

การจัดเส้นทางขนส่งสินค้าโดยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมและวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม

The Routes Transportation by Comparison between Using the Saving Algorithm and the Nearest Neighbor Algorithm

วันที่รับบทความ : 14/03/2563
วันที่แก้ไขบทความ : 05/05/2563
วันที่ตอบรับบทความ : 05/06/2563

เกศินี สือนิ¹
Kesinee Sueni¹

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการจัดเส้นทางขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาโดยศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการจัดเส้นทางด้วยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm) และ ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest Neighbor Algorithm) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเส้นทางในการจัดส่งสินค้าแบบเดิมของบริษัทกรณีศึกษา และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบการจัดเส้นทางแบบใหม่เพื่อให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งสินค้าได้ ซึ่งผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบทั้ง 2 วิธี มีผลการวิจัยดังนี้ คือ 1. การจัดเส้นทางโดยการใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ทำให้ใช้รถขนส่ง 3 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมดคิดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 513.59 กิโลเมตรต่อวัน สามารถลดระยะทางที่ใช้ทั้งหมด 429 กิโลเมตรต่อวัน ต้นทุนลดลงร้อยละ 57.37 2. การจัดเส้นทางโดยการใช้ ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest Neighbor Algorithm) ทำให้ใช้รถขนส่งทั้งหมด 3 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมดโดยเฉลี่ยเท่ากับ 405.68 กิโลเมตรต่อวัน ต้นทุนลดลงร้อยละ 58.42

คำสำคัญ : การจัดเส้นทาง, Savings Algorithm, Nearest Neighbor Algorithm, ต้นทุนการขนส่ง

¹อาจารย์ประจำสาขาวิชาเทคโนโลยีโลจิสติกส์และการจัดการระบบขนส่ง คณะบริหารธุรกิจและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก วิทยาเขตจรัล
พงษานุรักษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลตะวันออก
Lecturer Department of Technology Logistics and Transportations system management Faculty of Business and Technology
Information, Rajamangala University of Technology Tawan-Ok Chakrabongse Bhuvanarth Campus

Abstract

This research is to arrange the transportation route of the case study comparing between routing using Saving Algorithm and Nearest Neighbor Algorithm. With the objective to study the traditional shipping path of the company, case study And analyzed to compare the new routing to be able to reduce transportation costs the results from the comparative analysis of the two methods are as follows: 1. Alignment by using the Saving Algorithm method, resulting in 3 transportation vehicles with a total distance of 513.59 on average. Kilometers per day Can reduce the total distance of 429 kilometers per day, cost reduced by 57.37%. 2. Routing by using The Nearest Neighbor Algorithm makes it possible to use 3 transportation vehicles with an average total distance of 405.68 kilometers per day, costs reduced by 58.42%

Keyword : Routing , Savings Algorithm, Nearest Neighbor Algorithm, Transportation Cost

บทนำ

จากการคาดการณ์ ส่วนเศรษฐกิจรายสาขา ศูนย์วิจัยเศรษฐกิจธุรกิจและเศรษฐกิจฐานราก (Government Saving Bank, 2018) พบว่าธุรกิจบริการขนส่งปี 2561 มีแนวโน้ม “ขยายตัวต่อเนื่อง” จากปัจจัยสนับสนุนที่สำคัญ หลายประการ อาทิ กำลังซื้อภายในประเทศปรับตัวดีขึ้นเล็กน้อยตามทิศทาง เศรษฐกิจที่ทยอยฟื้นตัว แนวโน้มการเติบโตอย่างรวดเร็วของตลาดดิจิทัล ในประเทศไทย การขยายตัวของจำนวนนักท่องเที่ยวชาวไทยและชาวต่างชาติที่เดินทางเข้ามาท่องเที่ยวในประเทศไทย รวมทั้งภาคอุตสาหกรรมส่งออกที่ขยายตัวได้ดีในกลุ่มประเทศ กัมพูชา ลาว พม่า และเวียดนาม และในตลาดที่เป็นตลาดเขตแดนใหม่ ในทวีปแอฟริกา อีกทั้ง ความได้เปรียบเชิงภูมิศาสตร์ของไทยที่มีเส้นทางส่งออกและนำเข้าสินค้า ผ่านชายแดนระหว่างประเทศ ตลอดเส้นทาง ประกอบกับนโยบาย สนับสนุนการพัฒนาระบบโลจิสติกส์ตามแผนยุทธศาสตร์การพัฒนา ระบบโลจิสติกส์ของประเทศไทย ฉบับที่ 3 (ปี พ.ศ.2560-2564) เพื่อพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานและเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ในอนาคต จึงคาดว่าธุรกิจขนส่งสินค้าของไทยยังขยายตัวได้อย่างต่อเนื่อง อย่างไรก็ตาม ธุรกิจบริการขนส่งอาจได้รับผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงของเศรษฐกิจโลก ภาวะการแข่งขันยังมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ทั้งจากผู้ประกอบการในประเทศและต่างประเทศ ทำให้ผู้ประกอบการทั้งรายเก่าและรายใหม่จำเป็นต้องปรับตัว เพื่อเพิ่มโอกาสในการแข่งขันและความยั่งยืนของกิจการ

บริษัทกรณีศึกษา จดทะเบียนเมื่อ พ.ศ. 2545 จัดจำหน่ายสินค้าหลัก ปืนยิงตะปูลม และตะปูลม ต่อมาจึงขยายกิจการ ครอบคลุมเครื่องมือลมทุกชนิดไม่ว่าจะเป็น ปืนลม สายลม ข้อต่อลม อะไหล่ปืนลม น้ำมันเครื่องมือลม เครื่องมือช่าง กาวพ่นสี ชุดดอกเร้าเตอร์ ประแจ เครื่องมือลม และเครื่องมือไฟฟ้าอื่น ๆ บริษัทเป็นผู้ผลิตและผู้นำเข้า จัดจำหน่ายสินค้าประเภทเครื่องมือช่างก่อสร้าง เครื่องมือช่างกลอุตสาหกรรม เครื่องมือไฟฟ้าและอุปกรณ์เสริม อุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จากต่างประเทศกว่า 10 ปี ทำให้บริษัทมีความชำนาญในด้านการพัฒนาสินค้าและคัดสรรสินค้าที่มีคุณภาพมาจัดจำหน่ายในราคาที่เหมาะสมสำหรับลูกค้า ห้างฯ ร้านค้าต่าง ๆ ทำให้บริษัทฯ ได้รับ

ความไว้วางใจจากกลุ่มลูกค้าโฮมโปร โฮมเวิร์ค ไทวัสดุ ดูโฮม โฮมฮับ สยามโกบอลเฮาส์ อุบลวัสดุ นกตลพาณิชและร้านค้าชั้นนำทั่วประเทศและยังเป็นตัวแทนจำหน่ายภายใต้แบรนด์ EUROX, KING, Red KING จากการดำเนินธุรกิจของบริษัทกรณีศึกษา มีกิจกรรมคลังสินค้าและขนส่งสินค้า ซึ่งทำการจัดสินค้าและจัดส่งสินค้าทุกวันทำการ โดยมีร้านค้าในการจัดส่งต่อวันมากกว่า 50 ร้านค้า แต่ทางบริษัทไม่มีการวางแผนการจัดส่งสินค้าทำให้เกิดการจัดส่งสินค้าล่าช้า จัดส่งสินค้าไม่ทันต่อความต้องการของลูกค้าและใช้จำนวนรถขนส่งของบริษัทภายนอกเป็นจำนวนมากเพื่อทำการขนส่งสินค้าให้กับทางบริษัท ก่อให้เกิดค่าใช้จ่ายที่สูงมาก ดังนั้นเพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของลูกค้าและมีการใช้จำนวนรถในการจัดส่งสินค้าได้อย่างเหมาะสม รวมทั้งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดส่งสินค้า ผู้วิจัยจึงได้ทำการวิจัย โดยการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ซึ่งได้ประยุกต์ใช้ทฤษฎีฮิวริสติกส์ อัลกอริทึม (Heuristic Algorithm) โดยการนำเอาวิธีการจัดเส้นทางด้วยวิธี เซฟวิงอัลกอริทึม และ วิธี ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะเวลาทางสั้นที่สุด และใช้รถขนส่งในจำนวนที่เหมาะสม รวมทั้งสามารถลดต้นทุนในการจัดส่งสินค้า

วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาเส้นทางในการจัดส่งสินค้า
2. เพื่อจัดเส้นทางในการจัดส่งสินค้า และสามารถลดต้นทุนในการจัดส่งสินค้า

บททบทวนวรรณกรรม

แนวคิดทฤษฎีที่ใช้ในการวิจัย คือ ทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง Banthon, Santichuwong and Talklang (2016) โดยวิธีการฮิวริสติกส์ (Heuristics) ซึ่งเป็นเทคนิคที่ใช้ในการค้นหาคำตอบที่เหมาะสมโดยใช้สามัญสำนึกของมนุษย์เข้าช่วยในการแก้ปัญหาอย่างง่ายเพื่อให้ได้คำตอบที่เร็วที่สุด โดยคำตอบที่ได้ต้องเป็นเพียงพอและยอมรับได้ รูปแบบการแก้ปัญหาและการค้นหาคำตอบเป็นวิธีการคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งวิธีการแก้ปัญหาจะพัฒนาขึ้นตามระดับความยากง่ายขอปัญหา โดยจะนำความคิดสามัญสำนึกในการแก้ปัญหาของมนุษย์ผนวกเข้ากับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อใช้แก้ปัญหาเหมาะสมสำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่ เช่น วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) วิธีการอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) วิธีการค้นหาต้องห้าม (Tabu Search) วิธีการเลียนแบบการอบอ่อน (Simulated Annealing) วิธีการหาค่าที่ดีที่สุดด้วยฝูงอนุภาค (Particle Swarm Optimization) เป็นต้น โดยทั่วไป วิธีฮิวริสติกส์ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ในการหาคำตอบของแต่ละปัญหาเท่านั้น ไม่สามารถประกันได้ว่าจะได้คำตอบที่ดีที่สุด โดยอาศัยข้อมูลของปัญหาในการสร้างขั้นตอนในการหาคำตอบหรือวิธีทางคอมพิวเตอร์ ด้วยเทคนิคขั้นตอนการกระทำซ้ำ สร้างทัวร์เส้นทางที่เป็นไปได้จากคลังสินค้าไปยังลูกค้าหลายจุดโดนคำนึงถึงข้อจำกัดต่างๆเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายในการเดินทางที่น้อยที่สุด

ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยได้ใช้ 2 วิธีการในการวิเคราะห์ คือ 1. วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะคือ Saving Algorithm โดย Si Mueang (2550) ได้กล่าวถึง Clarke and Wright (1964) ที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการขนส่งของรถขนส่งสินค้าที่มี

ความสามารถในการบรรทุกต่างกัน ในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปที่ต่าง ๆ งานวิจัยนี้ได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทาง สำหรับยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุดและผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้คือ ทำให้ได้จำนวนยานพาหนะ ในการขนส่งและปริมาตรสินค้าที่ขนโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทาง มีลูกค้าเพียงจำนวน 1 คนเท่านั้น ดังนั้นจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้าทั้งหมด

2) คำนวณค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่ง สินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า 2 คน คือลูกค้า i และลูกค้า j ดังสมการต่อไปนี้

$$S_{ij} = D_{dc-i} + D_{dc-j} - D_{i-j}$$

โดยที่ S_{ij} = ค่าความประหยัดของระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า 2 คน นั่นคือลูกค้า i และลูกค้า j

D_{dc-i} = ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้า (DC)

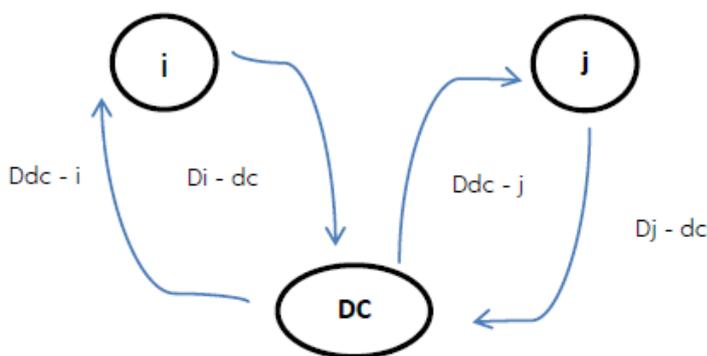
D_{dc-j} = ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า j

D_{i-j} = ระยะเวลา, ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่าง ลูกค้า i และลูกค้า j

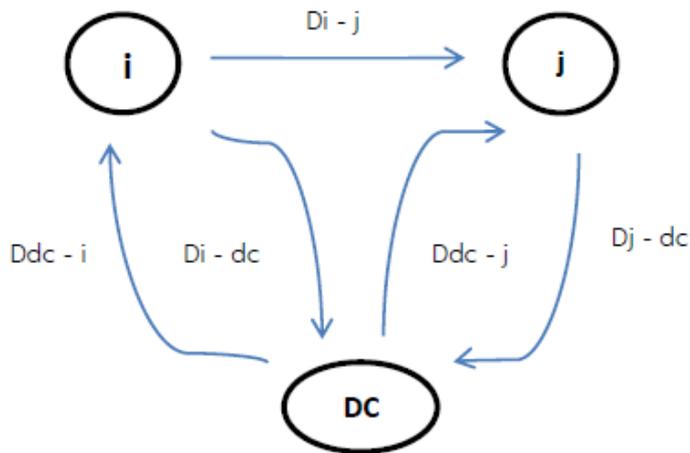
3) เรียงลำดับความประหยัด (S -) จากมากไปน้อย

4) รวมเส้นทางของลูกค้า i และลูกค้า j ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

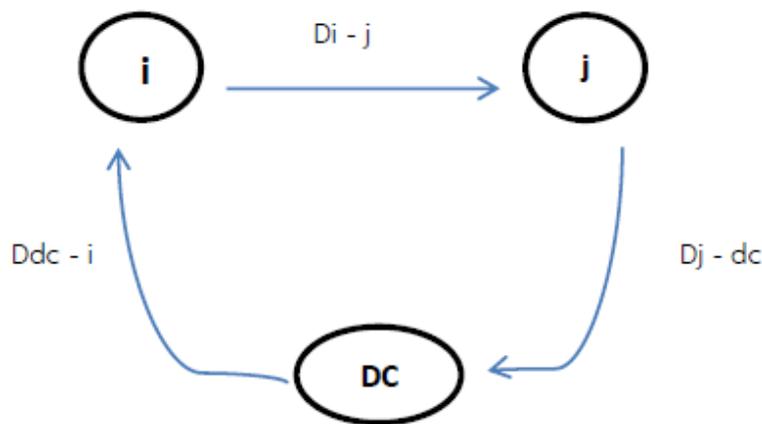
5) ทำซ้ำจนสามารถจัดเส้นทางยานพาหนะได้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมด โดยมีเงื่อนไขข้อจำกัดการเดินทางแต่ละยานพาหนะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ หรือต้องใช้เวลาการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด



ภาพที่ 1 วิธี Saving ขั้นตอน (Initial)



ภาพที่ 2 วิธี Saving ชั้นกลาง (Intermediate)



ภาพที่ 3 วิธี Saving ชั้นตอนสุดท้าย (Final)

จากสมการ Saving Algorithm ของ Clarke and Wright ตั้งอยู่ในสมมติฐาน คือ $D_{dc-i} = D_{i-dc}$ นั่นคือระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า i เท่ากับ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้าและ $D_{dc-j} = D_{j-dc}$ คือ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ระหว่างศูนย์กระจายสินค้าและลูกค้า j เท่ากับ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ระหว่างลูกค้า j และศูนย์กระจายสินค้า แต่สภาวะการณ์ขนส่งสินค้าจริงนั้นค่า $D_{dc-i} \neq D_{i-dc}$ และค่า $D_{dc-j} \neq D_{j-dc}$ เนื่องจากเส้นทางการขนส่งสินค้าขาไปและขากลับอาจไม่เหมือนกัน การบรรทุกสินค้าที่แตกต่างกันของการขนส่งสินค้าขาไปและขากลับ ทำให้ระยะทางแตกต่างกัน ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางไม่เท่ากัน ส่งผลโดยตรงกับค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าขาไปและ ขากลับที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นค่าความประหยัดของระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j (S_{i-j}) จะมีค่าดังสมการข้อ 2 คือการนำค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าในภาพที่ 1 ลบด้วยค่าใช้จ่ายการขนส่งสินค้าในภาพที่ 4 วิธีที่ 2 ที่ผู้วิจัยใช้ในการวิเคราะห์ คือ วิธี Nearest-neighbor Algorithm เช่น ปัญหาในงานวิจัย Flood หลักการคือ

- 1) เริ่มจุดลูกค้าโดยเริ่มที่จุดใดจุดหนึ่ง
- 2) พิจารณาจากจุดที่อยู่ใกล้ที่สุด

3) เชื่อมจุดระหว่างจุดที่พิจารณาที่ใกล้ที่สุดกับจุดแรกที่ถูกเลือก แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การหาลูกค้ำ ที่ใกล้ที่สุด ด้วยวิธี Nearest-neighbor Algorithm

*Nearest-neighbor Algorithm เป็นการสร้างทัวร์เส้นทางเพื่อหาจุดลูกค้ำที่ใกล้ที่สุดที่เพิ่มเข้ามาในเส้นทาง แล้วเพิ่มจุดที่มีทัวร์เส้นทางที่ใกล้มากที่สุด

จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดการจัดเส้นทางทางการจัดส่งสินค้าซึ่งพบงานวิจัยเช่นงานของ Thanong (2009) ได้ศึกษาถึงการจัดเส้นทางทางการขนส่งจากจุดส่งเดียวโดยวิธีฮิวริสติกส์ ที่เป็นวิธีการในการจัดเส้นทางทางการขนส่งของบริษัท โดยมีการแบ่งพื้นที่ในการขนส่งสินค้า และใช้วิธีการแบบ Nearest-neighbor Algorithm ในการจัดเส้นทางทางการขนส่งในแต่ละพื้นที่ ซึ่ง Hongsuwan (2013) ได้ศึกษาเพื่อวางแผนเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำดื่ม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการเดินรถให้สั้นที่สุด และต้นทุนการขนส่งต่ำที่สุด โดยคำนึงถึงความจุของปริมาณการบรรทุกของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งและจำนวนเส้นทางของการขนส่ง ภายใต้เงื่อนไขความต้องการสินค้าของลูกค้ำแต่ละรายไม่เท่ากัน โดยวิธีปัญหาเส้นทางเดินของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem) จัดการปัญหาเส้นทางขนส่งน้ำดื่ม อำเภอบางคนที และอำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรปราการ จัดส่ง 15 ตำแหน่ง ลูกค้ำ 28 ราย ซึ่งมีเส้นทางทางการขนส่งที่สามารถปรับปรุงให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยการทดลองใช้วิธีการแก้ปัญหาวิธีฮิวริสติกส์แบบการหาค่าตอบที่ใกล้ที่สุด (Nearest-neighbor Heuristics) วิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะอัลกอริทึมแบบประหยัด (Saving Algorithm) และวิธีการคำนวณเส้นทางด้วยโปรแกรมเชิงเส้น (LINGO) เช่นเดียวกับ Onchim (2012) ศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าภายในเขตกรุงเทพมหานครและปริมณฑล กรณีศึกษาบริษัท เซ็นทรัลมาร์เก็ตติ้ง กรุ๊ป ที่ประสบปัญหาการส่งสินค้าที่มีจำนวนมากกว่าจำนวนรถขนส่งที่มีอยู่อย่างจำกัด จึงจำเป็นต้องมี Supplier จำนวนมาก ทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าสูงและการจัดตารางการเดินรถที่ไม่มีประสิทธิภาพ จึงใช้วิธี Saving Algorithm มาใช้เพื่อกำหนดเงื่อนไขการส่งสินค้าผ่านโปรแกรม VRP Solver รวมไปถึง Rinmukda, Phitphibun, Srisuknam and Watthanawonwong (2016) ได้ทำการศึกษาโดยบริษัทกรณีศึกษามีปัญหาขาดการวางแผนการจัดเส้นทางทางการขนส่งสินค้า เนื่องจากที่ผ่านมามีบริษัทนี้ดำเนินธุรกิจแบบครอบครัวไม่มีการนำระบบบริหารจัดการด้านการขนส่งที่ดีเข้ามาบริหารการจัดตารางงานขนส่งสินค้านั้นจะใช้ประสบการณ์และความชำนาญเส้นทางของพนักงานในการจัดเส้นทางโดยพิจารณาจากที่ตั้งของลูกค้ำแต่ละรายที่อยู่ใกล้กันให้เป็นเส้นทางขนส่งเดียวกัน ไม่มีการพิจารณาเส้นทางที่เป็นมาตรฐานทำให้การจัดเส้นทางทางการขนส่งไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น เพื่อเป็นการช่วยให้บริษัทมีระบบการบริหารจัดการด้านการขนส่งที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหาแบบการจัดการเส้นทางทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสมโดยการนำวิธีการจัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัด

(Savings Algorithm) ของ Clarke and Wright (1964) มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาเส้นทาง การขนส่งสินค้า เช่นเดียวกับ Chaiwongsaka & all (2015) ทำการศึกษานี้เพื่อเสนอการจัดเส้นทาง การขนส่งน้ำดื่ม โดยการแบ่งพื้นที่ในการให้บริการแล้วนำลูกค้าในแต่ละพื้นที่มาจัดเส้นทางโดยวิธีเซฟ ริงอัลกอริทึม หลังจากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาจัดลำดับในการขนส่งใหม่โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรง ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้ปัญหาที่มีขนาดที่เล็กลง สามารถ แก้ปัญหาโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel ได้ แต่ทั้งนี้อาจจะมีวิธีอื่นที่ดีกว่า เช่นจากการวิจัย ของ Keawtathip (2015) จึงได้ทำการศึกษาการวัดและเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งไอศกรีม Wall's ประเภท Day Sales ด้วยโมเดลการวิเคราะห์แบบฮิวริสติกส์ โดยเป็นการศึกษาถึงการเพิ่ม ประสิทธิภาพการเดินรถ เปรียบเทียบระหว่างการจัดการเดินรถแบบเดิมกับการเดินรถแบบใหม่ที่ ใช้โมเดลการวิเคราะห์แบบฮิวริสติกส์ เพื่อหาคาดอกที่ว่า การเดินรถแบบเดิมนั้นมีประสิทธิภาพ หรือไม่ แล้วถ้าเกิดมีการเปลี่ยนแปลงการเดินรถรูปแบบใหม่จะทำให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นจากเดิม มากกว่าการเดินรถแบบเดิมอย่างไร โดยใช้โปรแกรม VRP Solver ในการคำนวณหาเส้นทาง การเดินรถใหม่ และ Limwattana (2015) ได้ศึกษาเส้นทาง การเดินรถขนส่งสินค้าและการจัดการพื้นที่ ทรบรทุก 4 ล้อในเขตกรุงเทพฯและปริมณฑลโดยประยุกต์การใช้วิธีเมตาฮิวริสติกส์แบบการ ค้นหาค่าต่ำสุดโดยใช้โปรแกรมเอ็กซ์เซลส์ชีทและฟังก์ชันอ็วลูชันนารี มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง โปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมาใช้ในองค์กร สามารถลดความเสี่ยงของการสูญเสียรายได้และโอกาส ทางการค้าในกรณีผู้ชำนาญการไม่สามารถปฏิบัติงานได้ ยังผลให้สามารถหาระยะทางรวมต่ำ ที่สุดและมีการจัดการการขนส่งให้มีประสิทธิภาพสูงสุคนำมาซึ่งการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการ ขนส่ง และ Si Sean (2013) ศึกษาเพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่งสินค้า โดยการจัดการ ขนส่งจากคลังสินค้าเพื่อไปรับงานที่โรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ กรณีศึกษา บริษัท ทีทีเค โลจิสติกส์ จำกัด โดยใช้วิธีการจัดกลุ่มโรงงานผู้ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์และวิธี VRP (Vehicle Routing Problem) ในการหาเส้นทาง เพื่อช่วยในการตัดสินใจเลือกเส้นทาง การเดินรถ และบริหาร จัดการเส้นทางให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง ลดของเสียที่ไม่เกิด มูลค่าเพิ่ม รวมถึงพัฒนากระบวนการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะเห็นได้ว่าผู้ศึกษาหลาย คนสนใจศึกษาโดยอาศัยโปรแกรมมาช่วยในการแก้ปัญหา

ระเบียบวิธีการศึกษา

1. การจัดเส้นทางเพื่อลดระยะทาง และเพิ่มประสิทธิภาพ โดยการประยุกต์ใช้แนวคิด ทฤษฎีฮิวริสติกส์ (Heuristic Algorithm) ซึ่งได้นำเครื่องมือการจัดเส้นทางด้วยวิธีเซฟริงอัลกอริทึม และ วิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม มาทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบระยะทาง สั้นที่สุด และใช้รถขนส่งในจำนวนที่เหมาะสม รวมทั้งสามารถลดต้นทุนในการจัดส่งสินค้า ทั้งนี้ได้ กำหนดข้อจำกัดในการศึกษา คือ การจัดเส้นทางเพื่อลดระยะทาง และเพิ่มประสิทธิภาพ โดยผู้วิจัย ได้ทำการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางจัดส่งสินค้า เพื่อลดปัญหาการจัดเส้นทาง การขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) โดยการจัดเส้นทางจัดส่งสินค้านั้นเป็นปัญหาของ บริษัท ในแต่ละวันของการทำงานจะต้องทำการจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า ซึ่งจากการศึกษาและ รวบรวมข้อมูล ทำให้เห็นถึงปัญหาที่สำคัญ คือ ใช้รถขนส่งจากบริษัทภายนอกมากเกินไป และไม่มี การจัดเส้นทางในการจัดส่งสินค้า รวมถึงปัญหาที่พบเกิดจากบริษัทไม่มีกลยุทธ์หรือวิธีการ

คำนวณในการจัดเส้นทางการเดินทางแต่อย่างใด แต่จะใช้ความสามารถเฉพาะตัวและประสบการณ์ในการทำงานของหัวหน้าแผนกในการวางแผนการจัดส่งสินค้า

2. การเก็บรวบรวมข้อมูลจากปัญหาการจัดเส้นทางจัดส่งสินค้า คือ การกำหนดกลุ่มของเส้นทางจัดส่งสินค้าจากบริษัทไปยังลูกค้าต่าง ๆ ภายใต้เงื่อนไขหรือข้อจำกัดในด้านต่าง ๆ ด้วย เช่น ระยะเวลา จำนวนรถที่ใช้ในการจัดส่ง จากการรวบรวมข้อมูลจึงได้มีการเสนอวิธีการเพื่อให้การจัดส่งสินค้าเป็นไปตามความต้องการที่มีการประหยัดที่สุด และสิ่งที่จะต้องดำเนินการต่อไปคือ การจัดส่งสินค้าต้องมีการใช้จำนวนรถให้น้อยที่สุด และสามารถจัดส่งสินค้าให้ได้ครบถ้วน

3. ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังนี้ 1) การแบ่งพื้นที่การบริการ เพื่อจัดกลุ่มลูกค้าในบริเวณใกล้เคียงกัน จะทำให้สามารถลดจำนวนการใช้ยานพาหนะ โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 8 โซน จำนวนลูกค้าทั้งหมด 53 ราย 2) คำนวณวิเคราะห์จัดเส้นทางเดินทางด้วยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) และ วิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest-neighbor Algorithm) ทั้งนี้ทางบริษัทกรณีศึกษามีการใช้ยานพาหนะ เป็นรถบรรทุก ขนาด 4 ล้อเล็ก ซึ่งมีความสามารถในการบรรทุกสินค้าน้ำหนักไม่เกิน 1,000 กิโลกรัม

ผลการศึกษา

จากการรวบรวมข้อมูลทำให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเส้นทางด้วยวิธี เซฟวิงอัลกอริทึม มีวิธีในการดำเนินงานดังนี้ 1. เลือกจุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าขึ้นมาหนึ่งปุมให้เป็นปุมที่หนึ่ง 2. คำนวณค่าของระยะเวลา, ระยะทางหรือค่าใช้จ่าย ในการขนส่งที่ประหยัด (Saving Cost) ได้จากสมการคือ $S_{ij} = D_{oi} + D_{jo} - D_{ij}$ โดยสมการแทนค่าคือ S_{ij} คือ ค่าความประหยัดของระยะเวลา ระยะทางหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า (Saving Cost) ระหว่างลูกค้า 2 คน นั่นคือลูกค้า i และลูกค้า j ตัวแปร D_{oi} คือ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างลูกค้า i และศูนย์กระจายสินค้า (DC) และตัวแปร D_{jo} คือ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่างศูนย์กระจายสินค้า (DC) และลูกค้า j ตัวแปร D_{ij} คือ ระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าระหว่าง ลูกค้า i และลูกค้า j และ ตัวแปร D คือคลังสินค้า 3. เรียงลำดับค่า S_{ij} จากมากไปหาน้อย 4. สร้างเส้นทางของยานพาหนะโดยเชื่อมปุม i และ j ที่มีค่า S_{ij} มากที่สุด 5. ทำซ้ำจนกว่าจะจัดเส้นทางได้ครบ โดยมีเงื่อนไข ของข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะจะต้องมีสินค้า ไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้เวลาในการเดินทาง ไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด ทำให้สามารถจัดเส้นทางการเดินทางขนส่ง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Savings Algorithm)

ลำดับรถขนส่งสินค้า	เส้นทางรถขนส่ง	จำนวนในการบรรทุกสินค้า (กิโลกรัม)	ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน(นาที)	ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท)
คันที่ 1	0-34-35-46-41-39-40-44-42-45-48-47-11-15-9-31-32-0	272.80	198.45	468	654.89
คันที่ 2	0-26-28-29-27-25-33-36-30-43-52-53-14-13-12-19-10-18-0	663.20	195.49	470	645.11
คันที่ 3	0-37-38-23-51-22-49-4-8-2-16-6-1-17-5-3-7-21-20-50-24-0	323.80	119.65	430	394.85

จากตารางที่ 1 พบว่าในการจัดเส้นทางโดยการใช่วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Savings Algorithm) ทำให้บริษัทกรณีศึกษามีการใช้รถจำนวน 3 คัน ซึ่งรถคันที่ 1 มีเส้นทางรถขนส่งโดยเริ่มต้นที่ 0-34-35-46-41-39-40-44-42-45-48-47-11-15-9-31-32-0 โดยมีสินค้าในการบรรทุก เท่ากับ 272.80 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 198.45 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางเท่ากับ 468 นาทีหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 8 นาที มีอัตราค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 654.89 บาท รถคันที่ 2 มีเส้นทางรถขนส่งโดยเริ่มต้นที่ 0-26-28-29-27-25-33-36-30-43-52-53-14-13-12-19-10-18-0 โดยมีสินค้าในการบรรทุก เท่ากับ 663.20 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 195.49 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางเท่ากับ 470 นาทีหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 8 นาที 3 วินาที มีอัตราค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 645.11 บาท และรถคันที่ 3 มีเส้นทางรถขนส่งโดยเริ่มต้นที่ 0-37-38-23-51-22-49-4-8-2-16-6-1-17-5-3-7-21-20-50-24-0 โดยมีสินค้าในการบรรทุก เท่ากับ 323.80 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 119.65 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางเท่ากับ 430 นาทีหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 1 นาที 6 วินาที มีอัตราค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 394.85 บาท

หลังจากดำเนินการจัดเส้นทางเดินทางด้วยวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเส้นทางรถขนส่งด้วยวิธีที่ 2. คือวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest-Neighbor Algorithm) คือ เป็น วิธีการที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูล โดยเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกับข้อมูลที่มีอยู่มากที่สุด เค ตัว แล้วกำหนดกลุ่มให้กับข้อมูลตัวใหม่ตามเสียงส่วนใหญ่ของสมาชิก เค ตัวที่มีความใกล้เคียงที่สุดกับ ข้อมูลใหม่นี้ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด เค (Nearest-Neighbor Algorithm) สรุปได้ดังนี้ 1. เริ่มจุดลูกค้าโดยเริ่มที่จุดใดจุดหนึ่ง 2. พิจารณาจากจุดที่อยู่ใกล้ที่สุด และ 3. เชื่อมจุดระหว่างจุดที่พิจารณาที่ใกล้ที่สุดกับจุดแรกทีเลือก ทำให้สามารถจัดเส้นทางรถขนส่ง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด
อัลกอริทึม(Nearest-Neighbor Algorithm)

ลำดับรถ ขนส่ง สินค้า	เส้นทางการเดินรถขนส่ง	จำนวนใน การ บรรทุก สินค้า (กิโลกรัม)	ระยะทางที่ ใช้ในการ เดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลา ขนส่งต่อ วัน(นาที)	ต้นทุนค่า เชื้อเพลิง (บาท)
คันที่ 1	0-50-21-24-3-5-20-7-17-6-4-8-1- 2-16-52-13-14-53-9-11-41-40-39- 44-42-45-0	611.20	63.78	454	210.46
คันที่ 2	0-49-51-23-38-37-32-31-43-33- 30-36-34-46-15-10-19-0	360.60	144.20	473	475.86
คันที่ 3	0-22-27-25-28-26-29-12-48-47- 35-18-0	288.00	197.70	397	652.41

จากตารางที่ 2 พบว่าในการจัดเส้นทางโดยการใช่วิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest-Neighbor Algorithm) ทำให้บริษัทกรณีศึกษามีการใช้รถจำนวน 3 คัน ซึ่งรถคันที่ 1 มีเส้นทางการเดินรถขนส่งโดยเริ่มต้นที่ 0-50-21-24-3-5-20-7-17-6-4-8-1-2-16-52-13-14-53-9-11-41-40-39-44-42-45-0 โดยมีสินค้าในการบรรทุก เท่ากับ 611.20 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 63.78 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางเท่ากับ 454 นาทีหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 5 นาที 6 วินาที มีอัตราค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 210.46 บาท รถคันที่ 2 มีเส้นทางการเดินรถขนส่งโดยเริ่มต้นที่ 0-49-51-23-38-37-32-31-43-33-30-36-34-46-15-10-19-0 โดยมีสินค้าในการบรรทุก เท่ากับ 360.60 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 144.20 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางเท่ากับ 473 นาทีหรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 8 นาที 8 วินาที มีอัตราค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 475.86 บาท และรถคันที่ 3 มีเส้นทางการเดินรถขนส่งโดยเริ่มต้นที่ 0-22-27-25-28-26-29-12-48-47-35-18-0 โดยมีสินค้าในการบรรทุก เท่ากับ 288 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 197.70 กิโลเมตร ใช้เวลาในการเดินทางเท่ากับ 397 นาทีหรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 6 นาที 1 วินาที มีอัตราค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 652.41 บาท

สรุปและการอภิปรายผล

ผลจากการดำเนินการวิจัยโดยการจัดเส้นทางรถขนส่ง โดยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม (Saving Algorithm) และวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest-neighbor Algorithm) สามารถสรุปผลการศึกษา ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ตารางการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางรถขนส่ง

วิธีการเดินรถ	ก่อนการปรับปรุง				หลังการปรับปรุง			
	จำนวนรถที่ใช้ (คัน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาทีก)	ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท)	จำนวนรถที่ใช้ (คัน)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาทีก)	ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท)
การขนส่งแบบเดิม	7	1,222	1,797	6,779.41	-	-	-	-
เซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Savings Algorithm)	-	-	-	-	3	513.59	1,368	1,685.85
ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest-Neighbor Algorithm)	-	-	-	-	3	405.68	1,324	1,338.73

จากตารางที่ 3. ตารางการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางรถขนส่ง พบว่า การจัดเส้นทางรถขนส่งวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Savings Algorithm) และวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest-neighbor Algorithm) มีการใช้รถขนส่ง จำนวน 3 คัน ทั้ง 2 วิธี เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นทางรถขนส่งเส้นทางเดิม ทำให้บริษัทกรณีศึกษา ได้ระยะทางสั้นที่สุด คือ วิธี ขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด อัลกอริทึม (Nearest-neighbor Algorithm) โดยสามารถลดระยะทางที่ใช้ทั้งหมด 816.32 กิโลเมตรต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 66.80 ลดระยะเวลาในการขนส่ง เท่ากับ 473 นาที หรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 8 นาที 8 วินาที คิดเป็นร้อยละ 26.32 และสามารถลดต้นทุนค่าเชื้อเพลิงเท่ากับ 5,440.68 บาท คิดเป็นร้อยละ 80.25 ทั้งนี้ระยะเวลาในการขนส่งทางผู้วิจัยไม่ได้รวมระยะเวลาอื่น ๆ เช่น เวลาในการขึ้น-ลง ของการบรรทุกสินค้า เวลาที่มีการติดสัญญาณการจราจร เป็นต้น

การอภิปรายผลการวิจัยในการจัดเส้นทางรถขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา มีความสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Rinmukda, Phitphibun, Srisuknam and Watthanawonwong (2016) ได้ทำการศึกษาโดยบริษัทกรณีศึกษามีปัญหาขาดการวางแผนการจัดเส้นทางรถขนส่งสินค้า เนื่องจากที่ผ่านมามีบริษัทนี้ดำเนินธุรกิจแบบครอบครัวไม่มีการนำระบบบริหารจัดการด้านการขนส่งที่ดีเข้ามาบริหารการจัดตารางงานขนส่งสินค้านั้นจะใช้ประสบการณ์และความชำนาญเส้นทางของพนักงานในการจัดเส้นทางโดยพิจารณาจากที่ตั้งของลูกค้าแต่ละรายที่อยู่ใกล้กันให้เป็นเส้นทางขนส่งเดียวกัน ไม่มีการพิจารณาเส้นทางที่เป็นมาตรฐานทำให้การจัดเส้นทางรถขนส่งไม่มีประสิทธิภาพ ดังนั้น เพื่อเป็นการช่วยให้บริษัทมีระบบการบริหารจัดการด้านการขนส่งที่ดีขึ้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาหารูปแบบการจัดการเส้นทางรถขนส่งสินค้าที่เหมาะสมโดยการนำวิธีการ

จัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัด (Savings Algorithm) ของ Clarke and Wright (1964) มาประยุกต์ใช้ในการคำนวณหาเส้นทางรถขนส่งสินค้า รวมทั้งงานวิจัยของ Chaiwongsaka & all (2015) ทำการศึกษานี้เพื่อเสนอการจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่ม โดยการแบ่งพื้นที่ในการให้บริการ แล้วนำลูกค้าในแต่ละพื้นที่มาจัดเส้นทางโดยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม หลังจากนั้นนำเส้นทางที่ได้มาจัดลำดับในการขนส่งใหม่โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งวิธีการนี้จะช่วยให้ปัญหามีขนาดที่เล็กลง สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ Solver ใน Microsoft Excel ได้ และผลงานวิจัยของ Limwattana (2015) ได้ศึกษาเส้นทางรถขนส่งสินค้าและการจัดการพื้นที่รถบรรทุก 4 ล้อในเขตกรุงเทพฯ และปริมณฑลโดยประยุกต์การใช้วิธีเมตาฮิวริสติกแบบการค้นหาต้องห้ามโดยใช้โปรแกรมเอ็กเซลโซลเวอร์และฟังก์ชันอีโวลูชันนารี มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างโปรแกรมสำเร็จรูปขึ้นมาใช้ในองค์กร สามารถลดความเสี่ยงของการสูญเสยรายได้และโอกาสทางการค้าในกรณีผู้ขานาญการไม่สามารถปฏิบัติงานได้ ยังผลให้สามารถหาระยะทางรวมต่ำที่สุดและมีการจัดการรถขนส่งให้มีประสิทธิภาพสูงสุดนำมาซึ่งการลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการขนส่ง

เอกสารอ้างอิง

- Chaiwongsakda, N. and et al., (2015). Arranging transportation routes using safe running algorithms and models : Traveling salesman problem case studies of drinking water factories. *TJOR*, 3(1), 51-61.
- Clarke, G. & Wright, J. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*. 12(4). 1964. 568-581.
- Government Savings Bank (2018). *Sunrise – Sunset Industry, 2018* . Retrieved from https://www.gsbresearch.or.th/wp-content/uploads/2018/02/IN_transport_61_detail.pdf
- Hongsuwan, P., Chantaraksa, W. & Chuapisutikul, S. (2013). *Education for increasing the efficiency of drinking water transportation route Samut Songkhram province*. Master degree engineering thesis, Mahidol university.
- Limwatanakun, K. (2015). *Freight routing and truck area management 4 Wheels*. Master of science thesis. Bangkok; University of technology metropolis.
- Manangam, A. & Sri Pathom Sawatdi, K. (2015). *Solving the problem of vehicle routing with Limited time for large trucks By heuristics. Case study: transportation of bricks in Bangkok and perimeter*. Master's thesis, Technological college industrial, King Mongkut's university of technology north Bangkok.
- Nadarajah, S. & Bookbinder, JH. (2007). Less-Than-Truckload carrier collaboration problem: modeling framework and solution approach. *Journal of Heuristics*. 19(6). 917-942.
- Rinmukda, W., Phitphibun, T., Srisuknam, K. and Watthanawonwong, A. (2016). *The Study of the Appropriate Freight Routing Model for Reducing Freight Costs: A Case Study of Fruit Selling Company ABC*. Panyapiwat Institute of Management.

- Si Mueang, K. (2007). *Finding the number of trucks that are suitable for transportation of goods in the retail business. A case study of Tops Supermarket*. Master of engineering thesis, King Mongkut's university of technology north Bangkok.
- Songkhan, C., Santichuwong, N. & Tan Klang, W. (2015). *Solving the time line transport problem by heuristics A case study of an automotive parts manufacturing company*. Master thesis, Engineering and architecture, Rajamangala university of technology Bangkok.

