การจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP

TRANSPORT ROUTING OPTIMIZATION USING THE K-MEANS–TSP METHOD

ญาณิศา วงษาโรจน์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการโลจิสติกส์
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

การจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP

ญาณิศา วงษาโรจน์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต วิชาเอกการจัดการโลจิสติกส์
คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2565
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ	การจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP Transport Routing Optimization Using the K-means–TSP Method
ชื่อ - นามสกุล	ว่าที่ร้อยตรีหญิง ญาณิศา วงษาโรจน์
วิชาเอก	การจัดการโลจิสติกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์วิญญู ปรอยกระโทก, ปร.ด.
ปีการศึกษา	2565

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

..... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์เชาว์ โรจนแสง, Ed.D.)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยฉัตร บูระวัฒน์, ปร.ด.)

..... กรรมการ

(อาจารย์วิญญู ปรอยกระโทก, ปร.ด.)

คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี อนุมัติการค้นคว้าอิสระฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะบริหารธุรกิจ

(รองศาสตราจารย์กล้าหาญ ณ น่าน, ปร.ด.)

วันที่ 5 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2566

หัวข้อการค้นคว้าอิสระ การจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP
ชื่อ – นามสกุล ว่าที่ร้อยตรีหญิง ญาณิศา วงษาโรจน์
สาขาวิชา การจัดการโลจิสติกส์
อาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์วิญญู ปรอยกระโทก, ปร.ด.
ปีการศึกษา 2565

บทคัดย่อ

การค้นคว้าอิสระนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งด้วยวิธี K-Means-TSP 2) เพื่อเปรียบเทียบหาเส้นทางขนส่งที่มีระยะทางประหยัดที่สุด และ 3) เพื่อลดต้นทุนการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด

การศึกษานี้เป็นการวิจัยดำเนินงาน มีขอบเขตด้านพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล เครื่องมือที่นำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งได้แก่ Traveling Salesman Problem (K-Means-TSP) และ Vehicle Routing Problem (VRP) เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสมที่สุดสำหรับบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด

ผลการศึกษา พบว่า การประยุกต์ใช้เครื่องมือการจัดเส้นทางขนส่งทั้ง 2 วิธีนั้น คือ วิธี K-Means-TSP และวิธี VRP มีผลลัพท์ที่ดีกว่าการจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิมที่อาศัยประสบการณ์ของผู้ตรวจตลาด โดยการจัดเส้นทางโดยวิธี K-Means-TSP มีระยะทางรวม 832.18 กม. ระยะเวลาเดินรถรวม 14.51 ชม. ระยะเวลาทำงานรวม 13.5 ชม. ใช้ 6 วันปฏิบัติงาน และต้นทุนค่าขนส่งรวม 12,304.13 บาทต่อเดือน ส่วนการจัดเส้นทางโดยวิธี VRP มีระยะทางรวม 520.62 กม. ระยะเวลาเดินรถรวม 16.36 ชม. ระยะเวลาทำงานรวม 21.06 ชม. ใช้ 4 วันปฏิบัติงาน และต้นทุนค่าขนส่งรวม 9,950.75 บาทต่อเดือน ดังนั้น บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด ควรตัดสินใจเลือกใช้วิธีการจัดเส้นทางขนส่งวิธี VRP

คำสำคัญ: การจัดเส้นทางขนส่ง K-Means-TSP

Independent Study Title	Transport Routing Optimization Using the K-means–TSP Method
Name - Surname	Acting Sub Lieutenant Yanisa Wongsaroat
Major Subject	Logistics Management
Thesis Advisor	Mr. Winyu Proykratok, Ph.D.
Academic Year	2022

ABSTRACT

The objectives of this independent study were: 1) to study transport routing planning by K-Means-TSP method, 2) to compare the most economical route, and 3) to reduce transportation costs of ABC Case Study Company.

This study is based on operations research, which has the scope of the area used to analyze the transport routing in the Bangkok Metropolitan Region. Two methods of routing problem analysis were applied, namely Traveling Salesman Problem (K-Means-TSP) and Vehicle Routing Problem (VRP), in order to obtain the optimum transport routing results for ABC Case Study Company.

The study results revealed that the application of two transport routing tools, K-Means-TSP and VRP, generated better results than the traditional transport routing method, which was based on the experience of market inspectors. The K-Means-TSP method yielded a total distance of 832.18 kilometers, a total driving time of 14.51 hours, a total working distance of 13.5 hours, and a time commitment of 6 working days with a total transportation cost of 12,304.13 Baht per month whereas the VRP method resulted in a total distance of 520.62 kilometers, a total driving time of 16.36 hours, a total working distance of 21.06 hours, and a time commitment of 4 working days with a total transportation cost of 9,950.75 Baht per month. Therefore, ABC Case Study Company should decide to use the VRP routing method.

Keywords: transport routing, K-Means-TSP

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย ศึกษาค้นคว้าอิสระฉบับนี้เสร็จสมบูร์ได้ เนื่องด้วยการสนับสนุนและให้คำปรึกษาของอาจารย์ที่ปรึกษา ท่าน ดร.วิญญู ปรอยกระโทก ที่คอยให้คำแนะนำเพื่อปรับปรุงแก้ไข และพัฒนางานวิจัยให้เกิดเป็นประโยชน์มากที่สุด

ผู้วิจัยขอขอบคุณประธานกรรมการสอบ ท่านรองศาสตราจารย์เชาว์ โรจนแสง และคณะกรรมการสอบ ท่านผู้ช่วยศาสตราจารย์ปิยฉัตร บูระวัฒน์ ที่สละเวลาในการเป็นกรรมการในการสอบและช่วยชี้แนะแนวทางในงานวิจัยให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณเพื่อนร่วมงานบริษัท ไทย ไฟน์ฟู้ด จำกัด ที่คอยให้กำลังใจและข้อมูลในการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา

สุดท้ายนี้ผู้วิจัย ขอขอบพระคุณครอบครัว เพื่อนร่วมงาน และผู้อื่นที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ที่ค่อยให้กำลังใจ เสนอแนะแนวทางเพื่อให้งานวิจัยนี้ให้สำเร็จลุล่วง ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่างานวิจัยนี้จะช่วยให้ผู้ที่สนใจเกี่ยวกับการจัดเส้นทางได้ศึกษาเพื่อเป็นประโยชน์แก่ทุกท่าน หากมีข้อผิดพลาดประการใด ผู้วิจัยขอน้อมรับไว้ ณ ที่นี้

ญาณิศา วงษาโรจน์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... (3)
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... (4)
กิตติกรรมประกาศ ..... (5)
สารบัญ ..... (6)
สารบัญตาราง ..... (8)
สารบัญภาพ ..... (10)
บทที่ 1 บทนำ 12
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 12
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 17
1.3 ขอบเขตของการวิจัย 17
1.4 คำจำกัดความในการวิจัย 18
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 18
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 20
2.1 แนวคิดการขนส่ง 20
2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่ง 27
2.3 แนวคิดการจัดการปัญหาการจัดเส้นทางและตารางแผนการเดินรถ 31
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 49
3.1 กำหนดปัญหาและงานวิจัย 50
3.2 ทบทวนวรรณกรรม 50
3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล 51
3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล 71
3.5 การสรุปผลการวิจัย 71
บทที่ 4 ผลการดำเนินการวิจัย 72
4.1 การวิเคราะห์เลือกเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย K-Means-TSP 72
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการแก้ปัญหาหารวางแผนการขนส่ง VRP 90
4.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย 101

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 106
5.1 สรุปผลการวิจัย 106
5.2 การอภิปรายผลการวิจัย 106
5.3 ข้อเสนอแนะ 108
บรรณานุกรม 109
ภาคผนวก 111
ประวัติผู้เขียน 113

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะรูปแบบต่าง ๆ 35
ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานที่ตั้งของร้านค้า ปริมาณสินค้า และเวลาที่ใช้ในการลงสินค้าตรวจหน้าร้าน...54
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 1 58
ตารางที่ 3.3 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการขนส่งในปัจจุบันเส้นทางที่ 1 59
ตารางที่ 3.4 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 2 60
ตารางที่ 3.5 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 2.....61
ตารางที่ 3.6 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 3 62
ตารางที่ 3.7 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 3.....63
ตารางที่ 3.8 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 4 64
ตารางที่ 3.9 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 4.....65
ตารางที่ 3.10 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 5 66
ตารางที่ 3.11 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 5.....67
ตารางที่ 3.12 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 6 68
ตารางที่ 3.13 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 6.....69
ตารางที่ 3.14 ตารางรวมการจัดเส้นทางการเดินรถโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบัน 70
ตารางที่ 4.1 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 1.....74
ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 1 75
ตารางที่ 4.3 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 1.....75
ตารางที่ 4.4 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 2.....77
ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 2 77
ตารางที่ 4.6 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 2.....78
ตารางที่ 4.7 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 3.....79
ตารางที่ 4.8 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 3 80
ตารางที่ 4.9 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 3.....80
ตารางที่ 4.10 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 4 82
ตารางที่ 4.11 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 4 82

สารบัญตาราง (ต่อ)

หน้า

ตารางที่ 4.12 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 4.....83
ตารางที่ 4.13 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 5 84
ตารางที่ 4.14 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 5 85
ตารางที่ 4.15 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 5.....85
ตารางที่ 4.16 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 6 87
ตารางที่ 4.17 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 6 87
ตารางที่ 4.18 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 6.....88
ตารางที่ 4.19 รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP.....89
ตารางที่ 4.20 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 1 92
ตารางที่ 4.21 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 1 93
ตารางที่ 4.22 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 2 94
ตารางที่ 4.23 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 2 95
ตารางที่ 4.24 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 3 96
ตารางที่ 4.25 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 3 97
ตารางที่ 4.26 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่ง VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 1.....99
ตารางที่ 4.27 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 4 99
ตารางที่ 4.28 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่ VRP Spreadsheet Solver Excel..... 100
ตารางที่ 4.29 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยการเดินทางของพนักงานขาย 101
ตารางที่ 4.30 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่ VRP Spreadsheet Solver Excel..... 102
ตารางที่ 4.31 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งเดิมและการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ 103
ตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากการจัดเส้นทางขนส่งใหม่..... 104
ตารางที่ 4.33 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ก่อน และหลังการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ 105

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 การขนส่งทางบก....28
ภาพที่ 2.2 การขนส่งทางจักรยานยนต์....29
ภาพที่ 2.3 การขนส่งสินค้าทางรถไฟ....29
ภาพที่ 2.4 การขนส่งทางน้ำ....30
ภาพที่ 2.5 การขนส่งทางอากาศ....30
ภาพที่ 2.6 การขนส่งทางท่อ....31
ภาพที่ 2.7 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Vehicle Routing Problem (VRP)....34
ภาพที่ 2.8 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Traveling Salesman Problem (TSP)....40
ภาพที่ 3.1 ภาพกระบวนการดำเนินงานวิจัย....49
ภาพที่ 3.2 รถสำหรับการจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดร้านค้า....52
ภาพที่ 3.3 พิกัดทำเลที่ตั้งของร้านค้าที่ทำการจัดส่งสินค้า และทำการตราวจตลาด....53
ภาพที่ 3.4 พิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาด....56
ภาพที่ 3.5 พิกัดระยะทางขจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดสินค้าและการตรวจตลาด....57
ภาพที่ 3.6 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 1....58
ภาพที่ 3.7 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 2....60
ภาพที่ 3.8 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 3....62
ภาพที่ 3.9 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 4....64
ภาพที่ 3.10 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 5....58
ภาพที่ 3.11 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 6....66
ภาพที่ 4.1 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาด....73
ภาพที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Solver ในโปรแกรม Excel....73
ภาพที่ 4.3 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 1....74
ภาพที่ 4.4 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 2....76
ภาพที่ 4.5 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 3....79
ภาพที่ 4.6 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 4....81
ภาพที่ 4.7 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 5....84
ภาพที่ 4.8 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 6....86
ภาพที่ 4.9 การประมวลผลในโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel....90

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.10 ภาพเส้นทางการขนส่งทั้ง 4 เส้นทางจากโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver 91
ภาพที่ 4.11 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่ VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 1 91
ภาพที่ 4.12 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่ VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 2.....94
ภาพที่ 4.13 เส้นทางการขนส่งสินค้า VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 3 96
ภาพที่ 4.14 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่ VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 4 98

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสถานการณ์ตลาดอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มทั่วโลกในปัจจุบันมีการคาดการณ์ว่ามีมูลค่าโดยประมาณ 6.4 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐฯ และมีแนวโน้มที่จะเติบโตถึง 8.9 ล้านล้านดอลลาร์สหรัฐฯ (วิจัยกรุงศรี, 2565) คาดการณ์ในปี 2569 ด้วยอัตราการเติบโตของตลาดที่ต่อเนื่อง ส่งผลให้อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มเป็นที่จับตามองของผู้ประกอบการรายใหม่ที่กำลังเข้าสู่ตลาดอุตสาหกรรมอาหาร รวมทั้งการค้นหาผลิตภัณฑ์ใหม่เพื่อสร้างตลาด และสามารถตอบสนองความต้องการที่เปลี่ยนแปลงของผู้บริโภคได้อย่างต่อเนื่อง คือความท้าทายสำคัญที่ต้องเผชิญกับ แนวโน้มสำคัญของโลก หรือ เมกะเทรนด์ (Megatrend) ที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายด้าน เช่น อุตสหกรรมการผลิต เศรษฐกิจ วิถีชีวิต และพฤติกรรม ซึ่งคาดว่าส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของภาคอุตสาหกรรมอาหารในอนาคต โดยสามารถแบ่งรายละเอียดออกเป็น 5 กลุ่มดังนี้

1. อาหารสุขภาพ กระแสเทรนด์อาหารที่มีผลโดยต่อภาคอุตสาหกรรมอาหารอย่างมาก โดยเฉพาะช่วงสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรค COVID-19 ทำให้ผู้บริโภคส่วนมากให้ความสำคัญกับสุขภาพ ตั้งแต่การบริโภคอาหารที่มีประโยชน์ การออกกำลังกาย สุขอนามัย และความปลอดภัยเพื่อป้องกันการเชื้อโรค

2. นวัตกรรมและเทคโนโลยีมีบทบาทต่ออุตสาหกรรมอาหาร ได้แก่ กลุ่มเทคโนโลยีชีวภาพ เช่น ชีววิศวกรรม (Bioengineering) ชีววิทยาสังเคราะห์ (Synthetic Biology) การตัดต่อพันธุกรรม (Genetic Modification) และนาโนเทคโนโลยี (Nanotechnology) กลุ่มเทคโนโลยีดิจิทัล เช่น ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) การจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ (Big data) บล็อกเชน (Block chain) กลุ่มเทคโนโลยีด้านวิศวกรรม เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติ (Automation) หรือหุ่นยนต์ (Robotic) และกลุ่มเทคโนโลยีการแสดงผลภาพ ได้แก่ AR (Augmented Reality) MR (Mixed Reality) และ VR (Virtual Reality)

3. โครงสร้างประชากร การเปลี่ยนแปลงรูปแบบโครงสร้างของประชากรที่แตกต่างกันในแต่ละประเทศนั้น ส่งผลต่อความต้องการบริโภคอาหาร และปริมาณที่แตกต่างกันตามช่วงอายุ ทั้งนี้ในด้านโครงสร้างประชากรที่มีผลต่อการบริโภค ได้แก่ เชื้อชาติ ศาสนา สังคม และวัฒนธรรม ส่งผลต่อความต้องการและปริมาณของอาหารนท้องถิ่น

4. ธรรมชาติ และสิ่งแวดล้อม ผู้บริโภคทั่วโลกในปัจจุบันให้ความสำคัญ และความสนใจในการร่วมแก้ไขปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม โดยเฉพาะการเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ (Climate Change)

ซึ่งอาจก่อให้เกิดภัยธรรมชาติที่รุนแรง ส่งผลโดยตรงต่อ ชีวิต ทรัพย์สิน และระบบนิเวศจำนวนมาก เช่น พายุ น้ำท่วม ภัยแล้ง ซึ่งการผลิตในอนาคตจึงจำเป็นต้องตระหนัก และให้ความสำคัญกับความยั่งยืนทางธรรมชาติมากขึ้น

5. กฎหมายระเบียบ ส่งผลให้อุตสาหกรรมอาหารต้องเร่งสร้างมูลค่าเพิ่ม (Value Added) มีความน่าเชื่อถือ (Reliability) หรือความมั่นคงในการผลิต (Food Security) เช่น กฎหมายและมาตรฐานในการกำหนด ให้อาหารระบุแหล่งที่มาเพื่อความน่าเชื่อถือ และยังช่วยเพิ่มมูลค่าของอาหาร กฎหมายการตรวจสอบย้อนกลับตั้งแต่ขั้นตอนการผลิต ตลอดจนส่งถึงมือผู้บริโภค กฎหมายป้องกันการผูกขาดในการทำธุรกิจ เป็นต้น ซึ่งเมื่อมองเห็นภาพรวมของปัจจัยแวดล้อมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหาร ที่ส่งผลกระทบต่อการพัฒนาอาหารรูปแบบใหม่

มูลค่าตลาดของอาหารฟังก์ชัน (Functional Food) ในปัจจุบันอาหาร และเครื่องดื่มฟังก์ชันทั้งโลกมีมูลค่า 180.8 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ และในอนาคต Mordor Intelligence คาดว่าตลาดอาหารฟังก์ชันโลกจะเติบโตต่อเนื่องเฉลี่ยร้อยละ 2.7 ต่อปี มาอยู่ที่ 206.7 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯในปี 2569 (วิจัยกรุงศรี, 2565) โดยอาหารฟังก์ชัน (Functional Food) มีส่วนประกอบที่มีสรรพคุณช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของร่างกาย และคุณค่าทางโภชนาการ เช่น เพิ่มภูมิคุ้มกันแก่ร่างกาย ปรับปรุงระบบการทำงานของร่างกาย ชะลอการเสื่อมของอวัยวะ บำบัด หรือ ลดอาการของโรคที่เกิดจากความผิดปกติในร่างกาย ซึ่งสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่มหลัก ได้แก่

1. กลุ่มผลิตภัณฑ์อาหารที่มีการเติมแต่งสารอาหารที่มีประโยชน์ เพื่อผลต่อการสร้างเสริมสุขภาพ และสามารถบริโภคได้เป็นประจำ ได้แก่ วิตามิน แร่ธาตุ หรือสมุนไพร เช่นสารต้านอนุมูลอิสระ (Antioxidant) โพรไบโอติกส์ (Probiotics) พรีไบโอติกส์ (Prebiotics) เส้นใยอาหาร (Dietary Fiber) โอเมก้า-3 (Omega-3) และการใช้สารทดแทน เช่น การใช้ฟรักโทโอลิโกแซ็กคาไรด์ (Fructo-oligosaccharide) ซึ่งเป็นสารให้ความหวานแทนน้ำตาล เพื่อใช้ในอาหารสำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน หรือ อินูลิน (Inulin) ซึ่งทำหน้าที่เป็นใยอาหาร เพิ่มพรีไบโอติก และปรับสมดุลของจุลินทรีย์ในลำไส้

2. กลุ่มผลิตภัณฑ์นวัตกรรมอาหาร การพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับอุตสาหกรรมอาการ ได้แก่ การผลิตเนื้อจากการเพาะเลี้ยงเซลล์ในห้องแล็ป (Lab-grown Meat) อาหารจากสารสกัด CBD อาหารจากเครื่องพิมพ์ 3 มิติ และอาหารจากเทคโนโลยีนาโน ทั้งนี้ อาหารจากการเพาะเลี้ยงเซลล์ (Cell-based Food) ถือว่าเป็นอาหารแห่งอนาคต ด้วยปัจจัยหลายได้ อาทิ ลดการฆ่าสัตว์ ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ลดการปนเปื้อนจากเชื้อโรค และยังสามารถเพิ่มคุณค่าสารอาหารได้ในกระบวนการผลิต อีกทั้งยังมีประเภทของเนื้อที่หลากหลาย อาทิ เนื้อวัว ไก่ สุกร แกะ แพะ และปลา เป็นทางเลือกให้ผู้บริโภคทำให้กระแสนิยมอาหารจากการเพาะเลี้ยงเซลล์ได้รับความนิยมมากขึ้น

มูลค่าตลาดอาหารทางการแพทย์ คาดการณ์ว่าตลาดอาหารทางการแพทย์จะมีมูลค่า 18.5 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯและจะเพิ่มเป็น 23.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯในปี 2568 หรือมีอัตราการเติบโต (CAGR) เฉลี่ยร้อยละ 6.0 ต่อปี (วิจัยกรุงศรี, 2565) โดยอาหารทางการแพทย์ (Medical Food) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ไม่ใช่ยาหรืออาหารเสริม โดยกลุ่มเป้าหมายคือ ผู้ที่ต้องการโภชนาการที่เหมาะสมกับตนเอง หรือ ผู้ป่วย จะมีความต้องการประเภทอาหาร สารอาหาร และคุณสมบัติของอาหารในสัดส่วนที่แตกต่างจากผู้บริโภค ทำให้มีด้านโภชนาการเฉพาะบุคคล (Personalized Nutrition) ซึ่งเป็นการออกแบบโภชนาการให้เหมาะสมกับร่างกายของแต่ละบุคคลโดยคำนึงจากการใช้ชีวิต สารอาหาร และสุขภาพ กระบวนการสร้างหลักสูตรอาหาร (Nutrition program) ผลิตอาหารโดยทั่วไปจะไม่สามารถตอบสนองได้ โดยเฉพาะหลักสูตรอาหารสำหรับผู้ที่เผชิญภาวะทุพโภชนาการ ตลอดจนผู้มีความต้องการอาหารพิเศษ เช่น เด็กทารก ผู้สูงอายุ ผู้ป่วย หรือนักกีฬาที่ต้องได้รับสารอาหารเพิ่มเติมกว่าคนปกติ นำมาสู่อาหารแห่งอนาคตกลุ่มอาหารทางการแพทย์ (Medical Food)

มูลค่าตลาดอาหารที่เป็นโปรตีนทางเลือกจากพืช (Plant-based Alternative Protein) คาดการณ์ว่าตลาดอาหารโปรตีนทางเลือกจากพืชมีมูลค่า 53.9 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ เพิ่มเป็น 80.4 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯในปี 2568 หรือมีอัตราการเติบโต (CAGR) เฉลี่ยร้อยละ 14.3 ต่อปี (วิจัยกรุงศรี, 2565) เนื่องจากผู้บริโภคใส่ใจธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมตระหนักถึงการเปลี่ยนแปลงทางธรรมชาติ สิ่งแวดล้อม และสิ่งมีชีวิตมากขึ้น ประกอบกับกระแสอนุรักษ์ธรรมชาติ “กรีนเมกะเทรนด์” (Green Megatrend) ตอบโจทย์ความยั่งยืนทางธรรมชาติ และการรับผิดชอบต่อสังคม เช่น บรรจุภัณฑ์อาหารที่สามารถรับประทานได้ อาหารที่ไม่ได้มาจากการทำลายธรรมชาติ อาหารที่ช่วยลดปริมาณขยะอาหาร อาหารที่ไม่ได้มาจากการทารุณกรรมสัตว์ (เช่น ไก่ยืนกรง ฟัวกราส์หรือตับห่าน (Foie Gras)) สำหรับอาหารในอนาคตที่มีการวิจัยว่าลดความเสียหายต่อธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ได้แก่ การเพาะเลี้ยงเซลล์ที่ลดปริมาณการฆ่าสัตว์ และลดปริมาณคาร์บอนที่เกิดจากการเลี้ยงสัตว์ 2. โปรตีนทางเลือกจากพืช (Plant-based Alternative Protein) และ 3. อาหารอินทรีย์หรืออาหารออร์แกนิค (Organic Food)

มูลค่าตลาดอาหารอินทรีย์หรืออาหารออร์แกนิค (Organic Food) คาดการณ์ว่าตลาดอาหารอินทรีย์จะมีมูลค่า 194.3 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯ และเพิ่มเป็น 303.0 พันล้านดอลลาร์สหรัฐฯในปี 2567 หรือเติบโต (CAGR) เฉลี่ยที่ร้อยละ 16.0 ต่อปี (วิจัยกรุงศรี, 2565) โดยโปรตีนทางเลือกจากพืช (Plant-based Alternative Protein) เป็นโปรตีนที่ทำมาจากพืชที่สร้างขึ้นเพื่อทดแทนโปรตีนจากเนื้อสัตว์ และมีสารอาหารอื่น ๆ เช่น ไขมัน วิตามิน เป็นส่วนเสริม โดยโปรตีนจากพืชแบ่งเป็น 5 กลุ่ม คือ 1. ธัญพืช (Cereal) โปรตีนกลุ่มนี้ได้จากพืชในตระกูลหญ้าที่บริโภคได้ เช่น ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวเจ้า ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เล่ย์ เป็นต้น 2. ถั่ว (Legume) โปรตีนจากพืชตะกูลถั่ว เช่น ถั่วดำ ถั่วแดง ถั่วเขียว

เป็นต้น 3. เมล็ดพืช (Seed) และ ถั่วเปลือกแข็ง (Nut) เช่น เมล็ดฟักทอง เมล็ดทานตะวัน เมล็ดงา เป็นต้น ส่วนถั่วเปลือกแข็งที่ให้โปรตีน เช่น อัลมอนด์ เกาลัด แมคคาเดเมีย เป็นต้น 4. หญ้าที่ไม่ใช่ธัญพืช (Pseudo-cereal) เช่น บักวีท (Buckwheat) เจีย (Chia) ควินัว (Quinoa) อมารันธ์ (Amaranth) 5. พืชผัก (Vegetable Protein) เช่น บร็อกโคลี ผักเคล (Kale) กะหล่ำดอก มันฝรั่ง สะตอ ผักหวาน หรือคะน้าเม็กซิโก เป็นต้น ทั้งนี้ยังมีโปรตีนทางเลือกใหม่ เช่น สาหร่าย หรือจุลินทรีย์กลุ่มรา (Mycelium-Based) 6. อาหารออร์แกนิค (Organic Food) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากผลผลิตธรรมชาติที่ปราศจากสารเคมี ไม่มีการตัดแต่งพันธุกรรม (Non-GMO) ไม่ใช้ปุ๋ยเคมี ไม่ใช้ยาฆ่าแมลง ไม่ใช้ฮอร์โมน และไม่ผ่านการฆ่าเชื้อโรคด้วยการฉายรังสี

ภาพรวมในปัจจุบันธุรกิจอุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพในไทยและในต่างประเทศได้รับความนิยมและมีความต้องการบริโภคเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจากสถานการณ์การระบาดของโรค COVID-19 ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในหลายด้าน เช่น รูปแบบในการทำงาน การพักอาศัย วิถีชีวิตการเดินทาง และการบริโภค ทำให้ผู้คนต่างเร่งปรับตัวปรับพฤติกรรมสู่การดำเนินชีวิตในรูปแบบใหม่ (New Normal) สถานการณ์ดังกล่าวสะท้อนให้เห็นได้ว่าพฤติกรรมและความต้องการของผู้บริโภคมีบทบาทสำคัญ (Key Driver) ผู้บริโภคต้องการอาหารที่เน้นประโยชน์ต่อสุขภาพมากขึ้น อันมีสาเหตุมาจากกระแสการตอบรับเทรนด์อาหารสุขภาพ หลังจากการเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด-19 ส่งผลให้ผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศให้ความสำคัญในด้านสุขภาพและสุขอนามัย โดยการบริโภคอาหารที่ช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันที่และลดการติดเชื้อในร่างกาย (Immune-Boosting Foods) ผลิตภัณฑ์ออร์แกนิค (Organic ingredients) และสินค้าอาหารจากพืช (Plant based) ที่ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคอย่างมาก ซึ่งช่วยลดความเสี่ยงจากการเป็นโรคต่าง ๆ ส่งผลให้ผู้ประกอบการแข่งขันกันสร้างสรรค์ผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ต่อร่างกายเพื่อสนองความต้องการของผู้บริโภค ผนวกกับการผลักดันจากภาครัฐที่มุ่งหวังให้ผู้ประกอบการสร้างมูลค่าเพิ่มและความได้เปรียบในการแข่งขันด้วยการนำนวัตกรรม และเทคโนโลยีมาปรับใช้ในการผลิต (นโยบายไทยแลนด์ 4.0) จึงเป็นอีกแรงกระตุ้นหนึ่งที่ทำ ให้ผู้ประกอบการผลิตสินค้า เพื่อสุขภาพที่ตอบสนองไลฟ์สไตล์สมัยใหม่ออกสู่ตลาดเพิ่มมากขึ้น สะท้อนผ่านมูลค่าตลาดอาหารเพื่อสุขภาพของ ไทยในปี 2558 ที่มีมูลค่าประมาณ 170,000 ล้านบาท ขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 42.5 จากปี 2553 ที่มูลค่าประมาณ 119,311 ล้านบาท (ศูนย์วิจัยกสิกรไทย, 2560) ซึ่งถือเป็นเรื่องที่ท้าท้ายในการดำเนินธุรกิจอย่างมาก

ธุรกิจบริการขนส่งสินค้าทางถนนมีแนวโน้มเติบโตสูงขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 1-2.5 ต่อปี ซึ่งปัจจัยนี้มาจากการสนับหนุนจากการเติบโตของภาคอุตสาหกรรมการผลิต (วิจัยกรุงศรี, 2565) การค้าขาย รวมทั้งการลงทุนจากภาครัฐและทางเอกชน ซึ่งปริมาณของผลผลิตจากสินค้าเกษตรมีแนวโน้มปรับตัวดีขึ้น ส่งผลทำให้ความต้องด้านการขนส่งและการกระจายสินค้าจัดจำหน่ายในประเทศ

รวมถึงการทำธุรกรรมการค้าในออนไลน์ซึ่งนิยมเพิ่มสูงขึ้นมากการแข่งขันด้านราคามีแนวโน้มรุนแรงขึ้น มาจากจำนวนของผู้ประกอบการมีจำนวนเพิ่มสูงขึ้น โดยผู้ประกอบการรายใหญ่และผู้ประกอบการราย ใหม่จากต่างประเทศมีแนวโน้มการลงทุนในรถขนส่งเพิ่มสูงขึ้น และมีการเร่งขยายเครือข่ายพันธมิตร อย่างต่อเนื่อง ซึ่งทางด้านอุปทานรถขนส่งสินค้าในปี 2562-2564 นั้นมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง โดย คาดว่าจำนวนรถบรรทุกที่จดทะเบียนใหม่จะเพิ่มขึ้นเฉลี่ยปีละ 4.5 หมื่นคัน หรือ ร้อยละ 2.5-3.0 ต่อปี จากร้อยละ 3.6 ในปี 2561 (วิจัยกรุงศรี, 2565) เนื่องจากการขยายพื้นที่การบรรทุกรองรับความ ต้องการขนส่งสินค้าที่เพิ่มขึ้นและส่วนหนึ่งเพื่อทดแทนรถเก่าที่หมดอายุ ในขณะเดียวกันนี้ ผู้ประกอบการรายใหม่มีแนวโน้มเข้าสู่ธุรกิจอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะบริษัทขนส่งต่างชาติที่เร่งขยาย ตลาดขนส่งสินค้าทั้งในไทยและประเทศเพื่อนบ้าน ซึ่งบางรายนั้นอาจร่วมเป็นกลุ่มพันธมิตรกับ SME ของไทยเพื่อให้ทำการรับช่วงงานขนส่งต่อ (subcontractor) ทั้งนี้สำหรับปัจจัยที่ท้าทายของธุรกิจนั้น จะมาจากกฎระเบียบและข้อบังคับของทางการที่อาจมีการเพิ่มภาระด้านต้นทุน อาทิเช่น การควบคุม น้ำหนักการบรรทุกสินค้า การบังคับติดตั้งระบบการติดตามรถบรรทุกด้วยระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positing System) การห้ามผู้ขับขี่ขับรถเกินระยะเวลาที่กำหนดซึ่งเป็นหนึ่งในมาตรการป้อง กันอุบัติเหตุทางถนน 14 และอัตราค่าจ้างที่มีแนวโน้มสูงขึ้นตามทิศทางค่าจ้างขั้นต่ำ ปัจจัยข้างต้นอาจ กดดันอัตรากำไรของธุรกิจ และอาจส่งผลให้ส่วนแบ่งตลาดของผู้ประกอบการไทยลดลง เนื่องจากส่วน ใหญ่เป็นรายกลาง-เล็กที่มีข้อจำกัดด้านเงินทุน ขอบเขตการให้บริการ ระบบบริหารจัดการและ เทคโนโลยีจึงแข่งขันกับผู้ประกอบการต่างชาติได้ยาก

ซึ่งในปัจจุบันการดำเนินงานของธุรกิจนั้น บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด ดำเนินธุรกิจเป็น ผู้ผลิตและผู้ส่งออกสินค้า ขนมเพื่อสุขภาพ (healthy snacks) และรับจ้างผลิตสินค้าภายใต้ตราสินค้า ของลูกค้าทั้งในและต่างประเทศด้วยการทำ OEM (original equipment manufacturing) เนื่องด้วยในปัจจุบันการดำเนินงานของธุรกิจนั้น มีการแข่งขันที่สูงมากขึ้น เนื่องจากกระแสการตอบรับ เทรนด์อาหารสุขภาพ หลังจากการเกิดสถานการณ์การแพร่ระบาดโควิด-19 ส่งผลให้ผู้บริโภคทั้งในและ ต่างประเทศให้ความสำคัญในด้านสุขภาพและสุขอนามัยโดยเน้นการบริโภคอาหารที่ช่วยเสริมสร้าง ภูมิคุ้มกันที่สำคัญเพื่อช่วยกระตุ้นภูมิคุ้มกันและลดการติดเชื้อในร่างกาย (Immune-Boosting Foods) รวมทั้งวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์ออร์แกนิค (Organic ingredients) ผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากธรรมชาติ โดยไม่มี การเจือปนของสารสังเคราะห์หรือเคมีที่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค และสินค้าอาหารจากพืช (Plant based) ที่ได้รับการตอบรับจากผู้บริโภคอย่างมาก และมีการเติบโตที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ที่ซึ่งถือเป็นเรื่องที่ ท้าท้ายในการดำเนินธุรกิจอย่างมาก

บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด จึงได้มีการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้า รวมทั้งสิ้น 47 ร้าน ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ กรุงเทพฯ ปริมณฑล และในพื้นที่ใกล้เคียง ซึ่งปัญหาที่พบจากการเพิ่มช่อง

ทางการจัดจำหน่าย ได้แก่ (1) สินค้าถูกจัดวางไม่ตรงตามตำแหน่ง และสินค้าจัดวางสินค้าไม่ตรงหมวดหมู่ (2) สต็อกสินค้าไม่ถูกเติมหน้าชั้นวาง (3) สินค้าสูญหาย ชำรุด (4) ป้ายโปรโมชั่นไม่ถูกจัดเรียง ส่งผลให้ต้องมีการเข้าตรวจหน้าร้านประจำเดือน เพื่อเช็คจำนวนสินค้าหน้าร้าน ป้ายโปรโมชั่น รวมทั้งเป็นการสำรวจตลาด เพื่อศึกษาสินค้าคู่แข่ง ซึ่งการจัดเส้นทางการขนส่งนั้นก็เป็นส่วนสำคัญอย่างมากที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งสินค้าและการตรวจตลาด เนื่องจากปัจจุบันการจัดเส้นทางการขนส่งนั้น จะใช้วิธีจัดเส้นทางจากประสบการณ์ของผู้ตรวจตลาด ซึ่งปัญหาที่เกิดขึ้นได้แก่ (1) ระยะทางในการขนส่งสูง เนื่องจากการทับซ้อนของเส้นทาง (2) ระยะเวลาในการขนส่งสูง ทำให้เกิดความล่าช้า (3) ต้นทุนค่าขนส่งสูง

จึงเป็นที่มาของการทำการศึกษาวิจัย เรื่อง การจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า รวมทั้งการตรวจตลาด ซึ่งการจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP จึงถือเป็นกลยุทธ์ที่สำคัญ และมีความจำเป็น เพื่อให้ธุรกิจสามารถแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยวิธี K-Means-TSP

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบหาเส้นทางที่มีระยะทางประหยัดที่สุด

1.2.3 เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาเรื่อง การจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP มีขอบเขตการศึกษา ดังนี้

1.3.1 ขอบเขตด้านประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การศึกษาในครั้งนี้เป็นกรณีศึกษาของบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด ซึ่งดำเนินธุรกิจเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกสินค้า ขนมเพื่อสุขภาพ (Healthy snacks) และรับจ้างผลิตสินค้าภายใต้ตราสินค้าของลูกค้าด้วย (OEM) ในปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษาได้ให้ความสำคัญในด้านค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า บริษัทกรณีศึกษาจึงได้ทำการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่ง จึงเป็นจุดเริ่มต้นของการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่ง โดยใช้วิธี K-Means-TSP เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางที่จะลดระยะทางการขนส่งสินค้า และต้นทุนค่าใช้จ่ายโดยรวมให้ต่ำที่สุด

1.3.2 ขอบเขตด้านเนื้อหา

เพื่อประโยชน์ของบริษัทกรณีศึกษา ผู้วิจัยสามารถทำการเปิดเผยข้อมูลที่สำคัญที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ก็ต่อเมื่อทางบริษัทอนุญาตให้ทำการเผยแพร่ข้อมูลได้ คือ พิกัดที่ตั้งร้านลูกค้า ปริมาณสินค้าขนส่งต่อรอบ และระยะเวลาในการลงสินค้า

1.3.3 ขอบเขตด้านระยะเวลา

การวิจัยครั้งนี้ใช้ระยะเวลาทำการศึกษา ทำการวิเคราะห์ และเก็บรวบรวมข้อมูลผลการวิจัยในระหว่าง เดือนเมษายน พ.ศ.2565 จนถึง เดือนตุลาคม พ.ศ. 2565 รวมระยะเวลา 4 เดือน

1.3.4 ขอบเขตด้านพื้นที่

การทำการศึกษาข้อมูลเฉพาะพื้นที่ตั้งร้านลูกค้า ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล ซึ่งประกอบด้วย จังหวัดนนทบุรี จังหวัดปทุมธานี จังหวัดสมุทรปราการ และจังหวัดนครปฐม

1.4 คำจำกัดความในการวิจัย

1.4.1 การจัดเส้นทางการขนส่ง (Transportation routing) เป็นวิธีการจัดแผนการจัดเส้นทางการเดินรถที่ดีและมีประสิทธิภาพนั้น จะส่งผลให้สามารถลดระยะทางในการขนส่งได้ และยังสามารถลดจำนวนระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง ส่งผลให้มลพิษที่เกิดขึ้นจากการขนส่งลดลงและยังทำให้ต้นทุนในการขนส่งของบริษัทลดลงอีกด้วย

1.4.2 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem: TSP) คือ วิธีการหนึ่งใน Data mining อยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning คือการเรียนรู้แบบไม่ต้องสอน ไม่มีคำตอบตายตัว โดยหน้าที่หลักของ K-Means-TSP คือการแบ่งกลุ่ม แบบ Clustering เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยให้มีการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าทุกรายให้มีระยะทางรวมในการขนส่งที่น้อยที่สุดโดยรวมระยะทางการเดินทางของพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้ากลับมายังบริษัทด้วย

1.4.3 ปัญหาการวางแผนการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) ปัญหาการวางแผนการขนส่งนี้จะเป็นการหาจำนวนเส้นทางแต่ละเที่ยวการขนส่งสินค้า ให้กับลูกค้าแต่ละร้านซึ่ง จะออกจากคลังสินค้าที่เดียว ทั้งนี้ต้องทราบปริมาณสินค้าที่ขนส่งต่อรอบ ภายใต้ข้อกำหนดของรถในการบรรจุสินค้า

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ผลการศึกษานี้เป็นประโยชน์โดยตรงต่อผู้บริหาร บริษัทกรณีศึกษา โดยนำผลจากการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า ด้วยวิธี K-Means-TSP ไปใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่ง

1.5.2 ผู้ประกอบการหรือผู้ที่สนใจสามารถนำเครื่องมือ รวมทั้งวิธีการ และเทคนิคต่าง ๆ มาช่วยในการวิเคราะห์และตัดสินใจใช้ ในการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า เพื่อลดระยะเวลาการขนส่ง

1.5.3 ผู้ประกอบการสามารถนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้จากการศึกษา มาใช้เป็นแนวทางประกอบการวิเคราะห์และตัดสินใจในการวางแผนการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าในอนาคตได้ เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การปรับปรุงการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ในการกำหนดเส้นทางเดินรถนั้น ต้องใช้ความเข้าใจถึงสาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหาและสามารถนำทฤษฎีต่างมาประยุกต์ใช้เป็นเครื่องมือที่สามารถช่วยแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้อง ซึ่งทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยมีดังนี้

2.1 แนวคิดการขนส่ง

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่ง

2.3 แนวคิดการจัดการปัญหาการวางแผนการขนส่ง

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 แนวคิดการขนส่ง

2.1.1 ความหมายของการขนส่ง

การขนส่ง (Transportation) คำว่า "การขนส่ง” สามารถแยกพิจารณา ได้ดังนี้

1) ความหมายของการขนส่ง ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน คำว่า “ขน” หมายถึง การเอาสิ่งของจำนวนมาก บรรทุกหรือหาบหามด้วยอาการใด ๆ ก็ตาม จาก แห่งหนึ่งไปอีกแห่งหนึ่ง คำว่า "ส่ง" หมายถึง การยื่นให้ ยื่นให้ถึงมือ พาไปให้ถึงที่ คำว่า "ขนส่ง” หมายถึง ธุรกิจที่เกี่ยวด้วยขนและส่ง ความเข้าใจกับ

2) ความหมายของการขนส่ง ตามพจนานุกรมไทย คำว่า "ขน" หมายถึง การนำเอาของมากจากที่แห่งหนึ่งไปไว้ในอีกแห่งหนึ่ง คำว่า "ส่ง" หมายถึง การยื่นให้ถึงมือ พาไปให้ถึงที่ คำว่า “ขนส่ง” หมายถึง ธุรกิจเนื่องด้วยการนำไปและนำมา หรือ ขนและส่ง ก็จะเพื่อนมากน้อยเพียง

3) ความหมายของการขนส่ง ตามสารานุกรมไทย หนึ่ง คำว่า "การขนส่ง” หมายถึง การเคลื่อนที่ของมนุษย์ สัตว์ สิ่งของ จากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่ง ตามความประสงค์ของมนุษย์ ประโยชน์เกี่ยวกับรูป ศัพท์

4) ความหมายของการขนส่ง ตามพระราชบัญญัติการขนส่ง พ.ศ.2497 ได้บัญญัตินิยามในมาตรา 4 ว่าการขนส่ง หมายความว่า "การลำเลียงหรือเคลื่อนย้ายบุคคลหรือสิ่งของด้วยเครื่องอุปกรณ์ การขนส่ง" เครื่องอุปกรณ์การขนส่งนี้ หมายถึง ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่ง รวมทั้งเครื่องทุ่นแรงด้วยและใน พระราชบัญญัติเดียวกันนี้ยังได้แบ่งลักษณะของการประกอบการขนส่งออกเป็นประโยชน์เกี่ยวกับสา "การขนส่งสาธารณะ" หมายความว่า การขนส่งเพื่อสินจ้างโดยไม่จำกัดเส้นทาง "การขนส่งประจำทาง" หมายความว่า การขนส่งเพื่อสินจ้างตามเส้นทางที่กำหนด "การขนส่งส่วนบุคคล"

หมายความว่า การขนส่งเพื่อกิจการค้าของตนเอง "การรับจัดขนส่ง" หมายความว่า การรับจ้างรวบรวมบุคคลหรือสิ่งของและจัดให้บุคคลอื่น ทำการขนส่งจากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง ในความรับผิดชอบของผู้จัดขนส่ง

5) ความหมายของการขนส่ง ตามความหมายของวิชาเศรษฐศาสตร์ คำว่า "การขนส่ง" เป็นกิจกรรมทางด้านเศรษฐกิจอย่างหนึ่ง ที่จะจัดให้มีการเคลื่อนย้ายคน สัตว์ และสิ่งของ จากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง จากความหมายต่าง ๆ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นนี้ พอที่จะนำมาสรุปเป็นความหมายโดยทั่วไป ของคำว่า "การขนส่ง" ได้ดังนี้ "การขนส่ฟง" หมายถึง การจัดให้มีการเคลื่อนย้ายบุคคล สัตว์ หรือสิ่งของต่าง ๆ ด้วยเครื่องมือ และอุปกรณ์ในการขนส่ง จากที่แห่งหนึ่งไปยังอีกแห่งหนึ่ง ตามความประสงค์และเกิดอรรถประโยชน์ตาม ต้องการ" จากคำจำกัดความข้างต้นนี้ พอที่จะกล่าวได้ว่า การขนส่งจะต้องประกอบด้วยลักษณะต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ คือ

1) เป็นกิจกรรมการเคลื่อนย้ายบุคคล สัตว์หรือสิ่งของ จากที่หนึ่งไปยังที่อีกแห่งหนึ่ง

2) การเคลื่อนย้ายนั้น จะต้องกระทำด้วยเครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการขนส่ง

3) ต้องเป็นไปตามความต้องการ และเกิดอรรถประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ผู้ทำขนส่ง

การขนส่งมีความหมายต่อการขายและการจัดจำหน่ายเป็นอย่างมาก เพราะการขนส่งเป็นปัจจัย ที่ช่วยเพิ่มคุณค่าของสินค้าหรือบริการ ทำให้ผู้บริโภคที่อยู่ในสถานที่ที่การขนส่งเข้าไม่ถึง ได้มีสินค้าหรือบริการ บริโภคตามที่ตนต้องการ การขนส่งจะช่วยนำสินค้าจากแหล่งผลิตผ่านมือ คนกลางจนกระทั่งถึงมือผู้บริโภค ดังนั้นการดำเนินธุรกิจใด ๆ ย่อมอาศัยการขนส่งทั้งสิ้นในท้องถิ่นใดที่มีการขนส่งดี ถนนดีและมียานพาหนะ ที่ใช้ในการขนส่งเพียงพอ ก็ย่อมทำให้การลำเลียงสินค้าจากแหล่งผลิตไป สู่ตลาดทำได้สะดวกรวดเร็วเป็นผล ให้เศรษฐกิจในท้องถิ่นเจริญ การส่งจึงมีบทบาทสำคัญต่อชีวิตมนุษย์

2.1.2 ความสำคัญของการขนส่ง

การขนส่งนั้นเป็นโครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญ (Infrastructure) และมีความจำเป็นอย่างมากในการพัฒนาประเทศ ซึ่งการขนส่งมีความสำคัญต่อธุรกิจหลายประการสามารถแบ่งออกได้ 8 ประการดังนี้

1) ช่วยให้ประชาชนมีมาตรฐานการครองชีพดีขึ้น การขนส่งช่วยสร้างความเป็นอยู่ที่ดีขึ้นให้กับประชาชน สามารถซื้อสินค้าได้จากเขตพื้นที่ต่าง ๆ ได้มากขึ้น และยังสามารถผลิตและเป็นผู้จำหน่ายไปยังพื้นที่ต่าง ๆ ได้เช่นกัน

2) ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต ในปัจจุบันการขนส่งเข้ามามีส่วนช่วยในการเคลื่อยย้ายสินค้าและวัตถุดิบมากขึ้น ทำให้การผลิตสินค้าแต่ละครั้งนั้นสามารถเพิ่มจำนวนการผลิตเพื่อ

ต้นทุนที่ต่ำลง สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าในเขตพื้นที่ต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการแลกเปลี่ยนและการกระจายสินค้าไปในจุดต่าง ๆ ได้ง่ายยิ่งขึ้น

3) ช่วยกระจายความเจริญเติบโต การขนส่งที่พัฒนานั้น ช่วยให้การติดต่อสื่อสารสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ส่งผลให้ด้านการทำธุรกิจสามารถจำหน่ายสินค้าและเพิ่มการกระจายสินค้าและบริการไปยังพื้นที่ต่างได้มากขึ้น

4) มีการเปลี่ยนแปลงของสังคม การขนส่งทำให้การรับรู้ รู้จักด้านวัฒนธรรม ประเพณีและขนบธรรมเนียมของสังคม จึงมีการเลียนแบบทางสังคมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและการแพร่หลายของวัฒนธรรมที่รวดเร็วยิ่งขึ้น

5) ช่วยให้การติดต่อสื่อสารสะดวกขึ้น ปัจจุบันผู้คนสามารถติดต่อสื่อสารกันได้สะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้เป็นผลมาจากการมีระบบขนส่งที่ดี

6) ช่วยให้มาตรฐานการศึกษาดีขึ้น การขนส่งนั้นส่งผลให้ประชาชนสามารถเข้าถึงระบบการศึกษาในท้องถิ่นต่างได้ง่ายขึ้นและยังเป็นการช่วยให้ผู้ศึกษาเดินทางไปไปศึกษายังสถานที่ต่างถิ่นได้

7) ช่วยเพิ่มความสัมพันธ์ระหว่างประเทศ การขนส่งช่วยให้ประเทศต่าง ๆ สามารถติดต่อสื่อสารกันสะดวก ส่งผลให้มีการแลกเปลี่ยนทางด้านเศรษฐกิจและสังคม และการสร้างความสัมพันธ์ที่ดี

8) ความสำคัญด้านอื่น ๆ เช่น การเพิ่มความมั่งคงให้ประเทศ เพราะการขนส่งช่วยให้สามารถเข้าถึงประชาชน ในพื้นที่ต่างและยังช่วยให้การติดต่อสื่อสารกันง่ายขึ้น ก่อให้เกิดความเข้าใจและยังช่วยในด้านการป้องกันประเทศต่อกิจกรรมด้านการทหาร ในการเคลื่อนย้ายกำลังพล ตลอดจนอาวุธยุทโธปกรณ์ต่าง ๆ

2.1.3 ประโยชน์ของการขนส่ง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2556, น. 57) การขนส่งถือได้ว่าเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อชีวิตและความเป็นอยู่ในปัจจุบัน เนื่องจากการขนส่งเข้ามามีส่วนร่วมกับการดำรงชีวิตทั้งทางตรงและทางอ้อม ซึ่งจะสามารถแบ่งประโยชน์ของการขนส่งออกเป็น 5 ด้านได้ดังต่อไปนี้

1) การขนส่งทำให้เกิดปัจจัยสี่ ในการดำเนินตามวิถีชีวิตในปัจจุบันนั้น จำเป็นต้องมีปัจจัยทั้ง 4 ประการได้แก่ อาหาร เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค และที่อยู่อาศัย ซึ่งทั้ง 4 ประการ ถือเป็นสิ่งสำคัญในการดำรงชีวิต ซึ่งจะต้องอาศัยการขนส่งในรูปแบบต่าง ๆ ในการเข้ามาช่วยเคลื่อนย้ายทั้งสินค้าสำเร็จรูป และวัสดุอุปกรณ์ ส่งผลให้การขนส่งก่อให้เกิดประโยชน์ต่อปัจจัยพื้นฐานทั้ง 4 ประการ

2) การขนส่งทำให้เกิดชุมชนใหม่ ปัจจุบันเมื่อการขนส่งมีความก้าวหน้า สามารถเข้าถึงแหล่งที่อยู่ตามจุดต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้นนั้น จะส่งผลโดยตรงต่อการเกิดชุมชนใหม่ ซึ่งสามารถเกิดได้ในทุกรูปแบบของการขนส่ง เช่น การขนส่งทางน้ำ การขนส่งทางราง การขนส่งทางบก การขนส่งทางอากาศ และการขนส่งทางท่อ และเมื่อมีการขนส่งเพิ่มมากขึ้นในแต่ละจุดพื้นที่นั้น ยิ่งจะส่งผลให้เกิดชุมชนใหม่เพิ่มมากยิ่งขึ้น

3) การขนส่งทำให้เกิดตลาดสินค้าและบริการ ในการประกอบธุรกิจและอุตสาหกรรมนั้น จะต้องมีการผลิตทั้งสินค้าและบริการ ทั้งในด้านการขนส่งแรงงาน วัตถุดิบ และอุปกรณ์ เมื่อมีการผลิตเพิ่มขึ้น การขนส่งยิ่งเป็นสิ่งที่จำเป็น ทำให้การขนส่งนั้นเป็นสิ่งสำคัญในการช่วยขนส่งและการจะสินค้าและบริการ ไปสู่ผู้บริโภคอย่างทั่วถึง

4) การขนส่งก่อให้เกิดอรรถประโยชน์และมูลค่าต่าง ๆ เมื่อมีการขนส่งเกิดขึ้น ยิ่งจะช่วยตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคได้มากยิ่งขึ้น ซึ่งจะก่อให้เกิดอรรถประโยชน์ในด้านต่าง ซึ่งสามารถแบ่งออกได้ 4 ประการดังต่อไปนี้

4.1 อรรถประโยชน์เกี่ยวกับรูปแบบ เป็นการเปลี่ยนแปลงหรือการแปรสภาพของสินค้าและบริการ เช่น การนำวัถุดิบ เข้าสู่กระบวนการผลิต เพื่อสร้างสินค้าสำเร็จรูปต่าง ๆ

4.2 อรรถประโยชน์เกี่ยวกับสถานที่ ก่อให้เกิดการเกิดการเปลี่ยนแปลงหรือการเคลื่อนย้าย ซึ่งจะทำให้มีมูลค่าหรือราคาที่สูงขึ้น เช่นการส่งออกสินค้าไทยไปจำหน่ายยังต่างประเทศส่งผลให้มูลค่าสินค้ามีมูลค่าที่สูงขึ้น

4.3 อรรถประโยชน์เกี่ยวกับเวลา เป็นประโยชน์ในด้านการตอบสนองผู้บริโภคที่รวดเร็ว ส่งผลให้มูลค่าสินค้าหรือบริการต่างนั้นไม่ลดน้อยลง เช่นการขนส่งสินค้าอาหารสด หรือสินค้าแฟชั่น ที่ต้องอาศัยการขนส่งที่รวดเร็วในการรักษามูลค่าสินค้าและบริการ

4.4 อรรถประโยชน์เกี่ยวกับการครอบครองกรรมสิทธิ์ เมื่อเกิดการเปลี่ยนแปลงการครอบครองกรรมสิทธิ์ต่าง ๆ หรือเมื่อมีการผลิตสินค้าหรือบริการและมีการซื้อขาย จะต้องมีการโอนย้ายกรรมสิทธิ์ในสินค้า ที่รวดเร็วเพื่อตอบสนองความต้องการแก่ผู้บริโภค

5) การขนส่งทำให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาประเทศ ในการพัฒนาพัฒนาประเทศนั้นจะต้องอาศัยการพัฒนาในด้านต่าง ๆ เช่น การพัฒนาประเทศด้านเศรษฐกิจ การเมืองการปกครองและสังคม ที่ล้วนต้องอาศัยการขนส่งเข้ามาช่วยในการพัฒนาประเทศ เช่นการขนส่งที่มีส่วนช่วยให้เกิดการกระจายรายได้เข้าสู่พื้นที่ท้องถิ่นต่าง ๆ ส่งผลให้เกิดการพัฒนาเศรฐกิจและสภาพความเป็นอยู่ของประชากรที่ดียิ่งขึ้น

2.1.4 ประสิทธิภาพในการขนส่ง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2556, น. 60-62) การพัฒนาด้านการขนส่งนั้นจะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพ และมาตรฐานการขนส่ง ซึ่งประสิทธิภาพในการขนส่ง จะต้องประกอบไปด้วยคุณสมบัติดังต่อไปนี้

1) รวดเร็ว (Speed) การขนส่งจะต้องมีความรวดเร็ว ที่สามารถช่วยให้สินค้าและบริการกระจายเข้าสู่ตลาดได้อย่างรวดเร็ว ทันเวลา และตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคด้วยสินค้าที่มีคุณภาพ

2) ประหยัด (Economy) การขนส่งที่มีประสิทธิภาพนั้น จะต้องก่อให้เกิดการประหยัด เช่น การประหยัดของต้นทุนในการขนส่งสินค้าและบริการ ดังนั้นความประหยัดจึงถือได้ว่าเป็นส่วนหนึ่งของการมีประสิทธิภาพ

3) ปลอดภัย (Safety) ความปลอดภัยถือว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการขนส่ง ซึ่งอาจหมายถึง ความปลอดภัยของผู้โดยสาร ความปลอดภัยจากการเสียหายของสินค้าและบริการ ความปลอดภัยจึงเป็นสิ่งสำคัญอย่างมากในการขนส่ง เพราะหากว่าเกิดการเสียหายต่อสินค้าหรือบริการนั้น ผู้ประกอบการการขนส่งจะต้องเป็นผู้รับผิดชอบในส่วนของค่าเสียหายต่าง ๆ อีกด้วย

4) ความสะดวกสบาย (Convenient) การขนส่งที่ดีนั้นต้องให้ความสำคัญต่อสินค้าและบริการ รวมทั้งการให้ความสะดวกสบายแก่ผู้ใช้บริการ เช่น การเตรียมพร้อมในกรณีฉุกเฉินต่าง ๆ หรือการให้การบริการ อุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ ที่มีการเตรียมพร้อมอยู่เสมอ

5) ความแน่นอนเชื่อถือได้และตรงต่อเวลา (Certainty and Punctuality) การขนส่งที่ดีจะต้องมีการกำหนดกรอบเวลาที่ชัดเจน เชื่อถือได้ และตรงต่อเวลา รวมทั้งรายละเอียดต่าง ๆ ในการเดินทาง และจะต้องรักษาเวลาให้เป็นไปตามกำหนดที่ตั้งไว้ จึงจะถือว่ามีปรสิทธิภาพ

2.1.5 ปัจจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการขนส่ง

2.1.5.1 ปัจจัยทางเศรษฐศาสตร์ที่มีผลต่อต้นทุนการขนส่ง

1) ระยะทาง (Distance) เป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับแรก ๆ ต่อ ต้นทุนการขนส่งสินค้า โดยระยะทางมีผลโดยตรงต่อต้นทุนผันแปร คือ ค่าเชื้อเพลิง ซึ่งหากระยะทางการขนส่งที่ไกลขึ้นส่งผลทำให้ อัตราการใช้น้ำมันมากขึ้น ต้นทุนค่าขนส่งก็สูงขึ้นตามระยะทางการ ขนส่งที่ไกลขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับ ระยะทาง เช่น ความหนาแน่นของการจราจร รถขนส่งในเมืองหรือ ต่างจังหวัด เป็นต้น ที่อาจจะส่งผลกับต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ หากรถขนส่งวิ่งในเส้นทางที่มีการจราจรที่หนาแน่นใน ระยะทางสั้น อาจจะมีต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่า รถที่วิ่งในเส้นทางปกติทีระยะทางไกลกว่าได้

2) น้ำหนัก (Weight) เป็นปัจจัยที่สำคัญอันดับแรก ๆ ต่อ ต้นทุนการขนส่งสินค้า โดยระยะทางมีผลโดยตรงต่อต้นทุนผันแปร คือ ค่าเชื้อเพลิง ซึ่งหากระยะทางการขนส่งที่ไกลขึ้นส่งผล ทำให้ อัตราการใช้น้ำมันมากขึ้น ต้นทุนค่าขนส่งก็สูงขึ้นตามระยะทางการ ขนส่งที่ไกลขึ้น แต่อย่างไรก็ตามอาจจะมีปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้องกับ ระยะทาง เช่น ความหนาแน่นของการจราจร รถขนส่งในเมืองหรือต่างจังหวัด เป็นต้น ที่อาจจะส่งผลกับต้นทุนที่เปลี่ยนแปลงไป กล่าวคือ หากรถขนส่งวิ่งในเส้นทางที่มีการจราจรที่หนาแน่นใน ระยะทางสั้น อาจจะมีต้นทุนค่าขนส่งสูงกว่า รถที่วิ่งในเส้นทางปกติ ทีระยะทางไกลกว่าได้

3) ความจุของสินค้าในรถบรรทุก (Capacity) ความจุของ สินค้าในรถที่บรรทุกเป็นจัยที่ส่งผลต่อต้นทุนการขนส่งสินค้า ซึ่งจะมี ความเหมือนกับน้ำหนักบรรทุก กล่าวคือ ความจุของสินค้าในรถบรรทุก (Capacity) มากที่เป็นไปได้จะส่งผลทำให้ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้า ลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับความจุของสินค้าในรถบรรทุกน้อยกว่า เช่น รถบรรทุก 10 ล้อ (รถเปล่าหนัก 9.5 ตัน) บรรทุกสินค้าแบบเต็มคัน (Full-Truck-Load: FTL) เมื่อเปรียบเทียบกับรถขนาดเดียวกัน บรรทุกสินค้าไม่เต็มคัน (Less-than-Truck-Load: LTL) ขนส่งไปยังปลายทางที่ เหมือนกัน ระยะทางที่เท่ากัน ต้นทุนต่อหน่วยของสินค้าของรถบรรทุก สินค้าที่มากกว่า จะมีต้นทุนขนส่งที่ต่ำกว่า

4) คุณลักษณะของสินค้า (Stow ability) ขนาดหรือลักษณะของสินค้าซึ่งมีผลต่อยานพาหนะที่ จะบรรทุก ขนาดและรูปทรงที่แตกต่าง เช่นเดียวกับน้ำหนักที่เกินหรือความยาวที่เกินจะทำให้การจัดเก็บได้ไม่ดี และสิ้นเปลืองเนื้อที่บรรทุก แม้ว่าผลิตภัณฑ์จะมีความหนาแน่นเท่ากันแต่การจัดเก็บก็จะแตกต่างกัน ผลิตภัณฑ์ที่ รูปทรงมาตรฐานจะจัดเก็บได้ง่ายกว่ารูปทรงที่ผิดแผกออกไป ตัวอย่างเช่น แท่งเหล็กและคันเบ็ด มีความหนาแน่น เท่ากัน แต่คันเบ็ดจัดเก็บยากกว่าเพราะความยาวและรูปทรง การ จัดเก็บมีผลต่อขนาดของการจัดส่ง บางครั้ง ผลิตภัณฑ์จำนวนมากสามารถจัดเก็บเป็นกลุ่มได้ มิฉะนั้นก็จะยากต่อการจัดเก็บ

5) การจัดการขนย้ายสินค้า (Handing) อุปกรณ์พิเศษในการจัดการสินค้าช่วยในการขนย้ายสินค้าขึ้น ลงรถบรรทุกหรือเรือ รวมถึงลักษณะของภาชนะบรรจุผลิตภัณฑ์ เช่น กล่อง พาเลท เชือกผูก ซึ่งมีผลต่อต้นทุกของ การจัดการ

6) ความรับผิดชอบ (Liability) ผลิตภัณฑ์ที่จะถูกความกระทบกระเทือนได้ง่าย การเน่าเปื่อย การถูก ขโมย ระเบิด ผู้รับขนส่งควรจะทำประกันสินค้า และผู้ส่งออกสามารถลดความเสี่ยง และค่าขนส่งได้โดยการ ปรับปรุงบรรจุภัณฑ์ให้สามารถป้องกันหรือลดการสูญหายหรือเสียหาย

7) ปัจจัยด้านการตลาด (Market Factors) จำนวนคู่แข่งขันในธุรกิจขนส่งประเภทเดียวกัน รวมถึงสินค้าหรือบริการทดแทน หากมีผู้ประกอบการจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนการขนส่งค้า เพราะการแข่งขันทางการตลาดทำให้ทุนทุนหรือราคาให้บริการถูกลง หากมีผู้ประกอบการ

จำนวนน้อยราย จะ ส่งผลทำให้ราคาการให้บริการสูงขึ้น เพราะในธุรกิจไม่มีคู่แข่งหรือคู่แข่งน้อยราย ผู้ประกอบการสามารถกำหนด ราคาการให้บริการได้

2.1.4.2 การตัดสินใจเกี่ยวกับต้นทุนของการขนส่ง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2551 , น. 84-85) ก่อนที่เราจะพิจารณากันถึงเรื่องของต้นทุนในการขนส่ง พิจารณากันถึงแนวความคิดในเรื่อง ต้นทุน (Cost Concepts) จะสามารถกล่าวได้ ดังต่อไปนี้

1) ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงใด ๆ ตามการผลิตไม่ว่า จะทำการผลิตหรือไม่ผลิตก็ตาม ต้นทุนนี้จะต้องเกิดขึ้นเป็นจำนวนที่คงที่ ต้นทุนชนิดนี้ถึงแม้ว่าจะมีการ ผลิตเป็นจำนวนมากหรือจำนวนน้อยเพียงใด ก็จะต้องเสียค่าใช้จ่ายในอัตราเท่าเดิมอยู่ตลอดเวลา เช่น ค่าเช่า ที่ดิน ค่าเช่าที่ดินและอาคาร ค่าประกันภัย ค่าทะเบียนยานพาหนะ ค่าเสื่อมราคา เงินเดือนประจำ ค่าใบอนุญาต เช่าสถานที่ ค่าเสื่อมราคา เป็นต้น ในบางครั้งต้นทุนประเภทนี้ อาจเรียกชื่อได้เป็นอย่างอื่นอีก เช่น Constant Cost หรือ Overhead Cost ต้นทุนชนิดนี้แม้จะให้บริการมากน้อยเพียงใดหรือไม่ได้ให้บริการเลย ก็ต้องเสีย เป็นจำนวนเท่ากัน เป็นต้น

2) ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณ ของการผลิต ถ้าผลิตมากก็มีค่าใช้จ่ายผันแปรมาก ถ้าผลิตน้อยก็จะเสียค่าใช้จ่ายผันแปรน้อย ถ้าไม่มีการ ผลิตก็จะไม่เสียค่าใช้จ่ายผันแปรเลย ต้นทุนประเภทนี้ อาจเรียกชื่อเป็นอย่างอื่นได้อีก คือ ต้นทุนดำเนินงาน (Operation Cost) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนการผลิต ถ้าให้บริการขนส่งมากต้นทุนชนิดนี้ ก็มากด้วย ถ้าผลิตบริการขนส่งน้อยต้นทุนนี้ก็น้อย ถ้าไม่ได้ให้บริการเลยก็ไม่ต้องจ่ายต้นทุนนี้เลย ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าใช้จ่ายในการขนสินค้า เป็นต้น

3) ต้นทุนรวม (Total Cost หรือ Joint Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่จะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณ ของการผลิต ถ้าผลิตมากก็มีค่าใช้จ่ายผันแปรมาก ถ้าผลิตน้อยก็จะเสียค่าใช้จ่ายผันแปรน้อย ถ้าไม่มีการ ผลิตก็จะไม่เสียค่าใช้จ่ายผันแปรเลย ต้นทุนประเภทนี้ อาจเรียกชื่อเป็นอย่างอื่นได้อีก คือ ต้นทุนดำเนินงาน (Operation Cost) ซึ่งค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนการผลิต ถ้าให้บริการขนส่งมากต้นทุนชนิดนี้ ก็มากด้วย ถ้าผลิตบริการขนส่งน้อยต้นทุนนี้ก็น้อย ถ้าไม่ได้ให้บริการเลยก็ไม่ต้องจ่ายต้นทุนนี้เลย ต้นทุนผันแปร ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น ค่าใช้จ่ายในการขนสินค้า เป็นต้น

4) ต้นทุนเที่ยวกลับ (Back Haul Cost) เป็นต้นทุนหรือค่าใช้จ่ายที่ได้รวมเอาลักษณะของค่าเสีย โอกาส (Opportunity Cost) เข้าไปด้วย ถือเป็นค่าชดเชยที่ต้องทำให้เสียโอกาสขึ้น หรือกล่าวในกรณีของ การขนส่งก็หมายถึง การที่ต้องบรรทุกผู้โดยสาร สินค้าหรือบริการ

ไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้ว ในเที่ยวกลับ นั้นไม่ได้บรรทุกอะไรกลับมาเลย กรณีนี้จึงต้องมีการคิดถึงต้นทุนเที่ยวกลับ รวมไว้ในการคิดต้นทุนค่าบริการ ขนส่งด้วย ซึ่งในบางครั้งลักษณะเช่นนี้ ถือว่าการสูญเปล่าได้เกิดขึ้นและถือว่าเป็นการขนส่งที่ไม่ทำให้เกิดการ ประหยัดอีกด้วย ผู้ประกอบการขนส่งต้องคำนึงถึงต้นทุนเหี่ยวกลับด้วย กระรอก สินค้าเองก็ควรคำนึงถึงต้นทุนส่วนนี้ด้วยเช่นกัน นอกจากต้นทุนทั้ง 4 ประเภท ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้นนี้แล้ว ก็จะนำมารวมกันเป็นต้นทุนรวม (Total Costs) เพื่อที่จะนำไปคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายต่อไป ในบางครั้งอาจจะมีการใช้คำว่า "Out of Packet Costs" อีกคำหนึ่ง ซึ่งมีความหมายถึงการเปลี่ยนแปลงในต้นทุนรวม เป็นผลมาจากการที่ต้นทุนผันแปร การเพิ่มขึ้น หรือลดลงไม่เป็นอัตราส่วนที่แน่นอน เช่น เมื่อให้การบริการขนส่งถึงจุด ๆ หนึ่ง ค่าใช้จ่ายผันแปรจะมีลักษณะ มีอัตราส่วนที่สูง หรือกว่าปกติธรรมดา จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในทุกเกมได้ เช่น ค่าล่วงเวลา และค่าเบี้ยเลี้ยงในการเดินทาง เป็นต้น ต้นทุนของการขนส่งแต่ละแบบแต่ละประเภทนั้นจะแตกต่างกันออกไป ตามลักษณะ และชนิดของการให้บริการขนส่ง

2.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่ง

2.1.1 ปัจจัยที่สำคัญสำหรับการขนส่ง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2559, น. 52) การขนส่งโดยทั่วไปนั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่ การขนส่งทางน้ำ การขนส่งทางบก และการขนส่งทางอากาศ ซึ่งในการประกอบกิจกรรมทางด้านการขนส่งนั้น มีปัจจัยสำคัญสำหรับการขนส่ง ดังต่อไปนี้

1) เส้นทางการขนส่ง (Ways or Route) หมายถึง ถนน ทางรถไฟ แม่น้ำ ทะเล และอากาศ ที่มา : เป็นต้น ซึ่งจะมีเส้นทางที่ใช้เดินทางเพื่อการขนส่ง ซึ่ง อาจจะเป็นเส้นทางที่สามารถมองเห็นได้ เช่น ถนน อากาศ หรือ ในทะเลมหาสมุทร นอกจากนี้แล้วเส้นทางในการขนส่งนั้นอาจจะเป็นเส้นทางที่มีการใช้อยู่เป็นประจำ หรือ เป็นครั้งคราว หรืออาจจะเป็นเส้นทางที่ถูกกำหนดขึ้นตามความต้องการก็ได้

2) พาหนะที่ใช้ในการขนส่ง (Vehicle) พาหนะในการขนส่งนั้น อาจหมายถึง รถยนต์ รถไฟ เรือ เครื่อง บินเส้นท่อ ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็นอุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายและอำนวยความสะดวกให้กับ ผู้โดยสารและอุปกรณ์เพื่อการส่งสินค้าและบริการ หรือ อาจจะเป็นอุปกรณ์เพื่อการขนส่งสิ่งใดสิ่งหนึ่งเฉพาะก็ได้

3) อุปกรณ์ในการขนส่งสินค้า (Equipment) อุปกรณ์ที่ใช้อำนวยสะดวกในการขนส่ง ในที่นี้หมายถึง รถยก อุปกรณ์ขึ้นสินค้า เป็นต้น สำหรับ อุปกรณ์ ในการขนส่งนี้แบ่งออกเป็น อุปกรณ์ในการเคลื่อนย้ายสินค้า หรือการยกขนถ่ายสินค้า

4) สถานีในการขนส่ง (Terminal) เป็นสถานที่ซึ่งใช้เป็นจุดสำหรับหยุดรับส่งผู้โดยสารหรือสินค้าและ บริการสำหรับการขนส่งแต่ละประเภท ซึ่งอาจจะเป็นสถานีต้นทาง หรือ จุดรับสินค้าระหว่างเส้นทาง การเรียกชื่อสถานีในการขนส่ง ก็มีการเรียกที่แตกต่างกันออกไป เช่น ท่าอากาศยาน ใช้สำหรับการขนส่งทางอากาศ ท่าเรือใช้ สำหรับการขนส่งทางน้ำสถานีขนส่งผู้โดยสาร และสถานีขนส่งสินค้าใช้สำหรับการการขนส่งทางบก เป็นต้น

2.1.2 รูปแบบการขนส่ง (Mode of Transport) การขนส่งแบ่งออกเป็น 5 รูปแบบได้แก่

การขนส่งมีความเจริญก้าวหน้าและมีการพัฒนามากในปัจจุบัน ซึ่งผู้ประกอบธุรกิจสามารถเลือกวิธีการขนส่งที่เหมาะสมแก่ธุรกิจ สามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ

1) ทางบก (Road or Motor Transportation)

1.1 การขนส่งทางรถยนต์ (Motor Transportation) หรือรถบรรทุก (Truck Transportation เป็นรูปแบบการขนส่งที่มีความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน เหมาะสำหรับสินค้าขนาดกลางจนถึงขนาดใหญ่ ซึ่งการขนส่งในรูปแบบนี้มีความสะดวก รวเร็ว และสามารถขนส่งได้ตลอดเวลาตามความต้องการ ซึ่งเหมาะสำหรับการขนส่งสินค้าในระยะทางที่สั้นและระยะกลาง แต่มีอัตรค่าบริการสูงกว่าเมื่อเทียบกับการขนส่งทางรถไฟ ทั้งนี้ยังมีความปลอดภัยต่ำ และมีอุบัติเหตุบ่อยครั้ง และมีข้อจำกัดด้านเวลา เนื่องจากขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศและการจราจร

ภาพที่ 2.1 การขนส่งทางบก

ที่มา : Freepik

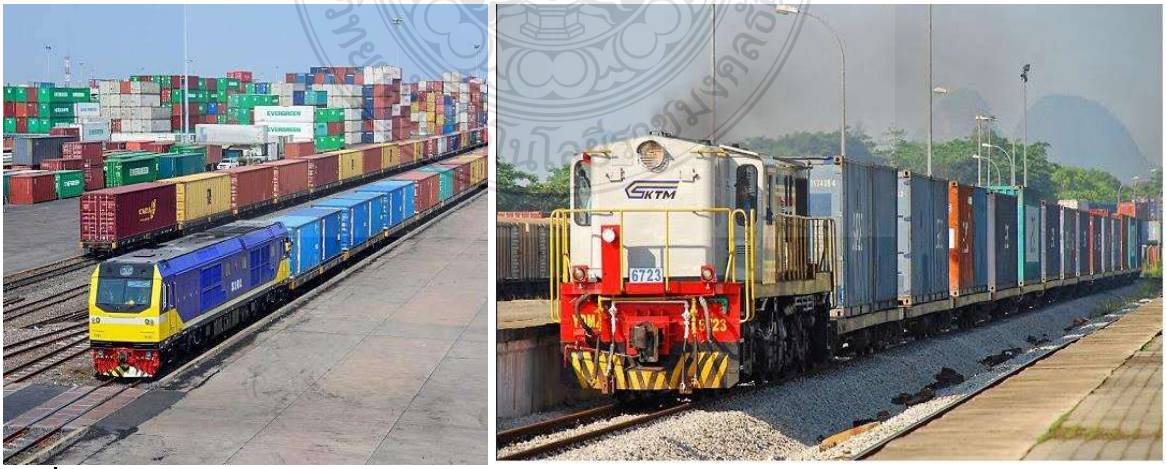
1.2 การขนส่งทางจักรยานยนต์ เหมาะสำหรับพัสดุที่มีขนาดเล็กถึงระดับกลาง เน้นการขนส่งในพื้นที่ใกล้ ๆ มีอัตราค่าบริการที่ไม่สูง ซึ่งการขนส่งทางจักรยานยนต์ตอบโจทย์กับสินค้าที่ต้องการความรวดเร็วในการขนส่ง โดยมีข้อจำกัดด้านระยะทาง

ภาพที่ 2.2 การขนส่งทางจักรยานยนต์

ที่มา : Tonkit

(2) ทางราง (Rail transport)

การขนส่งทางรถไฟ (Railroads) เป็นเส้นทางการขนส่งที่สำคัญที่สุดของประเทศ เหมาะสำหรับการขนส่งสินค้าที่มีน้ำหนัก และมีปริมาณมาก รวมทั้งการขนส่งที่มีระยะทางไกล ซึ่งการขนส่งทางรางนั้นมีความรวดเร็ว และอัตราค่าบริการไม่แพง สามารถขนส่งได้หลายชนิด มีกำหนดเวลาที่ชัดเจน แต่มีความยืดหยุ่นมีน้อยเพราะมีเส้นทางที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้



ภาพที่ 2.3 การขนส่งสินค้าทางรถไฟ

ที่มา : ผู้จัดการออนไลน์

(3) การขนส่งทางน้ำ (Water Transportation)

การเดินทางขนส่งสินค้าด้วยเส้นทางแม่น้ำและลำคลอง หรือการใช้เส้นทางทางทะเล ในส่วนใหญ่นั้นจะนิยมสำหรับการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ซึ่งเหมาะสมกับสินค้าที่มีขนาดใหญ่ ขนส่งได้จำนวนมากเป็นสินค้าที่ยากแก่การเสียหาย อาทิเช่น เครื่องจักร ทราย แร่ ยางพารา ซึ่งการขนส่งทางน้ำนั้นมีอัตราค่าขนส่งถูกกว่าเมื่อเทียบกับการขนส่งในรูปแบบอื่น ทั้งยังขนส่งได้ปริมาณมาก แต่มีข้อจำกัดด้านกำหนดเวลาที่แน่นอน และข้อจำกัดด้านภูมิอากาศ และภูมิประเทศด้วย

ภาพที่ 2.4 การขนส่งทางน้ำ

ที่มา: ไทยรัฐ ออนไลน์

(4) ทางอากาศ (Air Transportation)

เหมาะสำหรับการขนส่งระหว่างประเทศ หรือการขนส่งที่ต้องการความรวดเร็ว สะดวกและปลอดภัย เหมาะกับการขนส่งสินค้าประเภทที่มีความเปราะบาง เช่น สินค้าของสดต้น หรือสินค้าที่มีอายุจำกัด ไม่เหมาะกับสินค้าที่มีขนาดใหญ่ น้ำหนักมากและสินค้าราคาถูก ซึ่งการขนส่งทางอากาศมีค่าใช้จ่ายที่มีราคาค่อนข้างสูงเมื่อเทียบกับการขนส่งรูปแบบอื่น

ภาพที่ 2.5 การขนส่งทางอากาศ

ที่มา: Giztix

(5) ทางท่อ (Pipeline Transportation)

เป็นการขนส่งสิ่งของประเภทของเหลวและก๊าซผ่านสายท่อ เช่น น้ำประปา น้ำมัน ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งการขนส่งทางท่อจะแตกต่างกับการขนส่งประเภทอื่น คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการขนส่งไม่ต้องเคลื่อนที่ โดยเส้นทางขนส่งทางท่ออาจจะอยู่บนดิน ใต้ดินหรือใต้น้ำ ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ กำหนดเวลาการขนส่งได้ชัดเจน ประหยัดค่าใช้จ่าย เวลาในการขนย้ายสินค้าและมีความปลอดภัยสูง หรือลักขโมยใช้แรงงานน้อย ซึ่งข้อเสีย คือ ขนส่งได้เฉพาะสินค้าที่เป็นของเหลวหรือก๊าซเท่านั้นค่าใช้จ่ายในการลงทุนครั้งแรกสูง ไม่เหมาะกับการขนส่งในภูมิประเทศที่มีแผ่นดินไหวบ่อย

ภาพที่ 2.6 การขนส่งทางท่อ
ที่มา: ไทยรัฐ ออนไลน์

2.3 แนวคิดการจัดการปัญหาการจัดเส้นทางและตารางแผนการเดินรถ

2.3.1 ปัญหาในการจัดเส้นทาง และตารางการเดินรถ

คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2556, น. 135-137) ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งนั้น ในแต่ละกรณีอาจจะมีปัญหาที่แตกต่างกันหลายปรเภทที่เกิดขึ้น ซึ่งแต่ละปัญหานั้นต้องทำความเข้าใจและหาวิธีการแก้ไขที่แตกต่างกัน ปัญหาเหล่านี้สามารถแบ่งได้ 3 วิธี

1) ปัญหาเชิงยุทธศาสตร์ เกี่ยวข้องในแง่มุมในช่วงเวลาระยะยาวของการจัดเส้นทางและ ตารางเวลาเดินรถ โดยเฉพาะในกรณีที่มีการจัดส่งผลิตภัณฑ์ที่คล้ายคลึงกันและในปริมาณที่เท่า ๆ กันแก่ลูกค้ารายเดิมหรือลูกค้าปกติ ดังนั้น จึงมีความเป็นไปได้ที่จะวางแผนสำหรับพาหนะที่คงที่ตลอดช่วงเวลาหนึ่ง ซึ่งจะเป็นการจัดตารางตามพื้นฐานของข้อมูลในอดีต การจัดตารางเชิงยุทธศาสตร์ในปัจจุบันมักทำ โดยการใช้เทคนิคคอมพิวเตอร์สมัยใหม่

2) ปัญหาเชิงยุทธวิธีหรือเชิงปฏิบัติการ จะเกี่ยวข้องกับเส้นทางที่ต้องจัดตาราง เป็นรายสัปดาห์หรือรายวัน การจัดตารางประเภทนี้มักเป็นการจัดตารางของบริษัทจัดส่งพัสดุของบริษัทที่นำส่งชิ้นส่วนอะไหล่และบริษัทขนส่งตามสัญญาที่ทำงาน ปัจจัยสำคัญ คือ อปสงค์ของสินค้าอาจไม่

สามารถประมาณการได้หรือเป็นอุปสงค์ที่เป็นแบบสุ่ม หรือสถานที่ตั้งของจุดจัดส่งเปลี่ยนไป หรืออาจเกิดเหตุการณ์ทั้ง 2 แบบ ดังนั้น จึงเป็นไปไม่ได้ที่จะจัดตารางการจัดส่งตามข้อมูลในอดีตได้สำหรับการวางแผนเชิงยุทธวิธี หรือเชิงปฏิบัติการ เราจำเป็นต้องพิจารณาคำสั่งแต่ละชุดเป็นรายวัน หรือรายสัปดาห์ และวางแผนและ จัดเส้นทางพาหนะตามอุปสงค์ที่เปลี่ยนไปเรื่อย ๆ นี้ การวางแผนประเภทนี้โดยส่วนใหญ่ยังต้องทำโดยพนักงาน กำหนดตารางงานในศูนย์กระจายสินค้า แต่ในปัจจุบันมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถจัดตารางได้

3) ปัญหาวางแผนในเชิงปฏิสัมพันธ์ ปฏิบัติการจัดส่งจำนวนมากในปัจจุบันถูกวางแผนในเชิง ปฏิสัมพันธ์ คือ ในแบบที่ยอมให้ผู้วางแผนใช้คอมพิวเตอร์หาเส้นทางที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด จะมีการใช้ข้อมูล อุปสงค์จริงมากกว่าอุปสงค์ในอดีต และข้อมูลในเรียลไทม์เหล่านี้ จะเป็นพื้นฐานที่ใช้จัดเส้นทางและตารางงาน ดังนั้น เราจึงสามารถหาเส้นทางที่แม่นยำมากขึ้นได้ ซึ่งจะทำบางเส้นทาง การที่ไม่หาทุกเส้นทางเนื่องจากต้นทุน ของการเตรียมและการใช้โปรแกรมจัดเส้นทางและตารางงานทุกวันอาจมีต้นทุนสูงมาก จากต้นทุนซอฟต์แวร์ ด้านเวลาและต้นทุนในการหาข้อมูลอุปสงค์ที่นำมาป้อนทุกวัน นอกจากนั้นการนำชุดซอฟต์แวร์นี้ไปใช้ในการวางแผน ข้อมูลในอดีตก็เพียงพอแล้ว ตารางเวลาที่สร้างขึ้นในเชิงปฏิสัมพันธ์จึงอาจทำให้เส้นทางแต่ละวันแตกต่างกันได้สาเหตุที่ทำให้เกิด ความแตกต่างกัน คือ ซอฟต์แวร์สามารถที่จะประเมินอุปสงค์ข้อเรียกร้องและหาแนวทางเฉพาะได้ทุกครั้ง ที่ใช้งาน ข้อดีของแนวทางเชิงปฏิสัมพันธ์ คือ พนักงานกำหนดตารางงานอยู่ในตำแหน่งที่สามารถทำการ เปลี่ยนแปลงเส้นทางได้ตามความจำเป็น เช่น ถ้ามีการรับคำสั่งด่วนพิเศษเข้ามาหลังจากกำหนดเส้นทางหลักโดยใช้ซอฟต์แวร์ไปแล้ว พนักงานกำหนดตารางงานก็สามารถป้อนคำสั่งด่วนนั้นเข้าในชุดซอฟต์แวร์เพื่อเพิ่ม เข้าไปในเส้นทางที่จัดไว้แล้วได้ จากนั้น ระบบจึงจะตรวจสอบเส้นทางเพื่อตรวจดูว่าจะรับคำสั่งใหม่ได้หรือไม่ ซอฟต์แวร์อาจไม่ยอมรับคำสั่งใหม่นี้ด้วยหลายสาเหตุด้วยกัน เช่น ความจุของยานพาหนะเหลือไม่พอมีเวลา เหลือไม่ทอ ฯลฯ ดังนั้นพนักงานกำหนดตารางจึงสามารถใช้ชุดซอฟต์แวร์เพื่อให้แน่ใจว่าคำสั่งด่วนนั้นจะถูกมอบหมาย ให้กับพาหนะที่สามารถทำการจัดส่งได้ทั้งโดยถูกกฎหมายและตามขีดจำกัดด้านการบริการ ในปัจจุบันยังมีชุดซอฟต์แวร์บางแบบที่สามารถจัดเส้นทางร่วมสำหรับศูนย์กระจายสินค้าหลาย แห่งได้โดยที่สามารถมอบหมายคำสั่งการจัดส่งตรงให้กับศูนย์กระจายสินค้าที่มีสินค้าและทรัพยากรพร้อม ดังนั้น ทรัพยากรที่ศูนย์กระจายสินค้าทุกศูนย์จึงถูกใช้อย่างมีประสิทธิผลมากขึ้นโดยช่วยให้สามารถใช้ สินทรัพย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

3.1 บริษัทผู้รับเหมาบุคคลที่ 3 มักใช้ชุดซอฟต์แวร์จัดเส้นทางและจัดตารางเวลาเดินรถเพื่อช่วย ในการตอบสนองต่อการรับงานมาทำ จะช่วยให้บริษัทสามารถระบุความต้องการด้านกลุ่มยานพาหนะและ พนักงานขับรถได้ จึงสามารถคิดต้นทุนของปฏิบัติการได้

3.2 บริษัทผู้ผลิตสินค้าอุปโภคบริโภครายใหญ่รายหนึ่งใช้ชุดซอฟต์แวร์จัดเส้นทางและจัดตาราง เวลาเดินรถเพื่อช่วยในการระบุผลของการบังคับใช้ปริมาณการสั่งซื้อ/จัดส่งขั้นต่ำแต่ละขั้นมาใช้สำหรับ ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ และสำหรับลูกค้าหลายประเภท การลดปริมาณการสั่งซื้อขั้นต่ำจะช่วยเพิ่มรายรับจากผลิตภัณฑ์ แต่จะทำให้ต้นทุนการจัดส่งเพิ่มขึ้นเพราะว่าต้องจัดส่งตามคำสั่งขนาดเล็กด้วย จึงนำชุดรอฟต์แวร์ จัดเส้นทางและจัดตารางเวลาเดินรถมาใช้เพื่อทดสอบและแจ้งโอกาสที่ต้นทุนเหล่านี้จะเพิ่มขึ้น ทนไปร่

3.3 บริษัทผู้ประกอบการที่ขนส่งสินค้าเอง ใช้ชุดซอฟต์แวร์จัดเส้นทางและจัดตารางเวลาเดินรถ เพื่อช่วยเหลือในผลของการเปลี่ยนแปลงกฎหมายการขนส่ง การเพิ่มขึ้นของน้ำหนักพาหนะสูงสุดอาจเป็น ประเด็นหนึ่งเนื่องจากว่าน้ำหนักนี้จะมีผลต่อปริมาณสินค้าที่สามารถขนได้ และนโยบายการซื้อยานพาหนะ สำหรับกลุ่มยานพาหนะ ฯลฯ ประกอบด้วย น้ำหนักบรรทุก ความจุ ชนิดสินค้า ทรัพยากรที่มีอยู่ กำหนดเวลาจัดส่ง ชนิดของ ยานพาหนะและกลุ่มยานพาหนะ นโยบายการจัดซื้อ การผลิตและการจัดส่ง กฎหมาย และต้นทุนการจัดส่ง

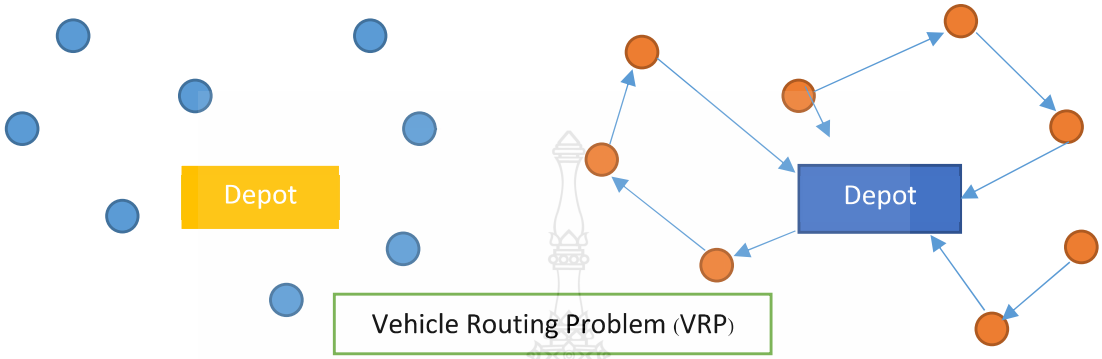
2.3.2 วิธีการจัดการเส้นทางและจัดตารางเวลาเดินรถ

1) ปัญหาหารวางแผนการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP)

เป็นวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งโดยการเลือกใช้จำนวนพาหนะที่เหมาะสมต่อรอบการขนส่ง ใบการบรรทุกสินค้า พร้อมทั้งหาเส้นทางในการขนส่งที่ดีที่สุด ภายใต้ข้อกำหนดในด้านต้นทุนค่าใช้จ่ายที่ประหยัดที่สุด ปัญหาการวางแผนการขนส่งนี้จะเป็นการหาจำนวนเส้นทางแต่ละเที่ยวการขนส่งสินค้า ให้กับลูกค้าแต่ละร้าน ซึ่งจะออกจากคลังสินค้าที่เดียว ทั้งนี้ต้องทราบปริมาณสินค้าที่ขนส่งต่อรอบ ภายใต้ข้อกำหนดของรถในการบรรจุสินค้า

ปัญหา VRP นั้นเป็นปัญหาส่วนหนึ่งของการจัดการด้านโลจิสติกส์ (Logistic) คือ ปัญหาการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งที่ดีที่สุด เมื่อพิจารณาถึงเงื่อนไขหรือข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น เวลา จำนวนยานพาหนะ ระยะทาง ส่งผลให้ VRP มีความแตกต่างจาก ปัญหา TSP ดังนี้ “เรียกชื่อแทนพนักงานขายว่า พาหนะขนส่ง (Vehicle) หรือ สายส่ง (Route) และมีจุดเริ่มต้นในการเดินทาง เพียงจุดศูนย์กระจายสินค้ากลาง (Depot) เพียงจุดเดียวส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหา VRP จะประกอบไปด้วย ศูนย์กระจายสินค้ากลางหนึ่ง แห่ง จำนวนลูกค้ามีเท่ากับ N รายและพาหนะขนส่งมีจำนวน K คัน ระยะทางระหว่างจุดที่ตั้งของโหนด สองโหนดมีการคำนวณระยะทางแบบเชิงพิกัด (Euclidean distances) การบรรทุกสินค้าในการ ขนส่งแต่ละครั้งและแต่ละเส้นทางต้องไม่เกินขีดจำกัดของ Qk ลูกค้าทุกรายเป็นสมาชิกของ $i = \{1,2, \dots N\}$ และมีความต้องการสินค้าในระดับ $\mathrm{D}i$ ลักษณะการแก้ปัญหาหรือการออกแบบเพื่อ แบ่งกลุ่มเส้นทางของพาหนะขนส่งออกเป็นจำนวน K

สาย เพื่อให้สายส่งสามารถขนส่งสินค้าออกไปให้บริการให้กับลูกค้าอย่างรวดเร็วและต้องใช้ต้นทุนในการให้บริการดีที่สุด ลักษณะปัญหา Vehicle Routing Problem (VRP) ดังภาพที่ 2.7



ภาพที่ 2.7 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Vehicle Routing Problem (VRP)
ที่มา: https://nextbillion.ai/blog/end-to-end-delivery-route-optimization

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem) ปัญหาของการจัดการในการหาจำนวนเส้นทางและลำดับการขนส่งที่มีความเหมาะสม ซึ่งแต่ละเส้นทางนั้นมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์และเป้าหมายธุรกิจ ซึ่งจะต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างที่สำคัญต่อการจัดเส้นทางเดินรถ (Hall and Patryk, 1997) ได้แก่

1) ข้อจำกัดในเส้นทาง (Route Capacities) เป็นข้อกำหนดของประเภทรถพาหนะที่ใช้ในการบรรทุกสินค้าหรือด้านเงื่อนไขของช่วงเวลาในการขับขี่ที่จะต้องเป็นตามข้อกฎหมาย

2) กรอบของเวลา (Time Window) เป็นการกำหนดช่วงเวลาของการจัดส่งสินค้าในแต่ละแห่ง โดยมีข้อกำหนดที่เข้มงวด ไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ (Hard Time Window) และข้อกำหนดที่ไม่เข้มงวด (Soft Time Window) คือ สามารถผ่อนปรนได้บ้าง แต่อาจจะต้องเสียใช้จ่ายในส่วนของค่าปรับ

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem : VRP) จาก บทความของ Dantzig and Ramsar (1959) ซึ่งมีการตีพิมพ์ในช่วงทศวรรษ 1950 ด้วยเหตุที่ปัญหานี้ ได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากปัญหา VRP นั้นเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในชีวิตประจำวัน Larsen (2000) ได้แบ่งปัญหา VRP ออกเป็น 2 กลุ่มด้วยกันคือ (1) ปัญหาแบบ Deterministic ซึ่งทราบข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดก่อนเริ่มทำการจัดเส้นทาง และ (2) ปัญหาแบบ Dynamic ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นจะไม่ทราบแน่นอนจะไม่ทราบแน่นอนก่อนการจัด เส้นทาง แต่จะทยอยกันออกมาในระหว่างที่ทำการจัดเส้นทาง โดยปัญหา VRP มีรากฐานมาจาก

ปัญหา TSP ดังที่ได้กล่าวลักษณะของปัญหาไว้ในหัวข้อที่ 2.2 ซึ่งจุดเริ่มต้นของปัญหา TSP เกิดขึ้น ในช่วงทศวรรษที่ 1920 โดยนักคณิตศาสตร์และนักเศรษฐศาสตร์ที่ชื่อว่า Karl Manger 01 จากนั้นก็มี การศึกษากันเรื่อยมา และปัญหานี้ถูกทำให้ได้รับความนิยม ในงานวิจัยของ Dantzig et al. (1954) ได้ เสนอวิธีในการหาคำตอบในการจัดเส้นทางซึ่งสามารถจัดการกับปัญหา TSP ซึ่งมีเมืองที่ต้องผ่าน ขนาด 49 เมืองได้ จากนั้นก็มีการศึกษาต่อเนื่องเรื่อยมาจนกระทั่งในงานวิจัยของ Applegate et al. (2009) สามารถหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเดินทางผ่านไปยังเมือง 85,900 เมือง สำหรับปัญหา VRP จะมียานพาหนะที่ใช้ในการเดินทางมากกว่า 1 คัน ซึ่งโดยตัวปัญหาจะถูกแบ่งออกเป็นประเภทย่อย ๆ อีกหลายประเภทตามลักษณะเฉพาะของตัวปัญหา โดยในงานวิจัยของ Toth and Vigo (2002) ได้แบ่งประเภทของปัญหา VRP ไว้ 9 ปัญหาด้วยกันแสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะรูปแบบต่าง ๆ

รูปแบบปัญหา	ตัวย่อ	หมายถึง
Capacitated VRP	CVRP	VRP แบบมีข้อจำกัดความจุของรถบรรทุก
VRP with Time Windows	VRPTW	VRP แบบมีกรอบเวลาในการส่งสินค้า
VRP with Backhaul	VRPB	VRP แบบมีการขนส่งกลับมายังคลังเดิม
VRP with Pickup and Delivery	VRPPD	VRP แบบมีการรับ-ส่งสินค้า
VRPPD with Time Window	VRPPDTW	VRP แบบมีการรับ-ส่งสินค้าและมีกรอบเวลา
VRP with Multiple Depots	MDVRP	VRP แบบมีหลายคลังสินค้า
Periodic VRP	PVRP	VRP แบบมีช่วงเวลา
Split Delivery VRP	SDVRP	VRP แบบมีการแยกสินค้าออกเป็นส่วนต่าง ๆ
Stochastic VRP	SVRP	VRP แบบมีความไม่แน่นอน

ที่มา: http://medias.lib.ubu.ac.th

1) Capacitated Vehicle Routing Problem (CVRP) เป็นรูปแบบปัญหาที่คำนึงถึงปริมาณสินค้าที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ โดยมี เงื่อนไขในการแก้ปัญหา คือ ปริมาณบรรทุกรวมในเส้นทางการขนส่งจะต้องไม่เกินความสามารถ ในการบรรทุกสูงสุดที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้

2) Vehicle Routing Problem with Time Windows (VRPTW) ปัญหา VRPTW จะมีลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่คำนึงถึง ช่วงเวลารับสินค้าที่ลูกค้าต้องการ โดยเวลารับสินค้าจะกำหนดเป็นลักษณะช่วงเวลา (Time Windows) การขนส่งสินค้าจะต้องให้บริการภายในเวลารับสินค้าที่ลูกค้าต้องการ

3) Vehicle Routing Problem with Backhaul (VRPB) ปัญหา VRPPB เป็นรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่ลูกค้าบาง รายสามารถส่งสินค้าบางอย่างกลับสู่จุดกระจายสินค้าได้ โดยมีลักษณะที่สำคัญคือ จะต้องทำการส่ง สินค้าไปยังลูกค้าต่าง ๆ ในเส้นทางการขนส่งให้หมดก่อนที่จะรับสินค้าที่จะบรรทุกกลับมายัง จุดเริ่มต้น

4) Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery (VRPPD) ปัญหา VRPPD เป็นปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ รถบรรทุกสามารถ รับและส่งสินค้าได้ตลอดเส้นทาง โดยที่ปริมาณบรรทุกไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถ และจะต้องไม่มีการส่งสินค้าจากลูกค้ารายหนึ่งไปยังอีกรายหนึ่ง ลักษณะของ VRPPD แตกต่างจาก VRPB ที่ลักษณะการบรรทุกสินค้าจากลูกค้ากลับมายังจุดกระจายสินค้า VRPB จะต้องส่งสินค้าให้ เรียบร้อยก่อนจึงบรรทุกสินค้ากลับ ส่วน VRPPD จะมีการรับ-ส่งสินค้าตลอดทาง แต่ต้องไม่มีการ ขนส่งสินค้าในระหว่างลูกค้าด้วยกันเอง

5) Vehicle Routing Problem Pickup and Delivery with Time Windows (VRPPDTW) ปัญหา VRPPDTV จะมีลักษณะของปัญหาเหมือนกับ VRPPD แต่จะเพิ่มเงื่อนไข ในส่วนของเวลารับสินค้าที่ลูกค้าต้องการ โดยเวลารับสินค้าจะกำหนดเป็นลักษณะช่วงเวลา (Time Windows) การขนส่งสินค้าจะต้องให้บริการภายในเวลารับสินค้าที่ลูกค้าต้องการ

6) Vehicle Routing Problem with Multiple Depots (MDVRP) ปัญหา MDVRP จะมีลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่มีจุด กระจายสินค้าหลาย ๆ จุด โดยแต่ละจุดจะมีฝูงรถที่ประจำอยู่ในจุด เมื่อทำการขนส่งสินค้าเรียบร้อย ก็จะกลับมายังจุดกระจายสินค้าที่ประจำอยู่

7) Periodic Vehicle Routing Problem (PVRP) ลักษณะปัญหาของ PVRP คือ การขนส่งสินค้าที่เปลี่ยนจากลักษณะการวิเคราะห์ การขนส่งในรอบวันให้สามารถวิเคราะห์ถึงการขนส่งที่มีรอบการขนส่งเกิน 1 วัน เช่น การขน ส่งไปยังจุดหมายปลายทางที่ไกลได้ ทำให้รอบของการขนส่งมีความแตกต่างกันรูปแบบการขนส่งที่ เป็นไปได้จึงมีตัวเลือกจำนวนมาก

8) Split Delivery Vehicle Routing Problem (SDVRP) ปัญหา SDVRP เป็นลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะที่ยอมให้ ลูกค้าหนึ่งรายสามารถส่งสินค้าจากรถขนส่งได้หลายคันเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่ง เช่น กรณีที่ ปริมาณสินค้าที่ต้องการเกินความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถบรรทุก 1 คัน

9) Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP) ปัญหา SVRP เป็นรูปแบบวิธีการที่คำนึงถึงความไม่แน่นอนขององค์ประกอบต่าง ๆ ในการขนส่งซึ่งมีอยู่ 3 ส่วนหลัก ๆ คือ (1) ความไม่แน่นอนของลูกค้า (2) ปริมาณสินค้าที่ต้องการ และ (3) ความไม่แน่นอนในเวลาที่ใช้ในการขนส่ง แต่เมื่อระบบมีองค์ประกอบตั้งแต่ 1 อย่างขึ้นไปที่มีความไม่แน่นอนปัญหาจะถูกจัดเป็น Stochastic Vehicle Routing Problem (SVRP) ซึ่งสามารถแบ่งตามองค์ประกอบที่มีความไม่แน่นอน ได้ดังนี้

(1) Stochastic Customers เมื่อลูกค้าแต่ละรายมีความน่าจะเป็นที่จะปรากฏออกมาอยู่ ระหว่าง 0 กับ Demands เมื่อปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละรายเป็น (2) Stochastic ตัวแปรสุ่ม (3) Stochastic Times เมื่อระยะเวลาในการให้บริการ หรือระยะเวลาในการเดินทางเป็น ตัวแปรสุ่ม โดยหากทำการแบ่งประเภทตามแนวทางของ Genidreau et al. (1996) จะสามารถแบ่ง ปัญหาแบบ Stochastic ออกเป็น 6 รูปแบบย่อยดังนี้

1) TSP with Stochastic Customer (TSPSC) เมื่อลูกค้าแต่ละรายมีความน่าจะเป็นที่จะปรากฏออกมาอยู่ ระหว่าง 0 กับ เซึ่งปัญหานี้จะเป็นที่รู้จักในอีกชื่อหนึ่งคือ Probabilistic Traveling Salesman Problem (PTSP)

2) TSP with Stochastic Travel Time (TSPST) เมื่อทราบว่าลูกค้ามีรายใดบ้างแต่ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางหรือค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทางเป็นตัวแปรสุ่ม โดยมีวัตถุประสงค์จัดเส้นทางให้มีความน่ายเป็นนกที่สุดในการเดินทางไป ร้านค้าใน ระยะเวลาที่กำหนด

3) -TSP with Stochastic Travel Time (m-TSPST) คือ TSPST ที่มียานพาหนะทั้งหมด m

4) VRP with Stochastic Detnand (VRPSD) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ เมื่อความต้องการของลูกค้าเป็นตัวแปรสุ่ม

5) VRP with Stochastic Customer (VRPSC) คือ TSPSC ที่มียานพาหนะทั้งหมด m คัน

6) VRP with Stochastic Customer and Demand (VRPSCD) เป็นรูปแบบของปัญหาที่ มีการผสมผสานกันระหว่างปัญหาแบบ VRPSC กับ VRPSD ซึ่งปัญหานี้จะเป็นที่รู้จักในอีกชื่อหนึ่ง ทo Probabilistic Vehicle Routing Problem (PVRP) สำหรับระบบที่ระบบไม่คงที่ ไม่ทราบข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดก่อนเริ่มการจัดเส้นทาง แต่ ข้อมูลจะทยอยออกมาในระหว่างที่ได้ออกรถไปแล้ว แล้วต้องทำการตัดสินใจจัดเส้นทางในระหว่าง ที่รถกำลังอยู่ในระหว่างการเดินทาง จะเป็นการแก้ปัญหาแบบเวลาจริง (Real-time) ซึ่งระบบจะเป็น แบบพลวัต (Dynamic) ซึ่งปัญหามีที่มีรูปแบบดังกล่าวนี้ คือ

1) Dynamic Traveling Salesman Problem (DISP) ปัญหาพนักงานขายเดินทางแบบ ไดนามิก

2) Dynamic Traveling Repairman Problem (DTRP) เป็นปัญหาในการจัดเส้นทางของช่างซ่อมในการเดินทางออกจากบริษัทไปยังบ้านของลูกค้าเพื่อซ่อมบำรุงเครื่องใช้ไฟฟ้าที่ชำรุด เมื่อ ซ่อมเสร็จแล้วก็จะเดินทางต่อไปซ่อมยังบ้านของลูกค้ารายอื่น

3) Dynamic Vehicle Routing Problem (DVRP) ปัญหาการจัดเส้นทางแบบไดนามิก

4) Dynamic Dial-A-Ride Systeins (DARP) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางในการบริการรับสินค้าจากจัดหนึ่งไปส่งยังที่หมายอีกจุดหนึ่ง

ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบันมีนักวิจัยที่มีบทบาทสำคัญในการพัฒนางานทางด้านปัญหา VRP อย่างมากมาย เช่น Golden et al. (1977) Christofides et al. (1979) Bodin et al. (1983) Chistofides (1985) Filipes et al. (1998) Laporte et al. (2000) Toth and Vigo (2002) และ Kytojoki et al. (2007) จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า ลักษณะของปัญหา VRP ที่ Golden et al. ศึกษาแสดงด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาตรฐานได้ดังนี้

ดัชนี (Indices)

i ลำดับของลูกค้าที่ i โดยที่ $i = 1,2, \dots, N$

j ลำดับของลูกค้าที่ j โดยที่ $j = 1,2, \dots, N$

k ยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้าที่ k โดยที่ $k = 1,2, \dots, K$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

Di ความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ i โดยกำหนดให้ $\mathrm{D}_1 = 0$

C_{ij} ระยะทางระหว่างลูกค้าที่ i ไปยังลูกค้า j

Qk ความสามารถในการขนส่งสินค้าของพาหนะขนส่งที่ k

ตัวแปรในการตัดสินใจ *(*Decision Variables*)*

X_{ij} *= 1,* ถ้ามีการเดินจากลูกค้า i ไปยังลูก้า j 0, กรณีอื่น ๆ

U_i = ตัวแปรสนับสนุน *(*Auxiliary variable*)* ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ *(*Objective Function*)*

$$\mathrm{M_i n} = \sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{k}} \mathrm{C_{ij} X_{ij}^{k}} \qquad (2.6)$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{\mathrm{i=1}}^{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{k}} \mathrm{x_{ij}^{k}} = 1 \qquad \forall \mathrm{j} = (2, \dots, \mathrm{N}) \qquad (2.7)$$

$$\sum_{\mathrm{j=1}}^{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{k=1}}^{\mathrm{k}} \mathrm{x_{ij}^{k}} = 1 \qquad \forall \mathrm{i} = (2, \dots, \mathrm{N}) \qquad (2.8)$$

$$\sum_{j=1}^{N} X_{ip}^{k} - \sum_{j=1}^{N} X_{pj}^{k} = 0 \quad \forall k = (1,2,\dots,K), p = (1,2\dots,N) \tag{2.9}$$

$$\sum_{j=1}^{N} D_i \left(\sum_{j=1}^{N} X_{ij}^{k} \right) \leq Qk \qquad \forall k = (1,2,\dots,K) \tag{2.10}$$

$$\sum_{j=2}^{N} X_{1j}^{k} \leq 1 \qquad \forall k = (1,2,\dots,K) \tag{2.11}$$

$$\sum_{i=2}^{N} X_{i1}^{k} \leq 1 \qquad \forall k = (1,2,\dots,K) \tag{2.12}$$

$$U_i - \bigcup_j + N \sum_{K=1}^{K} x_{ij}^{k} \leq N - 1 \qquad \forall i,j = (2,\dots,N)\ and \neq j \tag{2.13}$$

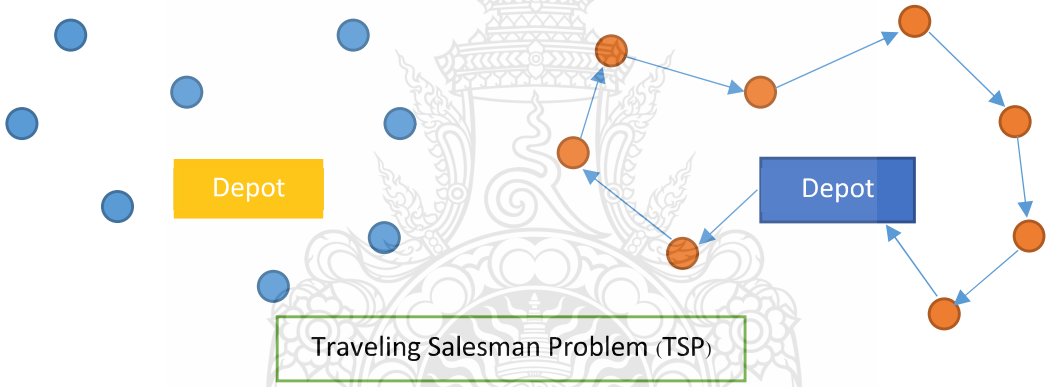
$$x_{ij}^{k} \in \{O_1 1\} \qquad \forall i,j = (1,2,\dots,N)\ , k = (1,2,..K) \tag{2.14}$$

สมการเป้าหมายแสดงวัตถุประสงค์หลัก (2.6) เพื่อให้เกิดระยะทางในการเดินทางต่ำ ที่สุด สมการเงื่อนไขที่ (2.7) และ (2.8) เป็นการกำหนดให้ลูกค้าแต่ละจุดสามารถรับการบริการได้ จากพาหนะขนส่งเพียงคนละหนึ่งคันหรือหนึ่งเส้นทางเท่านั้น สมการเงื่อนไขที่ (2.9) แสดงความ ต่อเนื่องของตำแหน่งที่เชื่อมกันอยู่ในแต่ละเส้นทางเมื่อยานพาหนะเข้ามายังจุดใด ๆ และออกจากจุด นั้น สมการเงื่อนไขที่ (2.10) แสดงข้อจำกัดทางด้านความจุของยานพาหนะ สมการเงื่อนไขที่ (2.11) และ (2.12) ยืนยันความสามารถในการมียานพาหนะใช้ได้เท่าที่กำหนด สมการเงื่อนไขที่ (2.13) เป็น สมการป้องกันการเกิดซับทัวร์ โดยกำหนดให้ตัวแปรสนับสนุนมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0 และ สมการเงื่อนไขสุดท้าย (2.14) กำหนดให้ตัวแปรตัวสินใจมีค่าเท่ากับ 0 หรือ 1 เท่านั้น จากการทบทวนปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ สรุปว่า ปัญหา VRP ออกเป็น 2 กลุ่มคือ (1) ปัญหาแบบ Deterministic ซึ่งทราบข้อมูลที่จำเป็นทั้งหมดก่อนเริ่มทำการจัดเส้นทาง และ (2) ปัญหาแบบ Dynamic ซึ่งข้อมูลที่จำเป็นจะไม่ทราบแน่นอนจะไม่ทราบแน่นอนก่อนการจัด เส้นทาง แต่จะทยอยกันออกมาในระหว่างที่ทำการจัดเส้นทาง

2. การเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem, TSP)

เป็นการจัดการปัญหาในระดับง่าย เนื่องจากการจะต้องมีการจัดลำดับการขนส่งสินค้าโดยใช้เส้นทางเดียวกับลูกค้ารายต่าง ๆ โดยหน้าที่หลักของ K-Means-TSP คือการแบ่งกลุ่ม แบบ Clustering เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยมีการกำหนดการใช้เส้นทางเดียวกับลูกค้ารายต่าง ๆ โดยแบ่งกลุ่มแบบ Clustering ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยมีการกำหนดให้มีระยะทางรวมในการขนส่งที่น้อยที่สุด

ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problems: TSP) เป็นรูปแบบหนึ่งของวิธีในการดำเนินการแก้ปัญหาการขนส่ง ที่มีวัตถุประสงค์คือ ต้องการหาเส้นทางที่ทำให้ การเดินทางไปยังลูกค้าทุกคนเกิดขึ้นด้วยค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุด โดยมีเงื่อนไขว่าจะต้องมีการเดินทางครบทุกพิกัดหรือหาเส้นทางวงปิด (Closed Tour) แต่ละพิกัดนั้นสามารถเดินทางผ่านได้เพียงครั้งเดียว เมื่อพนักงานขายเดินทางจนครบทุกพิกัดแล้วให้เดินทางกลับไปยังพิกัดเริ่มต้น ดังแสดงในภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Traveling Salesman Problem (TSP)
ที่มา: http://medias.lib.ubu.ac.th/

ปัญหา TSP สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทดังนี้ (1) ปัญหาการเดินทางของพนักงาน ขายแบบสมมาตร (Symmetric TSP) กล่าวคือ ค่าของระยะทางระหว่างสองตำแหน่งทั่งไป-กลับ มีค่าเท่ากัน (2) ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายแบบไม่สมมาตร (Asymmetric TSP) กล่าวคือ ระยะทางระหว่างสองตำแหน่งทั้งไป-กลับมีค่าไม่เท่ากัน ทั้งนี้ปัญหา TSP เป็นปัญหาประเภทเอ็นพี สมบูรณ์ (NP-Complete) ซึ่งเป็นปัญหาที่มีความซับซ้อนและหาค่าคำตอบที่ดีที่สุดได้ค่อนข้างยาก โดยที่จำนวนคำตอบที่เป็นไปได้จะเพิ่มขึ้นแบบเอ็กโปเนลเชียลตามจำนวนจุดของสถานที่ที่เพิ่มมาก ขึ้น เมื่อจำนวนสถานที่เพิ่มขึ้นก็จะส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการคำนวณเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ลักษณะของ ปัญหา TSP สามารถแสดงได้จากกราฟ $G = (V, A)$ เมื่อ $V = \{1, \ldots, N\}$ คือเซตของโหนด โดยที่ A คือเซตของเส้นเชื่อม แต่ละเส้นเชื่อมจะประกอบไปด้วย $\mathbf{C_{ij}}$ เป็นสัญลักษณ์แทนระยะทางที่พนักงาน

ขายเดินทางจากเมือง i ไปยังเมือง j ซึ่ง $(i,j) \in V/i \neq j$ และ S คือ สับเซตที่เป็นไปได้ทั้งหมด $\forall \mathrm{s} \subset \mathrm{v}$ โดยที่ $\mathrm{s} \neq \emptyset, \mathrm{s} \neq \mathrm{v}$ ซึ่ง $|\mathrm{S}|$ คือ จำนวนสมาชิกของเซต S แบบจำลองทางคณิตศาสตร์แสดง ได้ดังนี้

ดัชนี (Indices)

i ลำดับของเมือง i โดยที่ $\mathrm{i} = 1,2 \ldots, N$

j ลำดับของเมือง j โดยที่ $\mathrm{j} = 1,2 \ldots, N$

ตัวแปรที่ทราบค่า (Parameter)

$\mathrm{C_{ij}}$ ระยะทางระหว่าง i ไปเมือง j

ตัวแปรในการตัดสินใจ (Decision Variables)

$\mathrm{X_{ij}}=$ 1, ถ้ามีการเดินทางจากเมือง i ไปเมือง j

0, กรณีอื่น ๆ

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ (Objective Function)

$$\mathrm{Min} = \sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} \sum_{\mathrm{j}=1}^{\mathrm{N}} \mathrm{C_{ij}X_{ij}} \tag{2.1}$$

สมการข้อจำกัด (Constraints)

$$\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} \mathrm{X_{ij}} = 1 \qquad \forall \mathrm{j} = 1,2, \ldots, N \tag{2.2}$$

$$\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{N}} \mathrm{X_{ij}} = 1 \qquad \forall \mathrm{i} = (1,2, \ldots, N) \tag{2.3}$$

$$\sum_{\mathrm{i} \in \mathrm{s}} \sum_{\mathrm{j} \in \mathrm{s}} \mathrm{X_{ij}} \leq |\mathrm{s}| - 1 \quad \forall \mathrm{s} \subset \mathrm{v} \tag{2.4}$$

$$\mathrm{X_{ij}} \in \{0,1\} \qquad \forall \mathrm{i} = (1,2 \ldots, N), j = (1,2, \ldots N) \tag{2.5}$$

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ที่ (2.1) คือ ต้องการหาเส้นทางวงปิดที่สั้นที่สุด ซึ่งได้จากการรวมระยะทางการเดินทางของพนักงานขาย ข้อจำกัดที่ (2.2) และ (2.3) ประกอบด้วยเส้นทางเข้าหนึ่งเส้นและเส้นทางออกหนึ่งเส้น สมการ (2.4) คือการป้องกันการเกิด เส้นทางพาหนะขนส่งย่อย และสมการ (2.5)

เป็นการกำหนดตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ ปัญหา TSP เป็นปัญหาที่ได้รับความนิยมในการศึกษาค้นคว้าวิจัยกันอย่างกว้างขวาง โดยมีการศึกษาค้นคว้าวิจัยมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1940 แม้ว่าจะมีการศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับปัญหานี้มาอย่าง ยาวนาน แต่ทว่ายังไม่มีวิธีการไหนที่สามารถจัดการแก้ปัญหาได้อย่างสมบูรณ์แบบ เนื่องจาก ปัญหา TSP จัดเป็นปัญหาที่ยากในการหาคำตอบ ในอดีตมีนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาถึง วิธีการแก้ปัญหา TSP โดยมี 2 ลักษณะคือ (1) วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Exact Method) และ (2) วิธี วริสติก (Heuristic Method) การประยุกต์วิธีการแก้ปัญหาแบบวิธีดีที่สุด ยกตัวอย่างเช่น Balas and Christofides (1981) ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหา TSP ที่ไม่สมมาตร โดยใช้วิธี Restricted Lagragean Relaxation ที่ขึ้นอยู่กับปัญหาการมอบหมายงานมีตัวคูณลากรองซ์เป็นเงื่อนไขที่จะยืนยันว่า จะได้มาซึ่งคำตอบ ที่ดีที่สุดจากคำตอบเริ่มต้น และใช้วิธี Polynomials Bounded มาทำการสร้างความไม่เท่ากันและ นำเข้ามาในฟังก์ชันลากรองซ์ที่มีตัวคูณเป็นบวกมีการเช็คตามเงื่อนไขทำให้ขอบเขตล่าง (Lower Bound) อย่างสม่ำเสมอและสามารถหาขอบเขตบนได้จากวิธีการสร้างการ Fast Tour - Building Heuristic Laporte and Nobert (1983) นำเสนอแนวทางการสร้างโปรแกรมอินทีเจอร์ (Integer Programming) นักวิจัยทั้งสองได้ประยุกต์ใช้วิธีการแตกกิ่งและกำหนดขอบเขต (Branch and Bound) เพื่อแก้ปัญหา TSP ทั้งแบบขนาดกลางและเล็ก และงานวิจัยของ Noon (1988) นำเสนอวิธีการ แก้ปัญหาแบบ Lagrangian relaxation เพื่อแก้ปัญหา TSP แบบไม่สมมาตร (Asymmetric) และมีจุด ลูกค้ามากถึง 442 จุด ผลการทดลองปรากฏว่าคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal solution) เป็นต้น

การประยุกต์วิธีการแก้ปัญหา TSP แบบฮิวริสติก ยกตัวอย่างเช่น การสร้างเส้นทางด้วย วิธี Saving ของ Clarke and Wright (1964) ซึ่งเป็นวิธีที่เป็นที่รู้จักมากที่สุดวิธีการหนึ่งในการ แก้ปัญหา TSP โดยจะทำการหาระยะทางที่ประหยัดที่สุด วิธี Nearest Neighbor ของ Rosenkrantz et AL (1977) เป็นวิธีการค้นหาจุดส่งสินค้าที่อยู่ใกล้กับจุดส่งสินค้าชุดมากที่สุด วิธี settin Procedures เป็นเทคนิคการแทรกลูกค้าเข้าไปในแต่ละเส้นทาง ซึ่งวิธีแทรกมีอยู่ด้วยกันหลากหลาย วิธีด้วยกัน เช่น Nearest Insertion, Cheapest Insertion, Arbitrary insertion, Quick Insertion, Greatest Angle Insertion และวิธี Minimal Spanning Tree ของ Christofides (1976) เป็นต้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรรณิการ์ ศรีพนมวรรณ, พงษ์เทพ ภูเดช และชณิชา หมอยาดี (2565) ศึกษาเรื่องการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ ด้วยไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์: กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารูปแบบปัญหาและการพัฒนาเส้นทางการเดินรถใหม่สำหรับการเก็บขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ด้วยวิธีการเชิง

วิวัฒนาการ (Evolutionary method) ในการหาเส้นทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเก็บขยะมูลฝอยที่สามารถลดต้นทุนและระยะเวลา และทำการเปรียบเทียบเส้นทางกอนและหลังปรับปรุง ผลการศึกษาพบว่า สามารถลดระยะทางรวมจากเส้นทางการเดินรถแบบเดิม 13 เส้นทางต่อสัปดาห์ ลดลงเหลือ 8 เส้นทางต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 38.46 และระยะทางจำนวน 108.50 กิโลเมตร เป็น 101.75 มีค่าลดลง 6.75 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 6.2 เส้นทางดังกล่าวมีสัดส่วนภาระงานระยะทางในแต่ละเส้นทาง ที่มีความสมดุลกว่าเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบันทุนคงที่ ค่าจ้างแรงงานคนเก็บขนขยะมูลฝอย อัตราค่าจ้างแรงงานคนเก็บขยะมูลฝอย จำนวน 7 คน ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งเส้นทางเดินรถขนขยะมูลฝอยแบบเดิม จะมีอัตราค่าจ้างแรงงานจำนวน 28 วันต่อเดือน คิดเป็นเงินค่าจ้างแรงงาน 58,800 บาท และเมื่อมีการปรับปรุงเส้นทางใหม่ จะมีอัตราค่าจ้างแรงงาน จำนวน 16 วัน คิดเป็นเงินค่าจ้างแรงงาน 33,600 บาท สามารถลดค่าจ้างแรงงานได้ จำนวน 25,200 บาท ด้านต้นทุนผันแปร ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแต่ละคัน 2 กิโลเมตร/ลิตร ดังนั้นในเส้นทางเดิมจะมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสิ้น 382.94 ลิตร คิดเป็นเงิน 10,722 บาท และเมื่อมีการปรับปรุงเส้นทางใหม่ จะมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสิ้น จำนวน 358.82 ลิตร คิดเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 10,047 บาท สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 675 บาท

กุลภรณ์ บุญชู, ชนกกานต์ พึ่งชาติ, ฐปนก วงศ์ศิริ, ณัฐฐา นาคศิริ และสรศักดิ์ ชูเถื่อน (2565) ศึกษาเรื่องการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถเพื่อสนับสนุนแนวคิด Green Logistics: กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษาเส้นทางในการเดินรถเดิมของบริษัทกรณีศึกษา และนำมาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทาง การเดินรถแบบใหม่ที่สามารถลดระยะทางการขนส่งสินค้าที่ส่งผลต่อการลดต้นทุนเชื้อเพลิงการขนส่งและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ผลการศึกษาพบว่าการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับ TSPได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในด้านระยะทางที่ลดลงมากกว่าและมีความเป็นไปได้มากกว่าเนื่องจากการจัดเส้นทางโดยการใช้เครื่องมือ TSP เพียงอย่างเดียวมีการแบ่งโซนการขนส่งตามเส้นทางก่อนปรับปรุง เป็นเพียงการนำเส้นทางการขนส่งเดิมในแต่ละวัน แต่ละคันมาทำการลำดับจุดหมายปลายทางของลูกค้าแต่ละรายใหม่เพื่อให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุดในการไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าครบทุกรายโดยไม่ผ่านรายเดิมเท่านั้น อีกทั้งไม่สามารถใส่เงื่อนไขในการขนส่ง ส่วนการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm เพียงอย่างเดียวนั้นเป็นการรวมพื้นที่ A, B และ C เข้าด้วยกัน เพื่อต้องการจัดเส้นทางใหม่โดยไม่ต้องคำนึงถึงรูปแบบโซนพื้นที่และจะมีการกำหนดเงื่อนไขเพื่อประกอบการพิจารณาการจัดเส้นทางร่วมด้วย ได้แก่ ข้อจำกัดด้านความจุของรถและระยะเวลาในการทำงานของพนักงานขนส่ง ส่งผลให้มีข้อจำกัดในการจัดเส้นทางทำให้เส้นทางที่ได้ออกมานั้นไม่ใช่เส้นทางที่สั้นที่สุดเท่าที่ควร ดังนั้นการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับ TSP จะสามารถจัดเส้นทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดทำให้ได้เส้นทางการขนส่งใหม่ออกมาหลังและมีการเรียงลำดับจุดหมายปลายทางแต่ละจุดให้ได้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด ด้วยระยะทางที่ลดลงนี้ทำให้ทางบริษัทสามารถลดต้นทุนผันแปรในส่วนขอต้นทุนเชื้อเพลิงการขนส่งและในเวลาเดียวกันนั้นยังทำให้บริษัทสามารถลดปัญหาในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มาจากกิจกรรมการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ได้อีกด้วยทำให้ทางบริษัทสามารถสร้างขีดความสามารถทางการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

ธรรมวิชช์ ประเสริฐ และวรากรณ์ ถนอมธรรม (2565) ศึกษาเรื่องการจัดการปัญหาเส้นทางการขนส่งกรณีศึกษา โรงงานผลิตขึ้นรูปอลูมิเนียม มีวัตถุประสงค์เพื่อมุ่งเสนอแนวทางการวางแผนขนส่งสินค้าโดยการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันวัตถุประสงค์ และโปรแกรม LOGWARE 5.0 ให้สามารถวางแผนการขนส่งได้อย่างมีประสิทธิภาพได้แก่ ลดระยะทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง ลดต้นทุนค่าจ้างรถบรรทุกส่งสินค้า ค่าบำรุงรักษารถบรรทุกและค่าแรงพนักงาน ผลการศึกษาพบว่าหลังจากการพัฒนาการขนส่งของเดือนตุลาคม พ.ศ.2563 จะมีการใช้รถ 6 ล้อ เพิ่มขึ้นทำให้จำนวนเที่ยวการขนส่งของรถ 6 ล้อ เพิ่มขึ้นด้วยเป็น 18 เที่ยว คิดเป็นร้อยละ 8.53 ซึ่งการที่ใช้รถ 6 ล้อเพิ่มขึ้นทำให้ลดการใช้รถ 4 ล้อ ได้ถึง 189 เที่ยว คิดเป็นร้อยละ 95.94 และระยะทางการขนส่งรวมลดลง 17,350.70 กิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 17.74 รวมถึงการใช้พนักงานยกสินค้าลดลง 13 คนคิดเป็นร้อยละ 24.53 และการบรรทุกสินค้าเฉลี่ยต่อคันเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 97.25 ของความจุรถบรรทุก จึงส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งเดือนตุลาคม พ.ศ.2563 ลดลงร้อยละ 16.38 หรือคิดเป็นมูลค่า 181,392.36 บาท

อนุชา ศรีบุรัมย์, ไทยทัศน์ สุดสวนสี, วราภรณ์ วโรรส และ อามิณฑ์ หล้าวงศ์ (2565) ศึกษาเรื่องฮิวริสติกแบบสองเฟสสำหรับการจัดเส้นทางการขนส่ง: กรณีศึกษาร้านขายส่งขนมแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์ มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางการขนส่งที่มีระยะทางการขนส่งโดยรวมต่ำสุด ภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ให้สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าทันเวลาที่กำหนด ผลการศึกษาพบว่าการใช้ซอฟต์แวร์ Lingo ได้ผลเฉลยดีสุด แต่ใช้เวลาในการประมวลผลประมาณ 48 ชั่วโมง ซึ่งไม่สามารถใช้สำหรับการวางแผนจัดเส้นทางการขนส่งในทางปฏิบัติได้ เพราะการจัดส่งสินค้าเป็นแบบรับคำสั่งซื้อแบบสั่งวันนี้ต้องได้รับสินค้าในวันพรุ่งนี้ ดังนั้นในทางปฏิบัติการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมฟิชเชอร์แอนด์ไจคุมาร์จึงมีความเหมาะสมกว่าวิธีแม่นตรงที่ต้องใช้เวลานานในการประมวลผล โดยผลลัพธ์ที่ได้จากอัลกอริทึมที่นำเสนอสามารถลดระยะทางขนส่งโดยรวม จากเดิมที่ใช้ประสบการณ์คนขับรถ 1,093.40 กิโลเมตร ลดลงเหลือ 766.15 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 29.93 ซึ่งผลการจัดเส้นทางการขนส่ง ดังนี้วันที่ 1: ระยะทางการขนส่งโดยรวม เท่ากับ 244.55 กิโลเมตร ; วันที่ 2 : ระยะทางการขนส่งโดยรวมเท่ากับ 451.60 กิโลเมตร ; วันที่ 3 : ระยะทางการขนส่งโดยรวม เท่ากับ 70.00 กิโลเมตร

อมรรัตน์ อุดมเจริญศิลป์ และสราวุธ จันทร์สุวรรณ (2564) ศึกษาเรื่องการวางแผนและปรับปรุง การเดินทางของพนักงานขายแบบหลายเส้นทาง ภายใต้เวลาทำงานที่กัด กรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อวางแผนและปรับปรุงเส้นทางการเดินทางของพนักงาน ผลการศึกษาพบว่า ค่า R หรือจำนวนวันทำงานเท่ากับ 12 ของการจัดเส้นทาง MTSP ด้วยวิธี VRP ซึ่งหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพนั้น ส่งผลให้มีระยะทางและค่าใช้จ่าย รวมทั้งเวลาว่างงานต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางการขนส่งที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สามารถลดระยะทางลงได้ร้อยละ 5.23 ค่าใช้จ่ายลดลงคิดเป็นร้อยละ 5.77 โดยไม่มีค่าใช้จ่ายของการท างานล่วงเวลา เวลาว่างงานลดลงร้อยละ 55.04 และผลการศึกษาเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการศึกษา แม้ว่าการจัดเส้นทางการเดินทาง MTSP ด้วยวิธี TSP โดยแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยวิธี K-Means Cluster Analysis และจัดลำดับการเดินทางด้วย TSP จะให้ผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กรณีศึกษากำหนดแต่วิธีดังนี้กล่าวสามารถใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางโดยลดเวลาว่างงานได้

อัจฉรา ชุมพล, นรงค์ วิชาผา และไพฑูรย์ ทิพย์สันเทียะ (2563) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้วิธีการ K-Means-TSP สำหรับแกปญหาการจัดเสนทางขนสง กรณีศึกษา บริษัท แสงชัยรุงเรือง จำกัด มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเส่นทางการขนสงด่วยวิธี K-Means-TSP โดยเปาหมายระยะทางการขนสงโดยรวมต่ำสุดภายใต้ทรัพยากรที่มีอยูอยางจำกัด ผลการศึกษาพบว่าการจัดเส่นทางขนสงโดยใช่แบบทางคณิตศาสตรสำหรับปญหา VRP ที่พัฒนาโปรแกรมด่วยซอฟตแวร Lingo ได่ผลลัพธระยะทางการขนสงสินค้าที่ดีที่สุด แต่ใชเวลาในการประมวลผล 72 ชม. ในสวนของประสบการณของคนขับรถขนสงเปนการเก็บรวบรวมขอมูลจริง จึงไมมีเวลาในการประมวลผล และเวลาในการประมวลผลโดยวิธี K-Means-TSP ใช้เวลาในการประมวลผลน่อยมาก คือ 0.001 ชั่วโมง แม่วาระยะทางการขนสงโดยรวมของวิธีการจัดเสนทางการขนสงดวยตัวแบบทางคณิตศาสตรสำหรับปญหา VRP จะใหผลลัพธระยะทางการขนสงที่ต่ำสุด แต่ไมสามารถนำมาประยุกต์ใชในทางปฏิบัติได่เนื่องจากการจัดสงสินค่าเปนแบบรับคำสั่งซื้อแบบสั่งวันนี้ต้องได่รับสินค่าในวันพรุงนี้ ดังนั้นในทางปฏิบัติการประยุกต์ใช K-Means-TSP จึงมีความเหมาะสมในทางปฏิบัติมากกวา โดยผลลัพธที่ได่จากวิธีการ K-Means-TSP สามารถลดระยะทางขนสงรวมจากเดิมที่ใชประสบการณคนขับรถ 362.90 กิโลเมตร ลดลงเหลือ 288.55 กิโลเมตร คิดเปนร้อยละ 20.49

Binbin Pan, Zhenzhen Zhang and AndrewLim (2021) Study Multi-trip time-dependent vehicle routing problem with time windows ศึกษาเรื่องปัญหาการกำหนดเส้นทางรถยนต์ที่ขึ้นกับเวลาหลายเที่ยวด้วยกรอบเวลา มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อลดระยะการเดินทางทั้งหมดให้เหลือน้อยที่สุดในขณะที่เป็นไปตามกรอบเวลา ความจุของรถ และข้อจำกัดระยะเวลาการเดินทางสูงสุด เราจำลองปัญหาว่าเป็นปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่ขึ้นกับเวลาหลายเที่ยวด้วยกรอบเวลา (MT-TDVRPTW) ผลการศึกษาพบว่า VRP ใหม่และสำคัญในการขนส่งในเมือง ซึ่งพิจารณาเวลาเดินทางที่ขึ้นกับเวลา หลายเที่ยว กรอบเวลา และข้อจำกัดระยะเวลาการเดินทางสูงสุดพร้อมกัน ปัญหานี้มีนัยสำคัญและเป็นประโยชน์เนื่องจากการสร้างแบบจำลองที่สมจริงของการขนส่งในเมือง อันดับแรก เรานำเสนอแบบจำลอง MIP และจำลองฟังก์ชันเวลาเดินทาง เวลาพร้อม และระยะเวลาที่ขึ้นกับเวลาอย่างชัดเจนเป็นฟังก์ชันเชิงเส้นทีละส่วน ที่สำคัญกว่านั้น เราได้พัฒนาโครงร่างการประเมินตามเซ็กเมนต์ไปจนถึงการตั้งค่าตามเวลา ซึ่งสามารถเร่งอัลกอริธึมเมตาฮิวริสติกได้อย่างมาก ต่อจากนั้น เราเสนอ ALNS-VND เพื่อแก้ปัญหาและปัญหา MT-VRPTW ที่เกี่ยวข้อง มีการทดลองอย่างกว้างขวางเพื่อแสดงประสิทธิภาพของอัลกอริธึมที่เสนอ ลักษณะของการเดินทางหลายครั้งและเวลาในการเดินทางขึ้นอยู่กับเวลามักจะไม่สามารถละเลยได้ในการใช้งานจริงของการขนส่งในเมือง อัลกอริทึมที่มีอยู่สำหรับตัวแปร VRP หลายประเภทไม่สามารถขยายเล็กน้อยเพื่อจัดการกับข้อควรพิจารณาเหล่านี้ ดังนั้น ความพยายามในการวิจัยในอนาคตควรมีจุดมุ่งหมายเพื่อออกแบบอัลกอริธึมที่ปรับแต่งมาเป็นพิเศษ เราเชื่อว่างานของเราจะช่วยสร้างความตระหนักและดึงดูดความสนใจในพื้นที่นี้ นอกจากนี้ ควรมีการวิจัยเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาอัลกอริธึม meta-heuristic ที่ได้รับการปรับปรุง วิธีการสลายตัวที่เป็นไปได้ และอัลกอริธึมสาขาและราคาสำหรับ MT-TDVRPTW

Christopher Expósito-Izquierdo, André Rossi and Marc Sevaux (2016) Study A Two-Level solution approach to solve the Clustered Capacitated Vehicle Routing Problemศึกษาเรื่องแนวทางการแก้ปัญหาสองระดับในการแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่มี

ตัวเก็บประจุแบบคลัสเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดเส้นทางของยานพาหนะที่มีความจุ เพื่อตอบสนองความต้องการบริการของลูกค้าที่จัดเป็นกลุ่ม เกณฑ์การเพิ่มประสิทธิภาพคือการลดต้นทุนการเดินทางทั้งหมดของเส้นทาง ข้อจำกัดหลักคือลูกค้าทั้งหมดที่อยู่ในคลัสเตอร์เดียวกันจะต้องได้รับบริการจากรถคันเดียวกันติดต่อกัน ผลการศึกษาพบว่า ccvrp ถูกสร้างขึ้นโดยใช้สูตรทางคณิตศาสตร์ แต่น่าเสียดายที่ภาระการคำนวณสูงที่จำเป็นเพื่อหลีกเลี่ยงการใช้สูตรในสภาพแวดล้อมจริง เพื่อที่จะเอาชนะข้อจำกัดนี้ ประมาณสองขั้นตอนการแก้ปัญหาวิธีการนำเสนอ มันแบ่งออกเป็นสองลำดับชั้นเส้นทางปัญหาขึ้นอยู่กับก่อนการสลายตัวของ ccvfp วัตถุประสงค์ขั้นสูงคือการกำหนดเส้นทางที่ให้บริการกลุ่มในขณะที่วัตถุประสงค์ระดับต่ำคือการค้นหาลำดับการเข้าถึงของลูกค้าในแต่ละกลุ่ม ปัญหาย่อยเหล่านี้จะแก้ไขได้โดยวิธีการแก้ปัญหาภายในกรอบ ขั้นตอนวิธีเมตาฮิวริสติกถูกใช้เพื่อแก้ไขปัญหาขั้นสูงและเทคนิคการเพิ่มประสิทธิภาพที่ถูกต้องและประมาณหลายแก้ไขปัญหาระดับต่ำ กรอบยังรวมถึงขั้นตอนการเพิ่มประสิทธิภาพที่ออกแบบมาเพื่อหาโซลูชั่นที่เหมาะสมในท้องถิ่นหลังจากแต่ละซ้ำ นอกจากนี้ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการสั่นสะเทือนที่ได้รับแรงบันดาลใจจากวิธีการเสียงชาร์ลีและฮัดดี้ 1993 ซึ่งรบกวนโอกาสของปัญหาเส้นทางขั้นสูงและกระจายการค้นหา ตัวอย่างการสร้างกระบวนการที่มีวัตถุประสงค์สองคือการพัฒนา ครั้งแรกของทั้งหมดปรับอินสแตนซ์ของ vrp เพื่อให้ลูกค้าสามารถจัดกลุ่มตามหลักความต่อเนื่อง นอกจากนี้ตัวอย่างมาตรฐานใหม่จะถูกสร้างขึ้นสำหรับการทดลองเพิ่มเติมใน ccvrp ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าโดยทั่วไปแล้ววิธีที่ถูกต้องเพื่อแก้ไขปัญหาระดับต่ำเป็นลูกค้าที่มีขนาดเล็ก อย่างไรก็ตามในแต่ละกลุ่มมีจำนวนมากของลูกค้าที่พวกเขาต้องการเวลาในการคำนวณมากเกินไป นอกจากนี้ช้อนชาที่มีชื่อเสียงลินเคอร์นิกันฮิวริสติกอัลกอริทึมสามารถใช้เพื่อแก้ไขปัญหาระดับต่ำได้อย่างง่ายดายในตัวอย่างทั้งหมดของปัญหาที่วิเคราะห์ในบทความนี้มันมีประสิทธิภาพมาก ในทางตรงกันข้ามการทดลองแสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ ccvrp ความผิดที่นำเสนอในบทความนี้ ในการนี้วิธีการของเรารายงานตัวอย่างขนาดเล็กของโซลูชั่นที่ดีที่สุดทั้งหมด นอกจากนี้โซลูชั่นที่มีประสิทธิภาพสูงเมื่อมันมาถึงตัวอย่างอ้างอิงขนาดใหญ่ที่เกี่ยวข้องกับลูกค้ามากถึง 7500 และมักจะสามารถหาโซลูชั่นที่ดีกว่าการบันทึกที่ทันสมัยที่สุด

David E. Gomes, Maria Inês D. Iglésias, Ana P. Proença, Tânia M. Lima & Pedro D. Gaspar (2021) Study Applying a Genetic Algorithm to a m-TSP: Case Study of a Decision Support System for Optimizing a Beverage Logistics Vehicles Routing Problem ศึกษาเรื่องการใช้อัลกอริทึมทางพันธุกรรมกับ m-TSP: กรณีศึกษาของระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะสำหรับการขนส่งเครื่องดื่ม มีวัตถุประสงค์เพื่อสาธิตการใช้งานอัลกอริธึมทางพันธุกรรมที่ปรับให้เข้ากับปัญหาเส้นทางยานพาหนะ (VRP) ผลการศึกษาพบว่าผลรวมของระยะทางที่ผู้ขายเดินทางทั้งหมดจะลดลงเป็น 309 กม. ต่อสัปดาห์ และตัวแทนจำหน่ายจะทำซ้ำเส้นทางเหล่านี้ รวมเป็น 618 กม. ต่อสัปดาห์ ถึงแม้ว่าระยะทางภายในคลัสเตอร์ที่สั้นกว่าจะไม่ถูกนำมาพิจารณาในการศึกษานี้ เนื่องจากเป็นระยะทางที่ค่อนข้างสั้นและมักจะจบลงด้วยการไม่ครอบคลุมจริง คาดว่าพนักงานจะลดลงมากกว่าครึ่งของกิโลเมตรที่ปกคลุม การลดลงอย่างมีนัยสำคัญนี้เกิดขึ้นได้เนื่องจากการปรับการทำงานของพนักงานในบริษัทและผ่านการใช้อัลกอริธึมความละเอียด m-TSP ด้วยการดัดแปลงบางอย่างในเมทริกซ์ระยะทาง แม้จะได้ผลลัพธ์ที่ดี แต่สิ่งสำคัญคือต้องเน้นย้ำถึงลักษณะ

ข้อจำกัดของปัญหาประเภทนี้ อัลกอริธึมประเภทนี้ไม่พิจารณาถึงข้อจำกัด เช่น การจราจร การทำแผนที่ของพื้นที่ ทิศทางถนน และที่สำคัญที่สุด ไม่ได้คำนึงถึงความเป็นไปได้ของการเยี่ยมชมเส้นทางและกลับในเส้นทางเดียวกัน หากระยะทางสมเหตุสมผลเพราะเป็น ตามแนวทาง m-TSP ข้อจำกัดนี้นำไปสู่ความจำเป็นในการปรับเมทริกซ์ของระยะทางสำหรับแต่ละโซน ทำให้ไม่สามารถเลือกถนนบางเส้นได้

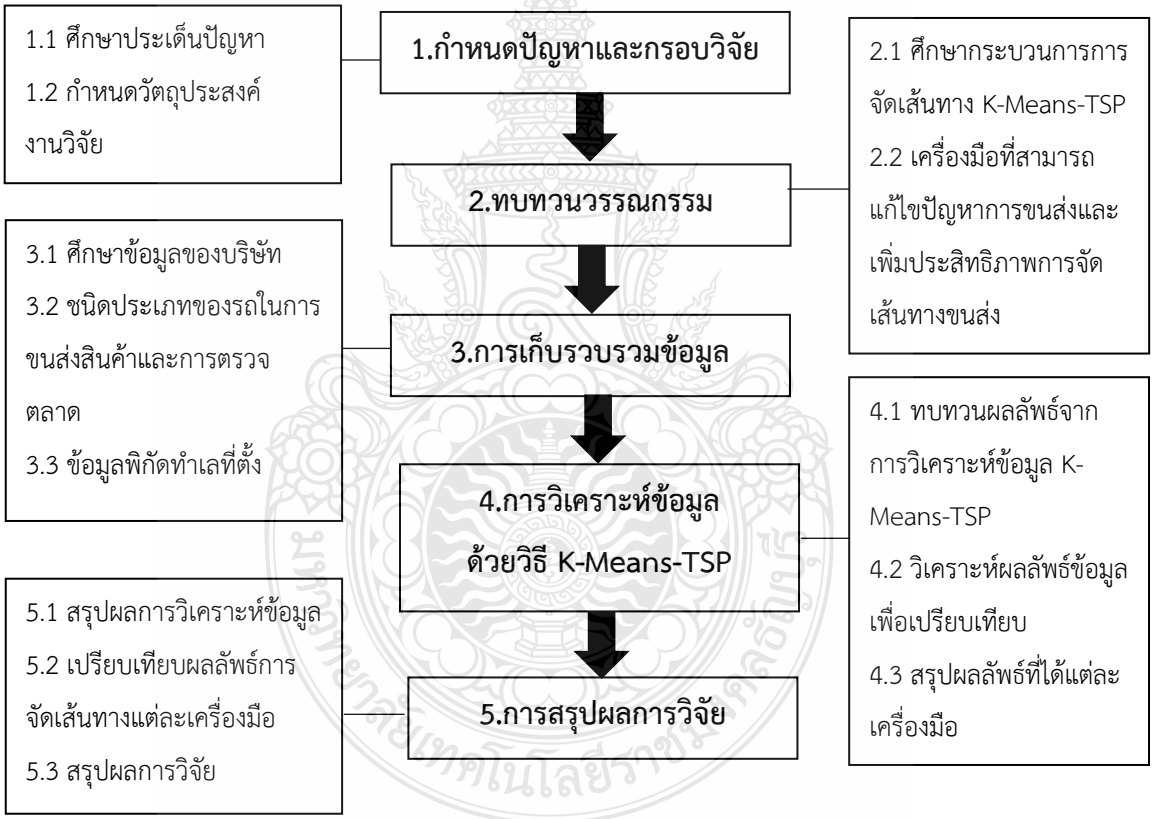
Mahdi Abbasi, Milad Rafiee, Mohammad R. Khosravi, Alireza Jolfaei, Varun G. Menon & Javad Mokhtari Koushyar (2020) Study An efficient parallel genetic algorithm solution for vehicle routing problem in cloud implementation of the intelligent transportation systems ศึกษาเรื่องโซลูชันอัลกอริธึมพันธุกรรมคู่ขนานที่มีประสิทธิภาพสำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะในการใช้งานระบบขนส่งอัจฉริยะบนคลาวด์ มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ปัญหาการปรับให้เหมาะสมในระบบขนส่งอัจฉริยะที่กำลังเติบโตให้เป็นไปตามเกณฑ์ด้านเวลาในปัญหาที่มีข้อจำกัดด้านเวลาของระบบขนส่งอัจฉริยะ ผลการศึกษาพบว่า การใช้อัลกอริธึมการปรับให้เหมาะสมแบบขนานอย่างมีประสิทธิภาพสำหรับการแก้ปัญหา TSP ที่เทียบเท่ากันของปัญหาการกำหนดเส้นทางของยานพาหนะเป็นกุญแจสำคัญในการลดต้นทุนของระบบขนส่งอัจฉริยะที่มีอัตรากำไรที่จำกัด จากผลลัพธ์ที่ได้ ความเร็วสูงสุดของอัลกอริธึมคู่ขนานบน GPU, โปรเซสเซอร์ดูอัลคอร์ และโปรเซสเซอร์ควอดคอร์คือ 13.73, 1.99 และ 3.99 ตามลำดับ การค้นพบที่สำคัญอีกประการหนึ่งของการศึกษานี้คือประสิทธิภาพของอัลกอริธึมคู่ขนานบนโปรเซสเซอร์หลายคอร์ที่เหมือน GPU เมื่อจำนวนประชากรเริ่มต้นในอัลกอริธึมทางพันธุกรรมต่ำ จะต่ำกว่าโปรเซสเซอร์แบบมัลติคอร์มาก เหตุผลก็คือในประชากรเริ่มต้นที่ต่ำ ทรัพยากรการขนานในโปรเซสเซอร์แบบมัลติคอร์นั้นถูกใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่าในระบบมัลติคอร์ที่เหมือน GPU

Md. Anisul lslam, Yuvraj Gajpal and Tarek Y. Elmekkawy (2021) Study Hybrid particle swarm optimization algorithm for solving the clustered vehicle routing problem ศึกษาเรื่องอัลกอริธึมการปรับให้เหมาะสมกลุ่มอนุภาคไฮบริดสำหรับการแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะแบบคลัสเตอร์ มีวัตถุประสงค์เพื่อการหาต้นทุนการกระจายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายโลจิสติกที่ให้บริการลูกค้าทั้งหมดโดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ ผลการศึกษาพบว่าลูกค้าจะถูกแบ่งพาร์ติชันออกเป็นคลัสเตอร์ที่กำหนดไว้ล่วงหน้า ยานพาหนะเดียวกันถูกกำหนดให้ให้บริการลูกค้าทั้งหมดอย่างต่อเนื่องภายใต้คลัสเตอร์ก่อนที่จะย้ายไปยังคลัสเตอร์อื่นหรือกลับไปที่คลัง ลูกค้าและคลัสเตอร์ทั้งหมดต้องให้บริการเพียงครั้งเดียวปัญหาคือการหาต้นทุนการกระจายที่เหมาะสมที่สุดสำหรับเครือข่ายโลจิสติกที่ให้บริการลูกค้าทั้งหมดโดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ ในบทความนี้ ได้มีการเสนออัลกอริธึม (Particle swarm optimization : PSO) แบบไฮบริดเพื่อแก้ปัญหา CluVRP ด้วยลักษณะเสริมของอัลกอริธึมทั้งสอง แบบไฮบริดได้รวมความสามารถในการปรับปรุงที่เหมาะสมของ VNS ในท้องถิ่นเข้ากับความสามารถในการกระจายความเสี่ยงตามกลุ่มของ PSO อัลกอริทึมได้รับการทดสอบบนอินสแตนซ์เกณฑ์มาตรฐานที่พบในวรรณกรรม CluVRP ผลงานที่สำคัญของการศึกษานี้รวมถึงการออกแบบอัลกอริธึม metaheuristic PSO แบบไฮบริดใหม่เพื่อแก้ปัญหา CluVRP และค้นหาโซลูชันที่เป็นที่รู้จักดีที่สุดสำหรับอินสแตนซ์มาตรฐานทั้งหมด 138 อินสแตนซ์จาก 293 อินสแตนซ์เบนช์มาร์กด้วยเวลา CPU เฉลี่ย 6.99 วินาที นอกจากนี้ยังมีส่วนร่วมในการศึกษาครั้งนี้ด้วยการเพิ่มคุณสมบัติใหม่

ในอัลกอริธึม PSO เช่น การใช้อนุภาคสองประเภทและแผนการปรับปรุงสำหรับโซลูชันที่ดีที่สุดส่วนบุคคล ในรูปแบบการปรับปรุง โซลูชั่นส่วนบุคคลที่ดีที่สุดของฝูงจะได้รับการปรับปรุงเพิ่มเติมโดยใช้วิธีการก่อกวนและ VNS ดังนั้นอัลกอริธึมที่เสนอจึงมีศักยภาพที่ดีในการแก้ปัญหาอินสแตนซ์ของ VRP แบบอื่น ด้วยความสามารถของโซลูชันที่มีคุณภาพในเวลาของ CPU ที่ค่อนข้างยอมรับได้ อัลกอริธึมจึงมีมุมมองที่จะใช้ในสถานการณ์จริงหลายอย่าง เช่น การกระจายโลจิสติกส์ด้วย คาร์บอนไดออกไซด์ (carbon dioxide : CO) การปล่อยมลพิษ 2 จุดที่นำไปสู่บทลงโทษ ปัญหาของเน่าเสียง่าย ปัญหาการขนส่งในการปฏิบัติการทางทหาร ฯลฯ เช่นเดียวกับงานวิจัยทั้งหมด งานนี้ยังมีข้อจำกัดบางประการและทิศทางการวิจัยในอนาคต คุณลักษณะหลายอย่างของ VRP เช่น กรอบเวลา การปล่อยคาร์บอน backhaul และ multi-depot สามารถเพิ่มได้ด้วย CluVRP เพื่อบันทึกสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริง แม้ว่าอัลกอริธึมที่เสนอได้รับการออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหา CluVRP เพียงอย่างเดียว แต่ก็สามารถขยายได้อย่างง่ายดายเพื่อแก้ปัญหา VRP อื่น ๆ

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้ทำการศึกษาเพื่อศึกษาการวางแผนการจัดเส้นทาง เปรียบเทียบหาเส้นทางและต้นทุนโดยรวมประหยัดที่สุด ซึ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยเริ่มต้นจากขั้นตอนการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูล ณ ปัจจุบัน ได้แก่ ข้อมูลรายชื่อร้านค้า ตำแหน่งที่ตั้งร้านค้าตามละติจูดบนแผนที่ จำนวนสินค้าที่ส่งต่อรอบ และแผนที่การเดินเส้นทางรถขนส่ง ซึ่งจะรวบรวมข้อมูลที่ได้ดังกล่าวเพื่อไปใช้ในการกำหนดการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ ทั้งนหลังจากการคำนวณและทำการเปรียบเทียบการจัดเส้นทาง จะสามารถแสดงรายละเอียดขั้นตอนงานวิจัยได้ ดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 ภาพกระบวนการดำเนินงานวิจัย

3.1 กำหนดปัญหาและงานวิจัย

ศึกษาข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยเพื่อกำหนดประเด็นปัญหาและขอบเขตในการวิจัย ซึ่งการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่งนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ บริษัทฯ กรณีศึกษาในการลดต้นทุนและระยะทางโดยรวม เพื่อเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน

3.2 ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษาทบทวนวรรณกรรม และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางขนส่งที่เหมาะสม โดยใช้วิธี K-Means-TSP ซึ่งประกอบด้วย ทฤษฎีการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย แนวความคิดพื้นฐานของปัญหาเส้นทางเดินรถ การจำลองสถานการณ์ ภาพรวมด้านโลจิสติกส์ของประเทศไทย และงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่ง

ซึ่งจากงานวิจัยของอัจฉรา ชุมพล, นรงค์ วิชาผา และไพฑูรย์ ทิพย์สันเทียะ (2563) ได้ประยุกต์ใช้วิธีการ K-Means-TSP มาเป็นส่วนหนึ่งในเครื่องมือเพื่อศึกษาวิจัยเรื่อง “การประยุกต์ใช้วิธีการ K-Means-TSP สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง กรณีศึกษา บริษัท แสงชัยรุ่งเรือง จำกัด” ซึ่งระยะทางการขนส่งโดยรวมของวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งด้วยตัวแบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหา VRP จะให้ผลลัพธ์ระยะทางการขนส่งที่ต่ำสุด แต่ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้เนื่องจากการจัดส่งสินค้าเป็นแบบรับคำสั่งซื้อแบบสั่งวันนี้ต้องได้รับสินค้าในวันพรุ่งนี้ ดังนั้นในทางปฏิบัติการประยุกต์ใช้ K-Means-TSP จึงมีความเหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่าและยังมีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ อมรรัตน์ อุดมเจริญศิลป์ และสราวุธ จันทร์สุวรรณ (2564) ซึ่งได้นำวิธี TSP มาใช้ศึกษากับงานวิจัยเรื่องการวางแผนและปรับปรุง การเดินทางของพนักงานขายแบบหลายเส้นทาง ภายใต้เวลาทำงานที่กัด กรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี โดยมีการแบ่งกลุ่มด้วยวิธี K-Means Cluster Analysis และจัดลำดับการเดินทางด้วย TSP ให้ผลลัพธ์ที่ไม่เป็นไปตามเงื่อนไขที่กรณีศึกษากำหนดแต่วิธีดังกล่าวสามารถใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางโดยลดเวลาว่างงานได้ นอกจากนี้ กุลภรณ์ บุญชู, ชนกกานต์ พึ่งชาติ, ฐปนก วงศ์ศิริ, ณัฐฐา นาคศิริ และสรศักดิ์ ชูเถื่อน (2565) ได้การใช้เครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับ TSP มาศึกษากับงานวิจัยเรื่องการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถเพื่อสนับสนุนแนวคิด Green Logistics: กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด ซึ่งสามารถจัดเส้นทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดทำให้ได้เส้นทางการขนส่งใหม่ออกมาหลังและมีการเรียงลำดับจุดหมายปลายทางแต่ละจุดให้ได้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด ด้วยระยะทางที่ลดลงนี้ทำให้ทางบริษัทสามารถลดต้นทุนผันแปรในส่วนขอต้นทุนเชื้อเพลิงการขนส่งและในเวลาเดียวกันนั้นยังทำให้บริษัทสามารถลดปัญหาในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มาจากกิจกรรมการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ได้อีกด้วยทำให้ทางบริษัทสามารถสร้างขีดความสามารถทางการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

ดังนั้นจึงเป็นปัจจัยใจในการเลือกเครื่องมือเพื่อการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่ง ประกอบด้วยเครื่องมือดังต่อไปนี้

3.2.1 ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem: TSP) คือ วิธีการหนึ่งใน Data mining อยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning คือการเรียนรู้แบบไม่ต้องสอน ไม่มีคำตอบตายตัว โดยหน้าที่หลักของ K-Means-TSP คือการโดยมีการแบ่งกลุ่ม แบบ Clustering เป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยให้มีการขนส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าร้านต่าง ๆ โดยกำหนดให้มีระยะทางรวมในการขนส่งที่น้อยที่สุด โดยระยะทางรวมที่ใช้ในการขนส่งสินค้ากลับมายังบริษัทด้วย

3.2.2 ปัญหาการวางแผนการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) ปัญหาการวางแผนการขนส่งนี้จะเป็นการหาจำนวนเส้นทางแต่ละเที่ยวการขนส่งสินค้า ให้กับลูกค้าแต่ละร้าน ซึ่งจะออกจากคลังสินค้าที่เดียว ทั้งนี้ต้องทราบปริมาณสินค้าที่ขนส่งต่อรอบ ภายใต้ข้อกำหนดของรถในการบรรจุสินค้า

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.3.1 ศึกษาข้อมูลของบริษัท

บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด ดำเนินธุรกิจเป็นผู้ผลิตและผู้ส่งออกสินค้า ขนมเพื่อสุขภาพ (Healthy snacks) และรับจ้างผลิตสินค้าภายใต้ตราสินค้าของลูกค้าด้วย (OEM) เนื่องด้วยในปัจจุบันการดำเนินงานของธุรกิจนั้น มีการแข่งขันที่สูงมากขึ้น ซึ่งถือเป็นเรื่องที่ท้าท้ายในการดำเนินธุรกิจอย่างมาก บริษัทฯ จึงเริ่มให้ความสำคัญในด้านการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านการขนส่งสินค้ามากขึ้น

โดยบริษัทฯ ได้รวบรวมรายชื่อร้านค้าทั้งหมด ตำแหน่งที่ตั้งและจำนวนสินค้าที่ทำการจัดส่งต่อรอบ รายชื่อร้านค้าของบริษัทฯ กรณีศึกษานั้นตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ กรุงเทพฯ ปริมณฑล และในพื้นที่ใกล้เคียง

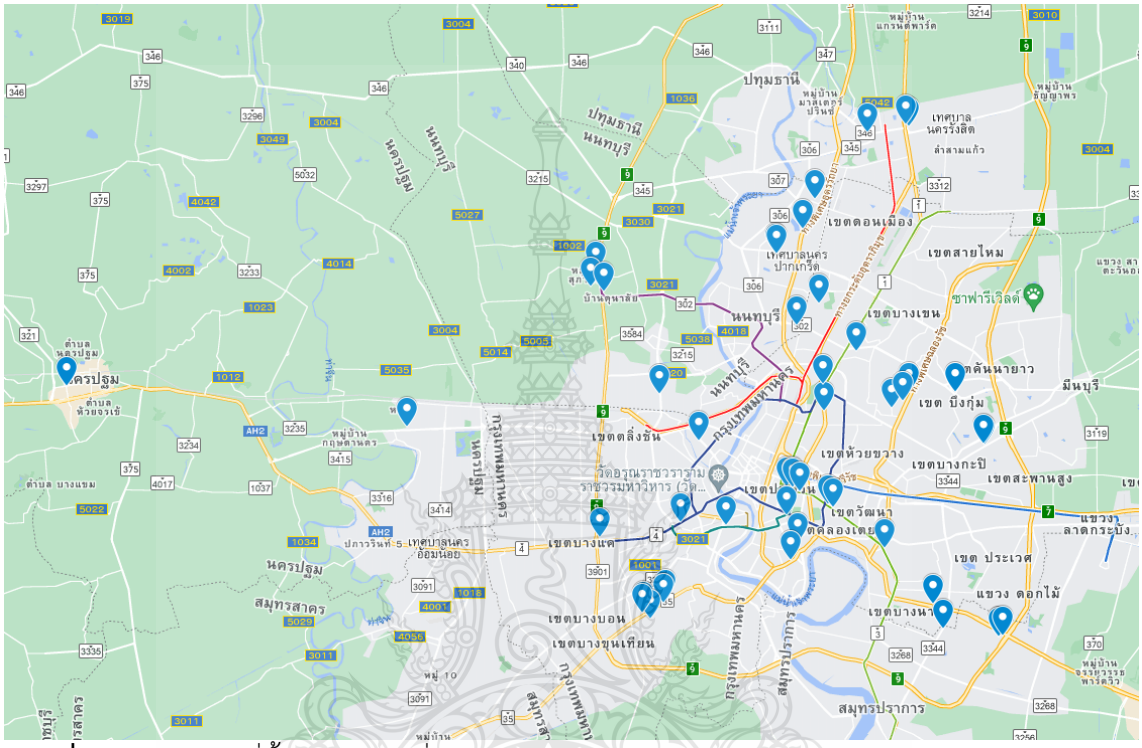
3.3.2 ชนิดประเภทของรถในการขนส่งสินค้าและการตรวจตลาด

โดยการจัดส่งสินค้านั้นทางบริษัทฯ จะมีรถส่งสินค้า 1 คัน ไว้สำหรับให้บริการขนส่งสินค้า ซึ่งจะสามารถบรรจุสินค้าโดยประมาณ 1,941,280 ลบ.ม. (ขนาดความจุท้ายกระบะกว้าง147 ซม. X ลึก 142 ซม. X สูง 93 ซม.) โดยสินค้าที่จะทำการขนส่งนั้น จะมีขนาดกล่องบรรจุที่แตกต่างกัน ดังรายละเอียดตาม ภาพที่ 3.2

ภาพที่ 3.2 รถสำหรับการจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดร้านค้า

3.3.3 ข้อมูลพิกัดทำเลที่ตั้ง

นำข้อมูลที่ได้จากการเก็บข้อมูล เช่น ชื่อร้าน ตำแหน่งที่ตั้ง ของร้านค้าสุขภาพ ร้านสินค้าแม่และเด็ก และห้างสรรพสินค้า ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ กรุงเทพฯ ปริมณฑล และในพื้นที่ใกล้เคียง แสดงดังภาพที่ 3.3



ภาพที่ 3.3 พิกัดทำเลที่ตั้งของร้านค้าที่ทำการจัดส่งสินค้า และทำการตราวจตลาด

ที่มา: https://www.google.co.th/maps/@18.3170581,99.3986862,17z?hl=th

ทางบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด ได้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลรายชื่อร้านค้าสุขภาพ ร้านสินค้าสำหรับเด็ก และห้างสรรพสินค้าที่จำหน่ายสินค้าประจำปี 2565 และนำข้อมูลลง Microsoft Excel ที่บันทึกข้อมูลการขนส่งสินค้า มีจำนวนร้านค้าทั้งหมด 48 ร้าน โดยมีรายละเอียดข้อมูลชื่อร้าน ตำแหน่งที่ตั้ง ปริมาณสินค้าขนส่งต่อเที่ยว เวลาในการลงสินค้าและการตรวจตลาด แสดงดังตารางที่ 3.1 และตารางที่ 3.2

ทั้งนี้ข้อมูลจากตารางที่ 3.1 กรณีไม่มีข้อมูลปริมาณสินค้าในบางสาขาเนื่องจาก ทางบริษัทกรณีศึกษา ทำการจัดส่งสินค้าไปยังศูนย์กระจายสินค้า Distribution Centre (DC) เพื่อให้สาขาหลักทำการกระจายสินค้าไปในแต่ละสาขา และกรณีเวลาในการลงสินค้าที่มีความใกล้เคียงกันนั้นเนื่องจากเป็นการประมาณการเวลาในการลงสินค้า และการตรวจตลาด

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานที่ตั้งของร้านค้า ปริมาณสินค้าขนส่งต่อรอบ และเวลาที่ใช้ในการลงสินค้าตรวจหน้าร้าน

จุดที่	ละติจูด : ลองติจูด	ปริมาตรสินค้า (ลบ.ม.)	เวลาในการลงสินค้า รวมตรวจร้าน (นาที)
A	13.984903257118908, 100.58991652822921	ที่ตั้งคลังสินค้า	
B	13.72343660250943, 100.46333136385137	0.061389	10
C	13.735160285275457, 100.56328579556758	0.0783	15
D	13.775369290922745, 100.66965563290042	0.093285	15
E	13.811037573342281, 100.65006203405297	0.013104	15
F	13.855261803816463, 100.54218995378724	0.0666	15
G	13.747136373818831, 100.5352924915088	0.0333	30
H	13.988499626832294, 100.61796327967775	0.045	30
I	13.71340721549759, 100.4081995493294	0.013104	15
J	13.663934513794919, 100.43772511961738	0.026208	15
K	13.90395927550441, 100.52783061600313	0.078	20
L	13.83818907996158, 100.58240574115952	0.048285	10
M	13.733182106162843, 100.56648556310935	0.09657	15
N	13.814871212053756, 100.04534358406856	0.091404	15
O	13.799908294069569, 100.60684150001825	0.141543	15
P	13.892080484512297, 100.40557807866848	0.048285	20
Q	13.88124818486801, 100.40197479756432	0.013104	15
R	13.920069502169998, 100.54618405293856	0.0783	15
S	13.651658799225157, 100.64137606872816	0.058104	15
T	13.721641320435795, 100.4942470975634	0.0666	15
U	13.646522365488801, 100.67967787057226	0.013104	20
V	13.870312978204733, 100.55713959756427	0.013104	15
W	13.809465689852557, 100.44860896872905	0.048285	15
X	13.747560955551476, 100.53898163989385	0.048285	15

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลสถานที่ตั้งของร้านค้า ปริมาณสินค้าขนส่งต่อรอบ และเวลาที่ใช้ในการลงสินค้าตรวจหน้าร้าน (ต่อ)

Y	13.671903374497496, 100.45254439607119		15
Z	13.669058755696158, 100.45173881711622		15
AA	13.797788030004183, 100.56039620995945		20
BB	13.646387769551621, 100.67962541290255		15
CC	13.658886525191075, 100.44218757292293		15
DD	13.90351701110164, 100.52814076674301		15
EE	13.787420863309174, 100.27718316872895		20
FF	13.668876293605575, 100.63456147812279		15
GG	13.64701836491881, 100.68222581290256	(ไม่มีการส่งของ)	20
HH	13.710128360164354, 100.54296049679509	แต่มีการเข้าไป	15
II	13.706132820016991, 100.60160359410439	ตรวจหน้าร้านเพื่อ	15
JJ	13.777866634671295, 100.4757783640427	เช็คจำนวนสินค้า	15
KK	13.698276938747702, 100.53811183197224	และป้ายโปรโมชั่น	20
LL	13.662842587593387, 100.43729008692792		15
MM	13.728040937384929, 100.53491166872861		20
NN	13.940112327976417, 100.5541896353161		15
OO	13.775876116651359, 100.66912435549104		15
PP	13.878316049591815, 100.41086402495587		15
QQ	13.746916744036218, 100.53902758518733		30
RR	13.744185864697764, 100.5444628384807		20
SS	13.810991271259043, 100.61806665135185		15
TT	13.804414666825686, 100.61422599867892		15
UU	13.81616549680976, 100.5602397964666		15
VV	13.989978713600213, 100.61645595964988		15

ภาพที่ 3.4 พิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาด

ที่มา: ข้อมูลระยะทางของร้านค้า บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด

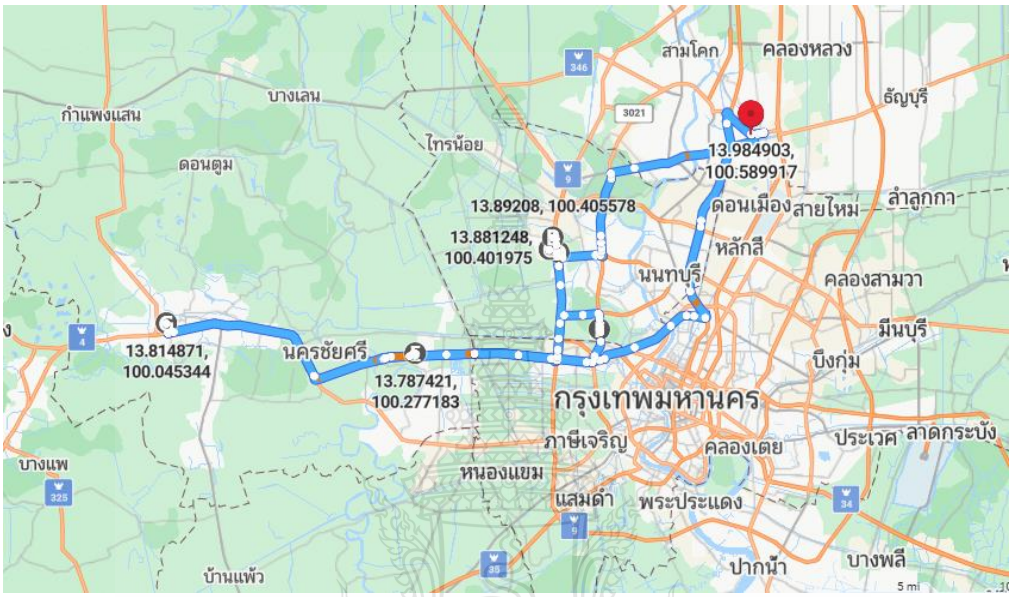
no.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE	FF	GG	HH	II	JJ	KK	LL	MM	NN	OO	PP	QQ	RR	SS	TT	UU	VV
A	0	32.3	27.88	24.82	20.37	15.26	27.05	3.09	35.96	75.21	11.17	16.3	28.05	61.67	20.61	22.37	23.29	8.57	37.3	30.91	38.66	13.08	24.68	26.8	37.86	38.19	21.08	38.88	39.64	11.27	40.31	35.49	38.89	31.02	31.05	26.15	32.38	39.55	29.3	6.43	29.86	22.78	27.16	27.34	19.69	20.36	19.07	2.92
B	32.3	0	10.88	23.02	22.4	16.95	8.21	33.87	6.06	7.17	21.25	18.12	11.2	46.27	17.48	19.78	18.76	23.62	20.83	3.35	24.89	19.22	9.71	8.6	5.85	6.18	13.35	24.89	7.53	21.21	21.33	19.47	25.13	8.74	15.06	6.2	8.55	7.75	26.01	22.98	18.13	8.58	9.06	19.34	18.62	14.69	33.94
C	27.88	10.88	0	12.33	12.61	13.55	3.3	28.78	16.93	15.7	19.16	11.64	0.4181	56.63	8.6	24.38	23.82	20.65	12.56	7.6	15.98	15.05	14.9	2.96	13.87	14.11	6.98	15.98	15.58	1.91	31.44	10.65	16.16	3.54	5.25	10.57	4.91	15.79	3.16	22.81	11.23	22.9	2.92	2.26	10.31	9.47	9.01	28.92
D	24.82	23.02	12.33	0	4.5	16.39	14.85	24.35	29.07	27.95	20.95	11.73	12.08	67.56	7.31	31.33	31.21	21.89	20.89	14.1	19.87	14.37	16.1	24.18	14.45	26.12	26.34	12.06	14.38	27.76	20.89	42.41	12.45	14.34	15.47	10.64	20.92	16.58	28.02	15.46	22.13	0.0501	30.17	14.45	13.94	6.8	6.77	12.62	24.53
E	20.37	22.4	12.61	4.5	0	12.65	14.29	20.03	28.29	28.17	16.76	7.9	12.5	65.3	4.83	27.89	27.9	16.52	17.76	19.54	18.57	12	21.16	13.92	26.35	26.61	9.79	18.58	28.11	11.67	40.35	15.89	18.57	16.12	12.79	19.18	17.41	28.27	15.49	17.69	4.42	26.89	13.95	13.61	3.45	3.94	9.71	20.23
F	15.26	16.95	13.55	16.39	12.65	0	12.05	16.92	21.41	24.08	5.63	4.74	13.83	53.83	9.32	15.3	15.4	7.22	25.06	15.74	27.56	2.33	11.31	11.98	22.57	22.89	6.69	27.56	24.36	5.57	29.59	23	27.66	16.16	16.13	11.21	17.46	24.2	14.15	9.52	16.31	14.4	12.06	12.36	9.56	9.62	4.78	16.99
G	27.05	8.21	3.3	14.85	14.29	12.05	0	28.28	14.23	14.02	17.46	11.33	3.71	54.45	9.7	10	20.73	19.27	15.63	5.26	19.2	13.9	11.66	0.402	12.24	12.52	6.25	19.19	14.05	17.41	28.24	13.81	19.39	4.22	8.49	11.63	5.44	14.13	2.12	21.55	14.8	19.83	0.407	1.04	11.42	10.64	8.13	28.39
H	3.09	33.87	28.78	24.35	20.03	16.92	29.28	0	38.06	41	13.52	17.15	28.93	64.75	21.01	25.3	26.18	10.86	37.55	32.54	38.61	14.69	27.02	28.11	39.47	39.8	221	38.61	41.27	13.54	43.05	35.58	38.6	32.01	31.45	28	33.4	41.12	30.32	8.74	24.28	25.49	28.18	28.3	19.74	20.48	20.15	0.238
I	35.96	6.06	16.93	29.07	28.29	21.41	14.23	38.06	0	3.36	24.82	23.38	17.25	40.78	23.51	19.87	18.68	27.39	26.12	9.34	30.26	23.73	11.55	14.63	6.65	6.82	18.93	30.25	7.09	24.79	16.37	24.95	30.51	14.98	20.91	10.23	18.14	6.44	13.79	29.73	29.03	18.34	14.62	15.11	25.13	24.45	20.01	38.1
J	17.21	7.17	15.7	27.95	28.17	24.08	14.02	41	6.36	0	28.41	24.89	15.9	45.58	23.71	25.61	24.47	30.8	22.05	8.86	26.22	26.32	16.24	14.36	1.83	14.62	2.67	26.12	12.45	18.32	13.32	11.5	0.129	12.69	33.18	27.92	24.01	14.31	14.58	25.43	24.65	21.49	41.07
K	11.17	21.25	19.16	20.95	16.76	5.63	17.46	13.52	24.82	28.41	0	9.39	9.07	53.03	14.38	13.27	13.82	2.67	30.63	20.6	32.99	4.9	13.55	17.44	27.06	27.39	12.32	33	28.78	0.614	30.01	28.57	33.08	29.53	23.4	15.11	22.9	28.54	19.38	4.92	20.87	12.94	17.51	17.86	142	14.48	10.37	13.53
L	16.3	18.12	11.64	11.73	7.9	4.74	11.33	17.15	23.38	24.89	9.39	0	11.8	58.05	5.01	20.01	20.06	9.91	21.71	16.08	23.76	4.49	14.8	11.12	23.21	23.51	5.08	23.77	25.04	9.33	33.44	19.65	23.84	14.89	14.83	13.33	13.79	25.02	13.28	11.73	11.65	11.84	11.18	11.23	49	5.09	3.42	17.27
M	28.05	11.2	0.4181	12.08	12.5	13.83	3.71	28.93	17.25	15.9	9.07	11.8	0	57.01	8.61	24.78	24.22	20.9	12.16	7.91	15.57	15.28	15.31	11.95	12.57	14.3	7.21	15.57	15.77	19.39	31.82	10.26	13.75	3.61	4.84	6.16	4.95	16	3.46	23.05	12.06	23.3	20.13	2.67	10.29	9.45	9.25	29.06
N	61.67	46.27	56.63	61.36	65.3	53.83	53.45	64.15	40.78	45.58	53.03	58.05	57.01	0	60.65	59.85	59.2	55.52	66.9	49.58	71.03	59.4	61.96	62.25	59.53	46.71	44.8	55.45	71.03	40.24	53.05	25.22	65.68	71.28	54.91	61.28	46.66	54.74	45.59	53.75	56.67	67.5	40.09	53.85	56.47	61.94	61.44	55.6	40.78
O	20.61	17.68	8.6	7.31	4.83	9.32	9.7	21.01	23.51	23.71	14.38	5.01	8.61	60.65	0	24.02	23.9	14.88	16.92	14.95	18.78	9.49	17.13	9.36	21.92	22.19	5.02	18.79	23.71	14.31	35.63	14.87	18.85	12.16	10.44	14.36	13.52	23.83	1.114	16.59	7.24	22.88	9.4	9.15	1.73	0.941	5.35	21.16
P	22.37	19.78	24.38	31.33	27.89	15.3	10	25.3	19.87	25.61	23.71	20.01	24.78	39.83	24.02	0	1.27	15.49	16.93	21.23	40.27	16.94	10.28	21.58	25	25.3	19.73	40.27	26.25	13.29	18.1	35.04	40.46	25.09	29.59	14.79	23.8	25.72	22.97	16.91	31.25	1.63	21.64	22.26	24.65	24.55	18.71	25.23
Q	23.29	18.76	23.82	31.21	27.9	15.4	20.73	26.18	18.68	24.47	13.82	20.06	24.22	39.2	23.9	1.27	0	16.13	34.35	20.35	39.76	16.79	9.42	20.97	23.91	24.2	19.46	39.76	25.1	13.84	17.04	34.48	39.99	24.97	27.05	13.99	25.1	24.58	22.28	17.48	31.13	1.01	21.03	21.46	246	24.46	18.56	26.11
R	8.57	23.62	20.65	20.89	16.52	7.22	19.27	10.86	27.39	30.8	2.67	9.91	20.9	55.32	14.88	15.49	16.15	0	31.58	22.77	33.66	5.66	16.19	19.2	29.39	29.72	13.68	33.67	31.16	2.68	32.57	29.52	33.73	23.37	24.53	17.54	24.68	30.93	21.39	2.39	20.81	15.33	20.68	19.56	144	14.81	11.65	10.86
S	37.3	20.83	12.56	14.1	17.76	25.06	15.63	37.55	26.12	22.05	30.63	21.71	12.16	66.9	16.92	36.93	36.35	31.58	0	17.71	4.18	29.97	27.25	15.38	20.53	20.58	18.47	4.17	21.54	30.57	42.14	2.07	4.44	12.48	7.44	22.75	12.31	22.09	14.31	33.44	14.15	35.44	15.32	14.49	17.91	17.25	20.3	37.73
T	30.91	3.35	7.6	19.87	19.54	15.74	5.26	32.54	9.34	8.86	20.6	16.08	7.91	49.58	14.95	21.23	20.35	22.77	17.71	0	21.17	17.87	10.95	5.63	7.13	7.43	11.68	21.7	8.96	20.55	24.56	15.25	21.94	5.4	11.72	6.56	5.4	8.48	4.45	25.14	19.83	19.61	5.59	5.98	16.66	15.89	12.7	32.42
U	38.66	24.89	15.98	14.37	18.57	27.56	19.2	38.61	30.26	26.22	32.99	23.76	15.57	71.03	18.78	40.27	39.76	33.66	4.18	21.17	0	28.19	30.85	18.9	24.77	24.75	21.19	8.07	28.19	26.59	4.94	31.6	23.91	23.27	11.9	18.38	13.52	19.28	26.65	16	7.77	16.01	16.43	38.82	18.85	18.2	19.46	18.92	22.86	38.8
V	13.08	19.22	15.05	16.1	12	2.33	13.9	14.69	23.73	26.32	4.9	4.49	15.28	55.6	9.49	16.54	16.79	5.66	25.97	17.87	28.19	0	13.53	13.79	24.79	25.11	8.07	28.19	26.59	4.94	31.6	23.91	23.27	11.9	18.38	13.52	19.28	26.65	16	7.77	16.01	16.43	38.82	18.85	18.2	19.46	18.92	22.86	38.8
W	24.68	9.71	14.9	24.18	21.76	11.31	11.46	27.02	11.55	16.24	13.35	14.8	15.31	58.17	17.13	10.28	9.42	16.19	21.25	10.95	30.85	13.53	0	11.95	15.31	15.63	12.15	30.85	16.77	13.52	18.47	25.46	31.04	15.07	20.14	4.59	13.71	16.96	13.91	19.46	24.11	8.64	7.24	12.65	18.3	17.9	12.08	27.03
X	26.8	8.6	2.96	14.45	13.92	11.98	0.402	28.11	14.63	14.36	17.44	11.12	11.95	53.83	9.36	21.58	20.97	19.2	15.38	5.63	18.9	13.79	11.95	0	12.57	12.84	6.05	18.9	14.37	17.38	28.62	13.53	19.09	4.2	8.18	7.61	5.48	14.47	2.22	21.47	14.4	20.07	0.076	0.701	11.08	10.29	7.97	28.22
Y	31.86	5.85	13.87	26.12	26.35	22.57	12.24	39.47	6.65	1.83	27.06	23.21	12.57	46.17	21.92	25	23.91	29.39	20.53	7.13	24.7	24.79	14.51	12.57	0	0.329	18.21	24.7	1.83	27.02	22.89	19.67	24.79	10.42	16.55	12.05	9.7	1.93	1.087	31.78	26.1	23.9	12.52	12.77	22.64	22.85	19.81	39.55
Z	38.19	6.18	14.11	26.34	26.61	22.89	12.52	39.8	6.82	1.62	27.39	23.51	14.3	46.8	22.19	25.3	24.2	29.72	20.58	7.43	24.75	25.11	15.63	12.84	0.529	0	18.51	24.74	1.53	27.35	23	19.75	26.02	10.83	16.7	12.38	9.88	1.71	1.28	33.31	28.02	23.69	12.8	13.04	23.91	23.12	20.12	39.87
AA	21.08	13.35	6.98	12.06	9.79	6.69	6.25	22.1	18.93	19.93	12.32	5.08	7.21	55.65	5.02	19.73	19.46	13.68	18.47	11.08	21.19	8.07	12.15	6.05	18.21	18.51	0	21.19	20.04	12.26	30.61	16.42	21.31	9.95	11.12	9.4	11.32	20.05	8.23	15.84	11.99	18.46	6.11	6.2	6.4	0.005	2.04	2.221
BB	38.88	24.89	15.98	14.38	18.58	27.56	19.19	38.61	30.25	26.21	33	23.77	15.57	71.03	18.79	40.27	39.76	33.67	4.17	21.7	0.017	28.19	30.85	18.9	24.75	24.74	21.19	0	25.49	30.93	46.21	0.705	0.288	16.39	10.73	26.43	16.39	26.25	18.07	35.35	14.44	38.62	18.85	18.2	19.47	18.93	22.86	38.3
CC	39.64	7.53	15.58	27.76	28.11	24.36	14.05	41.27	7.09	0.739	28.78	25.04	15.77	46.24	23.71	26.23	25.1	31.14	21.54	8.96	25.7	26.59	16.77	14.37	1.83	1.53	20.04	25.69	0	28.74	22.85	20.82	25.97	12.26	18.01	18.15	11.25	0.688	12.63	33.53	27.75	24.63	14.33	14.56	25.44	24.64	21.64	41.35
DD	11.27	21.21	19.1	20.89	16.7	5.57	17.41	13.54	24.79	28.37	0.614	9.33	19.39	53.05	14.31	13.29	13.84	2.68	30.57	20.55	32.93	4.84	13.62	17.38	27.02	27.35	12.26	32.93	28.74	0	3.001	28.51	33.02	21.58	23.34	15.07	22.85	2.85	19.52	4.95	20.81	12.96	17.46	1.78	14.15	14.42	10.31	13.54
EE	40.31	21.33	31.44	42.41	40.35	29.59	28.24	43.05	16.37	22.12	30.01	33.44	31.82	25.22	35.63	18.1	17.04	32.57	42.14	24.56	44.22	3.18	18.67	28.62	22.89	25	39.61	44.21	22.85	30.01	0	40.79	46.46	29.95	36.19	21.47	29.88	22.16	29.41	24.39	46.55	17.62	28.64	29.26	34.9	34.45	30.73	42.99
FF	35.49	19.47	10.65	12.43	15.89	23	13.81	35.58	24.95	21.27	28.57	19.65	10.26	65.68	14.87	35.04	34.48	29.52	2.07	16.25	5.47	23.91	25.46	13.53	19.67	19.75	16.42	0.005	20.82	28.51	40.79	0	5.69	10.92	5.46	21	10.92	21.33	12.62	31.38	12.47	33.56	13.48	12.84	15.9	15.23	18.24	35.76
GG	38.89	25.13	16.16	14.34	18.57	27.26	19.09	38.6	30.51	26.49	33.08	23.84	15.75	71.28	18.85	40.44	39.93	33.73	4.44	21.94	0.28	28.27	31.04	19.09	24.97	25.02	21.31	0.289	25.97	33.02	46.46	5.69	0	16.64	10.57	26.65	16.58	26.52	18.29	35.4	14.4	38.99	19.04	18.39	19.01	18.92	22.96	38.79
HH	31.02	8.74	3.54	13.47	16.12	16.16	4.22	32.01	14.58	12.45	20.53	14.89	3.64	54.97	12.16	25.09	24.37	23.37	12.48	5.4	16.39	17.9	13.04	4.2	10.62	10.83	9.95	16.39	12.26	21.58	29.85	10.62	16.62	0	6.31	10.45	1.39	12.54	2.18	25.62	15.49	23.52	4.12	3.81	1.87	13.03	11.96	32.14
II	31.05	15.06	5.25	10.64	12.79	16.13	8.49	31.45	20.91	18.32	2.34	14.83	4.84	61.28	10.44	29.59	29.05	24.53	7.44	11.72	10.73	18.88	20.14	8.18	16.55	16.7	11.12	10.79	18.01	23.34	36.19	5.46	10.91	6.37	0	15.76	6.91	18.39	7.61	26.51	10.65	28.12	8.13	7.48	11.79	11.01	13.03	31.6
JJ	26.15	6.2	10.57	20.92	19.18	11.21	11.63	28	10.23	13.32	15.11	13.33	6.16	46.66	14.96	14.79	13.99	17.54	22.75	6.56	26.43	13.52	4.59	7.61	12.05	12.38	9.4	26.43	18.15	15.07	21.47	21	26.63	10.45	15.76	0	11.12	13.45	8.46	19.93	20.88	13.19	7.65	8.31	15.8	15.24	10.07	28.05
KK	32.38	8.55	4.91	16.58	17.41	17.46	5.44	33.4	14.14	11.5	22.9	13.79	4.95	54.78	13.52	25.87	25.1	20.48	12.31	5.4	14.34	19.24	15.71	5.48	9.7	9.88	11.32	16.34	11.25	22.85	29.88	10.92	15.58	1.97	6.91	11.12	0	11.58	3.33	26.95	16.57	24.28	5.41	5.15	15.22	14.38	13.32	33.52
LL	39.55	7.29	15.79	28.02	28.27	24.2	14.13	41.12	6.04	0.129	28.54	25.02	16	45.59	23.83	25.72	24.58	30.93	22.09	8.98	26.25	26.45	16.36	14.47	1.93	1.71	20.05	26.25	0.688	28.5	22.16	21.33	26.52	12.54	18.39	13.45	11.58	0	12.8	33.31	28.02	24.13	14.45	14.69	25.55	24.76	21.61	41.2
MM	29.3	7.75	3.16	15.46	15.49	14.15	2.12	30.32	13.79	12.69	19.38	13.28	3.46	53.75	11.14	22.97	22.28	21.39	14.31	4.45	16.08	16	13.01	2.22	10.87	12.8	8.23	18.07	12.63	19.52	28.61	12.62	18.29	7.61	8.46	3.33	1.28	0	23.67	15.44	21.42	2.14	2.07	12.87	12.06	10.17	30.43
NN	6.43	26.01	22.81	22.13	17.69	9.52	21.15	8.74	29.73	33.18	4.92	11.73	23.05	56.67	16.59	16.91	17.68	2.39	33.44	25.14	21.96	7.77	18.46	21.47	31.78	33.31	15.84	35.35	33.53	4.95	34.39	31.38	35.4	25.62	26.51	19.93	26.95	33.31	23.67	0	22.08	16.93	21.55	21.81	15.93	16.43	13.8	8.71
OO	24.86	22.98	12.3	0.0501	4.42	16.31	14.8	24.28	29.03	27.92	20.87	11.65	12.06	67.5	7.24	31.25	31.13	20.81	14.15	19.83	14.43	16.01	24.11	10.4	26.1	28.02	11.99	14.04	27.75	20.81	42.35	12.47	15.49	10.65	20.88	16.57	28.02	15.44	22.08	0	30.12	14.41	13.92	6.76	6.72	12.58	12.58
PP	22.78	18.13	22.9	30.17	26.89	14.4	19.83	25.49	18.54	24.01	12.94	11.84	23.3	40.09	22.88	1.63	1.01	15.33	25.44	19.61	38.82	15.82	8.66	20.07	23.39	23.69	18.46	38.82	24.63	12.96	17.62	33.56	38.99	23.52	28.12	13.19	24.28	29.13	21.42	16.93	30.12	0	20.13	20.75	23.59	23.45	17.54	25.43
QQ	27.16	8.58	2.92	14.43	13.95	12.06	0.407	28.18	14.62	14.31	17.51	11.18	20.13	53.85	9.4	21.64	21.03	20.68	15.32	5.59	18.85	13.86	7.24	0.076	12.52	12.8	6.11	18.85	14.33	17.46	28.64	13.48	19.04	4.12	8.13	7.65	5.41	14.43	2.14	21.55	14.41	20.13	0	0.656	1.112	10.34	8.04	28.29
RR	27.34	9.06	2.26	13.94	13.61	12.36	1.04	28.3	15.11	14.58	17.86	11.23	2.67	54.47	9.15	22.26	21.66	19.56	14.69	5.98	18.2	14.09	12.65	0.701	12.77	13.04	6.2	18.2	14.56	17.8	29.26	12.84	18.39	3.81	7.48	8.31	5.15	14.69	2.07	21.81	13.92	20.75	0.656	0	10.88	10.08	8.18	28.41
SS	19.67	19.34	10.31	6.8	3.45	9.36	11.42	19.74	25.13	25.43	14.2	4.9	10.29	61.84	1.73	24.65	24.6	11.44	17.91	16.66	19.46	9.32	18.3	11.08	23.64	23.91	6.4	19.47	25.44	14.15	36.9	15.9	19.51	13.87	11.79	15.8	15.22	25.55	12.87	15.93	6.76	23.59	11.12	10.88	0	0.843	6.27	19.9
TT	20.36	18.62	9.47	6.77	3.94	9.62	10.64	20.48	24.45	24.65	14.48	5.09	9.45	61.44	0.941	24.55	24.46	14.81	17.25	15.89	18.92	9.58	17.9	10.29	22.85	23.12	6.005	18.93	24.64	14.42	36.45	15.23	18.98	13.03	11.01	15.24	14.38	24.76	12.06	16.43	6.72	23.45	10.34	10.08	0.843	0	5.98	20.64
UU	19.07	14.69	9.01	12.62	9.71	4.78	8.13	20.15	20.01	21.49	10.37	3.42	9.25	55.6	5.35	18.71	18.56	11.65	20.3	12.7	22.86	6.03	12.08	7.97	19.81	20.12	2.04	22.86	21.64	10.31	30.73	18.24	22.96	11.96	13.03	10.07	13.32	21.61	10.17	13.8	12.58	17.54	8.04	8.18	6.27	5.98	0	20.26
VV	2.92	33.94	28.92	24.53	20.23	16.99	28.39	0.238	38.1	41.07	13.55	1.727	29.06	64.45	21.16	25.23	26.11	10.86	37.13	32.62	38.8	14.77	27.03	28.22	39.35	39.87	22.21	38.8	41.35	13.54	42.99	35.16	38.79	32.14	31.6	28.05	33.52	41.2	30.43	8.71	12.58	25.43	28.29	28.41	19.3	20.64	20.26	0

ภาพที่ 3.5 พิกัดระยะทางขจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดสินค้าและการตรวจตลาด

ที่มา: ข้อมูลระยะทางของร้านค้า บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด

3.3.4 ข้อมูลการจัดเส้นทางขนส่งเดิม

ทางบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด มีการจัดเก็บข้อมูลเส้นทางการขนส่งเดิม โดยมีการแบ่งโซนพื้นที่การเดินรถออกเป็นทั้งหมด 6 เส้น ทาง ซึ่งมีข้อมูลรายละเอียดตำแหน่งที่ตั้ง ประมาณรวมขนส่งสินค้าแต่ละเส้นทาง และระยะเวลาโดยรวม รายละเอียดดังต่อนี้



ภาพที่ 3.6 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 1

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

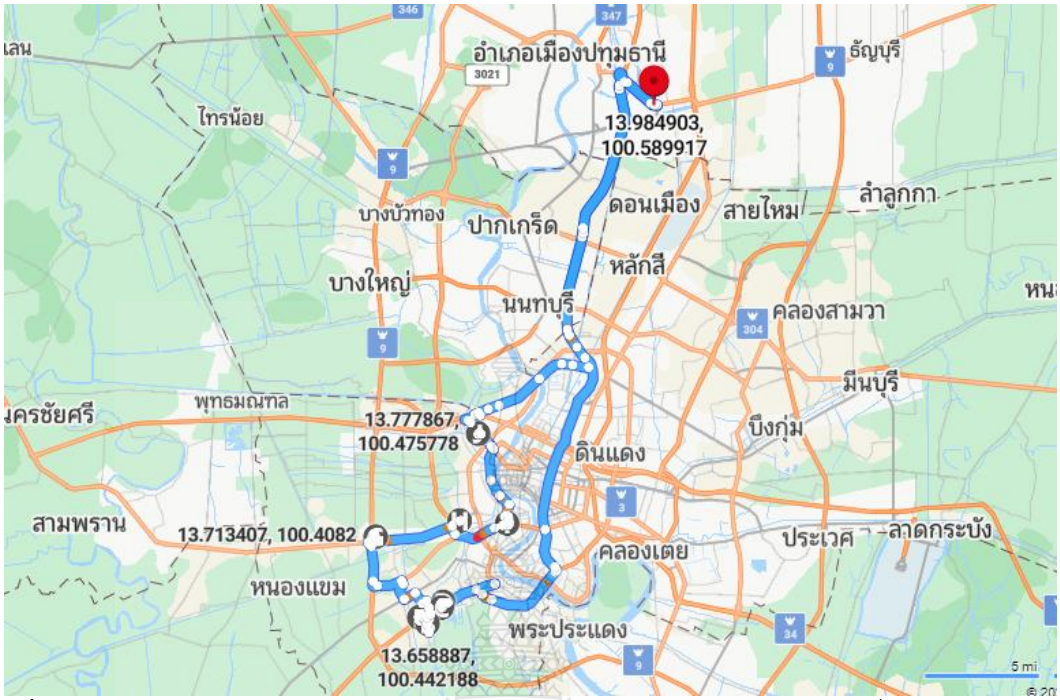
ตารางที่ 3.2 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 1

การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด – เส้นทางที่ 1

ลำดับ	จุด	ระยะทาง	ระยะเวลาเดินรถ	ปริมาณสินค้า	ระยะเวลาทำงาน
1	A		ที่ตั้งคลังสินค้า		
2	P	29.1	0:33	0.048	0:20
3	Q	27	0:30	0.013	0:15
4	PP	4.4	0:08	-	0:15
5	EE	25.6	0:29	-	0:20
6	W	25.9	0:24	0.048	0:15
7	N	72.5	1:09	0.091	0:15
1	A	83.8	1:15	-	-
รวม		268.3	4:28	0.201	1:40

ตารางที่ 3.3 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการขนส่งในปัจจุบันเส้นทางที่ 1 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถเดิม - เส้นทางที่ 1				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	268.3	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,09206	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,946.46			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,946.46			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**10.98**			



ภาพที่ 3.7 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 2

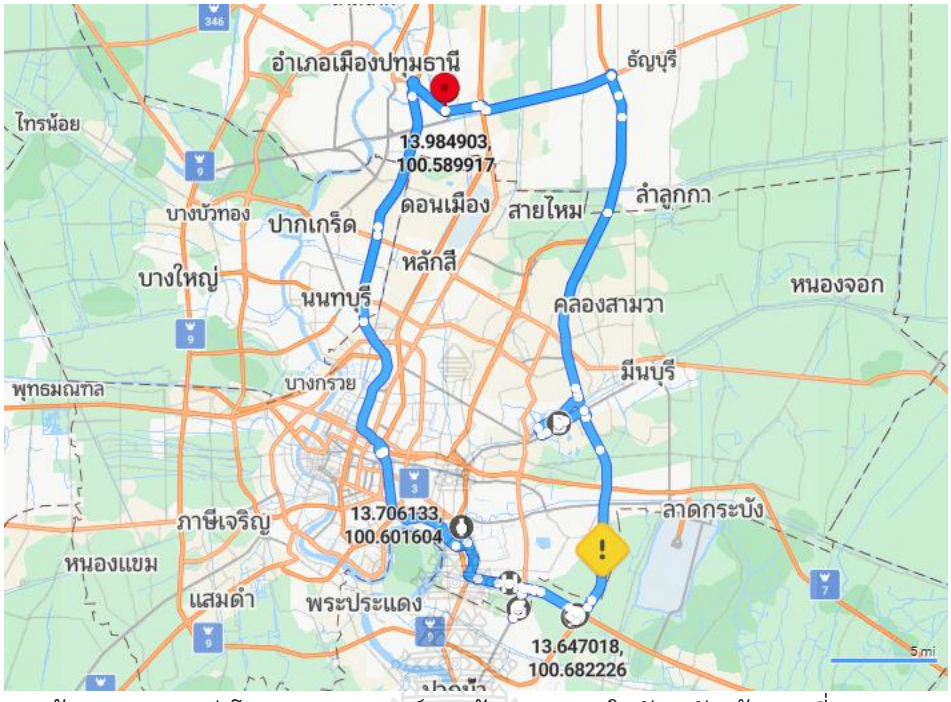
ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 3.4 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 2

การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด – เส้นทางที่ 2					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
2	CC	54.7	0:50	0.013	0:15
3	Z	3	0:09	0.013	0:15
4	Y	34.2	0:29	0.078	0:15
5	LL	36.9	0:32	-	0:15
6	J	24	0:02	0.026	0:15
7	I	12.7	0:24	0.013	0:15
8	B	7.7	0:13	0.061	0:10
9	T	31.3	0:24	0.067	0:15
10	JJ	15.9	0:16	-	0:15
1	A	34.2	0:32	-	-
รวม		**254.6**	**3:51**	**0.272**	**2:10**

ตารางที่ 3.5 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 2 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถเดิม - เส้นทางที่ 2				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	254.6	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,851.77			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,851.77			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**11.20**			



ภาพที่ 3.8 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 3

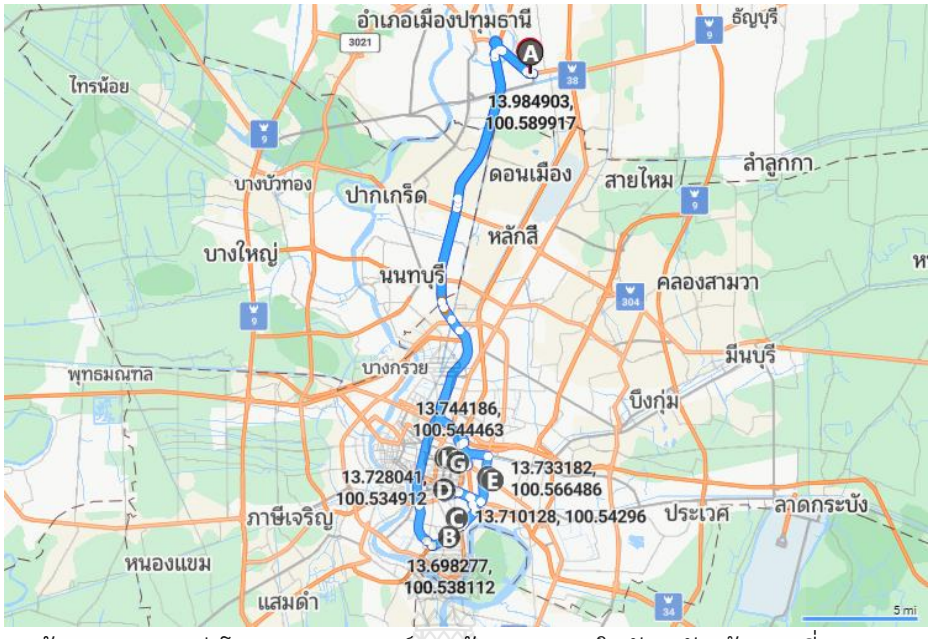
ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 3.6 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 3

การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด – เส้นทางที่ 3					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
2	D	43.8	0:42	0.093	0:15
3	OO	0.63	0:07	-	0:15
4	GG	21.2	0:23	-	0:20
5	BB	0.5	0:03	0.048	0:15
6	U	0.95	0:01	0.013	0:20
7	S	11.4	0:12	0.058	0:15
8	FF	5.1	0:09	-	0:15
9	II	12.9	0:16	-	0:15
1	A	44.9	0:39	-	-
รวม		**141.38**	**2:32**	**0.213**	**2:10**

ตารางที่ 3.7 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 3 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถเดิม - เส้นทางที่ 3				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	141.38	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,069.23			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,069.23			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**14.64**			



ภาพที่ 3.9 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 4

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

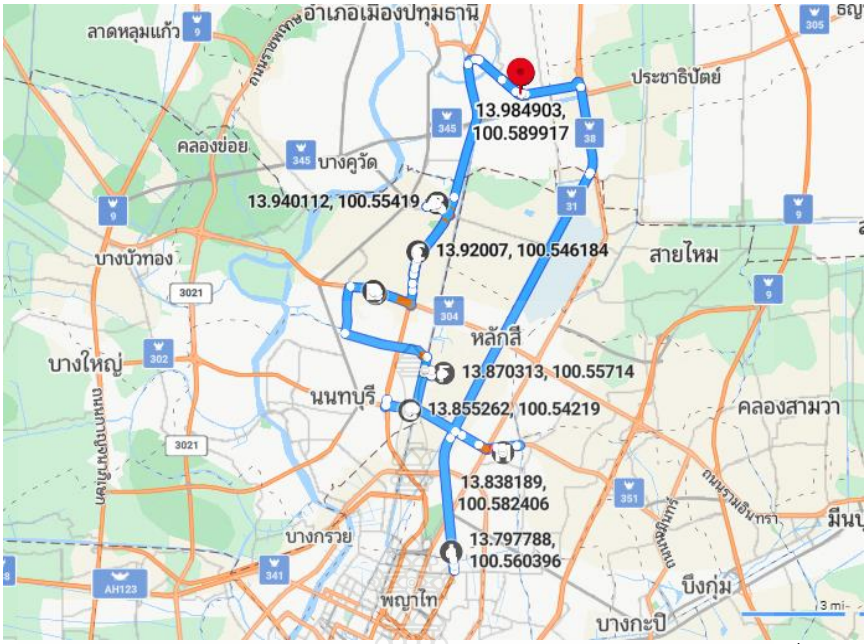
ตารางที่ 3.8 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 4

การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด – เส้นทางที่ 4					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A		ที่ตั้งคลังสินค้า		
2	KK	43.3	0:35	-	0:20
3	HH	3.3	0:05	-	0:15
4	MM	3.8	0:09	-	0:20
5	M	6.5	0:13	0.097	0:15
6	C	0.5	0:07	0.078	0:15
7	RR	4	0:12	-	0:20
8	QQ	0.95	0:05	-	0:30
9	X	0.45	0:01	0.048	0:15
10	G	0.8	0:04	0.033	0:30
1	A	34.9	0:36	-	-
รวม		**98.5**	**2:07**	**0.256**	**3:00**

ตารางที่ 3.9 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 4 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถเดิม - เส้นทางที่ 4

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	98.5	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	1,772.86			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	1,772.86			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**18.00**			



ภาพที่ 3.10 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 5

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

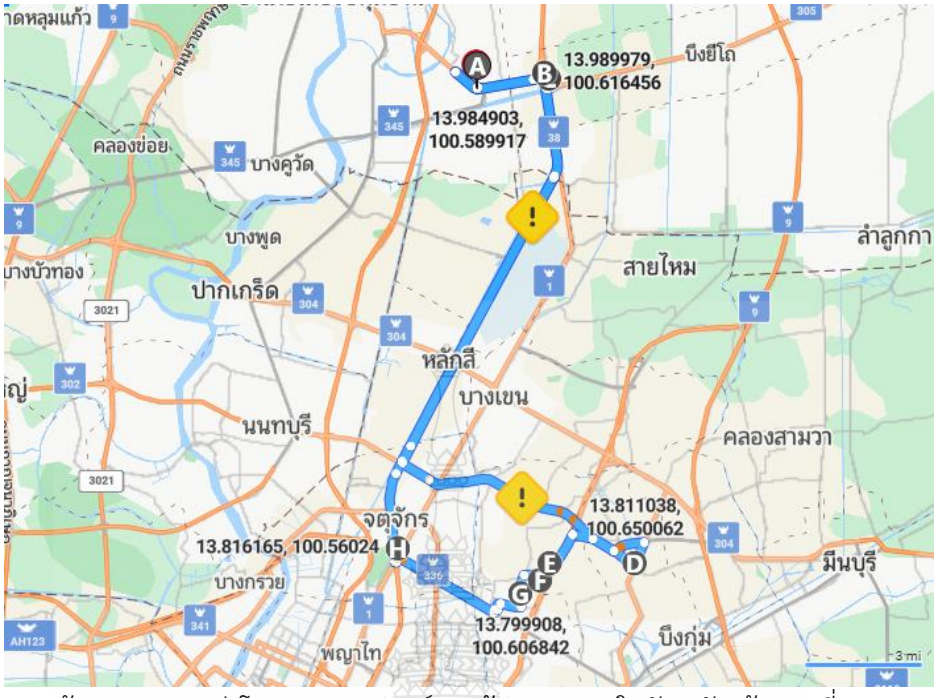
ตารางที่ 3.10 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 5

เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 5					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
2	NN	12.1	0:16	-	0:15
3	R	5.8	0:09	0.078	0:15
4	K	5.6	0:10	0.078	0:20
5	DD	1.7	0:05	-	0:15
6	V	6.3	0:19	0.013	0:15
7	F	3.1	0:08	0.067	0:15
8	L	5.1	0:13	0.048	0:10
9	AA	6	0:13	0.078	0:20
1	A	28	0:30	-	-
รวม		**73.7**	**2:03**	**0.362**	**2:05**

ตารางที่ 3.11 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 5 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถเดิม - เส้นทางที่ 5

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	73.7	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	1,601.45			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	1,601.45			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**21.73**			



ภาพที่ 3.11 เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 6

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 3.12 รายละเอียดระยะเวลาในการลงสินค้าและตรวจตลาดของเส้นทางการเดินรถที่ 6

เส้นทางการขนส่งโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบันเส้นทางที่ 6					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A		ที่ตั้งคลังสินค้า		
2	VV	4.4	0:10	-	0:15
3	H	0.35	0:02	0.045	0:30
4	E	36.6	0:38	0.013	0:15
5	SS	7.3	0:10	-	0:15
6	TT	1.8	0:04	-	0:15
7	O	1.8	0:04	0.142	0:15
8	UU	7.5	0:19	-	0:15
1	A	24.2	0:26	-	-
รวม		**83.95**	**1:53**	**0.200**	**2:00**

ตารางที่ 3.13 ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดเส้นทางที่ 6 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถเดิม - เส้นทางที่ 6

ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	83.95	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	1,672.30			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	1,673.30			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**19.92**			

ตารางที่ 3.14 ตารางรวมการจัดเส้นทางการเดินรถโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาดในปัจจุบัน สำหรับการขนส่งสินค้าและการตรวจตลาดในเขตกรุงเทพมหานคร และปริมณฑล จำนวนทั้งสิ้น 6 วัน โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 3.16

การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด							
เส้นทางการเดินรถ		**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อ กม.**	**รวมต้นทุนค่าขนส่ง**
วันที่ 1	A > P > Q > PP > EE > W > N > A	268.3	4:28	1:40	0.20	10.98	2,946.46
วันที่ 2	A > CC > Z > Y > LL > J > I > B > T > JJ > A	254.6	3:51	2:10	0.27	11.20	2,851.77
วันที่ 3	A > D > OO > GG > BB > U > S > FF > II > A	141.38	2:32	2:10	0.21	14.64	2,069.23
วันที่ 4	A > KK > HH > MM > M > C > RR > QQ > X > G > A	98.5	2:07	3:00	0.26	18.00	1,772.86
วันที่ 5	A > NN > R > K > DD > V > F > L > AA > A	73.7	2:03	2:05	0.36	21.73	1,601.45
วันที่ 6	A > VV > H > E > SS > TT > O > UU > A	83.95	1:53	2:00	0.20	19.92	1,672.30
รวมระยะทาง		**920.43**	**16:54**	**13:01:00**	**1.50**		**12,914.09**

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

เครื่องมือที่นำมาใช้ในการศึกษา และนำมาทดสอบในครั้งนี้ประกอบไปด้วย 3 เครื่องมือเพื่อเปรียบเทียบหาผลลัพธ์ที่ประหยัดที่สุดของการจัดเส้นทางการนส่ง ได้แก่

3.4.1 การเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) เป็นการจัดลำดับเส้นทางการขนส่งสินค้า โดยมีการกำหนดการใช้เส้นทางเดียวกับลูกค้ารายต่าง ๆ โดยแบ่งกลุ่มแบบ Clustering ซึ่งเป็นการจัดเส้นทางการขนส่งโดยมีการกำหนดให้มีระยะทางรวมในการขนส่งที่น้อยที่สุด.

3.4.2 ปัญหาหารวางแผนการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นการหาจำนวนเส้นทางแต่ละเที่ยวการขนส่งสินค้า ให้กับลูกค้าแต่ละร้าน ภายใต้ข้อกำหนดของรถในการบรรจุสินค้า

สูตรการคำนวนหาสัดส่วนร้อยละ

$$\frac{\text{(เส้นทางการขนส่งใหม่ – เส้นทางการขนส่งเดิม)}}{\text{เส้นทางการขนส่งเดิม}} \times 100$$

3.5 การสรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณการจัดเส้นทางการขนส่งทั้ง 2 เครื่องมือมาประมวลผล เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

3.5.1 สรุปผลลัพธ์จากการศึกษาการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยวิธี K-Means-TSP เพื่อทำการเปรียบเทียบกับอีก 2 เครื่องมือ

3.5.2 ทำการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางการขนส่ง เพื่อหาเส้นทางที่มีระยะทางประหยัดที่สุด เพื่อลดระยะทางและต้นทุนโดยรวมในการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ทั้งนี้การตัดสินใจขั้นสุดท้ายจะขึ้นอยู่ตามความเหมาะสมกับธุรกิจ และดุลยพินิจของผู้บริหารในองค์กร

บทที่ 4
ผลการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางการขนส่ง ของบริษัทกรณีศึกษา เพื่อการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด โดยผลการวิจัยจากการวิเคราะห์ผลข้อมูลในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงได้ในหัวข้อดังต่อไปนี้

4.1 ผลการเก็บข้อมูลเบื้องต้นและการวิเคราะห์เลือกเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย

4.2 ผลการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการแก้ปัญหาหารวางแผนการขนส่ง VRP

4.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

4.1 การวิเคราะห์เลือกเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย K-Means-TSP

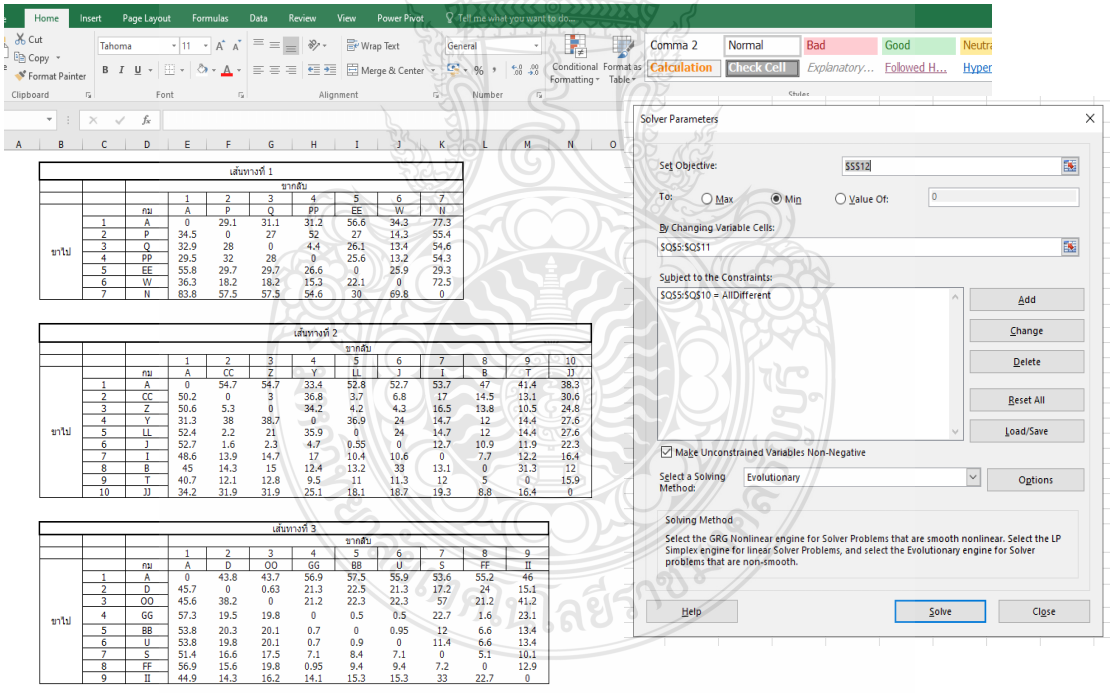
จากการสำรวจข้อมูลเส้นทางการเดินรถเบื้องต้น พบว่าปัจจุบันนั้น บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัดได้มีการเพิ่มช่องทางการจัดจำหน่ายสินค้าขนมเพื่อสุขภาพ (Healthy snacks) โดยปัจจุบัน มีช่องทางการจัดจำหน่าย ร้านค้าสุขภาพ ร้านสินค้าแม่และเด็ก และห้างสรรพสินค้า รวมทั้งสิ้น 47 ร้าน ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่ กรุงเทพฯ ปริมณฑล และในพื้นที่ใกล้เคียง โดยทางบริษัทฯ จะมีการเข้าตรวจหน้าร้านประจำเดือน เพื่อเช็คจำนวนสินค้าหน้าร้าน ป้ายโปรโมชั่น รวมทั้งเป็นการสำรวจตลาด

4.1 การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Traveling Salesman Problem (K-Means-TSP) นำข้อมูลจากการเก็บรวบรวมของบริษัทกรณีศึกษา หาเมตริกระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้า และการตรวจตลาด และนำข้อมูลที่ได้มาการแบ่งกลุ่มแบบ Clustering จัดโซนสำหรับเส้นทางการขนส่งไปยังลูกค้าร้านต่างทำการ Solver ในโปรแกรม Excel เพื่อหาระยะทางที่ต่ำที่สุดในแต่ละเส้นทาง สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังต่อไปนี้

		ขากลับ																														
ขาไป	กม.	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	BB	CC	DD	EE	FF	GG
	A	0	47	36.9	43.8	34.3	22.3	35.2	6.5	53.7	52.7	20.5	28.5	39.2	77.3	37.7	29.1	31.1	16	53.6	41.4	55.9	22.1	34.3	36.7	33.4	54.7	28.6	57.5	54.7	20.3	56.6	55.2	56.9
	B	45	0	17.1	35.3	39.7	24.7	12.4	7.4	13.1	33	30.2	20.8	54.6	33.9	24.9	26.9	31.9	33.9	4.4	31.3	27.5	14.9	12.6	11.7	12.4	15	26.9	39.6	14.3	33.2	26.2	30.5	31.4
	C	34.5	17.9	0	15.8	19	18.1	7	31.5	38.4	18.8	26.3	16.8	1.9	64.1	14	41	43	24.3	27	15.4	20.1	21.7	31.4	4.9	17.4	21	11.4	21.3	22.5	26.5	43.9	19.3	20.1
	D	45.7	33.3	14.9	0	9.2	28.4	16.7	40.5	37.7	36.3	36.6	17.2	15.1	76.8	11.2	38.4	39.8	34.6	17.2	26.9	21.3	21.7	41.6	17.5	34.9	38.2	21.8	22.5	39.4	36.8	52.5	24	21.3
	E	28.1	36.3	20	10.9	0	16.2	21.9	28.3	39.5	41.4	22.5	10.1	23.7	82	10.1	31.4	33.4	21.2	20.9	32.1	29.1	14.7	27	21.7	40.1	43.4	14.4	30.4	42.6	22.7	44.9	18.8	29.5
	F	22.1	27.7	17.5	23.2	15.4	0	14.9	23.2	30.1	31.7	9.6	5.1	17.7	64.3	15.1	18.4	20.5	8.3	33.3	22	35	3.3	14	16.4	30.3	33.6	7.9	36.2	32.9	9.8	35.9	34.1	35
	G	34.9	13.1	3.9	19.4	22.6	18.5	0	30.9	20.8	21.3	23.9	16.1	5	65.4	17.8	30.3	32.3	22.1	20.6	10	22.3	21	20	0.7	19.9	23.3	10.8	23.5	22.5	24.3	31.9	16.5	23.6
	H	3.9	11.4	33.3	38.6	36.6	21	31.8	0	51	50.5	21.1	24.9	35.6	84.1	32.2	30.2	32.3	19.9	50	38.7	51.6	18.5	35.5	33.1	49.2	52.5	24.6	52.9	51.7	21.3	53.7	50.8	51.7
	I	48.6	7.7	25.5	38.8	43.2	28.7	17.8	50.2	0	10.6	37.8	33.8	29.3	46.2	49.1	22.3	24.4	37	39.5	12.2	45.7	32	18.5	18.4	17	14.7	33.1	45.3	13.9	38	24.1	41.7	45.5
	J	52.7	10.9	20.6	37.2	41.3	33.6	20.6	49.7	12.7	0	41.6	34.9	20.5	63.6	36.3	33.4	35.4	39.6	35.3	11.9	33.7	36.8	25.2	21.1	4.7	2.3	29.5	35	1.6	41.8	35.1	32.9	33.7
	K	17.6	32.8	23.9	25.8	20	8.1	22.2	21.3	39.5	38.7	0	14.4	29	71.8	24.4	19.3	22.4	6.3	42.3	28.5	44	8.3	21.5	22.6	38.4	41.7	18	45.2	40.9	1.7	43.3	43.1	44
	L	24.8	28.6	14.7	17.9	10	6.6	13.3	21.9	33.2	32.2	15.3	0	17	65	10.6	24.9	26.3	14.8	32.4	20.4	33.9	8.2	20.5	14.5	30.6	33.9	6	35.2	33.2	17	36.5	33.3	34
	M	34.9	18.4	0.5	15.3	20.6	18.6	7.6	32	21.7	20.7	25.2	17.3	0	64.4	15.6	35.1	36.5	24.8	16.2	10.9	19.3	21.9	28.6	5.3	19.1	22.4	11.9	20.6	21.6	26.9	35.9	18.5	19.4
	N	83.8	54.8	67.4	78.4	78.4	63.9	59.7	82.3	52.4	64.4	71.4	66.4	73.9	0	82.1	57.5	59.6	71	84.4	59.2	86.1	66.6	69.8	60.3	62.8	64.9	66.1	87.4	64.2	74	30	85.3	86.1
	O	31.1	33.8	14.3	13.2	9.1	14.1	14.1	28.1	34.9	33.6	21.5	7	15.8	72.1	0	32.5	33.8	21	24.7	24.1	25.5	15.7	23.9	13.8	32.1	35.4	9	26.8	34.7	23.2	43.7	24.8	25.5
	P	34.5	24.9	33.5	39.8	32	17.5	31.5	36	21.5	31.4	26.2	29.6	34.9	55.4	32.6	0	2.7	25.7	58.9	28.7	52.4	20.8	14.3	31	36.3	34	25.4	53.6	33.3	19.5	27	51.5	52.4
	Q	32.9	24.1	32.7	39	31.2	16.6	31	35.2	20.6	30.5	25.4	21.7	34.1	54.6	31.7	2.8	0	24.9	58	27.9	51.5	19.9	13.4	30.2	35.5	33.2	24.5	52.8	32.4	21.2	26.1	50.7	51.5
	R	15.5	33.5	24.7	26.6	20.9	8.8	23	15.4	38.1	39.4	5.6	13.9	26.6	72.4	24.5	24	26	0	43.1	28.6	44.1	8.5	20.7	22.7	38.4	41.8	17.3	45.3	41	7.9	44	43.2	44.1
	S	51.4	30.3	17.4	16.6	20.8	35	21.4	48.4	39.3	32	41.7	31.4	17.4	83.4	25.4	51.6	52.9	41.2	0	22.8	7.1	39.2	49.1	21.9	31.3	33.9	29.2	8.4	33.1	44.2	60	5.1	7.1
	T	40.7	5	14	27.9	31.1	21.6	7.7	40.8	12	11.3	28.3	20.2	11.6	58.7	26.2	29	31	27.8	26.4	0	27.8	24.6	18.7	8.4	9.5	12.8	17.1	29.1	12.1	29.7	30	27	27.9

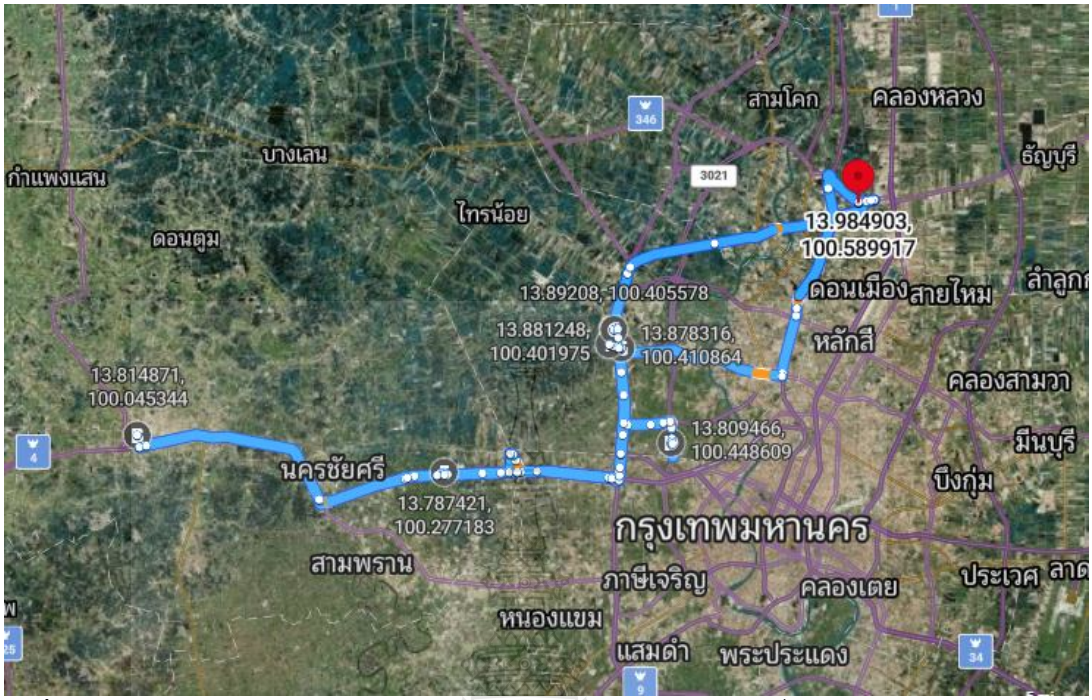
ภาพที่ 4.1 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาด

ที่มา: ข้อมูลระยะทางของร้านค้า บริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด



ภาพที่ 4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยวิธี Solver ในโปรแกรม Excel

ที่มา: โปรแกรม Excel



ภาพที่ 4.3 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 1

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 4.1 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 1

		ขากลับ						
	ลำดับ	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
	ลำดับ	กม	A	P	Q	PP	EE	W	N
ขาไป	**1**	A	0	29.1	31.1	31.2	56.6	34.3	77.3
	2	P	34.5	0	27	52	27	14.3	55.4
	3	Q	32.9	28	0	4.4	26.1	13.4	54.6
	4	PP	29.5	32	28	0	25.6	13.2	54.3
	5	EE	55.8	29.7	29.7	26.6	0	25.9	29.3
	6	W	36.3	18.2	18.2	15.3	22.1	0	72.5
	7	N	83.8	57.5	57.5	54.6	30	69.8	0

ตารางที่ 4.2 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 1

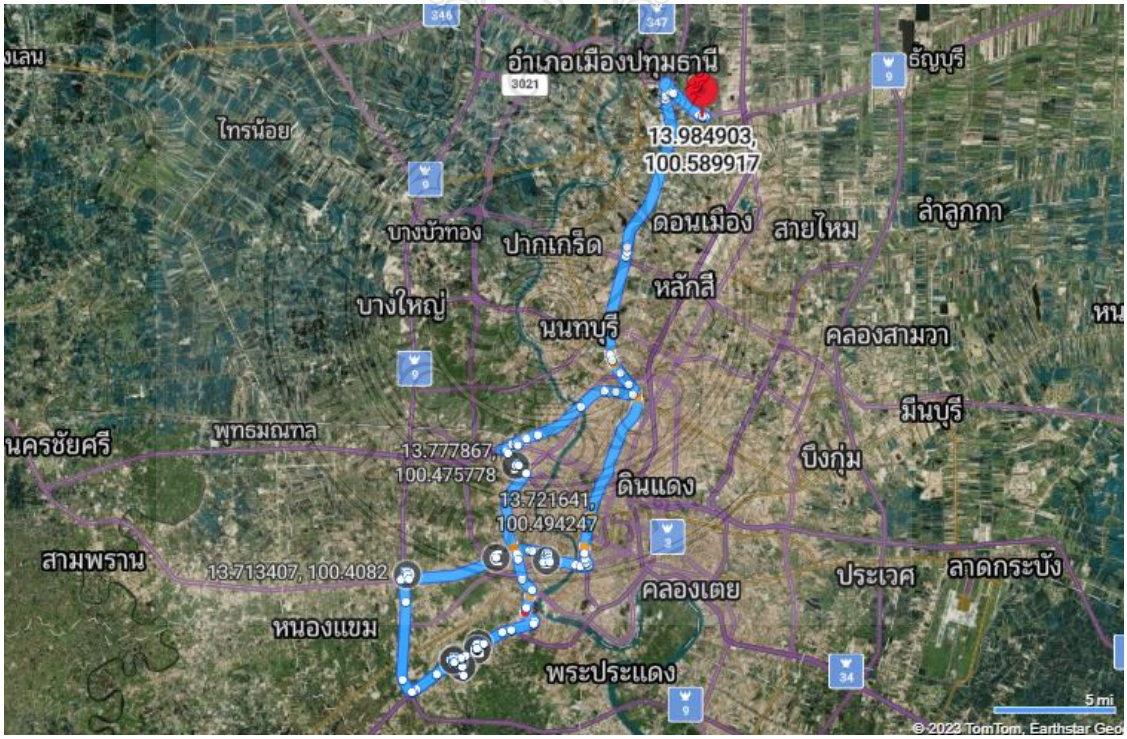
รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลา**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
7	N	77.3	0:55	0.091	0:15
2	P	57.5	0:45	0.048	0:20
6	W	14.3	0:14	0.048	0:15
5	EE	22.1	0:23	-	0:20
3	Q	29.7	0:25	0.013	0:15
4	PP	4.4	0:08	-	0:15
1	A	29.5	0:29	-	-
รวม		**234.8**	**3:19**	**0.201**	**1:40**

ตารางที่ 4.3 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 1 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ TSP เส้นทางที่ 1				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	234.8	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน

ตารางที่ 4.3 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 1 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล (ต่อ)

ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,714.92			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,714.92			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**11.56**			



ภาพที่ 4.4 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 2

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 4.4 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 2

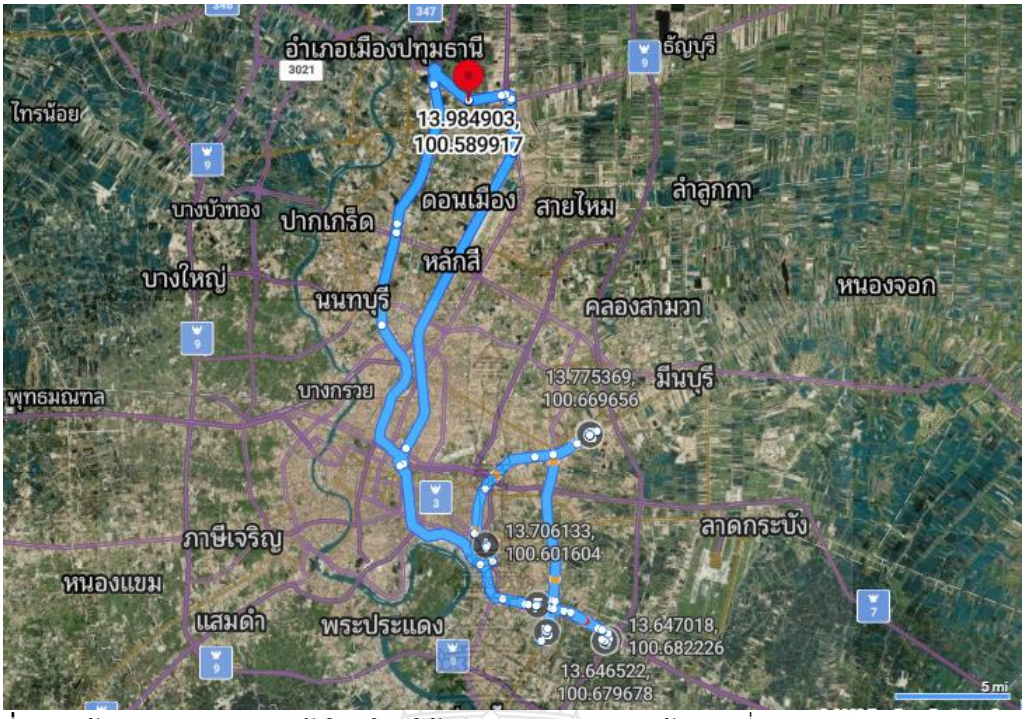
		ขากลับ									
	ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ลำดับ	กม	A	CC	Z	Y	LL	J	I	B	T	JJ
	1	A	0	54.7	54.7	33.4	52.8	52.7	53.7	47	41.4	38.3
	2	CC	50.2	0	3	36.8	3.7	6.8	17	14.5	13.1	30.6
	3	Z	50.6	5.3	0	34.2	4.2	4.3	16.5	13.8	10.5	24.8
ขา	4	Y	31.3	38	38.7	0	36.9	24	14.7	12	14.4	27.6
ไป	5	LL	52.4	2.2	21	35.9	0	24	14.7	12	14.4	27.6
	6	J	52.7	1.6	2.3	4.7	0.55	0	12.7	10.9	11.9	22.3
	7	I	48.6	13.9	14.7	17	10.4	10.6	0	7.7	12.2	16.4
	8	B	45	14.3	15	12.4	13.2	33	13.1	0	31.3	12
	9	T	40.7	12.1	12.8	9.5	11	11.3	12	5	0	15.9
	10	JJ	34.2	31.9	31.9	25.1	18.1	18.7	19.3	8.8	16.4	0

ตารางที่ 4.5 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 2

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลา**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
9	T	41.4	0:36	0.067	0:15
8	B	5	0:07	0.061	0:10
7	I	13.1	0:12	0.013	0:15
5	LL	10.4	0:15	-	0:15
2	CC	2.2	0:10	0.013	0:15
3	Z	3	0:09	0.013	0:15
6	J	4.3	0:07	0.026	0:15
4	Y	4.7	0:06	0.078	0:15
10	JJ	27.6	0:25	-	0:15
1	A	34.2	0:32	-	-
รวม		**145.9**	**2:39**	**0.272**	**2:10**

ตารางที่ 4.6 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 2 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ TSP เส้นทางที่ 2				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	145.9	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,100.48			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,100.48			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**14.40**			



ภาพที่ 4.5 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 3

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 4.7 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 3

		ขากลับ								
	ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ลำดับ	กม	A	D	OO	GG	BB	U	S	FF	II
	1	A	0	43.8	43.7	56.9	57.5	55.9	53.6	55.2	46
	2	D	45.7	0	0.63	21.3	22.5	21.3	17.2	24	15.1
	3	OO	45.6	38.2	0	21.2	22.3	22.3	57	21.2	41.2
ขาไป	4	GG	57.3	19.5	19.8	0	0.5	0.5	22.7	1.6	23.1
	5	BB	53.8	20.3	20.1	0.7	0	0.95	12	6.6	13.4
	6	U	53.8	19.8	20.1	0.7	0.9	0	11.4	6.6	13.4
	7	S	51.4	16.6	17.5	7.1	8.4	7.1	0	5.1	10.1
	8	FF	56.9	15.6	19.8	0.95	9.4	9.4	7.2	0	12.9
	9	II	44.9	14.3	16.2	14.1	15.3	15.3	33	22.7	0

ตารางที่ 4.8 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 3

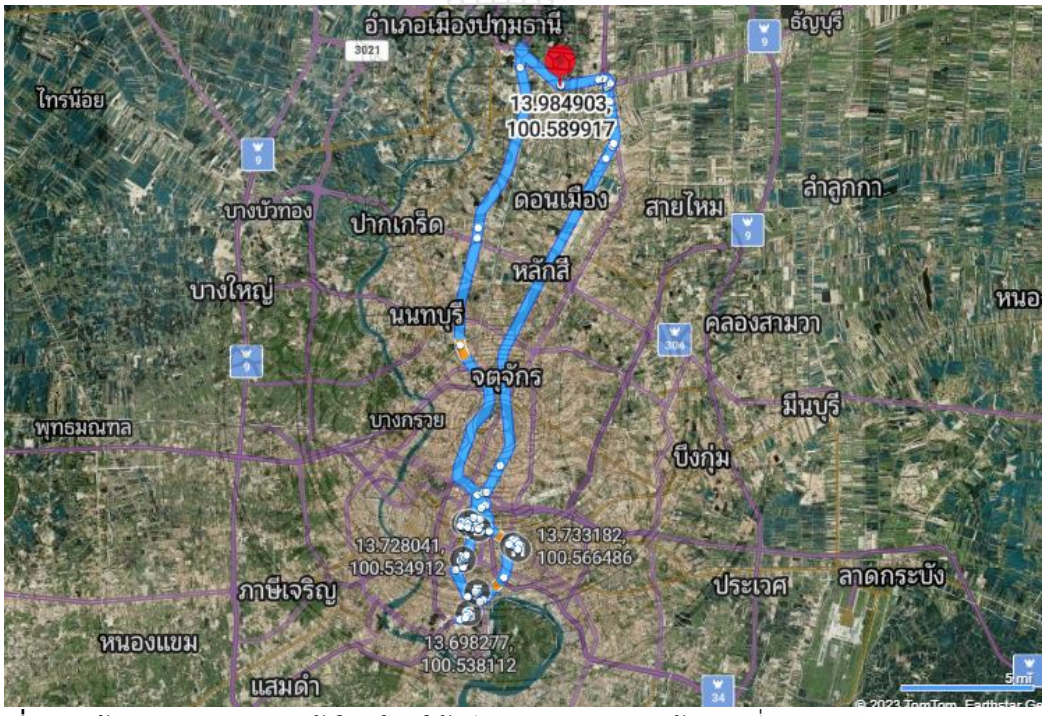
รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลา**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
7	S	53.6	0:43	0.058	0:15
6	U	7.1	0:11	0.013	0:20
5	BB	0.9	0:01	0.048	0:15
4	GG	0.7	0:03	-	0:20
8	FF	1.6	0:05	-	0:15
2	D	15.6	0:17	0.093	0:15
3	OO	0.63	0:07	-	0:15
9	II	41.2	0:26	-	0:15
1	A	44.9	0:36	-	-
รวม		**166.23**	**2:29**	**0.213**	**2:10**

ตารางที่ 4.9 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 3

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ TSP เส้นทางที่ 3				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	166.23	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน

ตารางที่ 4.9 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 3 (ต่อ)

ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,240.99			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,240.99			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**13.48**			



ภาพที่ 4.6 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 4

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 4.10 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 4

		ขากลับ									
	ลำดับ	ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	ลำดับ	กม	A	KK	HH	MM	M	C	RR	QQ	X	G
ขาไป	1	A	0	43.3	40.6	39.8	39.2	36.9	35.6	36.6	36.7	35.2
	2	KK	40.4	0	3.3	6.2	8.3	8.3	9.5	10.2	7.9	9.7
	3	HH	37.3	1.8	0	3.8	6.5	5.3	6.3	6.9	6.7	6.1
	4	MM	37.3	4.6	2.8	0	6.5	5.3	6.3	3.1	3.1	2.7
	5	M	34.9	6.1	5.7	6	0	0.5	15.4	5.7	5.3	7.6
	6	C	34.5	5.9	5.2	5.5	1.9	0	4	5.2	4.9	7
	7	RR	33.5	6.8	4.8	5.2	3.7	2.6	0	0.95	1.3	1.3
	8	QQ	34.9	8.2	6.1	5	5.2	4	1.3	0	0.45	0.9
	9	X	34.8	7.8	6.1	4.6	4.8	3.6	1	0.85	0	0.8
	10	G	34.9	6.8	6.1	4.6	5	3.9	1.3	0.95	0.7	0

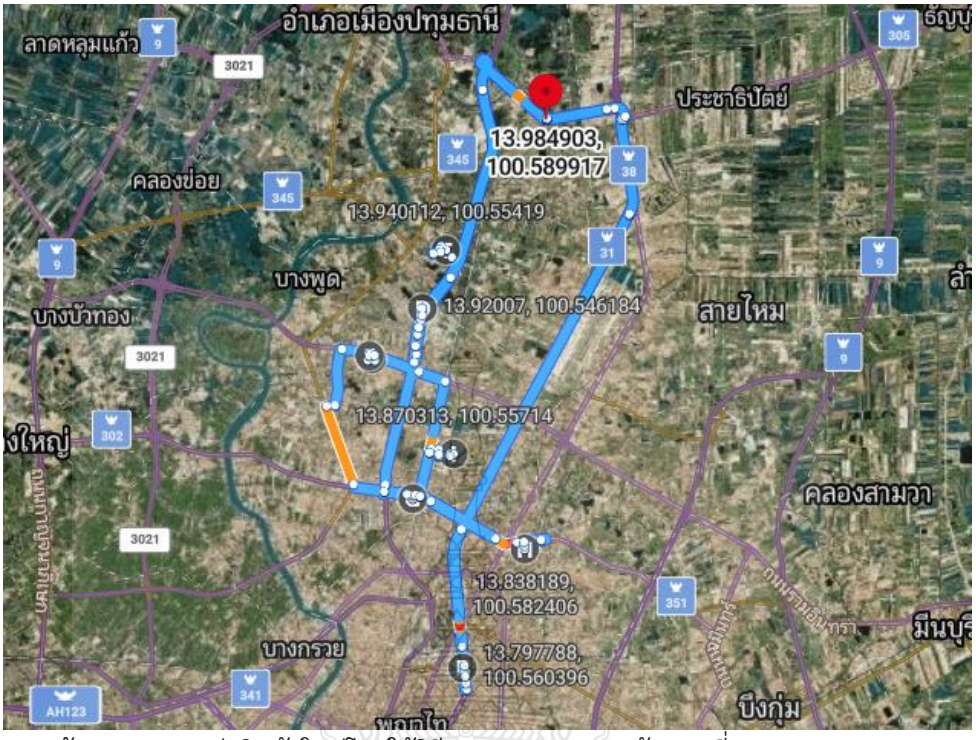
ตารางที่ 4.11 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 4

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP

ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลา**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
7	RR	35.6	0:33	-	0:20
8	QQ	0.95	0:05	-	0:30
9	X	0.45	0:01	0.048	0:15
4	MM	4.6	0:07	-	0:20
3	HH	2.8	0:06	-	0:15
2	KK	1.8	0:09	-	0:20
5	M	8.3	0:13	0.097	0:15
6	C	0.5	0:07	0.078	0:15
10	G	7	0:12	0.033	0:30
1	A	34.9	0:36	-	-
รวม		**96.9**	**2:09**	**0.256**	**3:00**

ตารางที่ 4.12 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 4 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ TSP เส้นทางที่ 4				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	96.9	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	1,761.80			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	1,761.80			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**18.18**			



ภาพที่ 4.7 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 5

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 4.13 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 5

		ขากลับ								
	ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	ลำดับ	กม	A	NN	R	K	DD	V	F	L	AA
	1	A	0	12.1	16	20.5	20.3	22.1	22.3	28.5	28.6
	2	NN	14.7	0	5.8	10.7	10.1	13.4	14.3	19.4	22.3
ขาไป	3	R	15.5	5.7	0	5.6	7.9	8.5	8.8	13.9	17.3
	4	K	17.6	9.1	6.3	0	1.7	8.3	8.1	14.4	18
	5	DD	17.4	7.7	4.5	5.2	0	6.3	7.9	12.9	15.8
	6	V	17.7	10.9	7.8	8.2	9.9	0	3.1	7.9	9.9
	7	F	22.1	11.5	8.3	9.6	9.8	3.3	0	5.1	7.9
	8	L	24.8	18	14.8	15.3	17	8.2	6.6	0	6
	9	AA	28	21.2	18	18.5	24.1	15	12.8	7.9	0

ตารางที่ 4.14 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 5

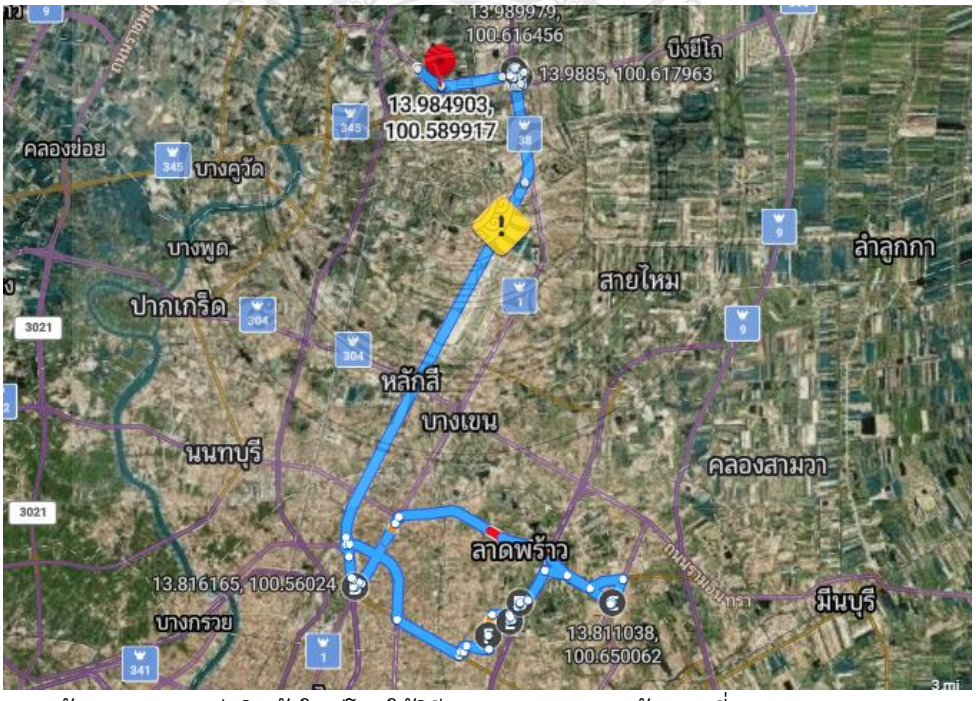
รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A		ที่ตั้งคลังสินค้า		
9	AA	28.6	0:23	0.078	0:20
2	NN	21.2	0:22	-	0:15
3	R	5.8	0:09	0.078	0:15
4	K	5.6	0:10	0.078	0:20
5	DD	1.7	0:05	-	0:15
7	F	7.9	0:18	0.067	0:15
8	L	5.1	0:13	0.048	0:10
6	V	8.2	0:13	0.013	0:15
1	A	17.7	0:24	-	-
รวม		**101.8**	**2:17**	**0.362**	**2:05**

ตารางที่ 4.15 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 5 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ TSP เส้นทางที่ 5		
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท
มูลค่าซาก	500,000	บาท
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน
จำนวนพนักงาน	1	คน
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	101.8	กม.

ตารางที่ 4.15 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 5 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล (ต่อ)

ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.60	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	1,795.67			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	1,795.67			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**17.64**			



ภาพที่ 4.8 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 6

ที่มา: https://www.bing.com/maps?cp=14.37549%7E100.415726&lvl=11.0

ตารางที่ 4.16 เมตริกพิกัดระยะทางจริงสำหรับจัดส่งสินค้าและการตรวจตลาดเส้นทางที่ 6

		ขากลับ							
	ลำดับ	1	2	3	4	5	6	7	8
	ลำดับ	กม	A	VV	H	E	SS	TT	O	UU
	1	A	0	34.3	6.5	34.3	33.3	34.2	37.7	27.2
	2	VV	4.2	0	0.35	32	31.1	31.9	41.8	33
ขาไป	3	H	3.9	0.35	0	36.6	30.7	26.9	32.2	23.6
	4	E	28.1	28.5	28.3	0	7.3	8.3	10.1	12.9
	5	SS	31.4	28.6	30.2	8.6	0	1.8	3.6	10.3
	6	TT	30.2	27.5	29.1	7.5	1.2	0	1.8	8.6
	7	O	31.1	28.3	28.1	9.1	2.3	1.8	0	7.5
	8	UU	24.2	28.9	21.2	15.9	13.9	14.7	9.4	0

ตารางที่ 4.17 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP เส้นทางที่ 6

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP					
ลำดับ	**จุด**	**ระยะทาง**	**ระยะเวลา**	**ปริมาณสินค้า**	**ระยะเวลาทำงาน**
1	A			ที่ตั้งคลังสินค้า	
8	UU	27.2	0:22	-	0:15
4	E	15.9	0:25	0.013	0:15
5	SS	7.3	0:10	-	0:15
6	TT	1.8	0:04	-	0:15
7	O	1.8	0:05	0.142	0:15
2	VV	28.3	0:37	-	0:15
3	H	0.35	0:02	0.045	0:30
1	A	3.9	0:13	-	-
รวม		**86.55**	**1:58**	**0.200**	**2:00**

ตารางที่ 4.18 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น TSP เส้นทางที่ 6 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ TSP เส้นทางที่ 6				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	6	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	86.55	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	992.06	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	600.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,092.06	บาท/วัน	6,552.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,092.06	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	1,690.27			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	1,690.27			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**19.53**			

ซึ่งในปัจจุบันนั้นมีการรวบรวมข้อมูลสรุปต้นทุนค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางนั้นจะมีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าต่อรอบในการคำนวณ สามารถแสดงดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.19 รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP สามารถจำแนกผลการวิเคราะห์ในแต่ละเส้นทางประกอบไปด้วย ระยะทางรวม เวลาในการขนส่งสินค้ารวม ปริมาณสินค้า และต้นทุนค่าขนส่งรวม

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP

เส้นทางการเดินรถ		**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อ กม.**	**รวมต้นทุนค่าขนส่ง**
วันที่ 1	A > N > P > W > EE > Q > PP > A	234.8	3:19	1:40	0.20	11.56	2,714.29
วันที่ 2	A > T > B > I > LL > CC > Z > J > Y > JJ > A	145.9	2:39	2:10	0.27	14.40	2,100.48
วันที่ 3	A > S > U > BB > GG > FF >D > OO > II > A	166.23	2:29	2:10	0.21	13.48	2,240.99
วันที่ 4	A > RR > QQ > X > MM > HH > KK > M > C > G > A	96.9	2:09	3:00	0.26	18.18	1,761.80
วันที่ 5	A > AA > NN > R > K > DD > F > L > V > A	101.8	2:17	2:05	0.36	17.64	1,795.67
วันที่ 6	A > UU > E > SS > TT > O > VV > H > A	86.55	1:58	2:00	0.20	19.53	1,690.27
รวมระยะทาง		**832.18**	**14:51**	**13:05:00**	**1.50**		**12,304.13**

จากผลการเก็บข้อมูลเบื้องต้น และการวิเคราะห์เลือกเส้นทางการเดินทางของพนักงานขายจะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางการขนส่งนั้น มีการแบ่งโซนพื้นที่การเดินรถออกเป็นทั้งหมด 6 เส้นทางโดยแยกตามภูมิศาสตร์ตำแหน่งที่ตั้งของร้านค้า และห้างสรรพสินค้า ซึ่งสามารถหาระยะทางรวมได้ทั้งสิ้น

832.18 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลารวมทั้งสิ้น 14.51 ชั่วโมง ปริมาณการขนส่งสินค้าโดยรวม 1.50 ลูกบาศก์เมตร โดยมีต้นทุนสำหรับการขนส่งสินค้าทั้งหมด 12,304.14 บาท ทั้งนั้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นจะใช้รถยนต์ของทางบริษัทกรณีศึกษาจำนวน 1 คันโดยแบ่งรอบการขนส่งเป็น 6 รอบหรือจำนวน 6 วันต่อเดือน

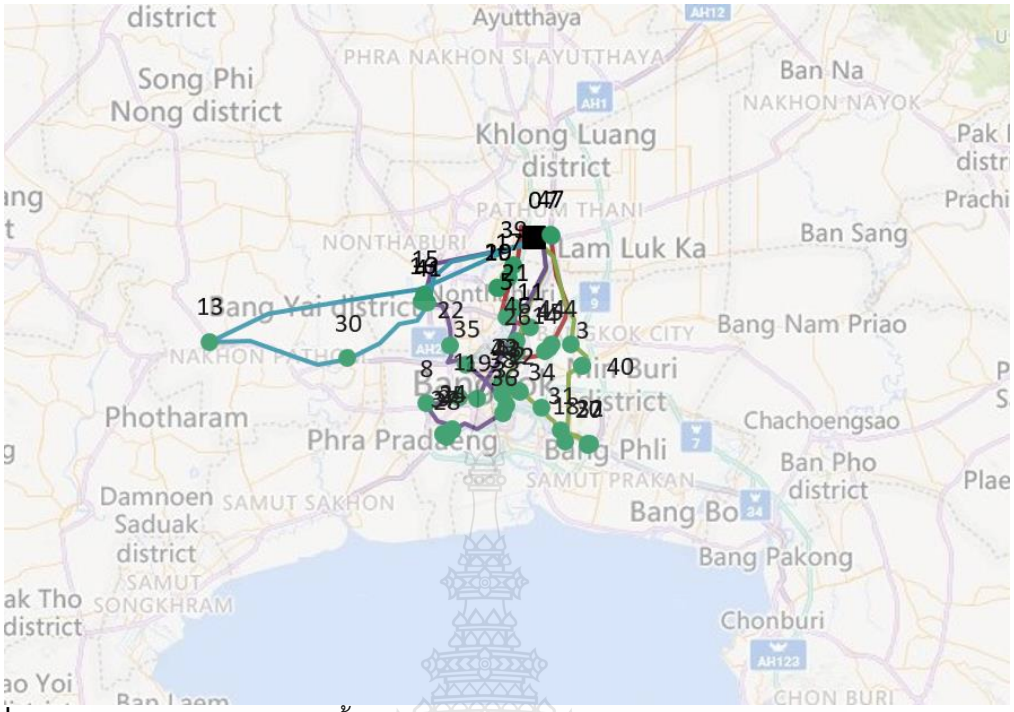
4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลการแก้ปัญหาหารวางแผนการขนส่ง VRP

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลพิกัดตำแหน่งจากโปนแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel โดยโปรแกรมและตำแหน่งของร้านค้า และห้างสรรพสินค้าแต่ละราย ทั้งนี้การบันทึกข้อมูลเพื่อประมวลผลโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel จะประกอบไปด้วย ชื่อร้านค้า ตำแหน่งและพิกัดละติจูด ลองติจูด และระยะในการทำงาน รวมทั้งสิ้น 47 ตำแหน่ง รายละเอียดสามารถแสดงดัง ภาพที่ 4.9

Location ID	Name	Address	Latitude (y)	Longitude (x)	Time window start	Time window end	Must be visited?	Service time
0	A	13.984903257118908, 100.58991652822921	13.9849033	100.5899200	08:00	17:00	Starting location	0:00
1	B	13.72343660250943, 100.46333136385137	13.7234364	100.4633331	08:00	17:00	Must be visted	0:10
2	C	13.735160285275457, 100.56328579556758	13.7351599	100.5632858	08:00	17:00	Must be visted	0:15
3	D	13.775369290922745, 100.66965563290042	13.7753696	100.6696549	08:00	17:00	Must be visted	0:15
4	E	13.811037573342281, 100.65006203405297	13.8110380	100.6500626	08:00	17:00	Must be visted	0:15
5	F	13.855261803816463, 100.54218995378724	13.8552618	100.5421906	08:00	17:00	Must be visted	0:15
6	G	13.747136373818831, 100.5352924915088	13.7471361	100.5352936	08:00	17:00	Must be visted	0:30
7	H	13.988499626832294, 100.61796327967775	13.9884996	100.6179657	08:00	17:00	Must be visted	0:30
8	I	13.71340721549759, 100.4081995493294	13.7134085	100.4082031	08:00	17:00	Must be visted	0:15
9	J	13.663934513794919, 100.43772511961738	13.6639347	100.4377289	08:00	17:00	Must be visted	0:15
10	K	13.90395927550441, 100.52783061600313	13.9039593	100.5278320	08:00	17:00	Must be visted	0:20
11	L	13.83818907996158, 100.58240574115952	13.8381891	100.5824051	08:00	17:00	Must be visted	0:10
12	M	13.733182106162843, 100.56648556310935	13.7331820	100.5664825	08:00	17:00	Must be visted	0:15
13	N	13.814871212053756, 100.04534358406856	13.8148708	100.0453415	08:00	17:00	Must be visted	0:15
14	O	13.799908294069569, 100.60684150001825	13.7999086	100.6068420	08:00	17:00	Must be visted	0:15
15	P	13.892080484512297, 100.40557807866848	13.8920803	100.4055786	08:00	17:00	Must be visted	0:20
16	Q	13.88124818486801, 100.40197479756432	13.8812485	100.4019775	08:00	17:00	Must be visted	0:15
17	R	13.920069502169998, 100.54618405293856	13.9200697	100.5461807	08:00	17:00	Must be visted	0:15
18	S	13.651658799225157, 100.64137606872816	13.6516590	100.6413727	08:00	17:00	Must be visted	0:15
19	T	13.721641320435795, 100.4942470975634	13.7216415	100.4942474	08:00	17:00	Must be visted	0:20
20	U	13.6465223654888801, 100.67967787057226	13.6465235	100.6796799	08:00	17:00	Must be visted	0:15
21	V	13.870312978204733, 100.55713959756427	13.8703127	100.5571365	08:00	17:00	Must be visted	0:15
22	W	13.809465689852557, 100.44860896872905	13.8094654	100.4486084	08:00	17:00	Must be visted	0:15
23	X	13.747560955551476, 100.53898163989385	13.7475615	100.5389786	08:00	17:00	Must be visted	0:15
24	Y	13.671903374497496, 100.45254439607119	13.6719036	100.4525452	08:00	17:00	Must be visted	0:15
25	Z	13.669058755696158, 100.45173881711622	13.6690588	100.4517365	08:00	17:00	Must be visted	0:20
26	AA	13.797788030004183, 100.56039620995945	13.7977877	100.5603943	08:00	17:00	Must be visted	0:15
27	BB	13.646387769551621, 100.67962541290255	13.6463881	100.6796265	08:00	17:00	Must be visted	0:15
28	CC	13.658886525191075, 100.44218757292293	13.6588869	100.4421845	08:00	17:00	Must be visted	0:15
29	DD	13.903517011016 4, 100.52814076674301	13.9035168	100.5281372	08:00	17:00	Must be visted	0:20
30	EE	13.787420863309174, 100.27718316872895	13.7874212	100.2771835	08:00	17:00	Must be visted	0:15
31	FF	13.668876293605575, 100.63456147812279	13.6688767	100.6345596	08:00	17:00	Must be visted	0:20
32	GG	13.647018364911881, 100.68222581290256	13.6470184	100.6822281	08:00	17:00	Must be visted	0:15
33	HH	13.710128360164354, 100.54296049679509	13.7101288	100.5429611	08:00	17:00	Must be visted	0:20
34	II	13.706132820016991, 100.60160359410439	13.7061329	100.6016007	08:00	17:00	Must be visted	0:15
35	JJ	13.777866634671295, 100.4757783640427	13.7778664	100.4757767	08:00	17:00	Must be visted	0:15
36	KK	13.698276938747702, 100.53811183197224	13.6982775	100.5381088	08:00	17:00	Must be visted	0:15
37	LL	13.662842587933387, 100.43729008692792	13.6628428	100.4372864	08:00	17:00	Must be visted	0:20
38	MM	13.728040937384929, 100.53491166872861	13.7280407	100.5349121	08:00	17:00	Must be visted	0:15
39	NN	13.940112327976417, 100.5541896353161	13.9401121	100.5541916	08:00	17:00	Must be visted	0:15

ภาพที่ 4.9 การประมวลผลในโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel
ที่มา: โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

จากการวิเคราะห์ผลข้อมูลของ โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver จะสามารถแสดงผลที่ได้จากการทดสอบ สามารถทำการแบ่งเส้นทางการเดินรถได้ทั้งหมด เป็น 4 เส้นทาง หรือมีการใช้ระยะเวลาในการขนส่งสินค้าและการตรวจตลาดจำนวน 4 วันต่อเดือน ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 ภาพเส้นทางการขนส่งทั้ง 4 เส้นทางจากโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

ที่มา: โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

ทั้งนี้จากผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากในโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel จะสามารถสรุปเส้นทางการขนส่งใหม่ออกเป็นทั้งหมด 4 เส้นทาง ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดได้ต่อไปนี้

ภาพที่ 4.11 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 1

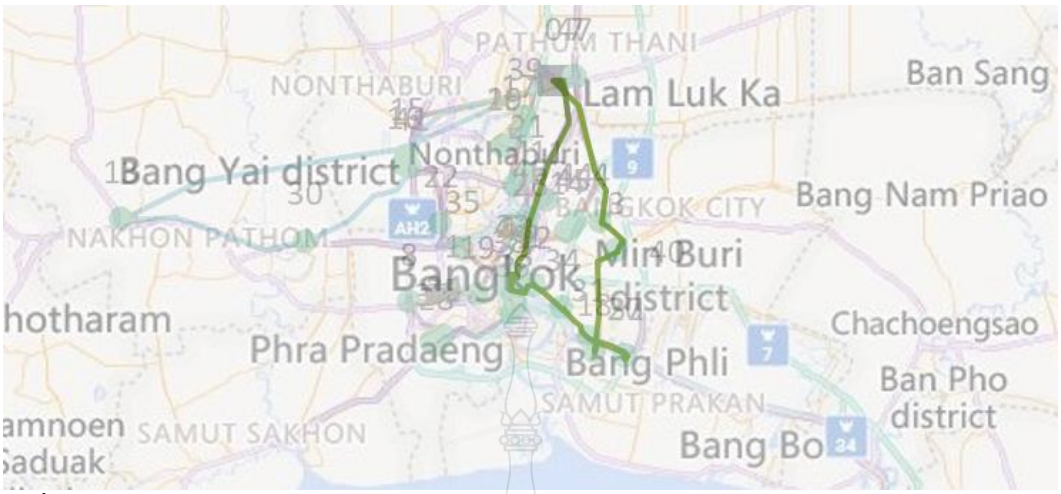
ที่มา: โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel

ตารางที่ 4.20 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 1

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี VRP						
ลำดับ	**ร้าน**	**ระยะทางรวม**	**ระยะเวลาขับรถ**	**เวลาถึงปลายทาง**	**เวลาออกเดินทาง**	**เวลาในการทำงาน**
0	A	0	0:00:00		8:00:00	0:00:00
1	H	3.997	0:09:00	8:09:00	8:39:00	0:39:00
2	VV	4.327	0:11:00	8:41:00	8:56:00	0:56:00
3	SS	29.846	1:01:00	9:46:00	10:01:00	2:01:00
4	TT	30.839	1:05:00	10:05:00	10:20:00	2:20:00
5	O	32.334	1:10:00	10:25:00	10:40:00	2:40:00
6	AA	40.052	1:36:00	11:06:00	11:21:00	3:21:00
7	L	46.184	1:52:00	11:37:00	11:47:00	3:47:00
8	F	51.347	2:01:00	11:56:00	12:11:00	4:11:00
9	DD	59.334	2:11:00	12:21:00	12:41:00	4:41:00
10	K	59.539	2:12:00	12:42:00	13:02:00	5:02:00
11	R	67.866	2:37:00	13:27:00	13:42:00	5:42:00
12	NN	73.141	2:49:00	13:54:00	14:09:00	6:09:00
13	A	85.431	3:01:00	14:21:00		6:21:00
รวม		**85.431**	**3:01:00**	**14:21:00**		**6:21:00**

ตารางที่ 4.21 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 1 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ VRP เส้นทางที่ 1				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	4	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	85.431	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	1,488.10	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	400.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,588.10	บาท/วัน	6,352.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,588.10	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,178.57			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,178.57			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**25.50**			



ภาพที่ 4.12 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 2
ที่มา: โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel

ตารางที่ 4.22 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 2

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี VRP						
ลำดับ	**ร้าน**	**ระยะทางรวม**	**ระยะเวลาขับรถ**	**เวลาถึงปลายทาง**	**เวลาออกเดินทาง**	**เวลาในการทำงาน**
0	A	0.000	0:00:00		8:00:00	0:00:00
1	UU	22.578	0:25:00	8:25:00	8:40:00	0:40:00
2	RR	32.195	0:44:00	8:59:00	9:14:00	1:14:00
3	X	33.214	0:50:00	9:20:00	9:35:00	1:35:00
4	QQ	33.251	0:50:00	9:35:00	9:55:00	1:55:00
5	G	34.037	0:54:00	9:59:00	10:29:00	2:29:00
6	MM	36.632	1:04:00	10:39:00	10:54:00	2:54:00
7	H	41.875	1:20:00	11:10:00	11:25:00	3:25:00
8	M	42.269	1:21:00	11:26:00	11:41:00	3:41:00
9	II	47.631	1:35:00	11:55:00	12:10:00	4:10:00
10	FF	54.770	1:57:00	12:32:00	12:52:00	4:52:00
11	BB	61.178	2:06:00	13:01:00	13:16:00	5:16:00
12	U	61.178	2:06:00	13:16:00	13:31:00	5:31:00

ตารางที่ 4.22 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 2

13	GG	61.801	2:09:00	13:34:00	13:49:00	5:49:00
14	S	68.147	2:20:00	14:00:00	14:15:00	6:15:00
15	OO	85.294	2:52:00	14:47:00	15:02:00	7:02:00
16	D	85.374	2:53:00	15:03:00	15:18:00	7:18:00
17	E	93.233	3:13:00	15:38:00	15:53:00	7:53:00
18	A	124.134	4:20:00	17:00:00		9:00:00
รวม		**124.134**	**4:20:00**	**17:00:00**		**9:00:00**

ตารางที่ 4.23 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 2 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ VRP เส้นทางที่ 2				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	4	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	124.134	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	1,488.10	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	400.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,588.10	บาท/วัน	6,352.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,588.10	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,446.07			

ตารางที่ 4.23 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 2 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล (ต่อ)

ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,446.07
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**19.71**

ภาพที่ 4.13 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 3
ที่มา: โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel

ตารางที่ 4.24 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 3

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี VRP						
ลำดับ	**ร้าน**	**ระยะทางรวม**	**ระยะเวลาขับรถ**	**เวลาถึงปลายทาง**	**เวลาออกเดินทาง**	**เวลาในการทำงาน**
0	A	0	0:00:00		8:00:00	0:00:00
1	V	17.704	0:31:00	8:31:00	8:46:00	0:46:00
2	T	37.786	1:20:00	9:35:00	9:55:00	1:55:00
3	B	42.219	1:29:00	10:04:00	10:14:00	2:14:00
4	I	49.791	1:44:00	10:29:00	10:44:00	2:44:00

ตารางที่ 4.24 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 3 (ต่อ)

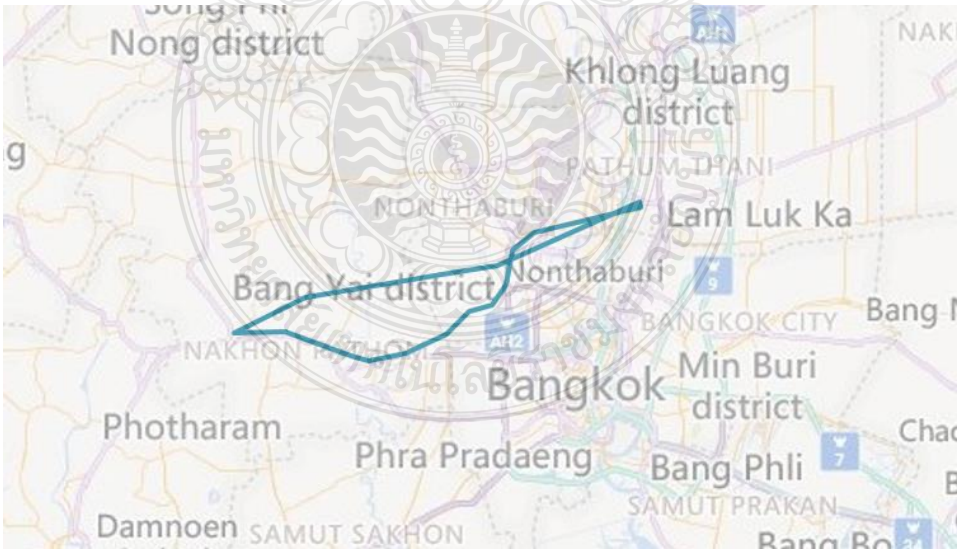
5	Y	61.387	2:17:00	11:17:00	11:32:00	3:32:00
6	Z	64.064	2:25:00	11:40:00	12:00:00	4:00:00
7	CC	67.03	2:31:00	12:06:00	12:21:00	4:21:00
8	LL	68.845	2:37:00	12:27:00	12:47:00	4:47:00
9	J	69.173	2:39:00	12:49:00	13:04:00	5:04:00
10	KK	82.598	2:55:00	13:20:00	13:35:00	5:35:00
11	HH	84.353	3:01:00	13:41:00	14:01:00	6:01:00
12	JJ	97.954	3:43:00	14:43:00	14:58:00	6:58:00
13	W	105.991	3:53:00	15:08:00	15:23:00	7:23:00
14	Q	118.591	4:13:00	15:43:00	15:58:00	7:58:00
15	P	121.028	4:21:00	16:06:00	16:26:00	8:26:00
16	A	150.273	4:53:00	16:58:00		8:58:00
รวม		**150.273**	**4:53:00**	**16:58:00**		**8:58:00**

ตารางที่ 4.25 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 3 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ VRP เส้นทางที่ 3		
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท
มูลค่าซาก	500,000	บาท
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน
จำนวนพนักงาน	1	คน
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	4	วัน

ตารางที่ 4.25 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 3 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล (ต่อ)

ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	150.273	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	1,488.10	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	400.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,588.10	บาท/วัน	6,352.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,588.10	บาท/รอบ		
ต้นทุนผันแปร				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.		
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.		
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.		
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,626.73			
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,626.73			
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**17.48**			



ภาพที่ 4.14 เส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 4

ที่มา: โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel

ตารางที่ 4.26 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่ VRP Spreadsheet Solver Excel เส้นทางที่ 1

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี VRP						
ลำดับ	**ร้าน**	**ระยะทางรวม**	**ระยะเวลาขับรถ**	**เวลาถึงปลายทาง**	**เวลาออกเดินทาง**	**เวลาในการทำงาน**
0	A	0	0:00:00		8:00:00	0:00:00
1	PP	30.331	0:42:00	8:42:00	9:12:00	1:12:00
2	EE	54.902	1:34:00	10:04:00	10:19:00	2:19:00
3	N	85.618	2:23:00	11:08:00	11:23:00	3:23:00
4	A	160.785	4:22:00	13:22:00		5:22:00
รวม		**160.785**	**4:22:00**	**13:22:00**		**5:22:00**

ตารางที่ 4.27 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 4 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล

ตารางคำนวณต้นทุนเส้นทางการเดินรถ VRP เส้นทางที่ 4				
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	34.94	บาท/ลิตร		
อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง	12	กม./ลิตร		
ต้นทุนค่ารถ	1,000,000	บาท		
มูลค่าซาก	500,000	บาท		
ระยะเวลาค่าเสื่อมราคา	7	ปี		
ค่าแรงงาน	100	บาท/คน/วัน		
จำนวนพนักงาน	1	คน		
ค่าซ่อมบำรุง	4	บาท/กม.		
จำนวนรอบที่วิ่ง	1	รอบ/วัน		
จำนวนวันทำงานต่อเดือน	4	วัน		
ระยะทางที่วิ่งต่อรอบ	160.785	กม.		
ต้นทุนคงที่				
ค่าเสื่อมราคา	1,488.10	บาท/วัน	5,952.38	บาท/เดือน
ค่าแรงงาน	100.00	บาท/วัน	400.00	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อวัน	1,588.10	บาท/วัน	6,352.38	บาท/เดือน
ต้นทุนคงที่ต่อรอบ	1,588.10	บาท/รอบ		

ตารางที่ 4.27 ตารางคำนวณต้นทุนการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP เส้นทางที่ 4 โดยอ้างอิงราคาน้ำมัน ดีเซล วันที่ 5/01/2566 ข้อมูลจาก ปตท. ในเขตพื้นที่ กทม. และปริมณฑล (ต่อ)

ต้นทุนผันแปร		
ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	2.91	บาท/กม.
ค่าซ่อมบำรุง	4.00	บาท/กม.
ค่าใช้จ่ายแปรผันรวมต่อกิโลเมตร	6.91	บาท/กม.
ค่าใช่จ่ายรวมต่อวัน	2,699.39	
ค่าใช้จ่ายรวมต่อรอบ	2,699.39	
ค่าใช้จ่ายต่อ กิโลเมตร	**16.79**	

ตารางที่ 4.28 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี VRP							
	เส้นทางการเดินรถ	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อ กม.**	**รวมต้นทุนค่าขนส่ง**
วันที่ 1	A > H > VV > SS > TT > O > AA > L > F > DD > K > R > NN > A	85.431	3:01	6:21	0.64	25.50	2,178.57
วันที่ 2	A > UU > RR > X > QQ > GG > MM > C > M > II > FF > BB > U > GG > S > OO > D > E > A	124.134	4:20	9:00	0.36	19.71	2,446.07
วันที่ 3	A > V > T > B > I > Y > Z > CC > LL > J > KK > HH > JJ > W > Q > P > A	150.273	4:53	8:58	0.39	17.48	2,626.73

ตารางที่ 4.28 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel (ต่อ)

วันที่ 4	A > PP > EE > N > A	160.785	4:22	5:21	0.11	16.79	2,699.39
รวมระยะทาง		**520.623**	**16:36**	**21:06:00**	**1.50**		**9,950.75**

4.3 สรุปผลการดำเนินงานวิจัย

จากผลการวิเคราะห์จากการจัดเส้นทางทั้ง 2 วิธีจะสามารถสรุปและเปรียบเทียบ ผลการเก็บข้อมูลเบื้องต้นและการวิเคราะห์เลือกเส้นทางการเดินทางของพนักงานขาย และผลการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลการแก้ปัญหาหารวางแผนการขนส่ง VRP ที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางขนส่งของบริษัท กรณีศึกษา ABC จำกัด

ตารางที่ 4.29 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยการเดินทางของพนักงานขาย K-Means-TSP

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP							
เส้นทางการเดินรถ		**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อ กม.**	**รวมต้นทุนค่าขนส่ง**
วันที่ 1	A > N > P > W > EE > Q > PP > A	234.8	3:19	1:40	0.20	13.68	3,210.95
วันที่ 2	A > T > B > I > LL > CC > Z > J > Y > JJ > A	145.9	2:39	2:10	0.27	17.80	2,596.51
วันที่ 3	A > S > U > BB > GG > FF >D > OO > II > A	166.23	2:29	2:10	0.21	16.47	2,737.02
วันที่ 4	A > RR > QQ > X > MM > HH > KK > M > C > G > A	96.9	2:09	3:00	0.26	23.30	2,257.84

ตารางที่ 4.29 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยการเดินทางของพนักงานขาย K-Means-TSP (ต่อ)

วันที่ 5	A > AA > NN > R > K > DD > F > L > V > A	101.8	2:17	2:05	0.36	22.51	2,291.70
วันที่ 6	A > UU > E > SS > TT > O > VV > H > A	86.55	1:58	2:00	0.20	25.26	2,186.30
รวมระยะทาง		**832.18**	**14:51**	**13:05:00**	**1.50**		**15,280.32**

4.3.1 การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Traveling Salesman Problem (TSP) ผลการวิเคราะห์ผลลัพธ์การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ K-Means-TSP ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถสรุปผลได้ว่า ระยะทางจากการจัดเส้นทางด้วยวิธีทางการเดินทางของพนักงานขายจะมีระยะทางโดยรวมอยู่ที่ 832.18 กิโลเมตร โดยใช้ระยะเวลาในการเดินรถ 14.51 ชั่วโมง ระยะเวลาทำงาน 13.05 ชั่วโมง ปริมาณสินค้าขนส่งรวม 1.50 ลูกบาศก์เมตร และต้นทุนรวมสำหรับการขนส่ง 15,280.32 บาทต่อเดือน ซึ่งใช้จำนวนในการปฏิบัติงาน 6 วัน

ตารางที่ 4.30 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel

รายละเอียดการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าใหม่โดยใช้วิธี VRP							
	เส้นทางการเดินรถ	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อ กม.**	**รวมต้นทุนค่าขนส่ง**
วันที่ 1	A > H > VV > SS > TT > O > AA > L > F > DD > K > R > NN > A	85.431	3:01	6:21	0.64	25.50	2,178.57
วันที่ 2	A > UU > RR > X > QQ > GG > MM > C > M > II > FF > BB > U > GG > S > OO > D > E > A	124.134	4:20	9:00	0.36	19.71	2,446.07

ตารางที่ 4.30 ผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยโปรแกรม VRP Spreadsheet Solver Excel (ต่อ)

วันที่ 3	A > V > T > B > I > Y > Z > CC > LL > J > KK > HH > JJ > W > Q > P > A	150.273	4:53	8:58	0.39	17.48	2,626.73
วันที่ 4	A > PP > EE > N > A	160.785	4:22	5:21	0.11	16.79	2,699.39
	รวมระยะทาง	**520.623**	**16:36**	**21:06:00**	**1.50**		**9,950.75**

4.3.2 การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Vehicle Routing Problem (VRP) แสดงผลการวิเคราะห์การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Vehicle Routing Problem (VRP) ผลที่ได้จากการศึกษาสามารถสรุปผลได้ว่า ระยะทางโดยรวมอยู่ที่ 520.62 กิโลเมตร โดยใช้ระยะเวลาเดินรถ 16.36 ชั่วโมง ระยะเวลาในการทำงาน 21.06 ชั่วโมง ปริมาณสินค้าขนส่งรวม 1.50 ลูกบาศก์เมตร และต้นทุนรวมสำหรับการขนส่ง 9,950.75 บาทต่อเดือน ซึ่งใช้ระยะเวลาจำนวน 4 วันในการขนส่ง

ตารางที่ 4.31 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งเดิมและการจัดเส้นทางขนส่งใหม่

เปรียบเทียบการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า						
เส้นทางการเดินรถ	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**จำนวนวันในการขนส่ง**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อกิโลเมตร**
การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด	920.43	16:54:00	13:01:00	6	1.50	12,914.09
การจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธีเส้น TSP	832.18	14:51:00	13:05:00	6	1.50	12,304.13
การจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธีเส้น VRP	520.623	16:36:00	21:06:00	4	1.50	9,950.75

ผลวิเคราะห์จากการเปรียบเทียบ การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด และจากการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธี VRP เมื่อเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า ผลการวิเคราะห์จากการจัดเส้นทางการเดินรถโดยประสบการร์จากผู้ตรวจตลาด และการวิเคราะห์ผลลัพธ์จากทั้ง 2 วิธีการนั้นแสดงให้เห็นว่าการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ทั้ง 2 วิธีการให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า การจัดเส้นทางขนส่งแบบวิธีการจัดเส้นทางเดินรถโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด

ตารางที่ 4.32 เปรียบเทียบผลวิเคราะห์จากการจัดเส้นทางขนส่งใหม่

เปรียบเทียบการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าเส้นทางใหม่						
เส้นทางการเดินรถ	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**จำนวนวันในการขนส่ง**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อกิโลเมตร**
การจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธีเส้น TSP	832.180	14:51:00	13:05:00	6	1.50	12,304.13
การจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธีเส้น VRP	520.623	16:36:00	21:06:00	4	1.50	9,950.75
เปรียบเทียบเส้นทางขนส่งสินค้าเส้นทางใหม่	-311.557	02:15:00	08:01:00	-2		-2,353.38

แสดงผลเปรียบเทียบผลลัพท์ทั้ง 2 วิธี จากผลลัพธ์ที่ได้ส่งผลให้บริษัท กรณีศึกษาตัดสินใจเลือก ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาหารวางแผนการขนส่ง VRP โดยให้ผลลัพธ์ในด้าน ระยะทาง เวลาในการปฏิบัติงาน และต้นทุนโดยรวม น้อยกว่าเมื่อเทียบกับ วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะของพนักงานการ Traveling Salesman Problem (K-Means-TSP) โดยผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ VRP สามารถลดระยะทางขนส่งจากวิธี K-Means-TSP ได้ระยะทาง 311.557 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.44 ต้นทุนค่าขนส่งลดลง 5,329.57 บาทต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 34.88 และจำนวนวันในการปฏิบัติงานลดลง 2 วัน

ตารางที่ 4.33 เปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ก่อน และหลังการจัดเส้นทางขนส่งใหม่

เปรียบเทียบการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าเส้นทางใหม่						
เส้นทางการเดินรถ	**ระยะทาง**	**ระยะเวลาเดินรถ**	**ระยะเวลาทำงาน**	**จำนวนวันในการขนส่ง**	**ปริมาณสินค้า**	**ค่าขนส่งต่อกม.**
การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด	920.43	16:54:00	13:01:00	6	1.50	15,890.28
การจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธีเส้น VRP	520.62	16:36:00	21:06:00	4	1.50	9,950.75
เปรียบเทียบผลวิเคราะห์	399.81			2		5,939.52

จากตารางข้างต้นสามารถแสดงผลวิเคราะห์จากการเปรียบเทียบ การจัดเส้นทางการเดินรถเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด และจากการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธี VRP เมื่อเปรียบเทียบจะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางการขนส่งใหม่โดยใช้วิธี VRP นั้นส่งผลให้มีระยะทางลดลง 399.807 กิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 43.43 ต้นทุนค่าขนส่งลดลง 5,939.52 บาท คิดเป็นร้อยละ 37.38 และ จำนวนวันในการปฏิบัติงานลดลง 2 วัน จากผลลัพธ์ที่ได้นั้น ทำให้การจัดเส้นทางการขนส่งใหม่โดยวิธี VRP สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในลดต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด ได้มากที่สุด

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย การอภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัย เรื่อง การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่ง โดยใช้วิธี K-Means-TSP เป็นการวิจัยดำเนินงาน (Operation Research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อศึกษาการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยวิธี K-Means-TSP 2. เพื่อเปรียบเทียบหาเส้นทางที่มีระยะทางประหยัดที่สุด 3. เพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด เพื่อให้ธุรกิจสามารถแข่งขันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.1 สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์หาผลลัพธ์ พบว่า การประยุกต์ใช้เครื่องมือการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ทั้ง 2 วิธีนั้น สามารถวิเคราะห์หาผลลัพท์ได้ดีกว่า การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าแบบเดิมที่ใช้วิธีจัดเส้นทางจากประสบการณ์ของผู้ตรวจตลาด ทั้งนี้การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง K-Means-TSP มีผลลัพธ์ระยะทางรวม 832.18 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลาเดินรถรวม 14.51 ชั่วโมง ระยะเวลาทำงานรวม 13.5 ชั่วโมง ใช้จำนวน 6 วันในการปฏิบัติงาน และต้นทุนรวมสำหรับการขนส่งสินค้า 12,304.13 บาทต่อเดือน ซึ่งในส่วนผลลัพธ์การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธี VRP ให้ระยะทางรวม 520.623 กิโลเมตร ใช้ระยะเวลาเดินรถรวม 16.36 ชั่วโมง ระยะเวลาทำงานรวม 21.06 ชั่วโมง ใช้จำนวน 4 วันในการปฏิบัติงาน และต้นทุนรวมสำหรับการขนส่งสินค้า 9,950.75 บาทต่อเดือน ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากวิเคราะห์นั้นส่งผลให้ บริษัท กรณีศึกษาทำการตัดสินใจเลือก ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธี VRP เนื่องจากผลลัพธ์จากการวิเคราะห์ ทั้งในด้านระยะทางรวม ต้นทุนค่าใช้จ่ายรวม และจำนวนวันในการปฏิบัติงาน มีผลลัพธ์น้อยกว่าเมื่อเทียบ กับการจัดเส้นทางขนส่งใหม่โดยใช้วิธี K-Means-TSP

5.2 การอภิปรายผลการวิจัย

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบผล การจัดเส้นทางการเดินรถแบบเดิมโดยประสบการณ์จากผู้ตรวจตลาด และจากการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธี VRP จะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางการขนส่งใหม่โดยใช้วิธี VRP นั้นส่งผลให้มีระยะทางลดลงจากเดิม 311.56 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.44 ต้นทุนค่าขนส่งลดลง 2,353.38 บาท คิดเป็นร้อยละ 19.13 และ จำนวนวันในการปฏิบัติงานลดลง 2 วัน จากผลลัพธ์ที่ได้นั้น ส่งผลให้บริษัทกรณีศึกษาตัดสินใจเลือกใช้การจัดเส้นทางการขนส่งใหม่โดยวิธี VRP เนื่องจากการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่โดยวิธี VRP นั้นสามารถกำหนดข้อจำกัดของการขนส่งได้ เช่น

จำนวนรถที่ใช้ในการขนส่ง จำนวนชั่วโมงการทำงาน ระยะเวลาในการลงสินค้า และจำกัดระยะทางในการขนส่งต่อรอบ ทำให้ผลการวิเคราะห์นี้มีความเสถียรภาพกว่าการจัดเส้นทางขนส่งใหม่ โดยใช้วิธี K-Means-TSP สอดคล้องกับการศึกษาของ David E. Gomes, Maria Inês D. Iglésias, Ana P. Proença, Tânia M. Lima & Pedro D. Gaspar (2021) Study Applying a Genetic Algorithm to a m-TSP Case Study of a Decision Support System for Optimizing a Beverage Logistics Vehicles Routing Problem เนื่องจาก M-TSP ได้ระยะทางต่ำสุดแต่ไม่สามารถนำมาพิจารณาได้ เนื่องจากผลลัพธ์ไม่สามารถคำนึงถึงข้อจำกัดของปัญหา เช่น การจราจร แผนที่เส้นทาง กรอบระยะเวลา และความเป็นไปได้ของการใช้เส้นทางเดียวกันทั้งขาไป และขากลับ ส่งผลให้ M-TSP มีข้อจำกัดนี้ในการปรับเมทริกซ์ของระยะทาง ทั้งนี้ข้อมูลที่กล่าวข้างต้นนั้น ทำให้การจัดเส้นทางการขนส่งใหม่โดยวิธี VRP สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ในลดต้นทุนการขนส่งสินค้า ของบริษัทกรณีศึกษา ABC จำกัด ได้มากที่สุด และสอดคล้องกับการศึกษาของ อมรรัตน์ อุดมเจริญศิลป์ และสราวุธ จันทร์สุวรรณ (2564) ศึกษาเรื่อง การวางแผนและปรับปรุง การเดินทางของพนักงานขายแบบหลายเส้นทาง ภายใต้เวลาทำงานที่จำกัด กรณีศึกษาบริษัทแห่งหนึ่งในจังหวัดกาญจนบุรี ซึ่งประยุกต์ใช้เครื่องมือทั้ง 2 วิธีการเช่นเดียวกัน โดยผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการ VRP หลังการปรับปรุงประสิทธิภาพ ส่งผลให้มีระยะทางและค่าใช้จ่าย รวมทั้งเวลาว่างงานต่ำที่สุด

ผลการวิจัยส่วนหนึ่งที่ได้จากผลลัพธ์ของการประมวลผลทั้ง 2 วิธี ได้แก่ 1) การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Traveling Salesman Problem (TSP) 2) การจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ Vehicle Routing Problem (VRP) แสดงให้เห็นชัดเจนว่าการปัจจัยที่ส่งผลต่อการพิจารณาตัดสินใจเลือกนั้น ถือว่ามีความสำคัญ ดังตารางที่ 5.1 จะพบว่า เมื่อมีการประมวลผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าทั้ง 2 วิธีนั้น ปัจจัยบางปัจจัยอาจจะสามารถนำผลลัพธ์มาใช้จริง แต่เมื่อนำผลลัพธ์ของปัจจัยทั้งหมดมารวมกัน จะสามารถเห็นผลลัพธ์ที่แตกต่างจากเดิมได้อย่างชัดเจน ซึ่งผลดังกล่าวนั้นสอดคล้อง กับศึกษาของ อัจฉรา ชุมพล, นรงค์ วิชาผา และไพฑูรย์ ทิพย์สันเทียะ (2563) ศึกษาเรื่องการประยุกต์ใช้วิธีการ K-Means-TSP สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง กรณีศึกษาบริษัท แสงชัยรุ่งเรือง จำกัด เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งด้วยวิธี K-Means-TSP โดยเป้าหมายระยะทางการขนส่งโดยรวมต่ำสุดภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด ผลการศึกษาพบว่าการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้แบบทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหา VRP ที่พัฒนาโปรแกรมด้วยซอฟต์แวร์ Lingo ได้ผลลัพธ์ระยะทางการขนส่งสินค้าที่ดีที่สุด แต่ใช้เวลาในการประมวลผลนานกว่าวิธี K-Means-TSP แม้ว่าระยะทางการขนส่งโดยรวมของวิธี VRP จะให้ผลลัพธ์ต่ำที่สุด แต่ไม่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในทางปฏิบัติได้ เนื่องจากการจัดส่งสินค้าเป้นแบบรับคำสั่งซื้อแบบสั่งวันนี้ต้องได้รับสินค้าในวันพรุ่งนี้ ดังนั้นในทางปฏิบัติการประยุกต์ใช้ K-Means-TSP จึงมีความเหมาะสมในทางปฏิบัติมากกว่า

5.3 ข้อเสนอแนะ

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เห็นถึงความสำคัญและผลประโยชน์ที่ได้รับของงานวิจัยนี้เป็นอย่างมาก ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนะแนวทาง เพื่อใช้สำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไปให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน และถูกต้องน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ดังต่อไปนี้

5.3.1 เนื่องจากปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเลือกเส้นทางการขนส่งสินค้า และการตรวจตลาดนั้น อาจจะพิจารณาถึงปัจจัยด้านอื่นที่เหมาะสมกับรูปแบบการดำเนินธุรกิจ เช่น ประเภทรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้า ข้อจำกัดด้านเส้นทางขนส่ง เวลาในการขนส่งสินค้า จำนวนพนักงานขนส่ง และอื่น ๆ

5.3.2 ทั้งนี้งานวิจัยมีข้อจำกัดในเรื่องจำนวนรถในการขนส่ง ส่งผลให้การศึกษาในครั้งนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการศึกษาได้ แต่ผลลัพธ์ที่ได้อาจไม่ครอบคลุมสำหรับองค์กรอื่น

5.3.3 การวิจัยในครั้งนี้เลือกใช้เทคนิคหรือวิธีการสำหรับการวิเคราะห์และตัดสินใจเลือกเพียง 2 วิธีการ ทั้งนี้ผู้วิจัยเสนอให้มีการเพิ่มวิธีการสำหรับการวิเคราะห์ผลในการตัดสินใจเลือกการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสมด้วยวิธีการอื่นเพิ่มเติม เช่น เมต้าฮิวริสติกส์ (Meta-Heuristic), วิธีระบบหลายอาณานิคมมด (Multi Colony Ant System; MCAS) และอื่น ๆ

บรรณานุกรม

กรรณิการ์ ศรีพนมวรรณ พงษ์เทพ ภูเดช และชณิชา หมอยาดี. (2022). การแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจด้วยไมโครซอฟท์เอ็กเซลโซลเวอร์: กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี. **Journal of Logistics and Supply Chain College, 8**(1), 62-73.

กุลภรณ์ บุญชู ชนกกานต์ พึ่งชาติ ฐปนก วงศ์ศิริ, ณัฐฐา นาคศิริ และสรศักดิ์ ชูเถื่อน. (2022). การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถเพื่อสนับสนุนแนวคิด Green Logistics: กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด. **วารสารวิทยาการจัดการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 1**(1), 22-40.

นาย อภิปรัชญาสกุล. (2556). **การขนส่งสินค้าในงานโลจิสติกส์.** กรุงเทพฯ : โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ้ง

คำนาย อภิปรัชญาสกุล (2559). **การจัดการการขนส่ง.** กรุงเทพฯ : โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิ้ง

ธนาคารกสิกรไทย. (2560). **โอกาสทำเงิน เกาะกระแสอาหารสุขภาพ.** สืบค้นจาก https://www.kasikornbank.com/th/business/sme/KSMEKnowledge/article/KSMEAnalysis/Pages/Healthy-Food-Business-Growth.aspx

รรมวิชช์ ประเสริฐ และวรากรณ์ ถนอมธรรม. (2022). การจัดการปัญหาเส้นทางการขนส่งกรณีศึกษาโรงงานผลิตขึ้นรูปอลูมิเนียม. **Journal of Manufacturing and Management Technology, 1**(1), 62-69.

บริษัท ปตท. น้ำมันและการค้าปลีก จำกัด (มหาชน). (2566). **ราคาขายปลีก กทม. และปริมณฑล ประจำปี พ.ศ. 2566** สืบค้นจาก https://www.pttor.com/th/oil_price

ปติปัทม นาวิน และชูศักดิ์ พรสิงห์. (2019, March). การจำลองสถานการณ์การเลือกที่ตั้งศูนย์กระจายน้ำมันของบริษัทน้ำมันตัวอย่าง. In **Proceeding National & International Conference** (pp. 1272-1281). จังหวัดกรุงเทพมหานคร:การประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 10 Global Goals, Local Actions Looking Back and Moving Forward

สุชา ดี ธำรง สุข, พนิต นาฏ ทอง ฉิ ม, & อั ย ลดา ศรี บุญ. (2021). การเพิ่มผลิตภาการจัดการขน ถายสินค้ากรณีศึกษาบริษัท เอ. บี. ซี จำกัด. **วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา, 5**(1), 62-75.

บรรณานุกรม (ต่อ)

อนุชา ศรีบุรัมย์, ไทยทัศน์ สุดสวนสี, วราภรณ์ วโรรส และ อามิณฑ์ หล้าวงศ์. (2022). ฮิวริสติกแบบสองเฟสสำหรับการจัดเส้นทางการขนส่ง: กรณีศึกษาร้านขายส่งขนมแห่งหนึ่งในจังหวัดกาฬสินธุ์. **Thai Journal of Operations Research: TJOR, 10**(1), 16-28.

อัจฉรา ชุมพล, นรงค์ วิชาผา และไพฑูรย์ ทิพย์สันเทียะ. (2020). การประยุกต์ใช้วิธีการ K-Means-TSP สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง กรณีศึกษาบริษัทแสงชัยรุ่งเรืองจำกัด. **วารสารวิจัยวิทยาการ จัดการมหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์, 4**(2), 15-26.

Binbin Pan, Zhenzhen Zhang and AndrewLim. (2021). Multi-trip time-dependent vehicle routing problem with time windows. **European Journal of Operational Research, 291**(1), 218-23

Christopher Expósito-Izquierdo, André Rossi and Marc Sevaux, M. (2016). A Two-Level solution approach to solve the Clustered Capacitated Vehicle Routing **Problem**. **Computers & Industrial Engineering**, 91, 274-289.

David E. Gomes, Maria Inês D. Iglésias, Ana P. Proença, Tânia M. Lima & Pedro D. Gaspar. (2021). Applying a Genetic Algorithm to a m-TSP: Case Study of a Decision Support System for Optimizing a Beverage Logistics Vehicles Routing Problem. **Electronics, 10**(18), 2298.

Mahdi Abbasi, Milad Rafiee, Mohammad R. Khosravi, Alireza Jolfaei, Varun G. Menon & Javad Mokhtari Koushyar. (2020). An efficient parallel genetic algorithm solution for vehicle routing problems in cloud implementation of intelligent transportation systems. **Journal of cloud Computing, 9**(1), 1-14.

Md. Anisul lslam, Yuvraj Gajpal and Tarek Y. Elmekkawy. (2021). Hybrid particle swarm optimization algorithm for solving the clustered vehicle routing problem. **Applied Soft Computing**, 110, 107655.

ภาคผนวก

ที่ อว ๐๖๔๙.๐๖/๑๒๐๑

คณะบริหารธุรกิจ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ตำบลคลองหก อำเภอคลองหลวง
จังหวัดปทุมธานี ๑๒๑๑๐

๓๑ มีนาคม ๒๕๖๖

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระ

เรียน นางสาวศิริพร กิติรัตน์ตระการ
กรรมการผู้จัดการ บริษัท ไทย ไฟน์ ฟูดส์ (ทีเอฟเอฟ) จำกัด

ด้วย ว่าที่ ร.ต.หญิง ญาณิศา วงษาโรจน์ นักศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรบริหารธุรกิจมหาบัณฑิต คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี มีความประสงค์ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการวิจัย เพื่อนำไปเป็นข้อมูลประกอบการศึกษา รายวิชา ๐๕-๓๑๐-๗๐๒ การค้นคว้าอิสระ เรื่อง “การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางขนส่ง โดยใช้วิธี K-Means-TSP”

ในการนี้ นักศึกษามีความประสงค์ใคร่ขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากท่านเพื่อประกอบการทำการค้นคว้าอิสระเรื่องดังกล่าว เพื่อประโยชน์สูงสุดทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์ จักขอบพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงพร พุทธวงค์)
ผู้ช่วยคณบดีบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะบริหารธุรกิจ

สำนักงานโครงการปริญญาโท
โทร. ๐ ๒๕๔๙ ๔๘๓๕-๖
โทรสาร. ๐ ๒๕๔๙ ๔๘๓๖

ผู้ประสานงาน ว่าที่ ร.ต. หญิง ญาณิศา วงษาโรจน์
โทร. ๐๖๕ ๘๔๖ ๑๒๗๖

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ-นามสกุล	ว่าที่ ร.ต.หญิง ญาณิศา วงษาโรจน์
วัน เดือน ปีเกิด	28 พฤษภาคม 2542
ที่อยู่	103/10 หมู่ 7 ตำบลคลองหนึ่ง อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี 12120
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี คณะบริหารธุรกิจ สาขาการตลาด มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ประวัติการทำงาน	เจ้าหน้าที่ฝ่ายขายและการตลาด บริษัท ไทย ไฟน์ ฟู้ดส์ (ทีเอฟเอฟ) จำกัด พ.ศ. 2564 – ถึงปัจจุบัน
เบอร์โทรศัพท์	06-5846-1276
อีเมล์	Yanisa_w@mail.rmutt.ac.th