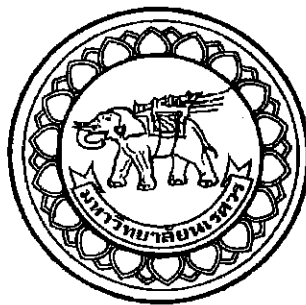


อกิบัณฑิตการ



สำนักหอสมุด



การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ
เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM TO MINIMIZE TOTAL COST
BY SIMULATED ANNEALING

นางสาววรรณฉิมา ธินาสุนย์
นางสาวขวัญวิมล เปี่ยมสิน

รหัส 56360948
รหัส 56360962

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยนเรศวร

วันลงทะเบียน 6 มิถุนายน 2559

เลขทะเบียน 19224400

เลขเรียกหนังสือ ก 171 ก

2559

ปริญญาบัตรนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2559



ใบรับรองปริญญาโท

ชื่อหัวข้อโครงการ การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง

ผู้ดำเนินโครงการ นางสาวกรรณติมา ธนาสุนย์ รหัส 56360948
 นางสาวขวัญวิมล เปี่ยมสิน รหัส 56360962


ที่ปรึกษาโครงการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิตี คำเมือง

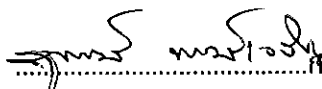
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

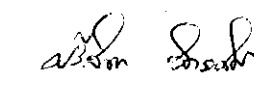
ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

ปีการศึกษา 2559

.....
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบรจรัม อนุมัติให้ปริญญาโทฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ


.....ที่ปรึกษาโครงการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิตี คำเมือง)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ พงษ์เจริญ)


.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสังจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงการ	การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง		
ผู้ดำเนินโครงการ	นางสาวกรรณธิดา ชูนาสุนย์	รหัส	56360948
	นางสาวขวัญวิมล เปี่ยมสิน	รหัส	56360962
ที่ปรึกษาโครงการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง		
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ		
ปีการศึกษา	2559		

บทคัดย่อ

โครงการนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะที่พิจารณาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และมีการคำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะนี้ มีลักษณะที่แตกต่างจากปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบดั้งเดิม คือ มีการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดจากน้ำหนักบรรทุก ทำให้ปัญหานี้จัดเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนขึ้นจากปัญหาแบบดั้งเดิม โดยโครงการนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะที่พิจารณาค่าใช้จ่ายรวม และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะที่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง

สำหรับวิธีรอบอ่อนจำลองที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหานี้ เป็นวิธีที่จัดอยู่ในกลุ่มเมตาฮิวริสติก เป็นวิธีในการหาคำตอบที่ใช้เวลารวดเร็ว แต่ไม่รับรองว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งวิธีรอบอ่อนจำลองนี้มีหลักการ คือ คำตอบปัจจุบันที่ยอมรับให้เป็นคำตอบใหม่จะไม่ใช้แต่เฉพาะคำตอบที่ดีขึ้นเท่านั้น แต่บางครั้งสามารถยอมรับคำตอบปัจจุบันที่มีคุณภาพคำตอบแยกลงมาเป็นคำตอบใหม่ที่จะนำไปดำเนินการต่อ โดยวิธีรอบอ่อนจำลอง มีค่าพารามิเตอร์ที่ต้องกำหนดซึ่งอาจมีผลต่อคุณภาพของผลลัพธ์ ได้แก่ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่

วิธีรอบอ่อนจำลองที่คณะผู้จัดทำโครงการได้นำมาประยุกต์ใช้ ได้มีการนำมาทดสอบกับปัญหาสามขนาด คือ ขนาดเล็ก กลาง และใหญ่ เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมของแต่ละปัญหา และได้มีการนำไปเปรียบเทียบกับวิธีการอื่นๆ ได้แก่ วิธีอาณานิคมมด วิธีกลุ่มอนุภาค วิธีการเชิงพันธุกรรม และวิธีการหาคำตอบเฉพาะที่แบบทำซ้ำ

Project title SOLVING VEHICLE ROUTING PROBLEM TO MINIMIZE
TOTAL COST BY SIMULATED ANNEALING

Name Miss Kanthima Thunasun ID. 56360948
Miss Khwanwimon Piamsin ID. 56360962

Project advisor Asst.Prof.Dr.Kwanniti Khammuang

Major Industrial Engineering

Department Industrial Engineering

Academic year 2016

.....

Abstract

This project proposes a Simulated Annealing algorithm for solving the vehicle routing problem to minimize total cost with consideration of loading cost. This problem differs from the traditional Vehicle Routing Problem (VRP) in that it also considers loading cost which complicates the problem and increases its difficulty. Here, the objective of this project to create a program to solve the problem with Simulated Annealing and find the suitable parameter setting for the algorithm.

Simulated Annealing algorithm is one of metaheuristic methods which usually acquires fast computation time but does not guarantee optimal solution. The principle of Simulated Annealing algorithm is to accept a new answer which may not be superior than the current solution which are Maximum Temperature, Eq, Cooling Rate and Local Search method, are important for Simulated Annealing application as they can influence the quality of solution.

The experiment were performed on nine problems of various sizes, namely small, middle and large, in order to find suitable parameters and assesses the algorithm's performance. The results were compared with those obtained from Ant Colony Optimization, Particle Swarm Optimization, Genetic Algorithm and Iterated Local Search

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปเป็นอย่างดี ด้วยความช่วยเหลือเป็นอย่างดี จากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ขวัญนิตี คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญาานิพนธ์ ซึ่งท่านได้ให้ความรู้ คำแนะนำ และข้อคิดเห็นต่างๆ ในการทำปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้ และยังช่วยแก้ไขข้อบกพร่อง ตรวจทาน เพื่อให้การเขียนรายงานฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด อีกทั้งยังต้องขอขอบคุณคณะกรรมการทั้งสอง ท่านประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อุพงษ์ พงษ์เจริญ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศรีสัจจา วิหยศักดิ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือในการแก้ไข และให้คำแนะนำที่มีประโยชน์ ทำให้งานวิจัยครั้งนี้มีคุณค่ามากยิ่งขึ้น ขอขอบคุณอาจารย์กานต์ ศุภจิตกุล ที่ให้คำแนะนำและตรวจทานรูปเล่ม เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสามารถสำเร็จเป็นปริญญาานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่สนับสนุนทุนการศึกษาสำหรับการเล่าเรียน และกำลังใจในการทำงาน และขอบคุณเพื่อนร่วมโครงการที่คอยช่วยเหลือในการทำงานเสมอมา

ผู้ดำเนินโครงการ

นางสาวกรรณดิมา ธุนาสุนย์

นางสาวขวัญวิมล เปี่ยมสิน

เมษายน 2560

สารบัญ

	หน้า
ใบรับรองปริญญาโท.....	ก
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract).....	ค
กิตติกรรมประกาศ.....	ง
สารบัญ.....	จ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญรูป.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ.....	2
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs).....	2
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome).....	2
1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ.....	2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ.....	4
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ.....	4
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการ.....	5
บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี.....	7
2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง.....	7
2.1.1 กลุ่มลูกค้า (Set of Customer).....	7
2.1.2 ยานพาหนะ (Vehicle).....	7
2.1.3 คลังสินค้า (Depot).....	7
2.1.4 เส้นทาง (Route).....	8
2.2 การจำแนกประเภทของ VRP.....	8
2.2.1 จัดกลุ่มตามลักษณะตามความต้องการของลูกค้า.....	8
2.2.2 จัดกลุ่มตามเวลาในการเดินทาง.....	10
2.2.3 จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านกรอบเวลา.....	10
2.2.4 จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น.....	13
2.3 วิธีแก้ปัญหการจัดเส้นทางยานพาหนะ.....	14

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.3.1 วิธีแม่นยำตรง (Exact Solution).....	14
2.3.2 วิธีฮิวริสติก (Heuristics).....	15
2.3.3 วิธีเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic Method).....	15
2.4 วิธีการอบอ่อนจำลอง.....	17
2.4.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิธีการอบอ่อนจำลอง	18
2.4.2 การทำงานของ Simulated Annealing Diagram.....	21
2.5 โปรแกรม Visual Basic for Application บน Microsoft Excel.....	21
บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ	22
3.1 ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ.....	23
3.2 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการเมตาฮิวริสติก.....	23
3.3 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการอบอ่อนจำลอง	24
3.4 พัฒนาวิธีการหาคำตอบที่จะใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทาง	
สำหรับยานพาหนะเพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง.....	25
3.5 ปัญหาที่ทำการศึกษา	35
3.6 เจือใจของน้ำหนักรบรรทุก.....	36
3.7 ศึกษาโปรแกรมภาษา Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel	43
3.8 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม	43
3.9 ใช้วิธีการหาคำตอบแบบการอบอ่อนจำลองเพื่อค้นหาคำตอบกับปัญหาทดสอบ.....	43
3.10 ทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง	43
3.11 แก้ไขและปรับปรุงการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทาง	
การขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง	46
3.12 สรุปผลและนำเสนอผลงาน	46
บทที่ 4 วิธีดำเนินโครงการ	47
4.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ	47
4.2 ลักษณะของปัญหาในโครงการ	48
4.3 การสร้างคำตอบเริ่มต้น การซ่อมแซมคำตอบ การปรับปรุงคำตอบ	
และการประเมินค่าคำตอบ	48
4.4 การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ (Local Search: LS)	50

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.5 การออกแบบวิธีการอบอุ่นจำลองสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่งยานพาหนะ	56
4.6 รายละเอียดโปรแกรมและวิธีการใช้งานโปรแกรมอย่างย่อ	59
4.7 ผลการทดสอบโปรแกรมการหาคำตอบของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่งยานพาหนะโดยใช้วิธีการอบอุ่นจำลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง	64
4.8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์	122
4.9 การแสดงผลลัพธ์และการสรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีอื่นๆ	150
4.10 กรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางนั้น	153
4.11 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้า ตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางนั้น	204
4.12 การแสดงผลลัพธ์และการสรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของกรณี รถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้นกับวิธีอื่นๆ	232
4.13 การอภิปรายการออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์	235
4.14 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม	236
บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	247
5.1 บทสรุป	247
5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงการ	251
5.3 ข้อเสนอแนะ	251
เอกสารอ้างอิง	253
ภาคผนวก ก โจทย์ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบ	255
ภาคผนวก ข Source Code ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Application	273
ประวัติผู้ดำเนินโครงการ	335

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน.....	5
3.1 ตารางที่ 3.1 แสดงรูปแบบตัวแทนคำตอบของวิธี 3-Opt/3-Opt*	27
3.2 ระยะทางระหว่างลูกค้ำกับศูนย์กระจายสินค้า และระยะทางระหว่างลูกค้ำแต่ละรายของตัวอย่างปัญหา VRP	38
3.3 ช่วงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า เวลาที่ใช้ขนถ่ายสินค้า และค่าปรับเนื่องจากส่งสินค้าไม่ทันช่วงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้าทั้ง 6 ราย	38
3.4 ความต้องการของลูกค้ำทั้ง 6 ราย	38
3.5 ความจุในการบรรทุกสินค้าของรถแต่ละคัน	39
3.6 ตัวแทนคำตอบของเส้นทาง	39
3.7 รายละเอียดเกี่ยวกับยานพาหนะของปัญหาขนาดเล็ก.....	43
3.8 รายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้ำของปัญหาขนาดเล็ก	44
3.9 รายละเอียดเกี่ยวกับยานพาหนะของปัญหาขนาดกลาง	44
3.10 รายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้ำของปัญหาขนาดกลาง.....	45
3.11 รายละเอียดเกี่ยวกับยานพาหนะของปัญหาขนาดใหญ่.....	45
3.12 รายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้ำของปัญหาขนาดใหญ่.....	45
4.1 แสดงปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะพบในงานวิจัย.....	47
4.2 แสดงลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่.....	65
4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้	66
4.4 แสดงค่าพารามิเตอร์แต่ละชุด	66
4.5 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	71
4.6 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	76
4.7 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	81
4.8 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	86
4.9 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2.....	92
4.10 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3	97
4.11 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1	102
4.12 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2	107
4.13 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3	112
4.14 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท	114

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ.....	150
4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ.....	151
4.17 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธี SA กับวิธีอื่นๆ.....	152
4.18 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	155
4.19 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	158
4.20 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	163
4.21 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	168
4.22 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2.....	173
4.23 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	178
4.24 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	183
4.25 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	188
4.26 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	194
4.27 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท.....	199
4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ.....	232
4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ.....	233
4.30 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธี SA กับวิธีอื่นๆ.....	234
4.31 แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโจทย์ขนาดกลาง 3.....	236
4.32 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหา ขนาดกลาง 3.....	239
4.33 แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโจทย์ขนาดกลาง 3.....	240
4.34 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทย์ปัญหา ขนาดกลาง 3.....	243
4.35 แสดงกรอบเวลาและค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ.....	245
5.1 แสดงการสรุปผลค่าใช้จ่ายต่ำสุดและพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด.....	247
5.2 แสดงการสรุปพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่าย น้อยที่สุดจากผลการทดสอบโปรแกรม.....	248
5.3 แสดงการสรุปพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่าย น้อยที่สุด จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16.....	248

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
5.4 แสดงการสรุปผลค่าใช้จ่ายต่ำสุดและพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด ของกรณีปัญหาการขนส่งยานพาหนะที่บรรทุกสินค้าเท่าความจำเป็นหรือ เท่าความต้องการของลูกค้า.....	249
5.5 แสดงการสรุปพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ของกรณีปัญหา การขนส่งยานพาหนะที่บรรทุกสินค้าเท่าความจำเป็นหรือเท่าความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากผลการทดสอบโปรแกรม.....	250
5.6 แสดงการสรุปพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ของกรณีปัญหา การขนส่งยานพาหนะที่บรรทุกสินค้าเท่าความจำเป็นหรือเท่าความต้องการของลูกค้า เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16	250



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 การจัดเส้นทางยานพาหนะ.....	8
2.2 การขนส่งสินค้าแบบค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแน่นอน.....	9
2.3 การขนส่งสินค้าแบบค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่า แต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน.....	9
2.4 การขนส่งสินค้าแบบไม่ทราบความต้องการของลูกค้า.....	10
2.5 การขนส่งสินค้าแบบไม่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา.....	11
2.6 การขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด.....	11
2.7 การขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาแบบเคร่งครัด.....	12
2.8 การขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาที่มีทั้งเคร่งครัดและไม่เคร่งครัด.....	13
2.9 การขนส่งสินค้าแบบมีจุดเริ่มต้นเดียว.....	13
2.10 การขนส่งสินค้าแบบมีจุดเริ่มต้นหลายจุด.....	14
2.11 Simulated Annealing Diagram.....	19
3.1 ผังงานแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ.....	22
3.2 เส้นทางของตัวแทนคำตอบที่ขึ้นมา.....	25
3.3 ตัวแทนคำตอบที่จะนำไปปรับปรุง.....	26
3.4 การซ่อมแซมคำตอบโดยวิธี 2-Opt/2-Opt*.....	26
3.5 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 2-Opt/2-Opt*.....	27
3.6 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 1.....	28
3.7 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 2.....	28
3.8 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 3.....	29
3.9 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 4.....	29
3.10 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 5.....	30
3.11 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 6.....	30
3.12 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 7.....	31
3.13 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 3-Opt/3-Opt*.....	31
3.14 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี Shift 10.....	32
3.15 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี Shift 10.....	32
3.16 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 1-1 Interchange.....	33
3.17 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 1-1 Interchange.....	33
3.18 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี Shift 20.....	34
3.19 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 2-2 Interchange.....	34

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.20 เส้นทางการขนส่งสินค้า.....	39
3.21 เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 1.....	41
3.22 เส้นทางการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 2	42
4.1 แสดงคำตอบเริ่มต้น.....	48
4.2 แสดงตัวอย่างการสร้างคำตอบเริ่มต้น.....	49
4.3 การซ่อมแซมคำตอบ.....	50
4.4 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 2-Opt/2-Opt*	51
4.5 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 3-Opt/3-Opt*	52
4.6 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี Shift 10	53
4.7 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 1-1 Interchange.....	54
4.8 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 2-2 Interchange	55
4.9 แสดงการทำงานของวิธีการอบอุ่นจำลองสำหรับการแก้ปัญหา การจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ.....	56
4.10 แสดงส่วนรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม	59
4.11 แสดงส่วน Problem	60
4.12 แสดงช่อง Number of Iteration.....	60
4.13 แสดงช่อง Parameter	61
4.14 แสดงส่วน Local Search	61
4.15 แสดงปุ่มกด OK และ Cancel	62
4.16 แสดงข้อความขึ้นเตือนว่ากรุณากรอกแค่เฉพาะตัวเลขเท่านั้น	62
4.17 แสดงส่วนประมวลผล.....	62
4.18 แสดงส่วนค่าที่ได้จากการประมวลผล	63
4.19 แสดงการประมวลผล	64
4.20 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	123
4.21 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1	124
4.22 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	124
4.23 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	125
4.24 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	126
4.25 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2	127
4.26 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	127

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.27 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	128
4.28 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	129
4.29 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	130
4.30 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	130
4.31 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	131
4.32 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	132
4.33 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	133
4.34 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	133
4.35 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	134
4.36 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2.....	135
4.37 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2.....	136
4.38 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	136
4.39 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	137
4.40 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	138
4.41 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	139
4.42 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	139
4.43 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	140
4.44 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	141
4.45 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	142
4.46 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	143
4.47 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	143
4.48 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	144
4.49 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	145
4.50 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	145
4.51 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	146
4.52 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	147
4.53 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	148
4.54 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	148
4.55 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	149

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.56 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	205
4.57 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	206
4.58 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	206
4.59 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1.....	207
4.60 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	208
4.61 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	209
4.62 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	209
4.63 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	210
4.64 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	211
4.65 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	212
4.66 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	212
4.67 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 3.....	213
4.68 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	214
4.69 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	215
4.70 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	215
4.71 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1.....	216
4.72 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2.....	217
4.73 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2.....	218
4.74 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	218
4.75 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2.....	219
4.76 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	220
4.77 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	221
4.78 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	221
4.79 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3.....	222
4.80 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	223
4.81 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	224
4.82 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	224
4.83 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1.....	225
4.84 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	226
4.85 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	227

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.86 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	227
4.87 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2.....	228
4.88 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	229
4.89 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	230
4.90 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3.....	230
4.91 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3	231
4.92 แสดงตัวแทนคำตอบของการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับ	244
4.93 แสดงเวลาในการขนส่งของยานพาหนะ.....	246



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงการ

การขนส่งสินค้าโดยรวมของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่า รูปแบบการขนส่งสินค้าในระบบโลจิสติกส์ของไทยพึ่งพารูปแบบการขนส่งหลักๆ อยู่ 5 โหมดการขนส่ง โดยอาศัยการคมนาคมขนส่งสินค้าทางบกมากที่สุดกว่าร้อยละ 87 ของปริมาณการขนส่งสินค้าทั้งหมดของประเทศ รองลงมาเป็นรูปแบบการขนส่งสินค้าทางชายฝั่งทะเลและแม่น้ำ ซึ่งมีปริมาณการขนส่งในแต่ละรูปแบบอยู่ที่ประมาณร้อยละ 5 ส่วนการคมนาคมขนส่งสินค้าทางรถไฟมีสัดส่วนอยู่ที่ประมาณร้อยละ 2 และสุดท้ายเป็นการขนส่งทางอากาศมีปริมาณอยู่เพียงไม่ถึงร้อยละ 0.5 ดังนั้น การขนส่งทางถนนจึงเป็นรูปแบบหลักการขนส่งสินค้าในระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย

การขนส่งสินค้านับว่าเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีบทบาทที่สำคัญต่อคนในสังคม โดยทำหน้าที่เป็นตัวกลางในการกระจายสินค้าจากกลุ่มผู้ผลิตไปยังผู้บริโภค ซึ่งปัญหาการกระจายสินค้าก็ยังคงเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่มีความสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมที่มีต้นทุนส่วนใหญ่เป็นของการขนส่ง ซึ่งกระบวนการขนส่งโดยทั่วไปจะมุ่งเน้นในส่วนของการจัดการให้ส่งสินค้าถึงลูกค้าให้ได้เร็วที่สุดตามตารางเวลาที่ได้วางแผนไว้ รวมถึงการจัดลำดับการขนส่งสินค้าให้ลูกค้าแต่ละรายว่าควรจัดส่งให้ลูกค้ารายใดเป็นลำดับแรก และรายใดเป็นลำดับต่อไป เพื่อให้การขนส่งในแต่ละครั้งมีความคุ้มค่ามากที่สุด ซึ่งอาจจะทำให้ละเลยในการคิดปัจจัยร่วมที่จะเกิดขึ้นในระหว่างการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้ากลางไปยังลูกค้า

ในปัจจุบันต้นทุนค่าน้ำมันรถคิดเป็นร้อยละ 50 ถึงร้อยละ 60 ของต้นทุนค่าขนส่งโดยรวม ตัวแปรนี้เป็นตัวแปรที่ส่งผลกระทบต่อผู้ประกอบการขนส่ง เพราะว่าการปรับราคาน้ำมันขึ้นมาในแต่ละครั้ง ลูกค้าก็ไม่ได้ปรับอัตราค่าขนส่งขึ้นให้ โดยลูกค้าส่วนใหญ่จะอ้างว่าเพื่อให้ธุรกิจสามารถแข่งขัน และยังดำเนินธุรกิจต่อไปได้ มิเช่นนั้นก็ต้องเสียส่วนแบ่งทางการตลาด (Market Share) แล้วในที่สุดผู้ประกอบการขนส่งก็ไม่สามารถอยู่ได้เช่นกัน (ศรีณย์ธร. 2555) ในการขนส่งสินค้าแต่ละครั้ง นอกจากจะคำนึงถึงความจุของรถแล้ว ควรคำนึงถึงน้ำหนักแต่ละครั้งที่รถต้องบรรทุกสินค้าด้วย เพราะถักรถยิ่งบรรทุกสินค้าน้ำหนักมากจะส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางเพิ่มขึ้นอีกด้วย

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งโดยส่วนใหญ่จะกำหนดเงื่อนไขด้านต่างๆ เช่น จำนวนคลังสินค้า ครอบคลุมเวลาในการจัดส่ง หรือประเภทของความจุยานพาหนะ ซึ่งต้นทุนค่าใช้จ่ายจะมีค่าเท่ากับระยะทางที่ต่ำที่สุด แต่ในทางปฏิบัติการขนส่งสินค้าไม่ขึ้นอยู่กับระยะทางอย่างเดียว แต่จะพิจารณาน้ำหนักบรรทุกทุกตัวด้วย โดยปัญหาที่ไม่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกนั้นจะได้เส้นทางที่มีระยะทางที่ต่ำที่สุดแต่ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้อาจจะไม่ต่ำที่สุด

ดังนั้น คณะผู้จัดทำจึงได้เลือกปัญหาการการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดขึ้นมาศึกษา ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะ โดยที่ระยะเวลาไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าจำนวนสินค้าที่รถบรรทุกจะไม่ส่งผลต่อความเร็วของรถ กำหนดให้ความเร็วของรถคงที่ไม่มีเปลี่ยนแปลง และมีเป้าหมายของโครงการ คือ เพื่อให้ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการเดินทางต่ำสุด และค่าปรับที่เกิดขึ้นเนื่องจากการละเมิดกรอบเวลาต่ำสุด โดยคณะผู้จัดทำได้นำหลักการของการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing : SA) ซึ่งเป็นกลวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาการหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ในบริเวณหนึ่งๆ (Local Optimum) ของพื้นที่คำตอบทั้งหมด แต่คำตอบนั้นอาจจะยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด (Global Optimum) โดยหลักการทำงานของวิธีการอบอ่อนจำลองจะมีลักษณะการวนซ้ำ จึงเหมาะที่จะใช้คอมพิวเตอร์มาช่วยในการหาคำตอบ โดยภาษาที่เลือกใช้ในการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ คือ Visual Basic for Applications (VBA) ซึ่งเป็นภาษาที่เป็นมาตรฐานในโปรแกรม Microsoft Excel ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อสร้างโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง และหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Outputs)

1.3.1 โปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

1.3.2 การทดลองมีการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุดตามเงื่อนไขที่กำหนด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงการ

1.5.1 ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะที่ทำการศึกษา มีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งต่ำที่สุด ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมประกอบไปด้วย ค่าใช้จ่ายจากการบรรทุก

สินค้า (Loading Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้ยานพาหนะ (Fixed Cost) ค่าใช้จ่ายที่เกิดจากการเดินทาง (Variable Cost) และค่าปรับที่เกิดจากการส่งสินค้าช้าไปจากกรอบเวลา (Penalty Cost)

1.5.2 มีศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว และมีสินค้าพร้อมส่งไม่จำกัด

1.5.3 มีข้อมูลนำเข้าที่ทราบค่าแน่นอน ได้แก่

1.5.3.1 รายละเอียดของลูกค้าประกอบด้วย กรอบเวลาในการรับสินค้า ตำแหน่งของลูกค้า และปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า

1.5.3.2 ยานพาหนะประกอบด้วย จำนวนยานพาหนะ ประเภทของยานพาหนะ และความจุของยานพาหนะ

1.5.4 ข้อจำกัดยานพาหนะ

1.5.4.1 ยานพาหนะแต่ละคันจะต้องใช้เส้นทางใดเส้นทางหนึ่งเท่านั้น ในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า

1.5.4.2 ยานพาหนะทุกคันจอดอยู่ที่คลังสินค้า และยานพาหนะพร้อมใช้งานอยู่ตลอดเวลา หรือจะถูกใช้งานเมื่อจำเป็นเท่านั้น

1.5.4.3 ยานพาหนะจะเริ่มต้นออกจากคลังสินค้าในเวลาเริ่มต้นของวันทำงาน และจะกลับมาที่คลังสินค้าเมื่อส่งสินค้าเสร็จ

1.5.4.4 เมื่อยานพาหนะออกจากคลังสินค้าไปแล้ว จะไม่มีการรับคำสั่งซื้อ (Order) จากลูกค้ารายใหม่ในระหว่างทาง

1.5.4.5 ยานพาหนะแต่ละประเภทจะมีความเร็วในการขนส่งสินค้าไม่เท่ากัน และความเร็วของรถแต่ละประเภท จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของสินค้าที่รถบรรทุก

1.5.4.6 ยานพาหนะจะทำหน้าที่ส่งสินค้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า

1.5.4.7 ลูกค้าแต่ละคนจะสามารถรับสินค้าได้จากยานพาหนะเพียงคันเดียว และครั้งเดียวเท่านั้น

1.5.4.8 ระยะเวลาในการเดินทางขึ้นอยู่กับประเภทของยานพาหนะ

1.5.4.9 ยานพาหนะแต่ละคัน จะไม่สามารถบรรทุกสินค้าเกินกว่าความจุของตัวเองได้

1.5.4.10 ระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละรายมีความสมมาตรกัน

1.5.5 ลูกค้าแต่ละคนจะมีกรอบเวลาที่ยานพาหนะต้องไปถึงในช่วงเวลาที่กำหนด

1.5.5.1 ถ้าหากยานพาหนะเดินทางไปถึงลูกค้าก่อนเวลาการรับสินค้า ยานพาหนะจำเป็นต้องรอคอยให้ถึงช่วงเวลาเริ่มต้นของกรอบเวลาลูกค้ารายนั้นก่อนจึงจะสามารถส่งของได้

1.5.5.2 ถ้าหากยานพาหนะไปส่งของถึงลูกค้าเลยเวลาที่ลูกค้ากำหนด ลูกค้าจะสามารถรับสินค้าได้ (ในกรณีนี้จะมีค่าปรับ ซึ่งค่าปรับไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา)

1.5.5.3 เวลาที่ใช้สำหรับขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ละรายมีค่าเท่ากัน

1.5.6 ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และวิธีการการอบอ่อนจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ทดลองกับโจทย์ปัญหาที่ได้จำลองไว้ แบ่งออกเป็น 3 ขนาด คือ ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1.5.6.1 ปัญหาขนาดเล็ก มีอยู่ 3 ปัญหา

1.5.6.2 ปัญหาขนาดกลาง มีอยู่ 3 ปัญหา

1.5.6.3 ปัญหาขนาดใหญ่ มีอยู่ 3 ปัญหา

1.5.7 ใช้เครื่องมือในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยวิธีการอบอ่อนจำลองบนโปรแกรม Microsoft Excel

1.5.8 วิธีการปรับปรุงคำตอบที่จะใช้ในการพัฒนาคำตอบนั้นมีอยู่ 5 วิธี ดังต่อไปนี้

1.5.8.1 วิธี 2-Opt/2-Opt*

1.5.8.2 วิธี 3-Opt/3-Opt*

1.5.8.3 วิธี Shift 10

1.5.8.4 วิธี 1-1 Interchange

1.5.8.5 วิธี 2-2 Interchange

1.5.9 ในการพิจารณาค่าใช้จ่ายจะมีการพิจารณาเป็น 2 กรณี คือ

1.5.9.1 กรณีที่ 1 รถทุกคันจะบรรทุกเต็มความจุตอนออกเดินทางไปยังลูกค้า

1.5.9.2 กรณีที่ 2 รถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่กำหนดในเส้นทางเท่านั้น

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงการ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรัตนนคร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

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

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงการงาน

ลำดับ	การดำเนินโครงการงาน	ช่วงเวลา											
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.			
1.8.1	ศึกษาปัญหาการจัด เส้นทางยานพาหนะ ประเภทต่างๆ	←→											
1.8.2	ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับ วิธีการเมตาฮิวริสติก	←→											
1.8.3	ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับ วิธีการอบอ่อนจำลอง		←→										
1.8.4	เลือกปัญหา VRP ที่ น่าสนใจ		←→										
1.8.5	ศึกษาโปรแกรมภาษา VBA บน Microsoft Excel		←→										
1.8.6	พัฒนาวิธีการหาคำตอบที่ จะใช้แก้ปัญหาการจัด เส้นทางขนส่งสำหรับ ยานพาหนะ เพื่อหา ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดย วิธีการอบอ่อนจำลอง						←→						
1.8.7	เขียนโปรแกรมโดยใช้ ภาษา VBA บน Microsoft Excel							←→					
1.8.8	ทดสอบโปรแกรมการ แก้ปัญหาการจัดเส้นทาง ขนส่งสำหรับ ยานพาหนะ เพื่อหา ค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดย วิธีการอบอ่อนจำลอง									←→			

ตารางที่ 1.1 (ต่อ) ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	ช่วงเวลา												
		ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.				
1.8.9	ปรับปรุงการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง												←	→
1.8.10	สรุปผล												←	→



บทที่ 2

หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ในบทนี้ได้กล่าวถึงหลักการ และทฤษฎีของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ หลักการทั่วไปของวิธีการเมตาฮิวริสติกในภาพรวม อธิบายลักษณะวิธีการรอบอ่อนจำลองในการแก้ปัญหา และโปรแกรม VBA บน Microsoft Office ในการช่วยหาคำตอบ

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problem : VRP)

นิยาม VRP คือ การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าตามจุดต่างๆ เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจให้กับผู้ใช้ระบบ โดยมีศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียว และมีรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมีข้อจำกัด เรื่องความสามารถในการบรรทุกโดยพิจารณาเรื่องน้ำหนัก และปริมาตรของสินค้าให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของความจุรถ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด (ธารชุตตา พันธุ์นิกุล, 2551)

การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ เป็นปัญหาด้านการขนส่ง (Logistics) แบบหนึ่ง ที่มุ่งเน้นในการขนส่งสินค้าตรงตามจำนวนความต้องการที่กำหนดไปยังกลุ่มลูกค้าให้ครบถ้วน ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่คลังสินค้า โดยมีเส้นทางรวมในการเดินทางที่สั้นที่สุด หรือให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยทั่วไปแล้วปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนั้นประกอบไปด้วย

2.1.1 กลุ่มลูกค้า (Set of Customers)

ลูกค้าแต่ละรายจะถูกกำหนดให้อยู่กระจายในจุด (Node) ต่างๆกัน มีความต้องการรับหรือส่งสินค้าในจำนวนต่างๆ และในบางครั้งอาจมีการกำหนดความต้องการด้านเวลาเพิ่มเข้าไป

2.1.2 ยานพาหนะ (Vehicles)

รถบรรทุก เรือ เครื่องบิน หรือสิ่งที่เตรียมไว้สำหรับการขนส่งที่ใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้า มีหน้าที่เดินทางรับส่งสินค้าระหว่างลูกค้า และคลังสินค้า ซึ่งจะมีข้อจำกัดในการบรรทุก (Capacity) ซึ่งอาจกำหนดเป็นจำนวนชั้นของสินค้า หรือน้ำหนักของสินค้าที่สามารถบรรทุกได้สูงสุดต่อยานพาหนะนั้นๆ

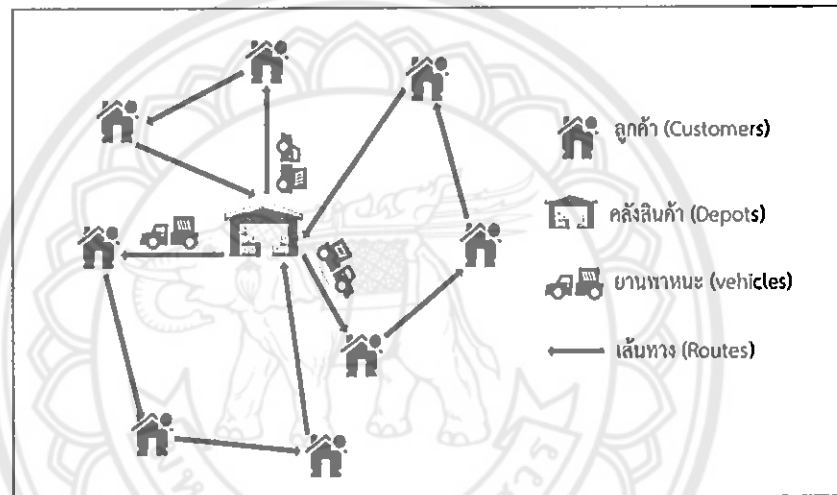
2.1.3 คลังสินค้า (Depot)

สถานที่เก็บสินค้า โรงงานของบริษัทผู้ผลิต หรือศูนย์กระจายสินค้า (Distribution Center) เป็นสถานที่ซึ่งถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดในการเดินทางซึ่งหมายความว่า ยานพาหนะทุกคันต้องออกเดินทางจากจุดนี้ไปให้บริการลูกค้ายังจุดต่างๆ และกลับเข้าสู่จุดเดิม

เมื่อให้บริการลูกค้าครบถ้วนแล้ว ซึ่งในปัญหาที่ซับซ้อนอาจกำหนดให้มีคลังสินค้าหลายจุด เพื่อให้บริการลูกค้าหลายกลุ่มได้

2.1.4 เส้นทาง (Routes)

การมอบหมายว่าจะให้ยานพาหนะคันใดเดินทางไปยังจุดต่างๆ หรือลูกค้ารายใดบ้าง และเดินทางตามลำดับก่อนหลังอย่างไร ซึ่งประกอบไปด้วย เส้นทางการเดินทางย่อย (Sub-Route or Tour) หลายๆ เส้นทางรวมกัน ดังตัวอย่าง มีคลังสินค้าอยู่ 1 แห่ง มีลูกค้าต้องการสินค้าอยู่ 8 ราย มียานพาหนะอยู่ทั้งหมด 3 คัน แต่ละคันต้องไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าซึ่งมีเส้นทางการส่งสินค้าแสดงดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 การจัดเส้นทางยานพาหนะ
ที่มา : ธารชุตตา พันธุ์นิกุล (2551)

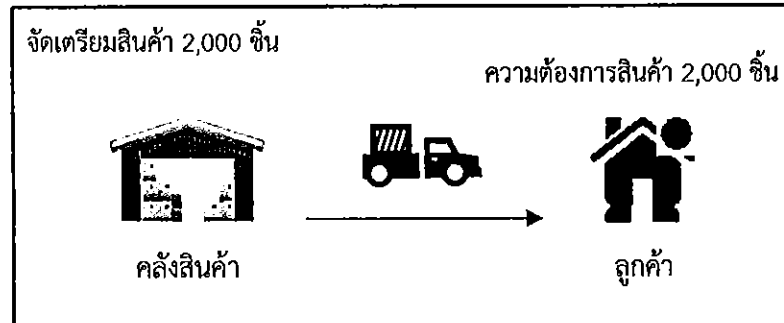
2.2 การจำแนกประเภทของ VRP

จากการดำเนินการวิจัยที่หลากหลายของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ได้มีผู้ที่พยายามจัดกลุ่มของปัญหาเป็นประเภทต่างๆ ไว้มากมาย ซึ่งจากการแบ่งกลุ่มของปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่ง พอสรุปเป็นประเภทของปัญหาได้ ดังนี้ (Laporte and Osman, 1995)

2.2.1 จัดกลุ่มตามลักษณะของความต้องการของลูกค้า (Demand)

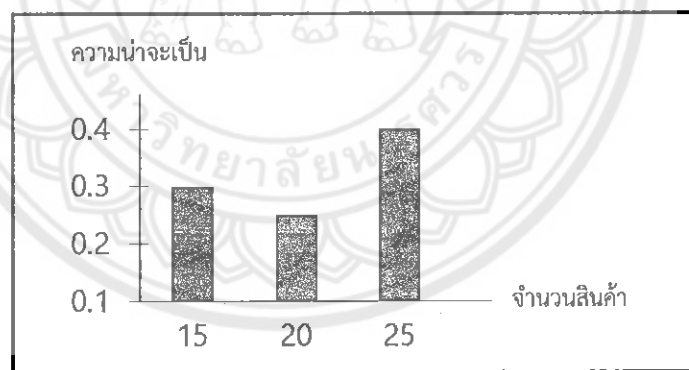
2.2.1.1 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่า และแน่นอน (Deterministic Demand)
งานวิจัยจำนวนหนึ่งดำเนินการภายใต้ความต้องการที่ทราบ และแน่นอนของลูกค้า โดยมีการเก็บข้อมูลอาจจะเป็นความต้องการที่แน่นอน โดยมีการสั่งซื้อสินค้าก่อน และจัดเส้นทาง การขนส่ง หรือทำการประมาณค่าจากการใช้ค่าเฉลี่ย หรือค่าทางสถิติอย่างใดอย่างหนึ่ง ดังตัวอย่าง ทางบริษัท

จะต้องไปส่งสินค้าให้ลูกค้าจำนวน 2,000 ชิ้น โดยทางบริษัทได้ทราบค่าของจำนวนสินค้าก่อนที่จะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า โดยจำนวนสินค้านี้ทราบค่าแน่นอน และไม่มีการเปลี่ยนแปลง แสดงดังรูปที่ 2.2



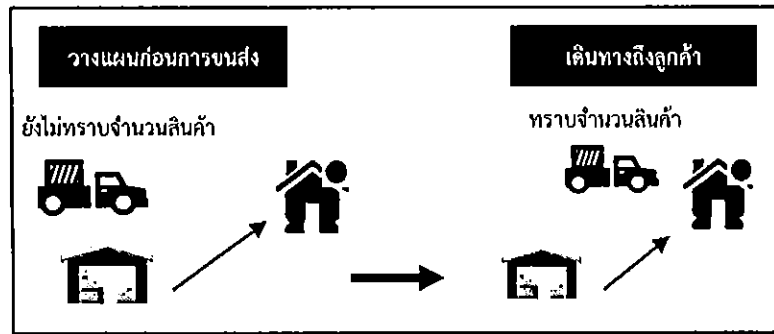
รูปที่ 2.2 การขนส่งสินค้าแบบค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแน่นอน

2.2.1.2 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (Stochastic Demand) ในกลุ่มนี้ความต้องการของลูกค้าจะทราบค่า แต่อาจมีความไม่แน่นอนซึ่งจะทำให้ต้องใช้เทคนิคในการแก้ปัญหาที่ต่างออกไปจากข้อ 2.2.1.1 ดังตัวอย่าง ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ลูกค้าเป็นจำนวนไม่แน่นอน โดยมีโอกาสเป็นจำนวน 15 ชิ้น ร้อยละ 0.30 จำนวน 20 ชิ้น ร้อยละ 0.50 และจำนวน 25 ชิ้น ร้อยละ 0.40 ตามลำดับ แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การขนส่งสินค้าแบบค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่า แต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน

2.2.1.3 ไม่ทราบค่าความต้องการของลูกค้า ซึ่งเป็นความต้องการที่ไม่ทราบค่าของลูกค้า ขณะที่วางแผนแต่จะทราบเมื่อไปถึงลูกค้า ดังตัวอย่าง ทางบริษัทจะไม่ทราบค่าว่าทางลูกค้าต้องการสินค้าเท่าไร แต่ทางลูกค้าจะบอกจำนวนสินค้าในขณะที่รถส่งสินค้าถึงลูกค้าแล้ว แสดงดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การขนส่งสินค้าแบบไม่ทราบความต้องการของลูกค้า

2.2.2 จัดกลุ่มตามเวลาในการวางแผนการเดินทาง (Time Horizon)

ในกลุ่มนี้จะเน้นการจัดกลุ่มแบบการจัดแบบครั้งเดียวในการวางแผนหนึ่งครั้ง ดังตัวอย่าง การเดินทางส่งสินค้าทุกวันจะเดินทางด้วยเส้นทางเดียวกัน และการจัดแบบหลายครั้ง เช่น วางแผนเป็นเดือน หรือปี โดยในแต่ละวันอาจจะมีการเดินทางที่ไม่เหมือนกัน เป็นต้น

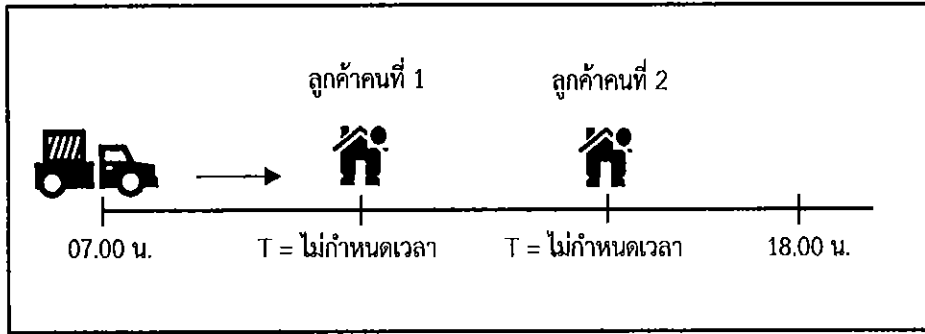
2.2.2.1 แบบคาบเวลาเดียว (Single Period) กลุ่มนี้จะวางแผนครั้งเดียว และดำเนินการ เช่นเดียวกันในทุกคาบเวลา

2.2.2.2 แบบหลายคาบเวลา (Multi Period) เป็นการวางแผนแบบหลายคาบเวลา และมีเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละคาบเวลา

2.2.3 จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Time Windows)

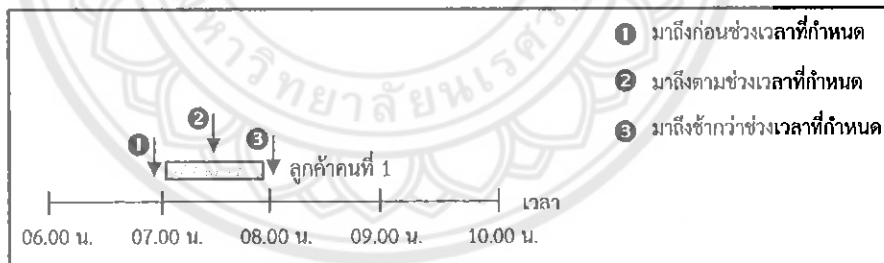
กรอบเวลา คือ กำหนดเวลาในการส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า โดยให้ตรงตามเวลา การรับสินค้าของลูกค้าแต่ละราย กรอบเวลามีผลต่อการรับสินค้าของลูกค้า เช่น การมาถึงก่อน กรอบเวลา หรือการมาถึงหลังกรอบเวลา เป็นต้น ซึ่งการมาถึงเหล่านี้มีผลต่อการตัดสินใจของลูกค้า แต่ละรายในการรับสินค้าลูกค้าสามารถปฏิเสธ หรือถ้าหากรับสินค้าจะต้องมีการเสียค่าปรับให้กับลูกค้า ในกรณีที่มาถึงหลังกรอบเวลาการรับสินค้าของลูกค้า ซึ่งสามารถแบ่งเป็นกลุ่มได้ ดังนี้

2.2.3.1 แบบไม่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (No Time Windows) ในกลุ่มนี้งานวิจัย จะไม่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลา โดยจะทำการจัดเฉพาะเส้นทางที่ต้องการเดินทาง ดังตัวอย่าง ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ลูกค้าภายในช่วงเวลาไหนก็ได้ เพราะไม่มีการกำหนดช่วงเวลา การส่งสินค้า เพียงแต่พิจารณาว่าจะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าคนใดก่อน หรือหลัง แสดงดังรูปที่ 2.5



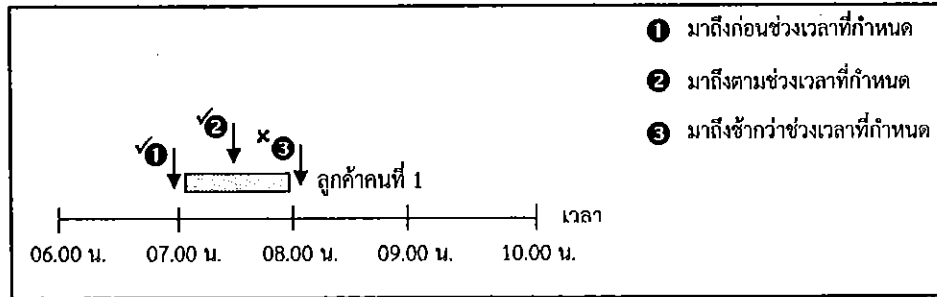
รูปที่ 2.5 การขนส่งสินค้าแบบไม่มีข้อจำกัดกรอบเวลา

2.2.3.2 แบบมีข้อจำกัดกรอบเวลาแบบไม่เคร่งครัด (Soft Time Windows) กลุ่มนี้จะมีข้อจำกัดทางด้านเวลา แต่ไม่เคร่งครัดมากนักสามารถส่งสินค้าช้า หรือเร็วกว่ากำหนดได้บ้าง แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดด้านเวลานี้จะมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างลูกค้าจะมีช่วงเวลาในการขนส่งสินค้า ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ แต่ยานพาหนะสามารถมาถึงก่อน หรือช้ากว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ได้ เช่น ลูกค้าคนที่ 1 มีช่วงเวลาของลูกค้ากำหนดไว้ คือ 07.00 - 08.00 น. ถ้ามาถึงก่อนเวลาการขนส่ง ยานพาหนะก็ต้องรอเพื่อให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดแล้วถึงทำการขนถ่ายสินค้าให้กับลูกค้า หรืออีกทางคือ ลูกค้าอาจมีข้อยกเว้นโดยขนถ่ายสินค้าลงได้เลย ไม่ต้องรอให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ แต่สำหรับถึงช้ากว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนดทางบริษัทจะต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาแบบไม่เคร่งครัด

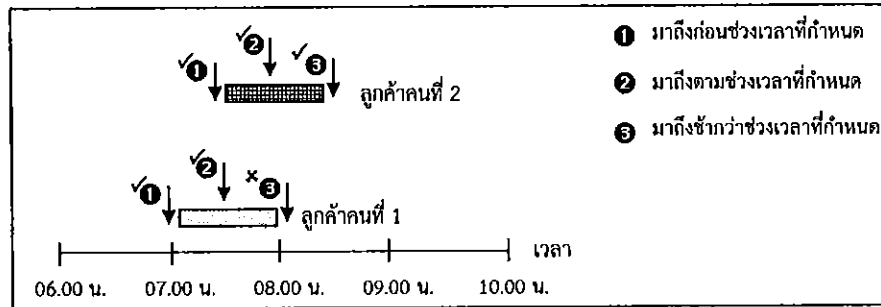
2.2.3.3 แบบมีข้อจำกัดกรอบเวลาแบบเคร่งครัด (Stick Time Windows) กลุ่มนี้การจัดเส้นทางจะคำนึงถึงระยะเวลาในการเดินทาง และระยะเวลาในการให้บริการอย่างเคร่งครัด หากเดินทางผิดเวลา หรือไปถึงลูกค้าผิดเวลาจะทำให้เส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่ไม่ถูกต้อง และไม่สามารถให้บริการลูกค้าได้ ดังตัวอย่าง ลูกค้าคนที่ 1 ต้องส่งสินค้าภายในช่วงเวลา 07.00 - 08.00 น. เท่านั้น ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าก่อนเวลาที่กำหนด ยานพาหนะจำเป็นต้องรอให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ถึงจะทำการขนถ่ายสินค้า แต่ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าช้ากว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนด ทางลูกค้ามีสิทธิ์จะปฏิเสธสินค้าได้ แสดงดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาแบบเคร่งครัด

การมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาแบบไม่เคร่งครัด และแบบเคร่งครัด มีความแตกต่างกันที่เวลาของการมาถึงของสินค้า ถ้าเป็นแบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด เมื่อสินค้ามาถึงก่อนเวลาอาจจะต้องรอส่งสินค้า หรือสามารถส่งสินค้าได้ก่อนเวลาที่ลูกค้าเปิดรับสินค้า และถ้ามาหลังจากเวลาเปิดรับสินค้า ลูกค้าจะสามารถรับของจากบริษัทได้ แต่ทางบริษัทต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า ส่วนแบบที่เป็นมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาแบบเคร่งครัด ถ้ามาถึงก่อนเวลาจะต้องรอการส่งสินค้าจนกว่าจะถึงเวลาที่ลูกค้าเปิดรับสินค้า แต่ถ้ามาถึงหลังเวลาเปิดรับสินค้า ลูกค้าจะปฏิเสธที่จะรับสินค้าจากบริษัทได้

2.2.3.4 แบบมีข้อจำกัดกรอบเวลาที่มีทั้งเคร่ง และไม่เคร่ง (Mixed) เช่น งานวิจัย Nagy and Salhi. 2005 จะมีลูกค้าทั้งที่เคร่งครัดเรื่องเวลาที่มาถึงของรถบรรทุก หรือเวลาในการให้บริการ และไม่เคร่งครัดเรื่องเวลาในปัญหาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การดำเนินการด้วยวิธีการต่างๆ มีความแตกต่างกันออกไป และมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน ดังตัวอย่างลูกค้าคนที่ 1 เป็นการขนส่งแบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบเคร่งครัด ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้ถึงภายในเวลาที่กำหนดเท่านั้น คือ ต้องส่งสินค้าภายในช่วงเวลา 07.00 - 08.00 น. ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าก่อนเวลาที่ลูกค้ากำหนด ยานพาหนะจำเป็นต้องรอให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ก่อน ถึงจะทำการขนถ่ายสินค้า แต่ถ้ายานพาหนะไปส่งสินค้าช้ากว่าที่ลูกค้ากำหนด ทางลูกค้ามีสิทธิ์จะปฏิเสธสินค้าได้ ส่วนลูกค้าคนที่ 2 เป็นการขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด ทางบริษัทจะต้องไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามเวลาที่กำหนดไว้ คือ ช่วงเวลา 07.30 - 08.30 น. ถ้าถึงก่อนยานพาหนะก็อาจจะต้องรอเพื่อให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดแล้วถึงทำการขนถ่ายสินค้าให้กับลูกค้า หรือทางลูกค้าอาจมีข้อยกเว้น โดยขนถ่ายสินค้าลงได้เลย ไม่ต้องรอให้ถึงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ แต่สำหรับถึงช้ากว่าเวลาที่ลูกค้ากำหนด ทางบริษัทจะต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า แสดงดังรูปที่ 2.8

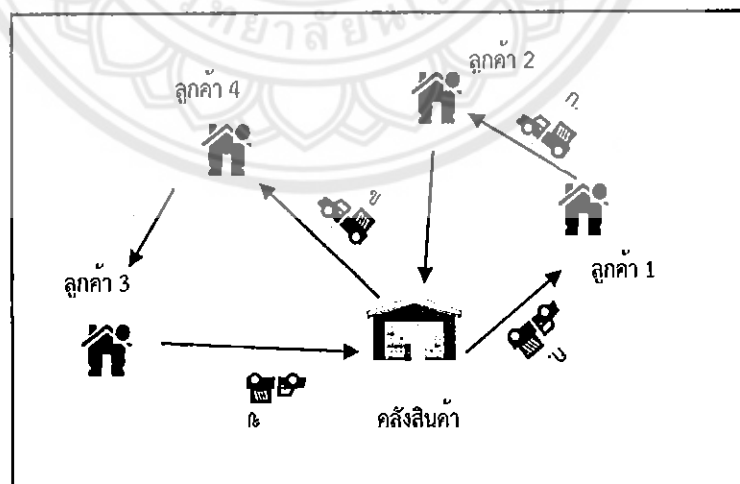


รูปที่ 2.8 การขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาที่มีทั้งเครื่องครัด และไม่เครื่องครัด

2.2.4 จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น (Number of Origin Points)

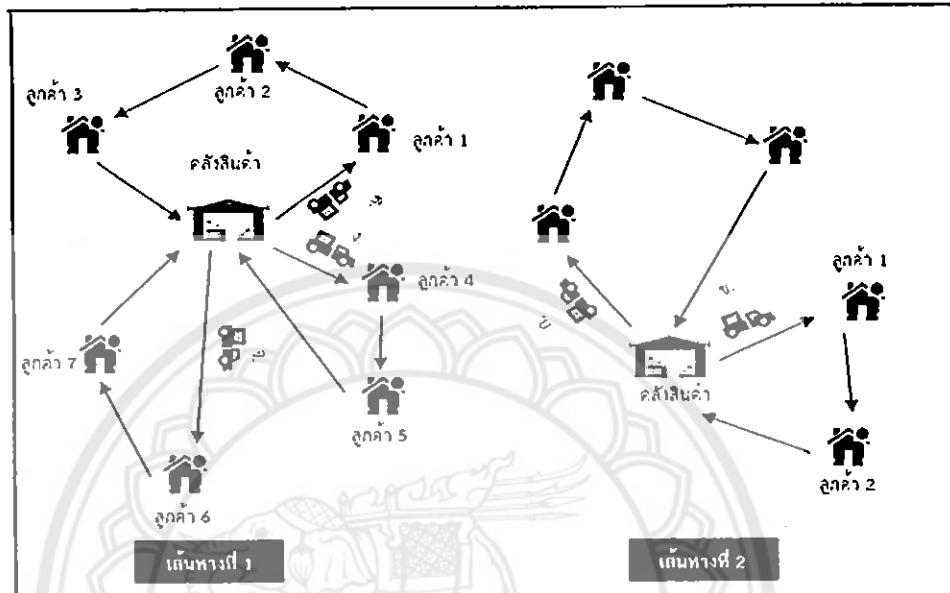
จุดเริ่มต้นที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ระยะทางในการเดินทางที่แตกต่างกันไป การวางแผนการจัดเส้นทางบางครั้งอาจจะมีจุดเริ่มต้นเดียว บางครั้งจะต้องวางแผนให้กับศูนย์กระจายสินค้าหลายจุดไปพร้อมๆ กัน สามารถแบ่งกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้นได้เป็น ดังนี้

2.2.4.1 มีจุดเริ่มต้นเดียว (Single Origin or Depot) การเริ่มต้นของทุกเส้นทางจะเริ่มต้นจากจุดกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ดังตัวอย่าง รถขนส่งสินค้า ก. เริ่มออกจากคลังสินค้าเวลา 07.00 น. จากนั้นไปยังลูกค้าคนที่ 1 ใช้เวลาในการเดินทาง 2 ชั่วโมง จะถึงลูกค้าคนที่ 1 เวลา 09.00 น. ใช้เวลาขนถ่ายสินค้าเสร็จ 20 นาที รถเริ่มออกจากลูกค้าคนที่ 1 เวลา 09.20 น. จากนั้นไปยังลูกค้าคนที่ 2 ใช้เวลาในการเดินทาง 1 ชั่วโมง จะถึงลูกค้าคนที่ 2 เวลา 10.20 น. ใช้เวลาขนถ่ายสินค้าเสร็จ 30 นาที รถเริ่มออกจากลูกค้าคนที่ 2 เวลา 10.50 น. จากนั้นไปจึงเดินทางกลับไปที่คลังสินค้า ใช้เวลาเดินทางกลับ 1 ชั่วโมง จึงเดินทางถึงคลังสินค้าที่เวลา 11.50 น. แสดงดังรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.9 การขนส่งสินค้าแบบมีจุดเริ่มต้นเดียว

2.2.4.2 มีจุดเริ่มต้นหลายจุด (Multiple Origin or Depots) ในกลุ่มนี้จะต้องวางแผนให้มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง โดยทำการจัดเส้นทางไปพร้อมๆ กัน ดังตัวอย่าง มีการขนส่ง 2 เส้นทาง เส้นทางแรกมีเส้นทางในการขนส่ง 3 เส้นทางย่อย เส้นทางที่ 2 มีการขนส่ง 2 เส้นทางย่อย มีศูนย์กระจายสินค้า 2 แห่ง แสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การขนส่งสินค้าแบบมีจุดเริ่มต้นหลายจุด

2.3 วิธีแก้ปัญหการจัดเส้นทางยานพาหนะ

การแบ่งประเภทของวิธีการแก้ปัญหการจัดเส้นทางทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะสามารถแบ่งได้ ดังต่อไปนี้ (ธรีณี มณีศรี, 2552)

2.3.1 วิธีแม่นยำ (Exact Method)

Fisher, 1993 ได้กล่าวไว้ว่า วิธีแม่นยำ เป็นวิธีการคำนวณทุกทางเลือกของผลเฉลยแล้วจึงเลือกผลเฉลยที่ให้ค่าที่ดีที่สุด (Agarwal et al. 1989) ได้นำเสนอวิธีการแบ่งส่วนของเซตผลเฉลย (Set Partitioning) บนพื้นฐานของวิธีแม่นยำเพื่อแก้ปัญหา VRP ข้อด้อยของวิธีแม่นยำ คือ เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น วิธีการอาจไม่สามารถรับประกันการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ได้เมื่อจำนวนลูกค้าเพิ่มมากขึ้น (มากกว่า 100 คน) รวมทั้งใช้เวลานานในการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์

2.3.2 วิธีฮิวริสติก (Heuristic Method)

วิธีฮิวริสติกเป็นการหาผลเฉลยในเวลาที่ย่ำกัด หรือ “Good Enough and Fast Enough Solution” เหมาะกับสำหรับปัญหาเอ็นพี-สมบูรณ์ (NP-complete) วิธีฮิวริสติกถูกสร้างขึ้นเพื่อหาผลเฉลยของปัญหาเท่านั้น ฮิวริสติกจึงหาได้แค่ผลเฉลยได้กับปัญหาหนึ่ง แต่ไม่สามารถนำไปใช้ได้กับปัญหาหนึ่งได้ ในกรณีที่ปัญหา VRP จัดเป็นปัญหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete Optimization) สามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ ด้วยความที่เป็นรูปแบบที่ซับซ้อนการใช้วิธีแมนตรงจึงอาจทำได้ยาก เพราะการมีตัวแปรในการตัดสินใจที่มากขึ้นจนไม่สามารถหาขอบเขตได้ วิธีการที่นำใช้แก้ปัญหาประกอบด้วยวิธีการ ดังนี้

2.3.2.1 วิธีการสร้างผลเฉลย (Constructive Method) ไม่สามารถรับประกันการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ โดยอาศัยข้อมูลของปัญหาในการสร้างขั้นตอนของวิธีการหาผลเฉลย ตัวอย่างที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพ ได้แก่ วิธีการแทรก (Savings or Insertion Procedure) ซึ่งพัฒนาขึ้นโดย (Clarke and Wright, 1964) เป็นการสร้างผลเฉลยทีละขั้นตอน ผลเฉลยเริ่มต้นยังมีความเป็นไปได้ และสร้างผลเฉลยในลำดับถัดมาที่ทำให้ฟังก์ชันของวิธีการแทรกมีค่าเพิ่มมากขึ้น

2.3.2.2 ขั้นตอนวิธีการ 2 ช่วง (Two-Phase Algorithm) เป็นวิธีการที่แบ่งปัญหา VRP ออกเป็น 2 ส่วน คือ

ก. วิธีการแบ่งส่วนก่อนแล้วจึงจัดเส้นทาง (Cluster-First Rout-Second Procedures) เริ่มต้นจากการแบ่งกลุ่มลูกค้า โดยใช้ความต้องการสินค้าของลูกค้าเป็นตัวกำหนดพื้นที่ในการกระจายสินค้า จากนั้นจึงจัดเส้นทางที่เหมาะสมให้กับแต่ละส่วนที่ถูกแบ่งไว้แล้ว (Gillet and Miller, 1974)

ข. วิธีการจัดเส้นทางก่อนแล้วจึงแบ่งส่วน (Rout-First Cluster-Second Procedures) เป็นการกำหนดเส้นทางในการเดินทางขนส่งก่อน แล้วจึงจัดลูกค้าเข้าสู่เส้นทางภายใต้เงื่อนไขของปัญหา ขั้นตอนวิธีการนี้ได้นำไปประยุกต์ใช้สำหรับการแก้ปัญหา VRP ในกรณีที่มีรถขนส่งหลายขนาด (Golden et al. 1983)

2.3.2.3 วิธีการปรับปรุงหรือสลับสับเปลี่ยน (Improvement or Exchange Procedure) ให้ผลเฉลยที่เข้าใกล้ค่าที่เหมาะสมที่สุด ส่วนการปรับปรุงโดยวิธีอื่นได้นำเสนอไว้โดย (Potvin and Rousseau 1995) เรียกว่า การสลับสับเปลี่ยนแบบออร์-ออฟท์ (Or-Opt Exchange) ซึ่งเป็นเทคนิคการสลับสับเปลี่ยนขนาด 1, 2 หรือ 3 ปม โดยการแทรก หรือตัดทิ้งไปจากเส้นทางเดิมที่เลือกพิจารณาวิธีการ 2 ออฟท์ เป็นการสลับสับเปลี่ยน 2 ปม ที่เกิดจาก 2 เส้นทางที่แตกต่างกัน

2.3.3 วิธีเมตาฮิวริสติก (Meta-Heuristic Method)

ได้รับการพัฒนามาจากวิธีการฮิวริสติก ซึ่งเป็นการให้คำตอบที่มีความยืดหยุ่นในปัญหาที่ซับซ้อน และมีตัวแปรในการตัดสินใจมาก เมตาฮิวริสติกสามารถหาผลเฉลยของคำตอบ

ได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ ถึงแม้จะไม่ใช้คำตอบที่เหมาะสม แต่ผลเฉลยนั้นเป็นที่ยอมรับ และค้นหาได้ภายในระยะเวลาที่เหมาะสม

2.3.3.1 ขั้นตอนวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search) เป็นวิธีที่ค่อนข้างได้รับความนิยมนับเพราะมีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน จากงานวิจัยหลายงานพบว่า ทาบูเป็นการแก้ปัญหาการยอมรับค่าที่เหมาะสมเฉพาะที่ (Glover. 1989) เป็นผู้ริเริ่มขั้นตอนวิธีการทาบู เป็นการผสมผสานระหว่างการวนซ้ำเชิงกำหนด (Deterministic) และแบบความน่าจะเป็นเพื่อการยอมรับ

2.3.3.2 ขั้นตอนวิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) อาศัยหลักการ และทฤษฎีที่ทำให้เกิดพันธุกรรม โดยเลียนแบบวิธีการจับคู่ และการเกิดใหม่ของยีน เพื่อให้ได้ผลเฉลยที่เหมาะสมเป็นแนวคิดที่ริเริ่มโดย (John Holland) ในการค้นหาคำตอบในการแก้ปัญหาด้วยการเลียนแบบกระบวนการวิวัฒนาการทางธรรมชาติ ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรมใช้การผสมชุดคำตอบที่มีความเหมาะสม และคัดเลือกคำตอบที่ดีกว่าเพื่อสร้างชุดคำตอบที่ดียิ่งขึ้น วิธีนี้มีจุดแข็งในการค้นหาคำตอบจากชุดข้อมูลที่ไม่ต่อเนื่องได้ และมีการเปรียบเทียบระหว่างชุดคำตอบ ทำให้วิธีการเชิงพันธุกรรมสามารถหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ จุดเด่นของการค้นหาด้วยขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม คือ ความอ่อนตัวและความทนทานต่อการความผิดพลาด และความแตกต่างของแหล่งข้อมูลที่ใช้ในการค้นหาคำตอบ

2.3.3.3 ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) เป็นการจำลองพฤติกรรมในการหาอาหารของมด นำเสนอไว้โดย (Dorigo et al. 1996) จะเหมาะสำหรับปัญหาในการหาค่าเหมาะที่สุดเชิงการจัดแบบยาก เป็นการเลียนแบบพฤติกรรมของมด โดยที่มดจะมีการติดต่อกันผ่านทางฟีโรโมน (Pheromone) ตามทางเดิน ซึ่งฟีโรโมนจะมาก หรือน้อยขึ้นอยู่กับคุณภาพของเส้นทางในการหาอาหาร ซึ่งมดตัวอื่นๆ จะเดินตามฟีโรโมนมายังแหล่งอาหาร วัตถุประสงค์ คือ ค้นหาให้เจอแหล่งอาหารที่มีคุณภาพ และตัดแปลงความจำไว้ที่ฟีโรโมน โดยมดเทียมนี้สร้างขึ้นจากฟังก์ชันฮิวริสติกเฉพาะที่ เพื่อเป็นแนวทางในการค้นหาเซตผลเฉลยต่อ

2.3.3.4 ขั้นตอนวิธีการค้นหาค่าที่ดีที่สุดด้วยวิธีกลุ่มอนุภาค

วิธีกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization : PSO) เป็นวิธีการพัฒนาการเรียนรู้ หรือความจำ ถูกพัฒนาขึ้นโดย (J.Kennedy and R.Eberthart. 1995) ซึ่งมีแนวคิดมาจากการจำลองวิธีการหาค่าเหมาะที่สุดจากพฤติกรรมการเดินทาง หรือหาอาหารของฝูงสัตว์ โดยเฉพาะฝูงนก ฝูงปลา วิธีกลุ่มอนุภาคเป็นการจำลองการหาอาหารของฝูงนก ในการหาค่าเหมาะที่สุดแบบนี้ นกแต่ละตัวในฝูงจะถูกแทนด้วยอนุภาค (Particle) ในอนุภาคแต่ละตัวจะมีค่าฟิตเนส (Fitness Value) ที่บอกถึงระยะห่างของตัวมันจากแหล่งอาหาร โดยอนุภาคทั้งหมดจะบินตามอนุภาคที่มีค่าฟิตเนสที่ดีที่สุดในแต่ละช่วงต่อรอบ (Iteration) วิธีกลุ่มอนุภาคจะเริ่มต้นด้วยการสุ่มหาตำแหน่งของอนุภาคขึ้นมาชุดหนึ่ง จากนั้นก็จะหาค่าเหมาะที่สุดด้วยการปรับปรุงค่าในแต่ละรอบของการตัดสินใจ โดยที่อนุภาคแต่ละตัว จะมีการปรับปรุงค่าด้วยการเปลี่ยนตำแหน่งตามค่าที่ดีที่สุด (Best) ซึ่งมี 2 ค่า ได้แก่

ก. ค่าที่ดีที่สุดของอนุภาค (Personal Best) คือ ค่าตำแหน่งที่ดีที่สุดของการเคลื่อนที่ที่ผ่านมาของตัวมันเอง

ข. ค่าที่ดีที่สุดของสากล (Global Best) คือ ค่าที่เป็นค่าที่ดีที่สุดการเคลื่อนที่ที่ผ่านมาของทั้งกลุ่ม

2.4 วิธีการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing : SA)

วิธีการอบอ่อนจำลองเป็นวิธีการแบบเมตาฮีวิสติก และเป็นการหาคำตอบแบบสุ่ม โดยการเลียนแบบการควบคุมอุณหภูมิของโลหะ ที่ค่อยๆ ปล่อยให้เย็นตัวลง เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างของผลึกให้น้อยที่สุด ซึ่งจะทำให้เหล็กมีคุณสมบัติที่แข็งแรงและทนทาน ถ้าไม่มีการควบคุมอุณหภูมิลักษณะของโครงสร้างที่ได้จะมีลักษณะบกพร่อง กล่าวคือโลหะจะมีความแข็งแรงแต่เปราะ ซึ่งการอบอ่อนจำลองเหมาะกับปัญหาเชิงผสมผสาน มีการควบคุมโดยปรับค่าพารามิเตอร์ของการค้นหาของระบบ โดยการเลียนแบบการอบอ่อนของโลหะ มี 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ การให้ความร้อน และการควบคุมความเย็น การมีตัวแปรอุณหภูมิเพิ่มเติมเข้ามา เพื่อให้ยอมรับคำตอบที่ไม่ดีกว่าในตอนแรกแต่โอกาสในการยอมรับคำตอบนั้นๆ จะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง และสิ้นสุดกระบวนการเมื่ออุณหภูมิต่ำเป็นศูนย์ หรือพบคำตอบ

การอบอ่อนจำลองได้รับการพัฒนาขึ้นมาในปี 1993 โดย Kirkpatrick และคณะ เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาที่ไม่เป็นเชิงเส้น การอบอ่อนจำลองจะให้คำตอบในแบบกว้าง และเหมาะกับคำตอบที่มีขนาดใหญ่ โดยจะเลียนแบบธรรมชาติของการอบอ่อนของโลหะ กระบวนการดังกล่าว จะเริ่มต้นด้วยการเผาโลหะที่อุณหภูมิสูงๆ จนเกินจุดหลอมเหลว จะทำให้เหล็กอยู่ในสภาวะโครงสร้างที่มีโมเลกุลสูง ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ จุดนี้จะเป็นจุดได้เปรียบของการหาคำตอบที่มีพลังงานมากพอที่จะทำให้หลุดจากคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแบบวงแคบเฉพาะถิ่นได้ (Local Search) การอบอ่อนดังกล่าว เปรียบได้กับการเขย่ากล่องที่ภายในมีลูกบอลอยู่ ซึ่งพื้นผิวของกล่องที่มีร่องลึกเปรียบเสมือนพื้นที่ของคำตอบแล้วมีลูกบอลกลิ้งไปบนนั้น เมื่อลูกบอลติดกับร่อง เราจำเป็นต้องเขย่ากล่องเพื่อให้ลูกบอลออกมาจากร่อง การเขย่าจึงเป็นการให้พลังงานแก่ลูกบอล ยิ่งร่องที่ลูกบอลไปติดเป็นร่องลึกก็ต้องยิ่งออกแรงเขย่ามาก ถ้าอุณหภูมิที่ลดลงคือ การเขย่าด้วยแรงที่ลดลงเนื่องจากเข้าสู่พื้นที่คำตอบที่ไม่ค่อยมีร่องลึกมาก ทำให้ลูกบอลเคลื่อนที่ได้ราบเรียบ และเข้าสู่เป้าหมายได้ดีขึ้น การปรับอุณหภูมิของ SA ยังสามารถพิจารณาได้อีก 2 แบบ คือ ที่อุณหภูมิสูง จะทำการค้นหาคำตอบแบบหยาบ และในขณะที่อุณหภูมิต่ำจะทำการค้นหาคำตอบอย่างละเอียด

วิธีการอบอ่อนจำลอง มีความยืดหยุ่นทนทานในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดแบบวงกว้าง สามารถใช้งานกับปัญหาที่มีความไม่เป็นเชิงเส้นสูงได้ มีความหลากหลายในการประยุกต์ในการใช้งาน

ข้อได้เปรียบของวิธีการอบอ่อนจำลองสามารถประยุกต์ใช้กับระบบต่างๆ ได้ง่าย เนื่องจากวิธีการอบอ่อนจำลอง ไม่ขึ้นกับคุณสมบัติเฉพาะของระบบใดๆ และไม่ขึ้นกับความซับซ้อนของปัญหา นอกจากนี้วิธีการอบอ่อนจำลองยังรับประกันการหาผลเฉลยที่ดีที่สุด

2.4.1 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิธีการอบอ่อนจำลอง กำหนดให้

S_1 คือ คำตอบเริ่มต้น

S_{new} คือ คำตอบใหม่

S_{best} คือ คำตอบที่ดีที่สุดในปัจจุบัน

S_{cur} คือ คำตอบที่พิจารณาอยู่ ณ ปัจจุบัน

T_{max} คือ อุณหภูมิเริ่มต้น

T_{min} คือ อุณหภูมิสุดท้าย

T คือ อุณหภูมิปัจจุบัน

$f(\cdot)$ คือ ฟังก์ชันค่าคำตอบ หรือค่าฟิตเนส

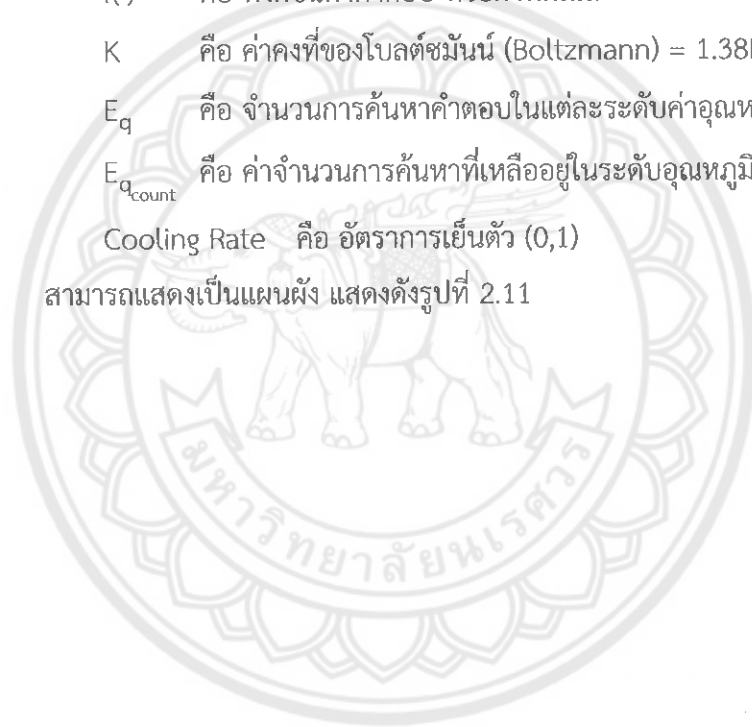
K คือ ค่าคงที่ของโบลต์ซมันน์ (Boltzmann) = $1.38E - 23$

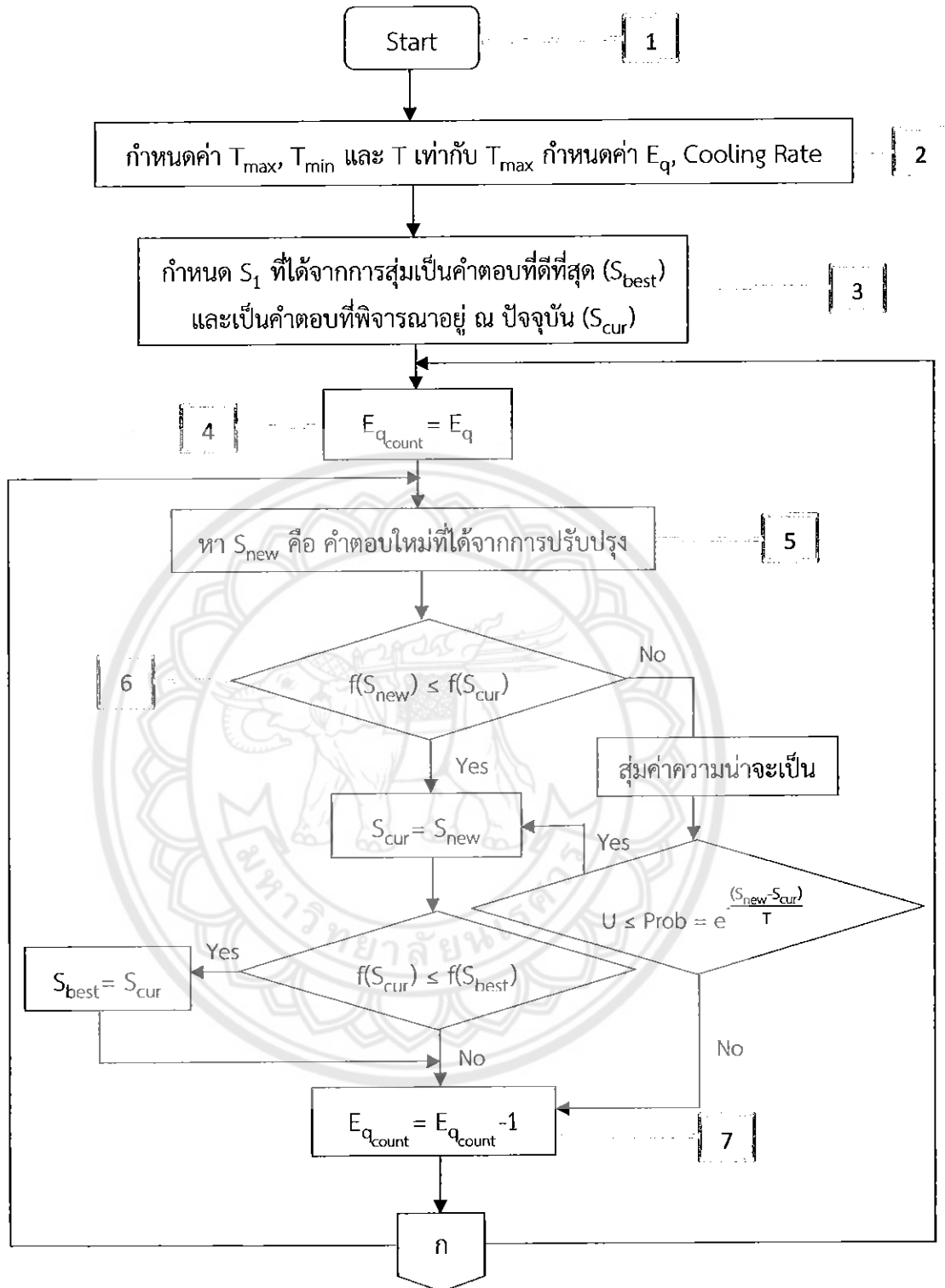
E_q คือ จำนวนการค้นหาคำตอบในแต่ละระดับค่าอุณหภูมิ

$E_{q_{count}}$ คือ ค่าจำนวนการค้นหาที่เหลืออยู่ในระดับอุณหภูมิ

Cooling Rate คือ อัตราการเย็นตัว (0,1)

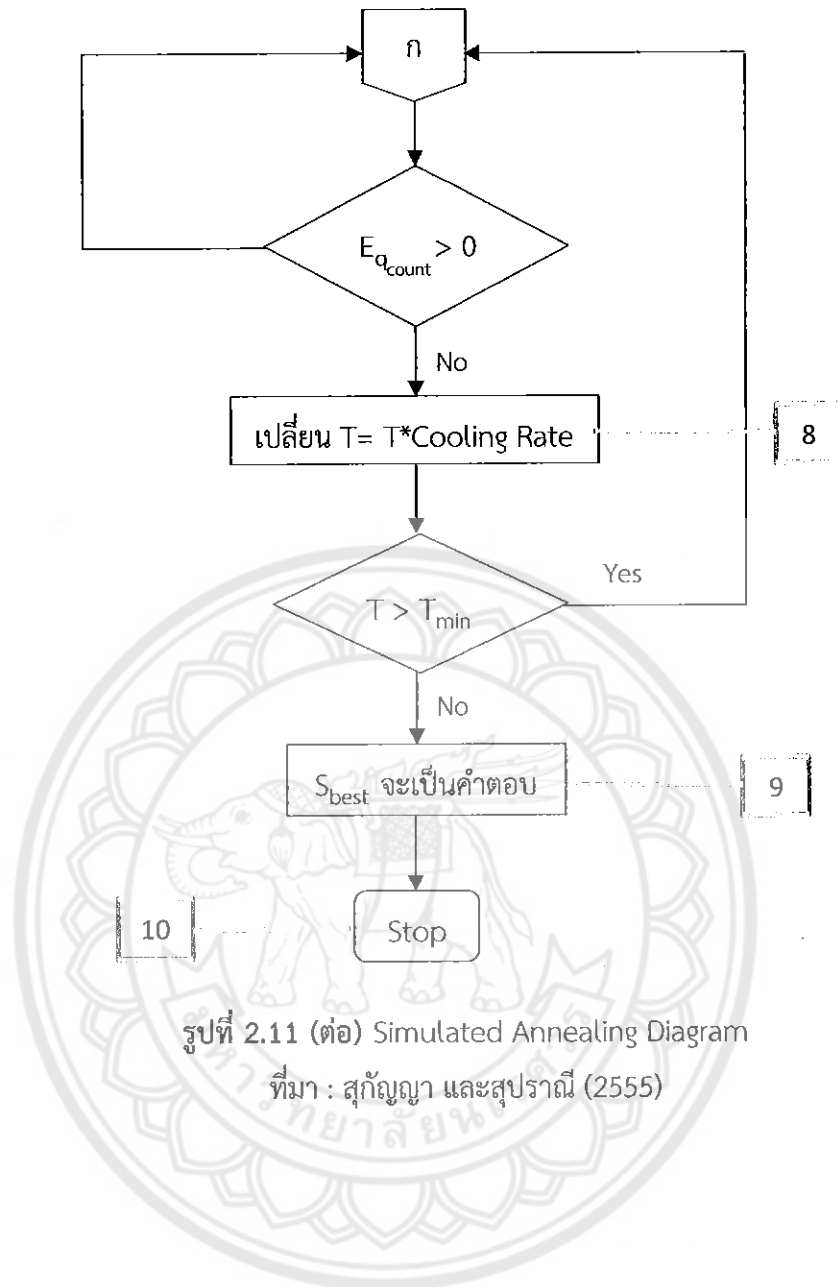
สามารถแสดงเป็นแผนผัง แสดงดังรูปที่ 2.11





รูปที่ 2.11 Simulated Annealing Diagram

ที่มา : สุกัญญา และสุปราณี (2555)



2.4.2 การทำงานของ Simulated Annealing Diagram

2.4.2.1 เริ่มต้นการทำงาน

2.4.2.2 เริ่มต้นด้วยการกำหนดค่า อุณหภูมิเริ่มต้น (T_{max}) อุณหภูมิสุดท้าย (T_{min}) อัตราการเย็นตัวให้เป็นอุณหภูมิปัจจุบัน (T) มีค่าเท่ากับอุณหภูมิเริ่มต้น (T_{max}) กำหนดจำนวนในการค้นหาคำตอบ

2.4.2.3 ให้คำตอบเริ่มต้น (S_1) เป็นคำตอบที่ดีที่สุดในปัจจุบัน (S_{best}) และให้เป็นคำตอบที่นำมาพิจารณาอยู่ ณ ปัจจุบัน (S_{cur})

2.4.2.4 จำนวนการค้นหาที่เหลืออยู่

2.4.2.5 หาคำตอบใหม่ (S_{cur}) ที่ได้จากการปรับปรุง

2.4.2.6 $f(S_{new}) \leq f(S_{cur})$ คำตอบใหม่ต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับคำตอบที่พิจารณากรณีแรก ถ้าไม่ จะมีการสุ่มความน่าจะเป็น และพิจารณาว่า $U \leq \text{Prob} = e^{-\frac{(S_{new}-S_{cur})}{T}}$ ถ้าไม่ เราจะได้ว่า $E_{count} = E_{count} - 1$ แต่ถ้า $U \leq \text{Prob} = e^{-\frac{(S_{new}-S_{cur})}{T}}$ เป็นใช่ ให้คำตอบที่พิจารณาอยู่เป็นคำตอบใหม่กรณีที่สอง ถ้าใช่ ให้คำตอบที่พิจารณาอยู่เป็นคำตอบใหม่

2.4.2.7 คำตอบที่พิจารณาอยู่ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับคำตอบในปัจจุบัน ถ้าคำตอบที่พิจารณาอยู่มากกว่าคำตอบที่ $E_{count} = E_{count} - 1$ แต่ถ้าคำตอบที่พิจารณาในปัจจุบัน น้อยกว่าหรือเท่ากับให้นำมาเป็นคำตอบที่ดีที่สุด และเป็นคำตอบที่พิจารณาในปัจจุบัน $E_{count} = E_{count} - 1$

2.4.2.8 จำนวนการค้นหาที่เหลืออยู่ต้องมากกว่าศูนย์ ถ้าค่ามากกว่าศูนย์ ทำการวนรอบของการค้นหาคำตอบ (เริ่มตั้งแต่ข้อ 2.4.2.4) เพื่อหาคำตอบต่อ แต่ถ้า “ไม่” ให้เปลี่ยนอุณหภูมิปัจจุบัน (T) ให้เท่ากับ อุณหภูมิปัจจุบันคูณอัตราการเย็นตัว

2.4.2.9 อุณหภูมิปัจจุบัน (T) มากกว่าอุณหภูมิสุดท้าย (T_{min}) หรือไม่ ถ้าใช่วนรอบของการปรับอุณหภูมิ (เริ่มตั้งแต่ข้อ 2.4.2.2) แต่ถ้าไม่ใช่ คำตอบที่ดีที่สุดจะถือเป็นคำตอบของระบบ

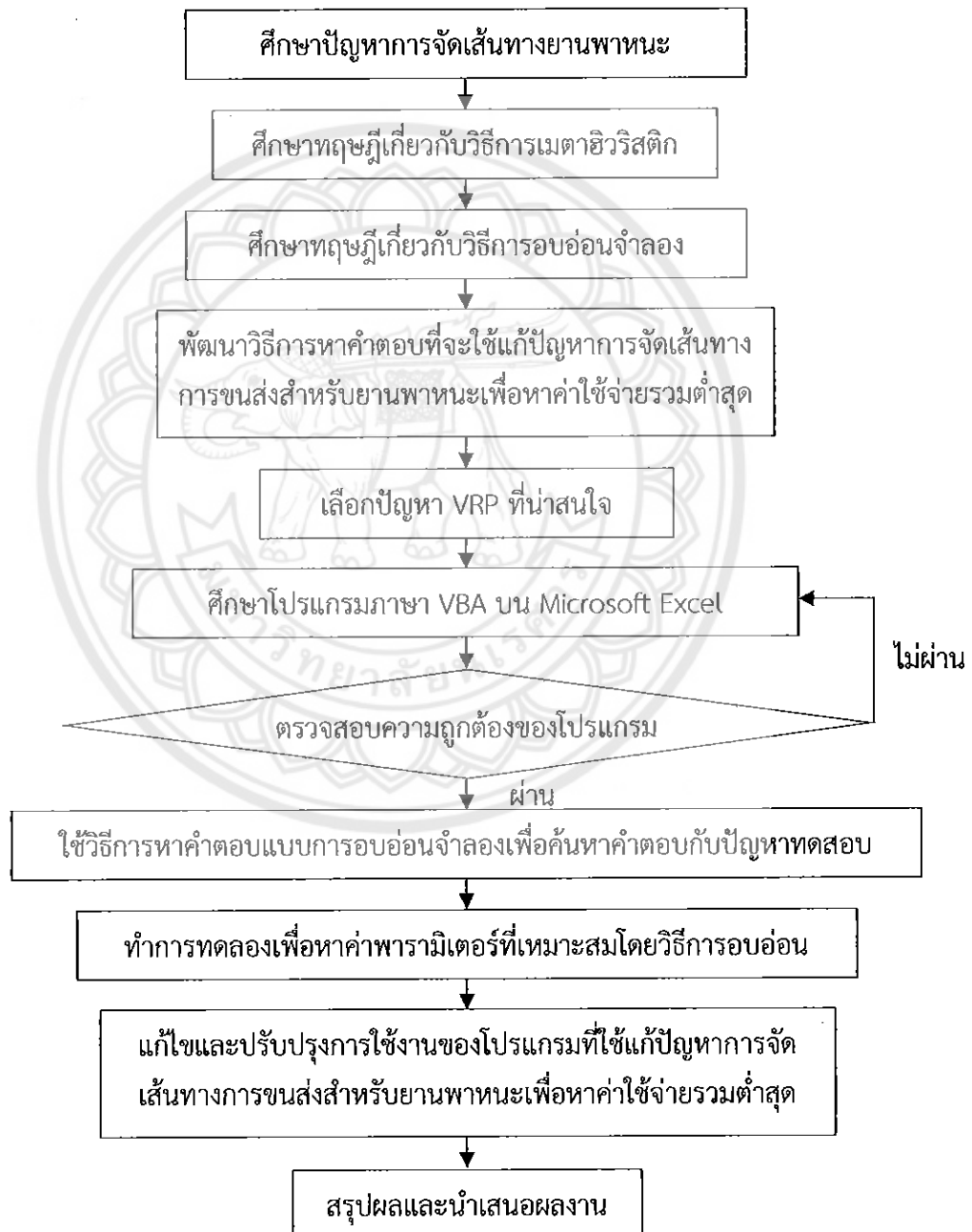
2.4.2.10 จบการทำงาน

2.5 โปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel

Visual Basic for Applications เป็นเครื่องมือที่พัฒนาระบบบน Microsoft Excel โดยผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Microsoft Office ได้ตามต้องการ นอกจากนั้นผู้ใช้โปรแกรมสามารถสร้างโปรแกรมต่างๆบน Microsoft Excel, Microsoft Power Point, Microsoft Word จุดเด่นของ Microsoft Excel คือ การวิเคราะห์ข้อมูล การคำนวณที่ซับซ้อน ทำให้ Visual Basic for Applications สามารถดึงเครื่องมือต่างๆที่อยู่บน Microsoft Excel มาใช้งานได้ เช่น ฟังก์ชันสำเร็จรูปต่างๆ เป็นต้น ซึ่งสามารถนำมาพัฒนาบนโปรแกรม Microsoft Excel ได้ง่ายและรวดเร็ว

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงแนวทาง และขั้นตอนในการดำเนินงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่งที่พิจารณาน้ำหนักโดยใช้วิธีการรอบอ่อนจำลอง และเพื่อให้สามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงมีการดำเนินงานที่เป็นลำดับขั้นตอน แสดงดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ผังงานแสดงขั้นตอนการดำเนินโครงการ

3.1 ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

การจำแนกประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง สามารถจำแนกออกได้เป็น 4 กลุ่ม ดังนี้ (ระพีพันธ์ ปิตาคะโส. 2554)

3.1.1 จัดกลุ่มตามลักษณะของความต้องการของลูกค้า (Demand)

3.1.1.1 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่า และแน่นอน

3.1.1.2 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าแต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน

3.1.1.3 ค่าความต้องการของลูกค้าไม่ทราบความต้องการของลูกค้า

3.1.2 จัดกลุ่มตามเวลาในการวางแผนการเดินทาง (Time Horizon)

3.1.2.1 แบบคาบเวลาเดียว

3.1.2.2 แบบหลายคาบเวลา

3.1.3 จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Time Windows)

3.1.3.1 แบบไม่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา

3.1.3.2 แบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาแบบไม่เคร่งครัด

3.1.3.3 แบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาแบบเคร่งครัด

3.1.3.4 แบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลาที่มีทั้งเคร่ง และไม่เคร่ง

3.1.4 จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น (Number of Origin Points)

3.1.4.1 จุดเริ่มต้นเดียว

3.1.4.2 มีจุดเริ่มต้นหลายจุด

3.2 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการเมตาฮิวริสติก

วิธีการเมตาฮิวริสติกเป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อที่จะลดความยุ่งยาก และซับซ้อนของการแก้ปัญหาที่ไม่สามารถแก้ด้วยวิธีอื่น หรืออาจใช้เวลานาน วิธีการเมตาฮิวริสติกจึงเป็นวิธีการที่หาคำตอบที่ดีเป็นวิธีการที่ช่วยในการวางแผนและเหมาะสมกับปัญหาที่ต้องการทราบค่าที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดที่เป็นไปได้

3.2.1 วิธีการดำเนินการในเมตาฮิวริสติก

3.2.1.1 วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search)

3.2.1.2 วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm)

3.2.1.3 วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm)

3.2.1.4 วิธีการค้นหาค่าที่ดีที่สุดด้วยกลุ่มอนุภาค (Particle Swarm Optimization)

3.2.2 หลักการของเมตาฮิวริสติก

3.2.2.1 เมตาฮิวริสติกเป็นวิธีที่ใช้ในการหาคำตอบที่ดีภายในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region)

3.2.2.2 เมตาฮิวริสติกมีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดภายในระยะเวลาอันสั้น

3.2.2.3 วิธีการทางเมตาฮิวริสติกมีทั้งแบบง่ายและซับซ้อน

3.2.2.4 เมตาฮิวริสติกเป็นขั้นตอนการประมาณคำตอบ

3.2.2.5 เมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนที่แน่นอน เมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในปัญหาที่แตกต่างกัน

3.3 ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการอบอ่อนจำลอง

วิธีการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing Algorithm) เป็นวิธีในการหาผลเฉลยของปัญหาการตัดสินใจ เริ่มต้นครั้งแรกเมื่อประมาณ ค.ศ. 1980 ลักษณะเด่นของวิธีการนี้ คือ มีขั้นตอนวิธีการหาผลเฉลยที่ง่ายและมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถหาผลเฉลยที่ดีได้ภายในเวลาอันรวดเร็ว แนวคิดพื้นฐานของวิธีการอบอ่อนจำลอง ได้ถูกตีพิมพ์ครั้งแรกในวารสารวิชาการโดย (Metropolis et al. 1953) ซึ่งเป็นการใช้ขั้นตอนวิธีการจำลองการควบคุมการเย็นตัวของวัสดุในอ่างความร้อน เรียกขั้นตอนนี้ว่า การอบอ่อน (Annealing) วัสดุจะถูกให้ความร้อนจนกระทั่งถึงจุดหลอมเหลว ต่อจากนั้นเมื่อเวลาผ่านไปอุณหภูมิของวัสดุจะลดลง และทำให้วัสดุมีความแข็งเมื่อเย็นตัวลง โครงสร้างคุณสมบัติของวัสดุที่เย็นตัวลงนี้ จะขึ้นอยู่กับอัตราการทำให้วัสดุนั้นเย็นตัวลง (Rate of Cooling)

ขั้นตอนวิธีการของ Metropolis นี้ได้จำลองการเปลี่ยนแปลงพลังงานของระบบที่แปรผัน โดยกระบวนการเย็นตัวลงจนกระทั่งการเปลี่ยนแปลงนั้นเข้าสู่สภาวะคงที่ ประมาณ 30 ปี ต่อมาได้มีการนำขั้นตอนวิธีการดังกล่าวมาใช้ในการแก้ปัญหาการตัดสินใจ ที่ต้องการหาค่าเหมาะที่สุด หรือสูงสุด ซึ่งเปรียบเสมือนว่าผลเฉลยที่ได้จากวิธีการอบอ่อนจำลองจะค่อยๆ เข้าสู่ผลเฉลยที่ดีที่สุดเหมือนในช่วงเวลาการเย็นตัวของวัสดุ

การอบอ่อนจำลองเป็นอีกรูปแบบหนึ่งของการค้นหาแบบปีนเขา (Hill Climbing) ที่เป็นการแก้ปัญหาของการหาจุดที่ดีที่สุดที่นำไปสู่คำตอบของปัญหา (Local Maximum) โดยเป็นการทำงานแบบวนซ้ำจนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่พอใจ โดยจะยอมให้สถานะเริ่มต้นเป็นไปในทิศทางที่ไม่ดีก่อนในช่วงแรกของการค้นหา แล้วค่อยๆ ดูแนวโน้ม จากนั้นจึงตัดสินใจว่าจะยอมรับเส้นทางใหม่หรือไม่

วิธีการรอบอ่อนจำลอง ได้ถูกพัฒนาขึ้นช่วงแรกๆ เพื่อนำมาใช้ในการหาผลเฉลยของปัญหาการตัดสินใจที่มีตัวแปร และเงื่อนไขจำนวนมาก วิธีการรอบอ่อนจำลองมีจุดกำเนิด และแนวคิดแบบวิธีการหาผลเฉลยเฉพาะที่ ซึ่งวิธีการรอบอ่อนจำลองจะแก้ปัญหาโดยอนุญาตให้ขั้นตอนวิธีการออกจากจุดเหมาะสมที่สุดเฉพาะที่ เมื่อจำนวนรอบการกระทำซ้ำในการหาผลเฉลยเพิ่มมากขึ้น ผลเฉลยที่ได้ในปัจจุบันจะค่อยๆ ลู่เข้าหาค่าที่เหมาะสมที่สุด โดยอาศัยพื้นฐานทฤษฎีความน่าจะเป็น

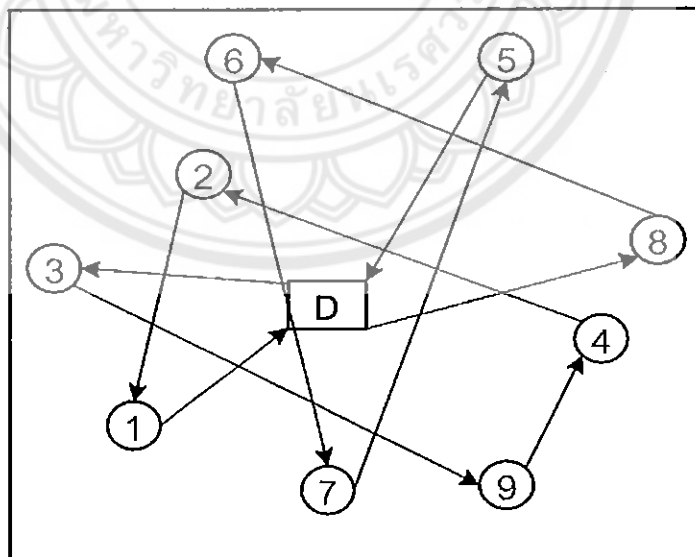
3.4 พัฒนาการหาคำตอบที่จะใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง

ขั้นตอนนี้จะทำการพัฒนาและสร้างวิธีแก้ขึ้นมา โดยใช้วิธีการรอบอ่อนจำลอง จึงนำไปเขียนเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษา Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel

ในการหาคำตอบสามารถหาได้จาก การสุ่มตัวแทนคำตอบขึ้นมา และการปรับปรุงคำตอบใหม่จากตัวแทนคำตอบเดิมที่มีอยู่

3.4.1 ศึกษาการปรับปรุงคำตอบ

ในการหาตัวแทนคำตอบ ตัวแทนคำตอบที่ได้มาอาจยังไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด ทำให้ต้องมีการปรับปรุงคำตอบเพื่อให้คำตอบค่าที่ดีขึ้น แสดงดังรูปที่ 3.2 เป็นการแสดงเส้นทางของตัวแทนคำตอบที่ทำการสุ่มขึ้นมา ก่อนมีการปรับปรุงคำตอบ ซึ่งมีการเดินทางอยู่ทั้งหมด 2 เส้นทาง



รูปที่ 3.2 เส้นทางของตัวแทนคำตอบที่สุ่มขึ้นมา

ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

ตัวแทนคำตอบข้างต้น แสดงดังรูปที่ 3.3 เป็นตัวแทนคำตอบของการขนส่งสินค้า 2 เส้นทาง เส้นทางแรก 0 - 3 - 9 - 4 - 2 - 1 - 0 และเส้นทางที่สอง 0 - 8 - 6 - 7 - 5 - 0

ตัวแทนคำตอบ	0	3	9	4	2	1	0	8	6	7	5	0
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

รูปที่ 3.3 ตัวแทนคำตอบที่จะนำไปปรับปรุง

ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

ซึ่งการปรับปรุงคำตอบที่จะใช้ในการพัฒนาคำตอบนั้นมีอยู่ 5 วิธี ดังต่อไปนี้

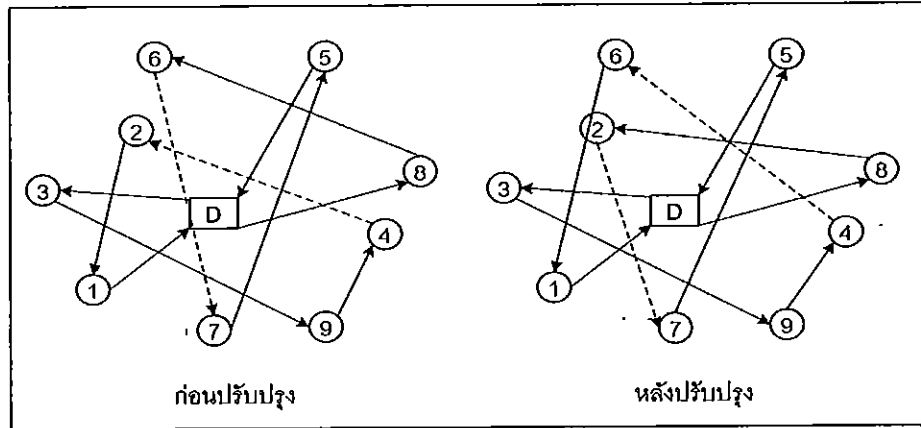
3.4.1.1 วิธี 2-Opt/2-Opt*

เป็นวิธีการสลักลูกค้าบางส่วนของเส้นทางการเดินทาง (Gendreau, M., Guetin, F., Potvin, J. Y., and Taillard, E. 1999). คือ การสลักลูกค้า 2 ราย โดยให้ลูกค้าที่อยู่ติดกัน และมีระยะทางมากที่สุดแทนตำแหน่ง i และ $i+1$ จากนั้นทำการสุมตำแหน่งลูกค้าขึ้นมาอีก 1 ตำแหน่ง กำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ j แล้วทำการสลักตำแหน่งลูกค้ารายที่ $i+1$ และ j แสดงดังรูปที่ 3.4 กำหนดให้ลูกค้ารายที่ 4 และ 2 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุมลูกค้าขึ้นมา 1 ตำแหน่ง คือ ลูกค้ารายที่ 6 โดยให้เป็นตำแหน่ง j จากนั้นทำการสลักลูกค้ารายที่ 2 และ 6 ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.5

ตำแหน่ง				i	$i+1$			j				
ตัวแทนคำตอบ	0	3	9	4	2	1	0	8	6	7	5	0
ตัวแทนคำตอบใหม่	0	3	9	4	6	1	0	8	2	7	5	0

รูปที่ 3.4 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 2-Opt/2-Opt*

ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)



รูปที่ 3.5 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 2-Opt/2-Opt*

ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

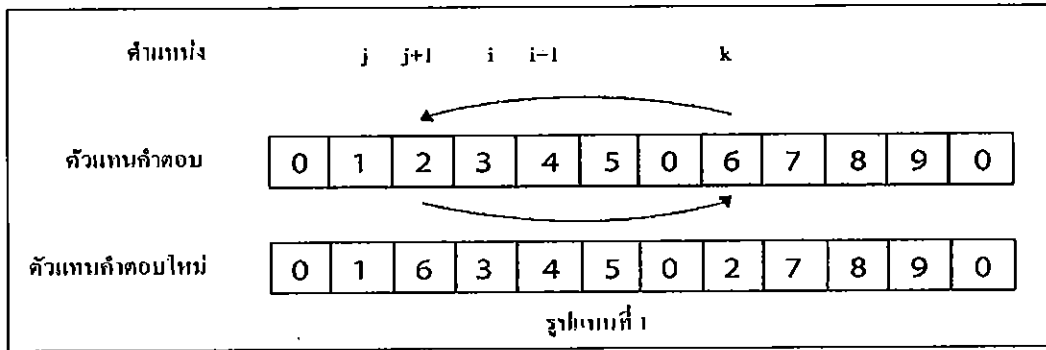
3.4.1.2 วิธี 3-Opt/3-Opt*

เป็นวิธีการสลักลูกค้าบางส่วนของเส้นทางการเดินทาง (Gendreau, M., Guetin, F., Potvin, J. Y., and Taillard, E. 1999). คือ การสลักลูกค้า 4 ราย โดยให้ลูกค้าที่อยู่ติดกัน และมีระยะทางมากที่สุดแทนตำแหน่ง i และ $i+1$ จากนั้นทำการสุมตำแหน่งลูกค้าขึ้นมาอีก 3 ตำแหน่ง กำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ $j, j+1$ และ k ให้ลูกค้าที่อยู่ต่อจากตำแหน่ง j เป็น $j+1$ โดยทำการสลักตำแหน่ง จะทำให้ได้ตัวแทนคำตอบใหม่ทั้งหมด 7 รูปแบบ แสดงดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงรูปแบบตัวแทนคำตอบของวิธี 3-Opt/3-Opt*

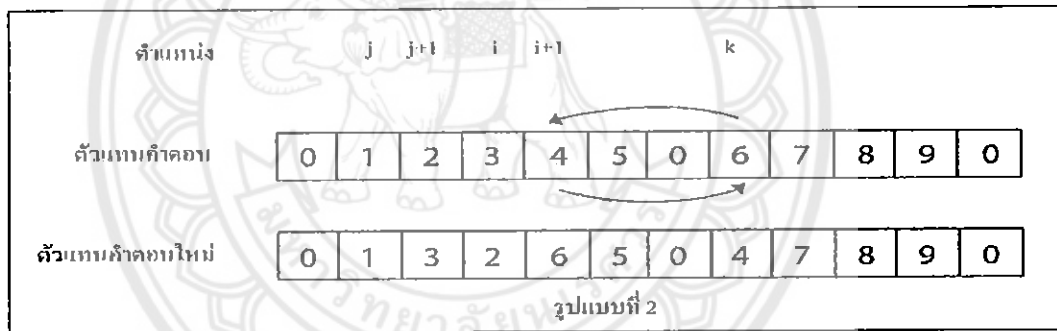
รูปแบบ	i	$i+1$	j	$j+1$	k	$k+1$
1	i	$i+1$	j	k	$j+1$	$k+1$
2	i	k	j	$j+1$	$i+1$	$k+1$
3	i	j	$i+1$	$j+1$	k	$k+1$
4	i	k	$j+1$	$i+1$	j	$k+1$
5	i	j	$i+1$	k	$j+1$	$k+1$
6	i	$j+1$	k	j	$i+1$	$k+1$
7	i	$j+1$	k	$i+1$	j	$k+1$

แบบที่ 1 แสดงดังรูปที่ 3.6 กำหนดให้ลูกค้ารายที่ 0 และ 1 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุมลูกค้าขึ้นมา 3 ตำแหน่ง คือ ลูกค้ารายที่ 2, 3 และ 4 โดยให้เป็นตำแหน่ง $j, j+1$ และ k ทำการสลักตำแหน่งลูกค้ารายที่ $j+1$ และ k คือ ลูกค้ารายที่ 2 กับลูกค้ารายที่ 6 ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.13



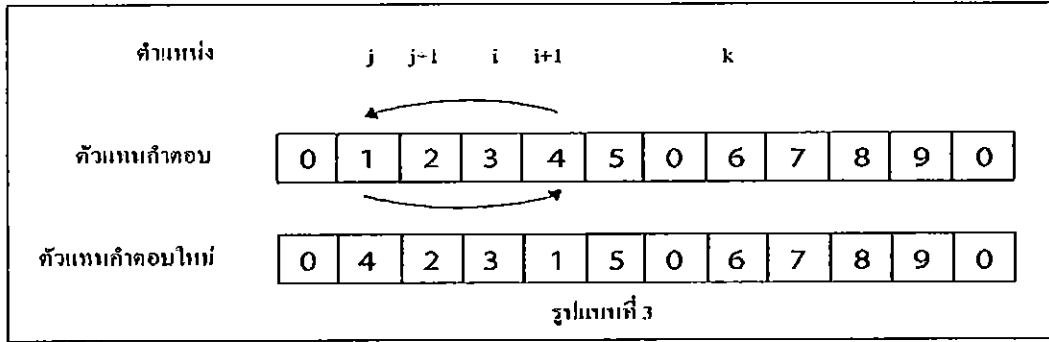
รูปที่ 3.6 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 1
ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)

แบบที่ 2 แสดงดังรูปที่ 3.7 กำหนดให้ลูกค้ายายที่ 0 และ 1 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุ่มลูกค้าขึ้นมา 3 ตำแหน่ง คือ ลูกค้ายายที่ 2, 3 และ 4 โดยให้เป็นตำแหน่ง j , $j+1$ และ k ทำการสลับตำแหน่งลูกค้ายายที่ $i+1$ และ k คือ ลูกค้ายายที่ 4 กับลูกค้ายายที่ 6 ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.13



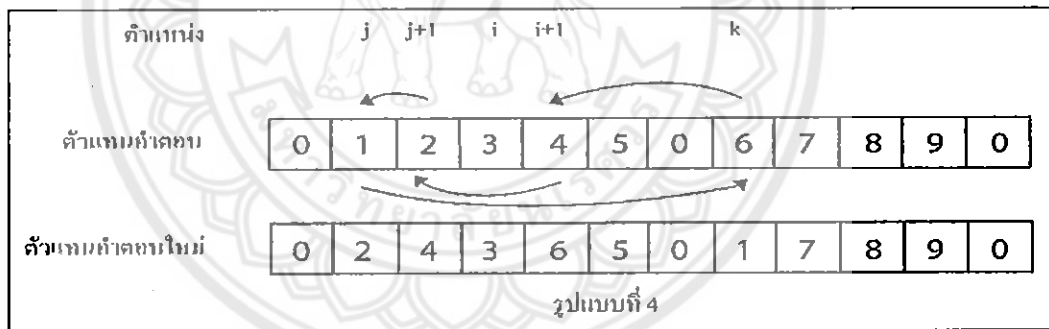
รูปที่ 3.7 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 2
ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)

แบบที่ 3 แสดงดังรูปที่ 3.8 กำหนดให้ลูกค้ายายที่ 0 และ 1 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุ่มลูกค้าขึ้นมา 3 ตำแหน่ง คือ ลูกค้ายายที่ 2, 3 และ 4 โดยให้เป็นตำแหน่ง j , $j+1$ และ k ทำการสลับตำแหน่งลูกค้ายายที่ $i+1$ และ j คือ ลูกค้ายายที่ 1 กับลูกค้ายายที่ 4 ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.13



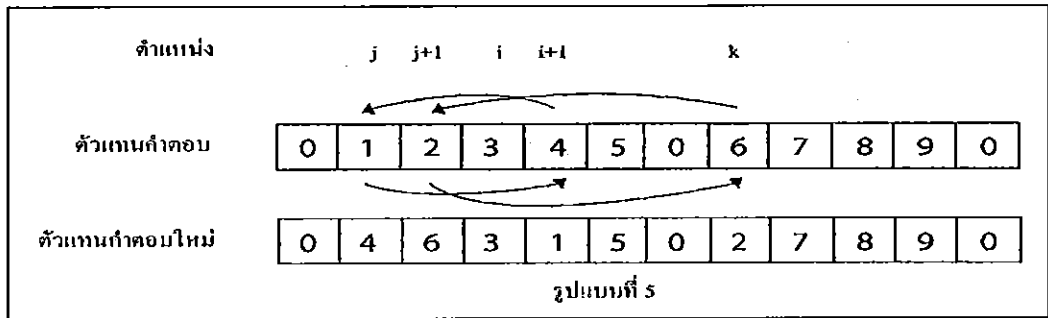
รูปที่ 3.8 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 3
ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

แบบที่ 4 แสดงดังรูปที่ 3.9 กำหนดให้ลูกข่ายที่ 0 และ 1 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุ่มลูกข่ายขึ้นมา 3 ตำแหน่ง คือ ลูกข่ายที่ 2, 3 และ 4 โดยให้เป็นตำแหน่ง j , $j+1$ และ k ทำการสลับตำแหน่งลูกข่ายที่ $i+1$ กับลูกข่ายที่ $j+1$ ตำแหน่งลูกข่ายที่ $j+1$ กับลูกข่ายที่ j และตำแหน่งลูกข่ายที่ j กับลูกข่ายที่ k คือ ลูกข่ายที่ 4 กับลูกข่ายที่ 2 ลูกข่ายที่ 2 กับลูกข่ายที่ 1 และลูกข่ายที่ 1 กับลูกข่ายที่ 6 ซึ่งจะให้ได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.13



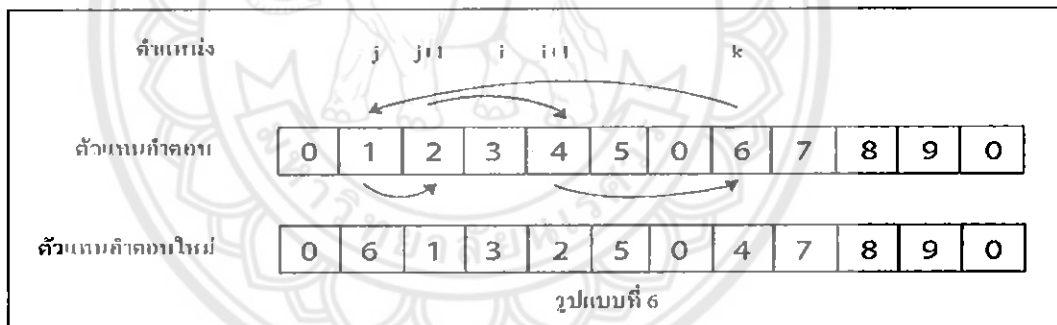
รูปที่ 3.9 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 4
ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

แบบที่ 5 แสดงดังรูปที่ 3.10 กำหนดให้ลูกข่ายที่ 0 และ 1 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุ่มลูกข่ายขึ้นมา 3 ตำแหน่ง คือ ลูกข่ายที่ 2, 3 และ 4 โดยให้เป็นตำแหน่ง j , $j+1$ และ k ทำการสลับตำแหน่งลูกข่ายที่ $i+1$ กับตำแหน่งลูกข่ายที่ j และตำแหน่งลูกข่ายที่ $j+1$ กับตำแหน่งลูกข่ายที่ k คือ ลูกข่ายที่ 4 กับลูกข่ายที่ 1 และลูกข่ายที่ 2 กับลูกข่ายที่ 6 ซึ่งจะให้ได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.13



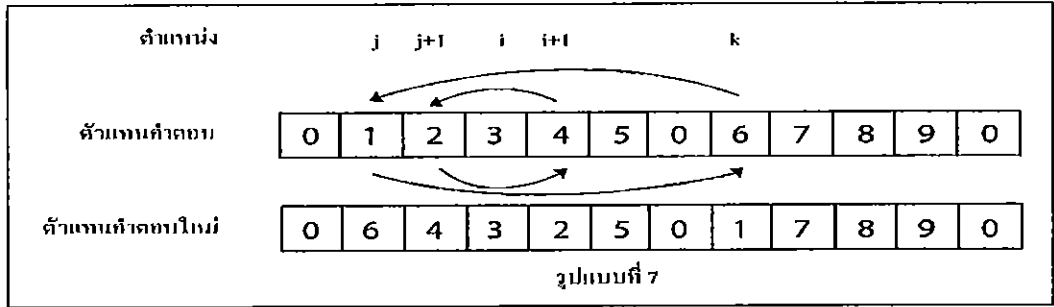
รูปที่ 3.10 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 5
ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

แบบที่ 6 แสดงดังรูปที่ 3.11 กำหนดให้ลูกค้ายายที่ 0 และ 1 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุ่มลูกค้าขึ้นมา 3 ตำแหน่ง คือ ลูกค้ายายที่ 2, 3 และ 4 โดยให้เป็นตำแหน่ง j , $j+1$ และ k ทำการสลับตำแหน่งลูกค้ายายที่ $i+1$ กับลูกค้ายายที่ k ตำแหน่งลูกค้ายายที่ k กับลูกค้ายายที่ j และตำแหน่งลูกค้ายายที่ j กับลูกค้ายายที่ $j+1$ คือ ลูกค้ายายที่ 4 กับลูกค้ายายที่ 6 ลูกค้ายายที่ 6 กับลูกค้ายายที่ 1 และลูกค้ายายที่ 1 กับลูกค้ายายที่ 2 ซึ่งจะทำได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.13



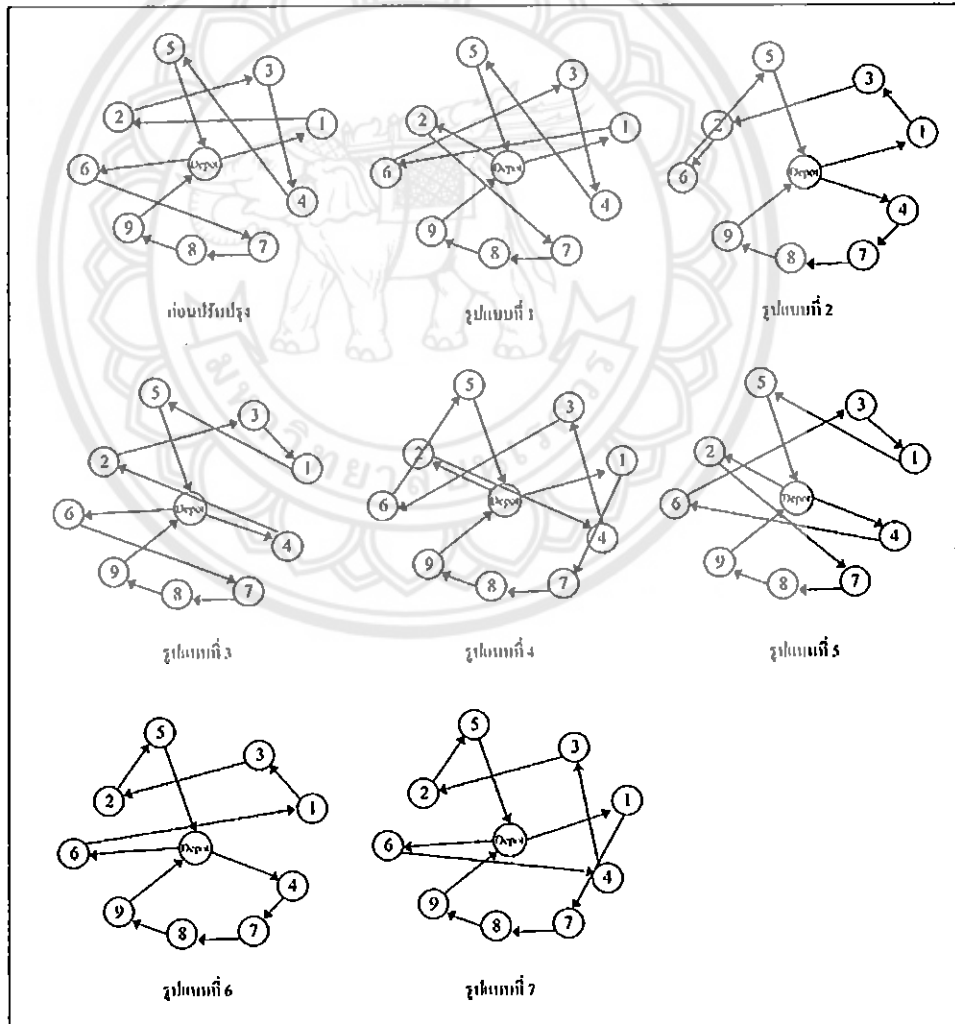
รูปที่ 3.11 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 6
ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

แบบที่ 7 แสดงดังรูปที่ 3.12 กำหนดให้ลูกค้ายายที่ 0 และ 1 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุ่มลูกค้าขึ้นมา 3 ตำแหน่ง คือ ลูกค้ายายที่ 2, 3 และ 4 โดยให้เป็นตำแหน่ง j , $j+1$ และ k ทำการสลับตำแหน่งลูกค้ายายที่ $i+1$ กับตำแหน่งลูกค้ายายที่ $j+1$ และตำแหน่งลูกค้ายายที่ j กับตำแหน่งลูกค้ายายที่ k คือ ลูกค้ายายที่ 2 กับลูกค้ายายที่ 4 และลูกค้ายายที่ 1 กับลูกค้ายายที่ 6 ซึ่งจะทำได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.12 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 3-Opt/3-Opt* แบบที่ 7
ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)

ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ทั้ง 7 รูปแบบ ที่ได้จากการปรับปรุงคำตอบแบบวิธี 3-Opt/3-Opt* แสดงดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 3-Opt/3-Opt*
ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)

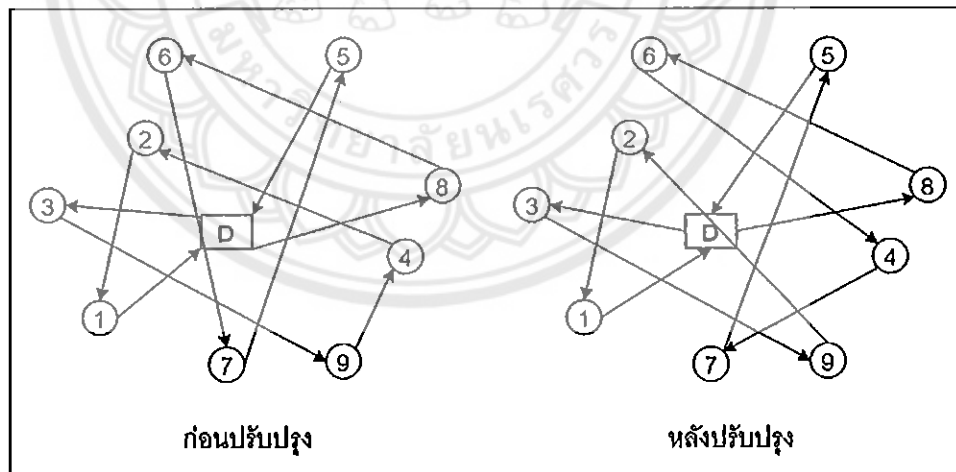
3.4.1.3 วิธี Shift 10

เป็นวิธีการแทรกลูกค่างลงไปในจุดอื่นของเส้นทางการเดินทาง (Fabri, A., and Recht, P. 2006). คือ การจับแยกลูกค้า 2 ราย โดยให้ลูกค้าที่อยู่ติดกัน และมีระยะทางมากที่สุด แทนตำแหน่ง i และ $i+1$ จากนั้นทำการสลับตำแหน่งลูกค้าขึ้นมาอีก 1 ตำแหน่ง กำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ j แล้วทำการแทรกลูกค้ารายที่ i ที่ตำแหน่ง j แสดงดังรูปที่ 3.14 กำหนดให้ลูกค้ารายที่ 4 และ 2 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสลับลูกค้าขึ้นมา 1 ตำแหน่ง คือ ลูกค้ารายที่ 6 โดยให้เป็นตำแหน่ง j ทำการแทรกลูกค้ารายที่ 4 ในตำแหน่งของลูกค้ารายที่ 6 ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแทนคำตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.15

ตำแหน่ง		i	$i+1$									
ตัวแทนคำตอบ	0	3	9	4	2	1	0	8	6	7	5	0
ตัวแทนคำตอบใหม่	0	3	9	2	1	0	8	6	4	7	5	0

รูปที่ 3.14 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี Shift 10

ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

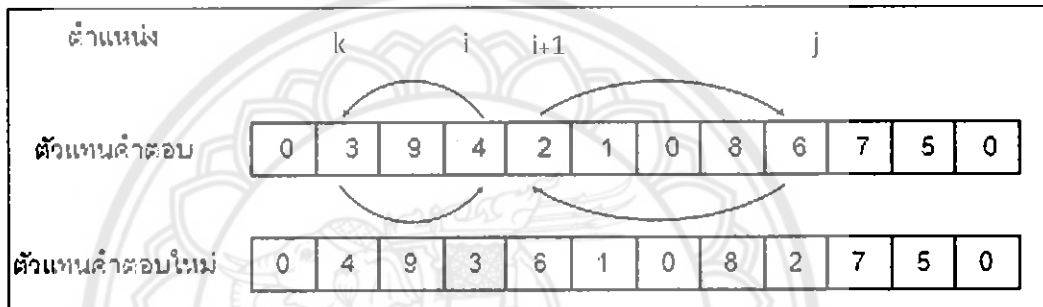


รูปที่ 3.15 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี Shift 10

ที่มา : ศิริชัย ยศวังใจ (2558)

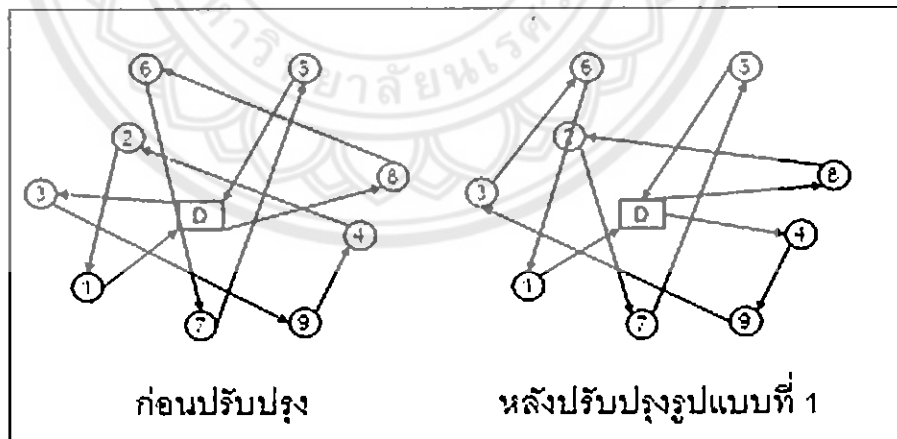
3.4.1.4 วิธี 1-1 Interchange

เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันของลูกค่า 2 ราย (Hombarger, J., and Gehring, H. 2005). คือ การสลับลูกค่า 4 ราย โดยให้ลูกค่าที่อยู่ติดกัน และมีระยะทางมากที่สุด แทนตำแหน่ง i และ $i+1$ จากนั้นทำการสุมตำแหน่งลูกค่าขึ้นมาอีก 2 ตำแหน่งกำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ j และ k แล้วทำการสลับตำแหน่งลูกค่ารายที่ i กับตำแหน่งลูกค่ารายที่ k และทำการสลับตำแหน่งลูกค่ารายที่ $i+1$ และตำแหน่งลูกค่ารายที่ j แสดงดังรูปที่ 3.16 กำหนดให้ลูกค่ารายที่ 4 และ 2 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุมลูกค่าขึ้นมา 2 ตำแหน่ง คือ ลูกค่ารายที่ 3 และ 6 โดยให้เป็นตำแหน่ง k และ j ทำการสลับลูกค่ารายที่ 4 กับลูกค่ารายที่ 3 และลูกค่ารายที่ 2 กับลูกค่ารายที่ 6 ซึ่งจะทำให้ได้ตัวแทนค่าตอบเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.16 การปรับปรุงค่าตอบโดยวิธี 1-1 Interchange

ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)

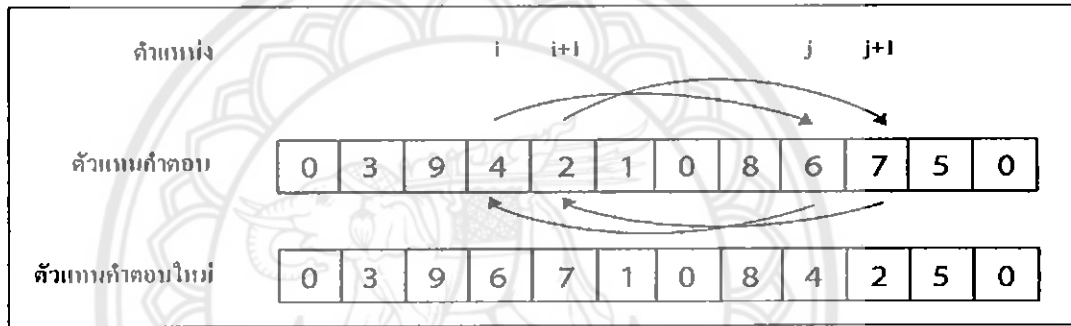


รูปที่ 3.17 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 1-1 Interchange

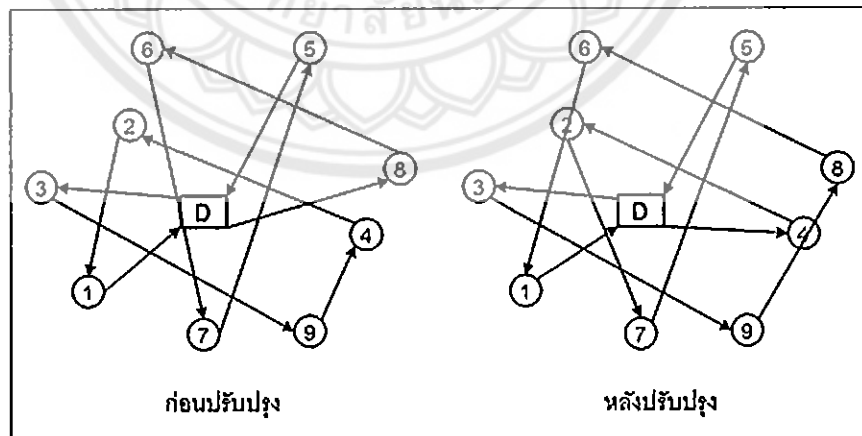
ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)

3.4.1.5 วิธี 2-2 Interchange

เป็นวิธีการแลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันของลูกค่า 2 ราย (Homberger, J., and Gehring, H. 2005). คือ การสลับลูกค่า 4 ราย โดยให้ลูกค่าที่อยู่ติดกันและมีระยะทางมากที่สุด แทนตำแหน่ง i และ $i+1$ จากนั้นทำการสุมตำแหน่งลูกค่าขึ้นมาอีก 1 ตำแหน่ง กำหนดให้เป็นตำแหน่งที่ j และกำหนดให้ลูกค่าที่อยู่ต่อจากตำแหน่ง j เป็น $j+1$ ทำการสลับตำแหน่งลูกค่ารายที่ i กับตำแหน่งลูกค่ารายที่ j และตำแหน่งลูกค่ารายที่ $i+1$ และตำแหน่งลูกค่ารายที่ $j+1$ แสดงดังรูปที่ 3.18 กำหนดให้ลูกค่ารายที่ 4 และ 2 มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้เป็น i และ $i+1$ ตามลำดับ จากนั้นสุมลูกค่าขึ้นมา 2 ตำแหน่ง คือ ลูกค่ารายที่ 6 และ 7 โดยให้เป็นตำแหน่ง j และ $j+1$ ทำการสลับลูกค่ารายที่ 4 กับลูกค่ารายที่ 6 และลูกค่ารายที่ 2 กับลูกค่ารายที่ 7 ซึ่งจะให้ได้ตัวแทนค่าตอบของเส้นทางใหม่ แสดงดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.18 การปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 2-2 Interchange
ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)



รูปที่ 3.19 เส้นทางก่อนและหลังปรับปรุงโดยวิธี 2-2 Interchange
ที่มา : ศิริชัย ยศวงใจ (2558)

3.5 ปัญหาที่ทำการศึกษา

ปัญหาที่เราจะทำการศึกษา เป็นปัญหาการขนส่งที่มีการพิจารณาน้ำหนักบรรทุกของยานพาหนะ เนื่องจากการบรรทุกของยานพาหนะ จะส่งผลต่อการจัดเส้นทางการเดินทางในการขนส่งสินค้า และส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ซึ่งมีข้อมูลและเงื่อนไขในการจัดเส้นทางขนส่ง ดังนี้

3.5.1 มีศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่ง

โจทย์ปัญหาจะมีแค่ศูนย์กระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว ยานพาหนะจะเริ่มต้น และสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้าของแต่ละการขนส่ง

3.5.2 มีข้อมูลนำเข้าที่ทราบค่าแน่นอน

3.5.2.1 ตำแหน่งของลูกค้า ระยะห่างของลูกค้ากับศูนย์กระจายสินค้า และระยะห่างระหว่างลูกค้าแต่ละราย

3.5.2.2 ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการสินค้าที่ไม่เท่ากัน

3.5.2.3 ยานพาหนะ (ประเภทของยานพาหนะ ความจุของยานพาหนะ และจำนวนยานพาหนะ)

3.5.3 ข้อจำกัดยานพาหนะ

3.5.3.1 ยานพาหนะเมื่อส่งสินค้าทั้งหมดเสร็จสิ้นแล้ว จะต้องเดินทางกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า

3.5.3.2 ยานพาหนะแต่ละคันจะบรรทุกสินค้าเกินกว่าความจุของตัวเองไม่ได้ เช่น รถคันหนึ่งบรรทุกได้แค่ 100 หน่วย เราจะบรรทุกสินค้าไปได้แค่ 100 หน่วย เป็นต้น

3.5.3.3 จำนวนสินค้าที่รถบรรทุกจะไม่ส่งผลต่อความเร็วของรถ

3.5.3.4 ยานพาหนะจะทำหน้าที่ส่งสินค้าเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ไม่มีการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า

3.5.3.5 ลูกค้าแต่ละคนจะสามารถรับสินค้าได้จากยานพาหนะเพียงหนึ่งคันเท่านั้น

3.5.4 ลูกค้าแต่ละคนจะมีกรอบเวลาที่ยานพาหนะต้องไปถึงในช่วงเวลาที่กำหนด

3.5.4.1 ยานพาหนะไปถึงลูกค้าก่อนกรอบเวลาที่กำหนด จะต้องรอจนถึงช่วงเวลาเริ่มต้นของกรอบเวลาของลูกค้าคนนั้น เช่น ลูกค้าต้องการให้ส่งของในเวลา 09.00 น. แต่ไปถึง 08.30 น. ต้องรอส่งสินค้า 30 นาที ก่อนถึงเวลาส่ง เป็นต้น

3.5.4.2 ยานพาหนะไปถึงลูกค้าหลังกรอบเวลาที่กำหนด จะต้องเสียค่าปรับในการส่งสินค้าที่ล่าช้าให้กับลูกค้า และค่าปรับต่อหน่วยเวลาของลูกค้าแต่ละคนอาจจะไม่เท่ากัน

เช่น ลูกค้าต้องการให้ส่งของในเวลา 09.00-10.00 น. แต่ไปถึง 11.30 น. ส่งสินค้าเกินเวลาที่ลูกค้าต้องการมา 90 นาที จำเป็นต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้าตามจำนวนหน่วยที่ลูกค้ากำหนดไว้ เป็นต้น

3.5.5 ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง

ในการขนส่งสินค้าจะมีการเสียค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น ไม่ว่าจะเป็นค่าใช้จ่ายคงที่ หรือค่าใช้จ่ายผันแปร ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้ยานพาหนะหรือระยะทาง แม้กระทั่งค่าปรับ ถ้ามีการจัดสรรเส้นทางที่แย่ค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะลดลง ในทางกลับกันการจัดสรรเส้นทางที่ดีจะส่งผลให้ค่าใช้จ่ายเหล่านี้ถูกลง ซึ่งค่าใช้จ่ายในการขนส่งประกอบไปด้วย

3.5.5.1 ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ (Fixed Cost)

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการนำยานพาหนะออกมาใช้ ดังตัวอย่าง ค่าจ้างคนขับรถ โดยค่าใช้จ่ายยานพาหนะในแต่ละประเภทจะไม่เท่ากัน แต่ค่าใช้จ่ายยานพาหนะประเภทเดียวกันจะเท่ากัน

3.5.5.2 ค่าใช้จ่ายแปรผันในการใช้ยานพาหนะ (Variable Cost)

เป็นค่าใช้จ่ายที่จะขึ้นอยู่กับระยะทางในการขนส่งของยานพาหนะแต่ละคัน ดังตัวอย่าง รถคันที่ 1 วิ่งได้ 30 กิโลเมตร ค่าใช้จ่ายกิโลเมตรละ 2 บาท รถคันที่ 1 จึงต้องเสียค่าเดินทาง 60 บาท

3.5.5.3. ค่าปรับจากการส่งสินค้าช้าไปจากกรอบเวลา (Penalty Cost)

ดังตัวอย่าง ลูกค้ากำหนดให้ส่งสินค้าภายในชั่วโมงที่ 2 แต่มาส่งสินค้าในชั่วโมงที่ 3 ต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า ค่าปรับอาจคิดเป็นนาทีที่เลยกรอบเวลามา

3.5.5.4 ค่าใช้จ่ายจากการบรรทุกสินค้า (Loading Cost)

เป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากน้ำหนักในการบรรทุกสินค้า (บาท/ระยะทาง/น้ำหนัก) ดังตัวอย่าง รถคันที่ 1 บรรทุกสินค้าไป 30 ชิ้น ชิ้นละ 3 บาท ต้องเสียค่าค่าใช้จ่ายจากการบรรทุกสินค้า 90 บาท ในการขนส่ง

3.6 เงื่อนไขของน้ำหนักบรรทุก

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งโดยส่วนใหญ่จะกำหนดเงื่อนไขด้านต่างๆ เช่น กรอบเวลาในการจัดส่งจำนวนคลังสินค้า หรือประเภทของความจุยานพาหนะ ซึ่งต้นทุนค่าใช้จ่ายจะมีค่าเท่ากับระยะทางที่ต่ำที่สุด เป็นต้น แต่ในทางปฏิบัติการขนส่งสินค้าไม่ขึ้นอยู่กับระยะทางอย่างเดียว แต่จะพิจารณาน้ำหนักบรรทุกไปด้วย โดยปัญหาที่ไม่พิจารณาน้ำหนักบรรทุกนั้นจะได้เส้นทางที่มีระยะทางที่ต่ำที่สุดแต่ต้นทุนค่าใช้จ่ายที่คำนวณได้อาจจะไม่ต่ำที่สุด ในการพิจารณาน้ำหนักบรรทุกสินค้าจะคำนึงถึง 3 ส่วน คือ

$Q' = \{q_1, q_2, \dots, q_m\}$ คือ เซตความต้องการสินค้า
 $A' = \{r_1, r_2, \dots, r_{m+1}\}$ คือ เซตเส้นทางระหว่างลูกค้า
 $d_{r_i}, i' \in \{1, 2, \dots, m+1\}$ คือ ระยะทางของแต่ละเส้นทาง

ซึ่งค่าใช้จ่ายรวมสามารถคำนวณได้จากสูตร

$$\begin{aligned} \text{ค่าใช้จ่ายรวม} = & c_d (d_{r_1} + d_{r_2} + \dots + d_{r_{m+1}}) + c_s [(q_1 + q_2 + \dots + q_m) d_{r_1} \\ & + (q_2 + \dots + q_m) d_{r_2} + \dots + q_m + q_{r_m}] + c_v + c_p \end{aligned}$$

ที่มา : Tang et al. 2010

กำหนดให้

c_d คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อระยะทาง ประกอบไปด้วย ค่าซ่อมบำรุง ค่าน้ำมันค่าใช้จ่ายในการขนถ่าย (บาท/กิโลเมตร)

c_s คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่อน้ำหนักและต่อระยะทาง (บาท/กิโลกรัม/กิโลเมตร)

c_v คือ ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ ประกอบไปด้วย ค่าเลือกยานพาหนะ เงินเดือนพนักงานขับรถ ค่าเช่าที่จอดรถ ค่าประกันต่างๆ ที่เกี่ยวกับยานพาหนะ (บาท/คัน)

c_p คือ ค่าปรับเนื่องจากการละเมิดกรอบเวลารับสินค้า (บาท/ชั่วโมง)

สมการดังกล่าว สามารถนำมาหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าได้ ดังตัวอย่าง ของโจทย์ปัญหาการขนส่งยานพาหนะที่ทำการส่งสินค้าให้กับลูกค้า 6 ราย

ตัวอย่างของโจทย์ปัญหา

บริษัทแห่งหนึ่งต้องการให้รถขนส่งสินค้าจำนวน 2 คัน ไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า 6 ราย ระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 3.2 โดยที่ 0 คือ สถานที่ที่บริษัทตั้งอยู่ และรถแต่ละคันมีความจุไม่เท่ากัน แสดงดังตารางที่ 3.3 ลูกค้าแต่ละคนมีความต้องการสินค้า แสดงดังตารางที่ 3.4 กรอบเวลาในการขนส่ง และค่าปรับที่เกินมาจากกรอบเวลา แสดงดังตารางที่ 3.5 ต้องการหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดของรถทั้ง 2 คัน ซึ่งถือเป็นฟังก์ชันเป้าประสงค์ของปัญหานี้ (Objective Function)

โจทย์ปัญหานี้เป็นปัญหา VRP แบบมีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา มีจุดเริ่มต้นเพียงแค่จุดเดียว และความต้องการของลูกค้าที่ทราบค่าแน่นอน

ตารางที่ 3.2 ระยะทางระหว่างลูกค้ากับศูนย์กระจายสินค้า และระยะทางระหว่างลูกค้า
แต่ละรายของตัวอย่างปัญหา VRP

i/j	0	1	2	3	4	5	6
0	0	50	40	45	30	60	55
1	50	0	60	55	35	40	60
2	40	60	0	70	55	40	30
3	45	55	70	0	25	30	45
4	30	35	55	25	0	55	60
5	60	40	40	30	55	0	30
6	55	60	30	45	60	30	0

ตารางที่ 3.3 ช่วงเวลาเปิด - ปิดรับสินค้า เวลาที่ใช้ขนถ่ายสินค้า และค่าปรับ
เนื่องจากส่งสินค้าไม่ทันช่วงเวลาเปิด - ปิดรับสินค้าทั้ง 6 ราย

ลูกค้ารายที่	กรอบเวลา (นาฬิกา)	เวลาในการขนถ่าย สินค้า (นาที)	ค่าปรับล่วงเวลา (บาท)
1	08.00-10.00	30	50
2	09.00-11.00	30	50
3	09.00-13.00	30	50
4	08.00-10.00	30	50
5	10.00-12.00	30	50
6	10.00-13.00	30	50

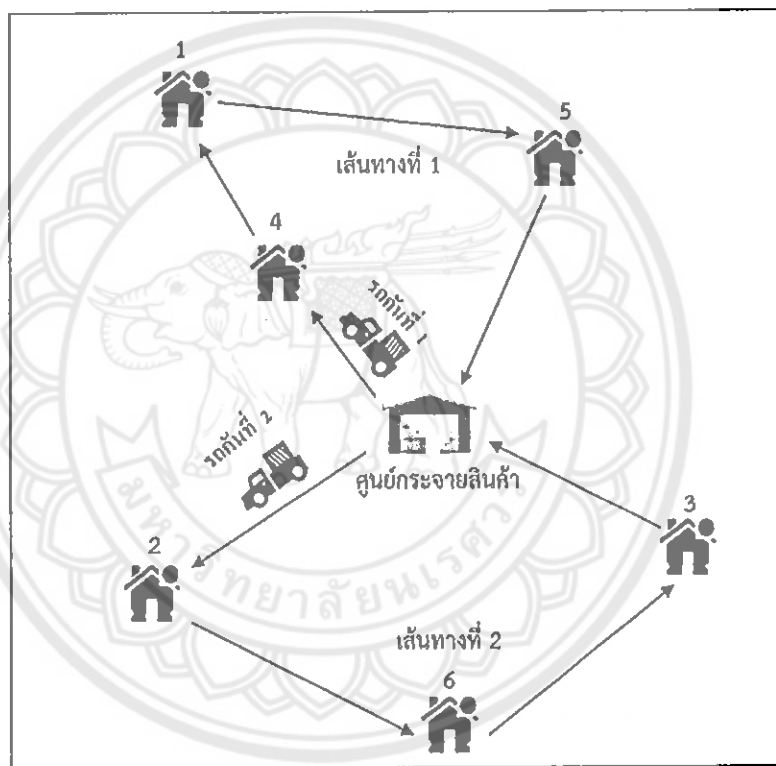
ตารางที่ 3.4 ความต้องการของลูกค้าทั้ง 6 ราย

ลูกค้ารายที่	ความต้องการสินค้า (หน่วย)
1	55
2	65
3	50
4	40
5	60
6	80

ตารางที่ 3.5 ความจุในการบรรทุกสินค้าของรถแต่ละคัน

รถคันที่	ความจุ (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายในการเลือกพาหนะ (บาท)	ค่าใช้จ่ายในการขนส่ง (สินค้า/น้ำหนัก/ระยะทาง)	ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (บาท/กิโลเมตร)	ความเร็ว (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
1	180	150	0.3	2	60
2	200	100	0.2	3	50

เส้นทางที่รถ 2 คัน ใช้ในการเดินทางไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า แสดงดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 เส้นทางรถขนส่งสินค้า

หลังจากทราบข้อมูลของการขนส่งครั้งนี้ สามารถเลือกตัวแทนคำตอบของเส้นทางในการเดินทางของรถทั้ง 2 คัน ดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตัวแทนคำตอบของเส้นทาง

ตัวแทนคำตอบ	0	4	1	5	0	2	6	3	0
-------------	---	---	---	---	---	---	---	---	---

พิจารณาเวลาในการเดินทางไปขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าของรถทั้ง 2 คัน
รถคันที่ 1 ความเร็ว 60 กิโลเมตร/ชั่วโมง ออกจากศูนย์กระจายสินค้าเวลา 08.00 น.
เดินทางไปยังลูกค้าคนที่ 4 ระยะทาง 30 กิโลเมตร

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่ใช้ในการเดินทาง} &= \text{ระยะทาง/ความเร็ว} \\ &= 30/60 \\ &= 0.5 \times 60 \\ &= 30 \text{ นาที} \end{aligned}$$

เดินทางไปยังลูกค้าคนที่ 4 ไปยังลูกค้าคนที่ 1 ระยะทาง 35 กิโลเมตร
เวลาที่ใช้ในการเดินทาง = ระยะทาง/ความเร็ว

$$\begin{aligned} &= 35/60 \\ &= 0.583 \times 60 \\ &= 35 \text{ นาที} \end{aligned}$$

เดินทางไปยังลูกค้าคนที่ 1 ไปยังลูกค้าคนที่ 5 ระยะทาง 40 กิโลเมตร
เวลาที่ใช้ในการเดินทาง = ระยะทาง/ความเร็ว

$$\begin{aligned} &= 40/60 \\ &= 0.667 \times 60 \\ &= 40 \text{ นาที} \end{aligned}$$

รถคันที่ 2 ความเร็ว 50 กิโลเมตร/ชั่วโมง ออกจากศูนย์กระจายสินค้าเวลา 08.00 น.
เดินทางไปยังลูกค้าคนที่ 2 ระยะทาง 40 กิโลเมตร

$$\begin{aligned} \text{เวลาที่ใช้ในการเดินทาง} &= \text{ระยะทาง/ความเร็ว} \\ &= 40/50 \\ &= 0.8 \times 60 \\ &= 48 \text{ นาที} \end{aligned}$$

เดินทางไปยังลูกค้าคนที่ 2 ไปยังลูกค้าคนที่ 6 ระยะทาง 30 กิโลเมตร
เวลาที่ใช้ในการเดินทาง = ระยะทาง/ความเร็ว

$$\begin{aligned} &= 30/50 \\ &= 0.6 \times 60 \\ &= 36 \text{ นาที} \end{aligned}$$

เดินทางไปยังลูกค้าคนที่ 6 ไปยังลูกค้าคนที่ 3 ระยะทาง 45 กิโลเมตร
เวลาที่ใช้ในการเดินทาง = ระยะทาง/ความเร็ว

$$\begin{aligned} &= 45/50 \\ &= 0.9 \times 60 \\ &= 54 \text{ นาที} \end{aligned}$$

พิจารณาค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าของเส้นทางที่ 1

รถคันที่ 1 บรรทุกสินค้าไป 155 หน่วย เดินทางไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า 3 ราย เส้นทาง 0 - 4 - 1 - 5 - 0 แสดงดังรูปที่ 3.21 รถคันที่ 1 ออกจากศูนย์กระจายสินค้า 08.00 น. ไปยังลูกค้าคนที่ 4 จะเดินทางถึงลูกค้าคนที่ 4 ที่เวลา 08.30 น. ใช้เวลาในการขนถ่าย 30 นาที

เดินทางออกจากลูกค้าคนที่ 4 ไปยังลูกค้าคนที่ 1 เวลา 09.30 น. จะถึงลูกค้าคนที่ 1 เวลา 10.05 น. ใช้เวลาในการขนถ่าย 30 นาที มาถึงหลังกรอบเวลามีการเสียค่าปรับ

เดินทางออกจากลูกค้าคนที่ 1 ไปยังลูกค้าคนที่ 5 เวลา 10.35 น. จะถึงลูกค้าคนที่ 5 เวลา 11.15 น. ใช้เวลาในการขนถ่าย 30 นาที หลังจากนั้นจึงเดินทางกลับศูนย์กระจายสินค้า

ซึ่งสามารถคิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของเส้นทาง ดังนี้

ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง

$$2 \times (30 + 35 + 40 + 60) = 330 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนัก - ระยะทาง

$$0.3 \times [((40 + 55 + 60) \times 30) + ((55 + 60) \times 35) + (60 \times 40)] = 3322.5 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้ยานพาหนะ

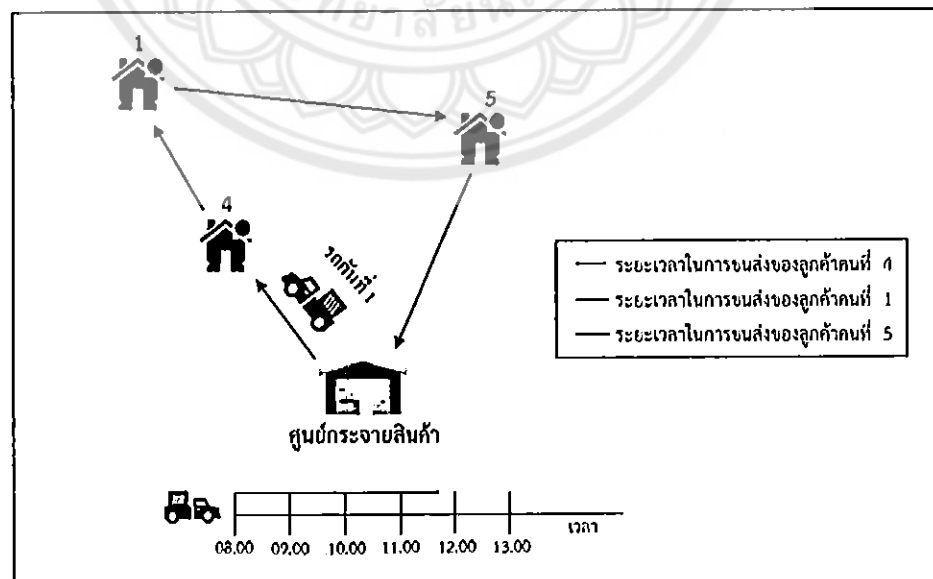
$$= 150 \text{ บาท}$$

ค่าปรับจากการมาส่งล่าช้า

$$= 50 \text{ บาท}$$

รวมค่าใช้จ่ายเส้นทาง 0 - 4 - 1 - 5 - 0 ของรถคันที่ 1

$$330 + 3322.5 + 150 + 50 = 3852.5 \text{ บาท}$$



รูปที่ 3.21 เส้นทางรถขนส่งสินค้าของรถคันที่ 1

พิจารณาค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าของเส้นทางที่ 2

รถคันที่ 2 บรรทุกสินค้าไป 195 หน่วย เดินทางไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า 3 ราย เส้นทาง 0 - 2 - 6 - 3 - 0 แสดงดังรูปที่ 3.22 รถคันที่ 2 ออกจากศูนย์กระจายสินค้า 08.00 น. จะเดินทางถึงลูกค้าคนที่ 2 ที่เวลา 08.48 น.. ใช้เวลาในการขนถ่าย 30 นาที เนื่องจากมาถึงก่อนครบเวลาจึงต้องรอขนสินค้าลง

เดินทางออกจากลูกค้าคนที่ 2 ไปยังลูกค้าคนที่ 6 เวลา 09.30 น. จะถึงลูกค้าคนที่ 6 เวลา 10.06 น. ใช้เวลาในการขนถ่าย 30 นาที

เดินทางออกจากลูกค้าคนที่ 6 ไปยังลูกค้าคนที่ 3 เวลา 10.36 น. จะถึงลูกค้าคนที่ 3 เวลา 11.30 น. ใช้เวลาในการขนถ่าย 30 นาที หลังจากนั้นจึงเดินทางกลับศูนย์กระจายสินค้า

ซึ่งสามารถคิดค่าใช้จ่ายในการขนส่งของเส้นทาง ดังนี้

ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง

$$3 \times (30 + 40 + 50 + 80) = 600 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายต่อน้ำหนัก-ระยะทาง

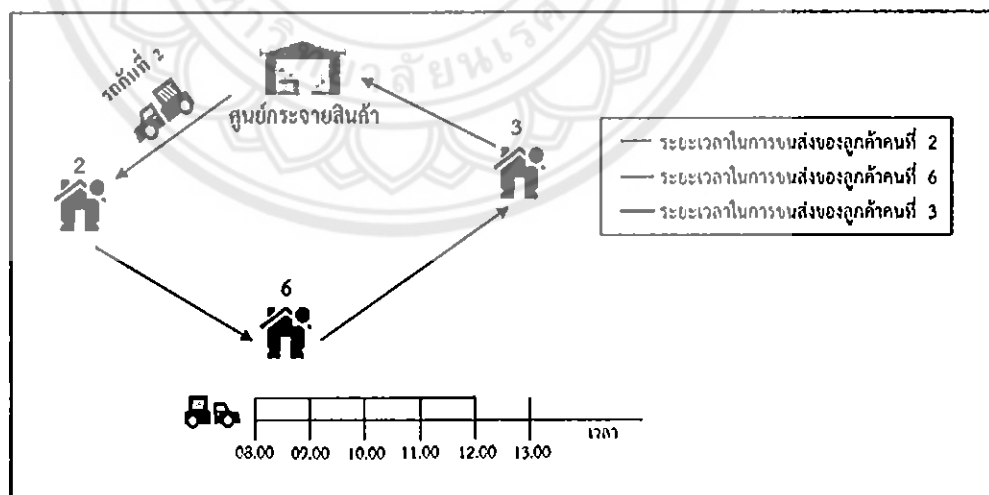
$$0.2 \times [((80 + 50 + 65) \times 30) + ((50 + 65) \times 40) + (65 \times 50)] = 2740 \text{ บาท}$$

ค่าใช้จ่ายในการใช้ยานพาหนะ

$$= 100 \text{ บาท}$$

รวมค่าใช้จ่ายเส้นทาง 0 - 2 - 6 - 3 - 0 ของรถคันที่ 2

$$600 + 2740 + 100 = 3440 \text{ บาท}$$



รูปที่ 3.22 เส้นทางรถขนส่งสินค้าของรถคันที่ 2

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวมสำหรับตัวแทนค่าตอบนี้คือ $3852.5 + 3440 = 7292.5$ บาท

3.7 ศึกษาโปรแกรมภาษา Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel

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

3.8 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

โดยการทดลองความถูกต้องของค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรม ด้วยการตรวจสอบจากค่าคำตอบเปรียบเทียบกับวิธีอื่น เช่น การคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข หรือการใส่ค่าคำตอบที่ทราบค่าใช้จ่ายรวมอยู่แล้วลงไปโปรแกรม เป็นต้น

3.9 ใช้วิธีการหาคำตอบแบบการอบอุ่นจำลองเพื่อค้นหาคำตอบกับปัญหาทดสอบ

ประมวลผลคำตอบที่ได้จากวิธีการอบอุ่นจำลอง มาทดสอบกับโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้นในแบบจำลองบนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และทดสอบประสิทธิภาพค่าคำตอบที่ดีที่สุด

3.10 ทำการทดลองเพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมโดยวิธีการอบอุ่นจำลอง

3.10.1 พิจารณาโจทย์ปัญหาที่ละเอียด โดยจะทำการแบ่งโจทย์ปัญหาออกเป็น 3 ขนาด คือ

3.10.1.1 ปัญหาขนาดเล็ก มีอยู่ 3 ปัญหา โดยมีข้อมูล ดังตารางที่ 3.7 และ 3.8

ตารางที่ 3.7 รายละเอียดเกี่ยวกับยานพาหนะของปัญหาขนาดเล็ก

ปัญหา ข้อที่	ประเภท ของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ (หน่วย สินค้า)	Fix Cost (บาท/ คัน)	Variable Cost (บาท/ กิโลเมตร)	Loading Cost (บาท/หน่วย สินค้า/ กิโลเมตร)	Speed (กิโลเมตร /ชั่วโมง)
1	1	10	100	30	1.0	2.0	2.0
	2	5	200	80	1.2	3.0	1.5
2	1	5	300	45	1.0	2.0	2.0
	2	5	400	70	1.2	3.0	1.5

ตารางที่ 3.7 (ต่อ) รายละเอียดเกี่ยวกับยานพาหนะของปัญหาขนาดเล็ก

ปัญหา ข้อที่	ประเภท ของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ (หน่วย สินค้า)	Fix Cost (บาท/ คัน)	Variable Cost (บาท/ กิโลเมตร)	Loading Cost (บาท/หน่วย สินค้า/ กิโลเมตร)	Speed (กิโลเมตร /ชั่วโมง)
3	1	5	40	60	1.0	2.0	2.0
	2	10	80	150	1.2	3.0	1.5
	3	5	150	300	1.4	4.0	1.0

ตารางที่ 3.8 รายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้าของปัญหาขนาดเล็ก

ปัญหาข้อที่	จำนวนลูกค้า (คน)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
1	25	90	5
2	25	10	5
3	25	10	5

3.10.1.2 ปัญหาขนาดกลาง มีอยู่ 3 ปัญหา โดยมีข้อมูล ดังตารางที่ 3.9 และ 3.10

ตารางที่ 3.9 รายละเอียดเกี่ยวกับยานพาหนะของปัญหาขนาดกลาง

ปัญหา ข้อที่	ประเภท ของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ (หน่วย สินค้า)	Fix Cost (บาท/ คัน)	Variable Cost (บาท/ กิโลเมตร)	Loading Cost (บาท/หน่วย สินค้า/ กิโลเมตร)	Speed (กิโลเมตร /ชั่วโมง)
1	1	10	50	10	1.0	2.0	2.0
	2	10	80	20	1.2	3.0	1.5
	3	10	100	30	1.4	4.0	1.0
2	1	10	50	80	1.0	2.0	2.0
	2	10	80	140	1.2	3.0	1.5
	3	10	120	250	1.4	4.0	1.0
3	1	10	50	10	1.0	2.0	2.0
	2	15	80	20	1.2	3.0	1.5
	3	10	100	30	1.4	4.0	1.0

ตารางที่ 3.10 รายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้าของปัญหาขนาดกลาง

ปัญหาข้อที่	จำนวนลูกค้า (คน)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
1	49	90	5
2	50	10	5
3	50	10	5

3.10.1.3 ปัญหาขนาดใหญ่ มีอยู่ 3 ปัญหา โดยมีข้อมูล ดังตารางที่ 3.11 และ 3.12

ตารางที่ 3.11 รายละเอียดเกี่ยวกับยานพาหนะของปัญหาขนาดใหญ่

ปัญหาข้อที่	ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ (หน่วยสินค้า)	Fix Cost (บาท/คัน)	Variable Cost (บาท/กิโลเมตร)	Loading Cost (บาท/หน่วยสินค้า/กิโลเมตร)	Speed (กิโลเมตร/ชั่วโมง)
1	1	20	100	30	1.0	2.0	2.0
	2	5	200	80	1.5	3.0	1.5
2	1	10	300	45	1.0	2.0	2.0
	2	5	400	70	1.5	3.0	1.5
3	1	10	40	60	1.0	2.0	2.0
	2	20	80	150	1.5	3.0	1.5
	3	10	150	300	2.0	4.0	1.0

ตารางที่ 3.12 รายละเอียดเกี่ยวกับลูกค้าของปัญหาขนาดใหญ่

ปัญหาข้อที่	จำนวนลูกค้า (คน)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
1	100	90	5
2	100	10	5
3	120	10	5

3.10.2 พิจารณาโจทย์ปัญหาที่ละข้อในโจทย์ปัญหาข้อที่สนใจ ทำการทดลองเพื่อหาคำตอบอย่างน้อย 10,000 คำตอบ

3.10.3 ทำการทดลองของโจทย์ปัญหานั้น โดยเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ของวิธีการอบอุ่นจำลอง โดยในแต่ละการตั้งค่าจะทำการหาคำตอบอย่างน้อย 5 รอบรอบละอย่างน้อย 10,000 คำตอบ

3.10.4 นำผลลัพธ์จากการประมวลผลทั้งหมดมาวิเคราะห์ความแปรปรวนในโปรแกรม Minitab 16 เพื่อดูค่าพารามิเตอร์ใดที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของค่าคำตอบบ้าง จากนั้นทำการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับโจทย์ปัญหาข้อที่พิจารณาอยู่

3.10.5 เลือกโจทย์ปัญหาข้อต่อไปแล้วทำซ้ำตั้งแต่ข้อที่ 3.10.1 ถึง ข้อที่ 3.10.3 จนกระทั่งพิจารณาโจทย์ปัญหาครบทุกข้อจึงหยุดการทดลอง

3.10.6 นำค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ได้ เลือกจากโจทย์ปัญหาแต่ละข้อ มาทำการประมวลผลหาค่าคำตอบ หรือเก็บค่าคำตอบไว้ก่อน แล้วนำค่าคำตอบไปประมวลผลซ้ำอีก 10 รอบ จากนั้นจะได้ค่าคำตอบใหม่แล้วนำมาเปรียบเทียบกับวิธีของกลุ่มอื่น

3.11 แก้ไขและปรับปรุงการใช้งานของโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง

ถ้าโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลองไม่สามารถใช้งานได้จริง ก็ทำการแก้ไขและปรับปรุงต่อไป

3.12 สรุปผลและนำเสนอผลงาน

นำผลลัพธ์ที่ได้จากการทดลองจากโปรแกรมวิเคราะห์ และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด และจัดทำรูปเล่มเสนอต่อ คณะกรรมการคุมสอบโครงงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์

บทที่ 4

วิธีดำเนินโครงการ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการออกแบบการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel และผลการทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหการจัดเส้นทาง การขนส่งยานพาหนะโดยใช้วิธีการรอบอ้อมจำลอง นอกจากนี้ยังเป็นการเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ ผลการทดลองกับวิธีอื่นที่กล่าวไว้ในบทที่ 3

4.1 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะเป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง โดยลักษณะปัญหานั้น จะเป็นปัญหาเกี่ยวกับเส้นทางในการเดินทางไปพบลูกค้ายังสถานที่ต่างๆ ตามคำขอของลูกค้า โดยทำให้มีระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการเดินทางทั้งหมดต่ำที่สุด ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะนี้ พัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย และได้ถูกศึกษาอย่างแพร่หลายในสาขา ของการวิจัยการดำเนินงาน ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะถูกนำมาวิจัยครั้งแรกโดย Dantzig และ Ramser ศึกษาการจัดเส้นทางของยานพาหนะสำหรับบรรทุกเชื้อเพลิงจากสถานีกลาง ไปยังสถานีย่อยต่างๆ โดยใช้วิธีโปรแกรมเชิงเส้นตรง หลังจากนั้นปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ก็ได้รับการวิจัยอย่างมาก โดยมีการเพิ่มเติมเงื่อนไขต่างๆ เข้าไปให้สมจริงมากขึ้น เช่น การที่ลูกค้า แต่ละรายมีความต้องการปริมาณสินค้าที่ไม่เท่ากัน มีเงื่อนไขเรื่องกรอบเวลาในการรับสินค้า ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งมีความจุไม่เท่ากัน และมีการเสียค่าปรับเนื่องจากการส่งสินค้าไม่ทัน กรอบเวลา เป็นต้น ซึ่ง Pillac และคณะ ได้แบ่งปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่พบในวิจัย ไว้ 4 รูปแบบ ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่พบในงานวิจัย

1. Static and Deterministic Problem	ทราบข้อมูลต่างๆ ของลูกค้าทั้งหมด เช่น ความต้องการสินค้า จำนวนลูกค้า กรอบเวลาในการจัดส่ง ตำแหน่งในการจัดส่ง ระยะเวลาที่ให้บริการ และจำนวนลูกค้าจะไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา เส้นทางยานพาหนะจะไม่ถูกเปลี่ยนแปลงในช่วงการขนส่ง เป็นต้น
2. Static and Stochastic Problem	ทราบจำนวนลูกค้าล่วงหน้าแน่นอน จำนวนลูกค้าไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา แต่ข้อมูลของลูกค้ามีความไม่แน่นอนเข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่แน่นอนของลูกค้าที่จะรับบริการ เวลารับสินค้าไม่แน่นอน และปริมาณความต้องการสินค้าไม่แน่นอน

ตารางที่ 4.1 (ต่อ) แสดงปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่พบในงานวิจัย

3. Dynamic and Deterministic Problem	ทราบจำนวนลูกค้า และข้อมูลของลูกค้าล่วงหน้าเพียงบางราย ความต้องการของลูกค้ารายใหม่ๆ จะทยอยเข้ามา เมื่อกำลังดำเนินการขนส่ง เส้นทางยานพาหนะจะถูกปรับเปลี่ยนตลอดเวลาการทำงาน
4. Dynamic and Stochastic Problem	ทราบจำนวนลูกค้า และข้อมูลของลูกค้าล่วงหน้าเพียงบางราย ข้อมูลของลูกค้าอาจมีการเปลี่ยนแปลงเมื่อเวลาผ่านไป อีกทั้งความต้องการของลูกค้ารายใหม่ๆ จะทยอยเข้ามาในช่วงกำลังขนส่ง เส้นทางของยานพาหนะจะถูกปรับเปลี่ยนตลอดเวลาการทำงาน

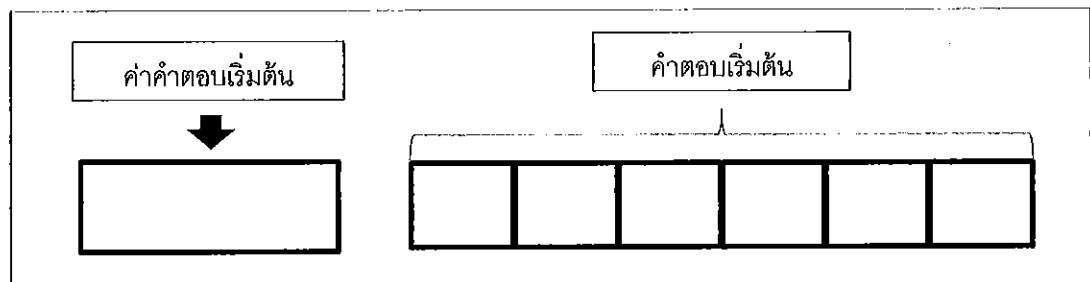
4.2 ลักษณะของปัญหาในโครงการงาน

รูปแบบของปัญหาในโครงการงานจัดเป็นปัญหาแบบไม่พลวัต กล่าวคือ ก่อนที่จะมีการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เราจะทราบข้อมูลนำเข้าของลูกค้าซึ่งประกอบไปด้วย การทราบจำนวนของลูกค้า ปริมาณความต้องการของลูกค้า ตำแหน่งของลูกค้าที่ต้องไปส่งสินค้า เวลาการเปิดรับสินค้าของลูกค้า เมื่อทราบข้อมูลนำเข้าเหล่านี้แล้วจึงจะทำการวางแผนจัดเส้นทางให้กับยานพาหนะเพื่อที่จะไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อส่งสินค้าให้ลูกค้าทุกคนจนครบ ยานพาหนะจะเดินทางกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า

4.3 การสร้างคำตอบเริ่มต้น การซ่อมแซมคำตอบ การปรับปรุงคำตอบ และการประเมินค่าคำตอบ

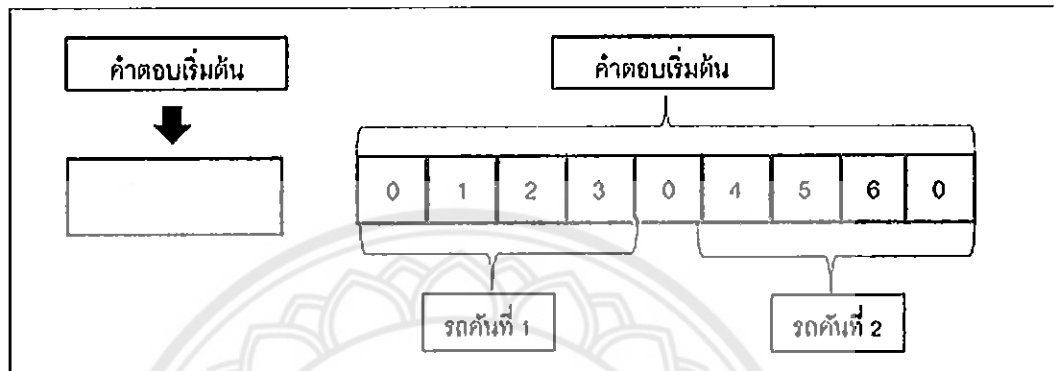
4.3.1 การสร้างคำตอบเริ่มต้น

การสร้างคำตอบเริ่มต้นนั้นจะได้มาจากการสุ่มคำตอบเริ่มต้นขึ้นมา 1 ชุด จะสร้างเป็นช่องตามที่ใช้กำหนด ให้ n คือ จำนวนลูกค้า m คือ จำนวนยานพาหนะ และ p คือ ศูนย์กระจายสินค้า แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แสดงคำตอบเริ่มต้น

ตัวอย่างที่ 1 จากการสร้างคำตอบเริ่มต้น กำหนดให้มีจำนวนลูกค้า 6 ราย มีรถ 2 คัน และศูนย์กระจายสินค้าเพียง 1 แห่ง ซึ่งตัวแทนการสุ่มคำตอบขึ้นมา กำหนดให้เป็น 0 - 1 - 2 - 3 - 0 - 4 - 5 - 6 - 0 ตามลำดับ ซึ่งยานพาหนะคันที่ 1 ไปส่งสินค้าให้กับลูกค้า คนที่ 1 - 2 - 3 ตามลำดับ และยานพาหนะคันที่ 2 ไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าคนที่ 4 - 5 - 6 ตามลำดับ แล้วยานพาหนะเมื่อส่งสินค้าเสร็จแล้วจะกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า แสดงดังรูปที่ 4.2



รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างการสร้างคำตอบเริ่มต้น

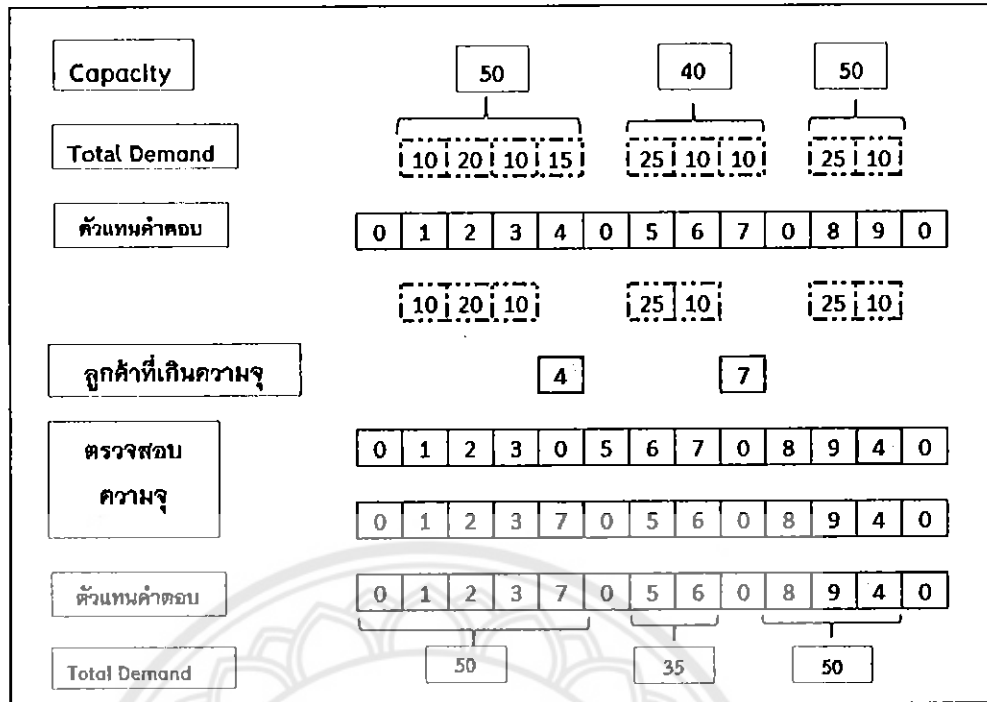
4.3.2 การซ่อมแซมคำตอบ

ในการซ่อมแซมคำตอบมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงคำตอบเริ่มต้นให้เป็นคำตอบที่ไม่ละเมิดเงื่อนไขด้านความจุ เริ่มจากการตรวจสอบความจุของยานพาหนะทุกคันตามตัวแทนคำตอบ หากมียานพาหนะใดบรรทุกเกินความจุก็จะทำการซ่อมแซมคำตอบนั้น ลูกค้าที่เกินความจุมาในรถแต่ละคันจะถูกจับแยกออกมา ลูกค้าที่ถูกแยกออกมาจะถูกนำไปแทรกในรถแต่ละคัน แสดงดังรูปที่ 4.3 มีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 ได้ตัวแทนคำตอบเริ่มต้นจากการสุ่มคำตอบ

ขั้นที่ 2 ตรวจสอบความจุของยานพาหนะแต่ละคันตามตัวแทนคำตอบ โดยดูความจุของยานพาหนะในเส้นทางเดียวกัน ถ้ามียานพาหนะที่บรรทุกเกิน ให้นำลูกค้าที่เกินออก

ขั้นที่ 3 นำลูกค้าที่เกินความจุมาใส่กลับเข้าไปในยานพาหนะ โดยเริ่มตั้งแต่อยานพาหนะคันแรก ทำซ้ำจนกว่ายานพาหนะทุกคันจะไม่มีการบรรทุกสินค้าเกิน



รูปที่ 4.3 การซ่อมแซมคำตอบ

จากรูปที่ 4.3 จากตัวแทนคำตอบพบว่ายานพาหนะคันที่ 1 และคันที่ 2 มีการบรรทุกสินค้าเกิน จึงนำลูกค้ำรายที่ 4 และรายที่ 7 ออกมา หลังจากนั้นจึงนำลูกค้ำที่เกินมากลับใส่เข้าไปในยานพาหนะ โดยเริ่มตั้งแต่อยานพาหนะคันแรก ทำซ้ำจนไม่มียานพาหนะบรรทุกเกินมา

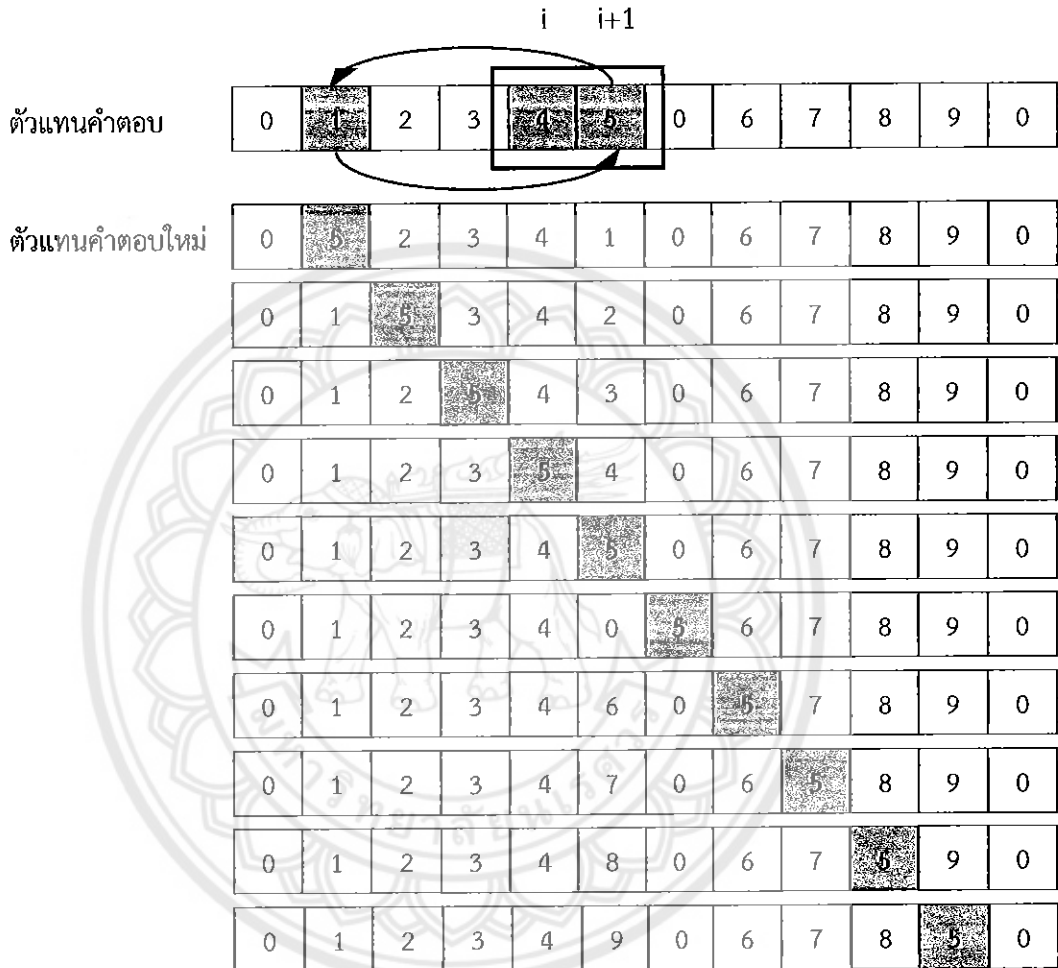
4.4 การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ (Local Search : LS)

การทำงานของวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ คือ จะนำตัวแทนคำตอบปัจจุบันที่ได้มาจากคำตอบเริ่มต้นมาทำการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ใหม่ เพื่อหาคำตอบใหม่ในการปรับปรุงที่มีค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งน้อยที่สุด และหาคำตอบใหม่ที่ดีกว่าคำตอบปัจจุบัน เพื่อนำไปแทนที่การปรับปรุงในรอบถัดไป ซึ่งวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่มี 5 วิธี ดังต่อไปนี้

4.4.1 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี LS1 หรือ 2-Opt/2-Opt*

การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 2-Opt/2-Opt* เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบที่จะนำเอาตัวแทนคำตอบปัจจุบันมาทำการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 2-Opt/2-Opt* เพื่อให้ได้ตัวแทนคำตอบใหม่ที่ดีกว่าตัวแทนคำตอบปัจจุบัน โดยจะเริ่มจากการเลือกลูกค้ำ 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้ลูกค้ำที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 1 ให้เป็น i ลูกค้ำที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 2 ให้เป็น $i+1$ และลูกค้ำหลายอื่นๆ ที่เหลือให้เป็น j กำหนดให้ลูกค้ำรายที่ $i+1$ สลับกับลูกค้ำรายที่ j ทำการสลับไปเรื่อยๆ โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 4.4 กำหนดให้มีลูกค้ำจำนวน 9 ราย ยานพาหนะจำนวน 2 คัน และศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่ง ซึ่งตัวแทนคำตอบที่ได้ในขั้นนี้

กำหนดให้เป็น 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 0 - 6 - 7 - 8 - 9 - 0 เมื่อได้คำตอบปัจจุบันแล้วจะทำการปรับปรุง โดยการหาลูกค้า 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด สมมติให้เป็นลูกค้ารายที่ 4 และ 5 จากนั้นนำลูกค้ารายที่ 5 ไปสลับกับตำแหน่งลูกค้าทุกๆ ตำแหน่ง ซึ่งในการสลับนี้จะไม่สลับกับตำแหน่งแรก และตำแหน่งสุดท้าย ซึ่งคำตอบที่ได้จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนลูกค้า จำนวนรถ และศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมดครบสอง



รูปที่ 4.4 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 2-Opt/2-Opt*

4.4.2 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี LS2 หรือ 3-Opt/3-Opt*

การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 3-Opt/3-Opt* เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบที่จะนำเอาตัวแทนคำตอบปัจจุบันมาทำการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 3-Opt/3-Opt* เพื่อให้ได้ตัวแทนคำตอบใหม่ที่ดีกว่าตัวแทนคำตอบปัจจุบัน โดยจะเริ่มจากการเลือกลูกค้า 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้ลูกค้าที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 1 ให้เป็น i ลูกค้าที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 2 ให้เป็น $i+1$ สุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ติดกัน 2 รายให้เป็น j และ $j+1$ และสุ่มตำแหน่งลูกค้าขึ้นมาอีก 1 ตำแหน่งให้เป็น k ทำการสลับไปเรื่อยๆ ซึ่งในการสลับนี้จะไม่สลับกับตำแหน่งแรก

และตำแหน่งสุดท้าย โดยกำหนดให้มีลูกค้ำจำนวน 9 ราย ยานพาหนะจำนวน 2 คัน และศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่ง ซึ่งตัวแทนคำตอบที่ได้ในที่นี่กำหนดให้เป็น 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 0 - 6 - 7 - 8 - 9 - 0 เมื่อได้คำตอบปัจจุบันแล้วจะทำการปรับปรุง โดยการหาลูกค้ำ 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด สมมติให้เป็นลูกค้ำรายที่ 4 และ 5 ทำการสลับตำแหน่งลูกค้ำจะทำให้ได้ตัวแทนคำตอบใหม่ทั้งหมด 7 รูปแบบ โดยในการหาคำตอบแต่ละคำตอบนั้น จะทำการสุ่มรูปแบบขึ้นมาใช้แค่เพียง 1 รูปแบบเท่านั้น ซึ่งคำตอบที่ได้จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนลูกค้ำ จำนวนรถ และศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมดลบสอง แสดงตัวอย่างดังรูปที่ 4.5

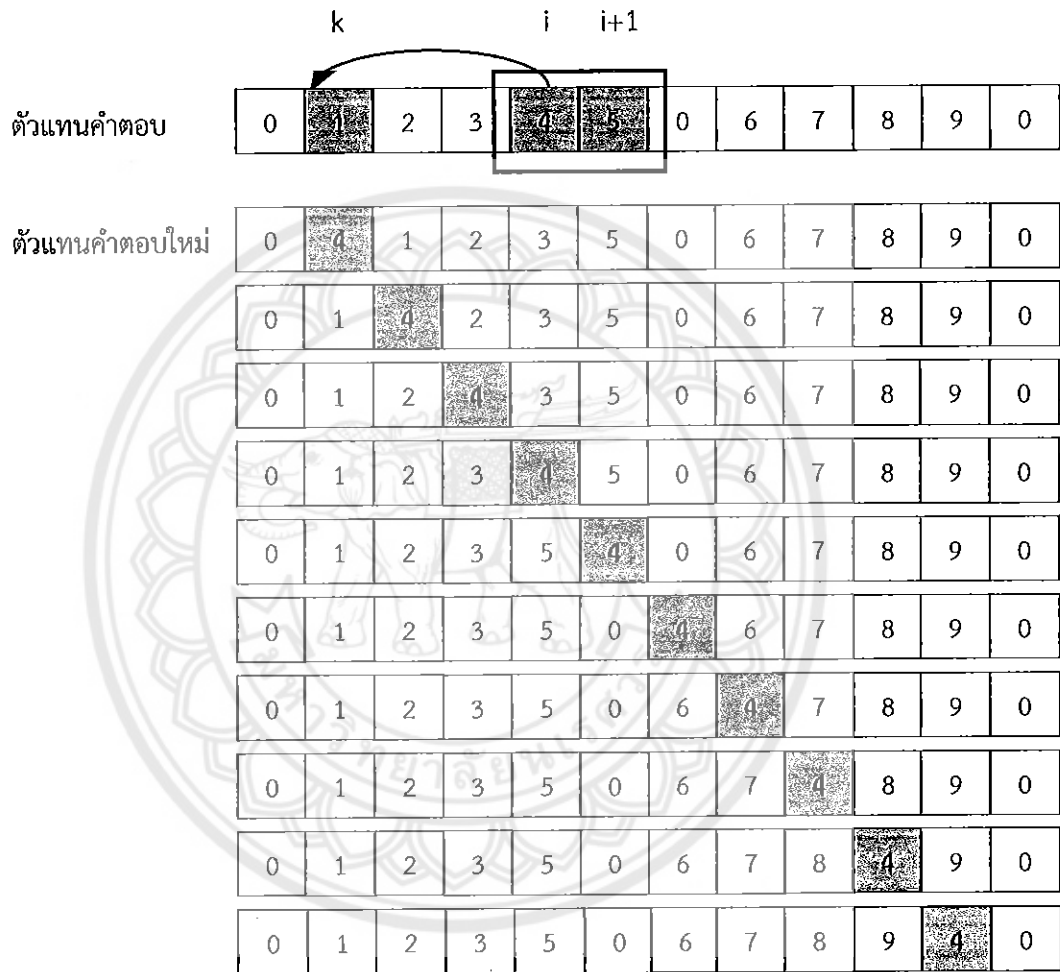
		j	$j+1$	i	$i+1$		k						
ตัวแทนคำตอบ	0	1	2	3	4	5	0	6	7	8	9	0	
ตัวแทนคำตอบใหม่	0	1	6	3	4	5	0	2	7	8	9	0	
	0	1	2	3	6	5	0	4	7	8	9	0	
	0	4	2	3	1	5	0	6	7	8	9	0	
	0	2	4	3	6	5	0	1	7	8	9	0	
	0	4	6	3	1	5	0	2	7	8	9	0	
	0	6	1	3	2	5	0	4	7	8	9	0	
	0	6	4	3	2	5	0	1	7	8	9	0	

รูปที่ 4.5 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 3-Opt/3-Opt*

4.4.3 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี LS3 หรือ Shift 10

การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี Shift 10 เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบที่จะนำเอาตัวแทนคำตอบปัจจุบันมาทำการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี Shift 10 เพื่อให้ได้ตัวแทนคำตอบใหม่ที่ดีกว่าตัวแทนคำตอบปัจจุบัน เป็นการแยกลูกค้ำ 2 รายออกจากกัน โดยจะเริ่มจากการเลือกลูกค้ำ 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้ลูกค้ำที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 1 ให้เป็น i ลูกค้ำที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 2 ให้เป็น $i+1$ และลูกค้ำหลายอื่นๆ ที่เหลือให้เป็น k กำหนดให้ลูกค้ำรายที่ $i+1$ นำไปแทรกลูกค้ำรายที่ k ทำการแทรกไปเรื่อยๆ โดยมีรายละเอียดดังรูปที่ 4.6 กำหนดให้มีลูกค้ำจำนวน 9 ราย ยานพาหนะจำนวน 2 คัน และศูนย์กระจายสินค้า

1 แห่ง ซึ่งตัวแทนคำตอบที่ได้ในที่นี่กำหนดให้เป็น 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 0 - 6 - 7 - 8 - 9 - 0 เมื่อได้คำตอบปัจจุบันแล้วจะทำการปรับปรุง โดยการหาลูกค่า 2 ราย ที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด สมมติให้เป็นลูกค่ารายที่ 4 และ 5 จากนั้นนำลูกค่ารายที่ 4 ไปสลับกับตำแหน่งลูกค่าทุกๆ ตำแหน่ง ซึ่งในการสลับนี้จะไม่สลับกับตำแหน่งแรก และตำแหน่งสุดท้าย ซึ่งคำตอบที่ได้จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนลูกค่า จำนวนรถ และศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมดลบสอง

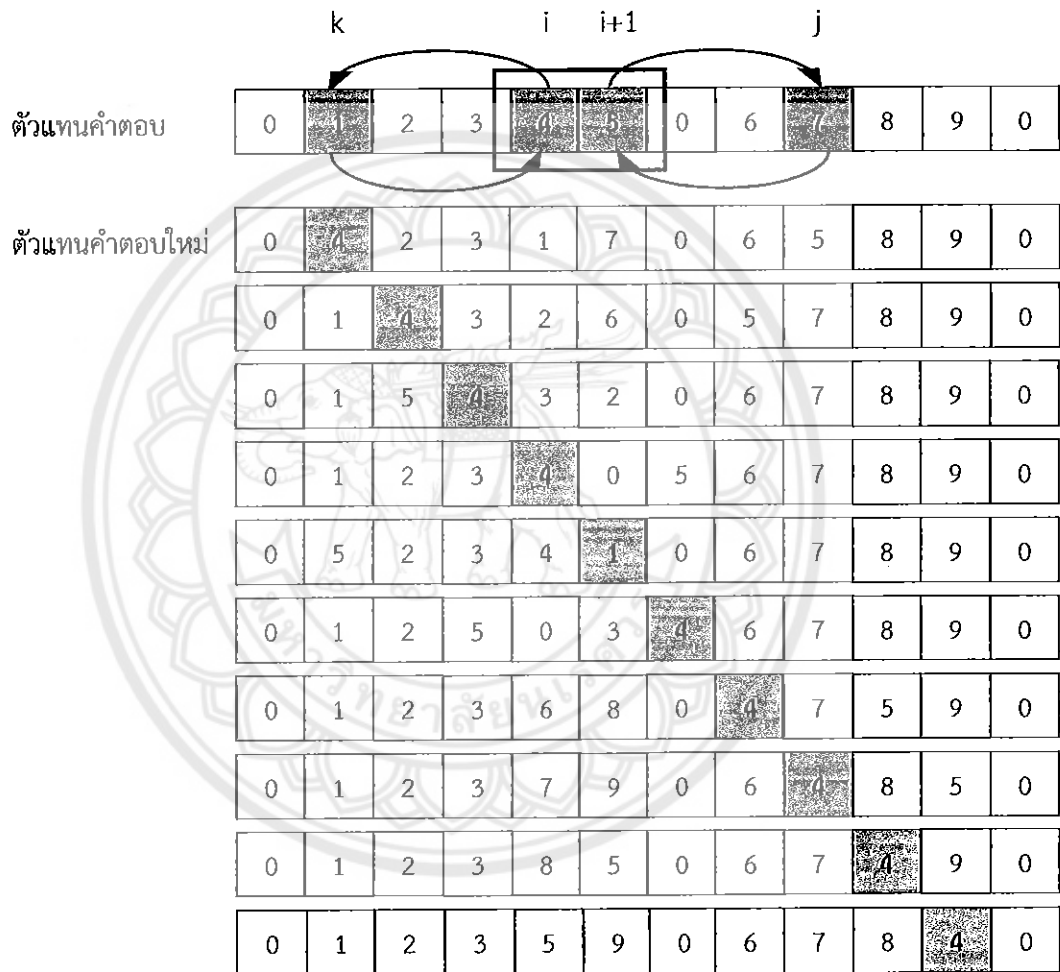


รูปที่ 4.6 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี Shift 10

4.4.4 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี LS4 หรือ 1-1 Interchange

การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 1-1 Interchange เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบที่จะนำเอาตัวแทนคำตอบปัจจุบันมาทำการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 1-1 Interchange เพื่อให้ได้ตัวแทนคำตอบใหม่ที่ดีกว่าตัวแทนคำตอบปัจจุบัน โดยจะเริ่มจากการเลือกลูกค่า 2 ราย ที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้ลูกค่าที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 1 ให้เป็น i ลูกค่าที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 2 ให้เป็น $i+1$ สลับกับตำแหน่งที่สุ่มให้เป็น k และ j โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 4.7

กำหนดให้มีลูกค้าจำนวน 9 ราย ยานพาหนะจำนวน 2 คัน และศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่ง ซึ่งตัวแทนคำตอบที่ได้ในที่นี้กำหนดให้เป็น 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 0 - 6 - 7 - 8 - 9 - 0 เมื่อได้คำตอบปัจจุบันแล้วจะทำการปรับปรุง โดยการหาลูกค้า 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด สมมติให้เป็นลูกค้ารายที่ 4 และ 5 จากนั้นนำลูกค้ารายที่ 4 ไปทำการสลับกับตำแหน่งแรกสลับไปเรื่อยๆ และทำการสุ่มลูกค้าอีก 1 ราย จากนั้นนำลูกค้ารายที่ 5 สลับกับลูกค้าที่สุ่มได้ ซึ่งคำตอบที่ได้จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนลูกค้า จำนวนรถ และศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมดลบสอง

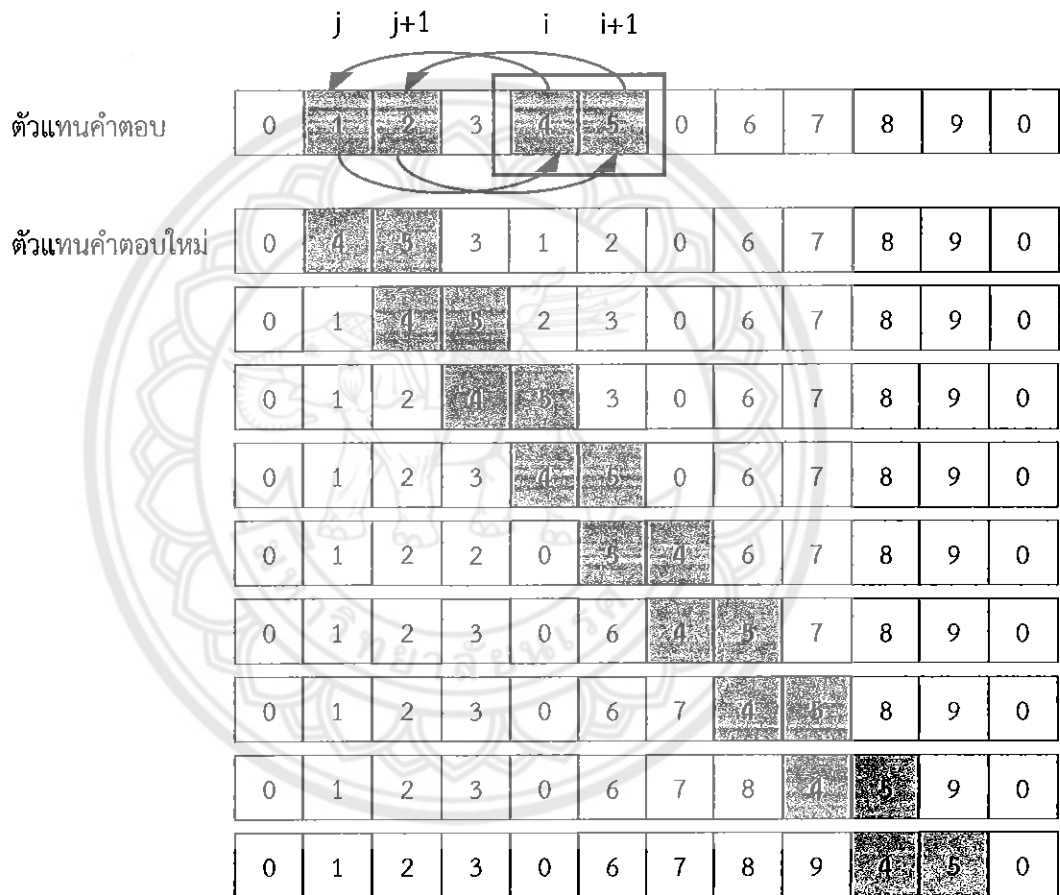


รูปที่ 4.7 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 1-1 Interchange

4.4.5 การปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี LS5 หรือ 2-2 Interchange

การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 2-2 Interchange เป็นวิธีการปรับปรุงคำตอบที่จะนำเอาตัวแทนคำตอบปัจจุบันมาทำการปรับปรุงด้วยวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่วิธี 2-2 Interchange เพื่อให้ได้ตัวแทนคำตอบใหม่ที่ดีกว่าตัวแทนคำตอบปัจจุบัน โดยจะเริ่มจากการเลือกลูกค้า 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด โดยให้ลูกค้าที่มีระยะทางมากที่สุดรายที่ 1 ให้เป็น i ลูกค้าที่มีระยะทาง

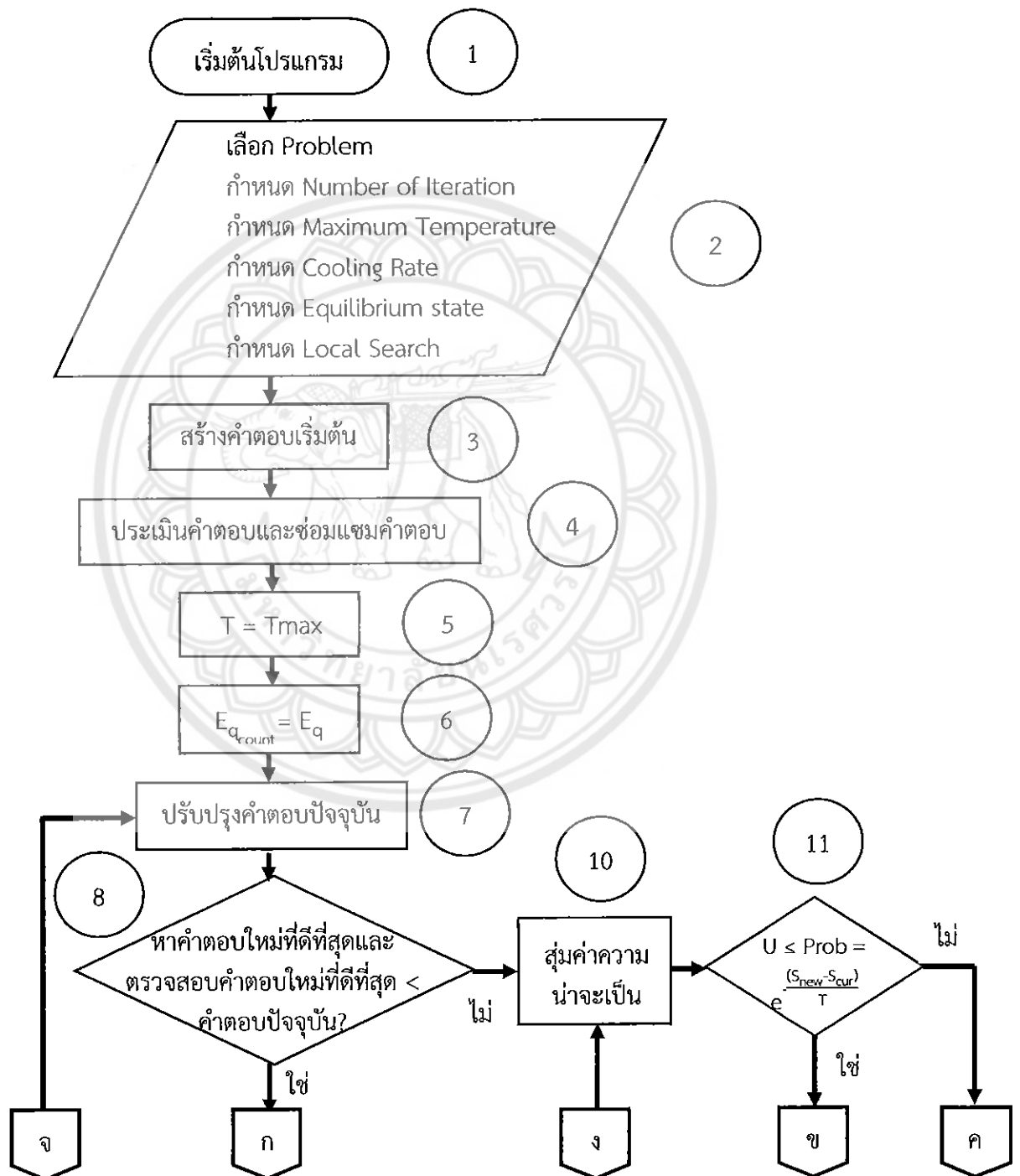
มากที่สุดรายที่ 2 ให้เป็น $i+1$ สลับกับตำแหน่งที่ให้เป็น j และ $j+1$ โดยมีรายละเอียด ดังรูปที่ 4.8 กำหนดให้มีลูกค้าจำนวน 9 ราย ยานพาหนะจำนวน 2 คัน และศูนย์กระจายสินค้า 1 แห่ง ซึ่งตัวแทนคำตอบที่ได้ในที่นี้กำหนดให้เป็น 0 - 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 0 - 6 - 7 - 8 - 9 - 0 เมื่อได้คำตอบปัจจุบันแล้วจะทำการปรับปรุง โดยการหาลูกค้า 2 รายที่มีระยะทางติดกันมากที่สุด สมมติให้เป็นลูกค้ารายที่ 4 และ 5 จากนั้นนำลูกค้ารายที่ 4 สลับกับลูกค้ารายที่ 1 และตำแหน่งลูกค้ารายที่ 5 สลับกับลูกค้ารายที่ 2 ทำการสลับไปเรื่อยๆ ซึ่งคำตอบที่ได้จะต้องมีจำนวนเท่ากับจำนวนลูกค้า จำนวนรถ และศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมดครบสาม



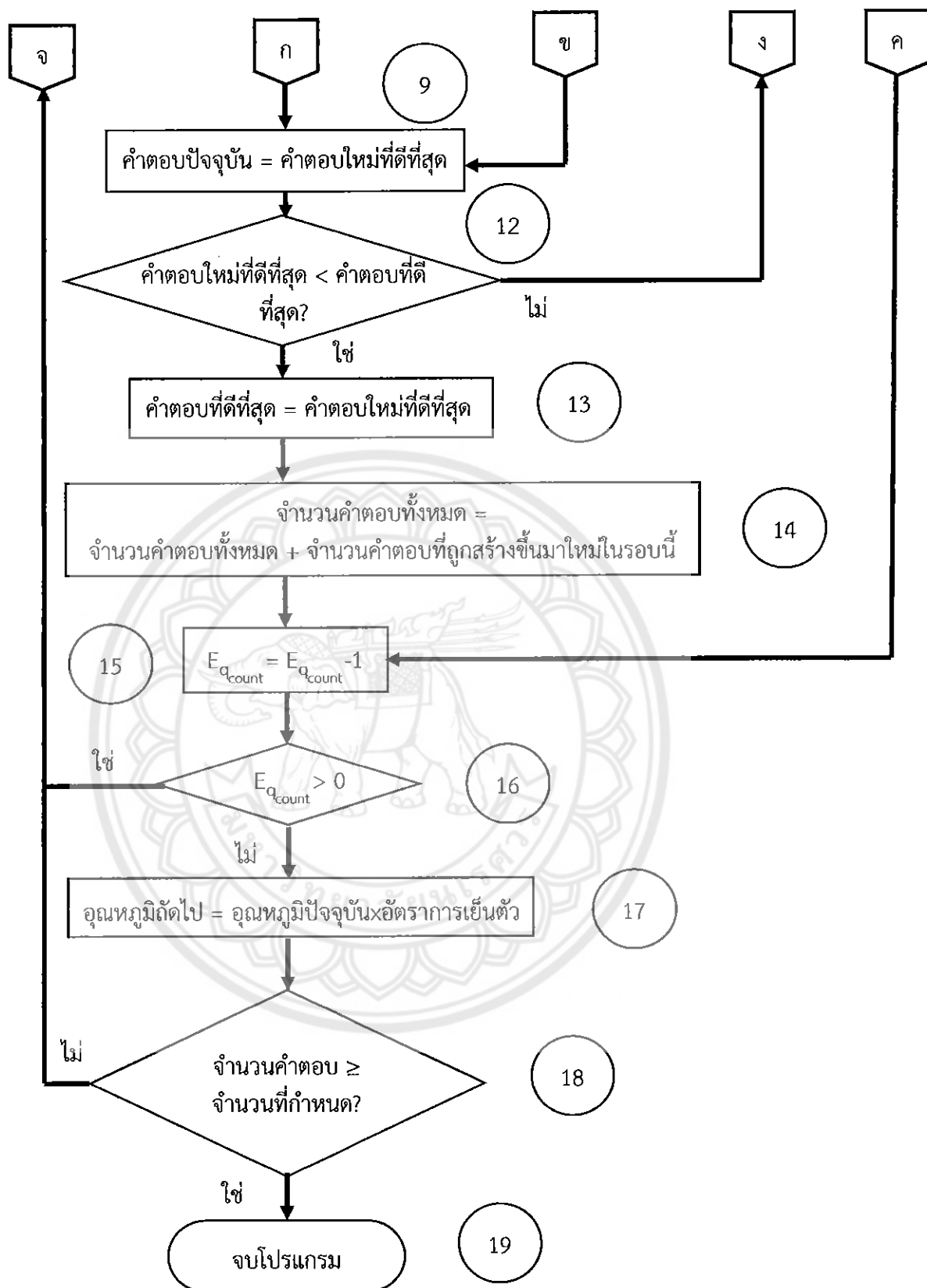
รูปที่ 4.8 แสดงวิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะด้วยวิธี 2-2 Interchange

4.5 การออกแบบวิธีการอบอุ่นจำลองสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ

ในขั้นตอนนี้คณะผู้ดำเนินโครงการได้ทำการออกแบบวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะโดยใช้วิธีการอบอุ่นจำลอง แล้วนำไปเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์โดยใช้ภาษา VBA บน Microsoft Excel



รูปที่ 4.9 แสดงการทำงานของวิธีการอบอุ่นจำลองสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งยานพาหนะ



รูปที่ 4.9 (ต่อ) แสดงการทำงานของวิธีการอบอ่อนจำลองสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งยานพาหนะ

จากรูปที่ 4.9 จะเห็นว่ามีการทำงานของโปรแกรมการจัดเส้นทางการขนส่งแบบยานพาหนะโดยใช้วิธีการอบอุ่นจำลองตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นโปรแกรมจากการเปิดหน้าต่างโปรแกรมขึ้นมา

ขั้นตอนที่ 2 กำหนด Problem, Number of Iteration, Maximum Temperature, Cooling Rate, Equilibrium state และ Local Search

ขั้นตอนที่ 3 สร้างคำตอบปัจจุบัน

ขั้นตอนที่ 4 ประเมินคำตอบว่าเกินความจุของรถบรรทุกหรือไม่ และทำการซ่อมแซมคำตอบ

ขั้นตอนที่ 5 ให้อุณหภูมิปัจจุบันเท่ากับอุณหภูมิเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 6 จำนวนการค้นหาคำตอบในแต่ละระดับค่าอุณหภูมิ เท่ากับจำนวนการค้นหาคำตอบที่เหลืออยู่ในระดับอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 7 เป็นการปรับปรุงคำตอบเพื่อที่จะให้โปรแกรมหาคำตอบที่ดีที่สุดออกมา

ขั้นตอนที่ 8 เป็นการหาคำตอบใหม่ที่ดีที่สุด และตรวจสอบค่าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดว่าน้อยกว่าคำตอบปัจจุบันหรือไม่ ถ้าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดไม่น้อยกว่าคำตอบปัจจุบันให้ไปทำขั้นตอนที่ 10 แต่ถ้าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดน้อยกว่าคำตอบปัจจุบันให้ไปทำขั้นตอนที่ 9

ขั้นตอนที่ 9 ถ้าค่าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดน้อยกว่าคำตอบปัจจุบัน ให้คำตอบใหม่ที่ดีที่สุดเป็นคำตอบปัจจุบันทันที

ขั้นตอนที่ 10 ทำการสุ่มความน่าจะเป็นเพื่อมาเทียบกับขั้นที่ 11

ขั้นตอนที่ 11 ถ้าค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากการสุ่มน้อยกว่า หรือเท่ากับค่าความน่าจะเป็นที่ได้จากสูตรก็จะไปทำในขั้นตอนที่ 12 แต่ถ้าไม่น้อยกว่า หรือเท่ากับก็จะไปทำในขั้นตอนที่ 15

ขั้นตอนที่ 12 เป็นการเปรียบเทียบคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดน้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ ถ้าค่าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดไม่น้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุด ให้ทำขั้นตอนที่ 10 แต่ถ้าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดน้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุดให้ทำขั้นตอนที่ 13

ขั้นตอนที่ 13 ถ้าค่าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดน้อยกว่าคำตอบที่ดีที่สุดให้ค่าคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดเป็นคำตอบที่ดีที่สุดทันที

ขั้นตอนที่ 14 เป็นการตรวจสอบจำนวนคำตอบในรอบนั้น ซึ่งจำนวนคำตอบที่ได้ในแต่ละรอบขึ้นอยู่กับวิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่

ขั้นตอนที่ 15 จำนวนรอบในการค้นหาคำตอบในแต่ละระดับค่าอุณหภูมิจะลดลง 1 รอบ

ขั้นตอนที่ 16 ถ้าจำนวนรอบในการค้นหาคำตอบในแต่ละระดับค่าอุณหภูมิมากกว่าศูนย์ จะกลับไปทำในขั้นตอนที่ 7 แต่ถ้าไม่มากกว่าก็จะทำในขั้นตอนที่ 17

ขั้นตอนที่ 17 ให้อุณหภูมิปัจจุบันคูณอัตราการเรียนรู้เท่ากับอุณหภูมิถัดไป

ขั้นตอนที่ 18 เป็นการเปรียบเทียบค่าจำนวนคำตอบมากกว่าหรือเท่ากับจำนวนคำตอบที่กำหนดหรือไม่ ถ้ายังไม่เท่า ให้ไปทำขั้นตอนที่ 7 แต่เท่ากันให้ทำขั้นตอนที่ 19

ขั้นตอนที่ 19 จบโปรแกรม

4.6 รายละเอียดโปรแกรมและวิธีการใช้งานโปรแกรมอย่างย่อ

ในส่วนของโปรแกรมการหาคำตอบของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง ได้ทำการออกแบบให้โปรแกรมทำงาน ซึ่งมีรายละเอียดและการใช้งาน ดังต่อไปนี้

4.6.1 ส่วนรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม

ในส่วนรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรมนี้ จะเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่การทำงานของโปรแกรม ซึ่งในส่วนนี้จะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แสดงดังรูปที่ 4.10

The screenshot shows a dialog box titled "SA Input" with a close button (X) in the top right corner. It is divided into two main sections:

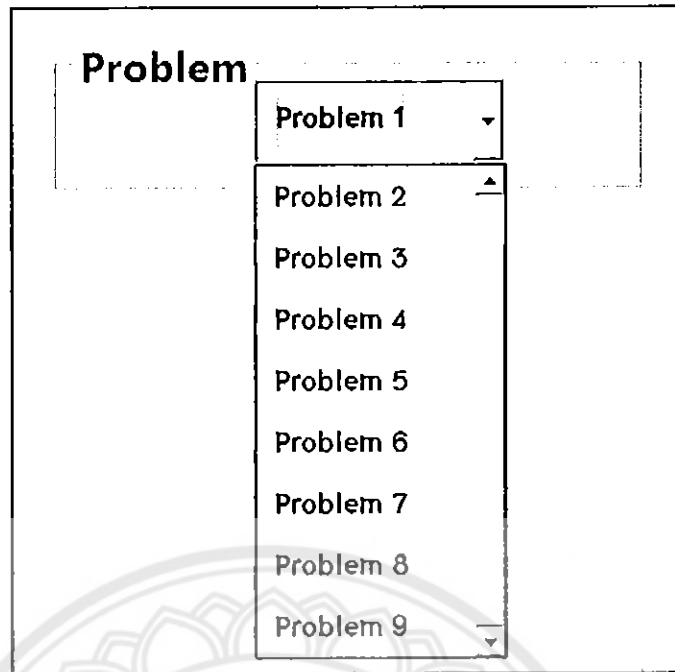
- ส่วนที่ 1 (Part 1):** Contains a "Problem" dropdown menu set to "Problem 1" and a "Number of Iteration" text box set to "1000".
- ส่วนที่ 2 (Part 2):** Contains two columns of settings:
 - Parameters:**
 - อุณหภูมิสูงสุด (Maximum Temperature): 500
 - อุณหภูมิต่ำสุด (Minimum Temperature): 100
 - อัตราการเย็นตัว (Cooling Rate): 0.9
 - Equilibrium state: 5
 - Local Search:**
 - 2-Opt/2-Opt*
 - 3-Opt/3-Opt*
 - Shift 10
 - 1-1 InterChange
 - 2-2 InterChange

At the bottom of the dialog box are "OK" and "Cancel" buttons.

รูปที่ 4.10 แสดงส่วนรับข้อมูลเข้าสู่โปรแกรม

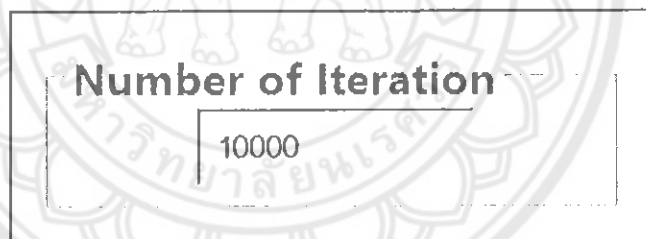
4.6.1.1 ส่วนที่ 1 ส่วนกรอกข้อมูล ซึ่งประกอบไปด้วย

ขั้นตอนที่ 1 ให้ผู้ใช้งานเลือกโจทย์ปัญหาที่ต้องการ ซึ่งโจทย์มีทั้งหมด 9 ข้อ แสดงดังรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 แสดงส่วน Problem

ขั้นตอนที่ 2 กรณีที่ผู้ใช้งานต้องการกำหนดจำนวนคำตอบที่ได้จากการประมวลผลโปรแกรมในแต่ละรอบ ให้ผู้ใช้กรอกที่ช่อง Number of Iteration แสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 แสดงช่อง Number of Iteration

4.6.1.2 ส่วนที่ 2 ส่วนกำหนดค่า Parameter และ Local Search ของวิธีการอบอุ่นจำลอง

ขั้นตอนที่ 1 ให้ผู้ใช้งานกรอกค่า Parameter ของวิธีการอบอุ่นจำลองประกอบไปด้วย 4 ค่า แสดงดังรูปที่ 4.13

Parameters			
อุณหภูมิสูงสุด Maximum Temperature	500	←	1
อุณหภูมิต่ำสุด Minimum Temperature	100	←	2
อัตราการเย็นตัว Cooling Rate	0.9	←	3
Equilibrium state	5	←	4

รูปที่ 4.13 แสดงช่อง Parameter

1. ให้ผู้ใช้งานกรอกค่าอุณหภูมิเริ่มต้น
2. ให้ผู้ใช้งานกรอกค่าอุณหภูมิสุดท้าย
3. ให้ผู้ใช้งานกรอกค่าอัตราการเย็นตัว
4. ให้ผู้ใช้งานกรอกค่าจำนวนการค้นหาคำตอบในแต่ละระดับค่าอุณหภูมิ

ขั้นตอนที่ 2 ให้ผู้ใช้งานเลือกวิธีในการทำ Local Search ของวิธีการอบอุ่นจำลอง ซึ่งมีทั้งหมด 5 วิธี แสดงดังรูปที่ 4.14 และเมื่อผู้ใช้งานกรอกค่าเสร็จทั้งหมดแล้วให้กดปุ่ม OK แสดงดังรูปที่ 4.15

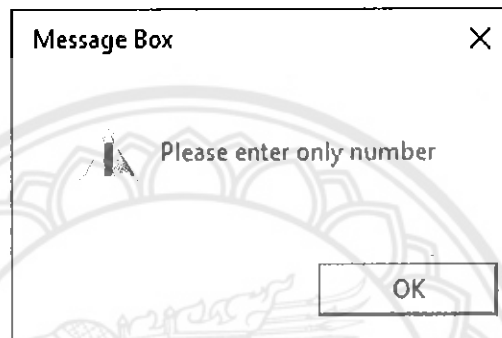
Local Search
<input checked="" type="radio"/> 2-Opt/2-Opt*
<input type="radio"/> 3-Opt/3-Opt*
<input type="radio"/> Shift 10
<input type="radio"/> 1-1 InterChange
<input type="radio"/> 2-2 InterChange

รูปที่ 4.14 แสดงส่วน Local Search



รูปที่ 4.15 แสดงปุ่มกด OK และ Cancel

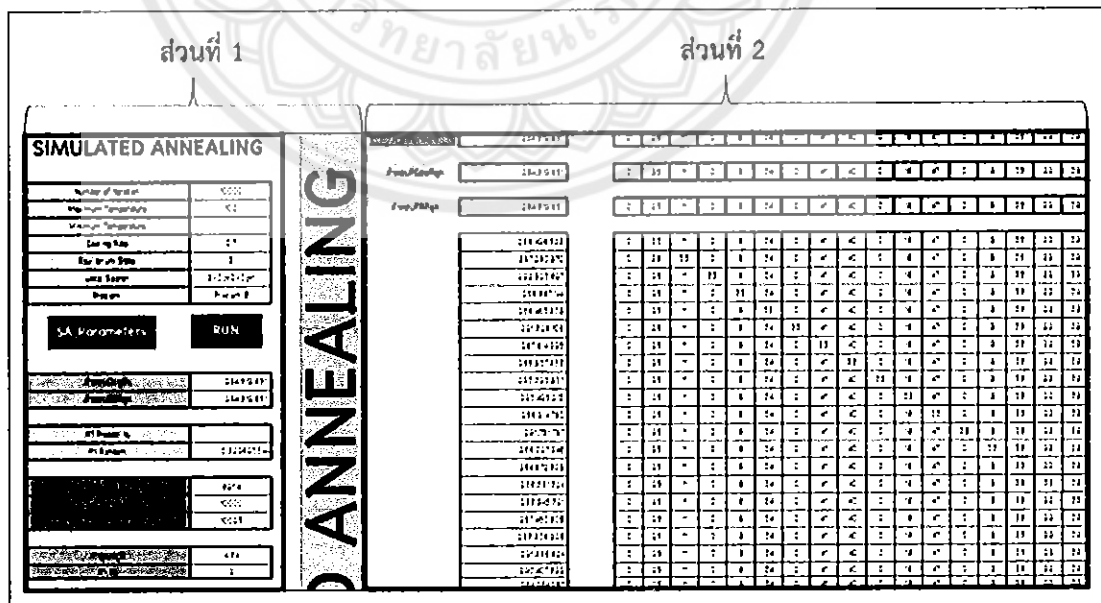
ค่าในช่อง Number of Iteration และ Parameter สามารถกรอกได้แค่เฉพาะค่าที่เป็นตัวเลขเท่านั้น ถ้าผู้ใช้กรอกค่าอื่นเข้าไปที่ไม่ใช่ตัวเลข จะมีกล่องข้อความขึ้นเตือน "Please enter only number" แสดงดังรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 แสดงข้อความขึ้นเตือนว่ากรอกแค่เฉพาะตัวเลขเท่านั้น

4.6.2 ส่วนประมวลผล

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนการประมวลผล ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วน แสดงดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 แสดงส่วนประมวลผล

4.6.2.1 ส่วนที่ 1 ส่วนแสดงค่าที่ได้จากการประมวลผล แสดงดังรูปที่ 4.18

Number of Iteration	10000	1
Maximum Temperature	100	
Minimum Temperature		
Cooling Rate	0.1	
Equilibrium State	1	
Local Search	2-2000-0.25	
Iteration	Iteration 5	
SA Parameters		2
RUN		
Current Value	21457985	3
Best Value	21457985	
All Probability		4
All Random	0.01200114	
Time	0.014	5
	10000	
	10000	
Iteration	464	6
Eq	1	

รูปที่ 4.18 แสดงส่วนค่าที่ได้จากการประมวลผล

- หมายเลข 1 แสดงค่าที่ผู้ใช้งานกรอกค่าพารามิเตอร์เข้ามาในข้างต้น ให้ผู้ใช้ตรวจสอบความถูกต้องของค่าพารามิเตอร์ก่อนทำการประมวลผลโปรแกรม
- หมายเลข 2 ปุ่ม RUN เป็นการเริ่มทำการประมวลผล
- หมายเลข 3 แสดงค่าคำตอบปัจจุบัน และค่าคำตอบที่ดีที่สุด
- หมายเลข 4 แสดงค่า Probability และค่า Random
- หมายเลข 5 แสดงเวลาในการประมวลผลโปรแกรม จำนวนคำตอบ Local Search และจำนวนคำตอบในการประมวลผลโปรแกรม
- หมายเลข 6 แสดงค่าอุณหภูมิ และค่า Eq

4.6.2.2 ส่วนที่ 2 ส่วนแสดงการประมวลผล แสดงดังรูปที่ 4.19

Input	Sorted	Optimized	Final
256 426 522	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0
256 526 422	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0
256 626 144	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0
256 426 522	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0
256 526 422	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0
256 626 144	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0	0 25 11 0 8 24 0 41 42 0 18 47 0 9 35 22 32 8 18 0

รูปที่ 4.19 แสดงการประมวลผล

- หมายเลข 1 แสดงคำตอบเริ่มต้นที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงคำตอบ
- หมายเลข 2 แสดงคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งจะแสดงการจัดลำดับเส้นทางการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละรายที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการขนส่งต่ำที่สุด
- หมายเลข 3 แสดงคำตอบที่ดีที่สุดที่ได้จากการปรับปรุงคำตอบแล้ว
- หมายเลข 4 แสดงคำตอบที่ทำการปรับปรุงคำตอบด้วยวิธี 2-Opt/2-Opt*, 3-Opt/3-Opt*, Shift 10, 1-1 InterChange และ 2-2 InterChange

4.7 ผลการทดสอบโปรแกรมการหาคำตอบของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะโดยใช้วิธีการรอบอ่อนจำลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ทั้งหมด 9 ปัญหา มีรายละเอียด แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 แสดงลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

ขนาดของปัญหา	Customers				Vehicle		
	ลูกค้า (คน)	เวลาในการ ขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท)	ความต้องการ ทั้งหมด (หน่วยสินค้า)	1	2	3
ปัญหาขนาดเล็ก 1	25	90	5	460	10	5	-
ปัญหาขนาดเล็ก 2	25	10	5	332	5	5	-
ปัญหาขนาดเล็ก 3	25	10	5	540	5	10	5
ปัญหาขนาดกลาง 1	49	90	5	951	10	10	10
ปัญหาขนาดกลาง 2	50	10	5	777	10	10	10
ปัญหาขนาดกลาง 3	50	10	5	684	10	15	10
ปัญหาขนาดใหญ่ 1	100	90	5	1,458	20	5	-
ปัญหาขนาดใหญ่ 2	100	10	5	1,458	10	5	-
ปัญหาขนาดใหญ่ 3	120	10	5	1,375	10	20	10

โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้
วิธีอบอุ่นจำลอง คือ Windows 10 Pro Intel(R) Core(TM) i5-7200U CPU @ 2.50Hz 2.70 GHz

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าพารามิเตอร์ที่ใช้

Maximum Temperature	Eq	Cooling Rate	Local Search				
100	2	0.7	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5
300	3	0.8	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5
500	5	0.9	LS1	LS2	LS3	LS4	LS5

ที่เลือกให้ค่าพารามิเตอร์แต่ละตัวมี 3 ระดับ เนื่องจากวิธี SA มีค่าพารามิเตอร์หลายตัวทำให้ใช้เวลาในการประมวลผลนาน

ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ทั้งหมด 135 ชุด ซึ่งค่าพารามิเตอร์แต่ละชุดจะมีการทำซ้ำ 5 ครั้งต่อโจทย์ปัญหา จะมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบทั้งหมด 10,000 ครั้ง โดยมีค่าพารามิเตอร์แต่ละชุดแสดงดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าพารามิเตอร์แต่ละชุด

ชุดที่	Maximum Temperature	Eq	Cooling Rate	Local Search
1	100	2	0.7	LS1
2	100	2	0.7	LS2
3	100	2	0.7	LS3
4	100	2	0.7	LS4
5	100	2	0.7	LS5
6	100	3	0.7	LS1
7	100	3	0.7	LS2
8	100	3	0.7	LS3
9	100	3	0.7	LS4
10	100	3	0.7	LS5
11	100	5	0.7	LS1
12	100	5	0.7	LS2
13	100	5	0.7	LS3
14	100	5	0.7	LS4
15	100	5	0.7	LS5

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าพารามิเตอร์แต่ละชุด

ชุดที่	Maximum Temperature	Eq	Cooling Rate	Local Search
16	100	2	0.8	LS1
17	100	2	0.8	LS2
18	100	2	0.8	LS3
19	100	2	0.8	LS4
20	100	2	0.8	LS5
21	100	3	0.8	LS1
22	100	3	0.8	LS2
23	100	3	0.8	LS3
24	100	3	0.8	LS4
25	100	3	0.8	LS5
26	100	5	0.8	LS1
27	100	5	0.8	LS2
28	100	5	0.8	LS3
29	100	5	0.8	LS4
30	100	5	0.8	LS5
31	100	2	0.9	LS1
32	100	2	0.9	LS2
33	100	2	0.9	LS3
34	100	2	0.9	LS4
35	100	2	0.9	LS5
36	100	3	0.9	LS1
37	100	3	0.9	LS2
38	100	3	0.9	LS3
39	100	3	0.9	LS4
40	100	3	0.9	LS5
41	100	5	0.9	LS1
42	100	5	0.9	LS2
43	100	5	0.9	LS3
44	100	5	0.9	LS4

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าพารามิเตอร์แต่ละชุด

ชุดที่	Maximum Temperature	Eq	Cooling Rate	Local Search
45	100	5	0.9	LS5
46	300	2	0.7	LS1
47	300	2	0.7	LS2
48	300	2	0.7	LS3
49	300	2	0.7	LS4
50	300	2	0.7	LS5
51	300	3	0.7	LS1
52	300	3	0.7	LS2
53	300	3	0.7	LS3
54	300	3	0.7	LS4
55	300	3	0.7	LS5
56	300	5	0.7	LS1
57	300	5	0.7	LS2
58	300	5	0.7	LS3
59	300	5	0.7	LS4
60	300	5	0.7	LS5
61	300	2	0.8	LS1
62	300	2	0.8	LS2
63	300	2	0.8	LS3
64	300	2	0.8	LS4
65	300	2	0.8	LS5
66	300	3	0.8	LS1
67	300	3	0.8	LS2
68	300	3	0.8	LS3
69	300	3	0.8	LS4
70	300	3	0.8	LS5
71	300	5	0.8	LS1
72	300	5	0.8	LS2
73	300	5	0.8	LS3

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าพารามิเตอร์แต่ละชุด

ชุดที่	Maximum Temperature	Eq	Cooling Rate	Local Search
74	300	5	0.8	LS4
75	300	5	0.8	LS5
76	300	2	0.9	LS1
77	300	2	0.9	LS2
78	300	2	0.9	LS3
79	300	2	0.9	LS4
80	300	2	0.9	LS5
81	300	3	0.9	LS1
82	300	3	0.9	LS2
83	300	3	0.9	LS3
84	300	3	0.9	LS4
85	300	3	0.9	LS5
86	300	5	0.9	LS1
87	300	5	0.9	LS2
88	300	5	0.9	LS3
89	300	5	0.9	LS4
90	300	5	0.9	LS5
91	500	2	0.7	LS1
92	500	2	0.7	LS2
93	500	2	0.7	LS3
94	500	2	0.7	LS4
95	500	2	0.7	LS5
96	500	3	0.7	LS1
97	500	3	0.7	LS2
98	500	3	0.7	LS3
99	500	3	0.7	LS4
100	500	3	0.7	LS5
101	500	5	0.7	LS1
102	500	5	0.7	LS2

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าพารามิเตอร์แต่ละชุด

ชุดที่	Maximum Temperature	Eq	Cooling Rate	Local Search
103	500	5	0.7	LS3
104	500	5	0.7	LS4
105	500	5	0.7	LS5
106	500	2	0.8	LS1
107	500	2	0.8	LS2
108	500	2	0.8	LS3
109	500	2	0.8	LS4
110	500	2	0.8	LS5
111	500	3	0.8	LS1
112	500	3	0.8	LS2
113	500	3	0.8	LS3
114	500	3	0.8	LS4
115	500	3	0.8	LS5
116	500	5	0.8	LS1
117	500	5	0.8	LS2
118	500	5	0.8	LS3
119	500	5	0.8	LS4
120	500	5	0.8	LS5
121	500	2	0.9	LS1
122	500	2	0.9	LS2
123	500	2	0.9	LS3
124	500	2	0.9	LS4
125	500	2	0.9	LS5
126	500	3	0.9	LS1
127	500	3	0.9	LS2
128	500	3	0.9	LS3
129	500	3	0.9	LS4
130	500	3	0.9	LS5
131	500	5	0.9	LS1

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงค่าพารามิเตอร์แต่ละชุด

ชุดที่	Maximum Temperature	Eq	Cooling Rate	Local Search
132	500	5	0.9	LS2
133	500	5	0.9	LS3
134	500	5	0.9	LS4
135	500	5	0.9	LS5

4.7.1 ผลการทดสอบโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ทั้งหมด 3 ปัญหา

ตารางที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	64,088.87	84,996.98	41,108.60	2.12
2	33,663.68	35,340.88	33,014.87	2.37
3	129,625.78	155,622.79	89,076.02	2.03
4	44,114.13	65,679.14	33,465.35	2.16
5	113,003.14	140,220.87	84,197.69	1.61
6	68,710.16	90,646.16	50,781.06	2.09
7	34,605.25	36,365.54	33,273.02	2.41
8	139,394.54	195,206.80	89,124.21	2.26
9	53,665.37	85,195.29	33,273.83	2.53
10	127,841.60	167,854.44	88,882.98	1.78
11	65,995.79	103,375.13	47,078.64	2.42
12	40,134.48	54,164.92	32,658.58	2.74
13	147,263.82	209,502.45	118,336.76	2.20
14	47,288.31	60,569.09	38,734.83	2.54

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
15	107,175.87	138,556.05	76,565.29	1.77
16	78,272.54	103,544.95	50,607.79	2.45
17	44,219.29	57,383.60	35,774.92	2.70
18	138,739.99	199,641.65	87,033.45	2.37
19	55,283.35	73,288.23	46,206.80	2.53
20	125,447.82	170,912.71	91,109.63	1.69
21	80,544.00	122,070.00	46,114.65	2.18
22	39,269.63	53,495.22	31,387.53	2.55
23	132,820.63	153,754.15	91,161.24	2.00
24	47,620.40	60,988.77	39,424.39	2.26
25	123,052.66	167,546.07	71,127.38	1.77
26	75,871.68	104,309.46	44,378.69	2.45
27	37,782.46	51,287.44	33,732.95	2.79
28	136,374.06	222,490.41	76,264.06	2.36
29	56,842.17	72,352.86	44,606.64	2.64
30	119,069.80	143,057.96	101,324.15	1.99
31	93,364.53	113,158.73	69,737.92	2.61
32	40,686.10	56,225.31	34,935.42	2.76
33	145,707.81	170,925.41	123,908.03	2.27
34	56,720.85	71,559.01	41,838.08	2.82
35	125,401.66	179,998.28	69,700.55	1.83
36	80,676.98	103,564.54	42,904.44	2.74
37	36,997.92	43,172.73	33,125.33	3.13
38	149,958.25	183,983.45	125,793.86	2.34
39	53,704.08	66,540.84	39,824.49	2.87
40	148,179.94	174,263.23	121,176.81	1.92
41	63,813.00	83,998.99	48,302.20	2.48
42	37,972.80	48,621.10	34,696.86	2.96
43	139,209.97	186,126.60	77,430.25	2.34

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
44	51,101.95	69,567.29	37,605.30	2.62
45	107,296.24	170,679.31	69,762.20	1.95
46	71,915.60	86,024.63	42,139.28	2.42
47	33,978.59	37,567.07	31,324.77	3.13
48	140,797.40	180,428.46	111,289.44	2.62
49	52,689.05	66,435.59	40,447.63	2.33
50	139,221.24	173,875.01	83,395.95	1.71
51	82,924.77	127,813.97	54,275.28	2.20
52	35,132.51	36,319.19	33,921.91	2.51
53	135,701.79	158,939.78	110,960.62	2.43
54	51,852.16	67,176.65	36,942.37	2.37
55	138,973.91	162,919.32	119,482.30	1.84
56	61,472.22	73,376.23	40,349.62	2.44
57	39,265.20	59,905.00	32,912.44	2.65
58	157,987.40	173,504.70	132,255.76	2.39
59	50,409.84	63,172.84	42,603.74	2.89
60	125,132.42	182,464.88	93,455.67	1.92
61	72,531.18	84,555.61	65,920.48	2.58
62	42,451.13	56,753.21	33,869.47	3.13
63	135,212.52	178,787.89	101,765.68	2.69
64	51,830.12	85,894.86	37,541.09	2.67
65	150,064.12	173,677.36	134,978.37	1.78
66	83,986.64	105,609.35	62,817.24	2.35
67	33,846.00	35,209.35	32,148.24	2.72
68	144,593.64	184,857.94	106,633.88	2.34
69	57,496.44	77,367.94	41,165.18	2.90
70	117,252.93	140,202.03	69,047.26	1.95
71	73,717.20	88,620.74	54,611.24	2.65
72	38,550.13	53,310.42	31,381.88	3.07

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
73	120,847.41	131,748.35	91,669.85	2.29
74	62,399.63	88,606.13	38,572.97	2.35
75	115,911.09	145,972.27	77,328.16	1.74
76	62,499.89	81,385.98	38,669.72	2.21
77	37,195.81	53,315.01	32,062.16	2.45
78	118,204.88	159,616.77	85,220.17	2.13
79	52,758.42	63,563.57	42,993.23	2.27
80	121,530.19	147,888.63	76,958.23	1.73
81	83,287.04	124,692.09	58,936.31	2.20
82	38,202.85	52,351.24	33,708.65	2.53
83	141,112.03	180,152.49	99,302.36	2.08
84	49,620.42	60,941.26	40,892.32	2.37
85	131,458.22	166,386.75	81,762.76	1.76
86	57,186.56	78,399.42	39,433.73	2.12
87	42,461.17	56,862.35	31,906.29	2.47
88	115,872.94	176,982.01	89,662.44	2.18
89	52,282.13	77,056.89	40,464.82	2.42
90	120,918.07	166,917.49	64,300.73	1.74
91	82,693.91	106,777.11	45,831.95	2.25
92	38,789.75	52,664.43	33,738.83	3.03
93	150,151.63	181,376.19	108,295.86	2.52
94	48,578.27	66,409.98	41,042.60	2.51
95	101,513.15	120,917.59	60,362.36	2.11
96	83,982.62	120,017.21	59,598.67	2.67
97	40,074.07	50,522.54	33,592.97	2.82
98	139,836.11	196,562.00	79,214.14	2.40
99	50,939.69	63,686.34	37,218.10	2.98
100	115,516.83	149,561.90	55,113.45	1.90
101	60,603.43	81,151.56	41,753.16	2.78

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
102	42,868.50	55,530.13	35,016.30	3.35
103	127,562.33	149,807.44	106,177.56	2.23
104	57,051.88	93,689.07	40,256.94	2.40
105	131,209.00	154,053.06	116,064.01	1.71
106	93,874.63	129,086.36	48,365.96	2.30
107	46,824.75	60,965.79	32,777.90	2.54
108	134,035.80	186,633.71	100,329.75	2.18
109	48,050.92	63,192.27	37,776.90	2.43
110	101,374.22	153,039.55	83,988.60	1.74
111	91,447.83	109,856.41	45,317.18	2.30
112	41,814.59	58,995.56	32,575.06	2.57
113	145,298.64	184,070.26	109,654.33	2.10
114	51,929.64	58,700.15	45,119.59	2.39
115	98,420.68	121,379.47	64,106.75	1.71
116	61,701.65	72,429.90	48,544.71	2.19
117	37,929.15	45,587.42	34,964.50	2.51
118	132,650.20	191,961.01	93,757.19	2.21
119	56,142.25	76,659.15	39,157.28	2.34
120	110,992.86	148,885.95	60,427.32	1.79
121	69,512.62	103,192.18	47,314.49	2.27
122	40,725.48	50,473.28	33,189.34	2.51
123	145,977.37	180,950.51	92,774.24	2.18
124	53,390.92	71,948.78	40,368.85	2.41
125	109,427.02	145,903.70	84,937.65	2.04
126	68,803.37	83,766.48	55,494.24	2.57
127	40,236.10	50,858.34	33,136.03	2.72
128	151,026.32	177,360.25	130,323.57	2.49
129	57,849.96	96,356.41	36,119.39	2.75
130	123,630.10	176,326.27	100,862.52	2.39

ตารางที่ 4.5 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
131	82,338.53	103,743.58	57,594.00	3.01
132	34,085.12	34,966.44	33,055.31	3.22
133	153,200.69	194,618.26	111,252.96	2.89
134	51,763.94	68,921.73	41,172.72	2.47
135	124,740.19	196,146.10	58,391.28	1.79

จากตารางที่ 4.5 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดเล็ก 1 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 47 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 31,324.77 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 2 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 33,663.68 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 2 กับปัญหาขนาดเล็ก 1

ตารางที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	394,209.29	518,741.61	315,332.95	1.91
2	149,756.66	182,598.96	126,704.51	2.27
3	540,024.19	660,948.75	371,660.19	1.99
4	308,731.42	390,926.69	215,456.62	2.05
5	565,599.77	634,647.33	490,965.36	1.62
6	450,390.73	673,859.56	230,604.31	1.92
7	145,323.97	171,621.50	126,592.82	2.32
8	552,348.63	600,018.85	510,836.81	1.96
9	281,862.26	401,902.14	166,961.86	2.03
10	571,144.36	699,366.85	424,286.57	1.55
11	409,942.31	560,183.93	216,936.13	1.95
12	138,014.96	153,163.57	126,274.14	2.26

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
13	568,367.00	695,760.45	472,191.04	2.00
14	256,383.04	321,704.40	209,247.08	2.06
15	664,572.85	842,430.82	537,920.15	1.58
16	359,968.91	471,060.51	259,361.69	1.97
17	141,332.45	182,445.77	116,465.56	2.21
18	415,526.82	509,977.02	363,546.58	1.95
19	231,155.43	316,962.91	159,409.40	2.08
20	584,111.20	686,521.90	445,580.84	1.58
21	432,413.78	539,343.87	370,989.44	1.94
22	181,231.29	315,080.48	140,200.28	2.29
23	576,019.31	871,241.56	316,033.70	2.02
24	281,743.40	425,741.74	199,936.32	2.08
25	521,598.88	592,415.49	461,758.25	1.60
26	447,478.37	574,636.86	368,451.93	1.96
27	150,484.32	191,692.10	123,366.20	2.33
28	549,958.42	613,491.98	497,877.12	1.98
29	274,332.73	351,685.00	191,275.54	2.07
30	574,002.02	668,433.97	449,236.58	1.65
31	399,896.07	606,261.45	259,860.83	1.95
32	157,355.86	180,814.52	147,311.21	2.30
33	626,720.59	844,880.36	429,331.43	2.05
34	291,142.64	341,160.73	187,200.57	2.12
35	637,019.49	722,152.34	583,660.10	1.65
36	337,297.12	424,886.62	171,303.19	2.01
37	131,032.86	145,658.25	119,615.58	2.33
38	600,365.32	662,189.13	455,301.80	2.00
39	268,504.37	375,708.04	181,578.94	2.10
40	611,137.14	716,295.73	468,427.94	1.61
41	368,190.94	488,173.97	284,235.86	2.11

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
42	141,208.09	150,124.27	132,922.69	2.33
43	604,380.38	677,265.08	509,385.35	1.97
44	236,879.12	377,997.20	170,916.29	2.08
45	605,964.16	724,351.55	506,034.33	1.73
46	341,903.50	380,405.66	279,756.29	2.00
47	177,631.28	265,881.57	142,567.24	2.33
48	580,298.26	807,039.37	342,921.73	2.08
49	272,915.55	350,383.41	209,198.96	2.15
50	620,187.43	715,704.84	387,848.60	1.65
51	325,680.80	416,858.47	250,573.48	2.10
52	155,757.86	178,990.68	131,105.46	2.36
53	568,884.24	712,827.08	418,624.67	2.02
54	215,210.42	282,184.99	167,520.53	2.17
55	561,298.57	766,726.04	427,204.30	1.69
56	333,972.12	505,787.92	260,326.01	2.08
57	139,328.86	186,481.05	115,237.66	2.32
58	633,279.47	903,050.69	391,856.87	1.99
59	286,834.07	347,937.02	182,697.84	2.15
60	542,604.64	620,679.88	496,398.84	1.70
61	379,191.89	515,149.34	320,450.23	2.06
62	143,029.40	177,136.77	123,999.92	2.72
63	452,193.72	580,064.13	360,224.56	2.42
64	183,864.26	249,526.05	147,776.18	2.12
65	595,168.98	680,063.77	527,689.37	1.63
66	320,199.98	442,153.92	267,781.49	1.99
67	149,145.13	163,446.53	130,758.39	2.29
68	527,583.32	683,985.63	339,370.50	2.03
69	240,722.25	275,218.86	223,189.50	2.29
70	618,193.41	737,572.76	528,952.16	1.63

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
71	399,148.94	461,899.48	335,638.36	2.03
72	159,990.70	188,226.12	143,735.57	2.44
73	543,376.86	684,629.00	444,178.80	2.07
74	265,565.04	455,891.01	180,426.16	2.12
75	620,628.90	703,891.07	489,205.19	1.64
76	312,005.23	436,167.33	202,323.36	1.97
77	135,146.69	157,729.44	121,923.39	2.36
78	544,689.55	728,066.62	297,620.16	2.04
79	269,118.49	328,059.18	212,092.62	2.14
80	582,470.59	709,487.27	383,566.86	1.68
81	418,210.26	501,702.28	330,261.43	2.09
82	148,953.33	192,785.68	129,604.45	2.43
83	514,681.40	731,982.15	337,753.65	2.05
84	274,963.68	348,246.37	189,842.36	2.10
85	591,039.02	821,179.90	409,486.41	1.67
86	396,309.62	574,349.15	169,572.81	1.99
87	146,967.96	177,140.53	122,937.99	2.34
88	449,562.84	532,343.77	382,946.39	2.03
89	229,590.72	298,552.74	189,592.65	2.17
90	596,160.27	777,611.93	390,019.58	1.62
91	415,400.81	549,367.58	343,937.00	2.09
92	145,159.46	169,786.97	114,963.91	2.39
93	562,500.40	768,881.90	403,653.81	2.11
94	220,463.93	300,029.52	176,053.03	2.21
95	491,666.38	566,712.29	423,458.23	1.69
96	476,565.56	597,263.09	350,831.15	2.03
97	139,705.97	155,518.42	124,056.26	2.39
98	559,393.30	658,343.93	387,212.68	2.10
99	308,247.28	430,778.79	194,583.10	2.16

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
100	509,299.18	628,254.16	409,659.53	1.73
101	353,446.59	451,709.78	191,031.91	2.05
102	139,807.61	155,392.82	128,298.79	2.38
103	680,488.19	937,084.68	540,100.38	2.08
104	278,826.90	347,660.70	164,562.15	2.16
105	663,436.31	807,533.13	589,984.86	1.67
106	451,911.87	540,852.49	368,441.20	2.07
107	165,314.72	202,331.25	140,807.44	2.37
108	536,012.75	660,170.04	412,964.06	2.11
109	252,467.57	381,011.49	179,839.92	2.22
110	594,718.82	702,619.78	525,203.27	1.71
111	430,803.80	495,719.99	391,258.44	2.08
112	157,950.43	228,588.28	120,389.41	2.45
113	639,549.80	734,252.83	521,374.12	2.11
114	224,543.53	372,611.11	160,714.29	2.23
115	632,347.63	808,991.81	535,170.30	1.66
116	457,812.91	569,198.80	332,212.16	2.08
117	142,196.05	166,448.09	123,935.26	2.44
118	542,675.03	678,583.15	268,944.29	2.10
119	261,548.51	405,060.47	170,586.15	2.20
120	541,972.44	669,285.29	432,952.67	1.74
121	409,696.42	525,063.13	343,397.81	2.15
122	151,815.00	181,724.67	120,827.94	2.39
123	608,462.24	759,296.77	524,547.95	2.12
124	302,215.78	403,372.32	211,497.53	2.64
125	621,984.88	753,787.79	448,850.08	1.79
126	456,793.82	546,524.05	296,941.75	2.64
127	139,824.05	162,222.04	126,925.78	3.05
128	657,769.87	908,199.42	492,459.38	2.56

ตารางที่ 4.6 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
129	305,362.06	395,944.83	176,035.88	2.67
130	541,126.61	626,129.15	406,882.60	1.75
131	373,535.26	466,771.12	234,988.37	2.20
132	168,696.09	258,766.76	139,717.25	2.63
133	640,098.38	868,747.48	462,699.03	2.48
134	254,010.33	329,790.91	200,563.36	2.54
135	581,613.15	652,944.86	509,239.78	1.94

จากตารางที่ 4.6 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดเล็ก 2 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 22 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 110,200.28 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 37 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 131,032.86 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 37 กับปัญหาขนาดเล็ก 2

ตารางที่ 4.7 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	113,854.52	150,524.03	85,251.27	1.90
2	76,557.51	80,380.42	70,755.37	2.80
3	279,221.48	344,656.83	219,529.96	1.61
4	89,857.92	103,835.27	72,143.48	1.96
5	185,146.50	298,517.23	101,327.19	1.35
6	138,550.92	197,542.31	88,025.54	1.77
7	74,750.42	82,616.12	71,054.26	2.08
8	247,594.21	300,328.04	182,443.80	1.63
9	88,112.56	107,336.85	73,039.63	1.84
10	205,783.55	270,313.90	137,302.02	1.26

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
11	112,241.76	164,736.32	77,849.78	1.81
12	74,577.15	80,369.81	70,639.98	2.01
13	197,542.96	269,935.13	146,823.54	1.54
14	80,675.35	98,829.42	72,013.85	1.87
15	180,245.55	228,072.93	97,748.36	1.25
16	129,278.37	156,616.17	77,234.62	1.68
17	71,793.78	75,392.55	69,600.08	2.01
18	267,199.98	340,173.15	190,113.28	1.61
19	90,057.95	104,112.43	71,247.20	1.76
20	209,336.60	278,144.82	104,698.72	1.26
21	144,470.38	186,401.68	112,140.99	1.70
22	71,870.06	76,160.27	65,584.64	2.10
23	258,452.74	399,742.74	209,403.79	1.59
24	100,805.15	153,106.27	72,977.78	1.80
25	207,186.01	272,629.24	168,322.96	1.28
26	139,218.90	212,624.40	81,826.31	1.82
27	75,633.13	82,885.01	71,246.02	2.08
28	265,583.83	386,947.26	152,100.85	1.73
29	95,780.84	121,269.52	73,675.50	1.99
30	235,084.75	284,469.36	173,497.57	1.39
31	116,767.56	215,218.48	68,445.83	1.85
32	76,373.17	95,248.79	70,100.30	2.11
33	253,574.42	352,127.69	191,791.39	1.69
34	94,660.22	118,129.29	74,560.95	2.02
35	205,007.19	276,408.13	120,164.59	1.34
36	139,354.91	209,627.73	101,578.96	1.90
37	77,821.62	92,497.10	70,676.85	2.18
38	267,839.04	348,198.68	208,135.77	1.65
39	94,705.81	125,135.66	73,404.82	1.89

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
40	212,454.45	262,599.65	122,560.72	1.39
41	132,227.44	179,196.66	95,919.39	1.74
42	68,723.33	71,302.06	65,368.49	2.19
43	236,235.80	277,666.77	211,235.00	1.68
44	83,255.65	102,317.49	72,574.10	1.94
45	240,618.40	344,215.06	166,612.93	1.40
46	131,478.23	205,923.48	81,505.16	1.82
47	74,107.37	76,919.67	71,165.51	2.07
48	199,675.81	227,081.32	152,436.71	1.64
49	92,728.54	110,233.30	75,282.46	1.90
50	182,790.43	214,536.51	120,211.76	1.35
51	101,874.72	154,989.38	75,445.68	1.80
52	75,575.97	88,950.66	69,898.24	2.05
53	255,910.20	295,546.64	174,762.79	1.60
54	85,785.63	109,607.80	74,978.19	1.86
55	181,747.60	226,876.06	135,132.17	1.34
56	140,548.80	210,869.62	93,963.47	1.76
57	75,112.22	90,938.52	65,218.36	2.07
58	243,228.62	312,433.03	194,716.55	1.58
59	98,967.39	124,714.25	82,054.53	1.85
60	208,351.18	268,056.82	171,649.95	1.37
61	138,061.78	225,907.60	85,381.56	2.03
62	71,245.39	75,332.29	66,578.76	2.63
63	288,696.85	361,103.07	217,866.93	1.86
64	97,153.68	105,558.06	83,088.58	2.18
65	213,337.60	342,771.10	138,689.40	1.51
66	128,923.23	162,652.11	92,557.19	1.73
67	71,051.62	73,096.80	67,571.62	2.08
68	225,380.78	267,194.53	149,013.26	1.56

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
69	102,125.07	117,942.44	87,429.76	2.15
70	187,639.54	238,687.68	113,004.86	1.31
71	113,752.24	157,593.67	98,843.23	1.76
72	75,364.04	96,765.98	64,688.90	2.07
73	266,615.36	361,507.74	210,921.97	1.58
74	89,739.17	117,854.40	72,000.98	1.86
75	225,485.27	270,023.27	159,020.95	1.32
76	85,844.04	98,061.17	75,158.02	1.77
77	71,119.37	72,717.55	69,610.19	2.11
78	249,688.19	286,168.11	208,783.09	1.68
79	90,582.59	103,905.31	72,844.53	1.89
80	239,534.22	338,351.29	170,194.12	1.38
81	102,065.32	129,684.98	76,173.62	1.82
82	73,401.31	81,579.65	70,785.10	2.13
83	255,911.20	299,375.51	202,489.04	1.56
84	102,619.27	134,062.49	89,285.24	1.87
85	228,451.64	296,097.83	177,860.96	1.38
86	170,132.25	249,193.10	124,280.90	1.77
87	71,785.45	79,095.15	65,376.49	2.01
88	214,955.96	255,571.01	170,565.49	1.71
89	89,660.48	106,737.94	73,779.62	1.94
90	218,684.91	318,072.99	156,234.75	1.33
91	126,748.24	161,701.34	105,971.59	1.85
92	72,271.00	76,803.55	69,998.02	2.14
93	222,188.31	280,166.92	144,987.92	1.64
94	84,704.01	97,374.30	73,346.49	1.93
95	214,292.44	276,388.44	157,087.64	1.42
96	119,366.81	203,944.98	83,042.05	1.86
97	73,547.87	78,709.70	70,431.29	2.05

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
98	263,962.59	348,821.75	196,167.41	1.52
99	81,718.50	99,968.90	74,221.85	1.80
100	228,891.56	313,638.42	114,715.33	1.28
101	137,937.12	198,202.84	77,557.31	1.74
102	75,419.32	82,899.58	71,332.17	2.06
103	246,634.21	286,099.10	218,236.66	1.57
104	104,820.25	157,201.52	72,265.04	1.82
105	231,369.85	308,950.16	170,238.44	1.26
106	123,289.70	241,175.80	79,681.89	1.70
107	78,474.49	93,780.73	65,862.54	2.07
108	263,556.60	308,403.94	187,282.77	1.66
109	99,054.89	181,595.07	72,154.57	1.88
110	221,351.24	334,798.91	109,279.40	1.33
111	117,896.55	165,214.63	95,944.21	1.81
112	76,738.57	98,189.45	70,511.59	2.10
113	240,343.78	369,241.35	186,384.53	1.68
114	108,055.56	161,817.20	72,164.46	1.97
115	240,880.50	328,326.64	167,190.52	1.40
116	101,039.74	134,838.12	75,945.13	1.84
117	79,614.21	96,673.37	70,588.65	2.12
118	265,633.14	302,479.08	211,573.17	1.58
119	103,900.38	144,671.76	88,797.52	1.88
120	202,383.47	290,969.75	78,877.97	1.45
121	117,555.20	198,488.64	77,804.02	1.70
122	72,697.90	78,230.42	70,787.83	2.18
123	230,010.83	272,171.88	183,476.93	1.68
124	90,153.51	101,896.64	73,056.69	1.94
125	180,683.28	226,735.98	150,245.32	1.39

ตารางที่ 4.7 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
126	119,388.43	139,724.36	74,855.55	1.80
127	77,751.35	88,566.43	69,809.89	2.17
128	259,038.57	350,453.23	195,697.26	1.66
129	91,544.66	111,154.03	69,427.77	1.98
130	248,073.75	308,343.01	192,301.67	1.44
131	116,116.84	190,218.26	93,710.25	1.83
132	74,888.61	89,398.49	65,238.75	2.13
133	245,452.91	364,531.61	106,531.94	1.67
134	83,376.95	98,195.49	73,763.26	1.96
135	228,571.42	288,011.00	148,828.48	1.35

จากตารางที่ 4.7 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดเล็ก 3 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 72 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 64,688.90 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 42 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 68,723.33 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 42 กับปัญหาขนาดเล็ก 3

4.7.2 ผลการทดสอบโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลาง

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบ ประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดกลาง ทั้งหมด 3 ปัญหา

ตารางที่ 4.8 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	168,195.38	204,240.93	124,379.63	3.13
2	102,992.93	113,130.01	94,601.60	4.16

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
3	278,936.82	320,466.79	243,201.80	3.98
4	147,840.25	157,668.86	139,469.35	4.41
5	244,227.25	293,469.91	200,805.00	2.95
6	188,631.24	230,041.31	154,108.53	3.49
7	108,392.30	118,166.17	100,648.54	4.61
8	289,971.03	328,287.13	221,545.52	4.06
9	138,688.79	155,960.06	125,214.39	3.82
10	241,000.67	269,220.90	210,255.16	3.34
11	186,833.22	214,492.72	168,568.74	3.86
12	107,853.36	119,506.81	94,227.18	5.00
13	279,918.10	335,776.26	231,122.93	3.60
14	140,430.11	162,945.84	108,227.60	3.95
15	221,926.63	245,175.04	190,589.98	3.74
16	182,205.47	215,710.75	156,806.69	4.13
17	105,528.42	113,201.87	98,524.24	3.78
18	311,717.33	329,736.29	279,633.38	3.74
19	141,943.85	156,561.41	115,821.80	4.48
20	265,018.43	289,808.44	245,536.92	2.99
21	163,304.91	188,699.54	134,081.06	3.43
22	113,918.99	117,654.37	109,153.84	4.10
23	303,596.36	389,041.89	251,230.59	4.04
24	143,383.58	184,961.87	118,184.32	4.03
25	227,544.94	271,857.27	191,103.96	2.98
26	185,235.32	265,584.86	148,523.16	4.48
27	107,553.60	114,468.45	102,016.18	4.88
28	314,423.18	378,383.08	239,089.48	4.08
29	163,393.82	193,808.44	141,569.30	3.71
30	222,835.31	278,118.94	155,945.54	2.73
31	167,356.79	227,408.94	118,809.72	3.60

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
32	100,952.45	104,321.91	96,975.01	3.89
33	285,245.67	325,351.04	265,226.17	3.47
34	141,832.44	188,550.40	115,451.42	4.30
35	263,710.91	290,283.27	246,906.64	2.74
36	201,408.54	239,997.58	174,351.58	3.75
37	104,176.94	124,792.38	92,973.06	4.48
38	293,433.29	325,189.17	251,302.00	3.21
39	158,393.29	177,309.32	132,746.08	3.99
40	247,694.37	287,371.70	193,665.99	3.06
41	192,156.61	244,718.69	154,446.54	4.10
42	113,610.13	128,745.13	105,199.63	4.85
43	299,363.54	321,077.41	271,174.52	3.34
44	148,902.54	191,431.24	126,822.11	3.97
45	263,242.09	334,497.39	175,703.06	3.12
46	196,955.44	231,935.95	160,203.77	3.64
47	101,624.79	116,672.60	91,936.48	3.75
48	265,981.99	313,128.60	227,140.55	3.08
49	144,482.97	180,722.73	131,677.43	3.46
50	231,642.66	261,611.36	194,905.57	2.67
51	176,819.97	203,570.72	156,028.44	3.40
52	102,874.21	109,773.02	97,265.35	3.96
53	318,782.78	351,305.23	295,720.30	3.18
54	146,688.50	161,803.50	125,851.50	3.46
55	230,815.41	289,963.27	176,195.56	3.12
56	209,134.37	256,022.37	145,343.49	3.56
57	102,809.06	112,474.27	93,355.01	4.19
58	298,882.09	316,226.05	289,606.54	3.15
59	155,344.07	170,092.18	136,776.51	3.50
60	266,910.34	301,721.42	242,286.10	2.78

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
61	190,849.55	237,768.02	133,491.07	3.27
62	101,248.86	111,642.80	93,913.14	4.23
63	277,456.78	313,476.91	244,404.78	3.10
64	140,913.03	180,026.74	125,578.43	3.39
65	228,180.75	272,942.83	195,636.21	2.73
66	175,630.21	205,251.31	143,521.84	3.47
67	107,338.34	115,087.13	100,882.62	3.79
68	296,573.31	330,788.18	244,647.42	3.13
69	149,371.03	189,416.05	116,897.01	3.82
70	248,991.83	279,148.57	217,182.28	3.09
71	194,544.57	229,913.33	137,415.21	3.22
72	108,277.47	114,470.58	103,727.29	3.79
73	300,188.63	388,170.61	238,628.21	3.32
74	147,491.76	179,568.46	115,500.56	3.87
75	220,942.39	275,511.02	192,146.29	2.99
76	190,630.84	231,745.55	147,741.42	3.51
77	103,270.29	109,130.43	96,454.93	3.91
78	276,908.55	301,477.28	252,639.74	3.14
79	145,004.47	165,669.12	120,638.49	3.64
80	278,796.01	327,935.09	228,046.14	2.76
81	175,097.47	240,366.92	136,503.97	3.40
82	109,801.22	121,406.14	101,084.15	3.81
83	295,445.71	328,642.35	260,716.40	3.07
84	144,807.75	154,343.94	137,106.51	3.62
85	227,211.41	265,077.48	205,233.33	2.73
86	179,363.08	214,281.32	132,824.85	3.30
87	109,538.41	114,920.01	103,773.83	3.84
88	284,750.51	312,991.36	247,904.58	3.16
89	149,162.98	172,266.46	138,349.99	3.96

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
90	222,565.49	258,090.85	190,498.46	2.87
91	177,643.95	242,759.57	144,461.31	3.32
92	99,552.46	113,351.44	93,334.32	3.84
93	294,099.62	328,367.14	240,440.52	3.23
94	153,424.44	174,229.28	139,951.52	3.67
95	249,981.00	301,593.82	190,155.85	2.89
96	167,412.93	218,888.09	140,029.76	3.38
97	104,033.33	112,330.41	98,054.50	3.98
98	299,687.95	372,464.83	259,677.94	3.24
99	152,986.11	162,654.88	131,607.46	3.61
100	253,513.56	303,583.96	205,757.06	3.18
101	176,168.35	216,156.03	136,980.37	3.46
102	104,303.02	111,832.47	90,593.48	3.53
103	303,518.19	351,046.22	263,495.96	3.32
104	153,997.41	185,152.71	128,661.48	3.69
105	249,632.42	301,449.55	194,279.03	2.92
106	186,876.07	215,049.20	152,676.03	3.76
107	103,971.70	116,434.40	97,746.14	4.48
108	259,610.15	298,422.60	225,196.87	3.60
109	149,259.98	161,115.23	139,137.58	3.76
110	230,575.28	293,337.68	153,690.86	3.16
111	196,823.45	270,937.76	154,715.57	4.11
112	106,977.92	117,585.88	87,973.89	4.18
113	310,311.85	331,052.67	275,057.81	3.62
114	140,965.52	157,309.35	131,769.65	3.92
115	229,901.13	250,064.49	211,532.68	2.78
116	223,332.20	270,462.67	187,140.74	3.47
117	111,229.96	119,598.48	98,159.01	3.90
118	283,416.96	357,615.52	204,424.76	3.83

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
119	152,387.06	168,650.68	141,175.47	4.08
120	233,494.18	262,866.73	209,269.77	3.12
121	185,807.95	255,656.83	156,921.07	3.95
122	107,683.44	123,774.61	99,770.32	4.53
123	285,448.00	339,865.32	249,500.17	4.26
124	141,930.72	157,104.24	113,517.05	3.75
125	275,033.66	321,738.17	220,279.81	2.99
126	165,979.75	223,745.41	133,989.72	3.96
127	106,561.05	120,375.68	97,392.67	5.01
128	303,328.67	337,977.96	234,163.06	4.32
129	138,846.95	157,311.86	121,023.44	3.43
130	248,584.28	292,896.17	198,520.77	2.67
131	196,609.28	240,065.55	142,545.21	3.13
132	108,964.34	115,600.00	105,719.48	3.63
133	302,231.89	368,916.45	259,195.39	2.85
134	152,859.02	178,818.87	118,974.38	3.32
135	258,163.22	284,662.14	235,188.37	2.78

จากตารางที่ 4.8 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดกลาง 1 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 112 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 87,973.89 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 99,552.46 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 กับปัญหาขนาดกลาง 1

ตารางที่ 4.9 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	164,829.68	229,698.42	119,517.10	3.10
2	79,245.59	93,306.91	68,230.16	3.57
3	269,432.65	313,379.01	222,468.05	2.86
4	140,892.62	205,763.11	96,115.89	3.53
5	318,699.58	366,731.25	251,972.47	2.56
6	187,187.71	220,288.29	153,019.42	3.23
7	86,000.45	104,948.47	70,867.62	3.45
8	332,557.28	390,985.19	266,284.32	2.71
9	124,789.27	146,783.48	110,652.39	3.20
10	247,134.23	318,194.40	215,131.91	2.48
11	183,715.07	258,567.48	95,403.34	2.96
12	81,392.34	94,910.43	71,246.73	3.61
13	309,510.31	368,945.88	213,985.40	2.68
14	155,494.78	171,815.40	128,775.62	3.37
15	248,662.60	313,908.05	189,749.85	2.44
16	171,424.53	216,075.35	131,073.70	2.90
17	90,979.93	100,523.97	77,607.43	3.40
18	296,795.50	361,938.50	241,052.33	2.81
19	135,584.67	184,667.88	112,219.30	2.95
20	223,441.84	315,008.24	129,016.59	2.39
21	173,353.38	256,644.78	107,823.28	3.22
22	84,775.61	96,888.52	71,840.61	5.05
23	310,281.82	352,454.26	276,806.68	3.14
24	133,293.73	167,777.82	106,743.36	3.31
25	303,674.39	386,194.23	239,041.52	2.61
26	158,411.29	227,386.43	100,716.48	3.24
27	86,881.85	93,041.64	81,987.81	3.27
28	297,579.52	347,902.29	207,431.50	2.77
29	116,041.43	141,278.75	102,231.91	3.47

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
30	264,842.37	308,344.76	217,194.43	2.37
31	167,982.78	247,387.04	116,335.66	3.02
32	81,891.54	92,894.36	67,714.86	3.33
33	297,974.24	367,228.00	230,837.99	2.82
34	127,353.09	171,073.95	89,989.86	3.46
35	258,967.20	303,118.17	199,756.33	2.49
36	154,208.93	253,858.55	102,531.26	3.17
37	84,742.89	99,089.98	74,082.18	3.25
38	272,604.65	330,174.98	235,670.29	2.55
39	134,820.38	154,407.53	105,407.40	3.80
40	318,690.42	371,000.08	230,988.33	2.69
41	151,347.01	204,832.98	107,428.71	2.84
42	86,297.97	102,755.81	78,686.52	3.75
43	321,731.26	381,143.09	252,412.79	2.93
44	113,251.39	122,450.35	99,822.24	3.10
45	300,541.07	328,266.77	263,978.54	2.54
46	162,245.04	245,018.13	110,636.62	3.09
47	73,783.57	80,017.38	68,183.56	3.41
48	308,706.94	421,647.16	238,244.30	2.80
49	131,798.35	169,752.33	102,539.57	3.05
50	274,533.80	321,940.78	204,635.55	2.51
51	207,642.51	297,152.47	133,150.23	3.24
52	78,434.72	89,809.71	70,159.72	3.41
53	313,539.90	358,385.84	255,323.17	2.60
54	145,933.95	184,906.20	116,446.18	2.93
55	276,450.70	343,644.15	219,055.61	2.35
56	170,981.90	294,325.38	110,724.80	2.94
57	82,088.46	91,126.68	72,764.85	3.45
58	318,847.77	399,183.76	211,036.96	2.60

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
59	126,529.03	151,315.89	109,457.98	3.02
60	301,028.29	312,039.94	292,768.64	2.46
61	112,016.31	119,890.95	95,107.72	2.89
62	85,016.21	95,049.83	78,604.18	3.30
63	339,832.61	464,554.22	259,127.73	2.67
64	141,032.36	199,906.95	113,844.28	3.09
65	266,751.64	306,075.57	215,485.78	2.41
66	173,199.61	263,309.30	121,768.63	2.87
67	83,007.63	92,969.89	76,556.41	3.68
68	282,009.15	309,692.68	229,916.69	3.01
69	131,628.78	163,760.20	101,191.62	3.30
70	277,598.31	356,640.76	198,784.11	2.47
71	141,130.39	175,098.02	117,234.55	3.00
72	82,657.74	95,022.55	71,751.18	3.59
73	323,213.12	360,804.43	264,367.36	2.92
74	113,155.14	138,643.86	98,558.94	3.21
75	271,659.24	302,791.31	204,597.61	2.48
76	182,870.75	241,426.86	135,761.49	3.36
77	88,402.84	113,071.12	70,840.66	4.10
78	317,105.70	370,315.12	272,244.05	3.21
79	137,037.84	223,109.21	100,532.34	3.56
80	283,805.03	378,077.67	177,022.95	2.43
81	153,175.13	173,799.90	130,907.66	3.22
82	86,498.77	100,079.32	73,433.65	4.14
83	335,473.03	442,273.83	256,533.74	2.77
84	139,867.91	173,567.05	118,592.75	3.02
85	299,726.86	359,894.63	262,839.54	2.51
86	139,559.29	169,306.18	105,436.04	3.17
87	86,220.49	91,174.38	80,033.94	3.99

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
88	337,883.96	368,853.89	282,532.11	3.20
89	125,089.56	148,507.27	109,122.47	3.36
90	272,020.71	346,356.63	194,956.32	2.46
91	173,002.75	249,975.69	90,277.63	3.88
92	79,163.11	86,602.91	70,364.07	4.88
93	274,328.57	320,299.02	242,325.90	3.20
94	109,658.57	124,147.25	96,388.42	3.95
95	286,550.19	361,296.68	227,183.38	2.94
96	160,566.83	203,893.34	133,187.90	3.67
97	88,761.02	96,023.60	80,504.19	4.58
98	352,749.76	425,536.82	252,714.22	3.11
99	140,480.03	174,840.28	104,683.79	3.55
100	278,420.73	372,042.76	202,612.23	2.70
101	176,630.20	299,885.81	126,181.58	3.26
102	78,850.66	91,444.73	69,152.70	3.61
103	333,143.93	372,856.72	259,974.28	2.60
104	129,294.00	177,449.81	109,099.26	3.23
105	270,609.36	299,727.71	240,995.42	2.47
106	185,613.42	233,734.22	132,585.13	3.89
107	85,845.52	102,752.91	77,415.08	3.90
108	280,502.94	330,569.45	205,535.95	3.01
109	131,135.35	165,243.97	105,930.26	3.50
110	298,985.26	333,064.33	264,605.15	2.68
111	188,737.84	314,265.59	116,139.94	3.47
112	84,393.82	95,848.47	77,218.29	3.70
113	338,107.86	395,992.66	290,129.11	3.02
114	130,504.69	172,923.98	95,684.34	4.26
115	277,688.27	301,811.79	245,080.26	3.49
116	171,647.14	189,018.10	144,605.32	3.05

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
117	84,526.10	87,541.50	79,003.72	3.95
118	347,978.64	412,214.76	273,317.67	3.19
119	116,080.55	156,410.92	91,521.10	3.58
120	266,116.53	317,808.26	234,278.26	2.63
121	117,593.86	144,582.80	88,744.07	3.41
122	79,697.22	92,631.87	70,788.23	3.37
123	287,867.67	376,566.13	207,148.22	2.78
124	126,050.87	141,323.19	87,401.50	2.98
125	243,015.26	315,047.05	209,722.96	2.42
126	212,544.14	355,318.66	122,436.10	2.89
127	83,827.63	100,894.43	73,284.35	3.33
128	320,359.69	394,296.96	244,204.15	2.62
129	132,224.42	156,874.90	105,521.33	3.06
130	314,692.16	382,562.07	207,005.19	2.42
131	124,765.87	149,559.51	100,165.59	2.86
132	77,115.85	84,323.64	72,386.40	3.33
133	316,159.93	366,563.88	266,954.53	2.62
134	122,837.87	162,769.30	103,278.43	3.05
135	270,113.72	336,814.29	216,266.37	2.42

จากตารางที่ 4.9 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดกลาง 2 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 32 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 67,714.86 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 47 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 73,783.57 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 47 กับปัญหาขนาดกลาง 2

ตารางที่ 4.10 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	391,628.09	543,990.06	305,590.42	2.72
2	171,576.74	199,724.01	142,529.30	3.08
3	699,733.68	836,078.33	503,795.05	2.54
4	287,702.52	333,352.96	237,420.25	2.85
5	648,716.22	714,298.68	600,104.12	2.40
6	476,090.53	530,365.81	431,643.48	2.71
7	159,082.75	179,669.52	126,988.53	3.17
8	694,743.21	857,594.23	485,990.79	2.63
9	289,427.85	327,101.17	193,989.31	2.80
10	554,290.93	614,343.11	497,485.67	2.34
11	384,708.14	432,491.51	303,639.07	2.67
12	157,398.30	184,155.42	141,814.94	3.18
13	690,159.99	796,697.92	607,547.56	2.51
14	249,648.46	342,295.66	169,862.82	2.92
15	605,144.59	682,820.23	464,743.68	2.32
16	395,635.42	463,912.56	287,462.93	2.86
17	162,372.90	176,817.69	143,911.41	3.22
18	688,100.33	798,764.06	595,326.47	2.65
19	310,334.33	363,549.40	246,037.89	2.85
20	537,853.72	644,718.68	385,390.50	2.37
21	384,258.08	461,130.29	308,968.99	2.73
22	170,372.55	183,954.40	163,419.88	3.24
23	693,291.25	739,037.17	667,609.33	2.62
24	282,180.28	306,180.50	258,026.48	2.88
25	515,223.26	635,941.39	383,906.39	2.43
26	339,840.65	425,909.17	243,894.65	2.81
27	165,892.38	176,322.51	151,292.55	3.17
28	734,062.42	808,292.53	608,133.11	2.60
29	308,701.05	379,600.14	258,663.57	2.93

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
30	566,507.29	754,787.07	455,852.05	2.46
31	362,802.16	463,057.29	301,323.42	2.77
32	165,544.28	176,211.17	147,667.84	3.16
33	688,741.95	808,866.10	572,471.97	2.54
34	299,688.52	417,860.95	200,913.79	2.93
35	560,905.57	687,012.83	465,604.78	2.27
36	467,610.32	575,915.59	374,839.80	2.83
37	163,429.62	177,602.69	145,184.59	3.35
38	710,320.32	842,150.96	621,101.72	2.75
39	278,109.49	332,565.87	252,996.97	3.01
40	598,566.67	740,856.90	544,693.32	2.34
41	439,742.30	590,833.45	363,735.49	2.79
42	151,166.29	165,080.68	139,388.65	3.36
43	626,456.98	876,645.14	442,787.27	2.41
44	264,143.17	347,733.26	226,021.97	3.09
45	508,068.44	593,903.30	314,591.48	2.47
46	347,775.02	380,823.94	318,700.66	2.92
47	162,742.50	202,291.32	132,174.20	3.28
48	678,010.40	829,379.71	435,149.54	2.65
49	283,852.06	316,508.49	233,167.12	2.91
50	615,938.11	752,760.54	479,952.28	2.42
51	369,891.87	476,734.38	296,233.50	2.79
52	166,184.26	196,085.48	147,163.86	3.48
53	654,888.30	763,361.43	538,104.16	3.46
54	276,899.56	347,284.73	223,097.47	3.31
55	517,569.87	709,764.53	371,191.74	2.65
56	357,802.22	420,895.08	301,014.88	3.12
57	159,590.85	180,958.80	142,721.05	3.67
58	615,721.33	685,335.50	559,801.87	2.88

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
59	310,292.88	381,633.12	267,721.84	3.75
60	530,697.69	650,664.81	383,306.32	2.40
61	400,458.36	492,982.32	243,365.20	2.96
62	152,554.53	179,078.94	136,290.06	3.62
63	714,026.30	844,539.89	617,619.11	2.74
64	267,680.63	375,758.07	198,747.33	3.46
65	571,456.45	807,341.52	424,952.45	2.45
66	420,394.30	470,060.18	331,117.48	3.04
67	161,060.81	201,922.71	139,490.73	3.68
68	661,171.36	863,235.14	498,627.97	2.69
69	266,743.43	360,969.24	215,408.99	3.03
70	519,859.63	680,914.33	321,997.90	2.52
71	398,308.10	459,923.78	317,690.52	2.91
72	159,705.78	174,274.50	145,643.38	3.19
73	739,491.10	792,762.14	672,787.00	2.77
74	253,790.39	318,554.68	178,053.49	3.21
75	579,550.75	654,926.70	505,199.59	2.43
76	431,105.95	525,526.48	297,616.93	3.12
77	160,947.37	181,919.80	133,706.88	3.34
78	634,152.80	770,292.44	511,700.22	2.58
79	265,155.58	354,712.81	201,491.84	2.83
80	565,965.03	661,910.53	482,071.16	2.37
81	366,267.73	521,181.02	267,754.43	2.85
82	164,358.00	192,681.08	138,059.77	3.26
83	648,197.78	741,191.42	574,083.49	2.79
84	247,879.15	274,507.71	228,192.10	3.23
85	542,767.25	619,245.02	433,232.83	2.46
86	373,517.57	475,540.88	287,091.50	2.93
87	175,585.63	221,419.37	139,810.29	3.33

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
88	688,347.17	795,725.44	623,616.24	2.64
89	270,520.63	282,826.32	234,742.76	3.02
90	572,770.69	667,452.30	421,054.04	2.41
91	352,151.69	412,933.49	314,503.32	2.96
92	175,113.66	201,809.35	153,301.10	3.72
93	764,675.37	830,751.92	707,624.24	2.92
94	274,474.13	320,851.78	234,290.93	3.43
95	533,546.50	671,593.96	336,048.54	2.83
96	396,011.18	494,849.80	245,590.13	3.43
97	163,034.03	190,781.07	136,408.85	3.36
98	693,796.37	872,016.15	599,802.35	2.82
99	279,936.59	331,676.74	230,022.19	3.11
100	475,201.46	675,203.11	340,227.08	2.73
101	388,650.07	468,774.27	308,910.87	3.15
102	166,080.56	181,678.26	153,375.06	3.28
103	718,302.06	839,722.30	432,026.41	2.89
104	299,461.05	330,897.27	216,165.68	3.53
105	553,444.74	779,917.26	385,234.00	2.55
106	424,405.05	527,722.54	322,298.61	3.03
107	149,446.81	156,000.09	132,411.24	3.76
108	636,295.11	775,774.15	462,251.81	2.72
109	255,766.64	311,257.97	177,862.66	3.42
110	492,746.71	586,341.10	439,988.17	2.61
111	321,138.12	401,044.82	295,609.43	2.84
112	173,554.64	192,012.85	156,229.23	3.30
113	734,843.00	865,383.46	676,685.11	2.85
114	240,234.53	360,051.03	177,890.67	3.45
115	586,811.41	706,312.01	523,252.28	2.36
116	414,326.40	513,529.49	350,348.10	2.86

ตารางที่ 4.10 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
117	160,480.76	199,875.95	137,294.58	3.36
118	628,685.59	695,528.45	557,815.56	2.78
119	285,926.84	347,418.97	218,214.89	3.03
120	559,016.84	752,843.40	482,145.77	2.43
121	358,994.93	432,883.34	221,729.52	2.86
122	179,831.88	202,284.01	156,814.63	3.28
123	723,964.51	825,082.46	573,076.01	2.66
124	289,531.47	328,427.22	242,787.01	3.00
125	615,971.69	771,681.97	383,829.07	2.44
126	380,495.10	437,109.47	333,385.61	2.88
127	167,986.90	195,092.37	146,544.64	3.19
128	658,792.13	735,026.79	567,754.51	3.31
129	295,782.05	346,123.73	218,638.92	3.46
130	615,465.70	744,348.27	500,516.20	3.13
131	412,926.05	517,206.48	343,866.56	3.66
132	157,474.33	174,581.16	134,119.76	3.85
133	656,329.04	816,400.03	555,763.09	3.01
134	285,911.87	367,996.70	193,799.00	3.17
135	583,003.07	763,589.25	444,783.47	2.58

จากตารางที่ 4.10 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดกลาง 3 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 7 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 126,988.53 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 107 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 149,446.81 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 107 กับปัญหาขนาดกลาง 3

4.7.3 ผลการทดสอบโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดใหญ่ ทั้งหมด 3 ปัญหา

ตารางที่ 4.11 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	475,523.96	515,294.36	409,553.71	5.03
2	323,678.08	379,611.81	284,013.51	5.10
3	734,666.60	880,264.77	549,910.64	3.85
4	403,276.13	436,714.06	371,447.80	4.83
5	576,728.53	609,089.58	527,124.61	3.68
6	499,005.82	609,638.35	427,170.83	4.12
7	334,706.45	346,690.30	322,522.36	4.69
8	787,802.33	862,355.21	713,420.00	3.85
9	392,217.18	443,850.24	323,280.21	4.31
10	662,086.51	710,377.20	606,425.42	3.60
11	488,910.19	550,420.82	447,940.40	4.15
12	336,635.15	370,240.27	310,781.33	4.89
13	762,295.71	856,472.96	540,772.92	3.66
14	419,264.11	472,445.74	371,280.40	4.28
15	636,453.05	673,425.08	578,297.98	3.88
16	463,957.60	567,177.56	377,784.02	4.16
17	347,905.22	380,495.40	329,705.12	4.60
18	712,119.36	795,022.05	641,693.63	3.58
19	414,884.17	450,803.22	372,977.15	4.27
20	677,647.62	778,699.92	584,308.25	3.70
21	540,859.40	621,972.93	410,951.56	4.19
22	344,644.59	382,772.88	314,970.06	4.66
23	709,921.91	889,321.23	551,822.72	3.69
24	383,375.32	420,541.42	350,515.96	4.42
25	704,387.64	832,218.59	588,808.13	3.46

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
26	450,273.94	536,275.36	356,119.82	4.13
27	333,533.75	361,528.69	313,941.68	4.82
28	678,953.77	771,825.54	626,181.97	3.74
29	363,349.66	411,015.40	308,135.62	4.31
30	650,737.23	687,598.54	579,743.81	3.68
31	527,443.06	597,913.25	443,983.69	4.15
32	343,796.16	382,063.58	320,128.55	4.66
33	713,028.24	777,377.37	566,506.94	3.66
34	416,609.01	452,980.04	374,807.35	4.43
35	713,596.43	773,950.46	651,676.54	3.85
36	432,697.41	488,436.74	375,702.90	4.23
37	339,244.50	360,099.55	317,501.23	4.89
38	679,907.60	898,766.12	504,162.54	3.74
39	401,855.55	523,812.38	310,599.37	4.24
40	694,725.39	780,138.45	637,880.91	3.51
41	472,363.99	526,514.52	424,636.15	4.23
42	348,752.40	377,507.80	313,641.85	4.71
43	743,737.11	883,757.34	571,482.32	3.89
44	451,013.06	473,370.34	414,501.90	4.44
45	654,578.57	845,043.99	495,183.33	3.67
46	437,891.55	550,919.05	314,627.74	4.44
47	332,224.06	351,516.66	302,600.09	4.89
48	717,921.46	804,154.83	603,782.21	3.76
49	393,664.32	442,258.39	338,638.47	4.66
50	693,398.49	760,316.26	651,296.01	3.93
51	446,966.84	541,425.01	324,653.17	4.30
52	318,298.09	346,637.18	295,379.13	5.22
53	669,707.24	821,648.99	515,584.97	3.88
54	401,839.21	463,444.01	382,217.94	4.33

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
55	630,048.85	742,337.44	544,381.59	3.45
56	498,848.11	537,583.39	399,042.56	4.33
57	319,131.80	341,106.40	292,461.50	5.00
58	707,172.35	849,907.28	564,340.03	3.75
59	423,931.75	514,668.41	384,365.99	4.46
60	726,712.50	807,949.14	644,365.23	3.50
61	416,036.99	500,152.48	311,607.79	4.07
62	329,870.29	349,673.21	302,384.57	4.98
63	694,289.85	763,126.13	593,215.57	3.78
64	385,814.81	466,343.03	344,785.53	4.34
65	685,522.66	761,899.65	631,167.29	3.71
66	492,044.18	559,814.91	403,462.22	4.29
67	318,454.47	368,088.07	299,674.11	4.86
68	730,497.34	876,067.74	624,688.58	3.82
69	419,154.44	459,653.03	337,466.59	4.44
70	642,833.41	741,943.94	568,217.73	3.77
71	439,176.74	578,206.68	372,015.61	4.06
72	351,938.65	393,714.44	328,370.39	4.78
73	734,772.05	817,877.70	603,977.95	3.73
74	395,521.66	452,367.21	339,285.42	4.44
75	635,253.40	736,122.14	497,954.62	3.70
76	494,484.81	555,348.80	408,244.28	4.07
77	342,593.65	364,067.31	316,066.09	4.81
78	752,375.01	859,568.84	654,078.06	3.72
79	415,564.17	463,923.41	379,821.85	4.44
80	652,088.44	757,801.31	542,310.27	3.77
81	478,451.62	544,029.16	416,755.46	4.27
82	335,907.94	361,514.20	308,940.79	4.95
83	698,087.18	763,043.26	608,870.00	3.94

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
84	429,906.99	463,712.99	389,086.77	4.65
85	615,773.99	696,940.77	499,873.57	3.61
86	562,806.44	740,516.28	417,205.70	4.19
87	335,224.34	356,064.59	299,301.15	4.80
88	717,840.99	783,568.82	597,807.65	3.95
89	412,663.00	449,159.03	385,833.73	4.45
90	639,235.62	788,297.10	581,715.25	3.74
91	463,289.91	670,669.62	346,722.20	4.18
92	323,746.26	359,340.82	290,844.69	4.73
93	708,162.43	779,819.76	621,962.04	3.78
94	396,095.60	425,280.93	371,998.29	4.41
95	657,302.71	746,777.21	586,169.99	3.86
96	502,252.48	692,893.56	420,046.75	3.98
97	316,433.59	333,641.02	295,166.96	4.71
98	742,435.63	846,814.93	643,658.58	3.95
99	401,639.78	465,413.35	353,228.81	4.61
100	631,618.28	689,969.62	536,145.23	3.71
101	472,410.06	512,334.79	379,747.09	4.31
102	332,729.12	365,899.63	303,626.20	4.74
103	648,839.30	675,987.74	622,384.45	3.70
104	369,967.62	396,736.33	344,646.90	4.68
105	628,124.21	675,586.75	519,408.21	3.78
106	539,663.69	636,109.74	448,302.61	4.69
107	354,786.02	377,124.21	301,931.06	5.09
108	668,707.61	732,886.91	582,677.94	3.70
109	426,251.79	476,352.16	366,185.59	4.46
110	637,640.64	661,119.70	590,811.45	3.73
111	519,926.88	657,178.63	384,811.44	4.05
112	331,183.00	358,243.64	283,880.07	5.05

ตารางที่ 4.11 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
113	699,959.95	746,460.56	626,573.43	3.73
114	393,456.13	436,935.94	350,342.24	4.52
115	624,824.16	690,003.05	570,603.95	3.87
116	480,966.80	608,899.13	402,032.25	4.27
117	345,172.98	379,661.43	301,940.47	5.04
118	666,397.44	899,783.26	504,343.33	3.71
119	422,147.98	498,209.26	369,009.81	4.56
120	697,607.45	837,334.28	546,097.55	3.97
121	415,142.69	477,019.13	346,465.25	4.32
122	315,824.24	334,056.83	292,056.06	4.74
123	701,030.34	835,381.43	611,126.53	3.96
124	416,181.82	435,740.47	386,771.25	4.60
125	651,608.91	761,485.47	559,764.75	3.80
126	445,316.79	498,769.63	390,581.37	4.55
127	350,206.69	409,645.59	308,684.23	5.04
128	710,609.65	871,461.89	515,036.82	3.99
129	435,873.43	463,834.54	408,493.88	4.48
130	715,000.76	846,133.45	634,964.55	3.85
131	415,372.08	505,085.96	348,733.98	4.34
132	347,409.01	402,880.33	305,356.07	4.92
133	716,064.03	795,237.00	571,938.08	3.84
134	379,965.00	401,396.61	360,908.15	4.33
135	738,483.31	846,285.00	675,802.15	4.11

จากตารางที่ 4.11 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดใหญ่ 1 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 112 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ

283,880.07 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 122 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 315,824.24 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 122 กับปัญหาขนาดใหญ่ 1

ตารางที่ 4.12 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	986,115.39	1,256,747.86	643,749.12	4.40
2	659,846.09	700,838.86	578,800.28	5.03
3	1,710,685.72	2,390,956.55	1,222,481.54	3.66
4	767,803.24	916,165.50	609,701.02	4.22
5	1,712,562.79	2,028,828.14	1,515,812.38	3.58
6	819,849.49	1,023,796.23	631,520.96	3.76
7	657,742.52	784,879.76	527,258.77	4.46
8	1,851,032.87	2,120,013.64	1,325,662.87	3.26
9	861,167.07	930,083.25	776,633.65	4.18
10	1,508,566.59	1,588,680.78	1,247,409.81	3.44
11	804,719.73	901,595.05	738,482.11	3.71
12	618,667.21	704,501.75	562,206.33	4.08
13	1,838,155.08	2,146,891.87	1,577,482.46	3.20
14	748,775.69	831,319.76	654,538.87	4.14
15	1,661,295.30	1,826,622.94	1,405,041.92	3.48
16	999,039.27	1,225,526.82	714,079.01	3.90
17	626,039.79	722,735.41	536,428.74	4.51
18	1,894,863.31	2,267,799.81	1,479,569.20	3.45
19	846,578.48	1,031,147.77	692,341.25	3.75
20	1,683,376.53	2,025,182.49	1,315,357.40	3.29
21	898,464.62	1,261,055.86	706,741.63	3.65
22	670,716.66	772,541.27	580,101.42	4.43
23	1,682,629.73	2,077,899.27	1,472,373.31	3.49
24	919,980.42	1,065,811.84	717,942.61	3.93
25	1,712,745.02	1,926,161.57	1,228,386.86	3.38

ตารางที่ 4.12 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
26	876,355.80	958,081.84	781,865.12	3.98
27	615,369.40	740,151.04	511,019.51	4.14
28	1,735,791.55	2,247,643.95	1,104,737.95	3.24
29	871,416.23	1,043,585.21	753,564.58	3.68
30	1,464,733.24	1,667,042.15	1,301,554.95	3.28
31	988,764.60	1,141,890.46	744,028.72	3.69
32	650,024.67	704,336.81	603,264.76	4.33
33	1,618,403.12	1,749,427.84	1,527,034.24	3.22
34	889,506.20	1,110,251.86	733,615.58	3.86
35	1,674,500.87	1,873,879.74	1,379,364.85	3.37
36	861,415.60	1,032,916.43	685,733.66	4.19
37	628,369.84	729,856.45	560,431.34	4.64
38	1,850,604.42	2,076,332.58	1,632,538.79	3.34
39	843,713.29	885,377.78	789,493.24	3.83
40	1,533,141.59	1,742,184.91	1,397,298.05	3.44
41	1,116,857.84	1,394,613.00	931,507.12	3.84
42	641,464.99	700,929.06	589,919.00	4.50
43	1,889,902.19	2,090,785.17	1,782,324.80	3.32
44	880,455.21	1,036,743.71	745,513.25	3.80
45	1,697,890.21	1,998,009.02	1,342,803.07	3.28
46	1,047,057.32	1,266,317.48	786,114.72	4.01
47	631,032.15	729,459.43	487,593.93	4.33
48	1,543,770.53	1,878,458.98	1,029,284.64	3.23
49	826,618.36	972,234.75	736,248.70	4.10
50	1,623,819.03	1,882,780.44	1,396,188.71	3.47
51	897,570.14	1,119,864.80	766,473.16	3.73
52	640,184.99	717,112.75	583,448.93	4.31
53	1,656,233.49	1,816,757.02	1,477,323.06	3.34
54	807,215.01	974,214.73	707,885.18	4.00

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
55	1,458,187.24	1,742,744.00	975,590.87	3.31
56	888,939.81	1,040,062.08	806,097.60	4.03
57	623,232.82	673,765.19	506,492.12	5.09
58	1,525,032.24	1,793,561.28	1,182,873.79	3.92
59	944,264.84	1,082,311.64	839,615.82	4.11
60	1,570,403.65	1,977,321.17	1,241,400.15	3.37
61	845,481.05	972,526.65	740,721.34	3.72
62	663,819.50	780,085.72	599,756.56	4.39
63	1,856,727.81	2,317,787.93	1,241,637.12	3.26
64	793,806.12	888,794.09	741,979.27	3.88
65	1,455,997.86	1,803,689.81	1,111,420.19	3.21
66	1,038,122.93	1,166,711.67	945,926.22	3.86
67	626,952.01	668,752.91	565,921.39	4.25
68	1,793,262.90	1,965,193.65	1,556,403.70	3.25
69	817,356.81	864,136.06	794,248.03	3.77
70	1,894,198.46	2,027,598.68	1,605,374.93	3.06
71	976,412.65	1,254,714.11	734,474.31	3.76
72	669,698.63	757,033.23	607,320.56	4.57
73	1,768,009.99	1,995,264.54	1,455,272.99	3.25
74	855,718.29	1,054,213.60	709,353.33	3.66
75	1,577,931.24	1,916,652.19	1,379,512.90	3.29
76	919,711.71	1,200,179.33	673,182.02	3.63
77	687,359.51	820,597.24	625,373.23	4.37
78	1,642,406.73	2,306,586.39	986,085.43	3.30
79	759,477.49	814,129.27	690,185.53	3.66
80	1,639,392.14	1,767,498.83	1,487,276.17	3.20
81	1,110,221.51	1,302,916.42	1,020,033.49	3.83
82	652,833.97	744,174.16	551,235.50	4.34
83	1,535,797.60	1,989,133.36	878,918.87	3.26

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
84	820,004.85	1,061,201.75	646,450.96	3.69
85	1,532,646.25	1,694,060.33	1,303,182.44	3.16
86	866,005.32	1,079,912.99	729,688.28	3.79
87	660,645.01	828,283.24	562,176.19	4.16
88	1,749,953.78	1,902,383.34	1,372,714.95	3.33
89	833,655.35	969,088.49	736,393.27	3.95
90	1,717,196.56	1,931,219.01	1,516,149.84	3.69
91	1,055,658.22	1,195,001.98	852,929.68	3.96
92	576,620.65	621,424.86	529,303.49	4.40
93	1,711,418.01	2,074,462.83	1,464,809.12	3.27
94	870,520.15	931,777.27	766,479.22	3.91
95	1,794,952.71	2,222,485.74	1,512,320.29	3.22
96	1,007,845.29	1,458,095.40	666,464.78	3.80
97	637,113.56	783,509.75	544,350.92	4.50
98	1,662,399.83	1,895,505.12	1,453,026.28	3.30
99	890,446.69	990,633.85	770,193.29	4.13
100	1,543,854.31	1,919,094.26	1,103,002.06	3.54
101	964,464.79	1,069,415.18	808,718.42	3.83
102	673,998.93	751,655.81	616,725.07	4.35
103	1,727,775.66	2,195,071.73	1,173,360.46	3.17
104	836,844.85	907,237.90	691,986.46	3.88
105	1,525,191.59	1,748,541.84	1,386,873.44	3.44
106	869,927.73	960,225.03	812,118.52	3.88
107	629,991.03	754,622.73	526,088.59	4.24
108	1,670,639.28	2,010,234.23	1,345,285.75	3.43
109	851,056.50	947,675.66	770,803.23	3.92
110	1,565,353.07	1,762,660.21	1,405,353.67	3.31
111	864,275.36	983,383.39	666,276.25	3.58
112	637,275.76	710,806.81	512,139.42	4.30

ตารางที่ 4.12 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
113	1,571,306.97	2,117,676.13	1,118,879.85	3.21
114	792,759.97	919,697.01	670,569.98	3.99
115	1,579,165.92	1,782,433.97	1,359,920.68	3.38
116	923,755.16	1,082,138.76	794,348.15	3.76
117	630,460.83	713,542.22	560,500.29	4.32
118	1,782,626.04	2,340,923.23	1,345,095.35	3.34
119	755,045.58	885,243.12	606,633.16	4.11
120	1,729,803.97	1,883,718.04	1,563,306.77	3.29
121	943,723.83	1,264,026.08	743,319.15	3.72
122	664,339.43	717,840.17	610,295.31	4.26
123	1,954,132.84	2,410,804.10	1,633,960.26	3.17
124	819,299.75	950,210.53	667,199.23	4.06
125	1,536,601.33	1,599,683.22	1,438,806.00	3.24
126	1,155,142.46	1,299,574.24	837,252.57	3.78
127	655,181.63	686,183.49	611,661.45	4.25
128	1,668,010.80	2,188,604.81	1,197,862.33	3.38
129	818,429.11	945,939.69	747,036.25	4.09
130	1,636,510.83	1,889,651.47	1,353,258.78	3.39
131	877,820.22	1,091,559.42	639,135.86	3.73
132	639,384.82	693,137.94	586,457.81	4.59
133	1,851,095.96	2,131,905.70	1,512,840.19	3.23
134	931,920.96	964,633.81	901,507.10	4.09
135	1,610,437.31	2,009,749.19	1,318,222.54	3.37

จากตารางที่ 4.12 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดใหญ่ 2 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 47 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ

487,593.93 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 92 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 576,620.65 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 กับปัญหาขนาดใหญ่ 2

ตารางที่ 4.13 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	677,923.81	794,861.03	515,246.13	5.21
2	436,122.57	488,560.11	383,167.62	5.75
3	1,221,409.24	1,440,722.76	864,352.05	4.45
4	517,679.06	612,755.92	450,957.80	5.87
5	1,110,050.36	1,202,596.32	984,819.62	4.45
6	634,634.59	941,384.48	521,877.78	5.40
7	448,236.57	490,369.61	399,663.28	6.20
8	1,271,785.43	1,895,977.66	675,246.25	4.62
9	522,386.57	618,325.34	458,540.09	5.92
10	1,081,887.92	1,188,709.05	929,314.17	5.01
11	578,961.03	640,192.68	471,542.18	5.36
12	424,166.99	444,053.13	410,624.00	6.22
13	1,280,025.15	1,653,267.06	1,034,524.82	4.46
14	492,823.01	563,334.97	452,503.87	5.90
15	923,976.35	1,361,544.57	606,156.83	4.84
16	675,810.43	793,456.81	498,335.99	5.49
17	444,953.51	487,534.62	415,261.80	6.26
18	1,110,394.27	1,414,106.86	807,531.35	4.58
19	512,805.97	571,424.29	464,319.91	5.81
20	997,653.34	1,226,942.63	710,433.58	4.91
21	603,927.37	697,406.39	530,625.98	5.53
22	438,636.43	486,543.57	385,987.17	6.13
23	1,381,855.66	1,626,466.82	1,044,540.81	4.64
24	472,457.95	560,139.76	371,092.83	6.88
25	1,117,164.86	1,224,395.16	990,941.75	4.61

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
26	603,540.74	644,527.13	559,736.06	5.46
27	455,082.14	536,791.30	404,603.16	6.09
28	1,420,801.10	1,689,291.04	1,064,336.96	4.72
29	568,145.45	617,910.11	476,419.04	5.48
30	1,158,309.29	1,387,366.35	786,376.13	4.68
31	613,724.16	653,968.32	512,682.19	5.61
32	420,350.26	482,736.62	376,810.13	6.26
33	1,406,213.41	1,700,195.30	1,175,626.27	4.45
34	523,841.20	531,379.80	517,511.32	5.75
35	983,690.94	1,172,345.64	827,846.56	4.50
36	591,596.78	710,535.81	506,346.65	5.40
37	443,745.85	504,001.31	410,071.16	6.43
38	1,492,601.41	1,876,143.48	976,493.52	4.71
39	493,296.70	664,375.67	416,154.34	5.80
40	968,202.69	1,093,674.34	681,373.05	4.37
41	558,507.45	728,212.27	456,023.93	5.40
42	408,323.52	457,778.84	365,187.32	6.08
43	1,428,588.79	1,666,011.83	1,088,428.19	4.49
44	486,833.60	668,722.29	400,626.10	6.03
45	1,027,917.42	1,299,615.72	721,529.01	4.49
46	586,853.92	744,565.73	483,488.12	5.68
47	484,841.03	532,321.52	404,942.58	6.27
48	1,164,566.69	1,393,261.16	1,016,523.83	4.68
49	471,804.19	538,394.66	401,370.50	5.94
50	1,028,316.31	1,302,932.81	739,026.67	4.89
51	594,029.49	725,836.49	517,460.59	5.53
52	462,449.38	507,513.41	401,019.24	5.96
53	1,287,606.13	1,432,046.26	1,073,951.44	4.44
54	524,874.16	605,842.71	445,213.56	5.88

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
55	1,186,479.61	1,328,115.81	1,044,358.80	4.83
56	653,918.38	802,689.90	554,323.86	6.15
57	437,611.33	479,704.15	408,710.96	6.99
58	1,438,742.41	1,764,079.97	1,012,475.65	5.74
59	488,221.06	544,934.82	435,618.27	6.19
60	1,115,072.55	1,279,265.31	842,902.93	4.57
61	604,242.85	712,757.86	478,531.59	5.83
62	416,572.69	463,768.46	385,128.84	6.03
63	1,368,404.41	1,924,156.62	1,055,620.41	4.64
64	468,015.68	486,269.61	458,600.12	5.71
65	942,643.40	1,070,110.28	801,205.68	4.51
66	655,907.79	823,422.65	449,452.31	5.48
67	495,840.30	584,017.58	459,254.84	6.27
68	1,365,434.34	1,625,572.80	1,184,156.10	4.61
69	505,287.79	622,015.36	373,595.94	6.00
70	1,012,470.79	1,150,156.51	923,984.93	4.51
71	737,953.29	846,535.01	627,608.66	5.46
72	429,441.39	529,849.73	352,975.00	6.27
73	1,202,814.81	1,607,305.88	997,253.30	4.57
74	510,123.99	566,871.83	449,105.69	5.58
75	1,052,846.13	1,262,262.60	912,070.12	4.46
76	571,239.00	662,086.56	413,886.13	5.48
77	445,634.69	502,608.83	390,571.79	5.82
78	1,381,544.26	1,609,292.40	1,072,457.61	4.39
79	463,298.02	498,264.13	437,556.10	5.63
80	1,091,504.11	1,298,529.15	883,428.26	4.46
81	576,225.42	624,794.69	553,908.21	5.06
82	440,144.81	482,254.13	381,185.70	5.82
83	1,245,420.14	1,603,005.26	974,806.25	4.25

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
84	478,040.66	573,404.57	416,121.67	5.66
85	1,079,638.35	1,402,980.23	767,332.41	4.42
86	719,685.12	1,013,558.02	520,321.85	5.36
87	414,697.83	452,731.39	350,558.71	5.75
88	1,322,112.14	1,716,999.36	933,021.21	4.57
89	509,424.32	529,015.58	473,909.33	5.21
90	1,004,141.18	1,160,000.88	856,829.76	4.32
91	624,139.25	790,373.75	464,218.31	5.37
92	406,993.58	454,029.43	351,147.13	5.89
93	1,324,065.85	1,841,492.01	845,898.29	4.49
94	479,240.97	533,358.65	369,444.25	5.68
95	1,242,650.19	1,373,073.67	1,045,379.24	4.55
96	608,590.15	774,289.49	517,292.42	5.13
97	461,080.28	468,770.76	446,619.95	5.88
98	1,113,950.70	1,412,552.11	821,454.74	4.48
99	452,325.02	503,798.03	373,398.00	5.72
100	977,175.18	1,086,967.09	880,154.08	4.34
101	753,105.64	1,068,174.08	537,979.62	5.55
102	410,258.68	451,129.42	386,124.92	6.06
103	1,600,851.37	1,807,775.20	1,230,067.72	4.45
104	488,281.32	525,834.81	455,813.00	5.78
105	951,254.24	1,190,319.86	737,498.41	4.43
106	689,644.31	923,165.77	513,802.78	5.26
107	445,799.06	526,837.27	395,091.59	5.82
108	1,374,449.46	1,635,882.07	1,131,566.92	4.43
109	524,493.91	576,617.62	436,420.46	5.71
110	1,086,053.48	1,395,694.18	925,100.02	4.39
111	624,894.69	722,373.03	530,543.43	5.03
112	404,478.61	492,692.94	379,050.40	5.98

ตารางที่ 4.13 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
113	1,431,808.86	1,588,475.51	1,345,806.17	4.59
114	460,586.33	478,258.30	415,630.95	5.68
115	1,099,733.97	1,221,398.35	924,417.42	4.54
116	613,928.00	812,887.16	528,472.18	5.51
117	459,322.18	500,874.23	412,571.23	5.81
118	1,322,643.84	1,676,911.88	973,555.63	4.43
119	462,889.00	508,015.13	426,142.97	6.03
120	930,255.39	1,120,002.34	661,322.09	4.42
121	557,935.42	609,064.96	525,415.83	5.48
122	410,790.83	420,333.73	403,840.26	5.99
123	1,326,091.67	1,644,957.10	1,150,671.78	4.40
124	490,911.56	531,672.64	447,130.95	5.66
125	990,153.67	1,135,806.04	888,976.04	4.68
126	697,028.36	828,321.28	595,880.40	5.29
127	420,869.09	453,277.53	376,180.88	6.20
128	1,318,215.01	1,660,335.38	1,052,706.59	4.44
129	501,509.19	575,909.61	423,220.31	5.84
130	993,549.55	1,356,226.02	694,652.62	4.75
131	603,835.39	767,437.35	509,205.55	5.56
132	409,016.62	446,017.33	385,893.13	5.94
133	1,102,759.67	1,348,350.66	884,646.27	4.31
134	477,052.55	514,264.98	429,567.24	5.96
135	1,004,874.41	1,485,692.96	795,013.03	4.82

จากตารางที่ 4.13 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดใหญ่ 3 จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 87 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ

350,553.71 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 112 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 404,478.61 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 112 กับปัญหาขนาดใหญ่ 3

4.7.4 การพิจารณาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวม

ค่าใช้จ่ายรวมประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับจากการล่วงเวลา ในที่นี้เพื่อให้เกิดความเข้าใจจึงขอยกตัวอย่างโดยใช้โจทย์ขนาดกลาง 3 แสดงดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่วงเวลา	รวม
1	350	3,617.68	439,891.44	12,013.70	455,872.81
2	222	3,359.93	296,529.61	10,238.73	310,350.26
3	428	4,746.15	709,657.15	11,896.56	726,727.86
4	338	3,734.56	428,790.05	12,775.61	445,638.21
5	392	4,243.21	550,578.60	9,131.67	564,345.48
6	382	3,468.83	456,997.78	9,004.81	469,853.42
7	218	3,200.83	263,385.79	11,541.51	278,346.14
8	396	4,549.81	682,392.78	12,294.35	699,632.94
9	290	3,338.03	368,085.26	8,441.04	380,154.34
10	364	3,986.33	528,817.44	9,469.29	542,637.06
11	384	3,516.47	462,319.01	9,940.68	476,160.16
12	232	3,388.37	310,859.52	10,341.00	324,820.89
13	388	4,200.22	579,928.53	10,661.85	595,178.60
14	314	3,328.43	383,368.10	13,765.79	400,776.32
15	396	4,258.14	568,032.71	10,669.33	583,356.18
16	328	3,175.86	390,951.53	10,429.65	404,885.04
17	230	3,391.85	301,120.11	10,529.04	315,271.00
18	420	4,068.93	567,486.92	8,133.04	580,108.90
19	310	3,231.56	391,433.77	11,508.59	406,483.93
20	390	4,467.81	576,689.12	11,974.53	593,521.46

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่วงเวลา	รวม
21	364	3,430.04	451,082.16	6,279.41	461,155.61
22	224	3,472.71	304,963.23	10,994.69	319,654.64
23	444	4,399.17	669,829.02	11,132.83	685,805.02
24	326	3,348.67	409,802.68	11,527.70	425,005.05
25	328	3,965.81	450,080.08	9,676.14	464,050.04
26	374	3,654.94	468,826.20	8,928.73	481,783.88
27	230	3,482.32	309,820.88	11,848.10	325,381.30
28	398	4,628.91	673,196.91	12,625.17	690,849.00
29	320	3,511.50	423,554.17	11,435.48	438,821.15
30	380	4,200.99	523,988.50	6,658.27	535,227.77
31	376	3,439.53	455,578.62	8,124.81	467,518.96
32	226	3,290.74	301,806.43	14,135.37	319,458.54
33	436	4,428.50	676,487.43	11,819.19	693,171.12
34	282	3,405.75	364,363.65	9,697.94	377,749.34
35	408	4,515.63	621,174.71	12,943.79	639,042.12
36	370	3,702.98	473,125.19	11,614.02	488,812.19
37	250	3,439.34	332,510.43	11,478.57	347,678.34
38	440	4,531.62	671,520.83	11,260.66	687,753.11
39	332	3,463.68	400,602.60	10,898.78	415,297.06
40	360	4,083.37	521,771.55	11,003.09	537,218.01
41	360	3,518.14	474,297.69	11,131.28	489,307.11
42	222	3,206.81	285,073.29	13,506.98	302,009.08
43	438	4,700.31	702,457.39	10,974.93	718,570.63
44	316	3,357.30	377,831.77	8,197.91	389,702.98
45	384	4,426.71	601,399.18	9,562.09	615,771.98
46	342	3,288.46	427,256.65	11,688.30	442,575.41
47	266	3,348.54	343,916.23	15,327.97	362,858.74
48	416	4,587.66	621,019.84	12,235.11	638,258.62

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่วงเวลา	รวม
49	314	3,378.32	391,763.15	11,130.74	406,586.21
50	374	4,104.77	542,433.84	10,707.13	557,619.74
51	346	3,512.19	449,206.41	10,079.96	463,144.56
52	226	3,408.67	295,156.68	16,422.30	315,213.65
53	444	4,780.48	703,095.94	12,444.65	720,765.07
54	352	3,649.64	474,078.24	11,816.92	489,896.80
55	380	4,182.97	583,854.63	9,752.98	598,170.58
56	366	3,628.09	473,869.42	7,829.24	485,692.75
57	264	3,348.23	341,103.88	11,431.39	356,147.50
58	432	4,830.93	708,521.44	10,969.75	724,754.13
59	300	3,350.90	374,621.15	11,786.76	390,058.80
60	338	3,999.27	499,977.43	11,890.28	516,204.99
61	344	3,496.60	445,576.67	10,649.00	460,066.26
62	266	3,362.07	331,111.30	9,642.28	344,381.65
63	418	4,493.74	649,401.58	10,073.74	664,387.07
64	334	3,517.61	427,860.56	11,770.02	443,482.19
65	384	4,321.27	576,982.20	10,826.07	592,513.54
66	354	3,435.02	443,285.49	12,379.93	459,454.44
67	224	3,403.47	306,236.16	9,713.79	319,577.42
68	402	4,425.59	607,233.43	8,116.41	620,177.42
69	298	3,457.80	380,162.54	11,674.75	395,593.09
70	366	4,290.36	559,049.76	10,915.44	574,621.56
71	362	3,600.55	461,040.65	9,589.50	474,592.70
72	250	3,300.21	318,546.46	7,762.56	329,859.23
73	428	4,692.93	695,240.56	8,197.57	708,559.06
74	306	3,280.80	372,540.55	8,852.43	384,979.79
75	404	4,345.96	601,674.84	8,861.98	615,286.79
76	404	3,531.07	507,767.34	10,432.92	522,135.33

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การส่งเวลา	รวม
77	224	3,430.28	296,952.96	11,202.56	311,809.80
78	414	4,113.70	588,062.63	11,281.07	603,871.40
79	334	3,488.96	419,855.35	8,738.58	432,416.89
80	344	4,128.58	519,276.44	10,644.69	534,393.72
81	372	3,419.80	457,887.82	7,699.50	469,379.13
82	226	3,190.62	295,492.67	14,908.53	313,817.82
83	424	4,677.51	665,453.46	7,926.08	678,481.06
84	324	3,323.24	400,262.75	10,900.94	414,810.93
85	384	4,128.94	555,483.55	7,804.06	567,800.55
86	352	3,358.84	427,285.71	10,088.73	441,085.27
87	246	3,504.23	310,800.65	9,345.31	323,896.19
88	410	4,406.28	626,804.12	9,679.64	641,300.04
89	340	3,395.51	427,002.91	10,031.89	440,770.31
90	372	4,219.04	557,085.57	9,495.21	571,171.82
91	324	3,458.83	422,240.39	10,805.41	436,828.64
92	226	3,153.77	290,707.15	11,320.74	305,407.66
93	428	4,513.95	677,268.61	8,087.04	690,297.60
94	300	3,298.54	366,500.34	12,756.82	382,855.70
95	346	4,039.64	512,466.10	9,526.39	526,378.13
96	400	3,517.70	486,575.15	11,797.35	502,290.20
97	228	3,451.85	318,815.73	10,349.63	332,845.21
98	396	4,390.04	634,818.35	14,543.42	654,147.80
99	294	3,385.52	364,329.80	11,502.90	379,512.22
100	346	4,103.49	505,411.08	11,048.49	520,909.06
101	376	3,396.96	461,198.02	9,966.18	474,937.17
102	254	3,162.82	318,466.18	7,877.47	329,760.47
103	412	4,692.01	692,507.74	11,750.92	709,362.67
104	380	3,689.96	481,449.98	7,317.60	492,837.55

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่วงเวลา	รวม
105	338	4,084.05	503,559.91	8,371.71	516,353.67
106	378	3,422.48	454,425.24	8,685.17	466,910.90
107	224	3,402.68	300,183.77	11,735.80	315,546.26
108	414	4,476.62	662,636.68	9,693.88	677,221.18
109	298	3,620.99	384,119.54	8,957.75	396,996.29
110	352	4,044.96	509,901.87	9,849.57	524,148.40
111	316	3,263.09	400,321.56	13,927.78	417,828.44
112	234	3,533.04	318,904.29	14,238.59	336,909.92
113	460	4,615.69	736,206.37	12,193.12	753,475.18
114	344	3,437.40	413,579.79	10,296.22	427,657.40
115	358	4,272.08	527,464.79	11,000.81	543,095.68
116	348	3,403.84	433,691.15	12,480.31	449,923.30
117	250	3,401.53	319,819.21	9,823.99	333,294.73
118	426	4,801.53	729,842.84	14,475.37	749,545.74
119	340	3,461.88	415,720.24	12,639.40	432,161.53
120	448	4,507.62	648,577.27	9,019.69	662,552.58
121	370	3,523.12	449,997.74	6,527.03	460,417.90
122	238	3,196.71	300,617.69	14,914.83	318,967.23
123	432	4,448.09	632,682.42	10,207.19	647,769.70
124	306	3,340.99	388,589.65	8,168.80	400,405.43
125	392	4,205.15	548,701.71	7,580.77	560,879.63
126	344	3,369.71	426,459.53	10,006.77	440,180.02
127	222	3,444.23	284,683.79	13,200.50	301,550.53
128	426	4,560.50	674,071.09	12,331.34	691,388.93
129	318	3,455.90	399,755.46	7,707.67	411,237.03
130	378	4,461.14	599,367.80	9,660.47	613,867.41
131	358	3,451.84	445,901.84	10,252.65	459,964.34
132	222	3,487.20	298,970.58	15,051.59	317,731.36

ตารางที่ 4.14 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่องเวลา	รวม
133	416	4,449.65	627,361.93	8,527.52	640,755.10
134	330	3,535.81	419,531.64	10,026.17	433,423.62
135	398	4,173.31	561,114.55	12,401.74	578,087.61

จากตารางที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายรวมคำนวณได้จากค่าใช้จ่ายคงที่ (ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งในการใช้ยานพาหนะ) + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง (ระยะทาง \times ค่าน้ำมัน) + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก [(น้ำหนักบรรทุก \times ระยะทาง) \times ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า] + ค่าปรับจากการล่องเวลา [(ระยะเวลาที่ล่าช้า + เวลาขนถ่ายสินค้า) \times ค่าปรับ]

จะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับล่องเวลา ซึ่งค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุกนี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ได้นั้นมีค่าสูง

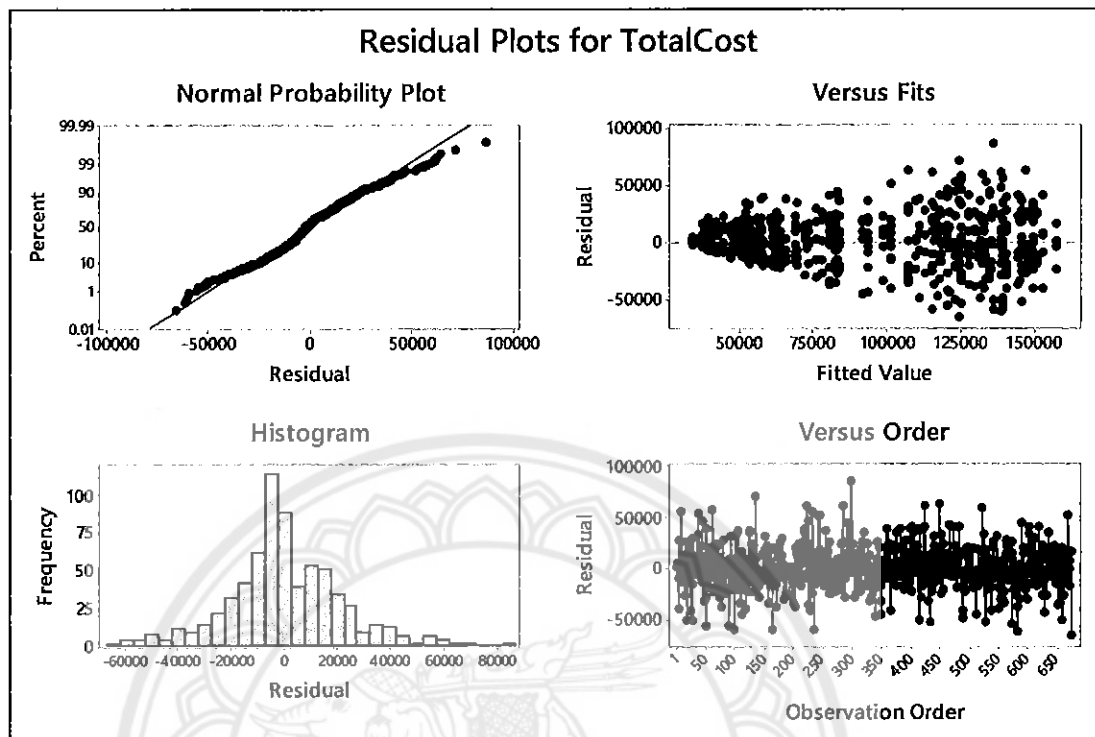
4.8 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการทดลองนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี ว่าส่งผลกระทบต่ออย่างไรกับค่าคำตอบ โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง แบบแฟกทอเรียลแบบสมบูรณ์ (Full Factorial Design : FFD) การประมวลผลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในรูปแบบเชิงทั่วไป (General Linear Model) ซึ่งจะแสดงค่าผลรวมกำลังสอง (Sum of Square : SS) ค่า P-value ด้วยโปรแกรม Minitab 16 เพื่ออธิบายถึงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect) และผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วม (Interaction Factors) ค่า P-value สามารถบ่งบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผลกระทบต่อผลการทดลอง เมื่อค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยนั้นมีผลกระทบต่อผลการทดลองที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ในผลการวิเคราะห์ได้กำหนดตัวแปรโดย

Tmax	คือ อุณหภูมิเริ่มต้น
Eq	คือ จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ
Cr	คือ อัตราการเย็นตัว
LS	คือ วิธีที่ใช้ในการหาคำตอบ

4.8.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1



รูปที่ 4.20 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1

จากรูปที่ 4.20 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเสียใจข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

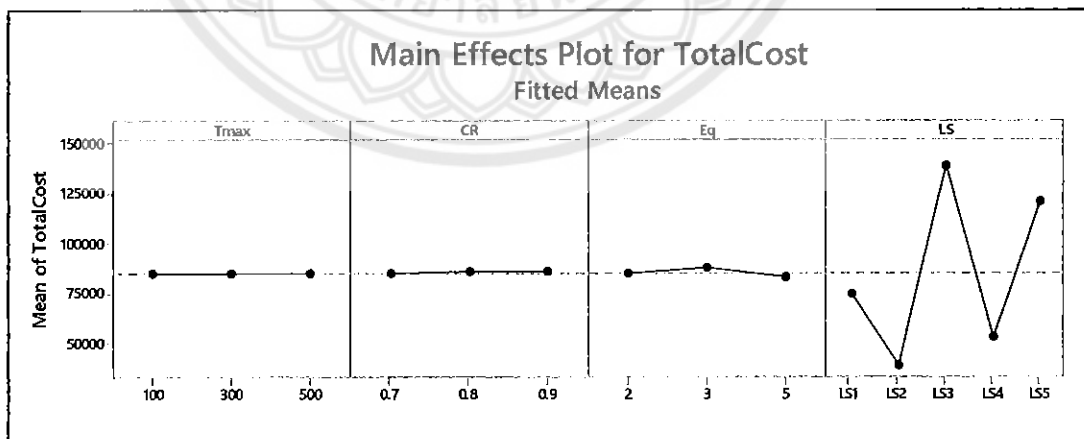
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	1.06663E+12	7959936839	14.31	0.000
Linear	10	1.01388E+12	1.01388E+11	182.29	0.000
Tmax	2	8499585	4249792	0.01	0.992
CR	2	186963840	93481920	0.17	0.845
Eq	2	2469947945	1234973972	2.22	0.110
LS	4	1.01122E+12	2.52804E+11	454.52	0.000
2-Way Interactions	36	21413098878	594808302	1.07	0.364
Tmax*CR	4	4193607550	1048401887	1.88	0.112
Tmax*Eq	4	410457908	102614477	0.18	0.946
Tmax*LS	8	7949509578	993688697	1.79	0.077
CR*Eq	4	1705112768	426278192	0.77	0.547
CR*LS	8	3204111585	400513948	0.72	0.674
Eq*LS	8	3950299489	493787436	0.89	0.526
3-Way Interactions	56	21648585088	386581877	0.70	0.954
Tmax*CR*Eq	8	3159930986	394991373	0.71	0.683
Tmax*CR*LS	16	4925500281	307843768	0.55	0.918
Tmax*Eq*LS	16	8835826472	552239154	0.99	0.463
CR*Eq*LS	16	4727327349	295457959	0.53	0.931
4-Way Interactions	32	9687880292	302746259	0.54	0.981
Tmax*CR*Eq*LS	32	9687880292	302746259	0.54	0.981
Error	540	3.00347E+11	556198795		
Total	674	1.36698E+12			

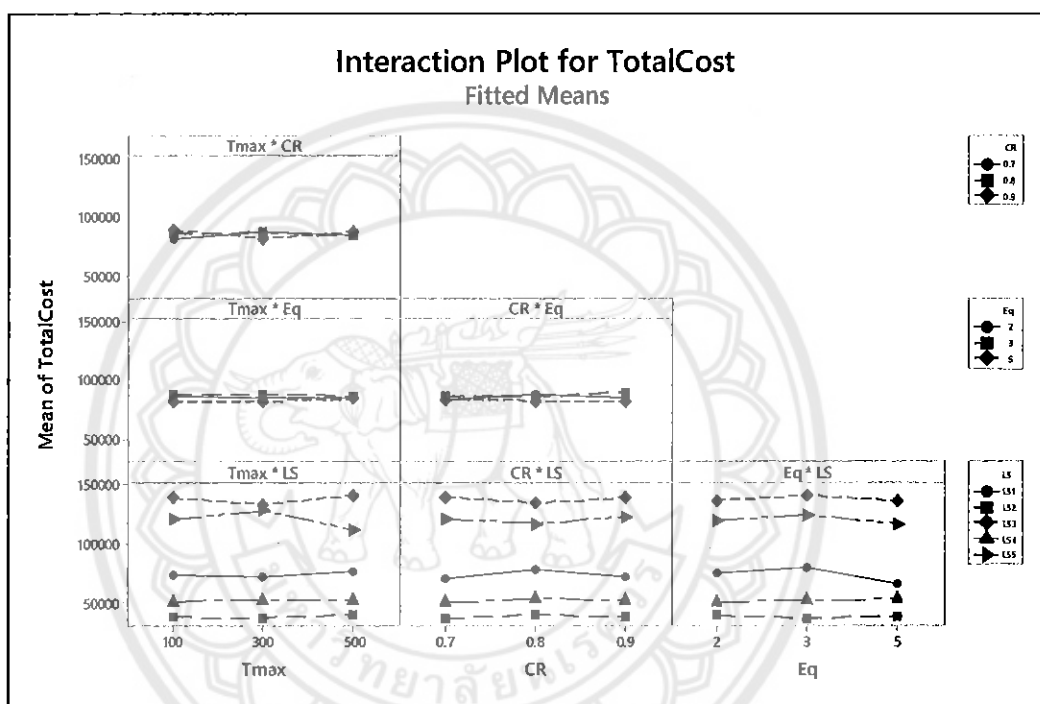
รูปที่ 4.21 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1

จากรูปที่ 4.21 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.22 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1

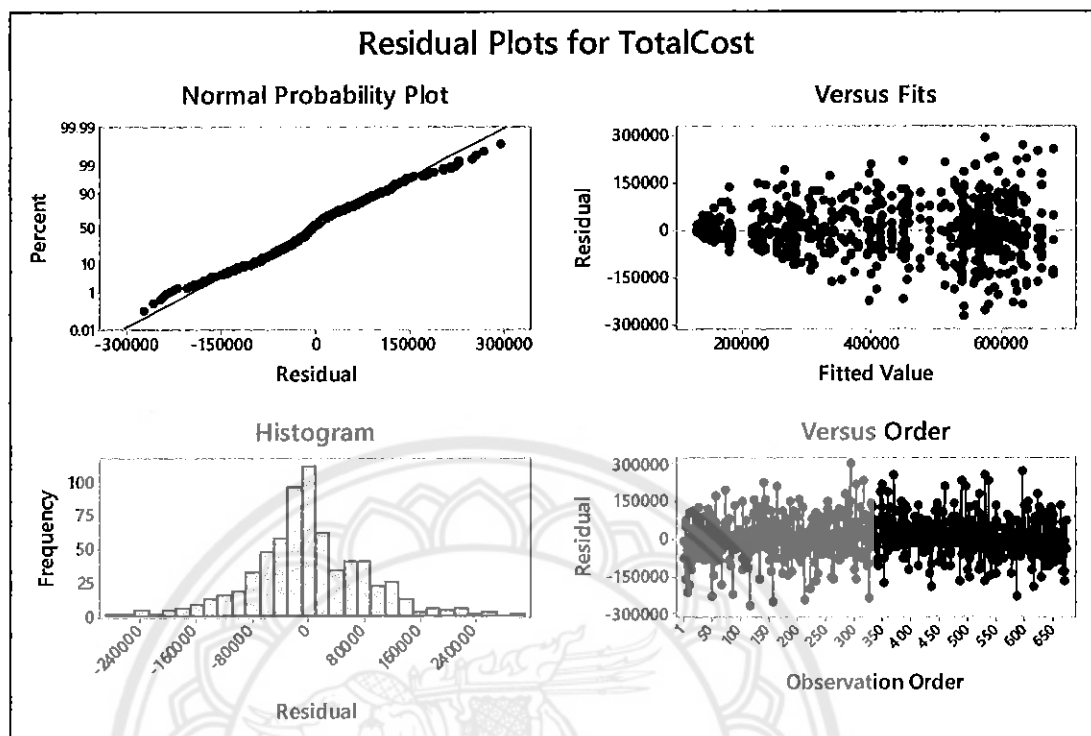
จากรูปที่ 4.22 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 2 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.23 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1

จากรูปที่ 4.23 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบเท่าไรสรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 2 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 33,663.68 บาท

4.8.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2



รูปที่ 4.24 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2

จากรูปที่ 4.24 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

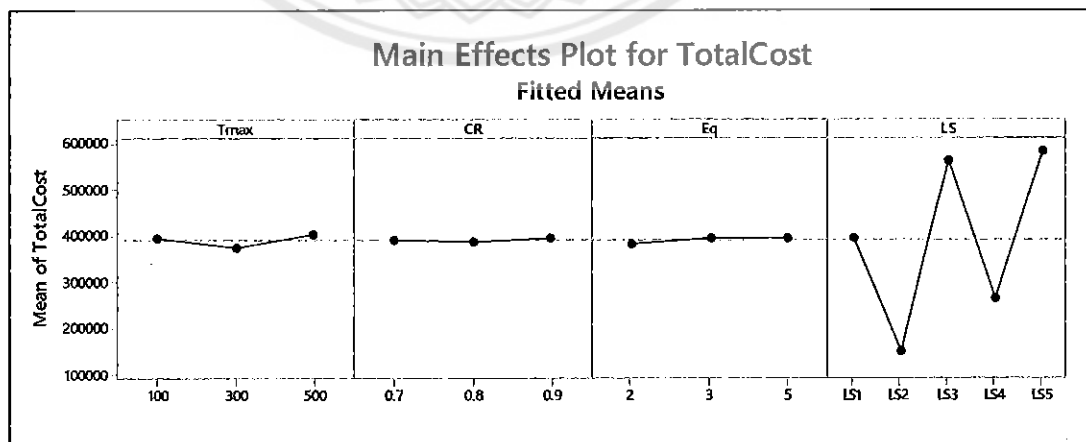
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	2.05974E+13	1.53712E+11	18.33	0.000
Linear	10	1.95119E+13	1.95119E+12	232.71	0.000
Tmax	2	85311777490	42655888745	5.09	0.006
CR	2	14032612457	7016306228	0.84	0.434
Eq	2	15936541057	7968270528	0.95	0.387
LS	4	1.93967E+13	4.84916E+12	578.33	0.000
2-Way Interactions	36	3.90541E+11	10848356141	1.29	0.121
Tmax*CR	4	21813503064	5453375766	0.65	0.627
Tmax*Eq	4	5137375672	1284343918	0.15	0.962
Tmax*LS	8	1.44496E+11	18061962975	2.15	0.030
CR*Eq	4	58953920465	14738480116	1.76	0.136
CR*LS	8	1.06914E+11	13364202236	1.59	0.124
Eq*LS	8	53226700209	6653337526	0.79	0.609
3-Way Interactions	56	4.78148E+11	8538357798	1.02	0.442
Tmax*CR*Eq	8	91261636716	11407704589	1.36	0.211
Tmax*CR*LS	16	1.60032E+11	10001975101	1.19	0.269
Tmax*Eq*LS	16	57217283448	3576080215	0.43	0.976
CR*Eq*LS	16	1.69638E+11	10602344680	1.26	0.215
4-Way Interactions	32	2.16790E+11	6774685262	0.81	0.766
Tmax*CR*Eq*LS	32	2.16790E+11	6774685262	0.81	0.766
Error	540	4.52781E+12	8384835023		
Total	674	2.51252E+13			

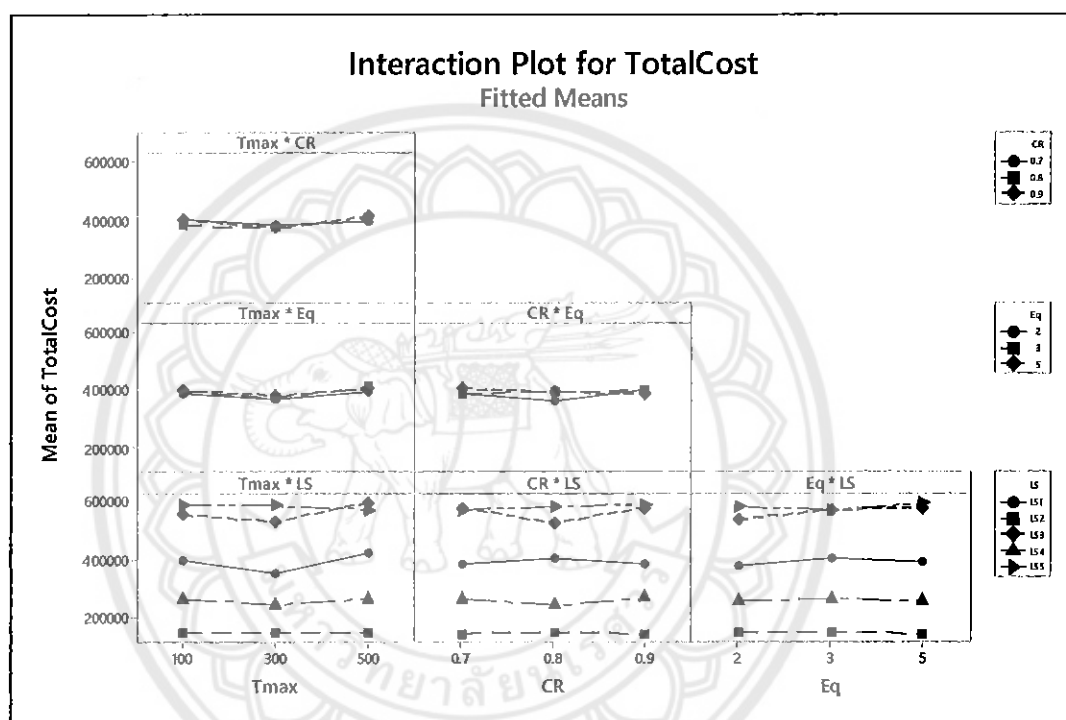
รูปที่ 4.25 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2

จากรูปที่ 4.25 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ อุณหภูมิเริ่มต้น และอุณหภูมิเริ่มต้น x วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ตามลำดับ



รูปที่ 4.26 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2

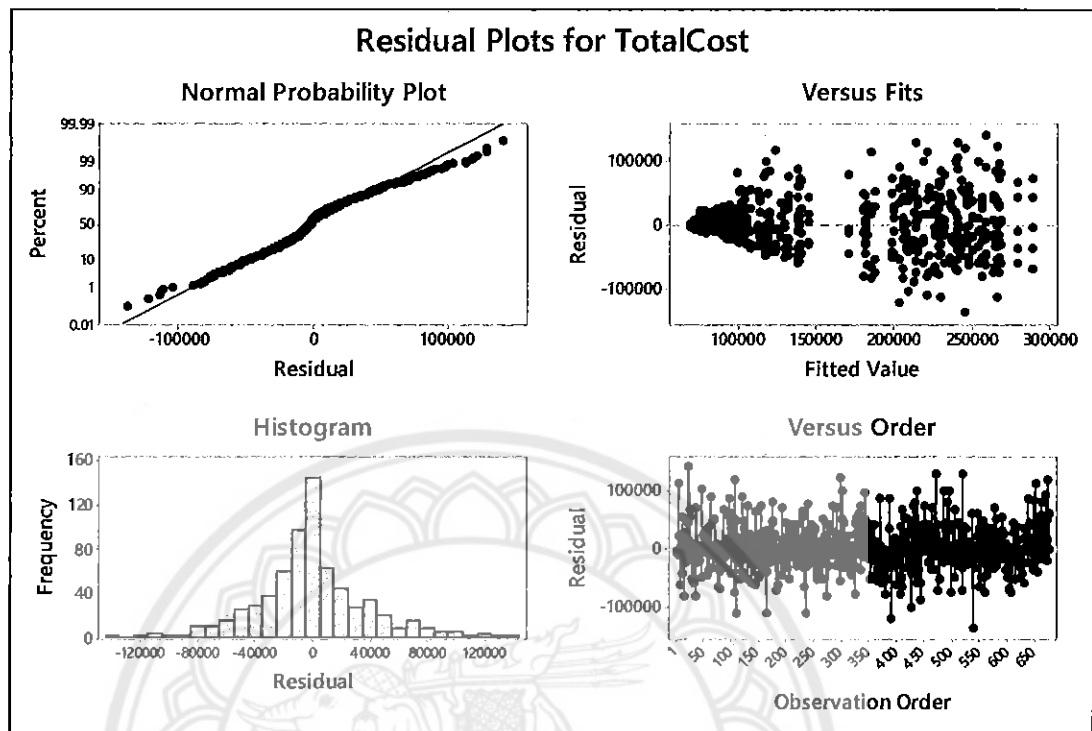
จากรูปที่ 4.26 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบ ในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงค่าตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงค่าตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงค่าตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 37 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับ อุณหภูมิเท่ากับ 3 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.9



รูปที่ 4.27 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2

จากรูปที่ 4.27 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า อุณหภูมิเริ่มต้น \times วิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบให้ผลอยู่ที่ $100 \times LS2$ สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 37 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 3 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.9 และวิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 131,032.86 บาท

4.8.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3



รูปที่ 4.28 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 3

จากรูปที่ 4.28 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเสียใจข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

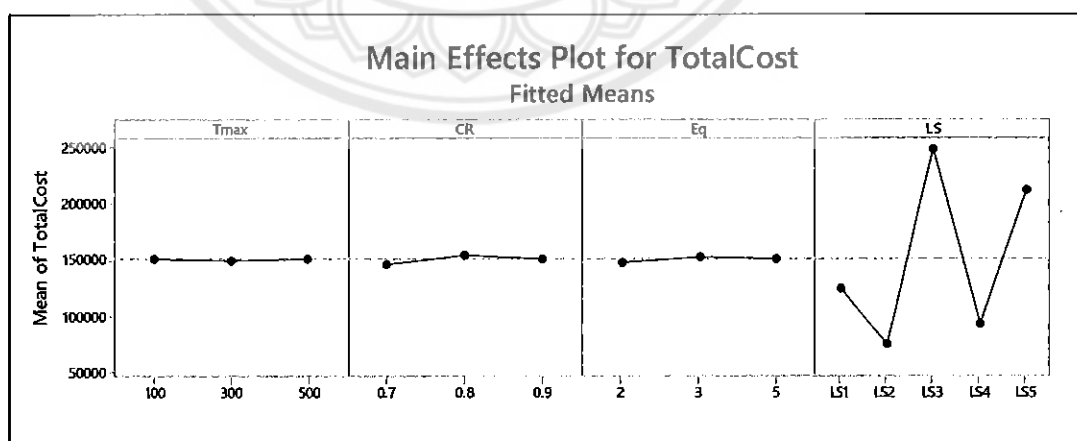
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	3.31705E+12	24754140938	13.74	0.000
Linear	10	3.16284E+12	3.16284E+11	175.60	0.000
Tmax	2	1080579636	540289818	0.30	0.741
CR	2	9016504970	4508252485	2.50	0.083
Eq	2	1850208667	925104334	0.51	0.599
LS	4	3.15089E+12	7.87722E+11	437.34	0.000
2-Way Interactions	36	45049960430	1251387790	0.69	0.911
Tmax*CR	4	4578550645	1144637661	0.64	0.637
Tmax*Eq	4	6797591125	1699397781	0.94	0.438
Tmax*LS	8	7757646977	969705872	0.54	0.828
CR*Eq	4	5584962845	1396240711	0.78	0.542
CR*LS	8	13163656700	1645457087	0.91	0.505
Eq*LS	8	7167552138	895944017	0.50	0.858
3-Way Interactions	56	70727972392	1262999507	0.70	0.950
Tmax*CR*Eq	8	13197727866	1649715983	0.92	0.503
Tmax*CR*LS	16	10333954579	645872161	0.36	0.990
Tmax*Eq*LS	16	21666676908	1354167307	0.75	0.740
CR*Eq*LS	16	25529613039	1595600815	0.89	0.586
4-Way Interactions	32	38441597083	1201299909	0.67	0.920
Tmax*CR*Eq*LS	32	38441597083	1201299909	0.67	0.920
Error	540	9.72635E+11	1801175470		
Total	674	4.28969E+12			

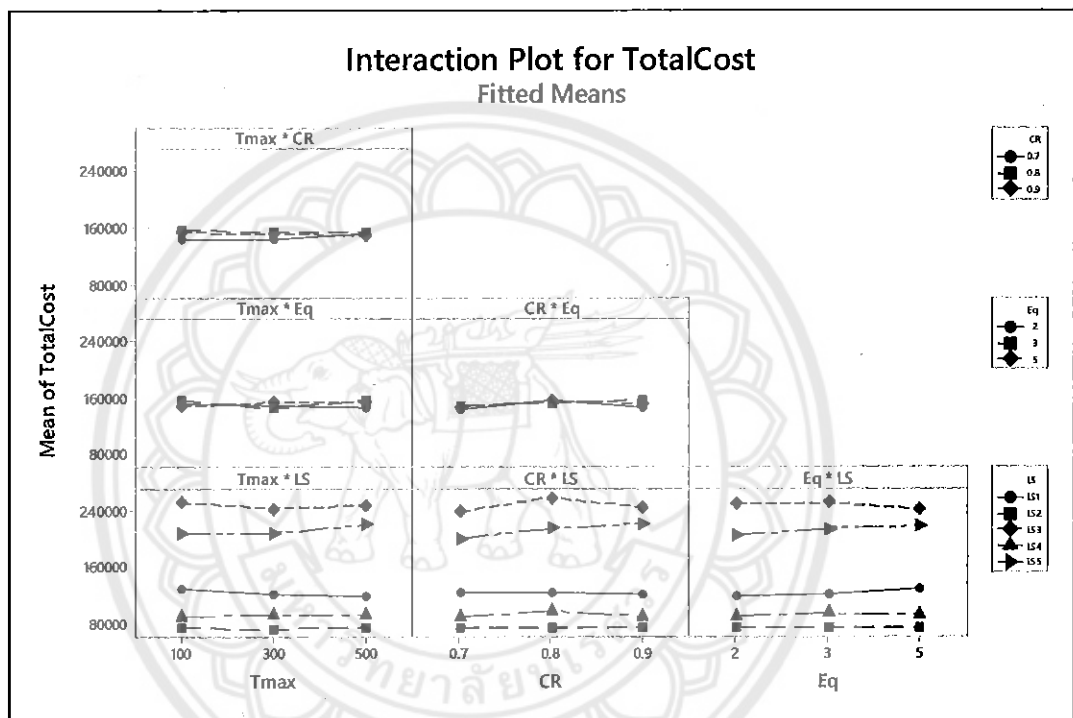
รูปที่ 4.29 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 3

จากรูปที่ 4.29 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.30 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 3

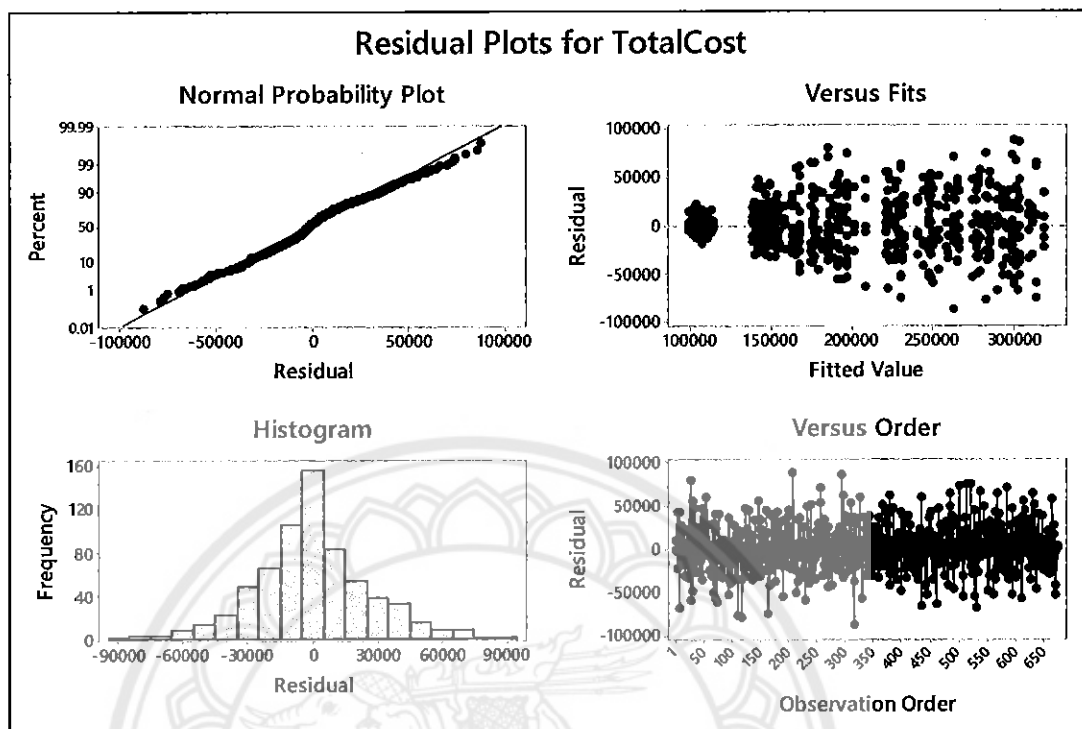
จากรูปที่ 4.30 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบ ในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงค่าตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงค่าตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงค่าตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 42 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับ อุณหภูมิเท่ากับ 5 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.9



รูปที่ 4.31 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 3

จากรูปที่ 4.31 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่ มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า คำตอบเท่าไรสรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 42 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 5 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.9 และวิธีการที่ใช้ ในการหาคำตอบคือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 68,723.33 บาท

4.8.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1



รูปที่ 4.32 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1

จากรูปที่ 4.32 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

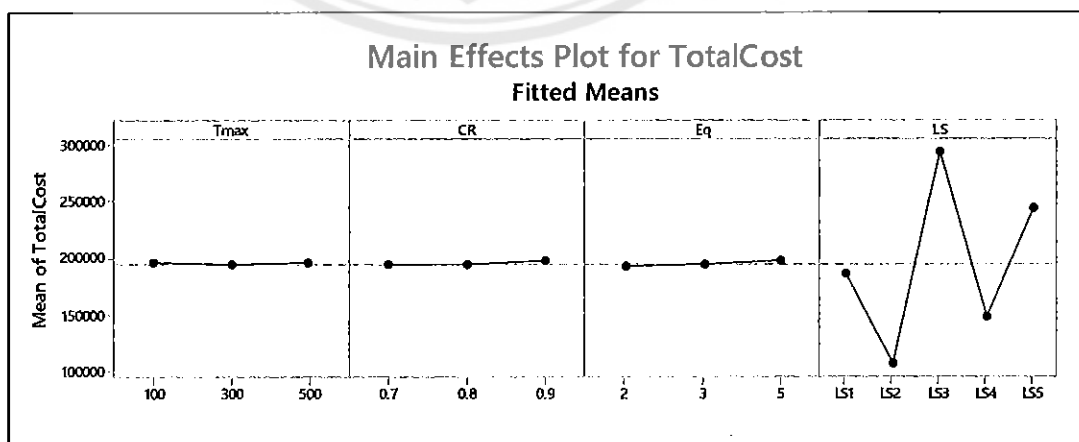
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	3.10190E+12	23148480174	26.43	0.000
Linear	10	3.00747E+12	3.00747E+11	343.39	0.000
Tmax	2	637910221	318955110	0.36	0.695
CR	2	842320886	421160443	0.48	0.619
Eq	2	2936693257	1468346628	1.68	0.188
LS	4	3.00305E+12	7.50762E+11	857.20	0.000
2-Way Interactions	36	34921652503	970045903	1.11	0.310
Tmax*CR	4	3930590016	982647504	1.12	0.345
Tmax*Eq	4	493142734	123285684	0.14	0.967
Tmax*LS	8	2370457063	296307133	0.34	0.951
CR*Eq	4	849025269	212256317	0.24	0.914
CR*LS	8	9499292808	1187411601	1.36	0.213
Eq*LS	8	17779144613	2222393077	2.54	0.010
3-Way Interactions	56	41375448165	738847289	0.84	0.783
Tmax*CR*Eq	8	10960637894	1370079737	1.56	0.133
Tmax*CR*LS	16	16193938139	1012121134	1.16	0.300
Tmax*Eq*LS	16	7688693108	480543319	0.55	0.921
CR*Eq*LS	16	6532179024	408261189	0.47	0.962
4-Way Interactions	32	18133481708	566671303	0.65	0.934
Tmax*CR*Eq*LS	32	18133481708	566671303	0.65	0.934
Error	540	4.72947E+11	875828485		
Total	674	3.57484E+12			

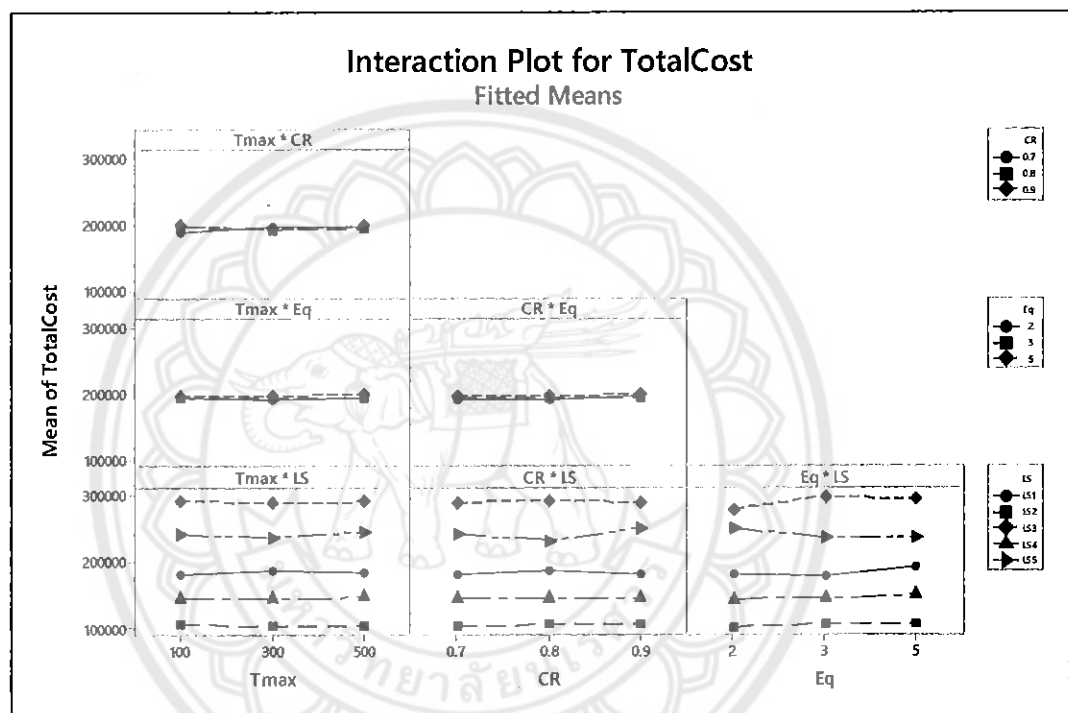
รูปที่ 4.33 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1

จากรูปที่ 4.33 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ x วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ



รูปที่ 4.34 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1

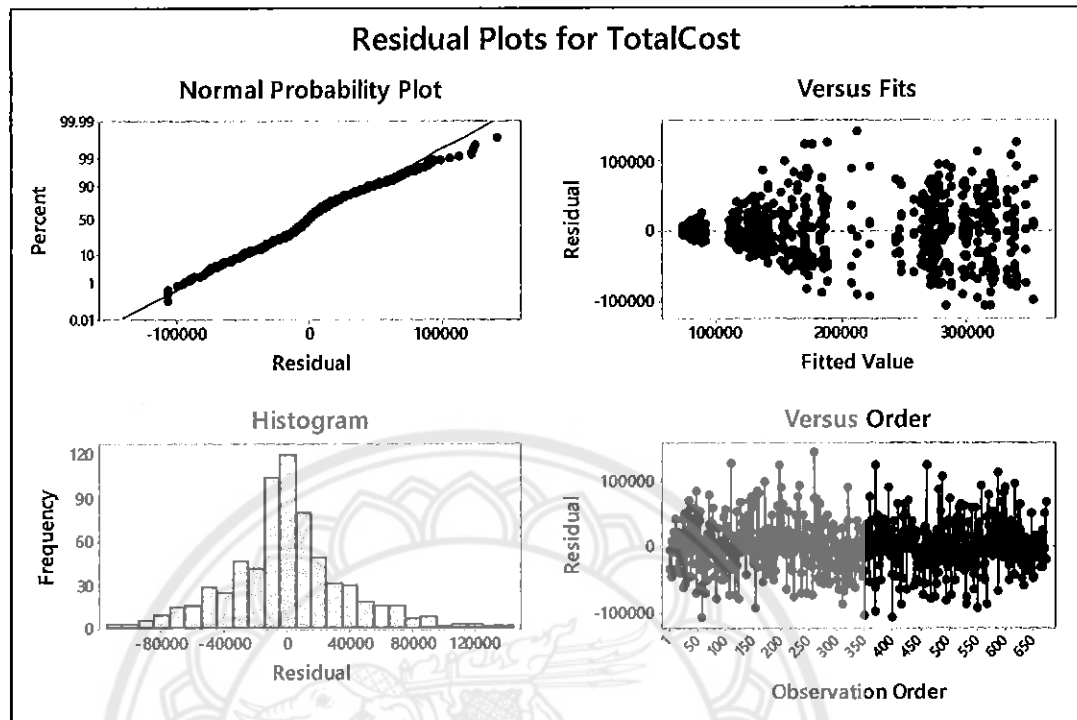
จากรูปที่ 4.34 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.35 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1

จากรูปที่ 4.35 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยจำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ \times วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบให้ผลอยู่ที่ $2 \times LS$ สรุปได้ว่าค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบคือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 99,552.46 บาท

4.8.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2



รูปที่ 4.36 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2

จากรูปที่ 4.36 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

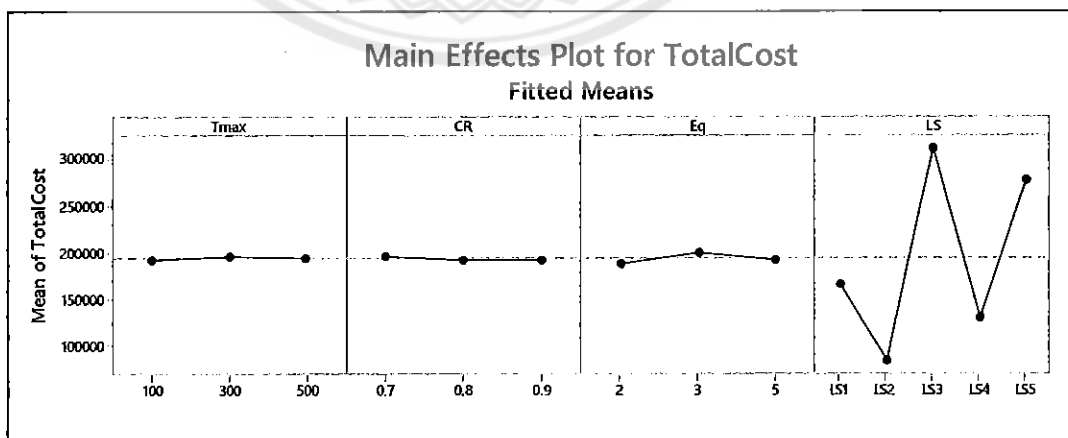
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	5.40710E+12	40351458332	22.58	0.000
Linear	10	5.18926E+12	5.18926E+11	290.35	0.000
Tmax	2	1050313209	525156604	0.29	0.746
CR	2	1977587129	988793564	0.55	0.575
Eq	2	17502012709	8751006354	4.90	0.008
LS	4	5.16873E+12	1.29218E+12	723.00	0.000
2-Way Interactions	36	63584944070	1766248446	0.99	0.491
Tmax*CR	4	8890330944	2222582736	1.24	0.291
Tmax*Eq	4	6996924078	1749231019	0.98	0.419
Tmax*LS	8	11290194929	1411274366	0.79	0.612
CR*Eq	4	2805426406	701356602	0.39	0.814
CR*LS	8	12362776889	1545347111	0.86	0.546
Eq*LS	8	21239290825	2654911353	1.49	0.159
3-Way Interactions	56	81479769086	1454995877	0.81	0.830
Tmax*CR*Eq	8	12165372934	1520671617	0.85	0.558
Tmax*CR*LS	16	14299513055	893719566	0.50	0.948
Tmax*Eq*LS	16	18649092656	1165568291	0.65	0.841
CR*Eq*LS	16	36365790440	2272861903	1.27	0.210
4-Way Interactions	32	72767931129	2273997848	1.27	0.148
Tmax*CR*Eq*LS	32	72767931129	2273997848	1.27	0.148
Error	540	9.65113E+11	1787245424		
Total	674	6.37221E+12			

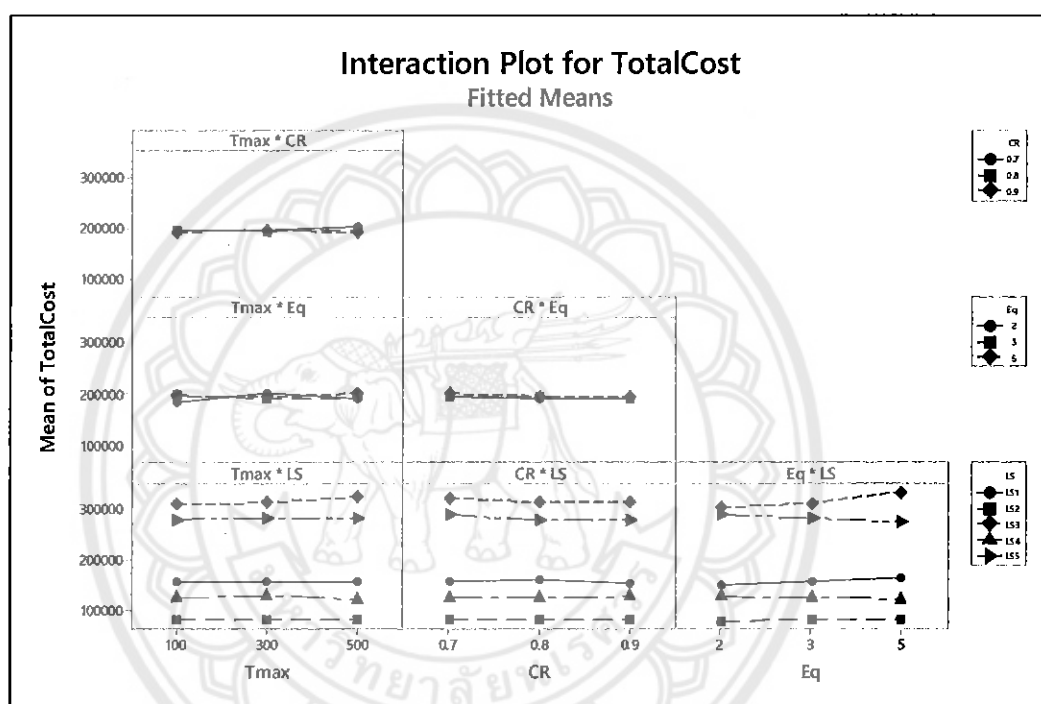
รูปที่ 4.37 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2

จากรูปที่ 4.37 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.38 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 2

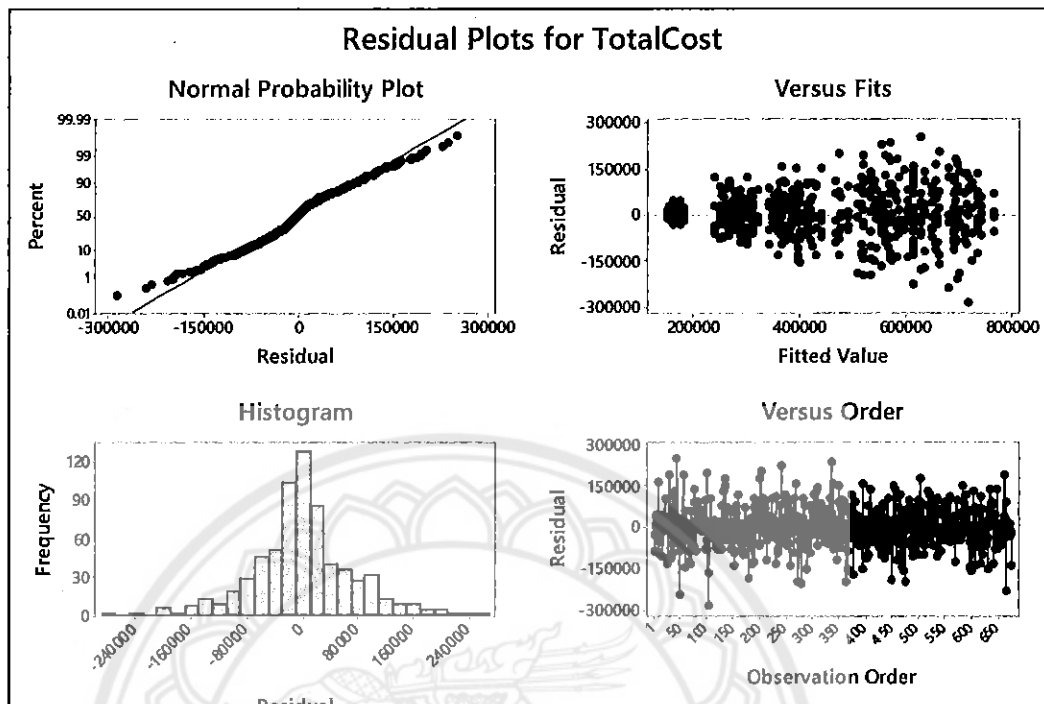
จากรูปที่ 4.38 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 47 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.39 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 2

จากรูปที่ 4.39 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยจำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ ให้ผลอยู่ที่ 2 สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 47 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 73,783.57 บาท

4.8.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3



รูปที่ 4.40 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3

จากรูปที่ 4.40 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเสมือนใจข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

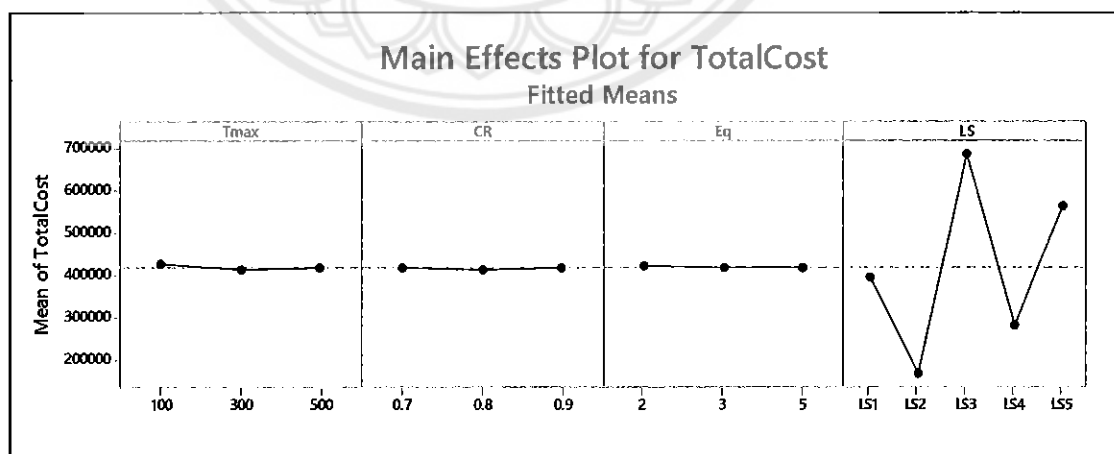
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	2.44049E+13	1.82126E+11	29.30	0.000
Linear	10	2.37731E+13	2.37731E+12	382.40	0.000
Tmax	2	18651452589	9325726295	1.50	0.224
CR	2	2304664913	1152332457	0.19	0.831
Eq	2	3829778866	1914889433	0.31	0.735
LS	4	2.37483E+13	5.93708E+12	955.01	0.000
2-Way Interactions	36	1.35537E+11	3764915191	0.61	0.967
Tmax*CR	4	31339261563	7834815391	1.26	0.285
Tmax*Eq	4	21147429084	5286857271	0.85	0.494
Tmax*LS	8	14152476048	1769059506	0.28	0.971
CR*Eq	4	15440333500	3860083375	0.62	0.648
CR*LS	8	32881058005	4110132251	0.66	0.726
Eq*LS	8	20576388680	2572048585	0.41	0.913
3-Way Interactions	56	3.40186E+11	6074755918	0.98	0.525
Tmax*CR*Eq	8	32385905634	4048238204	0.65	0.735
Tmax*CR*LS	16	1.47321E+11	9207550472	1.48	0.101
Tmax*Eq*LS	16	66648989864	4165561867	0.67	0.824
CR*Eq*LS	16	93830628366	5864414273	0.94	0.519
4-Way Interactions	32	1.56034E+11	4876049258	0.78	0.798
Tmax*CR*Eq*LS	32	1.56034E+11	4876049258	0.78	0.798
Error	540	3.35706E+12	6216775456		
Total	674	2.77619E+13			

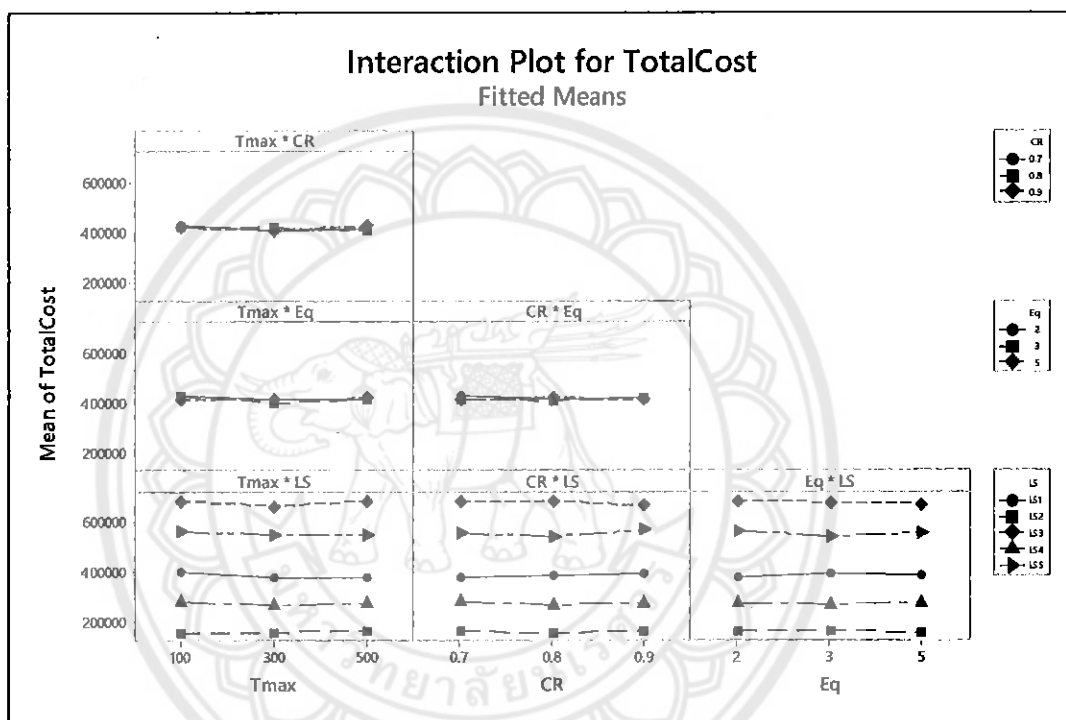
รูปที่ 4.41 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3

จากรูปที่ 4.41 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.42 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3

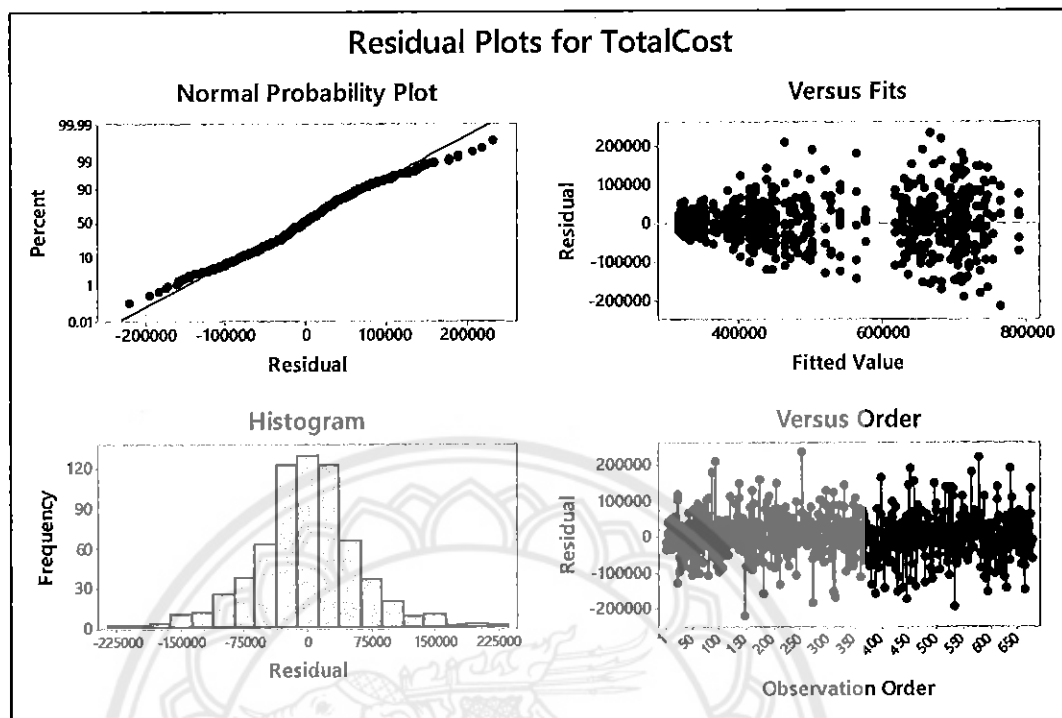
จากรูปที่ 4.42 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 107 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.43 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3

จากรูปที่ 4.43 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบเท่าไรสรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 107 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.8 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 149,446.81 บาท

4.8.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1



รูปที่ 4.44 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

จากรูปที่ 4.44 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

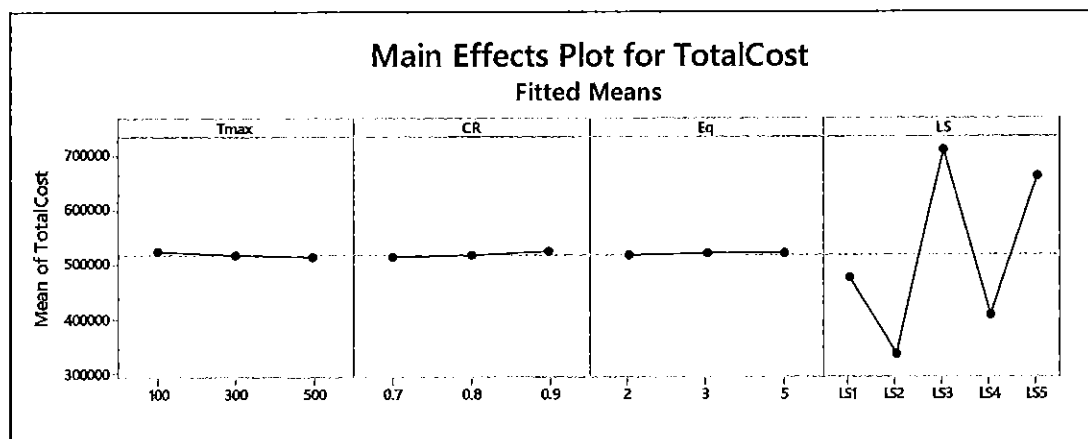
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	1.48727E+13	1.10990E+11	23.35	0.000
Linear	10	1.42917E+13	1.42917E+12	300.62	0.000
Tmax	2	8705479887	4352739944	0.92	0.401
CR	2	10773835325	5386917662	1.13	0.323
Eq	2	606079894	303039947	0.06	0.938
LS	4	1.42717E+13	3.56792E+12	750.49	0.000
2-Way Interactions	36	1.00280E+11	2785566697	0.59	0.975
Tmax*CR	4	9902309147	2475577287	0.52	0.721
Tmax*Eq	4	19288348036	4822087009	1.01	0.399
Tmax*LS	8	16481817089	2060227136	0.43	0.901
CR*Eq	4	14983768697	3745942174	0.79	0.533
CR*LS	8	31589489568	3948686196	0.83	0.576
Eq*LS	8	8034668569	1004333571	0.21	0.989
3-Way Interactions	56	3.97423E+11	7096843489	1.49	0.015
Tmax*CR*Eq	8	75069880240	9383735030	1.97	0.048
Tmax*CR*LS	16	1.93296E+11	12080992564	2.54	0.001
Tmax*Eq*LS	16	78680266228	4917516639	1.03	0.418
CR*Eq*LS	16	50377207879	3148575492	0.66	0.832
4-Way Interactions	32	83213372479	2600417890	0.55	0.981
Tmax*CR*Eq*LS	32	83213372479	2600417890	0.55	0.981
Error	540	2.56722E+12	4754115260		
Total	674	1.74399E+13			

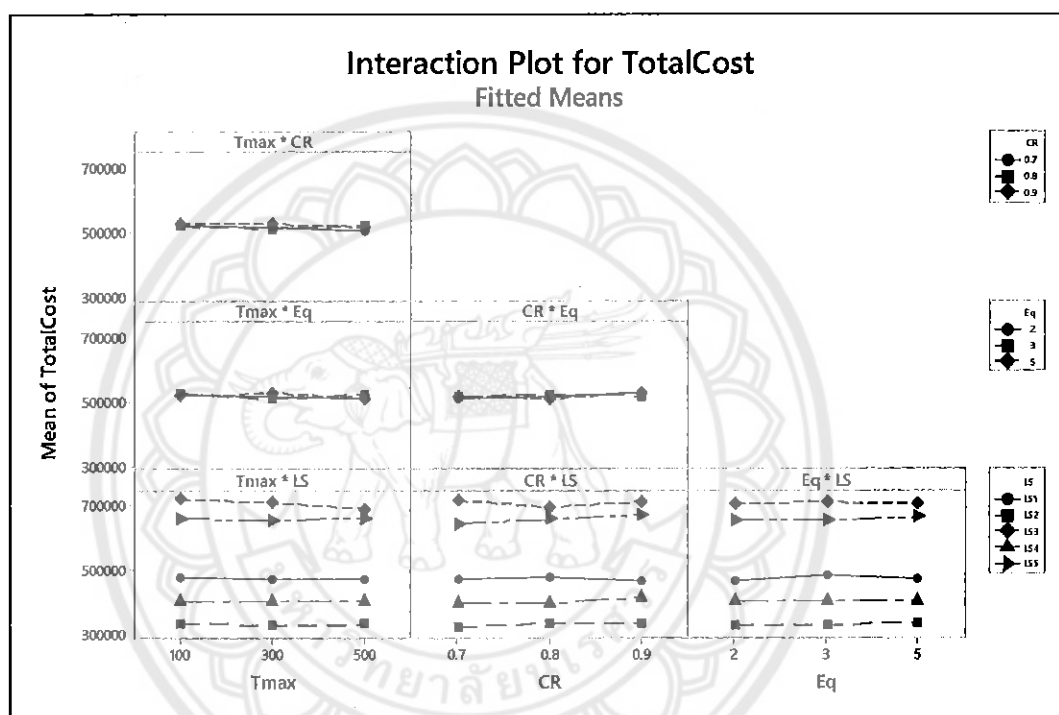
รูปที่ 4.45 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

จากรูปที่ 4.45 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ อุณหภูมิเริ่มต้น \times อัตราการเย็นตัว \times วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ และอุณหภูมิเริ่มต้น \times อัตราการเย็นตัว \times จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.46 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

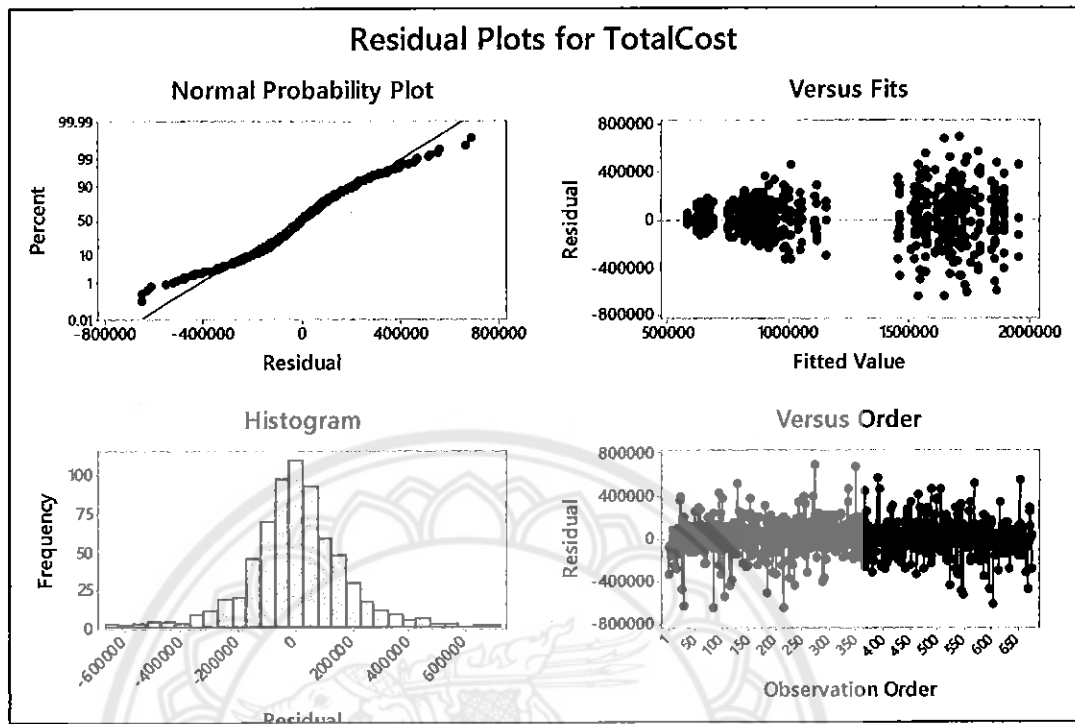
จากรูปที่ 4.46 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบ ในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงค่าตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงค่าตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงค่าตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 122 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับ อุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.9



รูปที่ 4.47 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

จากรูปที่ 4.47 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ที่ปัจจัย อุณหภูมิเริ่มต้น x วิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบให้ผลอยู่ที่ 500 x LS2 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ x วิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบให้ผลอยู่ที่ 2 x LS2 และอัตราการเย็นตัว x วิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบให้ผลอยู่ที่ 0.9 x LS2 สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 122 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.9 และวิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 315,824.24 บาท

4.8.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2



รูปที่ 4.48 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

จากรูปที่ 4.48 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเสมือนใจข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

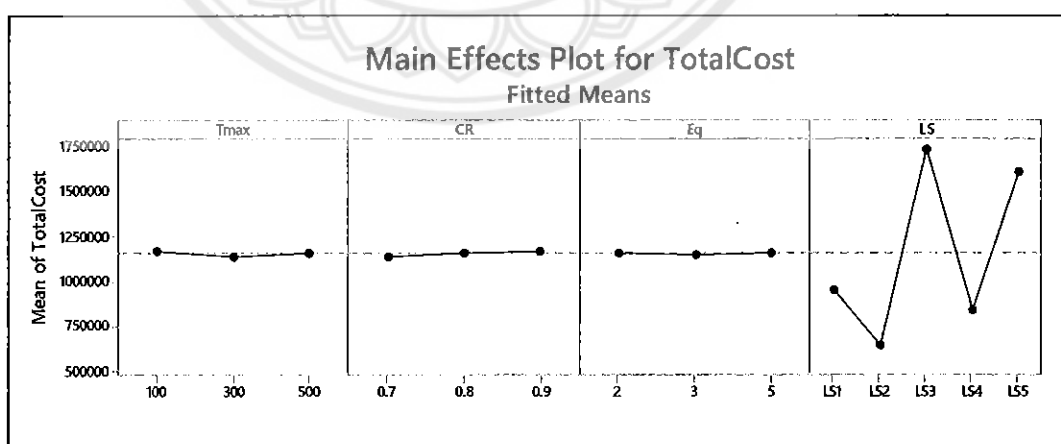
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	1.33022E+14	9.92699E+11	26.23	0.000
Linear	10	1.28317E+14	1.28317E+13	339.01	0.000
Tmax	2	59849009574	29924504787	0.79	0.454
CR	2	91746044539	45873022269	1.21	0.298
Eq	2	15242538870	7621269435	0.20	0.818
LS	4	1.28150E+14	3.20374E+13	846.42	0.000
2-Way Interactions	36	1.05585E+12	29329258804	0.77	0.826
Tmax*CR	4	2.54913E+11	63728339205	1.68	0.152
Tmax*Eq	4	66297817436	16574454359	0.44	0.781
Tmax*LS	8	2.69670E+11	33708794837	0.89	0.524
CR*Eq	4	1.64596E+11	41148882742	1.09	0.362
CR*LS	8	1.29693E+11	16211619371	0.43	0.904
Eq*LS	8	1.70683E+11	21335412255	0.56	0.808
3-Way Interactions	56	2.42860E+12	43367885380	1.15	0.226
Tmax*CR*Eq	8	3.58314E+11	44789262784	1.18	0.307
Tmax*CR*LS	16	6.18368E+11	38647993932	1.02	0.432
Tmax*Eq*LS	16	5.27189E+11	32949300650	0.87	0.604
CR*Eq*LS	16	9.24731E+11	57795672856	1.53	0.085
4-Way Interactions	32	1.22056E+12	38142470060	1.01	0.458
Tmax*CR*Eq*LS	32	1.22056E+12	38142470060	1.01	0.458
Error	540	2.04393E+13	37850494634		
Total	674	1.53461E+14			

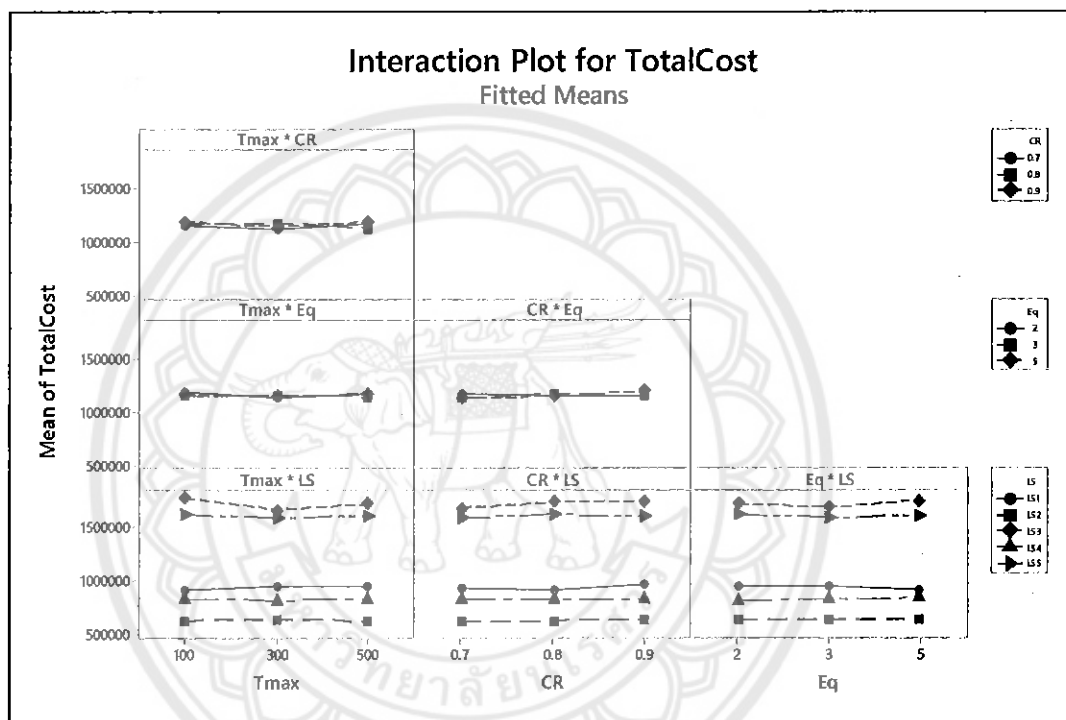
รูปที่ 4.49 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

จากรูปที่ 4.49 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.50 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

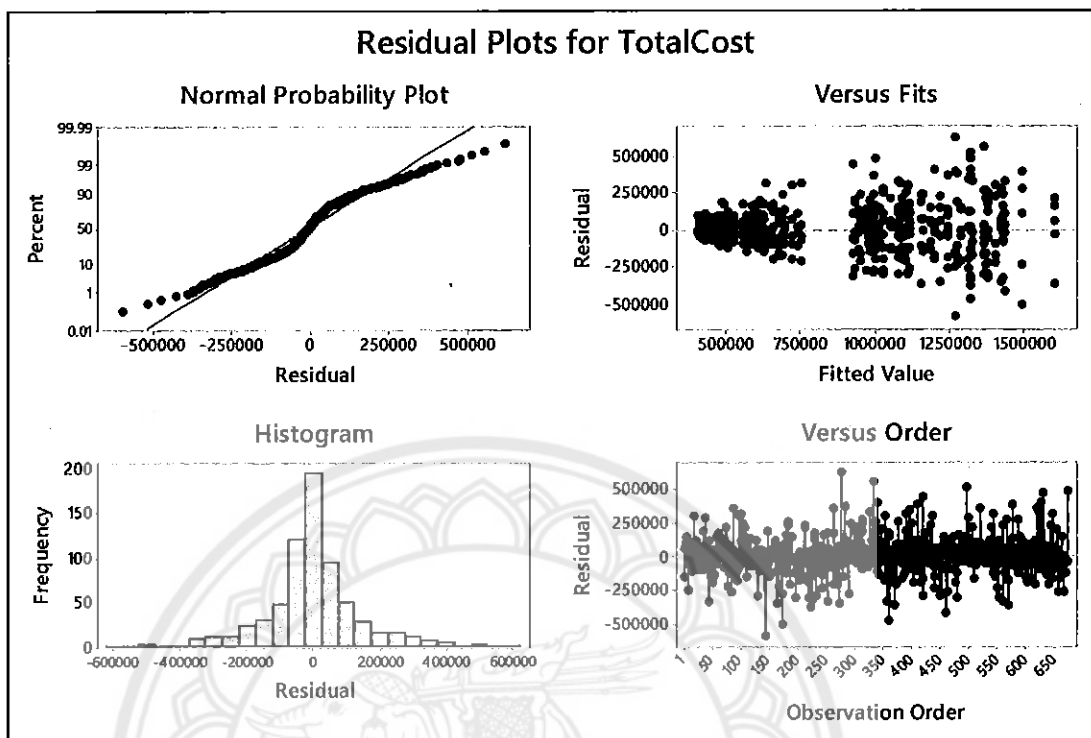
จากรูปที่ 4.50 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบ ในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงค่าตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงค่าตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงค่าตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับ อุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.51 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

จากรูปที่ 4.51 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่ มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่า คำตอบเท่าไรสรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการ ที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 576,620.65 บาท

4.8.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3



รูปที่ 4.52 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.52 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรง มีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

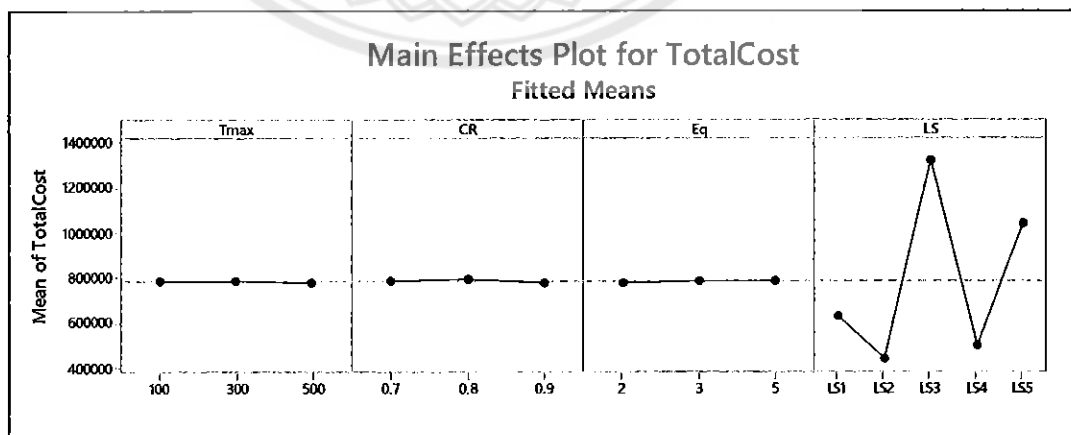
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	8.22959E+13	6.14148E+11	25.25	0.000
Linear	10	7.90950E+13	7.90950E+12	325.21	0.000
Tmax	2	68494281.69	3424714085	0.14	0.869
CR	2	34562303443	17281151721	0.71	0.492
Eq	2	7829434662	3914717331	0.16	0.851
LS	4	7.90457E+13	1.97614E+13	812.51	0.000
2-Way Interactions	36	5.22280E+11	14507781076	0.60	0.971
Tmax*CR	4	74204621919	18551155480	0.76	0.550
Tmax*Eq	4	97726409408	24431602352	1.00	0.405
Tmax*LS	8	70295524371	8786940546	0.36	0.941
CR*Eq	4	62012293976	15503073494	0.64	0.636
CR*LS	8	1.02699E+11	12837333554	0.53	0.836
Eq*LS	8	1.15343E+11	14417825081	0.59	0.784
3-Way Interactions	56	1.93028E+12	34469294433	1.42	0.029
Tmax*CR*Eq	8	4.26863E+11	53357901840	2.19	0.027
Tmax*CR*LS	16	4.63145E+11	28946536720	1.19	0.271
Tmax*Eq*LS	16	3.94077E+11	24629836543	1.01	0.441
CR*Eq*LS	16	6.46195E+11	40387206334	1.66	0.050
4-Way Interactions	32	7.48354E+11	23386069603	0.96	0.530
Tmax*CR*Eq*LS	32	7.48354E+11	23386069603	0.96	0.530
Error	540	1.31336E+13	24321466082		
Total	674	9.54295E+13			

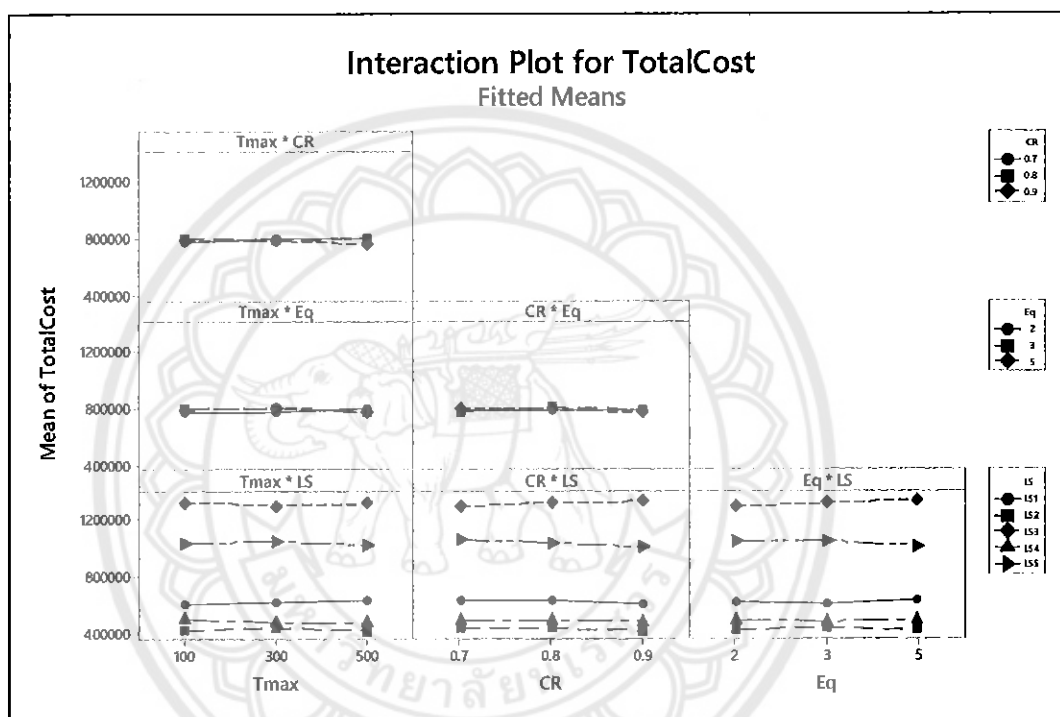
รูปที่ 4.53 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.53 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ อุณหภูมิเริ่มต้น x อัตราการเย็นตัว x จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.54 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.54 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบ ในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่า ปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์ จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 112 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับ อุณหภูมิเท่ากับ 3 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.8



รูปที่ 4.55 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.55 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ที่ปัจจัย อุณหภูมิเริ่มต้น \times วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบให้ผลอยู่ที่ 500 \times LS2 อัตราการเย็นตัว \times วิธีการที่ใช้ ในการหาคำตอบให้ผลอยู่ที่ 0.8 \times LS2 และจำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ \times วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบให้ผลอยู่ที่ 3 \times LS2 สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ใน ชุดที่ 112 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 3 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.8 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 404,478.61 บาท

สรุปผลจากการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ควรเลือกใช้ ซึ่งเลือกมาจากค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในปัญหาขนาดต่างๆ พบว่าในแต่ละปัญหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดมีการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมือนกัน แต่มีค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายเป็นไปในทิศทางคำตอบเดียวกัน คือ Local Search และ Local Search ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด คือ LS2 หรือ 3-Opt/3-Opt*

4.9 การแสดงผลลัพธ์และการสรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับวิธีอื่นๆ

หลังจากที่ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้ในหัวข้อ 4.7 แล้ว ต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งในโครงการนี้ทางคณะผู้ดำเนินโครงการได้นำผลการวิจัยของ ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ซึ่งเป็นโครงการของนางสาวจิราภรณ์ ห่องบุตรศรี และคณะ (2559) ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอาณานิคมมด ซึ่งเป็นโครงการของนางสาวธัญญากานต์ แสงคำ และคณะ (2559) ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ ซึ่งเป็นโครงการของนางสาวสิริธร บุญมี และคณะ (2559) ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นโครงการของนางสาวนันท์ธิชา คำภูมิ และคณะ (2559) เพื่อมาเปรียบเทียบกับปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง ดังตารางที่ 4.15, 4.16 และ 4.17

4.9.1 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ตารางที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ลักษณะของปัญหา	ค่าต่ำสุดของค่าใช้จ่ายรวม (บาท)				
	SA	PSO	GA	ILS	ACO
เล็ก1	31,324.77	64,333.44	41,357.21	35,736.35	49,907.85
เล็ก2	110,200.28	334,141.49	184,475.58	147,767.33	265,703.58
เล็ก3	64,688.90	93,333.52	75,292.24	70,970.27	84,804.39
กลาง1	87,973.89	198,147.32	150,404.99	106,158.41	191,418.74
กลาง2	67,714.86	383,908.54	101,893.71	74,075.43	162,091.68
กลาง3	126,988.53	383,908.54	200,715.69	150,293.07	336,486.94
ใหญ่1	283,880.07	550,315.99	458,314.03	310,774.58	512,822.75
ใหญ่2	487,593.93	1,341,718.35	1,037,568.60	565,617.27	1,219,206.40
ใหญ่3	350,553.71	859,053.88	612,547.23	389,333.96	821,783.24

4.9.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ตารางที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ลักษณะของ ปัญหา	ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด (บาท)				
	SA	PSO	GA	ILS	ACO
เล็ก1	33,663.68	82,939.41	46,707.48	38,301.19	59,319.48
เล็ก2	131,032.86	449,946.43	212,414.86	165,503.53	357,715.08
เล็ก3	68,723.33	121,629.01	81,741.27	74,013.37	104,090.10
กลาง1	99,552.46	203,993.38	167,920.85	116,418.31	213,296.25
กลาง2	73,783.57	203,993.38	112,362.65	92,442.33	189,661.00
กลาง3	149,446.81	452,518.33	248,122.00	172,734.98	424,973.44
ใหญ่1	315,824.24	586,668.76	490,773.35	334,195.52	541,256.43
ใหญ่2	576,620.65	1,473,973.24	1,166,700.60	671,707.16	1,390,016.81
ใหญ่3	404,478.61	999,420.39	662,231.90	433,897.46	939,905.75

จากตารางที่ 4.15 และ 4.16 สรุปได้ว่า เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดและค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ ทั้ง 9 ปัญหา มีปัญหาขนาดเล็ก 3 ขนาด ปัญหาขนาดกลาง 3 ขนาด และปัญหาขนาดใหญ่ 3 ขนาด ซึ่งวิธีของคณะผู้ดำเนินโครงการ คือ วิธีบ่อนจำลองให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดและดีที่สุดสำหรับปัญหา 9 ข้อ

4.9.3 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธีการรอบอ่อนจำลองกับวิธีอื่นๆ

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ โดยที่

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

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

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

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

วิธี ACO คือ Windows 10 Intel core i5-5200 U, up to 2.7 GHZ

ตารางที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธี SA กับวิธีอื่นๆ

ลักษณะของปัญหา	เวลาที่ใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ (วินาที)				
	SA	PSO	GA	ILS	ACO
เล็ก1	2.37	4.68	10.18	1.14	12.64
เล็ก2	2.08	4.34	10.14	1.02	9.86
เล็ก3	1.77	5.27	11.58	1.23	13.27
กลาง1	3.60	8.04	16.16	1.90	37.37
กลาง2	3.13	7.92	16.00	1.91	38.95
กลาง3	2.94	8.24	17.70	1.93	44.07
ใหญ่1	4.22	12.92	23.40	3.07	105.07
ใหญ่2	3.77	10.83	20.48	2.75	93.44
ใหญ่3	5.30	17.04	28.55	3.99	153.22

จากตารางที่ 4.17 จะเห็นได้ว่า วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำจะใช้เวลาในการประมวลผลเร็วกว่าวิธีอื่นๆ ทั้งหมด 9 ปัญหา และวิธีของคณะผู้ดำเนินโครงการใช้เวลาในการประมวลผลเป็นลำดับที่ 2 จากทั้งหมด 5 วิธีการ

4.10 กรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น

จากกรณีที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นนั้นเป็นกรณีการบรรทุกสินค้าแบบเต็มคันรถ จึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายสินค้าเปลืองโดยไม่จำเป็น เมื่อวิเคราะห์ตามความเป็นจริงการบรรทุกเท่าความต้องการของลูกค้าจึงเป็นกรณีที่สมเหตุสมผล ดังนั้นผู้ดำเนินโครงการจึงได้เพิ่มเติมกรณีนี้ขึ้นมาเพื่อหาค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุดของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น

4.10.1 ผลการทดสอบโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ทั้งหมด 3 ปัญหา

ตารางที่ 4.18 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	39,633.70	44,512.81	36,364.47	1.86
2	24,346.86	24,537.84	24,178.13	2.66
3	49,286.30	67,851.02	34,642.80	2.52
4	26,460.43	27,756.26	25,680.12	2.70
5	28,383.96	32,920.57	25,106.30	1.67
6	39,874.15	55,149.89	31,136.04	1.97
7	24,398.28	24,880.73	23,965.87	2.46
8	42,501.80	52,850.44	36,177.33	2.07
9	26,742.67	27,437.20	25,880.98	2.60
10	30,451.01	32,094.50	27,538.94	1.67
11	34,101.28	38,073.71	28,305.44	1.95
12	24,448.65	24,786.50	24,170.51	2.16
13	46,012.54	59,672.55	37,789.27	1.78
14	26,470.72	28,265.17	24,979.02	1.95
15	31,732.05	40,487.54	26,923.63	1.30
16	38,570.95	47,540.37	31,803.63	1.78
17	24,471.66	24,620.16	24,312.75	2.49
18	47,548.28	67,723.48	33,463.07	1.85
19	26,423.16	28,214.54	25,344.28	1.89

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
20	30,389.92	34,528.92	27,508.06	1.28
21	41,157.85	47,664.46	35,951.35	1.78
22	24,509.77	24,821.49	24,186.83	2.01
23	50,523.26	59,255.15	39,426.31	1.94
24	26,268.66	26,916.72	25,588.58	1.89
25	33,719.36	44,587.94	29,771.63	1.30
26	39,729.24	60,297.69	29,233.79	1.76
27	24,561.94	24,982.51	24,275.86	2.23
28	51,676.78	86,862.83	32,912.66	1.83
29	26,551.32	27,689.27	25,607.79	1.89
30	28,906.01	38,397.99	25,967.18	1.32
31	37,227.60	40,375.67	30,035.09	1.81
32	24,682.42	24,995.15	24,200.57	2.12
33	52,559.18	74,632.80	36,971.09	1.88
34	26,639.02	28,623.47	25,158.65	1.94
35	29,147.23	32,979.23	27,470.80	1.35
36	35,304.32	40,034.97	29,937.12	1.82
37	24,404.58	24,647.36	24,280.90	2.11
38	39,366.24	44,304.05	32,419.13	1.88
39	26,798.73	29,708.15	25,728.75	1.90
40	29,729.65	32,201.51	26,581.82	1.29
41	36,228.85	42,050.94	32,572.87	1.76
42	24,593.68	25,051.94	24,011.34	2.37
43	40,471.23	47,843.21	32,417.74	2.25
44	26,338.17	28,161.88	25,271.22	2.26
45	31,263.49	33,791.36	25,339.37	1.74
46	37,126.92	43,535.28	31,450.85	1.92
47	24,560.43	24,845.80	24,181.91	2.19
48	40,207.10	44,992.58	36,678.72	1.84

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
49	26,419.33	27,349.76	25,589.33	1.97
50	29,288.15	31,760.87	26,161.14	1.42
51	34,392.90	40,721.39	31,044.19	1.87
52	24,531.87	24,817.23	24,239.62	2.19
53	47,688.98	64,212.22	39,807.11	1.83
54	28,070.14	30,837.52	25,835.02	2.00
55	27,847.26	29,585.02	25,135.21	1.36
56	38,846.29	45,488.62	34,469.15	1.90
57	24,461.54	24,764.66	24,023.24	2.18
58	46,585.00	69,637.14	35,461.60	1.79
59	26,571.43	28,090.09	25,226.43	1.96
60	31,221.93	37,139.93	26,667.61	1.46
61	36,179.42	40,453.71	32,030.18	1.89
62	24,574.68	24,885.50	24,069.11	2.10
63	41,863.86	51,228.09	33,974.06	1.94
64	26,641.35	27,359.91	25,205.45	2.06
65	31,654.36	36,533.83	28,020.71	1.50
66	39,037.57	49,538.51	31,553.01	1.98
67	24,538.57	24,920.41	24,034.09	2.18
68	52,015.89	76,345.83	39,374.80	1.93
69	26,244.78	27,460.94	24,564.97	2.03
70	30,300.86	38,491.22	26,527.09	1.41
71	35,745.68	38,517.95	32,435.62	1.80
72	24,396.50	25,018.14	23,893.02	2.21
73	47,163.92	67,610.32	36,643.56	1.88
74	26,054.91	28,150.60	25,082.28	1.98
75	30,670.48	33,529.53	28,169.21	1.42
76	37,650.74	41,696.07	34,662.77	1.97
77	24,555.72	25,246.94	24,172.95	2.26

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
78	42,899.88	47,539.92	36,760.44	1.87
79	26,367.12	27,825.57	25,680.37	2.04
80	28,967.03	31,652.89	26,648.29	1.46
81	37,452.43	45,576.67	29,821.93	1.95
82	24,472.32	24,910.18	24,072.35	2.16
83	46,361.11	61,711.49	34,334.12	1.87
84	27,279.51	28,588.10	25,942.29	2.04
85	28,225.60	29,171.92	27,285.50	1.42
86	39,867.55	54,834.30	29,681.48	1.94
87	24,767.09	25,179.87	24,336.37	2.20
88	43,302.07	59,875.58	32,160.56	1.95
89	25,980.57	27,125.36	25,358.07	2.03
90	33,216.60	39,214.41	26,078.69	1.47
91	38,721.51	44,342.04	31,900.50	1.93
92	24,545.58	24,845.72	24,218.45	2.29
93	38,947.60	42,446.76	36,147.64	2.01
94	27,392.72	29,466.15	25,393.42	1.99
95	29,915.75	31,220.99	27,821.81	1.51
96	38,518.22	43,531.79	34,287.19	1.97
97	24,234.37	24,421.12	23,993.07	2.26
98	41,432.30	50,783.07	36,469.33	1.87
99	25,980.68	27,204.05	24,994.58	2.07
100	30,111.87	31,728.91	27,240.32	1.51
101	33,375.39	38,047.78	28,683.15	2.04
102	24,785.53	25,138.47	24,331.72	2.24
103	39,175.92	43,712.86	33,499.24	1.93
104	26,260.34	28,279.38	25,099.81	2.13
105	30,465.35	35,345.68	27,127.90	1.45
106	35,505.70	42,921.35	29,386.93	1.84

ตารางที่ 4.18 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
107	24,460.56	24,959.86	24,277.50	2.19
108	38,542.50	45,334.22	33,158.92	1.93
109	26,293.78	26,395.69	26,118.64	2.08
110	32,959.68	37,836.67	28,544.32	1.52
111	41,420.56	49,218.26	31,886.24	1.99
112	24,681.78	25,164.86	24,429.25	2.28
113	54,248.04	72,644.33	47,021.18	2.06
114	25,922.51	26,273.53	25,437.09	2.05
115	28,639.46	31,123.75	25,322.32	1.51
116	36,666.56	39,458.97	30,705.96	2.08
117	24,574.53	25,023.91	24,204.82	2.23
118	46,548.33	57,400.46	40,139.69	1.92
119	25,939.57	27,012.28	25,067.19	2.02
120	31,686.59	38,007.47	29,314.72	1.52
121	38,454.57	43,053.59	31,153.14	1.93
122	24,524.91	24,707.88	24,399.50	2.26
123	58,427.91	85,330.65	36,789.70	1.97
124	26,417.26	29,114.46	25,029.69	2.13
125	28,189.03	29,767.87	26,770.13	1.54
126	41,483.84	49,438.20	28,854.25	1.98
127	24,429.19	24,704.01	24,202.73	2.27
128	50,002.65	60,433.86	44,416.27	2.01
129	26,831.47	30,626.62	25,367.61	2.06
130	29,205.22	32,868.25	26,566.17	1.52
131	36,197.11	45,295.11	29,325.62	1.96
132	24,689.31	25,127.90	24,326.71	2.33
133	46,274.26	69,277.62	33,062.05	1.94
134	26,222.64	27,973.93	25,505.35	2.06
135	31,712.50	42,426.48	26,833.12	1.59

จากตารางที่ 4.18 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดเล็ก 1 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 72 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 23,893.02 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 97 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 24,234.37 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 97 กับปัญหาขนาดเล็ก 1

ตารางที่ 4.19 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	33,750.75	36,645.70	30,947.39	1.56
2	24,183.13	24,930.65	23,199.43	1.70
3	46,423.30	73,166.99	27,968.10	1.52
4	27,962.53	32,747.44	24,566.72	1.66
5	49,272.25	65,011.24	37,219.92	1.12
6	36,373.14	39,761.50	31,449.13	1.56
7	24,172.44	24,585.72	23,737.16	1.66
8	47,686.81	64,845.36	29,335.97	1.39
9	29,855.11	35,264.50	26,718.81	1.48
10	42,218.56	46,784.01	34,588.43	1.02
11	37,583.74	41,370.21	33,715.05	1.40
12	24,165.68	25,288.71	23,371.57	1.64
13	48,752.27	72,638.15	34,812.17	1.37
14	28,667.81	30,997.20	26,478.37	1.53
15	39,020.37	46,145.86	34,156.45	1.05
16	36,354.20	41,146.68	33,910.87	1.46
17	23,983.32	24,768.04	23,582.76	1.72
18	47,648.75	72,761.36	29,964.07	1.53
19	28,705.72	31,284.62	25,769.35	1.50
20	42,552.77	47,843.49	35,844.24	1.01

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
22	24,243.56	25,708.30	23,338.60	1.74
23	43,600.68	74,460.89	31,142.60	1.48
24	27,597.98	30,020.64	25,618.56	1.61
25	46,034.97	58,415.19	38,660.02	1.06
26	37,831.27	45,123.34	32,087.65	1.44
27	24,362.75	25,726.87	23,462.56	1.72
28	42,969.09	65,393.51	32,779.24	1.50
29	28,312.56	31,233.34	24,556.38	1.69
30	45,153.16	51,239.53	38,096.72	1.20
31	36,174.29	43,759.27	30,386.36	1.45
32	24,150.32	25,185.75	22,413.09	1.72
33	46,110.52	61,849.29	40,024.82	1.47
34	29,119.33	31,082.80	27,075.44	1.49
35	43,049.01	57,499.82	33,803.74	1.07
36	34,811.51	44,749.83	30,982.12	1.49
37	23,756.39	24,706.20	22,032.01	1.78
38	46,111.41	55,229.56	33,077.40	1.44
39	28,504.91	30,633.91	26,751.65	1.59
40	40,381.66	44,161.65	35,701.03	1.08
41	42,012.80	56,748.36	28,674.51	1.42
42	24,424.61	25,197.70	23,800.23	1.73
43	47,547.32	81,962.43	26,846.21	1.47
44	27,474.55	30,075.52	26,181.31	1.58
45	45,526.29	60,056.86	34,939.43	1.07
46	34,582.25	39,132.86	28,541.63	1.44
47	25,084.71	25,979.52	23,735.51	1.77
48	42,763.23	60,768.06	31,120.28	1.53
49	27,359.07	30,161.86	26,009.16	1.53
50	39,850.07	45,944.32	30,512.03	1.07

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
51	39,137.96	46,599.41	32,210.83	1.49
52	23,739.98	24,908.39	22,934.00	1.72
53	32,846.74	43,345.81	25,612.94	1.46
54	29,332.32	32,524.60	27,395.74	1.57
55	46,129.10	56,986.06	39,061.21	1.10
56	32,953.47	36,154.09	29,748.02	1.49
57	24,565.64	25,317.82	23,882.95	1.76
58	39,570.74	45,972.99	34,626.34	1.48
59	28,814.69	29,723.33	28,168.14	1.57
60	45,433.78	57,223.96	30,911.07	1.12
61	38,992.37	43,319.39	34,905.05	1.46
62	23,774.75	25,090.30	22,188.47	1.73
63	47,319.77	59,130.58	30,395.25	1.46
64	30,708.08	35,270.69	27,750.20	1.56
65	44,647.22	54,201.29	35,716.14	1.10
66	32,030.47	38,390.52	28,740.76	1.50
67	24,015.04	24,473.02	23,650.23	1.75
68	47,679.25	65,137.94	28,575.27	1.48
69	28,102.91	29,386.91	26,924.91	1.58
70	39,959.22	46,290.63	37,481.61	1.11
71	34,822.35	39,223.52	31,632.56	1.49
72	23,928.50	25,709.76	22,760.55	1.78
73	38,237.41	41,006.59	32,620.72	1.50
74	27,543.93	28,193.91	26,470.19	1.62
75	41,637.45	48,225.59	34,785.49	1.09
76	31,698.77	33,811.98	30,171.73	1.49
77	24,025.33	24,503.96	23,598.96	1.79
78	48,324.96	57,779.91	33,013.64	1.55
79	28,561.69	29,944.34	27,214.20	1.63

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
80	42,713.63	60,356.15	35,608.64	1.13
81	38,830.87	53,106.40	30,934.30	1.49
82	24,075.62	24,955.53	23,049.90	1.75
83	52,816.16	65,545.70	34,196.83	1.53
84	30,590.74	38,225.13	27,438.02	1.60
85	40,888.75	54,600.24	32,413.72	1.12
86	34,870.38	40,194.90	30,191.24	1.53
87	23,981.03	24,837.82	22,966.65	1.80
88	45,065.37	69,615.63	36,306.88	1.54
89	29,810.22	31,574.55	28,975.57	1.61
90	41,505.73	44,762.97	38,949.15	1.21
91	38,158.79	44,722.86	33,633.57	1.54
92	24,239.10	25,641.96	23,397.10	1.84
93	33,511.02	40,837.12	27,973.93	1.52
94	28,060.92	31,170.56	25,320.99	1.64
95	43,312.45	55,140.23	34,643.53	1.14
96	37,582.81	44,952.56	30,548.13	1.55
97	23,927.64	24,525.82	23,407.41	1.81
98	46,515.45	87,438.18	28,288.54	1.52
99	28,635.56	31,180.84	26,766.19	1.64
100	42,199.04	47,720.60	37,887.94	1.16
101	35,570.84	39,167.03	28,999.12	1.54
102	24,039.07	24,507.63	23,721.15	1.84
103	50,728.57	77,052.52	29,927.59	1.53
104	27,983.35	32,201.24	24,741.41	1.63
105	61,116.42	77,901.74	47,593.09	1.16
106	34,718.07	40,544.41	30,939.35	1.53
107	24,486.19	26,031.03	23,346.14	1.80

ตารางที่ 4.19 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
108	43,949.93	65,424.62	32,640.92	1.55
109	29,232.36	34,135.00	26,900.20	1.65
110	43,411.83	57,476.72	37,507.17	1.19
111	37,041.13	40,744.59	32,245.65	1.58
112	24,223.78	25,773.07	22,656.22	1.85
113	38,933.79	57,225.80	29,014.42	1.55
114	28,804.85	30,328.36	26,978.78	1.68
115	44,717.37	61,715.79	37,545.78	1.18
116	38,315.97	46,710.49	29,757.38	1.61
117	24,688.04	25,599.09	23,829.92	1.83
118	39,725.09	48,965.03	32,275.59	1.56
119	28,927.50	32,513.78	26,170.97	1.64
120	39,574.56	46,604.52	35,603.44	1.19
121	34,641.82	37,882.36	29,675.25	1.57
122	24,123.95	25,764.83	23,192.19	1.89
123	42,510.06	54,292.80	31,767.62	1.62
124	28,045.28	29,150.18	26,004.23	1.67
125	51,983.73	66,606.73	39,184.74	1.20
126	31,538.65	34,473.83	27,603.42	1.56
127	24,426.68	25,230.43	23,629.11	1.84
128	51,834.35	80,363.13	28,201.76	1.58
129	27,944.21	29,727.88	26,567.04	1.62
130	46,052.53	61,384.93	34,764.67	1.20
131	37,566.93	45,827.66	32,799.60	1.57
132	24,169.60	25,205.49	23,064.97	1.88
133	43,563.71	59,535.86	34,487.68	1.59
134	29,335.51	35,185.66	25,850.83	1.71
135	38,581.66	47,175.63	33,993.91	1.23

จากตารางที่ 4.19 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดเล็ก 2 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 37 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 22,032.01 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 52 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 23,739.98 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 52 กับปัญหาขนาดเล็ก 2

ตารางที่ 4.20 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	71,323.25	80,483.41	64,712.37	1.75
2	56,311.80	56,564.07	56,147.10	2.10
3	70,527.91	86,936.88	62,580.54	1.72
4	59,944.41	63,222.57	56,332.39	2.00
5	67,752.24	79,780.29	60,299.13	1.48
6	67,089.40	69,355.25	61,831.91	1.91
7	56,832.16	57,164.42	56,201.36	2.25
8	80,865.45	103,610.69	60,908.57	1.94
9	60,429.08	64,029.98	58,417.70	2.04
10	73,463.52	84,208.58	63,833.44	1.55
11	63,112.87	64,759.27	60,804.23	1.84
12	56,562.33	57,074.94	56,066.51	2.32
13	78,033.41	92,466.94	64,899.16	1.85
14	60,048.05	63,123.55	57,859.94	2.12
15	80,895.61	89,836.08	70,150.66	1.51
16	69,963.21	73,038.45	67,093.30	1.83
17	56,401.34	56,543.71	56,231.77	2.28
18	78,047.82	116,042.04	64,082.23	1.87
19	59,156.68	61,097.60	56,692.83	2.11
20	77,476.32	87,505.25	63,241.84	1.44

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
21	64,468.16	66,943.61	60,382.38	1.77
22	56,734.21	57,032.46	56,370.17	2.11
23	87,535.55	120,905.44	65,726.91	1.70
24	59,713.41	60,055.85	59,049.75	1.94
25	77,357.60	105,339.36	63,640.79	1.42
26	67,257.95	76,604.50	62,464.36	1.81
27	56,429.42	56,608.42	56,110.89	2.11
28	95,043.41	118,012.69	76,492.19	1.77
29	60,077.72	62,182.27	57,797.16	1.93
30	80,975.68	91,754.41	68,683.42	1.40
31	65,005.40	68,699.88	60,114.79	1.79
32	56,429.43	57,058.01	55,776.47	2.15
33	88,708.31	110,243.37	77,480.72	1.70
34	59,071.89	60,815.05	57,637.70	1.98
35	75,500.49	79,929.76	68,263.84	1.44
36	64,421.48	68,594.50	61,366.26	1.82
37	56,616.08	57,594.46	55,945.50	2.16
38	75,863.46	93,694.27	67,219.54	1.78
39	59,260.14	60,785.27	57,759.54	1.95
40	77,633.73	83,539.41	72,762.61	1.47
41	63,446.42	66,472.11	60,520.29	1.85
42	56,561.41	57,080.54	55,770.42	2.19
43	90,923.87	107,429.22	67,679.45	1.81
44	61,213.85	66,760.03	58,420.77	2.00
45	79,803.54	111,511.97	68,573.23	1.46
46	68,171.49	74,356.21	62,886.27	1.86
47	56,351.42	57,177.65	55,885.67	2.22
48	81,788.79	99,099.68	69,795.69	1.83

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
49	60,863.86	64,232.54	58,066.97	1.99
50	86,132.98	94,266.64	74,815.66	1.51
51	68,378.44	82,007.09	58,992.40	1.90
52	56,583.69	57,471.45	56,184.44	2.24
53	76,651.82	90,770.40	61,813.49	1.88
54	58,808.62	61,646.72	57,734.78	2.00
55	74,902.26	85,623.19	67,938.68	1.49
56	67,126.69	75,946.99	60,234.36	1.84
57	56,653.22	57,910.07	55,777.09	2.23
58	80,632.91	107,031.24	63,417.01	1.76
59	59,349.05	60,914.23	57,854.69	1.97
60	74,584.44	84,234.53	67,214.78	1.47
61	67,825.48	69,590.50	66,593.05	1.93
62	56,203.77	56,619.26	55,651.92	2.23
63	95,699.10	142,652.40	63,681.27	1.82
64	60,700.82	62,865.20	57,249.77	1.99
65	76,887.17	97,769.35	62,956.13	1.51
66	75,573.87	89,442.74	63,811.24	1.95
67	56,782.29	57,103.12	56,232.94	2.27
68	85,148.35	100,446.79	69,208.87	1.78
69	60,033.49	61,851.60	58,171.36	2.06
70	79,830.08	88,945.80	73,908.24	1.46
71	65,927.48	71,914.34	60,850.36	1.92
72	56,268.31	56,660.57	55,793.27	2.21
73	87,679.22	142,516.71	64,113.45	1.80
74	58,432.58	60,064.61	57,595.33	2.01
75	73,570.77	82,714.18	62,443.25	1.52
76	67,757.51	70,987.46	64,595.17	1.87
77	56,933.50	58,890.53	55,902.97	2.26

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
78	84,662.05	99,456.64	73,046.66	1.73
79	59,525.55	61,270.20	57,803.90	2.05
80	70,658.42	81,348.34	65,115.39	1.49
81	65,135.95	73,183.77	61,510.23	1.97
82	56,440.32	57,121.11	55,946.99	2.27
83	73,918.85	89,135.93	60,486.09	1.80
84	59,871.55	63,027.61	57,855.67	2.01
85	84,016.12	109,255.30	71,244.02	1.56
86	64,534.76	67,543.18	59,675.16	1.93
87	56,351.82	56,875.09	55,758.98	2.26
88	86,108.25	95,480.33	75,854.75	1.85
89	58,874.28	60,566.92	57,238.10	2.10
90	77,289.81	87,064.80	69,767.74	1.51
91	64,745.49	66,575.96	61,378.53	2.00
92	56,169.51	56,471.87	55,771.57	2.30
93	95,305.30	116,170.65	78,458.39	1.92
94	59,810.69	61,770.86	58,630.86	2.05
95	94,100.37	101,634.15	81,344.62	1.55
96	67,584.39	79,729.55	60,071.80	1.93
97	56,377.31	56,855.51	56,064.93	2.40
98	78,071.84	87,113.97	68,889.53	2.63
99	59,827.91	63,565.88	57,084.61	2.33
100	74,481.92	80,279.85	66,981.00	1.62
101	67,961.79	71,959.31	64,692.88	2.02
102	56,452.13	57,030.36	55,929.65	2.37
103	81,707.54	111,085.19	61,193.89	1.87
104	58,827.08	60,668.09	57,000.90	2.05
105	75,631.65	82,155.86	69,167.22	1.48
106	62,890.91	66,963.31	58,767.33	1.97

ตารางที่ 4.20 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
107	56,254.71	56,523.46	55,963.45	2.32
108	81,372.36	104,984.84	61,646.53	1.84
109	59,512.00	62,188.35	58,656.50	2.09
110	77,721.39	79,826.08	71,793.85	1.52
111	65,237.43	68,290.86	60,539.05	2.08
112	56,244.59	56,679.65	55,937.66	2.57
113	77,766.54	85,916.74	67,596.15	2.39
114	59,281.08	60,684.36	58,241.20	2.32
115	69,144.94	75,794.99	63,259.22	1.61
116	66,464.17	71,327.62	63,524.90	2.14
117	56,847.46	58,075.64	56,088.46	2.45
118	82,426.63	103,226.39	68,116.26	2.25
119	58,971.33	59,855.92	57,470.18	2.58
120	75,878.24	90,662.29	71,105.61	1.77
121	69,579.00	74,732.97	64,838.47	2.16
122	56,611.54	56,963.07	56,237.53	2.78
123	75,941.80	94,660.80	60,145.11	3.01
124	60,473.21	64,973.27	57,487.70	2.71
125	73,892.31	78,767.66	70,043.70	1.79
126	65,690.22	70,436.09	62,382.79	2.03
127	56,432.98	57,608.91	55,696.15	2.47
128	81,935.44	96,818.24	65,049.19	2.02
129	59,634.56	61,908.64	57,445.00	2.44
130	82,007.08	94,427.08	66,181.28	1.86
131	67,766.39	73,069.57	64,122.18	2.46
132	56,353.72	56,498.90	56,219.26	2.98
133	87,200.91	102,397.59	72,432.30	2.30
134	59,304.03	59,909.81	58,516.56	2.66
135	70,662.23	80,983.95	65,935.64	1.79

จากตารางที่ 4.20 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดเล็ก 3 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 62 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 55,651.92 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 56,169.51 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 กับปัญหาขนาดเล็ก 3

4.10.2 ผลการทดสอบโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลาง

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดกลาง ทั้งหมด 3 ปัญหา

ตารางที่ 4.21 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	90,358.00	104,854.14	79,142.39	2.84
2	63,463.26	64,748.34	62,013.58	3.13
3	147,963.64	167,798.37	139,559.55	2.95
4	73,838.53	89,857.41	67,103.61	3.36
5	116,923.49	145,469.59	83,880.35	2.61
6	96,489.19	118,610.02	77,620.81	3.71
7	64,321.90	65,340.07	63,301.35	3.04
8	157,469.03	174,913.03	142,680.73	2.56
9	70,298.86	74,133.15	67,696.53	2.81
10	126,394.29	155,020.58	107,977.58	2.31
11	81,662.28	88,706.63	74,449.09	2.70
12	63,905.75	64,988.09	60,938.37	2.99
13	151,918.99	188,117.50	99,908.41	2.58
14	73,057.31	78,462.92	67,527.36	2.78
15	115,330.09	151,550.15	90,444.18	2.29
16	83,761.61	94,104.16	76,043.06	2.71

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
17	63,306.46	64,502.43	61,046.88	2.93
18	148,849.46	184,498.80	108,342.83	2.42
19	72,499.53	77,041.04	70,475.81	2.80
20	106,096.00	118,603.48	98,501.11	2.26
21	91,476.22	113,528.01	82,964.47	2.74
22	63,936.60	65,167.45	62,644.53	3.01
23	128,268.63	162,299.61	99,316.53	2.56
24	72,826.70	74,712.40	70,473.82	2.83
25	106,660.31	119,404.75	95,672.82	2.27
26	89,068.69	105,900.72	72,539.25	2.81
27	62,634.39	64,421.65	61,032.21	3.16
28	126,493.88	180,172.61	108,978.23	2.69
29	72,481.86	75,600.26	67,882.15	2.90
30	112,470.08	132,313.56	99,784.30	2.38
31	102,265.18	142,071.86	81,286.50	2.81
32	65,381.36	67,080.02	62,411.01	3.06
33	190,717.52	222,514.63	155,087.37	2.54
34	75,753.98	82,521.28	67,383.46	3.04
35	95,958.59	109,196.67	85,545.57	2.42
36	88,908.12	101,233.24	75,451.72	3.87
37	64,316.78	64,903.12	63,376.35	3.59
38	150,325.32	184,712.94	115,724.81	3.19
39	71,349.77	74,576.51	67,698.75	3.78
40	107,879.46	134,047.96	94,451.51	2.87
41	96,157.57	136,273.06	77,158.52	3.53
42	63,914.19	65,563.58	62,186.37	3.79
43	166,717.72	183,168.28	155,576.05	3.18
44	72,436.24	74,382.43	70,068.96	3.48
45	113,881.38	156,844.19	88,523.84	2.78

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
46	89,369.27	97,984.57	81,125.93	3.88
47	63,127.82	64,243.10	62,050.57	4.03
48	153,320.86	175,595.28	135,679.38	3.82
49	71,780.14	75,338.23	68,465.43	3.39
50	103,112.39	121,678.53	83,363.03	2.59
51	84,040.07	89,126.45	72,385.15	3.19
52	63,973.65	66,280.21	62,647.20	3.59
53	141,195.71	164,298.16	118,809.43	2.99
54	71,814.66	79,577.31	67,798.24	3.43
55	119,276.86	134,811.99	107,580.49	2.73
56	86,840.61	100,240.06	80,121.42	3.13
57	63,041.34	66,408.51	60,180.93	3.64
58	139,119.39	149,445.88	126,721.94	3.12
59	74,845.75	80,777.99	71,717.24	3.33
60	92,057.69	109,496.13	81,980.22	2.67
61	86,860.46	95,381.48	80,716.95	3.24
62	65,136.09	67,257.14	62,107.15	3.25
63	147,159.50	159,584.94	130,419.42	2.69
64	73,403.33	77,835.44	68,593.99	2.85
65	107,160.92	117,986.95	102,161.15	2.36
66	92,811.99	122,807.88	76,859.95	2.74
67	64,066.03	66,260.25	62,718.42	3.11
68	142,993.62	170,362.60	115,442.28	2.97
69	70,078.33	78,387.76	67,283.68	4.87
70	102,816.49	116,654.97	97,201.70	2.52
71	90,032.55	107,425.48	74,543.55	3.47
72	63,456.24	65,043.32	62,676.43	4.29
73	144,331.95	167,772.57	107,981.92	2.98
74	69,229.36	73,998.69	67,405.26	3.17

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
75	105,860.29	118,616.15	93,228.55	2.29
76	90,676.97	95,503.88	82,754.17	2.85
77	64,498.33	66,565.11	62,502.07	3.67
78	158,622.57	198,445.81	117,150.54	3.19
79	71,045.49	75,503.43	65,636.42	3.26
80	117,773.45	142,130.63	97,700.63	2.61
81	103,209.03	138,520.73	84,928.56	3.23
82	63,002.42	64,009.92	61,876.34	3.73
83	138,938.76	160,741.44	112,646.13	3.06
84	73,775.02	78,504.31	66,645.95	3.14
85	104,175.29	128,965.95	84,028.64	2.28
86	92,717.14	116,648.43	79,013.60	2.97
87	62,895.32	63,827.76	61,658.49	3.42
88	158,866.83	204,787.07	126,709.62	2.99
89	72,565.70	75,559.37	70,419.16	3.37
90	123,019.34	145,170.88	96,762.97	2.68
91	92,568.29	112,321.04	81,686.63	3.17
92	63,640.80	65,158.89	62,779.26	3.55
93	145,460.29	173,010.21	93,196.97	3.01
94	73,302.26	81,334.65	66,247.59	3.23
95	132,263.87	158,252.38	105,861.67	2.65
96	90,546.38	98,380.04	78,403.37	3.38
97	65,451.63	75,239.35	61,202.77	5.09
98	126,652.29	138,718.53	117,724.17	3.60
99	75,272.38	83,498.28	68,594.94	3.09
100	111,172.21	147,775.84	89,998.32	2.42
101	104,584.95	122,039.32	87,953.13	2.81
102	62,475.62	64,687.04	60,176.81	3.67
103	161,609.35	204,030.01	127,673.09	3.43

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
104	73,536.23	77,489.55	67,760.04	3.82
105	116,482.40	136,178.78	95,531.79	2.69
106	89,361.60	121,180.74	80,660.81	3.17
107	63,113.95	63,960.28	62,087.42	3.57
108	150,504.07	201,500.56	96,665.98	2.95
109	73,256.31	77,452.44	68,905.16	3.27
110	123,259.84	134,914.29	110,414.86	2.67
111	88,000.61	94,674.39	73,185.92	3.17
112	63,990.46	65,542.85	62,621.83	3.63
113	149,285.72	200,246.86	116,817.52	3.02
114	71,724.99	74,996.71	68,621.55	3.39
115	120,451.94	146,673.64	78,160.94	2.61
116	86,722.32	94,687.99	75,223.60	3.21
117	64,240.07	67,150.34	62,175.90	3.34
118	131,702.20	145,522.49	115,654.08	3.04
119	70,269.53	73,512.41	66,208.10	3.30
120	111,293.26	116,499.22	99,777.47	2.64
121	87,208.80	98,288.32	79,852.00	3.41
122	63,764.27	66,975.26	62,288.95	3.40
123	142,365.42	162,372.81	127,508.12	3.15
124	73,143.13	76,923.45	68,380.27	3.38
125	117,890.20	130,317.80	94,487.50	2.90
126	85,710.71	97,277.75	73,578.58	3.28
127	63,605.30	64,788.08	62,179.07	3.59
128	143,471.73	176,903.38	116,968.90	3.11
129	69,969.10	74,330.95	64,766.53	3.33
130	102,730.59	125,780.40	83,708.17	2.70
131	94,386.48	101,428.85	80,019.00	3.26
132	63,132.66	64,827.07	61,956.54	3.59

ตารางที่ 4.21 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
133	138,316.63	165,493.00	79,165.95	3.14
134	69,359.85	73,188.19	63,978.98	3.42
135	112,179.88	133,117.26	81,699.85	2.71

จากตารางที่ 4.21 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดกลาง 1 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 102 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 60,176.81 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 102 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 62,475.62 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 102 กับปัญหาขนาดกลาง 1

ตารางที่ 4.22 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	82,690.70	91,803.40	68,452.83	3.22
2	55,076.73	56,139.26	53,916.28	3.60
3	95,183.44	124,230.78	71,152.93	2.86
4	58,589.67	59,679.95	55,265.50	3.22
5	80,223.61	94,852.18	66,309.96	2.50
6	72,426.92	78,844.34	67,525.17	3.07
7	55,044.55	56,587.96	53,093.71	3.40
8	97,487.98	116,601.08	81,237.51	2.85
9	63,699.95	70,522.52	61,164.46	3.17
10	96,131.54	123,478.91	79,973.93	2.54
11	79,597.17	91,082.51	69,065.91	2.89
12	55,880.93	57,369.21	52,412.13	3.38
13	111,288.78	119,532.32	101,470.56	2.90
14	61,359.65	65,391.77	57,617.32	3.04

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
15	94,090.52	134,914.59	75,001.02	2.59
16	83,200.56	121,227.68	66,698.85	3.24
17	54,172.79	55,012.14	52,946.15	3.63
18	113,865.71	142,350.34	90,141.20	2.93
19	63,278.06	68,683.56	59,157.28	3.10
20	87,748.70	102,976.78	76,003.67	2.49
21	80,155.69	87,444.76	71,060.85	3.12
22	54,017.34	55,585.21	51,981.25	3.41
23	97,193.48	135,942.46	83,584.56	3.07
24	62,227.09	64,357.94	59,643.20	3.21
25	88,252.11	98,134.75	79,885.49	2.55
26	75,205.78	86,227.83	70,303.35	3.03
27	54,906.29	56,156.46	53,960.05	3.38
28	110,737.03	158,818.73	86,808.83	2.82
29	60,757.12	64,947.81	57,879.82	3.19
30	93,489.80	119,613.73	73,422.38	2.44
31	76,434.11	79,691.43	72,077.56	3.03
32	54,269.35	54,958.31	53,307.80	3.49
33	99,105.65	116,815.79	75,920.32	2.93
34	60,451.72	65,254.39	57,269.12	3.21
35	91,496.67	108,946.39	73,397.60	2.55
36	69,864.42	74,192.96	60,183.13	3.14
37	54,038.54	55,565.34	53,140.14	3.44
38	112,744.74	150,427.29	82,340.69	2.94
39	59,820.05	63,733.34	56,623.39	3.18
40	97,802.80	109,118.74	87,834.60	2.50
41	69,715.15	73,669.53	63,806.20	3.05
42	53,945.19	56,196.40	52,797.44	3.48
43	100,694.52	114,045.68	76,669.34	2.97

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
44	61,318.80	65,351.79	58,497.55	3.32
45	94,918.92	130,391.06	70,824.30	2.67
46	71,964.72	78,023.40	68,993.56	3.14
47	54,232.44	57,321.05	51,966.12	3.41
48	112,935.06	124,907.32	83,779.96	2.91
49	65,812.31	83,058.89	58,103.04	3.18
50	93,656.61	151,748.71	75,563.34	2.59
51	78,527.39	90,469.94	68,732.00	3.11
52	54,378.24	56,771.32	52,799.37	3.46
53	100,810.51	134,577.62	78,237.09	2.90
54	58,288.66	59,537.73	57,239.59	3.20
55	92,572.79	107,025.33	79,493.93	2.53
56	77,756.64	84,902.36	74,632.21	3.27
57	56,148.33	59,446.36	54,131.67	3.42
58	112,467.23	152,239.12	87,498.60	2.99
59	60,207.91	65,281.28	57,392.43	3.25
60	80,437.99	85,792.98	75,663.75	2.58
61	79,512.03	83,123.63	75,876.11	3.24
62	54,712.37	56,791.65	52,974.46	3.51
63	109,705.65	127,225.34	87,497.09	2.98
64	60,827.59	63,119.12	56,076.82	3.32
65	99,329.27	113,449.25	74,305.24	2.60
66	82,721.59	97,278.40	73,288.85	3.16
67	55,731.41	56,588.03	55,040.42	3.59
68	92,470.32	120,852.66	80,066.40	3.33
69	66,083.21	85,364.61	56,219.24	3.30
70	93,810.44	135,055.17	80,761.88	2.83
71	74,531.08	79,939.16	66,875.93	3.30
72	55,838.93	57,438.50	54,419.07	5.47

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
73	101,614.11	125,570.79	89,630.60	3.46
74	60,846.69	64,304.00	57,492.20	3.73
75	91,486.67	116,090.67	74,920.21	2.78
76	77,284.10	82,602.87	71,054.27	3.47
77	55,382.08	58,400.98	53,574.61	3.58
78	108,611.23	149,528.63	86,419.39	2.93
79	63,148.88	67,451.81	60,801.58	3.39
80	92,801.03	127,658.20	71,990.93	2.69
81	75,657.63	90,933.59	62,977.83	3.26
82	55,025.91	55,903.63	53,938.62	3.57
83	109,444.28	137,829.11	85,350.08	3.03
84	62,016.66	69,998.29	56,123.66	3.45
85	82,848.33	95,579.58	75,052.44	2.95
86	76,244.36	85,055.13	68,347.70	3.16
87	54,091.13	55,555.95	52,816.95	3.59
88	119,033.62	150,936.11	77,413.57	2.98
89	59,303.58	63,865.98	55,794.46	3.52
90	88,634.71	98,289.02	80,042.75	2.68
91	80,806.97	99,101.04	68,690.30	4.12
92	53,937.91	55,280.93	52,600.01	3.80
93	93,824.91	107,239.37	77,567.45	3.40
94	63,537.46	66,275.64	61,066.71	3.37
95	92,817.02	127,662.90	70,228.90	2.67
96	72,673.54	82,754.66	66,205.73	3.32
97	55,642.09	57,546.38	53,755.37	4.68
98	121,318.51	202,572.35	86,566.80	3.34
99	61,419.26	63,776.53	58,742.27	3.41
100	89,299.03	106,550.12	77,139.50	2.81
101	73,772.71	78,631.28	69,109.75	3.29

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
102	54,909.39	57,943.27	53,147.92	5.23
103	102,763.05	133,503.42	84,374.51	4.36
104	62,502.44	67,286.98	58,418.50	4.23
105	90,478.52	119,334.39	66,144.28	3.34
106	78,233.49	83,006.90	71,585.61	3.86
107	55,416.34	58,082.38	53,488.35	3.58
108	110,052.97	124,670.06	97,981.76	3.05
109	61,433.01	63,752.01	59,650.20	3.34
110	82,060.78	103,546.26	72,365.02	2.75
111	78,916.92	87,668.92	73,061.83	3.22
112	55,221.70	57,357.40	52,823.82	3.58
113	117,484.93	150,943.75	83,129.91	3.03
114	59,850.94	62,771.69	58,197.76	3.35
115	89,444.32	114,345.12	73,521.14	2.71
116	70,210.28	72,182.28	67,780.87	3.28
117	55,390.30	59,965.81	53,612.01	3.63
118	102,609.94	126,312.38	79,843.61	3.07
119	62,777.43	67,771.71	57,597.91	3.39
120	83,168.54	93,932.36	74,148.47	2.77
121	69,724.06	81,897.50	63,565.37	3.22
122	55,714.57	57,617.60	53,668.21	3.61
123	120,840.54	145,865.51	84,026.27	2.97
124	62,816.67	66,018.95	59,621.17	3.41
125	84,290.45	95,312.58	74,651.34	2.71
126	76,272.62	87,324.29	69,091.92	3.35
127	56,012.40	57,990.84	53,545.42	3.59
128	105,985.10	124,655.40	85,768.86	3.16
129	61,310.11	62,822.35	60,521.83	3.48
130	79,645.04	90,188.18	75,785.23	2.79

ตารางที่ 4.22 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
131	78,624.86	100,003.07	67,147.01	3.32
132	54,569.47	57,069.28	52,317.87	3.62
133	90,146.09	97,817.91	76,098.10	3.20
134	60,256.98	67,809.89	55,143.54	3.46
135	91,474.01	101,907.70	79,623.54	2.79

จากตารางที่ 4.22 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดกลาง 2 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 47 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 51,966.12 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 42 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 53937.91 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 42 กับปัญหาขนาดกลาง 2

ตารางที่ 4.23 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	135,355.22	151,471.22	121,201.07	3.23
2	99,448.78	103,114.29	94,709.03	3.84
3	187,273.52	245,728.84	144,131.64	3.07
4	108,152.46	113,209.02	102,471.56	3.65
5	149,107.44	166,176.94	128,242.11	2.81
6	137,424.93	153,640.76	127,818.82	3.34
7	99,253.29	102,217.43	96,535.43	3.72
8	153,456.89	207,120.12	118,080.02	3.60
9	115,329.73	120,830.47	110,887.75	3.75
10	170,751.00	203,846.00	143,256.53	2.76
11	127,195.94	131,679.49	119,727.24	3.28

ตารางที่ 4.23 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
12	99,975.55	101,938.22	97,583.80	3.59
13	181,652.96	243,069.19	153,882.51	3.02
14	113,545.31	125,290.24	107,979.98	3.22
15	183,936.65	219,774.64	145,359.18	2.64
16	125,370.07	138,741.43	120,490.53	3.17
17	97,209.13	99,275.78	95,124.84	3.44
18	239,688.97	340,850.94	188,719.36	3.09
19	107,241.30	112,069.20	104,493.84	3.34
20	167,251.97	214,059.95	144,448.08	2.62
21	134,847.07	151,024.00	119,817.71	3.60
22	98,264.22	99,308.37	96,745.96	4.39
23	188,842.22	241,210.02	142,089.81	3.30
24	107,273.62	113,233.24	102,919.58	3.46
25	156,583.03	170,395.86	143,559.99	2.82
26	138,515.72	168,801.10	118,501.60	4.18
27	101,099.71	108,728.89	97,552.98	4.20
28	219,461.37	264,247.80	197,448.53	3.02
29	112,660.73	133,922.34	105,339.20	2.92
30	178,051.20	214,385.55	154,246.90	2.38
31	133,970.37	162,837.49	118,557.22	2.84
32	99,437.84	105,608.44	95,441.02	3.24
33	195,116.18	238,075.43	166,323.69	3.32
34	106,756.71	110,292.39	103,767.58	3.86
35	172,200.37	188,383.89	146,747.72	2.88
36	134,713.88	153,988.36	120,300.38	3.41
37	99,208.21	103,347.40	94,531.95	3.94
38	203,243.67	263,154.57	142,283.61	3.72
39	108,701.16	116,212.93	101,122.79	3.94
40	170,110.19	189,260.82	153,349.63	3.05

ตารางที่ 4.23 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
41	130,391.24	139,723.83	117,850.35	4.06
42	98,845.87	101,650.37	95,459.32	4.07
43	204,634.88	288,612.07	157,988.34	3.25
44	111,893.26	122,397.96	106,789.67	3.53
45	169,072.52	205,253.62	146,524.52	2.83
46	151,026.13	204,671.62	122,195.41	3.52
47	99,528.63	103,282.56	97,651.25	3.83
48	174,749.33	212,912.82	128,956.53	3.90
49	107,870.69	110,237.31	105,518.26	4.45
50	162,473.83	171,005.44	155,207.86	2.90
51	121,264.73	133,460.81	109,198.69	3.39
52	99,702.20	101,534.49	97,153.95	3.83
53	199,604.66	268,600.45	130,873.21	3.65
54	110,292.32	113,896.87	108,230.77	4.17
55	167,780.40	200,202.41	148,139.79	2.95
56	136,579.77	146,911.78	124,202.20	3.10
57	102,618.87	105,731.19	99,917.04	3.50
58	199,121.84	247,198.90	147,512.35	3.28
59	110,437.02	115,598.89	106,668.78	3.46
60	158,336.46	168,391.56	150,319.24	2.88
61	127,064.01	147,629.29	106,158.44	3.82
62	101,146.60	104,416.30	96,831.30	3.48
63	209,625.48	292,349.01	148,128.34	2.83
64	114,756.78	130,082.85	107,827.47	3.39
65	185,735.36	221,186.13	157,276.53	2.72
66	132,313.25	147,109.71	117,748.77	3.45
67	99,452.06	102,618.16	97,163.77	3.77
68	190,809.32	264,733.33	112,734.99	3.04
69	117,490.80	135,494.29	108,437.02	3.21

ตารางที่ 4.23 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
70	158,753.74	197,294.14	143,847.53	2.63
71	126,977.68	156,549.66	112,392.94	2.88
72	100,216.59	103,628.33	97,220.38	3.55
73	181,275.63	257,804.81	121,271.63	3.08
74	109,786.39	121,455.75	101,046.14	3.14
75	176,677.76	205,084.18	153,775.03	2.74
76	125,500.30	144,566.25	109,863.34	3.38
77	99,970.83	102,510.39	96,775.38	3.50
78	206,960.98	265,846.00	125,836.89	2.94
79	117,611.73	122,898.95	111,763.78	2.97
80	176,927.84	224,791.80	147,243.45	2.37
81	128,551.36	138,862.39	115,603.71	2.86
82	99,453.18	101,397.39	95,799.56	3.18
83	238,787.96	292,888.70	177,106.95	2.72
84	106,770.31	109,991.86	103,827.28	2.94
85	159,768.01	211,165.30	137,708.49	2.47
86	122,457.52	134,167.45	110,646.39	2.77
87	99,073.97	100,821.24	97,912.36	3.20
88	189,819.11	231,304.15	159,874.58	3.59
89	111,225.08	113,661.19	106,500.51	3.11
90	165,058.09	211,220.18	145,003.58	2.55
91	131,837.64	143,849.34	116,978.12	2.98
92	97,093.71	98,893.93	95,395.38	3.40
93	202,123.81	262,852.82	129,156.88	3.25
94	113,188.14	125,815.87	100,561.38	3.29
95	176,338.76	226,969.22	140,274.45	2.84
96	123,108.13	133,391.59	108,473.87	3.02
97	100,437.11	105,670.30	95,572.60	3.32
98	202,950.06	242,323.69	173,030.04	2.83

ตารางที่ 4.23 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
99	107,818.51	112,367.91	105,208.46	3.13
100	159,651.09	168,036.84	151,072.00	2.61
101	133,329.29	163,428.12	106,065.14	3.11
102	98,868.20	100,188.12	97,620.47	3.43
103	221,447.67	303,194.48	145,938.68	2.86
104	111,422.21	119,604.43	105,374.84	3.54
105	177,841.14	193,215.71	148,150.19	2.48
106	127,185.67	141,529.53	118,928.93	3.32
107	104,253.31	111,683.33	98,416.73	3.48
108	191,896.06	227,225.90	149,470.17	2.78
109	114,718.56	127,924.16	108,507.85	2.97
110	162,272.34	223,541.01	144,424.28	2.43
111	127,364.85	147,122.90	114,816.98	2.95
112	99,667.06	100,784.38	97,545.64	3.30
113	219,213.84	270,432.56	167,726.94	2.91
114	112,645.54	115,632.84	107,152.83	3.08
115	176,649.33	208,375.78	130,134.11	2.87
116	131,715.27	157,202.93	113,984.88	2.93
117	99,927.00	104,338.03	96,774.64	3.20
118	178,920.65	217,513.12	152,407.42	2.69
119	105,357.71	107,725.11	102,960.63	2.96
120	187,347.21	219,365.49	164,682.74	2.49
121	125,967.26	144,733.49	109,896.08	2.92
122	101,638.90	106,414.77	98,954.80	3.25
123	219,785.09	267,551.29	180,429.32	2.85
124	107,789.22	111,541.19	103,394.61	2.99
125	177,002.83	215,516.70	160,479.55	2.42
126	119,562.07	127,103.23	111,933.76	2.89
127	98,698.14	103,322.29	97,046.78	3.19

ตารางที่ 4.23 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
128	219,580.80	269,944.86	171,812.34	2.58
129	108,948.85	116,642.68	101,884.25	2.76
130	176,580.77	217,265.02	137,626.43	2.47
131	142,665.13	219,044.03	112,381.10	2.86
132	100,011.73	102,659.14	96,882.71	2.95
133	171,328.40	197,781.00	151,528.68	2.72
134	106,917.86	108,790.77	104,176.88	3.07
135	156,276.71	187,388.56	133,336.94	2.42

จากตารางที่ 4.23 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดกลาง 3 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 37 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 94,531.93 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 97,093.71 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 กับปัญหาขนาดกลาง 3

4.10.3 ผลการทดสอบโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดใหญ่ ทั้งหมด 3 ปัญหา

ตารางที่ 4.24 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	284,539.52	419,571.97	232,579.99	5.14
2	193,150.96	219,033.54	179,360.08	4.53
3	454,820.27	544,252.00	370,837.64	4.13
4	210,157.77	228,609.84	202,882.26	4.02
5	351,858.45	418,905.20	290,966.97	3.63

ตารางที่ 4.24 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
6	260,792.97	276,246.01	247,026.78	4.19
7	181,901.58	189,194.07	164,522.59	4.50
8	438,684.62	516,715.69	380,313.36	3.88
9	210,022.27	227,510.10	182,445.86	4.53
10	338,924.80	353,817.46	326,427.12	3.40
11	314,297.14	376,135.91	260,291.15	4.09
12	174,861.71	185,472.04	164,539.12	4.77
13	452,840.53	529,606.52	388,503.03	4.26
14	225,738.65	261,782.89	199,415.02	4.36
15	405,830.89	581,250.24	253,948.31	3.91
16	271,897.67	309,858.55	241,800.45	4.40
17	192,147.50	241,096.29	172,079.25	5.00
18	460,802.98	543,812.74	399,907.27	3.94
19	213,184.33	222,813.98	199,856.10	4.47
20	420,427.24	559,887.29	329,310.97	3.79
21	266,189.67	298,814.32	246,432.42	4.47
22	178,465.60	193,222.99	161,448.48	4.94
23	406,061.80	448,451.76	340,237.97	4.12
24	206,582.31	213,731.16	195,359.93	4.73
25	296,551.69	332,105.68	262,333.04	3.92
26	251,776.44	287,643.84	188,311.47	4.60
27	187,248.12	195,215.25	179,689.27	4.75
28	455,438.02	537,740.82	381,973.23	4.33
29	207,182.10	236,904.07	187,297.93	4.65
30	351,987.39	438,653.41	286,009.90	4.04
31	257,190.37	292,250.33	242,792.10	4.74
32	184,639.60	222,922.78	162,937.32	4.91
33	413,901.92	482,635.37	271,559.87	4.46
34	211,681.90	225,214.15	196,877.26	4.44

ตารางที่ 4.24 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
35	355,255.34	422,464.30	287,473.53	3.73
36	251,925.76	270,028.27	206,732.59	4.29
37	182,865.23	206,700.59	165,656.85	4.40
38	423,366.74	480,469.78	385,352.32	4.87
39	204,683.43	233,003.12	192,780.23	5.02
40	335,977.15	447,487.09	248,958.54	4.06
41	257,545.64	360,353.23	202,847.75	5.09
42	174,468.27	188,135.21	166,568.98	5.42
43	387,130.66	446,328.70	268,798.53	5.27
44	224,707.96	247,233.17	209,263.35	5.62
45	393,881.73	520,274.99	326,688.60	4.64
46	252,063.40	290,664.21	221,325.86	4.89
47	171,728.96	193,844.06	162,727.61	4.94
48	417,907.47	489,577.61	298,461.64	5.39
49	205,240.74	211,618.09	200,149.69	6.11
50	300,091.87	318,249.18	289,915.53	4.64
51	273,223.63	348,291.90	221,785.72	5.61
52	183,724.79	208,491.14	164,039.56	6.88
53	411,743.20	438,204.64	379,001.72	7.10
54	214,975.81	227,076.27	191,081.60	6.36
55	325,085.15	368,012.82	274,356.51	4.37
56	266,563.73	283,233.25	236,697.89	6.38
57	180,387.30	200,931.80	168,492.29	5.98
58	471,678.69	568,465.56	370,335.99	4.54
59	209,635.43	246,872.10	191,238.97	5.79
60	296,094.99	325,468.73	263,974.75	4.83
61	245,604.38	278,403.18	215,514.09	4.92
62	179,796.39	205,873.82	165,896.93	6.19
63	370,524.76	441,287.37	331,526.89	5.32

ตารางที่ 4.24 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
64	215,843.77	261,339.45	193,590.39	5.77
65	375,444.92	482,384.26	303,475.81	4.35
66	269,049.68	284,766.58	249,511.87	5.15
67	184,686.26	199,607.32	172,702.08	6.26
68	395,408.78	488,746.24	330,959.17	5.88
69	206,474.68	224,595.79	184,671.73	6.28
70	312,923.10	349,936.57	272,456.66	4.84
71	244,812.12	262,134.97	223,725.87	6.13
72	177,251.92	196,833.45	166,327.51	5.88
73	399,908.04	532,946.13	285,679.71	6.00
74	198,439.34	208,718.25	184,958.25	5.64
75	335,099.36	382,367.74	264,451.80	4.55
76	252,037.10	277,129.18	232,089.34	5.60
77	177,886.16	200,799.36	168,687.78	6.13
78	440,681.15	510,762.61	362,284.47	5.20
79	210,345.95	224,612.07	188,541.98	6.15
80	319,117.05	356,802.48	284,753.01	4.83
81	260,826.20	348,282.03	220,460.52	6.21
82	181,884.11	191,119.17	168,246.81	6.43
83	437,155.27	528,871.59	371,587.01	6.38
84	212,496.07	233,570.63	194,535.06	5.92
85	318,643.38	352,809.42	262,443.94	5.05
86	276,168.54	310,485.49	250,600.98	4.94
87	172,266.37	182,268.92	153,462.97	5.16
88	447,375.54	538,372.67	357,592.96	4.97
89	212,339.74	224,852.60	198,922.98	5.42
90	344,227.48	359,101.88	320,337.45	4.79
91	293,224.75	339,802.41	267,870.86	4.49
92	177,832.23	186,090.98	169,585.47	5.48

ตารางที่ 4.24 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
93	415,756.13	508,485.92	342,385.17	5.33
94	200,586.27	217,851.14	183,983.88	4.89
95	359,369.38	422,681.97	289,655.98	4.28
96	305,099.02	365,578.99	223,273.93	5.67
97	188,379.96	204,681.47	169,745.93	5.98
98	420,812.79	504,671.10	361,066.84	6.41
99	215,324.54	234,714.27	188,497.79	5.61
100	324,473.84	362,028.33	266,348.45	5.06
101	274,602.71	306,476.43	254,694.02	6.24
102	171,859.51	183,517.72	157,884.23	5.70
103	476,920.46	521,995.56	432,074.65	4.81
104	212,578.45	237,066.35	192,040.45	5.49
105	306,214.20	340,755.44	279,161.10	4.02
106	230,538.66	270,441.68	209,478.99	5.10
107	175,770.75	197,152.92	161,200.86	5.42
108	416,869.24	489,821.22	308,212.39	5.03
109	191,453.89	195,364.91	184,338.33	4.98
110	338,050.80	381,637.48	290,520.28	3.87
111	273,034.81	317,765.31	223,695.01	5.64
112	187,752.29	220,116.22	166,654.98	5.96
113	487,947.44	540,853.28	361,986.59	5.19
114	220,495.91	300,373.14	183,385.43	5.45
115	384,325.73	496,476.17	323,942.76	5.42
116	258,006.09	272,434.91	253,159.87	5.29
117	182,264.93	209,432.46	163,319.60	6.23
118	497,603.22	616,670.22	305,894.61	5.46
119	212,328.39	225,066.74	190,175.49	5.38
120	385,598.08	482,483.55	296,813.90	4.56
121	275,521.12	316,562.70	249,587.24	4.93

ตารางที่ 4.24 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
122	178,690.88	202,984.77	164,106.90	5.67
123	458,998.55	605,057.76	316,317.09	5.38
124	208,796.34	242,622.56	189,399.17	6.15
125	327,509.07	434,944.21	284,614.23	4.48
126	274,776.66	372,615.88	227,681.60	5.23
127	190,859.81	216,963.72	162,888.89	6.18
128	439,383.31	658,008.00	315,810.07	5.00
129	199,988.05	227,436.76	185,308.30	5.20
130	350,200.06	440,867.79	299,896.05	4.46
131	266,908.07	296,688.27	245,207.36	5.92
132	186,361.64	203,746.09	166,239.12	6.39
133	436,917.99	510,180.70	349,015.82	4.59
134	205,764.34	224,754.70	191,471.71	4.75
135	355,401.73	443,871.87	278,218.47	4.23

จากตารางที่ 4.24 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดใหญ่ 1 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 87 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 153,462.97 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 47 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 171,728.96 บาท ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 47 กับปัญหาขนาดใหญ่ 1

ตารางที่ 4.25 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	334,783.31	395,058.15	296,995.39	3.34
2	203,453.09	209,941.06	196,138.31	3.41
3	536,063.07	760,824.32	343,868.66	3.48

ตารางที่ 4.25 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
4	238,059.48	280,213.76	209,848.69	3.37
5	366,716.52	452,978.14	321,954.28	2.68
6	286,315.93	377,395.07	224,204.67	3.11
7	202,391.06	211,387.14	195,084.16	3.31
8	602,364.08	844,871.81	381,186.19	3.11
9	231,249.45	252,250.88	220,474.78	3.09
10	441,172.67	590,389.33	342,538.81	2.89
11	293,764.48	319,887.14	249,385.62	4.14
12	197,250.43	211,282.76	186,750.87	3.78
13	504,261.26	630,525.22	302,661.40	3.15
14	240,878.75	295,046.37	210,704.44	3.24
15	448,748.01	586,707.67	352,787.84	2.87
16	261,920.25	333,679.36	205,566.50	3.16
17	195,250.16	211,134.32	179,472.59	3.37
18	566,068.57	901,995.69	322,514.98	3.22
19	242,553.24	252,568.17	232,898.76	3.23
20	481,272.22	606,938.93	374,692.74	2.70
21	313,660.74	364,574.52	285,102.16	3.15
22	199,832.02	209,593.59	187,862.30	3.36
23	612,499.62	755,514.60	397,122.95	3.25
24	236,611.64	243,210.76	229,380.74	3.26
25	414,994.84	458,430.09	370,426.54	3.04
26	299,347.96	339,579.08	276,935.54	3.34
27	199,987.51	207,406.38	187,915.66	3.43
28	587,921.25	794,964.88	503,400.36	3.35
29	221,146.86	234,782.81	207,504.14	3.97
30	473,857.39	590,810.52	369,553.15	3.02
31	308,347.76	341,776.31	272,463.29	3.65

ตารางที่ 4.25 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
32	196,967.85	209,855.90	183,378.19	3.76
33	532,745.88	582,677.79	490,745.40	3.34
34	235,139.45	257,676.49	209,105.57	3.28
35	479,094.73	569,731.69	405,992.36	2.89
36	321,708.38	418,510.72	230,477.67	3.18
37	194,547.97	200,341.17	182,220.11	3.44
38	582,052.34	741,501.00	452,570.77	3.18
39	233,985.74	263,800.16	217,144.37	3.29
40	470,873.06	570,759.82	349,292.35	2.91
41	278,023.35	297,376.83	258,299.71	3.13
42	196,484.77	211,320.36	179,676.22	3.41
43	580,810.28	642,818.27	489,668.19	3.35
44	236,960.51	260,752.38	212,266.59	3.23
45	478,953.38	710,849.50	353,232.27	2.84
46	281,978.41	313,816.69	251,976.22	3.31
47	204,717.66	214,212.10	197,262.23	3.43
48	507,194.13	609,218.81	421,234.53	3.41
49	231,692.03	245,613.11	213,721.94	3.32
50	426,168.69	570,439.84	355,169.25	2.76
51	294,475.60	313,802.96	250,152.41	3.18
52	195,151.26	201,755.17	182,509.16	3.43
53	606,265.19	802,500.15	329,929.78	3.48
54	243,595.86	276,160.45	224,262.52	3.47
55	443,925.97	646,199.60	340,487.40	2.73
56	313,603.56	385,176.69	264,974.71	3.17
57	201,397.84	209,346.80	195,025.32	3.47
58	605,020.44	745,470.30	364,933.98	3.85
59	238,688.99	259,475.86	227,963.20	3.39
60	475,460.56	609,730.38	368,595.96	2.80

ตารางที่ 4.25 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
61	287,700.16	306,614.74	255,276.75	3.24
62	189,096.76	199,225.06	174,203.28	3.55
63	596,567.01	825,074.21	482,535.24	3.30
64	245,240.19	271,407.52	225,886.67	3.33
65	401,925.94	489,735.86	339,099.25	2.90
66	327,598.55	418,547.15	258,468.09	3.58
67	202,140.66	212,685.45	186,546.23	3.62
68	626,719.75	905,699.41	391,459.20	3.51
69	249,202.46	280,924.85	201,922.02	3.45
70	433,875.86	563,429.56	366,407.38	3.02
71	308,384.61	380,337.72	264,303.12	3.31
72	203,323.83	215,516.32	191,817.58	3.57
73	633,304.55	775,908.82	399,096.19	3.41
74	227,679.01	235,635.92	214,632.94	3.40
75	452,265.53	602,693.82	372,284.88	2.99
76	305,826.74	335,431.32	268,089.83	3.80
77	205,831.90	214,987.98	201,333.37	3.74
78	508,712.62	655,677.74	381,103.95	3.66
79	227,361.54	242,956.83	212,988.29	3.42
80	439,671.53	558,477.65	365,970.01	2.94
81	317,754.88	388,698.65	254,458.36	3.31
82	201,838.39	208,634.89	192,539.65	3.68
83	530,361.08	660,130.74	428,138.44	3.69
84	238,924.70	254,848.57	223,199.19	3.59
85	430,004.87	521,196.88	296,469.53	2.97
86	296,957.97	380,299.92	240,999.30	3.56
87	191,330.53	209,989.89	170,073.20	3.62
88	615,208.57	953,334.99	469,301.46	3.48
89	235,433.14	246,024.92	228,328.05	3.45

ตารางที่ 4.25 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
90	420,833.22	561,075.95	356,458.44	2.94
91	285,678.14	407,347.99	216,823.58	3.35
92	192,275.14	202,560.58	182,028.58	3.63
93	588,057.76	721,712.13	484,551.50	3.51
94	231,972.54	248,205.64	213,821.84	3.46
95	373,865.77	454,776.11	315,861.31	2.90
96	282,579.52	337,556.25	215,729.78	3.36
97	195,699.34	202,540.92	184,335.54	3.65
98	557,036.94	842,596.07	339,385.63	3.49
99	234,471.78	243,391.73	220,806.89	3.56
100	496,937.78	643,201.27	413,571.56	2.95
101	303,994.77	387,970.26	239,848.71	3.44
102	197,707.37	208,117.02	190,592.03	3.72
103	594,689.08	734,368.80	450,353.75	3.54
104	226,655.10	243,324.54	214,830.19	3.47
105	429,323.10	448,353.40	411,144.06	2.95
106	302,308.50	374,953.55	252,492.18	3.47
107	201,229.61	209,860.34	190,649.91	3.73
108	709,632.93	852,358.68	665,284.05	3.54
109	234,532.93	262,488.44	216,264.90	3.57
110	517,955.95	661,180.45	331,048.54	2.96
111	293,588.28	322,193.63	257,450.29	3.39
112	202,261.69	223,148.59	177,403.44	3.71
113	507,363.46	668,720.12	290,980.34	3.56
114	239,302.41	285,257.20	220,057.71	3.50
115	418,927.53	471,540.01	392,026.12	3.01
116	302,053.26	431,680.98	222,822.99	3.57
117	204,487.23	218,164.15	193,599.56	3.70
118	556,698.66	713,007.32	446,449.50	3.80

ตารางที่ 4.25 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
119	219,670.98	241,789.92	209,148.56	3.55
120	429,086.10	491,181.08	388,841.20	3.00
121	304,269.16	396,741.49	247,135.29	3.46
122	196,096.35	210,059.38	180,996.21	3.74
123	462,714.69	571,292.66	365,826.42	3.80
124	252,920.69	318,604.18	220,159.77	3.62
125	463,636.21	541,674.15	417,330.58	3.19
126	331,255.24	395,020.49	257,094.91	3.53
127	202,058.95	212,805.02	191,208.38	3.69
128	577,493.81	754,131.48	382,351.30	3.77
129	237,860.24	249,950.24	227,145.15	3.55
130	461,081.22	567,100.96	393,288.02	3.06
131	314,857.30	463,121.72	256,432.43	3.53
132	207,377.64	213,394.92	200,310.77	3.72
133	577,888.03	809,928.49	379,868.13	3.81
134	229,948.15	248,326.44	217,200.37	3.89
135	477,188.72	618,441.10	383,184.28	3.12

จากตารางที่ 4.25 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดใหญ่ 2 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 87 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 170,073.20 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 62 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 189,096.76 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 2 กับปัญหาขนาดใหญ่ 2

ตารางที่ 4.26 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
1	408,494.78	453,298.00	374,035.14	4.95
2	257,436.47	264,361.04	249,698.15	5.17
3	532,676.76	708,351.82	439,887.96	4.59
4	282,654.23	306,600.33	269,982.65	6.89
5	411,978.63	485,891.92	374,529.10	5.87
6	439,755.47	559,295.76	374,787.49	7.35
7	261,614.86	287,708.29	244,708.42	6.35
8	482,844.89	641,847.36	362,379.65	5.33
9	275,454.24	288,709.09	262,821.97	6.12
10	410,454.88	459,483.13	361,798.74	5.01
11	410,496.72	440,007.63	390,164.71	5.64
12	268,684.94	284,698.69	260,209.45	5.69
13	495,730.67	549,230.93	396,038.15	5.12
14	279,843.40	325,028.29	255,104.81	5.59
15	447,445.12	535,088.03	351,519.41	4.76
16	381,322.16	432,385.22	316,684.66	5.35
17	256,139.18	267,509.84	244,901.68	5.91
18	605,210.51	661,175.42	505,726.40	5.63
19	280,424.51	309,115.41	248,408.29	5.67
20	442,827.98	494,249.29	401,436.28	4.67
21	416,369.67	526,693.66	335,713.70	5.06
22	272,014.55	279,309.48	264,238.39	5.61
23	529,362.80	586,892.80	481,967.34	4.58
24	281,938.64	316,746.65	266,838.77	5.52
25	399,068.17	452,151.06	334,267.27	4.70
26	434,735.29	509,995.80	373,171.08	5.08
27	261,019.16	268,210.48	253,137.18	5.41
28	515,354.37	645,419.44	378,732.08	4.92
29	285,722.26	307,856.94	274,983.04	5.68

ตารางที่ 4.26 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
30	456,118.98	570,193.43	341,490.08	4.45
31	468,979.05	541,827.97	381,870.30	4.95
32	265,306.00	278,836.84	254,814.64	5.47
33	551,096.16	613,731.37	405,131.02	4.94
34	278,972.98	292,546.97	270,995.08	6.48
35	440,295.76	539,603.42	326,701.61	5.01
36	415,674.86	482,783.45	350,789.86	5.05
37	259,981.77	270,922.28	251,161.53	5.31
38	616,427.56	701,668.18	521,744.70	4.54
39	286,615.57	311,676.33	261,119.95	5.16
40	399,442.22	535,092.91	307,092.36	4.69
41	405,976.88	463,887.49	355,382.11	5.33
42	264,739.14	277,337.28	250,258.88	5.69
43	521,258.58	686,967.49	403,538.53	5.37
44	291,431.85	307,958.81	276,562.13	5.58
45	416,420.37	501,520.67	334,935.49	4.92
46	433,304.83	488,457.37	376,208.52	5.38
47	261,460.72	270,220.42	251,713.78	5.68
48	563,854.79	677,256.28	444,713.26	4.93
49	283,925.31	299,574.79	270,634.25	5.58
50	401,629.04	589,263.89	323,439.13	4.95
51	418,275.16	513,556.86	357,448.98	5.31
52	262,085.21	269,684.72	251,260.34	5.77
53	540,527.73	624,241.05	453,853.56	5.68
54	282,500.74	290,694.63	273,768.88	6.29
55	410,726.24	468,762.14	310,899.40	4.97
56	423,200.72	473,928.63	351,136.82	5.94
57	264,947.11	290,957.08	248,667.94	6.02
58	523,515.32	681,874.81	425,373.98	5.92

ตารางที่ 4.26 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
59	284,996.56	320,846.26	266,794.06	5.88
60	401,490.06	518,980.35	331,821.24	5.34
61	397,709.40	436,821.09	352,200.26	4.91
62	261,964.04	277,506.02	253,060.18	6.55
63	563,679.68	805,436.29	439,453.75	5.79
64	288,020.05	301,073.98	272,815.98	6.37
65	447,503.65	633,336.18	338,489.98	5.78
66	427,283.56	472,787.70	370,934.14	6.29
67	262,913.09	278,160.59	252,827.79	6.27
68	506,529.50	570,540.70	445,781.78	6.15
69	289,586.32	316,753.50	263,447.08	6.23
70	425,931.10	542,674.04	362,849.19	5.11
71	377,659.45	431,584.68	343,329.81	5.87
72	267,237.04	286,373.17	253,283.58	6.16
73	536,712.98	700,353.17	463,175.28	5.76
74	281,545.89	326,430.44	261,566.08	5.79
75	467,556.29	755,625.52	332,219.49	5.67
76	442,651.85	555,632.19	344,554.14	6.85
77	264,297.17	280,603.06	254,663.13	6.74
78	551,763.67	752,983.40	383,810.77	5.60
79	280,803.81	284,668.06	272,037.08	6.33
80	482,803.49	563,158.48	418,078.42	5.36
81	440,462.23	464,968.08	413,634.73	6.10
82	257,251.86	269,693.01	246,496.16	6.58
83	502,397.92	571,615.76	397,461.06	5.57
84	288,659.08	302,987.10	265,333.94	7.51
85	465,340.86	540,655.65	357,375.98	5.14
86	428,515.22	479,846.93	334,965.20	6.02
87	260,575.71	270,036.79	251,420.12	5.60

ตารางที่ 4.26 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
88	540,838.03	641,139.55	435,754.67	5.25
89	278,205.65	294,239.53	265,702.21	5.61
90	430,932.47	496,459.26	372,733.45	5.04
91	407,336.67	505,325.36	355,622.24	5.31
92	266,299.24	272,175.26	259,751.42	5.65
93	530,437.41	585,836.21	470,451.54	4.96
94	272,627.69	286,431.54	254,457.02	5.94
95	365,465.19	413,692.79	297,344.98	5.29
96	469,963.60	523,343.58	393,253.73	6.07
97	260,738.36	282,163.21	250,327.48	6.22
98	498,642.02	667,284.66	412,020.67	6.85
99	288,219.28	319,276.64	263,803.06	7.11
100	415,234.29	481,086.16	349,482.02	5.47
101	400,835.99	505,394.08	331,779.19	6.68
102	256,254.46	260,621.83	249,711.04	7.15
103	560,848.12	699,528.31	414,875.77	5.63
104	278,542.04	303,138.79	261,795.38	6.16
105	429,943.88	454,798.41	379,057.57	5.68
106	405,374.22	488,777.83	343,229.30	6.44
107	258,466.59	265,004.51	254,259.54	7.32
108	539,910.26	724,316.76	419,922.51	6.74
109	286,127.84	296,838.49	278,469.65	7.74
110	393,360.97	527,912.02	279,504.10	6.13
111	395,589.19	544,520.20	337,168.03	6.75
112	267,296.36	293,622.52	258,969.39	6.14
113	499,990.61	592,157.48	451,747.81	6.49
114	293,263.33	306,011.92	283,307.42	7.30
115	428,055.55	572,039.08	362,876.25	6.32
116	440,038.93	487,783.54	389,068.62	7.07

ตารางที่ 4.26 (ต่อ) แสดงผลลัพธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

ชุดที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (บาท)	ค่าใช้จ่ายสูงสุด (บาท)	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด (บาท)	เวลาที่ใช้เฉลี่ย (วินาที)
117	263,800.14	275,089.10	257,540.82	6.62
118	518,924.72	654,261.00	449,833.67	5.89
119	283,622.23	298,535.72	260,176.41	6.36
120	435,912.99	567,683.30	353,581.43	5.49
121	442,885.65	482,020.29	382,643.71	6.04
122	258,666.34	262,832.89	253,791.72	5.85
123	575,042.15	745,269.32	448,885.32	5.23
124	275,537.87	291,061.92	263,474.39	5.92
125	415,219.36	473,873.46	359,082.84	4.99
126	408,283.09	475,965.10	350,078.06	5.09
127	264,613.31	271,444.39	258,701.80	6.23
128	627,319.58	794,140.85	515,651.84	5.78
129	305,822.11	323,534.32	284,882.88	5.41
130	377,949.27	487,001.99	311,219.29	5.32
131	466,533.28	540,906.83	391,148.71	5.70
132	265,153.33	268,533.31	263,531.65	7.38
133	498,415.63	558,744.09	403,258.78	6.10
134	282,015.28	297,683.02	262,179.04	7.67
135	416,226.44	539,360.14	297,780.28	5.57

จากตารางที่ 4.26 เป็นการแสดงผลของปัญหาขนาดใหญ่ 3 จะแสดงค่าใช้จ่าย ทั้งค่าเฉลี่ย ค่าใช้จ่ายสูงสุด ค่าใช้จ่ายต่ำสุด รวมทั้งเวลาที่ใช้เฉลี่ยในการประมวลผลของโปรแกรม เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด

พิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำสุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 7 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 244,708.42 บาท แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า จะพบว่า ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 17 ให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุดจากค่าพารามิเตอร์ทั้ง 135 ชุด เท่ากับ 256,139.18 บาท

ดังนั้น ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 17 กับปัญหาขนาดใหญ่ 3

4.10.4 การพิจารณาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายรวม

ค่าใช้จ่ายรวมประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับจากการล่วงเวลา ในที่นี้ขอยกตัวอย่างเพื่อให้เกิดความเข้าใจโดยใช้โจทย์ขนาดกลาง 3 แสดงดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่วงเวลา	รวม
1	494	4,056.26	128,852.44	4,909.18	138,311.87
2	510	4,092.48	120,008.94	3,778.54	128,389.97
3	398	4,580.32	197,441.52	12,644.69	215,064.53
4	496	3,983.03	120,834.16	5,182.05	130,495.23
5	410	4,366.56	158,172.13	9,430.14	172,378.83
6	466	3,916.42	128,869.21	4,855.45	138,107.07
7	524	4,171.09	117,966.06	3,337.92	125,999.07
8	466	4,694.17	173,810.94	7,832.32	186,803.42
9	542	4,136.60	117,416.79	3,162.30	125,257.70
10	444	4,618.22	160,706.06	6,755.83	172,524.11
11	444	4,084.18	140,451.22	4,882.46	149,861.86
12	486	4,079.76	121,561.05	2,634.73	128,761.53
13	442	4,696.55	190,392.24	8,484.10	204,014.88
14	486	3,962.66	122,268.85	4,554.86	131,272.37
15	424	4,430.33	164,140.07	10,408.74	179,403.14
16	458	3,635.62	116,231.79	6,078.81	126,404.22
17	526	4,134.43	120,028.69	5,108.28	129,797.40
18	420	4,361.79	178,218.48	10,793.27	193,793.54
19	514	4,122.88	120,097.72	3,337.49	128,072.08
20	402	4,501.29	177,645.69	11,028.96	193,577.94
21	440	3,878.08	134,969.77	5,278.85	144,566.71
22	494	4,131.03	121,611.04	3,284.44	129,520.51
23	450	4,478.51	175,975.61	6,180.25	187,084.37
24	480	4,099.18	130,019.00	4,294.43	138,892.61

ตารางที่ 4.27 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่องเวลา	รวม
25	402	4,333.27	172,725.99	9,710.47	187,171.74
26	396	3,671.50	140,706.17	9,138.96	153,912.63
27	504	3,889.24	113,121.57	3,551.88	121,066.68
28	444	4,474.60	173,487.99	9,334.30	187,740.89
29	464	4,066.18	125,065.41	4,170.01	133,765.60
30	436	4,573.44	163,414.74	4,759.73	173,183.90
31	444	3,694.75	123,174.79	5,044.36	132,357.90
32	516	4,220.01	118,002.12	2,918.76	125,656.89
33	448	4,622.92	186,401.04	8,952.59	200,424.55
34	482	3,814.53	116,459.32	3,669.98	124,425.83
35	408	4,499.99	160,141.87	4,864.81	169,914.67
36	438	3,769.96	132,234.13	5,666.06	142,108.15
37	528	4,134.38	118,170.28	3,710.87	126,543.53
38	412	4,307.08	173,886.70	6,911.05	185,516.84
39	472	3,861.72	116,174.23	4,261.88	124,769.84
40	448	4,497.58	158,709.18	4,870.59	168,525.35
41	464	3,971.43	143,018.09	7,142.95	154,596.47
42	492	4,089.49	117,325.36	3,024.31	124,931.17
43	410	4,695.83	210,082.81	9,955.20	225,143.84
44	528	4,125.50	120,353.64	1,946.92	126,954.05
45	454	4,877.62	180,266.96	7,447.03	193,045.61
46	470	3,822.47	121,077.36	4,597.72	129,967.55
47	544	4,426.36	119,054.77	2,666.22	126,691.35
48	446	4,174.17	154,861.67	7,894.06	167,375.89
49	472	3,892.20	118,136.26	3,021.97	125,522.42
50	458	4,530.26	151,645.91	6,861.62	163,495.79
51	420	3,849.37	141,327.71	4,235.82	149,832.90
52	514	4,267.70	123,785.65	3,612.44	132,179.78
53	430	4,355.27	163,814.49	10,418.69	179,018.45

ตารางที่ 4.27 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่วงเวลา	รวม
54	492	4,109.00	128,709.62	3,782.83	137,093.44
55	456	4,626.98	161,445.62	5,706.01	172,234.61
56	466	3,930.02	129,053.11	5,603.19	139,052.32
57	532	4,179.34	118,982.89	3,296.25	126,990.49
58	440	4,554.81	164,211.50	7,677.36	176,883.67
59	500	4,084.94	119,598.60	4,650.14	128,833.68
60	428	4,556.49	166,237.68	9,577.05	180,799.22
61	458	3,889.00	128,578.68	4,418.10	137,343.78
62	494	4,080.80	121,097.70	3,355.80	129,028.29
63	430	4,379.43	173,605.79	7,758.21	186,173.44
64	496	3,894.90	120,796.94	3,045.57	128,233.40
65	420	4,358.11	151,846.59	6,497.79	163,122.49
66	436	3,709.74	125,843.61	4,298.35	134,287.69
67	518	4,073.69	120,626.53	4,493.75	129,711.97
68	464	4,696.73	210,328.87	8,610.19	224,099.79
69	486	3,975.21	122,619.46	3,888.08	130,968.75
70	448	4,578.28	158,255.86	7,781.34	171,063.48
71	440	3,872.65	140,304.29	5,234.26	149,851.20
72	492	4,095.62	114,907.61	4,431.60	123,926.83
73	422	4,392.37	161,661.35	8,173.70	174,649.41
74	472	3,905.23	119,277.95	4,225.11	127,880.29
75	460	4,677.42	168,475.52	8,917.52	182,530.46
76	446	3,747.46	123,347.53	4,954.32	132,495.32
77	538	4,321.89	123,052.51	2,188.75	130,101.15
78	408	4,360.69	170,490.18	7,359.99	182,618.85
79	530	4,152.49	125,071.71	4,569.39	134,323.58
80	406	4,382.93	177,449.04	7,671.01	189,908.99
81	426	3,819.84	133,609.09	7,126.75	144,981.67
82	518	4,188.45	116,605.06	3,215.41	124,526.92

ตารางที่ 4.27 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่องเวลา	รวม
83	436	4,267.27	154,238.83	5,603.97	164,546.06
84	516	4,078.01	120,649.60	4,431.48	129,675.10
85	446	4,592.49	174,773.90	10,235.54	190,047.93
86	412	3,697.61	132,757.34	4,012.30	140,879.25
87	486	4,060.46	122,858.21	6,032.20	133,436.88
88	454	4,459.81	169,371.93	8,790.23	183,075.97
89	518	4,050.75	126,077.41	4,431.56	135,077.72
90	436	4,578.35	160,927.81	5,602.98	171,545.14
91	468	3,872.29	125,270.27	6,306.82	135,917.39
92	524	4,284.25	119,233.00	4,109.20	128,150.46
93	478	4,449.15	148,235.69	7,139.20	160,302.05
94	504	4,023.31	124,654.33	4,221.06	133,402.71
95	414	4,357.51	153,552.79	7,943.44	166,267.74
96	434	3,774.56	123,954.05	3,775.48	131,938.10
97	500	4,246.15	119,755.31	2,227.12	126,728.58
98	426	4,737.16	204,982.98	9,598.18	219,744.32
99	472	3,786.90	120,788.76	4,477.36	129,525.03
100	422	4,237.08	142,760.50	8,900.55	156,320.14
101	430	3,909.61	133,638.04	5,578.50	143,556.15
102	510	4,163.50	119,774.26	5,120.23	129,568.00
103	392	4,518.91	194,148.70	12,157.47	211,217.08
104	502	3,994.24	120,919.86	3,266.75	128,682.84
105	462	4,558.86	154,607.48	7,728.52	167,356.86
106	430	3,799.60	134,350.30	3,933.19	142,513.09
107	550	4,191.78	116,761.06	2,729.06	124,231.89
108	458	4,563.78	170,810.77	9,171.54	185,004.09
109	478	4,183.58	131,979.74	4,148.48	140,789.81
110	460	4,741.34	175,066.50	11,559.97	191,827.81
111	460	3,941.37	119,149.42	4,131.10	127,681.88

ตารางที่ 4.27 (ต่อ) แสดงการหาค่าใช้จ่ายแต่ละประเภท

ชุดที่	ค่าใช้จ่าย (บาท)				
	คงที่	ระยะทาง	น้ำหนักบรรทุก	การล่องเวลา	รวม
112	522	4,208.28	119,340.19	5,524.89	129,595.36
113	432	4,792.84	198,231.78	9,111.31	212,567.93
114	502	4,041.70	118,056.74	2,231.27	124,831.72
115	404	4,234.44	150,459.17	4,110.91	159,208.53
116	446	3,781.59	127,187.03	5,678.63	137,093.25
117	502	4,212.48	118,656.26	3,584.77	126,955.51
118	424	4,472.07	177,628.72	7,893.50	190,418.29
119	462	3,916.07	123,626.32	3,640.59	131,644.98
120	470	4,816.86	165,841.38	8,665.42	179,793.66
121	410	3,968.77	141,549.96	6,695.61	152,624.34
122	486	4,237.63	126,137.85	4,829.35	135,690.83
123	448	4,590.31	188,430.83	9,473.65	202,942.79
124	530	4,176.48	121,448.18	2,654.45	128,809.11
125	444	4,423.06	152,241.20	6,005.91	163,114.17
126	436	3,740.21	128,805.15	4,944.10	137,925.45
127	498	4,177.44	123,034.53	3,898.23	131,608.20
128	468	4,590.89	172,601.68	8,924.45	186,585.02
129	516	4,125.86	124,935.70	3,677.80	133,255.37
130	420	4,414.04	155,759.71	5,942.88	166,536.63
131	464	4,081.74	135,801.38	3,846.62	144,193.74
132	528	4,425.67	122,979.70	2,578.36	130,511.73
133	422	4,527.72	182,664.00	9,345.92	196,959.64
134	550	4,255.69	120,885.68	3,583.06	129,274.43
135	476	4,491.91	148,337.83	4,051.78	157,357.51

จากตาราง 4.27 ค่าใช้จ่ายรวมคำนวณได้จากค่าใช้จ่ายคงที่ (ค่าใช้จ่ายแต่ละครั้งในการใช้ยานพาหนะ) + ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง (ระยะทาง x ค่าน้ำมัน) + ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักบรรทุก [(น้ำหนักบรรทุก x ระยะทาง) x ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า] + ค่าปรับจากการล่องเวลา [(ระยะเวลาที่ล่าช้า + เวลาขนถ่ายสินค้า) x ค่าปรับ]

จะเห็นได้ว่า ค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักรบรรทุกมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าค่าใช้จ่ายคงที่ ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง และค่าปรับล่วงหน้า ซึ่งค่าใช้จ่ายจากน้ำหนักรบรรทุกนี้ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายรวมที่ได้นั้นมีค่าสูง

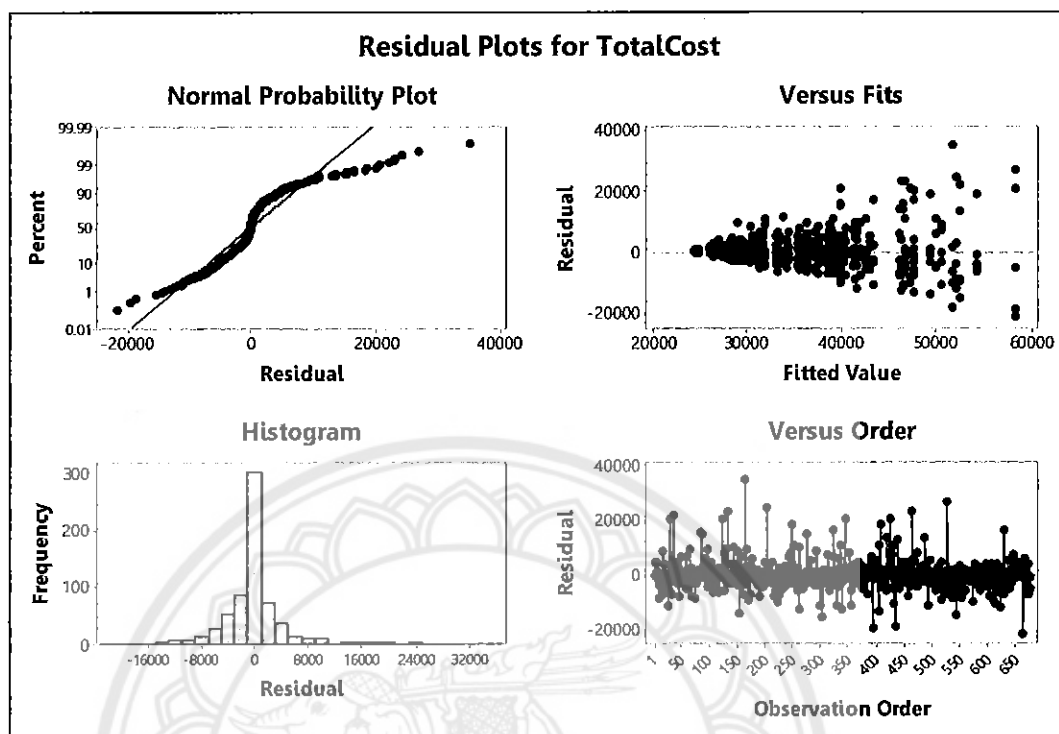
4.11 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น

ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการทดลองนี้ จะเป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงของ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี ว่าส่งผลกระทบต่ออย่างไรกับค่าคำตอบ โดยใช้วิธีการออกแบบการทดลอง แบบแฟกทอเรียลแบบสมบูรณ์ (Full Factorial Design : FFD) การประมวลผลโดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) ในรูปแบบเชิงทั่วไป (General Linear Model) ซึ่งจะแสดงค่าผลรวมกำลังสอง (Sum of Square : SS) ค่า P-value ด้วยโปรแกรม Minitab 16 เพื่ออธิบายถึงผลกระทบจากปัจจัยหลัก (Main Effect) และผลกระทบระหว่างปัจจัยร่วม (Interaction Factors) ค่า P-value สามารถบ่งบอกได้ว่าปัจจัยใดมีผลกระทบต่อการทดลอง เมื่อค่า P-value มีค่าน้อยกว่า 0.05 แสดงให้เห็นว่าปัจจัยนั้นมีผลกระทบต่อการทดลองที่นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05)

ในผลการวิเคราะห์ได้กำหนดตัวแปรโดย

Tmax	คือ อุณหภูมิเริ่มต้น
Eq	คือ จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ
Cr	คือ อัตราการเย็นตัว
LS	คือ วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ

4.11.1 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 1



รูปที่ 4.56 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1

จากรูปที่ 4.56 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

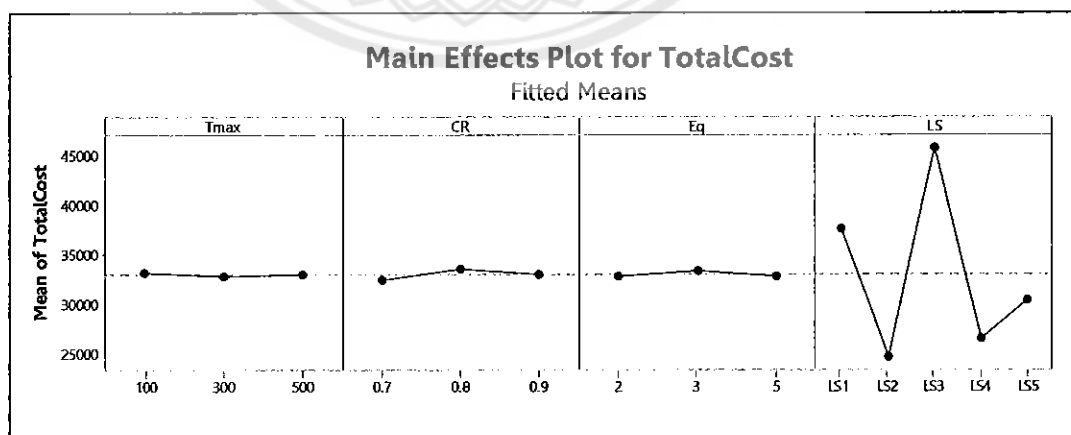
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	46741037249	348813711	10.26	0.000
Linear	10	42379898498	4237989850	124.63	0.000
Tmax	2	18698671	9349336	0.27	0.760
CR	2	162448430	81224215	2.39	0.093
Eq	2	43092018	21546009	0.63	0.531
LS	4	42155659379	10538914845	309.92	0.000
2-Way Interactions	36	1239469591	34429711	1.01	0.451
Tmax*CR	4	271151552	67787888	1.99	0.094
Tmax*Eq	4	159337975	39834494	1.17	0.322
Tmax*LS	8	32733433	4091679	0.12	0.998
CR*Eq	4	244201143	61050286	1.80	0.128
CR*LS	8	335030814	41878852	1.23	0.278
Eq*LS	8	197014673	24626834	0.72	0.670
3-Way Interactions	56	2751347114	49131198	1.44	0.023
Tmax*CR*Eq	8	97805363	12225670	0.36	0.941
Tmax*CR*LS	16	782020406	48876275	1.44	0.119
Tmax*Eq*LS	16	770298044	48143628	1.42	0.128
CR*Eq*LS	16	1101223302	68826456	2.02	0.010
4-Way Interactions	32	370322046	11572564	0.34	1.000
Tmax*CR*Eq*LS	32	370322046	11572564	0.34	1.000
Error	540	18362974570	34005508		
Total	674	65104011819			

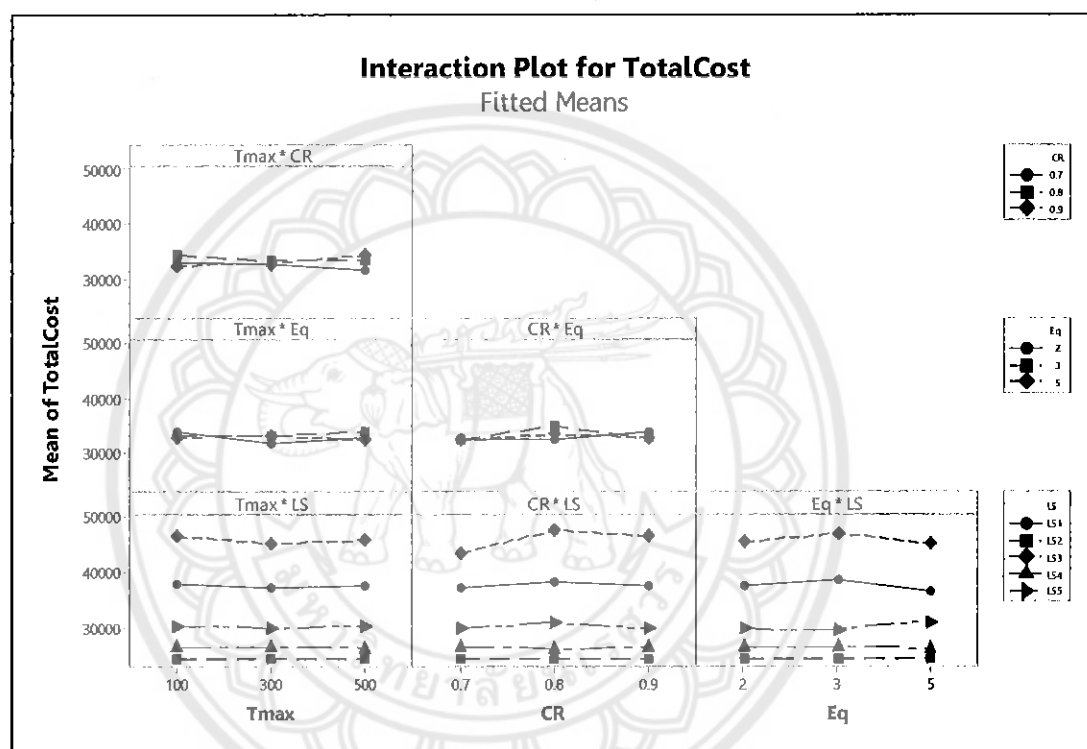
รูปที่ 4.57 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 1

จากรูปที่ 4.57 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ อัตราการเย็นตัว \times จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอนุกรม \times วิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบ



รูปที่ 4.58 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1

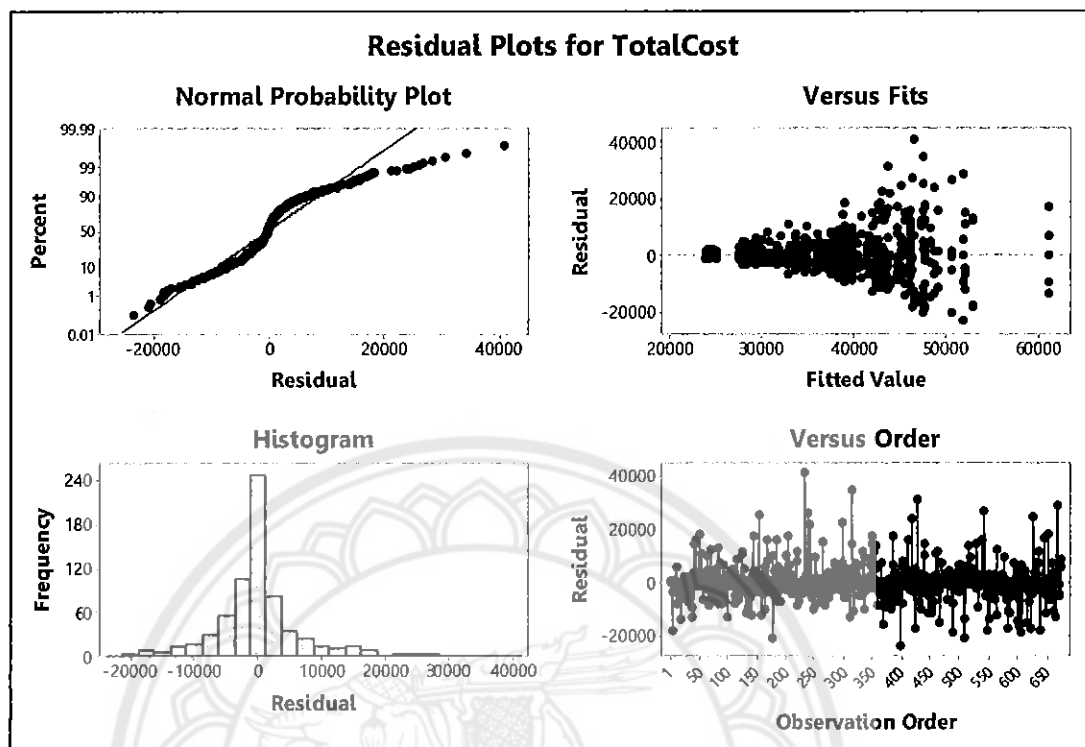
จากรูปที่ 4.58 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงค่าตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงค่าตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงค่าตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 97 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 3 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.59 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 1

จากรูปที่ 4.59 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ที่ปัจจัย อัตราการเย็นตัว \times วิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบให้ผลอยู่ที่ $0.7 \times LS2$ และจำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ \times วิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบให้ผลอยู่ที่ $3 \times LS2$ สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ใน ชุดที่ 97 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 3 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 24,234.37 บาท

4.11.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 2



รูปที่ 4.60 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2

จากรูปที่ 4.60 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

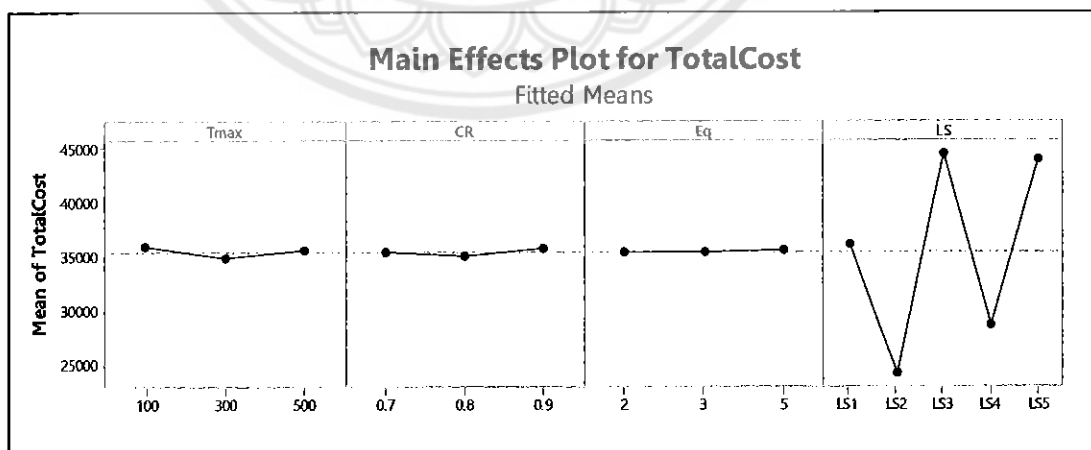
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	51276755459	382662354	6.54	0.000
Linear	10	44518484050	4451848405	76.06	0.000
Tmax	2	104323850	52161925	0.89	0.411
CR	2	59521642	29760821	0.51	0.602
Eq	2	2148111	1074056	0.02	0.982
LS	4	44352490447	11088122612	189.43	0.000
2-Way Interactions	36	1641257175	45590477	0.78	0.820
Tmax*CR	4	157671956	39417989	0.67	0.611
Tmax*Eq	4	151904216	37976054	0.65	0.628
Tmax*LS	8	397599776	49699972	0.85	0.560
CR*Eq	4	270288047	67572012	1.15	0.330
CR*LS	8	531576949	66447119	1.14	0.338
Eq*LS	8	132216231	16527029	0.28	0.972
3-Way Interactions	56	2782362091	49685037	0.85	0.774
Tmax*CR*Eq	8	554201402	69275175	1.18	0.307
Tmax*CR*LS	16	778944519	48684032	0.83	0.650
Tmax*Eq*LS	16	489564083	30597755	0.52	0.936
CR*Eq*LS	16	959652087	59978255	1.02	0.428
4-Way Interactions	32	2334652142	72957879	1.25	0.169
Tmax*CR*Eq*LS	32	2334652142	72957879	1.25	0.169
Error	540	31608116523	58533549		
Total	674	82884871981			

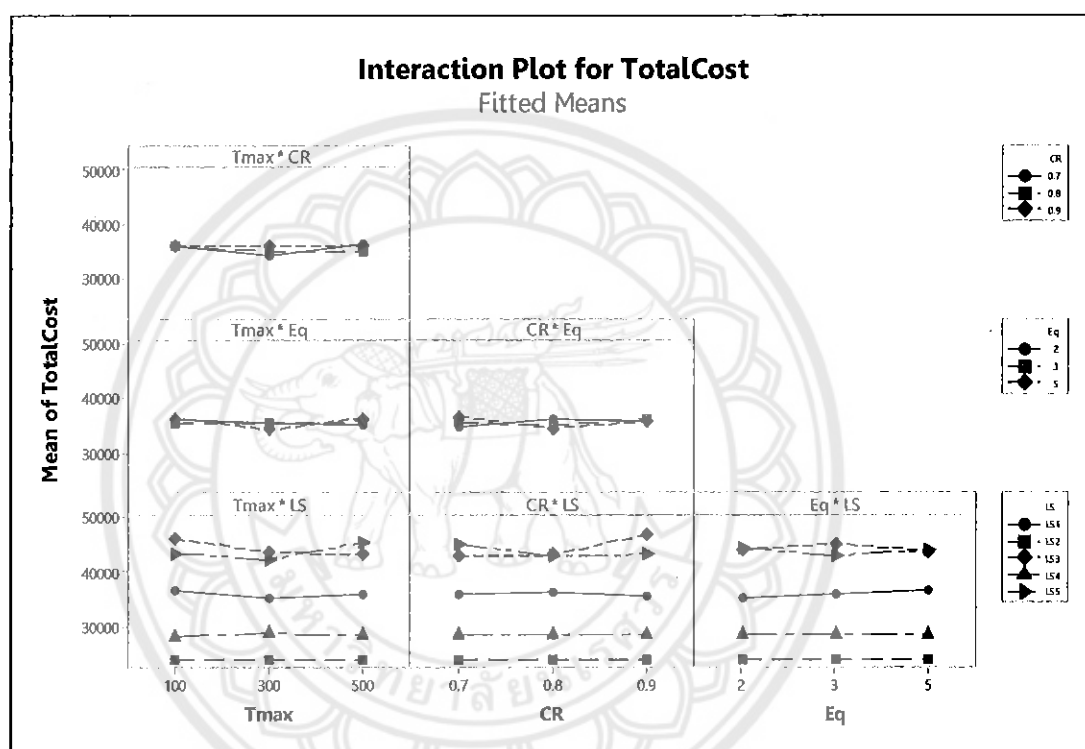
รูปที่ 4.61 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 2

จากรูปที่ 4.61 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อการใช้การเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อการใช้การเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.62 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2

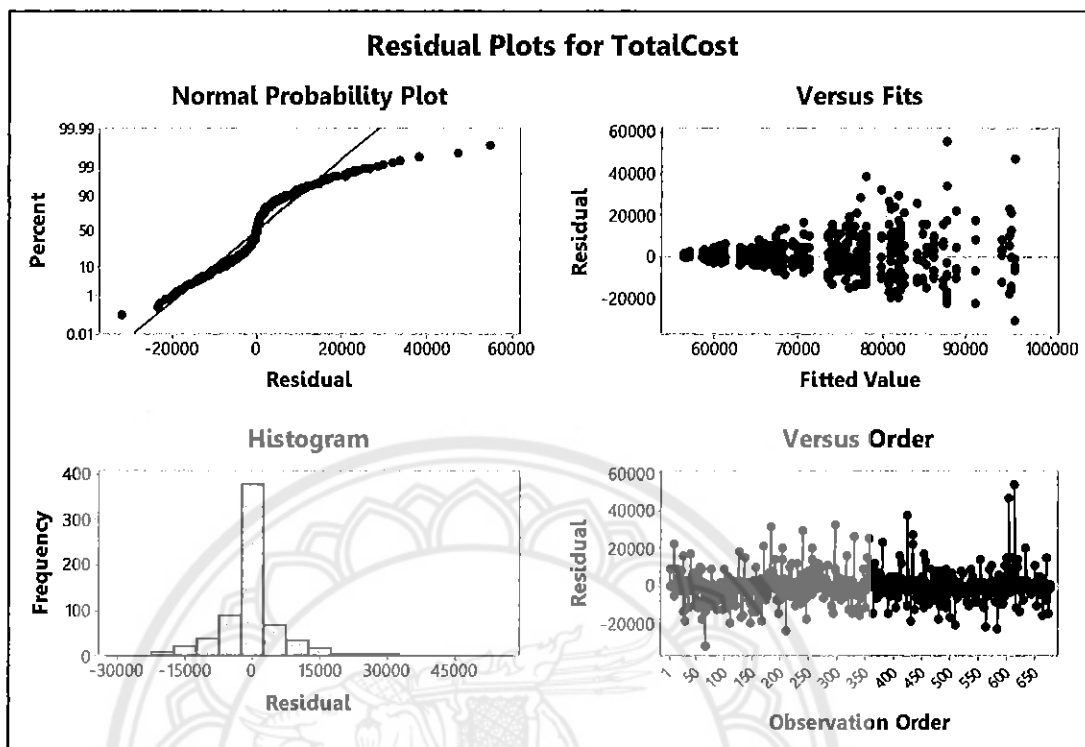
จากรูปที่ 4.62 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 52 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 3 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.63 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 2

จากรูปที่ 4.63 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเท่าไร สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 52 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 3 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 23,739.28 บาท

4.11.3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดเล็ก 3



รูปที่ 4.64 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดเล็ก 3

จากรูปที่ 4.64 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

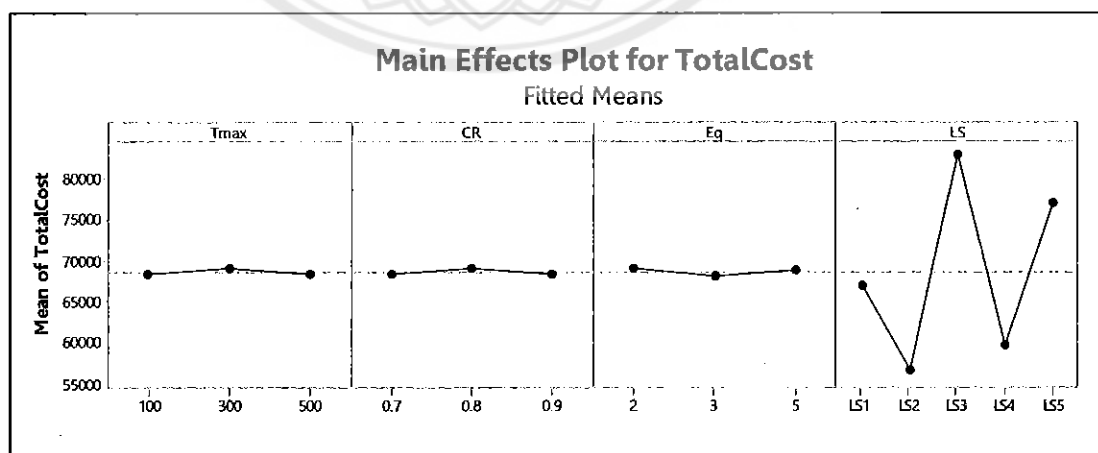
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	79175614037	590862791	7.96	0.000
Linear	10	68850535150	6885053515	92.70	0.000
Tmax	2	55575833	27787916	0.37	0.688
CR	2	78755868	39377934	0.53	0.589
Eq	2	130713655	65356828	0.88	0.415
LS	4	68585489794	17146372449	230.86	0.000
2-Way Interactions	36	2932657951	81462721	1.10	0.325
Tmax*CR	4	757513902	189378476	2.55	0.038
Tmax*Eq	4	485046271	121261568	1.63	0.165
Tmax*LS	8	61440231	7680029	0.10	0.999
CR*Eq	4	238856545	59714136	0.80	0.523
CR*LS	8	649631015	81203877	1.09	0.366
Eq*LS	8	740169987	92521248	1.25	0.270
3-Way Interactions	56	4881290938	87165910	1.17	0.190
Tmax*CR*Eq	8	777606996	97200875	1.31	0.236
Tmax*CR*LS	16	1332181477	83261342	1.12	0.331
Tmax*Eq*LS	16	1501392068	93837004	1.26	0.216
CR*Eq*LS	16	1270110397	79381900	1.07	0.382
4-Way Interactions	32	2511129997	78472812	1.06	0.385
Tmax*CR*Eq*LS	32	2511129997	78472812	1.06	0.385
Error	540	40106824196	74271897		
Total	674	1.19282E+11			

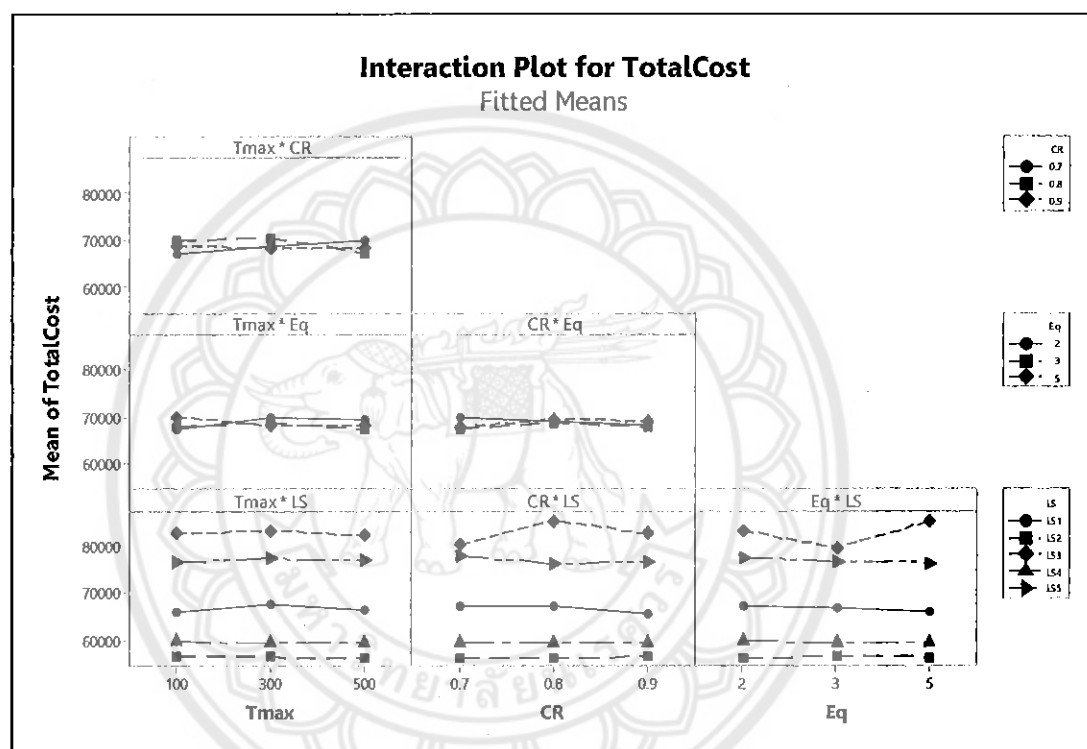
รูปที่ 4.65 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดเล็กรูปที่ 3

จากรูปที่ 4.65 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ อุณหภูมิเริ่มต้น x อัตราการเย็นตัว



รูปที่ 4.66 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดเล็กรูปที่ 3

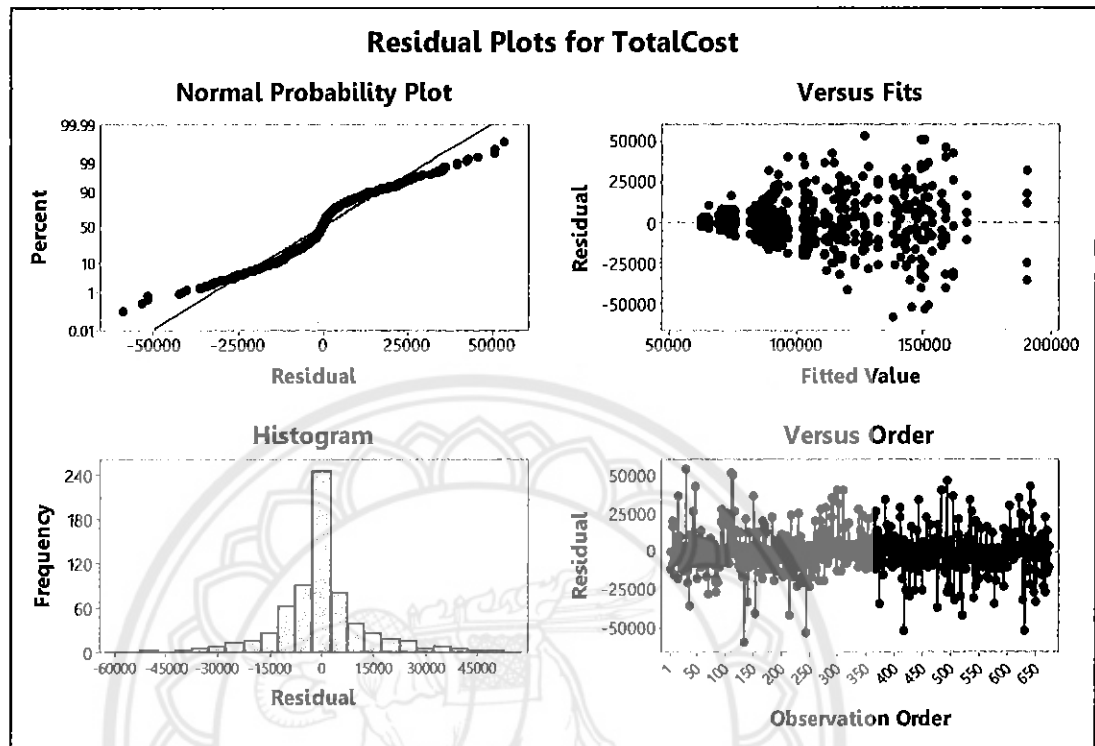
จากรูปที่ 4.66 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.67 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดเล็ก 3

จากรูปที่ 4.67 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ที่ปัจจัยอุณหภูมิเริ่มต้น \times อัตราการเย็นตัวให้ผลอยู่ที่ 500×0.7 สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ใน ชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 56,169.51 บาท

4.11.4 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลาง 1



รูปที่ 4.68 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1

จากรูปที่ 4.68 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

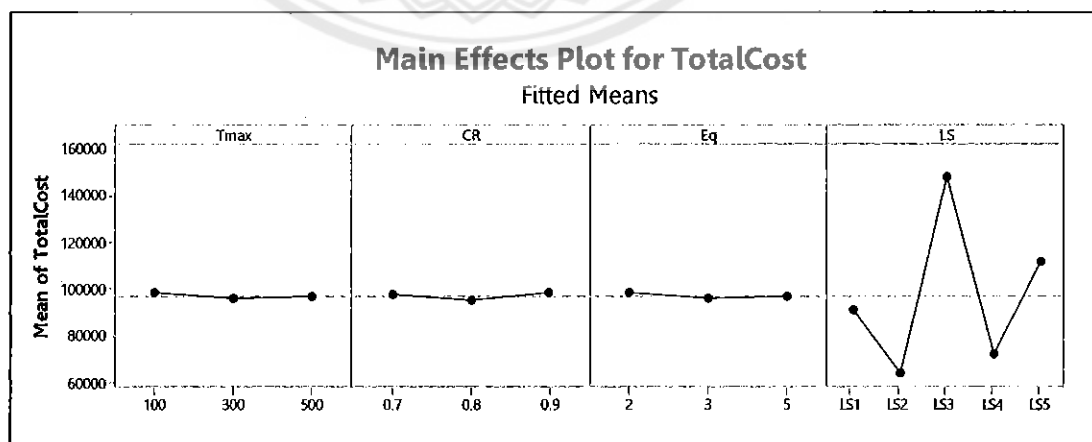
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	6.50254E+11	4852639218	21.55	0.000
Linear	10	6.13861E+11	61386113343	272.61	0.000
Tmax	2	374411424	187205712	0.83	0.436
CR	2	1636526188	818263094	3.63	0.027
Eq	2	937892002	468946001	2.08	0.126
LS	4	6.10912E+11	1.52728E+11	678.24	0.000
2-Way Interactions	36	13074252109	363173670	1.61	0.015
Tmax*CR	4	3191913053	797978263	3.54	0.007
Tmax*Eq	4	153179465	38294866	0.17	0.954
Tmax*LS	8	2893742431	361717804	1.61	0.120
CR*Eq	4	992604301	248151075	1.10	0.355
CR*LS	8	3364212097	420526512	1.87	0.063
Eq*LS	8	2478600762	309825095	1.38	0.204
3-Way Interactions	56	15615200296	278842862	1.24	0.123
Tmax*CR*Eq	8	2680479566	335059946	1.49	0.159
Tmax*CR*LS	16	6536915635	408557227	1.81	0.026
Tmax*Eq*LS	16	3216021227	201001327	0.89	0.578
CR*Eq*LS	16	3181783868	198861492	0.88	0.589
4-Way Interactions	32	7703069375	240720918	1.07	0.368
Tmax*CR*Eq*LS	32	7703069375	240720918	1.07	0.368
Error	540	1.21599E+11	225182534		
Total	674	7.71852E+11			

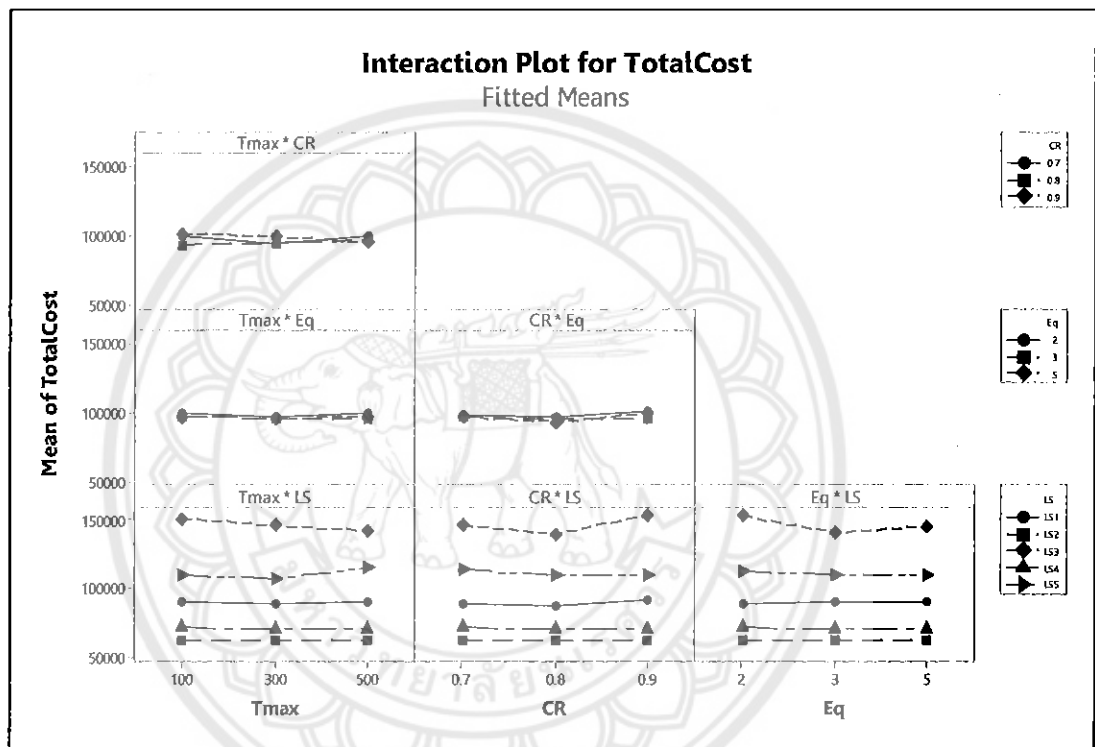
รูปที่ 4.69 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 1

จากรูปที่ 4.69 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ อุณหภูมิเริ่มต้น \times อัตราการเย็นตัว และอุณหภูมิเริ่มต้น \times อัตราการเย็นตัว \times วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ตามลำดับ



รูปที่ 4.70 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1

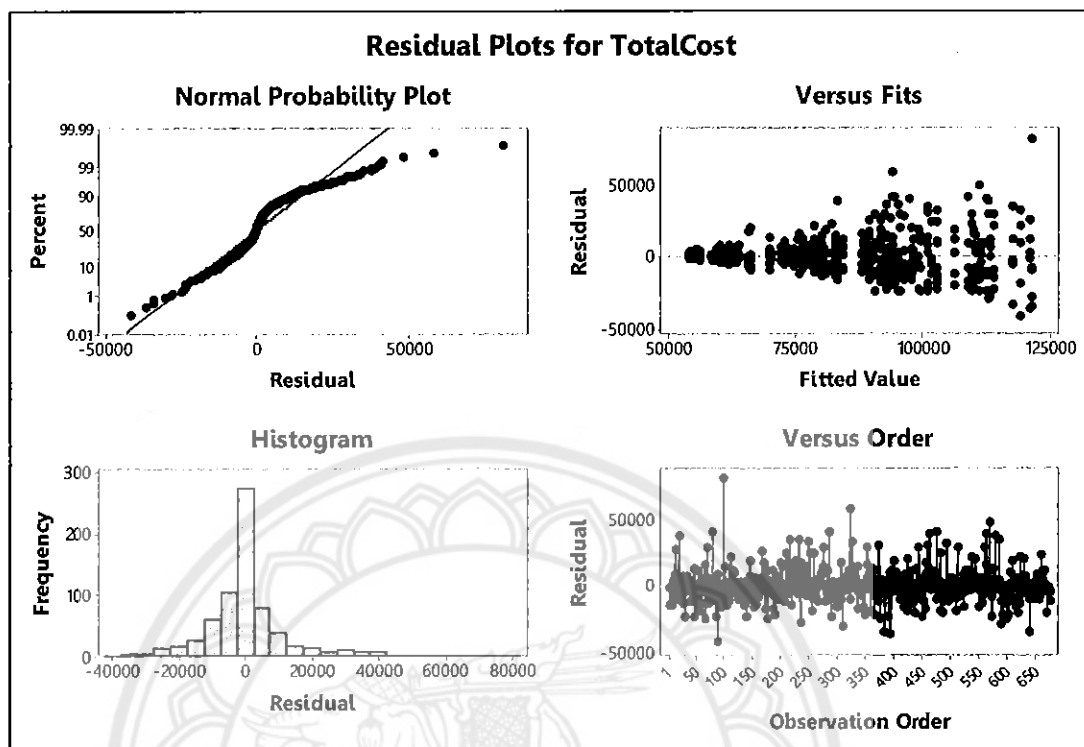
จากรูปที่ 4.70 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 102 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 5 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.71 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 1

จากรูปที่ 4.71 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ที่ปัจจัย อัตราการเย็นตัวให้ผลอยู่ที่ 0.7 อุณหภูมิเริ่มต้น \times อัตราการเย็นตัวให้ผลอยู่ที่ 500 \times 0.7 และอุณหภูมิเริ่มต้น \times อัตราการเย็นตัว \times วิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบให้ผลอยู่ที่ 500 \times 0.7 \times LS2 สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 102 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 700 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 5 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 62,475.62 บาท

4.11.5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลาง 2



รูปที่ 4.72 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2

จากรูปที่ 4.72 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

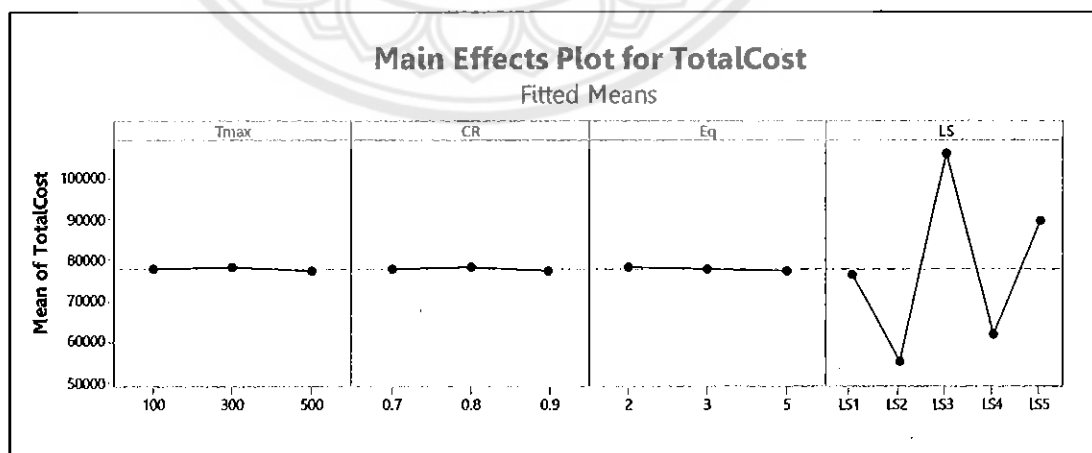
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	2.51854E+11	1879509475	11.02	0.000
Linear	10	2.35283E+11	23528335861	138.01	0.000
Tmax	2	141933308	70966654	0.42	0.660
CR	2	76477556	38238778	0.22	0.799
Eq	2	93509252	46754626	0.27	0.760
LS	4	2.34971E+11	58742859624	344.56	0.000
2-Way Interactions	36	2372269638	65896379	0.39	1.000
Tmax*CR	4	129514590	32378647	0.19	0.944
Tmax*Eq	4	667210327	166802582	0.98	0.419
Tmax*LS	8	759353274	94919159	0.56	0.813
CR*Eq	4	301861758	75465440	0.44	0.778
CR*LS	8	355100558	44387570	0.26	0.978
Eq*LS	8	159229131	19903641	0.12	0.999
3-Way Interactions	56	9507735274	169780987	1.00	0.487
Tmax*CR*Eq	8	856326420	107040803	0.63	0.755
Tmax*CR*LS	16	2454265356	153391585	0.90	0.570
Tmax*Eq*LS	16	4144344902	259021556	1.52	0.088
CR*Eq*LS	16	2052798596	128299912	0.75	0.740
4-Way Interactions	32	4690906153	146590817	0.86	0.690
Tmax*CR*Eq*LS	32	4690906153	146590817	0.86	0.690
Error	540	92063635001	170488213		
Total	674	3.43918E+11			

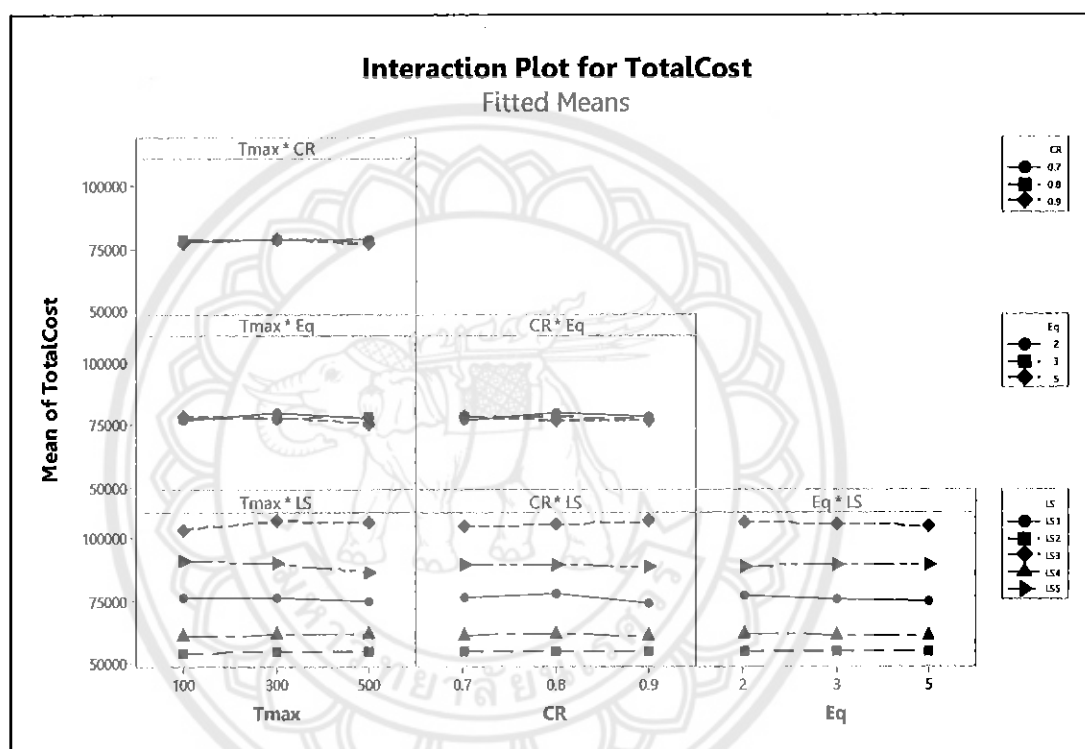
รูปที่ 4.73 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 2

จากรูปที่ 4.73 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมาก



รูปที่ 4.74 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 2

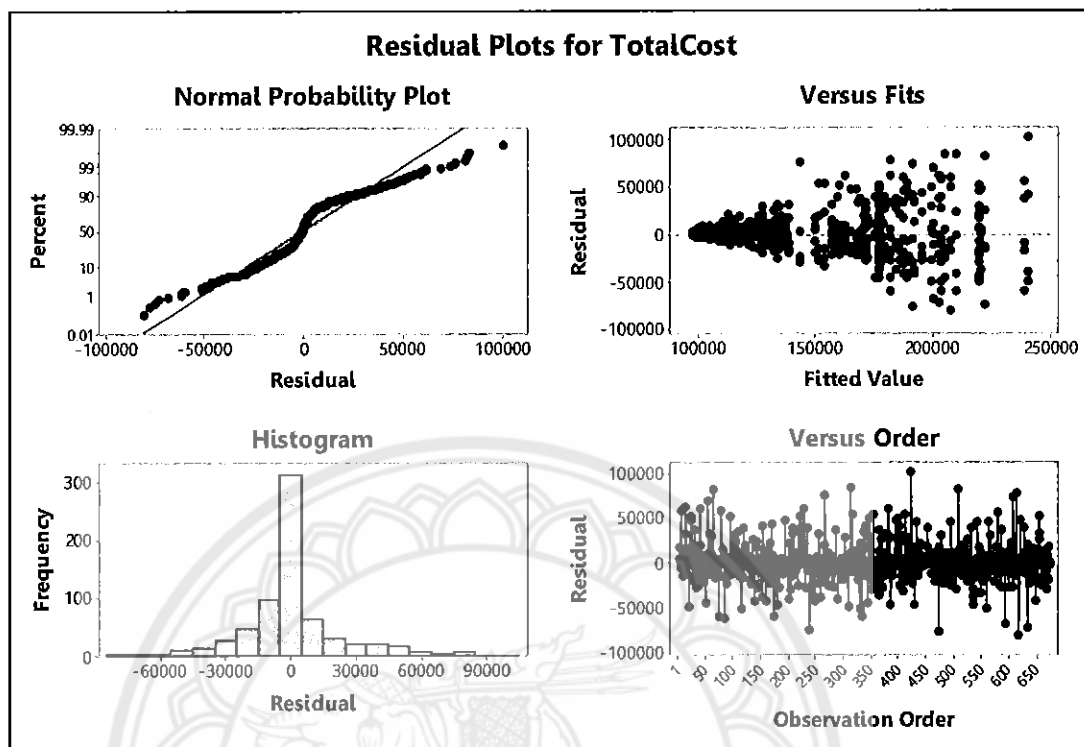
จากรูปที่ 4.74 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.75 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 2

จากรูปที่ 4.75 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเท่าไร สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 53,937.91 บาท

4.11.6 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดกลาง 3



รูปที่ 4.76 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3

จากรูปที่ 4.76 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

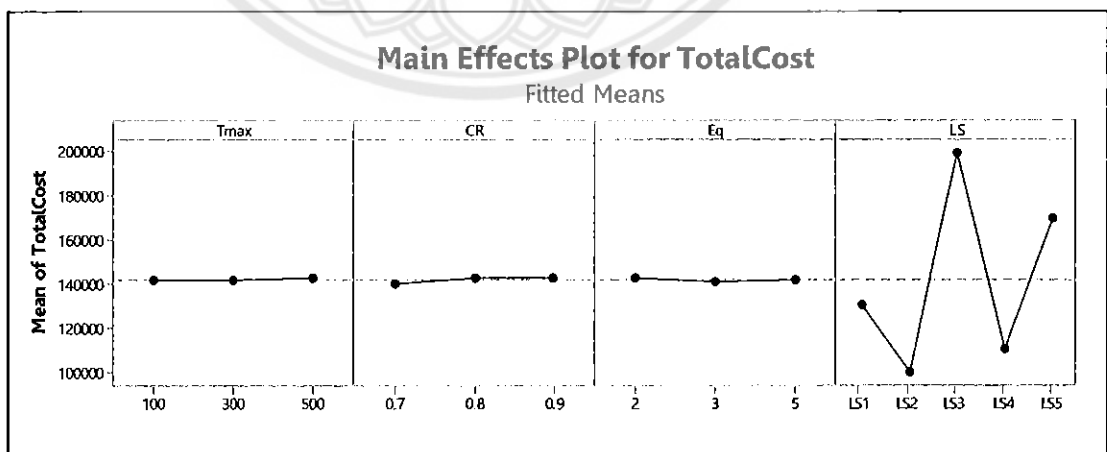
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	1.01591E+12	7581449556	12.91	0.000
Linear	10	9.43578E+11	94357763558	160.63	0.000
Tmax	2	207647888	103823944	0.18	0.838
CR	2	939353307	469676653	0.80	0.450
Eq	2	338640663	169320332	0.29	0.750
LS	4	9.42092E+11	2.35523E+11	400.94	0.000
2-Way Interactions	36	16567221798	460200606	0.78	0.815
Tmax*CR	4	1678451670	419612918	0.71	0.582
Tmax*Eq	4	2149330898	537332724	0.91	0.455
Tmax*LS	8	1602694347	200336793	0.34	0.950
CR*Eq	4	3315362379	828840595	1.41	0.229
CR*LS	8	4900646886	612580861	1.04	0.402
Eq*LS	8	2920735618	365091952	0.62	0.760
3-Way Interactions	56	41418547368	739616917	1.26	0.106
Tmax*CR*Eq	8	3230328071	403791009	0.69	0.703
Tmax*CR*LS	16	13440443589	840027724	1.43	0.122
Tmax*Eq*LS	16	12389768531	774360533	1.32	0.180
CR*Eq*LS	16	12358007178	772375449	1.31	0.182
4-Way Interactions	32	14350835700	448463616	0.76	0.824
Tmax*CR*Eq*LS	32	14350835700	448463616	0.76	0.824
Error	540	3.17214E+11	587434162		
Total	674	1.33313E+12			

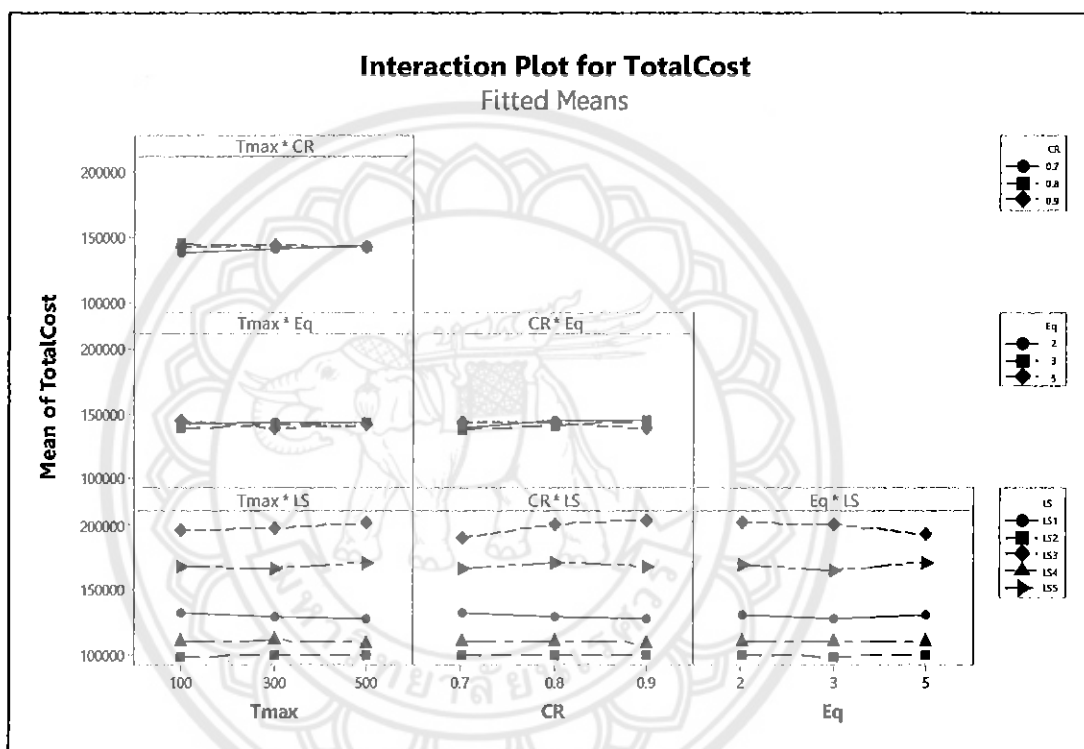
รูปที่ 4.77 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดกลาง 3

จากรูปที่ 4.77 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.78 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3

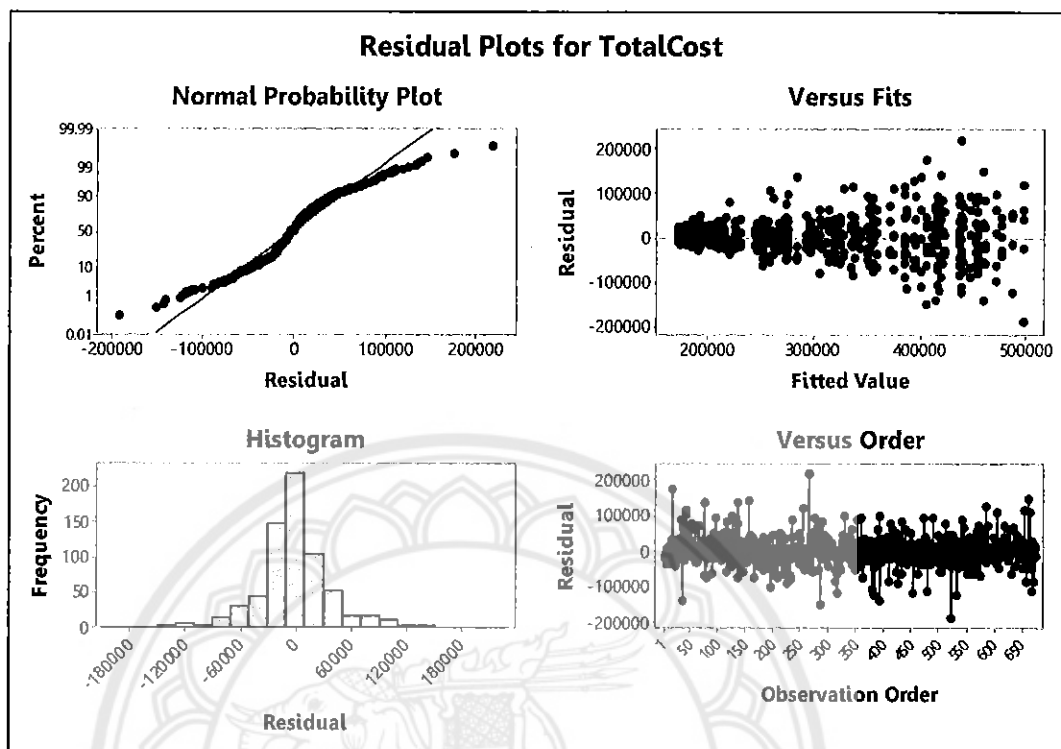
จากรูปที่ 4.78 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.79 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดกลาง 3

จากรูปที่ 4.79 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเท่าไร สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 92 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 500 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 97,093.71 บาท

4.11.7 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 1



รูปที่ 4.80 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

จากรูปที่ 4.80 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

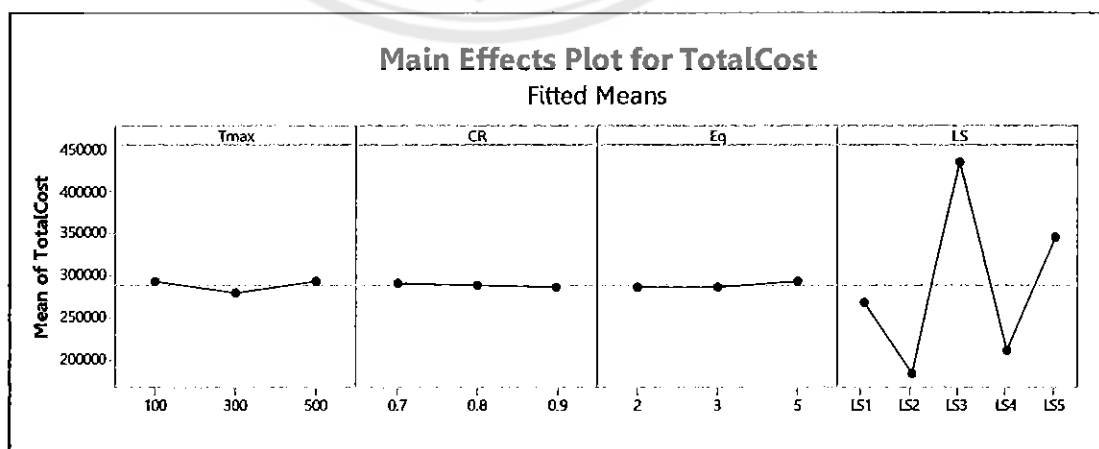
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	6.07744E+12	45353999958	21.69	0.000
Linear	10	5.78753E+12	5.78753E+11	276.77	0.000
Tmax	2	24721876963	12360938481	5.91	0.003
CR	2	1204546617	602273309	0.29	0.750
Eq	2	5840287615	2920143808	1.40	0.248
LS	4	5.75576E+12	1.43894E+12	688.13	0.000
2-Way Interactions	36	1.10983E+11	3082871804	1.47	0.040
Tmax*CR	4	14169038356	3542259589	1.69	0.150
Tmax*Eq	4	22947886227	5736971557	2.74	0.028
Tmax*LS	8	28706451031	3588306379	1.72	0.092
CR*Eq	4	1133806492	283451623	0.14	0.969
CR*LS	8	24929236063	3116154508	1.49	0.158
Eq*LS	8	19096966760	2387120845	1.14	0.333
3-Way Interactions	56	1.35745E+11	2424023902	1.16	0.208
Tmax*CR*Eq	8	32276721613	4034590202	1.93	0.054
Tmax*CR*LS	16	47146179322	2946636208	1.41	0.132
Tmax*Eq*LS	16	21690269437	1355641840	0.65	0.845
CR*Eq*LS	16	34632168118	2164510507	1.04	0.417
4-Way Interactions	32	43179172197	1349349131	0.65	0.935
Tmax*CR*Eq*LS	32	43179172197	1349349131	0.65	0.935
Error	540	1.12918E+12	2091082535		
Total	674	7.20662E+12			

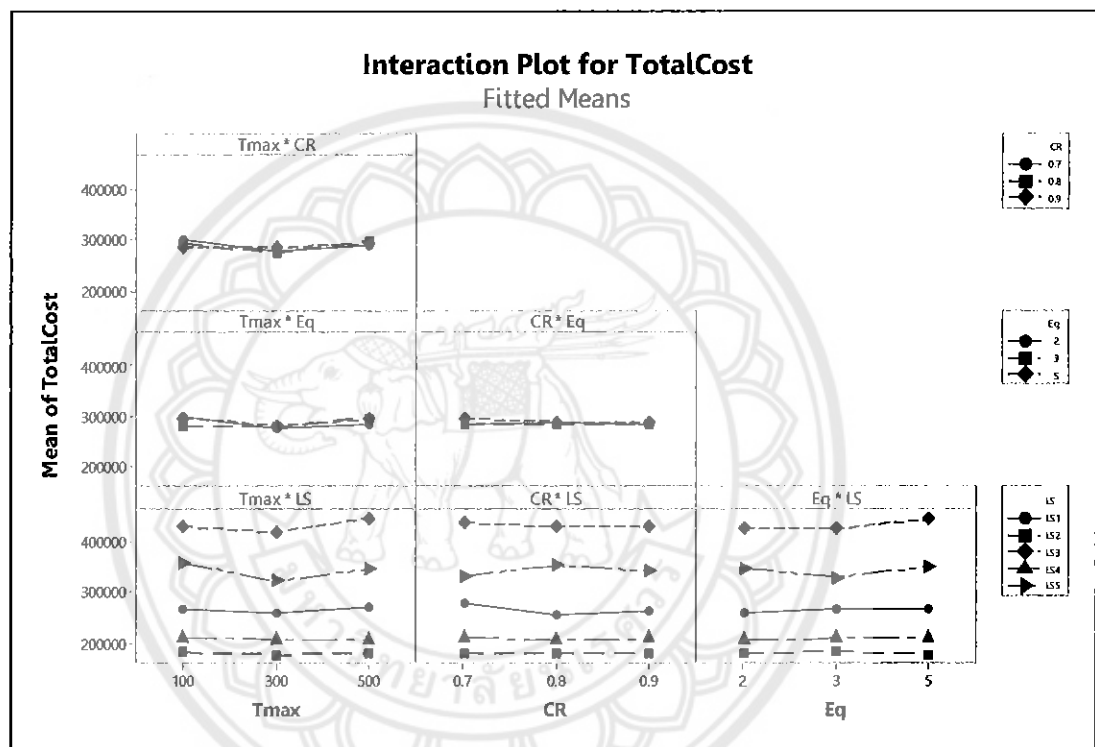
รูปที่ 4.81 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

จากรูปที่ 4.81 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด รองลงมา คือ อุณหภูมิเริ่มต้น และอุณหภูมิเริ่มต้น x จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิ



รูปที่ 4.82 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

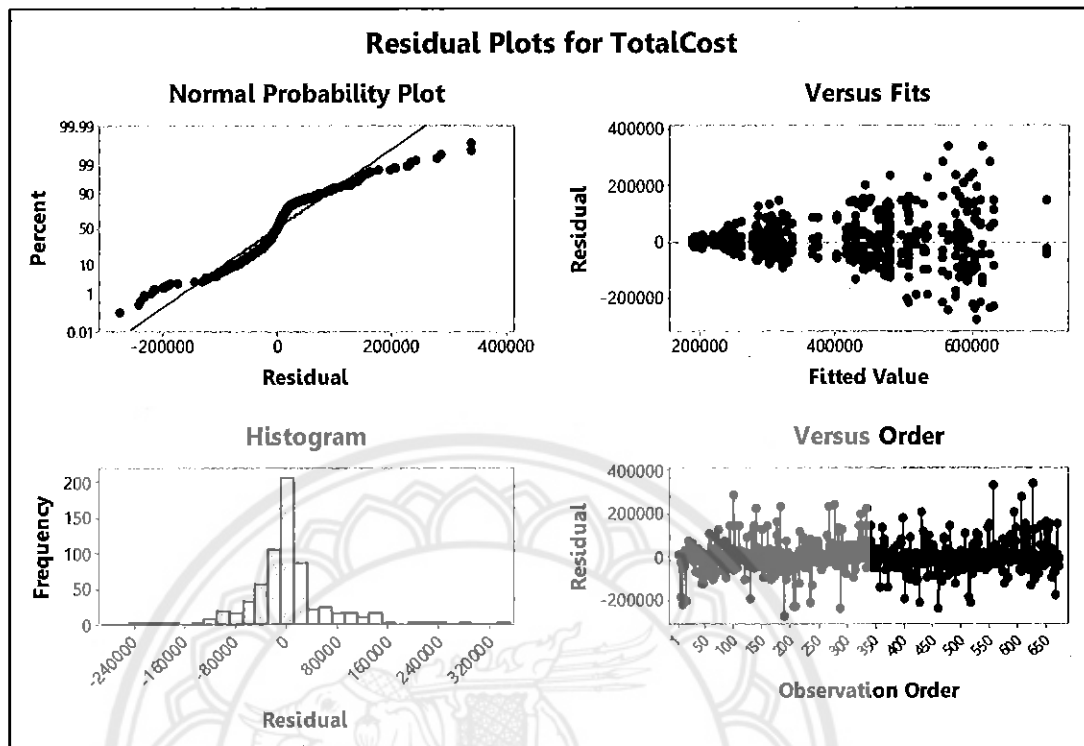
จากรูปที่ 4.82 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ำยต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 47 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7



รูปที่ 4.83 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 1

จากรูปที่ 4.83 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยอุณหภูมิเริ่มต้นให้ผลอยู่ที่ 300 และอุณหภูมิเริ่มต้น x จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิให้ผลอยู่ที่ 300 x 2 สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 47 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.7 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 171,728.96 บาท

4.11.8 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 2



รูปที่ 4.84 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

จากรูปที่ 4.84 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

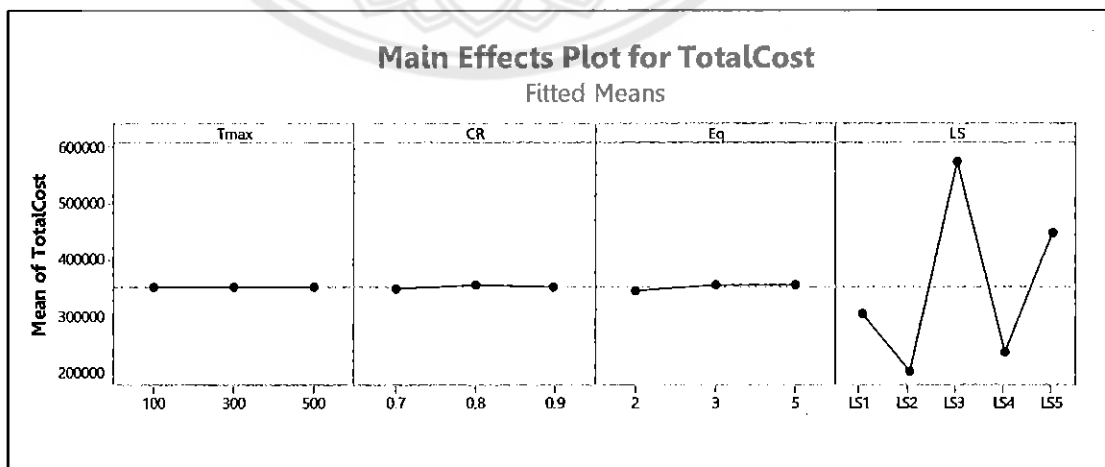
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	1.36465E+13	1.01839E+11	16.92	0.000
Linear	10	1.31170E+13	1.31170E+12	217.90	0.000
Tmax	2	291171899	145585949	0.02	0.976
CR	2	10946983435	5473491718	0.91	0.403
Eq	2	10207748791	5103874396	0.85	0.429
LS	4	1.30956E+13	3.27389E+12	543.85	0.000
2-Way Interactions	36	1.41351E+11	3926420953	0.65	0.943
Tmax*CR	4	8965281698	2241320425	0.37	0.828
Tmax*Eq	4	19387958178	4846989545	0.81	0.522
Tmax*LS	8	12247637610	1530954701	0.25	0.980
CR*Eq	4	23392095401	5848023850	0.97	0.423
CR*LS	8	59280009065	7410001133	1.23	0.278
Eq*LS	8	18078172360	2259771545	0.38	0.934
3-Way Interactions	56	2.72743E+11	4870413993	0.81	0.837
Tmax*CR*Eq	8	51754070940	6469258868	1.07	0.379
Tmax*CR*LS	16	39534044902	2470877806	0.41	0.980
Tmax*Eq*LS	16	61103658298	3818978644	0.63	0.857
CR*Eq*LS	16	1.20351E+11	7521963092	1.25	0.225
4-Way Interactions	32	1.15350E+11	3604675776	0.60	0.962
Tmax*CR*Eq*LS	32	1.15350E+11	3604675776	0.60	0.962
Error	540	3.25071E+12	6019840923		
Total	674	1.68972E+13			

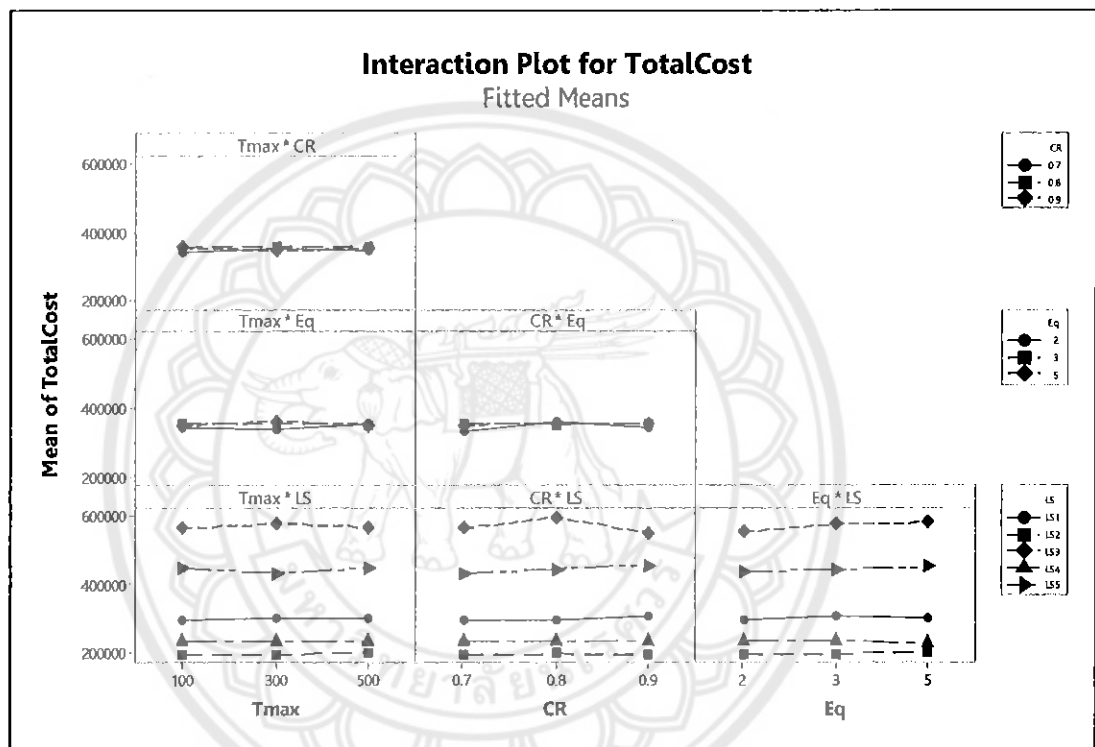
รูปที่ 4.85 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

จากรูปที่ 4.85 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.86 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

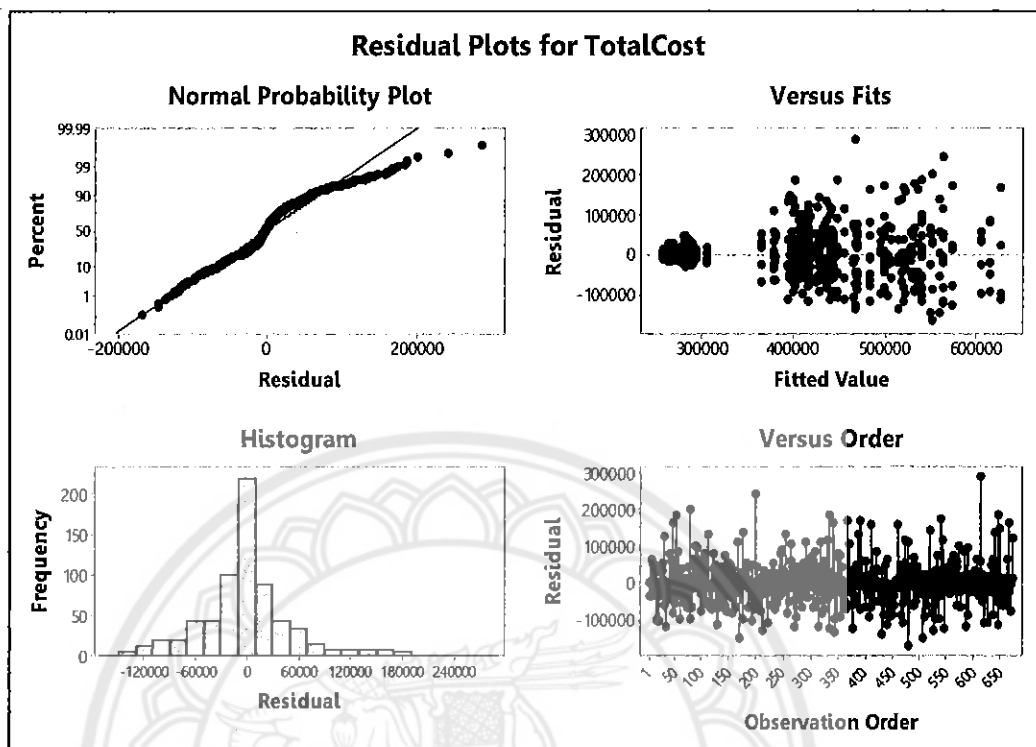
จากรูปที่ 4.86 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงคำตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงคำตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงคำตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงคำตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 62 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.8



รูปที่ 4.87 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 2

จากรูปที่ 4.87 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของคำตอบเท่าไร สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 62 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 300 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.8 และวิธีการที่ใช้ในการหาคำตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 189,096.76 บาท

4.11.9 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัญหาขนาดใหญ่ 3



รูปที่ 4.88 แสดงการวิเคราะห์ ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.88 จะพบว่า กราฟของ Normal Probability Plot จะมีลักษณะเป็นเส้นตรงมีการกระจายตัวแบบปกติ และกราฟ Histogram มีลักษณะเป็นรูปประฆังคว่ำ แสดงว่าข้อมูลที่มาจากการทดลองเป็นไปเงื่อนไขข้อสมมติที่สำคัญในการวิเคราะห์ความแปรปรวน

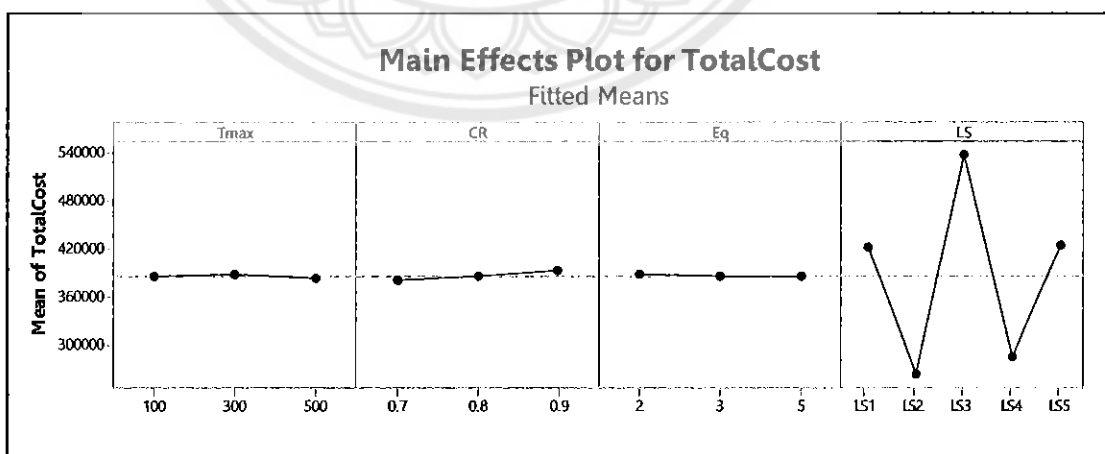
General Factorial Regression: TotalCost versus Tmax, CR, Eq, LS

Analysis of Variance

Source	DF	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	134	7.31393E+12	54581532316	14.76	0.000
Linear	10	6.97560E+12	6.97560E+11	188.66	0.000
Tmax	2	1879908305	939954153	0.25	0.776
CR	2	17453587607	8726793804	2.36	0.095
Eq	2	1846693144	923346572	0.25	0.779
LS	4	6.95441E+12	1.73860E+12	470.21	0.000
2-Way Interactions	36	1.04970E+11	2915833359	0.79	0.808
Tmax*CR	4	2044220981	511055245	0.14	0.968
Tmax*Eq	4	8608845486	2152211371	0.58	0.676
Tmax*LS	8	17826609740	2228326218	0.60	0.776
CR*Eq	4	10791820558	2697955140	0.73	0.572
CR*LS	8	30774067746	3846758468	1.04	0.404
Eq*LS	8	34924436425	4365554553	1.18	0.308
3-Way Interactions	56	1.42218E+11	2539612434	0.69	0.959
Tmax*CR*Eq	8	2950618574	368827322	0.10	0.999
Tmax*CR*LS	16	46356103410	2897256463	0.78	0.705
Tmax*Eq*LS	16	24947734058	1559233379	0.42	0.977
CR*Eq*LS	16	67963840265	4247740017	1.15	0.306
4-Way Interactions	32	91141908695	2848184647	0.77	0.815
Tmax*CR*Eq*LS	32	91141908695	2848184647	0.77	0.815
Error	540	1.99663E+12	3697469564		
Total	674	9.31056E+12			

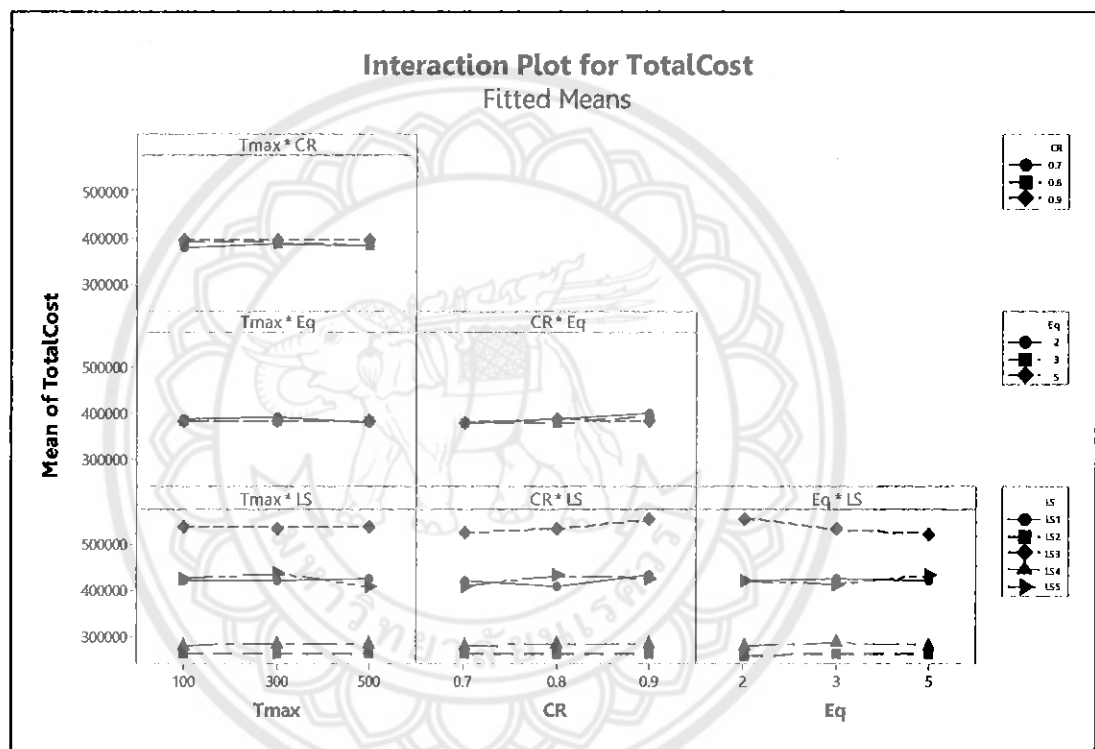
รูปที่ 4.89 แสดง ANOVA ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.89 พบว่า ปัจจัยที่มีค่า P-value ต่ำกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 ทำให้ปัจจัยนั้นส่งผลกระทบต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบ คือ ปัจจัยวิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่าคำตอบมากที่สุด



รูปที่ 4.90 แสดง Main Effect Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.90 เมื่อพิจารณาผลกระทบจากปัจจัยหลัก คือ อุณหภูมิเริ่มต้น จำนวนรอบในการวนแต่ละระดับอุณหภูมิ อัตราการเย็นตัว และการปรับปรุงค่าตอบโดยวิธี 5 วิธี จะเห็นได้ว่าปัจจัยในการปรับปรุงค่าตอบส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงค่าตอบมากที่สุด และเมื่อวิเคราะห์จาก Main Effect Plot วิธีการปรับปรุงค่าตอบที่ให้ค่าเฉลี่ยใช้จ่ายต่ำที่สุด คือ LS2 ซึ่งเมื่อนำ LS2 มาวิเคราะห์ โดยการแยกดูแค่เฉพาะชุดค่าพารามิเตอร์ที่มีการใช้ LS2 พบว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 17 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 และอัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.8



รูปที่ 4.91 แสดง Interaction Plot ของปัญหาขนาดใหญ่ 3

จากรูปที่ 4.91 เมื่อพิจารณาผลกระทบร่วมระหว่างปัจจัยหลัก พบว่า ปัจจัยแต่ละคู่มีค่า P-value มากกว่าระดับนัยสำคัญ 0.05 จึงทำให้ปัจจัยนั้นไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบเท่าไร สรุปได้ว่า ค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมจะอยู่ในชุดที่ 17 คือ อุณหภูมิเริ่มต้นเท่ากับ 100 จำนวนรอบในการค้นหาในแต่ละระดับอุณหภูมิเท่ากับ 2 อัตราการเย็นตัวเท่ากับ 0.8 และวิธีการที่ใช้ในการหาค่าตอบ คือ LS2 จะได้ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 256,139.18 บาท

สรุปผลจากการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ควรเลือกใช้ ซึ่งเลือกมาจากค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในปัญหาขนาดต่างๆ พบว่าในแต่ละปัญหาค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดมีการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมือนกัน แต่มีค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายเป็นไปในทิศทาง

คำตอบเดียวกัน คือ Local Search และ Local Search ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด คือ LS2 หรือ 3-Opt/3-Opt*

4.12 การแสดงผลลัพธ์และการสรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้นที่ได้กับวิธีอื่นๆ

หลังจากที่ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้ในหัวข้อ 4.7 แล้ว ต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด และการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งในโครงการนี้ทางคณะผู้ดำเนินโครงการได้นำผลการวิจัยของ ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีกลุ่มอนุภาค ซึ่งเป็นโครงการของ นางสาวจิราภรณ์ ห่องบุตรศรี และคณะ (2559) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการอาณานิคมมด ซึ่งเป็นโครงการของนางสาวธัญญากานต์ แสงคำ และคณะ (2559) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ ซึ่งเป็นโครงการของนางสาวสิริธร บุญมี และคณะ (2559) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการเชิงพันธุกรรม ซึ่งเป็นโครงการของนางสาวนันทิชา คำภูมิ และคณะ (2559) เพื่อมาเปรียบเทียบกับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง ดังตารางที่ 4.28, 4.29 และ 4.30

4.12.1 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ตารางที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ลักษณะของปัญหา	ค่าต่ำสุดของค่าใช้จ่ายรวม (บาท)				
	SA	PSO	GA	ILS	ACO
เล็ก1	23,893.02	29,123.27	26,644.94	24,347.33	28,870.17
เล็ก2	23,739.28	37,818.23	28,459.53	24,695.11	34,237.61
เล็ก3	55,651.92	62,380.85	59,882.67	57,767.77	62,321.64
กลาง1	60,176.81	96,891.17	81,512.83	66,249.49	94,339.23
กลาง2	51,966.12	78,821.88	68,537.76	56,957.33	75,308.14
กลาง3	94,531.93	150,488.02	134,026.06	99,988.22	140,709.85
ใหญ่1	153,462.97	347,448.74	333,672.75	178,921.01	329,113.77
ใหญ่2	170,073.20	444,897.07	404,912.32	199,095.92	423,618.06
ใหญ่3	244,708.42	429,646.90	399,124.14	257,447.08	370,300.87

4.12.2 การเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ตารางที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ

ลักษณะ ของปัญหา	ค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด (บาท)				
	SA	PSO	GA	ILS	ACO
เล็ก1	24,234.37	31,805.25	28,423.36	25,531.55	30,664.37
เล็ก2	35,493.22	40,941.35	31,246.72	26,141.67	37,604.02
เล็ก3	56,169.51	67,209.14	63,399.25	58,289.76	65,132.57
กลาง1	62,475.62	105,144.94	91,761.15	68,522.97	103,551.72
กลาง2	53,937.91	83,787.68	74,680.05	58,520.60	79,452.00
กลาง3	97,093.71	163,262.82	143,563.30	102,382.83	151,241.94
ใหญ่1	171,728.96	371,638.45	354,556.89	189,243.84	353,222.80
ใหญ่2	189,096.76	476,458.17	430,266.97	214,379.76	457,695.52
ใหญ่3	256,139.18	458,880.46	433,075.46	270,195.11	383,293.66

จากตารางที่ 4.28 และ 4.29 สรุปได้ว่า เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดและค่าเฉลี่ยของค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดกับวิธีต่างๆ ทั้ง 9 ปัญหา มีปัญหาขนาดเล็ก 3 ขนาด ปัญหาขนาดกลาง 3 ขนาด และปัญหาขนาดใหญ่ 3 ขนาด ซึ่งวิธีของคณะผู้ดำเนินโครงการ คือ วิธีบออ่อนจำลองให้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดและดีที่สุดสำหรับปัญหา 9 ข้อ

4.12.3 การเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธีการอบอุ่นจำลองกับวิธีอื่นๆ

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ โดยที่

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

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

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

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

วิธี ACO คือ Windows 10 Intel core i5-5200 U, up to 2.7 GHZ

ตารางที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของวิธี SA กับวิธีอื่นๆ

ลักษณะของปัญหา	เวลาที่ใช้ในการคำนวณผลลัพธ์ (วินาที)				
	SA	PSO	GA	ILS	ACO
เล็ก1	1.92	5.77	10.62	1.14	13.21
เล็ก2	1.50	5.31	9.78	1.00	11.41
เล็ก3	1.97	6.42	11.63	1.32	15.29
กลาง1	3.10	10.05	17.17	2.08	32.71
กลาง2	3.22	9.89	16.90	2.58	32.60
กลาง3	3.21	10.37	17.60	2.22	42.89
ใหญ่1	5.09	16.18	29.75	3.26	87.33
ใหญ่2	3.37	13.75	24.25	2.76	82.15
ใหญ่3	5.78	20.61	31.84	4.81	94.78

จากตารางที่ 4.30 จะเห็นได้ว่า วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำจะใช้เวลาในการประมวลผลเร็วกว่าวิธีอื่นๆ ทั้งหมด 9 ปัญหา และวิธีของคณะผู้ดำเนินโครงการใช้เวลาในการประมวลผลเป็นลำดับที่ 2 จากทั้งหมด 5 วิธีการ

4.13 การอภิปรายการออกแบบการทดลองของค่าพารามิเตอร์

จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของโจทย์ปัญหา 3 ขนาด ขนาดละ 3 ข้อ มีทั้งหมด 2 กรณี คือ กรณีที่ 1 รถทุกคันจะบรรทุกเต็มความจุตอนออกเดินทางไปส่งลูกค้า และกรณีที่ 2 รถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น สรุปได้ว่า

กรณีที่ 1 รถทุกคันจะบรรทุกเต็มความจุตอนออกเดินทางไปส่งลูกค้า ซึ่งค่า P-Value ของค่า LS มีค่าน้อยกว่า 0.05 ของโจทย์ปัญหาทั้งหมด 9 ขนาด ค่า T_{max} ของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก 2 และค่า Eq ของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง 2 เมื่อพิจารณา 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า T_{max} x LS ของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก 2 และเมื่อพิจารณา 3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า T_{max} x CR x LS และค่า T_{max} x CR x Eq ของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ 1 และโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ 2 ตามลำดับ ดังนั้นโจทย์ปัญหาที่มีค่าพารามิเตอร์น้อยกว่า 0.05 มีค่านัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบของโจทย์ปัญหา แต่เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าค่าพารามิเตอร์มากกว่า 0.05 สามารถเลือกใช้ชุดค่าพารามิเตอร์แต่ละระดับได้เลย เพราะจะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบของโจทย์ปัญหา

กรณีที่ 2 รถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น ซึ่งค่า P-Value ของค่า LS มีค่าน้อยกว่า 0.05 ของโจทย์ปัญหาทั้งหมด 9 ขนาด ค่า T_{max} ของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก 2 และค่า CR ค่า T_{max} ของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง 1 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ 1 เมื่อพิจารณา 2 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า T_{max} x CR ของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก 3 และโจทย์ปัญหาขนาดกลาง 4 ค่า T_{max} x Eq ของโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ 1 และเมื่อพิจารณา 3 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อค่า T_{max} x CR x LS และ CR x Eq x LS ของโจทย์ปัญหาขนาดเล็ก 1 และโจทย์ปัญหาขนาดกลาง 1 ดังนั้นโจทย์ปัญหาที่มีค่าพารามิเตอร์น้อยกว่า 0.05 มีค่านัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบของโจทย์ปัญหา แต่เมื่อพิจารณาแล้วพบว่าค่าพารามิเตอร์มากกว่า 0.05 สามารถเลือกใช้ชุดค่าพารามิเตอร์แต่ละระดับได้เลย เพราะจะไม่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าคำตอบของโจทย์ปัญหา

4.14 ตรวจสอบความถูกต้องของโปรแกรม

โดยการตรวจสอบจากค่าคำตอบที่ได้จากโปรแกรมการคำนวณโดยใช้เครื่องคิดเลข
ในการตรวจสอบค่าคำตอบ

4.14.1 กรณีรถทุกคันจะบรรทุกเต็มความจุตอนออกเดินทางไปส่งลูกค้า เพื่อให้เกิดความเข้าใจ
ในการตรวจสอบค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมจึงขอยกตัวอย่างการตรวจสอบ
ค่าคำตอบจากโจทย์ปัญหาขนาดกลาง 3 แสดงดังตารางที่ 4.31

ตารางที่ 4.31 แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโจทย์ขนาดกลาง 3

คำตอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	755,628.018
2	751,244.135
3	756,760.356
4	743,965.086
5	753,643.744
6	743,258.556
7	751,112.230
8	752,210.729
9	749,423.473
10	755,163.356
11	755,071.681
12	751,112.230
13	751,390.501
14	757,533.563
15	742,309.980
16	756,767.805
17	749,762.110
18	746,773.094
19	757,539.517
20	761,828.310
21	751,112.230
22	754,982.088
23	757,765.285
24	751,865.217
25	753,852.376
26	757,987.676
27	742,992.373

ตารางที่ 4.31 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโจทย์ขนาดกลาง 3

คำตอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
28	749,468.132
29	744,259.031
30	804,932.005
31	795,841.920
32	763,036.821
33	725,206.958
34	749,342.026
35	763,286.246
36	737,087.318
37	751,271.201
38	777,704.876
39	765,251.771
40	811,131.776
41	818,403.608
42	786,642.331
43	750,379.333
44	750,726.566
45	773,381.154
46	768,507.178
47	763,255.212
48	779,681.777
49	720,479.760
50	754,107.117
51	774,457.342
52	752,444.403
53	766,429.103
54	780,342.956
55	755,980.734
56	805,142.847
57	818,403.608
58	805,860.801
59	737,851.628
60	751,629.499
61	787,261.222
62	808,998.010

ตารางที่ 4.31 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโจทย์ขนาดกลาง 3

คำตอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
63	772,790.520
64	764,316.663
65	838,573.704
66	852,784.089
67	745,510.291
68	801,570.270
69	753,046.376
70	785,726.669
71	729,150.524
72	754,342.686
73	726,986.738
74	841,193.140
75	861,893.831
76	815,098.648
77	757,151.514
78	789,777.392
79	780,582.291
80	803,574.094
81	766,718.302
82	817,044.223
83	855,870.525
84	765,918.094
ค่าใช้จ่ายต่ำสุด	720,479.760

จากตารางที่ 4.31 สามารถแสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะในแต่ละคัน
ของโจทย์ปัญหาขนาดกลาง 3 พบว่า ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด คือ 720,479.760 บาท

ตารางที่ 4.32 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทก์ปัญหา

ขนาดกลาง 3

ยานพาหนะ คันที่	เส้นทางในการ ขนส่ง	ความ ต้องการ สินค้า	ค่าใช้จ่ายที่ เกิดจาก ระยะทาง	ค่าใช้จ่ายจาก การบรรทุก สินค้า	ค่าปรับ จากการ ล่วงเวลา	ค่าใช้จ่ายจาก การเลือก ยานพาหนะ
1	0-35-46-38-0	39	241.95	11,284.86	1,135.00	10
2	0-15-8-27-0	40	265.75	15,929.09	0	10
3	0-48-14-11-0	47	187.37	13,204.88	4,000.14	10
4	0-13-0	12	100.31	8,828.12	0	10
5	0-28-20-0	30	220.31	15,483.28	0	10
6	0-17-9-25-0	46	190.79	9,852.54	716.91	10
7	0-0	0	0	0	0	0
8	0-42-32-0	19	161.14	10,909.58	0	10
9	0-0	0	0	0	0	0
10	0-40-1-37-0	40	319.24	21,412.37	0	10
11	0-0	0	0	0	0	0
12	0-5-41-44- 47-43-19-0	69	547.71	60,045.60	1,478.08	20
13	0-36-0	9	76.23	14,389.44	0	20
14	0-0	0	0	0	0	0
15	0-0	0	0	0	0	0
16	0-24-23-0	20	162.05	28,490.47	1,280.18	20
17	0-10-26-0	26	152.10	26,213.98	0	20
18	0-30-50-0	22	166.53	28,901.40	0	20
19	0-7-33-0	33	206.66	33,372.06	57.57	20
20	0-3-0	14	129.15	23,570.75	0	20
21	0-0	0	0	0	0	0
22	0-0	0	0	0	0	0
23	0-16-49-0	19	231.10	40,115.20	0	20
24	0-0	0	0	0	0	0
25	0-39-31-0	42	196.68	27,680.88	0	20
26	0-0	0	0	0	0	0
27	0-12-0	16	198.14	52,084.68	0	30
28	0-22-0	4	180.26	50,475.23	0	30
29	0-29-45-4-0	38	419.71	90,986.84	0	30
30	0-0	0	0	0	0	0
31	0-0	0	0	0	0	0

ตารางที่ 4.32 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทก์ปัญหา

ขนาดกลาง 3

ยานพาหนะ คันที่	เส้นทางในการ ขนส่ง	ความ ต้องการ สินค้า	ค่าใช้จ่ายที่ เกิดจาก ระยะทาง	ค่าใช้จ่ายจาก การบรรทุก สินค้า	ค่าปรับ จากการ ล่วงเวลา	ค่าใช้จ่ายจาก การเลือก ยานพาหนะ
32	0-21-0	7	165.76	45,704.75	0	30
33	0-2-18-34-0	76	248.71	44,235.23	0	30
34	0-0	0	0	0	0	0
35	0-6-0	10	122.72	33,310.20	0	30
ค่าใช้จ่ายรวมแต่ละประเภท			4,890.47	706,481.40	8,667.89	440
ค่าใช้จ่ายรวม			720,479.7643			

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวม = ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ + มีค่าใช้จ่าย
จากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า + ค่าปรับจากการล่วงเวลา มีค่าเท่ากับ 440 +
4,890.47 + 706,481.40 + 8,667.89 = 720,479.7643 บาท

4.14.2 กรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น เพื่อให้เกิดความ
เข้าใจในการตรวจสอบค่าคำตอบที่ได้จากการคำนวณโดยโปรแกรมจึงขอยกตัวอย่างการตรวจสอบ
ค่าคำตอบจากโจทก์ปัญหาขนาดกลาง 3 แสดงดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.33 แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโจทก์ขนาดกลาง 3

คำตอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	291,680.171
2	296,333.958
3	288,355.110
4	278,714.159
5	298,116.784
6	288,619.293
7	300,086.923
8	296,552.427
9	280,527.657
10	293,467.502
11	287,226.875
12	316,577.751
13	295,080.087

ตารางที่ 4.33 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโหนดขนาดกลาง 3

คำตอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
14	276,486.161
15	281,551.159
16	313,421.119
17	312,468.833
18	285,102.286
19	285,097.490
20	298,253.181
21	314,875.326
22	279,972.082
23	274,658.672
24	274,658.672
25	274,658.672
26	274,658.672
27	282,428.865
28	308,923.761
29	317,287.027
30	295,867.205
31	321,166.623
32	312,061.438
33	281,857.386
34	284,007.439
35	290,260.340
36	291,683.099
37	289,020.931
38	315,090.363
39	278,082.187
40	320,834.789
41	318,708.445
42	290,831.342
43	288,416.368
44	288,012.370
45	315,561.635
46	286,573.074
47	315,971.464
48	277,387.395

ตารางที่ 4.33 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายที่ได้จากการทดสอบโจทย์ขนาดกลาง 3

คำตอบ	ค่าใช้จ่าย (บาท)
49	312,607.205
50	285,915.950
51	290,668.540
52	284,665.107
53	286,863.933
54	276,655.018
55	311,285.124
56	281,179.688
57	289,266.132
58	275,805.370
59	301,153.157
60	285,768.950
61	289,432.068
62	285,140.848
63	308,737.373
64	286,436.922
65	290,041.126
66	304,173.838
67	315,277.050
68	291,262.995
69	314,091.706
70	297,033.695
71	303,062.480
72	321,912.751
73	300,791.500
74	286,436.922
75	286,436.922
76	321,990.933
77	303,592.125
78	288,446.202
79	302,268.520
80	319,719.684
81	287,035.774
82	284,014.897
ค่าใช้จ่ายต่ำสุด	274,658.672

จากตารางที่ 4.32 สามารถแสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะในแต่ละคันของโจทก์ปัญหาขนาดกลาง 3 พบว่า ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด คือ 274,658.672 บาท

ตารางที่ 3.34 แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทก์ปัญหาขนาดกลาง 3

ยานพาหนะคันที่	เส้นทางในการขนส่ง	ความต้องการสินค้า	ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ	ค่าใช้จ่ายจากระยะทาง	ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า	ค่าปรับจากการล่วงเวลา
1	0-14-16-17-0	44	10	178.50	7,794.38	0
2	0-48-42-5-36-0	39	10	202.42	10,743.87	6,913.54
3	0-47-0	24	10	120.28	2,886.79	0
4	0-15-17-0	35	10	172.82	6,751.86	0
5	0-41-25-21-0	23	10	261.55	6,474.29	1,416.36
6	0-27-2-45-0	28	10	290.35	9,221.00	0
7	0-30-0	16	10	138.62	2,217.95	0
8	0-0	0	0	-	-	0
9	0-0	0	0	0	0	0
10	0-0	0	0	0	0	0
11	0-8-0	16	20	172.08	3,441.64	0
12	0-13-23-9-0	42	20	270.27	16,148.97	2,135.49
13	0-0	0	0	0	0	0
14	0-29-0	20	20	120.02	3,150.63	0
15	0-4-3-26-24-46-0	64	20	477.73	43,810.14	811.43
16	0-14-16-17-0	44	0	0	0	0
17	0-11-1-0	31	20	252.42	6,825.81	0
18	0-20-0	17	20	147.87	3,142.20	0
19	0-44-0	10	20	144.00	1,800.00	0
20	0-35-39-0	48	20	245.05	14,388.62	1,995.15
21	0-0	0	0	0	0	0
22	0-50-32-0	17	20	307.40	7,259.38	0

ตารางที่ 3.34 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายแต่ละประเภทของยานพาหนะแต่คันของโจทก์ปัญหา

ขนาดกลาง 3

ยานพาหนะ คันที่	เส้นทางในการ ขนส่ง	ความ ต้องการ สินค้า	ค่าใช้จ่ายคงที่ ในการ ใช้ยานพาหนะ	ค่าใช้จ่าย จาก ระยะทาง	ค่าใช้จ่าย ในการบรรทุก สินค้า	ค่าปรับ จากการ ล่วงเวลา
23	0-0	0	0	0	0	0
24	0-0	0	0	0	0	0
25	0-37-34-12- 0	61	20	379.65	27,353.24	1,157.66
26	0-0	0	0	0	0	0
27	0-0	0	0	0	0	0
28	0-19-0	9	30	134.87	1,733.99	0
29	0-43-38-6- 40-22-0	32	30	457.73	17,670.62	2,831.55
30	0-0	0	0	0	0	0
31	0-0	0	0	0	0	0
32	0-0	0	0	0	0	0
33	0-31-18-33- 49-10-0	94	30	556.32	56,077.53	397.20
34	0-0	0	0	0	0	0
35	0-28-0	13	30	137.31	2,550.12	0
ค่าใช้จ่ายรวมแต่ละประเภท			390	5,167.26	251,443.04	17,658.37
ค่าใช้จ่ายรวม				274,658.67		

ดังนั้น ค่าใช้จ่ายรวม = ค่าใช้จ่ายคงที่ในการใช้ยานพาหนะ + มีค่าใช้จ่าย
จากระยะทาง + ค่าใช้จ่ายในการบรรทุกสินค้า + ค่าปรับจากการล่วงเวลา มีค่าเท่ากับ $390 + 5,167.26 + 251,443.04 + 17,658.37 = 274,658.67$ บาท

4.14.3 การตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับจากการล่วงเวลา เพื่อให้เกิด
ความเข้าใจในการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับจากการล่วงเวลาจึงขอยกตัวอย่าง
แสดงดังรูปที่ 4.91

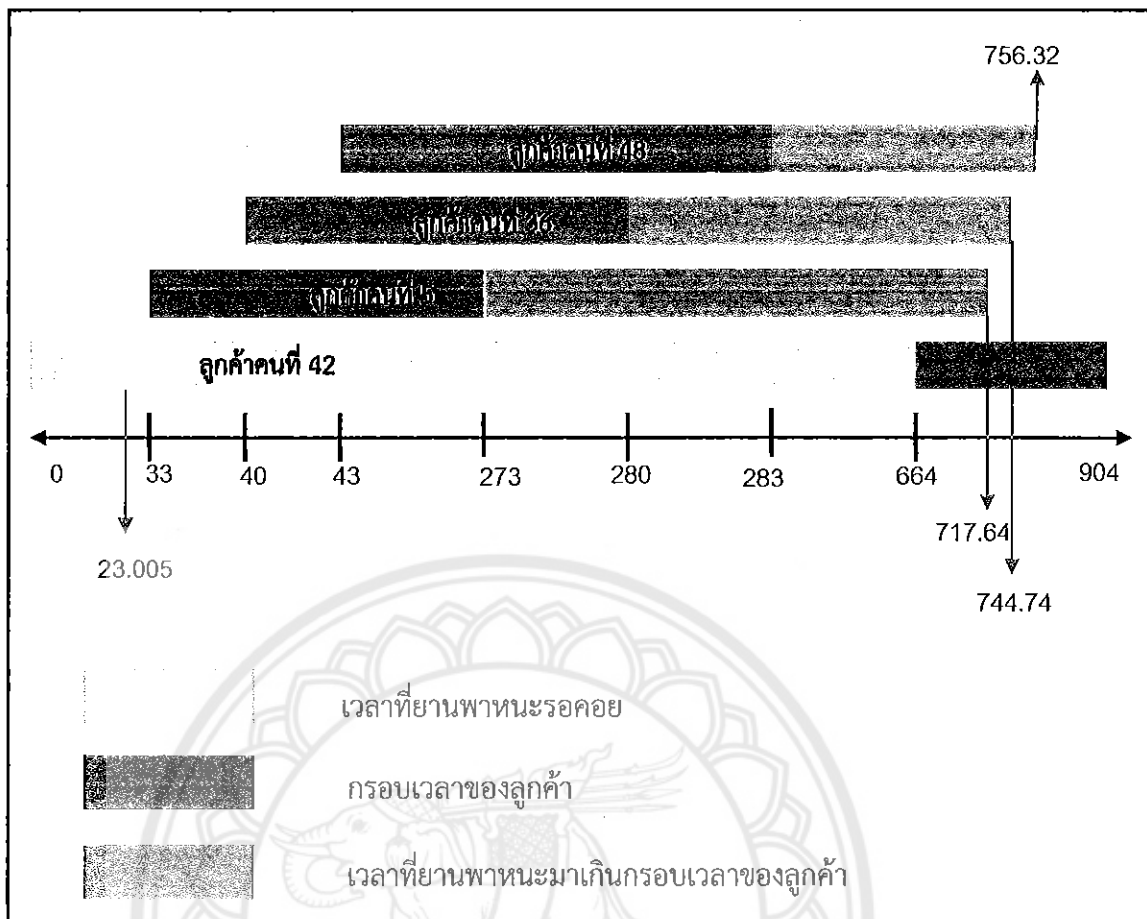
0	48	42	5	36	0
---	----	----	---	----	---

รูปที่ 4.92 แสดงตัวแทนคำตอบของการตรวจสอบความถูกต้องของการคำนวณค่าปรับ

ตารางที่ 4.35 แสดงกรอบเวลาและค่าใช้จ่ายของยานพาหนะ

ลูกค้า	กรอบเวลา เริ่มต้น (ชั่วโมง)	กรอบเวลา สิ้นสุด (ชั่วโมง)	เวลาในการ ขนถ่าย (ชั่วโมง)	ค่าปรับ (บาท/ ชั่วโมง)	ความเร็วของ ยานพาหนะ (ระยะทาง/ชั่วโมง)
48	664	904	10	5	2
42	33	273	10	5	2
5	40	280	10	5	2
36	43	283	10	5	2

จากตารางที่ 4.33 พบว่ายานพาหนะประเภทที่ 1 คันที่ 2 มีความเร็วของยานพาหนะเท่ากับ 2 กิโลเมตร/ชั่วโมง ยานพาหนะออกเดินทางออกจากศูนย์กระจายสินค้าในกรอบเวลาเริ่มต้นที่ 0 โดยใช้เวลาในการเดินทางไปยังลูกค้ารายที่ 48 เท่ากับ $46.01/2 = 23.005$ กิโลเมตร/ชั่วโมง ซึ่งเดินทางไปถึงก่อนกรอบเวลาที่ลูกค้ากำหนดจึงต้องรอให้ถึงกรอบเวลาเริ่มต้นของลูกค้ารายที่ 38 คือ ชั่วโมงที่ 664 ขนถ่ายสินค้าเป็นเวลา 10 ชั่วโมง จากนั้นเดินทางจากลูกค้ารายที่ 48 ไปยังลูกค้ารายที่ 42 เป็นระยะทาง $87.28/2 = 43.64$ กิโลเมตร/ชั่วโมง ดังนั้นยานพาหนะเดินทางไปถึงลูกค้ารายที่ 42 ในชั่วโมงที่ $664 + 10 + 43.64 = 717.64$ ชั่วโมง ซึ่งมาถึงหลังจากกรอบเวลาของลูกค้า $717.64 - 273 = 444.64$ ชั่วโมง ต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า $444.64 \times 5 = 2223.2$ บาท และออกเดินทางจากลูกค้ารายที่ 42 ไปยังรายที่ 5 ในชั่วโมงที่ 717.64 เป็นระยะทาง $34.21/2 = 17.10$ กิโลเมตร/ชั่วโมง ขนถ่ายสินค้าเป็นเวลา 10 ชั่วโมง จึงเดินทางไปถึงลูกค้ารายที่ 5 ในชั่วโมงที่ $717.64 + 10 + 17.10 = 744.74$ ชั่วโมง ซึ่งมาถึงหลังจากกรอบเวลาของลูกค้า $744.74 - 280 = 464.74$ ชั่วโมง ต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า $464.74 \times 5 = 2323.7$ บาท จากนั้นออกจากลูกค้ารายที่ 5 ไปยังลูกค้ารายที่ 36 ในชั่วโมงที่ 744.74 เป็นระยะทาง $3.16/2 = 1.58$ กิโลเมตร/ชั่วโมง ขนถ่ายสินค้าเป็นเวลา 10 ชั่วโมง จึงเดินทางไปถึงลูกค้ารายที่ 36 ในชั่วโมงที่ $744.74 + 1.58 + 10 = 756.32$ ชั่วโมง ซึ่งมาถึงหลังจากกรอบเวลาของลูกค้า $756.32 - 283 = 473.32$ ชั่วโมง ต้องเสียค่าปรับให้กับลูกค้า $473.32 \times 5 = 2366.6$ บาท และหลังจากนั้นเดินทางกลับศูนย์กระจายสินค้า แสดงดังรูปที่ 4.92



รูปที่ 4.93 แสดงเวลาในการขนส่งของยานพาหนะ



บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 จากการทำโครงการในครั้งนี้ทำให้เกิดโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดที่ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด โดยมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด

5.1.2 โปรแกรมช่วยในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง จะทำการประมวลผลหาค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าในเวลาที่รวดเร็ว และได้คำตอบที่น่าพึงพอใจ แม้คำตอบที่ได้นั้น อาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม

5.1.3 วิธีการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ 5 วิธี ได้แก่วิธี 2-Opt/2-Opt*, 3-Opt/3-Opt*, Shift 10, 1-1 Interchange และ 2-2 Interchange

5.1.4 จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุดโดยวิธีการรอบอ่อนจำลอง พบว่า

5.1.4.1 แสดงผลของค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด และค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายที่ต่ำสุด แสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงการสรุปผลค่าใช้จ่ายต่ำสุด และค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด

ลักษณะของปัญหา	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุดค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหาขนาดเล็ก	1	31,324.77	47	300	2	0.7	LS2
	2	110,200.28	22	100	3	0.8	LS2
	3	64,688.90	72	300	5	0.8	LS2
ปัญหากลาง	1	87,973.89	112	500	3	0.8	LS2
	2	67,714.86	32	100	2	0.9	LS2
	3	126,988.53	7	100	3	0.7	LS2
ปัญหาใหญ่	1	283,880.07	112	500	3	0.8	LS2
	2	487,593.93	47	300	2	0.7	LS2
	3	350,553.71	87	300	5	0.9	LS2

จากตารางที่ 5.1 ในการเลือกชุดค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 47 และ 112 เพราะให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดของ 2 ใน 9 จากโจทย์ปัญหาเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

5.1.4.2 สรุปผลการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ควรเลือกใช้ ซึ่งเลือกมาจากค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำที่สุดในปัญหามาขนาดต่างๆ แสดงดังตารางที่ 5.2 และ ตารางที่ 5.3 ดังนี้

ตารางที่ 5.2 แสดงการสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากผลการทดสอบโปรแกรม

ลักษณะของ ปัญหา	ค่าใช้จ่าย ต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุด ค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหา ขนาดเล็ก	1	33,663.68	2	100	2	0.7	LS2
	2	131,032.86	37	100	3	0.9	LS2
	3	68,723.33	42	100	5	0.9	LS2
ปัญหา ขนาด กลาง	1	99,552.46	92	500	2	0.7	LS2
	2	73,783.57	47	300	2	0.7	LS2
	3	149,446.81	107	500	2	0.8	LS2
ปัญหา ขนาดใหญ่	1	315,824.24	122	500	3	0.8	LS2
	2	576,620.65	92	500	2	0.7	LS2
	3	404,478.61	112	500	3	0.8	LS2

ตารางที่ 5.3 แสดงการสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16

ลักษณะของ ปัญหา	ค่าใช้จ่าย ต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุด ค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหา ขนาดเล็ก	1	33,663.68	2	100	2	0.7	LS2
	2	131,032.86	37	100	3	0.9	LS2
	3	68,723.33	42	100	5	0.9	LS2
ปัญหา ขนาด กลาง	1	99,552.46	92	500	2	0.7	LS2
	2	73,783.57	47	300	2	0.7	LS2
	3	149,446.81	107	500	2	0.8	LS2

ตารางที่ 5.3 (ต่อ) แสดงการสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16

ลักษณะของปัญหา	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุดค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหา	1	315,824.24	122	500	3	0.8	LS2
ขนาด	2	576,620.65	92	500	2	0.7	LS2
ใหญ่	3	404,478.61	112	500	3	0.8	LS2

จากตารางที่ 5.2 และ 5.3 ในการเลือกชุดค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากผลการทดสอบโปรแกรม และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 จะเห็นว่าปัญหาขนาดต่างๆ มีการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกัน มีความสอดคล้องกัน

5.1.4.3 ผลค่าใช้จ่ายต่ำสุด และค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด ของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 5.4

ตารางที่ 5.4 แสดงการสรุปผลค่าใช้จ่ายต่ำสุด และค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำสุด ของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น

ลักษณะของปัญหา	ค่าใช้จ่ายต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุดค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหา	1	23,893.02	72	300	5	0.8	LS2
ขนาดเล็ก	2	22,032.01	37	100	3	0.9	LS2
	3	55,651.92	62	300	2	0.8	LS2
ปัญหา	1	60,176.81	102	500	5	0.7	LS2
ขนาดกลาง	2	51,966.12	47	300	2	0.7	LS2
	3	94,531.93	37	100	3	0.9	LS2
ปัญหา	1	153,462.97	87	300	5	0.9	LS2
ขนาดใหญ่	2	170,073.20	87	300	5	0.9	LS2
	3	244,708.42	7	100	3	0.7	LS2

จากตารางที่ 5.4 ในการเลือกชุดค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 87 เพราะให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดของ 2 ใน 9 จากโจทย์ปัญหา เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

5.1.4.4 สรุปผลการเลือกค่าพารามิเตอร์ที่ควรเลือกใช้ ซึ่งเลือกมาจากค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำที่สุดในปัญหาขนาดต่างๆ ของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้า ตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น แสดงดังตารางที่ 5.5 และ ตารางที่ 5.6 ดังนี้

ตารางที่ 5.5 แสดงการสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ของกรณีรถทุกคัน จะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากผลการทดสอบโปรแกรม

ลักษณะของ ปัญหา	ค่าใช้จ่าย ต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุด ค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหา ขนาดเล็ก	1	24,234.37	97	500	3	0.7	LS2
	2	23,739.28	52	300	3	0.7	LS2
	3	56,169.51	92	500	2	0.7	LS2
ปัญหา ขนาด กลาง	1	62,475.62	102	500	5	0.7	LS2
	2	53,937.91	92	500	2	0.7	LS2
	3	97,093.71	92	500	2	0.7	LS2
ปัญหา ขนาดใหญ่	1	171,728.96	47	300	2	0.7	LS2
	2	189,096.76	62	300	2	0.8	LS2
	3	256,139.18	17	100	2	0.8	LS2

ตารางที่ 5.6 แสดงการสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ของกรณีรถทุกคัน จะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16

ลักษณะของ ปัญหา	ค่าใช้จ่าย ต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุด ค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหา ขนาดเล็ก	1	24,234.37	97	500	3	0.7	LS2
	2	23,739.28	52	300	3	0.7	LS2
	3	56,169.51	92	500	2	0.7	LS2

ตารางที่ 5.6 (ต่อ) แสดงการสรุปค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ของกรณีรถทุกคัน จะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16

ลักษณะของ ปัญหา	ค่าใช้จ่าย ต่ำสุด	ค่าพารามิเตอร์					
		ชุด ค่าพารามิเตอร์	Tmax	Eq	CR	Local Search	
ปัญหา	1	62,475.62	102	500	5	0.7	LS2
ขนาด	2	53,937.91	92	500	2	0.7	LS2
กลาง	3	97,093.71	92	500	2	0.7	LS2
ปัญหา	1	171,728.96	47	300	2	0.7	LS2
ขนาด	2	189,096.76	62	300	2	0.8	LS2
ใหญ่	3	256,139.18	17	100	2	0.8	LS2

จากตารางที่ 5.5 และ 5.6 ในการเลือกชุดค่าพารามิเตอร์ที่ควรใช้กับลักษณะปัญหาต่างๆ ของกรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น เพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดจากผลการทดสอบโปรแกรม และจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยโปรแกรม Minitab 16 จะเห็นว่าปัญหาขนาดต่างๆ มีการเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ที่เหมือนกัน มีความสอดคล้องกัน และควรเลือกใช้ค่าพารามิเตอร์ชุดที่ 92 เพราะให้ค่าคำตอบที่ดีที่สุดของ 3 ใน 9 จากโจทย์ปัญหาเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด

5.1.4.5 เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่ได้จากทั้ง 2 กรณี พบว่า กรณีรถทุกคันจะบรรทุกสินค้าตามที่ถูกกำหนดในเส้นทางเท่านั้น มีค่าใช้จ่ายเฉลี่ยต่ำกว่ากรณีบรรทุกสินค้าแบบเต็มคันรถ และมีการเลือกใช้ชุดค่าพารามิเตอร์ที่ไม่เหมือนกัน

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงการ

5.2.1 เนื่องจากคณะผู้ดำเนินโครงการไม่มีพื้นฐานในการเขียนโปรแกรมโดยใช้ภาษา VBA บน Microsoft Excel จึงทำให้ระยะแรกๆ ในการจัดทำโครงการค่อนข้างดำเนินไปด้วยความล่าช้า

5.2.2 การเขียนโปรแกรม และการทดสอบโปรแกรมต้องใช้เวลามาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการทำการปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่นั้น อาจมีความหลากหลายใดที่ให้คำตอบที่ดีกว่า สะดวก และรวดเร็วกว่าในการประมวลผล ซึ่งนั่นอาจจะเป็นเหตุผลให้จะต้องมีการศึกษาหลายๆ แบบต่อไป

5.3.2 ในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการออกแบบ อาจจะต้องมีการศึกษาในหลายๆ รูปแบบ ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ใดมีผลอย่างไร และสามารถเลือกใช้กับปัญหาขนาดใด จึงจะมีความเหมาะสม เพื่อให้ได้คำตอบที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายรวมในการขนส่งต่ำที่สุด

5.3.3 โปรแกรมนี้จะสามารถนำไปใช้ได้กับกรณีที่จำนวนยานพาหนะ และความจุเพียงพอ ต่อความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งหมดเท่านั้น หากผู้ใช้จะนำไปใช้กับการจัดเส้นทางยานพาหนะ ที่มีความต้องการสินค้ามากกว่าจำนวนยานพาหนะ หรือความจุของยานพาหนะ สามารถนำโปรแกรม นี้ไปพัฒนาต่อยอดได้ เพื่อให้สามารถแก้ปัญหากรณีจำนวนยานพาหนะ และความจุของยานพาหนะ ไม่เพียงพอ

5.3.4 การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับยานพาหนะ เพื่อหาค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด สามารถนำวิธีไปพัฒนาปรับปรุงในโครงการครั้งหน้าได้ เช่น การเพิ่มศูนย์กระจายมากกว่า 1 แห่ง การใช้ยานพาหนะเสริมในการขนส่งสินค้า กรณีที่ยานพาหนะไม่เพียงพอ เป็นต้น





ก. โจทย์ปัญหาที่ใช้ในการทดลอง

ก.1 โจทย์ปัญหขนาดเล็กร้อยที่ 1

ปัญหขนาดเล็กร้อยมีจำนวนลูกค้า 25 ราย ยานพาหนะ 2 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับสินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.1 และตารางที่ ก.2

ตารางที่ ก.1 แสดงข้อจำกัดข้อมูลยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหขนาดเล็กร้อยที่ 1

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

ตารางที่ ก.2 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหขนาดเล็กร้อยที่ 1

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาท)	กรอบเวลาดำเนินการ (นาท)	เวลาในการขนถ่าย (นาท)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	40	50	0	0	1236	0	0
1	45	68	10	0	1127	90	5
2	45	70	30	0	1125	90	5
3	42	66	10	0	1129	90	5
4	42	68	10	727	782	90	5
5	42	65	10	0	1130	90	5
6	40	69	20	621	702	90	5
7	40	66	20	0	1130	90	5
8	38	68	20	255	324	90	5
9	38	70	10	534	605	90	5
10	35	66	10	357	410	90	5
11	35	69	10	448	505	90	5
12	25	85	20	0	1107	90	5
13	22	75	30	30	92	90	5
14	22	85	10	0	1106	90	5
15	20	80	40	384	429	90	5
16	20	85	40	0	1105	90	5
17	18	75	20	99	148	90	5
18	15	75	20	0	1110	90	5
19	15	80	10	0	1106	90	5
20	30	50	10	0	1136	90	5

ตารางที่ ก.2 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 1

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาทีก)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาทีก)	เวลาในการขนถ่าย (นาทีก)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
21	30	52	20	0	1135	90	5
22	28	52	20	812	883	90	5
23	28	55	10	732	777	90	5
24	25	50	10	0	1131	90	5
25	25	52	40	169	224	90	5
รวม	805	1746	460	5168	21694	10	5

ก.2 โจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 25 ราย ยานพาหนะ 2 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับสินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.3 และตารางที่ ก.4

ตารางที่ ก.3 แสดงข้อจำกัดข้อยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

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

ตารางที่ ก.4 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาทีก)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาทีก)	เวลาในการขน ถ่าย (นาทีก)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	35	35	0	0	1000	0	0
1	41	49	10	658	898	10	5
2	35	17	7	93	333	10	5
3	55	45	13	436	676	10	5
4	55	20	19	620	860	10	5
5	15	30	26	20	260	10	5
6	25	30	3	345	585	10	5
7	20	50	5	251	491	10	5
8	10	43	9	323	563	10	5
9	55	60	16	329	569	10	5
10	30	60	16	485	725	10	5
11	20	65	12	146	386	10	5
12	50	35	19	167	407	10	5
13	30	25	23	639	879	10	5
14	15	10	20	32	272	10	5

ตารางที่ ก.4 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาฬิกา)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาฬิกา)	เวลาในการขนถ่าย (นาฬิกา)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
15	30	5	8	118	358	10	5
16	10	20	19	203	443	10	5
17	5	30	2	682	922	10	5
18	20	40	12	286	526	10	5
19	15	60	17	204	444	10	5
20	45	65	9	504	744	10	5
21	45	20	11	153	393	10	5
22	45	10	18	332	572	10	5
23	55	5	29	146	386	10	5
24	65	35	3	656	896	10	5
25	65	20	6	716	956	10	5
รวม	891	884	332	8544	15544	10	5

ก.3 โจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 25 ราย ยานพาหนะ 3 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับสินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.5 และตารางที่ ก.6

ตารางที่ ก.5 แสดงข้อจำกัดข้อมูลยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ ชั่วโมง)
1	5	40	60	1.0	2.0	2.0
2	10	80	150	1.2	3.0	1.5
3	5	150	300	1.4	4.0	1.0

ตารางที่ ก.6 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาฬิกา)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาฬิกา)	เวลาในการขนถ่าย (นาฬิกา)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	40	50	0	0	240	0	0
1	25	85	20	125	191	10	5
2	22	75	30	32	97	10	5
3	22	85	10	101	146	10	5
4	20	80	40	71	193	10	5
5	20	85	20	40	113	10	5
6	18	75	20	55	164	10	5
7	15	75	20	69	118	10	5

ตารางที่ ก.6 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดเล็กข้อที่ 3

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาดำเนินการ (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
8	15	80	10	56	155	10	5
9	10	35	20	51	160	10	5
10	10	40	30	90	177	10	5
11	8	40	40	33	152	10	5
12	8	45	20	49	108	10	5
13	5	35	10	62	191	10	5
14	5	45	10	35	117	10	5
15	2	40	20	39	161	10	5
16	0	40	20	59	114	10	5
17	0	45	20	60	189	10	5
18	44	5	20	79	124	10	5
19	42	10	40	58	115	10	5
20	42	15	10	111	162	10	5
21	40	5	10	52	111	10	5
22	40	15	40	55	158	10	5
23	38	5	30	45	164	10	5
24	38	15	10	128	194	10	5
25	35	5	20	54	184	10	5
รวม	564	1130	540	1609	3998	10	5

ก.4 โจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 49 ราย ยานพาหนะ 3 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับ
สินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.7 และตารางที่ ก.8

ตารางที่ ก.7 แสดงข้อจำกัดข้อยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ ชั่วโมง)
1	10	50	10	1.0	2.0	2.0
2	10	80	20	1.2	3.0	1.5
3	10	100	30	1.4	4.0	1.0

ตารางที่ ก.8 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 1

ลูกคำ	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	40	40	0	0	3390	0	0
1	22	22	18	0	3272	90	5
2	36	26	26	0	3279	90	5
3	21	45	11	0	3270	90	5
4	45	35	30	1261	1421	90	5
5	55	20	21	0	3284	90	5
6	33	34	19	497	657	90	5
7	50	50	15	0	3273	90	5
8	55	45	16	2887	3047	90	5
9	26	59	29	2601	2761	90	5
10	40	66	26	2791	2951	90	5
11	55	65	37	2698	2858	90	5
12	35	51	16	0	3261	90	5
13	62	35	12	2405	2565	90	5
14	62	57	31	2026	2186	90	5
15	62	24	8	2216	2376	90	5
16	21	36	19	1934	2094	90	5
17	33	44	20	2311	2471	90	5
18	9	56	13	1742	1902	90	5
19	62	48	15	1837	1997	90	5
20	66	14	22	10	170	90	5
21	44	13	28	0	3288	90	5
22	26	13	12	22	182	90	5
23	11	28	6	1643	1803	90	5
24	7	43	27	116	276	90	5
25	17	64	14	2504	2664	90	5
26	41	46	18	0	3265	90	5
27	55	34	17	209	369	90	5
28	35	16	29	1447	1607	90	5
29	52	26	13	398	558	90	5
30	43	26	22	303	463	90	5
31	31	76	25	0	3266	90	5
32	22	53	28	593	753	90	5
33	26	29	27	685	845	90	5
34	50	40	19	0	3267	90	5
35	55	50	10	876	1036	90	5
36	54	10	12	1253	1413	90	5
37	60	15	14	0	3260	90	5
38	47	66	24	1063	1223	90	5
39	30	60	16	1158	1318	90	5
40	30	50	33	1819	1979	90	5
41	12	17	15	2758	2918	90	5
42	15	14	11	2666	2826	90	5
43	16	19	18	2573	2733	90	5
44	21	48	17	1913	2073	90	5
45	50	30	21	2105	2265	90	5
46	51	42	27	2009	2169	90	5
47	50	15	19	2480	2640	90	5
48	48	21	20	0	3289	90	5
49	12	38	5	967	1127	90	5
รวม	1901	1874	951	58776	107360	90	5

ก.5 โจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 50 ราย ยานพาหนะ 2 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับ
สินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.9 และตารางที่ ก.10

ตารางที่ ก.9 แสดงข้อจำกัดข้อยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ ชั่วโมง)
1	10	50	80	1.0	2.0	2.0
2	10	80	140	1.2	3.0	1.5
3	10	120	250	1.4	4.0	1.0

ตารางที่ ก.10 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขน ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	30	40	0	0	230	0	0
1	37	52	7	0	204	10	5
2	49	49	30	0	202	10	5
3	52	64	16	0	197	10	5
4	20	26	9	149	159	10	5
5	40	30	21	0	199	10	5
6	21	47	15	0	208	10	5
7	17	63	19	0	198	10	5
8	31	62	23	95	105	10	5
9	52	33	11	97	107	10	5
10	51	21	5	0	194	10	5
11	42	41	19	67	77	10	5
12	31	32	29	0	205	10	5
13	5	25	23	159	169	10	5
14	12	42	21	0	187	10	5
15	36	16	10	61	71	10	5
16	52	41	15	0	190	10	5
17	27	23	3	0	189	10	5
18	17	33	41	0	204	10	5
19	13	13	9	0	187	10	5
20	57	58	28	0	188	10	5
21	62	42	8	0	201	10	5
22	42	57	8	0	193	10	5
23	16	57	16	68	78	10	5
24	8	52	10	0	190	10	5
25	7	38	28	172	182	10	5
26	27	68	7	0	208	10	5

ตารางที่ ก.10 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาดำเนินการ (นาที)	เวลาในการขน ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
27	30	48	15	0	215	10	5
28	43	67	14	0	213	10	5
29	58	48	6	0	190	10	5
30	58	27	19	0	194	10	5
31	37	69	11	0	202	10	5
32	38	46	12	0	186	10	5
33	46	10	23	0	195	10	5
34	61	33	26	0	183	10	5
35	62	63	17	0	178	10	5
36	63	69	6	0	178	10	5
37	32	22	9	0	198	10	5
38	45	35	15	83	93	10	5
39	59	15	14	0	186	10	5
40	5	6	7	0	208	10	5
41	10	17	27	0	191	10	5
42	21	10	13	0	194	10	5
43	5	64	11	0	185	10	5
44	30	15	16	69	79	10	5
45	39	10	10	0	190	10	5
46	32	39	5	0	184	10	5
47	25	32	25	0	185	10	5
48	25	55	17	0	192	10	5
49	48	28	18	0	176	10	5
50	56	37	10	0	180	10	5
รวม	1782	1990	777	1020	9097	10	5

ก.6 โจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 50 ราย ยานพาหนะ 3 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับสินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.11 และตารางที่ ก.12

ตารางที่ ก.11 แสดงข้อจำกัดข้อยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ชั่วโมง)
1	10	50	10	1.0	2.0	2.0
2	15	80	20	1.2	3.0	1.5
3	10	100	30	1.4	4.0	1.0

ตารางที่ ก.12 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโห้ยัปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ลูกค้ำ	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาทึ)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาทึ)	เวลาในการขนถ่าย (นาทึ)	ค่ารับ (บาท/ช่วโมง)
0	53	55	0	0	960	0	0
1	1	90	9	613	853	10	5
2	94	85	10	92	332	10	5
3	13	19	14	411	651	10	5
4	97	45	5	584	824	10	5
5	78	69	8	40	280	10	5
6	92	35	10	328	568	10	5
7	98	36	15	240	480	10	5
8	99	0	16	307	547	10	5
9	2	94	23	311	551	10	5
10	85	77	4	459	699	10	5
11	94	42	22	135	375	10	5
12	101	3	16	163	403	10	5
13	103	51	12	593	833	10	5
14	106	38	20	35	275	10	5
15	9	95	18	114	354	10	5
16	88	71	9	195	435	10	5
17	83	77	17	643	883	10	5
18	100	55	42	275	515	10	5
19	17	23	9	194	434	10	5
20	3	91	17	477	717	10	5
21	6	91	7	155	395	10	5
22	9	102	4	315	555	10	5
23	9	95	7	141	381	10	5
24	8	104	13	621	861	10	5
25	9	99	6	664	904	10	5
26	98	39	22	469	709	10	5
27	101	8	6	86	326	10	5
28	99	38	13	89	329	10	5
29	103	54	21	134	374	10	5
30	3	103	16	186	426	10	5
31	101	7	20	105	345	10	5
32	103	8	11	561	801	10	5
33	20	25	18	51	291	10	5
34	97	93	24	427	667	10	5
35	0	51	26	597	837	10	5
36	81	70	9	43	283	10	5
37	103	7	21	497	737	10	5
38	95	87	3	218	458	10	5
39	102	54	22	36	276	10	5
40	83	72	7	269	509	10	5
41	101	10	10	316	556	10	5
42	105	48	17	33	273	10	5
43	96	40	8	514	754	10	5
44	5	91	10	157	397	10	5
45	9	96	12	37	277	10	5

ตารางที่ ก.12 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดกลางข้อที่ 3

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขนถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
46	10	100	10	429	669	10	5
47	9	96	24	45	285	10	5
48	22	21	5	664	904	10	5
49	2	95	10	380	620	10	5
50	9	95	6	125	400	10	5
รวม	3014	3050	684	14573	27568	10	5

ก.7 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 100 ราย ยานพาหนะ 2 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับสินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.13 และตารางที่ ก.14

ตารางที่ ก.13 แสดงข้อจำกัดข้อยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

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

ตารางที่ ก.14 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขน ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	35	35	0	0	1236	0	0
1	41	49	10	912	967	90	5
2	35	17	7	825	870	90	5
3	55	45	13	65	146	90	5
4	55	20	19	727	782	90	5
5	15	30	26	15	67	90	5
6	25	30	3	621	702	90	5
7	20	50	5	170	225	90	5
8	10	43	9	255	324	90	5
9	55	60	16	534	605	90	5
10	30	60	16	357	410	90	5
11	20	65	12	448	505	90	5
12	50	35	19	652	721	90	5
13	30	25	23	30	92	90	5
14	15	10	20	567	620	90	5
15	30	5	8	384	429	90	5

ตารางที่ ก.14 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ลูกคำ	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการชม ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
16	10	20	19	475	528	90	5
17	5	30	2	99	148	90	5
18	20	40	12	179	254	90	5
19	15	60	17	278	345	90	5
20	45	65	9	10	73	90	5
21	45	20	11	914	965	90	5
22	45	10	18	812	883	90	5
23	55	5	29	732	777	90	5
24	65	35	3	65	144	90	5
25	65	20	6	169	224	90	5
26	45	30	17	622	701	90	5
27	35	40	16	261	316	90	5
28	41	37	16	546	593	90	5
29	64	42	9	358	405	90	5
30	40	60	21	449	504	90	5
31	31	52	27	200	237	90	5
32	35	69	23	31	100	90	5
33	53	52	11	87	158	90	5
34	65	55	14	751	816	90	5
35	63	65	8	283	344	90	5
36	2	60	5	665	716	90	5
37	20	20	8	383	434	90	5
38	5	5	16	479	522	90	5
39	60	12	31	567	624	90	5
40	40	25	9	264	321	90	5
41	42	7	5	166	235	90	5
42	24	12	5	68	149	90	5
43	23	3	7	16	80	90	5
44	11	14	18	359	412	90	5
45	6	38	16	541	600	90	5
46	2	48	1	448	509	90	5
47	8	56	27	1054	1127	90	5
48	13	52	36	632	693	90	5
49	6	68	30	1001	1066	90	5
50	47	47	13	815	880	90	5
51	49	58	10	725	786	90	5
52	27	43	9	912	969	90	5
53	37	31	14	286	347	90	5
54	57	29	18	186	257	90	5
55	63	23	2	95	158	90	5
56	53	12	6	385	436	90	5
57	32	12	7	35	87	90	5
58	36	26	18	471	534	90	5
59	21	24	28	651	740	90	5

ตารางที่ ก.14 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 1

ลูก้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการชม ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
60	17	34	3	562	629	90	5
61	12	24	13	531	610	90	5
62	24	58	19	262	317	90	5
63	27	69	10	171	218	90	5
64	15	77	9	632	693	90	5
65	62	77	20	76	129	90	5
66	49	73	25	826	875	90	5
67	67	5	25	12	77	90	5
68	56	39	36	734	777	90	5
69	37	47	6	916	969	90	5
70	37	56	5	387	456	90	5
71	57	68	15	293	360	90	5
72	47	16	25	450	505	90	5
73	44	17	9	478	551	90	5
74	46	13	8	353	412	90	5
75	49	11	18	997	1068	90	5
76	49	42	13	203	260	90	5
77	53	43	14	574	643	90	5
78	61	52	3	109	170	90	5
79	57	48	23	668	731	90	5
80	56	37	6	769	820	90	5
81	55	54	26	47	124	90	5
82	15	47	16	369	420	90	5
83	14	37	11	265	338	90	5
84	11	31	7	458	523	90	5
85	16	22	41	555	612	90	5
86	4	18	35	173	238	90	5
87	28	18	26	85	144	90	5
88	26	52	9	645	708	90	5
89	26	35	15	737	802	90	5
90	31	67	3	20	84	90	5
91	15	19	1	836	889	90	5
92	22	22	2	368	441	90	5
93	18	24	22	475	518	90	5
94	26	27	27	285	336	90	5
95	25	24	20	196	239	90	5
96	22	27	11	95	156	90	5
97	25	21	12	561	622	90	5
98	19	21	10	30	84	90	5
99	20	26	9	743	820	90	5
100	18	18	17	56	700	90	5
รวม	3405	3627	1458	42089	49966	90	5

ก.8 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 100 ราย ยานพาหนะ 2 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับ
สินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.15 และตารางที่ ก.16

ตารางที่ ก.15 แสดงข้อจำกัดข้อมูลยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

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

ตารางที่ ก.16 แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาทีก)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาทีก)	เวลาในการขน ถ่าย (นาทีก)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	35	35	0	0	1000	0	0
1	41	49	10	0	974	10	5
2	35	17	7	0	972	10	5
3	55	45	13	0	967	10	5
4	55	20	19	678	801	10	5
5	15	30	26	0	969	10	5
6	25	30	3	415	514	10	5
7	20	50	5	0	968	10	5
8	10	43	9	404	481	10	5
9	55	60	16	400	497	10	5
10	30	60	16	577	632	10	5
11	20	65	12	206	325	10	5
12	50	35	19	0	975	10	5
13	30	25	23	690	827	10	5
14	15	10	20	32	243	10	5
15	30	5	8	175	300	10	5
16	10	20	19	272	373	10	5
17	5	30	2	733	870	10	5
18	20	40	12	377	434	10	5
19	15	60	17	269	378	10	5
20	45	65	9	581	666	10	5
21	45	20	11	0	971	10	5
22	45	10	18	409	494	10	5
23	55	5	29	206	325	10	5
24	65	35	3	704	847	10	5
25	65	20	6	817	956	10	5
26	45	30	17	0	978	10	5
27	35	40	16	104	255	10	5
28	41	37	16	114	255	10	5
29	64	42	9	190	313	10	5
30	40	60	21	259	354	10	5

ตารางที่ ก.16 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ลูกคำ	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการชม ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
31	31	52	27	0	972	10	5
32	35	69	23	660	777	10	5
33	53	52	11	45	200	10	5
34	65	55	14	0	953	10	5
35	63	65	8	686	813	10	5
36	2	60	5	41	208	10	5
37	20	20	8	0	968	10	5
38	5	5	16	302	405	10	5
39	60	12	31	33	224	10	5
40	40	25	9	360	437	10	5
41	42	7	5	396	511	10	5
42	24	12	5	25	172	10	5
43	23	3	7	620	705	10	5
44	11	14	18	233	340	10	5
45	6	38	16	29	189	10	5
46	2	48	1	515	628	10	5
47	8	56	27	85	250	10	5
48	13	52	36	0	962	10	5
49	6	68	30	501	540	10	5
50	47	47	13	0	973	10	5
51	49	58	10	348	453	10	5
52	27	43	9	0	978	10	5
53	37	31	14	414	489	10	5
54	57	29	18	641	734	10	5
55	63	23	2	620	739	10	5
56	53	12	6	585	692	10	5
57	32	12	7	421	530	10	5
58	36	26	18	849	980	10	5
59	21	24	28	0	972	10	5
60	17	34	3	721	862	10	5
61	12	24	13	290	377	10	5
62	24	58	19	163	302	10	5
63	27	69	10	34	191	10	5
64	15	77	9	214	333	10	5
65	62	77	20	49	188	10	5
66	49	73	25	592	693	10	5
67	67	5	25	294	401	10	5
68	56	39	36	637	752	10	5
69	37	47	6	162	293	10	5
70	37	56	5	788	968	10	5
71	57	68	15	268	367	10	5
72	47	16	25	0	967	10	5
73	44	17	9	308	399	10	5
74	46	13	8	681	802	10	5
75	49	11	18	0	962	10	5

ตารางที่ ก.16 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 2

ลูกค้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขน ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
76	49	42	13	290	373	10	5
77	53	43	14	817	952	10	5
78	61	52	3	384	499	10	5
79	57	48	23	388	465	10	5
80	56	37	6	839	968	10	5
81	55	54	26	411	456	10	5
82	15	47	16	0	966	10	5
83	14	37	11	0	968	10	5
84	11	31	7	436	511	10	5
85	16	22	41	0	966	10	5
86	4	18	35	388	465	10	5
87	28	18	26	420	447	10	5
88	26	52	9	279	388	10	5
89	26	35	15	755	920	10	5
90	31	67	3	392	487	10	5
91	15	19	1	0	964	10	5
92	22	22	2	18	181	10	5
93	18	24	22	811	969	10	5
94	26	27	27	0	977	10	5
95	25	24	20	0	975	10	5
96	22	27	11	0	974	10	5
97	25	21	12	612	673	10	5
98	19	21	10	0	968	10	5
99	20	26	9	333	432	10	5
100	18	18	17	798	965	10	5
รวม	3405	3627	1458	30593	64474	10	5

ก.9 โจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ปัญหาขนาดเล็กมีจำนวนลูกค้า 120 ราย ยานพาหนะ 3 ประเภท มีเวลาเปิด และปิดรับ
สินค้าของลูกค้าแตกต่างกัน แสดงดังตารางที่ ก.17 และตารางที่ ก.18

ตารางที่ ก.17 แสดงข้อจำกัดข้อยานพาหนะของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ประเภทของรถ	จำนวน (คัน)	ความจุ(หน่วย)	Fix Cost (บาท/ ระยะทาง)	Variable Cost (บาท/ระยะทาง)	Loading Cost (บาท/หน่วย/ ระยะทาง)	Speed (ระยะทาง/ ชั่วโมง)
1	10	40	60	1.0	2.0	2.0
2	20	80	150	1.5	3.0	1.5
3	10	150	300	2.0	4.0	1.0

ตารางที่ ก.18 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ลูก้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขน ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
0	10	45	0	0	240	0	0
1	25	1	25	49	191	10	5
2	25	3	7	30	168	10	5
3	31	5	13	95	152	10	5
4	32	5	6	69	193	10	5
5	31	7	14	40	189	10	5
6	32	9	5	60	159	10	5
7	34	9	11	54	133	10	5
8	46	9	19	67	144	10	5
9	35	7	5	57	154	10	5
10	34	6	15	106	161	10	5
11	35	5	15	33	152	10	5
12	47	6	17	32	148	10	5
13	40	5	13	53	191	10	5
14	39	3	12	35	194	10	5
15	36	3	18	39	163	10	5
16	73	6	13	41	141	10	5
17	73	8	18	51	189	10	5
18	24	36	12	73	130	10	5
19	76	6	17	40	148	10	5
20	76	10	4	94	179	10	5
21	76	13	7	45	161	10	5
22	78	3	12	64	149	10	5
23	78	9	13	45	164	10	5
24	79	3	8	51	194	10	5
25	79	5	16	45	183	10	5
26	79	11	15	90	169	10	5
27	82	3	6	57	172	10	5
28	82	7	5	55	174	10	5
29	90	15	9	52	174	10	5
30	84	3	11	52	147	10	5
31	84	5	10	50	172	10	5
32	84	9	3	61	178	10	5
33	85	1	7	51	178	10	5
34	87	5	2	83	168	10	5
35	85	8	4	57	185	10	5
36	87	7	4	43	186	10	5
37	86	41	18	95	182	10	5
38	86	44	14	38	141	10	5
39	86	46	12	36	193	10	5
40	85	55	17	61	138	10	5
41	89	43	20	49	164	10	5
42	89	46	14	33	180	10	5
43	89	52	16	100	185	10	5
44	92	42	10	35	142	10	5
45	92	52	9	37	192	10	5

ตารางที่ ก.18 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ลูก้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการชม ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
46	94	42	11	71	184	10	5
47	94	44	7	38	191	10	5
48	94	48	13	50	184	10	5
49	96	42	5	99	138	10	5
50	99	46	4	83	178	10	5
51	99	50	21	45	150	10	5
52	83	80	13	25	150	10	5
53	83	83	11	68	143	10	5
54	85	81	12	107	200	10	5
55	85	85	14	95	214	10	5
56	85	89	10	91	198	10	5
57	87	80	8	56	165	10	5
58	87	86	16	51	182	10	5
59	90	77	19	42	187	10	5
60	90	88	5	62	203	10	5
61	93	82	17	37	124	10	5
62	93	84	7	29	168	10	5
63	93	89	16	39	190	10	5
64	94	86	14	20	139	10	5
65	95	80	17	11	150	10	5
66	99	89	13	97	198	10	5
67	37	83	17	31	138	10	5
68	50	80	13	101	216	10	5
69	35	85	14	9	139	10	5
70	35	87	16	30	210	10	5
71	44	86	7	30	129	10	5
72	46	89	13	27	202	10	5
73	46	83	9	46	137	10	5
74	46	87	11	71	193	10	5
75	46	89	35	57	165	10	5
76	48	83	5	48	131	10	5
77	50	85	28	49	180	10	5
78	50	88	7	47	162	10	5
79	54	86	3	65	142	10	5
80	54	90	10	93	222	10	5
81	10	35	7	78	123	10	5
82	10	40	12	14	140	10	5
83	18	30	11	19	172	10	5
84	17	35	10	73	148	10	5
85	16	38	8	59	144	10	5
86	14	40	11	63	140	10	5
87	15	42	21	91	118	10	5
88	11	42	4	27	136	10	5

ตารางที่ ก.18 (ต่อ) แสดงข้อมูลของตัวอย่างโจทย์ปัญหาขนาดใหญ่ข้อที่ 3

ลูก้า	x	y	ความต้องการ	กรอบเวลาเริ่มต้น (นาที)	กรอบเวลาสิ้นสุด (นาที)	เวลาในการขน ถ่าย (นาที)	ค่าปรับ (บาท/ชั่วโมง)
89	18	40	15	52	177	10	5
90	21	39	16	53	148	10	5
91	20	40	4	89	217	10	5
92	18	41	16	14	177	10	5
93	20	44	7	50	208	10	5
94	22	44	10	76	143	10	5
95	16	45	9	20	159	10	5
96	20	45	11	105	188	10	5
97	25	45	17	104	165	10	5
98	30	55	12	14	136	10	5
99	20	50	11	42	141	10	5
100	22	51	7	43	210	10	5
101	18	49	9	24	115	10	5
102	16	48	11	35	220	10	5
103	20	55	12	40	190	10	5
104	18	53	7	66	155	10	5
105	14	50	8	45	189	10	5
106	15	51	6	68	133	10	5
107	16	54	5	44	152	10	5
108	28	33	12	88	198	10	5
109	33	38	13	60	210	10	5
110	30	50	7	76	140	10	5
111	13	40	7	59	110	10	5
112	15	36	8	83	190	10	5
113	18	31	11	56	173	10	5
114	25	37	13	67	166	10	5
115	30	46	11	33	190	10	5
116	25	52	10	53	177	10	5
117	16	33	7	89	148	10	5
118	25	35	4	74	217	10	5
119	5	40	20	78	177	10	5
120	5	50	13	64	202	10	5
รวม	6274	5176	1375	6711	20434	10	5

ภาคผนวก ข
Source Code ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรม Visual Basic for
Application



ข. แสดงโค้ดในการทำงานต่างๆ

1. ปุ่ม Parameter

```
Private Sub SAInput_Click()
Load SA_Input
SA_Input.Show
End Sub
```

รูปที่ ข.1 แสดงโค้ดเรียก Parameters

2. SA Input บน Parameters

2.1 อุ่นหภูมิเริ่มต้น

```
Private Sub TextBox1_AfterUpdate()
If Not IsNumeric(TextBox1.Text) Then
TextBox1.Text = ""
MsgBox "Please enter only number", vbOKOnly + vbExclamation, "Message
Box"
TextBox1.SetFocus
Elseif Cdbl(TextBox1.Text) <= 0 Then
TextBox1.Text = ""
MsgBox "Please enter only number greater than 0", vbOKOnly +
vbExclamation, "Message Box"
TextBox1.SetFocus
End If
End Sub
```

รูปที่ ข.2 กรอกค่าอุณหภูมิเริ่มต้น

2.2 อุณหภูมิต่ำสุด

```

Private Sub TextBox2_AfterUpdate()

    If Not IsNumeric(TextBox2.Text) Then

        TextBox2.Text = ""

        MsgBox "Please enter only number", vbOKOnly + vbExclamation, "Message
Box"

        TextBox2.SetFocus

    End If

End Sub

```

รูปที่ ข.3 กรอกค่าอุณหภูมิสุดท้าย

2.3 อัตราการเย็นตัว

```

Private Sub TextBox3_AfterUpdate()

    If Not IsNumeric(TextBox3.Text) Then

        TextBox3.Text = ""

        MsgBox "Please enter only number", vbOKOnly + vbExclamation, "Message
Box"

        TextBox3.SetFocus

    ElseIf CSng(TextBox3.Text) <= 0 Then

        TextBox3.Text = ""

        MsgBox "Please enter only a number greater than 0", vbOKOnly +
vbExclamation, "Message Box"

        TextBox3.SetFocus

    End If

End Sub

```

รูปที่ ข.4 กรอกค่าอัตราการเย็นตัว

```

End If
End Sub

```

รูปที่ ข.4 (ต่อ) กรอกค่าอัตราการเย็นตัว

2.4 จำนวนรอบในการค้นหาแต่ละระดับอนุกรม

```

Private Sub TextBox4_AfterUpdate()

If Not IsNumeric(TextBox4.Text) Then

    TextBox4.Text = ""

    MsgBox "Please enter only number", vbOKOnly + vbExclamation, "Message
Box"

    TextBox4.SetFocus

Elseif Clnt(TextBox4.Text) <= 0 Then

    TextBox4.Text = ""

    MsgBox "Please enter only a number greater than 0", vbOKOnly +
vbExclamation, "Message Box"

    TextBox4.SetFocus

Elseif Cdbl(TextBox4.Text) <> Clnt(TextBox4.Text) Then

    MsgBox "Please enter number as is integers only", vbOKOnly +
vbExclamation, "Message Box"

    TextBox4 = Application.WorksheetFunction.Round(TextBox4.Text, 0)

    TextBox4.SetFocus

End If

End Sub

```

รูปที่ ข.5 กรอกค่าจำนวนรอบในการค้นหาแต่ละระดับอนุกรม

2.5 ปุ่ม OK บน UserForm

```

Private Sub CommandButton1_Click()
Unload SA_Input

Range("B4").Value = TextBox5.Text

Range("B5").Value = TextBox1.Text

Range("B6").Value = TextBox2.Text

Range("B7").Value = TextBox3.Text

Range("B8").Value = TextBox4.Text

TextBox1.Value = "100"

TextBox2.Value = "100"

TextBox3.Value = "100"

TextBox4.Value = "100"

If Call_2opt Then Range("B9") = "2-Opt/2-Opt*"

If Call_3opt Then Range("B9") = "3-Opt/3-Opt*"

If Call_Shift10 Then Range("B9") = "Shift 10"

If Call_Interchange11 Then Range("B9") = "1-1 InterChange"

If Call_Interchange22 Then Range("B9") = "2-2 InterChange"

Dim UserSelected As String

UserSelected = ComboBox1.Text

Select Case UserSelected

```

รูปที่ ข.6 แสดงโค้ดปุ่ม OK เมื่อผู้ใช้กรอกค่าพารามิเตอร์เสร็จ

Case "Problem 1"

Range("B10").Value = "Problem 1"

Case "Problem 2"

Range("B10").Value = "Problem 2"

Case "Problem 3"

Range("B10").Value = "Problem 3"

Case "Problem 4"

Range("B10").Value = "Problem 4"

Case "Problem 5"

Range("B10").Value = "Problem 5"

Case "Problem 6"

Range("B10").Value = "Problem 6"

Case "Problem 7"

Range("B10").Value = "Problem 7"

Case "Problem 8"

Range("B10").Value = "Problem 8"

Case "Problem 9"

Range("B10").Value = "Problem 9"

End Select

End Sub

รูปที่ ข.6 (ต่อ) แสดงโค้ดปุ่ม OK เมื่อผู้ใช้กรอกค่าพารามิเตอร์เสร็จ

3. ปุ่ม RUN

```

Private Sub InputData_Click()
Application.ScreenUpdating = False

Dim IterCount As Integer

Dim SA_TmaxCount As Integer

Dim SA_CRCCount As Integer

Dim SA_EqCount As Integer

Dim SA_LSCount As Integer

Dim LineCount As Integer

'Dim IterProblem As Integer

Dim ws As Worksheet

Dim wst As Worksheet

Set ws = Worksheets("Problem_Ans3")

'Set wst = Worksheets("Problme_Time3")

'For IterProblem = 1 To 9

'Select Case IterProblem

' Case 1

' Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 1"

' Case 2

' Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 2"

' Case 3

' Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 3"

```

รูปที่ ข.7 แสดงโค้ดปุ่ม RUN

```
' Case 4
'     Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 4"
' Case 5
'     Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 5"
' Case 6
'     Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 6"
' Case 7
'     Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 7"
' Case 8
'     Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 8"
' Case 9
'     Worksheets("SA_1").Range("B10").Value = "Problem 9"
'End Select
' LineCount = 0
For SA_TmaxCount = 1 To 3
Select Case SA_TmaxCount
    Case 1
        Worksheets("SA_1").Range("B5").Value = "100"
    Case 2
        Worksheets("SA_1").Range("B5").Value = "300"
    Case 3
        Worksheets("SA_1").Range("B5").Value = "500"
```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) แสดงโค้ด ปุ่ม RUN

```
End Select

)
For SA_CRCount = 1 To 3

)
Select Case SA_CRCount

)
Case 1

)
    Worksheets("SA_1").Range("B7").Value = "0.7"

)
Case 2

)
    Worksheets("SA_1").Range("B7").Value = "0.8"

)
Case 3

)
    Worksheets("SA_1").Range("B7").Value = "0.9"

)
End Select

)
For SA_EqCount = 1 To 3

)
Select Case SA_EqCount

)
Case 1

)
    Worksheets("SA_1").Range("B8").Value = "2"

)
Case 2

)
    Worksheets("SA_1").Range("B8").Value = "3"

)
Case 3

)
    Worksheets("SA_1").Range("B8").Value = "5"

)
End Select

)
For SA_LSCCount = 1 To 5

)
Select Case SA_LSCCount
```

```

Case 1

Worksheets("SA_1").Range("B9").Value = "2-Opt/2-Opt*"

Case 2

Worksheets("SA_1").Range("B9").Value = "3-Opt/3-Opt*"

Case 3

Worksheets("SA_1").Range("B9").Value = "Shift 10"

Case 4

Worksheets("SA_1").Range("B9").Value = "1-1 InterChange"

Case 5

Worksheets("SA_1").Range("B9").Value = "2-2 InterChange"

End Select

LineCount = LineCount + 1
For IterCount = 1 To 5

Select Case InterCount

Case 1

Randomize (1111)

Case 2

Randomize (2222)

Case 3

Randomize (3333)

Case 4

Randomize (4444)

```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) แสดงโค้ด ปุ่ม RUN


```
Case 5

Randomize (5555)

End Select

Dim StartTime As Double

    StartTime = Timer

SA_NumSol = 0

SA_T = 0

Range("G1:ZZ100").ClearContents

Dim Problem As String

Problem = Worksheets("SA_1").Range("B10").Value

Select Case Problem

Case "Problem 1"

    Filename = "InputTest2.xlsx"

    ReadInput (Filename)

Case "Problem 2"

    Filename = "InputTest3.xlsx"

    ReadInput (Filename)

Case "Problem 3"

    Filename = "InputTest4.xlsx"

    ReadInput (Filename)
```

Case "Problem 4"

Filename = "InputTest5.xlsx"

ReadInput (Filename)

Case "Problem 5"

Filename = "InputTest6.xlsx"

ReadInput (Filename)

Case "Problem 6"

Filename = "InputTest7.xlsx"

ReadInput (Filename)

Case "Problem 7"

Filename = "InputTest8.xlsx"

ReadInput (Filename)

Case "Problem 8"

Filename = "InputTest9.xlsx"

ReadInput (Filename)

Case "Problem 9"

Filename = "InputTest10.xlsx"

ReadInput (Filename)

รูปที่ ข.7 (ต่อ) แสดงโค้ด ปุ่ม RUN

```

Case Else

    MsgBox "Please Enter Only Problem", vbExclamation, "Message Box"

    Load SA_Input

    SA_Input.Show

End Select

If SA_Tmax <= 0 Then

    MsgBox "Please Enter Only Maximum Temperature ", vbExclamation,
"Message Box"

    Load SA_Input

    SA_Input.Show

    ElseIf SA_CR <= 0 Then

        MsgBox "Please Enter Only Cooling Rate ", vbExclamation, "Message Box"

        Load SA_Input

        SA_Input.Show

        ElseIf SA_LS = "" Then

            MsgBox "Please Enter Only Local Search Method ", vbExclamation, "Message
Box"

            Load SA_Input

            SA_Input.Show

        ElseIf Problem = "" Then

            MsgBox "Please Enter Only Problem ", vbExclamation, "Message Box"

            Load SA_Input

```

```

    SA_Input.Show
End If
Call Intsol
Call EvalF(SA_NowCurSol())
NowCurSolCost = TotalCost
SA_BestSolTotalCost = TotalCost
Range("G1") = NowCurSolCost
ReDim SA_BestSol(1 To TotalRepPos)
Select Case SA_LS
    Case "2-Opt/2-Opt*"
        Call Function_2Opt
    Case "3-Opt/3-Opt*"
        Call Function_3Opt
    Case "Shift 10"
        Call Function_BShift10
    Case "1-1 InterChange"
        Call Function_InterChang11
    Case "2-2 InterChange"
        Call Function_InterChang22
End Select
Range("B15").Value = NowCurSolCost
Range("B16").Value = SA_BestSolTotalCost

```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) แสดงโค้ด ปุ่ม RUN

```

Range("B22").Value = SA_Number

Dim TotalTime As Double

TotalTime = Round(Timer - StartTime, 2)

Range("B21").Value = TotalTime

Dim Answer As String

Answer = Problem

Select Case Answer

Case "Problem 1"

    Set ws = Worksheets("Problem_Ans1")

    Set wst = Worksheets("Problme_Time1")

    ws.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = SA_BestSolTotalCost

    wst.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = TotalTime

Case "Problem 2"

    Set ws = Worksheets("Problem_Ans2")

    Set wst = Worksheets("Problme_Time2")

    ws.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = SA_BestSolTotalCost

    wst.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = TotalTime

Case "Problem 3"

    Set ws = Worksheets("Problem_Ans3")

    Set wst = Worksheets("Problme_Time3")

    ws.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = SA_BestSolTotalCost

    wst.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = TotalTime

```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) แสดงโค้ด ปุ่ม RUN

Case "Problem 4"

Set ws = Worksheets("Problem_Ans4")

Set wst = Worksheets("Problme_Time4")

ws.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = SA_BestSolTotalCost

wst.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = TotalTime

Case "Problem 5"

Set ws = Worksheets("Problem_Ans5")

Set wst = Worksheets("Problme_Time5")

ws.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = SA_BestSolTotalCost

wst.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = TotalTime

Case "Problem 6"

Set ws = Worksheets("Problem_Ans6")

Set wst = Worksheets("Problme_Time6")

ws.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = SA_BestSolTotalCost

wst.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = TotalTime

Case "Problem 7"

Set ws = Worksheets("Problem_Ans7")

Set wst = Worksheets("Problme_Time7")

ws.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = SA_BestSolTotalCost

wst.Range("E3").Offset(LineCount, lterCount) = TotalTime

Case Is = "Problem 8"

Set ws = Worksheets("Problem_Ans8")

รูปที่ ข.7 (ต่อ) แสดงโค้ด ปุ่ม RUN

```

Set wst = Worksheets("Problme_Time8")

ws.Range("E3").Offset(LineCount, IterCount) = SA_BestSolTotalCost

wst.Range("E3").Offset(LineCount, IterCount) = TotalTime

Case "Problem 9"

Set ws = Worksheets("Problem_Ans9")

Set wst = Worksheets("Problme_Time9")

ws.Range("E3").Offset(LineCount, IterCount) = SA_BestSolTotalCost

wst.Range("E3").Offset(LineCount, IterCount) = TotalTime

Case Else

End Select

Next IterCount

ws.Range("A3").Offset(LineCount, 0) = SA_Tmax
ws.Range("B3").Offset(LineCount, 0) = SA_CR
ws.Range("C3").Offset(LineCount, 0) = SA_MaxEq
ws.Range("D3").Offset(LineCount, 0) = SA_LS

wst.Range("A3").Offset(LineCount, 0) = SA_Tmax

wst.Range("B3").Offset(LineCount, 0) = SA_CR

wst.Range("C3").Offset(LineCount, 0) = SA_MaxEq

wst.Range("D3").Offset(LineCount, 0) = SA_LS

Next SA_LSCount

Next SA_EqCount

```

```

Next SA_CRCount
Next SA_TmaxCount
'Next IterProblem
Application.ScreenUpdating = True
End Sub

```

รูปที่ ข.7 (ต่อ) แสดงโค้ด ปุ่ม RUN

4. กำหนดตัวแปรที่ต้องใช้ ในโปรแกรม

```

Option Explicit
Public NumCust As Integer
Public CoX() As Integer
Public CoY() As Integer
Public NumTV As Integer
Public NumV() As Integer
Public Cap() As Integer
Public FCost() As Integer
Public VCost() As Single
Public LCost() As Single
Public speed() As Single
Public Demand() As Integer

```

รูปที่ ข.8 แสดงโค้ดกำหนดตัวแปรที่ต้องใช้ ในโปรแกรม

Public STW() As Integer

)

Public PCost() As Integer

Public TotalNumV As Integer

Public TotalFixedCost As Double

Public TotalCost As Double

Public TotalVarCost As Double

)

Public TotalLCost As Double

Public RemainingCap() As Double

Public TotalPenCost As Double

Public FTW() As Integer

Public TranTime() As Integer

)

Public CurTime() As Double

Public VArrTime() As Double

Public SA_LS As String

Public SA_T As Double

)

Public SA_Tmax As Double

Public SA_Tmin As Double

Public SA_CR As Single

Public SA_Eq As Integer

Public SA_MaxEq As Integer

)

Public SA_Prob As Double

รูปที่ ข.8 (ต่อ) แสดงโค้ดกำหนดตัวแปรที่ต้องใช้ในโปรแกรม

```
Public SA_Rand As Double
Public SA_CurTemp As Double
Public SA_CurEq As Integer
Public SA_Dist() As Double
Public SA_CurSol() As Integer
Public SA_NowCurSol() As Integer
Public NowCurSolCost As Double
Public SA_TotalCost() As Double
Public SA_BNewSol() As Integer
Public SA_BNewSolTotalCost() As Double
Public SA_BestNewSol() As Integer
Public SA_BestNewSolTotalCost As Double
Public SA_BestSol() As Integer
Public SA_BestTotalCost() As Double
Public SA_BestSolTotalCost As Double
Public SA_NumSol As Integer
Public SA_Number As Integer
Public MaxNumV As Integer
```

รูปที่ ข.8 (ต่อ) แสดงโค้ดกำหนดตัวแปรที่ต้องใช้ในโปรแกรม

5. เรียกข้อมูลที่ต้องการมาประมวลผล

```

Public Sub ReadInput(Fn As String)
    Dim FolderName As String
    FolderName = "C:\TEX" & Fn
    Dim wbk As Workbook
    Set wbk = Workbooks.Open(FolderName)
    NumCust = wbk.Worksheets("Distance").Range("A1").End(xlDown).Rows - 1
    ReDim CoX(0 To NumCust)
    ReDim CoY(0 To NumCust)
    Dim i As Integer
    For i = 0 To NumCust
        CoX(i) = wbk.Worksheets("Distance").Range("A2").Offset(i, 1)
        CoY(i) = wbk.Worksheets("Distance").Range("A2").Offset(i, 2)
    Next i
    NumTV = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").End(xlDown).Rows
    ReDim NumV(1 To NumTV)
    For i = 1 To NumTV
        NumV(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 1)
    Next i
    CAP
    ReDim Cap(1 To NumTV)
    For i = 1 To NumTV

```

รูปที่ ข.9 แสดงโค้ดสำหรับเรียกข้อมูลที่ต้องการมาประมวลผล

```

    Cap(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 2)

Next i

FCost

ReDim FCost(1 To NumTV)

For i = 1 To NumTV

    FCost(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 3)

Next i

VCost

ReDim VCost(1 To NumTV)

For i = 1 To NumTV

    VCost(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 4)

Next i

LCost

ReDim LCost(1 To NumTV)

For i = 1 To NumTV

    LCost(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 5)

Next i

Speed

ReDim speed(1 To NumTV)

For i = 1 To NumTV

    speed(i) = wbk.Worksheets("Vehicle").Range("A1").Offset(i, 6)

Next i

```

รูปที่ ข.9 (ต่อ) แสดงโค้ดสำหรับเรียกข้อมูลที่ต้องการมาประมวลผล

```

ReDim Demand(0 To NumCust)

ReDim STW(0 To NumCust)

ReDim FTW(0 To NumCust)

ReDim TranTime(0 To NumCust)

ReDim PCost(0 To NumCust)

For i = 0 To NumCust

    Demand(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 1)

    STW(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 2)

    FTW(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 3)

    TranTime(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 4)

    PCost(i) = wbk.Worksheets("Customers").Range("A2").Offset(i, 5)

Next i

wbk.Close

ReDim SA_Dist(0 To NumCust, 0 To NumCust)

Dim j As Integer

For i = 0 To NumCust

    For j = 0 To NumCust

        SA_Dist(i, j) = Distance(i, j)

    Next j

Next i

SA_Tmax = Worksheets("SA_1").Range("B5").Value

```

รูปที่ ข.9 (ต่อ) แสดงโค้ดสำหรับเรียกข้อมูลที่ต้องการมาประมวลผล

```

SA_T = SA_Tmax
SA_Tmin = Worksheets("SA_1").Range("B6").Value
SA_CR = Worksheets("SA_1").Range("B7").Value
SA_Eq = Worksheets("SA_1").Range("B8").Value
SA_MaxEq = SA_Eq
SA_Eq = 0
SA_LS = Worksheets("SA_1").Range("B9").Value
SA_Number = Worksheets("SA_1").Range("B4").Value
End Sub

```

รูปที่ ข.9 (ต่อ) แสดงโค้ดสำหรับเรียกข้อมูลที่ต้องการมาประมวลผล

6. Intsol

```

Public Sub Intsol()
TotalNumV = 0
Dim i As Integer
For i = 1 To NumTV
TotalNumV = TotalNumV + NumV(i)
Next i
TotalRepPos = NumCust + TotalNumV + 1
ReDim SA_CurSol(1 To TotalRepPos)
ReDim SA_NowCurSol(1 To TotalRepPos)

```

รูปที่ ข.10 แสดงโค้ด Intsol

```

SA_NowCurSol(1) = 0

SA_NowCurSol(TotalRepPos) = 0

For i = 2 To NumCust + 1

    SA_NowCurSol(i) = i - 1

Next i

For i = NumCust + 2 To TotalRepPos - 1

SA_NowCurSol(i) = 0

Next i

For i = 1 To TotalRepPos

Next i

Dim Temp As Integer

Dim RN As Integer

For i = 2 To TotalRepPos - 1

    Temp = SA_NowCurSol(i)

    RN = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 1)

    SA_NowCurSol(i) = SA_NowCurSol(RN)

    SA_NowCurSol(RN) = Temp

Next i

For i = 1 To TotalRepPos

Next i

End Sub

```

7. คำนวณค่าใช้จ่าย

```

Public Function EvalF(Sol() As Integer) As Double

Dim VTCounter As Integer

Dim NumVcounter As Integer

Dim i As Integer

TotalLCost = 0

MaxNumV = 0

For i = 1 To NumTV

If MaxNumV < NumV(i) Then

    MaxNumV = NumV(i)

End If

Next i

Dim j As Integer

Dim k As Integer

ReDim RemainingCap(1 To NumTV, 1 To MaxNumV)

For i = 1 To NumTV

    For j = 1 To MaxNumV

        RemainingCap(i, j) = Cap(i)

    Next j

Next i

VTCounter = 1

```

รูปที่ ข.11 แสดงโค้ดในการคำนวณ EvalF


```

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

```

```

Next k

Next j

For j = 1 To TotalRepPos - 1

    If Sol(j) = 0 Then

        NumVcounter = NumVcounter + 1

        If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then

            VTCounter = VTCounter + 1

            NumVcounter = 1

        End If

    End If

    TotalLCost = TotalLCost + (LCost(VTCounter) * SA_Dist(Sol(j), Sol(j + 1)) *
    RemainingCap(VTCounter, NumVcounter))

    RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) =
    RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) - Demand(Sol(j + 1))

    If RemainingCap(VTCounter, NumVcounter) < 0 Then

        TotalLCost = 100000000

    End If

End If

Next j

Exit For

End If

```

รูปที่ ข.11 (ต่อ) แสดงโค้ดในการคำนวณ EvalF

```

End If

Next i

'Calculate FixedCost

TotalFixedCost = 0

VTCOUNTER = 1

NumVcounter = 0

For i = 1 To TotalRepPos - 1

  If Sol(i) = 0 Then

    NumVcounter = NumVcounter + 1

    If NumVcounter > NumV(VTCOUNTER) Then

      VTCOUNTER = VTCOUNTER + 1

      NumVcounter = 1

    End If

  If Sol(i + 1) <> 0 Then

    TotalFixedCost = TotalFixedCost + FCost(VTCOUNTER)

  End If

End If

Next i

Calculate Variable Cost

TotalVarCost = 0

VTCOUNTER = 1

```

รูปที่ ข.11 (ต่อ) แสดงโค้ดในการคำนวณ EvalF

```

NumVcounter = 0
For i = 1 To TotalRepPos - 1
    If Sol(i) = 0 Then
        NumVcounter = NumVcounter + 1
    If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then
        VTCounter = VTCounter + 1
        NumVcounter = 1
    End If
End If
TotalVarCost = TotalVarCost + (VCost(VTCounter) * Distance(Sol(i), Sol(i + 1)))
Next i
'Calculate Penalty cost
TotalPenCost = 0
ReDim CurTime(1 To NumTV, 1 To MaxNumV)
ReDim VArrTime(1 To NumCust)

VTCounter = 1
NumVcounter = 0
For i = 1 To TotalRepPos - 1
    If Sol(i) = 0 Then
        NumVcounter = NumVcounter + 1
    If NumVcounter > NumV(VTCounter) Then

```

```

    VTCounter = VTCounter + 1

    NumVcounter = 1

End If

End If

CurTime(VTCounter, NumVcounter) = CurTime(VTCounter, NumVcounter) +
(Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) / speed(VTCounter))

If Sol(i + 1) <> 0 Then

    VArrTime(Sol(i + 1)) = CurTime(VTCounter, NumVcounter)

    If VArrTime(Sol(i + 1)) < STW(Sol(i + 1)) Then

        CurTime(VTCounter, NumVcounter) = STW(Sol(i + 1))

CurTime(VTCounter, NumVcounter) = STW(Sol(i + 1))

    Elseif VArrTime(Sol(i + 1)) > FTW(Sol(i + 1)) Then

        TotalPenCost = TotalPenCost + PCost(Sol(i + 1)) * (VArrTime(Sol(i + 1)) -
FTW(Sol(i + 1)))

    End If

    'If Sol(i + 1) <> 0 Then

        CurTime(VTCounter, NumVcounter) = CurTime(VTCounter, NumVcounter) +
TranTime(Sol(i + 1))

    'End If

End If

Next i

```

รูปที่ ข.11 (ต่อ) แสดงโค้ดในการคำนวณ EvalF

```
TotalCost = TotalFixedCost + TotalVarCost + TotalLCost + TotalPenCost
End Function
```

รูปที่ ข.11 (ต่อ) แสดงโค้ดในการคำนวณ EvalF

8. คำนวณระยะทาง

```
Public Function Distance_1(one As Integer, two As Integer) As Double
If one <> 0 And two <> 0 Then
    Distance = Sqr((CoX(one) - CoX(two)) ^ 2 + (CoY(one) - CoY(two)) ^ 2)
Elseif one <> 0 And two = 0 Then
    Distance = Sqr((CoX(one) - 0) ^ 2 + (CoY(one) - 0) ^ 2)
Elseif one = 0 And two <> 0 Then
    Distance = Sqr((0 - CoX(two)) ^ 2 + (0 - CoY(two)) ^ 2)
Elseif one = 0 And two = 0 Then
    Distance = 0
End If
End Function
```

รูปที่ ข.12 แสดงโค้ด Distance คำนวณระยะทาง

9. การซ่อมแซมคำตอบ

```

Public Sub RepairSol(Sol() As Integer)
ReDim RepairCustList(1 To NumCust) As Integer
ReDim CustList(1 To NumCust) As Integer
ReDim VTCust(1 To NumCust) As Integer
ReDim NumVCust(1 To NumCust) As Integer

Dim RepairCustCount As Integer
Dim TempRemainingCap As Integer
Dim ZeroFound As Boolean
Dim VTCounter As Integer
Dim NumVcounter As Integer
Dim i As Integer
Dim j As Integer
Dim FillCountZero As Integer
Dim FillOldPosition As Integer
Dim FillNewPosition As Integer

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

```

รูปที่ ข.13 แสดงโค้ดการซ่อมแซมคำตอบ

```

VTCOUNTER = 1

NumVcounter = 0

For i = 1 To TotalRepPos - 1

If Sol(i) = 0 Then

    NumVcounter = NumVcounter + 1

If NumVcounter > NumV(VTCOUNTER) Then

    VTCOUNTER = VTCOUNTER + 1

    NumVcounter = 1

End If

End If

If RemainingCap(VTCOUNTER, NumVcounter) < 0 Then

    RemainingCap(VTCOUNTER, NumVcounter) = TempRemainingCap

    RepairCustCount = RepairCustCount + 1

    RepairCustList(RepairCustCount) = Sol(i + 1)

    ZeroFound = False

Do Until ZeroFound = True

    i = i + 1

    If Sol(i + 1) = 0 Then

        ZeroFound = True

    Else

        RepairCustCount = RepairCustCount + 1

```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงโค้ดการซ่อมแซมคำตอบ


```

RepairCustList(RepairCustCount) = Sol(i + 1)
End If
    Loop
    End If
End If
Next i
Dim CapFound As Boolean
Dim FillNumVCounter As Integer
Dim FillVTCouter As Integer
Dim FillNumVCounterList() As Integer
Dim FillVTCouterList() As Integer
Dim FillVehcounter() As Integer
Dim RoundCounter As Integer
If RepairCustCount > 0 Then
    ReDim FillVTCouterList(1 To RepairCustCount)
    ReDim FillNumVCounterList(1 To RepairCustCount)
    ReDim FillVehcounter(1 To RepairCustCount)
For i = 1 To RepairCustCount
    CapFound = False
FillVehcounter(i) = 1
    FillNumVCounter = 1

```

```

    FillVTCCounter = 1

RoundCounter = 1

    Do Until (CapFound = True Or RoundCounter = 10)

        If Demand(RepairCustList(i)) > RemainingCap(FillVTCCounter,
FillNumVCounter) Then

            FillVehcounter(i) = FillVehcounter(i) + 1

If FillNumVCounter = NumV(FillVTCCounter) Then

            FillNumVCounter = 1

            If FillVTCCounter = NumTV Then

                FillVTCCounter = 1

                RoundCounter = RoundCounter + 1

Else

FillVTCCounter = FillVTCCounter + 1

            End If

            Else

                FillNumVCounter = FillNumVCounter + 1

            End If

        Else

            FillNumVCounterList(i) = FillNumVCounter

            FillVTCCounterList(i) = FillVTCCounter

            RemainingCap(FillVTCCounter, FillNumVCounter) = _

            RemainingCap(FillVTCCounter, FillNumVCounter) - _

```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงโค้ดการซ่อมแซมคำตอบ

```

        Demand(RepairCustList(i))

        CapFound = True

    End If

Loop

Next i

End If

Put the customer in the appropriate position on Sol()

Dim FillTemp As Integer

For i = 1 To RepairCustCount

    FillCountZero = 0

    For j = 1 To TotalRepPos

        If Sol(j) = RepairCustList(i) Then

            FillOldPosition = j

            Exit For

        End If

    Next j

    For j = 1 To TotalRepPos

        If Sol(j) = 0 Then

            FillCountZero = FillCountZero + 1

            If FillCountZero = FillVehcounter(i) + 1 Then

                FillNewPosition = j - 1

```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงโค้ดการซ่อมแซมคำตอบ

```
Exit For
End If
End If
Next j
If FillNewPosition > FillOldPosition Then
    FillTemp = Sol(FillOldPosition)
    For j = FillOldPosition + 1 To FillNewPosition
        Sol(j - 1) = Sol(j)
    Next j
    Sol(FillNewPosition) = FillTemp
Elseif FillNewPosition < FillOldPosition Then
    FillTemp = Sol(FillOldPosition)
    For j = FillOldPosition - 1 To FillNewPosition + 1 Step -1
        Sol(j + 1) = Sol(j)
    Next j
    Sol(FillNewPosition + 1) = FillTemp
End If
Next i
End Sub
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงโค้ดการซ่อมแซมคำตอบ

10. GEval F

```

Public Function GEvalF(Sol() As Integer) As Double
ReDim SA_BNewSolTotalCost(1 To TotalRepPos - 2)

Dim i As Integer
Dim j As Integer

For i = 1 To TotalRepPos - 2
    For j = 1 To TotalRepPos
        SA_CurSol(j) = SA_BNewSol(i, j)
    Next j
    Call EvalF(SA_CurSol())
    SA_BNewSolTotalCost(i) = TotalCost
    Range("G6").Offset(i) = SA_BNewSolTotalCost(i)
Next i

Dim SA_BestNewSolIndex As Integer
ReDim SA_BestNewSol(1 To TotalRepPos)

SA_BestNewSolTotalCost = SA_BNewSolTotalCost(1)

SA_BestNewSolIndex = 1

For i = 2 To TotalRepPos - 2
    If SA_BNewSolTotalCost(i) < SA_BestNewSolTotalCost Then
        SA_BestNewSolTotalCost = SA_BNewSolTotalCost(i)
        SA_BestNewSolIndex = i
    End If
Next i

```

รูปที่ ข.14 แสดงโค้ดการคำนวณ GEvalF

```

End If
Next i
For i = 1 To TotalRepPos
SA_BestNewSol(i) = SA_BNewSol(SA_BestNewSolIndex, i)
Next i
For j = 1 To TotalRepPos
Next j
If SA_BestNewSolTotalCost < NowCurSolCost Then
For i = 1 To TotalRepPos
SA_NowCurSol(i) = SA_BestNewSol(i)
Next i
NowCurSolCost = SA_BestNewSolTotalCost
If SA_BestNewSolTotalCost <= SA_BestSolTotalCost Then
SA_BestSolTotalCost = SA_BestNewSolTotalCost
For i = 1 To TotalRepPos
SA_BestSol(i) = SA_BestNewSol(i)
Next i
For j = 1 To TotalRepPos
Next j
End If
Else
SA_Rand = Rnd

```

รูปที่ ข.14 (ต่อ) แสดงโค้ดการคำนวณ GEvalF

```

SA_Prob = Exp((NowCurSolCost - SA_BestNewSolTotalCost) / SA_T)
Range("B18").Value = SA_Prob
If SA_Rand <= SA_Prob Then
    For i = 1 To TotalRepPos
        SA_NowCurSol(i) = SA_BestNewSol(i)
    Next i
    NowCurSolCost = SA_BestNewSolTotalCost
If SA_BestSolTotalCost >= NowCurSolCost Then
    SA_BestSolTotalCost = NowCurSolCost
    For i = 1 To TotalRepPos
        SA_BestSol(i) = SA_NowCurSol(i)
    Next i
For j = 1 To TotalRepPos
    Next j
End If
End If
End If
SA_NumSol = SA_NumSol + TotalRepPos - 2
End Function

```

รูปที่ ข.14 (ต่อ) แสดงโค้ดการคำนวณ GEvalF

11. GEvalF_Interchang22

```

Public Function GEvalF_Interchang22(Sol() As Integer) As Double
)
ReDim SA_BNewSolTotalCost(1 To TotalRepPos - 3)

Dim i As Integer

Dim j As Integer

For i = 1 To TotalRepPos - 3
)
    For j = 1 To TotalRepPos
SA_CurSol(j) = SA_BNewSol(i, j)
    Next j

    Call EvalF(SA_CurSol())

    SA_BNewSolTotalCost(i) = TotalCost
)
Next i

Dim SA_BestNewSolIndex As Integer

ReDim SA_BestNewSol(1 To TotalRepPos)

SA_BestNewSolTotalCost = SA_BNewSolTotalCost(1)

    SA_BestNewSolIndex = 1
)
For i = 2 To TotalRepPos - 3

    If SA_BNewSolTotalCost(i) < SA_BestNewSolTotalCost Then

        SA_BestNewSolTotalCost = SA_BNewSolTotalCost(i)

        SA_BestNewSolIndex = i

    End If

)
Next i

```

รูปที่ ข.15 แสดงโค้ดการทำงานของ GEvalF_Interchang22


```

For i = 1 To TotalRepPos
    SA_BestNewSol(i) = SA_BNewSol(SA_BestNewSolIndex, i)
Next i

For j = 1 To TotalRepPos
Next j

If SA_BestNewSolTotalCost < NowCurSolCost Then

    For i = 1 To TotalRepPos
        SA_NowCurSol(i) = SA_BestNewSol(i)
    Next i

    NowCurSolCost = SA_BestNewSolTotalCost

    If SA_BestNewSolTotalCost <= SA_BestSolTotalCost Then
        SA_BestSolTotalCost = SA_BestNewSolTotalCost
        For i = 1 To TotalRepPos
            SA_BestSol(i) = SA_BestNewSol(i)
        Next i

        For j = 1 To TotalRepPos
            Next j

            End If

        Else

        SA_Rand = Rnd

        SA_Prob = Exp((NowCurSolCost - SA_BestNewSolTotalCost) / SA_T)

```

รูปที่ ข.15 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ GEvalF Interchang22

```
If SA_Rand <= SA_Prob Then
    For i = 1 To TotalRepPos
        SA_NowCurSol(i) = SA_BestNewSol(i)
    Next i
    NowCurSolCost = SA_BestNewSolTotalCost
    If SA_BestSolTotalCost >= NowCurSolCost Then
        SA_BestSolTotalCost = NowCurSolCost
        For i = 1 To TotalRepPos
            SA_BestSol(i) = SA_NowCurSol(i)
        Next i
    End If
End If
End If
SA_NumSol = SA_NumSol + TotalRepPos - 3
End Function
```

รูปที่ ข.15 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ GEvalF Interchang22

12. InterChang11

```

Public Sub InterChang11(Sol() As Integer)

Dim Maxi As Integer

Dim Maxj As Integer

Dim MaxDist As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim PosMaxi As Integer

Dim PosMaxj As Integer

Dim RandNum As Integer

MaxDist = 0

For i = 2 To TotalRepPos - 2

If Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) > MaxDist Then

PosMaxi = i

PosMaxj = i + 1

Maxi = Sol(i)

Maxj = Sol(i + 1)

MaxDist = Distance(Sol(i), Sol(i + 1))

End If

Next i

ReDim SA_BNewSol(1 To TotalRepPos - 2, 1 To TotalRepPos)

```

รูปที่ ข.16 แสดงโค้ดการทำงานของ InterChang11

```

For i = 1 To TotalRepPos - 2

    For j = 1 To TotalRepPos

        SA_BNewSol(i, j) = SA_NowCurSol(j)

    Next j

Next i

Dim Temp As Integer

For i = 1 To TotalRepPos - 2

    Temp = SA_BNewSol(i, i + 1)

    SA_BNewSol(i, i + 1) = SA_BNewSol(i, PosMaxi)

    SA_BNewSol(i, PosMaxi) = Temp

    RandNum = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

    Temp = SA_BNewSol(i, RandNum)

    SA_BNewSol(i, RandNum) = SA_BNewSol(i, PosMaxj)

    SA_BNewSol(i, PosMaxj) = Temp

    For j = 1 To TotalRepPos

        'Range("H6").Offset(i, j) = SA_BNewSol(i, j)

    Next j

Next i

End Sub

```

รูปที่ ข.16 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ InterChang11

13. InterChang22

```

Public Sub InterChang22(Sol() As Integer)

Dim Maxi As Integer

Dim Maxj As Integer

Dim MaxDist As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim PosMaxi As Integer

Dim PosMaxj As Integer

MaxDist = 0

For i = 2 To TotalRepPos - 3

If Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) > MaxDist Then

PosMaxi = i

PosMaxj = i + 1

Maxi = Sol(i)

Maxj = Sol(i + 1)

MaxDist = Distance(Sol(i), Sol(i + 1))

End If

Next i

ReDim SA_BNewSol(1 To TotalRepPos - 3, 1 To TotalRepPos)

For i = 1 To TotalRepPos - 3

For j = 1 To TotalRepPos

```

รูปที่ ข.17 แสดงโค้ดแสดงโค้ดการทำงานของ InterChang22

```
SA_BNewSol(i, j) = SA_NowCurSol(j)

    Next j

Next i

Dim Temp As Integer

For i = 1 To TotalRepPos - 3

    Temp = SA_BNewSol(i, i + 1)

    SA_BNewSol(i, i + 1) = SA_BNewSol(i, PosMaxi)

    SA_BNewSol(i, PosMaxi) = Temp

Temp = SA_BNewSol(i, i + 2)

    SA_BNewSol(i, i + 2) = SA_BNewSol(i, PosMaxj)

    SA_BNewSol(i, PosMaxj) = Temp

For j = 1 To TotalRepPos

    'Range("H6").Offset(i, j) = SA_BNewSol(i, j)

Next j

Next i

End Sub
```

รูปที่ ข.17 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ InterChang22

14. 2-Opt/2-Opt*

```

Public Sub Opt2(Sol() As Integer)

Dim Maxi As Integer

Dim Maxj As Integer

Dim MaxDist As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim PosMaxi As Integer

MaxDist = 0

For i = 2 To TotalRepPos - 2

If Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) > MaxDist Then

PosMaxi = i

PosMaxj = i + 1

Maxi = Sol(i)

Maxj = Sol(i + 1)

MaxDist = Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) 'MaxDist = Distance(Maxi, Maxj)

End If

Next i

'Range("F15") = Maxi

'Range("F16") = Maxj

'Range("F17") = MaxDist

```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ 2-Opt/2-Opt*

```

ReDim SA_BNewSol(1 To TotalRepPos - 2, 1 To TotalRepPos)

    For i = 1 To TotalRepPos - 2
        For j = 1 To TotalRepPos
            SA_BNewSol(i, j) = SA_NowCurSol(j)
        Next j
    Next i

Dim Temp As Integer

    For i = 1 To TotalRepPos - 2
        Temp = SA_BNewSol(i, i + 1)
        SA_BNewSol(i, i + 1) = SA_BNewSol(i, PosMaxj)
        SA_BNewSol(i, PosMaxj) = Temp
    Next i

    For j = 1 To TotalRepPos
        'Range("H6").Offset(i, j) = SA_BNewSol(i, j)
    Next j

Next i

End Sub

```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ 2-Opt/2-Opt*

15. 3-Opt/3-Opt*

```

Public Sub Opt3(Sol() As Integer)

Dim Temp1 As Integer

Dim Temp2 As Integer

Dim Maxi1 As Integer

Dim Maxi2 As Integer

Dim Maxj1 As Integer

Dim Maxj2 As Integer

Dim Maxk1 As Integer

Dim Maxk2 As Integer

Dim MaxDist As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim PosMaxi1 As Integer

Dim PosMaxi2 As Integer

MaxDist = 0

For i = 2 To TotalRepPos - 2

    If Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) > MaxDist Then

        PosMaxi1 = i

        PosMaxi2 = i + 1

        Maxi1 = Sol(i)

        Maxi2 = Sol(i + 1)

```

รูปที่ ข.18 แสดงโค้ดการทำงานของ 3-Opt/3-Opt*

```

        MaxDist = Distance(Sol(i), Sol(i + 1))
    End If
Next i

ReDim SA_BNewSol(1 To TotalRepPos - 2, 1 To TotalRepPos)

For i = 1 To TotalRepPos - 2
    For j = 1 To TotalRepPos
        SA_BNewSol(i, j) = SA_NowCurSol(j)
    Next j
Next i

Dim RanNum As Integer
For i = 1 To TotalRepPos - 2
    RanNum = Application.WorksheetFunction.RandBetween(1, 7)
    Select Case RanNum
        Case "1"
            Maxj1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)
            Maxj2 = Maxj1 + 1
            Maxk1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)
            Temp1 = SA_BNewSol(i, Maxj2)
            SA_BNewSol(i, Maxj2) = SA_BNewSol(i, Maxk1)
            SA_BNewSol(i, Maxk1) = Temp1
    End Select
Next i

```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานย่อยของ 3-Opt/3-Opt*

Case "2"

Maxj1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Maxj2 = Maxj1 + 1

Maxk1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Temp1 = SA_BNewSol(i, PosMaxi2)

SA_BNewSol(i, PosMaxi2) = SA_BNewSol(i, Maxk1)

SA_BNewSol(i, Maxk1) = Temp1

Case "3"

Maxj1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Temp1 = SA_BNewSol(i, PosMaxi2)

SA_BNewSol(i, PosMaxi2) = SA_BNewSol(i, Maxj1)

SA_BNewSol(i, Maxj1) = Temp1

Case "4"

Maxj1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Maxj2 = Maxj1 + 1

Maxk1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Temp1 = SA_BNewSol(i, PosMaxi2)

SA_BNewSol(i, PosMaxi2) = SA_BNewSol(i, Maxk1)

SA_BNewSol(i, Maxk1) = SA_BNewSol(i, Maxj1)

SA_BNewSol(i, Maxj1) = SA_BNewSol(i, Maxj2)

SA_BNewSol(i, Maxj2) = Temp1

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงได้การทำงานของ 3-Opt/3-Opt*

Case "5"

Maxj1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Maxj2 = Maxj1 + 1

Maxk1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Temp1 = SA_BNewSol(i, PosMaxi2)

SA_BNewSol(i, PosMaxi2) = SA_BNewSol(i, Maxj1)

SA_BNewSol(i, Maxj1) = Temp1

Temp2 = SA_BNewSol(i, Maxj2)

SA_BNewSol(i, Maxj2) = SA_BNewSol(i, Maxk1)

SA_BNewSol(i, Maxk1) = Temp2

Case "6"

Maxj1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Maxj2 = Maxj1 + 1

Maxk1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Temp1 = SA_BNewSol(i, PosMaxi2)

SA_BNewSol(i, PosMaxi2) = SA_BNewSol(i, Maxj2)

SA_BNewSol(i, Maxj2) = SA_BNewSol(i, Maxj1)

SA_BNewSol(i, Maxj1) = SA_BNewSol(i, Maxk1)

SA_BNewSol(i, Maxk1) = Temp1

Case "7"

Maxj1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Maxj2 = Maxj1 + 1

```
Maxk1 = Application.WorksheetFunction.RandBetween(2, TotalRepPos - 2)

Temp1 = SA_BNewSol(i, PosMaxi2)

SA_BNewSol(i, PosMaxi2) = SA_BNewSol(i, Maxj2)

SA_BNewSol(i, Maxj2) = Temp1

Temp2 = SA_BNewSol(i, Maxj1)

SA_BNewSol(i, Maxj1) = SA_BNewSol(i, Maxk1)

SA_BNewSol(i, Maxk1) = Temp2

End Select

For j = 1 To TotalRepPos

    'Range("H6").Offset(i, j) = SA_BNewSol(i, j)

Next j

Next i

End Sub
```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ 3-Opt/3-Opt*

16. Shift 10

```

Public Sub BShift10(Sol() As Integer)

Dim Maxi As Integer

Dim Maxj As Integer

Dim MaxDist As Integer

Dim i As Integer

Dim j As Integer

Dim k As Integer

Dim PosMaxi As Integer

MaxDist = 0

For i = 2 To TotalRepPos - 2

If Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) > MaxDist Then

PosMaxi = i

Maxi = Sol(i)

Maxj = Sol(i + 1)

MaxDist = Distance(Sol(i), Sol(i + 1)) 'MaxDist = Distance(Maxi, Maxj)

End If

Next i

ReDim SA_BNewSol(1 To TotalRepPos - 2, 1 To TotalRepPos)

For i = 1 To TotalRepPos - 2

For j = 1 To TotalRepPos

```

รูปที่ ข.19 แสดงโค้ดการทำงานของ Shift 10

```

        SA_BNewSol(i, j) = SA_NowCurSol(j)

    Next j

Next i

Dim Temp2 As Integer

For i = 1 To TotalRepPos - 2

    For k = i To TotalRepPos - 1

        If k < PosMaxi Then

            If k = i Then

                Temp1 = SA_BNewSol(i, k + 1)

                SA_BNewSol(i, k + 1) = Maxi

            Else

                Temp2 = SA_BNewSol(i, k + 1)

                SA_BNewSol(i, k + 1) = Temp1

                Temp1 = Temp2

            End If

        End If

    Next k

    If i > PosMaxi - 1 Then

        Temp1 = SA_BNewSol(i, PosMaxi)

        For k = 1 To i - PosMaxi + 1

            SA_BNewSol(i, PosMaxi + k - 1) = SA_BNewSol(i, PosMaxi + k)

        Next k

    End If

Next i

```

รูปที่ ข.19 แสดงโค้ดการทำงานของ Shift 10

```

    Next k

    SA_BNewSol(i, i + 1) = Temp1

    End If

    For j = 1 To TotalRepPos

        'Range("H6").Offset(i, j) = SA_BNewSol(i, j)

    Next j

Next i

End Sub

```

รูปที่ ข.19 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ Shift 10

17. Function InterChang11

```

Public Sub Function_InterChang11()

'Do

    Do Until SA_NumSol > SA_Number

        Call InterChang11(SA_NowCurSol())

        Call GEvalF(SA_BNewSol())

    SA_Eq = SA_Eq + 1

    'Range("B26") = SA_Eq

    If SA_Eq = SA_MaxEq Then

        SA_Eq = 0
    End If
End Sub

```

รูปที่ ข.19 แสดงโค้ดการทำงานของ Function InterChang11


```

    SA_T = SA_T * SA_CR

    'Range("B25") = SA_T

End If

Loop

'Loop Until SA_T <= SA_Tmin

End Sub

```

รูปที่ ข.19 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ Function InterChang11

18. Function InterChang22

```

Public Sub Function_InterChang22()

'Do

Do Until SA_NumSol > SA_Number

    Call InterChang22(SA_NowCurSol())

    Call GEvalF_Interchang22(SA_BNewSol())

    'Range("B23") = SA_NumSol

SA_Eq = SA_Eq + 1

If SA_Eq = SA_MaxEq Then

    SA_Eq = 0

    SA_T = SA_T * SA_CR

    'Range("B25") = SA_T

```

รูปที่ ข.20 แสดงโค้ดการทำงานของ Function InterChang22

```

End If

Loop

'Loop Until SA_T <= SA_Tmin

End Sub

```

รูปที่ ข.20 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ Function InterChang22

19. Function 2Opt

```

Public Sub Function_2Opt()

'Do

  Do Until SA_NumSol > SA_Number

    Call Opt2(SA_NowCurSol())

    Call GEvalF(SA_BNewSol())

    SA_Eq = SA_Eq + 1

    If SA_Eq = SA_MaxEq Then

      SA_Eq = 0

      SA_T = SA_T * SA_CR

      'Range("B25") = SA_T

    End If

  Loop

'Loop Until SA_T <= SA_Tmin

End Sub

```

รูปที่ ข.21 แสดงโค้ดการทำงานของ Function 2Opt

20. Function 3Opt

```

Public Sub Function_3Opt()
'Do
    Do Until SA_NumSol > SA_Number
        Call Opt3(SA_NowCurSol())
        Call GEvalF(SA_BNewSol())
    SA_Eq = SA_Eq + 1
    If SA_Eq = SA_MaxEq Then
        SA_Eq = 0
        SA_T = SA_T * SA_CR
        'Range("B25") = SA_T
    End If
Loop
End Sub

```

รูปที่ ข.22 แสดงโค้ดการทำงานของ Function 3Opt

21. Function BShift10

```

Public Sub Function_BShift10()
'Do
    Do Until SA_NumSol > SA_Number
        Call BShift10(SA_NowCurSol())
        Call GEvalF(SA_BNewSol())
    SA_Eq = SA_Eq + 1

```

รูปที่ ข.23 (ต่อ) แสดงโค้ดการทำงานของ Function BShift10

```
'Range("B26") = SA_Eq  
  
    If SA_Eq = SA_MaxEq Then  
  
        SA_Eq = 0  
  
        SA_T = SA_T * SA_CR  
  
    End If  
  
Loop  
  
End Sub
```

รูปที่ ข.23 แสดงโค้ดการทำงานของ Function BShift1



ประวัติผู้ดำเนินโครงการ



ชื่อ นางสาวกรรณพนิมา ฤณาสุนย์
ภูมิลำเนา 29 หมู่ 6 ต.เมืองที่ อ.เมือง จ.สุรินทร์
ประวัติการศึกษา จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนรามวิทยารัชมังคลาภิเษก จ.สุรินทร์
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail Kanthima860@gmail.com



ชื่อ นางสาวขวัญวิมล เปี่ยมสิน
ภูมิลำเนา 249 หมู่ 1 ต.ตาสัง อ.บรรพตพิสัย จ. นครสวรรค์
ประวัติการศึกษา จบระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนบรรพตพิสัยพิทยาคม จ.นครสวรรค์
ปัจจุบันกำลังศึกษาในระดับปริญญาตรี ชั้นปีที่ 4 สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
E-mail Khwanwimon0962@gmail.com