ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง

A SIMULATED ANNEALING ALGORITHM FOR VEHICLE ROUTING PROBLEM WITH TIME WINDOWS

นางสาวสุกัญญา โทนทอง รหัส 52360669

นางสาวสุปราณี อุดมสุข รหัส 52360690

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
- 5 ส.ค. 2556
วันที่รับ............/............./.............
เลขทะเบียน 16329662
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ส743ก 2555

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง	
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวสุกัญญา โทนทอง	รหัส 52360669
	นางสาวสุปราณี อุดมสุข	รหัส 52360690
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง	
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ	
ปีการศึกษา	2555	

....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

....ที่ปรึกษาโครงงาน

(ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ภูพงษ์ พงษ์เจริญ)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ศรีสัจจา วิทยศักดิ์)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา โดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง
ผู้ดำเนินโครงงาน	นางสาวสุกัญญา โทนทอง รหัส 52360669
	นางสาวสุปราณี อุดมสุข รหัส 52360690
ที่ปรึกษาโครงงาน	ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยฉบับนี้ เป็นการพัฒนา และสร้างวิธีการในการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา โดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง เข้ามาช่วยในการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ รวมทั้งได้มีการพัฒนา และสร้างโปรแกรมเพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหา ซึ่งจะใช้การเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ภาษา Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel ทั้งนี้เพื่อจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่จะทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าน้อยที่สุด

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาถึงผลการทำ Neighbourhood Search หรือการหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิมตามวิธีการอบอ่อนจำลองในหลายๆ หลักการ นอกจากนี้ยังได้ศึกษาถึงการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการอบอ่อนจำลองอีกด้วย ซึ่งในการทดสอบประสิทธิภาพของการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลานี้ ได้ทำการทดสอบกับปัญหาขนาดต่างๆ และมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยของผู้วิจัยเอง และงานวิจัยของผู้อื่น จากการศึกษาสามารถสรุปได้ว่า ความแตกต่างกันของ Neighbourhood Search และความแตกต่างของค่าพารามิเตอร์ที่ใช้ในกระบวนการอบอ่อนจำลอง มีผลต่อค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้จะไม่มีความสำเร็จลุล่วงด้วยดีได้ หากไม่ได้รับคำแนะนำที่ดีตลอดมาจาก ดร.ขวัญนิธิ คำเมือง อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน จึงต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงที่กรุณาให้คำปรึกษา ชี้แนะแก้ไข และให้ข้อคิดเห็นต่างๆ ที่เป็นประโยชน์อย่างมากในการทำวิจัยมาโดยตลอด

นอกจากนี้ยังต้องขอขอบพระคุณ คณะกรรมการทั้งสามท่านเป็นอย่างสูง อันประกอบด้วย ผศ.ดร.ภูพงษ์ พงษ์เจริญ ผศ.ศรีสัจจา วิทยศักดิ์ และอาจารย์สุธนิตย์ พุทธพนม ที่กรุณาให้คำแนะนำในการแก้ไขที่มีประโยชน์ จนสำเร็จลุล่วงมาเป็นปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

สุดท้ายนี้ ขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ที่ได้สนับสนุน และให้กำลังใจที่ดีในทุกๆ เรื่อง จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในการศึกษา ทางผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ ที่นี้

คณะผู้ดำเนินโครงงาน
นางสาวสุกัญญา โทนทอง
นางสาวสุปราณี อุดมสุข

พฤษภาคม 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์.....ก

บทคัดย่อภาษาไทย.....ข

กิตติกรรมประกาศ.....ค

สารบัญ.....ง

สารบัญตาราง.....ช

สารบัญรูป.....ฌ

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน.....2

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน.....2

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ.....2

1.5 ขอบเขตของการทำโครงงาน.....2

1.6 สถานที่ในการดำเนินงานโครงงาน.....3

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน.....3

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน (Gantt Chart).....4

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น.....5

2.1 การขนส่งและการแก้ปัญหาการขนส่ง.....5

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP).....6

2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows : VRPTW).....9

2.4 วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ.....15

2.5 วิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic Algorithms).....16

2.6 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิธีการอบอ่อนจำลอง.....17

2.7 โปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel.....19

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีการดำเนินโครงงาน....20

3.1 ศึกษา ค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และทฤษฎีการอบอ่อนจำลอง....21

3.2 ศึกษาข้อมูลการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel....21

3.3 พัฒนา และสร้างวิธีการอบอ่อนเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel.... 21

3.4 การทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง....48

3.5 จัดทำรายงาน และสรุปผล.... 49

3.6 นำเสนอผลงาน....49

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิเคราะห์.... 50

4.1 โปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง.... 50

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง.... 57

4.3 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น....67

4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง.... 69

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ.... 82

5.1 บทสรุป....82

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงานวิจัย....83

5.3 ข้อเสนอแนะ....83

เอกสารอ้างอิง....85

ภาคผนวก ก....86

ภาคผนวก ข....98

ภาคผนวก ค....131

ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน....162

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน....4

2.1 ตัวอย่างสายทางเดินรถของโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง....6

2.2 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 7 ราย....7

2.3 แสดงระยะทางการขนส่งสินค้า....7

2.4 ลักษณะของคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า....9

2.5 แสดงคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า....10

2.6 แสดงระยะทางการขนส่งสินค้า....11

2.7 แสดงเวลาในการเดินทาง....11

3.1 แสดงตัวอย่างความต้องการของลูกค้าทั้ง 6 ราย....39

3.2 แสดงตัวอย่างช่วงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ขนถ่ายสินค้าของลูกค้าทั้ง 6 ราย....42

3.3 แสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทาง (ชั่วโมง)....43

4.1 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1 ของปัญหาขนาดเล็ก....59

4.2 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 2 ของปัญหาขนาดเล็ก....60

4.3 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดกลาง....62

4.4 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดกลาง....63

4.5 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดใหญ่....65

4.6 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 6ของปัญหาขนาดใหญ่....66

4.7 แสดงผู้วิจัยการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าของโปรแกรมที่ออกแบบเองกับโปรแกรมของกอบเจตน์และธิดารัตน์....68

4.8 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน....72

4.9 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน....77

ค.1 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า....132

ค.2 แสดงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาในการขนถ่ายสินค้า....132

ค.3 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)....133

ค.4 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)....133

ค.5 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า....134

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ค.6 แสดงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาในการขนถ่ายสินค้า....134
ค.7 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)....135
ค.8 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)....135
ค.9 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)....136
ค.10 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)....136
ค.11 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า..137
ค.12 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)....138
ค.13 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)....140
ค.14 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า..142
ค.15 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)....143
ค.16 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)....145
ค.17 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า..147
ค.18 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)....149
ค.19 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)....152
ค.20 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า..154
ค.21 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)....156
ค.22 ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (หน่วย)....159

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 แสดงสัญลักษณ์........ 8

2.2 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้า........ 8

2.3 แสดงการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าที่ตำแหน่งต่างๆ........11

2.4 แสดงการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 1........12

2.5 แสดงการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 2........12

2.6 ขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง........18

3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา........20

3.2 ตัวอย่างการสุ่มคำตอบเริ่มต้นในกระบวนการอบอ่อนจำลอง........22

3.3 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่โดยหลักการเลื่อนตำแหน่ง........23

3.4 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งแรก........23

3.5 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งสุดท้าย........24

3.6 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ....25

3.7 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ....25

3.8 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ....26

3.9 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ....26

3.10 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ..27

3.11 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ..27

3.12 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่โดยหลักการสลับที่........28

3.13 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งแรก........28

3.14 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งสุดท้าย........29

3.15 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ..30

3.16 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ..30

3.17 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ..31

3.18 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ..31

3.19 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ..32

3.20 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ..32

3.21 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่โดยหลักการสลับที่........33

สารบัญรูป (ต่อ)

รูป หน้า

3.22 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งแรก........................33

3.23 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งสุดท้าย....................34

3.24 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ..35

3.25 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ..35

3.26 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ..36

3.27 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ..36

3.28 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ..37

3.29 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ..37

3.30 แสดงกระบวนการจัดเรียงรอบรถ..40

3.31 แสดงกระบวนการจัดเรียงรอบรถที่ความต้องการสินค้ามีปริมาณมากกว่าความจุรถ....................41

3.32 แสดงการพิจารณาด้านเวลาในการเปิด-ปิดรับสินค้าของลูกค้า... 43

3.33 Flow Chart แสดงวิธีการและขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง... 47

4.1 แสดงหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม..51

4.2 แสดงขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูล...52

4.3 แสดงขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าข้อมูลในการอบอ่อน...53

4.4 แสดงขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน... 53

4.5 แสดงขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้าและข้อมูลด้านเวลาของลูกค้า..................................54

4.6 แสดงหน้าต่างของการกรอกเวลาในการเดินทางของลูกค้าแต่ละราย..................................... 55

4.7 แสดงหน้าต่างของการกรอกค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า...55

4.8 แสดงหน้าต่างของการประมวลผล.. 56

4.9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างหลักการในการทำ Neighbourhood Search ของ
ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด.. 70

4.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างหลักการในการทำ Neighbourhood Search ของ
ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด.. 71

ก.1 แสดงการตั้งค่าความปลอดภัยแมโคร...87

ก.2 แสดงหน้าต่างการตั้งระดับความปลอดภัยของแมโคร...88

ก.3 แสดงหน้าต่างการเปิดใช้งานแมโคร...88

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.4 แสดงหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม........ 89
ก.5 แสดงหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม........90
ก.6 แสดงขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูล........90
ก.7 แสดงหน้าต่างแจ้งเตือน ให้ระบุค่าเป็นตัวเลขเท่านั้น........91
ก.8 แสดงขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าข้อมูลในการอบอ่อน........92
ก.9 แสดงขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน........93
ก.10 แสดงปุ่มใน Sheet ชื่อ Data........93
ก.11 แสดงหน้าต่างของการกรอกเวลาในการเดินทางของลูกค้าแต่ละราย........94
ก.12 แสดงหน้าต่างของการกรอกค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า........94
ก.13 แสดงหน้าต่างของการประมวลผล........95
ก.14 แสดงแถบความก้าวหน้าเมื่อกด RUN PROGRAM ในหน้าต่างของการประมวลผล........96
ก.15 แสดงหน้าต่างยืนยันการหยุดการประมวลผล........96
ก.16 แสดงผลการจัดเส้นทางยานพาหนะเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น ในขั้นตอนที่ 5 ประมวลผล........97
ข.1 แสดงคำสั่งเข้าสู่โปรแกรม........ 99
ข.2 แสดงคำสั่งเมื่อกด START ในหน้าแรกของโปรแกรม........ 99
ข.3 แสดงคำสั่งเมื่อกด ABOUT ในหน้าแรกของโปรแกรม........ 99
ข.4 แสดงคำสั่งเมื่อกด EXIT ในหน้าแรกของโปรแกรม........100
ข.5 แสดงคำสั่งเมื่อกด OK ใน UserForm6 ในหน้าแรกของโปรแกรม........100
ข.6 แสดงคำสั่งประกาศตัวแปรในหน้าขั้นตอนที่ 1........100
ข.7 แสดงคำสั่งกำหนดให้สามารถระบุค่าได้เพียงแค่ตัวเลขของจำนวนลูกค้า........101
ข.8 แสดงคำสั่งกำหนดให้สามารถระบุค่าได้เพียงแค่ตัวเลขของจำนวนรถ........101
ข.9 แสดงคำสั่งกำหนดให้สามารถระบุค่าได้เพียงแค่ตัวเลขของความจุรถ........101
ข.10 แสดงคำสั่งเมื่อกด BACK ของหน้าขั้นตอนที่ 1........102
ข.11 แสดงคำสั่งเมื่อกด ขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าการอบอ่อน........102
ข.12 แสดงคำสั่งในหน้าขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน........104
ข.13 แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล........104
ข.14 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง InitialSolutionF........110

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ข.15 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง NewSolution1....112
ข.16 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Swap1....113
ข.17 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Slide....115
ข.18 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Stable1....117
ข.19 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง CheckCap....122
ข.20 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง SumCost....126
ข.21 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Timewindow....127

มหาวิทยาลัยนเรศวร

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันระบบเศรษฐกิจมีความเจริญเติบโตเป็นอย่างมาก ทำให้มีการแข่งขันด้านธุรกิจสูง ทำให้ภาคธุรกิจต่างๆ ต้องหากลยุทธ์ เพื่อทำให้เกิดความความได้เปรียบคู่แข่งในการแข่งขัน โดยมีสิ่งสำคัญ คือ การลดต้นทุนในการผลิตให้ต่ำที่สุด ปัญหาการขนส่งมีผลต่อต้นทุนรวมสูงมาก ทั้งในภาคอุตสาหกรรม ภาคการขนส่ง ภาคเกษตรกรรม ระบบสาธารณูปโภค ตลอดจนการบริโภคในครัวเรือนทั้งในส่วนของการนำเข้าวัตถุดิบ การส่งสินค้าเข้าคลัง และการจัดจำหน่ายไปยังลูกค้า ดังนั้นการวางแผนการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ดีจะทำให้การขนส่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น และสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งลง

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) เป็นส่วนหนึ่งของการจัดการด้านการขนส่ง และโลจิสติกส์ ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ คือ การกำหนดเส้นทางของยานพาหนะ เพื่อไปบริการลูกค้า หรือขนส่งสินค้า โดยมีเป้าหมายสำคัญ คือ การวางแผนออกแบบเส้นทางการเดินรถในการขนส่งให้มีต้นทุนต่ำที่สุด โดยพิจารณาถึงเงื่อนไข หรือข้อจำกัดต่างๆ ด้วย เช่น เวลา จำนวนยานพาหนะ น้ำหนักในการบรรทุก และระยะทาง เป็นต้น

ในปัจจุบันเวลาที่ลูกค้าต้องการสินค้า (Time Window) เป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับการขนส่งอย่างมาก เพราะการส่งสินค้าให้ทันเวลาจะเป็นข้อได้เปรียบคู่แข่งในการที่จะทำให้ลูกค้าพึงพอใจสูงสุด จึงทำให้ผู้ที่จะทำการขนส่งสินค้าจะต้องนำปัจจัยทางด้านเวลาที่ลูกค้าต้องการสินค้ามาพิจารณาร่วมกับปัจจัยอื่นๆ ในการจัดตารางการขนส่งสินค้าด้วย จึงได้มีการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows : VRPTW) ซึ่งเป็นปัญหา NP – Hard มีการศึกษาหาวิธีหาคำตอบ โดยใช้วิธีฮิวริสติก (Heuristics) ต่างๆ เช่น อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetics Algorithm : GA) อัลกอริทึมการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing : SA) และวิธีฮิวริสติกอื่นๆ

ผู้จัดทำโครงงานได้เลือกใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง โดยใช้โปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยมีกรอบเวลา

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยมีกรอบเวลา

1.2.2 เพื่อสร้างโปรแกรมที่ใช้ในการแก้ปัญหาบน Microsoft Excel โดยวิธีการอบอ่อนจำลองด้วยภาษา Visual Basic for Applications

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

1.3.1 โปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยมีกรอบเวลา โดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง

1.3.2 ได้ความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์กับประสิทธิภาพการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยมีกรอบเวลา

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

วิธีการจัดลำดับการจัดเส้นทางยานพาหนะ และโปรแกรมที่ช่วยในการจัดลำดับการจัดเส้นทางยานพาหนะ สามารถนำไปช่วยในการจัดเส้นทางยานพาหนะในอุตสาหกรรม ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดได้

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

1.5.1 ศึกษาเฉพาะปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ โดยมีกรอบเวลา ซึ่งมีข้อตกลงเบื้องต้น ดังนี้

1.5.1.1 กำหนดจำนวนลูกค้าเท่ากับ N ราย โดยที่ N เป็นค่าคงที่

1.5.1.2 กำหนดจำนวนรถที่ใช้เท่ากับ K คัน โดยที่ K เป็นค่าคงที่

1.5.1.3 รถทุกคันเป็นรถชนิดเดียวกัน มีความจุเท่ากันทั้งหมดทุกคัน และรถทุกคันออกจากคลังสินค้าเวลาเดียวกัน ณ เวลา 6.00 น. อย่างไรก็ตามเวลาดังกล่าวสามารถเปลี่ยนแปลงได้

1.5.1.4 มีการกำหนดช่วงเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าแต่ละราย

1.5.1.5 มีศูนย์กระจายสินค้าอยู่ 1 แห่ง

1.5.1.6 มีการกำหนดค่าใช้จ่ายในการเดินทางจาก i ไปยัง j เท่ากับ C_{ij} โดย C_{ij} เป็นค่าคงที่ สำหรับทุกๆ จุดส่งสินค้า i และ j โดยที่ i≠ j และ C_{ij} ไม่จำเป็นต้องเท่ากับ C_{ji}

1.5.1.7 มีการกำหนดเวลาการให้บริการเท่ากับ f_j โดยที่ f_j เป็นค่าคงที่

1.5.1.8 มีการกำหนดเวลาที่สามารถใช้รถได้เท่ากับ r_k โดยที่ r_k เป็นค่าคงที่

1.5.2 ศึกษาวิธีการอบอ่อนจำลองในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา

1.5.3 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา และวิธีการอบอ่อนจำลองที่ถูกพัฒนาขึ้นจะนำมาใช้ทดลองกับโจทย์ปัญหาที่ได้จำลองไว้โดยแบ่งออกเป็น 3 ขนาดคือ ขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

ตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2555 ถึงเดือนพฤษภาคม พ.ศ. 2556

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอน และแผนการดำเนินโครงงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.8.1	ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา	↔	↔	↔									
1.8.2	ศึกษาข้อมูลการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel			↔	↔								
1.8.3	ออกแบบวิธีการอบอ่อนจำลองโดยเขียนโปรแกรมบนโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel					↔	↔	↔	↔	↔			
1.8.4	การทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง										↔	↔	
1.8.5	สรุปผล และจัดทำรายงาน											↔	
1.8.6	นำเสนอโครงงาน												↔

บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

2.1 การขนส่งและการแก้ปัญหาการขนส่ง

ระบบการขนส่ง มีบทบาท และความสำคัญในระบบเศรษฐกิจ โดยเฉพาะธุรกิจที่ต้องมีการขนส่งวัตถุดิบ และการจัดส่งสินค้าจากแหล่งหนึ่งไปยังอีกแหล่งหนึ่ง ดังนั้น ถ้ามีการจัดเส้นทางการขนส่งที่ดีมีประสิทธิภาพแล้ว จะทำให้สามารถลดต้นทุนลงได้

การแก้ปัญหาการขนส่ง เป็นปัญหาที่ผู้วิเคราะห์ต้องการจัดส่งวัตถุดิบหรือสินค้าจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดหมายปลายทางให้มีประสิทธิภาพ โดยมีเป้าหมาย คือ ให้มีต้นทุนที่ต่ำที่สุดหรือการได้รับผลตอบแทนสูงที่สุด ตัวอย่าง การแก้ปัญหาการขนส่งของ เทสโก้โลตัส ปัญหาการกระจายสินค้าของเทสโก้โลตัส ซึ่งมีสาขาจำนวนมากกระจายอยู่ทั่วประเทศ ทุกวันมีรถบรรทุกจำนวน 500 ถึง 700 คันนำสินค้าอุปโภคบริโภคมาส่งที่ศูนย์กระจายสินค้า โดยจะมีกล่องผ่านศูนย์กระจายสินค้านี้ประมาณ 300,000 ถึง 800,000 กล่องเป็นประจำทุกวัน ทั้งนี้ จะมีรถหัวลากที่พ่วงตู้คอนเทนเนอร์ขนาด 40 ฟุต จำนวน 150 ถึง 170 คัน ขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า เพื่อกระจายสินค้าต่างๆ ไปยัง เทสโก้โลตัส สาขาต่างๆ ทั่วประเทศ เทสโก้โลตัส มีกลยุทธ์ที่เรียกว่า Backhauling เป็นการรับสินค้าตรงจากคลังสินค้าหรือจากโรงงานของคู่ค้า ในเส้นทางเดินรถจากสาขาต่างๆ กลับมายังศูนย์กระจายสินค้าวังน้อย ทำให้ช่วยประหยัดในการขนส่ง และยังช่วยประหยัดเวลาของทั้งคู่ค้าและบริษัท เป็นการบริหารรถขนส่ง เพราะต้นทุนการประหยัดต้นทุน คือ การหาวิธีที่จะไม่ให้รถวิ่งเที่ยวเปล่าไปยังที่ต่างๆ ในช่วงเวลา 5 ปี เทสโก้โลตัส ลดต้นทุนไปได้มหาศาลจากการวิ่งรถส่งของไปยังสาขาต่างๆ ลดการใช้ลงได้ 4.8 ล้านกิโลเมตร ตัวอย่าง สายทางเดินรถของโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็งที่ต้องส่งสินค้าไปยังโลตัสจัดแบ่งสายการเดินรถออกเป็น 5 สาย แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างสายทางเดินรถของโรงงานผลิตอาหารทะเลแช่แข็ง

สายทางเดิน รถที่ 1	สายทางเดิน รถที่ 2	สายทางเดิน รถที่ 3	สายทางเดิน รถที่ 4	สายทางเดิน รถที่ 5
เทสโก้โลตัส บางกะปิ	เทสโก้โลตัส หลักสี่	เทสโก้โลตัส รามอินทรา	เทสโก้โลตัส เอ็กซ์เพรส อารีย์	เทสโก้โลตัส มีนบุรี
เทสโก้โลตัส เอ็กซ์เพลส ลาดพร้าว 120	เทสโก้โลตัส เอ็กซ์เพลส รามอินทรา	เทสโก้โลตัส สุขาภิบาล 1	เทสโก้โลตัส เอ็กซ์เพลส สุทธิสาร 1	ท็อป สุขาภิบาล 3

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ คือ การกำหนดเส้นทางของยานพาหนะแต่ละคัน เพื่อไปให้บริการลูกค้าที่กำหนดโดยเสียค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด โดยคำนึงถึงระยะทางการขนส่ง จำนวนของยานพาหนะ และระยะเวลาในการขนส่ง ให้มีประสิทธิภาพที่สุด

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ พัฒนามาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem : TSP) ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย คือ การจัดเส้นทางที่ให้บริการลูกค้าทั้งหมดที่กำหนดไว้ และกลับมาที่จุดเริ่มต้น โดยระยะทางทั้งหมดน้อยที่สุด ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายจะไม่มีข้อจำกัดเหมือนกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยทั่วไปแล้วปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ จะประกอบไปด้วย

2.2.1 กลุ่มลูกค้า (Set of Customers) คือ ลูกค้าแต่ละรายจะถูกกำหนดให้อยู่กระจายในจุดต่างๆ กัน และมีความต้องการรับหรือส่งสินค้าจำนวนต่างๆ กัน

2.2.2 ยานพาหนะ (Vehicle) คือ มีหน้าที่ในการเดินทางรับ ส่งสินค้าระหว่างลูกค้า และคลังสินค้า

2.2.3 คลังสินค้า (Depot) คือ กำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดในการเดินทาง

2.2.4 เส้นทาง (Route) คือ มีการกำหนดว่าจะให้ยานพาหนะคันใดเดินทางไปยังลูกค้ารายใดบ้าง ลำดับก่อนหลัง

ตัวอย่างที่ 2.1 บริษัทหนึ่งต้องส่งสินค้าให้ลูกค้า 7 ราย คือ 1, 2, 3, 4, 5, 6 และ 7 มีบริษัทเป็นจุดกระจายสินค้า โดยมีสมมุติฐานดังนี้ 1. รถต้องเริ่มออกจากบริษัทเท่านั้นแล้วต้องกลับมาที่จุดเดิม 2. รถทุกคันบรรทุกสินค้าได้ 300 หน่วย 3. ไม่จำกัดเวลาในการจัดส่งสินค้า 4. ระยะทางจาก จุด i ไป

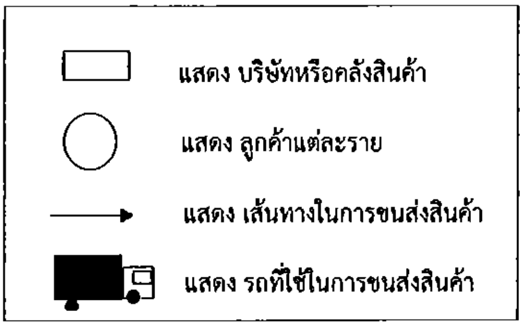
ยังจุด j และจุด j ไปยังจุด i มีระยะทางเท่ากัน ความต้องการสินค้า และระยะทางการขนส่ง แสดงดัง ตารางที่ 2.2 และตารางที่ 2.3 ตามลำดับ และกำหนดให้รูปที่ 2.1 แทนสัญลักษณ์ต่างๆ

ตารางที่ 2.2 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้ง 7 ราย

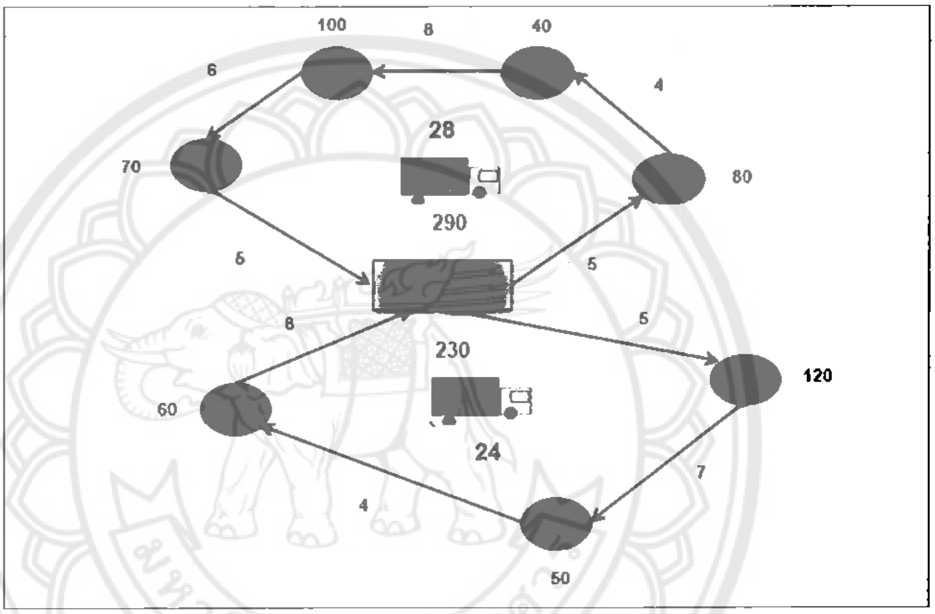
ลูกค้า	ความต้องการสินค้า (หน่วย)
1	70
2	100
3	40
4	80
5	60
6	50
7	120

ตารางที่ 2.3 แสดงระยะทางการขนส่งสินค้า

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



รูปที่ 2.1 แสดงสัญลักษณ์



รูปที่ 2.2 แสดงเส้นทางการขนส่งสินค้า

จากรูปที่ 2.2 แสดงการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

รถคันที่ 1 เริ่มการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังจุดรับสินค้าที่ลูกค้ารายที่ 4, 3, 2 และ 1 ตามลำดับโดยที่มีระยะทางการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปสู่ลูกค้ารายที่ 4 เท่ากับ 5 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายที่ 4 ไปสู่ลูกค้ารายที่ 3 เท่ากับ 4 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายที่ 3 ไปสู่ลูกค้ารายที่ 2 เท่ากับ 8 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายที่ 2 ไปสู่ลูกค้ารายที่ 1 เท่ากับ 6 และระยะทางการขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายที่ 1 กลับสู่คลังสินจะมีค่าเท่ากับ 5 ดังนั้นรถคันที่ 1 มีระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าจากบริษัทสู่ลูกค้ารายต่างๆ จนกระทั่งเดินทางกลับมาบริษัทจะมีระยะทางรวมของการเดินทางขนส่งสินค้า 5+4+8+6+5 ซึ่งมีระยะทางเท่ากับ 28 และมีจำนวนสินค้าที่ต้องบรรทุกรวม 80+40+100+70 รวมเป็น 290 หน่วย

รถคันที่ 2 เริ่มการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังจุดรับสินค้าที่ลูกค้ารายที่ 7, 6 และ 5 ตามลำดับ โดยที่มีระยะทางการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้ารายที่ 7 เท่ากับ 5 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายที่ 7 ไปสู่ลูกค้ารายที่ 6 เท่ากับ 7 ระยะทางการขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายที่ 6 ไปสู่ลูกค้ารายที่ 5 กลับสู่คลังสินค้ามีค่าเท่ากับ 4 และระยะทางการขนส่งสินค้าจากลูกค้ารายที่ 5 กลับสู่บริษัทเท่ากับ 8 ดังนั้นรถคันที่ 2 มีระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าจากบริษัทสู่ลูกค้ารายต่างๆ จนกระทั่งเดินทางกลับ 5+7+4+8 ซึ่งมีระยะทางเท่ากับ 24 และมีจำนวนสินค้าที่ต้องบรรทุกรวม 120+50+60 รวมเป็น 230 หน่วย

กล่าว คือ รถคันที่ 2 มีระยะทางในการขนส่งน้อยกว่าการขนส่งด้วยรถคันที่ 1 เพราะเส้นทางในการขนส่งแต่ละเส้นทางมีระยะทางที่ไม่เท่ากัน และระยะทางรวมในการขนส่งขึ้นอยู่กับการจัดเส้นทางการขนส่ง

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

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา เป็นปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยมีข้อจำกัดทางด้านเวลา ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลามีความยากมากกว่าปกติ โดยจุดประสงค์ทั่วไป คือ การลดจำนวนรถขนส่งหรือการลดต้นทุนด้านการขนส่งโดยรวมดังตารางที่ 2.4 แสดงลักษณะของคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า และตัวอย่างที่ 2.2 แสดงการจัดเส้นทางแบบมีกรอบเวลา

ตารางที่ 2.4 ลักษณะของคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า

ลูกค้า	จำนวนกล่อง	กรอบเวลาจัดส่งสินค้า
1	50	8.00 - 11.00 น.
2	100	14.00 - 16.00 น.
3	75	13.00 - 17.00 น.
4	120	ตลอด 24 ชั่วโมง
5	60	8.00 - 15.00 น.
6	200	20.00 - 24.00 น.
7	170	22.00 - 3.00 น.

ตารางที่ 2.4 (ต่อ) ลักษณะของคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า

8	80	8.00 - 12.00 น.
9	45	12.00 - 18.00 น.
10	150	24 ชั่วโมง

ตัวอย่างที่ 2.2 บริษัทหนึ่งต้องส่งสินค้าให้ลูกค้า 5 ราย คือ 1, 2, 3, 4 และ 5 และมีบริษัทเป็นจุดกระจายสินค้า โดยมีสมมุติฐานดังนี้ 1. รถต้องเริ่มออกจากบริษัทเท่านั้นแล้วต้องกลับมาที่จุดเดิม 2. รถทุกคันบรรทุกสินค้าได้ 300 หน่วย 3. ระยะทางจาก จุด i ไปยังจุด j และจุด j ไปยังจุด i มีระยะทางเท่ากัน 4. มีรถขนส่งสินค้า 2 คัน 5. รถแต่ละคันมีเวลาในการใช้งาน 8 ชั่วโมง โดยเริ่มออกจากบริษัทเวลา 08.00 น. และเป็นเวลาที่ต่อเนื่องกัน คำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้าระยะทางการขนส่ง และเวลาในการเดินทางแสดงดังตารางที่ 2.5, 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.5 แสดงคำสั่งซื้อสินค้าแบบมีกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า

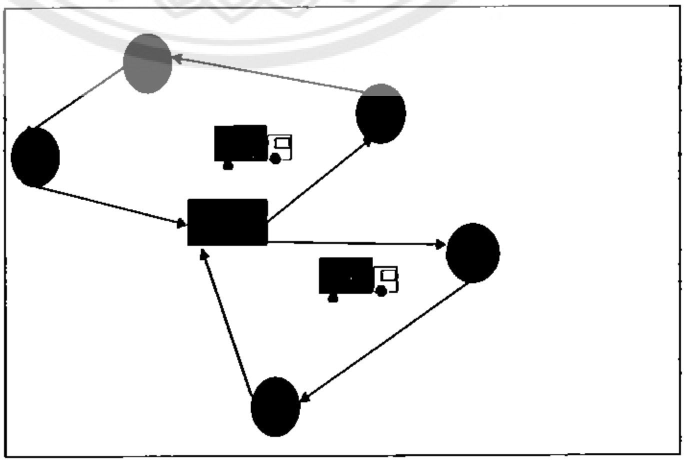
ลูกค้า	จำนวนกล่อง	กรอบเวลาจัดส่งสินค้า	เวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า
1	50	8.00 - 11.00 น.	30 นาที
2	100	09.00 - 12.00 น.	1 ชั่วโมง
3	75	12.00 - 15.00 น.	45 นาที
4	120	ตลอด 24 ชั่วโมง	2 ชั่วโมง
5	60	8.00 - 15.00 น.	30 นาที

ตารางที่ 2.6 แสดงระยะทางการขนส่งสินค้า

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

ตารางที่ 2.7 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

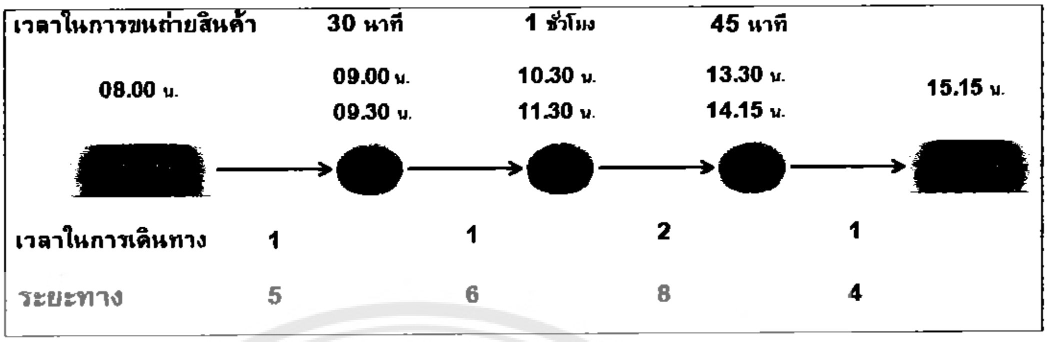
i \ j	บริษัท	ลูกค้า 1	ลูกค้า 2	ลูกค้า 3	ลูกค้า 4	ลูกค้า 5
บริษัท	-					
ลูกค้า 1	1	-				
ลูกค้า 2	2	1	-			
ลูกค้า 3	2	1	3	-		
ลูกค้า 4	3	2	1	3	-	
ลูกค้า 5	3	2	3	2	3	-



รูปที่ 2.3 แสดงการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าที่ตำแหน่งต่างๆ

จากรูปที่ 2.3 แสดงการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าที่ตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

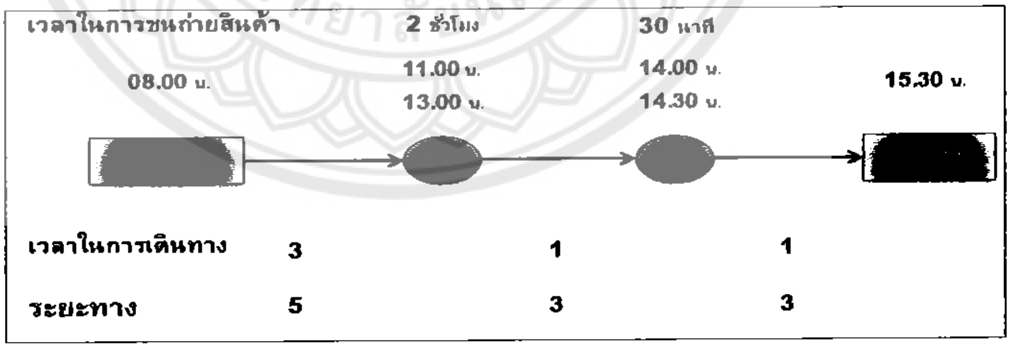
รถคันที่ 1 มีระยะทางในการขนส่งสินค้า และเวลาในการเดินทาง ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 แสดงการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 1

จากรูปที่ 2.4 อธิบายได้ว่า รถออกจากบริษัทเวลา 08.00 น. ไปถึงลูกค้ารายที่ 1 เวลา 09.00 น. ใช้เวลาขนถ่ายสินค้า 30 นาที เริ่มออกเดินทางไปยังลูกค้ารายที่ 2 เวลา 09.30 น. เดินทางถึงลูกค้ารายที่ 2 เวลา 10.30 น. ใช้เวลาขนถ่ายสินค้า 1 ชั่วโมง เริ่มออกเดินทางไปยังลูกค้ารายที่ 3 เวลา 11.30 น. เดินทางถึงลูกค้ารายที่ 3 เวลา 13.30 น. ใช้เวลาขนถ่ายสินค้า 45 นาที เริ่มออกเดินทางกลับบริษัทเวลา 14.15 น. ถึงบริษัทเวลา 15.15 น. ระยะทาง 5+6+8+4 รวมเป็นระยะทาง 23

รถคันที่ 2 มีระยะทางในการขนส่งสินค้า และเวลาในการเดินทาง แสดงดังรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 แสดงการขนส่งสินค้าของรถคันที่ 2

จากรูปที่ 2.5 อธิบายได้ว่า รถออกจากบริษัทเวลา 08.00 น. ไปถึงลูกค้ารายที่ 4 เวลา 11.00 น. ใช้เวลาขนถ่ายสินค้า 2 ชั่วโมง เริ่มออกเดินทางไปยังลูกค้ารายที่ 5 เวลา 13.00 น. เดินทางถึงลูกค้ารายที่ 5 เวลา 14.00 น. ใช้เวลาขนถ่ายสินค้า 30 นาทีเริ่มออกเดินทางกลับบริษัทเวลา 14.30 น. ถึงบริษัทเวลา 15.30 น. ระยะทาง 5+3+3 รวมเป็นระยะทาง 11

สรุปได้ว่า รถคันที่ 1 มีระยะทางในการขนส่งสินค้ามากกว่า รถคันที่ 2 เพราะมีเส้นทางในการขนส่งมากกว่า

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลาเป็นปัญหา NP – Hard มีการศึกษาหาวิธีหาคำตอบ โดยใช้วิธีฮิวริสติกต่างๆ เช่น อัลกอริทึมเชิงพันธุกรรม (Genetics Algorithm : GA) อัลกอริทึมการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing : SA) และวิธีฮิวริสติกอื่นๆ

ธีระศักดิ์ ชุมลออ และคณะ (2549) ได้ทำการคิดค้น และดัดแปลงสมการคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา แสดงได้ดังต่อไปนี้

กำหนดให้

จุด 0 เป็นคลังสินค้า

K คือ จำนวนรถขนส่งทั้งหมด k = 1, 2,...K

i, j คือ จุดขนส่งสินค้า

x_{ijk} คือ ตัวแปรตัดสินใจ $i \neq j$

โดยที่ x_{ijk} = 1 ถ้ารถ k วิ่งจากจุด i ไปยังจุด j

และ x_{ijk} = 0 ถ้ารถ k ไม่ได้วิ่งจากจุด i ไปยังจุด j

m_i คือ ความต้องการสินค้าของลูกค้า i

q_k คือ ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถขนส่ง k

r_k คือ เวลาที่รถแต่ละคันใช้งานต่อวัน

t_{ij} คือ เวลาเดินทางระหว่างลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

c_{ij} คือ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

t_i คือ เวลาที่รถไปถึง ณ ตำแหน่ง i

e_j คือ เวลาที่อนุญาตให้รถขนส่งมาถึงลูกค้า j ได้เร็วที่สุด

l_j คือ เวลาที่อนุญาตให้รถขนส่งมาถึงลูกค้า j ได้ช้าที่สุด

w_j คือ เวลารอคอยหากรถมาถึงตำแหน่ง j ก่อนหมายกำหนดการ

f_j คือ เวลาที่ใช้ขนถ่ายที่ตำแหน่ง j

Objective Function

$$MinimizeZ = \sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0, i \neq j}^{N} \sum_{k=1}^{N} C_{ij} X_{ijk} \tag{2.1}$$

S.t.

$$\sum_{j=0}^{N} x_{0jk} = 1 \qquad k \in \{1,2,...K\} \tag{2.2}$$

$$\sum_{i=0}^{N} x_{i0k} = 1 \qquad k \in \{1,2,...K\} \tag{2.3}$$

$$\sum_{k=1}^{K} \sum_{j=0, i \neq j}^{N} x_{ijk} = 1 \qquad i \in \{1,2,...N\} \tag{2.4}$$

$$\sum_{k=1}^{K} \sum_{i=0, i \neq j}^{N} x_{ijk} = 1 \qquad j \in \{1,2,...N\} \tag{2.5}$$

$$\sum_{i=0}^{N} m_j \sum_{j=0, i \neq j}^{N} x_{ijk} \leq q_k \qquad k \in \{1,2,...K\} \tag{2.6}$$

$$\sum_{i=0}^{N} \sum_{j=0, i \neq j}^{N} x_{ijk} (t_{ij} + f_j + w_j) \leq r_k \qquad k \in \{1,2,...K\} \tag{2.7}$$

$$t_0 = f_0 = w_0 = 0 \tag{2.8}$$

$$\sum_{k=1}^{K} \sum_{i=0, i \neq j}^{N} x_{ijk} (t_i + t_{ij} + f_j + w_j) \leq t_j \qquad j \in \{1,2,...N\} \tag{2.9}$$

$$e_j \leq (t_i + t_{ij} + w_j) \leq l_j \qquad \text{ถ้า } \sum_{k=1}^{K} x_{ijk} = 1 \tag{2.10}$$

สมการข้างต้นสามารถสรุปความหมายได้ดังนี้

สมการที่ 2.1 คือ สมการเป้าหมายเพื่อหาต้นทุนการจัดส่งน้อยที่สุด โดยรถทุกคันต้องไม่วิ่งจากจุดเดิมไปจุดเดิม ($i \neq j$) และต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขของสมการดังต่อไปนี้

สมการที่ 2.2 คือ รถทุกคันต้องเริ่มออกจากคลังสินค้าเสมอ

สมการที่ 2.3 คือ รถทุกคันต้องกลับมาที่คลังสินค้าเสมอ

สมการที่ 2.4 คือ รถบรรทุกสามารถมีเส้นทางการส่งสินค้าได้เพียงเส้นทางเดียวเท่านั้น โดยเงื่อนไขนี้ป้องกันไม่ให้รถเดินทางกลับมายังจุดเดิมอีกครั้งหนึ่ง โดยถ้ารถออกจากจุดที่ *i* แล้วสามารถเลือกเดินทางต่อไปยังจุดใดก็ได้ตั้งแต่จุดที่ 1 ไปถึงจุดที่ *N* แต่ต้องเลือกเดินทางไปยังจุดเดียวเท่านั้น และต้องไม่เลือกเดินทางกลับมาที่จุดเดิม คือ จุดที่ *j*

สมการที่ 2.5 คือ ลูกค้าสามารถรับสินค้าได้จากรถบรรทุกเพียงคันเดียวเท่านั้น

สมการที่ 2.6 คือ ทุกเส้นทางสามารถบรรทุกได้สูงสุดไม่เกิน q_k

สมการที่ 2.7 คือ ระยะเวลาสูงสุดต่อเส้นทางต้องไม่เกิน r_k

สมการที่ 2.8 คือ ข้อกำหนดของกรอบเวลา

สมการที่ 2.9 คือ เมื่อรถออกจากจุด i ไปยังจุด j ดังนั้น เวลา t_i เมื่อรวมเวลารอคอย w_j เวลา ที่ใช้ในการขนถ่าย f_j และเวลาเดินทาง t_{ij} ต้องน้อยกว่า หรือเท่ากับเวลา T_{ij} ซึ่งขั้นตอนการใช้เวลาในการเดินทาง

สมการที่ 10.10 คือ ข้อกำหนดของกรอบเวลา

ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา ได้มีการศึกษาวิจัยไว้อย่างมากมาย ตัวอย่างงานวิจัยที่ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถโดยมีกรอบเวลา มีดังต่อไปนี้

ธีระศักดิ์ ชุมลออ และคณะ (2549) ได้ทำการวิจัยการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ ที่มีความจุจำกัดแบบมีกรอบเวลา ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีฮิวริสติกที่เริ่มจากการเรียงกำหนดการส่งมอบของความต้องการของลูกค้า จากนั้น จัดเส้นทางตามกรอบเวลา และตรวจเช็คเงื่อนไขความสามารถในการบรรทุกแล้วทำการเช็คเวลาที่ใช้เดินทางของจุดที่จะไปถ้าไปทันเวลาที่ลูกค้ารับสินค้าก็จัดเส้นทางการขนส่งตามเงื่อนไขนั้นๆ ซึ่งงานวิจัยนี้จะมีการนำเสนอรูปแบบในการจัดเส้นทางการขนส่ง 2 รูปแบบรูปแบบที่ 1 ไม่เช็คเวลารอคอยรูปแบบที่ 2 มีการเช็คเวลารอคอย ผลการศึกษาพบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้รถบริษัทได้ประมาณร้อยละ 25 หรือลดค่าเช่ารถเพิ่มได้เกือบ 1.6 ล้านบาทต่อปีจากปัจจุบันซึ่งใช้ความชำนาญเฉพาะของบุคลากรเพียงอย่างเดียว

2.4 วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะสามารถแบ่งตามประเภทของคำตอบได้ ดังนี้

2.4.1 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Optimization Method)

วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด คือ การเปรียบเทียบคำตอบทุกคำตอบเท่าที่จะเป็นไปได้ แล้วเลือกคำตอบที่ดีที่สุดมาเพียงคำตอบเดียว ซึ่งใช้เวลานานในการคำนวณ ต้องใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการประมวลผล เหมาะกับปัญหาขนาดเล็ก

2.4.2 วิธีการหาคำตอบโดยการประมาณค่า (Approximation Method)

วิธีหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดเป็นการใช้วิธีฮิวริสติก และเมตาฮิวริสติก เป็นวิธีที่ใช้สามัญสำนึกของมนุษย์เข้ามาช่วยในการแก้ปัญหาอย่างง่าย โดยคำตอบที่ได้นั้นอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดแต่ก็เป็นคำตอบที่ดีเพียงพอ และยอมรับได้โดยใช้เวลาในการคำนวณไม่นาน

2.5 วิธีการอบอ่อนจำลอง (Simulated Annealing)

วิธีการอบอ่อนจำลอง เป็นวิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติก ที่สามารถหาคำตอบที่ใกล้เคียง หรือคำตอบที่ดีที่สุด เป็นวิธีหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมาก ในการแก้ปัญหา NP – Hard โดยเป็นการเลียนแบบกระบวนการอบอ่อนเหล็ก ซึ่งเป็นขั้นตอนการลดอุณหภูมิระหว่างการหลอมโลหะ เพื่อให้ได้โลหะที่อยู่ในสภาวะที่เหมาะที่สุด มีกระบวนการทำงานแบบวนซ้ำ เพื่อค้นผลเฉลยในปริภูมิผลเฉลยไปเรื่อยๆ จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ที่พอใจ โดยเริ่มจากผลเฉลยเริ่มต้น

หลักการอบอ่อน เพื่อลดพลังงานให้อยู่ในสถานะที่เสถียรโดยเริ่มจากการให้ความร้อนแก่ชิ้นงานที่อุณหภูมิสูงมาก จากนั้น ค่อยๆ ลดอุณหภูมิลงอย่างช้าๆ จนโครงสร้างของชิ้นงานจับตัวกันแน่นอีกครั้ง โดยเวลาที่ใช้สำหรับแต่ละอุณหภูมิของการอบอ่อนนั้น ต้องมีมากพอที่ทำให้ระบบเข้าสู่สถานะเสถียร หากการอบอ่อนไม่ได้เป็นไปด้วยอุณหภูมิ และระยะเวลาที่กำหนดก็จะทำให้เกิดการแปรปรวนของการจับตัวกันของโครงสร้างชิ้นงาน ทำให้ได้ชิ้นงานที่ไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ได้

หลักการต่อมา คือ โอกาสในการยอมรับกับคำตอบที่ได้ หาได้จากการพิจารณาการจัดเรียงโมเลกุลของชิ้นงาน เราจะเปลี่ยนแปลงโดยสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลใหม่ และหาปริมาณพลังงานที่ลดลง

กำหนดให้

S_1 คือ พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลครั้งแรก

S_{new} คือ พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลใหม่

S_{best} คือ พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลที่ดีที่สุด ที่ถูกเก็บไว้

S_{cur} คือ พลังงานที่เกิดจากการสุ่มให้มีการจัดเรียงโมเลกุลที่ดีที่สุด ณ ขณะนั้น

T_{max} คือ อุณหภูมิเริ่มต้น

T_{min} คือ อุณหภูมิสุดท้าย

K คือ ค่าคงที่ ของโบลต์ซมันน์ (Boltzmann) = 1.38E - 23

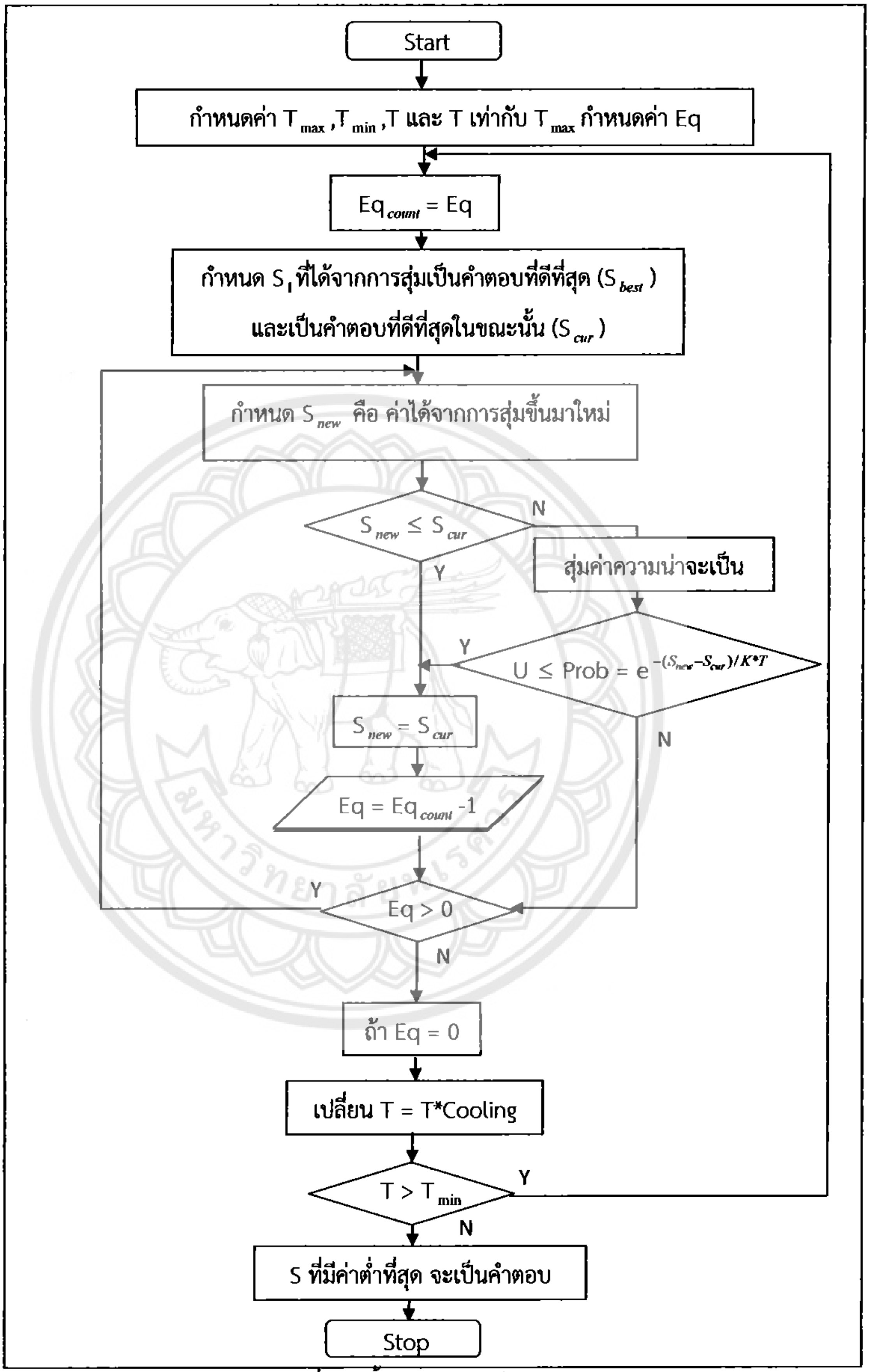
Eq คือ จำนวนการค้นหาคำตอบในแต่ละระดับค่าอุณหภูมิ

Eq_{count} คือ ค่าจำนวนการค้นหา ที่เหลืออยู่ในระดับอุณหภูมิ

Cooling Rate คือ อัตราการเย็นตัว (0, 1)

2.6 ขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิธีการอบอ่อนจำลอง

สามารถแสดงเป็นแผนผัง ได้แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง

ที่มา : กัญญารัตน์ และสายฝน (2550)

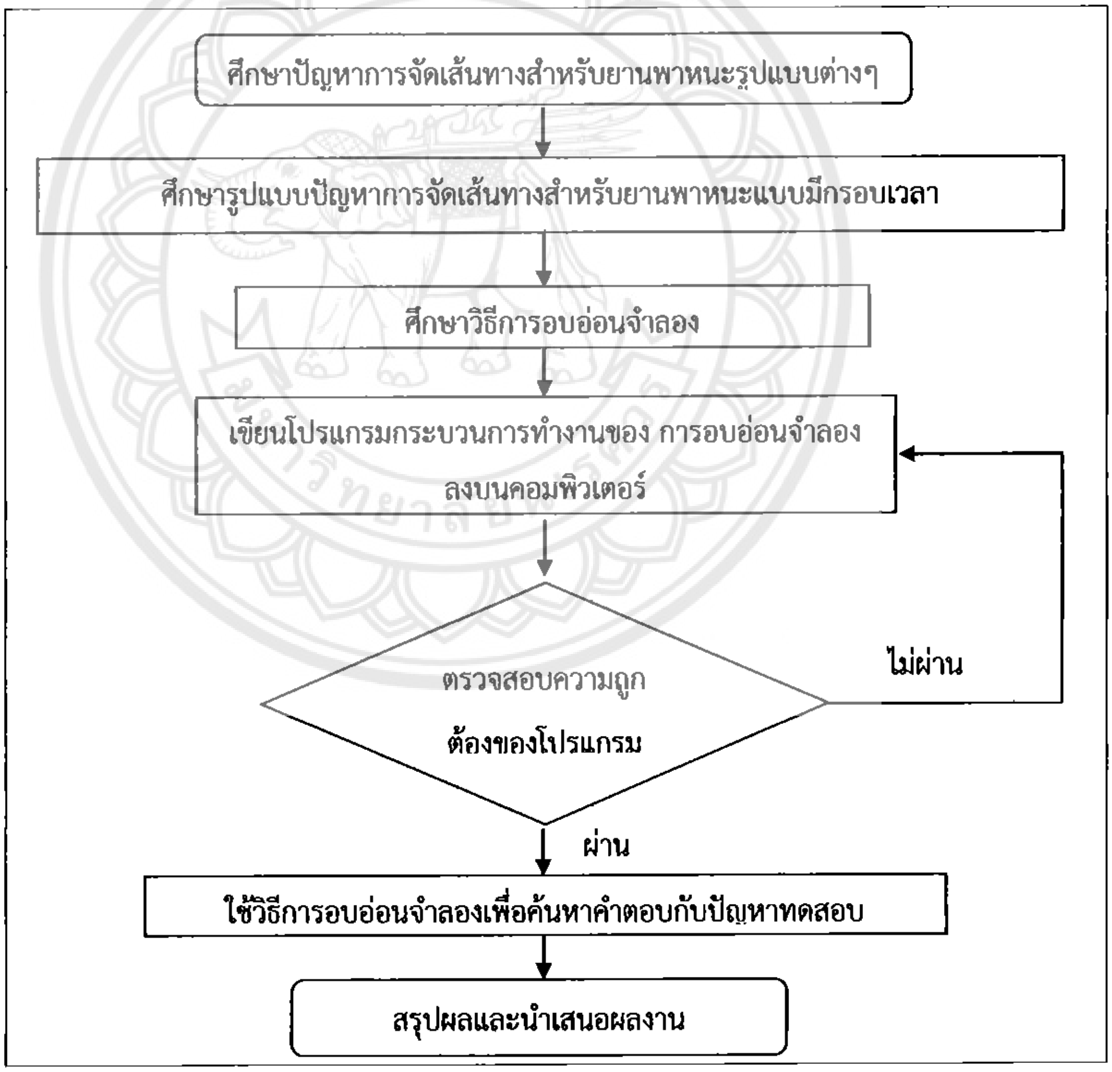
2.7 โปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel

Visual Basic for Applications : VBA เป็นเครื่องมือที่อยู่ใน Microsoft Office โดยผู้ใช้สามารถเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานของ Microsoft Office ได้ตามต้องการนอกจากนั้นผู้ใช้ยังสามารถสร้างโปรแกรมต่างๆ เพิ่มเติมบน Microsoft Excel Microsoft Word และ Microsoft Power Point โดยจุดเด่นของ Microsoft Excel ด้านการวิเคราะห์ข้อมูลการคำนวณที่ซับซ้อนทำให้การเขียนโปรแกรม VBA ในโปรแกรม Microsoft Excel สามารถดึงเครื่องมือสำเร็จรูปต่างๆ ที่มีอยู่ใน Microsoft Excel มาใช้งานต่อได้ เช่น Financial, Statistical, Mathematical, Engineering ทำให้สามารถสร้าง หรือพัฒนาโปรแกรมบน Microsoft Excel ได้ง่าย และรวดเร็วการเขียนโปรแกรมก็สามารถทำได้ง่ายขึ้น

ในโครงงานนี้ได้นำเอา VBA มาใช้ในการสร้าง Application บน Microsoft Excel เพื่อคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่น้อยที่สุด

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

หลังจากที่ได้มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูล และงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา ดังที่กล่าวไว้ในบทที่ 1 และบทที่ 2 แล้ว เพื่อทำให้การศึกษาวิธีการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีอบอ่อนจำลอง ให้สามารถเข้าใจได้ง่ายยิ่งขึ้น จึงมีการดำเนินงานที่เป็นลำดับขั้นตอนดังรูปที่ 3.1 ซึ่งแสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา

3.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหา และทฤษฎีการอบอ่อนจำลอง

3.1.1 ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

3.1.2 ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา

3.1.3 ศึกษาวิธีการหาคำตอบ คือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และวิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด

3.1.4 ศึกษาทฤษฎีการอบอ่อนจำลอง และขั้นตอนการแก้ปัญหาของวิธีการอบอ่อนจำลอง

3.2 ศึกษาข้อมูลการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel

3.2.1 ศึกษาวิธีการทำงานของโปรแกรม Visual Basic for Applications

3.2.2 ศึกษาฟังก์ชันการทำงาน และการกำหนดค่าต่างๆ

3.3 พัฒนา และสร้างวิธีการอบอ่อนจำลองโดยเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel

ในขั้นตอนนี้จะทำการพัฒนา และสร้างวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง ซึ่งเมื่อพัฒนา และสร้างวิธีการได้แล้ว จึงจะนำไปเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยใช้ภาษา Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel

ในการพัฒนา และสร้างวิธีการอบอ่อนจำลองนี้ มีกระบวนการหาคำตอบอยู่ 2 ลักษณะ คือ การหาคำตอบเริ่มต้นที่ได้จากการสุ่ม และการหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิมหรือการทำ Neighbourhood Search ซึ่งการหาคำตอบใหม่ มีจุดประสงค์ คือ ต้องการหาค่าใช้จ่ายที่มีค่าน้อยที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำวิธีการหาคำตอบใหม่ในย่านคำตอบเดิม ทั้งหมด 3 แบบ ที่มีความแตกต่างกันออกไป ได้แก่ วิธีหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการเลื่อนตำแหน่ง วิธีหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการสลับที่ และวิธีหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง

ซึ่งในการหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการต่างๆ ข้างต้น สามารถอธิบายได้โดยใช้ตัวอย่างดังต่อไปนี้

3.3.1 การหาคำตอบเริ่มต้นที่ได้จากการสุ่ม และความหมายของตัวแทนคำตอบ

สำหรับการหาคำตอบเริ่มต้นในที่นี้ จะได้จากการนำเลข 1, 2, 3,..., n (เมื่อ n = จำนวนลูกค้าทั้งหมด) มาสุ่มเพื่อสลับตำแหน่ง จะทำให้ได้คำตอบเริ่มต้นเป็นเลขสุ่มที่ไม่ซ้ำกันตั้งแต่ 1 – n จะได้เป็นคำตอบเริ่มต้นออกมา ดังรูปที่ 3.2

คำตอบเริ่มต้น	1	4	5	2	3

รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการสุ่มคำตอบเริ่มต้นในกระบวนการอบอ่อนจำลอง

เมื่อ

ลำดับลูกค้า แทนด้วยตำแหน่งที่เรียงจากซ้ายไปขวา

จำนวนลูกค้า แทนด้วยจำนวนตำแหน่ง

จากตัวอย่างนี้ มีจำนวนลูกค้า 5 ราย จะเห็นว่าคำตอบที่ได้จากการสุ่มคำตอบเริ่มต้น คือ

ตำแหน่งที่ 1 คือ ลูกค้าที่ 1

ตำแหน่งที่ 2 คือ ลูกค้าที่ 4

ตำแหน่งที่ 3 คือ ลูกค้าที่ 5

ตำแหน่งที่ 4 คือ ลูกค้าที่ 2

ตำแหน่งที่ 5 คือ ลูกค้าที่ 3

3.3.2 การหาคำตอบใหม่

เมื่อทำการหาคำตอบแรกได้แล้ว จะให้คำตอบเริ่มต้นเป็นคำตอบปัจจุบัน และจะเริ่มมีการหาคำตอบใหม่ ซึ่งจะหาคำตอบใหม่โดยการทำ Neighbourhoods Search โดยจะทำการหาคำตอบของตำแหน่งลูกค้าใหม่ โดยเรียงตามลำดับลูกค้าจากซ้ายไปขวา และจะทำการหาคำตอบจากตำแหน่งลูกค้าปัจจุบันเสมอ โดยในการทำการหาคำตอบใหม่โดยการเปลี่ยนตำแหน่งของลูกค้าใหม่นั้น จะมีหลักการพิจารณาได้หลายหลักการ ซึ่งในที่นี้จะขอใช้หลักการพิจารณา 3 หลักการ ซึ่งจะอธิบายดังตัวอย่างต่อไปนี้

3.3.2.1 วิธีหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการเลื่อนตำแหน่ง

ในการหาคำตอบใหม่โดยหลักการเลื่อนตำแหน่ง จะเป็นการสุ่มตำแหน่งต่างๆ ของลูกค้า แล้วให้นำตำแหน่งที่พิจารณาไปแทนที่ตำแหน่งที่สุ่มได้ หลังจากนั้นจึงทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป ดังเช่นตัวอย่างเดิม มีลูกค้าจำนวน 5 ราย จะสามารถหาคำตอบใหม่ได้ ดังรูปที่ 3.3

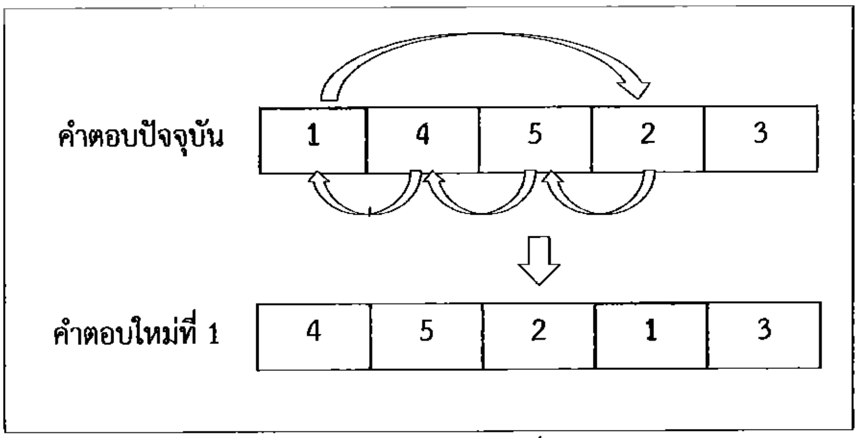
คำตอบปัจจุบัน	1	4	5	2	3

รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่โดยหลักการเลื่อนตำแหน่ง

เราสามารถหาค่าคำตอบใหม่ได้ทั้งหมด 2(n-1) คำตอบ โดยที่ n = จำนวนลูกค้า ดังนั้น จากตัวอย่างนี้ เราสามารถหาคำตอบใหม่ได้ทั้งหมด 8 คำตอบ ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งการสุ่มได้เป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ก. พิจารณาที่ตำแหน่งแรก

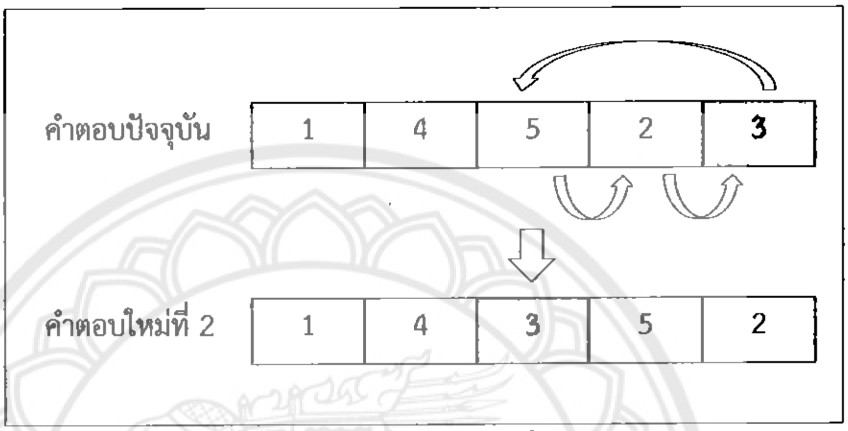
ในการพิจารณาที่ตำแหน่งแรก จากตัวอย่าง ตำแหน่งแรกสามารถไปแทนที่ได้ 4 ตำแหน่งทางขวามือ โดยสุ่มได้ตำแหน่งที่ 4 จากนั้นทำการย้ายลูกค้าที่ 1 จากตำแหน่งแรก ไปแทนที่ลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่สุ่มได้ คือ ตำแหน่งที่ 4 และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 2, 3 และ 4 ไปทางซ้ายมือทีละตำแหน่ง จะได้คำตอบใหม่ คำตอบที่ 1 จากการทำ Neighbourhood Search ดังรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งแรก

ข. พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย

ในการพิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย จากตัวอย่าง ตำแหน่งสุดท้ายจะไปแทนที่ได้ 4 ตำแหน่งทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 3 จากนั้นทำการย้ายลูกค้าที่ 5 ที่สุ่มได้จากตำแหน่งที่ 3 ไปแทนที่ตำแหน่งสุดท้าย และเลื่อนลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 4 และ 5 ไปทางซ้าย ทีละ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบใหม่คือคำตอบที่ 2 ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งสุดท้าย

ค. พิจารณาที่ตำแหน่งกลาง

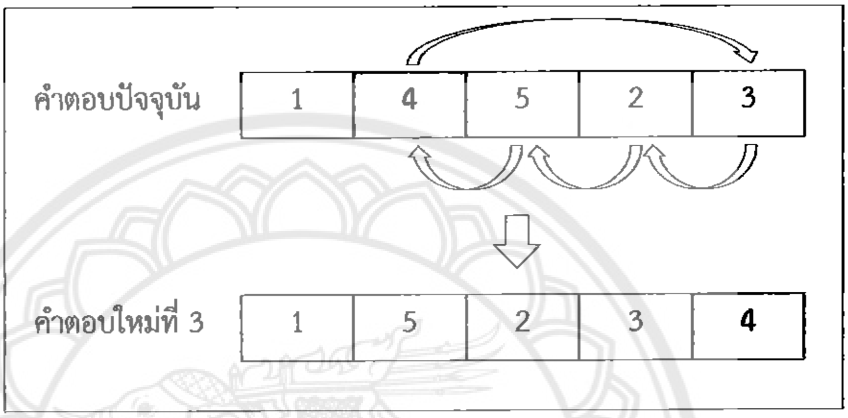
ในการพิจารณาในตำแหน่งกลาง จะสามารถพิจารณาได้จาก ตำแหน่งทั้งหมดที่อยู่ระหว่างตำแหน่งแรกกับตำแหน่งสุดท้าย ซึ่งในแต่ละตำแหน่งนั้นเราสามารถหาคำตอบได้ 2 คำตอบ โดยการเลื่อนงานในตำแหน่งที่เราสนใจไปทางขวา และทางซ้ายมือ

จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งกลางที่อยู่ระหว่างตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้าย มี 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งในแต่ละตำแหน่งนั้น สามารถหาคำตอบได้ 2 คำตอบ คือ การเลื่อนลูกค้าไปทางซ้ายมือและขวามือ ดังนั้นจะพิจารณาได้ในแต่ละตำแหน่ง คือ

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

ค.1 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ

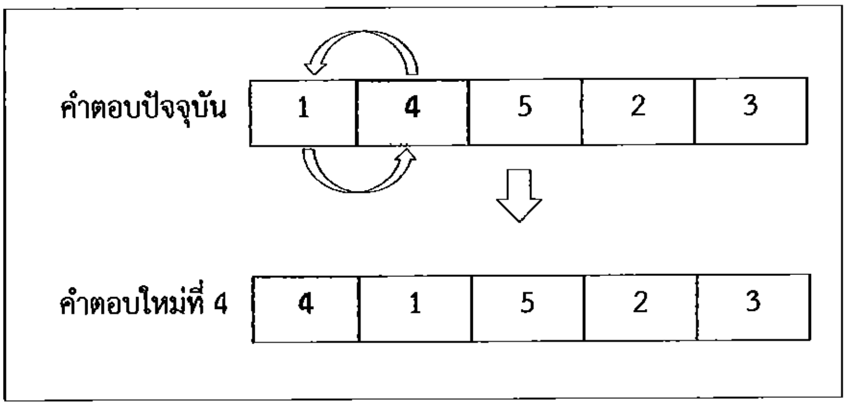
พิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 และสุ่มตำแหน่งที่ย้ายไป จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย จากนั้นทำการย้ายลูกค้าที่ 4 ตำแหน่งที่ 2 ไปแทนที่ลูกค้า 3 ที่ตำแหน่งสุดท้าย และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 3, 4 และ 5 ไปทางซ้ายมือ ทีละ 1 ตำแหน่ง สามารถหาคำตอบใหม่คือตอบที่ 3 ดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ

ค.2 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ

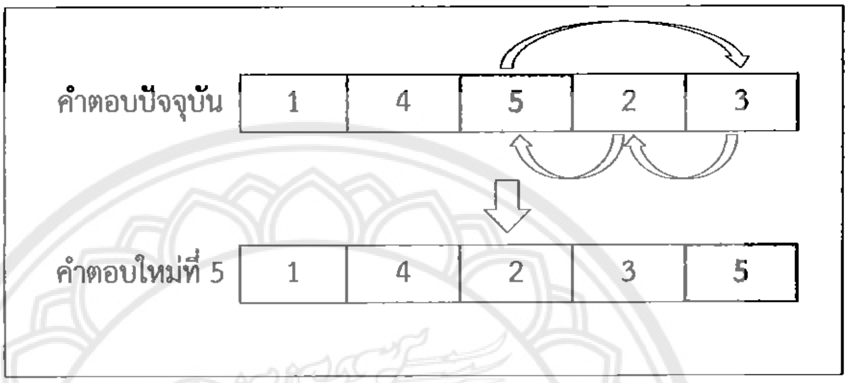
พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 2 และสุ่มตำแหน่งที่ย้ายไปทางซ้ายมือ ในที่นี้มีลูกค้าเดียว คือ ลูกค้าตำแหน่งแรก นั่นคือ ลูกค้า 4 ที่ตำแหน่งที่ 2 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้า 1 ที่ตำแหน่งแรก และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งแรก ไปทางขวามือ ทีละ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบที่ 4 ได้ ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 แสดงการจัดลำดับลูกค้าคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ

ค.3 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ

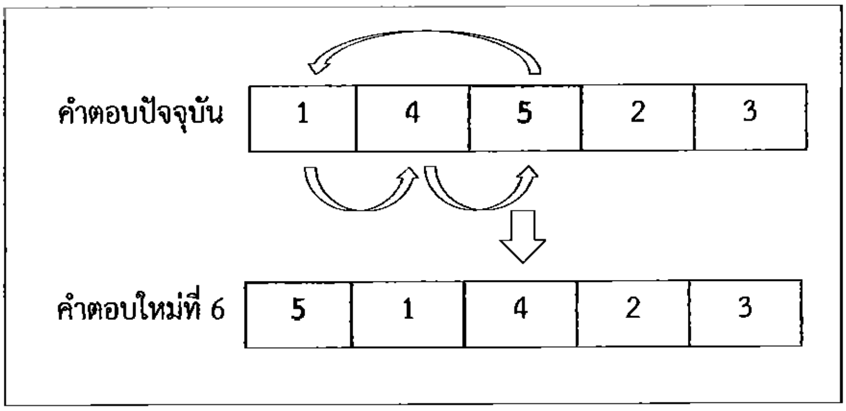
พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 3 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่จะย้ายไป จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งที่ 5 นั่นคือ ลูกค้าที่ 5 ที่ตำแหน่งที่ 3 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 3 ที่ตำแหน่งที่ 5 และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 4 และ 5 ไปทางซ้ายมือ ทีละ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบใหม่คือคำตอบที่ 5 ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ

ค.4 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ

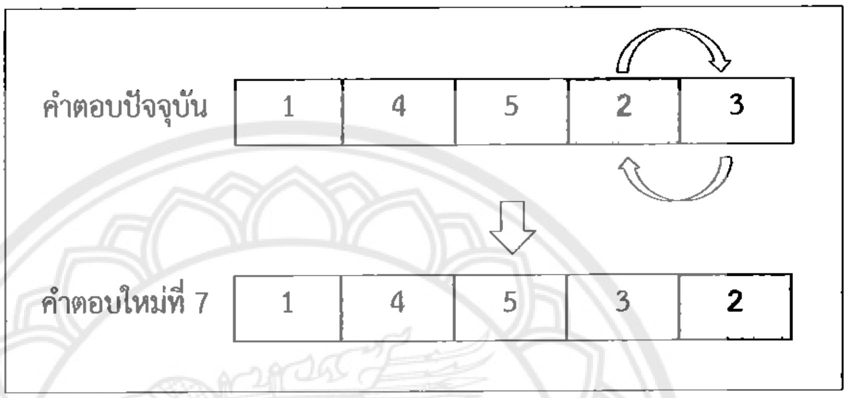
พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 3 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่จะย้ายไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งที่ 1 นั่นคือ ลูกค้าที่ 5 ที่ตำแหน่งที่ 3 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 1 ที่ตำแหน่งแรก และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 1 และ 2 ไปทางขวามือ ทีละ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบที่ 6 ดังรูปที่ 3.9



รูปที่ 3.9 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ

ค.5 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ

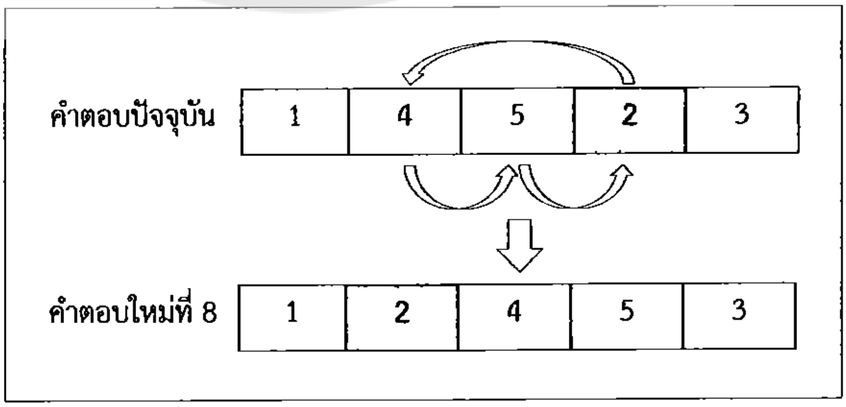
พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 4 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่จะย้ายไป ในที่นี้มีตำแหน่งเดียว คือ ตำแหน่งที่ 5 นั่นคือ ลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่ 4 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 3 ที่ตำแหน่งที่ 5 และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 5 ไปทางซ้ายมือ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 7 ดังรูปที่ 3.10



รูปที่ 3.10 แสดงการจัดเรียงลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ไดจากการพิจาณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ

ค.6 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ

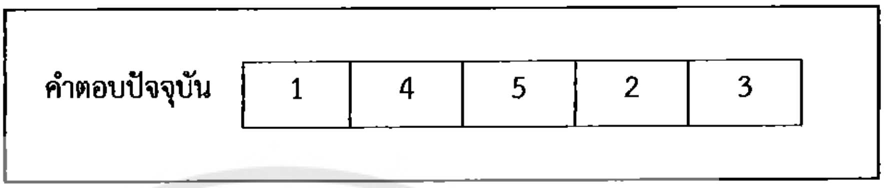
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 4 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่จะย้ายไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งที่ 2 นั่นคือ ลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่ 4 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 4 ที่ตำแหน่งที่ 2 และเลื่อนงานในตำแหน่งที่ 2 และ 3 ไปทางขวามือ ทีละ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบที่ 8 ได้ ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.11 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ

3.3.2.2 วิธีหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการสลับที่

ในการหาคำตอบใหม่โดยหลักการสลับที่ จะเป็นการสุ่มตำแหน่งต่างๆ ของลูกค้า แล้วให้สลับที่กับตำแหน่งที่พิจารณา ดังตัวอย่างเดิม มีลูกค้าจำนวน 5 ราย จะสามารถหาคำตอบใหม่ได้ ดังรูปที่ 3.12

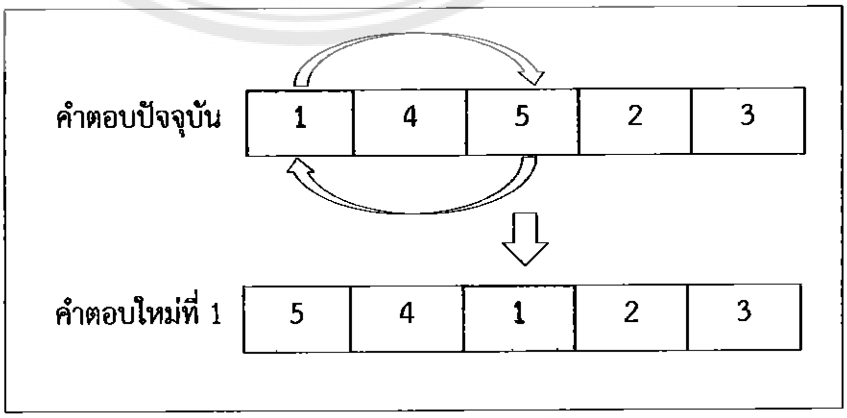


รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่โดยหลักการสลับที่

เราสามารถหาค่าคำตอบใหม่ได้ทั้งหมด 2(n-1) คำตอบ โดยที่ n = จำนวนลูกค้า ดังนั้น จากตัวอย่างนี้ เราสามารถหาคำตอบใหม่ได้ทั้งหมด 8 คำตอบ ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งการสุ่มได้เป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ก. พิจารณาที่ตำแหน่งแรก

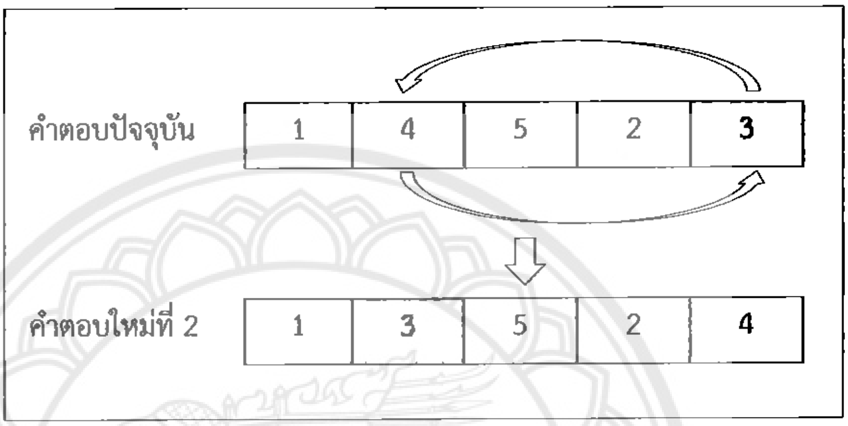
ในการพิจารณาที่ตำแหน่งแรกนั้น จากตัวอย่าง เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งแรก จะสามารถทำการสุ่ม ได้ 4 ตำแหน่ง ไปทางขวามือ โดยผลของการสุ่มจากตัวอย่างนี้คือ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 3 คือลูกค้าที่ 5 จะทำการสลับที่ลูกค้าที่ 1 ตำแหน่งแรก กับลูกค้าที่ 5 ตำแหน่งที่ 3 และจะได้คำตอบใหม่คำตอบที่ 1 ได้ดังรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.13 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งแรก

ข. พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย

ในการพิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งสุดท้าย จะทำการสุ่มตำแหน่งได้ 4 ตำแหน่ง ไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 2 คือลูกค้าที่ 4 จากนั้นทำการสลับที่ลูกค้าที่ 3 ตำแหน่งสุดท้าย กับลูกค้าที่ 4 ตำแหน่งที่ 2 และสามารถหาคำตอบใหม่คือคำตอบที่ 2 ดังรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งสุดท้าย

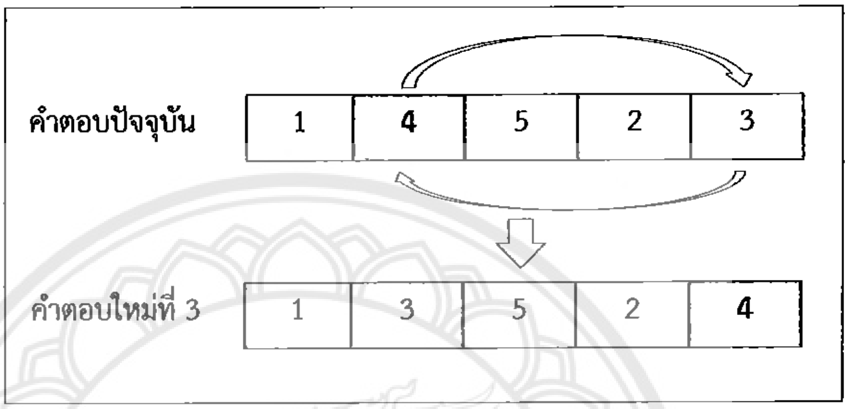
ค. พิจารณาที่ตำแหน่งกลาง

ในการพิจารณาในตำแหน่งกลาง จะสามารถพิจารณาได้จาก ตำแหน่งทั้งหมดที่อยู่ระหว่างตำแหน่งแรกกับตำแหน่งสุดท้าย ซึ่งในแต่ละตำแหน่งนั้นเราสามารถหาคำตอบได้ 2 คำตอบ โดยการสลับลูกค้าในตำแหน่งที่เราสนใจไปทางขวา และทางซ้ายมือ

จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งกลางที่อยู่ระหว่างตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้าย มี 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งในแต่ละตำแหน่งนั้น สามารถหาคำตอบได้ 2 คำตอบคือ การสลับลูกค้าไปทางซ้ายมือและขวามือ ดังนั้นจะพิจารณาได้ในแต่ละตำแหน่ง คือ

ค.1 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ

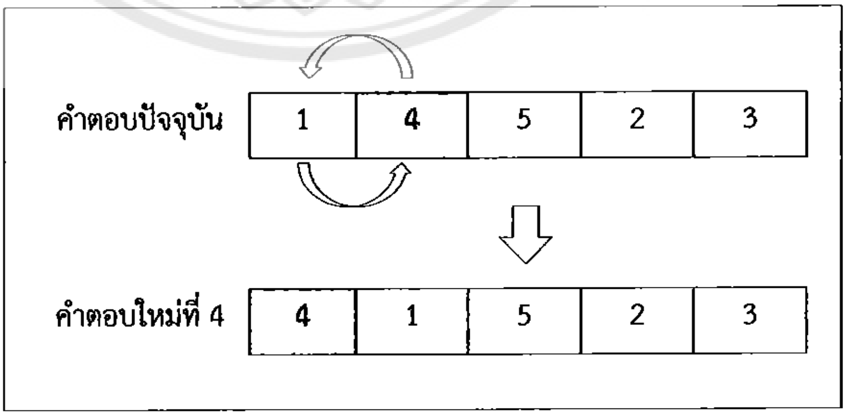
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ต้องการสลับ จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย นั่นคือ ลูกค้าที่ 4 ที่ตำแหน่งที่ 2 จะย้ายไปสลับที่ลูกค้าที่ 3 ที่ตำแหน่งสุดท้าย และสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 3 ดังรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ

ค.2 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ

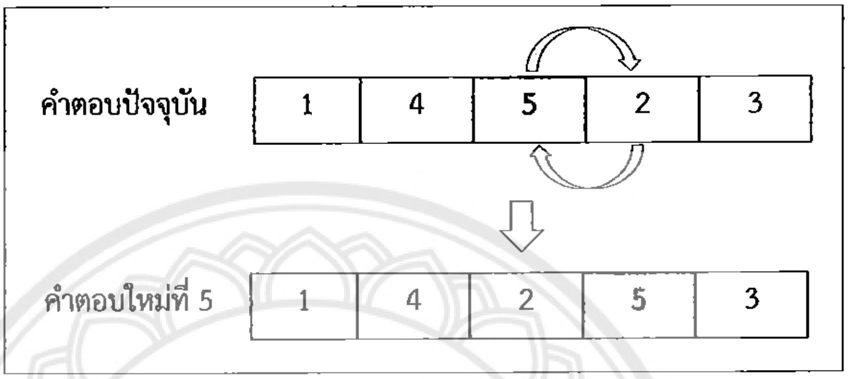
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ต้องการสลับ ในที่นี้มีลูกค้าเดียว คือ ตำแหน่งแรก นั่นคือ ลูกค้าที่ 4 ที่ตำแหน่งที่ 2 จะย้ายไปสลับที่ลูกค้าที่ 1 ที่ตำแหน่งแรก และสามารถหาคำตอบใหม่คือตอบที่ 4 ดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ

ค.3 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ

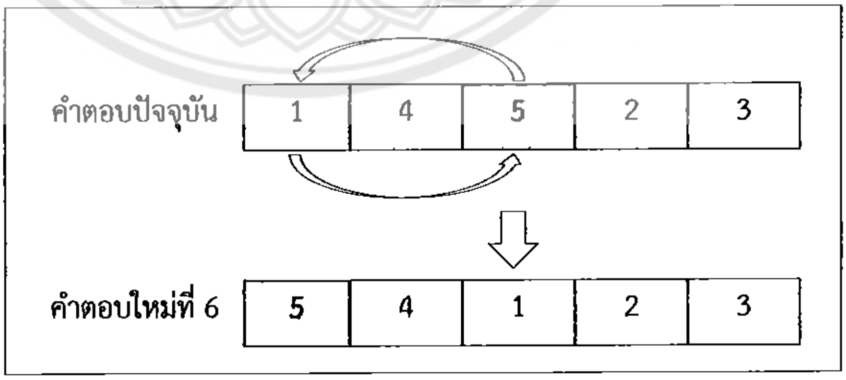
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 3 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ต้องการสลับ จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งที่ 4 นั่นคือ ลูกค้าที่ 5 ที่ตำแหน่งที่ 3 จะย้ายไปสลับกับลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่ 4 และสามารถหาคำตอบใหม่คือคำตอบที่ 5 ดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ

ค.4 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ

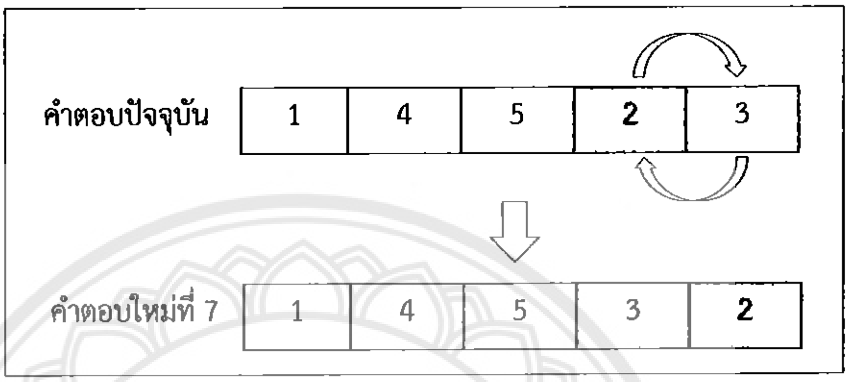
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 3 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่จะทำการสลับที่ไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งที่ 1 นั่นคือ ลูกค้าที่ 5 ที่ตำแหน่งที่ 3 จะย้ายไปสลับที่ลูกค้าที่ 1 ที่ตำแหน่งแรก และสามารถหาคำตอบที่ 6 ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจาณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ

ค.5 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ

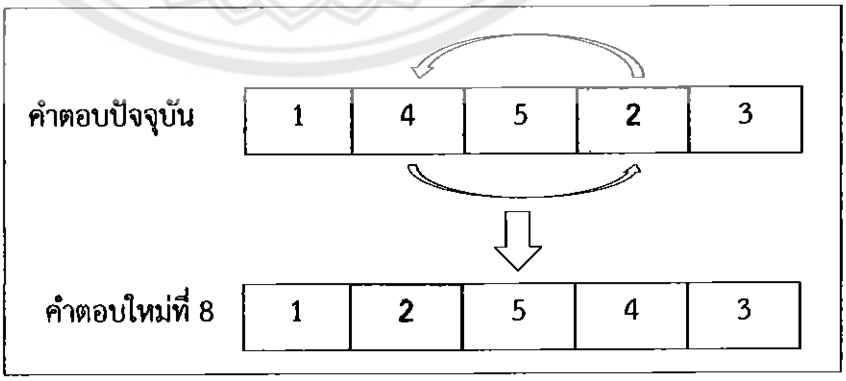
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 4 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ต้องการสลับที่ ในที่นี้มีตำแหน่งเดียว คือ ตำแหน่งที่ 5 นั่นคือ ลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่ 4 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 3 ที่ตำแหน่งที่ 5 และสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 7 ดังรูปที่ 3.19



รูปที่ 3.19 แสดงการจัดเรียงลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจาณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ

ค.6 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ

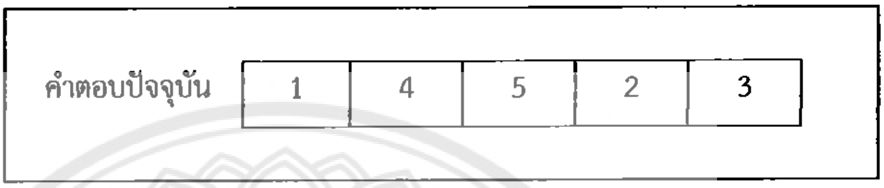
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 4 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ต้องการสลับที่ไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้สุ่มได้ตำแหน่งที่ 2 นั่นคือ ลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่ 4 จะย้ายไปสลับที่กับลูกค้าที่ 4 ที่ตำแหน่งที่ 2 และสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 8 ได้ ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.20 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ

3.3.2.3 วิธีหาคำตอบใหม่โดยใช้หลักการคงที่หนึ่งตำแหน่ง

ในการหาคำตอบใหม่โดยหลักการคงที่หนึ่งตำแหน่ง จะเป็นการสุ่มตำแหน่งต่างๆ ของลูกค้า แล้วให้คงที่ตำแหน่งที่สุ่มไว้ และให้นำตำแหน่งที่พิจารณาไปแทนที่ตำแหน่งสุดท้ายหรือตำแหน่งแรก หลังจากนั้นทำการเลื่อนตำแหน่งไปลำดับถัดไป ดังตัวอย่างเดิม มีลูกค้าจำนวน 5 ราย จะสามารถหาคำตอบใหม่ได้ ดังรูปที่ 3.21

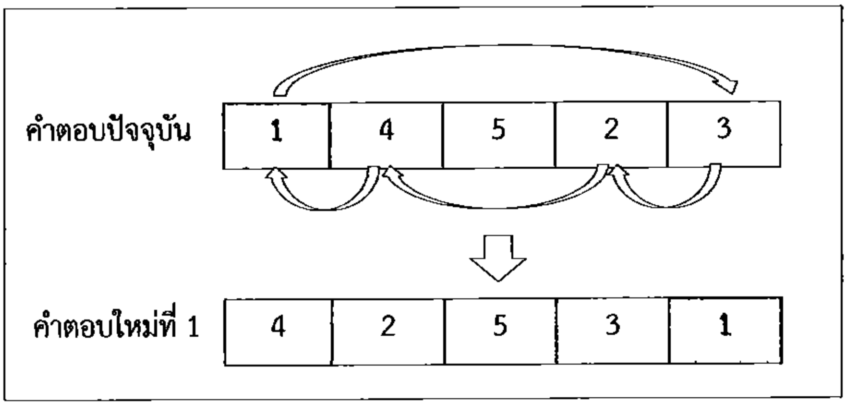


รูปที่ 3.21 ตัวอย่างการหาคำตอบใหม่โดยหลักการสลับที่

เราสามารถหาค่าคำตอบใหม่ได้ทั้งหมด 2(n-1) คำตอบ โดยที่ n = จำนวนลูกค้า ดังนั้น จากตัวอย่างนี้ เราสามารถหาคำตอบใหม่ได้ทั้งหมด 8 คำตอบ ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งการสุ่มได้เป็น 3 ส่วน ดังต่อไปนี้

ก. พิจารณาที่ตำแหน่งแรก

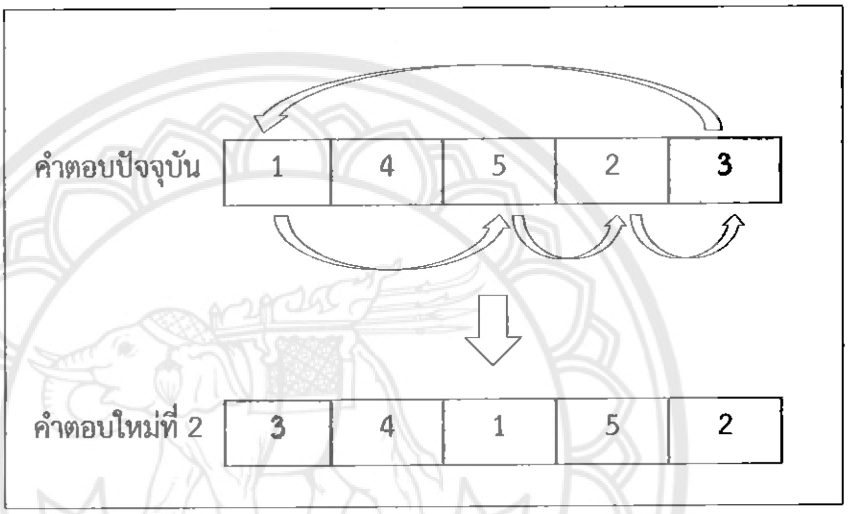
ในการพิจารณาที่ตำแหน่งแรกนั้น จากตัวอย่าง เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งแรก จะสามารถทำการสุ่ม ได้ 4 ตำแหน่ง ไปทางขวามือ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 3 คือลูกค้าที่ 5 จะทำการคงที่ตำแหน่งนี้ไว้ แล้วทำการย้ายลูกค้าที่ 1 ตำแหน่งแรก ไปแทนที่ลูกค้าที่ 3 ตำแหน่งสุดท้าย และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 5, 4 และ 2 ไปทางซ้ายมือทีละ 1 ตำแหน่ง โดยไม่คำนึงถึงตำแหน่งที่ทำการคงที่ไว้ และจะสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 1 ได้ดังรูปที่ 3.22



รูปที่ 3.22 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งแรก

ข. พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย

ในการพิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย จากตัวอย่างเดิม เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย จะทำการสุ่มตำแหน่งได้ 4 ตำแหน่ง ไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 2 คือลูกค้าที่ 4 จากนั้นทำการคงที่ตำแหน่งที่สุ่มได้ไว้ และทำการย้ายลูกค้าที่ 3 ที่ตำแหน่งสุดท้ายไปยังตำแหน่งแรก หลังจากนั้นเลื่อนลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 1, 3 และ 4 ไปทางขวามือ ทีละ 1 ตำแหน่ง โดยไม่คำนึงถึงลูกค้าที่ทำการคงที่ไว้ และสามารถหาคำตอบใหม่คือคำตอบที่ 2 ดังรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.23 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งสุดท้าย

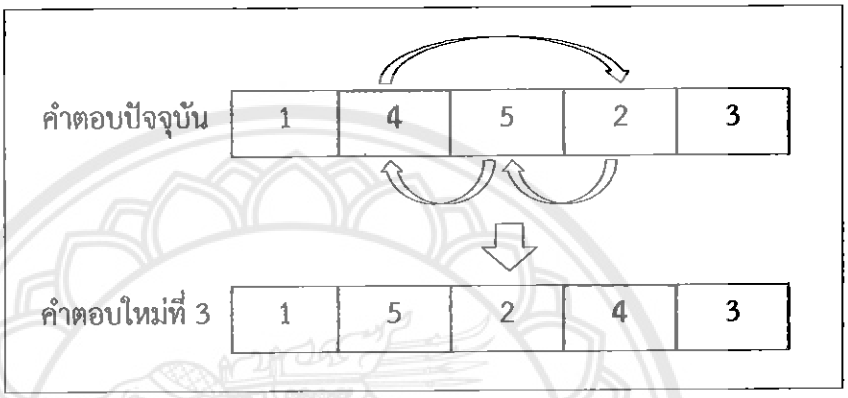
ค. พิจารณาที่ตำแหน่งกลาง

ในการพิจารณาในตำแหน่งกลาง จะสามารถพิจารณาได้จาก ตำแหน่งทั้งหมดที่อยู่ระหว่างตำแหน่งแรกกับตำแหน่งสุดท้าย ซึ่งในแต่ละตำแหน่งนั้นเราสามารถหาคำตอบได้ 2 คำตอบ โดยการสลับลูกค้าในตำแหน่งที่เราสนใจไปทางขวา และทางซ้ายมือ

จากตัวอย่างเดิม ตำแหน่งกลางที่อยู่ระหว่างตำแหน่งแรกและตำแหน่งสุดท้าย มี 3 ตำแหน่ง คือ ตำแหน่งที่ 2, 3 และ 4 ซึ่งในแต่ละตำแหน่งนั้น สามารถหาคำตอบได้ 2 คำตอบคือ การสลับลูกค้าไปทางซ้ายมือและขวามือ ดังนั้นจะพิจารณาได้ในแต่ละตำแหน่ง คือ

ค.1 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ

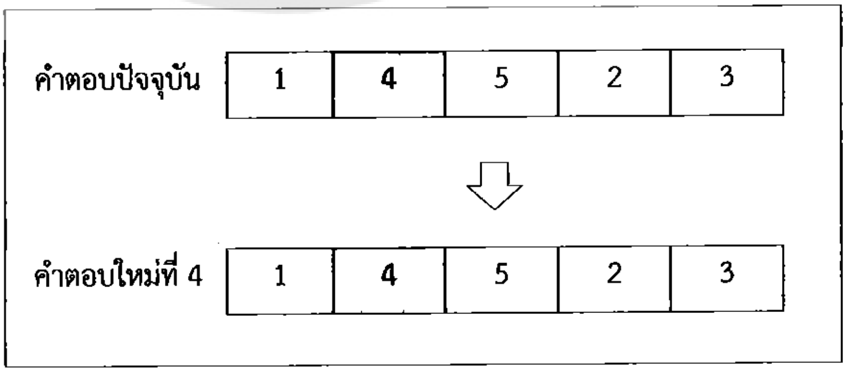
สามารถอธิบายได้คือ เมื่อพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 และสุ่มตำแหน่งที่ต้องการคงที่ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งสุดท้าย นั่นคือ ลูกค้าที่ 3 ตำแหน่งสุดท้ายจะคงที่ และลูกค้าที่ 4 ที่ตำแหน่งที่ 2 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 2 ตำแหน่งที่ 4 และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 4 และ 3 ไปทางซ้ายมือทีละ 1 ตำแหน่ง โดยไม่คำนึงถึงลูกค้าที่ทำการคงที่ไว้ และสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 3 ดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 แสดงการเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ

ค.2 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ

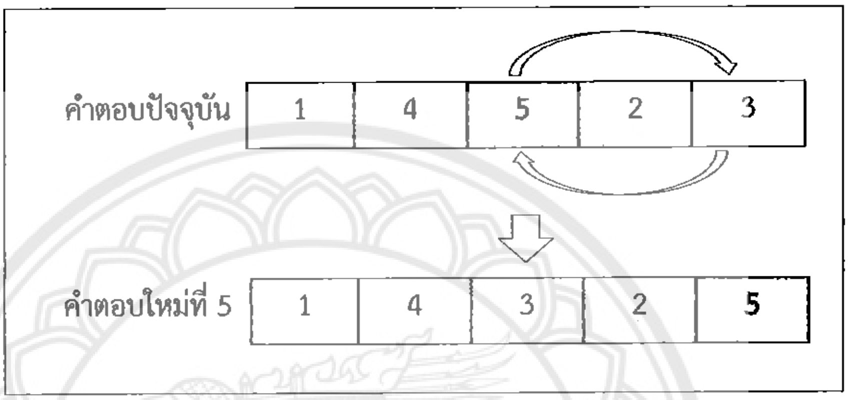
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาที่ตำแหน่งที่ 2 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่จะคงที่ไปทางซ้ายมือ ในที่นี้มีลูกค้าเดียว คือ ลูกค้าที่ตำแหน่งแรก นั่นคือ ลูกค้า 4 ที่ตำแหน่งที่ 2 จะไม่สามารถย้ายไปแทนที่ตำแหน่งใดได้ ทำให้คำตอบใหม่คือคำตอบเดิมเป็นคำตอบที่ 4 ดังรูปที่ 3.25



รูปที่ 3.25 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 2 ไปทางซ้ายมือ

ค.3 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ

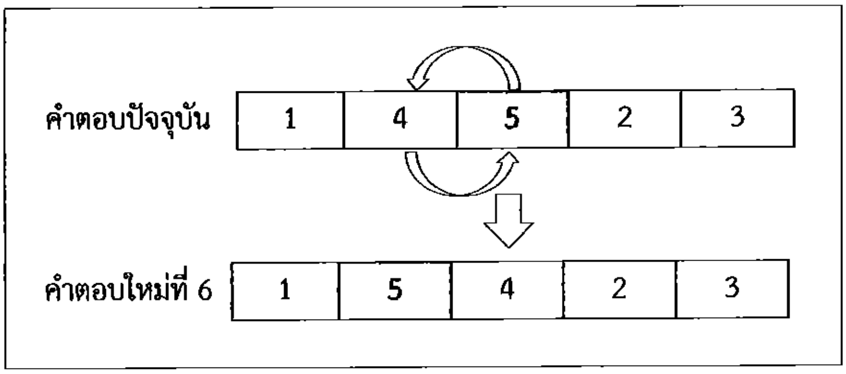
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 3 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ทำการคงที่ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 4 นั่นคือ ลูกค้าที่ 5 ที่ตำแหน่งที่ 3 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 3 ตำแหน่งสุดท้าย และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 5 ไปทางซ้ายมือ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบใหม่คือคำตอบที่ 5 ดังรูปที่ 3.26



รูปที่ 3.26 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางขวามือ

ค.4 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ

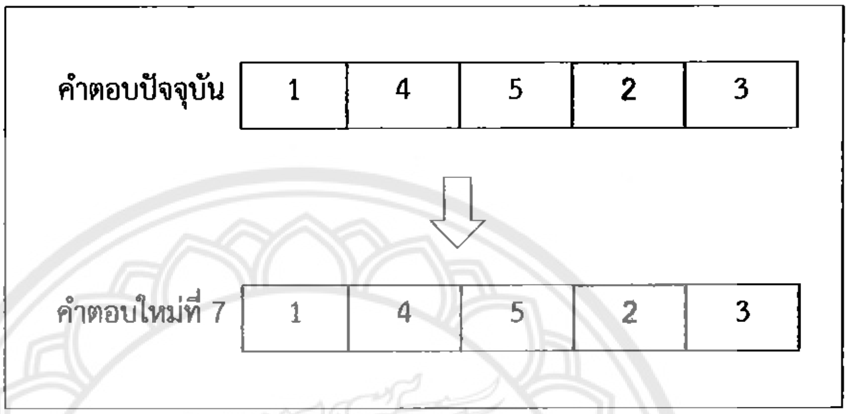
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 3 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ทำการคงที่ไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 1 นั่นคือ ลูกค้าที่ 5 ตำแหน่งที่ 3 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 4 ตำแหน่งที่ 2 และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 2 ไปทางขวามือ ทีละ 1 ตำแหน่ง จะสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 6 ได้ ดังรูปที่ 3.27



รูปที่ 3.27 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจาณาตำแหน่งที่ 3 ไปทางซ้ายมือ

ค.5 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ

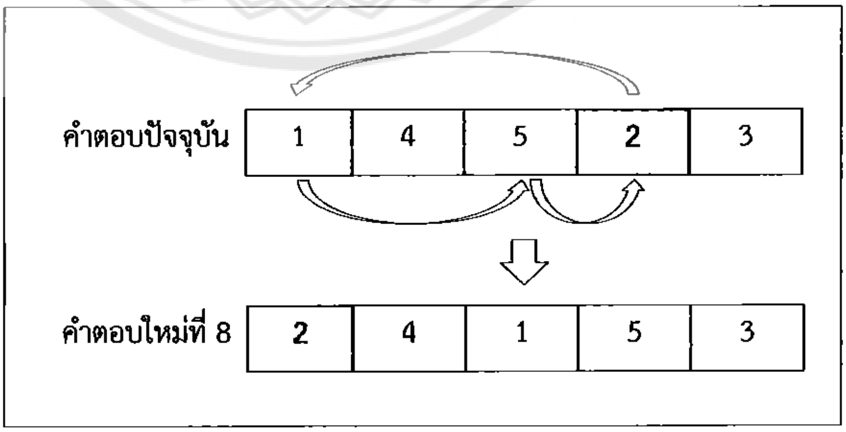
สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 4 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่ทำการคงที่ ในที่นี้มีตำแหน่งเดียว คือ ตำแหน่งที่ 5 นั่นคือ ลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่ 4 จะไม่สามารถย้ายไปแทนที่ใดๆ ได้ และคำตอบใหม่ที่ได้ คือคำตอบเดิม ซึ่งเป็นคำตอบที่ 7 ดังรูปที่ 3.28



รูปที่ 3.28 แสดงการจัดเรียงลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจาณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางขวามือ

ค.6 เลือกพิจารณาที่ตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ

สามารถอธิบายได้คือ พิจารณาลูกค้าที่ตำแหน่งที่ 4 และสุ่มตำแหน่งลูกค้าที่จะทำการคงที่ไปทางซ้ายมือ จากตัวอย่างนี้ สุ่มได้ตำแหน่งที่ 2 นั่นคือ ลูกค้าที่ 2 ที่ตำแหน่งที่ 4 จะย้ายไปแทนที่ลูกค้าที่ 1 ตำแหน่งแรก และเลื่อนลูกค้าในตำแหน่งที่ 1 และ 3 ไปทางขวามือ ทีละ 1 ตำแหน่ง และสามารถหาคำตอบใหม่คำตอบที่ 8 ได้ ดังรูปที่ 3.29



รูปที่ 3.29 แสดงการจัดเรียงลำดับลูกค้าของคำตอบใหม่ที่ได้จากการพิจารณาตำแหน่งที่ 4 ไปทางซ้ายมือ

3.3.3 กระบวนการจัดเรียงรอบรถ เพื่อหาค่าคำตอบ

เมื่อเราทำการหาคำตอบจากทั้ง 3 รูปแบบ ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นเรียบร้อยแล้ว จากนั้นก็จะเข้าสู่กระบวนการจัดเรียงรอบรถ ซึ่งกระบวนการนี้จะเป็นกระบวนการจัดการเพื่อที่จะทำการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละรายภายใต้ขีดจำกัดทางด้านเวลา และความจุของรถ ซึ่งรถแต่ละคันจะมีความจุเท่ากัน

3.3.3.1 พิจารณาด้านความจุของรถ

โดยหลักในการจัดเรียงรอบรถนี้ จะเริ่มจากการรวมความจุของสินค้าที่ลูกค้าต้องการในตำแหน่งที่ 1 กับความจุของสินค้าที่ลูกค้าต้องการในตำแหน่งที่ 2 แล้วพิจารณาว่าความจุของสินค้าที่ลูกค้าทั้ง 2 ตำแหน่งต้องการนั้น มีความจุเกินความจุสูงสุดของรถคันที่ 1 หรือไม่ ถ้าผลรวมความจุนั้นไม่เกินความจุสูงสุดของรถก็จะทำการรวมความจุที่ลูกค้าต้องการในตำแหน่งถัดไปเรื่อยๆ

ถ้าผลรวมของความจุที่ลูกค้าต้องการนั้นเกินความจุสูงสุดของรถแล้ว ก็จะนำความจุที่ลูกค้าต้องการในตำแหน่งที่ทำให้ผลรวมของความจุสินค้าเกินความจุของรถ ไปเริ่มต้นรวมความจุของสินค้าในรถคันถัดไป

ถ้ากรณีที่ผลรวมของความจุสินค้านั้นมีค่าเท่ากับความจุสูงสุดของรถพอดี ความจุของสินค้าที่ลูกค้าต้องการในตำแหน่งถัดไปก็จะไปเริ่มต้นรวมความจุสินค้าใหม่ในรถคันถัดไปเช่นเดียวกัน

ถ้ากรณีที่ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งหมดนั้นมีปริมาณมากกว่าความจุของจำนวนรถก็จะต้องเสียค่าปรับโดยอัตโนมัติ

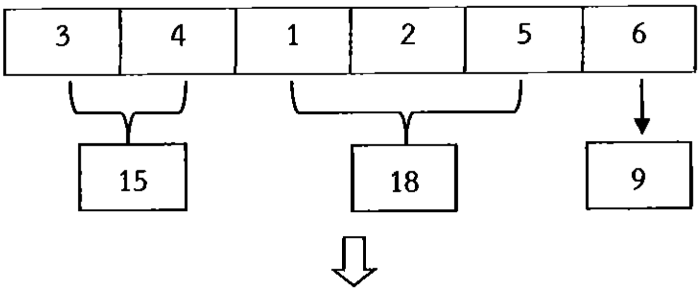
ซึ่งจะทำในรูปแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนครบตามจำนวนลูกค้าทั้งหมด เริ่มต้นโดยใส่ 0 ที่ตำแหน่งแรก แทนจุดเริ่มต้นของรถคันแรก โดยทุกๆ ครั้งที่ความจุของรถคันนั้นๆ ไม่สามารถบรรจุสินค้าเพิ่มได้แล้ว ก็จะใส่ 0 หลังจากตำแหน่งลูกค้ารายสุดท้ายที่รถคันนั้นจะต้องไปส่งสินค้า ซึ่งจำนวนของ 0 ทั้งหมด จะมีจำนวนมากกว่าจำนวนรถที่ผู้ใช้ระบุไว้อยู่ 1 จากการกรอกข้อมูลเบื้องต้น เพื่อให้เข้าใจกระบวนการจัดเรียงรอบรถมากยิ่งขึ้น ซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังตัวอย่างที่ 3.1

ตัวอย่างที่ 3.1 สมมติให้คำตอบปัจจุบันเป็น 3–4–1–2–5–6 และกำหนดให้มีรถทั้งหมด 3 คัน โดยรถแต่ละมีความจุเท่ากัน คือ 20 ตัน มีลูกค้าที่ต้องไปส่งสินค้าทั้งหมด 6 ราย โดยลูกค้าแต่ละรายมีความต้องการสินค้า ดังตารางที่ 3.1 ซึ่งแสดงความต้องการของลูกค้าทั้ง 6 ราย จะแสดงกระบวนการจัดเรียงรอบรถ ดังรูปที่ 3.30

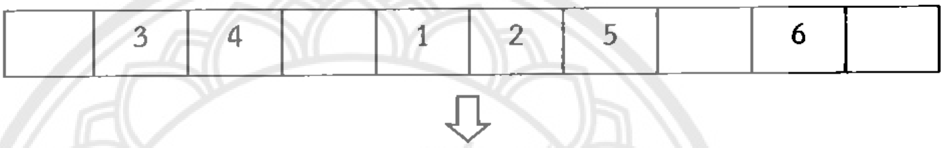
ตารางที่ 3.1 แสดงความต้องการของลูกค้าทั้ง 6 ราย

ลูกค้ารายที่	ความต้องการสินค้า (ตัน)
1	8
2	5
3	7
4	8
5	5
6	9

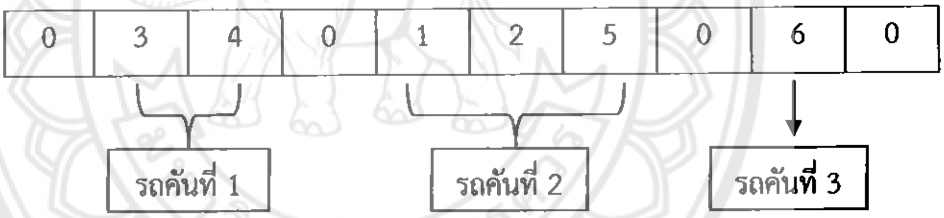
นำตำแหน่งของคำตอบปัจจุบันมาทำการรวมความจุของสินค้าที่ลูกค้าแต่ละรายต้องการ ซึ่งผลรวมความจุของสินค้าในแต่ละตำแหน่งจะต้องน้อยกว่า หรือเท่ากับความจุของรถ



เมื่อทำการการจัดเรียงลำดับการขนส่งของรถแต่ละคันเรียบร้อยแล้ว จะได้ผลลัพธ์ ดังนี้



จากนั้นทำการใส่ 0 ที่ตำแหน่งแรก และทำการใส่ 0 คั่น ระหว่างรถแต่ละคัน ซึ่งจำนวนของ 0 นั้น จะมีจำนวนมากกว่าจำนวนรถที่ผู้ใช้ระบุไว้อยู่ 1 ดังนี้

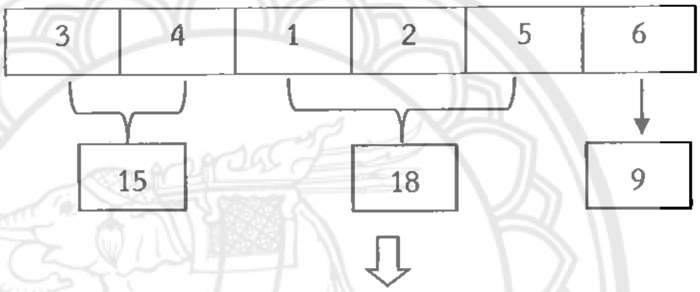


รูปที่ 3.30 แสดงกระบวนการจัดเรียงรอบรถ

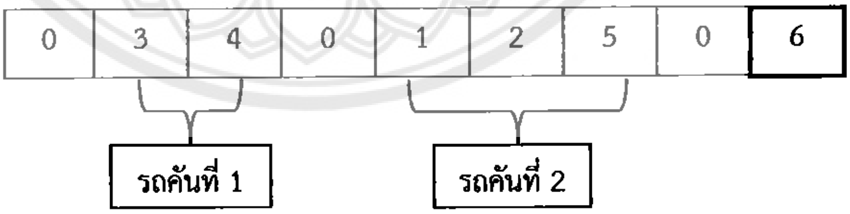
จากรูปที่ 3.30 เมื่อทำการจัดเรียงรอบรถของคำตอบปัจจุบันแล้ว รถคันที่ 1 จะต้องเริ่มต้นส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายที่ 3 และ 4 ซึ่งมีความต้องการสินค้า คือ 7 และ 8 ตามลำดับ ซึ่งผลรวมความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งสองรายเท่ากับ 15 ตัน ซึ่งไม่เกินความจุสูงสุดของรถคือ 20 ตัน แต่ก็ไม่สามารถไปส่งสินค้าให้กับลูกค้ารายที่ 1 ต่อได้ เพราะถ้ารวมความต้องการสินค้าของลูกค้ารายที่ 1 ด้วย จะทำให้ความจุรวมสินค้าเกินกว่าความจุสูงสุดของรถ ดังนั้น ลูกค้ารายที่ 1 จึงได้รับสินค้าจากรถคันที่ 2 รวมทั้งลูกค้ารายที่ 2 และ 5 ด้วย ซึ่งผลรวมความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งสามรายเท่ากับ 18 ตัน ซึ่งความต้องการของสินค้ายังไม่เกินกว่าความจุของรถ 1 คัน และลูกค้ารายที่ 6 จะได้รับสินค้าจากรถคันที่ 3

ตัวอย่างที่ 3.2 ถ้ากรณีที่ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งหมดนั้นมีปริมาณมากกว่าจำนวนรถ จากตัวอย่างโจทย์ที่ 3.1 ถ้ากำหนดให้มีรถที่สามารถไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้เพียง 2 คัน ซึ่งในกรณีนี้ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งหมดนั้นมีปริมาณมากกว่าความจุของจำนวนรถที่มีอยู่ ก็จะกำหนดให้ต้องเสียค่าปรับโดยอัตโนมัติ แสดงดังรูปที่ 3.31

ทำหลักการเดียวกับ ตัวอย่างที่ 3.1 โดยการนำตำแหน่งของคำตอบปัจจุบันมาทำการรวมความจุของสินค้าที่ลูกค้าแต่ละรายต้องการ



เมื่อทำการจัดเรียงลำดับการขนส่งของรถแต่ละคันเรียบร้อยแล้ว จากนั้นทำการใส่ 0 คั่นระหว่างรถแต่ละคัน ซึ่งจำนวนของ 0 ทั้งหมด จะมีจำนวนมากกว่าจำนวนรถที่ผู้ใช้ระบุไว้อยู่ 1 จากการกรอกข้อมูลเบื้องต้น ความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งหมดนั้นมีปริมาณมากกว่าความจุรถที่มีอยู่ จะได้ผลลัพธ์ ดังนี้



ซึ่งจะเห็นได้ว่าจากตารางจากจัดเรียงรถข้างบน จะมีความต้องการของลูกค้ารายที่ 6 เกินจากความจุของรถที่มีอยู่ แต่ในกรณีนี้จะถูกกำหนดให้ต้องมีการเสียค่าปรับโดยอัตโนมัติ

รูปที่ 3.31 แสดงกระบวนการจัดเรียงรอบรถที่ความต้องการสินค้ามีปริมาณมากกว่าความจุรถ

3.3.4 พิจารณาด้านเวลาในการเปิด-ปิดรับสินค้าของลูกค้า

โดยหลักในการพิจารณาด้านเวลา จะเริ่มจากเวลาที่รถเริ่มใช้งานจากการกรอกข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นจะนำเวลาไปรวมกับเวลาในการเดินทางจากจุดกระจายสินค้าไปยังลูกค้าในตำแหน่งที่ 1 แล้วพิจารณาว่าเวลาที่รถมาถึงลูกค้าในตำแหน่งที่ 1 อยู่ในช่วงเวลาที่ลูกค้าในตำแหน่งที่ 1 กำหนดไว้หรือไม่ ถ้าเวลาที่รถมาถึงอยู่ในช่วงเวลาที่กำหนดไว้ ก็จะนำเวลาที่รถมาถึงไปรวมกับเวลาในการขนถ่ายสินค้า จากนั้นจะได้เวลาที่รถออกจากลูกค้าตำแหน่งที่ 1 ไปยังลูกค้าตำแหน่งที่ 2 ต่อไปจนกระทั่งครบตามจำนวนลูกค้าที่รถต้องไปส่งสินค้าของรถแต่ละคัน

ถ้ากรณีที่รถมาถึงลูกค้าก่อนช่วงเวลาที่ลูกค้าเปิดรับสินค้า ให้นำเวลาที่รถมาถึงรวมกับเวลาที่รอคอยให้ถึงเวลาเปิดรับสินค้า จากนั้นนำเวลาที่ได้ไปรวมกับเวลาในการขนถ่ายสินค้า และจะได้เวลาที่รถออกไปยังลูกค้าถัดไป

ถ้ากรณีที่เวลาที่รถมาถึงเกินช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนดไว้ ก็จะต้องเสียค่าปรับโดยอัตโนมัติ

ซึ่งจะทำในรูปแบบนี้ไปเรื่อยๆ จนครบตามจำนวนลูกค้าทั้งหมด เพื่อให้เข้าใจมากยิ่งขึ้นซึ่งสามารถอธิบายได้ ดังตัวอย่างที่ 3.3

ตัวอย่างที่ 3.3 การพิจารณาด้านเวลาในการเปิด-ปิดรับสินค้าของลูกค้า จากโจทย์ตัวอย่างที่ 3.1 มีรถจำนวน 3 คัน ซึ่งจะกำหนดช่วงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้าของลูกค้า และเวลาที่ใช้ขนถ่ายสินค้าของลูกค้าทั้ง 6 ราย ดังตารางที่ 3.2 และกำหนดเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ดังตารางที่ 3.3 จะแสดงกระบวนการพิจารณาด้านเวลา ดังรูปที่ 3.32

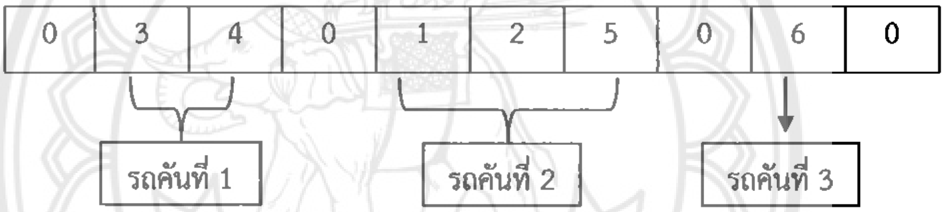
ตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างช่วงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ขนถ่ายสินค้าของลูกค้าทั้ง 6 ราย

ลูกค้ารายที่	ช่วงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า	เวลาในการขนถ่ายสินค้า
1	06.00-12.00 น.	1 ชั่วโมง
2	09.00-16.00 น.	45 นาที
3	06.00-12.00 น.	30 นาที
4	08.00-18.00 น.	1 ชั่วโมง
5	07.00-10.00 น.	30 นาที
6	06.00-12.00 น.	1 ชั่วโมง

ตารางที่ 3.3 แสดงเวลาที่ใช้ในการเดินทาง(ชั่วโมง)

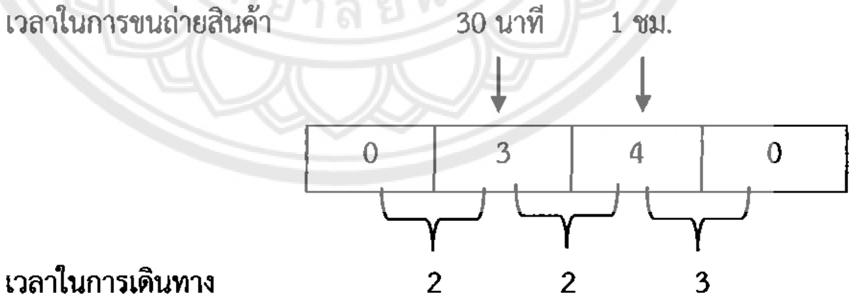
i/j	0	1	2	3	4	5	6
0	-	2	3	2	1	2	2
1	2	-	1	1	2	3	3
2	1	2	-	3	2	1	1
3	2	1	2	-	2	2	3
4	3	1	1	2	-	2	1
5	1	2	3	1	2	-	2
6	1	3	2	2	1	1	-

ทำหลักการเดียวกับ ตัวอย่างที่ 3.1 โดยการนำตำแหน่งของคำตอบปัจจุบันมาทำการรวมความจุของสินค้าที่ลูกค้าแต่ละรายต้องการ จะได้การจัดเรียงรอบรถ ดังนี้



จากนั้นพิจารณาด้านเวลาได้ดังนี้

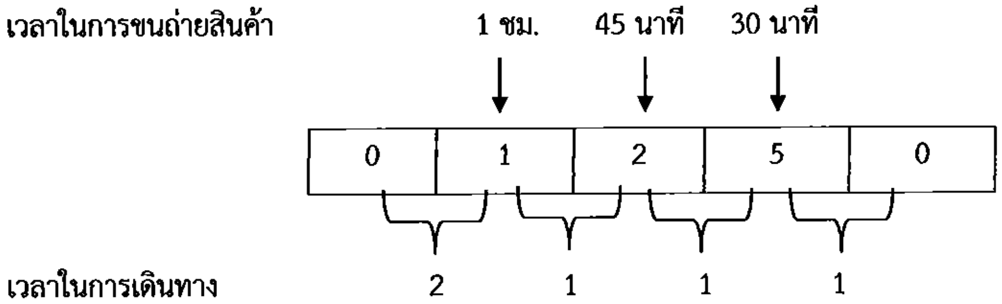
รถคันที่ 1



สามารถอธิบายได้ว่า รถเริ่มออกจากคลังสินค้า ซึ่งแทนด้วย 0 เวลา 06.00 น. จากนั้นไปยังลูกค้าที่ 3 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ถึงลูกค้าที่ 3 เวลา 08.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาเปิดรับสินค้าของลูกค้าที่ 3 เมื่อขนถ่ายสินค้าเสร็จ รถจะเริ่มออกจากลูกค้าที่ 3 ไปยังลูกค้าที่ 4 เวลา 08.30 น. ไปถึงลูกค้าที่ 4 เวลา 10.30 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาเปิดรับสินค้าของลูกค้าที่ 4 เมื่อขนถ่ายสินค้าเสร็จ รถจะออกจากลูกค้าที่ 4 ไปยังคลังสินค้าเวลา 11.30 น. และกลับถึงคลังสินค้าเวลา 14.30 น.

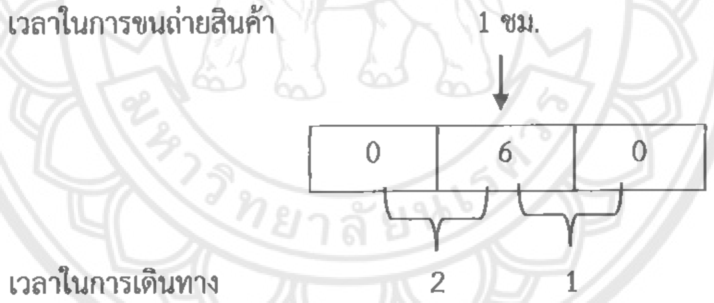
รูปที่ 3.32 แสดงการพิจารณาด้านเวลาในการเปิด-ปิดรับสินค้าของลูกค้า

รถคันที่ 2 (กรณีไปถึงลูกค้าเกินช่วงเวลาที่กำหนด)



สามารถอธิบายได้ว่า รถเริ่มออกจากคลังสินค้า ซึ่งแทนด้วย 0 เวลา 06.00 น. จากนั้นไปยังลูกค้าที่ 1 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ถึงลูกค้าที่ 1 เวลา 08.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาเปิดรับสินค้าของลูกค้าที่ 1 เมื่อขนถ่ายสินค้าเสร็จ รถจะเริ่มออกจากลูกค้าที่ 1 ไปยังลูกค้าที่ 2 เวลา 09.00 น. ไปถึงลูกค้าที่ 2 เวลา 10.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาเปิดรับสินค้าของลูกค้าที่ 2 เมื่อขนถ่ายสินค้าเสร็จ รถจะออกจากลูกค้าที่ 2 ไปยังลูกค้าที่ 5 เวลา 10.45 น. ไปถึงลูกค้าที่ 5 เวลา 11.45 น. ซึ่งไม่อยู่ในช่วงเวลาเปิดรับสินค้าของลูกค้าที่ 5 ในกรณีนี้จึงถูกกำหนดให้เสียค่าปรับโดยอัตโนมัติ

รถคันที่ 3



สามารถอธิบายได้ว่า รถเริ่มออกจากคลังสินค้า ซึ่งแทนด้วย 0 เวลา 06.00 น. จากนั้นไปยังลูกค้าที่ 6 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ถึงลูกค้าที่ 6 เวลา 08.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลาเปิดรับสินค้าของลูกค้าที่ 6 เมื่อขนถ่ายสินค้าเสร็จ รถจะออกจากลูกค้าที่ 6 ไปยังคลังสินค้าเวลา 09.00 น. และกลับถึงคลังสินค้าเวลา 10.00 น.

รูปที่ 3.32 (ต่อ) แสดงการพิจารณาด้านเวลาในการเปิด-ปิดรับสินค้าของลูกค้า

3.3.5 วิธีการและขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา และได้ทำการออกแบบวิธีการสุ่มค่าเริ่มต้น และหลักการหาค่าคำตอบใหม่ในกระบวนการอบอ่อนจำลองแล้ว ต่อไปจะเป็นการออกแบบวิธีการอบอ่อนจำลอง ซึ่งมีขั้นตอนและกระบวนการดังต่อไปนี้

3.3.5.1 กำหนดค่า และตัวแปรที่ใช้ในการอบอ่อนจำลอง ได้แก่

ก. Numcust คือ จำนวนลูกค้า

ข. Numcar คือ จำนวนยานพาหนะ

ค. Tmax คือ อุณหภูมิเริ่มต้น

ง. Tmin คือ อุณหภูมิสุดท้าย

จ. Eq คือ จำนวนรอบในการอบอ่อน

ฉ. Trate คือ อัตราการเย็นตัว

ช. NS คือ หลักการหรือวิธีการหาคำตอบใหม่

3.3.5.2 กำหนดให้ค่าอุณหภูมิปัจจุบัน (T) เท่ากับอุณหภูมิเริ่มต้น (Tmax)

3.3.5.3 สุ่มค่าเริ่มต้น และให้ค่าเริ่มต้นเป็นคำตอบปัจจุบัน (Scur) และคำตอบที่ดีที่สุด (Sbest)

3.3.5.4 หาค่าคำตอบใหม่ (Snew) โดยวิธีการทำ Neighbourhood Search

3.3.5.5 ทำการตัดสินใจว่า ค่าคำตอบใหม่ที่ได้ ดีกว่าคำตอบปัจจุบันหรือไม่

ก. ถ้าคำตอบใหม่ดีกว่าคำตอบปัจจุบัน (Snew <= Scur) ให้ คำตอบปัจจุบันเท่ากับคำตอบใหม่ (Scur = Snew) และให้ตัดสินใจต่อว่า คำตอบปัจจุบันดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ (Scur <= Sbest) ซึ่งถ้าคำตอบปัจจุบันดีกว่าคำตอบที่ดีที่สุด จะให้คำตอบที่ดีที่สุดเท่ากับคำตอบปัจจุบัน (Sbest = Scur)

ข. ถ้าคำตอบใหม่แย่กว่าคำตอบปัจจุบัน (Snew > Scur) ให้ทำการสุ่มค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 ซึ่งแทนด้วยตัวแปร RanSA และทำการคำนวณความน่าจะเป็น (Prob) ด้วยสมการหนึ่ง ซึ่งก็คือ Prob = $e^{-(S_{new}-S_{cur})/K*T}$ ซึ่งถ้าค่าที่ทำการสุ่มมามีค่าดีกว่าความน่าจะเป็นที่ได้ (RanSA <= Prob) จะทำให้เกิดการยอมรับค่าคำตอบใหม่ให้เป็นคำตอบปัจจุบัน (Scur = Snew)

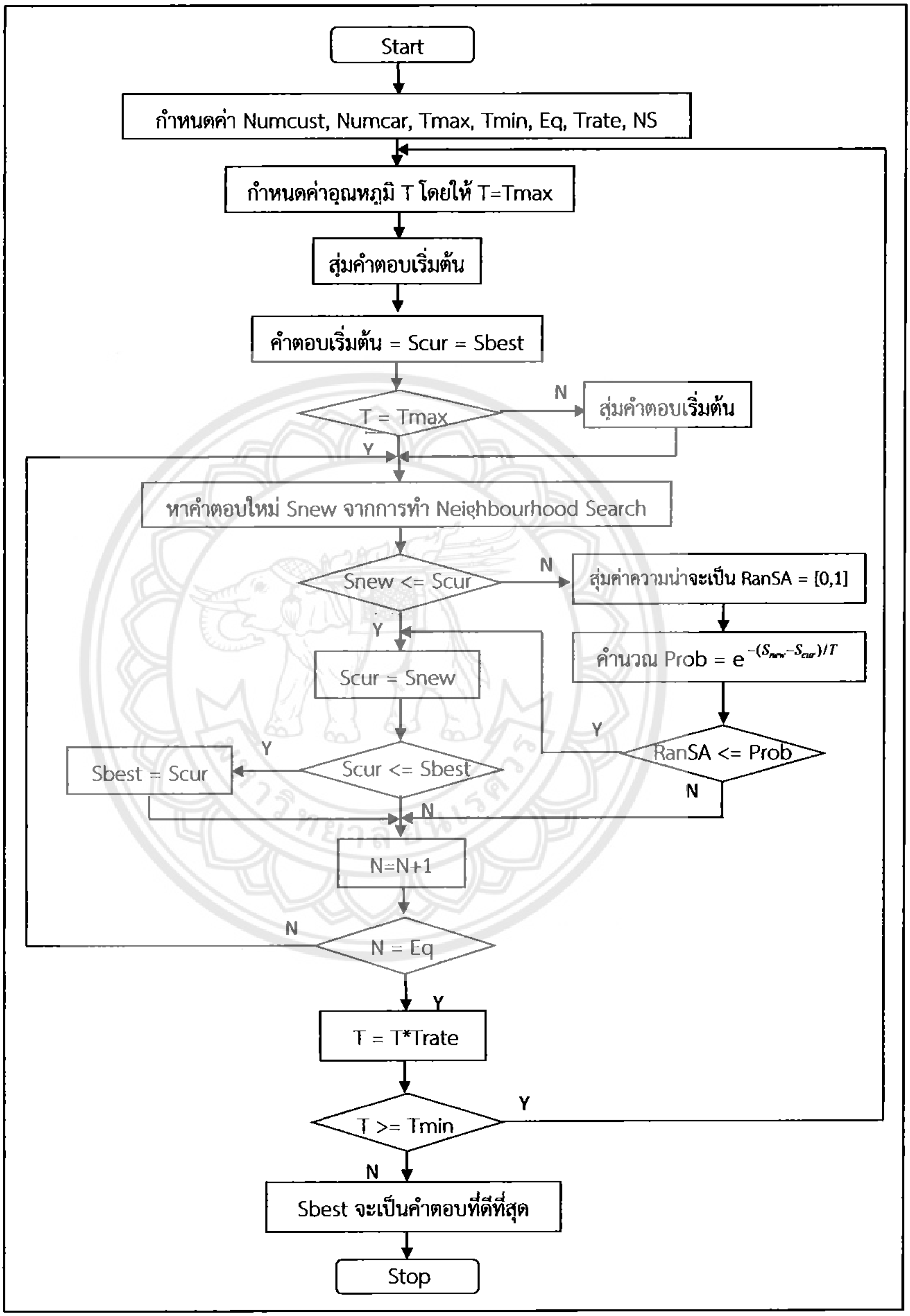
3.3.5.6 ให้ทำตามข้อที่ 3.3.5.4 และ 3.3.5.5 ใหม่ จนกระทั่งครบตามจำนวนรอบในการอบอ่อน (Eq)

3.3.5.7 ทำการลดอุณหภูมิ T ลง ด้วยสมการ T = T*Trate และกลับไปเริ่มทำข้อที่ 3.3.5.4 ใหม่ และทำซ้ำไปเรื่อยๆ จนกระทั่งค่าอุณหภูมิ T เข้าใกล้หรือเท่ากับอุณหภูมิสุดท้ายมากที่สุด แต่ต้องไม่น้อยกว่าอุณหภูมิสุดท้าย

3.3.5.8 คำตอบที่ดีที่สุดที่ได้ (Sbest) จะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดในการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลา

ซึ่งวิธีการ และขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง สามารถแสดงได้ดังแผนภาพในรูปที่ 3.33

มหาวิทยาลัยนเรศวร



รูปที่ 3.33 Flow Chart แสดงวิธีการ และขั้นตอนการอบอ่อนจำลอง

3.4 การทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง

หลังจากที่ได้ทำการศึกษา ออกแบบวิธีการอบอ่อนจำลอง และเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel แล้ว ต่อไปจะเป็นการทดสอบประสิทธิภาพในการหาคำตอบของการจัดเส้นทางยานพาหนะในปัญหาต่างๆ โดยแบ่งปัญหาในการทดสอบออกเป็น 3 ขนาด คือ

3.4.1 ปัญหาขนาดเล็ก มีลูกค้า 10 ราย และมียานพาหนะ 3 คัน จำนวน 2 ปัญหา

ปัญหาขนาดเล็ก คือ ปัญหาที่ 1 กับปัญหาที่ 2 จะมีความแตกต่างกัน คือ ปัญหาที่ 2 จะมีช่วงเวลา (Time Windows) แคบกว่าปัญหาที่ 2

3.4.2 ปัญหาขนาดกลาง มีลูกค้า 20 ราย และมียานพาหนะ 6 คัน จำนวน 2 ปัญหา

ปัญหาขนาดกลาง คือ ปัญหาที่ 3 กับปัญหาที่ 4 จะมีความแตกต่างกัน คือ ปัญหาที่ 4 จะมีช่วงเวลา (Time Windows) แคบกว่าปัญหาที่ 3

3.4.3 ปัญหาขนาดใหญ่ มีลูกค้า 30 ราย และมียานพาหนะ 8 คัน จำนวน 2 ปัญหา

ปัญหาขนาดใหญ่ คือ ปัญหาที่ 5 กับปัญหาที่ 6 จะมีความแตกต่างกัน คือ ปัญหาที่ 6 จะมีช่วงเวลา (Time Windows) แคบกว่าปัญหาที่ 5

ซึ่งปัญหาที่นำมาทดสอบประสิทธิภาพการหาคำตอบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยวิธีการอบอ่อนจำลองนั้น เป็นปัญหาที่ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดขึ้นเอง และเป็นปัญหาเดียวกันกับงานวิจัยระดับปริญญาวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยนเรศวร ของ กอบเจตน์ สิงห์สิกุล และ ธิดารัตน์ มูลวงค์ ปี 2555 ในเรื่อง การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการเชิงพันธุกรรม ทั้งนี้เพื่อเปรียบเทียบความสามารถของการหาคำตอบการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยมีกรอบเวลาโดยวิธีการอบอ่อนจำลองที่ออกแบบโดยผู้วิจัย ว่ามีประสิทธิภาพ ความเหมือนกันและความแตกต่างกันอย่างไร

ทั้งนี้ผู้วิจัยยังได้ทำการทดลองอีกด้วยว่า ตัวแปรหรือพารามิเตอร์ที่เปลี่ยนแปลงไป ส่งผลอย่างไรต่อคำตอบของปัญหาในการจัดเส้นทางยานพาหนะ เช่น อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสุดท้าย จำนวนรอบของการอบอ่อน อัตราการเย็นตัว และวิธีการหาคำตอบใหม่ในกระบวนการอบอ่อนจำลอง

3.5 จัดทำรายงาน และสรุปผล

สรุปผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบกับปัญหา แล้วจัดทำรูปเล่มรายงาน

3.6 นำเสนอผลงาน

นำผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมด จากการทำโครงงานมานำเสนอต่อคณะกรรมการโครงงานวิศวกรรมศาสตร์

บทที่ 4

ผลการทดลองและการวิเคราะห์

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการออกแบบการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Visual Basic for Applications บน Microsoft Excel และผลการทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง รวมทั้งทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ทำการออกแบบ นอกจากนี้ยังเป็นการเปรียบเทียบ และวิเคราะห์ผลที่ได้กับงานวิจัยอื่นที่กล่าวมาในบทที่ 3

ซึ่งจะสามารถแบ่งหัวข้อของผลการทดลอง และการวิเคราะห์ได้ ดังต่อไปนี้

4.1 โปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่

4.3 การแสดงผลลัพธ์ และสรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.1 โปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง

ในส่วนของโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบให้โปรแกรมมีการทำงานใน 3 ส่วน คือ ส่วนต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม ส่วนรับข้อมูล และส่วนประมวลผล ซึ่งในแต่ละส่วนของโปรแกรมนั้นสามารถทำงานได้ทั้งในหน้าต่างโปรแกรม และหน้าต่างของ Microsoft Excel ดังต่อไปนี้

4.1.1 ส่วนต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

ในส่วนต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม จะเป็นส่วนที่เมื่อเข้าโปรแกรมมาแล้ว หน้าต่างนี้จะแสดงมาก่อน ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แสดงหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

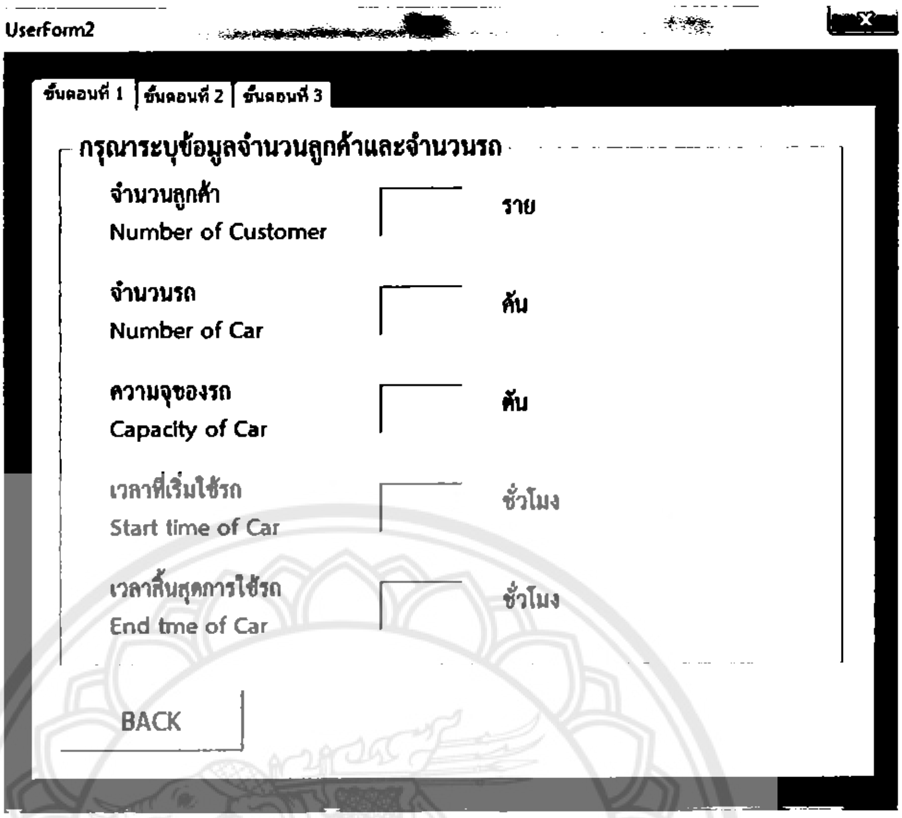
เมื่อกด START จะเริ่มเข้าสู่กระบวนการถัดไป คือ เข้าสู่ส่วนรับข้อมูล แต่เมื่อกด EXIT จะเป็นการปิดหน้าต่างโปรแกรม ซึ่งในส่วนนี้ผู้ใช้อาจเข้าไปสู่หน้าต่างของ Microsoft Excel หรือจะปิดโปรแกรมได้เลย และเมื่อกด ABOUT จะเป็นการให้ความช่วยเหลือ อธิบายโปรแกรม และกล่าวถึงผู้จัดทำโปรแกรม

4.1.2 ส่วนรับข้อมูล

ในส่วนรับข้อมูลนี้ จะเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่การจัดเส้นทางยานพาหนะ ซึ่งในส่วนรับข้อมูลนี้จะมี 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูลจำนวนลูกค้า และจำนวนรถ ขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าที่ใช้ในการอบอ่อนจำลอง ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน และขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้า และข้อมูลด้านเวลาของลูกค้าแต่ละราย ดังจะกล่าวดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูลจำนวนลูกค้า และจำนวนรถ

จะเป็นการให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลทั้งหมด อันได้แก่ จำนวนลูกค้า จำนวนรถ ความจุรถ และเวลาที่ใช้รถ ดังรูปที่ 4.2

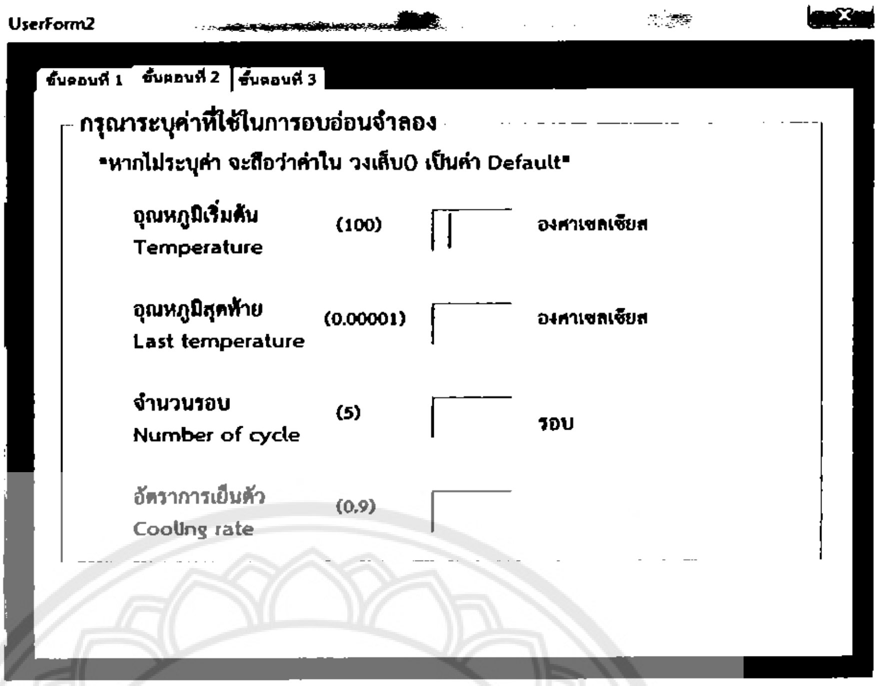


รูปที่ 4.2 แสดงขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูล

เมื่อกด BACK จะกลับไปยังหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม **แต่หากกดขั้นตอนที่** 2 จะไปยังการระบุค่าการอบอ่อน

4.1.2.2 **ขั้นตอนที่** 2 **ระบุค่าการอบอ่อน**

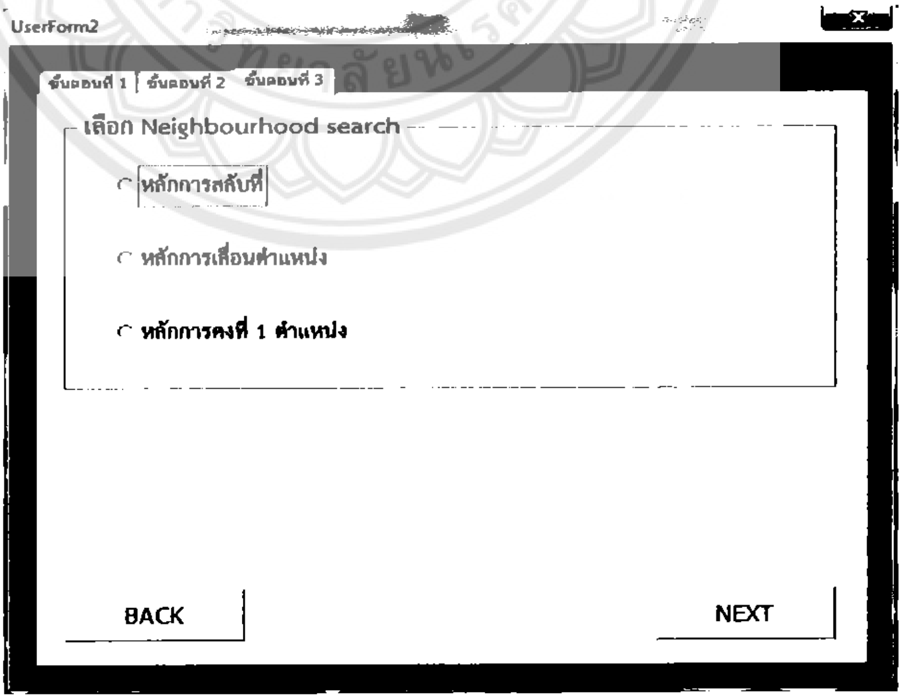
จะเป็นการให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลทั้งหมดในการอบอ่อน อันได้**แก่ อุณหภูมิเริ่มต้น** อุณหภูมิสุดท้าย จำนวนรอบในการอบอ่อน และอัตราการเย็นตัว นอกจากนี้แล้วอา**จใช้ค่า** Default **ที่ระบุไว้ในวงเล็บแทนได้ ซึ่งไม่ต้องระบุค่า ดังรูปที่** 4.3



รูปที่ 4.3 แสดงขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าข้อมูลในการอบอ่อน

4.1.2.3 ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน

จะเป็นการให้ผู้ใช้คลิกเลือกวิธีการทำ Neighbourhood Search ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี อันได้แก่ หลักการสลับที่ หลักการเลื่อนตำแหน่ง และหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 4.4

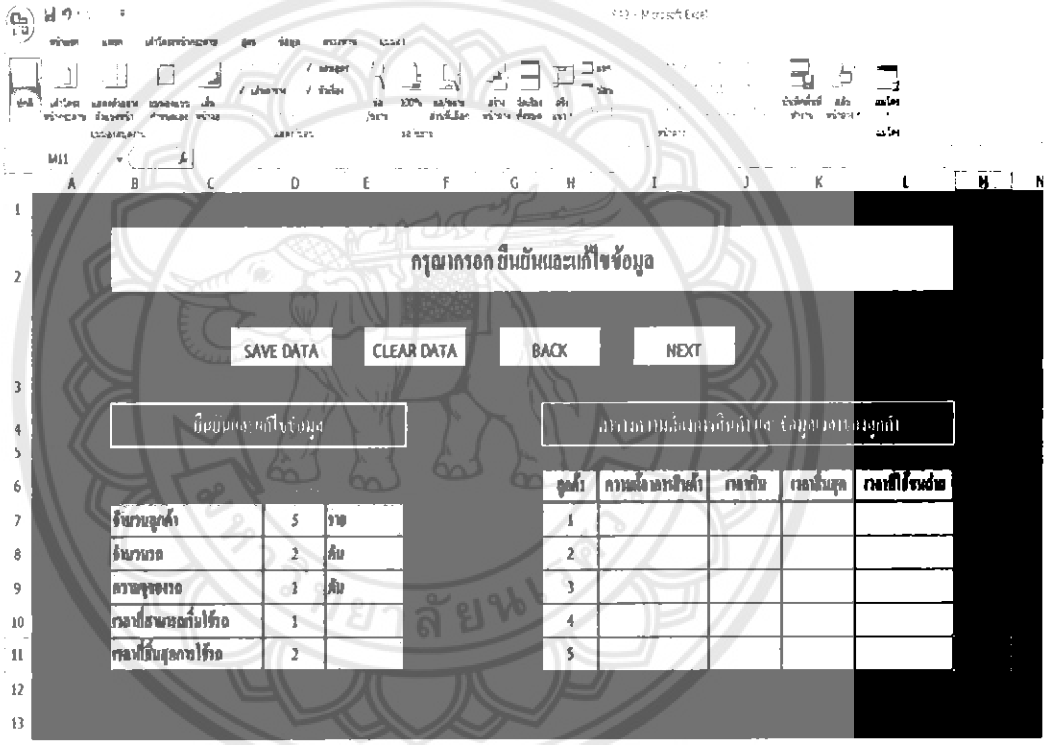


รูปที่ 4.4 แสดงขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน

เมื่อกด NEXT จะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้า และข้อมูลด้านเวลาของลูกค้าแต่ละราย ในหน้าต่างของ Microsoft Excel แต่หากกด BACK จะกลับไปยังหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

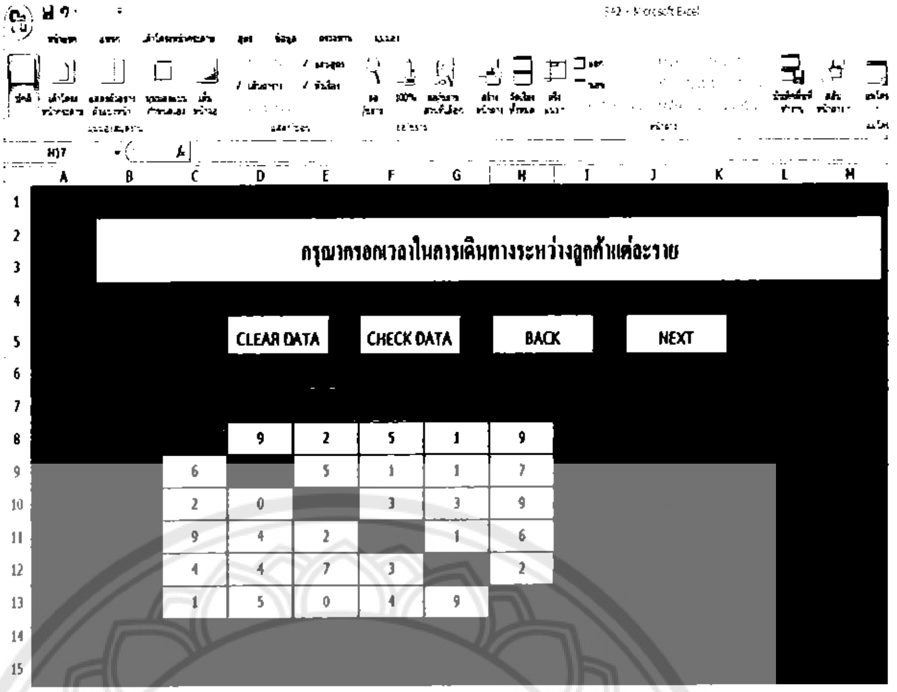
4.1.2.4 ขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้า และข้อมูลด้านเวลาของลูกค้าแต่ละราย

จะเป็นการให้ผู้ใช้ระบุความต้องการสินค้า เวลาเริ่มเปิดรับสินค้า เวลาปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ละราย



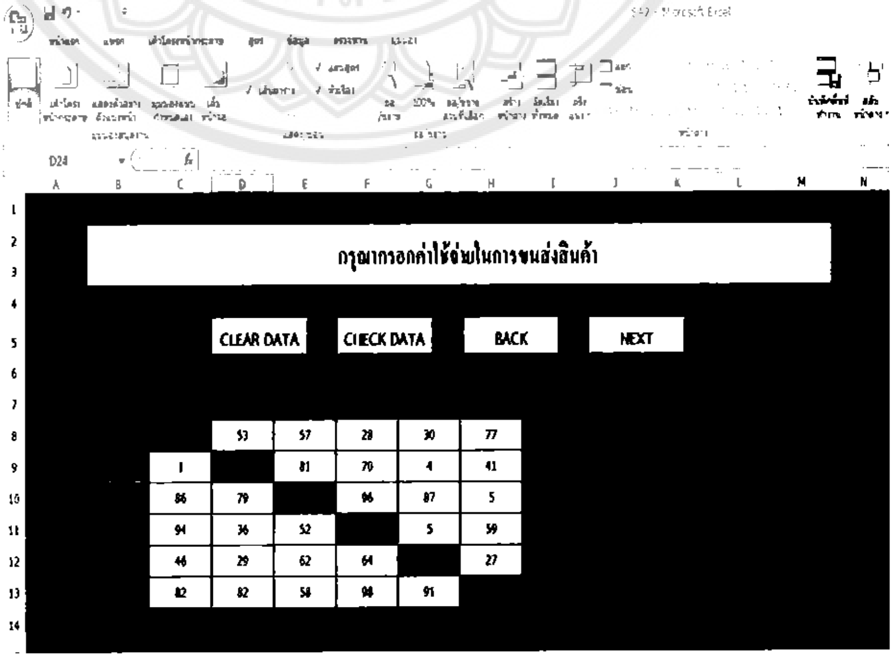
รูปที่ 4.5 แสดงขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้า และข้อมูลด้านเวลาของลูกค้า

เมื่อกด BACK จะกลับไปยังหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม หากกด CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมด แต่หากต้องแก้ไขข้อมูลจำนวนลูกค้าและจำนวนรถให้กด SAVE DATA เมื่อกด NEXT จะเข้าสู่หน้าต่างของการกรอกเวลาในการเดินทางของลูกค้าแต่ละราย ดังแสดงดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงหน้าต่างของการกรอกเวลาในการเดินทางของลูกค้าแต่ละราย

เมื่อกด BACK จะกลับไปขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้า และข้อมูลด้านเวลาของลูกค้า หากกด CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมด หากกด CHECK DATA จะเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกว่าถูกต้องหรือไม่ แต่เมื่อกด NEXT จะเข้าสู่หน้าต่างของการกรอกค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ดังแสดงดังรูปที่ 4.7

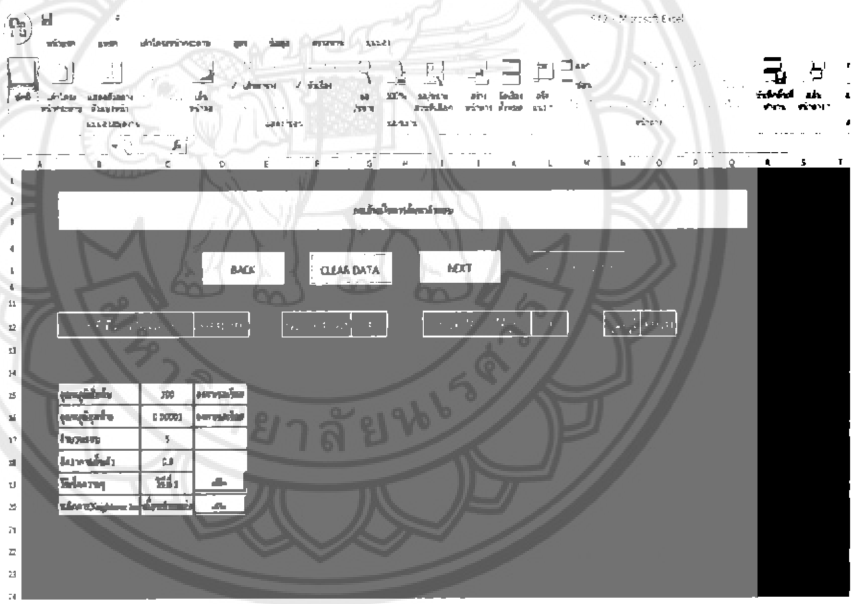


รูปที่ 4.7 แสดงหน้าต่างของการกรอกค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

เมื่อกด BACK จะกลับไปหน้าต่างของการกรอกเวลาในการเดินทางของลูกค้าแต่ละราย หากกด CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมด หากกด CHECK DATA จะเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกว่าถูกต้องหรือไม่ เมื่อกด NEXT จะเข้าสู่หน้าต่างของการประมวลผล

4.1.3 ส่วนประมวลผล

ในส่วนนี้จะเป็นขั้นตอนการประมวลผล ซึ่งจะเป็นการให้ผู้ใช้สั่งประมวลผลการจัดเส้นทางยานพาหนะ และแสดงผลให้ผู้ใช้ทราบถึงผลการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยจะแสดงผลเวลาที่ใช้ในการประมวลผล รอบการหาคำตอบ ณ ปัจจุบัน รอบคำตอบที่ดีที่สุด อุณหภูมิ ณ ปัจจุบัน อุณหภูมิที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด และลักษณะการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ดีที่สุด จะมีแถบความก้าวหน้าบ่งบอกว่าขณะนั้นโปรแกรมได้ทำการประมวลผลไปเท่าไรแล้วเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ ดังแสดงดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงหน้าต่างของการประมวลผล

ในส่วนนี้ จะมีปุ่มให้เลือกกด 4 ปุ่ม เมื่อกด BACK จะเป็นการให้ผู้ใช้สามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆ ในขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูล หากกด CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมดในหน้าต่างนี้ หากกด CHECK DATA จะเป็นการตรวจสอบข้อมูลที่ผู้ใช้กรอกว่าถูกต้องหรือไม่ เมื่อกด RUN PROGRAM จะเป็นการสั่งให้โปรแกรมเริ่มการประมวลผลการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา ซึ่งจะแสดงรายละเอียดการประมวลผลแบบ real time

4.2 ผลการทดสอบโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

หลังจากได้ทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาดังที่ได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งจะมีในลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ทั้งหมด 6 ปัญหา

โดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผลโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง คือ Windows 7 Home Premium Intel (R) Core i5-3317U @ 1.70 GHz RAM 4.00 GB

ผู้วิจัยได้แบ่งการทดลองออกเป็น 3 ส่วน คือ การอบอ่อนโดยใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 พารามิเตอร์ชุดที่ 2 และพารามิเตอร์ชุดที่ 3 ซึ่งจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ผู้วิจัยเขียนขึ้นโดยจะใช้หลักการในการหา Neighbourhood Search ทั้งหมด 3 หลักการ

ซึ่งพารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด จะมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบเท่ากันคือ 765 ครั้ง โดยมีค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนดังนี้

ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 1 ในการอบอ่อน มีดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้น	100	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้าย	0.00001	องศาเซลเซียส
จำนวนรอบในการอบอ่อน	5	รอบ
อัตราการเย็นตัว	0.90	

ซึ่งในการทำการทดลองมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบหลักการละ 10 ครั้ง ต่อ 1 ปัญหา

ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 2 ในการอบอ่อน มีดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้น	500	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้าย	0.00001	องศาเซลเซียส
จำนวนรอบในการอบอ่อน	5	รอบ
อัตราการเย็นตัว	0.89	

ค่าพารามิเตอร์ ชุดที่ 3 ในการอบอ่อน มีดังนี้

อุณหภูมิเริ่มต้น	50	องศาเซลเซียส
อุณหภูมิสุดท้าย	0.00001	องศาเซลเซียส
จำนวนรอบในการอบอ่อน	9	รอบ
อัตราการเย็นตัว	0.834	

ซึ่งในการทำการทดลองมีจำนวนครั้งในการหาคำตอบหลักการละ 10 ครั้ง ต่อ 1 ปัญหา และต่อไปจะเป็นการแสดงผลการทดสอบโปรแกรม และการวิเคราะห์ผลการทดลอง

4.2.1 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดเล็ก

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดเล็ก ทั้งหมด 2 ปัญหา

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ค่าใช้จ่าย (หน่วย)			เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที)		
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1						
1.หลักการสลับที่	2,619.00	2,619.00	0.00	5.15	5.10	0.03
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	2,629.40	2,519.00	55.20	5.44	5.35	0.08
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	2,690.80	2,657.00	38.08	5.44	5.04	0.18
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2						
1.หลักการสลับที่	2,619.00	2,619.00	0.00	5.28	5.00	0.09
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	2,657.00	2,657.00	0.00	5.34	5.31	0.02
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	2,689.00	2,657.00	39.19	5.38	5.20	0.10
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3						
1.หลักการสลับที่	2,598.10	2,475.00	43.48	5.15	5.11	0.02
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	2,655.50	2,642.00	4.50	5.18	5.10	0.03
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	2,697.10	2,570.00	76.48	5.31	5.03	0.10

จากตารางที่ 4.1 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าที่น้อยที่สุด เมื่อใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด โดยผลลัพธ์เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 2,598.10 หน่วย

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่งจะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2,519.00 หน่วย

แต่เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 และพารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด เท่ากับ 2,619.10 หน่วย และ 2,475.00 หน่วย ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดเล็ก โจทย์ปัญหาที่ 1 ผลลัพธ์เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยหลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 2 ของปัญหาขนาดเล็ก

หลักการพิจารณา	ค่าใช้จ่าย (หน่วย)			เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที)		
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1						
1.หลักการสลับที่	3,275.80	3,143.00	125.49	5.28	4.89	0.14
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	3,262.20	3,166.00	66.60	5.38	5.33	0.04
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	3,265.20	3,240.00	50.43	5.60	5.57	0.02
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2						
1.หลักการสลับที่	3,277.80	3,143.00	79.94	5.47	5.44	0.03
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	3,283.73	3,240.00	34.91	5.47	5.42	0.03
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	3,252.00	3,240.00	25.46	5.64	5.59	0.03
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3						
1.หลักการสลับที่	3,119.20	2,929.00	63.80	5.26	5.20	0.05
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	3,269.60	3,240.00	36.25	5.21	5.17	0.02
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	3,220.00	3,190.00	24.49	5.51	5.48	0.02

จากตารางที่ 4.2 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 2 ซึ่งเป็นปัญหาขนาดเล็ก จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ยและค่าที่น้อยที่สุด เมื่อใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่ง ให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 3,262.20 หน่วย และหลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดดีที่สุด เท่ากับ 3,143.00 หน่วย

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 จะพบว่า หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 3,252.00 หน่วย และหลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดดีที่สุด เท่ากับ 3,143.00 หน่วย

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดต่ำที่สุด เท่ากับ 3,119.20 หน่วย และ 2,929.00 หน่วย

จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดเล็ก โจทย์ปัญหาที่ 2 ผลลัพธ์เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยหลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุด

4.2.2 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ของปัญหาขนาดเล็ก

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหาที่ 1-2 ของปัญหาขนาดเล็ก จะพบว่าทั้ง 2 ปัญหามีความสอดคล้องกัน คือ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่น้อยที่สุด และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดอยู่ที่ หลักการสลับที่ และอยู่ในกรณีเมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ทั้ง 2 ปัญหา

4.2.3 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดกลาง

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดกลาง ทั้งหมด 2 ปัญหา

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 3 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ค่าใช้จ่าย (หน่วย)			เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที)		
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1						
1.หลักการสลับที่	5,959.90	5,747.00	148.69	14.34	14.20	0.28
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	6,048.20	5,900.00	77.77	13.97	13.93	0.03
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	6,287.20	5,877.00	167.78	14.08	14.05	0.02
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2						
1.หลักการสลับที่	5,992.40	5,568.00	201.73	14.29	14.15	0.29
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	5,986.00	5,919.00	61.89	14.76	14.17	0.30
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	6,387.40	6,179.00	111.16	15.23	15.10	0.10
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3 เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3						
1.หลักการสลับที่	5,410.80	5,144.00	130.75	15.27	15.17	0.05
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	5,569.20	5,292.00	144.67	15.36	14.99	0.16
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	5,682.10	5,476.00	104.46	15.39	15.33	0.04

จากตารางที่ 4.3 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 3 สำหรับเป็นปัญหาขนาดกลาง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด เมื่อใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 5,959.90 หน่วย และ 5,747.00 หน่วย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 5,986.00 หน่วย และหลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดดีที่สุด เท่ากับ 5,568.00 หน่วย

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดต่ำที่สุดเท่ากับ 5,410.80 หน่วย และ 5,144.00 หน่วย ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดกลาง โจทย์ปัญหาที่ 3 ผลลัพธ์เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยหลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 4 ของปัญหาขนาดกลาง

หลักการพิจารณา	ค่าใช้จ่าย (หน่วย)			เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที)		
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1						
1.หลักการสลับที่	8,072.30	7,602.00	279.03	15.17	15.10	0.09
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	7,749.70	7,264.00	318.29	15.09	13.93	0.39
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	12,701.60	12,523.00	200.93	15.24	15.20	0.03
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2						
1.หลักการสลับที่	8,829.60	7,602.00	2662.19	15.14	14.90	0.11
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	8,628.40	7,264.00	2788.28	14.96	14.76	0.35
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	11,679.50	8,212.00	1734.23	15.17	14.77	0.18
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3						
1.หลักการสลับที่	6,510.40	6,267.00	239.06	15.00	14.82	0.09
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	7,132.20	6,620.00	297.56	15.11	14.92	0.12
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	12,362.70	12,077.00	155.26	15.16	14.83	0.17

จากตารางที่ 4.4 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 4 สำหรับเป็นปัญหาขนาดกลาง ซึ่งจะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด เมื่อใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 7,749.70 หน่วย และ 7,264.00 หน่วย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 8,628.40 หน่วย และ 7,264.00 หน่วย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดต่ำที่สุดเท่ากับ 6,510.40 หน่วย และ 6,267.00 หน่วย ตามลำดับ

จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดกลาง โจทย์ปัญหาที่ 4 ผลลัพธ์เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยหลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุด

4.2.4 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ของปัญหาขนาดกลาง

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหาที่ 3-4 ของปัญหาขนาดกลาง จะพบว่าทั้ง 2 ปัญหามีความสอดคล้องกัน คือ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่น้อยที่สุด และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดทุกคำตอบอยู่ที่ หลักการสลับที่ และอยู่ในกรณีเมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ทั้ง 2 ปัญหา

4.2.5 ผลการทดสอบโปรแกรม และวิเคราะห์ผลการทดลองในปัญหาขนาดใหญ่

หลังจากทำการทดสอบโปรแกรมแล้ว ต่อไปจะเป็นการแสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมตามลักษณะของปัญหาขนาดใหญ่ ทั้งหมด 2 ปัญหา

ตารางที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 5 ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ค่าใช้จ่าย (หน่วย)			เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที)		
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1						
1.หลักการสลับที่	9,206.20	8,928.00	144.77	29.05	28.67	0.16
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	8,547.80	8,282.00	153.78	28.77	27.43	0.73
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	9,030.90	8,717.00	164.23	28.50	28.35	0.23
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2						
1.หลักการสลับที่	9,213.80	8,928.00	148.19	28.51	27.32	0.43
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	8,547.10	8,296.00	118.75	30.19	29.01	1.34
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	9,026.40	8,310.00	359.95	29.74	29.64	0.09
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3						
1.หลักการสลับที่	8,112.80	7,959.00	87.85	32.97	32.77	0.19
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	8,060.60	7,965.00	92.13	32.67	32.38	0.16
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	8,625.60	8,427.00	119.25	32.87	32.83	0.04

จากตารางที่ 4.5 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 5 สำหรับเป็นปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด เมื่อใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 8,547.80 หน่วย และ 8,282.00 หน่วย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 8,547.10 หน่วย และ 8,296.00 หน่วย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะพบว่า หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 8,060.60 หน่วย และหลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดต่ำที่สุด เท่ากับ 7,959.00 หน่วย

จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดใหญ่ โจทย์ปัญหาที่ 5 ผลลัพธ์เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยหลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุด

ตารางที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 6ของปัญหาขนาดใหญ่

หลักการพิจารณา	ค่าใช้จ่าย (หน่วย)			เวลาที่ใช้ในการประมวลผล (นาที)		
	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD	ค่าเฉลี่ย	น้อยที่สุด	SD
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1						
1.หลักการสลับที่	27,793.00	21,463.00	4,476.90	33.08	33.01	0.05
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	30,655.67	30,584.00	58.38	33.04	32.89	0.10
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	30,234.33	30,192.00	33.17	32.95	32.85	0.10
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2						
1.หลักการสลับที่	29,298.00	21,463.00	5,745.10	32.94	32.91	0.05
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	30,557.67	29,849.00	501.55	33.09	32.99	0.07
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	30,030.00	29,621.00	337.26	36.18	33.27	2.06
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6 เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3						
1.หลักการสลับที่	16,321.67	10,574.00	4,084.95	32.77	32.59	0.13
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	17,435.50	15,423.00	2,012.50	33.21	33.07	0.14
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	25,386.00	24,845.00	408.79	33.04	32.66	0.28

จากตารางที่ 4.6 เป็นการแสดงผลลัพธ์ของปัญหาที่ 6 สำหรับเป็นปัญหาขนาดใหญ่ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าใช้จ่ายทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด รวมทั้งเวลาที่ใช้ในการประมวลผลของโปรแกรมทั้งค่าเฉลี่ย และค่าที่น้อยที่สุด เมื่อใช้พารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุดซึ่งในปัญหาที่ 6 นี้ จะมีค่าใช้จ่ายสูง เพราะโดนปรับค่าใช้จ่ายจากกรอบเวลารับสินค้า

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 27,793.00 หน่วย และ 21,463.00 หน่วย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 29,298.00 หน่วย และ 21,463.00 หน่วย ตามลำดับ

เมื่อพิจารณา ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะพบว่า หลักการสลับที่ จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดที่ต่ำที่สุด เท่ากับ 16,321.67 หน่วย และ 10,574.00 หน่วย

จะเห็นได้ว่า ในปัญหาขนาดใหญ่ โจทย์ปัญหาที่ 6 ผลลัพธ์เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยหลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุด

4.2.6 สรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ของปัญหาขนาดใหญ่

จากการวิเคราะห์ผลลัพธ์ของปัญหาที่ 5-6 ของปัญหาขนาดใหญ่ จะพบว่าทั้ง 2 ปัญหามีความสอดคล้องกัน คือ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่น้อยที่สุดเกือบทุกคำตอบจะอยู่ที่ หลักการสลับที่ ยกเว้นปัญหาที่ 5 ที่ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่น้อยที่สุดอยู่ที่ หลักการเลื่อนตำแหน่ง และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดทุกคำตอบอยู่ที่ หลักการสลับที่ และอยู่ในกรณีเมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ทั้ง 2 ปัญหา

4.3 การแสดงผลลัพธ์ และสรุปการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้กับงานวิจัยอื่น

หลังจากที่ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้ในหัวข้อ 4.2 แล้วต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย และเวลาในการประมวลผลของผู้วิจัยและโปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์

ตารางที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าของโปรแกรมที่ผู้วิจัยออกแบบเองกับโปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์

ปัญหาที่	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการขนส่งสินค้า (หน่วย)		ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้า (หน่วย)	
	โปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์	โปรแกรมของผู้วิจัยในหลักการ	โปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์	โปรแกรมของผู้วิจัยในหลักการ
1	3,314.40	2,598.10	2,778.00	2,475.00
2	7,517.60	3,119.20	3,626.00	2,929.00
3	9,812.00	5,410.80	7,047.00	5,144.00
4	18,785.40	6,510.40	16,075.00	6,267.00
5	14,193.20	8,060.60	11,279.00	7,959.00
6	26,372.80	16,321.67	20,173.00	10,574.00

จากตารางที่ 4.7 เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างโปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ กับโปรแกรมของผู้วิจัยเอง ซึ่งพบว่า

ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาที่ 1 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด มีความใกล้เคียงกัน และในปัญหาที่ 2 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก แต่ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดมีความใกล้เคียงกัน

ปัญหาขนาดกลาง ปัญหาที่ 3 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด มีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก และในปัญหาที่ 4 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด มีความแตกต่างกันมาก เพราะของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ เป็นค่าใช้จ่ายที่เสียค่าปรับทางด้านกรอบเวลา

ปัญหาขนาดใหญ่ ปัญหาที่ 5 และปัญหาที่ 6 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดมีความแตกต่างกันมาก

เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ได้ทำการเปรียบเทียบในปัญหาขนาดใหญ่ ปัญหาที่ 5 พบว่าโปรแกรมของผู้วิจัยใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยเท่ากับ 20.31 นาที เวลาที่ใช้ในการประมวลผลที่น้อยที่สุดเท่ากับ 20.02 นาที โปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ ใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยเท่ากับ 1.18 นาที และเวลาที่ใช้ในการประมวลผลน้อยที่สุดเท่ากับ 1.09 นาที

จากผลการเปรียบเทียบสามารถสรุปได้ว่า โปรแกรมของผู้วิจัยจะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยกว่า หรือให้คำตอบที่ดีกว่าโปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ เนื่องมาจาก โปรแกรมของผู้วิจัยมีหลักการทำ Neighbourhood Search ถึง 3 หลักการ ซึ่งโปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ มีเพียง 1 หลักการ ทำให้ค่าใช้จ่ายหรือคำตอบที่ได้ของผู้วิจัย มีความหลากหลายในคำตอบมากกว่า และถึงแม้ว่าจำนวนรอบในการหาคำตอบทั้งหมดของผู้วิจัย กับของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ จะเท่ากัน คือ 765 รอบ แต่ในโปรแกรมของผู้วิจัย จะมีจำนวนคำตอบทั้งหมดมากกว่าจำนวนคำตอบทั้งหมดของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ จึงทำให้สามารถหาคำตอบที่เป็นไปได้ หรือคำตอบที่ดีที่สุดได้ดีกว่า แต่เมื่อพิจารณาด้านเวลาที่ใช้ในการประมวลผล โปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ จะใช้เวลาน้อยกว่า หรือสามารถหาคำตอบได้รวดเร็วกว่าโปรแกรมของผู้วิจัยมาก

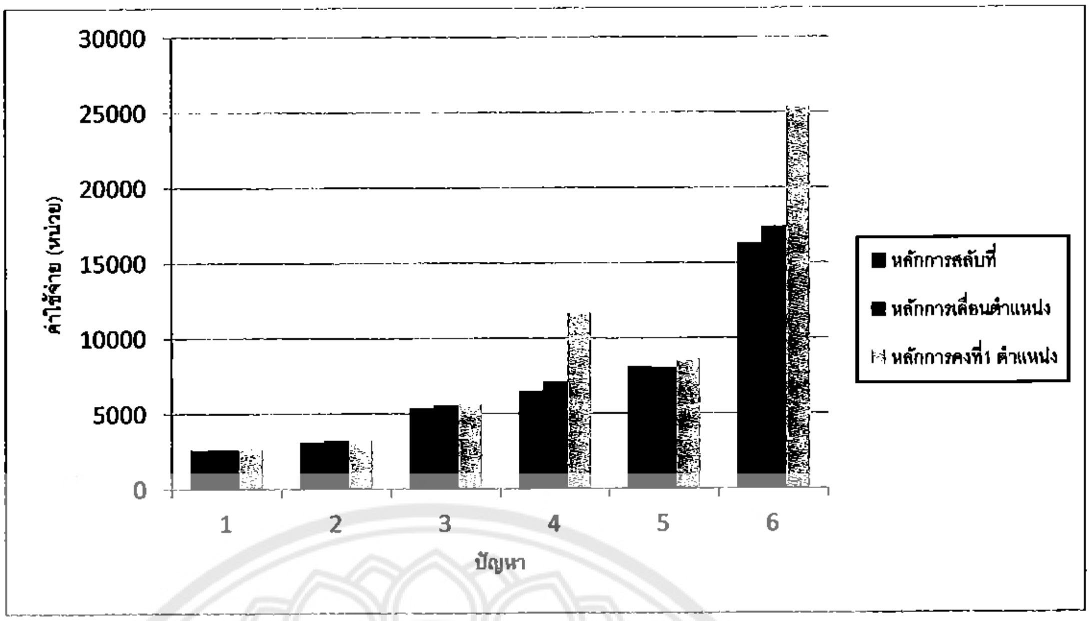
คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผลโปรแกรมของผู้วิจัยและโปรแกรมของกอบเจตน์ และธิดารัตน์ คือ Win XP Intel Core i3-2100 @ 3.10 Hz RAM 4.00 GB

4.4 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

ในการวิเคราะห์ผลการทดลองนี้ จะทำการวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการประมวลผลจากโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง และจากการเปรียบเทียบผลนั้น สามารถวิเคราะห์ และเปรียบเทียบผลการทดลองได้เป็น 3 ประเด็น คือ การเปรียบเทียบผลจากหลักการในการทำ Neighbourhood Search ทั้ง 3 หลักการ การเปรียบเทียบผลเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ในการอบอ่อน และขนาดของปัญหากับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

4.4.1 การเปรียบเทียบผลจากหลักการในการทำ Neighbourhood Search ทั้ง 3 หลักการกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

จากหลักการในการทำ Neighbourhood Search ทั้ง 3 หลักการ อันได้แก่ หลักการสลับที่ หลักการเลื่อนตำแหน่ง และหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง เมื่อทำการประมวลโปรแกรมด้วยปัญหาต่างๆ จะแสดงได้ดังต่อไปนี้



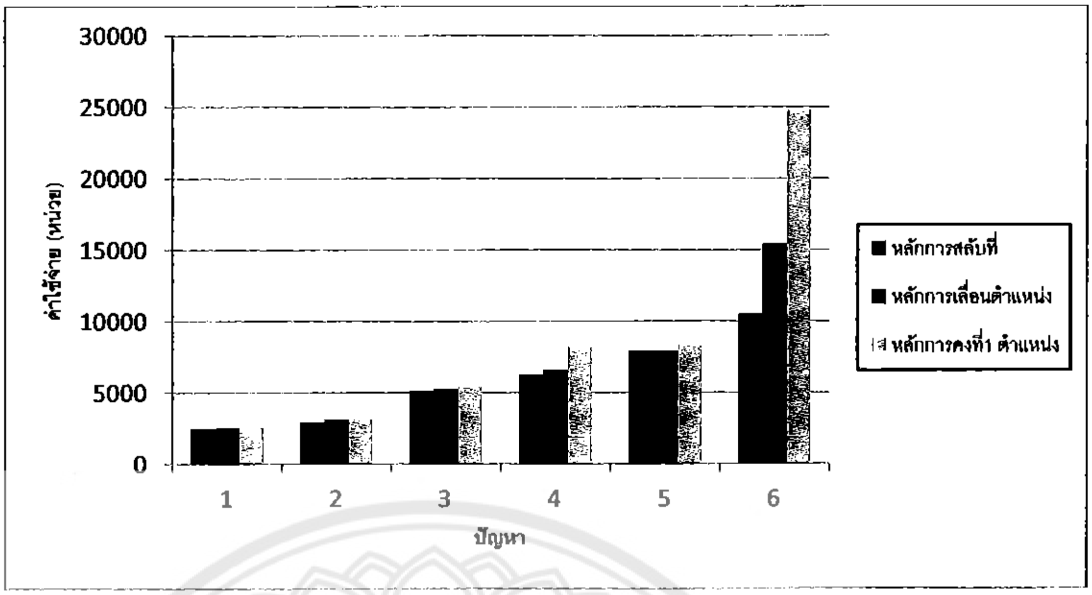
รูปที่ 4.9 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างหลักการในการทำ Neighbourhood Search ของค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย

จากรูปที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างหลักการในการทำ Neighbourhood Search ทั้ง 3 หลักการ ว่าให้ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายโดยเฉลี่ย นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไรในแต่ละปัญหาที่ทำการทดสอบ ซึ่งจะเห็นได้ว่า

หลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายเฉลี่ย ดีกว่าหลักการเลื่อนตำแหน่ง และหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง ในทุกปัญหา ยกเว้นปัญหาที่ 5 ที่หลักการเลื่อนตำแหน่งให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่ดีกว่า

หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายเฉลี่ย แย่กว่าหลักการสลับที่ แต่ดีกว่าหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง ยกเว้นปัญหาที่ 5 จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่น้อยที่สุด ซึ่งเป็นปัญหาขนาดใหญ่

หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยมากที่สุดทั้ง 6 ปัญหา และในปัญหาที่ 4 และปัญหาที่ 6 จะให้ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยที่สูงมาก เพราะเป็นปัญหาที่มีช่วงเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าแคบ จึงเป็นค่าใช้จ่ายที่โดนค่าปรับจากกรอบเวลา



รูปที่ 4.10 แผนภูมิแสดงการเปรียบเทียบระหว่างหลักการในการทำ Neighbourhood Search ของค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด

จากรูปที่ 4.10 เป็นการเปรียบเทียบกันระหว่างหลักการในการทำ Neighbourhood Search ทั้ง 3 หลักการ ว่าให้ผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด นั้นมีความแตกต่างกันอย่างไรในแต่ละปัญหาที่ทำการทดสอบ ซึ่งจะเห็นได้ว่า

หลักการสลับที่ จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ดีกว่าหลักการเลื่อนตำแหน่ง และหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง ทั้ง 6 ปัญหา

หลักการเลื่อนตำแหน่ง จะให้คำตอบค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด แย่กว่าหลักการสลับที่ แต่ดีกว่าหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง ทั้ง 6 ปัญหา

หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง จะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดแย่ที่สุดทั้ง 6 ปัญหา และในปัญหาที่ 4 และปัญหาที่ 6 จะให้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดสูงมาก เพราะเป็นปัญหาที่มีช่วงเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าแคบ จึงเป็นค่าใช้จ่ายที่โดนค่าปรับจากกรอบเวลา

4.4.2 การเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากพารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด

หลังจากที่ได้แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากพารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุดในหัวข้อ 4.2 แล้ว ต่อไปจะเป็นการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในรูปแบบของตาราง ในหน้าถัดไป

ตารางที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน

หลักการในการทำ Neighbourhood Search	เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3		ผลต่างเมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ ชุดที่ 2		ผลต่างเมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ ชุดที่ 3	
	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ร้อยละ)
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1										
1.หลักการสลับที่	2,619.00	2,619.00	2,619.00	2,619.00	2,598.10	2,475.00	0.00	0.00	0.80	5.50
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	2,629.40	2,519.00	2,657.00	2,657.00	2,655.50	2,642.00	-1.05	-5.48	-0.99	-4.88
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	2,690.80	2,657.00	2,689.00	2,657.00	2,697.10	2,570.00	0.07	0.00	-0.23	3.27
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2										
1.หลักการสลับที่	3,211.30	2,619.00	3,277.80	3,143.00	3,119.20	2,929.00	-2.07	-20.01	2.87	-11.84
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	3,182.70	2,519.00	3,283.73	3,240.00	3,269.60	3,240.00	-3.17	-28.62	-2.73	-28.62
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	3,265.20	3,240.00	3,252.00	3,240.00	3,220.00	3,190.00	0.40	0.00	1.38	1.54

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน

หลักการในการทำ Neighbourhood Search	เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ ชุดที่ 2		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ ชุดที่ 3	
	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ร้อยละ)
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3										
1.หลักการสลับที่	5,959.90	5,747.00	5,992.40	5,568.00	5,410.80	5,144.00	-0.55	3.11	9.21	10.49
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	6,048.20	5,900.00	5,986.00	5,919.00	5,569.20	5,292.00	1.03	-0.32	7.92	10.31
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	6,287.20	5,877.00	6,387.40	6,179.00	5,682.10	5,476.00	-1.59	-5.14	9.62	6.82
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4										
1.หลักการสลับที่	8,072.30	7,602.00	8,829.60	7,602.00	6,510.40	6,267.00	-9.38	0.00	19.35	17.56
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	7,749.70	7,264.00	8,628.40	7,264.00	7,132.20	6,620.00	-11.34	0.00	7.97	8.87
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	12,701.60	12,523.00	11,679.50	82,12.00	12,362.70	12,077.00	8.05	34.42	2.67	3.56

ตารางที่ 4.8 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน

หลักการในการทำ Neighbourhood Search	เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3		ผลต่างเมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ ชุดที่ 2		ผลต่างเมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ ชุดที่ 3	
	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (หน่วย)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย (ร้อยละ)	ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด (ร้อยละ)
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5										
1.หลักการสลับที่	9,206.20	8,928.00	9,213.80	8,928.00	8,112.80	7,959.00	-0.08	0.00	11.88	10.85
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	8,547.80	8,282.00	8,547.10	8,296.00	8,060.60	7,965.00	0.01	-0.17	5.70	3.83
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	9,030.90	8,717.00	9,026.40	8,310.00	8,625.60	8,427.00	0.05	4.67	4.49	3.33
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6										
1.หลักการสลับที่	27,793.00	21,463.00	29,298.00	21,463.00	16,321.67	10,574.00	-5.42	0.00	41.27	50.73
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	30,655.67	30,584.00	30,557.67	29,849.00	17,435.50	15,423.00	0.32	2.40	43.12	49.57
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	30,234.33	30,192.00	30,030.00	29,621.00	25,386.00	24,845.00	0.68	1.89	16.04	17.71

จากตารางที่ 4.8 เป็นการเปรียบเทียบค่าใช้จ่าย ระหว่างการใช้ค่าพารามิเตอร์ทั้ง 3 ชุด โดยแสดงทั้งค่าใช้จ่ายในการเปรียบเทียบ และแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นร้อยละ พบว่า

ปัญหาที่ 1 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด จะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 2,598.10 หน่วย และ 2,475.00 ตามลำดับ

ปัญหาที่ 2 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด จะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 3,119.20 หน่วย และ 2,929.00 ตามลำดับ

ปัญหาที่ 3 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด จะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 5,410.80 หน่วย และ 5,144.00 ตามลำดับ

ปัญหาที่ 4 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด จะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 6,510.40 หน่วย และ 6,267.00 ตามลำดับ

ปัญหาที่ 5 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย จะอยู่ที่ หลักการเลื่อนตำแหน่ง เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 มีค่าเท่ากับ 8,060.60 หน่วย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด จะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 7,959.00 หน่วย

ปัญหาที่ 6 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ย และค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด จะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 โดยมีค่าเท่ากับ 16,321.67 หน่วย และ 10,574.00 ตามลำดับ

จากการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 ในการอบอ่อน ซึ่งเป็นการเพิ่มอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 500 องศาเซลเซียส และลดอัตราการเย็นตัวจาก 0.90 เป็น 0.89 แล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลให้ค่าใช้จ่ายเปลี่ยนแปลงไป เมื่อเทียบกับการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 ในการอบอ่อน

จากการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ในการอบอ่อน ซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส ลดอัตราการเย็นตัวจาก 0.90 เป็น 0.834 และเพิ่มจำนวนรอบในการอบอ่อนจาก 5 รอบ เป็น 9 รอบ แล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นส่งผลต่อค่าใช้จ่ายที่ได้ ซึ่งทำให้ได้ค่าใช้จ่ายที่น้อยลง เมื่อเทียบกับการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 ในการอบอ่อน ซึ่งสามารถพิจารณาได้อย่างชัดเจนจาก ตารางที่ 4.8 ที่แสดงผลการเปรียบเทียบเป็นร้อยละ ซึ่งเหตุที่เป็นเช่นนั้นอันเนื่องมาจาก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เป็นการเพิ่มจำนวนรอบในการหาคำตอบในการหาคำตอบที่อุณหภูมิหนึ่งๆ ในการอบอ่อนจำลอง ซึ่งเป็นการเพิ่มโอกาสในการที่จะได้ค่าคำตอบที่น้อยลง หรือได้ค่าใช้จ่ายที่น้อยลงได้มากขึ้น ในขณะที่จำนวนทั้งหมดในการหาคำตอบ และจำนวนการหาคำตอบใหม่ในกระบวนการอบอ่อนจำลองยังคงเท่าเดิม เมื่อเทียบกับการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 ในการอบอ่อน

สรุปได้ว่า ค่าใช้จ่าย เมื่อมีการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 จะให้ค่าที่ต่ำที่สุด และเมื่อเปรียบเทียบเป็นร้อยละกับเมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 แล้วพบว่าจะมีค่าร้อยละความแตกต่างค่อนข้างมาก

ตารางที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน

หลักการในการทำ Neighbourhood Search	เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ชุดที่ 2		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ชุดที่ 3	
	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาที่น้อยที่สุด (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาที่น้อยที่สุด (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาเฉลี่ย (ร้อยละ)	เวลาที่น้อยที่สุด (ร้อยละ)	เวลาเฉลี่ย (ร้อยละ)	เวลาที่น้อยที่สุด (ร้อยละ)
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 1										
1.หลักการสลับที่	5.15	5.10	5.28	5.00	5.15	5.11	-2.52	2.01	0.00	-0.14
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	5.44	5.35	5.34	5.31	5.18	5.10	1.84	0.75	4.78	4.67
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	5.44	5.04	5.38	5.20	5.31	5.03	1.10	-3.17	2.39	0.20
ปัญหาขนาดเล็ก : ปัญหาที่ 2										
1.หลักการสลับที่	5.28	4.89	5.47	5.44	5.26	5.20	-3.60	-11.25	0.44	-6.43
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	5.38	5.33	5.47	5.42	5.21	5.17	-1.67	-1.69	3.16	3.00
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	5.60	5.57	5.64	5.59	5.51	5.48	-0.71	-0.36	1.61	1.62

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน

หลักการในการทำ Neighbourhood Search	เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ชุดที่ 2		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ชุดที่ 3	
	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาที่น้อยที่สุด (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาที่น้อยที่สุด (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาเฉลี่ย (ร้อยละ)	เวลาที่น้อยที่สุด (ร้อยละ)	เวลาเฉลี่ย (ร้อยละ)	เวลาที่น้อยที่สุด (ร้อยละ)
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 3										
1.หลักการสลับที่	5.28	4.89	5.47	5.44	5.26	5.20	-3.60	-11.25	0.44	-6.43
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	5.38	5.33	5.47	5.42	5.21	5.17	-1.67	-1.69	3.16	3.00
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	5.60	5.57	5.64	5.59	5.51	5.48	-0.71	-0.36	1.61	1.62
ปัญหาขนาดกลาง : ปัญหาที่ 4										
1.หลักการสลับที่	15.17	15.10	15.14	14.90	15.00	14.82	0.20	1.30	1.13	1.80
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	15.09	13.93	14.96	14.76	15.11	14.92	0.85	-5.94	-0.17	-7.07
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	15.24	15.20	15.17	14.77	15.16	14.83	0.50	2.83	0.55	2.45

ตารางที่ 4.9 (ต่อ) แสดงการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของเวลาที่ใช้ในการประมวลผลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน

หลักการในการทำ Neighbourhood Search	เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 1		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 2		เมื่อใช้พารามิเตอร์ ชุดที่ 3		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ชุดที่ 2		ผลต่างเมื่อใช้ พารามิเตอร์ ชุดที่ 1 กับพารามิเตอร์ชุดที่ 3	
	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาที่น้อยที่สุด (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาที่น้อยที่สุด (นาที)	เวลาเฉลี่ย (นาที)	เวลาที่น้อยที่สุด (นาที)	เวลาเฉลี่ย (ร้อยละ)	เวลาที่น้อยที่สุด (ร้อยละ)	เวลาเฉลี่ย (ร้อยละ)	เวลาที่น้อยที่สุด (ร้อยละ)
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 5										
1.หลักการสลับที่	29.05	28.67	28.51	27.32	32.97	32.77	1.85	4.70	-13.51	-14.30
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	28.77	27.43	30.19	29.01	32.67	32.38	-4.91	-5.78	-13.55	-18.06
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	28.50	28.35	29.74	29.64	32.87	32.83	-4.34	-4.55	-15.34	-15.79
ปัญหาขนาดใหญ่ : ปัญหาที่ 6										
1.หลักการสลับที่	14.34	14.20	14.29	14.15	15.27	15.17	0.36	0.35	-6.47	-6.84
2.หลักการเลื่อนตำแหน่ง	13.97	13.93	14.76	14.17	15.36	14.99	-5.63	-1.70	-9.89	-7.61
3.หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง	14.08	14.05	15.23	15.10	15.39	15.33	-8.16	-7.49	-9.29	-9.11

จากตารางที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบเวลาในการประมวลผล ระหว่างเมื่อใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 ชุดที่ 2 และชุดที่ 3 โดยแสดงทั้งเวลาในการเปรียบเทียบ และแสดงการเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นร้อยละ สามารถอธิบายได้ว่า

จากการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 2 เป็นการเพิ่มอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 500 องศาเซลเซียส และลดอัตราการเย็นตัวจาก 0.90 เป็น 0.89 แล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่อาจส่งผลให้เวลาในการประมวลผลเปลี่ยนแปลงไปเมื่อเทียบกับการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 ในการอบอ่อน อันเนื่องมาจาก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เป็นการเพียงแค่การเปลี่ยนอุณหภูมิเริ่มต้น และอัตราการเย็นตัว ซึ่งส่งผลต่อค่าอุณหภูมิขณะทำการอบอ่อนจำลอง ซึ่งอาจเป็นเพียงแค่การเพิ่มค่าความน่าจะเป็นในการยอมรับคำตอบที่ด้อยกว่าในกระบวนการอบอ่อนจำลองเท่านั้น

จากการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ซึ่งเป็นการลดอุณหภูมิเริ่มต้นจาก 100 องศาเซลเซียส เป็น 50 องศาเซลเซียส ลดอัตราการเย็นตัวจาก 0.90 เป็น 0.834 และเพิ่มจำนวนรอบในการอบอ่อนจาก 5 รอบ เป็น 9 รอบ แล้วพบว่าการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นไม่ส่งผลต่อค่าเวลาในการประมวลผล เมื่อเทียบกับการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 ในการอบอ่อน ซึ่งสามารถพิจารณาได้อย่างชัดเจนจาก ตารางที่ 4.9 ที่แสดงผลการเปรียบเทียบเป็นเปอร์เซ็นต์ ซึ่งเหตุที่เป็นเช่นนั้น อันเนื่องมาจาก การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เป็นการเพิ่มจำนวนรอบในการหาคำตอบในการหาคำตอบที่อุณหภูมิหนึ่งๆในการอบอ่อนจำลอง ในขณะที่จำนวนทั้งหมดในการหาคำตอบ และจำนวนการหาคำตอบใหม่ในกระบวนการอบอ่อนจำลองยังคงเท่าเดิม และนั่นก็ส่งผลให้เวลาในการประมวลผลเท่าเดิมเช่นเดียวกันเมื่อเทียบกับการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 1 ในการอบอ่อนจำลอง

สรุปได้ว่า การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์นั้น ไม่มีผลต่อเวลาในการประมวลผล

4.4.3 การวิเคราะห์ขนาดของปัญหากับค่าใช้จ่าย

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการแบ่งขนาดของปัญหาเป็นขนาดเล็ก ขนาดกลาง และขนาดใหญ่ ตามขนาดของจำนวนลูกค้า และจำนวนรถ เมื่อทำการประมวลผลโปรแกรมแล้วพบว่า

ปัญหาขนาดเล็ก จะเห็นได้ว่าค่าคำตอบซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าของยานพาหนะมีค่าคำตอบที่ใกล้เคียงของหลักการในการทำ Neighbourhood Search ทั้ง 3 หลักการ เนื่องจากปัญหาขนาดเล็กมีความหลากหลายน้อยกว่าปัญหาขนาดอื่นๆ จึงมีโอกาสที่จะเจอคำตอบในบริเวณเดียวกันได้สูง และใช้เวลาไม่มากสำหรับการค้นหาคำตอบที่ดีที่สุด เพราะปัญหาขนาดเล็กนั้นกำหนดให้มียานพาหนะจำนวน 3 คัน และลูกค้าจำนวน 10 ราย และพบว่าในปัญหาขนาดเล็กทั้งปัญหาที่ 1 และปัญหาที่ 2 ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อมีการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2,475.00 หน่วย และ 2,929.00 หน่วย ตามลำดับ

ปัญหาขนาดกลาง ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าของยานพาหนะของทั้ง 2 ปัญหานั้น เริ่มมีความหลากหลายมากขึ้น เนื่องจากกำหนดให้มียานพาหนะจำนวน 6 คัน และลูกค้าจำนวน 20 ราย ส่งผลให้ใช้เวลาในการประมวลผลที่มากขึ้น และค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าของยานพาหนะมากขึ้นตามไปด้วย และพบว่าในปัญหาขนาดกลางทั้ง ปัญหาที่ 3 และปัญหาที่ 4 ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่ หลักการสลับที่ เมื่อมีการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเท่ากับ 5,144.00 หน่วย และ 6,267.00 หน่วย ตามลำดับ

ปัญหาขนาดใหญ่ เป็นปัญหาที่มีค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าของยานพาหนะหลากหลายมากที่สุด ซึ่งได้กำหนดให้มียานพาหนะจำนวน 8 คัน และลูกค้าจำนวน 30 ราย จึงส่งผลมีการกระจายตัวของคำตอบ และใช้เวลาในการประมวลผลมากกว่าปัญหาขนาดอื่นๆ และพบว่าในปัญหาขนาดใหญ่ทั้ง ปัญหาที่ 5 ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่ หลักการเลื่อนตำแหน่ง เมื่อมีการใช้พารามิเตอร์ชุดที่ 3 ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเท่ากับ 7,959.00 หน่วย และปัญหาที่ 6 ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดจะอยู่ที่ หลักการสลับที่ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดเท่ากับ 10,574.00 หน่วย

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 บทสรุป

5.1.1 จากการวิจัยในครั้งนี้ทำให้เกิดโปรแกรมสำเร็จรูปที่ช่วยในการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง เพื่อหาค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการจัดเส้นทางการเดินทางสำหรับยานพาหนะในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าแบบมีกรอบเวลา

5.1.2 โปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง จะทำการประมวลผลให้ได้คำตอบในการหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าของยานพาหนะในเวลาที่รวดเร็ว และได้คำตอบเป็นที่น่าพึงพอใจ แม้คำตอบที่ได้นั้นอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดก็ตาม

5.1.3 จากการทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลองนี้ พบว่า

5.1.3.1 จากการทดสอบด้วยปัญหาขนาดต่างๆ พบว่า

ปัญหาขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้านั้นพบว่า หลักการสลับที่ สามารถให้คำตอบที่ดีกว่าหลักการเลื่อนตำแหน่ง และหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง

ปัญหาขนาดกลาง หลักการสลับที่ให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า สามารถให้คำตอบที่ดีกว่าหลักการเลื่อนตำแหน่ง และวิธีที่ให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้ามากที่สุดคือ หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง

ปัญหาขนาดใหญ่ การกระจายตัวของค่าใช้จ่ายมีมากขึ้น เนื่องจากขนาดของโจทย์ที่ใหญ่ขึ้น ซึ่งหลักการสลับที่ ให้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุดที่ดีที่สุด แต่เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายเฉลี่ยแล้วหลักการเลื่อนตำแหน่งให้คำตอบที่ดีกว่าหลักการสลับที่

จากการพิจารณาปัญหาทั้ง 3 ขนาด จะพบว่า หากต้องการหาคำตอบในปัญหาขนาดเล็กหลักการสลับที่นับว่าเป็นหลักการที่ควรนำมาใช้ในการหาคำตอบมากกว่าหลักการแบบอื่น ส่วนในคำตอบในปัญหาขนาดกลาง และปัญหาขนาดใหญ่ ควรใช้หลักการสลับที่ แต่ไม่ควรละทิ้งหลักการแบบเลื่อนตำแหน่ง เนื่องจากหลักการแบบเลื่อนตำแหน่งมีโอกาสให้คำตอบที่ดีกว่าหลักการสลับที่ได้เช่นกัน

5.1.3.2 ความหลากหลายของการทำ Neighbourhood Search มีผลโดยตรงต่อคำตอบค่าใช้จ่าย ซึ่งหลักการสลับที่ในการทำ Neighbourhood Search จะทำให้ได้ค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุด

5.1.3.3 การเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อนจำลองจะมีบทบาทสำคัญ ในการที่จะได้คำตอบที่มีค่าใช้จ่ายที่ดีหรือไม่ ยิ่งจำนวนรอบในการหาคำตอบแต่ละอุณหภูมิในกระบวนการอบอ่อนจำลองมีมากเท่าใด ก็ยิ่งมีโอกาสที่จะได้คำตอบในบริเวณใกล้เคียงที่มีค่าที่ดีกว่าได้เช่นกัน แต่จากปัญหาแต่ละขนาดที่ได้ทดลองนั้น กำหนดให้มีจำนวนรอบเท่ากัน คือ 765 รอบ ซึ่งพิจารณาได้ว่าการกำหนดค่าพารามิเตอร์นั้น มีผลกับคำตอบเล็กน้อย เมื่อเทียบกับวิธีที่ใช้ในการพิจารณาของการทำ Neighbourhood Search

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงานวิจัย

5.2.1 เนื่องจากผู้วิจัยไม่มีความรู้ในการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Applications จึงทำให้ระยะแรกๆ ในการจัดทำโครงงานค่อนข้างดำเนินไปด้วยความล่าช้า

5.2.2 การเขียนโปรแกรม และทดสอบโปรแกรมต้องใช้เวลามาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ในการดำเนินการทำ Neighbourhood Search นั้น อาจจะมีความหลากหลายใดที่ให้คำตอบที่ดีกว่า สะดวกกว่า และรวดเร็วกว่าในการประมวลผล ซึ่งนั่นอาจจะเป็นเหตุให้จะต้องมีการศึกษาในการทำ Neighbourhood Search หลายๆ แบบต่อไป

5.3.2 ในการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ในการอบอ่อน อาจจะต้องมีการศึกษาในหลายๆ รูปแบบ ว่าการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ใดมีผลอย่างไร และสามารถเลือกใช้กับปัญหาขนาดใดจึงจะมีความเหมาะสมเพื่อให้ได้คำตอบจากการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ดีที่สุดในเวลาอันรวดเร็ว

5.3.3 โปรแกรมนี้จะสามารถนำไปให้ได้กับกรณีที่ใช้ในการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา และข้อจำกัดด้านความจุเท่านั้น หากผู้ใช้จะนำไปใช้กับการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะแบบมีข้อจำกัดเนื่องจากปัจจัยอื่นๆ สามารถนำโปรแกรมนี้ไปพัฒนาเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับปัญหาของท่านได้

5.3.4 โปรแกรมนี้จะสามารถนำไปใช้ได้กับกรณีที่จำนวนยานพาหนะเพียงพอต่อความต้องการสินค้าของลูกค้าทั้งหมดเท่านั้น หากผู้ใช้จะนำไปใช้กับการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการ

สินค้ามากกว่าจำนวนของยานพาหนะ สามารถนำโปรแกรมนี้ไปพัฒนาต่อยอดได้ เพื่อให้สามารถแก้ปัญหากรณียานพาหนะไม่เพียงพอ

เอกสารอ้างอิง

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

ธรินี มณีศรี. (2552). **การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเมตาฮิวริสติกสำหรับการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งกรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้าได้.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ธรินี มณีศรี. (2552). **ขั้นตอนวิธีการสำหรับการหาผลเฉลยเชิงทนทานของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งแบบมีกรอบเวลาและเวลาเดินทางไม่แน่นอน.** วิทยานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ธีรศักดิ์ ชุมละออ และคณะ. (2549). **วิธีฮิวริสติกเพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งสำหรับรถที่มีความจุจำกัดในปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบมีเวลา.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ภิภพ ตวงสุวรรณ และคณะ. (2553). **การวางผังโรงงานภายใต้ระบบการผลิตแบบยืดหยุ่นโดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

หทัยรัตน์ ธีระกาญจน์ ศิริพร ชารีพร. (2553). **การจัดลำดับการทำงานของเครนโดยวิธีการอบอ่อนจำลอง.** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาคผนวก ก

คู่มือแนะนำการใช้โปรแกรม

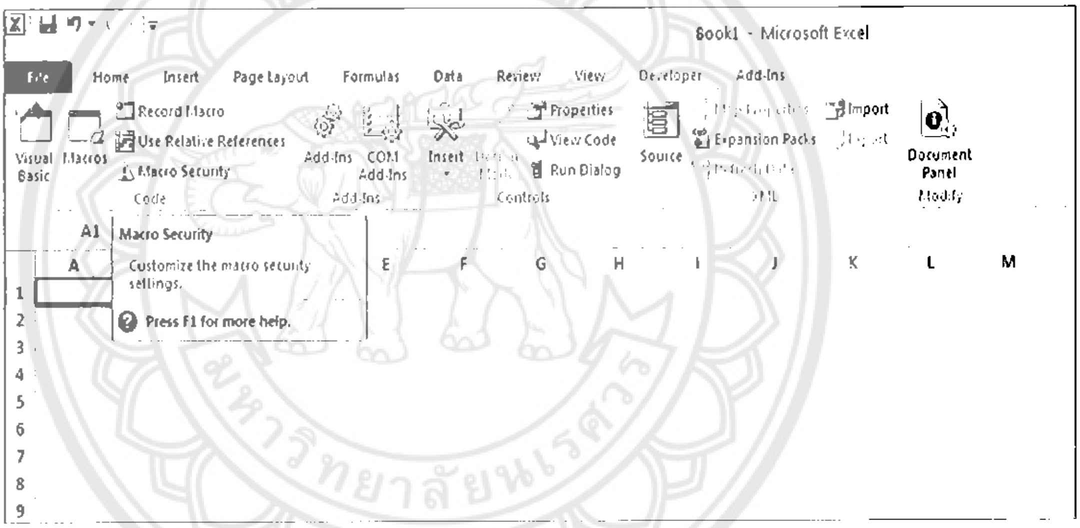
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงส่วนประกอบ ขั้นตอน วิธีการใช้โปรแกรม และข้อมูลเบื้องต้นที่ควรรู้ก่อนที่จะเริ่มใช้งาน เพื่อให้เกิดความรู้ ความเข้าใจมากยิ่งขึ้น และสามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องรวดเร็ว

1. การเปิดใช้งานโปรแกรม

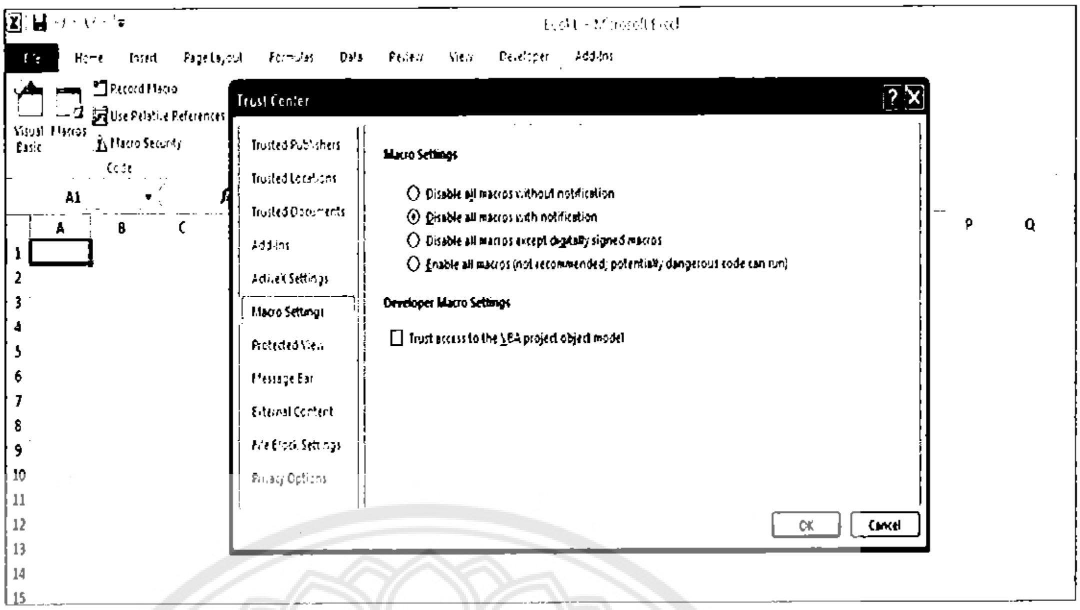
ก่อนที่จะเปิดโปรแกรมการจัดเส้นทางยานพาหนะ โดยวิธีการอบอ่อนจำลองจะต้องทำการตั้งค่า Macros ใน Microsoft Excel ก่อน ซึ่งสามารถทำได้ดังนี้

1.1 เริ่มจากเปิด Microsoft Excel ขึ้นมา จากนั้นทำการตั้งค่าความปลอดภัยเพื่อให้ Excel ยอมรับ Macros โดยเลือกที่แทบ Developer เลือก Macro Security แสดงดังรูปที่ ก.1



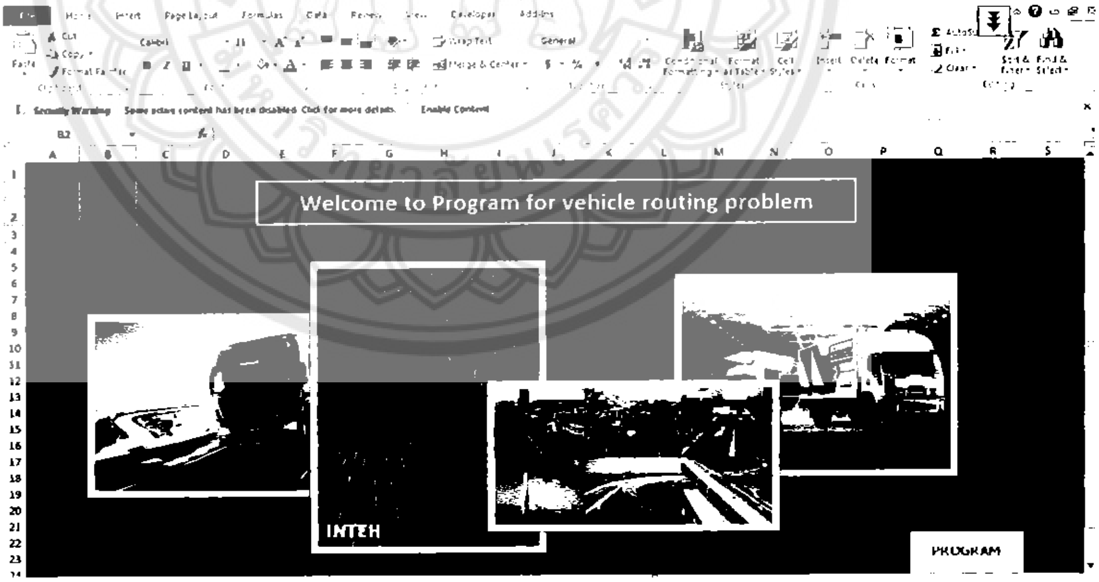
รูปที่ ก.1 แสดงการตั้งค่าความปลอดภัยแมโคร

จากนั้นทำการเลือกระดับความปลอดภัยที่ระดับ Disable all macros with notification แล้วคลิกปุ่ม OK แสดงดังรูปที่ ก.2 แล้วทำการปิด File Microsoft Excel นี้ก่อน



รูปที่ ก.2 แสดงหน้าต่างการตั้งระดับความปลอดภัยของแมโคร

1.2 เปิดไฟล์โปรแกรมชื่อ SA VEHICLE ROUTING PROBLEM นี้ขึ้นมา จะปรากฏหน้าต่าง Security Warning ให้คลิกที่ปุ่ม Enable Content เพื่อเปิดการใช้งานแมโคร ดังแสดงในรูปที่ ก.3



รูปที่ ก.3 แสดงหน้าต่างการเปิดการใช้งานแมโคร

2. การเข้าสู่โปรแกรมการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา โดยใช้วิธีการอบอ่อนจำลอง

จากที่ทราบมาแล้วว่าโปรแกรมมีการทำงานใน 3 ส่วน คือ ส่วนต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม ส่วนรับข้อมูล และส่วนประมวลผล ซึ่งในแต่ละส่วนของโปรแกรมนั้นสามารถทำงานได้ทั้งในหน้าต่างโปรแกรม และหน้าต่างของ Microsoft Excel ดังต่อไปนี้

2.1 ส่วนต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

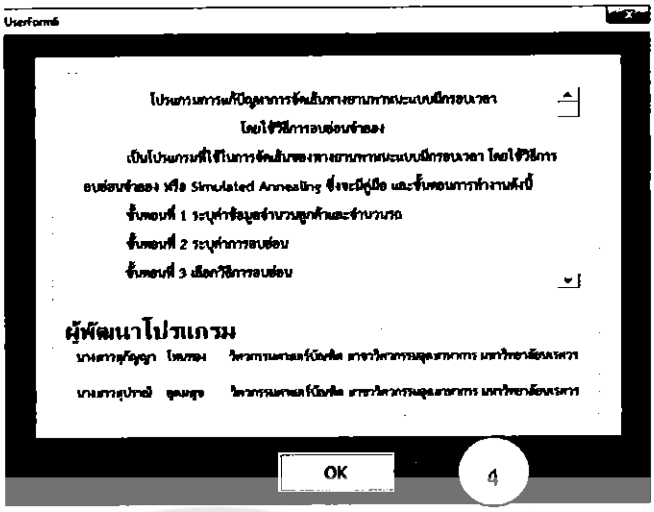
จะเป็นหน้าแรกของโปรแกรมซึ่งเมื่อเข้าโปรแกรมมาแล้ว หน้าต่างนี้จะแสดงมาก่อนทันทีโดยอัตโนมัติ ดังรูปที่ ก.4

รูปที่ ก.4 แสดงหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

เมื่อกดหมายเลข 1 คือกด START จะเริ่มเข้าสู่กระบวนการถัดไป คือ เข้าสู่ส่วนรับข้อมูล ดังข้อที่ 2.2 และรูปที่ ก.6

เมื่อกดหมายเลข 2 คือกด ABOUT จะเป็นการให้ความช่วยเหลือ อธิบายโปรแกรม และกล่าวถึงผู้จัดทำโปรแกรม ดังรูปที่ ก.5

เมื่อกดหมายเลข 3 คือกด EXIT จะเป็นการปิดหน้าต่างโปรแกรม ซึ่งในส่วนนี้ผู้ใช้อาจเข้าไปสู่หน้าต่างของ Microsoft Excel หรือจะปิดโปรแกรมได้เลย

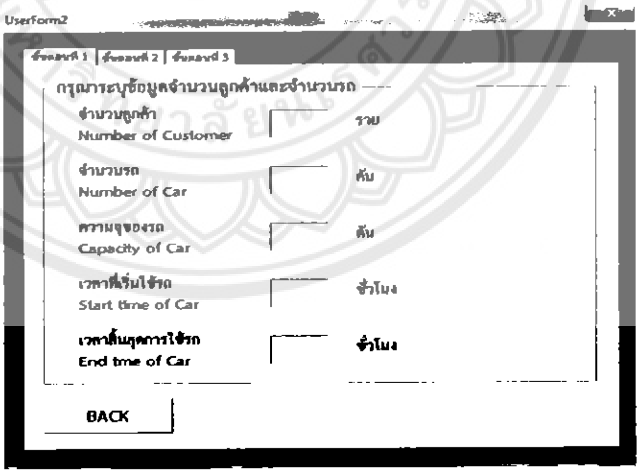


รูปที่ ก.5 แสดงหน้าต่างต้อนรับเข้าสู่โปรแกรม

เมื่อกดหมายเลข 4 คือกด OK จะเป็นการปิดหน้าต่างนี้

2.2 ขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูล

จะเป็นการเริ่มต้นเข้าสู่การจัดเส้นทางยานพาหนะ ซึ่งเป็นการให้ผู้ใช้**ระบุข้อมูลทั้งหมด** ดังรูปที่ ก.6



รูปที่ ก.6 แสดงขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูล

สิ่งที่ผู้ใช้จะต้องทำการระบุค่าข้อมูล คือ

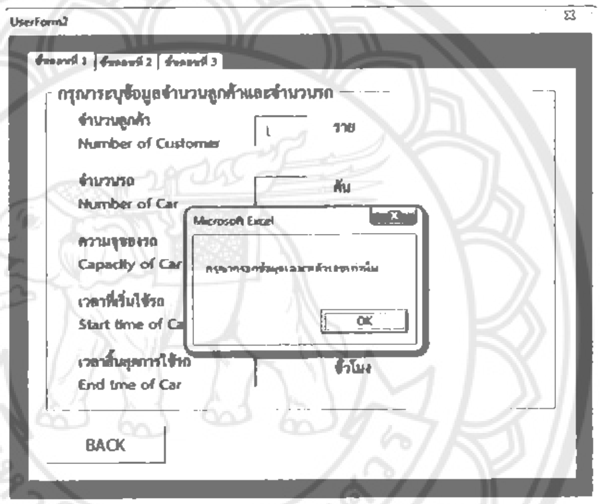
2.2.1 จำนวนลูกค้า ซึ่งสามารถระบุเป็นตัวเลขเท่านั้น หากไม่ระบุ จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนดังรูปที่ ก.7

2.2.2 จำนวนรถ ซึ่งสามารถระบุได้เป็นตัวเลขเท่านั้น หากไม่ระบุ จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนดังรูปที่ ก.7

2.2.3 ความจุของรถ ซึ่งสามารถระบุเป็นตัวเลขเท่านั้น หากไม่ระบุ จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนดังรูปที่ ก.7

2.2.4 เวลาเริ่มใช้รถ ซึ่งสามารถระบุเป็นตัวเลขเท่านั้น หากไม่ระบุ จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนดังรูปที่ ก.7

2.2.5 เวลาสิ้นสุดการใช้รถ ซึ่งสามารถระบุเป็นตัวเลขเท่านั้น หากไม่ระบุ จะมีหน้าต่างแจ้งเตือนดังรูปที่ ก.7



รูปที่ ก.7 แสดงหน้าต่างแจ้งเตือนให้ระบุค่าเป็นตัวเลขเท่านั้น

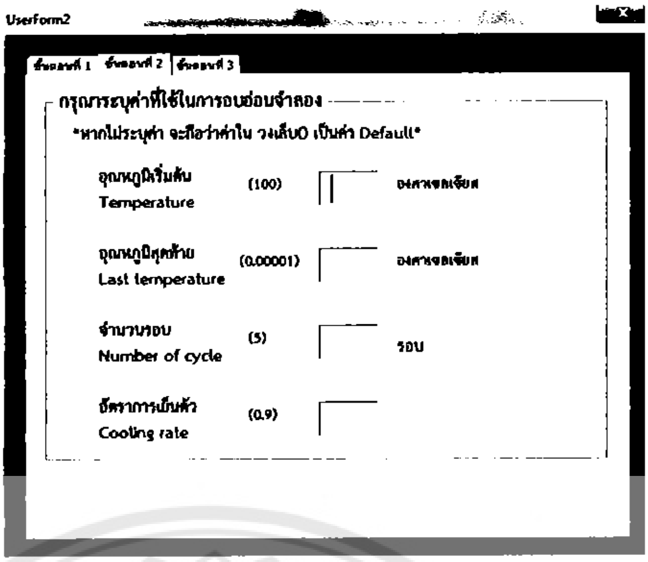
เมื่อระบุค่าข้อมูลเสร็จแล้ว ผู้ใช้จะต้องดำเนินการต่อคือ

เมื่อกด BACK จะกลับไปยังหน้าแรก จะเป็นการให้โปรแกรมย้อนกลับไปยังหน้าต้อนรับ

เมื่อกด ขั้นตอนที่ 2 โปรแกรมจะไปยังขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าการอบอ่อน ดังข้อ 2.3 และดังรูปที่ ก.8

2.3 ขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าการอบอ่อน

จะเป็นการให้ผู้ใช้ระบุข้อมูลทั้งหมดในการอบอ่อน อันได้แก่ อุณหภูมิเริ่มต้น อุณหภูมิสุดท้าย จำนวนรอบในการอบอ่อน และอัตราการเย็นตัว นอกจากนี้แล้วอาจใช้ค่า Default ที่ระบุไว้ในวงเล็บแทนได้ ซึ่งไม่ต้องระบุค่า ดังรูปที่ ก.8



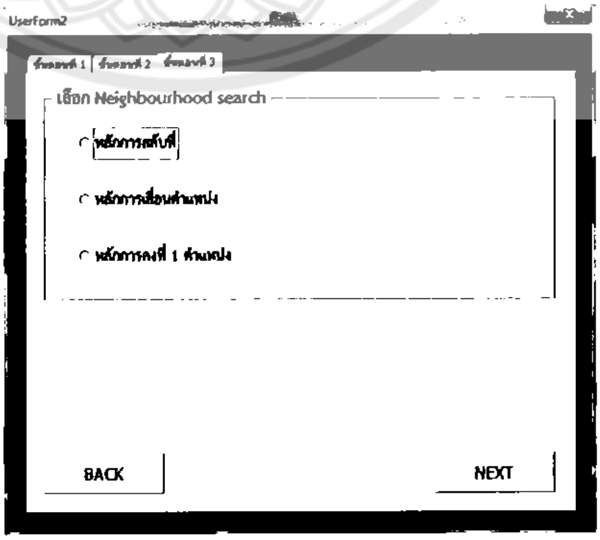
รูปที่ ก.8 แสดงขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าข้อมูลในการอบอ่อน

เมื่อระบุค่าข้อมูลเสร็จแล้ว ผู้ใช้จะต้องดำเนินการต่อคือ

เมื่อกด ขั้นตอนที่ 3 โปรแกรมจะไปยังขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน **ดังข้อ 2.4 และดัง** รูปที่ ก.9

2.4 ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน

จะเป็นการให้ผู้ใช้คลิกเลือกวิธีการทำ Neighbourhood Search **ซึ่งมีทั้งหมด 3 วิธี อัน**ได้แก่ หลักการสลับที่ หลักการเลื่อนตำแหน่ง และหลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง ดังรูป**ที่ ก.9**



รูปที่ ก.9 แสดงขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน

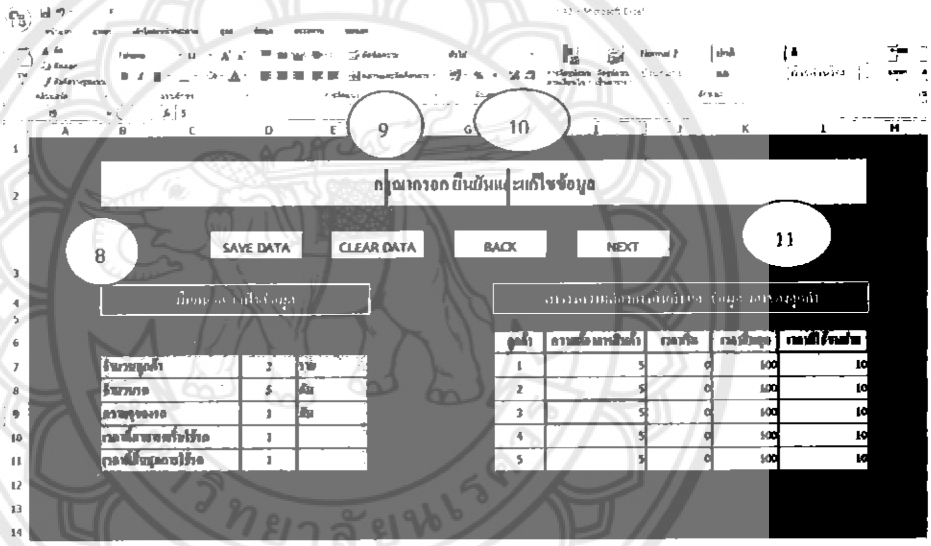
เมื่อเลือกวิธีแล้ว ผู้ใช้จะต้องดำเนินการต่อคือ

เมื่อกด BACK จะกลับไปยังหน้าแรก จะเป็นการให้โปรแกรมย้อนกลับไปยังหน้าต้อนรับ

เมื่อกด NEXT จะเข้าสู่ขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้าและข้อมูลด้านเวลาของลูกค้าแต่ละราย ในหน้าต่างของ Microsoft Excel

2.5 ขั้นตอนที่ 4 ระบุความต้องการสินค้า และข้อมูลด้านเวลาของลูกค้าแต่ละราย

จะเป็นการให้ผู้ใช้ระบุความต้องการสินค้า เวลาเริ่มเปิดรับสินค้า เวลาปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ละราย



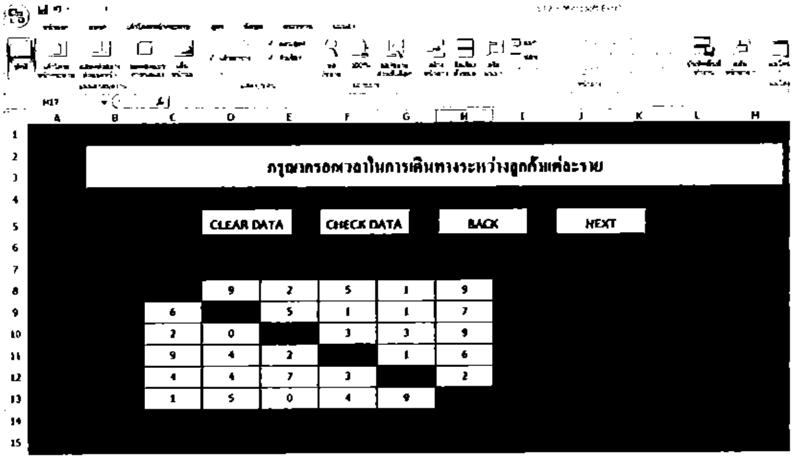
รูปที่ ก.10 แสดงปุ่ม SAVE DATA ปุ่ม CLEAR DATA ปุ่ม BACK และปุ่ม NEXT ใน Sheet ชื่อ DATA

เมื่อกดปุ่ม SAVE DATA เมื่อผู้ใช้คลิกปุ่มนี้ จะเป็นการบันทึกข้อมูล

เมื่อกดปุ่ม CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมด

เมื่อกดปุ่ม CHECK DATA จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เมื่อกดปุ่ม NEXT จะเป็นการไปขั้นตอนต่อไปคือ ระบุเวลาในการเดินทาง ดังรูปที่ ก.11



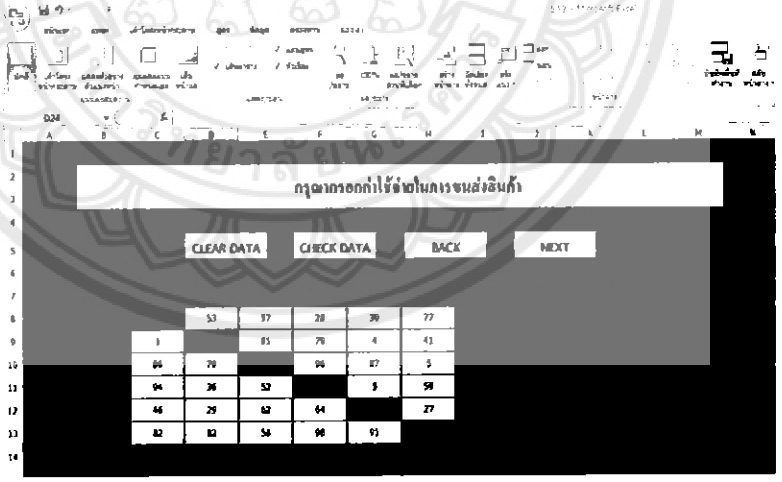
รูปที่ ก.11 แสดงหน้าต่างของการกรอกเวลาในการเดินทางของลูกค้าแต่ละราย

เมื่อกดปุ่ม BACK จะเป็นการย้อนกลับไปยังหน้า DATA

เมื่อกดปุ่ม CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมด

เมื่อกดปุ่ม CHECK DATA จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เมื่อกดปุ่ม NEXT จะเป็นการไปขั้นตอนต่อไปคือ ระบุค่าใช้จ่ายในการเดินทาง ดังรูปที่ ก.12



รูปที่ ก.12 แสดงหน้าต่างของการกรอกค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า

เมื่อกดปุ่ม BACK จะเป็นการย้อนกลับไปยังหน้า DATA

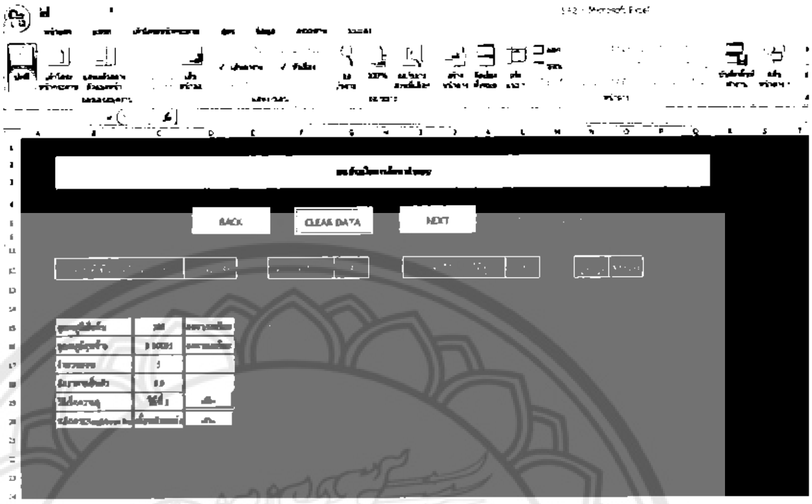
เมื่อกดปุ่ม CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมด

เมื่อกดปุ่ม CHECK DATA จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เมื่อกดปุ่ม NEXT จะเป็นการไปขั้นตอนต่อไปคือ ขั้นตอนการประมวลผล ดังรูปที่ ก.13

2.6 ขั้นตอนที่ 5 ประมวลผล

ในส่วนนี้จะเป็นขั้นตอนการประมวลผล ซึ่งจะเป็นการให้ผู้ใช้สั่งประมวลผลการจัดเส้นทางยานพาหนะ และแสดงผลให้ผู้ใช้ทราบถึงผลการจัดเส้นทางยานพาหนะ ดังแสดงดังรูปที่ ก.13



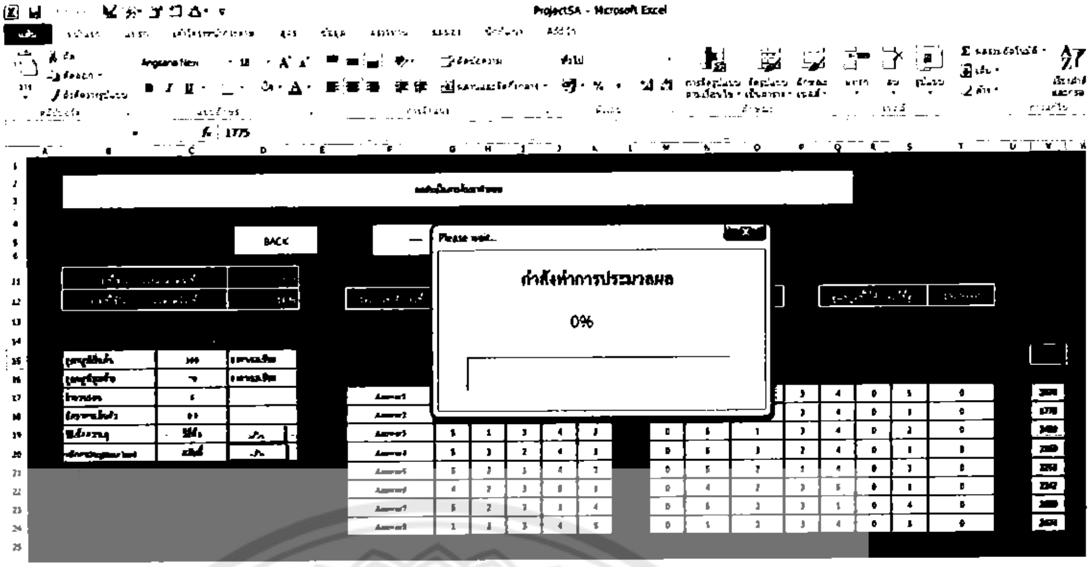
รูปที่ ก.13 แสดงหน้าต่างของการประมวลผล

เมื่อกดปุ่ม BACK จะเป็นการย้อนกลับไปยังหน้า DATA

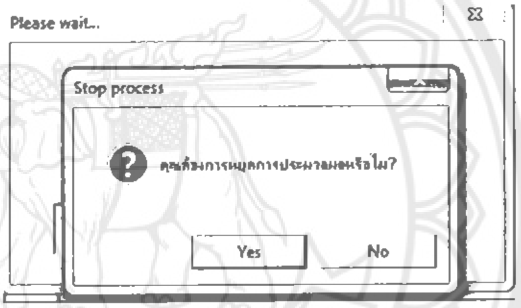
เมื่อกดปุ่ม CLEAR DATA จะเป็นการลบข้อมูลทั้งหมด

เมื่อกดปุ่ม CHECK DATA จะเป็นการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูล

เมื่อกดปุ่ม RUN PROGRAM ซึ่งโปรแกรมจะเริ่มดำเนินการประมวลผล โดยที่จะแสดงผลเวลาที่ใช้ในการประมวลผล รอบการหาคำตอบ ณ ปัจจุบัน รอบคำตอบที่ดีที่สุด อุณหภูมิ ณ ปัจจุบัน อุณหภูมิที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด และลักษณะการจัดเส้นทางยานพาหนะที่ดีที่สุด จะมีแถบความก้าวหน้าบ่งบอกว่า ขณะนั้นโปรแกรมได้ทำการประมวลผลไปเท่าไรแล้วเป็นจำนวนเปอร์เซ็นต์ ดังรูปที่ ก.14



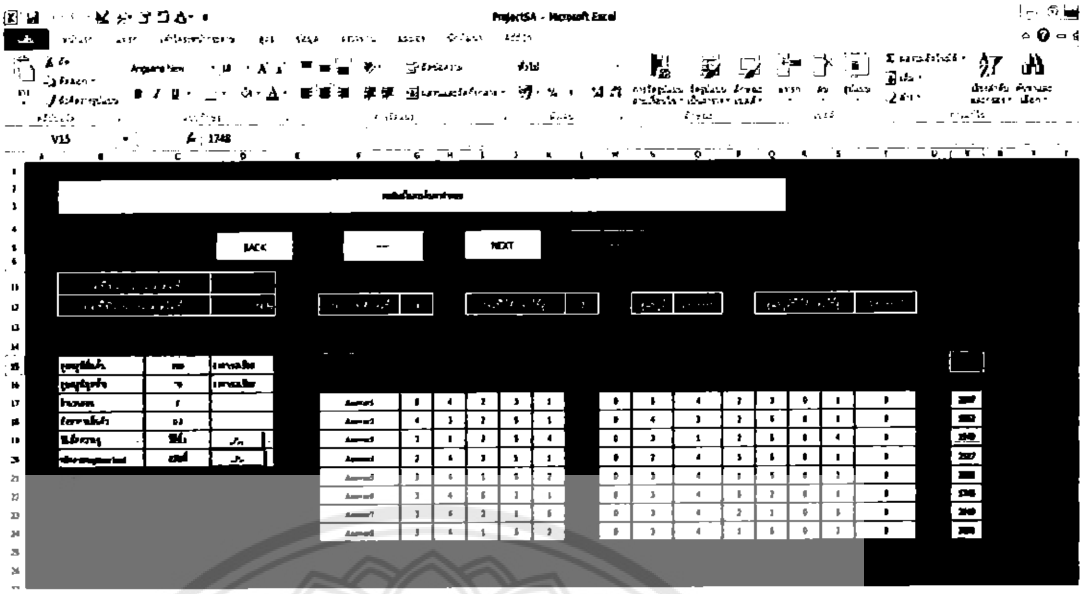
รูปที่ ก.14 แสดงแถบความก้าวหน้าเมื่อกด RUN PROGRAM ในหน้าต่างของการประมวลผล



รูปที่ ก.15 แสดงหน้าต่างยืนยันการหยุดการประมวลผล

จากรูปที่ ก.14 เป็นหน้าต่างแสดงแถบความก้าวหน้าในการประมวลผล ซึ่งหากต้องการหยุดการประมวลผล ให้กด x เพื่อทำการหยุดการประมวลผล และจะมีหน้าต่างให้ผู้ใช้ได้ทำการยืนยันความต้องการ

จากรูปที่ ก.15 หากกด Yes จะเป็นการหยุดการประมวลผลโปรแกรมเพียงเท่านั้น และหน้าต่างแถบความก้าวหน้าจะปิดลง และหากกด No จะเป็นการปฏิเสธการหยุดการประมวลผล ทำให้โปรแกรมยังคงประมวลผลต่อไป



รูปที่ ก.16 แสดงผลการจัดเส้นทางยานพาหนะเมื่อประมวลผลเสร็จสิ้น ในขั้นตอนที่ 5 ประมวลผล

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ข

Source Code

ของโปรแกรมการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลาโดยใช้

วิธีการอบอ่อนจำลอง

เพื่อสะดวกแก่ความเข้าใจ จะขอแบ่งการแสดงคำสั่งหรือ Source Code ตามลักษณะของโปรแกรม ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้

1. การเปิดโปรแกรม และหน้าแรกที่เป็นส่วนต้อนรับโปรแกรม
2. ขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูลจำนวนลูกค้า และจำนวนรถ
3. ขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าการอบอ่อน
4. ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน
5. ขั้นตอนที่ 5 ประมวลผล
6. คำสั่งเรียกใช้ และคำสั่งใน Module

1. การเปิดโปรแกรม และหน้าแรกที่เป็นส่วนต้อนรับโปรแกรม

เมื่อเปิดโปรแกรมจะเข้าสู่หน้าแรกที่เป็นหน้าต้อนรับของโปรแกรมโดยอัตโนมัติ

```
Private Sub Workbook_Open()
UserForm1.Show
End Sub
```

รูปที่ ข.1 แสดงคำสั่งเข้าสู่โปรแกรม

จากรูปที่ ก.4 ในส่วนหน้าแรกของโปรแกรมจะมีปุ่มให้กด 3 ปุ่ม ซึ่ง รูปที่ ข.2-ข.4 จะแสดงคำสั่งเมื่อกดปุ่มหมายเลข 1, 2, 3 ตามลำดับ

```
Private Sub CommandButton1_Click()
Unload Me
UserForm2.Show
End Sub
```

รูปที่ ข.2 แสดงคำสั่งเมื่อกด START ในหน้าแรกของโปรแกรม

```
Private Sub CommandButton2_Click()
Unload Me
UserForm1.Hide
UserForm6.Show
End Sub
```

รูปที่ ข.3 แสดงคำสั่งเมื่อกด ABOUT ในหน้าแรกของโปรแกรม

```
Private Sub CommandButton3_Click()
Unload Me
    If MsgBox("Do you want to exit program?", vbOKCancel, "Exit Program") = vbCancel Then
    Exit Sub
Application.Quit
End Sub
```

รูปที่ ข.4 แสดงคำสั่งเมื่อกด EXIT ในหน้าแรกของโปรแกรม

หากกด ABOUT ในหน้าแรกแล้ว จะเข้าสู่หน้าต่าง UserForm6 ซึ่งในหน้าต่างจะมีคำสั่งที่ปุ่มหมายเลข 4 จากรูปที่ ก.5 ซึ่งจะแสดงได้ดังรูปที่ ข.5

```
Private Sub CommandButton1_Click()
UserForm6.Hide
UserForm1.Show
End Sub
```

รูปที่ ข.5 แสดงคำสั่งเมื่อกด OK ใน UserForm6 ในหน้าแรกของโปรแกรม

2. ขั้นตอนที่ 1 ระบุค่าข้อมูลจำนวนลูกค้า และจำนวนรถ

```
ประกาศตัวแปร
Dim Numcust As Integer
Dim Numcar As Integer
Dim MaxCap As Integer
Dim StartUseCar As Integer
Dim FinishedUseCar As Integer
```

รูปที่ ข.6 แสดงคำสั่งประกาศตัวแปรในหน้า ขั้นตอนที่ 1

ต่อไปจะเป็นคำสั่งที่กำหนดให้สามารถระบุค่าได้เพียงแค่ตัวเลข ของจำนวนลูกค้า จำนวนรถ ความจุของรถ และเวลาที่ใช้รถ ตามลำดับ

```
Private Sub TextBox1_Change()
   If Len(TextBox1) > 0 Then
      If IsNumeric(TextBox1) = False Then
         MsgBox "กรุณากรอกข้อมูลเฉพาะตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly
            TextBox1 = Left(TextBox1, Len(TextBox1) - 1)
               TextBox1.SetFocus
         Exit Sub
      End If
   End If
End Sub
```

รูปที่ ข.7 แสดงคำสั่งกำหนดให้สามารถระบุค่าได้เพียงแค่ตัวเลข ของจำนวนลูกค้า

```
Private Sub TextBox2_Change()
If Len(TextBox2) > 0 Then
   If IsNumeric(TextBox2) = False Then
      MsgBox "กรุณากรอกข้อมูลเฉพาะตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly
         TextBox2 = Left(TextBox2, Len(TextBox2) - 1)
         TextBox2.SetFocus
      Exit Sub
   End If
End If
End Sub
```

รูปที่ ข.8 แสดงคำสั่งกำหนดให้สามารถระบุค่าได้เพียงแค่ตัวเลข ของจำนวนรถ

```
Private Sub TextBox3_Change()
If Len(TextBox3) > 0 Then
   If IsNumeric(TextBox3) = False Then
      MsgBox "กรุณากรอกข้อมูลเฉพาะตัวเลขเท่านั้น", vbOKOnly
         TextBox3 = Left(TextBox3, Len(TextBox3) - 1)
         TextBox3.SetFocus
      Exit Sub
   End If
End If
End Sub
```

รูปที่ ข.9 แสดงคำสั่งกำหนดให้สามารถระบุค่าได้เพียงแค่ตัวเลข ของความจุรถ

ต่อไปจะเป็นคำสั่งเมื่อกด BACK และขั้นตอนที่ 2 สามารถแสดงคำสั่งได้ดังรูปที่ ข.10

```
Private Sub CommandButton8_Click()
Unload Me
UserForm2.Hide
UserForm1.Show
End Sub
```

รูปที่ ข.10 แสดงคำสั่งเมื่อกด BACK ของหน้าขั้นตอนที่ 1

3. ขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าการอบอ่อน

```
Dim Tmax As Double,Tmin As Double,Trate As Double
Dim Eq As Integer
Dim DeTmax As Double, DeTmin As Double, DeEq As Double, DeTrate As Double
'การตั้งค่า default
DeTmax = 100
DeTmin = 0.00001
DeEq = 5
DeTrate = 0.9
'ตรวจสอบว่าได้ระบุค่าครบหรือไม่
If TextBox1.Value = "" Or TextBox2 = "" Or TextBox3 = "" Or TextBox21 = "" Or TextBox23 = "" Then
    MsgBox "กรุณากรอกข้อมูลให้ครบทุกช่อง", vbOKOnly
    Exit Sub
End If
'สั่งให้นำค่าที่ระบุมาแสดงใน Worksheet("Data") ถ้าไม่ใส่จะใช้ค่า default
    If TextBox4.Value = "" Then
      TextBox4.Value = DeTmax
    End If
    If TextBox5.Value = "" Then
      TextBox5.Value = DeTmin
    End If
    If TextBox24.Value = "" Then
      TextBox24.Value = DeEq
    End If
    If TextBox7.Value = "" Then
      TextBox7.Value = DeTrate
    End If
```

รูปที่ ข.11 แสดงคำสั่งเมื่อกด ขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าการอบอ่อน

```
        Numcust = TextBox1.Value
        Numcar = TextBox2.Value
        MaxCap = TextBox3.Value
        StartUseCar = TextBox21.Value
        FinishedUseCar = TextBox23.Value
        Tmax = TextBox4.Value
        Tmin = TextBox5.Value
        Eq = TextBox24.Value
        Trate = TextBox7.Value

    'ตรวจสอบว่าตรงข้อกำหนดหรือไม่
    If Tmax < Tmin Or Trate <= 0 Or Trate >= 1 Then
        If Tmax < Tmin Then
            MsgBox "อุณหภูมิเริ่มต้นต้องมากกว่าหรือเท่ากับอุณหภูมิสุดท้าย "
        End If
        If Trate <= 0 Or Trate >= 1 Then
            MsgBox "อัตราการเย็นตัวต้องมากกว่า 0 และน้อยกว่า 1"
        End If
    End If

    'การบันทึกข้อมูลใน Worksheets("Data")
        Worksheets("Data").Range("D7") = Numcust
        Worksheets("Data").Range("D8") = Numcar
        Worksheets("Data").Range("D12") = Numcycle
        Worksheets("Data").Range("D9") = MaxCap
        Worksheets("Data").Range("D10") = StartUseCar
        Worksheets("Data").Range("D11") = FinishedUseCar
        Worksheets("Evaluation").Range("C15") = Tmax
        Worksheets("Evaluation").Range("C16") = Tmin
        Worksheets("Evaluation").Range("C17") = Eq
        Worksheets("Evaluation").Range("C18") = Trate
    End Sub
```

รูปที่ ข.11 (ต่อ) แสดงคำสั่งเมื่อกด ขั้นตอนที่ 2 ระบุค่าการอบอ่อน

4. ขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน

เมื่อหน้าต่างโปรแกรมของขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน ปรากฏขึ้น จะมีคำสั่งดังรูปที่ ข.12

```
'เลือกวิธีการอบอ่อนจำลอง และให้ไปแสดงที่ Worksheets("Evaluation")
If OptionButton1.Value = True Then
    Worksheets("Evaluation").Range("C20") = "สลับที่"
ElseIf OptionButton3.Value = True Then
    Worksheets("Evaluation").Range("C20") = "เลื่อนตำแหน่ง"
ElseIf OptionButton6.Value = True Then
    Worksheets("Evaluation").Range("C20") = "คงที่ 1 ตำแหน่ง"
Else
    MsgBox "กรุณาเลือกวิธีการทำ Neighbourhood Search"
End If
```

รูปที่ ข.12 แสดงคำสั่งในหน้าขั้นตอนที่ 3 เลือกวิธีการอบอ่อน

5. ขั้นตอนที่ 4 ประมวลผล

```
Public Sub SA1()
'เริ่มการประมวลผล
Dim StartTime As Single,EndTime As Single,Runing As Single
Dim Sbest As Double, Scur As Double, Snew As Double
Dim Rbest() As Integer, Rcur() As Integer, Rnew() As Integer
Dim NewSol() As Integer
Dim BestRow As Integer
Dim Eq As Integer, No As Integer, v As Integer
Dim countProcess As Double, countMax As Double, countNow As Double
Dim RanSA As Double, Prob As Double
Dim Tmax As Double, Tmin As Double, Trate As Double, T As Double, TT As Double
Dim K As Double
Dim i As Integer,z As Integer, a As Integer
Dim NumAns As Integer
Dim b As Integer
Worksheets("Data").Range("A1") = 0
```

รูปที่ ข.13 แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล

```
'อธิบายตัวแปร
    'Eq = จำนวนรอบที่ใช้ในการหาคำตอบเพื่อเข้าสู่จุดสมดุล
    'T = อุณหภูมิปัจจุบัน
    'Tmax = อุณหภูมิเริ่มต้น
    'Tmin = อุณหภูมิสิ้นสุด
    'Trate = อัตราการเย็นตัว
    'Sbest = คำตอบที่ดีที่สุด ตั้งแต่ต้นจนถึงปัจจุบัน
    'Scur = คำตอบ ณ ปัจจุบัน
    'Snew = คำตอบที่ได้จาก Neighbourhood search
    'Rbest() = ค่าคำตอบที่ดีที่สุด ตั้งแต่ต้นถึงปัจจุบัน ก่อนใส่ 0
    'Rcur() = ค่าคำตอบที่ดีที่สุด จากคำตอบใหม่ Newsol ก่อนใส่ 0
    'Rnew() = ค่าคำตอบของคำตอบใหม่
    'Prob = ค่าความน่าจะเป็น exponential
    'RanSA = ค่าการสุ่มเพื่อเทียบกับค่าความน่าจะเป็น Prob
    'BestRow = แถวของคำตอบใหม่ที่ดีที่สุดแต่ละรอบ

''เป็นส่วนของ Process bar
'Eq = Worksheets("Evaluation").Range("C17").Value
'Tmax = Worksheets("Evaluation").Range("C15").Value
'Tmin = Worksheets("Evaluation").Range("C16").Value
'Trate = Worksheets("Evaluation").Range("C18").Value
'T = Tmax
'No = 0
StartTime = Timer

Do While T >= Tmin
    No = No + 1
    T = T * Trate
Loop

countMax = No * Eq
UserForm9.ProgressBar1.Value = 0
UserForm9.Label1.Caption = Format(0, "0%")
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล

```
เริ่มการประมวลผล
    Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
    Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value
    NumAns = (2 * (Numcust - 1))
Application.ScreenUpdating = False

Call SetFormat
Call InitialSolutionF
Call CheckCapInitial
Call SumCostInitial
Call TimewindowInitial

'วนรอบ SA
ReDim Rbest(1 To Numcust)
ReDim Rcur(1 To Numcust)

ReDim NewSolution(1 To (2 * (Numcust - 1)), 1 To Numcust)
ReDim TotalCost(1 To (2 * (Numcust - 1)))

'จะเริ่มการทำ SA โดยเริ่มให้คำตอบเริ่มต้นเป็นคำตอบที่ดีที่สุดก่อน
Scur = Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3)
Sbest = Scur
Worksheets("Evaluation").Range("F14").Offset(0, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3) = Sbest

'กำหนดข้อมูลเริ่มต้น
Eq = Worksheets("Evaluation").Range("C17").Value
Tmax = Worksheets("Evaluation").Range("C15").Value
Tmin = Worksheets("Evaluation").Range("C16").Value
Trate = Worksheets("Evaluation").Range("C18").Value

countProcess = 0
T = Tmax
Worksheets("Evaluation").Range("O12").Value = Tmax
b = 1
Do While T >= Tmin
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล

```
If T <> Tmax Then
    Call InitialSolution1
    Call CheckCapInitial
    Call SumCostInitial
    Call TimewindowInitial
End If
For v = 1 To Eq
    countProcess = countProcess + 1
    If Worksheets("Data").Range("A1").Value = 1 Then Exit Sub
    'การทำ Neighbourhood search
    Call NewSolution1
        If Worksheets("Evaluation").Range("C20").Value = "สลับที่" Then
            Call Swap1
        ElseIf Worksheets("Evaluation").Range("C20").Value = "คงที่ 1 ตำแหน่ง" Then
            Call Stable1
        ElseIf Worksheets("Evaluation").Range("C20").Value = "เลื่อนตำแหน่ง" Then
            Call Slide
        End If
        'การประเมินค่าคำตอบที่ได้จากการทำ Neighbourhood search
            Call CheckCap
            Call SumCost
            Call Timewindow
            'ให้เก็บค่าใช้จ่ายรวมของคำตอบใหม่ไว้ใน Array
            For z = 1 To (2 * (Numcust - 1))
              TotalCost(z) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(z, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3)
            Next z
           '***การหาค่าใช้จ่ายที่น้อยที่สุดของคำตอบใหม่ ****
            Snew = TotalCost(1)
              For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
                 If TotalCost(i) <= Snew Then
                    Snew = TotalCost(i)
                    BestRow = i
                 End If
              Next i
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล

```
'เก็บค่าคำตอบใหม่ใน Array
    For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
        For j = 1 To Numcust
            NewSolution(i, j) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j)
        Next j
    Next i
For i = 1 To Numcust  'เก็บตำแหน่ง InitialSol ใน Array
        Rcur(i) = Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, i)
Next i
'ทำการประเมินค่าคำตอบใหม่ที่ได้ ว่ามีค่าดีกว่าคำตอบปัจจุบัน และคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่
Scur = Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3)
Sbest = Worksheets("Evaluation").Range("F14").Offset(0, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3)
    If Snew <= Scur Then        'ถ้าคำตอบใหม่ดีกว่าคำตอบปัจจุบัน ให้คำตอบใหม่ = คำตอบปัจจุบัน
        Scur = Snew
        Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3) = Scur
        '**ให้ลำดับลูกค้าแต่ละจุดของคำตอบใหม่ ขึ้นไปแทนที่ Initial Sulution **
        For i = 1 To Numcust
            Rcur(i) = NewSolution(BestRow, i)
            Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, i) = Rcur(i)
        Next i
         Call CheckCapInitial
         Worksheets("Evaluation").Range("G12") = v ใส่รอบคำตอบ ณ ปัจจุบัน
         Worksheets("Evaluation").Range("O12") = T 'ใส่อุณหภูมิที่ให้คำตอบ ณ ปัจจุบัน

        '**ค่าใช้จ่ายที่ดีที่สุดตั้งแต่ต้นถึงปัจจุบัน
        If Scur < Sbest Then
         Sbest = Scur
         Worksheets("Evaluation").Range("F14").Offset(0, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3) = Sbest
             For i = 1 To Numcust
                Rbest(i) = Rcur(i)
                Worksheets("Evaluation").Range("F14").Offset(0, i) = Rbest(i)
             Next i
             Worksheets("Evaluation").Range("L12") = v ใส่รอบคำตอบที่ดีที่สุด
             Worksheets("Evaluation").Range("T12") = T 'ใส่อุณหภูมิที่ให้คำตอบที่ดีที่สุด
         End If
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล

```
ElseIf Snew > Scur Then 'ถ้าคำตอบใหม่ แย่กว่าคำตอบปัจจุบัน ให้ใช้ค่าความน่าจะเป็น
    RanSA = Rnd()
    Prob = Exp(-(Snew - Scur) / T)

    'ถ้าค่าความน่าจะเป็นมากกว่าหรือเท่ากับค่า Random ให้คำตอบใหม่ = คำตอบปัจจุบัน
  If RanSA <= Prob Then
    Scur = Snew
  Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3) = Scur
   For i = 1 To Numcust
       Rcur(i) = NewSolution(BestRow, i)
       Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, i) = Rcur(i)
   Next i

    'แสดงผลรอบที่ดีที่สุดบน excel
    Worksheets("Evaluation").Range("G12") = v
    Worksheets("Evaluation").Range("O12") = T
  End If
End If

'จัดเรียงตามคำตอบใหม่
ReDim NewSol(1 To (2 * (Numcust - 1)) + 2, Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1)
 For i = 1 To 2 '»ÃÐ¡ÒÈ¤èÒã¹ Array
   For j = Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1
      NewSol(i, j) = Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, j)
   Next j
 Next i

   Call CheckCap
   Worksheets("Evaluation").Range("G12") = v

countNow = ((countProcess * 100) / countMax)
UserForm9.ProgressBar1.Value = countNow
UserForm9.Label1.Caption = Format(countNow / 100, "0%")

DoEvents
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล

```
    Next v
    'ลดอุณหภูมิด้วยค่าอัตราการเย็นตัว
    T = T * Trate
Loop

If Worksheets("Data").Range("A1") = 0 Then
    EndTime = Timer
    Runing = EndTime - StartTime
    Worksheets("Evaluation").Cells(12, 4) = Runing
    Application.ScreenUpdating = True
    UserForm9.Hide
End If
End Sub
```

รูปที่ ข.13 (ต่อ) แสดงคำสั่งเมื่อหน้าต่างแถบความก้าวหน้าปรากฏ ซึ่งจะเป็นการดำเนินการประมวลผล

6. คำสั่งเรียกใช้ และคำสั่งใน Module

6.1 คำสั่งใน Module2

```
Public Sub InitialSolutionF()
'เป็นคำสั่งเรียกใช้ ในการสุ่มคำตอบเริ่มต้น
Application.ScreenUpdating = False
Dim K As Integer,As Integer
Dim Random As Double
Dim x As Integer,y As Integer, r As Integer
Dim iArr() As Integer

Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value

ReDim iArr(1 To Numcust)
For i = 1 To Numcust
    Worksheets("Evaluation").Range("F14,F15").Offset(0, i).Value = i
Next i
```

รูปที่ ข.14 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง InitialSolutionF

```
For i = 1 To Numcust
    iArr(i) = Worksheets("Evaluation").Range("F14,F15").Offset(0, i).Value
Next i

'เริ่มสุ่มจากตำแหน่งมากไปน้อย เพื่อความหลากหลาย
For i = Numcust To 1 Step -1
      K = Numcust
      Random = Rnd()
      r = Int(Random * K) + 1
       If r = Numcust + 1 Then r = Numcust
          If TempR = r Then
             K = Numcust
             Random = Rnd()
             r = Int(Random * (K)) + 1
             If r = Numcust + 1 Then r = Numcust
       End If
         TempR = r
         Temp = iArr(r)
         iArr(r) = iArr(i)
         iArr(i) = Temp
Next i

For i = 1 To Numcust
      Worksheets("Evaluation").Range("F14,F15").Offset(0, i).Value = iArr(i)
Next i
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

รูปที่ ข.14 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง InitialSolutionF

```
Public Sub NewSolution1()
'คำสั่งในการเตรียมคำตอบใหม่ที่ได้จากคำตอบปัจจุบัน


    Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
    Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value


Application.ScreenUpdating = False
ReDim CurrentSol(1 To Numcust)
ReDim NewSolution(1 To (2 * (Numcust - 1)), 1 To Numcust)
    For i = 1 To Numcust
        CurrentSol(i) = Worksheets("Evaluation").Range("F15").Offset(0, i).Value
    Next i


    For i = 1 To (2 * (Numcust - 1)) 'Copy ¤èÒ¨Ò¡ ¤Óµíºà¡ÔèÁµé¹ ÁÒãÊèã¹ NewSol(¤èÒ¤Óµíº¼èÍÂ)
        For j = 1 To Numcust
            NewSolution(i, j) = CurrentSol(j)
        Next j
    Next i


    For i = 1 To (2 * (Numcust - 1)) 'ãÊé¤èÒ·Ñé§ËÁ´ÁÒáÊ´§º¹ Excel
        For j = 1 To Numcust
            Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j) = NewSolution(i, j)
        Next j
    Next i


    For i = 1 To (2 * (Numcust - 1)) 'ãÊé¤èÒ·Ñé§ËÁ´ÁÒáÊ´§º¹ Excel
        For j = 1 To Numcust
            Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j) = NewSolution(i, j)
        Next j
    Next i


Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

รูปที่ ข.15 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง NewSolution1

```
Public Sub Swap1()
'คำสั่งเรียกใช้การทำ Neighbourhood search ในการประมวลผล โดยใช้หลักการสลับที่
Dim Random As Double
Dim Temp As Integer
Dim StOfCust As Integer        'ลูกค้าที่สุ่มได้เมื่อพิจารณาตำแหน่งแรก
Dim MidOfCust As Integer       'ลูกค้าที่สุ่มได้เมื่อพิจารณาตำแหน่งกลาง
Dim LastOfCust As Integer      'ลูกค้าที่สุ่มได้เมื่อพิจารณาตำแหน่งสุดท้าย
Dim ArrOfCust() As Integer     'แสดงตำแหน่งของลูกค้า
Dim Seq As Integer             'ตำแหน่งที่ของลูกค้า
Dim z As Integer
Application.ScreenUpdating = False
Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value
ReDim ArrOfCust(1 To Numcust) As Integer
For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
For j = 1 To Numcust
ArrOfCust(j) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j)
Next j
' พิจารณาที่ตำแหน่งแรก
If i = 1 Then
Random = Rnd()
    StOfCust = Int(((Numcust - 2) + 1) * Random + 2)
    Temp = ArrOfCust(i)
    ArrOfCust(i) = ArrOfCust(StOfCust)
    ArrOfCust(StOfCust) = Temp
'   พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย
  ElseIf i = (2 * (Numcust - 1)) Then
    Random = Rnd()
    LastOfCust = (Int((((Numcust - 1) - 1) + 1) * Random)) + 1
    Temp = ArrOfCust(Numcust)
    ArrOfCust(Numcust) = ArrOfCust(LastOfCust)
    ArrOfCust(LastOfCust) = Temp
```

รูปที่ ข.16 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Swap1

```
'   พิจารณาที่ตำแหน่งกลาง
    Else
        Seq = (i \ 2) + 1
'           ตำแหน่งที่พิจารณาสลับที่ไปทางซ้ายมือ
            If (i Mod 2) = 0 Then
                Random = Rnd()
                MidOfCust = (Int((((Seq - 1) - 1) + 1) * Random)) + 1
                Temp = ArrOfCust(MidOfCust)
                ArrOfCust(MidOfCust) = ArrOfCust(Seq)
                ArrOfCust(Seq) = Temp
'           ตำแหน่งที่พิจารณาสลับที่ไปทางขวามือ
                Else
                    Random = Rnd()
                    MidOfCust = (Int((Numcust - (Seq + 1) + 1) * Random)) + (Seq + 1)
                    Temp = ArrOfCust(Seq)
                    ArrOfCust(Seq) = ArrOfCust(MidOfCust)
                    ArrOfCust(MidOfCust) = Temp
                End If
            End If

            For j = 1 To Numcust
                Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j) = ArrOfCust(j)
            Next j
Next i
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

รูปที่ ข.16 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Swap1

```
Public Sub Slide()
'คำสั่งเรียกใช้การทำ Neighbourhood search ในการประมวลผล โดยใช้หลักการเลื่อนตำแหน่ง

Dim Temp As Integer
Dim Random As Single
Dim StOfCust As Integer , MidOfCust As Integer ,LastOfCust As Integer , ArrOfCust() As Integer
Dim Seq As Integer ,z As Integer
Application.ScreenUpdating = False

   Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
   Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value
ReDim ArrOfCust(1 To Numcust) As Integer

For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
   For j = 1 To Numcust
      ArrOfCust(j) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j)
   Next j

' พิจารณาที่ตำแหน่งแรก
   If i = 1 Then
      Random = Rnd() .
      StOfCust = Int(((Numcust - 2 + 1) * Random) + 2)
      Temp = ArrOfCust(i)
      For j = 1 To StOfCust - 1
         ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
      Next j
      ArrOfCust(StOfCust) = Temp
'  พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย
   ElseIf i = (2 * (Numcust - 1)) Then
      Random = Rnd()
      LastOfCust = Int((((Numcust - 1) - 1 + 1) * Random) + 1)
      Temp = ArrOfCust(LastOfCust)
      For j = LastOfCust To Numcust - 1
         ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
      Next j
      ArrOfCust(Numcust) = Temp
```

รูปที่ ข.17 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Slide

```
' พิจารณาที่ตำแหน่งกลาง
  Else
    Seq = (i \ 2) + 1

'     ตำแหน่งที่พิจารณาสลับที่ไปทางซ้ายมือ
      If (i Mod 2) = 0 Then
        Random = Rnd()
        MidOfCust = Int((((Seq - 1) - 1 + 1) * Random) + 1)
        Temp = ArrOfCust(Seq)

        For j = MidOfCust To Seq - 1
          ArrOfCust(Seq + MidOfCust - j) = ArrOfCust(Seq + MidOfCust - j - 1)
        Next j
        ArrOfCust(MidOfCust) = Temp

'       ตำแหน่งที่พิจารณาสลับที่ไปทางขวามือ
        Else
          Random = Rnd()
          MidOfCust = Int(((Numcust - (Seq + 1) + 1) * Random) + (Seq + 1))
          Temp = ArrOfCust(Seq)
          For j = Seq To MidOfCust - 1
            ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
          Next j

          ArrOfCust(MidOfCust) = Temp
        End If
      End If

      For j = 1 To Numcust
          Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j) = ArrOfCust(j)
      Next j

 Next i
 Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

รูปที่ ข.17 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Slide

```
Public Sub Stable1()
'คำสั่งเรียกใช้การทำ Neighbourhood search ในการประมวลผล โดยใช้หลักการคงที่ 1 ตำแหน่ง


Dim Random As Double
Dim Temp As Integer
Dim StOfCust As Integer
Dim MidOfCust As Integer
Dim LastOfCust As Integer
Dim ArrOfCust() As Integer
Dim Seq As Integer
Dim z As Integer
Application.ScreenUpdating = False


  Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
  Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value


ReDim ArrOfCust(1 To Numcust) As Integer


For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
  For j = 1 To Numcust
    ArrOfCust(j) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j)
  Next j


' พิจารณาที่ตำแหน่งแรก
  If i = 1 Then
    Random = Rnd()
    StOfCust = Int(((Numcust - 2 + 1) * Random) + 2)
    'นำเอาตำแหน่งที่สุ่มไปสลับกับตำแหน่งสุดท้ายแล้วเลื่อน


    If StOfCust <> Numcust Then
      Temp = ArrOfCust(StOfCust)
     For j = StOfCust To Numcust - 1
        ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
      Next j
      ArrOfCust(Numcust) = Temp
    End If
```

รูปที่ ข.18 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Stable1

```
'สลับและเลื่อนตำแหน่งจากตำแหน่งแรกไปตำแหน่งก่อนสุดท้าย
Temp = ArrOfCust(1)
   For j = 1 To Numcust - 2
      ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
   Next j
ArrOfCust(Numcust - 1) = Temp
'นำเอาตำแหน่งสุดท้ายไปสลับกับตำแหน่งที่สุ่มได้แล้วเลื่อน
If StOfCust <> Numcust Then
   Temp = ArrOfCust(Numcust)
   For j = StOfCust To Numcust - 1
      ArrOfCust(Numcust + StOfCust - j) = ArrOfCust(Numcust + StOfCust - j - 1)
   Next j
   ArrOfCust(StOfCust) = Temp
 End If

' พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย
ElseIf i = (2 * (Numcust - 1)) Then
  Random = Rnd()
  LastOfCust = Int((((Numcust - 1) - 1 + 1) * Random) + 1)
  'นำเอาตำแหน่งที่สุ่มไปสลับกับตำแหน่งสุดท้ายแล้วเลื่อน
   Temp = ArrOfCust(LastOfCust)
   For j = LastOfCust To Numcust - 1
      ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
   Next j
   ArrOfCust(Numcust) = Temp
   For j = StOfCust To Numcust - 1
      ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
   Next j
   ArrOfCust(Numcust) = Temp
End If

'สลับและเลื่อนตำแหน่งจากตำแหน่งแรกไปตำแหน่งก่อนสุดท้าย
Temp = ArrOfCust(1)
   For j = 1 To Numcust - 2
      ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
   Next j
ArrOfCust(Numcust - 1) = Temp
```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Stable1

```
'นำเอาตำแหน่งสุดท้ายไปสลับกับตำแหน่งที่สุ่มได้แล้วเลื่อน
  If StOfCust <> Numcust Then
    Temp = ArrOfCust(Numcust)
    For j = StOfCust To Numcust - 1
      ArrOfCust(Numcust + StOfCust - j) = ArrOfCust(Numcust + StOfCust - j - 1)
    Next j
    ArrOfCust(StOfCust) = Temp
  End If

'พิจารณาที่ตำแหน่งสุดท้าย
ElseIf i = (2 * (Numcust - 1)) Then
  Random = Rnd()
  LastOfCust = Int((((Numcust - 1) - 1 + 1) * Random) + 1)

  'นำเอาตำแหน่งที่สุ่มไปสลับกับตำแหน่งสุดท้ายแล้วเลื่อน
    Temp = ArrOfCust(LastOfCust)
    For j = LastOfCust To Numcust - 1
      ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
    Next j
    ArrOfCust(Numcust) = Temp

  'สลับและเลื่อนตำแหน่งจากตำแหน่งแรกไปตำแหน่งก่อนสุดท้าย
  Temp = ArrOfCust(Numcust - 1)
    For j = 1 To Numcust - 1 - 1
      ArrOfCust(Numcust - 1 + 1 - j) = ArrOfCust(Numcust - 1 + 1 - j - 1)
    Next j
  ArrOfCust(1) = Temp

  'นำเอาตำแหน่งที่สุดท้ายไปสลับกับตำแหน่งที่สุ่มได้แล้วเลื่อน
    Temp = ArrOfCust(Numcust)
    For j = LastOfCust To Numcust - 1
      ArrOfCust(Numcust + LastOfCust - j) = ArrOfCust(Numcust + LastOfCust - j - 1)
    Next j
    ArrOfCust(LastOfCust) = Temp
```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Stable1

```
'   พิจารณาตำแหน่งตรงกลาง
    Else
      Seq = (i \ 2) + 1

      If (i <> 2) Or (i <> (2 * (Numcust - 1)) - 1) Then
'     ลูกค้าตำแหน่งที่พิจารณาสลับที่ไปทางด้านซ้าย
        If (i Mod 2) = 0 Then
          Random = Rnd()
          MidOfCust = Int((((Seq - 1) - 1 + 1) * Random) + 1)

         'นำเอาตำแหน่งที่สุ่มไปสลับกับตำแหน่งสุดท้ายแล้วเลื่อน
        Temp = ArrOfCust(MidOfCust)

        For j = MidOfCust To Numcust - 1
          ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
        Next j
      'สลับและเลื่อนตำแหน่งจากตำแหน่งแรกไปตำแหน่งที่พิจารณา
      Temp = ArrOfCust(Seq - 1)
        For j = 1 To Seq - 2
          ArrOfCust(Seq - 1 + 1 - j) = ArrOfCust(Seq - 1 + 1 - j - 1)
        Next j
      ArrOfCust(1) = Temp

      'นำเอาตำแหน่งสุดท้ายไปสลับกับตำแหน่งที่สุ่มได้แล้วเลื่อน
        Temp = ArrOfCust(Numcust)
        For j = MidOfCust To Numcust - 1
          ArrOfCust(Numcust + MidOfCust - j) = ArrOfCust(Numcust + MidOfCust - j - 1)
        Next j
        ArrOfCust(MidOfCust) = Temp
```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Stable1

```
'       พิจารณาสลับที่ไปทางด้านขวา
            Else
                Random = Rnd()
                MidOfCust = Int(((Numcust - (Seq + 1) + 1) * Random) + (Seq + 1))

                'นำเอาตำแหน่งที่สุ่มไปสลับกับตำแหน่งสุดท้ายแล้วเลื่อน
                Temp = ArrOfCust(MidOfCust)

                For j = MidOfCust To Numcust - 1
                    ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
                Next j
                ArrOfCust(Numcust) = Temp

        'สลับและเลื่อนตำแหน่งจากตำแหน่งแรกไปตำแหน่งที่พิจารณา
        Temp = ArrOfCust(Seq)
            For j = Seq To Numcust - 2
                ArrOfCust(j) = ArrOfCust(j + 1)
            Next j
        ArrOfCust(Numcust - 1) = Temp

        'นำเอาตำแหน่งที่สุดท้ายไปสลับกับตำแหน่งที่สุ่มได้แล้วเลื่อน
            Temp = ArrOfCust(Numcust)
            For j = MidOfCust To Numcust - 1
                ArrOfCust(Numcust + MidOfCust - j) = ArrOfCust(Numcust + MidOfCust - j - 1)
            Next j
            ArrOfCust(MidOfCust) = Temp
            End If

        Else
            If i = 2 Then
                MidOfCust = 1
            Else
                MidOfCust = Numcust - 1
            End If
        End If
    End If
```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Stable1

```
        For j = 1 To Numcust
                Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j) = ArrOfCust(j)
          Next j

   Next i
  Application.ScreenUpdating = True
  End Sub
```

รูปที่ ข.18 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง Stable1

```
Public Sub CheckCap()
'เช็คความจุ
Dim K As Integer
   Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
   Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value
   MaxCap = Worksheets("Data").Range("D9").Value
Application.ScreenUpdating = False
For i = 1 To 2
   K = 1
   Temp = 0
   For j = 1 To Numcust
      If j < Numcust + 1 Then
         Do While Temp <= MaxCap
            Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j + K) = _
            Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, j).Value
            Cap = Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j + K)
            TotalCap = Worksheets("Data").Range("I6").Offset(Cap, 0)
            TotalCap = Temp + TotalCap
            Temp = TotalCap
             j = j + 1
            If j > Numcust Then
               If Temp >= MaxCap Then
                  MaxCap = 1
               Else: MaxCap = 0
            End If
      End If
```

รูปที่ ข.19 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง CheckCap

```
Loop
If MaxCap = 1 Then 'กรณีที่รันครบจำนวนลูกค้า และความจุเกิน
        Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j - 1 + K).ClearContents 'ลบลูกค้าที่ความจุ
เกินออก
        Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j + K) = _
        Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, j - 1).Value
        MaxCap = 0
End If
If MaxCap <> 0 Then
    If Temp > MaxCap Then 'กรณีที่เกินความจุรถแล้ว
        MaxCap = Worksheets("Data").Range("D9").Value
        TotalCap = 0
        Temp = 0
        Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j - 1 + K).ClearContents 'ลบลูกค้าที่ความจุ
เกินออก
        Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j + K) = _
        Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, j - 1).Value 'นำลูกค้าที่ความจุเกิน มาใส่ในช่องถัดไป
        Cap = Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j + K)
        TotalCap = Worksheets("Data").Range("I6").Offset(Cap, 0)
        TotalCap = Temp + TotalCap
        Temp = TotalCap
    End If
    Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j + K + 1) = _
    Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, j).Value
    Cap = Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, Numcust + 1 + j + K + 1)
    TotalCap = Worksheets("Data").Range("I6").Offset(Cap, 0)
    TotalCap = Temp + TotalCap
    Temp = TotalCap
    K = K + 1 'เพื่อให้สามารถเลื่อนไปยังรถคันถัดไป
End If
    MaxCap = Worksheets("Data").Range("D9").Value
End If
Next j
Next i
```

รูปที่ ข.19 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง CheckCap

```
'ใส่ 0 คั่น ระหว่างลูกค้า เมื่อความจุเต็มแล้ว
For i = 1 To 2
  For j = Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1
    If Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, j).Value = "" Then
      Worksheets("Evaluation").Range("F13").Offset(i, j) = "0"
    End If
  Next j
Next i
'เช็คความจุของคำตอบใหม่
For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
  K = 1
  Temp = 0
  For j = 1 To Numcust
    If j < Numcust + 1 Then
      Do While Temp <= MaxCap
        Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j + K) = _
        Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j).Value
        Cap = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j + K)
        TotalCap = Worksheets("Data").Range("I6").Offset(Cap, 0)
        TotalCap = Temp + TotalCap
        Temp = TotalCap
        j = j + 1
        If j > Numcust Then '
          If Temp >= MaxCap Then '
            MaxCap = 1
          Else: MaxCap = 0
        End If
      End If
Loop
  If MaxCap = 1 Then
        Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j - 1 + K).ClearContents '
        Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j + K) = _
        Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j - 1).Value
        MaxCap = 0
  End If
```

รูปที่ ข.19 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง CheckCap

```
If MaxCap <> 0 Then
        If Temp > MaxCap Then '
            MaxCap = Worksheets("Data").Range("D9").Value
            TotalCap = 0
            Temp = 0
            Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j - 1 + K).ClearContents
            Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j + K) = _
            Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j - 1).Value
            Cap = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j + K)
            TotalCap = Worksheets("Data").Range("I6").Offset(Cap, 0)
            TotalCap = Temp + TotalCap
            Temp = TotalCap
        End If
        Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j + K + 1) = _
        Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j).Value
        Cap = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, Numcust + 1 + j + K + 1)
        TotalCap = Worksheets("Data").Range("I6").Offset(Cap, 0)
        TotalCap = Temp + TotalCap
        Temp = TotalCap
        K = K + 1
    End If
        MaxCap = Worksheets("Data").Range("D9").Value
    End If
    Next j
 Next i
 ใส่ 0
 For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
    For j = Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1
        If Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j).Value = "" Then
            Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j) = "0"
        End If
    Next j
Next i
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

รูปที่ ข.19 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง CheckCap

```
Public Sub SumCost()
'คำสั่งคำนวณค่าใช้จ่ายในการขนส่งระหว่างลูกค้าแต่ละราย
Dim NowCust As Integer
Dim NextCust As Integer
Dim Cost As Single
Dim SumCost1 As Single
Dim SumTC As Single
Dim NewSol() As Integer
Dim Rnew() As Integer
Dim Snew As Single
Dim TotalCost() As Single
Dim z As Integer
Dim x As Integer
Dim y As Integer

    Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
    Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value

Application.ScreenUpdating = False

ReDim NewSol(1 To (2 * (Numcust - 1)), Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1)
ReDim TotalCost(1 To (2 * (Numcust - 1)))
ReDim BestSol(0, Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1)

For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
    For j = Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1
        NewSol(i, j) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j).Value
    Next j
Next i

For z = 1 To (2 * (Numcust - 1))
    TotalCost(z) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(z, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3)
Next z
```

รูปที่ ข.20 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง SumCost

```
For z = 1 To (2 * (Numcust - 1))
        NowCust = 1
        SumTC = 0
        For NextCust = 2 To Numcust + Numcar + 1
            x = NewSol(z, NowCust + Numcust + 1) '¨Ò¡ sheet Run of Cycle , NewSol
            y = NewSol(z, NextCust + Numcust + 1)
                SumCost1 = Worksheets("Cost").Range("B7").Offset(x + 1, y + 1).Value
                SumTC = SumTC + SumCost1
            NowCust = NowCust + 1
        Next NextCust

        If NextCust = Numcust + Numcar + 2 Then
            If Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(z, NextCust + Numcust + 1).Value <> 0 Then
                SumTC = SumTC * 2
            End If
        End If
        TotalCost(z) = SumTC
Next z

'áÊ´§¤èÒÒÃÐÂÐ·Ò§ÃÇÁ ã¹ cell
For z = 1 To (2 * (Numcust - 1))
   Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(z, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3) = TotalCost(z)
Next z
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

รูปที่ ข.20 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง SumCost

```
Public Sub Timewindow()
'คำสั่งในการเช็คกรอบเวลา
Dim NowCust As Integer,NextCust As Integer
Dim Cost As Single,SumCost1 As Single
Dim DurationTrip As Single, CustomerClosed As Single,CustomerOpen As Single, HandlingTime As Single
Dim Runtime As Single,WaitTime As Single, SumTC As Single
Dim NewSol() As Integer
```

รูปที่ ข.21 แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง TimeWindow

```
Dim Rnew() As Integer
Dim Snew As Single
Dim TotalCost() As Single
Dim z As Integer
Dim x As Integer
Dim y As Integer
Dim K As Integer
Dim StartUseCar As Single
Dim FinishedUseCar As Single
Dim Penalty As Single
Penalty = 5000

    Numcust = Worksheets("Data").Range("D7").Value
    Numcar = Worksheets("Data").Range("D8").Value
    StartUseCar = Worksheets("Data").Range("D10").Value
    FinishedUseCar = Worksheets("Data").Range("D11").Value

Application.ScreenUpdating = False

ReDim NewSol(1 To (2 * (Numcust - 1)), Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1)
ReDim TotalCost(1 To (2 * (Numcust - 1)))
ReDim BestSol(0, Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1)

For i = 1 To (2 * (Numcust - 1))
    For j = Numcust + 2 To Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 1
        NewSol(i, j) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(i, j).Value
    Next j
Next i

For z = 1 To (2 * (Numcust - 1))
    TotalCost(z) = Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(z, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3)
Next z
```

รูปที่ ข.21 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง TimeWindow

```
For z = 1 To (2 * (Numcust - 1))
    K = 1
    Runtime = StartUseCar
        NowCust = 1
        For NextCust = 2 To Numcust + Numcar + 1
            x = NewSol(z, NowCust + Numcust + 1) '¨Òí sheet Evalution , NewSol
            y = NewSol(z, NextCust + Numcust + 1)
                If y <> 0 Then
                DurationTrip = Worksheets("Duration").Range("B7").Offset(x + 1, y + 1).Value
                CustomerClosed = Worksheets("Data").Range("K6").Offset(y, 0).Value
                CustomerOpen = Worksheets("Data").Range("J6").Offset(y, 0).Value
                HandlingTime = Worksheets("Data").Range("L6").Offset(y, 0).Value
                  If Runtime + DurationTrip < CustomerOpen Then 'Check
                    WaitTime = CustomerOpen - (Runtime + DurationTrip)
                    Runtime = Runtime + WaitTime + HandlingTime + DurationTrip

                ElseIf Runtime + DurationTrip >= CustomerOpen And Runtime + DurationTrip <= CustomerClosed
Then
                            Runtime = Runtime + HandlingTime + DurationTrip

                ElseIf Runtime + DurationTrip > CustomerClosed Then 'Check
                            Runtime = Runtime + HandlingTime + DurationTrip
                            TotalCost(z) = TotalCost(z) + (2 * Penalty)
                End If
                End If

                If y = 0 Then
                DurationTrip = Worksheets("Duration").Range("B7").Offset(x + 1, y + 1).Value
                Runtime = Runtime + DurationTrip
                Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(z, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3 + K) = Runtime
                Runtime = StartUseCar
                K = K + 1
                End If
            NowCust = NowCust + 1
        Next NextCust
Next z
```

รูปที่ ข.21 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง TimeWindow

```
For z = 1 To (2 * (Numcust - 1))
    Worksheets("Evaluation").Range("F16").Offset(z, Numcust + 1 + Numcust + Numcar + 3) = TotalCost(z)
Next z
Application.ScreenUpdating = True
End Sub
```

รูปที่ ข.21 (ต่อ) แสดงคำสั่งเรียกใช้คำสั่ง TimeWindow

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ภาคผนวก ค

โจทย์ในการทดสอบประสิทธิภาพโปรแกรม

1. โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาที่ 1

กำหนดให้มีลูกค้า 10 ราย มีจำนวนรถ 3 คัน แต่ละคันมีความจุเท่ากันคือ 20 ตัน รถสามารถเริ่มใช้งานหรือออกจากคลังสินค้าเวลา 06.00 น. โดยมีความต้องการสินค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ละราย ดังตาราง

ตารางที่ ค.1 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า(ตัน)
1	6
2	5
3	4
4	5
5	6
6	5
7	3
8	5
9	4
10	5

ตารางที่ ค.2 แสดงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	เวลาเริ่ม (น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
1	8.00	24.00	0.60
2	7.00	18.00	0.50
3	9.00	24.00	0.40
4	13.00	18.00	0.50
5	6.00	24.00	0.60
6	9.00	24.00	0.50
7	18.00	24.00	0.30
8	6.00	12.00	0.50
9	7.00	24.00	0.40
10	13.00	24.00	0.50

ตารางที่ ค.3 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	2	1	1	3	4	3	5	1	1	4
1	3	0	1	4	5	3	1	4	3	3	3
2	2	2	0	3	1	5	1	3	2	5	4
3	2	4	2	0	1	2	4	2	2	3	2
4	2	1	3	2	0	3	4	5	2	3	1
5	4	3	5	1	5	0	2	1	3	2	5
6	1	1	2	3	5	3	0	5	5	4	4
7	5	2	3	3	4	1	3	0	5	3	3
8	3	2	4	3	4	5	2	2	0	1	3
9	2	3	2	5	3	1	4	4	4	0	1
10	5	2	5	1	1	4	2	3	1	1	0

ตารางที่ ค.4 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	313	332	216	221	410	105	405	426	384	118
1	266	0	416	249	485	449	122	480	245	310	407
2	121	337	0	219	349	359	205	212	432	430	336
3	495	465	190	0	492	197	314	142	500	371	106
4	330	140	141	420	0	118	218	253	220	480	492
5	260	211	164	165	359	0	265	385	230	353	183
6	174	333	132	283	463	204	0	251	216	468	353
7	351	271	139	324	378	466	434	0	317	467	272
8	371	301	306	285	241	262	208	122	0	492	124
9	256	246	296	162	290	203	352	317	162	0	362
10	302	256	143	414	284	402	339	433	107	184	0

2. โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาที่ 2

กำหนดให้มีลูกค้า 10 ราย มีจำนวนรถ 3 คัน แต่ละคันมีความจุเท่ากันคือ 20 ตัน รถสามารถเริ่มใช้งานหรือออกจากคลังสินค้าเวลา 06.00 น. โดยมีความต้องการสินค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ละราย ดังตาราง

ตารางที่ ค.5 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า (ตัน)
1	5
2	6
3	5
4	4
5	6
6	3
7	5
8	5
9	5
10	4

ตารางที่ ค.6 แสดงเวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	เวลาเริ่ม(น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
1	6.00	11.00	0.50
2	7.00	12.00	0.60
3	9.00	14.00	0.50
4	13.00	18.00	0.40
5	8.00	13.00	0.60
6	16.00	21.00	0.30
7	18.00	23.00	0.50
8	13.00	18.00	0.50
9	7.00	12.00	0.50
10	18.00	23.00	0.40

ตารางที่ ค.7 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	2	1	1	3	4	3	5	1	1	4
1	3	0	1	4	5	3	1	4	3	3	3
2	2	2	0	3	1	5	1	3	2	5	4
3	2	4	2	0	1	2	4	2	2	3	2
4	2	1	3	2	0	3	4	5	2	3	1
5	4	3	5	1	5	0	2	1	3	2	5
6	1	1	2	3	5	3	0	5	5	4	4
7	5	2	3	3	4	1	3	0	5	3	3
8	3	2	4	3	4	5	2	2	0	1	3
9	2	3	2	5	3	1	4	4	4	0	1
10	5	2	5	1	1	4	2	3	1	1	0

ตารางที่ ค.8 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	313	332	216	221	410	105	405	426	384	118
1	266	0	416	249	485	449	122	480	245	310	407
2	121	337	0	219	349	359	205	212	432	430	336
3	495	465	190	0	492	197	314	142	500	371	106
4	330	140	141	420	0	118	218	253	220	480	492
5	260	211	164	165	359	0	265	385	230	353	183
6	174	333	132	283	463	204	0	251	216	468	353
7	351	271	139	324	378	466	434	0	317	467	272
8	371	301	306	285	241	262	208	122	0	492	124
9	256	246	296	162	290	203	352	317	162	0	362
10	302	256	143	414	284	402	339	433	107	184	0

ตารางที่ ค.9 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	2	1	1	3	4	3	5	1	1	4
1	3	0	1	4	5	3	1	4	3	3	3
2	2	2	0	3	1	5	1	3	2	5	4
3	2	4	2	0	1	2	4	2	2	3	2
4	2	1	3	2	0	3	4	5	2	3	1
5	4	3	5	1	5	0	2	1	3	2	5
6	1	1	2	3	5	3	0	5	5	4	4
7	5	2	3	3	4	1	3	0	5	3	3
8	3	2	4	3	4	5	2	2	0	1	3
9	2	3	2	5	3	1	4	4	4	0	1
10	5	2	5	1	1	4	2	3	1	1	0

ตารางที่ ค.10 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	0	313	332	216	221	410	105	405	426	384	118
1	266	0	416	249	485	449	122	480	245	310	407
2	121	337	0	219	349	359	205	212	432	430	336
3	495	465	190	0	492	197	314	142	500	371	106
4	330	140	141	420	0	118	218	253	220	480	492
5	260	211	164	165	359	0	265	385	230	353	183
6	174	333	132	283	463	204	0	251	216	468	353
7	351	271	139	324	378	466	434	0	317	467	272
8	371	301	306	285	241	262	208	122	0	492	124
9	256	246	296	162	290	203	352	317	162	0	362
10	302	256	143	414	284	402	339	433	107	184	0

3. โจทย์ปัญหาขนาดกลาง ปัญหาที่ 3

กำหนดให้มีลูกค้า 20 ราย มีจำนวนรถ 6 คัน แต่ละคันมีความจุเท่ากันคือ 20 ตัน รถสามารถเริ่มใช้งานหรือออกจากคลังสินค้าเวลา 06.00 น. โดยมีความต้องการสินค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ระลาย ดังตาราง

ตารางที่ ค.11 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า (ตัน)	เวลาเริ่ม (น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
1	4	6.00	24.00	0.40
2	6	6.00	24.00	0.60
3	5	7.00	18.00	0.50
4	5	7.00	18.00	0.50
5	4	8.00	24.00	0.40
6	3	8.00	18.00	0.30
7	6	9.00	24.00	0.60
8	5	9.00	18.00	0.50
9	6	6.00	12.00	0.60
10	4	6.00	18.00	0.40
11	5	7.00	18.00	0.50
12	6	7.00	18.00	0.60
13	5	13.00	24.00	0.50
14	5	8.00	24.00	0.50
15	6	6.00	24.00	0.60
16	3	7.00	18.00	0.30
17	5	6.00	18.00	0.50
18	6	6.00	13.00	0.60
19	5	6.00	18.00	0.50
20	6	13.00	24.00	0.60

ตารางที่ ค.12 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	3	2	3	3	3	1	3	2	5	5	5	5	3	5	5	2	1	4	1	2
1	4	0	1	2	2	3	2	2	5	2	2	3	5	3	4	4	3	5	4	3	2
2	3	4	0	5	2	4	5	2	2	1	2	5	4	3	4	2	3	4	5	1	3
3	3	1	3	0	3	3	5	5	3	3	4	1	1	2	1	1	3	3	3	4	1
4	3	1	2	4	0	3	2	5	4	3	3	4	1	1	2	4	5	2	4	4	1
5	4	3	2	4	5	0	4	1	4	5	1	5	1	2	3	5	1	1	3	2	3
6	3	4	3	2	1	3	0	4	3	4	5	3	4	4	4	4	1	4	1	2	5
7	5	2	1	2	5	2	2	0	4	4	4	2	5	4	5	2	2	3	2	2	3
8	4	1	1	4	5	4	3	1	0	5	4	2	3	3	4	1	4	5	2	1	3
9	4	2	3	4	3	4	3	1	2	0	5	2	4	2	5	2	4	1	2	1	3
10	3	3	1	2	1	2	4	4	5	5	0	4	1	5	2	4	3	4	4	4	4
11	2	3	3	3	2	3	2	5	3	3	3	0	2	1	4	1	1	2	1	4	4
12	3	3	2	4	2	1	5	1	3	4	4	5	0	3	5	5	3	3	2	2	5
13	3	3	4	1	4	2	1	2	5	2	4	2	2	0	2	2	3	4	2	4	3
14	4	1	1	1	2	2	3	2	5	5	3	2	1	2	0	4	5	2	2	5	1
15	3	4	4	4	5	1	2	5	2	4	2	5	3	5	2	0	5	2	5	5	5

ตารางที่ ค.12 (ต่อ) แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	3	4	3	1	4	4	5	2	1	3	1	2	3	2	5	1	0	4	3	1	4
17	2	5	2	2	2	2	2	3	4	2	3	3	5	5	2	5	4	0	4	3	3
18	1	5	1	3	4	1	4	4	4	3	1	3	3	1	3	1	1	2	0	4	2
19	3	3	1	3	3	5	2	1	3	2	3	2	2	1	4	2	3	5	3	0	2
20	1	1	1	1	4	2	1	1	4	5	3	5	5	3	1	4	2	2	4	3	0

ตารางที่ ค.13 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	313	332	216	221	410	105	405	426	384	118	266	445	416	249	485	449	122	480	245	310
1	407	0	337	287	219	349	359	205	212	432	430	336	495	465	190	378	492	197	314	142	500
2	371	106	0	140	141	420	214	118	218	253	220	480	492	260	211	164	165	359	264	265	385
3	230	353	183	0	333	132	283	463	204	414	251	216	468	353	351	271	139	324	378	466	434
4	109	317	467	272	0	301	306	285	241	262	208	122	197	492	124	256	246	296	162	290	203
5	352	317	162	476	362	0	256	143	414	284	402	339	433	107	184	129	142	233	151	100	315
6	363	318	431	132	176	372	0	243	160	382	472	312	135	403	261	285	297	183	232	138	336
7	168	471	139	277	209	449	401	0	370	202	136	112	229	416	219	194	292	202	236	118	293
8	182	446	336	402	472	232	317	132	0	264	485	145	470	348	239	159	292	187	498	152	111
9	238	319	470	315	262	439	431	369	389	0	236	298	265	378	171	269	317	426	316	271	304
10	191	348	296	373	455	248	221	217	160	312	0	334	245	451	291	176	374	399	346	413	164
11	423	181	483	126	124	418	252	285	147	146	169	0	386	313	324	186	287	399	401	259	462
12	399	135	354	385	106	272	261	210	495	421	379	267	0	211	242	273	478	148	359	239	141

ตารางที่ ค.13 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
13	174	131	273	484	317	298	490	187	251	258	212	301	155	0	487	323	464	363	276	377	125
14	403	380	299	162	189	230	414	120	307	403	421	230	490	422	0	462	451	267	149	482	419
15	379	261	106	167	165	304	262	142	210	357	440	299	175	459	249	0	409	187	279	194	452
16	344	250	256	445	334	473	307	232	448	203	204	171	239	101	397	437	0	381	262	425	397
17	275	131	264	236	384	225	420	160	337	483	197	476	145	494	353	340	461	0	198	444	130
18	275	404	198	251	259	311	208	333	184	131	459	144	361	461	192	480	439	276	0	408	434
19	253	178	230	265	161	348	139	182	377	302	173	497	289	101	270	215	401	457	429	0	143
20	104	160	251	175	492	449	333	392	158	203	111	431	414	417	233	280	322	422	326	181	0

4. โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาที่ 4

กำหนดให้มีลูกค้า 20 ราย มีจำนวนรถ 6 คัน แต่ละคันมีความจุเท่ากันคือ 20 ตัน รถสามารถเริ่มใช้งานหรือออกจากคลังสินค้าเวลา 06.00 น. โดยมีความต้องการสินค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ระลาย ดังตาราง

ตารางที่ ค.14 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า (ตัน)	เวลาเริ่ม (น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
1	7	6.00	12.00	0.70
2	3	6.00	12.00	0.30
3	5	7.00	13.00	0.50
4	6	7.00	14.00	0.60
5	4	8.00	15.00	0.40
6	3	8.00	15.00	0.30
7	6	9.00	15.00	0.60
8	7	9.00	15.00	0.70
9	4	10.00	15.00	0.40
10	2	13.00	18.00	0.20
11	5	13.00	18.00	0.50
12	7	8.00	15.00	0.70
13	5	15.00	20.00	0.50
14	5	6.00	12.00	0.50
15	5	6.00	13.00	0.50
16	4	7.00	15.00	0.40
17	7	8.00	13.00	0.70
18	6	6.00	12.00	0.60
19	5	6.00	12.00	0.50
20	4	13.00	18.00	0.40

ตารางที่ ค.15 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	5	1	3	4	3	4	1	2	1	4	5	2	2	5	1	3	2	2	5	3
1	3	0	5	1	4	4	2	5	3	4	2	2	4	3	3	4	4	1	1	1	1
2	3	5	0	2	5	3	2	5	1	1	5	5	5	5	2	4	4	5	3	1	5
3	1	2	4	0	3	5	3	5	4	3	4	3	3	1	1	2	3	2	4	1	3
4	1	5	2	1	0	4	2	4	5	5	2	3	5	5	3	5	3	3	5	4	5
5	1	4	4	5	5	0	4	3	4	3	1	2	3	5	5	2	5	3	5	3	4
6	2	1	5	3	5	5	0	5	1	5	2	2	1	5	5	2	3	2	2	2	1
7	4	3	5	1	2	4	3	0	5	2	5	2	4	5	4	2	3	4	3	1	5
8	1	1	2	3	3	5	1	5	0	1	4	1	1	4	2	5	2	2	3	4	4
9	1	5	2	2	1	5	3	3	5	0	3	1	5	3	3	2	1	4	2	2	2
10	3	4	1	3	5	3	4	2	1	4	0	4	2	4	1	5	2	5	1	3	1
11	4	5	2	3	3	1	4	5	1	4	1	0	5	4	4	1	1	5	4	5	1
12	1	2	1	2	5	2	4	5	1	5	5	2	0	4	1	4	3	5	1	2	4
13	2	2	1	1	5	4	3	3	3	5	3	4	2	0	2	2	1	4	5	2	3
14	5	4	3	5	2	1	5	3	4	4	2	5	2	2	0	4	5	1	5	4	5
15	4	2	3	5	1	4	3	3	1	1	5	5	1	4	5	0	2	3	5	1	5

ตารางที่ ค.15 (ต่อ) แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
16	4	2	1	5	3	4	1	1	5	2	5	3	1	2	4	5	0	2	5	5	3
17	3	1	5	2	1	2	4	2	4	4	4	1	1	2	1	5	1	0	5	2	2
18	4	4	2	1	3	1	2	5	4	3	3	2	1	2	5	1	5	1	0	2	5
19	1	3	3	5	3	5	5	1	3	3	4	3	5	1	4	4	4	3	5	0	1
20	4	2	5	4	2	1	4	1	4	2	1	4	3	3	5	5	2	1	4	5	0

ตารางที่ ค.16 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	0	313	332	216	221	410	105	405	426	384	118	266	445	416	249	485	449	122	480	245	310
1	407	0	337	287	219	349	359	205	212	432	430	336	495	465	190	378	492	197	314	142	500
2	371	106	0	140	141	420	214	118	218	253	220	480	492	260	211	164	165	359	264	265	385
3	230	353	183	0	333	132	283	463	204	414	251	216	468	353	351	271	139	324	378	466	434
4	109	317	467	272	0	301	306	285	241	262	208	122	197	492	124	256	246	296	162	290	203
5	352	317	162	476	362	0	256	143	414	284	402	339	433	107	184	129	142	233	151	100	315
6	363	318	431	132	176	372	0	243	160	382	472	312	135	403	261	285	297	183	232	138	336
7	168	471	139	277	209	449	401	0	370	202	136	112	229	416	219	194	292	202	236	118	293
8	182	446	336	402	472	232	317	132	0	264	485	145	470	348	239	159	292	187	498	152	111
9	238	319	470	315	262	439	431	369	389	0	236	298	265	378	171	269	317	426	316	271	304
10	191	348	296	373	455	248	221	217	160	312	0	334	245	451	291	176	374	399	346	413	164
11	423	181	483	126	124	418	252	285	147	146	169	0	386	313	324	186	287	399	401	259	462
12	399	135	354	385	106	272	261	210	495	421	379	267	0	211	242	273	478	148	359	239	141
13	174	131	273	484	317	298	490	187	251	258	212	301	155	0	487	323	464	363	276	377	125

ตารางที่ ค.16 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
14	403	380	299	162	189	230	414	120	307	403	421	230	490	422	0	462	451	267	149	482	419
15	379	261	106	167	165	304	262	142	210	357	440	299	175	459	249	0	409	187	279	194	452
16	344	250	256	445	334	473	307	232	448	203	204	171	239	101	397	437	0	381	262	425	397
17	275	131	264	236	384	225	420	160	337	483	197	476	145	494	353	340	461	0	198	444	130
18	275	404	198	251	259	311	208	333	184	131	459	144	361	461	192	480	439	276	0	408	434
19	253	178	230	265	161	348	139	182	377	302	173	497	289	101	270	215	401	457	429	0	143
20	104	160	251	175	492	449	333	392	158	203	111	431	414	417	233	280	322	422	326	181	0

5. โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาที่ 5

กำหนดให้มีลูกค้า 30 ราย มีจำนวนรถ 8 คัน แต่ละคันมีความจุเท่ากันคือ 20 ตัน รถสามารถเริ่มใช้งานหรือออกจากคลังสินค้าเวลา 06.00 น. โดยมีความต้องการสินค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ระลาย ดังตาราง

ตารางที่ ค.17 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า (ตัน)	เวลาเริ่ม (น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
1	6	6.00	24.00	0.60
2	5	8.00	18.00	0.50
3	4	6.00	18.00	0.40
4	3	9.00	18.00	0.50
5	6	6.00	24.00	0.60
6	5	8.00	18.00	0.50
7	6	6.00	24.00	0.30
8	5	9.00	20.00	0.50
9	4	6.00	24.00	0.40
10	5	7.00	18.00	0.50
11	5	6.00	24.00	0.5
12	4	13.00	24.00	0.4
13	5	6.00	24.00	0.5
14	3	13.00	18.00	0.3
15	4	6.00	24.00	0.4
16	6	8.00	24.00	0.6
17	5	6.00	24.00	0.5
18	4	7.00	24.00	0.4
19	3	6.00	24.00	0.3
20	6	9.00	18.00	0.6

ตารางที่ ค.17 (ต่อ) แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า (ตัน)	เวลาเริ่ม (น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
21	3	6.00	24.00	0.3
22	4	8.00	16.00	0.4
23	6	6.00	24.00	0.6
24	5	9.00	18.00	0.5
25	4	6.00	24.00	0.4
26	5	13.00	24.00	0.5
27	3	6.00	24.00	0.3
28	5	13.00	18.00	0.5
29	4	6.00	24.00	0.4
30	4	6.00	18.00	0.4

ตารางที่ ค.18 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	0	2	4	1	3	1	5	2	1	5	4	2	4	5	5	2	3	5	5	3	5	3	3	5	4	5	1	4	4	5	5
1	4	0	3	4	3	1	2	3	5	5	2	5	3	5	3	4	2	1	5	3	5	5	4	5	1	5	2	2	1	5	5
2	2	3	0	2	2	1	4	3	5	1	2	4	3	2	5	2	5	2	4	5	4	2	3	4	3	1	5	1	1	2	3
3	3	5	1	0	2	1	4	1	1	4	2	5	2	2	3	4	4	1	5	2	2	1	5	3	3	5	2	3	1	5	3
4	3	2	1	4	0	2	2	3	4	1	3	5	3	4	2	1	4	3	4	2	4	1	5	2	5	1	3	1	4	5	2
5	3	3	1	4	5	0	4	1	5	5	4	4	1	1	5	4	5	1	1	2	1	2	5	2	4	5	1	5	5	2	1
6	4	1	4	3	5	1	0	4	2	2	1	1	5	4	3	3	3	5	3	4	2	2	2	2	1	4	5	2	3	5	4
7	3	5	2	1	5	3	4	0	2	5	2	2	2	4	5	1	5	4	5	4	2	3	5	1	4	3	3	1	1	5	5
8	1	4	5	1	2	3	5	1	0	4	2	1	5	3	4	1	1	5	2	5	3	1	2	4	5	2	2	5	5	3	3
9	1	5	2	1	2	4	2	4	4	0	1	1	2	1	5	1	4	5	2	2	4	4	2	1	3	1	2	5	4	3	3
10	2	1	2	5	1	5	1	4	2	5	0	3	3	5	3	5	5	1	3	3	4	3	5	1	4	4	4	3	5	5	1
11	4	2	5	4	2	1	4	1	4	2	1	0	3	3	5	5	2	1	4	5	2	5	4	2	3	2	3	3	3	4	2
12	2	5	2	1	1	2	1	3	5	2	2	4	0	4	2	1	5	2	4	5	2	2	3	4	2	5	4	3	1	1	2

ตารางที่ ค.18 (ต่อ) แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
13	5	1	2	4	2	2	1	2	3	5	1	4	1	0	4	4	3	4	1	5	2	1	2	4	1	5	1	3	5	3	5
14	3	4	4	2	1	4	5	4	3	2	2	4	2	4	0	1	5	5	4	1	3	1	4	4	3	1	3	4	5	2	2
15	4	2	3	4	4	1	4	5	4	5	1	2	4	2	5	0	5	5	1	5	1	4	4	5	3	5	1	3	2	3	1
16	2	4	1	2	1	5	2	4	5	4	3	4	2	1	2	2	0	2	4	3	5	3	3	4	4	5	1	3	1	4	1
17	3	3	5	3	4	2	5	5	2	5	3	2	5	3	5	1	5	0	2	2	3	4	2	5	1	4	1	5	1	3	3
18	1	1	2	1	5	5	3	1	4	4	2	3	1	4	2	3	5	3	0	2	4	1	4	4	5	5	4	2	3	3	1
19	1	5	2	5	3	1	5	2	2	1	3	2	4	2	5	4	1	2	2	0	2	5	3	2	5	4	5	3	2	5	1
20	1	4	2	2	4	2	2	2	3	5	4	5	3	2	5	3	2	3	1	5	0	3	1	1	4	1	5	5	5	5	5
21	2	5	2	3	5	5	4	3	1	4	1	1	2	3	2	4	3	2	2	3	3	0	5	2	2	5	2	2	2	4	3
22	5	3	3	2	1	1	5	3	3	2	1	5	3	2	3	2	5	4	5	2	1	3	0	1	3	5	4	4	1	2	3
23	5	4	1	4	4	5	3	3	2	3	5	5	4	5	1	5	5	2	5	3	4	3	2	0	4	4	3	1	4	5	2
24	3	5	3	3	1	3	2	3	4	1	3	3	3	2	4	2	4	5	2	2	1	5	2	3	0	2	5	2	2	1	2
25	5	1	5	1	2	4	1	4	3	2	1	4	1	1	1	1	2	3	4	4	3	2	4	5	3	0	4	1	1	4	2

ตารางที่ ค.18 (ต่อ) แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

26	5	3	1	4	5	2	1	4	4	5	5	2	5	5	1	1	1	2	2	1	3	3	2	4	1	3	0	3	3	5	3
27	2	5	2	3	5	3	4	1	2	5	1	2	1	2	2	4	3	5	4	4	4	5	2	2	3	5	5	0	2	1	3
28	1	2	2	5	5	2	1	2	4	5	4	3	2	2	4	4	1	4	1	2	3	2	5	4	4	5	2	2	0	5	5
29	5	4	3	2	4	1	2	4	1	2	1	4	3	4	3	3	4	4	3	2	1	3	3	2	4	4	3	4	1	0	4
30	4	5	4	1	4	5	5	4	3	4	2	4	3	3	2	2	2	3	5	2	1	4	4	4	3	1	3	4	3	3	0

ตารางที่ ค.19 แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	0	313	332	216	221	410	105	405	426	384	118	266	445	416	249	485	449	122	480	245	310	407	121	337	287	219	349	359	205	212	432
1	430	0	495	465	190	378	492	197	314	142	500	371	106	330	140	141	420	214	118	218	253	220	480	492	260	211	164	165	359	264	265
2	385	230	0	183	174	333	132	283	463	204	414	251	216	468	353	351	271	139	324	378	466	434	109	317	467	272	371	301	306	285	241
3	262	208	122	0	492	124	256	246	296	162	290	203	352	317	162	476	362	302	256	143	414	284	402	339	433	107	184	129	142	233	151
4	100	315	363	318	0	132	176	372	282	243	160	382	472	312	135	403	261	285	297	183	232	138	336	168	471	139	277	209	449	401	209
5	370	202	136	112	229	0	219	194	292	202	236	118	293	182	446	336	402	472	232	317	132	354	264	485	145	470	348	239	159	292	187
6	498	152	111	238	319	470	0	262	439	431	369	389	499	236	298	265	378	171	269	317	426	316	271	304	191	348	296	373	455	248	221
7	217	160	312	189	334	245	451	0	176	374	399	346	413	164	423	181	483	126	124	418	252	285	147	146	169	119	386	313	324	186	287
8	399	401	259	462	399	135	354	385	0	272	261	210	495	421	379	267	394	211	242	273	478	148	359	239	141	174	131	273	484	317	298
9	490	187	251	258	212	301	155	307	487	0	464	363	276	377	125	403	380	299	162	189	230	414	120	307	403	421	230	490	422	370	462
10	451	267	149	482	419	379	261	106	167	165	0	262	142	210	357	440	299	175	459	249	229	409	187	279	194	452	344	250	256	445	334
11	473	307	232	448	203	204	171	239	101	397	437	0	381	262	425	397	275	131	264	236	384	225	420	160	337	483	197	476	145	494	353
12	340	461	330	198	444	130	275	404	198	251	259	311	0	333	184	131	459	144	361	461	192	480	439	276	297	408	434	253	178	230	265
13	161	348	139	182	377	302	173	497	289	101	270	215	401	0	429	170	143	104	160	251	175	492	449	333	392	158	203	111	431	414	417
14	233	280	322	422	326	181	183	246	329	238	311	270	329	120	0	182	486	474	498	436	264	422	496	203	169	378	106	235	377	144	144
15	216	259	324	224	218	423	224	250	260	437	254	390	364	262	481	0	306	189	333	400	283	462	213	367	456	212	247	105	218	494	405

ตารางที่ ค.19 (ต่อ) แสดงค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
16	332	342	207	303	418	443	137	317	266	129	281	380	300	263	478	494	0	313	346	135	173	213	107	161	268	319	323	413	117	262	123
17	225	341	307	339	232	464	408	330	273	393	165	123	197	404	481	238	374	0	114	418	293	182	341	464	479	362	105	365	486	103	482
18	129	217	333	423	116	121	326	226	265	304	394	280	229	129	263	329	406	332	0	423	267	419	389	378	393	177	410	128	199	481	428
19	188	173	195	471	203	202	386	366	409	404	223	430	388	459	189	242	321	242	181	0	352	155	124	354	436	357	270	175	298	490	408
20	252	294	319	370	115	359	460	236	147	270	409	243	265	399	275	388	303	169	211	134	0	213	347	222	441	227	418	169	220	129	297
21	281	339	112	227	154	231	404	351	486	431	322	343	176	461	227	340	339	407	386	375	404	0	320	304	326	212	266	240	489	307	333
22	286	112	251	155	362	161	179	250	138	346	381	276	268	234	381	185	117	455	117	283	396	402	0	184	287	448	432	264	285	239	199
23	423	318	315	351	135	385	203	123	210	485	231	359	245	248	231	186	185	269	347	196	375	336	341	0	117	161	198	259	334	215	435
24	460	311	255	101	200	165	358	493	225	196	452	151	328	343	344	378	440	139	258	429	207	372	258	434	0	435	187	393	460	187	493
25	487	449	309	361	283	162	357	345	442	247	121	302	121	250	280	219	488	105	360	346	313	111	387	225	493	0	246	229	241	194	337
26	381	207	330	331	497	473	200	424	408	263	352	297	299	153	488	171	336	373	143	361	395	412	273	133	300	330	0	265	147	158	226
27	497	342	210	266	288	125	283	275	478	209	169	302	237	305	258	204	127	357	246	319	453	269	338	252	122	143	158	0	404	206	155
28	116	377	438	307	420	494	310	127	350	232	211	373	261	254	182	451	160	261	344	320	392	149	230	103	414	469	220	190	0	175	267
29	245	230	492	332	311	153	460	112	417	388	197	477	287	390	259	193	341	321	285	360	407	126	163	140	120	318	483	190	238	0	292
30	193	440	127	153	486	434	430	499	195	365	351	489	268	122	452	165	199	343	246	312	468	319	484	406	262	403	330	278	118	115	0

6. โจทย์ปัญหาขนาดเล็ก ปัญหาที่ 6

กำหนดให้มีลูกค้า 30 ราย มีจำนวนรถ 8 คัน แต่ละคันมีความจุเท่ากันคือ 20 ตัน รถสามารถเริ่มใช้งานหรือออกจากคลังสินค้าเวลา 06.00 น. โดยมีความต้องการสินค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้าของลูกค้าแต่ระลาย ดังตาราง

ตารางที่ ค.20 แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า(ตัน)	เวลาเริ่ม(น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
1	6	8.00	12.00	0.60
2	5	8.00	12.00	0.50
3	6	9.00	15.00	0.40
4	3	9.00	15.00	0.50
5	4	10.00	16.00	0.60
6	5	10.00	16.00	0.50
7	6	12.00	18.00	0.30
8	3	13.00	18.00	0.50
9	4	13.00	18.00	0.40
10	4	12.00	17.00	0.50
11	5	18.00	24.00	0.5
12	6	18.00	24.00	0.4
13	5	15.00	20.00	0.5
14	3	15.00	20.00	0.3
15	5	6.00	15.00	0.5
16	3	8.00	15.00	0.3
17	4	6.00	18.00	0.4
18	5	7.00	12.00	0.5
19	4	13.00	18.00	0.4
20	4	9.00	18.00	0.4
21	5	9.00	15.00	0.5
22	4	10.00	16.00	0.4

ตารางที่ ค.20 (ต่อ) แสดงความต้องการสินค้าของลูกค้า เวลาเปิด-ปิดรับสินค้า และเวลาที่ใช้ในการขนถ่ายสินค้า

ลูกค้า	ความต้องการสินค้า(ตัน)	เวลาเริ่ม(น.)	เวลาสิ้นสุด (น.)	เวลาที่ใช้ขนถ่าย (ชม.)
23	6	11.00	18.00	0.6
24	5	13.00	18.00	0.5
25	3	15.00	20.00	0.3
26	5	18.00	24.00	0.5
27	3	6.00	12.00	0.3
28	6	13.00	18.00	0.6
29	4	13.00	20.00	0.4
30	5	6.00	18.00	0.5

ตารางที่ ค.21 แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	0	4	4	4	4	1	5	4	2	5	1	1	3	4	2	4	4	3	4	4	4	5	3	4	2	1	3	2	3	2	1
1	2	0	5	5	3	1	2	2	5	2	1	2	1	3	5	3	4	5	5	3	2	5	5	3	3	1	3	2	3	1	2
2	4	5	0	4	3	5	1	2	5	2	2	2	2	5	5	3	5	1	3	5	1	1	1	5	1	1	3	2	2	4	5
3	3	2	1	0	5	1	5	3	5	4	3	3	1	5	4	1	5	4	3	2	2	3	5	1	3	3	2	3	2	4	3
4	1	2	2	4	0	3	5	4	4	1	2	5	5	5	4	2	4	3	2	3	3	5	2	2	5	2	1	4	2	3	5
5	3	3	5	5	1	0	3	1	3	2	3	5	3	3	1	5	5	5	5	1	5	5	4	4	1	3	2	5	5	4	5
6	1	4	3	5	4	2	0	3	1	3	4	2	5	3	2	5	4	5	4	1	1	2	5	4	5	4	2	5	4	4	5
7	1	3	2	4	4	3	4	0	4	5	4	4	2	2	1	2	1	3	2	3	1	5	2	1	5	2	1	4	5	1	3
8	5	2	3	3	3	4	5	1	0	5	1	2	3	4	4	3	4	4	2	3	4	4	2	3	5	5	1	3	2	3	5
9	2	4	2	3	2	4	1	1	5	0	5	4	3	5	4	1	3	3	3	5	1	4	4	1	3	5	4	3	5	4	1
10	1	2	2	5	3	5	3	4	3	1	0	4	2	3	2	1	5	5	4	3	1	5	3	2	2	2	4	2	1	5	3
11	5	2	4	5	2	1	3	4	3	5	2	0	2	5	2	1	1	2	2	1	3	2	4	2	5	2	2	5	3	4	2
12	5	4	2	4	2	1	2	1	4	1	3	1	0	3	1	2	1	5	5	2	1	3	1	4	3	1	2	1	3	2	5
13	2	4	4	5	2	4	2	2	1	5	1	3	5	0	2	4	2	4	2	3	3	2	3	2	5	5	2	4	3	5	4

ตารางที่ ค.21 (ต่อ) แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
14	1	1	3	2	1	5	1	5	5	4	1	3	1	4	0	3	3	5	2	3	5	3	2	1	3	5	1	4	3	1	5
15	2	1	4	4	5	1	1	3	3	4	4	4	5	5	1	0	5	3	5	4	5	5	2	4	3	4	3	2	4	3	3
16	3	2	4	3	4	5	2	5	5	3	4	3	2	4	4	4	0	4	5	3	2	5	1	1	3	3	4	5	2	5	2
17	3	4	3	5	4	2	5	1	4	2	3	3	2	2	3	2	1	0	3	1	1	4	1	3	1	1	5	1	2	3	4
18	5	4	4	5	1	2	4	1	3	1	5	3	5	2	3	2	3	5	0	3	3	4	2	3	5	2	2	4	5	5	3
19	2	5	4	3	1	3	2	5	5	2	1	4	1	5	2	1	5	5	5	0	2	2	2	4	5	5	5	1	5	4	5
20	5	2	2	2	1	2	2	1	5	4	5	5	3	4	4	5	4	2	4	5	0	1	3	2	3	4	2	2	3	2	2
21	1	1	1	3	5	3	2	1	5	4	5	3	4	3	5	5	5	5	2	2	1	0	3	5	4	1	5	5	2	4	5
22	4	1	3	5	4	2	4	1	4	3	3	1	4	3	5	4	3	4	2	2	3	4	0	4	2	5	1	2	4	3	3
23	3	1	5	5	2	2	2	4	3	5	3	1	4	3	3	2	1	1	2	3	2	2	5	0	3	2	4	5	2	1	2
24	2	5	1	4	5	4	3	2	4	3	3	5	4	4	2	1	2	4	3	5	4	1	3	4	0	5	1	3	2	1	2
25	5	4	2	5	3	4	3	4	1	3	5	2	4	1	1	1	1	2	4	3	4	4	5	3	3	0	3	5	2	4	1
26	4	2	1	2	3	4	5	5	5	2	3	3	1	1	5	4	4	5	5	5	1	5	5	2	3	5	0	3	1	3	3
27	5	2	4	1	1	3	1	2	4	5	4	2	3	2	2	2	2	4	2	4	1	3	3	5	2	1	5	0	4	5	5

ตารางที่ ค.21 (ต่อ) แสดงเวลาในการเดินทาง (ชั่วโมง)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
28	3	4	5	3	2	2	1	1	1	5	2	4	1	4	3	4	1	2	2	1	5	3	2	4	2	5	1	1	0	1	4
29	1	5	1	2	3	2	1	3	5	1	1	5	1	1	5	3	1	4	1	4	5	4	4	2	4	3	5	2	4	0	3
30	3	5	3	2	1	1	2	2	5	3	4	5	4	4	1	1	5	4	4	4	2	1	5	4	2	4	1	2	2	5	0

ตารางที่ ค.22 ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	0	448	248	161	148	387	150	193	135	273	244	353	438	329	488	491	323	276	341	350	190	441	249	317	102	159	427	283	416	289	130
1	194	0	207	249	313	430	125	380	373	196	287	411	434	458	281	202	237	408	444	169	267	226	168	361	100	402	307	441	469	371	482
2	172	209	0	486	397	124	235	195	113	138	401	372	464	152	466	367	413	198	352	336	126	300	416	334	458	427	377	332	124	148	347
3	315	191	394	0	495	254	107	426	410	314	202	211	139	368	421	124	401	481	285	417	364	174	160	422	350	303	406	288	246	239	233
4	405	402	350	261	0	245	182	374	263	181	345	477	289	403	484	150	296	194	169	411	465	140	275	362	307	430	460	353	398	462	347
5	437	207	155	410	123	0	151	146	237	211	121	368	474	498	375	375	256	244	361	441	488	360	479	392	215	134	385	290	179	170	192
6	412	472	216	187	133	293	0	225	106	210	333	444	145	107	299	468	404	448	431	312	257	429	363	191	487	234	365	428	356	197	267
7	250	396	450	496	310	484	283	0	480	427	404	289	160	241	489	357	293	132	440	117	260	182	145	338	491	122	131	262	371	421	320
8	150	248	260	484	306	337	424	406	0	125	269	132	142	284	416	330	131	265	324	344	168	418	378	352	146	188	462	419	288	427	246
9	459	484	197	369	286	112	480	114	173	0	378	395	307	357	226	433	345	288	396	141	273	245	198	205	158	451	498	266	409	106	409
10	396	127	328	111	284	370	375	150	120	298	0	448	369	240	194	200	455	446	287	296	345	339	410	213	229	279	314	230	299	214	178
11	128	230	439	347	402	369	447	358	363	202	293	0	347	151	446	116	419	244	144	391	381	500	255	326	276	210	226	398	199	122	348
12	166	198	314	103	403	283	184	229	122	129	123	471	0	490	106	235	186	294	363	154	464	260	166	133	455	199	312	313	166	418	499
13	121	133	432	410	235	358	165	493	230	131	462	447	343	0	488	195	121	467	439	174	387	367	349	108	486	461	194	297	450	280	498

ตารางที่ ค.22 (ต่อ) ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
14	191	448	142	240	278	347	475	463	459	162	449	373	133	222	0	352	382	216	219	265	240	355	363	258	288	226	404	474	327	150	203
15	452	362	240	255	237	482	350	215	387	443	138	334	475	147	423	0	498	227	233	308	385	324	371	315	401	268	265	348	451	165	127
16	197	292	173	410	134	234	385	157	243	351	409	270	252	180	250	456	0	135	496	284	394	212	186	348	485	389	411	317	356	338	374
17	294	125	431	388	269	243	445	149	482	421	367	318	270	265	101	205	233	0	480	347	481	139	359	392	198	335	235	278	494	490	347
18	315	161	249	482	168	332	242	280	336	436	210	447	134	251	436	452	174	468	0	340	146	137	409	236	302	234	128	353	233	107	412
19	291	152	442	432	456	277	310	196	354	310	332	273	204	219	326	425	243	319	273	0	131	255	165	464	459	480	368	127	353	238	471
20	184	383	447	249	136	367	276	316	166	479	232	482	474	451	135	206	297	489	404	361	0	265	236	277	365	438	287	112	194	249	256
21	497	270	435	161	295	424	227	128	463	216	466	265	399	273	400	245	406	113	199	190	243	0	354	451	186	177	387	287	180	192	455
22	248	297	333	258	260	493	358	448	197	462	407	127	171	396	334	464	111	235	337	389	241	233	0	411	463	404	363	116	241	484	383
23	180	179	385	433	468	103	354	200	243	444	427	402	479	114	384	120	254	497	209	229	470	318	243	0	448	234	243	182	241	313	135
24	229	239	410	472	234	474	254	191	213	425	431	469	263	129	256	276	292	184	163	439	255	254	184	186	0	477	127	216	100	171	264
25	247	394	243	102	271	199	490	477	317	261	205	121	301	454	494	358	386	314	267	273	236	475	355	402	374	0	111	105	437	179	122
26	258	332	338	206	421	296	390	327	131	245	204	398	277	437	235	183	183	225	448	113	390	114	151	184	334	319	0	164	130	216	481
27	304	457	303	326	140	126	257	469	200	181	286	307	213	462	187	472	211	296	106	155	137	476	187	148	354	142	334	0	246	165	467

ตารางที่ ค.22 (ต่อ) ค่าใช้จ่ายในการเดินทาง (หน่วย)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
28	266	130	222	473	220	457	383	268	499	321	389	353	431	466	237	467	424	389	456	342	100	351	493	165	127	278	391	332	0	372	171
29	101	401	213	117	352	281	370	351	442	141	101	117	360	438	367	365	185	155	130	428	444	144	366	404	161	150	168	440	225	0	152
30	112	433	144	366	305	255	374	291	395	490	261	154	329	217	190	330	409	257	127	447	372	325	150	196	170	289	281	236	454	325	0