P-ISSN 0858-4435
E-ISSN 2651-1231
วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี Homepage : *http://li01.tci-thaijo.org/index.php/tstj*
ปีที่ 30 ฉบับที่ 3 (พฤษภาคม-มิถุนายน 2565) หน้า [11-20]

การประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัดสำหรับจัดเส้นทางการขนส่งมิลค์รันของบริษัทขนส่งด้ายอุตสาหกรรม

Saving Algorithm for Milk-Run Vehicle Routing Problem of the Spinning Manufacturing

ศิรประภา ดีประดิษฐ์*, ชนาธิป พรหมเพศ
สาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา พระนครศรีอยุธยา 13000
Siraprapha Deepradit*, Chanatip Prompes
Phranakhon Si Ayutthaya Rajabhat University, Phranakhon Si Ayutthaya 13000
Department of Engineering Managament, Faculty of Science and Technology
Received 18 February 2022; Received in revised from 1 April 2022; Accepted 21 April 2022

บทคัดย่อ

การวางแผนการขนส่งที่มีประสิทธิภาพทำให้องค์กรสามารถลดต้นทุนในการดำเนินการและตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าได้ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเส้นทางการขนส่งแบบมิลค์รันของโรงงานผลิตและขนส่งด้ายอุตสาหกรรมซึ่งประสบปัญหาในการจัดเส้นทางการขนส่งที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากเส้นทางการขนส่งในปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่อเดือนสูง จึงได้ประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัดเพื่อจัดเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งขนส่งจากโรงงานที่อยู่ในจังหวัดพระนครศรีอยุธยาไปยังลูกค้าที่อยู่ในจังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 14 ราย โดยเปรียบเทียบกับผลการจัดเส้นทางเดิมของโรงงาน ผลการวิจัยพบว่า การประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัด สามารถลดจำนวนรถบรรทุกจากเดิม 5 คัน เหลือ 4 คัน ระยะทางในการขนส่งจากเดิม 18,107.1 กิโลเมตร ลดลงเท่ากับ 15,122.0 กิโลเมตร คิดเป็น 16.49% และค่าใช้จ่ายลดลงจากเดิม 116,690.2 บาท เป็น 98,985.3 บาท คิดเป็น 15.17% แสดงว่าการจัดเส้นทางการขนส่งโดยประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัดมีประสิทธิภาพมากขึ้นจากระบบเดิม ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถนำไปเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจ และประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางการขนส่งของระบบอื่นๆ ได้อีกด้วย

คำสำคัญ: การจัดเส้นทางการขนส่ง; มิลค์รัน; วิธีการแบบประหยัด

***ผู้รับผิดชอบบทความ:** d_siraprapha@aru.ac.th **doi:**

Abstract

Effective transportation planning enables organizations to reduce operating costs and meet customer needs. The purpose of the study is to map out the manufacturing plant's milk-run transport route as well as the industrial thread transport, which has an issue with proper route planning. The transportation cost per month is expensive due to current transit routes. As a result, a saving algorithm was used to plan the most appropriate route, delivered from industries in Phranakhon Si Ayutthaya province to 14 consumers in the region of Samutprakan by comparing the results to the factory's actual routing. The results showed that by using the saving algorithm, the number of trucks had been decreased from five to four, the transportation distance of 18,107.1 kilometers was reduced to 15,122.0 kilometers, signifying a 16.49 percent reduction, and the transportation cost reduced by 15.17 percent, from 116,690.2 baht to 98,985.3 baht. It demonstrates that transport routing using a more cost-effective way is more efficient than the traditional version. This research can be utilized as a tool for decision-making and can also be applied to route the transportation of other systems.

Keywords: Vehicle routing problem; Milk-run; Saving algorithm

1. บทนำ

การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทานมีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการขนส่งเป็นค่าใช้จ่ายที่อยู่ในหลายกระบวนการ เช่น การจัดซื้อวัตถุดิบ การจัดเก็บวัตถุดิบและสินค้าสำเร็จรูป กระบวนการผลิตในโรงงาน และการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศ ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าและบริการเป็นความท้าทายของผู้วางแผนในการแก้ปัญหา ซึ่งค่าใช้จ่ายในแต่ละวัน ประกอบด้วย ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าบริการในการขนส่ง ค่าบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายอื่นๆ [1] หากโรงงานสามารถจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพจะส่งผลให้ลดต้นทุนการผลิตได้

ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง (Vehicle Routing Problems: VRP) เป็นปัญหาที่มีลักษณะคล้ายกับปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) โดยเริ่มต้นจาก Danzig et al. (1954) ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย [2] ต่อมา Clark and Wright (1964) เสนอการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายที่มีพาหนะในการขนส่งมากกว่า 1 คัน ซึ่งคือปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง [3] ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งมีความหลากหลาย ธรินี มณีศรี (2552) ได้สรุปปัญหาการขนส่ง เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีข้อจำกัดในการบรรทุกสินค้า (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีการขนส่งกลับมายังคลังเดิม (Vehicle Routing Problem with Backhaul: VRPB) ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีการรับและส่งสินค้า (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery: VRPPD) [4] มีงานวิจัยมากมายได้ทำการศึกษาและแก้ปัญหาดังกล่าว เช่น Liong et al. (2008) ได้ศึกษา VRP ในรูปแบบต่างๆ ซึ่งมีความหลากหลายของการแก้ปัญหาแม่นตรงหรือการประมาณค่าด้วยอัลกอริทึมตามจุดประสงค์ของการแก้ปัญหานั้นๆ [5] Suárez and Anticona (2010) และได้

แก้ปัญหาของการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีข้อจำกัดในการบรรทุกด้วยวิธีการแบบประหยัด [6] Faulin et al. (2011) ได้ประยุกต์ใช้การจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีข้อจำกัดในการแก้ปัญหาการขนส่งโดยใช้ข้อจำกัดในสถานการณ์จริง [1] Ibrahim et al. (2019) ได้แก้ปัญหาการขนส่งแบบมีข้อจำกัด [7] และต่อมา Ibrahim et al. (2019) ได้ประยุกต์ใช้วิธีแม่นตรงในการแก้ปัญหาการเดินทางของพนักงานขายและปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมีข้อจำกัด [8] สำหรับ Feld et al. (2019) แก้ปัญหาการขนส่งแบบมีข้อจำกัดโดยใช้วิธีผสมผสาน [9] ณัฐวุฒิ และคณะ (2564) ได้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีการแบบประหยัด [10] และ Ongarj and Ongkunaruk (2013) ได้แก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีข้อจำกัดด้านเวลา [11]

การขนส่งแบบมิลค์รัน (Milk Run) เป็นปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่ง โดยมีแนวคิดมาจากการส่งนมสดจากฟาร์มโดยจะจัดส่งไปตามบ้านที่หน้าบ้านมีขวดนมเปล่ามาวางรอไว้ ทางฟาร์มจะเก็บขวดเปล่าแล้วน้ำนมขวดใหม่วางแทนเท่าจำนวนเดิม ต่อมาได้มีการพัฒนาในการขนส่งของอุตสาหกรรมที่มีการกระจายสินค้าไปยังลูกค้าหลายจุด ในลักษณะการเปลี่ยนบรรจุภัณฑ์ และมีการทบทวนเส้นทางขนส่งเพื่อให้การขนส่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น มีความถูกต้องเพื่อรองรับการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time: JIT) มีงานวิจัยที่ได้แก้ปัญหาการขนส่งแบบมิลค์รันใช้การแก้ปัญหาด้วยฮิวริสติกด้วยวิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm: SA) เช่น Mei et al. (2017) ได้สร้างแบบจำลองของการจัดเส้นทางการขนส่งมิลค์รัน [12] Kodippili and Samarasekera (2019) ได้ประยุกต์ใช้การจัดเส้นทางการขนส่งแบบมิลค์รันในพืชและผลไม้สด [13] และวัชรพลและจิระลักษณ์ (2561) ได้ปรับปรุงเส้นทางการขนส่งมิลค์รันในการขนส่งน้ำนมดิบ [14] และ Paranut and Sarawut (2021) ศึกษาการจัดเส้นทางการขนส่งแบบมิลค์รันและจัดตารางงานของโรงงานผลิตรถยนต์โดยใช้วิธีการแบบประหยัดและวิธีการค้นหาย่านคำตอบใกล้เคียงของโรงงานประกอบรถยนต์แบบทันเวลาพอดี [15]

งานวิจัยนี้ใช้กรณีศึกษาของโรงงานผลิตด้ายอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยจัดเส้นทางขนส่งที่สั้นที่สุด ภายใต้เงื่อนไขการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า โดยใช้วิธีการแบบประหยัดซึ่งเป็นฮิวริสติกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดขึ้น โดยให้พาหนะแต่ละคันถูกจัดสรรได้อย่างมีประสิทธิภาพที่ดียิ่งขึ้น

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

งานวิจัยนี้ใช้กรณีศึกษาของโรงงานผลิตด้ายอุตสาหกรรมแห่งหนึ่งในจังหวัดพระนครศรีอยุธยา โดยจัดเส้นทางขนส่งที่สั้นที่สุด ภายใต้เงื่อนไขการตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า โดยใช้วิธีการแบบประหยัดซึ่งเป็นฮิวริสติกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการขนส่งเปรียบเทียบกับการวางแผนของโรงงานกรณีศึกษา

3. วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเก็บข้อมูลโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานในกรณีศึกษาประสบปัญหาค่าใช้จ่ายในการขนส่งสูง ปัญหานี้เป็นปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งกรณีที่มีข้อจำกัดเรื่องเวลาในการรับส่ง ซึ่งลูกค้าแต่ละรายมีปริมาณต้องการไม่เท่ากัน และมีข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการบรรทุกสินค้าของพาหนะ ซึ่งทำให้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งมีความยุ่งยากซับซ้อนมากยิ่งขึ้น โรงงานมีการจัดเส้นทางการขนส่ง (Figure 1) ซึ่งเป็นการขนส่งผลิตภัณฑ์ด้ายอุตสาหกรรม (Figure 2) โดยขนาดของหลอดด้าย กว้าง 25 เซนติเมตร ยาว 15 เซนติเมตร ขนาดรวมของสินค้าบนพาเลท กว้าง 100 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร สูง 165 เซนติเมตร และมีลักษณะการจัดวางผลิตภัณฑ์บนพาเลต (Figure 3) โดยลูกค้าและปริมาณการจัดส่ง ข้อจำกัดคือรถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 10 พาเลตต่อคัน เวลาที่สามารถ

ส่งสินค้าได้ คือ 08.00 – 17.00 น. โดยโรงงานมีรถบรรทุก จำนวน 5 คัน โดยมีเส้นทางการขนส่งแบบเดิม (Table 2)

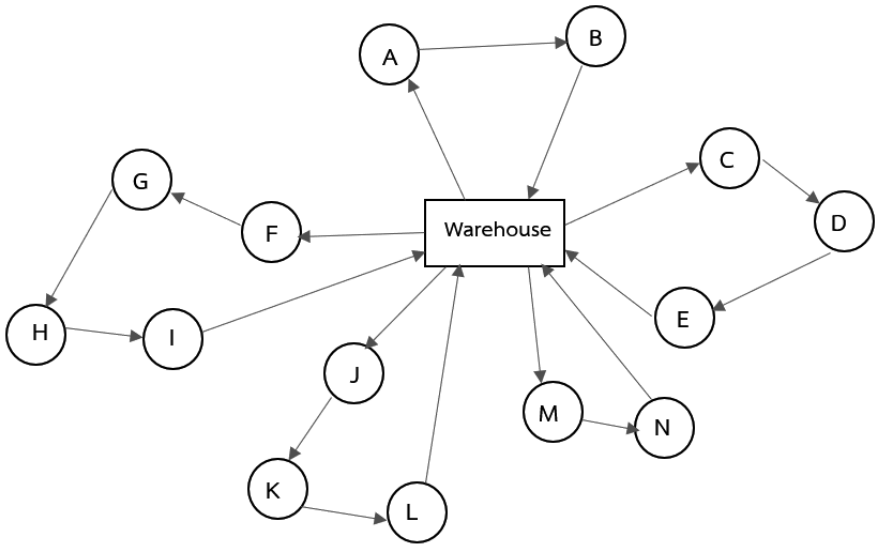

Figure 1 The vehicle routing problem.

Figure 2 An industrial spinning.

Table 1 Number of pallets per month and distance.

Customer	Number of pallets per month	Distance (From factory)
A	56	118.0
B	38	94.7
C	40	122.0
D	28	99.9
E	50	126.0
F	22	112.0
G	103	121.0
H	25	114.0
I	24	110.0
J	36	121.0
K	40	110.0
L	14	122.0
M	16	95.9
N	50	109.5

Figure 3 Finished goods of spinning.

Table 2 The traditional routing of factory.

No.	Routing	Distance (km)	Number of pallets
1	0 – A – B – 0	257.0	94
2	0 – C – D – E – 0	387.7	118
3	0 – F – G – H – I – 0	344.5	174
4	0 – J – K – L – 0	271.6	90
5	0 – M – N – 0	319.9	66

3.2 ตัวแบบทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Model)

จากข้อมูลโรงงานกรณีศึกษาเป็นโรงงานที่ทำการผลิตด้ายอุตสาหกรรม และขนส่งไปยังลูกค้าแต่ละรายโดยรถบรรทุกและผลิตภัณฑ์ด้ายอุตสาหกรรมพร้อมขนส่งตลอดช่วงเวลาการวางแผน

3.2.1 ดัชนีและเซต

i,j = ลูกค้า i และ j โดยที่โรงงานผู้ผลิต i,j เท่ากับ 0

k = รถบรรทุกคันที่

3.2.2 พารามิเตอร์

N = จำนวนรถบรรทุก

M = จำนวนลูกค้าทั้งหมด

D_j = ปริมาณความต้องการของลูกค้า j

F_{ij} = ระยะทางในการขนส่งจากลูกค้า i ไปลูกค้า j

W = ความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุก

3.2.3 ตัวแปรตัดสินใจ

$$x_{ijk} = \begin{cases} 1, & \text{รถบรรทุก k ถูกใช้ในการขนส่งไปยังลูกค้า} \\ 0, & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

$$y_k = \begin{cases} 1, & \text{ถ้ารถบรรทุก } k \text{ ถูกใช้} \\ 0, & \text{อื่นๆ} \end{cases}$$

X_{ijk} คือ ตัวแปรตัดสินใจซึ่งเป็นตัวแปรไบนารี่ คือ เท่ากับ 1 ถ้ารถบรรทุก k ถูกใช้ในการขนส่งจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j และเท่ากับ 0 ถ้ารถบรรทุก k ไม่ได้ถูกใช้

y_k คือ ตัวแปรตัดสินใจซึ่งเป็นตัวแปรไบนารี่ คือ เท่ากับ 1 ถ้ารถบรรทุก *k* ถูกใช้ และเท่ากับ 0 เมื่อไม่ได้ถูกใช้

3.2.4 สมการวัตถุประสงค์และข้อจำกัด

วัตถุประสงค์ของตัวแบบเพื่อหาแผนการกำหนดพื้นที่รับผิดชอบและขนาดการขนส่งด้ายอุตสาหกรรมที่ให้ค่าคาดหวังค่าใช้จ่ายรวมต่ำที่สุด ดังสมการ (1)

$$Min\ z = \sum_{k}\sum_{j}\sum_{i} F_{ij} x_{ijk} \tag{1}$$

ข้อจำกัด

$$\sum_{i}\sum_{k} x_{ijk} = 1, \forall i \in \{0,...,M\} \tag{2}$$

$$\sum_{j}\sum_{k} x_{ijk} = 1, \forall j \in \{0,...,M\} \tag{3}$$

$$\sum_{j}\sum_{k} D_j x_{ijk} \le W, \forall k \in \{1,...,N\} \tag{4}$$

$$\sum_{j}\sum_{i} x_{ijk} \le M y_k, \forall k \tag{5}$$

$$x_{ijk} \in \{0,1\} \tag{6}$$

$$y_k \in \{0,1\} \tag{7}$$

ข้อจำกัด ประกอบด้วย สมการที่ (2) และสมการที่ (3) เพื่อให้แน่ใจว่าถูกจัดสรรด้วยรถคันเดียวเท่านั้น สมการที่ (4) กำหนดให้ปริมาณการขนส่งต้องไม่เกินความสามารถของรถบรรทุก สมการที่ (5) กำหนดให้รถบรรทุกจะถูกใช้ขนส่งเมื่อลูกค้าถูกจัดสรร และสมการที่ (6) และสมการที่ (7) คือ ขอบเขตของตัวแปรตัดสินใจซึ่งเป็นตัวแปรไบนารี่ คือ เท่ากับ 1 เมื่อถูกจัดสรร และเท่ากับ 0 เมื่อไม่ได้ถูกจัดสรร

3.3 วิธีการแบบประหยัด (Saving Algorithm)

การประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัดเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง ประกอบด้วย

3.3.1 สร้างคำตอบเริ่มต้น โดยมีจุดเริ่มต้น (จุดเริ่มต้นกำหนดให้ คือ 0) คือ โรงงาน

3.3.2 คำนวณค่าประหยัดของระยะทางของแต่ละจุดเกิดจากการรวมเส้นทาง ระหว่างลูกค้า 2 แห่ง คือ โรงงานไปลูกค้า i และลูกค้า i ไปลูกค้า j ดังสมการที่ (8)

$$S_{ij} = (C_{0i} + C_{j0}) - C_{ij} \tag{8}$$

กำหนดให้

S_{ij} คือ ค่าความประหยัดเมื่อวิ่งรถรอบเดียว

C_{0i} คือ ระยะทางระหว่างโรงงาน และลูกค้า i

C_{j0} คือ ระยะทางลูกค้า j และโรงงาน

C_{ij} คือ ระยะทางจากลูกค้า i ไปยังลูกค้า j

3.3.3 เรียงลำดับ S_{ij} จากค่าที่มากที่สุดไปน้อยที่สุด โดยจัดเส้นทางที่มีค่า S_{ij} น้อยก่อน (ประหยัดมาก) ถ้ามีค่าเป็นบวกจะรวมลูกค้า i และ j อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

3.3.4 ทำซ้ำจนได้ครบทุกจุด โดยพิจารณาข้อจำกัดความสามารถในการขนส่งของรถบรรทุก ซึ่งรถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ไม่เกิน 10 พาเลตต่อคัน

3.3.5 รวมระยะการเดินทางที่ได้ ถ้าเส้นทางไม่เหมาะสมให้ทำซ้ำจนกว่าจะได้เส้นทางที่เหมาะสม

4. ผลการวิจัย

ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัด โดยแสดงผลการจัดเส้นทาง (Table 3) และเปรียบเทียบการจัดเส้นทางการขนส่งของโรงงาน กับการจัดเส้นทางของโรงงานกรณีศึกษา แสดงดัง (Table 4)

Table 3 The routing of factory using Saving Algorithm.

No.	Routing	Distance (km)	Number of pallets
1	0 – A – C – B – 0	291.0	134
2	0 – F – D – E – 0	242.4	100
3	0 – H - G - I – 0	278.4	152
4	0 –J - K – M – L - N – 0	283.3	156

Table 4 The results of the vehicle routing (per month).

No.	Index	Traditional	Saving algorithm	Saving result	%Saving
1	Number of vehicles	5	4	1	20.00
2	Total distance (km)	18,107.1	15,122.0	2,985.1	16.49
3	Total cost (Baht)	116,690.2	98,985.3	17,704.9	15.17

ผลที่ได้จากการจัดเส้นทางการขนส่ง ดังตารางที่ 4 เดิมโรงงานกรณีศึกษาใช้รถบรรทุกในการขนส่งด้ายอุตสาหกรรม จำนวน 5 คัน เมื่อพัฒนาปรับปรุงด้วยวิธีการแบบประหยัดพบว่า ใช้รถบรรทุกจำนวน 4 คัน ระยะทางในการขนส่งจากเดิม 18,107.1 กิโลเมตร เมื่อจัดด้วยวิธีการแบบประหยัดเท่ากับ 15,122.0 กิโลเมตร คิดเป็น 16.49% และค่าใช้จ่ายลดลงจากเดิม 116,690.2 บาท เป็น 98,985.3 บาท คิดเป็น 15.17%

5. อภิปรายผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัดในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งสำหรับโรงงานผลิตและจัดส่งด้ายอุตสาหกรรมจากจังหวัดพระนครศรีอยุธยาไปยังลูกค้าแห่งต่างๆ ในจังหวัดสมุทรปราการ จำนวน 14 ราย จากนั้นเปรียบเทียบผลที่ได้กับการจัดเส้นทางการขนส่งและการใช้รถบรรทุกในการขนส่งของโรงงานกรณีศึกษา ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัดซึ่งเป็นฮิวริสติกที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งที่มีข้อจำกัดได้ เมื่อปรับปรุงด้วยวิธีการแบบประหยัดแล้วพบว่าสามารถลดจำนวนรถบรรทุกในการขนส่งได้ สามารถลดระยะทางในการขนส่งจากเดิม 16.49% และสามารถลดต้นทุนการขนส่งจากเดิม 15.17% โดยตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้า ซึ่งมีกรอบเวลาในการขนส่งในช่วง 08.00 – 17.00 น. จะเห็นได้ว่าหากสามารถวางแผนจัดเส้นทางได้มีประสิทธิภาพมากขึ้นจะทำให้โรงงานสามารถลดต้นทุนที่เกิดขึ้นจากการขนส่งซึ่งเป็นต้นทุนในโซ่อุปทานของโรงงานอุตสาหกรรม

งานวิจัยนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้สำหรับการจัดเส้นทางการขนส่งของระบบโลจิสติกส์อื่นๆ เพื่อเป็นแนวทางในการวางแผน และงานวิจัยในอนาคตควรพิจารณาปัจจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง เช่น ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงาน ข้อจำกัดต่างๆ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาเพิ่มเติมเพื่อให้ครอบคลุมสถานการณ์จริง และมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาวิศวกรรมการจัดการภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยาที่ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้ซอฟแวร์ทำวิจัย และให้การสนับสนุนช่วยเหลือจนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

7. References

[1] Faulin, J., Juan, A., Lera, F. and Grasman, S., 2011, Solving the capacitated vehicle routing problem with environmental criteria based on real estimations in road transportation: a case study, Procedia - Social and Behavioral Sciences. 20: 323-334.

[2] Dantzig, G., Fulkerson, R. and Johnson, S., 1954, Solution of a large-scale traveling-salesman problem, Journal of the Operations Research Society of America. 2(4): 393–410.

[3] Clarke, G. and Wright, J. W., 1964, Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points, Operations Research. 12(4): 568–581.

[4] Tharinee Manisri, 2009, Algorithm for determining robust solutions of vehicle routing problem with time windows and uncertain travel times, Doctoral Dissertation, Kasetsart University, Bangkok, 172 p. (in Thai)

[5] Liong, C. Y., Wan, I. and Omar, K., 2008, Vehicle routing problem: models and solutions, Journal of Quality Measurement and Analysis. 4: 205-218.

[6] Suárez, J. G. and Anticona, M. T., 2010, Solving the capacitated vehicle routing

problem and the split delivery using GRASP metaheuristic, International Federation for Information Processing. 243-249.

[7] Ibrahim, A., Abdulaziz, R., Ishaya, J. and Sowole, S., 2019. Vehicle routing problem with exact methods. 5-15.

[8] Ibrahim, A., Abdulaziz, R. and Ishaya, J., 2019, Capacitated vehicle routing, International Journal of Research – GRANTHAALAYAH. 7: 310-327.

[9] Feld, S., Roch, C., Gabor, T., Seidel, C., Neukart, F., Galter, I. and Linnhoff-Popien, C., 2019, A hybrid solution method for the capacitated vehicle routing problem using a quantum annealer, Frontiers in ICT. 6(13).

[10] Ponsri, N., Jirasirilerd, G. and Insiri, T., 2021, Application of saving algorithm for vehicle routing problem: a case study of Catfish farm, Thai Industrial Engineering Network Journal. 7(2): 51 – 58. (in Thai)

[11] Ongarj, L. and Ongkunaruk, P., 2013, An integer programming for a bin packing problem with time windows: a case study of a Thai Seasoning Company, IEEE 2013 10th International Conference on Service Systems and Service Management (ICSSSM). 826 – 830.

[12] Mei, H., Jingshuai, Y., Teng, M. A., Xiuli, L. I. and Ting, W., 2017, The modeling of milk-run vehicle routing problem based on improved C-W algorithm that joined time window, Transportation Research Procedia. 25: 716-728.

[13] Kodippili, H. and Samarasekera, N. A., 2019, Vehicle routing model for milk run delivery of fresh produce: the case study of a 3PL service provider catering supermarkets, 9th International Conference on Operations and Supply Chain Management. Vietnam.

[14] Wongjun, W. and Labsakulwiwat, J., 2018, Improvement of transport route and reduction of transport cost of raw milk cooled tank of Pak Chong Dairy Cooperative in the project to increase efficiency and yield of cow milk. (Milk Run), 2nd Innovation for Learning and Invention. 124 – 134. Pathumthani. (in Thai)

[15] Kunwimol P. and Jansuwan, S., 2021, A study of milk-run vehicle routing problem and receiving schedule adjustment a case study of Just-In-Time automobile factory ABC, Thai Journal of Operations Research: TJOR. 9(2): 1–11. (in Thai).