อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM TO MINIMIZE BY GENETIC ALGORITHM

นางสาวนันทิชา คำภูมี รหัส 56361297

นางสาวภัสชญา ครองยุทธ รหัส 56361433

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 1-6 ก.พ. 2561
เลขทะเบียน 17224503
เลขเรียกหนังสือ ปร น471ก 2559

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2559

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวนันทิชา คำภูมี รหัส 56361297
	นางสาวภัสชญา ครองยุทธ รหัส 56361433
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2559

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

......................................ที่ปรึกษาโครงงาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

......................................กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

......................................กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวนันทิชา คำภูมี รหัส 56361297
	นางสาวภัสชญา ครองยุทธ รหัส 56361433
ที่ปรึกษาโครงงาน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2559

....

บทคัดย่อ

โครงงานนี้เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเป็นปัญหาที่พบกันอยู่ตลอด โดยปัญหาที่ทำการศึกษานั้นมีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางของยานพาหนะที่ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด โดยที่รูปแบบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะที่ใช้สำหรับปัญหานี้ กำหนดให้มีคลังสินค้าเพียงแห่งเดียวสามารถมีรถได้หลายประเภท และมีกรอบเวลาในการขนส่งของลูกค้า

สำหรับวิธีการเชิงพันธุกรรม ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดนั้นเป็นวิธีการที่จัดอยู่ในกลุ่มเมตาฮิวริสติก ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบได้เร็วแต่ไม่รับรองว่าคำตอบที่ได้นั้นจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากวิธีการเชิงพันธุกรรมนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนด ซึ่งค่าพารามิเตอร์นั้นจะมีผลต่อคุณภาพของผลลัพธ์ ซึ่งทางผู้ดำเนินโครงงานได้นำมาประยุกต์ใช้ได้มีการนำมาทดสอบกับปัญหาสามขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัญหา โดยจะใช้วิธีการออกแบบการทดลองมาช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละปัญหา

Project title	SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM TO MINIMIZE BY GENETIC ALGORITHM
Name	Miss Nanticha Kamphumee ID. 56361297
	Miss Patchaya Krongyut ID. 56361433
Project advisor	Asst.Prof.Dr.Kwanniti Khammuang
Major	Industrial Engineering
Department	Industrial Engineering
Academic year	2016

....

Abstract

The Project considers the vehicle routing problem (VRP) and proposed a Genetic Algorithm (GA) for the problem VRP is a operation problem that is often encountered in real-life transportation sectarian The objective of the problem is minimize total transport Algorithm cost the problem considers single depot heterogeneous vehicle field and customer time windows.

Genetic Algorithm (GA) is one of metheuristic methods which can find solution in acceptable time but does not guarantee optimal solution In order for GA to be efficiently applied some parameter need to be set the project conducted experiment for funning such parameters by design of experiment (DOE) method on problems of different size normally small medium and large size problem

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น ต้องขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษา คำแนะนำ และข้อคิดเห็น รวมถึงข้อผิดพลาดต่างๆ ช่วยแก้ปัญหาข้อบกพร่องของการดำเนินโครงงานด้วยดีตลอดมา จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้ถูกต้อง และมีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือต่างๆภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุดท้ายนี้ทางผู้ดำเนินโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนคอยอยู่เบื้องหลังความสำเร็จนี้ และให้กำลังใจผู้ดำเนินโครงงานเสมอจนสำเร็จการศึกษา รวมถึงเพื่อนทุกคนที่คอยแนะนำช่วยเหลือผู้ดำเนินโครงงานด้วยดีตลอดมา

ผู้ดำเนินโครงงาน
นางสาวนันทิชา คำภูมี
นางสาวภัสชญา ครองยุทธ

เมษายน 2560

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ค

กิตติกรรมประกาศ ง

สารบัญ จ

สารบัญตาราง ฎ

สารบัญรูป ฒ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs) 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 3

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 3

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 5

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) 5

2.1.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ 5

2.1.2 ลักษณะและทางเลือกที่เป็นไปได้ของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ 9

2.1.3 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งของรถบรรทุกของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ 10

2.1.4 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows : VRPTW) 12

2.1.5 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุก (Vehicle Routing Problem with Loading Cost) 13

2.2 วิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) 21

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.2.1 หลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติก 21
2.2.2 วิธีการพื้นฐานที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน 22
2.3 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA) 23
2.3.1 การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ 24
2.3.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น 25
2.3.3 สมการแทนค่าคำตอบหรือค่าความแข็งแรง 25
2.3.4 วิธีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม 25
2.3.5 พารามิเตอร์ (Parameter) 30
2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) 31
2.4.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 31
2.4.2 ส่วนประกอบต่างๆ ของการทดลอง 32
2.4.3 หลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง 34
2.5 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม 35
2.6 ภาษา Visual Basic for Application บน Excel 36
2.6.1 Workbook 36
2.6.2 Worksheet 36
2.6.3 Modules 36

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 37
3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ 38
3.2 ศึกษารูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุก.. 38
3.3 ศึกษาวิธีการแบบเชิงพันธุกรรม 39
3.4 ศึกษาเขียนโปรแกรมกระบวนการทำงานแบบเชิงพันธุกรรม ลงบนคอมพิวเตอร์ 39
3.5 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม 39
3.6 ใช้วิธีการหาคำตอบแบบเชิงพันธุกรรมเพื่อค้นหาคำตอบกับปัญหาทดสอบ 39
3.7 ทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีเชิงพันธุกรรม 39
3.8 สรุปผลและนำเสนอผลงาน 40

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงงาน 41
4.1 การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบ การประเมินคำตอบ และการหาค่าคำตอบ 41

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.1 การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบ 41

4.1.2 การประเมินคำตอบ 42

4.1.3 การหาค่าคำตอบ 44

4.2 การซ่อมแซมคำตอบ 45

4.3 กระบวนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม 46

4.4 วิธีการเชิงพันธุกรรม 50

4.4.1 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) 50

4.4.2 การกลายพันธุ์ (Mutation) 53

4.4.3 การคัดเลือกสายพันธุ์แบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection) 54

4.4.4 ค่าพารามิเตอร์ 54

4.5 โปรแกรมหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม 54

4.5.1 ส่วนรับข้อมูล 55

4.5.2 ส่วนประมวลผล 57

4.6 การคำนวณค่าใช้จ่ายกรณีที่ 1 ยานพาหนะจะบรรจุสินค้าออกจากจุดกระจายสินค้าเต็มความจุของยานพาหนะ และผลการทดสอบโปรแกรม วิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ 57

4.6.1 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 58

4.6.2 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 59

4.6.3 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 60

4.6.4 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 61

4.6.5 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 62

4.6.6 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 63

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.6.7 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 64
4.6.8 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 65
4.6.9 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 66
4.7 การพิจารณาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวมกรณียานพาหนะบรรจุเต็มคัน 67
4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab 16 68
4.9 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง 68
4.9.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 1 68
4.9.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 2 71
4.9.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 3 74
4.9.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 1 77
4.9.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 2 79
4.9.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 3 82
4.9.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 85
4.9.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 87
4.9.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 90
4.10 สรุปค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบการทดลอง และค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม และค่าพารามิเตอร์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่าน้อยสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น 93
4.10.1 การอภิปรายการออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์ยานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า 93
4.10.2 ค่าพารามิเตอร์จากการออกแบบการทดลอง (DOE) 94
4.10.3 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม 95
4.10.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น 95
4.10.5 การเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น 96
4.10.6 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น 96

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.11 การคำนวณค่าใช้จ่ายกรณีที่ 2 ยานพาหนะจะบรรจุสินค้าออกจากจุดกระจายสินค้าในเต็มความจุของยานพาหนะ และผลการทดสอบโปรแกรมวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ 98

4.11.1 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 98

4.11.2 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 99

4.11.3 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 100

4.11.4 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 101

4.11.5 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 102

4.11.6 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 103

4.11.7 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 104

4.11.8 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 105

4.11.9 ผลการทดลอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 106

4.12 การพิจารณาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวมกรณียานพาหนะบรรจุเต็มคัน 107

4.13 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง 108

4.13.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 1 108

4.13.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 2 111

4.13.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 3 114

4.13.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 1 117

4.13.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 2 120

4.13.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 3 122

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.13.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 125
4.13.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 128
4.13.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 131
4.14 สรุปค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบการทดลอง และค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม และค่าพารามิเตอร์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่าน้อยสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น..................................133
4.14.1 การอภิปรายการออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์ยานพาหนะบรรจุเต็มคัน..................................133
4.14.1 ค่าพารามิเตอร์จากการออกแบบการทดลอง (DOE)..................................134
4.14.2 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม 135
4.14.3 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น..................................135
4.14.4 การเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น..................................136
4.14.5 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น 137
4.14.6 ตารางแสดงการเปรียบเทียบของคำตอบของกรณีพิจารณาน้ำหนักบรรทุกเต็มคันและกรณีพิจารณาน้ำหนักบรรทุกตามความต้องการของลูกค้า..................................138
4.15 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมกรณียานพาหนะบรรจุเต็มคัน..................................139
4.16 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมกรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า..................................143

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ..................................149
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน..................................149
5.2 ปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินโครงงาน..................................151
5.3 แนวทางการแก้ปัญหา..................................152
5.4 ข้อเสนอแนะ 152

เอกสารอ้างอิง..................................153
ภาคผนวก ก โจทย์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดที่นำไปใช้ทดสอบวิธีการออกแบบการทดลอง 155

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ข Source Codeของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ
เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม 173

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน 207

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 4
2.1 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า 7
2.2 แสดงระยะทางของเส้นทางการขนส่ง 7
2.3 แสดงลักษณะและทางเลือกที่เป็นไปได้ของปัญหาในการจัดเส้นทางยานพาหนะ 10
2.4 การแสดงคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า 15
2.5 การแสดงระยะทางการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า 15
2.6 การแสดงค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเส้นทางยานพาหนะ 16
4.1 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างโจทย์การประเมินคำตอบ 43
4.2 แสดงเวลาในการเดินทางของตัวอย่างโจทย์การประเมินคำตอบ (ชั่วโมง) 43
4.3 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 58
4.4 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 59
4.5 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 60
4.6 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 61
4.7 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 62
4.8 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 63
4.9 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 64
4.10 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 65
4.11 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 66
4.12 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท 67
4.13 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1 70
4.14 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 2 73
4.15 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3 76
4.16 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1 78
4.17 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2 81
4.18 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3 84
4.19 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1 86
4.20 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2 89
4.21 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3 92
4.22 ค่าพารามิเตอร์การออกแบบการทดลอง (DOE) 94
4.23 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม 95

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น.......95
4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น.......96
4.26 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น.......97
4.27 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1.......98
4.28 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2.......99
4.29 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3.......100
4.30 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1.......101
4.31 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2.......102
4.32 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3.......103
4.33 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1.......104
4.34 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2.......105
4.35 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3.......106
4.36 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท.......107
4.37 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1.......110
4.38 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 2.......113
4.39 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3.......116
4.40 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1.......118
4.41 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2.......121
4.42 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3.......124
4.43 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1.......127
4.44 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2.......130
4.45 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3.......132
4.46 ค่าพารามิเตอร์การออกแบบการทดลอง (DOE).......135
4.47 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม.......135
4.48 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น.......136
4.49 แสดงการเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น.......136
4.50 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น.......137
4.51 แสดงการเปรียบเทียบของคำตอบ.......138
4.52 ค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรม.......139

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.53 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 141
4.54 ค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรม 143
4.55 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 145
4.56 แสดงกรอบเวลาและค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ 147

มหาวิทยาลัยนเรศวร

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ผังการจัดเส้นทางปกติ 5
2.2 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้า 8
2.3 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 1 8
2.4 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 2 9
2.5 แสดงเส้นทางการขนส่งยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา 13
2.6 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้า 16
2.7 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก A 18
2.8 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก B 19
2.9 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก C 20
2.10 แสดงลักษณะของโครโมโซม 23
2.11 แสดงตัวอย่างโครโมโซมแบบไบนารี 24
2.12 แสดงตัวอย่างโครโมโซมแบบลำดับ 24
2.13 แสดงตัวอย่างโครโมโซมแบบใช้ค่า / เครื่องหมายจริง 25
2.14 การคัดเลือกด้วยวงล้อเสี่ยงทาย 26
2.15 แสดงการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ 27
2.16 แสดงโครโมโซมพ่อและแม่ 27
2.17 แสดงโครโมโซมลูกที่เกิดจากการส่งผ่านยีนของพ่อและแม่ 27
2.18 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 1 28
2.19 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 2 28
2.20 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 3 29
2.21 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 4 29
2.22 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 5 30
2.23 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 6 30
2.24 แสดงการกลายพันธุ์ 30
2.25 ปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ 33
2.26 แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม 35
3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ
โดยพิจารณาน้ำหนักบรรทุกโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม 37
4.1 แสดงโครโมโซมแทนคำตอบ n = 6 และ k = 2 41
4.2 แสดงตัวอย่างการสร้างโครโมโซมแทนคำตอบของตัวอย่างที่ 4.1 42

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.3 แสดงช่วงเวลารับสินค้าของรถบรรทุกคันที่ 1 44
4.4 แสดงช่วงเวลารับสินค้าของรถบรรทุกคันที่ 2 44
4.5 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 1 45
4.6 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 2 45
4.7 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 3 46
4.8 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 4 46
4.9 การทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบตัวแทนคำตอบ 47
4.10 ขั้นตอนที่ 1 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 50
4.11 ขั้นตอนที่ 2 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 51
4.12 ขั้นตอนที่ 3 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 51
4.13 ขั้นตอนที่ 4 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 51
4.14 ขั้นตอนที่ 5 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 52
4.15 ขั้นตอนที่ 6 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 52
4.16 ขั้นตอนที่ 7 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 53
4.17 ขั้นตอนที่ 8 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ 53
4.18 แสดงรายละเอียด UserForm ขั้นตอนที่ 1 55
4.19 แสดงการเลือกโจทย์ของปัญหา 56
4.20 แสดงการโปรแกรมรันของโจทย์ปัญหาแต่ละข้อ 56
4.21 แสดงส่วนประมวลผลค่าคำตอบ 57
4.22 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 69
4.23 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 69
4.24 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 70
4.25 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 71
4.26 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 71
4.27 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 72
4.28 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 72
4.29 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 73
4.30 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 74
4.31 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 74
4.32 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 75

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.33 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 76
4.34 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 77
4.35 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 77
4.36 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 78
4.37 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 79
4.38 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 79
4.39 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 80
4.40 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 80
4.41 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 81
4.42 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 82
4.43 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 82
4.44 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 83
4.45 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 84
4.46 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 85
4.47 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 85
4.48 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 86
4.49 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 87
4.50 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 87
4.51 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 88
4.52 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 89
4.53 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 90
4.54 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 90
4.55 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 91
4.56 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 91
4.57 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 92
4.58 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 108
4.59 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 109
4.60 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 110
4.61 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 111
4.62 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 111

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.63 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 112
4.64 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2.......... 112
4.65 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 113
4.66 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 114
4.67 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 115
4.68 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3.......... 115
4.69 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 116
4.70 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1.......... 117
4.71 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 117
4.72 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 118
4.73 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1.......... 119
4.74 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2.......... 120
4.75 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2.......... 120
4.76 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 121
4.77 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2.......... 122
4.78 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3.......... 122
4.79 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 123
4.80 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 124
4.81 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3.......... 125
4.82 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 125
4.83 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 126
4.84 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 126
4.85 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1.......... 127
4.86 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2.......... 128
4.87 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 128
4.88 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 129
4.89 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2.......... 130
4.90 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3.......... 131
4.91 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 131
4.92 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 132

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.93 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 133
4.94 แสดงตัวแทนคำตอบของจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 140
4.95 แสดงตัวแทนคำตอบของจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 140
4.96 แสดงตัวแทนคำตอบของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 144
4.97 แสดงตัวแทนคำตอบของจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 144
4.98 แสดงตัวแทนคำตอบของจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 147
4.99 แสดงเวลาในการขนส่งยานพาหนะ 148

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในช่วงเวลาที่เศรษฐกิจมีการแข่งขันสูง ประเทศไทยได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วทำให้มีอุตสาหกรรมที่หลากหลายเข้ามาลงทุนในประเทศไทยมากยิ่งขึ้น จึงส่งผลต่อการคมนาคมและการขนส่งทำให้เกิดปัญหาความซับซ้อนของการขนส่งสินค้าเนื่องจากภาครัฐมีการลงทุนด้านโครงสร้างพื้นฐานอย่างต่อเนื่อง เช่น การวางโครงข่ายถนนทั่วประเทศ การวางโครงข่ายรางรถไฟ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การขนส่งยังคงใช้รถบรรทุกเป็นหลัก ปัจจุบันเศรษฐกิจของประเทศมีการแข่งขันสูงอีกทั้งยังมีสภาวะราคาน้ำมันเริ่มปรับตัวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ส่งผลต่อภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรมต่างๆเป็นอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งองค์กรที่ต้องอาศัยการขนส่งเป็นหลัก จะได้รับผลกระทบโดยตรงในการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ไม่เหมาะสม จะทำให้ต้นทุนในการขนส่งสินค้าสูงขึ้น ส่งผลถึงศักยภาพในการขนส่งลดลง ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นการกำหนดเส้นทางของยานพาหนะแต่ละคันให้เสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าน้อยที่สุด โดยพิจารณาถึงเงื่อนไขในการขนส่งสินค้าของยานพาหนะที่เหมาะสม

เนื่องจากการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ เป็นปัญหาด้านการขนส่ง และโลจิสติกส์รูปแบบหนึ่งที่มีการศึกษาเป็นระยะเวลาที่ยาวนาน และมีการค้นคว้าเพิ่มเติมเงื่อนไขต่างๆ และข้อจำกัดโดยที่ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะจะเป็นการเดินทางไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าจากจุดกระจายสินค้าไปสู่ลูกค้าแต่ละราย โดยเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด รวมถึงสอดคล้องตามข้อจำกัดต่างๆ ที่มี เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง อาจจะมองว่าเป็นการต่อยอดมาจากปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งมีลักษณะคล้ายปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย หากสินค้าหมดพนักงานขายจะต้องเดินทางกลับมาที่เมืองเริ่มต้นที่มีสินค้าอยู่ และไปส่งสินค้าที่เหลือ เป็นต้น ก็จะเกิดปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขายเช่นเดียวกัน

ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่แก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ ซึ่งต้นทุนน้ำหนักบรรทุก (Loading Cost) ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ดังนั้น จึงให้ความสำคัญต่อน้ำหนักบรรทุกแล้วนำน้ำหนักบรรทุกมาพิจารณาเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าให้ได้ค่าให้จ่ายต่ำที่สุด และได้นำวิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) มาช่วยในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ซึ่งวิธีการเมตาฮิวริสติกจะเป็นวิธีการที่ออกแบบมาเพื่อหาค่าคำตอบที่เหมาะสม ซึ่งค่าที่เหมาะสมหาได้จากวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) ในการแก้หาค่าคำตอบจากรุ่นสู่รุ่นเพื่อพัฒนาไปสู่คำตอบที่ดีที่สุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อประยุกต์วิธีการเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 วิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

1.3.2 การทดลองมีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมตามเงื่อนไขที่กำหนด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อที่ให้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

1.5.2 ศึกษาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยมีข้อตกลงเบื้องต้นดังนี้

1.5.2.1 ยานพาหนะจะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุด ณ ที่คลังสินค้า

1.5.2.2 ปริมาณความต้องการของลูกค้าจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ

1.5.2.3 คลังสินค้ามีเพียงแห่งเดียว และมีสินค้าไม่จำกัด

1.5.2.4 ในเส้นทางหนึ่งเส้นทางจะใช้ยานพาหนะหนึ่งคันเท่านั้นในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า

1.5.2.5 ยานพาหนะทุกคันจอดอยู่ที่คลังสินค้า และยานพาหนะจะต้องพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา หรือจะถูกใช้งานเมื่อจำเป็นเท่านั้น

1.5.2.6 เวลาที่ใช้สำหรับขนถ่ายสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละรายมีค่าไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับความต้องการของลูกค้า

1.5.2.7 ยานพาหนะจะเริ่มต้นออกจากคลังสินค้าในเวลาเริ่มต้นของวันทำงาน และจะกลับมาที่คลังสินค้าเมื่อส่งสินค้าเสร็จ

1.5.2.8 ถ้าหากยานพาหนะเดินทางไปถึงก่อนเวลาการรับสินค้า ยานพาหนะจำเป็นต้องรอคอยให้ถึงช่วงเวลาเริ่มต้นของกรอบเวลาลูกค้ารายนั้นก่อนจึงสามารถส่งของได้

1.5.2.9 ลูกค้าแต่ละรายมีกรอบเวลาในการรับสินค้า ถ้ามาถึงก่อนเวลาจะต้องรอจนกว่าจะถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนด แต่ถ้าหากเลยเวลาที่กำหนดจะต้องเสียค่าปรับ (ในกรณีที่มีกรอบเวลาในการส่งสินค้า)

1.5.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม และวิธีการเชิงพันธุกรรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ทดลองกับโจทย์ปัญหาที่ได้จำลองไว้โดยแบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก มีลูกค้าจำนวน 25 ราย ขนาดกลาง มีลูกค้าจำนวน 50 ราย และขนาดใหญ่ มีลูกค้าจำนวน 100 ราย โดยมีโจทย์ทั้งหมด 9 ข้อ ขนาดของโจทย์เล็ก 3 ข้อ ขนาดของโจทย์กลาง 3 ข้อ และขนาดของโจทย์ใหญ่ 3 ข้อ

1.5.4 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะที่ทำการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด โดยที่ค่าใช้จ่ายรวมนั้นประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเลือกใช้ยานพาหนะ (Fixed Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเดินทาง (Variable Cost) ค่าปรับที่เกิดขึ้นเนื่องจากการละเมิดกรอบเวลา (Penalty Cost) และต้นทุนน้ำหนักบรรทุก (Loading Cost)

1.5.5 นำเครื่องมือมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมบนโปรแกรม Microsoft Excel

1.5.6 ในการพิจารณาค่าใช้จ่ายจะมีการพิจารณา 2 กรณี กรณีที่ 1 ยานพาหนะบรรจุเต็มคัน กรณีที่ 2 ยานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือน สิงหาคม พ.ศ. 2559 ถึง เมษายน พ.ศ. 2560

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา								
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.
1.8.1	ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ	←	→							
1.8.2	ศึกษารูปแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด		←	→						
1.8.3	ศึกษาวิธีการแบบเชิงพันธุกรรม			←	→					
1.8.4	ศึกษาเขียนโปรแกรมกระบวนการทำงานแบบเชิงพันธุกรรม ลงบนคอมพิวเตอร์				←	→				
1.8.5	ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม					←	→			
1.8.6	ใช้วิธีการหาคำตอบแบบเชิงพันธุกรรมเพื่อค้นหาคำตอบกับปัญหาทดสอบ						←	→		
1.8.7	ทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีเชิงพันธุกรรม							←	→	
1.8.8	สรุปผลและนำเสนอผลงาน								←	→

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

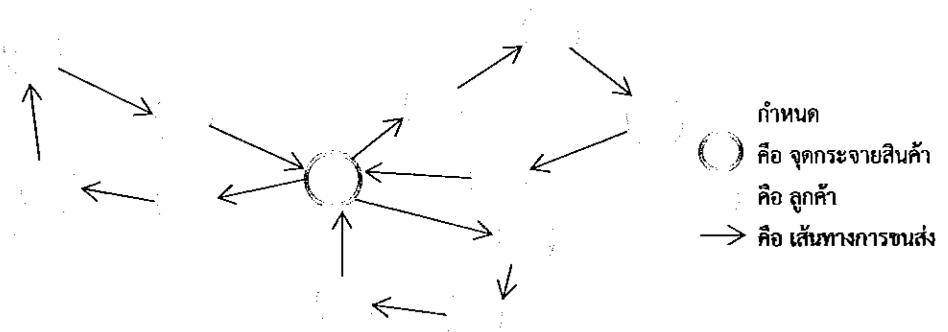
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ ซึ่งมีรูปแบบลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ เช่น เป็นปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ แบบยานพาหนะประเภทเดียว แบบยานพาหนะหลายประเภท และปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาตามข้อกำหนดของลูกค้าที่ต้องการรับสินค้า และสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งมีองค์ประกอบ เช่น การออกแบบโครโมโซม และสุดท้ายกล่าวถึงการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic for Application (VBA)

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นปัญหาที่สำคัญในกลุ่มการขนส่ง การกระจายสินค้าและโลจิสติกส์ จึงอธิบายถึงปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะได้ ดังต่อไปนี้

2.1.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการขนส่งตั้งแต่จุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าตามจุดต่างๆ โดยมีเงื่อนไข และข้อจำกัดต่างๆ เพื่อให้เหมาะสมกับสถานการณ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะนี้ จะเป็นปัญหาในการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุดในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า เพื่อให้เข้าใจถึงปัญหามากยิ่งขึ้นจึงแสดงผังการจัดเส้นทางปกติ ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งจากรูปเป็นการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะโดยมีจุดกระจายสินค้าหนึ่งแห่ง และมีลูกค้าทั้งหมด 11 ราย เส้นทางในการขนส่งสินค้ามีทั้งหมด 3 เส้นทาง ไปยังตำแหน่งของลูกค้า และจะต้องกลับมาที่จุดกระจายสินค้า



รูปที่ 2.1 ผังการจัดเส้นทางปกติ

โดยต้องมีการวางแผนการเดินทางในระยะทางที่สั้นที่สุด และประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด รวมถึงให้ลูกค้าเกิดความพึงพอใจในการส่งสินค้า โดยองค์ประกอบต่างๆ ของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ได้แก่ (ธารชุดา พันธ์นิกุล, 2551)

2.1.1.1 กลุ่มลูกค้า (Set of Customers) คือ ลูกค้าแต่ละรายจะถูกกำหนดให้กระจายอยู่ในจุดต่างๆ และมีความต้องการรับ หรือส่งสินค้าในจำนวนต่างๆ และในบางครั้งอาจมีการกำหนดความต้องการทางด้านเวลาเพิ่มเข้าไป

2.1.1.2 ยานพาหนะ (Vehicles) คือ รถบรรทุก เรือ เครื่องบิน หรือสิ่งที่เตรียมไว้สำหรับการขนส่งที่ใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้ามีหน้าที่เดินทางรับ หรือส่งสินค้าระหว่างลูกค้า และคลังสินค้าซึ่งจะมีข้อจำกัดในการบรรทุก (Capacity) ซึ่งอาจกำหนดเป็นจำนวนชิ้น หรือน้ำหนักของสินค้าที่สามารถบรรทุกได้สูงสุดต่อยานพาหนะนั้นๆ

2.1.1.3 คลังสินค้า (Depots) คือ สถานที่เก็บสินค้า โรงงานของบริษัทผู้ผลิต หรือจุดกระจายสินค้า (Distribution Center) เป็นสถานที่ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดในการเดินทางซึ่งหมายความว่า ยานพาหนะทุกคัน ต้องออกเดินทางจากจุดนี้ไปให้บริการลูกค้ายังจุดต่างๆ และกลับเข้าสู่จุดเดิมเมื่อให้บริการลูกค้าครบถ้วนแล้ว ซึ่งในปัญหาที่ซับซ้อนอาจกำหนดให้มีคลังสินค้าหลายจุดเพื่อให้บริการลูกค้าหลายกลุ่มได้

2.1.1.4 เส้นทาง (Routes) คือ การมอบหมายให้ยานพาหนะคันใดเดินทางไปยังจุดต่างๆ หรือลูกค้ารายใดบ้าง และเดินทางตามลำดับก่อนหลังอย่างไร ซึ่งประกอบไปด้วยเส้นทางการเดินย่อย (Sub-Route หรือ Tour) หลายๆ เส้นทางรวมกัน

จากที่ได้อธิบายมาข้างต้นนั้น เพื่อให้เห็นภาพของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะได้ชัดเจนขึ้น จึงแสดงลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ดังตัวอย่างที่ 2.1

ตัวอย่างที่ 2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะโดยหาระยะทางที่สั้นที่สุด กำหนดให้มีลูกค้าตามจุดต่างๆทั้งหมด 6 ราย คือ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 โดยมีบริษัทอยู่ 1 แห่งเป็นจุดกระจายสินค้า โดยมีเงื่อนไข ดังนี้ 1. รถต้องเริ่มออกจากจุดกระจายสินค้าแล้วต้องกลับมาสิ้นสุดที่จุดเดิม 2. รถในการบรรทุกสินค้าเป็นรถประเภทเดียวกันทุกคัน 3. ความจุในการบรรทุกสินค้าเท่ากันทุกคัน 4. ลูกค้าสามารถรับสินค้าได้ตลอดเวลาโดยไม่จำกัดเวลาในการรับสินค้า 5. ระยะทางจากจุด i ไปยังจุด j และจุด j ไปยังจุด i มีระยะทางเท่ากัน เช่น จากตารางที่ 2.2 i คือ ลูกค้าที่ 2 ไปยัง j คือ ลูกค้าที่ 1 จะได้ระยะทาง เท่ากับ 7 กิโลเมตร เป็นต้น 6. ลูกค้ามีความต้องการสินค้าและระยะทางการขนส่ง แสดงดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2 และกำหนดให้รูปที่ 2.1 แทนสัญลักษณ์ต่างๆ

โดยตัวอย่างนี้กำหนดให้มีรถบรรทุกมีความจุในการบรรทุกสินค้า 400 กิโลกรัม และมีรถบรรทุกจำนวน 2 คัน

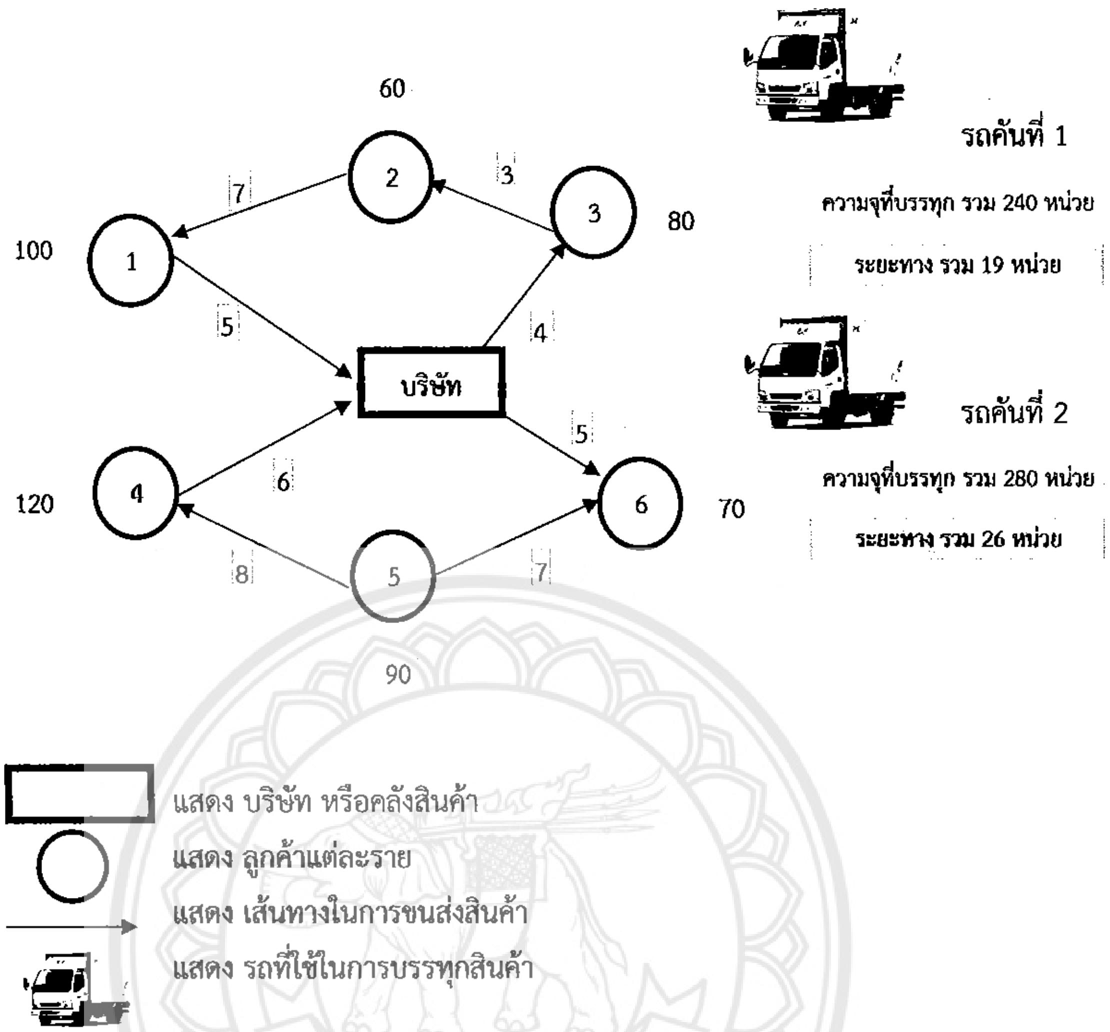
ตารางที่ 2.1 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า (กิโลกรัม)
1	100
2	60
3	80
4	120
5	90
6	70

ตารางที่ 2.2 แสดงระยะทางของเส้นทางการขนส่ง

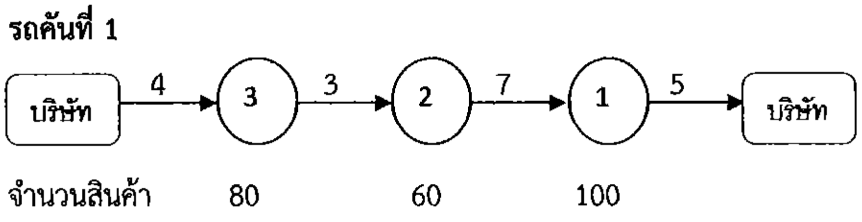
i\j	บริษัท	ลูกค้า 1	ลูกค้า 2	ลูกค้า 3	ลูกค้า 4	ลูกค้า 5	ลูกค้า 6
บริษัท	-						
ลูกค้า 1	5	-					
ลูกค้า 2	10	7	-				
ลูกค้า 3	4	9	3	-			
ลูกค้า 4	6	12	6	5	-		
ลูกค้า 5	8	7	11	7	8	-	
ลูกค้า 6	5	4	12	6	9	7	-

มหาวิทยาลัยนเรศวร



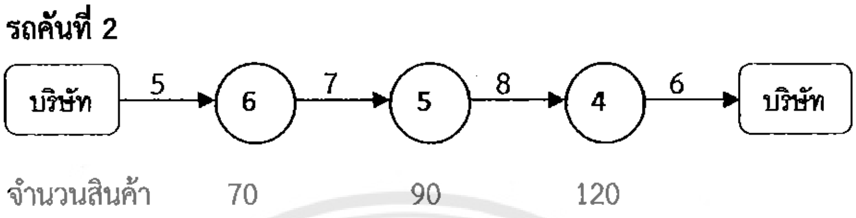
รูปที่ 2.2 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้า

สมมติว่ารูปแบบเดินทางของเส้นทางการเดินรถเป็นแบบ ดังรูปที่ 2.1 จะเห็นได้ว่ามีการใช้ยานพาหนะทั้งหมด 2 คัน โดยรถคันที่ 1 เริ่มออกจากจุดกระจายสินค้า จากบริษัทไปยังจุดรับสินค้าที่ลูกค้ารายที่ 3, 2 และ 1 จากนั้นกลับสู่จุดกระจายสินค้า หรือบริษัทจะมีระยะทางรวมเท่ากับ 19 กิโลเมตร และบรรทุกสินค้ารวม เท่ากับ 240 กิโลกรัม จึงแสดงเส้นทางการในการบรรทุกสินค้า จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าของรถบรรทุก A, B และ C ดังรูปที่ 2.3 และรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.3 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 1

ระยะทางรวม = 4 + 3 + 7 + 5 = 19 กิโลเมตร
จำนวนสินค้าที่ต้องบรรทุกรวม = 80 + 60 + 100 = 240 กิโลกรัม
รถคันที่ 2 เริ่มออกจากจุดกระจายสินค้า จากบริษัทไปยังจุดรับสินค้าที่ลูกค้ารายที่ 6,5 และ 4 ตามลำดับ จากนั้นกลับสู่จุดกระจายสินค้า หรือบริษัทจะมีระยะทางรวม เท่ากับ 26 กิโลเมตร และบรรทุกสินค้ารวม เท่ากับ 280 กิโลกรัม



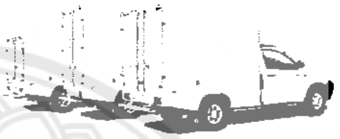
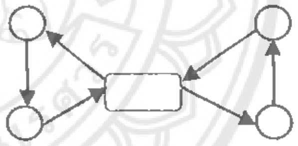
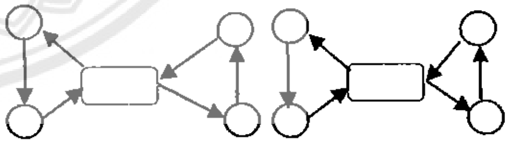
รูปที่ 2.4 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 2

ระยะทางรวม = 5 + 7 + 8 + 6 = 26 กิโลเมตร
จำนวนสินค้าที่ต้องบรรทุกรวม = 70 + 90 + 120 = 280 กิโลกรัม
โดยผลรวมของระยะทางของรถคันที่ 1 และรถคันที่ 2 ที่ให้ไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามจุดต่างๆ ได้เลือกเส้นทางที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดรวมทั้งหมด 45 กิโลเมตร และไม่เกินตามความจุของรถที่ระบุไว้ โดยรถคันที่ 1 บรรทุกสินค้าได้ 240 กิโลกรัม และรถคันที่ 2 บรรทุกสินค้าได้ 280 กิโลกรัม

2.1.2 ลักษณะและทางเลือกที่เป็นไปได้ของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (VRP)

จากปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะมีหลากหลายรูปแบบตามรายละเอียดของปัญหานั้นๆ เช่น บางปัญหาใช้รถบรรทุกสินค้ามีความจุที่เท่ากัน บางปัญหาใช้รถบรรทุกสินค้ามีความจุที่ไม่เท่ากัน และมีปัญหาแบบอื่นๆ อีกมากมาย ซึ่งจากการศึกษารายละเอียดของปัญหาที่นำมาวิเคราะห์นั้นเพื่อนำมาวิเคราะห์ และแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องโดยมีปัจจัยที่พิจารณาสรุปได้ดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงลักษณะและทางเลือกที่เป็นไปได้ของปัญหาในการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ลักษณะของปัญหา	ทางเลือกที่เป็นไปได้
2.1.2.1 ลักษณะจำนวนยานพาหนะ (Number of Vehicle)	ก. ใช้จำนวน 1 คัน ข. ใช้จำนวนมากกว่า 1 คัน
2.1.2.1 ลักษณะประเภทยานพาหนะ (Type of Vehicle)	ก. ประเภทเดียว ข. หลายประเภท
2.1.2.2 ลักษณะความจุของยานพาหนะ (Capacity of Vehicle)	ก. เท่ากันทุกคัน ข. ไม่เท่ากันทุกคัน 
2.1.2.3 ลักษณะความต้องการของลูกค้า (Customer Demand)	ก. มีความต้องการแบบคงที่ ข. มีความต้องการแบบไม่คงที่
2.1.2.4 มีข้อจำกัดทางด้านเวลา (Time Window)	ก. มีช่วงเวลาในการส่งสินค้า ข. มีช่วงเวลาในการรับสินค้าของลูกค้า
2.1.2.5 จุดกระจายสินค้า (Distribution Center)	ก. มีจุดกระจายสินค้าแห่งเดียว  ข. มีจุดกระจายสินค้าหลายแห่ง 

2.1.3 ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งของรถบรรทุกปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

จากการค้นคว้าพบได้ว่า มีการจัดแบ่งกลุ่มของต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง (คงเดช ทรงแสง, 2552) ต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) ต้นทุนผันแปร (Variable Costs) ดังนี้

2.1.3.1 ต้นทุนคงที่ (Fixed Costs) หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ไม่ผันแปรไปตามปริมาณการขนส่ง เช่น ค่าเสื่อมราคาของรถบรรทุก ค่าต่อทะเบียนรถ ค่าประกันรถ เงินเดือนพนักงานขับรถหรือพนักงานขนถ่าย เป็นต้น โดยต้นทุนชนิดนี้ยังคงต้องจ่ายไม่ว่าปริมาณงานจะเพิ่มขึ้น หรือลดลงหรือไม่โดยจะกล่าวถึงเฉพาะกรณีที่ผู้ประกอบการขนส่งเป็นผู้ลงทุนซื้อรถแล้วจ้างพนักงานขับรถเท่านั้น รายละเอียดแยกเป็น แต่ละตัวแปร ดังนี้

ก. ค่าเสื่อมราคา (Depreciation) ของรถบรรทุก

ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการคิดอัตราค่าเสื่อม แบบเส้นตรง (Straight – line Method) เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย เหมาะสำหรับรถบรรทุกที่มีการเสื่อมสภาพไปตามระยะเวลามากกว่าที่จะเสื่อมสภาพเพราะการใช้งาน และเป็นการเสื่อมสภาพใกล้เคียงกันทุกปี โดยมีสูตรในการคำนวณ

[มูลค่ารถที่ซื้อ - ค่าซากที่จะขายได้] / จำนวนอายุการใช้งาน (ปี)

ข. ผลตอบแทนของพนักงานขับรถ/พนักงานขนถ่าย

การจ่ายผลตอบแทนให้พนักงานขับรถ มีการตกลงกันได้หลายรูปแบบ ดังนี้

ข.1 จ่ายเป็นเงินเดือน บวกเบี้ยเลี้ยงเป็นรายเที่ยว

ข.2 จ่ายเป็นเงินเดือน แต่จ่ายเบี้ยเลี้ยงโดยให้เหมาค่าน้ำมันไปด้วย ซึ่งจะทำการตกลงกันเป็นกรณีไป

ค. ค่าประกันภัยสำหรับรถบรรทุก

สำหรับค่าประกันภัยรถบรรทุกนี้ ผู้เขียนขอกล่าวถึงแบบค่าประกันภัยชั้น 1 ของรถ 6 ล้อ ซึ่งสำหรับค่าเบี้ยประกันจะอยู่ประมาณ 40,000 ถึง 50,000 บาท/ปี ขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในกรมธรรม์

ง. ค่าใช้จ่ายอื่นๆ

นอกเหนือจากค่าใช้จ่ายต่างๆ ข้างต้นแล้ว ยังมีค่าใช้จ่ายอื่นๆอีก ดังนี้

ง.1 ค่าภาษีรถบรรทุก ซึ่งขึ้นอยู่กับทางกรมขนส่งทางบกเป็นผู้กำหนดค่าธรรมเนียม

ง.2 ค่าประกันภัยสินค้า โดยเฉพาะกรณีที่รับขนงานที่มูลค่าการขนส่งสูงๆ เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า เครื่องสำอาง เป็นต้น ส่วนค่าเบี้ยประกันก็แล้วแต่เงื่อนไขในกรมธรรม์

ง.3 ค่าเช่าติดตั้งระบบ GPS สำหรับติดตามผลสถานการณ์ขนส่ง เพื่อเพิ่มการใช้ประโยชน์ รถบรรทุกจะมีค่าเช่ารายเดือนประมาณ 1,200 บาท

ง.4 ค่าติดตั้งอุปกรณ์พิเศษอื่นๆ

2.1.3.2 ต้นทุนผันแปร (Variable Costs) หมายถึง ค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่ผันแปรไปตามปริมาณการขนส่ง หากมีการขนส่งมาก หรือระยะทางไกล ก็จะมีผลทำให้ต้นทุนเพิ่มขึ้น หรือลดลงตามไปด้วยเช่นกัน ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าจ้างในการขนถ่ายสินค้า เป็นต้น ดังนั้น จึงขอกล่าวรายละเอียดแยกแต่ละตัวแปร ดังนี้

ก. ค่าน้ำมันดีเซล

สำหรับสมมติฐานในการคำนวณต้นทุนน้ำมัน ที่ผู้เขียนใช้มีดังนี้ (คิดรวมทั้งรถหนัก และรถเปล่า)

ก.1 รถกระบะใช้อัตราเชื้อเพลิง 10 กม./ลิตร

ก.2 รถ 6 ล้อใช้อัตราเชื้อเพลิง 5 ถึง 6 กม./ลิตร

ก.3 รถ 18 ล้อใช้อัตราเชื้อเพลิง 2.5 ถึง 3.5 กม./ลิตร ขึ้นอยู่กับสภาพรถและแรงม้า เป็นต้น โดยมีสูตรการคำนวณ

[ระยะทางที่วิ่ง (รวมทั้งไปและกลับ) x ราคาน้ำมันดีเซล] / อัตราการใช้เชื้อเพลิง ณ วันที่ 1 ของเดือน

ปัจจุบันมีพลังงานทดแทนเกิดขึ้นมาใหม่ เช่น

ก.4 NGV (Natural Gas for Vehicle) โดยมี บริษัทการปิโตรเลียมแห่งประเทศไทย เป็นผู้ผลิตเพียงรายเดียว ซึ่งจากการทดลองพบว่ามีปัญหาเรื่องสถานีบริการ NGV ที่ยังไม่ครอบคลุมพื้นที่การขนส่งทำให้ไม่สะดวก และมีการรอคิวเป็นเวลานาน ประกอบกับช่วงที่ราคาน้ำมันดีเซลลดลงมา ทำให้จุดคุ้มทุนมีระยะเวลามากขึ้น ทำให้ไม่ค่อยมีผู้ที่สนใจจะติดตั้ง NGV

ก. 5 LPG (Liquid Petroleum Gas)

ข. ค่ายางรถบรรทุก

สูตรคำนวณ

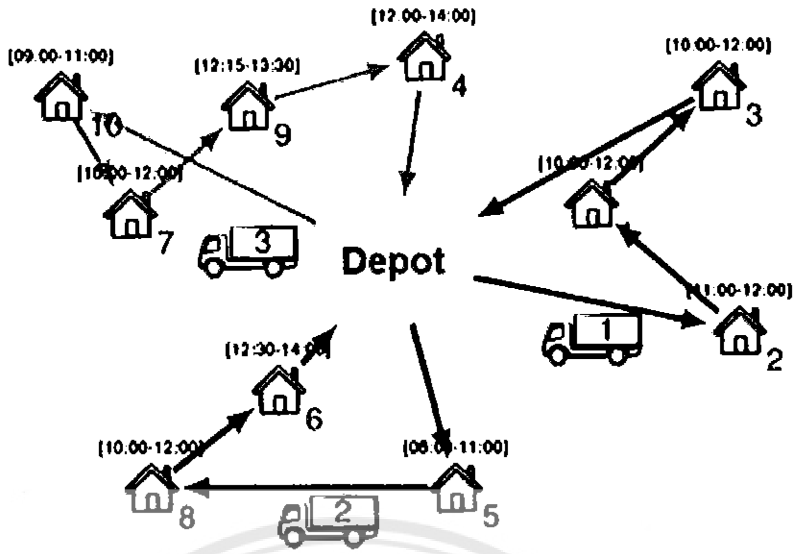
อายุการใช้งานของยาง (กม.) / [จำนวนการใช้ยาง (เส้น) x ราคายาง (บาท/เส้น)]

ค. ค่าบำรุงรักษา (Maintenance)

สำหรับค่าบำรุงรักษา คำนวณมาจากค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดจากการนำรถไปเปลี่ยนถ่ายน้ำมันเครื่อง ไส้กรองน้ำมันเครื่อง น้ำมันเบรก น้ำมัน power และน้ำมันเกียร์

2.1.4 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows : VRPTW)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา เป็นรูปแบบของปัญหาที่เพิ่มเติมเงื่อนไขข้อจำกัดเข้าไป คือ จะต้องรู้ว่าลูกค้าแต่ละรายนั้นต้องการรับสินค้าอยู่ในช่วงเวลาไหน และสามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าโดยใช้เวลาในการส่งเท่าไหร่ ถ้ามาเร็วกว่ากรอบเวลาที่ลูกค้ารับสินค้าได้ต้องรอคอยจนถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนด แต่ถ้าส่งสินค้าเกินจากเวลาที่กำหนดจะต้องทำการเสียค่าปรับให้กับลูกค้าตามจำนวนชั่วโมงที่เกินออกไป หรือตามหน่วยของสินค้า



รูปที่ 2.5 แสดงเส้นทางการขนส่งยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา

ที่มา : http://www.few.vu.nl/nl/Images/werkstuk-blok_tcm243-702884.pdf

จากรูปที่ 2.5 มีจุดกระจายสินค้า (Depot) หนึ่งแห่งส่งสินค้าไปยังลูกค้าทั้งหมด 10 ราย โดยลูกค้าแต่ละรายมีกรอบเวลาในการรับสินค้าตามกรอบเวลาที่กำหนด เช่น ลูกค้าคนที่ 2 มีการกำหนดกรอบเวลาในการรับสินค้า เวลา 11.00 น. ถึง 12.00 น. และถ้าถึงก่อนเวลาจะต้องรอจนกว่าจะถึงเวลา 11.00 น. แต่ถ้าเกินเวลา 12.00 น. จะต้องเสียค่าปรับตามเงื่อนไขที่กำหนดไว้

2.1.5 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุก (Vehicle Routing Problem with Loading Cost)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุก เป็นรูปแบบของปัญหาที่เพิ่มเติมเงื่อนไขข้อจำกัดเพิ่มเติมเข้าไป คือ เป็นค่าใช้จ่ายที่รวมปัจจัยต่างๆ เพิ่มเข้ามาประกอบด้วย ระยะทางที่ขนส่ง น้ำหนักที่บรรทุก ความเร็วยานพาหนะ สภาพถนน อัตราการใช้เชื้อเพลิง และราคาน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นปัจจัยทางตรง และตารางการจัดเส้นทาง ความเสื่อมสภาพของยานพาหนะ ค่าบำรุงรักษา และค่าจ้างพนักงาน เป็นปัจจัยทางอ้อม ดังนั้น จะต้องรู้ปริมาณความต้องการของลูกค้าแต่ละราย และระยะทางในการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้า เพื่อนำมาคำนวณค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักต่อระยะทาง และนำมาคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวม จากสมการที่ 2.1

ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด = ค่าใช้จ่ายคงที่จากการใช้ยานพาหนะ + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก + ค่าปรับจากการล่วงเวลา

จากสมการค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด =

$$c_{d1}\left(d_{r_1}+d_{r_2}+\ldots+d_{r_{m+1}}\right)+c_{g1}\left[\left(q_1+q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_1}+\left(q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_2}+\ldots+q_m d_{r_m}\right]+c_{v1}+c_P \quad (2.1)$$

(ที่มา : Tang et al. 2010)

กำหนดให้

c_d = มาจาก Distance Cost คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อระยะทาง เป็นค่าใช้จ่าย เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และค่าบำรุงรักษา เป็นต้น (บาท/กิโลเมตร)

c_g = มาจาก Loading Cost คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่อน้ำหนักต่อระยะทาง (บาท/กิโลกรัม/กิโลเมตร)

c_v = มาจาก Vehicle Cost คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ เป็นรวมค่าใช้จ่าย เช่น ค่าจ้างพนักงาน ค่าเสื่อมราคา ค่าขนถ่าย ค่าต่อทะเบียน และค่าประกัน เป็นต้น (บาท/คัน)

c_P = มาจาก Penalty Cost คือ ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)

$Q' = \{q_1+q_2+\ldots+q_m\}$ เซตความต้องการสินค้า (กิโลกรัม)

$A' = \{r_1+r_2+\ldots+r_m\}$ เซตเส้นทางระหว่างลูกค้า (กิโลเมตร)

$d_{r_i}, i \in \{1,2,\ldots,m+1\}$ ระยะทางของแต่ละเส้นทาง

จากที่ได้อธิบายมาข้างต้นนั้น เพื่อแสดงให้เห็นภาพที่ชัดเจนของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา และที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกนั้นสามารถที่จะ แสดงดังตัวอย่างที่ 2.2

ตัวอย่างที่ 2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกและมีกรอบเวลาโดยคำนวณหาค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ซึ่งกำหนดให้ลูกค้าจำนวน 6 ราย คือ 1, 2, 3, 4, 5 และ 6 และมีบริษัทเป็นจุดกระจายสินค้า โดยมีเงื่อนไขดังนี้ 1. รถต้องเริ่มออกจากบริษัทเท่านั้นแล้วต้องกลับมาที่จุดเดิม 2. รถในการบรรทุกสินค้าเป็นรถประเภทเดียวกันทุกคัน 3. รถบรรทุกมีขนาดความจุในการบรรทุกสินค้าเท่ากันทุกคัน 4. ระยะทางจากจุด i ไปยังจุด j และจากจุด j ไปยังจุด i มีระยะทางเท่ากัน เช่น จากตาราง 2.5 i คือ ลูกค้าที่ 2 ไปยัง j คือ ลูกค้าที่ 1 จะได้ระยะทาง เท่ากับ 9 กิโลเมตร เป็นต้น 5. รถแต่ละคันทำงาน 8 ชั่วโมง โดยเริ่มออกจากบริษัทเวลา 8.00 น. โดยลูกค้าสามารถรับสินค้าได้ตามเวลาที่ลูกค้าได้กำหนดไว้ ซึ่งหากส่งสินค้าเกินเวลาที่กำหนดจะต้องเสียค่าปรับตามที่กำหนด ดังตารางที่ 2.4 เช่น ลูกค้าที่ 1 ต้องการรับสินค้าเวลา 8.00 น. ถึง 12.00 น. ถ้าไปถึงก่อนเวลาที่กำหนดจะต้องรอจนถึงเวลาที่ลูกค้าจะรับสินค้าได้ แต่ถ้าเกินเวลาที่กำหนดจะเสียค่าปรับ

ชั่วโมงละ 100 บาท เป็นต้น 6. ระยะทางการขนส่งสินค้า และค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเส้นทางยานพาหนะ ดังตารางที่ 2.5 และดังตารางที่ 2.6

โดยตัวอย่างนี้กำหนดให้รถบรรทุกมีความจุในการบรรทุกสินค้า 300 กิโลกรัม และมีรถบรรทุกจำนวน 3 คัน และเพื่อให้เข้าใจถึงเส้นทางการขนส่งยานพาหนะจากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้า ได้ดังรูปที่ 2.6

ตารางที่ 2.4 การแสดงคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า

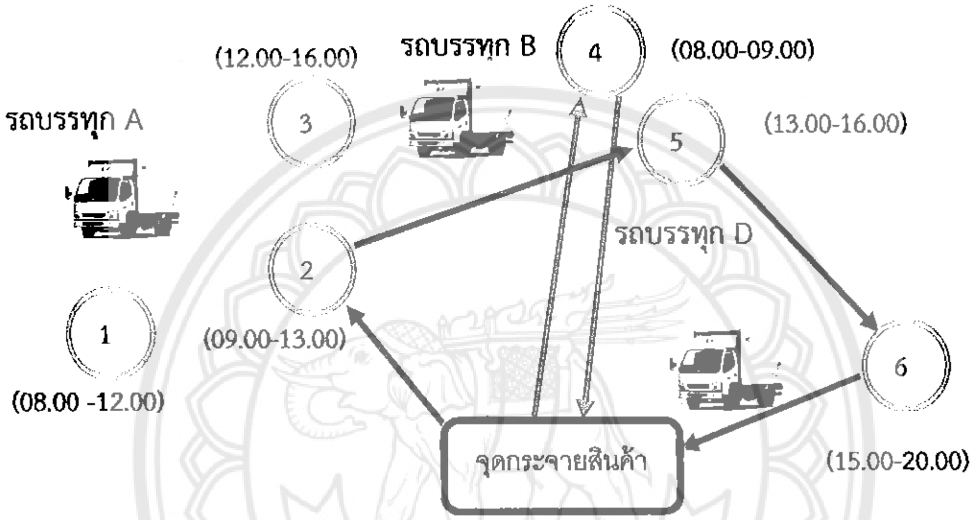
ลูกค้า	จำนวนสินค้า (กิโลกรัม)	กรอบเวลาจัดส่งสินค้า (นาฬิกา)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
1	125	8.00 ถึง 12.00	100
2	175	9.00 ถึง 13.00	105
3	150	12.00 ถึง 16.00	110
4	200	8.00 ถึง 9.00	120
5	75	13.00 ถึง 16.00	115
6	50	15.00 ถึง 20.00	105

ตารางที่ 2.5 การแสดงระยะทางการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า

i\j	บริษัท	ลูกค้า 1 (กิโลเมตร)	ลูกค้า 2 (กิโลเมตร)	ลูกค้า 3 (กิโลเมตร)	ลูกค้า 4 (กิโลเมตร)	ลูกค้า 5 (กิโลเมตร)	ลูกค้า 6 (กิโลเมตร)
บริษัท	-						
ลูกค้า 1 (กม.)	12	-					
ลูกค้า 2 (กม.)	8	9	-				
ลูกค้า 3 (กม.)	7	3	5	-			
ลูกค้า 4 (กม.)	10	2	6	9	-		
ลูกค้า 5 (กม.)	8	5	7	10	2	-	
ลูกค้า 6 (กม.)	9	7	11	4	3	6	-

ตารางที่ 2.6 การแสดงค่าใช้จ่ายในการจัดส่งเส้นทางยานพาหนะ

ชนิดรถ	ต้นทุนคงที่ (บาท)	ต้นทุนผันแปร (บาท)	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)	ต้นทุนที่บรรทุก (บาท/กิโลกรัม/กิโลเมตร)	ความจุ (กิโลกรัม)
A	300	2	80	1.5	300
B	300	1	80	2	300
C	300	3	80	1	300



รูปที่ 2.6 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้า

พิจารณาการขนส่งยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาของรถบรรทุก A, B และ C ได้ ดังนี้

รถบรรทุก A

จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่ 1

ระยะทาง 12 กิโลเมตร

ความเร็วพื้นฐาน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ในการขนส่ง = ระยะทาง/ความเร็ว

= 12/80

= 0.15 ชั่วโมง

จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่ 1 และส่งสินค้าไปยังลูกค้าที่ 3

ระยะทาง 3 กิโลเมตร

ความเร็วพื้นฐาน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ในการขนส่ง = ระยะทาง/ความเร็ว

= 3/80

= 0.04 ชั่วโมง

ดังนั้น รถบรรทุก A มีเวลาที่ใช้ในการขนส่งรวมทั้งหมด เท่ากับ 0.19 ชั่วโมง

เวลาการใช้รถบรรทุก A ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น.

รถบรรทุก B

จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่ 4

ระยะทาง 10 กิโลเมตร

ความเร็วพื้นฐาน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ในการขนส่ง = ระยะทาง/ความเร็ว

= 10/80

= 0.13 ชั่วโมง

ดังนั้น รถบรรทุก B มีเวลาที่ใช้ในการขนส่งรวมทั้งหมด เท่ากับ 0.13 ชั่วโมง

เวลาการใช้รถบรรทุก B ตั้งแต่เวลา 08.00 น. ถึง 09.00 น.

รถบรรทุก C

จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่ 2

ระยะทาง 8 กิโลเมตร

ความเร็วพื้นฐาน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ในการขนส่ง = ระยะทาง/ความเร็ว

= 8/80

= 0.1 ชั่วโมง

จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่ 2 และส่งสินค้าไปยังลูกค้าที่ 5

ระยะทาง 7 กิโลเมตร

ความเร็วพื้นฐาน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ในการขนส่ง = ระยะทาง/ความเร็ว

= 7/80

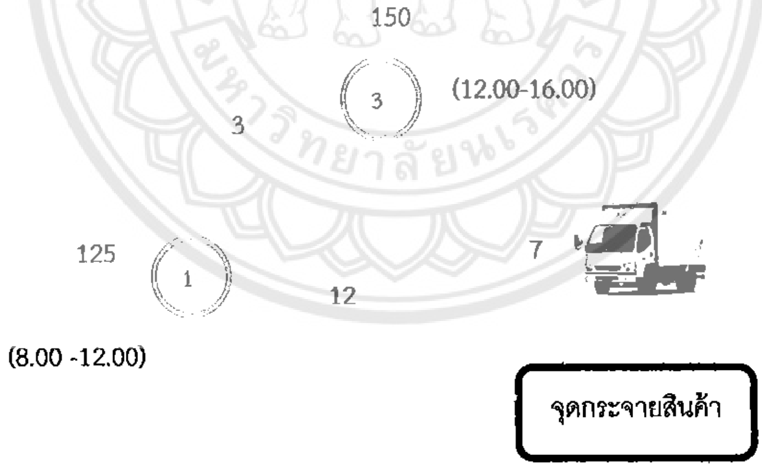
= 0.09 ชั่วโมง

จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าที่ 2 และส่งสินค้าไปยังลูกค้าที่ 5
ระยะทาง 6 กิโลเมตร
ความเร็วพื้นฐาน 80 กิโลเมตร/ชั่วโมง

เวลาที่ใช้ในการขนส่ง = ระยะทาง/ความเร็ว
= 6/80
= 0.08 ชั่วโมง
ดังนั้น รถบรรทุก C มีเวลาที่ใช้ในการขนส่งรวมทั้งหมด เท่ากับ 0.27 ชั่วโมง
เวลาการใช้รถบรรทุก C ตั้งแต่เวลา 09.00 น. ถึง 20.00 น.

สรุปได้ว่า เวลาที่ใช้ในการขนส่งของรถบรรทุก A, B และ C รวมทั้งหมด เท่ากับ 0.59 ชั่วโมง โดยเวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้าไม่เกินกรอบเวลาที่ได้กำหนดไว้จึงไม่มีค่าใช้จ่ายของค่าปรับเพิ่มเข้ามาทั้งของรถบรรทุก A, B และ C

จากตัวอย่างที่ 2.2 ได้มีเงื่อนไขของน้ำหนักบรรทุกเพิ่มเข้ามา และมีการคิดคำนวณหาค่าต้นทุนของน้ำหนักบรรทุก จึงแสดงให้เห็นถึงเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ จากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้า แบ่งได้ตามเส้นทางรถบรรทุก A, B และ C ได้ ดังรูปที่ 2.7 ดังรูปที่ 2.8 และดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.7 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก A

จากสมการ (2.1)
ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด =

$$c_{d1}\left(d_{r_1}+d_{r_2}+\ldots+d_{r_{m+1}}\right)+c_{g1}\left[\left(q_1+q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_1}+\left(q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_2}+\ldots+q_m d_{r_m}\right]+c_v+c_p$$

ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง = $c_{d1}\left(d_{r_1}+d_{r_2}+\ldots+d_{r_{m+1}}\right)$

= 2 x (12+3+7)

= 44 บาท/กิโลเมตร

ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักต่อระยะทาง = $c_{g1}\left[\left(q_1+q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_1}+\left(q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_2}+\ldots+q_m d_{r_m}\right]$

= 1.5 x [(125+150)x(12) + (150)x(3)]

= 5,625 บาท/กิโลกรัม/กิโลเมตร

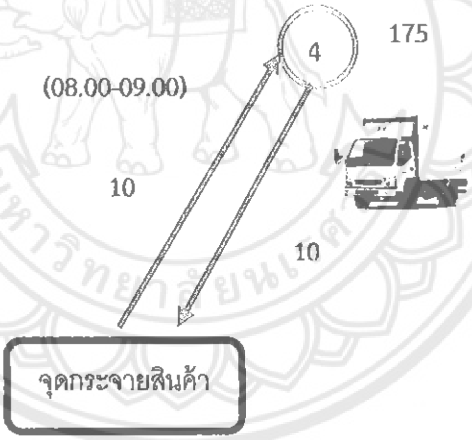
ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ เท่ากับ 300 บาท/คัน

ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด = ค่าใช้จ่ายคงที่จากการใช้ยานพาหนะ + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก + ค่าปรับจากการล่วงเวลา

= 300 + 44 + 5,625 + 0

= 5,969 บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดของรถบรรทุก A เท่ากับ 5,969 บาท



รูปที่ 2.8 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก B

จากสมการ 2.1

ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด =

$$c_{d1}\left(d_{r_1}+d_{r_2}+\ldots+d_{r_{m+1}}\right)+c_{g1}\left[\left(q_1+q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_1}+\left(q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_2}+\ldots+q_m d_{r_m}\right]+c_v+c_p$$

ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง = $c_{d1}\left(d_{r_1}+d_{r_2}+\ldots+d_{r_{m+1}}\right)$

= 1 x (10+10)

= 20 บาท/กิโลเมตร

ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักต่อระยะทาง = $c_{g1}\left[\left(q_1+q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_1}+\left(q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_2}+\ldots+q_m d_{r_m}\right]$

= 2 x [(175) x (10)]

= 3,500 บาท/กิโลกรัม/กิโลเมตร

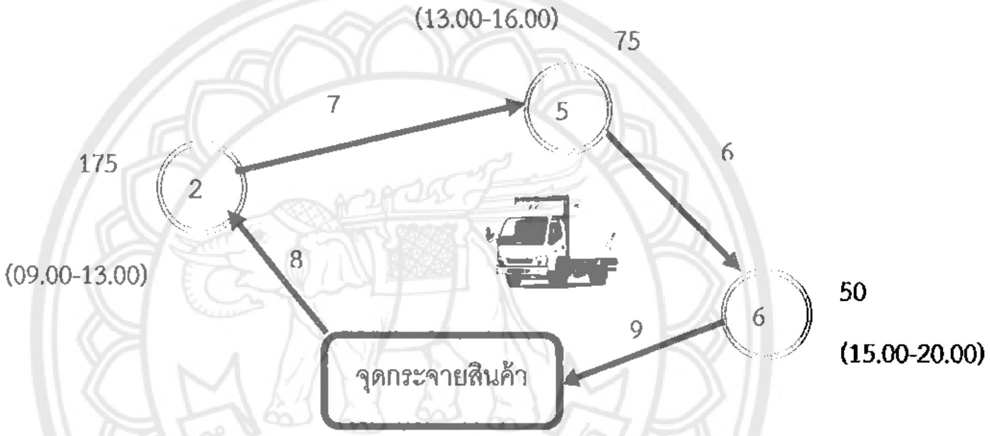
ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ เท่ากับ 300 บาท/คัน

ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด = ค่าใช้จ่ายคงที่จากการใช้ยานพาหนะ + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก + ค่าปรับจากการล่วงเวลา

= 300 + 20 + 3500 + 0

= 3,820 บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดของรถบรรทุก B เท่ากับ 3,820 บาท



รูปที่ 2.9 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้าของรถบรรทุก C

จากสมการ 2.1

ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด =

$$c_{d1}\left(d_{r_1}+d_{r_2}+\ldots+d_{r_{m+1}}\right)+c_{g1}\left[\left(q_1+q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_1}+\left(q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_2}+\ldots+q_m d_{r_m}\right]+c_v+c_p$$

ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง = $c_{d1}\left(d_{r_1}+d_{r_2}+\ldots+d_{r_{m+1}}\right)$

= 3 x (8+7+6+9)

= 90 บาท/กิโลเมตร

ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนักต่อระยะทาง = $c_{g1}\left[\left(q_1+q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_1}+\left(q_2+\ldots+q_m\right)d_{r_2}+\ldots+q_m d_{r_m}\right]$

= 1 x [(175+75+50) x (8) + (75+50) x (7) + (50) x (6)]

= 3,575 บาท/กิโลกรัม/กิโลเมตร

ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ เท่ากับ 300 บาท/คัน

ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด = ค่าใช้จ่ายคงที่จากการใช้ยานพาหนะ + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก + ค่าปรับจากการล่วงเวลา

= 300 + 90 + 3,575 + 0

= 3,965 บาท

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุดของรถบรรทุก C เท่ากับ 3,965 บาท

จากตัวอย่างที่ 2.2 สรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้าของรถบรรทุก A, B และ C ได้ค่าใช้จ่ายรวมที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 13,754 บาท

2.2 วิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic)

(ระพีพันธ์, 2554) ได้กล่าวไว้ว่า วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เป็นวิธีการประมาณคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือ ได้คำตอบที่มีคุณภาพดีเพียงพอต่อการวางแผนต่างๆ และยังช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณปัญหาที่มีขนาดใหญ่ มีประสิทธิภาพในการใช้งานได้จริง การแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกชนิดหนึ่งที่สามารถนำหลักการเดียวกันไปใช้แก้ปัญหาได้หลากหลายปัญหา ซึ่งปัจจุบันวิธีการออกแบบฮิวริสติกโดยอาศัยหลักการทางเมตาฮิวริสติกนี้ ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูงเนื่องจากคำตอบที่ได้จากวิธีการนี้ให้ผลที่ดีแก้ปัญหาได้รวดเร็ว และใช้งานได้ง่าย

วิธีการเมตาฮิวริสติกพัฒนามาจากการค้นหาคำตอบพื้นฐาน (Basic Local Search) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) การหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วย วิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu search) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing) และวิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำ (Iterated Local Search) ซึ่งวิธีการแต่ละวิธีจะมีที่มา และความแตกต่างกันแต่จะใช้การแก้ปัญหาที่คล้ายคลึงกัน

2.2.1 หลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติก

(ระพีพันธ์, 2554) จากการค้นคว้าพบว่าหลักการเบื้องต้นเมตาฮิวริสติก ได้กล่าวไว้ว่า

2.2.1.1 เมตาฮิวริสติกมีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region)

2.2.1.2 เมตาฮิวริสติกมีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดภายในระยะเวลาอันสั้น

2.2.1.3 วิธีการทางเมตาฮิวริสติกมีทั้งแบบง่ายไม่ซับซ้อน เช่น การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ หรือแบบที่ยุ่งยากซับซ้อนมากกว่า โดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) และวิธีระบบมด (Ant System) เป็นต้น

2.2.1.4 เมตาฮิวริสติกเป็นขั้นตอนการประมาณคำตอบ

2.2.1.5 เมตาฮิวริสติกอาจจะเกิดจากการรวมหลากหลายเทคนิค เพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้

2.2.1.6 เมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนมาตรฐานที่แน่นอน แม้ว่าเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ปัญหาที่แตกต่างกัน จะมีรายละเอียดของขั้นตอนย่อยที่แตกต่างกัน แต่ฮิสริสติกสำหรับปัญหาแต่ละปัญหาต้องดำเนินการตามขั้นตอนหลักของเมตาฮิวริสติกดั้งเดิม

2.2.1.7 เมตาฮิวริสติกต้องสามารถใช้ได้กับปัญหาที่หลากหลาย

2.2.1.8 เมตาฮิวริสติกอาจจะมีลักษณะเป็นคำบรรยายโดยย่อก็ได้ หรือไม่จำเป็นต้องมีหลักการทางคณิตศาสตร์

2.2.1.9 ปัจจุบันนี้เมตาฮิวริสติกใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้น ในการจำคำตอบเดิมเพื่อค้นหาคำตอบที่ไม่ซ้ำเดิม หรือแตกต่างไปจากเดิม เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม เป็นต้น

2.2.2 วิธีการพื้นฐานที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

(ระพีพันธ์, 2554) จากการค้นคว้าพบว่าวิธีการพื้นฐานที่ใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบันได้กล่าวไว้ว่า

2.2.2.1 การสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นไม่เท่ากัน (Greedy Algorithms) หมายถึง เป็นอัลกอริทึมที่จะหาคำตอบ โดยการเลือกทางออกที่ดีที่สุดที่พบได้ในขณะนั้น เพื่อได้คำตอบที่ดีที่สุดแต่ในบางครั้งการสุ่มแบบมีความน่าจะเป็นไม่เท่ากัน อาจจะไม่สามารถหาคำตอบของปัญหาที่ดีที่สุดได้เสมอไป

2.2.2.2 การเขียนโปรแกรมแบบพลวัต (Dynamic Programming) หมายถึง วิธีการหลีกเลี่ยงการคำนวณหาคำตอบซ้ำๆ โดยการแก้ปัญหาย่อยๆ ในบางครั้งไม่สามารถแบ่งปัญหาออกเป็นปัญหาย่อยๆ ได้ ถ้าพยายามแบ่งปัญหานั้นๆ ออกเป็นปัญหาย่อยที่เล็กที่สุด ขั้นตอนของอาจจะใช้เวลาทำงานเป็นแบบเอ็กซโพเนนเชียลได้ แต่เวลาที่แก้ไขปัญหาต่างๆ มักจะพบว่าต้องแก้ปัญหาย่อยๆ เหมือนกัน และซ้ำไปซ้ำมา เพื่อหลีกเลี่ยงการคำนวณหาคำตอบซ้ำๆ การเขียนโปรแกรมแบบพลวัต จึงแก้ปัญหาย่อยๆ เหล่านี้เพียงครั้งเดียวจากนั้นก็เก็บผลลัพธ์ไว้ ถ้าหากพบว่าต้องแก้ปัญหานี้อีกก็สามารถนำคำตอบที่เคยคำนวณเก็บไว้มาใช้ได้เลย โดยไม่ต้องประมวลผลใหม่จะช่วยให้ประหยัดเวลาในการทำงานได้มาก

2.2.2.3 วิธีการทำซ้ำ (Iterative Method) หมายถึง วิธีการทำซ้ำเพื่อใช้ในการหาคำตอบของระบบสมการเชิงเส้นที่มีขนาดใหญ่ อย่างมีประสิทธิภาพได้คำตอบที่เที่ยงตรง และมีค่าผิดพลาดน้อย

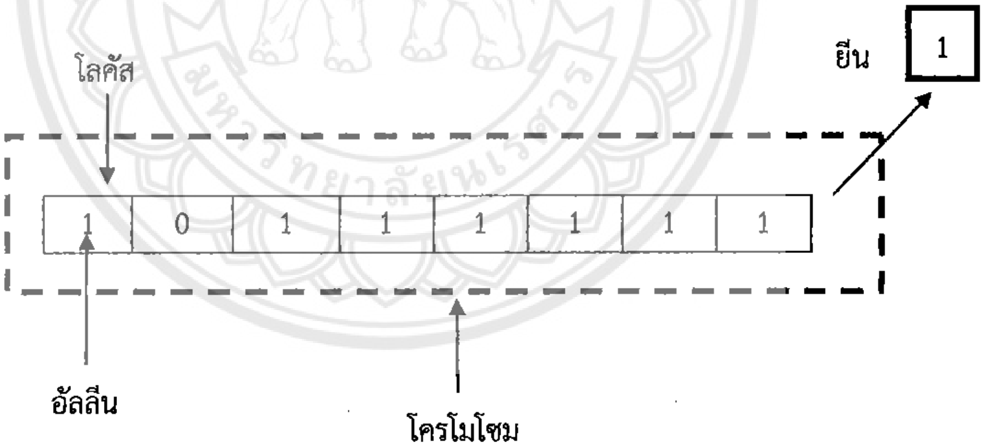
2.2.2.4 การแบ่งเป็นปัญหาย่อย (Divide and Conquer) หมายถึง การแตกปัญหาเป็นปัญหาย่อย แล้วหาคำตอบจากนั้นรวมคำตอบของปัญหาเป็นอัลกอริทึมที่จะมีการนำปัญหาหลักที่ได้มาทำการแยกออกเป็นปัญหาย่อยๆ และนำคำตอบที่ได้จากปัญหาย่อยต่างๆ มารวมกันเข้าด้วยกันโดยอัลกอริทึมนี้สามารถหาคำตอบของปัญหาได้ง่ายขึ้น จากการรวมคำตอบของปัญหาหลักนั้นเอง

2.2.2.5 กรณีการศึกษา (Case Study) หมายถึง เรื่องราว หรือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นจริง ซึ่งได้มีการรวบรวมมาเสนอให้ทราบข้อเท็จจริงพร้อมทั้งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องเพื่อจะได้ศึกษาอภิปราย

แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และวิเคราะห์เรื่องที่เกิดขึ้น แล้วสรุปแนวทางการตัดสินใจ หรือวิธีแก้ปัญหาที่เห็นว่าดีที่สุด เหมาะสม และอำนวยประโยชน์มากกว่าแนวทาง หรือวิธีแก้ปัญหาอื่นๆ จึงนำเมตาฮิวริสติกนี้ มาช่วยในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

2.3 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm : GA)

วิธีการเชิงพันธุกรรมนั้นเป็นวิธีการเลียนแบบกระบวนการทางธรรมชาติ โดยใช้ทฤษฎีของ ชาร์ล ดาร์วิน (Charles Darwin) ที่ได้กล่าวว่า วิธีการเมตาฮิวริสติกชนิดหนึ่งที่ใช้เพื่อหาค่าคำตอบโดยจำลองวิธีการชีววิทยาของการสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตมาเป็นวิธีการ เพื่อคัดเลือกคำตอบที่ดี และวิวัฒนาการจากรุ่นสู่รุ่นจะนำไปพัฒนาไปสู่คำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้น ลักษณะของวิธีเชิงพันธุกรรมนั้นใช้การแก้ปัญหาโดยการสร้างสตริงแทนลักษณะของตัวแปรที่ตัดสินใจ ชุดสตริงนั้นจะถูกเรียกว่า โครโมโซม (Chromosome) ซึ่งทำหน้าที่ควบคุม และถ่ายทอดข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมต่างๆ ซึ่งข้อมูลเหล่านั้นเรียกว่า หน่วยพันธุกรรม หรือยีน (Gene) ตำแหน่งที่ยีนอยู่จะเรียกว่า โลคัส (Locas) ส่วนค่าที่อยู่ในยีนซึ่งอาจมีหลายค่า ค่าเหล่านั้นจะถูกเรียกว่า อัลลีน (Allele) และลักษณะของยีนเรียกว่า จีโนไทป์ (Genotype) และค่าที่ได้จากการถอดรหัสจากข้อมูลเรียกว่า ฟีโนไทป์ (Phenotype) ซึ่งลักษณะของโครโมโซม ดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของโครโมโซม

ที่มา : Li, et al., 1995

(ระพีพันธ์, 2554) ได้กล่าวว่า วิธีการเชิงพันธุกรรมที่มีองค์ประกอบหลักๆ คือ การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ (Chromosome Encoding) การสร้างประชากรเริ่มต้น (Initial Population) สมการที่แทนค่าคำตอบ (Fitness Function) และวิธีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม (Genetic Operator) โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

2.3.1 การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบ

การออกแบบโครโมโซมแทนคำตอบเป็นขั้นตอนการออกแบบโครโมโซม เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาจริงที่ต้องการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางพันธุกรรม จะมีผลกับความเร็วในการหาค่าคำตอบ รวมถึงการสืบทอดพันธุกรรม เช่น การคัดเลือกสายพันธุ์ (Selection) การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) ซึ่งจะส่งผลในคำตอบสุดท้าย โครโมโซมที่ใช้แทนค่าคำตอบมีหลายวิธี ดังต่อไปนี้

2.3.1.1 การออกแบบโครโมโซมแบบไบนารี (Binary Encoding) เป็นการออกแบบโครโมโซมที่แทนที่ด้วย 0 หรือ 1 เท่านั้น ดังรูปที่ 2.11

Chromosome A 110110001101011001011010
Chromosome B 111110001010001100110111

รูปที่ 2.11 แสดงตัวอย่างโครโมโซมแบบไบนารี
ที่มา : สิทธิศักดิ์ กันทะหล้า (2551)

2.3.1.2 การออกแบบโครโมโซมแบบลำดับ (Permutation Encoding) เป็นการออกแบบโครโมโซมที่ใช้เป็นตัวเลขทั่วไปได้ เช่น ตัวเลข 1 ถึง 100 หรือ มากกว่า ซึ่งตัวเลขแต่ละตัวบอกถึงลำดับขั้นในการทำงาน หรือเดินทาง ดังรูปที่ 2.12

Chromosome A 1 2 5 6 7 9 3 4 8
Chromosome B 2 4 6 7 9 3 1 8 5

รูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างโครโมโซมแบบลำดับ
ที่มา : สิทธิศักดิ์ กันทะหล้า (2551)

2.3.1.3 การออกแบบโครโมโซมแบบใช้ค่า / เครื่องหมายจริง (Value Encoding) เป็นการออกแบบโครโมโซมที่ใช้เลขจำนวนจริง หรือใช้ตัวอักษรที่เป็นตัวแทนของคำตอบจริงๆได้เลย โดยที่ไม่ต้องแปลงค่าจากไบนารีให้เป็นขนาดการผลิต เพราะไบนารีใช้เพียง 1 ไบต์เท่านั้น ถ้าหากแทนค่า

17224503
สำนักหอสมุด
- 6 ก.พ. 2561

จำนวนจริงอาจจะต้องใช้ 10, 100, 1000 หรือมากกว่านั้นตามขนาดของเลขจำนวนจริง หรือแม้แต่การออกแบบโครโมโซมที่แทนด้วยอักษร คำ หรือสัญลักษณ์อื่นใดก็สามารถทำได้ ดังรูปที่ 2.13

Chromosome A 1.2234 2.7589 3.1234 4.5867 0.4546
Chromosome B ABCREIYUTRDSAKHHGFDRWF
Chromosome C (right), (right), (back), (back), (left)

รูปที่ 2.13 แสดงตัวอย่างโครโมโซมแบบใช้ค่า / เครื่องหมายจริง
ที่มา : สิทธิศักดิ์ กันทะหล้า (2551)

2.3.2 การสร้างประชากรเริ่มต้น

การสร้างประชากรเริ่มต้น เป็นการหาคำตอบเริ่มต้นขึ้นมา ซึ่งขั้นตอนนี้จะเกิดขึ้นก่อนเป็นขั้นตอนแรกที่จะเริ่มเข้าสู่กระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยจะต้องทำการสุ่ม เพื่อให้ได้ประชากรต้นแบบจำนวนหนึ่ง อาจจะใช้วิธีเดียวกัน หรือต่างกันก็ได้ โดยจำนวนของประชากรต้นแบบที่สร้างขึ้นมานี้ต้องเป็นพารามิเตอร์ที่จะต้องตั้งขึ้นมาก่อนที่จะเริ่มกระบวนการของวิธีการเชิงพันธุกรรม

2.3.3 สมการแทนค่าคำตอบหรือค่าความแข็งแรง

การหาสมการแทนค่าของคำตอบ คือ เป็นการหาคำตอบโดยใช้การประเมินค่าความเหมาะสมของคำตอบที่ให้ค่าที่เป็นไปได้ และอาจจะเป็นคำตอบของปัญหาที่ต้องการจะแก้ปัญหาเพื่อใช้ประเมินความเหมาะสมเท่านั้น

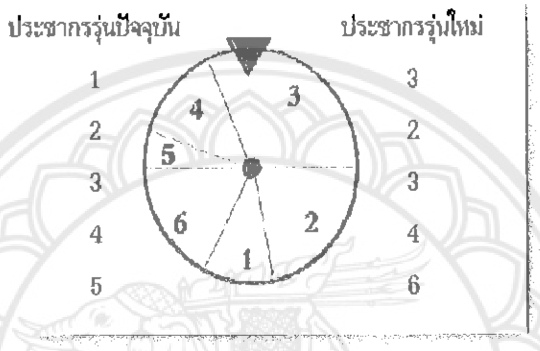
2.3.4 วิธีการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

วิธีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมนี้ จะใช้ในการปรับเปลี่ยนของข้อมูลตลอดกระบวนการเชิงพันธุกรรม ได้แก่ การคัดเลือกสายพันธุ์ การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และการกลายพันธุ์ ซึ่งจะเป็นกระบวนการที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนคำตอบเพื่อหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

2.3.4.1 การคัดเลือกสายพันธุ์ มาเป็นโครโมโซมพ่อและแม่ ในการสืบสายพันธุ์นั้นจะเป็นวิธีที่ทำให้เกิดผลลัพธ์ที่น่าพอใจที่สุด เช่น การคัดเลือกแบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection) การคัดเลือกตามความแข็งแรง การคัดเลือกแบบจัดลำดับ (Ranking Selection)

การคัดเลือกโดยการแข่งขัน (Tournament Selection) และอื่นๆ อีกมากมายหลายวิธีได้มาเพื่อหาวิธีการคัดเลือกโครโมโซมที่ดีที่สุด

ก. การคัดเลือกสายพันธุ์แบบวงล้อเสี่ยงทายจะใช้ความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก ซึ่งจะถูกกำหนดโดยอัตราส่วนค่าคำตอบของแต่ละโครโมโซม เทียบกับคำตอบรวมของโครโมโซมทั้งหมด และนำเอาอัตราส่วนความน่าจะเป็นที่ได้มาสร้างวงล้อเสี่ยงทาย และทำการสุ่มค่าร้อยละขึ้นมา เพื่อพิจารณาเลือกโครโมโซมจากการเสี่ยงทาย โดยที่ค่าคำตอบยิ่งดีโอกาสในการถูกเสี่ยงทายก็มาก ดังรูปที่ 2.14



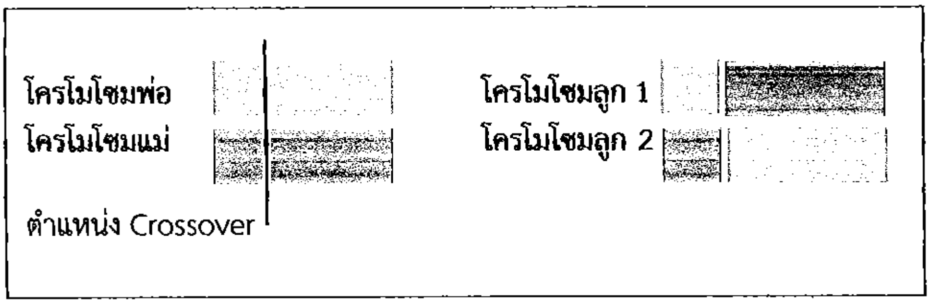
รูปที่ 2.14 การคัดเลือกด้วยวงล้อเสี่ยงทาย
ที่มา : อภิรักษ์ ขัดวิลาศ, 2554

ข. การคัดเลือกแบบจัดลำดับ (Ranking Selection) คือ การจัดอันดับคะแนนความเหมาะสมของประชากร และกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามการจัดอันดับนั้น

ค. การคัดเลือกโดยการแข่งขัน (Tournament Selection) คือ การสุ่มจับคู่เปรียบเทียบจากกลุ่มประชากร และคัดเลือกผู้ชนะจากการเปรียบเทียบนั้น

2.3.4.2 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เป็นวิธีที่สำคัญของวิธีการเชิงพันธุกรรม จะเลือกโครโมโซมพ่อและแม่มาผสมกัน เพื่อจะได้โครโมโซมใหม่ขึ้นมา จากนั้นจะใช้วิธีที่ง่ายที่สุด คือ สุ่มตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และการทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ของพ่อ และคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ของแม่รวมกันจะได้ลูกตัวที่ 1 ออกมา จากนั้นทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ของแม่ และคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ของพ่อรวมกันจะได้ลูกตัวที่ 2 ออกมา

ก. เป็นการแสดงการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบสองจุด (Two Point) ซึ่งวิธีนี้จะแตกต่างจากการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจุดเดียว คือ เพิ่มจุดที่เลือกมาจากพ่อ และเพิ่มจุดเป็นสองจุด ดังนั้น ลูกในรุ่นถัดไปจะมีจุดเด่นของพ่อแม่เป็นสองจุด ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 แสดงการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์

สามารถเลือกตำแหน่งในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ได้ จะขึ้นอยู่กับการเข้ารหัสโครโมโซม และลักษณะของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์จะสร้างตามลักษณะของปัญหาที่ปรับปรุงได้ตามประสิทธิภาพของวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังนั้น เมื่อโครโมโซมพ่อและแม่ ดังรูปที่ 2.16

พ่อ =	3	5	9	1	2	6	7
แม่ =	5	6	4	1	2	3	9

รูปที่ 2.16 แสดงโครโมโซมพ่อและแม่

จากรูปที่ 2.16 ต้องทำการสุ่มจุดตัดบนโครโมโซม (ตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์) หลังจากนั้นต้องแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ โดยทำการคัดลอกทุกอย่างที่อยู่หน้าตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ของพ่อ และคัดลอกทุกอย่างหลังตำแหน่งการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ของแม่รวมกัน ดังรูปที่ 2.17

ลูก 1 =	3	5	4	1	2	3	9
ลูก 2 =	5	6	9	1	2	6	7

รูปที่ 2.17 แสดงโครโมโซมลูกที่เกิดจากการส่งผ่านยีนของพ่อและแม่

ข. เป็นการแสดงการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ (Lock Zero) ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ที่ตัดจากพ่อและแม่ โดยกำหนดให้จุด 0 นั้นอยู่กับที่แล้วเลือกตำแหน่งที่ไม่ใช่ 0 ถึงจะทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ให้กับลูกในรุ่นถัดไป

ค. วิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) ได้ถูกคิดค้นและนำเสนอโดย Goldberg and Lingle ซึ่งในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์วิธีนี้จะเริ่มต้นจากการสุ่มเลือกจุดตัดมา 2 จุด ซึ่งทำการตัดสมาชิกในรุ่นพ่อและแม่ และต้องมีจุดตัดที่ตรงกัน แล้วนำมาทำการสลับยีนที่อยู่ในช่วงของโครโมโซม ซึ่งขั้นตอนการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่มีดังต่อไปนี้

ค.1 ทำการสุ่มช่วงของคำตอบของโครโมโซมพ่อและแม่ แล้วนำช่วงที่ตัดโครโมโซมของพ่อคัดลอกไปยังลูก 1 ดังรูปที่ 2.18

พ่อ	8	4	7	3	6	2	5	1	9	0
แม่	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
ลูก				3	6	2	5	1		

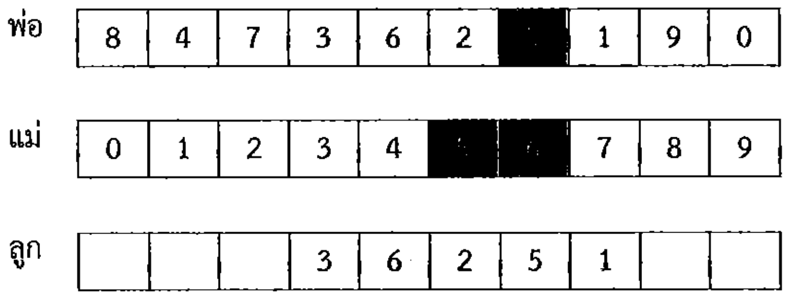
รูปที่ 2.18 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 1

ค.2 4 คือ ค่าแรกในเส้นแบ่งของแม่ที่ไม่อยู่ในลูก จะให้ 6 เป็นค่าในตำแหน่งเดียวกันกับของพ่อ และหาค่า 6 ในของแม่สังเกตว่ายังคงอยู่ในช่วงที่ทำการตัดแบ่ง ดังนั้น จึงกลับไปที่ขั้นตอน ค.2 โดยใช้ 6 เป็นค่า ดังรูปที่ 2.19

พ่อ	8	4	7	3	[illegible]	2	5	1	9	0
แม่	0	1	2	3	[illegible]	5	[illegible]	7	8	9
ลูก				3	6	2	5	1		

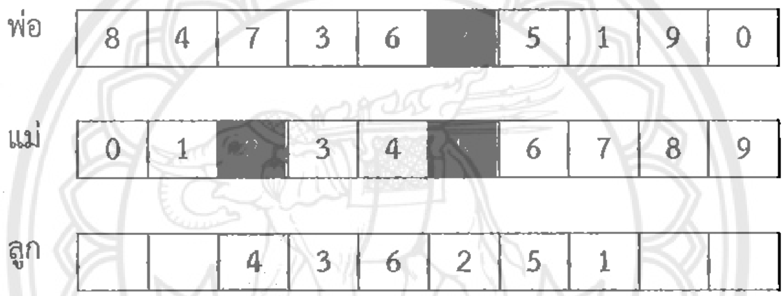
รูปที่ 2.19 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 2

ค.3 ทำซ้ำขั้นตอนที่ ค.2 อีกครั้งเห็นว่า 5 อยู่ในตำแหน่งเดียวกันในพ่อ และหาตำแหน่ง 5 ในแม่นอกจากนี้ยังอยู่ในแนวตรง ดังนั้น จึงทำซ้ำขั้นตอน ค.2 อีกครั้งด้วย 5 ดังรูปที่ 2.20



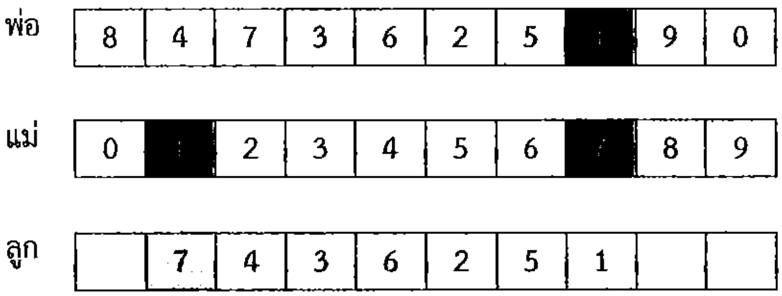
รูปที่ 2.20 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 3

ค.4 ทำซ้ำขั้นตอน ค.2 เห็นว่า 2 อยู่ในตำแหน่งเดียวกันในพ่อ และหา 2 ในแม่ ในตำแหน่งที่ 3 สุดท้ายได้รับตำแหน่งในลูกสำหรับค่า 4 จากขั้นตอนที่ 2 รูปที่ 2.21



รูปที่ 2.21 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 4

ค.5 7 คือ ค่าถัดไปในเส้นตรงในพ่อ ซึ่งยังไม่รวมอยู่ในลูก ดังนั้น จึงตรวจสอบค่าเดียวกันในพ่อ และดู 1 ในตำแหน่งนั้นต่อไปจะตรวจสอบ 1 ในแม่ และหาได้ในอันดับที่ 2 เนื่องจากตำแหน่งที่ 2 ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของช่วงที่ทำการตัดแบ่ง จึงพบค่า 7 ดังรูปที่ 2.22



รูปที่ 2.22 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 5

ค.6 ได้ค่าต่างๆทั้งหมด ดังนั้น ค่าที่ได้จากแม่ จะลดลงไปยังลูกถ้าต้องการที่จะสร้างลูก 2 ที่มีพ่อแม่เหมือนกันเพียงแค่เปลี่ยนพ่อแม่ และเริ่มต้นใหม่ ดังรูปที่ 2.23

พ่อ	8	4	7	3	6	2	5	1	9	0
แม่	0	~~1~~	~~2~~	~~3~~	~~4~~	~~5~~	~~6~~	~~7~~	8	9
ลูก	0	7	4	3	6	2	5	1	8	9

รูปที่ 2.23 แสดงวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ขั้นตอนที่ 6

2.3.4.3 การกลายพันธุ์

การกลายพันธุ์จะเกิดขึ้นหลังจากที่การแลกเปลี่ยนเสร็จสิ้น จะทำให้การสุ่มประชากรเปลี่ยนแปลงผลที่ได้จากการแลกเปลี่ยน หมายความว่า รุ่นลูกที่เกิดจากการผสมของพ่อและแม่ จะทำการนำรุ่นลูกที่ได้มาดำเนินการกลายพันธุ์ต่อไป ซึ่งการกลายพันธุ์พันธุศาสตร์จะทำให้ได้ลักษณะใหม่ๆเกิดขึ้น ดังรูปที่ 2.24

3	5	2	1	2	3	9

↓

3	5	1	1	2	3	9

รูปที่ 2.24 แสดงการกลายพันธุ์

2.3.5 พารามิเตอร์ (Parameter)

พารามิเตอร์ คือ ปัจจัยที่ส่งผลต่อการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม เช่น ขนาดของประชากร จำนวนรุ่นประชากร ความน่าจะเป็นของการเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และความน่าจะเป็นของการเกิดการกลายพันธุ์ เป็นต้น

2.3.5.1 ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover Probability) คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 โดยทั่วไปค่าความเหมาะสมของความน่าจะเป็นในการเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์จะอยู่ที่ ร้อยละ 60 ถึง ร้อยละ 95 และในกรณีที่ไม่เกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เกิดขึ้นจะเป็นการทำสำเนา (Copy) รูปแบบของพันธุกรรมจากพ่อแม่ไปสู่ลูกเลย ยกตัวอย่างการทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เช่น กำหนดให้ ความ

น่าจะเป็นของการเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ มีค่าเป็น ร้อยละ 85 ถ้าทำการสุ่มเลือกตัวเลขขึ้นมาเพื่อเปรียบเทียบกับค่าความน่าจะเป็นของการเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ ได้เท่ากับ 20 คือ อยู่ในช่วงที่น้อยกว่า หรือเท่ากับ 85 ในกรณีจะยอมให้เกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์เกิดขึ้น เป็นต้น

2.3.5.2 ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation Probability) คือ ความน่าจะเป็นของการเกิดการกลายพันธุ์จะมีค่าอยู่ในช่วง 0 ถึง 100 ส่วนใหญ่ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดการกลายพันธุ์ จะถูกกำหนดไว้ให้อยู่ในช่วงร้อยละ 0 ถึง ร้อยละ 1 ต่อตำแหน่งของโครโมโซมในกรณีที่ไม่มีการกลายพันธุ์ นั่นหมายความว่า มีเพียงการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เกิดขึ้นเพียงอย่างเดียว แต่ถ้าหากว่า เกิดการกลายพันธุ์ ร้อยละ 100 จะทำให้ทุกตำแหน่งในโครโมโซมมีการเปลี่ยนแปลงทั้งหมด ซึ่งสำหรับในวิธีการเชิงพันธุกรรมนั้นอาจเกิดกรณี

2.3.5.3 ขนาดของประชากร (Population Size) หรือจำนวนของประชากรในแต่ละรุ่น ถ้ามีจำนวนมากเกิดไปจะทำให้ต้องเสียเวลาในการประมวลผลมาก และทำงานได้ช้าลง หรือหากน้อยเกินไปก็จะทำให้การค้นหานั้นสามารถที่จะเข้าสู่คำตอบที่น้อยที่สุดได้ช้าเกินไป

2.3.5.4 จำนวนรุ่นประชากรสูงสุด (Number of Generation) เป็นการวนหาค่าคำตอบของประชากรเพื่อคัดเลือกหารุ่นประชากร เมื่อวนหาค่าคำตอบแล้วจะได้ค่าคำตอบที่ดีที่สุด ดังนั้น จะได้จำนวนรุ่นประชากรที่สูงสุด จึงทำการหยุดการประมวลผล

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)

การออกแบบการทดลอง (Design of Analysis of Experiment : DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติขั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการ เพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปตามที่ต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัด ระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือ วิธีการโดยทั่วไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One-Factor-at-a-Time, OFAT) จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมาก และยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

2.4.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

การใช้หลักการสถิติในการออกแบบ และวิเคราะห์การทดลองเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้ทำการทดลองต้องมีความเข้าใจวิธีการเก็บข้อมูลตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา ซึ่งขั้นตอนของการออกแบบการทดลอง สามารถสรุปได้ ดังนี้

2.4.1.1 กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem Statement) กำหนดหัวข้อปัญหาจะต้องชัดเจนเข้าใจง่าย และเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่กำลังเป็นปัญหา (What) ลักษณะของปัญหาเป็นเช่นไรขนาดไหน (How) และพบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาใด (Where)

2.4.1.2 การเลือกปัจจัย (Choice of Factor) การกำหนดระดับของปัจจัย (Treatment) จำเป็นที่จะต้องเลือกปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการอย่างแท้จริง ซึ่งสามารถเลือกจากกรรมวิธีคัดกรองโดยเครื่องมือทางสถิติ

2.4.1.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of Response Variable) การเลือกตัวแปรตอบสนองจะต้องเน้นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัด และวัดด้วยกระบวนการวัดอื่นๆ เช่น การนับ และจะต้องเป็นตัวแปรที่สื่อถึงกระบวนการที่ต้องการศึกษานั้นได้ดีด้วย เป็นต้น

2.4.1.4 การเลือกแบบทดลอง (Choice of Experiment Design) การเลือกแบบทดลอง เช่น การกำหนดจำนวนสิ่งตัวอย่าง วิธีการเลือกสิ่งตัวอย่าง วางแผนการทำการทดลอง วิธีการบันทึกผลการทดลอง และการกำหนดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ เป็นต้น

2.4.1.5 ดำเนินการทดลอง (Performing the Experiment) ดำเนินการทดลองให้เป็นไปตามแผนการทั้งวิธีการดำเนินการ ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

2.4.1.6 การวิเคราะห์ข้อมูล (Statistical Analysis of Data) ในการวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้ความรู้ทางด้านสถิติเข้ามาวิเคราะห์ และสรุปผลรวมทั้งตัดสินความถูกต้องของข้อมูลที่เกิดขึ้นก่อนที่จะตีความข้อมูล และวิธีการทางสถิติไม่สามารถบอกได้ว่าปัจจัยมีผล (Effect) เท่าใดแน่นอน แต่เป็นเพียงเครื่องมือที่ให้แนวทางในการวิเคราะห์ภายใต้ช่วงของความเชื่อมั่นในการสรุปผล

2.4.1.7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ ผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจที่ไปที่มาของข้อมูลดี และมองออกว่าผลที่ได้เป็นเช่นนั้น เพราะอะไร การดำเนินการมีข้อบกพร่องตรงไหน มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะได้รับรู้ เผื่ออนาคตได้ดำเนินการทดลองบ้างก็จะเอาไปเป็นบรรทัดฐานได้ ผู้บริหารหน่วยงานอาจจะสนใจข้อวิเคราะห์ ความคิดเห็น ของผู้ดำเนินการมากกว่าผลที่ปรากฏก็เป็นได้

2.4.2 ส่วนประกอบต่างๆของการทดลอง

2.4.2.1 วิธีปฏิบัติ หรือทรีทเมนต์ (Treatment) หมายถึง สิ่ง หรือวิธีที่ผู้ดำเนินการทดลองปฏิบัติต่อสิ่งทดลองเพื่อวัดผลเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ของการทดลอง

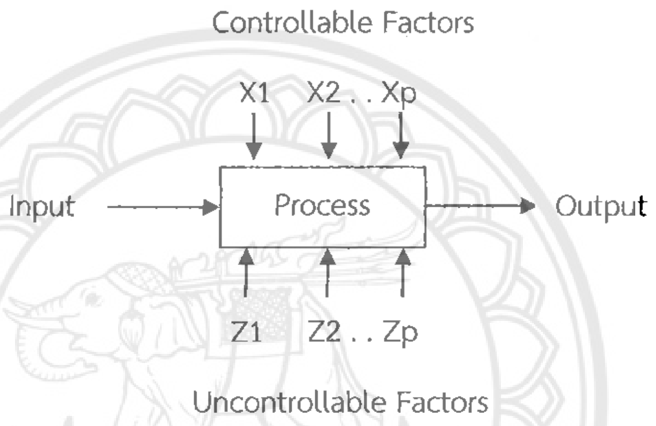
2.4.2.2 ปัจจัย (Factor) หมายถึง สิ่งที่คิดว่ามีผลต่อตัวแปรตอบสนอง และนำมาพิจารณาในการทดลอง ปัจจัยอาจมีลักษณะเป็นเชิงคุณภาพ หรือเชิงปริมาณก็ได้ กลุ่มของทรีทเมนต์ทั้งหลายที่มีความเกี่ยวข้องกัน (A Particular Class of Related Treatment) อาจใช้คำว่าตัวแปรอิสระแทนก็ได้ ดังรูปที่ 2.25 และสามารถแบ่งออกได้เป็น

ก. ปัจจัยที่ควบคุมได้ (Controllable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่สามารถกำหนด ค่าของปัจจัยนั้นได้ในการดำเนินการทดลอง ซึ่งเป็นผลดีต่อการทดลองเพราะโดยส่วนใหญ่ผู้ทำการทดลองต้องการกำหนดค่าต่างๆที่คิดว่ามีผลตอบสนองที่สนใจ

ข. ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ (Uncontrollable Factors) หมายถึง ปัจจัยที่ไม่สามารถกำหนดค่าของปัจจัยนั้นได้ อาจจะเนื่องมาจากมีข้อจำกัดทางด้านเทคโนโลยี และต้นทุน ปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้ แบ่งออกเป็น

ค. ตัวแปรรบกวน (Noise Variable หรือ Background Variable) หมายถึง ตัวแปรที่มีผลต่อตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) ในการทดลองแต่ไม่ใช้ปัจจัยที่กำลังทำการศึกษาส่วนใหญ่มัก ได้แก่ เวลา หรือเครื่องมืออุปกรณ์ เป็นต้น

ง. ตัวแปรการรบกวน (Nuisance Variable) หมายถึง ตัวแปรที่ผลต่อตัวแปรตอบสนองแต่ไม่ทราบมาก่อน สามารถกำจัดอิทธิพลของตัวแปรการรบกวนได้โดยการสุ่ม



รูปที่ 2.25 ปัจจัยและพารามิเตอร์ของกระบวนการ

จ. ตัวแปรตอบสนอง (Response Variable) หมายถึง ตัวแปรที่ถูกสังเกต หรือวัดค่าในการทดลอง หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าตัวแปรตาม ซึ่งเป็นตัวแปรที่สะท้อนให้เห็นถึงอิทธิพลของตัวแปรอิสระ ในการทดลองหนึ่งๆ อาจวัดค่าตัวแปรตามมากกว่า 1 ก็ได้ การเลือกตัวแปรตามที่ดีควรพิจารณาจากความไว ความเชื่อถือได้ การแจกแจงของตัวแปรนั้น และความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้ในการเลือกตัวแปรตามต้องพิจารณาว่า ค่าสังเกตที่ได้จากทรีทเมนต์หนึ่งๆ ควรมีการแจกแจงปกติโดยประมาณ ซึ่งข้อสมมติในเรื่องความเป็นปกตินี้เป็นสิ่งจำเป็น ในการออกแบบการทดลอง ซึ่งอาจจะใช้การแปลงข้อมูล ค่าสังเกตที่มีการแจกแจงไม่ปกติเป็นปกติได้

2.4.3 หลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง

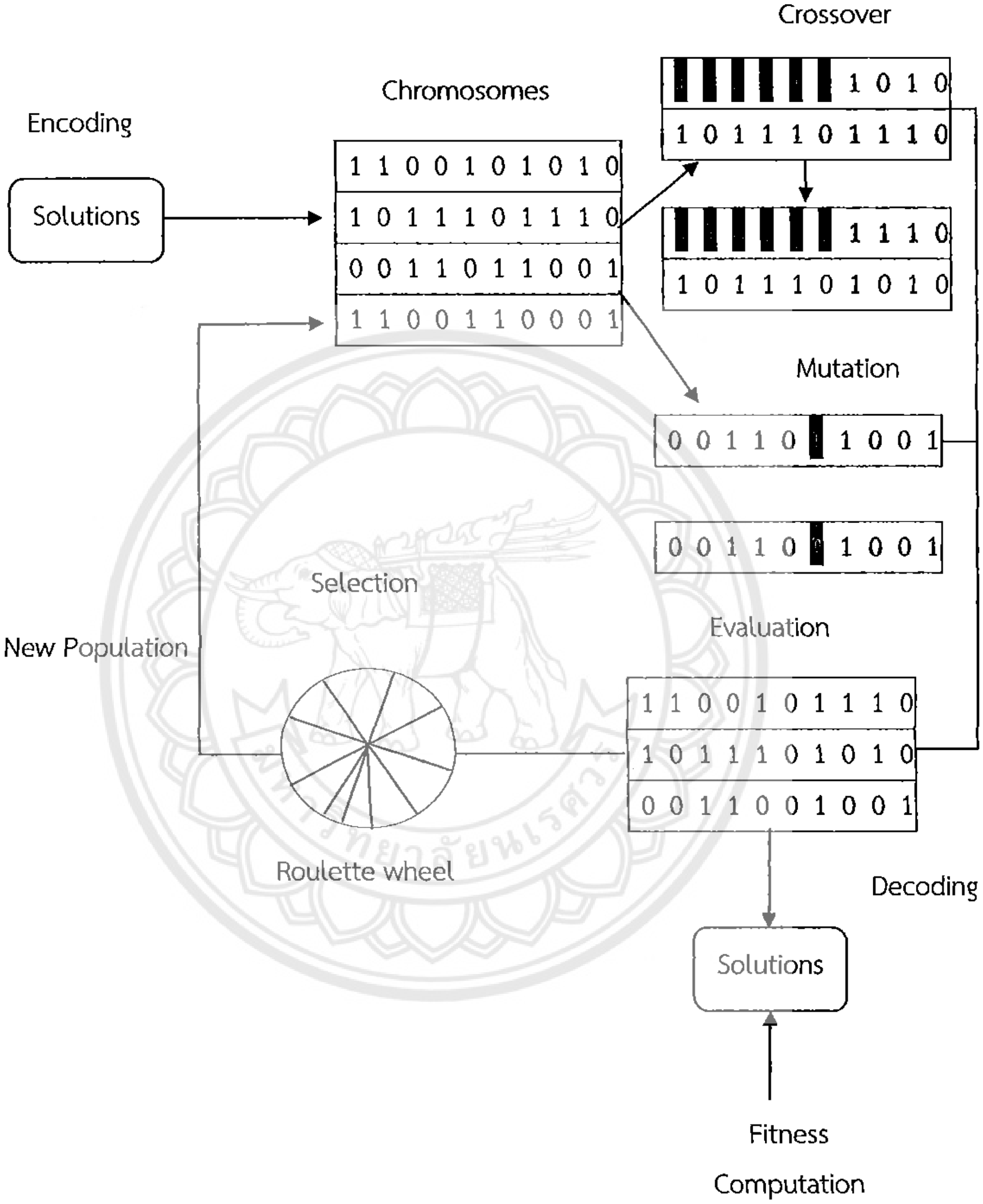
2.4.3.1 การทดลองซ้ำ (Replication) มีสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ทำให้การทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ และถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งการทดลองเรพลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้

2.4.3.2 การทำแบบสุ่ม (Randomization) การทำแบบสุ่ม คือ การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลอง และลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลจะต้องเป็นปัจจัยแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบสุ่ม และที่มีการกระจายแบบอิสระ การที่สุ่มการทดลองทำให้สามารถลดผลปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้

2.4.3.3 บล็อกกลิ้ง (Blocking) บล็อกกลิ้งเป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลองบล็อกอันหนึ่งอาจจะหมายถึง ส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลอง ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน มากกว่าเซตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆ ภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกลิ้ง

2.5 ขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนการทำงานค้นหาคำตอบของวิธีการเชิงพันธุกรรมอย่างง่าย ดังรูปที่ 2.26



รูปที่ 2.26 แสดงขั้นตอนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม

2.6 ภาษา Visual Basic for Application บน Excel

Visual Basic for Application เป็นภาษาที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของโปรแกรม Microsoft Excel ให้ทำงานอัตโนมัติได้ตามต้องการ นอกจากนั้นผู้ใช้โปรแกรมยังสามารถสร้างโปรแกรมต่างๆ เพิ่มเติมบน Microsoft Excel, Microsoft Word, Power Point โดยจุดเด่นของ Microsoft Excel ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมาก การคำนวณที่ซับซ้อน สร้างรายงานและสร้างแบบจำลอง ทำให้การเขียนโปรแกรม Visual Basic for Application สามารถดึงเครื่องมือต่างๆ ที่มีอยู่ใน Microsoft Excel มาใช้งานได้ทันที เพื่อให้สามารถเขียนคำสั่งควบคุมส่วนต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง ดังนี้

2.6.1 Workbook

เป็นส่วนที่ใหญ่ที่สุด ไว้สำหรับเก็บข้อมูลของไฟล์ทั้งหมด ซึ่งภายในจะประกอบด้วย Worksheet ต่างๆ

2.6.2 Worksheet

เป็นแผ่นงานที่มีลักษณะเหมือนตารางที่มีแถว และคอลัมน์ติดกัน ซึ่งส่วนที่ติดกันเป็นช่องๆ ไว้สำหรับป้อนข้อมูลเรียกว่า เซลล์

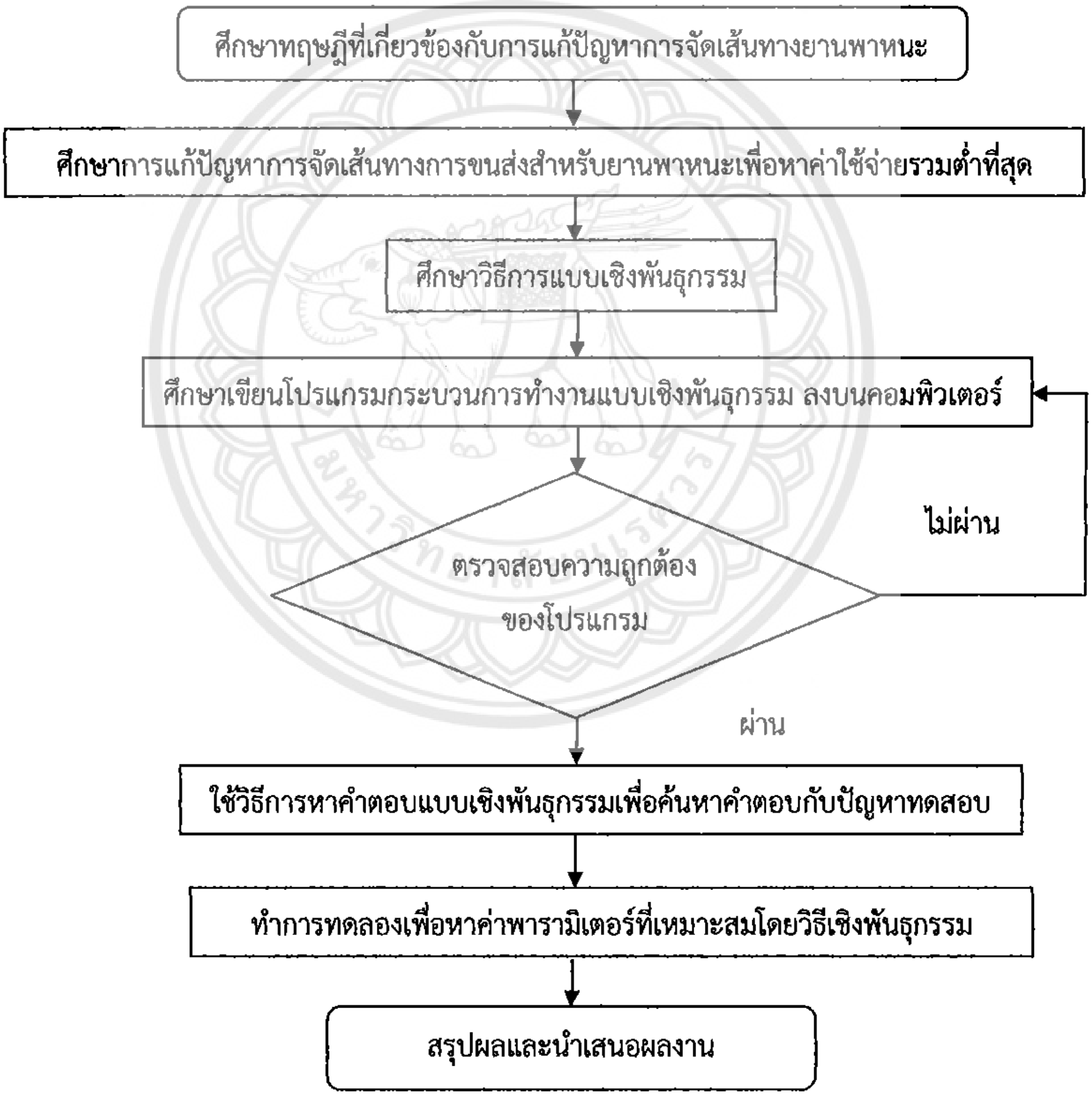
2.6.3 Modules

เป็นส่วนที่ไว้สำหรับเก็บคำสั่งรหัสรวมทั้ง Macro ต่างๆ ที่บันทึกไว้ เพื่อให้สามารถเรียกขึ้นมาใช้งานได้ในภายหลัง

ข้อดีของการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual Basic for Application ใน Microsoft Excel เช่น การทำให้ Excel ทำงานซ้ำๆ มากกว่าหนึ่งครั้ง การสั่งให้ Excel ทำงานตามเงื่อนไขที่เกิดขึ้น การเชื่อมต่อฐานข้อมูลโดยเงื่อนไขในการค้นหาข้อมูล การสร้างเมนูเพิ่มขึ้นใน Excel และการสร้างระบบงานใน Excel ที่เหมือนโปรแกรมสำเร็จรูป ดังนั้น Visual Basic for Application จึงมีการประยุกต์ใช้การอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่มีใช้ทั่วไปในเครื่องคอมพิวเตอร์แทบจะทุกเครื่อง โดยเฉพาะในงานวางแผน และบริหารจะช่วยให้ทำงานได้ง่าย และรวดเร็วยิ่งขึ้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

หลังจากที่ได้มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 และบทที่ 2 แล้ว เพื่อทำให้การศึกษาวิธีการให้สามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงมีการดำเนินงานที่เป็นลำดับขั้นตอน ซึ่งแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

3.1.1 ศึกษารูปแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

3.1.2 ศึกษารูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง ในการรับ – ส่ง สินค้าตามที่ลูกค้าได้กำหนดไว้อย่างชัดเจน

3.1.3 ศึกษาวิธีการดำเนินงานเพื่อหาคำตอบ

3.2 ศึกษารูปแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

3.2.1 ศึกษารูปแบบการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด

3.2.2 ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยมีข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

3.2.2.1 คลังสินค้ามีแห่งเดียว

3.2.2.2 กรอบเวลาของคลังสินค้าจะต้องครอบคลุมเวลาของลูกค้าทั้งหมด

3.2.2.3 ลูกค้าแต่ละรายได้รับสินค้าจากยานพาหนะคันเดียว และครั้งเดียวเท่านั้น

3.2.2.4 ลูกค้าแต่ละรายมีกรอบเวลาในการรับสินค้า

3.2.2.5 ระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละรายสมมาตรกัน

3.2.2.6 ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งต้องออกเดินทาง และกลับคลังสินค้า

3.2.2.7 ความจุ และจำนวนยานพาหนะเพียงพอต่อการขนส่งสินค้า

3.2.2.8 ระยะเวลาในการเดินทางขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ

3.2.2.9 ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ

3.2.2.10 ถ้ายานพาหนะเดินทางมาถึงก่อนกรอบเวลาจะต้องรอเวลาให้บริการ (คิดเฉพาะการเดินทางที่เลยกรอบเวลา)

3.2.2.11 เวลาในการให้บริการขึ้นอยู่กับจำนวนสินค้าที่ลูกค้าต้องการ

3.2.2.12 ถ้ายานพาหนะเดินทางมาถึงล่วงกรอบเวลาท้าย และให้บริการเกินเวลาจะคิดค่าปรับ (คิดตามหน่วยเวลาที่เลยไป)

3.2.2.13 ความต้องการของลูกค้าทราบล่วงหน้าบางส่วน

3.2.2.14 เมื่อยานพาหนะออกจากคลังสินค้าไม่ต้องกลับไปเติมสินค้า แต่คำนวณเส้นทางใหม่ภายใต้สินค้าที่มีอยู่

3.2.2.15 ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับน้ำหนัก และประเภทของยานพาหนะ

3.2.2.16 ค่าใช้จ่ายขึ้นอยู่กับน้ำหนักต่อระยะทาง

3.2.2.17 ปริมาณความต้องการของลูกค้าจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ

3.2.2.18 ยานพาหนะแต่ละคันจะใช้เส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น ในการขนส่งสินค้าให้ลูกค้า

3.2.2.19 ยานพาหนะที่ไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าเสร็จแล้วต้องกลับที่จุดกระจายสินค้าเสมอ

3.3 ศึกษาวิธีการแบบเชิงพันธุกรรม

ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพ และการเรียนรู้ ด้วยการเรียนแบบทฤษฎีการวิวัฒนาการทางชีววิทยา โดยอาศัยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ เพื่อหาค่าคำตอบที่ดีที่สุด โดยวิธีการเชิงพันธุกรรมมีจุดเด่นในด้านความทนทานต่อค่าความผิดพลาดได้ง่าย จึงเลือกที่จะนำวิธีการเชิงพันธุกรรมมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ

3.4 ศึกษาเขียนโปรแกรมกระบวนการทำงานแบบเชิงพันธุกรรม ลงบนคอมพิวเตอร์

ศึกษาเขียนโปรแกรมกระบวนการทำงาน ลงบนคอมพิวเตอร์ด้วยภาษา Visual Basic for Application (VBA) บน Microsoft Excel ซึ่งเป็นภาษาที่มีอยู่ใน Microsoft Excel ที่นิยมนำมาใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลจำนวนมากๆ และจำพวกงานที่ซับซ้อน โดยสามารถเรียกคำสั่ง Microsoft Excel มาใช้งานได้เลย เช่น การสั่งให้โปรแกรมทำตามเงื่อนไขที่กำหนด การทำงานซ้ำๆ มากกว่าหนึ่งครั้ง เป็นต้น ดังนั้น ภาษา Visual Basic for Application (VBA) จึงทำงานได้อย่างรวดเร็ว และง่ายต่อการเข้าใจ เพราะเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่มีใช้กันในคอมพิวเตอร์ทั่วไป

3.5 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

โดยการทดลองความถูกต้องของค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมด้วยการตรวจสอบจากค่าคำตอบเปรียบเทียบโดยใช้วิธีอื่น เช่น การคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข หรือการใส่ค่าคำตอบที่ทราบค่าใช้จ่ายรวมอยู่แล้วลงไปในโปรแกรม เป็นต้น

3.6 ใช้วิธีการหาคำตอบแบบเชิงพันธุกรรมเพื่อค้นหาคำตอบกับปัญหาทดสอบ

ประมวลผลคำตอบที่ได้จากวิธีการเชิงพันธุกรรม มาทดสอบกับโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นในแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทดสอบประสิทธิภาพค่าคำตอบที่ดีที่สุด

3.7 ทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีเชิงพันธุกรรม

3.7.1 พิจารณาโจทย์ทีละข้อในโจทย์ โดยจะทำการแบ่งโจทย์ปัญหาออกเป็น 3 ขนาด

3.7.2 พิจารณาโจทย์ทีละข้อในโจทย์ข้อที่สนใจทำการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างน้อย 500 คำตอบ

3.7.3 ทำการทดลองของโจทย์ข้อนั้นโดยเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังต่อไปนี้

3.7.4 นำผลลัพธ์จากการ Run ทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนในโปรแกรม Minitab 16 เพื่อดูว่าพารามิเตอร์ใดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของค่าคำตอบบ้าง จากนั้นทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโจทย์ที่พิจารณาอยู่

3.7.5 เลือกโจทย์ข้อต่อไปแล้วทำซ้ำตั้งแต่ 1-5 จนกระทั่งพิจารณาโจทย์ครบทุกข้อจึงหยุดการทดลอง

3.7.6 นำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่ได้เลือกจากโจทย์แต่ละข้อมาทำการ Run หาค่าคำตอบ หรือเก็บค่าคำตอบไว้ก่อน แล้วนำค่าคำตอบไป Run ซ้ำอีก 10 รอบ จากนั้นจะได้ค่าคำตอบใหม่แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีของกลุ่มอื่น

3.8 สรุปผลและนำเสนอผลงาน

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจากโปรแกรมมาวิเคราะห์ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม และจัดทำรูปเล่มเสนอต่อคณะกรรมการคุมสอบโครงงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

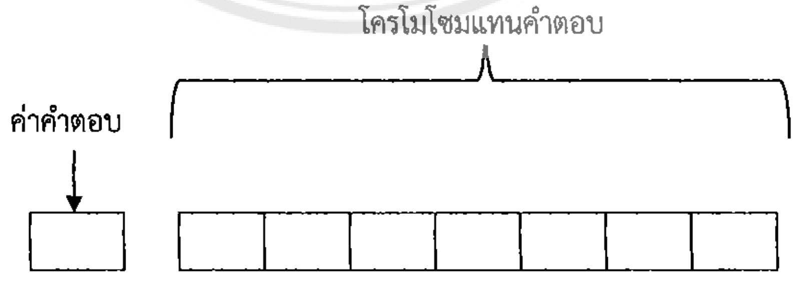
บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการดำเนินโครงงานในการหาค่าคำตอบจากการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อนำค่าคำตอบที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งในส่วนนี้จะกล่าวถึงการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) แบบการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อให้ผู้ใช้เข้าใจวิธีการทำงานของกระบวนการทางพันธุกรรมทั้ง 2 แบบจากโจทย์ทั้ง 3 ขนาด คือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ โดยมีรายละเอียดในส่วนต่างๆ ดังต่อไปนี้

4.1 การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบ การประเมินคำตอบ และการหาค่าคำตอบ

4.1.1 การสร้างโครโมโซมแทนคำตอบ

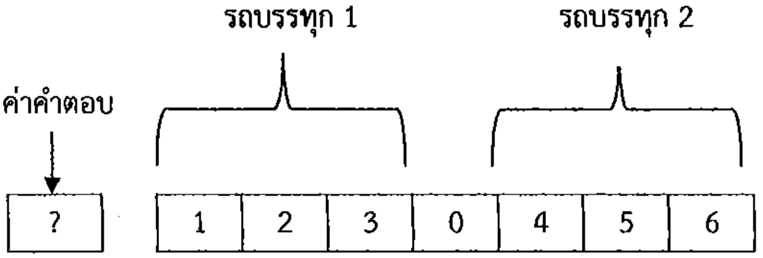
การแก้ปัญหาด้วยวิธีการเชิงพันธุกรรม การสร้างโครโมโซมจะมีผลต่อความเร็วของกระบวนการหาค่าคำตอบ โดยโครโมโซมแทนคำตอบที่ออกแบบในโครงงานนี้ จะถูกแบ่งออกเป็นช่วงๆ แต่ละช่องเรียกว่า “ยีน” จำนวนช่องทั้งหมดในแต่ละแถวเรียกว่า “โครโมโซม” โครโมโซม (N) จะเท่ากับจำนวนลูกค้า (n) บวกกับจำนวนรถบรรทุก (k) ลบหนึ่ง (หรือ N = n + k - 1) ภายในโครโมโซมจะบอกถึงการจัดเส้นทางการขนส่งเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมของรถบรรทุกในแต่ละคัน โดยที่แต่ละคันในโครโมโซมจะมียีนที่มีค่าเป็นศูนย์ (0) แยกรถแต่ละคันภายในโครโมโซม ดังรูปที่ 4.1 แสดงโครโมโซมแทนคำตอบ n = 6 และ k = 2 จะได้โครโมโซม (N) = 6 + 2 – 1 = 7



รูปที่ 4.1 แสดงโครโมโซมแทนคำตอบ n = 6 และ k = 2

ตัวอย่างที่ 4.1 กำหนดให้มีลูกค้า 6 ราย และมีรถบรรทุก 2 คัน โครโมโซมแทนคำตอบนี้ได้จากการสุ่มตัวเลขขึ้นมาหนึ่งชุด โดยกำหนดให้เป็น 1 – 2 – 3 – 0 – 4 – 5 - 6 ซึ่งหมายถึงรถบรรทุกคันที่ 1 เริ่มออกจากจุดกระจายสินค้าส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ 1, 2 และ 3 และกลับมาที่จุด

กระจายสินค้า ส่วนรถบรรทุกคันที่ 3 เริ่มออกจากจุดกระจายสินค้าส่งให้ลูกค้ารายที่ 4, 5 และ 6 ตามลำดับ และกลับมาที่จุดกระจายสินค้า โดยจะมีโครโมโซมแทนคำตอบ ดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการสร้างโครโมโซมแทนคำตอบของตัวอย่างที่ 4.1

4.1.2 การประเมินคำตอบ

เมื่อทำการสร้างโครโมโซมแทนคำตอบเรียบร้อยแล้ว จะนำโครโมโซมที่ได้ไปประเมินคำตอบโดยจะแบ่งการประเมินออกเป็น 2 ส่วน คือ การละเมิดข้อกำหนดด้านเวลา และการละเมิดข้อกำหนดด้านความจุของรถบรรทุก ถ้าหากโครโมโซมที่ได้มีการละเมิดข้อกำหนดจะมีการเพิ่มค่าปรับทำให้ค่าใช้จ่ายรวมของค่าคำตอบมากขึ้น

4.1.2.1 การตรวจสอบการละเมิดข้อกำหนดด้านเวลา

การตรวจสอบการละเมิดข้อกำหนดด้านเวลา จะเป็นการตรวจสอบว่าส่งสินค้าให้ลูกค้าได้ตรงตามช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ หรือไม่ โดยปัจจัยที่ตรวจสอบ คือ ช่วงเวลาการรับสินค้าของลูกค้า เวลาในการเดินทาง และเวลาในการขนส่งถ่ายสินค้า เพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบ คือ ช่วงเวลาการรับสินค้าของลูกค้า เวลาในการเดินทาง และเวลาในการขนถ่ายสินค้า เพื่อให้เข้าใจวิธีการตรวจสอบการละเมิดข้อกำหนดด้านเวลามากขึ้น แสดงดังตัวอย่างที่ 4.2

ตัวอย่างที่ 4.2 กำหนดให้มีลูกค้า 6 ราย รถบรรทุก 2 คัน มีช่วงเวลาการรับสินค้าของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.1 มีเวลาในการเดินทางซึ่งเป็นการขนส่งสินค้าจากจุดกระจายสินค้า หรือลูกค้า i ไปยังลูกค้า j หรือกลับไปที่จุดกระจายสินค้า เช่น การขนส่งสินค้าจากจุดกระจายสินค้า 0 ไปยังลูกค้ารายที่ 4 มีเวลาในการเดินทางเท่ากับ 1 แสดงดังตารางที่ 4.2 และมีค่าปรับจากการส่งสินค้าไม่ทันเท่ากับ 200 บาท/ชั่วโมง โดยสมมติให้เวลาในการขนถ่ายเท่ากับ 1 ชั่วโมง และเวลาเริ่มต้นในการเดินทางไปส่งสินค้าเริ่มต้นที่ชั่วโมงที่ 0

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของตัวอย่างโจทย์การประเมินคำตอบ

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า	ช่วงเวลาในการรับสินค้า (ชั่วโมงที่)	
		เปิดรับสินค้า	ปิดรับสินค้า
1	15	5	8
2	10	3	7
3	9	1	5
4	20	2	3
5	5	3	6
6	15	1	3

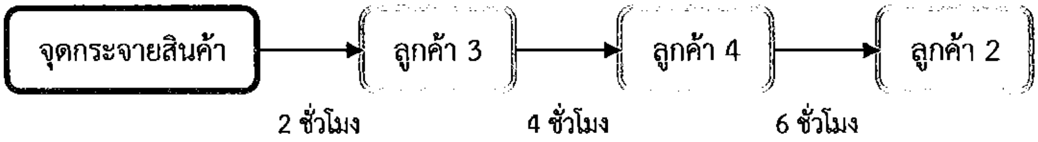
ตารางที่ 4.2 แสดงเวลาในการเดินทางของตัวอย่างโจทย์การประเมินคำตอบ **(ชั่วโมง)**

i\j	0	1	2	3	4	5	6
0	0	1	3	1	2	1	3
1	1	0	1	2	3	2	1
2	3	1	0	1	1	2	3
3	3	2	1	0	1	3	2
4	2	1	1	1	0	1	2
5	1	3	3	3	3	0	1
6	1	3	2	2	3	3	0

สมมติโครโมโซมแทนคำตอบที่ต้องการประเมินคำตอบ คือ 3 – 4 – 2 – 0 – 6 – 5 – 1

พิจารณารถบรรทุกแบบมีกรอบเวลาของรถบรรทุก 1 และ 2 ได้ ดังนี้

รถบรรทุก 1 ไปยังลูกค้า (3 – 4 – 2) เริ่มจากจุดกระจายสินค้าไปส่งยังลูกค้ารายที่ (3) ซึ่งมีระยะเวลาในการเดินทาง 1 ชั่วโมง และบวกเวลาในการขนถ่าย 1 ชั่วโมง รวม 2 ชั่วโมง จากนั้นลูกค้าที่ (3) ไปยังลูกค้าที่ (4) มีระยะเวลาในการเดินทาง เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และบวกเวลาในการขนถ่าย 1 ชั่วโมง รวม 4 ชั่วโมง เนื่องจากเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าที่ (4) คือ เวลา 2-3 ชั่วโมง ซึ่งเกินเวลาในการรับสินค้ามาส่งในเวลาชั่วโมงที่ 4 ดังนั้น จึงเสียค่าปรับ 2000 บาท และจากนั้นลูกค้าที่ (4) ไปยังลูกค้าที่ (2) มีระยะเวลาเดินทางรวมจากลูกค้าที่ (3), (4) ไปยังลูกค้าที่ (2) เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และบวกเวลาขนถ่าย 1 ชั่วโมง รวม 6 ชั่วโมง ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงช่วงเวลารับสินค้าของรถบรรทุกคันที่ 1

รถบรรทุก 2 ไปยังลูกค้า (6 – 5 – 1) เริ่มจากจุดกระจายสินค้าไปส่งยังลูกค้ารายที่ (6) ซึ่งมีระยะเวลาในการเดินทาง 3 ชั่วโมง และบวกเวลาในการขนถ่าย 1 ชั่วโมง รวม 4 ชั่วโมง เนื่องจากเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าที่ (4) คือ เวลา 1-3 ชั่วโมง ซึ่งมาส่งในเวลาชั่วโมงที่ 4 ดังนั้นจึงเสียค่าปรับ 2000 บาท จากนั้นลูกค้าที่ (6) ไปยังลูกค้าที่ (5) มีระยะเวลาในการเดินทาง เป็นเวลา 5 ชั่วโมง และบวกเวลาในการขนถ่าย 1 ชั่วโมง รวม 6 ชั่วโมง และจากนั้นลูกค้าที่ (5) ไปยังลูกค้าที่ (1) มีระยะเวลาเดินทางรวมจากลูกค้าที่ (6), (5) ไปยังลูกค้าที่ (1) เป็นเวลา 8 ชั่วโมง และบวกเวลาขนถ่าย 1 ชั่วโมง รวม 9 ชั่วโมง เนื่องจากเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าที่ (1) คือ เวลา 5-8 ชั่วโมง ซึ่งมาส่งในเวลาชั่วโมงที่ 9 ดังนั้น จึงเสียค่าปรับ 2000 บาท ดังรูปที่ 4.4

รูปที่ 4.4 แสดงช่วงเวลารับสินค้าของรถบรรทุกคันที่ 2

4.1.2.2 การตรวจสอบการละเมิดข้อกำหนดด้านความจุของรถบรรทุก

การตรวจสอบการละเมิดข้อกำหนดด้านความจุของรถบรรทุก จะตรวจสอบว่าสินค้าที่ส่งให้ลูกค้าของรถบรรทุกแต่ละคันเกินความจุของรถบรรทุก หรือไม่ โดยมีปัจจัยที่ตรวจสอบ คือ ความต้องการของลูกค้า และความจุของรถบรรทุก เพื่อให้เข้าใจในวิธีการตรวจสอบการละเมิดข้อกำหนดด้านความจุของรถบรรทุกมากขึ้น

4.1.3 การหาค่าคำตอบ

เมื่อทำการประเมินคำตอบเรียบร้อยแล้ว ก็สามารถทำการหาค่าคำตอบของค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ซึ่งในส่วนของค่าใช้จ่ายจะแบ่งเป็น 3 ส่วน คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ค่าปรับจากการละเมิดข้อกำหนดด้านเวลา และค่าปรับจากการละเมิดข้อกำหนดด้านความจุของรถบรรทุก เพื่อให้เข้าใจกระบวนการในการหาค่าคำตอบมากขึ้น

4.2 การซ่อมแซมคำตอบ

เป็นการซ่อมแซมคำตอบ ซึ่งจะทำการซ่อมแซมคำตอบของแต่ละโครโมโซมที่มีการละเมิดความจุของรถบรรทุก หรือเกินความจุของรถบรรทุก เพื่อให้เข้าใจมากขึ้นจึงได้แสดงขั้นตอนรายละเอียดดังตัวอย่างที่ 4.3

ตัวอย่างที่ 4.3 ให้มีลูกค้าทั้งหมด 5 ราย คือ 1, 2, 3, 4, และ 5 ราย ซึ่งลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการสินค้า เท่ากับ 20, 20, 35, 15, และ 45 หน่วย ตามลำดับ และให้มีรถบรรทุกทั้งหมด 3 คัน ซึ่งรถแต่ละคันมีความจุเท่ากันทุกคัน เท่ากับ 50 หน่วย ดังรูปที่ 4.5

0	2	0	3	1	0	5	4	0

รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 1

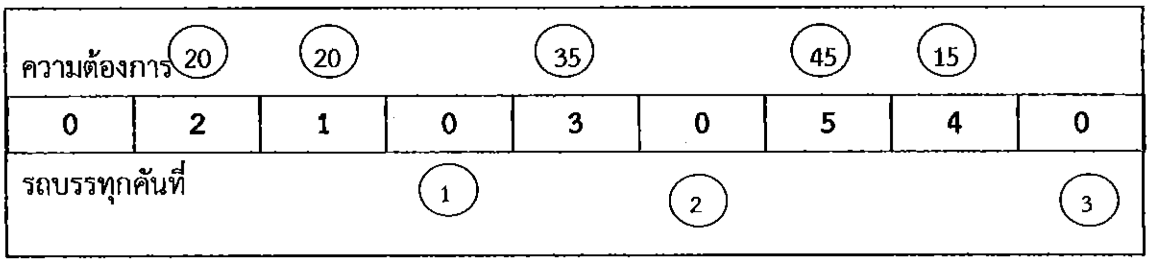
ทำการเช็คความต้องการของลูกค้าว่าเกินความจุของรถบรรทุก หรือไม่ ดังรูปที่ 4.6 จะเห็นได้ว่ารถบรรทุกคันที่ 1 ลูกค้ารายที่ 2 มีความต้องการ เท่ากับ 20 หน่วย, รถบรรทุกคันที่ 2 ลูกค้ารายที่ 3 และ 1 มีความต้องการ เท่ากับ 35 และ 20 หน่วย และรถคันที่ 3 ลูกค้ารายที่ 5 และ 4 มีความต้องการ เท่ากับ 45 และ 15 หน่วย ซึ่งจะเห็นได้ว่า รถบรรทุกคันที่ 2 และ 3 เกินความจุของรถ

ความต้องการ	20		35	20		45	15	
0	2	0	3	1	0	5	4	0
รถบรรทุกคันที่		1			2			3

รูปที่ 4.6 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 2

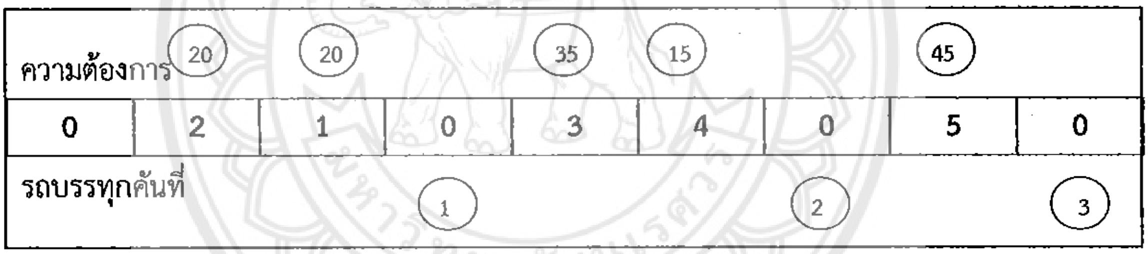
พิจารณารถบรรทุกคันที่ 2 และ 3 ที่มีความจุเกิน ซึ่งจะทำการซ่อมแซมคำตอบในรถที่เกินความจุ โดยย้ายลูกค้าคนสุดท้ายของรถบรรทุกคันที่เกิน นำไปแทรกรถคันที่ 1 ก่อนเสมอ ถ้ารถคันนั้นเต็มแล้วก็จะนำไปแทรกคันถัดไป ดังรูปที่ 4.7 จะเห็นได้ว่า รถคันที่ 2 เกินความจุ เท่ากับ 55 หน่วย

ดังนั้นลูกค้าคนสุดท้ายจะถูกนำไปแทรกคันที่ 1 ลูกค้าคนที่ 1 ถูกย้ายไปคันที่ 1 ซึ่งจะได้ความจุรวมเท่ากับ 40 หน่วย ดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 3

รถคันที่ 3 เกินความจุ เท่ากับ 60 หน่วย ดังนั้น ลูกค้าคนสุดท้ายจะถูกนำไปแทรกคันที่ 1 ลูกค้าคนที่ 4 ถูกย้ายไปคันที่ 1 แต่คันที่ 1 ถ้าแทนจะได้ความจุ เท่ากับ 55 หน่วย ซึ่งความจุจะเกิน ดังนั้นจึงย้ายมารถถัดไปจะได้ความจุรวม เท่ากับ 50 หน่วย ดังรูปที่ 4.8



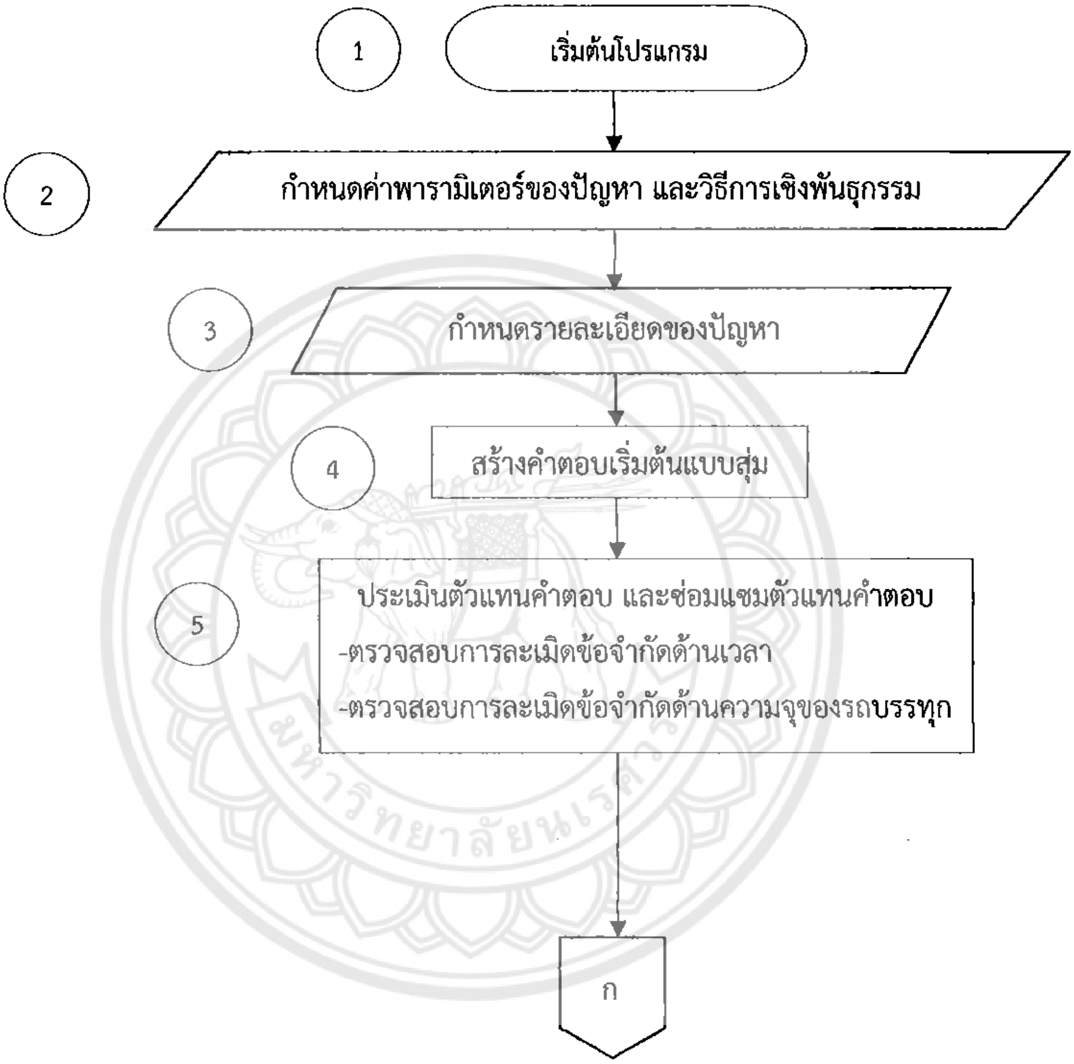
รูปที่ 4.8 แสดงขั้นตอนซ่อมแซมคำตอบที่ 4

4.3 กระบวนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม

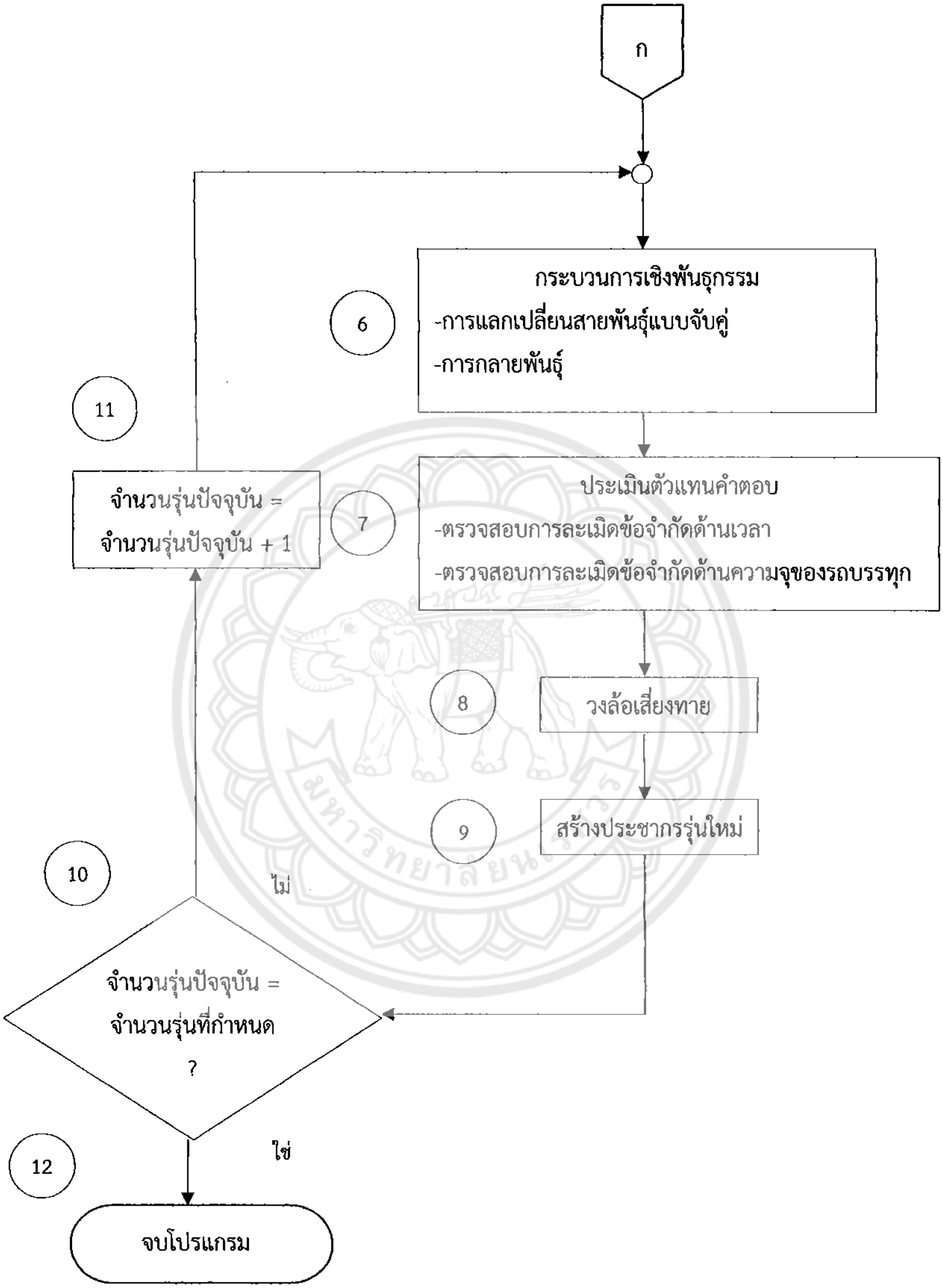
กระบวนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมนี้ เป็นการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยการหาค่าคำตอบเริ่มต้นและประเมินคำตอบเพื่อค่าใช้จ่ายซึ่งกระบวนการทางพันธุกรรม 2 วิธี คือ การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ และการกลายพันธุ์

4.3.1 วิธีการเชิงพันธุกรรมแบบตัวแทนคำตอบ

วิธีการเชิงพันธุกรรมแบบตัวแทนคำตอบ คือ วิธีการทางพันธุกรรมที่มีการสร้างตัวแทนคำตอบเริ่มต้นแบบสุ่ม และนำตัวแทนคำตอบที่ได้มาประเมินคำตอบ เพื่อหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า และเข้าสู่กระบวนการทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรม ดังแสดงในรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 การทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบตัวแทนคำตอบ



รูปที่ 4.9 (ต่อ) การทำงานของวิธีการเชิงพันธุกรรมแบบตัวแทนคำตอบ

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่าการทำงานของโปรแกรมวิธีการเชิงพันธุกรรม มีขั้นตอนดังนี้

4.3.1.1 ขั้นตอนที่ 1 เป็นการเริ่มต้นโปรแกรมจากหน้าต่างของโปรแกรมที่แสดงเมื่อเปิดใช้งานโปรแกรม

4.3.1.2 ขั้นตอนที่ 2 เป็นการกำหนดค่าพารามิเตอร์ของวิธีการเชิงพันธุกรรม ได้แก่ จำนวนประชากร หรือจำนวนโครโมโซมแทนคำตอบ จำนวนรุ่น (จำนวนรอบในการหาคำตอบ) กำหนดให้จำนวนรุ่นปัจจุบันเริ่มต้นที่ 0 ค่าความน่าจะเป็นของการเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และค่าความน่าจะเป็นของการเกิดการกลายพันธุ์ กำหนดจำนวนลูกค้า จำนวนรถบรรทุก ความจุของรถบรรทุก และเวลาเริ่มต้นของรถบรรทุก

4.3.1.3 ขั้นตอนที่ 3 เป็นการกำหนดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ความต้องการของลูกค้า เวลาเปิด – ปิดรับสินค้า เวลาในการขนถ่ายสินค้า และเวลาในการเดินทาง

4.3.1.4 ขั้นตอนที่ 4 เป็นการสร้างประชากรเริ่มต้นขึ้นมาด้วยวิธีการสุ่มยีนในโครโมโซม

4.3.1.5 ขั้นตอนที่ 5 ประเมินคำตอบว่าเกินความจุของรถบรรทุก หรือไม่ เวลาในการส่งอยู่ในช่วงที่ลูกค้ากำหนด หรือไม่ และคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางรวมกับค่าปรับจากการประเมินคำตอบ และทำการซ่อมแซมคำตอบที่ละเมิดความจุ

4.3.1.6 ขั้นตอนที่ 6 การคำนวณค่าใช้จ่ายรวมทั้งหมด คิดค่าใช้จ่ายคงที่, ค่าใช้จ่ายผันแปร, ค่าใช้จ่ายของน้ำหนัก และค่าปรับของเวลา

4.3.1.7 ขั้นตอนที่ 7 เป็นการประเมินคำตอบของประชากรรุ่นใหม่ว่าเกินความจุของรถบรรทุก หรือไม่ เวลาในการส่งอยู่ในช่วงที่ลูกค้ากำหนด หรือไม่ และคำนวณค่าใช้จ่ายในการเดินทางกับค่าปรับจากการประเมินคำตอบ

4.3.1.8 ขั้นตอนที่ 8 เป็นการคัดเลือกประชากรรุ่นใหม่ โดยจะนำประชากรของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ การกลายพันธุ์ และประชากรชุดเดิม มาคัดเลือกด้วยวงล้อเสี่ยงทาย

4.3.1.9 ขั้นตอนที่ 9 สร้างประชากรรุ่นใหม่ ซึ่งประชากรใหม่ที่ได้มาจากประชากรเริ่มต้น, ประชากรจากการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และประชากรที่มาจากการกลายพันธุ์

4.3.1.10 ขั้นตอนที่ 11 เป็นการเปรียบเทียบว่าจำนวนรุ่นปัจจุบันเท่ากับจำนวนรุ่นที่กำหนด หรือไม่ ถ้ายังไม่เท่าให้ไปทำขั้นตอนที่ 12 แต่ถ้าเท่ากันแล้วให้ทำขั้นตอนที่ 13

4.3.1.11 ขั้นตอนที่ 12 เป็นการให้จำนวนรุ่นปัจจุบันเท่ากับจำนวนรุ่นปัจจุบันบวก 1 แล้วจึงไปทำขั้นตอนที่ 5

4.3.1.12 ขั้นตอนที่ 13 เป็นการจบการทำงานของโปรแกรม ซึ่งมีจำนวนรุ่นปัจจุบันเท่ากับจำนวนรุ่นที่กำหนด

4.4 วิธีการเชิงพันธุกรรม

วิธีการเชิงพันธุกรรมเป็นกระบวนการที่ได้ค้นหา และปรับปรุงค่าของคำตอบเพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยมีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่, การกลายพันธุ์, การคัดเลือกสายพันธุ์ และมีค่าพารามิเตอร์เป็นองค์ประกอบของกระบวนการทางพันธุกรรมที่สำคัญต่อการพัฒนาคำตอบ

4.4.1 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover)

(Golberg and lingle,2539). จากการค้นคว้าพบว่าวิธีที่เลือกนำมาใช้ในการเขียนโปรแกรม คือ วิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) ซึ่งในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์วิธีนี้จะเริ่มต้นจากการสุ่มเลือกจุดตัดมา 2 จุด ซึ่งทำการตัดสมาชิกในรุ่นพ่อและแม่ และต้องมีจุดตัดที่ตรงกัน แล้วนำมาทำการสลับยีนที่อยู่ในช่วงของโครโมโซม ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.4.1.1 สุ่มช่วงของคำตอบจากพ่อไปยังลูก

4.4.1.2 ดูช่วงเดียวกันในส่วนของแม่ ให้ดูค่าในช่วงนี้ของแม่ที่ยังไม่ถูกคัดลอกไปให้ลูก

ก. ดูเลขตำแหน่งของค่านี้ในแม่ ให้ค่าในตำแหน่งเดียวกับพ่อ ให้เป็นค่า V

ข. หาค่า V ในตัวแม่ว่าอยู่ที่ไหน

ค. ถ้าตำแหน่งของค่า V ในตัวแม่อยู่ในช่วงที่เลือกไว้ให้ไปทำขั้นตอนที่ i โดยใช้ค่านี้

ง. ถ้าตำแหน่งดังกล่าวไม่ได้อยู่ในช่วงที่เลือกไว้ ให้เอาค่าของขั้นตอนที่ ก ไปใส่ในตำแหน่งของลูก

4.4.1.3 อธิบายขั้นตอนการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

ก. นำค่าที่ได้จากการสร้างประชากรเริ่มต้น มาทำการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) โดยทำการคัดลอกค่าตัวแทนคำตอบเริ่มต้นจากประชากรเริ่มต้นซึ่งแทน 0 เป็นรถบรรทุก และตัวเลข 1, 2, 3,... เป็นจำนวนลูกค้า ดังรูปที่ 4.10

พ่อ	0	4	6	3	0	2	5	1	0	0
แม่	0	1	2	3	4	5	0	6	0	0

รูปที่ 4.10 ขั้นตอนที่ 1 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

ข. ทำการเปลี่ยนรถบรรทุกหรือ 0 ให้เท่ากับจำนวนลูกค้า + 1 ซึ่งจากรูปด้านบน จะเห็นได้ว่ามีลูกค้า 5 คน จึงแทนรถบรรทุกเป็น 5 + 1 แสดงดังรูปที่ 4.11

พ่อ	7	4	6	3	8	2	5	1	9	10
แม่	7	1	2	3	4	5	8	6	9	10

รูปที่ 4.11 ขั้นตอนที่ 2 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

ค. ทำการสุ่มจุดตัด 2 จุดของทั้ง 2 โครโมโซมพ่อและแม่ จากนั้นคัดลอกค่าในช่วงของจุดตัดของพ่อนำมาใส่ที่ลูก 1 ในตำแหน่งที่ตรงกันของโครโมโซม แสดงดังรูปที่ 4.12

พ่อ	7	4	6	3	8	2	5	1	9	10
แม่	7	1	2	3	4	5	8	6	9	10
				3	0	2	5	1		

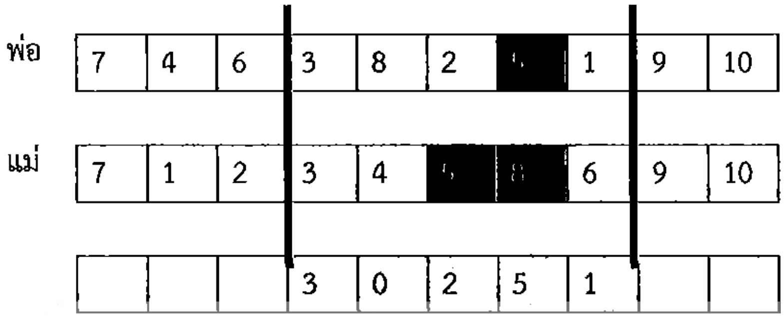
รูปที่ 4.12 ขั้นตอนที่ 3 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

ง. 4 คือ ค่าแรกในเส้นแบ่งของแม่ที่ไม่อยู่ในลูก จะให้ 8 เป็นค่าในตำแหน่งเดียวกันกับของพ่อ และหาค่า 8 ในของแม่สังเกตว่ายังคงอยู่ในช่วงที่ทำการตัดแบ่ง ดังนั้น จึงกลับไปที่ขั้นตอน 4.4.1.2 ของ ก โดยใช้ 8 เป็นค่า ดังรูปที่ 4.13

พ่อ	7	4	6	3	8	2	5	1	9	10
แม่	7	1	2	3	4	5	8	6	9	10
				3	0	2	5	1		

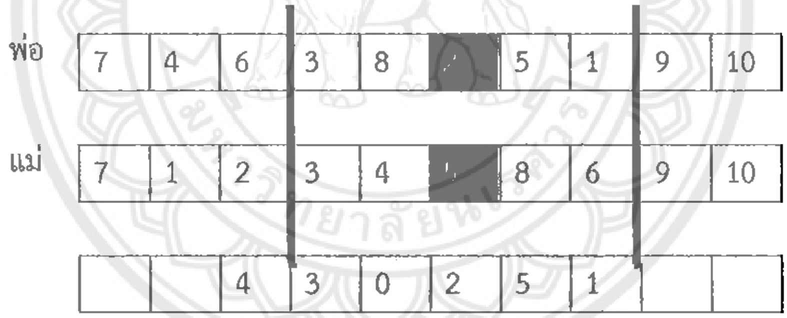
รูปที่ 4.13 ขั้นตอนที่ 4 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

จ. ทำซ้ำ 4.4.1.2 ขั้นตอนที่ ก อีกครั้งเห็นว่า 5 อยู่ในตำแหน่งเดียวกันในพ่อและหาตำแหน่ง 5 ในแม่นอกจากนี้ยังอยู่ในแนวตรง ดังนั้นจึงทำซ้ำขั้นตอน ก อีกครั้งโดยที่ 5 เป็นค่าของ ดังรูปที่ 4.14



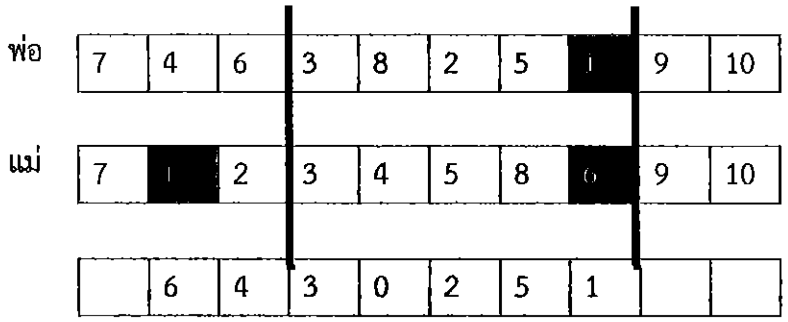
รูปที่ 4.14 ขั้นตอนที่ 5 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

ฉ. ทำซ้ำ 4.4.1.2 ขั้นตอนที่ ก เห็นว่า 2 อยู่ในตำแหน่งเดียวกันในพ่อ และหา 2 ในแม่ ในตำแหน่งที่ 3 สุดท้ายได้รับตำแหน่งในลูกสำหรับค่า 4 จากขั้นตอนที่ 2 รูปที่ 4.15



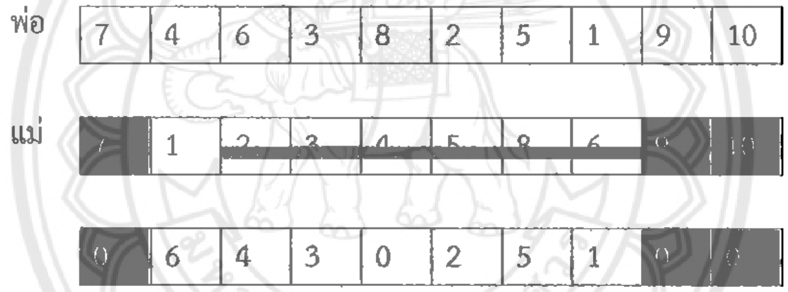
รูปที่ 4.15 ขั้นตอนที่ 6 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

ช. 6 คือ ค่าถัดไปในเส้นตรงในพ่อ ซึ่งยังไม่รวมอยู่ในลูก ดังนั้น จึงตรวจสอบค่าเดียวกันในพ่อ และดู 1 ในตำแหน่งนั้น ต่อไปจะตรวจสอบ 1 ในแม่ และหาได้ในอันดับที่ 2 เนื่องจากตำแหน่งที่ 2 ไม่ใช่ส่วนหนึ่งของช่วงที่ทำการตัดแบ่ง จึงพบค่า 6 ดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ขั้นตอนที่ 7 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

ซ. ได้ค่าต่างๆทั้งหมด จากนั้นคัดเลือกค่าที่เหลือของแม่ลงมายังตำแหน่งเดียวกันที่ว่างไปยังลูก และถ้าต้องการที่จะสร้างลูก 2 ที่มีพ่อแม่เหมือนกันเพียงแค่เปลี่ยนพ่อแม่ และเริ่มต้นใหม่ จากนั้นเปลี่ยนเลขที่เกินจำนวนลูกค้ากลับมาเป็น 0 หรือรถบรรทุกเหมือนเดิม ดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 ขั้นตอนที่ 8 ของวิธีแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่

4.4.2 การกลายพันธุ์ (Mutation)

การกลายพันธุ์จะเป็นการนำเอาโครโมโซมปัจจุบันมาสลับตำแหน่งของยีน ซึ่งการสลับตำแหน่งของยีนโครโมโซมในแต่ละครั้งจะมีการสุ่มช่องของยีนที่มีค่าเป็น 0 ของโครโมโซมเพื่อที่จะสลับกับช่องของยีนที่มีค่าไม่เท่ากับ 0 ของโครโมโซมเดียวกัน โดยที่จำนวนของการสุ่มตำแหน่งและสลับที่ของโครโมโซมแทนคำตอบจะเท่ากับจำนวนเต็ม โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.4.2.1 ตั้งค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์

4.4.2.2 นำประชากรเริ่มต้นมาทำการกลายพันธุ์ใหม่

4.4.2.3 นำประชากรแต่ละตัวมาทำการสุ่มความน่าจะเป็นโดยมีค่าตั้งแต่ 0 - 1

4.4.2.4 เมื่อได้ความน่าจะเป็นของแต่ละประชากรแล้วนำความน่าจะเป็นนั้นมาเทียบกับค่าความน่าจะเป็นที่ได้ตั้งเอาไว้ ถ้าน้อยกว่าความน่าจะเป็นที่ตั้งไว้จะถูกเลือกนำไปทำการกลายพันธุ์

4.4.2.5 ประชากรใหม่ที่ถูกนำมากลายพันธุ์แล้วทำการสุ่มตำแหน่ง 2 ตำแหน่ง

4.4.2.6 นำ 2 ตำแหน่งที่สุ่มได้มาสลับค่ากันจะได้การกลายพันธุ์ใหม่

4.4.3 การคัดเลือกสายพันธุ์แบบวงล้อเสี่ยงทาย (Roulette Wheel Selection)

การคัดเลือกสายพันธุ์แบบวงล้อเสี่ยงทายจะใช้ความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือก ซึ่งจะถูกกำหนดโดยอัตราส่วนค่าคำตอบของแต่ละโครโมโซม เทียบกับค่าคำตอบรวมของโครโมโซมทั้งหมด และนำเอาอัตราส่วนความน่าจะเป็นที่ได้มาสร้างวงล้อเสี่ยงทาย ดังรูปที่ 2.14 ที่ได้แสดงไว้ในบทที่ 2 และจะสุ่มค่าร้อยละขึ้นมาเพื่อพิจารณาเลือกโครโมโซมจากการเสี่ยงทาย โดยที่ค่าคำตอบยิ่งดีโอกาสในการถูกเสี่ยงทายก็จะมาก

4.4.4 ค่าพารามิเตอร์

ในแต่ละรอบของกระบวนการเชิงพันธุกรรมนั้นมีตัวแปรสองตัวที่ใช้ในการตัดสินว่าแต่ละรอบจะเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ หรือการกลายพันธุ์ หรือไม่ คือ ความน่าจะเป็นในการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ ซึ่งควรจะกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.7 - 1.0 และความน่าจะเป็นในการกลายพันธุ์ ซึ่งควรจะกำหนดให้อยู่ระหว่าง 0.02 - 0.18 โดยความน่าจะเป็นทั้งสองตัวนี้จะมีผลต่อค่าคำตอบ ดังนั้น จึงควรกำหนดค่าให้เหมาะสมกับแต่ละปัญหา

ค่าพารามิเตอร์จะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก

4.4.4.1 ขนาดของประชากร (Number of Population Size)/จำนวนรุ่นประชากรสูงสุด (Number of Generation) แบ่งเป็น 3 แบบ 100/100,500/20 และ200/50

4.4.4.2 การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover Type) คือ การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover)

4.4.4.3 การกลายพันธุ์ (Mutation Type)

4.4.4.4 ความน่าจะเป็นของการเกิดการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Probability of Crossover) แบ่งเป็น 3 แบบ คือ 0.7, 0.8 และ 0.9 (อภิรักษ์ ขัดวิลาศ,2554).

4.4.4.5 ความน่าจะเป็นของการเกิดการกลายพันธุ์ (Probability of Mutation) แบ่งเป็น 3 แบบ คือ 0.02, 0.05 และ 0.15 (อภิรักษ์ ขัดวิลาศ,2554).

4.5 โปรแกรมหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม

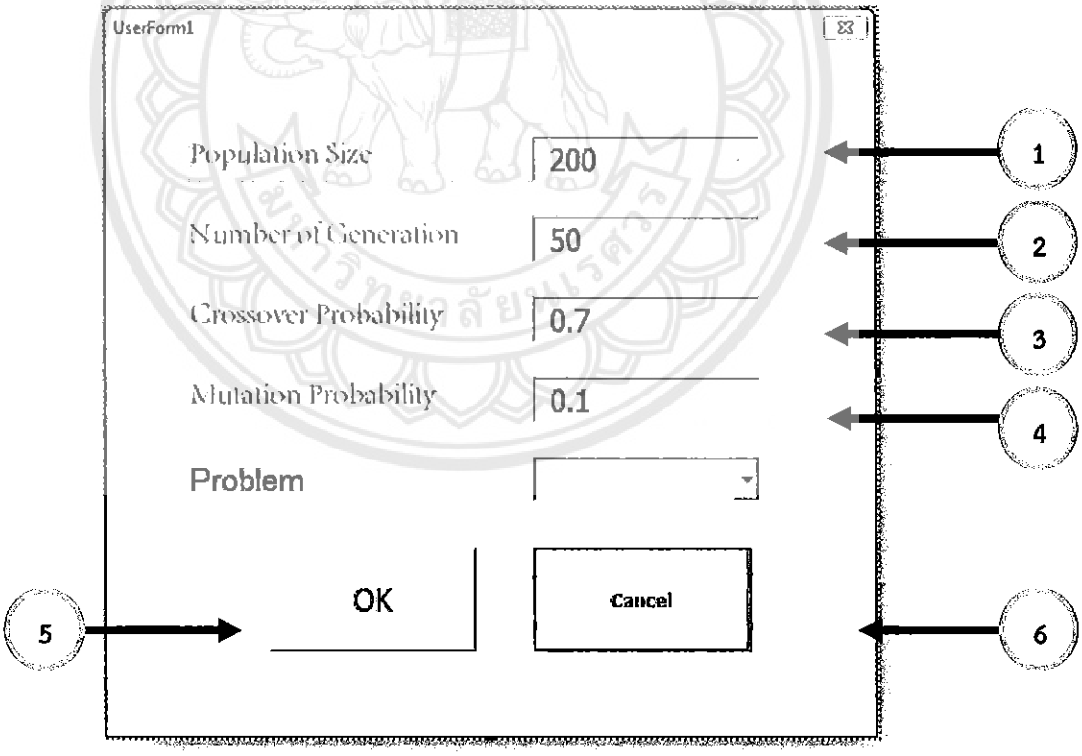
ในส่วนของโปรแกรมการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะที่พิจาณาน้ำหนักบรรทุกโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมได้ทำการออกแบบให้โปรแกรมมีการทำงาน 2 ส่วนหลักๆ คือ ส่วนรับข้อมูล และส่วนประมวลผล ซึ่งในแต่ละส่วนของโปรแกรมนั้นสามารถทำงานได้ทั้งในหน้าต่างโปรแกรม และหน้าต่างของ Microsoft Excel ดังต่อไปนี้

4.5.1 ส่วนรับข้อมูล

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ซึ่งในส่วนรับข้อมูลนี้จะมี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ทำ UserForm ขั้นตอนที่ 2 จะเป็นการเลือกโจทย์ของปัญหาแต่ละโจทย์ และขั้นตอนที่ 3 เป็นการรันโปรแกรมของโจทย์แต่ละปัญหา

4.5.1.1 ขั้นตอนที่ 1 ทำ UserForm เพื่อกรอกค่าพารามิเตอร์

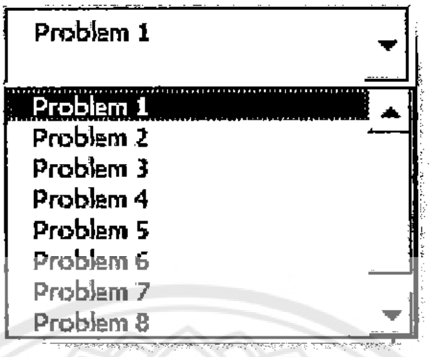
จากรูปที่ 4.18 ด้านล่างนี้จะเป็นการระบุข้อมูลทั้งหมด ได้แก่ หมายเลข 1 จะเป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร (Population) หมายเลข 2 จะเป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นของประชากร (Number of Generation) หมายเลขที่ 3 จะเป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover Probability) และหมายเลข 4 จะเป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation Probability) เมื่อได้ทำการตั้งค่าพารามิเตอร์ไว้หมดแล้วกดหมายเลข 5 เพื่อยืนยันการยอมรับ หรือตกลง (OK) ถ้าหากใส่ค่าผิดก็กดหมายเลข 6 เพื่อยกเลิก (Cancel) แล้วไปกรอกค่าใหม่



รูปที่ 4.18 แสดงรายละเอียด UserForm ขั้นตอนที่ 1

4.5.1.2 ขั้นตอนที่ 2 เป็นการเลือกโจทย์ของปัญหาแต่ละโจทย์

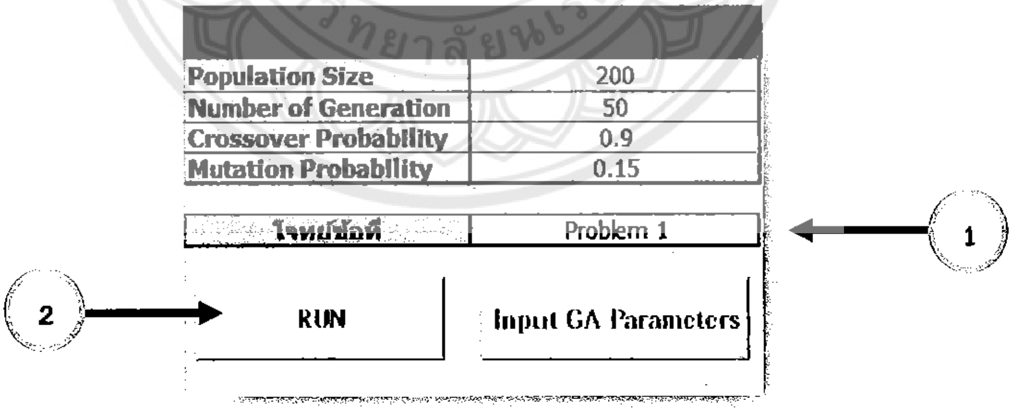
มีโจทย์ของปัญหาทั้งหมด 9 ข้อ โดยแบ่งตามขนาดเล็ก 3 ข้อ ขนาดกลาง 3 ข้อ และขนาดใหญ่ 3 ข้อ โดยเรียงตามจำนวนของลูกค้า ดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 แสดงการเลือกโจทย์ของปัญหา

4.5.1.3 ขั้นตอนที่ 3 เป็นการรันโปรแกรมของแต่ละโจทย์ปัญหา

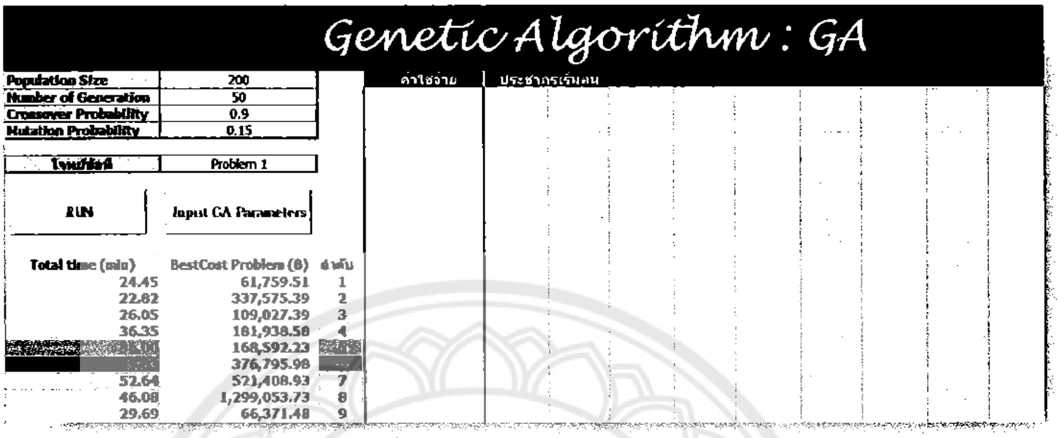
ในการรันโปรแกรมจะทำการรันโจทย์ขนาดเล็กไปหาขนาดใหญ่ โดยเลือกโจทย์ขนาดเล็ก ก่อนถ้าหากรันโจทย์ขนาดเล็กโดยเรียงทั้งหมด 3 ข้อแล้วก็จะทำการรันโจทย์ขนาดกลาง 3 ข้อ และสุดท้ายก็จะรันโจทย์ขนาดใหญ่ทั้งหมด 3 ข้อ ดังรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.20 แสดงการโปรแกรมรันของโจทย์ปัญหาแต่ละข้อ

4.5.2 ส่วนประมวลผล

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลลัพธ์ของค่าคำตอบที่ได้ทั้งหมด 9 ข้อ และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของค่าคำตอบ โดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงส่วนประมวลผลค่าคำตอบ

4.6 การคำนวณค่าใช้จ่ายกรณีที่ 1 ยานพาหนะจะบรรจุสินค้าออกจากจุดกระจายสินค้าเต็มความจุของยานพาหนะ และผลการทดสอบโปรแกรม วิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว จะได้ค่าคำตอบของแต่ละตัวตามค่าพารามิเตอร์ที่ได้ตั้งไว้ของโจทย์ปัญหาทั้งหมด 9 ข้อ มีทั้งค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และเวลาในการรันโปรแกรมเฉลี่ยของโจทย์แต่ละข้อ แสดงดังตารางต่อไปนี้

4.6.1 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากตารางที่ 4.3 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 46,707.48 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 41,357.21 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว จากตารางใช้สีแดงแทนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด และสีเหลืองแทนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	48,022.12	42,587.97
100	100	0.7	0.05	51,120.27	47,795.40
100	100	0.7	0.15	52,102.76	45,701.55
100	100	0.8	0.02	46,707.48	42,623.92
100	100	0.8	0.05	48,188.60	43,300.05
100	100	0.8	0.15	48,542.17	42,099.73
100	100	0.9	0.02	47,234.27	42,123.22
100	100	0.9	0.05	47,736.79	45,053.11
100	100	0.9	0.15	48,107.06	42,679.53
500	20	0.7	0.02	58,028.58	53,730.09
500	20	0.7	0.05	57,646.11	48,632.02
500	20	0.7	0.15	58,256.65	49,230.76
500	20	0.8	0.02	56,169.65	53,285.29
500	20	0.8	0.05	56,221.95	53,746.71
500	20	0.8	0.15	54,695.83	50,426.89
500	20	0.9	0.02	55,311.47	50,691.42
500	20	0.9	0.05	57,206.76	54,677.03
500	20	0.9	0.15	56,197.28	54,838.81
200	50	0.7	0.02	50,537.95	46,298.38
200	50	0.7	0.05	48,476.26	41,357.21
200	50	0.7	0.15	49,408.28	47,031.28
200	50	0.8	0.02	50,377.29	44,035.31
200	50	0.8	0.05	51,985.13	47,773.01
200	50	0.8	0.15	50,731.75	43,878.60
200	50	0.9	0.02	54,362.22	48,693.20
200	50	0.9	0.05	54,674.35	51,357.37
200	50	0.9	0.15	51,464.46	46,968.40

4.6.2 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากตารางที่ 4.4 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 212,414.86 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 184,475.58 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	242,318.92	212,512.62
100	100	0.7	0.05	233,758.21	212,090.80
100	100	0.7	0.15	233,371.20	224,449.60
100	100	0.8	0.02	212,593.49	189,230.74
100	100	0.8	0.05	214,850.75	184,475.58
100	100	0.8	0.15	224,648.53	205,226.75
100	100	0.9	0.02	243,932.84	200,590.98
100	100	0.9	0.05	219,110.37	189,157.96
100	100	0.9	0.15	212,414.86	202,903.20
500	20	0.7	0.02	308,539.26	268,482.59
500	20	0.7	0.05	307,954.24	290,156.81
500	20	0.7	0.15	315,297.11	281,484.65
500	20	0.8	0.02	328,308.02	281,130.69
500	20	0.8	0.05	308,507.62	280,266.94
500	20	0.8	0.15	311,729.52	279,763.43
500	20	0.9	0.02	321,336.14	269,776.81
500	20	0.9	0.05	313,215.54	284,425.46
500	20	0.9	0.15	309,123.24	275,023.73
200	50	0.7	0.02	258,027.03	225,903.72
200	50	0.7	0.05	260,108.36	238,462.53
200	50	0.7	0.15	243,775.31	198,680.51
200	50	0.8	0.02	256,594.89	239,976.64
200	50	0.8	0.05	258,229.34	248,486.94
200	50	0.8	0.15	257,644.21	230,443.12
200	50	0.9	0.02	288,823.15	228,453.74
200	50	0.9	0.05	237,087.01	209,193.17
200	50	0.9	0.15	249,109.70	225,103.80

4.6.3 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากตารางที่ 4.5 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 81,741.27 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 75,292.24 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	83,887.74	79,022.00
100	100	0.7	0.05	85,089.30	78,448.19
100	100	0.7	0.15	86,404.12	83,379.17
100	100	0.8	0.02	81,742.46	75,292.24
100	100	0.8	0.05	85,854.18	80,837.69
100	100	0.8	0.15	86,075.31	84,076.03
100	100	0.9	0.02	81,741.27	77,449.64
100	100	0.9	0.05	82,445.60	78,487.44
100	100	0.9	0.15	84,620.27	81,095.27
500	20	0.7	0.02	91,720.13	86,257.51
500	20	0.7	0.05	95,848.88	94,308.16
500	20	0.7	0.15	91,753.26	87,097.74
500	20	0.8	0.02	94,499.82	86,426.09
500	20	0.8	0.05	91,138.02	84,999.56
500	20	0.8	0.15	90,585.42	86,347.53
500	20	0.9	0.02	92,106.79	87,491.14
500	20	0.9	0.05	91,784.31	87,660.16
500	20	0.9	0.15	90,470.97	85,312.71
200	50	0.7	0.02	84,990.14	78,927.08
200	50	0.7	0.05	87,835.44	82,003.66
200	50	0.7	0.15	85,811.51	81,085.47
200	50	0.8	0.02	84,755.23	80,848.78
200	50	0.8	0.05	86,815.31	84,268.19
200	50	0.8	0.15	87,583.91	84,133.07
200	50	0.9	0.02	86,607.49	85,181.73
200	50	0.9	0.05	86,682.96	81,103.90
200	50	0.9	0.15	83,116.29	79,247.72

4.6.4 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

จากตารางที่ 4.6 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 167,920.85 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 150,404.99 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	178,403.57	169,012.41
100	100	0.7	0.05	175,101.27	166,427.25
100	100	0.7	0.15	173,682.83	165,881.53
100	100	0.8	0.02	173,050.71	165,635.53
100	100	0.8	0.05	167,920.85	154,999.32
100	100	0.8	0.15	169,848.72	150,404.99
100	100	0.9	0.02	168,746.17	167,180.35
100	100	0.9	0.05	180,377.97	173,523.67
100	100	0.9	0.15	173,596.98	166,201.78
500	20	0.7	0.02	193,086.53	183,774.17
500	20	0.7	0.05	197,182.43	191,168.53
500	20	0.7	0.15	192,615.71	180,019.16
500	20	0.8	0.02	198,780.12	190,054.74
500	20	0.8	0.05	198,343.14	193,503.73
500	20	0.8	0.15	195,358.78	183,692.18
500	20	0.9	0.02	190,730.45	180,739.38
500	20	0.9	0.05	191,400.44	181,430.42
500	20	0.9	0.15	187,655.13	176,561.49
200	50	0.7	0.02	185,590.53	171,223.03
200	50	0.7	0.05	180,043.47	170,706.74
200	50	0.7	0.15	181,128.80	176,174.30
200	50	0.8	0.02	183,972.95	176,962.18
200	50	0.8	0.05	194,047.46	189,875.74
200	50	0.8	0.15	182,686.63	163,137.53
200	50	0.9	0.02	189,548.93	177,653.42
200	50	0.9	0.05	173,524.33	167,961.77
200	50	0.9	0.15	180,362.38	163,909.11

4.6.5 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากตารางที่ 4.7 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 112,362.65 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 101,893.71 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	125,051.06	106,301.67
100	100	0.7	0.05	127,582.22	113,267.15
100	100	0.7	0.15	124,850.39	122,619.35
100	100	0.8	0.02	115,336.12	102,882.56
100	100	0.8	0.05	128,238.65	109,354.82
100	100	0.8	0.15	124,738.95	107,111.42
100	100	0.9	0.02	112,362.65	101,893.71
100	100	0.9	0.05	121,952.65	109,631.85
100	100	0.9	0.15	119,545.43	112,758.64
500	20	0.7	0.02	145,360.57	133,619.71
500	20	0.7	0.05	139,940.47	134,965.07
500	20	0.7	0.15	146,340.72	132,314.25
500	20	0.8	0.02	140,549.40	128,943.28
500	20	0.8	0.05	149,026.22	139,470.97
500	20	0.8	0.15	135,667.77	126,983.62
500	20	0.9	0.02	148,687.95	140,816.71
500	20	0.9	0.05	152,949.43	146,077.33
500	20	0.9	0.15	149,642.61	145,082.94
200	50	0.7	0.02	122,991.94	119,423.22
200	50	0.7	0.05	125,745.29	118,587.17
200	50	0.7	0.15	127,378.95	110,041.19
200	50	0.8	0.02	127,205.15	120,033.19
200	50	0.8	0.05	123,971.34	117,159.36
200	50	0.8	0.15	126,345.29	120,359.56
200	50	0.9	0.02	125,170.73	113,232.50
200	50	0.9	0.05	127,895.18	111,196.52
200	50	0.9	0.15	132,372.96	118,618.98

4.6.6 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

จากตารางที่ 4.8 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 248,122.00 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 200,715.69 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.8 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	266,571.46	249,042.67
100	100	0.7	0.05	254,912.45	200,715.69
100	100	0.7	0.15	270,321.39	238,812.78
100	100	0.8	0.02	261,435.69	235,452.22
100	100	0.8	0.05	260,733.10	242,205.65
100	100	0.8	0.15	271,231.82	235,072.78
100	100	0.9	0.02	257,020.41	206,242.66
100	100	0.9	0.05	289,463.75	264,653.14
100	100	0.9	0.15	248,122.00	209,131.39
500	20	0.7	0.02	355,783.19	322,194.93
500	20	0.7	0.05	343,256.90	279,009.00
500	20	0.7	0.15	334,768.97	304,847.47
500	20	0.8	0.02	334,801.32	284,181.23
500	20	0.8	0.05	346,242.80	293,125.09
500	20	0.8	0.15	358,574.47	310,331.08
500	20	0.9	0.02	328,554.33	311,828.47
500	20	0.9	0.05	365,051.94	326,968.51
500	20	0.9	0.15	367,742.84	348,988.31
200	50	0.7	0.02	271,914.40	233,055.05
200	50	0.7	0.05	292,489.31	261,429.29
200	50	0.7	0.15	275,980.57	249,080.23
200	50	0.8	0.02	289,016.35	236,595.48
200	50	0.8	0.05	263,286.81	239,504.98
200	50	0.8	0.15	290,341.86	276,507.28
200	50	0.9	0.02	293,737.25	268,488.87
200	50	0.9	0.05	291,352.84	242,824.65
200	50	0.9	0.15	297,608.87	273,885.69

4.6.7 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

จากตารางที่ 4.9 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 490,773.35 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 458,314.03 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.9 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	507,809.80	486,316.85
100	100	0.7	0.05	501,097.97	491,595.86
100	100	0.7	0.15	499,219.06	485,505.36
100	100	0.8	0.02	496,666.17	458,314.03
100	100	0.8	0.05	510,313.98	493,938.70
100	100	0.8	0.15	500,183.72	475,653.63
100	100	0.9	0.02	490,773.35	473,186.30
100	100	0.9	0.05	509,850.04	487,680.02
100	100	0.9	0.15	503,743.67	488,388.27
500	20	0.7	0.02	524,079.22	514,836.42
500	20	0.7	0.05	536,713.30	518,790.89
500	20	0.7	0.15	508,833.15	483,223.24
500	20	0.8	0.02	537,360.56	518,366.24
500	20	0.8	0.05	532,577.51	521,930.52
500	20	0.8	0.15	531,627.12	503,824.65
500	20	0.9	0.02	536,093.15	527,809.45
500	20	0.9	0.05	537,519.18	515,818.98
500	20	0.9	0.15	536,639.19	525,571.05
200	50	0.7	0.02	520,565.82	501,138.11
200	50	0.7	0.05	509,031.48	475,177.87
200	50	0.7	0.15	517,976.95	509,379.79
200	50	0.8	0.02	519,609.58	510,748.21
200	50	0.8	0.05	508,838.16	486,862.88
200	50	0.8	0.15	509,781.45	495,015.98
200	50	0.9	0.02	522,381.74	499,688.65
200	50	0.9	0.05	501,420.46	461,504.02
200	50	0.9	0.15	516,914.27	470,669.20

4.6.8 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากตารางที่ 4.10 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 1,166,700.60 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 1,037,568.60 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.10 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	1,242,817.95	1,158,256.80
100	100	0.7	0.05	1,242,164.61	1,200,114.45
100	100	0.7	0.15	1,205,632.88	1,143,353.74
100	100	0.8	0.02	1,229,812.79	1,152,481.20
100	100	0.8	0.05	1,190,701.23	1,070,680.73
100	100	0.8	0.15	1,194,620.44	1,037,568.60
100	100	0.9	0.02	1,202,338.24	1,084,350.22
100	100	0.9	0.05	1,166,700.60	1,104,661.36
100	100	0.9	0.15	1,177,695.69	1,139,940.06
500	20	0.7	0.02	1,332,188.82	1,289,440.09
500	20	0.7	0.05	1,302,446.68	1,238,259.57
500	20	0.7	0.15	1,294,011.78	1,231,116.24
500	20	0.8	0.02	1,314,945.97	1,290,066.30
500	20	0.8	0.05	1,313,332.76	1,269,529.26
500	20	0.8	0.15	1,304,936.88	1,283,978.92
500	20	0.9	0.02	1,299,783.36	1,199,116.13
500	20	0.9	0.05	1,321,451.70	1,279,579.51
500	20	0.9	0.15	1,326,556.70	1,251,446.16
200	50	0.7	0.02	1,226,401.95	1,122,317.74
200	50	0.7	0.05	1,247,508.87	1,212,343.68
200	50	0.7	0.15	1,226,672.97	1,146,537.18
200	50	0.8	0.02	1,204,161.63	1,158,546.51
200	50	0.8	0.05	1,223,979.03	1,160,645.67
200	50	0.8	0.15	1,209,937.88	1,157,225.13
200	50	0.9	0.02	1,202,502.58	1,157,875.71
200	50	0.9	0.05	1,273,441.71	1,205,635.73
200	50	0.9	0.15	1,213,729.09	1,171,141.42

4.6.9 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

จากตารางที่ 4.11 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 662,231.90 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 612,547.23 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.11 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	675,573.01	619,425.83
100	100	0.7	0.05	673,823.95	640,748.03
100	100	0.7	0.15	669,292.70	646,626.05
100	100	0.8	0.02	728,073.23	677,253.00
100	100	0.8	0.05	736,859.97	696,805.71
100	100	0.8	0.15	722,785.02	668,847.16
100	100	0.9	0.02	662,231.90	633,665.06
100	100	0.9	0.05	677,933.38	672,689.68
100	100	0.9	0.15	706,665.96	612,547.23
500	20	0.7	0.02	781,471.48	702,322.86
500	20	0.7	0.05	783,304.20	711,561.20
500	20	0.7	0.15	814,582.72	777,128.70
500	20	0.8	0.02	838,535.41	734,036.51
500	20	0.8	0.05	793,422.85	699,627.82
500	20	0.8	0.15	813,391.82	746,494.97
500	20	0.9	0.02	780,462.50	722,376.17
500	20	0.9	0.05	803,267.42	732,019.86
500	20	0.9	0.15	779,894.40	731,918.07
200	50	0.7	0.02	755,204.60	691,246.09
200	50	0.7	0.05	730,636.71	652,200.60
200	50	0.7	0.15	746,228.48	680,373.16
200	50	0.8	0.02	752,734.44	676,793.68
200	50	0.8	0.05	713,424.35	654,050.15
200	50	0.8	0.15	731,350.95	664,132.65
200	50	0.9	0.02	725,697.55	677,633.98
200	50	0.9	0.05	738,632.12	690,307.16
200	50	0.9	0.15	725,009.10	644,575.75

4.7 การพิจารณาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวมกรณียานพาหนะบรรจุเต็มคัน

ค่าใช้จ่ายรวมประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายคงที่, ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก, ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับจากการล่วงเวลา ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจโดยใช้โจทย์ขนาดกลาง 3 แสดงดังตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายคงที่	ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง	ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก	ค่าปรับจากการล่วงเวลา	ค่าใช้จ่ายรวม
1	292.00	4,477.28	454,064.81	10,759.08	469,593.17
2	310.00	4,384.10	454,118.22	14,341.73	473,154.05
3	318.00	4,409.66	488,680.66	11,916.79	505,325.11
4	300.00	4,297.56	455,870.81	14,405.29	474,873.67
5	282.00	4,460.59	442,600.36	14,515.18	461,858.13
6	294.00	4,436.54	464,722.17	14,427.19	483,879.90
7	318.00	4,305.72	480,601.91	10,487.61	495,713.24
8	286.00	4,430.81	465,421.88	16,288.53	486,427.22
9	296.00	4,292.40	439,512.85	16,951.77	461,053.03
10	250.00	4,226.60	401,949.80	15,587.62	422,014.02
11	270.00	4,290.50	416,709.55	15,214.80	436,484.84
12	258.00	4,283.49	416,253.09	12,753.95	433,548.54
13	244.00	4,311.42	405,902.21	13,030.61	423,488.24
14	260.00	4,025.31	379,368.60	11,992.35	395,646.26
15	262.00	4,323.40	423,535.57	15,122.07	443,243.04
16	284.00	4,201.28	428,853.06	8,625.83	441,964.18
17	284.00	4,207.55	428,379.29	13,178.63	446,049.47
18	282.00	4,220.39	417,348.43	11,247.57	433,098.39
19	274.00	4,198.01	447,201.60	16,235.67	467,909.28
20	278.00	4,215.76	425,576.56	9,774.51	439,844.84
21	300.00	4,406.69	466,723.65	12,914.20	484,344.53
22	278.00	4,262.33	425,836.75	13,846.64	444,223.72
23	296.00	4,357.82	451,908.76	12,870.08	469,432.66
24	304.00	4,198.65	427,125.64	15,525.94	447,154.22
25	310.00	4,512.90	445,356.13	15,133.94	465,312.97
26	268.00	4,407.02	427,944.58	11,512.90	444,132.50
27	264.00	4,364.10	430,866.45	14,859.55	450,354.11

จากตารางที่ 4.12 ค่าใช้จ่ายรวมคำนวณได้จากค่าใช้จ่ายคงที่ (ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งในการใช้ยานพาหนะ) + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง (ระยะทาง x ค่าน้ำมัน) + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก [(น้ำหนักบรรทุก x ระยะทาง) x ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า] + ค่าปรับจากการล่วงเวลา [(ระยะเวลาที่ล่าช้า + เวลาขนถ่ายสินค้า) x ค่าปรับ]

จะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายคงที่, ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับล่วงเวลา ซึ่งค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกนี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ได้นั้นมีค่าสูง

4.8 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab 16

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นหนึ่งในวิธีการทางสถิติที่นิยมใช้กันทั่วไปในการตัดสินใจทางสถิติ คือ การทดสอบสมมติฐาน ซึ่งโปรแกรม Minitab 16 นั้นจะมีคำสั่งในการตั้งสมมติฐานมากมายรวมถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ว่ามีความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมสำหรับส่งสินค้าไปให้กับลูกค้าโดยเป็นค่าของผลลัพธ์ ที่ได้จากวิธีการเชิงพันธุกรรม

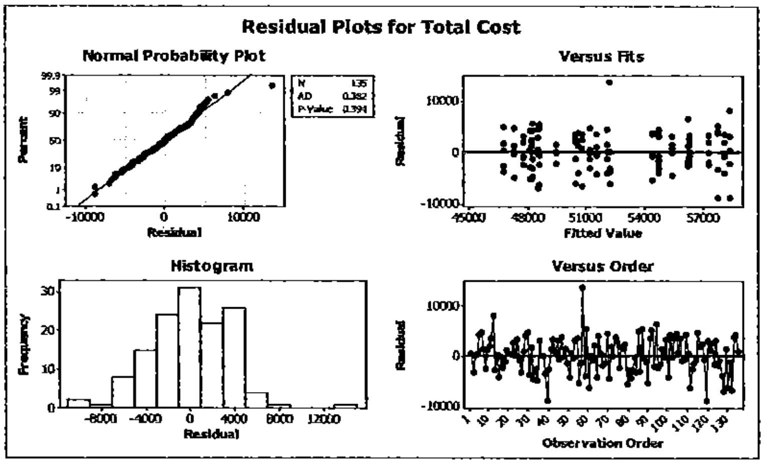
จากการทดลองสามารถเสนอผลการวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบ ซึ่งตารางการวิเคราะห์จะนำเสนอค่า P-value ของผลกระทบหลักทุกพารามิเตอร์ และนำเสนอค่าเฉพาะค่า P-value ของพารามิเตอร์มีผลกระทบร่วมกัน ซึ่งมีค่าแตกต่างกันมีผลให้ค่าคำตอบแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับปัญหา

4.9 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง

ผลจากการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลองโจทย์ โดยแบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก 3 ข้อ ปัญหาขนาดกลาง 3 ข้อ และปัญหาขนาดใหญ่ 3 ข้อ รวมเป็นปัญหาที่จะใช้ในการทดสอบโปรแกรมทั้งหมด 9 ข้อ และลักษณะของโจทย์จะวิเคราะห์ตามปัญหาของแต่ละขนาดแสดง ดังนี้

4.9.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.22 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน โดยที่ค่า Pop&Gen คือ ค่าพารามิเตอร์ของขนาดประชากร&จำนวนรุ่นประชากร Crossover คือ ค่าพารามิเตอร์ของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และ Mutation คือ ค่าของพารามิเตอร์ของการกลายพันธุ์

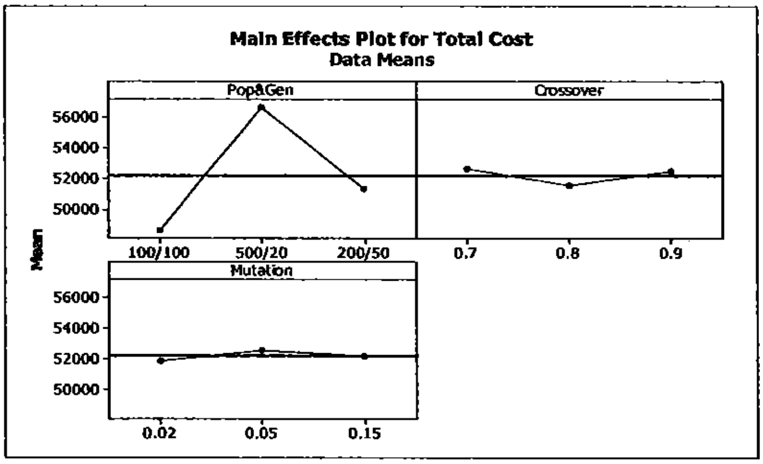


รูปที่ 4.22 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.357
Mutation	0.687
Pop&Gen*Crossover	0.015
Pop&Gen*Mutation	0.555
Crossover*Mutation	0.869
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.943

รูปที่ 4.23 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.23 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.357, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.687, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.015, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.555, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.869, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.943 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



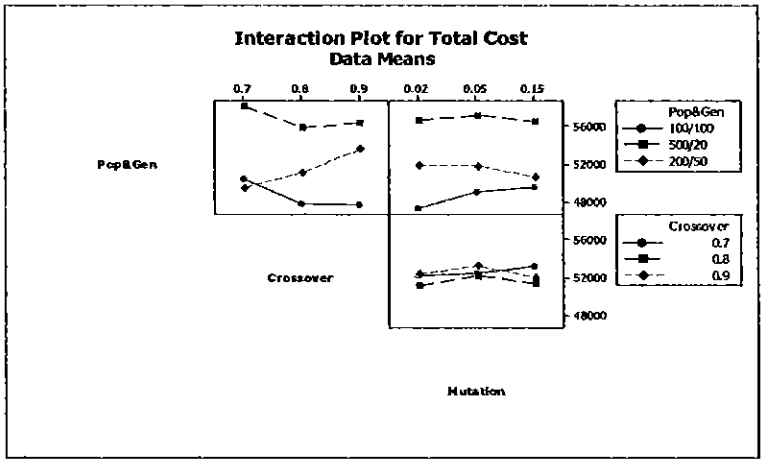
รูปที่ 4.24 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.24 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.24 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.8 และค่า Mutation เท่ากับ 0.02 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.13 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	48,022.12
100	100	0.70	0.05	51,120.27
100	100	0.70	0.15	52,102.76
100	100	0.80	0.02	46,707.48
100	100	0.80	0.05	48,188.60
100	100	0.80	0.15	48,542.17
100	100	0.90	0.02	47,234.27
100	100	0.90	0.05	47,736.79
100	100	0.90	0.15	48,107.06

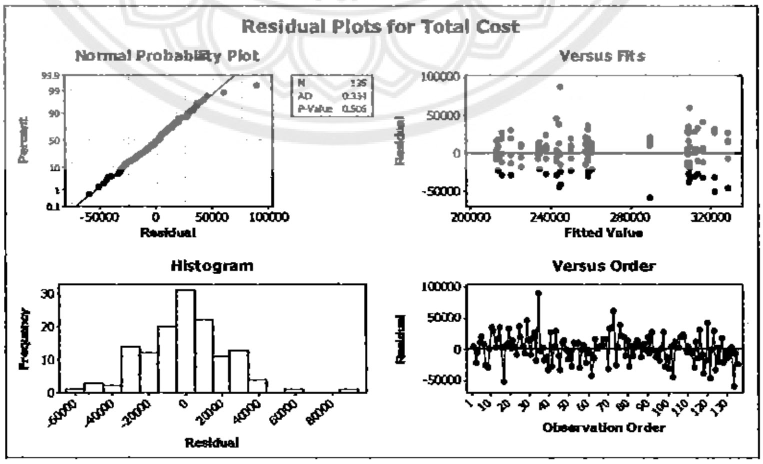
จากตารางที่ 4.13 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1 เท่ากับ 46,707.48 บาท



รูปที่ 4.25 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.25 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2



รูปที่ 4.26 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

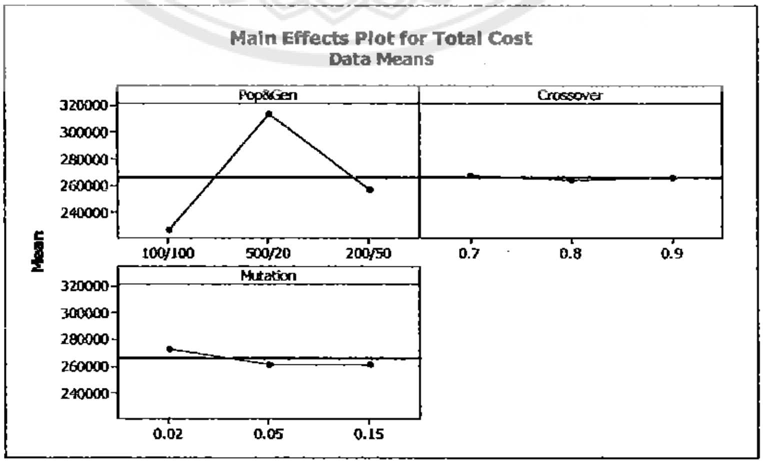
จากรูปที่ 4.26 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไข

ข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.813
Mutation	0.043
Pop&Gen*Crossover	0.339
Pop&Gen*Mutation	0.949
Crossover*Mutation	0.169
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.539

รูปที่ 4.27 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.27 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.813, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.043, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.339, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.949, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.169, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.539 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



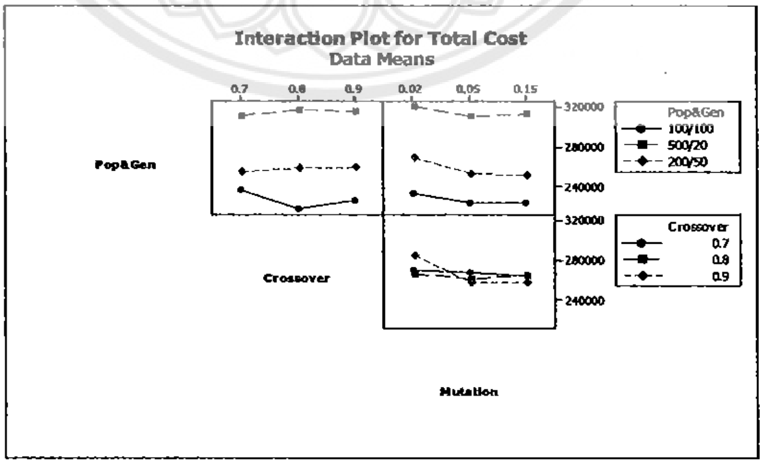
รูปที่ 4.28 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.28 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.28 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.8 และค่า Mutation เท่ากับ 0.05, 0.15 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.14 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	242,318.92
100	100	0.70	0.05	233,758.21
100	100	0.70	0.15	233,371.20
100	100	0.80	0.02	212,593.49
100	100	0.80	0.05	214,850.75
100	100	0.80	0.15	224,648.53
100	100	0.90	0.02	243,932.84
100	100	0.90	0.05	219,110.37
100	100	0.90	0.15	212,414.86

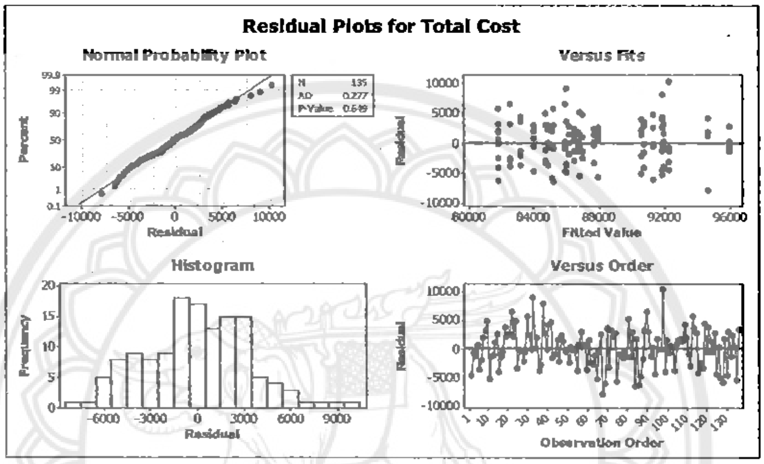
จากตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.15 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 2 เท่ากับ 212,414.86 บาท



รูปที่ 4.29 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.29 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.8 และค่าMutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.15 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3



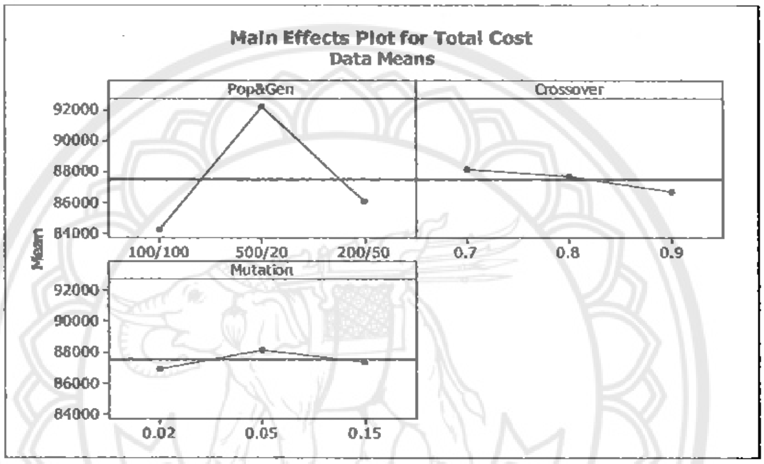
รูปที่ 4.30 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.30 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.148
Mutation	0.275
Pop&Gen*Crossover	0.935
Pop&Gen*Mutation	0.119
Crossover*Mutation	0.632
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.460

รูปที่ 4.31 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.31 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.148, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.275, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.935, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.119, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.632, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.460 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



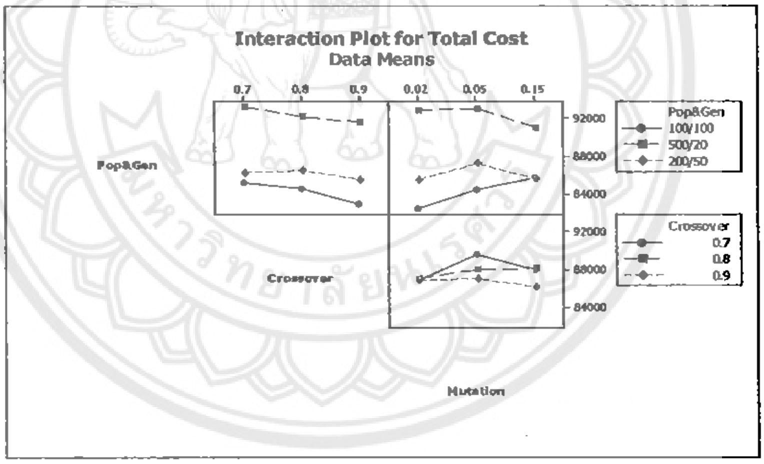
รูปที่ 4.32 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.32 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.32 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Mutation เท่ากับ 0.02 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.15 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	83,887.74
100	100	0.70	0.05	85,089.30
100	100	0.70	0.15	86,404.12
100	100	0.80	0.02	81,742.46
100	100	0.80	0.05	85,854.18
100	100	0.80	0.15	86,075.31
100	100	0.90	0.02	81,741.27
100	100	0.90	0.05	82,445.60
100	100	0.90	0.15	84,620.27

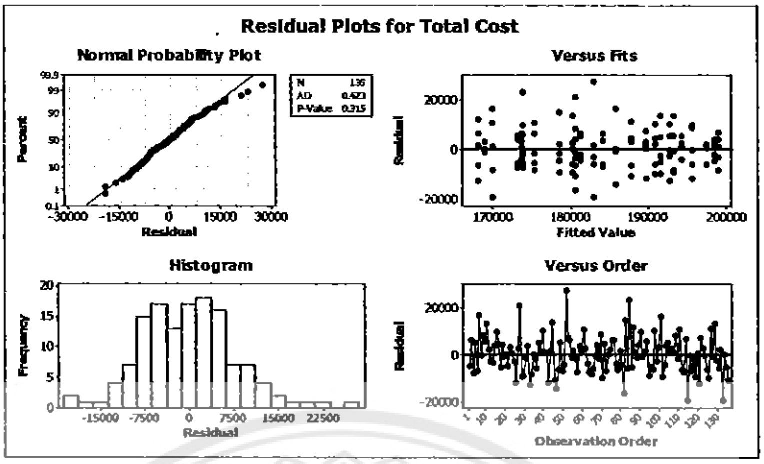
จากตารางที่ 4.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3 เท่ากับ 81,741.27 บาท



รูปที่ 4.33 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.33 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1



รูปที่ 4.34 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

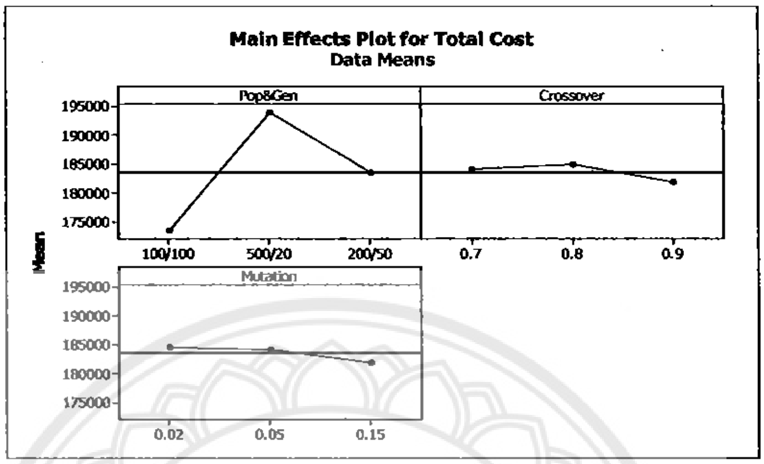
จากรูปที่ 4.34 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.234
Mutation	0.291
Pop&Gen*Crossover	0.071
Pop&Gen*Mutation	0.771
Crossover*Mutation	0.953
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.045

รูปที่ 4.35 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.35 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.234, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.291, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.071, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.771, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.953, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.045 ซึ่งค่า

ทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.36 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

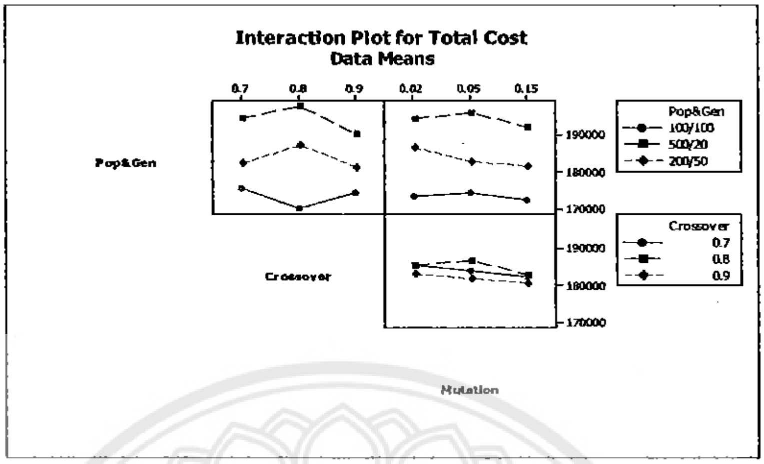
จากรูปที่ 4.36 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.36 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Mutation เท่ากับ 0.15 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.16 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	178,403.57
100	100	0.70	0.05	175,101.27
100	100	0.70	0.15	173,682.83
100	100	0.80	0.02	173,050.71
100	100	0.80	0.05	167,920.85
100	100	0.80	0.15	169,848.72
100	100	0.90	0.02	168,746.17
100	100	0.90	0.05	180,377.97
100	100	0.90	0.15	173,596.98

จากตารางที่ 4.16 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์

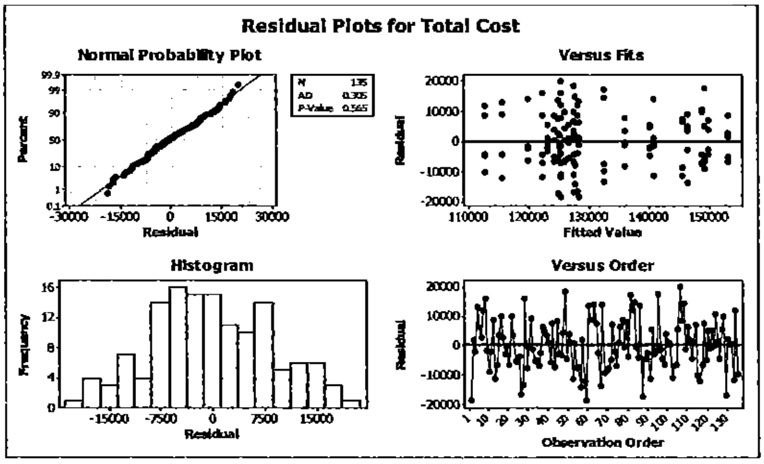
เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.05 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1 เท่ากับ 167,920.85 บาท



รูปที่ 4.37 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.37 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกับปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.8 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.15 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2



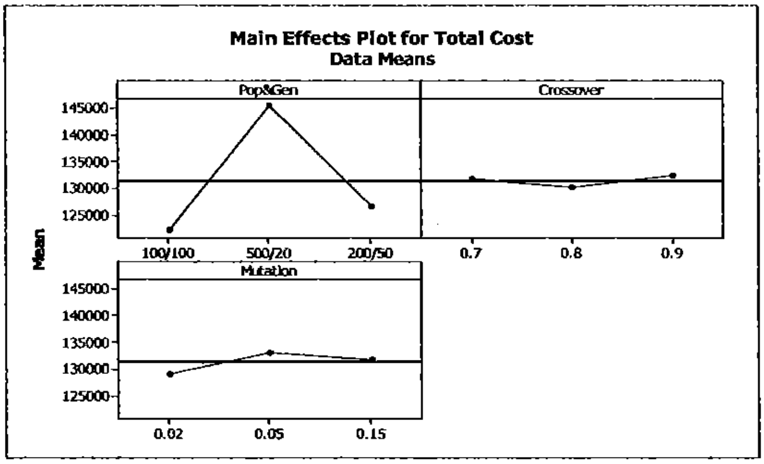
รูปที่ 4.38 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.38 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.546
Mutation	0.157
Pop&Gen*Crossover	0.027
Pop&Gen*Mutation	0.387
Crossover*Mutation	0.572
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.664

รูปที่ 4.39 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.39 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.546, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.157, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.027, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.387, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.572, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.664 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



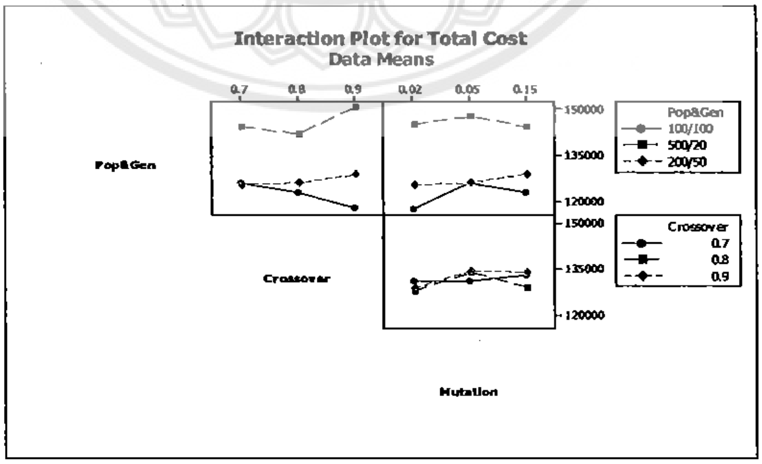
รูปที่ 4.40 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.40 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover และ Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.40 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.8 และค่า Mutation เท่ากับ 0.02 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.17 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	125,051.06
100	100	0.70	0.05	127,582.22
100	100	0.70	0.15	124,850.39
100	100	0.80	0.02	115,336.12
100	100	0.80	0.05	128,238.65
100	100	0.80	0.15	124,738.95
100	100	0.90	0.02	112,362.65
100	100	0.90	0.05	121,952.65
100	100	0.90	0.15	119,545.43

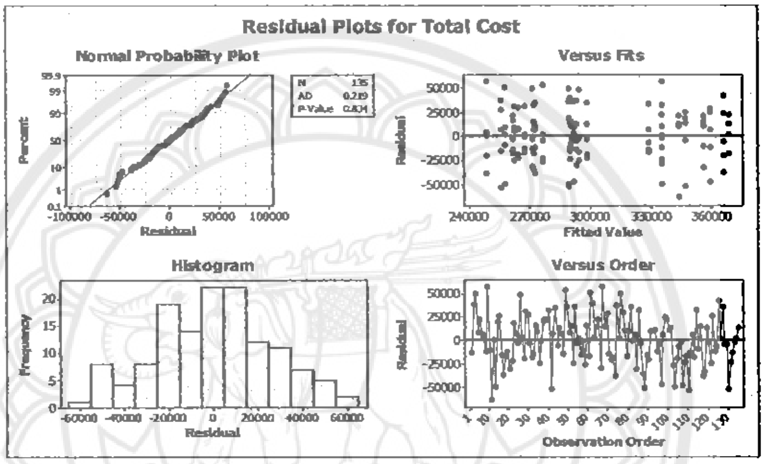
จากตารางที่ 4.17 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2 เท่ากับ 112,362.65 บาท



รูปที่ 4.41 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.41 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3



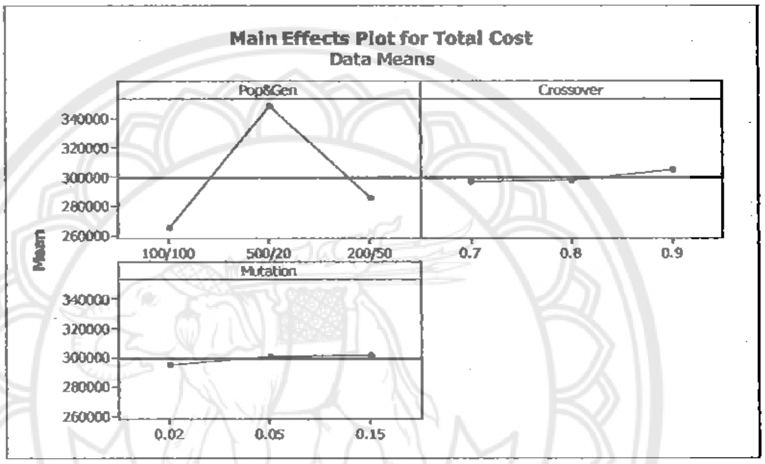
รูปที่ 4.42 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง**ข้อที่** 3

จากรูปที่ 4.42 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.368
Mutation	0.555
Pop&Gen*Crossover	0.907
Pop&Gen*Mutation	0.826
Crossover*Mutation	0.219
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.222

รูปที่ 4.43 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.43 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่า ค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.368, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.555, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.907, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.826, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.219, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.222 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



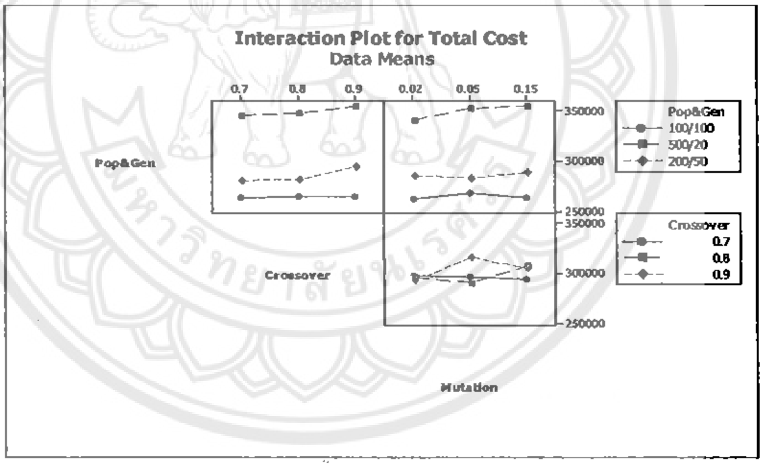
รูปที่ 4.44 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.44 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.44 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.7 และค่า Mutation เท่ากับ 0.02 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.18 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	266,571.46
100	100	0.70	0.05	254,912.45
100	100	0.70	0.15	270,321.39
100	100	0.80	0.02	261,435.69
100	100	0.80	0.05	260,733.10
100	100	0.80	0.15	271,231.82
100	100	0.90	0.02	257,020.41
100	100	0.90	0.05	289,463.75
100	100	0.90	0.15	248,122.00

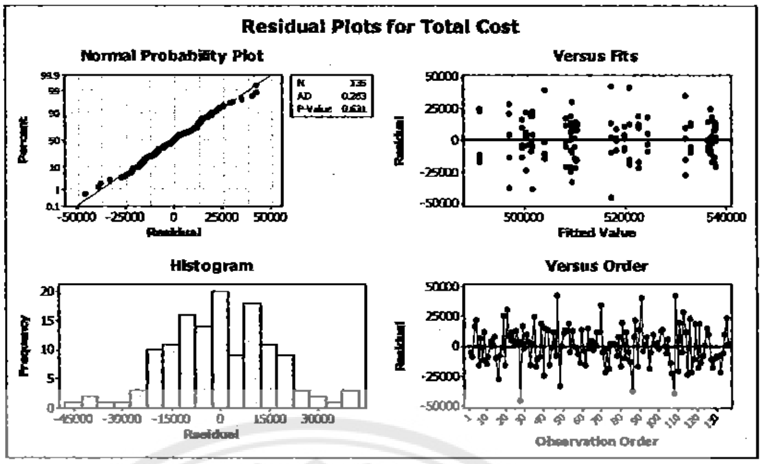
จากตารางที่ 4.18 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.15 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3 เท่ากับ 248,122.00 บาท



รูปที่ 4.45 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.45 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และคี Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1



รูปที่ 4.46 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

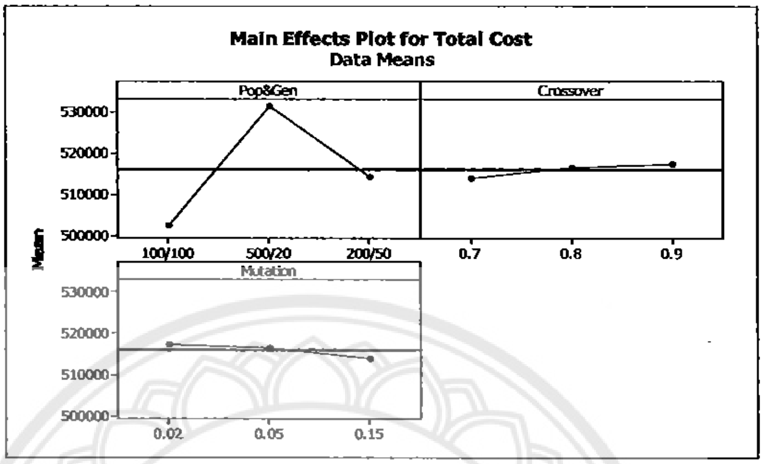
จากรูปที่ 4.46 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.664
Mutation	0.654
Pop&Gen*Crossover	0.389
Pop&Gen*Mutation	0.092
Crossover*Mutation	0.771
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.600

รูปที่ 4.47 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.47 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.664, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.654, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.389, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.092, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.771, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.600 ซึ่งค่า

ทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.48 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

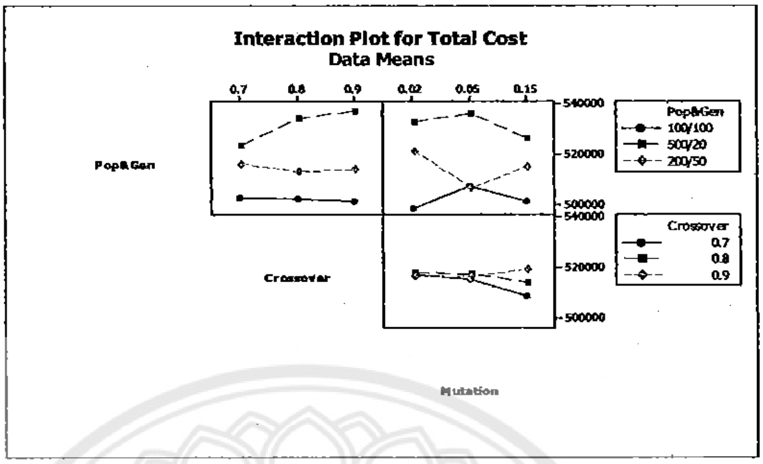
จากรูปที่ 4.48 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.48 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.7 และค่า Mutation เท่ากับ 0.15 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.19 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	507,809.80
100	100	0.70	0.05	501,097.97
100	100	0.70	0.15	499,219.06
100	100	0.80	0.02	496,666.17
100	100	0.80	0.05	510,313.98
100	100	0.80	0.15	500,183.72
100	100	0.90	0.02	490,773.35
100	100	0.90	0.05	509,850.04
100	100	0.90	0.15	503,743.67

จากตารางที่ 4.19 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์

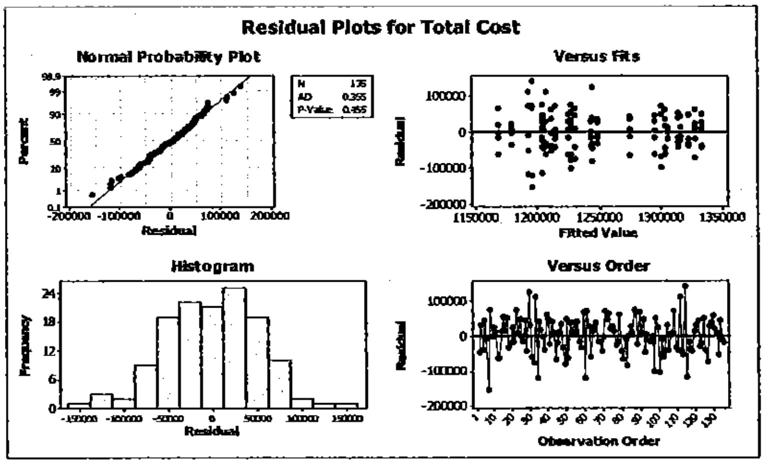
เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1 เท่ากับ 490,773.35 บาท



รูปที่ 4.49 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.49 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2



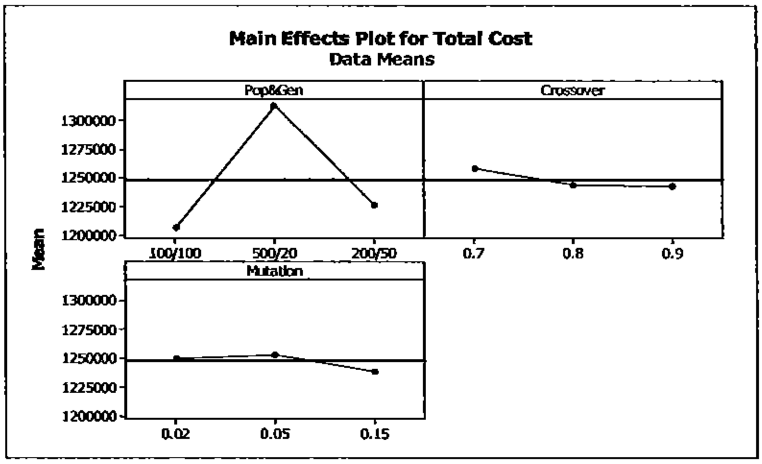
รูปที่ 4.50 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.50 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.371
Mutation	0.473
Pop&Gen*Crossover	0.366
Pop&Gen*Mutation	0.316
Crossover*Mutation	0.839
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.933

รูปที่ 4.51 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.51 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่า ค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.371, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.473, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.366, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.316, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.839, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.933 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



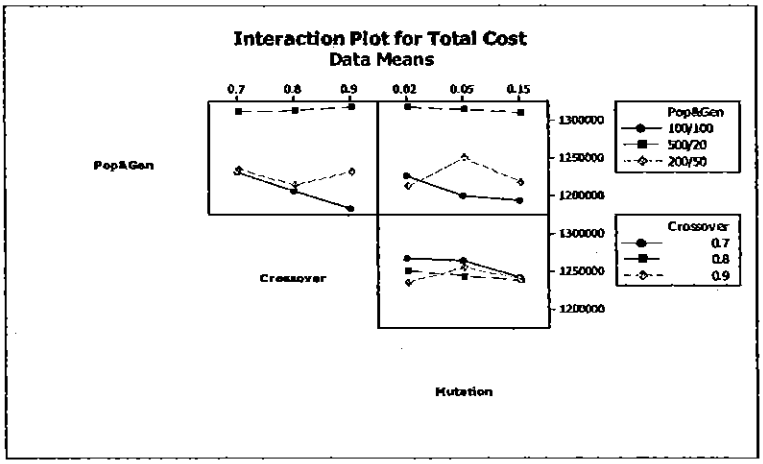
รูปที่ 4.52 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.52 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.52 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Mutation เท่ากับ 0.15 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.20 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	1,242,817.95
100	100	0.70	0.05	1,242,164.61
100	100	0.70	0.15	1,205,632.88
100	100	0.80	0.02	1,229,812.79
100	100	0.80	0.05	1,190,701.23
100	100	0.80	0.15	1,194,620.44
100	100	0.90	0.02	1,202,338.24
100	100	0.90	0.05	1,166,700.60
100	100	0.90	0.15	1,177,695.69

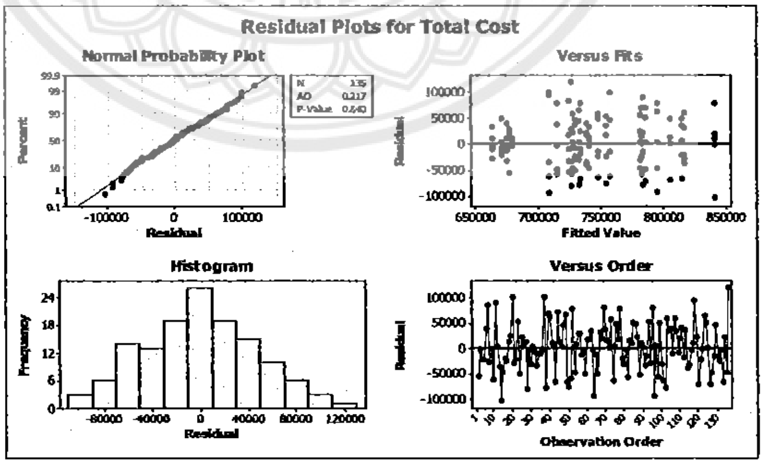
จากตารางที่ 4.20 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.05 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2 เท่ากับ 1,166,700.60 บาท



รูปที่ 4.53 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.53 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.15 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.9.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3



รูปที่ 4.54 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

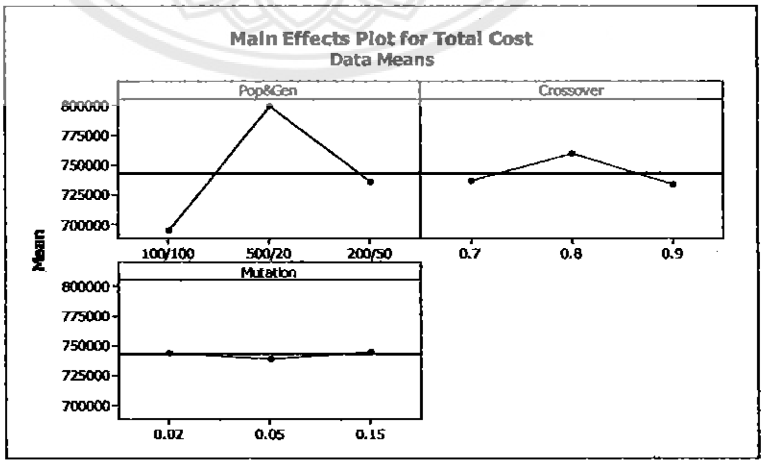
จากรูปที่ 4.54 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไข

ข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.043
Mutation	0.820
Pop&Gen*Crossover	0.166
Pop&Gen*Mutation	0.906
Crossover*Mutation	0.568
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.872

รูปที่ 4.55 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.55 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.043, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.820, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.166, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.906, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.568, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.872 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



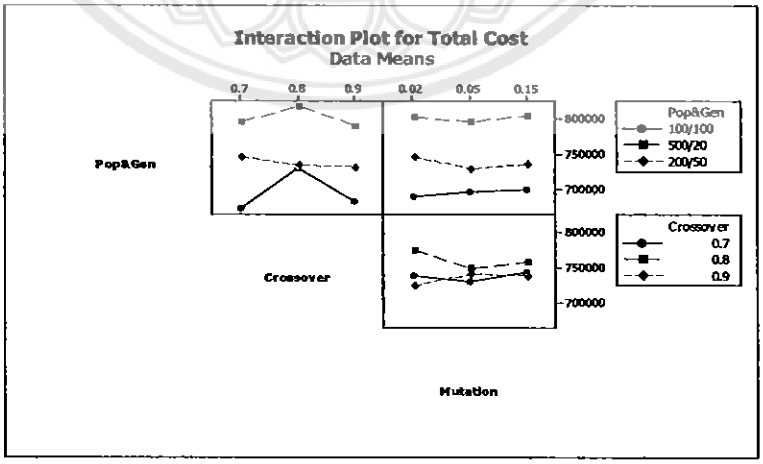
รูปที่ 4.56 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.56 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.56 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Mutation เท่ากับ 0.05 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.21 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	675,573.01
100	100	0.70	0.05	673,823.95
100	100	0.70	0.15	669,292.70
100	100	0.80	0.02	728,073.23
100	100	0.80	0.05	736,859.97
100	100	0.80	0.15	722,785.02
100	100	0.90	0.02	662,231.90
100	100	0.90	0.05	677,933.38
100	100	0.90	0.15	706,665.96

จากตารางที่ 4.21 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3 เท่ากับ 662,231.90 บาท



รูปที่ 4.57 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.57 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.7 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมต่ำที่สุด

4.10 สรุปค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบการทดลอง และค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม และค่าพารามิเตอร์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่าน้อยสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

4.10.1 การอภิปรายการออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์ กรณียานพาหนะบรรจุเต็มคัน

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหา 3 ขนาด 9 ข้อ ประกอบไปด้วยขนาดเล็ก 3 ข้อ ขนาดกลาง 3 ข้อ และขนาดใหญ่ 3 ข้อ มีทั้งหมด 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ยานพาหนะบรรจุเต็มคัน และกรณีที่ 2 ยานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า สรุปได้ว่า

กรณีที่ 1 ยานพาหนะบรรจุเต็มคัน จะมีค่าพารามิเตอร์ที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 นั้นก็ คือ ปัญหาขนาดเล็ก 1 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02, ปัญหาขนาดเล็ก 2 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05 และ 0.15, ปัญหาขนาดเล็ก 3 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02, ปัญหาขนาดกลาง 1 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15, ปัญหาขนาดกลาง 2 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02, ปัญหาขนาดกลาง 3 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 ปัญหา

ขนาดใหญ่ 1 ค่าขนาดของประชากร,จำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02, ปัญหาขนาดใหญ่ 2 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15, ปัญหาขนาดใหญ่ 3 ค่าขนาดของประชากร,จำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.7 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02 ดังนั้นปัญหาทั้ง 9 ข้อที่กล่าวมานั้นมีนัยสำคัญทางสถิติและค่าพารามิเตอร์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบของโจทย์ปัญหา

4.10.2 ค่าพารามิเตอร์จากการออกแบบการทดลอง (DOE)

จากตารางที่ 4.22 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ผลการทดลองจากโจทย์ทั้ง 9 ข้อให้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโจทย์แต่ละข้อ โดยดูจากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.22 ค่าพารามิเตอร์การออกแบบการทดลอง (DOE)

โจทย์	Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
1	100	100	0.80	0.02	46,707.48
2	100	100	0.90	0.15	212,414.86
3	100	100	0.90	0.02	81,741.27
4	100	100	0.80	0.05	167,920.85
5	100	100	0.90	0.02	112,362.65
6	100	100	0.90	0.15	248,122.00
7	100	100	0.90	0.02	490,773.35
8	100	100	0.90	0.05	1,166,700.60
9	100	100	0.90	0.02	662,231.90

4.10.3 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม

จากตารางที่ 4.23 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากโจทย์ทั้ง 9 ข้อโดยดูจากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดมาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.23 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม

โจทย์	Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
1	100	100	0.80	0.02	46,707.48
2	100	100	0.90	0.15	212,414.86
3	100	100	0.90	0.02	81,741.27
4	100	100	0.80	0.05	167,920.85
5	100	100	0.90	0.02	112,362.65
6	100	100	0.90	0.15	248,122.00
7	100	100	0.90	0.02	490,773.35
8	100	100	0.90	0.05	1,166,700.60
9	100	100	0.90	0.02	662,231.90

จากการหาค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบการทดลอง (DOE) และหาค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรมพบว่าโจทย์ปัญหาทั้ง 9 ข้อให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยเท่ากันทั้งการทดลองจาก DOE และการรันโปรแกรม

4.10.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

จากตารางที่ 4.24 เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของโจทย์ทั้ง 9 ข้อที่ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุดของแต่ละวิธีการมาทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของแต่ละวิธี

ตารางที่ 4.24 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

ลักษณะของปัญหา	ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวม				
	PSO	ACO	GA	SA	ILS
ขนาดเล็ก 1	82,939.41	59,319.48	46,707.48	33,663.68	38,301.19
ขนาดเล็ก 2	449,946.43	357,715.08	212,414.86	131,032.86	165,503.53
ขนาดเล็ก 3	121,629.01	104,090.10	81,741.27	68,723.33	74,013.37
ขนาดกลาง 1	203,993.38	213,296.25	167,920.85	99,552.46	116,418.31
ขนาดกลาง 2	203,993.38	186,661.00	112,362.65	73,783.57	92,442.33
ขนาดกลาง 3	452,518.33	424,973.44	248,122.00	149,446.81	172,734.98
ขนาดใหญ่ 1	586,668.76	541,256.43	490,773.35	315,824.24	334,195.52
ขนาดใหญ่ 2	1,473,973.24	1,390,016.81	1,166,700.60	576,620.65	671,707.16
ขนาดใหญ่ 3	999,420.39	939,905.75	662,231.90	404,478.61	433,897.46

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของงานวิจัยทั้ง 5 วิธี พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของวิธีการเชิงพันธุกรรมให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่อันดับที่ 3 จากงานวิจัยทั้ง 5 วิธี

4.10.5 การเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

จากตารางที่ 4.25 เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำสุดของโจทย์ทั้ง 9 ข้อของแต่ละวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดมาเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

ลักษณะของปัญหา	ค่าต่ำสุดของค่าใช้จ่ายรวม				
	PSO	ACO	GA	SA	ILS
ขนาดเล็ก 1	64,333.44	47,907.85	41,357.21	31,324.77	35,736.35
ขนาดเล็ก 2	334,141.49	265,703.58	184,475.58	110,200.28	147,767.33
ขนาดเล็ก 3	93,333.52	84,804.39	75,292.24	64,688.90	70,970.27
ขนาดกลาง 1	198,147.32	191,418.74	150,404.99	87,973.89	106,158.41
ขนาดกลาง 2	383,908.54	162,091.68	101,893.71	67,714.86	74,075.43
ขนาดกลาง 3	383,908.54	336,486.94	200,715.69	126,988.53	150,293.07
ขนาดใหญ่ 1	550,315.99	521,822.75	458,314.03	283,880.07	310,774.58
ขนาดใหญ่ 2	1,341,718.35	1,219,206.40	1,037,568.60	487,593.93	565,617.27
ขนาดใหญ่ 3	859,053.88	821,783.24	612,547.23	350,553.71	389,333.96

จากการเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ของงานวิจัยทั้ง 5 วิธี พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของวิธีการเชิงพันธุกรรมให้ค่าต่ำสุดอยู่อันดับที่ 3 จากงานวิจัยทั้ง 5 วิธี

4.10.6 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น

จากตารางที่ 4.26 เป็นการเทียบเวลาที่ใช้ในการหาค่าใช้จ่ายของแต่ละวิธีการทั้ง 9 ข้อ โดยที่เวลาในการรันจะมีหน่วยเป็นวินาที โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของแต่ละวิธีมีดังนี้

ก. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี PSO คือ Windows 8.1 Pro Intel® Core (TM) i7-4700HQ CPU @ 2.40GHz 2.40 GHz RAM 6.00 GB

ข.คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี ACO คือ Windows 10 Intel core i5-5200 U, up to 2.7 GHZ

ค. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี GA คือ Windows 7 Ultimate Intel(R) Core(TM) i5 -3210M CPU @ 2.50 GHz 2.50 GHz RAM 4.00 GB (3.84 GB usable)

ง. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี SA คือ Windows 10 Pro Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50Hz 2.70 GHz 4.00 GB (3.87 GB usable)

จ. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี ILS คือ Windows 10 Pro Intel(R) Core(TM) i7-6500U CPU @ 2.50 GHz 2.60 GHz RAM 8.00 GB

ตารางที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น

ลักษณะของปัญหา	เวลาที่ใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ (วินาที)				
	PSO	ACO	GA	SA	ILS
ขนาดเล็ก 1	4.68	12.64	10.81	2.37	1.14
ขนาดเล็ก 2	4.34	9.86	10.14	2.08	1.02
ขนาดเล็ก 3	5.27	13.27	11.58	1.77	1.23
ขนาดกลาง 1	8.04	37.37	16.16	3.60	1.90
ขนาดกลาง 2	7.92	38.95	16.00	3.13	1.91
ขนาดกลาง 3	8.24	44.07	17.70	2.94	1.93
ขนาดใหญ่ 1	12.92	105.07	23.40	4.22	3.07
ขนาดใหญ่ 2	10.83	93.44	20.48	3.77	2.75
ขนาดใหญ่ 3	17.04	153.22	28.55	5.30	3.99

จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้การคำนวณของผลลัพธ์ได้จากงานวิจัยทั้ง 5 วิธีไม่สามารถจัดอันดับได้ว่างานวิจัยทั้ง 5 ใช้เวลาในการคำนวณผลลัพธ์ได้รวดเร็วที่สุดเพราะอยู่ที่คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของแต่ละวิธี

4.11 การคำนวณค่าใช้จ่ายกรณีที่ 2 ยานพาหนะจะบรรจุสินค้าออกจากจุดกระจายสินค้าตามความต้องการของลูกค้าผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

หลังจากที่ได้ทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว จะได้ค่าคำตอบของแต่ละตัวตามค่าพารามิเตอร์ที่ได้ตั้งไว้ของโจทย์ปัญหาทั้งหมด 9 ข้อ มีทั้งค่าสูงสุด ค่าต่ำสุด ค่าเฉลี่ย และเวลาในการรันโปรแกรมเฉลี่ยของโจทย์แต่ละข้อ แสดงดังตารางต่อไปนี้

4.11.1 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากตารางที่ 4.27 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 28,423.36 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 26,644.94 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว จากตารางใช้สีแดงแทนค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด และสีเหลืองแทนค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

ตารางที่ 4.27 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	29,355.60	28,113.06
100	100	0.7	0.05	28,472.27	27,562.77
100	100	0.7	0.15	29,477.72	28,497.20
100	100	0.8	0.02	29,981.73	29,354.86
100	100	0.8	0.05	29,805.62	29,547.22
100	100	0.8	0.15	29,659.99	28,002.97
100	100	0.9	0.02	29,519.58	28,489.16
100	100	0.9	0.05	28,423.36	26,644.94
100	100	0.9	0.15	29,728.12	28,536.63
500	20	0.7	0.02	30,663.84	29,918.84
500	20	0.7	0.05	30,357.19	29,908.54
500	20	0.7	0.15	30,757.76	30,375.39
500	20	0.8	0.02	30,521.09	29,287.83
500	20	0.8	0.05	30,210.30	28,953.79
500	20	0.8	0.15	30,867.28	29,948.03
500	20	0.9	0.02	31,431.70	30,079.81
500	20	0.9	0.05	30,190.57	29,539.42
500	20	0.9	0.15	30,215.89	28,744.91
200	50	0.7	0.02	30,026.96	29,274.40
200	50	0.7	0.05	29,593.13	29,347.57
200	50	0.7	0.15	29,421.17	27,780.60
200	50	0.8	0.02	29,829.19	28,960.72
200	50	0.8	0.05	29,525.06	28,383.54
200	50	0.8	0.15	30,025.25	29,288.10
200	50	0.9	0.02	29,460.13	28,300.70
200	50	0.9	0.05	29,883.11	29,308.43
200	50	0.9	0.15	29,790.17	27,805.08

4.11.2 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากตารางที่ 4.28 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 31,246.72 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 28,459.53 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.28 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	31,542.63	**28,459.53**
100	100	0.7	0.05	33,311.65	31,352.70
100	100	0.7	0.15	33,380.68	31,051.37
100	100	0.8	0.02	31,526.69	30,266.74
100	100	0.8	0.05	31,246.72	29,850.98
100	100	0.8	0.15	33,092.24	31,964.25
100	100	0.9	0.02	33,106.44	31,018.39
100	100	0.9	0.05	33,523.98	30,501.52
100	100	0.9	0.15	33,607.19	30,003.55
500	20	0.7	0.02	36,825.12	34,749.46
500	20	0.7	0.05	37,813.80	35,774.35
500	20	0.7	0.15	37,447.28	34,432.12
500	20	0.8	0.02	37,384.02	35,291.45
500	20	0.8	0.05	36,102.19	34,217.23
500	20	0.8	0.15	37,741.40	36,405.37
500	20	0.9	0.02	37,420.76	36,189.05
500	20	0.9	0.05	37,102.29	36,071.17
500	20	0.9	0.15	36,683.00	35,142.18
200	50	0.7	0.02	34,314.81	31,604.89
200	50	0.7	0.05	33,802.50	31,870.34
200	50	0.7	0.15	34,352.75	30,618.44
200	50	0.8	0.02	34,767.75	32,323.00
200	50	0.8	0.05	34,405.91	33,000.69
200	50	0.8	0.15	35,040.19	33,307.41
200	50	0.9	0.02	35,624.88	32,498.63
200	50	0.9	0.05	35,175.15	33,787.11
200	50	0.9	0.15	35,837.19	32,613.47

4.11.3 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากตารางที่ 4.29 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 63,399.25 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 59,882.67 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.29 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	63,399.25	62,370.41
100	100	0.7	0.05	65,011.00	63,560.84
100	100	0.7	0.15	63,873.46	61,907.61
100	100	0.8	0.02	64,735.31	62,248.58
100	100	0.8	0.05	65,327.12	64,127.19
100	100	0.8	0.15	63,847.51	61,867.71
100	100	0.9	0.02	64,477.88	63,204.98
100	100	0.9	0.05	63,960.45	59,882.67
100	100	0.9	0.15	63,795.29	62,091.35
500	20	0.7	0.02	65,898.85	64,345.70
500	20	0.7	0.05	66,010.65	63,881.42
500	20	0.7	0.15	65,638.85	64,159.69
500	20	0.8	0.02	65,812.71	63,805.26
500	20	0.8	0.05	64,992.09	63,953.41
500	20	0.8	0.15	65,936.48	64,862.04
500	20	0.9	0.02	66,580.86	65,262.09
500	20	0.9	0.05	66,052.13	64,219.10
500	20	0.9	0.15	65,918.26	62,219.29
200	50	0.7	0.02	64,093.12	62,027.43
200	50	0.7	0.05	65,598.44	63,991.03
200	50	0.7	0.15	65,067.43	63,389.76
200	50	0.8	0.02	64,864.89	63,280.26
200	50	0.8	0.05	65,265.08	63,267.61
200	50	0.8	0.15	64,641.79	63,232.09
200	50	0.9	0.02	65,088.90	63,554.08
200	50	0.9	0.05	65,538.87	64,140.29
200	50	0.9	0.15	64,771.32	63,474.49

4.11.4 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

จากตารางที่ 4.30 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 91,761.15 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 81,512.83 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.30 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	98,727.03	94,243.52
100	100	0.7	0.05	92,413.99	89,221.14
100	100	0.7	0.15	99,254.99	93,431.50
100	100	0.8	0.02	97,243.50	90,388.68
100	100	0.8	0.05	97,493.00	87,038.48
100	100	0.8	0.15	92,435.89	86,556.51
100	100	0.9	0.02	93,070.82	83,745.87
100	100	0.9	0.05	91,761.15	81,512.83
100	100	0.9	0.15	97,799.02	93,404.52
500	20	0.7	0.02	103,257.24	101,020.48
500	20	0.7	0.05	101,667.06	97,521.32
500	20	0.7	0.15	101,439.60	95,438.15
500	20	0.8	0.02	99,503.52	86,151.58
500	20	0.8	0.05	100,327.44	89,740.87
500	20	0.8	0.15	106,061.99	101,200.37
500	20	0.9	0.02	99,691.02	90,059.12
500	20	0.9	0.05	104,440.54	101,045.38
500	20	0.9	0.15	99,397.17	97,260.33
200	50	0.7	0.02	100,091.14	95,673.04
200	50	0.7	0.05	100,992.57	92,448.45
200	50	0.7	0.15	98,137.77	92,603.50
200	50	0.8	0.02	99,973.35	96,377.03
200	50	0.8	0.05	96,873.79	86,128.45
200	50	0.8	0.15	99,585.31	96,030.66
200	50	0.9	0.02	99,030.38	88,830.26
200	50	0.9	0.05	97,926.02	95,439.06
200	50	0.9	0.15	97,046.49	94,656.17

4.11.5 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากตารางที่ 4.31 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากรเท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 74,680.05 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 68,537.76 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.31 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	76,677.57	73,871.36
100	100	0.7	0.05	77,822.68	74,576.40
100	100	0.7	0.15	77,193.87	74,560.78
100	100	0.8	0.02	77,873.34	74,033.21
100	100	0.8	0.05	78,112.61	74,493.01
100	100	0.8	0.15	75,338.52	69,651.77
100	100	0.9	0.02	77,979.50	74,766.86
100	100	0.9	0.05	76,425.14	73,184.93
100	100	0.9	0.15	74,680.05	68,537.76
500	20	0.7	0.02	78,299.62	75,312.47
500	20	0.7	0.05	78,990.99	77,275.51
500	20	0.7	0.15	79,291.82	78,377.89
500	20	0.8	0.02	80,064.16	77,074.67
500	20	0.8	0.05	78,558.07	73,754.37
500	20	0.8	0.15	79,190.51	77,524.11
500	20	0.9	0.02	79,607.20	76,951.10
500	20	0.9	0.05	79,793.25	75,417.07
500	20	0.9	0.15	79,440.49	78,566.20
200	50	0.7	0.02	78,879.43	76,656.19
200	50	0.7	0.05	76,576.61	74,639.55
200	50	0.7	0.15	79,241.89	78,258.66
200	50	0.8	0.02	78,659.49	77,459.51
200	50	0.8	0.05	78,088.89	76,488.50
200	50	0.8	0.15	76,411.58	75,020.99
200	50	0.9	0.02	76,279.60	74,654.09
200	50	0.9	0.05	78,617.18	76,083.29
200	50	0.9	0.15	77,519.56	73,255.62

4.11.6 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

จากตารางที่ 4.32 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากรเท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 143,563.30 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 134,026.06 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.32 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	150,634.54	136,006.36
100	100	0.7	0.05	148,939.47	143,806.48
100	100	0.7	0.15	149,914.16	145,954.64
100	100	0.8	0.02	145,223.53	138,927.89
100	100	0.8	0.05	147,971.28	143,004.04
100	100	0.8	0.15	147,558.67	142,609.87
100	100	0.9	0.02	146,747.28	134,026.06
100	100	0.9	0.05	147,223.42	137,008.30
100	100	0.9	0.15	146,871.05	135,329.38
500	20	0.7	0.02	156,017.13	154,137.00
500	20	0.7	0.05	153,466.73	150,796.51
500	20	0.7	0.15	155,015.76	151,907.92
500	20	0.8	0.02	151,589.80	149,294.89
500	20	0.8	0.05	153,815.18	147,038.63
500	20	0.8	0.15	154,164.28	149,923.38
500	20	0.9	0.02	154,788.26	152,135.69
500	20	0.9	0.05	151,581.07	139,103.86
500	20	0.9	0.15	148,867.62	142,999.96
200	50	0.7	0.02	149,635.72	144,566.22
200	50	0.7	0.05	147,273.42	136,823.22
200	50	0.7	0.15	151,688.88	144,794.63
200	50	0.8	0.02	154,751.41	150,603.26
200	50	0.8	0.05	143,563.30	136,156.39
200	50	0.8	0.15	144,946.63	141,549.85
200	50	0.9	0.02	149,051.07	144,305.61
200	50	0.9	0.05	145,319.08	142,916.54
200	50	0.9	0.15	152,522.63	146,534.34

4.11.7 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

จากตารางที่ 4.33 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากรเท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 354,556.89 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 333,672.75 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.33 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	360,457.30	344,750.24
100	100	0.7	0.05	356,981.31	350,347.25
100	100	0.7	0.15	362,888.01	354,616.34
100	100	0.8	0.02	354,556.89	335,890.35
100	100	0.8	0.05	358,720.59	333,672.75
100	100	0.8	0.15	364,311.82	348,512.99
100	100	0.9	0.02	355,298.42	343,691.22
100	100	0.9	0.05	359,041.97	340,675.66
100	100	0.9	0.15	355,971.29	344,323.81
500	20	0.7	0.02	365,015.76	358,525.93
500	20	0.7	0.05	365,210.38	345,110.66
500	20	0.7	0.15	373,102.45	364,816.96
500	20	0.8	0.02	369,823.57	358,843.83
500	20	0.8	0.05	370,233.43	367,851.47
500	20	0.8	0.15	370,630.23	346,339.30
500	20	0.9	0.02	367,742.63	351,500.31
500	20	0.9	0.05	370,434.27	360,884.73
500	20	0.9	0.15	372,314.05	367,216.80
200	50	0.7	0.02	360,104.93	354,032.12
200	50	0.7	0.05	363,226.59	356,258.26
200	50	0.7	0.15	369,114.12	362,153.97
200	50	0.8	0.02	364,359.31	351,403.38
200	50	0.8	0.05	360,041.79	338,250.59
200	50	0.8	0.15	363,781.26	346,981.97
200	50	0.9	0.02	365,945.92	353,082.69
200	50	0.9	0.05	367,234.76	363,865.92
200	50	0.9	0.15	369,007.38	359,487.79

4.11.8 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากตารางที่ 4.34 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 430,266.97 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 404,912.32 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.34 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	440,972.86	425,357.44
100	100	0.7	0.05	453,067.11	423,802.12
100	100	0.7	0.15	453,532.49	438,965.60
100	100	0.8	0.02	456,999.87	425,753.63
100	100	0.8	0.05	468,617.07	424,288.86
100	100	0.8	0.15	430,266.97	404,912.32
100	100	0.9	0.02	439,973.75	418,693.54
100	100	0.9	0.05	431,413.94	411,530.27
100	100	0.9	0.15	454,485.77	433,529.06
500	20	0.7	0.02	471,974.79	463,973.87
500	20	0.7	0.05	476,819.78	461,304.05
500	20	0.7	0.15	471,424.75	461,324.59
500	20	0.8	0.02	475,090.55	464,505.62
500	20	0.8	0.05	459,588.39	446,357.96
500	20	0.8	0.15	463,665.48	454,623.18
500	20	0.9	0.02	464,938.66	447,449.66
500	20	0.9	0.05	463,156.26	453,581.81
500	20	0.9	0.15	480,125.59	457,680.94
200	50	0.7	0.02	470,993.28	453,650.45
200	50	0.7	0.05	451,127.26	433,679.64
200	50	0.7	0.15	455,139.13	435,650.01
200	50	0.8	0.02	447,379.57	435,411.69
200	50	0.8	0.05	454,937.50	434,593.51
200	50	0.8	0.15	454,882.02	431,853.02
200	50	0.9	0.02	468,740.82	444,008.74
200	50	0.9	0.05	453,221.42	434,421.05
200	50	0.9	0.15	468,649.06	451,356.74

4.11.9 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

จากตารางที่ 4.35 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3 จะแสดงค่าพารามิเตอร์ขนาดของประชากร เท่ากับ 100, 500 และ 200 ค่าพารามิเตอร์จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100, 20 และ 50 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เท่ากับ 0.7, 0.8 และ 0.9 ค่าพารามิเตอร์ความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02, 0.05 และ 0.15 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 433,075.46 บาท ค่าใช้จ่ายที่น้อยสุด เท่ากับ 399,124.14 บาท ในการรันโปรแกรมของค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว

ตารางที่ 4.35 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	Average cost	Min Cost
100	100	0.7	0.02	445,251.00	423,402.98
100	100	0.7	0.05	444,119.31	408,510.16
100	100	0.7	0.15	436,381.96	417,106.55
100	100	0.8	0.02	435,716.13	416,161.31
100	100	0.8	0.05	444,722.69	421,378.16
100	100	0.8	0.15	436,585.07	416,079.38
100	100	0.9	0.02	439,916.10	421,811.89
100	100	0.9	0.05	444,996.90	441,391.00
100	100	0.9	0.15	435,517.66	399,124.14
500	20	0.7	0.02	457,318.12	427,809.45
500	20	0.7	0.05	453,707.65	444,665.21
500	20	0.7	0.15	452,709.76	433,573.67
500	20	0.8	0.02	448,454.79	433,237.31
500	20	0.8	0.05	448,652.88	436,335.31
500	20	0.8	0.15	444,099.55	423,093.41
500	20	0.9	0.02	449,330.01	428,334.81
500	20	0.9	0.05	439,385.63	427,840.10
500	20	0.9	0.15	453,856.92	436,998.74
200	50	0.7	0.02	447,107.97	439,030.06
200	50	0.7	0.05	438,703.29	426,888.62
200	50	0.7	0.15	443,500.07	424,685.98
200	50	0.8	0.02	446,962.25	444,865.89
200	50	0.8	0.05	433,075.46	419,330.45
200	50	0.8	0.15	449,890.96	429,348.89
200	50	0.9	0.02	446,047.74	423,818.77
200	50	0.9	0.05	451,621.95	440,537.22
200	50	0.9	0.15	447,199.96	434,424.06

4.12 การพิจารณาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวมกรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการ

ตารางที่ 4.36 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายคงที่	ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง	ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก	ค่าปรับจากการล่วงเวลา	ค่าใช้จ่ายรวม
1	458	4381.522	142496.4	5184.722	152520.7
2	478	4431.674	138924.6	6548.348	150382.6
3	446	4188.469	130409.9	5370.435	140414.8
4	408	4115.496	137263.8	6430.221	148217.5
5	482	4520.404	134398.3	3386.079	142786.8
6	472	4431.797	141156.8	4259.119	150319.7
7	488	4569.554	137115.7	5767.576	147940.8
8	482	4606.6	136609.1	3690.086	145387.8
9	448	4219.577	129641.5	6222.633	140531.7
10	468	4548.588	140571.6	4426.505	150014.7
11	496	4516.479	140577.4	5166.306	150756.2
12	506	4637.489	142348.3	5276.516	152768.3
13	464	4414.27	142068.3	5387.158	152333.7
14	494	4670.97	144277.3	5092.799	154535.1
15	434	4325.628	140119.6	6696.412	151575.6
16	456	4268.188	137213	7284.525	149221.7
17	472	4416.842	142203.1	4288.018	151380
18	488	4619.492	143473.7	5367.056	153948.2
19	484	4469.851	141190.7	3708.109	149852.7
20	438	4308.052	139916.7	5116.128	149778.9
21	450	4166.219	135303.5	7134.801	147054.5
22	470	4594.307	142824.9	4706.381	152595.6
23	450	4381.371	140403.6	5055.391	150290.4
24	466	4348.707	135874.6	4776.651	145466
25	458	4465.833	137435.3	5502.073	147861.2
26	462	4420.865	138806.2	4090.585	147779.7
27	478	4435.251	139697.9	4060.778	148671.9

จากตารางที่ 4.36 ค่าใช้จ่ายรวมคำนวณได้จากค่าใช้จ่ายคงที่ (ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งในการใช้ยานพาหนะ) + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง (ระยะทาง x ค่าน้ำมัน) + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก [(น้ำหนักบรรทุก x ระยะทาง) x ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า] + ค่าปรับจากการล่วงเวลา [(ระยะเวลาที่ล่าช้า + เวลาขนถ่ายสินค้า) x ค่าปรับ]

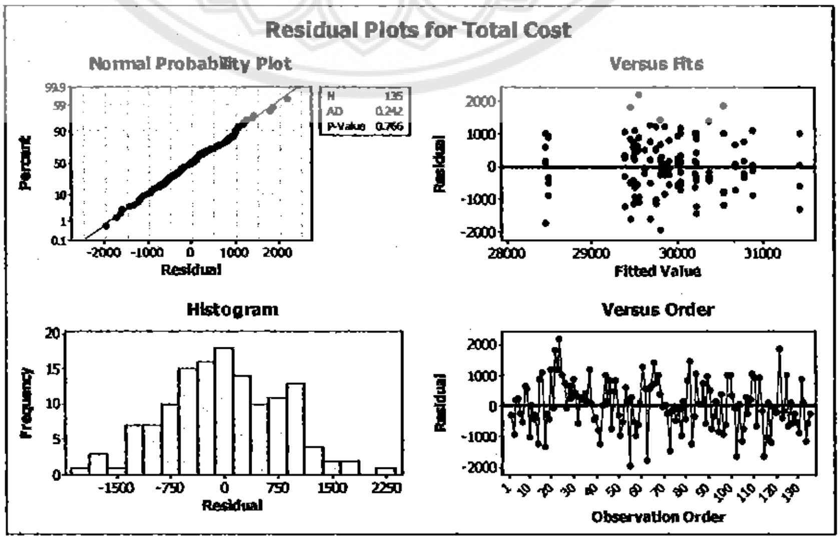
จะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายคงที่, ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับล่วงเวลา ซึ่งค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกนี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ได้นั้นมีค่าสูง

สรุปได้ว่า กรณียานพาหนะบรรจุเต็มคันและกรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า มีค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายคงที่, ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับล่วงเวลา ซึ่งค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกนี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ได้นั้นมีค่าสูง และกรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้ามีค่าใช้จ่ายทั้งหมดน้อยกว่าแบบยานพาหนะบรรจุเต็มคัน

4.13 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง

ผลจากการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลองโจทย์ของ โดยแบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก 3 ข้อ ปัญหาขนาดกลาง 3 ข้อ และปัญหาขนาดใหญ่ 3 ข้อ รวมเป็นปัญหาที่จะใช้ในการทดสอบโปรแกรมทั้งหมด 9 ข้อ และลักษณะของโจทย์จะวิเคราะห์ตามปัญหาของแต่ละขนาด แสดงดังนี้

4.13.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 1



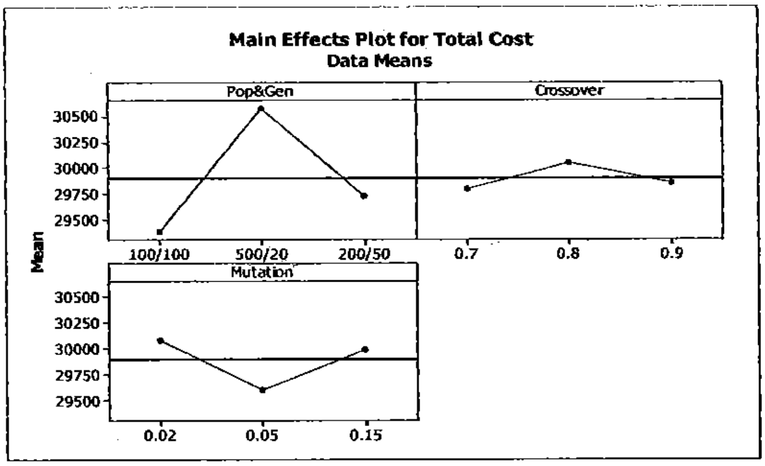
รูปที่ 4.58 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.58 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน โดยที่ค่า Pop&Gen คือ ค่าพารามิเตอร์ของขนาดประชากร&จำนวนรุ่นประชากร Crossover คือ ค่าพารามิเตอร์ของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ และ Mutation คือ ค่าของพารามิเตอร์ของการกลายพันธุ์

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.364
Mutation	0.028
Pop&Gen*Crossover	0.456
Pop&Gen*Mutation	0.570
Crossover*Mutation	0.939
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.269

รูปที่ 4.59 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.59 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.364, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.028, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.456, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.570, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.939, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.269 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



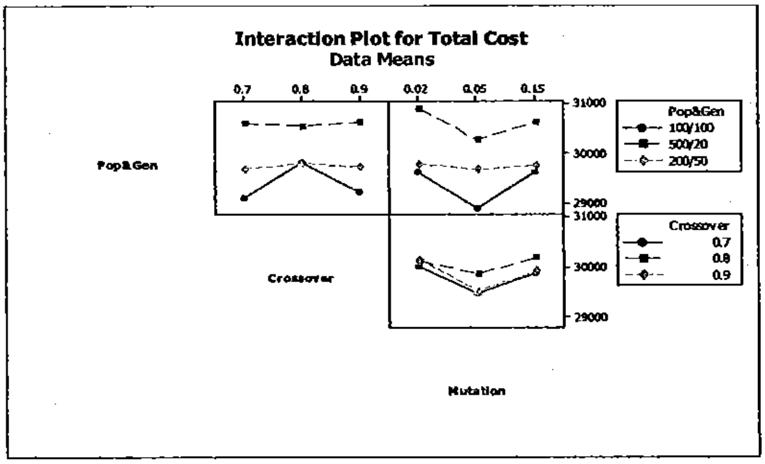
รูปที่ 4.60 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.60 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.60 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.7 และค่า Mutation เท่ากับ 0.05 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.37 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	29,355.60
100	100	0.70	0.05	28,472.27
100	100	0.70	0.15	29,477.72
100	100	0.80	0.02	29,981.73
100	100	0.80	0.05	29,805.62
100	100	0.80	0.15	29,659.99
100	100	0.90	0.02	29,519.58
100	100	0.90	0.05	28,423.36
100	100	0.90	0.15	29,728.12

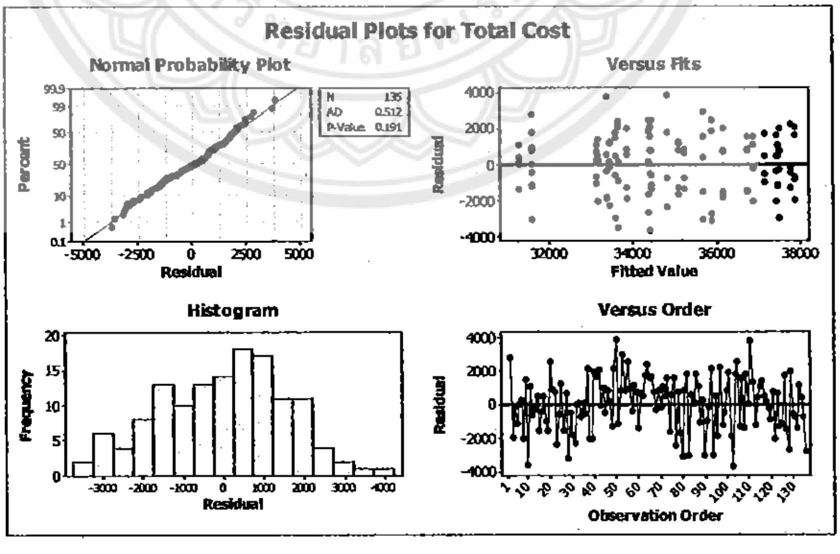
จากตารางที่ 4.37 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.05 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1 เท่ากับ 28,423.36 บาท



รูปที่ 4.61 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.61 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.7 และค่าMutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.05 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.13.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 2



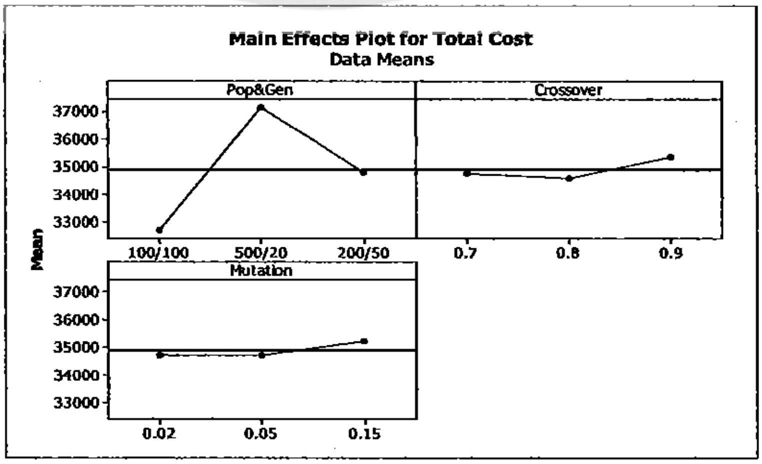
รูปที่ 4.62 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.62 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.112
Mutation	0.280
Pop&Gen*Crossover	0.248
Pop&Gen*Mutation	0.626
Crossover*Mutation	0.417
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.972

รูปที่ 4.63 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.63 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.112, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.280, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.248, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.626, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.417, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.972 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



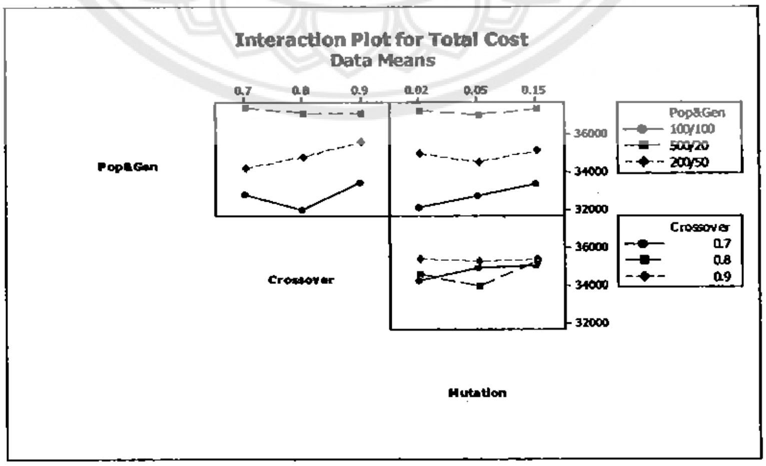
รูปที่ 4.64 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.64 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.64 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.8 และค่า Mutation เท่ากับ 0.02,0.05 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.38 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	31,542.63
100	100	0.70	0.05	33,311.65
100	100	0.70	0.15	33,380.68
100	100	0.80	0.02	31,526.69
100	100	0.80	0.05	31,246.72
100	100	0.80	0.15	33,092.24
100	100	0.90	0.02	33,106.44
100	100	0.90	0.05	33,523.98
100	100	0.90	0.15	33,607.19

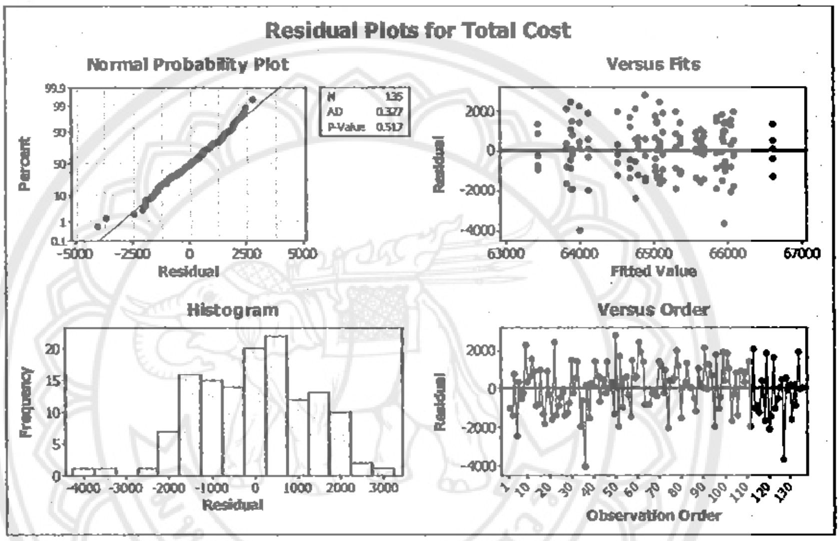
จากตารางที่ 4.38 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.05 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 2 เท่ากับ 31,246.72 บาท



รูปที่ 4.65 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.65 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.8 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.13.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดเล็กข้อที่ 3



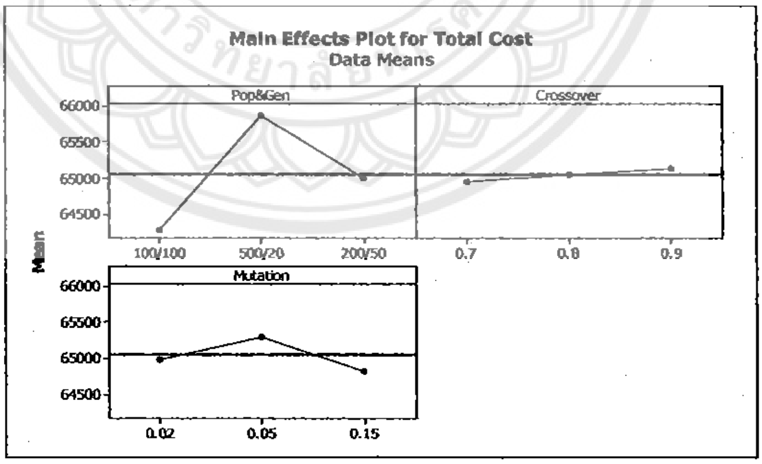
รูปที่ 4.66 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.66 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.839
Mutation	0.277
Pop&Gen*Crossover	0.603
Pop&Gen*Mutation	0.422
Crossover*Mutation	0.459
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.939

รูปที่ 4.67 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.67 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.839, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.277, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.603, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.422, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.459, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.939 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.68 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

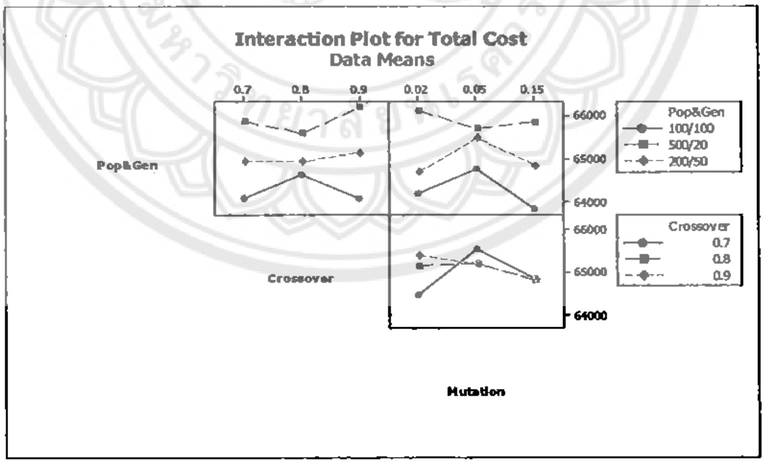
จากรูปที่ 4.68 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.68 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.7 และค่า Mutation เท่ากับ 0.15 เนื่องจาก

ทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้า

ตารางที่ 4.39 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	63,399.25
100	100	0.70	0.05	65,011.00
100	100	0.70	0.15	63,873.46
100	100	0.80	0.02	64,735.31
100	100	0.80	0.05	65,327.12
100	100	0.80	0.15	63,847.51
100	100	0.90	0.02	64,477.88
100	100	0.90	0.05	63,960.45
100	100	0.90	0.15	63,795.29

จากตารางที่ 4.39 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.7 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3 เท่ากับ 63,399.25 บาท

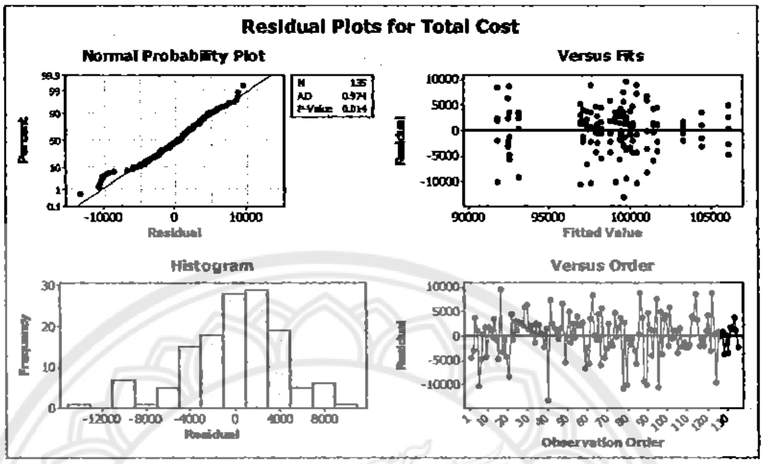


รูปที่ 4.69 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.69 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.7 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.15 เพื่อที่จะทำให้

ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.13.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 1



รูปที่ 4.70 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

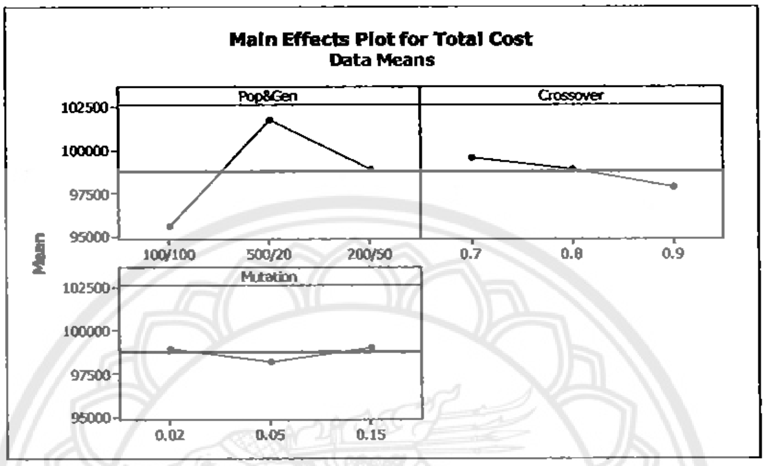
จากรูปที่ 4.70 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.235
Mutation	0.686
Pop&Gen*Crossover	0.977
Pop&Gen*Mutation	0.485
Crossover*Mutation	0.804
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.019

รูปที่ 4.71 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.71 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.235, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.686, Pop&Gen x Crossover มีค่า

P-value เท่ากับ 0.977, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.485, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.804, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.019 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



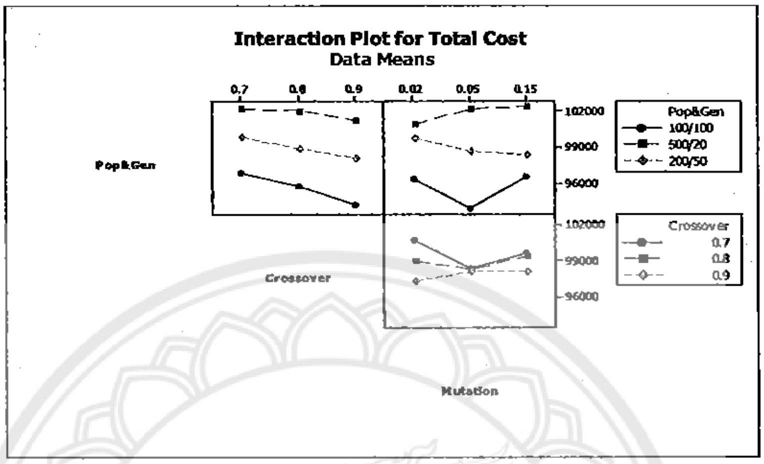
รูปที่ 4.72 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.72 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.72 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Mutation เท่ากับ 0.05 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.40 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	98,727.03
100	100	0.70	0.05	92,413.99
100	100	0.70	0.15	99,254.99
100	100	0.80	0.02	97,243.50
100	100	0.80	0.05	97,493.00
100	100	0.80	0.15	92,435.89
100	100	0.90	0.02	93,070.82
100	100	0.90	0.05	91,761.15
100	100	0.90	0.15	97,799.02

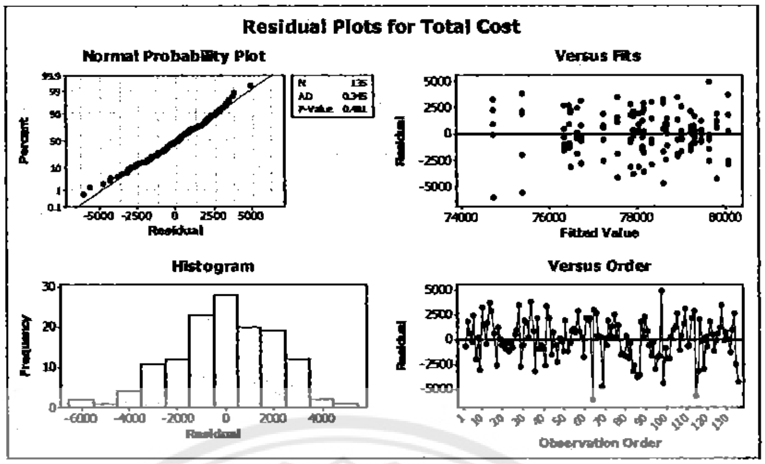
จากตารางที่ 4.40 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.05 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1 เท่ากับ 91,761.15 บาท



รูปที่ 4.73 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.73 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.05 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.13.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 2



รูปที่ 4.74 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 2

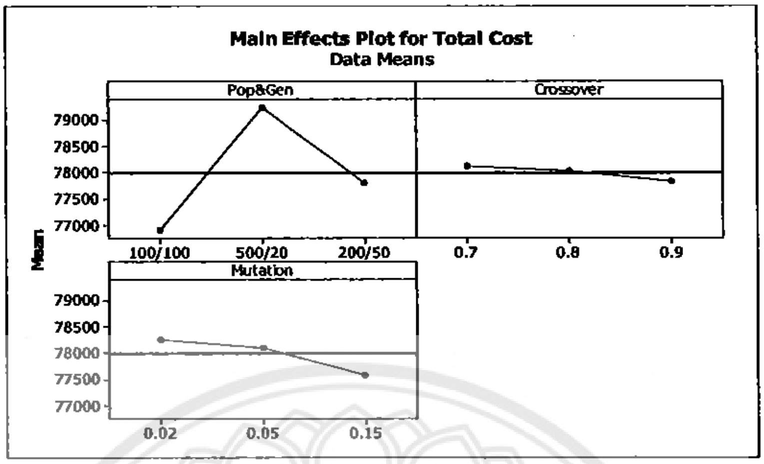
จากรูปที่ 4.74 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.822
Mutation	0.354
Pop&Gen*Crossover	0.641
Pop&Gen*Mutation	0.436
Crossover*Mutation	0.222
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.331

รูปที่ 4.75 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.75 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.822, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.354, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.641, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.436, Crossover x Mutation มีค่า P-value 0.222, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.331 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับ

ความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.76 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

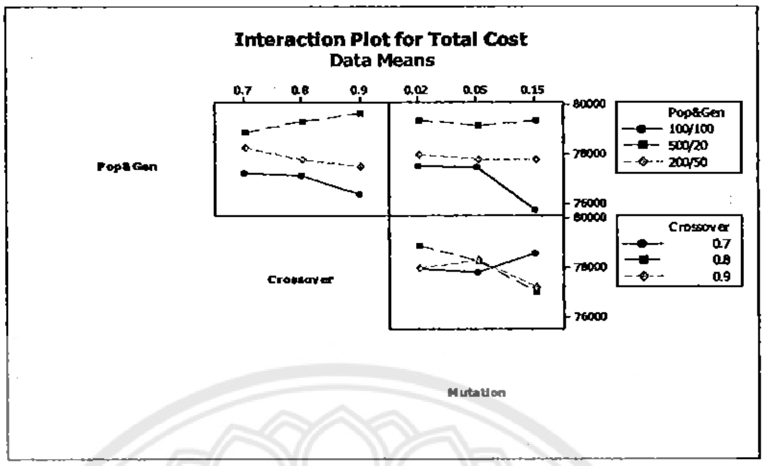
จากรูปที่ 4.76 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.76 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Mutation เท่ากับ 0.15 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.41 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	76,677.57
100	100	0.70	0.05	77,822.68
100	100	0.70	0.15	77,193.87
100	100	0.80	0.02	77,873.34
100	100	0.80	0.05	78,112.61
100	100	0.80	0.15	75,338.52
100	100	0.90	0.02	77,979.50
100	100	0.90	0.05	76,425.14
100	100	0.90	0.15	74,680.05

จากตารางที่ 4.41 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์

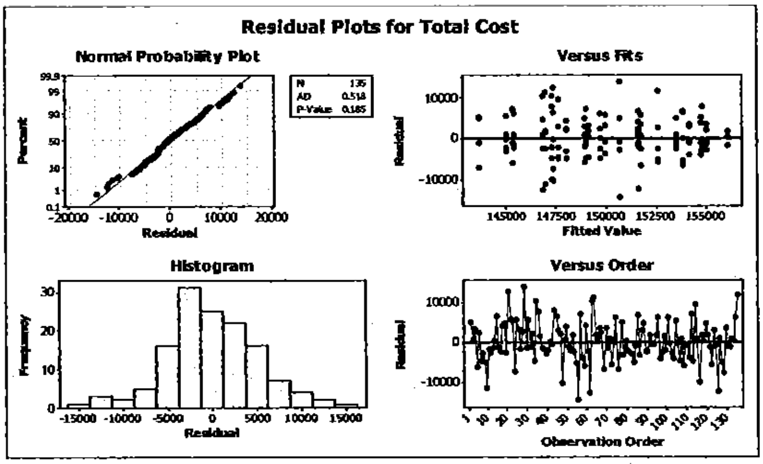
เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.15 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2 เท่ากับ 74,680.05 บาท



รูปที่ 4.77 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.77 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.15 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.13.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดกลางข้อที่ 3



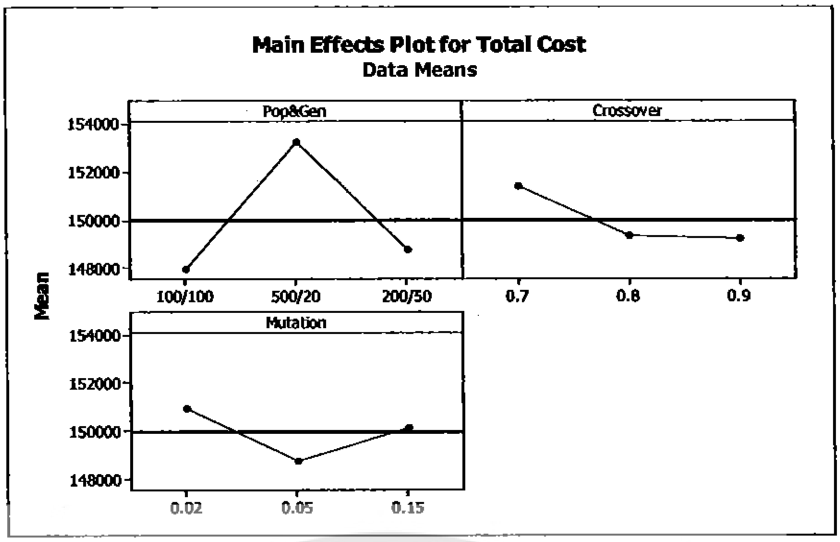
รูปที่ 4.78 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.78 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.126
Mutation	0.203
Pop&Gen*Crossover	0.863
Pop&Gen*Mutation	0.236
Crossover*Mutation	0.973
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.160

รูปที่ 4.79 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.79 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.126, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.203, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.863, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.236, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.973, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.160 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่น ร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



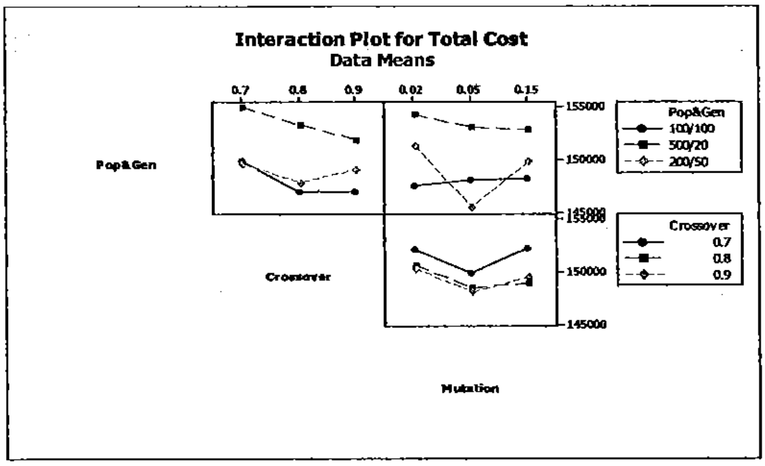
รูปที่ 4.80 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลาง**ข้อที่** 3

จากรูปที่ 4.80 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.80 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Mutation เท่ากับ 0.05 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.42 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	150,634.54
100	100	0.70	0.05	148,939.47
100	100	0.70	0.15	149,914.16
100	100	0.80	0.02	145,223.53
100	100	0.80	0.05	147,971.28
100	100	0.80	0.15	147,558.67
100	100	0.90	0.02	146,747.28
100	100	0.90	0.05	147,223.42
100	100	0.90	0.15	146,871.05

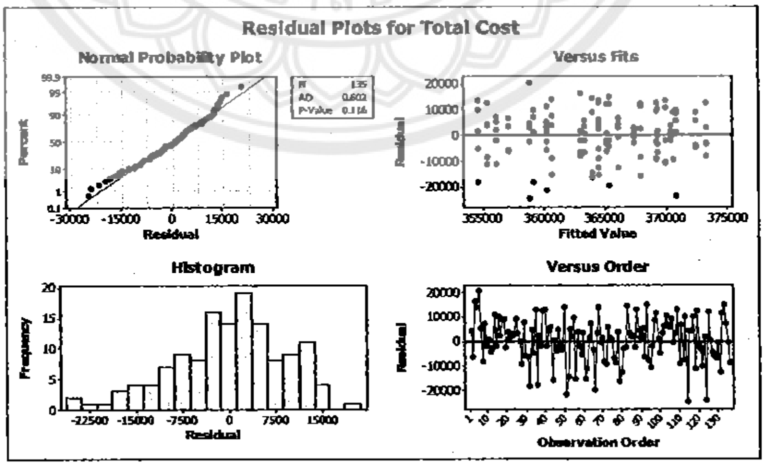
จากตารางที่ 4.42 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3 เท่ากับ 145,223.53 บาท



รูปที่ 4.81 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลาง**ข้อที่** 3

จากรูปที่ 4.81 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover **ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น** 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.05 **เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น** ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่**สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม**

4.13.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 1



รูปที่ 4.82 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

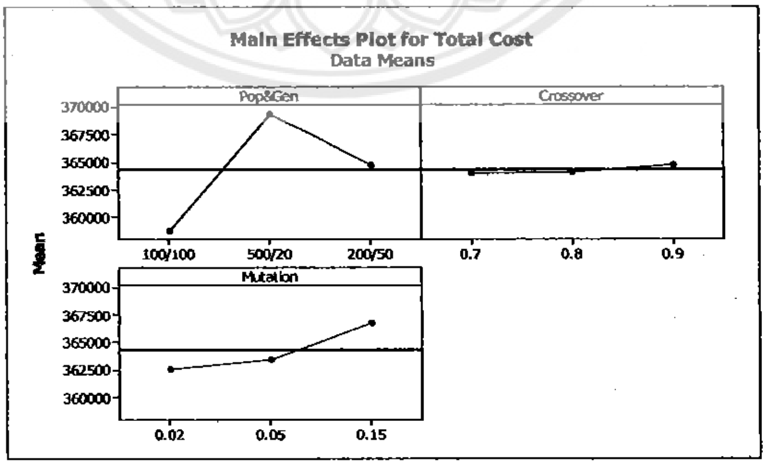
จากรูปที่ 4.82 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตาม

เงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.921
Mutation	0.118
Pop&Gen*Crossover	0.562
Pop&Gen*Mutation	0.999
Crossover*Mutation	0.805
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.930

รูปที่ 4.83 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.83 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.921, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.118, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.562, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.999, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.805, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.930 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



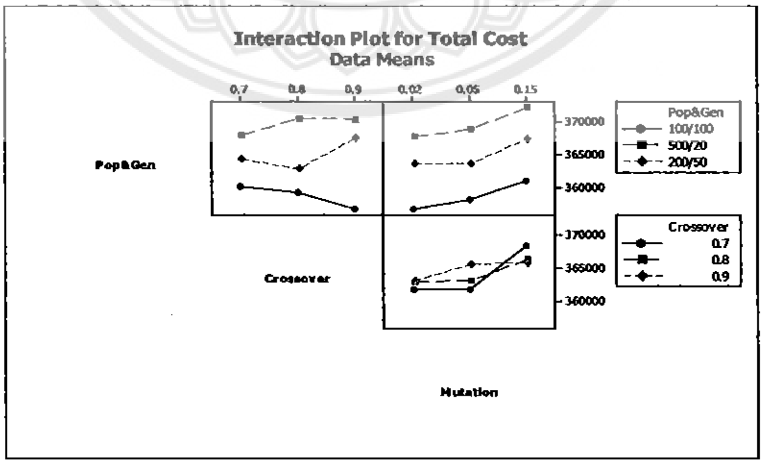
รูปที่ 4.84 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.84 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.84 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.7 และค่า Mutation เท่ากับ 0.02 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.43 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	360,457.30
100	100	0.70	0.05	356,981.31
100	100	0.70	0.15	362,888.01
100	100	0.80	0.02	354,556.89
100	100	0.80	0.05	358,720.59
100	100	0.80	0.15	364,311.82
100	100	0.90	0.02	355,298.42
100	100	0.90	0.05	359,041.97
100	100	0.90	0.15	355,971.29

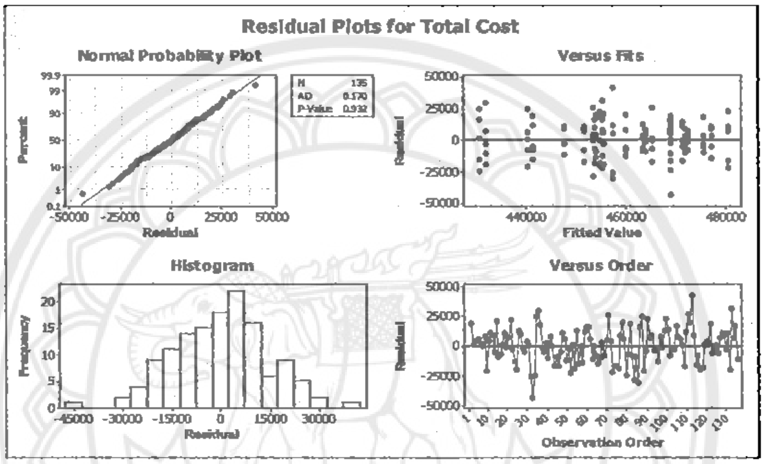
จากตารางที่ 4.43 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.02 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1 เท่ากับ 354,556.89 บาท



รูปที่ 4.85 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

จากรูปที่ 4.85 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.02 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.13.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 2



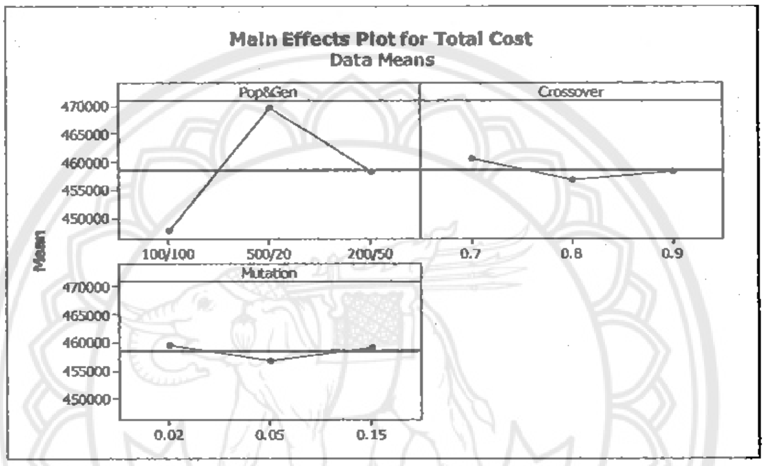
รูปที่ 4.86 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.86 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.000
Crossover	0.544
Mutation	0.686
Pop&Gen*Crossover	0.144
Pop&Gen*Mutation	0.455
Crossover*Mutation	0.011
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.029

รูปที่ 4.87 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.87 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.544, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.686, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.144, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.455, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.011, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.029 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



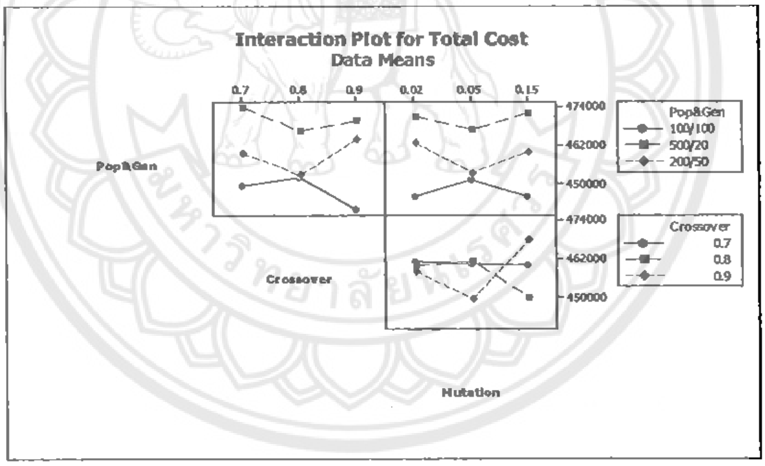
รูปที่ 4.88 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.88 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.88 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.8 และค่า Mutation เท่ากับ 0.05 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.44 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	440,972.86
100	100	0.70	0.05	453,067.11
100	100	0.70	0.15	453,532.49
100	100	0.80	0.02	456,999.87
100	100	0.80	0.05	468,617.07
100	100	0.80	0.15	430,266.97
100	100	0.90	0.02	439,973.75
100	100	0.90	0.05	431,413.94
100	100	0.90	0.15	454,485.77

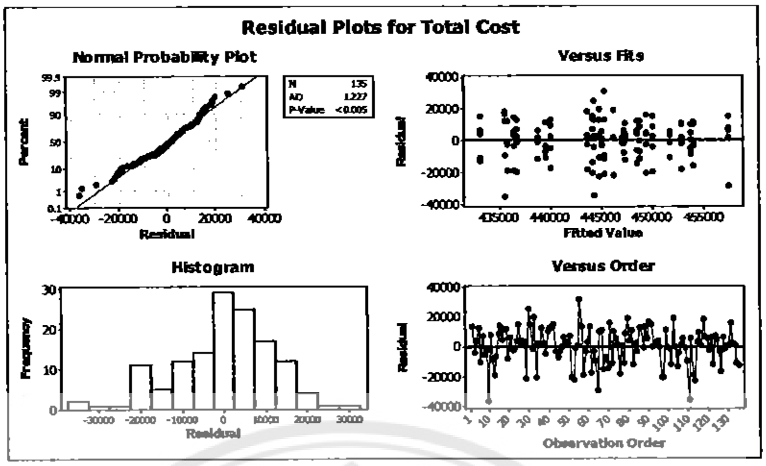
จากตารางที่ 4.44 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.15 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2 เท่ากับ 430,266.97 บาท



รูปที่ 4.89 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

จากรูปที่ 4.89 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.15 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.13.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญญาขนาดใหญ่ข้อที่ 3



รูปที่ 4.90 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

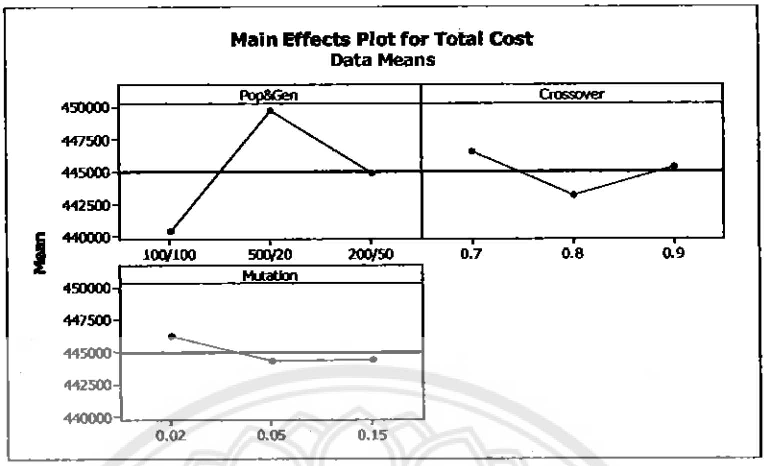
จากรูปที่ 4.90 พบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะของการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน

Pop&Gen	0.005
Crossover	0.474
Mutation	0.748
Pop&Gen*Crossover	0.513
Pop&Gen*Mutation	0.286
Crossover*Mutation	0.902
Pop&Gen*Crossover*Mutation	0.536

รูปที่ 4.91 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.91 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Pop&Gen มีค่า P-value เท่ากับ 0.005, Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.474, Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.748, Pop&Gen x Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.513, Pop&Gen x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.286, Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.902, Pop&Gen x Crossover x Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.536 ซึ่งค่าทั้งหมดนี้จะมีค่าบางส่วนที่น้อยกว่าระดับนัยสำคัญ มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่น

ร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์ตัวอื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าความแตกต่างกันที่ไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.92 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

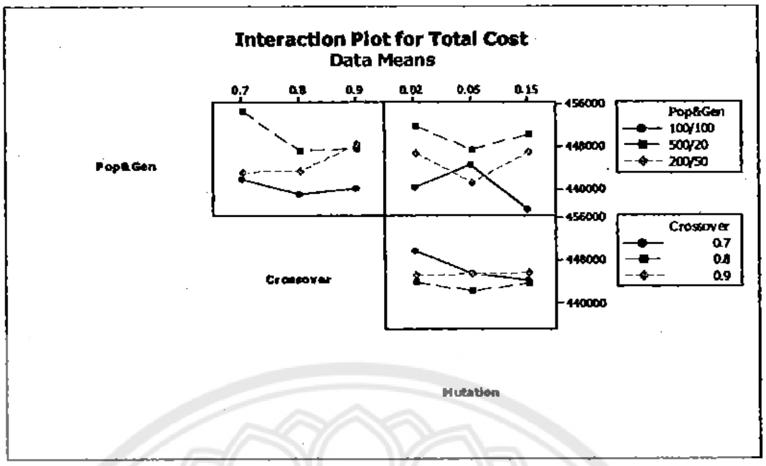
จากรูปที่ 4.92 จะพบว่า ปัจจัยหลัก คือ Pop&Gen, Crossover, Mutation เป็นปัจจัยหลักที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.92 ควรกำหนดค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover เท่ากับ 0.8 และค่า Mutation เท่ากับ 0.15 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.45 ค่าพารามิเตอร์ของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3

Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
100	100	0.70	0.02	445,251.00
100	100	0.70	0.05	444,119.31
100	100	0.70	0.15	436,381.96
100	100	0.80	0.02	435,716.13
100	100	0.80	0.05	444,722.69
100	100	0.80	0.15	436,585.07
100	100	0.90	0.02	439,916.10
100	100	0.90	0.05	444,996.90
100	100	0.90	0.15	435,517.66

จากตารางที่ 4.45 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่เหมาะสมกับค่าพารามิเตอร์แต่ละตัว คือ ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์

เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ เท่ากับ 0.15 ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำสุดของโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3 เท่ากับ 435,517.66 บาท



รูปที่ 4.93 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

จากรูปที่ 4.93 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Pop&Gen, Crossover, Mutation, Pop&Gen xCrossover, Pop&Gen x Mutation, Crossover x Mutation, Pop&Gen x Crossover x Mutation ดังนั้น ถ้าค่า Pop&Gen เท่ากับ 100/100 ค่า Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.8 และค่า Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.15 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้น ทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

4.14 สรุปค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบการทดลอง และค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม และค่าพารามิเตอร์การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยกับค่าน้อยสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

4.14.1 การอภิปรายการออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์ กรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหา 3 ขนาด 9 ข้อ ประกอบไปด้วยขนาดเล็ก 3 ข้อ ขนาดกลาง 3 ข้อ และขนาดใหญ่ 3 ข้อ สรุปได้ว่า

กรณีที่ 2 ยานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า จะมีค่าพารามิเตอร์ที่มีค่า P-value น้อยกว่า 0.05 นั้นก็ คือ ข้อปัญหาขนาดเล็ก 1 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยน

สายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.7 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05, ปัญหาขนาดเล็ก 2 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02, ปัญหาขนาดเล็ก 3 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.7 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15, ปัญหาขนาดกลาง 1 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05, ปัญหาขนาดกลาง 2 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15, ปัญหาขนาดกลาง 3 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05, ปัญหาขนาดใหญ่ 1 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02, ปัญหาขนาดใหญ่ 2 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.9 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15, ปัญหาขนาดใหญ่ 3 ค่าขนาดของประชากร และจำนวนรุ่นประชากร (Pop&Gen) ซึ่งมีค่า P-value เท่ากับ 0.005 ส่งผลให้ความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ (Crossover) เท่ากับ 0.8 และความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 ดังนั้น ปัญหาทั้ง 9 ข้อที่กล่าวมานั้นมีนัยสำคัญทางสถิติ และค่าพารามิเตอร์มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบของโจทย์ปัญหา

4.14.2 ค่าพารามิเตอร์จากการออกแบบการทดลอง (DOE)

จากตารางที่ 4.46 จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ผลการทดลองจากโจทย์ทั้ง 9 ข้อให้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโจทย์แต่ละข้อ โดยดูจากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.46 ค่าพารามิเตอร์การออกแบบการทดลอง (DOE)

โจทย์	Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
1	100	100	0.90	0.05	28,423.36
2	100	100	0.80	0.05	31,246.72
3	100	100	0.70	0.02	63,399.25
4	100	100	0.90	0.05	91,761.15
5	100	100	0.90	0.15	74,680.05
6	100	100	0.80	0.02	145,223.53
7	100	100	0.80	0.02	354,556.89
8	100	100	0.80	0.15	430,266.97
9	100	100	0.90	0.15	435,517.66

4.14.3 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม

จากตารางที่ 4.47 ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจากโจทย์ทั้ง 9 ข้อโดยดูจากค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุดมาหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสม

ตารางที่ 4.47 ค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรม

โจทย์	Population Size	Generation	Crossover	Mutation	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย
1	100.00	100.00	0.90	0.05	28,423.36
2	100.00	100.00	0.80	0.05	31,246.72
3	100.00	100.00	0.70	0.02	63,399.25
4	100.00	100.00	0.90	0.05	91,761.15
5	100.00	100.00	0.90	0.15	74,680.05
6	200.00	50.00	0.80	0.05	143,563.30
7	100.00	100.00	0.80	0.02	354,556.89
8	100.00	100.00	0.80	0.15	430,266.97
9	100.00	100.00	0.90	0.15	433,075.46

จากการหาค่าพารามิเตอร์ของการออกแบบการทดลอง (DOE) และค่าพารามิเตอร์จากการรันโปรแกรมจะให้ค่าพารามิเตอร์เหมือนกันกับโจทย์ทั้ง 8 ข้อ โดยมีข้อ 1, 2, 3, 4, 5, 8,และ 9 ซึ่งข้อที่ให้ค่าพารามิเตอร์จาก DOE และรันโปรแกรมให้ค่าต่างกัน คือ โจทย์ข้อที่ 6

4.14.4 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

จากตารางที่ 4.48 เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของโจทย์ทั้ง 9 ข้อที่ให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุดของแต่ละวิธีการมาทำการเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 4.48 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

ลักษณะของปัญหา	ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายรวม				
	PSO	ACO	GA	SA	ILS
ขนาดเล็ก 1	31,805.25	30,664.37	28,423.36	24,234.37	25,531.55
ขนาดเล็ก 2	40,941.35	37,604.02	31,246.72	35,493.22	26,141.67
ขนาดเล็ก 3	67,209.14	65,132.57	63,399.25	56,169.51	58,289.76
ขนาดกลาง 1	105,144.94	103,551.72	91,761.15	62,475.62	68,522.97
ขนาดกลาง 2	83,787.68	79,452.00	74,680.05	53,937.91	58,520.60
ขนาดกลาง 3	163,262.82	151,241.94	143,563.30	97,093.71	102,382.83
ขนาดใหญ่ 1	371,638.45	353222.8	354,556.89	171,728.96	189,243.84
ขนาดใหญ่ 2	476,458.17	457695.52	430,266.97	189,096.76	214,379.76
ขนาดใหญ่ 3	458,880.46	383293.66	433,075.46	256,139.18	270,195.11

จากการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของผลลัพธ์ของงานวิจัยทั้ง 5 วิธี พบว่า ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของวิธีการเชิงพันธุกรรมให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยอยู่อันดับที่ 3 จากงานวิจัยทั้ง 5 วิธี

4.14.5 การเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

จากตารางที่ 4.49 เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำสุดของโจทย์ทั้ง 9 ข้อของแต่ละวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดมาเปรียบเทียบกัน

ตารางที่ 4.49 แสดงการเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

ลักษณะของปัญหา	ค่าต่ำสุดของค่าใช้จ่ายรวม				
	PSO	ACO	GA	SA	ILS
ขนาดเล็ก 1	29,123.27	28,870.17	26,644.94	23,893.02	24,347.33
ขนาดเล็ก 2	37,818.23	34,237.61	28,459.53	23,739.28	24,695.11
ขนาดเล็ก 3	62,380.85	62,321.64	59,882.67	55,651.92	57,767.77
ขนาดกลาง 1	96,891.17	94,339.23	81,512.83	60,176.81	66,249.49
ขนาดกลาง 2	78,821.88	75,308.14	68,537.76	51,966.12	56,957.33
ขนาดกลาง 3	150,488.02	140,709.85	134,026.06	94,531.93	99,988.22
ขนาดใหญ่ 1	347,448.74	329113.77	333,672.75	153,462.97	178,921.01
ขนาดใหญ่ 2	444,897.07	423681.06	404,912.32	170,073.20	199,095.92
ขนาดใหญ่ 3	429,646.90	370300.87	399,124.14	244,708.42	257,447.08

จากการเปรียบเทียบค่าต่ำสุดของผลลัพธ์ของงานวิจัยทั้ง 5 วิธี พบว่าค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของวิธีการเชิงพันธุกรรมให้ค่าต่ำสุดอยู่อันดับที่ 3 จากงานวิจัยทั้ง 5 วิธี

4.14.6 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น

จากตารางที่ 4.50 เป็นการเทียบเวลาที่ใช้ในการหาค่าใช้จ่ายของแต่ละวิธีการทั้ง 9 ข้อ โดยที่เวลาในการรันจะมีหน่วยเป็นวินาที โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของแต่ละวิธีมีดังนี้

ก. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี PSO คือ (Windows 8.1 Pro Intel® Core (TM) i7-4700HQ CPU @ 2.40GHz 2.40 GHz RAM 6.00 GB)

ข. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี ACO คือ (Windows 10 Intel core i5-5200 U, up to 2.7 GHZ)

ค. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี GA คือ (Windows 7 Ultimate Intel(R) Core(TM) i5-3210M CPU @ 2.50 GHz 2.50 GHz RAM 4.00 GB (3.84 GB usable))

ง. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี SA คือ (Windows 10 Pro Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50Hz 2.70 GHz 4.00 GB (3.87 GB usable))

จ. คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของวิธี ILS คือ (Windows 10 Pro Intel(R) Core(TM) i7-6500U CPU @ 2.50 GHz 2.60 GHz RAM 8.00 GB)

ตารางที่ 4.50 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการคำนวณของผลลัพธ์ที่ได้จากงานวิจัยอื่น

ลักษณะของปัญหา	เวลาที่ใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ (วินาที)				
	PSO	ACO	GA	SA	ILS
ขนาดเล็ก 1	5.77	13.21	10.62	1.92	1.14
ขนาดเล็ก 2	5.31	11.47	9.78	1.50	1.00
ขนาดเล็ก 3	6.42	15.29	11.63	1.97	1.32
ขนาดกลาง 1	10.05	32.71	17.17	3.10	2.08
ขนาดกลาง 2	9.89	32.60	16.90	3.22	2.58
ขนาดกลาง 3	10.37	42.89	17.60	3.21	2.22
ขนาดใหญ่ 1	16.18	87.33	29.75	5.09	3.26
ขนาดใหญ่ 2	13.75	82.15	24.25	3.37	2.76
ขนาดใหญ่ 3	20.61	94.78	31.84	5.78	4.81

จากการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้การคำนวณของผลลัพธ์ได้จากงานวิจัยทั้ง 5 วิธี ไม่สามารถจัดอันดับได้ว่างานวิจัยทั้ง 5 ใช้เวลาในการคำนวณผลลัพธ์ได้รวดเร็วที่สุดเพราะอยู่ที่คอมพิวเตอร์ที่ใช้ประมวลผลของคอมพิวเตอร์ของแต่ละวิธี

4.14.7 ตางรางแสดงการเปรียบเทียบของคำตอบของกรณียานพาหนะบรรจุเต็มคันและกรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า

ตารางที่ 4.51 แสดงการเปรียบเทียบของคำตอบ

ลักษณะของปัญหา	ผลลัพธ์ กรณีที่ 1	ผลลัพธ์ กรณีที่ 2
1	46,707.48	28,423.36
2	212,414.86	31,246.72
3	81,741.27	63,399.25
4	167,920.85	91,761.15
5	112,362.65	74,680.05
6	248,122.00	143,563.30
7	490,773.35	354,556.89
8	1,166,700.60	430,266.97
9	662,231.90	433,075.46

จากตารางที่ 4.51 จะสรุปได้ว่าค่าผลลัพธ์ที่ได้จากกรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้ามีค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่ากรณียานพาหนะบรรจุเต็มคัน เพราะว่าในกรณีที่ 2 นั้นมีน้ำหนักที่น้อยกว่าแบบกรณีที่ 1 ที่บรรทุกเต็มคัน จึงทำให้รู้ว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการบรรทุกสินค้ามีผลต่อค่าใช้จ่ายรวม

4.15 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมกรณียานพาหนะบรรจุเต็มคัน

โดยการตรวจสอบจากค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลขในการตรวจสอบค่าคำตอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการตรวจสอบค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมจึงขอยกตัวอย่างการตรวจสอบค่าคำตอบจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 ซึ่งค่าคำตอบที่ได้จากการรันโปรแกรม แสดงค่าใช้จ่าย แสดงดังตารางที่ 4.52

ตารางที่ 4.52 ค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรม

ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย
1	716,093.29	21	840,473.08	41	626,103.97	61	752,731.58
2	588,312.29	22	737,117.09	42	756,243.55	62	683,671.66
3	783,010.31	23	966,648.83	43	735,571.07	63	688,410.87
4	802,661.78	24	744,691.31	44	642,287.32	64	737,973.77
5	592,819.92	25	699,087.87	45	788,237.70	65	691,847.89
6	722,186.09	26	808,006.20	46	731,564.99	66	801,751.88
7	631,072.08	27	802,086.88	47	731,982.38	67	850,897.70
8	795,487.10	28	552,291.98	48	709,697.19	68	729,993.41
9	780,118.86	29	722,855.70	49	702,751.59	69	744,646.42
10	748,946.35	30	665,370.92	50	756,771.25	70	735,422.38
11	524,250.31	31	751,415.16	51	632,176.46	71	677,377.10
12	783,463.51	32	859,633.43	52	979,982.38	72	675,171.01
13	825,179.21	33	736,202.09	53	596,473.04	73	851,126.10
14	806,237.36	34	610,968.63	54	899,488.19	74	826,938.82
15	839,755.44	35	667,274.16	55	831,799.67	75	707259.8919
16	726,431.53	36	650,652.28	56	601,612.07	76	748830.4402
17	702,848.70	37	727,577.01	57	759,088.40	77	746023.2579
18	829,404.06	38	632,904.32	58	757,484.64	78	830795.1876
19	720,424.64	39	814,621.04	59	808,395.70	79	641640.0504
20	712,244.29	40	600,083.66	60	626,825.65	80	902247.8153

จากการรันโปรแกรม โดยได้ตั้งค่าตัวแทนคำตอบเริ่มต้นเป็น 80 คำตอบ เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น จึงได้ยกตัวอย่างของตัวแทนคำตอบมา 1 คำตอบ ซึ่งแสดงตัวแทนคำตอบของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 นำมาคิดค่าใช้จ่าย กรณีบรรจุเต็มคัน ได้ดังรูปที่ 4.94

0	2	50	19	20	5	0	36	29	30	22	0	23	34	49
43	0	10	37	39	0	15	21	26	0	14	3	44	0	33
38	7	25	27	0	24	42	6	46	0	40	48	35	45	0
31	0	16	47	18	0	0	0	0	0	41	0	0	0	28
0	11	0	0	0	0	0	0	1	0	12	0	0	0	0
0	0	4	17	0	13	8	32	0	9					

รูปที่ 4.94 แสดงตัวแทนคำตอบของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมที่ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด เท่ากับ 524,250.31 บาท โดยมีตัวแทนคำตอบ ดังรูปที่ 4.95

0	2	50	19	20	5	0

รูปที่ 4.95 แสดงตัวแทนคำตอบของจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ยานพาหนะคันที่ 1 มีเส้นทางในการขนส่ง คือ 0 – 2 – 50 – 19 – 20 –5 – 0 มีความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละราย คือ 10, 22, 6, 9และ 5 ตามลำดับ มีค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ 10 บาท มีค่าใช้จ่ายจากระยะทางเท่ากับ ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อระยะทาง × ระยะทาง = (50.80 × 1) + (85.58 × 1) + (72.44 × 1) + (69.42 × 1) + (78.16 × 1) + (28.65× 1) = 385.07 บาท มีค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า เท่ากับ ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกต่อหน่วยต่อระยะทาง × (น้ำหนักบรรทุก × ระยะทาง) = [2 × (50 × 50.80)] + [2 × (85.58 × 40)] + [2 × (72.44 × 34)] + [2 × (69.42 × 25)] + [2 × (8 × 78.16)] + [2 × (28.65 × 0)] = 21,575.25 บาท และมีค่าปรับจากการล่วงเวลา คือ ค่าปรับ × (ระยะเวลาที่ล่าช้า + เวลาในการขนถ่ายสินค้า) = (246.08 × 5) = 1,230.40 บาท เนื่องจากยานพาหนะเดินทางไปส่งสินค้าให้ลูกค้าภายในกรอบเวลาที่ลูกค้ากำหนด

ยานพาหนะคันที่ 2 ถึงยานพาหนะคันที่ 35 มีค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า และค่าปรับจากการล่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 4.53

ตารางที่ 4.53 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ยานพาหนะคันที่	เส้นทางในการขนส่ง	ความต้องการสินค้า	ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ	ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง	ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า	ค่าปรับจากการล่วงเวลา
1	0-2-50-19-20-5-0	10,6,9,17,8	10	385.07	21575.25	1230.40
2	0-36-29-30-22-0	9,21,16,4	10	240.79	9910.17	0.00
3	0-23-34-49-43-0	7,24,10,8	10	396.96	19178.61	0
4	0-10-37-39-0	4,21,22	10	207.13	13177.40	1313.22
5	0-15-21-26-0	18,7,22	10	217.90	11836.92	0
6	0-14-3-44-0	20,14,10	10	283.02	14299.41	301.11
7	0-33-38-7-25-27-0	18,3,15,6,6	10	498.62	19043.01	2063.51
8	0-24-42-6-46-0	13,17,10,10	10	363.80	17769.29	3258.55
9	0-40-48-35-45-0	7,5,26,12	10	257.23	14214.89	2242.73
10	0-31-0	20	10	136	10861.16	0
11	0-16-47-18-0	9,24,42	20	322	41663.75	0
12	0-0	0	0	0	0	0
13	0-0	0	0	0	0	0
14	0-0	0	0	0	0	0
15	0-0	0	0	0	0	0
16	0-41-0	10	20	157.91	29607.81	0
17	0-0	0	0	0	0	0
18	0-0	0	0	0	0	0
19	0-28-0	13	20	117.70	21626.99	0
20	0-11-0	22	20	103.23	17806.81	0
21	0-0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.53 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง ข้อที่ 3

ยานพาหนะคันที่	เส้นทางในการขนส่ง	ความต้องการสินค้า	ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ	ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง	ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า	ค่าปรับจากการล่วงเวลา
22	0-0	0	0	0	0	0
23	0-0	0	0	0	0	0
24	0-0	0	0	0	0	0
25	0-0	0	0	0	0	0
26	0-1-0	9	30	175.51	47888.85	0
27	0-12-0	16	30	198.15	52084.68	0
28	0-0	0	0	0	0	0
29	0-0	0	0	0	0	0
30	0-0	0	0	0	0	0
31	0-0	0	0	0	0	0
32	0-0	0	0	0	0	0
33	0-4-17-0	5,17	30	164.15	42928.72	0
34	0-13-8-32-0	12,16,11	30	250.44	57390.78	535.78
35	0-9-0	23	30	179.77	45455.59	0

ค่าใช้จ่ายรวม = ค่าใช้จ่ายคงที่ + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก + ค่าปรับจากการล่วงเวลา

= 330 + 4,655 + 508,320 + 10,945

= 524,250.31 บาท

สรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดจากการรันโปรแกรมให้ค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ

4.16 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรมกรณียานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า

โดยการตรวจสอบจากค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลขในการตรวจสอบค่าคำตอบ เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการตรวจสอบค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมจึงขอยกตัวอย่างการตรวจสอบค่าคำตอบจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 ซึ่งค่าคำตอบที่ได้จากการรันโปรแกรม แสดงค่าใช้จ่าย แสดงดังตารางที่ 4.54

ตารางที่ 4.54 ค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรม

ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย	ลำดับที่	ค่าใช้จ่าย
1	360,313.70	21	199,999.82	41	276,627.64	61	258,408.52
2	296,369.30	22	190,193.08	42	272,146.77	62	283,656.81
3	248,638.12	23	203,196.03	43	224,956.65	63	226,292.12
4	277,531.13	24	274,478.93	44	228,466.46	64	255,096.75
5	231,241.15	25	224,178.14	45	247,314.99	65	248,199.85
6	310,244.70	26	280,579.88	46	235,125.16	66	271,578.12
7	242,163.00	27	290,366.75	47	185,134.67	67	209,061.14
8	306,534.62	28	246,686.05	48	342,533.36	68	212,708.71
9	191,005.20	29	494,535.87	49	193,708.30	69	237,369.44
10	331,777.17	30	226,819.25	50	230,081.01	70	331,829.24
11	266,157.57	31	256,141.52	51	270,770.26	71	233,448.16
12	209,285.60	32	246,589.43	52	192,647.85	72	317,316.61
13	260,258.72	33	247,885.36	53	244,896.94	73	318,430.44
14	268,991.92	34	227,112.24	54	335,097.44	74	237,904.88
15	253,400.17	35	253,701.95	55	215,525.46	75	284018.852
16	200,601.18	36	316,623.16	56	290,531.86	76	272477.735
17	242,179.16	37	260,474.16	57	266,353.42	77	336773.819
18	283,517.95	38	345,203.24	58	298,937.91	78	352627.91
19	245,513.50	39	217,586.63	59	266,496.11	79	307012.163
20	245,265.43	40	280,891.88	60	240,496.97	80	292015.694

จากการรันโปรแกรม โดยได้ตั้งค่าตัวแทนคำตอบเริ่มต้นเป็น 80 คำตอบ เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น จึงได้ยกตัวอย่างของตัวแทนคำตอบมา 1 คำตอบ ซึ่งแสดงตัวแทนคำตอบของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3 นำมาคิดค่าใช้จ่าย กรณีบรรจุตามความต้องการของลูกค้า ได้ดังรูปที่ 4.96

0	17	14	46	0	19	7	36	30	0	31	39	27	0	33
13	0	11	47	0	29	2	4	0	0	37	38	28	0	0
48	0	49	50	40	0	0	0	25	0	26	0	43	0	32
0	0	22	1	0	0	12	0	15	9	0	0	3	0	34
35	24	44	0	21	0	0	0	0	20	0	5	23	0	16
18	6	0	8	10	45	0	42	0	41	0				

รูปที่ 4.96 แสดงตัวแทนคำตอบของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมที่ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ค่าคำตอบที่น้อยที่สุด 185,134.67 บาท โดยมีตัวแทนคำตอบ ดังรูปที่ 4.97

0	17	14	46	0

รูปที่ 4.97 แสดงตัวแทนคำตอบของจากโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ยานพาหนะคันที่ 1 มีเส้นทางในการขนส่ง คือ 0 – 17 – 14 – 46 – 0 มีความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละราย คือ 17, 20 และ 10 ตามลำดับ มีค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ 10 บาท มีค่าใช้จ่ายจากระยะทางเท่ากับ ค่าใช้จ่ายแปรผันต่อระยะทาง × ระยะทาง = (37.20 × 1) + 45.27 × 1) + (114.28 × 1) + (62.24 × 1) = 259.00 บาท มีค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้าเท่ากับ ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกต่อหน่วยต่อระยะทาง × (น้ำหนักบรรทุก × ระยะทาง) = [2 × (47× 37.20)] + [2 × (45.27 × 30)] + [2 × (114.28 × 10)] + [2 × (62.24 × 0)] = 8,499.22 บาท และมีค่าปรับจากการล่วงเวลา คือ ค่าปรับ × (ระยะเวลาที่ล่าช้า + เวลาในการขนถ่ายสินค้า) = (400.63 x 5) + (73.77 x 5) = 2,372.08 บาท เนื่องจากยานพาหนะเดินทางไปส่งสินค้าให้ลูกค้าภายในกรอบเวลาที่ลูกค้ากำหนด

ยานพาหนะคันที่ 2 ถึงยานพาหนะคันที่ 35 มีค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า และค่าปรับจากการล่วงเวลา แสดงดังตารางที่ 4.55

ตารางที่ 4.55 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ยานพาหนะคันที่	เส้นทางในการขนส่ง	ความต้องการสินค้า	ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ	ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง	ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า	ค่าปรับจากการล่วงเวลา
1	0-17-14-46-0	17,20,10	10	259.0	8499.22	2372.09
2	0-19-7-36-30-0	9,15,9,16	10	322.2	15894.08	0
3	0-31-39-27-0	20,22,6	10	228.1	9701.42	0
4	0-33-13-0	18,12	10	181.7	4763.34	0
5	0-11-47-0	22,24	10	203.9	8790.79	0
6	0-29-2-4-0	21,10,5	0	167.5	4970.24	0
7	0-0	0	0	0	0	0
8	0-37-38-28-0	21,3,13	10	247.9	8980.01	1709.90
9	0-0	0	0	0	0	0
10	0-48-0	5	20	92.0	460.11	0
11	0-49-50-40-0	10,6,7	20	220.5	6372.57	0
12	0-0	0	0	0	0	0
13	0-0	0	0	0	0	0
14	0-25-0	6	20	149.3	1120.06	0
15	0-26-0	22	20	114.6	3152.15	0
16	0-43-0	8	20	109.3	1092.99	0

ตารางที่ 4.55 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ยานพาหนะคันที่	เส้นทางในการขนส่ง	ความต้องการสินค้า	ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ	ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง	ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า	ค่าปรับจากการล่วงเวลา
21	0-15-9-0	18,23	20	156.9	7802.01	0
22	0-0	0	0	0	0	0
23	0-3-0	14	20	129.2	2260.21	0
24	0-34-35-24-44-0	24,26,13,10	20	348.9	32369.10	1323.14
25	0-21-0	7	30	165.8	1657.69	0
26	0-0	0	0	0	0	0
27	0-0	0	0	0	0	0
28	0-0	0	0	0	0	0
29	0-0	0	0	0	0	0
30	0-20-0	17	30	172.5	4189.59	0
31	0-5-23-0	8,7	30	226.6	3783.79	0
32	0-16-18-6-0	9,42,10	30	173.4	14411.66	0
33	0-8-10-45-0	16,4,12	30	403.8	17946.76	1351.70
34	0-42-0	17	30	146.9	3567.89	0
35	0-41-0	10	30	184.2	2631.81	0

ค่าใช้จ่ายรวม = ค่าใช้จ่ายคงที่ + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก + ค่าปรับจากการล่วงเวลา

= 490 + 4,909 + 172,97 + 6,757

= 185,134.67 บาท

สรุปได้ว่า ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดจากการรันโปรแกรมให้ค่าเท่ากับค่าที่ได้จากการคำนวณด้วยมือ

การตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับจากการล่วงเวลา เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับจากการล่วงเวลาจึงขอยกตัวอย่าง ดังรูปที่ 4.98

0	17	14	46	0

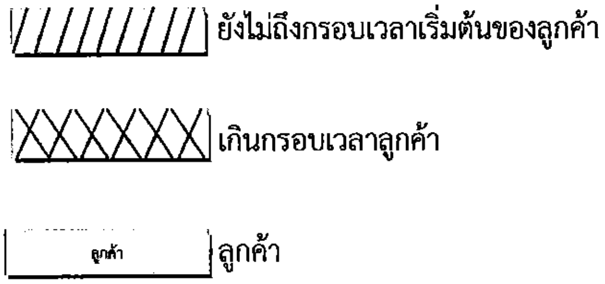
รูปที่ 4.98 แสดงตัวแทนคำตอบของการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับ

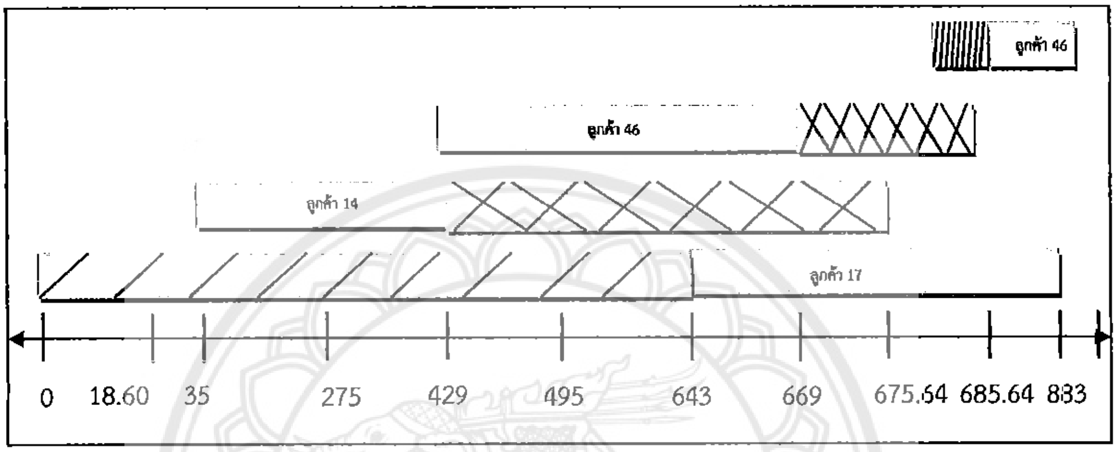
ตารางที่ 4.56 แสดงกรอบเวลาและค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ

ลูกค้า	กรอบเวลาเริ่มต้น (ชั่วโมง)	กรอบเวลาสิ้นสุด (ชั่วโมง)	เวลาในการขนถ่าย (ชั่วโมง)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)	ความเร็วของยานพาหนะ (ระยะทาง/ชั่วโมง)
17	643	883	10	5	2
14	35	275	10	5	2
46	429	669	10	5	2

ยานพาหนะประเภทที่ 1 คันที่ 1 มีความเร็วของยานพาหนะ เท่ากับ 2 กิโลเมตร/ชั่วโมง ยานพาหนะออกเดินทางออกจากจุดกระจายสินค้าในกรอบเวลาเริ่มต้นที่ 0 โดยใช้เวลาในการเดินทางไปยังลูกค้ารายที่ 17 เท่ากับ 37.20/2 = 18.60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเดินทางไปถึงก่อนกรอบเวลาที่ลูกค้ากำหนดจึงต้องรอให้ถึงกรอบเวลาเริ่มต้นของลูกค้ารายที่ 17 คือ ชั่วโมงที่ 643 และขนถ่ายสินค้าเป็นเวลา 10 นาที จากนั้นเดินทางจากลูกค้ารายที่ 17 ไปยังลูกค้ารายที่ 14 เป็นระยะทาง 45.28/2 = 22.64 กิโลเมตร/ชั่วโมง ดังนั้น ยานพาหนะเดินทางไปถึงลูกค้ารายที่ 14 ในชั่วโมงที่ 643 + 10 + 22.64 = 675.64 และออกเดินทางจากลูกค้ารายที่ 14 ไปยังรายที่ 46 ในชั่วโมงที่ 685.64 เป็นระยะทาง 114.28/2 = 57.14 กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเกินกรอบเวลาของลูกค้ารายที่ 46 คิดเป็นค่าปรับเท่ากับ (742.78-669)x5= 368.90 จากนั้นออกจากลูกค้ารายที่ 46 ในชั่วโมงที่ 752.78 เดินทางกลับมายังจุดกระจายสินค้าเป็นระยะทาง 62.24/2 = 31.12 กิโลเมตร/ชั่วโมง มาถึงจุดกระจายสินค้าในชั่วโมงที่ 783.9 ซึ่งอยู่ในกรอบเวลาจึงไม่เสียค่าปรับ เพื่อให้เข้าใจมากขึ้นจึงแสดงเวลาในการขนส่งยานพาหนะ ดังรูปที่ 4.99

สัญญาลักษณ์





รูปที่ 4.99 แสดงเวลาในการขนส่งยานพาหนะ

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลของการดำเนินโครงงาน ปัญหาที่พบในระหว่างการดำเนินโครงงาน และแนวทางในการแก้ปัญหารวมถึงข้อเสนอแนะของโครงงาน

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

จากการดำเนินโครงงานปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม สามารถสรุปผลการดำเนินโครงงานได้ดังนี้

ในการดำเนินโครงงานผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการออกแบบ และสร้างโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม เพื่อให้ทราบความแตกต่างของปัญหาในแต่ละโจทย์ปัญหา และค่าความเหมาะสมของการตั้งค่าพารามิเตอร์ให้มีความเหมาะสม โดยได้นำวิธีการเชิงพันธุกรรมมาใช้ในการเขียนโปรแกรม 2 วิธี คือ การแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุดของโจทย์ปัญหาแต่ละโจทย์

ซึ่งจากการเปรียบเทียบทางผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการตั้งโจทย์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมไว้ทั้งหมด 9 ข้อ แบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก 3 ข้อ ปัญหาขนาดกลาง 3 ข้อ และปัญหาขนาดใหญ่ 3 ข้อ เพื่อที่จะนำไปทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง และเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาทั้งหมด 9 ข้อ

จากการทดลองใช้โปรแกรมการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรมนั้น ผลที่ได้จากการรันโปรแกรมจากโจทย์ทั้งหมด 9 ข้อนั้นสรุปได้ว่า ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นของประชากร ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) มีผลต่อการหาค่าคำตอบของโปรแกรมซึ่งถ้ากำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างกันไว้มากๆ จะส่งผลให้โปรแกรมทำงานได้ช้าลง และจากการทดลองพบว่า ค่าพารามิเตอร์นำมาวิเคราะห์ด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง (DOE) โดยใช้โปรแกรม Minitab 16 พบว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมกับโจทย์ปัญหาทั้ง 9 ข้อ ที่ให้ค่าตอบของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ดีของแต่ละข้อมีทั้งหมด 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 ยานพาหนะบรรจุเต็มคัน และกรณีที่ 2 ยานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้า

โดยกรณีที่ 1 ยานพาหนะบรรจุเต็มคันของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02 และโจทย์ขนาดเล็กที่ 2 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 และโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02 และโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05 และโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02 และโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 และโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02 และโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05 และโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02 โดยค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์การออกแบบการทดลองจะให้ค่าที่เหมือนกันกับการรันโปรแกรมจากจากโจทย์ทั้ง 9 ข้อ ส่วนในกรณีที่ 2 ยานพาหนะบรรจุตามความต้องการของลูกค้าของโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 1 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05 และโจทย์ขนาดเล็กที่ 2 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05 และโจทย์ขนาดเล็กข้อที่ 3 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบ

จับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.7 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutationเท่ากับ 0.02 และโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 1 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05 และโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2 จากการวิเคราะห์ผลการทดลอง (DOE) ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 โจทย์ขนาดกลางข้อที่ 2 ของการรันโปรแกรมขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 200/50 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.05 และโจทย์ขนาดกลางข้อที่ 3 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.02 และโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 1 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 และโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 2 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.8 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 และโจทย์ขนาดใหญ่ข้อที่ 3 ขนาดของประชากร/จำนวนรุ่นประชากร เท่ากับ 100/100 ค่าความน่าจะเป็นของการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ (Partially Matched Crossover) เท่ากับ 0.9 และค่าความน่าจะเป็นของการกลายพันธุ์ (Mutation) เท่ากับ 0.15 สรุปได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์การออกแบบการทดลอง และการรันโปรแกรมให้ค่าใช้จ่ายที่เหมือนกันกับโจทย์ปัญหาทั้ง 8 ข้อ แต่แตกต่างกัน 1 ข้อ คือ โจทย์ข้อที่ 6

5.2 ปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินโครงงาน

5.2.1 เนื่องจากผู้ดำเนินโครงงานไม่มีความรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรม Visual Basic Application (VBA) จึงต้องใช้เวลาในการศึกษา และมีการแก้ไขโปรแกรมหลายครั้งเพื่อนำไปทดลอง

5.2.2 การเขียนโปรแกรมโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม และการทดสอบโปรแกรมต้องใช้เวลานาน จึงต้องทำการศึกษาให้เข้าใจก่อนนำไปเขียนโปรแกรม

5.2.3 เนื่องจากผู้ดำเนินโครงงานต้องใช้เวลาในการศึกษาวิธีการแลกเปลี่ยนสายพันธุ์แบบจับคู่ เพราะเป็นวิธีการที่ซับซ้อน และใช้เวลาในการแก้ไขโปรแกรมหลายครั้งเพื่อนำผลไปทดลอง

5.3 แนวทางการแก้ปัญหา

5.3.1 ขอคำชี้แนะจากอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน และค้นคว้าจากผลงานวิจัยต่างๆ รวมถึงสืบค้นข้อมูลต่างๆ จากทางอินเตอร์เน็ต

5.3.2 สอบถามจากผู้ที่มีความรู้ในการเขียนโปรแกรม Visual Basic Application (VBA) และศึกษาจากหนังสือที่เขียนเกี่ยวกับ Visual Basic Application (VBA)

5.3.3 เนื่องจากการทดสอบโปรแกรมแต่ละครั้งใช้เวลานาน จึงต้องมีการแก้ไขปัญหาโปรแกรมบางส่วนเพื่อทำให้การทดสอบโปรแกรมนั้นใช้เวลาให้น้อยลง

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 การตั้งค่าพารามิเตอร์ในวิธีการเชิงพันธุกรรม อาจจะต้องมีการศึกษาในหลายๆ รูปแบบว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ใดมีผลอย่างไร และสามารถเลือกใช้กับปัญหาขนาดใดจึงจะมีความเหมาะสมเพื่อให้ได้คำตอบที่ดีที่สุด และใช้เวลาน้อยที่สุด

5.4.2 บางกรณีค่าคำตอบที่ได้มาจากวิธีการเชิงพันธุกรรม ปัญหาถูกสร้างมาจากการสุ่ม เนื่องจากการสุ่มโจทย์ทำให้มีความหลากหลายของโจทย์ที่มากกว่า และบางกรณีอาจจะได้คำตอบที่ดีกว่า

5.4.3 การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด สามารถนำวิธีไปพัฒนาในภายภาคหน้าได้ เช่น การเพิ่มศูนย์กระจายมากกว่า 1 แห่งการใช้ยานพาหนะเสริม ในการขนส่งสินค้า กรณีที่ยานพาหนะไม่เพียงพอ เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

กัปตันนีโม. **ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm).** สืบค้นเมื่อวันที่ 31 สิงหาคม 2559, จาก https://kapitaennem0.wordpress.com/2013/07/17/genetic-algorithm/.

กอบเจตน์ สิงห์สิกุล, ธิดารัตน์ มูลวงค์ (2555). **การแก้ปัญหาสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

คงเดช ทรงแสง. (2552). **ต้นทุนที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งของรถบรรทุกของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ.** สืบค้นเมื่อวันที่ 9 กันยายน 2559, จาก http://www.logisticscorner.com/index.php?option.

ฉลอง สีแก้วสิ่ว. วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE). สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กันยายน 2559, จาก https://goo.gl/GMbpZ7.

ชนะพล ทองแดง. (2558). **การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ชนม์นิภา คำฤกษ์, ศราวุธ คงจุ้ย และเสาวลักษณ์ ภูพุ่ม. (2557). **การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบพลวัต โดยวิธีการเชิงพันธุกรรม.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ธารชุดา พันธ์นิกุล. (2551). **องค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ.** สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กันยายน 2559, จาก https://goo.gl/MWCkxb.

ปิ่นนภา เกตุศรี, สุวรรณา บุญชุ่ม (2555). **การหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีข้อจำกัดเนื่องจากความจุโดยใช้วิธีเมตาฮิวริสติก.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). **ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problems).** สืบค้นเมื่อวันที่ 20 สิงหาคม 2559, จาก https://goo.gl/uhPLnb.

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). **วิธีการเมตาฮิวริสติก.** กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). **หลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติก.** ในแสงเงิน นาคพัฒน. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์ ส.ส.ท. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

ศิริชัย ยศวังใจ. (2558). **การจัดเส้นทางการขนส่งแบบพลวัต.** ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

อภิรักษ์ ขัดวิลาศ. (2554). **การประยุกต์วิธีเชิงพันธุกรรมสำหรับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Application of Genetic Algorithm for Optimisation Problems).** สืบค้นเมื่อวันที่ 15 กุมภาพันธ์ 2560, จาก https://goo.gl/jIS7YD.

Rubicite.com/Tutorials/GeneticAlgorithms/CrossoverOperators/PMXCrossoverOperator .aspx.

Tang, J., Zhang, J., and Pan, Z. (2010). A scatter search algorithm for solving vehicle routing problem with loading cost. Expert Systems with Applications, 37 (6), 4073-4083.

Solomon, M. M. (1987). Algorithms for the vehicle routing and scheduling problems with time window constraints. Operations Research, 35(2), 254-265. Augerat, P., Belenguer, J., Benavent, E., Corber´an, A., Naddef, D., Rinaldi, G., 1995. Computational results with a branch and cut code for the capacitated vehicle routing problem. Tech. Rep. 949-M, Universit´e Joseph Fourier, Grenoble, France. Christofides, N., Eilon, S., 1969. An algorithm for the vehicle-dispatching problem. Operational Research Quarterly 20, 309–318. Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P., 1979. The vehicle routing problem. In: Christofides, N., Mingozzi, A., Toth, P., Sandi, C. (Eds.), Combinatorial Optimization. Vol. 1. Wiley Interscience, pp. 315–338.

ภาคผนวก ก

โจทย์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดที่นำไปใช้ทดสอบวิธีการออกแบบการทดลอง

ก. โจทย์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดที่นำไปใช้ทดสอบวิธีการออกแบบการทดลอง

ก.1 ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

ตารางที่ ก.1 แสดงปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)
1	10	100	30	1.0	2.0	2.0
2	5	200	80	1.2	3.0	1.5

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
0	40	50	0	0	1236	0	0
1	45	68	10	0	1127	90	5
2	45	70	30	0	1125	90	5
3	42	66	10	0	1129	90	5
4	42	68	10	727	782	90	5
5	42	65	10	0	1130	90	5
6	40	69	20	621	702	90	5
7	40	66	20	0	1130	90	5
8	38	68	20	255	324	90	5
9	38	70	10	534	605	90	5
10	35	66	10	357	410	90	5
11	35	69	10	448	505	90	5
12	25	85	20	0	1107	90	5
13	22	75	30	30	92	90	5
14	22	85	10	0	1106	90	5
15	20	80	40	384	429	90	5
16	20	85	40	0	1105	90	5
17	18	75	20	99	148	90	5
18	15	75	20	0	1110	90	5
19	15	80	10	0	1106	90	5
20	30	50	10	0	1136	90	5
21	30	52	20	0	1135	90	5
22	28	52	20	812	883	90	5
23	28	55	10	732	777	90	5
24	25	50	10	0	1131	90	5
25	25	52	40	169	224	90	5
รวม	805	1746	460	5168	21694	10	5

ก.2 ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

ตารางที่ ก.2 แสดงปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)
1	5	300	45	1.0	2.0	2.0
2	5	400	70	1.2	3.0	1.5

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
0	35	35	0	0	1000	0	0
1	41	49	10	658	898	10	5
2	35	17	7	93	333	10	5
3	55	45	13	436	676	10	5
4	55	20	19	620	860	10	5
5	15	30	26	20	260	10	5
6	25	30	3	345	585	10	5
7	20	50	5	251	491	10	5
8	10	43	9	323	563	10	5
9	55	60	16	329	569	10	5
10	30	60	16	485	725	10	5
11	20	65	12	146	386	10	5
12	50	35	19	167	407	10	5
13	30	25	23	639	879	10	5
14	15	10	20	32	272	10	5
15	30	5	8	118	358	10	5
16	10	20	19	203	443	10	5
17	5	30	2	682	922	10	5
18	20	40	12	286	526	10	5
19	15	60	17	204	444	10	5
20	45	65	9	504	744	10	5
21	45	20	11	153	393	10	5
22	45	10	18	332	572	10	5
23	55	5	29	146	386	10	5
24	65	35	3	656	896	10	5
25	65	20	6	716	956	10	5
รวม	891	884	332	8544	15544	10	5

ก.3 ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

ตารางที่ ก.3 แสดงปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)	
1	5	40	60	1.0	2.0	2.0	
2	10	80	150	1.2	3.0	1.5	
3	5	150	300	1.4	4.0	1.0	
ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
0	40	50	0	0	240	0	0
1	25	85	20	125	191	10	5
2	22	75	30	32	97	10	5
3	22	85	10	101	146	10	5
4	20	80	40	71	193	10	5
5	20	85	20	40	113	10	5
6	18	75	20	55	164	10	5
7	15	75	20	69	118	10	5
8	15	80	10	56	155	10	5
9	10	35	20	51	160	10	5
10	10	40	30	90	177	10	5
11	8	40	40	33	152	10	5
12	8	45	20	49	108	10	5
13	5	35	10	62	191	10	5
14	5	45	10	35	117	10	5
15	2	40	20	39	161	10	5
16	0	40	20	59	114	10	5
17	0	45	20	60	189	10	5
18	44	5	20	79	124	10	5
19	42	10	40	58	115	10	5
20	42	15	10	111	162	10	5
21	40	5	10	52	111	10	5
22	40	15	40	55	158	10	5
23	38	5	30	45	164	10	5
24	38	15	10	128	194	10	5
25	35	5	20	54	184	10	5
รวม	564	1130	540	1609	3998	10	5

ก.4 ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

ตารางที่ ก.4 แสดงปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)	
1	10	50	10	1.0	2.0	2.0	
2	10	80	20	1.2	3.0	1.5	
3	10	100	30	1.4	4.0	1.0	
ลูกค้า	**x**	**y**	**ความต้องการ**	**กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)**	**กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)**	**เวลาในการขนถ่าย (นาที)**	**ค่าปรับ (บาท/นาที)**
0	40	40	0	0	3390	0	0
1	22	22	18	0	3272	90	5
2	36	26	26	0	3279	90	5
3	21	45	11	0	3270	90	5
4	45	35	30	1261	1421	90	5
5	55	20	21	0	3284	90	5
6	33	34	19	497	657	90	5
7	50	50	15	0	3273	90	5
8	55	45	16	2887	3047	90	5
9	26	59	29	2601	2761	90	5
10	40	66	26	2791	2951	90	5
11	55	65	37	2698	2858	90	5
12	35	51	16	0	3261	90	5
13	62	35	12	2405	2565	90	5
14	62	57	31	2026	2186	90	5
15	62	24	8	2216	2376	90	5
16	21	36	19	1934	2094	90	5
17	33	44	20	2311	2471	90	5
18	9	56	13	1742	1902	90	5
19	62	48	15	1837	1997	90	5
20	66	14	22	10	170	90	5
21	44	13	28	0	3288	90	5
22	26	13	12	22	182	90	5
23	11	28	6	1643	1803	90	5
24	7	43	27	116	276	90	5
25	17	64	14	2504	2664	90	5

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
26	41	46	18	0	3265	90	5
27	55	34	17	209	369	90	5
28	35	16	29	1447	1607	90	5
29	52	26	13	398	558	90	5
30	43	26	22	303	463	90	5
31	31	76	25	0	3266	90	5
32	22	53	28	593	753	90	5
33	26	29	27	685	845	90	5
34	50	40	19	0	3267	90	5
35	55	50	10	876	1036	90	5
36	54	10	12	1253	1413	90	5
37	60	15	14	0	3260	90	5
38	47	66	24	1063	1223	90	5
39	30	60	16	1158	1318	90	5
40	30	50	33	1819	1979	90	5
41	12	17	15	2758	2918	90	5
42	15	14	11	2666	2826	90	5
43	16	19	18	2573	2733	90	5
44	21	48	17	1913	2073	90	5
45	50	30	21	2105	2265	90	5
46	51	42	27	2009	2169	90	5
47	50	15	19	2480	2640	90	5
48	48	21	20	0	3289	90	5
49	12	38	5	967	1127	90	5
รวม	3018	2861	1503	93612	165512	90	5

ก.5 ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

ตารางที่ ก.5 แสดงปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)	
1	10	50	80	1.0	2.0	2.0	
2	10	80	140	1.2	3.0	1.5	
3	10	120	250	1.4	4.0	1.0	
ลูกค้า	**x**	**y**	**ความต้องการ**	**กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)**	**กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)**	**เวลาในการขนถ่าย (นาที)**	**ค่าปรับ (บาท/นาที)**
0	30	40	0	0	230	0	0
1	37	52	7	0	204	10	5
2	49	49	30	0	202	10	5
3	52	64	16	0	197	10	5
4	20	26	9	149	159	10	5
5	40	30	21	0	199	10	5
6	21	47	15	0	208	10	5
7	17	63	19	0	198	10	5
8	31	62	23	95	105	10	5
9	52	33	11	97	107	10	5
10	51	21	5	0	194	10	5
11	42	41	19	67	77	10	5
12	31	32	29	0	205	10	5
13	5	25	23	159	169	10	5
14	12	42	21	0	187	10	5
15	36	16	10	61	71	10	5
16	52	41	15	0	190	10	5
17	27	23	3	0	189	10	5
18	17	33	41	0	204	10	5
19	13	13	9	0	187	10	5
20	57	58	28	0	188	10	5
21	62	42	8	0	201	10	5
22	42	57	8	0	193	10	5
23	16	57	16	68	78	10	5
24	8	52	10	0	190	10	5
25	7	38	28	172	182	10	5

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
26	27	68	7	0	208	10	5
27	30	48	15	0	215	10	5
28	43	67	14	0	213	10	5
29	58	48	6	0	190	10	5
30	58	27	19	0	194	10	5
31	37	69	11	0	202	10	5
32	38	46	12	0	186	10	5
33	46	10	23	0	195	10	5
34	61	33	26	0	183	10	5
35	62	63	17	0	178	10	5
36	63	69	6	0	178	10	5
37	32	22	9	0	198	10	5
38	45	35	15	83	93	10	5
39	59	15	14	0	186	10	5
40	5	6	7	0	208	10	5
41	10	17	27	0	191	10	5
42	21	10	13	0	194	10	5
43	5	64	11	0	185	10	5
44	30	15	16	69	79	10	5
45	39	10	10	0	190	10	5
46	32	39	5	0	184	10	5
47	25	32	25	0	185	10	5
48	25	55	17	0	192	10	5
49	48	28	18	0	176	10	5
50	56	37	10	0	180	10	5
รวม	3476	3598	1422	1324	17243	10	5

ก.6 ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ตารางที่ ก.6 แสดงปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)	
1	10	50	10	1.0	2.0	2.0	
2	15	80	20	1.2	3.0	1.5	
3	10	100	30	1.4	4.0	1.0	
ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
0	53	55	0	0	960	0	0
1	1	90	9	613	853	10	5
2	94	85	10	92	332	10	5
3	13	19	14	411	651	10	5
4	97	45	5	584	824	10	5
5	78	69	8	40	280	10	5
6	92	35	10	328	568	10	5
7	98	36	15	240	480	10	5
8	99	0	16	307	547	10	5
9	2	94	23	311	551	10	5
10	85	77	4	459	699	10	5
11	94	42	22	135	375	10	5
12	101	3	16	163	403	10	5
13	103	51	12	593	833	10	5
14	106	38	20	35	275	10	5
15	9	95	18	114	354	10	5
16	88	71	9	195	435	10	5
17	83	77	17	643	883	10	5
18	100	55	42	275	515	10	5
19	17	23	9	194	434	10	5
20	3	91	17	477	717	10	5
21	6	91	7	155	395	10	5
22	9	102	4	315	555	10	5
23	9	95	7	141	381	10	5
24	8	104	13	621	861	10	5
25	9	99	6	664	904	10	5

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
26	98	39	22	469	709	10	5
27	101	8	6	86	326	10	5
28	99	38	13	89	329	10	5
29	103	54	21	134	374	10	5
30	3	103	16	186	426	10	5
31	101	7	20	105	345	10	5
32	103	8	11	561	801	10	5
33	20	25	18	51	291	10	5
34	97	93	24	427	667	10	5
35	0	51	26	597	837	10	5
36	81	70	9	43	283	10	5
37	103	7	21	497	737	10	5
38	95	87	3	218	458	10	5
39	102	54	22	36	276	10	5
40	83	72	7	269	509	10	5
41	101	10	10	316	556	10	5
42	105	48	17	33	273	10	5
43	96	40	8	514	754	10	5
44	5	91	10	157	397	10	5
45	9	96	12	37	277	10	5
46	10	100	10	429	669	10	5
47	9	96	24	45	285	10	5
48	22	21	5	664	904	10	5
49	2	95	10	380	620	10	5
50	9	95	6	125	400	10	5
รวม	5830	5781	1345	26865	51210	10	5

ก.7 ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ตารางที่ ก.7 แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)
1	20	100	30	1.0	2.0	2.0
2	5	200	80	1.5	3.0	1.5

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
0	35	35	0	0	1236	0	0
1	41	49	10	912	967	90	5
2	35	17	7	825	870	90	5
3	55	45	13	65	146	90	5
4	55	20	19	727	782	90	5
5	15	30	26	15	67	90	5
6	25	30	3	621	702	90	5
7	20	50	5	170	225	90	5
8	10	43	9	255	324	90	5
9	55	60	16	534	605	90	5
10	30	60	16	357	410	90	5
11	20	65	12	448	505	90	5
12	50	35	19	652	721	90	5
13	30	25	23	30	92	90	5
14	15	10	20	567	620	90	5
15	30	5	8	384	429	90	5
16	10	20	19	475	528	90	5
17	5	30	2	99	148	90	5
18	20	40	12	179	254	90	5
19	15	60	17	278	345	90	5
20	45	65	9	10	73	90	5
21	45	20	11	914	965	90	5
22	45	10	18	812	883	90	5
23	55	5	29	732	777	90	5
24	65	35	3	65	144	90	5
25	65	20	6	169	224	90	5
26	45	30	17	622	701	90	5
27	35	40	16	261	316	90	5
28	41	37	16	546	593	90	5
29	64	42	9	358	405	90	5
30	40	60	21	449	504	90	5
31	31	52	27	200	237	90	5
32	35	69	23	31	100	90	5
33	53	52	11	87	158	90	5
34	65	55	14	751	816	90	5
35	63	65	8	283	344	90	5
36	2	60	5	665	716	90	5
37	20	20	8	383	434	90	5
38	5	5	16	479	522	90	5
39	60	12	31	567	624	90	5
40	40	25	9	264	321	90	5

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
41	42	7	5	166	235	90	5
42	24	12	5	68	149	90	5
43	23	3	7	16	80	90	5
44	11	14	18	359	412	90	5
45	6	38	16	541	600	90	5
46	2	48	1	448	509	90	5
47	8	56	27	1054	1127	90	5
48	13	52	36	632	693	90	5
49	6	68	30	1001	1066	90	5
50	47	47	13	815	880	90	5
51	49	58	10	725	786	90	5
52	27	43	9	912	969	90	5
53	37	31	14	286	347	90	5
54	57	29	18	186	257	90	5
55	63	23	2	95	158	90	5
56	53	12	6	385	436	90	5
57	32	12	7	35	87	90	5
58	36	26	18	471	534	90	5
59	21	24	28	651	740	90	5
60	17	34	3	562	629	90	5
61	12	24	13	531	610	90	5
62	24	58	19	262	317	90	5
63	27	69	10	171	218	90	5
64	15	77	9	632	693	90	5
65	62	77	20	76	129	90	5
66	49	73	25	826	875	90	5
67	67	5	25	12	77	90	5
68	56	39	36	734	777	90	5
69	37	47	6	916	969	90	5
70	37	56	5	387	456	90	5
71	57	68	15	293	360	90	5
72	47	16	25	450	505	90	5
73	44	17	9	478	551	90	5
74	46	13	8	353	412	90	5
75	49	11	18	997	1068	90	5
76	49	42	13	203	260	90	5
77	53	43	14	574	643	90	5
78	61	52	3	109	170	90	5
79	57	48	23	668	731	90	5
80	56	37	6	769	820	90	5

ตารางที่ ก.7 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
81	55	54	26	47	124	90	5
82	15	47	16	369	420	90	5
83	14	37	11	265	338	90	5
84	11	31	7	458	523	90	5
85	16	22	41	555	612	90	5
86	4	18	35	173	238	90	5
87	28	18	26	85	144	90	5
88	26	52	9	645	708	90	5
89	26	35	15	737	802	90	5
90	31	67	3	20	84	90	5
91	15	19	1	836	889	90	5
92	22	22	2	368	441	90	5
93	18	24	22	475	518	90	5
94	26	27	27	285	336	90	5
95	25	24	20	196	239	90	5
96	22	27	11	95	156	90	5
97	25	21	12	561	622	90	5
98	19	21	10	30	84	90	5
99	20	26	9	743	820	90	5
100	18	18	17	56	700	90	5
รวม	6275	6703	2807	79830	94417	90	5

ก.8 ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ตารางที่ ก.8 แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)
1	10	300	45	1.0	2.0	2.0
2	5	400	70	1.5	3.0	1.5

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
0	35	35	0	0	1000	0	0
1	41	49	10	0	974	10	5
2	35	17	7	0	972	10	5
3	55	45	13	0	967	10	5
4	55	20	19	678	801	10	5
5	15	30	26	0	969	10	5
6	25	30	3	415	514	10	5
7	20	50	5	0	968	10	5
8	10	43	9	404	481	10	5
9	55	60	16	400	497	10	5
10	30	60	16	577	632	10	5
11	20	65	12	206	325	10	5
12	50	35	19	0	975	10	5
13	30	25	23	690	827	10	5
14	15	10	20	32	243	10	5
15	30	5	8	175	300	10	5
16	10	20	19	272	373	10	5
17	5	30	2	733	870	10	5
18	20	40	12	377	434	10	5
19	15	60	17	269	378	10	5
20	45	65	9	581	666	10	5
21	45	20	11	0	971	10	5
22	45	10	18	409	494	10	5
23	55	5	29	206	325	10	5
24	65	35	3	704	847	10	5
25	65	20	6	817	956	10	5
26	45	30	17	0	978	10	5
27	35	40	16	104	255	10	5
28	41	37	16	114	255	10	5
29	64	42	9	190	313	10	5
30	40	60	21	259	354	10	5
31	31	52	27	0	972	10	5
32	35	69	23	660	777	10	5
33	53	52	11	45	200	10	5
34	65	55	14	0	953	10	5
35	63	65	8	686	813	10	5
36	2	60	5	41	208	10	5
37	20	20	8	0	968	10	5
38	5	5	16	302	405	10	5
39	60	12	31	33	224	10	5
40	40	25	9	360	437	10	5

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
41	42	7	5	396	511	10	5
42	24	12	5	25	172	10	5
43	23	3	7	620	705	10	5
44	11	14	18	233	340	10	5
45	6	38	16	29	189	10	5
46	2	48	1	515	628	10	5
47	8	56	27	85	250	10	5
48	13	52	36	0	962	10	5
49	6	68	30	501	540	10	5
50	47	47	13	0	973	10	5
51	49	58	10	348	453	10	5
52	27	43	9	0	978	10	5
53	37	31	14	414	489	10	5
54	57	29	18	641	734	10	5
55	63	23	2	620	739	10	5
56	53	12	6	585	692	10	5
57	32	12	7	421	530	10	5
58	36	26	18	849	980	10	5
59	21	24	28	0	972	10	5
60	17	34	3	721	862	10	5
61	12	24	13	290	377	10	5
62	24	58	19	163	302	10	5
63	27	69	10	34	191	10	5
64	15	77	9	214	333	10	5
65	62	77	20	49	188	10	5
66	49	73	25	592	693	10	5
67	67	5	25	294	401	10	5
68	56	39	36	637	752	10	5
69	37	47	6	162	293	10	5
70	37	56	5	788	968	10	5
71	57	68	15	268	367	10	5
72	47	16	25	0	967	10	5
73	44	17	9	308	399	10	5
74	46	13	8	681	802	10	5
75	49	11	18	0	962	10	5
76	49	42	13	290	373	10	5
77	53	43	14	817	952	10	5
78	61	52	3	384	499	10	5
79	57	48	23	388	465	10	5
80	56	37	6	839	968	10	5
81	55	54	26	411	456	10	5
82	15	47	16	0	966	10	5
83	14	37	11	0	968	10	5
84	11	31	7	436	511	10	5
85	16	22	41	0	966	10	5
86	4	18	35	388	465	10	5
87	28	18	26	420	447	10	5
88	26	52	9	279	388	10	5
89	26	35	15	755	920	10	5
90	31	67	3	392	487	10	5

ตารางที่ ก.8 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
91	15	19	1	0	964	10	5
92	22	22	2	18	181	10	5
93	18	24	22	811	969	10	5
94	26	27	27	0	977	10	5
95	25	24	20	0	975	10	5
96	22	27	11	0	974	10	5
97	25	21	12	612	673	10	5
98	19	21	10	0	968	10	5
99	20	26	9	333	432	10	5
100	18	18	17	798	965	10	5
รวม	6349	6806	2818	61025	125744	10	5

ก.9 ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ตารางที่ ก.9 แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)	
1	10	40	60	1.0	2.0	2.0	
2	20	80	150	1.5	3.0	1.5	
3	10	150	300	2.0	4.0	1.0	
ลูกค้า	**x**	**y**	**ความต้องการ**	**กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)**	**กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)**	**เวลาในการขนถ่าย (นาที)**	**ค่าปรับ (บาท/นาที)**
0	10	45	0	0	240	0	0
1	25	1	25	49	191	10	5
2	25	3	7	30	168	10	5
3	31	5	13	95	152	10	5
4	32	5	6	69	193	10	5
5	31	7	14	40	189	10	5
6	32	9	5	60	159	10	5
7	34	9	11	54	133	10	5
8	46	9	19	67	144	10	5
9	35	7	5	57	154	10	5
10	34	6	15	106	161	10	5
11	35	5	15	33	152	10	5
12	47	6	17	32	148	10	5
13	40	5	13	53	191	10	5
14	39	3	12	35	194	10	5
15	36	3	18	39	163	10	5
16	73	6	13	41	141	10	5
17	73	8	18	51	189	10	5
18	24	36	12	73	130	10	5
19	76	6	17	40	148	10	5
20	76	10	4	94	179	10	5

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
21	76	13	7	45	161	10	5
22	78	3	12	64	149	10	5
23	78	9	13	45	164	10	5
24	79	3	8	51	194	10	5
25	79	5	16	45	183	10	5
26	79	11	15	90	169	10	5
27	82	3	6	57	172	10	5
28	82	7	5	55	174	10	5
29	90	15	9	52	174	10	5
30	84	3	11	52	147	10	5
31	84	5	10	50	172	10	5
32	84	9	3	61	178	10	5
33	85	1	7	51	178	10	5
34	87	5	2	83	168	10	5
35	85	8	4	57	185	10	5
36	87	7	4	43	186	10	5
37	86	41	18	95	182	10	5
38	86	44	14	38	141	10	5
39	86	46	12	36	193	10	5
40	85	55	17	61	138	10	5
41	89	43	20	49	164	10	5
42	89	46	14	33	180	10	5
43	89	52	16	100	185	10	5
44	92	42	10	35	142	10	5
45	92	52	9	37	192	10	5
46	94	42	11	71	184	10	5
47	94	44	7	38	191	10	5
48	94	48	13	50	184	10	5
49	96	42	5	99	138	10	5
50	99	46	4	83	178	10	5
51	99	50	21	45	150	10	5
52	83	80	13	25	150	10	5
53	83	83	11	68	143	10	5
54	85	81	12	107	200	10	5
55	85	85	14	95	214	10	5
56	85	89	10	91	198	10	5
57	87	80	8	56	165	10	5
58	87	86	16	51	182	10	5
59	90	77	19	42	187	10	5
60	90	88	5	62	203	10	5
61	93	82	17	37	124	10	5
62	93	84	7	29	168	10	5
63	93	89	16	39	190	10	5
64	94	86	14	20	139	10	5
65	95	80	17	11	150	10	5
66	99	89	13	97	198	10	5
67	37	83	17	31	138	10	5
68	50	80	13	101	216	10	5
69	35	85	14	9	139	10	5
70	35	87	16	30	210	10	5

ตารางที่ ก.9 (ต่อ) แสดงปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/นาที)
71	44	86	7	30	129	10	5
72	46	89	13	27	202	10	5
73	46	83	9	46	137	10	5
74	46	87	11	71	193	10	5
75	46	89	35	57	165	10	5
76	48	83	5	48	131	10	5
77	50	85	28	49	180	10	5
78	50	88	7	47	162	10	5
79	54	86	3	65	142	10	5
80	54	90	10	93	222	10	5
81	10	35	7	78	123	10	5
82	10	40	12	14	140	10	5
83	18	30	11	19	172	10	5
84	17	35	10	73	148	10	5
85	16	38	8	59	144	10	5
86	14	40	11	63	140	10	5
87	15	42	21	91	118	10	5
88	11	42	4	27	136	10	5
89	18	40	15	52	177	10	5
90	21	39	16	53	148	10	5
91	20	40	4	89	217	10	5
92	18	41	16	14	177	10	5
93	20	44	7	50	208	10	5
94	22	44	10	76	143	10	5
95	16	45	9	20	159	10	5
96	20	45	11	105	188	10	5
97	25	45	17	104	165	10	5
98	30	55	12	14	136	10	5
99	20	50	11	42	141	10	5
100	22	51	7	43	210	10	5
101	18	49	9	24	115	10	5
102	16	48	11	35	220	10	5
103	20	55	12	40	190	10	5
104	18	53	7	66	155	10	5
105	14	50	8	45	189	10	5
106	15	51	6	68	133	10	5
107	16	54	5	44	152	10	5
108	28	33	12	88	198	10	5
109	33	38	13	60	210	10	5
110	30	50	7	76	140	10	5
111	13	40	7	59	110	10	5
112	15	36	8	83	190	10	5
113	18	31	11	56	173	10	5
114	25	37	13	67	166	10	5
115	30	46	11	33	190	10	5
116	25	52	10	53	177	10	5
117	16	33	7	89	148	10	5
118	25	35	4	74	217	10	5
119	5	40	20	78	177	10	5
120	5	50	13	64	202	10	5
รวม	9986	11702	2673	13154	39865	10	5

ภาคผนวก ข

Source Code

ของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม

เพื่อให้เข้าใจในรายละเอียด จะแบ่งการแสดงคำสั่ง หรือ Source Code ตามลักษณะหน้าต่างของโปรแกรม ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

1. หน้าแรก (หน้าหลัก) ที่เป็นส่วนต้อนรับโปรแกรม
2. แสดงคำสั่งของหน้าต่างการกำหนดค่าเริ่มต้นใน User From
3. แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"
4. กำหนดตัวแปรเริ่มต้นใน Module
5. หน้าต่างแสดงอ่านค่าจาก Excel อื่นนำเข้ามาอ่านค่า
6. หน้าต่างแสดงการสร้างประชากรเริ่มต้น
7. หน้าต่างแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่าย
8. หน้าต่างแสดงการคำนวณหาระยะทางของลูกค้า
9. หน้าต่างแสดงการปรับปรุงคำตอบ
10. หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธี PMX
11. หน้าต่างแสดงขั้นตอนแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ Mutation
12. หน้าต่างแสดงขั้นตอนของวิธีวงล้อเสี่ยงทาย Roulette wheel
13. หน้าต่างแสดงขั้นตอนความน่าจะเป็นสะสมของ Roulette wheel เพื่อทำ Gen ใหม่

1. การเปิดโปรแกรม (หน้าหลัก) และหน้าแรก ที่เป็นส่วนต้อนรับโปรแกรม เมื่อเปิดโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าแรก ที่เป็นหน้าต้อนรับโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

```
Private Sub GAInputFormCall_Click()
Load GAInput
GAInput.Show
End Sub
```

รูปที่ ข.1 แสดงคำสั่งเข้าสู่โปรแกรม

2. หน้าต่างการกำหนดค่าเริ่มต้น

เมื่อเข้าทำงานโปรแกรม หน้าต่างกำหนดค่าเริ่มต้นของ User From ซึ่งจะเป็นการกำหนดค่าจำนวนประชากรเริ่มต้น, กำหนดจำนวนรุ่นประชากร, กำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Crossover และ Mutation, และกำหนดโจทย์ และนอกจากนี้เมื่อทำการรันจะทำการเข้าสู่หน้าต่างค่าการคำนวณ

```
Private Sub CrossoverText_AfterUpdate()
If Not IsNumeric(CrossoverText.Text) Then
        TextBox1.Text = ""
        MsgBox " กรุณาใส่ตัวเลข เท่านั้น "

        TextBox1.SetFocus
ElseIf CSng(TextBox1.Text) <= 0 Then
        TextBox1.Text = ""
        MsgBox " กรุณาใส่ค่าที่ไม่เท่ากับ 1"
        TextBox1.SetFocus
ElseIf CSng(TextBox1.Text) >= 1 Then
        TextBox1.Text = ""
        MsgBox " กรุณาใส่ค่าไม่เกิน1 "
        TextBox1.SetFocus
End If
End Sub
Private Sub GAInputOK_Click()
Range("B2").Value = PopSizeText.Text
Range("B3").Value = NumGenText.Text
Range("B4").Value = CrossoverText.Text
If Mutation Then Range("B5") = MutationText.Text

Unload GAInput
Dim UserSelected As String
UserSelected = ComboBox1.Text
Select Case UserSelected
    Case "Problem 1"
        Range("B7").Value = "Problem 1"
    Case "Problem 2"
        Range("B7").Value = "Problem 2"
    Case "Problem 3"
        Range("B7").Value = "Problem 3"
    Case "Problem 4"
        Range("B7").Value = "Problem 4"
    Case "Problem 5"
        Range("B7").Value = "Problem 5"
```

รูปที่ ข.2 แสดงคำสั่งของหน้าต่างการกำหนดค่าเริ่มต้นใน User From

```
Case "Problem 6"
    Range("B7").Value = "Problem 6"
Case "Problem 7"
    Range("B7").Value = "Problem 7"
Case "Problem 8"
    Range("B7").Value = "Problem 8"
Case "Problem 9"
    Range("B7").Value = "Problem 9"
End Select
End Sub

Private Sub Label1_Click()
Unload GAInput
End Sub
Private Sub MutationText_AfterUpdate()
If Not IsNumeric(MutationText.Text) Then
        MutationText.Text = ""
        MsgBox " Please Enter only numbers"
        MutationText.SetFocus
ElseIf CSng(MutationText.Text) <= 0 Then
        MutationText.Text = ""
        MsgBox " Please Enter a number greater than 0"
        MutationText.SetFocus
ElseIf CSng(MutationText.Text) >= 1 Then
        MutationText.Text = ""
        MsgBox " Please Enter a number greater than 0"
        MutationText.SetFocus
End If
End Sub
Private Sub NumGenText_AfterUpdate()
If Not IsNumeric(NumGenText.Text) Then
        NumGenText.Text = ""
        MsgBox " Please Enter only numbers"
        NumGenText.SetFocus
ElseIf CInt(NumGenText.Text) <= 0 Then
        NumGenText.Text = ""
```

รูปที่ ข.2 (ต่อ) แสดงคำสั่งของหน้าต่างการกำหนดค่าเริ่มต้นใน User From

```
MsgBox " Please Enter a number greater than 0"
        NumGenText.SetFocus
End If
End Sub
Private Sub PopSizeText_AfterUpdate()
If Not IsNumeric(PopSizeText.Text) Then
        PopSizeText.Text = ""
        MsgBox " Please Enter only numbers"
        PopSizeText.SetFocus
ElseIf CInt(PopSizeText.Text) <= 0 Then
        PopSizeText.Text = ""
        MsgBox " Please Enter a number greater than 0"
        PopSizeText.SetFocus
End If
End Sub
Private Sub UserForm_Initialize()
ComboBox1.List = Array("Problem 1", "Problem 2", "Problem 3", _
"Problem 4", "Problem 5", "Problem 6", "Problem 7", "Problem 8", "Problem 9")
ComboBox1.Text = "Problem 1"
End Sub
```

รูปที่ ข.2 (ต่อ) แสดงคำสั่งของหน้าต่างการกำหนดค่าเริ่มต้นใน User From

3. แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"

หลังจากกำหนดค่าจำนวนประชากรเริ่มต้น, กำหนดจำนวนรุ่นประชากร, กำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Crossover และ Mutation, และกำหนดโจทย์แล้วเมื่อเข้า Worksheets "input" จะเป็นการเรียกใช้ของ Module

```
Option Explicit
Dim Filename As String
Private Sub InputData_Click()
Dim IterCount As Integer 'นับจำนวน iteration ของแต่ละ setting
Dim CCount As Integer
Dim MCount As Integer
Dim NumPop_GenCount As Integer
Dim LineCount As Integer 'นับเลขบรรทัด
Dim StartTime As Double
```

รูปที่ ข.3 แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"

```
Dim TotalTimeTime As Double
Dim GA_BestTTCost As Double
Dim wss As Worksheet
Dim wsst As Worksheet
Set wss = Worksheets("Ans1") เปิด Sheet คำตอบของโจทย์แต่ละข้อ
Set wsst = Worksheets("Time1") 'เปิด Sheet คำตอบของโจทย์แต่ละข้อ

GA_BestTTCost = 1000000000
TotalTimeTime = 0

wss.Range("C4:K30").ClearContents
wsst.Range("A2:FE1929").ClearContents
For NumPop_GenCount = 1 To 3
   Select Case NumPop_GenCount
      Case 1
         Worksheets("Input").Range("B2") = "100"
         Worksheets("Input").Range("B3") = "100"
      Case 2
         Worksheets("Input").Range("B2") = "500"
         Worksheets("Input").Range("B3") = "20"
      Case 3
         Worksheets("Input").Range("B2") = "200"
         Worksheets("Input").Range("B3") = "50"
      End Select
         For CCount = 1 To 3
            Select Case CCount
               Case 1
                  Worksheets("Input").Range("B4") = "0.7"
               Case 2
                  Worksheets("Input").Range("B4") = "0.8"
               Case 3
                  Worksheets("Input").Range("B4") = "0.9"
            End Select
         For MCount = 1 To 3
            Select Case MCount
               Case 1
                   Worksheets("Input").Range("B5") = "0.02"
```

รูปที่ ข.3 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"

```
            Case 2
                Worksheets("Input").Range("B5") = "0.05"
            Case 3
                Worksheets("Input").Range("B5") = "0.15"
        End Select
            LineCount = LineCount + 1
    For IterCount = 1 To 5
        Select Case IterCount
            Case 1
                Randomize (1111)
            Case 2
                Randomize (2222)
            Case 3
                Randomize (3333)
            Case 4
                Randomize (4444)
            Case 5
                Randomize (5555)
        End Select

Application.ScreenUpdating = False
StartTime = Timer

Dim Problem As String
Problem = Worksheets("Input").Range("B7").Value
If Problem = "Problem 1" Then
        Filename = "InputTest2.xlsx"
        ReadInput (Filename)
    ElseIf Problem = "Problem 2" Then
        Filename = "InputTest3.xlsx"
        ReadInput (Filename)
    ElseIf Problem = "Problem 3" Then
        Filename = "InputTest4.xlsx"
        ReadInput (Filename)
    ElseIf Problem = "Problem 4" Then
        Filename = "InputTest5.xlsx"
        ReadInput (Filename)
```

รูปที่ ข.3 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"

```
  ElseIf Problem = "Problem 5" Then
     Filename = "InputTest6.xlsx"
     ReadInput (Filename)
  ElseIf Problem = "Problem 6" Then
     Filename = "InputTest7.xlsx"
     ReadInput (Filename)
  ElseIf Problem = "Problem 7" Then
     Filename = "InputTest8.xlsx"
     ReadInput (Filename)
  ElseIf Problem = "Problem 8" Then
     Filename = "InputTest9.xlsx"
     ReadInput (Filename)
  ElseIf Problem = "Problem 9" Then
     Filename = "InputTest10.xlsx"
     ReadInput (Filename)
  Else
     MsgBox "Please Enter Only Problem ", vbExclamation, "Message Box"
     Load GAInput
     GAInput.Show
End If
Call IntSol
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim GA_Cursol() As Integer
Dim a As Integer
ReDim GA_Cursol(1 To TotalRepPos)
ReDim GA_TotalCost(1 To GA_PopSize)
BestCost = 1000000000
ReDim BestCostSol(1 To TotalRepPos)
For a = 1 To GA_NumGen
Worksheets("Crossover").Range("A3:FE1929").ClearContents
Worksheets("Mutation").Range("B3:FE1929").ClearContents
Worksheets("Roulette").Range("B4:FE1929").ClearContents
Worksheets("Probability").Range("B4:FE1929").ClearContents
```

รูปที่ ข.3 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"

```
For i = 1 To GA_PopSize
   For j = 1 To TotalRepPos
      GA_Cursol(j) = GA_CurPop(i, j)
   Next j
      Call EvalF(GA_Cursol)
       GA_TotalCost(i) = TotalCost
       Worksheets("input").Range("D3").Offset(i) = TotalCost
Next i

Call GA_CroParent
Call GA_MutParent
Call GA_RW
Call GA_Cost
Call GA_Prob
Next a

Dim TotalTime As Double
TotalTime = Round(Timer - StartTime, 2)

'หมดรอบในที่ทำมา
wss.Range("G4").Offset(LineCount - 1, IterCount - 1) = BestCost
wsst.Range("G4").Offset(LineCount - 1, IterCount - 1) = TotalTime

'คำนวณหาค่า BastCost ในโจทย์แต่ละข้อ
If BestCost < GA_BestTTCost Then
   GA_BestTTCost = BestCost
End If
   TotalTimeTime = TotalTime + TotalTimeTime

Next IterCount

wss.Range("C3").Offset(LineCount, 0) = GA_PopSize
wss.Range("D3").Offset(LineCount, 0) = GA_NumGen
wss.Range("E3").Offset(LineCount, 0) = GA_CroProb
wss.Range("F3").Offset(LineCount, 0) = GA_MutProb
wsst.Range("C3").Offset(LineCount, 0) = GA_PopSize
wsst.Range("D3").Offset(LineCount, 0) = GA_NumGen
```

รูปที่ ข.3 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"

```
wsst.Range("E3").Offset(LineCount, 0) = GA_CroProb
wsst.Range("F3").Offset(LineCount, 0) = GA_MutProb

Next MCount
Next CCount

Next NumPop_GenCount
TotalTimeTime = TotalTimeTime / 60
Worksheets("input").Range("B22") = GA_BestTTCost 'โชว์ค่า Best Cost โจทย์แต่ละข้อ
Worksheets("input").Range("A22") = TotalTimeTime 'โชว์ค่า Total time โจทย์แต่ละข้อ

Application.ScreenUpdating = True

End Sub
```

รูปที่ ข.3 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้ใน Worksheets "input"

4. กำหนดตัวแปรเริ่มต้นใน Module

```
Option Explicit
Public NumCust As Integer
Public CoX() As Integer
Public CoY() As Integer

Public NumTV As Integer
Public NumV() As Integer
Public Cap() As Integer
Public FCost() As Integer
Public VCost() As Single
Public LCost() As Single
Public speed() As Single
Public Demand() As Integer
Public STW() As Integer
Public FTW() As Integer
Public TranTime() As Integer
Public PCost() As Integer
Public GA_Dist() As Double
```

รูปที่ ข.4 กำหนดตัวแปรเริ่มต้นใน Module

```
Public GA_CurPop() As Integer
Public GA_PopSize As Integer
Public GA_NumGen As Integer
Public GA_CroProb As Single
Public GA_MutProb As Single
Public GA_Co As String
Public GA_Cursol() As Integer

Public TotalNumV As Integer
Public TotalRepPos As Integer
Public TotalFixedCost As Double
Public GA_TotalCost() As Double
'Public Distance() As Double
Public TotalVarCost As Double
Public TotalLCost As Double
Public RemainingCap() As Double
Public TotalPenCost As Double
Public TotalCost As Double
Public CurTime() As Double
Public VArrTime() As Double

Public GA_ParentCount As Integer
Public GA_CurPopCount As Integer
Public GA_Parent() As Integer

Public GA_MutChro() As Integer
Public GA_MutChroCount As Integer
Public GA_MutPopCount As Integer
Public GA_MutBaby() As Integer
Public NumMut As Integer

Public GA_PMX() As Integer
Public PMXCount As Integer
Public GA_ParentTemp() As Integer
Public Change As Integer
Public GA_RWSolution() As Integer
Public GA_RWTotalCost() As Double
```

รูปที่ ข.4 (ต่อ) กำหนดตัวแปรเริ่มต้นใน Module

```
Public GA_TTTTCost As Double
Public GA_RWSolProp() As Single
Public GA_SumNewRW() As Single
Public GA_PopCurGen() As Integer

Public BestCost As Double
Public BestCostSol() As Integer
'Public BestTTCost As Double
'Public GA_best() As Double

Public Sum As Single
Public Prob As Single
Public CountProb As Integer
Public i As Integer
Public j As Integer
Public MaxNumV As Intege
```

รูปที่ ข.4 (ต่อ) กำหนดตัวแปรเริ่มต้นใน Module

5. หน้าต่างแสดงอ่านค่าจาก Excel อื่นนำเข้ามาอ่านค่า

เป็นการเรียกค่าของโจทย์แต่ละข้อ ซึ่งมีข้อมูลตั้งแต่ จำนวนลูกค้า, ความต้องการลูกค้า, ระยะเส้นทางของลูกค้า, ค่าปรับ, จำนวนรถ และประเภทของรถ

```
Public Sub ReadInput(Fn As String)
Dim FolderName As String
FolderName = "C:\TE\" & Fn

Dim wbk As Workbook
Set wbk = Workbooks.Open(FolderName)
'NumCust
NumCust = wbk.Worksheets("Distance").Range("A1").End(xlDown).Rows - 1
'MsgBox NumCust
ReDim CoX(0 To NumCust)
ReDim CoY(0 To NumCust)
Dim i As Integer
For i = 0 To NumCust
CoX(i) = wbk.Worksheets("Distance").Range("A2").Offset(i, 1)
```

รูปที่ ข.5 หน้าต่างแสดงอ่านค่าจาก Excel อื่นนำเข้ามาอ่านค่า

```
CoY(i) = wbk.Worksheets("Distance").Range("A2").Offset(i, 2)
Next i

'NumTV
NumTV = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").End(xlDown).Rows
'MsgBox NumTV
ReDim NumV(1 To NumTV)
For i = 1 To NumTV
   NumV(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 1)
Next i

'CAP
ReDim Cap(1 To NumTV)
For i = 1 To NumTV
   Cap(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 2)
Next i

'FCost
ReDim FCost(1 To NumTV)
For i = 1 To NumTV
   FCost(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 3)
Next i

'VCost
ReDim VCost(1 To NumTV)
For i = 1 To NumTV
   VCost(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 4)
Next i

'LCost
ReDim LCost(1 To NumTV)
For i = 1 To NumTV
   LCost(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 5)
Next i

'Speed
ReDim speed(1 To NumTV)
```

รูปที่ ข.5 (ต่อ) หน้าต่างแสดงอ่านค่าจาก Excel อื่นนำเข้ามาอ่านค่า

```
For i = 1 To NumTV
    speed(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 6)
Next i

ReDim Demand(0 To NumCust)
ReDim STW(0 To NumCust)
ReDim FTW(0 To NumCust)
ReDim TranTime(0 To NumCust)
ReDim PCost(0 To NumCust)

For i = 0 To NumCust
    Demand(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 1)
    STW(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 2)
    FTW(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 3)
    TranTime(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 4)
    PCost(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 5)
Next i

wbk.Close

ReDim GA_Dist(0 To NumCust, 0 To NumCust)
Dim j As Integer
For i = 0 To NumCust
    For j = 0 To NumCust
        GA_Dist(i, j) = Distance(i, j)
    Next j
Next i

GA_PopSize = Worksheets("Input").Range("B2").Value
'MsgBox GA_PopSize
GA_NumGen = Worksheets("Input").Range("B3").Value
'MsgBox GA_NumGen
GA_CroProb = Worksheets("Input").Range("B4").Value
'MsgBox GA_CoProb
GA_MutProb = Worksheets("Input").Range("B5").Value
'MsgBox GA_MutProb
'GA_Co = Worksheets("Input").Range("B5").Value
```

รูปที่ ข.5 (ต่อ) หน้าต่างแสดงอ่านค่าจาก Excel อื่นนำเข้ามาอ่านค่า

```
'MsgBox GA_Co
End Sub
```

รูปที่ ข.5 (ต่อ) หน้าต่างแสดงอ่านค่าจาก Excel อื่นนำเข้ามาอ่านค่า

6. หน้าต่างแสดงการสร้างประชากรเริ่มต้น

เป็นขั้นตอนสร้างตัวแทนประชากรคำตอบเริ่มต้น ซึ่งจะทำการสุ่มเพื่อสร้างเส้นทาง และจากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้า

```
Public Sub IntSol()
TotalNumV = 0
Dim i As Integer
Dim j As Integer
For i = 1 To NumTV
   TotalNumV = TotalNumV + NumV(i)
Next i
   TotalRepPos = NumCust + TotalNumV + 1

ReDim GA_CurPop(1 To GA_PopSize, 1 To TotalRepPos)
For j = 1 To GA_PopSize
   GA_CurPop(j, 1) = 0
   GA_CurPop(j, TotalRepPos) = 0
   For i = 2 To NumCust + 1
      GA_CurPop(j, i) = i - 1
   Next i
   For i = NumCust + 2 To TotalRepPos - 1
      GA_CurPop(j, i) = 0
   Next i
   For i = 1 To TotalRepPos
     Worksheets("Input").Range("D3").Offset(j, i) = GA_CurPop(j, i)
   Next i

Dim Temp As Integer
Dim RN As Integer
   For i = 2 To TotalRepPos - 1
      Temp = GA_CurPop(j, i)
      RN = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 1)
```

รูปที่ ข.6 หน้าต่างแสดงการสร้างประชากรเริ่มต้น

```
      GA_CurPop(j, i) = GA_CurPop(j, RN)
      GA_CurPop(j, RN) = Temp
   Next i
   For i = 1 To TotalRepPos
      '''Worksheets("Input").Range("D3").Offset(j, i) = GA_CurPop(j, i)
   Next i
Next j
End Sub
```

รูปที่ ข.6 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการสร้างประชากรเริ่มต้น

7. หน้าต่างแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่าย

เป็นการแสดงขั้นตอนการคำนวณหาค่าใช้จ่ายของ ค่าใช้จ่ายคงที่, ค่าใช้จ่ายผันแปร, Loading Cost, ค่าปรับ

```
Public Function EvalF(Sol() As Integer) As Double
Dim VTCounter As Integer
Dim NumVcounter As Integer
Dim i As Integer
'คำนวณหาค่า Loading Cost
TotalLCost = 0
'Dim MaxNumV As Integer
MaxNumV = 0
For i = 1 To NumTV
   If MaxNumV < NumV(i) Then
      MaxNumV = NumV(i)
   End If
Next i
Dim j As Integer
Dim k As Integer
ReDim RemainingCap(1 To NumTV, 1 To MaxNumV)
For i = 1 To NumTV
   For j = 1 To MaxNumV
      RemainingCap(i, j) = Cap(i)
   Next j
Next i
VTCounter = 1
```

รูปที่ ข.7 หน้าต่างแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่าย

```
NumVcounter = 0
For i = 1 To TotalRepPos - 1
  If Sol(i) = 0 Then
    NumVcounter = NumVcounter + 1
    If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then
      VTCounter = VTCounter + 1
      NumVcounter = 1
    End If
  End If
TotalLCost = TotalLCost + (LCost(VTCounter) * GA_Dist(Sol(i), Sol(i + 1)) *
RemainingCap(VTCounter, NumVcounter))
  If Sol(i + 1) <> 0 Then
    RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) = RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) -
Demand(Sol(i + 1))
    If RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) < 0 Then
      TotalLCost = 100000000
      Call RepairSol(Sol)
      TotalLCost = 0
      VTCounter = 1
      NumVcounter = 0
      For j = 1 To NumTV
        For k = 1 To MaxNumV
          RemainingCap(j, k) = Cap(j)
        Next k
      Next j
      For j = 1 To TotalRepPos - 1
        If Sol(j) = 0 Then
          NumVcounter = NumVcounter + 1
          If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then
            VTCounter = VTCounter + 1
            NumVcounter = 1
          End If
        End If
TotalLCost = TotalLCost + (LCost(VTCounter) * GA_Dist(Sol(j), Sol(j + 1)) *
RemainingCap(VTCounter, NumVcounter))
        If Sol(j + 1) <> 0 Then
          RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) = RemainingCap(VTCounter,
```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่าย

```
NumVcounter) - Demand(Sol(j + 1))
                    If RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) < 0 Then
                        TotalLCost = 100000000
                    Exit For
                    End If
                End If
            Next j
            Exit For
        End If
    End If
Next i
Range("D12") = TotalLCost

'คำนวณหาค่า FixedCost
TotalFixedCost = 0

VTCounter = 1
NumVcounter = 0

For i = 1 To TotalRepPos - 1
    If Sol(i) = 0 Then
        NumVcounter = NumVcounter + 1
        If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then
            VTCounter = VTCounter + 1
            NumVcounter = 1
        End If
        If Sol(i + 1) <> 0 Then
            TotalFixedCost = TotalFixedCost + FCost(VTCounter)
        End If
    End If
Next i
Worksheets("Input").Range("B8").Offset = TotalFixedCost

'คำนวณหาค่า Variable Cost
TotalVarCost = 0
VTCounter = 1
NumVcounter = 0
```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่าย

```
For i = 1 To TotalRepPos - 1
    If Sol(i) = 0 Then
        NumVcounter = NumVcounter + 1
        If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then
            VTCounter = VTCounter + 1
            NumVcounter = 1
        End If
    End If
        TotalVarCost = TotalVarCost + (VCost(VTCounter) * GA_Dist(Sol(i), Sol(i + 1)))
Next i
Worksheets("Input").Range("B9").Offset = TotalVarCost

'คำนวณหาค่า Penalty cost
TotalPenCost = 0
ReDim CurTime(1 To NumTV, 1 To MaxNumV)
ReDim VArrTime(1 To NumCust)
VTCounter = 1
NumVcounter = 0
For i = 1 To TotalRepPos - 1
    If Sol(i) = 0 Then
        NumVcounter = NumVcounter + 1
        If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then
            VTCounter = VTCounter + 1
            NumVcounter = 1
        End If
    End If
    CurTime(VTCounter, NumVcounter) = CurTime(VTCounter, NumVcounter) + (GA_Dist(Sol(i), Sol(i
 + 1)) / speed(VTCounter))

    If Sol(i + 1) <> 0 Then
        VArrTime(Sol(i + 1)) = CurTime(VTCounter, NumVcounter)

        If VArrTime(Sol(i + 1)) < STW(Sol(i + 1)) Then
            CurTime(VTCounter, NumVcounter) = STW(Sol(i + 1))
        ElseIf VArrTime(Sol(i + 1)) > FTW(Sol(i + 1)) Then
            TotalPenCost = TotalPenCost + PCost(Sol(i + 1)) * (VArrTime(Sol(i + 1)) - FTW(Sol(i + 1)))
        End If
```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่าย

```
    CurTime(VTCounter, NumVcounter) = CurTime(VTCounter, NumVcounter) + TranTime(Sol(i +
1))
  End If
Next i
'Range("D13") = TotalPenCost

TotalCost = TotalFixedCost + TotalVarCost + TotalLCost + TotalPenCost
Range("F2").Value = TotalCost
End Function
```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการคำนวณหาค่าใช้จ่าย

8. หน้าต่างแสดงการคำนวณหาระยะทางของลูกค้า

เป็นการคำนวณหาระยะทางของลูกค้า ในแนวแกน x,y เพื่อหาพิกัดของระยะทาง

```
Public Function Distance(one As Integer, two As Integer) As Double
'If one <> 0 And two <> 0 Then
   Distance = Sqr((CoX(one) - CoX(two)) ^ 2 + (CoY(one) - CoY(two)) ^ 2)
'ElseIf one <> 0 And two = 0 Then
'    Distance = Sqr((CoX(one) - 0) ^ 2 + ((CoY(one) - 0) ^ 2))
'ElseIf one = 0 And two <> 0 Then
'    Distance = Sqr((0 - CoX(two)) ^ 2 + (0 - CoY(two)) ^ 2)
'ElseIf one = 0 And two = 0 Then
'    Distance = 0
'End If
End Function
```

รูปที่ ข.8 หน้าต่างแสดงการคำนวณหาระยะทางของลูกค้า

9. หน้าต่างแสดงการปรับปรุงคำตอบ

```
Public Sub RepairSol(Sol() As Integer)


ReDim RepairCustList(1 To NumCust) As Integer 'List customers to repair
ReDim CustList(1 To NumCust) As Integer
ReDim VTCust(1 To NumCust) As Integer
ReDim NumVCust(1 To NumCust) As Integer
Dim RepairCustCount As Integer 'Count the number of customers to be repaired
```

รูปที่ ข.9 หน้าต่างแสดงการปรับปรุงคำตอบ

```
Dim TempRemainingCap As Integer 'Temporary keep remaining ca p
Dim ZeroFound As Boolean 'If zero is found it is set to true
Dim VTCounter As Integer 'Count vehicle type
Dim NumVcounter As Integer 'Count Number of Vehicle
Dim i As Integer
Dim j As Integer

Dim FillCountZero As Integer
Dim FillOldPosition As Integer
Dim FillNewPosition As Integer

For i = 1 To NumTV
    For j = 1 To MaxNumV
        RemainingCap(i, j) = Cap(i)
    Next j
Next i

VTCounter = 1
NumVcounter = 0
For i = 1 To TotalRepPos - 1
    'Count Vehicle Number and Type
    If Sol(i) = 0 Then
        NumVcounter = NumVcounter + 1
        If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then
            VTCounter = VTCounter + 1
            NumVcounter = 1
        End If
    End If

    If Sol(i + 1) <> 0 Then
        'Check Remaining Cap
        TempRemainingCap = RemainingCap(VTCounter, NumVcounter)
        RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) = RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) -
Demand(Sol(i + 1))

        'Check if Remaining Cap is negative
        If RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) < 0 Then
```

รูปที่ ข.9 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการปรับปรุงคำตอบ

```
RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) = TempRemainingCap
            RepairCustCount = RepairCustCount + 1
            RepairCustList(RepairCustCount) = Sol(i + 1)
            ZeroFound = False
            Do Until ZeroFound = True
                i = i + 1
                If Sol(i + 1) = 0 Then
                    ZeroFound = True
                Else
                    RepairCustCount = RepairCustCount + 1
                    RepairCustList(RepairCustCount) = Sol(i + 1)
                End If
            Loop
        End If
    End If
Next i

Dim CapFound As Boolean 'Check if some vehicle has enough capacity
Dim FillNumVCounter As Integer 'Count current vehicle Number of that type
Dim FillVTCounter As Integer 'Count current vehicle type
Dim FillNumVCounterList() As Integer 'Array of vehicle number that the customer is assigned to
Dim FillVTCounterList() As Integer 'Array of vehicle type that the customer is assigned to
Dim FillVehcounter() As Integer 'Count the vehicle number or zero in solution that the custmer
will be assigned to
Dim RoundCounter As Integer 'Count the number of round

'Find out which vehicle to fill
If RepairCustCount > 0 Then
    ReDim FillVTCounterList(1 To RepairCustCount)
    ReDim FillNumVCounterList(1 To RepairCustCount)
    ReDim FillVehcounter(1 To RepairCustCount)
'    FillVehcounter(1) = 1
'    FillNumVCounter = 1
'    FillVTCounter = 1
    For i = 1 To RepairCustCount
        CapFound = False
'       If i > 1 Then
```

รูปที่ ข.9 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการปรับปรุงคำตอบ

```
'           FillVehcounter(i) = FillVehcounter(i - 1)
'       End If
        FillVehcounter(i) = 1
        FillNumVCounter = 1
        FillVTCounter = 1
        RoundCounter = 1
        Do Until (CapFound = True Or RoundCounter = 10)
            If Demand(RepairCustList(i)) > RemainingCap(FillVTCounter, FillNumVCounter) Then
                FillVehcounter(i) = FillVehcounter(i) + 1
                If FillNumVCounter = NumV(FillVTCounter) Then
                    FillNumVCounter = 1
                    If FillVTCounter = NumTV Then
                        FillVTCounter = 1
                        RoundCounter = RoundCounter + 1

                    Else
                        FillVTCounter = FillVTCounter + 1
                    End If
                Else
                    FillNumVCounter = FillNumVCounter + 1
                End If
            Else
                FillNumVCounterList(i) = FillNumVCounter
                FillVTCounterList(i) = FillVTCounter
                RemainingCap(FillVTCounter, FillNumVCounter) = _
                RemainingCap(FillVTCounter, FillNumVCounter) - _
                Demand(RepairCustList(i))
                CapFound = True
            End If
        Loop
    Next i
End If

'Put the customer in the appropriate position on Sol()
Dim FillTemp As Integer
For i = 1 To RepairCustCount
    FillCountZero = 0
```

รูปที่ ข.9 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการปรับปรุงคำตอบ

```
    For j = 1 To TotalRepPos
        If Sol(j) = RepairCustList(i) Then
            FillOldPosition = j
            Exit For
        End If
    Next j
    For j = 1 To TotalRepPos
        If Sol(j) = 0 Then
            FillCountZero = FillCountZero + 1
            If FillCountZero = FillVehcounter(i) + 1 Then
                FillNewPosition = j - 1
                Exit For
            End If
        End If
    Next j
    If FillNewPosition > FillOldPosition Then
        FillTemp = Sol(FillOldPosition)
        For j = FillOldPosition + 1 To FillNewPosition
            Sol(j - 1) = Sol(j) 'Check Position again
        Next j
        Sol(FillNewPosition) = FillTemp
    ElseIf FillNewPosition < FillOldPosition Then
        FillTemp = Sol(FillOldPosition)
        For j = FillOldPosition - 1 To FillNewPosition + 1 Step -1
            Sol(j + 1) = Sol(j) 'Check position again
        Next j
        Sol(FillNewPosition + 1) = FillTemp
    End If
Next i

End Sub
```

รูปที่ ข.9 (ต่อ) หน้าต่างแสดงการปรับปรุงคำตอบ

10. หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธี PMX

```
Public Sub GA_CroParent()
ReDim GA_Parent(1 To GA_PopSize, 1 To TotalRepPos)
GA_ParentCount = 0
GA_CurPopCount = 0
Do While GA_ParentCount < GA_PopSize
   GA_CurPopCount = GA_CurPopCount + 1
   If GA_CurPopCount > GA_PopSize Then
      GA_CurPopCount = 1
   End If
   If Rnd < GA_CroProb Then
      GA_ParentCount = GA_ParentCount + 1
      For i = 1 To TotalRepPos
         GA_Parent(GA_ParentCount, i) = GA_CurPop(GA_CurPopCount, i)
         Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_ParentCount,i)=
GA_Parent(GA_ParentCount, i)
      Next i
   End If
Loop
Dim h As Integer
ReDim GA_ParentTemp(1 To GA_PopSize, 1 To TotalRepPos)
For h = 1 To GA_PopSize
   For i = 1 To TotalRepPos
      GA_ParentTemp(h, i) = GA_Parent(h, i)
   Next i
Next h
For h = 1 To GA_PopSize
   Change = NumCust
   For i = 2 To TotalRepPos - 1
      If GA_ParentTemp(h, i) = 0 Then
         Change = Change + 1
         GA_ParentTemp(h, i) = Change
      End If
   Next i
Next h
```

รูปที่ ข.10 หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธี PMX

```
For h = 1 To GA_PopSize
For i = 1 To TotalRepPos
    Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + 2 + h, i) = GA_ParentTemp(h, i)
  Next i
Next h
ReDim GA_PMX(1 To GA_PopSize, 1 To TotalRepPos)
For i = 1 To GA_PopSize - 1 Step 2 'Correct here from father to child 2 and from mother to child
1
  For j = 1 To TotalRepPos
    GA_PMX(i, j) = GA_ParentTemp(i + 1, j)
    GA_PMX(i + 1, j) = GA_ParentTemp(i, j)
  Next j
  For j = 1 To TotalRepPos
    GA_PMX(i + 1, j) = GA_ParentTemp(i, j)
    GA_PMX(i, j) = GA_ParentTemp(i + 1, j)
  Next j
Next i

Dim Temp As Integer
Dim Left As Integer
Dim Right As Integer
Dim k As Integer
Dim f As Integer
Dim g As Integer
Dim z As Integer
Dim NotInOffSpring() As Boolean 'Check if in Look or not?
Dim NotInOffSpring2() As Boolean
Dim IsFound As Boolean

For j = 1 To GA_PopSize - 1 Step 2
  Left = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 1)
  Right = Application.WorksheetFunction.RandBetween(Left, TotalRepPos - 1)
  PMXCount = Right - Left
  For i = Left To Right
    GA_PMX(j, i) = GA_ParentTemp(j, i)
    GA_PMX(j + 1, i) = GA_ParentTemp(j + 1, i)
  Next i
```

รูปที่ ข.10 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธี PMX

```
    Worksheets("Crossover").Range("A3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + 4 + j, 0) = Right
    Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + 4 + j, 0) = Left
    Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + 5 + j, 0) = PMXCount

   For i = Left To Right
    Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + 4 + j, i) = GA_PMX(j, i)
    Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + 5 + j, i) = GA_PMX(j +
1, i)
   Next i

   ReDim NotInOffSpring(Left To Right)
   For i = Left To Right
      NotInOffSpring(i) = True
   Next i
   For i = Left To Right
      For k = Left To Right
         If GA_ParentTemp(j + 1, i) = GA_PMX(j, k) Then
            NotInOffSpring(i) = False
            Exit For
         End If
      Next k
   Next i

ReDim NotInOffSpring2(Left To Right)
   For i = Left To Right
      NotInOffSpring2(i) = True
   Next i
   For i = Left To Right
      For k = Left To Right
         If GA_ParentTemp(j, i) = GA_PMX(j + 1, k) Then
            NotInOffSpring2(i) = False
            Exit For
         End If
      Next k
   Next i
Dim CurPos As Integer
Dim RootValue As Integer 'Old value
```

รูปที่ ข.10 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธี PMX

```
Dim FoundValue As Integer 'New value outside the selected interval
Dim CurPos2 As Integer
Dim RootValue2 As Integer 'Old value
Dim FoundValue2 As Integer
IsFound = False
   For i = Left To Right
      If NotInOffSpring(i) = True Then
         RootValue = GA_PMX(j + 1, i)
         CurPos = i

         Do Until IsFound
            For k = Left To Right
               If GA_PMX(j, CurPos) = GA_ParentTemp(j + 1, k) Then
                  CurPos = k
                  Exit For
               Else
               If k = Right Then
                     IsFound = True
                     FoundValue = GA_PMX(j, CurPos)
               End If
               End If
            Next k
         Loop

         For k = 1 To Left - 1
            If FoundValue = GA_ParentTemp(j + 1, k) Then
               GA_PMX(j, k) = RootValue
               Exit For
            End If
         Next k
         For k = Right + 1 To TotalRepPos
            If FoundValue = GA_ParentTemp(j + 1, k) Then
               GA_PMX(j, k) = RootValue
               Exit For
            End If
         Next k
         IsFound = False
```

รูปที่ ข.10 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธี PMX

```
        End If
    Next i

    IsFound = False
    For i = Left To Right
        If NotInOffSpring2(i) = True Then
            RootValue2 = GA_PMX(j, i)
            CurPos2 = i

            Do Until IsFound
                    For k = Left To Right
                    If GA_PMX(j + 1, CurPos2) = GA_ParentTemp(j, k) Then
                        CurPos2 = k
                        Exit For
                    Else
                        If k = Right Then
                            IsFound = True
                            FoundValue2 = GA_PMX(j + 1, CurPos2)
                        End If
                    End If
                Next k
            Loop

            For k = 1 To Left - 1
                If FoundValue2 = GA_ParentTemp(j, k) Then
                    GA_PMX(j + 1, k) = RootValue2
                    Exit For
                End If
            Next k

            For k = Right + 1 To TotalRepPos
                If FoundValue2 = GA_ParentTemp(j, k) Then
                    GA_PMX(j + 1, k) = RootValue2
                    Exit For
                End If
            Next k
            IsFound = False
```

รูปที่ ข.10 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธุ์ โดยวิธี PMX

```
      End If
    Next i
    For i = 1 To TotalRepPos
     Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + GA_PopSize + 8 + j, i)
= GA_PMX(j, i)
     Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + GA_PopSize + 9 + j, i)
= GA_PMX(j + 1, i)
    Next i

    For h = 1 To GA_PopSize
      For i = 1 To TotalRepPos
        If GA_PMX(j, i) > NumCust Then
          GA_PMX(j, i) = 0
        End If
      Next i
    Next h
    For h = 1 To GA_PopSize
      For i = 1 To TotalRepPos
        If GA_PMX(j + 1, i) > NumCust Then
          GA_PMX(j + 1, i) = 0
        End If
      Next i
    Next h
    For i = 1 To TotalRepPos
      Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + GA_PopSize +
GA_PopSize + 10 + j, i) = GA_PMX(j, i)
      Worksheets("Crossover").Range("B3").Offset(GA_PopSize + GA_PopSize + GA_PopSize +
GA_PopSize + 11 + j, i) = GA_PMX(j + 1, i)
    Next i
Next j
End Sub
```

รูปที่ ข.10 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนคัดเลือกสายพันธ์ โดยวิธี PMX

11. หน้าต่างแสดงขั้นตอนแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ Mutation

```
Public Sub GA_MutParent()
ReDim GA_MutChro(1 To GA_PopSize, 1 To TotalRepPos)
Dim RanNum As Single
   GA_MutChroCount = 0
   GA_MutPopCount = 0
For j = 1 To GA_PopSize
   If GA_MutChroCount < GA_PopSize Then
      GA_MutPopCount = GA_MutPopCount + 1
      RanNum = Rnd
      If RanNum < GA_MutProb Then
         GA_MutChroCount = GA_MutChroCount + 1
         For i = 1 To TotalRepPos
            GA_MutChro(GA_MutChroCount, i) = GA_CurPop(GA_MutPopCount, i)
         Next i
      End If
   End If
Next j
For j = 1 To GA_MutChroCount
   For i = 1 To TotalRepPos
      'Worksheets("Mutation").Range("C3").Offset(j, i) = GA_MutChro(j, i)
   Next i
Next j

Dim Temp As Integer
Dim RN As Integer
Dim RN2 As Integer
''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''''
If GA_MutChroCount > 0 Then
ReDim GA_MutBaby(1 To GA_MutChroCount, 1 To TotalRepPos)
   For j = 1 To GA_MutChroCount
      RN = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 1)
      RN2 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 1)
      Temp = GA_MutChro(j, RN)
      GA_MutChro(j, RN) = GA_MutChro(j, RN2)
      GA_MutChro(j, RN2) = Temp
```

รูปที่ ข.11 หน้าต่างแสดงขั้นตอนแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ Mutation

```
        For i = 1 To TotalRepPos
          GA_MutBaby(j, i) = GA_MutChro(j, i)
          Worksheets("Mutation").Range("C3").Offset(GA_MutChroCount + 2 + j, i) = GA_MutBaby(j, i)
        Next i
    Next j
          Worksheets("Mutation").Range("B4").Offset = NumMut
End If
NumMut = GA_MutChroCount
End Sub
```

รูปที่ ข.11 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนแลกเปลี่ยนสายพันธุ์ Mutation

12. หน้าต่างแสดงขั้นตอนของวิธีวงล้อเสี่ยงทาย Roulette wheel

```
Public Sub GA_RW()
Dim h As Integer
ReDim GA_RWSolution(1 To GA_PopSize + GA_PopSize + NumMut, 1 To TotalRepPos)
For i = 1 To GA_PopSize
    For h = 1 To TotalRepPos
        GA_RWSolution(i, h) = GA_CurPop(i, h)
        GA_RWSolution(GA_PopSize + i, h) = GA_PMX(i, h)
    Next h
Next i

If GA_MutChroCount > 0 Then
    For i = 1 To NumMut
        For h = 1 To TotalRepPos
            GA_RWSolution(2 * GA_PopSize + i, h) = GA_MutBaby(i, h)
        Next h
    Next i
End If
For i = 1 To GA_PopSize + GA_PopSize + NumMut
    For h = 1 To TotalRepPos
        Worksheets("Roulette").Range("C4").Offset(i, h) = GA_RWSolution(i, h)
    Next h
Next i
```

รูปที่ ข.12 หน้าต่างแสดงขั้นตอนของวิธีวงล้อเสี่ยงทาย Roulette wheel

```
ReDim GA_RWTotalCost(1 To GA_PopSize + GA_PopSize + NumMut)
For i = 1 To GA_PopSize
   GA_RWTotalCost(i) = GA_TotalCost(i)
   Worksheets("Roulette").Range("B4").Offset(i) = GA_RWTotalCost(i)
Next i
Dim GA_Cursol1() As Integer
ReDim GA_Cursol1(1 To TotalRepPos)
For i = 1 To GA_PopSize + NumMut
   For j = 1 To TotalRepPos
      GA_Cursol1(j) = GA_RWSolution(GA_PopSize + i, j)
   Next j
   Call EvalF(GA_Cursol1)
   GA_RWTotalCost(GA_PopSize + i) = TotalCost
   Worksheets("Roulette").Range("B4").Offset((GA_PopSize) + i) = GA_RWTotalCost(GA_PopSize + i)
Next i
'Check BestCost
For i = 1 To 2 * GA_PopSize + NumMut
   If BestCost > GA_RWTotalCost(i) Then
      BestCost = GA_RWTotalCost(i)
      For j = 1 To TotalRepPos
         BestCostSol(j) = GA_RWSolution(i, j)
      Next j
   End If
Next i
End Sub
```

รูปที่ ข.12 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนของวิธีวงล้อเสี่ยงทาย Roulette wheel

13. หน้าต่างแสดงขั้นตอนความน่าจะเป็นสะสมของ Roulette wheel เพื่อทำ Gen ใหม่

```
Public Sub GA_Prob()
' ทำความน่าจะเป็นสะสมของ roulette เพื่อทำ Gen ใหม่
Dim Sum As Single
Sum = 0
ReDim GA_SumNewRW(0 To GA_PopSize + GA_PopSize + NumMut)
   GA_SumNewRW(0) = 0
```

รูปที่ ข.13 หน้าต่างแสดงขั้นตอนความน่าจะเป็นสะสมของ Roulette wheel เพื่อทำ Gen ใหม่

```
For i = 1 To GA_PopSize + GA_PopSize + NumMut
    Sum = Sum + GA_RWSolProp(i)
    GA_SumNewRW(i) = Sum
    Worksheets("Probability").Range("D2").Offset(i + 1) = GA_SumNewRW(i)
Next i

Prob = 0
Dim RandRW As Single
Dim h As Integer
ReDim GA_PopCurGen(1 To GA_PopSize, 1 To TotalRepPos)
For h = 1 To GA_PopSize
    RandRW = Rnd
    For i = 0 To 2 * GA_PopSize + NumMut - 1
        If RandRW > GA_SumNewRW(i) And RandRW < GA_SumNewRW(i + 1) Then
            Prob = GA_SumNewRW(i)
            CountProb = i + 1
            Exit For
        End If
    Next i
    For j = 1 To TotalRepPos
        GA_CurPop(h, j) = GA_RWSolution(CountProb, j)
        Worksheets("Gen").Range("D2").Offset(h, j) = GA_CurPop(h, j)
    Next j
Next h
    Worksheets("Gen").Range("B2").Offset = Prob
    Worksheets("Gen").Range("B3").Offset = CountProb
End Sub
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) หน้าต่างแสดงขั้นตอนความน่าจะเป็นสะสมของ Roulette wheel เพื่อทำ Gen ใหม่

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

ชื่อ นางสาวนันทิชา คำภูมี

ภูมิลำเนา 91 หมู่ 9 ต.ชุมตาบง อ.ชุมตาบง จ.นครสวรรค์

ประวัติการศึกษา -จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนห้วยน้ำหอมวิทยาคาร จ. นครสวรรค์

-ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail Nanticha_oob@hotmail.com

ชื่อ นางสาวภัสชญา ครองยุทธ

ภูมิลำเนา 45 หมู่ 12 ต.แม่ใส อ.เมืองพะเยา จ.พะเยา

ประวัติการศึกษา -จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนฟากกว๊านวิทยาคม จ.พะเยา

-ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail Krongyut_Patchaya@hotmail.com