

การจัดตารางเส้นทางพาหนะโดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด

The Application of Saving Algorithms for Scheduling Vehicle Routing

ณราวดี สิทธิเดชารัง*

สาขาวิชาวิศวกรรมกระบวนการและอุตสาหกรรม สถาบันวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 แขวงกระทุ่มราย เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

*Corresponding author Email: Narawadee@mut.ac.th

(Received: 28 August 2023 / Accepted: 17 December 2023 / Published: 26 December 2023)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบบประหยัด ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าที่เหมาะสม และลดต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่ง จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าบริษัทกรณีศึกษาไม่มีระบบการจัดเส้นทางรถขนส่งที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้วิจัยจึงปรับปรุงการจัดเส้นทางรถขนส่ง โดยการประยุกต์ใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดแบ่งขั้นตอนออกเป็น 4 ส่วนดังนี้ 1. การสร้างเมตริกซ์ระยะทาง 2. การสร้างเมตริกซ์แบบประหยัด 3. การลำดับค่าระยะทางที่ประหยัด 4. จัดลำดับลูกค้าในแต่ละเส้นทาง พบว่าผลการปรับปรุงรถขนส่งคันที่ 1 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,752 กิโลเมตร หลังปรับปรุง 1,371 กิโลเมตร ลดลง 21.75 % ค่าเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง 11,879 บาท/รอบ หลังปรับปรุง 9,401.38 บาท/รอบ ลดลง 20.86 % รถขนส่งคันที่ 2 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,375 กิโลเมตร หลังปรับปรุง 1,341 กิโลเมตร ลดลง 2.47 % ค่าเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง 10,521.40 บาท/รอบ หลังปรับปรุง 10,249.88 บาท/รอบ ลดลง 2.58 % ขนส่งคันที่ 3 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,461 กิโลเมตร หลังปรับปรุง 1,190.50 กิโลเมตร ลดลง 18.55 % ค่าเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง 10,691.10 บาท/รอบ หลังปรับปรุง 8,722.58 บาท/รอบ ลดลง 18.41 %

คำสำคัญ: การจัดเส้นทางเดินรถ, อัลกอริทึมแบบประหยัด, ลดระยะทาง

Abstract

The purpose of this research is to use the saving algorithm to organize the appropriate cargo routes and reduce fuel costs of transportation from the data analysis, it was found that the case study company did not have an efficient freight routing system. Therefore, the researcher improved the freight routing by applying a saving algorithm. Therefore, the researcher improved the freight routing by applying a saving algorithm. The steps are divided into four parts, as follows: 1. Creating a distance matrix 2. Creating a saving matrix 3. Ranking of economical distance values. Finally, arrange the customers in order of their route. The result of the improvement of transport vehicle 1 before improvement by 1,752 kilometers after improvement by 1,371 kilometers, decreased 21.75%. Fuel cost before improvement 11,879 baht/round after improvement 9,401.38 baht/round, decreased 20.86%. Transport vehicle 2 distance before improvement 1,375 kilometers after improvement 1,341 kilometers, decreased 2.47%. Fuel cost before improvement 10,521.40 baht/round after adjusting 10,249.88 baht/round, decreased 2.58%. Transport vehicle 3 distance before improvement 1,461 kilometers. After improvement 1,190.50 kilometers, decreased 18.55%. Fuel cost before improvement 10,691.10 baht/round after adjusting 8,722.58 baht/round, decreased 18.41%.

Keywords: Vehicle Routing, Saving Algorithm, Reduce the distance

1. บทนำ

การขนส่งถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมบริการ (Service Industry) ประเภทหนึ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำรงชีวิตประจำวันของบุคคลในปัจจุบัน หรือเป็นสิ่งที่จำเป็นแก่การปฏิบัติการกิจต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการเดินทางหรือเคลื่อนย้ายสินค้าจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง การขนส่งมีความสำคัญต่อการขายและการจัดจำหน่าย เพราะการขนส่งเป็นปัจจัยที่ช่วยเพิ่มคุณค่าของสินค้าและบริการ

ปี 2565-2567 ธุรกิจบริการขนส่งสินค้าทางถนนมีแนวโน้มเติบโตเฉลี่ย 3-5% ต่อปี ปัจจัยหนุนจากการเติบโตของภาคการผลิต การค้า และการลงทุนโครงสร้างพื้นฐานภาครัฐ รวมถึงปริมาณผลผลิตสินค้าเกษตรที่มีแนวโน้มปรับตัวขึ้น รวมถึงธุรกรรมการค้าออนไลน์ซึ่งเป็นที่ยอมรับมากขึ้น [1]

บริษัทธนีสึกษาให้บริการขนส่งสินค้าให้กับบริษัทว่าจ้าง โดยรับสินค้าจากคลังของบริษัทผู้ว่าจ้าง เพื่อขนส่งสินค้าให้กับบริษัทลูกค้า โดยสินค้าที่ขนส่งส่วนใหญ่เป็นสินค้าประเภทอาหารสดและอาหารแช่เย็น จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของบริษัทธนีสึกษาพบว่า บริษัทธนีสึกษายังไม่มีระบบการจัดเส้นทางในการเดินทางขนส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพ เนื่องมาจากระบบการขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าตามจุดต่างๆ นั้นจะอาศัยจากการตัดสินใจและประสบการณ์ของพนักงานขับรถขนส่งสินค้า ทำให้บริษัทต้องมีค่าใช้จ่ายหรือที่เรียกว่าต้นทุนหลัก เป็นค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการวิ่งรถขนส่งสินค้าค่อนข้างสูง ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัย คือ การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าผู้ว่าจ้างไปยังลูกค้า โดยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) เพื่อลดระยะทางการขนส่งให้สั้นลงและลดต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่งสินค้าของบริษัทธนีสึกษา ตัวแปรที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้า ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้า จำนวนสินค้าที่ต้องส่งให้ลูกค้าแต่ละราย โดยพิจารณาเลือกระยะทางที่ประหยัดที่สุด

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้นำแนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

2.1. แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram)

การหาสาเหตุของปัญหาโดยใช้แผนผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) หรือที่นิยมเรียกกันว่าแผนผังก้างปลา (Fishbone Diagram) แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างปัญหากับสาเหตุทั้งหมดที่เป็นไปได้ ที่อาจก่อให้เกิดปัญหา ประกอบไปด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือส่วนโครงกระดูกที่เป็นตัวหลักคือสาเหตุของปัญหา ซึ่งสามารถแยกเป็นสาเหตุรองและสาเหตุย่อยได้อีก และส่วนหัวปลาคือปัญหาที่เกิดขึ้น [2]

2.2. การจัดเส้นทางรถเดินทาง (Vehicle Routing)

การจัดเส้นทางรถเดินทาง (Vehicle Routing Problem) ซึ่งมีวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเส้นทางรถเดินทาง [3] ที่ได้รับความนิยม คือ วิธีเซฟวิง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) ซึ่งเสนอโดย Clarke และ Wright ซึ่งได้พิจารณาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายราย และยานพาหนะมีความจุหลายขนาด ส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียว ให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหา คือ ทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่ง และปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด ทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่งและปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน

วิธีการเปรียบเทียบการประหยัด (Saving Algorithm) กล่าวว่าเป็นการรวมจุดรับส่งมากกว่า 1 จุดไว้ในเส้นทางเดียวกัน และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดที่สุด [4] เป็นวิธีที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางฮิวริสติก ในปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลาง [5]

2.3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำเสนอวิธีการจัดเส้นทางที่หลากหลาย ปัญหาการกำหนดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์รูปแบบหนึ่งที่มีการศึกษากันอย่างแพร่หลาย โดยมี Dantzig และ Ramser [6] เป็นผู้เริ่มศึกษาปัญหาการขนส่งน้ำมันไปยังสถานีจ่ายน้ำมันต่างๆ แนวคิดของการขนส่งโดยทั่วไป จะมุ่งเน้นในการจัดส่งสินค้าให้ถึงลูกค้าได้เร็วที่สุด ซึ่งอาจทำให้ละเลยในการวางแผนการจัดลำดับเส้นทางจัดส่งสินค้า จำนวนสินค้าที่จะต้องจัดส่งให้กับลูกค้า ความจุของรถที่สามารถบรรจุสินค้าได้ รวมถึงการจัดลำดับการจัดส่งสินค้า เพื่อให้การขนส่งแต่ละครั้งมีการประหยัดค่าใช้จ่ายมากที่สุด [6] มีการศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการ ฮิวริสติกส์สำหรับระบบการจัดการขยะ เพื่อแก้ปัญหาในการลดต้นทุน งานวิจัยนี้ได้บอกถึงการประยุกต์วิธีการหาคำตอบโดยวิธีการ Saving Heuristic, Nearest Heuristic และ Max-Nearest เพื่อเปรียบเทียบกัน จะเห็นว่าวิธี Saving Heuristic ให้คำตอบที่ดีที่สุด วิธี Saving และ Nearest สามารถลดระยะทางและสามารถควบคุมเวลาในการเก็บขยะได้อีกด้วย [7] งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการฮิวริสติกส์ 4 วิธีคือ Saving Heuristic (SH), Nearest Heuristic (NH), Max-Nearest Heuristic (MNH) และ Earliest Due Date (EDD) ได้ผลสรุปจากการเปรียบเทียบการทดลองพบว่า วิธีการฮิวริสติกส์ 4 วิธีสามารถจัดเส้นทางได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด [8] การวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมด้วยวิธี Saving Algorithm และวิเคราะห์เปรียบเทียบต้นทุนรวมในการขนส่งสินค้า ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการจัดเส้นทางขนส่งด้วยวิธี Saving Algorithm สามารถลดระยะทางขนส่งรวมลดลง 395,740.8 กิโลเมตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 18.83 ปริมาณเชื้อเพลิงรวมลดลง 65,956.80 ลิตรต่อปี คิดเป็นร้อยละ 18.38 [9]

จากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาในงานวิจัยนี้ได้นำวิธีการจัดเส้นทางขนส่งด้วยวิธี Saving Algorithm ในการแก้ไขปัญหให้กับบริษัทกรณีศึกษา มุ่งหวังเพื่อลดระยะทางให้สั้นลงและลดต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่งสินค้า

3. วิธีการวิจัยและดำเนินงาน

3.1. วิเคราะห์ปัญหาของงานวิจัย

ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In Depth Interview) สัมภาษณ์พนักงานระดับผู้บริหารและระดับปฏิบัติการ หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์หาสาเหตุจากแผนผังก้างปลาระบุสาเหตุต่างๆ ที่ส่งผลให้ต้นทุนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการขนส่งสินค้าสูง การวิเคราะห์หาสาเหตุจากแผนผังก้างปลาเป็นสิ่งที่สำคัญมากเพราะจะทำให้สามารถแก้ไขปัญหาที่รากเหง้าของปัญหาได้ตรงประเด็นจะชัดเจน

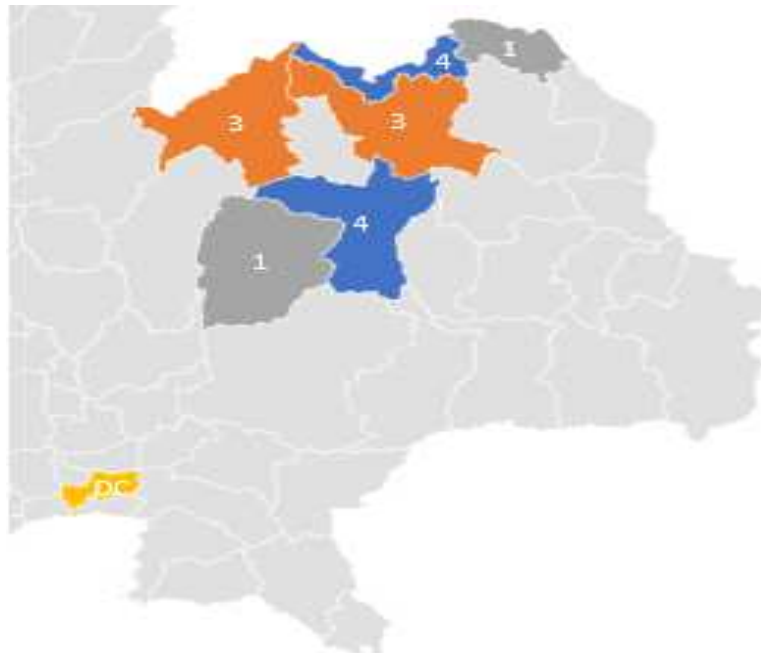


รูปที่ 1 วิเคราะห์หาสาเหตุจากแผนผังก้างปลา

จากการวิเคราะห์หาสาเหตุจากแผนผังก้างปลาดังรูปที่ 1 พบว่าต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่งสินค้าสูงมีสาเหตุดังต่อไปนี้ พนักงานขับรถจะวิ่งเส้นทางในการขนส่งสินค้าตามความเคยชิน และไม่ได้มีความตระหนักถึงเรื่องการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง เพราะไม่มีการฝึกอบรมสร้างความตระหนักให้กับพนักงาน จึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิง การขนส่งทางบริษัทไม่มีการเส้นทางในการวิ่งรถ รวมถึงไม่ได้จัดลำดับความสำคัญในการวิ่งขนส่งสินค้าก่อนหลังให้ลูกค้า จึงทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงส่งผลต่อต้นทุนค่าเชื้อเพลิงโดยตรง เนื่องจากรถบางคันมีระยะการใช้งานที่ยาวนานจึงทำให้มีความเสื่อมของสมรรถนะของรถและไม่มีแผนในการซ่อมบำรุงอย่างต่อเนื่อง ลักษณะภูมิประเทศ บางเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งสินค้าไปยังลูกค้า มีภูเขาสูงทำให้ต้องใช้ความแรงของยานพาหนะเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานเชื้อเพลิงได้

3.2. เก็บรวบรวมข้อมูลของบริษัทกรณีศึกษา

การขนส่งสินค้าของบริษัทจะขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าที่ต้นทางกรุงเทพมหานคร ไปที่ภาคอีสานตอนบนประกอบไปด้วย 6 จังหวัด ดังนี้ 1. นครราชสีมา จำนวนลูกค้า 4 ราย 2. อุตรดิตถ์ จำนวนลูกค้า 3 ราย 3. เลย จำนวนลูกค้า 3 ราย 4. บึงกาฬ จำนวนลูกค้า 1 ราย 5. ขอนแก่น จำนวนลูกค้า 4 ราย 6. ชัยภูมิ จำนวนลูกค้า 1 ราย โดยมีลูกค้ารวมทั้งหมด 16 ราย ทางบริษัทใช้รถขนส่ง 10 ล้อ ในการขนส่งสินค้าให้ลูกค้าแสดงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ตำแหน่งลูกค้าในแต่ละจังหวัด

การศึกษาวิธีแก้ปัญหาสำหรับยานพาหนะด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) ภายใต้เงื่อนไขเฉพาะระยะทางการขนส่งที่สั้นที่สุด ไม่รวมเงื่อนไขอื่นๆ เช่น สภาพการจราจร ระยะเวลาในการขนส่งสินค้า โดยตำแหน่งที่ตั้งต่างๆ นั้น จะนำข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์ (Geographic Coordinates) โดยเก็บข้อมูลมาได้เป็นพิกัดละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ใช้ในการระบุตำแหน่งที่ตั้งของคลังสินค้า (Location of Warehouse) ตำแหน่งที่ตั้งของลูกค้า (Location of Customers) จำนวนสินค้าที่ต้องส่งให้ลูกค้าแต่ละราย (Demand) ซึ่งความต้องการของลูกค้าคงที่ จำนวนความต้องการของลูกค้ามีหน่วยเป็นจำนวนพาเลท รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 พิกัดที่ตั้งคลังสินค้าพิกัดที่ตั้งลูกค้าและปริมาณความต้องการของลูกค้าแต่ละราย

ตำแหน่ง	ละติจูด	ลองจิจูด	ความต้องการ (พาเลท)
คลังสินค้า	13.69182	100.90122	-
ลูกค้า 1	18.07963	103.45008	4
ลูกค้า 2	17.76478	102.19926	5
ลูกค้า 3	17.67494	103.25120	3
ลูกค้า 4	17.74608	103.26399	1
ลูกค้า 5	18.02778	103.08311	4
ลูกค้า 6	17.87319	102.74482	4
ลูกค้า 7	17.89017	102.77611	4
ลูกค้า 8	17.89823	102.77087	1
ลูกค้า 9	17.88350	101.65405	3
ลูกค้า 10	17.46878	101.72596	3
ลูกค้า 11	17.30079	101.77727	2
ลูกค้า 12	16.52991	102.13388	1
ลูกค้า 13	16.80252	102.18416	1
ลูกค้า 14	16.59435	101.94534	1
ลูกค้า 15	16.00768	101.06985	1
ลูกค้า 16	16.51883	102.11756	1

3.3. การดำเนินงาน

การวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะด้วยอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

3.3.1. การสร้างเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) เพื่อหาระยะทางระหว่างคลังสินค้ากับลูกค้าทั้งหมด รวมทั้งระยะทางระหว่างลูกค้าแต่ละราย โดยใช้ Google Maps ระบุตำแหน่งที่ตั้งที่ชัดเจน โดยการคำนวณเมตริกซ์ระยะทางบ่งชี้ (Distance Matrix) เป็นการบ่งชี้ระยะทางระหว่างลูกค้าทุกๆ คู่ของระยะทางที่ต้องส่งสินค้า ตัวอย่างการคำนวณบ่งชี้ระยะทางระหว่างคลังสินค้าและลูกค้ารายที่ 1 ดังนี้

$$\text{Distance Matrix (A, B)} = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \text{Distance Matrix (DC, 1)} &= \sqrt{(13.69182 - 18.07963)^2 + (100.90122 - 103.45008)^2} \\ &= 5.074403 \end{aligned}$$

จากผลลัพธ์การคำนวณผู้วิจัยเลือกใช้ตำแหน่งทศนิยมหนึ่งตำแหน่ง และได้ใช้ Microsoft Excel ในการหาคำตอบจากสมการที่ (1) การคำนวณได้ผลการสร้างเมตริกซ์ระยะทาง แสดงดังรูปที่ 3

	DC	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4	ลูกค้าที่ 5	ลูกค้าที่ 6	ลูกค้าที่ 7	ลูกค้าที่ 8	ลูกค้าที่ 9	ลูกค้าที่ 10	ลูกค้าที่ 11	ลูกค้าที่ 12	ลูกค้าที่ 13	ลูกค้าที่ 14	ลูกค้าที่ 15	ลูกค้าที่ 16
ลูกค้าที่ 1	5.1	0															
ลูกค้าที่ 2	4.3	1.3	0														
ลูกค้าที่ 3	4.6	0.5	1.1	0													
ลูกค้าที่ 4	4.7	0.4	1.1	0.1	0												
ลูกค้าที่ 5	4.9	0.4	0.9	0.4	0.3	0											
ลูกค้าที่ 6	4.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.4	0										
ลูกค้าที่ 7	4.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	0.04	0									
ลูกค้าที่ 8	4.6	0.7	0.6	0.5	0.5	0.3	0.04	0.01	0								
ลูกค้าที่ 9	4.3	1.8	0.6	1.6	1.6	1.4	1.09	1.12	1.1	0							
ลูกค้าที่ 10	3.9	1.8	0.6	1.5	1.6	1.5	1.10	1.13	1.1	0.4	0						
ลูกค้าที่ 11	3.7	1.8	0.6	1.5	1.6	1.5	1.12	1.16	1.2	0.6	0.2	0					
ลูกค้าที่ 12	3.1	2.0	1.2	1.6	1.7	1.8	1.48	1.50	1.5	1.4	1.0	0.8	0				
ลูกค้าที่ 13	3.4	1.8	1.0	1.4	1.4	1.5	1.21	1.24	1.2	1.2	0.8	0.6	0.3	0			
ลูกค้าที่ 14	3.1	2.1	1.2	1.7	1.8	1.8	1.51	1.54	1.5	1.3	0.9	0.7	0.2	0.3	0		
ลูกค้าที่ 15	2.3	3.2	2.1	2.7	2.8	2.9	2.51	2.54	2.5	2.0	1.6	1.5	1.2	1.4	1.05	0	
ลูกค้าที่ 16	3.1	2.1	1.2	1.6	1.7	1.8	1.49	1.52	1.5	1.4	1.0	0.9	0.0	0.3	0.19	1.2	0

รูปที่ 3 เมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix)

3.3.2. การสร้างเมตริกซ์แบบประหยัด (Saving Matrix) เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายด้วยการรวมลูกค้าในรถขนส่งคันเดียวกัน สามารถอธิบายขั้นตอนได้ว่า ถ้าใช้รถ 1 คัน วิ่งส่งสินค้าให้กับลูกค้า 2 ราย (i และ j) ในเที่ยวเดียวกัน ระยะทางจะลดลง โดยการรวมลูกค้าในรถขนส่งจะต้องมีน้ำหนักบรรทุกไม่เกินความสามารถสูงสุดแสดงดังรูปที่ 4

	ลูกค้าที่ 1	ลูกค้าที่ 2	ลูกค้าที่ 3	ลูกค้าที่ 4	ลูกค้าที่ 5	ลูกค้าที่ 6	ลูกค้าที่ 7	ลูกค้าที่ 8	ลูกค้าที่ 9	ลูกค้าที่ 10	ลูกค้าที่ 11	ลูกค้าที่ 12	ลูกค้าที่ 13	ลูกค้าที่ 14	ลูกค้าที่ 15	ลูกค้าที่ 16
ลูกค้าที่ 1	0															
ลูกค้าที่ 2	8.1	0														
ลูกค้าที่ 3	9.2	7.8	0													
ลูกค้าที่ 4	9.4	7.9	9.2	0												
ลูกค้าที่ 5	9.6	8.2	9.1	9.2	0											
ลูกค้าที่ 6	8.9	8.3	8.7	8.7	9.1	0										
ลูกค้าที่ 7	9.0	8.3	8.7	8.8	9.1	9.1	0									
ลูกค้าที่ 8	9.0	8.3	8.7	8.8	9.1	9.1	9.2	0								
ลูกค้าที่ 9	7.5	8.0	7.3	7.3	7.7	7.7	7.7	7.7	0							
ลูกค้าที่ 10	7.1	7.6	7.0	7.0	7.3	7.3	7.3	7.3	7.7	0						
ลูกค้าที่ 11	6.9	7.4	6.8	6.9	7.1	7.2	7.2	7.2	7.4	7.4	0					
ลูกค้าที่ 12	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	6.2	5.9	5.9	6.0	0				
ลูกค้าที่ 13	6.6	6.7	6.6	6.6	6.7	6.7	6.7	6.7	6.4	6.4	6.4	6.2	0			
ลูกค้าที่ 14	6.0	6.2	6.0	6.0	6.1	6.1	6.1	6.1	6.0	6.0	6.1	6.0	6.1	0		
ลูกค้าที่ 15	4.2	4.5	4.2	4.2	4.3	4.4	4.4	4.4	4.6	4.6	4.6	4.2	4.3	4.4	0	
ลูกค้าที่ 16	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.2	6.2	6.2	5.9	5.9	5.9	6.2	6.2	6.0	4.2	0

รูปที่ 4 เมตริกซ์แบบประหยัด (Saving Matrix)

สมการของเมตริกซ์แบบประหยัดจากสมการที่ (2)

$$S_{ij} = (d_{D,i} + d_{D,j}) - d_{i,j} \quad (2)$$

เมื่อ S_{ij} คือ ระยะทางที่ประหยัดเมื่อรวมเที่ยวการขนส่งของลูกค้า i และ j
 $d_{D,i}$ คือ ระยะทางจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า i
 $d_{D,j}$ คือ ระยะทางจากคลังสินค้าไปยังลูกค้า j
 $d_{i,j}$ คือ ระยะทางจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

ตัวอย่างการคำนวณระยะทางที่ประหยัดด้วยสมการที่ (2) จากข้อมูลในรูปที่ 3 เช่น $S(1,2) = (5.1 + 4.3) - 1.3 = 8.1$ กิโลเมตร การคำนวณทำซ้ำจนสามารถจัดเส้นทางวิ่งรถครอบคลุมลูกค้าครบทุกราย จากนั้นจะนำผลการคำนวณมาสร้างเมตริกซ์แบบประหยัดแสดงดังรูปที่ 4

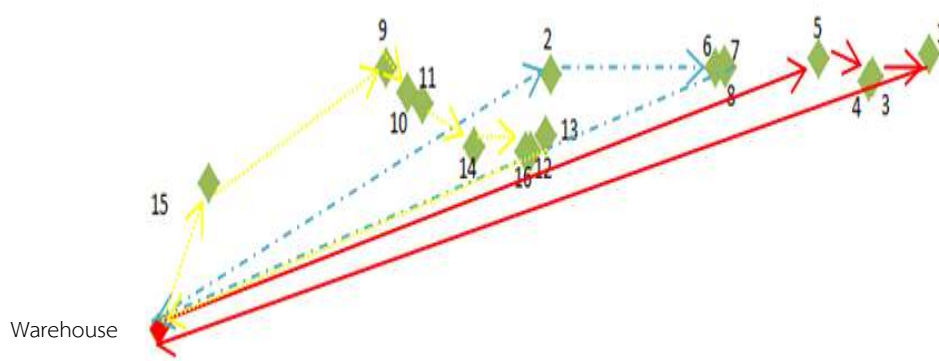
3.3.3. การลำดับค่าระยะทางที่ประหยัด เพื่อกำหนดลูกค้าให้กับรถบรรทุกและวางแผนการขนส่งที่จะทำให้เกิดการประหยัดจากรูปที่ 4 ทำการเรียงลำดับค่า S_{ij} มากไปหาน้อย เช่น $S(5,1)$ มีค่ามากที่สุดที่ 9.6 กิโลเมตร จึงจัดให้เป็นลำดับที่ 1 ทำการจัดลำดับจนครบทุก S_{ij} และกำหนดลำดับในการขนส่งจากก่อนไปหลัง เช่น $S(5,1)$ มีค่าระยะทางที่ประหยัดเป็นลำดับที่ 1 การกำหนดแผนการขนส่งคือ จะส่งให้กับลูกค้ารายที่ 1 และ รายที่ 5 เป็นลำดับที่ 1 และ 2 ต่อด้วย $S(4,1)$ มีค่าระยะทางที่ประหยัด เป็นลำดับที่ 2 จึงส่งให้กับลูกค้ารายที่ 4 เป็นลำดับที่ 3 โดยทำการจัดลำดับจนครบทั้ง 16 ราย ทั้งนี้จากเงื่อนไขการรวมลูกค้านั้นรถขนส่งจะต้องบรรจุได้ไม่เกินความสามารถสูงสุด จากกรณีศึกษา พบว่ารถขนส่งมีความจุได้ไม่เกินความสามารถในการบรรจุสูงสุด คือ 13 พาเลทต่อคัน และมีจำนวนรถบรรทุก 3 คัน จากการดำเนินการจัดลำดับในการขนส่งสามารถแบ่งกลุ่มลูกค้าได้ดังนี้

รถขนส่งสินค้าคันที่ 1: ลูกค้ารายที่ 1-5-4-3

รถขนส่งสินค้าคันที่ 2: ลูกค้ารายที่ 2-8-7-6

รถขนส่งสินค้าคันที่ 3: ลูกค้ารายที่ 9-10-11-12-13-14-15-16

3.3.4. จัดลำดับลูกค้าในเส้นทางเพื่อลดระยะทางที่พาหนะแต่ละคันต้องเดินทางเปลี่ยนลำดับของการส่งสินค้า โดยวิธีการกวาด (Sweep Algorithm) จุดๆ ใดในเส้นทางจะถูกเลือกและกวาดไปตามเข็มนาฬิกาได้ดังรูปที่ 5



รูปที่ 5 ลำดับการส่งสินค้าโดยวิธี (Sweep Algorithm)

ตารางที่ 2 สรุปตารางการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

รถขนส่งสินค้า	ลำดับการขนส่ง	รวมระยะทางการขนส่ง
1	คลังสินค้า, 5, 4, 3, 1, คลังสินค้า	$533.7+52+21.2+65.4+699 = 1,371$ กิโลเมตร
2	คลังสินค้า, 2, 6, 7, 8, คลังสินค้า	$603+90.8+10.4+5.3+632 = 1,341$ กิโลเมตร
3	คลังสินค้า, 15, 9, 10, 11, 14, 16, 12, 13, คลังสินค้า	$308+283+51.5+20.6+97.1+21.6+7.3+30.6+370.8 = 1,190.50$ กิโลเมตร

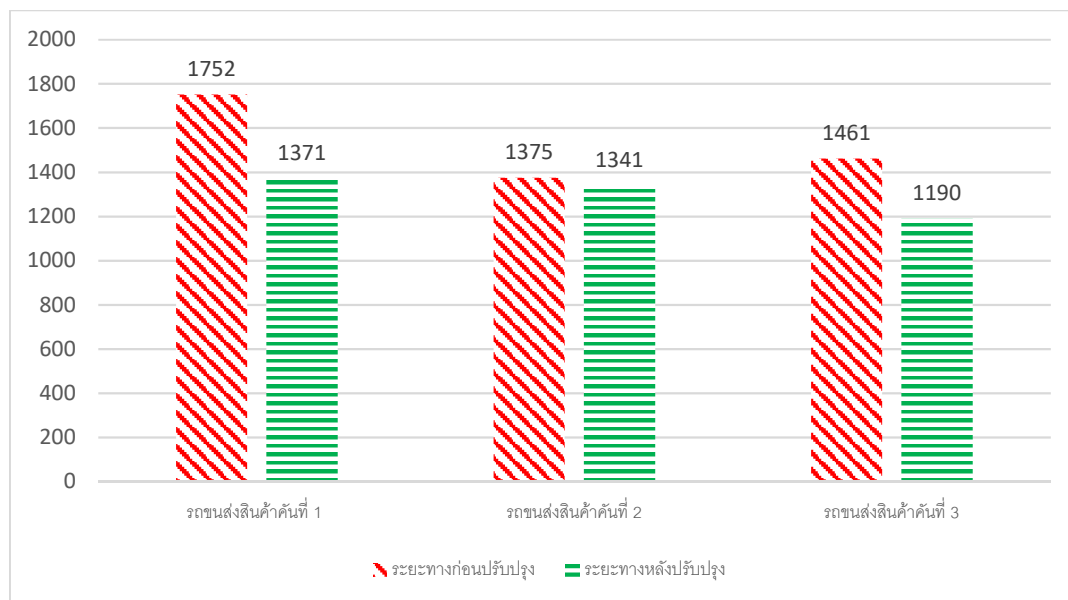
4. อภิปรายผล

เปรียบเทียบระยะทางขนส่งสินค้าก่อนและหลังปรับปรุงของรถขนส่งสินค้าแต่ละคันแสดงดังรูปที่ 6 ดังนี้

4.1. รถขนส่งสินค้าคันที่ 1 การเดินทางก่อนปรับปรุง คลังสินค้า, ลูกค้ารายที่ 1, 2, 3, 4, 5, คลังสินค้า หลังปรับปรุง คลังสินค้า, ลูกค้ารายที่ 5, 4, 3, 1, คลังสินค้า ระยะทางก่อนปรับปรุง $699+199+175+21.2+658 = 1,752$ กิโลเมตร หลังปรับปรุง $533.7+52+21.2+65.4+699 = 1,371$ กิโลเมตร ระยะทางที่ลดลง 381 กิโลเมตร เปอร์เซ็นต์ลดลง 21.75 %

4.2. รถขนส่งสินค้าคันที่ 2 การเดินทางก่อนปรับปรุง คลังสินค้า, ลูกค้ารายที่ 5, 6, 7, 8, คลังสินค้า หลังปรับปรุง คลังสินค้า, ลูกค้ารายที่ 2, 6, 7, 8, คลังสินค้า ระยะทางก่อนปรับปรุง $682+45.9+10.4+5.3+632 = 1,375$ กิโลเมตร หลังปรับปรุง $603+90.8+10.4+5.3+632 = 1,341$ กิโลเมตร ระยะทางที่ลดลง 34 กิโลเมตร เปอร์เซ็นต์ลดลง 2.47 %

4.3. รถขนส่งสินค้าคันที่ 3 การเดินทางก่อนปรับปรุง คลังสินค้า, ลูกค้ารายที่ 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, คลังสินค้า หลังปรับปรุง คลังสินค้า, ลูกค้ารายที่ 15, 9, 10, 11, 14, 16, 12, 13, คลังสินค้า ระยะทางก่อนปรับปรุง $215+51.50+20.60+126+30.60+34.3+270+214+499 = 1,461$ กิโลเมตร หลังปรับปรุง $308+283+51.50+20.60+97.1+21.6+7.3+30.6+370.8 = 1,190.50$ กิโลเมตร ระยะทางที่ลดลง 271 กิโลเมตร เปอร์เซ็นต์ลดลง 18.55 %



รูปที่ 6 กราฟเปรียบเทียบระยะทางก่อนและหลังปรับปรุง

5. สรุปผลการดำเนินการวิจัย

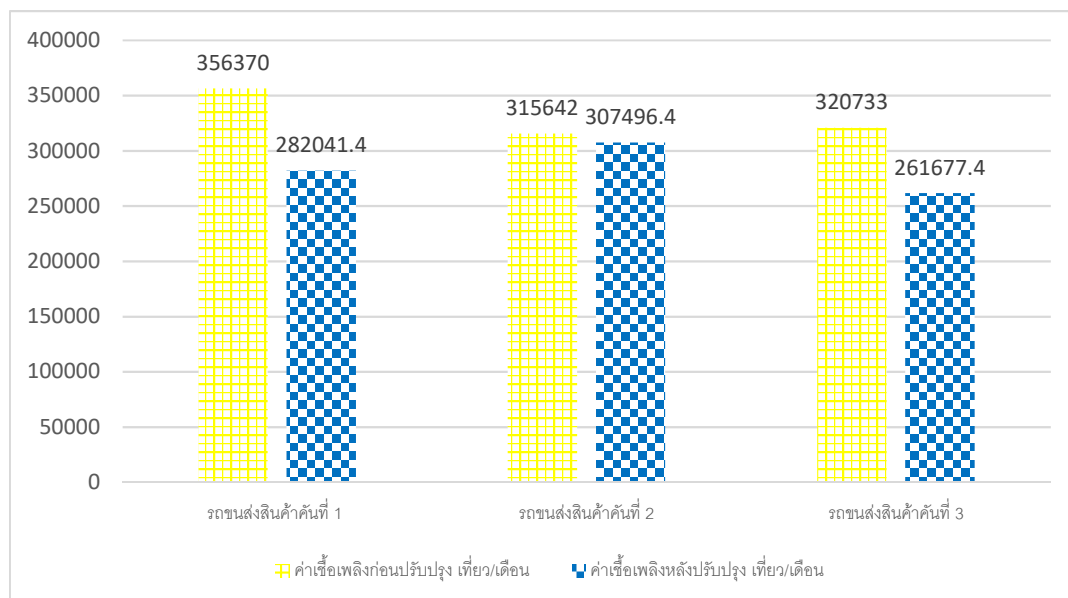
จากการปรับปรุงเส้นทางการขนส่งสินค้าด้วยวิธีการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะด้วยอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) พบว่าสามารถลดระยะทางการขนส่งสินค้าที่สั้นลงและสามารถลดค่าใช้จ่ายของค่าเชื้อเพลิงลงได้ ทำให้สินค้าสามารถกระจายไปยังลูกค้าได้รวดเร็วขึ้นส่งผลให้คุณภาพของสินค้าไม่เสียหายเนื่องจากสินค้าส่วนใหญ่เป็นอาหารสดและอาหารแช่เย็น และได้ทำการเปรียบเทียบระยะทางและค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ในการขนส่งสินค้าก่อนและหลังปรับปรุงแสดงดังนี้

รถขนส่งคันที่ 1 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,752 กิโลเมตร หลังปรับปรุง 1,371 กิโลเมตร ค่าเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง การใช้น้ำมัน 350 ลิตร/เที่ยว ราคาน้ำมันดีเซลลิตรละ 33.94 ฉะนั้นเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว เท่ากับ 11,879 บาท/เที่ยว จำนวนการวิ่ง 30 เที่ยว/เดือน ค่าเชื้อเพลิง 1 เดือน เท่ากับ 356,370 บาท หลังปรับปรุงอัตราการใช้การใช้น้ำมัน 277 ลิตร/เที่ยว ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว เท่ากับ 9,401.38 บาท/เที่ยว จำนวนการวิ่ง 30 เที่ยว/เดือน ค่าเชื้อเพลิง 1 เดือน เท่ากับ

282,041.40 บาท ต้นทุนที่ลดลงได้ 2,477.62 บาท/เที่ยว คิดเป็นต่อเดือน 74,328.60 บาท/เดือน คิดเป็นต่อปี 891,943.20 บาท/ปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง 20.86 %

รถขนส่งคันที่ 2 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,375 กิโลเมตร หลังปรับปรุง 1,341 กิโลเมตร ค่าเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง การใช้น้ำมัน 310 ลิตร/เที่ยว เชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว เท่ากับ 10,521.40 บาท/เที่ยว จำนวนการวิ่ง 30 เที่ยว/เดือน ค่าเชื้อเพลิง 1 เดือน เท่ากับ 315,642 บาท หลังปรับปรุงอัตราการใช้น้ำมัน 302 ลิตร/เที่ยว ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว เท่ากับ 10,249.88 บาท/เที่ยว จำนวนการวิ่ง 30 เที่ยว/เดือน ค่าเชื้อเพลิง 1 เดือน เท่ากับ 307,496.40 บาท ต้นทุนที่ลดลงได้ 271.52 บาท/เที่ยว คิดเป็นต่อเดือน 8,145.60 บาท/เดือน คิดเป็นต่อปี 97,747.20 บาท/ปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง 2.58 %

รถขนส่งคันที่ 3 ระยะทางก่อนปรับปรุง 1,461 กิโลเมตร หลังปรับปรุง 1,190.50 กิโลเมตร ค่าเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง การใช้น้ำมัน 315 ลิตร/เที่ยว เชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว เท่ากับ 10,691.10 บาท/เที่ยว จำนวนการวิ่ง 30 เที่ยว/เดือน ค่าเชื้อเพลิง 1 เดือน เท่ากับ 320,733 บาท หลังปรับปรุงอัตราการใช้น้ำมัน 257 ลิตร/เที่ยว ค่าเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อเที่ยว เท่ากับ 8,722.58 บาท/เที่ยว จำนวนการวิ่ง 30 เที่ยว/เดือน ค่าเชื้อเพลิง 1 เดือน เท่ากับ 261,677.40 บาท ต้นทุนที่ลดลงได้ 1,968.52 บาท/เที่ยว คิดเป็นต่อเดือน 59,055.60 บาท/เดือน คิดเป็นต่อปี 708,667.20 บาท/ปี คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดลง 18.41 %



รูปที่ 7 กราฟเปรียบเทียบค่าเชื้อเพลิงก่อนและหลังปรับปรุง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี (2565-2567). ธุรกิจบริการขนส่งสินค้าทางถนน [Online]. Available: <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry-outlook/logistics/road-freight-transportation/IO/road-freight-transportation-2022-2024>
- [2] รัชต์วรรณ กาญจนปัญญาคม, การศึกษางานอุตสาหกรรม, ฉบับปรับปรุงใหม่, บริษัท สำนักพิมพ์ท็อป จำกัด, 2562.
- [3] Nazari, M., Oroojlooy, A., Snyder, L., & Takác, M., "Reinforcement learning for solving the vehicle routing problem," 32nd Conference on Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2018), Montréal, Canada.

- [4] Clarke, Geoff; Wright, John W, "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points," Operations research, Vol 12(4), 1964, pp. 568-581.
- [5] วิไลวรรณ แก่นสาร และ สมบัติ สินธุเชาน์, "การเปรียบเทียบวิธีการฮิวริสติกส์สำหรับระบบการจัดการขยะ," วารสารวิชาการ Thai VCML. ปีที่ 6 ฉบับที่ 2 (2559) กรกฎาคม - ธันวาคม 2559.
- [6] Dantzig, G. B., & Ramser, J. H, "The truck dispatching problem," Management science, Vol6(1), 1959, pp. 80-91.
- [7] Pichpibul, T., & Kawtummachai, R, "An improved Clarke and Wright savings algorithm for the capacitated vehicle routing problem," Science Asia, Vol38(3), 2012, pp. 307-318.
- [8] จารุพงษ์ บรรเทา, นันทพัทธ์ สันติชูวงศ์, วีระชัย ตาลกลาง, "Solving a Vehicle Routing Problem with Time Window by Heuristics Method: A Case Study of Automotive Part Manufacturer," วารสารวิจัย มทร. กรุงเทพฯ, ปีที่ 10(2), 2016, pp. 31-42.
- [9] Rawirod Pongsub, "Vehicle Routing Arrangement for Automotive Parts: A Case Study Of Automotive Parts Transport Company" Burapha University 2021.