*The Journal of Industrial Technology : Suan Sunandha Rajabhat University*
*Volume 12 / Number 2 / July – December 2024*

# การปรับปรุงประสิทธิภาพการวางแผนเส้นทางเดินรถจัดส่งสินค้า กรณีศึกษาบริษัทตัวอย่าง

**อนวัช มนตรีวงค์[1], ชุกรี แดสา[2*], นิกร ศิริวงศ์ไพศาล[3]**
[1, 2, 3]คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
Email: chukree.d@psu.ac.th[2]

Received: Sep 06, 2024
Revised: Oct 21, 2024
Accepted: Oct 28, 2024

**บทคัดย่อ**

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) กรณีที่มีคลังสินค้าแห่งเดียว ลูกค้ามีหลายราย ซึ่งแต่ละรายมีปริมาณความต้องการสินค้าที่ไม่เท่ากัน แต่ทราบปริมาณสินค้าที่ลูกค้าต้องการล่วงหน้าและช่วงเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าที่แน่นอน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่งของบริษัทกรณีศึกษาและสามารถแก้ไขปัญหาที่เกี่ยวข้องกับข้อจำกัดต่าง ๆ ซึ่งประกอบด้วย การกำหนดกรอบเวลาในการขนส่ง (Time Windows) การแบ่งส่งสินค้า (Split Demand Delivery) และปริมาณความจุของรถบรรทุก (Capacitated) โดยผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การใช้ Routing และการใช้ Clustering and Routing โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า 117 ราย ของทั้ง 2 วิธี เมื่อเทียบกับการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถในการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถพบว่า การใช้ Routing ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งเพิ่มขึ้น 2.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.006 ส่วนการใช้ Clustering and Routing สามารถทำให้ต้นทุนค่าขนส่งลดลง 1,535.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 3.43

**คำสำคัญ :** ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ, การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน, โปรแกรมจัดเส้นทาง

*วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*
*ปีที่ 12 ฉบับที่ 2 เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2567*

# Improving the Efficiency of Planning Delivery Routes for Goods Transportation: A Case Study of Sample Company

**Anawat Montreewong[1], Chukree Daesa[2*], Nikorn Sirivongpaisal[3]**
Faculty of Engineering, Prince of Songkla University
Email: chukree.d@psu.ac.th[2]

Received: Sep 06, 2024
Revised: Oct 21, 2024
Accepted: Oct 28, 2024

**Abstract**

This study presented a method for solving the Vehicle Routing Problem (VRP). In the case of having only one warehouse. There were many customers, each with a different demand for products but knew the quantity of products that customers need in advance and the exact time period for receiving the customers' s products. The objective of the study was to reduce transportation costs of the cases study companies and to be able to solve problems related to various limitations, which included: Time Windows, Split Demand Delivery and Capacitated. The researcher has compared transportation costs of the 2 methods: Using routing. Using Clustering and Routing. The results obtained from transporting goods to 117 customers using both methods were compared with using the experience of drivers in planning the route, it was found that the first method made transportation costs to increase by 2.5 baht, equivalent to 0.006% and the other method could reduce transportation costs by 1,535.5 baht, equivalent to 3.43%.

**Keywords :** Vehicle Routing Problem, K-means clustering, VRP Spreadsheet Solver

**บทนำ**

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) เป็นปัญหาสำคัญที่ต่อระบบเศรษฐกิจของทุกประเทศ ทั้งภาครัฐ และภาคเอกชน โดยการวางแผนจัดเส้นทางการเดินรถที่มีประสิทธิภาพจะทำให้เกิดต้นทุนค่าขนส่งที่ต่ำและสามารถตอบสนองความพึงพอใจของลูกค้าได้อย่างทันเวลา ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีกรอบเวลา (vehicle Routing Problem with Time Windows; VRPTW) เป็นส่วนขยายของปัญหา VRP เป็นปัญหาที่ซับซ้อนยากต่อการคำนวณ โดยปัญหานี้ถูกจัดอยู่ในกลุ่มของปัญหาแบบ NP-hard[1] ซึ่งเป้าหมายของการแก้ปัญหา VRPTW เป็นการหาเส้นทางการขนส่งที่ทำให้เกิดต้นทุนการขนส่งหรือระยะทางรวมต่ำที่สุด ภายใต้กรอบระยะเวลาที่กำหนดของแต่ละจุด ด้วยเหตุนี้ปัญหา VRPTW จึงเป็นปัญหาที่สำคัญและได้รับความสนใจจากกลุ่มนักวิจัยด้านโลจิสติกส์และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน โดยมีนักวิจัยจำนวนมากได้นำเสนอวิธีแก้ปัญหา VRPTW ที่แตกต่างกันทั้งการใช้เทคนิคแบบแม่นตรง (Exact Method) การใช้วิธีการเชิงฮิวริสติกส์และเมตาฮิวริสติกส์ (Heuristics and Meta Heuristics)[2] ซึ่งวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

นักวิจัยกลุ่มแรกได้นำเสนอเทคนิคแบบแม่นตรงสำหรับการแก้ปัญหา VRPTW เช่น J. F. Bard (2002) ใช้เทคนิค Branch and Cut[3], M. Desrochers (1992) ใช้เทคนิค Column Generation[4], N. Azi, (2010) ใช้เทคนิค Branch and Price[5] อย่างไรก็ตาม วิธีการเหล่านี้สามารถแก้ไขปัญหา VRPTW ได้อย่างจำกัด กรณีปัญหามีขนาดใหญ่ขึ้นหรือมีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นอาจไม่สามารถหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยเหตุนี้นักวิจัยส่วนใหญ่จึงนิยมแก้ปัญหา VRPTW ด้วยวิธีการเชิงเมตาฮิวริสติกส์ เช่น W.-C. Chiang (1996) ใช้เทคนิค Simulated Annealing; (SA)[6], J. F. Cordeau (2001) ใช้เทคนิค Tabu Search; (TS)[7], G. B. Alvarenga (2007) ใช้เทคนิค Genetic Algorithm; (GA)[8] เนื่องจากวิธีเชิงเมตาฮิว ริสติกส์เป็นวิธีการที่เหมาะสมเพียงพอที่จะถูกนำไปใช้ในทางปฏิบัติได้ อย่างไรก็ตาม เพื่อที่จะเพิ่มประสิทธิภาพในการหาคำตอบให้ดียิ่งขึ้น การผสมผสานระหว่างเมตาฮิวริสติกส์กับเทคนิคหรือวิธีการอื่น ๆ จึงเป็นหนึ่งในแนวทางที่เหมาะสมในการแก้ปัญหานี้ อย่างไรก็ตามในปัจจุบันยังไม่มีวิธีการใดที่ยืนยันว่าเป็นวิธีการที่ดีที่สุดสำหรับการแก้ปัญหา VRPTW ดังนั้นการเลือกใช้วิธีเมตาฮิว ริสติกส์และเครื่องมืออื่น ๆ จะเลือกตามปัญหาที่พบและความสนใจของแต่ละบุคคล

โปรแกรม (VRP Spreadsheet Solver; VRPSS) ถูกพัฒนาขึ้นโดย Güneş Erdoğan[9] ซึ่งจุดเริ่มต้นของการพัฒนาในครั้งนี้มาจากความต้องการแก้ไขปัญหา VRP ซึ่งเป็นปัญหาการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่ง โดยโปรแกรม VRPSS มีเป้าหมายในการลดต้นทุนการดำเนินงานขนส่งผ่านการจัดการเส้นทางของยานพาหนะ โดยโปรแกรมดังกล่าวทำงานผ่าน Microsoft Excel และใช้วิธีการหาผลลัพธ์ด้วยวิธี Local Search ซึ่งเป็นวิธีเชิงเมตาฮิวริสติกส์วิธีหนึ่งในการคำนวณระยะทางระหว่างสถานที่จาก Bing Maps ซึ่งช่วยให้ค้นหาเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับยานพาหนะ โดยสามารถแก้ปัญหา VRP ที่มีจำนวนลูกค้าสูงสุด 200 ราย ทั้งนี้โปรแกรม VRPSS ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย เช่น ศุทธวีร์ อิงคไพโรจน์ (2565) ได้นำโปรแกรม VRPSS มาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถ โดยมีเป้าหมายในการส่งสินค้าให้กับลูกค้าตาม

กรอบเวลาที่กำหนด ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ พนักงานขับรถสามารถส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ตามเวลาที่กำหนด อีกทั้งสามารถลดระยะทางได้ร้อยละ 38 และลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงร้อยละ 39 ต่อเดือน[10] และพลอยไพลิน พริกทิม (2565) ได้นำโปรแกรม VRPSS มาใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถ โดยมีเป้าหมายในการลดต้นทุนการขนส่งสินค้า ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้สามารถลดระยะทางในการขนส่งรวม 3 เดือนได้ร้อยละ 54.10 และลดต้นทุนการขนส่งรวม 3 เดือนได้ร้อยละ 54.89[11] เป็นต้น

การแบ่งกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (K-means clustering) คือวิธีการที่ใช้ในการจัดกลุ่มแบบไม่เป็นขั้นตอน (non-hierarchical cluster analysis) เป็นขั้นตอนวิธีการจัดกลุ่ม (clustering) ที่ใช้ในการแบ่งข้อมูลเป็นกลุ่มย่อย ๆ โดยเป็นการหาจุดศูนย์กลางของกลุ่มแต่ละกลุ่ม ซึ่งมีขั้นตอนการทำงาน คือการเลือกจุดศูนย์กลางเริ่มต้น การกำหนดข้อมูลให้เป็นกลุ่มตามจุดศูนย์กลางที่ใกล้ที่สุด และการปรับปรุงจุดศูนย์กลางตามข้อมูลใหม่ที่ได้จากการกำหนดกลุ่มใหม่ จนกระทั่งไม่มีการเปลี่ยนแปลงข้อมูลในการกำหนดกลุ่มตามลำดับ ขั้นตอนวิธีการนี้มักถูกใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการจัดกลุ่มข้อมูลในหลากหลายงานที่ต้องการการจัดกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกัน โดยการแบ่งกลุ่มด้วยวิธีเคมีนนั้น ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานวิจัยอย่างแพร่หลาย เช่น พัชณี มีบัว (2558) ใช้สำหรับการจัดกลุ่มลูกค้าของบริษัทโลจิสติกส์[12] และอัจฉรา ชุมพล(2563) ใช้สำหรับการจัดกลุ่มลูกค้าเพื่อจัดเส้นทางการขนส่ง[13] เป็นต้น

จากวิธีการทั้งหมดที่กล่าวมาข้างต้นจึงสรุปได้เป็นรายละเอียดข้อมูลดังแสดงในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** เปรียบเทียบวิธีการวางแผนจัดเส้นทางการเดินรถของทั้ง 3 วิธีการ

| ประเภทวิธี | Exact Method | Routing (VRPSS) | Clustering and Routing |
|---|---|---|---|
| ข้อดี | ได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเสมอ | ได้ผลลัพธ์ใกล้เคียงที่ดีที่สุดในเวลาสั้น | ได้ผลลัพธ์การแบ่งกลุ่มลูกค้าที่มีความใกล้เคียงกัน |
| เวลาในการประมวลผล | ใช้เวลาตั้งแต่ 1 ชั่วโมงขึ้นไป (โดยเฉพาะในปัญหาที่มีขนาดใหญ่) | ใช้เวลาไม่กี่นาทีถึง 1 ชั่วโมง | ใช้เวลาไม่กี่นาทีถึง 1 ชั่วโมง |
| ขนาดของปัญหาที่แก้ได้ | ขนาดเล็ก, ปานกลาง (น้อยกว่า 50 จุด, 50-200 จุด) | ขนาดกลาง, ใหญ่ (50-200 จุด, มากกว่า 200 จุด) | ขนาดใหญ่ (มากกว่า 200 จุด) |
| ความยืดหยุ่นในการปรับแต่ง | ต่ำ (ต้องแก้ไขตามสูตรคณิตศาสตร์) | สูง (ปรับพารามิเตอร์ได้หลากหลาย) | สูง (ทั้งในเรื่องการแบ่งกลุ่มและการทำ Routing) |
| ตัวอย่างวิธีการ | Branch and Bound, Branch and Cut | Genetic Algorithm, Simulated Annealing | K-means + Genetic Algorithm, Sweep Algorithm + Tabu Search |
| ข้อจำกัด | ใช้เวลานานในปัญหาขนาดใหญ่ | อาจไม่พบผลลัพธ์ที่ดีที่สุด | ผลลัพธ์ขึ้นอยู่กับการแบ่งกลุ่ม |

เนื่องจากปัจจุบันบริษัทกรณีศึกษามีกิจกรรมการขนส่งสินค้าเป็นจำนวนมากและมีเงื่อนไขค่านอกเส้นทางในการคำนวณค่าขนส่ง ทำให้ผู้วิจัยได้นำปัจจัยดังกล่าวเข้าพิจารณาร่วมด้วย จากการศึกษาทฤษฎีในตารางที่ 1 ผู้วิจัยจึงพิจารณาถึงความเหมาะสมในการทดลองหาต้นทุนค่าขนส่งโดยแบ่งออกเป็น 2 วิธี ได้แก่ การใช้ Routing และการใช้ Clustering and Routing เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 2 วิธีกับการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถในการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถ

**วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางเพื่อลดต้นทุนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

**ระเบียบวิธีวิจัย**

1. การจัดการข้อมูลของงานวิจัย

ขั้นตอนเริ่มต้นผู้วิจัยทำการศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา โดยบริษัทดังกล่าวมีคลังสินค้าแห่งเดียวและมีจำนวนลูกค้าหลายรายตามจุด (Node) ต่าง ๆ ทั้งนี้เส้นทางการขนส่งในแต่ละรอบการวิ่งจะส่งสินค้าเฉพาะพื้นที่กรุงเทพฯ โดยเริ่มต้นจากพนักงานขับรถขับรถบรรทุกจากคลังสินค้าไปส่งสินค้ายังลูกค้า โดยที่ทราบตำแหน่งที่ตั้งต่าง ๆ ของลูกค้าในแต่ละจุด ทราบปริมาณสินค้าล่วงหน้าและช่วงเวลาในการรับสินค้าของลูกค้าที่แน่นอน ซึ่งพนักงานขับรถจะเริ่มส่งสินค้าให้กับลูกค้าที่สถานที่แรกเวลา 08:00 น. เมื่อพนักงานขับรถส่งสินค้าครบทุกที่แล้วพนักงานขับรถจะขับรถบรรทุกกลับมาที่คลังสินค้าก่อนเวลา 18:30 น. เนื่องจากลูกค้าส่วนใหญ่จะงดรับสินค้าหลังเวลา 16:30 น. ซึ่งงานวิจัยนี้กำหนดให้ระยะเวลาการให้บริการลูกค้าเฉลี่ย 40 นาที/จุดส่ง และกำหนดให้รถขนส่งมีอัตราเร็วเฉลี่ย 60 กม./ชม. โดยรถบรรทุกที่บริษัทใช้สำหรับขนส่งสินค้าให้กับลูกค้านั้น เป็นรถบรรทุกประเภท 4 ล้อ จำนวน 20 คัน ที่มีความจุของรถบรรทุกเท่ากัน ดังแสดงในตารางที่ 2

**ตารางที่ 2** รายละเอียดรถร่วมที่ทำสัญญาขนส่งกับบริษัทฯ

| ประเภทรถขนส่ง | ความสามารถในการบรรทุก (กก./คัน) | จำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งปัจจุบัน (คัน) |
|---|---|---|
| รถบรรทุกตู้ทึบ 4 ล้อ | 2,700 | 20 |

ในส่วนของวิธีการคำนวณต้นทุนคาขนส่งของบริษัทเป็นวิธีการคิดค่าขนส่งตามสัญญาจ้างของบริษัทกรณีศึกษา โดยประกอบด้วย 4 ตัวแปรที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

**ตารางที่ 3** การคำนวณค่าเที่ยว

| จำนวนจุดส่ง | ราคาค่าเที่ยว (บาท) |
|---|---|
| 1-3 | 1,665 |
| 4-6 | 1,875 |
| 7-8 | 2,105 |
| 9-10 | 2,155 |

1) ค่าเที่ยว คำนวณจากจำนวนจุดส่งที่พนักงานขับรถส่งสินค้า อ้างอิงจากข้อมูลในตารางที่ 3

2) ค่าน้ำหนักเกิน คำนวณจากน้ำหนักที่รถขนส่งบรรทุกเกิน 1,500 กิโลกรัม จะถูกคิดค่าน้ำหนักเกินที่กิโลกรัมละ 0.5 บาท เช่น รถขนส่งบรรทุกน้ำหนักได้ 1,700 กิโลกรัม ค่าน้ำหนักเกินที่บริษัทต้องจ่ายให้พนักงานขับรถจะเท่ากับ 100 บาท เป็นต้น

3) ค่าจุดเกิน คำนวณจากจำนวนจุดส่งที่ส่งสินค้าเกิน 10 จุด โดยจุดส่งถัดไปจะคิดค่าจุดเกินที่จุดส่งละ 200 บาท เช่น พนักงานขับรถส่งสินค้าได้ 11 จุด ค่าจุดเกินที่บริษัทต้องจ่ายให้พนักงานขับรถจะเท่ากับ 200 บาท เป็นต้น

4) ค่าจุดนอกเส้นทาง คำนวณจากจำนวนจุดส่งที่พนักงานขับรถส่งสินค้าข้ามพื้นที่ โดยหากพนักงานขับรถส่งสินค้าข้ามพื้นที่จะคิดค่าจุดนอกเส้นทางที่จุดส่งละ 200 บาท เช่น พนักงานขับรถส่งสินค้าข้ามพื้นที่ 2 จุด ค่าจุดนอกเส้นทางที่บริษัทต้องจ่ายให้พนักงานขับรถจะเท่ากับ 400 บาท เป็นต้น โดยพื้นที่ในการขนส่งของบริษัทมีทั้งหมด 8 พื้นที่ ดังแสดงในรูปที่ 1

**รูปที่ 1** พื้นที่กรุงเทพฯที่มีการขนส่งของบริษัทฯ

2. การดำเนินงาน

ข้อมูลที่ต้องใช้ในการจัดเส้นทางในการขนส่งนั้น เกี่ยวข้องในเรื่องของรายละเอียดรถขนส่งและรายละเอียดของลูกค้าที่จะต้องนำสินค้าไปส่ง โดยผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมชุดข้อมูลตัวอย่างการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า 117 ราย ของบริษัทกรณีศึกษา โดยแสดงในตารางที่ 4

**ตารางที่ 4** ชุดข้อมูลตัวอย่างการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา

| ชื่อลูกค้า | ความต้องการ (กก.) | เวลาเปิด-ปิด | พิกัดละติจูด-ลองจิจูด |
|---|---|---|---|
| ลูกค้า 1 | 27 | 08:00–16:00 | 13.7557917, 100.5113297 |
| ลูกค้า 2 | 236 | 08:00–16:00 | 13.7760963, 100.5104141 |
| ... | ... | ... | ... |
| ลูกค้า 117 | 15 | 08:00–16:00 | 13.7453766, 100.5190659 |

ผู้วิจัยได้นำข้อมูลข้างต้นมาทำการทดลองหาต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การใช้ Routing และการใช้ Clustering and Routing เพื่อเปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 2 วิธีกับการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถในการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถ

2.1 Routing

| Sequence | Parameter | Value | Remarks |
|---|---|---|---|
| **0.Optional - GIS License** | Bing Maps Key | Am1xQBDcFJcbLPzWd7TsWm1huPTuiMkU32L5ALcitpMSIxcr2Qg9oH_8uDVEYASp | You can get a free trial key at https://www.bingmapsportal.com/ |
| | | | |
| **1.Locations** | Number of depots | 1 | [1,20] |
| | Number of customers | 117 | [5,200] |
| | | | |
| **2.Distances** | Distance / duration computation | Bing Maps driving distances (km) | Recommendation: Use 'postcode, country' format for addresses |
| | Bing Maps route type | Fastest | Recommendation: Use 'Fastest' |
| | Average vehicle speed | 60 | Not used for the 'Bing Maps driving distances' options |
| | | | |
| **3.Vehicles** | Number of vehicle types | 1 | Heterogeneous VRP if greater than 1 |
| | | | |
| **4.Solution** | Vehicles must return to the depot? | Yes | Open VRP if no return |
| | Time window type | Hard | |
| | Backhauls? | No | If activated, delivery locations must be visited before pickup locations |
| | | | |
| **5.Optional - Visualizatio** | Visualization background | Bing Maps | |
| | Location labels | Location IDs | |
| | | | |
| **6.Solver** | Warm start? | Yes | |
| | Show progress on the status bar? | No | May slow down the optimization algorithm |
| | CPU time limit (seconds) | 60 | Recommendation: At least 1020 seconds |

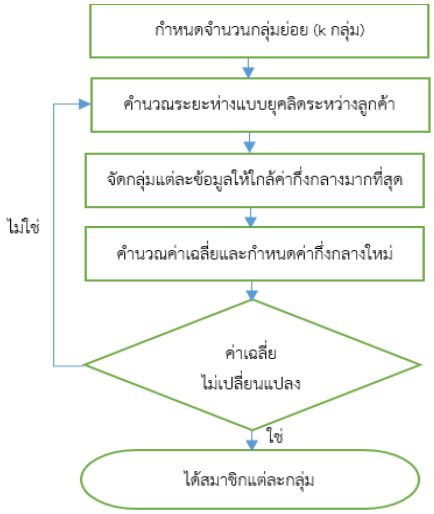
**รูปที่ 2** โปรแกรม VRP Spreadsheet Solver

ขั้นตอนที่ 1 จากรูปที่ 2 แสดงให้เห็นถึงหน้าข้อมูลควบคุม VRPSS ซึ่งเป็นหน้ากำหนดรูปแบบการทำงาน จำนวนจุดรับส่ง ระยะเวลาการวิเคราะห์ข้อมูลของโปรแกรม โดยจะมีระยะเวลาขั้นต่ำที่เหมาะสมแนะนำอยู่กับจำนวนของข้อมูล ทั้งนี้ผู้วิจัยได้นำชุดข้อมูลตัวอย่างการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งประกอบด้วย จำนวนลูกค้า ความต้องการของลูกค้า พิกัดละติจูด พิกัดลองจิจูด ระยะเวลาเปิด-ปิด จำนวนรถขนส่ง ความเร็วเฉลี่ยของรถขนส่ง และความสามารถในการบรรทุกสูงสุดของรถขนส่ง ใส่ลงไปในโปรแกรม VRPSS เพื่อคำนวณหาเส้นทางที่เหมาะสม

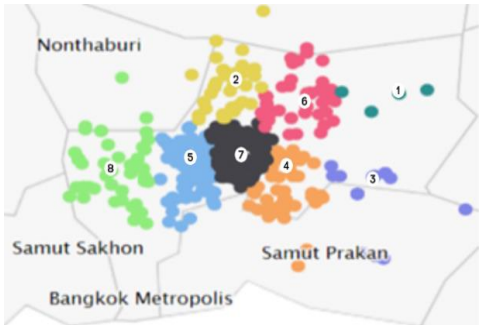
ขั้นตอนที่ 2 ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์เส้นทางที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมมาคำนวณต้นทุนค่าขนส่งตามเงื่อนไขของบริษัทกรณีศึกษา

2.2 Clustering and Routing

ขั้นตอนที่ 1 จัดกลุ่มข้อมูลลูกค้าทั้งหมดในปัจจุบันของบริษัทกรณีศึกษา มาจำแนกกลุ่มด้วยวิธีเคมีน ซึ่งจะได้กลุ่มย่อยออกมา โดยจำนวนกลุ่มย่อยผู้วิจัยกำหนดให้เท่ากับ 8 กลุ่ม ซึ่งครอบคลุมพื้นที่กรุงเทพฯ โดยสรุปขั้นตอนการจัดกลุ่มได้ดังรูปที่ 3 และได้ผลลัพธ์จากการจัดกลุ่ม ดังแสดงในรูปที่ 4 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาระบุกลุ่มพื้นที่ให้กับข้อมูลตัวอย่างได้ดังตารางที่ 5




**รูปที่ 3** ขั้นตอนวิธีเคมีน (K-means clustering)



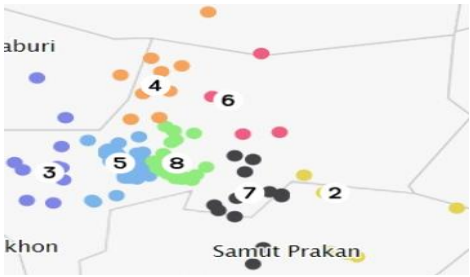

**รูปที่ 4** ข้อมูลลูกค้าที่ถูกจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (K-means clustering)

**ตารางที่ 5** ตัวอย่างข้อมูลในการจัดกลุ่มย่อย

| ชื่อลูกค้า | การจัดกลุ่มลูกค้า |
|---|---|
| ลูกค้า 1 | กลุ่ม 4 |
| ลูกค้า 2 | กลุ่ม 4 |
| ... | ... |
| ลูกค้า 117 | กลุ่ม 6 |

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างรูปที่ 1 ที่เป็นการแบ่งเขตพื้นที่กรุงเทพฯของบริษัทฯ กับรูปที่ 4 การแบ่งที่ได้จากการจัดกลุ่มลูกค้าด้วยวิธีเคมีน พบว่ามีการจัดกลุ่มลูกค้าที่แตกต่างกัน เนื่องจากวิธีเคมีนนั้น คำนึงถึงการจัดกลุ่มแต่ละข้อมูลให้ใกล้ค่ากึ่งกลางมากที่สุด ส่วนพื้นที่กรุงเทพฯที่มีการขนส่งของบริษัททั้ง 8 พื้นที่นั้น คำนึงถึงเขตในพื้นที่กรุงเทพฯ

ขั้นตอนที่ 2 นำชุดข้อมูลตัวอย่างชื่อลูกค้าของสถานที่ขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา มาตรวจสอบกับผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดกลุ่มลูกค้าจากวิธีเคมีน พบว่าวันดังกล่าวมีกลุ่มของลูกค้า 7 กลุ่มย่อย จากทั้งหมด 8 กลุ่มย่อย โดยไม่พบกลุ่ม 1 ดังแสดงในรูปที่ 5




**รูปที่ 5** ชุดข้อมูลตัอย่างลูกค้าที่ถูกจัดกลุ่มด้วยวิธีเคมีน (K-means clustering)

ขั้นตอนที่ 3 เป็นการนำข้อมูลของกลุ่มลูกค้า 7 กลุ่มย่อย ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 มาวางแผนการจัดเส้นทางด้วยโปรแกรม VRPSS ทีละกลุ่มพื้นที่

ขั้นตอนที่ 4 ผู้วิจัยได้นำผลลัพธ์เส้นทางที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรม VRPSS มาคำนวณโดยใช้วิธีการคำนวณต้นทุนค่าขนส่งตามเงื่อนไขของบริษัทกรณีศึกษา

## ผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เปรียบเทียบการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถจากชุดข้อมูลตัวอย่างการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า 117 ราย ของทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การใช้ Routing และClustering

and Routing โดยทำการทดสอบบน HP ProBook 440 14 inch G10 Notebook PC Processor 13th Gen Intel® Core™ i5-1335U 1.30 GHz บน Windows 11 ซึ่งผลลัพธ์จากการประมวลผลและคำนวณต้นทุน แสดงในตารางที่ 6 และตารางที่ 7 ตามลำดับ

**ตารางที่ 6** ผลลัพธ์การคำนวณต้นทุนค่าขนส่งจากการใช้วิธีการ Routing

| จำนวนรถขนส่ง | จำนวนจุดส่ง | น้ำหนักบรรทุก (กก.) | น้ำหนักเกิน (กก.) | จำนวนจุดเกิน | จำนวนจุดนอกเส้นทาง | ค่าเที่ยว (บาท) | ค่าน้ำหนักเกิน (บาท) | ค่าจุดเกิน (บาท) | ค่าจุดนอกเส้นทาง (บาท) | ค่าขนส่ง (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 5 | 2,335 | 835 | - | 2 | 1,875 | 417.5 | - | 400 | 2,692.5 |
| 2 | 10 | 1,535 | 35 | - | 5 | 2,155 | 17.5 | - | 1,000 | 3,172.5 |
| 3 | 10 | 2,393 | 893 | - | 2 | 2,155 | 446.5 | - | 400 | 3,001.5 |
| 4 | 9 | 2,465 | 965 | - | 2 | 2,155 | 482.5 | - | 400 | 3,037.5 |
| 5 | 10 | 2,330 | 830 | - | 4 | 2,155 | 415 | - | 800 | 3,370 |
| 6 | 8 | 860 | - | - | - | 2,105 | - | - | - | 2,105 |
| 7 | 4 | 2,248 | 748 | - | - | 1,875 | 374 | - | - | 2,249 |
| 8 | 6 | 1,323 | - | - | 1 | 1,875 | - | - | 200 | 2,075 |
| 9 | 9 | 2,552 | 1,052 | - | 4 | 2,155 | 526 | - | 800 | 3,481 |
| 10 | 8 | 2,498 | 998 | - | 3 | 2,105 | 499 | - | 600 | 3,204 |
| 11 | 8 | 2,582 | 1,082 | - | 4 | 2,105 | 541 | - | 800 | 3,446 |
| 12 | 9 | 1,979 | 479 | - | 6 | 2,155 | 239.5 | - | 1,200 | 3,594.5 |
| 13 | 7 | 2,197 | 697 | - | 4 | 2,105 | 348.5 | - | 800 | 3,253.5 |
| 14 | 9 | 2,659 | 1,159 | - | 3 | 2,155 | 579.5 | - | 600 | 3,334.5 |
| 15 | 5 | 2,390 | 890 | - | 2 | 1,875 | 445 | - | 400 | 2,720 |

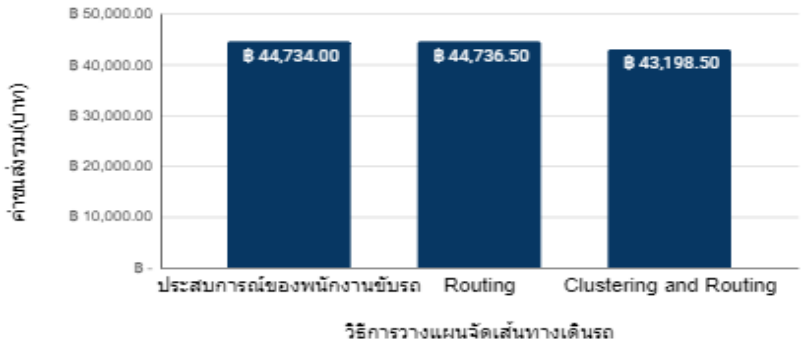
**ตารางที่ 7** ผลลัพธ์การคำนวณต้นทุนค่าขนส่งจากการใช้วิธีการ Clustering and Routing

| จำนวนรถขนส่ง | จำนวนจุดส่ง | น้ำหนักบรรทุก (กก.) | น้ำหนักเกิน (กก.) | จำนวนจุดเกิน | จำนวนจุดนอกเส้นทาง | ค่าเที่ยว (บาท) | ค่าน้ำหนักเกิน (บาท) | ค่าจุดเกิน (บาท) | ค่าจุดนอกเส้นทาง (บาท) | ค่าขนส่ง (บาท) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 10 | 837 | - | 2 | 2 | 2,155 | - | - | 400 | 2,555 |
| 2 | 9 | 2,346 | 846 | 5 | 5 | 2,155 | 423 | - | 1,000 | 3,578 |
| 3 | 9 | 2,368 | 868 | 2 | 2 | 2,155 | 434 | - | 400 | 2,989 |
| 4 | 3 | 2,600 | 1,100 | - | - | 1,665 | 550 | - | 0 | 2,215 |
| 5 | 3 | 2,052 | 552 | - | - | 1,665 | 276 | - | 0 | 1,941 |
| 6 | 2 | 2,520 | 1,020 | - | - | 1,665 | 510 | - | 0 | 2,175 |
| 7 | 10 | 2,012 | 512 | 3 | 3 | 2,155 | 256 | - | 600 | 3,011 |
| 8 | 5 | 1,607 | 107 | 2 | 2 | 1,875 | 53.5 | - | 400 | 2,328.5 |
| 9 | 5 | 1,564 | 64 | 2 | 2 | 1,875 | 32 | - | 400 | 2,307 |
| 10 | 6 | 2,249 | 749 | 2 | 2 | 1,875 | 374.5 | - | 400 | 2,649.5 |
| 11 | 9 | 2,519 | 1,019 | - | 1 | 2,155 | 509.5 | - | 200 | 2,864.5 |
| 12 | 9 | 1,646 | 146 | - | 1 | 2,155 | 73 | - | 200 | 2,428 |
| 13 | 11 | 2,307 | 807 | 1 | - | 2,155 | 403.5 | 200 | - | 2,758.5 |
| 14 | 10 | 2,414 | 914 | - | 4 | 2,155 | 457 | - | 800 | 3,412 |
| 15 | 8 | 1,853 | 353 | - | 2 | 2,105 | 176.5 | - | 400 | 2,681.5 |
| 16 | 8 | 1,452 | - | - | 6 | 2,105 | - | - | 1,200 | 3,305 |

จากตารางที่ 8 จะเห็นได้ว่าทั้ง 2 วิธี เมื่อเทียบกับการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถในการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถพบว่า การใช้ Routing ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น 2.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.006 ส่วนการใช้ Clustering and Routing สามารถทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าลดลง 1,535.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 3.43 ดังแสดงในรูปที่ 6

**ตารางที่ 8** เปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 2 วิธี เมื่อเทียบกับการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถ

| วิธีการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถ | จำนวนรถขนส่งรวม (คัน) | ค่าเที่ยวรวม (บาท) | ค่าน้ำหนักเกินรวม (บาท) | ค่าจุดเกินรวม (บาท) | ค่าจุดนอกเส้นทางรวม (บาท) | ค่าขนส่งรวม (บาท) | ร้อยละเทียบกับประสบการณ์ของพนักงานขับรถ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ประสบการณ์ของพนักงานขับรถ | 16 | 31,840 | 4,694 | 2,200 | 6,000 | 44,734 | - |
| Routing | 15 | 31,005 | 5,331.5 | - | 8,400 | 44,736.5 | เพิ่มขึ้น 0.006 |
| Clustering and Routing | 16 | 32,070 | 4,528.5 | 200 | 6,400 | 43,198.5 | ลดลง 3.43 |




**รูปที่ 6** เปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 2 วิธี เมื่อเทียบกับการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถ

## สรุปและอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบต้นทุนค่าขนส่งของทั้ง 2 วิธี ได้แก่ การใช้ Routing และการใช้ Clustering and Routing โดยผลลัพธ์ที่ได้จากชุดข้อมูลตัวอย่างการขนส่งสินค้าให้กับลูกค้า 117 ราย ของทั้ง 2 วิธี เมื่อเทียบกับการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถในการวางแผนจัดเส้นทางเดินรถพบว่า การใช้ Routing ทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าเพิ่มขึ้น 2.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 0.006 ส่วนการใช้ Clustering and Routing สามารถทำให้ต้นทุนค่าขนส่งสินค้าลดลง 1,535.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 3.43 ดังนั้นจากการศึกษาพบว่าการใช้ Clustering and Routing นั้นให้ผลลัพธ์ต้นทุนค่าขนส่งที่เหมาะสมกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ Routing ซึ่งเป็นไปตามงานวิจัยของ อัจฉรา ชุมพล ที่ได้ใช้ทฤษฎีเดียวกันนี้ในงานวิจัย ดังนั้นสำหรับบริษัทกรณีศึกษาผู้วิจัยจึงแนะนำวิธีการดังกล่าวแทนการการใช้ประสบการณ์ของพนักงานขับรถในการวางแผนจัดเส้นทาง

**กิตติกรรมประกาศ**

ขอขอบพระคุณงบประมาณจากโครงการ Hi-FI และสถานประกอบการกรณีศึกษาที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นกรณีศึกษารวมถึงให้ข้อมูลรายละเอียดต่าง ๆ ที่จำเป็น

**References**

[1] Y. Kao, M. H. Chen, and Y. T. Huang, "A hybrid algorithm based on ACO and PSO for capacitated vehicle routing problems," *Math. Probl. Eng.,* vol. 2012, pp. 1-7, 2012.

[2] N. Wichapa, T. Sudsuansee, and P. Khokhajaikiat, " Solving the vehicle routing problems with time windows using hybrid genetic algorithm with push forward insertion heuristic and local search procedure," *King Mongkut's Univ. Technol. North Bangkok Acad. J.,* vol. 29, no. 1, pp. 4-13, 2019.

[3] J. F. Bard, G. Kontoravdis, and G. Yu, " A branch-and-cut procedure for the vehicle routing problem with time windows," *Transp. Sci.,* 2002. vol. 36, no. 2, pp. 250–269.

[4] M. Desrochers, J. Desrosiers, and M. Solomon, " A new optimization algorithm for the vehicle routing problem with time windows," Oper. Res., 1992, vol. 40, no. 2, pp. 342–354.

[5] N. Azi, M. Gendreau, and J.-Y. Potvin, " An exact algorithm for a vehicle routing problem with time windows and multiple use of vehicles," *Eur. J. Oper. Res.,* 2010. vol. 202, no. 3, pp. 756–763.

[6] W.-C. Chiang and R. A. Russell, " Simulated annealing metaheuristics for the vehicle routing problem with time windows," *Ann. Oper. Res.,* 1996. vol. 63, no. 1, pp. 3–27.

[7] J. F. Cordeau, G. Laporte, and A. Mercier, " A unified tabu search heuristic for vehicle routing problems with time windows," J. Oper. Res. Soc., 2001. vol. 52, no. 8, pp. 928-936.

[8] G. B. Alvarenga, G. R. Mateus, and G. de Tomi, " A genetic and set partitioning two-phase approach for the vehicle routing problem with time windows," *Comput. Oper. Res.,* 2007. vol. 34, no. 6, pp. 1561–1584.

[9] G. Erdoğan, " An open source spreadsheet solver for vehicle routing problems," *Comput. Oper. Res.,* 2017. vol. 84, pp. 62-72.

[10] S. Ingpaiboon, C. Yiengkamolsing, P. Naksidi, and W. Ngamsa-ard, "Improving the efficiency of vehicle routing using the VRP Spreadsheet Solver: A case study of ThaiNamthip Co. , Ltd. ," *Southeast Bangkok Univ. J. Sci. Technol.,* 2022. vol. 2, no. 3, pp. 1-11.

[11] P. Phriktim, P. Siriora, and P. Autsavanakul, " Reducing transportation costs: A case study of an oil filter manufacturing company," *Thonburi Univ. J. Sci. Technol.*, 2022. vol. 6, no. 2, pp. 16-23.

[12] P. MeeBua and J. Jitrotevej, "Customer segmentation of a logistics company providing international sea container transportation," *KKU Sci. J.,* 2015. vol. 43, no. 2, pp. 297-308.

[13] A. Chumpol, N. Phasan, and P. Tipsantia, " Application of the K-Means- TSP method for solving transportation routing problems: A case study of Sangchai Rungruang Co. , Ltd. ," *Surin Rajabhat Univ. J. Manage. Sci. Res.,* 2020. vol. 4, no. 2, pp. 15-26.