อภินันทนาการ

สำนักหอสมุด

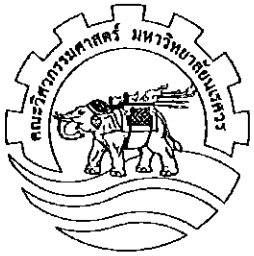
การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

A COMPARATIVE STUDY OF PARAMETER TUNING METHODS FOR GENETIC ALGORITHM FOR VEHICLE ROUTING PROBLEM

นายชนะพล ทองแดง รหัส 55366101

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร
วันลงทะเบียน 7 ก.ค. 2561
เลขทะเบียน 1724746
เลขเรียกหนังสือ ปร. ร134ก 2558

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2558



ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ผู้จัดทำโครงงาน นายชนะพล ทองแดง รหัส 55366101

ที่ปรึกษาโครงงาน ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง

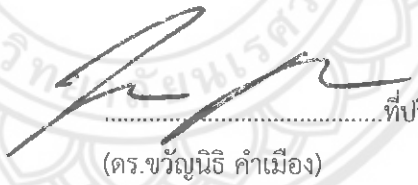
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2558

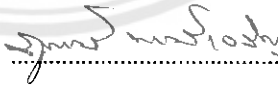
.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ



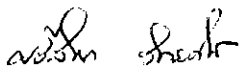
.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)



.....กรรมการ

(ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)



.....กรรมการ

(ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ
ผู้จัดทำโครงงาน	นายชนะพล ทองแดง รหัส 55366101
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2558

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการแสดงวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมเพื่อแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยวิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรม ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นปัญหาที่พบกันอยู่ตลอด และมีความซับซ้อน โดยปัญหาที่ทำการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางของยานพาหนะที่ทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด รูปแบบการขนส่งที่ใช้สำหรับปัญหานี้ กำหนดให้มีคลังสินค้าเพียงแห่งเดียวสามารถมีรถได้หลายประเภท และมีกรอบเวลาในการขนส่งของลูกค้า

สำหรับวิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรม ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะนั้นเป็นวิธีการที่จัดอยู่ในกลุ่มเมตาฮิวริสติก ซึ่งเป็นวิธีการหาคำตอบที่เร็ว แต่ไม่รับรองได้ว่าคำตอบที่ได้นั้นจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุด เนื่องจากวิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรมนั้นมีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดซึ่งค่าพารามิเตอร์นั้นจะมีผลต่อคุณภาพของผลลัพธ์ ซึ่งทางผู้ดำเนินโครงงานได้นำมาประยุกต์ใช้ได้มีการนำมาทดสอบกับปัญหาสามขนาดคือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมแต่ละปัญหา โดยจะใช้วิธีการออกแบบการทดลองมาช่วยในการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในแต่ละปัญหา

วิธีการ F-Race ที่จะถูกนำมาเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์กับวิธีการออกแบบการทดลอง เป็นหนึ่งในวิธีการหาค่าคำตอบที่เหมาะสม แต่ไม่ใช่สำหรับปัญหานั้นๆ วิธีการ F-Race เป็นวิธีการแข่งขันกันระหว่างผู้เข้าแข่งขันหรือในที่นี้ได้กำหนดให้เท่ากับการตั้งค่าพารามิเตอร์หลายการตั้งค่าพารามิเตอร์ เพื่อหาผู้ชนะที่สามารถแก้ปัญหาหลายๆ ปัญหาที่เกิดจากการสุ่มขึ้นมา ไม่ว่าจะเป็นปัญหาขนาดเล็ก กลาง หรือใหญ่ ที่สามารถเอาชนะการตั้งค่าพารามิเตอร์อื่นๆ ได้ด้วยอันดับที่ดีที่สุด

ทางผู้ดำเนินโครงการจึงได้นำวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-Race มาเปรียบเทียบกันเพื่อที่จะได้ทราบค่าคำตอบที่ได้จากวิธีการ F-Race นั้นหลังจากที่ผ่านการแข่งขันมาหลายๆ โจทย์จะให้ค่าคำตอบที่แตกต่างมากน้อยเพียงใด กับวิธีการออกแบบการทดลองที่หาการตั้งค่าเฉพาะโจทย์นั้นๆ

Project title	A COMPARATIVE STUDY OF PARAMETER TUNING METHODS FOR GENETIC ALGORITHM FOR VEHICLE ROUTING PROBLEM
Author	Mr. Chanapol Thongdang ID 55366101
Project advisor	Dr. Kwanniti Khammuang
Major	Industrial Engineering
Department	Industrial Engineering
Academic year	2015

Abstract

This project shows how to set the parameters appropriate to fix the routing of vehicles with a genetic algorithm. Problems of the vehicle as well as the problems encountered. And sophisticated The study aims to find the path of a vehicle that costs less to transport. Modes of transport used for this problem. The warehouse had only one car can have several types. The time for the transportation of our customers.

For the genetic algorithm. To be used in solving the problems of the vehicle that is how it is in a meta-heuristic. This is a way to find answers fast. It does not guarantee that the answer will be the best answer. Because the genetic algorithm parameters to define the parameters that will affect the quality of the results. The project operator has applied has been tested with three sizes: small, medium and large to find appropriate parameters for each issue. It is used to design experiments to help determine the optimal parameters for each issue.

F-Race will be compared with experimental design parameters. Is one way to find the right answer. But that is not a problem for the F-Race is a competition between the contestants or in this set of parameters set several parameters. To determine the winner, who can solve many problems caused by random. Whether it is small, medium or large, can beat the other parameters with the best.

The project has led to the design of experiments and methods were then compared to the F-Race will know the answer by the F-Race, the last race was different. Our goal is to provide the answer to a different extent. How to design an experiment to find specific settings that proposition.

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้น ต้องขอขอบคุณอาจารย์ขวัญนิธิ คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้คำปรึกษา แนะนำข้อผิดพลาดต่างๆ และช่วยแก้ปัญหาข้อบกพร่องของการดำเนินโครงงานด้วยดีตลอดมา จนทำให้ปริญญานิพนธ์นี้มีความสมบูรณ์

ขอขอบคุณอาจารย์ และบุคลากรของภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือต่างๆภายในคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

สุดท้ายนี้ ผู้จัดทำโครงงานขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัว ที่สนับสนุนอยู่เบื้องหลังความสำเร็จนี้ และให้กำลังใจแก่ผู้จัดทำโครงงานเสมอจนสำเร็จการศึกษา รวมถึงเพื่อนๆ ที่คอยแนะนำช่วยเหลือแก่ผู้จัดทำโครงงานด้วยดีตลอดมา

ผู้จัดทำโครงงาน
นายชนะพล ทองแดง
มิถุนายน 2559

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ก

บทคัดย่อภาษาไทย ข

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) ค

กิตติกรรมประกาศ จ

สารบัญ ฉ

สารตาราง ฌ

สารบัญรูป ญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดโครงงาน (Output) 2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome) 2

1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 2

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 3

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 3

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น 5

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problems: VRP) 5

2.2 เมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) 9

2.2.1 หลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติก 9

2.2.2 ข้อดีของวิธีการเมตาฮิวริสติกที่ทำให้ได้รับความนิยม 9

2.3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) 10

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment; DOE) 14

2.4.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง 15

2.4.2 หลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง 15

2.5 วิธีการ F-Race 16

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน 19

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ 20

3.2 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) 20

3.3 ศึกษาวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE) 20

3.4 ศึกษาวิธีการทดลองด้วยวิธี F-Race 20

3.5 ศึกษาการเขียนโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง ด้วยภาษา Visual Basic for Application (VBA) บน Microsoft Excel 21

3.6 ตั้งค่าพารามิเตอร์ของทั้ง 2 วิธี เพื่อการเปรียบเทียบ 21

3.7 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธี F-Race 21

3.8 สรุปผลการดำเนินโครงงาน 21

บทที่ 4 ผลการดำเนินโครงการ 22

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab 16 22

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบผลการทดลอง 23

4.2.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 24

4.2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 27

4.2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 30

4.2.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางที่ 1 33

4.2.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางที่ 2 36

4.2.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางที่ 3 38

4.2.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1 40

4.2.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2 43

4.2.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3 45

4.2.10 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4 48

4.3 ผลการปรับปรุงกราฟของปัญหาขนาดเล็ก 51

4.3.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังจากการปรับปรุงกราฟ Fitted 51

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังจากการปรับปรุงกราฟ Fitted 53
4.3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังจากการปรับปรุงกราฟ Fitted 55
4.4 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการ F-Race 57
4.5 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก F-Race กับวิธีการออกแบบการทดลอง 60
4.5.1 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ได้จากวิธีการ F-Race 60
4.5.2 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ได้จากวิธีการออกแบบการทดลอง 60
4.6 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้ระหว่างวิธีการออกแบบการทดลองและวิธีการ F-Race 62

บทที่ 5 บทสรุป และข้อเสนอแนะ 64
5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ 64
5.2 ปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินโครงการ 68
5.3 แนวทางการแก้ปัญหา 68
5.4 ข้อเสนอแนะ 68

เอกสารอ้างอิง 69

ภาคผนวก 70

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน 84

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ 4
2.1 สรุปการจัดกลุ่มประเภทของปัญหา VRP ตามลักษณะ 8
4.1 ตารางแสดงลักษณะของปัญหา 23
4.2 ตารางแสดง ANOVA ของทั้ง 10 ปัญหา 24
4.3 ตารางแสดงผลสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก 10 ปัญหา 50
4.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่า P-value ก่อนและหลังปรับปรุงกราฟ 57
4.5 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race 20 รอบ 58
4.6 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race 50 รอบ 59
4.7 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ในโจทย์ข้อที่ 149 60
4.8 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ในโจทย์ข้อที่ 150 60
4.9 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race 300 รอบ 61
4.10 ตารางแสดงค่าคำตอบของวิธีการ F-Race 62
4.11 ตารางแสดงค่าคำตอบของวิธีการออกแบบการทดลอง 63
4.12 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ F-Race 63
4.13 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมของทั้ง 2 วิธี 64
5.1 ตารางสรุปข้อดี และข้อเสียของวิธีการ F-Race กับวิธีการออกแบบการทดลอง 65

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 ผังการจัดเส้นทางปกติ 5
2.2 Pseudo Code สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม 11
2.3 Crossover One Point 12
2.4 Crossover Two Point 12
2.5 Crossover Lock Zero 13
2.6 Swapping of Mutation 13
2.7 Group of Mutation 14
2.8 กราฟแสดงวิธี F-Race 16
2.9 ตัวอย่างการคิดอันดับรวม 17
3.1 ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ 19
4.1 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 24
4.2 การวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังจากการปรับปรุง 25
4.3 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 25
4.4 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 26
4.5 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 26
4.6 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 27
4.7 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังจากการปรับปรุง 28
4.8 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 28
4.9 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 29
4.10 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 29
4.11 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 30
4.12 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังจากการปรับปรุง 31
4.13 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 31
4.14 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 32
4.15 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 32

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.16 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางที่ 1 33
4.17 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางที่ 1 33
4.18 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 1 34
4.19 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 1 35
4.20 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางที่ 2 36
4.21 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางที่ 2 36
4.22 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 2 37
4.23 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 2 37
4.24 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางที่ 3 38
4.25 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางที่ 3 38
4.26 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 3 39
4.27 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 3 39
4.28 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1 40
4.29 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1 41
4.30 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1 41
4.31 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1 42
4.32 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2 43
4.33 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2 43
4.34 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2 44
4.35 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2 44
4.36 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3 45
4.37 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3 45
4.38 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3 46
4.39 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3 47

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.40 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4 47

4.41 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4 48

4.42 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4 48

4.43 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4 49

4.44 ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังการปรับปรุง 50

4.45 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังการปรับปรุง 51

4.46 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังการปรับปรุง 52

4.47 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 52

4.48 ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังการปรับปรุง 52

4.49 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังการปรับปรุง 53

4.50 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังการปรับปรุง 54

4.51 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 54

4.52 ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังการปรับปรุง 54

4.53 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังการปรับปรุง 55

4.54 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังการปรับปรุง 56

4.55 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 56

4.56 กราฟแสดงแนวโน้มของการคัดผู้เล่นออก 57

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของโครงงาน

ในยุคที่เศรษฐกิจกำลังมีการพัฒนา ซึ่งส่งผลต่อการคมนาคม และการขนส่ง ทำให้เกิดปัญหาและความซับซ้อนของการจัดเตรียมแผนในการขนส่งสินค้า ถ้าบริษัทมีการจัดการวางแผนที่ดีลูกค้าก็จะได้รับความสะดวกในการรับสินค้ามากขึ้น และถ้าบริษัทมีการจัดการการวางแผนที่แย่ก็อาจจะส่งผลให้ให้บริษัทต้องสูญเสียลูกค้า และค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ามากขึ้น การจัดเส้นทางการขนส่งที่ดี และมีประสิทธิภาพจะทำให้สามารถลดระยะทางการขนส่ง และรถจำนวนรอบในการวิ่งส่งสินค้าได้ ซึ่งมีผลทำให้ต้นทุนการขนส่งสินค้าลดลง และส่งผลให้บริษัทเพิ่มความสามารถในการแข่งขันได้มากขึ้น

ดังนั้น จึงทำให้เกิดปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะขึ้นปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem; VRP) เป็นปัญหาด้านการขนส่ง และลอจิสติกส์รูปแบบหนึ่งที่มีการศึกษามายาวนานกว่า 40 ปี และมีการค้นคว้าอย่างแพร่หลายโดยมีการเพิ่มเงื่อนไข และข้อจำกัดต่างๆ แนวคิดพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ คือ ความพยายามออกแบบเส้นทางเดินรถในแต่ละคันให้เหมาะสมที่สุด ทั้งในแง่ของค่าใช้จ่ายต่างๆ และความสอดคล้องตามข้อจำกัดต่างๆ ที่มี เช่น เส้นทางการขนส่งจะเริ่มต้นจากคลังสินค้า (ต้นทาง) ไปสู่กลุ่มลูกค้าที่ทราบจำนวน และตำแหน่งที่ตั้งในแต่ละราย และทราบปริมาณความต้องการสินค้า (Demand) ที่แน่นอนล่วงหน้า และกลับมาสิ้นสุดเส้นทางที่คลังสินค้าเริ่มต้น โดยมีข้อจำกัดที่ว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้รับบริการจากรถขนส่งสินค้าคันเดียวหรือหลายคัน และปริมาณสินค้าที่นำส่งต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกหรือความจุของรถขนส่งคันนั้นๆ รวมทั้งมีเวลาในการวิ่งเพื่อส่งสินค้าหรือไปให้บริการลูกค้าที่จำกัดด้วย

ดังนั้น เมื่อเกิดปัญหาจึงมีแนวคิดที่จะแก้ปัญหาการจัดการเส้นทางยานพาหนะโดยการนำวิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) มาช่วยใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ซึ่งวิธีการเมตาฮิวริสติกเป็นวิธีการประมาณค่าหาคำตอบที่มีความเหมาะสมสำหรับการใช้แก้ปัญหาการวาง เพื่อลดระยะเวลาในการคำนวณหาค่าที่ใกล้เคียงในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

เนื่องด้วยวิธีการเมตาฮิวริสติกมีหลากหลายวิธี และการประมวลผลของแต่ละรอบการประมวลผลจะได้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เท่ากัน ซึ่งในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ในแต่ล่ะครั้งจะมีค่าความแปรปรวนอยู่มากเราจึงมีแนวคิดในการปรับค่าพารามิเตอร์ เพื่อให้เหมาะสมกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยได้เลือกการตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อเปรียบเทียบกันระหว่าง 2 วิธีการ คือ การออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-Race โดยที่ F-Race คือ วิธีการนำค่าพารามิเตอร์หลายๆ ค่ามา

แข่งขัน โดยที่การแข่งขันจะมีปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นโจทย์ เพื่อที่จะหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อกำหนดการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อเปรียบเทียบการตั้งค่าพารามิเตอร์โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง และวิธี F-race เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

1.3 เกณฑ์ชี้วัดโครงงาน (Output)

ผลการเปรียบเทียบการตั้งค่าพารามิเตอร์จากวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-race ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

วิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ศึกษาขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เพื่อใช้ทดลองในการเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ระหว่าง วิธี F-Race และการออกแบบการทดลอง

1.5.2 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ทำการศึกษามีวัตถุประสงค์เพื่อทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมที่น้อยที่สุด โดยที่ค่าใช้จ่ายรวมนั้นประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเลือกใช้ยานพาหนะ (Fixed Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเดินทาง (Variable Cost) และค่าปรับที่เกิดขึ้นเนื่องจากการละเมิดกรอบเวลา (Penalty Cost)

1.5.3 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ศึกษาจะมีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว

1.5.4 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ศึกษาไม่คำนึงถึงเรื่องการจัดวางสินค้า และสินค้าจะไม่ได้รับความเสียหายในขณะการขนส่ง

1.5.5 ระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละรายมีระยะทางไปกลับจากศูนย์กระจายสินค้าสมมาตรกัน

1.5.6 การเปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์นั้นจะถูกใช้ในวิธีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม

1.5.7 รายละเอียดของลูกค้าประกอบด้วย ตำแหน่งของลูกค้า ปริมาณความต้องการของลูกค้า กรอบเวลาในการรับสินค้า

1.5.8 ปริมาณความต้องการของลูกค้าจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ

1.5.9 มีคลังสินค้าเพียงแห่งเดียว และมีสินค้าพร้อมส่งไม่จำกัด

1.5.10 ยานพาหนะทุกคันจอดอยู่ที่คลังสินค้า และยานพาหนะจะพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา

1.5.11 เมื่อยานพาหนะออกจากคลังสินค้าไปแล้ว เมื่อมีการสั่งของจากลูกค้าใหม่เข้ามา ยานพาหนะไม่จำเป็นต้องกลับไปที่คลังสินค้า เพื่อบรรทุกสินค้าเพิ่มแต่ยานพาหนะสามารถพิจารณาให้บริการสินค้าใหม่โดยใช้สินค้าที่บรรจุอยู่บนรถได้เลย

1.5.12 เวลาที่ใช้สำหรับขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ละรายมีค่าเท่ากัน

1.5.13 ยานพาหนะจะเริ่มต้นออกจากคลังสินค้าในเวลาเริ่มต้นของวันทำงาน และจะกลับมาที่คลังสินค้าเมื่อส่งสินค้าเสร็จ

1.5.14 ถ้าหากยานพาหนะเดินทางไปถึงลูกค้าก่อนเวลาการรับสินค้า ยานพาหนะจำเป็นต้องรอคอยให้ถึงช่วงเริ่มต้นของกรอบเวลาลูกค้ารายนั้นก่อนจึงจะสามารถส่งของได้

1.5.15 ยานพาหนะในการขนส่งสินค้ามี 3 ขนาด และมีอย่างน้อยขนาดละ 1 คัน

1.5.16 ถ้าหากยานพาหนะไปส่งของถึงลูกค้าเลยเวลาที่ลูกค้ากำหนด ลูกค้าจะสามารถรับสินค้าได้ (ในกรณีนี้จะมีค่าปรับ ซึ่งค่าปรับไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา)

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือนสิงหาคม พ.ศ.2558 ถึงเดือนมิถุนายน พ.ศ.2559

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ

ลำดับ	การดำเนินโครงงาน	ช่วงเวลา										
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.
1.8.1	การศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับยานพาหนะ											
1.8.2	การศึกษาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยวิธีขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม											
1.8.3	การศึกษาวิธีการออกแบบการทดลอง											
1.8.4	การศึกษาวิธีการ F-Race											
1.8.5	การรวมรวบปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ											
1.8.6	การตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของวิธีการออกแบบการทดลอง											
1.8.7	การตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อหาค่าที่ดีที่สุดของวิธีการ F-Race											
1.8.8	การเปรียบเทียบค่าที่ได้ระหว่างวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธี F-Race											
1.8.9	สรุปผลการดำเนินโครงงาน											

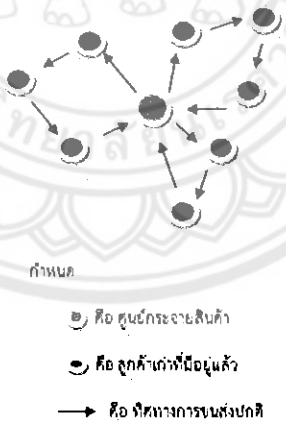
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problems :VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นปัญหาด้านการขนส่ง และลอจิสติกส์รูปแบบหนึ่งที่มีการศึกษามายาวนานกว่า 40 ปี และมีการค้นคว้าอย่างแพร่หลายโดยมีการเพิ่มเงื่อนไข และข้อจำกัดต่างๆ

แนวคิดพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) คือ ความพยายามออกแบบเส้นทางเดินรถในแต่ละคันให้เหมาะสมที่สุดทั้งในแง่ของค่าใช้จ่ายต่างๆ และความสอดคล้องตามข้อจำกัดต่างๆ ที่มี เช่น เส้นทางการขนส่งจะเริ่มต้นจากคลังสินค้า (ต้นทาง) ไปสู่กลุ่มลูกค้าที่ทราบจำนวน และตำแหน่งที่ตั้งในแต่ละราย และทราบปริมาณความต้องการสินค้า (Demand) ที่แน่นอนล่วงหน้า และกลับมาสิ้นสุดเส้นทางที่คลังสินค้าเริ่มต้น โดยมีข้อจำกัดที่ว่าลูกค้าแต่ละรายจะได้รับบริการจากรถขนส่งสินค้าคันเดียวหรือหลายคัน และปริมาณสินค้าที่นำส่งต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุก หรือความจุของรถขนส่งคันนั้นๆ รวมทั้งมีเวลาในการวิ่งเพื่อส่งสินค้าหรือไปให้บริการลูกค้าที่จำกัดด้วย

ตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ



รูปที่ 2.1 ผังการจัดเส้นทางปกติ

จาก รูปที่ 2.1 เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยปกติโดยการเดินทางจะเป็นการขนส่งสินค้าไปส่งลูกค้าเก่าที่มีตั้งแต่แรกอยู่แล้ว

2.1.1 จัดกลุ่มตามลักษณะของความต้องการของลูกค้า (Demand)

2.1.1.1 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแน่นอน (Deterministic Demand) งานวิจัยจำนวนหนึ่งดำเนินการภายใต้ความต้องการที่ทราบค่าแน่นอนของลูกค้า โดยมีการเก็บข้อมูลอาจจะ

เป็นความต้องการที่แน่นอนโดยมีการสั่งสินค้าก่อน และจัดเส้นทางการขนส่งหรือทำการประมาณค่าจากการใช้ค่าเฉลี่ยหรือค่าทางสถิติอย่างใดอย่างหนึ่ง ตัวอย่างเช่น ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ลูกค้าเป็นจำนวน 90 ชิ้นซึ่งบริษัทได้ทราบค่าของจำนวนสินค้าก่อนที่จะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า โดยมีจำนวนสินค้านี้ทราบค่าแน่นอน

2.1.1.2 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (Stochastic Demand) ในกลุ่มนี้ความต้องการของลูกค้าจะทราบค่าแต่อาจจะมีความไม่แน่นอนซึ่งจะทำให้ต้องใช้เทคนิคในการแก้ปัญหาที่ต่างออกไปจากข้อที่ 1.1 เช่น ลูกค้ารายหนึ่งอาจจะมีประมาณความต้องการสินค้าอยู่ระหว่าง 5-10 ชิ้น แต่มีความน่าจะเป็นที่จะเกิดขึ้นเท่ากัน ตัวอย่างเช่น ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ลูกค้าเป็นจำนวนไม่แน่นอน โดยมีโอกาสเป็นจำนวน 10 ชิ้น ร้อยละ 25 จำนวน 20 ชิ้น ร้อยละ 45 และจำนวน 30 ชิ้น ร้อยละ 30 ตามลำดับ

2.1.1.3 ไม่ทราบความต้องการของลูกค้าซึ่งเป็นความต้องการที่ไม่ทราบค่าขณะวางแผนแต่ทราบเมื่อไปถึงลูกค้า ตัวอย่างเช่น ทางบริษัทจะไม่ทราบค่าว่าทางลูกค้าต้องการสินค้าเท่าไรแต่ทางลูกค้าจะบอกจำนวนสินค้าในขณะที่รถขนส่งสินค้าถึงลูกค้าแล้ว

2.1.2 จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านเวลา (Time Windows)

ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่มีความสำคัญกับการจัดเส้นทาง เนื่องจากบางครั้งเวลาให้บริการลูกค้าหรือเวลาในการเดินทางจะมีผลต่อเส้นทางที่ได้จากการจัดด้วยวิธีการต่างๆ สามารถแบ่งกลุ่มได้ดังนี้

2.1.2.1 แบบไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา (No Time Windows) ในกลุ่มนี้งานวิจัยจะไม่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลาต่างๆ โดยจะทำการจัดเฉพาะเส้นทางการเดินทาง ตัวอย่างเช่น ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ลูกค้าภายช่วงเวลาไหนก็ได้ เพราะไม่มีการกำหนดช่วงเวลาการส่งสินค้าเพียงแต่พิจารณาว่าจะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าคนใดก่อนหรือหลัง

2.1.2.2 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด (Soft Time Windows) ในกลุ่มนี้จะมีข้อจำกัดทางด้านเวลา แต่ไม่เคร่งครัดมากนักสามารถส่งสินค้าช้าหรือเร็วกว่ากำหนดได้บ้างแต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดด้านเวลานี้ก็มีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ลูกค้าจะมีช่วงเวลาในการส่งสินค้า ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ แต่ยานพาหนะสามารถมาถึงก่อน หรือถึงช้ากว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ได้ ดังเช่น ลูกค้าคนที่ 1 มีช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้คือ 12.00-13.00 น. ถ้าถึงก่อนยานพาหนะก็อาจจะต้องรอเพื่อให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดแล้วถึงทำการขนถ่ายสินค้าให้กับลูกค้า หรือทางลูกค้าอาจมีข้อยกเว้นโดยให้ขนถ่ายสินค้าลงได้เลยโดยไม่ต้องรอให้ถึงช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ แต่สำหรับถึงช้ากว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนดทางบริษัทจะต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า

2.1.2.3 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบเคร่งครัด (Hard Time Windows) กลุ่มนี้การจัดเส้นทางจะคำนึงถึงระยะเวลาในการเดินทาง และระยะเวลาในการให้บริการอย่างเคร่งครัดหากเดินทางผิดเวลา หรือไปถึงลูกค้าผิดเวลาจะทำให้เส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่ไม่ถูกต้องไม่สามารถ

ให้บริการลูกค้าได้ ตัวอย่างเช่น ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ถึงภายในเวลาที่ลูกค้ากำหนดเท่านั้น เช่น ลูกค้าคนที่ 1 ต้องส่งสินค้าภายในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. เท่านั้น ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าก่อนเวลาที่ลูกค้ากำหนดยานพาหนะจำเป็นต้องรอให้ถึงช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ก่อน ถึงจะทำการขนถ่ายสินค้า แต่ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าช้ากว่าที่ลูกค้ากำหนด ทางลูกค้ามีสิทธิ์จะปฏิเสธสินค้าได้

2.1.2.4 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาที่มีทั้งเคร่งครัด และไม่เคร่งครัด (Mixed) งานวิจัยบางงาน จะมีลูกค้าทั้งที่เคร่งครัดเรื่องเวลาที่มาถึงของรถบรรทุก หรือเวลาในการให้บริการ และไม่เคร่งครัดเรื่องเวลาในปัญหาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การดำเนินการด้วยวิธีการต่างๆ มีความแตกต่างกันออกไป และมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่น ลูกค้าคนที่ 1 เป็นการขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบเคร่งครัด ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ถึงภายในเวลาที่ลูกค้ากำหนดเท่านั้น คือ ต้องส่งสินค้าภายในช่วงเวลา 12.00-13.00 น. เท่านั้น ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าก่อนเวลาที่ลูกค้ากำหนดยานพาหนะจำเป็นต้องรอให้ถึงช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ก่อนถึงจะทำการขนถ่ายสินค้า แต่ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าช้ากว่าที่ลูกค้ากำหนด ทางลูกค้ามีสิทธิ์จะปฏิเสธสินค้าได้ส่วนลูกค้าคนที่ 3 เป็นการขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ คือ ช่วงเวลา 08.30-09.30 น. ถ้าถึงก่อนยานพาหนะก็อาจจะต้องรอเพื่อให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดแล้วถึงทำการขนถ่ายสินค้าให้กับลูกค้า หรือทางลูกค้าอาจมีข้อยกเว้นโดยให้ขนถ่ายสินค้าลงได้เลยโดยไม่ต้องรอให้ถึงช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ แต่สำหรับถึงช้ากว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนดทางบริษัทจะต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า

2.1.3 จัดกลุ่มตามเวลาในการวางแผนการเดินทาง (Time Horizon)

ในกลุ่มนี้จะเน้นการจัดกลุ่มแบบการจัดแบบครั้งเดียวในการวางแผนหนึ่งครั้ง เช่น การเดินทางส่งสินค้าทุกวันจะเดินทางด้วยเส้นทางเดียวกัน และการจัดแบบหลายครั้ง เช่น วางแผนเป็นเดือนหรือปี โดยในแต่ละวันอาจจะมีการเดินทางที่ไม่เหมือนกัน

2.1.3.1 แบบคาบเวลาเดียว (Single Period) กลุ่มนี้จะวางแผนครั้งเดียว และดำเนินการเช่นเดียวกันในทุกคาบเวลา

2.1.3.2 แบบหลายคาบเวลา (Muti Period) เป็นการวางแผนแบบหลายคาบเวลา และมีเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละคาบเวลา

2.1.4 จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น (Number of Origin Points)

จุดเริ่มต้นที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ระยะทางในการเดินทางที่แตกต่างกันไป การวางแผนการจัดเส้นทางบางครั้งอาจจะมีจุดเริ่มต้นเดียว บางครั้งจะต้องวางแผนให้กับศูนย์กระจายสินค้าหลายจุดไปพร้อมๆ กันสามารถแบ่งกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้นได้เป็น

2.1.4.1 มีจุดเริ่มต้นเดียว (Single Origin or Depot) การเริ่มต้นของทุกเส้นทางจะเริ่มต้นจากศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ดังรูปที่ 2.1

2.1.4.2 มีจุดเริ่มต้นหลายจุด (Multiple Origin or Depot) ในกลุ่มนี้ จะต้องวางแผนให้มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่งโดยทำการจัดเส้นทางไปพร้อมๆ กัน (ระพีพันธ์, 2554)

จากการแบ่งกลุ่มทั้งหมดสามารถสรุปการจัดกลุ่มประเภทของปัญหา VRP ตามลักษณะได้ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สรุปการจัดกลุ่มประเภทของปัญหา VRP ตามลักษณะ

ลักษณะ	ประเภท
2.1.1.จัดกลุ่มตามลักษณะของความต้องการของลูกค้า	2.1.1.1 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแน่นอน 2.1.1.2 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน 2.1.1.3 ไม่ทราบความต้องการของลูกค้า
2.1.2.จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านเวลา	2.1.2.1 แบบไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา 2.1.2.2 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด 2.1.2.3 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบเคร่งครัด 2.1.2.4 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาที่มีทั้งเคร่งและไม่เคร่ง
2.1.3.จัดกลุ่มตามเวลาในการวางแผนการเดินทาง	2.1.3.1 แบบคาบเวลาเดียว 2.1.3.2 แบบหลายคาบเวลา
2.1.4.จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น	2.1.4.1 มีจุดเริ่มต้นเดียว 2.1.4.2 มีจุดเริ่มต้นหลายจุด

วัตถุประสงค์ของการออกแบบ และจัดเส้นทางเดินรถเพื่อให้ได้ค่าเหมาะสมที่สุดตามที่ต้องการ มีวัตถุประสงค์หลักในการออกแบบเส้นทาง 4 ประการดังนี้

ก. เพื่อลดจำนวนรถขนส่งสินค้าหรือเพื่อลดค่าใช้จ่ายต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) ที่เกิดขึ้นในการขนส่งแต่ละครั้ง เมื่อจำนวนรถลดลง ความจำเป็นในการจ้างพนักงานขับรถเพิ่มจึงน้อยลงตามไป

ข. เพื่อลดระยะทางในการเดินทางหรือลดระยะเวลาในการเดินทาง เมื่อระยะทาง และระยะเวลาลดลง ค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผัน (Variable Cost) ที่เกิดขึ้นในการขนส่งแต่ละครั้งจะลดลงตามไปด้วยค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผัน ได้แก่ ค่าน้ำมัน และค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นบนเส้นทางนั้นๆ

ค. เพื่อลดทั้งค่าใช้จ่ายต้นทุนคงที่ และค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผัน คือลดทั้งจำนวนรถ ระยะเวลา และระยะทางในการเดินทางซึ่งถือว่าเป็นการลดค่าใช้จ่ายต้นทุนทั้งหมดให้น้อยที่สุด (Total Cost Minimization)

จ. ออกแบบเส้นทางเพื่อเพิ่มความพึงพอใจให้กับผู้รับบริการทั้งนี้การออกแบบเส้นทางเดินรถส่วนใหญ่จะคำนึงถึงวัตถุประสงค์ใน 3 ข้อแรกก่อนเป็นสำคัญ

2.2 เมตาฮิวริสติก (Metaheuristic)

เมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) เป็นวิธีการประมาณคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือได้คำตอบที่มีคุณภาพดีเพียงพอต่อการวางแผนต่างๆ และช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณปัญหาที่มีขนาดใหญ่

เมตาฮิวริสติกที่พัฒนามาจากการค้นหาคำตอบเฉพาะที่พื้นฐาน (Basic Local Search) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) การหาคำตอบที่ดีที่สุดด้วยวิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) (ระพีพันธ์, 2554)

2.2.1 หลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติก

2.2.1.1 เมตาฮิวริสติกมีระเบียบวิธีการในการหาคำตอบที่ดีภายในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้

2.2.1.2 เมตาฮิวริสติกมีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือคำตอบที่ใกล้เคียงที่ดีที่สุดภายในระยะเวลาอันสั้น

2.2.1.3 เมตาฮิวริสติกเป็นขั้นตอนการประมาณคำตอบ

2.2.1.4 เมตาฮิวริสติกอาจจะเกิดจากการรวมหลากหลายเทคนิค เพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้

2.2.1.5 เมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนมาตรฐานที่แน่นอน แม้ว่าเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในปัญหาที่แตกต่างกันจะมีรายละเอียดของขั้นตอนย่อยที่แตกต่างกัน

2.2.1.6 เมตาฮิวริสติกต้องสามารถใช้ได้กับปัญหาที่หลากหลาย

2.2.1.7 เมตาฮิวริสติกอาจจะมีลักษณะเป็นเป็นคำบรรยายโดยย่อก็ได้ หรือไม่จำเป็นต้องมีหลักการทางคณิตศาสตร์

2.2.1.8 วิธีการเมตาฮิวริสติกอาจจะมีทั้งแบบง่ายไม่ซับซ้อนตัวอย่างเช่น การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่หรือแบบที่ยุ่งยากซับซ้อนมากกว่า เช่น วิธีระบบมด วิธีการเชิงพันธุกรรม และวิธีการอบอ่อนจำลอง เป็นต้น

2.2.1.9 ปัจจุบันนี้เมตาฮิวริสติกใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้นในการจำคำตอบเดิม เพื่อค้นหาคำตอบที่ไม่ซ้ำเดิมหรือแตกต่างไปจากเดิม เช่น วิธีระบบมด เป็นต้น (ระพีพันธ์, 2554)

2.2.2 ข้อดีของวิธีการเมตาฮิวริสติกที่ทำให้ได้รับความนิยม

2.2.2.1 คำตอบที่ได้จากวิธีการนี้ให้ผลที่ดี

2.2.2.2 แก้ปัญหาได้รวดเร็ว

2.2.2.3 ใช้งานได้ง่าย

2.3 ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm – GA) เป็นเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์อย่างหนึ่งที่ใช้ในการค้นหา การเพิ่มประสิทธิภาพ และการเรียนรู้ (Search, Optimization, and Learning) ด้วยการเลียนแบบทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีจุดเด่นในด้านความทนทานต่อความผิดพลาดในการค้นหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลที่มีความซับซ้อน และยากที่จะสร้างแบบจำลองด้วยสมการคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลองหรือลักษณะเฉพาะของข้อมูลแบบใดแบบหนึ่ง ด้วยเหตุนี้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาได้หลากหลายรูปแบบ ตั้งแต่การจัดตารางเวลา (Timetable Scheduling) การออกแบบระบบควบคุมอัตโนมัติ (Control System Design) การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบท่อส่งก๊าซ (Gas Pipeline Optimization) และการพัฒนาระบบปัญญาประดิษฐ์ที่สามารถเรียนรู้จากสภาพแวดล้อมได้ (Genetic Based Machine Learning) เป็นต้น โดยหลักการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการตามธรรมชาติ เพื่อพัฒนาหรือทำการ “วิวัฒนาการ” คำตอบที่ดีที่สุดในการแก้ปัญหา

หลักการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

กระบวนการของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม เป็นการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการ และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ โดยเริ่มต้นจากการกำหนดปัญหาในรูปของยีน และโครโมโซม และการกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เพื่อใช้เป็นพื้นฐานในกระบวนการวิวัฒนาการชุดคำตอบ จากนั้นจะกำหนดชุดคำตอบชุดแรก (Initial Generation) ในรูปของโครโมโซมด้วยการสุ่ม และนำชุดคำตอบนั้นเข้าสู่กระบวนการวิวัฒนาการ ซึ่งเป็นกระบวนการต่อเนื่องที่ประกอบด้วยตัวดำเนินการ (Operator) ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) กับการกลายพันธุ์ (Mutation) และนำไปประเมินความเหมาะสมด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 การกำหนดยีน และโครโมโซมในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม มักกำหนดในรูปของแถวของอักขระ (String of Alphabet) หรือแถวของเลขฐานสอง (Bit string) เทียบเท่ากับแถวโครโมโซมที่ประกอบด้วยยีนย่อยๆ ในลักษณะทางพันธุกรรมตามธรรมชาติ การกำหนดโครโมโซมอย่างง่ายในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมักกำหนดเป็นเซตของยีนที่เป็นเลขฐานสอง เช่น {100101} โดยตำแหน่งของยีนแต่ละยีนในโครโมโซมจะแทนลักษณะขององค์ประกอบย่อยของชุดคำตอบของปัญหา ซึ่งโครงสร้างของโครโมโซม และชุดคำตอบที่ถอดรหัสจากโครโมโซมมาแล้ว จะเทียบได้กับ Genotype และ Phenotype ตามลำดับการกำหนดยีน และโครโมโซม สามารถกำหนดในรูปแบบอื่นได้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างขององค์ประกอบย่อยของคำตอบ และลักษณะของปัญหาที่ต้องการแก้

2.3.2 ตัวเนินการ (Operator) ที่ใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ประกอบด้วยตัวดำเนินการหลัก ได้แก่ การสืบพันธุ์ (Reproduction) การผสมยีน (Crossover) และการกลายพันธุ์ (Mutation) โดยมีลำดับการนำไปใช้ในขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม ตาม Pseudo Code ในรูปที่ 2.2 ดังนี้

```
Genetic Algorithm Pseudo Code
Begin
Set generation g = 0;
Initialize population;
While termination condition is not met, do
        Begin
        Evaluate fitness;
        Select most fit individuals for reproduction;
        Crossover genes from selected individuals;
        Mutation based on probability;
        Replace weak candidates with better offsprings;
        Set generation g = g + 1;
        End
End
```

รูปที่ 2.2 Pseudo Code สำหรับขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (ที่มา K.Leelawong, ICCS 451 Lecture Note, March 2009.)

2.3.2.1 การสืบพันธุ์ (Reproduction) เป็นการสร้างประชากรใหม่ด้วยการสำเนาซ้ำจากการคัดเลือกประชากรชุดเดิม ด้วยการใช้ความน่าจะเป็นตามคะแนนความเหมาะสมที่ได้จากการประเมินด้วยฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) ซึ่งเป็นการเลียนแบบกระบวนการคัดเลือกตามธรรมชาติ (Natural Selection) โดยสายพันธุ์ตามธรรมชาติที่มีความเหมาะสมกับสภาพแวดล้อมมากกว่าจะมีโอกาสในการอยู่รอด และสืบทอดสายพันธุ์ได้มากกว่าวิธีการทั่วไปที่ใช้สำหรับการคัดเลือกประชากรในกระบวนการสืบพันธุ์ของขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมได้แก่

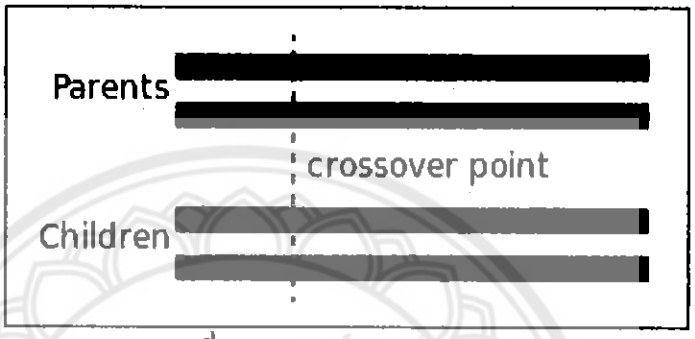
ก. การคัดเลือกแบบ (Roulette Wheel) คือ การสุ่มเลือกด้วยการกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามสัดส่วนของคะแนนความเหมาะสมของประชากรจากผลรวมคะแนนทั้งหมด

ข. การคัดเลือกแบบ (Tournament) คือ การสุ่มจับคู่เปรียบเทียบจากกลุ่มประชากร และคัดเลือกผู้ชนะจากการเปรียบเทียบนั้น

ค. การคัดเลือกแบบ (Linear Ranking) คือ การจัดอันดับคะแนนความเหมาะสมของประชากร และกำหนดความน่าจะเป็นในการถูกคัดเลือกตามการจัดอันดับนั้น

2.3.2.2 การผสมยีน (Crossover) เป็นการนำเอาโครโมโซมในประชากรที่ได้จากการสืบพันธุ์มาจับคู่ และผสมยีนระหว่างกันให้ได้โครโมโซมใหม่เพื่อหาลักษณะทางพันธุกรรมใหม่ที่มีความเหมาะสมดีกว่า โดยแบ่งเป็น 3 แบบหลักๆ ดังนี้

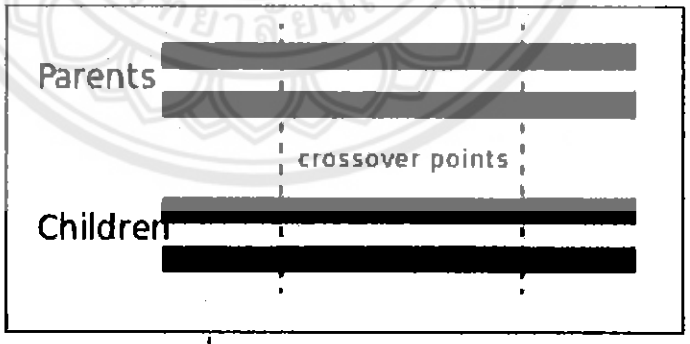
ค. Crossover One Point



รูปที่ 2.3 Crossover One Point

จากรูปที่ 2.3 เป็นการแสดงเทคนิคการผสมยีนแบบ One Point หรือแบบจุดเดียว ซึ่งในวิธีการนี้จะเป็นการผสมยีนจากพ่อแม่ เพียงจุดเดียวเพื่อที่ลูกรุ่นถัดไปจะผสมด้วยยีนของพ่อแม่ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีที่นิยมใช่กันมากที่สุดในการทดลองในปัจจุบัน

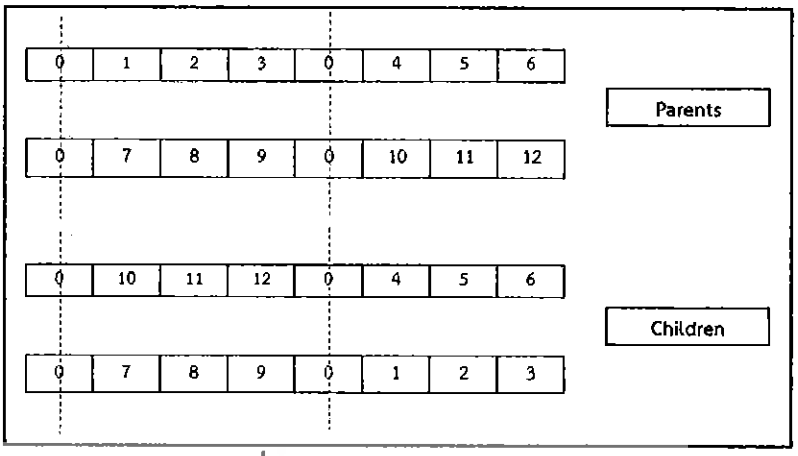
ฆ. Crossover Two Point



รูปที่ 2.4 Crossover Two Point

จากรูปที่ 2.4 เป็นการแสดงเทคนิคการผสมยีนแบบ Two Point หรือแบบสองจุด ซึ่งวิธีนี้จะแตกต่างจากการผสมยีนแบบ One Point คือเพิ่มจุดที่เลือกมาจากพ่อ และเพิ่มเป็นสองจุด ดังนั้นลูกในรุ่นถัดไปก็จะมีจุดเด่นของพ่อแม่เป็นสองจุด

ง. Crossover Lock Zero

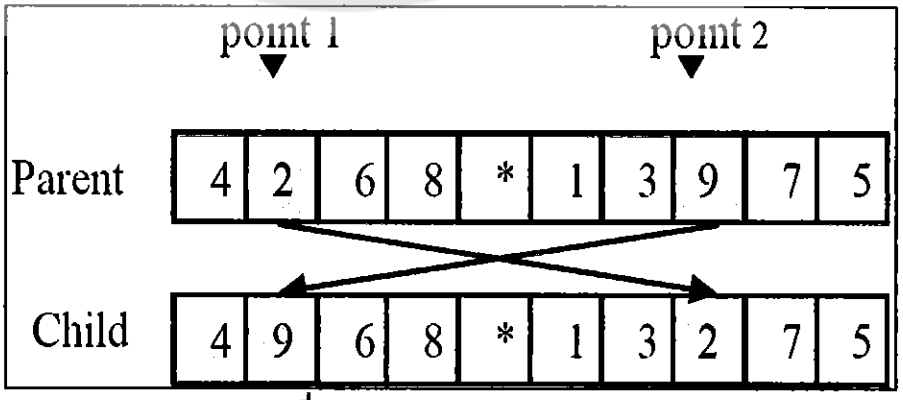


รูปที่ 2.5 Crossover Lock Zero

จากรูปที่ 2.5 เป็นการแสดงเทคนิคการผสมยีนแบบ Lock Zero ซึ่งวิธีนี้จะเป็นการผสมยีนที่ตัดจากพ่อ และแม่โดยที่กำหนดให้จุด 0 นั้นอยู่กับที่แล้วเลือกตำแหน่งที่ไม่ใช่ 0 ถึงจะทำการผสมยีนให้เกิดกับลูกในรุ่นถัดไป

2.3.2.3 การกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นกระบวนการที่ช่วยเสริมความสมบูรณ์ของการสืบพันธุ์ และการผสมยีน เนื่องจากถึงแม้ว่าการคัดเลือกโครโมโซมที่มีค่าความเหมาะสมดีในกระบวนการสืบพันธุ์ และผสมแลกเปลี่ยนยีนจะสามารถสร้างโครโมโซมใหม่ที่มีค่าความเหมาะสมดีขึ้นกว่าเดิมได้ แต่กระบวนการดังกล่าวเป็นการอาศัยข้อมูลจากโครโมโซมเดิมที่มีอยู่แล้ว และอาจไม่สามารถค้นพบโครโมโซมที่ดีกว่าภายนอกข้อมูลในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ การกลายพันธุ์เป็นการช่วยให้สามารถค้นพบคำตอบที่อาจไม่มีข้อมูลอยู่ในกลุ่มประชากรของโครโมโซมเดิมได้ด้วยการสุ่มเปลี่ยนยีนในโครโมโซมในอัตราความน่าจะเป็นที่ค่อนข้างต่ำ แบ่งเป็น 2 ประเภทดังนี้

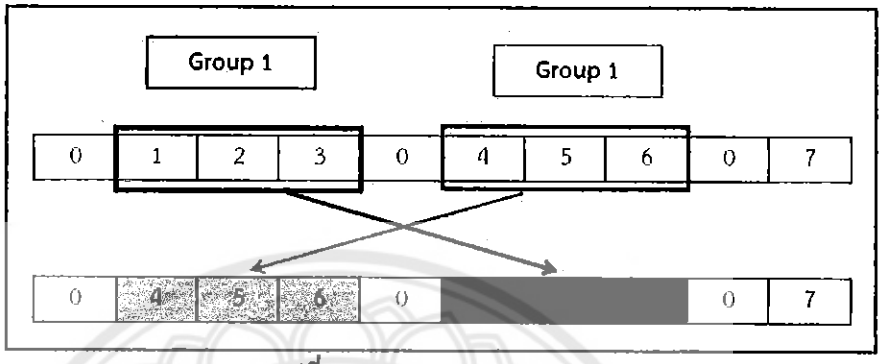
จ. Swapping of Mutation



รูปที่ 2.6 Swapping of Mutation

จากรูปที่ 2.6 เป็นการแสดงเทคนิคการกลายพันธุ์แบบสลับตำแหน่ง ซึ่งในวิธีการนี้จะเป็นเทคนิคที่เลือกจุดที่ต้องการสลับ อย่างน้อย 2 ตำแหน่งเพื่อที่จะต้องการสลับในลูกรุ่นต่อไปเพื่อที่จะให้เกิดความแตกต่าง

ฉ. Group of Mutation



รูปที่ 2.7 Group of Mutation

จากรูปที่ 2.7 เป็นการแสดงเทคนิคการกลายพันธุ์แบบกลุ่มซึ่งวิธีนี้จะแตกต่างกับวิธีการสลับตำแหน่งก็คือ วิธีการสลับตำแหน่งจะเลือกเพิ่งตำแหน่งที่จะสลับเท่านั้น แต่ในวิธีการนี้จะสลับเป็นกลุ่มจะไม่เลือกตัวใดตัวหนึ่ง แต่จะเลือกทั้งกลุ่มนั้นแล้วทำการสลับตำแหน่งกันทั้งกลุ่ม

2.3.3 การกำหนดฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness Function) เป็นการกำหนดเกณฑ์การประเมินความเหมาะสมของโครโมโซม ฟังก์ชันความเหมาะสมอยู่ในรูปแบบที่สามารถคำนวณได้ด้วยคอมพิวเตอร์ เช่น ฟังก์ชันเชิงเส้น หรือฟังก์ชันเมทริกส์ โดยใช้ข้อมูลจากโครโมโซม ได้แก่ ยีน และตำแหน่งของยีนในโครโมโซม นอกจากนี้ฟังก์ชันความเหมาะสมยังสามารถรวมการคำนวณข้อจำกัด (Constraints)

2.4 การออกแบบการทดลอง (Design of Experiment; DOE)

การออกแบบการทดลอง (Design of Analysis of Experiment; DOE) เป็นเทคนิคทางสถิติชั้นสูงที่ใช้ในการปรับค่าสภาวะของกระบวนการเพื่อให้ได้ผลตอบสนองเป็นไปตามที่เราต้องการ ซึ่งข้อแตกต่างอย่างเห็นได้ชัดระหว่างวิธีการโดยทั่วไปกับเทคนิคของการออกแบบการทดลอง คือวิธีการโดยทั่งไปมักเป็นการทดลองแบบลองผิดลองถูก หรือใช้การทดลองปรับตั้งค่ากระบวนการทีละค่า (One-Factor-at-a-Time, OFAT) จะให้ผลตอบสนองเข้าสู่จุดมุ่งหมายที่ต้องการได้ช้ามาก และสิ้นเปลืองทรัพยากรในการวิเคราะห์รวมถึงต้องเก็บข้อมูลมาก และยังไม่เหมาะสมอย่างยิ่งกับกระบวนการที่มีอันตรกิริยาระหว่างตัวแปรของกระบวนการด้วยกันเอง

2.4.1 ขั้นตอนการออกแบบการทดลอง

การใช้หลักการสถิติในการออกแบบ และวิเคราะห์การทดลองเป็นสิ่งที่จำเป็นที่ผู้ทำการทดลองต้องมีความเข้าใจวิธีการเก็บข้อมูลตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้มา ซึ่งขั้นตอนของการออกแบบการทดลอง สามารถสรุปได้ดังนี้

2.4.1.1 กำหนดหัวข้อปัญหา (Problem Statement) จะต้องชัดเจน เข้าใจได้ง่าย และเป็นรูปธรรม ประกอบด้วยองค์ประกอบหลัก 3 อย่าง อะไรที่กำลังเป็นเป็นปัญหา (What) ลักษณะของปัญหาเป็นเช่นไรขนาดไหน (How) และพบปัญหานั้นที่ไหนช่วงเวลาใด (Where)

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

2.4.1.3 การเลือกตัวแปรตอบสนอง (Selection of Response Variable) จะต้องเน้นตัวแปรที่สามารถวัดได้ ทั้งที่วัดด้วยเครื่องมือวัด และวัดด้วยกระบวนการวัดอื่นๆ เช่น การนับ และจะต้องเป็นตัวแปรที่สื่อถึงกระบวนการที่เราต้องการศึกษานั้นได้ดีด้วย

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

2.4.1.5 ดำเนินการทดลอง (Performing the Experiment) ให้เป็นไปตามแผนการทั้งวิธีการดำเนินการ ความถูกต้องในการวัด การควบคุมตัวแปรในการทดลอง และเก็บผลการทดลอง

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

2.4.1.7 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ (Conclusions and Recommendations) ผู้ดำเนินการทดลองจะเป็นผู้ที่เข้าใจที่ไปที่มาของข้อมูลดี และมองออกว่าผลที่ได้เป็นเช่นนั้น เพราะอะไร การดำเนินการมีข้อบกพร่องตรงไหน มีสาระสำคัญอะไรที่ผู้อ่านรายงานควรจะได้รับรู้ เผื่ออนาคตได้ดำเนินการทดลองบ้างก็จะเอาไปเป็นบรรทัดฐานได้ ผู้บริหารหน่วยงานอาจจะสนใจข้อวิเคราะห์ ความคิดเห็น ของผู้ดำเนินการมากกว่าผลที่ปรากฏก็เป็นได้

2.4.2 หลักการพื้นฐาน 3 ประการ สำหรับการออกแบบการทดลอง

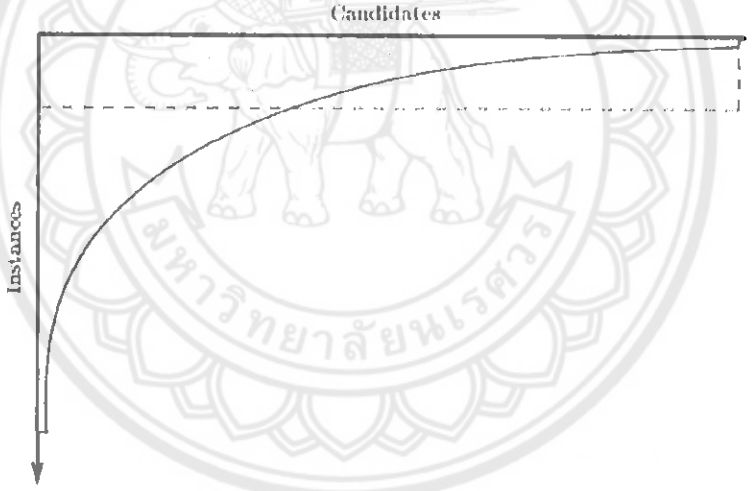
2.4.2.1 การทดลองซ้ำ (Replication) มีสมบัติที่สำคัญ 2 ประการ คือ ทำให้การทดลองสามารถหาค่าประมาณของความผิดพลาดในการทดลองได้ และถ้าค่าเฉลี่ยถูกนำมาใช้เพื่อประมาณผลที่เกิดจากปัจจัยหนึ่งการทดลองเรพลิเคชันทำให้ผู้ทดลองสามารถหาตัวประมาณที่ถูกต้องยิ่งขึ้นในการประมาณผลกระทบนี้

2.4.2.2 การทำแบบสุ่ม (Randomization) หมายถึง การทดลองที่มีทั้งวัสดุที่ใช้ในการทดลอง และลำดับของการทดลองแต่ละครั้งเป็นแบบสุ่ม (Random) วิธีการเชิงสถิติกำหนดว่าข้อมูลจะต้องเป็นปัจจัยแบบสุ่มที่มีการกระจายแบบสุ่ม และที่มีการกระจายแบบอิสระ การที่สุ่มการทดลองทำให้เราสามารถลดผลของปัจจัยภายนอกที่อาจปรากฏในการทดลองได้

2.4.2.3 บล็อกกลิ้ง (Blocking) เป็นเทคนิคที่ใช้สำหรับเพิ่มความเที่ยงตรงให้แก่การทดลองบล็อกอันหนึ่งอาจจะ หมายถึง ส่วนหนึ่งของวัสดุที่ใช้ในการทดลองที่ควรจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกันมากกว่าเซตทั้งหมดของวัสดุ การเปรียบเทียบเงื่อนไขที่น่าสนใจต่างๆ ภายในแต่ละบล็อกจะเกิดขึ้นได้จากการทำบล็อกกลิ้ง

2.5 วิธีการ F-Race

เป็นเทคนิคขั้นตอนวิธีการหาคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด โดยการแข่งขันกันระหว่างผู้สมัคร (Candidates) ที่เข้าร่วมการแข่งขันโดยจะมีกรณี (Instances) ต่างๆ เพื่อเป็นตัวทดสอบหาผู้สมัครที่สามารถผ่านการคัดเลือกในกรณีต่างๆ มาได้มากที่สุด



รูปที่ 2.8 กราฟแสดงวิธี F-Race (M.Birattari ,2009)

จากรูปที่ 2.8 แนวนอนจะเป็นผู้สมัคร (Candidates) และแนวตั้งเป็นกรณี (Instances) วิธีการทำงานของ F-Race เมื่อมีผู้สมัครเข้ามาจะมีการทดสอบด้วยโจทย์หรือกรณีต่างๆ ผู้ที่ผ่านโจทย์แรกมาได้ก็จะเจอกับโจทย์ต่อไปส่วนผู้ที่ไม่ผ่านเกณฑ์ก็จะถูกคัดออกไป ลักษณะการทำงานจะเป็นแบบนี้ไปเรื่อยๆ ยิ่งโจทย์มากขึ้นผู้สมัครก็จะยิ่งลดลง และผู้ที่ผ่านโจทย์มาได้มากที่สุดจะเป็นผู้ที่ชนะหรือผู้ที่ถูกเลือก

โดยที่กำหนดค่าตัวแปรต่างๆดังนี้

m คือ จำนวนของผู้แข่งขันทั้งหมดที่ยังเหลืออยู่ในโจทย์นั้นๆ โดยที่ในโครงงานนี้เริ่มต้นกำหนดให้เท่ากับ 48 ผู้เข้าแข่งขัน

k คือ จำนวนโจทย์ที่ผ่านมา

R_j คือ อันดับของผู้เข้าแข่งขันรวม

R_{ij} คือ ผลรวมอันดับของผู้เข้าแข่งขันในโจทย์นั้นๆ

R_h คือ อันดับของผู้เข้าแข่งขันที่ต้องการเปรียบเทียบ

ขั้นตอนวิธีการ F-Race

1. เริ่มการรันโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race ซึ่งการรันโปรแกรมในรอบแรกนั้นเพื่อให้ทราบจำนวนของผู้แข่งขันทั้งหมดที่จะเข้าแข่งขันก่อน
2. เมื่อทราบจำนวนผู้เข้าแข่งขันทั้งหมดจะเริ่มการรันรอบที่ 2 โดยที่ในรอบที่ 2 นั้นจะมีการรวม Rank ดังรูปที่ 2.9

รูปที่ 2.9 ตัวอย่างการคิดอันดับรวม

จากรูปที่ 2.9 ตัวอย่างการคิดอันดับรวม ผู้เข้าแข่งขัน ก ทำอันดับในการรันรอบแรกได้อันดับที่ 1 แต่ว่าในการรันรอบที่ 2 ผู้แข่งขัน ก กลับทำอันดับได้ที่ 14 ดังนั้น อันดับรวมของผู้เล่น ก ก็จะเท่ากับ 15 ซึ่งอันดับรวมนี้ก็จะถูกนำไปจัดอันดับอีกครั้ง โดยที่ผู้ที่ทำคะแนนรวม หรืออันดับรวมได้น้อยที่สุดก็จะได้อันดับที่ 1

3. เมื่อได้อับดับรวมแล้วจะทำการคิดค่า T ตามสมการที่ 2.1

$$T = \frac{(m-1)\sum_{j=1}^{m}\left(R_j - \frac{k(m+1)}{2}\right)^2}{\sum_{l=1}^{k}\sum_{j=1}^{m} R_{lj}^2 - \frac{km(m+1)^2}{4}}. \qquad (2.1)$$

เมื่อคำนวณค่า T ได้แล้วจะถูกนำมาเทียบกับค่า Approximately X^2 ถ้าค่า T มีค่าน้อยกว่าค่า Approximately X^2 จะทำการข้ามไปเริ่มกระบวนการเดิมในรอบต่อไป แต่ถ้าค่า T ที่ได้จากการคำนวณในสมการที่ 2.1 มีค่ามากกว่าค่า Approximately X^2 หมายความว่าค่า T มีความแตกต่างกันในระดับนัยสำคัญทางสถิติจะเริ่มทำการคัดผู้เข้าแข่งขันที่มีความแตกต่างออกจากการแข่งขัน

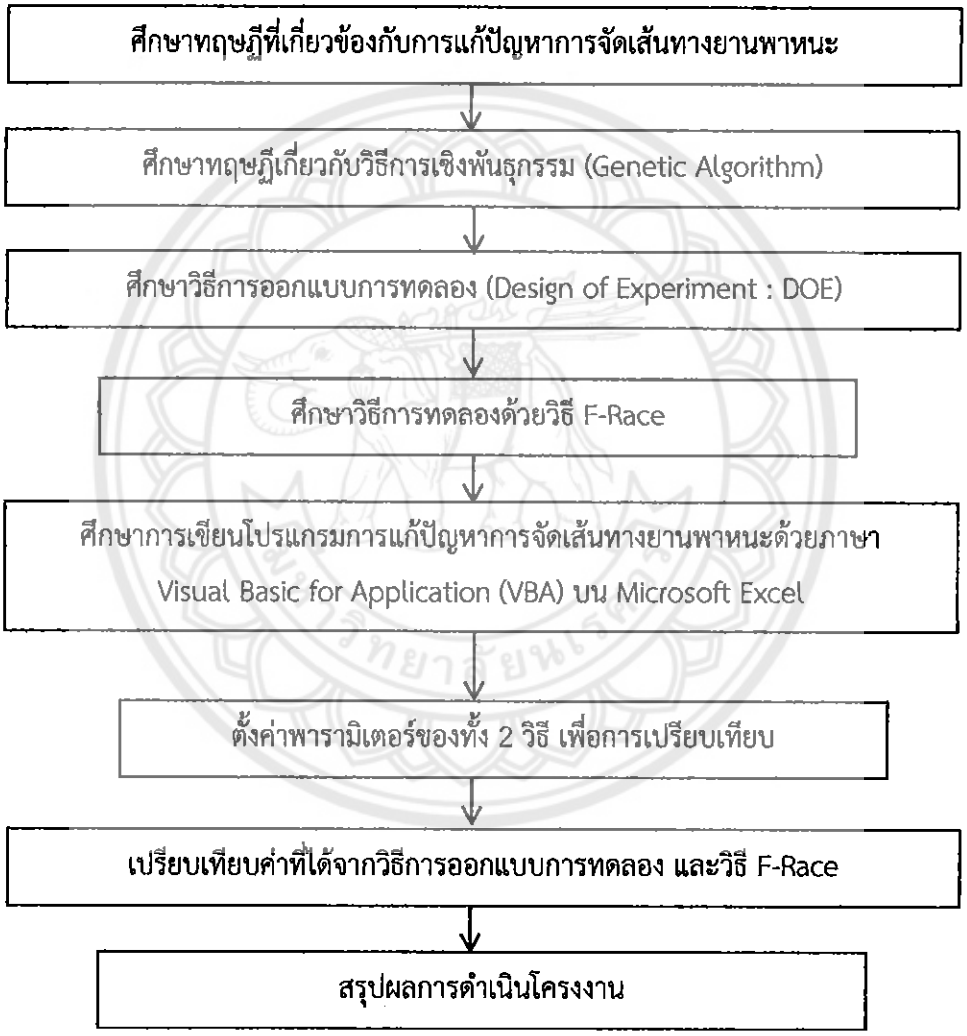
4. เมื่อเปรียบเทียบค่า T ในขั้นตอนที่ 3 แล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการคัดผู้เล่นออกเนื่องจากในทราบแล้วว่าในรอบการรันนี้มีนัยสำคัญทางสถิติจะใช้สมการที่ 2.2 ทำการคัดผู้เล่นออก

$$\frac{|R_j - R_h|}{\sqrt{\frac{2k\left(1-\frac{T}{k(m-1)}\right)\left(\sum_{l=1}^{k}\sum_{j=1}^{m} R_{lj}^2 - \frac{km(m+1)^2}{4}\right)}{(k-1)(m-1)}}} > t_{1-\alpha/2}, \qquad (2.2)$$

การคัดผู้เข้าแข่งขันออกจากการแข่งขัน โดยที่กำหนดให้ค่า R_j เป็นอันดับของผู้เข้าแข่งขันที่ทำคะแนนรวมได้ดีที่สุด และกำหนดให้ R_h เป็นอันดับของผู้แข่งขันที่ต้องการเปรียบเทียบกับผู้แข่งขันที่ได้อันดับคะแนนรวมดีที่สุด โดยการคำนวณของสมการที่ 2.2 เมื่อได้ผลจากการเทียบอันดับออกมาแล้วปรากฏว่าค่าที่คำนวณได้มีค่ามากกว่าค่า $t_{1-\alpha/2}$ นั้นหมายความว่า อันดับผู้เข้าแข่งขันที่นำมาเปรียบเทียบกับผู้แข่งขันนั้นมีความแตกต่างกันจึงจำเป็นต้องคัดผู้แข่งขันนั้นออกจากการแข่งขัน ส่วนผู้แข่งขันที่นำมาเปรียบเทียบนั้นมีค่าที่ได้จากการคำนวณของสมการที่ 2.2 นั้นมีค่าน้อยกว่าค่า $t_{1-\alpha/2}$ นั้นหมายความว่าอันดับคะแนนรวมของผู้แข่งขันที่นำมาเปรียบเทียบนั้นมีความแตกต่างกันในระดับนัยสำคัญทางสถิติน้อย ผู้เข้าแข่งขันนั้นสามารถผ่านเข้าไปในรอบต่อไปได้ ทำแบบนี้ไปจนกว่าจะเหลือผู้เข้าแข่งขันเพียงหนึ่งเดียวที่ไม่ถูกคัดออกจากการแข่งขันถึงจะเป็นผู้ชนะในการแข่งขันนี้ซึ่งผู้เข้าแข่งขันที่ถูกคัดออกแล้วก็จะไม่ถูกนำมาคิดในการรันรอบต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

หลังจากที่ได้มีการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 และ บทที่ 2 แล้ว และเพื่อทำให้การศึกษาวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ สามารถเข้าใจได้ง่ายขึ้น ซึ่งผังงานแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ผังแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยที่ขณะเวลาไปส่งสินค้าจะมีลูกค้ารายอื่นเข้ามาสั่งสินค้าเพิ่มได้ โดยจะมีการนำลูกค้าที่เพิ่งเข้ามาสั่งสินค้าใหม่รวมกับเส้นทางการขนส่งสินค้าเดิมที่ยังไม่ได้ไปส่งสินค้าตั้งแต่ต้น แล้วทำการจัดเส้นทางใหม่จึงค่อยเดินทางไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามเส้นทางใหม่ที่ทำการจัดขึ้น ตามตัวอย่างที่กล่าวมาในบทที่ 2

3.2 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm – GA) เป็นเทคนิคทางปัญญาประดิษฐ์อย่างหนึ่งที่ใช้ในการค้นหา การเพิ่มประสิทธิภาพ และการเรียนรู้ ด้วยการเลียนแบบทฤษฎีการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ โดยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมมีจุดเด่นในด้านความทนทานต่อความผิดพลาดในการค้นหาคำตอบจากแหล่งข้อมูลที่มีความซับซ้อน และยากที่จะสร้างแบบจำลองด้วยสมการคณิตศาสตร์ เนื่องจากเป็นกระบวนการค้นหาที่ไม่มีความเฉพาะเจาะจงกับแบบจำลอง หรือลักษณะเฉพาะของข้อมูลแบบใดแบบหนึ่งด้วยเหตุนี้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมจึงถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

3.3 ศึกษาวิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment : DOE)

วิธีการออกแบบการทดลองมีจุดประสงค์ที่จะควบคุมการเปลี่ยนแปลงตัวแปรอิสระเรียกว่าปัจจัย (Factors) ของกระบวนการใดกระบวนการหนึ่งแล้วดูผลที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตอบสนอง(Response) ของกระบวนการนั้น เพื่อที่จะได้ค่าการตั้งค่าพารามิเตอร์มาเปรียบเทียบ

3.4 ศึกษาวิธีการทดลองด้วยวิธี F-Race

ศึกษาหลักการของวิธีการทดลองด้วยวิธี F-Race โดยมีหลักการที่จะช่วยในการตั้งค่าพารามิเตอร์ พบว่า มีวิธีการให้ได้ค่าที่สามารถนำมาเปรียบเทียบกับวิธีการออกแบบการทดลองได้อยู่คือ นำการตั้งค่าของพารามิเตอร์แต่ละแบบมาแข่งกันด้วยวิธี F-Race เพื่อที่จะได้ค่าการตั้งค่าพารามิเตอร์ที่สามารถชนะการตั้งค่าพารามิเตอร์ค่าอื่นๆ ได้

3.5 ศึกษาการเขียนโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะด้วยภาษา Visual Basic for Application (VBA) บน Microsoft Excel

ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา VBA ใน Microsoft Excel เช่น การที่ให้โปรแกรมทำงานซ้ำๆ มากกว่าหนึ่งครั้ง การให้โปรแกรมทำตามเงื่อนไข การเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลโดยมีเงื่อนไขในการค้นหาข้อมูล เป็นต้น ดังนั้น VBA จึงมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลาย เพราะเป็นโปรแกรมพื้นฐานที่มีใช้กันในคอมพิวเตอร์ทั่วไป

3.6 ตั้งค่าพารามิเตอร์ของทั้ง 2 วิธี เพื่อการเปรียบเทียบ

ตั้งค่าพารามิเตอร์ของทั้งวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธี F-Race ในโจทย์ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะหลายๆ โจทย์เพื่อให้ได้ค่าที่สามารถตอบโจทย์ได้มากที่สุดเพื่อนำค่ามาเปรียบเทียบ

3.7 เปรียบเทียบค่าที่ได้จากวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธี F-Race

นำค่าที่ได้จากการตั้งค่าพารามิเตอร์ของทั้ง 2 วิธี มาเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างกัน เพื่อหาค่าความห่างกันระหว่าง 2 วิธี และนำค่าที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

3.8 สรุปผลการดำเนินโครงงาน

สรุปผลการทดลอง นำเอาผลลัพธ์ที่ได้จากการเปรียบเทียบมาวิเคราะห์ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

บทที่ 4
ผลการดำเนินโครงงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลของการหาคำตอบจากการออกแบบการทดลองและการหาคำตอบแบบวิธีการ F-Race ในกระบวนการใช้วิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรม เพื่อนำผลของคำตอบที่ได้มาเปรียบเทียบ และวิเคราะห์หาความแตกต่างของทั้ง 2 วิธี ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใดโดยในวิธีการออกแบบการทดลองจะใช้การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab 16 เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับผลของการใช้โปรแกรมด้วยวิธี F-Race

4.1 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Minitab 16

การวิเคราะห์ความแปรปรวนเป็นหนึ่งในวิธีการทางสถิติที่นิยมกันทั่วไปในการตัดสินใจทางสถิติ คือ การทดสอบสมมติฐาน ซึ่งในโปรแกรม Minitab 16 นั้นจะมีคำสั่งในการตั้งสมมติฐานมากมาย รวมถึงการวิเคราะห์ความแปรปรวน ซึ่งการวิเคราะห์ความแปรปรวนนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ว่า มีความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าให้กับลูกค้าโดยเป็นค่าของผลลัพธ์ ที่ได้จากวิธีการขั้นตอนทางพันธุกรรม และวิธีการรบกวนคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าของผลลัพธ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่

จากการทดลองสามารถเสนอผลการวิเคราะห์ผลกระทบการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบ ซึ่งตารางการวิเคราะห์จะนำเสนอค่า P-value ของผลกระทบหลักทุกพารามิเตอร์ และนำเสนอค่าเฉพาะค่า P-value ของพารามิเตอร์มีผลกระทบร่วมกัน ซึ่งมีค่าแตกต่างกันมีผลให้ค่าคำตอบแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับปัญหา

โดยที่ค่าพารามิเตอร์จะประกอบด้วย 5 องค์ประกอบหลัก

1. Number of Population Size / Number of Generation แบ่งเป็น 2 แบบ 20/100 และ 10/200
2. Crossover Type แบ่งเป็น 2 แบบคือ Crossover Lock Zero, Crossover One Point และ Crossover Two Point
3. Mutation Type แบ่งเป็น 2 แบบคือ Swapping of Mutation และ Group of Mutation
4. Probability of Crossover แบ่งเป็น 2 แบบ 0.9 และ 0.7
5. Probability of Mutation แบ่งเป็น 2 แบบ 0.1 และ 0.2

(ที่มา ชนม์นิภา คำฤกษ์, ศราวุธ คงจุ้ย และเสาวลักษณ์ ภูพุ่ม. 2557).

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลอง

ผลจากการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการออกแบบการทดลองจะมาจากโจทย์ที่สุ่มขึ้นมา โดยแบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก 3 ข้อ ปัญหาขนาดกลาง 3 ข้อ และปัญหาขนาดใหญ่ 4 ข้อ รวมเป็นปัญหาที่จะใช้ในการทดสอบโปรแกรมทั้งหมด 10 ข้อ และลักษณะของโจทย์เป็นไปตามตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ตารางแสดงลักษณะของปัญหา

ขนาดของปัญหา	Customer	พิกัด X	พิกัด Y	Demand	Ready Time	Due Date	Service Time
ปัญหาขนาดเล็ก	15	25-250	25-250	3-10	100-1000	100-500	10-50
ปัญหาขนาดกลาง	30	25-250	25-250	3-10	100-1000	100-500	10-50
ปัญหาขนาดใหญ่	45	25-250	25-250	3-10	100-1000	100-500	10-50

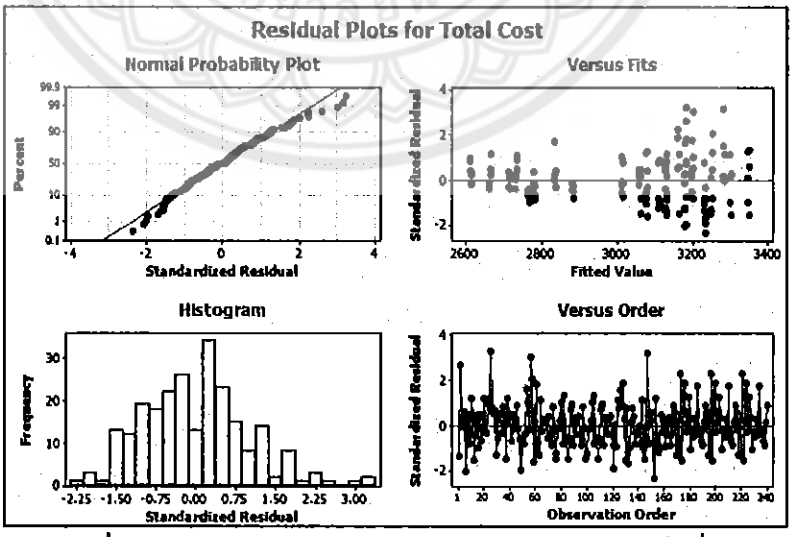
จากตารางที่ 4.1 จะเห็นได้ว่า ค่าพิกัด X, พิกัด Y, Demand, Ready Time, Due Date, และ Service Time จะเห็นได้ว่าค่าเหล่านี้จะกำหนดให้มีช่วงของปัจจัยในการคำนวณที่เท่ากัน แต่จำนวนของลูกค้า (Customer) จะถูกกำหนดให้เปลี่ยนแปลงตามขนาดของปัญหา ซึ่งจากการรันโปรแกรมด้วยลักษณะของปัญหาดังตารางที่ 4.1 ทำให้ได้ค่าของ P-value ต่อปัจจัยที่ส่งผลให้กับคำตอบ ซึ่งสามารถสรุปได้เป็นตามตารางที่ 4.2 ตารางแสดง ANOVA ของทั้ง 10 ปัญหา

ตารางที่ 4.2 ตารางแสดง ANOVA ของทั้ง 10 ปัญหา

ปัญหา	P-value				
	Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation
ปัญหาขนาดเล็กที่ 1	0.002	0.000	0.168	0.759	0.000
ปัญหาขนาดเล็กที่ 2	0.000	0.000	0.002	0.027	0.000
ปัญหาขนาดเล็กที่ 3	0.000	0.000	0.000	0.141	0.000
ปัญหาขนาดกลางที่ 1	0.105	0.000	0.001	0.110	0.000
ปัญหาขนาดกลางที่ 2	0.618	0.000	0.000	0.215	0.000
ปัญหาขนาดกลางที่ 3	0.136	0.000	0.068	0.277	0.000
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1	0.735	0.000	0.000	0.000	0.000
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2	0.917	0.000	0.000	0.238	0.000
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3	0.363	0.000	0.000	0.011	0.000
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4	0.245	0.000	0.000	0.826	0.000

จากตารางจะเห็นว่ามีปัจจัยที่ส่งผลกับคำตอบ ดังนั้นแสดงว่าจะต้องมีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยที่ส่งผลต่อคำตอบ และค่าของพารามิเตอร์ที่ได้มาจะสามารถดูได้ กราฟ Main Effect และ Interaction ดังต่อไปนี้

4.2.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1

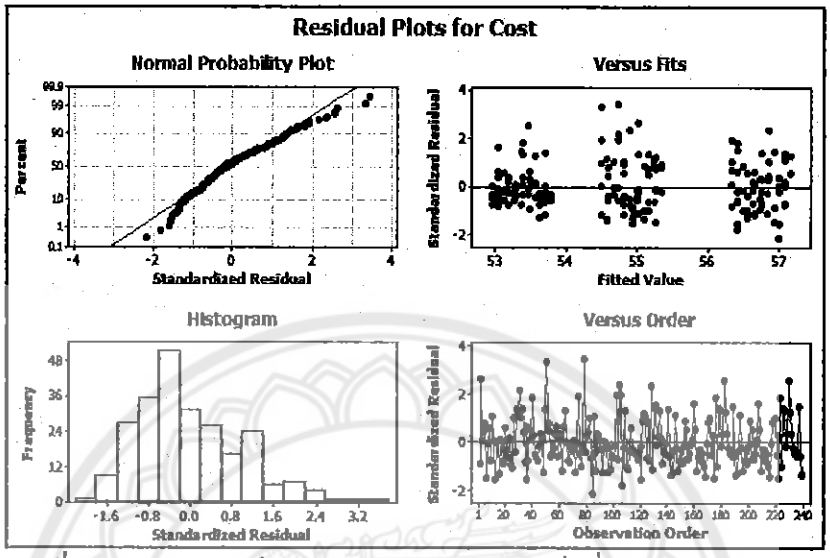


รูปที่ 4.1 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1

จากรูปที่ 4.1 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตาม

i7224746

เงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน จึงต้องปรับปรุงค่า Total Cost ที่ได้ด้วยการใส่ Square Root กราฟ Fitted Value มีการกระจายตัวมากขึ้น



รูปที่ 4.2 การวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังจากการปรับปรุง

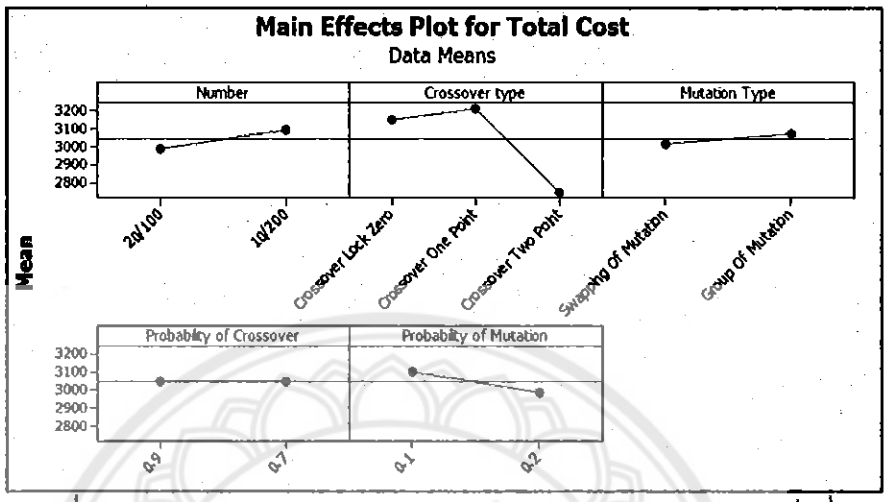
จากรูปที่ 4.2 เป็นการวิเคราะห์ ANOVA หลังจากปรับปรุงค่า Total Cost ด้วยการใช้ Square Root ค่า Total Cost เพื่อที่จะทำให้กราฟ Fitted Value มีการกระจายตัวของตัวตกค้างเยอะมากขึ้น และไม่มีรูปร่างที่ชัดเจน

Number*Probability of Crossover	0.024
Crossover type*Mutation Type	0.000
Number*Crossover type*Mutation Type	0.039
Number*Mutation Type* Probability of Mutation	0.042
Number*Probability of Crossover* Probability of Mutation	0.002

รูปที่ 4.3 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 1

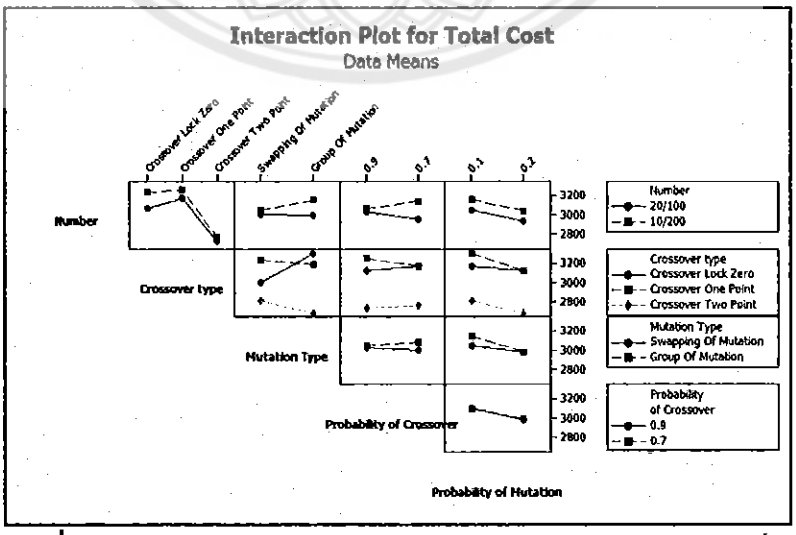
จากรูปที่ 4.3 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Number กับ Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.024, Crossover Type กับ Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Number กับ Crossover Type และ Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.039, Number กับ Mutation Type และ Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.042 และ Number กับ Probability of Crossover และ Probability of Mutation มีค่าเท่ากับ 0.002 ซึ่งทั้งหมดนี้มีค่าน้อยกว่าระดับ

นัยสำคัญดังนั้นค่าพารามิเตอร์ Number, Probability of Crossover, Probability of Mutation, Crossover Type และ Mutation Type มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.4 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1

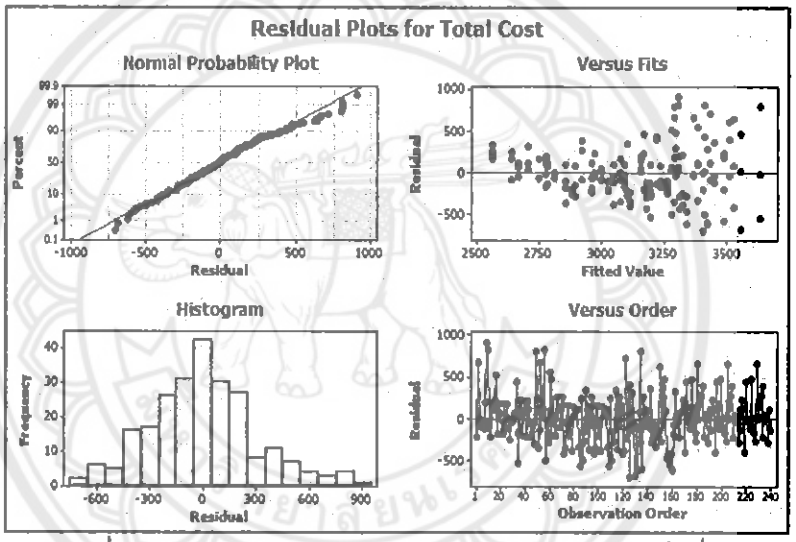
จากรูปที่ 4.4 จะพบว่าปัจจัยหลัก คือ Number of Population Size / Number of Generation, Crossover Type และ Probability of Mutation เป็นปัจจัยที่จะส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด จากรูปที่ 4.4 ควรกำหนดค่า Number of Population Size / Number of Generation เท่ากับ 20/100 ค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point และค่า Probability of Mutation ควรกำหนดค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.5 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1

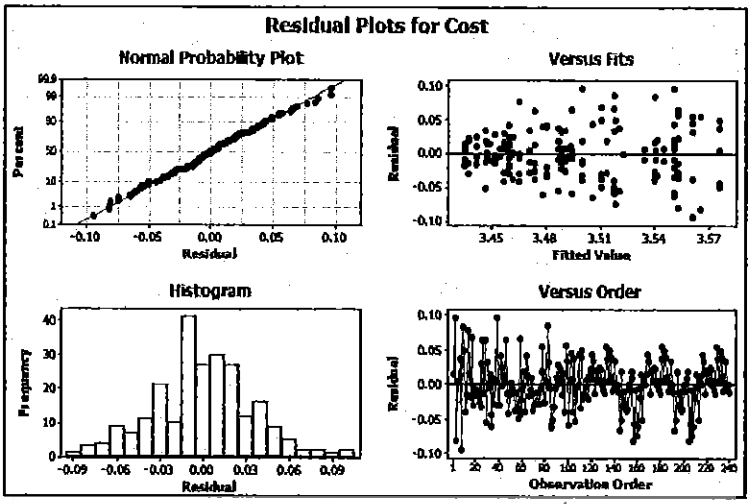
จากรูปที่ 4.5 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Number* Probability of Crossover, Crossover Type*Mutation Type, Number*Crossover Type*Mutation Type, Number*Mutation Type* Probability of Mutation และ Number*Probability of Crossover* Probability of Mutation ดังนั้นถ้าค่า Number เท่ากับ 20/100 ค่า Crossover Type ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรจะเป็น Group of Mutation ส่วนค่า Probability of Crossover จะเป็น 0.9 หรือ 0.7 ก็ได้ และสุดท้ายค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2



รูปที่ 4.6 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2

จากรูปที่ 4.6 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน จึงต้องปรับปรุงค่า Total Cost ที่ได้ด้วยการใส่ Logarithm กราฟ Fitted Value มีการกระจายตัวมากขึ้น



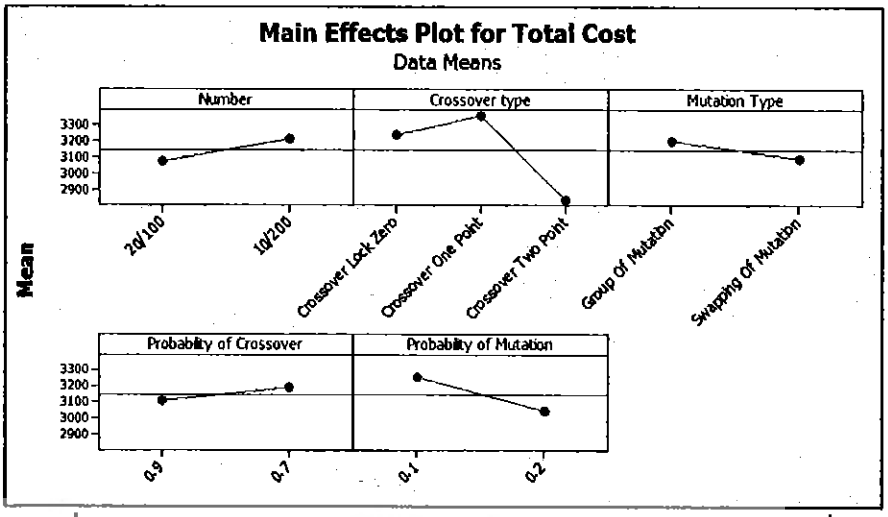
รูปที่ 4.7 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังจากการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.7 เป็นการวิเคราะห์ ANOVA หลังจากปรับปรุงค่า Total Cost ด้วยการใช้ Logarithm ค่า Total Cost เพื่อที่จะทำให้กราฟ Fitted Value มีการกระจายตัวของตัวตกค้างเยอะมากขึ้น และไม่มีรูปร่างที่ชัดเจน

Number*Probability of Mutation	0.039
Crossover type*Mutation Type	0.000
Crossover type* Probability of Mutation	0.001

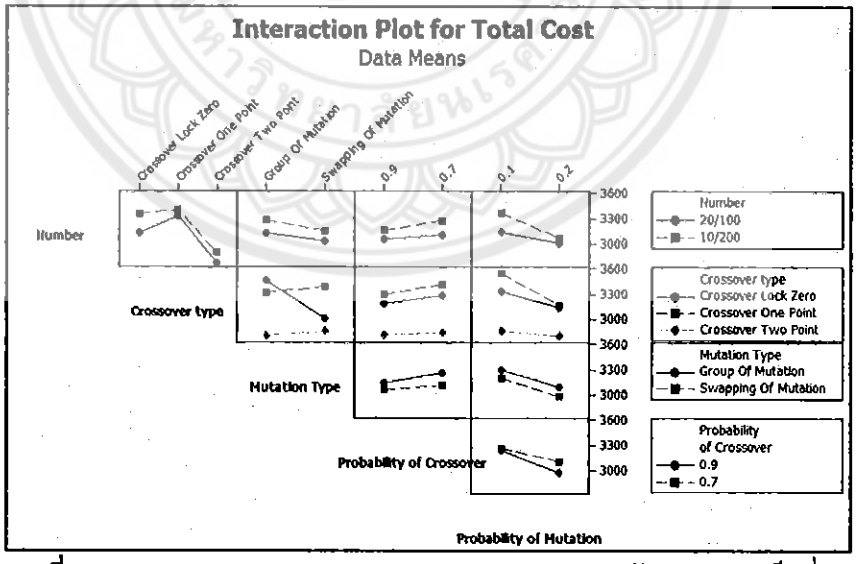
รูปที่ 4.8 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 2

จากรูปที่ 4.8 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Number กับ Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.039, Crossover Type กับ Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 และ Crossover Type กับ Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.001 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และมีค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.9 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2

จากรูปที่ 4.9 จะพบว่าปัจจัยหลักทุกปัจจัยส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Number of Population Size / Number of Generation เท่ากับ 20/100 ค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation ค่า Probability of Crossover ควรกำหนดค่าให้เท่ากับ 0.9 และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

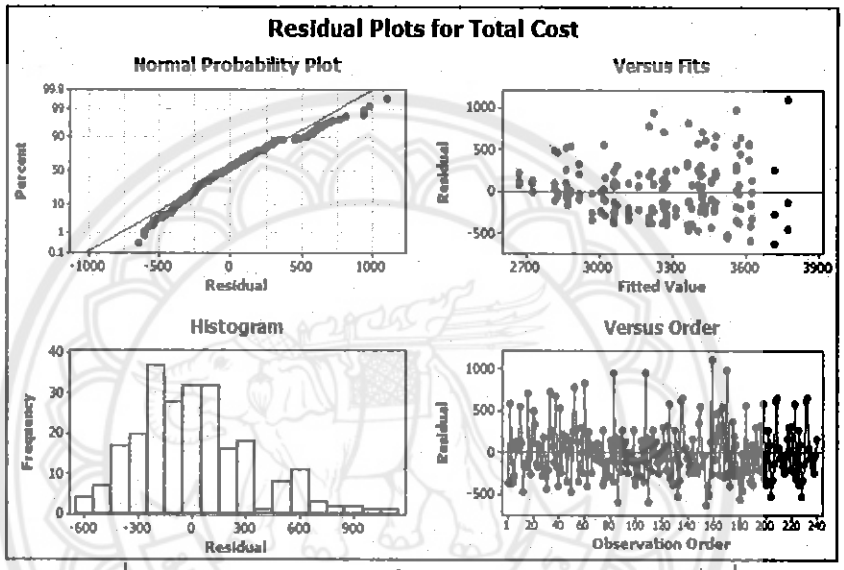


รูปที่ 4.10 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2

จากรูปที่ 4.10 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Number*Probability of Mutation, Crossover Type* Mutation Type และ Crossover Type* Probability of

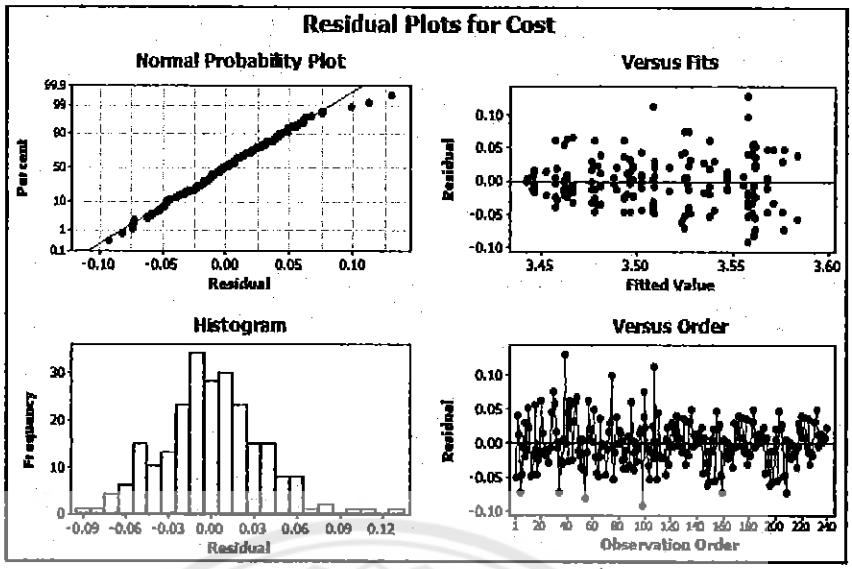
Mutation ดังนั้นถ้าค่า Number เท่ากับ 20/100 ค่า Probability of Mutation ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.2 และกำหนดค่า Crossover Type เท่ากับ Crossover Two Point ควรจะกำหนดค่า Mutation Type เท่ากับ Group of Mutation ค่า Probability of Crossover ควรจะกำหนดให้เท่ากับ 0.9 และค่า Probability of Mutation ควรจะเท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3



รูปที่ 4.11 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3

จากรูปที่ 4.11 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน แต่เนื่องจากกราฟ Fitted Value มีลักษณะการกระจายตัวเป็นรูปร่างที่ชัดเจน จึงต้องปรับปรุงค่า Total Cost ที่ได้ด้วยการใส่ Logarithm กราฟ Fitted Value มีการกระจายตัวมากขึ้น



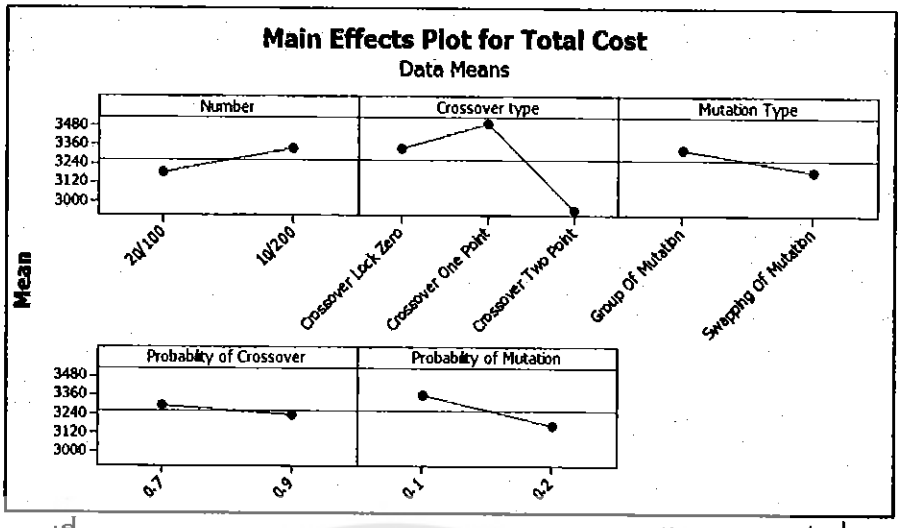
รูปที่ 4.12 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังจากการ**ปรับปรุง**

จากรูปที่ 4.12 เป็นการวิเคราะห์ ANOVA หลังจากปรับปรุงค่า Total Cost **ด้วยการใช้** Logarithm ค่า Total Cost เพื่อที่จะทำให้กราฟ Fitted Value มีการกระจาย**ตัวของตัวตกค้าง เยอะ**มากขึ้น และไม่มีรูปร่างที่ชัดเจน

Number*Mutation Type	0.047
Number*Probability of Crossover	0.007
Crossover type*Mutation Type	0.000
Crossover type* Probability of Mutation	0.020
Number*Crossover type* Probability of Crossover	0.009

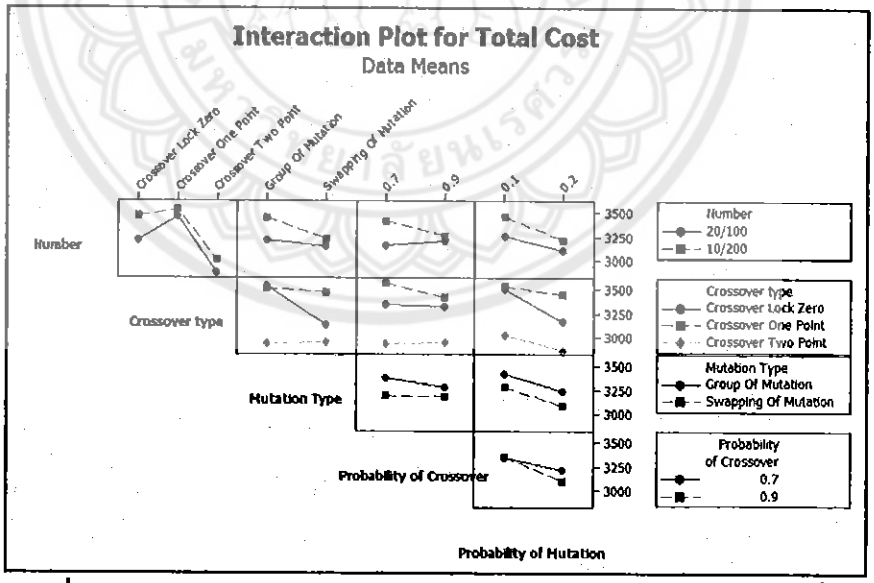
รูปที่ 4.13 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 3

จากรูปที่ 4.13 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาใน โจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Number กับ Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.047, Number กับ Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.007, Crossover Type กับ Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type กับ Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.020 และ Number*Crossover Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.009 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.14 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3

จากรูปที่ 4.14 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรจะกำหนดค่า Number ให้มีค่าเท่ากับ 20/100 ค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

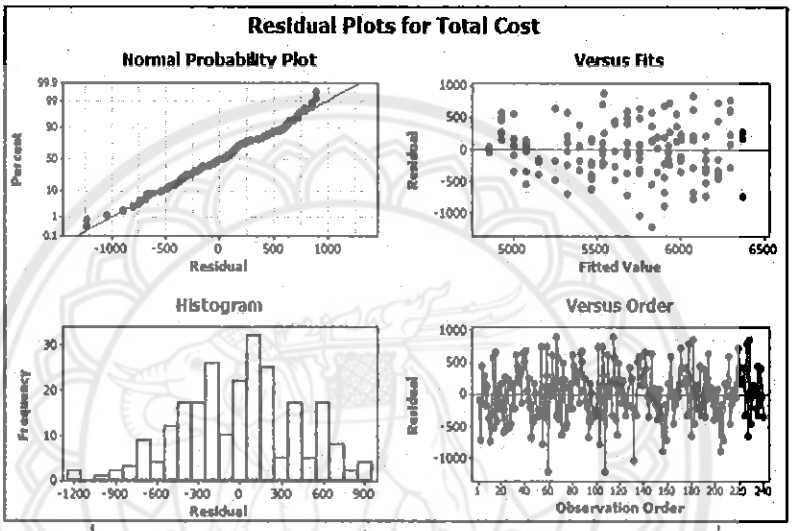


รูปที่ 4.15 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3

จากรูปที่ 4.15 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกัน ดังนั้นถ้ากำหนดค่า Number เท่ากับ 20/100 ค่า Mutation Type ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น Swapping of Mutation และค่า Probability of ๆCrossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.7 และกำหนดให้ค่า

Crossover Type เท่ากับ Crossover Two Point ควรจะให้ค่า Mutation Type เท่ากับ Swapping of Mutation หรือ Group of Mutation ก็ได้ และค่า Probability of Mutation เท่ากับ 0.2 และกำหนดให้ค่า Number เท่ากับ 20/100 ค่า Crossover Type ควรจะเท่ากับ Crossover Two Point และค่า Probability of Crossover เท่ากับ 0.7 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางที่ 1



รูปที่ 4.16 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางที่ 1

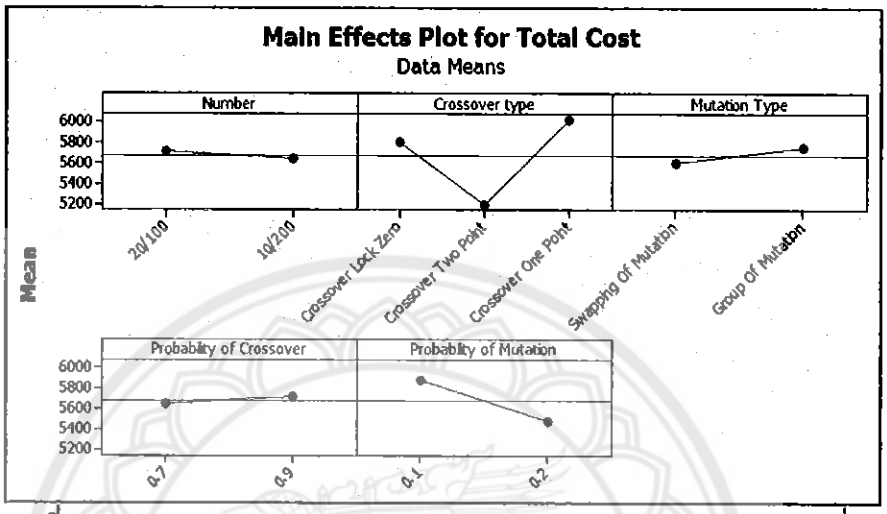
จากรูปที่ 4.16 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Number*Crossover type	0.000
Crossover type*Mutation Type	0.011
Crossover type* Probability of Crossover	0.011
Probability of Crossover* Probability of Mutation	0.003
Crossover type*Mutation Type* Probability of Mutation	0.001

รูปที่ 4.17 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางที่ 1

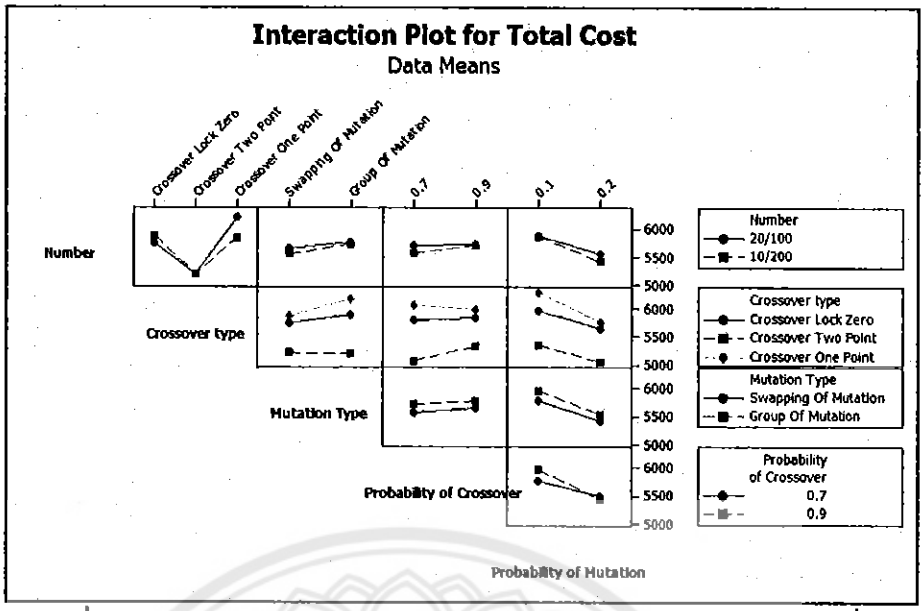
จากรูปที่ 4.17 แสดงให้เห็นถึง P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่าค่า Number*Crossover Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type*Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.011, Crossover Type*Probability of

Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.011, Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.003 และCrossover Type*Mutation Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.001 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.18 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 1

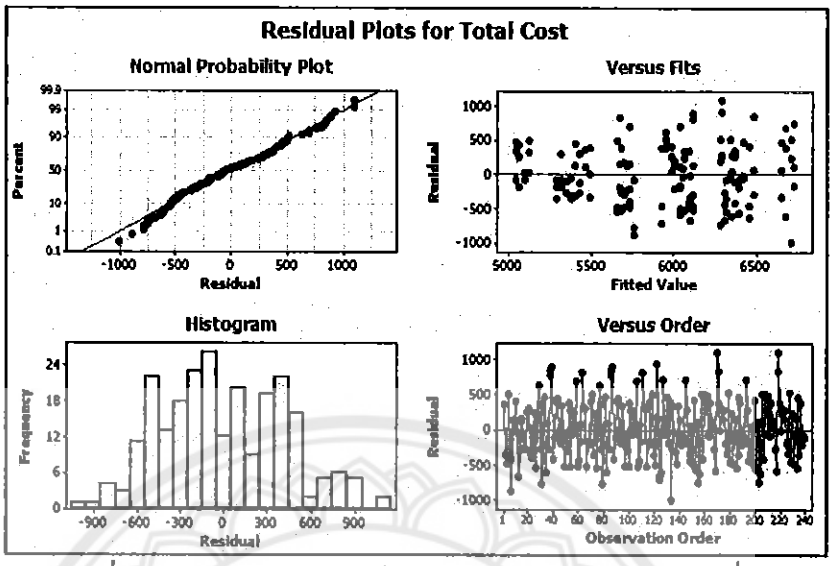
จากรูปที่ 4.18 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.19 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 1

จากรูปที่ 4.19 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันคือ Number*Crossover Type, Crossover Type*Mutation Type, Crossover Type*Probability of Crossover, Probability of Crossover*Probability of Mutation, Crossover Type*Mutation type*Probability of Mutation, ดังนั้นถ้ากำหนดให้ค่า Number เท่ากับ 20/100 หรือ 10/200 ก็ได้ ค่า Crossover Type ควรจะเท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรจะเท่ากับ Swapping of Mutation หรือ Group of Mutation ก็ได้ค่า Probability of Crossover เท่ากับ 0.7 และค่า Probability of Mutation เท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางที่ 2



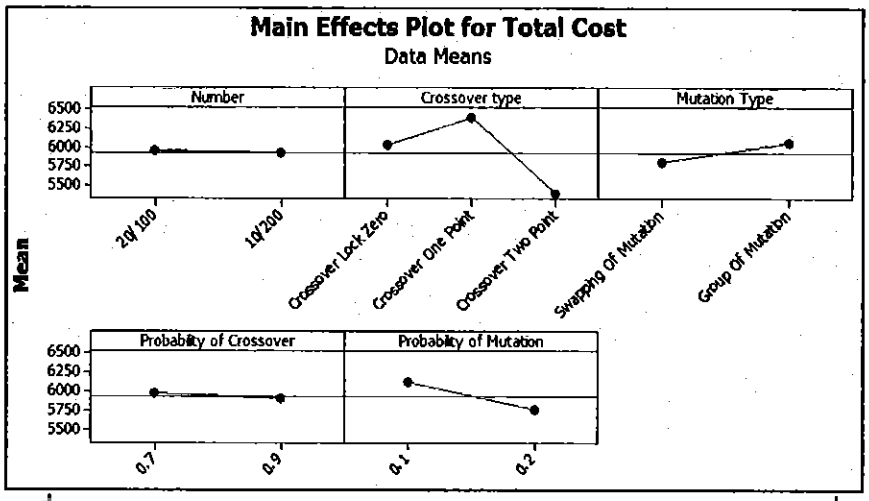
รูปที่ 4.20 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางที่ 2

จากรูปที่ 4.20 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Number*Crossover type	0.002
Crossover type*Mutation Type	0.000
Crossover type* Probability of Crossover	0.004
Number*Crossover type*Mutation Type	0.004

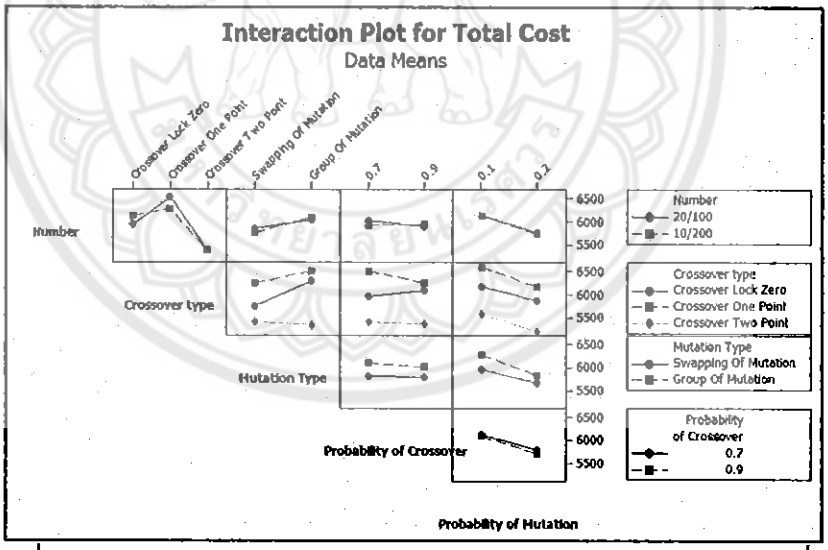
รูปที่ 4.21 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางที่ 2

จากรูปที่ 4.21 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลางโดยพบว่าค่า Number*Crossover Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.002, Crossover Type*Mutation Type ค่า P-value คือ 0.000, Crossover Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.004 และ Number*Crossover Type*Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.004มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.22 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 2

จากรูปที่ 4.22 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

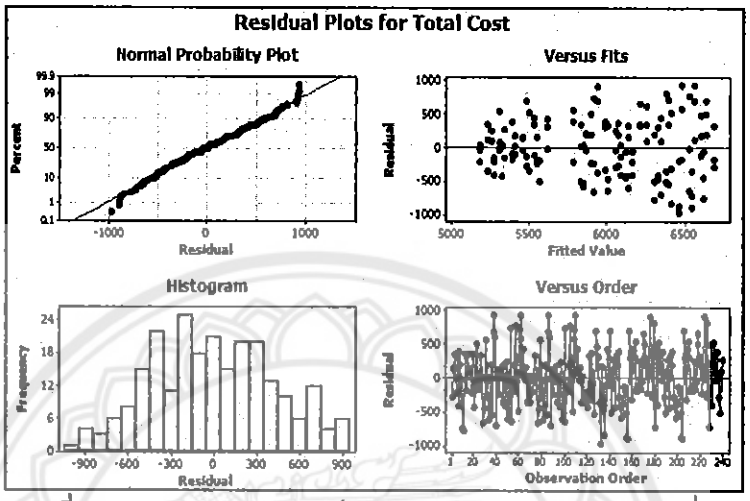


รูปที่ 4.23 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 2

จากรูปที่ 4.23 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Number*Crossover Type, Crossover Type*Mutation Type, Crossover Type*Probability of Crossover และ Number*Crossover Type*Mutation Type ดังนั้นถ้ากำหนดค่า Number เท่ากับ 20/100 หรือ 10/200 ควรจะกำหนดค่า Crossover Type เท่ากับ Crossover Two Point พารามิเตอร์ของ Mutation Type เท่ากับ Group of Mutation พารามิเตอร์ของ Probability of

Crossover เท่ากับ 0.9 พารามิเตอร์ของ Probability of Mutation เท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลางที่ 3



รูปที่ 4.24 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลางที่ 3

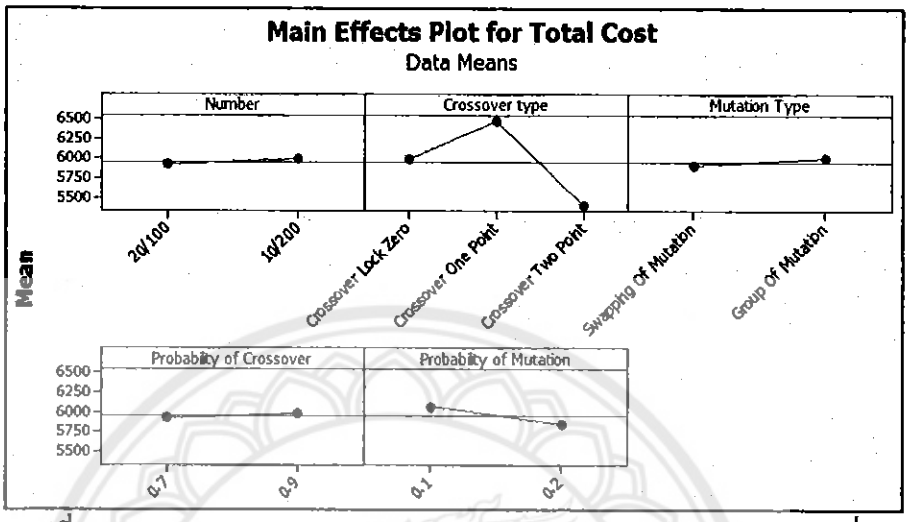
จากรูปที่ 4.24 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Number*Crossover type	0.001
Number*Probability of Crossover	0.006
Crossover type*Mutation Type	0.025
Crossover type* Probability of Crossover	0.000
Crossover type* Probability of Mutation	0.018
Crossover type*Mutation Type* Probability of Crossover	0.028

รูปที่ 4.25 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดกลางที่ 3

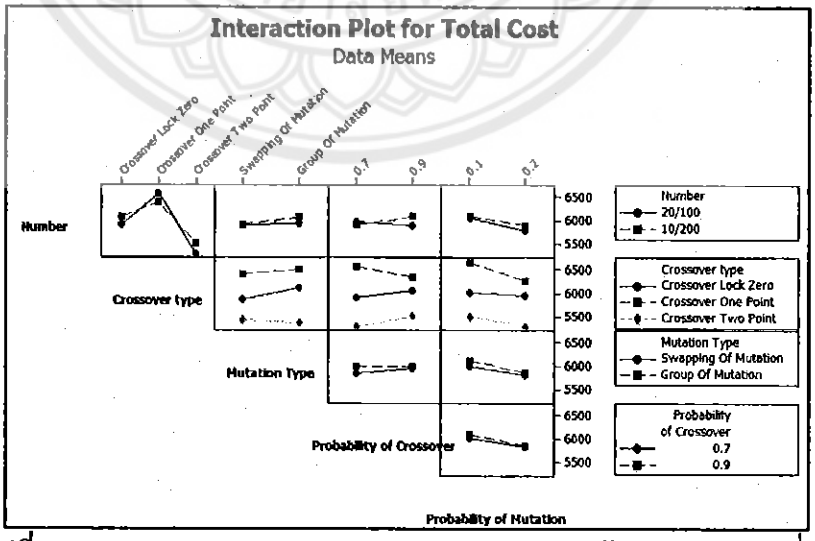
จากรูปที่ 4.25 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดกลาง โดยพบว่าค่า Number*Crossover Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.001, Number*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.006, Crossover Type* Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.025, Crossover Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type*Probability of Mutation มีค่า P-value

เท่ากับ 0.018, , Crossover type*Mutation Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.028 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.26 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 3

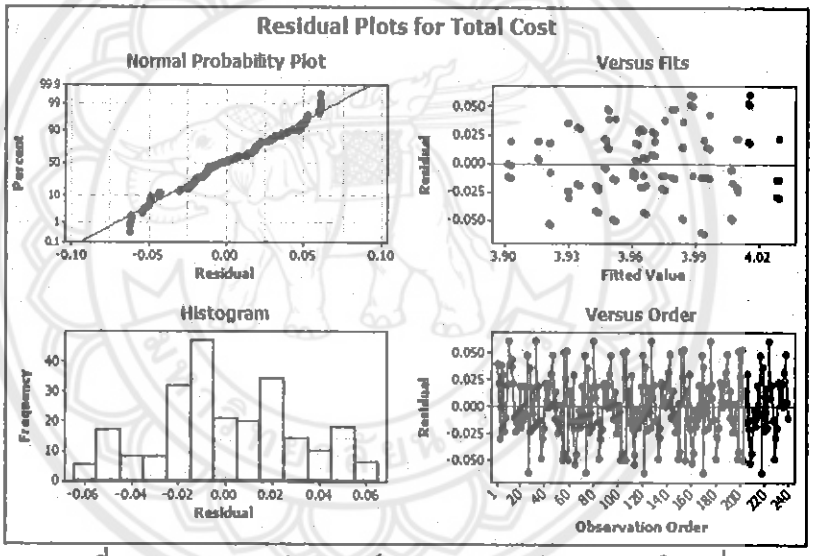
จากรูปที่ 4.26 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.27 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดกลางที่ 3

จากรูปที่ 4.27 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Number*Crossover Type, Number*Probability of Crossover, Crossover Type* Mutation Type, Crossover Type*Probability of Crossover, Crossover Type*Probability of Mutation และ Crossover Type*Mutation Type*Probability of Crossover ดังนั้นควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์ของ Number เท่ากับ 20/100 ค่าพารามิเตอร์ของ Crossover type เท่ากับ Crossover Two Point ค่าพารามิเตอร์ของ Mutation Type เท่ากับ Group of Mutation ค่าพารามิเตอร์ของ Probability of Crossover เท่ากับ 0.7 หรือ 0.9 ก็ได้ และค่าพารามิเตอร์ของ Probability of Mutation เท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1



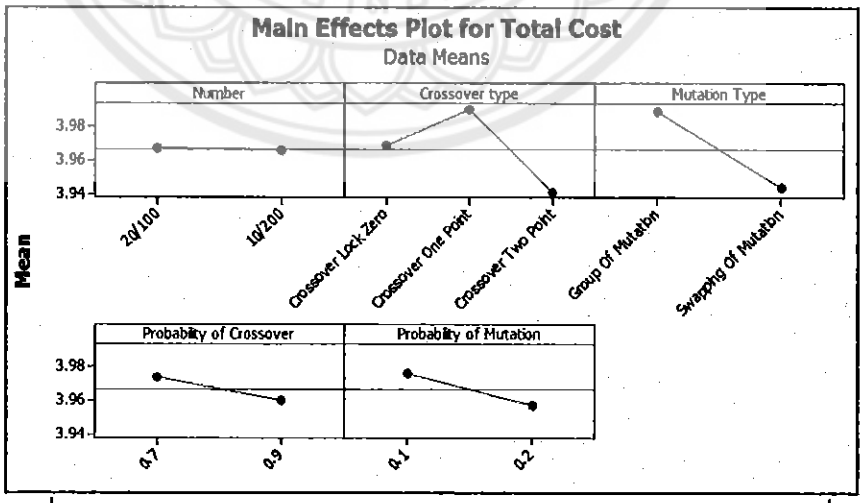
รูปที่ 4.28 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1

จากรูปที่ 4.28 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะค่อนข้างจะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Crossover type*Mutation Type	4.02	0.019
Crossover type* Probability of Crossover	8.39	0.000
Mutation Type* Probability of Mutation	19.14	0.000
Probability of Crossover* Probability of Mutation	5.91	0.016
Crossover type*Mutation Type* Probability of Crossover	20.25	0.000
Crossover type*Mutation Type* Probability of Mutation	22.29	0.000
Crossover type* Probability of Crossover* Probability of Mutation	15.74	0.000

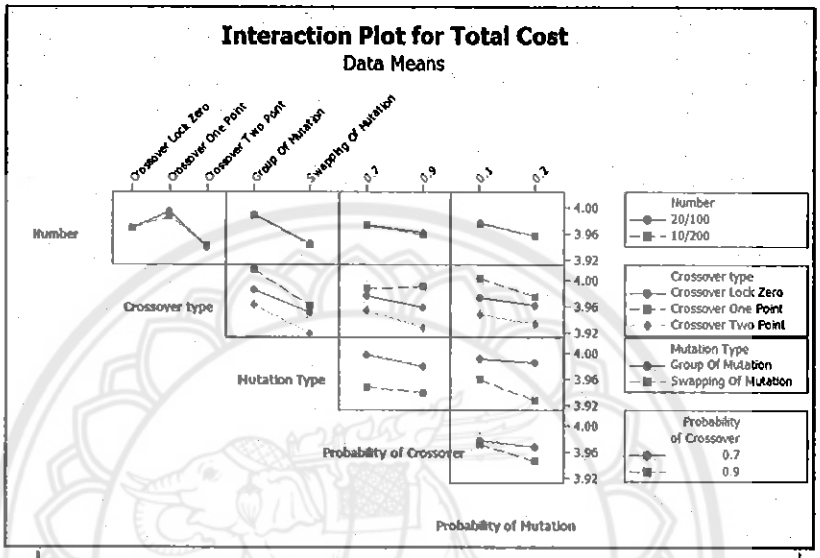
รูปที่ 4.29 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1

จากรูปที่ 4.29 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Crossover Type*Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.019, Crossover Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Mutation Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.016, Crossover Type*Mutation Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type*Mutation Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 และ Crossover Type*Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.30 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1

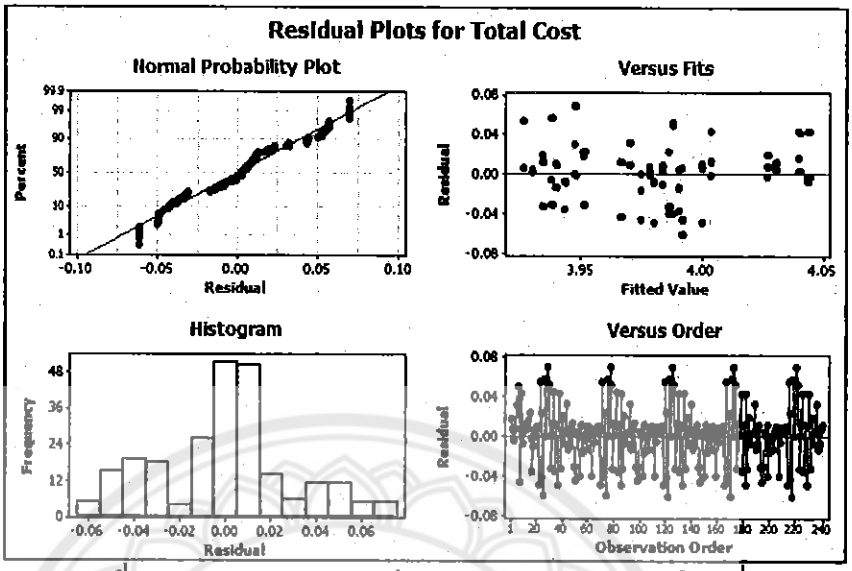
จากรูปที่ 4.30 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation ค่า Probability of Crossover ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.9 และค่า Probability of Mutation เท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.31 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1

จากรูปที่ 4.31 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกัน โดยที่กำหนดค่าพารามิเตอร์ของ Number ให้เท่ากับ 10/200 หรือ 20/100 ก็ได้ แต่กำหนดค่าของ Crossover Type เท่ากับ Crossover Two Point ค่าของ Mutation Type เท่ากับ Swapping of Mutation ค่า Probability of Crossover เท่ากับ 0.9 และค่า Probability of Mutation เท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2



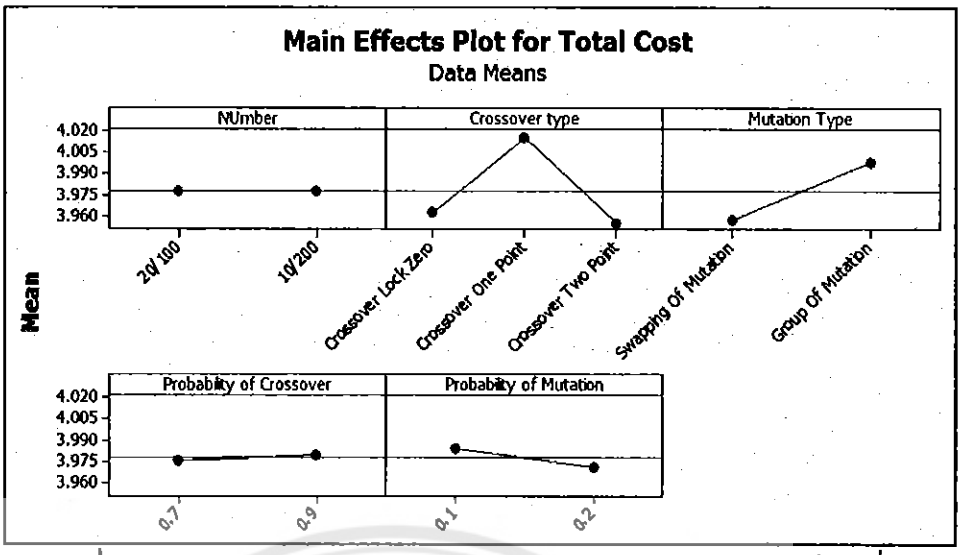
รูปที่ 4.32 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2

จากรูปที่ 4.32 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะค่อนข้างเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Crossover type*Mutation Type	28.01	0.000
Crossover type* Probability of Crossover	6.27	0.002
Crossover type* Probability of Mutation	11.35	0.000
Probability of Crossover* Probability of Mutation	7.32	0.007

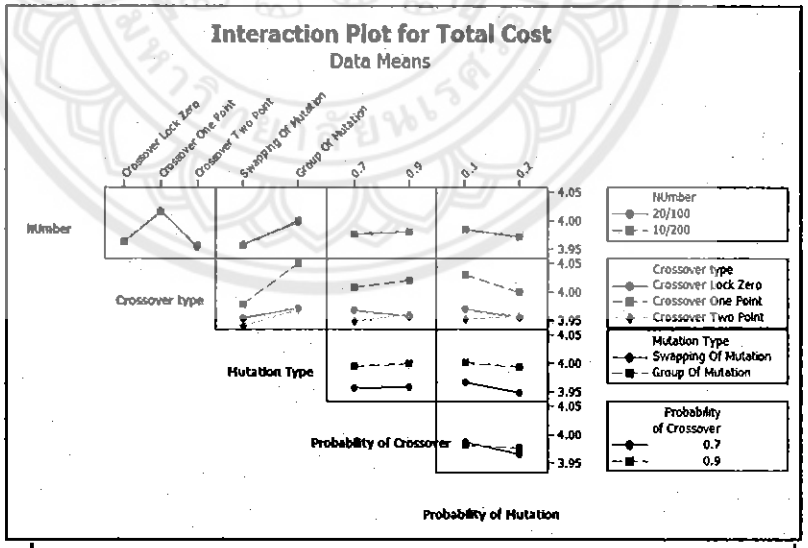
รูปที่ 4.33 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2

จากรูปที่ 4.33 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Crossover Type* Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.002, Crossover Type*Probability of Mutationมีค่า P-value เท่ากับ 0.000 และ Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.007 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.34 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2

จากรูปที่ 4.34 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

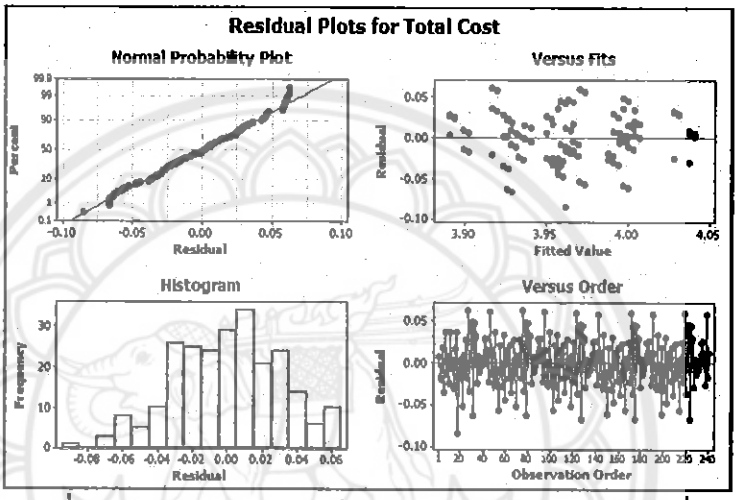


รูปที่ 4.35 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2

จากรูปที่ 4.35 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกัน Crossover Type* Mutation Type, Crossover Type*Probability of Crossover, Crossover Type*Probability of Mutation และ Probability of Crossover*Probability of Mutation ดังนั้นถ้ากำหนดค่า

Number เท่ากับ 20/100 หรือ 10/200 ค่า Crossover Type ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น Crossover Two Point และควรจะให้ค่า Mutation Type เท่ากับ Swapping of Mutation และค่า Probability of Mutation เท่ากับ 0.2 โดยที่จะสามารถกำหนดค่า Probability of Crossover เท่ากับ 0.9หรือ 0.7 ก็ได้เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3



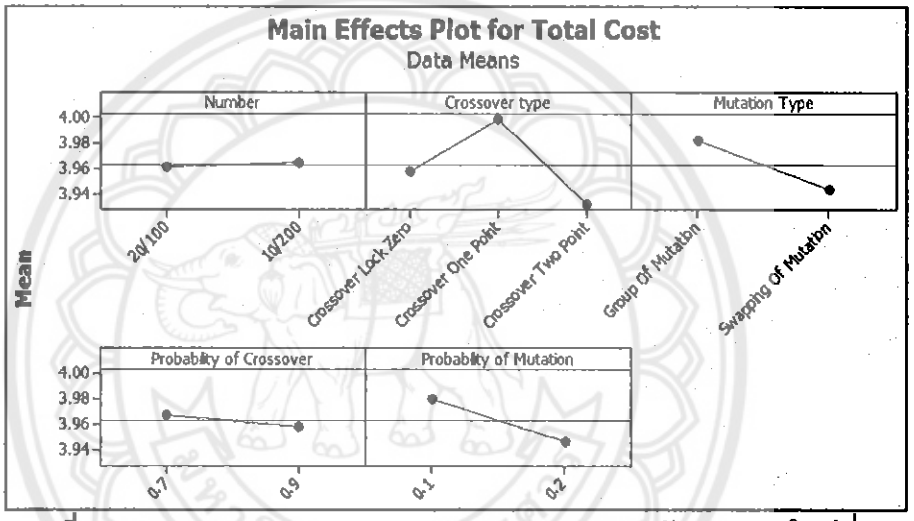
รูปที่ 4.36 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3

จากรูปที่ 4.36 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะค่อนข้างจะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Crossover type*Mutation Type	8.52	0.000
Crossover type* Probability of Mutation	3.99	0.020
Mutation Type* Probability of Crossover	12.57	0.000
Crossover type*Mutation Type* Probability of Crossover	9.58	0.000
Crossover type* Probability of Crossover* Probability of Mutation	6.15	0.003
Mutation Type* Probability of Crossover* Probability of Mutation	7.61	0.006

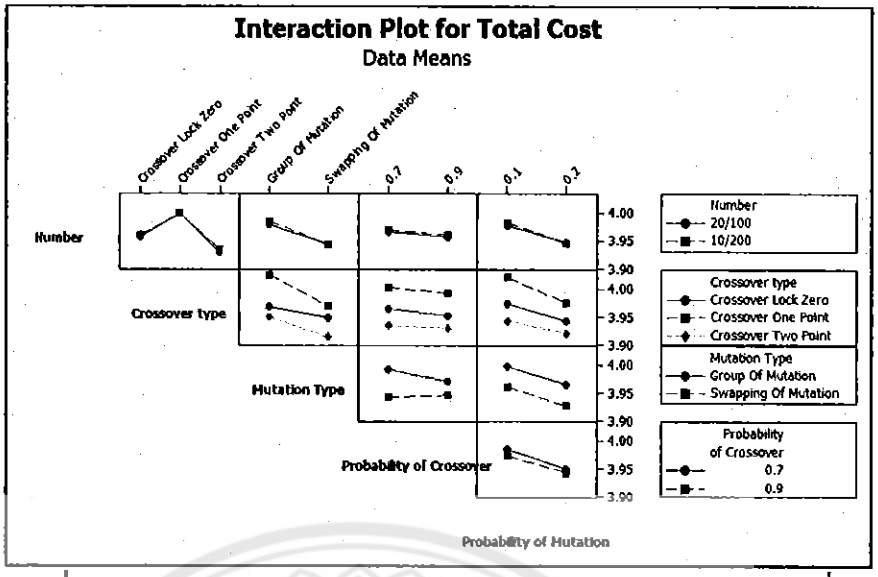
รูปที่ 4.37 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3

จากรูปที่ 4.37 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็ก โดยพบว่าค่า Crossover Type*Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.020, Mutation Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type*Mutation Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 Crossover Type*Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.003 และ Mutation Type*Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.006 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.38 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3

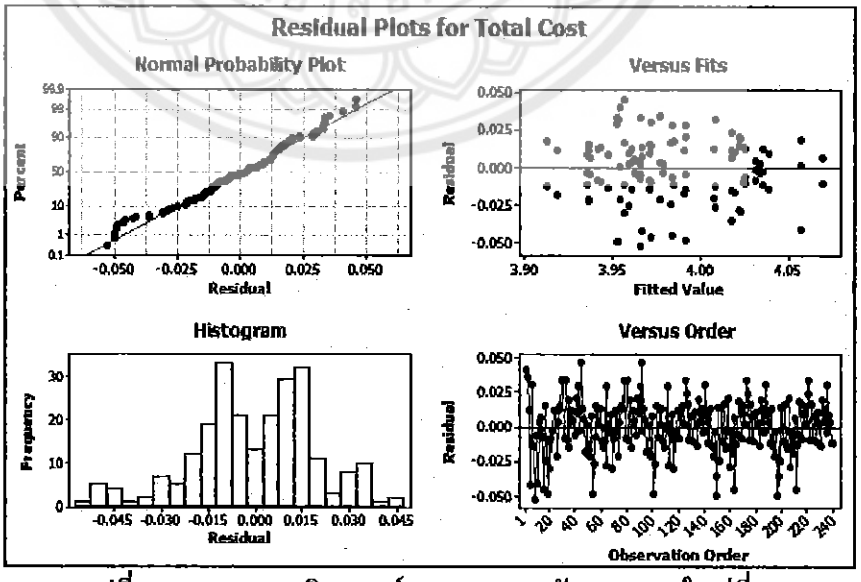
จากรูปที่ 4.38 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation ค่า Probability of Crossover ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.9 และ และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.39 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3

จากรูปที่ 4.39 เห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย ดังนั้นถ้ากำหนดค่า Crossover Type เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น Swapping of Mutation และค่า Probability of Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 ค่า Probability of Mutation ควรจะเป็น 0.2 และค่า Number ควรจะมีค่าเท่ากับ 20/100 หรือ 10/200 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.2.10 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4



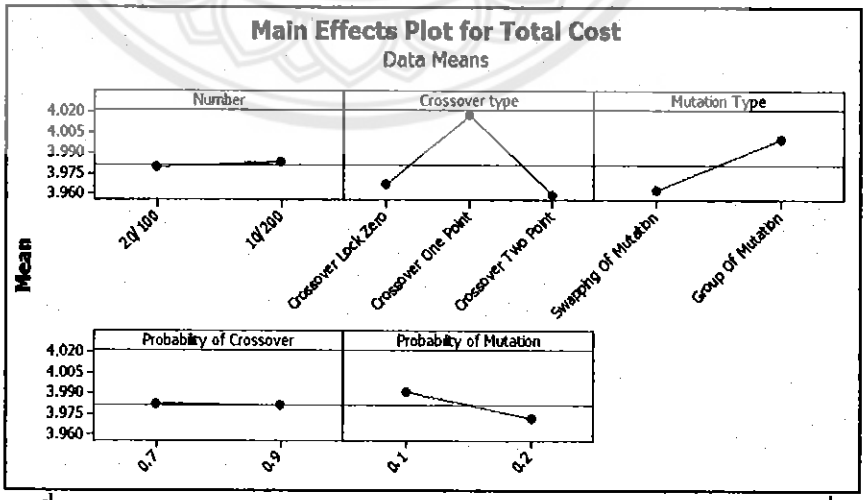
รูปที่ 4.40 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4

จากรูปที่ 4.40 พบว่ากราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะค่อนข้างจะเป็นเส้นตรง 1 เส้น และกราฟ Histogram มีลักษณะระฆังคว่ำ แสดงว่า ข้อมูลที่ได้มาจากการทดลองเป็นไปตามเงื่อนไขข้อสมมติฐานที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

Crossover type* Probability of Crossover	12.79	0.000
Crossover type* Probability of Mutation	6.92	0.001
Probability of Crossover* Probability of Mutation	8.47	0.004
Crossover type*Mutation Type* Probability of Crossover	6.33	0.002
Crossover type*Mutation Type* Probability of Mutation	9.10	0.000

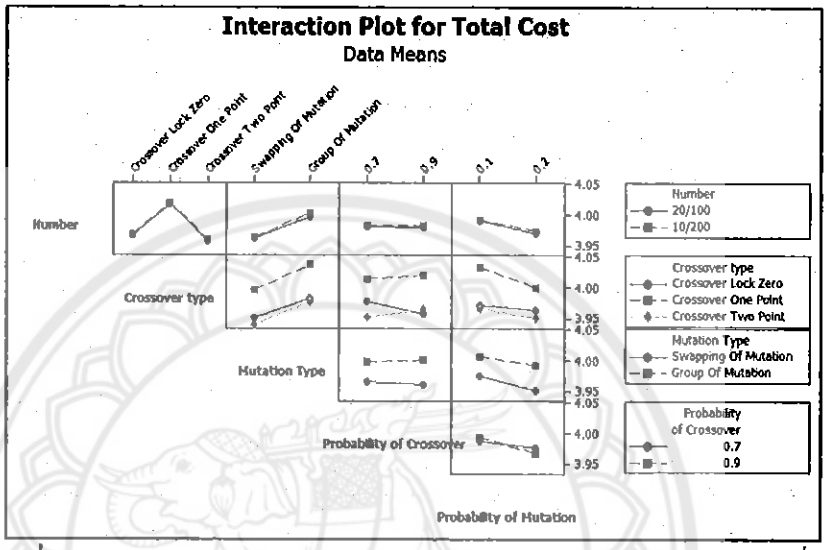
รูปที่ 4.41 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4

จากรูปที่ 4.41 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Crossover Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.001, Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.004, Crossover Type*Mutation Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.002 และ Crossover Type*Mutation Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.42 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4

จากรูปที่ 4.42 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Swapping of Mutation และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.43 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4

จากรูปที่ 4.43 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Crossover Type*Probability of Crossover, Crossover Type*Probability of Mutation, Probability of Crossover*Probability of Mutation, Crossover Type*Mutation Type*Probability of Crossover และCrossover Type*Mutation Type*Probability of Mutation ดังนั้นถ้ากำหนดค่า Crossover Type เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น Swapping of Mutation และค่า Probability of Crossover ควรจะตั้งค่าพารามิเตอร์เป็น 0.9 และค่า Probability of Mutation ควรจะเป็น 0.9 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

ตารางที่ 4.3 ตารางแสดงผลสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก 10 ปัญหา

No.	Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation
ปัญหาเล็กที่ 1	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2
ปัญหาเล็กที่ 2	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2
ปัญหาเล็กที่ 3	20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2
ปัญหากลางที่ 1	10/200	Two Point	Group	0.7	0.2
ปัญหากลางที่ 2	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2
ปัญหากลางที่ 3	20/100	Two Point	Group	0.7	0.2
ปัญหาใหญ่ที่ 1	10/200	Two Point	Swapping	0.9	0.2
ปัญหาใหญ่ที่ 2	20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2
ปัญหาใหญ่ที่ 3	20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2
ปัญหาใหญ่ที่ 4	20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2

4.3 ผลการปรับปรุงกราฟของปัญหาขนาดเล็ก

เนื่องจากปัญหาขนาดเล็กนั้นมีการปรับปรุงค่าของกราฟ Fitted เพื่อให้มีการกระจายตัวของตัวตกค้างนั้นมากขึ้นสามารถดูกราฟที่เปลี่ยนไปได้ตามรูปที่ 4.2 รูปที่ 4.8 และรูปที่ 4.14 โดยใช้วิธีการใส่ค่า Logarithm เข้าไปในค่าของ Output ที่ได้มาทำให้ค่าของ P-value ที่ได้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปทำให้ค่าของ P-value นั้นแตกต่างกับก่อนที่จะปรับปรุงกราฟ Fitted

4.3.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังจากการปรับปรุงกราฟ Fitted

Source	P
Number	0.778
Crossover type	0.000
Mutation Type	0.856
Probability of Crossover	0.692
Probability of Mutation	0.164

รูปที่ 4.44 ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังการปรับปรุง

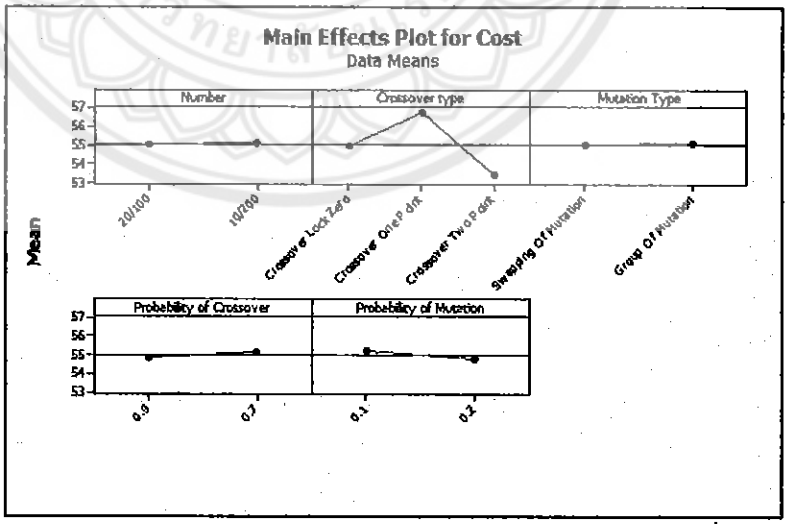
จากรูปที่ 4.44 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็กหลังจากการปรับปรุง โดยพบว่าค่า Crossover Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญดังนั้นค่าพารามิเตอร์ Crossover Type มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความ

เชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน

Number*Crossover type	0.018
Crossover type* Probability of Crossover	0.000
Number*Crossover type* Probability of Mutation	0.023
Number*Probability of Crossover* Probability of Mutation	0.018
Crossover type*Mutation Type* Probability of Crossover	0.008

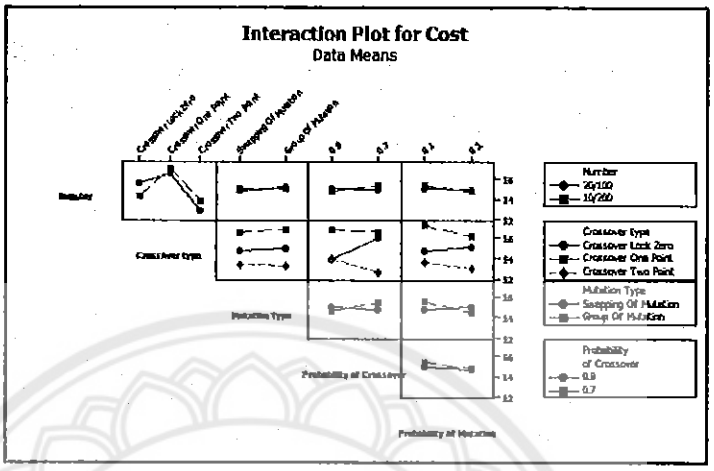
รูปที่ 4.45 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.45 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Number*Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.018, Crossover Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Number*Crossover Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.023, Number* Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value ที่ได้มีค่าเท่ากับ 0.018 และ Crossover Type*Mutation Type*Probability of Crossover มีค่า P-value เท่ากับ 0.008 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.46 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.46 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.47 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 1

จากรูปที่ 4.47 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Number*Crossover Type, Crossover Type*Probability of Crossover, Number*Crossover Type*Probability of Mutation, Number*Probability of Crossover*Probability of Mutation และ Crossover Type*Mutation Type*Probability of Crossover ดังนั้นถ้ากำหนดค่า Number เท่ากับ 20/100 ค่า Crossover Type ควรจะมีค่าเท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรจะมีค่าเท่ากับ Swapping of Mutation หรือ Group of Mutation ก็ได้เนื่องจากมีความต่างค่อนข้างน้อยค่า Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.9 และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.1 หรือ 0.2 ก็ได้เนื่องจากมีค่าความแตกต่างค่อนข้างน้อย เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.3.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังจากการปรับปรุงกราฟ Fitted

Source	P
Number	0.702
Crossover type	0.000
Mutation Type	0.707
Probability of Crossover	0.331
Probability of Mutation	0.254

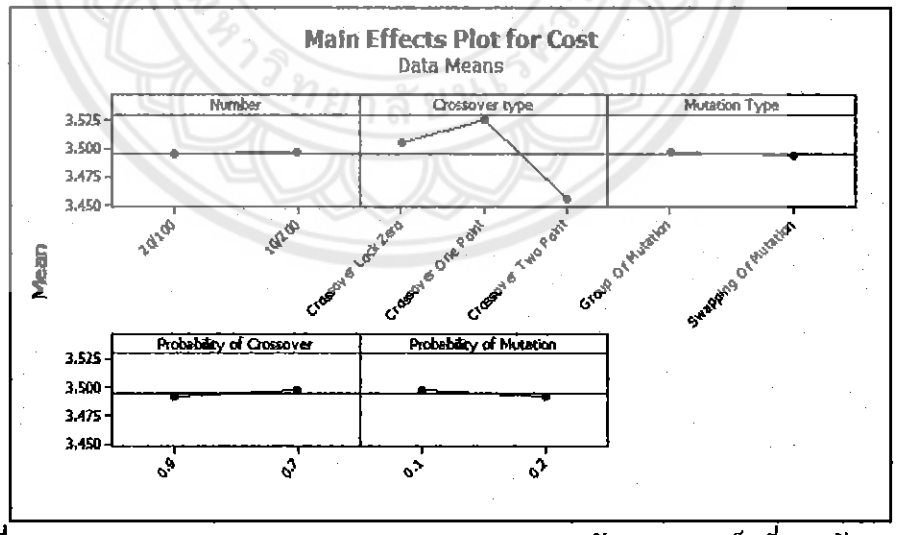
รูปที่ 4.48 ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.48 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็กหลังจากการปรับปรุง โดยพบว่าค่า Crossover Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญดังนั้นค่าพารามิเตอร์ Crossover Type มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน

Probability of Crossover* Probability of Mutation	0.013
Number*Crossover type*Mutation Type	0.000
Number*Mutation Type* Probability of Mutation	0.000

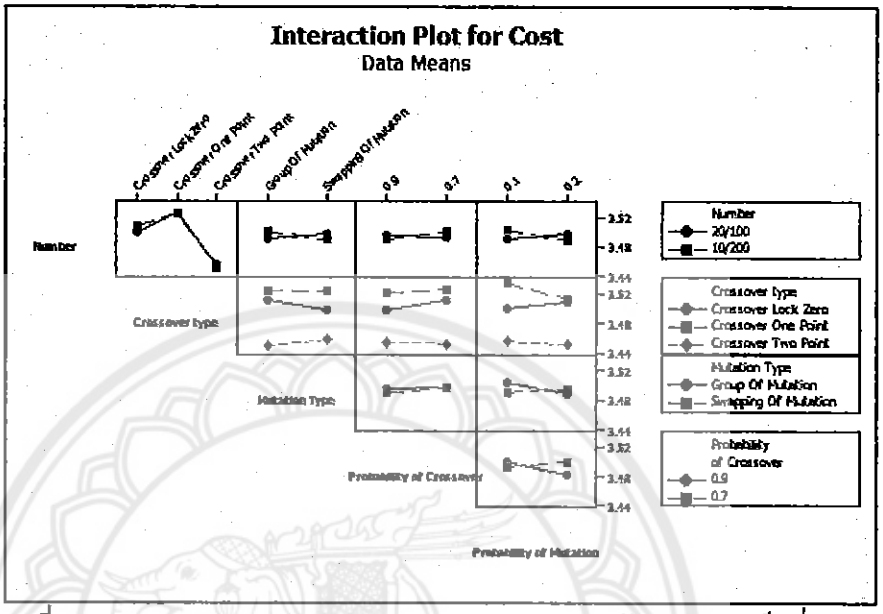
รูปที่ 4.49 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.49 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Probability of Crossover*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.013, Number*Crossover Type*Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 และNumber*Mutation Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กันและค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.50 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.50 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.51 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 2

จากรูปที่ 4.51 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Probability of Crossover*Probability of Mutation, Number*Crossover Type*Mutation Type และ Number*Mutation Type*Probability of Mutation ดังนั้นถ้ากำหนดค่า Number เท่ากับ 20/100 หรือ 10/200 ค่า Crossover Type ควรจะมีค่าเท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรจะมีค่า Group of Mutation ค่า Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.9 หรือ 0.7 เนื่องจากมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

4.3.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังจากการปรับปรุงกราฟ Fitted

Source	P
Number	0.941
Crossover type	0.000
Mutation Type	0.001
Probability of Crossover	0.176
Probability of Mutation	0.000

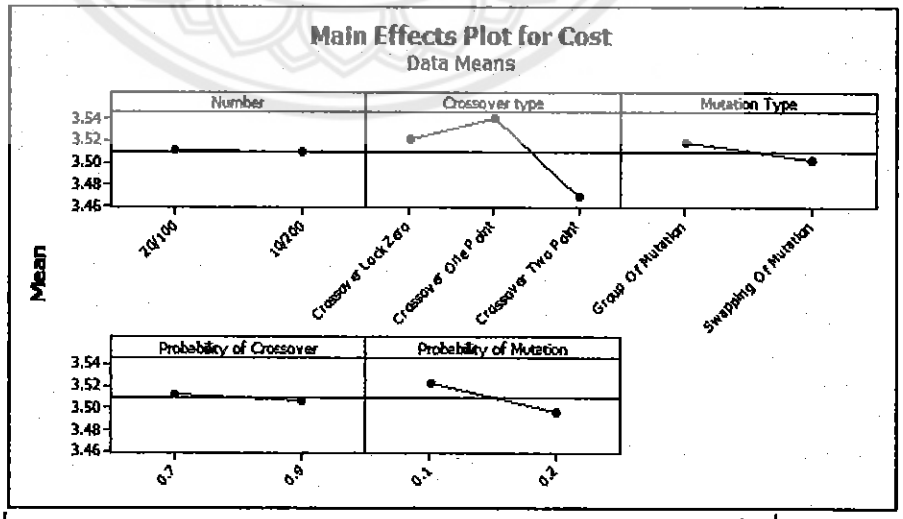
รูปที่ 4.52 ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.52 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดเล็กหลังจากการปรับปรุง โดยพบว่าค่า Crossover Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ค่า Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.001 และค่า Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.000 ซึ่งมีค่าน้อยกว่าระดับนัยสำคัญดังนั้นค่าพารามิเตอร์ Crossover Type มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน ค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน

Crossover type*Mutation Type	**0.000**
Crossover type*	**0.036**
Probability of Mutation	
Number*Crossover type*Mutation Type	0.046
Number*Crossover type*	0.005
Probability of Mutation	

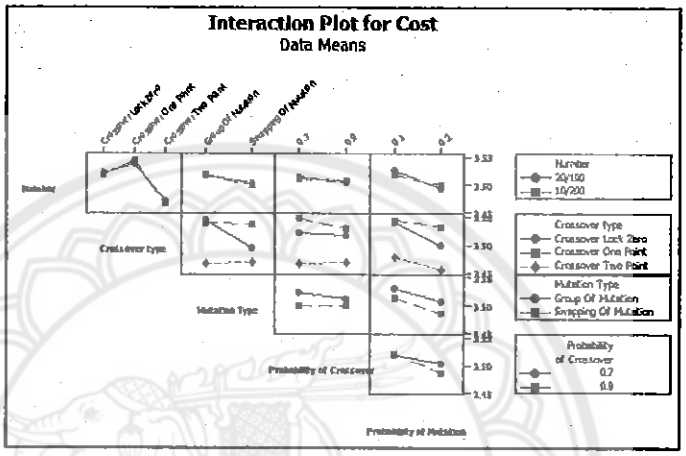
รูปที่ 4.53 ANOVA ผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.53 แสดงให้เห็นถึงค่า P-value ระหว่างปัจจัยที่ได้จากการวิเคราะห์ปัญหาในโจทย์ขนาดใหญ่ โดยพบว่าค่า Crossover Type*Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.000, Crossover Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.036 และ Number*Crossover Type*Mutation Type มีค่า P-value เท่ากับ 0.046 และ Number*Crossover Type*Probability of Mutation มีค่า P-value เท่ากับ 0.005 มีผลในการแก้ปัญหาที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 สำหรับพารามิเตอร์อื่นๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน และค่าแตกต่างกันไม่มีผลให้คำตอบที่แตกต่างกัน



รูปที่ 4.54 แสดง Main Effects Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3 หลังการปรับปรุง

จากรูปที่ 4.54 จะพบว่าปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด ควรกำหนดค่า Crossover Type ควรกำหนดให้เท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรกำหนดค่าให้เท่ากับ Swapping of Mutation และค่า Probability of Mutation ควรจะกำหนดให้เท่ากับ 0.2 เนื่องจากทำให้มีค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด



รูปที่ 4.55 แสดง Interaction Plot for Total Cost ของปัญหาขนาดเล็กที่ 3

จากรูปที่ 4.55 จะเห็นได้ว่ามีปัจจัยที่มีผลกระทบร่วมกันปัจจัย Crossover Type*Mutation Type, Crossover Type*Probability of Mutation, Number*Crossover Type*Mutation Type และ Number*Crossover Type*Probability of Mutation ดังนั้นถ้ากำหนดค่า Number เท่ากับ 20/100 หรือ 10/200 ค่า Crossover Type ควรจะมีค่าเท่ากับ Crossover Two Point ค่า Mutation Type ควรจะมีค่า Group of Mutation ค่า Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.9 หรือ 0.7 เนื่องจากมีค่าที่ใกล้เคียงกัน และค่า Probability of Mutation ควรจะมีค่าเท่ากับ 0.2 เพื่อที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการส่งสินค้าต่ำที่สุด

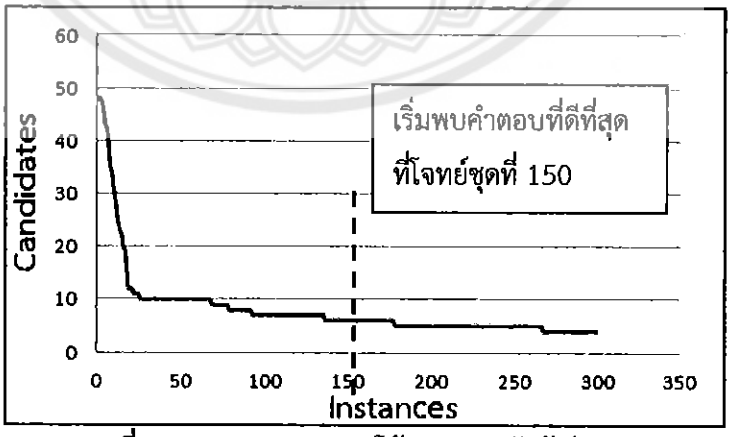
จากการทำการปรับปรุงกราฟของตัวตกค้าง จะได้ค่า P-value ของก่อนการปรับปรุง และหลังปรับปรุงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.4 ตารางแสดงผลการเปรียบเทียบค่า P-value ก่อนและหลังการปรับปรุงกราฟ

Source	P-value					
	ปัญหาขนาดเล็กที่ 1		ปัญหาขนาดเล็กที่ 2		ปัญหาขนาดเล็กที่ 3	
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
Number	0.002	0.778	0.000	0.702	0.000	0.941
Crossover Type	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Mutation Type	0.168	0.856	0.002	0.707	0.000	0.001
Probability of Crossover	0.759	0.692	0.027	0.331	0.141	0.176
Probability of Mutation	0.000	0.164	0.000	0.254	0.000	0.000

4.4 ผลการทดสอบโปรแกรมโดยวิธีการ F-Race

ผลที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธี F-Race จะได้มาจากการ Run โปรแกรมด้วยโจทย์ที่สุ่มมาทั้งหมด 20, 50 และ 300 โจทย์ โดยโจทย์ที่ได้จากการสุ่มขึ้นมานั้นจะมี ขนาดของปัญหาเล็ก กลาง หรือใหญ่ นั้นขึ้นอยู่กับการสุ่ม โดยที่ในโครงงานนี้กำหนดจำนวนสูงสุดของโจทย์ไว้ที่ 300 โจทย์



รูปที่ 4.56 กราฟแสดงแนวโน้มของการคัดผู้เล่นออก

จากรูปที่ 4.56 จะเห็นได้ว่ากราฟนั้นมีแนวโน้มที่คัดผู้เข้าแข่งขันออกมากในช่วงแรก แต่หลังจากข้อที่ 50 การคัดผู้เล่นออกเริ่มมีการคัดผู้เล่นออกน้อยลง นั้นหมายความว่าค่าของพารามิเตอร์มีค่าของคำตอบที่ใกล้เคียงกันจึงทำให้การคัดผู้เล่นออกนั้นมีน้อยลง

ตารางที่ 4.5 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race 20 โจทย์

Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation	Total Rank	Rank
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	116	1
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	118	2
10/200	Two Point	Group	0.9	0.2	161	3
20/100	Two Point	Group	0.7	0.1	183	4
10/200	Two Point	Group	0.9	0.1	185	5
10/200	Two Point	Swapping	0.7	0.2	195	6
10/200	Two Point	Group	0.7	0.2	196	7
20/100	Two Point	Group	0.9	0.1	220	8
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.1	236	9
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	262	10
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	272	11
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.1	299	12
10/200	Two Point	Group	0.7	0.1	302	13
10/200	Two Point	Swapping	0.9	0.2	322	14
10/200	Two Point	Swapping	0.9	0.1	353	15
10/200	Two Point	Swapping	0.7	0.1	355	16
10/200	Lock Zero	Swapping	0.9	0.2	391	17

จากตารางที่ 4.5 จะเห็นได้ว่ามีเพียงการตั้งค่าที่ได้อันดับที่ 1 เพียงการตั้งค่าเดียวหลังจากการทดสอบโปรแกรมได้แก่ Number มีค่าเท่ากับ 20/100, Crossover Type มีค่าเท่ากับ Crossover Two Point, Mutation Type มีค่าเท่ากับ Group of Mutation, Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.7, Probability of Mutation มีค่าเท่ากับ 0.2

ตารางที่ 4.6 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race 50 โจทย์

Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation	Total Rank	Rank
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	228	1
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	290	2
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	299	3
10/200	Two Point	Group	0.9	0.2	314	4
20/100	Two Point	Group	0.7	0.1	330	5
10/200	Two Point	Group	0.7	0.2	333	6
20/100	Two Point	Group	0.9	0.1	346	7.5
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	346	7.5

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่ามีเพียงการตั้งค่าที่ได้อันดับที่ 1 เพียงการตั้งค่าเดียวหลังจากการทดสอบโปรแกรมได้แก่ Number มีค่าเท่ากับ 20/100, Crossover Type มีค่าเท่ากับ Crossover Two Point, Mutation Type มีค่าเท่ากับ Group of Mutation, Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.9, Probability of Mutation มีค่าเท่ากับ 0.2 แต่เนื่องจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้เหมือนกับค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากวิธีการออกแบบการทดลองในปัญหาขนาดเล็กที่ 1 ขนาดเล็กที่ 2 และขนาดกลางที่ 1 ซึ่งค่าที่ได้จากคำตอบนั้นอาจจะมีค่าที่คล้ายคลึงกันจึงไม่นำมาคำนวณ

หลังจากผ่านการรันโปรแกรม 50 ข้อ ตั้งแต่ข้อที่ 51 เป็นต้นไปอันดับที่ 1 ของผลคะแนนรวมนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลง หรือสลับกันขึ้นเป็นอันดับที่ 1 อยู่ตลอดนั้นหมายความว่าค่าพารามิเตอร์ในระดับ 50 ข้อ นั้นไม่มีมีความคงที่หรือเรียกได้ว่าผู้เข้าแข่งขันที่เหลืออยู่ในระดับการรัน 50 ข้อ นั้นยังมีความแตกต่างกันอยู่จนถึงข้อที่ 149 ได้มีอันดับที่ 1 ที่มีคะแนนรวมเท่ากัน เป็นดังตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ในโจทย์ข้อที่ 149

ค่าพารามิเตอร์					อันดับคะแนนรวม
Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation	
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	1.5
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	1.5
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	3
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	4
10/200	Two Point	Group	0.9	0.2	5
20/100	Two Point	Group	0.9	0.1	6

จากตารางที่ 4.7 เป็นตารางสุดท้ายที่ค่าพารามิเตอร์ของอันดับที่ 1 มีความแตกต่างกันแต่หลังจากข้อที่ 150 จนถึงข้อที่ 300 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้อันดับที่ 1 นั้นคือ ค่าพารามิเตอร์นี้ Number เท่ากับ 20/100, Crossover Type มีค่าเท่ากับ Two Point, Mutation Type มีค่าเท่ากับ Group of Mutation, Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.9 และสุดท้าย Probability of Mutation มีค่าเท่ากับ 0.2 ถึงแม้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้นั้นจะไม่ได้เหลือตัวเดียว แต่ในการแข่งขันค่าพารามิเตอร์นี้ได้อันดับที่ 1 ตั้งแต่ข้อที่ 150 จนถึง ข้อที่ 300 ถึงแม้ว่าในระหว่างนั้นจะมีผู้เล่นที่ถูกคัดออกอยู่ระหว่างการแข่งขันก็ตาม แต่อันดับที่ 1 นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ตารางที่ 4.8 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ในโจทย์ข้อที่ 150

ค่าพารามิเตอร์					คะแนนรวม	อันดับคะแนนรวม
Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation		
20/100	Two Point	Group	0.9	0.1	852	6
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	694.5	4
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	664	1
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	685	3
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	665	2
10/200	Two Point	Group	0.9	0.2	831	5

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ 20/100, Crossover Two Point, Group of Mutation, 0.9, 0.2 ขึ้นเป็นอันดับที่ 1 อย่างชัดเจน

ตารางที่ 4.9 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race 300 โจทย์

Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation	Total Rank	Rank
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	1078	1
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	1092	2
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	1107.5	3
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	1133	4

จากตารางที่ 4.8 จะเห็นได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่ได้อันดับที่ 1 นั้นยังคงเป็นค่าพารามิเตอร์เดียวกันกับข้อที่ 149 นั้นหมายความว่าตั้งแต่ข้อที่ 149 จนถึงข้อที่ 300 นั้นอันดับที่ 1 นั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง ซึ่งในกรณีสามารถเลือกค่าพารามิเตอร์นี้เป็นผู้ชนะในการแข่งขันได้ ถึงแม้ว่าค่าพารามิเตอร์อื่นๆ นั้นจะมีผลรวมของคะแนนไม่แตกต่างกันมาก เนื่องจากจำนวนผู้เข้าแข่งขันเหลือน้อยจึงทำให้ค่า Total Rank นั้นมีความแตกต่างกันน้อยเช่นกัน

4.5 เปรียบเทียบค่าพารามิเตอร์ที่ได้จาก F-Race กับวิธีการออกแบบการทดลอง

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ผ่านการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race จะนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาเปรียบเทียบกับปัญหาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ ที่ได้ทำวิธีการออกแบบไปแล้วเพื่อที่จะดูว่าวิธีการ F-Race ให้ค่าคำตอบที่แตกต่างมากน้อยเพียงใด

4.5.1 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ได้จากวิธีการ F-Race

หลังจากที่ได้ค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ F-Race หลังจากนั้นนำมาทดสอบด้วยปัญหาขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ของโจทย์ที่นำใช้ทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการออกแบบทดลองเพื่อที่จะนำไปเปรียบเทียบเพื่อหาความแตกต่างของทั้ง 2 วิธี โดยโจทย์แต่ละข้อนั้นจะทำการทำซ้ำทั้งหมด 5 รอบ เพื่อนำค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมทั้ง 5 รอบไปเปรียบเทียบกับวิธีการออกแบบการทดลอง

ตารางที่ 4.10 ตารางแสดงค่าคำตอบของวิธีการ F-Race

No.	รอบที่ 1	รอบที่ 2	รอบที่ 3	รอบที่ 4	รอบที่ 5	ค่าเฉลี่ย
ปัญหาขนาดเล็กที่ 1	2,749.43	3,332.87	2,946.50	2,809.75	2,752.06	2,918.12
ปัญหาขนาดเล็กที่ 2	2,919.43	2,738.37	2,788.12	2,757.56	2,641.43	2,768.98
ปัญหาขนาดเล็กที่ 3	3,311.43	2,902.12	3,097.43	2,950.43	2,950.43	2,998.12
ปัญหาขนาดกลางที่ 1	5,514.37	5,387.68	5,452.75	5,072.25	4,951.68	5,275.75
ปัญหาขนาดกลางที่ 2	4,561.75	5,157.25	5,155.18	4,725.06	5,186.12	4,957.07
ปัญหาขนาดกลางที่ 3	5,255.93	4,533.81	4,810.43	4,974.93	4,968.43	4,908.71
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1	10,551.06	8,778.68	8,489.12	7,620.87	8,742.25	8,836.39
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2	9,067.31	9,882.62	8,829.12	8,901.00	7,849.93	8,906.00
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3	9,020.18	9,157.43	9,883.50	8,809.06	9,990.75	9,372.18
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4	8,705.00	8,138.25	7,834.75	9,388.25	8,948.06	8,602.86

จากตารางที่ 4.10 แสดงค่าคำตอบของการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race โดยการใช้ค่าพารามิเตอร์ Number มีค่าเท่ากับ 20/100, Crossover Type มีค่าเท่ากับ Crossover Two Point, Mutation Type มีค่าเท่ากับ Group of Mutation, Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.7, Probability of Mutation มีค่าเท่ากับ 0.2

4.5.2 ค่าเฉลี่ยของคำตอบที่ได้จากวิธีการออกแบบการทดลอง

เมื่อได้ค่าพารามิเตอร์ที่ต้องการในโจทย์ทั้ง 10 โจทย์ แล้วจึงได้นำการตั้งค่าพารามิเตอร์ทั้ง 10 การตั้งค่ามาทำการทดสอบโปรแกรมซ้ำอีกครั้งในแต่ล่ะโจทย์ โดยการทดสอบโปรแกรมซ้ำ 5 รอบ เพื่อให้ได้ค่าเฉลี่ยของแต่ล่ะการตั้งค่าพารามิเตอร์เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการ F-Race เพื่อที่จะได้ทราบความแตกต่างของวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-Race

ตารางที่ 4.11 ตารางแสดงค่าคำตอบของวิธีการออกแบบการทดลอง

ปัญหา	ค่าพารามิเตอร์					ค่าเฉลี่ย
	Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation	
ปัญหาขนาดเล็กที่ 1	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	2,926.30
ปัญหาขนาดเล็กที่ 2	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	2,866.08
ปัญหาขนาดเล็กที่ 3	20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	2,802.13
ปัญหาขนาดกลางที่ 1	10/200	Two Point	Group	0.7	0.2	5,104.87
ปัญหาขนาดกลางที่ 2	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	5,320.30
ปัญหาขนาดกลางที่ 3	20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	5,135.68
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1	10/200	Two Point	Swapping	0.9	0.2	9,071.48
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2	20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	8,083.12
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3	20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	7,795.08
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4	20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	8,788.45

จากตารางที่ 4.11 แสดงค่าคำตอบของการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง โดยที่จะสามารถสรุปเป็นตารางได้ดังนี้

ตารางที่ 4.12 ตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ F-Race

F-Race	ค่าพารามิเตอร์				
	Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation
20 รอบ	20/100	Two Point	Group	0.7	0.2
50 รอบ	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2
300 รอบ	20/100	Two Point	Group	0.9	0.2

จากตารางที่ 4.12 เป็นตารางแสดงค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบโปรแกรม 20 โจทย์ 50 โจทย์ และ 300 โจทย์ตามลำดับ เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ของตารางที่ 4.11 ที่แสดงค่าพารามิเตอร์ของวิธีการออกแบบการทดลอง

4.5 สรุปผลการเปรียบเทียบค่าคำตอบที่ได้ระหว่างวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-Race

สรุปผลการเปรียบเทียบการตั้งค่าพารามิเตอร์ระหว่างวิธีการ F-Race และวิธีการออกแบบการทดลองได้ค่าเฉลี่ยตามตารางที่ 4.4 โดยที่การทดสอบค่าพารามิเตอร์นั้นจะทำซ้ำกัน 5 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของผลของคำตอบที่ได้ และนำมาเปรียบเทียบเพื่อหาค่าคำตอบที่ดีกว่าในแต่ละโจทย์

ตารางที่ 4.13 ตารางแสดงค่าเฉลี่ยที่ได้จากการทดสอบโปรแกรมของทั้ง 2 วิธี

Problem	วิธีการ F-Race	วิธีการออกแบบการทดลอง	ความแตกต่าง F-Race กับ DOE	
			ดีกว่า	แย่กว่า
ปัญหาขนาดเล็กที่ 1	2,918.12	2,926.30	8.18	-
ปัญหาขนาดเล็กที่ 2	2,768.98	2,866.08	97.10	-
ปัญหาขนาดเล็กที่ 3	3,051.91	2,802.13	-	249.78
ปัญหาขนาดกลางที่ 1	5,275.75	5,104.87	-	170.88
ปัญหาขนาดกลางที่ 2	4,957.07	5,320.30	363.23	-
ปัญหาขนาดกลางที่ 3	4,908.71	5,135.68	226.97	-
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1	8,836.39	9,071.48	235.09	-
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2	8,906.00	8,083.12	-	822.88
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3	9,372.18	7,795.08	-	1577.10
ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4	8,662.86	8,788.45	125.59	-

จากตารางที่ 4.12 ปรากฏว่าพบข้อแตกต่างระหว่างค่าเฉลี่ยที่ได้โดยที่ในปัญหาขนาดเล็กที่ 1 วิธีการออกแบบการทดลองให้ผลของค่าคำตอบที่แย่กว่าผลของวิธีการ F-Race อยู่เพียง 8.18 เช่นเดียวกันกับปัญหาขนาดเล็กที่ 2 ที่ให้ผลต่างกันอยู่เพียงเล็กน้อย ได้แก่ 97.10 แต่ในปัญหาเล็กที่ 3 ปรากฏว่าวิธีการ F-Race ให้ค่าคำตอบที่แย่กว่าวิธีการออกแบบการทดลอง 249.78 สรุปได้ว่าในปัญหาขนาดเล็กนั้นทั้งวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-Race ให้ค่าของคำตอบแตกต่างกันเล็กน้อย

ปัญหาขนาดกลางที่ 1 (Prob4) วิธีการออกแบบให้ค่าของผลคำตอบที่ดีกว่าวิธีการ F-Race อยู่ 170.88 แต่ในปัญหาขนาดกลางที่ 2 และ 3 (Prob5 และ Prob6) วิธีการF-Race ให้ค่าของคำตอบที่ดีกว่า คือ 363.23 และ 226.98 ซึ่งในปัญหาระดับกลางนั้นค่าคำตอบที่ได้เริ่มมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนมากขึ้นจากปัญหาขนาดเล็ก

ส่วนปัญหาขนาดใหญ่ ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1 (Prob7) และ ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4 (Prob10) วิธีการ F-Race ให้ผลที่ดีกว่าวิธีการออกแบบการทดลองคือ 235.09 และ 125.59 ตามลำดับ และในปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2 (Prob8) และปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3 (Prob9) วิธีการออกแบบการทดลองให้ผลของค่าคำตอบที่ดีกว่าคือ 822.88 และ 1577.10 ตามลำดับ ซึ่งในปัญหาขนาดใหญ่นั้นค่าของคำตอบที่วิธีการออกแบบการทดลองนั้นให้ผลต่างที่ดีกว่าเป็นอย่างมาก แต่ในผลของค่าคำตอบที่ F-Race ให้ผลดีกว่านั้นต่างกันเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

สามารถสรุปผลการทดลองได้ว่า ในปัญหาขนาดเล็กนั้น ปัญหาขนาดเล็กที่ 1 และ 2 การตั้งค่าพารามิเตอร์ของวิธีการ F-Race ให้ผลของค่าคำตอบที่ดีกว่าวิธีการออกแบบการทดลอง ส่วนปัญหาขนาดเล็กที่ 3 วิธีการออกแบบการทดลองให้ผลของค่าคำตอบที่ดีกว่า

ผลการทดลองของปัญหาระดับกลาง ปัญหาระดับกลางที่ 2 และ 3 ค่าผลคำตอบของวิธีการ F-Race ให้คำตอบที่ดีว่า ส่วนปัญหาระดับกลางที่ 1 วิธีการออกแบบการทดลองให้ผลของค่าคำตอบที่ดีกว่า และสุดท้ายผลการทดลองของปัญหาระดับใหญ่นั้น ปัญหาระดับใหญ่ที่ 1 และ 4 วิธีการ F-Race ให้ผลของค่าคำตอบที่ดีกว่า ส่วนปัญหาระดับกลางที่ 2 และ 3 วิธีการออกแบบการทดลองให้ผลของค่าคำตอบที่ดีกว่า

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการดำเนินโครงการ

จากการดำเนินโครงงาน การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีการตั้งค่าพารามิเตอร์สำหรับวิธีการเชิงพันธุกรรมเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ สามารถสรุปผลการดำเนินโครงงานได้ดังนี้

ในการดำเนินโครงงานผู้ดำเนินโครงงานได้ทำการดัดแปลงโปรแกรมที่ได้จากโครงงานการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบพลวัต โดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร โดยมีเป้าหมายเพื่อที่จะทำการเปรียบเทียบการตั้งค่าพารามิเตอร์ระหว่างวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-Race เพื่อให้ทราบความแตกต่าง และความเหมาะสมในการตั้งค่าพารามิเตอร์ว่าทั้ง 2 วิธีจะให้ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกันมากน้อยเพียงใด

ซึ่งจากการเปรียบเทียบทางผู้จัดทำได้ทำการตั้งปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะทั้งหมด 10 โจทย์แบ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก 3 ข้อ ขนาดกลาง 3 ข้อ และขนาดใหญ่ 4 ข้อ เพื่อที่จะนำไปทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการออกแบบการทดลอง และเพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของโจทย์ทั้ง 10 โจทย์ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้ มีดังตารางที่ 4.1

หลังจากนั้นทางผู้จัดทำโครงงานได้ทำการทดสอบโปรแกรมด้วยวิธีการ F-Race โดยได้ทำการสุ่มโจทย์ขึ้นมาโดยที่ในโจทย์นั้นจะมีปริมาณลูกค้าอยู่ที่ 10-50 ราย ซึ่ง จะครอบคลุมทั้งปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ผู้จัดทำได้กำหนดโจทย์ของการทดสอบโปรแกรมทั้งหมดไว้ 20 โจทย์ และเมื่อโปรแกรมได้ทำงานครบ 20 โจทย์ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้คือ Number of Population Size มีค่าเท่ากับ 20, Number of Generation มีค่าเท่ากับ 100, Crossover Type มีค่าเท่ากับ Crossover Two Point, Mutation Type มีค่าเท่ากับ Group of Mutation, Probability of Crossover มีค่าเท่ากับ 0.7 และ Probability of Mutation มีค่าเท่ากับ 0.2 ซึ่งทางผู้ดำเนินโครงงานได้ทำค่าพารามิเตอร์นี้ไปเปรียบเทียบกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะทั้ง 10 โจทย์ที่ใช้ในวิธีการออกแบบการทดลอง และผลจากการเปรียบเทียบพบว่า ใน 10 ข้อมีผลค่าเฉลี่ยของคำตอบของวิธีการ F-Race ที่ดีกว่าคือ 6 ใน 10 ข้อ ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีผลค่าเฉลี่ยของวิธีการ F-Race คือดีกว่าคือ

ปัญหาขนาดเล็กที่ 1 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคำตอบของวิธีการ F-Race คือ 2,918.1252 และค่าเฉลี่ยของคำตอบวิธีการออกแบบการทดลอง คือ 2,926.3004 ซึ่งให้ผลต่างของค่าคำตอบ เท่ากับ 8.1752

ปัญหาขนาดเล็กที่ 2 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคำตอบของวิธีการ F-Race คือ 2,768.9878 และค่าเฉลี่ยของคำตอบวิธีการออกแบบการทดลอง คือ 2,866.0876 ซึ่งให้ผลต่างของค่าคำตอบ เท่ากับ 97.0998

ปัญหาขนาดกลางที่ 2 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคำตอบของวิธีการ F-Race คือ 4,957.0752 และค่าเฉลี่ยของคำตอบวิธีการออกแบบการทดลอง คือ 5,320.3002 ซึ่งให้ผลต่างของค่าคำตอบ เท่ากับ 363.225

ปัญหาขนาดกลางที่ 3 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคำตอบของวิธีการ F-Race คือ 4,908.713 และค่าเฉลี่ยของคำตอบวิธีการออกแบบการทดลอง คือ 5,135.6878 ซึ่งให้ผลต่างของค่าคำตอบ เท่ากับ 226.9748

ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคำตอบของวิธีการ F-Race คือ 8,836.3996 และค่าเฉลี่ยของคำตอบวิธีการออกแบบการทดลอง คือ 9,071.4878 ซึ่งให้ผลต่างของค่าคำตอบ เท่ากับ 235.0882

ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4 โดยที่ค่าเฉลี่ยของคำตอบของวิธีการ F-Race คือ 8,662.863 และค่าเฉลี่ยของคำตอบวิธีการออกแบบการทดลอง คือ 8,788.45 ซึ่งให้ผลต่างของค่าคำตอบ เท่ากับ 125.587

ซึ่งเมื่อพิจารณาคำตอบที่ได้จากวิธีการทั้ง 2 วิธีแล้วพบว่าค่าคำตอบที่ได้ในปัญหาขนาดเล็กนั้นมีค่าของความแตกต่างกันเล็กน้อย แต่กลับกันในปัญหาขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ผลของค่าคำตอบที่ได้นั้น มีความแตกต่างค่อนข้างมากดังนั้นจะเห็นได้ว่า วิธีการ F-Race ให้ค่าของคำตอบที่ดีกว่าวิธีการออกแบบการทดลองในบางกรณี และวิธีการ F-Race ค่อนข้างที่จะมีความแตกต่างของการให้ค่าของผลคำตอบที่มีความแตกต่างกันอยู่ค่อนข้างมากในปัญหาขนาดกลางและใหญ่

สรุปข้อดี ข้อด้อยของวิธีการ F-Race และวิธีการออกแบบการทดลองดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตารางสรุปข้อดี และข้อเสียของวิธีการ F-Race กับวิธีการออกแบบการทดลอง

วิธีการ	ข้อดี	ข้อด้อย
F-Race	วิธีการ F-Race จะให้ค่าคำตอบที่สามารถใช้ได้กับทุกโจทย์ เนื่องจากมีความหลากหลายของโจทย์ที่สุ่มมาใช้ทดสอบ	วิธีการ F-Race ใช้เวลาค่อนข้างมากในการคัดเลือกคำตอบ
การออกแบบการทดลอง	วิธีการออกแบบการทดลองจะใช้เวลาในทดสอบโปรแกรมค่อนข้างน้อย และให้ค่าคำตอบเฉพาะโจทย์นั้นๆ	ค่าคำตอบที่ได้ในวิธีการออกแบบการทดลองจะเหมาะกับเฉพาะโจทย์เฉพาะข้อไม่สามารถนำไปใช้หาคำตอบในโจทย์ข้ออื่นได้

5.2 ปัญหาที่พบระหว่างการดำเนินโครงการ

5.2.1 เนื่องจากผู้ดำเนินโครงงานไม่ได้ทำการออกแบบโปรแกรมขั้นตอนเชิงพันธุกรรม ทำให้การจะดัดแปลงโปรแกรมเพื่อนำมาทดสอบนั้นจึงเป็นไปได้ค่อนข้างยาก

5.2.2 การทดสอบโปรแกรมทั้ง 2 วิธีการนั้นใช้เวลาในการหาค่าของผลคำตอบค่อนข้างที่จะมาก

5.2.3 เนื่องจากผู้ดำเนินโครงงานไม่มีความรู้ในเรื่องการเขียนโปรแกรม VBA จึงต้องใช้เวลาในการศึกษา และมีการแก้ไขโปรแกรมหลายครั้งเพื่อนำไปทดลอง

5.3 แนวทางการแก้ปัญหา

5.3.1 ขอคำชี้แนะจากอาจารย์ที่ปรึกษา และค้นคว้าจากผลงานวิจัยต่างๆ

5.3.2 เนื่องจากการทดสอบโปรแกรมแต่ละครั้งใช้เวลานาน จึงต้องมีการแก้ไขโปรแกรมบางส่วนเพื่อให้การทดสอบโปรแกรมนั้นใช้เวลาให้น้อยลง

5.4 ข้อเสนอแนะ

5.4.1 โครงงานนี้ไม่ได้เจาะจงไปที่โปรแกรม แต่เจาะจงไปที่การศึกษาผลการทดลองของวิธีการออกแบบการทดลอง และวิธีการ F-Race

5.4.2 บางกรณีค่าคำตอบที่ได้มาจากวิธีการ F-Race ดีกว่าวิธีการออกแบบการทดลองเพราะปัญหาถูกสร้างมาจากการสุ่ม เนื่องจากการสุ่มโจทย์ทำให้มีความหลากหลายของโจทย์ที่มากกว่าทำให้บางกรณีอาจจะได้คำตอบที่ดีกว่า

5.4.3 วิธีการ F-Race ควรมีการกำหนดจำนวนของโจทย์ในการทดสอบเพื่อที่จะลดเวลาในการทดสอบลง หรือถ้าปริมาณผู้เข้าแข่งขันกันนั้นไม่มีการเปลี่ยนแปลงของอันดับคะแนนรวม และความแตกต่างของไม่มีความแตกต่าง นั้นสามารถเลือกผู้เข้าแข่งขันที่ทำคะแนนได้เป็นอันดับ 1 เป็นผู้ชนะ

เอกสารอ้างอิง

กัปตันนีโม. **ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm). สืบค้นเมื่อวันที่ 2 ตุลาคม 2558,** จาก https://kapitaennem0.wordpress.com/2013/07/17/genetic-algorithm/

ฉลอง สีแก้วสิ่ว. **วิธีการออกแบบการทดลอง (Design of Experiment :DOE).** สืบค้นเมื่อวันที่ 28 กันยายน 2558, จาก http://www.geocities.ws/chalong_sri/why_DOE.htm

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

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

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

ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. (2554). **ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle routing problems).** สืบค้นเมื่อวันที่ 7 กันยายน 2558, จาก http://www.ubu.ac.th/~pitakaso/1302476/new_doc/ch06_s.pdf

Springer-Verlag Berlin Heidelberg. (2553). Experimental Methods for the Analysis of Optimization Algorithms. **F-Race and Iterated F-Race: An Overview.** Publisher Springer Berlin Heidelberg. Berlin. Germany. Page 311-336.

ภาคผนวก ก

โจทย์ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่นำไปใช้ทดสอบ

วิธีการออกแบบการทดลอง

ก. โจทย์ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่นำไปใช้ทดสอบวิธีการออกแบบการทดลอง

เพื่อสะดวกแก่ความเข้าใจ และได้เห็นปัญหาทั้ง 3 ขนาดที่ได้นำมาใช้เป็นโจทย์ในการแก้ปัญหาของวิธีการออกแบบการทดลอง

ก.1 ปัญหาขนาดเล็กที่ 1

Number of customers	15			A	B	C	
					2	2	2
Cust No.	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time	
0	0	0	0	0	478	0	
1	174	226	8	881	996	11	
2	80	171	9	851	961	25	
3	213	63	6	740	1017	27	
4	84	70	3	504	702	20	
5	110	28	5	145	478	10	
6	166	67	3	402	860	46	
7	153	100	5	436	905	21	
8	191	186	9	556	925	50	
9	138	192	9	982	1324	12	
10	75	80	10	113	468	30	
11	165	223	3	407	714	38	
12	90	88	4	425	853	38	
13	124	78	9	601	779	46	
14	204	51	10	200	530	21	
15	157	179	6	756	1044	44	

รูปที่ ก.1 แสดงปัญหาขนาดเล็กที่ 1

ก.2 ปัญหาขนาดเล็กที่ 2

Number of customers	15			A	B	C	
					2	2	2
Cust No.	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time	
0	0	0	0	0	123	0	
1	124	40	4	107	607	17	
2	54	84	9	181	538	43	
3	130	127	8	979	994	22	
4	30	75	7	973	645	41	
5	143	198	9	171	334	30	
6	131	129	4	753	695	15	
7	175	166	7	352	1115	23	
8	243	123	6	141	1032	48	
9	99	221	7	205	838	13	
10	201	35	5	593	916	19	
11	99	153	5	131	593	20	
12	64	50	3	658	1393	29	
13	218	200	10	359	702	31	
14	45	98	8	967	1206	27	
15	206	182	8	256	1243	33	

รูปที่ ก.2 แสดงปัญหาขนาดเล็กที่ 2

ก.3 ปัญหาขนาดเล็กที่ 3

Number of customers	15			A	B	C	
					2	2	2
Cust No.	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time	
0	0	0	0	0	376	0	
1	126	142	8	603	634	32	
2	50	184	10	972	832	22	
3	204	225	6	743	1175	16	
4	74	189	10	200	921	50	
5	122	109	5	522	380	48	
6	94	176	4	417	824	26	
7	68	30	4	202	1005	24	
8	218	90	10	569	1160	25	
9	204	61	9	391	915	40	
10	144	162	8	756	1165	15	
11	162	114	10	727	616	48	
12	44	110	4	732	1415	29	
13	216	104	8	792	1005	43	
14	129	236	8	146	957	26	
15	134	200	8	602	1076	38	

รูปที่ ก.3 แสดงปัญหาขนาดเล็กที่ 3

ก.4 ปัญหาขนาดกลางที่ 1

Number of customers	30			A	B	C	
					2	2	2
Cust No.	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time	
0	0	0	0	0	284	0	
1	172	95	7	139	688	19	
2	202	106	3	584	1312	36	
3	131	92	4	933	1138	27	
4	29	181	7	730	746	28	
5	49	36	8	455	713	16	
6	31	190	6	713	1262	42	
7	179	116	9	765	400	25	
8	87	169	5	291	330	39	
9	159	143	10	555	579	31	
10	120	150	10	287	246	35	
11	151	92	10	411	1217	37	
12	165	51	6	604	1209	36	
13	149	224	5	833	611	27	
14	75	81	8	739	311	45	
15	86	74	5	608	612	20	
16	189	234	8	876	1342	34	
17	29	152	6	467	812	20	
18	180	94	9	153	821	49	
19	59	82	6	750	1070	43	
20	213	67	6	755	616	34	
21	239	189	10	566	1013	12	
22	135	241	3	873	670	41	
23	167	158	4	204	1036	25	
24	48	82	8	685	1064	19	
25	182	229	4	138	530	39	
26	179	66	8	493	1419	32	
27	148	146	5	239	973	31	
28	215	62	10	230	360	38	
29	104	185	6	935	857	18	
30	90	52	9	717	578	27	

รูปที่ ก.4 แสดงปัญหาขนาดกลางที่ 1

ก.5 ปัญหาขนาดกลางที่ 2

Number of customers	30			A	B	C
				2	2	2
Cust No.	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time
0	0	0	0	0	441	0
1	29	40	10	344	983	36
2	225	57	8	932	1421	25
3	174	186	3	559	1186	24
4	234	209	4	936	558	36
5	98	160	5	530	459	37
6	136	109	5	442	1077	31
7	72	238	9	355	595	33
8	237	228	10	203	521	43
9	154	27	4	750	638	27
10	43	59	7	419	597	31
11	171	103	3	558	1187	21
12	82	166	7	383	1347	20
13	25	189	6	412	270	28
14	39	219	4	175	537	19
15	47	156	8	946	702	23
16	80	137	7	480	1223	39
17	160	201	6	985	940	36
18	203	245	4	489	620	38
19	118	195	6	152	1106	32
20	87	168	9	322	441	26
21	37	157	10	376	872	37
22	247	178	10	685	608	22
23	171	143	10	113	823	21
24	197	71	7	411	1149	25
25	232	173	8	184	689	19
26	145	238	4	784	1275	49
27	135	96	3	536	846	47
28	208	63	3	325	394	45
29	217	182	8	163	722	27
30	106	169	3	232	865	49

รูปที่ ก.5 แสดงปัญหาขนาดกลางที่ 2

ก.6 ปัญหาขนาดกลางที่ 3

Number of customers	30			A	B	C	
					2	2	2
Cust No.	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time	
0	0	0	0	0	294	0	
1	116	169	7	946	940	23	
2	234	70	8	162	1106	14	
3	150	191	3	158	1053	16	
4	45	188	3	924	776	22	
5	37	119	10	228	467	43	
6	139	113	9	826	1309	45	
7	191	103	6	643	624	21	
8	195	188	10	634	310	38	
9	95	51	8	705	777	17	
10	38	83	6	491	374	40	
11	64	27	7	237	1076	44	
12	153	236	7	853	1385	10	
13	148	169	9	682	603	43	
14	143	56	3	792	363	40	
15	171	29	10	766	663	36	
16	223	146	5	170	1156	13	
17	110	249	10	153	995	36	
18	205	154	3	700	902	33	
19	82	53	6	659	1295	32	
20	79	51	9	398	568	12	
21	182	106	7	357	1020	33	
22	65	177	7	608	529	12	
23	89	241	6	975	942	21	
24	110	168	6	132	952	38	
25	133	214	9	420	548	15	
26	28	38	9	323	1387	41	
27	238	187	4	872	844	27	
28	244	131	5	676	338	35	
29	168	248	6	248	736	32	
30	172	84	7	323	905	17	

รูปที่ ก.6 แสดงปัญหาขนาดกลางที่ 3

ก.7 ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1

number of customers 45 A B C

Cust No.	X	Y	Demand	Ready Time	Due Date	Service Time
0	0	0	0	0	484	0
1	163	190	8	952	1081	48
2	54	237	10	781	1123	14
3	87	154	7	874	1009	21
4	117	117	3	958	832	50
5	106	159	1	258	744	43
6	55	237	5	451	693	37
7	65	80	8	390	866	12
8	215	381	6	921	1071	24
9	92	75	8	929	1357	48
10	150	181	7	580	934	39
11	162	95	10	339	741	10
12	176	69	5	333	537	32
13	26	94	4	642	1126	42
14	88	182	9	147	442	32
15	205	128	8	185	416	45
16	120	56	6	851	1257	17
17	203	378	4	948	1548	35
18	211	205	5	486	915	46
19	170	67	10	684	983	29
20	111	121	1	590	826	17
21	194	150	5	453	918	42
22	150	356	1	360	466	38
23	246	91	4	625	741	27
24	232	60	1	971	1287	40
25	171	72	9	216	696	12
26	156	43	7	755	932	22
27	134	116	8	319	574	40
28	83	245	7	245	436	48
29	79	156	10	912	1251	38
30	227	145	8	215	537	27
31	236	88	8	315	326	24
32	239	27	10	412	581	45
33	222	36	6	836	1279	30
34	243	63	6	599	879	25
35	24	378	3	807	1051	30
36	195	43	9	940	1337	22
37	199	211	10	269	634	48
38	134	384	3	319	661	43
39	158	241	9	820	961	29
40	42	312	3	426	918	24
41	139	161	8	603	878	26
42	128	321	6	936	1053	34
43	92	68	8	861	1240	23
44	245	141	7	179	568	10
45	248	96	3	784	988	34

รูปที่ ก.7 แสดงปัญหาขนาดใหญ่ที่ 1

ก.8 ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2

Number of customers		45			A	B	C	
						1	1	1
Cust No.	X	Y		Demand	Ready Time	Due Date	Service Time	
0		0		0	0	0	358	0
1		41		152	10	120	1336	17
2		105		96	8	785	1018	35
3		129		89	7	906	1193	39
4		166		40	8	456	865	34
5		167		198	5	831	439	34
6		88		174	7	730	539	11
7		189		69	8	761	849	22
8		215		186	4	361	1396	10
9		140		62	6	693	1067	14
10		221		140	6	540	891	21
11		148		56	6	600	628	26
12		188		84	7	415	543	45
13		230		168	10	967	1125	48
14		75		238	9	117	558	39
15		110		43	5	606	612	17
16		133		236	8	178	1035	45
17		196		154	10	999	1152	32
18		144		87	10	272	785	49
19		234		246	4	643	797	10
20		141		166	8	371	730	34
21		105		140	4	794	593	22
22		228		51	9	658	465	10
23		43		99	3	653	555	11
24		146		144	10	116	1258	11
25		211		112	5	853	480	45
26		69		98	3	777	1057	55
27		116		134	5	681	451	52
28		135		210	10	717	357	10
29		251		205	5	513	1323	58
30		55		204	3	310	618	38
31		192		208	3	215	215	30
32		115		119	9	173	748	50
33		53		85	3	358	1030	45
34		205		248	3	813	1042	56
35		35		82	9	517	1256	16
36		48		57	6	564	1216	57
37		25		118	4	892	399	19
38		181		60	8	104	758	48
39		160		247	8	671	962	42
40		91		39	9	568	623	44
41		94		246	8	945	1022	21
42		158		50	7	692	1421	45
43		244		104	3	541	1309	13
44		155		219	5	252	344	26
45		252		138	4	168	1159	18

รูปที่ ก.8 แสดงปัญหาขนาดใหญ่ที่ 2

ก.9 ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3

Number of customers	45			A	B	C	
					2	2	2
Cust No	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time	
0	0	0	0	0	357	0	
1	186	92	9	446	1388	13	
2	181	101	3	597	1283	31	
3	187	235	4	379	1348	42	
4	154	140	7	674	769	18	
5	186	166	6	521	608	13	
6	191	103	5	977	635	22	
7	25	176	5	348	511	25	
8	50	81	7	280	1109	40	
9	201	211	10	959	1165	36	
10	239	250	10	326	1018	35	
11	118	218	8	102	508	35	
12	121	115	5	995	584	13	
13	103	212	10	496	831	32	
14	118	165	9	408	329	25	
15	152	216	8	157	406	10	
16	189	236	5	889	1025	16	
17	241	131	5	572	1165	24	
18	67	109	10	145	682	24	
19	150	243	6	312	1090	46	
20	75	32	8	991	718	14	
21	147	199	6	663	610	34	
22	162	54	5	272	641	12	
23	246	30	7	222	604	40	
24	136	197	4	955	1270	36	
25	83	153	4	478	351	48	
26	230	27	5	733	869	28	
27	70	240	5	235	387	48	
28	128	128	5	676	582	36	
29	74	244	6	879	1190	41	
30	182	53	7	589	484	31	
31	124	104	8	433	450	21	
32	225	43	7	277	795	25	
33	149	146	4	829	984	49	
34	196	126	9	336	871	50	
35	159	153	4	105	1027	32	
36	174	175	6	531	1274	14	
37	126	222	3	842	706	35	
38	210	225	10	786	553	12	
39	221	215	4	543	1161	33	
40	130	115	5	293	754	29	
41	134	43	8	847	714	45	
42	231	170	9	662	1366	26	
43	81	101	4	198	963	47	
44	117	96	7	416	336	26	
45	182	40	9	713	1235	26	

รูปที่ ก.9 แสดงปัญหาขนาดใหญ่ที่ 3

ก.10 ปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4

Number of customers		45		A	B	C
					2	2	2
Cust No	X	Y	Demand	Ready Tim	Due Date	Service Time
	0	0	0	0	0	201	0
	1	118	58	8	666	1190	12
	2	216	110	7	990	1116	25
	3	25	246	6	978	1095	37
	4	50	233	3	218	683	49
	5	238	187	8	767	385	16
	6	83	136	4	646	616	23
	7	169	32	3	102	585	47
	8	73	85	3	125	1308	25
	9	100	207	3	561	1377	44
	10	143	221	10	316	765	48
	11	34	242	3	633	692	33
	12	248	185	8	400	506	25
	13	42	59	3	942	918	45
	14	96	248	4	553	370	46
	15	135	194	10	580	612	21
	16	34	192	3	941	963	45
	17	136	184	8	357	1100	30
	18	106	211	8	954	674	32
	19	156	168	3	910	835	18
	20	202	118	9	771	768	43
	21	153	156	4	502	660	14
	22	42	236	10	689	585	16
	23	81	145	4	930	641	44
	24	229	158	5	410	1416	40
	25	162	117	5	408	549	34
	26	32	30	4	126	1077	25
	27	34	93	6	480	384	23
	28	201	182	10	852	614	42
	29	85	238	10	611	1041	15
	30	240	120	5	849	607	17
	31	151	185	8	760	265	11
	32	179	201	5	768	639	18
	33	105	37	10	868	1084	22
	34	189	113	6	233	930	28
	35	247	120	8	705	1129	35
	36	84	28	7	278	1356	50
	37	73	187	4	399	487	40
	38	190	94	6	861	680	32
	39	195	203	9	684	1150	37
	40	220	34	5	944	856	17
	41	37	149	5	945	1087	47
	42	64	214	10	230	1272	50
	43	246	88	9	534	1011	49
	44	221	153	10	608	333	34
	45	180	27	6	589	1166	14

รูปที่ ก.10 แสดงปัญหาขนาดใหญ่ที่ 4

ตารางที่ ก.1 ตารางแสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยของปัญหาขนาดเล็กที่ 1 ทั้งหมด

Source	P-value
Number*Crossover type	0.018
Number*Mutation Type	0.724
Number*Probability of Crossover	0.455
Number*Probability of Mutation	0.596
Crossover type*Mutation Type	0.932
Crossover type*Probability of Crossover	0.000
Crossover type*Probability of Mutation	0.173
Mutation Type*Probability of Crossover	0.116
Mutation Type*Probability of Mutation	0.072
Probability of Crossover*Probability of Mutation	0.575
Number*Crossover type*Mutation Type	0.439
Number*Crossover type*Probability of Crossover	0.099
Number*Crossover type* Probability of Mutation	0.023
Number*Mutation Type*Probability of Crossover	0.347
Number*Mutation Type*Probability of Mutation	0.009
Number*Probability of Crossover*Probability of Mutation	0.018
Crossover type*Mutation Type*Probability of Crossover	0.008
Crossover type*Mutation Type*Probability of Mutation	0.071
Crossover type*Probability of Crossover*Probability of Mutation	0.009
Mutation Type*Probability of Crossover*Probability of Mutation	0.337
Number*Crossover type*Mutation Type*Probability of Crossover	0.912
Number*Crossover type*Mutation Type*Probability of Mutation	0.056
Number*Crossover type*Probability of Crossover* Probability of Mutation	0.312
Number*Mutation Type*Probability of Crossover*Probability of Mutation	0.417
Crossover type*Mutation Type*Probability of Crossover*Probability of Mutation	0.832
Number*Crossover type*Mutation Type*Probability of Crossover *Probability of Mutation	0.068

ตาราง ก.2 ตารางแสดงค่าอันดับคะแนนรวมของพารามิเตอร์ของโจทย์ข้อที่ 150

ค่าพารามิเตอร์					คะแนนรวม	อันดับคะแนนรวม
Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation		
20/100	Two Point	Group	0.9	0.1	852	6
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	694.5	4
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	664	1
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	685	3
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	665	2
10/200	Two Point	Group	0.9	0.2	831	5

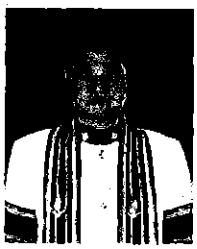
ตาราง ก.3 ตารางแสดงค่าอันดับคะแนนรวมของพารามิเตอร์ของโจทย์ข้อที่ 200

ค่าพารามิเตอร์					คะแนนรวม	อันดับคะแนนรวม
Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation		
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	800	1
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	826	2
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	844	3
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	844.5	4
10/200	Two Point	Group	0.9	0.2	1026	5

ตาราง ก.4 ตารางแสดงค่าอันดับคะแนนรวมของพารามิเตอร์ของโจทย์ข้อที่ 250

ค่าพารามิเตอร์					คะแนนรวม	อันดับคะแนนรวม
Number	Crossover Type	Mutation Type	Probability of Crossover	Probability of Mutation		
20/100	Two Point	Group	0.9	0.2	946	1
20/100	Two Point	Swapping	0.9	0.2	973.5	2
20/100	Two Point	Group	0.7	0.2	974	3
20/100	Two Point	Swapping	0.7	0.2	997	4
10/200	Two Point	Group	0.9	0.2	1200	5

ประวัติผู้จัดทำโครงงาน



ชื่อ นายชนะพล ทองแดง

ภูมิลำเนา 10/4หมู่ 4 ต.กำเนิดนพคุณ อ.บางสะพาน จ.ประจวบคีรีขันธ์

ประวัติการศึกษา

- จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบางสะพานวิทยา
- ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรีชั้นปีที่ 4
  สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ
  คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

E-mail: chana_pol@windowslive.com