วารสารวิชาการวิทยาการจัดการ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน 2565

Journal of Management Sciences
Kasetsart University
Vol. 1, No. 1, January – June 2022

การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถเพื่อสนับสนุนแนวคิด Green Logistics: กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด

Vehicle Routing Improvement to Support The Green Logistics Concept: Case Study ABC

กุลภรณ์ บุญชู[1] ชนกกานต์ พึ่งชาติ[2] ฐปนก วงศ์ศิริ[3]
ณัฐฐา นาคศิริ[4] และ สรศักดิ์ ชูเถื่อน[5]
Kulaporn Boonchu[1], Chanokkarn Phungchat[2], Tapanok Wongsiri[3],
Nattha Naksiri[4] and Sorasak Chuthuen[5]

(Received: April 1, 2022 Revised: May 12, 2022 Accepted: June 1, 2022)

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เสนอการจัดเส้นทางการเดินรถของบริษัทกรณีศึกษาโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเส้นทางในการเดินรถเดิมของบริษัทกรณีศึกษา และนำมาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางการเดินรถแบบใหม่ที่สามารถลดระยะทางการขนส่งสินค้าที่ส่งผลต่อการลดต้นทุนเชื้อเพลิงการขนส่งและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งผลจากการวิเคราะห์พบว่าการใช้เครื่องมือตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) และการจัดเส้นทางการเดินรถแบบประหยัด (Saving Algorithm) ร่วมกัน สามารถจัดเส้นทางที่สั้นที่สุดภายใต้ข้อจำกัดในด้านพื้นที่บรรจุของรถขนส่งและเวลาการทำงานของพนักงานได้ดีที่สุด ซึ่งสามารถลดระยะทางจากเส้นทางก่อนปรับปรุงได้ 5,317.6 กิโลเมตร/เดือน คิดเป็น 34% ด้วยระยะทางที่สั้นลง

[1] หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา Email: kulaporn.b@ku.th

[2] หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา Email: chanokkarn.p@ku.th

[3] หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา Email: tapanok.w@ku.th

[4] หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา Email: nattha.naksi@ku.th

[5] หลักสูตรบริหารธุรกิจบัณฑิต สาขาการจัดการโลจิสติกส์ คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา Email: sorasak.chu@ku.th

จึงมีการเผาผลาญเชื้อเพลิงลดลงส่งผลให้ต้นทุนผันแปรในส่วนของต้นทุนเชื้อเพลิงรวมลดลง 16,470.58 บาท/เดือน และจากการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิงที่ลดลงจึงทำให้มีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลง 1,536.04 $KgCO_2e$ /เดือน

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ Traveling Salesman Problem Saving Algorithm ต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่ง คาร์บอนฟุตพริ้นท์

ABSTRACT

This study presents a case study of the company's route planning. The objective is to study the original route of the company studied and compare it with the new route arrangement that can reduce the distance of the goods transport, which affects the reduction of transportation fuel costs and the reduction of greenhouse gas emissions from transport activities of the company studied. The results of the analysis revealed that using Traveling Salesman Problem (TSP) and Saving Algorithm. When both methods are used in tandem, the shortest route can be optimally arranged within the constraints of truck packing space and staff time. which can reduce the distance from the route before the improvement is 5,317.6 km/month accounted for 34%. With shorter mileage, fuel consumption is reduced, resulting in a decrease in variable costs in the total fuel cost of 16,470.58 baht/month. And due to the reduced fuel burning, the amount of greenhouse gas emissions is reduced by 1,536.04 $KgCO_2e$ /month.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Traveling Salesman Problem, Saving Algorithm, Transportation Fuel Cost, Carbon Footprint

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันธุรกิจน้ำดื่มมีการขยายตัวอย่างมากเนื่องจากผู้ประกอบการรายใหม่ ๆ ต่างเห็นโอกาสที่จะเข้าสู่ธุรกิจน้ำดื่ม ดังนั้นเมื่อความต้องการของผู้บริโภคที่เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ การนำส่งน้ำดื่มให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคจึงเป็นเรื่องที่ทางกิจการต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก ๆ แต่การขนส่งสินค้าถือเป็นกิจกรรมโลจิสติกส์ที่กล่าวได้ว่าเป็นกิจกรรมที่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมมากที่สุด เนื่องจากเครื่องยนต์ของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งล้วนแล้วแต่สร้างก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศทั้งสิ้นซึ่งขัดแย้งกับกระแสการทำธุรกิจแบบเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมกำลังเป็นกระแสนิยมอย่างมากในปัจจุบัน ดังนั้นหากธุรกิจมีการบริหารจัดการการใช้ประโยชน์จากการใช้เชื้อเพลิงให้ได้อรรถประโยชน์สูงที่สุดพร้อมทั้งการจัดเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสมจะช่วยลดผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการขนส่งได้ และยิ่งธุรกิจมีการปรับกระบวนทัศน์และบริหารจัดการโลจิสติกส์โดยเพิ่มประเด็นเพื่อสิ่งแวดล้อมเข้าไปด้วยในระยะยาวธุรกิจจะสามารถลดต้นทุนทางธุรกิจและต้นทุนด้านสิ่งแวดล้อมได้เพื่อก่อให้เกิดการพัฒนาอย่างยั่งยืนในสังคม

จุดมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อลดระยะทางรวมของเส้นทางการขนส่งสินค้า บริษัทกรณีศึกษา ABC
2. เพื่อลดต้นทุนเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นในกระบวนการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา ABC
3. เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางการขนส่งที่สามารถลดค่าคาร์บอนฟุตพริ้นท์ (Carbon Footprint) ในกิจกรรมการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ABC

ขอบเขตของการวิจัย

การศึกษาครั้งนี้ ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาในหัวข้อ “การปรับปรุงเส้นทางการเดินรถเพื่อสนับสนุนแนวคิด Green Logistics กรณีศึกษา บริษัท ABC จำกัด” บริษัท ABC จำกัด เป็นผู้ผลิตและจำหน่ายน้ำดื่มบรรจุขวดในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ระยอง ฉะเชิงเทรา สมุทรปราการ และกรุงเทพฯ มีจำนวนลูกค้าทั้งหมด 44 ราย สินค้าที่ทำการขนส่ง คือ น้ำดื่มแพ็คขนาด 600 มิลลิลิตรบรรจุ 1 แพ็ค มีจำนวน 6 ขวด ทั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมข้อมูลและจัดทำเล่มรายงานระยะเวลาทั้งสิ้น 3 เดือน ตั้งแต่เดือนธันวาคม 2564 - กุมภาพันธ์ 2565

การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

สุเทพ นิ่มสายและคณะ (ม.ป.ป.) ได้กล่าวว่า การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุทานสีเขียว (Green Supply Chain Management) คือ การบริหารจัดการโลจิสติกส์โดยเน้นเกี่ยวกับการลดผลกระทบที่ส่งผลต่อสิ่งแวดล้อมจากการดำเนินกิจกรรมทางโลจิสติกส์ตลอดทั้งห่วงโซ่อุปทาน ตั้งแต่การจัดหาวัตถุดิบ การออกแบบ ทั้งกระบวนการผลิต ตลอดจนกระบวนการขนส่งทั้งภายในและภายนอกองค์กร การบริโภครวมถึงการจัดการตลอดวงจรชีวิต (Life Cycle) ของผลิตภัณฑ์ และยังต้องบรรลุวัตถุประสงค์สำคัญการเพิ่มประสิทธิภาพโลจิสติกส์ตลอดห่วงโซ่อุปทานและสามารถตอบสนองต่ออุปสงค์ของผู้บริโภคได้อย่างทันท่วงที จึงถือได้ว่าการจัดการโลจิสติกส์สีเขียวเป็นกิจกรรมที่สำคัญในการจัดการห่วงโซ่อุปทานให้มีประสิทธิภาพและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมมากยิ่งขึ้น ซึ่งองค์ประกอบของกิจกรรมด้านโลจิสติกส์และโซ่อุปทานสีเขียว ประกอบด้วย

1. การออกแบบสีเขียว (Green Design)
2. การจัดซื้อจัดจ้างสีเขียว (Green Procurement/Green Supply)
3. การผลิตสีเขียว (Green Manufacturing)
4. การตลาดสีเขียว (Green Marketing)
5. การบริโภคสีเขียว (Green Consumption)
6. โลจิสติกส์ย้อนกลับสีเขียว (Green Reverse Logistics)
7. การขนส่งสีเขียว (Green Transportation/Distribution)
8. การสื่อสารสีเขียว (Green Communication)

โกศล ดีศีลธรรม (2559) ได้ให้ความหมายของ การขนส่งสีเขียว (Green Transport) คือ การเลือกใช้เทคโนโลยีการขนส่งที่ช่วยลดการใช้พลังงาน ลดมลพิษที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและการใช้พลังงานสะอาด ลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อนโดยการลดการเผาผลาญน้ำมันเชื้อเพลิงรวมทั้งอนุรักษ์พลังงานในการขนส่ง เริ่มจากการจัดสรรทรัพยากร การบริหารจัดการเส้นทางการขนส่ง และปริมาณการบรรทุก ปรับเปลี่ยนการขนส่งเพื่อย่นระยะทางการขนส่งและช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์สู่ชั้นบรรยากาศและใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด

องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก (2565) ได้กล่าวว่า การปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมต่าง ๆ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงจากกิจกรรมการขนส่ง ล้วนเป็นสาเหตุสำคัญของการเกิดภาวะโลกร้อนและยิ่งทวีความรุนแรงมากขึ้น ทำให้หลายประเทศทั่วโลกตื่นตัวในการลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก การจัดทำคาร์บอนฟุตพริ้นท์ขององค์กร (Carbon Footprint for Organization หรือ Corporate Carbon Footprint: CCF) เป็นวิธีการแสดงข้อมูลก๊าซเรือนกระจกที่ปล่อยจากการดำเนินงานขององค์กรเพื่อนำไปสู่การกำหนดแนวทางในการจัดการเพื่อลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก ซึ่งประโยชน์ของการทำ CCF สามารถประเมินปริมาณและจำแนกสาเหตุของการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและหาแนวทางการลดคาร์บอนฟุตพริ้นท์ และอาจนำไปขายเป็นคาร์บอนเครดิตหรือทำการชดเชยคาร์บอนกับองค์กรอื่น ๆ ในช่วงที่ผ่านมาราคาคาร์บอนเฉลี่ยต่อตัน มีราคาเฉลี่ยสูงสุดประมาณ 150 บาทต่อตัน

อกนิษฐ์ สันธินาค และศิรวดี อรัญนารถ (2562) กล่าวว่า ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem: VRP) นั้นได้ถูกนำมาวิจัยอย่างต่อเนื่อง จึงมีการขยายขอบเขตการศึกษาเรื่องปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งออกไปอย่างกว้างขวาง โดยมีการเพิ่มเงื่อนไขข้อจำกัดของปัญหาแบบเดิมให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาจริงที่เกิดขึ้นในภาคอุตสาหกรรม คือ ข้อจำกัดเรื่องเวลาในการรับสินค้าของลูกค้า (Time Windows) และการจัดเส้นทางที่ต้องมีการรับและส่งสินค้าในช่วงเวลาเดียวกัน ในกรณีที่มีจุดเริ่มต้นของการขนส่งทั้งแบบจุดเดียวและแบบหลายจุด (Single and Multiple Depot with Pickups and Deliveries)

ธรินี มณีศรี (2552) ได้กล่าวว่า การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของบริษัทนั้นมีลักษณะแตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีข้อจำกัดที่ต่างกัน เช่น ข้อจำกัดเรื่องปริมาณ เวลา และความสามารถในการบรรทุกของยานพาหนะ มีการกำหนดรูปแบบของปัญหาไว้ ดังภาพที่ 1

รูปแบบของปัญหา	ชื่อย่อ	ความหมาย
VRP with Capacitated	CVRP	VRP แบบมีข้อจำกัดด้านความสามารถในการบรรทุกสินค้า
VRP with Time Windows	VRPTW	VRP แบบมีกรอบเวลา
VRP with Backhaul	VRPB	VRP แบบมีการขนส่งกลับมายังคลังเดิม
VRP Pickup and Delivery	VRPPD	VRP แบบมีการรับและส่งสินค้า
VRPPD with Time Windows	VRPPDTW	VRPPD แบบมีกรอบเวลา
VRP with Multiple Depots	MDVRP	VRP แบบมีหลายคลังสินค้า
Periodic VRP	PVRP	VRP แบบมีช่วงเวลา
Periodic VRPTW	PVRPTW	VRP แบบมีช่วงเวลาและกรอบเวลา
Stochastic VRP	SVRP	VRP แบบมีความไม่แน่นอน

ภาพที่ 1 แสดงรูปแบบของปัญหาการจัดเส้นทาง
(ที่มา: ธรินี มณีศรี (2552))

ธารชุดา พันธ์นิกุล และคณะ (2554) ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ (Vehicle Routing Ploblem) พัฒนามาจากปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งของพนักงานขาย (Traveling Salesman Ploblem: TSP) โดยการเพิ่มข้อจำกัดในการขนส่งต่าง ๆ เข้าไป เช่น ความจุ (Capacity) ระยะทาง (Distance) ทำให้ต้องมีการวิ่งรถเข้าออกจากจุดเริ่มต้นหลายครั้งจึงจะให้บริการลูกค้าในจุดต่าง ๆ ได้ครบ ซึ่งในปัจจุบันได้มีการพัฒนาและแยกย่อยปัญหาออกไปอีกหลายรูปแบบ

อย่างไรก็ตามในงานวิจัยนี้จะกล่าวถึงเฉพาะปัญหาของโรงงานกรณีศึกษาปัญหา VRP ชนิดพื้นฐาน คือ มีเงื่อนไขเฉพาะการจำกัดความสามารถในการบรรทุกสินค้า (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP)

อนันต์ มุ่งวัฒนา (2555) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาการเดินรถให้มีประสิทธิภาพ (Traveling Salesman Problem: TSP) ซึ่งมีวัตถุประสงค์ในการจัดหาลำดับการเดินทางการขนส่งในระยะทางรวมให้น้อยที่สุด โดยมีการวิ่งผ่านจุดหมายต่าง ๆ ที่ไม่ซ้ำซ้อนและกลับมายังจุดเริ่มต้นโดยไม่ผ่านจุดใดจุดหนึ่งที่เคยผ่านมาแล้ว ดังนั้นจึงต้องมีการวางแผนในการเดินทางการขนส่งเพื่อให้มีระยะทางและเวลาสั้นที่สุด

พลอยไพลิน ภูมิโคกรักษ์ (2560) อ้างถึง ณกร อินทร์พยุง (2548) กล่าวว่า วิธีประหยัด เซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) เป็นวิธี Constructive ที่เสนอโดย Clarke & Wright (2507) ให้เห็นว่าเป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย สะดวก และให้คำตอบที่แม่นยำ ถึงแม้ว่าจะให้คำตอบที่ไม่ได้ดีที่สุดก็ตาม แต่วิธียังเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สามารถค้นหาคำตอบได้โดยใช้คอมพิวเตอร์ในการประมวลผล

นคร ไชยวงศ์ศักดา (2559) กล่าวว่า วิธี Saving Algorithm เป็นการประมวลผลที่ใช้เวลาน้อย ซึ่งจะคำนวณจากระยะทางการขนส่งสินค้าจากจุดที่ลูกค้ากำหนดไปยังปลายทาง โดยใช้หลักการการเดินทางใน 1 รอบ ให้ได้ลูกค้ามากกว่า 1 ราย เพื่อเป็นการจัดการการเดินรถที่มีความเหมาะสมและเกิดความประหยัดมากที่สุดภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด เช่น ความสามารถในการบรรทุกสินค้าของรถหรือ เวลาในการขนส่งสินค้าของพนักงาน เป็นต้น

อย่างไรก็ตามปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งให้มีประสิทธิภาพนั้นสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้ทางคณะผู้จัดทำได้นำเอาทฤษฎีการจัดเส้นทางการขนส่งของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) และวิธีประหยัด (Saving Algorithm) มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อปรับปรุงเส้นทางการขนส่งให้มีประสิทธิภาพด้านระยะทางที่ลดลงมากที่สุด ภายใต้เงื่อนไขความจุของรถขนส่งและระยะเวลาในการทำงานของพนักงานขับรถ

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ทางคณะผู้จัดทำได้แบ่งการดำเนินงานออกเป็นขั้นตอนดังนี้

1. การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากการศึกษาข้อมูลการขนส่งสินค้า ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการรวบรวมข้อมูลการขนส่งสินค้าของบริษัทกรณีศึกษาในระหว่างเดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2564 จนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ.2564 มาเป็นข้อมูลในการศึกษาเนื่องจากเป็นเดือนที่มีความต้องการสินค้ามากที่สุดในช่วงปี พ.ศ. 2564 โดยทางคณะผู้จัดทำได้ทำการศึกษาการจัดเส้นทางการขนส่งรูปแบบเดิมของบริษัทกรณีศึกษาแล้วพบว่าเจ้าของกิจการได้ทำการแบ่งเส้นทางตามการกระจุกตัวของกลุ่มลูกค้า ซึ่งแบ่งลูกค้าออกเป็น 3 พื้นที่ คือ ลูกค้าในพื้นที่ A, ลูกค้าในพื้นที่ B และลูกค้าในพื้นที่ C ส่งผลให้เส้นทางการเดินรถในปัจจุบันเป็นการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าตามคำสั่งซื้อในแต่ละพื้นที่ซึ่งทางบริษัทมีรถที่ใช้ในการขนส่งทั้งหมด 3 คัน ประกอบด้วย รถบรรทุกสี่ล้อใหญ่ยี่ห้อ ISUZU จำนวน 1 คัน สามารถจุน้ำได้สูงสุด 500 แพ็ค ใช้สำหรับวิ่งเส้นทางของพื้นที่ B และรถกระบะสี่ล้อยี่ห้อ TOYOTA จำนวน 2 คัน สามารถจุน้ำได้สูงสุด 300 แพ็ค ใช้สำหรับวิ่งเส้นทางของพื้นที่ A และ C โดยรถแต่ละคันจะรับผิดชอบการขนส่งในพื้นที่ของตนเองไม่มีการขนส่งข้ามพื้นที่ นอกจากนี้เส้นทางในการขนส่งเดิมของทางบริษัทกรณีศึกษานั้นไม่ได้คำนึงถึงระยะทางและเวลาที่เกิดประโยชน์สูงสุดหรือค่าใช้จ่ายที่ต่ำที่สุดในการขนส่งสินค้า แต่จะเป็นการอาศัยความชำนาญเส้นทางและความเคยชินของพนักงานในการขนส่งเท่านั้น จากผลการดำเนินงานดังกล่าวส่งผลให้เส้นทางการเดินรถของบริษัทกรณีศึกษา มีระยะทางรวมและต้นทุนเชื้อเพลิงสูงเกินความจำเป็นและไม่สามารถบรรทุกสินค้าให้เต็มคันรถเพื่อใช้อรรถประโยชน์สูงสุดของยานพาหนะได้

2. ขั้นตอนการสร้างเครื่องมือ

2.1 ตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP)

จากการรวบรวมข้อมูลทำให้ผู้วิจัยได้ดำเนินการจัดเส้นทางด้วยวิธีตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) ซึ่งมีวิธีในการดำเนินงานดังนี้

1. รวบรวมข้อมูลระยะทางระหว่างบริษัทกรณีศึกษากับลูกค้าแต่ละรายโดยใช้โปรแกรม Google Map จากนั้นจัดทำตาราง D/O Matrix ที่แสดงระยะทาง (กิโลเมตร) ในการขนส่งน้ำดื่มให้กับลูกค้ารายต่าง ๆ ของเส้นทางในแต่ละวัน ที่ทางบริษัทกรณีศึกษาได้ทำการแบ่งพื้นที่การขนส่งน้ำดื่มออกเป็นลูกค้าในพื้นที่ A, B และ C ไว้

2. นำลำดับการจัดส่งสินค้าเดิมของทางบริษัทที่พนักงานขับรถได้ทำการจัดส่งสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละเส้นทางมาสร้างตารางข้อมูล เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการ Solvers หาลำดับในเส้นทางขนส่งที่ระยะทางสั้นที่สุด โดยใช้ เครื่องมือ Evolutionary ในโปรแกรม Microsoft Excel

3. เมื่อทำการ Solvers ด้วยโปรแกรม Microsoft Excel จะได้ผลลัพธ์ที่แสดงเส้นทางที่มีระยะทางสั้นที่สุด

2.2 การจัดเส้นทางการเดินรถแบบประหยัด (Saving Algorithm) ร่วมกับวิธีตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP)

หลังจากดำเนินการจัดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) แล้วเสร็จแล้ว ทางคณะผู้จัดทำได้ดำเนินการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งด้วยวิธีที่สองคือ การจัดเส้นทางการเดินรถแบบประหยัด (Saving Algorithm) ร่วมกับวิธีตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) ซึ่งมีวิธีในการดำเนินงานดังนี้

1. ทำการรวมพื้นที่การจัดส่งทั้ง 3 พื้นที่ ซึ่งประกอบไปด้วยพื้นที่ A, B และ C เข้าด้วยกัน เพื่อต้องการจัดเส้นทางใหม่โดยไม่ต้องคำนึงถึงพื้นที่การจัดส่งเดิมที่เจ้าของบริษัทเคยวางแผนเส้นทางเอาไว้ แต่ในการรวมพื้นที่การจัดส่งนั้นจะเป็นการรวมลูกค้าที่มีคำสั่งซื้อในวันเดียวกันอยู่ด้วยกัน จะไม่มีการข้ามวันไปจัดส่งวันถัดไป

2. สร้างตารางข้อมูลระยะทางการเดินรถของบริษัทกรณีศึกษาไปยังลูกค้าแต่ละรายจำนวนทั้งหมด 44 ราย โดยใช้ โปรแกรม Microsoft Excel ในรูปแบบของตาราง Matrix (O/D)

3. คำนวณตามหลักทฤษฎี Saving Algorithm เพื่อให้ได้ค่าตาราง Saving Matrix และใช้สูตรการคำนวณ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: เลือกจุดเริ่มต้น 1 จุด เพื่อนำมาทำการหาเส้นทางให้กับลูกค้า

ขั้นตอนที่ 2: คำนวณระยะทางเกิดจากการขนส่ง เพื่อให้เกิดค่าระยะทาง และเวลาที่ประหยัดที่สุด โดยใช้การหาจาก Sij = Dio + Doj - Dij (เมื่อ i, j คือ เส้นทางจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง)

ขั้นตอนที่ 3: เรียงลำดับค่า Sij ที่คำนวณได้จากมากไปหาน้อย

ขั้นตอนที่ 4: ทำการจัดเส้นทางจากจุด i ไปจุด j ให้เกิดความประหยัดมากที่สุด ภายใต้ข้อจำกัดที่กำหนดไว้

ขั้นตอนที่ 5: ทดลองทำซ้ำ ๆ และตรวจสอบเส้นทางที่กำหนดมา

ขั้นตอนที่ 6: หากพบว่ามีเส้นทางที่ไม่เหมาะสม ให้ทำการหาเส้นทางใหม่

4. หลังจากสร้างตาราง Saving Matrix ที่ได้จากการคำนวณของสมการข้างต้น จึงนำมาเรียงลำดับค่า Saving จากค่ามากที่สุดไปยังค่าน้อยที่สุดและทำการระบุคู่อันดับของค่า Saving ที่ได้ในแต่ละค่า

5. จัดลำดับเส้นทางการเดินรถไปยังสถานที่ปลายทางต่าง ๆ โดยการเริ่มจากคู่อันดับที่มีค่า Saving มากที่สุดและทำการเรียงลำดับคู่อันดับที่มีค่าน้อยรองลงมาจนถึงคู่อันดับสุดท้าย โดยคำนึงถึงเงื่อนไขด้านความจุรถบรรทุกซึ่งทางคณะผู้จัดทำได้มีเผื่อพื้นที่การบรรทุกสินค้าไว้ 10% ของความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุกแต่ละคัน เพื่อรองรับอุปสงค์ของลูกค้าอาจมีการที่ผันผวน ซึ่งได้มาจากการคำนวณหา Standard Deviation ของอุปสงค์ทั้งหมดและคำนึงถึงเงื่อนไขด้านระยะเวลาการทำงานของพนักงานขับรถและพนักงานยกขน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

รายการ	เงื่อนไข
1. ด้านรถบรรทุก	1. รถบรรทุก 4 ล้อใหญ่ ขนาดบรรจุ 450 แพ็ค (เดิมสามารถบรรทุกได้ 500 แพ็ค) 2. รถกระบะ 4 ล้อ ขนาดบรรจุ 270 แพ็ค (เดิมสามารถบรรทุกได้ 300 แพ็ค)
2. ด้านระยะเวลาการทำงานของพนักงาน	ไม่เกิน 480 นาที

ตารางที่ 1 แสดงเงื่อนไขที่ใช้พิจารณาในการจัดเส้นทาง

(ที่มา: คณะผู้จัดทำ (2565))

6. การนำชุดเส้นทางการขนส่งที่ได้จากการทำ Saving Algorithm มาเรียงลำดับการส่งสินค้าให้กับลูกค้าแต่ละรายใหม่โดยใช้เครื่องมือ TSP ผ่านการ Solvers ในโปรแกรม Microsoft Excel เพื่อให้ได้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดภายใต้เงื่อนไขด้านพื้นที่บรรจุของรถขนส่งและเวลาการทำงานของพนักงาน

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในขั้นตอนนี้ทางคณะผู้จัดทำจะนำเส้นทางหลังปรับปรุงมาคำนวณระยะทางที่เกิดขึ้นและทำการคำนวณหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปรวมถึงทำการประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการขนส่งสินค้าก่อนและหลังการปรับปรุงการขนส่งซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง

ในส่วนของต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษา ทางคณะผู้จัดทำจะช่วยแก้ปัญหาการลดต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงเท่านั้น เพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของรายงานเล่มนี้ โดยสามารถคำนวณต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดังสูตรคำนวณต่อไปนี้

ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง = ระยะทางรวม (กม./เดือน) x ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/กม.)

โดยค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อกิโลเมตรสามารถคำนวณจากการนำราคาน้ำมันต่อลิตรหารกับอัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิงของรถแต่ละคัน โดยกำหนดให้ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเท่ากับ 29.4 บาท/ต่อลิตร ซึ่งเป็นราคาเมื่อวันที่ 20/11/2564 (Bangchak, 2564) และกำหนดให้อัตราเผาผลาญเชื้อเพลิงสำหรับรถบรรทุก 4 ล้อใหญ่มีอัตราเผาผลาญเชื้อเพลิงอยู่ที่ 5.41 กิโลเมตร/ลิตร และรถกระบะ 4 ล้อ มีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 8.08 กิโลเมตร/ลิตร (สำนักงานเครื่องกลและสื่อสารกรมทางหลวง, 2564)

3.2 การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในกิจกรรมการขนส่งสินค้า

เพื่อให้สามารถแก้ไขปัญหาได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ทางคณะผู้จัดทำจึงได้ทำการคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ไปและคำนวณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากกิจกรรมการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษาโดยสามารถคำนวณจากสูตรการหาค่าการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจำเพาะการขนส่งสินค้าได้ดังนี้

$$CO_2 \text{ Emission} = F \times E_F$$

F คือ ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (ลิตร) โดยจะหาจากการนำระยะทาง/อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง สำหรับรถบรรทุก 4 ล้อใหญ่ จะมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 5.41 กิโลเมตร/ลิตร และรถกระบะ 4 ล้อ จะมีอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอยู่ที่ 8.08 กิโลเมตร/ลิตร (สำนักงานเครื่องกลและสื่อสารกรมทางหลวง, 2564)

E_F คือ Emission factor ของก๊าซเรือนกระจกของการเผาไหม้ของน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งมีปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกเท่ากับ 2.7446 $KgCO_2e$/ลิตร (องค์การบริหารจัดการก๊าซเรือนกระจก, 2561)

ผลการวิจัย

จากการรวบรวมข้อมูลคณะผู้จัดทำได้ดำเนินการจัดหาเส้นทางใหม่โดยเครื่องมือ TSP จากการศึกษาวิธีการทำ Evolutionary จากการ Solvers ในโปรแกรม Excel สามารถแสดงเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดในแต่ละวัน ในพื้นที่ A B และ C ได้ดังตารางต่อไปนี้

โซน	วัน	ลำดับ	เส้นทางการขนส่งหลังการปรับปรุงด้วย TSP	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความจุ (แพ็ค)	อรรถประโยชน์การใช้รถ (%)
A	จันทร์	1	โรงงานน้ำ-A09-A10-A07-A05-A02-A04-โรงงานน้ำ	272.5	293	97.67
	อังคาร	2	โรงงานน้ำ-A08-A06-A05-A02-A03-โรงงานน้ำ	267.5	229	76.33
	พุธ	3	โรงงานน้ำ-A01-A04-A07-A08-A10-A09-โรงงานน้ำ	168.6	153	51.00
	พฤหัส	4	โรงงานน้ำ-A10-A06-A01-A03-โรงงานน้ำ	293.7	174	58.00
	ศุกร์	5	โรงงานน้ำ-A08-A01-A05-A06-A07-โรงงานน้ำ	293.9	221	73.67
	เสาร์	6	โรงงานน้ำ-A03-A05-A06-A08-โรงงานน้ำ	115.9	227	75.67
B	จันทร์	7	โรงงานน้ำ-B11-B12-B15-B14-B16-B17-B20-B10-B03-โรงงานน้ำ	117.7	397	79.40
	อังคาร	8	โรงงานน้ำ-B09-B11-B06-B07-B03-B02-B01-B19-B10-B16-B14-โรงงานน้ำ	110.1	322	64.40
	พุธ	9	โรงงานน้ำ-B09-B11-B06-B07-B03-B18-B01-B15-B13-B16-B14-โรงงานน้ำ	255.3	239	47.80
	พฤหัส	10	โรงงานน้ำ-B14-B20-B01-B18-B03-B04-B07-B06-B12-B08-โรงงานน้ำ	314.1	314	62.80
	ศุกร์	11	โรงงานน้ำ-B09-B10-B01-B15-B18-B14-B05-B11-B08-โรงงานน้ำ	106.9	235	47.00
	เสาร์	12	โรงงานน้ำ-B14-B15-B13-B12-B07-B11-B05-B01-B03-B09-โรงงานน้ำ	81.7	466	93.20
C	จันทร์	13	โรงงานน้ำ-C05-C10-C06-C04-C01-C11-C14-C13-C12-โรงงานน้ำ	132	210	70.00
	อังคาร	14	โรงงานน้ำ-C05-C03-C03-C01-C05-C07-C08-C06-C12-โรงงานน้ำ	78.8	167	55.67
	พุธ	15	โรงงานน้ำ-C05-C03-C08-C07-C09-C04-C11-C13-C12-โรงงานน้ำ	103.2	111	37.00
	พฤหัส	16	โรงงานน้ำ-C12-C14-C11-C01-C04-C06-C03-C05-โรงงานน้ำ	136.6	112	37.33
	ศุกร์	17	โรงงานน้ำ-C06-C04-C10-C12-C09-C05-C11-C13-C03-โรงงานน้ำ	216.4	210	70.00
	เสาร์	18	โรงงานน้ำ-C12-C06-C09-C04-C01-C02-C03-C05-โรงงานน้ำ	72.1	162	54.00

ตารางที่ 2 ตารางการเดินรถหลังปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือ TSP

(ที่มา: คณะผู้จัดทำ (2565))

จากตารางที่ 2 พบว่าในการจัดเส้นทางโดยใช้เครื่องมือ TSP นั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการลำดับจุดปลายทางของลูกค้าแต่ละรายใหม่เพื่อใช้ในการตัดสินใจหาเส้นทางการเดินรถไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าได้ครบทุกราย โดยที่การขนส่งในเที่ยวนั้นต้องไม่ผ่านลูกค้ารายเดิมซ้ำ และเมื่อขนส่งให้กับลูกค้าครบทุกรายแล้วรถขนส่งก็จะกลับเข้าสู่โรงงานน้ำดื่มที่เป็นปลายทางสุดท้าย จึงทำให้เส้นทางทั้ง 18 เส้นทางของบริษัทกรณีศึกษาเกิดเส้นทางการขนส่งที่มีระยะทางที่สั้นที่สุดและไม่ทับซ้อนกับเส้นทางการขนส่งที่เคยผ่านมาแล้ว โดยการปรับปรุงเส้นทางด้วยเครื่องมือ TSP ทำให้สามารถลดระยะทางรวมจากเส้นทางการขนส่งก่อนปรับปรุงจาก 3,910 กิโลเมตร ลงลงเหลือ 3,136.9 กิโลเมตร ซึ่งลดถึง 773.10 กิโลเมตร ส่งผลเส้นทางการขนส่งหลังปรับปรุงมีระยะทางที่สั้นลงอย่างเห็นได้ชัด และยังทำให้ต้นทุนขนส่งในด้านเชื้อเพลิงนั้นลดลงอีกด้วย แต่ไม่ได้ช่วยให้ทางบริษัทใช้อรรถประโยชน์จากรถบรรทุกได้สูงที่สุดเนื่องจากรถที่ใช้ในการขนส่งก็ยังใช้จำนวนเท่าเดิมรวมถึงพื้นที่ในการบรรทุกบางรอบก็ยังมีพื้นที่เหลือ ทำให้ทางคณะผู้จัดทำนำวิธี Saving Algorithm ร่วมกับเครื่องมือ TSP มาใช้ในการจัดเส้นทางการขนส่ง เพื่อต้องการให้บริษัทกรณีศึกษาสามารถใช้อรรถประโยชน์จากรถบรรทุกรวมถึงยังอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเรื่องความจุของรถและเวลาที่ใช้ในการขนส่งน้ำดื่มของบริษัท ABC จำกัด

หลังจากดำเนินการจัดเส้นทางการเดินรถด้วยวิธี Saving Algorithm ควบคู่กับเครื่องมือ TSP โดยสามารถสรุปผลการดำเนินงานได้ดังตาราง

วัน	ลำดับ	เส้นทางการขนส่งหลังปรับปรุง Saving + TSP	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ความจุสูงสุด (แพ็ค)	ความจุ (แพ็ค)	อรรถประโยชน์ การใช้รถ (%)
วันจันทร์	1	โรงงานน้ำ-B17-B16-B03-A09-A10-A07-A05-A02-A04-โรงงานน้ำ	309	450	411	91.33
	2	โรงงานน้ำ-B10-B20-C12-C13-C14-C11-C01-C04-C06-C10-โรงงานน้ำ	185	270	251	92.92
	3	โรงงานน้ำ-B14-C05-B15-B12-B11-โรงงานน้ำ	29.3	270	238	88.15
วันอังคาร	1	โรงงานน้ำ-C12-B19-B01-A08-A06-A05-A02-A03-โรงงานน้ำ	283	450	409	90.89
	2	โรงงานน้ำ-B14-C07-C06-C04-C01-C02-C03-C05-C08-B16-โรงงานน้ำ	70	270	208	77.04
	3	โรงงานน้ำ-B11-B06-B07-B03-B02-B10-B09-โรงงานน้ำ	58	270	101	37.41
วันพุธ	1	โรงงานน้ำ-B09-B11-B06-B07-B03-B01-B15-A09-A10-A08-A07-A01-B18-A04-โรงงานน้ำ	327.3	450	270	60.00
	2	โรงงานน้ำ-B14-B13-C07-C09-C08-C05-C03-C04-C11-C13-C12-B16-โรงงานน้ำ	119	270	233	86.30
วันพฤหัส	1	โรงงานน้ำ-B01-A10-A06-A01-B18-A03-B03-B04-B07-B08-B12-โรงงานน้ำ	323	450	349	77.56
	2	โรงงานน้ำ-B20-C12-C06-C04-C01-C11-C14-B06-C03-C05-B14-โรงงานน้ำ	192.7	270	251	92.96
วันศุกร์	1	โรงงานน้ำ-B11-C03-B05-C10-B15-B01-A08-A07-A06-A05-A01-B18-C13-C11-C05-C04-C06-โรงงานน้ำ	318.9	450	450	100.00
	2	โรงงานน้ำ-B09-B08-C09-C12-B10-B14-โรงงานน้ำ	75	270	216	80.00
วันเสาร์	1	โรงงานน้ำ-A03-A05-A06-A08-B01-B03-B07-โรงงานน้ำ	162	450	415	92.22
	2	โรงงานน้ำ-B11-B05-C04-C01-C02-C03-C05-C09-C06-C12-โรงงานน้ำ	106	270	253	93.70
	3	โรงงานน้ำ-B09-B12-B13-B15-B14-โรงงานน้ำ	22.4	270	187	69.26

ตารางที่ 3 แสดงเส้นทางทั้งหมดหลังปรับปรุงโดยใช้วิธี Saving Algorithm + TSP

(ที่มา : คณะผู้จัดทำ (2565))

เมื่อทำการเปรียบเทียบเส้นทางก่อนปรับปรุงกับเส้นทางหลังปรับปรุงด้วยเครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับกับเครื่องมือ TSP จะเห็นได้ว่าสามารถลดเส้นทางที่เกิดขึ้นก่อนปรับปรุงจาก 18 เส้นทางเหลือเพียง 15 เส้นทาง และสามารถลดระยะทางจากเส้นทางก่อนปรับปรุงได้ถึง 2,580.6 กิโลเมตร

จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับเครื่องมือ TSP นั้นทำให้สามารถจัดเส้นทางที่สั้นที่สุดภายใต้ข้อจำกัดในด้านพื้นที่บรรจุของรถขนส่งและเวลาการทำงานของพนักงานได้ดีกว่า และแสดงให้เห็นว่าเมื่อระยะทางที่เกิดขึ้นหลังปรับปรุงส่งผลให้ต้นทุนผันแปรด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงตามไปด้วย โดยสามารถสรุปต้นทุนด้านค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของเส้นทางก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุงได้ดังนี้

ต้นทุนการขนส่ง	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุงด้วยวิธี TSP			หลังปรับปรุงด้วยวิธี Saving และ TSP		
	รถคันที่ 1 (A)	รถคันที่ 2 (B)	รถคันที่ 3 (C)	รถคันที่ 1 (A)	รถคันที่ 2 (B)	รถคันที่ 3 (C)	รถคันที่ 1 (A)	รถคันที่ 2 (B)	รถคันที่ 3 (C)
อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง (กม./ลิตร)	8.08	5.41	8.08	8.08	5.41	8.08	8.08	5.41	8.08
*ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/กม.)	3.64	5.43	3.64	3.64	5.43	3.64	3.64	5.43	3.64
ระยะทาง (กม./เดือน)	6,270.00	5,280.80	4,089.20	5,648.40	3,943.20	2,956.40	6,892.80	2,990.80	438.80
ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/เดือน)	**22,822.80**	**28,674.74**	**14,884.69**	**20,560.18**	**21,411.58**	**10,761.30**	**37,427.90**	**10,889.51**	**1,597.23**
รวมต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท/เดือน)	**66,382.23**			**52,733.05**			**49,911.65**		

*ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง = ราคาน้ำมันต่อลิตร/อัตราการเผาผลาญเชื้อเพลิง

**กำหนดให้ราคาน้ำมัน 29.4 บาท ราคาเมื่อวันที่ 20/11/2564 (bangchak, 2564)

ตารางที่ 4 ตารางแสดงต้นทุนเชื้อเพลิงก่อนปรับปรุง, หลังปรับปรุงด้วยวิธี TSP และหลังปรับปรุงด้วยวิธี Saving ร่วมกับ TSP

(ที่มา: คณะผู้จัดทำ (2565))

จากตารางที่ 4 ซึ่งแสดงต้นทุนเชื้อเพลิงในการขนส่งของ บริษัท ABC จำกัด แสดงให้เห็นว่าต้นทุนด้านเชื้อเพลิงรวมของเส้นทางการขนส่งก่อนการปรับปรุงสูงถึง 66,382.23 บาทต่อเดือน

เมื่อจัดการเส้นทางใหม่ด้วยวิธี TSP สามารถทำให้ระยะทางรวมในการขนส่งลดลงอีก ส่งผลให้ต้นทุนผันแปรด้านเชื้อเพลิงลดลงตามระยะทาง เหลือเพียง 52,733.05 บาทต่อเดือน และเมื่อปรับปรุงด้วยเครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับกับเครื่องมือ TSP ส่งผลให้ระยะทางในการขนส่งลดลงต่อเดือนเท่ากับ 10,322.40 กิโลเมตร จึงส่งให้ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงลดลงเหลือ 49,911.65 บาทต่อเดือน เนื่องจากมีระยะทางรวมที่สั้นลงและมีการใช้รถได้อย่างคุ้มค่าเมื่อทำการขนส่งในแต่ละครั้ง เมื่อระยะทางและปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลดลงส่งผลให้ปริมาณการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงตามไปอีกด้วย

จากผลการวิเคราะห์การประเมินการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเส้นทางก่อนปรับปรุง, เส้นทางหลังปรับปรุงโดยใช้เครื่องมือ TSP และเส้นทางหลังปรับปรุงโดยใช้วิธี Saving Algorithm ควบคู่กับวิธี TSP เส้นทางในแต่ละวันสามารถลดการใช้น้ำมันดีเซลและลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกได้ดังตารางต่อไปนี้

เส้นทาง (วัน)	เส้นทางก่อนปรับปรุง		เส้นทางหลังปรับปรุง TSP		เส้นทางหลังปรับปรุง Saving+TSP	
	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป (ลิตร)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย ($KgCO_2e$)	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป (ลิตร)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย ($KgCO_2e$)	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ไป (ลิตร)	ปริมาณก๊าซเรือนกระจกที่ถูกปล่อย ($KgCO_2e$)
1. วันจันทร์	75.66	225.1	71.83	197.11	83.65	229.55
2. วันอังคาร	71.74	196.89	63.2	173.45	68.15	187.05
3. วันพุธ	106.52	292.36	80.83	221.84	75.23	206.47
4. วันพฤหัสบดี	119	326.62	111.32	305.51	83.55	229.32
5. วันศุกร์	140.47	385.53	82.91	227.57	68.23	187.26
6. วันเสาร์	45.16	123.96	38.36	105.31	45.83	125.81
รวม	**564.55**	**1,549.46**	**448.44**	**1,230.80**	**424.64**	**1,165.45**

ตารางที่ 5 แสดงปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลงและการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่ลดลงของเส้นการขนส่งหลังปรับปรุง (ที่มา: คณะผู้จัดทำ (2565))

จากตารางที่ 5 สามารถสรุปได้ว่าเมื่อปรับปรุงโดยวิธี TSP ส่งผลให้มีระยะทางรวมลดลงกว่าระยะทางรวมจากเส้นทางก่อนปรับปรุง โดยมีระยะทางรวมทั้งหมด 3,136.90 กิโลเมตร ทำให้มีการใช้น้ำมันดีเซลลดลงไปตามระยะทางที่ลดลงด้วยโดยอยู่ที่ 448.44 ลิตร (ระยะทาง/อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง) จึงมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปโดยเหลือเพียง 1,230.80 $KgCO_2e$ ซึ่งลดลงจากเดิม 318.66 $KgCO_2e$ คิดเป็น 20.57% และเมื่อปรับปรุงเส้นทาง โดยวิธี Saving Algorithm ร่วมกับวิธี TSP ส่งผลให้มีเส้นทางที่เกิดขึ้นทั้งหมด 15 เส้นทางจากเดิม ก่อนปรับปรุงมีเส้นทางที่เกิดขึ้นทั้งหมด 18 เส้นทาง ส่งผลให้มีระยะทางที่สั้นที่สุดภายใต้เงื่อนไขต่างๆ โดยมีระยะทางรวมทั้งหมด 2,580.60 กิโลเมตร ทำให้มีการใช้น้ำมันดีเซลลดลงตามระยะทางที่ลดลงไปด้วยโดยอยู่ที่ 424.64 ลิตร (ระยะทาง/อัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง) ดังนั้นจึงมีการปลดปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงตามปริมาณเชื้อเพลิงที่ถูกใช้ไปโดยเหลือเพียง 1,165.45 $KgCO_2e$ ซึ่งลดลงจากเดิม 384.01 $KgCO_2e$ คิดเป็น 24.78%

การอภิปรายผล

การศึกษาวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งจากบริษัทกรณีศึกษาไปยังลูกค้าแต่ละรายและนำเครื่องมือ TSP และวิธี Saving Algorithm มาประยุกต์ใช้ในการจัดเส้นทางการขนส่งใหม่เพื่อลดระยะทาง ลดต้นทุนการขนส่งด้านต้นทุนเชื้อเพลิงและลดปริมาณก๊าซเรือนกระจกให้กับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งผลลัพธ์จากการดำเนินงานของแต่ละวิธีสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 6

รายการ	เส้นทางก่อนปรับปรุง (กม.)	เส้นทางหลังปรับปรุงด้วย TSP (กม.)	เส้นทางหลังปรับปรุงด้วย Saving และ TSP (กม.)
ระยะทางรวม (กม.)/เดือน	15,640	12,548	10,322.40
ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท) /เดือน	66,382.23	52,733.05	49,911.65
การปล่อยก๊าซเรือนกระจก ($KgCO_2e$)/เดือน*	6,197.84	4,923.2	4,661.8

ตารางที่ 6 ตารางการเปรียบเทียบระยะทาง ต้นทุน และก๊าซเรือนกระจกจากเส้นทางการขนส่งก่อนปรับปรุง, หลังการปรับปรุงด้วยวิธี TSP และหลังปรับปรุงด้วย Saving Algorithm ร่วมกับ TSP
(ที่มา: คณะผู้จัดทำ (2565))

จากตารางที่ 6 ตารางเปรียบเทียบระยะทาง ต้นทุน และการปล่อยก๊าซเรือนกระจกจากเส้นทางการขนส่งก่อนปรับปรุง, หลังปรับปรุงด้วยวิธี TSP และหลังปรับปรุงด้วย Saving ร่วมกับ TSP ผลการดำเนินงานจากระยะทางรวมที่ได้มาจากเส้นทางหลังปรับปรุงโดยเครื่องมือ TSP ทำให้ระยะทางรวมจากเดิมเส้นทางก่อนปรับปรุงมีระยะทางทั้งหมด 15,640 กิโลเมตร ลดลงเหลือ

12,547.60 กิโลเมตร ซึ่งลดลง 19.77% ส่งผลให้ต้นทุนผันแปรในส่วนของต้นทุนเชื้อเพลิงรวมต่อเดือนจาก 66,382.23 บาท ลดลงเหลือ 52,733.05 บาท ซึ่งคิดเป็น 20.56% จากต้นทุนเชื้อเพลิงของเส้นทางก่อนปรับปรุง นอกจากนี้ระยะทางที่สั้นลงยังส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจาก 6,197.84 $KgCO_2e$ ลดลงเหลือเพียง 4,923.2 $KgCO_2e$ ซึ่งคิดเป็น 20.57%

ในส่วนของผลการดำเนินงานจากระยะทางรวมที่ได้มาจากเส้นทางหลังปรับปรุงโดยเครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับ TSP ทำให้ระยะทางรวมจากเดิมเส้นทางก่อนปรับปรุงมีระยะทางทั้งหมด 15,640 กิโลเมตร ลดลงเหลือ 10,322.40 กิโลเมตร ซึ่งลดลงถึง 34% ส่งผลให้ต้นทุนผันแปรในส่วนของต้นทุนเชื้อเพลิงรวมต่อเดือนจาก 66,382.23 บาท ลดลงเหลือ 49,911.65 บาท ซึ่งคิดเป็น 24.81% จากต้นทุนเชื้อเพลิงของเส้นทางก่อนปรับปรุง นอกจากนี้ระยะทางที่สั้นลงยังส่งผลให้มีการปล่อยก๊าซเรือนกระจกลดลงจาก 6,197.84 $KgCO_2e$ ลดลงเหลือเพียง 4,661.8 $KgCO_2e$ ซึ่งคิดเป็น 24.78% จากการปล่อยก๊าซเรือนกระจกในเส้นทางก่อนปรับปรุง

จากผลการดำเนินงานข้างต้นสะท้อนให้เห็นว่าการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับ TSP ได้ผลลัพธ์ที่มีประสิทธิภาพในด้านระยะทางที่ลดลงมากกว่าและมีความเป็นไปได้มากกว่า เนื่องจากการจัดเส้นทางโดยการใช้เครื่องมือ TSP เพียงอย่างเดียวมีการแบ่งโซนการขนส่งตามเส้นทางก่อนปรับปรุง เป็นเพียงการนำเส้นทางการขนส่งเดิมในแต่ละวัน แต่ละคันมาทำการลำดับจุดหมายปลายทางของลูกค้าแต่ละรายใหม่เพื่อให้ได้เส้นทางที่สั้นที่สุดในการไปส่งสินค้าให้กับลูกค้าครบทุกรายโดยไม่ผ่านรายเดิมเท่านั้น อีกทั้งไม่สามารถใส่เงื่อนไขในการขนส่ง ส่วนการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm เพียงอย่างเดียวนั้นเป็นการรวมพื้นที่ A, B และ C เข้าด้วยกันเพื่อต้องการจัดเส้นทางใหม่โดยไม่ต้องคำนึงถึงรูปแบบโซนพื้นที่และจะมีการกำหนดเงื่อนไขเพื่อประกอบการพิจารณาการจัดเส้นทางร่วมด้วย ได้แก่ ข้อจำกัดด้านความจุของรถและระยะเวลาในการทำงานของพนักงานขนส่ง ส่งผลให้มีข้อจำกัดในการจัดเส้นทางทำให้เส้นทางที่ได้ออกมานั้นไม่ใช่เส้นทางที่สั้นที่สุดเท่าที่ควร ดังนั้นการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับ TSP จะสามารถจัดเส้นทางภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดทำให้ได้เส้นทางการขนส่งใหม่ออกมาหลังและมีการเรียงลำดับจุดหมายปลายทางแต่ละจุดให้ได้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุด ด้วยระยะทางที่ลดลงนี้ทำให้ทางบริษัทสามารถลดต้นทุนผันแปรในส่วนขอต้นทุนเชื้อเพลิงการขนส่งและในเวลาเดียวกันนั้นยังทำให้บริษัทสามารถลดปัญหาในด้านผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่มาจากกิจกรรมการขนส่งของบริษัท ABC จำกัด ได้อีกด้วยทำให้ทางบริษัทสามารถสร้างขีดความสามารถทางการแข่งขันได้อย่างยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลวิจัยไปใช้

ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าเส้นทางหลังปรับปรุงโดยการใช้เครื่องมือ Saving Algorithm ร่วมกับ TSP สามารถลดระยะทางรวมของเส้นทางการเดินรถให้แก่บริษัทกรณีศึกษาได้ทำให้ทางบริษัทสามารถใช้ประโยชน์จากการใช้เชื้อเพลิงให้ได้อรรถประโยชน์สูงที่สุดและช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกิดขึ้นจากการขนส่งจากระยะทางที่สั้นลงได้อีกด้วย ทั้งนี้จากการปรับปรุงเส้นทางการเดินรถนั้นสามารถลดจำนวนรถที่ใช้ในบางวันได้จริง แต่ในบางวันก็ยังมีการใช้รถจำนวน 3 คัน และในคันที่ 3 นั้นยังใช้อรรถประโยชน์ได้ไม่เต็มที่เท่าที่ควรซึ่งมีพื้นที่สำหรับบรรทุกสินค้าเพิ่มได้อีก ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงเสนอให้มีการขยายฐานลูกค้าเพิ่มขึ้นในพื้นที่นั้น ๆ เพื่อให้รถคันที่ 3 วิ่งได้อย่างเต็มอรรถประโยชน์ด้านพื้นที่บรรจุของรถและเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งมากยิ่งขึ้น อีกทั้งงานวิจัยที่จัดทำขึ้นนี้เป็นเพียงแนวทางในการพัฒนาการจัดเส้นทางเดินรถให้กับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้แต่ต้องมีการปรับปรุงข้อมูลเพื่อให้สามารถนำไปใช้ได้จริงกับระบบการทำงานของทางบริษัท

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการศึกษาครั้งนี้ยังมีปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดในการขนส่งไม่มากพอ ซึ่งอาจสะท้อนให้เห็นสภาพการขนส่งที่แท้จริงได้ไม่เต็มที่ ดังนั้นควรที่จะเพิ่มข้อจำกัดในการขนส่งเพิ่มเข้ามา เช่น ข้อห้ามในเรื่องการจำกัดความเร็วของสถานที่ต่าง ๆ ความเหนื่อยล้าของพนักงาน เป็นต้น

เอกสารอ้างอิง

Chaipanha, W. (2016). **THE APPLICATION OF GIS TO IMPROVE GOODS DELIVERY ROUTE FOR ICE FACTORY BUSINESS IN MAHA SARAKHAM CITY.** Rajabhat Maha Sarakham University.

Chaisena, N. (2017). **Metaheuristic for Transportation Routing: A Case Study of Transportation Company.** Rajapruk University.

Chaiwongsakda, N. (2015). “Transportation routing using the saving algorithm and the Salesperson travel problem model. A case study of a drinking water factory.” **Thai Journal of Operational Research.** 3 (1):

Deesinthum, K. (2016). **Innovation for Green logistics** (online). https://www.tpa.or.th/Publisher/pdfFileDownloadS/tn247_p6-9.pdf. 20 February 2022

Intarasuwan, A, Meksangsouyand, P and Monprapussorn, S. (2017). "AN APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO ANALYSE POTENTIAL OF POSTAL SERVICE: A CASE STUDY OF KANCHANABURI PROVINCE." **Journal of Letters.**

Lateh, A, Suthammanon, S, Sirivongpisal, N and Tehyo, M. (2018). "Solving a Vehicle Routing Problem with Time Window for Transportation Service Planning for Elderly People: A Case Study of Hatyai District Songkhla Province." **Princess of Naradhiwas University journal.**

Maiteemith, L. (2017). **From bottled water to airborne droplets : efforts to combat the problem The shortage of clean water for consumption**. 10 January 2022, From https://thaipublica.org/2017/10/landscape-architecture-and-sustainability02/

Manesri, T. (2009). META-HEURISTIC ALGORITHMS APPLICATIONS FOR HETEROGENEOUS FLEET AND SPLIT DELIVERY OF VEHICLE ROUTING PROBLEM. Sripatum University.

Muangpun, T. (2016). "Patrol routing concept Motorcycles: A Case Study of Samet Police Station Chonburi Province." **Journal of Transportation and Logistics.** 9 (1):

Mungwattana, A. (2012). **The Traveling Salesman Problem with Refueling Constraint**. Sripatum University.

Ngow-Charoen-Paisansin, T. **Cost reduction and Optimizing in Transportation Case Studies: Jinda Transport Co., Ltd**. Dhurakij Pundit University.

Nimsai, S. (2019). **Green Supply Chains: Innovations for Sustainable Competitiveness.** Mahidol University.

O-pas, P. (2019). **The Study of Reducing for transtration cost Case Study: LED Sign & Décor CO., LTD.** Attawit Commercial Technology College.

Panichayakorn, T. (2017). **THE DEVELOPMENT OF STRUCTURAL MODEL OF FACTORS INFLUENCING CUSTOMER SATISFACTION FOR FROZEN SEAFOOD BUSINESS INTHAILAND.** Sripatum University.

Phannikul, T. (2011). **"Cost Reduction of Vehicle Routing Problem with Mathematical Model Case Study: Ubon Aquarist Factory, Ubonratchathani."** Ubonratchathani University Journal.

Phapun, N. (2020). **The Application of Saving Algorithms for Verhicle Routing Problem A CaseStudy of Plastic Beads Factory.** Dhurakij Pundit University.

Phumkhokrak, P. (2017). **THE DEVELOPMENT OF VEHICLE ROUTING SYSTEM FOR FREEZING FOOD PRODUCT.** Suranaree University of Technology.

Pongthong, P. (2016). **Wastes Transportation Routing by Using a Saving Algorithm: A case of Bang-Krui District Nonthaburi Province.** Rajapruk University.

Prayoonsuk, N. (2018). **MANAGEMENT OF TRANSPORTATION ROUTES OF DAIRY RAW MATERIALS AND DISTRIBUTION OF ITS PRODUCT**. Kasetsart University.

Saelee, P. (2017). "The Case Study of "Ratsamee 2015 Limited Partnership": A Vehicle Routing Problem Solved using Linear Programming." **Industrial Technology Lampang Rajabhat University Journal.**

Sawangyat, V. (2018). "Three Alternative Approaches to Design Travelling Route Case Study Ayutthaya." **Journal of Rangsit Graduate Studies in Business and Social Sciences.**

Suksee, T.and Meecharoen, T. (2019). "MINIMIZATION OF TRANSPORTATION COST BY APPLYING THE VEHICLE ROUTING PROBLEM: CASE STUDY OF CAR ACCESSORY COMPANY." **Kasem Bundit Engineering Journal.**

Suntinac, A. and Arunyanart, S. (2019). "Vehicle Routing Problem with Split Delivery and Heterogeneous Fleet Using Differential Evolution Method: A Case Study of Beverage Logistics Company." **KMUTT Research and Development Journal.**

Supakdee, K. (2015). "Solving a Vehicle Routing Problem for Medical Equipment Maintenance by Saving Algorithms: A Case Study of Ubon Ratchathani Provincial Health Office." **Princess of Naradhiwas University journal.**

Suwanrassamee, C. (2017). **Routing for Providing Customers Service of the Engineering Equipment Dealership in Southern Thailand.** Degree of Master of Engineering in Industrial Management Prince of Songkla University**.**

Thawongklang, K. and Tanwanichkul, L. (2021). "Increasing Production and Transportation Efficiency for Ready-Mixed Concrete–A Multiple Plants Type." **KKU Research Journal**

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization: TGO). 2019 **Project for studying and establishing a baseline Greenhouse gas emissions from the transportation sector in pilot provinces and the study of guidelines for promoting activities to reduce greenhouse gas emissions from the transport sector** (Online).http://www.tgo.or.th/2020/index.php/th/post, 15 February 2022.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization: TGO). 2019 **What is Carbon Market** (Online). http://carbonmarket.tgo.or.th/index.php?Lang=TH&mod =Y29uY2VwdF9tYXJrZXQ, 16 February 2022.

Thailand Greenhouse Gas Management Organization (Public Organization: TGO). **Information on the amount of greenhouse gas emissions Branch of the transport sector.**

Variyasahakij, T. (2015). **Reducing the cost of transportation funding through a comprehensive study Milk run transport.** Burapha University.

Vichianwan, K. (2014). **Transportation Routing Planning for Less than Container Load Mode: A Case Study of Dynamic Transport Company Limited.** Dhurakij Pundit University.

Wangdee, C. (2016). **Optimizing in the Transportation and Optimizing cost management Case study AA E-Commerce.** University oh the Thai Chamber of commerce.