

การจัดเส้นทางขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภทเท
กองและกระสอบ กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง
**VEHICLE ROUTING ARRANGEMENT OF LARGE TRUCKS FOR BULK
AND SACK PRODUCTS A CASE STUDY OF TRANSPORTATION
COMPANY**

พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์¹ และ เปรมพร เขมาวุฒิ²

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนคร
เหนือ

E-mail: toungjm@gmail.com¹

E-mail: ppm@kmutnb.ac.th²

Pitch Phanphiphat¹ และ Premporn Khemavuk²

Industrial Engineering, King Mongkut's University Technology North Bangkok

E-mail: toungjm@gmail.com¹

E-mail: ppm@kmutnb.ac.th²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดเส้นทางของรถบรรทุกเพื่อลดระยะทางในการขนส่งที่ไม่มี
สินค้าในการขนส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ มีต้นทางในการขึ้นสินค้าที่หลากหลาย
(Multiple Depot VRP) บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผู้ให้บริการขนส่งซึ่งมีตำแหน่งต้นทางและ
ปลายทางที่เป็นท่าเรือและโรงงานทั้งหมด การทดลองได้กำหนดตำแหน่งของโรงงานและท่าเรือรวม
12 แห่ง ทดสอบด้วยรถบรรทุกจำนวน 1 คัน ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการจัดเส้นทาง
ขนส่งแบบเดิม และได้เปรียบเทียบกับวิธีทางฮิวริสติก (Heuristic) โดยใช้วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และ
วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดมีระยะทางขนส่งที่สั้น
ที่สุด โดยการจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิมมีระยะการขนส่งโดยรวมอยู่ที่ 4,118 กิโลเมตร มี
สัดส่วนการขนส่งแบบไม่มีสินค้าอยู่ที่ 40.79 % ส่วนการจัดเส้นทางขนส่งวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด
มีระยะการขนส่งโดยรวมอยู่ที่ 3,722.9 กิโลเมตร ซึ่งมีการขนส่งแบบไม่มีสินค้าอยู่ที่ 34.50 % และ
การจัดเส้นทางขนส่งวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมีระยะการขนส่งโดยรวมอยู่ที่ 4,008.1
กิโลเมตร มีการขนส่งแบบไม่มีสินค้าอยู่ที่ 39.16%

คำสำคัญ: การขนส่ง, การจัดเส้นทาง, อัลกอริทึมแบบประหยัด, วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

Abstract

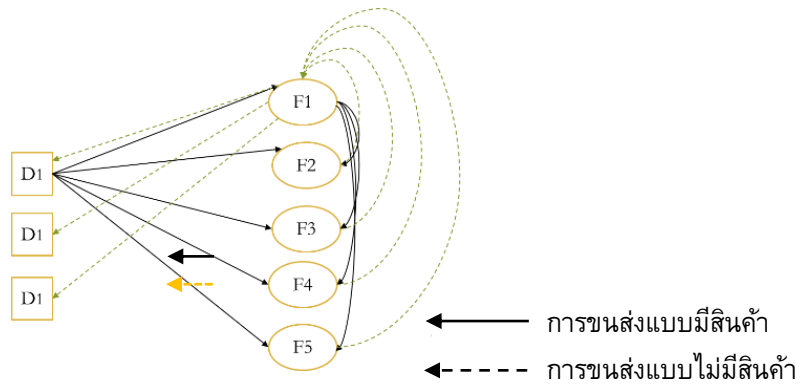
The purpose of this study was to investigate the routing of trucks in order to reduce the backhaul of freight for baggage transport, which have multiple depot VRP. The case study was a transportation company, where the source and destination are port and factory. The experiment determined the position of 12 factories and ports with one transport truck service. The researcher compared the original transport routes with the Heuristic method using the closest neighbor method and saving algorithm. The results of the study concluded that the nearest neighbor approach has the shortest transportation distance. The original transport routing has total 4,118 km in transit distance, with 40.79% was non-freighter. The nearest neighbor algorithm transport route has a total transit distance of 3,722.9 km, with 34.50% was non-freighter. The saving algorithm has a total transit distance of 4,008.1 km, with 39.16% was non-freighter.

Keyword: Transportation, Routing, Saving Algorithm, Nearest Neighbor Method

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบโลจิสติกส์มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งในระบบเศรษฐกิจภายในประเทศ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการขนส่งหรือด้านคลังสินค้า ผู้ประกอบการที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่างพัฒนาระบบการจัดการ เพื่อที่จะลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และยังเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับผู้ประกอบการรายอื่น ๆ ทั้งทางด้านราคาและคุณภาพในการให้บริการ

บริษัทธนศึกษาเป็นบริษัทผู้ให้บริการในการขนส่งสินค้า มีรถบรรทุกประเภทต่าง ๆ กว่า 1,500 คัน ในจำนวนนั้นมีรถประเภท พ่วงจำนวน 370 คันที่ใช้สำหรับขนส่งสินค้าทางทะเล โดยรถพ่วงมีหน้าที่ขนส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ จากท่าเรือไปยังโรงงาน และขนส่งระหว่างโรงงานต่าง ๆ ให้กับลูกค้า การขนส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบนั้นจะใช้รถขนส่งประเภทพ่วง ที่มีลักษณะการขนส่งแบบเต็มคัน (Full Truck Load) [1] [2] และมีคลังสินค้าหลายแห่ง (Multiple Depot VRP) [3] โดยรถขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางต่าง ๆ ลูกค้าจะเป็นผู้กำหนด และไม่สามารถรับหรือส่งสินค้าเพิ่มระหว่างทางได้จนกว่าจะถึงจุดหมายปลายทางและทำการขนส่งเสร็จสิ้น อีกทั้งเมื่อทำการขนส่งเสร็จสิ้นรถไม่จำเป็นต้องกลับไปยังจุดเริ่มต้นเดิม (Open Vehicle Routing Problems) [4] เป็นหน้าที่ของผู้จัดงาน ที่จะจัดลำดับการขนส่งแต่ละครั้ง เพื่อให้รถบรรทุกกลับมารับสินค้าที่ทำเรือหรือโรงงานต่าง ๆ ตามงานที่ลูกค้าได้กำหนด แต่การที่รถบรรทุกจะวิ่งกลับมารับงานนั้นจะเกิดระยะทางที่เยวเปล่า หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าระยะทางที่เยวกลับ (Backhaul) [5] [6] ซึ่งเป็นระยะการวิ่งที่ไม่มีสินค้าในการบรรทุก



รูปที่ 1 รูปแบบการขนส่งแบบมีสินค้าและไม่มีสินค้า

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาแบบจำลองฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อที่จัดลำดับการมีขนส่งของรถพ่วงตามเงื่อนไขที่ทางผู้วิจัยได้กำหนด ให้ความสอดคล้องกับสภาวะการขนส่งจริง เพื่อลดระยะทางการขนส่งของรถบรรทุกที่ไม่มีสินค้าซึ่งเป็นต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดเส้นทาง ของบริษัทกรณีศึกษาต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในหัวข้อนี้นำเสนอทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยรวมถึงถึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปัญหาการวางแผนการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์รูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต้นทุนการดำเนินการทั้งในเรื่องของต้นทุนเครื่องจักร ที่ใช้ค่าแรงงานในการปฏิบัติงาน รวมถึงต้นทุนพลังงานสำหรับการดำเนินการ การจัดเส้นทางการเดินทาง (Vehicle Routing) จึงเป็นวิธีที่ผู้ประกอบการด้านโลจิสติกส์ใช้เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งและระยะเวลาโดยการค้นหาเส้นทางที่สั้นลง ซึ่งหมายถึงการใช้ค่าน้ำมันและค่าแรงของพนักงานจัดส่งที่ลดลง ซึ่งการเลือกรูปแบบเส้นทางเดินทางที่เหมาะสมนั้นมีความยากเนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องค่อนข้างมากเช่นระยะทางแต่ละหน่วยอยู่ห่างกัน จำนวนพาหนะ ปริมาณสินค้าที่ขนส่งได้ การจราจร สภาพถนน การตรวจสอบในแต่ละการขนส่งที่มีเหตุทำให้ใช้เวลาเพิ่ม [7] ด้วยเหตุนี้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินทางจึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการขนส่งในหลายรูปแบบ เช่น ปัญหากระจายสินค้าจาก คลังสินค้าไปยังลูกค้า การขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตเข้าไปยังโรงงาน การวางแผนเส้นทางรับส่งนักเรียนของรถโรงเรียน เป็นต้น [8]

การแก้ปัญหามาตรการวางแผนการขนส่งให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด จะแบ่งวิธีการแก้ปัญหาเป็น 3 แบบ ได้แก่ [9]

1) วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Programming) เป็นวิธีการที่สามารถหาคำตอบได้ดีที่สุด เนื่องจากใช้หลักการทางคณิตศาสตร์ แต่จะใช้ได้ดีกับปัญหาที่มีขนาดเล็ก ไม่เหมาะกับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เพราะจะใช้เวลาในการแก้ปัญหานาน

2) วิธีการแก้ปัญหาแบบ Constructive Approach จะเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหการวางแผนการขนส่งโดยเฉพาะ ไม่สามารถนำไปแก้ปัญหอื่นได้ด้วยวิธีการนี้ และไม่รับรองผลคำตอบของปัญหา เพราะคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบจากการประมาณ

3) วิธีการแก้ปัญหาแบบปัญญาประดิษฐ์ (Artificial intelligent) คือการสร้างเครื่องมือที่สามารถทำหน้าที่ในการคำนวณคำตอบในแต่ละสถานการณ์ต่างๆ แทนคนได้ หรือการใช้เครื่องมือที่มีอยู่ในปัจจุบันช่วยเหลือในการตัดสินใจ เช่น Tabu Search, Genetic Algorithm, Neural Network, Simulated annealing, Ant Colony optimization ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง และมีความยืดหยุ่นในการแก้ปัญหา แต่มีข้อเสียในเรื่องของต้นทุนที่สูง หรือความยุ่งยากในการใช้งานซึ่งต้องรู้หลักการประยุกต์วิธีการกับปัญหาแต่ละปัญหา

ซึ่งในงานวิจัยเลือกใช้รูปแบบการค้นหาคำตอบโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็ก รวมถึงข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการค้นหาคำตอบของงานวิจัยทุกข้อมูลสามารถแทนค่าได้ด้วยตัวเลขที่แน่นอนไม่จำเป็นต้องใช้การคาดการณ์เหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้คำตอบที่จะได้รับมีความแม่นยำสูง โดยวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของคำตอบที่ได้ ได้แก่

2.1 วิธีแม่นยำตรง (Exact Method) หรือวิธีการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) เป็นวิธีการหาคำตอบที่อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ซึ่งคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบของกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) ตัวแปรตัดสินใจ ได้แก่ เส้นทาง ในแต่ละจุด มีค่าเป็นจำนวนเต็ม ในที่นี้คือค่า 0 หรือ 1 วิธีการแก้ปัญหาประเภทนี้ ได้แก่ วิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound) แต่มี ข้อจำกัดในการแก้ปัญหขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการหาคำตอบนาน [10] [11] [12]

2.2 วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) เป็นวิธีการหาคำตอบที่อาศัยหลักของการประมาณ (Approximation algorithm) มีความรวดเร็วในการประมวลผลและสามารถการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง โดยกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้นมาเพื่อหาคำตอบผ่านกระบวนการทำงานที่จะวนทำซ้ำแล้วจะหยุดทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขตามที่กำหนดไว้ ซึ่งคำตอบที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น โดยวิธีการคำนวณแบบฮิวริสติกส์ที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เช่น วิธี Nearest

Neighbor Algorithm [13] [14] วิธี Saving Algorithm [15] [16] [17], วิธี Sweep Method [17], วิธี Cluster-First Route-Second [8] [17], และวิธี Route-First Cluster-Second [18]

2.3 วิธีการเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristic) เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่ทำคำตอบโดยอาศัยหลักของการประมาณ โดยการหาคำตอบที่ดี (a good solution) สำหรับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการแก้ปัญหา วิธีการเมตาฮิวริสติกส์มักจะถูกใช้ในการหาคำตอบภายใต้การหาคำตอบที่ขึ้นอยู่กับเลขสุ่มเพื่อให้เกิดการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) ให้ง่ายที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่คำตอบที่ได้มาจากวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเหมือนคำตอบที่ได้จากวิธีแม่นยำ (Exact Method) แต่จะได้เป็นกลุ่มของคำตอบที่ดีที่สุด และใช้เวลาในการประมวลผลที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของปัญหารวมถึงยังมีการวนในการแก้ไขปัญหามากกว่าวิธีฮิวริสติก ปัจจุบันมีวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ต่างๆ มากมายเช่นวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) [19] [20] วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [21] [22] เป็นต้น

โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบของการวางแผนการขนส่ง ซึ่งในกรณีที่มีลูกค้าจำนวนมาก การหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วเลือกเอาเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุดเป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ เพราะจะต้องใช้เวลาในการคำนวณวิเคราะห์ยาวนานมากจนไม่ทันการณ์ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการอื่น ๆ มาช่วยให้ได้คำตอบที่เร็ว โดยวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเส้นทางรถ ได้แก่ การจัดเส้นทางโดยค่าประมาณ (Approximation Methods) ซึ่งคำตอบของเส้นทางขนส่งที่ได้รับจากการใช้วิธีการนี้อาจจะไม่ดีที่สุดแต่จะได้คำตอบที่ดีพอภายในระยะเวลาที่ไม่นานมากและสามารถนำไปใช้งานได้ทันเวลา [7] วิธีการจัดเส้นทางโดยค่าประมาณนี้ยังมีอีกหลากหลายวิธีซึ่งคำตอบที่ได้รับจากแต่ละวิธีอาจจะมีคุณภาพแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะรายละเอียดของปัญหาแต่ละกรณี

วิธีที่ได้รับความนิยมและเข้าใจง่ายในการจัดการเส้นทางตามรูปแบบฮิวริสติกส์คือวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Algorithm) ที่เสนอโดย Clarke and Wright [15] ซึ่งได้พิจารณาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายรายกับยานพาหนะมีความจุหลายขนาดส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียวให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด โดยผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้คือทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่งและปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดยสามารถสรุปวิธีในการดำเนินงานในแต่ละวิธี ดังนี้

- 1) วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด มีขั้นตอน [23] คือ
 - 1.1) เลือกจุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าขึ้นมาหนึ่งปุมให้เป็นปุมที่หนึ่ง
 - 1.2) คำนวณค่าของระยะเวลา, ระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ประหยัด (Saving Cost)

$$S_{ij} = C_{iD} + C_{Dj} - C_{ij}$$

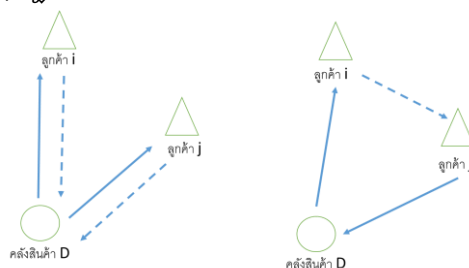
เมื่อ i, j คือลูกค้า และ D คือคลังสินค้า

1.3) เรียงลำดับค่า S_{ij} จากมากไปหาน้อย

1.4) สร้างเส้นทางของยานพาหนะโดยเชื่อม i และ j ที่มีค่า S_{ij} มากที่สุด

1.5) ทำซ้ำจนกว่าจะจัดเส้นทางได้ครบ โดยมีเงื่อนไขของข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะจะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้เวลาในการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด

วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดเป็นทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในการจัดการปัญหาการขนส่งยานพาหนะ ใจความของทฤษฎีไม่ซับซ้อน คือ พิจารณาการส่งจากคลังสินค้า D



รูปที่ 2 วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด

จากรูปที่ 2 ถ้าใช้รถ 1 คัน วิ่งส่งสินค้าให้ลูกค้า 2 ราย (i และ j) ในเที่ยวเดียวกันระยะทางทั้งหมดจะลดลงเท่ากับ

$$S(i,j) = 2d(D,i) + 2d(D,j) - [d(D,i) + d(i,j) + d(D,j)] = d(D,i) + d(D,j) - d(i,j)$$

ค่า Saving $S(i,j)$ ที่ได้คือระยะทางที่สามารถลดได้ หากระยะทางระหว่างลูกค้าใดทำให้เกิดค่า Saving สูงก็ หมายความว่า สามารถลดระยะทางได้มาก

2) วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Algorithm หรือ K- Nearest Neighbor Algorithm) เป็นวิธีที่ใช้ในการจัดแบ่งคลาส โดยเทคนิคนี้จะตัดสินใจว่า คลาสใดที่จะแทนเงื่อนไขหรือกรณีใหม่ๆ ได้บ้าง โดยการตรวจสอบจำนวนบางจำนวน (" K " ในขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด) ของกรณีหรือเงื่อนไขที่เหมือนกันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยจะหาผลรวม (Count Up) ของจำนวนเงื่อนไข หรือกรณีต่างๆ สำหรับแต่ละคลาส และกำหนดเงื่อนไขใหม่ๆ ให้คลาสที่เหมือนกันกับคลาสที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด มีวิธีการดำเนินงาน [24] คือ

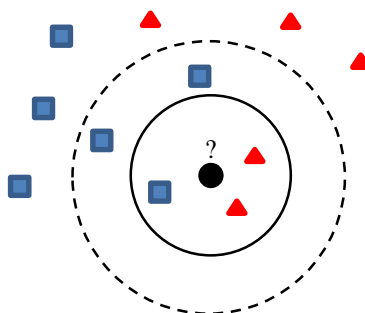
2.1) กำหนดขนาดของ K (ควรกำหนดให้เป็นเลขคี่)

2.2) คำนวณระยะห่าง (Distance) ของข้อมูลที่ต้องการพิจารณาเทียบกับกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

2.3) จัดเรียงลำดับของระยะห่าง และเลือกพิจารณาชุดข้อมูลที่ใกล้จุดที่ต้องการพิจารณาตามจำนวน K ที่กำหนด

2.4) พิจารณาข้อมูลจำนวน k ชุด และสังเกตว่ากลุ่ม (class) ไหนที่ใกล้จุดที่พิจารณาเป็นจำนวนมากที่สุด

2.5) กำหนด class ให้กับจุดที่พิจารณา (class) ที่ใกล้จุดพิจารณามากที่สุด



รูปที่ 3 วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

ดังนั้นในงานวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเลือกใช้วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดและวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด เพื่อแก้ปัญหาและเปรียบเทียบผลเส้นทางเดินรถที่ได้รับจากทั้งสองวิธี เนื่องจากเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อนมากนักเหมาะกับลักษณะการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งเป็นผู้ให้บริการขนส่ง โดยการขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางลูกค้าจะเป็นผู้กำหนด มีคลังสินค้าและท่าเรือที่เป็นต้นทางหลากหลาย (Multiple Depot) และการบรรทุกสินค้าประเภทรถพ่วงเป็นการขนส่งสินค้าแบบเต็มคัน (Full Truck Load)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยของ อรประไพ และปวีณา [4] ได้ศึกษาถึงการขนส่งแบบ VRP ที่มีรูปแบบการวิ่งรถขนส่งโดยทั่วไปเป็นการวิ่งแบบที่ต้องกลับมายังจุดเริ่มต้นเสมอ คือเมื่อหมดรอบเวลาการทำงานรถขนส่งทุกคันจะกลับมายังจุดเริ่มต้น และรูปแบบการวิ่งรถขนส่งที่ใช้ความจุของยานพาหนะเป็นข้อกำหนด คือเมื่อครบรอบการทำงานได้ตามจุดต่าง ๆ ที่กำหนดให้ไม่จำเป็นจะต้องกลับมาพักยังจุดเริ่มต้นเสมอ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอระบบสนับสนุนการจัดเส้นทางเดินรถแบบเปิด (Open VRP: OVRP) นอกเหนือจากปัญหาดังกล่าวข้างต้น โดยจัดรูปแบบการจัดเส้นทางพาหนะขนส่งใหม่ให้ลดการลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่าลง ซึ่งหากเป็นการจัดเส้นทางพาหนะขนส่งเพื่อจัดส่งสินค้าเพียงอย่างเดียวเรียกว่า Line-Haul แต่ถ้ามีสินค้าบางอย่างที่ต้องรับกลับจากลูกค้าเพื่อส่งกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าเรียกว่า Backhaul หรือถ้าหากนำปัญหาทั้งสองรูปแบบมาผสมผสานกันเรียกว่า

Linehaul และ Backhaul ดังเช่นงานวิจัยของ De la Cruz และ Guidolin de Campos [25], สุรพงศ์ และ สุนารินทร์ [26], วติน [5] ในงานวิจัยของ ธาราธร และ ทันทวี [27] ที่ได้กล่าวว่าการลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่าในขากลับนอกจากช่วยลดต้นทุนด้านการขนส่งแล้ว ยังเป็นการใช้ทรัพยากรได้อย่างคุ้มค่า ลดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมและพลังงาน รวมถึงเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้กับองค์กร แต่จากสถานการณ์ปัจจุบันที่ผ่านมากลับพบว่าการใช้ระบบการจัดการรถเที่ยวกลับมีการใช้งานอยู่ในวงจำกัด ในโครงการที่พัฒนาขึ้นมาโดยหน่วยงานภาครัฐแต่ก็ยังไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร จากผลการวิจัยพบว่าปัญหาหลักในการดำเนิน โครงการการลดการวิ่งรถเที่ยวเปล่าในขากลับ ได้แก่ ความน่าเชื่อถือของระบบ และความน่าเชื่อถือของผู้ใช้งานระบบ [4]

ในงานวิจัยของ ฌกร [10] ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการจัดเส้นทางเดินรถ กล่าวไว้ว่าปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเป็นปัญหาการตัดสินใจที่มีความซับซ้อนใน ระดับเอ็นพีฮาร์ด (NP-Hard Problem) การหาผลเฉลยที่เหมาะสมด้วย วิธีแม่นยำตรง (Exact Method) จึงกระทำได้ยากโดยเฉพาะ เมื่อปัญหามีขนาดใหญ่และมีเงื่อนไขเพิ่มมากขึ้น จะมีความยากในการสร้างรูปแบบของการหาคำตอบและใช้ระยะเวลาในการประมวลผลที่นาน แต่จะให้คำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) ซึ่งวิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) ใช้ระยะเวลาในการคำนวณน้อยกว่า แต่ก็ให้คุณภาพของคำตอบด้อยกว่าวิธีแม่นยำตรง [12] ซึ่งโดยส่วนใหญ่การพัฒนาวิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหา FLP (Facility Location Problem) เป็นการพัฒนาวิธีการแก้ปัญหามารูปแบบฮิวริสติกส์ เนื่องจากความยากและความซับซ้อนทางคณิตศาสตร์ของปัญหา

นอกจากนี้นักวิจัยบางท่านยังทำการทดสอบเปรียบเทียบกับ การจัดเส้นทางแบบเดิมด้วยวิธีหาคำตอบรูปแบบต่างๆ เช่น ในงานวิจัยของ ดันติกร พิษณุพิบูล และ เรืองศักดิ์ แก้วธรรมชัย [29] ได้เปรียบเทียบกับ การจัดเส้นทางแบบเดิมด้วยวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัดพบว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัดประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด โดยใช้เวลาประมวลผล 250 วินาที ต่อการประมวลผล 120 ตัวอย่าง ไฟโรจน์, อนันท์ชัย และ สุนารินทร์ [8] ทำการหาเส้นทางที่เป็นคำตอบโดยใช้ วิธีการแบ่งพื้นที่ออกเป็นกลุ่มก่อนจัดเส้นทาง (Cluster-First Route-Second) แล้วจึงใช้วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมีการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 6 โซน โดยใช้รถจีเอ็มซี 1 คันต่อโซน พบว่าเส้นทางที่ได้จากวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดมีระยะทางรวมที่น้อยกว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด ซึ่งผลการทดสอบดังกล่าวข้างต้นแตกต่างจากก นกวรรณ , นัทพงศ์ และ ระพีพันธ์ [17] ที่ศึกษาเปรียบเทียบเส้นทางการเดินทางไปทำการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ทางการแพทย์ในโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล จำนวน 316 แห่งใน 25 อำเภอที่พบว่า วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดช่วยลดค่าใช้จ่ายได้ 8.33% ส่วนวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดช่วยลดค่าใช้จ่าย 3.20% แต่เมื่อมีการปรับปรุงวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดให้เหมาะสมต่อรูปแบบการเดินทางหรือโมดิฟายอัลกอริทึมแบบประหยัดจะช่วยลดค่าใช้จ่าย 42.31% แสดงให้เห็นว่าการปรับโครงสร้างของวิธีการคำนวณส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ได้เป็นอย่างดี

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้จำลองข้อมูลที่มีลักษณะการจัดเส้นทาง โดยใช้วิธีฮิวริสติก เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

จากศึกษาการจัดเส้นทางรถขนส่งปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา โดยทดสอบรถพ่วงที่ใช้ในการขนส่งสินค้าเทกองและกระสอบจำนวน 1 คัน มีจำนวนจุดต้นทางและปลายทางทั้งหมด 12 แห่ง ซึ่งลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดจุดต้นทางและปลายทางในการขนส่ง เนื่องจากการใช้รถพ่วงที่มีลักษณะการขนส่งแบบเต็มคัน (Full Truck Load) ปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าจึงระบุเป็นเที่ยว และเมื่อทำการขนส่งสินค้าเสร็จสิ้นแล้วรถพ่วงไม่จำเป็นต้องเดินทางกลับไปยังต้นทางใดต้นทางหนึ่ง สามารถที่จะรอรับงานต่อไป ที่จุดปลายทางสุดท้ายตามรูปแบบการขนส่งแบบ OVRP (Open Vehicle Routing Problems) เส้นทางบางส่วนที่ซ้อนทับกัน มีระยะทางในการขนส่งที่มาก การแก้ปัญหาจะทำการรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์พนักงานของบริษัทถึงเส้นทางปัจจุบันสำหรับรถขนส่งประเภทรถพ่วง สถานที่ของลูกค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และหาระยะทางในการขนส่งในแต่ละสถานที่ของลูกค้ารวมทั้งโรงงานและท่าเรือ ทำให้ทราบว่ายานพาหนะใน 1 เดือนซึ่งมีจำนวนงานทั้งสิ้น 15 งาน ดังตารางที่ 1 คิดเป็นระยะทางการขนส่งที่มีสินค้ารวม 2,438.4 กิโลเมตร และมีงานที่ต้องไปรับและส่งสินค้าสู่ที่หมายเดียวกันซ้ำกัน และมีระยะทางในการขนส่งที่ไม่มีสินค้าเดิมอยู่ที่ 1679.6 กิโลเมตร และสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะทางดังตารางที่ 2 ซึ่งใช้แผนที่จาก google map ช่วยในการหาระยะทางดังกล่าว หลังจากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลการจัดเส้นทางรถของ บริษัทกรณีศึกษา

ตารางที่ 1 ต้นทาง-ปลายทาง และ จำนวนงานที่ลูกค้ากำหนด

ต้นทาง - ปลายทาง	จำนวนงาน
ลำปลายมาศ - วังแดง	3
ท่าเรือ - โคกตูม	2
ท่าเรือ - หนองแค	1
นครหลวง - ท่าเรือ	1
นครหลวง - โคกตูม	2
นครหลวง - โคราซ	2
นครหลวง - พิษณุโลก	1
รง.น้ำมันพืชไทย - โคราซ	1
ท่าเรือบางปะกง - บางนา	1
ท่าเรือบางปะกง - ปักธงชัย	1
รวม	15

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ศึกษาข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษาแล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ตำแหน่ง ต้นทางแรกของรถพ่วง จำนวนต้นทางปลายทางรวมถึงระยะทางของสถานที่แต่ละจุดทั้งหมด 12 แห่ง ดังตารางที่ 2 มีต้นทางที่จะต้องไปรับสินค้าและปลายทางที่จะต้องไปส่งสินค้าที่ลูกค้าจะเป็นผู้ กำหนด รวมถึงจำนวนเที่ยวในการขนส่งสินค้าที่แตกต่างกันในแต่ละงาน ประกอบกับความสามารถ ในการบรรทุกได้ของรถพ่วงคือ 30,000 กิโลกรัม ซึ่งการขนส่งสินค้าเป็นแบบเต็มคันรถจึงระบุเป็น เที่ยว เมื่อทำการจัดเส้นทางได้จนครบแล้ว จึงนำเส้นทางแต่ละเส้นทางมาจัดใหม่โดยใช้วิธีทางฮิวริ สติก Nearest Neighbor Algorithm และ Saving Algorithm โดยสามารถจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า ได้ ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 2 ระยะห่างระหว่างจุดหมายปลายทาง (กิโลเมตร)

สถานที่	นครหลวง	ท่าเรือ	น้ำมันพืชไทย	บางปะกง	บางนา	โคราช	ปักธงชัย	หนองแค	โคกตูม	พิษณุโลก	ลำปลายมาศ	วังแดง
นครหลวง	0	19.8	123	144	118	174	172	40.3	45.6	311	308	11.6
ท่าเรือ	19.8	0	141	161	142	158	155	43.2	29.5	309	279	13.4
น้ำมันพืชไทย	123	141	0	171	90	270	268	128	174	401	391	128
บางปะกง	144	161	171	0	30.2	302	300	148	206	438	358	157
บางนา	118	142	90	30.2	0	269	267	128	168	413	403	133
โคราช	174	158	270	302	269	0	43.6	151	169	384	163	168
ปักธงชัย	172	155	268	300	267	43.6	0	153	171	437	162	170
หนองแค	40.3	43.2	128	148	128	151	153	0	65.4	331	282	50
โคกตูม	45.6	29.5	174	206	168	169	171	65.4	0	283	291	48
พิษณุโลก	311	309	401	438	413	384	437	331	283	0	480	309
ลำปลายมาศ	308	279	391	358	403	163	162	282	291	480	0	322
วังแดง	11.6	13.4	128	157	133	168	170	50	48	309	322	0

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เส้นทางตามวิธีการฮิวริสติกส์ ของวิธีการเส้นทางเดิม และ อัลกอริทึมแบบประหยัด 3 จุด

เส้นทางเดิม (Original)		อัลกอริทึมแบบประหยัด 3 จุด	
ลำปลายมาศ-วังแดง	322	ลำปลายมาศ-วังแดง	322
วังแดง-ลำปลายมาศ	322	วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6
ลำปลายมาศ-วังแดง	322	นครหลวง(ข้าวสาร)-พิษณุโลก	311
วังแดง-ท่าเรือ	13.4	พิษณุโลก-ลำปลายมาศ	480
ท่าเรือ-โคกตูม	29.5	ลำปลายมาศ-วังแดง	322
โคกตูม-ท่าเรือ	29.5	วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6
ท่าเรือ-หนองแค(สัตว์บก)	43.2	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174
หนองแค(สัตว์บก)-นครหลวง(ข้าวสาร)	40.3	โคราช-ลำปลายมาศ	163
นครหลวง(ข้าวสาร)-ท่าเรือ	19.8	ลำปลายมาศ-วังแดง	322
ท่าเรือ-ท่าเรือ	0	วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6
ท่าเรือ-โคกตูม	29.5	นครหลวง(ข้าวสาร)-ท่าเรือ	19.8
โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6	ท่าเรือ-ท่าเรือ	0
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6	ท่าเรือ-หนองแค(สัตว์บก)	43.2
โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6	หนองแค(สัตว์บก)-ท่าเรือบางปะกง1	148
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174	ท่าเรือบางปะกง1-ปักธงชัย	300
โคราช-นครหลวง(ข้าวสาร)	174	ปักธงชัย-ท่าเรือ	155
นครหลวง(ข้าวสาร)-พิษณุโลก	311	ท่าเรือ-โคกตูม	29.5
พิษณุโลก-นครหลวง(ข้าวสาร)	311	โคกตูม-ท่าเรือ	29.5
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174	ท่าเรือ-โคกตูม	29.5
โคราช-นครหลวง(ข้าวสาร)	174	โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174
โคกตูม-รง.น้ำมันพืชไทย	174	โคราช-รง.น้ำมันพืชไทย	270
รง.น้ำมันพืชไทย-โคราช	270	รง.น้ำมันพืชไทย-โคราช	270
โคราช-ลำปลายมาศ	163	โคราช-นครหลวง(ข้าวสาร)	174
ลำปลายมาศ-วังแดง	322	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6

ตารางที่ 3 (ต่อ)

เส้นทางเดิม (Original)		อัลกอริทึมแบบประหยัด 3 จุด	
วังแดง-ท่าเรือบางปะกง1	157	โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6
ท่าเรือบางปะกง1-บางนา	30.2	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6
บางนา-ท่าเรือบางปะกง1	30.2	โคกตูม-ท่าเรือบางปะกง1	206
ท่าเรือบางปะกง1-ปักธงชัย	300	ท่าเรือบางปะกง1-บางนา	30.2
รวม	4118	รวม	4189.9

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เส้นทางตามวิธีการฮิวริสติกส์ ของอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด และวิธีการเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด

อัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด		วิธีการเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด	
ลำปลายมาศ-วังแดง	322	ลำปลายมาศ-วังแดง	322
วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6	วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6
นครหลวง(ข้าวสาร)-ท่าเรือ	19.8	นครหลวง(ข้าวสาร)-ท่าเรือ	19.8
ท่าเรือ-ท่าเรือ	0	ท่าเรือ-ท่าเรือ	0
ท่าเรือ-หนองแค(สัตว์บก)	43.2	ท่าเรือ-โคกตูม	29.5
หนองแค(สัตว์บก)-ลำปลายมาศ	282	โคกตูม-ท่าเรือ	29.5
ลำปลายมาศ-วังแดง	322	ท่าเรือ-โคกตูม	29.5
วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6	โคกตูม-ท่าเรือ	29.5
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174	ท่าเรือ-หนองแค(สัตว์บก)	43.2
โคราช-ลำปลายมาศ	163	หนองแค(สัตว์บก)-นครหลวง(ข้าวสาร)	40.3
ลำปลายมาศ-วังแดง	322	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6
วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6	โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6
นครหลวง(ข้าวสาร)-พิษณุโลก	311	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6
พิษณุโลก-รง.น้ำมันพืชไทย	401	โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6
รง.น้ำมันพืชไทย-โคราช	270	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174
โคราช-ท่าเรือ	158	โคราช-ลำปลายมาศ	163
ท่าเรือ-โคกตูม	29.5	ลำปลายมาศ-วังแดง	322
โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6	วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6	นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174
โคกตูม-ท่าเรือ	29.5	โคราช-ลำปลายมาศ	163
ท่าเรือ-โคกตูม	29.5	ลำปลายมาศ-วังแดง	322
โคกตูม-นครหลวง(ข้าวสาร)	45.6	วังแดง-นครหลวง(ข้าวสาร)	11.6
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคราช	174	นครหลวง(ข้าวสาร)-พิษณุโลก	311
โคราช-นครหลวง(ข้าวสาร)	174	พิษณุโลก-รง.น้ำมันพืชไทย	401
นครหลวง(ข้าวสาร)-โคกตูม	45.6	รง.น้ำมันพืชไทย-โคราช	270
โคกตูม-ท่าเรือบางปะกง1	206	โคราช-ท่าเรือบางปะกง1	302
ท่าเรือบางปะกง1-บางนา	30.2	ท่าเรือบางปะกง1-บางนา	30.2
บางนา-ท่าเรือบางปะกง1	30.2	บางนา-ท่าเรือบางปะกง1	30.2
ท่าเรือบางปะกง1-ปักธงชัย	300	ท่าเรือบางปะกง1-ปักธงชัย	300
รวม	4008.1	รวม	3722.9

จากตารางที่ 3 และ 4 พบว่าในการจัดเส้นทางเดินรถตามวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดส่งผลให้ระยะทางรวมที่รถบรรทุกต้องใช้ในการขนส่งสินค้ามีระยะทางสั้นที่สุด คือ 3,722.9 กิโลเมตร รองลงมาคือวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด วิธีการจัดเส้นทางแบบเดิม และอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 จุดตามลำดับ โดยมีระยะทาง 4,008.1 4118.0 และ 4189.9 กิโลเมตร ตามลำดับ และมีสัดส่วนร้อยละของระยะทางที่ไม่บรรทุกสินค้าคือ 34.50 39.16 40.79 และ 41.80 ดังตารางที่ 5

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด นั้นให้ผลลัพธ์ดีกว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 จุด สำหรับกรณีตัวอย่างที่ศึกษาแสดงให้เห็นว่าสมควรเลือกใช้วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด ในการเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์เส้นทางตามวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

ตารางที่ 5 สัดส่วนของการบรรทุกสินค้าในการขนส่ง

วิธีการ	ระยะทางรวม	ระยะทางที่ไม่บรรทุกสินค้า	สัดส่วน
เส้นทางเดิม	4,118	1,680	40.79
อัลกอริทึมแบบประหยัด 3 จุด	4,189.9	1,752	41.80
อัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด	4,008.1	1,570	39.16
วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด	3,722.9	1,285	34.50

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการจัดเส้นทางใหม่โดยใช้รูปแบบทางฮิวริสติกตามวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด และเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด กับข้อมูลตัวอย่างการขนส่งภายใน 1 เดือนที่มีงานขนส่งสินค้า 15 งาน โดยมีรถขนส่ง 1 คัน พบว่าวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดให้ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถที่ดีที่สุด เกิดการเสียเปล่าในการเดินรถหรือระยะทางที่ไม่มีการบรรทุกสินค้าน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเหมาะสมกับข้อมูลที่มีทางเลือกจำนวนน้อย สอดคล้องกับงานวิจัยของกนกวรรณ, นัทธพงศ์ และ ระพีพันธ์ ที่พบว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดสามารถลดค่าใช้จ่ายได้มากกว่าวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดเดิมก่อนการปรับโมดิฟาย [17]

นอกจากนี้ยังพบว่ารูปแบบการขนส่งสินค้าไป-กลับหรือการขนส่งสินค้าแบบเทกอง วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด นั้นดีกว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 จุด เนื่องจากอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 จุด มีลักษณะเป็นเลขคู่เหมาะกับการขนส่งแบบเทกองที่ถ่ายสินค้าลงทั้งหมด ณ จุดหมายปลายทางและต้องวิ่งกลับมารับสินค้าใหม่แบบเต็มคันรถซึ่งทำให้รอบการวิ่งของรถนั้นเป็นเลขคู่ตามขาไปและขากลับ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภักดี, นัทธพงศ์, นันทสำเร้ง และระพีพันธ์ ปิตาคะโส ที่พบว่าการปรับปรุงวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่าการใช้วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัดโดยตรง [17]

เอกสารอ้างอิง

- [1] Khon Kaen Waleewong. The problem of building cooperation in trucking by truck. Doctoral degree dissertation, King Mongkut's University of Technology Thonburi, 2004. (in Thai)
- [2] Barker, H.H., Sharon, E.M. and Sen, D.K. From freight flow and cost patterns to greater profitability and better service for a motor carrier. *Interfaces*. 11(6): 4-20. 1981.
- [3] Kwankaw Methraptaweekun. Capacitated dynamic vehicle routing problem with multiple depots. Master's degree dissertation, Industrial Engineering. Chulalongkorn University, 2013. (in Thai)
- [4] Arupip Charupat and P Wiunchaowitwong. Open Road Route Support System. Master's degree dissertation, Faculty of Engineering. Chulalongkorn University, 2012. (in Thai)
- [5] Vasin Yomchunpunpong. Backhaul efficiency improvement: flatbed semi-trailer. *Journal of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*, 31(1). 2012. (in Thai)
- [6] Nuchrudee Sangvongprasert. Transportation management of Ekachai. Master's Degree dissertation, Business Administration. Chulalongkorn University. 2005. (in Thai)
- [7] Keatkulchai Chituur. Vehicle Routing Problem with Stochastic Demand. *Journal of Air Navigation, Science and Technology*, 13(13). 2017. (in Thai)
- [8] Pairoj Saendee, Anantachai Chamnanmor, and Sunarin Chanta. The study of the route of transporting the flood victims from hazardous areas at high water level, Case Study: Tambon Lat Sawai, Lamlukka District, Pathum Thani Province. *Journal of Industrial Education* 8(1). 2014. (in Thai)
- [9] Rattakorn Taengsaengjan. An ant colony optimization for vehicle routing problem with time windows and shift time limit. Master's degree dissertation, engineering in industrial development. Thammasat University. 2015. (in Thai)
- [10] Nakorn Inpayong. Discrete optimization in transport and logistics. Se-education public co., It: Bangkok. 2005. (in Thai)
- [11] G. Laporte, Y. Nobert and M. Desrochers. "Optimal Routing under Capacity and Distance Restriction." *Operation Research* 33(5): 1050-1073, 1985.
- [12] Snyder, L.V., Facility Location under Uncertainty, *IIE Transactions*. 38:537-554. 2006.

- [13] Pratch Boonsam, Nunti Sutthikarnnarunai and Wanchai Ratanawong. Cargo grouping and routing, Transportation with Multiple Distribution Centers: A Case Study of Cash Transfers. UTCC Engineering Research Papers, 2011.
- [14] Chuleekorn Chanasit, Sorawich Yaowsuwanchai. Development of freight forwarding program, Case Study Service Provider Freight business. WMS Journal of Management, Walailak University 2(1). 2013. (in Thai)
- [15] Clarke, G., and Wright, J. "Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points." Operation Research, 1964.
- [16] Pichaya Kongkaew and Thananya Wasusri. Heuristic; Routing; Pickup and Delivery; Visual Basic Application (VBA). Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok, 27(1). 2017. (in Thai)
- [17] Kanokwan Supakdee, Nutthapong Nantasamroeng and Rapeepan Pitakaso. Solving a Vehicle Routing Problem for Medical Equipment Maintenance by Saving Algorithms : A Case Study of Ubon Ratchathani Provincial Health Office. Journal of Narathiwat Rajanagarindra 7(2). 2015. (in Thai)
- [18] JE BEASLEY, Route first-Cluster second method for vehicle routing. Omega V.11, No 4, pp 403-408, 1983.
- [19] Thitinon Srisuwandee, Rapeepan Pitakaso. Solving Vehicle Routing Problem by Using Ant Colony Optimization Case Study in Jiaranai Drinking Water Company. KRU Res.Journal, 17(5):706-714, 2012.
- [20] Pramote Supetch et al. National Conference on Research in Operations Research Ramkhamhaeng University Huamark, Bangkok. 2007. (in Thai)
- [21] Ubonrat Teerathanakom. Heuristic Approach for Multi-depot Vehicle Routing Problem. Master's degree dissertation, Industrial Engineering, Kasetsart University, 2008
- [22] Pimchanok Tamnong. The transport of goods from a single delivery point. Comparative Heuristics and Genetic Methods. Master's degree dissertation. Naresuan University. 2009. (in Thai)
- [23] Nakorn Chaiwongsakda et. al. Vehicle Routing by Using a Saving Algorithm and the Traveling Salesman Problem: A Case Study of a Drinking Water Factory". Thai Journal of Research,3(1). Chiang Rai Rajabhat University. 2015. (in Thai)

- [24] Gregory Shakhnarovich, Trevor Darrell, Piotr Indyk. "Nearest-Neighbor Methods in Learning and Vision: Theory and Practice (Neural Information Processing series)". The MIT Press, 2006.
- [25] J.J. De la Cruz, C.D. Paternina-Arboleda, V. Cantillo and J. R. Montoya-Torres, "A twophormone trail ant colony system-tabu search approach for the heterogeneous vehicle routing problem with time windows and multiple products", Journal of Heuristics 19(2): 233-252, 2013.
- [26] Surapong Pongdamrongsakda and Sunarin Chanta. Both trips to and return. A case study of logistics service providers. Thai Journal of Operational Research, 5(1). 2560. (in Thai)
- [27] Tarathon Phacharathiti, Thanrawee Sunsiri. MUT Journal of Business Administration Review. 6(1). 2016 (in Thai)
- [28] Baldacci, R., N. Christofides, A. Mingozzi. An exact algorithm for the vehicle routing problem based on the set partitioning formulation with additional cuts. Math Programming 115(2): 351–385, 2008.
- [29] Tantikorn Phichpi boon and Roengsak Kaewthamchai. Study on Appropriate Approach to Carriage of Freight. Annual Conference on Supply Chain Management and Logistics, round 7, 2007. (in Thai)



ประวัติผู้เขียนบทความ พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-Mail: tounjgm@gmail.com



ประวัติผู้เขียนบทความ เปรมพร เขมาวุฒม์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-Mail: ppm@kmutnb.ac.th