

**การพัฒนากระบวนการวางแผนการขนส่งด้วยเทคนิคปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง:
กรณีศึกษาผู้ประกอบการธุรกิจโลจิสติกส์**
**Development of Transport Planning Processes Using Vehicle Routing Problem:
A Case Study of Logistics Business Operator**

ธนิดา สุนารักษ์

สาขาวิชาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์, thanida.sun@rmutr.ac.th

Thanida Sunarak

Department of Management, Faculty of Business Administration,
Rajamangala University of Technology Rattanakosin, thanida.sun@rmutr.ac.th

วันที่รับบทความ 2 พฤศจิกายน 2568

วันแก้ไขบทความ 6 พฤศจิกายน 2568

วันตอบรับบทความ 28 พฤศจิกายน 2568

บทคัดย่อ

บริษัทกรณีศึกษาดำเนินงานธุรกิจโลจิสติกส์ ประสบปัญหาด้านต้นทุนการขนส่งในการกระจายสินค้าให้กับลูกค้า จากการวิเคราะห์ด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล พบว่าสาเหตุหลักมาจากขาดการวางแผนการขนส่งอย่างมีระบบ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากระบวนการวางแผนการขนส่งและลดต้นทุนการขนส่ง โดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง ด้วยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม ในการกำหนดลูกค้าให้กับยานพาหนะและจัดลำดับเส้นทาง นอกจากนี้ยังประยุกต์ใช้แนวคิดเข้าหลังออกก่อน ในการจัดเรียงสินค้าเข้ายานพาหนะ เพื่อช่วยให้การขนถ่ายสินค้าสะดวก และไม่สับสน ผลจากการดำเนินงานวิจัยพบว่าจำนวนเที่ยวรถการขนส่งเฉลี่ยต่อเดือนลดลงร้อยละ 43.68 ระยะทางเฉลี่ยต่อเดือนลดลงร้อยละ 26.35 และ ต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยต่อเดือนลดลงร้อยละ 43.69

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ, เซฟวิงอัลกอริทึม, เข้าหลังออกก่อน, ต้นทุนการขนส่ง, ธุรกิจโลจิสติกส์

ABSTRACT

The case study company, operating in the logistics business, encountered challenges related to high transportation costs in product distribution. A cause-and-effect diagram analysis identified the primary factor as the absence of systematic transportation planning. Accordingly, this study aimed to develop a transportation planning process and reduce transportation costs. The Vehicle Routing Problem was applied with the Saving Algorithm to assign customers to vehicles and determine the delivery route sequencing. Furthermore, the Last In First Out principle was implemented to organize product loading into vehicles, improve convenience of goods handling operation and eliminating confusion. The findings revealed that

the proposed approaches reduced the average number of delivery trips per month by 43.68%, the average transportation distance per month by 26.35%, and the average transportation cost per month by 43.69%.

KEYWORDS: Vehicle Routing Problem, Saving Algorithm, Last In First Out, Transportation Cost, Logistics Business Operator.

1. บทนำ

ในยุคที่การแข่งขันทางเศรษฐกิจขับเคลื่อนด้วยความรวดเร็วของข้อมูลและการเคลื่อนย้ายสินค้า ระบบโลจิสติกส์จึงเป็นหัวใจสำคัญที่สะท้อนศักยภาพของประเทศและองค์กรธุรกิจ ในปี 2568 มีการลงทุนจากต่างชาติในธุรกิจโลจิสติกส์ไทยกว่า 2.5 พันล้านบาท ธุรกิจขนส่งและขนถ่ายสินค้าเติบโตขึ้นร้อยละ 38.6 เมื่อเทียบกับปีก่อน (ฐานเศรษฐกิจ, 2568) โดยภาคการขนส่งทางบกยังคงเป็นภาคหลักที่รองรับการกระจายสินค้าในประเทศ คิดเป็นสัดส่วนมากกว่าครึ่งหนึ่งของต้นทุนโลจิสติกส์ทั้งหมด การขยายตัวของภาคอุตสาหกรรม การค้าออนไลน์ และการส่งออก ทำให้ความต้องการขนส่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่ในทางกลับกัน ต้นทุนการดำเนินงานกลับสูงขึ้นตามราคาน้ำมัน ค่าจ้างแรงงาน และการบำรุงรักษายานพาหนะ ปัญหาต้นทุนขนส่งสูง จึงกลายเป็นอุปสรรคสำคัญต่อการเติบโตของธุรกิจ โดยเฉพาะในกลุ่มผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมที่มีทรัพยากรจำกัด

หนึ่งในแนวทางสำคัญที่ภาคธุรกิจหันมาให้ความสนใจ คือ การบริหารจัดการเส้นทางการขนส่ง (Transportation Routing Management) ซึ่งเป็นศาสตร์ที่มุ่งหาวิธีจัดลำดับการเดินทางให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด เพื่อลดระยะทางรวม ลดเวลาในการขนส่ง และลดการใช้พลังงาน การวางแผนเส้นทางที่ดีไม่เพียงช่วยลดต้นทุนโดยตรงเท่านั้น แต่ยังส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการให้บริการลูกค้า การลดความเสียหายของสินค้า และการใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า แนวคิดนี้กลายเป็นพื้นฐานของระบบขนส่งอัจฉริยะ (Smart Transportation) ที่หลายองค์กรเริ่มนำมาใช้ในปัจจุบัน เทคนิคหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการออกแบบเส้นทางขนส่ง คือ เทคนิคการประหยัดเส้นทาง (Saving Matrix Technique) ซึ่งมีแนวคิดหลักคือการคำนวณค่าการประหยัด (saving) ที่เกิดจากการรวมเส้นทางของลูกค้าหลายรายไว้ในเที่ยวเดียวกัน แทนการวิ่งส่งแยกทีละราย การคำนวณนี้ช่วยให้สามารถกำหนดลำดับการจัดส่งที่ใช้ระยะทางรวมสั้นที่สุด ลดจำนวนเที่ยวรถ และลดการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงได้อย่างมีระบบ วิธีนี้จึงได้รับความนิยมในองค์กรที่ต้องจัดการกับการกระจายสินค้าหลายจุด โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรมผลิตสินค้าอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรมชิ้นส่วน ซึ่งต้องอาศัยการส่งสินค้าหลายรอบต่อวัน

ธุรกิจโลจิสติกส์ในประเทศไทยมีการเจริญเติบโตอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีผลมาจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจ ทำให้เกิดการแข่งขันในด้านโลจิสติกส์เพิ่มมากขึ้น โดยช่วงไตรมาสแรกของปี 2567 ธุรกิจโลจิสติกส์มีจำนวนนิติบุคคลรวม 42,649 ราย โดยเปิดกิจการใหม่ 321 ราย ลดลงร้อยละ 12.5 และปิดกิจการ 34 ราย ลดลงร้อยละ 17.1 เมื่อเทียบกับช่วงเดียวกันของปีก่อน ธุรกิจโลจิสติกส์หลัก คือ การขนส่งและขนถ่ายสินค้ารวมถึงคนโดยสาร ซึ่งเปิดกิจการใหม่ จำนวน 154 ราย คิดเป็นร้อยละ 48.0 ของกิจการเปิดใหม่ทั้งหมด โดยธุรกิจที่มีสัดส่วนการเปิดกิจการใหม่รองลงมา คือ การขนส่งสินค้าอื่น ๆ ทางถนน และกิจกรรมตัวแทน รับจัดการส่งสินค้าและตัวแทนออกของ ตามลำดับ และหากพิจารณาเฉพาะธุรกิจขนส่งทางถนน ในปี 2567-2569 มีแนวโน้มเติบโตเฉลี่ยร้อยละ 2-3 ต่อปี (วิจัยกรุงศรี, 2567) สำหรับบริบทของประเทศไทย ธุรกิจโลจิสติกส์หลายแห่งยังคงใช้วิธีการจัดส่งแบบรายเที่ยวต่อรายลูกค้า โดยไม่ได้คำนวณหรือจัดกลุ่มลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดการใช้รถขนส่งมากเกินไป เสียเวลาในการวิ่งเข้าเส้นทาง และมีพื้นที่บรรทุกว่างในแต่ละเที่ยวจำนวนมาก ปัญหาเหล่านี้ไม่เพียงเพิ่มต้นทุนเชื้อเพลิง แต่ยังทำให้บริษัทไม่สามารถจัดการกำลังคนและเวลาทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ การใช้เทคนิคการประหยัดเส้นทางจึงเป็นแนวทางที่ช่วยให้ธุรกิจสามารถจัดเส้นทางส่งสินค้าได้อย่างเหมาะสมในเที่ยวเดียว โดยลดจำนวนรถที่ใช้ และเพิ่มปริมาณสินค้าที่ส่งได้ต่อเที่ยว

บริษัทกรณีสึกษาเป็นผู้ประกอบการธุรกิจโลจิสติกส์ด้านการบริหารคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า และเป็นตัวแทนการนำเข้า-การส่งออก ที่มีสาขาหลัก 3 สาขา ในเขตนิคมอุตสาหกรรม 3 แห่ง ซึ่งเป็นพื้นที่ยุทธศาสตร์ทางเศรษฐกิจของประเทศ ปัญหาหลักที่บริษัทเผชิญคือต้นทุนการขนส่งที่สูง อันเกิดจากการจัดเส้นทางขนส่งแบบรายเที่ยวและการขาดระบบรวมกลุ่มลูกค้าที่อยู่ในพื้นที่ใกล้เคียงกัน ผลลัพธ์คือจำนวนเที่ยวรถที่มากเกินไป การใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสูง และการมีพื้นที่บรรทุกกว้างในแต่ละเที่ยวจำนวนมาก ปัญหานี้ไม่เพียงเพิ่มภาระต้นทุน แต่ยังลดขีดความสามารถในการแข่งขันของธุรกิจในตลาดโลจิสติกส์ที่มีการแข่งขันสูง ด้วยเหตุนี้ งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อ พัฒนาแนวทางการวางแผนเส้นทางขนส่งสินค้าที่มีประสิทธิภาพสูงสุด โดยใช้เทคนิคการประหยัดเส้นทางเป็นเครื่องมือหลัก เพื่อให้สามารถจัดเส้นทางขนส่งสินค้าจากคลังสินค้าไปยังลูกค้าหลายรายได้อย่างเหมาะสมในเที่ยวเดียว ลดระยะทางรวม ลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง และลดเวลาในการดำเนินงาน ทั้งนี้การใช้เทคนิคดังกล่าวร่วมกับระบบฐานข้อมูลพิกัดจริงจะช่วยให้บริษัทสามารถคาดการณ์ต้นทุนล่วงหน้า วางแผนรอบการจัดส่งและการจัดเรียงสินค้าได้อย่างเป็นระบบ อีกทั้งได้นำหลักการเข้าหลังออกก่อน (Last In First Out : LIFO) มาใช้ในการจัดเรียงสินค้า เนื่องจากการกำหนดเส้นทางขนส่ง ทำให้เกิดการรวมกลุ่มของลูกค้าบนรถขนส่งสินค้าหนึ่งคัน ส่งผลให้ต้องมีการจัดเรียงสินค้าเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยการจัดเรียงนั้นจะต้องคำนึงถึงลูกค้าแต่ละรายด้วยว่ารายใดจะถูกนำจัดส่งหรือหลัง เพื่อที่จะได้จัดอันดับในการเรียงสินค้าของลูกค้าแต่ละรายได้อย่างเหมาะสม

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อพัฒนากระบวนการวางแผนการขนส่ง กรณีสึกษาผู้ประกอบการโลจิสติกส์
- 2) เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง กรณีสึกษาผู้ประกอบการโลจิสติกส์

3. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 ต้นทุนการดำเนินงานกิจกรรมขนส่ง

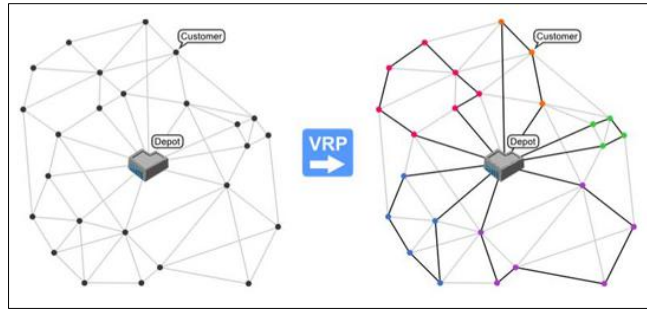
ต้นทุนการดำเนินงานขนส่ง คือ ต้นทุนที่มีค่าใช้จ่ายในการการขนส่ง เช่น ค่าเชื้อเพลิง ค่าเสื่อมสภาพ ของรถ ค่าทางด่วน ค่าซ่อมบำรุง เป็นต้น ต้นทุนการดำเนินงานขนส่ง สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่ไม่เปลี่ยนแปลงตามระดับของการผลิตหรือการให้บริการ ไม่ว่าจะมีการดำเนินงานหรือไม่ก็ตาม ค่าใช้จ่ายประเภทนี้จะเกิดขึ้นในจำนวนที่คงที่อย่างต่อเนื่อง โดยสามารถจำแนกออกเป็น ต้นทุนคงที่รวมของกองยานพาหนะ และ ต้นทุนคงที่เฉพาะต่อคัน ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่ต้องรับภาระเท่ากันในทุกช่วงเวลา

ต้นทุนผันแปร (Variable Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายที่เปลี่ยนแปลงไปตามจำนวนการให้บริการ สามารถแบ่งได้เป็น ต้นทุนผันแปรต่อเที่ยววิ่ง และ ต้นทุนผันแปรต่อระยะทาง ต้นทุนแปรผันนี้ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ เช่น ลักษณะของเส้นทางที่ใช้ ระยะทาง ลักษณะของสินค้าและบริการที่จะทำการขนส่ง และลักษณะภูมิประเทศที่จะทำการขนส่ง เป็นต้น

3.2 ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem : VRP)

ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง เป็นปัญหาการจัดเส้นทางรถ การขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าตามจุดต่างๆแล้ววนกลับมาที่จุดเริ่มต้น กำหนดกลุ่มลูกค้าที่มีเส้นทางใกล้เคียงกันเป็นกลุ่มเดียวกัน โดยคำนึงถึงเส้นทางที่สั้นที่สุด อาจมีเงื่อนไขต่างๆของลูกค้า เช่น เวลา ความจุของรถบรรทุก เป็นต้น รูปแบบปัญหา Vehicle Routing Problem (VRP) แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ปัญหาการขนส่งแบบ VRP

ปัญหา VRP จากบทความของ Dantzing and Ramser (1959) นั้นได้รับความสนใจเป็นอย่างมากเนื่องจากเป็นปัญหาที่พบได้บ่อยในชีวิตประจำวัน และเป็นปัญหาที่มีความน่าสนใจเชิงทฤษฎีเนื่องจากไม่ง่ายในการที่จะหาคำตอบ จึงทำให้มีนักวิจัยสนใจและพัฒนาวิธีการหาคำตอบต่อกันเรื่อยมา โดยในงานวิจัยของ Larsen (2000) ได้แบ่งปัญหา VRP ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ

1. ปัญหาแบบกำหนดแน่นอน (Deterministic VRP) ซึ่งข้อมูลทั้งหมดเป็นที่ทราบล่วงหน้า
2. ปัญหาแบบพลวัต (Dynamic VRP) ซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องจะค่อย ๆ ปรากฏขึ้นระหว่างการดำเนินงาน

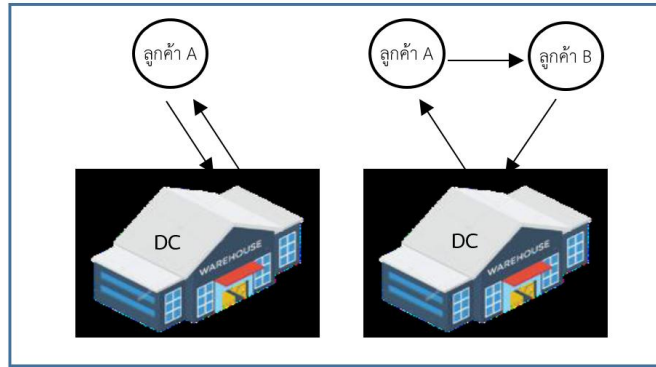
หนึ่งในเทคนิคที่นิยมใช้ในการแก้ปัญหา VRP คือ วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm) ที่พัฒนาโดย Clarke & Wright (1964) ซึ่งอาศัยแนวความคิดการเปรียบเทียบต้นทุนที่สามารถลดลงได้จากการรวมเส้นทางของลูกค้าหลายรายเข้าไว้ด้วยกัน วิธีนี้มีขั้นตอนที่เข้าใจง่าย ไม่ซับซ้อน และมักนำมาใช้ในกรณีศึกษาที่มีขนาดเล็กและขนาดกลาง โดยมุ่งเน้นการจัดเส้นทางให้ยานพาหนะมีระยะทางสั้นที่สุดและมีประสิทธิภาพสูงสุด โดยมีขั้นตอนหลักๆ 4 ขั้นตอน ซึ่ง 3 ขั้นตอนแรกจะเป็นการกำหนดลูกค้าให้กับยานพาหนะและขั้นตอน 4 ใช้ในการกำหนดเส้นทางให้ยานพาหนะแต่ละคัน เพื่อให้เส้นทางในการขนส่งมีระยะที่สั้นที่สุด มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ระบุเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) เป็นการบ่งชี้ระยะทางระหว่างทุก ๆ คู่ของสถานที่ที่จะต้องส่งสินค้า และระยะทางที่ใช้ในการประเมินต้นทุนการเดินทางระหว่างสถานที่คู่หนึ่งๆ ระยะทาง $Dist(A, B)$ บนเส้นทางเดินรถระหว่างจุด A ซึ่งมีพิกัด (X_A, Y_A) และจุด B ซึ่งมีพิกัด (X_B, Y_B) สามารถหาได้จากสมการที่ 1 ซึ่งในปัจจุบันสามารถประยุกต์ใช้แอปพลิเคชันสำหรับการระบุระยะทางได้

$$Dist(A, B) = \sqrt{(X_A - X_B)^2 + (Y_A - Y_B)^2} \quad (1)$$

2. ระบุเมตริกซ์การประหยัด (Saving Matrix) เป็นการแทนที่การประหยัดที่เกิดจากการรวมลูกค้าสองรายในรถบรรทุกคันเดียว การประหยัดอาจสามารถประมาณให้อยู่ในรูปแบบของระยะทาง เวลา หรือเงิน การประหยัดนี้สามารถแสดงดังรูปที่ 2 และคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$S(x, y) = Dist(DC, A) + Dist(DC, B) - Dist(A, B) \quad (2)$$



รูปที่ 2 แบบจำลองการประหยัดการขนส่งสินค้า 1 เทียบต่อ 1 ลูกค้า

3. การกำหนดลูกค้าให้กับรถบรรทุกหรือเส้นทาง เริ่มจากลูกค้าแต่ละรายจะถูกกำหนดให้อยู่ในเส้นทางที่แยกจากกัน หลังจากนั้นจะพยายามรวมสองเส้นทางใด ๆ เข้าด้วยกันเป็นเส้นทางเดียวที่เป็นไปได้ หรือรวมกันให้เป็นเที่ยว ถ้าการส่งสินค้าของทั้งสองเส้นทางไม่เกินความสามารถของรถบรรทุกในการกำหนดครั้งนี้ จะทำการรวมเส้นทางให้เกิดการประหยัดที่สุดเพื่อสร้างเส้นทางที่เป็นไปได้เป็นเส้นทางใหม่

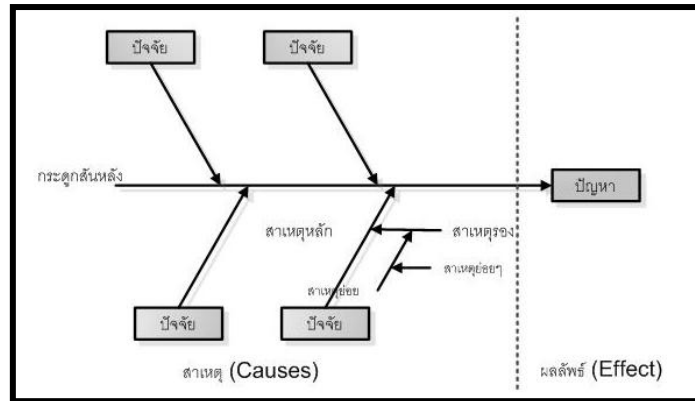
4. ลำดับของลูกค้าในแต่ละเส้นทาง ในการจัดลำดับลูกค้าในแต่ละเส้นทาง เป้าหมายคือเพื่อลดระยะทางที่รถบรรทุกแต่ละคันต้องเดินทาง การเปลี่ยนลำดับของการขนส่งสินค้านั้นจะมีผลกระทบต่อเส้นทางที่รถบรรทุกจะต้องเดินทางอย่างมาก สามารถใช้การจัดลำดับเส้นทางเพื่อให้ได้เส้นทางประหยัดที่สุด โดยกระบวนการจัดเส้นทางนี้คือ กระบวนการกวาด (Sweep) ขั้นตอนการกวาดนี้ จุดใด ๆ ในเส้นทางจะถูกเลือกและกวาดไปตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา

3.3 แนวคิดการเข้าหลังออกก่อน (Last In First Out : LIFO)

หลักการเข้าหลังออกก่อน หรือ Last In First Out (LIFO) หมายถึงแนวทางการจัดการสินค้าคงคลังที่สินค้าที่เข้ามาทีหลังจะถูกจ่ายออกก่อน ตัวอย่างเช่น วัตถุดิบในการผลิตหรือสินค้าที่มีอายุการใช้งานจำกัด ระบบคลังสินค้าที่ใช้แนวคิดนี้มักออกแบบให้จุดรับเข้าและจ่ายออกอยู่บริเวณเดียวกัน เพื่อลดระยะทางในการเคลื่อนย้ายสินค้า ช่วยให้การปฏิบัติงานง่ายขึ้น เข้าใจไม่ยาก และเพิ่มประสิทธิภาพของการจัดเก็บและเบิกจ่ายสินค้า

3.4 แผนภาพสาเหตุและผล (Cause and effect diagram)

แผนภาพสาเหตุและผลลัพธ์ หรือที่รู้จักกันว่า ผังก้างปลา (Fishbone Diagram) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์ที่แสดงความเชื่อมโยงระหว่างคุณลักษณะของคุณภาพกับปัจจัยที่เป็นต้นเหตุของปัญหานั้นตามนิยามของญี่ปุ่น ผังนี้ช่วยให้สามารถมองเห็นความสัมพันธ์เชิงเหตุผลของปัจจัยต่าง ๆ ที่นำไปสู่ผลลัพธ์สุดท้ายได้อย่างชัดเจน โดยมักใช้ในการระดมความคิดของกลุ่มควบคุมคุณภาพ (Quality Control Circle) เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของปัญหา โครงสร้างของผังประกอบด้วยส่วนโครงกระดูกปลา ซึ่งแสดงสาเหตุย่อย และส่วนหัวปลา ซึ่งเป็นผลหรือปัญหาหลักที่ต้องการวิเคราะห์ โดยทั่วไปหัวปลาจะอยู่ทางขวามือ ส่วนหางปลาอยู่ทางซ้ายมือ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 โครงสร้างแผนภาพแสดงเหตุและผล

3.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจัดเส้นทางขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นเทคนิคสำคัญที่อยู่เบื้องหลังการบริหารจัดการโลจิสติกส์ในทุกระดับ ตั้งแต่การขนส่งสินค้าระหว่างคลังไปยังผู้ค้าปลีก จนถึงการจัดส่งสินค้าสู่ผู้บริโภคขั้นสุดท้าย แนวทางแก้ไข VRP ที่ได้รับความนิยมสูงและสามารถประยุกต์ใช้ได้จริง คือ วิธีเซฟวิงอัลกอริทึม หรือ Clarke–Wright Saving Matrix ซึ่งมุ่งลดระยะทางรวมและต้นทุนขนส่งโดยการคำนวณค่าการประหยัดระหว่างคู่จุดส่ง เพื่อจัดลำดับการรวมเส้นทางอย่างมีประสิทธิภาพ วิธีนี้ได้รับการยอมรับในฐานะอัลกอริทึมที่ให้คำตอบรวดเร็วและมีความยืดหยุ่นสูง จึงเป็นรากฐานของการพัฒนาแนวทาง VRP เชิงปฏิบัติจำนวนมากทั้งในและต่างประเทศ (Clark & Wright, 1964) เทคนิคนี้กลายเป็นแกนกลางของการพัฒนาแนวทางแก้ปัญหา VRP ทั้งในงานวิจัยเชิงทฤษฎีและการประยุกต์ใช้งานจริง (กวี ศรีเมือง, 2550; ชินภัทร อ่อนฉิม, 2555) โดยลักษณะเด่นคือการคำนวณค่าการประหยัดระหว่างคู่จุดส่งแล้วนำค่าดังกล่าวมาเรียงลำดับเพื่อตัดสินใจรวมเส้นทางอย่างมีระบบ (ทิพย์สุดา กุณพันธ์, ธัญญาเรศ ศรีขยงศ, อริสา บุญหวาน และ อุบลวรรณ จันทร์เต็ม, 2566) ซึ่งช่วยลดระยะทางรวมและต้นทุนเชื้อเพลิงอย่างชัดเจน (อุษา สติมัน, เป็นหนึ่ง บัวเทศ, ศศิธร สามนคร และ ทศรัตน์ รอดเงิน, 2566)

วิวัฒนาการของการประยุกต์ใช้วิธีเซฟวิงอัลกอริทึมในประเทศไทยสะท้อนพัฒนาการจากการแก้ปัญหาเชิงปริมาณพื้นฐานสู่การเชื่อมโยงกับข้อมูลจริงและระบบสารสนเทศ เริ่มจากงานศึกษาที่มุ่งหาจำนวนรถที่เหมาะสมในธุรกิจค้าปลีก (กวี ศรีเมือง, 2550) และการประยุกต์กับระบบของผู้ค้ารายใหญ่ซึ่งเน้นการปรับปรุงเวลาและความต่อเนื่องของการส่งสินค้า ซึ่งให้เห็นว่าการออกแบบลำดับการรวมเส้นทางตามค่าการประหยัด สามารถลดเที่ยวรถได้ถึงร้อยละ 40 (ชินภัทร อ่อนฉิม, 2555) งานเหล่านี้ชี้ให้เห็นว่าการออกแบบเส้นทางตั้งต้นด้วยหลักการ saving ช่วยลดความซับซ้อนของปัญหาและลดทรัพยากรที่ต้องใช้ในขั้นปฏิบัติ ในระดับผู้ประกอบการขนาดกลางและเล็ก มีปรากฏให้เห็นว่าเมื่อนำวิธีเซฟวิงอัลกอริทึมมาจัดกลุ่มลูกค้าตามโซนแล้วประมวลผลด้วยปัญหานักขายเดินทาง (Traveling Salesman Problem: TSP) ในแต่ละโซน จะได้ผลลัพธ์ที่สมดุลระหว่างประสิทธิภาพและเวลาในการคำนวณ กล่าวคือ TSP อาจให้เส้นทางย่อยที่สั้นกว่าเล็กน้อย แต่การใช้ saving เป็นขั้นตอนเตรียมข้อมูลช่วยลดขนาดปัญหาและทำให้การแก้ปัญหาโดยเครื่องมือเชิงเส้นหรือ Solver ธรรมดาเป็นไปได้จริงในบริบทหน่วยงาน (นคร ไชยวงศ์กตา และคณะ, 2558) ในลักษณะเดียวกันพบว่าการประยุกต์วิธีนี้กับบริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์ ช่วยให้เกิดการถ่วงเฉลี่ยระหว่างต้นทุนเชื้อเพลิงและเวลาการจัดส่ง ทำให้ผู้ประกอบการสามารถบริหารเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ศิวพร สุขสี และ ธาริณี มีเจริญ, 2562) อย่างไรก็ตามแม้ว่าวิธีเซฟวิงอัลกอริทึมจะให้ความรวดเร็วและความยืดหยุ่น แต่ในบางกรณีปัญหานักขายเดินทาง ยังคงให้ระยะทางรวมที่สั้นกว่าและต้นทุนต่ำกว่าเมื่อพิจารณาเพียงมิติระยะทางเท่านั้น (ศิริดา หัสนันท์, สุริยันต์ จอมธนชัย, ธัญดา แสงวิไล และ วชิราภรณ์ จันทรโพธิ์กุล, 2563) ข้อ

ค้นพบวิธีหาค่าวิธีเชิงวิญญู์อัลกอริทึมที่เหมาะสมเป็นเครื่องมือเริ่มต้น ซึ่งต่อยอดด้วยกระบวนการค้นหาเฉพาะที่ (Local search) หรือ เมตาฮีริสติก (Meta Heuristic Method) เพื่อในการใช้งานจริง งานวิจัยที่เน้นสินค้าที่ต้องควบคุมความสดหรือเงื่อนไขพิเศษ เสริมความมั่นใจในศักยภาพของวิธีนี้ได้เป็นอย่างดี โดยมีการศึกษาการขนส่งปลาสดภายใต้ข้อจำกัดความจุรถ พบว่าสามารถ ลดระยะทางรวมจาก 203 กิโลเมตรเหลือ 183 กิโลเมตร คิดเป็นการลดร้อยละ 9.9 และลดต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงตามไปด้วย (ณัฐวุฒิ พลศรี, กนกกาญจน์ จิรศิริเลิศ และ ธาณิณี มีเจริญ, 2564) ผลนี้สนับสนุนมุมมองที่ว่าแม้ข้อจำกัดด้านเวลาและการ เก็บรักษาจะเพิ่มความซับซ้อน แต่การปรับใช้เมตริกซ์การประหยัดอย่างรอบคอบยังคงให้ประโยชน์เชิงปฏิบัติที่จับต้องได้

ในบริบทสากล แนวทางเมตริกซ์การประหยัดถูกพัฒนาให้สอดคล้องกับเทคโนโลยีสมัยใหม่และปัญหาที่เพิ่มความ ซับซ้อนขึ้น เช่น การผสม VRP กับการรับและส่งพร้อมกัน (Vehicle Routing Problem with Simultaneous Pickup and Delivery : VRPSPD) หรือการรวมข้อมูล IoT/GPS เพื่อยกระดับความแม่นยำของเมตริกซ์ระยะทาง โดยมีการนำเสนอการ พัฒนาแบบจำลอง VRP สำหรับการขนส่งอาหารสดที่ต้องควบคุมอุณหภูมิ พบว่าการใช้วิธีเชิงวิญญู์อัลกอริทึมสามารถลดทั้ง ระยะทาง ต้นทุน และการปล่อยมลพิษได้พร้อมกันอย่างมีนัยสำคัญ (Stellingwerf, Laporte, Kanellopoulos, Bloemhof, & Behdani, 2021) หรือ การนำเมตริกซ์การประหยัดมาประยุกต์ร่วมกับระบบโลจิสติกส์อัจฉริยะ (Smart Logistics) ที่ใช้ ข้อมูลจาก IoT และระบบ GPS เพื่อปรับปรุงความแม่นยำในการคำนวณระยะทางและเวลาเดินทาง ทำให้สามารถลดต้นทุนรวม ได้ในระดับโครงสร้างสำหรับการกระจายสินค้าไปยังกลุ่มร้านค้าปลีกต่าง ๆ (Cortes & Suzuki, 2020) หรือ การประยุกต์เชิง คณิตศาสตร์ที่ผสมวิธีเชิงวิญญู์อัลกอริทึมกับกรอบ VRPSPD ส่งผลให้ระยะทางในการกระจายก๊าซ LPG ลดลงถึงร้อยละ 20.03 (Tunnisaki & Sutarman, 2023) ในบริบทปัจจุบันของประเทศไทยช่วงหลังมานี้ยังม้งงานวิจัยที่ต่อยอดจากปัญหาของวิธีนี้ใน ระดับปฏิบัติจริง อาทิงานวิจัยที่พัฒนาระบบวางแผนการขนส่งสินค้าด้วยวิธีเชิงวิญญู์อัลกอริทึม ร่วมกับฐานข้อมูลพิกัดจาก Google Maps ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าระยะทางลดลงร้อยละ 13.60 ค่าใช้จ่ายลดลงร้อยละ 34.65 และเวลาเฉลี่ยใน การทำงานลดลงถึงร้อยละ 78 (อุษา สถิตมัน และคณะ, 2566) และงานวิจัยที่ศึกษาการขนส่งน้ำดื่มชุมชน พบว่าการ ประยุกต์ใช้วิธีเชิงวิญญู์อัลกอริทึมสามารถลดระยะทางได้ร้อยละ 11.88 และลดต้นทุนเชื้อเพลิงได้เฉลี่ย 1,438 บาทต่อเดือน (ทิพย์สุดา กุมพันธ์ และคณะ, 2566) ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่สะท้อนถึงความเหมาะสมของวิธีนี้ในการประยุกต์กับธุรกิจขนาดย่อมและ การบริหารจัดการในพื้นที่จริง โดยการนำข้อมูลจริงและระบบสารสนเทศมาสนับสนุนการคำนวณเมตริกซ์การประหยัดทำ ให้ผลลัพธ์มีความใกล้เคียงกับความต้องการเชิงปฏิบัติมากขึ้นและลดภาระแรงงานที่ต้องอาศัยประสบการณ์เป็นหลัก

นอกจากนี้ยังปรากฏตัวอย่างงานวิจัยการประยุกต์ใช้ LIFO เช่น การใช้บรรจุภัณฑ์แบบย้อนกลับเพื่อช่วยลดต้นทุนใน การขนส่ง สำหรับกระบวนการบรรจุสินค้าของเรือที่เดินทางจากกรุงเทพฯ ไปยังสิงคโปร์และต่อไปยังจาการ์ตา ก่อนกลับมา ที่ประเทศไทย ในกรณีนี้ สินค้าที่จะขนถ่ายที่สิงคโปร์ต้องจัดวางให้อยู่ด้านบนของสินค้าทั้งหมด เพื่อให้สามารถขนถ่ายได้โดย ไม่ต้องรบกวนสินค้าของจาการ์ตา ดังนั้นสินค้าของจาการ์ตาจึงต้องถูกบรรจุทุกก่อน และสินค้าของสิงคโปร์บรรจุทีหลัง (กนกวรรณ สกฤตพรเดช, 2559) และยังมีงานวิจัยที่เสนอแนะว่าการจัดลำดับสินค้าขึ้นลงด้วยรูปแบบการหยิบสินค้าแบบเข้า หลังออกก่อน ควบคู่กับหลักการ VRP จะสามารถลดเวลาการค้นหาสินค้าและเวลาส่งสินค้าได้มากขึ้น (วราพรณ นาวารักษ์, 2566)

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ศึกษาข้อมูลบริษัทกรณีศึกษา

4.1.1 ข้อมูลบริษัทและลูกค้า

บริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้ประกอบการธุรกิจโลจิสติกส์ด้านการบริหารคลังสินค้าและศูนย์กระจายสินค้า และเป็น ตัวแทนการนำเข้า-การส่งออก ที่มีสาขาหลัก 3 สาขา ในเขตนิคมอุตสาหกรรม 3 แห่ง โดยงานวิจัยนี้มุ่งเน้นดำเนินการกับ 1

สาขา เพื่อเป็นการนำร่อง ซึ่งสาขานี้ทำการจัดเก็บสินค้าประเภทชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ และพิจารณาจากลูกค้าหลัก 1 ราย ที่ต้องการกระจายสินค้าไปยังลูกค้ารายย่อยทั้งหมด 22 ราย

4.1.2 ข้อมูลรถขนส่ง

ในการขนส่งสินค้าไปให้ลูกค้าทางบริษัทจะจัดจ้างรถขนส่งสินค้ามาจากบริษัทเอพาร์ทซอร์ส โดยทางบริษัทเอพาร์ทซอร์สจะมีรถพร้อมให้บริการเพียงพอต่อความต้องการของทางบริษัทอยู่เสมอ ในส่วนการคิดต้นทุนการขนส่งของบริษัทเอพาร์ทซอร์สจะคิดค่าขนส่งเป็นเที่ยวรวมกับระยะทางที่ไกลที่สุดตามสัญญาที่ตกลงกันไว้ ซึ่งในการขนส่งสินค้าจะเลือกใช้เพียงแค่รถกระบะ 4 ล้อเท่านั้น ในการกระจายสินค้า ซึ่งรถจะสามารถมีน้ำหนักบรรทุกรวมสูงสุดได้ 2.5 ตัน โดยถ้าเป็นตัวรถเปล่าจะหนัก 1.5 ตัน จึงทำให้เหลือน้ำหนักที่สามารถใช้ในการขนส่งสินค้าได้อีก 1 ตัน

4.1.3 กระบวนการทำงานในปัจจุบัน

บริษัททรนศึกษาได้มีการบริหารงานคลังสินค้าด้วยตัวเอง ซึ่งได้ใช้ระบบ WMS (Warehouse Management System) มาช่วยในการบริหารคลังสินค้า แต่ในส่วนของการขนส่งสินค้านั้นได้ทำการจัดจ้างบริษัทเอพาร์ทซอร์สมาทำการขนส่งให้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 พนักงานบริษัททำการรับใบสั่งซื้อของลูกค้าผ่านทาง E-Mail จากนั้นพิมพ์ (print) ใบสั่งซื้อออกมาก่อนเพื่อทำการตรวจสอบสินค้าในสต็อกผ่านทางเอกสาร ซึ่งนำข้อมูลส่วนนี้ออกมาจากระบบ WMS

ขั้นตอนที่ 2 หลังจากตรวจสอบข้อมูลในระบบเสร็จเรียบร้อยแล้ว พนักงานจะทำการจัดสินค้าตามใบสั่งซื้อของลูกค้า

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจสอบสินค้าที่ได้ทำการจัดเสร็จแล้วว่าครบถ้วนและตรงตามใบสั่งซื้อหรือไม่ ด้วยการใช้ RF Scan ในการยิงบาร์โค้ดที่ตัวสินค้า ซึ่งเป็นการตัดรายการสินค้าออกจากในระบบอีกด้วยว่าได้ถูกนำไปรอจ่ายแล้ว

ขั้นตอนที่ 4 พนักงานทำการโทรจองรถขนส่งสินค้าจากบริษัทเอพาร์ทซอร์ส โดยทำการโทรจองล่วงหน้าหนึ่งวันก่อนวันจัดส่ง ซึ่งรถหนึ่งคันจะใช้สำหรับจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าเพียงรายเดียว

ขั้นตอนที่ 5 เมื่อถึงกำหนดวันส่งสินค้า รถที่จัดจ้างไว้จากบริษัทเอพาร์ทซอร์สจะมารับสินค้าที่บริษัท ซึ่งพนักงานขับรถของบริษัทเอพาร์ทซอร์สจะเป็นผู้จัดเรียงสินค้าขึ้นบนรถขนส่งสินค้า

ขั้นตอนที่ 6 ทำการจัดส่งสินค้าไปให้ลูกค้า

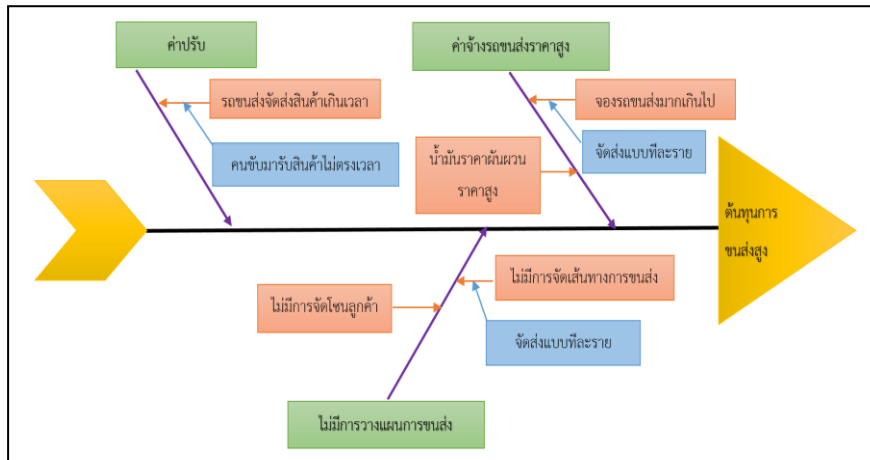
4.2 วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

ปัจจุบันบริษัททรนศึกษามีต้นทุนการขนส่งที่สูง เป็นผลมาจากขั้นตอนในการทำงานที่ขาดการวางแผน โดยส่วนใหญ่จะเป็นขั้นตอนด้านการขนส่งที่ไม่มีการจัดโซนลูกค้ารวมไปถึงการจัดเส้นทางขนส่งที่ไม่เป็นระบบ มีการจัดส่งให้ลูกค้าแบบทีละราย จึงทำให้เกิดการจัดจ้างรถขนส่งสินค้ามากเกินไป ส่งผลให้ต้นทุนในด้านการขนส่งสูง โดยข้อมูลจำนวนเที่ยวรถการขนส่ง ระยะทาง และต้นทุนการขนส่ง ย้อนหลัง 4 เดือน แสดงดังตารางที่ 1 จึงนำมาทำการวิเคราะห์เพื่อหาสาเหตุของปัญหาด้วยแผนภาพสาเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) แสดงดังรูปที่ 4

ตารางที่ 1 จำนวนเที่ยวรถการขนส่ง ระยะทาง และต้นทุนการขนส่ง

เดือน	จำนวนเที่ยวรถการขนส่ง (เที่ยว)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ต้นทุนการขนส่ง (บาท)
1	85	5,469	160,000
2	98	7,351	185,000
3	76	5,296	140,000
4	89	5,127	165,000
รวม	348	23,243	650,000

เฉลี่ยต่อเดือน	87	5,810.75	162,500
----------------	----	----------	---------



รูปที่ 4 แผนภาพสาเหตุและผล

จากรูปที่ 4 สามารถวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาได้ดังนี้

สาเหตุที่ 1 : ไม่มีการวางแผนการขนส่ง เนื่องจากบริษัทไม่มีการจัดโซนลูกค้าเพื่อรวมกลุ่มในการขนส่ง อีกทั้งไม่มีการจัดเส้นทางขนส่งเนื่องจากแบบดั้งเดิมเป็นลักษณะการจัดส่งแบบทีละราย

สาเหตุที่ 2 : เกิดค่าปรับในการขนส่งจากการที่รถขนส่งจัดส่งสินค้าเกินเวลา เนื่องจากคนขับมารับสินค้าไม่ตรงเวลาทำให้การจัดส่งล่าช้ากว่ากำหนด

สาเหตุที่ 3 : ค่าจ้างรถขนส่งราคาสูง เนื่องจากราคาน้ำมันผันผวนมีความแน่นอนและแนวโน้มมีราคาสูงขึ้น รวมถึงการจองรถขนส่งมากเกินไปจากการจัดส่งแบบทีละราย ส่งผลให้ต้นทุนในการจ้างรถเพิ่มสูงขึ้น

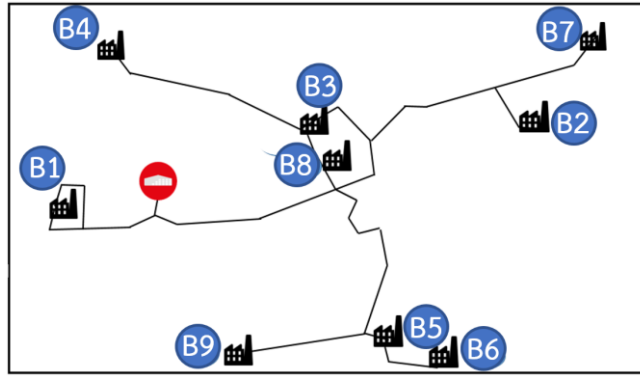
โดยในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นแก้ปัญหาโดยพิจารณาจากสาเหตุเรื่องของการไม่มีการวางแผนการขนส่ง เนื่องจากเป็นสาเหตุทางระบบการจัดการที่สามารถปรับปรุงได้

4.3 การดำเนินการปรับปรุง

จากปัญหาข้างต้นได้กำหนดแนวทางในการปรับปรุงการวางแผนการขนส่งโดยเริ่มจากการแบ่งโซน จากนั้นทำการจัดเส้นทางขนส่ง โดยจะรวมกลุ่มลูกค้าเอาไว้ด้วยกันและจัดเรียงสินค้า

4.3.1 การจัดโซนลูกค้า

ก่อนเริ่มทำการจัดเส้นทางนั้น เนื่องจากมีลูกค้าเป็นจำนวนมากทำให้ต้องทำการแบ่งโซน ซึ่งในการกำหนดโซนลูกค้าว่าจะอยู่โซนใดนั้นจะพิจารณาตามระยะทางของกลุ่มลูกค้า โดยสิ่งสำคัญที่ต้องพิจารณา คือ การใช้รถขนส่งจำนวนน้อยที่สุดซึ่งรถขนส่งแต่ละคันควรวิ่งไปส่งสินค้าให้ลูกค้าจำนวนมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ในแต่ละวัน ดังนั้นควรจัดให้ลูกค้าเกาะกลุ่มอยู่ใกล้ ๆ กัน จะทำให้โอกาสที่รถจะวิ่งส่งสินค้าได้หลาย ๆ แห่งในเส้นทางเดียวกันก็จะเป็นไปได้มากขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 3 โซน ได้แก่ ภาคกลาง ภาคตะวันออก และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ แสดงตัวอย่างโซนภาคตะวันออกดังรูปที่ 5 อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัดของลูกค้าบางรายที่ไม่สามารถไปรถคันเดียวกันได้ แสดงดังตารางที่ 2 อีกทั้งหากในโซนเดียวกันเส้นทางและปริมาณการขนส่งยังไม่เต็มความสามารถของการบรรทุกสินค้าสามารถจัดข้ามโซนที่ใกล้เคียงได้



รูปที่ 5 กลุ่มลูกค้าโซนภาคตะวันออก

ตารางที่ 2 โซนลูกค้า รหัสลูกค้า ข้อจำกัดการจัดเส้นทาง

โซน	ลูกค้าที่สามารถไปด้วยกันได้	ลูกค้าที่ไม่สามารถไปด้วยกันได้	หมายเหตุ
ภาคกลาง	A1-A7	D1- D4	D1-D4 เป็นลูกค้าในเขตฟรีเทรดโซน ซึ่งมีให้นำสินค้าอื่นเข้ามาปน จึงต้องทำการจัดส่งทีละราย
ภาคตะวันออก	B1, B3-B9	B2	B2 มีข้อจำกัดว่าสินค้านั้นห้ามวางทับกัน จึงทำให้ต้องแยกจัดส่งทีละราย
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	C1-C2	-	-

4.3.2 การจัดเส้นทางรถขนส่ง

ในการกำหนดเส้นทางจะใช้การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางรถขนส่ง (VRP) ด้วยวิธีเซฟวิงอัลกอริทึม ประกอบด้วยขั้นตอนการหาคำตอบ 4 ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดทำเมตริกซ์ระยะทาง โดยหาระยะทางมาจากแอปพลิเคชัน Google maps

ขั้นตอนที่ 2 จัดทำเมตริกซ์การประหยัด ของแต่ละโซน

ขั้นตอนที่ 3 กำหนดลูกค้าให้กับยานพาหนะและเส้นทาง เพื่อกำหนดลูกค้ากับรถบรรทุกหรือเส้นทาง โดยการรวมเส้นทางใด ๆ เข้าด้วยกันเป็นเส้นทางเดียวที่เป็นไปได้ถ้าการส่งสินค้าของเส้นทางไม่เกินความสามารถของรถบรรทุก

ขั้นตอนที่ 4 จัดลำดับลูกค้าในเส้นทาง โดยใช้วิธีการกวาด (Sweep) โดยจุดใด ๆ ในเส้นทางจะถูกเลือก และกวาดไปตามทางเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา

การดำเนินการกำหนดเส้นทางทั้ง 4 ขั้นตอนดังกล่าวข้างต้น จะพิจารณาตามรายชื่อของลูกค้าที่รับออเดอร์มาในแต่ละวัน แสดงตัวอย่างดังต่อไปนี้

รายชื่อลูกค้าทั้งหมดของวันที่ 1 แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายชื่อลูกค้าทั้งหมด

ลูกค้า	จำนวนกล่อง	น้ำหนัก (กิโลกรัม)
A1	8	64.0
B1	5	22.5

B4	12	126.0
B5	36	309.6
B6	27	283.5
B7	75	337.5
C1	17	144.5
C2	55	577.5

ขั้นตอนที่ 1: จัดทำเมตริกซ์ระยะทาง โชนภาคตะวันออก แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เมตริกซ์ระยะทาง โชนภาคตะวันออก

	DC	B5	B7	B6	B4	B1
B5	111	0				
B7	100	37	0			
B6	113	9	34	0		
B4	28	112	97	109	0	
B1	26	89	73	94	40	0

ขั้นตอนที่ 2: จัดทำเมตริกซ์การประหยัด โชนที่ 1 ตามสมการที่ 2 แสดงตัวอย่างการคำนวณดังข้างล่างนี้ และผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังตารางที่ 5

$$S(x, y) = \text{Dist}(DC, x) + \text{Dist}(DC, y) - \text{Dist}(x, y) \text{ สามารถคำนวณได้ดังนี้}$$

$$S(B5, B7) = \text{Dist}(DC, B5) + \text{Dist}(DC, B7) - \text{Dist}(B5, B7)$$

$$= 111 + 100 - 37 = 174 \text{ กิโลเมตร}$$

ตารางที่ 5 เมตริกซ์การประหยัด โชนภาคตะวันออก

	B5	B7	B6	B4	B1
B5	0				
B7	174	0			
B6	215	179	0		
B4	27	31	32	0	
B1	48	53	32	99	0

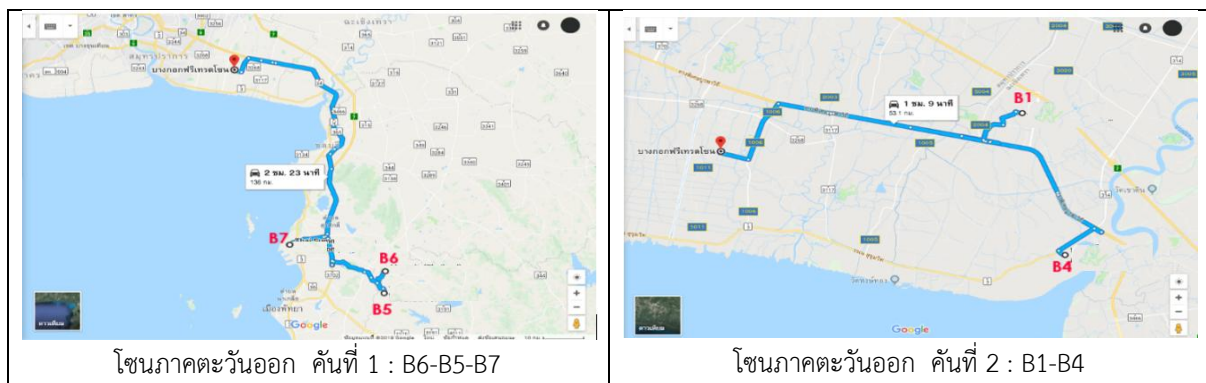
ขั้นตอนที่ 3: กำหนดลูกค้าให้กับยานพาหนะและเส้นทาง ในการที่จะรวมลูกค้าเข้าด้วยกันได้นั้นจะต้องคำนึงถึงน้ำหนักของสินค้าทั้งหมดของลูกค้าแต่ละราย หากว่าบรรทุกรวมกันแล้วจะต้องไม่เกินขีดความสามารถบรรทุกของรถขนส่ง ซึ่งน้ำหนัก

สินค้าที่บรรทุกจะต้องไม่เกิน 1,000 กิโลกรัม โดยเริ่มจากการดูค่าการประหยัด ดังตารางที่ 5 ที่มีค่ามากที่สุดก่อน และทำวนซ้ำ แสดงตัวอย่างการคำนวณดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ขั้นตอนกำหนดลูกค้าให้กับยานพาหนะและเส้นทาง

1) การประหยัดสูงสุดคือ 215 - ลูกค้า B5 และ B6 - น้ำหนักบรรทุกรวมคือ $309.6 + 283.5 = 593.1 (<1000)$ - ลูกค้า B5 และ B6 รวมกันได้ (B5-B6) คันที่ 1	2) การประหยัดสูงสุดคือ 179 - ลูกค้า B6 และ B7 - น้ำหนักบรรทุกรวมคือ $593.1 + 337.5 = 930.6 (<1000)$ - ลูกค้า B5 และ B6 รวมกันได้ (B5-B6-B7) คันที่ 1
3) การประหยัดสูงสุดคือ 174 - ลูกค้า B5 และ B7 (ไม่พิจารณา เพราะรวมอยู่ในเส้นทางที่ B5-B6-B7 ไปแล้ว)	4) การประหยัดสูงสุดคือ 99 - ลูกค้า B1 และ B4 - น้ำหนักบรรทุกรวมคือ $22.5 + 126.0 = 148.5 (<1000)$ - ลูกค้า B1 และ B4 รวมกันได้ (B1-B4) คันที่ 2 (เพราะถ้ารวมในคันที่ 1 น้ำหนักบรรทุกรวมจะเกิน)
สรุปได้ดังนี้ คันที่ 1 : เส้นทาง DC-B5-B6-B7-DC น้ำหนักบรรทุกรวม = $309.6+283.5+337.5 = 930.6$ กิโลกรัม คันที่ 2 : เส้นทาง DC-B4-B1-DC น้ำหนักบรรทุกรวม = $126+22.5 = 148.5$ กิโลกรัม	

ขั้นตอนที่ 4: จัดลำดับลูกค้าในเส้นทาง โดยใช้วิธีการกวาด (Sweep) จุดใด ๆ ในเส้นทางจะถูกเลือกและกวาดไปตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา แสดงดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 การ Sweep เพื่อจัดลำดับลูกค้าโซนที่ 1 คันที่ 1 : DC-B6-B5-B7-DC

4.3.3 การจัดเรียงสินค้า

จากการกำหนดเส้นทางการขนส่ง จึงทำให้เกิดการรวมกลุ่มของลูกค้าบนรถขนส่งสินค้าหนึ่งคัน ส่งผลให้ต้องมีการจัดเรียงสินค้าเข้ามาเกี่ยวข้องด้วย โดยการจัดเรียงนั้นจะต้องคำนึงถึงลูกค้าแต่ละรายด้วยว่ารายใดจะถูกนำจัดส่งก่อนหรือหลัง เพื่อการจัดเรียงสินค้าของลูกค้าแต่ละรายได้อย่างมีระบบ จึงได้นำหลักการเข้าก่อนออกก่อนมาประยุกต์ใช้ โดยจัดเรียงลูกค้าที่อยู่ใกล้ขึ้นไปก่อน ส่วนลูกค้าที่อยู่ใกล้ก็จะเรียงถัดกันมาตามลำดับ ในส่วนของการแบ่งแยกสินค้าของลูกค้าแต่ละรายออกจากกันนั้นจะมีการนำกระดาษลูกฟูกแผ่นใหญ่มาใช้กั้นไว้ระหว่างลูกค้า แต่ในลูกค้าบางรายก็จะทำการซีลกล่องไว้บนพาเลทจึงทำให้แยกได้ง่ายและสะดวกต่อการขนส่ง แสดงดังรูปที่ 7 อีกหนึ่งเหตุผลสำคัญที่ทำให้ต้องมีการจัดเรียงสินค้าคือเพื่อช่วยลดระยะเวลาขณะทำการจัดส่งได้ เนื่องจากหากไม่มีการจัดเรียงแบ่งแยกลูกค้าใด ๆ ก็อาจจะเกิดการจัดส่งที่ล่าช้าได้ เพราะต้อง

มาคอยหาว่าสินค้านั้นจัดวางไว้ตำแหน่งไหน ซึ่งทำให้ไปส่งสินค้ารายต่อ ๆ ไปได้ช้าเกินเวลาที่กำหนด ส่งผลให้ต้นทุนการขนส่งสูงขึ้น เนื่องจากทางลูกค้าจะการคิดค่าปรับกับทางบริษัทเพิ่มเติม

ตัวอย่างการจัดเรียงสินค้าจากเส้นทางรถคันที่ 2 ในตารางที่ 6 ซึ่งมีลำดับการส่งดังนี้ DC-B1-B4-DC ด้วยการจัดเรียงลูกค้าที่จัดส่งลำดับสุดท้ายไว้ด้านในสุดของรถขนส่ง และเรียงลำดับไล่ถัดกันออกมาตามที่ได้ทำการจัดลำดับไว้ โดยในที่นี้จะจัด B4-B1 ตามลำดับ



รูปที่ 7 การจัดเรียงสินค้า การใช้ลูกฟูกแบ่งลำดับลูกค้า

5. ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

5.1 ผลด้านกระบวนการปฏิบัติงาน

การดำเนินงานวิจัยนี้ส่งผลการวางแผนการขนส่งมีการปรับปรุงกระบวนการปฏิบัติงานโดยมีการรวมกลุ่มลูกค้า การแบ่งโซนที่อยู่เดียวกันหรือโซนที่ใกล้เคียงกันรวมไปด้วยกัน การวางแผนด้วยวิธีการทำวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม โดยการหาค่าเมตริกซ์ระยะทางและเมตริกซ์การประหยัดนั้น ได้พัฒนาโปรแกรม Excel ขึ้นมาเพื่อช่วยในการคำนวณ ดังรูปที่ 8 และทำการจัดเรียงสินค้าแบบ LIFO โดยสามารถสรุปเป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานก่อนและหลังปรับปรุงดังรูปที่ 9

	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																

	DC	B1	B5	B8	B7	B6
B1	26	0				
B5	111	89	0			
B8	28	40	112	0		
B7	100	73	37	97	0	
B6	113	94	9	109	34	0

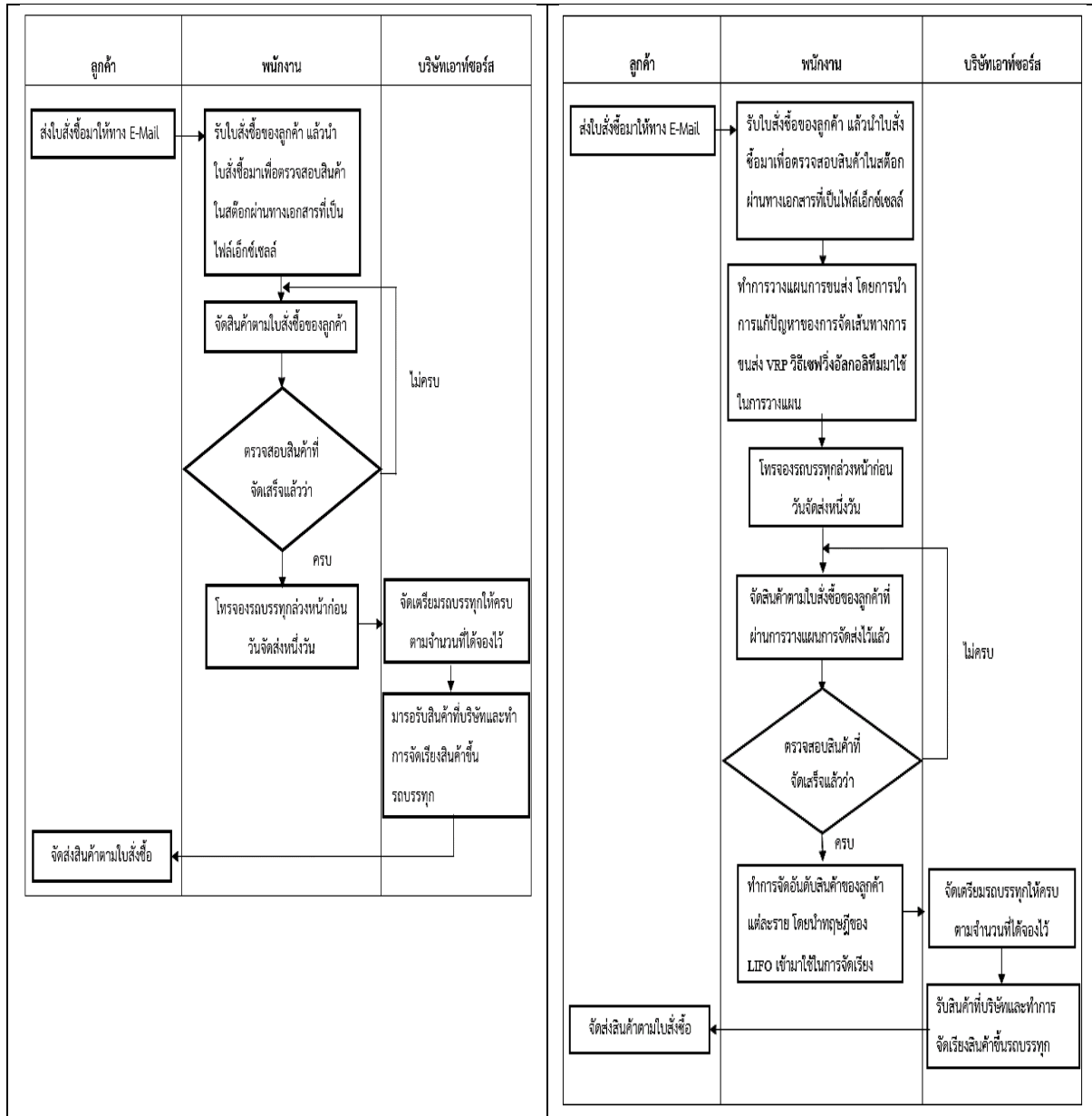
	B1	B5	B8	B7	B6
B1	0				
B5	48	0			
B8	14	27	0		
B7	53	174	31	0	
B6	45	215	32	179	0

	DC	C1	C2
C1	208	0	
C2	268	70	0

	C1	C2
C1	0	
C2	406	0

รูปที่ 8 โปรแกรมหาค่า เมตริกซ์ระยะทางและเมตริกซ์การประหยัด

ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
--------------	--------------



รูปที่ 9 กระบวนการปฏิบัติงานก่อนและหลังปรับปรุง

5.2 ผลด้านต้นทุนการขนส่ง

หลังจากการดำเนินการปรับปรุงกระบวนการวางแผนทางขนส่งดังหัวข้อ 4.3.2 ได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูล เส้นทาง การขนส่ง น้ำหนักที่บรรทุก และระยะทางทั้งหมด ในแต่ละวันเป็นเวลา 2 เดือน แสดงตัวอย่างดังตารางที่ 7 โดยสามารถสรุปผลต้นทุนการขนส่งรวมได้ดังตารางที่ 8 และสรุปข้อมูลเปรียบเทียบผลด้านต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 9 และรูปที่ 10

ตารางที่ 7 ผลการดำเนินงาน เส้นทาง น้ำหนัก ระยะทาง

วัน	ลำดับ	เส้นทาง (ตามลูกค้า)	น้ำหนัก (Kg)	ระยะทาง (Km)
วันที่ 1	1.	DC-A5-B1-B6-A3	502.9	248.0
	2.	DC-B7	904.8	1,000.0
	3.	DC-C1-A1-A2	615.0	253.0
วันที่ 2	1.	DC-B6-B5-B7	930.6	136.0
	2.	DC-B1-B4	148.5	53.1
	3.	DC-C1-C2-A1	786.0	253.0
วันที่ 3	1.	DC-A5-B8-B1-B7	819.0	234.0
	2.	DC-A3	1045.0	35.0
	3.	DC-D3	620.5	23.0
วันที่ 4	1.	DC-A1-A2-C1	885.5	239.0
	2.	DC-D1	33.0	123.0
	3.	DC-D3	637.5	23.0
วันที่ 5	1.	DC-B8-B6-B5	520.5	271.0
	2.	DC-A7	896.5	66.0
วันที่ 6	1.	DC-B1-B4	955.0	61.1
	2.	DC-B6-B5-B7	861.0	150.0
	3.	DC-D1	38.5	26.0
วันที่ 7	1.	DC-A5-A3-B7	948.0	144.0
	2.	DC-C1-A1	596.5	299.0
	3.	DC-B2	850.0	83.0
วันที่ 8	1.	DC-C1-A2-A1	541.5	239.0
	2.	DC-B6-B5	317.5	111.0
	3.	DC-D1	59.5	123.0
วันที่ 9	1.	DC-A3-B8-B1-B7	253.0	332.0
	2.	DC-A7	962.0	66.0
	3.	DC-B2	220.0	83.0
วันที่ 10	1.	DC-B8-B7-B6-B5	553.0	292.0
	2.	DC-C1-C2-A1	841.0	39.0
	3.	DC-D1	73.5	123.0

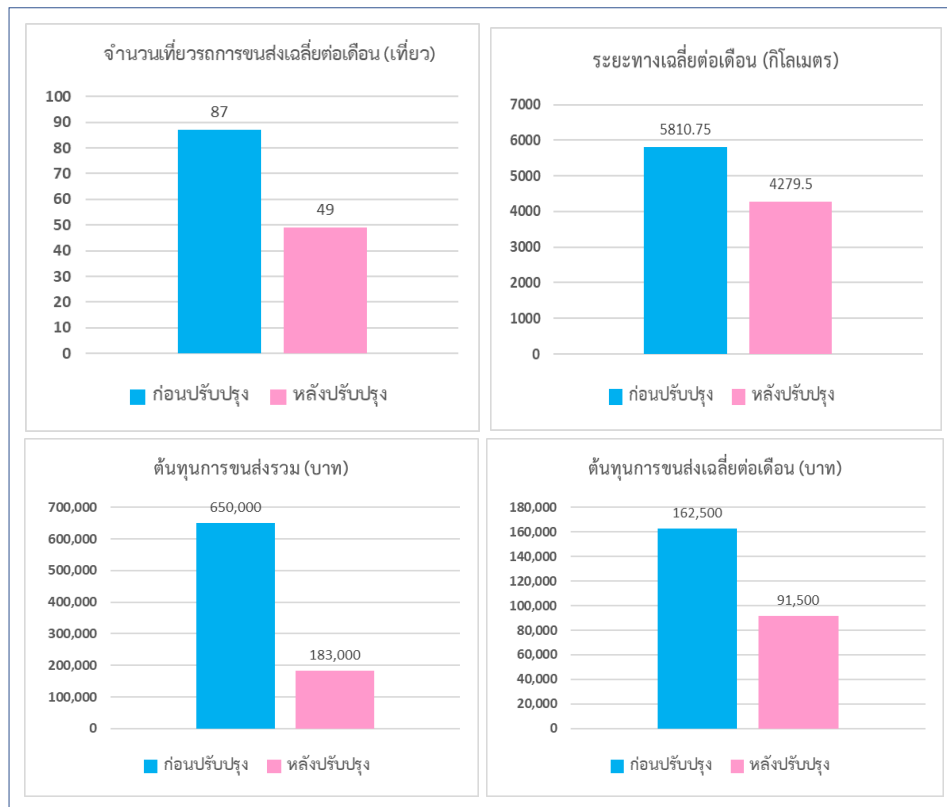
ตารางที่ 8 ผลการดำเนินงานต้นทุนการขนส่งรวม

เดือน	จำนวนเที่ยวรถการขนส่ง (เที่ยว)	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ต้นทุนการขนส่ง (บาท)
5	45	4,297	83,000
6	53	4,262	100,000
รวม	98	8,559	183,000
เฉลี่ยต่อเดือน	49	4,279.50	91,500

ตารางที่ 9 การเปรียบเทียบผลการดำเนินงานมิติต่าง ๆ

	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ลดลง	ลดลง (%)
จำนวนเที่ยวรถการขนส่งเฉลี่ยต่อเดือน (เที่ยว)	87	49	38	43.68
ระยะทางเฉลี่ยต่อเดือน (กิโลเมตร)	5,810.75	4,279.50	1,531.25	26.35
ต้นทุนการขนส่ง รวม (บาท)	650,000	183,000	-	-
ต้นทุนการขนส่ง เฉลี่ยต่อเดือน (บาท)	162,500	91,500	71,000	43.69

หมายเหตุ ก่อนปรับปรุง เก็บข้อมูล 4 เดือน หลังปรับปรุง เก็บข้อมูล 2 เดือน



รูปที่ 10 ผลการดำเนินงานก่อนและหลังปรับปรุง

จากการดำเนินการวิจัยผลการปรับปรุง ดังตารางที่ 9 และ รูปที่ 10 พบว่า จำนวนเที่ยวรถการขนส่งเฉลี่ยต่อเดือน จากก่อนปรับปรุง 87 เที่ยว เหลือ 49 เที่ยว ลดลง 38 เที่ยว หรือคิดเป็นร้อยละ 43.68 ระยะทางเฉลี่ยต่อเดือน จากก่อนปรับปรุง 5,810.75 กิโลเมตร เหลือ 4,279.50 กิโลเมตร ลดลง 1,531.25 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 26.35 ต้นทุนการขนส่งรวม 4 เดือน ก่อนปรับปรุง 650,000 บาท และต้นทุนการขนส่งรวม 2 เดือน หลังปรับปรุง 183,000 บาท ต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยต่อเดือน จากก่อนปรับปรุง 162,500 บาท เหลือ 91,500 บาท ลดลง 71,000 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 43.69

ผลการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของการประยุกต์ใช้เทคนิคเมตริกซ์การประหยัดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการวางแผนการขนส่งได้อย่างเป็นรูปธรรม สอดคล้องกับงานของ ทิพย์สุตา กุมพันธ์ และคณะ (2566) ที่ศึกษาในโรงงานน้ำดื่มชุมชนโดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม สามารถลดระยะทางได้ร้อยละ 11.88 และลดต้นทุนเชื้อเพลิงลง 1,438.2 บาทต่อเดือน ขณะที่ อุษา สติมัน และคณะ (2566) พบว่าการใช้วิธีนี้สามารถลดระยะทางได้ร้อยละ 13.60 และ

ลดค่าใช้จ่ายได้ร้อยละ 34.65 นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับแนวคิดของ Tunnisaki & Sutarman (2023) ที่ประยุกต์ใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม เพื่อจัดเส้นทางขนส่งก๊าซ LPG และสามารถลดระยะทางรวมได้ร้อยละ 20.03 รวมทั้งงานของ ญัฐภูมิ พลศรี และคณะ (2564) ที่ประยุกต์ใช้วิธีเดียวกันเพื่อลดระยะทางขนส่งปลาตุกลงร้อยละ 9.9 และลดต้นทุนน้ำมันลงร้อยละ 9.87 ซึ่งชี้ให้เห็นว่าวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม สามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างหลากหลายตามลักษณะของสินค้าและข้อจำกัดของยานพาหนะ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยในครั้งนี้ได้ต่อยอดแนวคิดดังกล่าวให้ครอบคลุมยิ่งขึ้น โดยนำการจัดเรียงสินค้าและการกำหนดโซนพื้นที่ร่วมวิเคราะห์ ส่งผลให้ประสิทธิภาพโดยรวมสูงขึ้น ในส่วนของการเปรียบเทียบกับ ศิรดา หัสนันท์ และคณะ (2563) ที่ใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมและปัญหาพนักงานขายเดินทาง เพื่อหาทางเลือกเส้นทางที่ดีที่สุด พบว่าสามารถลดระยะทางได้ร้อยละ 17.26 และลดต้นทุนได้ 203.44 บาทต่อเที่ยว เช่นเดียวกับ นคร ไชยวงศ์ศักดา และคณะ (2558) ที่นำวิธีวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมมาประยุกต์ใช้กับการจัดเส้นทางน้ำดื่ม พบว่าสามารถลดระยะทางได้ร้อยละ 4.16 ผลลัพธ์เหล่านี้ยังอยู่ในระดับการปรับปรุงที่จำกัดเมื่อเทียบกับงานวิจัยฉบับนี้ ซึ่งสามารถบูรณาการแนวคิดเชิงพื้นที่และการจัดเรียงสินค้าเข้าด้วยกัน จึงทำให้เกิดผลลัพธ์เชิงปริมาณที่มากกว่า ในเชิงแนวคิด ผลลัพธ์ของการวิจัยนี้ยังสอดคล้องกับแนวทางของ Clark and Wright (1964) ที่เป็นต้นแบบของวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมซึ่งชี้ให้เห็นว่าการคำนวณค่าการประหยัดระหว่างการเชื่อมโยงคู่จุดลูกค้าสามารถลดจำนวนเที่ยวรถและระยะทางได้จริง เพียงแต่การศึกษานี้ได้พัฒนาต่อยอดแนวคิดดังกล่าวให้สอดคล้องกับบริบทปัจจุบันของการขนส่งในประเทศไทย โดยไม่เพียงมุ่งลดระยะทางหรือจำนวนเที่ยวรถ แต่ยังสร้างระบบวางแผนการขนส่งที่ตอบสนองต่อข้อจำกัดเชิงปฏิบัติได้จริง ทั้งด้านน้ำหนักบรรทุก การจัดลำดับการขนถ่าย และการจัดกลุ่มลูกค้า ส่งผลให้ต้นทุนรวมลดลงถึงร้อยละ 43.69 ซึ่งสามารถนำไปเป็นต้นแบบสำหรับการพัฒนาแผนการขนส่งในธุรกิจอื่น ๆ ทั้งภาคการผลิต การค้าปลีก และโลจิสติกส์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานอย่างยั่งยืนต่อไป

6. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยดำเนินการเพื่อพัฒนากระบวนการวางแผนการขนส่งและลดต้นทุนการขนส่งให้กับบริษัทกรณีศึกษา โดยได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุที่ด้วยแผนภาพแสดงเหตุและผล พบว่าสาเหตุหลักเกิดจากการขาดการวางแผนการขนส่ง ซึ่งการทำงานในปัจจุบันทางบริษัทได้ทำการจัดส่งสินค้าไปให้ลูกค้าแบบรายต่อราย โดยไม่ได้มีการรวมกลุ่มลูกค้าที่สามารถไปในเส้นทางเดียวกันได้ จึงดำเนินการโดยเริ่มจากการดูข้อมูลลูกค้าแต่ละรายเพื่อทำการแบ่งแยกโซน โดยลูกค้าที่อยู่โซนเดียวกันหรืออยู่ใกล้โซนดังกล่าว จะให้ขนส่งไปในเส้นทางเดียวกันได้ จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนในการใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม โดยขั้นตอนแรกจะทำการระบุเมตริกซ์ระยะทางเพื่อให้ทราบระยะทางของลูกค้าแต่ละราย ขั้นตอนที่สองระบุเมตริกซ์การประหยัดคือการคำนวณระยะทางที่ประหยัดได้เพื่อใช้ในการรวมเส้นทางในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนที่สามารถกำหนดลูกค้าและเส้นทาง เป็นการทำให้ทราบว่าลูกค้ารายใดสามารถรวมกันไปได้โดยต้องคำนึงถึงน้ำหนักบรรทุกของรถขนส่ง ซึ่งจะต้องไม่เกินความสามารถของรถขนส่งสินค้าและตามที่กฎหมายกำหนด และขั้นตอนที่สี่ทำการจัดลำดับของลูกค้าในแต่ละเส้นทาง ซึ่งจะใช้การกวาด (Sweep) โดยการดูลำดับของลูกค้าด้วยกวาดจุดใด ๆ บนเส้นทางไปตามเข็มนาฬิกาหรือทวนเข็มนาฬิกา จากนั้นทำการจัดเรียงสินค้าขึ้นรถขนส่งด้วยหลักการเข้าหลังออกก่อน (Last In First Out) เพื่อความสะดวกในการขนสินค้าลง

จากการดำเนินงานวิจัยส่งผลให้มีการปรับปรุงกระบวนการวางแผนการขนส่ง โดยเพิ่มขั้นตอนการวางแผนด้วยวิธีการหาวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม และจัดเรียงสินค้าขึ้นรถขนส่งด้วยหลักการเข้าหลังออกก่อน (Last In First Out) โดยการหาค่าเมตริกซ์ระยะทางและเมตริกซ์การประหยัดนั้น ได้ทำการพัฒนาโปรแกรม Excel ขึ้นมาเพื่อช่วยในการคำนวณ ผลการปรับปรุงพบว่า จำนวนเที่ยวรถการขนส่งเฉลี่ยต่อเดือน จากก่อนปรับปรุง 87 เที่ยว เหลือ 49 เที่ยว ลดลง 38 เที่ยว หรือคิดเป็นร้อยละ 43.68 ระยะทางเฉลี่ยต่อเดือน จากก่อนปรับปรุง 5,810.75 กิโลเมตร เหลือ 4,279.50 กิโลเมตร ลดลง 1,531.25 กิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 26.35 ต้นทุนการขนส่งรวม 4 เดือน ก่อนปรับปรุง 650,000 บาท และต้นทุนการขนส่งรวม 2 เดือน หลัง

ปรับปรุง 183,000 บาท ต้นทุนการขนส่งเฉลี่ยต่อเดือน จากก่อนปรับปรุง 162,500 บาท เหลือ 91,500 บาท ลดลง 71,000 บาท หรือคิดเป็นร้อยละ 43.69

7. ข้อเสนอแนะ

7.1 บริษัทควรศึกษาสามารถนำผลการวิจัยนี้ไปต่อยอดใช้กับสาขาอื่น 2 แห่ง และลูกค้าหลักรายอื่น ๆ ได้ โดยอาจพัฒนาเป็นโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อให้ใช้งานง่าย สะดวกและรวดเร็วมากขึ้น

7.2 ควรจัดอบรมพนักงานขนส่งและฝ่ายวางแผนให้เข้าใจหลักการของวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม และวิธีใช้เครื่องมือ เพื่อให้เกิดการนำไปใช้ได้อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

7.3 บริษัทสามารถต่อยอดระบบให้มีการคำนวณค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงและเวลาการส่งสินค้าจริง เพื่อใช้ประเมินประสิทธิภาพการดำเนินงานในแต่ละรอบการขนส่ง

7.4 ควรศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึมกับเทคนิคอื่น เช่น ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) หรือ ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization) เพื่อหาวิธีที่ให้ผลดีที่สุด

7.5 งานวิจัยนี้วัดผลจากจำนวนเที่ยวรถการขนส่ง ระยะทางการขนส่ง และต้นทุนการขนส่ง ไม่ได้พิจารณาผลด้านระยะเวลาการขนส่ง ดังนั้นงานวิจัยในอนาคตสามารถพิจารณาผลทางด้านระยะเวลาการขนส่งเพิ่มเติมได้

8. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณบริษัทการศึกษาที่ให้เข้าทำการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ คุณสกุลรัตน์ สมั่นเรือง คุณชนิตา บอนสิทธิ์ และ คุณอัครพล ศรีบริรักษ์ ผู้ช่วยในการดำเนินโครงการวิจัย และขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ที่สนับสนุนทุนอุดหนุนการวิจัยจากเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2568

9. เอกสารอ้างอิง

- กนกวรรณ สกุลทรงเดช. (2559). *การใช้บรรจุกัญหย้อนกลับเพื่อลดต้นทุนอย่างมีประสิทธิภาพ*. (วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาบัณฑิต). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.
- กวี ศรีเมือง. (2550). *การหาจำนวนรถบรรทุกที่เหมาะสมในการขนส่งสินค้าในธุรกิจค้าปลีก: กรณีศึกษาที่อัสซูเปอร์มาร์เก็ต*. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ. (2550). *หลักการการควบคุมคุณภาพ*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2556). *การบริหารเส้นทางขนส่งสินค้า (Goods transportation routes management)*. กรุงเทพฯ: โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิง.
- คำนาย อภิปรัชญาสกุล. (2559). *การจัดการขนส่งและการกระจายสินค้าเชิงกลยุทธ์ (Strategic transport and distribution management)*. กรุงเทพฯ: โฟกัสมีเดีย แอนด์ พับลิชชิง.
- ชินภัทร อ่อนนิม. (2555). *การเพิ่มประสิทธิภาพการขนส่งสินค้าภายในเขตกรุงเทพและปริมณฑล: กรณีศึกษาบริษัท เซ็นทรัล มาร์เก็ตติ้ง กรุ๊ป*. (วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย.
- ฐานเศรษฐกิจ. (2566). *โลจิสติกส์ไทย ต่างชาติแหล่งทุน 2.5 พันล้าน หนุนธุรกิจขนส่งโตแรง*. เข้าถึงได้จาก <https://www.facebook.com/thansettakij/posts>
- ณัฐวุฒิ พลศรี, กนกกาญจน์ จิรศิริเลิศ และ ธาณิณี มีเจริญ. (2564). *การประยุกต์ใช้วิธีการแบบประหยัดสำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง: กรณีศึกษาฟาร์มเลี้ยงปลาตก*. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหการไทย*, 7(2), 51–58.

- ทิพย์สุตา กุมพันธ์, ธัญญาเรศ ศรีขยงศ, อริสา บุญหวาน และ อุบลวรรณ จันทร์เต็ม. (2566). การจัดเส้นทางรถขนส่งน้ำดื่มโดยใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม โรงงานผลิตน้ำดื่มชุมชน. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 9(2), 50–57.
- นคร ไชยวงศ์ศักดิ์, ประเวศ อนันต์, นิเวศ จินะบุญเรือง, เสกสรรค์ วินยาคกุล, ขวัญเรือน สิ้นณรงค์, ธนากร จักรแก้ว, วุฒิชัย ใจบาล และ ณัฐภูมิ ศรีสว่าง. (2558). การจัดเส้นทางรถขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย: กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 3(1), 1–15.
- วรภาพรณ นาวารักษ์. (2566). การเพิ่มประสิทธิภาพด้านการขนส่งสินค้าประเภทอุปกรณ์และเครื่องใช้ในสำนักงาน : กรณีศึกษาบริษัท สหออฟฟิศ จำกัด. *วารสารวิจัยวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์*, 7(1), 155–169.
- วิจัยกรุงศรี. (2567). *แนวโน้มธุรกิจ/อุตสาหกรรมปี 2567-2569: บริการขนส่งสินค้าทางถนน*. เข้าถึงได้จาก <https://www.krungsri.com/th/research/industry/industry>
- ศิรดา หัสนันท์, สุริยนต์ จอมชนชัย, ธัญดา แสงวิไล และ วชิราภรณ์ จันทร์โพธิ์กุล. (2563). การจัดเส้นทางรถ: กรณีศึกษาบริษัทแปรรูปอาหารทะเล. *รายงานการประชุม การประชุมวิชาการระดับนานาชาติและระดับชาติด้านบริหารธุรกิจและการบัญชี ครั้งที่ 2* (หน้า 139–149). เชียงใหม่: ศูนย์ประชุมนานาชาติเอ็มเพรส โรงแรม ดี เอ็มเพรส.
- ศิวพร สุกสี, และ ธาณิณี มีเจริญ. (2562). การลดต้นทุนการขนส่งโดยการประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางรถ: กรณีศึกษาบริษัทจำหน่ายอุปกรณ์ประดับยนต์. *วิศวกรรมสารเกษมบัณฑิต*, 9(1), 69–84.
- อุษา สติถมนัน, เป็นหนึ่ง บัวเทศ, ศศิธร สามนกร และ หทัยรัตน์ รอดเงิน. (2566). การวิเคราะห์เส้นทางและพัฒนาระบบการจัดการขนส่งสินค้าด้วยวิธีอัลกอริทึมแบบประหยัด: กรณีศึกษาห้างหุ้นส่วนจำกัด ชานนท์ ทรานสปอร์ต. *วารสารสังคมศาสตร์และวัฒนธรรม*, 7(11), 64–74.
- Clarke, G., & Wright, J. V. (1964). Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), 568–581.
- Cortes, J. D., & Suzuki, Y. (2020). Vehicle routing with shipment consolidation. *International Journal of Production Economics*, 227.
- Stellingwerf, H. M., Laporte, G., Kanellopoulos, A., Bloemhof, J. M., & Behdani, B. (2021). The quality-driven vehicle routing problem: Model and application to a case of cooperative logistics. *International Journal of Production Economics*, 231, 1–11.
- Tunnisaki, F., & Sutarman. (2023). Clarke and Wright Savings Algorithm as solutions vehicle routing problem with simultaneous pickup and delivery (VRPSPD). *Journal of Physics: Conference Series*, 2421, 1–7.

ประวัติผู้เขียนบทความ



ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนิดา สุนารักษ์

อาจารย์สาขาวิชาการจัดการ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
โทร 061-951-5392, Email: thanida.sun@rmutr.ac.th
ความเชี่ยวชาญ : Industrial and Logistics Engineering/ Management