



การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วยวิธีเมตาฮิวริสติก

นายภาสวุฒิ เลิศมัธยะกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีการศึกษา 2564



Increasing Efficiency and Cost Reduction with Metaheuristic for Transportation Routing

Mr. Passawut Lertmatayakul

A PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS
FOR THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (STATISTICS)
DEPARTMENT OF MATHEMATICS, FACULTY OF SCIENCE
KING MONGKUT'S UNIVERSITY OF TECHNOLOGY THONBURI

2021

การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วยวิธีเมตาฮิวริสติก

นายภาสวุฒิ เลิศมัยยะกุล

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ปีการศึกษา 2564

คณะกรรมการสอบโครงงาน



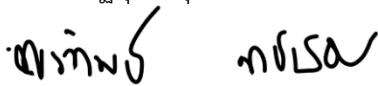
กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

(ผศ.ดร.วิสา ยมเสถียรกุล)



กรรมการ

(ผศ.ดร.ณรรธคุณ วิรุฬห์ศรี)



กรรมการ

(ดร.พรทิพย์ เดชพิชัย)



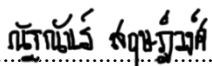
กรรมการ

(ดร.อนวัตร ตั้งธนวัฒน์สกุล)



กรรมการ

(คุณณัฐกร เรืองดิษฐ์)



กรรมการ

(คุณณัฐณันร์ สฤษฏ์วงศ์)

ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Increasing Efficiency and Cost Reduction with Metaheuristic for Transportation Routing

Mr. Passawut Lertmatayakul

A Research Project Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

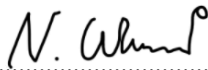
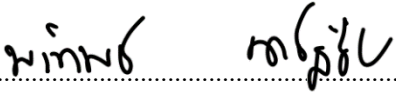
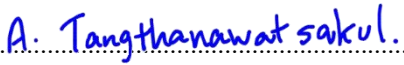
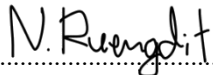
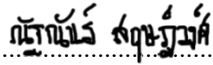
The Degree of Bachelor of Science (Statistics)

Department of Mathematics, Faculty of Science

King Mongkut's University of Technology Thonburi

2021

Research Project Committee

 (Asst.Prof.Warisa Yomsatieankul, Ph.D.)	Member and Research Project Advisor
 (Asst.Prof.Nathakhun Wiroonsri, Ph.D.)	Member
 (Porntip Dechpichai, Ph.D.)	Member
 (Anuwat Tangthanawatsakul, Ph.D.)	Member
 (Mr.Natthakorn Ruengdit)	Member
 (Ms.Nattanan Saritwong)	Member

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วยวิธีเมตาฮิวริสติก
หน่วยกิต	3
ผู้เขียน	นายภาสวุฒิ เลิศมัยยะกุล
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผศ.ดร.วริสา ยมเสถียรกุล
หลักสูตร	วิทยาศาสตร์บัณฑิต
สาขาวิชา	สถิติ
ภาควิชา	คณิตศาสตร์
คณะ	วิทยาศาสตร์
ปีการศึกษา	2564

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อศึกษา การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนสำหรับการจัดส่งสินค้าจากข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา โดยการประยุกต์ใช้วิธี Cluster First-Route Second ในการแบ่งกลุ่มการให้บริการลูกค้าก่อนเป็นลำดับแรก จากนั้นใช้วิธี Metaheuristics คือ Clarke-Wright Saving heuristic ในการกำหนดเส้นทางจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า โดยขั้นตอนการหาคำตอบจะใช้วิธีการหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ ยานพาหนะที่สามารถใช้งานได้แบ่งเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รถ 4 ล้อ และ รถ 4 ล้อจัมป์ จากนั้นทำการกำหนดความจุให้รถแต่ละประเภทโดยกำหนดจากความสามารถในการบรรทุก สินค้าของรถในหน่วยกิโลกรัม ผลลัพธ์จากการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าจากการเก็บข้อมูลที่นำมาศึกษานั้นจากรายงานการจัดส่งสินค้าจำนวน 3 วัน พบว่าการประยุกต์ใช้วิธีการ Cluster First-Route Second Clarke-Wright Saving heuristic และ การค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้า และสามารถลดต้นทุนรวมจากการจัดส่งสินค้าลงได้ ทั้งยังสามารถเป็นแบบสำหรับการประกอบการตัดสินใจในการจัดส่งสินค้าสำหรับการจัดการหน่วยงาน ของบริษัทกรณีศึกษาได้

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ Cluster First-Route Second Metaheuristics
Clarke-Wright Saving heuristic การค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบ

Research Project Title	Increasing Efficiency and Cost Reduction with Metaheuristic for Transportation Routing
Research Project Credits	3
Candidate	Mr. Passawut Lertmatayakul
Research Project Advisors	Asst.Prof.Warisa Yomsatieankul, Ph.D.
Program	Bachelor of Science
Field of Study	Statistics
Department	Mathematics
Faculty	Science
Academic Year	2021

Abstract

This research is intended to study about increasing efficiency and cost reduction for transportation routing, in the case study company. For routing, the first step is dividing all transfer point into groups by using Cluster-First Route-Second Method. Then metaheuristic methods including; Clarke-Wright Saving heuristic and Iterated Local Search (ILS). Two types of vehicles were determined; 4 Wheels and 4 Wheels (Jumbo) with container. The capacity for each type of vehicles from the load capacity (kg). The results for route the delivery for customers by the data collected from delivery report for 3 days. It was showed that using Cluster First Route Second Clarke-Wright Saving heuristic and Iterated Local Search (ILS) can increase efficiency and cost reduction for transportation routing. It can also be a model for decision making in delivery for onsite management, in the case study company.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Cluster First-Route Second, Metaheuristics, Clarke-Wright Saving heuristic, Iterated Local Search: ILS

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ดีเนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการศึกษากระบวนการทำงาน รวมถึงให้ข้อมูลจาก แผนกโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ในการดำเนินโครงการวิจัยครั้งที่ จนทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.วิริสา ยมเสถียรกุล อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย คุณยศพัทธ์ เลิศวิสิฐพล ที่ปรึกษาของบริษัทโครงการ คุณณัฐณันร์ สฤกษ์วงศ์ และ คุณณัฐกร เรืองดิษฐ์ กรรมการบริษัท ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษาตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์และขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการทุกท่าน ผศ.ดร.ณรรธคุณ วิรุฬห์ศรี ดร.พรทิพย์ เดชพิชัย และ ดร.อนุวัฒน์ ตั้งธนะวัฒน์สกุล ที่กรุณาให้คำแนะนำและความคิดเห็นในการดำเนินงานวิจัยฉบับนี้

ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยชิ้นนี้ ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้และสำหรับข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นนั้น ผู้วิจัยขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อเป็นประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

ภาสวุฒิ เลิศมัธยะกุล

ผู้วิจัย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูปภาพ	ณ
บทที่	
1. บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ประโยชน์และผลที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตงานวิจัย	3
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	3
1.6 นิยามคำศัพท์	5
2. แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	7
2.1 การขนส่ง	7
2.2 การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด	9
2.2.1 แบบจำลอง	10
2.2.1.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	11
2.2.1.2 แบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ	12
2.2.1.3 แบบจำลองบนสเปรดชีต	12
2.2.2 แบบจำลองปัญหาการขนส่งสำหรับยานพาหนะ	13

2.3	วิธีการฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก	17
2.3.1	คำจำกัดความของปัญหา ลำดับชั้นการแก้ไขปัญหา และความยาก-ง่ายของลำดับการแก้ไขปัญหา	17
2.3.2	ปัญหาแบบ P, NP, NP-Completeness, NP-Hard, Strongly NP-Hard	18
2.3.3	การหาคำตอบที่ดีที่สุดจากชุดของคำตอบที่เป็นไปได้	19
2.3.4	ฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก	19
2.4	วิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	22
2.4.1	การค้นหาคำตอบเฉพาะที่	22
2.4.2	การค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ	23
2.4.3	วิธี Saving Heuristic	24
2.4.4	วิธี Cluster First-Route Second	25
2.5	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	26
3.	การดำเนินงานวิจัย	28
3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	28
3.2	การศึกษาสภาพปัญหาและรูปแบบการสำหรับการจัดเส้นทางส่งสินค้าในปัจจุบัน	30
3.3	การเก็บรวบรวมข้อมูล	30
3.4	การกำหนดกลุ่มการให้บริการลูกค้าด้วยวิธี Cluster First-Route Second	32
3.5	ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดส่งสินค้า	34
3.6	การประยุกต์ใช้วิธีการ Metaheuristics ในการจัดส่งสินค้า	38
3.6.1	Clarke and Wright Saving Heuristic	38
3.6.2	Iterated Local Search	39
3.7	การใช้งานโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver	40
4.	ผลการวิจัย	43
4.1	ข้อมูลของกรณีศึกษา	43
4.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	44
4.2.1	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564	44
4.2.1.1	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30 นาที)	45

4.2.1.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)	48
4.2.1.3	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564	51
4.2.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564	52
4.2.2.1	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)	52
4.2.2.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)	54
4.2.2.3	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564	56
4.2.3	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564	58
4.2.3.1	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)	59
4.2.3.2	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)	61
4.2.3.3	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564	64
5.	สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	66
5.1	สรุปผลงานวิจัย	66
5.2	ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	68
5.3	ข้อเสนอแนะ	68
	เอกสารอ้างอิง	69
	ประวัติผู้วิจัย	71

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
ตารางที่ 2.1	ประเภทของรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ	14
ตารางที่ 3.1	ข้อมูลรถขนส่งสินค้าแต่ละประเภทในการจัดส่งสินค้า	31
ตารางที่ 3.2	การจัดโซนเส้นทางส่งสินค้าของผู้ให้บริการขนส่ง	33
ตารางที่ 4.1	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564	51
ตารางที่ 4.2	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564	57
ตารางที่ 4.3	เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564	64
ตารางที่ 5.1	การเปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการจัดส่งสินค้าด้วยวิธี Metaheuristics และปัจจุบัน	67

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
ภาพที่ 2.1	องค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem)	15
ภาพที่ 2.2	รหัสเทียมของ ILS	23
ภาพที่ 2.3	การรวมการขนส่งสินค้าไปและกลับ ทุกๆ จุดส่ง และการรวมจุดส่งสินค้าเข้าด้วยกัน	24
ภาพที่ 2.4	การจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second	26
ภาพที่ 3.1	ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย	29
ภาพที่ 3.2	การจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second	32
ภาพที่ 3.3	ลักษณะการหาคำตอบด้วย Iterated Local Search	40
ภาพที่ 3.4	ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท VRP Solver Console	41
ภาพที่ 3.5	ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Locations	41
ภาพที่ 3.6	ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Distances	42
ภาพที่ 3.7	ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Vehicles	42
ภาพที่ 3.8	ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Solution	42
ภาพที่ 4.1	ผลการจัดรถคันที่1 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)	45
ภาพที่ 4.2	ผลการจัดรถคันที่2 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)	45
ภาพที่ 4.3	ผลการจัดรถคันที่3 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)	45
ภาพที่ 4.4	ผลการจัดรถคันที่4 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)	46
ภาพที่ 4.5	ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)	46
ภาพที่ 4.6	ผลการจัดรถคันที่6 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)	46

[illegible]

ภาพที่ 4.49	ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)	62
ภาพที่ 4.50	ผลการจัดรถคันที่6 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)	62
ภาพที่ 4.51	ผลการจัดรถคันที่7 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)	62
ภาพที่ 4.52	ผลการจัดรถคันที่8 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)	63
ภาพที่ 4.53	ผลการจัดรถคันที่9 (4ล้อจัมป์) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)	63
ภาพที่ 4.54	ผลการจัดรถคันที่10 (4ล้อจัมป์) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)	63
ภาพที่ 4.55	ผลการจัดรถคันที่11 (4ล้อจัมป์) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

ต้นทุนสินค้าในด้านโลจิสติกส์ ประกอบด้วย 4 ต้นทุนหลัก ได้แก่ ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง (Inventory Carrying Cost) ต้นทุนการบริหารคลังสินค้า (Warehousing Costs) ต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost) และ ต้นทุนการบริหารโลจิสติกส์ (Administration Cost) จากข้อมูลรายงานโลจิสติกส์ของประเทศไทยประจำปี 2562 [1] ต้นทุนที่สัดส่วนขนาดใหญ่ที่สุด คือ ต้นทุนการขนส่ง โดยคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 49.7 ของต้นทุนสินค้าในด้านโลจิสติกส์รวม โดยที่รองลงมา คือ ต้นทุนการถือครองสินค้าคงคลัง คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 42.8 และ ต้นทุนการบริหารจัดการโลจิสติกส์ คิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 7.5 ดังนั้นหากผู้ประกอบการ หรือ องค์กรต่าง ๆ สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้โดยที่ประสิทธิภาพในการดำเนินงานการขนส่งยังคงเท่าเดิม หรือ เพิ่มขึ้น จะทำให้สามารถสร้างความได้เปรียบในการแข่งขันทางธุรกิจ โดยหนึ่งในวิธีการเพิ่มประสิทธิภาพนั้น การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าอย่างมีประสิทธิภาพ เป็นหนึ่งในกลยุทธ์ที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายเพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้า ให้สามารถส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าได้ตามกำหนดด้วยต้นทุนการขนส่งที่เหมาะสม

สำหรับบริษัทที่ศึกษาในงานวิจัยชิ้นนี้ เป็นผู้ผลิตสินค้าเกี่ยวกับอาหารสัตว์ ในปัจจุบันขั้นตอนการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า จะเป็นการจ้างผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Logistics Outsourcing) ในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงาน ทางบริษัทที่ศึกษาจะเป็นผู้กำหนดเส้นทางการจัดส่งสินค้า โดยเป็นไปตามเงื่อนไขการแบ่งโซนการจัดส่งสินค้าของบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า จากนั้นให้บริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า จัดส่งสินค้าตามรายการที่กำหนดไว้ ในส่วนของการคิดราคาต้นทุนการขนส่งสินค้า จะอ้างอิงจากบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า สำหรับการจัดส่งสินค้าในโซนต่าง ๆ และ การจัดส่งสินค้าจะมีรถบรรทุกขนส่งหลากหลายประเภท ซึ่งจะสามารถบรรจุสินค้าในรถขนส่งได้ปริมาณแตกต่างกัน โดยที่ในแต่ละวันรถขนส่งสินค้าของบริษัทผู้ให้บริการขนส่งสินค้า จะทำหน้าที่มารับสินค้าที่คลังสินค้าของบริษัทที่ศึกษา แล้วส่งสินค้าไปยังลูกค้ารายต่าง ๆ ตามรายการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า และ ต้องจัดส่งสินค้าภายในระยะเวลาการเปิด-ปิดร้าน ของลูกค้า

โดยปกติทางบริษัทที่ศึกษา จะทำการจัดเส้นทางส่งสินค้าตามประสบการณ์ของเจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้า ซึ่งในบางครั้งต้องใช้ระยะเวลานาน และ ใช้กำลังในการจัดเส้นทางส่งสินค้าค่อนข้างมาก สำหรับงานวิจัยทางด้านโลจิสติกส์ ปัญหาลักษณะนี้จะเรียกว่า ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดเรื่องของเวลา จุลบรรทุก และมีกรอบเวลาในการจัดส่ง (Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows : CVRPTW) [2] ซึ่งถือได้ว่าเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อน จึงต้องอาศัยวิธีการทางคณิตศาสตร์มาช่วยในการแก้ไขปัญหานี้ สำหรับปัญหาประเภทนี้ประกอบด้วยตัวแปรตัดสินใจจำนวนมาก ทำให้เป็นเรื่องยากที่จะหาคำตอบที่ดีที่สุดได้ (Optimal Solution) เพราะใช้เวลานานเป็นอย่างมาก โดยจะเรียกปัญหาลักษณะนี้ว่าเป็นปัญหา NP-Hard

ด้วยเหตุผลทั้งหมดนี้ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาการจัดเส้นทางส่งสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการจัดเส้นทางส่งสินค้าในด้านการหาต้นทุนรวมต่ำที่สุด และ การจัดเส้นทางส่งสินค้า ต้องเป็นไปตามเงื่อนไขของบริษัทที่ศึกษา ซึ่งหากสามารถนำเอาวิธีการทางคณิตศาสตร์ นำมาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าได้ก็จะสามารถลดระยะเวลาในขั้นตอนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าได้

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า
2. เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเส้นทางส่งสินค้า
3. เพื่อลดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้า

1.3 ประโยชน์และผลที่ได้รับจากงานวิจัย

1. ได้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า
2. สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเส้นทางส่งสินค้า
3. สามารถลดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้า
4. ทราบถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem)

1.4 ขอบเขตงานวิจัย

ขอบเขตด้านเนื้อหา (Scope of contents)

1. ใช้ข้อมูลจากรายงานรื้อทาส่ง ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 และ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564
2. กำหนดให้รถรับ-ส่งสินค้าวิ่งออกจากโรงงาน (Depot) และไม่กลับสู่โรงงาน
3. ศึกษาในการหาคำตอบเพื่อให้ได้ต้นทุนรวมการขนส่ง ที่ต่ำที่สุด
4. ระบุให้ความจุรถขนส่งแต่ละประเภท มีความจุไม่เท่ากัน
5. มีข้อจำกัดทางด้านเวลาเปิด-ปิดร้าน ในการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า
6. ประยุกต์ใช้วิธีการเมตาฮีริสติก (Metaheuristic) ในการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า เพื่อให้ได้ต้นทุน และจำนวนยานพาหนะที่เหมาะสม ภายใต้ระยะทางที่ยอมรับได้
7. จัดส่งสินค้าตามเงื่อนไข (Criteria) และการแบ่งโซน (Zoning) การให้บริการลูกค้าของบริษัทกรณีศึกษา

ขอบเขตด้านพื้นที่ (Area of Studies)

ศึกษาการจัดส่งสินค้าในขอบเขตจังหวัด กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี นนทบุรี สระบุรี (อ.เฉลิมพระเกียรติ อ.เมืองสระบุรี อ.พระพุทธบาท) และ สมุทรปราการ (อ.พระประแดง อ.พระสมุทรเจดีย์ อ.สมุทรปราการ)

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษารูปแบบปัญหาของการจัดส่งสินค้า รวมถึงข้อกำหนดต่างๆ เช่น ลูกค้า Code เดียวกันให้จัดส่งสินค้าไปรถคันเดียวกันก่อน คำนวณวันเปิดทำการ (Window time) เวลารับส่งในการรับสินค้าของแต่ละลูกค้า หรือ การขนส่งเป็นการจ้างผู้ให้บริการขนส่งสินค้า (Logistics Outsourcing) จึงไม่จำเป็นต้องให้รถขนส่งวิ่งกลับมาที่โรงงานของตัวเอง เป็นต้น
2. ศึกษาและค้นคว้างานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) จากนั้นศึกษาวิธี Cluster First-Route Second และ เมตาฮีริสติก (Metaheuristic) ในรูปแบบต่างๆ เพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ไขปัญหานี้

3. เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการวิจัย ได้แก่

3.1 ข้อมูลการจัดส่งสินค้าจากโรงงานถึงลูกค้า

- ตำแหน่งคลังสินค้า (Depot Position)
- ตำแหน่งลูกค้า (Customers Position)
- ปริมาณสินค้าที่ต้องจัดส่ง (Delivery amount)
- ระยะเวลาเปิด-ปิดร้านค้า (Time Window)
- ระยะเวลาการให้บริการลูกค้า (Service Time)

3.2 ข้อมูลยานพาหนะ

- ประเภทและความจุของยานพาหนะต่างๆ (Vehicle Types)
- ค่าใช้จ่ายคงที่ (Fixed Costs)
- ความเร็วเฉลี่ยของยานพาหนะในการขับขี่ (Average Speed)
- ระยะทางที่ยานพาหนะสามารถวิ่งได้มากที่สุด (Distance limit)
- ระยะเวลาที่ยานพาหนะสามารถวิ่งได้มากที่สุด (Driving time limit)
- ระยะเวลาที่ยานพาหนะสามารถทำงานได้มากที่สุด (Working time limit)
- จำนวนยานพาหนะทั้งหมดที่สามารถใช้งานได้ (Number of Vehicles)

3.3 ต้นทุนสินค้าตามรายงานการสินค้าจากใบส่งมอบสินค้า (Delivery Order)

4. แบ่งกลุ่มลูกค้าเพื่อกำหนดพื้นที่การจัดส่งสินค้าด้วย Cluster First-Route Second
5. ประยุกต์ใช้ทฤษฎีวิธี Metaheuristic ในการจัดเส้นทางส่งสินค้า
6. ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในการสร้างคำตอบการจัดเส้นทางส่งสินค้า
7. เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วยวิธี Metaheuristic กับการจัดเส้นทางส่งสินค้า
 หน่วยงานของบริษัทกรณีศึกษา พร้อมทั้งสรุปผลวิจัย

1.6 นิยามศัพท์

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem) : เป็นปัญหาที่ศึกษากันในสาขาการวิจัยดำเนินงานและการขนส่งและโลจิสติกส์ ลักษณะของปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งคือการที่ผู้ขนส่งต้องออกแบบเส้นทางขนส่งสินค้าให้ผู้รับบริการ หากผู้รับบริการมีจำนวน ผู้ขนส่งจะต้องคำนวณหาคำตอบ จำนวนการใช้พาหนะขนส่ง และ การจัดลำดับการส่งสินค้า กระบวนการจัดพาหนะ วิธีการส่งสินค้า ให้แก่ผู้รับบริการ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้เกิดต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด และสามารถให้บริการครบถ้วนตามปริมาณอุปสงค์ทั้งหมด ภายใต้ข้อจำกัดบางประการ

เมตาฮิวริสติก (Metaheuristic) : เป็นวิธีการประมาณคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือ ได้คำตอบที่มีคุณภาพดีเพียงพอต่อการวางแผนต่าง ๆ และช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณปัญหาที่มีขนาดใหญ่และแก้ไขได้ยาก

วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดของ Clarke และ Wright (Clarke-Wright Saving heuristic) : เป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับในการจัดการกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง โดยการหาคำตอบว่าการจัดเส้นทางในรูปแบบใดทำให้เกิดระยะทางที่สั้นที่สุด

โลจิสติกส์ (Logistics) : เป็นคำที่ได้รับการนิยามจากกองโลจิสติกส์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (กสอ.) หมายถึง กระบวนการวางแผน การดำเนินงาน การควบคุมการเคลื่อนย้ายทั้งไปและกลับ การเก็บรักษาสินค้า บริการ และข้อมูลที่เกี่ยวข้องอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ตั้งแต่จุดเริ่มต้นของการผลิตไปสู่อุปสงค์สุดท้ายของการบริโภคเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้า สำหรับกิจกรรมทางโลจิสติกส์นั้น กองโลจิสติกส์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม (กสอ.) ได้แบ่งกิจกรรมทางโลจิสติกส์ ออกเป็นทั้งหมด 9 กิจกรรม ดังนี้ [3]

1. การวางแผนหรือการคาดการณ์ความต้องการของลูกค้า (Demand Forecasting and Planning)
2. การให้บริการแก่ลูกค้าและกิจกรรมสนับสนุน (Customer Service and Support)
3. การสื่อสารด้านโลจิสติกส์และการจัดการคำสั่งซื้อ (Logistics Communication and Order Processing)
4. การจัดซื้อจัดหา (Purchasing and Procurement)
5. การขนถ่ายวัสดุและการบรรจุหีบห่อ (Materials Handling and Packaging)
6. การเลือกสถานที่ตั้งของโรงงานและการจัดการคลังสินค้า (Site Selection, Warehousing and Storage)
7. การบริหารสินค้าคงคลัง (Inventory Management)

8. การขนส่ง (Transportation)
9. โลจิสติกส์ย้อนกลับ (Reverse Logistics)

ห่วงโซ่อุปทาน (Supply Chain) : (สุรศักดิ์ พรบรรเจิดกุล, 2561) ในความหมายทางเศรษฐศาสตร์ หมายถึง ความต้องการขายสินค้าและบริการ ในขณะที่คำว่า “ห่วงโซ่” หมายถึง โลหะมีลักษณะเป็นห่วงหรือวงรีที่เกี่ยวกันเป็นข้อ ๆ เป็นสายยาวสำหรับผูกมัดแทนเชือก เป็นเครื่องผูกมัด เครื่องพันธนาการ ดังนั้นถ้าเอาคำว่า “อุปทาน” กับ “ห่วงโซ่” มารวมกันเป็นคำว่า “ห่วงโซ่อุปทาน” หมายถึงกระบวนการดำเนินธุรกิจทุกขั้นตอนที่เกี่ยวข้องด้วยกันที่ทำงานประสานกันเป็นห่วงโซ่หรือเครือข่ายต่าง ๆ โดยมีเป้าหมายเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตสินค้าและบริการ ไม่ว่าจะเป็น เรื่องเกี่ยวกับการควบคุม การขนส่งหรือการเคลื่อนย้ายสินค้าจากผู้ขายไปยังผู้ซื้อหรือผู้บริโภคเป็นวงจรของการขายสินค้าและบริการ โดยเริ่มตั้งแต่วัตถุดิบไปจนกระทั่งสินค้าถึงมือลูกค้าและต้องเป็นไปตามความต้องการของลูกค้า เพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า จากที่กล่าวมานั้นหมายความว่าสินค้าคือสิ่งที่สำคัญ แต่ลูกค้าสำคัญกว่า องค์กรยุคใหม่มองเป้าหมายที่ลูกค้าเป็นหลัก ต้องรู้ว่าลูกค้าต้องการอะไร โดยสิ่งที่จะทำให้ห่วงโซ่อุปทานมีประสิทธิภาพ จะประกอบด้วย 4 ส่วนหลัก ๆ คือ จากวัตถุดิบสู่โรงงานผลิต จากโรงงานผลิตสู่ศูนย์กระจายสินค้า จากศูนย์กระจายสินค้าสู่หน้าร้าน จากหน้าร้านสู่มือลูกค้า

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้ ผู้วิจัยจะกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าสำหรับบริษัทรถบรรทุก โดยที่มีรูปแบบปัญหาการจัดส่งสินค้าแบบมีข้อจำกัดเรื่องความจุของรถบรรทุก และกรอบเวลาในการจัดส่งสินค้า (Capacitated Vehicle Routing Problem with Time Windows : CVRPTW) ผู้วิจัยจึงกล่าวถึงถึง แนวคิด ทฤษฎี งานวิจัยที่เกี่ยวข้องตามลำดับดังนี้

2.1 การขนส่ง (Transportation)

“การขนส่ง” ความหมายโดยรวมหมายถึง การเคลื่อนย้ายคน (People) สินค้า (Goods) หรือบริการ (Services) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง ตามความประสงค์และเกิดประโยชน์ตามต้องการ โดยการดำเนินงานในระดับปฏิบัติการที่ดีควรมีลักษณะ การจัดการงานวันต่อวันอย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถควบคุมงานให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด ใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุดให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า โดยการทำงานต้องรักษาสภาพการดำเนินงานให้อยู่ภายใต้กฎหมาย มีความปลอดภัยในการบรรทุกสินค้า และตอบสนองต่อการแก้ไขปัญหาอย่างรวดเร็ว โดยรูปแบบการขนส่งสินค้ามี 5 ประเภท [1] ดังนี้

1. การขนส่งทางบก (Land Transportation)
2. การขนส่งทางน้ำ (Water Transportation)
3. การขนส่งทางอากาศ (Air Transportation)
4. การขนส่งระบบคอนเทนเนอร์ (Container Transportation)
5. การขนส่งทางท่อ (Pipeline Transportation)

สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ จะทำการศึกษาวิจัย และกล่าวถึงการขนส่งทางบก หรือ การขนส่งด้วยรถขนส่งทางบก เพียงอย่างเดียวเท่านั้น ตามรูปแบบการจัดส่งสินค้าของบริษัทรถบรรทุก

(ธารชуда พันธนิกุล, 2551) ได้กล่าวว่า เมื่อมีการขนส่งเกิดขึ้นก็อาจทำให้เกิดปัญหาตามมาได้ เช่น จำนวนสิ่งของ คน หรือสัตว์ที่ต้องขนส่งนั้นมีจำนวนมาก หรือสถานที่ที่เป็นปลายทางในการขนส่งมีหลายที่ และรวม

ไปถึงข้อจำกัดต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ในการขนส่ง เช่น ยานพาหนะมีความบรรจุที่จำกัด จำนวนของยานพาหนะมีจำกัด หรือระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการขนส่งทั้งนี้

(ณกร อินทร์พุง, 2548) ได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ในการขนส่งที่ดีคือ การกระจายสินค้าให้มีประสิทธิภาพ โดยการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เช่น ลดระยะทาง ลดเวลาในการขนส่ง หรือลดจำนวนยานพาหนะให้น้อยลงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง ทั้งนี้ผู้ทำการขนส่งจะต้องมีการวางแผนในการขนส่งให้เกิดค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่น้อยที่สุดโดยไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการขนส่งลดลงเพื่อเป็นการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า

สมชาย ปฐมศิริ (2553) ได้กล่าวถึง เป้าหมายการจัดการขนส่ง ดังนี้

1) เพื่อลดต้นทุนจากการขนส่ง ซึ่งถือเป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการมักจะตั้งเป็นเป้าหมายของการจัดการขนส่งเป็นอันดับแรก และถือได้ว่าเป็นเป้าหมายยอดนิยมของการจัดการด้านโลจิสติกส์ทุกกิจกรรม เพราะเมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดีก็จะช่วยลดต้นทุนของธุรกิจลงได้ โดยอาจจะเป็นในด้านของ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าแรงงาน ค่าบำรุงรักษารถบรรทุก หรือ จะเป็นเรื่องของราคาเหมารถ กรณีที่เป็นผู้ผลิตสินค้าแล้วจ้างผู้ให้บริการด้านการขนส่งสินค้าจัดส่งสินค้าให้ เป็นต้น

2) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน โดยผู้ประกอบการอาจตั้งเป้าหมายว่าเมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดีด้วยจำนวนทรัพยากรที่เท่าเดิม นั้นหมายถึงประสิทธิภาพการทำงานจะสูงขึ้น เช่น จำนวนรถบรรทุกและพนักงานเท่าเดิม แต่ส่งสินค้าให้ลูกค้าได้มากขึ้น เป็นต้น

3) เพื่อเสริมสร้างความพอใจสูงสุดให้แก่ลูกค้า โดยผู้ประกอบการอาจตั้งเป้าหมายว่าเมื่อมีการจัดการขนส่งที่ดี จะทำให้ข้อตำหนิตีเดียจากลูกค้าลดน้อยลง จะส่งผลให้ลูกค้ามีความพอใจในบริการที่ได้รับและยังคงใช้บริการของบริษัทต่อไป

4) เพื่อลดระยะเวลา โดยผู้ประกอบการอาจตั้งเป้าหมายว่าเมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดี จะทำให้สามารถส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้าได้รวดเร็วขึ้น และยังถ้าสามารถส่งออกสินค้าได้รวดเร็วและแพร่หลายกว่าคู่แข่ง ก็จะสามารถทำให้ผลิตภัณฑ์ของตนเป็นที่นิยมมากกว่าคู่แข่ง

5) เพื่อสร้างรายได้เพิ่ม เป็นไปได้เช่นกันว่าผู้ประกอบการจะตั้งเป้าหมายว่า เมื่อมีการจัดการการขนส่งที่ดี ก็จะสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับผู้ประกอบการได้ โดยรายได้ที่เพิ่มขึ้นอาจจะมีมาจากกลุ่มลูกค้าเดิมที่ยอมจ่ายแพงขึ้นเพื่อแลกกับบริการที่รวดเร็วขึ้น พิเศษขึ้นหรือละเอียดถูกต้องมากขึ้น หรือรายได้จากกลุ่มลูกค้าใหม่ที่เข้ามาใช้บริการเพราะเห็นถึงคุณภาพการจัดการการขนส่งที่ดี เป็นต้น

6) เพื่อเพิ่มกำไร ไม่บ่อยนักที่เราจะได้ยินว่าผู้ประกอบการ จะลงทุนปรับปรุงระบบการจัดการหรือลงทุนในระบบการจัดการใหม่เพื่อต้องการเพิ่มผลกำไรของบริษัท โดยมากจะมองว่ากำไรเป็นผลพลอยได้จากการที่การจัดการไปลดต้นทุนลง มุมมองเพื่อหวังเพิ่มกำไรเป็นสิ่งท้าทายฝีมือผู้บริหารมากกว่า เพราะว่าเป็นการพิจารณาสองทางไปพร้อมๆ กัน คือ สร้างรายได้เพิ่มและลดต้นทุน ซึ่งไม่ใช่เรื่องที่จะทำได้ง่ายๆ สำหรับบริษัทขนส่งโดยทั่วไป

7) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการทำงาน ทั้งนี้อาจจะไม่ใช่เป้าหมายหลักสำหรับผู้ประกอบการในการลงทุนปรับปรุงระบบการจัดการการขนส่ง แต่ก็มีความสำคัญไม่น้อย เพราะหลายๆ บริษัทขนส่งหลายแห่งแสดงสถิติของช่วงเวลาต่อเนื่องที่ไม่มีอุบัติเหตุเกิดขึ้นให้พนักงานได้รับทราบ โดยทั่วกันและพยายามกระตุ้นให้พนักงานช่วยกันรักษาสถิตินั้นให้นานที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้

2.2 การหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด (Optimization)

การค้นหาลำดับที่ดีที่สุด (Optimization) เป็นกระบวนการค้นหาค่าที่ดีที่สุดของตัวแปรด้วยหลักเกณฑ์หนึ่งๆ เพื่อการตัดสินใจที่ดีที่สุด วัดด้วยผลลัพธ์อย่างใดอย่างหนึ่ง องค์ประกอบปัญหาที่ต้องการผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ประกอบด้วยกลุ่มตัวแปรตัดสินใจ หลักเกณฑ์ และกลุ่มเงื่อนไขที่ต้องการเป็นตัวกำหนดว่าการตัดสินใจ (ตัวแปรตัดสินใจ) ต้องสอดคล้องกับเงื่อนไขทั้งหมดนั้น ปัญหาที่ต้องการค้นหาลำดับที่ดีที่สุดโดยทั่วไปมีองค์ประกอบหลายอย่างคล้ายกัน ดังนี้

1. **ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)** เป็นตัวแปรที่ผู้ตัดสินใจเลือกได้ว่าจะให้มีค่าเท่าใด ค่าของตัวแปรเหล่านี้เป็นตัวกำหนดต่อไป (ไม่ว่าโดยตรงหรือโดยอ้อม) ถึงผลลัพธ์จะได้ เช่น จำนวนการผลิต ต้นทุน รายได้ ระยะทาง เวลา เป็นต้น ตัวแปรตัดสินใจนี้เป็นตัวกำหนดสิ่งอื่นๆ ทั้งหมด
2. **ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)** ที่ต้องการให้ได้ค่าที่ดีที่สุดไม่ว่าจะเป็นค่าสูงที่สุดหรือจะเป็นค่าต่ำที่สุด
3. **เงื่อนไขบังคับ (Constraints)** ที่ต้องทำตาม อาจจะเป็นเงื่อนไขด้านกายภาพ ด้านการเงิน ด้านการผลิต ด้านความจุ ด้านระยะทาง เงื่อนไขทางตรรกะ หรือเงื่อนไขด้านอื่นๆ ขึ้นอยู่กับลักษณะของปัญหา ในการค้นหาค่าของตัวแปรตัดสินใจที่ทำให้ฟังก์ชันจุดประสงค์ได้ค่าดีที่สุด ค่าที่สอดคล้องกับเงื่อนไขบังคับทั้งหมดเท่านั้นจึงจะเป็นค่าของตัวแปรตัดสินใจนั้น

โดยทั่วไปแล้วเมื่อพูดถึงปัญหาการหาค่าความเหมาะสม (Optimization) จะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ ได้แก่ Global Optimization และ Local Optimization โดยคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมดจากการทำ Optimization จะเรียกว่า Search Space ตัวอย่างเช่น หากต้องการหายอดเขาที่สูงที่สุดในโลก Search Space ก็คือโลกทั้งใบ และ ค่าความเหมาะสมก็จะเป็นที่ด้วยยอดเขาที่สูงที่สุด ยอดเขาทุกลูกนั้นสามารถเป็นคำตอบที่เหมาะสมได้ (Optimal Solution) แต่ขึ้นอยู่กับว่าจะเป็นคำตอบที่มาจากรูปแบบ Global Optimization หรือ Local Optimization ถ้าเป็นแบบ Global Optimization ก็จะหมายถึงยอดเขาเอเวอเรสต์ เพราะเป็นยอดเขาที่สูงที่สุดในโลก แต่ถ้าเป็นยอดเขาดอยอินทนนท์ก็จะเป็น Local Optimization เพราะเป็นยอดเขาเหมือนกันแต่ก็ไม่ใช่มียอดเขาที่สูงที่สุดในโลก สามารถสรุปได้คือ Global Optimization ก็คือ จุด (ยอดเขา) ที่ให้ ค่าที่ดีที่สุดของปัญหา (ความสูงจากระดับน้ำทะเล) ส่วน Local Optimization นั้นเป็นเพียงยอดเขาเฉยๆ นั้นหมายถึงจุดที่ดีกว่าจุดอื่นๆในแวกนั้น จะเห็นได้ว่าการได้มาซึ่ง Global Optimization นั้นหมายถึงคำตอบที่ดีที่สุดที่สามารถจะเป็นไปได้ แต่ปัญหาของ Global Optimization นั้นก็คือ สำหรับปัญหาคณิตศาสตร์บางปัญหา โดยเฉพาะที่เรียกว่า NP problem นั้นในการหาคำตอบจะหายากมาก เพราะต้องระยะเวลานานบางทีอาจกินเวลาเกินกว่าที่จะสามารถหาคำตอบได้ จึงทำให้วิธีการนี้ไม่ได้เป็นที่นิยมมากนัก

2.2.1 แบบจำลอง (Model)

แบบจำลอง (Model) เป็นตัวแทนของสถานการณ์หรือปัญหาที่ทำให้อยู่ในรูปที่เข้าใจได้ง่าย ปกติแล้วในโลกแห่งความจริงปัญหาที่พบมีความซับซ้อน มีรายละเอียดที่เกี่ยวข้องด้วยมากมาย ทั้งที่ควบคุมได้หรือควบคุมไม่ได้ การตัดสินใจคราวๆหนึ่ง หากนำรายละเอียดครบทุกอย่างมาพิจารณาอาจตัดสินใจได้ไม่ทันเวลา การสร้างแบบจำลองเป็นการนำเอาลักษณะสำคัญของสถานการณ์ที่ซับซ้อนนั้น ทำการศึกษาเพื่อทำความเข้าใจกับปัญหาได้อย่างครบถ้วนพอ เช่น แบบจำลองใช้น้ำหนักของเครื่องบิน ความเร็วลม กำลังขับ หรือรูปร่างลักษณะ เป็นตัวแปร แต่ไม่ต้องใช้สีของเครื่องบิน เป็นต้น แบบจำลองอาจอยู่ในรูปของวัตถุ เช่น แบบจำลองสิ่งก่อสร้างหรือแบบจำลองเครื่องจักร อาจอยู่ในลักษณะบรรยายเป็นตัวหนังสือ หรืออยู่ในลักษณะทางคณิตศาสตร์

2.2.1.1 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

เป็นแบบจำลองที่สร้างขึ้นและใช้วิเคราะห์โดยอาศัยคณิตศาสตร์ มีจุดประสงค์เพื่อใช้สมการอธิบายพฤติกรรมจากการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าของข้อมูลในระบบที่จำลองขึ้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ไม่จำเป็นต้องเป็นแบบจำลองที่ต้องการผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอไป บางแบบจำลองอาจเป็นเพียงการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอินพุต/เอาต์พุต (input/output) เท่านั้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ อาจทำได้ไม่ยากนัก แต่อาจไม่ได้ผลลัพธ์สุดท้ายที่ต้องการ ผลลัพธ์จากการใช้คณิตศาสตร์ เช่น พีชคณิต มักอยู่ในรูปสูตร ไม่แสดงเป็นตัวเลข ทั้งที่ในทางปฏิบัติเกือบทุกกรณีตัวเลขนำไปสู่การตัดสินใจ

การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการหาค่าที่ดีที่สุดมีหลายรูปแบบ ถ้าพิจารณาจากลักษณะของพารามิเตอร์ (Parameters) สามารถแบ่งตัวแบบเป็นกลุ่มใหญ่ได้ 2 กลุ่ม คือ Deterministic Model พารามิเตอร์เป็นค่าคงที่ หมายความว่า ทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น มีปัจจัยที่สามารถกำหนดได้โดยสมบูรณ์ เช่น ถ้าต้องการพยากรณ์เหตุการณ์หนึ่งๆ ถ้ามีตัวแปรกำหนดครบถ้วน ก็จะทำนายได้แน่นอน และ Stochastics Model พารามิเตอร์เป็นตัวแปรสุ่ม หมายความว่า ทุกเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น ไม่มีปัจจัยที่สามารถกำหนดได้โดยสมบูรณ์ เช่น ถ้าต้องการพยากรณ์เหตุการณ์หนึ่งๆ ถึงจะมีตัวแปรกำหนดครบแต่จะมีตัวแปรสุ่มอยู่ในสมการด้วย และการทำนายจะไม่ถูกต้องชัดเจนเพราะขึ้นอยู่กับตัวแปรสุ่ม (Random Variable) ที่กำหนดทิศทางและขนาดไม่ได้ โดยถ้าพิจารณาจากสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) ก็สามารถแบ่งตัวแบบเป็น 2 กลุ่มเช่นเดียวกัน คือ Single Objective Model และ Multi-Objectives Model สำหรับตัวแบบที่มีลักษณะเป็น Deterministic Model ยังประกอบไปด้วยตัวแบบต่างๆ อาทิเช่น Linear Programming (LP) Integer Linear Programming (ILP) Binary Linear Programming (BLP) Mixed Linear Programming (MLP) Non-Linear Programming (NLP) Integer Non-Linear Programming (INLP) Binary Non-Linear Programming (BNLP) Mixed Non-Linear Programming (MNLP) และอื่นๆ โครงสร้างของตัวแปรต่างๆ จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลักคือ สมการเป้าหมาย (Objective Function) และ สมการข้อจำกัด (Constraints) ในแต่ละสมการเป้าหมายหรือสมการข้อจำกัดจะสร้างจากตัวแปร 2 ลักษณะคือ ตัวแปรที่เป็นพารามิเตอร์ (Parameters) และตัวแปรที่เป็นตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

สำหรับตัวแบบ Multi-Objectives Model จะมีลักษณะตัวแบบที่มี Objective Function มากกว่า 1 Objective Function ขึ้นไป ซึ่งอาจจะเป็นตัวแบบที่เป็น Multi-Objectives Linear Model หรือ Multi-Objectives Non-Linear Model ก็ได้ขึ้นอยู่กับประเภทของ Function

2.2.1.2 แบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (Decision Model)

หมายความว่าแบบจำลองที่มีผลลัพธ์ใช้ประกอบการตัดสินใจปรากฏอยู่ที่ใดที่หนึ่ง เป็นแบบจำลองที่ใช้ในกระบวนการตัดสินใจ อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ตามต้องผู้ตัดสินใจไม่จำเป็นต้องตัดสินใจตามผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง ผู้ตัดสินใจอาจมีปัจจัยอื่นที่คำนึงแต่ไม่มีอยู่ในแบบจำลองหรือไม่สามารถนำเข้ามาไว้ในแบบจำลองได้ แบบจำลองเพื่อการตัดสินใจที่ดีที่สุด เป็นแบบจำลองที่มีความมุ่งหมายเฉพาะในการหาค่าที่ดีที่สุดของผลลัพธ์จากทางเลือกทั้งหมดที่มี ก่อนที่จะให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่หาได้

2.2.1.3 แบบจำลองบนสเปรดชีต (Spreadsheet Model)

สเปรดชีตใช้จัดข้อมูลให้อยู่ในแนวนอนและแนวตั้ง ข้อมูลอาจเป็นตัวหนังสือ ตัวเลข หรือความสัมพันธ์ทางตรรกะ แล้วสร้างความเชื่อมโยงระหว่างข้อมูลต่างๆ เหล่านั้นเข้าด้วยกัน ความสามารถที่หลากหลายของสเปรดชีตทำให้เหมาะสมต่อการเป็นพื้นที่สร้างแบบจำลอง แบบจำลองในรูปแบบพีชคณิตหรือแบบจำลองบนสเปรดชีต ต่างแสดงได้กระชับและได้ความครบถ้วน แต่สเปรดชีตมีความซับซ้อนในตัวเอง เช่น รูปแบบและเนื้อหาสาระบนสเปรดชีตแบบจำลองบนสเปรดชีตสองชุดอาจดูแล้วมีรูปแบบเดียวกัน แสดงตัวเลขจำนวนเดียวกันแต่อาจมีสูตรในเซลล์เดียวกันนั้นต่างกันได้ ข้อมูลที่แสดงให้เห็นบนหน้าจอแม้จะเหมือนกันจึงไม่สามารถบอกได้ถึงตรรกะที่อยู่เบื้องหลัง นอกจากนี้ การไม่มีรูปแบบมาตรฐานเป็นที่ยอมรับรูปแบบเดียวในการสร้างแบบจำลองบนสเปรดชีตเป็นอีกประการหนึ่งที่ทำให้คนสับสนได้ง่าย เมื่อว่าแบบจำลองเพื่อหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดต่างต้องแสดงถึงตัวแปรตัดสินใจ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และเงื่อนไขบังคับ อย่างไรก็ตาม ยังเปิดทางให้มีอิสระมากมายอย่างเช่น การวางรูปแบบจำลองบนสเปรดชีตให้สามารถหรือสะดวกต่อการปรับปรุง เพิ่มเติม หรือเปลี่ยนแปลง ความสามารถเช่นนี้เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหาหรือต่อการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด แต่บางครั้งทำให้ผู้อื่นซึ่งมิได้เป็นผู้สร้างแบบจำลองนั้นเข้าใจยาก แบบจำลองบนสเปรดชีตจึงมิได้ใช้เพื่อการคำนวณแต่เพียงประการเดียว แต่ยังใช้เพื่อการสื่อสารทำความเข้าใจกับผู้ใช้อื่น โดยเฉพาะผู้ตัดสินใจ (มักไม่ใช่ผู้สร้างแบบจำลอง)

สเปรดชีต เช่น เอ็กเซล แทนตัวแปรตัดสินใจด้วยเซลล์ที่เปลี่ยนค่าไปเพื่อให้ได้ค่าฟังก์ชันจุดประสงค์ที่ดีที่สุด เซลล์ตัดสินใจนี้ต้องยอมให้ตัวเลขในเซลล์เปลี่ยนแปลงได้อย่างอิสระ ค่าตัวเลขในเซลล์ต้องไม่ได้มาจากผลการคำนวณด้วยสูตร ส่วนฟังก์ชันวัตถุประสงค์ของเอ็กเซลแทนด้วยเซลล์วัตถุประสงค์ โดยเซลล์วัตถุประสงค์นี้มีได้เพียงเซลล์เดียวเท่านั้น อาจจะเป็นเซลล์ที่ให้ค่ากำไร ต้นทุนรวม ระยะทางรวม เป็นต้น เซลล์นี้จะต้องโยงหรือสัมพันธ์กับเซลล์ที่เปลี่ยนค่าไป ค่าที่เซลล์วัตถุประสงค์จะเปลี่ยนตามไปด้วย นอกจากนี้ในแบบจำลองจะต้องมีเซลล์

และสูตรในเซลล์ที่เหมาะสมเพื่อใช้เป็นเงื่อนไขบังคับ ตัวอย่างเช่นถ้ามีเงื่อนไขหนึ่งบังคับให้จำนวนแรงงานที่ใช้ต้องไม่มากกว่าแรงงานที่มีอยู่ ในแบบจำลองจะต้องมีเซลล์สำหรับปริมาณทั้งสอง (แรงงานที่ใช้ กับ แรงงานที่มีอยู่) เงื่อนไขบังคับที่มักใช้กันเป็นปกติคือเงื่อนไขบังคับไม่ให้ใช้ค่าที่เป็นลบ เป็นเงื่อนไขที่กำหนดให้เซลล์ที่เปลี่ยนค่าไปต้องมีค่าเป็นบวก โดยที่มาของเงื่อนไขบังคับนี้นั้นเนื่องมาจากเหตุผลทางกายภาพของงานโดยส่วนใหญ่ เช่น เป็นไปไม่ได้ที่จะผลิตสินค้าด้วยจำนวนลบ เป็นต้น

2.2.2 แบบจำลองปัญหาการขนส่งสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem Mathematical Model)

การขนส่งที่ต้องการเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดเป็นปัญหาที่นิยามโปรแกรมเชิงเส้นพบเห็นได้อยู่เสมอ ปัญหาประกอบไปด้วยส่วนที่เกี่ยวข้อง 2 ส่วน คือ โรงงานหรือ ผู้ผลิต (Factory) และ ลูกค้า (Customer) โดยโรงงานเมื่อผลิตสินค้าได้ตามความต้องการของลูกค้า ก็จะนำส่งสินค้าดังกล่าวไปยังลูกค้าโดยตรง ระหว่างทางอาจมีจุดเปลี่ยนถ่าย เช่น คลังสินค้า เส้นทางที่เป็นไปได้ระหว่างผู้ส่งทั้งหมดนั้นเหมือนกันคือจากต้นทางใดๆ สามารถส่งไปยังปลายทางใดๆ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งเส้นทางหนึ่งๆ เป็นฟังก์ชันลิเนียร์ของปริมาณสินค้าที่ใช้ในเส้นทางนั้น ปริมาณสินค้าที่มีส่งให้ได้จากทุกต้นทางอาจเท่าหรือไม่เท่ากัน บางช่วงเวลาเส้นทางขีດจำกัดอาจเปลี่ยนแปลงไป เช่น ที่เคยใช้ไม่ได้เนื่องจากถูกมีการปิดถนน หรือน้ำหนักบรรทุกทุกเกินกว่าขีดความสามารถของเส้นทางนั้น ฯลฯ จุดประสงค์ของการหาเส้นทางที่ดีที่สุดมักต้องการให้จ่ายหรือเวลาในการขนส่งน้อยที่สุด

โดยรูปแบบที่งานวิจัยขึ้นได้กล่าวถึงเป็นหลัก คือ การขนส่งสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) ซึ่งปัญหาลักษณะนี้นอกจากการส่งสินค้าภายใต้เงื่อนไขความจุของรถขนส่ง (Capacitated VRP) ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปแล้ว ยังมีอีกหลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มเติมเงื่อนไขในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แสดงได้ดังตารางที่ 2.1

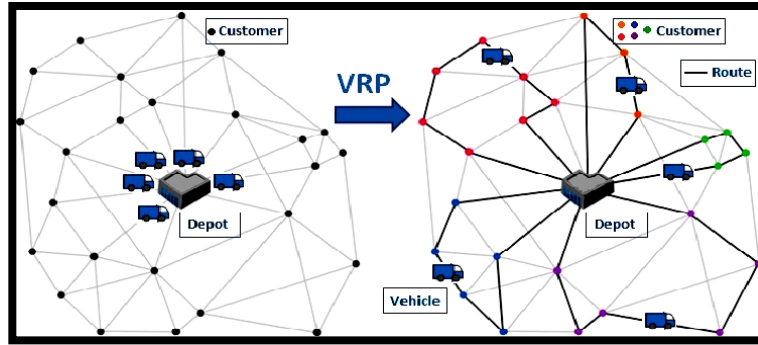
โดยรูปแบบที่งานวิจัยขึ้นได้กล่าวถึงเป็นหลัก คือ การขนส่งสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) ซึ่งปัญหาลักษณะนี้นอกจากการส่งสินค้าภายใต้เงื่อนไขความจุของรถขนส่ง (Capacitated VRP) ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปแล้ว ยังมีอีกหลากหลายรูปแบบ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มเติมเงื่อนไขในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ ตามสถานการณ์ที่เกิดขึ้น แสดงได้ดังตารางที่ 2.1 [2]

ตารางที่ 2.1 ประเภทของรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ

รูปแบบปัญหา	ชื่อย่อ	ความหมาย
Capacitated VRP	CVRP	ปัญหา VRP ปัญหา VRP แบบมีข้อจำกัดเรื่องความจุของ รถบรรทุก
VRP with Time Windows	VRPTW	ปัญหา VRP แบบมีกรอบเวลาในการจัดส่ง
VRP with Backhaul	VRPB	ปัญหา VRP แบบมีการส่งกลับมายังคลังเดิม
VRP with Pickup and Delivery	VRPPD	ปัญหา VRP แบบมีการรับ-ส่งสินค้า
VRPPD with Time Windows	VRPPDTW	ปัญหา VRP แบบมีการรับ-ส่งสินค้าและมีกรอบเวลา
VRP with Multiple Depots	MDVRP	ปัญหา VRP แบบมีหลายคลังสินค้า
Periodic VRP	PVRP	ปัญหา VRP แบบมีช่วงเวลา
Split Delivery	SDVRP	ปัญหา VRP แบบมีการแยกสินค้าออกส่งเป็น ส่วน ๆ
VRP Stochastic VRP	SVRP	ปัญหา VRP แบบมีความไม่แน่นอน

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่ารูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางส่งสินค้า มีหลากหลายประเภทขึ้นอยู่กับเงื่อนไขในการจัดส่งสินค้าของทั้งผู้ส่งสินค้าและผู้รับสินค้า โดยรูปแบบที่อยู่ในตารางที่ 2.1 จะสามารถพบได้ค่อนข้างบ่อย ในกรณีการจัดส่งสินค้าในปัจจุบัน

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะเป็นปัญหาในส่วนของการจัดการขนส่งและการกระจายสินค้า ซึ่งเป็นหนึ่งในกิจกรรมทางโลจิสติกส์ เพื่อการตัดสินใจเลือกเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการเคลื่อนย้ายวัตถุ คน สัตว์หรือสินค้า โดยหากมีการจัดการและแก้ปัญหาอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด จากการพิจารณาข้อจำกัดต่างๆ เช่น ระยะเวลาการเดินทาง จำนวนยานพาหนะ และ ขอบเขตเวลาการจัดส่งสินค้า เป็นต้น ก็จะทำให้สามารถลดต้นทุนการดำเนินงานที่เกิดขึ้นได้ โดยปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนี้ข้อมูลหลักๆ จะประกอบด้วย พาหนะขนส่ง (Vehicle) เส้นทางขนส่ง (Routing) จุดศูนย์กลางกระจายสินค้า (Depot) และลูกค้า (Customer) แสดงในภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 องค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem) [3]

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ มีเป้าหมายสำคัญ คือการออกแบบกลุ่มของยานพาหนะทุกคัน ให้มีการเดินทางโดยมีต้นทุนรวมต่ำที่สุด ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์การกระจายสินค้า โดยยานพาหนะที่วิ่งไปตามเส้นทางต่างๆ จะพิจารณาถึงข้อจำกัดต่างๆ ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถมีหลักการคือ

- 1) ในแต่ละเส้นทางต้องมีจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดที่จุดกระจายสินค้า
- 2) ลูกค้าแต่ละรายต้องได้รับการบริการจากรถขนส่งสินค้าคันเดียวเท่านั้น
- 3) ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ได้รับการบริการจากรถขนส่งสินค้าต้องไม่เกินปริมาณความจุของรถขนส่งสินค้า

โดยงานวิจัยที่ผ่านมาจะพบว่าปัญหา VRP สามารถแสดงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาตรฐานได้ดังนี้

ดัชนี (Indices)

i = ลำดับสินค้าที่ i โดยที่ $i = 1, 2, \dots, n$

j = ลำดับสินค้าที่ j โดยที่ $j = 1, 2, \dots, n$

k = ยานพาหนะในการขนส่งสินค้าที่ k โดยที่ $k = 1, 2, \dots, n$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

- D_i = ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ i โดยกำหนดให้ $D_i = 0$
 C_{ij} = ระยะทางระหว่างลูกค้าที่ i ไปยังลูกค้าที่ j
 Q_k = ความสามารถในการขนส่งสินค้าของยานพาหนะขนส่งที่ k
 X_{ijk} = 1 ในกรณีที่มีการเดินทางจาก i ไป j
 0 ในกรณีอื่นๆ
 U_i = ตัวแปรสนับสนุน (Auxiliary variable) ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\text{Min } Z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K C_{ij} X_{ij} \quad (2.1)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^K X_{ij}^k = 1 \quad \forall_j = (2, \dots, n) \quad (2.2)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^K X_{ij}^k = 1 \quad \forall_i = (2, \dots, n) \quad (2.3)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ip}^k - \sum_{j=1}^n X_{pj}^k = 0 \quad \forall_k = (1, 2, \dots, K), p = (1, 2, \dots, n) \quad (2.4)$$

$$\sum_{i=1}^n D_i \left(\sum_{j=1}^n X_{ij}^k \right) \leq Q_k \quad \forall_k = (1, 2, \dots, K) \quad (2.5)$$

$$\sum_{j=2}^n X_{1j}^k \leq 1 \quad \forall_k = (1, 2, \dots, K) \quad (2.6)$$

$$\sum_{i=2}^n X_{i1}^k \leq 1 \quad \forall_k = (1, 2, \dots, K) \quad (2.7)$$

$$U_i - U_j + N \sum_{k=1}^K X_{ij}^k \leq N - 1 \quad \forall_{i,j} = (2, \dots, n) \text{ and } i \neq j \quad (2.8)$$

$$X_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad \forall_{i,j} = (1, 2, \dots, n), k = (1, 2, \dots, K) \quad (2.9)$$

สมการเป้าหมายแสดงวัตถุประสงค์ที่ (2.1) เพื่อให้เกิดระยะทางรวมที่ต่ำที่สุด สมการเงื่อนไข (2.2) และ (2.3) กำหนดให้ลูกค้ากำหนดให้ลูกค้าแต่ละรายสามารถรับบริการยานพาหนะ ได้เพียงหนึ่งคันหรือหนึ่งเส้นทาง สมการเงื่อนไข (2.4) แสดงความต่อเนื่องในแต่ละจุดที่เชื่อมกัน อยู่ในเส้นทางเมื่อยานพาหนะเข้ายังจุดใด ๆ และออกจากจุดนั้น สมการเงื่อนไข (2.5) แสดงข้อจำกัด ความจุของยานพาหนะ สมการเงื่อนไข (2.6) และ (2.7) ยืนยันว่ามีจำนวนยานพาหนะเท่าที่กำหนด สมการเงื่อนไข (2.8) ป้องกันการเกิดซัฟฟ์ด้วยกำหนดให้ตัวแปรสนับสนุนมีค่ามากกว่าหรือ เท่ากับ 0 สมการเงื่อนไข (2.9) กำหนดให้ตัวแปรในการตัดสินใจมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1

2.3 วิธีการฮิวริสติกและเมตาฮิวริสติก (Heuristic and Metaheuristic)

เป็นวิธีการประมาณคำตอบที่มีความน่าเชื่อถือ ได้คำตอบที่มีคุณภาพดีเพียงพอต่อการวางแผนต่าง ๆ และช่วยลดระยะเวลาในการคำนวณปัญหาที่มีขนาดใหญ่และแก้ไขได้ยาก

2.3.1 คำจำกัดความของปัญหา (Problem) ลำดับขั้นการแก้ไขปัญหา (Algorithm) และความยาก-ง่ายของลำดับการแก้ไขปัญหา (Complexity)

ตามพจนานุกรมเคมบริดจ์ (Cambridge Dictionary) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่าปัญหาว่า (จาก website : <http://dictionary.cambridge.org/>) “problem is a situation, person or thing that needs attention and needs to be dealt with or solved” ซึ่งหมายความว่า ปัญหาคือสถานการณ์ คน หรือสิ่งของที่ต้องการการเอาใจใส่ การจัดการ หรือ การแก้ปัญหานั้น หรืออีกนัยหนึ่งสามารถกล่าวได้ว่า ปัญหาคือคำถามที่ต้องการคำตอบ ซึ่งปัญหาเกิดขึ้นได้ทุกที่ทุกเวลา และเมื่อมีปัญหา ย่อมมีการแก้ปัญหและการตัดสินใจ

ปัญหาการตัดสินใจ (Decision Making Problem) คือ ปัญหาที่ต้องทำการตัดสินใจ ในทางการวิจัยและดำเนินการแล้ว ปัญหาการตัดสินใจประกอบไปด้วย คำจำกัดความทั่วไปและของตัวแปรและค่าคงที่ต่างๆ ในปัญหา (Variables and Parameters) และคุณสมบัติของคำตอบที่ต้องการจากปัญหานั้น (Properties of the Answer of Solution)

ปัญหาทั่วไปในทางการวิจัยและดำเนินงานนั้นมีมากมาย เช่น ปัญหาการวางแผนการผลิต ปัญหาการวางแผนโลจิสติกส์ ปัญหาการขนส่ง เป็นต้น ซึ่งปัญหาที่เป็นปัญหามาตรฐานนั้นจะใช้ในการพัฒนาวิธีการหาคำตอบใหม่ๆ ซึ่งมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ในขณะที่เวลาที่ใช้ในการหาคำตอบลดลงเรื่อย ๆ สำหรับประสิทธิภาพของ

วิธีการเมตาฮิวริสติกนั้นสามารถวัดได้จากคุณภาพของคำตอบและความสามารถในการหาคำตอบภายในระยะเวลาสั้น (ความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการหาคำตอบกับขนาดของตัวแปรที่ทราบและไม่ทราบค่า) จะเรียกปัญหามาตรฐานหรือตัวอย่างของปัญหาที่ใช้เป็นเป็นมาตรฐานว่า Problem Instances ซึ่งประกอบด้วยชุดของข้อมูลที่ระบุค่าตัวแปรที่ทราบค่าของปัญหาใดปัญหาหนึ่ง (Parameters)

2.3.2 ปัญหาแบบ P, NP, NP-Completeness, NP-Hard, Strongly NP-Hard

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงผลของความยากง่ายของลำดับการขึ้นแก้ไขปัญหา ปัญหาบางปัญหา เมื่อขนาดของปัญหามาตรฐานหรือปัญหาตัวอย่างใหญ่ขึ้นหรือมีจำนวนของตัวแปรมากขึ้น อาจทำให้ระยะเวลาในการคำนวณตามลำดับการคำนวณนั้นใช้เวลานานเป็นระยะเวลาหลายปี หรืออาจจะไม่สามารถแก้ปัญหานั้นได้หากใช้เพียงคอมพิวเตอร์ PC ธรรมดา สำหรับปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการจัดการผลิตและโลจิสติกส์ เช่น ปัญหาการหาขนาดการผลิตที่เหมาะสม ปัญหาการหาเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย และปัญหาการจัดลำดับการผลิต ซึ่งตัวอย่างปัญหาเหล่านี้จัดเป็นปัญหาแบบเอ็นพี-ฮาร์ด (NP-Hard) ซึ่งมาจากคำว่า Non-Polynomial-Hard

ลำดับการแก้ปัญห (Algorithm) ใดๆ ที่มีความยาก หรือความซับซ้อน (Complexity) เป็นแบบโพลิโนเมียล (Polynomial) หมายความว่า เมื่อจำนวนหรือขนาดของปัญหาตัวอย่างเพิ่มมากขึ้นความซับซ้อนทางเวลา (Time Complexity) ในการคำนวณก็จะเพิ่มมากขึ้นเช่นกันแต่จะมากขึ้นแบบโพลิโนเมียล เช่น เมื่อขนาดของปัญหาตัวอย่างเป็น n และวิธีการคำนวณใดๆ ที่มีระยะเวลาในการคำนวณเป็น n^2 จะเรียกว่า ลำดับการคำนวณนั้นเป็นแบบโพลิโนเมียล ในขณะที่หากความซับซ้อนทางเวลาที่ใช้ในการคำนวณตามลำดับขั้นใดๆ เพิ่มขึ้นแบบอื่นๆ ที่มีลักษณะการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น 2^n จะเรียกลำดับการคำนวณแบบนี้ว่า นอนโพลิโนเมียลอัลกอริทึม (Non-Polynomial Algorithm) เช่น ลำดับการแก้ปัญหแบบหนึ่งที่ใช้เพื่อหาลำดับการผลิตของสินค้า 10 ชนิด หากวิธีดังกล่าวเป็นแบบโพลิโนเมียลจะมีความซับซ้อนทางเวลาในการคำนวณเป็น 2^{10} ซึ่งมีค่าเป็น 1,024 ซึ่งมีความซับซ้อนทางเวลามากกว่าแบบแรกอยู่ถึง 10 เท่า

ปัญหาใดที่ยังไม่มีวิธีการแก้ปัญหามีความซับซ้อนทางเวลาเป็น Polynomial Time จะเรียกปัญหาเหล่านี้ว่า NP-Problem หรือปัญหาเอ็นพี ในบรรดาปัญหา NP สามารถแยกได้เป็น 3 ประเภท คือ เอ็นพีคอมพลีต (NP-Complete), NP-Hard, สตรองลีเอ็นพีฮาร์ด Strongly (NP-Hard) หากสามารถเดาคำตอบของปัญหาใดปัญหาหนึ่งไว้ แล้วถามว่าคำตอบนี้เป็นคำตอบที่ดีที่สุดของปัญหานั้นๆ หรือไม่ วิธีการหาคำตอบนี้จะถูกเรียกว่า ปัญหาการตัดสินใจ (Decision Problem) หากมีวิธีการตรวจสอบคำตอบนั้นว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุดหรือไม่ โดยวิธีการตรวจสอบนี้มีความซับซ้อนทางเวลาเป็นโพลิโนเมียล และวิธีนั้นสามารถใช้ตรวจสอบปัญหา NP-Complete

อื่นๆ ได้ในระดับ Time Complexity เดียวกันปัญหาการตัดสินใจนั้นจะถูกเรียกว่า NP-Complete หากเป็นปัญหาที่ยังไม่มีการตรวจสอบคำตอบที่เป็นโพลิโนเมียล แต่สามารถระบุขอบเขตของคำตอบได้ ปัญหานั้นจะถูกเรียกว่าปัญหา NP-Hard และหากปัญหาใดที่แม้จะมีขอบเขตของคำตอบให้แต่ยังไม่มีวิธีการตรวจสอบว่าคำตอบที่เดานั้นถูกหรือไม่ ปัญหานั้นจะถูกจัดเป็นประเภท Strongly NP-Hard

2.3.3 การหาคำตอบที่ดีที่สุดจากชุดของคำตอบที่เป็นไปได้ (Combinatorial Optimization)

Combinatorial Optimization (CO) คือการหาคำตอบที่ดีที่สุดจากชุดของคำตอบที่เป็นไปได้ (Set of Feasible Solution) ที่ทราบแน่นอนว่ามีคำตอบที่เป็นไปได้จำนวนกี่คำตอบ ซึ่งคำตอบที่ดีที่สุดนี้อาจเป็นคำตอบที่ต้องการหาค่ามากที่สุด หรือปัญหาที่หาค่ามากที่สุด (Maximization Problem) เช่น การหาค่ากำไรสูงสุด ปัญหา CO มักพบได้ทั่วไปในปัญหาด้านการวางแผนผลิตและโลจิสติกส์ เช่น ปัญหาการหาขนาดการผลิตที่เหมาะสม (Production Lot Sizing Problem) ปัญหาการจัดวัตถุดิบคลัง (Inventory Management Problem) หรือปัญหาการขนส่ง (Transportation Problem) เป็นต้น โดยในทางคณิตศาสตร์สามารถอธิบาย CO ได้ดังนี้

ถ้ากำหนดเซต (S, f, Ω) เมื่อ S คือ ชุดของคำตอบทั้งหมด (มีทั้งคำตอบที่เป็นไปได้และคำตอบที่เป็นไปไม่ได้ภายใต้ข้อจำกัด) f คือ ค่าสมการเป้าหมายที่สอดคล้องกับคำตอบ S นั้น หรือเขียนได้ว่า $f(s)$ เมื่อ $s \in S$ และ Ω คือ สมการข้อจำกัดต่างๆ ชุดของคำตอบที่อยู่ภายใต้ข้อจำกัด Ω จะถูกเรียกว่าชุดของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) จากจำนวนคำตอบทั้งหมด S จะมีชุดของคำตอบที่เป็นไปได้จำนวนหนึ่ง สมมติแทนด้วย $\tilde{S}$ เมื่อ $\tilde{S} \subseteq S$ คำตอบที่ดีที่สุดภายในชุดคำตอบ $\tilde{S}$ แทนค่าด้วย s^* ถ้าเป็นปัญหาที่หาค่าน้อยที่สุดจะหาคำตอบที่ $f(s^*) \leq f(s)$ สำหรับทุกคำตอบในชุด $\tilde{S}$ และ $s^* \in \tilde{S}$ สำหรับปัญหาที่หาค่ามากที่สุด จะหาคำตอบที่ $f(s^*) \geq f(s)$ สำหรับทุกคำตอบในชุด $\tilde{S}$ และ $s^* \in \tilde{S}$

2.3.4 ฮิวริสติก (Heuristic) และเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic)

เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้น จำนวนของคำตอบที่เป็นไปได้ (ในกรณีที่ไม่มีข้อจำกัด) จะมีจำนวนเยอะมาก ซึ่งหากเขียนทั้งหมดจะใช้เวลานาน และถ้ามีจำนวนงานเพิ่มขึ้นจำนวนคำตอบที่เป็นไปได้อาจจะมากขึ้น ซึ่งการคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดจะเสียเวลามาก

ลำดับชั้นการแก้ปัญหา (Algorithm) ที่ต่างกันจะใช้เวลาไม่เท่ากัน การคำนวณหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ดีแบ่งเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ วิธีที่ได้คำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) และวิธีการทางฮิวริสติก วิธีการที่ได้คำตอบที่ดีที่สุดในที่ เช่น Simplex, Branch-and-Bound, Branch-and-Price, Column Generation เป็นต้น ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีการกล่าวถึงอย่างแพร่หลายในหนังสือด้านการวิจัยดำเนินงาน การนำเสนอวิธีการหรือลำดับชั้นการแก้ปัญหาแบบฮิวริสติก ซึ่งอาจจะได้หรือไม่ได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะใช้ระยะเวลาในการคำนวณที่สั้นกว่าแบบที่ได้คำตอบที่ดีที่สุดค่อนข้างมาก เช่น ในการแก้ปัญหาบางปัญหา ถ้าใช้วิธีการแก้ปัญหาแบบที่ได้คำตอบที่ดีที่สุดอาจจะต้องให้เครื่องคอมพิวเตอร์ช่วยคำนวณนานถึง 3-4 ปี จึงจะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่หากใช้วิธีการฮิวริสติกอาจจะใช้เวลาเพียงไม่กี่นาทีเท่านั้น แม้ว่าคำตอบที่ได้นั้นอาจจะไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่คุณภาพของคำตอบก็ดีเพียงพอต่อความต้องการในการวางแผนต่างๆ ซึ่งเป็นข้อดีของการใช้วิธีการฮิวริสติกในการแก้ไขปัญหาแทนวิธีการที่ได้คำตอบที่ดีที่สุด

วิธีการฮิวริสติกเป็นระเบียบวิธีแบบอิสระที่สามารถสร้างกรรมวิธีหรือขั้นตอนใดๆ ก็ได้ เปรียบเสมือนการออกแบบเสื้อผ้า เมื่อออกแบบมาแล้วต้องสวยงาม ใช้ได้จริง และสวมใส่สบายเช่นเดียวกับการออกแบบวิธีการทางฮิวริสติกที่ต้องออกแบบให้ใช้งาน มีประสิทธิภาพใช้งานได้จริง โดยฮิวริสติกประเภทหนึ่งที่เรียกว่า เมตาฮิวริสติก ซึ่งหมายถึง ชุดของลำดับชั้นการแก้ปัญหา (Algorithm) แบบฮิวริสติกชนิดหนึ่งที่สามารถนำหลักการเดียวกันไปใช้แก้ปัญหาได้หลากหลายปัญหาซึ่งในปัจจุบัน วิธีการออกแบบฮิวริสติกโดยอาศัยหลักการทางเมตาฮิวริสติกนี้ได้รับความนิยมสูงเนื่องจากคำตอบที่ได้จากวิธีการนี้ได้ผลดี แก้ปัญหาได้รวดเร็ว และใช้งานได้ง่าย

Blum and Roli (2003) กล่าวว่าหลักการเบื้องต้นของเมตาฮิวริสติกมีดังต่อไปนี้

1. เมตาฮิวริสติกมีระเบียบวิธีในการค้นหาคำตอบที่ดีภายในพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Region)
2. เมตาฮิวริสติกมีจุดประสงค์เพื่อหาคำตอบที่ดีที่สุดหรือคำตอบที่ใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุดในระยะเวลาอันสั้น
3. วิธีการทางเมตาฮิวริสติกอาจจะมีทั้งแบบง่ายไม่ซับซ้อน เช่น การปรับปรุงคำตอบเฉพาะที่ (Local Search) หรือแบบที่ยุ่งยากซับซ้อนมากกว่า เช่น วิธีระบบมด (Ant System) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing)
4. เมตาฮิวริสติกเป็นขั้นตอนการประมาณคำตอบ

5. เมตาฮิวริสติกอาจเกิดจากการรวมหลากหลายเทคนิค เพื่อค้นหาคำตอบที่ดีที่สุดภายในพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้
6. เมตาฮิวริสติกมีระเบียบขั้นตอนมาตรฐานที่แน่นอน แม้ว่าเมื่อนำไปประยุกต์ใช้ในปัญหาที่แตกต่างกัน จะมีรายละเอียดของขั้นตอนย่อยที่แตกต่างกัน แต่ฮิวริสติกสำหรับปัญหาแต่ละปัญหามักต้องดำเนินการตามขั้นตอนหลักของเมตาฮิวริสติกดั้งเดิม เช่น การประยุกต์ใช้วิธีระบบมด (Ant System) ในปัญหาที่แตกต่างกัน จะมีระเบียบหลักๆ ที่เหมือนกัน เช่น การมีทัศนคติ (Bias) ก่อนตัดสินใจ หลังจากตัดสินใจต้องใช้คำตอบมาเพิ่มหรือลดปริมาณทัศนคตินั้น แต่วิธีการตัดสินใจจากการใช้ระดับทัศนคติในแต่ละปัญหาอาจจะไม่เหมือนกัน และวิธีการเลือกคำตอบมาเพิ่มหรือลดระดับทัศนคติในแต่ละปัญหาอาจแตกต่างกัน เป็นต้น
7. เมตาฮิวริสติกต้องสามารถใช้ได้กับปัญหาที่หลากหลาย
8. เมตาฮิวริสติกอาจจะมีลักษณะเป็นคำบรรยายโดยย่อได้ หรือไม่จำเป็นต้องมีหลักการทางคณิตศาสตร์
9. ปัจจุบันนี้ เมตาฮิวริสติกใช้ความจำชั่วคราวมากขึ้นในการจำคำตอบเดิม เพื่อค้นหาคำตอบที่ไม่ซ้ำหรือแตกต่างไปจากเดิม เช่น วิธีการค้นหาต้องห้าม วิธีระบบมด

ในปัจจุบัน วิธีการด้านเมตาฮิวริสติกมีอยู่หลากหลาย ให้เลือกใช้ตามความชอบแล้วถนัด แต่ละวิธีการจะมีจุดดีและจุดด้อยที่แตกต่างกัน บางวิธีการให้ผลดีแต่ใช้เวลาในการคำนวณนาน บางวิธีการรวดเร็วแต่ให้ผลที่แย่กว่าวิธีอื่นๆ การแบ่งวิธีการทางเมตาฮิวริสติกมีหลากหลายวิธี Blum and Roli (2003) ได้เสนอวิธีการแบ่งไว้ดังนี้

1. แบบที่เกิดแรงบันดาลใจจากธรรมชาติหรือแบบไม่ได้เกิดแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ วิธีที่เกิดจากแรงบันดาลใจจากธรรมชาติ ได้แก่ วิธีระบบมด (Ant System) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีลอกแบบ (Memetic Algorithm) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) ส่วนวิธีการที่ไม่ได้เลียนแบบธรรมชาติ เช่น วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) การค้นหาคำตอบเฉพาะแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search) วิธีการค้นหาจากคำตอบใกล้เคียงแบบมีเงื่อนไข (Variable Neighborhood Search) เป็นต้น
2. แบบใช้ประชากรหรือแบบไม่ใช้ประชากร (Population or Non Population Based Heuristic) แบบใช้ประชากรคือหนึ่งในรอบของการคำนวณจะมีคำตอบมากกว่าหนึ่งคำตอบให้เลือก ส่วนแบบไม่มีประชากร ในหนึ่งรอบของการคำนวณจะมีคำตอบเพียงคำตอบเดียว วิธีแบบใช้ประชากร เช่น วิธีระบบมด วิธีการเชิงพันธุกรรม วิธีการลอกแบบ วิธีแบบไม่ใช้ประชากร เช่น วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน วิธีการค้นหาต้องห้าม การค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนซ้ำ วิธีการค้นหาจากคำตอบใกล้เคียงแบบมีเงื่อนไข บางครั้งเรียกกรณีที่ไม่ใช้ประชากรว่า วิธีแบบทราเจกทอรี (Trajectory Method)

3. แบบสมการเป้าหมายคงที่หรือไม่คงที่ (Dynamic or Static Objective Function) ในหนึ่งรอบของการคำนวณอาจมีการเปลี่ยนสมการเป้าหมาย เช่น การค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบมีการชี้นำ (Guided Local Search) กรณีที่ไม่มีการเปลี่ยนสมการเป้าหมาย เช่น วิธีระบบมด วิธีการเชิงพันธุกรรม วิธีการลอกแบบ วิธีเลียนแบบการรอบอ่อน วิธีการค้นหาคำตอบต้องห้าม วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ วิธีการค้นหาจากคำตอบใกล้เคียงแบบมีเงื่อนไข
4. แบบเปลี่ยนวิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบปัจจุบัน (Neighborhood) คงที่และไม่คงที่กรณีที่วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคงที่ ได้แก่ วิธีระบบมด วิธีการเชิงพันธุกรรม วิธีการลอกแบบ วิธีเลียนแบบการรอบอ่อน วิธีการค้นหาต้องห้าม วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ ส่วนกรณีที่มีการเปลี่ยนวิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียง ได้แก่ วิธีการค้นหาจากคำตอบใกล้เคียงแบบมีเงื่อนไข
5. แบบมีและไม่มีหน่วยความจำ ถ้ามีการใช้หน่วยความจำ จะจำว่ามีคำตอบใดบ้างที่ผ่านมาแล้วเพื่อเป็นข้อมูลในการหาคำตอบถัดไป ซึ่งกรณีที่ใช้หน่วยความจำที่ปรากฏชัด ได้แก่ วิธีระบบมด วิธีการค้นหาต้องห้าม ส่วนวิธีที่ไม่ใช้หน่วยความจำ เช่น วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ

แต่ในปัจจุบันนี้อาจมีการผสมผสานระหว่างการแบ่งประเภท เช่น อาจจะมีการใช้งานร่วมกันระหว่างฮิวริสติกที่ใช้หน่วยความจำและไม่ใช้หน่วยความจำ หรือมีการผสมผสานกันระหว่างแบบมีประชากรและไม่มีประชากร เช่น การผสมผสานระหว่างวิธีระบบมดและวิธีการค้นหาในพื้นที่บางส่วนของพื้นที่คำตอบที่เป็นไปได้แบบวนรอบ เป็นต้น ดังนั้นจึงไม่มีเส้นแบ่งที่แน่นอนสำหรับการออกแบบเมตาฮิวริสติก

2.4 วิธีการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

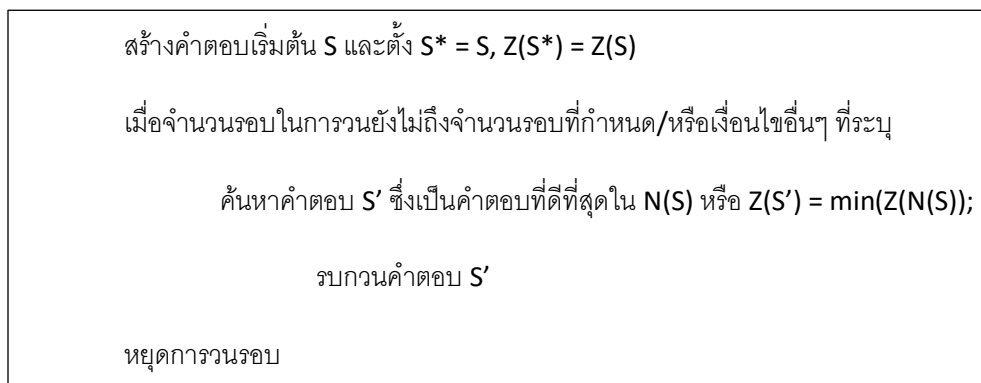
2.4.1 การค้นหาคำตอบเฉพาะที่ (Local Search)

ฮิวริสติกนี้อาจจะได้คำตอบที่ดีขึ้นหากมีการเพิ่มการค้นหาคำตอบเฉพาะที่ (Local Search) เข้าไปในฮิวริสติก ซึ่งจะได้วิธีการที่สมบูรณ์มากขึ้น วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่สำหรับปัญหา TSP มีอยู่หลายวิธีซึ่งมีความยุ่งยากซับซ้อนแตกต่างกัน เช่น SWAP และ 2-opt นอกจากสองวิธีนี้ในงานวิจัยยังได้พัฒนาวิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่อีกหลายวิธี เช่น 3-opt, ลินและเคอร์นิงฮัน (Lin and Kernighan : LK), ไฮเปอร์ออปต์ (Hyper-opt)

2.4.2 การค้นหาคำตอบเฉพาะที่แบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS)

วิธีการค้นหาคำตอบแบบวนซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) เป็นวิธีที่มี ตัวแปรต่าง ๆ น้อย ไม่ซับซ้อนมาก และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อย โดย ILS นั้นพัฒนามาจาก (Basic Local Search: BLS) โดย BLS จะเป็นการค้นหาจุดที่ดีที่สุดในพื้นที่เท่านั้น ILS จะนำเอาข้อดี ของ BLS โดยการใช้การรบกวนคำตอบ (Perturbation) เพื่อให้คำตอบออกจากพื้นที่เดิม เมื่อคำตอบ ออกจากพื้นที่เดิม จะทำการหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ใหม่โดยเปรียบเทียบ ภูเขา การรบกวนคำตอบ (Perturbation) จะทำให้การหาคำตอบย้ายไปยัง ภูเขาลูกอื่นๆ และทำการหาจุดที่สูงที่สุด โดยเรียกว่า Local Search การรบกวนคำตอบ (Perturbation) นั้นจะได้คำตอบที่มีคุณภาพ ขึ้นอยู่กับ การปรับปรุง คำตอบเฉพาะที่ (Local Search) และวิธีในการรบกวนคำตอบ (Perturbation techniques)

ประการแรก การใช้การค้นหาคำตอบเฉพาะที่ที่ดีจะทำให้หาค่าที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่ได้รวดเร็วและได้ผลดี ถ้าใช้วิธีการค้นหาคำตอบเฉพาะที่ที่ไม่เหมาะสมจะไม่สามารถหาค่าที่ดีที่สุดในแต่ละพื้นที่ได้ ทำให้ไม่ได้คำตอบที่เป็นคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ย่อย (Local Optimum) ประการที่ 2 คือ การรบกวนที่ไม่มากไม่น้อยจนเกินไป ถ้ามากเกินไปจะทำให้ข้ามบางพื้นที่ที่มีคำตอบที่ดีไปได้ เหมือนการหาอาหารของกบถ้ากระโดดจากพื้นที่เดิมไกลเกินไป อาจจะไม่เจออาหารบริเวณที่มีแมลงชุกชุมที่ไม่ห่างจากพื้นที่ที่ค้นหาในปัจจุบัน ทำให้การค้นหาแบบนี้เรียกว่า การค้นหาแบบเดินสุ่ม (Random Walk) ซึ่งจะเหมือนกับการเริ่มต้นหาคำตอบแรกเสมอ ไม่มีการเรียนรู้ของฮิวริสติก จะทำให้ได้คำตอบจากวิธีที่พัฒนาที่ไม่ดีตามที่คาดไว้ แต่ถ้าการรบกวนน้อยเกินไปจะทำให้ไม่สามารถออกจากพื้นที่เก่าได้ เหมือนกบที่ขาคักกระโดดไปหาอาหารบริเวณอื่นไม่ได้ ต้องหาอาหารบริเวณเดิม ๆ ไปเรื่อย ๆ จนอาหารหมด ซึ่งก็จะได้คำตอบสุดท้ายที่เป็นเพียง Local Optimum เท่านั้นหลักการทั่วไปของ ILS สามารถเขียนรหัสเทียมได้ ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 รหัสเทียมของ ILS

ข้อดีของ ILS คือมีความง่าย เร็ว และตัวแปรต่างๆ น้อย ไม่ซับซ้อนในการคำนวณ

2.4.3 วิธี Saving Heuristic

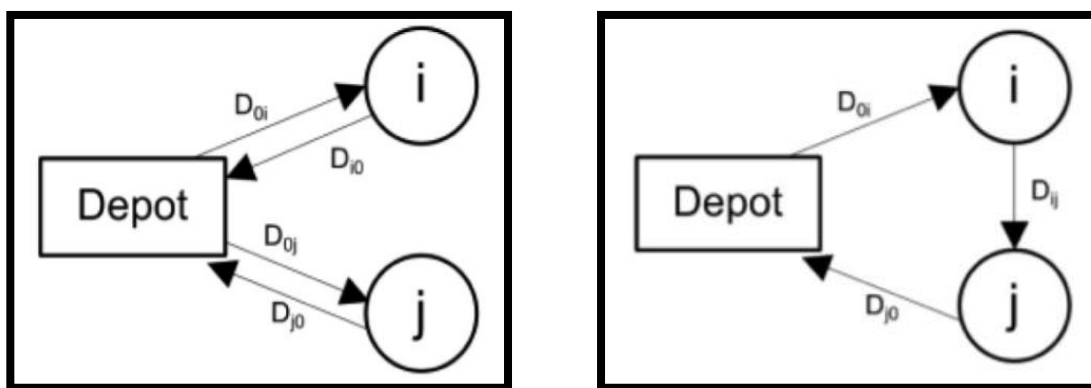
Saving Heuristic โดย Clarke and Wright (1964) เป็นหนึ่งในวิธีที่ได้รับความนิยมและถูกใช้งานกันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นวิธีการที่สามารถหาคำตอบได้ง่ายและใช้เวลาไม่นาน โดยตัวคำตอบที่ได้มานั้นจะไม่สามารถบอกได้ว่าเป็นคำตอบที่ดีที่สุด แต่จะเป็นคำตอบที่ดีเพียงพอสำหรับการนำไปใช้งาน โดยวิธีการคือจะสร้างผลเฉลยคำตอบทีละขั้นตอน โดยเริ่มจากผลเฉลยเริ่มต้นที่คำตอบอาจยังมีความเป็นไปได้ จากนั้นสร้างผลเฉลยในลำดับถัดๆไป ทำให้ฟังก์ชันของค่าความประหยัดมีค่าเพิ่มมากขึ้น หรือเป็นการเลือกแทรกลูกค้าเข้ามาในเส้นทางเดิมที่มีอยู่ โดยความต้องการรวมจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกและความจุของยานพาหนะการแทรกลูกค้าในเส้นทางจะถูกแทรกเข้าอยู่เรื่อย ๆ จนทำให้เกิดเส้นทางที่เหมาะสม โดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดให้หนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียง 1 รายเท่านั้น

2) จับคู่จุดส่งสินค้าเพื่อรวบรวมให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันเมื่อรวบรวม จุดส่งสินค้าต่าง ๆ เข้าไว้ใน

เส้นทางหลัก แทนการจัดส่งสินค้า จากคลังสินค้า (Depot) ไปและกลับทุกๆ จุดส่งสินค้า จะทำให้เกิดความประหยัดในการเดินทางและเกิดค่าความประหยัดขึ้น โดย

ค่า Saving = $(D_{0i} + D_{i0} + D_{0j} + D_{j0}) - (D_{0i} + D_{j0} + D_{ij}) = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij}$ แสดงได้ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.3 การรวมการขนส่งสินค้าไปและกลับ ทุกๆ จุดส่ง และการรวมจุดส่งสินค้าเข้าด้วยกัน

จะได้สมการในการหาค่าความประหยัด ดังนี้

$$S_{ij} = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij} \quad (2.10)$$

เมื่อ

S_{ij} = ค่าความประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้า i และ j

D_{i0} = ระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปยังคลังสินค้า (Depot)

D_{0j} = ระยะทางจากคลังสินค้า (Depot) ไปยังจุดส่งสินค้า j

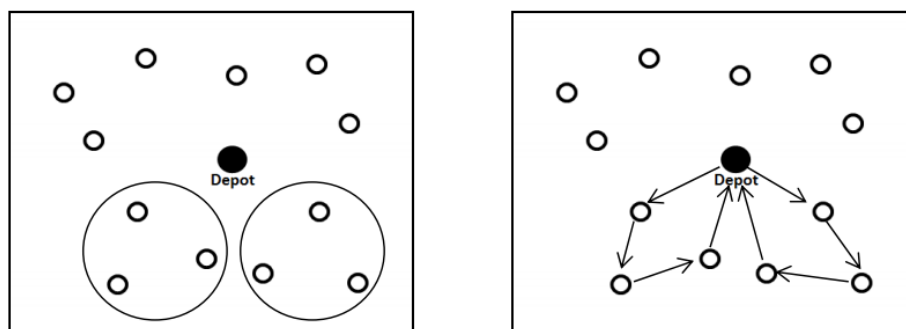
D_{ij} = ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

3) ทำการเลือกคู่ที่เชื่อมต่อกันของลูกค้ำที่มีค่า Saving สูงสุดและยังไม่ได้ถูกจัดเข้าไปอยู่ในเส้นทาง

4) เพิ่มลูกค้ำลงในเส้นทางโดยตรวจสอบเงื่อนไขของปัญหาว่า การรวมลูกค้ำเข้าด้วยกันแล้วจะทำให้ เกินความสามารถของยานพาหนะที่บรรทุกหรือไม่ หากพบว่าจำนวนสินค้าที่จุดใดๆ บนเส้นทาง มีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ ให้ทำการตัดลูกค้ำรายล่าสุดออกจากเส้นทางและเชื่อมเส้นทางกลับไปยังคลังสินค้า และกลับไปทำขั้นตอนก่อนหน้านี้จนกระทั่งลูกค้ำทุกรายถูกจัดอยู่ในเส้นทางการขนส่ง

2.4.4 วิธี Cluster First Route Second

วิธี Cluster First Route Second เป็นการหาเส้นทางโดยการแบ่งกลุ่มเส้นทาง ก่อนจากนั้นทำการจัดเส้นทาง ภายในกลุ่มที่แบ่งไว้โดยกำหนดให้ทำการจัดกลุ่มเป็นขั้นตอนที่ 1 และทำการจัดเส้นทางภายในกลุ่มโดยการใช้วิธีสถิติอื่น ๆ จัด ลำดับเส้นทางภายในกลุ่ม เช่น Nearest Neighbor เป็นต้น วิธีนี้จะทำให้ง่ายต่อการจัดเส้นทางในกรณีที่มีปัญหามีขนาดใหญ่ แสดง ตัวอย่างดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สุทธิชา ทับดารา และเสรี เสวตเศรณี (2554) ได้เสนองานวิจัยเรื่อง การจัดการขยะชุมชนใน กรุงเทพมหานคร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อวางแผนการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะชุมชนในกรุงเทพมหานคร สำหรับแบบจำลองที่ใช้ได้นั้นมาจากการประยุกต์ใช้ทฤษฎีการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) โดยใช้วิธี Cluster First Route Second Method เนื่องจากกรุงเทพมหานคร แบ่งเขตออกเป็น 50 เขต ซึ่งแต่ละเขตนั้นก็จะมีหน้าที่การรับผิดชอบในการเก็บขยะนั้นเกิดขึ้นภายในเขต ดังนั้นในขั้นตอนการวางแผนระบบการจัดเก็บขยะของรถเก็บขยะแต่ละคัน จึงทำการจัดกลุ่มจุดเก็บขนขยะให้กับรถเก็บขยะแต่ละคันก่อน จากนั้นจึงค่อยจัดเส้นทางเดินรถขยะแต่ละคัน โดยวิธีการในการจัดเส้นทางจะใช้วิธีการแตกกิ่งและจำกัดขอบเขต (Branch-and-Bound Algorithm) การจัดการขยะมูลฝอยใช้โปรแกรม Delphi 7 ในการพัฒนาโปรแกรม และใช้โปรแกรม SQL Server Express 2005 เป็นโปรแกรมจัดทำฐานข้อมูล จากการศึกษาวิจัยพบว่าการออกแบบการทำงานของโปรแกรมการจัดการขยะชุมชนใน กรุงเทพมหานครสามารถแบ่งการทำงานของโปรแกรมได้เป็น 8 ส่วนหลัก คือ โปรแกรมเขต โปรแกรมจตุรรวบรวมขยะ โปรแกรมรถเก็บขนขยะ โปรแกรมระยะทาง โปรแกรมการจัดจตุรรวบรวมขยะให้กับรถเก็บขนขยะ โปรแกรมค้นหาเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะ การออกใบรายงานผลรถเก็บขนขยะประจำเขต และการออกใบรายงานผลรายงานเส้นทางที่รถเก็บขนขยะแต่ละคันต้องทำการเก็บขน [4]

ไชยา โฉมเฉลา (2553) ได้นำวิธี Nearest Neighborhood และวิธี Cluster First-route second เพื่อทำการเปรียบเทียบและนำคำตอบมาปรับปรุงคำตอบในโปรแกรมสำเร็จรูป LINGO V.11 เพื่อเปรียบเทียบและวัดประสิทธิภาพฮิวริสติกในปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งน้ำดื่ม กรณีศึกษา โรงน้ำดื่มเรนโบว์ที่มีความต้องการของลูกค้าที่ไม่แน่นอน โดยผู้วิจัยได้ทำการสร้างทางเลือกในด้านของความต้องการ 3 วิธีดังนี้ส่งสินค้าในปริมาณ ส่งสินค้าใน

ปริมาณความต้องการต่ำสุด ส่งสินค้าในปริมาณความต้องการ สูงสุด ส่งสินค้าตามจำนวนความต้องการเฉลี่ย ผลพบว่า ในการส่งสินค้าตามจำนวนค่าเฉลี่ย ให้คำตอบ ดีที่สุด พบว่าระยะทางลดลง 131.11 กิโลเมตร ยอดขายเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 18.59 สินค้าเหลือ ส่งกลับบริษัท ร้อยละ 84.67 และลดจำนวนการไม่รับสินค้าของลูกค้า ร้อยละ 92.67 [5]

กฤต จันทรัมย์ และ สมบัติ สินธุเชาวน์ (2554) ได้นำเสนองานวิจัย การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งยานพาหนะด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนซ้ำ (Iterated Local Search) ซึ่งเป็นวิธีเสนอวิธีฮิวริสติกในการแก้ไขปัญหการจัดส่ง เพื่อหาระยะทางรวมที่ต่ำที่สุด ภายใต้เงื่อนไขความต้องการของลูกค้า กระบวนการทำงานของวิธี Iterated Local Search แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนคือ การสร้างคำตอบเริ่มต้นด้วย Clarke and Wright Saving ปรับปรุงคำตอบด้วยสามวิธี ประกอบด้วย วิธีการแลกเปลี่ยนลูกค้าระหว่างเส้นทาง วิธีการย้ายลำดับลูกค้าหนึ่งรายระหว่างเส้นทาง และ วิธี 2-opt และขั้นตอนสุดท้ายคือการรวบรวมคำตอบตามเปอร์เซ็นต์ของจำนวนลูกค้าทั้งหมด ผลการทดสอบโดยเปรียบเทียบกับ การจัดเส้นทางของกรณีศึกษา [6]

นันทวัฒน์ ธรรมสอน และวรินทร์ วงษ์มณี (2563) ได้นำเสนอ การศึกษาแนวทางการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัท จำหน่ายผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า โดยได้เสนอถึงแนวทางในการลดต้นทุนค่าขนส่งอันเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านเวลาของคำสั่งซื้อและการรับสินค้าของลูกค้า โดยได้เสนอแนวทางการดำเนินงานให้มีประสิทธิภาพจากการใช้ประโยชน์จากรถส่งสินค้าให้ได้มากที่สุด แล้วนำการจัดเส้นทางใหม่โดยใช้ Google Map ช่วยหาเส้นทางร่วมกับ VRP SOLVER ในการจัดเส้นทางแต่ละวันซึ่งรถวิ่งแบบ MILK RUN จากการแก้ปัญหาสามารถลดต้นทุนการขนส่งของบริษัทลงได้ 51,457 บาทต่อเดือน คิดเป็น 25% ค่าล่วงเวลาลดลง 32% ทั้งหมด 1,600 บาทต่อเดือน ค่าแรงลดลง 25% ทั้งหมด 4,966 บาทต่อเดือน ค่าผู้ให้บริการภายนอกลดลง 55.88% รวม 79,158.50 บาทต่อเดือน การบริหารจัดการรถมีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยรถคันที่ 1 Utilization ก่อนปรับปรุง 62.5% หลังปรับปรุง Utilization 91.25% คันที่ Utilization ก่อนปรับปรุง 37.5% หลังปรับปรุง Utilization 91.25% และไม่เกิดค่าเสียโอกาสที่ลูกค้ายกเลิกใบสั่งซื้อสินค้า หรือ สั่งจากผู้ผลิตรายใหม่ [7]

Clarke and Wright (1964) ได้ทำการจัดเส้นทางรถหลายขนาด และมีจุดศูนย์กลางการจัดส่งสินค้าเพียงจุดเดียว โดยใช้วิธีการจัดลำดับค่าความประหยัด (Saving) จากมากไปหาน้อยและทำการเชื่อมเส้นทางเข้าด้วยกัน ทำให้ทราบจำนวนรถที่ใช้ในการรับส่ง และ ปริมาณในการส่งของรถแต่ละคัน จากนั้นคำนวณค่าเวลาหรือค่าใช้จ่ายต่อระยะทางในการขนส่งที่ประหยัดที่สุด [8]

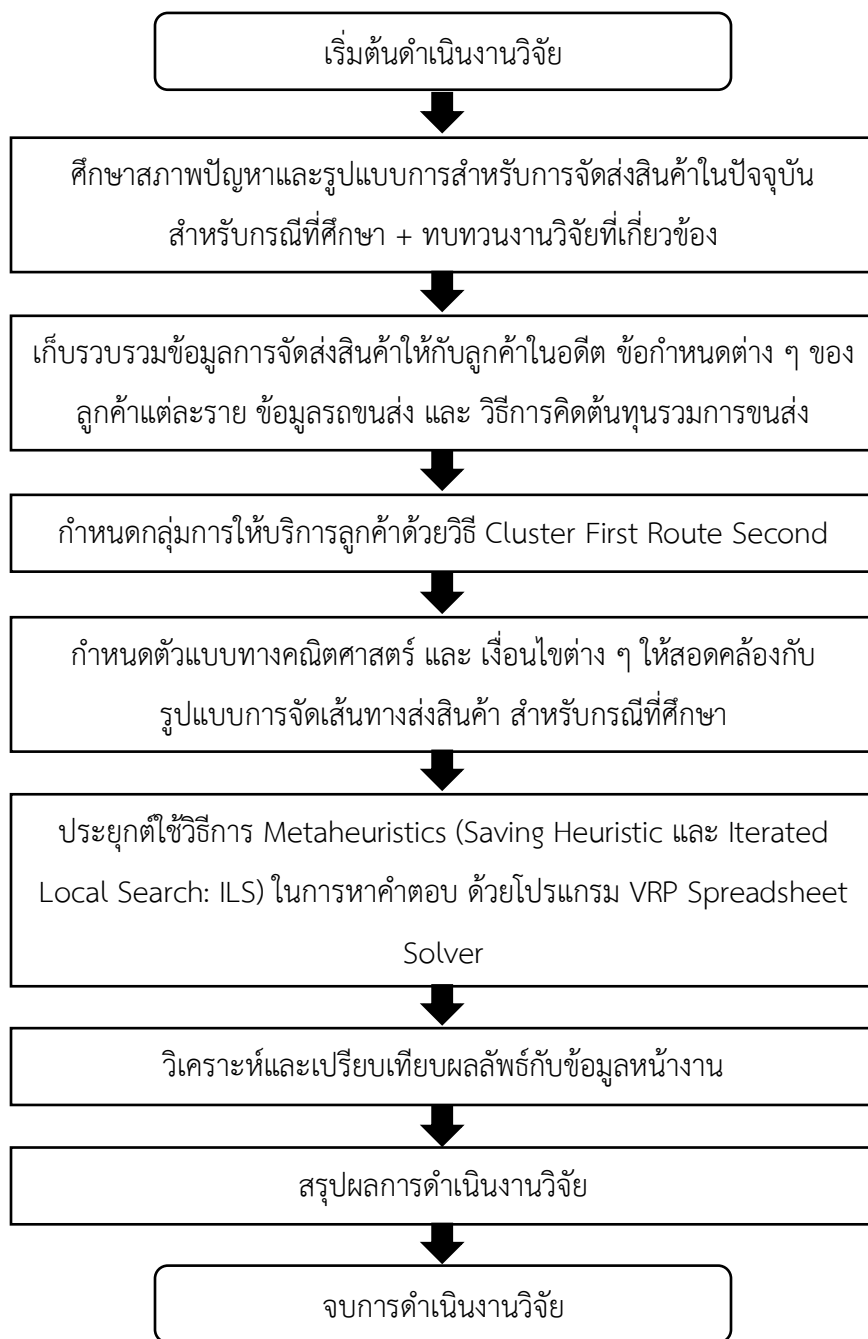
บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล สภาพของปัญหาที่เกิดขึ้น วิธีการ และเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ไขปัญหา สำหรับกรณีที่ศึกษา

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในส่วนของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ผู้วิจัยได้เริ่มต้นจากการศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดเส้นทางส่งสินค้า และ รูปแบบการจัดเส้นทางส่งสินค้าในปัจจุบัน สำหรับกรณีที่ศึกษา รวมถึงทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น เมื่อทราบถึงขั้นตอนการจัดเส้นทางส่งสินค้าในปัจจุบันแล้ว ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดเส้นทางส่งสินค้าให้กับลูกค้าในอดีต รวมถึงข้อกำหนดต่าง ๆ ของลูกค้าแต่ละราย ข้อมูลรถขนส่ง และ วิธีการคิดต้นทุนรวมการขนส่ง เมื่อเก็บข้อมูลจนครบถ้วนแล้ว ผู้วิจัยจะทำการกำหนดกลุ่มเส้นทางการให้บริการลูกค้าด้วยวิธี Cluster First Route Second จากนั้นทำการกำหนดตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และเงื่อนไขต่าง ๆ ในตัวแบบทางคณิตศาสตร์ให้สอดคล้องกับรูปแบบการจัดเส้นทางส่งสินค้า สำหรับกรณีที่ศึกษา แล้วประยุกต์ใช้วิธีการ Metaheuristics ในการหาคำตอบ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางส่งสินค้า ด้วยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มานั้นมาวิเคราะห์ และ เปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่หน้างานทำออกมาได้ โดยแผนภาพของขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแสดงได้ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 การศึกษาสภาพปัญหาและรูปแบบการสำหรับการจัดเส้นทางส่งสินค้าในปัจจุบัน

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ สภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดเส้นทางส่งสินค้ารวมถึงรูปแบบการจัดเส้นทางส่งสินค้าในปัจจุบันของกรณีที่ศึกษา เพื่อหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพให้การจัดส่งสินค้า โดยรูปแบบที่เกิดขึ้น คือ ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem) ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาว่าปัญหาดังกล่าวนี้มีรูปแบบใดบ้าง และมีทั้งหมดกี่ประเภท โดยศึกษา รูปแบบ ทฤษฎีที่ใช้ ขั้นตอนการดำเนินงาน และผลลัพธ์ที่ได้ ในงานวิจัยต่าง ๆ จากนั้นทางผู้วิจัยทำการเลือกหัวข้อที่สนใจที่จะทำการศึกษา มาปรับใช้กับงานวิจัยชิ้นนี้

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

หลังจากที่ผู้วิจัยได้เลือกหัวข้อที่สนใจแล้ว จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลจากกรณีที่ศึกษา โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดเส้นทางส่งสินค้าทั้งหมด 3 วัน ได้แก่ วันที่ 18 มิถุนายน 2564 19 มิถุนายน 2564 และ 7 กรกฎาคม 2564 มาเป็นข้อมูลสำหรับงานวิจัยนี้ จากนั้นทำการกำหนดขอบเขตของงานวิจัย แบ่งเป็นทั้งหมด 2 ส่วน คือ ขอบเขตด้านเนื้อหา ซึ่งจะหมายถึงเงื่อนไขการจัดส่งสินค้าของกรณีที่ศึกษารวมถึงวิธีการที่จะนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้า และขอบเขตด้านพื้นที่ที่ทำการศึกษา ที่ผู้วิจัยจะศึกษาเฉพาะในพื้นที่ที่สนใจเท่านั้น

โดยสภาพทั่วไป บริษัทกรณีที่ศึกษา จะมีการแบ่งพื้นที่การจัดส่งสินค้าออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การจัดส่งสินค้าสายไกล และการจัดส่งสินค้าสายใกล้ โดยมีศูนย์กลางการจัดส่งสินค้า ณ คลังสินค้าของบริษัทกรณีที่ศึกษา สำหรับการจัดส่งสินค้าสายไกล ขอบเขตจะอยู่ที่ประมาณรัศมี 250-300 กม. จากคลังสินค้า โดยแบ่งพื้นที่การจัดส่งออกเป็นทั้งหมด 19 โซน ครอบคลุม 31 จังหวัด ส่วนการจัดส่งสินค้าสายใกล้ นั้นจะเป็นพื้นที่ที่นอกเหนือรัศมีการจัดส่งสินค้าสายไกล สำหรับการศึกษาในครั้งนี้จะศึกษาการจัดส่งสินค้าในขอบเขตจังหวัด กรุงเทพมหานคร ปทุมธานี นนทบุรี สระบุรี (อ.เฉลิมพระเกียรติ อ. เมืองสระบุรี อ.พระพุทธบาท) และ สมุทรปราการ (อ.พระประแดง อ.พระสมุทรเจดีย์ อ.สมุทรปราการ)

สำหรับข้อมูลที่เก็บรวบรวมมานั้นจะประกอบ 3 ส่วน คือ 1. พิกัดที่อยู่ของคลังสินค้า (แสดงอยู่ในภาคผนวก) 2. ข้อมูลของลูกค้า ซึ่งจะประกอบด้วย พิกัดที่อยู่ของลูกค้า ระยะเวลาการเปิด-ปิด ร้านของลูกค้า และปริมาณการจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้า (แสดงอยู่ในภาคผนวก) 3. ข้อมูลรถขนส่งสินค้าแต่ละประเภท แสดงได้ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลรถขนส่งสินค้าแต่ละประเภทในการจัดส่งสินค้า

ประเภทรถ ขนส่งสินค้า	จังหวัด	ความจุ : กิโลกรัม	ราคาเหมารถ Outsource : บาท	ความเร็วเฉลี่ย	จำนวน
4 ล้อ	กรุงเทพมหานคร	2,100 กิโลกรัม	2,425	60 กิโลเมตร / ชั่วโมง	22 คัน
	ปทุมธานี		2,202		
	นนทบุรี		2,406		
	สมุทรปราการ		2,541		
	สระบุรี		1,455		
4 ล้อจัมโบ้	กรุงเทพมหานคร	3,000 กิโลกรัม	2,716	60 กิโลเมตร / ชั่วโมง	8 คัน
	ปทุมธานี		2,522		
	นนทบุรี		2,765		
	สมุทรปราการ		2,929		
	สระบุรี		1,668		

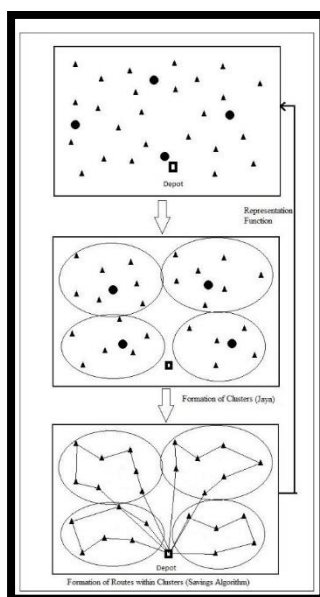
* ข้อมูลอ้างอิงจากใบเสนอราคาค่าขนส่งรายเที่ยว ตามบันทึกข้อตกลงแนบท้ายสัญญาว่าจ้างขนส่ง ฉบับที่ 4 อัตราการปรับราคาค่ารับจ้างขนส่งตามช่วงราคาน้ำมัน ซึ่งเป็นข้อตกลงระหว่างบริษัทผู้ให้ขนส่งสินค้ากับทาง บริษัทกรณี ที่ศึกษา โดยใช้ช่วงราคาน้ำมันที่ 27.00 – 30.00 บาท

สำหรับตารางที่ 3.2 นั้นจะหมายถึงข้อมูลสำหรับรถขนส่งสินค้าที่สามารถใช้งานได้ โดยจะมีทั้ง 2 ประเภท ได้แก่ รถ 4 ล้อ และ รถ 4 ล้อจัมโบ้ โดยรถ 4 ล้อจะมีความจุที่ 2,100 กิโลกรัม ความเร็วเฉลี่ยในการขับ 60 กม. / ชั่วโมง และมีจำนวนให้ใช้งานทั้งสิ้น 22 คัน ส่วนรถ 4 ล้อจัมโบ้ จะมีความจุที่ 3,000 กิโลกรัม ความเร็วเฉลี่ยในการขับ 60 กม. / ชั่วโมง และมีจำนวนให้ใช้งานทั้งสิ้น 8 คัน โดยที่ราคาเหมารถ Outsource จะขึ้นอยู่กับว่ารถขนส่งมีการจัดส่งสินค้าในพื้นที่จังหวัดใด สำหรับการคิดค่าราคาเหมารถ Outsource ในกรณีที่มีการจัดส่งมากกว่า 1 จังหวัดจะคิดราคาเหมารถ Outsource จากราคาที่สูงที่สุด ตัวอย่างเช่น หากมีการจัดส่งในกรุงเทพมหานคร 3 รายการ และสมุทรปราการ 1 รายการ ด้วยรถ 4 ล้อจัมโบ้ ราคาเหมารถ Outsource จะเป็น 2,929 บาท

3.4 การกำหนดกลุ่มการให้บริการลูกค้าด้วยวิธี Cluster First Route Second

ในการจัดเส้นทางส่งสินค้าโดยปกติของทางบริษัทกรณีศึกษา จะทำการแบ่งโซนของเส้นทางส่งสินค้าตามที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้ากำหนดมาให้ ซึ่งจะสัมพันธ์กับราคาเหมารถ Outsource ที่ทางบริษัทผู้ให้บริการขนส่งกำหนดเอาไว้ สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้ผู้วิจัยได้ทำการเสนอรูปแบบการแบ่งเส้นทางส่งสินค้าใหม่ โดยจะยังยึดตามเงื่อนไขการแบ่งโซนของผู้ให้บริการขนส่งสินค้า เพื่อไม่ให้เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการขนส่งสินค้าออกนอกเส้นทาง ทำให้ต้นทุนการขนส่งจะยังคงเท่าเดิม หรือ น้อยลงหากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้าได้

สำหรับการแบ่งกลุ่มเส้นทางจัดส่งสินค้าใหม่นั้น ผู้วิจัยได้นำเอาแนวคิดของวิธีการ Cluster First Route Second ซึ่งจะเป็นรูปแบบการของการกำหนดกลุ่มการให้บริการลูกค้าไว้ก่อน แล้วจึงทำการจัดเส้นทางส่งสินค้าไปยังลูกค้าในกลุ่มนั้น ๆ โดยใช้วิธีการ Metaheuristics วิธีการนี้จะทำให้ง่ายต่อการจัดเส้นทางในกรณีที่มีปัญหามีขนาดใหญ่ สำหรับวิธีการ Cluster First Route Second แสดงได้ดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การจัดเส้นทางด้วยวิธี Cluster First Route Second

โดยในการแบ่งกลุ่มการให้บริการลูกค้าในงานวิจัยนี้ เดิมที่ผู้ให้บริการขนส่งสินค้าจะทำการกำหนด พื้นที่การจัดส่งสินค้าออกเป็นทั้งหมด 6 โซน (เฉพาะขอบเขตด้านพื้นที่ในงานวิจัยชิ้นนี้) แสดงได้ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 การจัดโซนเส้นทางส่งสินค้าของผู้ให้บริการขนส่ง

สายที่	จังหวัด	รายละเอียดด้านพื้นที่
AA0001	กรุงเทพฯ	- กรุงเทพมหานคร (คลองสามวา มีนบุรี ลาดกระบัง สะพานสูง หนองจอก คันนายาว บางกะปิ บึงกุ่ม ประเวศ)
AA0002	กรุงเทพฯ	- กรุงเทพมหานคร (จตุจักร ดอนเมือง ดินแดง ดุสิต บางเขน บางคอแหลม บางซื่อ บางรัก ปทุมวัน ป้อมปราบศัตรูพ่าย พญาไท พระนคร ยานนาวา ราชเทวี สัมพันธวงศ์ สาทร สายไหม หลักสี่)
AA0003	กรุงเทพฯ สมุทรปราการ	- กรุงเทพมหานคร (คลองสาน จอมทอง ดลิ่งชัน ทวีวัฒนา ทุ่งครุ ธนบุรี บางแค บางกอกใหญ่ บางกอกน้อย บางขุนเทียน บางบอน บางพลัด ภาษีเจริญ ราษฎร์บูรณะ หนองแขม) - สมุทรปราการ (อ.พระประแดง อ.พระสมุทรเจดีย์)
AA0004	กรุงเทพฯ สมุทรปราการ	- กรุงเทพมหานคร (คลองเตย บางนา วังทองหลาง ลาดพร้าว ห้วยขวาง พระโขนง วัฒนา สวนหลวง) - สมุทรปราการ (อ.สมุทรปราการ)
AA0005	ปทุมธานี สระบุรี	- ปทุมธานี (อ.เมืองปทุมธานี อ.คลองหลวง อ.ธัญบุรี อ.ลำลูกกา อ.หนองเสือ) - สระบุรี (อ.เฉลิมพระเกียรติ อ.เมืองสระบุรี อ.พระพุทธบาท)
AA0006	ปทุมธานี นนทบุรี	- นนทบุรี - ปทุมธานี (อ.ลาดหลุมแก้ว อ.สามโคก)

ผู้วิจัยจะทำการกำหนดให้การจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าสำหรับทั้ง 6 โซนข้างต้นนี้เป็น 1 คลัสเตอร์ หรือ มองลูกค้าพื้นที่เหล่านี้เป็นกลุ่มเดียวกันจากเดิมที่เป็น 6 โซน แล้วทำการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับ ระยะทางจำกัด (Distance Limit) ของรถขนส่งแต่ละคัน โดยข้อมูลที่เก็บมาได้นั้นคือ รถขนส่งต้องขับไม่เกิน 350 กม. ใน 1 วัน เนื่องจากเหตุผลที่ทางบริษัทขนส่งแบ่งเป็น 6 โซน เพราะไม่ต้องการให้รถขนส่งขับเกินกว่าระยะทางที่กำหนดเอาไว้ สิ่งที่ผู้วิจัยปรับในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า นั่นก็คือ การมองพื้นที่ทั้งหมดเป็นกลุ่มเดียวกัน โดยเพิ่มเงื่อนไขด้านระยะทางจำกัดในตัวแทนทางคณิตศาสตร์

3.5 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ในการจัดส่งสินค้า

ดัชนี (Indices)

V_D	:	เซตของคลังสินค้า
V_C	:	เซตของลูกค้า
$V = V_D \cup V_C$	:	เซตของคลังสินค้าและลูกค้า
$V_M \subseteq V_C$	:	เซตของลูกค้าที่ต้องไปหา เป็นสับเซตของเซตของลูกค้า
$G = (V, A)$	:	เซตของเซตของคลังสินค้าและเซตของลูกค้าทั้งหมด
$\hat{q}_i$	:	น้ำหนักรวมจัดส่งสินค้าสำหรับลูกค้ารายที่ i (Delivery Amount)
s_i	:	เวลาให้บริการสำหรับลูกค้ารายที่ i (Service Time)
$[a_i, b_i]$	:	ช่วงเวลาเปิด-ปิดร้านของลูกค้ารายที่ i (Time Window)
K	:	เซตของรถขนส่งสินค้า
$k \subseteq K$	:	รถคันที่ k เป็นสับเซตของเซตของรถขนส่งสินค้า
$o^k \in V_D$	:	จุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าของรถขนส่ง
τ^k	:	เวลาเริ่มทำงานสำหรับรถคันที่ k (Work Start Time)
f^k	:	ค่าใช้จ่ายคงที่สำหรับรถคันที่ k (Fixed Cost)
Q^k	:	ความจุของรถคันที่ k (Capacity)
D^k	:	ระยะทางจำกัดสำหรับรถคันที่ k (Distance Limit)
$\hat{D}^k$	:	ระยะเวลาจำกัดการขับรถคันที่ k (Driving Time Limit)
W^k	:	ระยะเวลาจำกัดการทำงานรถคันที่ k (Working Time Limit)
r^k	:	รถขนส่งเดินทางกลับมายังคลังสินค้า (Return to depot)

$(i, j) \in A$	:	จุดของลูกค้ารายที่ i ไปยัง j เป็นสมาชิกของความเป็นไปได้การจัดส่งให้ลูกค้าทั้งหมด
d_{ij}	:	ระยะทางจากลูกค้ารายที่ i ไปยัง j (Distance)
$\hat{d}_{ij}$	:	ระยะเวลาการขับรถ (Driving Duration)
w_{ij}^k	:	ปริมาณการรับสินค้าระหว่างทางที่จุดต่างๆ
z_{ij}^k	:	ปริมาณสินค้าบนรถขนส่งสินค้าที่ต้องจัดส่งให้ลูกค้า
t_i^k	:	เวลาที่รถคันที่ k ไปถึงลูกค้ารายที่ i
v_i	:	ระยะเวลาที่เกินกว่า Limit

พารามิเตอร์ (Parameters)

Ω	=	1	รถขนส่งจะต้องเดินทางกลับไปยังคลังสินค้า (เมื่อส่งสินค้าเสร็จแล้ว)
		0	Otherwise

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

x_{ij}^k	=	1	รถขนส่งมีการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j
		0	Otherwise

y_i^k	=	1	ถารถคันที่ k มีการส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ i
		0	Otherwise

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\text{Minimize } \sum_{j \in V_c} \sum_{k \in K} f^k x_{o^k, j}^k \quad (3.1)$$

ข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{k \in K} y_i^k = 1 \quad \forall i \in V_M, \quad (3.2)$$

$$\sum_{k \in K} y_i^k \leq 1 \quad \forall i \in V_c \setminus V_M, \quad (3.3)$$

$$\sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ij}^k \leq \sum_{j \in V \setminus \{i\}} x_{ji}^k \quad \forall j \in V_c, k \in K, \quad (3.4)$$

$$\sum_{p \in S, q \in V \setminus S} x_{pq}^k \geq y_i^k \quad \forall i \in V_c, k \in K, S \subset V: o^k \in S, i \in V \setminus S \quad (3.5)$$

$$\sum_{j \in V_c} x_{o^k, j}^k \leq 1 \quad \forall k \in K, \quad (3.6)$$

$$t_i^k + (\widehat{d_{ij}} + s_i)x_{ij}^k - W^k(1 - x_{ij}^k) \leq t_j^k \quad \forall (i, j) \in A : j \in V_c, k \in K, \quad (3.7)$$

$$a_i \leq t_i^k \leq b_i - s_i + v_i \quad \forall i \in V_c, k \in K, \quad (3.8)$$

$$t_{o^k}^k = \tau^k \quad \forall k \in K, \quad (3.9)$$

$$t_i^k + (s_i + \widehat{d_{ij}})x_{i, r^k}^k \leq b_{r^k} + v_{r^k} + M(1 - \Omega) \quad \forall (i, j) \in A : i \in V_c, k \in K, \quad (3.10)$$

$$w_{ij}^k + z_{ij}^k \leq Q^k x_{ij}^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.11)$$

$$\sum_{(i, j) \in A} d_{ij} x_{ij}^k \leq D^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.12)$$

$$\sum_{(i, j) \in A} \widehat{d_{ij}} x_{ij}^k \leq D^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.13)$$

$$\sum_{i \in V_c} s_i y_i^k + \sum_{(i, j) \in A} \widehat{d_{ij}} x_{ij}^k \leq W^k \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.14)$$

$$x_{ij}^k \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.15)$$

$$y_i^k \in \{0, 1\} \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.16)$$

$$v_i \geq 0 \quad \forall i \in Vc, \quad (3.17)$$

$$w_{ij}^k \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.18)$$

$$z_{ij}^k \geq 0 \quad \forall (i, j) \in A, k \in K, \quad (3.19)$$

- สมการที่ 3.1 เป็นฟังก์ชันวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมที่ต่ำที่สุดจากราคาเหมารถ Outsource
- สมการที่ 3.2 ลูกค้าแต่ละรายจะถูกให้บริการได้เพียงมากที่สุด 1 ครั้ง
- สมการที่ 3.3 บังคับว่าต้องส่งสินค้าให้ลูกค้าทุกรายในรายการที่ต้องจัดส่ง
- สมการที่ 3.4 แต่ละจุดของลูกค้าจะต้องมีการไหลเข้าออกของข้อมูล โดยที่รถขนส่งจะไม่เดินทางกลับมายังคลังสินค้า
- สมการที่ 3.5 ให้คลังสินค้าและต้นทางของรถคันที่ k และลูกค้ารายต่างๆ เชื่อมต่อกัน หรือ เมื่อบริการลูกค้าที่จุดใดแล้วต้องออกจากจุดนั้น เพื่อบริการลูกค้ารายต่อไป
- สมการที่ 3.6 รถแต่ละคันถูกใช้ได้มากที่สุด 1 ครั้ง
- สมการที่ 3.7 สูตรของ Miller–Tucker–Zemlin เป็นสมการป้องกันการเกิดเส้นทางย่อย และ เตรียมกรอบการทำงานของระยะเวลาเปิด-ปิดร้านของลูกค้า
- สมการที่ 3.8 กรอบระยะเวลาการเปิด-ปิดร้านของลูกค้าแต่ละราย
- สมการที่ 3.9 เวลาที่รถคันที่ k เมื่อออกจากคลังสินค้า ต้องเท่ากับเวลาเริ่มทำงานสำหรับรถคันที่ k
- สมการที่ 3.10 กำหนดเวลาการทำงานสำหรับรถ k และบังคับเงื่อนไขว่ารถขนส่ง จะกลับสู่คลังสินค้า ทันเวลาปิด คลังสินค้าถ้าต้องมีการส่งรถกลับไปที่คลังสินค้า
- สมการที่ 3.11 ห้ามไม่ให้รถขนส่งสินค้าบรรทุกเกินความจุของรถขนส่งสินค้าคันนั้นๆ
- สมการที่ 3.12 กำหนดให้ระยะทางต้องไม่เกินกว่า ระยะทางจำกัดสำหรับรถคันที่ k (Distance Limit)
- สมการที่ 3.13 ระยะเวลาการขับรถต้องไม่เกินกว่า ระยะเวลาจำกัดการขับรถคันที่ k (Driving Time Limit)
- สมการที่ 3.14 ระยะเวลาการทำงานของรถต้องไม่เกินกว่า ระยะเวลาจำกัดการทำงานรถคันที่ k (Working Time Limit)

สมการที่ 3.15 เป็นการกำหนดค่าให้ตัวแปรในการตัดสินใจ สำหรับรถขนส่งมีการเดินทางจากจุด i ไปยังจุด j ให้มีค่า 0 และ 1

สมการที่ 3.16 เป็นการกำหนดค่าให้ตัวแปรในการตัดสินใจ ถ้ารถคันที่ k มีการส่งสินค้าให้ลูกค้ารายที่ i ให้มีค่า 0 และ 1

สมการที่ 3.17 กำหนดให้ ระยะเวลาที่เกินกว่า Limit ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0

สมการที่ 3.18 กำหนดให้ ระยะเวลาจำกัดการทำงานรถคันที่ k ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0

สมการที่ 3.19 กำหนดให้ ปริมาณสินค้าบนรถขนส่งสินค้าที่ต้องจัดส่งให้ลูกค้า ต้องมีค่าไม่น้อยกว่า 0

โดยตัวแบบทางคณิตศาสตร์ทั้งหมดนี้ถูกประยุกต์ใช้มาจากงานวิจัย An open source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems ของคุณ Güneş Erdoğan [1]

3.6 การประยุกต์ใช้วิธีการ Metaheuristics ในการจัดส่งสินค้า

3.6.1 Clarke and Wright Saving Heuristic

Saving Heuristic โดย Clarke และ Wright (1964) เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างแพร่หลาย โดยวิธีจะสร้างผลเฉลยทีละขั้นตอน โดยเริ่มจากผลเฉลยเริ่มต้นที่อาจยังมีความเป็นไปได้จากนั้นสร้างผลเฉลยในลำดับถัดไป โดยความต้องการรวมจะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกและความจุของยานพาหนะ การแทรกลูกค้าในเส้นทางจะถูกแทรกเข้าอยู่เรื่อย ๆ จนทำให้เกิดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดโดยจะมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) กำหนดให้หนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียง 1 รายเท่านั้น

2) จับคู่จุดส่งสินค้าเพื่อรวบรวมให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันเมื่อรวบรวม จุดส่งสินค้าต่าง ๆ เข้าไว้ในเส้นทางหลัก แทนการจัดส่งสินค้า จากคลังสินค้า (Depot) ไปและกลับทุกๆ จุดส่งสินค้า จะทำให้เกิดความประหยัดในการเดินทางและเกิดค่าความประหยัดขึ้น โดย

$$S_{ij} = D_{i0} + D_{0j} - D_{ij} \quad (3.20)$$

เมื่อ

S_{ij} = ค่าความประหยัดระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

D_{i0} = ระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปยังคลังสินค้า (Depot)

D_{0j} = ระยะทางจากคลังสินค้า (Depot) ไปยังจุดส่งสินค้า j

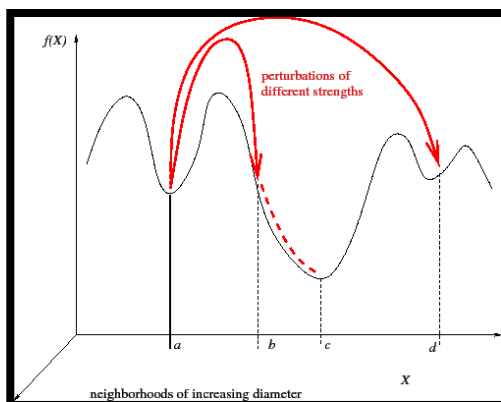
D_{ij} = ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

3) ทำการเลือกคู่ที่เชื่อมต่อกันของลูกค้ำที่มีค่า Saving สูงสุดและยังไม่ได้ถูกจัดเข้าไปอยู่ในเส้นทาง

4) เพิ่มลูกค้ำลงในเส้นทางโดยตรวจสอบเงื่อนไขของปัญหาว่า การรวมลูกค้ำเข้าด้วยกันแล้วจะทำให้ เกินความสามารถของยานพาหนะที่บรรทุกหรือไม่ หากพบว่าจำนวนสินค้าที่จุดใดๆ บนเส้นทาง มีค่าเกินกว่าที่กำหนดไว้ ให้ทำการตัดลูกค้ำรายล่าสุดออกจากเส้นทางและเชื่อมเส้นทางกลับไปยังคลังสินค้า และกลับไปทำขั้นตอนก่อนหน้านี้จนกระทั่งลูกค้ำทุกรายถูกจัดอยู่ในเส้นทางขนส่ง

3.6.2 Iterated Local Search

วิธีการค้นหาคำตอบแบบวนซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) เป็นวิธีที่มีตัวแปรต่าง ๆ น้อย ไม่ซับซ้อนมาก และใช้เวลาในการหาคำตอบน้อย โดย ILS นั้นพัฒนามาจาก (Basic Local Search: BLS) โดย BLS จะเป็นการค้นหาจุดที่ดีที่สุดในพื้นที่เท่านั้น ILS จะนำเอาข้อดี ของ BLS โดยใช้การรบกวนคำตอบ (Perturbation) เพื่อให้คำตอบออกจากพื้นที่เดิม เมื่อคำตอบ ออกจากพื้นที่เดิม จะทำการหาคำตอบที่ดีที่สุดในพื้นที่ใหม่โดยเปรียบเสมือนภูเขา การรบกวนคำตอบ (Perturbation) จะทำให้การหาคำตอบย้ายไปยัง ภูเขาลูกอื่นๆ และทำการหาจุดที่สูงที่สุด โดยเรียกว่า Local Search การรบกวนคำตอบ (Perturbation) นั้นจะได้คำตอบที่มีคุณภาพ ขึ้นอยู่กับ การปรับปรุง คำตอบเฉพาะที่ (Local Search) และวิธีในการรบกวนคำตอบ (Perturbation techniques) ดังแสดงในภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 ลักษณะการหาคำตอบด้วย Iterated Local Search

3.7 การใช้งานโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

ดังที่กล่าวไปในข้างต้น ในงานวิจัยนี้ได้ใช้โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในการหาคำตอบ จากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางสินค้า โดยในหัวข้อนี้จะเป็นการอธิบายถึงขั้นตอนการใช้งานโปรแกรมเพื่อหาคำตอบออกมา โดยการนำเอาข้อมูลการจัดเส้นทางส่งสินค้าตามที่ได้เก็บมา ของบริษัทกรณีศึกษา ได้แก่ จำนวนลูกค้า ข้อมูลลูกค้า พิกัดที่อยู่ ระยะเวลาการเปิด-ปิดร้านของลูกค้า จำนวนความต้องการสินค้าของลูกค้า ข้อมูลรถขนส่ง(ประเภทรถขนส่ง ความจุ ความเร็วจำกัด ราคาเหมารถขนส่ง ราคาน้ำมันที่ใช้ ระยะทางจำกัด ระยะเวลาการทำงานของรถแต่ละคัน จำนวนรถที่สามารถใช้งานได้) มากรอกลงในโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะมีการระบุให้กรอกข้อมูลเหล่านี้ไว้ที่หน้าต่าง ๆ ของโปรแกรม และทำการหาคำตอบเมื่อกรอกข้อมูลจนครบถ้วน

สำหรับโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver จะแบ่งการทำงานออกเป็นทั้งหมด 6 ขั้นตอนเพื่อหาผลลัพธ์ ประกอบด้วย Locations, Distances, Vehicles, Solution, Visualization และ Solver โดยก่อนที่จะกรอกข้อมูลและประมวลผลในขั้นตอนต่างๆ ต้องเตรียมข้อมูลให้พร้อมในชีท VRP Solver Console ก่อน ซึ่งจะเป็นการกรอกข้อมูลที่สำคัญต่างๆ ได้แก่ Bing Maps Key จำนวนคลังสินค้า และลูกค้าที่ต้องจัดส่ง ข้อมูลด้านการคำนวณระยะทางและความเร็วเฉลี่ยของรถขนส่ง ประเภทของรถขนส่ง เงื่อนไขรถขนส่งต้องขับกลับมาที่คลังสินค้าเมื่อจัดส่งเสร็จแล้ว เงื่อนไขด้านกรอบเวลาในการจัดส่งให้ลูกค้า มีการจัดส่งรถเที่ยวเปล่า และระยะเวลาที่โปรแกรมทำการหาคำตอบ ข้อมูลที่กล่าวมาแสดงได้ดังภาพที่ 3.4

Sequence	Parameter	Value	Remarks
0.Interface	Language	English	Please refer to the manual for modifying the interface.
	Optional - Bing Maps Key	AmO1oBsj.365M8YDSIQMfv1Q7YcMI.9W0xd2h_IRNvm9Pj5b3qbr2no27Mcq2IU	You can get a free trial key at https://www.bingmapsportal.com/
1.Locations	Number of depots	1	[1,20]
	Number of customers	29	[5,200]
2.Distances	Distance computation method	Bing Maps driving distances (km)	Recommendation: Use 'postcode, country' format for addresses
	Duration computation method	Average vehicle speed	
	Bing Maps route type	Fastest	Recommendation: Use 'Fastest'
	Average vehicle speed	60	
3.Vehicles	Number of vehicle types	2	
4.Solution	Do the vehicles return to their depot(s)?	No	
	Time window type	Hard	
	Backhauls?	No	If activated, delivery locations must be visited before pickup locations
5.Optional - Visualization	Visualization background	Bing Maps	
	Location labels	Location IDs	
6.Solver	Warm start?	Yes	
	Show progress on the status bar?	No	
	CPU time limit (seconds)	300	Recommendation: At least 60 seconds

ภาพที่ 3.4 ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท VRP Solver Console

โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ในขั้นตอนที่ 1 หรือการกรอกข้อมูลในซีท Locations จะทำการกรอกข้อมูลตามจำนวนคลังสินค้าและลูกค้าที่ต้องจัดส่งที่ได้กำหนดไว้ในหน้า VRP Solver Console ประกอบด้วยชื่อสถานที่ พิกัดที่อยู่ กรอบเวลาการเปิด-ปิดร้าน ระยะเวลาการรับภาระงาน และปริมาณการจัดส่งสินค้า แสดงได้ดังภาพที่ 3.5

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end	Must be visited?	Service time	Pickup amount	Delivery amount	Profit
0	คลังสินค้า Pet Focus		14.7756731	100.9190174	08:00	17:00	Starting location	0:00	0	0	0
1	Chocadoof บีมบางจาก(อ.สุพรรณ-นางบี		13.956137	100.4058337	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	351.4	0
2	i like pet shop		13.897117	100.3662807	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	80	0
3	เกษร พิมลิ		13.867856	100.5606137	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	21.6	0
4	เนาวคน เลอเลิศวิชัย		13.575405	100.5228966	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	300	0
5	คุณปร่างทิพย์ ชะโนโสธร		13.959014	100.5130485	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	600	0
6	จินทร์ทิวา ชิวะเสนาบุรณ		13.545938	100.5392582	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	161	0
7	จินท์มา สุจริตสถิตานนท์		13.881009	100.4550855	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	61.4	0
8	จิตภา รตินทุสิตกุล		13.876121	100.4366707	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	240	0
9	ช็อคกาดูฟ นางศุภรี		14.776051	100.91936	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	50	0
10	ชินพงศ์ เพชรประพันธ์		13.892552	100.4374289	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	409.2	0
11	บริษัท เค.ยู.การเดิน เชื้อเคอร์		13.854674	100.4965789	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	1914.4	0
12	บริษัท เงินทอง มาร์เก็ตติ้ง จำกัด		13.892552	100.4374289	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	237.54	0
13	บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด		13.975205	100.3973009	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	282.2	0
14	บริษัท เพ็ชร แพ้เวอร์ เชื้อเคอร์		13.897166	100.3663287	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	200	0
15	บริษัท โรงพยาบาลสัตว์ของพลอย จำกัด		13.731623	100.581176	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	32.24	0
16	บริษัท คิง ออฟ เพ็ชร จำกัด		13.894365	100.4366707	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	200	0
17	บริษัท บัวจันทร์ กรุ๊ป จำกัด		13.897179	100.3663632	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	2588.237	0
18	บริษัท ริ้วา ฟาร์มเพ็ชร สโตร์		13.804976	100.6152196	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	1.92	0
19	บัวจันทร์ (สาขาสุมทพรปราการ) (1)		13.867943	100.5606493	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	2999.58	0
20	บัวจันทร์ (สาขาสุมทพรปราการ) (2)		13.867943	100.5606493	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	35.2	0
21	พรพิศ แซ่ฮั่น (แต)		13.868023	100.5602383	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	200	0
22	พิมพินารา พัก		13.892552	100.4374289	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	214.4	0
23	ยศวินณ์ ศิริวารโรจน์กุล		13.580454	100.6019685	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	28.8	0
24	ร้าน แก้ว-ขวัญ		13.647286	100.6317967	08:00	17:00	Must be visited	0:30	0	441.52	0

ภาพที่ 3.5 ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Locations

ขั้นตอนที่ 2 หรือการกรอกข้อมูลในซีท Locations เป็นการคำนวณหาเมตริกซ์ด้านระยะทางและเวลาจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งจับคู่กันจนครบทั้งหมด เพื่อใช้ในการหาเส้นทางที่ดีที่สุดขั้นตอนต่อไป โดยแสดงได้ดังภาพที่ 3.6

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	From	To	Distance	Duration	Method: Bing Maps driving distances (km) / Average vehicle speed				
2	คลังสินค้า Pet Focus	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00					
3	คลังสินค้า Pet Focus	Chocadoof ปันนางจาก(ถ.สุพรรณ-บางบัว)	123.89	2:03					
4	คลังสินค้า Pet Focus	I like pet shop	132.64	2:12					
5	คลังสินค้า Pet Focus	เกษร ฟิมล์	125.25	2:05					
6	คลังสินค้า Pet Focus	เนาวคุณ เลอเลิศวิชัย	159.53	2:39					
7	คลังสินค้า Pet Focus	คุณปรายทิพย์ ธนะโสธร	118.40	1:58					
8	คลังสินค้า Pet Focus	จันทร์ทิวา มีะผลาบูรณ์	166.36	2:46					
9	คลังสินค้า Pet Focus	จันทิมา สุจริตสถิตานนท์	131.13	2:11					
10	คลังสินค้า Pet Focus	จิตภา รตนกริสกุล	131.61	2:11					
11	คลังสินค้า Pet Focus	ช็อคกาดูฟ บางคูวัด	0.04	0:00					
12	คลังสินค้า Pet Focus	ชินพงศ์ เพชรประพันธ์	129.60	2:09					
13	คลังสินค้า Pet Focus	บริษัท เค.ยู.การ์เด็น เซ็นเตอร์	133.13	2:13					
14	คลังสินค้า Pet Focus	บริษัท เงินทอง มาร์เก็ตติ้ง จำกัด	129.60	2:09					
15	คลังสินค้า Pet Focus	บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด	124.14	2:04					
16	คลังสินค้า Pet Focus	บริษัท เฟิร์ส เลิฟเวอร์ เซ็นเตอร์	132.63	2:12					
17	คลังสินค้า Pet Focus	บริษัท โรงพยาบาลสัตว์ทองหล่อ จำกัด	142.04	2:22					
18	คลังสินค้า Pet Focus	บริษัท คิง ออฟ เพ็ทส์ จำกัด	129.33	2:09					
19	คลังสินค้า Pet Focus	บริษัท บิวจินทร์ กรุ๊ป จำกัด	132.64	2:12					

ภาพที่ 3.6 ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Distances

ขั้นตอนที่ 3 หรือการกรอกข้อมูลในซีท Vehicles จะกรอกข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับรถขนส่งประเภทต่างๆ ได้แก่ ความจุของรถขนส่ง ราคาเหมารถ ข้อจำกัดทางด้านระยะทาง เวลาการทำงาน เวลาเริ่มงาน และจำนวนรถขนส่งที่มี โดยแสดงได้ดังภาพที่ 3.7

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	Starting depot	Vehicle type	Capacity	Fixed cost per trip	Cost per unit distance	Duration multiplier	Distance limit	Work start time	Driving time limit	Working time limit	Number of vehicles		
2	คลังสินค้า Pet Focus	4 ล้อ	2100	1455.00	0.00	1.00	350.00	08:00	9:00	9:00	10		
3	คลังสินค้า Pet Focus	4 ล้อจัมโบ้	3000	1668.00	0.00	1.00	350.00	08:00	9:00	9:00	8		

ภาพที่ 3.7 ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Vehicles

ขั้นตอนที่ 4 หรือการหาผลลัพธ์การจัดเส้นทางในซีท Solution จะแสดงผลการจัดเส้นทาง โดยจะแสดงข้อมูลประเภทรถที่ใช้ จำนวนลูกค้าที่ต้องจัดส่ง ต้นทุนการขนส่ง ระยะทางและเวลาสะสมสำหรับการจัดส่ง เวลาที่เข้า-ออก สถานที่ต่างๆ และสินค้าคงเหลือหลังจากจัดส่งสินค้าให้ลูกค้ารายต่างๆ โดยแสดงได้ดังภาพที่ 3.8

3	Vehicle:	V1 (4 ล้อ)	Stops:	2	Net profit:	-2202.00							
4	Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load				
5	0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00	08:00	08:00	0:00	0	1964				
6	1	ช็อคกาดูฟ บางคูวัด	0.04	0:00	08:00	08:30	0:30	0	1914				
7	2	บริษัท เค.ยู.การ์เด็น เซ็นเตอร์	133.21	2:13	10:43	11:13	3:13	0	0				

ภาพที่ 3.8 ตัวอย่างโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver ซีท Solution

สำหรับการใช้งานโปรแกรมอย่างละเอียดสามารถศึกษาได้ในคลิปวิดีโอ How to solve Vehicle Routing Problems Using Excel [2] ใน <https://www.youtube.com/> และคู่มือการใช้งานโปรแกรมอย่างละเอียดจากไฟล์เอกสาร User's Manual for VRP Spreadsheet Solver [3] ของคุณ Güneş Erdoğan

บทที่ 4

ผลการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงข้อมูลในกรณีศึกษา ผลของที่ได้จากการทดลองใช้วิธี Metaheuristics และการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากผลการจัดรูทส่งสินค้าจริงหน้างานของบริษัทกรณีศึกษา

4.1 ข้อมูลของกรณีศึกษา

จากการศึกษาวิจัย เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วยวิธีเมตาฮิวริสติกกับบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลจากรายงานการจัดส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาทั้งหมด 3 วัน ได้แก่ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 และ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 เพื่อมาเป็นข้อมูลสำหรับการทำงานวิจัยในครั้งนี้ สำหรับรูปแบบการทำงานในปัจจุบันของแผนกโลจิสติกส์และซัพพลายเชน ในบริษัทกรณีศึกษา ในขั้นตอนของการจัดส่งสินค้าทางบริษัทจะใช้บริการผู้ให้บริการขนส่ง (Logistics Outsourcing) ในการส่งสินค้าไปยังลูกค้า สำหรับบางสินค้าที่ไม่สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ จะทำการส่งสินค้าเป็นรายชิ้นไปทางศูนย์กระจายสินค้า หรือ จัดส่งเป็นรถขนส่งรายเที่ยวแยกตามไปอีกทีเพื่อส่งสินค้าไปยังลูกค้า

ปัญหาที่พบจากรูปแบบการจัดส่งสินค้าในปัจจุบัน คือในขั้นตอนการจัดเส้นทางส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาในแต่ละครั้งนั้น ค่อนข้างจะใช้เวลาเนื่องจากจำนวนสินค้าและสถานที่ที่ต้องจัดส่งนั้นมีจำนวนค่อนข้างมาก ในบางครั้งอาจใช้เวลานานกว่า 2-3 ชั่วโมงกับการจัดเส้นทางที่ไม่คุ้นเคย ถึงแม้ทางบริษัทจะทำการจัดเส้นทางก่อนล่วงหน้า 2-3 วัน ก่อนจะถึงวันจัดส่งจริง อย่างไรก็ตามก็เสียเวลาค่อนข้างมากกับขั้นตอนนี้ และ อีกปัญหาที่ตามมา คือ เมื่อลูกค้ามีการยกเลิกคำสั่งซื้อหลังจากที่ทำการจัดเส้นทางส่งสินค้าไปแล้ว ทำให้ทางเจ้าหน้าที่ต้องทำการจัดเส้นทางใหม่ทั้งหมด สถานการณ์ในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษาจึงกำลังมองหาวิธีการ หรือ โปรแกรมที่จะสามารถช่วยในการจัดเส้นทางส่งสินค้าเพื่อเป็นตัวแทนสำหรับการตัดสินใจ ทำให้เจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้า สามารถทำงานได้ง่าย และประหยัดเวลาการทำงานมากขึ้น

เนื่องจากในกรณีศึกษา ปริมาณความต้องการสินค้าสำหรับลูกค้าในบางรายมีความต้องการมากเกินกว่าที่ความจุของรถขนส่งสินค้าเพียงหนึ่งคันจะสามารถจัดส่งได้ ผู้วิจัยจึงได้นำการแบ่งจำนวนความต้องการสินค้าในการพยายามจัดให้ เต็มเที่ยวสำหรับรถหนึ่งก่อน ส่วนปริมาณที่เหลือจะทำการรวมไปกับการจัดส่งรอบอื่น ๆ

4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในส่วนของการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยแสดงผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางส่งสินค้า หลังจากที่ทำ การกำหนดกลุ่มลูกค้าที่จะให้บริการด้วยวิธี Cluster First Route Second แล้วจากนั้นทำการหาคำตอบด้วยวิธี Metaheuristics กับข้อมูลรายการการจัดส่งสินค้าทั้งหมด 3 วันดังที่กล่าวไปในข้างต้น โดยสำหรับรายการ การจัดส่งสินค้าในแต่ละวันนั้น จะแบ่งออกเป็นการจัดเส้นทางส่งสินค้า 2 รูปแบบ โดยกำหนดให้ระยะเวลาสำหรับการ รับภาระงาน (Service Time) สำหรับลูกค้าแต่ละรายเป็น 30 และ 45 นาที จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ มาเปรียบเทียบกับ ต้นทุนที่เกิดขึ้นจริงกับการทำงานหน้างานสำหรับลูกค้าแต่ละราย เพื่อเปรียบเทียบให้เห็นว่า การจัดการกับ ลูกค้าในจำนวนที่เท่ากัน งานวิจัยนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้าได้อย่างไร

4.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564

สำหรับข้อมูลจากรายงานการจัดส่งสินค้า ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 ลูกค้าที่อยู่ในขอบเขตด้านพื้นที่ ในงานวิจัยชิ้นนี้ จะต้องทำการจัดส่งสินค้าทั้งหมด 67 ราย โดยผลลัพธ์จากการจัดการหน้างานนั้น ทางบริษัทกรณี ที่ศึกษาสามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ 43 ราย ทำให้ไม่สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าให้กับลูกค้าอีก 24 ราย ลูกค้า ในกลุ่มที่ไม่สามารถจัดเส้นทางได้นั้น ทางบริษัทกรณีที่ศึกษาจะทำการส่งสินค้าเป็นรายชิ้นผ่านศูนย์กระจายสินค้า หรือ จัดส่งสินค้าเป็นรายเที่ยวไปกับรถขนส่งสินค้าอีกเที่ยว

จะเห็นได้จากการจัดการหน้างาน มีคำสั่งซื้อที่ไม่สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ถึง 24 ราย การจัดส่ง สินค้าแยกออกไปจากการจัดส่งกับรถขนส่งสินค้า ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นนอกจากราคาเหมารถ Outsource ซึ่งถือเป็นปัญหาที่เกิดขึ้น โดยผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วยวิธี Metaheuristics เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาในการจัดเส้นทางส่งสินค้าให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดย กำหนด Service Time เป็น 30 นาที แสดงได้ดังภาพที่ 4.1 – 4.9 และ กำหนด Service Time เป็น 45 นาที แสดง ได้ดังภาพที่ 4.10 – 4.19

4.2.1.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยจากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการหาคำตอบ โดยกำหนดให้ระยะเวลาการรับภาระงาน (Service Time) ของลูกค้าแต่ละราย ในแต่ละเส้นทางนั้นเป็น 30 นาที จากการหาคำตอบ สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ทั้งหมด 9 เส้นทาง โดยแบ่งเป็น ใช้รถประเภท 4 ล้อ 8 คัน และ รถ 4 ล้อจัมป์ 1 คัน แสดงได้ดังภาพที่ 4.1 – 4.9

Vehicle:	V1 (4 ล้อ)	Stops:	9 Net profit:		-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2038
1	บริษัท เพ็ท เลิฟเวอร์ เซ็นเตอร์จำกัด (สำนักงานใหญ่)	96.62	1:36	09:36	10:06	2:06	0	1978
2	บริษัท บิวจินทร์ กรุป จำกัด	101.92	1:41	10:11	10:41	2:41	0	519
3	ร้านดีเดน (ตลาดมารวย)	125.78	2:05	11:05	11:35	3:35	0	458
4	กรภัทร หมอยา	139.24	2:19	11:49	12:19	4:19	0	358
5	ร้านดีเดน สาขาประชาร่วมใจ	142.50	2:22	12:22	12:52	4:52	0	318
6	ร้านดีเดน (สาขารวมเกล้า)	149.58	2:29	12:59	13:29	5:29	0	278
7	ห้างหุ้นส่วนจำกัด หมอจูน เพ็ทซ็อบ	163.58	2:43	13:43	14:13	6:13	0	271
8	เนาวรัตน์ แสงหิรัญ	166.89	2:46	14:16	14:46	6:46	0	41.9
9	บริษัท ซีเคเวท จำกัด	247.65	4:07	16:07	16:37	8:37	0	0

ภาพที่ 4.1 ผลการจัดรถคันที่1 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V2 (4 ล้อ)	Stops:	7 Net profit:		-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2069
1	นที ฮวดจิ่ง	128.75	2:08	10:08	10:38	2:38	0	967
2	บจก.เพ็ทคลับ (เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน)	133.60	2:13	10:43	11:13	3:13	0	842
3	บริษัท เค.ยู.การ์เด็น เซ็นเตอร์จำกัด	143.21	2:23	11:23	11:53	3:53	0	818
4	สาขานครินทร์	152.88	2:32	12:02	12:32	4:32	0	786
5	สาขาเดอะคริสตัล เอสบี ราชพฤกษ์	160.32	2:40	12:40	13:10	5:10	0	759
6	บริษัท คิง ออฟ เพ็ทส์ จำกัด	164.86	2:44	13:14	13:44	5:44	0	747
7	บริษัท เจ.เจ. การ์เด็น แอนด์	185.01	3:05	14:05	14:35	6:35	0	0

ภาพที่ 4.2 ผลการจัดรถคันที่2 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V3 (4 ล้อ)	Stops:	5 Net profit:		-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2092
1	ปิติพงษ์ มากสันเทียะ	108.45	1:48	09:48	10:18	2:18	0	1800
2	ทิพย์อักษร อภัยราช	119.27	1:59	10:29	10:59	2:59	0	1740
3	บริษัท โอเคเนะ กรุป 789 จำกัด	137.38	2:17	11:17	11:47	3:47	0	1144
4	สัมฤทธิ์ เลี้ยววัฒนากุล	148.93	2:28	11:58	12:28	4:28	0	1096
5	ศรีรัตน์ ศรีปรีเปรม	163.75	2:43	12:43	13:13	5:13	0	0

ภาพที่ 4.3 ผลการจัดรถคันที่3 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V4 (4 ล้อ)	Stops:	6	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1946
1	มัลลิกา จริยะปัญญา	118.47	1:58	09:58	10:28	2:28	0	1850
2	บริษัท เค เพ็ท เทรดิง จำกัด	133.80	2:13	10:43	11:13	3:13	0	382
3	สาขา MRT ลาดพร้าว	136.18	2:16	11:16	11:46	3:46	0	336
4	บริษัท มบุญเพ็ทซ็อบ จำกัด	138.79	2:18	11:48	12:18	4:18	0	136
5	พิมพ์พร ประสิทธิ์สุวรรณ	160.85	2:40	12:40	13:10	5:10	0	20
6	วิจิตร แก้วธำรงค์	162.68	2:42	13:12	13:42	5:42	0	0

ภาพที่ 4.4 ผลการจัดรถคันที่4 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V5 (4 ล้อ)	Stops:	11	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1841
1	ขวัญใจ หอมรวง	124.98	2:04	10:04	10:34	2:34	0	1783
2	สาขาเดอะพรมานาด	132.15	2:12	10:42	11:12	3:12	0	1744
3	ร้านดีเด่น (สาขานวมินทร์)	138.09	2:18	11:18	11:48	3:48	0	1684
4	น้องเพ็ทซ็อบ สาขาบางกะปิ	146.13	2:26	11:56	12:26	4:26	0	1664
5	บริษัท เค.ยู.การ์เด็น จำกัด	153.29	2:33	12:33	13:03	5:03	0	1544
6	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เมล็ดข้าวเพ็ทซ็อบ	158.71	2:38	13:08	13:38	5:38	0	1442
7	ร้าน แก้ว-ขวัญ	166.52	2:46	13:46	14:16	6:16	0	1032
8	สาขาแจส ศรีนครินทร์	168.74	2:48	14:18	14:48	6:48	0	978
9	สายชล ใจมัน	178.08	2:58	14:58	15:28	7:28	0	565
10	สมชัย แซ่ตั้ง	180.44	3:00	15:30	16:00	8:00	0	459
11	รุ่งนภา ทองทวีพรรณ	192.02	3:12	16:12	16:42	8:42	0	0

ภาพที่ 4.5 ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V6 (4 ล้อ)	Stops:	10	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1741
1	บริษัท เพ็ท เทเวนดีวัน จำกัด	114.16	1:54	09:54	10:24	2:24	0	1526
2	ร้านช็อคกาดูฟ (ม.หอการค้าไทย)	144.10	2:24	10:54	11:24	3:24	0	1412
3	บริษัท มบุญเพ็ทซ็อบ บาย ไอเคเอส	160.90	2:40	11:40	12:10	4:10	0	1351
4	สาขาเดอะมอลล์ท่าพระ	164.88	2:44	12:14	12:44	4:44	0	1303
5	พูลศักดิ์ ห่อสกุหล	175.97	2:55	12:55	13:25	5:25	0	1243
6	มัลลิกา พรสิริสันติ	185.72	3:05	13:35	14:05	6:05	0	837
7	บริษัท 168 เพ็ทซ็อบ ประชาอุทิศ 90	190.14	3:10	14:10	14:40	6:40	0	737
8	ปิยะจิตร มิ่งศิริ	208.76	3:28	14:58	15:28	7:28	0	345
9	พิมพ์รา ขจรวัชรา	210.73	3:30	15:30	16:00	8:00	0	120
10	ยศวัฒน์ ศิริชาวโรจน์กุล	219.53	3:39	16:09	16:39	8:39	0	0

ภาพที่ 4.6 ผลการจัดรถคันที่6 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V7 (4 ล้อ)	Stops:	8	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1998
1	ปกรณวิศ ศรีศศิวิมล	115.32	1:55	09:55	10:25	2:25	0	1828
2	I like pet shop	119.51	1:59	10:29	10:59	2:59	0	1431
3	เพชรลดดา ทางธรรม	132.97	2:12	11:12	11:42	3:42	0	1391
4	วรรณธาร กิตติปัญญา	140.67	2:20	11:50	12:20	4:20	0	1316
5	จงรัก เลิศวิสัย	144.56	2:24	12:24	12:54	4:54	0	132
6	สาขามหาไทย (ลาดพร้าว 122)	149.26	2:29	12:59	13:29	5:29	0	69.9
7	ธัชกร อินทร์แสง	151.71	2:31	13:31	14:01	6:01	0	29.9
8	บริษัท ฟูดแลนด์ปเปอร์มาร์เก็ตจำกัด	158.41	2:38	14:08	14:38	6:38	0	0

ภาพที่ 4.7 ผลการจัดรถคันที่7 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V8 (4 ล้อ)	Stops:	4	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2094
1	ประชา ศรีศศิวิมล	108.04	1:48	09:48	10:18	2:18	0	2016
2	ไพบูลย์ หลักล้า	124.15	2:04	10:34	11:04	3:04	0	1813
3	โรงพยาบาลสัตว์สายไหม	128.61	2:08	11:08	11:38	3:38	0	1650
4	บริษัท แมกซ์เฟ็ดฟูด จำกัด	133.12	2:13	11:43	12:13	4:13	0	0

ภาพที่ 4.8 ผลการจัดรถคันที่8 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V11 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	7	Net profit:	-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2562
1	Chocadoof บิมบางจาก(ถ.สุพรรณ-บางบัว)	123.89	2:03	10:03	10:33	2:33	0	2490
2	พลอย โกสินทร์	140.17	2:20	10:50	11:20	3:20	0	2430
3	สาขาเดอะมอลล์ บางแค	160.44	2:40	11:40	12:10	4:10	0	2319
4	สาขา Desing Village พุทธมณฑลสาย3	160.44	2:40	12:10	12:40	4:40	0	2263
5	วัดชัย ไชยวงศ์สุริย	166.72	2:46	12:46	13:16	5:16	0	2233
6	ตึกกัฮารุ (สาขาสานมหลวง)	168.02	2:48	13:18	13:48	5:48	0	12
7	บริษัท เฟอร์นิเจอร์ จำกัด	175.47	2:55	13:55	14:25	6:25	0	0

ภาพที่ 4.9 ผลการจัดรถคันที่9 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าทั้งหมด 9 เส้นทาง สำหรับลูกค้าทั้งหมด 67 ราย มีน้ำหนักของสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมด 18,380.89 กิโลกรัม โดยที่พื้นที่ความจุของรถขนส่งทั้งหมดรวม 19,800 กิโลกรัม หมายความว่า มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ความจุรถในการทำงาน (Task Utilization) จากการนำปริมาณสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมดหารด้วยความจุของรถทั้งหมด 9 คัน เป็น 93% และเกิดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้ารวมทั้งหมด 22,494 บาท ซึ่งจากปัญหาที่เกิดขึ้นหน่วยงานที่ไม่สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าให้กับลูกค้าทั้งหมดได้เมื่อใช้วิธีการ Metaheuristics จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างชัดเจน ทำให้ไม่เกิดต้นทุนที่เพิ่มเติมจากการจัดส่งสินค้าแยกตามไปอีกเที่ยวหนึ่ง

4.2.1.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลจากการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยจากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการหาคำตอบ โดยกำหนดให้ระยะเวลาการรับภาระงาน (Service Time) ของลูกค้าแต่ละราย ในแต่ละเส้นทางนั้นเป็น 45 นาที จากการหาคำตอบ สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ทั้งหมด 10 เส้นทาง โดยแบ่งเป็นใช้รถประเภท 4 ล้อ 9 คัน และ รถ 4 ล้อจัมป์ 1 คัน แสดงได้ดังภาพที่ 4.10 – 4.19

Vehicle:	V1 (4 ล้อ)	Stops:	8	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1185
1	ประชา ศรีศิริมล	108.04	1:48	09:48	10:33	2:33	0	1108
2	ไพบูลย์ หลีกคำ	124.15	2:04	10:49	11:34	3:34	0	905
3	ปกรณวิธ ศรีศิริมล	127.03	2:07	11:37	12:22	4:22	0	735
4	I like pet shop	131.23	2:11	12:26	13:11	5:11	0	338
5	โรงพยาบาลสัตว์สายไหม	134.53	2:14	13:14	13:59	5:59	0	175
6	ร้านดีเด่น (สาขานวมินทร์)	147.97	2:27	14:12	14:57	6:57	0	115
7	เพชรลดา ทางธรรม	153.29	2:33	15:03	15:48	7:48	0	74.9
8	วรรณธาร กิตติปัญญา	160.99	2:41	15:56	16:41	8:41	0	0

ภาพที่ 4.10 ผลการจัดรถคันที่1 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V2 (4 ล้อ)	Stops:	6	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2007
1	บริษัท แมกซ์เพ็ทฟูด จำกัด	122.90	2:02	10:02	10:47	2:47	0	356
2	สาขาเดอะพธมมาเนด	133.47	2:13	10:58	11:43	3:43	0	318
3	ร้านดีเด่น (สาขาร่มเกล้า)	146.87	2:26	11:56	12:41	4:41	0	278
4	ห้างหุ้นส่วนจำกัด หมอจูน เพ็ทซีอปป	160.87	2:40	12:55	13:40	5:40	0	271
5	เนาวรัตน์ แสงทัญญ	164.18	2:44	13:44	14:29	6:29	0	41.9
6	บริษัท ซีเคเวท จำกัด	244.94	4:04	15:49	16:34	8:34	0	0

ภาพที่ 4.11 ผลการจัดรถคันที่2 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V3 (4 ล้อ)	Stops:	5	Net profit:	-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2092
1	ปิติพงษ์ มากสันเทียะ	108.45	1:48	09:48	10:33	2:33	0	1800
2	ทิพย์อภัย อภัยราช	119.27	1:59	10:44	11:29	3:29	0	1740
3	บริษัท โอเคเนะ กรุ๊ป จำกัด	137.38	2:17	11:47	12:32	4:32	0	1144
4	สัมฤทธิ์ เลี้ยววัฒนากุล	148.93	2:28	12:43	13:28	5:28	0	1096
5	ศรีรัตน์ ศรีปรีเปรม	163.75	2:43	13:43	14:28	6:28	0	0

ภาพที่ 4.12 ผลการจัดรถคันที่3 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V4 (4 ล้อ)	Stops:	6	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1778
1	บริษัท เพ็ท เลิฟเวอร์ เซ็นเตอร์จำกัด (สำนักงานใหญ่)	96.62	1:36	09:36	10:21	2:21	0	1718
2	บริษัท บิวจินทร์ กรุป จำกัด	101.92	1:41	10:26	11:11	3:11	0	259
3	ร้านดีเด่น (ตลาดมารวย)	125.78	2:05	11:35	12:20	4:20	0	198
4	ขวัญใจ หอมรวง	136.34	2:16	12:31	13:16	5:16	0	140
5	ภรภัทร หมอยา	143.31	2:23	13:23	14:08	6:08	0	40
6	ร้านดีเด่น สาขาประชาร่วมใจ	146.57	2:26	14:11	14:56	6:56	0	0

ภาพที่ 4.13 ผลการจัดรถคันที่4 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V5 (4 ล้อ)	Stops:	6	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1946
1	มัลลิกา จริยะปัญญา	118.47	1:58	09:58	10:43	2:43	0	1850
2	บริษัท เค เพ็ท เทรดิง จำกัด	133.80	2:13	10:58	11:43	3:43	0	382
3	สาขา MRT ตลาดพร้าว	136.18	2:16	11:46	12:31	4:31	0	336
4	บริษัท มบุญเพ็ทซ็อบ จำกัด	138.79	2:18	12:33	13:18	5:18	0	136
5	พิมพพร ประสิทธิ์สุวรรณ	160.85	2:40	13:40	14:25	6:25	0	20
6	วิจิตร แก้วธารงค์	162.68	2:42	14:27	15:12	7:12	0	0

ภาพที่ 4.14 ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V6 (4 ล้อ)	Stops:	7	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2069
1	นที ฮวดจิง	128.75	2:08	10:08	10:53	2:53	0	967
2	บจก.เพ็ทคลับ (เดอะมอลล์ งามวงศ์วาน)	133.60	2:13	10:58	11:43	3:43	0	842
3	บริษัท เค.ยู.การ์เดน เซ็นเตอร์จำกัด	143.21	2:23	11:53	12:38	4:38	0	818
4	สาขานครินทร์	152.88	2:32	12:47	13:32	5:32	0	786
5	สาขาเดอะคริสตัล เอสบี ราชพฤกษ์	160.32	2:40	13:40	14:25	6:25	0	759
6	บริษัท คิง ออฟ เพ็ทส์ จำกัด	164.86	2:44	14:29	15:14	7:14	0	747
7	บริษัท เจ.เจ. การ์เดน แอนด์	185.01	3:05	15:35	16:20	8:20	0	0

ภาพที่ 4.15 ผลการจัดรถคันที่6 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V7 (4 ล้อ)	Stops:	7	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1004
1	บริษัท เพ็ท ทเวนตีวัน จำกัด	114.16	1:54	09:54	10:39	2:39	0	789
2	ร้านช็อคกาดูป (ม.หอการค้าไทย)	144.10	2:24	11:09	11:54	3:54	0	674
3	บริษัท มบุญเพ็ทซ็อบ บาย ไอเคเอส	160.90	2:40	12:10	12:55	4:55	0	614
4	สาขาเดอะมอลล์ท่าพระ	164.88	2:44	12:59	13:44	5:44	0	566
5	พูลศักดิ์ ห่อสกุหลาบ	175.97	2:55	13:55	14:40	6:40	0	506
6	มัลลิกา พรสิริสันติ	185.72	3:05	14:50	15:35	7:35	0	100
7	บริษัท 168 เพ็ทซ็อบ ประชาอุทิศ 90	190.14	3:10	15:40	16:25	8:25	0	0

ภาพที่ 4.16 ผลการจัดรถคันที่7 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V8 (4 ล้อ)	Stops:	7 Net profit:		-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1747
1	น้องเพ็ทซ็อบ สาขาบางกะปิ	135.35	2:15	10:15	11:00	3:00	0	1727
2	บริษัท เค.ยู.การ์เดน จำกัด	142.51	2:22	11:07	11:52	3:52	0	1607
3	ร้าน แก้ว-ขวัญ	151.29	2:31	12:01	12:46	4:46	0	1197
4	ยศววัฒน์ ศิริขวโรจน์กุล	161.82	2:41	12:56	13:41	5:41	0	1077
5	ปิยะฉัตร มิ่งศิริ	168.40	2:48	13:48	14:33	6:33	0	684
6	พิมรา ขจรวีรธา	170.36	2:50	14:35	15:20	7:20	0	459
7	รุ่งนภา ทองทวีพรณ	186.65	3:06	15:36	16:21	8:21	0	0

ภาพที่ 4.17 ผลการจัดรถคันที่8 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V9 (4 ล้อ)	Stops:	8 Net profit:		-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1991
1	ธัชกร อินทร์แสง	135.69	2:15	10:15	11:00	3:00	0	1951
2	จรงค์ เลิศวิสัย	137.62	2:17	11:02	11:47	3:47	0	767
3	สาขามหาไไทย (ลาดพร้าว 122)	142.32	2:22	11:52	12:37	4:37	0	705
4	บริษัท ฟูดแลนด์ซูเปอร์มาร์เก็ตจำกัด	148.05	2:28	12:43	13:28	5:28	0	675
5	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เมล็ดข้าวเพ็ทซ็อบ	161.76	2:41	13:41	14:26	6:26	0	573
6	สาขาแอส ศรีนครินทร์	168.98	2:48	14:33	15:18	7:18	0	518
7	สมชัย แซ่ตั้ง	175.96	2:55	15:25	16:10	8:10	0	412
8	สายชล ใจมัน	178.32	2:58	16:13	16:58	8:58	0	0

ภาพที่ 4.18 ผลการจัดรถคันที่9 (4ล้อ) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V13 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	7 Net profit:		-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2562
1	Chocadoof บีมบางจาก(ถ.สุพรรณ-บางบัว)	123.89	2:03	10:03	10:48	2:48	0	2490
2	พลอย โกสินทร์	140.17	2:20	11:05	11:50	3:50	0	2430
3	สาขาเดอะมอลล์ บางแค	160.44	2:40	12:10	12:55	4:55	0	2319
4	สาขา Desing Village พุทธมณฑลสาย3	160.44	2:40	12:55	13:40	5:40	0	2263
5	วุฒิชัย ไชยวงศ์สุริย	166.72	2:46	13:46	14:31	6:31	0	2233
6	ต๋อแก้วฮาร์ท (สาขาสานมหลวง)	168.02	2:48	14:33	15:18	7:18	0	12
7	บริษัท เฝ้าภาคิน จำกัด	175.47	2:55	15:25	16:10	8:10	0	0

ภาพที่ 4.19 ผลการจัดรถคันที่10 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าทั้งหมด 10 เส้นทาง สำหรับลูกค้าทั้งหมด 67 ราย มีน้ำหนักของสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมด 18,380.89 กิโลกรัม โดยที่พื้นที่ความจุของรถขนส่งทั้งหมดรวม 21,900 กิโลกรัม หมายความว่า มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ความจุรถในการทำงาน (Task Utilization) จากการนำปริมาณสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมดหารด้วยความจุของรถทั้งหมด 10 คัน เป็น 84% และเกิดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้ารวมทั้งหมด 25,035 บาท ซึ่งจากปัญหาที่เกิดขึ้นหน่วยงานที่ไม่สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าให้กับลูกค้าทั้งหมดได้เมื่อใช้วิธีการ Metaheuristics จะสามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้อย่างชัดเจน ทำให้ไม่เกิดต้นทุนที่เพิ่มเติมจากการจัดส่งสินค้าแยกตามไปอีกเที่ยวหนึ่ง

4.2.1.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564

ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าหน้างานของบริษัทกรณีที่ศึกษา ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยชิ้นนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้าได้อย่างไร โดยจะเปรียบเทียบจาก จำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ ต้นทุนรวมจากการดำเนินงาน และ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่รถขนส่งวัดจากปริมาณสินค้าที่จัดส่งทั้งหมด หาดด้วยความจุของรถขนส่งทั้งหมด แสดงได้ดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 18 มิถุนายน พ.ศ. 2564

การจัดเส้นทาง	จำนวนลูกค้า (ราย)	ต้นทุนรวม (บาท)	ปริมาณสินค้า (กก.)	ความจุรถขนส่ง (กก.)	% Task Utilization
แบบเดิม	44	24,490.25	18,268.56	22,800	80%
Metaheuristics (30 นาที)	67	22,610	18,380.89	19,800	93%
Metaheuristics (45 นาที)	67	25,035	18,380.89	21,900	84%

จากตารางที่ 4.1 การจัดเส้นทางรูปแบบเดิม คือ ผลลัพธ์จากการดำเนินงานหน้างานของบริษัทกรณีที่ศึกษา และทำการเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วยวิธี Metaheuristics โดยกำหนด Service Time เป็น 30 กับ 45 นาที ดังนี้

- เมื่อเปรียบเทียบที่จำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ วิธีการแบบเดิมสามารถจัดรวมการส่งสินค้าของลูกค้า ได้เพียง 44 ราย ในขณะที่วิธีการ Metaheuristics จะสามารถจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ทั้งหมดคือ 67 ราย เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางให้ครอบคลุมลูกค้าในจำนวนที่มากขึ้น
- ต้นทุนรวมจากการดำเนินงานวิธีแบบเดิมมีต้นทุนรวมเกิดขึ้น 24,490.25 บาทในขณะที่วิธีการ Metaheuristics สามารถลดต้นทุนลงได้สำหรับการกำหนด Service Time 30 และ 45 นาที เป็น 22,610 บาท และ 25,035 บาท ในขณะที่จำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเส้นทางได้ มีมากกว่าแบบเดิมถึง 23 ราย จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้า โดยที่สามารถลดต้นทุนส่วนที่เป็นค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการแยกส่งสินค้าของลูกค้า 23 รายออกไป และ ต้นทุนรวมเมื่อมีลูกค้า 67 รายยังคงน้อยกว่าแบบเดิมที่ลูกค้า 44 ราย

3. ปริมาณสินค้าที่จัดส่งสามารถเพิ่มขึ้นได้เนื่องจากจำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ โดยเพิ่มขึ้นจากแบบเดิมที่ 18,268.56 กก. เป็น 18,380.89 กก. ทั้งรูปแบบ Metaheuristics 30 และ 45 นาที
4. ความจุของรถขนส่งแบบเดิม 22,800 กก. แต่เมื่อใช้วิธี Metaheuristics 30 และ 45 นาที สามารถลดพื้นที่ของรถขนส่งรวมลงได้เป็น 19,800 กก. และ 21,900 กก. นั้นหมายความว่าวิธีการ Metaheuristics สามารถจัดสรรสินค้าไปยังรถขนส่งได้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น
5. เมื่อเปรียบเทียบที่ Task Utilization หรือ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่รถขนส่งวิธีการ Metaheuristics ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดย รูปแบบเดิมจะมีค่า 80% แต่รูปแบบ Metaheuristics 30 และ 45 นาที ให้ค่าอยู่ที่ 93% และ 84% จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดส่งสินค้ามากขึ้น

4.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564

สำหรับข้อมูลจากรายงานการจัดส่งสินค้า ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 ลูกค้าที่อยู่ในขอบเขตด้านพื้นที่ในงานวิจัยชิ้นนี้ จะต้องทำการจัดส่งสินค้าทั้งหมด 28 ราย โดยผลลัพธ์จากการจัดการหน้านางานนั้น ทางบริษัทกรณี ที่ศึกษาสามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้กับลูกค้าทั้งหมด ทำให้ไม่มีการแยกส่งสินค้าเป็นรายชิ้นผ่านศูนย์กระจายสินค้า หรือ จัดส่งสินค้าเป็นรายเที่ยวไปกับรถขนส่งสินค้าอีกเที่ยว

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าหน้านางานถึงแม้ว่าจะสามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าให้กับลูกค้าทุกรายได้ ทำให้ไม่เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นนอกจากราคาเหมารถ Outsource แต่ยังคงมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการที่มีการจัดส่งสินค้าออกนอกโซนที่กำหนดเอาไว้ จากงานวิจัยชิ้นนี้การทำ Cluster First Route Second ทำให้ก่อนการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วย Metaheuristics ทำให้ไม่เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการจัดส่งสินค้าออกนอกโซนที่กำหนดเอาไว้ เป็นการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยกำหนด Service Time เป็น 30 นาที แสดงได้ดังภาพที่ 4.20 – 4.26 และ กำหนด Service Time เป็น 45 นาที แสดงได้ดังภาพที่ 4.27 – 4.33

4.2.2.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30 นาที)

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลจากการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยจากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการหาคำตอบ โดยกำหนดให้ระยะเวลาการรับภาระงาน (Service Time) ของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทางนั้นเป็น 30 นาที จากการหาคำตอบ สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ทั้งหมด 7 เส้นทาง โดยแบ่งเป็นใช้รถประเภท 4 ล้อ 3 คัน และ รถ 4 ล้อจัมโบ้ 1 คัน แสดงได้ดังภาพที่ 4.20 – 4.26

Vehicle:	V1 (4 ล้อ)	Stops:	6	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1753
1	เมธี วุฒิชัยรังสรรค์	134.24	2:14	10:14	10:44	2:44	0	1303
2	สัมฤทธิ์ เลี้ยววัฒนากุล	144.18	2:24	10:54	11:24	3:24	0	1255
3	วรรณธาร กิตติบุญโญ	177.35	2:57	11:57	12:27	4:27	0	1180
4	บริษัท เค.ยู.การ์เดน จำกัด	198.66	3:18	12:48	13:18	5:18	0	952
5	โกดัง เมล็ดข้าว	204.36	3:24	13:24	13:54	5:54	0	102
6	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เมล็ดข้าวเพ็ทซ็อบ	204.70	3:24	13:54	14:24	6:24	0	0

ภาพที่ 4.20 ผลการจัดรถคันที่1 (4ล้อ) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V2 (4 ล้อ)	Stops:	2	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2062
1	สาขาปิยมบุตร	140.78	2:20	10:20	10:50	2:50	0	41.9
2	บริษัท ซีเคเวท จำกัด	227.51	3:47	12:17	12:47	4:47	0	0

ภาพที่ 4.21 ผลการจัดรถคันที่2 (4ล้อ) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V3 (4 ล้อ)	Stops:	2	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1415
1	ปลดเกษรา วรภัทรสกุล	48.93	0:48	08:48	09:18	1:18	0	900
2	มาริดา รุขพันธ์เมธี	114.95	1:54	10:24	10:54	2:54	0	0

ภาพที่ 4.22 ผลการจัดรถคันที่3 (4ล้อ) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V11 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	9	Net profit:	-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2936
1	บริษัท คิง ออฟ เพ็ทส์ จำกัด	136.44	2:16	10:16	10:46	2:46	0	2929
2	สาขานครินทร์	139.91	2:19	10:49	11:19	3:19	0	2915
3	บริษัท เค.ยู.การ์เดน เซ็นเตอร์ (2)	146.75	2:26	11:26	11:56	3:56	0	2096
4	รุ่งโรจน์ แต่โพธิ์สูงพงษ์	149.13	2:29	11:59	12:29	4:29	0	2051
5	พลอย โกสินทร์	163.21	2:43	12:43	13:13	5:13	0	1991
6	ณัชชาธิ์ ขาดินกรบ	168.12	2:48	13:18	13:48	5:48	0	1871
7	บจ.เผ่าภากิน (สาขากัลปพฤกษ์)	185.83	3:05	14:05	14:35	6:35	0	1373
8	เจนจิรา สิละวัฒนพันธ์	190.49	3:10	14:40	15:10	7:10	0	853
9	บริษัท เดอะ ทรีโอ ออเนียว จำกัด	201.14	3:21	15:21	15:51	7:51	0	0

ภาพที่ 4.23 ผลการจัดรถคันที่4 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V12 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	7	Net profit:	-2929.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2954
1	อารีรัตน์ เกษมพรหมณี	148.19	2:28	10:28	10:58	2:58	0	2854
2	พูลศักดิ์ ห่อสกลหล	161.40	2:41	11:11	11:41	3:41	0	2847
3	ปนัดดา ง้าวสุวรรณ	164.56	2:44	11:44	12:14	4:14	0	2833
4	บริษัท ภูริเพ็ทชีอป จำกัด	171.73	2:51	12:21	12:51	4:51	0	2584
5	บริษัท เจ.เจ. การ์เด็น แอนด์	183.37	3:03	13:03	13:33	5:33	0	314
6	ร้านฮายาโตะ เพ็ท	191.19	3:11	13:41	14:11	6:11	0	29.4
7	บริษัท เฝ้าภาคิน จำกัด	199.14	3:19	14:19	14:49	6:49	0	0

ภาพที่ 4.24 ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V13 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	2	Net profit:	-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2849
1	บริษัท สดาร์ออลเพ็ทส์ จำกัด	123.91	2:03	10:03	10:33	2:33	0	2825
2	ร้านกิตติศักดิ์ (เมืองทองธานี)	126.84	2:06	10:36	11:06	3:06	0	0

ภาพที่ 4.25 ผลการจัดรถคันที่6 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V14 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2998
1	บริษัท เค.ยู. การ์เด็น เซ็นเตอร์ (1)	133.13	2:13	10:13	10:43	2:43	0	0

ภาพที่ 4.26 ผลการจัดรถคันที่7 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (30นาที)

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าทั้งหมด 7 เส้นทาง สำหรับลูกค้าทั้งหมด 28 ราย มีน้ำหนักของสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมด 16,968.372 กิโลกรัม โดยที่พื้นที่ความจุของรถขนส่งทั้งหมดรวม 18,300 กิโลกรัม หมายความว่า มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ความจุในการทำงาน (Task Utilization) จากการนำปริมาณสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมดหารด้วยความจุของรถทั้งหมด 7 คัน เป็น 93% และเกิดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้ารวมทั้งหมด 18,499 บาท

4.2.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาที)

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลจากการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยจากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการหาคำตอบ โดยกำหนดให้ระยะเวลาการรับภาระงาน (Service Time) ของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทางนั้นเป็น 45 นาที จากการหาคำตอบ สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ทั้งหมด 7 เส้นทาง โดยแบ่งเป็น ใช้รถประเภท 4 ล้อ 3 คัน และ รถ 4 ล้อจัมโบ้ 1 คัน แสดงได้ดังภาพที่ 4.27 – 4.33

Vehicle:	V1 (4 ล้อ)	Stops:	6	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2093
1	ปทุมธานี วรภัทรสกุล	48.93	0:48	08:48	09:33	1:33	0	1578
2	นาริตา รุขพันธ์เมธิ	114.95	1:54	10:39	11:24	3:24	0	678
3	เมธิ วุฒิชัยรังสรรค์	169.88	2:49	12:19	13:04	5:04	0	228
4	สัมฤทธิ์ เลี้ยววัฒนากุล	179.83	2:59	13:14	13:59	5:59	0	180
5	พลอย โกสินทร์	191.87	3:11	14:11	14:56	6:56	0	120
6	กษิชาธิ์ ขาดินกรบ	196.77	3:16	15:01	15:46	7:46	0	0

ภาพที่ 4.27 ผลการจัดรถคันที่1 (4ล้อ) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาทื)

Vehicle:	V2 (4 ล้อ)	Stops:	2	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2062
1	สาขาปิยะบุตร	140.78	2:20	10:20	11:05	3:05	0	41.9
2	บริษัท ซีเคเวท จำกัด	227.51	3:47	12:32	13:17	5:17	0	0

ภาพที่ 4.28 ผลการจัดรถคันที่2 (4ล้อ) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาทื)

Vehicle:	V3 (4 ล้อ)	Stops:	5	Net profit:	-2425.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2044
1	บริษัท เค.ยู.การเดิน เข็นเดอร์ (2)	133.13	2:13	10:13	10:58	2:58	0	1225
2	รุ่งโรจน์ แดไฟลิรพงษ์	135.52	2:15	11:00	11:45	3:45	0	1180
3	บริษัท เค.ยู.การเดิน จำกัด	168.91	2:48	12:18	13:03	5:03	0	952
4	โกดัง เมล็ดข้าว	174.61	2:54	13:09	13:54	5:54	0	102
5	ห้างหุ้นส่วนจำกัด เมล็ดข้าวเพ็ทซ็อป	174.95	2:54	13:54	14:39	6:39	0	0

ภาพที่ 4.29 ผลการจัดรถคันที่3 (4ล้อ) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาทื)

Vehicle:	V11 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	6	Net profit:	-2929.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2715
1	วรรณธาร กิตติภิญโญ	130.06	2:10	10:10	10:55	2:55	0	2640
2	อารีรัตน์ เกษมพรมณี	157.37	2:37	11:22	12:07	4:07	0	2540
3	พูลศักดิ์ ห่อสกุลหล	170.59	2:50	12:20	13:05	5:05	0	2533
4	ปนัดดา จ้าวสุวรรณ	173.74	2:53	13:08	13:53	5:53	0	2518
5	บริษัท กุรีเพ็ทซ็อป จำกัด	180.91	3:00	14:00	14:45	6:45	0	2270
6	บริษัท เจ.เจ. การเดิน แอนด์	192.55	3:12	14:57	15:42	7:42	0	0

ภาพที่ 4.30 ผลการจัดรถคันที่4 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาทื)

Vehicle:	V12 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	2	Net profit:	-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2849
1	บริษัท สตาร์ออลเพ็ทส์ จำกัด	123.91	2:03	10:03	10:48	2:48	0	2825
2	ร้านกิตติศักดิ์ (เมืองทองธานี)	126.84	2:06	10:51	11:36	3:36	0	0

ภาพที่ 4.31 ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45นาทื)

Vehicle:	V13 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2998
1	บริษัท เค.ยู.การ์เด็น เซ็นเตอร์ (1)	133.13	2:13	10:13	10:58	2:58	0	0

ภาพที่ 4.32 ผลการจัดรถคันที่ 6 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45 นาที)

Vehicle:	V14 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	7	Net profit:	-2765.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2207
1	บริษัท คิง ออฟ เพ็ทส์ จำกัด	136.44	2:16	10:16	11:01	3:01	0	2200
2	สาขานครินทร์	139.91	2:19	11:04	11:49	3:49	0	2185
3	เจนจิรา ลีละวัฒนพันธ์	153.27	2:33	12:03	12:48	4:48	0	1665
4	บจ.เผ่าภาคิน (สาขากัลปพฤกษ์)	158.33	2:38	12:53	13:38	5:38	0	1167
5	บริษัท เดอะ ทรีโอ อเวนิว จำกัด	167.72	2:47	13:47	14:32	6:32	0	314
6	ร้านฮายาโดะ เพ็ท	169.98	2:49	14:34	15:19	7:19	0	29.4
7	บริษัท เผ่าภาคิน จำกัด	177.93	2:57	15:27	16:12	8:12	0	0

ภาพที่ 4.33 ผลการจัดรถคันที่ 7 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564 (45 นาที)

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าทั้งหมด 7 เส้นทาง สำหรับลูกค้าทั้งหมด 28 ราย มีน้ำหนักของสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมด 16,968.372 กิโลกรัม โดยที่พื้นที่ความจุของรถขนส่งทั้งหมดรวม 18,300 กิโลกรัม หมายความว่า มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ความจุรถในการทำงาน (Task Utilization) จากการนำปริมาณสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมดหารด้วยความจุของรถทั้งหมด 7 คัน เป็น 93% และเกิดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้ารวมทั้งหมด 18,499 บาท

4.2.2.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564

ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าหน้างานของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบว่างานวิจัยชิ้นนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้าได้อย่างไร โดยจะเปรียบเทียบจาก จำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ ต้นทุนรวมจากการดำเนินงาน และ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่รถขนส่งวัดจากปริมาณสินค้าที่จัดส่งทั้งหมด หารด้วยความจุของรถขนส่งทั้งหมด แสดงได้ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 19 มิถุนายน พ.ศ. 2564

การจัดเส้นทาง	จำนวนลูกค้า (ราย)	ต้นทุนรวม (บาท)	ปริมาณสินค้า (กก.)	ความจุรถขนส่ง (กก.)	% Task Utilization
แบบเดิม	30	21,826	18,308.38	21,300	86%
Metaheuristics (30 นาที)	28	18,499	16,968.37	18,300	93%
Metaheuristics (45 นาที)	28	18,499	16,968.37	18,300	93%

จากตารางที่ 4.2 การจัดเส้นทางรูปแบบเดิม คือ ผลลัพธ์จากการดำเนินงานหน้างานของบริษัทฯ ที่ศึกษา และทำการเปรียบเทียบกับ การจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วยวิธี Metaheuristics โดยกำหนด Service Time เป็น 30 กับ 45 นาที ดังนี้

- เมื่อเปรียบเทียบที่จำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ วิธีการแบบเดิมสามารถจัดการขนส่งสินค้าของลูกค้า ได้ 30 ราย ในขณะที่วิธีการ Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที จะสามารถจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ 28 ราย โดยจำนวนลูกค้าที่ลดลงเป็นผลมาจากขั้นตอน Cluster First Route Second ที่ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มลูกค้าที่จะทำการจัดเส้นทางส่งสินค้า ก่อนที่จะหาคำตอบด้วย Metaheuristics
- เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนจากการดำเนินงานที่เกิดขึ้น วิธีการแบบเดิมจะมีต้นทุนรวมอยู่ที่ 21,826 ในขณะที่วิธีการ Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที มีต้นทุนรวมเท่ากันที่ 18,499 บาท ถึงแม้ว่าการที่จำนวนลูกค้าที่นำไปจัดเส้นทางส่งสินค้าลดลง จะส่งผลให้ต้นทุนรวมลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นต้นทุนต่อลูกค้า 1 ราย (ต้นทุนรวม/จำนวนลูกค้า) จะเห็นได้ว่า รูปแบบเดิมจะมีต้นทุนต่อลูกค้า 1 รายเท่ากับ 727.53 บาท/ลูกค้า 1 ราย ในขณะที่วิธี Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที จะมีต้นทุนต่อลูกค้า 1 รายที่ 660.68 บาท/ลูกค้า 1 ราย ทำให้วิธีการ Metaheuristics สามารถเพิ่มประสิทธิภาพโดยสามารถลดต้นทุนรวมลงได้
- เปรียบเทียบจากปริมาณสินค้าที่จัดส่งได้ วิธีการแบบเดิมจะสามารถจัดส่งสินค้าได้ 18,308.38 กก. ในขณะที่วิธีการ Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที สามารถจัดส่งสินค้าได้ 16,968.37 กก. การจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าที่น้อยลงจากวิธี Metaheuristics เนื่องมาจากจำนวนลูกค้าที่ต้องจัดส่งในเส้นทางลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นต้นทุนต่อสินค้า 1 กก. (ต้นทุนรวม/ปริมาณสินค้า) รูปแบบเดิมจะมีต้นทุนอยู่ที่

- 1.19 บาท/กก. ในขณะที่รูปแบบ Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที มีต้นทุน 1.09 บาท/กก. นั้นหมายความว่าวิธีการ Metaheuristics มีต้นทุนรวมที่ต่ำกว่ารูปแบบเดิม สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้าได้
4. ความจุของรถขนส่งแบบเดิม 21,300 กก. แต่เมื่อใช้วิธี Metaheuristics 30 และ 45 นาที สามารถลดพื้นที่ของรถขนส่งรวมลงได้เป็น 18,300 กก. นั้นหมายความว่าวิธีการ Metaheuristics สามารถจัดสรรสินค้าไปยังรถขนส่งได้เกิดประสิทธิภาพมากขึ้น
 5. เมื่อเปรียบเทียบที่ Task Utilization หรือ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่รถขนส่งวิธีการ Metaheuristics ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดย รูปแบบเดิมจะมีค่า 86% แต่รูปแบบ Metaheuristics 30 และ 45 นาที ให้ค่าอยู่ที่ 93% จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดส่งสินค้ามากขึ้น

4.2.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564

สำหรับข้อมูลจากรายงานการจัดส่งสินค้า ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 ลูกค้าที่อยู่ในขอบเขตด้านพื้นที่ในงานวิจัยชิ้นนี้ จะต้องทำการจัดส่งสินค้าทั้งหมด 31 ราย โดยผลลัพธ์จากการจัดการหน้านงานนั้น ทางบริษัทกรณี ที่ศึกษาสามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้กับลูกค้าทั้งหมด ทำให้ไม่มีการแยกส่งสินค้าเป็นรายชิ้นผ่านศูนย์กระจายสินค้า หรือ จัดส่งสินค้าเป็นรายเที่ยวไปกับรถขนส่งสินค้าอีกเที่ยว

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าหน้างานถึงแม้ว่าจะสามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าให้กับลูกค้าทุกรายได้ ทำให้ไม่เกิดค่าใช้จ่ายที่เพิ่มมากขึ้นนอกจากราคาเหมารถ Outsource แต่ยังคงมีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการที่มีการจัดส่งสินค้าออกนอกโซนที่กำหนดเอาไว้ จากงานวิจัยชิ้นนี้การทำ Cluster First Route Second ทำให้ก่อนการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วย Metaheuristics ทำให้ไม่เกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มเติมจากการจัดส่งสินค้าออกนอกโซนที่กำหนดเอาไว้ เป็นการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพมากขึ้น ผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ข้อมูลโดยกำหนด Service Time เป็น 30 นาที แสดงได้ดังภาพที่ 4.34 – 4.44 และ กำหนด Service Time เป็น 45 นาที แสดงได้ดังภาพที่ 4.45 – 4.55

4.2.3.1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30 นาที)

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยจากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการหาคำตอบ โดยกำหนดให้ระยะเวลาการรับภาระงาน (Service Time) ของลูกค้าแต่ละราย ในแต่ละเส้นทางนั้นเป็น 30 นาที จากการหาคำตอบ สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ทั้งหมด 11 เส้นทาง โดยแบ่งเป็นใช้รถประเภท 4 ล้อ 8 คัน และ รถ 4 ล้อจัมป์ 3 คัน แสดงได้ดังภาพที่ 4.34 – 4.44

Vehicle:	V1 (4 ล้อ)	Stops:	2	Net profit:	-2202.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1964
1	ซื้อคากูฟ บางคูวัด	0.04	0:00	08:00	08:30	0:30	0	1914
2	บริษัท เค.ยู.การเดิน เซ็นเตอร์	133.21	2:13	10:43	11:13	3:13	0	0

ภาพที่ 4.34 ผลการจัดรถคันที่1 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30 นาที)

Vehicle:	V2 (4 ล้อ)	Stops:	2	Net profit:	-2202.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2000
1	คุณเปรมทิพย์ ธนะโสธร	118.40	1:58	09:58	10:28	2:28	0	1400
2	ร้านกิตติศักดิ์ (เมืองทองธานี)	129.14	2:09	10:39	11:09	3:09	0	0

ภาพที่ 4.35 ผลการจัดรถคันที่2 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30 นาที)

Vehicle:	V3 (4 ล้อ)	Stops:	5	Net profit:	-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1714
1	บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด	124.14	2:04	10:04	10:34	2:34	0	1431
2	Chocadoof บีมบางจาก(ถ.สุพรรณ-บางบัว)	127.80	2:07	10:37	11:07	3:07	0	1080
3	วรรณิกา พรหมหอม	144.34	2:24	11:24	11:54	3:54	0	280
4	บริษัท เฟ็ท เลิฟเวอร์ เซ็นเตอร์	144.34	2:24	11:54	12:24	4:24	0	80
5	I like pet shop	144.35	2:24	12:24	12:54	4:54	0	0

ภาพที่ 4.36 ผลการจัดรถคันที่3 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30 นาที)

Vehicle:	V4 (4 ล้อ)	Stops:	10	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1228
1	พรพิศ แซ่ซัน (แต)	125.39	2:05	10:05	10:35	2:35	0	1028
2	เกษร พิมล	125.68	2:05	10:35	11:05	3:05	0	1007
3	บัวจันทร์ (สาขาสมุทรปราการ) (2)	125.69	2:05	11:05	11:35	3:35	0	971
4	บริษัท ริวา พรีเมียม เฟ็ท สโตร์	142.48	2:22	11:52	12:22	4:22	0	970
5	บริษัท โรงพยาบาลสัตว์ทองหล่อ จำกัด	155.16	2:35	12:35	13:05	5:05	0	937
6	สาขาทองหล่อ	156.08	2:36	13:06	13:36	5:36	0	931
7	ร้าน แก้ว-ขวัญ	168.70	2:48	13:48	14:18	6:18	0	490
8	ยศวัฒน์ ศิริขวัญโรจน์กุล	179.09	2:59	14:29	14:59	6:59	0	461
9	เนาวคุณ เลอเลิศวิชัย	203.72	3:23	15:23	15:53	7:53	0	161
10	จันทร์ทิวา ชีวะผลบุญณ์	215.07	3:35	16:05	16:35	8:35	0	0

ภาพที่ 4.37 ผลการจัดรถคันที่4 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30 นาที)

Vehicle:	V5 (4 ล้อ)	Stops:	1	Net profit:	-1455.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2000
1	ร้านกีดติศักดิ์ สระบุรี (2)	31.70	0:31	08:31	09:01	1:01	0	0

ภาพที่ 4.38 ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V6 (4 ล้อ)	Stops:	9	Net profit:	-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1997
1	บริษัท คิง ออฟ เพ็ทส์ จำกัด	129.33	2:09	10:09	10:39	2:39	0	1797
2	สาขานครินทร์	129.60	2:09	10:39	11:09	3:09	0	1737
3	ชินพงศ์ เพชรประพันธ์	129.60	2:09	11:09	11:39	3:39	0	1327
4	พิมพารา พิกุล	129.60	2:09	11:39	12:09	4:09	0	1113
5	บริษัท เงินทอง มาร์เก็ตติ้ง จำกัด	129.60	2:09	12:09	12:39	4:39	0	875
6	วนิดา ห้าวหาญ	129.87	2:09	12:39	13:09	5:09	0	837
7	จิตาภา รัตนกุลสกุล	132.57	2:12	13:12	13:42	5:42	0	597
8	จันทิมา สุจริตสถิตานนท์	136.46	2:16	13:46	14:16	6:16	0	536
9	ร้านเพ็ท เอ็นจอย	143.24	2:23	14:23	14:53	6:53	0	0

ภาพที่ 4.39 ผลการจัดรถคันที่6 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V7 (4 ล้อ)	Stops:	1	Net profit:	-2202.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2000
1	รุ่งตะวัน บุญส่ง (1)	153.77	2:33	10:33	11:03	3:03	0	0

ภาพที่ 4.40 ผลการจัดรถคันที่7 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V8 (4 ล้อ)	Stops:	1	Net profit:	-2202.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2000
1	รุ่งตะวัน บุญส่ง (2)	153.77	2:33	10:33	11:03	3:03	0	0

ภาพที่ 4.41 ผลการจัดรถคันที่8 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V11 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-1668.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2390
1	ร้านกีดติศักดิ์ สระบุรี (1)	31.70	0:31	08:31	09:01	1:01	0	0

ภาพที่ 4.42 ผลการจัดรถคันที่9 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V12 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-2929.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	3000
1	บัวจันทร์ (สาขาสุมทพรปราการ) (1)	125.26	2:05	10:05	10:35	2:35	0	0

ภาพที่ 4.43 ผลการจัดรถคันที่10 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)

Vehicle:	V13 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-2522.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2588
1	บริษัท บัวจันทร์ กรุ๊ป จำกัด	132.64	2:12	10:12	10:42	2:42	0	0

ภาพที่ 4.44 ผลการจัดรถคันที่11 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30นาที)

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าทั้งหมด 11 เส้นทาง สำหรับลูกค้าทั้งหมด 31 ราย มีน้ำหนักของสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมด 22,880.877 กิโลกรัม โดยที่พื้นที่ความจุของรถขนส่งทั้งหมดรวม 25,800 กิโลกรัม หมายความว่า มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ความจุรถในการทำงาน (Task Utilization) จากการนำปริมาณสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมดหารด้วยความจุของรถทั้งหมด 11 คัน เป็น 88% และเกิดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้ารวมทั้งหมด 25,366 บาท

4.2.3.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

ในส่วนนี้จะเป็นการแสดงผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ โดยจากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการหาคำตอบ โดยกำหนดให้ระยะเวลาการรับภาระงาน (Service Time) ของลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทางนั้นเป็น 45 นาที จากการหาคำตอบ สามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้ทั้งหมด 11 เส้นทาง โดยแบ่งเป็นใช้รถประเภท 4 ล้อ 8 คัน และ รถ 4 ล้อจัมโบ้ 3 คัน แสดงได้ดังภาพที่ 4.45 – 4.55

Vehicle:	V1 (4 ล้อ)	Stops:	3	Net profit:	-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2050
1	ซื้อคากาดูฟ บางคูวัด	0.04	0:00	08:00	08:45	0:45	0	2000
2	คุณปรางทิพย์ ธนะโสธร	118.48	1:58	10:43	11:28	3:28	0	1400
3	ร้านกิตติศักดิ์ (เมืองทองธานี)	129.23	2:09	11:39	12:24	4:24	0	0

ภาพที่ 4.45 ผลการจัดรถคันที่1 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V2 (4 ล้อ)	Stops:	4	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2067
1	บริษัท โรงพยาบาลสัตว์ทองหล่อ จำกัด	142.04	2:22	10:22	11:07	3:07	0	2035
2	สาขาทองหล่อ	142.97	2:22	11:07	11:52	3:52	0	2029
3	รุ่งตะวัน บุญส่ง (1)	155.98	2:35	12:05	12:50	4:50	0	28.8
4	ยศวรมณ์ ศิริขจรกุล	167.30	2:47	13:02	13:47	5:47	0	0

ภาพที่ 4.46 ผลการจัดรถคันที่2 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V3 (4 ล้อ)	Stops:	5	Net profit:	-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1714
1	บริษัท เซ็นทรัล ฟู้ด รีเทล จำกัด	124.14	2:04	10:04	10:49	2:49	0	1431
2	Chocadoof บัมบางจาก(ถ.สุพรรณ-บางบัว)	127.80	2:07	10:52	11:37	3:37	0	1080
3	บริษัท เพ็ท เลิฟเวอร์ เซ็นเตอร์	144.34	2:24	11:54	12:39	4:39	0	880
4	วรรณิกา พรหมหอม	144.34	2:24	12:39	13:24	5:24	0	80
5	I like pet shop	144.35	2:24	13:24	14:09	6:09	0	0

ภาพที่ 4.47 ผลการจัดรถคันที่3 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V4 (4 ล้อ)	Stops:	7	Net profit:	-2541.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1161
1	พรพิศ แซ่ซัน (แต)	125.39	2:05	10:05	10:50	2:50	0	961
2	เกษร พิมล	125.68	2:05	10:50	11:35	3:35	0	940
3	บัวจันทร์ (สาขาสมุทรปราการ) (2)	125.69	2:05	11:35	12:20	4:20	0	904
4	บริษัท ริ้วา พรีเมียม เพ็ท สโตร์	142.48	2:22	12:37	13:22	5:22	0	903
5	ร้าน แก้ว-ขวัญ	166.49	2:46	13:46	14:31	6:31	0	461
6	เนาวคุณ เลอเลิศวิชัย	195.21	3:15	15:00	15:45	7:45	0	161
7	จันทร์ทิวา ชีวะผลาบูรณ์	206.56	3:26	15:56	16:41	8:41	0	0

ภาพที่ 4.48 ผลการจัดรถคันที่4 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V5 (4 ล้อ)	Stops:	1	Net profit:	-1455.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2000
1	ร้านกิตติศักดิ์ สระบุรี (2)	31.70	0:31	08:31	09:16	1:16	0	0

ภาพที่ 4.49 ผลการจัดรถคันที่5 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V6 (4 ล้อ)	Stops:	8	Net profit:	-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1935
1	วนิดา หัวหาญ	129.33	2:09	10:09	10:54	2:54	0	1897
2	บริษัท เงินทอง มาร์เก็ตติ้ง จำกัด	129.60	2:09	10:54	11:39	3:39	0	1659
3	ชินพงศ์ เพชรประพันธ์	129.60	2:09	11:39	12:24	4:24	0	1250
4	พิมพ์นารา พิกุล	129.60	2:09	12:24	13:09	5:09	0	1036
5	สาขานครินทร์	129.60	2:09	13:09	13:54	5:54	0	976
6	บริษัท คิง ออฟ เพ็ทส์ จำกัด	129.87	2:09	13:54	14:39	6:39	0	776
7	จิตาภา รัตนฤติสกุล	132.57	2:12	14:42	15:27	7:27	0	536
8	ร้านเพ็ท เอ็นจอย	139.21	2:19	15:34	16:19	8:19	0	0

ภาพที่ 4.50 ผลการจัดรถคันที่6 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V7 (4 ล้อ)	Stops:	1	Net profit:	-2202.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2000
1	รุ่งตะวัน บุญสง (2)	153.77	2:33	10:33	11:18	3:18	0	0

ภาพที่ 4.51 ผลการจัดรถคันที่7 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45นาที)

Vehicle:	V8 (4 ล้อ)	Stops:	2	Net profit:	-2406.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	1976
1	บริษัท เค.ยู.การเดิน เซ็นเตอร์	133.13	2:13	10:13	10:58	2:58	0	61.4
2	จันทมา สุจริตสถิตานนท์	140.49	2:20	11:05	11:50	3:50	0	0

ภาพที่ 4.52 ผลการจัดรถคันที่ 8 (4ล้อ) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45 นาที)

Vehicle:	V11 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-1668.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2390
1	ร้านกิตติศักดิ์ สระบุรี (1)	31.70	0:31	08:31	09:16	1:16	0	0

ภาพที่ 4.53 ผลการจัดรถคันที่ 9 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45 นาที)

Vehicle:	V12 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-2929.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	3000
1	บัวจันทร์ (สาขาสุมทราปรการ) (1)	125.26	2:05	10:05	10:50	2:50	0	0

ภาพที่ 4.54 ผลการจัดรถคันที่ 10 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (45 นาที)

Vehicle:	V13 (4 ล้อจัมโบ้)	Stops:	1	Net profit:	-2522.00			
Stop count	Location Name	Distance travelled	Driving time	Arrival time	Departure time	Working time	Profit collected	Load
0	คลังสินค้า Pet Focus	0.00	0:00		08:00	0:00	0	2588
1	บริษัท บัวจันทร์ กรุ๊ป จำกัด	132.64	2:12	10:12	10:57	2:57	0	0

ภาพที่ 4.55 ผลการจัดรถคันที่ 11 (4ล้อจัมโบ้) ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564 (30 นาที)

จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าทั้งหมด 11 เส้นทาง สำหรับลูกค้าทั้งหมด 31 ราย มีน้ำหนักของสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมด 22,880.877 กิโลกรัม โดยที่พื้นที่ความจุของรถขนส่งทั้งหมดรวม 25,800 กิโลกรัม หมายความว่า มีการใช้ประโยชน์จากพื้นที่ความจุรถในการทำงาน (Task Utilization) จากการนำปริมาณสินค้าที่บรรจุในรถขนส่งทั้งหมดหารด้วยความจุของรถทั้งหมด 11 คัน เป็น 88% และเกิดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้ารวมทั้งหมด 25,482 บาท

4.2.3.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564

ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์จากการจัดเส้นทางส่งสินค้าหน้างานของบริษัทฯ ที่ศึกษา ซึ่งจะนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยชิ้นนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางส่งสินค้าได้อย่างไร โดยจะเปรียบเทียบจาก จำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ ต้นทุนรวมจากการดำเนินงาน และ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่รถขนส่งวัดจากปริมาณสินค้าที่จัดส่งทั้งหมด หาดูด้วยความจุของรถขนส่งทั้งหมด แสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ข้อมูล ณ วันที่ 7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564

การจัดเส้นทาง	จำนวนลูกค้า (ราย)	ต้นทุนรวม (บาท)	ปริมาณสินค้า (กก.)	ความจุรถขนส่ง (กก.)	% Task Utilization
แบบเดิม	36	26,150	26,094.4	28,800	91%
Metaheuristics (30 นาที)	31	24,735	22,880.88	25,800	88%
Metaheuristics (45 นาที)	31	25,482	22,880.88	25,800	88%

จากตารางที่ 4.3 การจัดเส้นทางรูปแบบเดิม คือ ผลลัพธ์จากการดำเนินงานหน้างานของบริษัทฯ ที่ศึกษา และทำการเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วยวิธี Metaheuristics โดยกำหนด Service Time เป็น 30 กับ 45 นาที ดังนี้

- เมื่อเปรียบเทียบที่จำนวนลูกค้าที่สามารถจัดเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ วิธีการแบบเดิมสามารถจัดรถขนส่งสินค้าของลูกค้าได้ 36 ราย ในขณะที่วิธีการ Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที จะสามารถจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ 31 ราย โดยจำนวนลูกค้าที่ลดลงเป็นผลมาจากขั้นตอน Cluster First Route Second ที่ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มลูกค้าที่จะทำการจัดเส้นทางส่งสินค้า ก่อนที่จะหาคำตอบด้วย Metaheuristics
- เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนจากการดำเนินงานที่เกิดขึ้น วิธีการแบบเดิมจะมีต้นทุนรวมอยู่ที่ 26,150 ในขณะที่วิธีการ Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที มีต้นทุนรวม 24,735 บาท และ 25,482 บาท โดยการที่จำนวนลูกค้าที่นำไปจัดเส้นทางส่งสินค้าลดลง ส่งผลให้ต้นทุนรวมลดลงตาม อย่างไรก็ตามเมื่อมองเป็นต้นทุนต่อลูกค้า 1 ราย (ต้นทุนรวม/จำนวนลูกค้า) วิธีการแบบเดิมจะให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าที่ 726.38 บาท/

- ลูกค้า 1 ราย ในขณะที่วิธี Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที ให้ต้นทุน 797.9 บาท/ลูกค้า 1 ราย และ 822 บาท/ลูกค้า 1 ราย เหตุผลที่ผลลัพธ์ไม่ได้ดีกว่าวิธีการแบบเดิม เนื่องจากขอบเขตของการวิจัยที่ได้กำหนดพื้นที่ที่จะทำการศึกษาเอาไว้ และไม่ได้หาคำตอบในพื้นที่นอกขอบเขตของการวิจัย ส่งผลให้ผลลัพธ์ไม่ได้ดีกว่าวิธีการแบบเดิม แต่สิ่งที่แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนคือ วิธีการ Metaheuristics สามารถเป็นตัวแทนในการตัดสินใจของเจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้าได้ เพราะถึงแม้ประสิทธิภาพไม่ได้ดีกว่า แต่ก็ทำผลลัพธ์ได้ใกล้เคียงกับที่หน้างานทำ ในขณะที่วิธี Metaheuristics ใช้เวลาการหาคำตอบเพียงไม่กี่นาที
3. เปรียบเทียบจากปริมาณสินค้าที่จัดส่งได้ วิธีการแบบเดิมจะสามารถจัดส่งสินค้าได้ 26,094.4 กก. ในขณะที่วิธี Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที สามารถจัดส่งสินค้าได้ 22,880.88 กก. การจัดส่งสินค้าให้แก่ลูกค้าที่น้อยลงจากวิธี Metaheuristics เนื่องมาจากจำนวนลูกค้าที่ต้องจัดส่งในเส้นทางลดลง แต่เมื่อเปรียบเทียบเป็นต้นทุนต่อสินค้า 1 กก. (ต้นทุนรวม/ปริมาณสินค้า) รูปแบบเดิมจะมีต้นทุนอยู่ที่ประมาณ 1 บาท/กก. ในขณะที่รูปแบบ Metaheuristics ทั้งแบบ 30 และ 45 นาที มีต้นทุน 1.08 บาท/กก. และ 1.11 บาท/กก. ถึงแม้ประสิทธิภาพอาจจะไม่ได้ดีกว่าแต่ก็สามารถทำได้ใกล้เคียงกับต้นทุนที่เกิดหน้างาน
 4. ความจุของรถขนส่งแบบเดิม 28,800 กก. แต่เมื่อใช้วิธี Metaheuristics 30 และ 45 นาที สามารถลดพื้นที่ของรถขนส่งรวมลงได้เป็น 25,800 กก.
 5. เมื่อเปรียบเทียบที่ Task Utilization หรือ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่รถขนส่งวิธีการ Metaheuristics ยังคงให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าโดย รูปแบบเดิมจะมีค่า 91% แต่รูปแบบ Metaheuristics 30 และ 45 นาที ให้ค่าอยู่ที่ 88% ถึงแม้ประสิทธิภาพอาจจะไม่ได้ดีกว่า แต่ก็ยังคงให้ค่า % Task Utilization ที่ค่อนข้างสูง

สำหรับเหตุผลที่การเปรียบเทียบในหลาย ๆ ด้านข้างต้น วิธีการแบบเดิมดูจะมีผลลัพธ์ที่ดีกว่า แบบ Metaheuristics เนื่องจากในการจัดเส้นทางหน้างานนั้นมีการจัดส่งสินค้าไปนอกเหนือจากโซน หรือ พื้นที่บริเวณใกล้เคียงกับโซนทั้ง 6 ที่แบ่งไว้ในตอนแรก ที่ผู้วิจัยทำการแบ่งกลุ่มตั้งแต่แรกไว้ 5 สถานที่ ซึ่งเป็นพื้นที่ในจังหวัดชลบุรี และ พระนครศรีอยุธยา การที่จัดส่งลูกค้าได้เพิ่มมากขึ้นของหน้างานทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากรถขนส่งได้มากกว่า อย่างไรก็ตามจากการประยุกต์ใช้ Metaheuristics ยังคงให้ผลลัพธ์ที่น่าพอใจและสามารถนำไปใช้งานจริงได้ หรือ เป็นตัวแทนเพื่อการตัดสินใจให้เจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้านำไปต่อยอดในการจัดเส้นทางส่งสินค้า

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึง การสรุปผลลัพธ์จากการวิจัยหลังจากการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการจัดเส้นทางส่งสินค้า และทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพที่เกิดขึ้นในการจัดเส้นทางส่งสินค้า ทั้งในแง่ของต้นทุน (Total Cost) และ การใช้ประโยชน์จากพื้นที่รถในการทำงาน (Task Utilization) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการเสนอแนะแนวทาง เพื่อให้การวิจัยนี้สามารถพัฒนาเพื่อเป็นแบบการจัดส่งสินค้าที่มากประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น พร้อมกับเป็นข้อมูลสำหรับผู้สนใจ ทำการวิจัยกับปัญหาในลักษณะเดียวกัน ได้นำไปทำการศึกษาเพิ่มเติม

5.1 สรุปผลงานวิจัย

จากการศึกษาการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ การเพิ่มประสิทธิภาพและลดต้นทุนสำหรับการจัดส่งสินค้าด้วยวิธีเมตาฮีริสติก จากข้อมูลการจัดส่งสินค้าของบริษัทที่ศึกษา พบว่าวิธีการ Cluster First Route Second และการประยุกต์ใช้วิธี Metaheuristics ในการจัดเส้นทางส่งสินค้า ส่งผลให้รูปแบบการจัดเส้นทางส่งสินค้าในงานวิจัยชิ้นนี้ จะไม่มีค่าใช้จ่ายเพิ่มเติม (Additional Cost) จากการที่รถขนส่งจัดส่งสินค้านอกโซนที่กำหนดเอาไว้ ทำให้สามารถควบคุมราคาต้นทุนรวมการจัดส่งสินค้าได้ง่ายยิ่งขึ้น โดยที่การจัดเส้นทางส่งสินค้ายังคงให้ผลลัพธ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง พร้อมกับเป็นการแก้ปัญหาที่เจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้าไม่สามารถจัดลูกค้าทุกรายเข้าเส้นทางส่งสินค้าได้ทั้งหมด อีกทั้งผู้วิจัยยังได้ทำการศึกษาการจัดเส้นทางส่งสินค้าในกรณีที่ ความต้องการสินค้าของลูกค้าในแต่ละจุดนั้น มีปริมาณความต้องการมากเกินกว่าที่รถขนส่ง 1 คันจะสามารถบรรทุกได้ทั้งหมด ให้ต้องใช้วิธีการแยกสินค้าออกเป็นส่วน ๆ (Split Delivery) หรือการแบ่งส่งสินค้า

จากการศึกษาการจัดเส้นทางส่งสินค้า เมื่อพิจารณาจากผลลัพธ์ของงานวิจัย พบว่าสามารถลดต้นทุนจากการจัดส่งสินค้าได้ โดยวิธี Metaheuristics ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอในการหาคำตอบมี 2 วิธี ได้แก่ Clarke and Wright Saving Heuristic ซึ่งใช้ในการสร้างคำตอบเริ่มต้น และพัฒนาคำตอบให้ดียิ่งขึ้นด้วย Iterated Local Search: ILS โดยแบ่งตัวอย่างของการจัดเส้นทางเป็น 2 ประเภทคือ การตั้งค่าให้โปรแกรมคำนวณ Service Time เป็น 30 และ 45 นาที ซึ่งโดยปกติบริษัทที่ศึกษาจะกำหนดว่าเวลารับภาระงาน (Loading Time) สำหรับลูกค้าแต่ละรายจะเป็น 30 นาที และจะมีระยะเวลาที่เป็นการเผื่อการล่าช้า (Special Time) อีก 15 นาที นั้นหมายความว่า

ให้บริการลูกค้าแต่ละรายนั้นจะมีช่วงเวลาการให้บริการ (Service Time) ตั้งแต่ 30 จนถึง 45 นาที พบว่าการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วย Metaheuristics สามารถสร้างเส้นทางการจัดส่งสินค้าที่มีต้นทุนต่ำกว่าการจัดเส้นทางหน้างานในปัจจุบันในขอบเขตพื้นที่เดียวกัน อีกทั้งยังช่วยลดระยะเวลาการจัดเส้นทางส่งสินค้าซึ่งโดยปกติจะทำโดยเจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้าเนื่องจากการจัดเส้นทางส่งสินค้าในแต่ละครั้งนั้นใช้เวลาค่อนข้างนาน และยังสามารถแก้ไขปัญหานี้ที่หน้างานไม่สามารถจัดเส้นทางสำหรับลูกค้าบางรายได้ ทำให้ต้องส่งสินค้าเป็นรายชิ้นให้แก่ลูกค้าผ่านศูนย์กระจายสินค้า หรือ จัดส่งตามไปอีกเที่ยวหนึ่ง

การหาต้นทุนรวมสำหรับการจัดเส้นทางในปัจจุบันเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับวิธี Metaheuristics นั้น ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลราคาเหมารถ Outsource ที่ทางบริษัทกรณีที่ศึกษาใช้บริการซึ่งอ้างอิงกับราคาน้ำมันในช่วง 27.00 – 30.00 บาท รวมถึงต้นทุนสินค้าที่เกิดจากการจัดส่งสินค้าเป็นรายชิ้น โดยในหนึ่งวันจะมีการมารับสินค้าที่คลังสินค้าของบริษัทกรณีที่ศึกษาเพื่อบรรจุสินค้าและจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้ารายต่างๆตามรายการ โดยรถขนส่งจะไม่ขับกลับมาที่คลังสินค้า สำหรับการเปรียบเทียบต้นทุนการจัดส่งสินค้านั้นแสดงได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมจากการจัดเส้นทางส่งสินค้าด้วยวิธี Metaheuristics และปัจจุบัน

วันที่	วิธีการ	เวลาที่ให้บริการลูกค้า : นาที	ต้นทุนรวม : บาท
18 มิถุนายน พ.ศ. 2564	Metaheuristics	30	22,610
	Metaheuristics	45	25,035
	ปัจจุบัน	-	27,066.19
19 มิถุนายน พ.ศ. 2564	Metaheuristics	30	18,499
	Metaheuristics	45	18,499
	ปัจจุบัน	-	19,509.43
7 กรกฎาคม พ.ศ. 2564	Metaheuristics	30	24,735
	Metaheuristics	45	25,482
	ปัจจุบัน	-	25,844.89

5.2 ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

จากการศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมจากรายงานการจัดส่งสินค้าของบริษัทกรณีที่ศึกษามาเพียง 3 วัน ซึ่งในการดำเนินงานในแต่ละวันนั้น จะมีข้อมูลการจัดส่งสินค้าที่แตกต่างกัน หากสามารถมีข้อมูลที่นำมาใช้ศึกษากับงานวิจัยชิ้นนี้มากขึ้น ก็จะสามารถเห็นแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพของผลลัพธ์ในงานวิจัยชิ้นนี้ได้ เพื่อเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ในอนาคต

5.3 ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา สร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับการจัดสินค้าบรรจุเข้ารถขนส่งด้วยเงื่อนไขน้ำหนักเพียงอย่างเดียว โดยผู้วิจัยที่ไม่สามารถเก็บข้อมูลขนาดของสินค้า (Dimension) ได้ ทำให้ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ที่ได้มาจะมองเพียงเกณฑ์น้ำหนักเพียงอย่างเดียวเท่านั้น ผู้ที่สนใจที่จะศึกษาในปัญหารูปแบบนี้สามารถ นำปัจจัยทางด้านขนาดของสินค้า หรือปัจจัยทางด้านอื่นๆ มาพิจารณาร่วมกับการจัดเส้นทางได้ ทำให้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น
2. เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้มานั้นสามารถปรับให้เหมาะสมกับสถานการณ์จริงได้มากที่สุด ในการจัดส่งสินค้า ควรมีการบันทึกเวลาในการทำงานที่เกิดขึ้น เพื่อที่จะสามารถประมาณเวลาการจัดส่งได้แม่นยำ และจะนำไปสู่การหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
3. ถึงแม้ว่าผลลัพธ์ในบางครั้งอาจจะยังไม่ได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับการจัดการหน่วยงาน แต่ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น ผู้วิจัยเสนอว่า จะสามารถเป็นตัวแบบเพื่อใช้ในการตัดสินใจ และ ลดระยะเวลาการทำงานของเจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้าได้ เพราะ ในเบื้องต้นผลลัพธ์ที่ได้มานั้นถือว่าสามารถนำมาใช้งานจริงได้ ทำให้เจ้าหน้าที่จัดเส้นทางส่งสินค้านำผลลัพธ์ที่ได้ไปปรับใช้ และ แก้ไขให้เหมาะสมกับสถานการณ์หน่วยงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานได้มากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

บทที่ 1

- [1] สำนักงานสภาพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2562, “รายงานโลจิสติกส์ ของประเทศไทย ประจำปี 2562”, *ISSN: 1906-4373*
- [2] Savvas Pericleous, The CVRP with Time Windows (CVRPTW) [Online], Available: https://www.researchgate.net/figure/The-CVRP-with-Time-Windows-CVRPTW_fig3_319754352 [2021, July 5]
- [3] กองโลจิสติกส์, 2562, “โลจิสติกส์” นิยามและความหมาย [Online], Available: <https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2019-07-21-16-50-25> [2021, July 5].

บทที่ 2

- [1] ดี.ที.ซี. เอ็นเตอร์ไพรส์ จำกัด (มหาชน), 2563, การขนส่งมีกี่ประเภท? [Online], Available: <https://www.dtc.co.th/ความรู้โลจิสติกส์/การขนส่งมีกี่ประเภท/> [2021, July 5].
- [2] Wikipedia, Vehicle Routing Problem [Online], Available: https://en.wikipedia.org/wiki/Vehicle_routing_problem [2021, July 10].
- [3] Ashima Gupta, Classical Vehicle Routing Problem [Online], Available: https://www.researchgate.net/figure/Classical-Vehicle-Routing-Problem_fig1_327192553 [2021, July 10].
- [4] สุทธิชา ทับดารา และ เสรี เสวตเศรณี, 2554, การจัดการขยะชุมชนในกรุงเทพมหานคร, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, วิศวกรรมสาร มก., 24(78), หน้า 34-46.

- [5] ไชยา โฉมเฉลา, 2553, การจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่มด้วยวิธีฮิวริสติก กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม เรนโบว์. ปรินญาวิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- [6] กฤต จันทรมัย และ สมบัติ สินธุเขาว์, 2554, การปรับปรุงเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำกรณีศึกษา ร้านโต้งน้ำแข็ง อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี, ปรินญาวิทยานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, วารสารวิจัย มข., ปีที่ 17 ฉบับที่ 6 พฤศจิกายน - ธันวาคม 2555.
- [7] นันทวัฒน์ ธรรมสอน และ วรินทร์ วงษ์มณี, 2563, การศึกษาแนวทางการลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพ ในการ ขนส่งสินค้า กรณีศึกษา บริษัท จำหน่ายผลิตภัณฑ์ปลาทูน่า, บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยรังสิต, การประชุมนำเสนอผลงานวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา ครั้งที่ 15.
- [8] Clarke, G. and Wright, J.R., 1964, Scheduling of Vehicle Routing Problem from a Central Depot to a Number of Delivery Points. Operations Research, 12, 568 - 581.

บทที่ 3

- [1] G. Erdogan, 2017, “An open source Spreadsheet Solver for Vehicle Routing Problems”, Computers & Operations Research, 84:62-72, 2017.
- [2] Güneş Erdoğan. How to solve Vehicle Routing Problems Using Excel [Online], Available: <https://www.youtube.com/watch?v=enCBp2lBn64> [2021, July 12]
- [3] Güneş Erdoğan, 2020, “User’s Manual for VRP Spreadsheet Solver”, School of Management, University of Bath.

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นายภาสวุฒิ เลิศมัยยะกุล
วัน เดือน ปีเกิด	18 มีนาคม 2542
ประวัติการศึกษา	
ระดับมัธยมศึกษา	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น-ปลาย
	โรงเรียนอัสสัมชัญ
	ปีการศึกษา 2559
ระดับปริญญาตรี	วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาสถิติ
	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
	ปีการศึกษา 2564