

การจัดเส้นทางขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภท
เทกองและกระสอบ กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง

**VEHICLE ROUTING ARRANGEMENT OF HEAVY TRUCKS FOR BULK
AND SACK PRODUCTS: A CASE STUDY OF TRANSPORTATION
COMPANY**

พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์¹ และ เปรมพร เขมาวุฒ²

¹นักศึกษา, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.ประชาราษฎร์ เขตบางซื่อ
กรุงเทพฯ 10800, tounghjm@gmail.com

²อาจารย์, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถ.ประชาราษฎร์ เขตบางซื่อ
กรุงเทพฯ 10800, ppm@kmutnb.ac.th

Pitch Phanphiphat¹ and Premporn Khemavuk²

¹Student, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University Technology North Bangkok, 1518 Pracharat Rd. Khet Bang Sue
Bangkok 10800, Thailand, tounghjm@gmail.com

² Lecturer, Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut's University Technology North Bangkok, 1518 Pracharat Rd. Khet Bang Sue
Bangkok 10800, Thailand, ppm@kmutnb.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการจัดเส้นทางของรถบรรทุกเพื่อลดระยะทางในการขนส่งที่ไม่มี
สินค้าในการขนส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ มีต้นทางในการขึ้นสินค้าที่หลากหลาย
(Multiple Depot VRP) บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผู้ให้บริการขนส่งซึ่งมีตำแหน่งต้นทางและ
ปลายทางที่เป็นท่าเรือและโรงงานทั้งหมด การทดลองได้กำหนดตำแหน่งของโรงงานและท่าเรือ
รวม 12 แห่ง ทดสอบด้วยรถบรรทุกจำนวน 1 คัน งานวิจัยได้ทำการเปรียบเทียบการจัดเส้นทาง
การขนส่งแบบเดิม และได้เปรียบเทียบกับวิธีทางฮิวริสติก (Heuristic) โดยใช้วิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด
และวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (แบบประยุกต์) จากผลการศึกษาสรุปได้ว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดมี

ระยะทางขนส่งที่สั้นที่สุด โดยการจัดเส้นทางขนส่งแบบเดิมมีระยะการขนส่งโดยรวมอยู่ที่ 4,118 กิโลเมตร มีสัดส่วนการขนส่งแบบไม่มีสินค้าอยู่ที่ 40.79 % ส่วนการจัดเส้นทางขนส่งวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดมีระยะการขนส่งโดยรวมอยู่ที่ 3,722.9 กิโลเมตร ซึ่งมีการขนส่งแบบไม่มีสินค้าอยู่ที่ 34.50 % และการจัดเส้นทางขนส่งวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (ประยุกต์) แบบ 4 ช่วง มีระยะการขนส่งโดยรวมอยู่ที่ 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 bulk & sack product, which have multiple depot VRP. The case study was a transportation company, that has the source and destination locations are all ports and factories. The experiment chose total of 12 factories and ports with one transport truck to be case study. This research compared the original transport routes with the Heuristic method using the nearest 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 and the saving algorithm has a total transit distance of 4,008.1 km, with 39.16% was non-freighter.

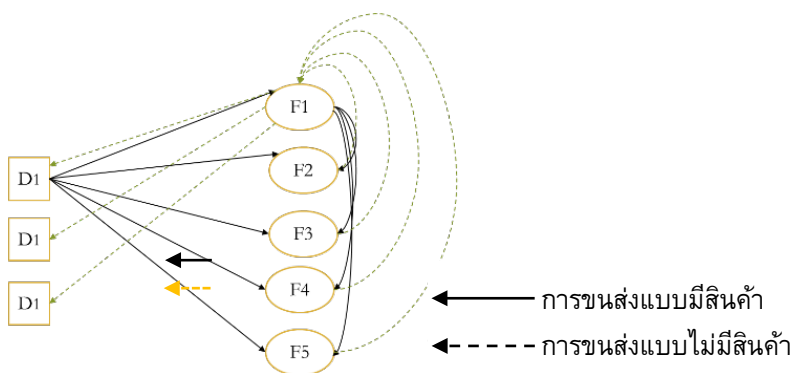
KEYWORDS: Transportation, Routing, Saving Algorithm, Nearest Neighbor Method

1. บทนำ

ปัจจุบันระบบโลจิสติกส์มีบทบาทสำคัญเป็นอย่างยิ่งในระบบเศรษฐกิจภายในประเทศ ไม่ว่าจะเป็นทางด้านการขนส่งหรือด้านคลังสินค้า ผู้ประกอบการที่มีส่วนเกี่ยวข้องต่างพัฒนาระบบการจัดการ เพื่อที่จะลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันกับผู้ประกอบการรายอื่นๆ ทั้งทางด้านราคาและคุณภาพในการให้บริการ

บริษัทกรณีศึกษาเป็นบริษัทผู้ให้บริการในการขนส่งสินค้า มีรถบรรทุกประเภทต่างๆ กว่า 1,500 คัน ในจำนวนนั้นมีรถประเภท พ่วงจำนวน 370 คันที่ใช้สำหรับขนส่งสินค้าทางเกษตร โดยรถพ่วงมีหน้าที่ขนส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ จากท่าเรือไปยังโรงงาน และขนส่งระหว่างโรงงานต่างๆ ให้กับลูกค้า การขนส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบนั้นจะใช้รถขนส่งประเภทรถพ่วง ที่มีลักษณะการขนส่งแบบเต็มคัน (Full Truck Load) [1, 2] และมีคลังสินค้าหลาย

แห่ง (Multiple Depot VRP) [3] โดยรถขนส่งสินค้าจากต้นทางไปยังปลายทางต่างๆ ลูกค้าจะเป็นผู้กำหนด และไม่สามารถรับหรือส่งสินค้าเพิ่มระหว่างทางได้จนกว่าจะถึงช่วงหมายปลายทางและทำการขนส่งเสร็จสิ้น อีกทั้งเมื่อทำการขนส่งเสร็จสิ้นรถไม่จำเป็นต้องกลับไปยังช่วงเริ่มต้นเดิม (Open Vehicle Routing Problems) [4] เป็นหน้าที่ของผู้จัดงานที่จะจัดลำดับการขนส่งแต่ละครั้งเพื่อให้รถบรรทุกกลับมารับสินค้าที่ทำเรือหรือโรงงานต่างๆ ตามงานที่ลูกค้าได้กำหนด แต่การที่รถบรรทุกจะวิ่งกลับมารับงานนั้นจะเกิดระยะทางเที่ยวเปล่า หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่าระยะทางเที่ยวกลับ (Backhaul) [5, 6] ซึ่งเป็นระยะการวิ่งที่ไม่มีสินค้าในการบรรทุก



รูปที่ 1 รูปแบบการขนส่งแบบมีสินค้าและไม่มีสินค้า

ทั้งนี้ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาแบบจำลองฮิวริสติก (Heuristic) เพื่อที่จัดลำดับการมีขนส่งของรถฟ่วงตามเงื่อนไขที่ทางผู้วิจัยได้กำหนด ให้ความสอดคล้องกับสภาวะการขนส่งจริง เพื่อลดระยะทางการขนส่งของรถบรรทุกที่ไม่มีสินค้าซึ่งเป็นต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าทางเศรษฐกิจ และเป็นแนวทางในการพัฒนาการจัดเส้นทางของบริษัทกรณีศึกษาต่อไป

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้นำเสนอทฤษฎีที่ใช้ในงานวิจัยรวมไปถึงศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ปัญหาการวางแผนการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์รูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต้นทุนการดำเนินการทั้งในเรื่องของต้นทุนเครื่องจักร ที่ใช้ค่าแรงงานในการปฏิบัติงาน รวมถึงต้นทุนพลังงานสำหรับการดำเนินการ การจัดเส้นทางรถ (Vehicle Routing) จึงเป็นวิธีที่ผู้ปฏิบัติการด้านโลจิสติกส์ใช้เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งและระยะเวลาโดยการค้นหาเส้นทางที่สั้นลง ซึ่งหมายถึงการใช้ค่าน้ำมันและค่าแรงของพนักงานจัดส่งที่ลดลง ซึ่งการเลือกรูปแบบเส้นทางรถที่เหมาะสมนั้นมีความยากเนื่องจากมี

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องค่อนข้างมากเช่นระยะทางแต่ละหน่วยอยู่ห่างกัน จำนวนพาหนะ ปริมาณสินค้าที่ขนส่งได้ การจราจร สภาพถนน การตรวจสอบในแต่ละการขนส่งที่มีเหตุทำให้ใช้เวลาเพิ่ม [7] ด้วยเหตุนี้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถจึงถูกนำมาใช้ในการแก้ปัญหาเกี่ยวกับการขนส่งในหลายรูปแบบ เช่น ปัญหากระจายสินค้าจาก คลังสินค้าไปยังลูกค้า การขนส่งวัตถุดิบจากแหล่งผลิตเข้าไปยังโรงงาน การวางแผนเส้นทางรถรับส่งนักเรียนของรถโรงเรียน เป็นต้น [8]

การแก้ปัญหาการวางแผนการขนส่งให้เกิดค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด จะแบ่งวิธีการแก้ปัญหาเป็น 3 แบบ ได้แก่ [9]

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

2) วิธีการแก้ปัญหาแบบ Constructive Approach จะเป็นวิธีการแก้ปัญหาที่สร้างขึ้นมา เพื่อแก้ปัญหการวางแผนการขนส่งโดยเฉพาะ ไม่สามารถนำไปแก้ปัญห่อื่นได้ด้วยวิธีการนี้ และไม่รับรองผลคำตอบของปัญหา เพราะคำตอบที่ได้จะเป็นคำตอบจากการประมาณ

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

ซึ่งในงานวิจัยเลือกใช้รูปแบบการค้นหาคำตอบโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์ซึ่งเป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีขนาดเล็ก รวมถึงข้อมูลตัวแปรที่ใช้ในการค้นหาคำตอบของงานวิจัยทุกข้อมูลสามารถแทนค่าได้ด้วยตัวเลขที่แน่นอนไม่จำเป็นต้องใช้การคาดการณ์เหตุการณ์ที่ไม่แน่นอนที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ทำให้คำตอบที่จะได้รับมีความแม่นยำสูง โดยวิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของคำตอบที่ได้ ได้แก่

2.1 วิธีแม่นยำตรง (Exact Method)

วิธีแม่นยำตรงหรือวิธีการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) เป็นวิธีการหาคำตอบที่อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ซึ่งคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal Solution) โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบของกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) ตัวแปรตัดสินใจ ได้แก่ เส้นทาง ในแต่ละช่วง มีค่าเป็นจำนวนเต็ม ในที่นี้คือ ค่า 0 หรือ 1 วิธีการแก้ปัญหานั้น ได้แก่ วิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound) แต่มี ข้อจำกัดในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่จะใช้เวลาในการหาคำตอบนาน [10-12]

2.2 วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่อาศัยหลักของการประมาณ (Approximation algorithm) มีความรวดเร็วในการประมวลผลและสามารถการแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง โดยกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้นมาเพื่อหาคำตอบผ่านกระบวนการทำงานที่จะวนทำซ้ำแล้วจะหยุดทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขตามที่กำหนดไว้ ซึ่งคำตอบที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น โดยวิธีการคำนวณแบบฮิวริสติกส์ที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เช่น วิธี Nearest Neighbor Algorithm [13,14] วิธี Saving Algorithm [15-17] วิธี Sweep Method [17] วิธี Cluster-First Route-Second [8, 17] และวิธี Route-First Cluster-Second [18]

2.3 วิธีการเมตาฮิวริสติกส์ (Metaheuristic)

เป็นอีกวิธีการหนึ่งที่หาคำตอบโดยอาศัยหลักของการประมาณ โดยการหาคำตอบที่ดี (a good solution) สำหรับปัญหาที่ต้องการหาคำตอบที่ดีที่สุดที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการแก้ปัญหา วิธีการเมตาฮิวริสติกส์มักจะถูกใช้ในการหาคำตอบภายใต้การหาคำตอบที่ขึ้นอยู่กับเลขสุ่มเพื่อให้เกิดการค้นหาคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) ให้ง่ายที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่คำตอบที่ได้มาจากวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเหมือนคำตอบที่ได้จากวิธีแม่นยำ (Exact Method) แต่จะได้เป็นกลุ่มของคำตอบที่ดีที่สุด และใช้เวลาในการประมวลผลที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของปัญหา รวมถึงยังมีกระบวนการในการแก้ไขปัญหามากกว่าวิธีฮิวริสติกส์ ปัจจุบันมีวิธีการเมตาฮิวริสติกส์ต่างๆ มากมาย เช่น วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) [19, 20] วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) [21, 22] เป็นต้น

โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้วิธีฮิวริสติกส์ในการหาคำตอบของการวางแผนการขนส่ง ซึ่งในกรณีที่มีลูกค้าจำนวนมาก การหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วเลือกเอาเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุดเป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ เพราะจะต้องใช้เวลาในการคำนวณวิเคราะห์ยาวนานมากจนไม่ทันการณ์ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการอื่นๆ มาช่วยให้ได้คำตอบที่เร็ว โดยวิธีการหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเส้นทางเดินรถ ได้แก่ การจัดเส้นทางโดยค่าประมาณ (Approximation Methods) ซึ่งคำตอบของเส้นทางขนส่งที่ได้รับจากการใช้วิธีการนี้อาจจะไม่ดีที่สุดแต่จะได้คำตอบที่ดีพอภายในระยะเวลาที่ไม่นานมากและสามารถนำไปใช้งานได้ทันเวลา [7] วิธีการจัดเส้นทางโดยค่าประมาณนี้ยังมีอีกหลากหลายวิธีซึ่งคำตอบที่ได้รับจากแต่ละวิธีอาจจะมีคุณภาพแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะรายละเอียดของปัญหาแต่ละกรณี

วิธีที่ได้รับความนิยมและเข้าใจง่ายในการจัดการเส้นทางตามรูปแบบฮิวริสติกส์ คือวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด (Nearest Neighbor Algorithm) ที่เสนอโดย Clarke and Wright [15] ซึ่งได้พิจารณาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มี

ความต้องการของลูกค้าหลายรายกับยานพาหนะมีความจุหลายขนาดส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียวให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด โดยผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้คือทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่งและปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดยสามารถสรุปวิธีในการดำเนินงานในแต่ละวิธี ดังนี้

1) วิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด มีขั้นตอน [23] คือ

1.1) เลือกช่วงเริ่มต้นจากคลังสินค้าขึ้นมาหนึ่งปุมให้เป็นปุมที่หนึ่ง

1.2) คำนวณค่าของระยะเวลา, ระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ประหยัด (Saving Cost, S_{ij})

$$\text{Saving Cost } S_{ij} = C_{iD} + C_{Dj} - C_{ij} \quad (1)$$

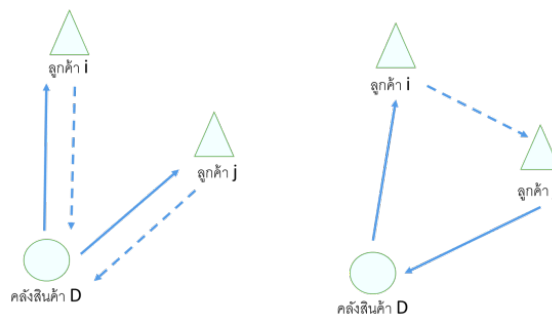
เมื่อ i, j คือลูกค้า และ D คือคลังสินค้า

1.3) เรียงลำดับค่า S_{ij} จากมากไปหาน้อย

1.4) สร้างเส้นทางของยานพาหนะโดยเชื่อมปุม 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

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

ค่า Saving $S(i,j)$ ที่ได้ คือระยะทางที่สามารถลดได้ 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 มีวิธีในการดำเนินงาน [24] คือ

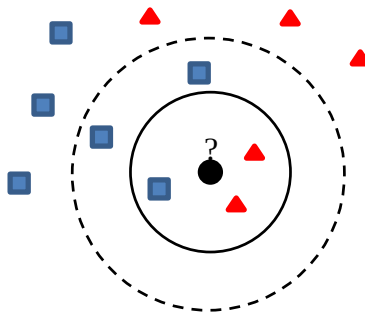
2.1) กำหนดขนาดของ K (ควรกำหนดให้เป็นเลขคี่)

2.2) คำนวณระยะห่าง (Distance) ของข้อมูลที่ต้องการพิจารณากับกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง

2.3) จัดเรียงลำดับของระยะห่าง และเลือกพิจารณาชุดข้อมูลที่ใกล้ช่วงที่ต้องการพิจารณาตามจำนวน K ที่กำหนด

2.4) พิจารณาข้อมูลจำนวน k ชุด และสังเกตว่ากลุ่ม (class) ไหนที่ใกล้ช่วงที่พิจารณาเป็นจำนวนมากที่สุด

2.5) กำหนด class ให้กับช่วงที่พิจารณา (class) ที่ใกล้ช่วงพิจารณามากที่สุด



รูปที่ 3 วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

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

3. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้จำลองข้อมูลที่มีลักษณะการจัดเส้นทาง โดยใช้วิธีฮิวริสติก เพื่อนบ้านใกล้ที่สุด และวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (แบบประยุกต์) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การจัดเตรียมข้อมูล

จากการศึกษาการจัดเส้นทางรถขนส่งปัจจุบันของบริษัทรถตู้ศึกษา โดยทดสอบรถพ่วงที่ใช้ในการขนส่งสินค้าประเภทเทกองและกระสอบจำนวน 1 คัน ซึ่งเป็นสินค้าจำพวกวัตถุดิบอาหารสัตว์ที่มีอายุการเก็บรักษา 3-6 เดือนแล้วแต่ชนิดของวัตถุดิบ มีจำนวนจุดต้นทางและปลายทางทั้งหมด 12 แห่ง ซึ่งลูกค้าจะเป็นผู้กำหนดช่วงต้นทางและปลายทางในการขนส่ง ซึ่งรถพ่วงดังกล่าวมีลักษณะการขนส่งแบบเต็มคัน (Full Truck Load) โดยมีน้ำหนักบรรทุกรวมรอบละ 30 ตัน ปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้าจึงระบุเป็นเที่ยวหรือรอบในการขนส่ง และเมื่อทำการขนส่งสินค้าเสร็จสิ้นแล้วรถพ่วงไม่จำเป็นที่จะต้องเดินทางกลับไปยังต้นทางใดต้นทางหนึ่ง สามารถที่จะรองรับงานต่อไปที่ช่วงปลายทางสุดท้ายหรือช่วงต้นทางใหม่ตามรูปแบบการขนส่งแบบ OVRP (Open Vehicle Routing Problems) ซึ่งรูปแบบการขนส่งนี้ส่งผลให้เกิดเส้นทางรถขนส่งบางส่วนที่ซ้อนทับกัน และเกิดระยะทางในการขนส่งที่มากเกินไปจนเกิดความจำเป็น การเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับแก้ไขปัญหาก็เกิดขึ้นจึงต้องทำการรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์พนักงานของบริษัทเกี่ยวกับเส้นทางปัจจุบันสำหรับรถขนส่งประเภทรถพ่วง สถานที่ของลูกค้า ปริมาณการสั่งซื้อ และหาระยะทางในการขนส่งในแต่ละสถานที่ของลูกค้าระหว่างโรงงานและท่าเรือ

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลทำให้ทราบว่าภายใน 1 เดือน รถพ่วงของบริษัทที่ศึกษามีจำนวนงานทั้งสิ้น 15 งาน ดังตารางที่ 1 คิดเป็นระยะทางการขนส่งที่มีสินค้าน้ำรวม 2,438.4 กิโลเมตร มีงานที่ต้องไปรับและส่งสินค้าสู่ที่หมายเดียวกันซ้ำกัน และมีระยะทางในการขนส่งที่ไม่มีสินค้าเดิมอยู่ที่ 1679.6 กิโลเมตร รวมมีระยะทางในการขนส่งแบบเดิมทั้งหมด 4,118 กิโลเมตร ดังตารางที่ 3 โดยผู้วิจัยทำการสร้างเมตริกซ์ระยะทางระหว่างช่วงหมายของการขนส่งขึ้น ดังตารางที่ 2 จากการใช้แผนที่ google map ช่วยในการหาระยะทาง หลังจากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อจัดเส้นทางรถขนส่งของบริษัทรถตู้ศึกษา

ตารางที่ 1 ต้นทาง-ปลายทาง และ จำนวนงานที่ลูกค้ากำหนด

ต้นทาง - ปลายทาง	จำนวนงาน
ลำปลายมาศ - วังแดง	3
ท่าเรือ - โคกตูม	2
ท่าเรือ - หหนองแค	1

ตารางที่ 1 ถนนทาง-ปลายทาง และ จำนวนงานที่ลูกค้ำกำหนด (ต่อ)

ถนนทาง - ปลายทาง	จำนวนงาน
นครหลวง - ท่าเรือ	1
นครหลวง - โคกตูม	2
นครหลวง - โคราซ	2
นครหลวง - พิษณุโลก	1
ร.น้ำมันพืชไทย - โคราซ	1
ท่าเรือบางปะกง - บางนา	1
ท่าเรือบางปะกง - ปักธงชัย	1
รวม	15

ตารางที่ 2 ระยะห่างระหว่างช่วงหมายปลายทาง (กิโลเมตร)

สถานที่	นครหลวง	ท่าเรือ	น้ำมันพืชไทย	บางปะกง	บางนา	โคราซ	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
โคราซ	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

3.2 วิธีการวิเคราะห์

ในการวิเคราะห์ผลผู้วิจัยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์วิธีอัลกอริทึมเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดและวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด โดยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัดที่ใช้ในการวิเคราะห์ ได้กำหนดรูปแบบการศึกษาไว้ 2 แบบคือแบบ 3 ช่วงและ 4 ช่วง และนำวิธีทั้งหมดมาเปรียบเทียบกับวิธีการเดิม (Original) ที่ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งซึ่งบางครั้งอาจไม่ใช่วิธีที่ดีที่สุดที่ช่วยลดระยะทางในการขนส่งจึงต้องมีการปรับเปลี่ยน (Modify) ให้เหมาะสมต่อรูปแบบของข้อมูลที่มี [17] โดยอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 ช่วงหมายถึง ช่วงเริ่มต้นนำสินค้าไปส่งครั้งแรกที่จุด A ช่วงวิ่งรถเปล่ากลับมา

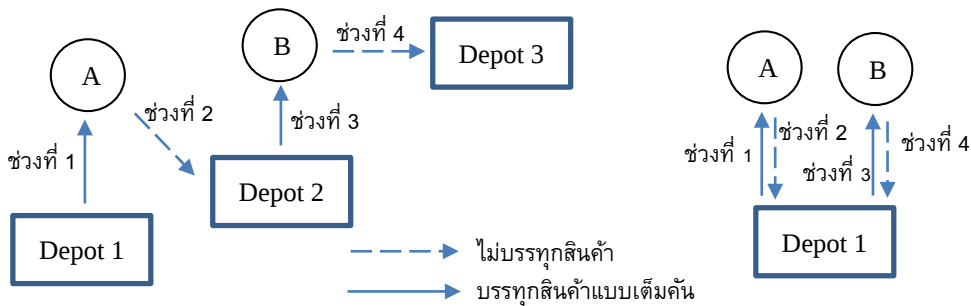
ของที่ Depot และช่วงเริ่มนำของไปส่งยังสถานที่สองที่จุด B ซึ่งสำหรับอัลกอริทึมแบบประหยัดแบบ 4 ช่วง จะเพิ่ม 1 ช่วง คือวิ่งรถเปล่ากลับมารับของรอบที่สอง ดังรูปที่ 4 (ซ้าย) โดยเนื่องจากการขนส่งสินค้าแบบ OVRP ที่มีหลายต้นทางการขนส่งสินค้าจึงอาจกลับมารับที่ต้นทางเดิมได้ด้วย ดังรูปที่ 4 (ขวา) รวมถึงบางครั้งอาจมีรูปแบบที่ต้องนำส่งสินค้าที่หมายปลายทางเดิมซ้ำ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสูตร ดังนี้

อัลกอริทึมแบบประหยัด 3 ช่วง:

$$\text{Saving} = \text{ระยะทาง(มีสินค้า)}_i - \text{ระยะทาง(ไม่มีสินค้า)}_i + \text{ระยะทาง(มีสินค้า)}_j \quad (3)$$

อัลกอริทึมแบบประหยัด 4 ช่วง:

$$\begin{aligned} \text{Saving} = & \text{ระยะทาง(มีสินค้า)}_i - \text{ระยะทาง(ไม่มีสินค้า)}_i + \text{ระยะทาง(มีสินค้า)}_j \\ & - \text{ระยะทาง(ไม่มีสินค้า)}_j \end{aligned} \quad (4)$$



รูปที่ 4 วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัดในงานวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

หลังจากที่ได้ศึกษาข้อมูลจากบริษัทกรณีศึกษาแล้วจึงได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ ตำแหน่งต้นทางแรกของรถพ่วง จำนวนต้นทางปลายทางรวมถึงระยะทางของสถานที่แต่ละช่วงทั้งหมด 12 แห่ง ดังตารางที่ 2 มีต้นทางที่จะต้องไปรับสินค้าและปลายทางที่จะต้องไปส่งสินค้าที่ลูกค้าจะเป็นผู้กำหนด รวมถึงจำนวนเที่ยวในการขนส่งสินค้าที่แตกต่างกันในแต่ละงาน ประกอบกับความสามารถในการบรรทุกได้ของรถพ่วงคือ 30,000 กิโลกรัม ซึ่งการขนส่งสินค้าเป็นแบบเต็มคันรถจึงระบุเป็นเที่ยว เมื่อทำการจัดเส้นทางได้จนครบแล้ว จึงนำเส้นทางแต่ละเส้นทางมาจัดใหม่โดยใช้วิธีทางฮิวริสติก วิธีเพื่อนบ้านใกล้เคียงที่สุด และอัลกอริทึมแบบประหยัด (ประยุกต์) โดยสามารถจัดเส้นทางของการขนส่งสินค้าได้ ดังตารางที่ 3 และ 4

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์เส้นทางตามวิธีการฮิวริสติกส์ ของวิธีการเส้นทางเดิม และ อัลกอริทึมแบบประหยัด (ประยุกต์) 3 ช่วง

เส้นทางเดิม (Original)	กม.	อัลกอริทึมแบบประหยัด 3 ช่วง	กม.
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
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 ผลการวิเคราะห์เส้นทางตามวิธีการอิวิสดิกส์ ของอัลกอริทึมแบบประหยัด (ประยุกต์) 4 ช่วง และวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

อัลกอริทึมแบบประหยัด 4 ช่วง	กม.	วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด	กม.
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 (ประยุกต์) 4 ช่วง วิธีการจัดเส้นทางแบบเดิม และอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 ช่วงตามลำดับ โดยมีระยะทาง 4,008.1 4118.0 และ 4189.9 กิโลเมตรตามลำดับ และมีสัดส่วนร้อยละของระยะทางที่ไม่บรรทุกสินค้าคือ 34.50, 39.16, 40.79 และ 41.80 ดังตารางที่ 5

ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 ช่วง นั้นให้ผลลัพธ์ดีกว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 ช่วง แต่สำหรับกรณีตัวอย่างที่ศึกษาแสดงให้เห็นว่าสมควรเลือกใช้วิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเนื่องจากมีระยะทางในการขนส่งสินค้าโดยรวมสั้นที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวิเคราะห์ทั้งหมด

ตารางที่ 5 สัดส่วนของการบรรทุกสินค้าในการขนส่ง

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

5. สรุปผลการวิจัย

ผลการศึกษาการจัดเส้นทางใหม่โดยใช้รูปแบบทางอิวิสติกตามวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด (ประยุกต์) และเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด กับข้อมูลตัวอย่างการขนส่งภายใน 1 เดือนที่มีงานขนส่งสินค้า 15 งาน โดยมีรถพ่วงในขนส่ง 1 คัน พบว่าวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดให้ผลลัพธ์การจัดเส้นทางเดินรถที่ดีที่สุด เกิดการเสียเปล่าในการเดินรถหรือระยะทางที่ไม่มีการบรรทุกสินค้าน้อยที่สุด แสดงให้เห็นว่าวิธีเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเหมาะสมกับข้อมูลที่มีทางเลือกจำนวนน้อย

นอกจากนี้ยังพบว่าการขนส่งสินค้าไป-กลับหรือการขนส่งสินค้าแบบเทกอง วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 ช่วง นั้นดีกว่าวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด 3 ช่วง เนื่องจากอัลกอริทึมแบบประหยัด 4 ช่วง มีลักษณะเป็นเลขคู่เหมาะสมกับลักษณะการขนส่งแบบเทกองที่ถ้ายสินค้าลงทั้งหมด ณ ช่วงหมายปลายทางและต้องวิ่งกลับมารับสินค้าใหม่แบบเดิมคันรถซึ่งทำให้อรอบการวิ่งของรถนั้นเป็นเลขคู่ตามขาไปและขากลับ สอดคล้องกับงานวิจัยของสุภักดี นัทรพงศ์ นันทสำริ่ง และระพีพันธ์ ปิตาคะโส ที่พบว่าการปรับปรุงวิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัด ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่ากว่าการใช้วิธีการอัลกอริทึมแบบประหยัดโดยตรง [17]

References

- [1] Khomkrit Waleewong. Problems of introducing cooperative freight transport within truck carriers [thesis]. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 2004. (In Thai)
- [2] Barker HH, Sharon EM, Sen DK. From freight flow and cost patterns to greater profitability and better service for a motor carrier. *Interfaces* 1981;11(6):4-20.
- [3] Kwankeaw Methraptaweekun. Capacitated dynamic vehicle routing problem with multiple depots [thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2013. (In Thai)
- [4] Arupapi Charupatt, Paweena Chaowaritwong. Open Road Route Support System. [thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2012. (In Thai)
- [5] Vasin Yomchunpunpong. Backhaul efficiency improvement: flatbed semi-trailer. *Journal of Nakhon Si Thammarat Rajabhat University*; 2012;31(1):91-102. (In Thai)
- [6] Nuchrudee Sangvongprasert. Transportation management of Ekachai [thesis]. Bangkok: Chulalongkorn University; 2005. (In Thai)
- [7] Keatkulchai Chiouur. Vehicle Routing Problem with Stochastic Demand. *Journal of Air Navigation, Science and Technology*; 2017;13(13):19-24. (In Thai)
- [8] Pairoj Saendee, Anantachai Chamnanmor, 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* 2014;8(1):61-71. (In Thai)
- [9] Rattakorn Taengsaengjan. An ant colony optimization for vehicle routing problem with time windows and shift time limit [thesis]. Pathumthani: Thammasat University; 2015. (In Thai)
- [10] Nakorn Inpayong. Discrete optimization in transport and logistics. Bangkok: Se-education public; 2005. (In Thai)
- [11] Laporte G, Nobert Y, Desrochers M. Optimal routing under capacity and distance restriction. *Operation Research* 1985;33(5):1050-73.
- [12] Snyder LV. Facility Location under Uncertainty. *IIE Transactions* 2006;38:537-54.
- [13] Pratch Boonsam, Nunti Sutthikarnnarunai, Wanchai Ratanawong. Cargo grouping and routing, transportation with multiple distribution centers: a case study of cash transfers. *UTCC Engineering Research Papers [Internet]*. 2011 [cited 2019 April 5]. Available from: <http://eprints.utcc.ac.th/1751/1/1751fulltext.pdf>. (In Thai)

- [14] Chuleekorn Chanasit, Sorawich Yaowsuwanchai. Development of freight forwarding program, case study service provider freight business. WMS journal of management Walailak University 2013;2(1):55-69. (In Thai)
- [15] Clarke G, Wright J. Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. Operation Research 1964:568-81.
- [16] Pichaya Kongkaew, Thananya Wasusri. Heuristic; routing; pickup and delivery; visual basic application (VBA). Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok 2017;27(1):111-23. (In Thai)
- [17] Kanokwan Supakdee, Nutthapong Nantasamroeng, 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 2015;7(2):23-36. (in Thai)
- [18] Beasley JE. Route first-Cluster second method for vehicle routing. Omega V.11 1983; 4:403-8.
- [19] Thitinon Srisuwandee, Rapeepan Pitakaso. Solving vehicle routing problem by using ant colony optimization: case study in Jiaranai drinking water company. KKU Res. Journal 2012;17(5):706-14. (In Thai)
- [20] Pramote Supetch, et al. National conference on research in operations research. Bangkok: Ramkhamhaeng University Huamark; 2007. (In Thai)
- [21] Ubonrat Teerathanakom. Heuristic approach for multi-depot vehicle routing problem [thesis]. Bangkok: Kasetsart University; 2008. (In Thai)
- [22] Pimchanok Tamnong. The transport of goods from a single delivery point. Comparative heuristics and genetic Methods [thesis]. Pitsanulok: 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 Chiang Rai Rajabhat University 2015;3(1):51-61. (In Thai)
- [24] Gregory S, Trevor D, Piotr I. Nearest-neighbor methods in learning and vision: theory and practice (Neural Information Processing series). The MIT Press; 2006.

ประวัติผู้เขียนบทความ



พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์ นักศึกษาภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขต
บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-Mail: toungjm@gmail.com



เปรมพร เขมวูฒน์ อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ เขต
บางซื่อ กรุงเทพฯ 10800 E-Mail: ppm@kmutnb.ac.th

Article History:

Received: December 7, 2018

Revised: April 20, 2019

Accepted: April 20, 2019