

การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยเคมีน และการจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีปีนเขา บนไมโครซอฟต์เอ็กเซลด้วยภาษาวีบีเอ

ชลรยา ทายศ^{1*}, กัลยรัตน์ เมื่อบศรี², คณศ พันธุ์สวัสดิ์^{3*} และ กวินธร สัยเจริญ⁴

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ.เมือง จ.นครปฐม 73000

Received: 13 May 2023; Revised: 18 July 2023; Accepted: 27 July 2023

บทคัดย่อ

บทความนี้มีจุดประสงค์เพื่อนำเสนอการจัดเส้นทางรถขนส่งโดยใช้วิธีการปีนเขา (Hill climbing algorithm: HCA) เปรียบเทียบกับวิธีการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing : SA) โดยมีการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-Means Clustering) เพื่อจัดกลุ่มพิกัดพื้นที่การขนส่งของกลุ่มลูกค้า คิดต้นทุนการขนส่งตามระยะทาง โดยจะต้องหาเส้นทางรถขนส่งที่มีระยะทางสั้นที่สุด จากผลการทดลองพบว่า จัดกลุ่มลูกค้าได้เป็น 6 กลุ่ม การจัดเส้นทางรถขนส่งนี้เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีจำลองการอบเหนียว ทำให้ระยะทางในการขนส่งลดลงจาก 6,144 กิโลเมตร เป็น 5,928 กิโลเมตร ลดระยะทางได้ 216 กิโลเมตร ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งลดลงจาก 5,805,888 บาทต่อปี เป็น 5,510,016 บาทต่อปี ลดต้นทุนได้ 295,872 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 5.10 ต่อปี

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง, การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค, วิธีการปีนเขา

* Corresponding author. E-mail: thayod_c@silpakorn.edu, kanate.engineer@gmail.com

^{1,2,3,4} ภาควิชาอุตสาหกรรมและการจัดการ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

K – Means Clustering and Hill Climbing Algorithm to vehicle routing problem on Excel VBA

Chonraya Thayod^{1*}, Kanyarat Mueabsri², Kanate Puntusavase^{3*} and Kawinthorn Saicharoen⁴

Faculty of engineering and industrial technology, Silpakorn university, Muang,
Nakhon Pathom 73000

Received: 13 May 2023; Revised: 18 July 2023; Accepted: 27 July 2023

Abstract

The purpose of this study is to present the transport routing using the hill climbing algorithm (HCA), compared with the simulated annealing algorithm (SA) by stratifying the customers by K-Means clustering to group the transport coordinates of customers. The cost of fuel is calculated by distance-based transportation costs; so, the transportation route with the shortest distance is needed for the calculation. As the experimental result, it was found that customers should be grouped into six groups. This transport routing cost is compared to the previous routing's cost, and it showed that the transportation distance was reduced from 6,144 kilometers to 5,928 kilometers, reducing the distance by 216 kilometers. This reduced the transportation costs from 5,805,888 baht per year to 5,510,016 baht per year, which was calculated to be 295,872 baht reduction per year, or 5.10 percent of cost reduction per year.

Keywords: vehicle routing problem, k-means clustering, hill climbing algorithm

* Corresponding author. E-mail: thayod_c@silpakorn.edu, kanate.engineer@gmail.com

^{1,2,3,4} Faculty of Engineering and Management, Silpakorn University

1. บทนำ

จาก [3] บริษัทกรณีศึกษาประกอบธุรกิจในการจำหน่ายสายไฟ รวมถึงอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ซึ่งจำหน่ายให้กับโรงงานอุตสาหกรรมและบริษัทรับเหมาก่อสร้างเป็นจำนวนมาก การขนส่งในเริ่มแรกมีการแบ่งกลุ่มลูกค้าออกเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มลูกค้าที่อยู่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 5 กลุ่ม และกลุ่มลูกค้าต่างจังหวัด 1 กลุ่ม รถที่ใช้ในการขนส่งสินค้ามีหลายขนาดตั้งแต่รถบรรทุกขนาด 1.5 ตัน ไปจนถึงรถบรรทุกขนาดใหญ่ หลังจากการนั้นมีการปรับเปลี่ยนการแบ่งกลุ่มลูกค้าใหม่ให้สอดคล้องกับข้อมูลปัจจุบัน โดยมีการนำวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means Clustering) มาแบ่งกลุ่มลูกค้า และนำวิธีจำลองการอบเหนียว (Simulated annealing algorithm) มาจัดเส้นทางขนส่ง โดยการแบ่งกลุ่มลูกค้าจะแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม คือ กลุ่มลูกค้าที่อยู่ในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล 5 กลุ่ม และกลุ่มลูกค้าต่างจังหวัด 1 กลุ่ม รถที่ใช้ในการขนส่งสินค้าเป็นรถรับจ้างภายนอกมีขนาด 1.5 ตัน โดยคิดอัตราค่าจ้างแบบเหมาคันละ 1,900 บาทต่อวัน โดยน้ำหนักที่บรรทุกต้องไม่เกิน 1.5 ตัน แต่หากบรรทุกน้ำหนักเกินที่กำหนดจะต้องเสียค่าปรับสำหรับการสึกหรอเพิ่ม 200 บาทต่อคัน แต่หากบรรทุกน้ำหนักเกิน 1.7 ตัน ต้องเสียค่าปรับสำหรับการสึกหรอเพิ่ม 300 บาทต่อคัน ซึ่งการแบ่งกลุ่มลูกค้าและการจัดเส้นทางดังกล่าว ยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเส้นทางขนส่งได้มากยิ่งขึ้น

ในการแก้ปัญหาจะเริ่มจากการแบ่งกลุ่มพิกัดพื้นที่ของลูกค้าให้สอดคล้องกับเส้นทางขนส่งในปัจจุบัน โดย [3] ได้นำเสนอการจัดการขนส่งโดยการแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้วิธี K - means Clustering ในการจัดเส้นทางขนส่งเพื่อลดต้นทุนของการขนส่งที่มีอยู่เดิม [5] ได้นำเสนอการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ และหาปริมาณที่มากที่สุดที่สามารถซ้อนทับกันบนพาเลทสำหรับเสนอแนวทางออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อ ลดพื้นที่การจัดเก็บ และเพิ่มปริมาณขนส่งโดยประยุกต์ใช้การจัดกลุ่มแบบเคมีน (K-Means Clustering) [4] ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีป็นเขา (Hill climbing algorithm: HCA) และวิธี การจำลองการอบเหนียว

(Simulated Annealing Algorithm: SA) เพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย เนื่องจากข้อมูลสำหรับการจัดเส้นทางของบริษัทมีจำนวนน้อยและ Hill climbing algorithm เป็นวิธีการที่มีขั้นตอนไม่ซับซ้อน จึงเหมาะสมกับการนำมาเป็นวิธีการจัดเส้นทาง

ดังนั้น ผู้จัดทำจึงนำเสนอการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้วิธีการป็นเขา (Hill climbing algorithm: HCA) และมีการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means Clustering) ใหม่ เพื่อหาเส้นทางขนส่งที่มีระยะทางสั้นที่สุด และเปรียบเทียบต้นทุนในการขนส่งแบบเดิมกับแบบใหม่โดยคิดค่าจ้างตามระยะทาง เพื่อให้สอดคล้องกับปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทาง

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem; VRP) [1], [2]

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem ; VRP) เป็นปัญหาที่มีพื้นฐานมาจากปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem ; TSP) เป็นการวางแผนจัดเส้นทางขนส่งสินค้าไปยังลูกค้าโดยการตัดสินใจเลือกทางเลือกที่ดีที่สุด ในการเดินทางขนส่งสินค้าจะเริ่มจากคลังสินค้าต้นทาง (Depot) ไปยังลูกค้า (Customers) ที่กระจายตามจุดต่าง ๆ ที่อยู่ปลาย จำนวนรถขนส่งที่ใช้จะขึ้นอยู่กับปัจจัยหรือข้อจำกัดด้านพื้นที่ ของรถที่ใช้ในการขนส่งสินค้า (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) หรือข้อกำหนดด้านเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) โดยเป้าหมายการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า คือการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าให้ลูกค้าทั้งหมดแล้วกลับมายังจุดเริ่มต้นโดยให้มีระยะทางที่สั้นที่สุดสำหรับวิธีการแก้ปัญหา (Vehicle Routing Problem: VRP) การใช้วิธีการแม่นยำตรง (Exact Optimization Techniques) สามารถแก้ปัญหา VRP ได้อย่างจำกัด ในกรณีปัญหาที่มีขนาดใหญ่หรือความซับซ้อนมากยิ่งขึ้นอาจไม่สามารถหาคำตอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ วิธีการฮิวริสติก (Heuristics) และวิธีการเมตาฮิวริสติก (Meta Heuristic) จึงเป็นที่นิยมในการ

แก้ปัญหามากกว่า โดยวิธีการเหล่านี้จะทำให้ได้ผลคำตอบที่ใกล้เคียงค่าที่ดีที่สุด โดยกระบวนการทำงานจะวนซ้ำแล้วหยุดการทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขที่กำหนดไว้และในแต่ละวิธีจะมีวิธีการพัฒนาคำตอบที่แตกต่างกัน

2.2 การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means Clustering) [3] [5]

การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means Clustering) หรือการวิเคราะห์กลุ่มแบบไม่เป็นขั้นตอน (Nonhierarchical Cluster Analysis) หรือ การแบ่งส่วน (Partitioning) เป็นการศึกษาแบบของข้อมูล และจัดกลุ่มข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันเข้าไว้ด้วยกัน นิยมใช้ในการจัดกลุ่ม Case หรือจัดกลุ่มข้อมูล จำนวนตั้งแต่ 200 ขึ้นไป โดยจะต้องกำหนดจำนวนกลุ่มหรือจำนวน Cluster ที่ต้องการก่อน ซึ่งเทคนิค K-Means จะมีการทำงานหลาย ๆ รอบ (Iteration) โดยในแต่ละรอบจะมีการรวมกลุ่มข้อมูลให้ไปอยู่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง แล้วเลือกกลุ่มที่ข้อมูลนั้นมีระยะห่างจากค่ากลางของกลุ่มน้อยที่สุด แล้วคำนวณค่ากึ่งกลางของกลุ่มใหม่ ทำเช่นนี้จนกระทั่งค่ากึ่งกลางของกลุ่มไม่เปลี่ยนแปลงจะได้จำนวนสมาชิกของแต่ละกลุ่ม

วิธีการของ K-means มี 6 ขั้นตอนดังนี้

2.2.1 กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูล K กลุ่ม

2.2.2 สุ่มค่ากึ่งกลางของข้อมูลแต่ละกลุ่มตามจำนวน K กลุ่ม

2.2.3 คำนวณระยะห่างระหว่างข้อมูลกับจุดกึ่งกลางแต่ละจุดที่สุ่มขึ้นมา ว่าข้อมูลนั้นๆ ใกล้เคียงกับจุดกึ่งกลางใดมากที่สุด โดยใช้ระบบพิกัดฉาก ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ ดังนี้

$$|PQ| = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2} \quad (1)$$

โดยกำหนดให้ PQ คือ ระยะห่างระหว่างลูกค้า x_i คือ ละติจูดของพิกัดลูกค้า ตำแหน่งที่ i x_j คือ ละติจูดของพิกัดค่ากึ่งกลางของกลุ่มที่ j y_i คือ ลองจิจูดของพิกัดลูกค้า ตำแหน่งที่ i y_j คือ ลองจิจูดของพิกัดค่ากึ่งกลางของกลุ่มที่ j

2.2.4 จัดข้อมูลให้อยู่ในกลุ่มจุดกึ่งกลางที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด

2.2.5 คำนวณค่าเฉลี่ยของข้อมูลทุกตัวในกลุ่มนั้นๆ และหาจุดกึ่งกลางใหม่

2.2.6 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3-6 จนกระทั่งค่าเฉลี่ยหรือข้อมูลที่เป็นสมาชิกแต่ละกลุ่มไม่มีการเปลี่ยนแปลง จะสิ้นสุดกระบวนการจัดกลุ่ม

2.3 วิธีการปีนเขา (Hill climbing algorithm)[4]

วิธีการปีนเขา (Hill climbing algorithm: HCA) เป็นวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบฮิวริสติก เป็นวิธีการค้นหาข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกับการปีนภูเขาไปสู่ยอดเขาของนักปีนเขา โดยนักปีนเขาจะต้องมองก่อนว่ายอดเขาอยู่ที่ใด แล้วสังเกตว่าเส้นทางใดที่เมื่อปีนแล้วจะทำให้ยิ่งใกล้ยอดเขา และหลีกเลี่ยงเส้นทางที่เมื่อไปแล้วจะทำให้ตนเองห่างจากยอดเขา โดยนักปีนเขาจะต้องทำเช่นนี้ไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งถึงยอดเขา เนื่องจากมีการปีนขึ้นเขา หรือลงเขาได้เพียงอย่างเดียว คำตอบที่ได้จะติด Local optimal สูง

ขั้นตอนการทำงานของวิธีการปีนเขามี 5 ขั้นตอน ดังนี้

2.3.1 การสร้างสถานะเริ่มต้น เป็นการสร้างคำตอบแรกจากการสุ่มแบบวงกว้าง สำหรับใช้ในการเปรียบเทียบกับก่อนเข้าสู่กระบวนการหาคำตอบที่เหมาะสม

2.3.2 การสร้างสถานะใหม่ เป็นการสร้างคำตอบใหม่ด้วยการปรับเปลี่ยนตัวแปรของปัญหาจากสถานะเดิม

2.3.3 การตรวจสอบสถานะ เป็นการเปรียบเทียบสถานะของคำตอบระหว่างสถานะใหม่กับสถานะเดิม ซึ่งสถานะที่ดีกว่าก็จะถูกกำหนดเป็นสถานะปัจจุบันเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบครั้งต่อไป จนกว่าไม่พบ สถานะที่ดีกว่าเดิม

2.3.4 ตรวจสอบสถานะเป้าหมาย คำตอบเป็นไปตามสมการเป้าหมายที่กำหนดไว้

2.3.5 ทำตามขั้นตอนที่ 2-4 จนคำตอบที่ได้ตรงตามสมการเป้าหมายหรือการเข้าสู่เงื่อนไขของการหยุดคำตอบ

2.4 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

[5] ได้นำเสนอการจัดกลุ่มผลิตภัณฑ์สำหรับออกแบบขนาดกล่องบรรจุภัณฑ์ และหาปริมาณที่มากที่สุดที่สามารถซ้อนทับกันบนพาเลท สำหรับเสนอแนวทางการออกแบบบรรจุภัณฑ์ เพื่อลดต้นทุนการสั่งซื้อ ลดพื้นที่การ

จัดเก็บ และเพิ่มปริมาณขนส่งโดยประยุกต์ใช้การจัดกลุ่มแบบเคมีน (K-Means Clustering)

[1] ได้นำเสนอการจัดเส้นทางขนส่งขึ้นส่วนรถยนต์กรณีศึกษาบริษัทขนส่งขึ้นส่วนรถยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์การจัดเส้นทางขนส่งสินค้า และเปรียบเทียบต้นทุนการขนส่งสินค้าก่อนหลังการจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving algorithm

[2] ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบพลวัตโดยใช้วิธีหาค่าต่ำสุด

[3] ได้นำเสนอการจัดการขนส่งโดยการแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้วิธี K - means Clustering และการจัดเส้นทางขนส่ง โดยประยุกต์ใช้วิธีการจำลองการอบเหนียว เพื่อลดต้นทุนของการขนส่งที่มีอยู่เดิม

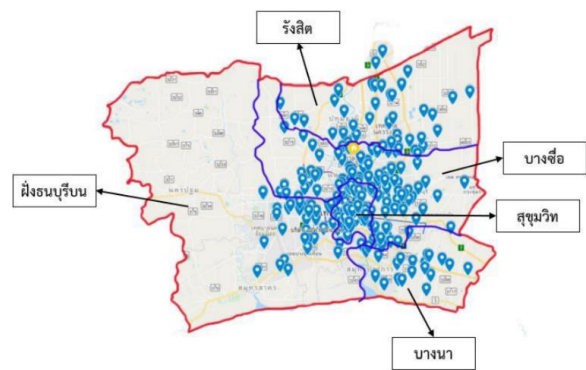
[4] ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการปีนเขา(Hill climbing algorithm: HCA) และวิธีการจำลองการอบเหนียว (Simulated Annealing Algorithm: SA) เพื่อแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ในคลังสินค้า

3. วิธีการดำเนินงาน

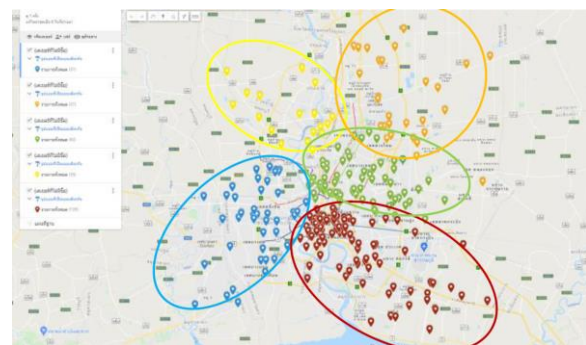
บริษัทกรณีศึกษาจัดส่งสินค้าให้กลุ่มลูกค้าที่อยู่ในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การขนส่งสินค้ามีต้นทุนค่าเชื้อเพลิง ค่าต้นทุนค่ารักษาตามระยะทาง ต้นทุนค่าจ้าง ค่าบริการเริ่มต้น และค่าปรับสำหรับการล่าช้า โดยที่มีข้อตกลงของน้ำหนักในการขนส่งสินค้าจะไม่เกิน 1.5 ตัน สำหรับการขนส่งที่มีน้ำหนักเกิน 1.5 ตัน แต่ไม่เกิน 1.7 ตัน จะต้องเสียค่าปรับ 200 บาท และการขนส่งสินค้าที่มีน้ำหนักเกิน 1.7 ตันขึ้นไป จะต้องเสียค่าปรับ 300 บาท ข้อจำกัดของระยะเวลาไม่เกิน 180 นาทีต่อคัน

จากการศึกษาข้อมูล ปัจจุบันทางบริษัทกรณีศึกษา มีการจัดแบ่งพื้นที่ของลูกค้าภายในเขตกรุงเทพและปริมณฑลไว้ 5 กลุ่ม ได้แก่บางซื่อ, บางนา, สุขุมวิท, รังสิต และฝั่งธนบุรี ดังรูปที่ 1

นอกจากนี้พบว่ามีการวิจัยที่เกี่ยวข้องได้จัดแบ่งพื้นที่ของลูกค้าภายในเขตกรุงเทพและปริมณฑล โดยใช้การแบ่งกลุ่มด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means Clustering) สามารถแบ่งได้ 5 กลุ่ม ดังรูปภาพที่ 2



รูปที่ 1 การแบ่งพื้นที่การขนส่งสินค้าแบบเดิม



รูปที่ 2 การแบ่งพื้นที่การขนส่งสินค้าแบบ K-means โดยให้มี 5 กลุ่ม

3.1 ข้อตกลงเบื้องต้น

1. การแบ่งกลุ่มด้วยลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค มีผลต่อการจัดเส้นทางเดินทางและการเปลี่ยนแปลงของระยะทาง
2. ผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าด้วยวิธีการปีนเขาเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเฉพาะการค้นหาคำตอบในแต่ละรอบ

3.2 การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means Clustering)

3.2.1 เก็บรวบรวมข้อมูลพิกัดของลูกค้าทั้งหมด 1 สัปดาห์ โดยใช้ Google Maps เพื่อหาพิกัดแต่ละจุดและลองจุด พิจารณาเฉพาะกลุ่มลูกค้าภายในพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑล

3.2.2 กำหนดจำนวนกลุ่มลูกค้าในการแบ่งพื้นที่ (K) กำหนดให้ค่า K เท่ากับ 4, 5 และ 6 โดยใช้หนึ่งค่าในแต่ละรอบ

3.2.3 กำหนดค่ากึ่งกลางของข้อมูลในแต่ละกลุ่ม (Centroid) โดยสุ่มจากพิกัดที่ตั้งของลูกค้า มีจำนวนเท่ากับจำนวนกลุ่ม (K)

3.2.4 คำนวณระยะห่างระหว่างพิกัดที่ตั้งลูกค้ากับพิกัดค่ากึ่งกลางโดยใช้สมการที่ (1) พิกัดที่ตั้งลูกค้าที่มีค่าระยะห่างระหว่างพิกัดค่ากึ่งกลางน้อยที่สุดจะถูกเลือกให้เป็นสมาชิกในกลุ่ม

3.2.5 คำนวณค่าเฉลี่ยพิกัดลูกค้าในแต่ละกลุ่มและนำค่าเฉลี่ยที่ได้กำหนดเป็นค่ากึ่งกลางใหม่ในแต่ละกลุ่ม

3.2.6 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 3 แล้วสังเกตและเปรียบเทียบว่าสมาชิกในแต่ละกลุ่มมีการเปลี่ยนแปลงหรือไม่ ถ้ามีการเปลี่ยนแปลงให้ทำซ้ำขั้นตอนที่ 4 และเปรียบเทียบใหม่ หากไม่มีการเปลี่ยนแปลงให้หยุดและเริ่มค่า K ถัดไป

3.3 การจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีการป็นเขา

3.3.1 เมื่อได้จำนวนกลุ่มและแบ่งกลุ่มลูกค้าในแต่ละกลุ่มโดยวิธีการ K-means แล้ว ทำการหาระยะทางและระยะเวลาในการเดินทางโดยเริ่มต้นจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าในแต่ละราย โดยใช้ Google Maps และสร้างตาราง from – to chart ประกอบด้วยข้อมูล

- 1) ระยะทางจากพิกัดลูกค้าตำแหน่งที่ i ไปยังพิกัดลูกค้าตำแหน่งที่ j
- 2) ระยะเวลาจากพิกัดลูกค้าตำแหน่งที่ i ไปยังพิกัดลูกค้าตำแหน่งที่ j
- 3) น้ำหนักในการบรรทุกของลูกค้าแต่ละราย
- 4) จำนวนรถที่ใช้ในการบรรทุก
- 5) จำนวนลูกค้า
- 6) ลำดับลูกค้า

โดยกำหนดให้ i คือ พิกัดลูกค้าต้นทาง j คือ พิกัดลูกค้าปลายทาง

3.3.2 สร้าง Sheets ใน Microsoft Excel โดยมีการผูกเงื่อนไขสำหรับน้ำหนักในการบรรทุก และเงื่อนไขกรอบเวลา

3.3.3 ทำการกำหนดคำตอบเริ่มต้น 1 เส้นทางและหาระยะทางรวมในการขนส่ง

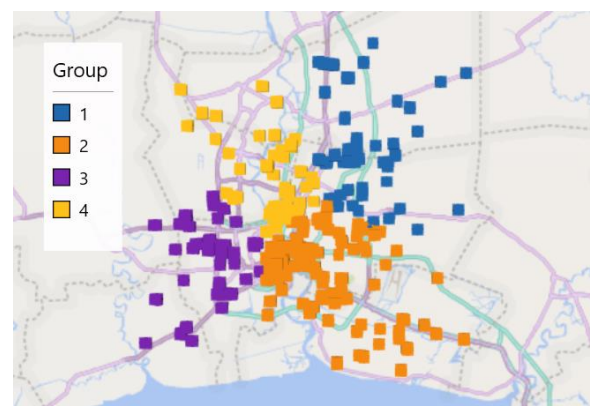
3.3.4 ทำการสุ่มเส้นทางใหม่ โดยอาศัยการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Application on Microsoft Excel เพื่อให้โปรแกรมสุ่มตำแหน่งในการสลับที่ของลูกค้าแต่ละราย มีการสุ่มแบบ Simple Random Sampling เป็นการสุ่มตัวเลข 2 ค่าในแต่ละรอบ โดยตัวเลขในการสุ่มจะมีขอบเขตของค่าเท่ากับจำนวนลูกค้าในแต่ละกลุ่มนั้น นำมาเป็นตัวแทนของลำดับพิกัดลูกค้าที่นำมาสลับระหว่างกัน ถ้าเส้นทางใหม่ที่ได้มีค่าระยะทางรวมมากกว่าค่าระยะทางเดิม โปรแกรมจะนำลำดับเส้นทางเดิมกลับมาแสดงผล แต่หากเส้นทางใหม่มีค่าระยะทางรวมน้อยกว่าเส้นทางเดิม โปรแกรมจะแสดงผลลำดับเส้นทางใหม่

3.3.5 โปรแกรมจะวนซ้ำตามจำนวนรอบที่กำหนดเมื่อถึงค่าสุดท้ายที่กำหนดไว้จะสิ้นสุดการประมวลผล และแสดงลำดับเส้นทางที่ดีที่สุดสำหรับการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้าด้วยวิธีการป็นเขา

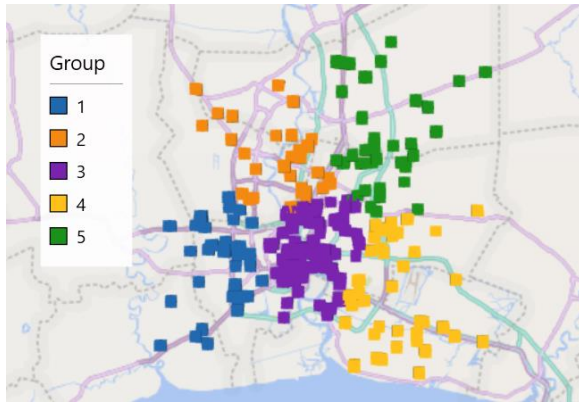
4. ผลการดำเนินงาน

4.1 ผลการแบ่งกลุ่มลูกค้า

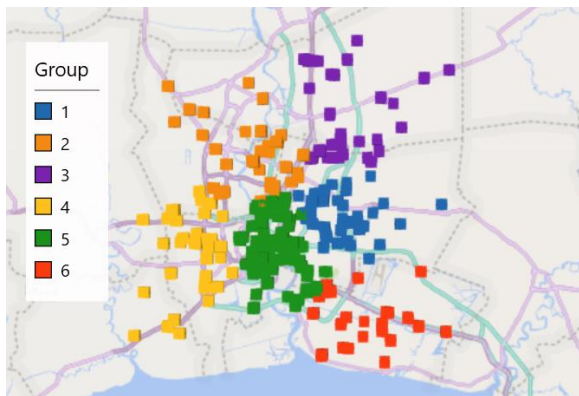
จากการแบ่งกลุ่มลูกค้าภายในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลโดยการใช้วิธีการค่าหาเฉลี่ย (K-means clustering) สามารถแบ่งกลุ่มลูกค้าได้เป็น 4 กลุ่ม ดังรูปภาพที่ 3 แบ่งกลุ่มลูกค้าได้เป็น 5 กลุ่ม ดังรูปภาพที่ 4 และแบ่งกลุ่มลูกค้าได้เป็น 6 กลุ่ม ดังรูปภาพที่ 5



รูปที่ 4 การแบ่งกลุ่มลูกค้า 4 กลุ่มโดยวิธีการ K-means



รูปที่ 5 การแบ่งกลุ่มลูกค้า 5 กลุ่มโดยวิธีการ K-means



รูปที่ 6 การแบ่งกลุ่มลูกค้า 6 กลุ่มโดยวิธีการ K-means

4.2 ผลการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า

จากการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าภายในเขตพื้นที่กรุงเทพมหานครและปริมณฑลด้วยวิธีการปีนเขา (Hill climbing algorithm: HCA) จะสามารถเปรียบเทียบระยะทางรวมของแต่ละจำนวนกลุ่มลูกค้าได้ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบระยะทางรวมของแต่ละจำนวนกลุ่มลูกค้า

จำนวนกลุ่ม	ระยะทางรวม (กิโลเมตร)	ระยะเวลารวม (นาที)
4	6,468	8,493
5	6,285	8,323
6	5,928	7,906

ผลการจัดเส้นทางทั้ง 3 กลุ่ม พบว่าจำนวนกลุ่มลูกค้าเท่ากับ 6 มีระยะทางรวมและระยะเวลารวมต่ำที่สุด จึงเลือกจำนวนกลุ่มลูกค้าเท่ากับ 6 นำมาเปรียบเทียบกับก่อนจัดเส้นทางและการจัดเส้นทางแบบ SA จากวิจัยที่เกี่ยวข้องดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระยะทางการขนส่งของแต่ละวิธีการจัดเส้นทาง

วันที่	ระยะทางในการขนส่ง (กิโลเมตร)		
	วิธีการจัดเส้นทาง		
	ก่อนจัดเส้นทาง	SA	Hill-Climb
1	840	693	612
2	1,323	1,064	997
3	1,620	1,218	1,200
4	1,520	1,150	1,128
5	1,653	1,084	1,051
6	1,639	935	940
รวม	8,595	6,144	5,928

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบระยะเวลาการขนส่งของแต่ละวิธีการจัดเส้นทาง

วันที่	ระยะเวลาในการขนส่ง (นาที)		
	วิธีการจัดเส้นทาง		
	ก่อนจัดเส้นทาง	SA	Hill-Climb
1	925	824	830
2	1,556	1,424	1,420
3	1,678	1,475	1,554
4	1,826	1,400	1,520
5	1,543	1,269	1,341
6	1,413	1,155	1,241
รวม	8,941	7,547	7,906

4.3 เปรียบเทียบต้นทุนการขนส่ง

การคิดต้นทุนการขนส่งประกอบด้วยต้นทุนค่าเชื้อเพลิง ค่าต้นทุนค่ารักษาตามระยะทาง ต้นทุนค่าจ้างค่าบริการเริ่มต้น และค่าปรับสำหรับการสีกหรือ โดยอ้างอิงจากบริษัทขนส่งเอกชนแห่งหนึ่ง ดังตารางที่ 4 หลังจากนั้นนำมาเปรียบเทียบต้นทุนของแต่ละวิธีการจัดเส้นทาง โดยคิดต้นทุนต่อเดือนและต้นทุนต่อปีโดยการเทียบบัญชีใดรายการดังตารางที่ 5

ตารางที่ 4 อัตราคำนวณต้นทุนการขนส่งสินค้า

รายการ	ราคาต้นทุนต่อหน่วย (บาท/กิโลเมตร)
ค่าต้นทุนค่าเชื้อเพลิง	5.82
ค่าต้นทุนรักษาตามระยะทาง	0.63
ค่าต้นทุนยาง	0.33
ค่าบริการเริ่มต้น (บาท/คัน)	1,200
ค่าปรับสำหรับการสีกหรือ (บาท/คัน)	บรรทุกน้ำหนักมากกว่า 1.5 ตัน แต่ไม่เกิน 1.7 ตัน ปรับ 200 บาท
	บรรทุกน้ำหนัก 1.7 ตัน ขึ้นไป ปรับ 300 บาท

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบต้นทุนการขนส่ง

วิธีการจัดเส้นทาง	ต้นทุนรวม (บาท)		
	ต่อสัปดาห์	ต่อเดือน	ต่อปี
ก่อนจัดเส้นทาง	147,074	588,296	7,059,557
SA	120,956	483,824	5,805,888
Hill Climbing	114,792	459,168	5,510,016

5. สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากผลการทดลองพบว่า การแบ่งกลุ่มลูกค้าโดยใช้วิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means

Clustering) จัดกลุ่มลูกค้าได้เป็น 6 กลุ่ม การจัดเส้นทางการขนส่งด้วยวิธีป็นเขา เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนการจัดเส้นทางทำให้ระยะทางในการขนส่งลดลงจาก 8,595 กิโลเมตร เป็น 5,928 กิโลเมตร ลดระยะทางได้ 2,667 กิโลเมตร ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งลดลงจาก 7,059,557 บาทต่อปี เป็น 5,510,016 บาทต่อปี ลดต้นทุนได้ 1,549,541 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 21.95 ต่อปี การจัดเส้นทางการขนส่งด้วยวิธีป็นเขา เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีจำลองการอบเหนียว ทำให้ระยะทางในการขนส่งลดลงจาก 6,144 กิโลเมตร เป็น 5,928 กิโลเมตร ลดระยะทางได้ 216 กิโลเมตร ส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งลดลงจาก 5,805,888 บาทต่อปี เป็น 5,510,016 บาทต่อปี ลดต้นทุนได้ 295,872 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 5.10 ต่อปี

ดังนั้น การจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีการป็นเขา (Hill climbing algorithm: HCA) ร่วมกับการแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยของเค (K-means Clustering) ด้วยการเขียนโปรแกรม Visual Basic for Application on Microsoft Excel ทำให้การจัดเส้นทางมีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น และสามารถลดระยะทางในการขนส่ง รวมทั้งทำให้ต้นทุนในการขนส่งลดลง เนื่องจากมีการแบ่งจำนวนกลุ่มลูกค้า และจัดลำดับเส้นทางของลูกค้าแต่ละกลุ่มที่เหมาะสม

สำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป ควรมีการศึกษาการจัดเส้นทางโดยวิธีอื่นๆ เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับระยะทางรวมกับวิธีการจัดเส้นทางเดิม เมื่อได้ระยะทางแล้วควรพิจารณาว่าสัญญาจ้างบริษัทเอกชนมีค่าใช้จ่ายมากกว่าหรือน้อยกว่ารถขนส่งภายในบริษัท

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] รวีโรจน์ ป้องทรัพย์, “การจัดเส้นทางขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์กรณีศึกษาบริษัทขนส่งชิ้นส่วนรถยนต์,” วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, มหาวิทยาลัยบูรพา, 2564.
- [2] จันทิมา ทิมเถื่อน และ เบญญา เหลือศรีจันทร์, “การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบพลวัตโดยใช้วิธีอบอ่อนจำลอง,” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2557.

- [3] ชยณัฐ บุญรามณรงค์ และ ภาควิชา ศรียันตรา, “การจัดการรถขนส่งสินค้าโดยใช้การแบ่งกลุ่มลูกค้าด้วยค่าเฉลี่ยและการจัดเส้นทางการขนส่ง,” วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2564.
- [4] จิราพร สกุลวรารักษ์, “การประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีการป็นเขาและขั้นตอนวิธีการจำลองการอบเหนียวสำหรับปัญหาพนักงานขาย ในคลังสินค้าบนโปรแกรมไมโครซอฟท์เอกซ์เซล,” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2562.
- [5] สุขชาติ ปลั่งศรี, “การจัดกลุ่มขนาดผลิตภัณฑ์โดยการประยุกต์ใช้ K-means Clustering เพื่อลดต้นทุนบรรจุภัณฑ์,” วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการและโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยศิลปากร, 2562.
- [6] พลอยพรรณ ศรีกิจการ และ อรุไร แสงสว่าง, “การออกแบบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางเดินรถขนส่งเครื่องสำอาง: กรณีศึกษา,” *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*, ปีที่ 7, ฉบับที่ 2, 2556.
- [7] อรอนันท์ พลสวัสดิ์, รวม Workshops Excel VBA ฉบับประยุกต์ใช้งาน, นนทบุรี: บริษัท ไอดีซี พรีเมียร์ จำกัด, 2554.