การจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง จังหวัดชลบุรี

Arrangement of transport routes for the collection of solid waste : A case study of Khao Khansong Subdistrict Administrative Organization Chonburi Province

ถนิมนันท์ กล้วยไม้[1], สราวุธ ลักษณะโต[2]
Thanimnan Kluaymai[1], Sarawut Luksanatoi[2]
[1,2]คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
[1,2]Faculty of Logistic, Burapha University, Thailand
Corresponding author. Email: 61920225@go.buu.ac.th
(Received: November 28, 2023; Revised: January 23, 2024; Accepted: January 27, 2024)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเส้นทางการจัดเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง จังหวัดชลบุรี และเพื่อหาแนวทางในการลดต้นทุนด้านการขนส่งที่เกี่ยวกับการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยจะใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm) มาประยุกต์ใช้ในการปรับปรุงเส้นทาง ช่วยในการจัดเส้นทางการขนส่ง เพื่อลดระยะทางการขนส่งให้มีระยะทางสั้นลง และลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง โดยวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะเฉพาะวันจันทร์ โดยระยะทางที่คำนวณได้ผ่านทาง Google map ผลการวิจัย พบว่า เส้นทางการเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง เส้นทางเดิม มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 627.60 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 472.80 กิโลเมตร โดยมีระยะทางลดลง 154.80 กิโลเมตร หรือลดลงร้อยละ 24.67 ปัญหาที่พบ คือ รถเก็บขยะไม่สามารถเก็บขยะได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องมาจากข้อจำกัดเรื่องเส้นทางที่คับแคบ รถเข้าออกไม่สะดวก จำนวนรถเก็บขยะและพนักงานเก็บขยะไม่เพียงพอ และต้องเสียเวลาในการไปเก็บขยะในวันถัดไป หรือรถเก็บขยะต้องทำงานเป็น 2 เท่าในวันถัดไป เนื่องจากไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณขยะที่ต้องเก็บในแต่ละวันได้

คำสำคัญ : การวางแผน; การจัดเส้นทางการขนส่ง; เซฟวิ่ง อัลกอริทึม

Abstract

The goal of this study is to investigate the routes used by the Khao Khan Song Subdistrict Administrative Organization in the province of Chonburi for the collection of waste, with the ultimate goal of lowering transportation expenses associated with this process. We'll use the Saving algorithm to make the route better. assists in planning transportation routes to cut down on fuel use and transit distances. The Public Health and Environment Division provided the data that the researcher used. Subdistrict Administrative Organization of Khao Khan Song The research findings showed that the Khao Khan Song Subdistrict Administrative Organization's garbage collection route was the original path, which was determined by designing the waste transportation route exclusively on Mondays and using the distance

computed using a Google Map. The distance is 627.60 kilometers in total. The overall distance is 472.80 kilometers when the route is optimized with the Saving algorithm; this is a reduction of 154.80 kilometers, or 24.67 percent. The collecting truck is the issue at hand. Trash collection cannot go as scheduled. It is inconvenient to enter and exit the car because of restrictions on small roads. There are not enough waste collectors or garbage vehicles. Additionally, you'll have to waste time picking up trash the next day, or the garbage truck will have to put in twice as much effort. This is due to the fact that it is impossible to forecast how much trash needs to be picked up every day.

Keywords: Planning; Transportation Routing; Saving Algorithms

1. บทนำ

ขยะมูลฝอยเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญในปัจจุบัน ซึ่งในปัจจุบันมีอัตราการใช้ที่ดินและประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเขตชุมชนเมือง ประกอบกับการพัฒนาระบบเศรษฐกิจ อุตสาหกรรมและการท่องเที่ยว ส่งผลให้ของเหลือทิ้งจากกระบวนการการผลิต และการบริโภคของมนุษย์เพิ่มปริมาณมากขึ้น ตามการเพิ่มของประชากรและกิจกรรมในพื้นที่นั้น ๆ ขณะที่หน่วยงานของรัฐที่รับผิดชอบยังไม่สามารถดำเนินการเก็บขนขยะ และนำไปกำจัดได้หมดในแต่ละวัน จึงก่อให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยเหลือตกค้าง ซึ่งนอกจากจะเป็นสาเหตุแห่งความสกปรกแล้ว ยังเป็นแหล่งเพาะพันธุ์ของเชื้อโรคและส่งกลิ่นรบกวน ตลอดจนเป็นต้นเหตุของการเกิดอัคคีภัย และยังทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการขนย้ายและการนำไปกำจัดอีกด้วย การจัดการและเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการจัดการขยะมูลฝอยนั้น ต้องอาศัยความรู้หลายด้าน รวมทั้งเทคโนโลยีต่าง ๆ ในการเก็บรวบรวมและกำจัด ซึ่งขั้นตอนที่สำคัญอย่างหนึ่ง คือ การเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย จัดได้ว่า เป็นขั้นตอนที่เสียเวลาและค่าใช้จ่ายมากที่สุด เมื่อเทียบกับขั้นตอนอื่น ๆ ในการดำเนินงานจัดการขยะมูลฝอย ดังนั้น จึงจำเป็นจะต้องมีการวางแผนในการเก็บขนขยะมูลฝอยที่ดีและมีประสิทธิภาพ การที่จะเก็บขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพนั้นต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่สอดคล้องกัน นับตั้งแต่ยานพาหนะที่ใช้ในการเก็บขน พนักงานเก็บขน วิธีการเก็บขน เวลา และระยะทางที่ใช้ในการเก็บขนขยะ ไปจนถึงสถานที่กำจัด ซึ่งการจัดเส้นทางการเดินรถจัดเก็บขยะมูลฝอย นับเป็นขั้นตอนที่สำคัญอันหนึ่ง ที่จะช่วยทำให้การเก็บขนขยะเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งในประเทศที่มีการพัฒนาแล้วในหลาย ๆ แห่ง ได้นำเทคนิคในการจัดเส้นทางการเก็บขนขยะมูลฝอยมาใช้ เพราะนอกจากจะไม่ทำให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยตกค้างแล้ว ยังช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายไปได้มาก (นิภาพรรณ เจนสันติกุล, 2565)

องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง จังหวัดชลบุรี พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ทางการเกษตร เหมาะแก่การปลูกพืชและปศุสัตว์ อีกทั้งพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง ยังตั้งอยู่ในเขตรอยต่อระหว่างจังหวัดระยองกับจังหวัดชลบุรี ทำให้การค้าขายสินค้าทางการเกษตรมีตลาดรองรับพอสมควร ซึ่งจากสภาพพื้นที่ดังกล่าว ยังเหมาะแก่การตั้งโรงงานอุตสาหกรรมและนิคมอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ ปัจจุบันพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรงยังมีพื้นที่บางส่วนอยู่ในเขตนิคมอุตสาหกรรมถึง 2 แห่ง คือ นิคมอุตสาหกรรมปิ่นทอง 5 และนิคมอุตสาหกรรมเหมราช โดยพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง จะมีการเจริญเติบโตทางด้านเศรษฐกิจและสังคมอย่างรวดเร็ว จึงส่งผลให้เกิดการหลั่งไหลของประชากรเข้ามาพักอาศัยในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น และด้วยสาเหตุนี้ จึงส่งผลให้มีขยะมูลฝอยภายในเขตพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรงเพิ่มขึ้นเป็นปริมาณมาก(ข้อมูลพื้นฐาน, องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง, 2558)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจเกี่ยวกับรูปแบบการจัดเส้นทางในปัจจุบัน ปัญหาที่พบในปัจจุบัน คือ ปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น และไม่มีการวางแผนเส้นทางในการจัดเก็บขยะ ส่งผลให้การเก็บขยะต่อ 1 รอบ และมีบางพื้นที่ที่ตกหล่นจากการจัดเก็บ ผลจากไม่มีการวางแผนเส้นทางที่ชัดเจน เป็นผลทำให้ต้นทุนด้านการจัดเก็บขยะที่มากเกินไป ผู้วิจัยจึงทำการวิเคราะห์และเสนอแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางการจัดเก็บขยะให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยจะใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm) ในการจัดเส้นทาง เพื่อให้ได้ระยะทางในการจัดเก็บน้อยที่สุด และควบคุมให้ได้ปริมาณขยะต่อการเก็บขยะ 1 รอบ มีน้ำหนักอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม(กองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม, องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง, 2565)

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

2.1 เพื่อศึกษารูปแบบการจัดเส้นทางการเก็บขยะที่อยู่ในเขตการดูแลของ อบต.เขาคันทรง จ.ชลบุรี ในปัจจุบัน

2.2 เพื่อเสนอแนวทางรูปแบบการจัดเส้นทางการเก็บขยะที่เหมาะสมในเขตการดูแลของ อบต.เขาคันทรง

3. ทบทวนวรรณกรรม

การศึกษางานวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษารวบรวมเนื้อหาจากทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยศึกษาจากหนังสือ เอกสาร ตำราวิชาการ วารสาร บทความ และรายงานการวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทั้งนี้ เพื่อให้สามารถกำหนดกรอบแนวความคิดที่จะนำไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพื่อให้ครอบคลุมและชัดเจนมากยิ่งขึ้น โดยประกอบด้วยสาระสำคัญตามลำดับ ดังนี้

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle routing)

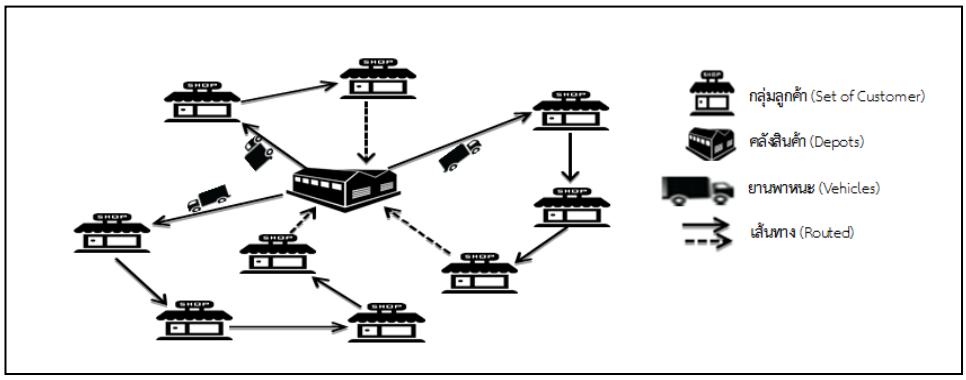
การจัดเส้นทางเดินรถขนส่งสินค้า จากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าตามจุดต่าง ๆ เพื่อช่วยสนับสนุนการตัดสินใจผู้ใช้ระบบ โดยมีศูนย์กระจายสินค้าแห่งเดียว และมีรูปแบบปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบมีข้อจำกัดเรื่องความสามารถในการบรรทุก โดยพิจารณาเรื่องน้ำหนักและปริมาตรสินค้าให้อยู่ภายใต้เงื่อนไขของความจุรถ โดยมีเป้าหมายเพื่อให้ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด วิธีที่ใช้ในการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสินค้า การจัดเส้นทางการขนส่งจะประกอบด้วยเงื่อนไข 4 ประการ ดังนี้

1. กลุ่มลูกค้า (Set of customers) กล่าวคือ ลูกค้าแต่ละรายจะถูกกำหนดให้อยู่กระจายในจุด (Node) ต่าง ๆ และมีความต้องการในการรับ หรือส่งสินค้าในจำนวนต่าง ๆ และในบางครั้ง อาจมีการกำหนดความต้องการทางด้านเวลาเพิ่มเข้าไป

2. ยานพาหนะ (Vehicles) กล่าวคือ รถบรรทุก เรือ เครื่องบิน หรือสิ่งที่เตรียมไว้สำหรับการขนส่ง ที่ใช้ในการให้บริการแก่ลูกค้า มีหน้าที่เดินทาง รับ-ส่ง สินค้าระหว่างลูกค้าและคลังสินค้า ซึ่งจะมีข้อจำกัดในการบรรทุก (Capacity) ซึ่งอาจกำหนดเป็นจำนวนชิ้นของสินค้าหรือน้ำหนักของสินค้าที่สามารถบรรทุกได้สูงสุด ต่อยานพาหนะนั้น ๆ

3. คลังสินค้า (Depots) กล่าวคือ สถานที่เก็บสินค้า โรงงานของบริษัทผู้ผลิต หรือศูนย์กระจายสินค้า (Distribution center) ซึ่งเป็นสถานที่ที่ถูกกำหนดให้เป็นจุดเริ่มต้น และรวมไปถึงจุดสิ้นสุดในการเดินทาง นั่นหมายความว่ายานพาหนะทุกคันจะต้องออกเดินทางจากจุดนี้ ไปให้บริการลูกค้ายังจุดต่าง ๆ และกลับเข้าสู่จุดเดิมเมื่อให้บริการลูกค้าครบถ้วน ในปัญหาที่ซับซ้อน อาจกำหนดให้มีคลังสินค้าในหลายจุด เพื่อให้บริการลูกค้าในหลายกลุ่มได้

4. เส้นทาง (Routes) กล่าวคือ การมอบหมายที่จะให้ยานพาหนะคันใด เดินทางไปยังจุดต่าง ๆ หรือลูกค้ารายใดบ้าง และเดินทางตามลำดับก่อนหลังอย่างไร ประกอบด้วย เส้นทางการเดินย่อย (Sub-route หรือ Our) ในหลาย ๆ เส้นทางรวมกัน



ภาพที่ 1 การจัดเส้นทางยานพาหนะ
ที่มา : ธารชุดา พันธ์นิกุล (2551)

การจำแนกประเภทของ VRP ระพีพันธ์ ปิตาคะโส (2554) อธิบายว่า การจำแนกประเภทของ VRP สามารถจำแนกออกได้เป็น 5 กลุ่มดังนี้

1. จัดกลุ่มตามวิธีการแก้ปัญหาของ VRP

1.1 วิธีการแม่นตรง (Exact method) วิธีการนี้ จะใช้พื้นฐานจากการโปรแกรมเชิงเส้นตรง โปรแกรมจำนวนเต็ม หรือวิธีการอื่นที่จะทำให้ได้ค่าที่ดีที่สุด

1.2 วิธีการเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm) เป็นวิธีการที่เมื่อดำเนินการเสร็จเรียบร้อย จะได้ค่าที่ดี ไม่สามารถรับประกันได้ว่า จะได้คำตอบที่ดีที่สุด แต่จะใช้เวลาที่สั้นกว่าวิธีการแบบแม่นยำ สำหรับปัญหาที่มีขนาดใหญ่

1.3 การจำลองแบบปัญหา (Simulation) ใช้การจำลองแบบปัญหาส่วน ใหญ่จะใช้กับปัญหาที่มีความไม่แน่นอนเกิดขึ้น เช่น ความต้องการไม่แน่นอน ระยะเวลาในการให้บริการไม่แน่นอน

2. จัดกลุ่มตามลักษณะของความต้องการของลูกค้า

2.1 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่าและแน่นอน (Deterministic demand) งานวิจัยจำนวนหนึ่งดำเนินการภายใต้ความต้องการที่แบบทราบและแน่นอนของลูกค้า โดยมีการเก็บข้อมูลอาจจะเป็นความต้องการที่แน่นอน โดยมีการสั่งสินค้าก่อนและจัดเส้นทางการขนส่ง หรือทำการประมาณค่าจากการใช้ค่าเฉลี่ย หรือค่าทางสถิติอย่างใดอย่างหนึ่ง ตัวอย่างงานวิจัยที่มีความต้องการแบบทราบและแน่นอน

2.2 ค่าความต้องการของลูกค้าทราบค่า แต่ไม่ทราบค่าที่แน่นอน (Stochastic demand) ในกลุ่มนี้ความต้องการของลูกค้าจะทราบค่า แต่อาจจะมีความไม่แน่นอน ซึ่งจะทำให้ต้องใช้เทคนิคในการแก้ปัญหาที่ต่างออกไป

2.3 ไม่ทราบความต้องการของลูกค้า (Probabilistic demand) ซึ่งเป็นความต้องการที่ไม่ทราบค่าขณะวางแผน แต่ทราบเมื่อไปถึงลูกค้า

3. จัดกลุ่มตามข้อจำกัดด้านเวลา (Time windows) ซึ่งเป็นข้อจำกัดที่มีความสำคัญกับการจัดเส้นทาง เนื่องจากบางครั้งเวลาให้บริการลูกค้า หรือเวลาในการเดินทาง จะมีผลต่อเส้นทางที่ได้จากการจัดด้วยวิธีการต่าง ๆ สามารถแบ่งกลุ่มได้ ดังนี้

3.1 แบบไม่มีข้อจำกัดด้านเวลา (No time windows) ในกลุ่มนี้ งานวิจัยจะไม่คำนึงถึงข้อจำกัดด้านเวลาต่าง ๆ โดยจะทำการจัดเฉพาะเส้นทางการเดินทาง

3.2 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบไม่เคร่งครัด (Soft time windows) ในกลุ่มนี้จะมีข้อจำกัดทางด้านเวลา แต่ไม่เคร่งครัดมากนัก สามารถส่งสินค้าช้า หรือเร็วกว่ากำหนดได้บ้าง แต่อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดด้านเวลานี้ จะมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน

3.3 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลาแบบเคร่งครัด (Stick time windows) กลุ่มนี้ การจัดเส้นทางจะคำนึงถึงระยะเวลาในการเดินทาง และระยะเวลาในการให้บริการอย่างเคร่งครัดหากเดินทางผิดเวลา หรือไปถึงลูกค้าผิดเวลา จะทำให้เส้นทางนั้น เป็นเส้นทางที่ไม่ถูกต้องไม่สามารถให้บริการลูกค้าได้

3.4 แบบมีข้อจำกัดด้านเวลา ที่มีทั้งเคร่งและไม่เคร่ง (Mixed) งานวิจัยบางงาน เช่น Nagy and Salhi (2005) จะมีลูกค้า ทั้งที่เคร่งครัดเรื่องเวลา ที่มาถึงของรถบรรทุก หรือเวลาในการให้บริการและไม่เคร่งครัดเรื่องเวลา ในปัญหาเดียวกัน ซึ่งจะทำให้การดำเนินการด้วยวิธีการต่าง ๆ มีความแตกต่างกันออกไป และมีผลต่อการจัดเส้นทางเช่นเดียวกัน

4. จัดกลุ่มตามเวลาในการวางแผนการเดินทาง (Time horizon) ในกลุ่มนี้ จะเน้นการจัดกลุ่มแบบการจัดแบบครั้งเดียว ในการวางแผน 1 ครั้ง เช่น การเดินทางส่งสินค้าทุกวันจะเดินทางด้วยเส้นทางเดียวกัน และการจัดแบบหลายครั้ง เช่น วางแผนเป็นเดือน หรือปี โดยในแต่ละวัน อาจจะมีการเดินทางที่ไม่เหมือนกัน

4.1 แบบคาบเวลาเดียว (Single period) กลุ่มนี้ จะวางแผนครั้งเดียว และดำเนินการเช่นเดียวกันในทุกคาบเวลา

4.2 แบบหลายคาบเวลา (Multi period) เป็นการวางแผนแบบหลายคาบเวลาและมีเส้นทางการเดินทางที่แตกต่างกันไปในแต่ละคาบเวลา

5. จัดกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้น (Number of origin points) จุดเริ่มต้นที่แตกต่างกันจะทำให้ได้ระยะทางในการเดินทางที่แตกต่างกันไป การวางแผนการจัดเส้นทาง บางครั้งอาจมีจุดเริ่มต้นเดียว บางครั้งจะต้องวางแผนให้กับศูนย์กระจายสินค้าหลายจุดไปพร้อม ๆ กัน สามารถแบ่งกลุ่มตามจำนวนของจุดเริ่มต้นได้เป็น

5.1 มีจุดเริ่มต้นเดียว (Single origin/ Depot) การเริ่มต้นของทุกเส้นทาง จะเริ่มต้นจากจุดกระจายสินค้าเพียงแห่งเดียว

5.2 มีจุดเริ่มต้นหลายจุด (Multiple origin/ Depots) ในกลุ่มนี้ จะต้องวางแผนให้มีศูนย์กระจายสินค้าหลายแห่ง โดยทำการจัดเส้นทางไปพร้อม ๆ กัน

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ

ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะ เป็นปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์ (Logistics) แบบหนึ่ง ที่มุ่งเน้นในการขนส่งสินค้าตามจำนวนความต้องการที่กำหนด ไปยังกลุ่มลูกค้าให้ครบถ้วน ซึ่งมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่คลังสินค้า โดยมีเส้นทางรวมในการเดินทางที่สั้นที่สุด หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า ให้มีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยทั่วไปแล้ว ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนั้น ประกอบไปด้วย

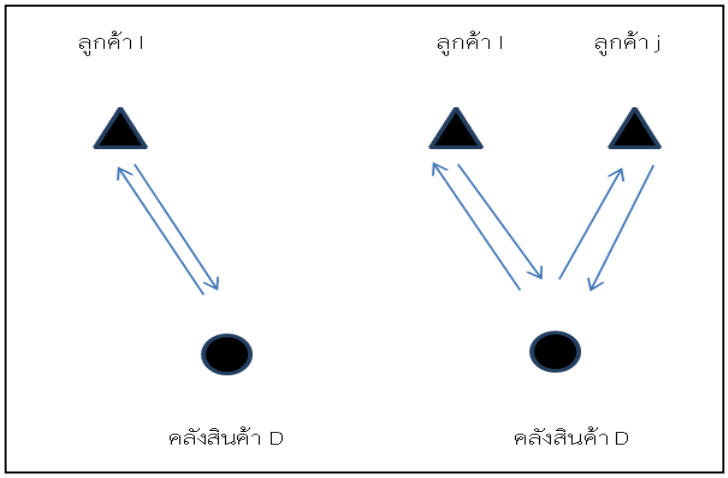
1. การจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle routing) เป็นปัญหาประจำของบริษัทขนส่ง ในแต่ละวัน จะมีลูกค้าจำนวนหนึ่งมากบ้าง น้อยบ้าง ต้องการให้นำสินค้าไปส่งให้ ปัญหาที่น่าท้าทาย คือ ผู้จัดการจะต้องใช้รถขนส่งกี่คัน และควรจะจัดลำดับการส่งสินค้าอย่างไร รถคันไหนควรไปส่งสินค้าให้แก่ลูกค้ารายใดบ้าง และจะจัดลำดับการส่งสินค้าของลูกค้าแต่ละรายอย่างไร ในทางคณิตศาสตร์แล้ว ถือว่าปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle routing problem) เป็นปัญหาที่ยากมาก ๆ ในการที่จะวิเคราะห์หาแผนการเดินรถที่ดีที่สุด ในบรรดาแผนที่เป็นไปได้จำนวนมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่ง หากคำสั่งซื้อจากลูกค้าและรถส่งสินค้ามีจำนวนมาก ซึ่งแทบจะไม่มีโอกาสเลย ที่จะจัดเส้นทางการเดินรถให้ประหยัดที่สุด อย่างดีที่สุด คงทำได้เพียงการวิเคราะห์ให้ได้แผนที่ค่อนข้างดีมาใช้ปฏิบัติเท่านั้น ในกรณีที่มีลูกค้าจำนวนมาก ในการหาเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดแล้วเลือกเอาเส้นทางขนส่งที่มีต้นทุนต่ำที่สุด เป็นสิ่งที่แทบจะเป็นไปไม่ได้ในทางปฏิบัติ เพราะจะต้องใช้เวลาในการคำนวณ

วิเคราะห์ยาวนานมาก จนไม่ทันการณ์ จึงจำเป็นต้องมีวิธีการอื่น ๆ มาช่วยให้ได้คำตอบที่เร็ว ซึ่งมีวิธีการหนึ่ง ที่เป็นที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในการจัดเส้นทางการเดินรถ ได้แก่ การจัดเส้นทางโดยค่าประมาณ (Approximation methods) ซึ่งคำตอบของเส้นทางขนส่งที่ได้รับจากการใช้วิธีการนี้ อาจจะไม่ดีที่สุด แต่จะได้คำตอบที่ดีพอใช้ ภายในระยะเวลาที่ไม่นานมาก นำไปใช้งานได้ทันเวลา วิธีการจัดเส้นทางโดยค่าประมาณนี้ ยังมีหลากหลายวิธี คำตอบที่ได้รับจากแต่ละวิธี อาจจะมีคุณภาพแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะรายละเอียดของปัญหาแต่ละกรณี ซึ่งวิธีที่ได้รับความนิยมและเข้าใจง่ายวิธีการหนึ่ง คือ วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm) ซึ่งเสนอโดย Clarke and Wright นักวิจัยในประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ. 1964 ซึ่งได้พิจารณาการจัดเส้นทางยานพาหนะที่มีความต้องการของลูกค้าหลายราย

และยานพาหนะมีความจุหลายขนาด การส่งสินค้าออกจากคลังพัสดุแห่งเดียว งานวิจัยนี้ ได้พัฒนาขั้นตอนให้สามารถเลือกเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และผลที่ได้จากการแก้ปัญหานี้ คือ ทำให้ทราบจำนวนยานพาหนะที่จะใช้ในการขนส่งและปริมาตรสินค้าที่ขนส่งโดยยานพาหนะแต่ละคัน โดยมีวิธีในการดำเนินงาน ดังนี้

1. เลือกจุดเริ่มต้นจากคลังสินค้าขึ้นมา 1 ปุ่ม ให้เป็นปุ่มที่ 1
2. คำนวณค่าของระยะเวลา ระยะทาง หรือค่าใช้จ่าย ในการขนส่งที่ประหยัด
   (Saving cost), $S_{ij} = C_iD + CD_j - C_{ij}$ เมื่อ i, j คือ ลูกค้า และ D คือ คลังสินค้า
3. เรียงลำดับค่า S_{ij} จากมากไปหาน้อย
4. สร้างเส้นทางของยานพาหนะ โดยเชื่อมปุ่ม i และ j ที่มีค่า S_{ij} มากที่สุด
5. ทำซ้ำ จนกว่าจะจัดเส้นทางได้ครบ โดยมีเงื่อนไขของข้อจำกัดในการเดินทางแต่ละยานพาหนะ จะต้องมีสินค้าไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้เวลาในการเดินทางไม่เกินระยะเวลาที่กำหนด

วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม เป็นทฤษฎีที่เป็นที่ยอมรับในการจัดการปัญหาการขนส่งยานพาหนะ ใจความของทฤษฎีไม่ซับซ้อน คือ พิจารณาการส่งจากคลังสินค้า D



ภาพที่ 2 การส่งสินค้าแบบ 1 เที่ยว ต่อ 1 ลูกค้า

จากภาพที่ 2 ถ้าใช้รถ 1 คัน วิ่งส่งสินค้าให้ลูกค้า 2 ราย (i และ j) ในเที่ยวเดียวกันระยะทางทั้งหมดจะลดลงเท่ากับ $S(i, j) = 2d(D, i) + 2d(D, j) - [d(D, i) + d(i, j) + d(D, j)] = d(D, i) + d(D, j) - d(i, j)$ ค่า Saving S(i, j) ที่ได้ คือ ระยะทางที่สามารถลดได้ หากระยะทางระหว่างลูกค้าใด ทำให้เกิดค่า Saving สูง หมายความว่า สามารถลดระยะทางได้มาก

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับวิธีการทางเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm)

วิธีการของเซฟวิ่ง อัลกอริทึม

การใช้เซฟวิ่ง อัลกอริทึม สามารถเกิดการผิดพลาดได้ เพราะวิธีเหล่านั้น ไม่มีข้อกำหนดตายตัว คือ ไม่มีข้อจำกัดว่าจะต้องเริ่มต้นที่จุดไหน ลำดับขั้นตอนการทำงานต้องเป็นอย่างไร หรือไม่จำกัดว่า จะต้องสร้างตัวเลือกในการตัดสินใจหรือไม่ ไม่เจาะจงด้านข้อจำกัดของการแก้ปัญหา ทางเลือกของเกณฑ์ที่ใช้ในการระบุกระบวนการทำงาน ระดับของค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการหาว่า ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้เป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดจริง ๆ ผลลัพธ์เป็นพฤติกรรมที่ไม่มีจุดมุ่งหมายแน่ชัด และไม่สามารถคาดเดาได้ ผลลัพธ์อาจดีในการนำไปใช้กับระบบงานหนึ่ง แต่อาจไม่ดีในการนำไปใช้กับอีกระบบงานอื่นก็ได้

วิธีการเปรียบเทียบการประหยัด (Saving algorithm)

วิไลวรรณ์ แก่นสาร (2556) กล่าวว่า เป็นรวมจุดรับส่งมากกว่า 1 จุด ไว้ในเส้นทางเดียวกัน และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดที่สุด (Clarke & Wright, 1964) มีขั้นตอนในการหาคำตอบไม่ซับซ้อน ง่ายต่อการหาคำตอบ เป็นวิธีที่มีนิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาทางเซฟวิ่ง อัลกอริทึม ในปัญหาขนาดเล็กและขนาดกลาง มีขั้นตอนการหาคำตอบ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การเริ่มต้น (Initial solution) กำหนดให้หนึ่งเส้นทางมีจุดเริ่มต้นเพียง 1 จุด ดังนั้น เราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนลูกค้าทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 ค่าความประหยัดของระยะทาง หรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งของถึงลูกค้าที่เกิดจากการรวมเส้นทาง กำหนดให้ S_{ij} แทนค่าความประหยัดของระยะทางในการขนส่งผู้ประสบภัย ระหว่างจุด i และจุด j

S_{ij} = ค่า Saving จากโหนด i ไปโหนด j

D_0, i = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด i

D_0, j = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด j

D_i, j = ระยะทางจากโหนด i ไปโหนด j

ค่าความประหยัดคำนวณได้ ดังนี้

$S_{ij} = (d_0, i + d_0, j) - di, j$ เมื่อ i, j = 0, 1, 2,..., n

หากต้องการพิจารณารวมเส้นทางที่จุดรับ 1 และจุดรับ 2 เข้าด้วยกัน จะได้

ค่าความประหยัดเท่ากับ $S_{ij} = (d_0, i + d_0, j) – d_i, j$ แสดงว่า หากมีการรวมเส้นทาง 2 จุดรับนี้ จะประหยัดได้จากเดิม

ขั้นตอนที่ 3 เรียงลำดับค่าความประหยัด S_{ij} จากมากไปหาน้อย

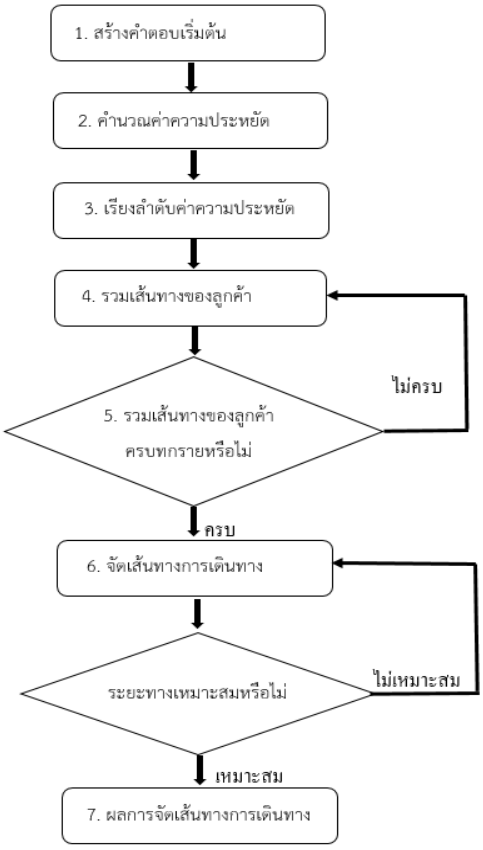
ขั้นตอนที่ 4 รวมเส้นทางของลูกค้าจากจุดรับ i และจุดรับ j ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำจนกระทั่งจัดเส้นทางเดินรถได้ครอบคลุมลูกค้าทั้งหมด โดยที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในการเดินทางว่าจำนวนลูกค้าและสินค้าจะต้องไม่เกินความจุของรถ และต้องใช้เวลาในการเดินทาง ไม่เกินความสามารถที่รถจะบรรทุกได้

ขั้นตอนที่ 6 รวมระยะการเดินทาง เป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นนั้น

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกัน ให้ทำการหาเส้นทางใหม่

สามารถเขียนวิธีการเป็นผังงานตามรูปที่ ได้ดังนี้



การคิดแบบเซฟวิ่ง อัลกอริทึม ไม่จำเป็นต้องดำเนินไปตามแนวทางการจัดการที่วางไว้ มันจะเกี่ยวข้องกับการค้นหา การเรียนรู้ การประเมินค่า และการตัดสิน โดยกระบวนการในการค้นหา การเรียนรู้ และการประเมินค่านี้ จะเกิดขึ้นซ้ำแล้ว ซ้ำอีก เหมือนกับการสำรวจ เพื่อนำไปสู่วิธีการอีกรูปแบบหนึ่ง ความรู้จะถูกได้รับจากความสำเร็จ หรือความล้มเหลวที่บางจุดที่มีผลสะท้อน (Feedback) กลับมา และทำการแก้ไขกระบวนการค้นหานั้น ๆ ให้ดีขึ้น

สถานการณ์ที่เหมาะสมในการนำเซฟวิ่ง อัลกอริทึม ไปใช้

1. ข้อมูลเข้าไม่แน่นอน หรือมีจำกัด
2. ระบบจริง ๆ มีความซับซ้อนมาก จนกระทั่งไม่สามารถใช้วิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ได้
3. ไม่มีวิธีการ หรืออัลกอริทึมที่น่าเชื่อถือ ที่สามารถใช้ได้อย่างแท้จริง
4. ใช้เวลาในการคำนวณหาทางแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดมากเกินไป
5. มีความเป็นไปได้ที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพของกระบวนการในการหาทางแก้ที่เหมาะสมที่สุด (เช่น โดยการหาจุดเริ่มต้นที่ดีในการแก้ปัญหาที่มีการใช้เซฟวิ่ง อัลกอริทึม) แล้วรวมการใช้เซฟวิ่ง อัลกอริทึมนี้ เข้ากับวิธีการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด
6. เป็นปัญหาที่ซับซ้อน ไม่คุ้มค่ากับการใช้วิธีหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด หรือเป็นปัญหาที่ต้องใช้เวลามาก
7. เมื่อมีการเกี่ยวข้องกับกระบวนการทางสัญลักษณ์ (Symbolic) มากกว่าทางตัวเลข (Numerical)

8. เมื่อต้องการทำการตัดสินใจอย่างรวดเร็ว โดยไม่สามารถใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยได้ (การใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม บางครั้ง ไม่จำเป็นต้องใช้คอมพิวเตอร์เข้ามาช่วย)

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการลดต้นทุนการขนส่ง (Reducing transportation costs)

ปัจจุบัน การขนส่งมีความสำคัญต่อธุรกิจเกือบทุกประเภท ทั้งในส่วนการจัดหาวัตถุดิบ การผลิตการขาย และการจัดจำหน่าย ในหลาย ๆ ธุรกิจ ต้นทุนการขนส่ง นับเป็นต้นทุนที่สำคัญ และกระทบต่อต้นทุนรวมของผลิตภัณฑ์และบริการ ซึ่งโครงสร้างต้นทุนของผู้ประกอบการขนส่ง ประกอบด้วยต้นทุน ดังนี้

1. ต้นทุนคงที่ (Fixed cost) เป็นต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการขนส่ง เช่น ค่าเช่าสถานที่จอดรถ เงินเดือนพนักงานขับรถ เป็นต้น

2. ต้นทุนผันแปร (Variable cost) เป็นต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายที่มีการเปลี่ยนแปลงตามปริมาณการให้บริการการขนส่ง เช่น ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าซ่อมแซม ค่าน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น

3. ต้นทุนรวม (Total cost) เป็นต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายที่รวมเอาต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรเข้าไว้ด้วยกัน ถือเป็นต้นทุนการบริการขนส่งทั้งหมด ทั้งนี้ รวมถึงต้นทุนเที่ยวกลับ (Backhauling cost) ด้วย

4. ต้นทุนเที่ยวกลับ (Back haul cost) เป็นต้นทุน หรือค่าใช้จ่ายที่รวมเอาลักษณะของค่าเสียโอกาส (Opportunity cost) เข้าไปด้วย ถือเป็นค่าชดเชยที่ต้องทำให้เสียโอกาสขึ้นในกรณีของการขนส่ง หมายถึง การที่ต้องบรรทุกผู้โดยสาร สินค้า หรือบริการ ไปส่งยังจุดหมายปลายทางแล้ว ในเที่ยวกลับนั้น ไม่ได้บรรทุกอะไรกลับเลย

กลยุทธ์การลดต้นทุนการขนส่ง

1. กลยุทธ์การใช้พลังงานทางเลือก โดยปรับเปลี่ยนพลังงานที่ใช้ในการขนส่ง จากน้ำมันดีเซลหรือเบนซินเป็นไบโอดีเซล หรือก๊าซ CNG ซึ่งการใช้ก๊าซ CNG จะประหยัดกว่าการใช้น้ำมันประมาณ 60-70 เปอร์เซ็นต์ แต่ในการตัดสินใจติดตั้งระบบ NGV ผู้ประกอบการควรมีการตัดสินใจที่ละเอียดถี่ถ้วน เนื่องจากการติดตั้งระบบ NGV ใช้งบประมาณที่ค่อนข้างสูงในการติดตั้ง ผู้ประกอบการควรพิจารณาประเภทของเครื่องยนต์ พิจารณาสถานีบริการ NGV และเส้นทางในการขนส่ง สุดท้าย คือ การพิจารณาผลตอบแทนการลงทุน ซึ่งการพิจารณาถึงองค์ประกอบเหล่านี้ จะทำให้ผู้ประกอบการเห็นถึงความเป็นไปได้ของการติดตั้งในด้านผลตอบแทนการลงทุน รวมถึงการเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

2. กลยุทธ์การปรับเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งแบบใหม่ หรือการใช้วิธีการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ (Multimodal transportation) ซึ่งเป็นวิธีการขนส่งที่ผสมผสานระหว่างการขนส่งตั้งแต่ 2 รูปแบบขึ้นไป ภายใต้สัญญา หรือผู้รับผิดชอบการขนส่งรายเดียว ซึ่งโครงสร้างของระบบขนส่ง สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพได้ 5 แบบ คือ

แบบที่ 1 การขนส่งทางถนน เป็นรูปแบบการขนส่งที่นิยมใช้มากที่สุด สำหรับการขนส่งภายในประเทศ

แบบที่ 2 การขนส่งทางราง มีข้อจำกัดในด้านสถานที่ตั้ง และสถานีบริการ ต้นทุนการขนส่งต่ำ และสามารถบรรทุกสินค้าได้ครั้งละมาก ๆ

แบบที่ 3 การขนส่งทางน้ำ สามารถขนส่งได้ครั้งละมาก ๆ มีต้นทุนในการขนส่งต่ำที่สุด และเป็นการขนส่งหลักของการขนส่งระหว่างประเทศ

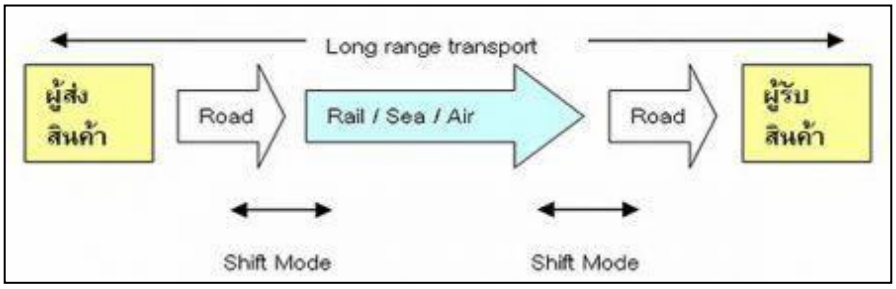
แบบที่ 4 การขนส่งทางอากาศ ใช้สำหรับการขนส่งระยะทางไกล ๆ และต้องการความเร็วสูง มีต้นทุนการขนส่งสูงที่สุด และใช้กับสินค้าที่มีราคาแพง มีน้ำหนักและปริมาตรน้อย

แบบที่ 5 การขนส่งทางท่อ ต้องมีการกำหนดตำแหน่งที่ตั้ง สถานที่รับ และส่งสินค้าที่แน่นอน

ปัจจุบัน ประเทศไทยใช้วิธีการขนส่งทางถนนมากกว่าร้อยละ 80 ของปริมาณการขนส่งสินค้าโดยรวมของประเทศ เนื่องจากโครงสร้างพื้นฐานระบบการขนส่งในประเทศ ได้เอื้ออำนวยให้สามารถขนส่งถึงที่หมายปลายทางได้ (Door-to-door) ขณะที่การขนส่งทางราง ยังคงมีข้อจำกัด ดังนั้น จึงต้องมีการผสมผสานรูปแบบการขนส่ง เพื่อให้สามารถทันกับการ

ตอบสนองความต้องการของลูกค้า โดยคำนึงถึงต้นทุนการขนส่งให้ประหยัดที่สุด นอกจากนี้ การขนส่งทางรางยังสามารถใช้ขนส่งตู้คอนเทนเนอร์ได้ จึงเหมาะกับการขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ซึ่งการขนส่งสินค้า ระยะไกล จะใช้การขนส่งโดยรถไฟและใช้การขนส่งโดยรถยนต์ เพื่อส่งสินค้าระหว่างจุดต้นทางสินค้า กับสถานีต้นทาง และระหว่างสถานีปลายทางกับจุดปลายทางสินค้า ส่วนระยะใกล้ จะใช้การขนส่งทางถนน

นอกจากการปรับมาใช้การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ เพื่อประหยัดต้นทุนการขนส่ง เช่นทางน้ำ ซึ่งประหยัดกว่าการขนส่งทางถนน 8-9 เท่า หรือทางราง ซึ่งประหยัดกว่าการขนส่งทางถนน ประมาณ 3 เท่า การขนส่งต่อเนื่องหลายรูปแบบ ยังช่วยในการแก้ปัญหาเรื่องการจราจรติดขัดได้อีกด้วย



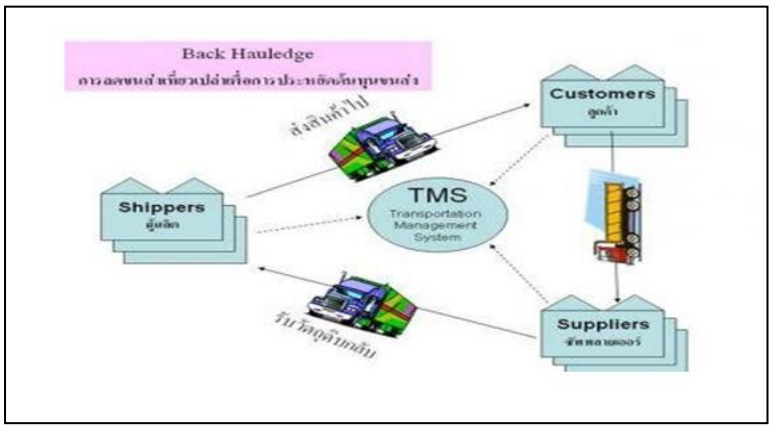
ภาพที่ 1 แสดงการขนส่งแบบหลายรูปแบบ

3. กลยุทธ์ศูนย์กระจายสินค้า การหาที่ตั้งศูนย์รวบรวมและกระจายสินค้า ตามจุดยุทธศาสตร์ต่าง ๆ ที่สามารถกระจายและส่งต่อไปยังจังหวัดใกล้เคียง หรือประเทศเพื่อนบ้าน มีการจัดระบบการขนถ่ายสินค้า การจัดพื้นที่การเก็บสินค้า ระบบการจัดส่งสินค้า (บาร์โค้ด/ สายพานลำเลียง) ระบบบริหารคลังสินค้า มีการจัดประเภทสินค้า ที่จัดเก็บการบรรจุด้วยหน่วยมาตรฐาน (Stock Keeping Units: SKU) มีอุปกรณ์จัดวางสินค้า

การมีศูนย์กระจายสินค้า จะช่วยทำให้สามารถลดต้นทุนการขนส่งได้ เนื่องจากการขนส่งตรงถึงลูกค้าในต่างจังหวัด โดยไม่มีศูนย์รวบรวมพักสินค้าตามต่างจังหวัด ที่เป็นศูนย์กลางการขนส่ง ทำให้ส่วนใหญ่ต้องขนส่งรถเที่ยวเปล่ากลับ หรือส่งสินค้าไม่เต็มคันรถ ซึ่งการแก้ปัญหาดังกล่าว ทำได้โดยการมีศูนย์กระจายสินค้าที่มีประสิทธิภาพ ซึ่งมีโครงข่ายกระจายสินค้า ทำหน้าที่รวบรวมสินค้าให้เต็มคันรถ หรือจัดพาหนะให้เหมาะสมกับจำนวน และสอดคล้องกับสถานที่ส่งมอบสินค้า อีกทั้ง ยังมีเครือข่ายในการรวบรวมสินค้า หรือเปลี่ยนรูปแบบการขนส่งไปสู่รูปแบบที่ประหยัดพลังงานอีกด้วย

4. กลยุทธ์การขนส่งสินค้าทั้งเที่ยวไปและกลับ การเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งด้วยการลดจำนวนการวิ่งเที่ยวเปล่า หรือ Backhauling management เป็นการจัดการด้านการขนส่งที่มีเป้าหมาย ทำให้เกิดการใช้ประโยชน์จากยานพาหนะ (Load utilization) เพราะในการขนส่งโดยทั่วไปนั้น เมื่อส่งสินค้าเสร็จแล้ว จะตีรถวิ่งเที่ยวเปล่ากลับมา จึงทำให้เกิดต้นทุน

การประกอบการที่เพิ่มสูงขึ้นไปโดยเปล่าประโยชน์ ซึ่งต้นทุนที่เกิดขึ้นมานี้ ถือเป็นต้นทุนที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่า (Non-value added cost) เป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการจะต้องแบกรับภาระต้นทุนเหล่านี้ไว้ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการทำให้ต้นทุนการประกอบการสูงขึ้น ทำให้การบริหารการขนส่งเที่ยวกลับในปัจจุบัน ยังไม่สามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากนัก เนื่องจากไม่ทราบปริมาณความต้องการในการขนส่งสินค้า รวมถึงจุดหมายปลายทางของสินค้า ที่สำคัญ ปริมาณความต้องการการขนส่งสินค้าระหว่างต้นทางและปลายทาง มักจะมีปริมาณไม่เท่ากัน



ภาพที่ 2 การบริหารแบบ TMS เพื่อลดปัญหาการวิ่งรถเที่ยวเปล่า

การบริหารการจัดส่งเที่ยวกลับ จะประสบความสำเร็จหรือไม่นั้น ขึ้นอยู่กับการบริหารด้านข้อมูลข่าวสาร (Information flow) ซึ่งกลุ่มผู้ประกอบการจะต้องให้ความร่วมมือ การวางแผน การพยากรณ์ความต้องการ รวมไปถึงการเติมเต็มสินค้า (Collaborative planning forecasting and replenishment: CPFR)

5. กลยุทธ์การใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศ มาช่วยในการลดต้นทุนโลจิสติกส์และการเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง คือ ระบบบริหารจัดการการขนส่งสินค้า (Transportation management system: TMS) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการวางแผนการขนส่ง เพื่อให้บรรลุเป้าหมายของธุรกิจการขนส่ง ซึ่งก็คือ ความรวดเร็วและต้นทุนที่ประหยัดที่สุด องค์ประกอบของระบบ TMS คือ การบริหารการจัดการด้านขนส่ง (Transportation manager) ซึ่งมีหน้าที่ในการวางแผนการดำเนินงานขนส่ง และอีกองค์ประกอบหนึ่ง คือ การเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่ง (Transportation optimizer) มีหน้าที่ช่วยการตัดสินใจในเรื่องการบรรทุกสินค้า และการจัดวางเส้นทางให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ภายใต้ข้อจำกัดต่าง ๆ

การทำงานของระบบ TMS จะครอบคลุมตั้งแต่การจัดการใบส่งสินค้า การเลือกเส้นทางที่ประหยัดที่สุด (Routing) การใช้รถอย่างมีประสิทธิภาพ (Utilization) การจัดตารางเดินรถ (Scheduling) การจัดสินค้าขึ้นรถแต่ละคัน (Loading) ล้วนแล้วแต่เป็นงานที่ต้องใช้เวลาในการวางแผนค่อนข้างมาก หากต้องการให้ต้นทุนค่าขนส่งต่ำสุด ดังนั้น ระบบวางแผนการจัดส่งสินค้า จึงเข้ามาช่วยทำให้ผู้วางแผนสามารถวางแผนการจัดส่งสินค้าได้อย่างรวดเร็ว โดยอาศัยข้อมูลจากระบบติดตามยานพาหนะอัตโนมัติ ด้วยระบบดาวเทียมบอกตำแหน่ง (Automatic vehicle location system: AVLS) และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

TMS จะประกอบด้วยฐานข้อมูลที่สำคัญ เช่น

1. เส้นทางการวิ่งรถบรรทุก เช่น แผนที่ GPS จุดจอดพักรถ ทางอันตราย การจราจรเป็นต้น

2. กองรถบรรทุก เช่น ขนาด ประเภท อัตราการใช้ เชื้อเพลิง ระยะทางวิ่งที่เหมาะสม สำหรับรถแต่ละคัน แต่ละประเภท เป็นต้น

3. พนักงานขับรถ เช่น ประเภทใบขับขี่เส้นทางที่ชำนาญ ช่วงเวลาที่ทำงานได้อัตราค่าจ้าง เป็นต้น

4. ข้อจำกัดด้านกฎหมาย เช่น ระเบียบราชการสำหรับสินค้า/ รถบางประเภท เส้นทางบางเส้นทาง การขับรถให้ตรงประเภทใบขับขี่ เป็นต้น

5. จุดหลักและสถานที่แวะรับและส่งสินค้า เช่น โรงงานลูกค้า ศูนย์กระจายสินค้าของลูกค้า ท่าเรือ ท่าอากาศยาน ด่านศุลกากรตามชายแดน เป็นต้น

6. ระบบการรับคำสั่งจากลูกค้า เช่น ประเภทสินค้า จำนวน ต้นทาง-ปลายทางเวลานัดหมาย เป็นต้น

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชุติมา หวังรุ่งชัยศร (2561) ได้ศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการลดต้นทุนค่าขนส่งและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางเดินรถ แบบมิลค์รัน สำหรับกรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ งานวิจัยดังกล่าว ได้แสดงผลการเปรียบเทียบระยะทางในการขนส่งสินค้าระหว่างผู้จัดหาวัตถุดิบ และบริษัทกรณีศึกษา โดยงานวิจัยนี้ จะทำการเปรียบเทียบการคำนวณระยะทาง 2 แบบ ประกอบด้วย การใช้เทคนิคค่าประหยัด (Saving algorithm) ซึ่งเป็นหนึ่งในเทคนิคที่หาคำตอบที่เหมาะสม แต่อาจจะไม่ได้ค่าที่ต่ำที่สุด (Heuristic method) และการใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น (Integer linear programming) ซึ่งเป็นอีกเทคนิคหนึ่ง ที่ใช้สำหรับหาคำตอบที่ดีและเหมาะสมที่สุด (Exact method) จากการคำนวณระยะทางทั้ง 2 วิธี พบว่า การใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น สามารถ คำนวณระยะทางรวมได้สั้นลงกว่าเทคนิคการหาค่าประหยัด รวมถึงสามารถลดต้นทุนค่าขนส่งลง ร้อยละ 16.5 ต่อการขนส่งหนึ่งเที่ยว นอกจากนี้ ผลการวิจัย ยังสามารถนำเสนอให้เห็นว่า การใช้เทคนิคโปรแกรมเชิงเส้น สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับการหาเส้นทางการขนส่งที่เหมาะสม รวมถึง การลดต้นทุนค่าขนส่งที่เกิดขึ้นได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วารินทร์รัตน์ รินมุกดา (2559) ได้ศึกษาการหารูปแบบการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม เพื่อลดต้นทุนค่าขนส่ง: กรณีศึกษา บริษัทขายผลไม้ ABC เป็นกรณีศึกษาที่ประกอบธุรกิจสินค้าเกษตรขายส่งผลไม้ประเภทส้มโอ ให้กับกลุ่มลูกค้า Modern trade คือ TOPs Supermarket (Central food retail) โดยคลังสินค้าตั้งอยู่ที่ อำเภอคลองหลวง จังหวัดปทุมธานี ดำเนินธุรกิจในรูปแบบ Consignment มีพนักงานส่งเสริมการขาย หรือ PC ประจำการอยู่ที่สาขา ปัจจุบันมีการส่งสินค้าให้ทั้งหมด 11 สาขา เบื้องต้น พบว่า ระบบการจัดการขนส่งของบริษัทกรณีศึกษามีปัญหาขาดการวางแผนการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้า เนื่องจากที่ผ่านมา บริษัทนี้ ดำเนินธุรกิจแบบครอบครัว ไม่มีการนำระบบบริหารจัดการด้านการขนส่งที่ดีเข้ามาบริหาร การจัดตารางงานขนส่งสินค้านั้น จะใช้ประสบการณ์และความชำนาญเส้นทางของพนักงานในการจัดเส้นทาง โดยพิจารณาจากที่ตั้งของลูกค้าแต่ละรายที่อยู่ใกล้กัน ให้เป็นเส้นทางขนส่งเดียวกัน ไม่มีการพิจารณาเส้นทางที่เป็นมาตรฐาน ทำให้การจัดเส้นทางการขนส่งไม่มีประสิทธิภาพ

การทดสอบผลลัพธ์ในครั้งนี้ จะมุ่งเน้นที่จะศึกษาหาวิธีการจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าที่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้า ได้นำแนวคิดในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัด ในรูปแบบที่มีเงื่อนไขเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งสินค้า เพิ่มเติมจากวิธีการในรูปแบบเดิม โดยผู้วิจัยได้นำกลุ่มตัวอย่าง คือ ข้อมูลความต้องการสินค้าของบริษัทกรณีศึกษา จำนวน 1 สัปดาห์ ในเดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2559 มาใช้ โดยมีผลการวิจัยที่ได้จากการจัดเส้นทางการเดินรถแบบใหม่ สามารถแสดงผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายในการขนส่งสินค้าตามระยะทางที่ใช้ในการขนส่ง (กิโลเมตร) และจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่ง ซึ่งจากชุดข้อมูลตัวอย่างของกรณีศึกษา ที่นำมาทดลองใช้กับวิธีการจัดเส้นทางเดินรถแบบประหยัดที่มีการเพิ่มเติมเงื่อนไขเรื่องเวลาการทำงานของพนักงานขนส่งสินค้า แสดงให้เห็นว่า สามารถลดระยะทางในการขนส่งรวมได้อย่างชัดเจน ทำให้ระยะทางที่ลดลงมีผลต่อต้นทุนที่ใช้ในการขนส่งรวมลดลง 1,615 บาท คิดเป็นร้อยละ 17.20 และอัตราการใช้รถขนส่งในการขนส่งสินค้าลดลงอีกร้อยละ 33.33

นคร ไชยวงศ์ศักดา (2558) ได้ศึกษาการจัดเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม ซึ่งการศึกษานี้ เสนอการจัดเส้นทางการขนส่งน้ำดื่ม โดยการแบ่งพื้นที่ในการให้บริการ แล้วนำลูกค้าในแต่ละพื้นที่มาจัดเส้นทางโดยวิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม หลังจากนั้น นำเส้นทางที่ได้มาจัดลำดับในการขนส่งใหม่ โดยใช้โปรแกรมเชิงเส้นตรงตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย ซึ่งวิธีการนี้ จะช่วยให้ปัญหามีขนาดที่เล็กลง สามารถแก้ปัญหาโดยใช้ Solver ใน Microsoft excel ได้ โดยตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขายจะให้คำตอบที่ดี

ที่สุด คือ ระยะทางที่สั้นที่สุดในแต่ละเส้นทาง ซึ่งผลจากการศึกษาเส้นทางตัวอย่างจากโซนพื้นที่ที่ 1 จำนวน 6 เส้นทาง การจัดเส้นทางโดยตัวแบบปัญหาของพนักงานขาย ทำให้ระยะทางลดลงกว่าวิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม ร้อยละ 4.16

ภิญญดา จันทรัตน์ และกาลเวลา มูลเกตุ (2557) ได้พัฒนาโปรแกรมการจัดการการขนส่งโดยประยุกต์วิธีการของ Saving matrix กรณีศึกษา: แพ ต.โชครุ่งระวี โดยได้ค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับปัญหาของการขนส่งในกิจการธุรกิจประมงขายส่งอาหารทะเลสด กรณีศึกษา แพ ต.โชครุ่งระวี มีจุดประสงค์ที่จะศึกษาเพื่อวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งของยานพาหนะที่ซับซ้อนและมีต้นทุนสูง เพื่อใช้ระยะทางขนส่งให้น้อยที่สุด ประหยัดที่สุด พร้อมทั้งหาแนวทางพัฒนาประสิทธิภาพของการขนส่ง โดยพัฒนาโปรแกรม Saving matrix จากการศึกษาการขนส่งแบบเดิมของกิจการ แพ ต.โชครุ่งระวี และยกตัวอย่างตารางการขนส่งในวันที่ 16 มีนาคม พ.ศ. 2556 มาคำนวณค่าใช้จ่ายสำหรับน้ำมันเชื้อเพลิงและคำนวณระยะทาง จากนั้น ทำการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์สนับสนุนระบบ Saving matrix เพื่อนำมาใช้ด้านการขนส่ง จากนั้นนำระบบการขนส่งแบบเดิมและแบบใหม่ที่ได้จากการวิจัย มาเปรียบเทียบต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง และจำนวนระยะทาง ซึ่งผลการวิจัยสรุปได้ว่าระบบงานขนส่งแบบใหม่ที่มีการพัฒนาแล้ว ส่งผลให้ลดต้นทุนค่าน้ำมันได้ 6,761 บาท หรือ ร้อยละ 36.08 และยังสามารถลดระยะทางการขนส่งได้ถึง 1,543 กิโลเมตรหรือ ร้อยละ 43.15

ขนิษฐา รัตนพงษ์พร และจิราพร ระโหฐาน (2558) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการรับ-ส่งของรถยก: กรณีศึกษา หจก. สินชัย ออโต้ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดเส้นทางให้ระยะทางโดยรวมต่ำสุด โดยการเปรียบเทียบระยะทางในการให้บริการรับ-ส่งของรถยก และประเภทของรถยกที่เหมาะสมในการให้บริการแก่ลูกค้า ผลการวิจัยเปรียบเทียบให้เห็นว่า วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม สามารถลดระยะทางได้ดีกว่าการใช้เส้นทางการให้บริการรับ-ส่งของรถยกแบบเดิม โดยพบว่า ในวันที่มีการให้บริการน้อยที่สุด ระยะทางลดลงร้อยละ 15.59 ส่วนในวันที่มีการให้บริการมากที่สุด ระยะทางลดลงร้อยละ 32.04 เป็นการเทียบกับการให้บริการในเส้นทางเดิม

Adhrit and team (2018) ได้ทำการศึกษา เรื่อง ปัญหาการกำหนดเส้นทางรถบรรทุกและการขนส่งสินค้า เป็นการรวมกันของปัญหาเส้นทางยานพาหนะ (VRP) และปัญหาในวิจัยนี้ได้เสนอวิธีการแก้ปัญหาแบบบูรณาการ สำหรับปัญหาการกำหนดเส้นทางและการขนส่งสินค้าในขณะที่ยังต้องรักษาความสมดุลระหว่างเวลา ในการคำนวณและความแม่นยำ เพื่อให้เป็นทางออกของวิธีการแก้ปัญหาที่ใช้งานได้จริง จุดมุ่งหมาย คือ การจัดส่งสินค้าทั้งหมดไปยังจุดหมายปลายทาง โดยครอบคลุมระยะทางน้อยที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ในเส้นทางให้น้อยที่สุด สำหรับปัญหาในการบรรทุก สามารถแก้ไขได้ โดยใช้ Bin packing algorithm โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อให้รถบรรทุกมีแสงสว่างมากที่สุด โดยใช้การค้นหาซ้ำอย่างละเอียดถี่ถ้วน เพื่อรวบรวมสิ่งของที่มีน้ำหนักและปริมาตรสูงสุดที่รถบรรทุกสามารถบรรทุกได้ มีการเสนอปัญหาการกำหนดเส้นทางสำหรับการแก้ไขปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะ (CVRP) เป็นรูปแบบที่ปรับปรุงใหม่ของอัลกอริธึม Clarke-wright savings ที่ใช้การวิเคราะห์พฤติกรรม การทดลองเชิงคำนวณได้ดำเนินการเพื่อพิสูจน์ประสิทธิภาพของทางออกของวิธีการแก้ปัญหา รวมถึงการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของมาตรฐาน CVRP

Louis (2013) อธิบายแนวทางไฮบริดที่มีประสิทธิผลรวมการลดโดเมนกับ Clarke and Wright ในการแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะที่เก็บประจุได้ ซึ่งแนวทางไฮบริดจะถูกนำไปใช้เพื่อแก้ปัญหาความจุมาตรฐาน 10 ตัว ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะ ตัวอย่างลูกค้าอยู่ระหว่าง 21 ถึง 200 ผลลัพธ์ ในการแสดงโดเมนนั้น การลดลงสามารถปรับปรุง Clarke and Wright Algorithm แบบคลาสสิก อยู่ที่ประมาณ ร้อยละ 18 แนวทางไฮบริดจะช่วยปรับปรุงตัวอย่างขนาดใหญ่อย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบกับที่มีขนาดเล็กกว่านี้ กระดาษจะไม่แสดงเวลาที่ใช้ในการแก้ปัญหาแต่ละกรณี เช่นเดียวกับไฟล์อัลกอริทึมของ Clarke and Wright และแนวทางไฮบริดเวลา CPU เกือบเท่ากัน ส่วนนี้ จะรวมการลดโดเมนกับไฟล์อัลกอริทึม Clarke and Wright อัลกอริทึมจะถูกใช้ เพื่อแก้ 10 มาตรฐาน VRP แสดงให้เห็นว่า การลดโดเมนช่วยปรับปรุงไฟล์ Clarke and Wright คลาสสิกอย่างรวดเร็ว เป็นที่ชัดเจนว่า เป็นไฟล์ตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โซลูชันจะปรับปรุง

ให้ดีขึ้น และได้รับผลใกล้เคียงกับการจำลองผลการสำรวจผลลัพธ์สำหรับ 5 ตัวอย่างสุดท้าย จะเห็นว่า Clarke and Wright ให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า ในตัวอย่างขนาดใหญ่ 48 ปัญหา ลูกค้าดีขึ้นประมาณ ร้อยละ 1 แต่รายใหญ่อื่น ๆ ได้แสดงถึงการปรับปรุงที่ดีขึ้น โดยสำหรับปัญหาลูกค้า 101 ราย พบว่า มีผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ร้อยละ 16 สำหรับปัญหาลูกค้า 121 ราย มีผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ร้อยละ 38 สำหรับปัญหาลูกค้า 151 ราย พบว่า มีผลลัพธ์ที่ดีขึ้น ร้อยละ 49.8 และสำหรับปัญหาลูกค้า 200 ราย ผลลัพธ์ในการปรับปรุง คือ ร้อยละ 46

5. วิธีการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง จังหวัดชลบุรี มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัญหา และกระบวนการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะ โดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม และเพื่อให้การศึกษาครั้งนี้ครอบคลุมและตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างและวิธีเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ดังนี้

5.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลเส้นทางการขนส่งขยะองค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง อำเภอศรีราชา จังหวัดชลบุรี ในปี พ.ศ. 2564-2565

5.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง โดยศึกษาการดำเนินงานการเก็บขยะและรวบรวมข้อมูล ข้อมูลสำคัญที่ได้รับประกอบด้วย นโยบาย กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ มาตรการด้านความปลอดภัย ประเภทและจำนวนของรถเก็บขยะ แผนการเก็บขยะในแต่ละวัน จุดจอดรถและจุดทิ้งขยะ ระยะทางและต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ของรถเก็บขยะแต่ละคัน พื้นที่ความรับผิดชอบ คือ เขตตำบลเขาคันทรง หมู่ 4 หมู่ 5 หมู่ 7 หมู่ 8 หมู่ 9 และหมู่ 10 กำหนดจุดเก็บขยะที่สำคัญ จำนวน 25 จุด รถเก็บขยะแบบอัดท้ายจำนวนทั้งสิ้น 3 คัน ค้นหาข้อมูลด้านระยะห่างในแต่ละจุด โดยระยะทางที่คำนวณได้ผ่าน Google map

5.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะ โดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm) ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

5.3.1 สร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial solution) โดยกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทาง มีจุดเริ่มต้นเพียง 1 จุด ดังนั้น จะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด

5.3.2 คำนวณค่าความประหยัดของระยะทางของแต่ละจุด ที่เกิดจากการรวมเส้นทาง กำหนดให้ S_{ij} แทนค่าความประหยัดของระยะทางในการขนส่งขยะระหว่างจุด i และจุด j

S_{ij} = ค่า Saving จากโหนด i ไปโหนด j

D_0, i = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด i

D_0, j = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด j

D_i, j = ระยะทางจากโหนด i ไปโหนด j

ค่าความประหยัดสามารถคำนวณได้ ดังนี้

$S_{ij} = (d_0, i + d_0, _j) – d_i, j$ เมื่อ i, j = 0, 1, 2,..., n

หากต้องการพิจารณารวมเส้นทางที่จุดรับ 1 และจุดรับ 2 เข้าด้วยกัน จะได้ค่าความประหยัดเท่ากับ S_{ij} = d0, i + d0, j) - di, j แสดงว่า หากมีการรวมเส้นทาง 2 จุดรับนี้จะประหยัดได้จากเดิม

5.3.3 เรียงลำดับค่าความประหยัด S_{ij} จากมากไปหาน้อย

5.3.4 รวมเส้นทางของจุดรับขยะ จากจุดรับ i และจุดรับ j ที่มีค่าความประหยัดสูงสุด ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

5.3.5 ทำซ้ำ จนกระทั่งจัดเส้นทางเดินรถได้ครอบคลุมจุดรับขยะทั้งหมด โดยที่มีเงื่อนไขข้อจำกัดในการเดินทางว่า จำนวนจุดรับขยะและปริมาณขยะ จะต้องไม่เกินความจุของรถ และ/ หรือต้องใช้เวลาในการเดินทางไม่เกินความสามารถที่รถบรรทุกได้

5.3.6 รวมระยะการเดินทาง เป็นระยะการเดินทางรวมของเส้นนั้น

5.3.7 ถ้าระยะทางไม่เหมาะสมกัน ให้ทำการหาเส้นทางใหม่

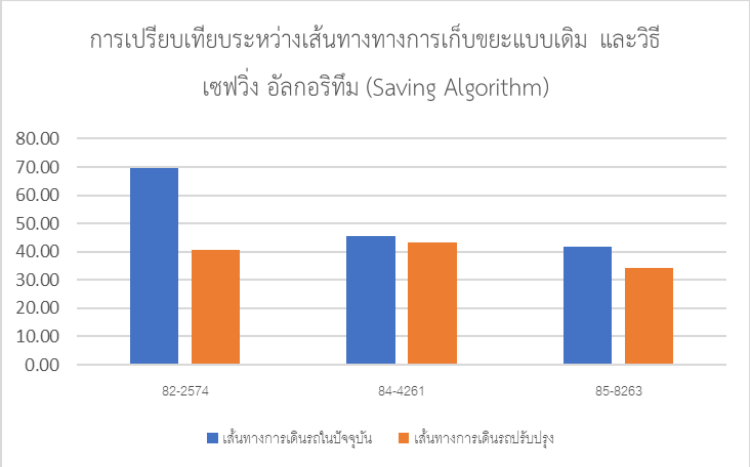
ตารางที่ 1 เส้นทางและระยะทางรวมในการเก็บขยะก่อนใช้วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึ่ม (Saving Algorithm)

เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินรถในปัจจุบัน	ระยะทางทั้งหมด(กิโลเมตร)
1	82-2574	สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง - หมู่บ้านบรรชาภัทร - ตลาดสทวีพร - ปั๊มน้ำมัน ปตท.เขาคันทรง - ฟาร์มไก่ - ตลาดนัดเขานัดเขาคันทรง - ห้องพักบูยอง - ห้วยตาเกล้า ม.9 ซอย1 - หอพักกมลวรรณ - ศูนย์กำจัดขยะ - สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง	1.9+2.3+1.4+8.6+6.4+1.8 +5.9+0.3+2.2+4.3+23.8+10.6 = 69.50
2	84-4261	สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง - วัดระเวิงรังสรรค์ - ตลาดเก่าบ้านระเวิง - ระเวิง ม.7 ซอย6 - ระเวิง ม.7 ซอย3 - ระเวิง ม.7 ซอย2 - ระเวิง ม.7 ซอย1 - โรงเรียนบ้านเขาคันทรง - ศูนย์กำจัดขยะ - สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง	7.4+0.3+0.4+2+3+3.3+0.6 +18+10.6 = 45.60
3	85-8263	สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง - โรงเรียรบ้านสุรศักดิ์ - หมู่บ้านอภิชัยแลนด์2 - สถานีตำรวจบ่อวิน - สุรศักดิ์ ม.5 ซอย7 - สุรศักดิ์ ม.5 ซอย9 - วัดสุรศักดิ์ - เจ้าพระยา ม.10 ซอย3 - ประปาหมู่บ้านเจ้าพระยา - ศูนย์กำจัดขยะ - สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง	1.2+0.3+1.1+1.6+2+0.8+1.1 +0.8+22.3+10.6 = 41.80
ระยะทางรวม (เฉพาะวันจันทร์)			**156.90**

เส้นทางการขนส่งขยะของ องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง (เฉพาะวันจันทร์) ที่คำนวณได้มีทั้งสิ้น 3 เส้นทาง และมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 156.90 กิโลเมตร

ตารางที่ 2 เส้นทางและระยะทางรวมในการเก็บขยะ โดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm)

เส้นทาง	ทะเบียนรถ	เส้นทางการเดินรถในปัจจุบัน	ระยะทางทั้งหมด(กิโลเมตร)
1	82-2574	สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง - หมู่บ้านบรรชาภัทร - ตลาดนัดเขาคันทรง - ห้องพักบูยอง - ห้วยตาเกล้า ม.9 ซอย3 - หอพักกมลวรรณ - ศูนย์กำจัดขยะ - สถานที่จอดรถ อบต.	1.9+1.9+1.8+4.8+1.1+18.60+10.60 = 40.70
2	84-4261	สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง - วัดระเวิงรังสรรค์ - ระเวิง ม.7 ซอย6 - ระเวิง ม.7 ซอย2 - ระเวิง ม.7 ซอย1 - โรงเรียนบ้านเขาคันทรง - ศูนย์กำจัดขยะ - สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง	3.9+0.4+1.5+3.3+0.6+22.90+10.60 = 43.20
3	85-8263	สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง - หมู่บ้านอภิชัยแลนด์2 - สุรศักดิ์ ม.5 ซอย7 - วัดสุรศักดิ์ - ประปาหมู่บ้านเจ้าพระยา - ศูนย์กำจัดขยะ - สถานที่จอดรถ อบต.เขาคันทรง	1.4+1.2+1.1+2.3+17.70+10.60= 34.30
ระยะทางรวม (เฉพาะวันจันทร์)			**118.20**



ภาพที่ 5 แผนภูมิการเปรียบเทียบระหว่างเส้นทางทางการเก็บขยะแบบเดิม และวิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm)

จากภาพที่ 5 เส้นทางการเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรงเส้นทางเดิมมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 156.90 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) จะมีระยะทางรวมทั้งสิ้น 118.20 กิโลเมตร โดยมีระยะทางลดลง 38.70 กิโลเมตร หรือลดลงร้อย 24.70

6. ผลการวิจัย

จากการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) พบว่า เส้นทางการเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรงเส้นทางเดิม มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 627.60 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 472.80 กิโลเมตร มีระยะทางลดลง 154.80 กิโลเมตร ได้มีการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายไว้ดังนี้

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง เฉพาะวันจันทร์ ระยะเวลา 1 เดือน

รายละเอียด	**จำนวน (คัน)**	**อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน (เชื้อเพลิง) กม./ลิตร**	**ระยะทางรวม (กม./เดือน)**	**ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (30บาท/ลิตร)**
เส้นทางเดิม	3	3	627.60	6,276
เส้นทางที่ใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม	3	3	472.80	4,728
ค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้			**154.80**	**1,548**

จากตารางที่ 3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงใน 1 เดือน ของเส้นทางเดิมกับวิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm) โดยมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแต่ละคัน 3 กิโลเมตร/ ลิตร โดยจะตั้งราคาน้ำมันดีเซลที่ใช้สำหรับการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงใน 1 เดือนที่ ลิตรละ 30 บาท โดยราคาน้ำมัน ณ ปัจจุบัน จะอยู่ที่ 29.94 บาท/ลิตร ซึ่งงานวิจัยนี้ขอใช้ที่ราคา 30 บาท/ลิตร เพื่อให้ครอบคลุมความผันผวนของราคาน้ำมัน ดังนั้นในเส้นทางเดิมจะมีอัตราการใช้น้ำมันทั้งสิ้น 209.20 ลิตร คิดเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 6,276 บาท และเมื่อปรับปรุงเส้นทาง โดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving algorithm) แล้ว จะมีอัตราการใช้น้ำมันทั้งสิ้น 157.60 ลิตร คิดเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 4,728 บาท หรือสามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงในวันจันทร์ต่อเดือนได้ 1,548 บาท หรือลดลงร้อยละ 24.67

การวางแผนการขนส่งขยะต้อง พิจารณาการจัดลำดับการเก็บขยะของแต่ละสถานที่ของรถแต่ละคันซึ่งจะส่งผลต่อระยะทางที่ลดด้วย เช่นเดียวกัน นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาข้อกำหนดด้านเวลาและวันที่ที่ต้องการให้ไปเก็บของสถานที่ต่าง ๆ ด้วย ปัญหาที่พบ คือ รถเก็บขยะไม่สามารถเก็บขยะได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องมาจากข้อจำกัดเรื่องเส้นทางที่คับแคบ รถเข้าออกไม่สะดวก จำนวนรถเก็บขยะและพนักงานเก็บขยะไม่เพียงพอ สถานที่เก็บ ขยะมีงานบวช งานแต่งงาน จำเป็นต้องปิดถนนส่งผลทำให้ไม่สามารถเก็บขยะได้ตามแผนที่วางไว้ และต้องเสียเวลาในการไปเก็บขยะในวันถัดไปหรือรถเก็บขยะต้องทำงานเป็นสองเท่าในวันถัดไป นอกจากนั้น รถเก็บขยะบางคันเก็บขยะไม่เต็มความจุของรถเนื่องจากไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณขยะที่ต้องเก็บในแต่ละวันได้ แต่รถทุกคันต้องนำขยะไปทิ้งที่กำจัด ที่ศูนย์กำจัดขยะ ตำบลเขาคันทรง รวมระยะทางไป-กลับประมาณ 20 กิโลเมตรทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและไม่คุ้มค่า จากผลการเปรียบเทียบในตารางจะพบว่าการวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีประโยชน์ต่อแนวทางในการจัดเส้นทางการเก็บขยะเป็นอย่างมาก เพราะสามารถลดระยะทางเวลาในการเก็บขยะได้ การจัดเส้นทางการขนส่งขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรงพิจารณาการจัดลำดับการเก็บขยะของแต่ละสถานที่ของรถแต่ละคันด้วย เพราะมีผลต่อระยะทางที่ลดด้วยเช่นเดียวกัน

7. อภิปรายผล

จากการศึกษาวิจัยการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรง จังหวัดชลบุรี เกิดจากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการศึกษา ณ สถานที่จริง การสำรวจพื้นที่ที่เป็นการสังเกตุการปฏิบัติงานรวมถึงการบันทึกระยะทางในการจัดเก็บขยะมูลฝอยผ่านโปรแกรม Google map ตอลดจนการเก็บข้อมูลเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยศึกษาทั้งในรูปแบบเส้นทางเดิมและรูปแบบเส้นทางใหม่ที่ผู้วิจัยได้นำเสนอทำให้งานวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปได้ว่าการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะมูลฝอยในรูปแบบที่นำเสนอสามารถลดต้นทุนการจัดเก็บขยะมูลฝอย อันส่งผลทำให้เกิดเส้นทางในการจัดเก็บขยะมูลฝอยที่ดีขึ้นที่จะเป็นประโยชน์ต่อองค์กรอย่างยิ่ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

7.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยให้เหมาะสมกับเส้นทาง สามารถปรับปรุงพื้นที่การจัดเก็บขยะมูลฝอยให้เป็นระบบมากขึ้น ช่วยประหยัดต้นทุนด้านการขนส่ง

7.2 สามารถลดระยะทางการจัดเส้นทางและควบคุมการจัดเก็บในเส้นทางที่ซ้ำซ้อนกัน เกินความจำเป็นในการจัดเก็บ ซึ่งเป็นปัจจัยหนึ่งในการรักษาเวลาและต้นทุนในการจัดเก็บขยะให้อยู่ในระดับที่เหมาสมได้

8. สรุป

8.1 ผลการวิเคราะห์เส้นทางการปัจจุบันในการจัดเก็บขยะแบบเดิม กรณีศึกษา อบต.เขาคันทรง

สรุปผลการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะแบบเดิมเป็นแบบไม่มีรูปแบบการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะ การจัดเก็บขยะไม่มีเส้นทางการจัดเก็บที่ชัดเจน เพราะเส้นทางในแต่ละวันขึ้นอยู่กับตัวพนักงานขับรถจัดเก็บขยะเท่านั้น ทำให้เกิดการตกหล่นในการจัดเก็บขยะมูลฝอยในบางพื้นที่ และต้องเสียเวลาการจัดเก็บขยะเพิ่มในวันถัดไป ทำให้เกิดเส้นทางทับซ้อนกันกับพื้นที่ที่จัดเก็บขยะไปแล้ว ทำให้เกิดการซ้ำซ้อนด้านเวลา

8.2 ผลการวิเคราะห์การเสนอแนวทางการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะโดยวิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม กรณีศึกษา อบต.เขาคันทรง

สรุปผลจากการวิเคราะห์แนวทางรูปแบบการจัดเส้นทางการเก็บขยะที่เหมาะสมในเขตการดูแลของ อบต.เขาคันทรง จะพบว่าเส้นทางการจัดเก็บขยะเป็นระบบมากขึ้น และสามารถจัดเก็บขยะได้ครบทุกจุด อยู่ในระยะเวลาที่กำหนดไว้ได้ พบว่า เส้นทางการเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลเขาคันทรงเส้นทางเดิม มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 627.60 กิโลเมตร เมื่อปรับปรุงเส้นทางโดยใช้วิธีเซฟวิ่ง อัลกอริทึม (Saving Algorithm) มีระยะทางรวมทั้งสิ้น 472.80 กิโลเมตร มีระยะทางลดลง 154.80 กิโลเมตร

9. เอกสารอ้างอิง

ขนิษฐา รัตนพงษ์พร. (2559). **การจัดเส้นทางสำหรับการให้บริการรับ-ส่ง ของรถยก กรณีศึกษา หจก. สินชัย ออโต้.** วิทยานิพนธ์บริหารธุรกิจมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีปทุม วิทยาเขตชลบุรี.

ชุติมา หวังรุ่งชัยศรี. (2561). **กระบวนการลดต้นทุนค่าขนส่งและเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางเดินรถแบบมิลค์รัน สำหรับกรณีศึกษา บริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์.** วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยบูรพา.

นิภาพรรณ เจนสันติกุล. (2565). การบริหารจัดการขยะมูลฝอยขององค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในประเทศไทย. **วารสารสิ่งแวดล้อม,** *26*(1).

นคร ไชยวงศ์ศักดา. (2558). การจัดเส้นทางการขนส่ง โดยใช้เซฟวิ่ง อัลกอริทึมและตัวแบบปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย กรณีศึกษาโรงงานน้ำดื่ม. **วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน,** 3(1); 51-61.

วรพนธ์ ชีววรนนท์ตรี และณัฐพล บุญรักษ์. (2561). วิธีฮิวริสติกสำหรับการจัดเส้นทางพาหนะเพื่อลดต้นทุนการขนส่ง กรณีศึกษา บริษัทผ้าม่าน. **วารสารก้าวทันโลกวิทยาศาสตร์,** 18(2), (กรกฎาคม - ธันวาคม 2561).

กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กองโลจิสติกส์. (2564). **การคำนวณต้นทุนโลจิสติกส์ในภาคอุตสาหกรรม.** เผยแพร่วันที่ 26 สิงหาคม 2564 เข้าถึงได้จาก https://dol.dip.go.th/th/category/2019-02-08-08-57-30/2021-08-26-17-33-32.