บทความวิจัย

การหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์: กรณีศึกษาศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

กฤตณัฐ ขาวสอาด สกนธ์ คล่องบุญจิต* ฤดี มาสุจันท์ และ อุดม จันทร์จรัสสุข
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 08 6363 5450 อีเมล: sakon.kl@kmitl.ac.th DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.008
รับเมื่อ 14 ธันวาคม 2563 แก้ไขเมื่อ 13 มกราคม 2564 ตอบรับเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564 เผยแพร่ออนไลน์ 31 มีนาคม 2565
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

บทคัดย่อ

การขนส่งไปรษณีย์เป็นหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานหลักของกิจการไปรษณีย์ที่ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้วัดความสามารถในการแข่งขัน และคุณภาพในการให้บริการของหน่วยงานไปรษณีย์ ดังนั้น การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงถือว่ามีความสำคัญ ดังนั้น ในบทความนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ซึ่งวิธีในการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหา ผู้วิจัยได้นำหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับเข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์ กรณีศึกษาที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลการวิจัยจากแนวคิดที่นำเสนอพบว่า จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน นอกเหนือจากนี้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจากเดิม 25 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า แนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ การขนส่งไปรษณีย์ การหาค่าที่เหมาะสม

การอ้างอิงบทความ: กฤตณัฐ ขาวสอาด, สกนธ์ คล่องบุญจิต, ฤดี มาสุจันท์ และ อุดม จันทร์จรัสสุข, "การหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์: กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี," *วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ*, ปีที่ 32, ฉบับที่ 4, หน้า 891–903, ต.ค.–ธ.ค. 2565.

Research Article

Optimization of the Vehicle Routing Problem in Postal Transportation: A Case Study of Kabinburi Mail Center

Krittanat Khaosa-ard, Sakon Klongboonjit*, Ruedee Masuchun and Udom Janjarassuk
Department of Industrial Engineering, School of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, Thailand

* Corresponding Author, Tel. 08 6363 5450, E–mail: sakon.kl@kmitl.ac.th
DOI: 10.14416/j.kmutnb.2022.03.008
Received 14 December 2020; Revised 13 January 2021; Accepted 15 February 2021; Published online: 31 March 2022
© 2022 King Mongkut's University of Technology North Bangkok. All Rights Reserved.

Abstract

Postal transportation is the key task of postal operation. It is very crucial since transportation is the most important criteria in business competition and service quality of postal enterprise. Therefore, finding the optimal vehicle route on delivering from each postal office and collecting parcels from each sub-office to the main mail center should be conduct with high efficiency. This article proposes a concept in determining the optimal sequences of post offices of Kabinburi Mail Center. It aims at finding the best solution for the vehicle routing problems with back hauls (VRPB) with the lowest transportation cost. The results suggests that the number of vehicle should be reduced from 8 to 6 cars which will decrease the cost by approximately 25% from the current cost. It can be concluded that the proposal guideline can be applied to improve the existing operational transportation of the postal service.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Postal Transportation, Optimization

Please cite this article as: K. Khaosa-ard, S. Klongboonjit, R. Masuchun, and U. Janjarassuk, "Optimization of the vehicle routing problem in postal transportation: A case study of Kabinburi mail center," *The Journal of KMUTNB*, vol. 32, no. 4, pp. 891–903, Oct.–Dec. 2022 (in Thai).

1. บทนำ

การขนส่งไปรษณีย์ หรือการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ไปยังปลายทางตามที่จ่าหน้า เป็นหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานหลักของกิจการไปรษณีย์ที่ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแข่งขันและคุณภาพในการให้บริการของหน่วยงานไปรษณีย์ อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนในการดำเนินงานที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับเส้นทางและยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งที่หลากหลาย

ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีเป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาค บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่มีหน้าที่หลักในการรวบรวม คัดแยก และส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่น ในขณะเดียวกันก็รับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์อื่นมาคัดแยก และส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบด้วยเช่นเดียวกัน ปัจจุบันศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ทั้งหมด 40 แห่ง และมีเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ดังกล่าว ถูกกำหนดขึ้นจากประสบการณ์การทำงานของเจ้าหน้าที่ และในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์

จากแนวโน้มปริมาณงานที่ส่งผ่านระบบงานไปรษณีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ E-Commerce [1] ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ได้ตระหนักถึงแนวทางการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการขนส่งไปรษณีย์ ดังนั้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จึงต้องการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ให้มีความเหมาะสม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพในการให้บริการ รวมไปถึงการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการขนส่งไปรษณีย์ของ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ได้ถูกศึกษาและค้นคว้าอย่างแพร่หลายในหลายงานวิจัย เช่น Qing และคณะ [2] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีในการหาเส้นทางการเดินรถ ในการขนส่งไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ภูมิภาคไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเมืองหนึ่งของประเทศจีน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด Ji และ Chen [3] และ Sbai และคณะ [4] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการนำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ (Capacitated Vehicle Routing Problem; CVRP) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กลาง ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ และตู้ส่งจดหมายรอบเกาะฮ่องกง และประเทศตูนีเซีย ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ Iman และคณะ [5] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการนำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows; VRPTW) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ จากศูนย์คัดแยกไปรษณีย์ ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในประเทศแคนาดา ตามช่วงเวลาที่กำหนด

การจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์ สามารถใช้แนวคิดเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์เหมือนกับงานวิจัย [2]–[5] โดยการสร้างเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งหนึ่งเส้นทาง และสร้างเส้นทางการเดินสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์อีกหนึ่งเส้นทาง แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางที่ได้จากแนวคิดดังกล่าวอาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากในการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์

กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีต้องการให้รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ในเที่ยวขากลับเพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่า (Empty Haul) กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem; VRP) เป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อการจัดการลอจิสติกส์ และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากการดำเนินธุรกิจในทุกอุตสาหกรรมมักมีความเกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าและการให้บริการ เช่น การจัดเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้าง [6] การจัดเส้นทางการเดินรถในการอพยพเมื่อเกิดอุทกภัย [7] ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ คือ การกำหนดเส้นทางการเดินรถในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังตำแหน่งของลูกค้าที่กระจายตามจุดต่างๆ

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจและมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง จนทำให้มีการขยายขอบเขตการศึกษา โดยการเพิ่มเงื่อนไขและข้อจำกัดจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบดั้งเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง จึงส่งผลให้เกิดประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมาก เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ (Capacitated Vehicle Routing Problem; CVRP) ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows; VRPTW) และปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ (Vehicle Routing Problem with Backhauls; VRPB)

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับเป็นส่วนขยายของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่กลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการจากศูนย์กระจายสินค้า ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก เป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า (Linehauls) กลุ่มสองเป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า (Backhauls) ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ คือ การค้นหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม ในการให้บริการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละรายในเที่ยวขาไป และค้นหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมในการให้บริการรับมอบสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าในเที่ยวขากลับ โดยใช้ยานพาหนะคันเดียวกัน นอกเหนือจากนี้ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ยังได้มีการกำหนดเงื่อนไขพิเศษในการรับ-ส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางเพิ่มเติมอีกว่า เส้นทางการเดินรถในทุกเส้นทางจะต้องให้บริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นการให้บริการในการรับมอบสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าได้

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆ กิจกรรม เช่น การกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งเครื่องดื่มจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้าแต่ละราย และกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมขวดเปล่าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังโรงงานในเที่ยวขากลับ เพื่อนำมาบรรจุใหม่และส่งต่อในครั้งถัดไป [8] หรือการให้บริการในการรวบรวมสินค้าในเที่ยวขากลับของบริษัทขนส่ง หลังจากการให้บริการในการขนส่งสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ และเพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่ากลับมายังบริษัท [9]

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เป็นส่วนขยายของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ดังนั้น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับจึงถือได้ว่าเป็นปัญหาแบบ NP-Hard เช่นเดียวกัน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วิธีแม่นตรงและวิธีฮิวริสติกส์ [10] วิธีแม่นตรง (Exact Method) เป็นหนึ่งในวิธีในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ที่ถูกนำมาใช้ในหลายงานวิจัย เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมที่เหมาะสม เช่น Toth และ Vigo [11] และ Mingozzi และคณะ [12] ได้นำเสนอวิธีการขยายและจำกัดเขต (Branch and Bound) เพื่อแก้ปัญหาการจัด

เส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าว สามารถแก้ปัญหาได้เมื่อมีจำนวนของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย Granada-Echeverri และคณะ [13] ได้นำเสนอแนวคิดในการสร้างโปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed-Integer Linear Programming; MILP) สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งโปรแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ถูกสร้างขึ้นจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเปิด (Open Vehicle Routing Problem; OVRP) โดยการพิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า และพิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า และเชื่อมปัญหาดังกล่าวด้วยเส้นเชื่อม (Tie-arcs) เพื่อหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม วิธีที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าว สามารถแก้ปัญหาตัวอย่างในงานวิจัยของ [11] และ [12] ได้ อีกทั้งยังสามารถแก้ปัญหาตัวอย่างอื่นที่ยังไม่สามารถแก้ได้ในงานวิจัยดังกล่าวด้วยเช่นเดียวกัน Eduardo และคณะ [14] ได้นำเสนอวิธีการแตกกิ่งพิจารณาค่าตัวแปรและตัด (Brach-price and Cut) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าว สามารถแก้ปัญหาได้เมื่อมีจำนวนจุดของลูกค้า 200 จุด

วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics Method) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับที่ถูกนำมาใช้ในหลายงานวิจัย เช่น Deif และคณะ [15] ได้นำเสนอวิธีประหยัด Clarke and Wright เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมที่เหมาะสม ในขณะที่ Brandao และคณะ [16] และ Jhon Jairo และคณะ [17] ได้นำเสนอวิธีการค้นหาคำตอบแบบทาบู (Tabu Search; TS) และ Nurfahizul และคณะ [18] ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA) ในขณะที่ Daniel และคณะ [19] และ Brandao และคณะ [20] ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search; ILS) นอกเหนือจากนี้ Gajpal และคณะ [21] และ Jhon Jairo และคณะ [22], [23] ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization; ACO) และ Zachariadis และคณะ [24] ได้นำเสนอวิธีการแก้ปัญหาโดยใช้การค้นหาเฉพาะที่ (Local Search; LS) เพื่อหาเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับที่เหมาะสม

จากที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้น ในบทความนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ซึ่งในการหาเส้นทางที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาโดยการนำทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับเข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อส่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมส่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีที่เหมาะสม และมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด

2. วัสดุ อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

2.1 กำหนดลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาค บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่มีหน้าที่หลักในการรวบรวม คัดแยก และส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่น ในขณะเดียวกันก็รับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์อื่นมาคัดแยก และส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบด้วยเช่นเดียวกัน ปัจจุบันศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการส่งต่อไปรษณีย์ทั้งหมด 20 แห่ง และมีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการรวบรวมไปรษณีย์อีกทั้งหมด 20 แห่ง รวมทั้งสิ้น 40 แห่ง และมีเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง ซึ่งจากแนวโน้มปริมาณงานที่ส่งผ่านระบบงานไปรษณีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีได้ตระหนักถึงการพัฒนาและปรับปรุง

ประสิทธิภาพระบบการขนส่งไปรษณีย์ ดังนั้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จึงต้องการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ให้มีความเหมาะสม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพในการให้บริการ รวมไปถึงการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการขนส่งไปรษณีย์

การส่งต่อและรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี สามารถอธิบายได้ดังนี้ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีจะรับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ที่ส่งมาจากศูนย์ไปรษณีย์อื่น จากนั้นนำไปคัดแยกตามปลายทางในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์ เมื่อคัดแยกเสร็จแล้วพัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดถูกรวบรวม และโหลดขึ้นรถขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทางตามที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีกำหนด จากนั้นรถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันจะออกจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีพร้อมกัน และเริ่มต้นการส่งต่อไปรษณีย์ให้กับที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งตามที่ได้คัดแยกเอาไว้ เมื่อไปรษณีย์ทั้งหมดถูกส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ปลายทางเรียบร้อยแล้ว รถไปรษณีย์ทุกคันของในทุกเส้นทางจะทำการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเส้นทางเดิม และขนกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เพื่อนำไปคัดแยกและส่งต่อไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่นตามจุดหมายปลายทาง

ปัจจุบันศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีรถบรรทุก 6 ล้อ ที่ว่าจ้างจากบริษัทเอกชน เพื่อนำมาใช้ในการส่งต่อ-รวมรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ทั้งหมด 8 คัน และรถบรรทุกแต่ละคันมีขนาดระวางบรรทุกที่ใช้ในการบรรทุกไปรษณีย์เท่ากับ 4,600 กิโลกรัม

จากคำอธิบายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปเงื่อนไขเพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

1) ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่งจะต้องได้รับการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1 ครั้ง

2) ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่งจะต้องได้รับการรวบรวมไปรษณีย์กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1 ครั้ง

3) เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ทุกเส้นทางจะต้องให้บริการในการส่งต่อไปรษณีย์ให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นให้บริการการรวบรวมไปรษณีย์ได้

4) ผลรวมของน้ำหนักไปรษณีย์ทั้งหมดทั้งในเที่ยวขาไปและในเที่ยวขากลับต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์

5) เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ทุกเส้นทางจะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

2.2 สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากลักษณะปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ถือได้ว่าเป็นแบบจำลองของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ดังนั้น การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม สามารถต่อยอดได้จากหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับจากงานวิจัยของ Granada-Echeverri และคณะ [13] ได้ดังนี้

กำหนดให้ $G = (V, A)$ เป็นกราฟที่ไม่มีทิศทาง ที่ $V = \{L \cup B \cup 0\}$ โดยที่ $L = \{1, ..., n\}$ แทนเซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์ $B = \{n + 1, ..., n + m\}$ แทนเซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์ ซึ่งมีค่าเท่ากับ และ 0 แทน จุดของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ตามลำดับ นอกเหนือจากนี้ $A = \{(i, j); i, j \in V, i \neq j\}$ แทนเซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่างจุดแต่ละจุด ซึ่งในแต่ละเส้นเชื่อมที่เป็นได้ทั้งหมดจะมีสัมประสิทธิ์ d_{ij} ที่แทนระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือแทนระยะทางในการเดินทางจากไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j ตามลำดับ นอกเหนือจากนี้ ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งจะมีน้ำหนักของสิ่งของที่ต้องได้รับการส่งต่อ จากศูนย์ไปรษณีย์เท่ากับ d_j และมีน้ำหนักของสิ่งของไปรษณีย์ที่ต้องรวบรวมจากที่ทำการ

ไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ เท่ากับ p_j และมีกลุ่มของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด K คัน ที่มีขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกที่ใช้ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์เท่ากับ Q

2.2.1 สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ดัชนีและเซต (Index and Sets)

i, j, k คือ ดัชนีของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์

L คือ เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์ โดยที่ $L = \{1, ..., n\}$

B คือ เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์ โดยที่ $B = \{n + 1, ..., n + m\}$

L_0 คือ เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์ และศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี โดยที่ $L_0 = L \cup 0$

B_0 คือ เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์ และศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี โดยที่ $B_0 = B \cup 0$

พารามิเตอร์ (Parameters)

Q คือ ขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

K คือ จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

d_{ij} คือ ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j

d_j คือ น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์ j

p_j คือ น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ต้องไปรวบรวมในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์ j

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

x_{ij} คือ จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อการเดินทางจากศูนย์ไปรษณีย์ ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือเมื่อมีการเดินทางจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j ถ้าไม่มีค่าเท่ากับ 0

l_{ij} คือ น้ำหนักของสิ่งของที่ถูกขนส่ง จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j

2.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

จากที่กล่าวมาและสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ข้างต้น ดังนั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ สามารถเขียนในรูปของโปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed-Integer Linear Programming; MILP) ได้ดังนี้

สมการวัตถุประสงค์ (Objective Functions)

$$Minimize\, Z = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V, j \neq i} d_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

เงื่อนไขบังคับ (Constraints)

$$\sum_{i \in L_0} \sum_{j \in L, j \neq i} x_{ij} = |L| \quad (2)$$

$$\sum_{i \in L_0, i \neq j} l_{ij} - d_j = \sum_{k \in L, j \neq k} l_{jk} \qquad \forall j \in L \quad (3)$$

$$\sum_{i \in L_0, i \neq j} x_{ij} = 1 \qquad \forall j \in L \quad (4)$$

$$\sum_{i \in L_0, i \neq j} x_{ij} = \sum_{k \in L, j \neq k} x_{jk} + \sum_{k \in B, j \neq k} x_{jk} \qquad \forall j \in L \quad (5)$$

$$l_{ij} \leq Q \cdot x_{ij} \qquad \forall i \in L_0 \; \forall j \in L, i \neq j \quad (6)$$

$$\sum_{j \in L} x_{0j} \leq K \quad (7)$$

$$\sum_{i \in B} \sum_{j \in B_0, j \neq i} x_{ij} = |B| \quad (8)$$

$$\sum_{i \in B, i \neq j} l_{ij} + p_j = \sum_{k \in B_0, j \neq k} l_{jk} \qquad \forall j \in B \quad (9)$$

$$\sum_{j \in B_0, i \neq j} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in B \quad (10)$$

$$\sum_{i \in L, i \neq j} x_{ij} + \sum_{i \in B, i \neq j} x_{ij} = \sum_{k \in B_0, j \neq k} x_{jk} \qquad \forall j \in B \quad (11)$$

$$l_{ij} \leq Q \cdot x_{ij} \qquad \forall i \in B \; \forall j \in B_0, i \neq j \quad (12)$$

$$\sum_{i \in B} x_{i0} \leq K \quad (13)$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in V \ \forall j \in V, i \neq j \qquad (14)$$

$$l_{ij} \geq 0 \qquad \forall i \in V \ \forall j \in V, i \neq j \qquad (15)$$

สมการที่ (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์ “เพื่อหาระยะทางรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี” สมการที่ (2) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นเชื่อมที่เลือกแล้วทำให้มีผลรวมของระยะทางในการขนส่งที่ต่ำที่สุดสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j จะต้องมีจำนวนเส้นเชื่อม เท่ากับจำนวนที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์” สมการที่ (3) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดในทุกเส้นทางจะต้องได้รับการส่งต่อไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และเป็นการรับประกันว่าจะต้องไม่มีไปรษณีย์ตกค้างเมื่อถึงที่ทำการไปรษณีย์สุดท้าย” สมการที่ (4) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งจะต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1 ครั้ง และเส้นทางเดียวเท่านั้น” สมการที่ (5) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “เมื่อส่งต่อไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j เรียบร้อยแล้ว จะต้องออกจากที่ทำการไปรษณีย์ดังกล่าว และไปส่งต่อไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์ k ต่อให้ครบ หรือไปเริ่มต้นการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์ k” สมการที่ (6) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ขนส่ง จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j จะต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกที่กำหนด” สมการที่ (7) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นทางการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เพื่อส่งต่อไปรษณีย์ จะต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ศูนย์กบินทร์บุรีมีอยู่” สมการที่ (8) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นเชื่อมที่เลือกแล้วทำให้มีผลรวมของระยะทางในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะต้องมีจำนวนเส้นเชื่อมเท่ากับจำนวนที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์” สมการที่ (9) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดในทุกเส้นทางจะต้องได้การรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ และขนกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และเป็นการรับประกันว่าน้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ทำการรวบรวมมา จะไม่เกินขนาดระวางบรรทุกเมื่อมาถึงศูนย์ไปรษณีย์” สมการที่ (10) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่งจะต้องได้การรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ และนำกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี” สมการที่ (11) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “เมื่อรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์ j เรียบร้อยแล้ว จะต้องออกจากที่ทำการไปรษณีย์ดังกล่าว แล้วไปรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านที่ทำการไปรษณีย์ k ต่อให้ครบ หรือกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี” สมการที่ (12) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่รวบรวมมาจากที่ทำการไปรษณีย์ i และขนต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจากที่ทำการไปรษณีย์สุดท้าย กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกที่กำหนด” สมการที่ (13) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นทางที่เลือกทั้งหมดในการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง จะมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ศูนย์กบินทร์บุรีมีอยู่” สมการที่ (14) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเดินทางจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j และมีค่าเท่ากับ 0 ถ้าเป็นกรณีอื่น และสมการที่ (15) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบต่อเนื่อง ที่แทนน้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ถูกขนส่งจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j

3. ผลการทดลอง

3.1 เตรียมข้อมูลสำหรับการหาคำตอบ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากแนวคิดที่นำเสนอในหัวข้อที่ผ่านมาจะถูกนำไปพัฒนาบนโปรแกรม AMPL จากนั้นจะถูกนำไปแก้ปัญหาผ่านเว็บไซต์ https://neos-server.org เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และเส้นทางในการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ที่เหมาะสม ซึ่งข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการหาคำตอบจะเป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

2) ข้อมูลจำนวนที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

3) ข้อมูลชนิด จำนวน และขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกขนส่งไปรษณีย์

4) ข้อมูลน้ำหนักของไปรษณียภัณฑ์ในแต่ละประเภทสำหรับการคำนวณน้ำหนักรวมที่ใช้ในการบรรทุก

นอกเหนือจากนี้ ข้อมูลของระยะทาง (Distance Matrix) ที่ใช้ในการเดินทางจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และจากที่ทำการไปรษณีย์แห่งหนึ่งไปยังที่ทำการไปรษณีย์อีกแห่งหนึ่ง เพื่อนำไปใช้ในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมจะคำนวณจากระยะทางจริง ผ่านแอปพลิเคชัน Distance Matrix API ของ Google และเป็นระยะทางสมมาตร (Symmetric Distance Matrix)

3.2 ผลการทดลอง

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแนวคิดที่นำเสนอกับเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น ในบทความนี้จึงได้พิจารณาประสิทธิภาพของแนวคิดที่นำเสนอในด้านต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ต้นทุนประมาณการที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์จะประกอบด้วยต้นทุนทั้งหมด 5 ส่วน คือ ค่าเชื้อเพลิง ค่ามูลค่าซากรถ ค่าบำรุงรักษา ค่าภาษีและประกันภัย และค่าจ้างพนักงานขับรถ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 นอกเหนือจากนี้ เพื่อแสดงเส้นทางการเดินรถที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ และลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดหมายเลขที่ใช้แทนที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการ ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ดังนี้

1) ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์จะเป็นหมายเลข 1–20

2) ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการรวบรวมไปรษณีย์ กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์จะเป็นหมายเลข 21–40

3) ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีจะเป็นหมายเลข 0

ตารางที่ 1 ต้นทุนประมาณการที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

ต้นทุนการขนส่ง	ต้นทุนประมาณการ
ค่าเชื้อเพลิง	6 กิโลเมตร/ลิตร
ค่ามูลค่าซากรถ	24,480 บาท/เดือน
ค่าบำรุงรักษา	7,718 บาท/เดือน
ค่าภาษีและประกัน	5,532 บาท/เดือน
ค่าจ้างพนักงานขับรถ	28,500 บาท/เดือน

ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีเส้นทางการเดินรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง และในแต่ละเส้นทางมีลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน มีระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น 1,238 กิโลเมตร และมีต้นทุนในการขนส่งเท่ากับ 713,776 บาท/เดือน ในขณะที่เส้นทางการเดินรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ มีเส้นทางการเดินรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 6 เส้นทาง และในแต่ละเส้นทางมีลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ดังแสดงในตารางที่ 3 ซึ่งเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอมีระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น 924 กิโลเมตร และมีต้นทุนในการขนส่งเท่ากับ 534,695 บาท/เดือน

ตารางที่ 2 เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน

เส้นทาง	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ (เที่ยวขาไป - กลับ)	ระยะทาง (KM)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ส่งต่อ : 0–1–4–12 รวบรวม : 24–21–0	156	89,399
2	ส่งต่อ : 0–13–14 รวบรวม : 34–33–0	194	94,785
3	ส่งต่อ : 0–15–16 รวบรวม : 36–35–32–0	181	92,943
4	ส่งต่อ : 0–11–2 รวบรวม : 22–31–0	178	92,517
5	ส่งต่อ : 0–20–17–18–19 รวบรวม : 39–38–37–40–0	274	106,124
6	ส่งต่อ : 0–3 –7 รวบรวม : 27–23–0	85	79,336
7	ส่งต่อ : 0–8–10–9 รวบรวม : 29–30–28–0	63	76,218
8	ส่งต่อ : 0–5–6 รวบรวม : 26–25–0	107	82,454
รวม		1,238	713,776

ตารางที่ 3 เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์จากแนวคิดที่นำเสนอ

เส้นทาง	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ (เที่ยวขาไป - กลับ)	ระยะทาง (KM)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
1	ส่งต่อ : 0–3–7 รวบรวม : 27–23–0	85	79,336
2	ส่งต่อ : 0–5–1–4 รวบรวม : 24–21–25–0	122	84,580
3	ส่งต่อ : 0–6–2–12–15–16 รวบรวม : 36–35–32–22–26–0	253	103,148
4	ส่งต่อ : 0–8–10–9 รวบรวม : 29–30–28–0	63	76,218
5	ส่งต่อ : 0–11–14–13 รวบรวม : 33–34–31–0	133	86,139
6	ส่งต่อ : 0–20–17–19–18 รวบรวม : 38–39–37–40–0	268	105,274
รวม		924	534,695

ซึ่งจากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการวิจัยระหว่างเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน และเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์จากแนวคิดที่นำเสนอ พบว่า จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน และส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลง 179,081 บาท/เดือน หรือลดลงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ จากเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำหนดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบันพบว่า เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันถูกกำหนดขึ้น จากประสบการณ์การทำงาน ในการประมาณการปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง โดยปราศจากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์ ดังนั้น จึงอาจจะส่งผลให้มีจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์มากเกินความจำเป็น อีกทั้งในการกำหนดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ จำเป็นจะต้องเผื่อจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ให้เพียงพอกับปริมาณไปรษณีย์ที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเทศกาลพิเศษอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ ผู้วิจัยค้นหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม โดยการเก็บข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เป็นระยะเวลา 1 เดือน ร่วมกับการใช้ข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งไปรษณีย์เพื่อประกอบในการตัดสินใจ เช่น จำนวนและขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกขนส่งไปรษณีย์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ข้อมูลน้ำหนักของไปรษณียภัณฑ์ในแต่ละประเภท จึงทำให้สามารถกำหนดเส้นทางการเดินรถให้กับรถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคันที่มีอยู่ในการขนส่งไปรษณีย์ได้เหมาะสมมากขึ้น นอกเหนือจากนี้ในการค้นหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการค้นหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จึงทำให้สามารถกำหนดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น อีกทั้ง

เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอนั้น สามารถขนส่งไปรษณีย์ได้เช่นเดียวกันกับเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และไม่เกินขนาดระวางบรรทุกตามที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังใช้จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่น้อยกว่า จึงส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงตามไปด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น เส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนองานวิจัยนี้ จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้

4. อภิปรายและสรุป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และหาเส้นทางการเดินรถในการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมในบทความนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยการนำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับเข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมและมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลการวิจัยจากแนวคิดที่นำเสนอพบว่า จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน จึงส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลง 179,081 บาท/เดือน หรือลดลงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอนั้น ยังคงสามารถขนส่งไปรษณีย์ได้เช่นเดียวกันกับเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนองานวิจัยนี้ มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ย ดังนั้น การนำเส้นทางการเดินรถขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่ไปนำเสนอไปใช้งานจริง อาจจะมีโอกาสเป็นไปได้ที่ปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งสูงกว่าค่าเฉลี่ย และอาจจะส่งผลให้ระวางที่ใช้ในการบรรทุกไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทางที่กำหนดเอาไว้ไม่เพียงพอ จนทำให้อาจจะต้องเปิดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์เพิ่ม ดังนั้น ในอนาคตผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำความผันแปรของปริมาณไปรษณีย์ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม เข้ามาพิจารณาเพิ่มเติมในการหาที่เส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม เพื่อพัฒนา และปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาต่อไปในอนาคต

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนและได้รับความช่วยเหลือจาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี สำนักงานไปรษณีย์เขต 2 บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด

เอกสารอ้างอิง

[1] Thailand Post, “Thailand Post annual report 2018,” *Thailand Post Co., Ltd*, pp. 12–16, 2018 (in Thai).

[2] Q. Song, C. Zhang, X. Li, and F. Hao, “Genetic algorithm based modeling and optimization of the borough postal transportation network,” in *Proceedings of the the IEEE Conference on Decision and Control*, pp. 2850–2855, 2007.

[3] P. Ji and K. Chen, “The vehicle routing problem: The case of the Hong Kong postal service,” *Transportation Planning and Technology*, vol. 30, no. 2–3, pp. 167–182, 2007.

[4] I. Sbai, S. Krichen, and O. Limam, “Two meta-heuristics for solving the capacitated vehicle routing problem: The case of the Tunisian Post Office,” *Springer Berlin Heidelberg*, 2020.

[5] I. Niroomand, A. H. Khataie, and M. R. Galankashi, “Vehicle routing with time window for

regional network services-Practical modelling approach," presented at the IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management, Bandar Sunway, Malaysia, 2014.

[6] P. Chaiwuttisak, K. Sukka, C. Sawasdee, W. Daengsai, S. Buathong, and B. Warachan, "Vehicle routing problem for construction materials," *The Journal of KMUTNB*, vol. 28, no. 2, pp. 427–438, 2018 (in Thai).

[7] P. Suttijumnong and S. Chanta, "Vehicle routing for flood evacuation by considering different types of victims," *The Journal of KMUTNB*, vol. 27, no. 2, 2017 (in Thai).

[8] K. Sethanan and T. Jamrus, "Hybrid differential evolution algorithm and genetic operator for multi-trip vehicle routing problem with backhauls and heterogeneous fleet in the beverage logistics industry," *Computers and Industrial Engineering*, vol. 146, no. May, pp. 106571, 2020.

[9] M. Gansterer and R. F. Hartl, "Collaborative vehicle routing: A survey," *European Journal of Operation Research*, vol. 268, no. 1, pp. 1–12, 2018.

[10] M. J. Santos, P. Amorim, A. Marques, A. Carvalho, and A. Póvoa, "The vehicle routing problem with backhauls towards a sustainability perspective: A review," *TOP*, vol. 28, pp. 358–401, 2020.

[11] P. Toth and D. Vigo, "An exact algorithm for the vehicle routing problem with backhauls," *Transportation Science*, vol. 31, no. 4, pp. 372–385, 1997.

[12] A. Mingozzi and R. Baldacci, "Exact method for the vehicle routing problem with backhauls," *Transportation Science*, vol. 33, no. 3, pp. 315–329, 1999.

[13] M. Granada-echeverri, E. M. Toro, and J. J. Santa, "A mixed interger linear programming formulation for the vehicle routing problem with backhauls," *Computer and Industrial Engineering*, vol. 10, pp. 295–308, 2019.

[14] E. Queiroga, Y. Frota, R. Sadykov, A. Subramanian, E. Uchoa and T. Vidal, "On the exact solution of vehicle routing problems with backhauls," *European Journal of Operation Research*, vol. 287, no.1, pp. 76–89, 2020.

[15] I. Deif and L. D. Bodin, "Extension of the clarke and wright algorithm for solving the vehicle routing problem with backhauls," in *Proceeding of Babsob Conference Software Uses in Transporation Logistics Management*, 1984, pp. 75–96.

[16] J. Brandão, "A new tabu search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls," *European Journal of Operation Research*, vol. 173, no. 2, pp. 540–555, 2006.

[17] J. J. Santa Chávez, J. W. Escobar, M. G. Echeverri, and C. A. P. Meneses, "A heuristic algorithm based on tabu search for vehicle routing problems with backhauls," *Decision Science Letters*, vol. 7, no. 2, pp. 171–180, 2018.

[18] W. Nurfahizullfwah. W. M. Shaiful, M. Z. Shamsunarnie, Z. M. Zainuddin, and M. Fuad, "Genetic algorithm for vehicle routing problem with backhauls," *Journal of Science and Technology*, vol. 4, no.1, pp. 9–6, 2012.

[19] D. Palhazi Cuervo, P. Goos, K. Sörensen, and E. Arráiz, "An iterated local search algorithm for

the vehicle routing problem with backhauls," *European Journal of Operation Research*, vol. 237, no. 2, pp. 454–464, 2014.

[20] J. Brandão, "A deterministic iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls," *TOP*, vol. 24, no. 2, pp. 445–465, 2016.

[21] Y. Gajpal and P. L. Abad, "Multi-ant colony system (MACS) for a vehicle routing problem with backhauls," *European Journal of Operation Research*, vol. 196, no. 1, pp. 102–117, 2009.

[22] J. J. S. Chávez, M. G. Echeverri, J. W. Escobar, and C. A. P. Meneses, "A metaheuristic ACO to solve the multi-depot vehicle routing problem with backhauls," *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 6, no. 2, pp. 49–58, 2015.

[23] J. J. S. Chávez, J. W. Escobar, and M. G. Echeverri, "A multi-objective pareto ant colony algorithm for the multi-depot vehicle routing problem with backhauls," *International Journal of Industrial Engineering Computations*, vol. 7, no. 1, pp. 35–48, 2016.

[24] E. E. Zachariadis and C. T. Kiranoudis, "An effective local search approach for the vehicle routing problem with backhauls," *Expert Systems with Applications*, vol. 39, no. 3, pp. 3174–3184, 2012.