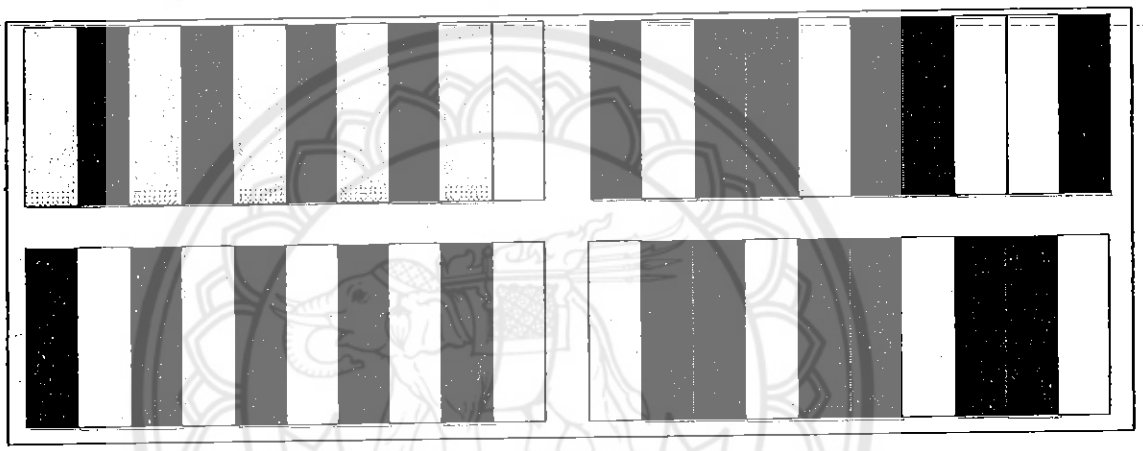
จากตารางที่ 4.31 จะพบว่าเมื่อมีการเพิ่มจำนวนชั้นการจัดวางผลิตภัณฑ์จะทำให้ขนาดพื้นที่ของคลังสินค้าแห่งนี้เพียงพอต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์ทุกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้า สามารถวิเคราะห์รูปแบบของการจัดวางผลิตภัณฑ์ได้ดังนี้

4.3.12.1 การเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว จะพบค่าระยะทางที่ได้จากการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง ที่มีค่าระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เท่ากับ 76,642 เมตร ส่วนการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ไม่ติดผนังด้านข้าง ค่าระยะทางที่ได้ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เท่ากับ 73,702 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้างก่อให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นกว่าการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง ซึ่งถ้าหากเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้างจะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงจากการเลือกใช้รูปแบบนี้ในการจัดวางผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 3.84%

4.3.12.2 การเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ จะพบค่าระยะทางที่ได้จากการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ติดผนังด้านข้าง ที่มีค่า

ระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เท่ากับ 73,066 เมตร ส่วนการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ ไม่ติดผนังด้านข้าง ค่าระยะทางที่ได้ในการขนย้ายผลิตภัณฑ์เท่ากับ 74,182 เมตร ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้างก่อให้เกิดระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ที่สั้นกว่าการเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้างซึ่งถ้าหากเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้างจะทำให้มีค่าเปอร์เซ็นต์การปรับปรุงจากการเลือกใช้รูปแบบนี้ในการจัดวางผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้น 1.50%

วิเคราะห์ความแตกต่างของการเลือกรูปแบบการจัดเรียงชั้นวางสินค้า



รูปที่ 4.9 แสดงรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้า

จากรูปที่ 4.9 เมื่อพิจารณาการเลือกรูปแบบของชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยวกับแถวคู่จะพบว่าการวางชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยวต้องการพื้นที่สำหรับทางเดินมากกว่าการวางชั้นวางสินค้าแบบแถวคู่ เนื่องจากการวางแบบแถวเดี่ยวต้องการพื้นที่สำหรับทางเดินประมาณ 45.5%-60.0% ของพื้นที่ทั้งหมด แต่การวางแบบแถวคู่ต้องการพื้นที่สำหรับทางเดินประมาณ 36.5% - 45.5% ของพื้นที่ทั้งหมด ทำให้การวางแบบแถวเดี่ยวเหลือพื้นที่ในการจัดวางสินค้าน้อยกว่าการวางแบบแถวคู่

เมื่อพิจารณาการเลือกรูปแบบของชั้นวางสินค้าแบบติดผนังกับไม่ติดผนังจะพบว่าการวางชั้นวางสินค้าแบบติดผนังด้านข้างต้องการพื้นที่สำหรับทางเดินมากกว่าการวางชั้นวางสินค้าแบบไม่ติดผนังด้านข้างเนื่องจากการวางแบบติดผนังต้องการพื้นที่สำหรับทางเดินประมาณ 36.5%-50.0% ของพื้นที่ทั้งหมด แต่การวางแบบไม่ติดผนังต้องการพื้นที่สำหรับทางเดินประมาณ 40.0% - 60.0% ของพื้นที่ทั้งหมด ทำให้การวางแบบไม่ติดผนังเหลือพื้นที่ในการจัดวางสินค้าน้อยกว่าการวางแบบติดผนัง

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 สามารถสรุปตามวัตถุประสงค์ของโครงงานที่กำหนดไว้ได้ ดังนี้

5.1.1.1 จากการศึกษากระบวนการทำงานของ GA ซึ่งได้ถูกนำมาใช้กับการแก้ปัญหาการจัดเรียงเครื่องจักรนั้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการแก้ปัญหาการวางผังคลังสินค้าได้โดยการพัฒนาและการประยุกต์โปรแกรม

5.1.1.2 การจัดวางผังคลังสินค้าด้วย GA ทำให้ได้รูปแบบการจัดวางสินค้าที่เหมาะสม ซึ่งทำให้ได้ระยะทางการขนย้ายสินค้าที่สั้นที่สุด (Minimize total distance) ได้และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริง

5.1.2 จากการศึกษา, พัฒนาและปรับปรุงกระบวนการทำงานของ GA ได้ข้อสรุปดังนี้

5.1.2.1 การศึกษาและการกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ GA ได้แก่ ขนาดของประชากร, จำนวนรุ่น, ความน่าเป็นของการสลับสายพันธุ์และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับ GAWLP. พบว่า ขนาดของปัญหาและข้อมูลนำเข้าที่แตกต่างของแต่ละข้อมูลจะทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่มีความเหมาะสมแตกต่างกัน ซึ่งผลจากการทดลองก็แสดงให้เห็นแล้วว่า ปัญหาที่มีขนาดเท่ากันแต่ด้วยขนาดของผลิตภัณฑ์, จำนวนกล่องของผลิตภัณฑ์และจำนวนต่อพาเลทของผลิตภัณฑ์ที่แตกต่างกันก็จะทำให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดแตกต่างกันไปตามข้อมูลชุดนั้นซึ่งถ้าหากมีการใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมาะสมกับข้อมูลแล้วจะส่งผลกระทบต่อการคำนวณหาระยะทางในการขนย้ายผลิตภัณฑ์ก่อให้เกิดค่าใช้จ่าย (ค่าน้ำมันรถโฟล์คลิฟต์) เพิ่มมากขึ้น

5.1.2.2 การเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าจะส่งผลกระทบต่อการจัดวางพาเลทของผลิตภัณฑ์ ถ้าหากเลือกรูปแบบของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าที่ทำให้เกิดช่องทางเดินของรถโฟล์คลิฟต์เป็นจำนวนมากอาจจะทำให้เหลือพื้นที่ที่ใช้ในการจัดวางพาเลทผลิตภัณฑ์น้อยลง เมื่อเทียบกับปริมาณพาเลทของผลิตภัณฑ์ที่เข้ามาอยู่ในคลังสินค้าอาจจะไม่เพียงพอที่จะเรียงพาเลทของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นภายในพื้นที่ๆ กำหนดได้ ซึ่งถ้าหากจะต้องจัดเรียงพาเลทของผลิตภัณฑ์นั้นอาจจะต้องมีการขยายขนาดของพื้นที่เพื่อให้เพียงพอต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์ด้วย

5.1.2.3 สำหรับผู้ประกอบการคลังสินค้าที่ต้องการจะออกแบบขนาดของพื้นที่ที่จะใช้ในการจัดเรียงผลิตภัณฑ์สามารถทำได้โดยการโหลดข้อมูลนำเข้าของรายการผลิตภัณฑ์และรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้าเข้าไปในโปรแกรมจากนั้นโปรแกรมจะทำการคำนวณหาพื้นที่ที่เหมาะสมกับจำนวนของผลิตภัณฑ์ที่จะเข้าไปอยู่ในคลังสินค้านั้นได้

5.1.2.4 โปรแกรมจะคำนวณหาจำนวนพาเลทของผลิตภัณฑ์ที่สามารถบรรจุได้ในขนาดพื้นที่ๆ กำหนดซึ่งจะทำให้ผู้ประกอบการคลังสินค้าสามารถที่จะทราบได้ว่า จะต้องสั่งผลิตภัณฑ์

ปริมาณเท่าใดมาจัดเก็บไว้ในคลังสินค้าของตนเองแล้วทำให้เกิดประโยชน์จากการใช้พื้นที่มากที่สุด หรือควรจะสั่งผลิตภัณฑ์จำนวนเท่าใดมาเก็บไว้ในคลังสินค้าแล้วยังทำให้เหลือพื้นที่สำหรับจัดเก็บผลิตภัณฑ์ใหม่ที่ยังไม่เคยมีอยู่ในคลังสินค้ามาก่อน

5.1.2.5 จากการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของวิธีการหาคำตอบระหว่าง Genetic Algorithm และ Random Search พบว่าค่าเฉลี่ยระยะทางที่ได้จากวิธีการหาคำตอบแบบ Genetic Algorithm

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 สำหรับโครงงานนี้เลือกใช้วิธีเจนเนติกอัลกอริทึม (Genetic Algorithm) ในการแก้ปัญหาการจัดวางผังคลังสินค้า ซึ่งอาจจะใช้วิธีการอื่นที่มีอยู่เพื่อนำมาประยุกต์ให้สามารถใช้เขียนโปรแกรมเพื่อออกแบบผังคลังสินค้าได้ เช่น พาร์ทิเคิลสวอร์ม (Particle Swarm Optimization) แอนท์โคโลนีออพติไมเซชัน (Ant Colony Optimization) และชัฟเฟิลเฟอร์กลิปปิ้ง (Shuffled frog leaping) ซึ่งเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมเช่นกัน

5.2.2 สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกใช้วิธีการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์แบบ EERX และ 2OAS ตามลำดับ ซึ่งวิธีการในการสลับสายพันธุ์และการกลายพันธุ์นั้นมีอีกหลายวิธี

5.2.3 สำหรับโครงงานนี้ได้เลือกใช้วิธีการคัดสรรแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection) ซึ่งยังมีวิธีการคัดสรรแบบอื่นๆ อีกที่สามารถนำมาใช้ได้

5.2.4 การเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Tcl/Tk เป็นภาษาที่มีการใช้งานอยู่น้อยและคู่มือที่เกี่ยวข้องกับการเขียนโปรแกรมก็มีจำนวนน้อย ดังนั้นผู้ที่สนใจจะเขียนโปรแกรมนี้จะต้องมีความสนใจมุ่งมั่นและอดทนต่อการศึกษาด้วยตนเองซึ่งจะทำให้สามารถเขียนโปรแกรม Tcl/Tk ได้ดีขึ้นเรื่อยๆ

เอกสารอ้างอิง

ขจร โรจน์เมธินทร์ .Tcl/Tk Part1 ไมโครคอมพิวเตอร์, 2543.

คำนาย อภิปรัชญาสกุล. การจัดการคลังสินค้า. พิมพ์ครั้งที่ 2. นนทบุรี : ห.จ.ก. ซี.วาย. ซิซเทิม พริ้นติ้ง, 2550.

ณัฏฐพงศ์ คำขาด. การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพวิธีการพาร์ทิเคิลสวอม-ออปติไมเซชันและเจนเนติกอัลกอริทึมเพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น. วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2550.

ธนภัทร เอี่ยมตาล. การประยุกต์ใช้ชัฟเฟิลเฟอร์กลิปปิ้งอัลกอริทึมเพื่อการจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่น. วิทยานิพนธ์, สาขาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2553.

พัชราภรณ์ อริยะวงษ์. การจัดเรียงเครื่องจักรในระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นด้วยวิธีเจนเนติกอัลกอริทึม. วิทยานิพนธ์, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2550.

วัฒนพล ชัยเนตร. การประยุกต์ใช้เจนเนติกอัลกอริทึมและนิวรอลน็ทเวิร์คเพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของเซลล์แมน. ปริญญานิพนธ์, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวะกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร

วสันต์ กลิ่นชั้น. มาตรฐานของพาเลท. สืบค้นเมื่อ 23 มกราคม 2554, จาก http://www.polypallet.net/basic-knowledge.html

Charles, G.P. Considerations in order picking zone configuration. Journal of Operation and Production Management, 2002.

M. Gen and R. Chen, Genetic Algorithms and engineering design, 1997.

Pongcharoen, P., Stewardson, D.J., Hicks, C. and Briden, P.M., Applying designed Experiment to optimize the performance of Genetic Algorithm used For scheduling complex products in the capital goods industry, 2001.

Tompkins, J.A. and Smith, J.D. The Warehouse Management Handbook. Second edition, Tompkins press, 1998.

ภาคผนวก ก

1. ข้อมูลผลิตภัณฑ์ที่มีอยู่ในคลังสินค้า
   - ก.1 ข้อมูลผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 1
   - ก.2 ข้อมูลผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 2
   - ก.3 ข้อมูลผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 3
   - ก.4 ข้อมูลผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 4
   - ก.5 ข้อมูลผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 5
   - ก.6 ข้อมูลผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 6
2. รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า
   - ก.7 ข้อมูลผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1
   - ก.8 ข้อมูลผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2
   - ก.9 รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จริง

1.ข้อมูลของผลิตภัณฑ์สมมติ

ตารางที่ ก.1 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 1

15 ← จำนวนของผลิตภัณฑ์

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.5	0.2	0.2	95.0	45.0
2	0.6	0.7	0.3	65.0	
3	0.7	0.3	0.5	75.0	8.0
4	0.7	0.6	0.2	100.0	10.0
5	0.7	0.2	0.3	96.0	18.0
6	0.5	0.3	0.4	75.0	15.0
7	0.2	0.5	0.3	75.0	
8	0.3	0.4	0.3	102.0	25.0
9	0.5	0.3	0.2	100.0	30.0
10	0.9	0.6	0.2	76.0	7.0
11	0.2	0.6	0.5	85.0	
12	0.4	0.6	0.7	95.0	5.0
13	0.1	0.2	0.1	85.0	
14	0.2	0.4	0.3	100.0	40.0
15	0.4	0.6	0.4	80.0	

4 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์

รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ

1	5:18.0	11:40.0	1:18.0	2:16.0
2	1:10.0	7:45.0	10:14.0	6:30.0
3	3:8.0	4:45.0	12:20.0	13:30.0
4	15:32.0	3:17.0	8:15.0	9:23.0

ตารางที่ ก.2 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 2

15 ← จำนวนของผลิตภัณฑ์

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.5	0.2	0.2	100.0	45.0
2	0.6	0.7	0.3	100.0	
3	0.7	0.3	0.5	100.0	8.0
4	0.7	0.6	0.2	100.0	10.0
5	0.7	0.2	0.3	100.0	18.0
6	0.5	0.3	0.4	100.0	15.0
7	0.2	0.5	0.3	100.0	
8	0.3	0.4	0.3	100.0	25.0
9	0.5	0.3	0.2	100.0	30.0
10	0.9	0.6	0.2	100.0	7.0
11	0.2	0.6	0.5	100.0	
12	0.4	0.6	0.7	100.0	5.0
13	0.1	0.2	0.1	100.0	
14	0.2	0.4	0.3	100.0	40.0
15	0.4	0.6	0.4	100.0	

4 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ | รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ

1	5:18.0	11:40.0	1:18.0	2:16.0
2	1:10.0	7:45.0	10:14.0	6:30.0
3	3:8.0	4:45.0	12:20.0	13:30.0
4	15:32.0	3:17.0	8:15.0	9:23.0

ตารางที่ ก.3 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 3

15 ← จำนวนของผลิตภัณฑ์

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.5	0.2	0.2	100.0	45.0
2	0.6	0.7	0.3	150.0	
3	0.7	0.3	0.5	100.0	8.0
4	0.7	0.6	0.2	100.0	10.0
5	0.7	0.2	0.3	50.0	18.0
6	0.5	0.3	0.4	60.0	15.0
7	0.2	0.5	0.3	97.0	
8	0.3	0.4	0.3	100.0	25.0
9	0.5	0.3	0.2	90.0	30.0
10	0.9	0.6	0.2	85.0	7.0
11	0.2	0.6	0.5	90.0	
12	0.4	0.6	0.7	100.0	5.0
13	0.1	0.2	0.1	100.0	
14	0.2	0.4	0.3	100.0	40.0
15	0.4	0.6	0.4	80.0	

4 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ | รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ

1	5:18.0	11:40.0	1:18.0	2:16.0
2	1:10.0	7:45.0	10:14.0	6:30.0
3	3:8.0	4:45.0	12:20.0	13:30.0
4	15:32.0	3:17.0	8:15.0	9:23.0

ตารางที่ ก.4 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 4

15 ← จำนวนของผลิตภัณฑ์

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.5	0.4	0.4	95.0	8.0
2	0.45	0.35	0.45	65.0	
3	0.3	0.45	0.35	75.0	12.0
4	0.4	0.6	0.4	100.0	4.0
5	0.3	0.4	0.35	96.0	
6	0.5	0.35	0.3	75.0	
7	0.5	0.5	0.35	75.0	8.0
8	0.4	0.45	0.4	102.0	
9	0.25	0.35	0.35	100.0	16.0
10	0.4	0.25	0.4	76.0	
11	0.35	0.3	0.35	85.0	
12	0.45	0.4	0.4	95.0	
13	0.4	0.35	0.45	85.0	
14	0.5	0.4	0.3	100.0	12.0
15	0.5	0.4	0.4	80.0	

4 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ | รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ

1	5:18.0	11:40.0	1:18.0	2:16.0
2	1:10.0	7:45.0	10:14.0	6:30.0
3	3:8.0	4:45.0	12:20.0	13:30.0
4	15:32.0	3:17.0	8:15.0	9:23.0

ตารางที่ ก.5 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 5

15 ← จำนวนของผลิตภัณฑ์

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.2	0.5	0.25	135.0	40.0
2	0.3	0.6	0.4	135.0	
3	0.25	0.3	0.4	135.0	
4	0.3	0.4	0.5	135.0	12.0
5	0.6	0.3	0.4	135.0	6.0
6	0.25	0.4	0.35	135.0	
7	0.2	0.5	0.35	135.0	
8	0.4	0.3	0.2	135.0	
9	0.5	0.2	0.3	135.0	30.0
10	0.6	0.2	0.4	135.0	
11	0.7	0.55	0.2	135.0	
12	0.15	0.5	0.3	135.0	
13	0.2	0.4	0.3	135.0	
14	0.3	0.35	0.2	135.0	30.0
15	0.4	0.2	0.5	135.0	20.0

4 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ | รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ

1	5:18.0	11:40.0	1:18.0	2:16.0
2	1:10.0	7:45.0	10:14.0	6:30.0
3	3:8.0	4:45.0	12:20.0	13:30.0
4	15:32.0	3:17.0	8:15.0	9:23.0

ตารางที่ ก.6 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์สมมติชุดที่ 6

15 ← จำนวนของผลิตภัณฑ์

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.2	0.5	0.25	250.0	40.0
2	0.3	0.6	0.4	126.0	
3	0.25	0.3	0.4	137.0	
4	0.3	0.4	0.5	135.0	12.0
5	0.6	0.3	0.4	115.0	6.0
6	0.25	0.4	0.35	180.0	
7	0.2	0.5	0.35	159.0	
8	0.4	0.3	0.2	145.0	
9	0.5	0.2	0.3	130.0	30.0
10	0.6	0.2	0.4	150.0	
11	0.7	0.55	0.2	126.0	
12	0.15	0.5	0.3	195.0	
13	0.2	0.4	0.3	170.0	
14	0.3	0.35	0.2	165.0	30.0
15	0.4	0.2	0.5	130.0	20.0

4 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์ | รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ

1	5:18.0	11:40.0	1:18.0	2:16.0
2	1:10.0	7:45.0	10:14.0	6:30.0
3	3:8.0	4:45.0	12:20.0	13:30.0
4	15:32.0	3:17.0	8:15.0	9:23.0

2.ข้อมูลของผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในคลังสินค้า

ตารางที่ ก.7 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1

160	จำนวนของผลิตภัณฑ์				
รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.3	0.4	0.2	3535.0	
2	0.3	0.4	0.2	6100.0	
3	0.3	0.4	0.2	5253.0	
4	0.3	0.4	0.2	3920.0	
5	0.3	0.4	0.2	5166.0	
6	0.3	0.3	0.2	255.0	55.0
7	0.3	0.3	0.2	100.0	55.0
8	0.3	0.3	0.2	933.0	55.0
9	0.3	0.3	0.2	303.0	55.0
10	0.3	0.3	0.2	123.0	55.0
11	0.3	0.3	0.2	192.0	55.0
12	0.3	0.3	0.2	31.0	55.0
13	0.3	0.3	0.2	112.0	55.0
14	0.3	0.3	0.2	320.0	55.0
15	0.3	0.3	0.2	108.0	55.0
16	0.3	0.3	0.2	2541.0	55.0
17	0.3	0.3	0.2	402.0	55.0
18	0.3	0.3	0.2	6552.0	55.0
19	0.3	0.3	0.2	50.0	55.0
20	0.3	0.3	0.2	572.0	55.0
21	0.3	0.3	0.2	3871.0	55.0
22	0.3	0.3	0.2	914.0	55.0
23	0.3	0.3	0.2	1957.0	55.0

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
24	0.3	0.3	0.2	330	55.0
25	0.3	0.3	0.2	499.0	55.0
26	0.3	0.3	0.2	2284.0	55.0
27	0.3	0.3	0.2	846.0	55.0
28	0.3	0.3	0.2	180.0	55.0
29	0.3	0.3	0.2	26.0	55.0
30	0.3	0.3	0.2	10	55.0
31	0.3	0.3	0.2	10	55.0
32	0.3	0.3	0.2	20.0	55.0
33	0.3	0.3	0.2	20.0	55.0
34	0.3	0.3	0.2	20.0	55.0
35	0.3	0.3	0.2	22.0	55.0
36	0.3	0.3	0.2	10.0	55.0
37	0.3	0.3	0.2	11.0	55.0
38	0.3	0.4	0.2	17185.0	55.0
39	0.3	0.4	0.2	3080.0	55.0
40	0.3	0.4	0.2	56.0	55.0
41	0.3	0.4	0.2	69.0	55.0
42	0.3	0.4	0.2	70.0	55.0
43	0.3	0.4	0.2	30.0	55.0
44	0.3	0.4	0.2	3223.0	55.0
45	0.3	0.4	0.2	10.0	55.0
46	0.3	0.4	0.2	2208.0	55.0
47	0.3	0.4	0.2	10.0	55.0
48	0.3	0.4	0.2	5306.0	55.0
49	0.3	0.4	0.2	10.0	55.0
50	0.3	0.4	0.2	511.0	55.0

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
51	0.3	0.4	0.2	191.0	55.0
52	0.4	0.5	0.2	1743.0	
53	0.4	0.5	0.2	869.0	
54	0.4	0.5	0.2	755.0	
55	0.4	0.5	0.2	261.0	
56	0.4	0.5	0.2	10.0	
57	0.4	0.5	0.2	508.0	
58	0.4	0.5	0.2	10.0	
59	0.4	0.5	0.2	499.0	
60	0.4	0.5	0.2	40.0	
61	0.4	0.5	0.2	548.0	
62	0.4	0.5	0.2	1438.0	
63	0.4	0.5	0.2	17.0	
64	0.4	0.5	0.2	83.0	
65	0.4	0.5	0.2	643.0	
66	0.4	0.5	0.2	20.0	
67	0.4	0.5	0.2	302.0	
68	0.4	0.5	0.2	1542.0	
69	0.4	0.5	0.2	658.0	
70	0.4	0.5	0.2	747.0	
71	0.4	0.5	0.2	350.0	
72	0.4	0.5	0.2	337.0	
73	0.4	0.5	0.2	308.0	
74	0.4	0.5	0.2	30.0	
75	0.4	0.5	0.2	622.0	
76	0.4	0.5	0.2	70.0	
77	0.4	0.5	0.2	1470.0	

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
78	0.4	0.5	0.2	11.0	
79	0.4	0.5	0.2	11.0	
80	0.4	0.5	0.2	1631.0	
81	0.4	0.5	0.2	9.0	
82	0.4	0.5	0.2	15.0	
83	0.4	0.5	0.2	355.0	
84	0.4	0.5	0.2	20.0	
85	0.4	0.5	0.2	296.0	
86	0.4	0.5	0.2	10.0	
87	0.4	0.5	0.2	8.0	
88	0.4	0.5	0.2	108.0	
89	0.4	0.5	0.2	184.0	
90	0.4	0.5	0.2	95.0	
91	0.4	0.5	0.2	34.0	
92	0.4	0.5	0.2	10.0	
93	0.4	0.5	0.2	30.0	
94	0.4	0.5	0.2	100.0	
95	0.4	0.5	0.2	30.0	
96	0.4	0.5	0.2	10.0	
97	0.4	0.5	0.2	20.0	
98	0.4	0.5	0.2	40.0	
99	0.4	0.5	0.2	20.0	
100	0.4	0.5	0.2	780.0	
101	0.4	0.5	0.2	28.0	
102	0.4	0.5	0.2	39.0	
103	0.4	0.5	0.2	340.0	
104	0.4	0.5	0.2	5.0	

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
105	0.4	0.5	0.2	6.0	
106	0.4	0.5	0.2	10.0	
107	0.4	0.5	0.2	20.0	
108	0.4	0.5	0.2	4.0	
109	0.4	0.5	0.2	31.0	
110	0.4	0.5	0.2	22.0	
111	0.4	0.5	0.2	9.0	
112	0.4	0.5	0.2	20.0	
113	0.4	0.5	0.2	5.0	
114	0.4	0.5	0.2	10.0	
115	0.4	0.5	0.2	20.0	
116	0.4	0.5	0.2	14.0	
117	0.4	0.5	0.2	30.0	
118	0.3	0.4	0.2	10.0	40.0
119	0.3	0.4	0.2	10.0	40.0
120	0.3	0.4	0.2	1035.0	
121	0.3	0.4	0.2	418.0	
122	0.3	0.4	0.2	78.0	
123	0.3	0.4	0.2	185.0	
124	0.3	0.3	0.2	35.0	55.0
125	0.3	0.3	0.2	112.0	55.0
126	0.3	0.3	0.2	37.0	55.0
127	0.3	0.3	0.2	20.0	55.0
128	0.3	0.3	0.2	5.0	55.0
129	0.3	0.4	0.2	67.0	
130	0.3	0.4	0.2	5.0	
131	0.4	0.5	0.2	297.0	

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 1

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
132	0.4	0.5	0.2	130.0	
133	0.4	0.5	0.2	117.0	
134	0.4	0.5	0.2	17.0	
135	0.4	0.5	0.2	27.0	
136	0.4	0.5	0.2	21.0	
137	0.4	0.5	0.2	83.0	
138	0.4	0.5	0.2	111.0	
139	0.4	0.5	0.2	50.0	
140	0.4	0.5	0.2	15.0	
141	0.4	0.5	0.2	23.0	
142	0.4	0.5	0.2	128.0	
143	0.4	0.5	0.2	54.0	
144	0.4	0.5	0.2	72.0	
145	0.4	0.5	0.2	33.0	
146	0.4	0.5	0.2	65.0	
147	0.4	0.5	0.2	15.0	
148	0.4	0.5	0.2	19.0	
149	0.4	0.5	0.2	184.0	
150	0.4	0.5	0.2	10.0	
151	0.4	0.5	0.2	140.0	
152	0.4	0.5	0.2	10.0	
153	0.4	0.5	0.2	18.0	
154	0.4	0.5	0.2	31.0	
155	0.4	0.5	0.2	10.0	
156	0.4	0.5	0.2	10.0	
157	0.4	0.5	0.2	10.0	
158	0.3	0.4	0.15	9228.0	55.0
159	0.3	0.4	0.15	35.0	
160	0.3	0.4	0.15	20.0	

ตารางที่ ก.8 แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2

160 ◄ จำนวนของผลิตภัณฑ์					
รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้าสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
1	0.3	0.4	0.2	7070.0	
2	0.3	0.4	0.2	12200.0	
3	0.3	0.4	0.2	10506.0	
4	0.3	0.4	0.2	7840.0	
5	0.3	0.4	0.2	10332.0	
6	0.3	0.3	0.2	510.0	55.0
7	0.3	0.3	0.2	200.0	55.0
8	0.3	0.3	0.2	1866.0	55.0
9	0.3	0.3	0.2	606.0	55.0
10	0.3	0.3	0.2	246.0	55.0
11	0.3	0.3	0.2	384.0	55.0
12	0.3	0.3	0.2	62.0	55.0
13	0.3	0.3	0.2	224.0	55.0
14	0.3	0.3	0.2	640.0	55.0
15	0.3	0.3	0.2	216.0	55.0
16	0.3	0.3	0.2	5082.0	55.0
17	0.3	0.3	0.2	804.0	55.0
18	0.3	0.3	0.2	13104.0	55.0
19	0.3	0.3	0.2	100.0	55.0
20	0.3	0.3	0.2	1144.0	55.0
21	0.3	0.3	0.2	7742.0	55.0
22	0.3	0.3	0.2	1828.0	55.0
23	0.3	0.3	0.2	3914.0	55.0

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
24	0.3	0.3	0.2	660.0	55.0
25	0.3	0.3	0.2	998.0	55.0
26	0.3	0.3	0.2	4568.0	55.0
27	0.3	0.3	0.2	1692.0	55.0
28	0.3	0.3	0.2	360.0	55.0
29	0.3	0.3	0.2	52.0	55.0
30	0.3	0.3	0.2	20.0	55.0
31	0.3	0.3	0.2	20.0	55.0
32	0.3	0.3	0.2	40.0	55.0
33	0.3	0.3	0.2	40.0	55.0
34	0.3	0.3	0.2	40.0	55.0
35	0.3	0.3	0.2	44.0	55.0
36	0.3	0.3	0.2	20.0	55.0
37	0.3	0.3	0.2	22.0	55.0
38	0.3	0.4	0.2	34370.0	55.0
39	0.3	0.4	0.2	6160.0	55.0
40	0.3	0.4	0.2	112.0	55.0
41	0.3	0.4	0.2	138.0	55.0
42	0.3	0.4	0.2	140.0	55.0
43	0.3	0.4	0.2	60.0	55.0
44	0.3	0.4	0.2	6446.0	55.0
45	0.3	0.4	0.2	20.0	55.0
46	0.3	0.4	0.2	4416.0	55.0
47	0.3	0.4	0.2	20.0	55.0
48	0.3	0.4	0.2	10612.0	55.0
49	0.3	0.4	0.2	20.0	55.0
50	0.3	0.4	0.2	1022.0	55.0

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
51	0.3	0.4	0.2	382.0	55.0
52	0.4	0.5	0.2	3486.0	
53	0.4	0.5	0.2	1738.0	
54	0.4	0.5	0.2	1510.0	
55	0.4	0.5	0.2	522.0	
56	0.4	0.5	0.2	20.0	
57	0.4	0.5	0.2	1016.0	
58	0.4	0.5	0.2	20.0	
59	0.4	0.5	0.2	998.0	
60	0.4	0.5	0.2	80.0	
61	0.4	0.5	0.2	1096.0	
62	0.4	0.5	0.2	2876.0	
63	0.4	0.5	0.2	34.0	
64	0.4	0.5	0.2	166.0	
65	0.4	0.5	0.2	1286.0	
66	0.4	0.5	0.2	40.0	
67	0.4	0.5	0.2	604.0	
68	0.4	0.5	0.2	3084.0	
69	0.4	0.5	0.2	1316.0	
70	0.4	0.5	0.2	1494.0	
71	0.4	0.5	0.2	700.0	
72	0.4	0.5	0.2	674.0	
73	0.4	0.5	0.2	616.0	
74	0.4	0.5	0.2	60.0	
75	0.4	0.5	0.2	1244.0	
76	0.4	0.5	0.2	140.0	
77	0.4	0.5	0.2	2940.0	

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
78	0.4	0.5	0.2	22.0	
79	0.4	0.5	0.2	22.0	
80	0.4	0.5	0.2	3262.0	
81	0.4	0.5	0.2	18.0	
82	0.4	0.5	0.2	15.0	
83	0.4	0.5	0.2	710.0	
84	0.4	0.5	0.2	40.0	
85	0.4	0.5	0.2	592.0	
86	0.4	0.5	0.2	20.0	
87	0.4	0.5	0.2	16.0	
88	0.4	0.5	0.2	216.0	
89	0.4	0.5	0.2	368.0	
90	0.4	0.5	0.2	190.0	
91	0.4	0.5	0.2	68.0	
92	0.4	0.5	0.2	20.0	
93	0.4	0.5	0.2	60.0	
94	0.4	0.5	0.2	200.0	
95	0.4	0.5	0.2	60.0	
96	0.4	0.5	0.2	20.0	
97	0.4	0.5	0.2	40.0	
98	0.4	0.5	0.2	80.0	
99	0.4	0.5	0.2	40.0	
100	0.4	0.5	0.2	1560.0	
101	0.4	0.5	0.2	56.0	
102	0.4	0.5	0.2	78.0	
103	0.4	0.5	0.2	680.0	
104	0.4	0.5	0.2	10.0	

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
105	0.4	0.5	0.2	12.0	
106	0.4	0.5	0.2	20.0	
107	0.4	0.5	0.2	40.0	
108	0.4	0.5	0.2	8.0	
109	0.4	0.5	0.2	62.0	
110	0.4	0.5	0.2	44.0	
111	0.4	0.5	0.2	18.0	
112	0.4	0.5	0.2	20.0	
113	0.4	0.5	0.2	10.0	
114	0.4	0.5	0.2	20.0	
115	0.4	0.5	0.2	40.0	
116	0.4	0.5	0.2	28.0	
117	0.4	0.5	0.2	60.0	
118	0.3	0.4	0.2	20.0	40.0
119	0.3	0.4	0.2	20.0	40.0
120	0.3	0.4	0.2	2070.0	
121	0.3	0.4	0.2	836.0	
122	0.3	0.4	0.2	156.0	
123	0.3	0.4	0.2	370.0	
124	0.3	0.3	0.2	70.0	55.0
125	0.3	0.3	0.2	224.0	55.0
126	0.3	0.3	0.2	74.0	55.0
127	0.3	0.3	0.2	40.0	55.0
128	0.3	0.3	0.2	10.0	55.0
129	0.3	0.4	0.2	134.0	
130	0.3	0.4	0.2	10.0	
131	0.4	0.5	0.2	594.0	

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงขนาดและปริมาณของผลิตภัณฑ์จริงชุดที่ 2

รหัสสินค้า	ความกว้างของกล่องสินค้า	ความยาวของกล่องสินค้า	ความสูงของกล่องสินค้า	จำนวนกล่องสินค้า	ปริมาณกล่องสินค้าต่อพาเลท
132	0.4	0.5	0.2	260.0	
133	0.4	0.5	0.2	234.0	
134	0.4	0.5	0.2	34.0	
135	0.4	0.5	0.2	54.0	
136	0.4	0.5	0.2	42.0	
137	0.4	0.5	0.2	166.0	
138	0.4	0.5	0.2	222.0	
139	0.4	0.5	0.2	100.0	
140	0.4	0.5	0.2	30.0	
141	0.4	0.5	0.2	46.0	
142	0.4	0.5	0.2	256.0	
143	0.4	0.5	0.2	108.0	
144	0.4	0.5	0.2	144.0	
145	0.4	0.5	0.2	66.0	
146	0.4	0.5	0.2	130.0	
147	0.4	0.5	0.2	30.0	
148	0.4	0.5	0.2	38.0	
149	0.4	0.5	0.2	368.0	
150	0.4	0.5	0.2	20.0	
151	0.4	0.5	0.2	280.0	
152	0.4	0.5	0.2	20.0	
153	0.4	0.5	0.2	36.0	
154	0.4	0.5	0.2	62.0	
155	0.4	0.5	0.2	20.0	
156	0.4	0.5	0.2	20.0	
157	0.4	0.5	0.2	20.0	
158	0.3	0.4	0.15	18456.0	55.0
159	0.3	0.4	0.15	70.0	
160	0.3	0.4	0.15	40.0	

ตารางที่ ก.9 รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า 15 วัน

120 ← จำนวนรายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์						
1	68:104.0	65:91.0	142:80.0	46:80.0		
2	73:60.0	77:106.0	38:80.0	158:90.0		
3	120:65.0	158:50.0	123:100.0	38:150	46:150.0	27:50.0
4	158:90.0	100:40.0	44:80.0	126:30.0		
5	77:100.0	67:81.0	146:50.0	44:80.0	48:200.0	
6	65:68.0	2:80.0	158:250.0	52:80.0		
7	5:60.0	158:80.0	3:90.0	72:80.0	16:40.0	
8	68:71.0	24:30.0	62:200.0			
9	5:72.0	3:75.0	38:100.0	5:60.0		
10	132:50.0	66:15.0	44:200.0	80:10.0	17:20.0	53:100.0
11	3:120.0	68:101.0	1:100. 0	62:80.0		
12	120:200.0	70:91.0	44:90.0	24:30.0	19:30.0	
13	69:30.0	3:70.0	77:104.0	14:80.0	26:120.0	16:72.0
14	3:150.0	80:50.0	158:50.0	69:60.0		
15	65:69.0	2:70.0	158:80.0	18:30.0	46:100.0	
16	68:100.0	131:100.0	62:100.0	5:60.0	50:72.0	
17	38:150.0	48:80.0	158:80.0			
18	2:200.0	44:90.0	88:50.0	57:30.0		
19	1:75.0	144:50.0	120:80.0	48:90.0	63:10.0	53:90.0
20	158:90.0	38:100.0	15:70.0	51:50.0		
21	68:103.0	1:50.0	5:96.0	145:20.0	61:70.0	
22	2:120.0	75:40.0	38:150.0	24:72.0	23:120.0	
23	2:60.0	38:200.0	3:70.0	44:40.0	77:101.0	
24	5:70.0	44:200.0	88:20.0	21:100.0	53:80.0	53:90.0
25	1:50.0	71:40.0	5:120.0	75:50.0	57:30.0	
26	72:25.0	70:68.0	120:60.0	38:100.0	48:150.0	59:30.0
27	2:96.0	48:100.0	138:100.0	89:80.0		

รหัสผลิตภัณฑ์ที่สั่งซื้อ: จำนวนที่สั่งซื้อ

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า 15 วัน

28	4:100.0	38:150.0	28:20.0	22:40.0	26:90.0	
29	3:80.0	5:96.0	158:70.0	69:69.0	2:90.0	
30	54:150.0	1:50.0	5:80.0	8:60.0	57:72.0	59:30.0
31	50:30.0	80:50.0	158:50.0	83:40.0	8:90.0	
32	2:60.0	3:90.0	44:90.0	50:30.0		
33	52:100.0	158:50.0	68:70.0	27:72.0	61:45.0	
34	70:68.0	91:20.0	80:101.0	20:200.0	6:30.0	
35	53:200.0	68:102.0	122:50.0	48:80.0	25:40.0	
36	133:80.0	48:100.0	4:45.0	17:30.0	24:72.0	
37	55:50.0	48:150.0	25:150.0	8:95.0	16:120.0	
38	158:50.0	1:125.0	83:50.0	55:100.0		
39	44:100.0	158:50.0	4:80.0			
40	5:72.0	67:82.0	62:90.0	21:80.0	52:90.0	
41	48:100.0	65:68.0	9:50.0	21:90.0		
42	85:60.0	125:12.0	158:50.0	4:45.0		
43	1:45.0	72:20.0	20:150.0	11:30.0	8:90.0	
44	5:90.0	120:50.0	44:90.0	48:200.0	10:50.0	
45	3:120.0	80:100.0	158:250.0	13:20.0		
46	69:70.0	26:80.0	75:50.0			
47	4:80.0	80:102.0	72:20.0	154:10.0	61:80.0	
48	38:90.0	77:102.0	131:30.0	17:60.0		
49	5:70.0	68:73.0	68:72.0			
50	71:40.0	65:70.0	1:80.0	14:90.0		
51	27:100.0	5:60.0	121:50.0	90:35.0	21:90.0	
52	48:150.0	38:80.0	85:50.0	52:200.0	54:50.0	
53	83:40.0	123:10.0	20:100.0			
54	67:20.0	129:12.0	3:21.0	59:72.0		
55	75:150.0	149:20.0	26:90.0	61:60.0		

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า 15 วัน

56	71:40.0	4:50.0	80:51.0	48:100	
57	1:50.0	137:60	83:40	26:100	46:200
58	14:50.0	4:50.0	151:50.0	62:90.0	
59	73:100.0	143:20.0	5:120.0	125:25.0	6:50.0
60	48:150.0	70:70.0	158:50.0	44:120.0	54:80.0
61	3:75.0	85:40.0	149:50.0	77:105.0	
62	77:103.0	69:60.0	80:20.0	13:50.0	
63	9:120.0	1:100.0	38:200.0	38:90.0	
64	73:40.0	70:69.0	4:75.0	89:50.0	11:40.0
65	120:80.0	23:30.0			
66	109:20.0	80:52.0	149:25.0	4:125.0	
67	4:50.0	44:100.0	26:200.0		
68	158:70.0	52:90.0			
69	1:80.0	38:100.0	21:200.0		
70	1:70.0	8:40.0	2:72.0	59:30.0	54:45.0
71	3:120.0	68:101.0	1:100.0	62:80.0	
72	120:100.0	70:91.0	44:90.0		
73	69:60.0	3:70.0	77:104.0	26:120.0	16:72.0
74	3:150.0	80:50.0	158:50.0	69:90.0	
75	2:70.0	158:80.0	18:30.0	46:100.0	
76	68:100.0	131:100.0	62:100.0	5:60.0	50:72.0
77	38:150.0	48:80.0	158:80.0		
78	2:200.0	44:90.0	57:30.0		
79	1:75.0	120:80.0	48:90.0	53:90.0	
80	158:90.0	38:100.0	17:110.0	51:50.0	
81	68:103.0	1:50.0	5:96.0		
82	2:120.0	75:50.0	38:150.0	23:120.0	
83	2:60.0	38:200.0	3:70.0	44:40.0	77:101.0

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า 15 วัน

84	120:50.0	5:70.0	44:200.0	88:20.0	21:100.0	53:80.0	53:90.0
85	1:125.0	71:40.0	5:120.0	75:50.0	57:30.0		
86	72:50.0	70:68.0	120:50.0	38:100.0	48:150.0	59:30.0	61:50.0
87	2:96.0	48:100.0					
88	4:100.0	38:150.0	28:20.0	22:40.0	26:90.0		
89	3:80.0	5:96.0	158:70.0	2:90.0			
90	54:100.0	1:50.0	5:80.0	8:90.0	57:72.0	59:30.0	
91	50:30.0	80:50.0	158:50.0	8:90.0			
92	2:60.0	3:90.0	44:90.0	50:30.0			
93	52:100.0	158:50.0	68:70.0	27:72.0			
94	70:68.0	80:101.0	6:30.0				
95	68:102.0	122:10.0	48:80.0	17:48.0	25:40.0		
96	133:20.0	48:100.0	4:45.0	17:30.0			
97	55:50.0	48:150.0	25:150.0	8:95.0	16:120.0		
98	158:50.0	1:125.0	83:50.0	8:60.0			
99	44:100.0	158:50.0	4:80.0				
100	5:72.0	62:90.0	21:80.0	52:90.0			
101	48:100.0	65:68.0	21:90.0				
102	85:20.0	125:20.0	158:50.0	4:45.0			
103	45:10.0	1:45.0	72:20.0	11:20.0	8:90.0		
104	5:90.0	120:50.0	44:90.0	48:200.0	10:50.0		
105	3:120.0	80:100.0	158:250.0	13:20.0			
106	69:20.0	26:80.0	75:90.0				
107	4:80.0	80:102.0	72:50.0	154:10.0	61:40.0		
108	38:90.0	77:102.0	131:20.0	17:10.0			
109	5:70.0	68:73.0	68:72.0				
110	71:40.0	65:70.0	1:80.0				

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) รายการสั่งซื้อผลิตภัณฑ์จากลูกค้า 15 วัน

111	27:100.0	5:60.0	121:50.0	90:20.0	21:90.0
112	48:150.0	38:80.0	85:50.0	52:200.0	54:45.0
113	83:40.0	123:10.0			
114	67:50.0	129:12.0	3:21.0	59:72.0	
115	75:75.0	149:20.0	26:90.0	61:40.0	
116	71:40.0	4:50.0	80:51.0	48:100.0	
117	1:50.0	137:20.0	83:40.0	26:100.0	46:200.0
118	4:50.0	151:50.0	62:90.0		
119	73:100.0	143:20.0	5:120.0	6:50.0	
120	48:150.0	70:70.0	158:50.0	44:120.0	54:40.0

ภาคผนวก ข

ผลการทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ
Genetic Algorithm กับ Random Search

ข.1 ข้อมูลสมมติชุดที่ 1

ข.2 ข้อมูลจริงชุดที่ 2

ตารางที่ ข.1 แสดงผลการทดลองประมวลผลด้วย GA กับ RS ด้วยข้อมูลสมมติชุดที่ 1

ครั้งของการทำการทดลอง	ระยะทางที่สั้นที่สุด (เมตร)		เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาที)	
	GA	RS	GA	RS
1	438	440	33	10
2	436	442	31	11
3	436	428	31	13
4	432	436	31	11
5	432	438	36	11
6	430	434	31	11
7	428	420	31	12
8	426	420	33	13
9	426	428	32	11
10	420	434	30	11
11	420	440	29	10
12	418	432	32	11
13	418	412	31	10
14	418	422	31	10
15	416	426	30	12
16	412	442	31	10
17	408	426	29	11
18	408	426	32	11
19	408	430	28	10
20	408	446	30	11
21	406	430	30	11
22	406	426	31	11
23	406	428	29	10
24	404	430	30	11
25	404	418	29	11
26	402	424	30	10
27	402	428	29	10
28	396	432	30	11
29	394	434	32	11
30	382	434	31	10
ค่าเฉลี่ย	414.67	430.20	30.77	10.87

ตารางที่ ข.2 แสดงผลการทดลองประมวลผลด้วย GA กับ RS ด้วยข้อมูลจริงชุดที่ 1

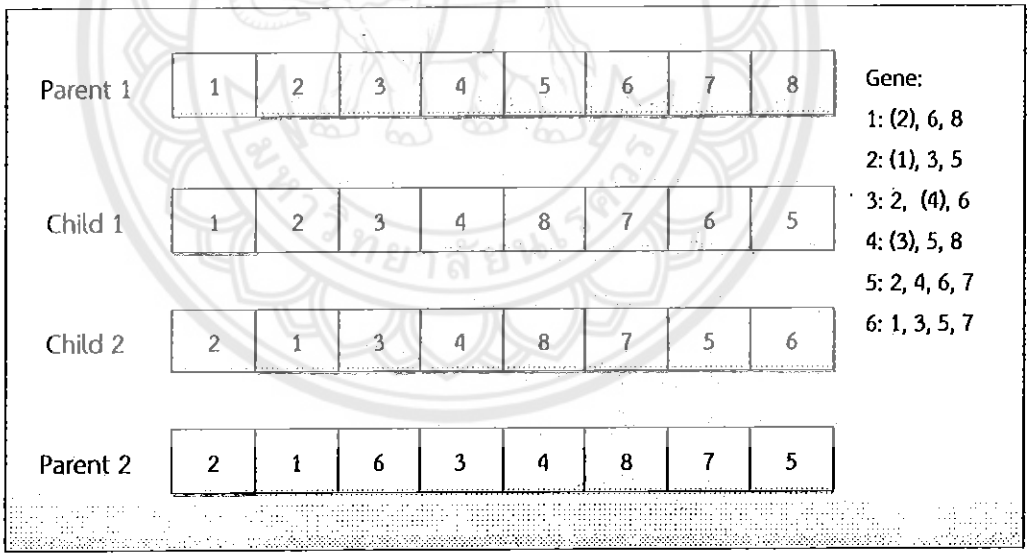
ครั้งของการทำการทดลอง	ระยะทางที่สั้นที่สุด (เมตร)		เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที)	
	GA	RS	GA	RS
1	78333	77379	55.033	11.067
2	75524	80308	57.567	11.050
3	77797	78462	53.183	11.083
4	79756	77589	55.633	11.083
5	80039	80982	57.683	11.083
6	79460	76601	56.417	11.083
7	78083	77016	54.717	11.050
8	77141	79111	54.617	11.100
9	77994	76692	57.250	11.067
10	74831	80857	61.450	11.017
11	78683	77219	57.867	11.067
12	78964	80998	56.783	11.067
13	78198	77210	53.933	11.067
14	79162	82571	56.583	11.050
15	79727	77457	55.117	11.033
16	78442	76959	58.250	11.050
17	78298	82034	57.200	11.117
18	80196	76576	56.417	11.083
19	77524	76254	56.250	11.083
20	78461	79215	56.800	11.067
21	76764	80099	55.150	11.050
22	81983	77147	56.883	11.033
23	79371	78279	53.817	11.050
24	81251	77244	54.683	11.083
25	76208	77296	52.700	11.017
26	78232	81126	57.900	11.050
27	78403	76845	55.433	11.050
28	75102	77527	55.467	11.083
29	79561	80398	54.900	11.033
30	78566	78283	57.467	11.067
ค่าเฉลี่ย	78401.80	78524.47	56.11	11.07

ภาคผนวก ค

1. การสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี EERX
2. การกลายพันธุ์ด้วยวิธี 2OAS

1. การสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี Enhanced Edge Recombination Crossover: EERX

การสลับสายพันธุ์ด้วยวิธีนี้จะมีลิสต์ที่เรียกว่า Edge List เพื่อเอาไว้เก็บยีนของแต่ละโครโมโซมของพ่อและแม่ จากตัวอย่าง Edge List ของยีน 1 คือ 2, 6, 8 เป็นต้น แต่ถ้ามียีนที่ซ้ำกันก็ลบออก 1 ตัว เช่น Edge List ของยีน 2 นั้นต้องลบออก 1 ตัว จึงเหลือเพียง 1, 3, 5 เป็นต้น และในการสืบทอดนั้นจะเริ่มจากเลือกสุ่มยีนในโครโมโซมของพ่อขึ้นมาและสืบทอดไปยังโครโมโซมของลูกตัวแรกโดยตรง จากนั้นจะดูว่ายีนดังกล่าวนั้นอ้างถึงค่าใด ก็ให้ลบค่านั้นออกไป ซึ่งในกรณีนี้คือ ยีน 1 ในขั้นตอนต่อมาคือ หายีนที่ต้องนำไปวางในตำแหน่งถัดไป ซึ่งจากตัวนี้คือ การพิจารณาแถวของยีน 1 พบว่าสมาชิกมีอยู่ 3 ตัว คือ 2, 6, และ 8 โดยเลือกที่จะให้ความสำคัญกับยีนที่ซ้ำกัน สามารถสังเกตได้จากเครื่องหมาย () ที่ครอบยีนนั้นเอาไว้ ก็ให้พิจารณายีนนั้นที่เหลือซึ่งสมาชิกใน Edge List ที่น้อยที่สุดจะถูกเลือกนำมาพิจารณาในลำดับถัดไป ถ้าสมาชิก 2 ตัวที่เหลือของ Edge List น้อยที่สุดเท่ากันให้ใช้การสุ่มเป็นการตัดสินและทำซ้ำจนได้โครโมโซมลูกครบทุกยีนแล้วจึงเปลี่ยนไปทำโครโมโซมลูกตัวที่สองต่อไป (เชาวนีย์ สำราญพันธุ์)

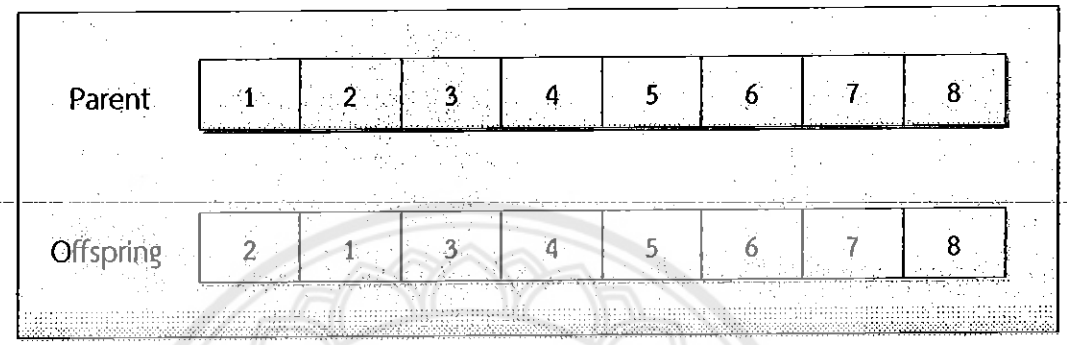


รูปที่ ค.1 แสดงการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี EERX

(ปรับปรุงมาจาก ธนภัทร เอี่ยมตาล, 2553)

2. การกลายพันธุ์ด้วยวิธี Two Operation Adjacent Swap: 2OAS

เป็นวิธีการกลายพันธุ์ที่มีการสุ่มเลือกโครโมโซมจาก Pop size โดยนำโครโมโซมที่สุ่มเลือกได้นั้นมาสุ่มเลือกยีนใดยีนหนึ่งเพื่อสร้างยีนตั้งต้น จากนั้นทำการเลือกยีนที่อยู่ติดกันแล้วทำการสลับตำแหน่งของยีนทั้งสองนั้น



รูปที่ ค.2 แสดงการสลับสายพันธุ์ด้วยวิธี 2OAS

(ปรับปรุงมาจาก ธนภัทร เอี่ยมตาล, 2553)

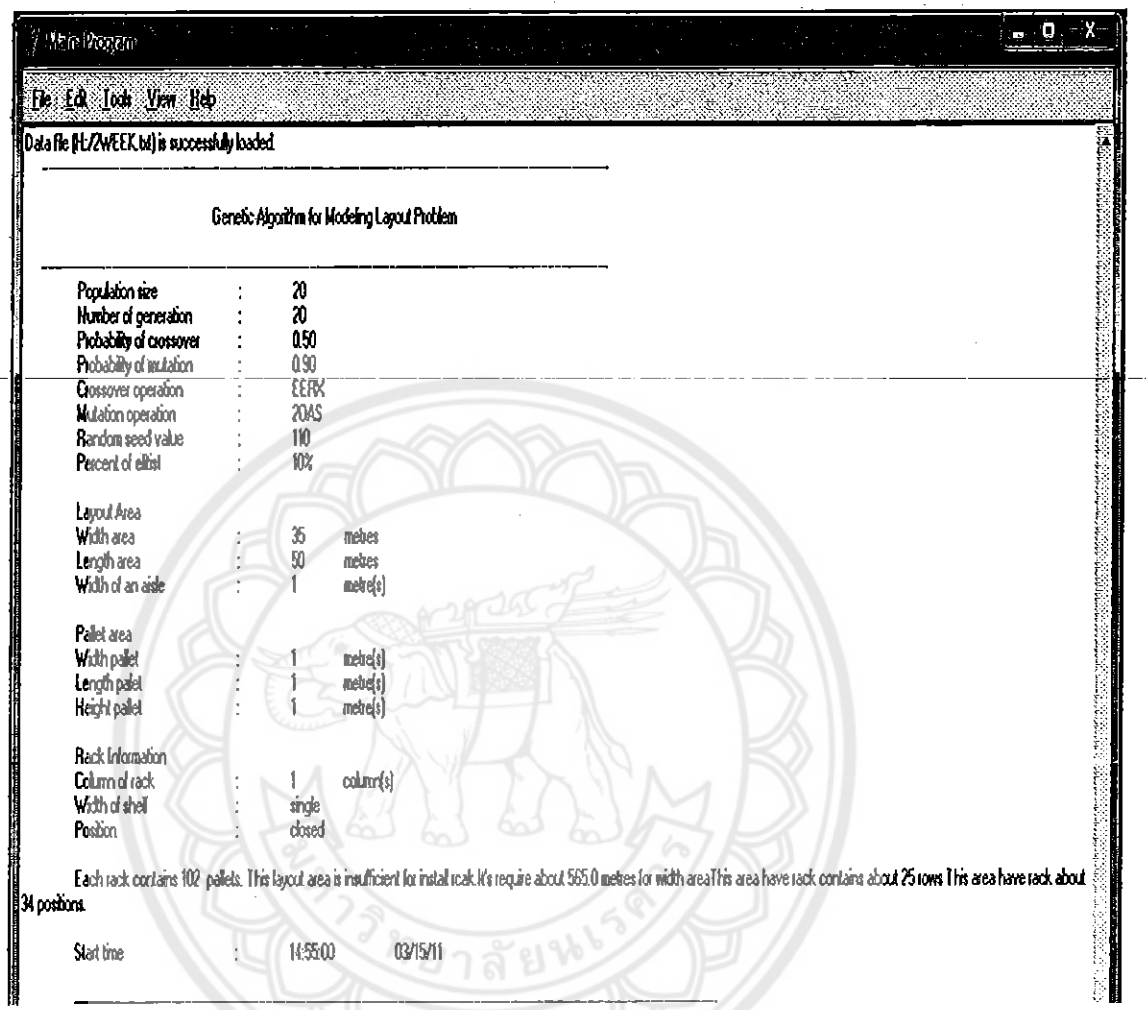
ภาคผนวก ง

ผลการคำนวณหาระยะทางของการจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว

1. แถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง

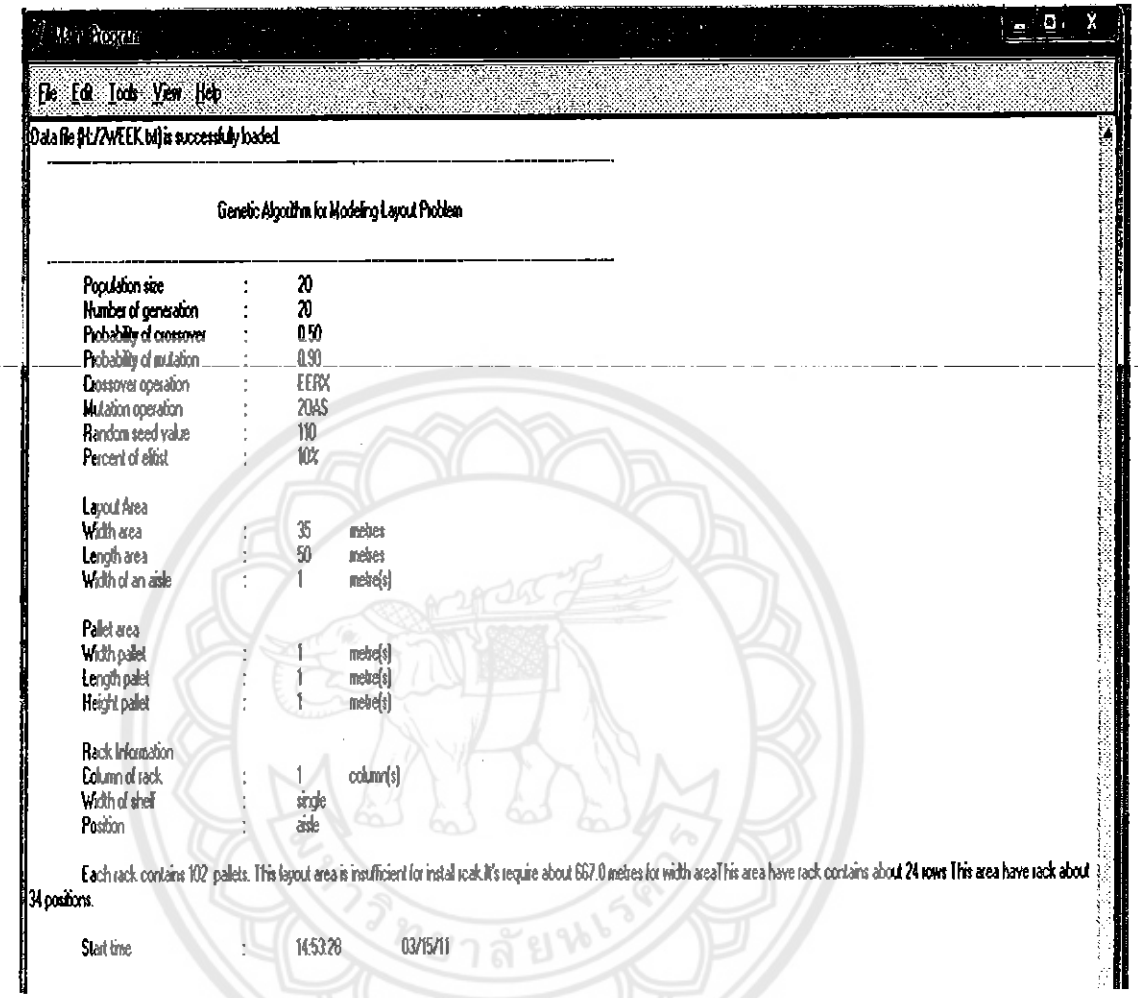
2. แถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้าง

1. การจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง



รูปที่ ง.1 แสดงการคำนวณหาความเพียงพอของพื้นที่ต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง

2. การจัดเรียงชั้นวางสินค้าแบบแถวเดี่ยว ติดผนังด้านข้าง



รูปที่ ง.2 แสดงการคำนวณหาความเพียงพอของพื้นที่ต่อการจัดวางผลิตภัณฑ์แบบแถวเดี่ยว ไม่ติดผนังด้านข้าง

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวเสาวภา อยู่เพชร

ภูมิลำเนา 117 หมู่ 2 ต.บุ่งคล้า อ.หล่มสัก จ.เพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เพชรบูรณ์
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: tzumotonic@hotmail.com

ชื่อ นางสาวอนงค์นภา จันทร์มี

ภูมิลำเนา 77 หมู่ 4 ต.นาแซง อ.หล่มเก่า จ.เพชรบูรณ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนหล่มเก่าพิทยาคม
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: kukklk_kumkum@hotmail.com