



วิธีฮิวริสติกส์การแทรกสำหรับปัญหาจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง ภายใต้เงื่อนไข
กรอบเวลา ข้อจำกัดเวลาการทำงาน และปริมาณการขนส่งผันแปร

นางสาวอรวิสา กอบเกียรติถวิล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2556

วิธีวิริสติกส์การแทรกสำหรับปัญหาจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง ภายใต้เงื่อนไข
กรอบเวลา ข้อจำกัดเวลาการทำงาน และปริมาณการขนส่งผันแปร

นางสาวอรุณา กอบเกียรติถวิล วศ.บ. (วิศวกรรมโยธา)

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ปีการศึกษา 2556

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
(ดร.วศิน เกียรติโกมล)

..... กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์
(รศ. ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์)

..... กรรมการ
(ผศ. ดร.ศักรธร บุญทวีวัฒน์)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	วิธีฮิวริสติกส์การแทรกสำหรับปัญหาจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง ภายใต้เงื่อนไข กรอบเวลา ข้อจำกัดเวลาการทำงาน และปริมาณการขนส่งผันแปร
หน่วยกิต	12
ผู้เขียน	นางสาวอรุสา กอบเกียรติถวิล
อาจารย์ที่ปรึกษา	รศ. ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์
หลักสูตร	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโยธา
ภาควิชา	วิศวกรรมโยธา
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
ปีการศึกษา	2556

บทคัดย่อ

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการนำเสนอวิธีการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางร่วมกับการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาวิธีฮิวริสติกส์การแทรกและ โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่ก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด ภายใต้สมมติฐาน และเงื่อนไข คือ กรอบเวลา ข้อจำกัดเวลาการทำงาน และปริมาณการขนส่งผันแปร โดยมีลูกค้าหลายราย และมีท่ารถเดียวตั้งอยู่คลังสินค้า งานวิจัยใช้วิธี ฮิวริสติกส์การแทรกในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ใช้ภาษา C++ สร้างขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ และใช้ปัญหาทดสอบมาตรฐานของ Solomon แบ่งกลุ่มปัญหาตามลักษณะการกระจายตัวของลูกค้า คือ กลุ่มการกระจายตัวเป็นกลุ่ม (C_1 และ C_2) กลุ่มการกระจายอย่างไร้แบบแผน (R_1 และ R_2) และกลุ่มการกระจายตัวเป็นกลุ่มและไร้แบบแผน (RC_1 และ RC_2) ทดสอบแต่ละปัญหาที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะเวลาเดินทาง 3 ระดับ คือ 1 : 1 1 : 100 และ 100 : 1 ผลการศึกษาพบว่า กลุ่ม C_1 C_2 R_1 R_2 RC_1 และ RC_2 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 มีระยะเวลาการเดินทางรวมลดลงโดยเฉลี่ยเมื่อเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 คิดเป็นร้อยละ 2.38 18.08 6.45 0.42 4.40 และ 9.68 ตามลำดับ และที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ปริมาณการขนส่งรวมเพิ่มขึ้นโดยเฉลี่ยเมื่อเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 คิดเป็นร้อยละ 5.66 2.31 5.84 0.02 7.20 และ 5.81 ตามลำดับ การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักมีผลต่อการจัดเส้นทาง การให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับระยะเวลาเดินทางมาก ผลการจัดเส้นทางจะได้ระยะเวลาเดินทางรวมน้อย แต่ปริมาณการขนส่งรวมจะลดลง และการให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับปริมาณการขนส่งที่มาก ผลการจัดเส้นทางจะได้ปริมาณการขนส่งรวมมากแต่ระยะเวลาเดินทางรวมจะเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ : การจัดเส้นทางเดินรถ / ปัญหาจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง / ฮิวริสติกส์

Thesis Title	Insertion Heuristic for Inventory Routing Problem with Time Windows, Shift Time Limits and Variable Delivery Volume
Thesis Credits	12
Candidate	Miss Onwasa Kobkiattawin
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Ampol Karoonsoontawong
Program	Master of Engineering
Field of Study	Civil Engineering
Department	Civil Engineering
Faculty	Engineering
Academic Year	2013

Abstract

This thesis considers the combined vehicle routing and inventory-control problems (so called the inventory-routing problem). This research aims at developing an insertion heuristic and a computer program for the inventory-routing problem, so that the benefit is maximized under the following assumptions and constraints: time windows, shift time limits, variable delivery volume, and the single depot at the warehouse. The developed insertion heuristic is implemented in C++ language. The experiment is conducted on Solomon's standard test problems, which consist of three groups based on customer location distribution: random (R_1 and R_2), cluster (C_1 and C_2) and combined random and cluster (RC_1 and RC_2). Three sets of weights of delivery volume and travel time are tested: 1:1, 1:100 and 100:1. It is found that on the test problems C_1 , C_2 , R_1 , R_2 , RC_1 and RC_2 with the weights 1 : 100, the total travel time is on average decreased by 2.38%, 18.08%, 6.45%, 0.42%, 4.40% and 9.68%, respectively, when compared to the weights 1:1. On these same problems with the weights 100:1, the total delivery volumes are on average increased by 5.66%, 2.31%, 5.84%, 0.02%, 7.20% and 5.81%, respectively, when compared to the weights 1:1. The experimental results demonstrate that assigning a higher weight on travel time yields shorter total travel time and lower total delivery volume. Assigning a higher weight on delivery volume yields longer travel time and greater total delivery volume.

Keywords : Vehicle routing / Inventory Routing Problem / Heuristic

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รศ. ดร.อำพล การุณสุนทวงษ์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ในการให้คำปรึกษา คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับงานวิจัยและให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีมาโดยตลอดจนทำให้วิทยานิพนธ์สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบพระคุณ ดร.วศิน เกียรติโกมล และ ผศ. ดร.ศักรธร บุญทวีวัฒน์ ที่ให้ความกรุณาให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตลอดจนเป็นกรรมการในการสอบวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณบิดา มารดา ที่เป็นกำลังใจและให้การสนับสนุนแก่ผู้วิจัยเสมอมา ตลอดจนคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ผู้เขียน และขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ นักศึกษา วิศวกรมโยธาทุกท่านที่ช่วยให้คำแนะนำในการทำงานวิจัยครั้งนี้จนสำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยจึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
รายการตาราง	ฉ
รายการรูปประกอบ	ฎ

บทที่

1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มางานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย	4
1.3 ขอบเขตงานวิจัย	4
1.4 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	5
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	5
2. ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การขนส่ง	7
2.2 สินค้าคงคลัง	10
2.3 การบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ส่งมอบ (Vendor Managed Inventory, VMI)	13
2.4 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem, VRP)	16
2.4.1 ประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	17
2.4.2 ลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	21
2.4.3 องค์ประกอบพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	23
2.4.4 วัตถุประสงค์ของการจัดเส้นทางเดินรถ	25
2.5 แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถ	25
2.5.1 ข้อมูลป้อนเข้าสู่ระบบและฐานข้อมูล	25
2.5.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์	26
2.5.3 ข้อกำหนดการให้บริการ	26

2.6	ปัญหาการจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง (Inventory Routing Problem, IRP)	27
2.7	การหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	28
2.7.1	วิธีการหาคำตอบ	29
2.7.2	การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์	38
2.8	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า	40
2.9	วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ส่งมอบ (VMI) และการจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง (IRP)	44
3.	การดำเนินงานวิจัย	48
3.1	ลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถของงานวิจัย	48
3.2	วิธีฮิวริสติกส์การแทรกชั้นพื้นฐาน	50
3.2.1	ตัวแปรที่เก็บสำหรับการแทรก	51
3.2.2	การตรวจสอบความเป็นไปได้สำหรับการแทรก	51
3.2.3	การตรวจสอบผลประโยชน์สำหรับการแทรก	51
3.2.4	การปรับปรุงเส้นทางสำหรับการแทรก	52
3.3	ปัญหาทดสอบ	52
3.3.1	การกำหนดปัญหาทดสอบ	52
3.4	สมมติฐาน	53
3.5	ข้อมูลนำเข้า	53
3.6	การกำหนดตัวแปร	54
3.7	การกำหนดค่าเริ่มต้น	56
3.8	การเก็บตัวแปร	56
3.9	ขั้นตอนฮิวริสติกส์การแทรก	57
3.9.1	หลักการทำงานของขั้นตอนฮิวริสติกส์การแทรก	58
3.10	เงื่อนไข	59
3.10.1	กรอบเวลา (Time windows)	59
3.10.2	ข้อจำกัดเวลาการทำงาน (Shift time limits)	61
3.10.3	ปริมาณการขนส่งผันแปร (Variable delivery volume)	61
3.11	การตรวจสอบความเป็นไปได้ (Feasible)	62
3.11.1	น้ำหนักบรรทุก	62

3.11.2	กรอบเวลา	62
3.11.3	ข้อจำกัดเวลาการทำงาน	65
3.12	การปรับปรุงเส้นทาง (Update)	68
3.12.1	ปริมาณการขนส่ง	68
3.12.2	เวลาการส่งสินค้าจริง	68
3.12.3	ข้อจำกัดเวลาการทำงาน	69
3.12.4	เวลาเดินทางสะสม	70
3.13	การคำนวณผลประโยชน์ (Profit)	71
3.13.1	คำนวณผลประโยชน์สุทธิ	74
3.14	ระดับสินค้าคงคลัง	74
3.15	การทดสอบโปรแกรม	74
4.	ผลการทดสอบ	82
4.1	ลักษณะของปัญหาทดสอบ	82
4.2	ผลการทดสอบ	84
4.2.1	ปัญหาทดสอบ C101-C109	84
4.2.2	ปัญหาทดสอบ C201-C208	86
4.2.3	ปัญหาทดสอบ R101-R112	87
4.2.4	ปัญหาทดสอบ R201-R211	89
4.2.5	ปัญหาทดสอบ RC101-RC108	90
4.2.6	ปัญหาทดสอบ RC201-RC208	92
4.3	สรุปผลการทดสอบ	93
4.4	รายละเอียดผลการทดสอบ	94
4.4.1	ปัญหาทดสอบ C101	94
4.4.2	ปัญหาทดสอบ C201	105
4.4.3	ปัญหาทดสอบ R101	115
4.4.4	ปัญหาทดสอบ R201	126
4.4.5	ปัญหาทดสอบ RC101	135
4.4.6	ปัญหาทดสอบ RC201	147

5. สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ	157
5.1 สรุปการศึกษา	157
5.2 สรุปผลการทดสอบ	158
5.3 ข้อเสนอแนะ	159
เอกสารอ้างอิง	160
ภาคผนวก	171
ก ตัวอย่างวิธีการจัดเส้นทางเดินรถ	171
ข ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C101 C201 R101 R201 RC101 RC201	185
ประวัติผู้วิจัย	198

รายการตาราง

ตาราง	หน้า	
1.1	ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550-2554 (หน่วย : พันล้านบาท)	2
1.2	ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550-2554 (หน่วย : ร้อยละต่อ GDP)	2
2.1	ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	17
2.2	ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ Bodin	18
2.3	ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (VRP)	21
3.1	การแบ่งกลุ่มและระดับค่าถ่วงน้ำหนักของปัญหาทดสอบ	53
3.2	ลักษณะของปัญหาทดสอบ	53
3.3	ข้อมูลนำเข้าของลูกค้ำ กรณี Sample problem	75
3.4	ผลการทดสอบ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1	75
3.5	ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้ำ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1	76
3.6	ผลการทดสอบ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100	78
3.7	ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้ำ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100	79
3.8	เปรียบเทียบผลทดสอบ Sample problem	81
4.1	กลุ่มปัญหาทดสอบ Solomon test problem	82
4.2	ตัวแปรแบ่งกลุ่มย่อยของปัญหาทดสอบ Solomon test problem	83
4.3	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101-C109, 1 : 1	85
4.4	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101-C109, 1 : 100	85
4.5	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101-C109, 100 : 1	85
4.6	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201-C208, 1 : 100	86
4.7	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201-C202, 1 : 100	86
4.8	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201-C202, 100 : 1	87
4.9	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101-R112, 1 : 1	87
4.10	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101-R112, 1 : 100	88
4.11	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101-R112, 100 : 1	88
4.12	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201-R211, 1 : 1	89
4.13	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201-R211, 1 : 100	89
4.14	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201-R211, 100 : 1	90
4.15	ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101-RC108, 1 : 1	91

ตาราง	หน้า
4.16 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101-RC108, 1 : 100	91
4.17 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101-RC108, 100 : 1	91
4.18 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201-RC208, 1 : 100	92
4.19 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201-RC208, 100 : 1	92
4.20 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201-RC208, 1 : 100	93
4.21 เปรียบเทียบผลการทดสอบปัญหา Solomon test problem	93
4.22 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 100	95
4.23 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 :100	96
4.24 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 100 : 1	98
4.25 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 100 : 1	99
4.26 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 1	101
4.27 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 1	102
4.28 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101	105
4.29 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 100	105
4.30 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 100	106
4.31 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 100 : 1	108
4.32 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 100 : 1	109
4.33 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 1	111
4.34 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 1	112
4.35 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201	114
4.36 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 100	115
4.37 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 :100	116
4.38 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 100 : 1	118
4.39 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 100 : 1	120
4.40 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 1	122
4.41 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 1	123
4.42 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101	125
4.43 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 100	126
4.44 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 :100	127
4.45 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R201, 100 : 1	129

ตาราง	หน้า
4.46 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 100 : 1	129
4.47 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 1	132
4.48 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 1	132
4.49 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201	135
4.50 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 100	135
4.51 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 100	137
4.52 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 100 : 1	139
4.53 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 100 : 1	140
4.54 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 1	142
4.55 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 1	144
4.56 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101	146
4.57 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 100	147
4.58 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC01, 1 : 100	148
4.59 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 100 : 1	150
4.60 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 100 : 1	151
4.61 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 1	153
4.62 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 1	154
4.63 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201	156
ก.1 ข้อมูลนำเข้าของลูกค้า Sample problem	172
ก.2 ระยะทางระหว่างลูกค้า (จากโปรแกรม เมื่อ 0 และ 11 คือ ท้ารถ)	172
ก.3 ผลการทดสอบรอบรรทุกคันที่ 1 Sample problem	183
ข.1 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C101	186
ข.2 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C201	188
ข.3 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R101	190
ข.4 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R201	192
ข.5 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC101	194
ข.6 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC201	196

รายการรูปประกอบ

รูป	หน้า	
1.1	โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550-2554	1
2.1	ลักษณะการจัดเส้นทางเดินรถของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP)	19
2.2	ลักษณะการจัดเส้นทางเดินรถของปัญหาการจัดเส้นทางรถ (VRP)	20
2.3	อธิบายปัญหาเส้นทางรถขนส่งโดยใช้ทฤษฎีกราฟ	23
2.4	องค์ประกอบพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ	24
2.5	การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Nearest neighbor heuristics	32
2.6	การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Nearest neighbor heuristics, Bentley	32
2.7	การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Saving heuristic ระยะต้น	34
2.8	การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Saving heuristic ระยะกลาง	34
2.9	การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Saving heuristic ระยะสุดท้าย	34
2.10	การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Insertion Heuristic	36
2.11	การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Sweep Heuristic	37
2.12	ลักษณะการปรับปรุงเส้นทางกลุ่ม 2-opt	38
2.13	ลักษณะการปรับปรุงเส้นทางกลุ่ม 3-opt	38
3.1	การแทรกลูกค้ายู่ในเส้นทางระหว่างตำแหน่ง $i-1$ กับ i	50
3.2	การแทรกลูกค้าย่อยใดๆเข้าไปในตำแหน่ง j ระหว่างลูกค้ายู่ตำแหน่ง $i-1$ กับ i	52
3.3	อัตราการใช้สินค้า (U_j)	60
3.4	การกำหนดเวลาส่งสินค้าสูงสุด (L_j)	60
3.5	เส้นทางเริ่มต้นก่อนการแทรกลูกค้า	63
3.6	กรอบเวลาและเวลาส่งสินค้าจริง	63
3.7	ช่วงเวลาการหาค่าเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด	64
3.8	ช่วงเวลาการหาค่าเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด	64
3.9	ช่วงเวลาเร็วสุดที่รถกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limit	66
3.10	ช่วงเวลาช้าสุดที่รถออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limit	67
3.11	การปรับปรุงเวลาส่งสินค้าจริง	69
3.12	ตำแหน่งการปรับปรุงเส้นทาง	70
3.13	ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่ง	71
3.14	แสดงช่วงเวลา $t1$ และ $t2$	72

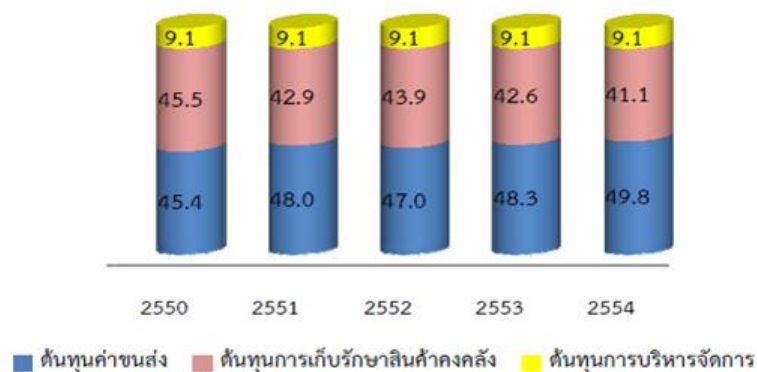
รูป	หน้า
3.15 ระดับสินค้าคงคลัง	74
3.16 ระดับสินค้าคงคลัง Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1	78
3.17 ระดับสินค้าคงคลัง Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100	80
4.1 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า ปัญหาทดสอบ C101	84
ก.1 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้ารายที่ 5	183
ก.2 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้ารายที่ 6	184

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มางานวิจัย

ปัจจุบันในโลกธุรกิจมีการแข่งขันที่มีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น และก็จะทวีความรุนแรงมากขึ้นในอนาคต ธุรกิจทุกธุรกิจจึงจำเป็นต้องมีการปรับกลยุทธ์และวิธีการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพ เพื่อลดต้นทุนโดยรวมและเพื่อให้สามารถสนองความต้องการของลูกค้าได้ดียิ่งขึ้น ปัจจัยด้านต้นทุน คือ ต้นทุนที่ต่ำ ปัจจัยด้านลูกค้า คือ ต้องสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ เช่น ความตรงต่อเวลา ปริมาณความต้องการสินค้า เป็นต้น ปัจจัยทั้ง 2 ถือเป็นหัวใจสำคัญที่จะทำให้ธุรกิจมีศักยภาพในการแข่งขัน และกลยุทธ์หนึ่งที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพทั้ง 2 ปัจจัย คือ การบริหาร โลจิสติกส์ที่ดี

กิจกรรมการขนส่งถือเป็นกิจกรรมที่สำคัญในขบวนการ โลจิสติกส์ และต้นทุนการขนส่งก็ยังถือเป็นต้นทุนหลักที่ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญ เพราะการขนส่งเป็นกิจกรรมที่ต้องใช้น้ำมัน ต้นทุนด้านพลังงานน้ำมันถือเป็นต้นทุนที่ใหญ่และมีความแปรปรวนค่อนข้างมาก ซึ่งถ้าราคาน้ำมันปรับตัวสูงขึ้นก็จะส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่ง เมื่อต้นทุนในการขนส่งสินค้าสูงขึ้นราคาสินค้าก็จะปรับตัวสูงขึ้น และผลสุดท้ายก็จะส่งผลกระทบต่อระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ และจากการสำรวจโดยสำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ (สศช.) ในปี พ.ศ. 2554 พบว่า ต้นทุนการขนส่งถือเป็นต้นทุนทางด้าน โลจิสติกส์ที่ใหญ่ที่สุดของประเทศ คือ มีสัดส่วนร้อยละ 49.8 ของต้นทุน โลจิสติกส์รวม เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 48.3 ในปี พ.ศ. 2553 รองลงมา คือ ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง มีสัดส่วนร้อยละ 41.1 ลดลงจากร้อยละ 42.6 ในปี พ.ศ. 2553 และต้นทุนด้านการบริหารจัดการซึ่งมีสัดส่วนร้อยละ 9.1 แสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 โครงสร้างต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550-2554
(ที่มา : รายงาน โลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2555 โดย สศช.)

และจากการศึกษาโดย สคช. ยังแสดงให้เห็นอีกว่าต้นทุนการขนส่งทางถนนเป็นต้นทุนที่สูงที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับขนส่งโหมดอื่นๆ คือ การขนส่งทางท่อ การขนส่งทางราง การขนส่งน้ำ และการขนส่งทางอากาศ โดยสัดส่วนต้นทุนขนส่งทางถนนในปี พ.ศ. 2555 อยู่ที่ 546.5 พันล้านบาท ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 4.6 ของ GDP แสดงดังตารางที่ 1.1 และตารางที่ 1.2

ตารางที่ 1.1 ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550-2554 (หน่วย : พันล้านบาท)

(ที่มา : รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี พ.ศ. 2555 โดย สคช.)

ต้นทุนโลจิสติกส์	2550	2551	2552	2553	2554	2555
ต้นทุนค่าขนส่งสินค้า	701.1	794.4	681.2	785.7	817.1	851.8
- ทางท่อ	3.3	3.9	4.1	4.7	5.1	5.7
- ทางราง	2.2	2.4	2.0	2.1	2.0	2.0
- ทางถนน	452.4	507.0	432.0	487.2	511.6	546.5
- ทางน้ำ	142.2	157.6	147.7	167.1	168.1	157.1
- ทางอากาศ	35.0	43.9	27.7	38.1	40.2	42.7
- บริการเกี่ยวกับการขนส่ง	54.9	64.1	52.6	66.6	70.6	76.1
- บริการไปรษณีย์และการสื่อสาร	11.1	15.5	15.1	19.8	19.5	21.7
ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง	702.9	710.0	636.6	692.7	675.5	705.1
ต้นทุนการบริหารจัดการ	140.4	150.4	131.8	147.8	149.3	154.7

ตารางที่ 1.2 ต้นทุนโลจิสติกส์ของประเทศไทย ปี พ.ศ. 2550-2554 (หน่วย : ร้อยละต่อ GDP)

(ที่มา : รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี พ.ศ. 2555 โดย สคช.)

ต้นทุนโลจิสติกส์	2550	2551	2552	2553	2554	2555
ต้นทุนค่าขนส่งสินค้า	7.8	8.2	7.1	7.3	7.3	7.1
- ทางท่อ	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- ทางราง	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
- ทางถนน	5.0	5.2	4.5	4.5	4.6	4.6
- ทางน้ำ	1.6	1.6	1.5	1.6	1.5	1.3
- ทางอากาศ	0.4	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4
- บริการเกี่ยวกับการขนส่ง	0.6	0.7	0.5	0.6	0.6	0.6
- บริการไปรษณีย์และการสื่อสาร	0.1	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
ต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง	7.8	7.4	6.6	6.5	6.1	5.9
ต้นทุนการบริหารจัดการ	1.6	1.6	1.4	1.4	1.3	1.3

เพราะฉะนั้นจากข้อมูลข้างต้นผู้ประกอบการจึงควรวางแผนการลดต้นทุนการขนส่งให้ได้มากที่สุด ควรมีการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าอย่างรอบคอบ เพื่อให้ต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุดและในขณะเดียวกันการวางแผนที่ดีนั้นธุรกิจก็ควรที่จะตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ด้วย

แต่หากภาคธุรกิจต้องการลดต้นทุนโลจิสติกส์โดยรวม การลดต้นทุนการขนส่งเพียงอย่างเดียวนั้น อาจจะไม่เพียงพอต่อการแข่งขันในตลาดโลก จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังจัดเป็นต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ที่ค่อนข้างสูง เพราะฉะนั้นการจัดการระบบการขนส่งที่ดีนั้นไม่ควรที่จะคำนึงถึงเพียงแต่เส้นทางที่ถูกต้องเพียงอย่างเดียว แต่ยังต้องมองถึงปริมาณสินค้าที่ขนส่งและเวลาที่เหมาะสมด้วย ปริมาณสินค้าและเวลาที่ไม่มีเหมาะสมจะส่งผลกระทบต่อการสำรองสินค้าคงคลังที่จะมีผลต่อต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง และก็จะส่งผลต่อจำนวนเที่ยววิ่งของรถที่จะมีผลต่อต้นทุนการขนส่ง เพราะฉะนั้นการจัดการระบบขนส่งที่ดี คือ การหาคำตอบ เวลาที่ต้องขนส่งสินค้า ปริมาณสินค้าที่ต้องการขนส่ง และเส้นทางขนส่งสินค้าที่จะก่อให้เกิดผลประโยชน์หรือประสิทธิภาพสูงสุด

ภาคธุรกิจของประเทศไทยในปัจจุบันยังคงประสบกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าผู้ประกอบการควรมีกกลยุทธ์หรือวิธีการอย่างไรเพื่อให้การจัดเส้นทางเกิดประสิทธิภาพสูงสุด ปัญหาดังกล่าวกลายมาเป็นปัญหาหลักของภาคธุรกิจ เพราะการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดนั้นจำเป็นต้องพิจารณาข้อมูลหลายด้าน เช่น ข้อมูลเวลาที่ใช้ในการเดินทาง ข้อมูลที่ตั้งคลังสินค้า ข้อมูลที่ตั้งลูกค้า ข้อมูลปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้า ข้อมูลสินค้าคงคลัง ข้อมูลเส้นทางขนส่ง ข้อมูลความจุของรถขนส่ง เป็นต้น และในกระบวนการจัดเส้นทางนั้นก็ยังต้องคำนึงถึงผลประโยชน์สูงสุดทั้งทางด้านการให้บริการและด้านต้นทุน เช่น การใช้ยานพาหนะที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประโยชน์สูงสุด ความตรงต่อเวลาในการส่งสินค้า ลูกค้าต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า การจัดเส้นทางให้เกิดเวลารอคอย ระยะทาง และเวลาเดินทางรวมน้อยที่สุด เป็นต้น

ในปัจจุบันวิธีการที่ผู้ประกอบการใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า คือ อาศัยพนักงานที่มีความชำนาญและประสบการณ์ ซึ่งพบว่าพนักงานยังไม่มีวิธีการเลือกเส้นทางเดินรถ การคำนวณปริมาณสินค้าและเวลาที่เป็นมาตรฐาน การค้นหาเส้นทางและคำนวณปริมาณสินค้าอาศัยการคำนวณด้วยมือ ซึ่งรูปแบบและวิธีการขึ้นอยู่กับทักษะและความชำนาญของพนักงานแต่ละคน เพราะฉะนั้นจะเห็นว่าวิธีการดังกล่าวไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพการจัดเส้นทางได้ เพราะพนักงานแต่ละคนมีเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการจัดเส้นทางแตกต่างกัน ประกอบกับข้อมูลที่ต้องพิจารณาในการจัดการเส้นทางนั้นมีจำนวนมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดความสับสนและหากมีปริมาณสินค้ามาก มีลูกค้าหลายราย พนักงานก็ต้องใช้เวลาในการจัดเส้นทางนานขึ้นซึ่งเป็นการสูญเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากการใช้

พนักงานเป็นเหตุผลหนึ่งที่ทำให้การจัดเส้นทางไม่มีประสิทธิภาพและส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่งแล้ว อีกเหตุผลหนึ่งที่ทำให้ภาคธุรกิจยังต้องประสบกับปัญหาต้นทุนโลจิสติกส์ที่สูง คือ การจัดการปัญหาการจัดเส้นทางและปัญหาการจัดการสินค้าคงคลังเป็นแบบแยกส่วน จากรูปที่ 1.1 จะเห็นได้ว่าต้นทุนการขนส่งและต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังมีมูลค่ารวมประมาณร้อยละ 90 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในกระบวนการโลจิสติกส์

เพราะฉะนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมุ่งเน้นที่จะศึกษากระบวนการจัดการโลจิสติกส์ในส่วนของระบบการขนส่ง โดยศึกษาและวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าร่วมกับปัญหาการจัดการสินค้าคงคลัง เพื่อพัฒนาโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ซึ่งใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์ (Heuristics) และนำโปรแกรมที่ได้พัฒนา ขึ้นมาเป็นเครื่องมือสำคัญในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่ก่อให้เกิดประสิทธิภาพและผลประโยชน์สูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. พัฒนาวิธีฮิวริสติกส์สำหรับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าหลายรายที่มีเงื่อนไขกรอบเวลา (Time windows) ข้อจำกัดเวลาการทำงาน (Shift time limit) และปริมาณการขนส่งผันแปร (Variable delivery volume) สำหรับท่ารถเดียว
2. พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับวิธีฮิวริสติกส์ที่พัฒนาขึ้น เพื่อหาเส้นทางการเดินทางที่จะก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด

1.3 ขอบเขตงานวิจัย

1. งานวิจัยใช้แนวคิดแบบฮิวริสติกส์การแทรก (Insertion heuristics) ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ภายใต้เงื่อนไขกรอบเวลา (Time windows) ข้อจำกัดเวลาการทำงาน (Shift time limits) และปริมาณการขนส่งผันแปร (Variable delivery volume) โดยมีวัตถุประสงค์หลัก คือ การจัดเส้นทางที่ก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด
2. ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเป็นปัญหาทดสอบมาตรฐานของ Solomon (Solomon test problems)
3. กำหนดให้ท่ารถเป็นท่ารถเดียว (Single depot) ซึ่งตั้งอยู่ที่คลังสินค้า การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจะเริ่มต้นที่คลังสินค้าไปสู่ลูกค้าหลายรายและกลับมาสิ้นสุดที่คลังสินค้าเสมอ
4. รถขนส่งสินค้ามีขนาดเดียวและมีจำนวนไม่จำกัด

5. กำหนดให้มีการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ส่งมอบ (Vendor managed inventory, VMI) หมายถึง ผู้ประกอบการขนส่งจะเข้าไปจัดการสินค้าคงคลังของลูกค้าโดยมีข้อตกลงที่สำคัญ คือ ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำและลูกค้าต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า (Stock out)

6. กำหนดให้ปัญหาเป็นแบบ IRP ลักษณะ Single period models

1.4 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

ข้อเสนองานวิจัยนี้ ได้เสนอวิธีวิเคราะห์และสร้าง โปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อให้การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น คือ

1. ลดระยะทางและระยะเวลาที่ใช้ในการขนส่ง
2. สามารถตอบสนองความต้องการลูกค้าได้ดีขึ้น
3. สามารถใช้ยานพาหนะที่มีให้เกิดประโยชน์สูงสุด
4. ลดจำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง
5. ลดเวลาที่ใช้ในการจัดเส้นทางขนส่ง
6. ลดจำนวนรอบการขนส่งสินค้า
7. ลดต้นทุนการเก็บสินค้าคงคลังและต้นทุนเนื่องจากขาดแคลนสินค้า
8. ธุรกิจมีแบบแผนและโปรแกรมที่ใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพ

ซึ่งจากประโยชน์ข้างต้นก็จะส่งผลให้ทำให้ผู้ประกอบการขนส่งสินค้ามีศักยภาพในการแข่งขันธุรกิจมากยิ่งขึ้น คือ สามารถลดต้นทุนการขนส่งและสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ขั้นตอนและแนวทางของการศึกษาในงานวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ทบทวนและศึกษาทฤษฎีงานวิจัยที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าทั้งในประเทศและต่างประเทศ
2. เลือกทฤษฎีหรือวิธีที่เหมาะสมกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่สอดคล้องกับปัญหาและวัตถุประสงค์
3. นำทฤษฎีหรือวิธีที่เลือกใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้ามาพัฒนาเป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อทดสอบทฤษฎีการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า
4. ทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่ได้พัฒนากับปัญหาพื้นฐาน
5. วิเคราะห์ผลการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

6. ทบทวนแก้ไขข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นและปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหา
และวัตถุประสงค์ของการวิจัย

7. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ และจัดทำเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยนี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้กับรถแต่ละคัน โดยจะขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปสู่ลูกค้าแต่ละราย ภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด ซึ่งได้แก่ กรอบเวลา (Time windows) และข้อจำกัดเวลาการทำงาน (Shift time limits) ปริมาณการขนส่งผันแปร (Variable delivery volume) ผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาและทบทวนทฤษฎี แนวคิด วิธีการ บทความและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า เพื่อนำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะพัฒนาขึ้น วิธีการจัดเส้นทางขนส่งสินค้านั้นมีหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีจะเหมาะสมกับลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกัน จึงจำเป็นต้องศึกษาหาวิธีที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าเพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาและวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้

2.1 การขนส่ง

การขนส่งสินค้าโดยรวมของประเทศไทยในปัจจุบัน พบว่ารูปแบบการขนส่งสินค้าในกระบวนโลจิสติกส์ของไทย พึ่งพารูปแบบการขนส่งหลัก ๆ อยู่ 5 โหมดการขนส่ง โดยการขนส่งในประเทศส่วนใหญ่เป็นการขนส่งทางถนน กล่าวคือ ในปี พ.ศ. 2554 มีปริมาณการขนส่งทางถนนสูงที่สุด คือ 406,538 พันตัน รองลงมาเป็นการขนส่งทางน้ำภายในประเทศอยู่ที่ 46,932 พันตัน ขนส่งทางชายฝั่งทะเล 41,273 พันตัน การขนส่งทางรถไฟ 10,667 พันตัน ตามลำดับ ในขณะที่การขนส่งทางอากาศมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับปริมาณการขนส่งทั้งหมด เพราะฉะนั้นการขนส่งทางถนนจึงเป็นรูปแบบหลักการขนส่งสินค้าในระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย โดยต้นทุนต่อหน่วยการขนส่งทางถนนอยู่ที่ 1.72 บาทต่อตัน-กม. (สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและการจราจร, 2553)

การขนส่งจัดเป็นองค์ประกอบที่สำคัญในกระบวนโลจิสติกส์ ตามนิยามทางเศรษฐศาสตร์ การขนส่งหมายถึง การเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสินค้าจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งอันก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ด้านสถานที่ (Place utility) และอรรถประโยชน์ด้านเวลา (Time utility) ซึ่งเป็น การสร้างความพึงพอใจให้กับกลุ่มลูกค้า ระบบขนส่งนั้นประกอบไปด้วยผู้เกี่ยวข้องที่สำคัญ 2 กลุ่ม ได้แก่ ผู้ส่ง (Shipper) เป็นบุคคลที่ต้องการจะเคลื่อนย้ายสินค้าและผู้ทำการขนส่ง (Carrier) ซึ่งเป็นตัวกลางที่จะเคลื่อนย้ายหรือขนส่งสินค้า เมื่อทำการตัดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ปัจจัยที่ควรพิจารณาขึ้นอยู่กับสถานที่อยู่ในฐานะของผู้ส่งหรือผู้ทำการขนส่ง ตัวผู้ทำการส่งจะใช้การขนส่งเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ต่ำที่สุด โดยยังคงสามารถให้การตอบสนองต่อความต้องการในระดับที่เหมาะสม Talley (1983) ได้กล่าวไว้ว่า การขนส่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ คือ เส้นทาง (The way) พาหนะ (The vehicle) สถานี (The terminal) และผู้ประกอบการ (The carrier)

กิจกรรมการขนส่งเป็นกิจกรรมที่มีความสำคัญต่อการขายและการจัดจำหน่ายเป็นอย่างมาก เนื่องจากการขนส่งเป็นขั้นตอนที่ช่วยเพิ่มคุณค่าของสินค้าหรือบริการ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคและยังเป็นตัวแปรสำคัญที่ใช้ในการกำหนดราคาสินค้าอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ธุรกิจทุกธุรกิจจำเป็นต้องอาศัยการขนส่งทั้งสิ้นและหากธุรกิจมีการวางแผนการขนส่งและการกระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพก็จะทำให้สามารถลำเลียงสินค้าจากแหล่งผลิตไปสู่ผู้บริโภคได้สะดวกและรวดเร็วยิ่งขึ้น ภายใต้งบประมาณที่ต่ำที่สุด และยังเป็น การช่วยลดต้นทุนการผลิตและราคาสินค้าซึ่งส่งผลกระทบต่อผู้บริโภค เศรษฐกิจของชุมชนและของประเทศ โดยต้นทุนการขนส่งรวมของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2555 มีค่าอยู่ที่ร้อยละ 7.1 ของ GDP ซึ่งมีสัดส่วนของต้นทุนการขนส่งทางถนนสูงที่สุด อยู่ที่ร้อยละ 4.6 ของ GDP (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2555) เพราะฉะนั้นจึงเห็นได้ว่าการจัดการขนส่งเป็นสิ่งสำคัญ โดยจุดประสงค์หลักในการจัดการขนส่ง คือ เพื่อการกระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพ เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพื่อให้ระยะทางการขนส่งสั้นลง เพื่อลดระยะเวลาในการขนส่ง เพื่อเพิ่มระดับในการให้บริการขนส่งหรือแม้กระทั่งใช้ยานพาหนะที่น้อยลง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนส่งผลต่อต้นทุน

มณิสรา บารมิชัย และ บุศรินทร์ ศรีสตรียานนท์ (2551) ได้กล่าวถึง ต้นทุนย่อยของต้นทุนการขนส่งไว้ดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใดๆตามการผลิต ไม่ว่าจะทำการผลิตหรือไม่ผลิตก็ตาม ต้นทุนประเภทนี้จะเกิดขึ้นเป็นจำนวนที่คงที่ ต้นทุนคงที่ถึงแม้จะมีการบริการเป็นจำนวนมากหรือจำนวนน้อยเพียงใด ก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในอัตราเท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา เช่น ค่าเช่าที่ดินอาคาร ค่าประกันภัย ค่าทะเบียนยานพาหนะ ค่าเสื่อมราคา เงินเดือนประจำ ค่าใบอนุญาตเช่าสถานที่ เป็นต้น ในบางครั้งต้นทุนประเภทนี้อาจเรียกชื่อได้อีกอย่างอื่นอีก เช่น Constant cost หรือ Overhead cost ต้นทุนคงที่แม้จะให้บริการมากน้อยเพียงใดหรือไม่ได้ให้บริการเลย ก็ต้องเสียเป็นจำนวนเท่ากัน

2. ต้นทุนผันแปร (Variable cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณการบริการขนส่ง อาจเรียกชื่อเป็น ต้นทุนดำเนินงาน (Operation cost) การบริการขนส่งมาก ต้นทุนผันแปรก็มาก ถ้าการบริการขนส่งน้อยต้นทุนผันแปรก็น้อย ถ้าไม่ได้ให้บริการก็จะไม่มีต้นทุนในส่วนนี้ ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

3. ต้นทุนรวม (Total cost หรือ Joint cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายต่างๆ โดยรวมเอาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรมารวมกัน ถือเป็นต้นทุนของการบริการทั้งหมด

4. ต้นทุนเที่ยวกลับ (Back haul cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ได้รวมเอาลักษณะของค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) เข้าไปด้วย ถือเป็นค่าชดเชยที่ต้องทำให้เสียโอกาส ในกรณีของการขนส่งหมายถึง การที่ต้องบรรทุกผู้โดยสาร สินค้าหรือบริการไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้วในเที่ยว

กลับนั้นไม่ได้บรรทุกสินค้ากลับมา กรณีนี้จึงต้องมีการคิดถึงต้นทุนที่เกี่ยวกลับมาไว้ใน การคิดต้นทุน ค่าบริการขนส่งด้วย ซึ่งในบางครั้งลักษณะเช่นนี้ ถือว่าการสูญเปล่าได้เกิดขึ้นและถือเป็นการขนส่งที่ไม่ทำให้เกิดการประหยัดอีกด้วย ผู้ประกอบการขนส่งต้องคำนึงถึงต้นทุนที่เกี่ยวกลับมาด้วย หรือในกรณีของธุรกิจที่มีรถบรรทุกสินค้าเองก็ควรคำนึงถึงต้นทุนนี้ด้วยเช่นกัน

ต้นทุนการขนส่งจัดเป็นต้นทุนที่ใหญ่ในห่วงโซ่อุปทาน Bowersox, et al.(2002) ได้กล่าวถึงปัจจัยที่มีผลต่อต้นทุนไว้ 2 ประการ ดังนี้

1. ปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ (Economic factors)

- ระยะทาง (Distance) ระยะทางเป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อต้นทุนการขนส่ง เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับต้นทุนผันแปร คือ ค่าแรง เชื้อเพลิงและการบำรุงรักษา

- จำนวน (Volume) ต้นทุนการขนส่งต่อน้ำหนักสินค้าลดลงเมื่อปริมาณสินค้ามีจำนวนเพิ่มขึ้น ที่เป็นเช่นนี้เพราะต้นทุนคงที่ของการรับและส่งสินค้าและการค่าการจัดการต่างๆ ได้ถูกเฉลี่ยลงไปตามจำนวนสินค้าที่เพิ่มขึ้น ความสัมพันธ์นี้จะถูกจำกัดด้วยความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ เช่น เมื่อยานพาหนะคันที่หนึ่งเต็ม ก็จะต้องใช้คันที่สองบรรทุกส่วนที่เหลือ ดังนั้นถ้าปริมาณสินค้าน้อยก็ควรที่จะทำการรวบรวมสินค้าให้มีมากพอก่อนที่จะทำการขนส่งเพื่อเป็นการลดต้นทุนการขนส่ง

- ความหนาแน่น (Density) ความหนาแน่นของสินค้า ซึ่งต้องพิจารณาถึงน้ำหนักและพื้นที่ด้วย โดยทั่วไปจะคิดค่าขนส่งต่อน้ำหนัก แต่ส่วนใหญ่อรรถบรรทุกมักจะถูกจำกัดด้วยพื้นที่มากกว่าน้ำหนักบรรทุก เช่น ถ้าพื้นที่บรรทุกเต็มก็เป็นไปไม่ได้ที่จะบรรทุกเพิ่มแม้ว่าสินค้าจะมีน้ำหนักเบาก็ตาม

- การจัดเก็บ (Storability) ขนาดของผลิตภัณฑ์ที่มีผลต่อยานพาหนะที่จะบรรทุก ขนาดและรูปทรงที่ผิดปกติ เช่นเดียวกับน้ำหนักที่เกินหรือความยาวที่เกิน จะทำให้การจัดเก็บได้ไม่ดีและสิ้นเปลืองเนื้อที่บรรทุก แม้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีความหนาแน่นเท่ากันแต่การจัดเก็บก็จะแตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่รูปทรงมาตรฐานจะจัดเก็บได้ง่ายกว่ารูปทรงที่ผิดปกติออกไป

- การจัดการ (Handling) อุปกรณ์พิเศษในการจัดการสินค้าช่วยในการขนย้ายสินค้าขึ้นลงรถบรรทุกหรือเรือ รวมถึงลักษณะของภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ เช่น กล่อง พาเลต เชือกผูก เป็นต้น

- ความรับผิดชอบ (Liability) ผลิตภัณฑ์ที่จะถูกความกระทบกระเทือนได้ง่าย การนำเปื้อน การถูกขโมย ระเบิด ผู้รับขนส่งควรจะทำประกันสินค้า และผู้ส่งออกสามารถลดความเสี่ยง และค่าขนส่งได้โดยการปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ให้สามารถป้องกันหรือลดการสูญหายหรือเสียหาย

2. ปัจจัยด้านการตลาด (Market factors) ช่องทางขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดปลายทาง รถส่งสินค้าและพนักงานจะต้องกลับมายังจุดเริ่มต้นจึงควรที่จะทำการ

บรรทุกสินค้าจากกลับ (Back-haul) มิเช่นนั้นก็ต้องตีรถเปล่ากลับ (Deadhead) กรณีของ Deadhead แรงงาน เชื้อเพลิงและต้นทุนของการบำรุงรักษาจะต้องคิดจากกลับรวมด้วย ดังนั้นควรที่จะทำการ บรรทุกสินค้าทั้งไปและกลับให้เกิดความสมดุล

โดยทั่วไปการจัดการห่วงโซ่อุปทานจะประกอบไปด้วย 3 ระดับ ตั้งแต่ระดับกลยุทธ์ ระดับยุทธวิธี จนถึงระดับปฏิบัติ (วลัยลักษณ์ อัคริรวงศ์ และ วัชรวิ จันทรประกายกุล, 2549) ซึ่งการตัดสินใจเรื่อง เส้นทางการขนส่ง จัดอยู่ในระดับปฏิบัติการ

1. ระดับกลยุทธ์ (Strategic level) เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจที่มีผลกระทบยาวนานต่อบริษัท เช่น การตัดสินใจเกี่ยวกับจำนวน สถานที่ตั้ง ขนาดของคลังสินค้า และ โรงงานผลิต ขอบเขตพื้นที่ ให้บริการ การไหลเวียนของวัสดุต่างๆ ในเครือข่ายโลจิสติกส์ เป็นต้น

2. ระดับยุทธวิธี (Tactical level) ประกอบด้วยการตัดสินใจที่มักจะมีการทบทวนใหม่ไต่ร มาสจนไปถึงรายปี เช่น การตัดสินใจเรื่องการจัดซื้อ การผลิต นโยบายสินค้าคงคลัง และกลยุทธ์การขนส่ง ความถี่ในการไปเยี่ยมลูกค้า เป็นต้น

3. ระดับปฏิบัติการ (Operation level) เป็นการตัดสินใจวันต่อวัน เช่น ตารางเวลา ระยะเวลาส่งมอบสินค้า เส้นทางการขนส่งสินค้า การบรรทุกตู้ เป็นต้น

ปัจจุบันคอมพิวเตอร์เป็นเครื่องมือที่มีบทบาทสำคัญในการแก้ปัญหาทางการวางแผนขนส่ง และโลจิสติกส์ โดยการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์หรือระบบสนับสนุนการตัดสินใจเข้ามาช่วยในการ แก้ปัญหาการตัดสินใจทางการขนส่งและโลจิสติกส์ที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อน ยกตัวอย่าง เช่น ใช้ระบบช่วยการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางขนส่งที่ดีที่สุด การจัดการด้านการขนส่งและการ กระจายสินค้า เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน เพิ่มศักยภาพการแข่งขันทางธุรกิจและเพิ่มผลกำไร ให้กับองค์กร เพราะฉะนั้นระบบคอมพิวเตอร์หรือระบบช่วยตัดสินใจจึงถือเป็นตัวช่วยสำคัญในการ แก้ปัญหาทางการขนส่งและโลจิสติกส์ในปัจจุบัน

2.2 สินค้าคงคลัง

สินค้าคงคลัง หมายถึง วัสดุหรือสินค้าต่างๆ ที่เก็บไว้เพื่อใช้ประโยชน์ในการดำเนินงาน อาจเป็นการ ดำเนินการผลิต ดำเนินการขาย หรือดำเนินงานอื่นๆ โดยประเภทของสินค้าคงคลังสามารถแบ่ง ออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้ (Steven, 2005 ; Slack, et al., 2001)

1. สินค้าคงคลังที่เป็นวัตถุดิบ (Raw material inventory)
2. สินค้าคงคลังระหว่างผลิต (Work-in-process inventory)
3. สินค้าคงคลังประเภทอะไหล่สำหรับการซ่อมบำรุง (Maintenance inventory)
4. สินค้าคงคลังประเภทสำเร็จรูป (Finished goods inventory)

5. สินค้าคงคลังระหว่างการกระจาย (Distribution inventory)

สินค้าคงคลัง เป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับธุรกิจเพราะจัดเป็นสินทรัพย์หมุนเวียนรายการหนึ่งซึ่งธุรกิจพึงมีไว้เพื่อให้การผลิตหรือการขายสามารถดำเนินไปได้อย่างราบรื่น การมีสินค้าคงคลังมากเกินไปอาจเป็นปัญหาเกี่ยวกับธุรกิจ ทั้งในเรื่องต้นทุนการเก็บรักษาที่สูง สินค้าเสื่อมสภาพ หמדอายุ ล้าสมัย ถูกขโมย หรือสูญหาย นอกจากนี้ยังทำให้สูญเสียโอกาสในการนำเงินที่จมอยู่กับสินค้าคงคลังนี้ไปหาประโยชน์ในด้านอื่นๆ แต่ในทางตรงกันข้าม ถ้าธุรกิจมีสินค้าคงคลังน้อยเกินไป ก็อาจประสบปัญหาสินค้าขาดแคลนไม่เพียงพอ (Stock out) สูญเสียโอกาสในการขายสินค้าให้แก่ลูกค้า เป็นการเปิดช่องให้แก่คู่แข่งและก็ต้องสูญเสียลูกค้าไปในที่สุด ดังนั้นจึงเป็นหน้าที่ของผู้ประกอบการในการจัดการสินค้าคงคลังให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ไม่มากหรือน้อยจนเกินไป เพราะการลงทุนในสินค้าคงคลังต้องใช้เงินจำนวนมาก และอาจส่งผลกระทบต่อสภาพคล่องของธุรกิจได้ (มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงราย)

การมีสินค้าคงคลังที่เพียงพอถือเป็นการตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าได้ทันเวลาและทันตามความต้องการ พิมลศรี สุทธานนท์กุล (2552) กล่าวว่าไว้ว่า การมีสินค้าคงคลัง มีข้อดีต่อหน่วยงานและองค์กร แต่ก็ย่อมมีข้อเสียในของค่าใช้จ่ายต่างๆเกิดขึ้นคู่กันไปด้วย เช่น สถานที่จัดเก็บ แรงงานที่ต้องใช้ในการดูแลรักษา การทำบัญชีควบคุมปริมาณ และเงินทุนที่ต้องจมอยู่ในสินค้าเหล่านี้ ซึ่งไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทันที ดังนั้นหากกิจการจำเป็นต้องมีวัตถุดิบและสินค้าคงคลัง จึงจำเป็นต้องวิเคราะห์เปรียบเทียบระหว่างข้อดีและข้อเสียในการมีวัตถุดิบและวัสดุคงคลัง หรือการบริหารวัตถุดิบและสินค้าคงคลัง ให้มีต้นทุนต่ำที่สุด เพื่อกำหนดจำนวนวัตถุดิบและวัสดุคงคลังที่เหมาะสม เพราะฉะนั้นการบริหารจัดการสินค้าคงคลังจึงเป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการควรให้ความสำคัญ

การบริหารจัดการสินค้าคงคลังให้มีประสิทธิภาพ ไม่ใช่การทำให้สินค้าคงคลังมีอยู่ในปริมาณน้อยที่สุด แต่สิ่งที่สำคัญ คือ จะต้องทำให้สินค้าคงคลังมีอยู่ในปริมาณที่เหมาะสมที่สุด เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานของธุรกิจให้ต่ำที่สุด และปัญหาการตัดสินใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับสินค้าคงคลังมีอยู่ 2 ประการ ที่ควรคำนึงถึง คือ

1. จะสั่งซื้อปริมาณเท่าไรต่อครั้ง
2. จะสั่งซื้อเมื่อใด

โดยการตัดสินใจเรื่องทั้ง 2 นี้ ถ้าจะโน้มเอียงไปทางใดทางหนึ่งจนมากเกินไป เช่น ถ้าสั่งซื้อเป็นจำนวนมากเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อให้ต่ำที่สุด ก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายจำนวนมากเช่นกันในการจะต้องมีสินค้าคงคลังเก็บสะสมไว้ หรือถ้าสั่งซื้อในปริมาณที่น้อยที่สุดก็ต้องมีจำนวนครั้งในการสั่งเพิ่มมากขึ้น ทำให้ค่าใช้จ่ายในการสั่งซื้อเพิ่มมากขึ้นด้วย แต่การพิจารณาเพื่อตัดสินใจในเรื่องทั้ง 2

ประการนี้ จะไม่ได้เกิดจากเน้นหนักหรือเลือกวิธีใดวิธีหนึ่ง แต่องค์กรจะต้องหาความสมดุลระหว่างความต้องการทั้ง 2 นี้ เพื่อให้มีต้นทุนของวัสดุคงคลังที่ต่ำ และมีปริมาณวัสดุคงคลังและจำนวนครั้งในการสั่งซื้ออยู่ในปริมาณที่เหมาะสม

วัตถุประสงค์หลักของการบริหารจัดการสินค้าคงคลังมีอยู่ 2 ประการ (วันชัย รัตนวงษ์,2554) คือ

1. เพื่อให้มีสินค้าคงคลังบริการลูกค้าในปริมาณที่เพียงพอ และทันต่อความต้องการของลูกค้าเสมอ เพื่อสร้างยอดขายและรักษาระดับของส่วนแบ่งตลาด

2. เพื่อลดระดับการลงทุนในสินค้าคงคลังให้ต่ำลง

แต่วัตถุประสงค์สองข้อนี้จะขัดแย้งกันเอง เพราะการลงทุนในคลังสินค้าที่ต่ำที่สุดมักจะต้องใช้วิธีลดระดับสินค้าคงคลังให้เหลือแค่เพียงพอ แต่ระดับสินค้าคงคลังที่ต่ำเกินไปจะทำให้การบริการลูกค้าไม่เพียงพอหรือไม่ทันเวลาลูกค้า แต่การถือสินค้าคงคลังไว้มากเพื่อผลิตหรือส่งลูกค้าได้เพียงพอและทันเวลาเสมอ ทำให้ต้นทุนสินค้าคงคลังสูงขึ้น ดังนั้นการจัดการสินค้าคงคลังโดยรักษาความสมดุลของทั้งสองของวัตถุประสงค์ทั้งสองข้อนี้จึงจำเป็นต้องอาศัยเทคโนโลยีเข้ามาช่วยจัดการ (พิมลศรี สุทธานนท์กุล,2552)

ต้นทุนของสินค้าคงคลังประกอบด้วยต้นทุนย่อย 4 ประเภท ดังนี้ (Douglas,1975)

1. ต้นทุนของเงินทุน (Capital costs) การถือสินค้าคงคลังไว้ทำให้เงินทุนส่วนหนึ่งต้องจมอยู่กับสินค้าโดยที่ไม่สามารถนำเงินทุนจำนวนนั้นไปใช้ในกิจกรรมอื่นได้ซึ่งเงินทุนส่วนนี้ถือเป็นค่าเสียโอกาสของเงินทุน (Opportunity cost of capital)

2. ต้นทุนด้านบริการที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง (Inventory service costs) ต้นทุนด้านบริการที่เกี่ยวข้องกับสินค้าคงคลัง ประกอบด้วย ค่าประกันภัยทั้งในด้านอัคคีภัยและการโจรกรรมทรัพย์สินที่เป็นสินค้าคงคลังและภาษีในการถือครองทรัพย์สินส่วนบุคคล (Personal property taxes) ซึ่งทรัพย์สินในที่นี้ คือ สินค้าคงคลัง ส่วนค่าประกันภัยจะไม่แปรผันตามระดับของสินค้าคงคลังมากนัก เนื่องจากค่าเบี้ยประกันภัยจะคิดจากมูลค่าของสินค้าที่กำหนดไว้แน่นอนในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งควรมีการแก้ไขกรรมธรรม์ประกันภัยเป็นช่วงๆ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระดับของสินค้าคงคลังเป็นจำนวนมาก

3. ต้นทุนการใช้พื้นที่เก็บสินค้าคงคลัง (Storage Space Costs) ต้นทุนด้านค่าเช่าพื้นที่คลังสินค้า

4. ต้นทุนความเสี่ยงที่เกิดจากสินค้าคงคลัง (Inventory risk costs) ต้นทุนของความเสี่ยงที่เกิดจากสินค้าคงคลัง หมายถึง ต้นทุนใดๆ ที่เกิดจากรisk ในการเก็บสินค้าคงคลังไว้ แบ่งเป็น 4 ประเภท ดังนี้

- ต้นทุนสินค้าเสื่อม (Obsolescence) ต้นทุนที่เกิดขึ้นเนื่องจากสินค้าไม่สามารถขายได้ในราคาปกติอีกต่อไป หรืออาจกล่าวได้ว่า คือ ต้นทุนที่เกิดจากการถือสินค้าคงคลังนั้นไว้เกินช่วงอายุที่สามารถใช้ประโยชน์จากผลิตภัณฑ์ (Useful life)

- ต้นทุนสินค้าเสียหาย (Damage costs) ต้นทุนส่วนนี้เป็นต้นทุนของความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างการขนส่งสินค้า ในกรณีที่มีการใช้คลังสินค้าสาธารณะค่าเสียหายส่วนนี้สามารถขอคืนได้จากผู้จัดการคลังสินค้าในกรณีที่มีการเสียหายเกินกว่าที่ได้ตกลงกันไว้

- ต้นทุนสินค้าหดหาย (Shrinkage costs) สินค้าหดหายในที่นี้รวมทั้งสินค้าสูญหายและสินค้าหดตัวเนื่องจากน้ำหนักหรือปริมาตรลดลง สินค้าหดตัวสามารถเกิดได้จากการขนส่งสินค้าทางการเกษตร แร่ธาตุ น้ำมัน เป็นต้น ซึ่งน้ำหนักของสินค้าเหล่านี้ส่วนหนึ่งจะหดตัวไปหรือระเหยไประหว่างการขนส่ง

- ต้นทุนการย้ายสถานที่ (Relocation costs) ต้นทุนของการย้ายสถานที่ที่เกิดขึ้นเมื่อมีการย้ายสินค้าจากคลังสินค้าแห่งหนึ่งไปยังคลังสินค้าอีกแห่งหนึ่งเพื่อลดปัญหาความเสื่อมของสินค้า เช่น สินค้าที่มีการขายดีในภาคเหนืออาจจะขายไม่ได้ในภาคใต้ ดังนั้นการที่กิจการขนย้ายสินค้าจากภาคใต้ไปขายในภาคเหนืออาจจะช่วยลดปัญหาสินค้าเสื่อมลงไปได้

เพราะฉะนั้นสามารถสรุปได้ว่า สินค้าคงคลังมีวัตถุประสงค์ในการสร้างความสมดุลในห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นสินค้าคงคลังจึงมีความสำคัญต่อกิจกรรมหลักของธุรกิจเป็นอย่างมาก การจัดการสินค้าคงคลังที่มีประสิทธิภาพจึงส่งผลกระทบต่อผลกำไรจากการประกอบการโดยตรงและในปัจจุบันได้มีการนำเอาระบบคอมพิวเตอร์มาจัดการฐานข้อมูลสินค้าคงคลัง เพื่อให้เกิดความถูกต้องแม่นยำ และทันเวลามากยิ่งขึ้น การจัดซื้อวัตถุดิบ ชิ้นส่วนและวัสดุต่างๆ เข้ามาเก็บในคลังสินค้าต้องมีคุณสมบัติที่ตรงตามความต้องการ ปริมาณเพียงพอ ราคาเหมาะสม และทันเวลา นอกจากนี้ยังระบบคอมพิวเตอร์ยังช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถตรวจสอบปริมาณและจำนวนสินค้าที่เก็บไว้ได้อย่างรวดเร็วและช่วยในการศึกษาความเคลื่อนไหวของสินค้าแต่ละรายการหรือแต่ละประเภทได้โดยง่าย จะเห็นได้ว่าการจัดการสินค้าคงคลังที่ดีและมีประสิทธิภาพจะนำไปสู่การลดต้นทุนโดยรวมของธุรกิจและการเพิ่มระดับการบริการของลูกค้า (วันชัย รัตนวงษ์, 2554 ; มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)

2.3 การบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ส่งมอบ (Vendor Managed Inventory, VMI)

การบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ส่งมอบ (VMI) เป็นกิจกรรมหนึ่งในกระบวนการของการจัดการห่วงโซ่อุปทาน (ธนิต โสรัตน์, 2550) VMI เป็นแนวความคิดในการบริหารคลังสินค้าที่อาศัยประโยชน์จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ส่งมอบและลูกค้า กล่าวคือ ผู้ส่งมอบจะมีหน้าที่บริหารสินค้าคงคลังแทนลูกค้า โดยผู้ส่งมอบจะเป็นผู้เข้ามาบริหารสินค้าในคลังสินค้า มีหน้าที่รับผิดชอบในการเติมสินค้าให้กับลูกค้า ผู้ส่งมอบจะเป็นผู้ตัดสินใจในเรื่องวัน เวลา และปริมาณการขนส่ง โดยใช้ข้อมูลที่ได้รับจากลูกค้า เช่น ยอดขายหรืออุปสงค์ ระดับสินค้าคงคลัง เป็นต้น ในการวางแผนการจัดการสินค้าคง

คลังที่เหมาะสมให้แก่ลูกค้า หมายถึง ผู้ส่งมอบจะคอยตรวจสอบปริมาณสินค้าคงคลังของลูกค้าและจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าเพื่อรักษาระดับสินค้าคงคลังให้ได้ตามนโยบายที่ได้ตกลงกันไว้ตั้งแต่ต้น (Disney, et al.,2003) ซึ่งจะเห็นได้ว่าหน้าที่ในการจัดการและเติมเต็มสินค้าคงคลังถูกโอนให้เป็นหน้าที่ของผู้ส่งมอบ และเพื่อการดำเนินงานที่มีประสิทธิภาพลูกค้าและผู้ส่งมอบควรมีการกำหนดเงื่อนไขร่วมกัน เช่น วิธีการขนส่ง การรับผิดชอบความเสียหายทั้งที่เกิดขึ้นกับตัวสินค้าและการผัดผ่อนส่งมอบ ระดับสินค้าคงคลังต่ำสุดของลูกค้า เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่าขั้นตอนสำหรับการทำ VMI ให้มีประสิทธิภาพนั้นประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนการคัดเลือกผู้ส่งมอบ ผู้ส่งมอบเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญต่อการทำงาน VMI เนื่องจากถ้าผู้ส่งมอบที่คัดเลือกมานั้นไม่มีประสิทธิภาพ ไม่สามารถตอบสนองความต้องการได้อาจจะส่งผลให้ระบบ VMI ไม่ประสบความสำเร็จ
2. ขั้นตอนการกำหนดวัตถุประสงค์และเงื่อนไขในการทำงานร่วมกัน เพื่อให้การดำเนินงานนั้นสอดคล้องกับความต้องการและเป็นข้อตกลงระหว่างของผู้ส่งมอบและลูกค้า
3. ขั้นตอนการเลือกรูปแบบการจัดการที่เหมาะสม เช่น ตำแหน่งที่ตั้งสินค้าคงคลัง โดยทำการตกลงกันว่าควรตั้งสินค้าที่ใด จะเป็นคลังสินค้าของลูกค้า คลังสินค้าของผู้ส่งมอบหรือดำเนินการโดยบริษัทผู้ให้บริการทางด้านโลจิสติกส์ รูปแบบการกระจายสินค้า โดยกำหนดผู้ดำเนินการกระจายสินค้าจะเป็นผู้ส่งมอบหรือจ้าง Outsource เข้ามาดำเนินการ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของผู้ส่งมอบในการประยุกต์ใช้ระบบ VMI คือ

1. เพื่อนำไปสู่การลดลงของสินค้าคงคลัง
2. เพื่อสามารถลดต้นทุนด้านการบริหารจัดการสินค้าคงคลัง เช่น การดูแลรักษาสินค้าคงคลัง ต้นทุนการถือครอง เป็นต้น
3. เพื่อเป็นการดึงดูดลูกค้าให้ทำการดำเนินธุรกิจในระยะยาวร่วมกัน

จากแนวความคิด VMI ข้างต้น เห็นได้ว่าระบบ VMI จะส่งผลให้ลูกค้ามีผลิตภัณฑ์หรือสินค้าป้อนเข้ามาอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยลดปัญหาการเก็บสะสมของสินค้าในคลังสินค้าทั้งในส่วนของผู้ส่งมอบและลูกค้า นอกจากนี้การนำแนวความคิด VMI ไปใช้ ยังช่วยลดความผิดพลาดเกี่ยวกับข้อมูลเนื่องจากระบบ VMI ใช้การสื่อสารด้วยระบบคอมพิวเตอร์ รวมทั้งความรวดเร็วในการรับส่งข้อมูลก็จะสูงขึ้นด้วย ส่งผลให้ประโยชน์ที่ลูกค้าจะได้รับ คือ อัตราการเติมสินค้าจากผู้ส่งมอบไปยังศูนย์กระจายสินค้าลูกค้าสูงขึ้นซึ่งจะช่วยลดในส่วนของการขาดแคลนสินค้าคงคลัง ต้นทุนในการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้าลดลงเนื่องจากความรับผิดชอบในการจัดการการเติมสินค้าเป็นหน้าที่ของผู้ส่งมอบ และลูกค้ายังได้รับระดับการบริการที่สูงขึ้นเนื่องได้รับสินค้าในปริมาณและเวลาที่พอดีหรือพอเหมาะ สำหรับประโยชน์

ที่ผู้ส่งมอบจะได้รับ คือ ข้อมูลที่ได้รับจากลูกค้าทำให้ง่ายต่อการพยากรณ์ความต้องการ รวมทั้งสามารถทราบถึงความต้องการล่วงหน้าของลูกค้าทำให้การวางแผนการผลิตเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ความคลาดเคลื่อนของปริมาณสินค้าที่ส่งให้ลูกค้านั้นลดลง (สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่,2552 ; นาฎยา มณีรัตน์,2546) เพราะฉะนั้นจากกล่าวสรุปข้อดีของระบบ VMI (นิวพัณน์ อุทัยแสงไพศาล,2554 ; LogistiCafe Blog,2554 ; ศิริวรรณ มิตรปล้อง,2551) ได้ดังนี้

1. ลูกค้าสามารถลดต้นทุนสูญเสียโอกาสการขายเนื่องจากสินค้าขาดแคลน ไม่เพียงพอกับความต้องการของลูกค้า
2. ระดับการให้บริการของผู้ส่งมอบสูงขึ้นเนื่องจากสามารถส่งสินค้าทันต่อความต้องการ และตอบสนองลูกค้าได้ครบถ้วน เป็นการเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า
3. ภาระด้านการจัดการสินค้าคงคลังของลูกค้าลดลงเนื่องจากผู้ส่งมอบจะเป็นผู้รับผิดชอบคลังสินค้าให้แก่ลูกค้า
4. ต้นทุนสินค้าสินค้าคงคลังทั้งของผู้ส่งมอบและลูกค้าลดลง เนื่องจากไม่ต้องเก็บสินค้าคงคลังไว้มากเกินความต้องการ เป็นการลดต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลังซึ่งถือเป็นต้นทุน 1 ใน 3 ของต้นทุนโลจิสติกส์ที่สำคัญ
5. เพิ่มความแน่นอนในกระบวนการจัดหาสินค้า ระบบ VMI จะทราบทั้งจำนวนสินค้าและเวลาในการส่งที่ค่อนข้างแน่นอนสำหรับการส่งแต่ละครั้ง จึงช่วยให้ผู้ส่งมอบสามารถวางแผนเกี่ยวกับสินค้าคงคลังของตนเองและการกระจายสินค้าไปยังร้านค้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในอดีตการจัดการสินค้าคงคลังมีความยุ่งยากและต้องใช้บุคลากรจำนวนมากเพื่อดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน เพราะฉะนั้นระบบ VMI จึงได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยลดขั้นตอนต่างๆลง อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดการสินค้าคงคลัง จะเห็นได้ว่าภาคธุรกิจในปัจจุบันได้นำระบบ VMI มากขึ้น อันเนื่องมาจากธุรกิจค้าปลีกต้องบริหารให้มีสินค้าพร้อมที่จะขายเมื่อลูกค้าต้องการ ซึ่งหมายถึง ผู้ที่ทำการสั่งซื้อต้องมีความสามารถในการวางแผนการสั่งซื้อที่มีความแม่นยำสูง เพื่อให้สินค้าเพียงพอต่อความต้องการของลูกค้า ขณะเดียวกันผู้จัดจำหน่ายหรือผู้ผลิตก็ต้องการขายหรือส่งสินค้าตามจำนวนที่ได้รับคำสั่งซื้อโดยไม่มีสินค้าเหลือค้างในมือจนมากเกินไป ซึ่งในอดีตจากการทำงานแบบวิธีการที่ต่างคนต่างทำนี้จะเห็นได้ว่าผู้ค้าปลีกจะต้องประเมินการสั่งซื้อให้กับผู้จัดจำหน่ายจากยอดการเบิกของร้านค้าไปที่ศูนย์กระจายสินค้าเพื่อประเมินเป็นยอดสั่งซื้อกับผู้จัดจำหน่ายและต้องมีการสำรองสินค้าไว้ส่วนหนึ่งเพื่อกันความผิดพลาด ส่วนผู้จัดจำหน่ายเองก็มีการสำรองสินค้าไว้อีกส่วนหนึ่งสำหรับบริการลูกค้าของตนและผู้ผลิตเองก็ต้องมีการสำรองสินค้าไว้ให้กับผู้จัดจำหน่ายเหมือนกัน ดังนั้นการคาดคะเนจากการสั่งซื้อสินค้าของทุกฝ่ายนั้นซึ่งจะใช้การประมาณการหรือส่วนใหญ่จะใช้ความรู้สึกตนเองเป็นเกณฑ์แทนที่จะใช้ข้อมูลการขายและไม่มีการปรึกษาระหว่างคู่ค้าทั้งในเรื่องการผลิตและ

การตำรองสินค้าซึ่งส่วนมากมักจะไม่สามารถคล้องกับความต้องการของลูกค้าอันเนื่องจากพฤติกรรมการซื้อของลูกค้าที่มีหลายปัจจัย อาทิเช่น ฤดูกาลความนิยม เป็นต้น รวมทั้งพฤติกรรมการเบิกสินค้าของร้านซึ่งปัจจัยเหล่านี้ได้ส่งผลกระทบต่อเปลี่ยนแปลง อีกทั้งยังทำให้เกิดการบิดเบือนจากข้อเท็จจริงจนบางครั้งอาจทำให้เกิดปรากฏการณ์แส้มา ซึ่งมักจะเกิดกับร้านสั่งสินค้าแล้วไม่ได้ตามรอบที่สั่งทำให้มีการสั่งซ้ำเพราะกลัวจะไม่ได้สินค้านั้นอีกทำให้เกิดการสั่งซื้อมากเกินไปจนเกินความเป็นจริงในทุกชั้นตอนจนส่งผลให้ทุกฝ่ายต้องแบกรับภาระสินค้าคงเหลือไว้มากมาย (สนั่น เกษศิริ,2553)

นิวัฒน์ อุทัยแสงไพศาล (2554) ได้กล่าวถึง ปรากฏการณ์แส้มา (Bullwhip Effect) ไว้ว่าเป็นปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในห่วงโซ่อุปทานเนื่องจากขาดการสื่อสารที่ดีว่าอุปสงค์ของลูกค้าที่แท้จริงเป็นเท่าใด ทำให้เกิดความเข้าใจคำสั่งซื้อของลูกค้าตนเองผิดพลาดไป โดยสาเหตุหลักของปรากฏการณ์แส้มา คือ การไม่ทราบถึงข้อมูลอุปสงค์ที่แท้จริงของลูกค้า ซึ่งอาจมีสาเหตุ ดังนี้

1. การพยากรณ์ผิดพลาดหรือขาดการอัปเดตข้อมูล ทำให้ผู้ส่งมอบเข้าใจอุปสงค์ของลูกค้าผิดไป
2. ระยะเวลาจัดส่งไม่แน่นอน ทำให้ลูกค้าไม่แน่ใจว่าจะได้รับสินค้าในเวลาที่ต้องการจึงมีการสั่งสินค้าเพื่อไว้แล้วทำการเก็บสินค้าคงคลัง
3. Order Batching อุปสงค์ของลูกค้าอาจจะไม่ได้มีมากครบตาม Batch ที่ตกลงไว้กับลูกค้า แต่เนื่องจากเป็นข้อกำหนดว่าต้องสั่งสินค้าทีละกลุ่มจึงทำให้อุปสงค์ของลูกค้าที่แท้จริงดูมากขึ้น
4. ความแปรปรวนของราคาทำให้เกิดการซื้อเพื่อกักตุนสินค้า

เนื่องจากปรากฏการณ์แส้มา เกิดการขาดการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทาน ดังนั้นการร่วมมือภายในห่วงโซ่อุปทานในการแลกเปลี่ยนข้อมูลเพื่อความเข้าใจความต้องการจากลูกค้ามากขึ้นจะช่วยลดปรากฏการณ์แส้มาโดยเครื่องมือที่สามารถนำมาสู่การร่วมมือภายในเครือข่ายได้ คือ ระบบ VMI

2.4 ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem, VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถจัดเป็นปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งในการบริหารจัดการ โลจิสติกส์ เพราะการจัดเส้นทางเดินรถถือเป็นกระบวนการเพื่อลดต้นทุนในการดำเนินงานของบริษัท การลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานนั้นอาจจะประกอบไปด้วย การใช้ยานพาหนะที่มีจำนวนน้อยลง การลดระยะเวลาความล่าช้าในการขนส่งสินค้า การเพิ่มระดับการให้บริการแก่ลูกค้า การใช้ระยะทางขนส่งที่น้อยลง ซึ่งระยะทางที่น้อยลง หมายถึง ค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันที่ลดลงและค่าแรงที่ลดลง

2.4.1 ประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

การแบ่งประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนั้นสามารถจัดแบ่งได้หลายประเภท โดยขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ซึ่งผู้ประกอบการแต่ละรายนั้นอาจจะมีลักษณะของปัญหาที่แตกต่างกันออกไป เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับรถที่กำหนดให้รถทุกคันต้องออกและกลับมายังท่ารถเท่านั้น (Single depot) หรือรถต้องออกจากท่ารถอีกแห่งหนึ่งแต่อาจจะกลับเข้าสู่ท่ารถอื่นได้ (Multiple depots) หรือการออกแบบเส้นทางสำหรับผู้ประกอบการที่มีรถบริการเพียง 1 คัน หรือออกแบบเส้นทางสำหรับผู้ประกอบการที่มีรถบริการหลายคัน เวลาที่ให้บริการและความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถแต่ละคันที่ไม่เท่ากัน เป็นต้น ดังนั้น ฌกร อินทร์พยุง (2548) และ Bodin, et al. (1994) จึงจำแนกลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถไว้ แสดงดังตารางที่ 2.1 และตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

(ที่มา : ฌกร อินทร์พยุง,2548)

ลักษณะของปัญหา	เงื่อนไข
1. จำนวนของยานพาหนะ (Fleet)	จำนวน 1 คัน
	จำนวนหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle type)	ประเภทเดียวกันหมด
	หลายๆประเภท
3. โรงจอดรถ (Depot) หรือคลังสินค้า (Warehouse)	จำนวน 1 ที่ (Single depot)
	จำนวนหลายที่ (Multiple depots)
4. ความต้องการในการขนส่ง (Transport demand)	ความต้องการที่แน่นอน (Deterministic)
	ความต้องการที่ไม่แน่นอน (Stochastic)
5. จุดกำเนิดของความต้องการ (Demand location)	ที่ตำแหน่ง (Node หรือ Point)
	ที่เส้นทาง (Arc หรือ Route)
	ที่ตำแหน่งและเส้นทาง
6. ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ (Vehicle capacity)	เท่ากันหมด
	ไม่เท่ากัน
7. เวลาการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด (Maximum route time)	เท่ากันหมด
	ไม่เท่ากัน
8. ข้อจำกัดทางด้านเวลาในการขนส่ง (Time windows)	แบบด้านเดียว (Single-sided)
	แบบสองด้าน (Double-sided)

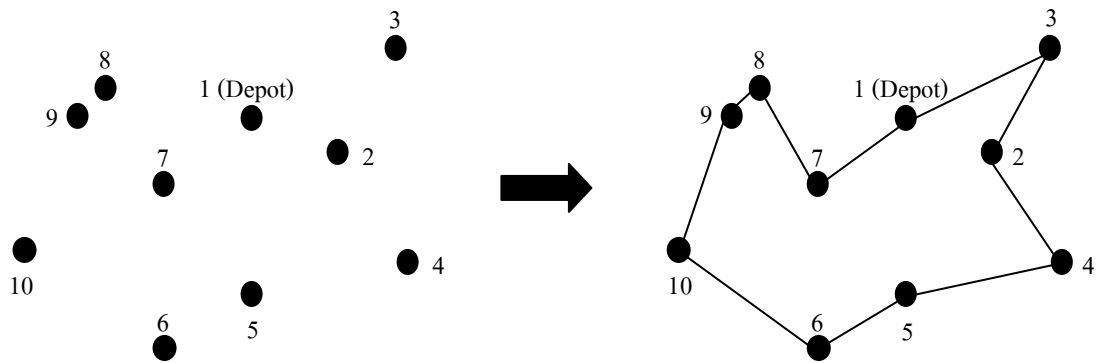
ตารางที่ 2.2 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ Bodin

(ที่มา : Bodin, et al.,1994)

ลักษณะของปัญหา	เงื่อนไข
1. จำนวนของยานพาหนะ (Fleet)	จำนวน 1 คัน
	จำนวนหลายคัน
2. ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle type)	ประเภทเดียวกันหมด
	หลายๆประเภท
	ใช้รถชนิดพิเศษ
3. โรงจอดรถ (Depot) หรือคลังสินค้า (Warehouse)	จำนวน 1 ที่ (Single depot)
	จำนวนหลายที่ (Multiple depots)
4. ความต้องการในการขนส่ง (Transport demand)	ความต้องการที่แน่นอน (Deterministic)
	ความต้องการที่ไม่แน่นอน (Stochastic)
	ความต้องการจัดส่งเพียงส่วน
5. จุดกำเนิดของความต้องการ (Demand location)	ที่ตำแหน่ง (Node หรือ Point)
	ที่เส้นทาง (Arc หรือ Route)
	ที่ตำแหน่งและเส้นทาง (Mix)
6. ความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ (Vehicle capacity)	เท่ากันหมด
	ไม่เท่ากัน
	ไม่จำกัด
7. เวลาการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด (Maximum route time)	เท่ากันหมด
	ไม่เท่ากัน
8. เส้นทางเครือข่าย	ไม่มีทิศทาง
	มีทิศทาง
	แบบผสม
	แบบเรขาคณิต
9. เส้นทางเครือข่าย	รับอย่างเดียว
	ส่งอย่างเดียว
	รับและส่ง
	รับหรือส่ง
10. ต้นทุน	ต้นทุนคันแปรและต้นทุนคงที่
	จำกัดต้นทุนของรถแต่ละคัน
11. วัตถุประสงค์	ค่าใช้จ่ายของเส้นทางรวมเส้นทางน้อยที่สุด
	ต้นทุนคงที่ และต้นทุนแปรผันรวมกันน้อยที่สุด
	จำนวนรถที่ต้องการน้อยที่สุด
	ใช้ประโยชน์ของทรัพยากรที่มีอยู่ให้มากที่สุด
	สามารถรองรับความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด

จากการศึกษางานวิจัยวิจัยพบว่าปัญหาพื้นฐานของการจัดเส้นทางเดินรถสามารถแบ่งออกเป็นลักษณะของปัญหาได้ 2 ลักษณะหลักๆ ดังนี้

1. ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem, TSP) คือ การหาเส้นทางเดินรถเพียงหนึ่งเส้นทางที่สามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าที่กำหนดได้ทุกราย โดยมียานพาหนะขนส่งเพียงหนึ่งคัน ผลลัพธ์ของเส้นทางนั้นจะต้องผ่านลูกค้าแต่ละรายเพียงครั้งเดียว เส้นทางมีจุดเริ่มและจุดสิ้นสุดเพียงจุดเดียว คือ คลังสินค้า (Depot) ภายใต้จุดประสงค์ระยะทางเดินทางรวมน้อยที่สุด แสดงดังรูปที่ 2.1 ปัญหา TSP ได้รับการพิสูจน์ทางทฤษฎีว่าเป็นปัญหาเอ็นพี-สมบูรณ์ (NP-complete) หรือเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนในการหาผลเฉลย (Savelsbergh,1985)



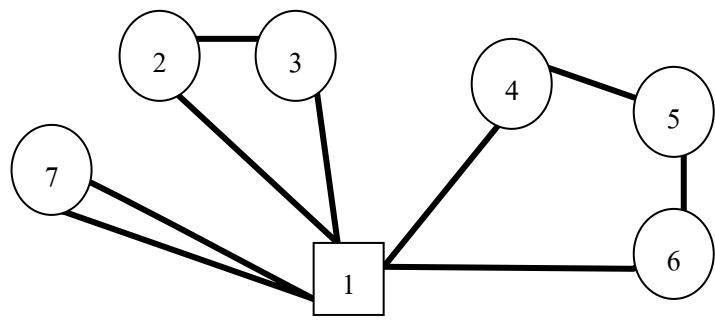
รูปที่ 2.1 ลักษณะการจัดเส้นทางรถของปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (TSP)
(ที่มา : กฤษณภัทร สวาสดี,2549)

2. ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะมาตรฐาน (Standard vehicle routing problem, VRP) เป็นลักษณะของปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาแบบ TSP กล่าวคือปัญหาแบบ VRP ประกอบด้วยรถขนส่งจำนวนมากขึ้น ทำให้เกิดเส้นทางเดินรถหลายเส้นทาง หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า VRP ประกอบด้วย TSP ที่มีความเป็นอิสระต่อกันจำนวนหลายเส้นทาง เพราะฉะนั้น VRP จึงถูกจัดเป็นปัญหาแบบเอ็นพี-สมบูรณ์ (ปัญหาที่มีความยากในการแก้ไข) ปัญหาแบบ VRP เป็นปัญหาที่มีการจัดเส้นทาง m เส้นทางของยานพาหนะหลายคันจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าหลายราย ซึ่งมีปริมาณความต้องการแตกต่างกัน รถขนส่งทุกคันต้องออกจากคลังสินค้าเพื่อบริการลูกค้าให้ครบทุกจุด และกลับมายังคลังสินค้าเดิมทุกครั้ง และจะต้องส่งสินค้าให้ครบตามปริมาณความต้องการของลูกค้า ภายใต้ขีดจำกัดความสามารถในการบรรทุกสินค้า โดยวัตถุประสงค์หลักของปัญหาแบบ VRP คือ ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด หรืออาจกล่าวสรุปได้ว่าปัญหาแบบ VRP เป็นปัญหาที่มีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเพียงจุดเดียว คือ คลังสินค้า มีลูกค้าจำนวน n ราย มียานพาหนะขนส่งจำนวน k คัน มีเส้นทาง m เส้นทาง ทราบระยะทางระหว่างจุด 2 จุดในระบบเครือข่าย และการบรรทุกสินค้าในแต่ละครั้งนั้นจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ (ทศพร อติเศรษฐพงศ์,2554) ภายใต้วัตถุประสงค์พื้นฐานคือ ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลลัพธ์การจัดเส้นทาง แสดงดังรูปที่ 2.2 ตัวอย่างปัญหาจริงที่

สามารถจัดเป็นปัญหาแบบ VRP เช่น การจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน การส่งไปรษณีย์ การส่งหนังสือพิมพ์ การขนส่งน้ำมัน การขนส่งสินค้าทั่วไป เป็นต้น

ปัญหา VPR นั้นสามารถเพิ่มเงื่อนไขข้อจำกัดต่างๆ เข้ามาในปัญหาได้ ทำให้ปัญหามีความซับซ้อนและใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากยิ่งขึ้น (ศักดิ์ พวงจันทร์,2548 ; กฤษณภัทร สวาสดิ์,2549 ; กฤต จันทรสมัย และ สมบัติ สินธุเชาวน์,2554) เช่น

- ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีหลายเงื่อนไข (Multiple-criteria vehicle routing problem, MVRP) ปัญหาประเภทนี้จัดเป็นปัญหาประเภท VRP ที่กำหนดเงื่อนไขวัตถุประสงค์ไว้หลายประการ เช่น ระยะทางต่ำสุด ระยะเวลาต่ำสุด จำนวนยานพาหนะน้อยสุด เป็นต้น ซึ่งทำให้มีความยากในการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับทุกๆเงื่อนไข เนื่องจากว่าคำตอบที่ดีที่สุดเหมาะกับเงื่อนไขหนึ่ง อาจจะเป็นคำตอบที่ไม่ดีเท่าที่ควรหากมองในมุมมองของอีกเงื่อนไขหนึ่ง นอกจากนั้นคำตอบที่ให้ค่าที่ดีที่สุดและสอดคล้องกับทุกๆเงื่อนไข อาจจะมีมากกว่าหนึ่งคำตอบก็ได้
- ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่เกี่ยวข้องกับกรอบเวลา (Vehicle routing problem with time window, VRPTW) ปัญหาประเภทนี้เป็นปัญหาประเภท VRP ที่กำหนดข้อจำกัดทางด้านเวลาไว้ด้วย เช่น การกำหนดเวลารับและส่งสินค้าของลูกค้าบางแห่งจะต้องไม่เร็วหรือช้าเกินไป ทำให้การแก้ไขปัญหามีความยากมากขึ้นกว่าปัญหา VRP ทั่วไป
- ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีความต้องการไม่แน่นอน (Vehicle routing problem with Stochastic demand, VRPSD)
- Split deliver vehicle routing problem (SDVRP) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ที่ลูกค้าแต่ละรายสามารถไปพบได้มากกว่า 1 ครั้ง



รูปที่ 2.2 ลักษณะการจัดเส้นทางรถของปัญหาการจัดเส้นทางรถ (VRP) (ที่มา : สุदारัตน์ สุ่มมาตย์,2547)

และในงานวิจัยของ Toth และ Vigo (2000) และ Cordeau (2001) (อ้างอิงจาก ธรินี มณีศรี,2550) ก็ได้ทำการแบ่งประเภทของปัญหา VRP ไว้เช่นกัน แสดงดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (VRP)

(ที่มา : ธรินี มณีศรี,2550)

รูปแบบปัญหา	ชื่อย่อ	ความหมาย
VRP with Capacity Restriction	CVRP	VRP แบบมีข้อจำกัด
VRP with Time Window	VRPTW	VRP แบบมีกรอบเวลา
VRP with Backhaul	VRPB	VRP แบบมีการขนส่งกลับมากลึงเดิม
Pickup and Delivery	VRPPD	VRP แบบมีการรับและส่งสินค้า
VRPPD with time Window	VRPPDTW	VRPPD แบบมีกรอบเวลา
VRP with Multiple Depots	MDVRP	VRP แบบมีหลายคลังสินค้า
Periodic VRP	PVRP	VRP แบบมีช่วงเวลา
Periodic VRPTW	PVRPTW	VRP แบบมีช่วงเวลาและกรอบเวลา
Stochastic VRP	SVRP	VRP แบบมีความไม่แน่นอน

2.4.2 ลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าหรือปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (VRP) เป็นปัญหาที่มีผู้ศึกษาอย่างกว้างขวาง เนื่องเพราะการขนส่งสินค้าเกี่ยวข้องโดยตรงกับต้นทุนขององค์กร และระดับความพึงพอใจของลูกค้า ผู้รับผิดชอบต้องตัดสินใจว่าจำนวนของพาหนะที่จะใช้ในการขนส่งควรเป็นกี่คัน ควรจะจัดสินค้าของลูกค้ารายใดไว้ที่พาหนะคันใด และตารางการเดินทางของพาหนะแต่ละคันจะเดินทางไปลูกค้าแต่ละรายด้วยลำดับอย่างไรจึงจะเกิดประสิทธิภาพสูงที่สุด ปัญหานี้มีข้อจำกัดที่ต้องคำนึงถึงอยู่หลายประการกล่าวคือ ปริมาณสินค้าที่ลูกค้าแต่ละรายต้องการซึ่งไม่เท่ากัน ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของพาหนะแต่ละคัน ระยะทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับลูกค้าแต่ละราย ช่วงเวลาการส่งมอบสินค้า และระยะทางระหว่างลูกค้ารายหนึ่งไปยังลูกค้าอีกรายหนึ่ง เป็นต้น ด้วยข้อจำกัดต่างๆ ดังกล่าว ทำให้การบริหารจัดการในการจัดเส้นทางและกำหนดตารางการขนส่งทำได้ไม่ง่าย (สร้อยสุดา เลาะหมุด และ ธรินทร์ กุลภัทรนิรันดร์,2550)

แนวความคิดพื้นฐานของการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า คือ การออกแบบหรือการหาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสมที่สุดภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุดให้กับรถขนส่งสินค้าที่ทราบปริมาณความจุ โดยจะเริ่มต้นจากคลังสินค้าไปสู่กลุ่มลูกค้าที่ทราบตำแหน่งที่ตั้ง ทราบปริมาณสินค้าที่แน่นอนและกลับมาสิ้นสุด

เส้นทางที่คลั่งสินค้าเริ่มต้น ซึ่ง ธเนศ ทักษิณวราร (2543) ได้กล่าวถึงปัจจัยสำคัญที่ควรคำนึงถึงในการจัดเส้นทางไว้ 2 ปัจจัย คือ

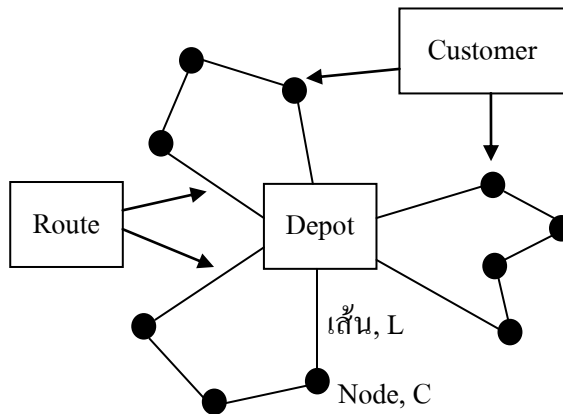
1. ข้อจำกัดในเส้นทาง ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงขนาดของรถหรือเงื่อนไขของเวลาในการขับขีรถบรรทุกในเวลาที่ถูกกฎหมายกำหนด
2. กรอบเวลา เป็นการกำหนดช่วงเวลาของวันที่จะลงสินค้าในแต่ละร้านค้าโดยข้อกำหนดนี้อาจเป็นไปได้ทั้งข้อกำหนดที่เข้มงวด คือ หลีกเลียงไม่ได้ และข้อกำหนดที่ไม่เข้มงวด คือ ผ่อนปรนได้บ้างแต่อาจจะมีบทปรับหรือลงโทษ

ปัญหาหลักของการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า คือ จะออกแบบหรือหาเส้นทางเดินรถแต่ละคันอย่างไร เพื่อไปให้บริการลูกค้าภายใต้ต้นทุนที่ต่ำที่สุด ทรัพย์สินสุดา เลาะหมุด และ ธรรม ภูถาวรนิรันดร์ (2550) ได้ทำการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าและพบว่าปัญหาดังกล่าวเป็นปัญหาที่มีปัญหาย่อยซ้อนกันอยู่ 3 ปัญหา คือ

1. ปัญหาที่เกี่ยวกับจำนวนของพาหนะที่เหมาะสม ปัญหานี้เกี่ยวกับจำนวนของพาหนะที่จะใช้ในการจัดส่งสินค้า ว่าควรจะใช้กี่คันองค์กรถึงจะได้ต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด
2. ปัญหาที่เกี่ยวกับการจัดสินค้าให้กับพาหนะ ปัญหานี้เกี่ยวกับการจัดสินค้าลงยังพาหนะว่าจะจัดส่งสินค้าของลูกค้ารายใดไว้ที่รถคันใด ซึ่งมีข้อจำกัดคือ จำนวนพาหนะที่องค์กรมีอยู่ ปริมาณบรรทุกของพาหนะแต่ละคัน และปริมาณสินค้าที่ต้องการของลูกค้าแต่ละราย นอกจากนี้ยังจะต้องคำนึงถึงด้วยว่าลูกค้าที่บรรทุกในพาหนะคันเดียวกัน จะต้องอยู่บนเส้นทางเดินรถเดียวกันได้
3. ปัญหาเกี่ยวกับการจัดเส้นทางรถขนส่ง ปัญหานี้เกี่ยวกับผู้จัดการ คือ จะต้องเลือกเส้นทางเดินของพาหนะว่าจะกำหนดให้พาหนะไปส่งสินค้าให้ลูกค้ารายใดเป็นลำดับก่อนหลังจึงจะบรรลุเป้าหมายที่องค์กรกำหนด

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีกราฟ แสดงดังรูปที่ 2.3 กล่าวได้ว่าจำนวน n ลูกค้าต้องได้รับสินค้าจากคลังสินค้าครบทุกรายในการขนส่งหนึ่งครั้ง แต่ละรายจะได้รับปริมาณสินค้าความจุ q_i จะได้ q_i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$ ในที่นี้ i คือ ลำดับของลูกค้า รถขนส่งจะมีความสามารถในการบรรทุก Q ดังนั้น การแก้ปัญหาเส้นทางหรือการจัดเส้นทาง คือ การสร้างทัวร์หรือการสร้างเส้นทางที่ลูกค้าจะได้รับบริการครบถ้วนจะให้ทัวร์หรือเส้นทางมากขึ้นอยู่กับ Q หรือปริมาณการบรรทุกของรถขนส่ง จากรูปที่ 2.3 ทัวร์หรือเส้นทางหรือกราฟ (G) จะสมบูรณ์ได้ด้วยกลุ่มของจุดต่อ (Node) และเส้นกราฟจะได้ $G = (C, L)$ โดย $C = (C_0, C_1, C_2, \dots, C_n)$ ในที่นี้ C_0 คือ คลังสินค้าหรือจุดเริ่มต้นและ C_n คือ ลูกค้าหรือจุดรับบริการที่จะได้รับการบริการหรือขนส่ง ส่วนเส้นหรือ L คือ เส้นต่างๆ โดยที่แต่ละเส้นจะประกอบไปด้วย Node ดังนั้น $L = (C_i, C_j) \in C, i \neq j$ แต่ละ Node จะเกี่ยวข้องกับปริมาณสินค้า q_i แต่ละเส้นจะเกี่ยวข้องกับ value t_{ij} ซึ่งแสดงถึงช่วงเวลาการ

เดินทางระหว่าง C_i และ C_j เป้าหมายของการจัดเส้นทาง คือ การค้นหาทัวร์หรือเส้นทาง (Route) ที่จะลดเวลาในการเดินทางและลดค่าใช้จ่ายให้เหลือน้อยที่สุด โดยเริ่มต้นและสิ้นสุดที่คลังสินค้า C_0 และ Node จะได้รับการส่งสินค้าอย่างน้อย 1 ครั้ง โดยปริมาณสินค้าที่บรรทุกในรถขนส่งสินค้าแต่ละครั้งต้องไม่เกินเกณฑ์ที่กำหนด (เครือวัลย์ จำปาเงิน,2547)

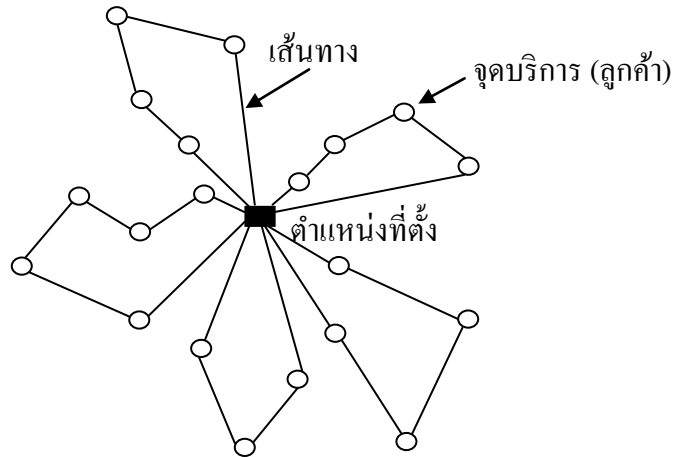


รูปที่ 2.3 อธิบายปัญหาเส้นทางรถขนส่งโดยใช้ทฤษฎีกราฟ
(ที่มา : เครือวัลย์ จำปาเงิน,2547)

2.4.3 องค์ประกอบพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

โดยทั่วไปองค์ประกอบพื้นฐานของการจัดเส้นทางเดินรถ ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ (เรีนฤดี อัครมณี,2553) ซึ่งความสัมพันธ์ของแต่ละองค์ประกอบ แสดงดังรูปที่ 2.4

1. ตำแหน่งที่ตั้ง (Depot) หมายถึง สถานที่ต้นทาง ปลายทาง ที่ยานพาหนะจะต้องเดินทางไป เช่น คลังสินค้า โรงเรียน โรงงาน เป็นต้น
2. ยานพาหนะ (Vehicle) มีหลายรูปแบบ เช่น รถยนต์ รถโดยสาร รถบรรทุก เป็นต้น ยานพาหนะจัดเตรียมไว้เพื่อบริการ บรรทุก จัดรับส่ง ซึ่งจะมีเรื่องของความสามารถในการบรรทุก (Capacity) ของรถแต่ละประเภทเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย
3. กลุ่มลูกค้า (Customer) หรือผู้รับบริการ เช่น กลุ่มนักเรียน พนักงาน หรือร้านค้าปลีกต่างๆ เกี่ยวข้องกับเรื่องของขนาด ปริมาณการสั่งซื้อ เป็นต้น
4. เส้นทาง (Route) หมายถึง เส้นทางที่ยานพาหนะจะต้องเดินทางไปหาลูกค้าหรือผู้รับบริการที่อยู่ ณ จุดต่างๆ (Node) จุดเหล่านี้มีทั้งกำหนดไว้แน่นอนและไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับกลุ่มของลูกค้า ทั้งนี้เส้นทางและกลุ่มลูกค้าจะเกี่ยวข้องกับข้อมูลตำแหน่งพิกัดและข้อมูลการจราจร



รูปที่ 2.4 องค์ประกอบพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ
(ที่มา : ปณิตา กะสินรัมย์, 2552)

Beasley และ Christofides (1987) ได้อธิบายถึงรายละเอียดของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าไว้ 4 ประการ ดังนี้

1. คลังสินค้า ผู้ออกแบบต้องทราบที่ตั้งและจำนวนคลังสินค้า
2. ลูกค้า ลูกค้ามีปริมาณการสั่งซื้อที่แน่นอนและไม่แน่นอน ผู้ออกแบบจำเป็นต้องทราบปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้าแต่ละราย ที่ตั้งของลูกค้า ข้อจำกัดในการเข้าถึงที่ตั้งของลูกค้าซึ่งลูกค้าแต่ละรายอาจมีการจัดรถไว้รับสินค้าต่อในกรณีที่เกิดจากคลังสินค้าไม่สามารถเข้าถึงที่ตั้งของลูกค้าได้ โดยสะดวกและมีช่วงเวลาการรับสินค้าหรือไม่ (Time window) เป็นแบบ Hard time window หรือ Soft window กรณีเป็น Hard time window การส่งสินค้าสู่ลูกค้าต้องตรงเวลาเท่านั้น กรณีเป็นแบบ Soft window ลูกค้าจะกำหนดเวลาเตรียมพร้อมในการรับสินค้าเป็นช่วงเวลา ซึ่งหมายความว่า การส่งสินค้าจะต้องอยู่ในช่วงเวลาที่ลูกค้ากำหนด ช่วงเวลาในการรับสินค้าที่ลูกค้ากำหนดสร้างข้อจำกัดให้กับบริษัทขนส่ง โดยจะทำให้ความยืดหยุ่นในการขนส่งสินค้าหมดไป เช่น ถ้าลูกค้าอยู่ในบริเวณเดียวกันก็สามารถส่งสินค้าภายในครั้งเดียวกันได้ แต่เมื่อมีข้อบังคับทางด้านเวลาเกิดขึ้นการส่งสินค้าให้กับลูกค้าอย่างต่อเนื่องจึงหมดไป
3. ระบบเส้นทางในพื้นที่ให้บริการขนส่ง ผู้ออกแบบเส้นทางขนส่งต้องทราบว่า มีระยะระหว่างลูกค้าถึงลูกค้าเท่าใด รวมถึงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเดินทางแต่ละเส้นทางรวมไปถึงระบบเส้นทางมีลักษณะการเดินรถได้ทางเดียวหรือระบบเส้นทางเดินรถได้ 2 ทาง
4. รถขนส่งสินค้า รถแต่ละคันมีข้อจำกัดด้านความจุและรูปแบบในการบรรทุกทุกไม่เหมือนกันและรถแต่ละคันมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งแต่ละครั้งอาจจะไม่เท่ากัน ผู้ออกแบบต้องทราบว่า ใช้รถขนส่งชนิดเดียวกันหรือไม่และมีจำนวนรถขนส่งสินค้าเท่าใด ความสามารถในการบรรทุกทุกสินค้า

เท่าใดตลอดจนรถแต่ละคันมีเวลาพักและมีเวลาในการทำงานตามที่กฎหมายกำหนด คือ เริ่มตั้งแต่เริ่มส่งสินค้าจนกลับถึงคลังสินค้าในช่วงเวลาทำงานปกติเท่านั้น

2.4.4 วัตถุประสงค์ของการจัดเส้นทางเดินรถ

วัตถุประสงค์ในการจัดเส้นทางเดินรถ Toth และ Vigo (2002) ได้จำแนกวัตถุประสงค์ไว้ 4 ประการ ดังนี้

1. เพื่อลดจำนวนยานพาหนะ หรือลดค่าใช้จ่ายต้นทุนคงที่ (Fix cost) ที่เกิดขึ้นในการขนส่งแต่ละครั้ง เมื่อจำนวนยานพาหนะลดลง ค่าใช้จ่ายในส่วนของการจ้างพนักงานขับรถก็ลดลงด้วย
2. เพื่อลดระยะทางหรือลดระยะเวลาในการเดินทาง เมื่อระยะทางและระยะเวลาลดลง ค่าใช้จ่ายต้นทุนผันแปร (Variable cost) ที่เกิดขึ้นในการขนส่งแต่ละครั้งก็จะลดลง ค่าใช้จ่ายต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าน้ำมัน ค่าเสื่อมสภาพ เป็นต้น
3. เพื่อลดทั้งต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปร คือ ลดทั้งจำนวนยานพาหนะ ระยะทางและระยะทางในการเดินทาง ซึ่งถือว่าเป็นการลดต้นทุนรวมของกิจกรรมการขนส่งให้ต่ำที่สุด
4. เพื่อเพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า

2.5 แบบจำลองการจัดเส้นทางเดินรถ

2.5.1 ข้อมูลป้อนเข้าสู่ระบบและฐานข้อมูล

ข้อมูลที่เป็นต่อกระบวนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจะประกอบด้วยข้อมูลภายในบริษัทและข้อมูลภายนอกบริษัทโดยอาจจำแนกได้ 2 ประเภท

1. ข้อมูลหลัก ประกอบไปด้วย
 - ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะของรถขนส่งสินค้าที่มีอยู่และพนักงานขับเพื่อให้ทราบถึงความจุของรถ เช่น น้ำหนัก ปริมาตร จำนวนรถ และจำนวนพนักงานที่มีอยู่ เป็นต้น
 - ข้อมูลลักษณะสินค้าซึ่งให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะของสินค้าที่มีผลต่อการจัดเส้นทาง เช่น ปริมาตรและน้ำหนัก เป็นต้น
 - ข้อมูลรายชื่อและลักษณะลูกค้า เพื่อให้รายละเอียดเกี่ยวกับลักษณะลูกค้าแต่ละราย
 - ข้อมูลทางกายภาพของถนน และ ข้อมูลตำแหน่งพิกัดลูกค้า เพื่อเป็นการสร้างรายละเอียดของโครงข่ายการขนส่งระหว่างศูนย์กระจายสินค้ากับลูกค้า
2. ข้อมูลธุรกรรม ซึ่งแสดงข้อมูลที่ใช้ติดต่อระหว่างลูกค้ากับบริษัท ได้แก่ รายการการสั่งซื้อสินค้าของลูกค้า เป็นต้น

2.5.2 ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์เป็นเป้าหมายขององค์กรที่ถูกจำลองขึ้นเพื่อเป็นกรอบในการดำเนินงาน โดยแต่ละองค์กรอาจมีเป้าหมายที่แตกต่างกันตามนโยบายขององค์กร เช่น ต้องการให้เกิดต้นทุนในการดำเนินงานต่ำสุด หรือเสียเวลาในการขนส่งสินค้าต่ำสุด เป็นต้น

โดยทั่วไปธุรกิจมักมุ่งให้เกิดผลกำไรสูงสุด หรือต้นทุนในการดำเนินงานต่ำสุด โดยสามารถประเภทต้นทุนออกเป็น 2 ส่วนคือ ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ซึ่งเป็นต้นทุนที่ไม่แปรเปลี่ยนตลอดช่วงการทำงาน เช่น ค่าเสื่อมราคา ค่าประกันภัยค่าเช่า เป็นต้น ซึ่งจะมีค่าคงที่ แม้ว่าจะมีปริมาณการขนส่งเปลี่ยนแปลง และต้นทุนผันแปร (Variable cost) ซึ่งเป็นต้นทุนที่ผันแปรไปตามอัตราส่วนของกิจกรรมในการขนส่งสินค้า (Sawdy, 1972) ได้แก่

1. ต้นทุนในการนำสินค้าขึ้นรถ จะขึ้นกับวิธีการนำสินค้าขึ้นรถ วิธีการบริหาร ลักษณะของศูนย์กระจายสินค้า ลักษณะของขบวนการที่ใช้ เป็นต้น
2. ต้นทุนในการเดินทาง ซึ่งเป็นกิจกรรมที่ทำให้เกิดต้นทุนมากที่สุดเนื่องจากใช้เวลามากกว่ากิจกรรมอื่นๆ โดยต้นทุนนี้จะแปรผันตามความเร็วที่ใช้ระยะทาง และสภาพการจราจร
3. ต้นทุนในการนำสินค้าลงจากรถ แปรผันตามวิธีนำสินค้าลงจากรถและลักษณะสินค้า

2.5.3 ข้อกำหนดการให้บริการ

ข้อกำหนดในการให้บริการเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อความยากง่ายในการวิเคราะห์การจัดเส้นทางเดินรถขนส่ง โดยมีข้อกำหนดที่เกี่ยวข้องกับการขนส่ง ได้แก่

1. ข้อจำกัดของรถบรรทุก ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบรรทุกสินค้า เช่น ความจุของขบวนการ จำนวนของขบวนการที่มีอยู่ เป็นต้น
2. ข้อจำกัดด้านเวลา ได้แก่ เวลาในการทำงาน และกำหนดในการเข้าออกในบางพื้นที่ เงื่อนไขนี้เป็นเงื่อนไขที่ส่งผลกระทบต่อการจัดจำนวนรถและประเภทรถขนส่งสินค้า
3. เงื่อนไขด้านสินค้า ได้แก่ ประเภทและขนาดของสินค้า ซึ่งเงื่อนไขนี้มีผลต่อความจุของสินค้าเนื่องจากสินค้าแต่ละชนิดมีน้ำหนักและปริมาตรที่แตกต่างกัน
4. เงื่อนไขด้านสถานที่ ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการเลือกประเภทของขบวนการที่ใช้ในการขนส่งสินค้าในแต่ละจุด เช่น ในพื้นที่คับแคบจะไม่สามารถใช้รถขนาดใหญ่ในการขนส่งสินค้า เป็นต้น

ทั้งนี้หากมีข้อจำกัดมากเกินไป อาจเป็นผลให้ไม่สามารถแก้ปัญหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ แนวทางการวิเคราะห์หาคำตอบอาจทำได้โดยค่อยๆ เพิ่มข้อกำหนดและตรวจสอบเงื่อนไขให้สอดคล้องกับลักษณะปัญหา เช่น Bell, et al. (1983) ได้ใช้เทคนิคในการแก้ปัญหาเพื่อให้ได้คำตอบ

โดยประมาณก่อน หลังจากนั้นจึงค่อยนำข้อกำหนดด้านเวลามาพิจารณา จะเห็นได้ว่าวิธีการดังกล่าวจะเป็นการช่วยลดความซับซ้อนในการวิเคราะห์ได้มากด้วยการแบ่งข้อกำหนดออกเป็น 2 ประเภทคือ ข้อกำหนดที่เข้มงวด (Hard constraints) คือ หลีกเลี่ยงไม่ได้และข้อกำหนดที่ไม่เข้มงวด (Soft constraints) คือ ผ่อนปรนได้บ้าง เช่น เงื่อนไขเวลาในการทำงาน เป็นต้น

2.6 ปัญหาการจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง (Inventory Routing Problem, IRP)

Inventory routing problem (IRP) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางรถที่ผู้ประกอบการจำเป็นต้องตัดสินใจในเรื่อง วัน เวลา เส้นทาง และปริมาณการส่งมอบ ตัวอย่างเช่น การส่งมอบสินค้าในระบบ VMI (Dong and Xu,2002) และการส่งมอบสินค้าทางอากาศ (Bell, et al.,1983) เป็นต้น หรือสามารถกล่าวได้ว่าปัญหาแบบ IRP จัดเป็นปัญหาที่ต้องพิจารณาเรื่องปริมาณสินค้าคงคลังและการตัดสินใจเลือกเส้นทางรถขนส่งควบคู่กัน ซึ่งโดยทั่วไปเราเรียกปัญหาดังกล่าวว่าการจัดเส้นทางยานพาหนะเพื่อเติมเต็มระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าหรือการจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง (Inventory routing problem, IRP) (Campbell, et al.,2001) ปัญหาแบบ IRP จัดเป็นปัญหาที่มีความแตกต่างจากปัญหาแบบ VRP กล่าวคือ ปัญหาแบบ VRP จะเกิดขึ้นเมื่อลูกค้าทำการสั่งซื้อสินค้ากับผู้ประกอบการขนส่งและผู้ประกอบการจะเป็นผู้ตัดสินใจเลือกเส้นทางและทำการขนส่งสินค้าภายใต้ปริมาณ วันและเวลาที่ลูกค้ากำหนด แต่ปัญหาแบบ IRP ผู้ประกอบการจะเป็นผู้ตัดสินใจ เส้นทาง ปริมาณสินค้าที่จะทำการขนส่ง วันและเวลา ภายใต้ข้อจำกัดที่สำคัญคือ ลูกค้าจะต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า (Run out of product) เพราะฉะนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าในแต่ละวันผู้ประกอบการขนส่งจะต้องตัดสินใจว่ามีลูกค้ารายใดบ้างที่ต้องทำการขนส่งสินค้าและจะต้องทำการขนส่งในปริมาณเท่าไรสำหรับลูกค้ารายนั้นๆ

ลักษณะแบบจำลองพื้นฐานของปัญหาแบบ IRP คือ กำหนดให้ N เป็นเซตของลูกค้าในช่วงเวลาการวางแผน T กำหนดให้ลูกค้ารายที่ i มีอัตราการใช้สินค้าเท่ากับ U_i (ปริมาณต่อวัน) และมีความจุสูงสุดของคลังสินค้าเท่ากับ C_i กำหนดให้ I_i^0 หมายถึงสินค้าคงคลังของลูกค้ารายที่ i ณ เวลาที่ 0 และมีจำนวนรถบรรทุก M คัน ซึ่งแต่ละคันมีความจุเท่ากับ Q โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือ ต้นทุนเฉลี่ยของการกระจายสินค้าในช่วงเวลาการวางแผนต้องต่ำที่สุดโดยที่ลูกค้ารายใดๆต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า เพราะฉะนั้นลักษณะปัญหาแบบ IRP ผู้ประกอบการจำเป็นต้องตัดสินใจ (Campbell,2000) ดังต่อไปนี้

1. เมื่อไรจะทำการขนส่ง (When)
2. ขนส่งปริมาณเท่าไร (How much)

3. จัดเส้นทางรถเดินหรือเส้นทางรถขนส่งอย่างไรเพื่อให้ต้นทุนรวมของการขนส่งและสินค้าคงคลังต่ำที่สุด โดยที่ยังคงตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ (How to route vehicle)

ปัญหา IRP เป็นปัญหาที่ยากในการเพิ่มประสิทธิภาพของวิธีการแก้ปัญหา ต้นทุนที่สามารถประหยัดได้จากแบบจำลอง IRP คือ การเพิ่มความซับซ้อนของวิธีการแก้ปัญหา ความยากของการของข้อจำกัดคือ ความสมดุลของสินค้าคงคลังซึ่งเป็นตัวตัดสินใจเชื่อมเส้นทางเข้าด้วยกันและปริมาณสินค้าที่จะขนส่งไปยังลูกค้าทุกรายตลอดทั้งการวางแผน เพราะฉะนั้น วิธีการแก้ปัญหา IRP จึงจัดเป็นตัวอย่างของการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีวิฤติศาสตร์ (Bell, et al.,1983 ; Dror and Ball,1987 ; Campbell, et al.,2002 ; Bertazzi, et al., 2002 ; Cousineau-Ouimet,2002) สำหรับวิธีการแก้ปัญหาแบบผลเฉลยที่ดีที่สุด (Exact method) สำหรับปัญหา IRP นั้นได้ถูกนำเสนอโดย (Archetti, et al.,2007) แต่ในงายวิจัยดังกล่าวถูกจำกัดโดยยานพาหนะเพียงคันเดียว (Single vehicle) และระดับปริมาณสินค้าคงคลังสูงสุด

ปัญหา IRP เป็นลักษณะของปัญหาที่ประกอบด้วยที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบพื้นฐาน คือ สินค้าคงคลัง เส้นทางและกรอบเวลาการวางแผน จากงานวิจัยของ (Tung H. Le,2009) สามารถแบ่งประเภทของปัญหา IRP ออกเป็น 4 แบบ ได้แก่

1. Infinite horizon models คือ กำหนดให้อัตราความต้องการของลูกค้าในนั้นคงที่และวัตถุประสงค์ คือ เพื่อหาเส้นทางรถเดินและแผนการเติมเต็มสินค้าในระยะยาวเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ภายใต้ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุด

2. Single period models คือ กำหนดให้มีชุดของลูกค้ามีความต้องการไม่แน่นอนและมีคลังสินค้ากลาง มีการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้าโดยยานพาหนะหลายคัน กำหนดระดับสินค้าคงคลังเริ่มต้นและการกระจายตัวของความต้องการของลูกค้า วัตถุประสงค์ คือ เพื่อหาเส้นทางรถเดินและปริมาณเติมเต็มสินค้าเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ภายใต้ต้นทุนการขนส่ง ต้นทุนสินค้าคงคลังและต้นทุนเนื่องจากสินค้าขาดแคลนที่ต่ำที่สุด

3. Muti-period models คือ กำหนดเจาะจงความต้องการของลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา วัตถุประสงค์ คือ เพื่อหาเส้นทางรถเดินและปริมาณสินค้าที่จัดส่งให้กับลูกค้าในแต่ละช่วงเวลา ภายใต้ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุด

4. Stochastic models คือ กำหนดการกระจายตัวของความต้องการของลูกค้า วัตถุประสงค์ คือ เพื่อหาเส้นทางรถเดินและแผนการเติมเต็มสินค้าในระยะยาวเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า ภายใต้ต้นทุนการขนส่งและต้นทุนสินค้าคงคลังที่ต่ำที่สุด

2.7 การหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถเดิน

ในการหาคำตอบของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนั้น ในอดีตจะใช้คนเป็นผู้กำหนดเส้นทางโดยอาศัยประสบการณ์หรือใช้กลยุทธ์ที่ไม่ซับซ้อนในการจัดเส้นทาง และไม่มีปริมาณที่ยุ่งยาก เนื่องจากปัญหามีขนาดไม่ใหญ่รวมถึงมีความซับซ้อนไม่มากนัก ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็จะอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แต่เมื่อธุรกิจมีการเติบโตมากขึ้น ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งมีขนาดใหญ่และซับซ้อนขึ้น ส่งผลให้การจัดเส้นทางที่เหมาะสมทำได้ยาก ดังนั้นการพัฒนาเอาระบบคอมพิวเตอร์และวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมเข้ามาช่วยแก้ปัญหาดังกล่าวจึงเป็นสิ่งจำเป็น

2.7.1 วิธีการหาคำตอบ

วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้านั้นได้แยกออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีการหาคำตอบแบบผลเฉลยที่ดีที่สุด (Exact method) และ วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic method) ซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะมีจุดเด่นและจุดด้อยที่แตกต่างกัน

2.7.1.1 วิธีการหาคำตอบแบบผลเฉลยที่ดีที่สุด (Exact method) เป็นวิธีการหาคำตอบเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบที่ดีที่สุด เช่น ต้นทุนที่ต่ำที่สุด เป็นต้น การหาคำตอบจะเป็นลักษณะของการสร้างตัวแปรทางคณิตศาสตร์สำหรับแก้ปัญหา ซึ่งใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่สูงมากเมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ และข้อจำกัดที่สำคัญของวิธีการหาคำตอบแบบผลเฉลยที่ดีที่สุด คือ เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่เพิ่มมากขึ้น จำนวนลูกข่ายเพิ่มมากขึ้น (มากกว่า 100 ปม) วิธีการนี้อาจไม่สามารถรับประกันการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ได้ รวมทั้งใช้เวลานานในการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองทรัพยากรโดยใช่เหตุ และปัญหามีขนาดใหญ่บางปัญหาอาจต้องการหาคำตอบภายในระยะเวลาอันสั้น จึงเป็นเหตุให้วิธีนี้เหมาะกับปัญหาที่มีขนาดเล็กเท่านั้น โดยวิธีการหาคำตอบแบบผลเฉลยที่ดีที่สุดที่ได้รับความนิยมนั้นมีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่

1. วิธีการโปรแกรมเชิงเส้น (Linear programming, LP) เป็นการประยุกต์ใช้วิธีการแก้ปัญหาทางการจัดสรรทรัพยากร ที่มีลักษณะความสัมพันธ์ของตัวแปรทุกตัวในฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขเป็นเชิงเส้น

2. วิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (The branch and bound algorithm) วิธีการนี้ประกอบด้วย 2 ขั้นตอน คือ การแตกกิ่ง (Branching) คือ การแตกเส้นทางออกเป็นเส้นทางย่อย และการจำกัดขอบเขต (Bound) คือ การคำนวณหาค่าของขอบเขตล่าง (Lower bound) ซึ่งหมายถึงระยะทางที่สั้นที่สุดในอุดมคติเท่าที่เป็นไปได้ โดยไม่ต้องพิจารณาถึงเงื่อนไขของปัญหา และก็คือว่าเส้นทางนั้นเป็นเส้นทางที่ดีที่สุดด้วยแล้วทำการแตกเส้นทางย่อยไปเช่นนี้เรื่อย ในขณะที่ทำการแตกกิ่งออกไป ก็จะทำการตัดเส้นทางที่เป็นไปไม่ได้เนื่องจากค่าใช้จ่ายสูงกว่า ค่าขอบเขตล่างออกไปด้วย จนเหลือเส้นทางที่ดีที่สุดเพียงเส้นทางเดียว แต่เนื่องจากใช้เวลามาก จึงทำให้การแก้ปัญหาโดยวิธีนี้เหมาะสมกับปัญหาที่มีขนาดไม่ใหญ่ หรือจำนวนจุดให้บริการน้อย (นลินี อุดมสมบัติมิชชัย, 2548)

3. วิธีการโปรแกรมไดนามิก (Dynamic programming) เป็นวิธีหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยแบ่งกลุ่มของจุดเชื่อมที่พิจารณาจัดเส้นทางออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่จัดเส้นทางไปแล้วและกลุ่มที่ยังไม่ได้จัดเส้นทาง จากนั้นพิจารณาเส้นทางที่ดีที่สุดทุกครั้งที่เกิดเลือกเชื่อมจุดเชื่อมหนึ่งจุดใดๆเข้ากับกลุ่มของจุดเชื่อมที่จัดเส้นทางไปแล้ว

2.7.1.2 วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์ (Heuristic method) วิธีฮิวริสติกส์เป็นวิธีค้นหาคำตอบซึ่งพยายามที่จะลดความซับซ้อนของปัญหาและความซับซ้อนส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับ ข้อจำกัดด้านเวลาและค่าใช้จ่าย วิธีฮิวริสติกส์จะใช้วิธีการคิดอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยหลักการคิดของผู้พัฒนา เช่น การทดลองค้นหากฎเกณฑ์ด้วยตัวเองจากการลองผิดลองถูกหรือการศึกษากฎเกณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญ เป็นต้น ซึ่งเห็นได้ว่าวิธีการนี้จะผนวกหลักการคิดของผู้พัฒนาเข้ากับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อลดความซับซ้อนของปัญหาและให้ได้มาซึ่งคำตอบที่เหมาะสมที่สุด คือ ผู้พัฒนาทำการกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้นมาเพื่อประมาณค่าหาผลเฉลยที่มีคุณภาพในระดับที่สามารถยอมรับได้ ถึงแม้ว่าผลเฉลยที่ได้จะไม่ใช่ว่าผลเฉลยที่ดีที่สุดแต่วิธีนี้ก็มักมีจุดเด่นอยู่ที่ความรวดเร็วในการคำนวณผลเฉลยและเสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีอื่นๆ ดังนั้นวิธีฮิวริสติกส์จึงเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่ค่อนข้างยืดหยุ่นมาก ส่งผลให้ปัญหาหนึ่งๆ อาจมีวิธีในการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ที่แตกต่างกันมากมายหลายวิธีขึ้นกับประสบการณ์ของผู้พัฒนาและกฎเกณฑ์ที่ผู้พัฒนาได้กำหนดขึ้นตามระดับความยากง่ายของปัญหา แต่วิธีฮิวริสติกส์ที่สามารถหาผลเฉลยที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาหนึ่งอาจจะไม่สามารถนำไปใช้หาผลเฉลยของอีกปัญหาหนึ่งได้ วิธีฮิวริสติกส์อาจไม่ใช่ทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเหมือนการใช้อัลกอริธึมอื่น แต่เป็นเพียงทางแก้ปัญหาที่เป็นไปได้และ "ดีเพียงพอ" โดย คำว่า "ดีเพียงพอ" มักจะอยู่ในช่วง 90-99.9% ของทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุด ธรินี มณีศรี (2553) ได้กล่าวไว้ว่าวิธีฮิวริสติกส์เป็นวิธีการหาผลเฉลยที่ดีพอเพียงภายในเวลาจำกัด หรือ Good enough and fast enough solution ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับปัญหาเอ็นพี-สมบูรณ์

วิธีฮิวริสติกส์จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมในการหาผลเฉลยของปัญหาการตัดสินใจที่มีลักษณะต่างๆ ดังนี้ ปัญหาการตัดสินใจที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์หรือไม่สามารถเขียนขั้นตอนวิธีในการหาผลเฉลยที่ชัดเจนได้ เช่น ปัญหาไม่สามารถเขียนในรูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่เหมาะสมได้ แบบจำลองที่สร้างขึ้นไม่ครอบคลุมผลเฉลยที่สอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมดหรือปัญหาที่ไม่มีขั้นตอนวิธีการใดๆ สามารถหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ในหลายกรณีที่นักวิจัยพยายามที่จะแก้ไขปัญหาที่มีโครงสร้างไม่สมบูรณ์นี้ โดยไม่พิจารณาเงื่อนไขบางประการ หรือตั้งสมมุติฐานของปัญหาให้ง่ายขึ้น เพื่อให้ปัญหาที่มีโครงสร้างที่สมบูรณ์ และสามารถนำวิธีการที่มีอยู่มาประยุกต์ใช้เพื่อหาค่าที่เหมาะสมที่สุด ตัวอย่างของวิธีการนี้พัฒนาขึ้นโดย Fisher and Jaikumar (1981) ; Christofides, et al.(1981) ใช้อธิบายการใช้วิธีการผ่อนปรนแบบลากรางจ์เจียน (Lagrangian relaxation) สำหรับปัญหา VRP และในกรณีนี้

ปัญหาการตัดสินใจที่มีตัวแปรและเงื่อนไขของปัญหาเป็นจำนวนมาก ถึงแม้บางปัญหาสามารถเขียนแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ แต่ขั้นตอนวิธีการที่มีอยู่ในปัจจุบันไม่สามารถหาผลเฉลยของปัญหาได้ในทางปฏิบัติ ซึ่งมักพบโดยทั่วไปในปัญหาของภาคธุรกิจ และอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ในทางปฏิบัตินักวางแผนอาจไม่ต้องการผลเฉลยที่ดีที่สุด แต่ต้องการผลเฉลยที่ดีเพียงพอที่สามารถหาได้ภายในเวลาที่กำหนด และด้วยวิธีการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อนมากนัก หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า นักวางแผนต้องการค่าฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ดีที่ไม่ขัดแย้งต่อเงื่อนไข ทั้งนี้โดยทั่วไปนักวางแผนมักมีผลเฉลยหรือทางเลือกอยู่ในใจอยู่แล้ว แต่ต้องการเพียงเครื่องมือหรือขั้นตอนวิธีการที่จะสนับสนุนทางเลือกนั้นๆ หรือใช้เป็นเครื่องมือช่วยในการตัดสินใจนั่นเอง (ฉกร อินทร์พยุง, 2548) ในกรณีปัญหา VRP จัดเป็นปัญหาการหาค่าเหมาะที่สุดแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete optimization) ซึ่งสามารถสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ แต่ด้วยรูปแบบที่ยุ่งยากซับซ้อน การประยุกต์ใช้อื่นๆ เช่น การใช้เทคนิค LP ซึ่งวิธีนี้อาจกระทำได้ยาก หรือไม่สมารถกระทำได้เลยเมื่อจำนวนตัวแปรตัดสินใจเพิ่มจำนวนมากขึ้นอย่างรวดเร็วจนบางครั้งอาจไม่สามารถหาขอบเขตต่ำสุดและสูงสุดได้ วิธีวิวิธวิธีจึงน่าจะเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับปัญหา VRP ในขณะนี้ (ชรินี มณีศรี, 2553)

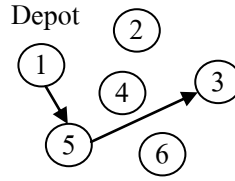
วิธีการหาคำตอบแบบฮิวริสติกส์นั้นมีอยู่หลากหลายวิธี โดยสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม (ชเนศ ทักษิณวารจารย์, 2543) คือ

1. วิธีการสร้างเส้นทาง (Tour construction procedure) เป็นวิธีการในค้นหาเส้นทางการเดินทางที่เป็นไปได้จากคลังสินค้าไปสู่ลูกค้าภายใต้เงื่อนไขที่ได้กำหนดขึ้นและต้นทุนการขนส่งที่ต่ำที่สุด โดยแต่ละวิธีจะกำหนดวิธีการและกฎเกณฑ์การสำรวจเพื่อหาเส้นทางที่เป็นไปได้ที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการสร้างเส้นทางที่ได้รับความนิยมแพร่หลาย ได้แก่

1.1 วิธี Nearest-neighbor heuristics (Rosenkrantz, Stearns และ Lewis, 1997 อ้างอิงจาก ชเนศ ทักษิณวารจารย์, 2543) เป็นวิธีการค้นหาจุดที่อยู่ใกล้จุดส่งสุดท้ายมากที่สุด แล้วทำการเพิ่มจุดจุดนั้นเข้าไปในเส้นทาง แสดงดังรูปที่ 2.5 โดยที่ปริมาณสินค้าต้องไม่เกินความจุของรถขนส่งสินค้า และจะเริ่มทำการสร้างเส้นทางใหม่เมื่อปริมาณสินค้าของจุดส่งเกินความจุของรถ ทั้งนี้ความใกล้เคียงจะพิจารณาจากระยะทางหรือระยะเวลาในการเดินทางซึ่งขึ้นอยู่กับข้อกำหนด วิธีการสร้างเส้นทางแบบ Nearest neighbor heuristics ประกอบด้วยขั้นตอน ดังนี้

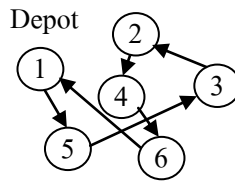
- กำหนดจุดเริ่มต้นของเส้นทาง ซึ่งโดยส่วนมากจะเป็นคลังสินค้า
- ค้นหาและเลือกจุดที่ใกล้คลังสินค้ามากที่สุด และนำจุดที่เลือกเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทาง
- ค้นหาและเลือกจุดที่อยู่ใกล้จุดสุดท้ายของเส้นทางมากที่สุด และนำจุดที่เลือกเข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของเส้นทาง

- ทำวนซ้ำจนจุดทุกจุดอยู่ในเส้นทาง จากนั้นลากเส้นจากจุดสุดท้ายไปยังจุดเริ่มต้น แสดงดังรูปที่ 2.6



From	To	Dist.
1	2	8
1	3	3
1	4	7
1	5	2
1	6	10

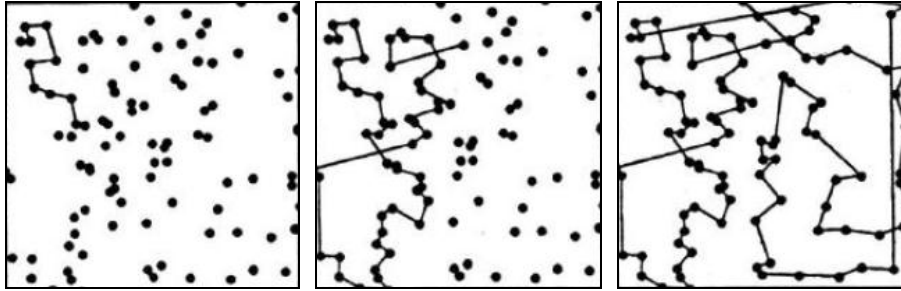
From	To	Dist.
5	2	4
5	3	3
5	4	6
5	6	4



From	To	Dist.
3	2	5
3	4	9
3	6	6

From	To	Dist.
2	4	6
2	6	7

รูปที่ 2.5 การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Nearest neighbor heuristics (ที่มา : เครือวัลย์ จำปาเงิน, 2547)



รูปที่ 2.6 การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Nearest neighbor heuristic, Bentley
(ที่มา : Bentley,1992)

1.2 วิธี Saving heuristic (Clarke และ Wright,1964 : Golden,1964 อ้างอิงจาก ธเนศ ทักษิณวราราช,2543) เป็นวิธีการจัดเส้นทางเดินรถที่เป็นรู้จักกันอย่างกว้างขวาง เหมาะสำหรับปัญหาที่ไม่ได้จำกัดจำนวนยานพาหนะ มีเงื่อนไขว่ายานพาหนะขนส่งแต่ละคันต้องมีสินค้าไม่เกินความจุ และต้องใช้เวลาเดินทางไม่เกินเวลาที่กำหนด โดยวิธีนี้มีกฎเกณฑ์ คือ การค้นหาจุดส่ง 2 จุดใดๆ ที่ทำให้เกิดการประหยัดมากที่สุด แล้วจึงทำการรวมจุด 2 จุดนั้นเข้าสู่เส้นทางเดียวกันแทนการแยกส่งคนละเส้นทาง แสดงดังรูปที่ 2.7 - 2.9 วิธีการสร้างเส้นแบบ Saving heuristics ประกอบด้วยขั้นตอน (กวีศรีเมือง,2550) ดังนี้

- กำหนดจุดเริ่มต้น คือ คลังสินค้า สร้างเส้นทางเริ่มต้น (Initial solution) ระหว่างคลังสินค้าและลูกค้าแต่ละราย โดยการกำหนดเส้นทางหนึ่งเส้นทางให้มีลูกค้าเพียงจำนวน 1 รายเท่านั้น ดังนั้นจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้าทั้งหมด

- คำนวณค่าความประหยัดของระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving cost) ระหว่างลูกค้า 2 รายใดๆ คือ ลูกค้า i และลูกค้า j แสดงดังสมการที่ 2.1

$$S_{i-j} = C_{i-DC} + C_{DC-j} - C_{i-j} \quad (2.1)$$

โดยที่ S_{i-j} = ค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ระหว่างลูกค้า 2 ราย นั้น คือ ลูกค้า i และ ลูกค้า j

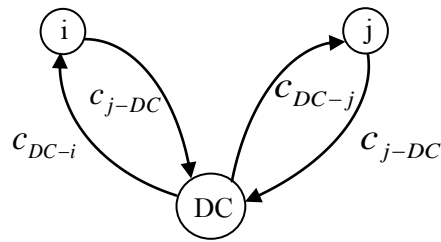
C_{i-DC} = ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้า (DC)

C_{DC-j} = ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า j

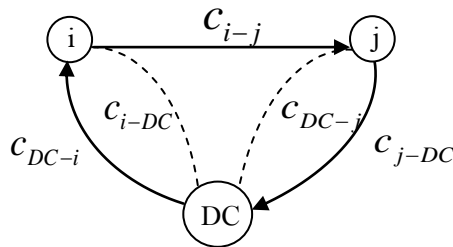
C_{i-j} = ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j

- เรียงลำดับความประหยัด S_{i-j} จากมากไปหาน้อย

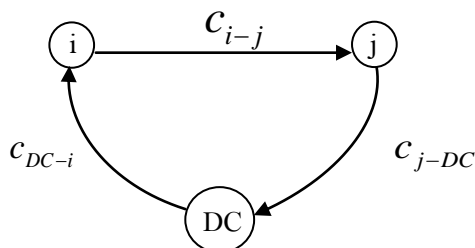
- รวมเส้นทางของลูกค้า i และ j ที่มีค่าความประหยัดมากที่สุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน
- ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางยานพาหนะได้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมด โดยที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในการจัดเส้นทางแต่ละครั้ง คือ ยานพาหนะจะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ และ/หรือต้องใช้เวลาการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด



รูปที่ 2.7 การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Saving heuristic ระยะต้น
(ที่มา : กวี ศรีเมือง,2550)



รูปที่ 2.8 การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Saving heuristic ระยะกลาง
(ที่มา : กวี ศรีเมือง,2550)



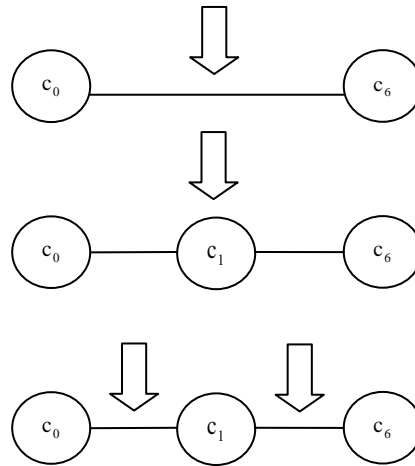
รูปที่ 2.9 การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Saving heuristic ระยะสุดท้าย
(ที่มา : กวี ศรีเมือง,2550)

จากสมการ Saving algorithm ของ Clarke และ Wright (1964) ตั้งอยู่ในสมมติฐานที่ว่า $C_{DC-i} = C_{i-DC}$ นั่นคือ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในกาขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า i เท่ากับ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้า (DC) และ $C_{DC-j} = C_{j-DC}$ นั่นคือ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในกาขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า j เท่ากับ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า j และศูนย์กระจายสินค้า (DC)

แต่ในสภาวะการณ์การขนส่งสินค้าจริงนั้น $C_{DC-i} \neq C_{i-DC}$ และค่า $C_{DC-j} \neq C_{j-DC}$ เพราะเส้นทางขนส่งสินค้าในเที่ยวไป และเที่ยวกลับนั้นไม่เหมือนกัน หรือมีสภาพการจราจรที่แตกต่างกัน การบรรทุกสินค้าที่แตกต่างกันของการขนส่งเที่ยวไปและเที่ยวกลับ จึงส่งผลให้ระยะทางแตกต่างกัน ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไม่เท่ากัน ซึ่งมีผลกระทบโดยตรงต่อค่าจ่ายขนส่งสินค้าที่ไม่เท่ากันระหว่างเที่ยวไปและเที่ยวกลับ

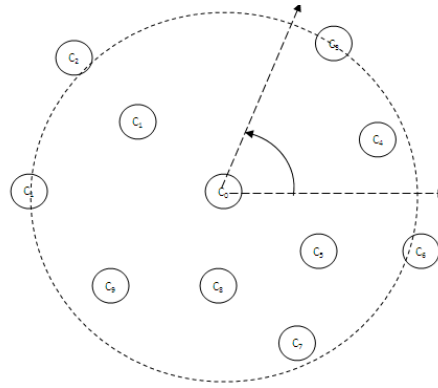
ในด้านค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้า C_{DC-i} ในรูปที่ 2.7 อาจไม่เท่ากับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า C_{DC-i} รูปที่ 2.9 เนื่องจากในเที่ยวการขนส่งสินค้าในเส้นทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า i (DC-i) ในรูปที่ 2.7 เป็นค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าของลูกค้า i อย่างเดียว แต่ในเที่ยวการขนส่งสินค้าในเส้นทางระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า i (DC-i) ในรูปที่ 2.9 นั้น ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า C_{DC-i} ต้องแบกภาระค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าที่เกิดขึ้นจากการบรรทุกสินค้าลูกค้า j ด้วย ดังนั้น ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า C_{DC-i} ในรูปที่ 2.9 อาจมีค่าใช้จ่ายการขนส่งที่สูงกว่า C_{DC-i} ในรูปที่ 2.7

1.3 วิธี Insertion heuristic (Rosenkra, steam และ Lewis, 1977 อ้างอิงจาก ธเนศ ทักษิณวราราช, 2543) เป็นวิธีการแก้ปัญหาโดยการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการแทรกลูกค้าเข้าไปในเส้นทางทุกๆ ตำแหน่งที่สามารถทำการแทรกได้ แสดงดังรูปที่ 2.10 หลังจากนั้นจะทำการเลือกลูกค้าและตำแหน่งที่มีค่าใช้จ่ายในการแทรกน้อยที่สุดเข้ามาในเส้นทาง อย่างไรก็ตามการแทรกต้องคำนึงถึงข้อจำกัดหลักอื่นให้สามารถเป็นไปได้ด้วย เช่น ความจุของยานพาหนะ กำหนดเวลาการขนส่งสินค้า เป็นต้น หรือเงื่อนไขอื่นๆ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของปัญหา และเมื่อเส้นทางเดินรถในปัจจุบันไม่สามารถเพิ่มลูกค้าลงไปในเส้นทางได้อีก อัลกอริทึมจะทำการสร้างเส้นทางเดินรถใหม่และกระทำเช่นเดิมจนกระทั่งส่งสินค้าไปยังลูกค้าครบทุกราย



รูปที่ 2.10 การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Insertion Heuristic
(ที่มา : ไพลิน เปลี่ยนไพร,2554)

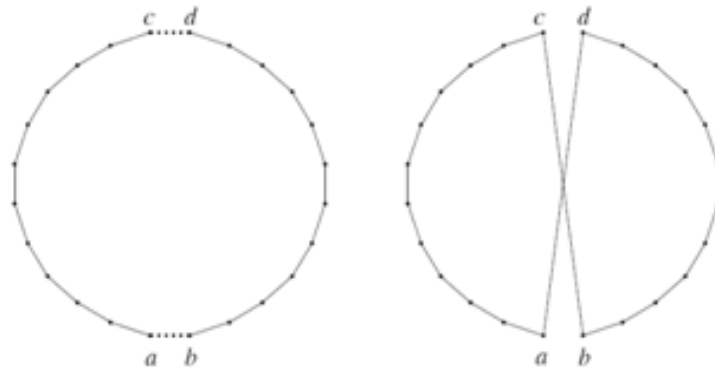
1.4 วิธี Sweep heuristic (Renaud และ Botor,2002 อ้างอิงจาก กฤษณภัทร สวาสดิ์, 2549) เป็นวิธีการที่สะดวกและใช้เวลาในการแก้ปัญหา น้อย เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ คำตอบที่ได้มีค่าแตกต่างกับคำตอบที่ดีที่สุด โดยเฉลี่ยประมาณร้อยละ 10 วิธีการนี้เริ่มต้นจากการแบ่งกลุ่มลูกค้าก่อนแล้วจึงทำการจัดเส้นทาง โดยกำหนดจุดรับของลูกค้าให้อยู่ในพิคัดเชิงมุม ชั้นแรกทำการกำหนดคลังสินค้าเป็นจุดศูนย์กลางแล้วทำการกวาดมุมโดยหมุนทวนเข็มนาฬิกาหรือตามเข็มนาฬิกาเมื่อกวาดมุมไปพบจุด (ลูกค้า) รายใดก็จะเพิ่มจุดดังกล่าวเข้าไปในเส้นทาง ทำกวาดมุมและเพิ่มจุดเข้าไปในเส้นทางต่อไปจนกว่าจะไม่สามารถรวมจุดใหม่หรือลูกค้ารายใหม่เข้ามาในเส้นทางเดินได้ เนื่องจากข้อจำกัดต่างๆ เช่น ปริมาณสินค้าเกินความจุของรถ ระยะเวลาการเดินทางเกินข้อจำกัด เป็นต้น ทำการปิดเส้นทางแล้วกำหนดเส้นทางใหม่ กวาดมุมเพิ่มและทำการจัดแบ่งจุดลงไปจนกว่าจะกวาดครบรอบและจัดแบ่งจุดลงเส้นทางได้ทั้งหมด จากนั้นสำหรับแต่ละเส้นทางที่ได้ทำการแบ่งลูกค้าไว้ก็ทำการแก้ปัญหาแบบ Traveling salesman problem (TSP) มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางให้กับลูกค้าและกลุ่ม แสดงดังรูปที่ 2.11 แต่อย่างไรก็ตามวิธีการหาคำตอบวิธีก็ยังมีข้อบกพร่อง คือ กรณีที่คลังสินค้าหรือศูนย์กระจายสินค้าไม่อยู่จุดศูนย์กลางของพื้นที่ จะทำให้เกิดเส้นทางย่อยที่มีรูปร่างและขนาดที่ไม่สมดุล บางเส้นทางอาจจะมีลูกค้ามาก บางเส้นทางมีลูกค้าน้อยและการควบคุมปัจจัยภายนอกอื่นๆ นั้นทำได้ยาก เช่น เวลาในการเดินทางทั้งหมด ช่วงเวลาในการกำหนดส่งสินค้า เป็นต้น



รูปที่ 2.11 การจัดเส้นทางเดินรถโดยวิธี Sweep Heuristic
(ที่มา : โพลิน เปลียนไพร,2554)

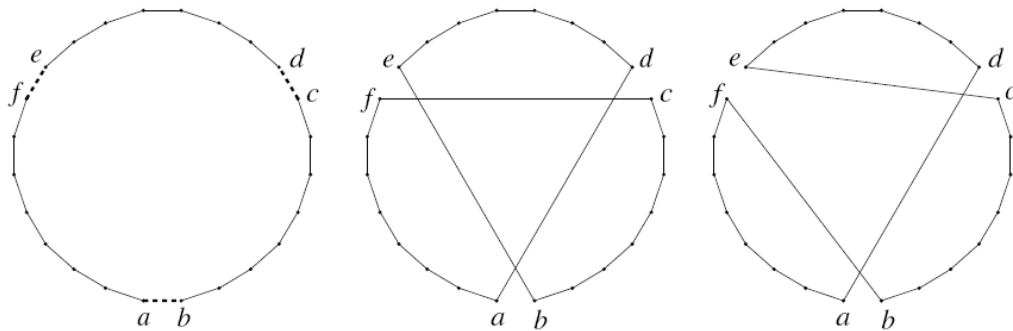
2. วิธีการปรับปรุงเส้นทาง (Tour improvement procedure) วิธีการนี้เป็นวิธีที่นิยมในการใช้แก้ปัญหา TSP (ทศพร อติเศรษฐพงศ์,2554) โดยการนำเส้นทางเดินรถที่มีอยู่แล้วซึ่งอาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดมาปรับปรุงเส้นทาง โดยการสลับหรือแลกเปลี่ยนเส้นทางเพื่อให้เส้นทางที่พัฒนาขึ้นเป็นคำตอบที่ดีกว่าเดิม Johnson, Braysy และ Gendreau ได้แบ่งกลุ่มการสลับหรือแลกเปลี่ยนเส้นทางออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม 2-opt หมายถึง การแลกเปลี่ยนเส้นทางขนส่งครั้งละ 2 เส้นทาง และ กลุ่ม 3-opt หมายถึง การแลกเปลี่ยนเส้นทางขนส่งครั้งละ 3 เส้นทาง แสดงดังรูปที่ 2.12 และรูปที่ 2.13 ชเนศ ทักษิณวราร (2543) ได้ทำสรุปขั้นตอนการปรับปรุงเส้นทางไว้ ดังนี้

- หาเส้นทางรถเบื้องต้น โดยอาจสมมติเส้นทางตามประสบการณ์ของผู้จัดเส้นทางเพื่อเส้นทางที่เป็นไปได้
- ปรับปรุงเส้นทางด้วยการสลับตำแหน่งใหม่ โดยการลบเส้นทางเดิมที่มีอยู่ k เส้นทาง หลังจากนั้นจึงแทนที่เส้นทางใหม่ k เส้นทาง ที่ทำให้ผ่านทุกจุดส่ง หลังจากนั้นจึงตรวจสอบเส้นทางใหม่ที่ปรับปรุงว่ามีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเส้นทางเดิมหรือไม่ ถ้าเส้นทางใหม่ที่ได้มีค่าใช้จ่ายต่ำกว่าเดิม แสดงว่าเส้นทางใหม่ที่ได้เป็นคำตอบที่ดีกว่า
- ปรับปรุงเส้นทางใหม่อีกครั้งด้วยวิธีการในข้อที่ 2 จนไม่สามารถปรับปรุงเส้นทางได้ ซึ่งโดยปกติพบว่าวิธีการแบบ 3-opt จะมีประสิทธิภาพดีกว่า 2-opt



รูปที่ 2.12 ลักษณะการปรับปรุงเส้นทางกลุ่ม 2-opt

(ที่มา : Johnson, D.S., L.A. McGeoch,1997)



รูปที่ 2.13 ลักษณะการปรับปรุงเส้นทางกลุ่ม 3-opt

(ที่มา : Johnson, D.S., L.A. McGeoch,1997)

3. วิธีผสมผสาน (Composite procedure) เป็นวิธีการที่รวมทั้งสองวิธีเข้าด้วยกันเพื่อลดระยะเวลาในการแก้ปัญหา โดยเริ่มต้นกำหนดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีสร้างเส้นทางและปรับปรุงเส้นทางที่ได้ ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนได้ดังนี้ (ชเนศ ทักษิณวราจาร,2543)

- หาเส้นทางเริ่มต้นด้วยวิธีสร้างเส้นทาง
- ปรับปรุงเส้นทางเบื้องต้นด้วยวิธีแลกเปลี่ยน 2 เส้นทาง (2-opt)
- ปรับปรุงเส้นทางเบื้องต้นด้วยวิธีแลกเปลี่ยน 3 เส้นทาง (3-opt)

2.7.2 การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์

2.7.2.1 สถานการณ์ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์

1. ข้อมูลนำเข้าไม่แน่นอนหรือมีจำกัด

2. ลักษณะของปัญหาในทางปฏิบัติมีความซับซ้อน เช่น มีเงื่อนไขจำนวนมาก จนไม่สามารถใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดได้
3. ไม่มีวิธีการหรืออัลกอริทึมอื่นที่น่าเชื่อถือและถูกต้องที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหาได้
4. เป็นปัญหาที่ใช้เวลาในการคำนวณหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุดนานเกินไป
5. เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งและมีเวลาไม่มีมากในการแก้ปัญหา ต้องการการตัดสินใจที่รวดเร็ว
6. มีความเป็นไปได้ในอนาคตที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพในการแก้ปัญหา

2.7.2.2 ข้อดีของวิธีฮิวริสติกส์

1. ง่ายในการทำความเข้าใจ และง่ายในการนำไปใช้และการอธิบาย
2. ประหยัดเวลาในการสร้างตัวแบบ
3. ลดความต้องการในด้านการเขียน โปรแกรมและความต้องการด้านแหล่งเก็บข้อมูลคอมพิวเตอร์ได้
4. ลดเวลาในการทำงานของคอมพิวเตอร์ จึงทำการตัดสินใจได้อย่างรวดเร็ว
5. ทำให้เกิดทางแก้ปัญหาได้หลายทาง
6. สามารถประยุกต์ใช้ฮิวริสติกส์ที่มีประสิทธิภาพ เข้ากับตัวแบบซึ่งสามารถแก้ปัญหาด้านการโปรแกรมเชิงคณิตศาสตร์ได้

2.7.2.3 ปัญหาของวิธีฮิวริสติกส์

1. ไม่สามารถรับประกันได้ว่าทางแก้ปัญหาที่ได้จะเป็นทางแก้ปัญหาที่ดีที่สุด
2. มีข้อบกพร่องมากเกินไปในการสร้างเป็นกฎเกณฑ์ขึ้น
3. ผลลัพธ์ที่ได้จากทางเลือกในการตัดสินใจ อาจไม่เป็นไปตามที่คาดเดาไว้
4. การเปลี่ยนแปลงส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบ อาจมีอิทธิพลอย่างมากกับระบบทั้งระบบได้

จากการทบทวนงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าวิธีฮิวริสติกส์ยังคงเป็นวิธีการที่สามารถใช้ในการแก้ปัญหา VRP ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ถึงแม้ปัจจุบันปัญหา VRP จะถูกคัดแปลงเพิ่มเติมไปจากรูปแบบปัญหาดั้งเดิมความซับซ้อนจึงมีมากขึ้น ในขณะที่เดียวกันวิธีการฮิวริสติกส์ยังคงได้รับการพัฒนาปรับปรุงให้เหมาะสมตามความเป็นจริงในยุคปัจจุบันด้วย ดังเช่นในงานวิจัยของ Hashimoto, et al. (2008) ได้เสนอวิธีฮิวริสติกส์สำหรับแก้ปัญหา VRP แบบมีกรอบเวลา Imran, et al. (2009) ได้เสนอวิธีฮิวริสติกส์สำหรับแก้ปัญหา VRP แบบมีรถขนส่งหลายขนาด Dror และ Trudeau (1990) เสนอวิธีฮิวริสติกส์สำหรับแก้ปัญหา VRP ที่มีวิธีการส่งแบบแยกส่งสินค้าเพื่อประหยัดทั้งราคาและเวลา (ชรินิ มณีสรี, 2553)

นักวิจัยได้กล่าวไว้ว่าการใช้วิธีทั่วไปและการใช้วิธีฮิวริสติกส์สามารถจะเกิดการผิดพลาดได้ เพราะวิธีเหล่านั้นไม่มีข้อกำหนดตายตัว คือ ไม่มีข้อจำกัดว่าจะต้องเริ่มต้นที่จุดไหน ลำดับขั้นตอนการทำงานต้องเป็นอย่างไร หรือไม่จำกัดว่าจะต้องสร้างตัวเลือกในการตัดสินใจหรือไม่ ไม่เจาะจงด้านข้อจำกัดของการแก้ปัญหา และไม่เจาะจงทางเลือกของเกณฑ์ที่ใช้ในการระบุขอบเขตการทำงาน เป็นต้น วิธีฮิวริสติกส์เป็นวิธีที่พัฒนาขึ้นเพื่อหาผลเฉลยสำหรับปัญหาการตัดสินใจในแต่ละปัญหา วิธีฮิวริสติกส์ที่มีประสิทธิภาพในการหาผลเฉลยของปัญหาหนึ่งอาจไม่สามารถหาผลเฉลยในปัญหาอื่นๆ ได้ หรือแม้กระทั่งนำไปใช้ในการหาผลเฉลยของปัญหาเดิมที่มีฟังก์ชันวัตถุประสงค์และเงื่อนไขของปัญหาเปลี่ยนแปลงไป (ชรินี มณีศรี, 2553)

2.8 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า

ปัญหาพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่เป็นที่รู้จักและมีการศึกษากันมากที่สุด คือ ปัญหา Traveling Salesman Problem (TSP) การแก้ไข ปัญหา TSP ถูกเสนอครั้งแรกโดยเซอร์วิลเลียม ฮามิลตัน ในคริสต์ทศวรรษที่ 18 และงานวิจัยชิ้นแรกเกี่ยวกับปัญหา TSP ถูกนำเสนอโดย Mreill Flood และ A.K. Tucker ซึ่งเป็นปัญหาเกี่ยวกับการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียนในรัฐนิวเจอร์ซีย์ หลังจากนั้นก็มีงานวิจัยอีกหลายชิ้นที่ศึกษาเกี่ยวกับปัญหาในลักษณะนี้ เช่น ในปี ค.ศ. 1963 Little, et al. ได้ทำการศึกษาวิจัยถึงปัญหา TSP โดยใช้ Branch and Bound Algorithm ในการหาเส้นทางเดินรถ ภายใต้เงื่อนไขที่พิจารณา คือ ค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด และในปี ค.ศ. 2004 Applegate Bixby Chavtal Cook และ Helsgaum สามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางผ่านไปยังเมือง 24,978 เมืองในประเทศสวีเดน เป็นต้น และปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) หรือ VRP นั้นเป็นปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP) โดยการเพิ่มข้อจำกัดในการขนส่งต่าง ๆ เข้าไป เช่น จำนวนยานพาหนะ เป็นต้น ในปี 2002 Cordeau, et al. ได้กล่าวถึงเงื่อนไขของปัญหา VRP ไว้ ดังนี้ 1. เส้นทางแต่ละเส้นทางมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดเพียงจุดเดียว คือ คลังสินค้า 2. ลูกค้าแต่ละรายจะถูกบริการเพียงครั้งเดียวโดยรถเพียงหนึ่งคัน 3. ปริมาณความต้องการสินค้ารวมในแต่ละเส้นทางจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ 4. ระยะเวลาดำเนินการรวมในแต่ละเส้นทาง (ประกอบด้วยเวลาการเดินทางและระยะเวลาการบริการ) จะต้องไม่เกินระยะเวลาการวางแผนที่ได้กำหนดไว้ 5. ต้นทุนการขนส่งในแต่ละเส้นทางต้องต่ำที่สุด ในปี ค.ศ. 1977 Golden, et al. ได้เสนอปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าหลายจุด ภายใต้เงื่อนไขพิจารณา คือ ระยะทางต่ำสุด โดยมีข้อจำกัดเรื่องความจุของยานพาหนะและระยะเวลาสูงสุดในการขนส่ง 1 รอบ ของเส้นทางจัดส่ง เป็นต้น

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนั้นได้รับความสนใจและมีการศึกษากันอย่างกว้างขวาง และในช่วงปลายทศวรรษ 1950 บทความของ Dantzing และ Ramser ได้ตีพิมพ์ส่งผลให้ปัญหาดังกล่าวได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจาก ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถนั้นเป็นปัญหาที่สามารถพบได้บ่อยในชีวิตประจำวันและเป็นปัญหาที่มีความน่าสนใจทางทฤษฎีและไม่ง่ายที่จะหาคำตอบ โดยลักษณะของปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ Deterministic ซึ่งจะเป็ปัญหาที่ทราบข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดก่อนเริ่มทำการจัดเส้นทาง และแบบ Dynamic ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นจะไม่ทราบแน่นอนก่อนการจัดเส้นทาง แต่จะทยอยทราบระหว่างที่ทำการจัดเส้นทาง สำหรับวิธีการหาคำตอบก็มีทั้งแบบ Exact optimization และแบบ Heuristic สำหรับวิธี Exact optimization นั้น ในปี ค.ศ. 1980 Psaraftis แก้ปัญหาแบบ Exact algorithm โดยใช้หลักการของ Dynamic Programming และในปี ค.ศ. 1985 Kalantari, et al. ได้พัฒนาหลักการของ Branch and bound algorithm มาใช้ในการแก้ปัญหา Single vehicle and delivery problem ซึ่งสามารถแก้ปัญหาการจัดเส้นทางที่มีจำนวนลูกค้าจำนวน 15 รายได้สำเร็จ จากนั้น Kolen, et al. ก็ได้้นำเอาวิธีการดังกล่าวมาประยุกต์แก้ปัญหาแบบ VRPTW แต่เนื่องจากวิธี Exact optimization จะใช้เวลานานในการคำนวณและไม่สามารถจัดการกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ด้วยเวลาที่เหมาะสมได้ การศึกษาส่วนใหญ่จึงมุ่งเน้นไปที่วิธีการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติกส์ ซึ่งให้คำตอบที่ดีด้วยเวลาการคำนวณที่ไม่มากนัก

การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจัดว่าเป็นปัญหาที่ต้องมีการตัดสินใจซึ่งการตัดสินใจนั้นก็มักจะมี ความซับซ้อนและหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ยาก (เกรียงศักดิ์ วานิชกรพงศ์ และ คณะ, 2550) แต่อย่างไรก็ตามการจัดเส้นทางขนส่งยังคงมีความจำเป็นกับการดำเนินงานเพื่อลดต้นทุนขนส่ง Dantzing และ Ramser (อ้างอิงจาก อัครพล เนื่องฤทธิ์ และ มาโนช โลหเตปานนท์, 2550) กล่าวไว้ว่าถ้าบริษัทให้ความสำคัญกับการจัดการเส้นทางขนส่งและแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยให้องค์กรสามารถลดต้นทุนของค่าขนส่งลงได้ร้อยละ 5 ถึง ร้อยละ 20 ในปี พ.ศ. 2551 สุธีระ ตรังคิณาด และ คณะ ได้ทำการเขียนโปรแกรมด้วยภาษา Visual basic ผ่านทางโปรแกรม Visual studio 2005 เพื่อทำจัดเส้นทางเดินรถ พบว่าสามารถลดต้นทุนของการจัดส่งลงได้กว่าร้อยละ 15 จากต้นทุนเดิม ต่อมา พ.ศ. 2552 พอเจตน์ จิตพิพัฒน์พงศ์ และ คณะ ก็ได้ทำการประยุกต์ใช้โปรแกรม Excel solver เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังร้านค้าสาขาต่างๆ ในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑล จำนวน 17 สาขา ซึ่งพบว่าสามารถค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าลงได้ร้อยละ 14.94 และใน พ.ศ. 2552 พัฒน์พงศ์ อริยสิทธิ์ ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำดื่ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเดินทางให้สั้นลงกว่าเดิมจากการคำนวณด้วยโปรแกรม Strom และ WINQSB โดยวิธีปัญหาแบบ TSP พบว่าเมื่อมีการปรับปรุงเส้นทาง ผู้ประกอบการสามารถลดระยะทางเดินรถขนส่งน้ำได้ถึงร้อยละ 48 (คำนวณโดยโปรแกรม Strom) และ ร้อยละ 42 (คำนวณโดยโปรแกรม WINQSB) และไม่เพียงแต่ภาครัฐกิจเท่านั้นที่ควรให้ความสำคัญกับต้นทุนการขนส่ง ภาครัฐเองก็ควรที่จะหันมาให้

ความสำคัญกับต้นทุนในส่วนนี้ ซึ่งการขนส่งนั้นก็ไม่ได้หมายถึงเฉพาะสินค้าเท่านั้น ในปี 2540 อรธรรม ตันศิริเจริญกุล (อ้างอิงจาก พอเจตน์ จิตพิพัฒน์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2552) ได้เสนอวิธีการจัดเส้นทางขนส่งขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่จังหวัดนครพนม ปรากฏว่าเส้นทางที่ได้นั้นก่อให้เกิดความประหยัดทั้งด้านค่าใช้จ่ายและด้านเวลาซึ่งทำให้เกิดต้นทุนรวมต่ำที่สุด สำหรับงานวิจัยต่างประเทศในปี ค.ศ. 1985 Burns ได้พัฒนาวิธีฮิวริสติกส์เพื่อใช้ในการจัดเส้นทางและตารางเวลารถบรรทุกสำหรับอุตสาหกรรมน้ำมันและก๊าซเหลว ซึ่งมีสถานีบริการน้ำมันและก๊าซจำนวนมากกว่า 3,000 แห่งกระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆ ระบบที่พัฒนาขึ้นได้ถูกนำไปเปรียบเทียบกับระบบการจัดเส้นทางและตารางเวลารถบรรทุกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยบุคลากรแผนกการวางแผนการขนส่งของบริษัทที่มีประสบการณ์ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถช่วยให้บริษัทสามารถลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและการกระจายสินค้าลงได้ถึงร้อยละ 23 และต่อมาในปี ค.ศ. 2006 Jeeranan, et al. ได้ทำการศึกษาวิธีการจัดเส้นทางรถบรรทุกสำหรับรถยนต์บรรทุกชนิดเติมตู้เอทีเอ็มเพื่อความปลอดภัยจากการถูกดักโจรกรรม โดยมีการประยุกต์ใช้โมเดลตามรูปแบบปัญหา TSP ในการหาคำตอบเส้นทาง ซึ่งมีฟังก์ชันเป้าหมายที่กำหนดไว้เพื่อให้ได้ระยะทางที่ต่ำที่สุด จากผลการศึกษาพบว่าวิธีการจัดเส้นทางเดินรถที่น่าเสนอสามารถลดระยะทางเดินทางรวมลงได้ ซึ่งก็หมายถึง ต้นทุนการขนส่งที่ลดลง เพราะฉะนั้นจากงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการให้ความสำคัญกับการจัดการเส้นทางขนส่งสามารถช่วยให้องค์กรสามารถลดต้นทุนของค่าขนส่งลงได้

การหาคำตอบของปัญหาในวิจัยครั้งนี้ได้ใช้แนวความคิดแบบวิธีฮิวริสติกส์ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า แนวความคิดนี้ก็มีนักวิจัยทั้งในและต่างประเทศหลายท่านนำไปใช้กับการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าภายใต้เงื่อนไขและวิธีการสร้างเส้นทางที่แตกต่างกัน ซึ่งวิธีการสร้างเส้นทางภายใต้แนวความคิดแบบฮิวริสติกส์ที่ได้รับความนิยม คือ 1. Saving 2. Nearest-Neighbor 3. Insertion 4. Sweep ในปี ค.ศ. 1988 Solomon และ Desrosiers ได้ทำการศึกษาออกแบบและวิเคราะห์กระบวนการคิดสำหรับการจัดเส้นทางและตารางเวลาเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Time window) โดยใช้แนวความคิดแบบฮิวริสติกส์และใช้วิธีการสร้างเส้นทางทั้ง 4 วิธี ผลการศึกษาพบว่า วิธี Insertion เป็นวิธีที่เหมาะสมมากที่สุดเนื่องจากสามารถแก้ปัญหาเรื่องกรอบเวลาและใช้เวลาในการคำนวณเหมาะสมกว่าวิธีอื่นๆ

Clark และ Wright (1964) ได้เสนอวิธีการสร้างเส้นทางแบบ Saving Heuristics เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายแห่ง ยานพาหนะมีความจุหลายขนาด ส่งสินค้าออกจากคลังสินค้าแห่งเดียว Saving Heuristics เป็นวิธีที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดวิธีหนึ่งในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ และผลที่ได้จากการแก้ปัญหา คือ ทราบถึงระยะทางที่ประหยัดและเหมาะสมที่สุด จำนวนยานพาหนะที่จะใช้ขนส่ง และปริมาณสินค้าที่ขนส่งของยานพาหนะแต่ละคัน

ในปี ค.ศ. 2001 Gloria และ Edwin ได้ประยุกต์ใช้วิธีสร้างเส้นทางแบบ Saving Heuristics ของ Clark และ Wright โดยการใช้ภาษาโปรแกรม FORTRAN 4.0 ในการสร้างแบบจำลองแบบฮิวริสติกส์วิธี Saving Heuristics ผสมเข้ากับแบบจำลองการวิเคราะห์เส้นทางในโปรแกรม ArcView 3.2 ผลการศึกษาปรากฏว่าแบบจำลองสามารถช่วยจัดเส้นทางให้กับยานพาหนะในแต่ละวันได้เป็นอย่างดี ต่อมา สุวดี นำพาเจริญ (2000) และ สุธี ศรีเพชรดานนท์ (2536) ก็ได้นำวิธีการนี้ไปประยุกต์ใช้กับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเช่นกัน

วิธีการสร้างเส้นทางแบบ Sweep Heuristics เป็นอีกวิธีหนึ่งในการจัดการกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถโดยแบ่งกลุ่มจุดรับที่จะต้องทำการจัดส่งก่อน แล้วจึงค่อยจัดเส้นทางย่อยในกลุ่ม ซึ่งการแบ่งกลุ่มนั้นจะทำการแบ่งโดยการกวาดมุมรอบท่ารถ แล้วแบ่งจุดรับส่งแต่ละเส้นทางจนกว่าจะเกินข้อจำกัดด้านปริมาตรความจุของยานพาหนะจึงจะเริ่มเปิดเส้นทางใหม่และกวาดมุมไปจนจัดแบ่งจุดรับได้ครบทุกจุด ในงานวิจัยของ Laporte, et al. (2000) ได้กล่าวไว้ว่า Sweep heuristics ได้ถูกกล่าวถึงครั้งแรกในหนังสือของ Wren ในปี 1971 แต่วิธีการนี้มักจะเป็นที่รู้จักผ่านทางงานวิจัยของ Gillett และ Meller ในปี 1974 ซึ่งวิธีการนี้ยังมีปัญหาในการจัดแบ่งกลุ่มจุดรับในแต่ละเส้นทางได้อย่างเหมาะสม รวมถึงไม่คำนึงถึงถนน เช่น จุดรับที่อยู่บนถนนเส้นเดียวกันอาจจะถูกแบ่งให้อยู่คนละเส้นทาง

วิธีการสร้างเส้นทางแบบ Insertion heuristics เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ และถูกนำมาวิเคราะห์แก้ปัญหาครั้งแรกกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling salesman problem, TSP) (Rosenkrantz, et al.,1977) Insertion heuristics ได้รับความนิยมเพราะ เป็นวิธีที่รวดเร็ว คำตอบที่ได้มีความเหมาะสม มีความสะดวกในดำเนินการ และงานวิจัยที่ได้ นำเอาวิธี Insertion Heuristics มาประยุกต์ใช้ เช่น Solomom (1987) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางและการจัดตารางเวลา ซึ่งก็รวมไปถึงปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะภายใต้เงื่อนไขกรอบเวลา (Time window), Salhi และ Nagy (1999) ได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะกับกรณีศึกษา และ Campbell และ Savelsbergh (2004) ได้ศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ ภายใต้เงื่อนไขกรอบเวลา (Time window) ข้อจำกัดเวลาการทำงาน (Shift time limits) ปริมาณสินค้าที่ส่งไม่แน่นอน (Variable delivery quantities) เวลาคงที่และไม่คงที่ในการส่งสินค้า (Fixed and variable delivery times) และการวิ่งรถหลายรอบงาน (Multiple routes per vehicle) เป็นต้น

สำหรับวิธีการสร้างเส้นทางแบบ Nearest-neighbor heuristics เป็นอีกวิธีหนึ่งที่ได้ถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ เช่น Martin IV,E. (1998) ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพของการกระจายสินค้า โดยใช้วิธี Nearest-Neighbor Heuristics ในการหาคำตอบ และคำนึงถึงเรื่องช่วงเวลาในการส่งสินค้าเป็นสำคัญ เป็นต้น วิธี Nearest-Neighbor Heuristics นั้นสามารถนำไป

ประยุกต์ใช้กับการจัดเส้นทางเดินรถได้ทั้งในพื้นที่ระดับประเทศและระดับจังหวัด เช่น ญัฐฉิ นัทร ขจรพันธ์ และ บงกช มีเที่ยง (2544) ได้ประยุกต์ใช้วิธี Nearest-Neighbor Heuristics ในการจัดเส้นทางและเลือกประเภทรถในการขนส่งสินค้าไปสู่ลูกค้าที่กระจายอยู่ตามพื้นที่ต่างๆภายในประเทศ และต่อมาในปี พ.ศ. 2554 ชุติกร ชนะสิทธิ์ ก็ได้ประยุกต์ใช้วิธีดังกล่าวในการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังกลุ่มลูกค้าที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่กรุงเทพมหานคร เป็นต้น

การแก้ปัญหาโดยแนวความคิดแบบฮิวริสติกส์นั้นมีหลายวิธี ซึ่งสามารถใช้ผสมผสานกันได้เพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้คำตอบที่ดีที่สุด (เครือวัลย์ จำปาเงิน,2547) ที่ผ่านมีงานวิจัยหลายงานวิจัยที่ใช้วิธีการแก้ปัญหา มากกว่า 1 วิธี เช่น จูตินันท์ และ คณะ ได้ประยุกต์ใช้วิธี Saving Heuristics และ Nearest-Neighbor Heuristics กับกรแก้ปัญหาการจัดเส้นทางภายใต้เงื่อนไข ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายไม่แน่นอน และความจุของยานพาหนะ และ ไชยา และ ระพีพันธ์ ได้ประยุกต์ใช้วิธี Nearest-Neighbor Heuristics และ Sweep Heuristics ในการแก้ปัญหาแบบ VRP พบว่าระยะทางในการขนส่งดีกว่าระยะทางเดิม เป็นต้น จากการทบทวนงานวิจัยพบว่านอกจากนักวิจัยจะใช้วิธีการแก้ไขปัญหามากกว่า 1 วิธีในการแก้ปัญหาเพื่อผลลัพธ์ที่ดีขึ้นแล้ว แต่แนวทางการทำงานวิจัยของนักวิจัยบางท่านก็ยังใช้วิธีการแก้ไขปัญหามากกว่า 1 วิธีหลังจากนั้นก็ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ของแต่ละวิธี เช่น ต้นติกร พิษณุพิบูล และ เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย (2550) ได้ประยุกต์ใช้วิธี Saving Heuristics และ Nearest-Neighbor Heuristics พบว่า วิธี Saving Heuristics สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้มากกว่า และ จตุรวิทย์ กล่อมใจขาว (2545) ได้ประยุกต์ใช้วิธี Saving Heuristics Two-phase และ Sweep Heuristics ในการพัฒนาระบบช่วยการตัดสินใจของปัญหาการหาเส้นทางเดินรถ ซึ่งผลที่ได้จากการคำนวณของแต่ละวิธีมาเปรียบเทียบเพื่อการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่เหมาะสมกับความต้องการสินค้าในแต่ละวัน เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามเพื่อให้ระบบสามารถนำไปใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้วิจัยจะเลือกใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีใดนั้นก็ขึ้นอยู่กับปัญหาที่ต้องการแก้ไขว่ามีความซับซ้อนมากน้อยเพียงใด (เครือวัลย์ จำปาเงิน,2547)

2.9 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับการบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ส่งมอบ (VMI) และการจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง (IPR)

การบริหารสินค้าคงคลังโดยผู้ผลิตหรือผู้จัดหา (Vendor Managed Inventory, VMI) หมายถึง การให้ผู้ส่งมอบเป็นผู้บริหารสินค้าคงคลังแทนลูกค้า คือ ผู้ส่งมอบจะพิจารณาปริมาณการเติมเต็มเพื่อการจัดส่งให้แก่ลูกค้าเอง เช่น ยอดขาย ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า เป็นต้น โดยลูกค้าจะต้องรับรองความต่อเนื่องของข้อมูลต่างๆที่จะจัดส่งไปเพื่อความสะดวกของผู้ส่งมอบในการคำนวณปริมาณเติม

เต็มทีแท้จริง (De Toni และ Zamalo,2005) ในบางครั้ง VMI อาจมีชื่อเรียกที่หลากหลายขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรม เช่น Quick Response (QR) (Lee, et al.,2000) Continuous Replenishment (CR) หรือ Efficient Consumer Response (ECR) (Cachon, et al.,1997) แต่ยังคงแนวคิดเหมือนเดิม โกลด์ คีลธรรม (2547) กล่าวว่า VMI เป็นระบบที่ตอบสนองเติมเต็มสินค้า เพื่อลดความผันผวนทางอุปสงค์ หรือความต้องการของลูกค้าและลดปัญหาการขาดสินค้าคงคลัง ในอดีตการจัดการสินค้าคงคลังมีความยุ่งยาก ซับซ้อนและต้องใช้บุคลากรจำนวนมากในการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอน เพราะฉะนั้นธุรกิจควรมีกกลยุทธ์ในการบริหารจัดการสินค้าคงคลังเพื่อลดต้นทุนในส่วนนี้ และ VMI ก็เป็นอีกกลยุทธ์หนึ่งที่น่าสนใจ ซึ่งประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจาก VMI สำหรับผู้ค้าปลีกนั้น คือระดับการให้บริการที่ดีขึ้น อัตราการหมุนเวียนของสินค้าคงคลังสูงขึ้น ลดปริมาณสินค้าขาดมือ ต้นทุนการเก็บสินค้าและการส่งสินค้าลดลง และสำหรับผู้ผลิต VMI สามารถช่วยลด Bullwhip Effect ลดปริมาณวัตถุดิบและสินค้าคงคลังช่วยในการวางแผนการผลิตให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ใช้ทรัพยากรได้เหมาะสมขึ้น และยังช่วยให้สามารถวางแผนการจัดส่งและการเติมเต็มสินค้าได้ดีขึ้น

ในปัจจุบัน VMI ค่อนข้างได้รับความนิยมมากในอุตสาหกรรมค้าปลีก กรณีตัวอย่างที่ประสบความสำเร็จในการนำ VMI มาใช้ ได้แก่ Wal-Mart, ACE Hardware, Fred Meyer เป็นต้น (Cid, et al.,2000) บริษัทห้างค้าปลีก Wal-Mart ได้เริ่มนำระบบ Vendor Managed Inventory (VMI) โดยมีผู้ขายสินค้าเป็นผู้จัดการบริหารสินค้าคงคลังให้กับผู้ซื้อ ระบบ VMI นี้ทำให้เกิดมุมมองใหม่ในการจัดการสินค้าคงคลัง ผู้ผลิตสามารถกำหนดตารางการส่งสินค้าได้เองรวมถึงการติดตามและเส้นทางการเดินทางเพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อองค์กรของผู้ผลิตเอง ผู้ผลิตสินค้าและ Wal-Mart ต่างประสบความสำเร็จอย่างสูงกับการนำระบบ VMI มาประยุกต์ใช้ แต่ไม่เพียงภาคธุรกิจเท่านั้นที่มีการประยุกต์ใช้ VMI องค์กรเกษตรกรรมได้นำระบบ VMI มาประยุกต์ใช้งาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและประสิทธิผลในการบริหารสินค้าคงคลังและการกระจายยา และในปี พ.ศ. 2551 สุทามาศ ตรีมงคล ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ระบบ VMI เพื่อใช้ในการบริหารเวชภัณฑ์ยาของโรงพยาบาลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบ VMI สามารถลดต้นทุนสินค้าคงคลังได้ โรงพยาบาลเกิดความพึงพอใจเนื่องจากสามารถลดปริมาณยาสำรองลงได้ แต่ในขณะเดียวกันก็ยังมียาเพียงพอสำหรับผู้ป่วยตลอดเวลา และยังส่งผลให้ได้รับยาที่ผลิตใหม่ ลดจำนวนยาส่งคืน หรือยาหมดอายุ ทำให้การบริหารคลังยาเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ต่อมาในปี พ.ศ. 2553 พัทธนันท์ มงคลศิริวัฒน์ และ อุกฤษ อาชากุลพงษ์ ได้ทำการศึกษาหาระบบที่ความเหมาะสมเพื่อทำการปรับปรุงระบบการดำเนินงานของกรไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ระบบการดำเนินงานในที่นี้หมายถึง ระบบการจัดซื้อจัดหา ระบบพัสดุคงคลัง ซึ่งในงานวิจัยพบว่า ระบบ VMI เป็นระบบที่มีความเหมาะสม เพราะสามารถลดปริมาณการสั่งซื้อต่อครั้ง ลดระยะเวลาในการดำเนินการจัดซื้อจัดหา ลดพัสดุคงคลังสำรอง และลดมูลค่าของพัสดุคงคลังลงได้

ในปี ค.ศ. 1960 System Dynamics Group แห่งมหาวิทยาลัย Massachusetts Institute of technology (MIT) ได้พัฒนาเบียร์เกมส์ซึ่งเป็นเกมส์ธุรกิจที่จำลองสถานการณ์ในการผลิตและกระจายสินค้าในโซ่อุปทาน เบียร์เกมส์จะแสดงให้เห็นถึงความสำคัญในการผลิต การกระจายสินค้า และการบริหารสินค้าคงคลัง รวมถึงการชี้ให้ผู้เล่นเข้าใจถึงปรากฏการณ์ Bullwhip Effect ปรากฏการณ์นี้ หมายถึง การขาดการสื่อสารที่ดีว่าอุปสงค์ของลูกค้าที่แท้จริงเป็นเท่าใด ทำให้เกิดความเข้าใจคำสั่งซื้อของลูกค้าตนเองผิดพลาดไป ซึ่งปัญหานี้จัดเป็นปัญหาที่สำคัญมากในการจัดการห่วงโซ่อุปทาน ในปี พ.ศ. 2551 ลีรอร์ เศรษฐมานิต ได้ทำการศึกษาผลกระทบของ VMI ที่มีต่อสมาชิกในห่วงโซ่อุปทาน โดยการใช้แบบจำลองสถานการณ์ ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าระบบ VMI สามารถช่วยลดต้นทุนโดยรวมของห่วงโซ่อุปทานลงได้

และจากความประสบความสำเร็จของ Wal-Mart และผู้ผลิตสินค้ากับการใช้ระบบ VMI ในการลดต้นทุนโดยรวมจึงทำให้ปัญหาการจัดการระบบสินค้าคงคลังและระบบการจัดการเส้นทางการถูกนักวิจัยเรียกรวมว่า “Inventory Routing Problem” เป็นครั้งแรกในงานวิจัยของ Golden และ Dahl ในปี 1984 และงานวิจัยของ วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา (2556) และ ณิชฎกานัญญ์ โพธิ์สัมฤทธิ์ และ วิภาวดี ธรรมภรณ์ (2553) ได้เรียกปัญหาดังกล่าวว่า “ปัญหาการจัดการเส้นทาง-พัสดุกงคลัง” แต่ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเรียกปัญหาดังกล่าวว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะเพื่อเติมเต็มระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า ตาม Burapha University ซึ่งหมายถึง ลักษณะของการจัดเส้นทางรถที่ค้ำนึ่งถึงปริมาณสินค้าคงคลัง

วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ (2556) ได้กล่าวว่าในอดีตก่อนปี ค.ศ.1980 การแก้ปัญหาส่วนใหญ่ของการจัดการสินค้าคงคลังและการจัดการระบบขนส่งเป็นไปอย่างแยกส่วนและไม่ได้มีการบริหารจัดการแบบบูรณาการ เนื่องด้วยเพราะการขาดงานวิจัยมาเพื่อรองรับกับปัญหา IRP และเครื่องมือที่ใช้ในการคำนวณยังมีไม่แพร่หลายมากพอ ตั้งแต่ ปี ค.ศ. 1990 เป็นต้น มา การจัดการระบบโซ่อุปทานมีการประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายในทุกกลุ่มอุตสาหกรรม ทั้งในส่วนของการผลิตและการให้บริการ การจัดการระบบโซ่อุปทานเป็นการทำงานร่วมกันระหว่างผู้จัดหาวัตถุดิบผู้ผลิต ผู้กระจายสินค้าและร้านค้าปลีก การจัดการระบบโซ่อุปทานจึงมีหลักคิดเพื่อให้การผลิตและจัดส่งสินค้า จากต้นน้ำไปยังปลายน้ำมีประสิทธิภาพและลดต้นทุนโดยรวมของทั้งโซ่อุปทาน การตัดสินใจในระบบโซ่อุปทานที่ดีจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ของทุกส่วน แนวความคิดของการเป็นคนขายและลูกค้าจึงเปลี่ยนมาเป็นคู่ค้าแทนที่

ในปี พ.ศ.2556 Webb และ Larson (1995) (อ้างอิงจาก Burapha University,2010) ได้ทำการแบ่งประเภทของปัญหา IRP ออกเป็น 2 ระดับคือ ปัญหาการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์และปัญหาการตัดสินใจเชิงปฏิบัติการ ปัญหาการตัดสินใจเชิงกลยุทธ์จะพิจารณาถึงจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ ซึ่งบริษัทผู้ประกอบการอาจจะเป็นเจ้าของยานพาหนะหรือทำสัญญาเช่ากับบริษัทรถบรรทุกเป็นรายปี หรือแบบระยะยาว ในปัญหาเชิงกลยุทธ์นี้จะสมมุติให้ความต้องการสินค้าเป็นแบบเฉลี่ยหรือสามารถคำนวณได้จากสถิติของยอดขายที่ผ่านมา ปัญหาเชิงปฏิบัติการ เป็นการตัดสินใจวางแผนการขนส่งและกระจายสินค้าในแต่ละวัน Chien et al (1989) (อ้างอิงจาก Burapha University,2010) ได้ทำการวิเคราะห์ปัญหา IRP ในกรณีที่ปริมาณสินค้าที่จะทำการผลิต หรือปริมาณสินค้าที่คลังสินค้าของผู้ผลิต/บริษัทตัวแทนจำหน่ายมีจำกัด โดยงานวิจัยนี้ได้ตั้งสมมุติฐานว่าลูกค้าแต่ละคนไม่จำเป็นจะต้องมีสินค้าเต็มที่อยู่ตลอดเวลา ดังนั้นลูกค้าบางคนอาจจะขาดแคลนสินค้าภายในช่วงเวลาหนึ่งๆ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของปัญหา คือ การจัดการการขนส่งและกระจายสินค้าไปยังผู้บริโภคเพื่อให้ผลกำไรมากที่สุด ขณะเดียวกันเพื่อรักษาระดับการขาดแคลนสินค้าที่ลูกค้าน้อยที่สุด สถานการณ์การขาดแคลนสินค้าจะถูกแปลงออกมาให้อยู่ในรูปของค่าใช้จ่าย เพื่อให้สามารถนำค่าที่ได้ไปใช้ในการเปรียบเทียบและเลือกเส้นทางและตารางเวลาการขนส่งรถบรรทุกที่ดีที่สุด

ในปี ค.ศ. 1992 Trudeau และ Dror (อ้างอิงจาก Burapha University,2010) ได้พัฒนาอัลกอริทึมและระบบช่วยในการตัดสินใจเพื่อช่วยในการแก้ปัญหา IRP ที่มีความต้องการแบบไม่แน่นอน (Stochastic IRP) วิธีการพยากรณ์โดยอาศัยปัจจัยของช่วงเวลา (Dynamic programming) ได้ถูกนำมาใช้ในการพยากรณ์ความต้องการสินค้าเพื่อให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ การเลือกลูกค้าแต่ละคนเข้ามาในเส้นทางทำให้บริการจะถูกกำหนดเป็นค่าใช้จ่ายในการการขนส่งและการกระจายสินค้า ซึ่งลูกค้าแต่ละคนจะมีค่าใช้จ่ายแตกต่างกันไป และลูกค้าคนหนึ่งๆจะมีค่าใช้จ่ายที่แตกต่างกัน ซึ่งแปรผันตามเวลาการส่งมอบสินค้า

บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

งานวิจัยได้เลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristic method) มาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ จากการศึกษาทบทวนทฤษฎีในบทที่ 2 ผู้วิจัยได้เลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์ที่นำเสนอโดย Campbell และ Savelsbergh (2004) มาประยุกต์ใช้เพราะมีความสอดคล้องสอดคล้องกับลักษณะของปัญหาในงานวิจัย คือ เป็นลักษณะของปัญหาที่มีการตัดสินใจที่ซับซ้อนในเรื่องของเวลาและค่าใช้จ่าย ซึ่งในงานวิจัยของ Campbell และ Savelsbergh (2004) นั้นเป็นการนำเสนอวิธีฮิวริสติกส์การแทรก (Insertion heuristic) ที่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Efficient insertion heuristics for vehicle routing and scheduling problems) วิธีฮิวริสติกส์การแทรกเป็นวิธีที่นิยมสำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเพราะสามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็ว คำตอบที่ได้มีความเหมาะสม ง่ายต่อการดำเนินการหรือง่ายต่อการทำให้บรรลุผล และวิธีการนี้ยังง่ายต่อการนำไปพัฒนาต่อให้สามารถแก้ปัญหาที่มีข้อจำกัดที่ซับซ้อนมากขึ้น (Campbell and Savelsbergh,2004) Solomon (1987) ได้กล่าวว่าวิธีฮิวริสติกส์การแทรกเป็นอัลกอริทึมสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่มีเงื่อนไขของกรอบเวลา (VRPTW) ที่ให้ผลเฉลยของคำตอบที่ดีที่สุดของวิธีฮิวริสติกส์ที่มีอยู่ นอกจากนี้ก็ยังมีนักวิจัยอีกหลายท่านที่ได้นำวิธีฮิวริสติกส์การแทรกมาประยุกต์กับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่ต้องรับสินค้าในเที่ยวกลับ (VRPB) (Salhi and Nagy,1999) ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่มีความไม่สมมาตรเรื่องความจุ (ACVRP) (Vigo,1996) และปัญหาจัดเส้นทางเดินรถกับขนาดของรถภายใต้ข้อจำกัดของกรอบเวลา (Liu and Shen,1999) เป็นต้น

วิธีฮิวริสติกส์เป็นวิธีการหาคำตอบที่ดีหรือใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด สามารถหาคำตอบของปัญหาโดยอาศัยขั้นตอนการกระทำซ้ำจนได้คำตอบที่ดีเพียงพอ ภายในเวลาจำกัด ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถจำเป็นต้องมีการวิเคราะห์ข้อมูลและลักษณะของปัญหา เพื่อให้ทราบถึงกระบวนการแก้ปัญหาและเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัย ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีฮิวริสติกส์ ได้มีการนิยามปัญหาไว้ คือ การกำหนดเส้นทางเดินรถเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด ภายใต้ข้อมูลและเงื่อนไขต่างๆที่จำเป็นในการวางแผนการจัดเส้นทาง โดยต้องทราบข้อมูลนำเข้าก่อนที่จะเริ่มกำหนดเส้นทาง เช่น กรอบเวลาในการจัดส่งสินค้าของลูกค้าหรือช่วงเวลาให้บริการ ความจุของรถ ระยะทาง เป็นต้น โดยรถแต่ละคันจะต้องเริ่มจากท่ารถไปยังจุดรับสินค้าของลูกค้าและกลับมายังท่ารถเสมอ (ไพริน เพลียนไพร,2554)

3.1 ลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถของงานวิจัย

ในงานวิจัยครั้งนี้กำหนดให้เป็นลักษณะปัญหาแบบ IRP (พัฒนามาจากปัญหาแบบ VRP) ลักษณะสำคัญของปัญหาแบบ IRP ที่แตกต่างจากลักษณะปัญหาแบบ VRP คือ ปัญหาแบบ VRP จะเกิดขึ้นเมื่อมีคำสั่งซื้อของลูกค้า ซึ่งลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดหรือตัดสินใจ วัน เวลา และปริมาณการส่งมอบ หรือกล่าวได้ว่าลูกค้าจะเป็นผู้ดูแลสินค้าคงคลังด้วยตนเอง สำหรับผู้ประกอบการนั้นจะมีหน้าที่ในการจัดเส้นทางเดินรถให้สามารถส่งสินค้าให้ตรงตามความต้องการของลูกค้าทั้งด้าน วัน เวลา และปริมาณการส่งมอบ เพราะฉะนั้นจะเห็นได้ว่าปัญหาแบบ VRP ลูกค้าและผู้ประกอบการไม่ได้มีความร่วมมือกันต่างฝ่ายต่างทำงาน ข้อเสีย คือ ถ้าลูกค้าไม่มีระบบการจัดการสินค้าคงคลังที่ดีพอก็อาจจะเกิดเหตุการณ์สินค้าคงคลังมากเกินไปจนความจำเป็นหรือสินค้าคงคลังไม่เพียงพอต่อการขาย สำหรับผู้ประกอบการเองก็จำเป็นต้องสำรองสินค้าคงคลังเอาไว้ตลอดเวลาเพื่อให้เพียงพอต่อการขาย สำหรับปัญหาแบบ IRP นั้นจะเป็นปัญหาที่มีความยากมากกว่าปัญหา VRP กล่าวคือ จะไม่มีคำสั่งซื้อจากลูกค้า แต่ผู้ประกอบการจะเป็นผู้บริหารจัดการสินค้าคงคลังของลูกค้าด้วยตนเอง เป็นผู้ตัดสินใจในเรื่องเวลา เส้นทาง และปริมาณการจัดส่งที่เหมาะสมและดีที่สุด ซึ่งจะช่วยให้ลูกค้าและผู้ประกอบการนั้นไม่จำเป็นต้องถือครองสินค้าคงคลังมากเกินไป และมีสินค้าเพียงพอต่อการขายอยู่ตลอดเวลา ถือเป็นลดต้นทุนการเก็บรักษาสินค้าคงคลัง เพราะฉะนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่าปัญหาแบบ IRP นั้นเป็นการจัดเส้นทางรถขนส่งที่รวมเอาสินค้าคงคลังเข้ามาพิจารณาในการจัดเส้นทางด้วย

ลักษณะแบบจำลองพื้นฐานของปัญหาแบบ IRP คือ เป็นการกระจายสินค้าประเภทเดียวจากคลังสินค้าแห่งเดียว กำหนดให้ N เป็นเซตของลูกค้าที่อยู่ในช่วงเวลารวางแผน T ที่สามารถเป็นไปได้ กำหนดให้ลูกค้ารายที่ i มีอัตราการใช้สินค้าเท่ากับ U_i และความจุสูงสุดของสินค้าคงคลังขึ้นอยู่กับความจุสูงสุดของคลังสินค้า C_i ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าตำแหน่งที่ i ณ เวลาที่ 0 คือ q_i^0 มีจำนวนยานพาหนะ M คัน ความจุของยานพาหนะเท่ากับ Q โดยมีวัตถุประสงค์ คือ ต้นทุนเฉลี่ยของการกระจายสินค้าในช่วงเวลารวางแผนต้องต่ำที่สุด โดยที่ลูกค้าต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out) เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ผู้ประกอบการจึงต้องตัดสินใจในเรื่อง

1. เมื่อไรจะทำการส่งมอบสินค้า
2. จะขนส่งในปริมาณเท่าไร
3. จะใช้เส้นทางไหนในการส่งมอบสินค้า

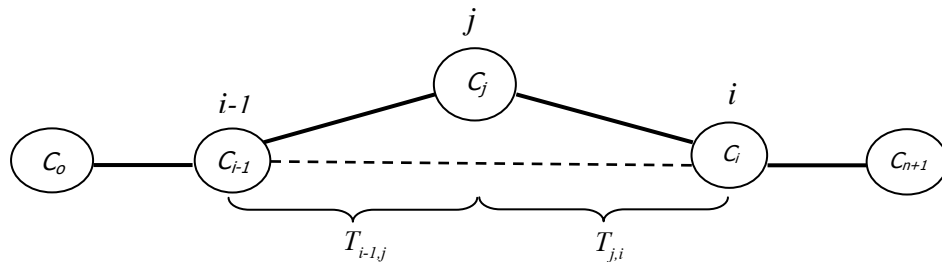
แบบจำลองพื้นฐานของปัญหาแบบ IRP จะกำหนดให้อัตราการใช้สินค้านั้นคงที่หรือแน่นอน

งานวิจัยสามารถสรุปลักษณะโดยรวมของปัญหาได้ดังนี้ งานวิจัยนี้เป็นการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า m เส้นทาง ไปยังลูกค้า n ราย โดยมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของเส้นทางเพียงจุดเดียว คือ คลังสินค้า (Single depot) ผู้ประกอบการจะเป็นผู้ดูแลสินค้าคงคลังของลูกค้า โดยการนำระบบ VMI เข้ามา

จัดการกับสินค้าคงคลังและข้อตกลงระหว่างผู้ประกอบการและลูกค้าแต่ละราย คือ ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำที่ผู้ประกอบการจะทำการขนส่งและลูกค้าต้องมีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าตลอดเวลาต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out) ซึ่งหมายความว่าผู้ประกอบการจะพิจารณาเริ่มขนส่งสินค้าเมื่อปริมาณความต้องการสินค้ามากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำตามข้อตกลง และผู้ประกอบการต้องรักษาระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าไม่ให้เกิดการขาดแคลนสินค้าข้อตกลงเช่นกัน รถขนส่งสินค้ามีขนาดเดียวและมีจำนวนไม่จำกัด การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าต้องอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์หลัก คือ ผลประโยชน์สูงสุด คือ ปริมาณการขนส่งสูงสุดและระยะทางน้อยที่สุด (ระยะเวลาน้อยสุด) ภายใต้เงื่อนไขและสมมติฐานที่กำหนด

3.2 วิธีฮิวริสติกส์การแทรกชั้นพื้นฐาน

พื้นฐานของวิธีฮิวริสติกส์การแทรก (Insertion heuristic basic) หมายถึง การทดสอบแทรกลูกค้าที่ละรายเข้าไปในเส้นทาง ซึ่งการแทรกแต่ละครั้งนั้นต้องอยู่ภายใต้เงื่อนไขและสมมติฐาน เส้นทางการเดินทางนั้นจะเริ่มจาก Depot แล้วเดินทางไปยังลูกค้าแต่ละรายและกลับมาสิ้นสุดที่ Depot เสมอ จำนวนลูกค้าบนเส้นทางจะมีจำนวน n ราย และตำแหน่งของลูกค้าบนเส้นทางจะถูกแสดงโดย c_i เมื่อ $i = 0, 1, 2, \dots, i, \dots, n+1$ และ c_0, c_{n+1} เป็น Depot การพิจารณาการแทรกจะสมมติให้ตำแหน่งของลูกค้ารายที่ถูกแทรก คือ ตำแหน่ง j โดยจะทำการแทรกระหว่างลูกค้าตำแหน่ง $i-1$ กับ i บนเส้นทาง $(0, 1, 2, \dots, i-1, i, \dots, n+1)$ รถจะใช้เวลาการเดินทางจากลูกค้าตำแหน่ง $i-1$ ไปยังลูกค้าตำแหน่ง j เป็น $T_{i-1,j}$ และจากลูกค้าตำแหน่ง j ไปยังลูกค้าตำแหน่ง i เป็น $T_{j,i}$ แสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 การแทรกลูกค้าในเส้นทางระหว่างตำแหน่ง $i-1$ กับ i

จากวิธีฮิวริสติกส์การแทรกชั้นพื้นฐานของ Potvin และ Rousseau (1993) ที่อธิบายโดย Campbell และ Savelsbergh (2004) เส้นทางนั้นจะถูกสร้างขึ้นทีละเส้นทาง คือ เส้นทางหนึ่งจะถูกสร้างขึ้นเสร็จสมบูรณ์ก่อนที่จะสร้างเส้นทางใหม่ และต้องมีการตรวจสอบฟังก์ชันเพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไข คือ ฟังก์ชัน Feasible คือ การตรวจสอบความเป็นไปได้สำหรับการแทรกฟังก์ชัน Profit คือ การตรวจสอบ

ผลประโยชน์สำหรับการแทรก และฟังก์ชัน Update คือ การปรับปรุงเส้นทางสำหรับการแทรก ซึ่งมีรายละเอียดของฟังก์ชันต่างๆดังต่อไปนี้

3.2.1 ตัวแปรที่เก็บสำหรับการแทรก

วิธีวิวิธวิธีของการแทรกขึ้นพื้นฐานสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมาตรฐาน ข้อมูลที่ต้องมีการเก็บค่าในทุกๆเส้นทาง คือ ผลรวมปริมาณสินค้าในเส้นทางปัจจุบัน (q_r) โดยกำหนดให้ D_j ในที่นี้หมายถึงปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าในตำแหน่ง j การหาค่า q_r แสดงดังสมการที่ 3.1

$$q_r = q_r + D_j \quad (3.1)$$

3.2.2 การตรวจสอบความเป็นไปได้สำหรับการแทรก

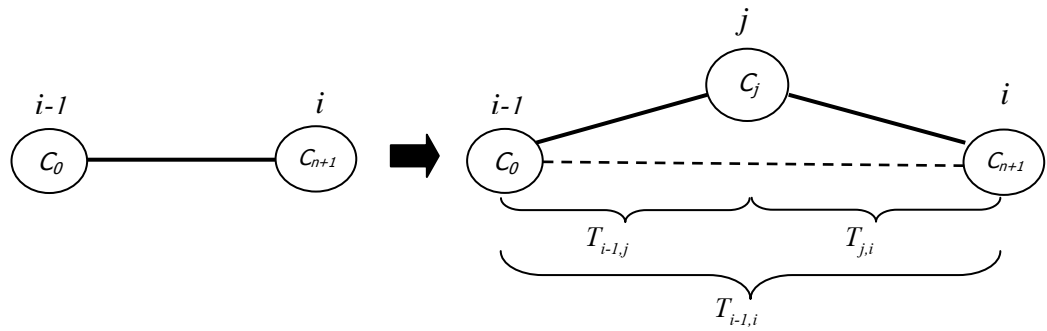
จากทฤษฎีในบทที่ 2 จะเห็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบมาตรฐาน มีเพียงเงื่อนไขเดียวที่ต้องทำการพิจารณาก่อนการแทรกลูกค้าตำแหน่ง j ลงในเส้นทาง คือ การตรวจสอบความเป็นไปได้ของน้ำหนักการบรรทุกสินค้าไม่ให้เกินความจุรถ Q_m ซึ่งหมายถึง ความต้องการสินค้าของลูกค้ารายปัจจุบันที่ทำการแทรก (D_j) นั้นต้องไม่เกินความจุของรถบรรทุก แสดงดังสมการที่ 3.2 (ในที่นี้กำหนดให้ D_j หมายถึงปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าในตำแหน่ง j)

$$D_j \leq Q_m - q_{r_m}^{\min} \quad (3.2)$$

3.2.3 การตรวจสอบผลประโยชน์สำหรับการแทรก

วัตถุประสงค์ของการจัดเส้นทางเดินรถแบบมาตรฐาน คือ ระยะเวลาการเดินทางที่ต่ำที่สุด เพราะฉะนั้นเงื่อนไขการพิจารณาการเลือกลูกค้าและตำแหน่งที่จะทำการแทรก คือ ลูกค้าและตำแหน่งที่จะทำการแทรกนั้นต้องก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด (Max profit) ซึ่งผลประโยชน์ที่เกิดจากการแทรกลูกค้าแต่ละรายลงในตำแหน่ง j ระหว่างลูกค้าตำแหน่ง $i-1$ กับ i ดังรูปที่ 3.2 จะถูกแสดงโดยระยะเวลาการเดินทางที่เกิดจากการแทรก ดังแสดงในสมการที่ 3.3 ลูกค้ารายใดๆ ณ ตำแหน่งใดๆ ที่ก่อให้เกิดระยะเวลาการเดินทางที่ต่ำที่สุดจะถูกพิจารณาแทรกเข้าไปในเส้นทาง ซึ่งก็หมายถึงเป็นลูกค้าและตำแหน่งที่ก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด (Max profit)

$$\text{Profit} = -(T_{i-1,j} + T_{j,i} - T_{i-1,i} + U_j) \quad (3.3)$$



รูปที่ 3.2 การแทรกลูกค้ารายใดๆเข้าไปในตำแหน่ง j ระหว่างลูกค้าตำแหน่ง $i-1$ กับ i

3.2.4 การปรับปรุงเส้นทางสำหรับการแทรก

หลังจากแทรกลูกค้ารายใดๆ ลงบนตำแหน่งที่ดีที่สุดบนเส้นทางต้องมีการปรับปรุงเส้นทางและข้อมูลของเส้นทางให้เป็นปัจจุบัน

3.3 ปัญหาทดสอบ

ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเป็นลักษณะของปัญหาพื้นฐานของ Solomon (Solomon Test Problems) ซึ่งช่วยให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ (C++ โดย Code block) ที่พัฒนาสามารถทดสอบกับลักษณะปัญหาในหลายรูปแบบ

3.3.1 การกำหนดปัญหาทดสอบ

ปัญหาที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยมีทั้งหมด 56 ปัญหา ซึ่งแต่ละปัญหาจะทำการทดสอบ 3 ครั้ง โดยในแต่ละครั้งของการทดสอบจะกำหนดค่าน้ำหนักความสำคัญระหว่างระยะทางและปริมาณการขนส่งให้แตกต่างกัน คือ 1 : 1 1 :100 และ 100 : 1 เพราะฉะนั้นจะมีการทดสอบปัญหาทั้งหมด 168 ครั้ง ปัญหาทดสอบจะแบ่งลักษณะการกระจายตัวของลูกค้าออกเป็น 3 กลุ่ม คือ

1. กระจายตัวเป็นกลุ่ม (Clustered customer distribution, C)
2. กระจายอย่างไร้แบบแผน (Randomly customer distribution, R)
3. กระจายตัวเป็นกลุ่มและไร้แบบแผน (Combination of a random and clustered customer distribution, RC)

รายละเอียดการแบ่งกลุ่มปัญหาทดสอบ แสดงดังตารางที่ 3.1 ลักษณะหลักของกลุ่มปัญหาทดสอบ แสดงตารางที่ 3.2 สำหรับตัวแปรนำเข้าของแต่ละกลุ่มแสดงดังหัวข้อที่ 3.4 และรายละเอียดของปัญหาทดสอบ แสดงดังภาคผนวก ข

ตารางที่ 3.1 การแบ่งกลุ่มและระดับค่าถ่วงน้ำหนักของปัญหาทดสอบ

กลุ่ม								
Clustered (C)			Randomly (R)			Random and Clustered (RC)		
Weight 1:1	Weight 1:100	Weight 100:1	Weight 1:1	Weight 1:100	Weight 100:1	Weight 1:1	Weight 1:100	Weight 100:1
C101-C109	C101-C109	C101-C109	R101-R112	R101-R112	R101-R112	RC101-RC108	RC101-RC108	RC101-RC108
C201-C208	C201-C208	C201-C208	R201-R211	R201-R211	R201-R211	RC201-RC208	RC201-RC208	RC201-RC208

ตารางที่ 3.2 ลักษณะของปัญหาทดสอบ

ชุดข้อมูล	จำนวนรถบรรทุก	ความจุรถบรรทุก	จำนวนลูกค้า
C101-C109	100	200	100
C201-C208	100	700	100
R101-R112	100	200	100
R201-R211	100	1000	100
RC101-RC108	100	200	100
RC201-RC208	100	1000	100

3.4 สมมติฐาน

1. $D_c < Q_m$ เมื่อ $c = 1, 2, 3, \dots, n$ และ $m = 1, 2, 3, \dots, M$ หมายถึง ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ (D_c) ต้องน้อยกว่าความจุของรถบรรทุก (Q_m)
2. ปริมาณสินค้าขั้นต่ำที่ลูกค้าแต่ละรายจะได้รับในแต่ละครั้งของการบริการ คือ ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำตามข้อตกลง
3. กำหนดให้ อัตราการใช้สินค้า เวลาขนส่งตายตัว และเวลาขนส่งสินค้า คงที่
4. ผู้ประกอบการสามารถขนส่งสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละรายได้ถึงความจุของคลังสินค้า
5. ใน 1 วัน ลูกค้าแต่ละรายจะได้รับสินค้าหรือได้รับการบริการเพียงครั้งเดียวโดยรถบรรทุก 1 คัน

3.5 ข้อมูลนำเข้า

ชุดของข้อมูลนำเข้า ประกอบด้วย

T เวลาดำเนินการทั้งหมดในแผนงานของการขนส่งสินค้า

n	จำนวนลูกค้า
M	จำนวนรถบรรทุก
Q_m	ความจุของรถบรรทุก m
S	ข้อจำกัดเวลาการทำงานของพนักงานขับรถ (Shift time limits)
I_{min}	ปริมาณสินค้าคงคลังต่ำสุด
X_{co}, Y_{co}	ตำแหน่งของลูกค้า
C_i	ความจุคลังสินค้า
v	ความเร็วเฉลี่ยของรถกิโลเมตรต่อนาที
Usage rate	อัตราการใช้สินค้า
S_i	เวลาการขนส่งตายตัว
P_i	เวลาการขนส่งสินค้า
C_{Truck}	ความจุของรถบรรทุก
EE_i	เวลาส่งสินค้าเร็วสุด
LL_i	เวลาส่งสินค้าช้าสุด
D_{min}	ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
I_i	ปริมาณสินค้าคงคลังเริ่มแรกของลูกค้าในช่วงเวลาเริ่มต้นของการจัดเส้นทางเดินรถ

3.6 การกำหนดตัวแปร

c	ตัวชี้ของลูกค้า (Customer index)
i, j	ตำแหน่งของลูกค้าบนเส้นทาง (Customer position in route)
m	ตัวชี้ของรถบรรทุก (Truck index)
$c(i)$	ลูกค้าตำแหน่ง i บนเส้นทาง
0	ท่ารถเริ่มต้นบนเส้นทาง
$n+1$	ท่ารถสิ้นสุดบนเส้นทาง
U_i	อัตราการใช้สินค้าของลูกค้า $c(i)$
C_i	ความจุคลังสินค้าของลูกค้า $c(i)$
I_i	ปริมาณสินค้าคงคลังเริ่มแรกของลูกค้า $c(i)$ ในช่วงเวลาเริ่มต้นของการจัดเส้นทางเดินรถ
D_i	ปริมาณการขนส่งต่ำสุดของลูกค้า $c(i)$

$\max_i D_i^{r_m}$	ปริมาณการขนส่งมากที่สุดของลูกค้านำตำแหน่ง i บนเส้นทางรถบรรทุก m
S_i	เวลาการขนส่งตายตัวของลูกค้า $c(i)$
P_i	เวลาการขนส่งสินค้าของลูกค้า $c(i)$
Q_m	ความจุของรถบรรทุกคันที่ m
T_{ij}	เวลาการเดินทางระหว่างลูกค้า $c(i)$ และ $c(j)$
EE_i	เวลาส่งสินค้าเร็วสุดกำหนดโดยลูกค้า $c(i)$
LL_i	เวลาส่งสินค้าช้าสุดกำหนดโดยลูกค้า $c(i)$
E_i	เวลาส่งสินค้าเร็วสุดของลูกค้า $c(i)$ เมื่อพิจารณา EE_i และปริมาณขนส่งขั้นต่ำ เช่น $E_j = \max\left(EE_j, \frac{D_j - (C_j - I_j)}{U_j}\right)$
L_i	เวลาส่งสินค้าช้าสุดของลูกค้า $c(i)$ เมื่อพิจารณา LL_i และปริมาณสินค้าคงคลัง เริ่มแรก เช่น $L_j = \min\left(LL_j, \frac{I_j}{U_j}\right)$
S	ข้อจำกัดเวลาการทำงานของพนักงานขับรถ (Shift time limits)
$a_i^{r_m}$	เวลาเดินทางสะสมจากจุดเริ่มต้นตำแหน่ง i บนเส้นทางรถบรรทุก m ไปจนสุดเส้นทาง
$\bar{e}_{n+1}^{r_m}$	เวลารถกลับถึงท่ารถเร็วสุด (เวลาเสร็จเร็วสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ j ถูกแทรก ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits
$\bar{e}_0^{r_m}$	เวลารถออกจากท่ารถเร็วสุด (เวลาออกเร็วสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ j ถูกแทรก ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits
$\bar{l}_0^{r_m}$	เวลารถออกจากท่ารถช้าที่สุด (เวลาออกช้าสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ j ถูกแทรก ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits
$\bar{l}_{n+1}^{r_m}$	เวลารถกลับถึงท่ารถช้าที่สุด (เวลาเสร็จช้าสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ j ถูกแทรก ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits
$e_0^{r_m}$	เวลารถออกจากท่ารถเร็วสุด (เวลาออกเร็วสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ $m = 1, \dots, M$
$e_{n+1}^{r_m}$	เวลารถกลับถึงท่ารถเร็วสุด (เวลาเสร็จเร็วสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ $m = 1, \dots, M$
$l_0^{r_m}$	เวลารถออกจากท่ารถช้าที่สุด (เวลาออกช้าสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ $m = 1, \dots, M$
$l_{n+1}^{r_m}$	เวลารถกลับถึงท่ารถช้าที่สุด (เวลาเสร็จช้าสุด) โดยรถบรรทุก m เมื่อ $m = 1, \dots, M$
$e_i^{r_m}$	เวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุดของลูกค้าตำแหน่ง i บนเส้นทางรถบรรทุก m

$l_i^{r_m}$	เวลาส่งสินค้าจริงช้าสุดของลูกค้านำตำแหน่ง i บนเส้นทางรถบรรทุก m
$q_{r_m}^{\min}$	ปริมาณการขนส่งรวมต่ำสุดปัจจุบันที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m
$q_{r_m}^{\max}$	ปริมาณการขนส่งรวมสูงสุดปัจจุบันที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m
$g_i^{r_m}$	ปริมาณการขนส่งสูงสุดของลูกค้านำตำแหน่ง i รวมกับปริมาณการขนส่งสูงสุดที่สามารถขนส่งได้ตำแหน่งตามหลัง i ไปจนถึงสิ้นสุดเส้นทางรถบรรทุก m
t_i^{g,r_m}	เวลาเริ่มต้นของลูกค้านำตำแหน่ง i ที่สามารถขนส่งสินค้าได้ในปริมาณ $g_i^{r_m}$ (ปริมาณการขนส่งสูงสุดของลูกค้านำตำแหน่ง i รวมกับปริมาณการขนส่งสูงสุดที่สามารถขนส่งได้ตำแหน่งตามหลัง i ไปจนถึงสิ้นสุดเส้นทางรถบรรทุก m)
$Cum_q_{r_m,v}^{\max}$	ปริมาณการขนส่งสะสมสูงสุดตั้งแต่ปลายทางถึงลูกค้านำที่ $v+1$ โดยที่ v คือลูกค้านำที่กำลังพิจารณา
$\hat{q}_{r_m}^{\max}$	ปริมาณการขนส่งรวมสูงสุดที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m หลังจากแทรกลูกค้านำลงในตำแหน่ง j

3.7 การกำหนดค่าเริ่มต้น

$q_{r_m}^{\min}$	=	0
$q_{r_m}^{\max}$	=	0
$e_0^{r_m}$	=	0
$e_{n+1}^{r_m}$	=	0
$l_0^{r_m}$	=	T
$l_{n+1}^{r_m}$	=	T
$g_0^{r_m}$	=	0
$g_{n+1}^{r_m}$	=	0
t_0^{g,r_m}	=	0
t_{n+1}^{g,r_m}	=	T

3.8 การเก็บตัวแปร

$e_i^{r_m}$	เวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุดของลูกค้านำตำแหน่ง i บนเส้นทางรถบรรทุก m
$l_i^{r_m}$	เวลาส่งสินค้าจริงช้าสุดของลูกค้านำตำแหน่ง i บนเส้นทางรถบรรทุก m

$a_i^{r_m}$	เวลาเดินทางสะสมจากจุดเริ่มต้นตำแหน่ง i บนเส้นทางรถบรรทุก m ไปจนถึงเส้นทาง
$q_{r_m}^{\min}$	ปริมาณการขนส่งรวมต่ำสุดปัจจุบันที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m
$q_{r_m}^{\max}$	ปริมาณการขนส่งรวมสูงสุดปัจจุบันที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m
$g_i^{r_m}$	ปริมาณการขนส่งสูงสุดของลูกค้าตำแหน่ง i รวมกับปริมาณการขนส่งสูงสุดที่สามารถขนส่งได้ตำแหน่งตามหลัง i ไปจนถึงเส้นทางรถบรรทุก m
t_i^{g,r_m}	เวลาเริ่มต้นของลูกค้าตำแหน่ง i ที่สามารถขนส่งสินค้าได้ในปริมาณ $g_i^{r_m}$ (ปริมาณการขนส่งสูงสุดของลูกค้าตำแหน่ง i รวมกับปริมาณการขนส่งสูงสุดที่สามารถขนส่งได้ตำแหน่งตามหลัง i ไปจนถึงเส้นทางรถบรรทุก m)

3.9 ขั้นตอนฮิวริสติกส์การแทรก

ขั้นตอนฮิวริสติกส์การแทรกมีการตรวจสอบฟังก์ชันทั้งหมด 3 ฟังก์ชัน เพื่อให้เป็นไปตามเงื่อนไข คือ ฟังก์ชัน Feasible (i,j), ฟังก์ชัน Update (r_m), ฟังก์ชัน Determine Profit (i,j)

N = set of unassigned customers

TR= set of trucks; always contains the empty truck; initially contains only the empty truck

TR = $\{(0,n+1,0,n+1,0,n+1)\}$

While $N \neq \emptyset$ do

{

$p^* = -\infty$

 for $j \in N$ do

 {

 for $m \in TR$ do

 for $(i-1,i) \in r_m$ do

 neighbor solution = current solution

 if(Feasible(i,j) in the neighbor solution then

 {

 Insert(i,j) in the neighbor solution

 Update(r_m) in the neighbor solution

 profit(i,j) = Determine Profit(r_m)

 if(profit(i,j) > p^*)

 {

$m^* = m$

$i^* = i$

$(i-1)^* = i-1$

$j^* = j$

$p^* = \text{profit}(i,j)$

 best neighbor solution = neighbor solution

 }

 }

 }

 Current solution = best neighbor solution

$N = N \setminus j^*$

}

3.9.1 หลักการทำงานของขั้นตอนวิธีสถิติการแทรก

1. กำหนดเซตของจำนวนลูกค้า $N = \{ C_1, C_2, C_3, \dots, N \}$
2. กำหนดเซตของรถบรรทุก $TR = \{ r_1, r_2, r_3, \dots, r_m \}$ โดยเริ่มต้นจะกำหนดให้เส้นทางเป็นเซตว่าง $R = \{ \}$ หรือเซต $R = \{ C_0, C_{n+1} \}$ เมื่อ C_0 และ C_{n+1} คือ ท่ารถ
3. กำหนด $p^* = -\infty$ เมื่อ p^* คือ Profit เริ่มต้นของเส้นทาง (เส้นทางว่าง)
4. ก่อนการแทรกลูกทรายแรกลงในเส้นทางกำหนดให้ ค่าของ Neighbor solution = ค่าของ Current solution เมื่อ Current solution หมายถึง เส้นทางก่อนการแทรกลูกค้า และ Neighbor solution หมายถึง เส้นทางหลังจากแทรกลูกค้าตำแหน่ง j
 5. แทรกลูกค้าทีละรายเข้าไปให้เส้นทาง (Neighbor solution) โดยพิจารณาแทรกลูกค้าในตำแหน่ง j ระหว่างตำแหน่ง $i-1$ และ i ในเซตของเส้นทาง r เมื่อ $i-1$ เป็นตำแหน่งของลูกค้าก่อนตำแหน่ง j และ i เป็นตำแหน่งของลูกค้าหลังตำแหน่ง j
 6. ตรวจสอบฟังก์ชัน Feasible
 - 6.1 นำนักการบรรทุก เพื่อไม่ให้ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าที่พิจารณาแทรกในเส้นทางไม่เกินความจุของรถ
 - 6.2 กรอบเวลา (Time windows)
 - 6.3 ข้อจำกัดเวลาการทำงานของพนักงาน (Shift time limits)
 7. การพิจารณาแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j ต้องไม่ขัดแย้งกับฟังก์ชัน Feasible หลังจากนั้นทำการปรับปรุค่าต่างๆหรือการ update
 - 7.1 ปรับปรุงเซตของรถบรรทุก $m^*=m$ หลังจากแทรกลูกค้าตำแหน่ง j
 - 7.2 ปรับปรุงเซตของเส้นทาง $r^*=r$ หลังจากแทรกลูกค้าตำแหน่ง j
 - 7.3 ปรับปรุงค่า $i^*=i$ เป็นการปรับปรุงค่าของลูกค้าตำแหน่ง i หลังแทรกลูกค้าตำแหน่ง j
 - 7.4 ปรับปรุงค่า $i-1^*=i-1$ เป็นการปรับปรุงค่าของลูกค้าตำแหน่ง $i-1$ หลังแทรกลูกค้าตำแหน่ง j
 - 7.5 ปรับปรุงค่า $j^*=j$ เป็นการปรับปรุงค่าของลูกค้าตำแหน่ง i หลังแทรกลูกค้าตำแหน่ง j
 8. คำนวณผลประโยชน์ Profit ที่เกิดจากการแทรกลูกค้าตำแหน่ง j (Neighbor solution)
 9. เลือก Neighbor solution ที่ก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุดและเก็บเป็น Best neighbor solution
 10. เก็บค่า Current solution = Best neighbor solution
 11. นำลูกค้าที่ถูกแทรกเข้าไปในเส้นทางออกจากเซตของลูกค้า

12. ทำการแทรกลูกค้ารายถัดไปลงในเส้นทาง (Neighbor solution) จนกว่าน้ำหนักบรรทุกจะเกินความจุของรถบรรทุกจึงจะหยุดพิจารณาการแทรกและพิจารณาเริ่มเส้นทางใหม่

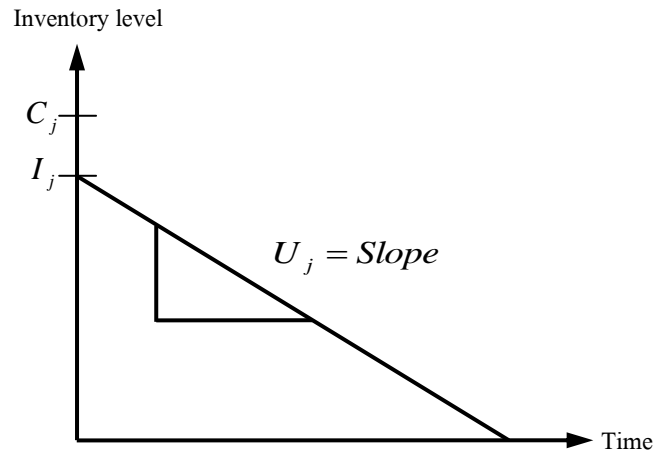
3.10 เงื่อนไข

3.10.1 กรอบเวลา (Time windows)

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถที่มีเงื่อนไขกรอบเวลา (E_j, L_j) ซึ่งกรอบเวลาในที่นี้ หมายถึง เงื่อนไขของช่วงเวลาการส่งสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละรายซึ่งจะต้องไม่เร็วหรือช้าเกินไป โดยกำหนดให้ E_j เป็นกรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุดของลูกค้า และ L_j เป็นกรอบเวลาส่งสินค้าช้าสุดเป็นของลูกค้า ในงานวิจัยครั้งนี้ได้ใช้ระบบ VMI เข้ามาช่วยกำหนดกรอบเวลาของลูกค้า หมายถึง กรอบเวลาการส่งสินค้านั้นจะรักษาข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการขนส่งไว้ กล่าวคือลูกค้าต้องมีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าตลอดเวลาต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out) (กำหนดค่า L_j) และผู้ประกอบการจะเริ่มพิจารณาการขนส่งสินค้าเมื่อปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าในแต่ละรอบการขนส่งนั้นจะไม่เท่ากันขึ้นอยู่กับระดับสินค้าคงคลัง ความจุคลังสินค้าของลูกค้าและอัตราการใช้สินค้า (Usage rate)

การกำหนดกรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุด E_j นั้นขึ้นอยู่กับ ความจุคลังสินค้าของลูกค้า (C_j) ปริมาณสินค้าหรือปริมาณการขนส่งต่ำสุดที่สามารถขนส่งให้กับลูกค้าแต่ละราย (D_j) ปริมาณสินค้าคงคลังเริ่มแรกของลูกค้า (I_j) และอัตราการใช้สินค้า (U_j) แสดงดังสมการที่ 3.4 สำหรับอัตราการใช้สินค้าแสดงดังรูปที่ 3.3

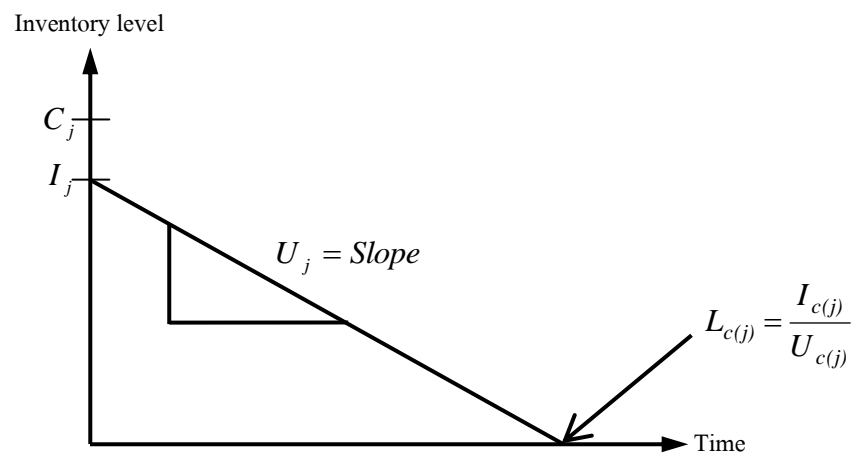
$$E_j = \max \left(EE_j, \frac{D_j - (C_j - I_j)}{U_j} \right) \quad (3.4)$$



รูปที่ 3.3 อัตราการใช้สินค้า (U_j)

การกำหนดเวลาส่งสินค้าล่าสุด (L_j) นั้นขึ้นอยู่กับ ปริมาณสินค้าคงคลังเริ่มต้นของลูกค้า (I_j) และ อัตราการใช้สินค้า (U_j) แสดงดังสมการที่ 3.5 และสำหรับอัตราการใช้สินค้า แสดงดังรูปที่ 3.3 และ รูปที่ 3.4 แสดงให้เห็นถึงเวลาส่งสินค้าล่าสุด (L_j) ซึ่งเวลาดังกล่าวต้องเป็นเวลาที่ลูกค้าต้องมีสินค้า อยู่ในคลังสินค้าตลอดเวลาต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out)

$$L_j = \min\left(LL_j, \frac{I_j}{U_j}\right) \quad (3.5)$$



รูปที่ 3.4 การกำหนดเวลาส่งสินค้าล่าสุด (L_j)

3.10.2 ข้อจำกัดเวลาการทำงาน (Shift time limits)

ข้อจำกัดทางด้านเวลาของพนักงานขับรถ (Shift time limits) หมายถึง จำนวนชั่วโมงที่พนักงานขับรถสามารถทำงานได้ (ขับรถ) ภายในหนึ่งวัน กรมการขนส่งทางบก ได้กล่าวว่า ลูกจ้าง (พนักงานขับรถ) มีเวลาขับรถเริ่มต้นและสิ้นสุดในหนึ่งวันได้ไม่เกิน 8 ชั่วโมง ข้อจำกัดทางด้านเวลาของพนักงานขับรถเป็นการคำนึงถึงความปลอดภัยในการขับขี่ ในงานวิจัยจึงกำหนดให้เงื่อนไขข้อจำกัดด้านเวลาของพนักงานขับรถเป็นเงื่อนไขหนึ่งในการพิจารณาแทรกลูกค้า กล่าวคือ เวลาการขับรถของพนักงานในเส้นทางต้องไม่เกินข้อจำกัดเวลาการทำงาน (Shift time limits, S)

เวลาเร็วที่สุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถ (e_0^r) และเวลาช้าที่สุดที่รถกลับถึงท่ารถ (l_{n+1}^r) จะเป็นค่าเวลาที่ส่งผลต่อ Shift time limits โดยในงานวิจัยจะกำหนดให้ $e_0^r = \max(e_0^r, e_{n+1}^r - S)$ ซึ่งค่าความแตกต่างระหว่างเวลาเร็วที่สุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถ (e_0^r) และเวลาเร็วที่สุดที่รถกลับถึงท่ารถ (e_{n+1}^r) จะต้องอยู่ในช่วงของ Shift time limits และกำหนดให้ $l_{n+1}^r = \min(l_{n+1}^r, l_0^r + S)$ ซึ่งค่าความแตกต่างระหว่างเวลาช้าที่สุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถ (l_0^r) และเวลาช้าที่สุดที่รถกลับถึงท่ารถ (l_{n+1}^r) จะต้องอยู่ในช่วงของ Shift time limits เช่นกัน สำหรับเวลาการเดินทางสะสม (a_i^r) (Cumulative travel time) ของลูกค้านั้นจะมีการเก็บค่าไว้ตั้งแต่ตำแหน่งที่ i ไปจนจบเส้นทาง (a_i^r, \dots, a_{n+1}^r)

3.10.3 ปริมาณการขนส่งผันแปร (Variable delivery volume)

การจัดเส้นทางยานพาหนะเพื่อเติมเต็มระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า (Inventory routing problem, IRP) (Campbell,2000 ; Dror and Ball,1987 ; Dror, et al.,1985) ปัญหาดังกล่าวผู้ประกอบการขนส่งควรมีการเจรจาต่อรองกับลูกค้าเกี่ยวกับการตัดสินใจเรื่องวัน เวลา และปริมาณการขนส่งหรือปริมาณการจัดส่งที่จะทำการขนส่งให้ลูกค้าแต่ละราย การเปลี่ยนการจัดการความรับผิดชอบเรื่องสินค้าคงคลังจากลูกค้าให้ผู้ประกอบการขนส่งเป็นผู้รับผิดชอบนั้น จะทำให้ผู้ประกอบการสามารถเลือก เวลาและปริมาณการขนส่งที่ดีและเหมาะสมที่สุด เพื่อทำให้เกิดการขนส่งที่มีประสิทธิภาพและเต็มพื้นที่การบรรจุของรถบรรทุกซึ่งสามารถช่วยลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ ในงานวิจัยครั้งนี้จะกำหนดให้ลูกค้าต้องมีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าและจะยอมรับให้มีปริมาณการขนส่งเพิ่มขึ้นได้เมื่อเวลาผ่านไปตามอัตราการใช้สินค้า (Usage rate) การยอมรับให้ปริมาณการขนส่งเพิ่มขึ้นหรือปริมาณการขนส่งที่ใหญ่ขึ้น ในส่วนของลูกค้านั้นจะป้องกันการหมดของสินค้าคงคลังและในส่วนของผู้ประกอบการขนส่งความยืดหยุ่นจะส่งผลให้สามารถจัดการกับทรัพยากรที่มีอยู่ได้ดีขึ้น

ปริมาณการขนส่งหรือปริมาณการจัดส่งที่ลูกค้าต้องการ ปกติแล้วจะมีพื้นฐานมาจากการบริโภคของลูกค้าจากช่วงเวลาการจัดส่งครั้งสุดท้ายจนกระทั่งช่วงเวลาที่ประมาณไว้ของการกลับถึงของการจัดส่งครั้งต่อไป ในสภาพแวดล้อมที่หลากหลายลูกค้ามักจะกำหนดกรอบการจัดส่งที่ค่อนข้างใหญ่ และสามารถที่จะยอมรับปริมาณการจัดส่งที่มากขึ้นได้เมื่อเวลาผ่านไปภายใต้กรอบการจัดส่งที่กำหนด เช่น หากร้านค้าทำการสั่งซื้อขนมปังในจำนวนที่กำหนดให้กลับถึงระหว่างช่วงเวลา 8.00-12.00 น. ในวันที่กำหนด ร้านค้าก็จะมีพื้นที่ในคลังสินค้ามากขึ้นในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงเวลาเที่ยง ทั้งนี้ก็เนื่องจากการขายขนมปังในระหว่างช่วงเช้าทำพื้นที่ว่างในคลังสินค้ามีเพิ่มมากขึ้น

3.11 การตรวจสอบความเป็นไปได้ (Feasible)

3.11.1 นำหนักบรรทุก

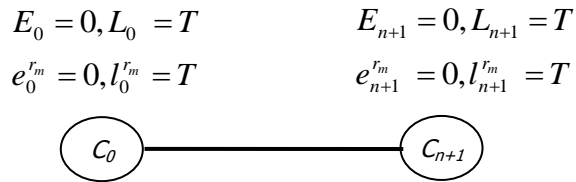
การตรวจสอบความเป็นไปได้ของน้ำหนักบรรทุก คือ การตรวจสอบปริมาณความต้องการสินค้าขั้นต่ำของลูกค้ารายปัจจุบันที่ทำการแทรก (D_j) ต้องไม่เกินความจุหรือพื้นที่ของรถบรรทุกที่ยังคงเหลืออยู่ ($Q_m - q_{r_m}^{\max}$) แสดงดังสมการที่ 3.6

$$D_j \leq Q_m - q_{r_m}^{\max} \quad (3.6)$$

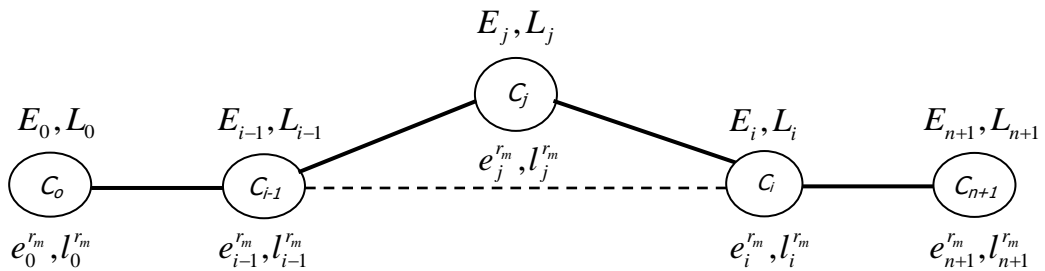
3.11.2 กรอบเวลา

การตรวจสอบความเป็นไปได้หลังจากแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j ระหว่างตำแหน่งที่ $i-1$ กับ i จะเป็นการตรวจสอบเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด ($e_j^{r_m}$) และเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด ($l_j^{r_m}$) ในความเป็นจริงรถอาจกลับถึงลูกค้าตรงตามกรอบเวลาพอดีหรือกลับถึงในช่วงของกรอบเวลา (E_j, L_j) หรืออาจกลับถึงไม่ตรงตามกรอบเวลา (E_j, L_j) ซึ่งหมายถึง รถกลับถึงลูกค้าช้าหรือเร็วเกินไป ในกรณีที่รถกลับถึงลูกค้าเร็วเกินไป ($e_j^{r_m} < E_j$) หมายความว่าเวลาที่รถไปถึงนั้นเป็นเวลาที่ไม่สามารถนำสินค้าเข้าคลังสินค้าของลูกค้าได้ อาจจะเนื่องมาจากพื้นที่คลังสินค้านั้นไม่เพียงพอต่อการเก็บสินค้า เป็นต้น และในกรณีที่รถกลับถึงลูกค้าช้าเกินไป ($l_j^{r_m} > L_j$) หมายความว่าเวลาที่รถไปถึงนั้นสินค้าคงคลังของลูกค้าอาจเหลือต่ำกว่าขีดกลางซึ่งอาจจะไม่เพียงพอต่อการขาย ดังนั้นต้องมีการคำนวณเวลาที่รถเดินทางกลับถึงจริง คือ เวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด คือ $e_j^{r_m}$ และเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด คือ $l_j^{r_m}$ เพื่อให้เวลาดังกล่าวอยู่ในช่วงของกรอบเวลา (E_j, L_j) เวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด ($e_j^{r_m}$) ต้องเท่ากับหรือมากกว่ากรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุด (E_j) และเวลาส่งสินค้าจริงที่ช้าที่สุด ($l_j^{r_m}$) ต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับมากกว่ากรอบเวลาส่งสินค้าช้าสุด (L_j) การแทรกลูกค้าลงในเส้นทางเส้นเริ่มต้นนั้นจะกำหนดให้เวลาเร็วสุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถ ($e_0^{r_m}$) เวลาเร็วสุดที่รถกลับถึงท่ารถในเส้นทาง ($e_{n+1}^{r_m}$)

เท่ากับศูนย์ และเวลาช้าที่สุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถในเส้นทาง (L_0^m) เวลาช้าที่สุดที่รถกลับถึงท่ารถในเส้นทาง (L_{n+1}^m) เท่ากับเวลาการดำเนินการทั้งหมดในแผนงานของการขนส่งสินค้า (T) เพราะก่อนการทำการแทรกลูกค้ายรายใดๆลงในเส้นทางนั้นเส้นทางเริ่มต้นจะเป็นเส้นทางว่างไม่มีลูกค้าในเส้นทาง ดังแสดงในรูปที่ 3.5 และในรูปที่ 3.6 แสดงให้เห็นถึงกรอบเวลาและเวลาการส่งสินค้าจริงก่อนการคำนวณค่า e_j^m และ l_j^m เริ่มแรกจะกำหนดให้ $e_j^m = E_j$ และ $l_j^m = L_j$



รูปที่ 3.5 เส้นทางเริ่มต้นก่อนการแทรกลูกค้า

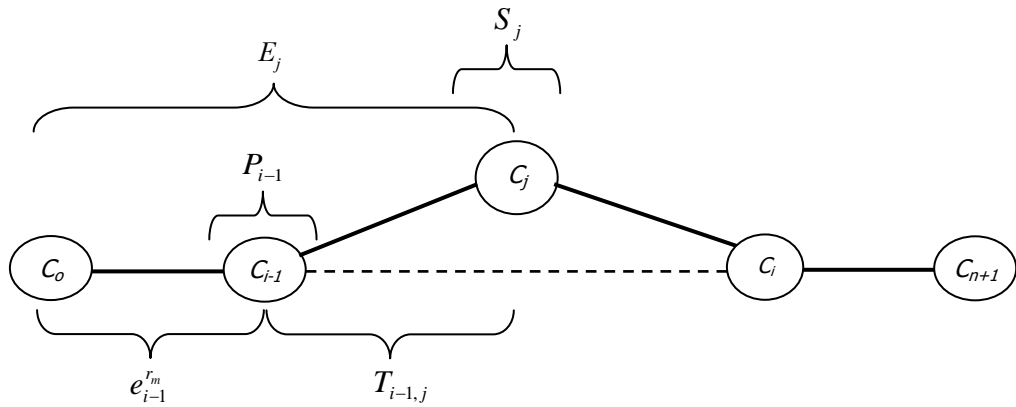


รูปที่ 3.6 กรอบเวลาและเวลาส่งสินค้าจริง

การหาค่าเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด (e_j^m) แสดงดังสมการที่ 3.7

$$e_j^m = \max(e_{i-1}^m + P_{i-1} + T_{i-1,j} + S_j, E_j) \tag{3.7}$$

จากสมการ 3.7 หาค่าเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด(e_j^m) โดยเลือกค่ามากที่สุดระหว่างกรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุด (E_j) และเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด ($e_{i-1}^m + P_{i-1} + T_{i-1,j} + S_j$) แสดงดังรูปที่ 3.7 จากสมการที่ 3.7 ต้องเลือกค่ามากกว่าเพราะถ้าส่วนแรกของสมการน้อยกว่าแล้วเลือกส่วนแรก แสดงว่าสินค้าเดินทางไปถึงลูกค้าก่อนเวลาซึ่งอาจจะทำให้นำสินค้าเข้าคลังสินค้าไม่ได้เพราะไม่มีพื้นที่ว่างและในกรณีที่ส่วนที่สองน้อยกว่าแล้วเลือกส่วนที่สอง แสดงว่าสินค้านั้นเดินทางไปไม่ถึงลูกค้า

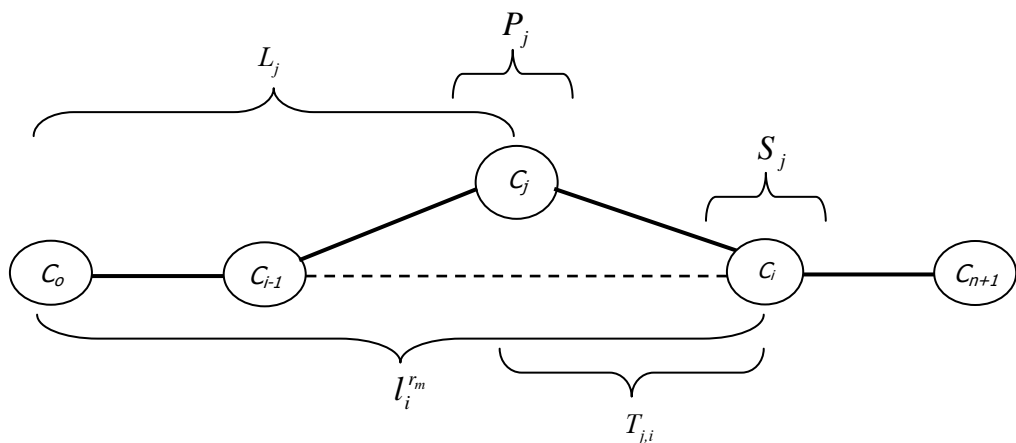


รูปที่ 3.7 ช่วงเวลาการหาค่าเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด

การหาค่าเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด (L_j^m) แสดงดังสมการที่ 3.8

$$L_j^m = \min(L_j^m - S_j - T_{j,i} - P_j, L_j) \tag{3.8}$$

จากสมการ 3.8 หาค่าเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด (L_j^m) โดยเลือกค่าน้อยที่สุดระหว่างกรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุด (L_j) และเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด ($L_j^m - S_j - T_{j,i} - P_j$) แสดงดังรูปที่ 3.8 จากสมการที่ 3.8 ต้องเลือกค่าน้อยกว่าเพราะส่วนที่แรกมากกว่าแล้วเลือกส่วนแรก แสดงว่าไม่สามารถนำสินค้าลงได้ เนื่องเกินกรอบเวลาที่กำหนด ในกรณีที่ส่วนที่สองมากกว่าแล้วเลือกส่วนที่สอง แสดงว่าต้องเสียเวลา รอคอยในการขนสินค้าลงโดยเปล่าประโยชน์ เพราะมีพื้นที่ว่างสำหรับสินค้าแล้วแต่ไม่สามารถขนสินค้าลงจากรถได้



รูปที่ 3.8 ช่วงเวลาการหาค่าเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด

เมื่อหาเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด ($e_j^{r_m}$) และเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด ($l_j^{r_m}$) แล้ว การพิจารณาตรวจสอบความเป็นไปได้ที่จะลูกค้ารายใดๆลงในตำแหน่ง j มีเงื่อนไข คือ เวลาส่งสินค้าจริงที่เร็วที่สุดต้องน้อยกว่าหรือเท่ากับเวลาส่งสินค้าจริงที่ช้าที่สุด ($e_j^{r_m} \leq l_j^{r_m}$)

นัยสำคัญของการหาเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด ($e_j^{r_m}$) และเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด ($l_j^{r_m}$) สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. เมื่อรถไปถึงลูกค้าก่อนกรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุด (E_j) หมายถึง ค่า $e_j^{r_m}$ น้อยกว่าค่า E_j ไม่สามารถเอาสินค้าเข้าเก็บในคลังสินค้าได้เพราะพื้นที่อาจไม่เพียงพอต่อการเก็บสินค้า
2. เมื่อรถไปถึงเวลาเท่ากับกรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุด (E_j) หมายถึง ค่า $e_j^{r_m} = E_j$ สามารถที่จะนำสินค้าเข้าคลังสินค้าได้
3. เมื่อรถไปถึงลูกค้าเกินกรอบเวลาส่งสินค้าเร็วสุด (E_j) หมายถึง ค่า $e_j^{r_m} > E_j$ สามารถที่จะนำสินค้าเข้าคลังสินค้าได้แต่เวลาส่งสินค้าจริงที่เร็วที่สุด ($e_j^{r_m}$) นั้นต้องไม่เกินเวลาส่งสินค้าจริงที่ช้าที่สุด ($l_j^{r_m}$)

อย่างไรก็ตามรถที่กลับถึงลูกค้าภายใต้กรอบเวลา (Time windows) และค่า $e_j^{r_m} \leq l_j^{r_m}$ จะเป็นตัวประกันว่าการแทรกจะไม่มีผลกระทบต่อลูกค้ารายอื่นในเส้นทาง

3.11.3 ข้อจำกัดเวลาการทำงาน

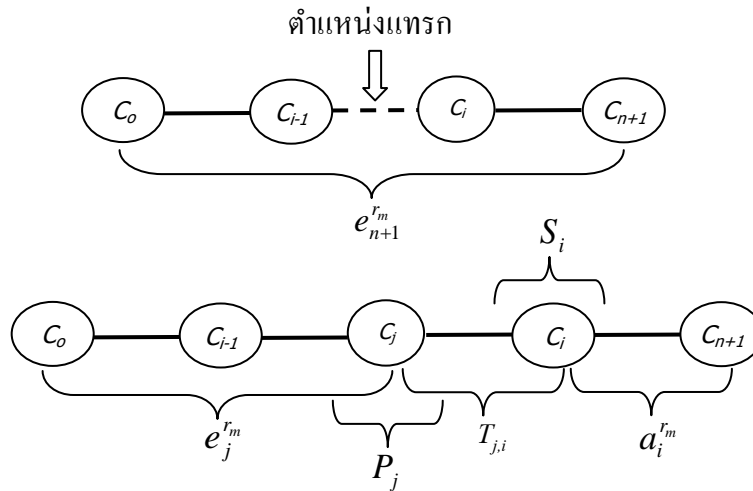
จากหัวข้อที่ 3.10.2 ค่าของเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด ($e_j^{r_m}$) และเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด ($l_j^{r_m}$) ของลูกค้าตำแหน่ง j ที่ถูกพิจารณาแทรกในตอนแรกจะพิจารณาเพียงกรอบเวลา (Time Windows) สำหรับในหัวข้อที่ 3.10.3 จะเพิ่มการพิจารณาให้เป็นไปตามเงื่อนไข Shift time limits ในงานวิจัยจะกำหนดให้ $\bar{e}_{n+1}^{r_m}$ คือ เวลาเร็วสุดที่รถกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits $\bar{e}_0^{r_m}$ คือ เวลาเร็วสุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limits $\bar{l}_{n+1}^{r_m}$ คือ เวลาช้าสุดที่รถกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits $\bar{l}_0^{r_m}$ คือ เวลาช้าสุดที่รถออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limits

การหาค่าเวลาเร็วสุดที่รถกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits ($\bar{e}_{n+1}^{r_m}$) แสดงสมการที่ 3.9

$$\bar{e}_{n+1}^{r_m} = \max(e_{n+1}^{r_m}, e_j^{r_m} + P_j + T_{j,i} + S_i + a_i^{r_m}) \quad (3.9)$$

จากสมการ 3.9 ค่า $\bar{e}_{n+1}^{r_m}$ จะเลือกค่าเวลามากที่สุดระหว่างเวลาเร็วสุดที่รถกลับถึงท่ารถ ($e_{n+1}^{r_m}$) ซึ่งเป็นค่าเวลาเดิมก่อนการแทรกลูกค้ารายที่กำลังพิจารณาและเวลาเร็วสุดที่รถกลับถึงท่ารถหลังการ

แทรกลูกค้ำลงในตำแหน่ง j ภายใต้ Shift time limits ($e_j^{r_m} + P_j + T_{j,i} + S_i + a_i^{r_m}$) แสดงดังรูปที่ 3.9 การเลือกค่าเวลามากสุด หมายถึง เวลาที่เลือกนั้นอยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limit และกรอบเวลา



รูปที่ 3.9 ช่วงเวลาเร็วสุดที่รถกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits

การหาค่าเวลาเร็วสุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limits ($\bar{e}_0^{r_m}$) แสดงดังสมการที่ 3.10

$$\bar{e}_0^{r_m} = \max(e_0^{r_m}, \bar{e}_{n+1}^{r_m} - S) \quad (3.10)$$

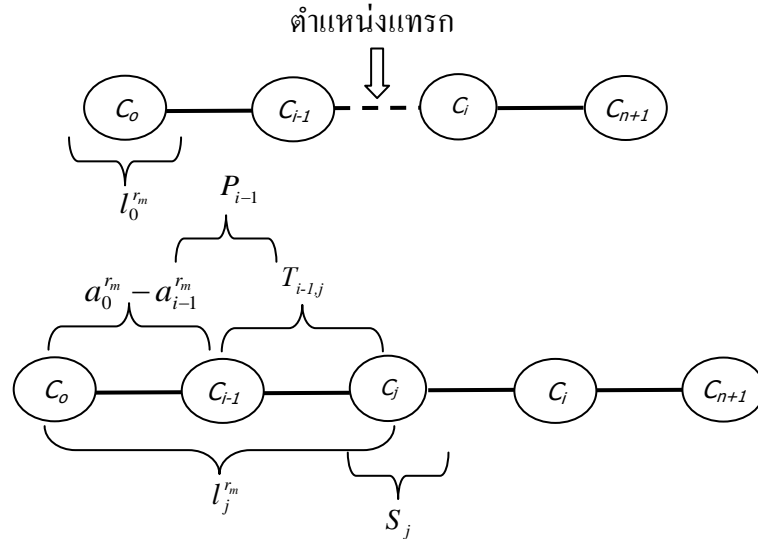
จากสมการ 3.10 ค่า $e_0^{r_m}$ เป็นค่าเวลาเร็วสุดที่รถเริ่มออกจากท่ารถก่อนการแทรกลูกค้ำรายที่กำลังพิจารณาลงในเส้นทาง และค่า $\bar{e}_0^{r_m}$ จะเป็นตัวกำหนดให้เวลาการเดินทางตลอดเส้นทางอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของ Shift time limits การเลือกค่าเวลามากสุด หมายถึง เวลาที่เลือกนั้นอยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits และกรอบเวลา

การหาเวลาช้าสุดที่รถออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limits ($\bar{l}_0^{r_m}$) แสดงดังสมการ 3.11

$$\bar{l}_0^{r_m} = \min(l_0^{r_m}, l_j^{r_m} - S_j - T_{i-1,j} - P_{i-1} - (a_0^{r_m} - a_{i-1}^{r_m})) \quad (3.11)$$

จากสมการ 3.11 ค่า $\bar{l}_0^{r_m}$ จะเลือกค่าเวลาที่น้อยที่สุดระหว่างเวลาช้าสุดที่รถออกจากท่ารถ ($l_0^{r_m}$) ซึ่งเป็นค่าเวลาดิมก่อนการแทรกลูกค้ำรายที่กำลังพิจารณาและเวลาช้าสุดที่รถกลับถึงท่ารถหลังการแทรกลูกค้ำลงในตำแหน่ง j ภายใต้ Shift time limits ($l_j^{r_m} - S_j - T_{i-1,j} - P_{i-1} - (a_0^{r_m} - a_{i-1}^{r_m})$) แสดงดังรูปที่

3.10 การเลือกค่าเวลาน้อยสุด หมายถึง เวลาที่เลือกนั้นอยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits และกรอบเวลา



รูปที่ 3.10 ช่วงเวลาช้าสุดที่รุดออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limits

การหาค่าเวลาช้าสุดที่รุดกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits ($\bar{l}_{n+1}^{r_m}$) แสดงดังสมการที่ 3.12

$$\bar{l}_{n+1}^{r_m} = \min(l_{n+1}^{r_m}, \bar{l}_0^{r_m} + S) \tag{3.12}$$

จากสมการ 3.12 ค่า $l_{n+1}^{r_m}$ เป็นค่าเวลาช้าสุดที่รุดกลับถึงท่ารถก่อนการแทรกลูกค้ารายที่กำลังพิจารณา ลงในเส้นทาง และค่า $\bar{l}_{n+1}^{r_m}$ จะเป็นตัวกำหนดให้เวลาการเดินทางตลอดเส้นทางอยู่ภายใต้ข้อจำกัดของ Shift time limits การเลือกค่าเวลาน้อยสุด หมายถึง เวลาที่เลือกนั้นอยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits และกรอบเวลา

เมื่อหาค่าเวลาเร็วสุดที่รุดกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits ($\bar{e}_{n+1}^{r_m}$) เวลาเร็วสุดที่รุดเริ่มออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limits ($\bar{e}_0^{r_m}$) เวลาช้าสุดที่รุดกลับถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits ($\bar{l}_{n+1}^{r_m}$) และเวลาช้าสุดที่รุดเริ่มออกจากท่ารถภายใต้ Shift time limits ($l_0^{r_m}$) ได้ที่จะแทรกลูกค้ารายใดๆลงในตำแหน่ง j มีเงื่อนไข คือ $\bar{e}_0^{r_m} \leq \bar{l}_0^{r_m}, \bar{l}_{n+1}^{r_m} \geq \bar{e}_{n+1}^{r_m}$

3.12 การปรับปรุงเส้นทาง (Update)

3.12.1 ปริมาณการขนส่ง

ปรับปรุงน้ำหนักบรรทุกทุกจะปรับปรุง 2 ส่วน คือ ปริมาณการขนส่งรวมต่ำสุดที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m เท่ากับปริมาณการขนส่งรวมต่ำสุดที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m บวกกับปริมาณการขนส่งขั้นต่ำที่สุดของลูกค้านำตำแหน่ง j แสดงดังสมการที่ 3.13 และปรับปรุงปริมาณการขนส่งรวมมากที่สุดที่สามารถขนส่งได้ตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m เท่ากับปริมาณการขนส่งสูงสุดตลอดทั้งเส้นทางรถบรรทุก m หลังจากแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j แสดงดังสมการที่ 3.14

$$q_{r_m}^{\min} = q_{r_m}^{\min} + D_j \quad (3.13)$$

$$q_{r_m}^{\max} = \hat{q}_{r_m}^{\max} \quad (3.14)$$

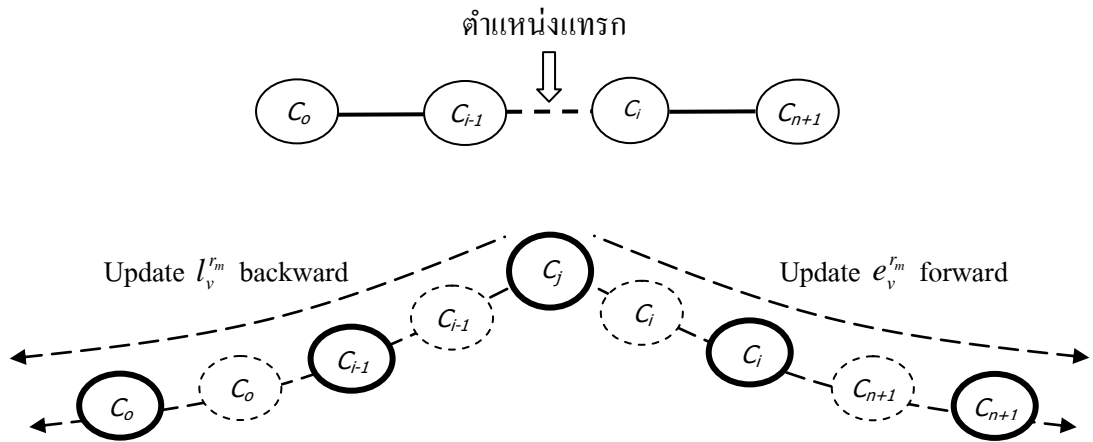
3.12.2 เวลาการส่งสินค้าจริง

เมื่อมีการพิจารณาแทรกลูกค้ารายใหม่ลงในเส้นทาง ณ ตำแหน่ง j การแทรกจะส่งผลกระทบต่อหรือไม่ส่งผลกระทบต่อเวลาในการส่งสินค้าของลูกค้ารายอื่นๆ ทั้งก่อนและหลังตำแหน่ง j ถ้าการแทรกนั้นมีผลกระทบต่อความหมายว่าเวลาของลูกค้าทั้งก่อนและหลังตำแหน่ง j อาจถูกผลักดันออกมา โดยเฉพาะเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด (l_j^m) ก่อนตำแหน่ง j และเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด (e_j^m) หลังตำแหน่ง j เพราะฉะนั้นจึงต้องหาเวลาใหม่โดยการปรับปรุงเวลาส่งสินค้าจริงตลอดทั้งเส้นทาง การปรับปรุงเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด (l_v^m) แสดงดังสมการที่ 3.15 เมื่อ $v = i-1, \dots, 0$ ซึ่งจะทำให้การปรับปรุงในตำแหน่งก่อน j ทุกตำแหน่ง (Backward) แสดงดังรูปที่ 3.10

$$l_v^m = \min(l_v^m, l_{v+1}^m - S_{v+1} - T_{v,v+1} - P_v) \quad (3.15)$$

และการปรับปรุงเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด (e_v^m) แสดงดังสมการที่ 3.16 เมื่อ $v = i, \dots, n+1$ ซึ่งจะทำให้การปรับปรุงในตำแหน่งหลัง j ทุกตำแหน่ง (Forward) แสดงดังรูปที่ 3.11

$$e_v^m = \max(e_v^m, e_{v-1}^m + P_{v-1} + T_{v-1,v} + S_v) \quad (3.16)$$



รูปที่ 3.11 การปรับปรุงเวลาส่งสินค้าจริง

นัยสำคัญของการปรับปรุงของเวลาส่งสินค้าเร็วสุด (e_v^m) และเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด (l_v^m) ตลอดเส้นทาง เมื่อแทรก j ลงไปในเส้นทาง สามารถอธิบายได้ดังนี้

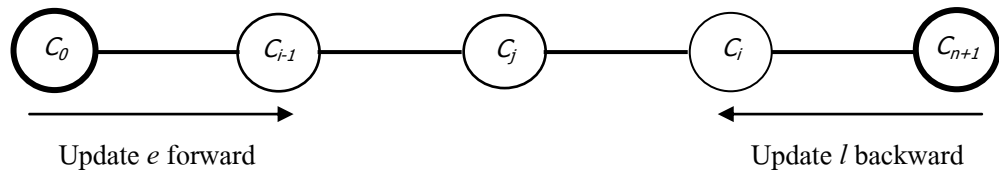
1. การปรับปรุงเวลาส่งสินค้าจริงช้าสุด (l_v^m) จะปรับปรุงในตำแหน่งก่อน j ($v=i-1, \dots, 0$) (Backward) เมื่อลูกค้ารายใหม่ถูกแทรกช่วงเวลาระหว่าง e_v^m และ l_v^m ต้องแคบลงซึ่งเป็นเหตุผลให้ในสมการที่ 3.15 ต้องเลือกค่าต่ำสุด (Minimum) ค่า e_j^m ของลูกค้ารายใหม่ที่ได้ทำการแทรกอาจมีผลต่อค่า l_v^m จึงต้องปรับปรุงค่า l ในตำแหน่งก่อนหน้า j สังเกตได้ว่าค่า e_j^m นั้นคำนวณมาจากค่า e ในตำแหน่งก่อนหน้า j สังเกตจากสูตรที่ 3.7 เพราะฉะนั้นค่า e ในตำแหน่งก่อนหน้า j จึงไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้การปรับปรุงค่าในทิศทาง backward ไม่มีการปรับปรุงค่า e

2. การปรับปรุงเวลาส่งสินค้าจริงเร็วสุด (e_v^m) จะปรับปรุงในตำแหน่งก่อน j ($v=i, \dots, n+1$) (forward) เมื่อลูกค้ารายใหม่ถูกแทรกช่วงเวลาระหว่าง e_v^m และ l_v^m ต้องแคบลงซึ่งเป็นเหตุผลให้ในสมการที่ 3.16 ต้องเลือกมากที่สุด (Maximum) ค่า l_j^m ของลูกค้ารายใหม่ที่ได้ทำการแทรกอาจมีผลต่อค่า e_v จึงต้องปรับปรุงค่า e ในตำแหน่งหลัง j สังเกตได้ว่าค่า l_j นั้นคำนวณมาจากค่า l ในตำแหน่งหลัง j สังเกตจากสูตรที่ 3.8 เพราะฉะนั้นค่า l ในตำแหน่งก่อนหน้า j จึงไม่ควรมีการเปลี่ยนแปลง ทำให้การปรับปรุงค่าในทิศทาง forward ไม่มีการปรับปรุงค่า l

3.12.3 ข้อจำกัดเวลาการทำงาน

หลังการพิจารณาแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j จะต้องมีการปรับปรุงทั้งค่า e และค่า l โดยเงื่อนไขการปรับปรุงค่า e คือ ถ้า $\bar{e}_0^m > e_0^m$ เมื่อ \bar{e}_0^m หมายถึงเวลาเร็วสุดที่รถออกจากท่ารถภายใต้ Shift

time limits และ e_0^m หมายถึง เวลาเร็วสุดที่รถออกจากท่ารถซึ่งเป็นค่าเวลาที่คำนึงถึงเฉพาะเงื่อนไขรอบเวลาเท่านั้น เพราะฉะนั้นถ้าค่า $\bar{e}_0^m > e_0^m$ จึงจำเป็นต้องปรับปรุ้งค่าเพื่อให้ e_0^m นั้นอยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits ($\bar{e}_0^m = e_0^m$) แต่ในกรณีที่ $\bar{e}_0^m < e_0^m$ ไม่ต้องปรับปรุ้งค่าเพราะค่าเวลา e_0^m นั้นได้อยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits แล้ว การปรับปรุ้งค่า e นั้นจะเป็นการปรับปรุ้งแบบ forward คือ จะปรับปรุ้งตั้งแต่ตำแหน่งท่ารถ (e_0^m) ไปจนถึงตำแหน่งก่อนหน้า j (e_{n+1}^m) และสำหรับเงื่อนไขการปรับปรุ้งค่า l คือ ถ้า $\bar{l}_{n+1}^m < l_{n+1}^m$ เมื่อ \bar{l}_{n+1}^m หมายถึง เวลาช้าสุดที่รถมาถึงท่ารถภายใต้ Shift time limits l_{n+1}^m หมายถึง เวลาช้าสุดที่รถออกจากท่ารถซึ่งเป็นค่าเวลาที่คำนึงถึงเฉพาะเงื่อนไขรอบเวลาเท่านั้น เพราะฉะนั้นถ้าค่า $\bar{l}_{n+1}^m < l_{n+1}^m$ จึงจำเป็นต้องปรับปรุ้งค่าเพื่อให้ l_{n+1}^m นั้นอยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits ($\bar{l}_{n+1}^m = l_{n+1}^m$) แต่ในกรณีที่ $\bar{l}_{n+1}^m > l_{n+1}^m$ ไม่ต้องมีการปรับปรุ้งค่าเพราะค่าเวลา l_{n+1}^m นั้นได้อยู่ภายใต้เงื่อนไข Shift time limits แล้ว การปรับปรุ้งค่า l นั้นจะเป็นการปรับปรุ้งแบบ backward คือ จะปรับปรุ้งตั้งแต่ตำแหน่งท่ารถ (l_{n+1}^m) ไปจนถึงตำแหน่งหลังหน้า j (l_i^m) ดังแสดงในรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ตำแหน่งการปรับปรุ้งเส้นทาง

3.12.4 เวลาเดินทางสะสม

การปรับปรุ้งเวลาการเดินทางสะสมตลอดเส้นทางมีค่าที่ต้องปรับปรุ้ง ดังนี้

1. การปรับปรุ้งเวลาสะสมของลูกค้ำตำแหน่ง j แสดงดังสมการ 3.17

$$a_j^m = P_j + T_{j,i} + S_i + a_i^m \tag{3.17}$$

2. การปรับปรุ้งเวลาที่เปลี่ยนไปหลังแทรกลูกค้ำลงในตำแหน่ง j แสดงดังสมการ 3.18

$$\Delta = (P_{i-1} + T_{i-1,j} + S_j) + (P_j + T_{j,i} + S_i) - (P_{i-1} + T_{i-1,i} + S_i) \tag{3.18}$$

3. การปรับปรุ้งเวลาสะสมของลูกค้ำก่อนตำแหน่ง j คือ a_v แสดงดังสมการ 3.19

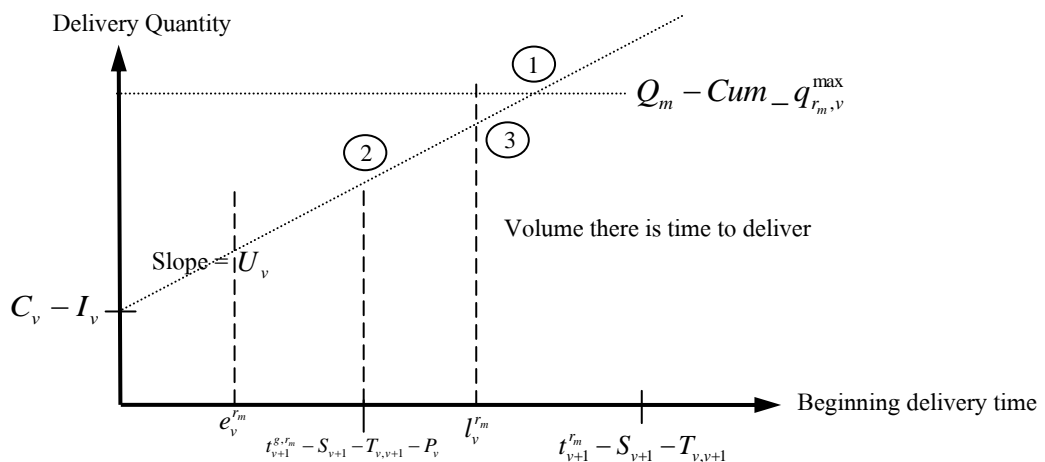
$$a_v^m = a_v^m + \Delta \quad (v = i-1, \dots, 0) \tag{3.19}$$

3.13 การคำนวณผลประโยชน์ (Profit)

การคำนวณปริมาณการขนส่งที่เพิ่มขึ้นตลอดทั้งเส้นทางหลังจากแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j สามารถคำนวณหลังจากปรับปรุงเวลาขนส่งจริงเร็วสุด เวลาขนส่งจริงช้าสุด และเวลาเดินทางสะสม

การคำนวณ $g_v^{r_m}$ เมื่อ $v = n+1, \dots, 0$ ในทุกเส้นทางที่มีการแทรกลูกค้า (Neighbor solution) กำหนดให้ $g_v^{r_m} = g_{v+1}^{r_m} + d_v^{\max}(t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1})$ เมื่อ $d_v^{r_m}(t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1})$ คือ ปริมาณการขนส่งสูงสุดที่เป็นไปได้ของลูกค้าตำแหน่ง v ที่สามารถส่งมอบเสร็จภายในเวลา $t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1}$ (สินค้าอยู่ในคลังสินค้า)

ผู้วิจัยต้องการคำนวณหาปริมาณขนส่งสูงสุดที่เป็นไปได้ของลูกค้าตำแหน่ง v ($d_v^{r_m}$) ที่สามารถส่งมอบเสร็จภายในเวลา $t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1}$ (สินค้าอยู่ในคลังสินค้า) ($d_v^{r_m}(t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1})$) จากรูปที่ 3.13 แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและปริมาณการขนส่ง กล่าวคือเมื่อเวลาผ่านไปพื้นที่ว่างใต้กราฟ (ปริมาณการขนส่ง) จะเพิ่มมากขึ้นตามอัตราการใช้สินค้า



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่ง

เมื่อ $t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1}$ คือ เวลาขนสินค้าเสร็จช้าสุดของลูกค้าตำแหน่ง v โดยที่ t_{v+1}^{g,r_m} คือ เวลาเริ่มขนสินค้าลงจากรถที่ไม่มีผลกระทบต่อปริมาณสินค้าของลูกค้าตำแหน่ง $v+1$

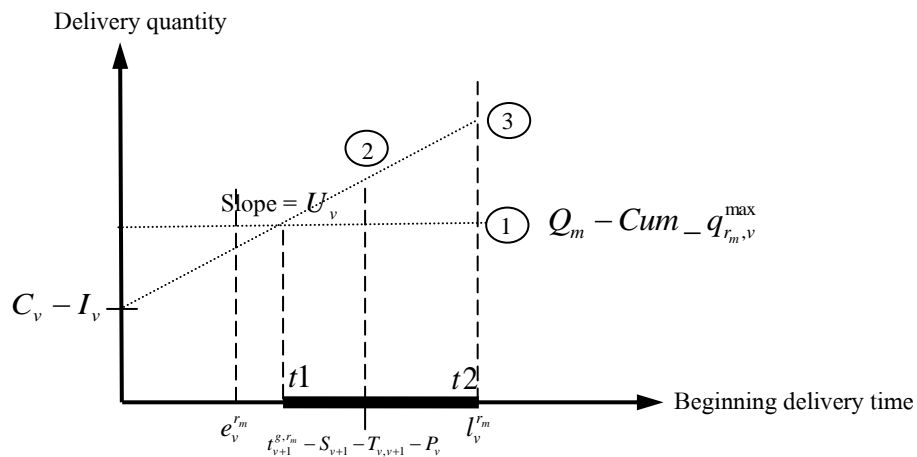
การคำนวณค่าปริมาณขนส่งสูงสุดที่เป็นไปได้ของลูกค้าตำแหน่ง v ($d_v^{r_m}$) ที่สามารถส่งมอบเสร็จภายในเวลา $t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1}$ ($d_v^{r_m}(t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1})$) แสดงดังสมการที่ 3.20 จากสมการต้องเลือกค่าน้อยเพื่อให้ $d_v^{r_m}$ ไม่เกินความจุรถบรรทุกและเวลาการขนส่งสินค้า

$$\max_ D_v^{\max} = d_v^{\max} (t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1}) = \min \left(\begin{matrix} Q_m - Cum_q_{r_m,v}^{\max} \\ C_v - I_v + U_v (t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1} - P_v) \\ C_v - I_v + U_v l_v^{r_m} \end{matrix} \right) \quad \begin{matrix} t_v^{g,r_m} = l_v^{r_m} \\ t_{v+1}^{g,r_m} = t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1} - P_v \\ t_v^{g,r_m} = l_v^{r_m} \end{matrix} \quad (3.20)$$

ถ้าค่า $\max_ D_v^m$ (ปริมาณการขนส่งมากที่สุดของลูกค้าตำแหน่ง v บนเส้นทางรถบรรทุก m) ซึ่งคำนวณจากสมการที่ 3.20) น้อยกว่า D_v (ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำของลูกค้าตำแหน่ง v) แสดงว่าการแทรกนั้นเป็นไม่ได้

จากสมการที่ 3.20 ค่า t_v^m คือ เวลาเริ่มขนสินค้าลงจากรถด้วยปริมาณ d_v^{\max} ที่เวลาขนสินค้าเสร็จสมบูรณ์ $t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1}$ ($d_v^m (t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1})$) ส่วนแรกของสมการ $Cum_q_{r_m,v}^{\max}$ คือ ปริมาณการขนส่งรวมสูงสุดตั้งแต่ปลายทางถึงลูกค้ารายที่ $v+1$ ส่วนที่สองของสมการ คือ ปริมาณขนส่งที่เป็นไปได้ เมื่อเริ่มขนสินค้าที่เวลา $t_{v+1}^{g,r_m} - S_{v+1} - T_{v,v+1} - P_v$ ของลูกค้าตำแหน่ง v ตามอัตราการใช้ ส่วนที่สองของสมการ คือ ปริมาณขนส่งที่เป็นไปได้ เมื่อเริ่มขนสินค้าที่เวลา l_v^{g,r_m} ของลูกค้าตำแหน่ง v ตามอัตราการใช้

ถ้าเส้นกราฟ $Q_m - Cum_q_{r_m,v}^{\max}$ เลื่อนต่ำลง แสดงดังรูปที่ 3.14 สังเกตได้ว่าเส้นกราฟ $Q_m - Cum_q_{r_m,v}^{\max}$ จะตัดกราฟความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและปริมาณการขนส่ง ทำให้ช่วงเวลาของการเริ่มขนสินค้านั้นอยู่ในช่วง $t1$ และ $t2$



รูปที่ 3.14 แสดงช่วงเวลา $t1$ และ $t2$

โดยการคำนวณ $t1$ แสดงดังสมการที่ 21 และ $t2$ แสดงดังสมการที่ 22

$$t1 = \frac{Q_m - Cum - q_{r_m, v}^{\max} - C_v + I_v}{U_v} \quad (21)$$

$$t2 = L_v^{r_m} \quad (22)$$

การเลือกเวลาเริ่มขนสินค้าผู้วิจัยจะเลือกที่ $t2 = L_v^{r_m}$ ที่ปริมาณขนส่งที่เป็นไปได้ $Q_m - Cum - q_{r_m, v}^{\max}$ เพื่อที่ลูกค้ารายก่อนหน้าที่พื้นที่ว่างสำหรับสินค้ามากขึ้น

หลังจากคำนวณค่า $d_v^{r_m}$ ก็ทำการปรับปรุง $g_v^{r_m}$ เมื่อ $v = n+1, \dots, 0$ และ ปรับปรุง \hat{q}_m^{\max} แสดงดังสมการที่ 23 การเลือกค่าต่ำสุดของสมการที่ 23 เพื่อควบคุมไม่ให้ \hat{q}_m^{\max} เกินความจุของรถบรรทุก

$$\hat{q}_m^{\max} = \min(Q_m, g_0^{r_m}) \quad (23)$$

หลังจากนั้นก็คำนวณผลประโยชน์ที่เกิดขึ้น ปริมาณการขนส่งที่เพิ่มขึ้นแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j แสดงดังสมการที่ 24 และคำนวณระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากการแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j แสดงดังสมการที่ 25

$$\hat{q}_m^{\max} - q_{r_m}^{\max} \quad (24)$$

$$-T_{i-1, j} - T_{j, i} - S_j - P_j + T_{i-1, i} \quad (25)$$

เมื่อคำนวณปริมาณการขนส่งที่เพิ่มขึ้นและระยะทางที่เพิ่มขึ้นจากการแทรกลูกค้าเสร็จ ก็จะคำนวณผลประโยชน์โดยรวม (ปริมาณการขนส่ง + ระยะทาง) ที่เกิดจากการแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j แสดงดังสมการที่ 26

$$\alpha(\hat{q}_m^{\max} - q_{r_m}^{\max}) + \beta(-T_{i-1, j} - T_{j, i} - S_j - P_j + T_{i-1, i}) \quad (26)$$

เมื่อ α และ β คือ ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างผลประโยชน์ที่เพิ่มขึ้น (ปริมาณสินค้า) และรายจ่ายเพิ่มขึ้น (ระยะทาง)

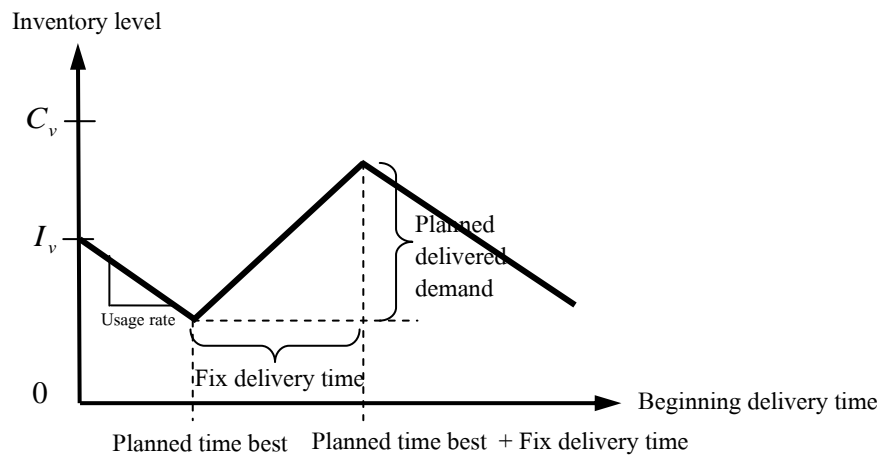
3.13.1 กำหนดผลประโยชน์สุทธิ

การจัดเส้นทางเดินรถในแต่ละครั้งนั้นจะมีเส้นทางเกิดขึ้นหลายเส้นทางเพราะมีลูกค้าหลายรายที่ต้องการสินค้า เพราะฉะนั้นการคำนวณผลประโยชน์สุทธิที่เกิดขึ้นจะคำนวณหลังจากลูกค้าทุกรายอยู่ในเส้นทาง การคำนวณผลประโยชน์สุทธิ แสดงดังสมการที่ 27

$$weight_dis.*total\ trip\ time + weight_demand * total\ delivered\ demand = Net\ profit \quad (27)$$

3.14 ระดับสินค้าคงคลัง

จากข้อตกลงระหว่างผู้ประกอบการและลูกค้าแต่ละรายปริมาณการขนส่งขั้นต่ำที่ผู้ประกอบการจะทำการขนส่งและลูกค้าต้องมีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าตลอดเวลาต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out) รูปที่ 3.15 จะแสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าในแต่ละวัน เมื่อ Planned time best คือ เวลาเริ่มขนส่งสินค้าเข้าคลังสินค้า Fix delivery time คือ เวลาที่ใช้ในการขนส่งสินค้า Planned delivery demand คือ ปริมาณสินค้า



รูปที่ 3.15 ระดับสินค้าคงคลัง

3.15 ทดสอบโปรแกรม

การทดสอบโปรแกรมผู้วิจัยกำหนดให้ใช้ปัญหาทดสอบตัวอย่าง (Sample problem) ตัวอย่างขั้นตอนการคำนวณ แสดงดังภาคผนวก ก รายละเอียดของข้อมูลนำเข้า แสดงดังตารางที่ 3.3

Total time	=	230
Shift time limits	=	230
Weight of demand profit	=	1 and 100

Weight of distance profit = 1 and 100
 Number of customer = 10
 Number of truck = 25
 Truck capacity = 200

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลนำเข้าของลูกค้า กรณี Sample problem

CUST_ NO	X_ COORD	Y_ COORD	DEMAND_ MIN	EE DT	LL DT	FIX_STOP_ TIME	FIX_DELIVRY_ TIME	USAGE_ RATE	INIT_ INV	INV_ CAPACITY
0	35	35	0	0	230	0	0	0	0	0
1	41	49	50	0	230	10	10	0.5	450	500
2	35	17	70	0	230	10	10	0.5	450	500
3	55	45	50	0	230	10	10	0.5	450	500
4	55	20	90	0	230	10	10	0.5	450	500
5	15	30	35	0	230	10	10	0.5	450	500
6	25	30	30	0	230	10	10	0.5	450	500
7	20	50	50	0	230	10	10	0.5	450	500
8	10	43	65	0	230	10	10	0.5	450	500
9	55	60	60	0	230	10	10	0.5	450	500
10	30	60	60	0	230	10	10	0.5	450	500

กรณีที่ 1 ผู้วิจัยทำการทดสอบที่ค่าน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 100 : 1 หมายถึง ผู้วิจัยให้ความสำคัญต่อปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3.4

Total trip time = 634.722
 Total delivered demand = 1491.32
 Total Profit = 856.598
 Total trucks = 10

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1

จำนวนรถบรรทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทาง รวมตลอดเส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง ของลูกค้าแต่ละราย	ปริมาณการขนส่ง รวมตลอดเส้นทาง	เวลาเริ่มขนสินค้า ของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 6, 11	42.3607	0, 154.41, 0	154.41	187.64, 208.82, 230
คันที่ 2	0, 1, 11	50.4631	0, 152.38, 0	152.384	179.54, 204.77, 230

ตารางที่ 3.4 ผลการทดสอบ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 (ต่อ)

จำนวนรอบบรรทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทาง รวมตลอดเส้นทาง	ปริมาณการขนส่ง ของลูกค้าแต่ละราย	ปริมาณการขนส่ง รวมตลอดเส้นทาง	เวลาเริ่มขนสินค้า ของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 3	0, 2, 11	56	0, 151, 0	151	174, 202, 230
คันที่ 4	0, 5, 11	61.23	0, 149.69, 0	149.69	168.77, 199.38, 230
คันที่ 5	0, 7, 11	62.43	0, 149.39, 0	149.39	167.57, 198.79, 230
คันที่ 6	0, 3, 11	64.72	0, 148.82, 0	148.82	165.28, 197.64, 230
คันที่ 7	0, 4, 11	70	0, 147.50, 0	147.50	160, 195, 230
คันที่ 8	0, 10, 11	70.99	0, 147.25, 0	147.25	159.01, 194.51, 230
คันที่ 9	0, 8, 11	72.50	0, 146.88, 0	146.88	157.50, 193.75, 230
คันที่ 10	0, 9, 11	84.03	0, 143.99, 0	143.99	145.97, 187.98, 230

ข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ คือ ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 3.4 เห็นได้ว่า ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ สำหรับข้อตกลงที่สอง คือ ลูกค้าต้องมีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าตลอดเวลาต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out) จากผลการทดสอบระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1

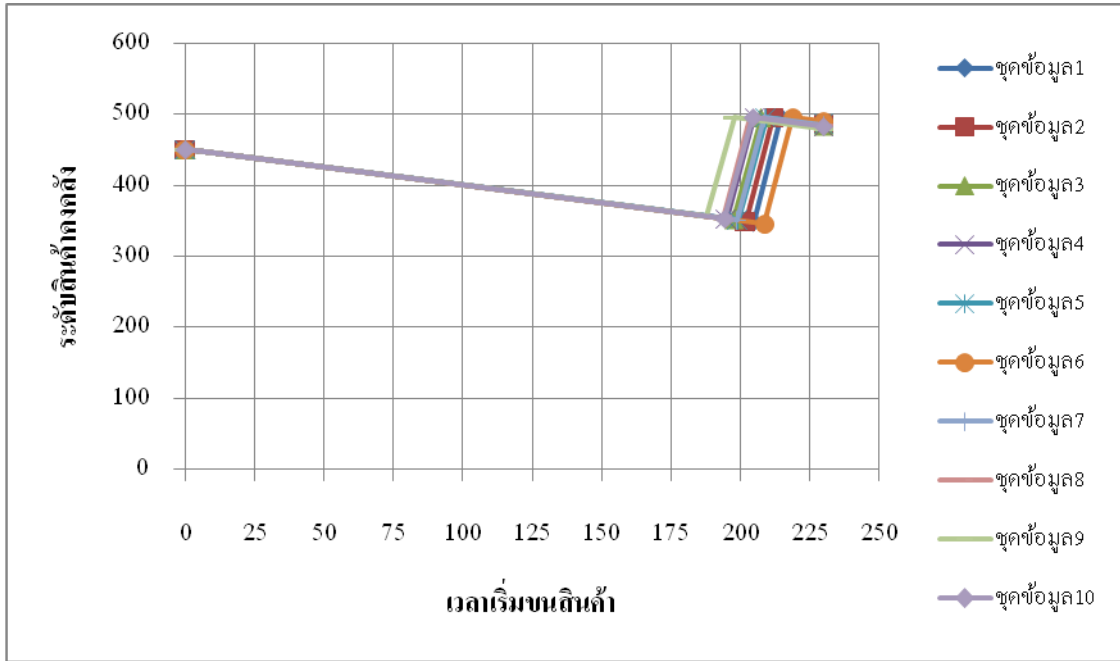
ลูกค้า	สินค้าคงคลัง	
	เวลาเริ่มขนสินค้า	ระดับสินค้าคงคลัง
รายที่ 1	0	450
	204.768	347.616
	214.768	495
	230	487.384
รายที่ 2	0	450
	202	349
	212	495
	230	486
รายที่ 3	0	450
	197.639	351.18
	207.639	495
	230	483.82
รายที่ 4	0	450
	195	352.5
	205	495
	230	482.5

ตารางที่ 3.5 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	สินค้าคงคลัง	
	เวลาเริ่มขนสินค้า	ระดับสินค้าคงคลัง
รายที่ 5	0	450
	199.384	350.308
	209.384	495
	230	484.692
รายที่ 6	0	450
	208.82	345.59
	218.82	495
	230	489.41
รายที่ 7	0	450
	198.787	350.607
	208.787	495
	230	484.393
รายที่ 8	0	450
	193.751	353.124
	203.751	495
	230	481.876
รายที่ 9	0	450
	187.984	356.008
	197.984	495
	230	478.992
รายที่ 10	0	450
	194.505	352.748
	204.505	495
	230	482.252

การจัดเส้นทางจะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 3.5 จะเห็นว่าปริมาณการว่าของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า ซึ่งรายละเอียดของระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 10 ราย แสดงดังรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 ระดับสินค้าคงคลัง Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1

กรณีที่ 2 ผู้วิจัยทำการทดสอบที่ค่าน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100 ผู้วิจัยให้ความสำคัญต่อระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง ผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 3.6

Total trip time = 453.139
 Total delivered demand = 747.252
 Total Profit = 44566.70
 Total trucks = 4

ตารางที่ 3.6 ผลการทดสอบ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100

จำนวนรถบรรทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวมตลอดเส้นทาง	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	ปริมาณการขนส่งรวมตลอดเส้นทาง	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 7, 8, 5, 6, 11	148.52	55, 70, 40, 35	200	112.69, 144.89, 178.82, 208.82
คันที่ 2	0, 3, 9, 1, 11	130.340	63.33, 73.33, 63.33	152.38	131.96, 166.96, 204.77
คันที่ 3	0, 4, 2, 11	103.22	110, 90	200	161.78, 202
คันที่ 4	0, 10, 11	70.99	147.25	147.252	194.51

ข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ คือ ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 3.6 เห็นได้ว่า ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ สำหรับข้อตกลงที่สอง คือ

ลูกค้าต้องมีสินค้าอยู่ในคลังสินค้าตลอดเวลาต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out) จากผลการทดสอบระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100

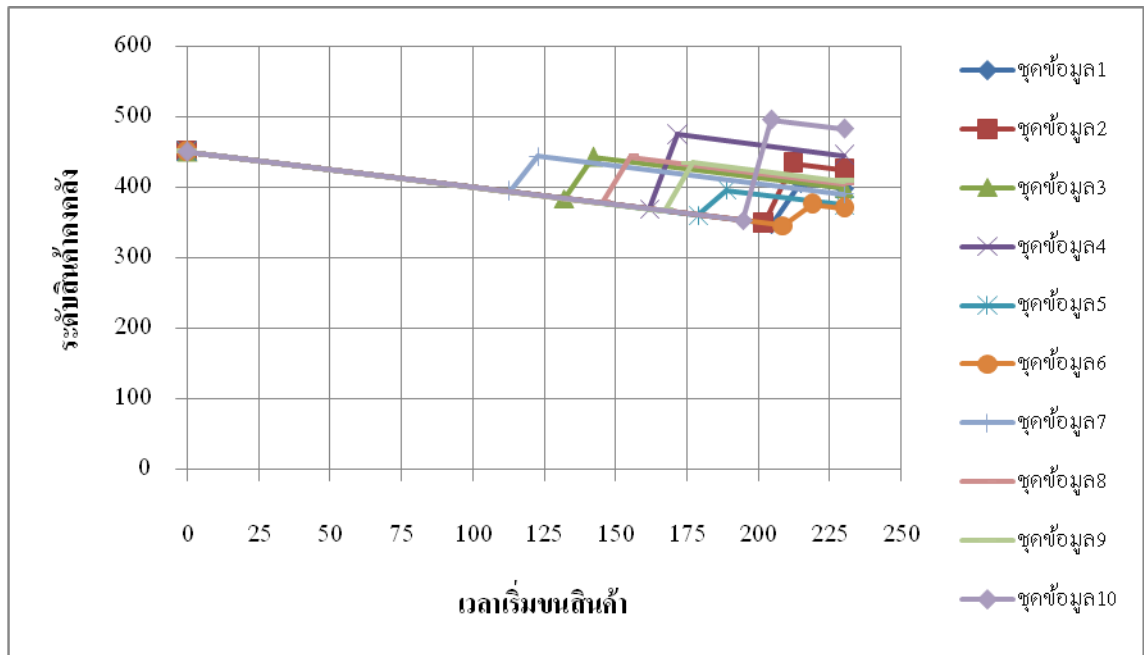
ลูกค้า	สินค้าคงคลัง	
	เวลาเริ่มชนสินค้า	ระดับสินค้าคงคลัง
รายที่ 1	0	450
	204.768	347.616
	214.768	405.949
	230	398.333
รายที่ 2	0	450
	202	349
	212	434
	230	425
รายที่ 3	0	450
	131.964	384.018
	141.964	442.351
	230	398.333
รายที่ 4	0	450
	161.776	369.112
	171.776	474.112
	230	445
รายที่ 5	0	450
	178.82	360.59
	188.82	395.59
	230	375
รายที่ 6	0	450
	208.82	345.59
	218.82	375.59
	230	370
รายที่ 7	0	450
	112.685	393.658
	122.685	443.658
	230	390
รายที่ 8	0	450
	144.891	377.554
	154.891	442.554
	230	405

ตารางที่ 3.7 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	สินค้าคงคลัง	
	เวลาเริ่มขนสินค้า	ระดับสินค้าคงคลัง
รายที่ 9	0	450
	166.964	366.518
	176.964	434.851
	230	408.333
รายที่ 10	0	450
	194.505	352.748
	204.505	495
	230	482.252

การจัดเส้นทางจะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 3.6 จะเห็นว่าปริมาณการขนส่งของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า ซึ่งรายละเอียดของระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 10 ราย แสดงดังรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ระดับสินค้าคงคลัง Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 1: 100

สรุปผลการทดสอบทั้ง 2 กรณี แสดงดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 เปรียบเทียบผลทดสอบ Sample problem กรณีค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 และ 1 : 100

ตัวแปร	ค่าถ่วงน้ำหนัก	
	ปริมาณ : ระยะทาง (100 : 1)	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 100)
จำนวนรถบรรทุก	10	4
เวลาการเดินทางรวม	634.722	453.139
ปริมาณการขนส่งรวม	1491.32	747.252
ผลประโยชน์รวมของ	856.598	44566.70

ผลการทดสอบพบว่าเมื่อเปลี่ยนค่าน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง ผลการจัดเส้นทางที่ได้จะแตกต่างกัน การทดสอบครั้งที่ 2 ค่าน้ำหนัก 1 : 100 จะได้ค่าเวลาการเดินทางรวมจะน้อยกว่าการทดสอบครั้งที่ 1 เพราะการทดสอบครั้งที่ 2 ให้ค่าน้ำหนักกับระยะทางมากกว่าปริมาณ ดังนั้นโปรแกรมจะแสดงผลการจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงผลประโยชน์ที่เกิดจากระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง ซึ่งหมายความว่าเวลาการเดินทางรวมต้องน้อยที่สุด สำหรับการทดสอบครั้งที่ 1 ค่าน้ำหนัก 100:1 โปรแกรมจะแสดงผลการจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงผลประโยชน์ที่เกิดจากปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง เห็นได้ว่าปริมาณการขนส่งที่ได้จะมากกว่าการทดสอบครั้งที่ 2 ซึ่งสอดคล้องกับจำนวนรถบรรทุก เมื่อปริมาณการขนส่งมากระยะทางมาก จำนวนยานพาหนะก็มาก เพราะฉะนั้นการจัดเส้นทางจะขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้จัดเส้นทาง จะเลือกให้ความสำคัญต่อระยะทางหรือปริมาณการขนส่งมากกว่ากัน ผลการจัดเส้นทางที่ได้จะแตกต่างกัน

บทที่ 4 ผลการทดสอบ

งานวิจัยใช้ปัญหาทดสอบพื้นฐานของ Solomon (Solomon test problems) ในการทดสอบโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยแบ่งลักษณะการกระจายของลูกค้าออกเป็น 3 กลุ่ม และแบ่งค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางเป็น 3 ระดับ และนำผลการจัดเส้นทางเดินรถที่ได้ในแต่ละค่าถ่วงน้ำหนักมาเปรียบเทียบถึงความแตกต่าง

4.1 ลักษณะของปัญหาทดสอบ

ลักษณะปัญหาทดสอบของ Solomon ได้แบ่งกลุ่มของปัญหาตามลักษณะการกระจายตัวของลูกค้าประกอบด้วย

1. กระจายตัวเป็นกลุ่ม (Clustered customer distribution, C)
2. กระจายอย่างไร้แบบแผน (Randomly customer distribution, R)
3. กระจายตัวเป็นกลุ่มและไร้แบบแผน (Combination of a random and clustered customer distribution, RC)

ปัญหาทดสอบทั้งหมดมี 56 ปัญหา แบ่งเป็นปัญหาในกลุ่ม C 17 ปัญหา กลุ่ม R 23 ปัญหา และกลุ่ม RC 16 ปัญหา แต่ละปัญหาจะทำการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 3 ระดับ คือ 1 : 1 1 : 100 และ 100 : 1 เพราะฉะนั้นผู้วิจัยจะทำการทดสอบทั้งหมดจำนวน 168 ครั้ง แสดงดังตารางที่ 4.1 และตัวแปรที่แบ่งแยกระหว่าง กลุ่ม 1 (C101-C109 , R101-R112 , RC101-RC108) และกลุ่ม 2 (C201-208, R201-R211, RC201-RC208) คือ ความจุของรถบรรทุกทุก ช่วงเวลา การวางแผนทั้งหมด และข้อจำกัดเวลาการทำงาน แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 กลุ่มปัญหาทดสอบ Solomon test problem

Problem	Weight (demand : distance)
C101-C109 , C201-208 (17 ปัญหา)	1 : 1
	1 : 100
	100 : 1
R101-R112 , R201-R211 (23 ปัญหา)	1 : 1
	1 : 100
	100 : 1
RC101-RC108 , RC201-RC208 (16 ปัญหา)	1 : 1
	1 : 100
	100 : 1

ตารางที่ 4.2 ตัวแปรแบ่งกลุ่มย่อยของปัญหาทดสอบ Solomon test problem

ชุดข้อมูล	เวลาการวางแผน	ความจุรถบรรทุก	ข้อจำกัดเวลาการทำงาน
C101-C109	1236	200	1236
C201-C208	3390	700	3390
R101-R112	230	200	230
R201-R211	1000	1000	1000
RC101-RC108	240	200	240
RC201-RC208	960	1000	960

ตัวอย่างของข้อมูลนำเข้าในแต่ละกลุ่มปัญหาทดสอบ แสดงดังภาคผนวก ข สำหรับตัวอย่างข้อมูลนำเข้า แสดงดังรูปที่ 4.1 ประกอบด้วย

T	เวลาดำเนินการทั้งหมดในแผนงานของการขนส่งสินค้า
n	จำนวนลูกค้า
M	จำนวนรถบรรทุก
Q_m	ความจุของรถบรรทุก m
S	ข้อจำกัดเวลาการทำงานของพนักงานขับรถ (Shift time limit)
X_{CO}, Y_{CO}	ตำแหน่งของลูกค้า
C_i	ความจุคลังสินค้า
v	ความเร็วเฉลี่ยของรถกิโลเมตรต่อนาที
Usage rate	อัตราการใช้สินค้า
S_i	เวลาการขนส่งตายตัว
P_i	เวลาการขนส่งสินค้า
C_{Truck}	ความจุของรถบรรทุก
EE_i	เวลาส่งสินค้าเร็วสุด
LL_i	เวลาส่งสินค้าช้าสุด
D_{min}	ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
I_i	ปริมาณสินค้าคงคลังเริ่มแรกของลูกค้าในช่วงเวลาเริ่มต้นของการจัดเส้นทางเดินรถ
I_{min}	ปริมาณสินค้าคงคลังต่ำสุด

Total time	=	1236
Shift time limit	=	1236
Weight of demand profit	=	1
Weight of distance profit	=	1
Number of customer	=	100
Number of truck	=	100
Truck capacity	=	200

Customer Number	XCOORD	YCOORD	Minimum Demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
0	40	50	0	0	1236	0	0	0	0	0	0
1	45	68	10	890	989	0	9	0.030339806	37.5	50	0
2	45	70	30	816	879	0	3	0.091019417	112.5	150	0
3	42	66	10	55	156	0	9	0.030339806	37.5	50	0
4	42	68	10	703	806	0	9	0.030339806	37.5	50	0
5	42	65	10	15	60	0	9	0.030339806	37.5	50	0
6	40	69	20	559	764	0	4.5	0.060679612	75	100	0
7	40	66	20	172	223	0	4.5	0.060679612	75	100	0
8	38	68	20	250	329	0	4.5	0.060679612	75	100	0
9	38	70	10	489	650	0	9	0.030339806	37.5	50	0
10	35	66	10	361	406	0	9	0.030339806	37.5	50	0
11	35	69	10	450	503	0	9	0.030339806	37.5	50	0
12	25	85	20	647	726	0	4.5	0.060679612	75	100	0
.....
.....
100	55	85	20	493	880	0	4.5	0.060679612	75	100	0

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างข้อมูลนำเข้า ปัญหาทดสอบ C101

4.2 ผลการทดสอบ

4.2.1 ปัญหาทดสอบ C101-C109

ผลการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางทั้ง 3 ระดับ ประกอบด้วย เวลาการเดินทางรวม (Total trip time) ปริมาณการขนส่งรวม (Total delivered demand) ผลประโยชน์รวม (Profit) จำนวนรถบรรทุกรวม (Total trucks) และเวลาการประมวลผลของโปรแกรม (CPU) แสดงดังตารางที่ 4.3 - ตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101-C109, 1 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
C101	1 : 1	14407.80	4772.58	-9635.18	25	123.14
C102	1 : 1	16419.20	5163.44	-11255.80	27	117.93
C103	1 : 1	17810.50	5994.91	-11815.60	30	203.72
C104	1 : 1	14366.10	6749.59	-7616.46	35	416.02
C105	1 : 1	13019.70	4744.46	-8275.26	24	107.06
C106	1 : 1	12672.70	4591.97	-8080.73	24	90.99
C107	1 : 1	12089.90	4935.62	-7154.27	25	121.66
C108	1 : 1	12016.20	4999.39	-7016.77	26	107.87
C109	1 : 1	11391.90	5357.15	-6034.74	27	146.21
Average		13799.33	5256.57	-8542.76	27	159.40

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101-C109, 1 : 100

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
C101	1 : 100	13291.00	4718.81	-1324380.00	24	95.27
C102	1 : 100	13558.40	4715.21	-1351120.00	24	83.75
C103	1 : 100	15290.30	5558.59	-1523470.00	28	94.79
C104	1 : 100	12523.00	5855.30	-1246440.00	30	98.49
C105	1 : 100	13130.40	4719.29	-1308320.00	24	83.49
C106	1 : 100	15215.90	4582.26	-1517010.00	24	79.11
C107	1 : 100	13153.20	4880.83	-1310440.00	25	77.05
C108	1 : 100	12304.80	4944.37	-1225540.00	25	77.43
C109	1 : 100	11234.30	5147.39	-1118280.00	26	80.68
Average		13300.14	5013.56	-1325000.00	26	85.56

ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101-C109, 100 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
C101	100 : 1	15035.90	5029.18	487882.00	29	182.97
C102	100 : 1	21966.70	5416.76	519710.00	29	347.40
C103	100 : 1	21986.10	6519.15	629929.00	38	987.60
C104	100 : 1	15804.70	7340.73	718268.00	48	1021.70
C105	100 : 1	15150.00	4926.40	477490.00	26	251.86
C106	100 : 1	15549.80	4744.85	458935.00	28	198.90
C107	100 : 1	14338.90	5110.21	496682.00	33	245.18
C108	100 : 1	13883.70	5309.92	517109.00	30	264.42
C109	100 : 1	13320.50	5693.78	556058.00	37	273.69
Average		16337.37	5565.66	540229.22	34	419.30

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทาง (1 : 100) ค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 2.38 และ

ร้อยละ 20.53 ตามลำดับ เมื่อกำหนดระยะทางสำคัญส่งผลให้จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลงด้วย คือ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลง คิดเป็น ร้อยละ 4.85 และ ร้อยละ 26.70 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่ง (100 : 1) ค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็นร้อยละ 5.66 และ ร้อยละ 9.80 ตามลำดับ

4.2.2 ปัญหาทดสอบ C201-C208

ผลการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางทั้ง 3 ระดับ ประกอบด้วย เวลาการเดินทางรวม (Total trip time) ปริมาณการขนส่งรวม (Total delivered demand) ผลประโยชน์รวม (Profit) จำนวนรถบรรทุกทั้งหมด (Total trucks) และเวลาการประมวลผลของโปรแกรม (CPU) แสดงดังตารางที่ 4.6 - ตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.6 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201-C208, 1 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
C201	1 : 1	21081.90	5375.83	-15706.00	9	62.128
C202	1 : 1	21710.40	6028.66	-15681.70	10	98.989
C203	1 : 1	19610.30	6935.24	-12675.10	11	93.914
C204	1 : 1	18180.10	7708.79	-10471.30	12	162.733
C205	1 : 1	18358.90	5447.60	-12911.00	8	72.968
C206	1 : 1	20221.70	5601.24	-14620.50	9	86.469
C207	1 : 1	21090.70	5718.07	-15372.70	9	73.771
C208	1 : 1	19146.60	5849.00	-13297.60	9	68.752
	Average	19925.08	6083.05	-13841.99	10	89.97

ตารางที่ 4.7 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201-C208, 1 : 100

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
C201	1 : 100	16105.30	5343.21	-1605190.00	8	50.632
C202	1 : 100	16105.30	5343.21	-1605190.00	8	51.931
C203	1 : 100	18164.60	5612.08	-1810840.00	9	70.48
C204	1 : 100	14046.60	6228.32	-1398430.00	9	65.402
C205	1 : 100	16498.50	5446.71	-1644400.00	8	50.972
C206	1 : 100	15943.10	5562.87	-1588750.00	9	49.534
C207	1 : 100	18284.80	5486.86	-1822990.00	8	58.554
C208	1 : 100	15207.30	5568.13	-1515160.00	8	55.394
	Average	16294.44	5573.92	-1623868.75	9	56.61

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201-C208, 100 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
C201	100 : 1	20975.20	5413.20	520345.00	9	90.125
C202	100 : 1	31620.30	6193.15	587695.00	12	153.472
C203	100 : 1	26578.10	7113.61	684783.00	16	313.553
C204	100 : 1	22589.20	7970.20	774431.00	20	437.179
C205	100 : 1	20227.40	5582.48	538021.00	10	110.905
C206	100 : 1	20927.60	5752.27	554299.00	9	110.514
C207	100 : 1	20833.70	5863.88	565555.00	10	152.221
C208	100 : 1	20594.00	5929.61	572367.00	10	134.085
	Average	23043.19	6227.30	599687.00	12	187.76

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทาง (1 : 100) ค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 18.09 และ ร้อยละ 33.70 ตามลำดับ เมื่อกำหนดระยะทางสำคัญส่งผลให้จำนวนยานพาหนะที่ใช้ลดลงด้วย คือ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลง คิดเป็นร้อยละ 12.06 และ ร้อยละ 34.48 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่ง (100 : 1) ค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็นร้อยละ 2.31 และ ร้อยละ 9.78 ตามลำดับ

4.2.3 ปัญหาทดสอบ R101-R112

ผลการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางทั้ง 3 ระดับ ประกอบด้วย เวลาการเดินทางรวม (Total trip time) ปริมาณการขนส่งรวม (Total delivered demand) ผลประโยชน์รวม (Profit) จำนวนรถบรรทุกรวม (Total trucks) และเวลาการประมวลผลของโปรแกรม (CPU) แสดงดังตารางที่ 4.9 - ตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101-R112, 1 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R101	1 : 1	3419.34	4294.56	875.22	25	102.74
R102	1 : 1	3789.75	4817.56	1027.81	28	130.288
R103	1 : 1	3633.24	5246.54	1613.31	29	169.747
R104	1 : 1	3185.03	5596.50	2411.47	29	199.978
R105	1 : 1	3370.85	4143.74	772.89	25	101.519
R106	1 : 1	3506.85	4933.05	1426.20	27	163.733
R107	1 : 1	3437.56	5282.34	1844.78	28	185.03
R108	1 : 1	3087.66	5669.34	2581.68	30	293.778
R109	1 : 1	2975.84	4573.06	1597.23	25	140.686

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101-R112, 1 : 1 (ต่อ)

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R110	1 : 1	3215.71	4870.26	1654.55	25	200.724
R111	1 : 1	3281.8	5268.34	1986.54	28	198.02
R112	1 : 1	2725.86	5291.9	2566.04	27	196.744
	Average	3302.46	4998.93	1696.48	28	173.58

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101-R112, 1 : 100

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R101	1 : 100	3174.46	4241.92	-313204.00	22	75.513
R102	1 : 100	3303.36	4468.11	-325868.00	24	75.679
R103	1 : 100	3191.54	4663.44	-314491.00	26	80.325
R104	1 : 100	2996.82	5037.71	-294644.00	26	93.845
R105	1 : 100	3448.89	4151.45	-340738.00	22	69.74
R106	1 : 100	2991.06	4384.35	-294722.00	24	81.369
R107	1 : 100	3484.35	4758.97	-343676.00	25	78.013
R108	1 : 100	3018.24	5059.64	-296765.00	26	105.709
R109	1 : 100	3090.44	4468.51	-304576.00	24	89.749
R110	1 : 100	2727.64	4566.75	-268197	23	95.623
R111	1 : 100	3176.8	4658.41	-313021	25	99.598
R112	1 : 100	2411.38	4884.81	-236253	25	83.982
	Average	3084.58	4612.01	-303846.25	25	85.76

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101-R112, 100 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R101	100 : 1	4094.32	4519.34	447839.00	29	254.577
R102	100 : 1	4612.14	5022.52	497640.00	30	281.652
R103	100 : 1	4957.09	5521.42	547185.00	38	636.255
R104	100 : 1	4330.29	5977.06	593376.00	45	868.435
R105	100 : 1	4064.62	4277.66	423701.00	30	200.481
R106	100 : 1	4549.91	5191.44	514594.00	31	355.743
R107	100 : 1	4779.61	5630.03	558224.00	37	698.901
R108	100 : 1	4091.63	6029.10	598818.00	44	901.193
R109	100 : 1	4163.14	4893.87	485224.00	36	469.834
R110	100 : 1	4001.13	5228.39	518838	33	485.925
R111	100 : 1	4246.09	5518.57	547611	34	656.054
R112	100 : 1	3517.84	5718.86	568368	38	677.233
	Average	4283.98	5294.02	525118.17	36	540.52

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทาง (1 : 100) ค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 6.45 และ ร้อยละ 36.32 ตามลำดับ เมื่อกำหนดระยะทางสำคัญส่งผลให้จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลงด้วย คือ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลง คิดเป็นร้อยละ 10.35 และ ร้อยละ 40.45 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่ง (100 : 1) ค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็นร้อยละ 5.84 และ ร้อยละ 13.26 ตามลำดับ

4.2.4 ปัญหาทดสอบ R201-R211

ผลการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางทั้ง 3 ระดับ ประกอบด้วย เวลาการเดินทางรวม (Total trip time) ปริมาณการขนส่งรวม (Total delivered demand) ผลประโยชน์รวม (Profit) จำนวนรถบรรทุกรวม (Total trucks) และเวลาการประมวลผลของโปรแกรม (CPU) แสดงดังตารางที่ 4.12 - ตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201-R211, 1 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R201	1 : 1	4243.70	4305.81	62.11	6	69.635
R202	1 : 1	3437.12	5130.87	1693.75	6	68.554
R203	1 : 1	3725.07	5727.01	2001.94	7	108.93
R204	1 : 1	3770.54	6155.29	2384.75	7	121.035
R205	1 : 1	3731.49	4473.93	742.44	6	90.318
R206	1 : 1	4287.45	5308.10	1020.65	7	90.528
R207	1 : 1	3949.33	5745.39	1796.07	7	101.012
R208	1 : 1	2741.26	6328.21	3586.95	7	109.376
R209	1 : 1	3762.81	4812.22	1049.42	6	126.671
R210	1 : 1	3872.56	5149.56	1277	7	112.287
R211	1 : 1	3127.17	5022.05	1894.88	6	111.036
Average		3695.32	5287.13	1591.81	7	100.85

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201-R211, 1 : 100

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R201	1 : 100	3761.98	4296.87	-371901.00	5	51.88
R202	1 : 100	3449.78	4653.84	-340324.00	5	59.136
R203	1 : 100	4905.94	4970.08	-485624.00	6	56.459
R204	1 : 100	4287.05	5508.47	-423196.00	6	63.989
R205	1 : 100	3290.07	4348.25	-324658.00	6	54.104
R206	1 : 100	4610.26	4701.06	-456325.00	7	55.795

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201-R211, 1 : 100 (ต่อ)

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R207	1 : 100	3948.88	5288.96	-389599.00	6	62.606
R208	1 : 100	3534.78	5333.01	-348145.00	6	72.904
R209	1 : 100	3022.95	4371.57	-297923.00	5	56.327
R210	1 : 100	4050.64	4665.13	-400399	6	53.844
R211	1 : 100	2077.95	4587.77	-203207	5	62.429
Average		3721.84	4793.18	-367391.00	6	59.04

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201-R211, 100 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
R201	100 : 1	6065.04	4488.09	442744.00	9	143.363
R202	100 : 1	9564.95	5327.04	523139.00	13	263.377
R203	100 : 1	10906.30	5944.52	583545.00	19	382.515
R204	100 : 1	9310.82	6518.53	642542.00	21	469.086
R205	100 : 1	6778.99	4836.16	476837.00	10	191.871
R206	100 : 1	8589.69	5576.01	549011.00	14	313.32
R207	100 : 1	9344.53	6107.51	601406.00	18	422.258
R208	100 : 1	7155.38	6599.73	652818.00	21	492.398
R209	100 : 1	5432.33	5153.43	509911.00	9	241.967
R210	100 : 1	5700.44	5463.5	540649	9	195.769
R211	100 : 1	4993.83	5568.56	551862	12	339.805
Average		7622.03	5598.46	552224.00	15	314.16

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทาง (1 : 100) ค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 0.42 และ ร้อยละ 18.47 ตามลำดับ เมื่อกำหนดระยะทางสำคัญส่งผลให้จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็นลดลงด้วย คือ เมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลง คิดเป็นร้อยละ 12.55 และ ร้อยละ 100 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่ง (100 : 1) ค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 0.02 และ ร้อยละ 0.59 ตามลำดับ

4.2.5 ปัญหาทดสอบ RC101-RC108

ผลการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางทั้ง 3 ระดับ ประกอบด้วย เวลาการเดินทางรวม (Total trip time) ปริมาณการขนส่งรวม (Total delivered demand) ผลประโยชน์รวม (Profit) จำนวนรถบรรทุกรวม (Total trucks) และเวลาการประมวลผลของโปรแกรม (CPU) แสดงดังตารางที่ 4.15 - ตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.15 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101-RC108, 1 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
RC101	1 : 1	4081.48	5210.88	1129.40	30	108.984
RC102	1 : 1	3985.10	5585.12	1600.02	30	119.572
RC103	1 : 1	4291.04	5870.97	1579.92	31	134.37
RC104	1 : 1	3843.41	6296.28	2452.88	33	156.28
RC105	1 : 1	4031.00	5473.12	1442.11	30	115.128
RC106	1 : 1	4035.93	5518.57	1482.64	29	115.761
RC107	1 : 1	3856.58	5845.28	1988.70	30	149.556
RC108	1 : 1	3414.37	6122.97	2708.60	32	164.063
	Average	3942.36	5740.40	1798.03	31	132.96

ตารางที่ 4.16 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101-RC108, 1 : 100

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
RC101	1 : 100	4062.29	5068.48	-401160.00	26	77.089
RC102	1 : 100	3966.36	5039.46	-391597.00	26	77.08
RC103	1 : 100	4110.26	5338.88	-405687.00	27	79.228
RC104	1 : 100	3744.29	5655.45	-368773.00	29	84.974
RC105	1 : 100	3757.98	5314.03	-370484.00	27	93.364
RC106	1 : 100	3611.57	5228.64	-355929.00	27	83.276
RC107	1 : 100	3550.60	5447.13	-349613.00	28	92.39
RC108	1 : 100	3336.43	5600.00	-328043.00	28	85.175
	Average	3767.47	5336.51	-371410.75	28	84.07

ตารางที่ 4.17 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101-RC108, 100 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
RC101	100 : 1	5052.87	5464.14	541361.00	34	264.251
RC102	100 : 1	5348.32	5947.96	589448.00	35	343.82
RC103	100 : 1	5468.85	6345.33	629064.00	41	543.946
RC104	100 : 1	4609.35	6875.57	682948.00	45	865.163
RC105	100 : 1	4768.88	5812.69	576500.00	36	349.362
RC106	100 : 1	4700.66	5883.26	583625.00	36	362.424
RC107	100 : 1	4611.09	6307.71	626160.00	37	553.245
RC108	100 : 1	4709.91	6628.21	658111.00	43	734.198
	Average	4908.74	6158.11	610902.13	39	502.05

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทาง (1 : 100) ค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 4.40 และร้อยละ 29.11 ตามลำดับ เมื่อกำหนดระยะทางสำคัญส่งผลให้จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็นั้นลดลงด้วย คือเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลง คิดเป็น

ร้อยละ 10.97 และ ร้อยละ 36.03 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่ง (100 : 1) ค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 7.20 และ ร้อยละ 14.11 ตามลำดับ

4.2.6 ปัญหาทดสอบ RC201-RC208

ผลการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางทั้ง 3 ระดับ ประกอบด้วย เวลาการเดินทางรวม (Total trip time) ปริมาณการขนส่งรวม (Total delivered demand) ผลประโยชน์รวม (Profit) จำนวนรถบรรทุกรวม (Total trucks) และเวลาการประมวลผลของโปรแกรม (CPU) แสดงดังตารางที่ 4.18 - ตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.18 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201-RC208, 1 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
RC201	1 : 1	4934.25	5272.59	338.34	8	70.539
RC202	1 : 1	5090.44	5918.24	827.80	8	96.382
RC203	1 : 1	4398.00	6459.74	2061.73	8	111.527
RC204	1 : 1	4706.58	7211.44	2504.86	8	118.031
RC205	1 : 1	4384.11	5541.72	1157.61	7	34.327
RC206	1 : 1	4223.21	5537.71	1314.50	7	38.125
RC207	1 : 1	3828.95	5892.15	2063.20	7	41.451
RC208	1 : 1	3130.52	6272.21	3141.69	7	63.597
	Average	4337.01	6013.23	1676.22	8	71.75

ตารางที่ 4.19 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201-RC208, 1 : 100

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
RC201	1 : 100	4718.12	5193.39	-466619.00	6	55.767
RC202	1 : 100	4761.62	5554.59	-470607.00	6	59.557
RC203	1 : 100	4157.15	5653.93	-410061.00	6	69.084
RC204	1 : 100	4219.59	6315.67	-415644.00	7	61.28
RC205	1 : 100	4809.65	5426.02	-475539.00	6	22.234
RC206	1 : 100	3876.21	5318.30	-382302.00	6	20.539
RC207	1 : 100	2433.96	5057.10	-238339.00	6	20.866
RC208	1 : 100	2632.95	5674.49	-257620.00	6	24.691
	Average	3951.16	5524.19	-389591.38	7	41.75

ตารางที่ 4.20 ผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201-RC108, 100 : 1

Problem	Weight (demand : distance)	Total trip time	Total delivered demand	Profit	Total trucks	CPU
RC201	100 : 1	7075.59	5498.80	542804.00	10	154.48
RC202	100 : 1	7946.20	6202.68	612322.00	11	221.015
RC203	100 : 1	8908.70	6796.78	670770.00	16	388.394
RC204	100 : 1	7568.50	7570.44	749476.00	20	458.598
RC205	100 : 1	7062.60	5857.96	578733.00	12	71.798
RC206	100 : 1	6681.98	5916.70	584988.00	11	86.085
RC207	100 : 1	6454.21	6320.63	625608.00	11	108
RC208	100 : 1	5758.61	6734.86	667728.00	13	150.693
	Average	7182.05	6362.36	629053.63	13	204.84

จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทาง (1 : 100) ค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 9.69 และร้อยละ 76.52 ตามลำดับ เมื่อกำหนดระยะทางสำคัญส่งผลให้จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลงด้วย คือเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 จำนวนยานพาหนะที่ใช้จะลดลง คิดเป็นร้อยละ 18.08 และ ร้อยละ 91.07 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่ง (100 : 1) ค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 5.81 และ ร้อยละ 13.60 ตามลำดับ

4.3 สรุปผลการทดสอบ

จากปัญหาทดสอบ 56 ปัญหา ทดสอบที่ถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 3 ระดับ 1 : 1 1 : 100 และ 100 : 1 เพื่อการเปรียบเทียบผลการทดสอบให้ชัดเจนที่ระดับค่าถ่วงน้ำหนักต่างกัน ผู้วิจัยได้สรุป ค่าเฉลี่ยของเวลาการเดินทางรวม ค่าเฉลี่ยของปริมาณการขนส่งรวม ค่าเฉลี่ยของจำนวนรถบรรทุกรวม แสดงดังตารางที่ 4.21

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบผลการทดสอบปัญหา Solomon test problem

Problem	Weight (demand : distance)	Average total trip time	Average total delivered demand	Average total trucks
C101-C109	1 : 1	13799.33	5256.57	27
	1 : 100	13300.14	5013.56	26
	100 : 1	16337.37	5565.66	34
C201-C208	1 : 1	19925.08	6083.05	10
	1 : 100	16294.44	5573.92	9
	100 : 1	23043.19	6227.30	12

ตารางที่ 4.21 เปรียบเทียบผลการทดสอบปัญหา Solomon test problem (ต่อ)

Problem	Weight (demand : distance)	Average total trip time	Average total delivered demand	Average total trucks
R101-R112	1 : 1	3302.46	4998.93	28
	1 : 100	3084.58	4612.01	25
	100 : 1	4283.98	5294.02	36
R201-R211	1 : 1	3695.32	5287.13	7
	1 : 100	3721.84	4793.18	6
	100 : 1	7622.03	5598.46	15
RC101-RC108	1 : 1	3942.36	5740.40	31
	1 : 100	3767.47	5336.51	28
	100 : 1	4908.74	6158.11	39
RC201-RC208	1 : 1	4337.01	6013.23	8
	1 : 100	3951.16	5524.19	7
	100 : 1	7182.05	6362.36	13

จากตารางที่ 4.21 จะเห็นได้ว่าการทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทางต่างกัน ทำให้ผลการทดสอบที่ได้ต่างกัน การให้ค่าน้ำหนักกับระยะทางที่มากกว่าโปรแกรมจะพยายามจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) เมื่อระยะทางรวมน้อยก็ส่งผลให้การใช้น้ำมันที่ใช้นั้นลดจำนวนลงด้วย สำหรับการให้ค่าน้ำหนักกับปริมาณการขนส่งที่มากกว่า โปรแกรมจะพยายามจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงปริมาณการขนส่งรวมมากที่สุด เมื่อปริมาณการขนส่งมากก็ส่งผลให้การใช้น้ำมันที่ใช้นั้นเพิ่มจำนวนขึ้นด้วย เพราะฉะนั้นการเลือกค่าถ่วงน้ำหนักนั้นขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้จัดเส้นทาง

4.4 รายละเอียดผลการทดสอบ

จากผลการทดสอบข้างต้นเป็นผลการทดสอบโดยภาพรวม เพื่อให้เห็นผลการทดสอบที่ชัดเจนมากขึ้น ผู้วิจัยจะแสดงรายละเอียดของตัวอย่างผลการทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101 C201 R101 R201 RC101 และ RC201 ที่ระดับค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100 100 : 1 และ 1 : 1 สำหรับรายละเอียดของข้อมูลนำเข้า แสดงดังภาคผนวก ข รายละเอียดของผลการทดสอบ ประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง ปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมในแต่ละเส้นทาง และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย

4.4.1 ปัญหาทดสอบ C101

4.4.1.1 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100

ปัญหาทดสอบ C101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.22 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.23

ตารางที่ 4.22 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 100

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 20, 24, 22, 21, 101	908.70	194.27	0, 14.84, 17.17, 78.94, 83.31, 0	67, 77, 154, 889, 961, 975.70
คันที่ 2	0, 42, 67, 65, 62, 63, 101	141.88	200	0, 25.55, 17.39, 17.69, 39.41, 99.97, 0	121.10, 140.38, 161, 171, 237.50, 247, 262.94
คันที่ 3	0, 25, 28, 26, 23, 101	586.13	200	0, 69.51, 60.56, 34.07, 35.86, 0	205.87, 221, 586, 711, 770, 792
คันที่ 4	0, 7, 6, 75, 101	927.31	200	0, 36.04, 71.36, 92.60, 0	207, 223, 764, 1114, 1134.31
คันที่ 5	0, 5, 3, 8, 10, 11, 9, 4, 101	788.24	198.27	0, 14.32, 17.23, 44.96, 24.82, 27.76, 32.22, 36.95, 0	44.87, 60, 156, 329, 406, 503, 650, 806, 833.11
คันที่ 6	0, 74, 66, 69, 101	585.66	200	0, 116.78, 40.02, 43.20, 0	451.15, 471, 907, 1012, 1036.81
คันที่ 7	0, 43, 46, 49, 47, 101	1017.58	197.03	0, 17.14, 86.83, 46.36, 46.69, 0	136.45, 153, 542, 1116, 1127, 1154.03
คันที่ 8	0, 27, 29, 30, 51, 52, 50, 101	651.92	191.74	0, 21.10, 24.58, 27.70, 37.26, 39.92, 40.29, 0	295.88, 313, 398, 501, 816, 903.84, 916, 947.80
คันที่ 9	0, 9, 8, 2, 1, 101	820.49	198.79	0, 38.77, 117.51, 42.51, 0	196.19, 227, 879, 989, 1016.68
คันที่ 10	0, 41, 40, 44, 45, 48, 68, 64, 101	529.22	200	0, 14.87, 22.97, 25.64, 31.55, 34.35, 35.13, 35.50, 0	259.32, 278, 345, 433, 628, 720, 746, 758, 788.54
คันที่ 11	0, 86, 87, 90, 88, 101	617.40	192.84	0, 19.96, 40.53, 21.39, 110.95, 0	219.52, 246, 256, 293, 807, 836.93
คันที่ 12	0, 84, 89, 85, 91, 101	386.41	200	0, 25.07, 33.03, 100.39, 41.51, 0	600.95, 632, 676.62, 691, 956, 987.36
คันที่ 13	0, 54, 57, 55, 72, 61, 101	626.05	200	0, 45.97, 70.87, 19.57, 29.28, 34.31, 0	124.32, 164.37, 172, 233, 553, 719, 750.36
คันที่ 14	0, 13, 17, 18, 19, 12, 101	704.39	200	0, 33.40, 33.62, 40.84, 23.09, 69.05, 0	64.19, 95, 142, 261, 349, 726, 768.58
คันที่ 15	0, 32, 33, 34, 101	731.511	200	0, 48.67, 74.64, 76.70, 0	157.38, 189, 203, 852, 888.89
คันที่ 16	0, 31, 35, 37, 38, 101	371.772	200	0, 38.20, 23.91, 52.43, 85.47, 0	199.46, 233, 376, 452, 527, 571.23
คันที่ 17	0, 15, 16, 101	182.617	200	0, 86.29, 113.71, 0	384.94, 421, 525, 567.56
คันที่ 18	0, 96, 95, 94, 83, 76, 82, 101	334.32	194.07	0, 19.16, 58.49, 19.70, 20.82, 21.91, 54.00, 0	183.54, 219.60, 230.60, 237.20, 274.09, 310, 478, 517.86
คันที่ 19	0, 100, 97, 99, 101	344.12	200	0, 55.64, 102.49, 41.87, 0	666.42, 704.50, 714, 968, 1010.54
คันที่ 20	0, 56, 58, 59, 101	485.06	200	0, 68.81, 92.29, 38.90, 0	429, 474, 602, 870, 914.057
คันที่ 21	0, 93, 14, 39, 36, 101	270.27	200	0, 70.26, 30.56, 64.44, 34.74, 0	507.09, 550.10, 595.35, 650, 733, 777.36
คันที่ 22	0, 81, 78, 71, 92, 101	445.14	200	0, 46.78, 39.38, 53.64, 60.19, 0	183.57, 231, 237, 472, 580, 628.70
คันที่ 23	0, 53, 60, 80, 79, 101	525.26	192.77	0, 50, 67.72, 37.31, 37.74, 0	366.82, 412, 704, 817.61, 832, 892.08
คันที่ 24	0, 70, 73, 77, 101	309.52	159.04	0, 90.02, 33.25, 35.77, 0	518.48, 577, 684, 767, 828
ระยะเวลาเดินทางรวม				13291	
ปริมาณการขนส่งรวม				4718.81	
ผลประโยชน์รวม				-1,324,380	

ตารางที่ 4.23 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 100

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	18	0	75	35	0	37.5
	989	7.49393		261	59.1626		376	26.0922
	998	49.7269		265.5	99.7269		385	49.7269
	1236	42.5061		1236	40.8374		1236	23.9078
2	0	112.5	19	0	37.5	36	0	37.5
	879	32.4939		349	26.9114		733	15.2609
	882	149.727		358	49.7269		742	49.7269
	1236	117.506		1236	23.0886		1236	34.7391
3	0	37.5	20	0	37.5	37	0	75
	156	32.767		77	35.1638		452	47.5728
	165	49.7269		86	49.7269		456.5	99.7269
	1236	17.233		1236	14.8362		1236	52.4272
4	0	37.5	21	0	75	38	0	112.5
	806	13.0461		961	16.6869		527	64.5328
	815	49.7269		965.5	99.7269		530	149.727
	1236	36.9539		1236	83.3131		1236	85.4672
5	0	37.5	22	0	75	39	0	75
	60	35.6796		889	21.0558		650	35.5583
	69	49.7269		893.5	99.7269		654.5	99.7269
	1236	14.3204		1236	78.9442		1236	64.4417
6	0	75	23	0	37.5	40	0	37.5
	764	28.6408		770	14.1383		345	27.0328
	768.5	99.7269		779	49.7269		354	49.7269
	1236	71.3592		1236	35.8617		1236	22.9672
7	0	75	24	0	37.5	41	0	37.5
	223	61.4684		154	32.8277		278	29.0655
	227.5	97.2391		163	49.7269		287	43.659
	1236	36.0437		1236	17.1723		1236	14.8665
8	0	75	25	0	150	42	0	75
	329	55.0364		221	123.18		140.375	66.4821
	333.5	99.7269		223.25	192.415		144.875	91.7551
	1236	44.9636		1236	69.5085		1236	25.5461
9	0	37.5	26	0	37.5	43	0	37.5
	650	17.7791		711	15.9284		153	32.858
	659	49.7269		720	49.7269		162	49.7269
	1236	32.2209		1236	34.0716		1236	17.142
10	0	37.5	27	0	37.5	44	0	37.5
	406	25.182		313	28.0036		433	24.3629
	415	49.7269		322	49.7269		442	49.7269
	1236	24.818		1236	21.9964		1236	25.6371
11	0	37.5	28	0	75	45	0	37.5
	503	22.2391		586	39.4417		628	18.4466
	512	49.7269		590.5	99.7269		637	49.7269
	1236	27.7609		1236	60.5583		1236	31.5534
12	0	75	29	0	37.5	46	0	112.5
	726	30.9466		398	25.4248		542	63.1675
	730.5	99.7269		407	49.7269		545	149.727
	1236	69.0534		1236	24.5752		1236	86.8325
13	0	112.5	30	0	37.5	47	0	37.5
	95	103.853		501	22.2998		1127	3.30704
	98	136.984		510	49.7269		1136	49.7269
	1236	33.4041		1236	27.7002		1236	46.693
14	0	37.5	31	0	75	48	0	37.5
	595.349	19.4372		233	60.8617		720	15.6553
	604.349	49.7269		237.5	98.7864		729	49.7269
	1236	30.5628		1236	38.1978		1236	34.3447
15	0	150	32	0	112.5	49	0	37.5
	421	98.9078		189	95.2973		1116	3.64078
	423.25	184.921		192	143.689		1125	49.7269
	1236	86.2864		1236	48.665		1236	46.3592
16	0	150	33	0	150	50	0	37.5
	525	86.2864		203	125.364		916	9.70874
	527.25	199.727		205.25	199.727		925	49.7269
	1236	113.714		1236	74.6359		1236	40.2913
17	0	75	34	0	75	51	0	37.5
	142	66.3835		852	23.301		816	12.7427
	146.5	99.7269		856.5	99.7269		825	49.7269
	1236	33.6165		1236	76.699		1236	37.2573

ตารางที่ 4.23 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	37.5	69	0	37.5	86	0	37.5
	903.838	10.0777		1012	6.79612		246	30.0364
	912.838	49.7269		1021	49.7269		255	49.7269
	1236	39.9223		1236	43.2039		1236	19.9636
53	0	75	70	0	112.5	87	0	75
	412	50		577	59.9818		256	59.466
	416.5	99.7269		580	149.727		260.5	99.7269
	1236	50		1236	90.0182		1236	40.534
54	0	150	71	0	75	88	0	112.5
	164.365	130.053		472	46.3592		807	39.0473
	166.615	175.745		476.5	99.7269		810	149.727
	1236	45.9648		1236	53.6408		1236	110.953
55	0	37.5	72	0	37.5	89	0	37.5
	233	30.4308		553	20.7221		676.615	16.9716
	242	49.7269		562	49.7269		685.615	49.7269
	1236	19.5692		1236	29.2779		1236	33.0284
56	0	112.5	73	0	37.5	90	0	37.5
	474	69.3568		684	16.7476		293	28.6104
	477	137.894		693	49.7269		302	49.7269
	1236	68.8107		1236	33.2524		1236	21.3896
57	0	150	74	0	187.5	91	0	37.5
	172	129.126		471	116.05		956	8.49515
	174.25	199.727		472.8	232.555		965	49.7269
	1236	70.8738		1236	116.778		1236	41.5049
58	0	112.5	75	0	75	92	0	75
	602	57.7063		1114	7.40291		580	39.8058
	605	149.727		1118.5	99.7269		584.5	99.7269
	1236	92.2937		1236	92.5971		1236	60.1942
59	0	37.5	76	0	37.5	93	0	150
	870	11.1044		310	28.0947		550.099	83.2404
	879	49.7269		319	49.7269		552.349	153.224
	1236	38.8956		1236	21.9053		1236	70.2564
60	0	75	77	0	37.5	94	0	37.5
	704	32.2816		767	14.2294		237.2	30.3034
	708.5	99.7269		776	49.7269		246.2	49.7269
	1236	67.7184		1236	35.7706		1236	19.6966
61	0	37.5	78	0	75	95	0	112.5
	719	15.6857		237	60.6189		230.595	91.5114
	728	49.7269		241.5	99.7269		233.595	149.727
	1236	34.3143		1236	39.3811		1236	58.4886
62	0	75	79	0	37.5	96	0	37.5
	237.5	60.5886		832	12.2573		219.595	30.8375
	242	99.7269		841	49.7269		228.595	49.7269
	1236	39.4114		1236	37.7427		1236	19.1625
63	0	187.5	80	0	37.5	97	0	112.5
	247	150.03		817.615	12.6937		714	47.5121
	248.8	249.727		826.615	49.7269		717	149.727
	1236	99.9697		1236	37.3063		1236	102.488
64	0	37.5	81	0	112.5	98	0	75
	758	14.5024		231	91.4745		227	61.2257
	767	49.7269		234	137.985		231.5	99.7269
	1236	35.4976		1236	46.784		1236	38.7743
65	0	37.5	82	0	75	99	0	37.5
	171	32.3119		478	45.9951		968	8.13107
	180	49.7269		482.5	99.7269		977	49.7269
	1236	17.6881		1236	54.0049		1236	41.8689
66	0	37.5	83	0	37.5	100	0	75
	907	9.9818		274.093	29.1841		704.5	32.2512
	916	49.7269		283.093	49.7269		709	87.6214
	1236	40.0182		1236	20.8159		1236	55.6432
67	0	37.5	84	0	75			
	161	32.6153		632	36.6505			
	170	49.7269		636.5	61.4498			
	1236	17.3847		1236	25.0724			
68	0	37.5	85	0	112.5			
	746	14.8665		691	49.6056			
	755	49.7269		694	149.727			
	1236	35.1335		1236	100.394			

4.4.1.2 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 100 : 1

ปัญหาทดสอบ C101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.24 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.25

ตารางที่ 4.24 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 100 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 74, 39, 101	243.66	198.39	0, 133.95, 64.44, 0	451.15, 471, 650, 694.81
คันที่ 2	0, 56, 2, 101	473.62	198.15	0, 80.64, 117.51, 0	429, 474, 879, 902.62
คันที่ 3	0, 93, 100, 101	414.59	195.27	0, 116.87, 78.40, 0	507.99, 551, 880, 922.58
คันที่ 4	0, 16, 22, 101	420.98	192.66	0, 113.71, 78.94, 0	484.69, 525, 889, 905.67
คันที่ 5	0, 46, 88, 101	315.52	197.79	0, 86.83, 110.95, 0	521.41, 542, 807, 836.93
คันที่ 6	0, 97, 75, 101	460.62	195.09	0, 102.49, 92.60, 0	673.69, 714, 1114, 1134.31
คันที่ 7	0, 15, 70, 101	253.58	191.11	0, 101.09, 90.018, 0	384.94, 421, 577, 638.52
คันที่ 8	0, 54, 85, 101	416.78	192.51	0, 92.11, 100.39, 0	306.95, 347, 691, 723.73
คันที่ 9	0, 63, 58, 101	417.19	192.26	0, 99.97, 92.29, 0	232.86, 247, 602, 650.04
คันที่ 10	0, 30, 38, 21, 101	503.31	196.24	0, 27.46, 85.47, 83.31, 0	472.38, 493, 527, 961, 975.70
คันที่ 11	0, 25, 34, 49, 101	948.34	200	0, 76.64, 76.70, 46.66, 0	205.87, 221, 852, 1126, 1154.21
คันที่ 12	0, 33, 82, 6, 101	618.03	200	0, 74.64, 54, 71.36, 0	169.47, 203, 478, 764, 787.5
คันที่ 13	0, 57, 92, 12, 101	631.58	200	0, 70.75, 60.19, 69.05, 0	137, 172, 580, 726, 768.58
คันที่ 14	0, 81, 84, 60, 101	470.21	198.70	0, 67.63, 63.35, 67.72, 0	283.57, 331, 632, 704, 753.78
คันที่ 15	0, 32, 95, 96, 28, 101	450.84	198.85	0, 54.70, 62.26, 21.33, 60.56, 0	157.38, 189, 272, 291, 586, 608.22
คันที่ 16	0, 62, 53, 71, 52, 101	710.24	193.95	0, 46.97, 49.78, 53.65, 43.57, 0	343.97, 362, 408.33, 472, 1024, 1054.21
คันที่ 17	0, 13, 8, 37, 47, 101	1089.83	190.23	0, 46.15, 44.96, 52.43, 46.69, 0	64.19, 95, 329, 452, 1127, 1154.03
คันที่ 18	0, 87, 73, 89, 91, 69, 101	806.31	198.57	0, 40.53, 33.25, 40.079, 41.51, 43.20, 0	230.51, 256, 684, 909, 956, 1012, 1036.81
คันที่ 19	0, 7, 18, 23, 99, 1, 101	809.68	199.50	0, 38.53, 40.84, 35.86, 41.76, 42.51, 0	207, 223, 261, 770, 964.38, 989, 1016.68
คันที่ 20	0, 31, 40, 44, 36, 51, 50, 101	748.35	200	0, 39.11, 22.97, 25.64, 34.74, 37.26, 40.29, 0	199.46, 233, 345, 433, 733, 816, 916, 947.80
คันที่ 21	0, 78, 64, 68, 59, 66, 101	745.84	190.41	0, 39.38, 35.50, 36.62, 38.90, 40.02, 0	186.71, 237, 758, 795, 870, 907, 932.55
คันที่ 22	0, 42, 61, 77, 79, 80, 101	730.79	185.56	0, 38.65, 34.31, 35.77, 37.74, 39.08, 0	205.69, 225, 719, 767, 832, 876, 936.48
คันที่ 23	0, 98, 19, 10, 11, 9, 4, 101	636.92	183.62	0, 38.77, 23.09, 24.82, 27.76, 32.22, 36.95, 0	196.19, 227, 349, 406, 503, 650, 806, 833.11
คันที่ 24	0, 27, 35, 29, 83, 72, 45, 48, 101	462.44	192.53	0, 21.10, 23.66, 24.58, 26.94, 29.28, 31.55, 34.53, 0	295.88, 313, 367.79, 398, 476, 553, 628, 726, 758.32

ตารางที่ 4.24 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 100 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 25	0, 17, 90, 86, 94, 14, 26, 101	627.11	167.66	0, 33.62, 21.39, 22.94, 24.45, 31.19, 34.07, 0	108.70, 142, 293, 344, 394, 616, 711, 735.81
คันที่ 26	0, 65, 67, 76, 101	213.01	58.95	0, 17.69, 19.36, 21.91, 0	158.19, 171, 226, 310, 371.20
คันที่ 27	0, 43, 55, 41, 101	169.23	57.65	0, 17.14, 19.57, 20.93, 0	136.45, 153, 233, 278, 305.68
คันที่ 28	0, 5, 3, 101	136.26	31.55	0, 14.32, 17.23, 0	44.87, 60, 156, 181.13
คันที่ 29	0, 20, 24, 101	111	32.01	0, 14.84, 17.17, 0	67, 77, 154, 178
ระยะเวลาเดินทางรวม				15035.9	
ปริมาณการขนส่งรวม				5029.18	
ผลประโยชน์รวม				487882	

ตารางที่ 4.25 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 100 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	12	0	75	23	0	37.5
	989	7.49393		726	30.9466		770	14.1383
	998	49.7269		730.5	99.7269		779	49.7269
	1236	42.5061		1236	69.0534		1236	35.8617
2	0	112.5	13	0	112.5	24	0	37.5
	879	32.4939		95	103.853		154	32.8277
	882	149.727		98	149.727		163	49.7269
	1236	117.506		1236	46.1468		1236	17.1723
3	0	37.5	14	0	37.5	25	0	150
	156	32.767		616	18.8107		221	123.18
	165	49.7269		625	49.7269		223.25	199.545
	1236	17.233		1236	31.1893		1236	76.6383
4	0	37.5	15	0	150	26	0	37.5
	806	13.0461		421	98.9078		711	15.9284
	815	49.7269		423.25	199.727		720	49.7269
	1236	36.9539		1236	101.092		1236	34.0716
5	0	37.5	16	0	150	27	0	37.5
	60	35.6796		525	86.2864		313	28.0036
	69	49.7269		527.25	199.727		322	49.7269
	1236	14.3204		1236	113.714		1236	21.9964
6	0	75	17	0	75	28	0	75
	764	28.6408		142	66.3835		586	39.4417
	768.5	99.7269		146.5	99.7269		590.5	99.7269
	1236	71.3592		1236	33.6165		1236	60.5583
7	0	75	18	0	75	29	0	37.5
	223	61.4684		261	59.1626		398	25.4248
	227.5	99.7269		265.5	99.7269		407	49.7269
	1236	38.5316		1236	40.8374		1236	24.5752
8	0	75	19	0	37.5	30	0	37.5
	329	55.0364		349	26.9114		493	22.5425
	333.5	99.7269		358	49.7269		502	49.7269
	1236	44.9636		1236	23.0886		1236	27.4575
9	0	37.5	20	0	37.5	31	0	75
	650	17.7791		77	35.1638		233	60.8617
	659	49.7269		86	49.7269		237.5	99.6966
	1236	32.2209		1236	14.8362		1236	39.108
10	0	37.5	21	0	75	32	0	112.5
	406	25.182		961	16.6869		189	95.2973
	415	49.7269		965.5	99.7269		192	149.727
	1236	24.818		1236	83.3131		1236	54.7027
11	0	37.5	22	0	75	33	0	150
	503	22.2391		889	21.0558		203	125.364
	512	49.7269		893.5	99.7269		205.25	199.727
	1236	27.7609		1236	78.9442		1236	74.6359

ตารางที่ 4.25 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
34	0	75	51	0	37.5	68	0	37.5
	852	23.301		816	12.7427		795	13.3799
	856.5	99.7269		825	49.7269		804	49.7269
	1236	76.699		1236	37.2573		1236	36.6201
35	0	37.5	52	0	37.5	69	0	37.5
	367.787	26.3414		1024	6.43204		1012	6.79612
	376.787	49.7269		1033	49.7269		1021	49.7269
	1236	23.6586		1236	43.568		1236	43.2039
36	0	37.5	53	0	75	70	0	112.5
	733	15.2609		408.331	50.2226		577	59.9818
	742	49.7269		412.831	99.7269		580	149.727
	1236	34.7391		1236	49.7774		1236	90.0182
37	0	75	54	0	150	71	0	75
	452	47.5728		347	107.888		472	46.3592
	456.5	99.7269		349.25	199.727		476.5	99.7269
	1236	52.4272		1236	92.1117		1236	53.6408
38	0	112.5	55	0	37.5	72	0	37.5
	527	64.5328		233	30.4308		553	20.7221
	530	149.727		242	49.7269		562	49.7269
	1236	85.4672		1236	19.5692		1236	29.2779
39	0	75	56	0	112.5	73	0	37.5
	650	35.5583		474	69.3568		684	16.7476
	654.5	99.7269		477	149.727		693	49.7269
	1236	64.4417		1236	80.6432		1236	33.2524
40	0	37.5	57	0	150	74	0	187.5
	345	27.0328		172	129.126		471	116.05
	354	49.7269		174.25	199.606		472.8	249.727
	1236	22.9672		1236	70.7524		1236	133.95
41	0	37.5	58	0	112.5	75	0	75
	278	29.0655		602	57.7063		1114	7.40291
	287	49.7269		605	149.727		1118.5	99.7269
	1236	20.9345		1236	92.2937		1236	92.5971
42	0	75	59	0	37.5	76	0	37.5
	225	61.3471		870	11.1044		310	28.0947
	229.5	99.7269		879	49.7269		319	49.7269
	1236	38.6529		1236	38.8956		1236	21.9053
43	0	37.5	60	0	75	77	0	37.5
	153	32.858		704	32.2816		767	14.2294
	162	49.7269		708.5	99.7269		776	49.7269
	1236	17.142		1236	67.7184		1236	35.7706
44	0	37.5	61	0	37.5	78	0	75
	433	24.3629		719	15.6857		237	60.6189
	442	49.7269		728	49.7269		241.5	99.7269
	1236	25.6371		1236	34.3143		1236	39.3811
45	0	37.5	62	0	75	79	0	37.5
	628	18.4466		362	53.034		832	12.2573
	637	49.7269		366.5	99.7269		841	49.7269
	1236	31.5534		1236	46.966		1236	37.7427
46	0	112.5	63	0	187.5	80	0	37.5
	542	63.1675		247	150.03		876	10.9223
	545	149.727		248.8	249.727		885	49.7269
	1236	86.8325		1236	99.9697		1236	39.0777
47	0	37.5	64	0	37.5	81	0	112.5
	1127	3.30704		758	14.5024		331	82.3726
	1136	49.7269		767	49.7269		334	149.727
	1236	46.693		1236	35.4976		1236	67.6274
48	0	37.5	65	0	37.5	82	0	75
	726	15.4733		171	32.3119		478	45.9951
	735	49.7269		180	49.7269		482.5	99.7269
	1236	34.5267		1236	17.6881		1236	54.0049
49	0	37.5	66	0	37.5	83	0	37.5
	1126	3.33738		907	9.9818		476	23.0583
	1135	49.7269		916	49.7269		485	49.7269
	1236	46.6626		1236	40.0182		1236	26.9417
50	0	37.5	67	0	37.5	84	0	75
	916	9.70874		226	30.6432		632	36.6505
	925	49.7269		235	49.7269		636.5	99.7269
	1236	40.2913		1236	19.3568		1236	63.3495

ตารางที่ 4.25 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
85	0	112.5	91	0	37.5	97	0	112.5
	691	49.6056		956	8.49515		714	47.5121
	694	149.727		965	49.7269		717	149.727
	1236	100.394		1236	41.5049		1236	102.488
86	0	37.5	92	0	75	98	0	75
	344	27.0631		580	39.8058		227	61.2257
	353	49.7269		584.5	99.7269		231.5	99.7269
	1236	22.9369		1236	60.1942		1236	38.7743
87	0	75	93	0	150	99	0	37.5
	256	59.466		551	83.1311		964.38	8.24091
	260.5	99.7269		553.25	199.727		973.38	49.7269
	1236	40.534		1236	116.869		1236	41.7591
88	0	112.5	94	0	37.5	100	0	75
	807	39.0473		394	25.5461		880	21.6019
	810	149.727		403	49.7269		884.5	99.7269
	1236	110.953		1236	24.4539		1236	78.3981
89	0	37.5	95	0	112.5			
	909	9.92112		272	87.7427			
	918	49.7269		275	149.727			
	1236	40.0789		1236	62.2573			
90	0	37.5	96	0	37.5			
	293	28.6104		291	28.6711			
	302	49.7269		300	49.7269			
	1236	21.3896		1236	21.3289			

4.4.1.3 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 1

ปัญหาทดสอบ C101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนส่งสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้น แสดงดังตารางที่ 4.26 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.26 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0 , 67 , 62 , 74 , 101	278.86	200	0 , 19.08 , 46.97 , 133.95 , 0	213.79 , 226 , 362 , 471 , 492.65
คันที่ 2	0 , 2 , 75 , 101	275.93	200	0 , 107.403 , 92.60 , 0	858.38 , 879 , 1114 , 1134.31
คันที่ 3	0 , 65 , 63 , 21 , 101	817.50	200	0 , 16.72 , 99.97 , 83.31 , 0	158.19 , 171 , 247 , 961 , 975.70
คันที่ 4	0 , 85 , 88 , 101	175.66	200	0 , 89.05 , 110.95 , 0	661.27 , 691 , 807 , 836.93
คันที่ 5	0 , 25 , 28 , 22 , 101	699.80	200	0 , 60.50 , 60.56 , 78.94 , 0	205.87 , 221 , 586 , 889 , 905.67
คันที่ 6	0 , 54 , 42 , 46 , 101	406.66	199.63	0 , 74.15 , 38.65 , 86.83 , 0	158.93 , 198.98 , 225 , 542 , 565.59
คันที่ 7	0 , 15 , 16 , 101	182.62	200	0 , 86.29 , 113.71 , 0	384.94 , 421 , 525 , 567.56
คันที่ 8	0 , 96 , 93 , 6 , 101	532.56	200	0 , 11.77 , 116.87 , 71.36 , 0	254.94 , 291 , 551 , 764 , 787.5
คันที่ 9	0 , 99 , 97 , 100 , 101	258.19	200	0 , 19.11 , 102.49 , 78.40 , 0	664.39 , 697.93 , 714 , 880 , 922.58
คันที่ 10	0 , 32 , 33 , 34 , 101	731.51	200	0 , 48.67 , 74.64 , 76.70 , 0	157.38 , 189 , 203 , 852 , 888.89
คันที่ 11	0 , 7 , 8 , 9 , 4 , 1 , 101	809.68	195.18	0 , 38.53 , 44.96 , 32.22 , 36.95 , 42.51 , 0	207 , 223 , 329 , 650 , 806 , 989 , 1016.68

ตารางที่ 4.26 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 12	0, 57, 58, 69, 101	899.81	200	0, 64.50, 92.29, 43.20, 0	137, 172, 602, 1012, 1036.81
คันที่ 13	0, 37, 38, 49, 47, 101	741.32	200	0, 21.48, 85.47, 46.36, 46.69, 0	412.71, 452, 527, 1116, 1127, 1154.03
คันที่ 14	0, 13, 14, 12, 26, 23, 101	727.81	200	0, 32.83, 31.19, 66.05, 34.07, 35.86, 0	64.19, 95, 616, 676.50, 711, 770, 792
คันที่ 15	0, 56, 60, 68, 66, 101	503.55	200	0, 55.64, 67.72, 36.62, 40.02, 0	429, 474, 704, 795, 907, 932.55
คันที่ 16	0, 87, 82, 84, 91, 101	756.86	199.39	0, 40.53, 54.00, 63.35, 41.50, 0	230.51, 256, 478, 632, 956, 987.36
คันที่ 17	0, 43, 45, 48, 51, 50, 52, 101	917.77	200	0, 12.80, 31.55, 34.53, 37.26, 40.29, 43.57, 0	136.45, 153, 628, 726, 816, 916, 1024, 1054.21
คันที่ 18	0, 20, 24, 31, 35, 39, 36, 101	710.36	194.24	0, 14.84, 17.17, 39.14, 23.91, 64.44, 34.74, 0	67, 77, 154, 233, 376, 650, 733, 777.36
คันที่ 19	0, 98, 95, 92, 89, 101	746.16	200	0, 37.47, 62.26, 60.19, 40.08, 0	196.19, 227, 272, 580, 909, 942.35
คันที่ 20	0, 78, 81, 72, 61, 64, 101	601.83	200	0, 33.28, 67.63, 29.28, 34.31, 35.50, 0	186.71, 237, 331, 553, 719, 758, 788.54
คันที่ 21	0, 90, 5, 3, 17, 18, 10, 11, 30, 101	520.82	197.28	0, 13.42, 14.32, 15.76, 33.62, 40.84, 24.82, 26.80, 27.70, 0	9.79, 30.41, 60, 107.37, 142, 261, 406, 471.48, 501, 530.62
คันที่ 22	0, 41, 53, 40, 27, 29, 44, 59, 101	722.33	190.99	0, 18.88, 40.04, 20.96, 21.10, 24.58, 25.64, 38.90, 0	191.73, 210.41, 247.87, 278.94, 313, 398, 433, 870, 914.06
คันที่ 23	0, 71, 70, 73, 79, 101	477.09	200	0, 38.99, 90.02, 33.25, 37.74, 0	414.99, 472, 577, 684, 832, 892.08
คันที่ 24	0, 55, 86, 94, 83, 76, 77, 80, 101	826.00	172.79	0, 16.92, 18.60, 19.70, 20.82, 21.91, 35.77, 39.08, 0	110.48, 145.53, 201.18, 237.20, 274.09, 310, 767, 876, 936.48
คันที่ 25	0, 19, 101	87.10	23.09	0, 23.09, 0	309.95, 349, 397.05
ระยะเวลาเดินทางรวม				14407.8	
ปริมาณการขนส่งรวม				4772.58	
ผลประโยชน์รวม				-9635.18	

ตารางที่ 4.27 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1:1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	7	0	75	13	0	112.5
	989	7.49393		223	61.4684		95	103.853
	998	49.7269		227.5	99.7269		98	136.408
	1236	42.5061		1236	38.5316		1236	32.8277
2	0	112.5	8	0	75	14	0	37.5
	879	32.4939		329	55.0364		616	18.8107
	882	139.624		333.5	99.7269		625	49.7269
	1236	107.403		1236	44.9636		1236	31.1893
3	0	37.5	9	0	37.5	15	0	150
	107.368	34.2425		650	17.7791		421	98.9078
	116.368	49.7269		659	49.7269		423.25	184.921
	1236	15.7575		1236	32.2209		1236	86.2864
4	0	37.5	10	0	37.5	16	0	150
	806	13.0461		406	25.182		525	86.2864
	815	49.7269		415	49.7269		527.25	199.727
	1236	36.9539		1236	24.818		1236	113.714
5	0	37.5	11	0	37.5	17	0	75
	60	35.6796		471.482	23.1953		142	66.3835
	69	49.7269		480.482	49.7269		146.5	99.7269
	1236	14.3204		1236	26.8047		1236	33.6165
6	0	75	12	0	75	18	0	75
	764	28.6408		676.5	33.9502		261	59.1626
	768.5	99.7269		681	99.7269		265.5	99.7269
	1236	71.3592		1236	66.0498		1236	40.8374

ตารางที่ 4.27 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1:1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
19	0	37.5	35	0	37.5	51	0	37.5
	349	26.9114		376	26.0922		816	12.7427
	358	49.7269		385	49.7269		825	49.7269
	1236	23.0886		1236	23.9078		1236	37.2573
20	0	37.5	36	0	37.5	52	0	37.5
	77	35.1638		733	15.2609		1024	6.43204
	86	49.7269		742	49.7269		1033	49.7269
	1236	14.8362		1236	34.7391		1236	43.568
21	0	75	37	0	75	53	0	75
	961	16.6869		452	47.5728		247.869	59.9594
	965.5	99.7269		456.5	68.7803		252.369	99.7269
	1236	83.3131		1236	21.4806		1236	40.0406
22	0	75	38	0	112.5	54	0	150
	889	21.0558		527	64.5328		198.98	125.852
	893.5	99.7269		530	149.727		201.23	199.727
	1236	78.9442		1236	85.4672		1236	74.1481
23	0	37.5	39	0	75	55	0	37.5
	770	14.1383		650	35.5583		145.534	33.0845
	779	49.7269		654.5	99.7269		154.534	49.7269
	1236	35.8617		1236	64.4417		1236	16.9155
24	0	37.5	40	0	37.5	56	0	112.5
	154	32.8277		278.94	29.037		474	69.3568
	163	49.7269		287.94	49.7269		477	124.727
	1236	17.1723		1236	20.963		1236	55.6432
25	0	150	41	0	37.5	57	0	150
	221	123.18		210.409	31.1162		172	129.126
	223.25	183.404		219.409	49.7269		174.25	193.356
	1236	60.4976		1236	18.8838		1236	64.5024
26	0	37.5	42	0	75	58	0	112.5
	711	15.9284		225	61.3471		602	57.7063
	720	49.7269		229.5	99.7269		605	149.727
	1236	34.0716		1236	38.6529		1236	92.2937
27	0	37.5	43	0	37.5	59	0	37.5
	313	28.0036		153	32.858		870	11.1044
	322	49.7269		162	45.3883		879	49.7269
	1236	21.9964		1236	12.8034		1236	38.8956
28	0	75	44	0	37.5	60	0	75
	586	39.4417		433	24.3629		704	32.2816
	590.5	99.7269		442	49.7269		708.5	99.7269
	1236	60.5583		1236	25.6371		1236	67.7184
29	0	37.5	45	0	37.5	61	0	37.5
	398	25.4248		628	18.4466		719	15.6857
	407	49.7269		637	49.7269		728	49.7269
	1236	24.5752		1236	31.5534		1236	34.3143
30	0	37.5	46	0	112.5	62	0	75
	501	22.2998		542	63.1675		362	53.034
	510	49.7269		545	149.727		366.5	99.7269
	1236	27.7002		1236	86.8325		1236	46.966
31	0	75	47	0	37.5	63	0	187.5
	233	60.8617		1127	3.30704		247	150.03
	237.5	99.7269		1136	49.7269		248.8	249.727
	1236	39.1383		1236	46.693		1236	99.9697
32	0	112.5	48	0	37.5	64	0	37.5
	189	95.2973		726	15.4733		758	14.5024
	192	143.689		735	49.7269		767	49.7269
	1236	48.665		1236	34.5267		1236	35.4976
33	0	150	49	0	37.5	65	0	37.5
	203	125.364		1116	3.64078		171	32.3119
	205.25	199.727		1125	49.7269		180	48.7561
	1236	74.6359		1236	46.3592		1236	16.7172
34	0	75	50	0	37.5	66	0	37.5
	852	23.301		916	9.70874		907	9.9818
	856.5	99.7269		925	49.7269		916	49.7269
	1236	76.699		1236	40.2913		1236	40.0182

ตารางที่ 4.27 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C101, 1:1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
67	0	37.5	79	0	37.5	91	0	37.5
	226	30.6432		832	12.2573		956	8.49515
	235	49.4539		841	49.7269		965	49.7269
	1236	19.0837		1236	37.7427		1236	41.5049
68	0	37.5	80	0	37.5	92	0	75
	795	13.3799		876	10.9223		580	39.8058
	804	49.7269		885	49.7269		584.5	99.7269
	1236	36.6201		1236	39.0777		1236	60.1942
69	0	37.5	81	0	112.5	93	0	150
	1012	6.79612		331	82.3726		551	83.1311
	1021	49.7269		334	149.727		553.25	199.727
	1236	43.2039		1236	67.6274		1236	116.869
70	0	112.5	82	0	75	94	0	37.5
	577	59.9818		478	45.9951		237.2	30.3034
	580	149.727		482.5	99.7269		246.2	49.7269
	1236	90.0182		1236	54.0049		1236	19.6966
71	0	75	83	0	37.5	95	0	112.5
	472	46.3592		274.093	29.1841		272	87.7427
	476.5	85.0728		283.093	49.7269		275	149.727
	1236	38.9867		1236	20.8159		1236	62.2573
72	0	37.5	84	0	75	96	0	37.5
	553	20.7221		632	36.6505		291	28.6711
	562	49.7269		636.5	99.7269		300	40.1699
	1236	29.2779		1236	63.3495		1236	11.7718
73	0	37.5	85	0	112.5	97	0	112.5
	684	16.7476		691	49.6056		714	47.5121
	693	49.7269		694	138.38		717	149.727
	1236	33.2524		1236	89.0473		1236	102.488
74	0	187.5	86	0	37.5	98	0	75
	471	116.05		201.182	31.3962		227	61.2257
	472.8	249.727		210.182	49.7269		231.5	98.4223
	1236	133.95		1236	18.6038		1236	37.4697
75	0	75	87	0	75	99	0	37.5
	1114	7.40291		256	59.466		697.929	16.325
	1118.5	99.7269		260.5	99.7269		706.929	35.166
	1236	92.5971		1236	40.534		1236	19.1141
76	0	37.5	88	0	112.5	100	0	75
	310	28.0947		807	39.0473		880	21.6019
	319	49.7269		810	149.727		884.5	99.7269
	1236	21.9053		1236	110.953		1236	78.3981
77	0	37.5	89	0	37.5			
	767	14.2294		909	9.92112			
	776	49.7269		918	49.7269			
	1236	35.7706		1236	40.0789			
78	0	75	90	0	37.5			
	237	60.6189		30.4087	36.5774			
	241.5	93.6286		39.4087	49.7269			
	1236	33.2828		1236	13.4226			

จากผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1: 100 100 : 1 และ 1 : 1 การจัดเส้นทาง จะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 4.22 ตารางที่ 4.24 และตารางที่ 4.26 จะเห็นว่า ปริมาณการขนส่งของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า จากตารางที่ 4.23 และ ตารางที่ 4.25 และตารางที่ 4.27 แสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 100 ราย ซึ่งมีสินค้า คงคลังอยู่ตลอดช่วงเวลากำหนดไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า

การเปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 100 : 1 และ 1 : 1 แสดงดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C101

ตัวแปร	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 100)	ปริมาณ : ระยะทาง (100 : 1)	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 1)
จำนวนรถบรรทุกรวม	24	29	25
เวลาการเดินทางรวม	13291	15035.9	14407.8
ปริมาณการขนส่งรวม	4718.81	5029.18	4772.58
ผลประโยชน์รวม	-1,324,380	487882	-9635.18

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง (1 : 100) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) คือ 13291 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 เวลาการเดินทางรวมจะลดลงคิดเป็นร้อยละ 12.11 และ 7.75 ตามลำดับ และที่การทดสอบ 1 : 100 เมื่อระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็จะน้อยที่สุดด้วย คือ 24 คัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 จำนวนยานพาหนะจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 20 และ 4 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง (100 : 1) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงปริมาณการขนส่งมากที่สุด คือ 5029.18 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 1 : 100 และ 1 : 1 ปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 6.50 และ 5.37 ตามลำดับ

4.4.2 ปัญหาทดสอบ C201

4.4.2.1 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100

ปัญหาทดสอบ C201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.29 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.29 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 100

รถบรรทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 20, 24, 22, 93, 75, 5, 2, 99, 1, 98, 7, 11, 9, 10, 8, 21, 48, 101	2924.47	700	0, 10.07, 14, 28.27, 57.42, 28.93, 14.55, 49.88, 17.55, 17.71, 50.18, 52.20, 42.86, 43.04, 45.14, 91.02, 91.25, 45.86, 0	111.30, 121.30, 135.30, 147.90, 167.63, 177.50, 185, 373, 456.17, 471, 1138, 1233, 2744.93, 2761, 2951, 2984.26, 2994.41, 3016, 3035.77

ตารางที่ 4.29 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 100 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 2	0, 67, 62, 63, 74, 72, 61, 64, 66, 69, 68, 46, 45, 47, 43, 41, 42, 101	2701.35	683.18	0, 14.28, 28.88, 72.73, 83.13, 17.68, 18.71, 19.72, 20.77, 21.79, 22.85, 109.48, 37.56, 41.70, 42.73, 43.64, 87.52, 0	148.46, 160.67, 175.50, 185, 373, 468, 561, 653, 748, 840, 936, 2169, 2265, 2640, 2733, 2815, 2826, 2849.81
คันที่ 3	0, 27, 29, 30, 23, 18, 19, 15, 17, 25, 13, 101	2246.92	700	0, 10.38, 17.47, 17.62, 32.44, 67.08, 34.59, 155.13, 79.67, 163, 122.62, 0	351.88, 369, 449, 463, 1803, 1902, 1997, 2376, 2471, 2553.75, 2565, 2598.81
คันที่ 4	0, 89, 4, 91, 88, 84, 83, 86, 82, 78, 77, 96, 87, 90, 101	1922.35	700	0, 14.41, 28.22, 30.32, 94.12, 64.85, 33.31, 33.47, 71.13, 90.53, 46.35, 47.47, 97.06, 48.77, 0	1386.27, 1407.53, 1421, 1611, 1706, 1801, 1881, 1896, 2085, 2962, 3060, 3161, 3257, 3279, 3308.62
คันที่ 5	0, 6, 32, 33, 35, 31, 37, 38, 39, 36, 28, 34, 50, 51, 52, 101	1943.51	700	0, 37.11, 62.49, 87.39, 22.75, 45.82, 50.02, 78.086, 54.16, 28.13, 57.98, 58.32, 38.48, 38.61, 40.65, 0	631.70, 657, 753, 845, 927, 941, 1131, 1223, 1318, 1413, 1490.73, 1506, 2348.76, 2360, 2545, 2575.21
คันที่ 6	0, 65, 49, 55, 54, 53, 56, 58, 60, 59, 57, 40, 101	1014.57	680.53	0, 23.90, 24.97, 26.05, 108.41, 56.33, 87.61, 90.66, 62.50, 32.30, 133.41, 34.39, 0	1005.68, 1031, 1127, 1225, 1320, 1416, 1510, 1602, 1695, 1790, 1885, 1979, 2020.25
คันที่ 7	0, 100, 97, 92, 94, 95, 3, 85, 71, 76, 73, 79, 81, 101	2289.51	700	0, 31.21, 62.62, 43.89, 22.99, 72.05, 27.18, 110.14, 75.48, 37.84, 40.97, 43.12, 132.51, 0	623.92, 662, 757, 854, 948, 1041, 1327, 2189, 2281.50, 2291, 2574, 2768, 2863, 2913.43
คันที่ 8	0, 26, 16, 44, 14, 12, 70, 80, 101	1062.65	479.50	0, 31.36, 138.70, 35.43, 36.68, 75.42, 119.83, 42.07, 0	1670.82, 1705, 2004.65, 2073, 2186, 2279, 2481, 2673, 2733.48
ระยะเวลาเดินทางรวม				16105.3	
ปริมาณการขนส่งรวม				5343.21	
ผลประโยชน์รวม				-1,605,190	

ตารางที่ 4.30 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 100

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	9	0	37.5	17	0	75
	471	32.2898		2761	6.95796		2471	20.3319
	480	49.9004		2770	49.9004		2475.5	99.9004
	3390	17.7102		3390	43.042		3390	79.6681
2	0	112.5	10	0	37.5	18	0	75
	373	100.122		2951	4.85619		1902	32.9204
	376	149.9		2960	49.9004		1906.5	99.9004
	3390	49.8783		3390	45.1438		3390	67.0796
3	0	37.5	11	0	37.5	19	0	37.5
	1327	22.8208		2744.93	7.13574		1997	15.4093
	1336	49.9004		2753.93	49.9004		2006	49.9004
	3390	27.1792		3390	42.8643		3390	34.5907
4	0	37.5	12	0	75	20	0	37.5
	1421	21.781		2279	24.5796		121.297	36.1582
	1430	49.9004		2283.5	99.9004		130.297	46.1242
	3390	28.219		3390	75.4204		3390	10.0656
5	0	37.5	13	0	112.5	21	0	75
	185	35.4535		2565	27.3783		2994.41	8.75195
	194	49.9004		2568	149.9		2998.91	99.9004
	3390	14.5465		3390	122.622		3390	91.2481
6	0	75	14	0	37.5	22	0	75
	657	60.4646		2186	13.3186		147.903	71.7278
	661.5	97.4754		2195	49.9004		152.403	99.9004
	3390	37.1104		3390	36.6814		3390	28.2722
7	0	75	15	0	150	23	0	37.5
	1233	47.7212		2376	44.8673		1803	17.5553
	1237.5	99.9004		2378.25	199.9		1812	49.9004
	3390	52.2788		3390	155.133		3390	32.4447
8	0	75	16	0	150	24	0	37.5
	2984.26	8.97666		2004.65	61.2986		135.297	36.0034
	2988.76	99.9004		2006.9	199.9		144.297	49.9004
	3390	91.0233		3390	138.701		3390	13.9966

ตารางที่ 4.30 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
25	0	150	42	0	75	59	0	37.5
	2553.75	37.0022		2826	12.4779		1790	17.6991
	2556	199.9		2830.5	99.9004		1799	49.9004
	3390	162.998		3390	87.5221		3390	32.3009
26	0	37.5	43	0	37.5	60	0	75
	1705	18.6394		2733	7.2677		1695	37.5
	1714	49.9004		2742	49.9004		1699.5	99.9004
	3390	31.3606		3390	42.7323		3390	62.5
27	0	37.5	44	0	37.5	61	0	37.5
	369	33.4181		2073	14.5686		561	31.2942
	378	43.6947		2082	49.9004		570	49.9004
	3390	10.3761		3390	35.4314		3390	18.7058
28	0	75	45	0	37.5	62	0	75
	1490.73	42.0193		2265	12.4447		175.5	71.1173
	1495.23	99.9004		2274	49.9004		180	99.9004
	3390	57.9807		3390	37.5553		3390	28.8827
29	0	37.5	46	0	112.5	63	0	187.5
	449	32.5332		2169	40.5199		185	177.268
	458	49.9004		2172	149.9		186.8	249.9
	3390	17.4668		3390	109.48		3390	72.7323
30	0	37.5	47	0	37.5	64	0	37.5
	463	32.3783		2640	8.29646		653	30.2765
	472	49.9004		2649	49.9004		662	49.9004
	3390	17.6217		3390	41.7035		3390	19.7235
31	0	75	48	0	37.5	65	0	37.5
	941	54.1814		3016	4.13717		1031	26.0951
	945.5	99.9004		3025	49.9004		1040	49.9004
	3390	45.8186		3390	45.8628		3390	23.9049
32	0	112.5	49	0	37.5	66	0	37.5
	753	87.5111		1127	25.0332		748	29.2257
	756	149.9		1136	49.9004		757	49.9004
	3390	62.4889		3390	24.9668		3390	20.7743
33	0	150	50	0	37.5	67	0	37.5
	845	112.611		2348.76	11.5181		160.669	35.7227
	847.25	199.9		2357.76	49.9004		169.669	49.9004
	3390	87.3894		3390	38.4819		3390	14.2773
34	0	75	51	0	37.5	68	0	37.5
	1506	41.6814		2360	11.3938		936	27.146
	1510.5	99.9004		2369	49.9004		945	49.9004
	3390	58.3186		3390	38.6062		3390	22.854
35	0	37.5	52	0	37.5	69	0	37.5
	927	27.2456		2545	9.34734		840	28.208
	936	49.9004		2554	49.9004		849	49.9004
	3390	22.7544		3390	40.6527		3390	21.792
36	0	37.5	53	0	75	70	0	112.5
	1413	21.8695		1416	43.6726		2481	30.1659
	1422	49.9004		1420.5	99.9004		2484	149.9
	3390	28.1305		3390	56.3274		3390	119.834
37	0	75	54	0	150	71	0	75
	1131	49.9779		1320	91.5929		2281.5	24.5243
	1135.5	99.9004		1322.25	199.9		2286	99.9004
	3390	50.0221		3390	108.407		3390	75.4757
38	0	112.5	55	0	37.5	72	0	37.5
	1223	71.9137		1225	23.9491		468	32.323
	1226	149.9		1234	49.9004		477	49.9004
	3390	78.0863		3390	26.0509		3390	17.677
39	0	75	56	0	112.5	73	0	37.5
	1318	45.8407		1510	62.3894		2574	9.02655
	1322.5	99.9004		1513	149.9		2583	49.9004
	3390	54.1593		3390	87.6106		3390	40.9735
40	0	37.5	57	0	150	74	0	187.5
	1979	15.6084		1885	66.5929		373	166.869
	1988	49.9004		1887.25	199.9		374.8	249.9
	3390	34.3916		3390	133.407		3390	83.1305
41	0	37.5	58	0	112.5	75	0	75
	2815	6.36062		1602	59.3363		177.5	71.073
	2824	49.9004		1605	149.9		182	99.9004
	3390	43.6394		3390	90.6637		3390	28.927

ตารางที่ 4.30 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
76	0	37.5	85	0	112.5	94	0	37.5
	2291	12.1571		2189	39.8562		948	27.0133
	2300	49.9004		2192	149.9		957	49.9004
	3390	37.8429		3390	110.144		3390	22.9867
77	0	37.5	86	0	37.5	95	0	112.5
	3060	3.65044		1896	16.5265		1041	77.9535
	3069	49.9004		1905	49.9004		1044	149.9
	3390	46.3496		3390	33.4735		3390	72.0465
78	0	75	87	0	75	96	0	37.5
	2962	9.46903		3257	2.94248		3161	2.53319
	2966.5	99.9004		3261.5	99.9004		3170	49.9004
	3390	90.531		3390	97.0575		3390	47.4668
79	0	37.5	88	0	112.5	97	0	112.5
	2768	6.88053		1706	55.885		757	87.3783
	2777	49.9004		1709	149.9		760	149.9
	3390	43.1195		3390	94.115		3390	62.6217
80	0	37.5	89	0	37.5	98	0	75
	2673	7.93142		1407.53	21.93		1138	49.823
	2682	49.9004		1416.53	36.2442		1142.5	99.9004
	3390	42.0686		3390	14.4137		3390	50.177
81	0	112.5	90	0	37.5	99	0	37.5
	2863	17.4889		3279	1.22788		456.169	32.4539
	2866	149.9		3288	49.9004		465.169	49.9004
	3390	132.511		3390	48.7721		3390	17.5461
82	0	75	91	0	37.5	100	0	75
	2085	28.8717		1611	19.6792		662	60.354
	2089.5	99.9004		1620	49.9004		666.5	91.4602
	3390	71.1283		3390	30.3208		3390	31.2057
83	0	37.5	92	0	75			
	1881	16.6925		854	56.1062			
	1890	49.9004		858.5	99.9004			
	3390	33.3075		3390	43.8938			
84	0	75	93	0	150			
	1801	35.1549		167.634	142.583			
	1805.5	99.9004		169.884	199.9			
	3390	64.8451		3390	57.4174			

4.4.2.2 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 100 : 1

ปัญหาทดสอบ C201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนส่งสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.31 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.32

ตารางที่ 4.31 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 100 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 57, 16, 15, 25, 21, 101	1309.22	693.61	0, 133.41, 142.66, 155.13, 167.88, 94.54, 0	1849.94, 1885, 2094, 2376, 2664, 3143, 3159.16
คันที่ 2	0, 54, 58, 46, 45, 13, 81, 87, 101	2005.88	698.30	0, 108.41, 90.66, 109.48, 37.56, 122.62, 132.51, 97.06, 0	1279.95, 1320, 1602, 2169, 2265, 2565, 2863, 3257, 3285.83
คันที่ 3	0, 62, 74, 88, 85, 71, 70, 78, 8, 101	2801.19	699.15	0, 31.19, 83.13, 94.12, 110.14, 77.79, 119.83, 90.53, 92.41, 0	261.97, 280, 373, 1706, 2189, 2386, 2481, 2962, 3047, 3063.16
คันที่ 4	0, 63, 32, 33, 37, 38, 39, 53, 56, 60, 42, 101	2678.96	698.84	0, 72.73, 62.49, 87.39, 50.02, 78.09, 54.16, 56.33, 87.61, 62.50, 87.52, 0	170.86, 185, 753, 845, 1131, 1223, 1318, 1416, 1510, 1695, 2826, 2849.81

ตารางที่ 4.31 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 100 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการ เดินทางรวม	ปริมาณ การขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่ง ของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้า ของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 5	0, 93, 5, 2, 97, 95, 98, 7, 84, 82, 12, 17, 90, 101	3148.86	698.82	0, 57.43, 14.55, 49.88, 62.62, 72.05, 50.18, 52.28, 64.85, 71.13, 75.42, 79.6681 48.7721 0	159.754 168 185 373 757 1041 1138 1233 1801 2085 2279 2471 3279 3308.62
คันที่ 6	0, 100, 92, 31, 34, 28, 23, 18, 19, 14, 9, 11, 10, 48, 77, 96, 101	2570.24	690.99	0, 39.65, 43.89, 45.82, 58.32, 60.55, 32.44, 67.08, 34.59, 36.68, 43.04, 44.12, 45.14, 45.85, 46.35, 47.47, 0	623.92, 662, 854, 941, 1506, 1607, 1803 1902, 1997, 2186, 2761, 2858, 2951, 3014.65, 3060, 3161, 3194.17
คันที่ 7	0, 20, 22, 24, 27, 30, 29, 6, 35, 36, 26, 59, 40, 44, 51, 50, 52, 47, 43, 41, 101	2785.68	585.044	0, 14.38, 29.03, 15.55, 16.58, 17.62, 18.67, 39.54, 23.96, 28.13, 31.36, 32.30, 34.39, 35.43, 38.61, 39.62, 40.65, 41.70, 42.73, 44.78, 0	160, 170, 182, 276, 369, 463, 558, 657 1036, 1413, 1705, 1790, 1979, 2073, 2360, 2452, 2545, 2640, 2733, 2918, 2945.68
คันที่ 8	0, 75, 1, 99, 94, 3, 4, 89, 91, 86, 83, 76, 73, 80, 79, 101	2565.89	437.61	0, 31.15, 17.71, 18.77, 22.99, 27.18, 28.22, 29.26, 30.32, 33.47, 34.54, 37.84, 40.97, 42.07, 43.12, 0	262.19, 278, 471, 567, 948, 1327, 1421 1515, 1611, 1896, 1992, 2291, 2574, 2673, 2768, 2828.08
คันที่ 9	0, 67, 72, 61, 64, 66, 69, 68, 65, 49, 55, 101	1109.26	210.85	0, 14.40, 17.68, 18.71, 19.72, 20.77, 21.79, 22.85, 23.90, 24.97, 26.05, 0	159.79, 172, 468, 561, 653, 748, 840, 936, 1031, 1127, 1225, 1269.06
ระยะเวลาเดินทางรวม				20975.2	
ปริมาณการขนส่งรวม				5413.2	
ผลประโยชน์รวม				520345	

ตารางที่ 4.32 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 100 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	11	0	37.5	21	0	75
	471	32.2898		2858	5.88496		3143	5.4646
	480	49.9004		2867	49.9004		3147.5	99.9004
	3390	17.7102		3390	44.115		3390	94.5354
2	0	112.5	12	0	75	22	0	75
	373	100.122		2279	24.5796		182	70.9735
	376	149.9		2283.5	99.9004		186.5	99.9004
	3390	49.8783		3390	75.4204		3390	29.0265
3	0	37.5	13	0	112.5	23	0	37.5
	1327	22.8208		2565	27.3783		1803	17.5553
	1336	49.9004		2568	149.9		1812	49.9004
	3390	27.1792		3390	122.622		3390	32.4447
4	0	37.5	14	0	37.5	24	0	37.5
	1421	21.781		2186	13.3186		276	34.4469
	1430	49.9004		2195	49.9004		285	49.9004
	3390	28.219		3390	36.6814		3390	15.5531
5	0	37.5	15	0	150	25	0	150
	185	35.4535		2376	44.8673		2664	32.1239
	194	49.9004		2378.25	199.9		2666.25	199.9
	3390	14.5465		3390	155.133		3390	167.876
6	0	75	16	0	150	26	0	37.5
	657	60.4646		2094	57.3451		1705	18.6394
	661.5	99.9004		2096.25	199.9		1714	49.9004
	3390	39.5354		3390	142.655		3390	31.3606
7	0	75	17	0	75	27	0	37.5
	1233	47.7212		2471	20.3319		369	33.4181
	1237.5	99.9004		2475.5	99.9004		378	49.9004
	3390	52.2788		3390	79.6681		3390	16.5819
8	0	75	18	0	75	28	0	75
	3047	7.58849		1902	32.9204		1607	39.4469
	3051.5	99.9004		1906.5	99.9004		1611.5	99.9004
	3390	92.4115		3390	67.0796		3390	60.5531
9	0	37.5	19	0	37.5	29	0	37.5
	2761	6.95796		1997	15.4093		558	31.3274
	2770	49.9004		2006	49.9004		567	49.9004
	3390	43.042		3390	34.5907		3390	18.6726
10	0	37.5	20	0	37.5	30	0	37.5
	2951	4.85619		170	35.6195		463	32.3783
	2960	49.9004		179	49.9004		472	49.9004
	3390	45.1438		3390	14.3805		3390	17.6217

ตารางที่ 4.32 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
31	0	75	48	0	37.5	65	0	37.5
	941	54.1814		3014.65	4.15205		1031	26.0951
	945.5	99.9004		3023.65	49.9004		1040	49.9004
	3390	45.8186		3390	45.8479		3390	23.9049
32	0	112.5	49	0	37.5	66	0	37.5
	753	87.5111		1127	25.0332		748	29.2257
	756	149.9		1136	49.9004		757	49.9004
	3390	62.4889		3390	24.9668		3390	20.7743
33	0	150	50	0	37.5	67	0	37.5
	845	112.611		2452	10.3761		172	35.5973
	847.25	199.9		2461	49.9004		181	49.9004
	3390	87.3894		3390	39.6239		3390	14.4027
34	0	75	51	0	37.5	68	0	37.5
	1506	41.6814		2360	11.3938		936	27.146
	1510.5	99.9004		2369	49.9004		945	49.9004
	3390	58.3186		3390	38.6062		3390	22.854
35	0	37.5	52	0	37.5	69	0	37.5
	1036	26.0398		2545	9.34734		840	28.208
	1045	49.9004		2554	49.9004		849	49.9004
	3390	23.9602		3390	40.6527		3390	21.792
36	0	37.5	53	0	75	70	0	112.5
	1413	21.8695		1416	43.6726		2481	30.1659
	1422	49.9004		1420.5	99.9004		2484	149.9
	3390	28.1305		3390	56.3274		3390	119.834
37	0	75	54	0	150	71	0	75
	1131	49.9779		1320	91.5929		2386	22.2124
	1135.5	99.9004		1322.25	199.9		2390.5	99.9004
	3390	50.0221		3390	108.407		3390	77.7876
38	0	112.5	55	0	37.5	72	0	37.5
	1223	71.9137		1225	23.9491		468	32.323
	1226	149.9		1234	49.9004		477	49.9004
	3390	78.0863		3390	26.0509		3390	17.677
39	0	75	56	0	112.5	73	0	37.5
	1318	45.8407		1510	62.3894		2574	9.02655
	1322.5	99.9004		1513	149.9		2583	49.9004
	3390	54.1593		3390	87.6106		3390	40.9735
40	0	37.5	57	0	150	74	0	187.5
	1979	15.6084		1885	66.5929		373	166.869
	1988	49.9004		1887.25	199.9		374.8	249.9
	3390	34.3916		3390	133.407		3390	83.1305
41	0	37.5	58	0	112.5	75	0	75
	2918	5.22124		1602	59.3363		278	68.8496
	2927	49.9004		1605	149.9		282.5	99.9004
	3390	44.7788		3390	90.6637		3390	31.1504
42	0	75	59	0	37.5	76	0	37.5
	2826	12.4779		1790	17.6991		2291	12.1571
	2830.5	99.9004		1799	49.9004		2300	49.9004
	3390	87.5221		3390	32.3009		3390	37.8429
43	0	37.5	60	0	75	77	0	37.5
	2733	7.2677		1695	37.5		3060	3.65044
	2742	49.9004		1699.5	99.9004		3069	49.9004
	3390	42.7323		3390	62.5		3390	46.3496
44	0	37.5	61	0	37.5	78	0	75
	2073	14.5686		561	31.2942		2962	9.46903
	2082	49.9004		570	49.9004		2966.5	99.9004
	3390	35.4314		3390	18.7058		3390	90.531
45	0	37.5	62	0	75	79	0	37.5
	2265	12.4447		280	68.8053		2768	6.88053
	2274	49.9004		284.5	99.9004		2777	49.9004
	3390	37.5553		3390	31.1947		3390	43.1195
46	0	112.5	63	0	187.5	80	0	37.5
	2169	40.5199		185	177.268		2673	7.93142
	2172	149.9		186.8	249.9		2682	49.9004
	3390	109.48		3390	72.7323		3390	42.0686
47	0	37.5	64	0	37.5	81	0	112.5
	2640	8.29646		653	30.2765		2863	17.4889
	2649	49.9004		662	49.9004		2866	149.9
	3390	41.7035		3390	19.7235		3390	132.511

ตารางที่ 4.32 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
82	0	75	89	0	37.5	96	0	37.5
	2085	28.8717		1515	20.7412		3161	2.53319
	2089.5	99.9004		1524	49.9004		3170	49.9004
	3390	71.1283		3390	29.2588		3390	47.4668
83	0	37.5	90	0	37.5	97	0	112.5
	1992	15.4646		3279	1.22788		757	87.3783
	2001	49.9004		3288	49.9004		760	149.9
	3390	34.5354		3390	48.7721		3390	62.6217
84	0	75	91	0	37.5	98	0	75
	1801	35.1549		1611	19.6792		1138	49.823
	1805.5	99.9004		1620	49.9004		1142.5	99.9004
	3390	64.8451		3390	30.3208		3390	50.177
85	0	112.5	92	0	75	99	0	37.5
	2189	39.8562		854	56.1062		567	31.2279
	2192	149.9		858.5	99.9004		576	49.9004
	3390	110.144		3390	43.8938		3390	18.7721
86	0	37.5	93	0	150	100	0	75
	1896	16.5265		168	142.566		662	60.354
	1905	49.9004		170.25	199.9		666.5	99.9004
	3390	33.4735		3390	57.4336		3390	39.646
87	0	75	94	0	37.5			
	3257	2.94248		948	27.0133			
	3261.5	99.9004		957	49.9004			
	3390	97.0575		3390	22.9867			
88	0	112.5	95	0	112.5			
	1706	55.885		1041	77.9535			
	1709	149.9		1044	149.9			
	3390	94.115		3390	72.0465			

4.4.2.3 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 1

ปัญหาทดสอบ C201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.33 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.34

ตารางที่ 4.33 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 5, 16, 15, 13, 25, 21, 101	2989.29	697.37	0, 14.55, 142.66, 155.13, 122.62, 167.88, 94.54, 0	169.87, 185, 2094, 2376, 2565, 2664, 3143, 3159.16
คันที่ 2	0, 54, 56, 58, 57, 46, 42, 8, 101	1783.21	700	0, 98.90, 87.61, 90.66, 133.41, 109.48, 87.52, 92.41, 0	1279.95, 1320, 1510, 1602, 1885, 2169, 2826, 3047, 3063.16
คันที่ 3	0, 88, 84, 85, 70, 81, 78, 87, 101	1606.76	700	0, 85.08, 64.85, 110.14, 119.83, 132.51, 90.53, 97.06, 0	1679.07, 1706, 1801, 2189, 2481, 2863, 2962, 3257, 3285.83
คันที่ 4	0, 93, 63, 74, 66, 6, 32, 33, 37, 38, 39, 34, 48, 101	2880.96	700	0, 48.96, 72.73, 83.13, 19.32, 39.54, 62.49, 87.39, 50.02, 78.08, 54.16, 58.32, 45.86, 0	154.81, 163.05, 185, 37, 616.22, 657, 753, 845, 1131, 1223, 1318, 1506, 3016, 3035.77
คันที่ 5	0, 22, 29, 31, 35, 36, 28, 26, 23, 18, 19, 14, 12, 17, 9, 11, 10, 101	2806.93	695.71	0, 29.03, 18.67, 45.82, 23.96, 28.13, 60.55, 31.36, 32.44, 67.08, 34.59, 36.68, 75.42, 79.67, 43.04, 44.12, 45.14, 0	169.83, 182, 558, 941, 1036, 1413, 1607, 1705, 1803, 1902, 1997, 2186, 2279, 2471, 2761, 2858, 2951, 2976.76
คันที่ 6	0, 75, 2, 1, 100, 97, 92, 95, 98, 7, 82, 71, 79, 77, 90, 101	3046.43	700	0, 24.59, 49.88, 17.71, 39.65, 62.62, 43.89, 72.05, 50.18, 52.28, 71.13, 77.79, 43.12, 46.35, 48.77, 0	262.19, 278, 373, 471, 662, 757, 854, 1041, 1138, 1233, 2085, 2386, 2768, 3060, 3279, 3308.62

ตารางที่ 4.33 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 7	0, 67, 62, 64, 69, 68, 65, 49, 55, 53, 60, 59, 40, 44, 45, 51, 52, 50, 47, 43, 41, 101	2785.89	690.33	0, 14.40, 31.19, 19.72, 21.79, 22.85, 23.90, 24.97, 26.05, 56.33, 62.50, 32.30, 34.39, 35.43, 37.56, 38.61, 39.49, 39.62, 41.70, 42.73, 44.78, 0	159.79, 172, 280, 653, 840, 936, 1031, 1127, 1225, 1416, 1695, 1790, 1979, 2073, 2265, 2360, 2439.84, 2452, 2640, 2733, 2918, 2945.68
คันที่ 8	0, 20, 24, 27, 30, 99, 94, 3, 89, 4, 91, 86, 83, 76, 73, 80, 96, 101	3034.17	456.05	0, 14.38, 15.55, 16.58, 17.62, 18.77, 22.99, 27.18, 28.07, 28.22, 30.32, 33.47, 34.54, 37.84, 40.97, 42.07, 47.47, 0	160, 170, 276, 369, 463, 567, 948, 1327, 1407.53, 1421, 1611, 1896, 1992, 2291, 2574, 2673, 3161, 3194.17
คันที่ 9	0, 72, 61, 101	148.21	36.38	0 17.677 18.7058 0	444.146 468 561 592.361
ระยะเวลาเดินทางรวม				21081.9	
ปริมาณการขนส่งรวม				5375.83	
ผลประโยชน์รวม				-15706	

ตารางที่ 4.34 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	12	0	75	23	0	37.5
	471	32.2898		2279	24.5796		1803	17.5553
	480	49.9004		2283.5	99.9004		1812	49.9004
	3390	17.7102		3390	75.4204		3390	32.4447
2	0	112.5	13	0	112.5	24	0	37.5
	373	100.122		2565	27.3783		276	34.4469
	376	149.9		2568	149.9		285	49.9004
	3390	49.8783		3390	122.622		3390	15.5531
3	0	37.5	14	0	37.5	25	0	150
	1327	22.8208		2186	13.3186		2664	32.1239
	1336	49.9004		2195	49.9004		2666.25	199.9
	3390	27.1792		3390	36.6814		3390	167.876
4	0	37.5	15	0	150	26	0	37.5
	1421	21.781		2376	44.8673		1705	18.6394
	1430	49.9004		2378.25	199.9		1714	49.9004
	3390	28.219		3390	155.133		3390	31.3606
5	0	37.5	16	0	150	27	0	37.5
	185	35.4535		2094	57.3451		369	33.4181
	194	49.9004		2096.25	199.9		378	49.9004
	3390	14.5465		3390	142.655		3390	16.5819
6	0	75	17	0	75	28	0	75
	657	60.4646		2471	20.3319		1607	39.4469
	661.5	99.9004		2475.5	99.9004		1611.5	99.9004
	3390	39.5354		3390	79.6681		3390	60.5531
7	0	75	18	0	75	29	0	37.5
	1233	47.7212		1902	32.9204		558	31.3274
	1237.5	99.9004		1906.5	99.9004		567	49.9004
	3390	52.2788		3390	67.0796		3390	18.6726
8	0	75	19	0	37.5	30	0	37.5
	3047	7.58849		1997	15.4093		463	32.3783
	3051.5	99.9004		2006	49.9004		472	49.9004
	3390	92.4115		3390	34.5907		3390	17.6217
9	0	37.5	20	0	37.5	31	0	75
	2761	6.95796		170	35.6195		941	54.1814
	2770	49.9004		179	49.9004		945.5	99.9004
	3390	43.042		3390	14.3805		3390	45.8186
10	0	37.5	21	0	75	32	0	112.5
	2951	4.85619		3143	5.4646		753	87.5111
	2960	49.9004		3147.5	99.9004		756	149.9
	3390	45.1438		3390	94.5354		3390	62.4889
11	0	37.5	22	0	75	33	0	150
	2858	5.88496		182	70.9735		845	112.611
	2867	49.9004		186.5	99.9004		847.25	199.9
	3390	44.115		3390	29.0265		3390	87.3894

ตารางที่ 4.34 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
34	0	75	51	0	37.5	68	0	37.5
	1506	41.6814		2360	11.3938		936	27.146
	1510.5	99.9004		2369	49.9004		945	49.9004
	3390	58.3186		3390	38.6062		3390	22.854
35	0	37.5	52	0	37.5	69	0	37.5
	1036	26.0398		2439.84	10.5106		840	28.208
	1045	49.9004		2448.84	49.9004		849	49.9004
	3390	23.9602		3390	39.4894		3390	21.792
36	0	37.5	53	0	75	70	0	112.5
	1413	21.8695		1416	43.6726		2481	30.1659
	1422	49.9004		1420.5	99.9004		2484	149.9
	3390	28.1305		3390	56.3274		3390	119.834
37	0	75	54	0	150	71	0	75
	1131	49.9779		1320	91.5929		2386	22.2124
	1135.5	99.9004		1322.25	190.398		2390.5	99.9004
	3390	50.0221		3390	98.9049		3390	77.7876
38	0	112.5	55	0	37.5	72	0	37.5
	1223	71.9137		1225	23.9491		468	32.323
	1226	149.9		1234	49.9004		477	49.9004
	3390	78.0863		3390	26.0509		3390	17.677
39	0	75	56	0	112.5	73	0	37.5
	1318	45.8407		1510	62.3894		2574	9.02655
	1322.5	99.9004		1513	149.9		2583	49.9004
	3390	54.1593		3390	87.6106		3390	40.9735
40	0	37.5	57	0	150	74	0	187.5
	1979	15.6084		1885	66.5929		373	166.869
	1988	49.9004		1887.25	199.9		374.8	249.9
	3390	34.3916		3390	133.407		3390	83.1305
41	0	37.5	58	0	112.5	75	0	75
	2918	5.22124		1602	59.3363		278	68.8496
	2927	49.9004		1605	149.9		282.5	93.3407
	3390	44.7788		3390	90.6637		3390	24.5907
42	0	75	59	0	37.5	76	0	37.5
	2826	12.4779		1790	17.6991		2291	12.1571
	2830.5	99.9004		1799	49.9004		2300	49.9004
	3390	87.5221		3390	32.3009		3390	37.8429
43	0	37.5	60	0	75	77	0	37.5
	2733	7.2677		1695	37.5		3060	3.65044
	2742	49.9004		1699.5	99.9004		3069	49.9004
	3390	42.7323		3390	62.5		3390	46.3496
44	0	37.5	61	0	37.5	78	0	75
	2073	14.5686		561	31.2942		2962	9.46903
	2082	49.9004		570	49.9004		2966.5	99.9004
	3390	35.4314		3390	18.7058		3390	90.531
45	0	37.5	62	0	75	79	0	37.5
	2265	12.4447		280	68.8053		2768	6.88053
	2274	49.9004		284.5	99.9004		2777	49.9004
	3390	37.5553		3390	31.1947		3390	43.1195
46	0	112.5	63	0	187.5	80	0	37.5
	2169	40.5199		185	177.268		2673	7.93142
	2172	149.9		186.8	249.9		2682	49.9004
	3390	109.48		3390	72.7323		3390	42.0686
47	0	37.5	64	0	37.5	81	0	112.5
	2640	8.29646		653	30.2765		2863	17.4889
	2649	49.9004		662	49.9004		2866	149.9
	3390	41.7035		3390	19.7235		3390	132.511
48	0	37.5	65	0	37.5	82	0	75
	3016	4.13717		1031	26.0951		2085	28.8717
	3025	49.9004		1040	49.9004		2089.5	99.9004
	3390	45.8628		3390	23.9049		3390	71.1283
49	0	37.5	66	0	37.5	83	0	37.5
	1127	25.0332		616.22	30.6834		1992	15.4646
	1136	49.9004		625.22	49.9004		2001	49.9004
	3390	24.9668		3390	19.3166		3390	34.5354
50	0	37.5	67	0	37.5	84	0	75
	2452	10.3761		172	35.5973		1801	35.1549
	2461	49.9004		181	49.9004		1805.5	99.9004
	3390	39.6239		3390	14.4027		3390	64.8451

ตารางที่ 4.34 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ C201, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
85	0	112.5	91	0	37.5	97	0	112.5
	2189	39.8562		1611	19.6792		757	87.3783
	2192	149.9		1620	49.9004		760	149.9
	3390	110.144		3390	30.3208		3390	62.6217
86	0	37.5	92	0	75	98	0	75
	1896	16.5265		854	56.1062		1138	49.823
	1905	49.9004		858.5	99.9004		1142.5	99.9004
	3390	33.4735		3390	43.8938		3390	50.177
87	0	75	93	0	150	99	0	37.5
	3257	2.94248		163.052	142.785		567	31.2279
	3261.5	99.9004		165.302	191.643		576	49.9004
	3390	97.0575		3390	48.9577		3390	18.7221
88	0	112.5	94	0	37.5	100	0	75
	1706	55.885		948	27.0133		662	60.354
	1709	140.863		957	49.9004		666.5	99.9004
	3390	85.0774		3390	22.9867		3390	39.646
89	0	37.5	95	0	112.5			
	1407.53	21.93		1041	77.9535			
	1416.53	49.9004		1044	149.9			
	3390	28.07		3390	72.0465			
90	0	37.5	96	0	37.5			
	3279	1.22788		3161	2.53319			
	3288	49.9004		3170	49.9004			
	3390	48.7721		3390	47.4668			

จากผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1: 100 100 : 1 และ 1 : 1 การจัดเส้นทางจะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 4.29 ตารางที่ 4.31 และตารางที่ 4.33 จะเห็นว่าปริมาณการขนส่งของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า จากตารางที่ 4.30 และตารางที่ 4.32 และตารางที่ 4.34 แสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 100 ราย ซึ่งมีสินค้าคงคลังอยู่ตลอดช่วงเวลากการวางแผนไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า

การเปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 100 : 1 และ 1 : 1 แสดงดังตารางที่ 4.35

ตารางที่ 4.35 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ C201

ตัวแปร	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 100)	ปริมาณ : ระยะทาง (100 : 1)	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 1)
จำนวนรถบรรทุกรวม	8	9	9
เวลาการเดินทางรวม	16105.3	20975.2	21081.9
ปริมาณการขนส่งรวม	5343.21	5413.2	5375.83
ผลประโยชน์รวม	-1,605,190	520345	-15706

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง (1 : 100) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) คือ 16105.3 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 เวลาการเดินทางรวมจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 23.10 และ 23.61 ตามลำดับ และที่การทดสอบ 1 : 100 เมื่อระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็จะน้อยสุดด้วย คือ 8 คัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 จำนวนยานพาหนะจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 11.11 และ 11.11 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง (100 : 1) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงปริมาณการขนส่งมากที่สุด คือ 5413.2 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 1 : 100 และ 1 : 1 ปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 1.30 และ 0.70 ตามลำดับ

4.4.3 ปัญหาทดสอบ R101

4.4.3.1 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100

ปัญหาทดสอบ R101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.36 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.37

ตารางที่ 4.36 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 100

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 27, 28, 53, 24, 58, 101	172.944	200	0, 24.52, 35.39, 43.75, 12.21, 84.13, 0	46.67, 51.67, 59, 115, 173, 210, 219.61
คันที่ 2	0, 95, 94, 6, 89, 101	161.53	200	0, 39.16, 84.58, 9.57, 66.68, 0	44.13, 59, 115.47, 119, 196, 205.67
คันที่ 3	0, 40, 87, 13, 101	103.80	200	0, 23.72, 80.40, 95.88, 0	86.82, 98, 113, 179, 190.62
คันที่ 4	0, 52, 69, 76, 12, 26, 80, 101	183.46	200	0, 14.69, 13.42, 32.18, 49.46, 63.38, 26.87, 0	37.30, 48.61, 60.49, 75.16, 83, 152, 198, 220.76
คันที่ 5	0, 59, 92, 98, 99, 96, 97, 60, 101	175.76	200	0, 46.94, 4.065, 25.22, 26.36, 39.82, 44.93, 12.65, 0	27.60, 45.41, 48, 78, 103, 145.38, 153, 182, 203.36
คันที่ 6	0, 3, 79, 50, 1, 101	111.97	198.59	0, 39.06, 70.75, 46.77, 42.01, 0	85.26, 107.62, 112, 144, 181, 197.23
คันที่ 7	0, 5, 83, 45, 82, 8, 18, 101	101.69	200	0, 41.13, 22.72, 35.39, 39.57, 25.26, 35.93, 0	21.96, 42.57, 50.03, 59, 75, 95.45, 107, 123.65
คันที่ 8	0, 31, 88, 62, 19, 7, 70, 101	173.37	200	0, 47.62, 21.60, 47.91, 45.98, 14.48, 22.39	47.73, 65.19, 70.56, 78, 89.23, 101, 198, 221.10
คันที่ 9	0, 2, 72, 21, 73, 75, 74, 91, 101	192.08	199.54	0, 13.49, 53.67, 27.38, 23, 48.62, 29.19, 4.18, 0	23.53, 41.53, 55, 76.01, 80.08, 89, 147.18, 180, 215.61
คันที่ 10	0, 68, 77, 101	78.79	200	0, 137.08, 62.92	140.62, 162, 199, 219.41
คันที่ 11	0, 85, 93, 101	131.72	200	0, 101.12, 98.88, 0	87.98, 111, 199, 219.70

ตารางที่ 4.36 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 100 (ต่อ)

รอบรทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 12	0, 42, 61, 16, 37, 100, 101	190.12	200	0, 6.16, 35.27, 53.18, 30.09, 75.30, 0	29.50, 55, 89.76, 95, 154, 195, 219.63
คันที่ 13	0, 29, 78, 54, 55, 25, 4, 101	141.36	200	0, 20.88, 9.28, 63.50, 7.35, 22.89, 76.10, 0	53.17, 83, 113.01, 139.69, 148.73, 157.33, 169, 194.53
คันที่ 14	0, 14, 44, 15, 57, 41, 22, 56, 101	159.63	200	0, 25.25, 39.94, 20.57, 19.95, 15.278, 56.84, 22.17, 0	21.25, 53.26, 59.42, 81, 98.15, 110.76, 117, 150, 180.87
คันที่ 15	0, 11, 84, 46, 17, 48, 101	174.95	200	0, 14.42, 21.034, 3.34, 7.61, 153.589, 0	38.13, 71.67, 107.68, 128.34, 156.59, 185, 213.08
คันที่ 16	0, 33, 81, 9, 51, 20, 101	146.49	200	0, 18.23, 72.63, 46.36, 30.11, 32.67, 0	32.24, 57, 94.67, 101.05, 108, 146, 178.7
คันที่ 17	0, 30, 90, 32, 10, 101	104.61	200	0, 54.33, 9.38, 78.73, 57.57, 0	65.50, 91, 115, 133.27, 144, 170.12
คันที่ 18	0, 39, 67, 23, 101	94.37	200	0, 60.08, 62.06, 77.86, 0	30.03, 64, 75.60, 88, 124.40
คันที่ 19	0, 36, 47, 64, 49, 101	152.38	200	0, 10.21, 64.78, 24.90, 100.11, 0	19.88, 61.28, 70.49, 93, 128, 172.27
คันที่ 20	0, 86, 38, 43, 101	133.28	167.89	0, 94.92, 46.87, 26.09, 0	54.32, 89.68, 103, 152, 187.61
คันที่ 21	0, 63, 71, 65, 66, 101	185.80	195.86	0, 18.54, 35.39, 50.76, 91.1, 0	2.09, 37.02, 68.04, 79, 147, 187.90
คันที่ 22	0, 34, 35, 101	104.34	80.03	0, 48.77, 31.26, 0	100.94, 137, 163, 205.29
ระยะเวลาเดินทางรวม				3174.46	
ปริมาณการขนส่งรวม				4241.92	
ผลประโยชน์รวม				-313204	

ตารางที่ 4.37 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 100

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	9	0	60	17	0	7.5
	181	7.98913		101.05	33.639		156.591	2.39378
	182	49.837		101.675	79.837		161.591	9.83696
	230	42.0109		230	46.361		230	7.60622
2	0	26.25	10	0	60	18	0	45
	41.5298	21.5102		144	22.4348		107	24.0652
	42.9584	34.837		144.625	79.837		107.833	59.837
	230	13.4898		230	57.5652		230	35.9348
3	0	48.75	11	0	45	19	0	63.75
	107.625	25.9381		71.674	30.9768		89.2314	39.0174
	108.394	64.837		72.5073	45.2387		89.8197	84.837
	230	39.0619		230	14.4249		230	45.9826
4	0	71.25	12	0	71.25	20	0	33.75
	169	18.8967		83	45.538		146	12.3261
	169.526	94.837		83.5263	94.837		147.111	44.837
	230	76.1033		230	49.462		230	32.6739
5	0	97.5	13	0	86.25	21	0	41.25
	42.573	79.4528		179	19.125		76.0073	27.6183
	42.9576	120.42		179.435	114.837		76.9164	54.837
	230	41.1301		230	95.875		230	27.3817
6	0	11.25	14	0	75	22	0	67.5
	119	5.42935		53.2638	57.6314		117	33.163
	122.333	14.837		53.7638	82.7227		117.556	89.837
	230	9.57065		230	25.2544		230	56.837
7	0	18.75	15	0	30	23	0	108.75
	101	10.5163		81	19.4348		88	67.1413
	103	24.837		82.25	39.837		88.3448	144.837
	230	14.4837		230	20.5652		230	77.8587
8	0	33.75	16	0	71.25	24	0	11.25
	95.4486	19.744		95	41.8207		173	2.78804
	96.5597	44.837		95.5263	94.837		176.333	14.837
	230	25.256		230	53.1793		230	12.212

ตารางที่ 4.37 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
25	0	22.5	42	0	18.75	59	0	105
	157.333	7.1087		55	14.2663		45.4068	84.2708
	159	29.837		57	20.2631		45.7639	131.05
	230	22.8913		230	6.15985		230	46.9422
26	0	63.75	43	0	26.25	60	0	11.25
	152	21.6196		152	8.90217		182	2.34783
	152.588	84.837		153.429	34.837		185.333	14.837
	230	63.3804		230	26.0978		230	12.6522
27	0	60	44	0	67.5	61	0	48.75
	51.6668	46.5217		59.4206	50.0613		89.7586	29.7251
	52.2918	70.875		59.9762	89.837		90.5279	64.837
	230	24.5163		230	39.9387		230	35.2749
28	0	60	45	0	60	62	0	71.25
	59	44.6087		59	44.6087		78	47.087
	59.625	79.837		59.625	79.837		78.5263	94.837
	230	35.3913		230	35.3913		230	47.913
29	0	33.75	46	0	3.75	63	0	37.5
	83	21.5707		128.342	1.65746		37.021	31.464
	84.1111	42.2906		138.342	4.83696		38.021	49.837
	230	20.883		230	3.34254		230	18.536
30	0	78.75	47	0	101.25	64	0	33.75
	91	47.5924		70.4937	70.2175		93	20.1033
	91.4762	101.763		70.8641	134.837		94.1111	44.837
	230	54.3337		230	64.7825		230	24.8967
31	0	101.25	48	0	135	65	0	75
	65.194	72.5505		185	26.413		79	49.2391
	65.5643	120.012		185.278	179.837		79.5	99.837
	230	47.6248		230	153.587		230	50.7609
32	0	86.25	49	0	112.5	66	0	93.75
	133.27	36.2739		128	49.8913		147	33.8315
	133.704	114.837		128.333	149.837		147.4	124.837
	230	78.7261		230	100.109		230	91.1685
33	0	41.25	50	0	48.75	67	0	93.75
	57	31.0272		144	18.2283		75.6	62.9348
	57.9091	49.0905		144.769	64.837		76	124.837
	230	18.2263		230	46.7717		230	62.0652
34	0	52.5	51	0	37.5	68	0	135
	137	21.2283		108	19.8913		162	39.913
	137.714	69.837		109	49.837		162.278	176.826
	230	48.7717		230	30.1087		230	137.076
35	0	30	52	0	33.75	69	0	22.5
	163	8.73913		48.6116	26.6168		60.493	16.5822
	164.25	39.837		49.7227	41.1434		62.1597	29.837
	230	31.2609		230	14.6897		230	13.4178
36	0	18.75	53	0	52.5	70	0	18.75
	61.2826	13.7541		115	26.25		198	2.6087
	63.2826	23.8031		115.714	69.837		200	24.837
	230	10.212		230	43.75		230	22.3913
37	0	30	54	0	67.5	71	0	56.25
	154	9.91304		139.687	26.5049		68.0377	39.6103
	155.25	39.837		140.243	89.837		68.7044	74.837
	230	30.087		230	63.4951		230	35.3897
38	0	60	55	0	7.5	72	0	93.75
	103	33.1304		148.728	2.65018		55	71.3315
	103.625	79.837		153.728	9.83696		55.4	124.837
	230	46.8696		230	7.34982		230	53.6685
39	0	116.25	56	0	22.5	73	0	33.75
	64	83.9022		150	7.82609		80.0786	21.9993
	64.3226	143.815		151.667	29.837		81.1898	44.837
	230	60.0761		230	22.1739		230	23.0007
40	0	33.75	57	0	26.25	74	0	30
	97.9964	19.3701		98.1484	15.0483		147.175	10.8033
	99.1076	42.9299		99.577	34.837		148.425	39.837
	230	23.7228		230	19.9517		230	29.1967
41	0	18.75	58	0	67.5	75	0	67.5
	110.757	9.72087		210	5.86957		89	41.3804
	112.757	24.837		210.556	89.837		89.5556	89.837
	230	15.2791		230	84.1304		230	48.6196

ตารางที่ 4.37 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
76	0	48.75	85	0	153.75	94	0	101.25
	75.1597	32.8194		111	79.5489		115.467	50.4193
	75.9289	64.837		111.244	180.505		115.838	134.837
	230	32.1806		230	101.12		230	84.5807
77	0	52.5	86	0	131.25	95	0	75
	199	7.07609		89.6759	80.0763		59	55.7609
	199.714	69.837		89.9616	174.837		59.5	94.7617
	230	62.9239		230	94.9237		230	39.1638
78	0	11.25	87	0	97.5	96	0	41.25
	113.008	5.72242		113	49.5978		145.383	15.1759
	116.342	14.837		113.385	129.837		146.292	54.837
	230	9.27758		230	80.4022		230	39.8241
79	0	86.25	88	0	33.75	97	0	45
	112	44.25		70.5643	23.3955		153	15.0652
	112.435	114.837		71.6754	44.837		153.833	59.837
	230	70.75		230	21.6045		230	44.9348
80	0	22.5	89	0	56.25	98	0	37.5
	198	3.13043		196	8.31522		78	24.7826
	199.667	29.837		196.667	74.837		79	49.837
	230	26.8696		230	66.6848		230	25.2174
81	0	97.5	90	0	11.25	99	0	33.75
	94.6658	57.3699		115	5.625		103	18.6359
	95.0504	129.837		118.333	14.837		104.111	44.837
	230	72.6301		230	9.375		230	26.3641
82	0	60	91	0	3.75	100	0	63.75
	75	40.4348		180	0.815217		195	9.70109
	75.625	79.837		190	4.83696		195.588	84.837
	230	39.5652		230	4.18478		230	75.2989
83	0	41.25	92	0	7.5	100	0	63.75
	50.0287	32.2775		48	5.93478		195	9.70109
	50.9377	54.837		53	9.83696		195.588	84.837
	230	22.7225		230	4.06522		230	75.2989
84	0	26.25	93	0	82.5	100	0	63.75
	107.678	13.9606		199	11.1196		195	9.70109
	109.107	34.837		199.455	109.837		195.588	84.837
	230	21.0394		230	98.8804		230	75.2989

4.4.3.2 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 100 : 1

ปัญหาทดสอบ R101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนส่งสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.38 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.39

ตารางที่ 4.38 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 100 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0 , 14 , 48 , 101	183.10	198.80	0 , 45.22 , 153.59 , 0	29.98 , 62 , 185 , 213.08
คันที่ 2	0 , 22 , 68 , 101	93.58	196.92	0 , 56.84 , 140.09 , 0	90.07 , 117 , 162 , 183.66
คันที่ 3	0 , 92 , 85 , 89 , 101	176.05	196.20	0 , 4.065 , 125.45 , 66.68 , 0	29.62 , 48 , 111 , 196 , 205.67
คันที่ 4	0 , 86 , 91 , 58 , 101	140.97	197.08	0 , 108.80 , 4.15 , 84.13 , 0	78.64 , 114 , 177.86 , 210 , 219.61
คันที่ 5	0 , 49 , 93 , 101	135.63	198.99	0 , 100.12 , 98.88 , 0	84.07 , 128 , 199 , 219.70

ตารางที่ 4.38 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 100 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของรถคันแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของรถคันแต่ละราย
คันที่ 6	0 , 36 , 94 , 13 , 101	161.02	194.49	0 , 12.04 , 86.58 , 95.88 , 0	29.60 , 71 , 120 , 179 , 190.62
คันที่ 7	0 , 69 , 66 , 32 , 101	137.60	194.25	0 , 14.35 , 90.78 , 89.13 , 0	57.83 , 70 , 146.04 , 161 , 195.44
คันที่ 8	0 , 31 , 81 , 50 , 101	109.20	192.16	0 , 64.57 , 80.83 , 46.77 , 0	52.54 , 70 , 114 , 144 , 161.74
คันที่ 9	0 , 95 , 87 , 100 , 101	175.50	199.94	0 , 44.24 , 80.40 , 75.30 , 0	44.13 , 59 , 113 , 195 , 219.63
คันที่ 10	0 , 23 , 55 , 4 , 25 , 101	169.26	187.23	0 , 77.86 , 7.57 , 76.10 , 25.70 , 0	51.94 , 88 , 155.46 , 169 , 186 , 221.21
คันที่ 11	0 , 39 , 67 , 56 , 74 , 101	164.82	198.55	0 , 71.10 , 73.23 , 22.17 , 32.04 , 0	30.03 , 64 , 103 , 150 , 169 , 194.85
คันที่ 12	0 , 30 , 79 , 54 , 101	118.14	197.52	0 , 57.31 , 70.75 , 69.46 , 0	65.22 , 90.72 , 112 , 160 , 183.36
คันที่ 13	0 , 47 , 26 , 77 , 101	182.62	191.31	0 , 65.01 , 63.38 , 62.92 , 0	36.79 , 71 , 152 , 199 , 219.41
คันที่ 14	0 , 59 , 98 , 16 , 10 , 101	140.93	192.42	0 , 56.46 , 25.22 , 53.18 , 57.57 , 0	29.20 , 47 , 78 , 95 , 144 , 170.12
คันที่ 15	0 , 5 , 44 , 38 , 97 , 101	137.65	195.82	0 , 55.39 , 48.62 , 46.87 , 44.93 , 0	33.38 , 54 , 89 , 103 , 153 , 171.04
คันที่ 16	0 , 72 , 12 , 9 , 3 , 101	126.60	198.73	0 , 53.67 , 49.46 , 50.52 , 45.08 , 0	32.53 , 55 , 83 , 117 , 136 , 159.13
คันที่ 17	0 , 65 , 71 , 78 , 34 , 1 , 101	168.16	193.44	0 , 50.76 , 42.47 , 9.42 , 48.77 , 42.01 , 0	29.07 , 79 , 97 , 116 , 137 , 181 , 197.23
คันที่ 18	0 , 2 , 75 , 73 , 53 , 101	68.19	134.74	0 , 16.74 , 48.62 , 25.63 , 43.75 , 0	52 , 70 , 89 , 98 , 115 , 120.19
คันที่ 19	0 , 62 , 11 , 19 , 8 , 96 , 101	118.67	197.47	0 , 47.91 , 32.02 , 47.86 , 28.13 , 41.55 , 0	52.50 , 78 , 87 , 96 , 115 , 155 , 171.17
คันที่ 20	0 , 45 , 82 , 18 , 60 , 101	173.52	123.54	0 , 35.39 , 39.57 , 35.93 , 12.65 , 0	29.85 , 59 , 75 , 107 , 182 , 203.36
คันที่ 21	0 , 27 , 61 , 84 , 37 , 17 , 101	160.41	132.39	0 , 34.87 , 36.60 , 22.56 , 30.09 , 8.27 , 0	52 , 57 , 96 , 121 , 154 , 177 , 212.41
คันที่ 22	0 , 28 , 76 , 51 , 20 , 35 , 80 , 101	168.09	191.58	0 , 35.39 , 35.59 , 30.11 , 32.36 , 31.26 , 26.87	52.68 , 59 , 91.23 , 108 , 143.89 , 163 , 198 , 220.76
คันที่ 23	0 , 21 , 40 , 101	53.32	55.11	0 , 28.46 , 26.66 , 0	63.97 , 82 , 105 , 117.29
คันที่ 24	0 , 83 , 99 , 57 , 43 , 101	144.70	100.02	0 , 25.23 , 26.14 , 22.56 , 26.10 , 0	42.91 , 64 , 101.45 , 121 , 152 , 187.61
คันที่ 25	0 , 33 , 88 , 7 , 46 , 101	150.28	66.92	0 , 23.97 , 24.98 , 14.48 , 3.48 , 0	32.24 , 57 , 93.56 , 101 , 137 , 182.47
คันที่ 26	0 , 63 , 64 , 90 , 70 , 101	192.02	79.60	0 , 22.93 , 24.90 , 9.38 , 22.39 , 0	29.07 , 64 , 93 , 115 , 198 , 221.10
คันที่ 27	0 , 29 , 24 , 101	153.17	35.64	0 , 23.43 , 12.21 , 0	53.17 , 83 , 173 , 206.33
คันที่ 28	0 , 52 , 6 , 101	72.83	31.39	0 , 21.82 , 9.57 , 0	60.69 , 72 , 119 , 133.51
คันที่ 29	0 , 42 , 15 , 41 , 101	118.36	47.09	0 , 10.73 , 20.57 , 15.79 , 0	29.50 , 55 , 81 , 117 , 147.86
ระยะเวลาเดินทางรวม					4094.32
ปริมาณการขนส่งรวม					4519.34
ผลประโยชน์รวม					447839

ตารางที่ 4.39 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 100 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	18	0	45	35	0	30
	181	7.98913		107	24.0652		163	8.73913
	182	49.837		107.833	59.837		164.25	39.837
	230	42.0109		230	35.9348		230	31.2609
2	0	26.25	19	0	63.75	36	0	18.75
	70	18.2609		96	37.1413		71	12.962
	71.4286	34.837		96.5882	84.837		73	24.837
	230	16.7391		230	47.8587		230	12.038
3	0	48.75	20	0	33.75	37	0	30
	136	19.9239		143.889	12.6359		154	9.91304
	136.769	64.837		145	44.837		155.25	39.837
	230	45.0761		230	32.3641		230	30.087
4	0	71.25	21	0	41.25	38	0	60
	169	18.8967		82	26.5435		103	33.1304
	169.526	94.837		82.9091	54.837		103.625	79.837
	230	76.1033		230	28.4565		230	46.8696
5	0	97.5	22	0	67.5	39	0	116.25
	54	74.6087		117	33.163		64	83.9022
	54.3846	129.837		117.556	89.837		64.3226	154.837
	230	55.3913		230	56.837		230	71.0978
6	0	11.25	23	0	108.75	40	0	33.75
	119	5.42935		88	67.1413		105	18.3424
	122.333	14.837		88.3448	144.837		106.111	44.837
	230	9.57065		230	77.8587		230	26.6576
7	0	18.75	24	0	11.25	41	0	18.75
	101	10.5163		173	2.78804		117	9.21196
	103	24.837		176.333	14.837		119	24.837
	230	14.4837		230	12.212		230	15.788
8	0	33.75	25	0	22.5	42	0	18.75
	115	16.875		186	4.30435		55	14.2663
	116.111	44.837		187.667	29.837		57	24.837
	230	28.125		230	25.6957		230	10.7337
9	0	60	26	0	63.75	43	0	26.25
	117	29.4783		152	21.6196		152	8.90217
	117.625	79.837		152.588	84.837		153.429	34.837
	230	50.5217		230	63.3804		230	26.0978
10	0	60	27	0	60	44	0	67.5
	144	22.4348		57	45.1304		89	41.3804
	144.625	79.837		57.625	79.837		89.5556	89.837
	230	57.5652		230	34.8696		230	48.6196
11	0	45	28	0	60	45	0	60
	87	27.9783		59	44.6087		59	44.6087
	87.8333	59.837		59.625	79.837		59.625	79.837
	230	32.0217		230	35.3913		230	35.3913
12	0	71.25	29	0	33.75	46	0	3.75
	83	45.538		83	21.5707		137	1.5163
	83.5263	94.837		84.1111	44.837		147	4.83696
	230	49.462		230	23.4293		230	3.4837
13	0	86.25	30	0	78.75	47	0	101.25
	179	19.125		90.7152	47.6899		71	69.9946
	179.435	114.837		91.1913	104.837		71.3704	134.837
	230	95.875		230	57.3101		230	65.0054
14	0	75	31	0	101.25	48	0	135
	62	54.7826		70	70.4348		185	26.413
	62.5	99.837		70.3704	134.837		185.278	179.837
	230	45.2174		230	64.5652		230	153.587
15	0	30	32	0	86.25	49	0	112.5
	81	19.4348		161	25.875		128	49.8913
	82.25	39.837		161.435	114.837		128.333	149.837
	230	20.5652		230	89.125		230	100.109
16	0	71.25	33	0	41.25	50	0	48.75
	95	41.8207		57	31.0272		144	18.2283
	95.5263	94.837		57.9091	54.837		144.769	64.837
	230	53.1793		230	23.9728		230	46.7717
17	0	7.5	34	0	52.5	51	0	37.5
	177	1.72826		137	21.2283		108	19.8913
	182	9.83696		137.714	69.837		109	49.837
	230	8.27174		230	48.7717		230	30.1087

ตารางที่ 4.39 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	33.75	69	0	22.5	86	0	131.25
	72	23.1848		70	15.6522		114	66.1957
	73.1111	44.837		71.6667	29.837		114.286	174.837
	230	21.8152		230	14.3478		230	108.804
53	0	52.5	70	0	18.75	87	0	97.5
	115	26.25		198	2.6087		113	49.5978
	115.714	69.837		200	24.837		113.385	129.837
	230	43.75		230	22.3913		230	80.4022
54	0	67.5	71	0	56.25	88	0	33.75
	160	20.5435		97	32.5272		93.5643	20.0205
	160.556	89.837		97.6667	74.837		94.6754	44.837
	230	69.4565		230	42.4728		230	24.9795
55	0	7.5	72	0	93.75	89	0	56.25
	155.456	2.43078		55	71.3315		196	8.31522
	160.456	9.83696		55.4	124.837		196.667	74.837
	230	7.56922		230	53.6685		230	66.6848
56	0	22.5	73	0	33.75	90	0	11.25
	150	7.82609		98	19.3696		115	5.625
	151.667	29.837		99.1111	44.837		118.333	14.837
	230	22.1739		230	25.6304		230	9.375
57	0	26.25	74	0	30	91	0	3.75
	121	12.4402		169	7.95652		177.864	0.850043
	122.429	34.837		170.25	39.837		187.864	4.83696
	230	22.5598		230	32.0435		230	4.14996
58	0	67.5	75	0	67.5	92	0	7.5
	210	5.86957		89	41.3804		48	5.93478
	210.556	89.837		89.5556	89.837		53	9.83696
	230	84.1304		230	48.6196		230	4.06522
59	0	105	76	0	48.75	93	0	82.5
	47	83.5435		91.2308	29.413		199	11.1196
	47.3571	139.837		92	64.837		199.455	109.837
	230	56.4565		230	35.587		230	98.8804
60	0	11.25	77	0	52.5	94	0	101.25
	182	2.34783		199	7.07609		120	48.4239
	185.333	14.837		199.714	69.837		120.37	134.837
	230	12.6522		230	62.9239		230	86.5761
61	0	48.75	78	0	11.25	95	0	7.5
	96	28.4022		116	5.57609		59	55.7609
	96.7692	64.837		119.333	14.837		59.5	99.837
	230	36.5978		230	9.42391		230	44.2391
62	0	71.25	79	0	86.25	96	0	41.25
	78	47.087		112	44.25		155	13.4511
	78.5263	94.837		112.435	114.837		155.909	54.837
	230	47.913		230	70.75		230	41.5489
63	0	37.5	80	0	22.5	97	0	45
	64	27.0652		198	3.13043		153	15.0652
	65	49.837		199.667	29.837		153.833	59.837
	230	22.9348		230	26.8696		230	44.9348
64	0	33.75	81	0	97.5	98	0	37.5
	93	20.1033		114	49.1739		78	24.7826
	94.1111	44.837		114.385	129.837		79	49.837
	230	24.8967		230	80.8261		230	25.2174
65	0	75	82	0	60	99	0	33.75
	79	49.2391		75	40.4348		101.45	18.8633
	79.5	99.837		75.625	79.837		102.561	44.837
	230	50.7609		230	39.5652		230	26.1367
66	0	93.75	83	0	41.25	100	0	63.75
	146.04	34.2229		64	29.7717		195	9.70109
	146.44	124.837		64.9091	54.837		195.588	84.837
	230	90.7771		230	25.2283		230	75.2989
67	0	93.75	84	0	26.25			
	103	51.7663		121	12.4402			
	103.4	124.837		122.429	34.837			
	230	73.2337		230	22.5598			
68	0	135	85	0	153.75			
	162	39.913		111	79.5489			
	162.278	179.837		111.244	204.837			
	230	140.087		230	125.451			

4.4.3.2 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 1

ปัญหาทดสอบ R101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้น แสดงดังตารางที่ 4.40 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.40 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 31, 48, 101	160.55	200	0, 46.41, 153.59, 0	52.54, 70, 185, 213.08
คันที่ 2	0, 68, 77, 101	78.79	200	0, 137.08, 62.92, 0	140.62, 162, 199, 219.41
คันที่ 3	0, 85, 93, 101	131.73	200	0, 101.12, 98.88, 0	87.98, 111, 199, 219.70
คันที่ 4	0, 99, 94, 13, 101	105.11	200	0, 17.55, 86.58, 95.88, 0	85.51, 103, 120, 179, 190.62
คันที่ 5	0, 95, 87, 58, 101	175.48	200	0, 35.47, 80.40, 84.13, 0	44.13, 59, 113, 210, 219.61
คันที่ 6	0, 16, 86, 89, 101	139.82	200	0, 24.51, 108.80, 66.68, 0	65.85, 95, 114, 196, 205.67
คันที่ 7	0, 26, 54, 4, 101	59.11	200	0, 54.67, 69.23, 76.10, 0	135.42, 146.60, 159.23, 169, 194.53
คันที่ 8	0, 53, 96, 97, 100, 101	109.10	200	0, 39.94, 39.82, 44.93, 75.30, 0	110.53, 115, 145.38, 153, 195, 219.63
คันที่ 9	0, 79, 78, 81, 50, 101	89.04	200	0, 63.55, 8.85, 80.83, 46.77, 0	72.70, 98.25, 104.34, 114, 144, 161.74
คันที่ 10	0, 27, 10, 32, 70, 101	169.10	200	0, 30.92, 57.57, 89.12, 22.39, 0	52, 57, 144, 161, 198, 221.10
คันที่ 11	0, 28, 12, 76, 3, 1, 101	144.56	200	0, 27.49, 49.46, 35.96, 45.08, 42.01, 0	52.68, 59, 83, 93, 136, 181, 197.23
คันที่ 12	0, 59, 5, 83, 82, 18, 101	96.29	200	0, 43.88, 55.39, 25.23, 39.57, 35.93, 0	27.35, 45.16, 54, 64, 75, 107, 123.65
คันที่ 13	0, 62, 47, 49, 101	143.41	200	0, 34.89, 65.01, 100.11, 0	28.85, 54.35, 71, 128, 172.27
คันที่ 14	0, 30, 9, 66, 101	122.39	199.10	0, 57.41, 50.52, 91.17, 0	65.50, 91, 117, 147, 187.90
คันที่ 15	0, 72, 3, 23, 101	96.87	200	0, 51.04, 71.10, 77.86, 0	27.53, 50, 64, 88, 124.40
คันที่ 16	0, 21, 75, 40, 73, 22, 74, 101	152.89	200	0, 18.07, 43.26, 24.15, 25.63, 56.84, 32.04, 0	41.96, 59.99, 70.75, 87.94, 98, 117, 169, 194.85
คันที่ 17	0, 52, 88, 11, 19, 8, 84, 37, 91, 101	170.89	200	0, 18.09, 20.97, 30.97, 46.07, 27.08, 22.56, 30.09, 4.18, 0	44.73, 56.04, 66.21, 81.63, 89.54, 107.85, 121, 154, 180, 215.61
คันที่ 18	0, 69, 51, 71, 34, 35, 24, 80, 101	167.68	197.33	0, 13.88, 26.06, 42.47, 47.35, 28.48, 12.21, 26.87, 0	53.08, 65.25, 83.19, 97, 130.77, 141.68, 173, 198, 220.76
คันที่ 19	0, 92, 14, 98, 2, 67, 56, 25, 101	220.79	198.59	0, 3.11, 37.29, 20.64, 16.44, 73.23, 22.17, 25.70, 0	0.42, 18.81, 37.70, 49.90, 67.40, 103, 150, 186, 221.21
คันที่ 20	0, 45, 38, 44, 61, 6, 17, 60, 101	192.20	184.05	0, 30.52, 39.29, 47.56, 36.60, 9.57, 7.86, 12.65, 0	11.16, 40.31, 73.95, 85.39, 96, 119, 164.35, 182, 203.36
คันที่ 21	0, 42, 15, 41, 57, 43, 101	158.10	95	0, 10.73, 20.57, 15.04, 22.56, 26.10, 0	29.50, 55, 81, 107.82, 121, 152, 187.61
คันที่ 22	0, 33, 65, 90, 20, 1	151.97	115.80	0, 22.99, 50.76, 9.38, 32.67, 0	26.76, 51.52, 79, 115, 146, 178.73
คันที่ 23	0, 63, 64, 7, 46, 101	160.39	61.64	0, 21.79, 21.88, 14.48, 3.48, 0	22.08, 57.01, 72.43, 101, 137, 182.47
คันที่ 24	0, 29, 55, 101	138.30	31.02	0, 23.43, 7.59, 0	53.17, 83, 156, 191.46

ตารางที่ 4.40 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้านแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้านแต่ละราย
คันที่ 25	0, 36, 101	84.80	12.04	0, 12.04, 0	29.60, 71, 114.40
ระยะเวลาเดินทางรวม				3419.34	
ปริมาณการขนส่งรวม				4294.56	
ผลประโยชน์รวม				875.215	

ตารางที่ 4.41 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าน กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	14	0	75	27	0	60
	181	7.98913		37.6983	62.7071		57	45.1304
	182	49.837		38.1983	99.837		57.625	75.8859
	230	42.0109		230	37.2929		230	30.9185
2	0	26.25	15	0	30	28	0	60
	67.3954	18.5581		81	19.4348		59	44.6087
	68.824	34.837		82.25	39.837		59.625	71.9348
	230	16.4419		230	20.5652		230	27.4891
3	0	48.75	16	0	71.25	29	0	33.75
	136	19.9239		95	41.8207		83	21.5707
	136.769	64.837		95.5263	66.1685		84.1111	44.837
	230	45.0761		230	24.5109		230	23.4293
4	0	71.25	17	0	7.5	30	0	78.75
	169	18.8967		164.351	2.14073		91	47.5924
	169.526	94.837		169.351	9.83696		91.4762	104.837
	230	76.1033		230	7.85927		230	57.4076
5	0	97.5	18	0	45	31	0	101.25
	54	74.6087		107	24.0652		70	70.4348
	54.3846	129.837		107.833	59.837		70.3704	116.685
	230	55.3913		230	35.9348		230	46.413
6	0	11.25	19	0	63.75	32	0	86.25
	119	5.42935		89.539	38.9321		161	25.875
	122.333	14.837		90.1272	84.837		161.435	114.837
	230	9.57065		230	46.0679		230	89.125
7	0	18.75	20	0	33.75	33	0	41.25
	101	10.5163		146	12.3261		51.5202	32.01
	103	24.837		147.111	44.837		52.4293	54.837
	230	14.4837		230	32.6739		230	22.99
8	0	33.75	21	0	41.25	34	0	52.5
	107.847	17.9246		59.9878	30.4913		130.771	22.6501
	108.958	44.837		60.8969	48.4002		131.485	69.837
	230	27.0754		230	18.0719		230	47.3499
9	0	60	22	0	67.5	35	0	30
	117	29.4783		117	33.163		141.683	11.5196
	117.625	79.837		117.556	89.837		142.933	39.837
	230	50.5217		230	56.837		230	28.4804
10	0	60	23	0	108.75	36	0	18.75
	144	22.4348		88	67.1413		71	12.962
	144.625	79.837		88.3448	144.837		73	24.837
	230	57.5652		230	77.8587		230	12.038
11	0	45	24	0	11.25	37	0	30
	81.6346	29.028		173	2.78804		154	9.91304
	82.4679	59.837		176.333	14.837		155.25	39.837
	230	30.972		230	12.212		230	30.087
12	0	71.25	25	0	22.5	38	0	60
	83	45.538		186	4.30435		73.9529	40.7079
	83.5263	94.837		187.667	29.837		74.5779	79.837
	230	49.462		230	25.6957		230	39.2921
13	0	86.25	26	0	63.75	39	0	116.25
	179	19.125		146.595	23.1177		64	83.9022
	179.435	114.837		147.183	77.6223		64.3226	154.837
	230	95.875		230	54.6677		230	71.0978

ตารางที่ 4.41 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
40	0	33.75	57	0	26.25	74	0	30
	87.9446	20.8451		121	12.4402		169	7.95652
	89.0557	44.837		122.429	34.837		170.25	39.837
	230	24.1549		230	22.5598		230	32.0435
41	0	18.75	58	0	67.5	75	0	67.5
	107.82	9.96035		210	5.86957		70.7457	46.7377
	109.82	24.837		210.556	89.837		71.3013	89.837
	230	15.0396		230	84.1304		230	43.2623
42	0	18.75	59	0	105	76	0	48.75
	55	14.2663		45.1576	84.3846		93	29.038
	57	24.837		45.5147	128.102		93.7692	64.837
	230	10.7337		230	43.8804		230	35.962
43	0	26.25	60	0	11.25	77	0	52.5
	152	8.90217		182	2.34783		199	7.07609
	153.429	34.837		185.333	14.837		199.714	69.837
	230	26.0978		230	12.6522		230	62.9239
44	0	67.5	61	0	48.75	78	0	11.25
	85.3946	42.4386		96	28.4022		104.342	6.14631
	85.9501	89.837		96.7692	64.837		107.675	14.837
	230	47.5614		230	36.5978		230	8.85369
45	0	60	62	0	71.25	79	0	86.25
	40.3128	49.4836		54.3492	54.4136		98.2505	49.4061
	40.9378	79.837		54.8755	89.1364		98.6853	112.792
	230	30.5164		230	34.8859		230	63.5485
46	0	3.75	63	0	37.5	80	0	22.5
	137	1.5163		57.0076	28.2053		198	3.13043
	147	4.83696		58.0076	49.837		199.667	29.837
	230	3.4837		230	21.7947		230	26.8696
47	0	101.25	64	0	33.75	81	0	97.5
	71	69.9946		72.4298	23.1217		114	49.1739
	71.3704	134.837		73.5409	44.837		114.385	129.837
	230	65.0054		230	21.8783		230	80.8261
48	0	135	65	0	75	82	0	60
	185	26.413		79	49.2391		75	40.4348
	185.278	179.837		79.5	99.837		75.625	79.837
	230	153.587		230	50.7609		230	39.5652
49	0	112.5	66	0	93.75	83	0	41.25
	128	49.8913		147	33.8315		64	29.7717
	128.333	149.837		147.4	124.837		64.9091	54.837
	230	100.109		230	91.1685		230	25.2283
50	0	48.75	67	0	93.75	84	0	26.25
	144	18.2283		103	51.7663		121	12.4402
	144.769	64.837		103.4	124.837		122.429	34.837
	230	46.7717		230	73.2337		230	22.5598
51	0	37.5	68	0	135	85	0	153.75
	83.1938	23.9358		162	39.913		111	79.5489
	84.1938	49.837		162.278	176.826		111.244	180.505
	230	26.0642		230	137.076		230	101.12
52	0	33.75	69	0	22.5	86	0	131.25
	56.0392	25.5269		65.2483	16.117		114	66.1957
	57.1503	43.452		66.9149	29.837		114.286	174.837
	230	18.0882		230	13.883		230	108.804
53	0	52.5	70	0	18.75	87	0	97.5
	115	26.25		198	2.6087		113	49.5978
	115.714	66.0292		200	24.837		113.385	129.837
	230	39.9422		230	22.3913		230	80.4022
54	0	67.5	71	0	56.25	88	0	33.75
	159.225	20.771		97	32.5272		66.2057	24.035
	159.78	89.837		97.6667	74.837		67.3168	44.837
	230	69.229		230	42.4728		230	20.965
55	0	7.5	72	0	93.75	89	0	56.25
	156	2.41304		49.9985	73.3702		196	8.31522
	161	9.83696		50.3985	124.251		196.667	74.837
	230	7.58696		230	51.0435		230	66.6848
56	0	22.5	73	0	33.75	90	0	11.25
	150	7.82609		98	19.3696		115	5.625
	151.667	29.837		99.1111	44.837		118.333	14.837
	230	22.1739		230	25.6304		230	9.375

ตารางที่ 4.41 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R101, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
91	0	3.75	95	0	75	99	0	33.75
	180	0.815217		59	55.7609		103	18.6359
	190	4.83696		59.5	91.0652		104.111	36.0217
	230	4.18478		230	35.4674		230	17.5489
92	0	7.5	96	0	41.25	100	0	63.75
	18.8058	6.88677		145.383	15.1759		195	9.70109
	23.8058	9.83696		146.292	54.837		195.588	84.837
	230	3.11323		230	39.8241		230	75.2989
93	0	82.5	97	0	45			
	199	11.1196		153	15.0652			
	199.455	109.837		153.833	59.837			
	230	98.8804		230	44.9348			
94	0	101.25	98	0	37.5			
	120	48.4239		49.903	29.3636			
	120.37	134.837		50.903	49.837			
	230	86.5761		230	20.6364			

จากผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1: 100 100 : 1 และ 1 : 1 การจัดเส้นทางจะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 4.36 ตารางที่ 4.38 และตารางที่ 4.40 จะเห็นว่าปริมาณการขนส่งของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า จากตารางที่ 4.37 และตารางที่ 4.39 และตารางที่ 4.41 แสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 100 ราย ซึ่งมีสินค้าคงคลังอยู่ตลอดเวลาการวางแผนไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า

การเปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 100 : 1 และ 1 : 1 แสดงดังตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R101

ตัวแปร	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 100)	ปริมาณ : ระยะทาง (100 : 1)	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 1)
จำนวนรถบรรทุกรวม	22	29	25
เวลาการเดินทางรวม	3174.46	4094.32	3419.34
ปริมาณการขนส่งรวม	4241.92	4519.34	4294.56
ผลประโยชน์รวม	-313204	447839	875.215

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง (1 : 100) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) คือ 3174.46 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 เวลาการเดินทางรวมจะลดลงคิด

เป็น ร้อยละ 26.90 และ 7.16 ตามลำดับ และที่การทดสอบ 1 : 100 เมื่อระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็จะน้อยสุดด้วย คือ 22 คัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 จำนวนยานพาหนะจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 28 และ 12 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง (100 : 1) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงปริมาณการขนส่งมากที่สุด คือ 4519.34 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 1 : 100 และ 1 : 1 ปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 6.46 และ 5.23 ตามลำดับ

4.4.4 ปัญหาทดสอบ R201

4.4.4.1 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100

ปัญหาทดสอบ R201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางที่ 4.43 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.44

ตารางที่ 4.43 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 100

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 27, 52, 31, 69, 28, 53, 40, 57, 87, 85, 6, 94, 96, 37, 97, 100, 93, 13, 58, 101	780.36	1000	0, 25.86, 18.79, 57.48, 12.96, 35.30, 39.26, 25.49, 20.26, 76.08, 122.13, 9.34, 84.68, 40.91, 30, 45.29, 72.75, 94.70, 100.08, 88.65, 0	209.25, 214.25, 223.42, 234.38, 242.56, 255, 414.56, 421.99, 438.36, 447, 461, 496.50, 503, 658.46, 666.65, 673, 807.92, 814.50, 827, 980, 989.61, 0
คันที่ 2	0, 39, 72, 2, 42, 95, 59, 92, 98, 5, 83, 82, 47, 64, 11, 62, 7, 88, 19, 8, 18, 99, 84, 86, 41, 43, 91, 17, 60, 89, 70, 1, 101	778.21	988.08	0, 52.70, 43.80, 12.59, 9.25, 38.04, 53.73, 3.86, 19.93, 52.88, 23.11, 34.28, 59.06, 20.67, 28.19, 45.27, 12.91, 23.51, 45.35, 24.94, 33.77, 25.83, 20.53, 104.78, 15.83, 27.26, 4.09, 8.38, 12.76, 64.51, 21.96, 44.30, 0	86.02, 119.99, 133.91, 146.35, 159.87, 173.91, 178.41, 181, 198.15, 209, 227.01, 237.97, 250, 278.99, 293.10, 302, 354.96, 363.29, 378, 405.62, 417.17, 432, 448.81, 465, 511, 705, 758.66, 783.53, 801.18, 813.57, 837.94, 848, 864.23
คันที่ 3	0, 33, 29, 76, 12, 30, 71, 81, 51, 9, 78, 79, 34, 3, 50, 68, 54, 26, 56, 55, 25, 24, 80, 77, 101	797.17	1000	0, 11.51, 21.25, 31.48, 46.57, 53.63, 39.39, 74.47, 28.93, 46.72, 8.88, 68.86, 47.38, 44.72, 47.02, 131.95, 66.67, 63.77, 23.07, 8.04, 26.18, 13.28, 28.73, 67.48, 0	175.24, 200, 296.33, 312.44, 320.28, 347.74, 367, 430.47, 438.06, 445.39, 456.01, 465, 569.14, 584, 631.26, 644.08, 654.40, 667, 692, 739, 830.33, 847, 943.63, 952, 972.41
คันที่ 4	0, 65, 63, 36, 45, 14, 21, 15, 67, 23, 73, 75, 22, 74, 4, 101	780.27	542.82	0, 32.21, 17.47, 9.25, 31.07, 41.09, 23.93, 18.06, 60.04, 70.99, 22.59, 45.79, 55.85, 33.65, 80.82, 0	46.26, 96.19, 132.59, 160.16, 184.52, 214.56, 246.68, 268.81, 307.06, 319.46, 336.08, 345, 494, 788.35, 801, 826.53
คันที่ 5	0, 44, 38, 16, 61, 90, 49, 46, 10, 20, 66, 35, 32, 48, 101	625.97	765.98	0, 45.45, 41.33, 50.26, 34.63, 9.23, 98.25, 3.47, 57.92, 33.73, 96.22, 32.42, 95.77, 167.31, 0	308.11, 340, 355.57, 372, 377, 487, 540, 591.54, 632, 666, 693, 747.47, 777, 91, 934.08
ระยะเวลาเดินทางรวม				3761.98	
ปริมาณการขนส่งรวม				4296.87	
ผลประโยชน์รวม				-371901	

ตารางที่ 4.44 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 100

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	18	0	45	35	0	30
	848	5.7		417.167	26.2275		747.466	7.57603
	849	49.9625		418	59.9625		748.716	39.9625
	1000	44.3		1000	33.7725		1000	32.424
2	0	26.25	19	0	63.75	36	0	18.75
	146.354	22.4082		378	39.6525		160.163	15.7469
	147.782	34.9625		378.588	84.9625		162.163	24.9625
	1000	12.5918		1000	45.3475		1000	9.25306
3	0	48.75	20	0	33.75	37	0	30
	584	20.28		666	11.2725		666.651	10.0005
	584.769	64.9625		667.111	44.9625		667.901	39.9625
	1000	44.72		1000	33.7275		1000	29.9995
4	0	71.25	21	0	41.25	38	0	60
	801	14.1788		246.683	31.0743		355.565	38.6661
	801.526	94.9625		247.592	54.9625		356.19	79.9625
	1000	80.8212		1000	23.9257		1000	41.3339
5	0	97.5	22	0	67.5	39	0	116.25
	209	77.1225		494	34.155		119.988	102.301
	209.385	129.962		494.556	89.9625		120.311	154.963
	1000	52.8775		1000	55.845		1000	52.6986
6	0	11.25	23	0	108.75	40	0	33.75
	496.504	5.66433		319.455	74.0093		421.985	19.508
	499.838	14.9625		319.8	144.963		423.096	44.9625
	1000	9.33567		1000	70.9907		1000	25.492
7	0	18.75	24	0	11.25	41	0	18.75
	354.963	12.0944		847	1.72125		511	9.16875
	356.963	24.9625		850.333	14.9625		513	24.9625
	1000	12.9056		1000	13.2788		1000	15.8312
8	0	33.75	25	0	22.5	42	0	18.75
	405.615	20.0605		830.333	3.8175		159.865	15.7525
	406.726	44.9625		832	29.9625		161.865	24.9625
	1000	24.9395		1000	26.1825		1000	9.24747
9	0	60	26	0	63.75	43	0	26.25
	445.385	33.2769		667	21.2287		705	7.74375
	446.01	79.9625		667.588	84.9625		706.429	34.9625
	1000	46.7231		1000	63.7712		1000	27.2563
10	0	60	27	0	60	44	0	67.5
	632	22.08		214.253	47.1448		340	44.55
	632.625	79.9625		214.878	72.9627		340.556	89.9625
	1000	57.92		1000	25.8554		1000	45.45
11	0	45	28	0	60	45	0	60
	293.104	31.8103		255	44.7		184.524	48.9286
	293.938	59.9625		255.625	79.9625		185.149	79.9625
	1000	28.1897		1000	35.3		1000	31.0714
12	0	71.25	29	0	33.75	46	0	3.75
	320.283	48.4298		296.332	23.7488		591.537	1.53174
	320.81	94.9625		297.443	44.9625		601.537	4.9625
	1000	46.5702		1000	21.2512		1000	3.46826
13	0	86.25	30	0	78.75	47	0	101.25
	827	14.9213		347.736	51.3658		250	75.9375
	827.435	114.962		348.212	104.963		250.37	134.963
	1000	100.079		1000	53.6342		1000	59.0625
14	0	75	31	0	101.25	48	0	135
	214.56	58.908		234.382	77.5188		906	12.69
	215.06	99.9625		234.753	134.963		906.278	179.962
	1000	41.092		1000	57.4812		1000	167.31
15	0	30	32	0	86.25	49	0	112.5
	268.805	21.9359		777	19.2338		540	51.75
	270.055	39.9625		777.435	114.962		540.333	149.963
	1000	18.0641		1000	95.7663		1000	98.25
16	0	71.25	33	0	41.25	50	0	48.75
	372.002	44.7449		200	33		631.264	17.9759
	372.528	94.9625		200.909	44.4715		632.034	64.9625
	1000	50.2551		1000	11.509		1000	47.0241
17	0	7.5	34	0	52.5	51	0	37.5
	783.527	1.62355		569.144	22.62		438.06	21.0727
	788.527	9.9625		569.858	69.9625		439.06	49.9625
	1000	8.37645		1000	47.38		1000	28.9273

ตารางที่ 4.44 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	33.75	69	0	22.5	86	0	131.25
	223.422	26.2095		242.563	17.0423		465	70.2188
	224.534	44.9625		244.23	29.9625		465.286	174.962
	1000	18.7905		1000	12.9577		1000	104.781
53	0	52.5	70	0	18.75	87	0	97.5
	414.562	30.7355		837.938	3.03867		447	53.9175
	415.277	69.9625		839.938	24.9625		447.385	129.962
	1000	39.2645		1000	21.9613		1000	76.0825
54	0	67.5	71	0	56.25	88	0	33.75
	654.403	23.3278		367	35.6063		363.287	21.489
	654.958	89.9625		367.667	74.9625		364.399	44.9625
	1000	66.6722		1000	39.3937		1000	23.511
55	0	7.5	72	0	93.75	89	0	56.25
	739	1.9575		133.912	81.1958		813.565	10.487
	744	9.9625		134.312	124.963		814.231	74.9625
	1000	8.0425		1000	43.8042		1000	64.513
56	0	22.5	73	0	33.75	90	0	11.25
	692	6.93		336.079	22.4073		487	5.77125
	693.667	29.9625		337.19	44.9625		490.333	14.9625
	1000	23.07		1000	22.5927		1000	9.22875
57	0	26.25	74	0	30	91	0	3.75
	438.36	14.743		788.348	6.34955		758.661	0.905023
	439.789	34.9625		789.598	39.9625		768.661	4.9625
	1000	20.257		1000	33.6504		1000	4.09498
58	0	67.5	75	0	67.5	92	0	7.5
	980	1.35		345	44.2125		181	6.1425
	980.556	89.9625		345.556	89.9625		186	9.9625
	1000	88.65		1000	45.7875		1000	3.8575
59	0	105	76	0	48.75	93	0	82.5
	178.407	86.2673		312.443	33.5184		814.504	15.3034
	178.764	139.963		313.212	64.9625		814.958	109.962
	1000	53.7327		1000	31.4816		1000	94.6966
60	0	11.25	77	0	52.5	94	0	101.25
	801.176	2.23677		952	2.52		503	50.3212
	804.509	14.9625		952.714	69.9625		503.37	134.963
	1000	12.7632		1000	67.48		1000	84.6787
61	0	48.75	78	0	11.25	95	0	7.5
	377	30.3712		456.01	6.11989		173.907	61.957
	377.769	64.9625		459.343	14.9625		174.407	99.9625
	1000	34.6287		1000	8.88011		1000	38.043
62	0	71.25	79	0	86.25	96	0	41.25
	302	49.7325		465	46.1438		658.462	14.0885
	302.526	94.9625		465.435	114.962		659.371	54.9625
	1000	45.2675		1000	68.8563		1000	40.9115
63	0	37.5	80	0	22.5	97	0	4.5
	132.593	32.5278		943.625	1.26843		673	14.715
	133.593	49.9625		945.292	29.9625		673.833	59.9625
	1000	17.4722		1000	28.7316		1000	45.285
64	0	33.75	81	0	97.5	98	0	37.5
	278.993	24.334		430.465	55.5297		198.151	30.0693
	280.104	44.9625		430.849	129.962		199.151	49.9625
	1000	20.666		1000	74.4703		1000	19.9307
65	0	7.5	82	0	60	99	0	33.75
	96.1901	67.7857		237.973	45.7216		432	19.17
	96.6901	99.9625		238.598	79.9625		433.111	44.9625
	1000	32.2143		1000	34.2784		1000	25.83
66	0	93.75	83	0	41.25	100	0	63.75
	693	28.7812		227.014	31.8857		807.916	12.2454
	693.4	124.963		227.923	54.9625		808.504	84.9625
	1000	96.2188		1000	23.1143		1000	72.7546
67	0	93.75	84	0	26.25			
	307.055	64.9636		448.807	14.4688			
	307.455	124.963		450.235	34.9625			
	1000	60.0364		1000	20.5312			
68	0	135	85	0	153.75			
	644.075	48.0498		461	82.8713			
	644.353	179.962		461.244	204.963			
	1000	131.95		1000	122.129			

4.4.4.2 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 100 : 1

ปัญหาทดสอบ R201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทางแสดงดังตารางที่ 4.45 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.46

ตารางที่ 4.45 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R201, 100 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 15, 87, 85, 49, 46, 66, 68, 4, 48, 100, 93, 101	720.12	999.98	0, 19, 76.08, 122.13, 98.25, 3.61, 96.22, 146.52, 80.82, 167.31, 82.60, 107.44, 0	269.59, 300, 447, 461, 540, 628, 693, 752, 801, 906, 962.41, 969, 989.70
คันที่ 2	0, 5, 59, 14, 98, 44, 16, 61, 38, 99, 86, 94, 6, 97, 96, 13, 58, 101	801.23	854.64	0, 52.88, 58.88, 43.23, 23.98, 45.45, 50.26, 34.63, 44.30, 25.83, 104.78, 84.68, 9.53, 45.29, 42.21, 100.08, 88.65, 0	188.38, 209, 227.41, 243, 306, 340, 372, 377, 405, 432, 465, 503, 514, 673, 690, 827, 980, 989.61
คันที่ 3	0, 45, 36, 47, 31, 62, 11, 30, 19, 51, 81, 79, 78, 9, 10, 20, 32, 1, 89, 70, 101	835.24	896.89	0, 31.10, 10.15, 59.06, 61.59, 45.27, 29.63, 54.01, 45.35, 29.29, 76.96, 68.86, 9.19, 49.82, 57.92, 33.73, 95.77, 44.30, 70.50, 24.40, 0	155.86, 185.01, 208, 250, 275, 302, 325, 352.52, 378, 447.79, 456, 465, 483.67, 497, 632, 666, 777, 848, 920, 968, 991.10
คันที่ 4	0, 72, 39, 23, 75, 67, 22, 41, 3, 34, 50, 26, 56, 55, 54, 74, 77, 80, 101	805.23	813.05	0, 50.75, 64.79, 71.59, 45.79, 68.84, 55.85, 15.83, 44.72, 49.74, 47.55, 63.77, 23.07, 7.90, 72.05, 34.06, 67.48, 29.28, 0	185.53, 208, 224, 325, 345, 401, 494, 511, 584, 614, 642, 667, 692, 720.52, 734, 802, 952, 968, 990.76
คันที่ 5	0, 42, 92, 95, 83, 82, 12, 76, 53, 101	350.88	242.90	0, 9.42, 3.86, 42.33, 24.02, 37.34, 48.33, 34.43, 43.17, 0	143.31, 168.80, 181, 231, 249, 289, 345, 373, 489, 494.19
คันที่ 6	0, 65, 29, 71, 35, 24, 25, 101	853.14	176.99	0, 39.10, 21.81, 39.39, 34.39, 13.28, 29.01, 0	138.07, 188, 313, 367, 813, 847, 956, 991.21
คันที่ 7	0, 63, 27, 52, 64, 88, 7, 18, 8, 84, 37, 60, 101	727.29	265.38	0, 19.66, 35.30, 21.23, 22.49, 24.35, 13.94, 34.53, 27.48, 22.16, 30.79, 13.45, 0	156.07, 191, 255, 295.83, 333, 388, 410, 434, 481, 511, 693, 862, 883.36
คันที่ 8	0, 33, 28, 2, 21, 73, 40, 57, 43, 91, 17, 101	730.17	214.93	0, 22, 35.30, 16.15, 27.40, 24.72, 26, 22.66, 27.26, 4.42, 9.03, 0	175.241 200 255 282 331 399 437 530 705 845.134 870 905.414
คันที่ 9	0, 69, 90, 101	241.75	23.32	0, 14.09, 9.23, 0	280.83, 293, 487, 522.58
ระยะเวลาเดินทางรวม				6065.04	
ปริมาณการขนส่งรวม				4488.09	
ผลประโยชน์รวม				442744	

ตารางที่ 4.46 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 100 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	4	0	71.25	7	0	18.75
	848	5.7		801	14.1788		410	11.0625
	849	49.9625		801.526	94.9625		412	24.9625
	1000	44.3		1000	80.8212		1000	13.9375
2	0	26.25	5	0	97.5	8	0	33.75
	282	18.8475		209	77.1225		481	17.5162
	283.429	34.9625		209.385	129.962		482.111	44.9625
	1000	16.1525		1000	52.8775		1000	27.4838
3	0	48.75	6	0	11.25	9	0	60
	584	20.28		514	5.4675		497	30.18
	584.769	64.9625		517.333	14.9625		497.625	79.9625
	1000	44.72		1000	9.5325		1000	49.82

ตารางที่ 4.46 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
10	0	60	27	0	60	44	0	67.5
	632	22.08		255	44.7		340	44.55
	632.625	79.9625		255.625	79.9625		340.556	89.9625
	1000	57.92		1000	35.3		1000	45.45
11	0	45	28	0	60	45	0	60
	325	30.375		255	44.7		185.014	48.8991
	325.833	59.9625		255.625	79.9625		185.639	79.9625
	1000	29.625		1000	35.3		1000	31.1009
12	0	71.25	29	0	33.75	46	0	3.75
	345	46.6688		313	23.1862		628	1.395
	345.526	94.9625		314.111	44.9625		638	4.9625
	1000	48.3312		1000	21.8137		1000	3.605
13	0	86.25	30	0	78.75	47	0	101.25
	827	14.9213		352.524	50.9887		250	75.9375
	827.435	114.962		353	104.963		250.37	134.963
	1000	100.079		1000	54.0113		1000	59.0625
14	0	75	31	0	101.25	48	0	135
	243	56.775		275	73.4062		906	12.69
	243.5	99.9625		275.37	134.963		906.278	179.962
	1000	43.225		1000	61.5937		1000	167.31
15	0	30	32	0	86.25	49	0	112.5
	300	21		777	19.2338		540	51.75
	301.25	39.9625		777.435	114.962		540.333	149.963
	1000	19		1000	95.7663		1000	98.25
16	0	71.25	33	0	41.25	50	0	48.75
	372.002	44.7449		200	33		642	17.4525
	372.528	94.9625		200.909	54.9625		642.769	64.9625
	1000	50.2551		1000	22		1000	47.5475
17	0	7.5	34	0	52.5	51	0	37.5
	870	0.975		614	20.265		447.789	20.7079
	875	9.9625		614.714	69.9625		448.789	49.9625
	1000	9.025		1000	49.735		1000	29.2921
18	0	45	35	0	30	52	0	33.75
	434	25.47		813	5.61		295.833	23.7656
	434.833	59.9625		814.25	39.9625		296.944	44.9625
	1000	34.53		1000	34.39		1000	21.2344
19	0	63.75	36	0	18.75	53	0	52.5
	378	39.6525		208	14.85		489	26.8275
	378.588	84.9625		210	24.9625		489.714	69.9625
	1000	45.3475		1000	10.15		1000	43.1725
20	0	33.75	37	0	30	54	0	67.5
	666	11.2725		693	9.21		734	17.955
	667.111	44.9625		694.25	39.9625		734.556	89.9625
	1000	33.7275		1000	30.79		1000	72.045
21	0	41.25	38	0	60	55	0	7.5
	331	27.5962		405	35.7		720.515	2.09614
	331.909	54.9625		405.625	79.9625		725.515	9.9625
	1000	27.4037		1000	44.3		1000	7.90386
22	0	67.5	39	0	116.25	56	0	22.5
	494	34.155		224	90.21		692	6.93
	494.556	89.9625		224.323	154.963		693.667	29.9625
	1000	55.845		1000	64.79		1000	23.07
23	0	108.75	40	0	33.75	57	0	26.25
	325	73.4062		437	19.0012		530	12.3375
	325.345	144.963		438.111	44.9625		531.429	34.9625
	1000	71.5937		1000	25.9988		1000	22.6625
24	0	11.25	41	0	18.75	58	0	67.5
	847	1.72125		511	9.16875		980	1.35
	850.333	14.9625		513	24.9625		980.556	89.9625
	1000	13.2788		1000	15.8312		1000	88.65
25	0	22.5	42	0	18.75	59	0	105
	956	0.99		168.802	15.585		227.411	81.1218
	957.667	29.9625		170.802	24.9625		227.768	139.963
	1000	29.01		1000	9.41504		1000	58.8782
26	0	63.75	43	0	26.25	60	0	11.25
	667	21.2287		705	7.74375		862	1.5525
	667.588	84.9625		706.429	34.9625		865.333	14.9625
	1000	63.7712		1000	27.2563		1000	13.4475

ตารางที่ 4.46 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
61	0	48.75	75	0	67.5	89	0	56.25
	377	30.3712		345	44.2125		920	4.5
	377.769	64.9625		345.556	89.9625		920.667	74.9625
	1000	34.6287		1000	45.7875		1000	70.5
62	0	71.25	76	0	48.75	90	0	11.25
	302	49.7325		373	30.5663		487	5.77125
	302.526	94.9625		373.769	64.9625		490.333	14.9625
	1000	45.2675		1000	34.4337		1000	9.22875
63	0	37.5	77	0	52.5	91	0	3.75
	191	30.3375		952	2.52		845.134	0.580748
	192	49.9625		952.714	69.9625		855.134	4.9625
	1000	19.6625		1000	67.48		1000	4.41925
64	0	33.75	78	0	11.25	92	0	7.5
	333	22.5113		483.667	5.80875		181	6.1425
	334.111	44.9625		487	14.9625		186	9.9625
	1000	22.4887		1000	9.19125		1000	3.8575
65	0	75	79	0	86.25	93	0	82.5
	188	60.9		465	46.1438		969	2.5575
	188.5	99.9625		465.435	114.962		969.455	109.962
	1000	39.1		1000	68.8563		1000	107.443
66	0	93.75	80	0	22.5	94	0	101.25
	693	28.7812		968	0.72		503	50.3212
	693.4	124.963		969.667	29.9625		503.37	134.963
	1000	96.2188		1000	29.28		1000	84.6787
67	0	93.75	81	0	97.5	95	0	75
	401	56.1562		456	53.04		231	57.675
	401.4	124.963		456.385	129.962		231.5	99.9625
	1000	68.8438		1000	76.96		1000	42.325
68	0	135	82	0	60	96	0	41.25
	752	33.48		289	42.66		690	12.7875
	752.278	179.962		289.625	79.9625		690.909	54.9625
	1000	146.52		1000	37.34		1000	42.2125
69	0	22.5	83	0	41.25	97	0	45
	293	15.9075		249	30.9787		673	14.715
	294.667	29.9625		249.909	54.9625		673.833	59.9625
	1000	14.0925		1000	24.0212		1000	45.285
70	0	18.75	84	0	26.25	98	0	37.5
	968	0.6		511	12.8362		306	26.025
	970	24.9625		512.429	34.9625		307	49.9625
	1000	24.4		1000	22.1638		1000	23.975
71	0	56.25	85	0	153.75	99	0	33.75
	367	35.6063		461	82.8713		432	19.17
	367.667	74.9625		461.244	204.963		433.111	44.9625
	1000	39.3937		1000	122.129		1000	25.83
72	0	93.75	86	0	131.25	100	0	63.75
	208	74.25		465	70.2188		962.412	2.39625
	208.4	124.963		465.286	174.962		963	84.9625
	1000	50.75		1000	104.781		1000	82.6038
73	0	33.75	87	0	97.5			
	399	20.2837		447	53.9175			
	400.111	44.9625		447.385	129.962			
	1000	24.7162		1000	76.0825			
74	0	30	88	0	33.75			
	802	5.94		388	20.655			
	803.25	39.9625		389.111	44.9625			
	1000	34.06		1000	24.345			

4.4.4.3 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 1

ปัญหาทดสอบ R201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนส่งสินค้าและปริมาณการขนส่งของ

ลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.47 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.48

ตารางที่ 4.47 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 85, 86, 94, 68, 13, 48, 93, 100, 58, 101	560.53	1000	0, 119.41, 104.78, 84.68, 146.52, 100.08, 167.31, 106.14, 82.43, 88.65, 0	429.09, 452.11, 465, 503, 752, 827, 906, 953.26, 959.71, 980, 989.61
คันที่ 2	0, 27, 31, 62, 47, 83, 5, 59, 95, 98, 14, 38, 44, 16, 61, 7, 88, 19, 8, 18, 99, 87, 97, 37, 96, 60, 89, 101	793.46	1000	0, 18.96, 49.39, 35.44, 52.05, 22.04, 52.88, 57.97, 41.73, 21.14, 43.23, 38.23, 43.79, 46.69, 32.19, 12.91, 23.51, 45.35, 24.94, 33.77, 25.83, 76.08, 45.29, 30.44, 42.21, 13.45, 70.50, 0	136.21, 141.21, 154.48, 164.07, 180.73, 201.02, 209, 218.73, 223.09, 230.29, 243, 303.91, 315.35, 321.99, 326.99, 354.96, 363.29, 378, 405.62, 417.17, 432, 447, 673, 681.47, 690, 862, 920, 929.67
คันที่ 3	0, 2, 42, 15, 39, 23, 67, 75, 73, 21, 53, 40, 57, 41, 22, 56, 43, 26, 54, 55, 4, 74, 24, 35, 77, 1, 80, 25, 101	850.72	988.34	0, 12.91, 9.48, 15.76, 64.79, 67.42, 59.28, 43.99, 22.28, 27.40, 40.05, 26, 21.22, 15.40, 55.85, 20.95, 25.31, 63.77, 70.44, 7.89, 75.96, 32.34, 12.47, 34.25, 61.28, 44.30, 28.54, 29.01, 0	140.49, 158.49, 172, 191.94, 224, 286.62, 298.99, 318.36, 326.73, 331, 429.58, 437, 475.15, 487.76, 494, 597.76, 630.74, 667, 710.22, 719.26, 732.81, 744.73, 775.05, 808.45, 833.87, 848, 935.10, 956, 991.21
คันที่ 4	0, 28, 72, 12, 76, 30, 71, 79, 81, 9, 51, 49, 50, 3, 34, 66, 20, 10, 32, 70, 101	811.89	999.62	0, 31.13, 50.75, 46.50, 32.18, 53.63, 39.39, 66.09, 75.37, 46.76, 29.49, 94.94, 43.40, 43.84, 50, 88.04, 32.09, 57.92, 95.77, 24.40, 0	179.21, 185.54, 208, 319.24, 326.84, 347.74, 367, 432.91, 439.67, 446.05, 453, 510.61, 557.01, 566.02, 580.94, 605.73, 615.08, 632, 777, 968, 991.10
คันที่ 5	0, 92, 45, 36, 82, 63, 64, 11, 52, 69, 90, 84, 6, 46, 91, 17, 101	829.48	227.21	0, 3.21, 27.32, 8.97, 29.92, 19.66, 19.45, 26.57, 20.74, 14.09, 8.86, 21.84, 9.53, 3.61, 4.42, 9.03, 0	75.93, 94.32, 121.95, 144.93, 165.32, 191, 243.09, 257.20, 281.12, 293, 454.02, 498.54, 514, 628, 845.13, 870, 905.41
คันที่ 6	0, 33, 65, 29, 78, 101	397.64	90.65	0, 20.37, 39.10, 21.81, 9.36, 0	135.76, 160.52, 188, 313, 499, 533.40
ระยะเวลาเดินทางรวม				4243.7	
ปริมาณการขนส่งรวม				4305.81	
ผลประโยชน์รวม				62.1091	

ตารางที่ 4.48 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	37.5	7	0	18.75	13	0	86.25
	848	5.7		354.963	12.0944		827	14.9213
	849	49.9625		356.963	24.9625		827.435	114.962
	1000	44.3		1000	12.9056		1000	100.079
2	0	26.25	8	0	33.75	14	0	75
	158.488	22.0897		405.615	20.0605		243	56.775
	159.917	34.9625		406.726	44.9625		243.5	99.9625
	1000	12.9103		1000	24.9395		1000	43.225
3	0	48.75	9	0	60	15	0	30
	566.024	21.1563		446.05	33.237		191.944	24.2417
	566.794	64.9625		446.675	79.9625		193.194	39.9625
	1000	43.8437		1000	46.763		1000	15.7583
4	0	71.25	10	0	60	16	0	71.25
	732.806	19.0375		632	22.08		321.992	48.3081
	733.333	94.9625		632.625	79.9625		322.519	94.9625
	1000	75.9625		1000	57.92		1000	46.6919
5	0	97.5	11	0	45	17	0	7.5
	209	77.1225		257.198	33.4261		870	0.975
	209.385	129.962		258.032	59.9625		875	9.9625
	1000	52.8775		1000	26.5739		1000	9.025
6	0	11.25	12	0	71.25	18	0	45
	514	5.4675		319.244	48.5038		417.167	26.2275
	517.333	14.9625		319.771	94.9625		418	59.9625
	1000	9.5325		1000	46.4962		1000	33.7725

ตารางที่ 4.48 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
19	0	63.75	36	0	18.75	53	0	52.5
	378	39.6525		144.93	16.0326		429.578	29.9472
	378.588	84.9625		146.93	24.9625		430.292	69.9625
	1000	45.3475		1000	8.96744		1000	40.0528
20	0	33.75	37	0	30	54	0	67.5
	615.078	12.9911		681.47	9.5559		710.221	19.56
	616.189	44.9625		682.72	39.9625		710.777	89.9625
	1000	32.0089		1000	30.4441		1000	70.44
21	0	41.25	38	0	60	55	0	7.5
	331	27.5962		303.912	41.7653		719.262	2.10553
	331.909	54.9625		304.537	79.9625		724.262	9.9625
	1000	27.4037		1000	38.2347		1000	7.89447
22	0	67.5	39	0	116.25	56	0	22.5
	494	34.155		224	90.21		597.756	9.0505
	494.556	89.9625		224.323	154.963		599.422	29.9625
	1000	55.845		1000	64.79		1000	20.9495
23	0	108.75	40	0	33.75	57	0	26.25
	286.642	77.5776		437	19.0012		475.148	13.7774
	286.987	144.963		438.111	44.9625		476.577	34.9625
	1000	67.4224		1000	25.9988		1000	21.2226
24	0	11.25	41	0	18.75	58	0	67.5
	775.053	2.53065		487.757	9.60455		980	1.35
	778.387	14.9625		489.757	24.9625		980.556	89.9625
	1000	12.4693		1000	15.3955		1000	88.65
25	0	22.5	42	0	18.75	59	0	105
	956	0.99		172	15.525		218.73	82.0334
	957.667	29.9625		174	24.9625		219.087	139.963
	1000	29.01		1000	9.475		1000	57.9666
26	0	63.75	43	0	26.25	60	0	11.25
	667	21.2287		630.743	9.69299		862	1.5525
	667.588	84.9625		632.172	34.9625		865.333	14.9625
	1000	63.7712		1000	25.307		1000	13.4475
27	0	60	44	0	67.5	61	0	48.75
	141.21	51.5274		315.354	46.2136		326.991	32.8092
	141.835	70.4495		315.909	89.9625		327.76	64.9625
	1000	18.9596		1000	43.7864		1000	32.1908
28	0	60	45	0	60	62	0	71.25
	185.535	48.8679		121.945	52.6833		164.074	59.5597
	186.16	79.9625		122.57	79.9625		164.6	94.9625
	1000	31.1321		1000	27.3167		1000	35.4403
29	0	33.75	46	0	3.75	63	0	37.5
	313	23.1862		628	1.395		191	30.3375
	314.111	44.9625		638	4.9625		192	49.9625
	1000	21.8137		1000	3.605		1000	19.6625
30	0	78.75	47	0	101.25	64	0	33.75
	347.736	51.3658		180.725	82.9516		243.087	25.5458
	348.212	104.963		181.095	134.963		244.198	44.9625
	1000	53.6342		1000	52.0484		1000	19.4542
31	0	101.25	48	0	135	65	0	75
	154.484	85.6085		906	12.69		188	60.9
	154.854	134.963		906.278	179.962		188.5	99.9625
	1000	49.3915		1000	167.31		1000	39.1
32	0	86.25	49	0	112.5	66	0	93.75
	777	19.2338		510.61	55.0563		605.733	36.9625
	777.435	114.962		510.944	149.963		606.133	124.963
	1000	95.7663		1000	94.9437		1000	88.0375
33	0	41.25	50	0	48.75	67	0	93.75
	160.52	34.6285		557.009	21.5958		298.987	65.72
	161.429	54.9625		557.778	64.9625		299.387	124.963
	1000	20.3715		1000	43.4042		1000	59.28
34	0	52.5	51	0	37.5	68	0	135
	580.936	22.0009		453	20.5125		752	33.48
	581.65	69.9625		454	49.9625		752.278	179.962
	1000	47.9991		1000	29.4875		1000	146.52
35	0	30	52	0	33.75	69	0	22.5
	808.453	5.7464		281.119	24.2622		293	15.9075
	809.703	39.9625		282.23	44.9625		294.667	29.9625
	1000	34.2536		1000	20.7378		1000	14.0925

ตารางที่ 4.48 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ R201, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
70	0	18.75	81	0	97.5	92	0	7.5
	968	0.6		439.666	54.6326		94.3172	6.79262
	970	24.9625		440.05	129.962		99.3172	9.9625
	1000	24.4		1000	75.3674		1000	3.20738
71	0	56.25	82	0	60	93	0	82.5
	367	35.6063		165.315	50.0811		953.26	3.85609
	367.667	74.9625		165.94	79.9625		953.714	109.962
	1000	39.3937		1000	29.9189		1000	106.144
72	0	93.75	83	0	41.25	94	0	101.25
	208	74.25		201.02	32.9579		503	50.3212
	208.4	124.963		201.929	54.9625		503.37	134.963
	1000	50.75		1000	22.0421		1000	84.6787
73	0	33.75	84	0	26.25	95	0	75
	326.727	22.723		498.536	13.1634		223.087	58.2685
	327.838	44.9625		499.964	34.9625		223.587	99.9625
	1000	22.277		1000	21.8366		1000	41.7315
74	0	30	85	0	153.75	96	0	41.25
	744.734	7.65797		452.107	84.2386		690	12.7875
	745.984	39.9625		452.351	203.607		690.909	54.9625
	1000	32.342		1000	119.406		1000	42.2125
75	0	67.5	86	0	131.25	97	0	45
	318.361	46.0106		465	70.2188		673	14.715
	318.916	89.9625		465.286	174.962		673.833	59.9625
	1000	43.9894		1000	104.781		1000	45.285
76	0	48.75	87	0	97.5	98	0	37.5
	326.842	32.8165		447	53.9175		230.295	28.8639
	327.611	64.9625		447.385	129.962		231.295	49.9625
	1000	32.1835		1000	76.0825		1000	21.1361
77	0	52.5	88	0	33.75	99	0	33.75
	833.869	8.72186		363.287	21.489		432	19.17
	834.584	69.9625		364.399	44.9625		433.111	44.9625
	1000	61.2781		1000	23.511		1000	25.83
78	0	11.25	89	0	56.25	100	0	63.75
	499	5.63625		920	4.5		959.714	2.56823
	502.333	14.9625		920.667	74.9625		960.302	84.9625
	1000	9.36375		1000	70.5		1000	82.4318
79	0	86.25	90	0	11.25			
	432.906	48.9118		454.02	6.14228			
	433.341	114.962		457.353	14.9625			
	1000	66.0882		1000	8.85772			
80	0	22.5	91	0	3.75			
	935.098	1.4603		845.134	0.580748			
	936.765	29.9625		855.134	4.9625			
	1000	28.5397		1000	4.41925			

จากผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1: 100 100 : 1 และ 1 : 1 การจัดเส้นทาง จะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 4.43 ตารางที่ 4.45 และตารางที่ 4.47 จะเห็นว่า ปริมาณการขนส่งของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ

2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า จากตารางที่ 4.44 และ ตารางที่ 4.46 และตารางที่ 4.48 แสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 100 ราย ซึ่งมีสินค้า คงคลังอยู่ตลอดเวลาการวางแผนไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า

การเปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 100 : 1 และ 1 : 1 แสดงดังตารางที่ 4.49

ตารางที่ 4.49 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ R201

ตัวแปร	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 100)	ปริมาณ : ระยะทาง (100 : 1)	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 1)
จำนวนรถบรรทุกรวม	5	9	6
เวลาการเดินทางรวม	3761.98	6065.04	4243.7
ปริมาณการขนส่งรวม	4296.87	4488.09	4305.81
ผลประโยชน์รวม	-371901	442744	62.1091

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง (1 : 100) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) คือ 3761.98 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 เวลาการเดินทางรวมจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 54.27 และ 11.35 ตามลำดับ และที่การทดสอบ 1 : 100 เมื่อระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็จะน้อยสุดด้วย คือ 5 คัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 จำนวนยานพาหนะจะลดลงคิดเป็นร้อยละ 66.67 และ 16.67 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง (100 : 1) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงปริมาณการขนส่งมากที่สุด คือ 4488.09 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 1 : 100 และ 1 : 1 ปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นคิดเป็นร้อยละ 4.44 และ 4.23 ตามลำดับ

4.4.5 ปัญหาทดสอบ RC101

4.4.5.1 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100

ปัญหาทดสอบ RC101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.50 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.51

ตารางที่ 4.50 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 100

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 69, 98, 82, 99, 90, 80, 101	183.14	200	0, 37, 19.95, 21.38, 41.97, 18.38, 61.34, 0	47.24, 56.46, 61.83, 72, 99.05, 116, 222, 230.39
คันที่ 2	0, 81, 61, 68, 55, 100, 101	157.67	200	0, 20.56, 24.75, 78.59, 62.50, 13.59, 0	74.90, 86.94, 96, 159.52, 170, 210, 232.57
คันที่ 3	0, 92, 65, 83, 66, 91, 101	202.54	200	0, 21.02, 30.25, 31.72, 60.75, 56.27, 0	7.27, 22.04, 41, 65, 163, 197, 209.81
คันที่ 4	0 94 96 54 101	79.77	200	0, 39.44, 98.31, 62.25, 0	107.88, 125, 162, 169, 187.65

ตารางที่ 4.50 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101 , 1 : 100 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของรถคันแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของรถคันแต่ละราย
คันที่ 5	0, 88 , 53 , 78 , 60 , 101	135.29	200	0 , 30.81 , 14.42 , 84.38 , 70.39 , 0	77.22 , 95.11 , 104.58 , 120 , 185 , 212.51
คันที่ 6	0, 95 , 62 , 64 , 85 , 84 , 56 , 101	151.01	197.03	0 , 12.02 , 6.52 , 43.30 , 6.02 , 57.94 , 71.25 , 0	27.55 , 48.16 , 59.05 , 83 , 112.52 , 126 , 160 , 178.55
คันที่ 7	0, 2 , 6 , 70 , 101	180.89	200	0 , 31.72 , 64.06 , 104.22 , 0	49.19 , 80 , 125 , 210 , 230.08
คันที่ 8	0, 72 , 71 , 67 , 50 , 93 , 101	199.89	198.62	0 , 17.50 , 36.37 , 25.31 , 105.94 , 13.50 , 0	32.54 , 60 , 86.25 , 100 , 146 , 208 , 232.43
คันที่ 9	0, 52 , 86 , 87 , 57 , 101	96.36	197.46	0 , 7.59 , 77.81 , 38.03 , 74.03 , 0	57 , 82 , 97.85 , 107.20 , 126 , 153.36
คันที่ 10	0, 42 , 44 , 38 , 41 , 101	123.85	199.38	0 , 22.34 , 27.19 , 86.72 , 63.13 , 0	29.50 , 63 , 94 , 105 , 122 , 153.31
คันที่ 11	0, 11 , 10 , 101	125.48	200	0 , 92.66 , 107.34 , 0	55.47 , 89 , 149 , 180.96
คันที่ 12	0, 47 , 15 , 14 , 12 , 9 , 101	140.70	200	0 , 16.82 , 43.33 , 22.66 , 54.38 , 62.81 , 0	14.34 , 52.67 , 58.67 , 65 , 94 , 121 , 155.04
คันที่ 13	0, 51 , 22 , 20 , 101	115.94	200	0 , 37.50 , 126.25 , 36.25 , 0	72.12 , 105.66 , 122 , 152 , 188.06
คันที่ 14	0, 7 , 4 , 101	133.66	200	0 , 43.13 , 156.88 , 0	73.64 , 109 , 171 , 207.31
คันที่ 15	0, 21 , 19 , 49 , 24 , 101	163.44	200	0 , 12.50 , 113.75 , 33.44 , 40.31 , 0	50.61 , 95.61 , 102 , 134 , 178 , 214.06
คันที่ 16	0, 39 , 40 , 3 , 43 , 101	165.63	200	0 , 16.09 , 77.66 , 31.88 , 74.38 , 0	30.94 , 67 , 85.67 , 124 , 158 , 196.58
คันที่ 17	0, 59 , 97 , 74 , 101	178.73	200	0 , 42.84 , 125.78 , 31.38 , 0	29.57 , 72 , 150 , 171 , 208.31
คันที่ 18	0, 45 , 5 , 46 , 8 , 1 , 101	184.32	200	0 , 10.94 , 47.19 , 30.78 , 31.41 , 79.69 , 0	29.26 , 67 , 71 , 117 , 121 , 175 , 213.58
คันที่ 19	0, 16 , 73 , 79 , 13 , 101	165.91	199.27	0 , 52 , 14.61 , 93.28 , 39.38 , 0	45.17 , 86.40 , 107 , 119 , 172 , 211.08
คันที่ 20	0, 63 , 76 , 89 , 101	196.93	200	0 , 11.17 , 89.61 , 99.22 , 0	29.95 , 69 , 105 , 174 , 226.88
คันที่ 21	0, 23 , 75 , 17 , 101	194.19	197.56	0 , 70.63 , 46 , 80.94 , 0	25.62 , 70.67 , 104 , 179 , 219.81
คันที่ 22	0, 36 , 35 , 37 , 101	165.62	200	0 , 91.60 , 71.84 , 36.56 , 0	29.99 , 73 , 149.89 , 154 , 195.61
คันที่ 23	0, 18 , 48 , 25 , 77 , 101	159.59	200	0 , 56.87 , 37.40 , 77.29 , 28.44 , 0	71.82 , 117 , 159.33 , 167.33 , 180 , 231.41
คันที่ 24	0, 31 , 29 , 30 , 33 , 58 , 101	214.68	199.61	0 , 45.40 , 23.09 , 24.089 , 25.16 , 81.88 , 0	15 , 65.28 , 67.78 , 74.17 , 81 , 182 , 229.67
คันที่ 25	0, 34 , 26 , 32 , 101	127.03	200	0 , 56.88 , 105.47 , 37.66 , 0	86.05 , 133.49 , 145 , 161 , 213.08
คันที่ 26	0, 28 , 27 , 101	120.05	79.56	0 , 25.81 , 53.75 , 0	29.46 , 85.17 , 92 , 149.51
ระยะเวลาเดินทางรวม				4062.29	
ปริมาณการขนส่งรวม				5068.48	
ผลประโยชน์รวม				-4011.60	

ตารางที่ 4.51 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 100

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	75	18	0	75	35	0	75
	175	20.3125		117	38.4375		149.894	28.158
	175.5	99.8438		117.5	95.1557		150.394	99.8438
	240	79.6875		240	56.8745		240	71.842
2	0	112.5	19	0	150	36	0	150
	80	75		102	86.25		73	104.375
	80.3333	106.563		102.25	199.844		73.25	195.814
	240	31.7187		240	113.75		240	91.5955
3	0	37.5	20	0	37.5	37	0	37.5
	124	18.125		152	13.75		154	13.4375
	125	49.8438		153	49.8438		155	49.8438
	240	31.875		240	36.25		240	36.5625
4	0	150	21	0	37.5	38	0	112.5
	171	43.125		95.6148	22.5602		105	63.2812
	171.25	199.844		96.6148	34.9039		105.333	149.844
	240	156.875		240	12.5		240	86.7188
5	0	75	22	0	150	39	0	37.5
	71	52.8125		122	73.75		67	27.0312
	71.5	99.8438		122.25	199.844		68	42.9687
	240	47.1875		240	126.25		240	16.0937
6	0	75	23	0	112.5	40	0	112.5
	125	35.9375		70.6667	79.375		85.6667	72.3437
	125.5	99.8438		71	149.844		86	149.844
	240	64.0625		240	70.625		240	77.6563
7	0	75	24	0	37.5	41	0	75
	109	40.9375		178	9.6875		122	36.875
	109.5	83.9062		179	49.8438		122.5	99.8438
	240	43.125		240	40.3125		240	63.125
8	0	37.5	25	0	75	42	0	37.5
	121	18.5938		167.334	22.708		63	27.6562
	122	49.8438		167.834	99.8438		64	49.8438
	240	31.4062		240	77.292		240	22.3438
9	0	75	26	0	112.5	43	0	75
	121	37.1875		145	44.5312		158	25.625
	121.5	99.8438		145.333	149.844		158.5	99.8438
	240	62.8125		240	105.469		240	74.375
10	0	112.5	27	0	75	44	0	37.5
	149	42.6562		92	46.25		94	22.8125
	149.333	149.844		92.5	99.8438		95	49.8438
	240	107.344		240	53.75		240	27.1875
11	0	150	28	0	37.5	45	0	37.5
	89	94.375		85.169	24.1923		67	27.0312
	89.25	186.875		86.169	49.8438		68	37.8125
	240	92.6562		240	25.8077		240	10.9375
12	0	75	29	0	37.5	46	0	37.5
	94	45.625		67.7839	26.9088		117	19.2188
	94.5	99.8438		68.7839	49.8438		118	49.8438
	240	54.375		240	23.0912		240	30.7812
13	0	37.5	30	0	37.5	47	0	37.5
	172	10.625		74.169	25.9111		52.669	29.2705
	173	49.8438		75.169	49.8438		53.669	45.9364
	240	39.375		240	24.0889		240	16.8222
14	0	37.5	31	0	75	48	0	37.5
	65	27.3438		65.2839	54.5988		159.334	12.604
	66	49.8438		65.7839	99.8438		160.334	49.8438
	240	22.6562		240	45.4012		240	37.396
15	0	75	32	0	37.5	49	0	37.5
	58.669	56.6659		161	12.3438		134	16.5625
	59.169	99.8438		162	49.8438		135	49.8438
	240	43.3341		240	37.6562		240	33.4375
16	0	75	33	0	37.5	50	0	112.5
	86.4002	47.9999		81	24.8438		146	44.0625
	86.9002	99.8438		82	49.8438		146.333	149.844
	240	52.0001		240	25.1562		240	105.937
17	0	75	34	0	112.5	51	0	71.25
	179	19.0625		133.486	49.9283		105.662	39.8815
	179.5	99.8438		133.82	106.647		106.189	77.2253
	240	80.9375		240	56.875		240	37.5

ตารางที่ 4.51 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 100

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	11.25	69	0	101.25	86	0	105
	82	7.40625		56.4631	77.4296		97.8459	62.1924
	85.3333	14.8438		56.8335	114.268		98.203	139.844
	240	7.59375		240	36.995		240	77.8076
53	0	18.75	70	0	86.25	87	0	48.75
	104.584	10.5794		210	10.7812		107.203	26.9744
	106.584	24.8438		210.435	114.844		107.972	64.8438
	240	14.4206		240	104.219		240	38.0256
54	0	60	71	0	52.5	88	0	71.25
	169	17.75		86.2473	33.6334		95.113	43.0133
	169.625	79.8438		86.9616	69.8438		95.6393	73.6709
	240	62.25		240	36.3666		240	30.8138
55	0	60	72	0	30	89	0	93.75
	170	17.5		60	22.5		174	25.7812
	170.625	79.8438		61.25	39.8438		174.4	124.844
	240	62.5		240	17.5		240	99.2188
56	0	71.25	73	0	18.75	90	0	22.5
	160	23.75		107	10.3906		116	11.625
	160.526	94.8438		109	24.8438		117.667	29.8437
	240	71.25		240	14.6094		240	18.375
57	0	86.25	74	0	30	91	0	48.75
	126	40.9688		171	8.625		197	8.73438
	126.435	114.844		172.25	39.8438		197.769	64.8438
	240	74.0312		240	31.375		240	56.2656
58	0	75	75	0	60	92	0	52.5
	182	18.125		104	34		22.0374	47.6793
	182.5	99.8438		104.625	79.8438		22.7517	68.5387
	240	81.875		240	46		240	21.0156
59	0	71.25	76	0	116.25	93	0	11.25
	72	49.875		105	65.3906		208	1.5
	72.5263	92.5625		105.323	154.844		211.333	14.8438
	240	42.8438		240	89.6094		240	13.5
60	0	63.75	77	0	26.25	94	0	86.25
	185	14.6094		180	6.5625		125	41.3281
	185.588	84.8438		181.429	34.8437		125.435	80.6094
	240	70.3906		240	28.4375		240	39.4375
61	0	33.75	78	0	101.25	95	0	22.5
	96	20.25		120	50.625		48.1649	17.9845
	97.1111	44.8438		120.37	134.844		49.8316	29.8437
	240	24.75		240	84.375		240	12.0155
62	0	11.25	79	0	112.5	96	0	97.5
	59.0511	8.48198		119	56.7188		162	31.6875
	62.3845	14.8438		119.333	149.844		162.385	129.844
	240	6.51802		240	93.2813		240	98.3125
63	0	22.5	80	0	48.75	97	0	131.25
	69	16.0312		222	3.65625		150	49.2188
	70.6667	27.0469		222.769	64.8438		150.286	174.844
	240	11.1719		240	61.3438		240	125.781
64	0	63.75	81	0	37.5	98	0	33.75
	83	41.7031		86.9377	23.916		61.8335	25.0547
	83.5882	84.8438		87.9377	44.3222		62.9446	44.8438
	240	43.2969		240	20.5625		240	19.9453
65	0	60	82	0	33.75	99	0	56.25
	41	49.75		72	23.625		99.0545	33.0341
	41.625	79.8438		73.1111	44.8438		99.7212	74.8437
	240	30.25		240	21.375		240	41.9659
66	0	60	83	0	52.5	100	0	11.25
	163	19.25		65	38.2812		210	1.40625
	163.625	79.8438		65.7143	69.8438		213.333	14.8438
	240	60.75		240	31.7188		240	13.5938
67	0	33.75	84	0	67.5			
	100	19.6875		126	32.0625			
	101.111	44.8438		126.556	89.8437			
	240	25.3125		240	57.9375			
68	0	78.75	85	0	7.5			
	159.524	26.4062		112.515	3.98392			
	160	104.844		117.515	9.84375			
	240	78.5938		240	6.01608			

4.4.5.2 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 100 : 1

ปัญหาทดสอบ RC101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.52 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.53

ตารางที่ 4.52 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 100 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 46, 4, 101	101.51	191.72	0, 34.84, 156.88, 0	105.80, 143, 171, 207.31
คันที่ 2	0, 22, 56, 101	91.55	197.50	0, 126.25, 71.25, 0	87, 122, 160, 178.55
คันที่ 3	0, 69, 97, 101	136.67	189.48	0, 63.70, 125.78, 0	61.78, 71, 150, 198.45
คันที่ 4	0, 19, 25, 101	167.83	196.25	0, 113.75, 82.50, 0	61.95, 102, 184, 229.78
คันที่ 5	0, 86, 10, 101	96.16	193.53	0, 86.19, 107.34, 0	84.80, 117, 149, 180.96
คันที่ 6	0, 23, 50, 101	131.72	187.97	0, 82.03, 105.94, 0	49.96, 95, 146, 181.68
คันที่ 7	0, 11, 79, 101	102.33	198.91	0, 105.62, 93.28, 0	55.47, 89, 119, 157.80
คันที่ 8	0, 29, 26, 80, 101	185.59	194.47	0, 27.66, 105.47, 61.34, 0	44.80, 97, 145, 222, 230.39
คันที่ 9	0, 40, 70, 101	155.39	195.63	0, 91.41, 104.22, 0	74.69, 115, 210, 230.08
คันที่ 10	0, 36, 34, 101	158.78	199.22	0, 95.63, 103.59, 0	29.99, 73, 141, 188.77
คันที่ 11	0, 76, 85, 89, 101	164.82	194.98	0, 89.61, 6.16, 99.22, 0	62.06, 105, 117, 174, 226.88
คันที่ 12	0, 38, 96, 101	110.11	185.03	0, 86.72, 98.31, 0	67.80, 105, 162, 177.91
คันที่ 13	0, 45, 78, 68, 101	155.21	190.69	0, 22.97, 84.38, 83.34, 0	29.26, 67, 120, 174, 184.48
คันที่ 14	0, 99, 57, 58, 101	143.19	199.73	0, 43.83, 74.03, 81.88, 0	86.48, 107, 126, 182, 229.67
คันที่ 15	0, 88, 6, 17, 101	140.70	197.55	0, 52.55, 64.06, 80.94, 0	79.11, 97, 125, 179, 219.81
คันที่ 16	0, 2, 3, 1, 101	164.39	188.91	0, 75, 34.22, 79.69, 0	49.19, 80, 139, 175, 213.58
คันที่ 17	0, 72, 44, 43, 35, 101	181.16	196.41	0, 17.50, 27.19, 73.91, 77.81, 0	32.54, 60, 94, 156.50, 169, 213.70
คันที่ 18	0, 31, 94, 60, 101	171.92	197.46	0, 53.40, 73.67, 70.39, 0	40.60, 90.88, 125, 185, 212.51
คันที่ 19	0, 39, 71, 41, 55, 101	153.82	186.88	0, 22.97, 38.28, 63.13, 62.50, 0	30.94, 67, 95, 122, 170, 184.77
คันที่ 20	0, 14, 12, 16, 9, 101	125.40	196.11	0, 22.66, 53.77, 56.88, 62.8, 0	29.64, 65, 92.07, 102, 121, 155.04
คันที่ 21	0, 5, 7, 8, 54, 101	156.96	199.91	0, 47.19, 59.06, 31.41, 62.25, 0	30.69, 71, 109, 121, 169, 187.65
คันที่ 22	0, 64, 18, 49, 66, 101	114.28	199.05	0, 43.30, 61.56, 33.44, 60.75, 0	62.38, 83, 117, 134, 163, 176.66
คันที่ 23	0, 82, 51, 84, 91, 101	152.58	192.88	0, 21.38, 57.30, 57.94, 56.27, 0	57.24, 72, 113, 126, 197, 209.81
คันที่ 24	0, 92, 27, 30, 32, 101	183.84	147.28	0, 27.13, 53.75, 28.75, 37.66, 0	29.24, 44, 92, 104, 161, 213.08
คันที่ 25	0, 47, 15, 87, 20, 24, 101	177.39	193.89	0, 24.22, 52.50, 40.61, 36.25, 40.31, 0	36.67, 75, 88, 119.91, 152, 178, 214.06

ตารางที่ 4.52 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 100 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการ เดินทางรวม	ปริมาณ การขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่ง ของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้า ของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 26	0, 59, 75, 48, 101	197.471	131.906	0 45.125 46 40.7812 0	29.5736 72 104 181 227.044
คันที่ 27	0, 83, 52, 13, 101	165.314	78.6875	0 31.7188 7.59375 39.375 0	45.7646 65 82 172 211.079
คันที่ 28	0, 42, 61, 81, 37, 101	166.15	114.28	0, 22.34, 24.75, 30.63, 36.56, 0	29.46, 63, 96, 116, 154, 195.61
คันที่ 29	0, 65, 98, 53, 74, 101	178.49	99.27	0, 30.25, 21.94, 15.70, 31.38, 0	29.82, 41, 76, 121, 171, 208.31
คันที่ 30	0, 21, 77, 101	179.41	56.09	0, 27.66, 28.44, 0	52, 97, 180, 231.41
คันที่ 31	0, 33, 28, 93, 101	202.91	65.53	0, 25.16, 26.88, 13.50, 0	29.52, 81, 92, 208, 232.43
คันที่ 32	0, 63, 67, 101	96.46	39.28	0, 13.97, 25.31, 0	29.95, 69, 100, 126.41
คันที่ 33	0, 95, 62, 90, 101	78.52	39.47	0, 13.50, 7.594, 18.38, 0	43.38, 45, 64, 82, 116, 121.91
คันที่ 34	0, 73, 100, 101	164.86	28.20	0, 14.61, 13.59, 0	67.71, 107, 210, 232.57
ระยะเวลาเดินทางรวม					5052.87
ปริมาณการขนส่งรวม					5464.14
ผลประโยชน์รวม					541361

ตารางที่ 4.53 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 100 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	75	10	0	112.5	19	0	150
	175	20.3125		149	42.6562		102	86.25
	175.5	99.8438		149.333	149.844		102.25	199.844
	240	79.6875		240	107.344		240	113.75
2	0	112.5	11	0	150	20	0	37.5
	80	75		89	94.375		152	13.75
	80.3333	149.844		89.25	199.844		153	49.8438
	240	75		240	105.625		240	36.25
3	0	37.5	12	0	75	21	0	37.5
	139	15.7812		92.066	46.2294		97	22.3438
	140	49.8438		92.566	99.8438		98	49.8438
	240	34.2188		240	53.7706		240	27.6562
4	0	150	13	0	37.5	22	0	150
	171	43.125		172	10.625		122	73.75
	171.25	199.844		173	49.8438		122.25	199.844
	240	156.875		240	39.375		240	126.25
5	0	75	14	0	37.5	23	0	112.5
	71	52.8125		65	27.3438		95	67.9688
	71.5	99.8438		66	49.8438		95.3333	149.844
	240	47.1875		240	22.6562		240	82.0313
6	0	75	15	0	75	24	0	37.5
	125	35.9375		88	47.5		178	9.6875
	125.5	99.8438		88.5	99.8438		179	49.8438
	240	64.0625		240	52.5		240	40.3125
7	0	75	16	0	75	25	0	75
	109	40.9375		102	43.125		184	17.5
	109.5	99.8438		102.5	99.8438		184.5	99.8438
	240	59.0625		240	56.875		240	82.5
8	0	37.5	17	0	75	26	0	112.5
	121	18.5938		179	19.0625		145	44.5312
	122	49.8438		179.5	99.8438		145.333	149.844
	240	31.4062		240	80.9375		240	105.469
9	0	75	18	0	75	27	0	75
	121	37.1875		117	38.4375		92	46.25
	121.5	99.8438		117.5	99.8438		92.5	99.8438
	240	62.8125		240	61.5625		240	53.75

ตารางที่ 4.53 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
28	0	37.5	45	0	37.5	62	0	11.25
	92	23.125		67	27.0312		82	7.40625
	93	49.8438		68	49.8438		85.3333	14.8438
	240	26.875		240	22.9688		240	7.59375
29	0	37.5	46	0	37.5	63	0	22.5
	97	22.3438		143	15.1562		69	16.0312
	98	49.8438		144	49.8438		70.6667	29.8437
	240	27.6562		240	34.8438		240	13.9688
30	0	37.5	47	0	37.5	64	0	63.75
	104	21.25		75	25.7812		83	41.7031
	105	49.8438		76	49.8438		83.5882	84.8438
	240	28.75		240	24.2188		240	43.2969
31	0	75	48	0	37.5	65	0	60
	90.8845	46.5986		181	9.21875		41	49.75
	91.3845	99.8438		182	49.8438		41.625	79.8438
	240	53.4014		240	40.7812		240	30.25
32	0	37.5	49	0	37.5	66	0	60
	161	12.3438		134	16.5625		163	19.25
	162	49.8438		135	49.8438		163.625	79.8438
	240	37.6562		240	33.4375		240	60.75
33	0	37.5	50	0	112.5	67	0	33.75
	81	24.8438		146	44.0625		100	19.6875
	82	49.8438		146.333	149.844		101.111	44.8438
	240	25.1562		240	105.937		240	25.3125
34	0	112.5	51	0	71.25	68	0	78.75
	141	46.4062		113	37.7031		174	21.6562
	141.333	149.844		113.526	94.8438		174.476	104.844
	240	103.594		240	57.2969		240	83.3438
35	0	75	52	0	11.25	69	0	101.25
	169	22.1875		82	7.40625		71	71.2969
	169.5	99.8438		85.3333	14.8438		71.3704	134.844
	240	77.8125		240	7.59375		240	63.7031
36	0	150	53	0	18.75	70	0	86.25
	73	104.375		121	9.29688		210	10.7812
	73.25	199.844		123	24.8438		210.435	114.844
	240	95.625		240	15.7031		240	104.219
37	0	37.5	54	0	60	71	0	52.5
	154	13.4375		169	17.75		95	31.7188
	155	49.8438		169.625	79.8438		95.7143	69.8438
	240	36.5625		240	62.25		240	38.2812
38	0	112.5	55	0	60	72	0	30
	105	63.2812		170	17.5		60	22.5
	105.333	149.844		170.625	79.8438		61.25	39.8438
	240	86.7188		240	62.5		240	17.5
39	0	37.5	56	0	71.25	73	0	18.75
	67	27.0312		160	23.75		107	10.3906
	68	49.8438		160.526	94.8438		109	24.8438
	240	22.9688		240	71.25		240	14.6094
40	0	112.5	57	0	86.25	74	0	30
	115	58.5938		126	40.9688		171	8.625
	115.333	149.844		126.435	114.844		172.25	39.8438
	240	91.4063		240	74.0312		240	31.375
41	0	75	58	0	75	75	0	60
	122	36.875		182	18.125		104	34
	122.5	99.8438		182.5	99.8438		104.625	79.8438
	240	63.125		240	81.875		240	46
42	0	37.5	59	0	71.25	76	0	116.25
	63	27.6562		72	49.875		105	65.3906
	64	49.8438		72.5263	94.8438		105.323	154.844
	240	22.3438		240	45.125		240	89.6094
43	0	75	60	0	63.75	77	0	26.25
	156.5	26.0938		185	14.6094		180	6.5625
	157	99.8438		185.588	84.8438		181.429	34.8437
	240	73.9062		240	70.3906		240	28.4375
44	0	37.5	61	0	33.75	78	0	101.25
	94	22.8125		96	20.25		120	50.625
	95	49.8438		97.1111	44.8438		120.37	134.844
	240	27.1875		240	24.75		240	84.375

ตารางที่ 4.53 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
79	0	112.5	87	0	48.75	95	0	22.5
	119	56.7188		119.91	24.3933		64	16.5
	119.333	149.844		120.679	64.8438		65.6667	29.8437
	240	93.2813		240	40.6067		240	13.5
80	0	48.75	88	0	71.25	96	0	97.5
	222	3.65625		97	42.4531		162	31.6875
	222.769	64.8438		97.5263	94.8438		162.385	129.844
	240	61.3438		240	52.5469		240	98.3125
81	0	37.5	89	0	93.75	97	0	131.25
	116	19.375		174	25.7812		150	49.2188
	117	49.8438		174.4	124.844		150.286	174.844
	240	30.625		240	99.2188		240	125.781
82	0	33.75	90	0	22.5	98	0	33.75
	72	23.625		116	11.625		76	23.0625
	73.1111	44.8438		117.667	29.8437		77.1111	44.8438
	240	21.375		240	18.375		240	21.9375
83	0	52.5	91	0	48.75	99	0	56.25
	65	38.2812		197	8.73438		107	31.1719
	65.7143	69.8438		197.769	64.8438		107.667	74.8437
	240	31.7188		240	56.2656		240	43.8281
84	0	67.5	92	0	52.5	100	0	11.25
	126	32.0625		44	42.875		210	1.40625
	126.556	89.8437		44.7143	69.8438		213.333	14.8438
	240	57.9375		240	27.125		240	13.5938
85	0	7.5	93	0	11.25			
	117	3.84375		208	1.5			
	122	9.84375		211.333	14.8438			
	240	6.15625		240	13.5			
86	0	105	94	0	86.25			
	117	53.8125		125	41.3281			
	117.357	139.844		125.435	114.844			
	240	86.1875		240	73.6719			

4.4.5.3 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 1

ปัญหาทดสอบ RC101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนส่งสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.54 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.55

ตารางที่ 4.54 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 2, 4, 101	158.11	200	0, 43.12, 156.88, 0	49.19, 80, 171, 207.31
คันที่ 2	0, 96, 70, 101	83.61	200	0, 95.78, 104.22, 0	146.48, 162, 210, 230.08
คันที่ 3	0, 69, 55, 68, 101	122.70	200	0, 55.81, 60.84, 83.34, 0	61.78, 71, 163.38, 174, 184.48
คันที่ 4	0, 85, 22, 56, 101	121.37	200	0, 2.5, 126.25, 71.25, 0	57.18, 92.65, 122, 160, 178.55
คันที่ 5	0, 94, 93, 91, 80, 101	122.50	200	0, 70.29, 12.10, 56.27, 61.34, 0	107.88, 125, 178.05, 197, 222, 230.39
คันที่ 6	0, 11, 10, 101	125.48	200	0, 92.66, 107.34, 0	55.47, 89, 149, 180.96
คันที่ 7	0, 34, 50, 101	96.44	200	0, 94.06, 105.94, 0	85.23, 132.67, 146, 181.68

ตารางที่ 4.54 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 1 (ต่อ)

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้านแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้านแต่ละราย
คันที่ 8	0, 19, 49, 66, 101	114.71	200	0, 105.81, 33.44, 60.75, 0	61.95, 102, 134, 163, 176.66
คันที่ 9	0, 86, 97, 101	113.66	200	0, 74.22, 125.78, 0	84.80, 117, 150, 198.45
คันที่ 10	0, 41, 38, 54, 101	120.36	200	0, 51.03, 86.72, 62.25, 0	67.29, 98.10, 105, 169, 187.65
คันที่ 11	0, 99, 57, 25, 101	143.30	200	0, 43.47, 74.03, 82.50, 0	86.48, 107, 126, 184, 229.78
คันที่ 12	0, 88, 79, 78, 101	84.43	200	0, 27.73, 87.89, 84.38, 0	68.50, 86.38, 107.50, 120, 152.93
คันที่ 13	0, 73, 7, 6, 60, 101	164.66	200	0, 6.48, 59.06, 64.06, 70.39, 0	47.86, 87.15, 109, 125, 185, 212.51
คันที่ 14	0, 39, 36, 40, 101	126.77	200	0, 12.97, 95.63, 91.41, 0	28.87, 64.93, 73, 115, 155.65
คันที่ 15	0, 92, 65, 83, 64, 51, 90, 101	114.64	189.25	0, 22.32, 30.25, 30.52, 39.39, 48.40, 18.38, 0	7.27, 22.04, 41, 59.52, 68.29, 83.02, 116, 121.91
คันที่ 16	0, 81, 43, 35, 37, 101	98.91	200	0, 23.66, 67.94, 71.84, 36.56, 0	96.69, 108.74, 137.39, 149.89, 154, 195.61
คันที่ 17	0, 95, 76, 89, 101	183.50	200	0, 11.17, 89.61, 99.22, 0	43.38, 64, 105, 174, 226.88
คันที่ 18	0, 52, 23, 18, 84, 101	118.21	200	0, 5.81, 80.57, 55.69, 57.94, 0	35.36, 60.36, 91.87, 98.21, 126, 153.57
คันที่ 19	0, 5, 46, 3, 1, 100, 101	201.88	200	0, 39.44, 33.06, 34.22, 79.69, 13.59, 0	30.69, 71, 131.60, 139, 175, 210, 232.57
คันที่ 20	0, 12, 9, 17, 101	158.20	198.13	0, 54.38, 62.81, 80.94, 0	61.61, 94, 121, 179, 219.81
คันที่ 21	0, 82, 98, 87, 74, 58, 101	178.60	196.14	0, 20.51, 21.94, 40.63, 31.20, 81.88, 0	51.07, 65.83, 76, 120, 169.57, 182, 229.67
คันที่ 22	0, 61, 71, 26, 32, 101	157.36	200	0, 18.59, 38.28, 105.47, 37.66, 0	55.72, 71.53, 95, 145, 161, 213.08
คันที่ 23	0, 14, 47, 15, 16, 13, 101	181.43	195.63	0, 22.66, 24.22, 52.50, 56.88, 39.38, 0	29.64, 65, 75, 88, 102, 172, 211.08
คันที่ 24	0, 59, 53, 20, 48, 24, 101	184.48	174.90	0, 45.13, 14.74, 36.25, 38.47, 40.31, 0	29.57, 72, 108.66, 152, 166.23, 178, 214.06
คันที่ 25	0, 27, 29, 31, 67, 101	117.42	142.89	0, 45.63, 23.67, 48.28, 25.31, 0	8.99, 66, 71.50, 74.50, 100, 126.41
คันที่ 26	0, 72, 42, 44, 8, 101	143.76	94.34	0, 15.59, 22.34, 24.99, 31.41, 0	17.29, 44.75, 63, 79.95, 121, 161.05
คันที่ 27	0, 45, 101	76.47	22.97	0, 22.97, 0	29.26, 67, 105.74
คันที่ 28	0, 63, 62, 28, 30, 77, 101	225.92	102.36	0, 11.68, 6.62, 26.88, 28.75, 28.44, 0	5.49, 44.54, 61.21, 92, 104, 180, 231.41
คันที่ 29	0, 21, 75, 101	138.63	69.13	0, 23.13, 46, 0	23, 68, 104, 161.63
คันที่ 30	0, 33, 101	103.96	25.16	0, 25.16, 0	29.52, 81, 133.48
ระยะเวลาเดินทางรวม				4081.48	
ปริมาณการขนส่งรวม				5210.88	
ผลประโยชน์รวม				1129.4	

ตารางที่ 4.55 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	75	18	0	75	35	0	75
	175	20.3125		98.2053	44.3108		149.894	28.158
	175.5	99.8438		98.7053	99.8438		150.394	99.8438
	240	79.6875		240	55.6892		240	71.842
2	0	112.5	19	0	150	36	0	150
	80	75		102	86.25		73	104.375
	80.3333	117.969		102.25	191.906		73.25	199.844
	240	43.125		240	105.812		240	95.625
3	0	37.5	20	0	37.5	37	0	37.5
	139	15.7812		152	13.75		154	13.4375
	140	49.8438		153	49.8438		155	49.8438
	240	34.2188		240	36.25		240	36.5625
4	0	150	21	0	37.5	38	0	112.5
	171	43.125		68	26.875		105	63.2812
	171.25	199.844		69	49.8438		105.333	149.844
	240	156.875		240	23.125		240	86.7188
5	0	75	22	0	150	39	0	37.5
	71	52.8125		122	73.75		64.9289	27.3549
	71.5	92.0942		122.25	199.844		65.9289	40.1674
	240	39.438		240	126.25		240	12.9688
6	0	75	23	0	112.5	40	0	112.5
	125	35.9375		91.872	69.435		115	58.5938
	125.5	99.8438		92.2053	149.844		115.333	149.844
	240	64.0625		240	80.565		240	91.4063
7	0	75	24	0	37.5	41	0	75
	109	40.9375		178	9.6875		98.0969	44.3447
	109.5	99.8438		179	49.8438		98.5969	95.2197
	240	59.0625		240	40.3125		240	51.0312
8	0	37.5	25	0	75	42	0	37.5
	121	18.5938		184	17.5		63	27.6562
	122	49.8438		184.5	99.8438		64	49.8438
	240	31.4062		240	82.5		240	22.3438
9	0	75	26	0	112.5	43	0	75
	121	37.1875		145	44.5312		137.394	32.0642
	121.5	99.8438		145.333	149.844		137.894	99.8438
	240	62.8125		240	105.469		240	67.9358
10	0	112.5	27	0	75	44	0	37.5
	149	42.6562		66	54.375		79.95	25.0078
	149.333	149.844		66.5	99.8438		80.95	49.8438
	240	107.344		240	45.625		240	24.9922
11	0	150	28	0	37.5	45	0	37.5
	89	94.375		92	23.125		67	27.0312
	89.25	186.875		93	49.8438		68	49.8438
	240	92.6562		240	26.875		240	22.9688
12	0	75	29	0	37.5	46	0	37.5
	94	45.625		71.5	26.3281		131.597	16.938
	94.5	99.8438		72.5	49.8438		132.597	49.8438
	240	54.375		240	23.6719		240	33.062
13	0	37.5	30	0	37.5	47	0	37.5
	172	10.625		104	21.25		75	25.7812
	173	49.8438		105	49.8438		76	49.8438
	240	39.375		240	28.75		240	24.2188
14	0	37.5	31	0	75	48	0	37.5
	65	27.3438		74.5	51.7188		166.23	11.5266
	66	49.8438		75	99.8438		167.23	49.8438
	240	22.6562		240	48.2812		240	38.4734
15	0	75	32	0	37.5	49	0	37.5
	88	47.5		161	12.3438		134	16.5625
	88.5	99.8438		162	49.8438		135	49.8438
	240	52.5		240	37.6562		240	33.4375
16	0	75	33	0	37.5	50	0	112.5
	102	43.125		81	24.8438		146	44.0625
	102.5	99.8438		82	49.8438		146.333	149.844
	240	56.875		240	25.1562		240	105.937
17	0	75	34	0	112.5	51	0	71.25
	179	19.0625		132.667	50.3125		83.0237	46.6023
	179.5	99.8438		133	144.219		83.55	94.8438
	240	80.9375		240	94.0625		240	48.3977

ตารางที่ 4.55 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC101, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	11.25	69	0	101.25	86	0	105
	60.3606	8.4206		71	71.2969		117	53.8125
	63.694	14.0727		71.3704	126.953		117.357	127.875
	240	5.80835		240	55.8125		240	74.2188
53	0	18.75	70	0	86.25	87	0	48.75
	108.66	10.2609		210	10.7812		120	24.375
	110.66	24.8438		210.435	114.844		120.769	64.8438
	240	14.7391		240	104.219		240	40.625
54	0	60	71	0	52.5	88	0	71.25
	169	17.75		95	31.7187		86.3836	45.6049
	169.625	79.8438		95.7143	69.8438		86.9099	73.1825
	240	62.25		240	38.2812		240	27.7338
55	0	60	72	0	30	89	0	93.75
	163.375	19.1562		44.75	24.4062		174	25.7812
	164	79.8438		46	39.8438		174.4	124.844
	240	60.8438		240	15.5938		240	99.2188
56	0	71.25	73	0	18.75	90	0	22.5
	160	23.75		87.1506	11.9414		116	11.625
	160.526	94.8438		89.1506	18.2695		117.667	29.8437
	240	71.25		240	6.48438		240	18.375
57	0	86.25	74	0	30	91	0	48.75
	126	40.9688		169.57	8.80379		197	8.73438
	126.435	114.844		170.82	39.8438		197.769	64.8438
	240	74.0312		240	31.1962		240	56.2656
58	0	75	75	0	60	92	0	52.5
	182	18.125		104	34		22.0374	47.6793
	182.5	99.8438		104.625	79.8438		22.7517	69.8438
	240	81.875		240	46		240	22.3207
59	0	71.25	76	0	116.25	93	0	11.25
	72	49.875		105	65.3906		178.046	2.90409
	72.5263	94.8438		105.323	154.844		181.38	14.8438
	240	45.125		240	89.6094		240	12.0959
60	0	63.75	77	0	26.25	94	0	86.25
	185	14.6094		180	6.5625		125	41.3281
	185.588	84.8438		181.429	34.8437		125.435	111.467
	240	70.3906		240	28.4375		240	70.2947
61	0	33.75	78	0	101.25	95	0	22.5
	71.5282	23.6913		120	50.625		64	16.5
	72.6393	42.1288		120.37	134.844		65.6667	27.5156
	240	18.5938		240	84.375		240	11.1719
62	0	11.25	79	0	112.5	96	0	97.5
	61.2076	8.38089		107.501	62.1088		162	31.6875
	64.5409	14.8438		107.834	149.844		162.385	127.312
	240	6.61911		240	87.8912		240	95.7812
63	0	22.5	80	0	48.75	97	0	131.25
	44.5409	18.3243		222	3.65625		150	49.2188
	46.2076	29.8437		222.769	64.8438		150.286	174.844
	240	11.6757		240	61.3438		240	125.781
64	0	63.75	81	0	37.5	98	0	33.75
	68.2934	45.6096		108.736	20.51		76	23.0625
	68.8816	84.8438		109.736	44.0135		77.1111	44.8438
	240	39.3904		240	23.6597		240	21.9375
65	0	60	82	0	33.75	99	0	56.25
	41	49.75		65.8335	24.4922		107	31.1719
	41.625	79.8438		66.9446	44.8438		107.667	74.4844
	240	30.25		240	20.5078		240	43.4687
66	0	60	83	0	52.5	100	0	11.25
	163	19.25		59.5168	39.4807		210	1.40625
	163.625	79.8438		60.2311	69.8438		213.333	14.8438
	240	60.75		240	30.5193		240	13.5938
67	0	33.75	84	0	67.5			
	100	19.6875		126	32.0625			
	101.111	44.8438		126.556	89.8437			
	240	25.3125		240	57.9375			
68	0	78.75	85	0	7.5			
	174	21.6562		92.6484	4.60474			
	174.476	104.844		97.6484	6.94849			
	240	83.3438		240	2.5			

จากผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1: 100 100 : 1 และ 1 : 1 การจัดเส้นทางจะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ 4.50 ตารางที่ 4.52 และตารางที่ 4.54 จะเห็นว่าปริมาณการขนส่งของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า จากตารางที่ 4.51 และตารางที่ 4.53 และตารางที่ 4.55 แสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 100 ราย ซึ่งมีสินค้าคงคลังอยู่ตลอดเวลาการวางแผนไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า

การเปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 100 : 1 และ 1 : 1 แสดงดังตารางที่ 4.56

ตารางที่ 4.56 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC101

ตัวแปร	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 100)	ปริมาณ : ระยะทาง (100 : 1)	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 1)
จำนวนรถบรรทุกรวม	26	34	30
เวลาการเดินทางรวม	4062.29	5052.87	4081.48
ปริมาณการขนส่งรวม	5068.48	5464.14	5210.88
ผลประโยชน์รวม	-4011.60	541361	1129.4

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง (1 : 100) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) คือ 4062.29 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 เวลาการเดินทางรวมจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 24.27 และ 0.47 ตามลำดับ และที่การทดสอบ 1 : 100 เมื่อระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็จะน้อยที่สุดด้วย คือ 26 คัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 จำนวนยานพาหนะจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 26.67 และ 13.33 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง (100 : 1) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงปริมาณการขนส่งมากที่สุด คือ 5464.14 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 1 : 100 และ 1 : 1 ปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 7.59 และ 4.86 ตามลำดับ

4.4.6 ปัญหาทดสอบ RC201

4.4.6.1 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 100

ปัญหาทดสอบ RC201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.57 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.58

ตารางที่ 4.57 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 100

รอบบรรทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 65, 69, 98, 82, 64, 83, 52, 12, 16, 15, 11, 9, 87, 86, 57, 99, 53, 90, 66, 56, 91, 80, 101	830.57	1000	0, 23.92, 52.47, 17.68, 18.04, 35.62, 29.80, 6.74, 47, 47.77, 47.97, 99.22, 55.15, 36.44, 79.56, 66.20, 43.83, 15.23, 18.73, 61.70, 74, 58.86, 64.09, 0	119.82, 131, 177.50, 182.87, 193.04, 216.35, 225, 255.56, 281.57, 291.50, 294, 315, 385.93, 397.61, 407.38, 416.80, 428, 459.74, 479, 667.16, 677, 839, 942, 950.39
คันที่ 2	0, 95, 92, 63, 33, 30, 62, 67, 71, 81, 61, 41, 38, 40, 43, 37, 54, 96, 68, 55, 100, 70, 101	846.73	989.95	0, 10.41, 24.74, 11.23, 20.31, 22.75, 7.11, 22.97, 36.51, 26.74, 24.38, 55.55, 84.14, 90.12, 74.94, 37.90, 62.21, 101.77, 84.37, 64.94, 14.56 112.305 0	103.35, 123.97, 132.34, 159, 200, 262.46, 287, 333.38, 347.53, 364.52, 373.59, 391.10, 398, 449, 639.27, 650.21, 675.38, 682, 708.52, 719, 922.20, 930, 950.08
คันที่ 3	0, 72, 36, 39, 42, 5, 45, 2, 47, 88, 19, 23, 21, 18, 51, 76, 22, 85, 49, 84, 94, 93, 101	897.41	981.04	0, 12.58, 66.22, 16.84, 17.08, 37, 18.63, 59.60, 21.29, 43.24, 99.12, 75.12, 25.59, 53.042, 51.81, 85.73, 114.92, 5.94, 30.81, 57.13, 74.75, 14.63, 0	55.01, 82.47, 103.82, 111.15, 117.15, 153.50, 157, 188.61, 225, 262.56, 314.35, 321, 335, 358.94, 378.04, 388, 415.47, 440.07, 468.77, 492.44, 512, 93, 952.43
คันที่ 4	0, 59, 14, 78, 73, 79, 7, 8, 46, 6, 3, 1, 4, 60, 17, 13, 74, 77, 24, 101	750.51	981.92	0, 33.32, 18.55, 74.86, 14.01, 85.34, 57.81, 31.523, 32.12, 64.69, 35.59, 77.95, 157.08, 68.14, 81.87, 41.39, 33.81, 30.09, 43.79, 0	86.55, 128.98, 155, 389.74, 397.32, 408.27, 420, 487, 502, 508, 591, 677.72, 685.29, 706.15, 727.96, 739.64, 761.85, 780.36, 801, 837.06
คันที่ 5	0, 28, 27, 29, 31, 50, 34, 26, 20, 10, 97, 58, 25, 48, 101	694.59	947.21	0, 22.62, 45.78, 23.52, 47.27, 98.10, 99.66, 101.01, 35.84, 112.38, 134.94, 89.33, 90.98, 45.78, 0	203.46, 259.17, 266, 282, 285, 517.13, 530.46, 541.98, 597.39, 639, 667, 823.38, 844.50, 852, 898.04
คันที่ 6	0, 75, 44, 35, 32, 89, 101	698.32	293.27	0, 35.29, 25.66, 78.28, 41.45, 112.60, 0	187.56, 244.57, 337, 681.98, 741, 833, 885.88
ระยะเวลาเดินทางรวม					4718.12
ปริมาณการขนส่งรวม					5193.39
ผลประโยชน์รวม					-466619

ตารางที่ 4.58 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 100

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	75	18	0	75	35	0	75
	677.718	22.0533		358.939	46.9579		681.977	21.7206
	678.218	99.9609		359.439	99.9609		682.477	99.9609
	960	77.9467		960	53.0421		960	78.2794
2	0	112.5	19	0	150	36	0	150
	188.611	90.3971		314.347	100.883		103.824	133.778
	188.944	149.961		314.597	199.961		104.074	199.961
	960	59.6029		960	99.1167		960	66.2224
3	0	37.5	20	0	37.5	37	0	37.5
	591	14.4141		597.392	14.1644		650.209	12.1012
	592	49.9609		598.392	49.9609		651.209	49.9609
	960	35.5859		960	35.8356		960	37.8988
4	0	150	21	0	37.5	38	0	112.5
	685.289	42.9236		335	24.4141		398	65.8594
	685.539	199.961		336	49.9609		398.333	149.961
	960	157.076		960	25.5859		960	84.1406
5	0	75	22	0	150	39	0	37.5
	153.5	63.0078		415.465	85.0836		111.145	33.1584
	154	99.9609		415.715	199.961		112.145	49.9609
	960	36.9922		960	114.916		960	16.8416
6	0	75	23	0	112.5	40	0	112.5
	508	35.3125		321	74.8828		449	59.8828
	508.5	99.9609		321.333	149.961		449.333	149.961
	960	64.6875		960	75.1172		960	90.1172
7	0	75	24	0	37.5	41	0	75
	420	42.1875		801	6.21094		391.097	44.4456
	420.5	99.9609		802	49.9609		391.597	99.9609
	960	57.8125		960	43.7891		960	55.5544
8	0	37.5	25	0	75	42	0	37.5
	487	18.4766		844.5	9.02344		117.145	32.924
	488	49.9609		845	99.9609		118.145	49.9609
	960	31.5234		960	90.9766		960	17.076
9	0	75	26	0	112.5	43	0	75
	385.933	44.849		541.977	48.9871		639.269	25.0571
	386.433	99.9609		542.31	149.961		639.769	99.9609
	960	55.151		960	101.013		960	74.9429
10	0	112.5	27	0	75	44	0	37.5
	639	37.6172		266	54.2188		337	24.3359
	639.333	149.961		266.5	99.9609		338	49.9609
	960	112.383		960	45.7812		960	25.6641
11	0	150	28	0	37.5	45	0	37.5
	315	100.781		259.169	27.3762		157	31.3672
	315.25	199.961		260.169	49.9609		158	49.9609
	960	99.2188		960	22.6238		960	18.6328
12	0	75	29	0	37.5	46	0	37.5
	281.566	53.0027		282	26.4844		502	17.8906
	282.066	99.9609		283	49.9609		503	49.9609
	960	46.9973		960	23.5156		960	32.1094
13	0	37.5	30	0	37.5	47	0	37.5
	739.636	8.60796		262.463	27.2475		225	28.7109
	740.636	49.9609		263.463	49.9609		226	49.9609
	960	41.392		960	22.7525		960	21.2891
14	0	37.5	31	0	75	48	0	37.5
	155	31.4453		285	52.7344		852	4.21875
	156	49.9609		285.5	99.9609		853	49.9609
	960	18.5547		960	47.2656		960	45.7812
15	0	75	32	0	37.5	49	0	37.5
	294	52.0312		741	8.55469		468.773	19.1886
	294.5	99.9609		742	49.9609		469.773	49.9609
	960	47.9688		960	41.4453		960	30.8114
16	0	75	33	0	37.5	50	0	112.5
	291.5	52.2266		200	29.6875		517.13	51.8988
	292	99.9609		201	49.9609		517.463	149.961
	960	47.7734		960	20.3125		960	98.1012
17	0	75	34	0	112.5	51	0	71.25
	727.956	18.1285		530.463	50.3363		378.04	43.1924
	728.456	99.9609		530.797	149.961		378.566	94.9609
	960	81.8715		960	99.6637		960	51.8076

ตารางที่ 4.58 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 100 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	11.25	69	0	101.25	86	0	105
	255.561	8.25514		177.498	82.5295		407.382	60.4426
	258.894	14.9609		177.868	134.961		407.74	139.961
	960	6.74486		960	52.4705		960	79.5574
53	0	18.75	70	0	86.25	87	0	48.75
	459.737	9.77076		930	2.69531		397.613	28.5587
	461.737	24.9609		930.435	114.961		398.382	64.9609
	960	15.2292		960	112.305		960	36.4413
54	0	60	71	0	52.5	88	0	71.25
	675.375	17.7891		347.529	33.4945		262.557	51.7634
	676	79.9609		348.243	69.9609		263.083	94.9609
	960	62.2109		960	36.5055		960	43.2366
55	0	60	72	0	30	89	0	93.75
	719	15.0625		82.4738	27.4227		833	12.4023
	719.625	79.9609		83.7238	39.9609		833.4	124.961
	960	64.9375		960	12.5773		960	112.598
56	0	71.25	73	0	18.75	90	0	22.5
	677	21.0039		397.321	10.9898		479	11.2734
	677.526	94.9609		399.321	24.9609		480.667	29.9609
	960	73.9961		960	14.0102		960	18.7266
57	0	86.25	74	0	30	91	0	48.75
	416.795	48.8036		761.849	6.19221		839	6.14453
	417.23	114.961		763.099	39.9609		839.769	64.9609
	960	66.1964		960	33.8078		960	58.8555
58	0	75	75	0	60	92	0	52.5
	823.384	10.6731		244.565	44.7147		132.343	45.2625
	823.884	99.9609		245.19	79.9609		133.058	69.9609
	960	89.3269		960	35.2853		960	24.7375
59	0	71.25	76	0	116.25	93	0	11.25
	128.979	61.6774		388	69.2656		928	0.375
	129.505	94.9609		388.323	154.961		931.333	14.9609
	960	33.3226		960	85.7344		960	14.625
60	0	63.75	77	0	26.25	94	0	86.25
	706.154	16.8569		780.362	4.91198		512	40.25
	706.743	84.9609		781.791	34.9609		512.435	114.961
	960	68.1431		960	30.088		960	74.75
61	0	33.75	78	0	101.25	95	0	22.5
	373.585	20.6162		389.739	60.1447		123.969	19.5945
	374.696	44.9609		390.11	134.961		125.635	29.9609
	960	24.3838		960	74.8553		960	10.4055
62	0	11.25	79	0	112.5	96	0	97.5
	287	7.88672		408.265	64.6565		682	28.2344
	290.333	14.9609		408.598	149.961		682.385	129.961
	960	7.11328		960	85.3435		960	101.766
63	0	22.5	80	0	48.75	97	0	131.25
	159	18.7734		942	0.914062		667	40.0586
	160.667	29.9609		942.769	64.9609		667.286	174.961
	960	11.2266		960	64.0859		960	134.941
64	0	63.75	81	0	37.5	98	0	33.75
	216.35	49.383		364.522	23.2608		182.868	27.321
	216.938	84.9609		365.522	49.9609		183.979	44.9609
	960	35.617		960	26.7392		960	17.679
65	0	60	82	0	33.75	99	0	56.25
	131	51.8125		193.035	26.9636		428	31.1719
	131.625	75.698		194.146	44.9609		428.667	74.9609
	960	23.9246		960	18.0364		960	43.8281
66	0	60	83	0	52.5	100	0	11.25
	667.155	18.3028		225	40.1953		922.195	0.443033
	667.78	79.9609		225.714	69.9609		925.528	14.9609
	960	61.6972		960	29.8047		960	14.557
67	0	33.75	84	0	67.5			
	333.38	22.0296		492.444	32.875			
	334.491	44.9609		493	89.9609			
	960	22.9704		960	57.125			
68	0	78.75	85	0	7.5			
	708.524	20.6289		440.066	4.06198			
	709	104.961		445.066	9.96094			
	960	84.3711		960	5.93802			

4.4.6.2 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 100 : 1

ปัญหาทดสอบ RC201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้นทาง แสดงดังตารางที่ 4.59 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.60

ตารางที่ 4.59 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 100 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 15, 11, 19, 22, 10, 97, 4, 1, 70, 101	695.38	998.93	0, 47.97, 99.22, 108.42, 127.34, 112.38, 134.94, 169.38, 86.95, 112.31, 0	254.71, 294, 315, 374, 495, 639, 667, 764, 793, 930, 950.08
คันที่ 2	0, 42, 36, 39, 44, 38, 40, 94, 34, 50, 26, 32, 89, 25, 101	832.50	970.83	0, 18.39, 75.47, 19.69, 25.66, 84.14, 90.12, 74.75, 108.63, 110.76, 113.56, 41.45, 112.60, 95.63, 0	117.28, 150.82, 163, 184, 337, 398, 449, 512, 607, 625.13, 649, 741, 833, 904, 949.78
คันที่ 3	0, 45, 5, 2, 7, 79, 78, 6, 3, 46, 96, 54, 68, 17, 77, 58, 101	830.41	970.70	0, 18.63, 40.08, 69.38, 57.81, 92.81, 84.90, 64.69, 35.59, 36.29, 101.7, 64.77, 86.30, 89.30, 32.92, 95.47, 0	119.26, 157, 193, 272, 420, 472, 485, 508, 591, 609, 682, 716.38, 732, 823, 884, 902, 949.67
คันที่ 4	0, 65, 83, 52, 23, 21, 76, 99, 86, 9, 57, 37, 43, 35, 93, 80, 101	830.57	802.62	0, 28.19, 29.80, 7.14, 75.12, 25.59, 85.57, 43.83, 86.30, 63.36, 75.20, 38.95, 79.22, 85.70, 14.58, 64.09, 0	119.82, 131, 225, 289.49, 321, 335, 386.63, 428, 469, 491, 517, 677, 694, 777, 923.80, 942, 950.39
คันที่ 5	0, 69, 88, 73, 81, 41, 56, 66, 55, 13, 60, 101	573.73	543.66	0, 62.96, 51.95, 14.18, 31.05, 63.75, 73.94, 62.88, 64.94, 42.70, 75.30, 0	267.78, 277, 380, 406, 475, 496, 676.25, 686, 719, 773, 814, 841.51
คันที่ 6	0, 14, 47, 82, 98, 12, 16, 18, 84, 91, 101	732.17	366.38	0, 18.55, 21.29, 20.81, 21.52, 51.80, 54.30, 60.55, 58.71, 58.86, 0	119.65, 155, 225, 272, 292, 343, 375, 455, 515, 839, 851.81
คันที่ 7	0, 92, 63, 33, 27, 28, 31, 29, 71, 67, 51, 85, 49, 20, 24, 48, 101	780.47	484.06	0, 24.74, 11.23, 20.31, 45.52, 23.01, 47.27, 24.77, 37.24, 24.89, 56.85, 6.13, 34.38, 38.16, 43.79, 45.78, 0	117.58, 132.34, 159, 200, 262.67, 269, 285, 314, 361, 388, 446, 464, 560, 657, 801, 852, 898.04
คันที่ 8	0, 95, 62, 64, 30, 8, 100, 101	753.18	134.64	0, 12.66, 7.11, 41.90, 26.80, 31.52, 14.65, 0	199.38, 220, 287, 311, 366, 487, 930, 952.57
คันที่ 9	0, 59, 75, 87, 74, 101	682.73	152.25	0, 35.77, 42, 40.57, 33.91, 0	119.57, 162, 352, 479, 765, 802.31
คันที่ 10	0, 72, 61, 90, 53, 101	364.46	74.74	0, 15.63, 24.54, 18.66, 15.92, 0	152.54, 180, 378, 476.07, 495, 517
ระยะเวลาเดินทางรวม				7075.59	
ปริมาณการขนส่งรวม				5498.8	
ผลประโยชน์รวม				542804	

ตารางที่ 4.60 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 100 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	75	18	0	75	35	0	75
	793	13.0469		455	39.4531		777	14.2969
	793.5	99.9609		455.5	99.9609		777.5	99.9609
	960	86.9531		960	60.5469		960	85.7031
2	0	112.5	19	0	150	36	0	150
	272	80.625		374	91.5625		163	124.531
	272.333	149.961		374.25	199.961		163.25	199.961
	960	69.375		960	108.438		960	75.4688
3	0	37.5	20	0	37.5	37	0	37.5
	591	14.4141		657	11.8359		677	11.0547
	592	49.9609		658	49.9609		678	49.9609
	960	35.5859		960	38.1641		960	38.9453
4	0	150	21	0	37.5	38	0	112.5
	764	30.625		335	24.4141		398	65.8594
	764.25	199.961		336	49.9609		398.333	149.961
	960	169.375		960	25.5859		960	84.1406
5	0	75	22	0	150	39	0	37.5
	193	59.9219		495	72.6562		184	30.3125
	193.5	99.9609		495.25	199.961		185	49.9609
	960	40.0781		960	127.344		960	19.6875
6	0	75	23	0	112.5	40	0	112.5
	508	35.3125		321	74.8828		449	59.8828
	508.5	99.9609		321.333	149.961		449.333	149.961
	960	64.6875		960	75.1172		960	90.1172
7	0	75	24	0	37.5	41	0	75
	420	42.1875		801	6.21094		496	36.25
	420.5	99.9609		802	49.9609		496.5	99.9609
	960	57.8125		960	43.7891		960	63.75
8	0	37.5	25	0	75	42	0	37.5
	487	18.4766		904	4.375		150.82	31.6086
	488	49.9609		904.5	99.9609		151.82	49.9609
	960	31.5234		960	95.625		960	18.3914
9	0	75	26	0	112.5	43	0	75
	491	36.6406		649	36.4453		694	20.7812
	491.5	99.9609		649.333	149.961		694.5	99.9609
	960	63.3594		960	113.555		960	79.2188
10	0	112.5	27	0	75	44	0	37.5
	639	37.6172		262.669	54.479		337	24.3359
	639.333	149.961		263.169	99.9609		338	49.9609
	960	112.383		960	45.521		960	25.6641
11	0	150	28	0	37.5	45	0	37.5
	315	100.781		269	26.9922		157	31.3672
	315.25	199.961		270	49.9609		158	49.9609
	960	99.2188		960	23.0078		960	18.6328
12	0	75	29	0	37.5	46	0	37.5
	343	48.2031		314	25.2344		609	13.7109
	343.5	99.9609		315	49.9609		610	49.9609
	960	51.7969		960	24.7656		960	36.2891
13	0	37.5	30	0	37.5	47	0	37.5
	773	7.30469		366	23.2031		225	28.7109
	774	49.9609		367	49.9609		226	49.9609
	960	42.6953		960	26.7969		960	21.2891
14	0	37.5	31	0	75	48	0	37.5
	155	31.4453		285	52.7344		852	4.21875
	156	49.9609		285.5	99.9609		853	49.9609
	960	18.5547		960	47.2656		960	45.7812
15	0	75	32	0	37.5	49	0	37.5
	294	52.0312		741	8.55469		560	15.625
	294.5	99.9609		742	49.9609		561	49.9609
	960	47.9688		960	41.4453		960	34.375
16	0	75	33	0	37.5	50	0	112.5
	375	45.7031		200	29.6875		625.129	39.2426
	375.5	99.9609		201	49.9609		625.463	149.961
	960	54.2969		960	20.3125		960	110.757
17	0	75	34	0	112.5	51	0	71.25
	823	10.7031		607	41.3672		446	38.1484
	823.5	99.9609		607.333	149.961		446.526	94.9609
	960	89.2969		960	108.633		960	56.8516

ตารางที่ 4.60 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 100 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	11.25	69	0	101.25	86	0	105
	289.489	7.85755		277	72.0352		469	53.7031
	292.822	14.9609		277.37	134.961		469.357	139.961
	960	7.14245		960	62.9648		960	86.2969
53	0	18.75	70	0	86.25	87	0	48.75
	495	9.08203		930	2.69531		479	24.4258
	497	24.9609		930.435	114.961		479.769	64.9609
	960	15.918		960	112.305		960	40.5742
54	0	60	71	0	52.5	88	0	71.25
	716.375	15.2266		361	32.7578		380	43.0469
	717	79.9609		361.714	69.9609		380.526	94.9609
	960	64.7734		960	37.2422		960	51.9531
55	0	60	72	0	30	89	0	93.75
	719	15.0625		180	24.375		833	12.4023
	719.625	79.9609		181.25	39.9609		833.4	124.961
	960	64.9375		960	15.625		960	112.598
56	0	71.25	73	0	18.75	90	0	22.5
	676.254	21.0593		406	10.8203		476.071	11.3421
	676.78	94.9609		408	24.9609		477.737	29.9609
	960	73.9407		960	14.1797		960	18.6579
57	0	86.25	74	0	30	91	0	48.75
	517	39.8008		765	6.09375		839	6.14453
	517.435	114.961		766.25	39.9609		839.769	64.9609
	960	75.1992		960	33.9062		960	58.8555
58	0	75	75	0	60	92	0	52.5
	902	4.53125		352	38		132.343	45.2625
	902.5	99.9609		352.625	79.9609		133.058	69.9609
	960	95.4688		960	42		960	24.7375
59	0	71.25	76	0	116.25	93	0	11.25
	162	59.2266		386.629	69.4317		923.801	0.424212
	162.526	94.9609		386.951	154.961		927.134	14.9609
	960	35.7734		960	85.5683		960	14.5758
60	0	63.75	77	0	26.25	94	0	86.25
	814	9.69531		884	2.07812		512	40.25
	814.588	84.9609		885.429	34.9609		512.435	114.961
	960	75.3047		960	32.9219		960	74.75
61	0	33.75	78	0	101.25	95	0	22.5
	378	20.4609		485	50.0977		220	17.3438
	379.111	44.9609		485.37	134.961		221.667	29.9609
	960	24.5391		960	84.9023		960	12.6562
62	0	11.25	79	0	112.5	96	0	97.5
	287	7.88672		472	57.1875		682	28.2344
	290.333	14.9609		472.333	149.961		682.385	129.961
	960	7.11328		960	92.8125		960	101.766
63	0	22.5	80	0	48.75	97	0	131.25
	159	18.7734		942	0.914062		667	40.0586
	160.667	29.9609		942.769	64.9609		667.286	174.961
	960	11.2266		960	64.0859		960	134.941
64	0	63.75	81	0	37.5	98	0	33.75
	311	43.0977		475	18.9453		292	23.4844
	311.588	84.9609		476	49.9609		293.111	44.9609
	960	41.9023		960	31.0547		960	21.5156
65	0	60	82	0	33.75	99	0	56.25
	131	51.8125		272	24.1875		428	31.1719
	131.625	79.9609		273.111	44.9609		428.667	74.9609
	960	28.1875		960	20.8125		960	43.8281
66	0	60	83	0	52.5	100	0	11.25
	686	17.125		225	40.1953		930	0.351562
	686.625	79.9609		225.714	69.9609		933.333	14.9609
	960	62.875		960	29.8047		960	14.6484
67	0	33.75	84	0	67.5			
	388	20.1094		515	31.2891			
	389.111	44.9609		515.556	89.9609			
	960	24.8906		960	58.7109			
68	0	78.75	85	0	7.5			
	732	18.7031		464	3.875			
	732.476	104.961		469	9.96094			
	960	86.2969		960	6.125			

4.4.6.3 ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 1 : 1

ปัญหาทดสอบ RC201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 ผลการทดสอบจะแสดงให้เห็นถึงรายละเอียดของแต่ละเส้นทาง ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เวลาเริ่มขนสินค้าและปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทาง เวลาการเดินทางรวมและปริมาณการขนส่งรวมในแต่ละเส้น แสดงดังตารางที่ 4.61 และระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าแต่ละราย แสดงดังตารางที่ 4.62

ตารางที่ 4.61 ผลทดสอบ กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 1

รอบรถทุก	เส้นทาง	เวลาการเดินทางรวม	ปริมาณการขนส่งรวม	ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย
คันที่ 1	0, 94, 26, 34, 50, 96, 54, 68, 4, 1, 70, 101	455.20	1000	0, 51.64, 107.28, 108.63, 110.98, 101.77, 64.77, 86.30, 169.38, 86.95, 112.31, 0	494.88, 512, 595.49, 607, 627, 682, 716.38, 732, 764, 793, 930, 950.08
คันที่ 2	0, 12, 11, 23, 19, 22, 57, 86, 97, 10, 17, 60, 101	604.75	1000	0, 45.11, 92.91, 75.12, 108.44, 119.55, 70.03, 86.30, 127.96, 112.38, 86.90, 75.30, 0	236.76, 269.15, 274.65, 321, 374, 445.12, 459.51, 469, 615.91, 639, 792.29, 814, 841.51
คันที่ 3	0, 69, 88, 78, 79, 7, 6, 55, 66, 56, 89, 48, 25, 24, 91, 80, 101	682.61	995.58	0, 62.96, 51.88, 75.49, 85.34, 57.81, 64.69, 60.06, 61.70, 74, 105.14, 43.05, 86.72, 43.79, 58.86, 64.09, 0	267.78, 277, 379.08, 395.73, 408.27, 420, 508, 641.04, 667.16, 677, 756.66, 782.06, 790.06, 801, 839, 942, 950.39
คันที่ 4	0, 92, 63, 95, 72, 42, 39, 36, 44, 38, 40, 41, 43, 37, 35, 32, 93, 101	914.60	680.01	0, 20.38, 9.36, 9.85, 14.08, 18.32, 18.55, 75.47, 25.66, 84.14, 90.12, 63.75, 77.04, 38.95, 78.28, 41.45, 14.63, 0	37.83, 52.59, 79.25, 100.15, 130.68, 148.93, 154.93, 163, 337, 398, 449, 496, 666.06, 677, 681.98, 741, 928, 952.43
คันที่ 5	0, 65, 59, 47, 14, 98, 82, 52, 83, 64, 62, 76, 21, 99, 16, 9, 87, 18, 51, 84, 90, 49, 20, 13, 74, 58, 77, 101	855.01	950.16	0, 25.72, 32.97, 8.40, 18.55, 17.65, 18.00, 6.168, 29.63, 36.56, 6.70, 72.48, 24.22, 38.33, 53.23, 54.14, 35.79, 58.02, 56.54, 54.25, 18.73, 34.38, 38.16, 41.51, 33.91, 93.19, 32.92, 0	80.40, 91.58, 124.23, 151, 155, 181.93, 192.09, 206.36, 221.73, 230.51, 251.71, 278.58, 300.10, 334.20, 361.35, 373.03, 384.71, 422.69, 441.79, 451.54, 479, 560, 657, 742.79, 765, 872.87, 884, 935.41
คันที่ 6	0, 45, 2, 5, 73, 8, 46, 3, 100, 101	833.31	248.83	0, 18.63, 58.88, 40.08, 14.18, 31.52, 35.30, 35.59, 14.65, 0	119.26, 157, 182.47, 193, 406, 487, 583.60, 591, 930, 952.57
คันที่ 7	0, 15, 61, 71, 30, 85, 67, 81, 53, 101	327.68	200.39	0, 42.86, 21.05, 34.03, 25.66, 5.34, 24.89, 30.62, 15.92, 0	189.32, 228.62, 278.86, 302.33, 337.01, 363.97, 388, 463.92, 495, 517
คันที่ 8	0, 33, 28, 27, 29, 31, 75, 101	261.11	197.63	0, 20.31, 22.18, 44.90, 22.67, 45.57, 42, 0	148.52, 200, 247.91, 254.75, 260.25, 263.25, 352, 409.63
ระยะเวลาเดินทางรวม				4934.25	
ปริมาณการขนส่งรวม				5272.59	
ผลประโยชน์รวม				338.338	

ตารางที่ 4.62 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 1

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
1	0	75	18	0	75	35	0	75
	793	13.0469		422.69	41.9773		681.977	21.7206
	793.5	99.9609		423.19	99.9609		682.477	99.9609
	960	86.9531		960	58.0227		960	78.2794
2	0	112.5	19	0	150	36	0	150
	182.469	91.117		374	91.5625		163	124.531
	182.802	149.961		374.25	199.961		163.25	199.961
	960	58.883		960	108.438		960	75.4688
3	0	37.5	20	0	37.5	37	0	37.5
	591	14.4141		657	11.8359		677	11.0547
	592	49.9609		658	49.9609		678	49.9609
	960	35.5859		960	38.1641		960	38.9453
4	0	150	21	0	37.5	38	0	112.5
	764	30.625		300.096	25.7775		398	65.8594
	764.25	199.961		301.096	49.9609		398.333	149.961
	960	169.375		960	24.2225		960	84.1406
5	0	75	22	0	150	39	0	37.5
	193	59.9219		445.118	80.4504		154.929	31.4481
	193.5	99.9609		445.368	199.961		155.929	49.9609
	960	40.0781		960	119.55		960	18.5519
6	0	75	23	0	112.5	40	0	112.5
	508	35.3125		321	74.8828		449	59.8828
	508.5	99.9609		321.333	149.961		449.333	149.961
	960	64.6875		960	75.1172		960	90.1172
7	0	75	24	0	37.5	41	0	75
	420	42.1875		801	6.21094		496	36.25
	420.5	99.9609		802	49.9609		496.5	99.9609
	960	57.8125		960	43.7891		960	63.75
8	0	37.5	25	0	75	42	0	37.5
	487	18.4766		790.06	13.2766		148.929	31.6825
	488	49.9609		790.56	99.9609		149.929	49.9609
	960	31.5234		960	86.7234		960	18.3175
9	0	75	26	0	112.5	43	0	75
	373.025	45.8574		595.486	42.7164		666.06	22.9641
	373.525	99.9609		595.82	149.961		666.56	99.9609
	960	54.1426		960	107.284		960	77.0359
10	0	112.5	27	0	75	44	0	37.5
	639	37.6172		254.745	55.0981		337	24.3359
	639.333	149.961		255.245	99.9609		338	49.9609
	960	112.383		960	44.9019		960	25.6641
11	0	150	28	0	37.5	45	0	37.5
	274.652	107.086		247.914	27.8159		157	31.3672
	274.902	199.961		248.914	49.9609		158	49.9609
	960	92.9144		960	22.1841		960	18.6328
12	0	75	29	0	37.5	46	0	37.5
	269.152	53.9725		260.245	27.3342		583.597	14.7032
	269.652	99.0423		261.245	49.9609		584.597	49.9609
	960	45.1088		960	22.6658		960	35.2968
13	0	37.5	30	0	37.5	47	0	37.5
	742.787	8.48489		337.012	24.3355		151	31.6016
	743.787	49.9609		338.012	49.9609		152	49.9609
	960	41.5151		960	25.6645		960	18.3984
14	0	37.5	31	0	75	48	0	37.5
	155	31.4453		263.245	54.434		782.06	6.95079
	156	49.9609		263.745	99.9609		783.06	49.9609
	960	18.5547		960	45.566		960	43.0492
15	0	75	32	0	37.5	49	0	37.5
	228.616	57.1394		741	8.55469		560	15.625
	229.116	99.9609		742	49.9609		561	49.9609
	960	42.8606		960	41.4453		960	34.375
16	0	75	33	0	37.5	50	0	112.5
	361.345	46.7699		200	29.6875		627	39.0234
	361.845	99.9609		201	49.9609		627.333	149.961
	960	53.2301		960	20.3125		960	110.977
17	0	75	34	0	112.5	51	0	71.25
	792.287	13.1026		607	41.3672		441.791	38.4608
	792.787	99.9609		607.333	149.961		442.318	94.9609
	960	86.8974		960	108.633		960	56.5392

ตารางที่ 4.62 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้า กรณีปัญหาทดสอบ RC201, 1 : 1 (ต่อ)

ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง	ลูกค้า	เวลา	ระดับสินค้าคงคลัง
52	0	11.25	69	0	101.25	86	0	105
	206.358	8.83174		277	72.0352		469	53.7031
	209.691	14.9609		277.37	134.961		469.357	139.961
	960	6.16826		960	62.9648		960	86.2969
53	0	18.75	70	0	86.25	87	0	48.75
	495	9.08203		930	2.69531		384.705	29.2142
	497	24.9609		930.435	114.961		385.475	64.9609
	960	15.918		960	112.305		960	35.7858
54	0	60	71	0	52.5	88	0	71.25
	716.375	15.2266		302.327	35.9665		379.078	43.1153
	717	79.9609		303.042	69.9609		379.605	94.9609
	960	64.7734		960	34.0335		960	51.8847
55	0	60	72	0	30	89	0	93.75
	641.035	19.9353		130.679	25.9163		756.66	19.8575
	641.66	79.9609		131.929	39.9609		757.06	124.961
	960	60.0647		960	14.0837		960	105.143
56	0	71.25	73	0	18.75	90	0	22.5
	677	21.0039		406	10.8203		479	11.2734
	677.526	94.9609		408	24.9609		480.667	29.9609
	960	73.9961		960	14.1797		960	18.7266
57	0	86.25	74	0	30	91	0	48.75
	459.51	44.9659		765	6.09375		839	6.14453
	459.945	114.961		766.25	39.9609		839.769	64.9609
	960	70.0341		960	33.9062		960	58.8555
58	0	75	75	0	60	92	0	52.5
	872.87	6.80704		352	38		52.5919	49.6239
	873.37	99.9609		352.625	79.9609		53.3062	69.9609
	960	93.193		960	42		960	20.3761
59	0	71.25	76	0	116.25	93	0	11.25
	124.225	62.0302		278.584	82.5153		928	0.375
	124.751	94.9609		278.906	154.961		931.333	14.9609
	960	32.9698		960	72.4847		960	14.625
60	0	63.75	77	0	26.25	94	0	86.25
	814	9.69531		884	2.07812		512	40.25
	814.588	84.9609		885.429	34.9609		512.435	91.8493
	960	75.3047		960	32.9219		960	51.6383
61	0	33.75	78	0	101.25	95	0	22.5
	278.856	23.9465		395.729	59.513		100.151	20.1527
	279.967	44.9609		396.099	134.961		101.817	29.9609
	960	21.0535		960	75.487		960	9.84728
62	0	11.25	79	0	112.5	96	0	97.5
	251.713	8.30024		408.265	64.6565		682	28.2344
	255.046	14.9609		408.598	149.961		682.385	129.961
	960	6.69976		960	85.3435		960	101.766
63	0	22.5	80	0	48.75	97	0	131.25
	79.2485	20.6426		942	0.914062		615.911	47.0434
	80.9151	29.9609		942.769	64.9609		616.196	174.961
	960	9.35739		960	64.0859		960	127.957
64	0	63.75	81	0	37.5	98	0	33.75
	230.509	48.4427		463.917	19.3783		181.927	27.3541
	231.098	84.9609		464.917	49.9609		183.038	44.9609
	960	36.5573		960	30.6217		960	17.6459
65	0	60	82	0	33.75	99	0	56.25
	91.5843	54.276		192.094	26.9967		334.202	36.6679
	92.2093	79.9609		193.205	44.9609		334.868	74.9609
	960	25.724		960	18.0033		960	38.3321
66	0	60	83	0	52.5	100	0	11.25
	667.155	18.3028		221.733	40.374		930	0.351562
	667.78	79.9609		222.447	69.9609		933.333	14.9609
	960	61.6972		960	29.626		960	14.6484
67	0	33.75	84	0	67.5			
	388	20.1094		451.537	35.7513			
	389.111	44.9609		452.093	89.9609			
	960	24.8906		960	54.2487			
68	0	78.75	85	0	7.5			
	732	18.7031		363.974	4.65646			
	732.476	104.961		368.974	9.96094			
	960	86.2969		960	5.34354			

จากผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1: 100 100 : 1 และ 1 : 1 การจัดเส้นทางจะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขึ้นต่ำ จากตารางที่ 4.50 ตารางที่ 4.52 และตารางที่ 4.54 จะเห็นว่าปริมาณการขนส่งของลูกค้าทุกรายในเส้นทางจะมากกว่าปริมาณการขนส่งขึ้นต่ำ
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า จากตารางที่ 4.51 และตารางที่ 4.53 และตารางที่ 4.55 แสดงให้เห็นถึงระดับสินค้าคงคลังของลูกค้าทั้ง 100 ราย ซึ่งมีสินค้าคงคลังอยู่ตลอดเวลาการวางแผนไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า

การเปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201 ที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 100 : 1 และ 1 : 1 แสดงดังตารางที่ 4.63

ตารางที่ 4.63 เปรียบเทียบผลการทดสอบ ปัญหาทดสอบ RC201

ตัวแปร	ค่าถ่วงน้ำหนัก		
	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 100)	ปริมาณ : ระยะทาง (100 : 1)	ปริมาณ : ระยะทาง (1 : 1)
จำนวนรถบรรทุกรวม	6	10	8
เวลาการเดินทางรวม	4718.12	7075.59	4934.25
ปริมาณการขนส่งรวม	5193.39	5498.8	5272.59
ผลประโยชน์รวม	-466619	542804	338.338

จากตารางจะเห็นได้ว่า เมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับระยะทางมากกว่าปริมาณการขนส่ง (1 : 100) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) คือ 4718.12 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 เวลาการเดินทางรวมจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 47.78 และ 4.38 ตามลำดับ และที่การทดสอบ 1 : 100 เมื่อระยะทางรวมน้อยที่สุด (เวลาการเดินทางรวมน้อยที่สุด) หมายถึง จำนวนยานพาหนะที่ใช้ก็จะน้อยสุดด้วย คือ 6 คัน และเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 100 : 1 และ 1 : 1 จำนวนยานพาหนะจะลดลงคิดเป็น ร้อยละ 50 และ 25 ตามลำดับ และเมื่อผู้จัดเส้นทางให้ความสำคัญกับปริมาณการขนส่งมากกว่าระยะทาง (100 : 1) โปรแกรมจะจัดเส้นทางโดยคำนึงถึงปริมาณการขนส่งมากที่สุด คือ 5498.8 ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนักที่ 1 : 100 และ 1 : 1 ปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นคิดเป็น ร้อยละ 5.79 และ 4.29 ตามลำดับ

บทที่ 5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการศึกษา

กิจกรรมการขนส่งสินค้าถือเป็นกิจกรรมที่สำคัญในขบวนการโลจิสติกส์ ต้นทุนการขนส่งที่สูงจะส่งผลกระทบต่อราคาสินค้า และผลสุดท้ายก็จะส่งผลกระทบต่อศักยภาพในการแข่งขันทางด้านธุรกิจและระบบเศรษฐกิจโดยรวมของประเทศ ภาคธุรกิจของประเทศไทยยังคงประสบปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ผู้ประกอบการส่วนใหญ่อาศัยพนักงานที่มีความชำนาญและประสบการณ์ในการจัดเส้นทาง วิธีการดังกล่าวไม่สามารถควบคุมประสิทธิภาพการจัดเส้นทางได้ เพราะพนักงานแต่ละคนมีเกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาการจัดเส้นทางแตกต่างกัน ประกอบกับข้อมูลที่ต้องพิจารณาในการจัดการเส้นทางนั้นมีจำนวนมาก ซึ่งอาจก่อให้เกิดความสับสนและหากมีปริมาณสินค้ามาก มีลูกค้าหลายราย พนักงานก็ต้องใช้เวลาในการจัดเส้นทางนานขึ้นซึ่งเป็นการสูญเสียเวลาโดยเปล่าประโยชน์ การใช้พนักงานส่งผลให้การจัดการเส้นทางไม่มีประสิทธิภาพและส่งผลกระทบต่อต้นทุนการขนส่ง

งานวิจัยนี้จึงนำเสนอวิธีการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางร่วมกับการบริหารจัดการสินค้าคงคลังหรือเรียกว่าปัญหาจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง (Inventory routing problem , IRP) เป็นลักษณะของปัญหาที่ผู้จัดเส้นทางต้องคำนึงถึงสินค้าคงคลัง มีวัตถุประสงค์งานวิจัยเพื่อพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับค้นหาเส้นทางขนส่งสินค้าที่จะก่อให้เกิดผลประโยชน์สูงสุด ภายใต้สมมติฐานและเงื่อนไข คือ ครอบคลุมเวลา ข้อจำกัดเวลาการทำงาน และปริมาณการขนส่งผันแปร คลังโดยงานวิจัยกำหนดให้ มีลูกค้าหลายราย มีท่ารถเดียวซึ่งตั้งอยู่ที่คลังสินค้า มีรถบรรทุกขนาดเดียว และจำนวนไม่จำกัด และผู้ประกอบการขนส่งเป็นผู้บริหารสินค้าคงคลังของลูกค้า (Vendor Managed Inventory, VMI) หมายถึง ผู้ประกอบการมีหน้าที่ตัดสินใจในเรื่อง เวลา เส้นทาง และปริมาณการขนส่งของลูกค้า โดยมีข้อตกลง คือ 1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ หมายถึง ผู้ประกอบการจะทำการขนส่งสินค้าเมื่อปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้ามากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ 2. ระดับสินค้าคงคลัง หมายถึง ลูกค้าต้องไม่เกิดการขาดแคลนสินค้าหรือสินค้าไม่เพียงพอต่อการขาย (Stock out) งานวิจัยได้ใช้วิธีการแทรกฮิวริสติกส์ ที่นำเสนอโดย Campbell และ Savelsbergh (2004) ในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า เนื่องจากสามารถแก้ปัญหาได้รวดเร็ว คำตอบที่ได้มีความเหมาะสม ง่ายต่อการดำเนินการหรือง่ายต่อการทำให้บรรลุผล และวิธีการนี้ยังง่ายต่อการนำไปพัฒนาต่อให้สามารถแก้ปัญหาที่มีข้อจำกัดที่ซับซ้อนมากขึ้น และใช้โปรแกรม Codeblocks ร่วมกับภาษา C++ ในการสร้างขั้นตอนทางคอมพิวเตอร์ งานวิจัยใช้ปัญหาทดสอบของ Solomon เป็นปัญหาทดสอบ แบ่งกลุ่มตามการกระจายตัวของลูกค้า คือ กลุ่มการกระจายตัวเป็นกลุ่ม ($C_{1,2}$) กลุ่มการ

กระจายอย่างไว้แบบแผน ($R_{1,2}$) และกลุ่มการกระจายตัวเป็นกลุ่มและไว้แบบแผน ($RC_{1,2}$) ทำการทดสอบแต่ละปัญหาที่ค่าถ่วงน้ำหนักระหว่างปริมาณการขนส่งและระยะทาง 3 ระดับ คือ 1 : 1 1 : 100 และ 100 : 1 ผลการจัดเส้นทางทำให้ได้ เส้นทาง ปริมาณการขนส่ง เวลาการขนส่ง จำนวนยานพาหนะ ผลประโยชน์

5.2 สรุปผลการทดสอบ

กลุ่ม C101-C109 ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการจัดเส้นทางจะให้ระยะทางรวมน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 2.38 และ ร้อยละ 20.35 ตามลำดับ ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการจัดเส้นทางจะให้ปริมาณการขนส่งมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 5.66 และ ร้อยละ 9.80 ตามลำดับ

กลุ่มการทดสอบ C201-C208 ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการจัดเส้นทางจะให้ระยะทางรวมน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 18.09 และ ร้อยละ 33.70 ตามลำดับ ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการจัดเส้นทางจะให้ปริมาณการขนส่งมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 2.31 และ ร้อยละ 9.79 ตามลำดับ

กลุ่มการทดสอบ R101-R112 ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการจัดเส้นทางจะให้ระยะทางรวมน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 6.45 และ ร้อยละ 36.32 ตามลำดับ ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการจัดเส้นทางจะให้ปริมาณการขนส่งมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 5.84 และ ร้อยละ 13.26 ตามลำดับ

กลุ่มการทดสอบ R201-R211 ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการจัดเส้นทางจะให้ระยะทางรวมน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 0.42 และ ร้อยละ 18.47 ตามลำดับ ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการจัดเส้นทางจะให้ปริมาณการขนส่งที่มากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 0.02 และ ร้อยละ 0.59 ตามลำดับ

กลุ่มการทดสอบ RC101-RC108 ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 100 ผลการจัดเส้นทางจะให้ระยะทางรวมน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ

100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 4.40 และ ร้อยละ 29.11 ตามลำดับ ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการจัดเส้นทางจะให้ปริมาณการขนส่งมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 7.20 และ ร้อยละ 14.11 ตามลำดับ

กลุ่มการทดสอบ RC201-RC208 ผลการจัดเส้นทางจะให้ระยะทางรวมน้อยที่สุด โดยค่าเฉลี่ยเวลาการเดินทางรวมจะลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 100 : 1 คิดเป็นร้อยละ 9.69 และ ร้อยละ 76.52 ตามลำดับ ทดสอบที่ค่าถ่วงน้ำหนัก 100 : 1 ผลการจัดเส้นทางจะให้ปริมาณการขนส่งมากที่สุด โดยค่าเฉลี่ยปริมาณการขนส่งรวมจะเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับค่าถ่วงน้ำหนัก 1 : 1 และ 1 : 100 คิดเป็น ร้อยละ 5.81 และ ร้อยละ 13.60 ตามลำดับ

การกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักนั้นมีผลต่อการจัดเส้นทาง การให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับระยะทางมาก ผลการจัดเส้นทางจะได้ระยะทางรวมที่น้อยสุด แต่ปริมาณการขนส่งรวมจะลดลง และการให้ค่าถ่วงน้ำหนักกับปริมาณการขนส่งที่มาก ผลการจัดเส้นทางจะได้ปริมาณการขนส่งรวมที่มากที่สุดแต่ระยะทางรวมจะเพิ่มขึ้น เพราะฉะนั้นการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักจึงขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้จัดเส้นทาง

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. วิธีการหาคำตอบในงานวิจัยสามารถ สามารถเพิ่มเงื่อนไข การใช้รถวิ่งหลายรอบงาน การมีคลังสินค้าหลายที่ การมียานพาหนะหลายขนาดและหลายประเภท
2. โปรแกรมคอมพิวเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไข เวลาการขนส่งสินค้าให้แปรผันตามปริมาณการขนส่ง เพื่อให้การจัดเส้นทางนั้นมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

กวี ศรีเมือง, 2550, การหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก กรณีศึกษาที่อปัสชูเปอร์มาร์เก็ต, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

กมลชนก สุทธิวาหนฤพุดิ, ศลิษา ภมรสติตย์ และ จักรกฤษณ์ ดวงพิศตรา, 2544, การจัดการโลจิสติกส์. แมคกรอ-ฮิล อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล เอ็นเตอร์ไพรส์, ینگ์, กรุงเทพฯ.

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์, 2555, **ธุรกิจบริการ : โลจิสติกส์**, หน้า 18-19.

เกียรติศักดิ์ วานิชกรพงศ์ ฌกร อินทรพยุง และกฤษณะ ชินนะสา, 2550, “ A dynamic set partitioning-based model for the vehicle routing problem ”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 7, 15-16 พฤศจิกายน 2550, โรงแรมเจ้าพระยาพาร์ค กรุงเทพมหานคร, หน้า 256-264.

กฤต จันทรสมย์ และ สมบัติ สินธุเชาวน์, 2554, “ การปรับปรุงเส้นทางการขนส่งด้วยวิธีวิริสติกส์กรณีศึกษา ร้านโต้งน้ำแข็ง อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี ”, การประชุมวิชาการด้านการวิจัยดำเนินงานแห่งชาติ, 8-9 กันยายน 2554, โรงแรม เอส ดี อเวนิว กรุงเทพมหานคร, หน้า 81-88.

กฤตศภัทร สวาสดิ์, 2549, การกำหนดเส้นทางเดินรถแบบพลวัต, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กฤษดา วิสวธีรานนท์ และ กุลพงษ์ ยูนิพันธุ์, 2548, **Supply Chain & Logistics : ทฤษฎีและตัวอย่างจริง**. สำนักพิมพ์ ส.ส.ท., กรุงเทพฯ.

บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2552, **สินค้าคงคลัง** [online], Available : <http://logisticscorner.com/index.php/2009-05-25-00-45-43/inventory-management/1465-inventory-cost.html> [30 มีนาคม 2556].

เครือข่ายล์ จำปาเงิน, 2547, การพัฒนาการระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการขนส่งสินค้าเพื่อการบริโภคสู่ร้านค้าปลีกในสถานบริการน้ำมันในจังหวัดนนทบุรี, วิทยานิพนธ์ปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชวลีกร ชนะสิทธิ์, 2554, การพัฒนาโปรแกรมการจัดการเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการด้านธุรกิจขนส่งสินค้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการ โลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ณกร อินทร์พยุง, 2548, การแก้ปัญหาการตัดสินใจในอุตสาหกรรมการขนส่งและโลจิสติกส์ (**Discrete Optimization in Transport and Logistics**), กรุงเทพมหานคร, บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน).

ณัฐกาญจน์ โพธิ์สัมฤทธิ์ และ วิภาวี ธรรมภรณ์พิลาศ, 2553, “แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทาง-พัสดุคงคลัง”, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 20, ฉบับที่ 3, หน้า 544-551.

ดวงใจ ทาแก้ว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2555, วิธีการหาคำตอบแบบมีเหตุมีผล (**Heuristic Algorithms**), [online], Available : http://www.eng.mut.ac.th/article_detail.asp?ArticleID=517 [29 มีนาคม 2556].

ไทรภูมิ ปันกิติ, 2549, อัลกอริธึมสำหรับการหาเส้นทางมารับและส่งสินค้าให้ทันภายในระยะเวลา รับประกัน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทศพร อติเศรษฐพงษ์, 2554, การแก้ปัญหาการสั่งซื้อน้ำมันเชื้อเพลิงแบบหลายช่วงเวลา โดยวิธีอัลกอริธึม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ธนัญญา วสุศรี, การจัดการสินค้าคงคลังและการกระจายสินค้า (**Inventory and Distribution Management**), หน้า 2-3.

ธนิต โสรัตน์, 2550, **VMI : Vender Managed Inventory** [online], Available : <http://www.tanitsorat.com/v2/showcontent.php?id=89> [28 มีนาคม 2556].

ชรินี มณีศรี, 2550, การพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการจัดเส้นทางรถขนส่งแบบมีหลายคลังสินค้าและมีความไม่แน่นอนภายใต้กรอบเวลา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชรินี มณีศรี, 2553, การประยุกต์ขั้นตอนวิธีเมตาฮีริสติกส์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งกรณีมีรถขนส่งหลายขนาดและแบ่งแยกส่งสินค้าได้, รายงานการวิจัย สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ชเนศ ทักษิณวราร, 2543, การจัดเส้นทางเดินรถด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อกระจายสินค้า, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระศักดิ์ ชุมละอ, 2549, การจัดเส้นทางจัดส่งของล้อลูมินัมอัลลอยด์แบบมีกรอบเวลา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

นลินี อุดมสมบัติมีชัย, 2548, การประยุกต์วิธีศึกษาสำนึกสำหรับการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบมีกรอบเวลา, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นาฎยา มณีรัตน์ บริษัท Prathumrat Global Express Co.,Ltd, 2546, **Vendor Managed Inventory (VMI)**, [online], Available : <http://www.gotoknow.org/posts/108792> [29 มีนาคม 2556].

นิวัฒน์ อุทัยแสงไพศาล, 2554, แนวทางการประยุกต์ใช้ VMI กับรัฐวิสาหกิจ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ปณิศา กะสินรัมย์, 2552, การพัฒนาระบบเว็บสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อการจัดเส้นทางรถรับส่งพนักงานโดยใช้แผนที่กูเกิ้ล, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

พิมพ์ชนก ทำนอง, 2552, การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าจากจุดเดียว กรณีเปรียบเทียบวิธีการแบบอิวริสติกส์และวิธีการเชิงเชิงพันธุกรรม, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตและสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนครสวรรค์.

พิมลศรี สุทธานนท์, 2552, การศึกษาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการจัดการสินค้าคงคลังกรณีศึกษา บริษัท แอโรฟลูอิด จำกัด, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการบริหารเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

พอเจตน์ จิตพิพัฒน์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล, 2552, “ การใช้โปรแกรม เอ็กเซล โซลเวอ์ เพื่อปรับปรุงการจัดรถขนส่งสินค้า ”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 9, 19-21 พฤศจิกายน 2552, โรงแรมเดอะ ไทด์ รีสอร์ท บางแสน จังหวัดชลบุรี, หน้า 167-176.

ไพริน เปลี้นไพร, 2554, วิธีอิวริสติกส์สำหรับการจัดเส้นทางเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขรอบเวลาและข้อจำกัดเวลาการทำงาน, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มณิสรา บารมีชัย และ บุศรินทร์ ศรีสตรียานนท์, 2551, ปัจจัยที่ผลต่อต้นทุนการขนส่งสินค้า, สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่.

รื่นฤดี อัครมณี, 2553, การพัฒนาการจัดเส้นทางรถเดินรถของรถไฟฟ้ามหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ คณะบัณฑิตวิทยาลัยและการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วัลย์ลักษณ์ อัครีวงศ์ และ วัชรวิ จันทรประกายกุล, 2549, การจัดการและออกแบบโซ่อุปทาน **Designing & Managing The Supply Chain**. บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด.

วัชรินทร์ เผ่าภูรี, 2554, การจัดเส้นทางรถขนส่งหลายขนาดบรรทุกและหลายช่องจอดสำหรับน้ำมันหลายชนิดโดยใช้วิธีอิวริสติกส์, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

วันชัย รัตนวงษ์, 2554, **ถอดรหัสโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (Logistics & Supply Chain Solutions)**, พิมพ์ครั้งที่ 1, สำนักพิมพ์ Logistics Book, กรุงเทพมหานคร, หน้า 196.

วิจิตรสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์ ณ อยุธยา , 2556, “ปัญหาการจัดเส้นทาง-พัสดुकงคลัง”, วิศวกรรมลาดกระบัง, ปีที่ 30, ฉบับที่ 2, หน้า 7-12.

วิทยา สุหฤทคำรงค์, 2546, **โลจิสติกส์และการจัดการโซ่อุปทาน อธิบายได้...ง่ายนิดเดียว**. บริษัท ซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), กรุงเทพฯ.

ศักดิ์ดา พวงจันทร์, 2548, **การประยุกต์ใช้ระบบหาพิคัดบนพื้นโลกสำหรับการตัดสินใจโลจิสติกส์**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์ บัณฑิตวิทยาลัยการจัดการและนวัตกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ศิริวรรณ มิตรปล้อง, 2551, **ประสิทธิภาพการจัดการคลังสินค้าด้วยระบบ VENDOR MANAGED INVENTORY (VMI) ของธุรกิจ SUPER STORE ในกรุงเทพมหานคร**, วิทยานิพนธ์ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาบริหารธุรกิจ กลุ่มวิชาการจัดการโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร.

สนั่น เกาชาธิ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2553, **VMI (Vendor Managed Inventory) และกรณีศึกษา**, [online], Available : <http://www.thailandindustry.com/guru/view.php?id=11192§ion=9&rcount=Y> [29 มีนาคม 2556].

สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย กระทรวงอุตสาหกรรม, 2550, **คู่มือแนะนำแนวทางในการลดต้นทุนด้านโลจิสติกส์ SMEs**, โครงการภายใต้กรอบความร่วมมือระหว่างภาครัฐและเอกชน SMEs Projects, หน้า 2, 26-28.

สิริอร เศรษฐมานิต, 2551, “ การใช้แบบจำลองเพื่อศึกษาผลกระทบของ Vendor Managed Inventory (VMI) ”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 8, 20-22 พฤศจิกายน 2551, โรงแรมลองบีช ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, หน้า 23-34.

สุธีระ ตังคินีนาถ และ คณะ, 2551, “ โปรแกรมช่วยตัดสินใจการจัดรถขนส่งสินค้าในโรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์ ”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 8, 20-22 พฤศจิกายน 2551, โรงแรมลองบีช ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, หน้า 150-168.

สุทามาศ ตริมงคล และ วิจิตรสวัสดิ์ ฌ อยุธา, 2551, “ การประยุกต์ใช้แนวความคิดการบริหารสินค้าคงคลังโดยระบบ VMI เพื่อใช้ในการบริหารเวชภัณฑ์ยาของโรงพยาบาลในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 8, 20-22 พฤศจิกายน 2551, โรงแรมลองบีช ชะอำ จังหวัดเพชรบุรี, หน้า 1-10.

สุภารัตน์ สุ่มมาตย์, 2547, การใช้วิธีวิธีสถิติเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะและการบรรจุ, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สร้อยสุดา เลาะหมุด และ ชราธร กุลภัทรนิรันดร์, 2550, “ การจัดการการขนส่งด้วยวิธีเชิงพันธุกรรม ”, การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 7, 15-16 พฤศจิกายน 2550, โรงแรมเจ้าพระยาพาร์ค กรุงเทพมหานคร, หน้า 112-117.

สร้อยสุดา เลาะหมุด และ ชราธร กุลภัทรนิรันดร์, 2550, “ การประยุกต์ใช้วิธีการเชิงพันธุกรรมในการบริหารจัดการการขนส่ง ”, วารสารบริหารธุรกิจเทคโนโลยีมหานคร, 2550, หน้า 31-38

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2555, รายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2555 [online], Available : http://www.nesdb.go.th/Portals/0/tasks/dev_logis/report/data_0402200213.pdf [29 มีนาคม 2556].

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2550, แผนยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย พ.ศ. 2550-2554 [online], Available : http://www.nesdb.go.th/Portals/0/tasks/dev_logis/policy/แผนยุทธศาสตร์โลจิสติกส์-2550-2554.pdf [22 มีนาคม 2556].

สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทย สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2547, ยุทธศาสตร์การพัฒนาระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย, หน้า 1-3.

สำนักคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย, 2555, **โปรแกรมประยุกต์ด้านสินค้าคงคลัง** [online], Available : <http://bc.cru.in.th/downloads/บทที่%206%20โปรแกรมประยุกต์ด้านสินค้าคงคลัง.pdf> [28 มีนาคม 2556].

สำนักงานนโยบายและแผนการขนส่งและการจราจร กระทรวงคมนาคม, 2553, **โครงการศึกษาวิเคราะห์ระบบโครงสร้างต้นทุนการขนส่งระบบ Logistics**, หน้า 62, 87.

สำนักงานปลัดกระทรวงคมนาคม, 2555, **การขนส่งสินค้าภายในประเทศ** [online], Available : <http://vigportal.mot.go.th/portal/site/PortalMOT/stat/indexURL/> [28 มีนาคม 2556].

สำนักโลจิสติกส์ กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่, 2552, **Vendor Managed Inventory (VMI)**.

อดิสร สาดแสงจันทร์, 2553, **การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งผลิตภัณฑ์น้ำมันปิโตรเลียมหลายชนิด**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมระบบการผลิต คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

อัศรพล เนื่องฤทธิ์ และ มาโนช โลหเตปานนท์, 2550, “ การประยุกต์ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับร้านค้าสะดวกซื้อ ”, **การประชุมสัมมนาเชิงวิชาการประจำปีด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ครั้งที่ 7**, 15-16 พฤศจิกายน 2550, โรงแรมเจ้าพระยาพาร์ค กรุงเทพมหานคร, หน้า 265-276.

อุบลรัตน์ เขียรธนาคม, 2551, **การใช้วิธีเชิงอริสติกส์เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีคลังสินค้าหลายแห่ง**, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Archetti, C., Bertazzi, L., Laporte, G., and Speranza, M., 2007, “A Branch-Andcut Algorithm for a Vendor Managed Inventory Routing Problem”, **Transportation Science**, Vol. 41, No.3, pp. 382-391.

Bell, W., Dalberto, M., Fisher, M., Green_eld, A.,and Jaikuma, R., 1983, “Improving the Distribution of Industrial Gases with an On-Line Computerized Routing and Scheduling Optimizer”, **Interface**, Vol.13, pp. 4-23.

Bertazzi, L., Paletta, G., and Speranza, M., 2002, “Deterministic Order-Up-To Level Policies in an Inventory Routing Problem”, **Transportation Science**, Vol.36, No. 1, pp. 119-132.

B.L.Golden, A. A. Assad, and R. Dahl, 1984, “Analysis of a Large-Scale Vehicle-Routing Problem with an Inventory Component”, **Large Scale Systems in Information and Decision Technologies**, Vol.7, No.2-3, pp. 181-190.

Burapha University, 2010, **Fuel Oil Distribution System** [online], Available : <http://bal.buu.ac.th/bal2010/?q=petro03>. [27 มีนาคม 2556].

Cachon, G., Fisher, M., 1997, “Campbell Soup's Continuous Replenishment Program : Evaluation and Enhanced Inventory Decision Rules”, **Production and Operations Management**, Vol.6, No.3, pp. 266-276.

Campbel and Savelsbergh, 2004, “ Efficient Insertion Heuristics for Vehicle Routing and Scheduling Problems ”, **Transportation Science**, pp. 369-378.

Campbell, A., Clarke, L., and Savelsbergh, M., 2002, **Inventory Routing in Practice**, In D. Toth and D. Vigo (Eds.), **The Vehicle Routing Problem**, SIAM.

Campbell, A. M. 2000, **Inventory Routing**, Department of Industrial and Systems Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA.

Christofides, N., Mingozzi, A., and Toth, P., 1981, “Exact Algorithms for the Vehicle Routing Problem Based on Spanning Tree and Shortest Path Relaxation”, **Mathematical Programming**, Vol.20, pp. 255-282.

Cid, F., Gordon R., Kearns, B., Lennick, P., and Sattleberger, A., 2000, **Vendor Managed Inventories**, [online], Available : <http://forecast.umkc.edu/ftppub/ba544/vmi.doc>. [30 มีนาคม 2556].

Cousineau-Ouimet, K., 2002, “A Tabu Search Heuristic for the Inventory Routing Problem”, **Proceedings of 37th annual ORSNZ conference**, University of Auckland, Auckland, NZ.

Crainic, T.G. and Laporte, G., 1997, “Planning Models for Freight Transportation”, **European Journal of Operation Research**, Vol.97, pp.409-438.

Disney, Richard, Andrew Henley, and Jonathan Heathcote, 2003, “House Price Shocks, Negative Equity and Household Consumption in the UK”, mimeo, University of Nottingham.

Donald J. Bowersox, David J. Closs, and M. Bixby Cooper, 2002, [Supply Chain Logistics Management](#), McGraw-Hill, New York.

Dong, Y., and Xu, K., 2002, “A Supply Chain Model of Vendor Managed Inventory”, **Transportation Research Part E Logistics and Transportation Review**, Vol.38, No.2, pp.75-95.

Douglas, M.L., 1975, **The Development of Inventory Costing Methodology : A Study of the Cost Associated with Holding Inventory**, Chicago : National Council of Physical.

Dror, M., and Ball, M., 1987, “Inventory/Routing : Reduction from an Annual to a Short Period Problem”, **Naval Research Logistics**, Vol.33, pp. 891-905.

Dror, M. and P. Trudeau, 1990, “Savings by Split Delivery Routing”, **Transportation Science**, Vol. 23, pp. 141-145.

Fisher, M.L. and R. Jaikumar, 1981, “A Generalized Assignment Heuristic for Vehicle Routing”, **Networks**, Vol. 11, No.2, pp. 109-124.

Flood, Merrill M., 1956, “The Traveling-Salesman Problem”, *J. Opns. Res. Soc. Am.* 4, pp.61-75.

G.B. Dantzig and J. H.Ramser,1959, “The Truck Dispatching Problem”, **Management Science**, pp.80-91.

G. Clarke and J.W. Wright, 1964, “Scheduling of Vehicles from Central Depot to a number of delivery points”, **Institute for Operation Research and the Management Sciences**, pp.568-581.

Gillett, B. and L. Miller, 1974, “A Heuristic Algorithm for Vehicle Dispatch Problem”, **Operations Research**, Vol. 22, pp. 340-349.

Google Inc., การโปรแกรมแบบฮิวริสติกส์, [online], Available : <http://irrigation.rid.go.th/rid15/ppn/Knowledge/Decision%20Support%20Systems/dss7.htm> [29 มีนาคม 2556].

Hashimoto, H., M. Yagiura and T. Ibaraki, 2008, “An Iterated Local Search Algorithm for the Time-Dependent Vehicle Routing Problem with Time Windows” **Discrete Optimization**, Vol.5, pp. 434-456.

Imran, A., S. Salhi and N.A. Wassan, 2009, “A Variable Neighborhood-Based Heuristic for the Heterogeneous Fleet Vehicle Routing Problem”, **European Journal of Operational Research**, Vol.197, pp. 509-518.

J-F Cordeau, M. Gendreau, G. Laporte, J-Y Potvin, and F. Semet, 2002, “A Guide to Vehicle Routing Heuristics”, **The Journal of the Operational Research Society**, Vol. 53, No.5, pp. 512-522.

Lee, H., So, K.C. Tang, C.S., 2000, “The Value of Information Sharing in Two-Level Supply Chains ” **Management Science**, Vol 46, No.5, pp.626-664.

LogistiCafe blog, 2554, **VMI (Vendor Managed Inventory)**, [online], Available : <http://www.logisticafe.com/2011/09/vmi-vendor-managed-inventory-คืออะไร/> [30 มีนาคม 2556].

Marius M. Solomon , 1987, “Algorithms for The Vehicle Routing and Scheduling Problems With Time Windows Constriants”, **Institute for Operation Research and The Management Sciences**, pp. 254-365.

Stock, J.R. and Lamber, D.M., 2001, **Strategic Logistics Management**, 4th ed., McGrawHill, Singapore.

Talley, Wayne Kenneth, 1983, **Introduction to Transportation**, South-Western Publishing Co., Cincinnati, Ohio.

Toth, P. and D.Vigo., 2002, **The Vehicle Routing Problem**, SIAM Monographs on Discrete Mathematics and Applications, Philadelphia,PA.

Tung H. Le, 2009, **An Inventory Routing Problem with Perishable Goods**, Doctor of Philosophy, Purdue University.

ภาคผนวก ก
ตัวอย่างวิธีการจัดเส้นทางเดินรถ

- Total time = 230
- Shift time limit = 230
- Weight of demand profit = 1
- Weight of distance profit = 100
- Number of customer = 10
- Number of truck = 25
- Truck capacity = 200
- ข้อมูลลูกค้า

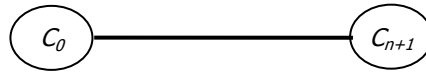
ตารางที่ ก.1 ข้อมูลนำเข้าของลูกค้า Sample problem

CUST_ NO	X_ COORD	Y_ COORD	DEMAND_ MIN	EE DT	LL DT	FIX_STOP_ TIME	FIX_DELIVERY_ TIME	USAGE_ RATE	INIT_ INV	INV_ CAPACITY
0	35	35	0	0	230	0	0	0	0	0
1	41	49	50	0	230	10	10	0.5	450	500
2	35	17	70	0	230	10	10	0.5	450	500
3	55	45	50	0	230	10	10	0.5	450	500
4	55	20	90	0	230	10	10	0.5	450	500
5	15	30	35	0	230	10	10	0.5	450	500
6	25	30	30	0	230	10	10	0.5	450	500
7	20	50	50	0	230	10	10	0.5	450	500
8	10	43	65	0	230	10	10	0.5	450	500
9	55	60	60	0	230	10	10	0.5	450	500
10	30	60	60	0	230	10	10	0.5	450	500

ตารางที่ ก.2 ระยะทางระหว่างลูกค้า (จากโปรแกรม เมื่อ 0 และ 11 คือ ท่ารถ)

ระยะทาง	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	0	15.2315	18	22.3607	25	20.6155	11.1803	21.2132	26.2488	32.0156	25.4951	0
1	15.2315	0	32.5576	14.5602	32.2025	32.2025	24.8395	21.0238	31.5753	17.8045	15.5563	15.2315
2	18	32.5576	0	34.4093	20.2237	23.8537	16.4012	36.2491	36.0694	47.4236	43.2897	18
3	22.3607	14.5602	34.4093	0	25	42.72	33.541	35.3553	45.0444	15	29.1548	22.3607
4	25	32.2025	20.2237	25	0	41.2311	31.6228	46.0977	50.5371	40	47.1699	25
5	20.6155	32.2025	23.8537	42.72	41.2311	0	10	20.6155	13.9284	50	33.541	20.6155
6	11.1803	24.8395	16.4012	33.541	31.6228	10	0	20.6155	19.8494	42.4264	30.4138	11.1803
7	21.2132	21.0238	36.2491	35.3553	46.0977	20.6155	20.6155	0	12.2066	36.4005	14.1421	21.2132
8	26.2488	31.5753	36.0694	45.0444	50.5371	13.9284	19.8494	12.2066	0	48.1041	26.2488	26.2488
9	32.0156	17.8045	47.4236	15	40	50	42.4264	36.4005	48.1041	0	25	32.0156
10	25.4951	15.5563	43.2897	29.1548	47.1699	33.541	30.4138	14.1421	26.2488	25	0	25.4951
11	0	15.2315	18	22.3607	25	20.6155	11.1803	21.2132	26.2488	32.0156	25.4951	0

- ค่าเริ่มต้น (เส้นทางเริ่มต้นก่อนการแทรกลูกค้า เมื่อ C_0, C_{n+1} คือ ท่ารถ)



$$N = \{ C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_6, C_7, C_8, C_9, C_{10} \}$$

$$TR = \{ 0, n+1, 0, n+1, \dots \}$$

$$q_{r_m}^{\min} = 0$$

$$q_{r_m}^{\max} = 0$$

$$e_0^{r_m} = 0$$

$$e_{n+1}^{r_m} = 0$$

$$l_0^{r_m} = T(230)$$

$$l_{n+1}^{r_m} = T(230)$$

$$g_0^{r_m} = 0$$

$$g_{n+1}^{r_m} = 0$$

$$t_0^{g,r_m} = 0$$

$$t_{n+1}^{g,r_m} = T(230)$$

- แทรกลูกค้ารายที่ 1 (Neighbor Solution 1 ของการแทรกลูกค้ารายที่ 1 ลงในเส้นทาง)

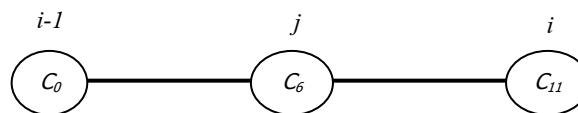
Iter.1 while loop $N \neq \phi$

Iter.1.1 $p^* = -\infty$

Iter.1.1.1 for $j \in N$

Iter.1.1.1.1 for $m \in TR$

Iter.1.1.1.1.1 for $(i-1, i) \in r_m$



Check feasible

1) $D_6 \leq Q_m - q_{r_m}^{\max} = 30 \leq 200 - 0$ ผ่าน

2) $e_6^{r_m} = \max(e_0^{r_m} + P_0 + T_{0,6} + S_6, E_6) = \max(0+0+11.1803+10, 0) = 21.1803$

เมื่อ $E_6 = \max\left(EE_6, \frac{D_6 - (C_6 - I_6)}{U_6}\right) = \max\left(0, \frac{30 - (500 - 450)}{0.5}\right) = 0$

$$l_6^r = \min(l_6^r - S_{11} - T_{6,11} - P_6, L_6) = \min(230 - 0 - 11.1803 - 10, 230) = 208.8197$$

$$\text{เมื่อ } L_6 = \min\left(LL_6, \frac{I_6}{U_6} \right) = \min\left(230, \frac{450}{0.5} \right) = 230$$

$$e_6^r \leq l_6^r = 21.1803 \leq 208.8197 \text{ ผ่าน}$$

$$\begin{aligned} 3) \bar{e}_{11}^r &= \max(e_{11}^r, e_6^r + P_6 + T_{6,11} + S_{11} + a_{11}^r) \\ &= \max(0, 21.1803 + 10 + 11.1803 + 0 + 0) = 42.3606 \end{aligned}$$

$$\bar{e}_0^r = \max(e_0^r, \bar{e}_{11}^r - S) = \max(0, 42.3606 - 230) = 0$$

$$\begin{aligned} \bar{l}_0^r &= \min(l_0^r, l_6^r - S_6 - T_{0,6} - P_0 - (a_0^r - a_6^r)) \\ &= \min(230, 208.8197 - 10 - 11.1803 - 0 - (0 - 0)) = 187.6394 \end{aligned}$$

$$\bar{l}_{11}^r = \min(l_{11}^r, \bar{l}_0^r + S) = \min(230, 187.6394 + 230) = 230$$

$$\bar{e}_0^r \leq \bar{l}_0^r, \bar{l}_{11}^r \geq \bar{e}_{11}^r = 0 \leq 187.6394, 230 \geq 42.3606 \text{ ผ่าน}$$

Update the route

Insert (i*,j*) = {C₁₁, C₆}

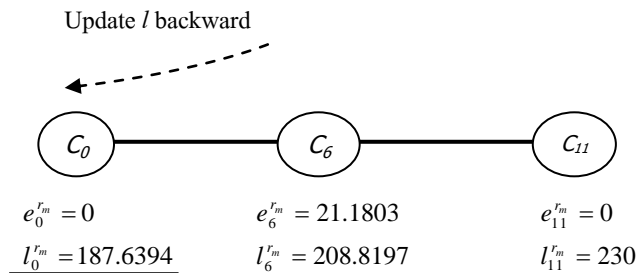
N\j* = {C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₆, C₇, C₈, C₉, C₁₀} - {C₆} = {C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₇, C₈, C₉, C₁₀}

1) Update r* = {C₀, C₆, C₁₁}, {C₀, C₁₁}

2) Update $q_{r_m}^{\min} = q_{r_m}^{\min} + D_6, 30 = 0 + 30$
 $q_{r_m}^{\max} = \hat{q}_{r_m}^{\max}, 0 = 0$

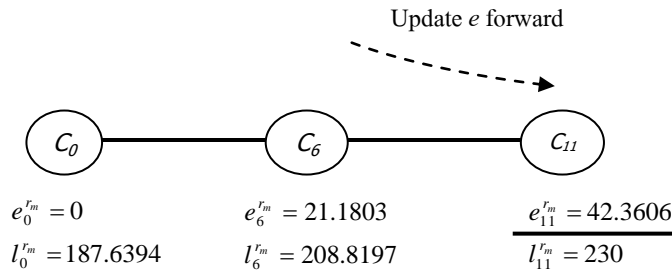
3) Update l backward เมื่อ v=i-1,...,0

$$l_0^r = \min(l_0^r, l_6^r - S_6 - T_{0,6} - P_0) = \min(230, 208.8197 - 10 - 11.1803 - 0) = 187.6394$$



4) Update e forward เมื่อ $v=i, \dots, n+1$

$$e_{11}^{r_m} = \max(e_{11}^{r_m}, e_6^{r_m} + P_6 + T_{6,11} + S_{11}) = \max(0, 21.1803 + 10 + 11.1803 + 0) = 42.3606$$

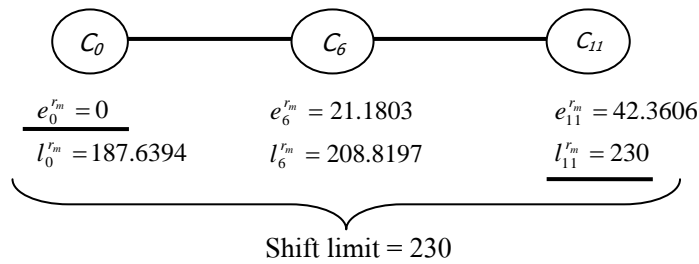


5) Update e backward for $\bar{e}_0^{r_m} > e_0^{r_m}$

$$\bar{e}_0^{r_m} = 0, e_0^{r_m} = 0 \text{ ไม่ Update}$$

Update l forward for $\bar{l}_{n+1}^{r_m} < l_{n+1}^{r_m}$

$$\bar{l}_{n+1}^{r_m} = 230, l_{n+1}^{r_m} = 230 \text{ ไม่ Update}$$



6) Update Cumulative travel time

$$\text{กำหนดให้ } a_0^{r_m} = 0, a_{n+1}^{r_m} = 0$$

6.1) ปรับปรุงเวลาสะสมของลูกค้านำตำแหน่ง j

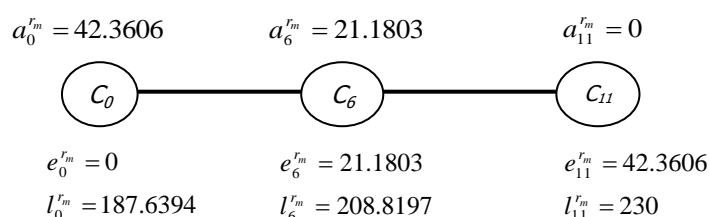
$$a_6^{r_m} = P_6 + T_{6,11} + S_{11} + a_{11}^{r_m} = 10 + 11.1803 + 0 + 0 = 21.1803$$

6.2) ปรับปรุงเวลาที่เปลี่ยนไปหลังแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j

$$\begin{aligned} \Delta &= (P_0 + T_{0,6} + S_6) + (P_6 + T_{6,11} + S_{11}) - (P_0 + T_{0,11} + S_{11}) \\ &= (0 + 11.1803 + 10) + (10 + 11.1803 + 0) - (0 + 0 + 0) = 42.3606 \end{aligned}$$

6.3) ปรับปรุงเวลาสะสมของลูกค้านำก่อนตำแหน่ง j คือ a_v เมื่อ $v=i-1, \dots, 0$

$$a_0^{r_m} = a_0^{r_m} + \Delta = 0 + 42.3606 = 42.3606$$



Determine profit

1) คำนวณและปรับปรุง $g_v^{r_m}$ เมื่อ $v = n+1, \dots, 0$

$$1.1) \quad g_{11}^{r_m} = g_0^{r_m} + d_{11}^{\max} (t_0^{g,r_m} - S_0 - T_{11,0})$$

- หาค่า $d_{11}^{\max} (t_0^{g,r_m} - S_0 - T_{11,0})$ และ t_{11}^{g,r_m}

$$\max_{-} D_{11}^{r_m} = d_{11}^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} Q_m - Cum - q_{r_m,v}^{\max}, \\ C_{11} - I_{11} + U_{11}(t_0^{g,r_m} - S_0 - T_{11,0} - P_{11}), \\ C_{11} - I_{11} + U_{11}I_{11}^{r_m} \end{array} \right) \begin{array}{l} t_{11}^{g,r_m} = I_{11}^{r_m} \\ t_{11}^{g,r_m} = t_0^{g,r_m} - S_0 - T_{11,0} - P_{11} \\ t_{11}^{g,r_m} = I_{11}^{r_m} \end{array}$$

$$\max_{-} D_{11}^{r_m} = d_{11}^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 200 - 0, \\ 0 - 0 + 0(0 - 0 - 0 - 0), \\ 0 - 0 + 0(230) \end{array} \right) \begin{array}{l} t_{11}^{g,r_m} = 230 \\ t_{11}^{g,r_m} = 0 - 0 - 0 - 0 \\ t_{11}^{g,r_m} = 230 \end{array}$$

$$\max_{-} D_{11}^{r_m} = d_{11}^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 0, \\ 0, \\ 0 \end{array} \right) \begin{array}{l} t_{11}^{g,r_m} = 230 \\ t_{11}^{g,r_m} = 0 \\ t_{11}^{g,r_m} = 230 \end{array}$$

เพราะฉะนั้นค่า $d_{11}^{\max} = 0$ และค่า $t_{11}^{g,r_m} = 230$

ค่า $\max_{-} D_{11}^{r_m} = D_{11} ; 0 = 0$ ผ่าน

- หาค่า $g_{11}^{r_m} = g_0^{r_m} + d_{11}^{\max} (t_0^{g,r_m} - S_0 - T_{11,0}) = 0 + 0 = 0$

$$1.2) \quad g_6^{r_m} = g_{11}^{r_m} + d_6^{\max} (t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11})$$

- หาค่า $d_6^{\max} (t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11})$ และ t_6^{g,r_m}

$$\max_{-} D_6^{r_m} = d_6^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} Q_m - Cum - q_{r_m,v}^{\max}, \\ C_6 - I_6 + U_6(t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11} - P_6), \\ C_6 - I_6 + U_6I_6^{r_m} \end{array} \right) \begin{array}{l} t_6^{g,r_m} = I_6^{r_m} \\ t_6^{g,r_m} = t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11} - P_6 \\ t_6^{g,r_m} = I_6^{r_m} \end{array}$$

$$\max_{-} D_6^{r_m} = d_6^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 200 - 0, \\ 500 - 450 + 0.5(230 - 0 - 11.1803 - 10), \\ 500 - 450 + 0.5(208.8197) \end{array} \right) \begin{array}{l} t_6^{g,r_m} = 208.8197 \\ t_6^{g,r_m} = 230 - 0 - 11.1803 - 10 \\ t_6^{g,r_m} = 208.8197 \end{array}$$

$$\max_{-} D_6^{r_m} = d_6^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 200, \\ 154.40985, \\ 154.40985 \end{array} \right) \begin{array}{l} t_6^{g,r_m} = 208.8197 \\ t_{11}^{g,r_m} = 208.8197 \\ t_6^{g,r_m} = 208.8197 \end{array}$$

เพราะฉะนั้นค่า $d_6^{\max} = 154.40985$ และค่า $t_6^{g,r_m} = 208.8197$

ค่า $\max_{-} D_6^{r_m} > D_6 ; 154.40985 > 30$ ผ่าน

- หาค่า $g_6^{r_m} = g_{11}^{r_m} + d_6^{\max} (t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11}) = 0 + 154.40985 = 154.40985$

$$1.3) \quad g_0^{r_m} = g_6^{r_m} + d_0^{\max} (t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{0,6})$$

$$\text{- หาค่า } d_0^{\max} (t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{0,6}) \text{ และ } t_0^{g,r_m}$$

$$\max_ D_0^{r_m} = d_0^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} Q_m - Cum_{q_{r_m,y}^{\max}}, \\ C_0 - I_0 + U_0(t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{0,6} - P_0), \\ C_0 - I_0 + U_0 I_0^{r_m} \end{array} \right) \quad \begin{array}{l} t_0^{g,r_m} = I_0^{r_m} \\ t_0^{g,r_m} = t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{0,6} - P_0 \\ t_0^{g,r_m} = I_0^{r_m} \end{array}$$

$$\max_ D_0^{r_m} = d_0^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 200 - 0, \\ 0 - 0 + 0(208.8197 - 10 - 11.1803 - 0), \\ 0 - 0 + 0(187.6394) \end{array} \right) \quad \begin{array}{l} t_0^{g,r_m} = 187.6394 \\ t_0^{g,r_m} = 208.8197 - 10 - 11.1803 - 0 \\ t_0^{g,r_m} = 187.6394 \end{array}$$

$$\max_ D_0^{r_m} = d_0^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 200, \\ 0, \\ 0 \end{array} \right) \quad \begin{array}{l} t_0^{g,r_m} = 187.6394 \\ t_0^{g,r_m} = 187.6394 \\ t_0^{g,r_m} = 187.6394 \end{array}$$

$$\text{เพราะฉะนั้นค่า } d_0^{\max} = 0 \text{ และค่า } t_0^{g,r_m} = 187.6394$$

$$\text{ค่า } \max_ D_0^{r_m} = D_0; 0=0 \text{ ผ่าน}$$

$$\text{- หาค่า } g_0^{r_m} = g_6^{r_m} + d_0^{\max} (t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{0,6}) = 154.40985 + 0 = 154.40985$$

$$2) \text{ ปรับปรุง } \hat{q}_{r_m}^{\max} = \min\{Q_m, g_0^{r_m}\}$$

$$\hat{q}_{r_m}^{\max} = \min\{200, 154.40985\} = 154.40985$$

3) คำนวณผลประโยชน์

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= \alpha(\hat{q}_{r_m}^{\max} - q_{r_m}^{\max}) + \beta(-T_{0,6} - T_{6,11} - S_6 - P_6 + T_{0,11}) \\ &= 1(154.40985 - 0) + 100(-11.1803 - 11.1803 - 10 - 10 + 0) \\ &= -4081.65015 \end{aligned}$$

ลูกค้ายี่ 6 เป็นลูกค้ายี่แรกที่ทดลองแทรกในเส้นทางและคำนวณ Profit (Neighbor Solution 1) หลังจากนั้นทำการแทรกลูกค้ายี่ที่เหลือ $\{C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, C_7, C_8, C_9, C_{10}\}$ เข้าไปในเส้นทางโดยใช้วิธีการคำนวณและขั้นตอนเหมือนข้างต้น เมื่อแทรกลูกค้ายี่ครบทุกรายจะมี Neighbor Solution ทั้งหมด 10 Neighbor Solution จากนั้นทำการเลือก Neighbor solution ที่ก่อให้เกิด Profit สูงสุด เพื่อเก็บค่าเป็น Best neighbor solution

จากการคำนวณ Neighbor solution ที่ก่อให้เกิด Profit มากที่สุด คือ Neighbor solution 1 ซึ่งเกิดจากการแทรกลูกค้ายี่ 6 (แสดงตัวอย่างการคำนวณดังข้างต้น) เพราะฉะนั้นลูกค้ายี่แรกที่พิจารณาแทรกในเส้นทางและเก็บค่าเป็น Best neighbor solution คือ Neighbor solution 1 (แทรกลูกค้ายี่

รายชื่อที่ 6) และทำการเก็บค่า Best neighbor solution เป็น Current solution หลังจากนั้นทำการแทรก ลูกค้าย้ายถัดไป

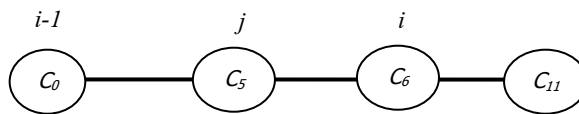
- แทรกลูกค้าย้ายที่ 2 (Neighbor Solution 1 ของการแทรกลูกค้าย้ายที่ 2 ลงในเส้นทาง)

Iter.2 while loop $N \neq \phi$

Iter.2.1 for $j \in N$

Iter.2.1.1 for $m \in TR$

Iter.2.1.1.1 for $(i-1,i) \in r_m$



Check feasible

1) $D_5 \leq Q_m - q_{r_m}^{\max} = 35 \leq 200 - 154.40985$ ผ่าน

2) $e_5^{r_m} = \max(e_0^{r_m} + P_0 + T_{0,5} + S_5, E_5) = \max(0+0+20.6155+10, 0) = 30.6155$

เมื่อ $E_5 = \max\left(EE_5, \frac{D_5 - (C_5 - I_5)}{U_5} \right) = \max\left(0, \frac{35 - (500 - 450)}{0.5} \right) = 0$

$l_5^{r_m} = \min(l_6^{r_m} - S_6 - T_{5,6} - P_5, L_5) = \min(208.8197 - 10 - 10 - 10, 230) = 178.8197$

เมื่อ $L_5 = \min\left(LL_5, \frac{I_5}{U_5} \right) = \min\left(230, \frac{450}{0.5} \right) = 230$

$e_6^{r_m} \leq l_6^{r_m} = 30.6155 \leq 178.8197$ ผ่าน

3) $\bar{e}_{11}^{r_m} = \max(e_{11}^{r_m}, e_5^{r_m} + P_5 + T_{5,6} + S_6 + a_6^{r_m})$
 $= \max(42.3606, 30.6155 + 10 + 10 + 10 + 21.1803) = 81.7958$

$\bar{e}_0^{r_m} = \max(e_0^{r_m}, \bar{e}_{11}^{r_m} - S) = \max(0, 81.7958 - 230) = 0$

$\bar{l}_0^{r_m} = \min(l_0^{r_m}, l_5^{r_m} - S_6 - T_{0,5} - P_0 - (a_0^{r_m} - a_6^{r_m}))$
 $= \min(187.6394, 178.8197 - 10 - 20.6155 - 0 - (42.3606 - 42.3606)) = 148.2042$

$\bar{l}_{11}^{r_m} = \min(l_{11}^{r_m}, \bar{l}_0^{r_m} + S) = \min(230, 148.2042 + 230) = 230$

$\bar{e}_0^{r_m} \leq \bar{l}_0^{r_m}, \bar{l}_{11}^{r_m} \geq \bar{e}_{11}^{r_m} = 0 \leq 148.2042, 230 \geq 81.7958$ ผ่าน

Update the route

Insert (i*,j*) = {C₆, C₅}

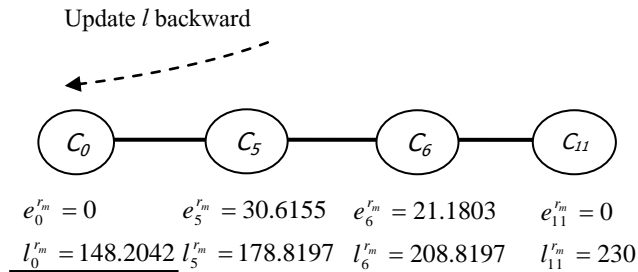
Nj* = { C₁, C₂, C₃, C₄, C₅, C₇, C₈, C₉, C₁₀ } - { C₅ } = { C₁, C₂, C₃, C₄, C₇, C₈, C₉, C₁₀ }

1) Update r* = {C₀, C₅, C₆, C₁₁}, {C₀, C₁₁}

2) Update $q_{r_m}^{\min} = q_{r_m}^{\min} + D_6$, $65 = 30+35$
 $q_{r_m}^{\max} = \hat{q}_{r_m}^{\max}$, $154.40985 = 154.40985$

3) Update l backward $\forall v=i-1, \dots, 0$

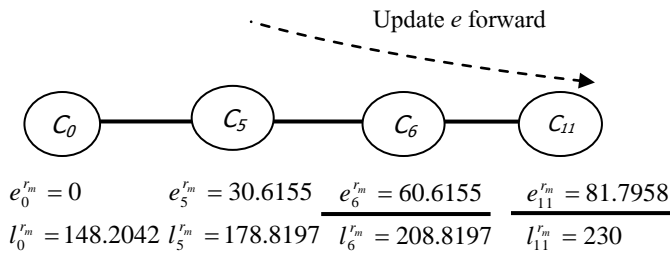
$$l_0^r = \min(l_0^r, l_5^r - S_5 - T_{0,5} - P_0) = \min(187.6394, 178.8197-10-20.6155-0) = 148.2042$$



4) Update e forward $\forall v=i, \dots, n+1$

$$e_6^r = \max(e_6^r, e_5^r + P_5 + T_{5,6} + S_6) = \max(21.1803, 30.6155+10+10+10) = 60.6155$$

$$e_{11}^r = \max(e_{11}^r, e_6^r + P_6 + T_{6,11} + S_{11}) = \max(0, 60.6155+10+11.1803+0) = 81.7958$$

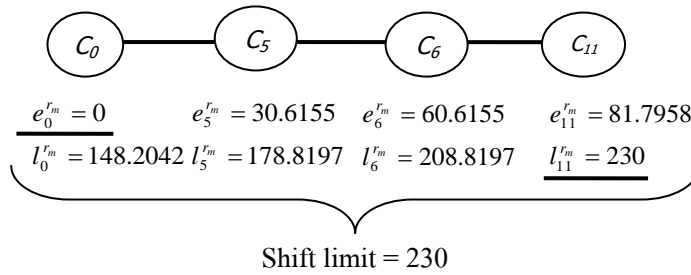


5) Update e backward for $\bar{e}_0^r > e_0^r$

$$\bar{e}_0^r = 0, e_0^r = 0 \quad \forall \text{ Update}$$

Update l forward for $\bar{l}_{n+1}^r < l_{n+1}^r$

$$\bar{l}_{n+1}^r = 230, l_{n+1}^r = 230 \quad \forall \text{ Update}$$



6) Update Cumulative travel time

6.1) ปรับปรุงเวลาสะสมของลูกค้านำตำแหน่ง j

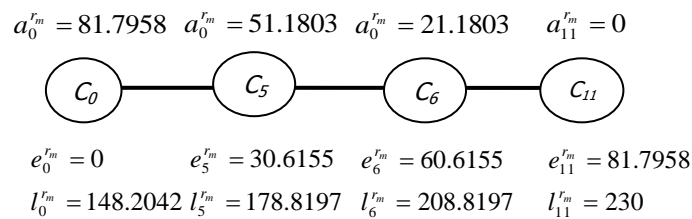
$$a_5^r = P_5 + T_{5,6} + S_6 + a_6^r = 10+10+10+21.1803 = 51.1803$$

6.2) ปรับปรุงเวลาที่เปลี่ยนไปหลังแทรกลูกค้าลงในตำแหน่ง j

$$\begin{aligned} \Delta &= (P_0 + T_{0,5} + S_5) + (P_5 + T_{5,6} + S_6) - (P_0 + T_{0,6} + S_6) \\ &= (0 + 20.6155 + 10) + (10 + 10 + 10) - (0 + 11.1803 + 10) = 39.4352 \end{aligned}$$

6.3) ปรับปรุงเวลาสะสมของลูกค้านำก่อนตำแหน่ง j คือ a_v เมื่อ $v=i-1, \dots, 0$

$$a_0^r = a_0^r + \Delta = 42.3606 + 39.4352 = 81.7958$$



Determine profit

1) คำนวณและปรับปรุง g_v^r เมื่อ $v = n+1, \dots, 0$

1.1) $g_{11}^r = g_0^r + d_{11}^{\max} (t_0^{g,r} - S_0 - T_{11,0})$

- หาค่า d_{11}^{\max} และ $t_{11}^{g,r}$

$$\max_ D_{11}^r = d_{11}^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} Q_m - Cum - q_{r_m,v}^{\max}, \\ C_{11} - I_{11} + U_{11}(t_0^{g,r} - S_0 - T_{11,0} - P_{11}), \\ C_{11} - I_{11} + U_{11}l_{11}^r \end{array} \right) \begin{array}{l} t_{11}^{g,r} = l_{11}^r \\ t_{11}^{g,r} = t_0^{g,r} - S_0 - T_{11,0} - P_{11} \\ t_{11}^{g,r} = l_{11}^r \end{array}$$

$$\max_ D_{11}^r = d_{11}^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 200 - 0, \\ 0 - 0 + 0(0 - 0 - 0 - 0), \\ 0 - 0 + 0(230) \end{array} \right) \begin{array}{l} t_{11}^{g,r} = 230 \\ t_{11}^{g,r} = 0 - 0 - 0 - 0 \\ t_{11}^{g,r} = 230 \end{array}$$

$$\max_ D_{11}^r = d_{11}^{\max} = \min \begin{pmatrix} 0, \\ 0, \\ 0 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} t_{11}^{g,r_m} = 230 \\ t_{11}^{g,r_m} = 0 \\ t_{11}^{g,r_m} = 230 \end{matrix}$$

เพราะฉะนั้นค่า $d_{11}^{\max} = 0$ และค่า $t_{11}^{g,r_m} = 230$

ค่า $\max_ D_{11}^r = D_{11}; 0 = 0$ ผ่าน

- หาค่า $g_{11}^r = g_{11}^r + d_{11}^{\max} (t_0^{g,r_m} - S_0 - T_{11,0}) = 0+0 = 0$

$$1.2) \quad g_6^r = g_{11}^r + d_6^{\max} (t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11})$$

- หาค่า d_6^{\max} และ t_6^{g,r_m}

$$\max_ D_6^r = d_6^{\max} = \min \begin{pmatrix} Q_m - Cum - d_{r_m,v}^{\max}, \\ C_6 - I_6 + U_6 (t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11} - P_6), \\ C_6 - I_6 + U_6 I_6^r \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} t_6^{g,r_m} = I_6^r \\ t_6^{g,r_m} = t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11} - P_6 \\ t_6^{g,r_m} = I_6^r \end{matrix}$$

$$\max_ D_6^r = d_6^{\max} = \min \begin{pmatrix} 200 - 0, \\ 500 - 450 + 0.5(230 - 0 - 11.1803 - 10), \\ 500 - 450 + 0.5(208.8197) \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} t_6^{g,r_m} = 208.8197 \\ t_6^{g,r_m} = 230 - 0 - 11.1803 - 10 \\ t_6^{g,r_m} = 208.8197 \end{matrix}$$

$$\max_ D_6^r = d_6^{\max} = \min \begin{pmatrix} 200, \\ 154.40985, \\ 154.40985 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} t_6^{g,r_m} = 208.8197 \\ t_6^{g,r_m} = 208.8197 \\ t_6^{g,r_m} = 208.8197 \end{matrix}$$

เพราะฉะนั้นค่า $d_6^{\max} = 154.40985$ และค่า $t_6^{g,r_m} = 208.8197$

ค่า $\max_ D_5^r > D_5; 154.40985 > 35$ ผ่าน

- หาค่า $g_6^r = g_{11}^r + d_6^{\max} (t_{11}^{g,r_m} - S_{11} - T_{6,11}) = 0 + 154.40985 = 154.40985$

$$1.3) \quad g_5^r = g_6^r + d_5^{\max} (t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{0,6})$$

- หาค่า d_5^{\max} และ t_5^{g,r_m}

$$\max_ D_5^r = d_5^{\max} = \min \begin{pmatrix} Q_m - Cum - d_{r_m,v}^{\max}, \\ C_5 - I_5 + U_5 (t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{5,6} - P_5), \\ C_5 - I_5 + U_5 I_5^r \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} t_5^{g,r_m} = I_5^r \\ t_5^{g,r_m} = t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{5,6} - P_5 \\ t_5^{g,r_m} = I_5^r \end{matrix}$$

$$\max_ D_5^r = d_5^{\max} = \min \begin{pmatrix} 200 - 154.40985, \\ 500 - 450 + 0.5(208.8197 - 10 - 10 - 10), \\ 500 - 450 + 0.5(178.8197) \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} t_5^{g,r_m} = 178.8197 \\ t_5^{g,r_m} = 208.8197 - 10 - 10 - 10 \\ t_5^{g,r_m} = 178.8197 \end{matrix}$$

$$\max_ D_5^r = d_5^{\max} = \min \begin{pmatrix} 45.59015, \\ 139.40985, \\ 139.40985 \end{pmatrix} \quad \begin{matrix} t_5^{g,r_m} = 178.8197 \\ t_5^{g,r_m} = 178.8197 \\ t_5^{g,r_m} = 178.8197 \end{matrix}$$

เพราะฉะนั้นค่า $d_5^{\max} = 45.59015$ และค่า $t_5^{g,r_m} = 178.8197$

ค่า $\max_ D_5^{r_m} > D_5$; $45.59015 > 35$ ผ่าน

$$\text{- หาค่า } g_5^{r_m} = g_6^{r_m} + d_5^{\max} (t_6^{g,r_m} - S_6 - T_{0,6}) = 154.40985 + 45.59015 = 200$$

$$1.4) g_0^{r_m} = g_5^{r_m} + d_0^{\max} (t_5^{g,r_m} - S_5 - T_{0,5})$$

- หาค่า d_0^{\max} และ t_0^{g,r_m}

$$\max_ D_0^{r_m} = d_0^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} Q_m - \text{Cum} - q_{r_m}^{\max}, \\ C_0 - I_0 + U_0 (t_5^{g,r_m} - S_5 - T_{0,5} - P_0), \\ C_0 - I_0 + U_0 I_0^{r_m} \end{array} \right) \begin{array}{l} t_0^{g,r_m} = I_0^{r_m} \\ t_0^{g,r_m} = t_5^{g,r_m} - S_5 - T_{0,5} - P_0 \\ t_0^{g,r_m} = I_0^{r_m} \end{array}$$

$$\max_ D_0^{r_m} = d_0^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 200 - 200, \\ 0 - 0 + 0(178.8197 - 10 - 20.6155 - 0), \\ 0 - 0 + 0(148.2042) \end{array} \right) \begin{array}{l} t_0^{g,r_m} = 148.2042 \\ t_0^{g,r_m} = 178.8197 - 10 - 20.6155 - 0 \\ t_0^{g,r_m} = 148.2042 \end{array}$$

$$\max_ D_0^{r_m} = d_0^{\max} = \min \left(\begin{array}{l} 0, \\ 0, \\ 0 \end{array} \right) \begin{array}{l} t_0^{g,r_m} = 148.2042 \\ t_0^{g,r_m} = 148.2042 \\ t_0^{g,r_m} = 148.2042 \end{array}$$

เพราะฉะนั้นค่า $d_0^{\max} = 0$ และค่า $t_0^{g,r_m} = 148.2042$

ค่า $\max_ D_0^{r_m} > D_0$; $0 > 0$ ผ่าน

$$\text{- หาค่า } g_0^{r_m} = g_5^{r_m} + d_0^{\max} (t_5^{g,r_m} - S_5 - T_{0,5}) = 200 + 0 = 200$$

$$2) \text{ ปรับปรุง } \hat{q}_{r_m}^{\max} = \min\{Q_m, g_0^{r_m}\}$$

$$\hat{q}_{r_m}^{\max} = \min\{200, 200\} = 200$$

3) คำนวณผลประโยชน์

$$\begin{aligned} \text{Profit} &= \alpha(\hat{q}_{r_m}^{\max} - q_{r_m}^{\max}) + \beta(-T_{0,5} - T_{5,6} - S_5 - P_5 + T_{0,6}) \\ &= 1(200 - 154.40985) + 100(-20.6155 - 10 - 10 - 10 + 11.1803) \\ &= -3,897.92985 \end{aligned}$$

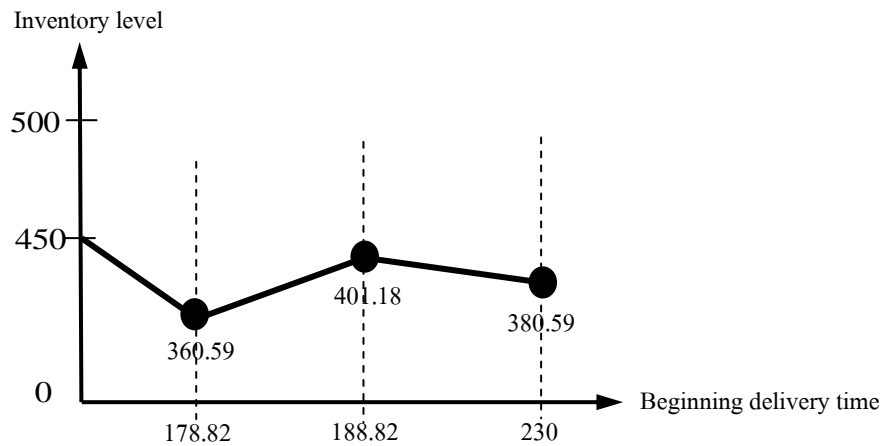
จากการแทรกลูกค้ารายที่ 5 และ 6 ลงในเส้นทาง จะสังเกตเห็นว่าค่า $\hat{q}_{r_m}^{\max} = 200$ ซึ่งเต็มความจุของรถบรรทุก แสดงว่าเส้นทางดังกล่าวไม่สามารถแทรกลูกค้ารายต่อไปได้อีก จึงสามารถสรุปได้ว่าเส้นทางที่ 1 หรือรถบรรทุกคันที่ 1 มีลูกค้าในเส้นทางจำนวน 2 ราย คือ รายที่ 5 และ 6 หลังจากนั้นทำการคำนวณผลประโยชน์รวมทั้งหมด ซึ่งสามารถสรุปรายละเอียดในเส้นทางที่ 1 แสดงดังตารางที่ ก.3

ตารางที่ ก.3 ผลการทดสอบรถบรรทุกคันที่ 1 Sample problem

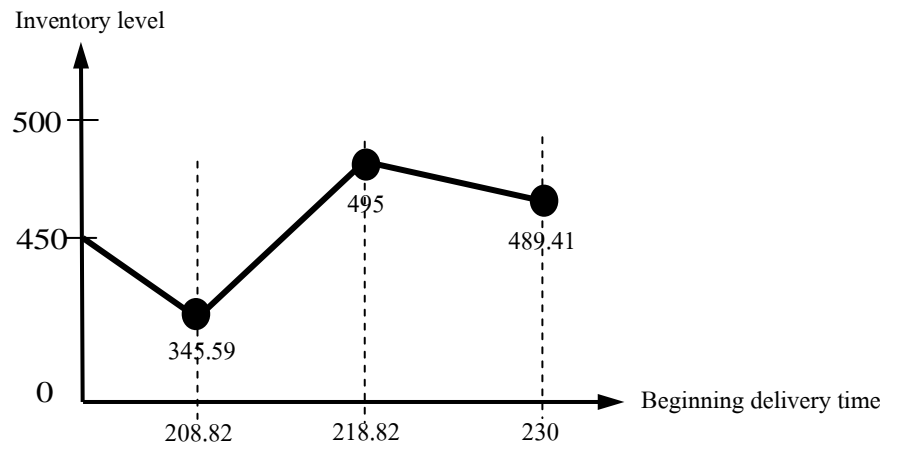
ตัวแปร	ผลการทดสอบ รถบรรทุกคันที่ 1
จำนวนลูกค้าในเส้นทาง	0 , 5 , 6 , 11
เวลาเริ่มขนสินค้าของลูกค้าแต่ละราย	148.204 , 178.82 , 208.82 , 230
เวลาการเดินทางรวม	81.7959
ปริมาณการขนส่งของลูกค้าแต่ละราย	0 , 45.5902 , 154.41 , 0
ปริมาณการขนส่งรวม	200
ผลประโยชน์ของการจัดเส้นทางที่ 1	3897

การจัดเส้นทางจะรับประกันข้อตกลงระหว่างลูกค้าและผู้ประกอบการ ซึ่งประกอบด้วย

1. ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ จากตารางที่ ก.3 จะเห็นว่าปริมาณการว่าของลูกค้าทุกรายในเส้นทาง จะมากกว่าปริมาณการขนส่งขั้นต่ำ (ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำลูกค้ารายที่ 5 = 35 , ปริมาณการขนส่งขั้นต่ำลูกค้ารายที่ 5 = 30)
2. ลูกค้าจะต้องมีสินค้าคงคลังตลอดเวลาไม่เกิดการขาดแคลนสินค้า ซึ่งรายละเอียดของระดับสินค้าคงคลังของลูกค้ารายที่ 5 และรายที่ 6 แสดงดังรูปที่ ก.1 และ รูปที่ ก.2



รูปที่ ก.1 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้ารายที่ 5



รูปที่ ก.2 ระดับสินค้าคงคลังของลูกค้ารายที่ 6

ภาคผนวก ข

ตัวอย่างข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ

C101, C201, R101, R201, RC101, RC201

1. ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C101

Total time = 1236, Shift time limits = 1236

Weight of demand profit = 1 or 100, Weight of distance profit = 1 or 100

Number of customer = 100, Truck capacity = 200, Number of truck = 100

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C101

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum Demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
0	40	50	0	0	1236	0	0	0	0	0	0
1	45	68	10	890	989	0	9	0.030339806	37.5	50	0
2	45	70	30	816	879	0	3	0.091019417	112.5	150	0
3	42	66	10	55	156	0	9	0.030339806	37.5	50	0
4	42	68	10	703	806	0	9	0.030339806	37.5	50	0
5	42	65	10	15	60	0	9	0.030339806	37.5	50	0
6	40	69	20	559	764	0	4.5	0.060679612	75	100	0
7	40	66	20	172	223	0	4.5	0.060679612	75	100	0
8	38	68	20	250	329	0	4.5	0.060679612	75	100	0
9	38	70	10	489	650	0	9	0.030339806	37.5	50	0
10	35	66	10	361	406	0	9	0.030339806	37.5	50	0
11	35	69	10	450	503	0	9	0.030339806	37.5	50	0
12	25	85	20	647	726	0	4.5	0.060679612	75	100	0
13	22	75	30	30	95	0	3	0.091019417	112.5	150	0
14	22	85	10	571	616	0	9	0.030339806	37.5	50	0
15	20	80	40	392	421	0	2.25	0.121359223	150	200	0
16	20	85	40	478	525	0	2.25	0.121359223	150	200	0
17	18	75	20	105	142	0	4.5	0.060679612	75	100	0
18	15	75	20	172	261	0	4.5	0.060679612	75	100	0
19	15	80	10	274	349	0	9	0.030339806	37.5	50	0
20	30	50	10	10	77	0	9	0.030339806	37.5	50	0
21	30	52	20	918	961	0	4.5	0.060679612	75	100	0
22	28	52	20	806	889	0	4.5	0.060679612	75	100	0
23	28	55	10	739	770	0	9	0.030339806	37.5	50	0
24	25	50	10	55	154	0	9	0.030339806	37.5	50	0
25	25	52	40	172	221	0	2.25	0.121359223	150	200	0
26	25	55	10	612	711	0	9	0.030339806	37.5	50	0
27	23	52	10	264	313	0	9	0.030339806	37.5	50	0
28	23	55	20	553	586	0	4.5	0.060679612	75	100	0
29	20	50	10	365	398	0	9	0.030339806	37.5	50	0
30	20	55	10	452	501	0	9	0.030339806	37.5	50	0
31	10	35	20	204	233	0	4.5	0.060679612	75	100	0
32	10	40	30	31	189	0	3	0.091019417	112.5	150	0
33	8	40	40	42	203	0	2.25	0.121359223	150	200	0
34	8	45	20	715	852	0	4.5	0.060679612	75	100	0
35	5	35	10	251	376	0	9	0.030339806	37.5	50	0
36	5	45	10	648	733	0	9	0.030339806	37.5	50	0
37	2	40	20	365	452	0	4.5	0.060679612	75	100	0
38	0	40	30	474	527	0	3	0.091019417	112.5	150	0
39	0	45	20	541	650	0	4.5	0.060679612	75	100	0
40	35	30	10	240	345	0	9	0.030339806	37.5	50	0
41	35	32	10	123	278	0	9	0.030339806	37.5	50	0
42	33	32	20	19	225	0	4.5	0.060679612	75	100	0
43	33	35	10	16	153	0	9	0.030339806	37.5	50	0
44	32	30	10	338	433	0	9	0.030339806	37.5	50	0

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C101 (ต่อ)

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum Demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
45	30	30	10	513	628	0	9	0.030339806	37.5	50	0
46	30	32	30	415	542	0	3	0.091019417	112.5	150	0
47	30	35	10	872	1127	0	9	0.030339806	37.5	50	0
48	28	30	10	599	726	0	9	0.030339806	37.5	50	0
49	28	35	10	917	1126	0	9	0.030339806	37.5	50	0
50	26	32	10	779	916	0	9	0.030339806	37.5	50	0
51	25	30	10	695	816	0	9	0.030339806	37.5	50	0
52	25	35	10	857	1024	0	9	0.030339806	37.5	50	0
53	44	5	20	221	412	0	4.5	0.060679612	75	100	0
54	42	10	40	96	347	0	2.25	0.121359223	150	200	0
55	42	15	10	35	233	0	9	0.030339806	37.5	50	0
56	40	5	30	347	474	0	3	0.091019417	112.5	150	0
57	40	15	40	35	172	0	2.25	0.121359223	150	200	0
58	38	5	30	403	602	0	3	0.091019417	112.5	150	0
59	38	15	10	521	870	0	9	0.030339806	37.5	50	0
60	35	5	20	487	704	0	4.5	0.060679612	75	100	0
61	50	30	10	422	719	0	9	0.030339806	37.5	50	0
62	50	35	20	217	362	0	4.5	0.060679612	75	100	0
63	50	40	50	142	247	0	1.8	0.151699029	187.5	250	0
64	48	30	10	567	758	0	9	0.030339806	37.5	50	0
65	48	40	10	34	171	0	9	0.030339806	37.5	50	0
66	47	35	10	794	907	0	9	0.030339806	37.5	50	0
67	47	40	10	12	226	0	9	0.030339806	37.5	50	0
68	45	30	10	716	795	0	9	0.030339806	37.5	50	0
69	45	35	10	873	1012	0	9	0.030339806	37.5	50	0
70	95	30	30	266	577	0	3	0.091019417	112.5	150	0
71	95	35	20	181	472	0	4.5	0.060679612	75	100	0
72	53	30	10	402	553	0	9	0.030339806	37.5	50	0
73	92	30	10	345	684	0	9	0.030339806	37.5	50	0
74	53	35	50	294	471	0	1.8	0.151699029	187.5	250	0
75	45	65	20	951	1114	0	4.5	0.060679612	75	100	0
76	90	35	10	153	310	0	9	0.030339806	37.5	50	0
77	88	30	10	450	767	0	9	0.030339806	37.5	50	0
78	88	35	20	50	237	0	4.5	0.060679612	75	100	0
79	87	30	10	567	832	0	9	0.030339806	37.5	50	0
80	85	25	10	713	876	0	9	0.030339806	37.5	50	0
81	85	35	30	47	331	0	3	0.091019417	112.5	150	0
82	75	55	20	311	478	0	4.5	0.060679612	75	100	0
83	72	55	10	127	476	0	9	0.030339806	37.5	50	0
84	70	58	20	349	632	0	4.5	0.060679612	75	100	0
85	68	60	30	476	691	0	3	0.091019417	112.5	150	0
86	66	55	10	67	344	0	9	0.030339806	37.5	50	0
87	65	55	20	25	256	0	4.5	0.060679612	75	100	0
88	65	60	30	546	807	0	3	0.091019417	112.5	150	0
89	63	58	10	630	909	0	9	0.030339806	37.5	50	0
90	60	55	10	20	293	0	9	0.030339806	37.5	50	0
91	60	60	10	769	956	0	9	0.030339806	37.5	50	0
92	67	85	20	229	580	0	4.5	0.060679612	75	100	0
93	65	85	40	442	551	0	2.25	0.121359223	150	200	0
94	65	82	10	227	394	0	9	0.030339806	37.5	50	0
95	62	80	30	163	272	0	3	0.091019417	112.5	150	0
96	60	80	10	36	291	0	9	0.030339806	37.5	50	0
97	60	85	30	469	714	0	3	0.091019417	112.5	150	0
98	58	75	20	30	227	0	4.5	0.060679612	75	100	0
99	55	80	10	595	968	0	9	0.030339806	37.5	50	0
100	55	85	20	493	880	0	4.5	0.060679612	75	100	0

2. ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C201

Total time = 3390, Shift time limit = 3390

Weight of demand profit = 1 or 100 , Weight of distance profit = 1 or 100

Number of customer = 100 , Truck capacity = 700 , Number of truck = 100

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C201

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum Inventory
0	40	50	0	0	3390	0	0	0	0	0	0
1	52	75	10	311	471	0	9	0.011062	37.5	50	0
2	45	70	30	213	373	0	3	0.033186	112.5	150	0
3	62	69	10	1167	1327	0	9	0.011062	37.5	50	0
4	60	66	10	1261	1421	0	9	0.011062	37.5	50	0
5	42	65	10	25	185	0	9	0.011062	37.5	50	0
6	16	42	20	497	657	0	4.5	0.022124	75	100	0
7	58	70	20	1073	1233	0	4.5	0.022124	75	100	0
8	34	60	20	2887	3047	0	4.5	0.022124	75	100	0
9	28	70	10	2601	2761	0	9	0.011062	37.5	50	0
10	35	66	10	2791	2951	0	9	0.011062	37.5	50	0
11	35	69	10	2698	2858	0	9	0.011062	37.5	50	0
12	25	85	20	2119	2279	0	4.5	0.022124	75	100	0
13	22	75	30	2405	2565	0	3	0.033186	112.5	150	0
14	22	85	10	2026	2186	0	9	0.011062	37.5	50	0
15	20	80	40	2216	2376	0	2.25	0.044248	150	200	0
16	20	85	40	1934	2094	0	2.25	0.044248	150	200	0
17	18	75	20	2311	2471	0	4.5	0.022124	75	100	0
18	15	75	20	1742	1902	0	4.5	0.022124	75	100	0
19	15	80	10	1837	1997	0	9	0.011062	37.5	50	0
20	30	50	10	10	170	0	9	0.011062	37.5	50	0
21	30	56	20	2983	3143	0	4.5	0.022124	75	100	0
22	28	52	20	22	182	0	4.5	0.022124	75	100	0
23	14	66	10	1643	1803	0	9	0.011062	37.5	50	0
24	25	50	10	116	276	0	9	0.011062	37.5	50	0
25	22	66	40	2504	2664	0	2.25	0.044248	150	200	0
26	8	62	10	1545	1705	0	9	0.011062	37.5	50	0
27	23	52	10	209	369	0	9	0.011062	37.5	50	0
28	4	55	20	1447	1607	0	4.5	0.022124	75	100	0
29	20	50	10	398	558	0	9	0.011062	37.5	50	0
30	20	55	10	303	463	0	9	0.011062	37.5	50	0
31	10	35	20	781	941	0	4.5	0.022124	75	100	0
32	10	40	30	593	753	0	3	0.033186	112.5	150	0
33	8	40	40	685	845	0	2.25	0.044248	150	200	0
34	8	45	20	1346	1506	0	4.5	0.022124	75	100	0
35	5	35	10	876	1036	0	9	0.011062	37.5	50	0
36	5	45	10	1253	1413	0	9	0.011062	37.5	50	0
37	2	40	20	971	1131	0	4.5	0.022124	75	100	0
38	0	40	30	1063	1223	0	3	0.033186	112.5	150	0
39	0	45	20	1158	1318	0	4.5	0.022124	75	100	0
40	36	18	10	1819	1979	0	9	0.011062	37.5	50	0
41	35	32	10	2758	2918	0	9	0.011062	37.5	50	0
42	33	32	20	2666	2826	0	4.5	0.022124	75	100	0
43	33	35	10	2573	2733	0	9	0.011062	37.5	50	0
44	32	20	10	1913	2073	0	9	0.011062	37.5	50	0

ตารางที่ ข.2 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ C201 (ต่อ)

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
45	30	30	10	2105	2265	0	9	0.011062	37.5	50	0
46	34	25	30	2009	2169	0	3	0.033186	112.5	150	0
47	30	35	10	2480	2640	0	9	0.011062	37.5	50	0
48	36	40	10	2856	3016	0	9	0.011062	37.5	50	0
49	48	20	10	967	1127	0	9	0.011062	37.5	50	0
50	26	32	10	2292	2452	0	9	0.011062	37.5	50	0
51	25	30	10	2200	2360	0	9	0.011062	37.5	50	0
52	25	35	10	2385	2545	0	9	0.011062	37.5	50	0
53	44	5	20	1256	1416	0	4.5	0.022124	75	100	0
54	42	10	40	1160	1320	0	2.25	0.044248	150	200	0
55	42	15	10	1065	1225	0	9	0.011062	37.5	50	0
56	40	5	30	1350	1510	0	3	0.033186	112.5	150	0
57	38	15	40	1725	1885	0	2.25	0.044248	150	200	0
58	38	5	30	1442	1602	0	3	0.033186	112.5	150	0
59	38	10	10	1630	1790	0	9	0.011062	37.5	50	0
60	35	5	20	1535	1695	0	4.5	0.022124	75	100	0
61	50	30	10	401	561	0	9	0.011062	37.5	50	0
62	50	35	20	120	280	0	4.5	0.022124	75	100	0
63	50	40	50	25	185	0	1.8	0.05531	187.5	250	0
64	48	30	10	493	653	0	9	0.011062	37.5	50	0
65	44	25	10	871	1031	0	9	0.011062	37.5	50	0
66	47	35	10	588	748	0	9	0.011062	37.5	50	0
67	47	40	10	12	172	0	9	0.011062	37.5	50	0
68	42	30	10	776	936	0	9	0.011062	37.5	50	0
69	45	35	10	680	840	0	9	0.011062	37.5	50	0
70	95	30	30	2321	2481	0	3	0.033186	112.5	150	0
71	95	35	20	2226	2386	0	4.5	0.022124	75	100	0
72	53	30	10	308	468	0	9	0.011062	37.5	50	0
73	92	30	10	2414	2574	0	9	0.011062	37.5	50	0
74	53	35	50	213	373	0	1.8	0.05531	187.5	250	0
75	45	65	20	118	278	0	4.5	0.022124	75	100	0
76	90	35	10	2131	2291	0	9	0.011062	37.5	50	0
77	72	45	10	2900	3060	0	9	0.011062	37.5	50	0
78	78	40	20	2802	2962	0	4.5	0.022124	75	100	0
79	87	30	10	2608	2768	0	9	0.011062	37.5	50	0
80	85	25	10	2513	2673	0	9	0.011062	37.5	50	0
81	85	35	30	2703	2863	0	3	0.033186	112.5	150	0
82	75	55	20	1925	2085	0	4.5	0.022124	75	100	0
83	72	55	10	1832	1992	0	9	0.011062	37.5	50	0
84	70	58	20	1641	1801	0	4.5	0.022124	75	100	0
85	86	46	30	2029	2189	0	3	0.033186	112.5	150	0
86	66	55	10	1736	1896	0	9	0.011062	37.5	50	0
87	64	46	20	3097	3257	0	4.5	0.022124	75	100	0
88	65	60	30	1546	1706	0	3	0.033186	112.5	150	0
89	56	64	10	1355	1515	0	9	0.011062	37.5	50	0
90	60	55	10	3119	3279	0	9	0.011062	37.5	50	0
91	60	60	10	1451	1611	0	9	0.011062	37.5	50	0
92	67	85	20	694	854	0	4.5	0.022124	75	100	0
93	42	58	40	8	168	0	2.25	0.044248	150	200	0
94	65	82	10	788	948	0	9	0.011062	37.5	50	0
95	62	80	30	881	1041	0	3	0.033186	112.5	150	0
96	62	40	10	3001	3161	0	9	0.011062	37.5	50	0
97	60	85	30	597	757	0	3	0.033186	112.5	150	0
98	58	75	20	978	1138	0	4.5	0.022124	75	100	0
99	55	80	10	407	567	0	9	0.011062	37.5	50	0
100	55	85	20	502	662	0	4.5	0.022124	75	100	0

3. ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R101

Total time = 230, Shift time limit = 230

Weight of demand profit = 1 or 100, Weight of distance profit = 1 or 100

Number of customer = 100, Truck capacity = 200, Number of truck = 100

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R101

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
0	35	35	0	0	230	0	0	0	0	0	0
1	41	49	10	151	181	0	1	0.16304	37.5	50	0
2	35	17	7	40	70	0	1.42857	0.11413	26.25	35	0
3	55	45	13	106	136	0	0.76923	0.21195	48.75	65	0
4	55	20	19	139	169	0	0.52631	0.30978	71.25	95	0
5	15	30	26	24	54	0	0.38461	0.42391	97.5	130	0
6	25	30	3	89	119	0	3.33333	0.04891	11.25	15	0
7	20	50	5	71	101	0	2	0.08152	18.75	25	0
8	10	43	9	85	115	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
9	55	60	16	87	117	0	0.625	0.26086	60	80	0
10	30	60	16	114	144	0	0.625	0.26086	60	80	0
11	20	65	12	57	87	0	0.83333	0.19565	45	60	0
12	50	35	19	53	83	0	0.52631	0.30978	71.25	95	0
13	30	25	23	149	179	0	0.43478	0.375	86.25	115	0
14	15	10	20	32	62	0	0.5	0.32608	75	100	0
15	30	5	8	51	81	0	1.25	0.13043	30	40	0
16	10	20	19	65	95	0	0.52631	0.30978	71.25	95	0
17	5	30	2	147	177	0	5	0.03260	7.5	10	0
18	20	40	12	77	107	0	0.83333	0.19565	45	60	0
19	15	60	17	66	96	0	0.58823	0.27717	63.75	85	0
20	45	65	9	116	146	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
21	45	20	11	52	82	0	0.90909	0.17934	41.25	55	0
22	45	10	18	87	117	0	0.55555	0.29347	67.5	90	0
23	55	5	29	58	88	0	0.34482	0.47282	108.75	145	0
24	65	35	3	143	173	0	3.33333	0.04891	11.25	15	0
25	65	20	6	156	186	0	1.66666	0.09782	22.5	30	0
26	45	30	17	122	152	0	0.58823	0.27717	63.75	85	0
27	35	40	16	27	57	0	0.625	0.26086	60	80	0
28	41	37	16	29	59	0	0.625	0.26086	60	80	0
29	64	42	9	53	83	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
30	40	60	21	61	91	0	0.47619	0.34239	78.75	105	0
31	31	52	27	40	70	0	0.37037	0.44021	101.25	135	0
32	35	69	23	131	161	0	0.43478	0.375	86.25	115	0
33	53	52	11	27	57	0	0.90909	0.17934	41.25	55	0
34	65	55	14	107	137	0	0.71428	0.22826	52.5	70	0
35	63	65	8	133	163	0	1.25	0.13043	30	40	0
36	2	60	5	41	71	0	2	0.08152	18.75	25	0
37	20	20	8	124	154	0	1.25	0.13043	30	40	0
38	5	5	16	73	103	0	0.625	0.26086	60	80	0
39	60	12	31	34	64	0	0.32258	0.50543	116.25	155	0
40	40	25	9	75	105	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
41	42	7	5	87	117	0	2	0.08152	18.75	25	0
42	24	12	5	25	55	0	2	0.08152	18.75	25	0
43	23	3	7	122	152	0	1.42857	0.11413	26.25	35	0
44	11	14	18	59	89	0	0.55555	0.29347	67.5	90	0

ตารางที่ ข.3 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R101 (ต่อ)

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EED T	LLD T	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
45	6	38	16	29	59	0	0.625	0.26086	60	80	0
46	2	48	1	107	137	0	10	0.01630	3.75	5	0
47	8	56	27	41	71	0	0.37037	0.44021	101.25	135	0
48	13	52	36	155	185	0	0.27777	0.58695	135	180	0
49	6	68	30	98	128	0	0.33333	0.48913	112.5	150	0
50	47	47	13	114	144	0	0.76923	0.21195	48.75	65	0
51	49	58	10	78	108	0	1	0.16304	37.5	50	0
52	27	43	9	42	72	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
53	37	31	14	85	115	0	0.71428	0.22826	52.5	70	0
54	57	29	18	130	160	0	0.55555	0.29347	67.5	90	0
55	63	23	2	126	156	0	5	0.03260	7.5	10	0
56	53	12	6	120	150	0	1.66666	0.09782	22.5	30	0
57	32	12	7	91	121	0	1.42857	0.11413	26.25	35	0
58	36	26	18	180	210	0	0.55555	0.29347	67.5	90	0
59	21	24	28	17	47	0	0.35714	0.45652	105	140	0
60	17	34	3	152	182	0	3.33333	0.04891	11.25	15	0
61	12	24	13	66	96	0	0.76923	0.21195	48.75	65	0
62	24	58	19	48	78	0	0.52631	0.30978	71.25	95	0
63	27	69	10	34	64	0	1	0.16304	37.5	50	0
64	15	77	9	63	93	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
65	62	77	20	49	79	0	0.5	0.32608	75	100	0
66	49	73	25	117	147	0	0.4	0.40760	93.75	125	0
67	67	5	25	73	103	0	0.4	0.40760	93.75	125	0
68	56	39	36	132	162	0	0.27777	0.58695	135	180	0
69	37	47	6	40	70	0	1.66666	0.09782	22.5	30	0
70	37	56	5	168	198	0	2	0.08152	18.75	25	0
71	57	68	15	67	97	0	0.66666	0.24456	56.25	75	0
72	47	16	25	25	55	0	0.4	0.40760	93.75	125	0
73	44	17	9	68	98	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
74	46	13	8	139	169	0	1.25	0.13043	30	40	0
75	49	11	18	59	89	0	0.55555	0.29347	67.5	90	0
76	49	42	13	63	93	0	0.76923	0.21195	48.75	65	0
77	53	43	14	169	199	0	0.71428	0.22826	52.5	70	0
78	61	52	3	86	116	0	3.33333	0.04891	11.25	15	0
79	57	48	23	82	112	0	0.43478	0.375	86.25	115	0
80	56	37	6	168	198	0	1.66666	0.09782	22.5	30	0
81	55	54	26	84	114	0	0.38461	0.42391	97.5	130	0
82	15	47	16	45	75	0	0.625	0.26086	60	80	0
83	14	37	11	34	64	0	0.90909	0.17934	41.25	55	0
84	11	31	7	91	121	0	1.42857	0.11413	26.25	35	0
85	16	22	41	81	111	0	0.24390	0.66847	153.75	205	0
86	4	18	35	84	114	0	0.28571	0.57065	131.25	175	0
87	28	18	26	83	113	0	0.38461	0.42391	97.5	130	0
88	26	52	9	64	94	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
89	26	35	15	166	196	0	0.66666	0.24456	56.25	75	0
90	31	67	3	85	115	0	3.33333	0.04891	11.25	15	0
91	15	19	1	150	180	0	10	0.01630	3.75	5	0
92	22	22	2	18	48	0	5	0.03260	7.5	10	0
93	18	24	22	169	199	0	0.45454	0.35869	82.5	110	0
94	26	27	27	90	120	0	0.37037	0.44021	101.25	135	0
95	25	24	20	29	59	0	0.5	0.32608	75	100	0
96	22	27	11	125	155	0	0.90909	0.17934	41.25	55	0
97	25	21	12	123	153	0	0.83333	0.19565	45	60	0
98	19	21	10	48	78	0	1	0.16304	37.5	50	0
99	20	26	9	73	103	0	1.11111	0.14673	33.75	45	0
100	18	18	17	165	195	0	0.58823	0.27717	63.75	85	0

4. ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R201

Total time = 1000, Shift time limit = 1000

Weight of demand profit = 1 or 100, Weight of distance profit = 1 or 100

Number of customer = 100, Truck capacity = 1000, Number of trucks = 100

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R201

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
0	35	35	0	0	1000	0	0	0	0	0	0
1	41	49	10	707	848	0	1	0.0375	37.5	50	0
2	35	17	7	143	282	0	1.428571	0.02625	26.25	35	0
3	55	45	13	527	584	0	0.769231	0.04875	48.75	65	0
4	55	20	19	678	801	0	0.526316	0.07125	71.25	95	0
5	15	30	26	34	209	0	0.384615	0.0975	97.5	130	0
6	25	30	3	415	514	0	3.333333	0.01125	11.25	15	0
7	20	50	5	331	410	0	2	0.01875	18.75	25	0
8	10	43	9	404	481	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
9	55	60	16	400	497	0	0.625	0.06	60	80	0
10	30	60	16	577	632	0	0.625	0.06	60	80	0
11	20	65	12	206	325	0	0.833333	0.045	45	60	0
12	50	35	19	228	345	0	0.526316	0.07125	71.25	95	0
13	30	25	23	690	827	0	0.434783	0.08625	86.25	115	0
14	15	10	20	32	243	0	0.5	0.075	75	100	0
15	30	5	8	175	300	0	1.25	0.03	30	40	0
16	10	20	19	272	373	0	0.526316	0.07125	71.25	95	0
17	5	30	2	733	870	0	5	0.0075	7.5	10	0
18	20	40	12	377	434	0	0.833333	0.045	45	60	0
19	15	60	17	269	378	0	0.588235	0.06375	63.75	85	0
20	45	65	9	581	666	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
21	45	20	11	214	331	0	0.909091	0.04125	41.25	55	0
22	45	10	18	409	494	0	0.555556	0.0675	67.5	90	0
23	55	5	29	206	325	0	0.344828	0.10875	108.75	145	0
24	65	35	3	704	847	0	3.333333	0.01125	11.25	15	0
25	65	20	6	817	956	0	1.666667	0.0225	22.5	30	0
26	45	30	17	588	667	0	0.588235	0.06375	63.75	85	0
27	35	40	16	104	255	0	0.625	0.06	60	80	0
28	41	37	16	114	255	0	0.625	0.06	60	80	0
29	64	42	9	190	313	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
30	40	60	21	259	354	0	0.47619	0.07875	78.75	105	0
31	31	52	27	152	275	0	0.37037	0.10125	101.25	135	0
32	35	69	23	660	777	0	0.434783	0.08625	86.25	115	0
33	53	52	11	45	200	0	0.909091	0.04125	41.25	55	0
34	65	55	14	529	614	0	0.714286	0.0525	52.5	70	0
35	63	65	8	686	813	0	1.25	0.03	30	40	0
36	2	60	5	41	208	0	2	0.01875	18.75	25	0
37	20	20	8	606	693	0	1.25	0.03	30	40	0
38	5	5	16	302	405	0	0.625	0.06	60	80	0
39	60	12	31	33	224	0	0.322581	0.11625	116.25	155	0
40	40	25	9	360	437	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
41	42	7	5	396	511	0	2	0.01875	18.75	25	0
42	24	12	5	25	172	0	2	0.01875	18.75	25	0
43	23	3	7	620	705	0	1.428571	0.02625	26.25	35	0
44	11	14	18	233	340	0	0.555556	0.0675	67.5	90	0

ตารางที่ ข.4 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ R201 (ต่อ)

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
45	6	38	16	29	189	0	0.625	0.06	60	80	0
46	2	48	1	515	628	0	10	0.00375	3.75	5	0
47	8	56	27	85	250	0	0.37037	0.10125	101.25	135	0
48	13	52	36	773	906	0	0.277778	0.135	135	180	0
49	6	68	30	501	540	0	0.333333	0.1125	112.5	150	0
50	47	47	13	547	642	0	0.769231	0.04875	48.75	65	0
51	49	58	10	348	453	0	1	0.0375	37.5	50	0
52	27	43	9	174	299	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
53	37	31	14	414	489	0	0.714286	0.0525	52.5	70	0
54	57	29	18	641	734	0	0.555556	0.0675	67.5	90	0
55	63	23	2	620	739	0	5	0.0075	7.5	10	0
56	53	12	6	585	692	0	1.666667	0.0225	22.5	30	0
57	32	12	7	421	530	0	1.428571	0.02625	26.25	35	0
58	36	26	18	849	980	0	0.555556	0.0675	67.5	90	0
59	21	24	28	17	229	0	0.357143	0.105	105	140	0
60	17	34	3	721	862	0	3.333333	0.01125	11.25	15	0
61	12	24	13	290	377	0	0.769231	0.04875	48.75	65	0
62	24	58	19	163	302	0	0.526316	0.07125	71.25	95	0
63	27	69	10	34	191	0	1	0.0375	37.5	50	0
64	15	77	9	214	333	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
65	62	77	20	49	188	0	0.5	0.075	75	100	0
66	49	73	25	592	693	0	0.4	0.09375	93.75	125	0
67	67	5	25	294	401	0	0.4	0.09375	93.75	125	0
68	56	39	36	637	752	0	0.277778	0.135	135	180	0
69	37	47	6	162	293	0	1.666667	0.0225	22.5	30	0
70	37	56	5	788	968	0	2	0.01875	18.75	25	0
71	57	68	15	268	367	0	0.666667	0.05625	56.25	75	0
72	47	16	25	31	208	0	0.4	0.09375	93.75	125	0
73	44	17	9	308	399	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
74	46	13	8	681	802	0	1.25	0.03	30	40	0
75	49	11	18	236	345	0	0.555556	0.0675	67.5	90	0
76	49	42	13	290	373	0	0.769231	0.04875	48.75	65	0
77	53	43	14	817	952	0	0.714286	0.0525	52.5	70	0
78	61	52	3	384	499	0	3.333333	0.01125	11.25	15	0
79	57	48	23	388	465	0	0.434783	0.08625	86.25	115	0
80	56	37	6	839	968	0	1.666667	0.0225	22.5	30	0
81	55	54	26	411	456	0	0.384615	0.0975	97.5	130	0
82	15	47	16	162	289	0	0.625	0.06	60	80	0
83	14	37	11	96	249	0	0.909091	0.04125	41.25	55	0
84	11	31	7	436	511	0	1.428571	0.02625	26.25	35	0
85	16	22	41	376	461	0	0.243902	0.15375	153.75	205	0
86	4	18	35	388	465	0	0.285714	0.13125	131.25	175	0
87	28	18	26	420	447	0	0.384615	0.0975	97.5	130	0
88	26	52	9	279	388	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
89	26	35	15	755	920	0	0.666667	0.05625	56.25	75	0
90	31	67	3	392	487	0	3.333333	0.01125	11.25	15	0
91	15	19	1	739	866	0	10	0.00375	3.75	5	0
92	22	22	2	18	181	0	5	0.0075	7.5	10	0
93	18	24	22	811	969	0	0.454545	0.0825	82.5	110	0
94	26	27	27	436	503	0	0.37037	0.10125	101.25	135	0
95	25	24	20	92	231	0	0.5	0.075	75	100	0
96	22	27	11	607	690	0	0.909091	0.04125	41.25	55	0
97	25	21	12	612	673	0	0.833333	0.045	45	60	0
98	19	21	10	183	306	0	1	0.0375	37.5	50	0
99	20	26	9	333	432	0	1.111111	0.03375	33.75	45	0
100	18	18	17	798	965	0	0.588235	0.06375	63.75	85	0

5. ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC101

Total time = 240, Shift time limit = 240

Weight of demand profit = 1 or 100, Weight of distance profit = 1 or 100

Number of customer = 100, Truck capacity = 200, Number of truck = 100

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC101

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum Demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
0	40	50	0	0	240	0	0	0	0	0	0
1	25	85	20	145	175	0	0.5	0.3125	75	100	0
2	22	75	30	50	80	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
3	22	85	10	109	139	0	1	0.15625	37.5	50	0
4	20	80	40	141	171	0	0.25	0.625	150	200	0
5	20	85	20	41	71	0	0.5	0.3125	75	100	0
6	18	75	20	95	125	0	0.5	0.3125	75	100	0
7	15	75	20	79	109	0	0.5	0.3125	75	100	0
8	15	80	10	91	121	0	1	0.15625	37.5	50	0
9	10	35	20	91	121	0	0.5	0.3125	75	100	0
10	10	40	30	119	149	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
11	8	40	40	59	89	0	0.25	0.625	150	200	0
12	8	45	20	64	94	0	0.5	0.3125	75	100	0
13	5	35	10	142	172	0	1	0.15625	37.5	50	0
14	5	45	10	35	65	0	1	0.15625	37.5	50	0
15	2	40	20	58	88	0	0.5	0.3125	75	100	0
16	0	40	20	72	102	0	0.5	0.3125	75	100	0
17	0	45	20	149	179	0	0.5	0.3125	75	100	0
18	44	5	20	87	117	0	0.5	0.3125	75	100	0
19	42	10	40	72	102	0	0.25	0.625	150	200	0
20	42	15	10	122	152	0	1	0.15625	37.5	50	0
21	40	5	10	67	97	0	1	0.15625	37.5	50	0
22	40	15	40	92	122	0	0.25	0.625	150	200	0
23	38	5	30	65	95	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
24	38	15	10	148	178	0	1	0.15625	37.5	50	0
25	35	5	20	154	184	0	0.5	0.3125	75	100	0
26	95	30	30	115	145	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
27	95	35	20	62	92	0	0.5	0.3125	75	100	0
28	92	30	10	62	92	0	1	0.15625	37.5	50	0
29	90	35	10	67	97	0	1	0.15625	37.5	50	0
30	88	30	10	74	104	0	1	0.15625	37.5	50	0
31	88	35	20	61	91	0	0.5	0.3125	75	100	0
32	87	30	10	131	161	0	1	0.15625	37.5	50	0
33	85	25	10	51	81	0	1	0.15625	37.5	50	0
34	85	35	30	111	141	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
35	67	85	20	139	169	0	0.5	0.3125	75	100	0
36	65	85	40	43	73	0	0.25	0.625	150	200	0
37	65	82	10	124	154	0	1	0.15625	37.5	50	0
38	62	80	30	75	105	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
39	60	80	10	37	67	0	1	0.15625	37.5	50	0
40	60	85	30	85	115	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
41	58	75	20	92	122	0	0.5	0.3125	75	100	0
42	55	80	10	33	63	0	1	0.15625	37.5	50	0
43	55	85	20	128	158	0	0.5	0.3125	75	100	0
44	55	82	10	64	94	0	1	0.15625	37.5	50	0

ตารางที่ ข.5 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC101 (ต่อ)

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
45	20	82	10	37	67	0	1	0.15625	37.5	50	0
46	18	80	10	113	143	0	1	0.15625	37.5	50	0
47	2	45	10	45	75	0	1	0.15625	37.5	50	0
48	42	5	10	151	181	0	1	0.15625	37.5	50	0
49	42	12	10	104	134	0	1	0.15625	37.5	50	0
50	72	35	30	116	146	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
51	55	20	19	83	113	0	0.526316	0.296875	71.25	95	0
52	25	30	3	52	82	0	3.333333	0.046875	11.25	15	0
53	20	50	5	91	121	0	2	0.078125	18.75	25	0
54	55	60	16	139	169	0	0.625	0.25	60	80	0
55	30	60	16	140	170	0	0.625	0.25	60	80	0
56	50	35	19	130	160	0	0.526316	0.296875	71.25	95	0
57	30	25	23	96	126	0	0.434783	0.359375	86.25	115	0
58	15	10	20	152	182	0	0.5	0.3125	75	100	0
59	10	20	19	42	72	0	0.526316	0.296875	71.25	95	0
60	15	60	17	155	185	0	0.588235	0.265625	63.75	85	0
61	45	65	9	66	96	0	1.111111	0.140625	33.75	45	0
62	65	35	3	52	82	0	3.333333	0.046875	11.25	15	0
63	65	20	6	39	69	0	1.666667	0.09375	22.5	30	0
64	45	30	17	53	83	0	0.588235	0.265625	63.75	85	0
65	35	40	16	11	41	0	0.625	0.25	60	80	0
66	41	37	16	133	163	0	0.625	0.25	60	80	0
67	64	42	9	70	100	0	1.111111	0.140625	33.75	45	0
68	40	60	21	144	174	0	0.47619	0.328125	78.75	105	0
69	31	52	27	41	71	0	0.37037	0.421875	101.25	135	0
70	35	69	23	180	210	0	0.434783	0.359375	86.25	115	0
71	65	55	14	65	95	0	0.714286	0.21875	52.5	70	0
72	63	65	8	30	60	0	1.25	0.125	30	40	0
73	2	60	5	77	107	0	2	0.078125	18.75	25	0
74	20	20	8	141	171	0	1.25	0.125	30	40	0
75	5	5	16	74	104	0	0.625	0.25	60	80	0
76	60	12	31	75	105	0	0.322581	0.484375	116.25	155	0
77	23	3	7	150	180	0	1.428571	0.109375	26.25	35	0
78	8	56	27	90	120	0	0.37037	0.421875	101.25	135	0
79	6	68	30	89	119	0	0.333333	0.46875	112.5	150	0
80	47	47	13	192	222	0	0.769231	0.203125	48.75	65	0
81	49	58	10	86	116	0	1	0.15625	37.5	50	0
82	27	43	9	42	72	0	1.111111	0.140625	33.75	45	0
83	37	31	14	35	65	0	0.714286	0.21875	52.5	70	0
84	57	29	18	96	126	0	0.555556	0.28125	67.5	90	0
85	63	23	2	87	117	0	5	0.03125	7.5	10	0
86	21	24	28	87	117	0	0.357143	0.4375	105	140	0
87	12	24	13	90	120	0	0.769231	0.203125	48.75	65	0
88	24	58	19	67	97	0	0.526316	0.296875	71.25	95	0
89	67	5	25	144	174	0	0.4	0.390625	93.75	125	0
90	37	47	6	86	116	0	1.666667	0.09375	22.5	30	0
91	49	42	13	167	197	0	0.769231	0.203125	48.75	65	0
92	53	43	14	14	44	0	0.714286	0.21875	52.5	70	0
93	61	52	3	178	208	0	3.333333	0.046875	11.25	15	0
94	57	48	23	95	125	0	0.434783	0.359375	86.25	115	0
95	56	37	6	34	64	0	1.666667	0.09375	22.5	30	0
96	55	54	26	132	162	0	0.384615	0.40625	97.5	130	0
97	4	18	35	120	150	0	0.285714	0.546875	131.25	175	0
98	26	52	9	46	76	0	1.111111	0.140625	33.75	45	0
99	26	35	15	77	107	0	0.666667	0.234375	56.25	75	0
100	31	67	3	180	210	0	3.333333	0.046875	11.25	15	0

6. ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC201

Total time = 960, Shift time limit = 960

Weight of demand profit = 1 or 100, Weight of distance profit = 1 or 100

Number of customer = 100, Truck capacity = 1000, Number of truck = 100

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC201

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum Demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
0	40	50	0	0	960	0	0	0	0	0	0
1	25	85	20	673	793	0	0.5	0.078125	75	100	0
2	22	75	30	152	272	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
3	22	85	10	471	591	0	1	0.039063	37.5	50	0
4	20	80	40	644	764	0	0.25	0.15625	150	200	0
5	20	85	20	73	193	0	0.5	0.078125	75	100	0
6	18	75	20	388	508	0	0.5	0.078125	75	100	0
7	15	75	20	300	420	0	0.5	0.078125	75	100	0
8	15	80	10	367	487	0	1	0.039063	37.5	50	0
9	10	35	20	371	491	0	0.5	0.078125	75	100	0
10	10	40	30	519	639	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
11	8	40	40	195	315	0	0.25	0.15625	150	200	0
12	8	45	20	223	343	0	0.5	0.078125	75	100	0
13	5	35	10	653	773	0	1	0.039063	37.5	50	0
14	5	45	10	35	155	0	1	0.039063	37.5	50	0
15	2	40	20	174	294	0	0.5	0.078125	75	100	0
16	0	40	20	255	375	0	0.5	0.078125	75	100	0
17	0	45	20	703	823	0	0.5	0.078125	75	100	0
18	44	5	20	335	455	0	0.5	0.078125	75	100	0
19	42	10	40	254	374	0	0.25	0.15625	150	200	0
20	42	15	10	537	657	0	1	0.039063	37.5	50	0
21	40	5	10	215	335	0	1	0.039063	37.5	50	0
22	40	15	40	375	495	0	0.25	0.15625	150	200	0
23	38	5	30	201	321	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
24	38	15	10	681	801	0	1	0.039063	37.5	50	0
25	35	5	20	784	904	0	0.5	0.078125	75	100	0
26	95	30	30	529	649	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
27	95	35	20	146	266	0	0.5	0.078125	75	100	0
28	92	30	10	149	269	0	1	0.039063	37.5	50	0
29	90	35	10	194	314	0	1	0.039063	37.5	50	0
30	88	30	10	246	366	0	1	0.039063	37.5	50	0
31	88	35	20	165	285	0	0.5	0.078125	75	100	0
32	87	30	10	621	741	0	1	0.039063	37.5	50	0
33	85	25	10	80	200	0	1	0.039063	37.5	50	0
34	85	35	30	487	607	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
35	67	85	20	657	777	0	0.5	0.078125	75	100	0
36	65	85	40	43	163	0	0.25	0.15625	150	200	0
37	65	82	10	557	677	0	1	0.039063	37.5	50	0
38	62	80	30	278	398	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
39	60	80	10	64	184	0	1	0.039063	37.5	50	0
40	60	85	30	329	449	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
41	58	75	20	376	496	0	0.5	0.078125	75	100	0
42	55	80	10	33	153	0	1	0.039063	37.5	50	0
43	55	85	20	574	694	0	0.5	0.078125	75	100	0
44	55	82	10	217	337	0	1	0.039063	37.5	50	0

ตารางที่ ข.6 ข้อมูลนำเข้าปัญหาทดสอบ RC201 (ต่อ)

Customer number	XCOORD	YCOORD	Minimum demand	EEDT	LLDT	Fixed stop time	Fixed delivery time	Usage rate	Initial inventory	Inventory capacity	Minimum inventory
45	20	82	10	37	157	0	1	0.039063	37.5	50	0
46	18	80	10	489	609	0	1	0.039063	37.5	50	0
47	2	45	10	105	225	0	1	0.039063	37.5	50	0
48	42	5	10	732	852	0	1	0.039063	37.5	50	0
49	42	12	10	440	560	0	1	0.039063	37.5	50	0
50	72	35	30	507	627	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
51	55	20	19	326	446	0	0.526316	0.074219	71.25	95	0
52	25	30	3	175	295	0	3.333333	0.011719	11.25	15	0
53	20	50	5	375	495	0	2	0.019531	18.75	25	0
54	55	60	16	601	721	0	0.625	0.0625	60	80	0
55	30	60	16	599	719	0	0.625	0.0625	60	80	0
56	50	35	19	557	677	0	0.526316	0.074219	71.25	95	0
57	30	25	23	397	517	0	0.434783	0.089844	86.25	115	0
58	15	10	20	782	902	0	0.5	0.078125	75	100	0
59	10	20	19	42	162	0	0.526316	0.074219	71.25	95	0
60	15	60	17	694	814	0	0.588235	0.066406	63.75	85	0
61	45	65	9	258	378	0	1.111111	0.035156	33.75	45	0
62	65	35	3	167	287	0	3.333333	0.011719	11.25	15	0
63	65	20	6	39	159	0	1.666667	0.023438	22.5	30	0
64	45	30	17	191	311	0	0.588235	0.066406	63.75	85	0
65	35	40	16	11	131	0	0.625	0.0625	60	80	0
66	41	37	16	566	686	0	0.625	0.0625	60	80	0
67	64	42	9	268	388	0	1.111111	0.035156	33.75	45	0
68	40	60	21	612	732	0	0.47619	0.082031	78.75	105	0
69	31	52	27	157	277	0	0.37037	0.105469	101.25	135	0
70	35	69	23	810	930	0	0.434783	0.089844	86.25	115	0
71	65	55	14	241	361	0	0.714286	0.054688	52.5	70	0
72	63	65	8	60	180	0	1.25	0.03125	30	40	0
73	2	60	5	286	406	0	2	0.019531	18.75	25	0
74	20	20	8	645	765	0	1.25	0.03125	30	40	0
75	5	5	16	232	352	0	0.625	0.0625	60	80	0
76	60	12	31	268	388	0	0.322581	0.121094	116.25	155	0
77	23	3	7	764	884	0	1.428571	0.027344	26.25	35	0
78	8	56	27	365	485	0	0.37037	0.105469	101.25	135	0
79	6	68	30	352	472	0	0.333333	0.117188	112.5	150	0
80	47	47	13	822	942	0	0.769231	0.050781	48.75	65	0
81	49	58	10	355	475	0	1	0.039063	37.5	50	0
82	27	43	9	152	272	0	1.111111	0.035156	33.75	45	0
83	37	31	14	105	225	0	0.714286	0.054688	52.5	70	0
84	57	29	18	395	515	0	0.555556	0.070313	67.5	90	0
85	63	23	2	344	464	0	5	0.007813	7.5	10	0
86	21	24	28	349	469	0	0.357143	0.109375	105	140	0
87	12	24	13	359	479	0	0.769231	0.050781	48.75	65	0
88	24	58	19	260	380	0	0.526316	0.074219	71.25	95	0
89	67	5	25	713	833	0	0.4	0.097656	93.75	125	0
90	37	47	6	359	479	0	1.666667	0.023438	22.5	30	0
91	49	42	13	719	839	0	0.769231	0.050781	48.75	65	0
92	53	43	14	14	134	0	0.714286	0.054688	52.5	70	0
93	61	52	3	808	928	0	3.333333	0.011719	11.25	15	0
94	57	48	23	392	512	0	0.434783	0.089844	86.25	115	0
95	56	37	6	100	220	0	1.666667	0.023438	22.5	30	0
96	55	54	26	562	682	0	0.384615	0.101563	97.5	130	0
97	4	18	35	547	667	0	0.285714	0.136719	131.25	175	0
98	26	52	9	172	292	0	1.111111	0.035156	33.75	45	0
99	26	35	15	308	428	0	0.666667	0.058594	56.25	75	0
100	31	67	3	810	930	0	3.333333	0.011719	11.25	15	0

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ - สกุล	นางสาวอรรวสา กอบเกียรติถิถวิล
วัน เดือน ปีเกิด	12 มีนาคม 2530
ประวัติการศึกษา	
ระดับปริญญาตรี	วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยมหิดล พ.ศ. 2553
ระดับปริญญาโท	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี พ.ศ. 2557
ทุนการศึกษาหรือทุนวิจัย	ทุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา (ปริญญาโท) แบบบางส่วน
ผลงานที่ได้รับการตีพิมพ์	อรรวสา กอบเกียรติถิถวิล และ อัมพล การุณสุนทวงษ์, 2557, "วิธี ฮิวริสติกส์ การแทรกสำหรับปัญหาจัดเส้นทาง-สินค้าคงคลัง ภายใต้ เงื่อนไข กรอบเวลา ข้อจำกัดเวลาการทำงาน และปริมาณการ ขนส่งผันแปร", การประชุมวิชาการและการเสนอผลงานวิจัยระดับ ชาติ, 31 พฤษภาคม 2557, หน้า 338-344.