การหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

OPTIMIZATION OF THE VEHICLE ROUTING PROBLEM IN POSTAL TRANSPORTATION: A CASE STUDY OF KABINBURI MAIL CENTER

กฤตณัฐ ขาวสอาด

KRITTANAT KHAOSA-ARD

วิทยานิพนธ์นี้สำหรับการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2564

KMITL-2021-EN-M-217-069

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPTIMIZATION OF THE VEHICLE ROUTING PROBLEM IN POSTAL TRANSPORTATION: A CASE STUDY OF KABINBURI MAIL CENTER

KRITTANAT KHAOSA-ARD

A THESIS SUBMITTED IN FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF ENGINEERING IN INDUSTRIAL ENGINEERING

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2021

KMITL-2021-EN-M-217-069

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

COPYRIGHT 2021

SCHOOL OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี
นักศึกษา	นายกฤตณัฐ ขาวสอาด
รหัสประจำตัว	62601100
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
พ.ศ.	2564
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต

บทคัดย่อ

การขนส่งไปรษณีย์ เป็นหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานหลักของกิจการไปรษณีย์ ที่ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้วัดความสามารถในการแข่งขันและคุณภาพในการให้บริการของหน่วยงานไปรษณีย์ ดังนั้น การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงถือว่ามีความสำคัญ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ซึ่งวิธีในการหาค่าที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้นำหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับเข้ามาประยุกต์ใช้ ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมและมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในครั้งนี้ จะถูกนำไปพัฒนาผ่านซอฟต์แวร์สำเร็จรูป AMPLStudentVersion และนำไปหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS ซึ่งผลการศึกษาที่ได้ จากการประยุกต์ใช้แนวคิดและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ พบว่า จำนวนเส้นทางและยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน นอกจากนี้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 713,776 บาท/เดือน เหลือ 534,695 บาท/เดือน หรือ ลดลงจากเดิมประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis	Optimization of the vehicle routing problem in postal transportation: A case study of Kabinburi Mail Center
Student	Mr. Krittanat Khaosa-ard
Student ID.	62601100
Degree	Master of Engineering
Program	Industrial Engineering
Year	2021
Thesis Advisor	Assoc.Prof.Dr. Sakon Klongboonjit

ABSTRACT

Mail or postal transportation service is one of major operating procedures of postal service business that plays a significant role since it is a procedure used to measure competitive advantage and quality of service of postal service. Therefore, vehicle route management for delivering things or objects sent by post from mail or postal centers to each post office branch as well as vehicle route management for collecting things or objects sent by post from each post office branch to postal centers to achieve appropriateness and efficiency was considered important. In this study, we proposed an idea related to optimization of postal delivery vehicle route management for Kabinburi Mail Center. In order to find the optimization, the Vehicle Routing Problem with Backhauls (VRPB) was proposed to find the most appropriate vehicle route with the lowest total cost of transportation for the postal center. The proposed model was implemented on AMPLStudentVersion and found the results through NEOS. Calculation results showed that numbers of routes between postal vehicles and postal transportation were reduced from 8 routes to 6 routes with using only 6 trucks. Moreover, expenses spent on postal transportation were reduced from 713,776 Baht/Month to 534,695 Baht/Month or 25 percent reduction.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก รศ.ดร.ฤดี มาสุจันท์ และ รศ.ดร.สกนธ์ คล่องบุญจิต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือ และ ให้คำแนะนำตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ข้าพเจ้าตระหนักถึงความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของอาจารย์ หากไม่ได้รับการสนับสนุนจากพวกท่านเหล่านี้ วิทยานิพนธ์เล่มนี้คงมิอาจสำเร็จลุล่วงได้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่งไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบคุณ นายประเสริฐ หลงศิริ หัวหน้าศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ที่เห็นถึงความสำคัญของการศึกษาและอนุเคราะห์ข้อมูลในการทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้แก่ข้าพเจ้า ข้าพเจ้าขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่ง ขอขอบคุณ นายธรรมนูญ หนองตะไกร เจ้าหน้าที่ธุรการ ศูนย์ไปรษณีย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และ เจ้าหน้าที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีทุกท่าน ที่คอยให้ความช่วยเหลือ ตลอดจนอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาของการศึกษา จนทำให้วิทยานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และ ครอบครัวของข้าพเจ้า ที่คอยเลี้ยงดู อบรมสั่งสอน ผลักดัน เป็นกำลังใจ และ ให้การสนับสนุนข้าพเจ้าในทุกๆเรื่อง จนทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีดังที่ตั้งใจไว้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาอุตสาหการทุกท่านที่คอยอบรมสั่งสอน ถ่ายทอดความรู้ ให้แก่ข้าพเจ้า และขอขอบคุณ เพื่อน พี่ น้อง นักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจ และ ให้คำชี้แนะในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

สำหรับคุณงามความดีอันใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับ บิดา มารดา และครอบครัว ซึ่งเป็นที่รักและเคารพยิ่งของข้าพเจ้า ตลอดจน ครู อาจารย์ ที่เคารพทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้และถ่ายทอดประสบการณ์ที่ดีให้แก่ข้าพเจ้า ตลอดจน ผู้มีพระคุณทุกท่านเป็นอย่างสูง สำหรับข้อบกพร่องต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น ข้าพเจ้าขอน้อมรับผิดเพียงผู้เดียว และยินดีที่จะรับฟังคำแนะนำจากทุกท่านที่ได้เข้ามาศึกษา เพื่อประโยชน์ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

กฤตณัฐ ขาวสอาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ II
กิตติกรรมประกาศ III
สารบัญ IV
สารบัญตาราง VII
สารบัญรูป IX
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา 5
1.3 ขอบเขตของการศึกษา 5
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน 5
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 6
2.1 ระบบงานและเครือข่ายไปรษณีย์ 6
2.1.2 เครือข่ายไปรษณีย์ 6
2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 9
2.2.1 ที่มาและความสำคัญ 9
2.2.2 นิยามปัญหาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 22
2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ 24
2.3.1 ที่มาและความสำคัญ 24
2.3.2 นิยามปัญหาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 24
2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 29
2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ 29
2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาคำตอบปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 32
2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ 34
2.5 บทสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 40
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 41
3.1 การศึกษาข้อมูลและกำหนดลักษณะปัญหา 42
3.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา 43
3.3 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 44
3.4 การหาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม 47
3.5 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ 51

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การสรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ 52
บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย 53
4.1 การศึกษาและกำหนดลักษณะปัญหา 53
4.1.1 ปัญหาการขนส่งไปรษณีย์ 53
4.1.1.1 ข้อมูลทั่วไป 53
4.1.1.2 ที่ทำการไปรษณีย์ 54
4.1.1.3 เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ 56
4.1.1.4 ประเภทและน้ำหนักของสิ่งของที่ขนส่งทางไปรษณีย์ 58
4.1.1.5. ปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม 60
4.1.1.6 จำนวนและขนาดระวางบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ 63
4.1.1.7 การคำนวณต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ 64
4.1.2 การกำหนดลักษณะปัญหาการขนส่งไปรษณีย์ 65
4.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา 66
4.2.1 สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ 67
4.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 68
4.3 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 71
4.4 การหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม 78
4.4.1 การสร้างไฟล์ข้อมูลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 78
4.4.2 การสร้างไฟล์ข้อมูลเซตและพารามิเตอร์ปัญหาการขนส่งไปรษณีย์ 79
4.4.2.1 ที่ทำการไปรษณีย์ 80
4.4.2.2 ปริมาณงานไปรษณีย์ 82
4.4.2.3 ตำแหน่ง และ ระยะทางระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง 84
4.4.2.4 รถขนส่งไปรษณีย์ 85
4.4.3 การหาผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 87
4.4 ผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 90
4.4.1 เส้นทาง และ ลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ 90
4.4.2 ระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง 92
4.4.3 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง 95
4.5 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ 102
4.5.1 เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับแนวคิดที่นำเสนอ 102
4.5.2 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับแนวคิดที่นำเสนอ 103
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 104
5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา 104

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต 106
เอกสารอ้างอิง 107
ภาคผนวก 113
ภาคผนวก ก. ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง 114
ภาคผนวก ข. ตารางแสดงการประมาณการค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์ 145
ภาคผนวก ค. เมตริกซ์ระยะทางระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง 146
ภาคผนวก ง. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์ 149
ภาคผนวก จ. หนังสือขออนุญาตเผยแพร่ข้อมูลและตีพิมพ์บทความวิจัย 162
ภาคผนวก จ. หนังสือตอบรับเพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 163
ประวัติผู้เขียน 164

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

ตารางที่ 2.1 ข้อจำกัด และ ลักษณะปัญหา ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 10
ตารางที่ 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ 31
ตารางที่ 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ 38
ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับของปัญหา.....42
ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์จากแนวคิดที่นำเสนอ 50
ตารางที่ 3.3 ตารางบันทึกน้ำหนักไปรษณีย์ที่ขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง 50
ตารางที่ 3.4 รหัสที่ตั้งที่ทำการไปรษณีย์..... 84
ตารางที่ 3.5 จำนวน และ ขนาดบรรทุกของยานพาหนะใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ 85
ตารางที่ 4.1 ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี.....54
ตารางที่ 4.2 ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 54
ตารางที่ 4.3 เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 57
ตารางที่ 4.4 ประเภทของสิ่งของที่ขนส่งทางไปรษณีย์..... 58
ตารางที่ 4.5 ประเภทและน้ำหนักของภาชนะบรรจุไปรษณีย์ในแต่ละประเภทบริการ 59
ตารางที่ 4.6 ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวันที่ต้องส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง 61
ตารางที่ 4.7 ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวันที่ต้องรวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง..... 62
ตารางที่ 4.8 จำนวน และ ขนาดบรรทุกของยานพาหนะใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ 63
ตารางที่ 4.9 ตารางสรุปวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับของปัญหาที่ได้จากการศึกษา 65
ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างปัญหาที่ใช้สำหรับการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ 72
ตารางที่ 4.11 ข้อมูลพารามิเตอร์ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ 80
ตารางที่ 4.12 ข้อมูลพารามิเตอร์ของปริมาณงานไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวันที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม..... 82
ตารางที่ 4.13 เส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ..... 91
ตารางที่ 4.14 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 1..... 92
ตารางที่ 4.15 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 2..... 92
ตารางที่ 4.16 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 3..... 92
ตารางที่ 4.17 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 4..... 93
ตารางที่ 4.18 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 5..... 93
ตารางที่ 4.19 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 6..... 94
ตารางที่ 4.20 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 1..... 95
ตารางที่ 4.21 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 2..... 96
ตารางที่ 4.22 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 3..... 97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 4..... 98
ตารางที่ 4.24 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 5..... 99
ตารางที่ 4.25 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 6..... 100
ตารางที่ 4.26 เส้นทางและต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ..... 101

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ **หน้า**

รูปที่ 1.1 การส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1
รูปที่ 1.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ 4
รูปที่ 2.1 ระบบการขนส่งสินค้าแบบ Cross-Docking ของ ศูนย์ไปรษณีย์.....7
รูปที่ 2.2 ตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 9
รูปที่ 2.3 ตัวอย่างประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ 11
รูปที่ 2.4 เซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ 25
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....41
รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการสร้างไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL 44
รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการสร้างไฟล์ข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ AMPL 45
รูปที่ 3.4 การนำเข้างานเข้าใหม่เข้าสู่ระบบ NEOS..... 45
รูปที่ 3.5 การเลือกชนิดของเครื่องมือและชนิดของไฟล์ที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ 46
รูปที่ 3.6 การอัพโหลดไฟล์เข้าสู่เว็บ NEOS..... 46
รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการสร้างไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาผ่านซอฟต์แวร์ AMPL 47
รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการสร้างไฟล์ข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ AMPL 48
รูปที่ 3.9 การนำเข้างานเข้าใหม่เข้าสู่ระบบ NEOS..... 48
รูปที่ 3.10 การเลือกชนิดของเครื่องมือและชนิดของไฟล์ที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ 49
รูปที่ 3.11 การอัพโหลดไฟล์เข้าสู่เว็บ NEOS Server Optimization 49
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการนำเสนอความแตกต่างของต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่คาดว่าจะได้รับ 51
รูปที่ 3.13 การเลือกชนิดของเครื่องมือและชนิดของไฟล์ที่ใช้ในการหาผลลัพธ์ 75
รูปที่ 3.14 การอัพโหลดไฟล์เข้าสู่เว็บ NEOS Server Optimization 75

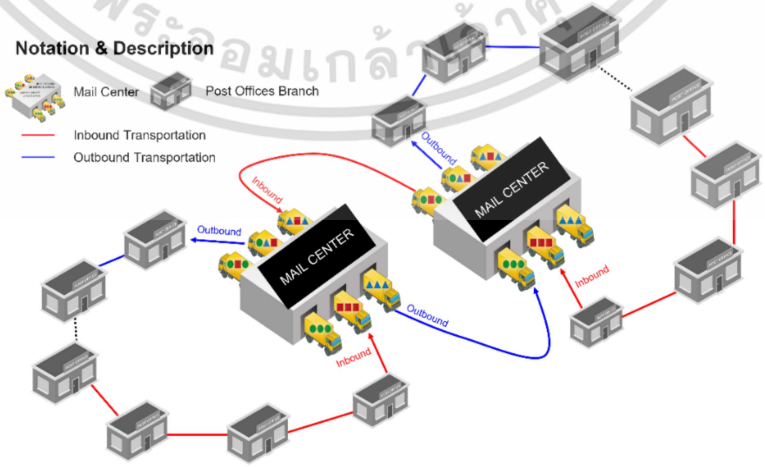
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

การขนส่งไปรษณีย์ (Postal Transportation) หรือ การส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ไปยังปลายทางตามที่จ่าหน้า เป็นหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานหลักของกิจการไปรษณีย์ ที่ถือว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาเครือข่ายไปรษณีย์เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแข่งขันและคุณภาพในการให้บริการของหน่วยงานไปรษณีย์ อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนในการดำเนินงานที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับยานพาหนะและเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งที่หลากหลาย ดังนั้น การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และ การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ เพื่อนำไปคัดแยก และส่งต่อไปยังปลายทางตามที่จ่าหน้า ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ

ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาค บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่มีหน้าที่หลักในการ รวบรวม คัดแยก และส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่น ในขณะเดียวกัน ก็รับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์อื่นมาคัดแยกและส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบด้วยเช่นเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 1.1 ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการส่งต่อไปรษณีย์ทั้งหมด 20 แห่ง และมีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการรวบรวมไปรษณีย์อีก 20 แห่ง รวมทั้งสิ้น 40 แห่ง ในเขตพื้นที่ 4 จังหวัด ภาคตะวันออก ได้แก่ จังหวัดฉะเชิงเทรา ปราจีนบุรี นครนายก และจังหวัดสระแก้ว



รูปที่ 1.1 การส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี
ที่มา: ดัดแปลงจาก Melika K. และคณะ [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปัจจุบันศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีเส้นทางการเดินรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง และเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมดมีต้นทุนในการว่าจ้างบริษัทเอกชนเดือนละประมาณ 713,776 บาท/เดือน อย่างไรก็ตาม เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ดังกล่าว ถูกกำหนดขึ้นจากประสบการณ์การทำงานของเจ้าหน้าที่ และปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือหรือเทคโนโลยีที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ นอกจากนี้ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีก็ไม่ทราบว่าเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันนั้นมีความเหมาะสมและประสิทธิภาพหรือไม่ จากแนวโน้มปริมาณงานที่ฝากส่งผ่านระบบงานไปรษณีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์หรือ E-Commerce [2] ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ได้ตระหนักถึง แนวทางการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการขนส่งไปรษณีย์ ตามนโยบายของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ดังนั้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จึงต้องการที่จะจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เพื่อนำไปคัดแยกและส่งต่อไปยังปลายทางตามที่จ่าหน้า ให้มีความเหมาะสมและมีต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพในการให้บริการ รวมไปถึงการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการขนส่งไปรษณีย์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ เพื่อหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ได้ถูกศึกษาและค้นคว้าอย่างแพร่หลายงานวิจัย อาทิเช่น Qing และคณะ ปี ค.ศ.2007 [3] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีในการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ที่ผ่านการคัดแยกแล้วจากศูนย์ไปรษณีย์ภูมิภาค ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเมืองหนึ่งของประเทศจีน ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ คือ เพื่อหาต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด นอกจากนี้ ในงานวิจัยดังกล่าวได้มีการนำปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งไปรษณีย์เข้าไปพิจารณาด้วย อาทิเช่น ลักษณะเส้นทาง และ ประเภทของพัสดุไปรษณีย์ เป็นต้น ในขณะที่ Ji และ Chen ปี ค.ศ.2007 [4] และ Sbai และคณะ Chen ปี ค.ศ.2020 [5] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการนำทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุของยานพาหนะ (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อค้นหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กลาง ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และ ตู้ส่งจดหมาย รอบเกาะฮ่องกง และ ประเทศตูนีเซีย ตามลำดับ ซึ่งวัตถุประสงค์ของทั้งสองงานนี้ มีวัตถุประสงค์ของการศึกษา คือ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมและมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด นอกจากนี้ Iman และคณะ ปี ค.ศ.2014 [6] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการนำทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อค้นหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์จากศูนย์คัดแยกไปรษณีย์ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในประเทศแคนาดาที่เหมาะสม ในแต่ละช่วงเวลาที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

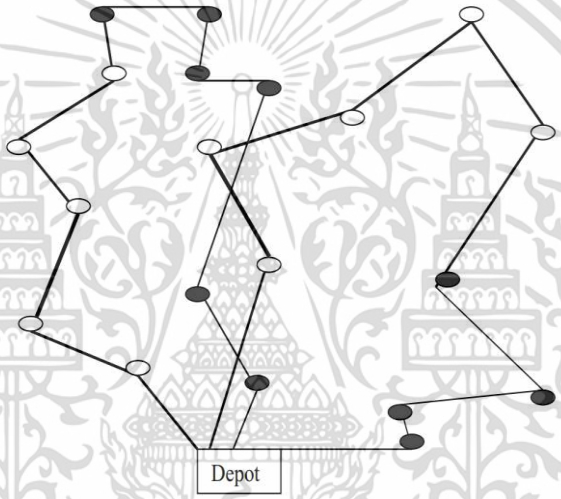
การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา สามารถใช้แนวคิดและแนวทางการวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์เหมือนกับในงานวิจัย [3]-[6] ที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งหนึ่งเส้นทาง และหาเส้นทางการเดินสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาอีกหนึ่งเส้นทาง แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดดังกล่าวอาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากในการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีต้องการให้รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ในเที่ยวขากลับ เพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่า (Empty Haul) กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem:VRP) เป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อการจัดการโลจิสติกส์ และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากการดำเนินธุรกิจในทุกอุตสาหกรรมมักมีความเกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าและการให้บริการ เช่น การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งวัสดุก่อสร้าง [7] การจัดเส้นทางการเดินรถในการอพยพเมื่อเกิดอุทกภัย [8] เป็นต้น ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ คือ การกำหนดเส้นทางการเดินรถในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังตำแหน่งของลูกค้าที่กระจายตามจุดต่างๆที่เหมาะสม ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจและมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง จนทำให้มีการขยายขอบเขตการศึกษามากขึ้น โดยการเพิ่มเงื่อนไขและข้อจำกัดจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบดั้งเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง จึงส่งผลให้เกิดประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมากมาย อาทิเช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ (Capacitated Vehicle Routing Problem:CVRP) ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows:VRPTW) และ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ (Vehicle Routing Problem with Backhauls:VRPB) เป็นต้น

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เป็นหนึ่งในปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ที่เป็นส่วนขยายของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุของยานพาหนะ ที่กลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการจากศูนย์กระจายสินค้า ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก เป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า (Linehauls) กลุ่มสอง เป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า (Backhauls) ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ คือ การค้นหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม ในการให้บริการการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละรายในเที่ยวขาไป และ การค้นหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม ในการให้บริการรวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าในเที่ยวขากลับ โดยใช้ยานพาหนะคันเดียวกัน และยานหาพาหนะแต่ละคันมีความจุเท่ากัน (Homogenous Capacity) นอกจากนี้ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ยัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ได้มีการกำหนดเงื่อนไขพิเศษในการรับ-ส่งสินค้าในแต่ละเส้นทาง เพิ่มเติมอีกว่า เส้นทางการเดินรถในทุกเส้นทางจะต้องให้บริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นการให้บริการในการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าได้ ซึ่งปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ สามารถแสดงตัวอย่างของปัญหาในรูปที่ 1.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ถูกนำไปประยุกต์ใช้ใช้ในหลายๆกิจกรรม อาทิเช่น การกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งเครื่องดื่มจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้าแต่ละราย และกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมขวดเปล่าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังโรงงานในเที่ยวขากลับ เพื่อนำมาบรรจุใหม่และส่งต่อในครั้งถัดไป [9] หรือ การให้บริการในการรวบรวมสินค้าในเที่ยวขากลับของบริษัทขนส่ง หลังจากการให้บริการในการขนส่งสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ และเพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่ากลับมายังบริษัท เป็นต้น [10]



รูปที่ 1.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ
ที่มา: Hassan Ghaziri และ Ibrahim H. Osman [2]

จากสมมติฐานของปัญหาและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ที่ได้กล่าวไปข้างต้น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา มีแนวโน้มที่จะเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลองของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี โดยการนำทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เข้ามาประยุกต์ใช้ ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อส่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเที่ยวขาไป และหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในเที่ยวขากลับที่เหมาะสมและมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด อีกทั้งเพื่อสร้างกรอบแนวความคิดและเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งไปรษณีย์ ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1. เพื่อศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเที่ยวขาไป และหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในเที่ยวขากลับที่เหมาะสมและมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด
2. เพื่อศึกษาและหาจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม สำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเที่ยวขาไป และสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในเที่ยวขากลับ
3. เพื่อนำเสนอกรอบแนวความคิดและเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด

1.3 ขอบเขตของการศึกษา

1. ศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ เฉพาะที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีเท่านั้น
2. ศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ เฉพาะที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในสายขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ขนาดระวางบรรทุกเท่ากับ 10 ตัน เท่านั้น
3. เก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณงานที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในช่วงวันที่ 1-31 สิงหาคม ค.ศ. 2020 รวมไปถึง เงื่อนไขและข้อกำหนดต่างๆ ที่นำมาใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ข้อมูลต้นทุนขนส่งไปรษณีย์ จะเป็นข้อมูลในปี ค.ศ. 2020
4. ศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ โดยไม่คำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการเดินทางและเวลาในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

1.4 ขั้นตอนการดำเนินงาน

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานของการศึกษาในครั้งนี้ จะมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ศึกษาและกำหนดลักษณะปัญหาการขนส่งไปรษณีย์ ข้อมูลทั่วไป ที่ทำการไปรษณีย์ การจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบัน ประเภทของไปรษณีย์ และต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์
2. ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ ทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถและวิธีการหาคำตอบ ประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ
3. สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และพิจารณาผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
4. เลือกวิธีในการหาคำตอบที่เหมาะสมกับปัญหา
5. หาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ทั้งในเที่ยวขาไป-เที่ยวขากลับที่เหมาะสม คำนวณต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์จากเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่สามารถหาได้
6. วิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ระหว่าง เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน กับเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากการประยุกต์ใช้แนวคิดที่นำเสนอ
7. สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา ซึ่งจะประกอบไปด้วยหัวข้อหลักทั้งหมด 5 หัวข้อ ดังนี้ หัวข้อแรกจะเป็นการนำเสนอถึงระบบงานและเครือข่ายไปรษณีย์ ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด รวมไปถึงเงื่อนไขในการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ ส่วนในหัวข้อที่สอง จะนำเสนอถึงทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ รวมไปถึงวิธีการหาคำตอบ ส่วนในหัวข้อที่สาม จะนำเสนอถึงทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับที่ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษาและหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม และหัวข้อที่สี่ จะนำเสนอถึงงานวิจัยที่เกี่ยวกับข้องกับการศึกษา และ หัวข้อสุดท้ายจะนำเสนอถึง บทสรุปที่ได้จากการทบทวนทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ระบบงานและเครือข่ายไปรษณีย์

2.1.2 เครือข่ายไปรษณีย์

2.1.2.1 สำนักงานไปรษณีย์เขต

“สำนักงานไปรษณีย์เขต” คือ รูปแบบการบังคับบัญชาของระบบงานไปรษณีย์ภูมิภาคของบริษัท ไปรณีย์ไทย จำกัด ซึ่งปัจจุบันแบ่งออกเป็นทั้งหมด 10 เขต โดยแต่ละเขตมีผู้บังคับบัญชาสูงสุด คือ ผู้จัดการฝ่าย มีอำนาจหน้าที่ในการดูแลและควบคุมระบบงานไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยและเหมาะสม นอกจากนี้ยังมีหน้าที่ในการวางแผน ปรับปรุงและพัฒนาระบบงานไปรษณีย์ให้สามารถตอบสนองต่อผู้ใช้บริการและนโยบายจากผู้บริหารระดับสูง สำหรับ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีที่กล่าวถึงในการศึกษาครั้งนี้จะอยู่ภายใต้ความรับผิดชอบของ “สำนักงานไปรษณีย์เขต 2”

2.1.2.2 ที่ทำการไปรษณีย์

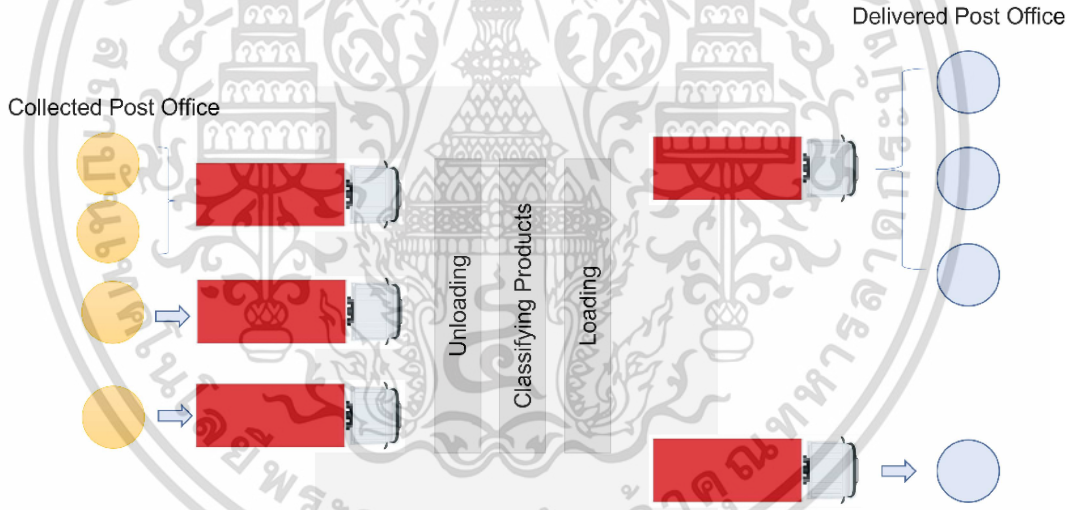
“ที่ทำการไปรษณีย์” หมายความตลอดถึงโรงเรือน สิ่งปลูกสร้าง ห้องยานพาหนะ หรือสถานที่ทุกแห่งที่ใช้เป็นที่ทำการไปรษณีย์ (พระราชบัญญัติไปรษณีย์ พุทธศักราช 2477) ซึ่งในประเทศไทยภายใต้การดำเนินงานของ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ได้แบ่งที่ทำการไปรษณีย์ออกเป็นประเภทต่างๆ ดังนี้ [11]

- ที่ทำการไปรษณีย์รับ-จ่าย 1,200 แห่ง
- ที่ทำการรับฝาก 216 แห่ง
- ที่ทำการไปรษณีย์สาขา 5 แห่ง
- ที่ทำการไปรษณีย์รถยนต์ 53 แห่ง
- ศูนย์รับฝากไปรษณีย์จำนวนมาก 6 แห่ง
- ศูนย์ไปรษณีย์ 19 แห่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.3 ศูนย์ไปรษณีย์

“ศูนย์ไปรษณีย์” คือ หน่วยงานหนึ่งภายใต้ระบบเครือข่ายไปรษณีย์ ที่มีหน้าที่หลักในการรวบรวม คัดแยก และส่งต่อไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ภายในพื้นที่รับผิดชอบ ไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่น ในทางกลับกันก็รับไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์อื่นมาคัดแยก และ ส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบด้วยเช่นเดียวกัน [12] ซึ่งจากที่กล่าวมาข้างต้น ศูนย์ไปรษณีย์ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด จะมีลักษณะการขนส่งสินค้าแบบ Cross-Docking นั่นคือ ใช้ศูนย์ไปรษณีย์เป็นสถานที่ในการเปลี่ยนถ่ายยานพาหนะ และนำพัสดุไปรษณีย์ที่ได้จากการรวบรวม หรือ ที่ได้รับจากศูนย์ไปรษณีย์อื่น ไปคัดแยกและส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ตามจุดหมายปลายทางที่กำหนด นอกจากนี้จะไม่มีการเก็บสิ่งของค้างไว้ที่ศูนย์ไปรษณีย์ หรือโดยทั่วไปอาจจะมีสิ่งของพักไว้ที่ศูนย์ไปรษณีย์ได้ไม่เกิน 1 วัน ซึ่งรูปแบบการทำงานลักษณะแบบนี้ จะสอดคล้องกับการดำเนินงานด้านไปรษณีย์ ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่ไม่มีความจำเป็นในการเก็บรักษาสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ แต่ต้องจัดส่งถึงผู้รับให้โดยเร็วที่สุด สำหรับการดำเนินงานของหน่วยงานศูนย์ไปรษณีย์ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด สามารถอธิบายและแสดงภาพตัวอย่างการดำเนินงานได้จากหลักการการส่งสินค้าผ่านคลัง ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ระบบการขนส่งสินค้าแบบ Cross-Docking ของ ศูนย์ไปรษณีย์ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด
ที่มา : ดัดแปลงจาก Afrouz R. และคณะ ปี ค.ศ. 2018 [13]

สำหรับขั้นตอนการดำเนินงานของศูนย์ไปรษณีย์จะเริ่มต้นจาก ศูนย์ไปรษณีย์จะคัดแยกไปรษณีย์และรวบรวมไว้ที่ลานขนถ่าย จากนั้นจะโหลดขึ้นรถขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง ตามที่ศูนย์ไปรษณีย์กำหนด เพื่อส่งต่อไปรษณีย์ให้กับที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งตามที่ได้คัดแยกเอาไว้ และเมื่อพัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดถูกส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ปลายทางเรียบร้อยแล้ว รถไปรษณีย์ทุกคันของในทุกเส้นทางจะทำการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ทั้งหมดจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเส้นทางเดิมและขนกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ เพื่อนำไปคัดแยกไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.2.4 การกำหนดเส้นทางการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์

“เส้นทางขนส่งไปรษณีย์” หมายถึง เส้นทางการเดินรถที่ผู้ตราส่งกำหนดให้รถยนต์เดินทางไปส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเที่ยวขาไป และรวบรวมไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ในเที่ยวขากลับ ภายในระยะเวลาตามที่ผู้ตราส่งกำหนด ซึ่งผู้ตราส่งในที่นี้ หมายถึง ศูนย์ไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ซึ่งในการกำหนดเส้นทางการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ได้กำหนดเงื่อนไขสำหรับการกำหนดเส้นทางเดินรถการขนส่งไปรษณีย์เอาไว้ดังนี้

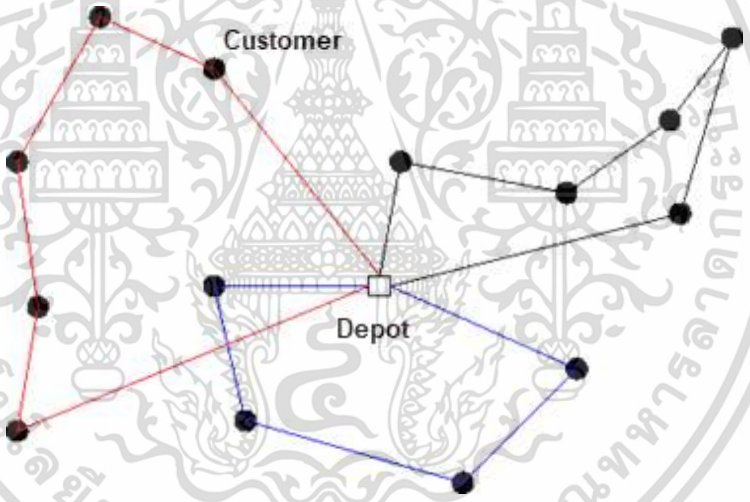
1. ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่ง จะต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์เท่ากับ 1 ครั้ง
2. ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่ง จะต้องได้รับบริการในการรวบรวมไปรษณีย์ กลับมา ยังศูนย์ไปรษณีย์เท่ากับ 1 ครั้ง
3. เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ทุกเส้นทาง จะต้องให้บริการในการส่งต่อไปรษณีย์ให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นให้บริการในการรวบรวมไปรษณีย์ หลังจากที่ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ได้
4. ผลรวมของน้ำหนักไปรษณีย์ทั้งหมดทั้งในเที่ยวขาไป และในเที่ยวขากลับ ต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์
5. เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ ของรถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันและทุกเส้นทาง จะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์ไปรษณีย์เท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

2.2.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อการจัดการโลจิสติกส์ และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากการดำเนินธุรกิจในทุกอุตสาหกรรมมักมีความเกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าและการให้บริการ เช่น การจัดเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้าง [7] การจัดเส้นทางการเดินรถในการอพยพเมื่อเกิดอุทกภัย [8] หรือ การจัดเส้นทางการเดินรถในการเก็บของเสียรอบเมือง [14] เป็นต้น ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ คือ การค้นหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังตำแหน่งของลูกค้าที่กระจายตามจุดต่างๆที่เหมาะสมที่สุด โดยให้มีระยะทางรวมหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุด นอกจากนี้ เส้นทางแต่ละเส้นทางต้อง ต้องมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้ 1. เส้นทางทุกเส้นทางต้องมีจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดที่จุดกระจายสินค้า 2. ลูกค้าแต่ละรายต้องได้รับการบริการจากรถขนส่งสินค้าคันเดียวเท่านั้น และ 3. ปริมาณความต้องการสินค้าของลูกค้าที่ได้รับบริการจากรถขนส่งสินค้าต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะแต่ละคัน ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.2 ตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP)
ที่มา : ดัดแปลงจาก Oscar และ คณะ ปี ค.ศ.2018

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ มีจุดเริ่มต้นมาจากการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางของพนักงานขาย (Travelling Salesman Problem: TSP) ของ Dantzig และ Ramser ในปี ค.ศ. 1959 ซึ่งพวกเขาได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีการแก้ปัญหา เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางของพนักงานขาย และอีกไม่กี่ปีต่อมา Clark และ Wright ได้ศึกษาและพัฒนางานวิจัยดังกล่าว โดยการเพิ่มเงื่อนไขต่างๆและได้นำเสนอวิธีแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถด้วยวิธีการฮิวริสติกส์ [15] ซึ่งหลังจากการศึกษาจากงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น ส่งผลให้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ได้รับความนิยมและมีการวิจัยอย่างต่อเนื่องในหลายงานวิจัย จนทำให้มีการขยายขอบเขตการศึกษา โดยการเพิ่มเงื่อนไขและข้อจำกัดจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบดั้งเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในการดำรงชีวิตประจำวัน อาทิเช่น ข้อจำกัดด้านความจุ ข้อจำกัดด้านเวลา เป็นต้น

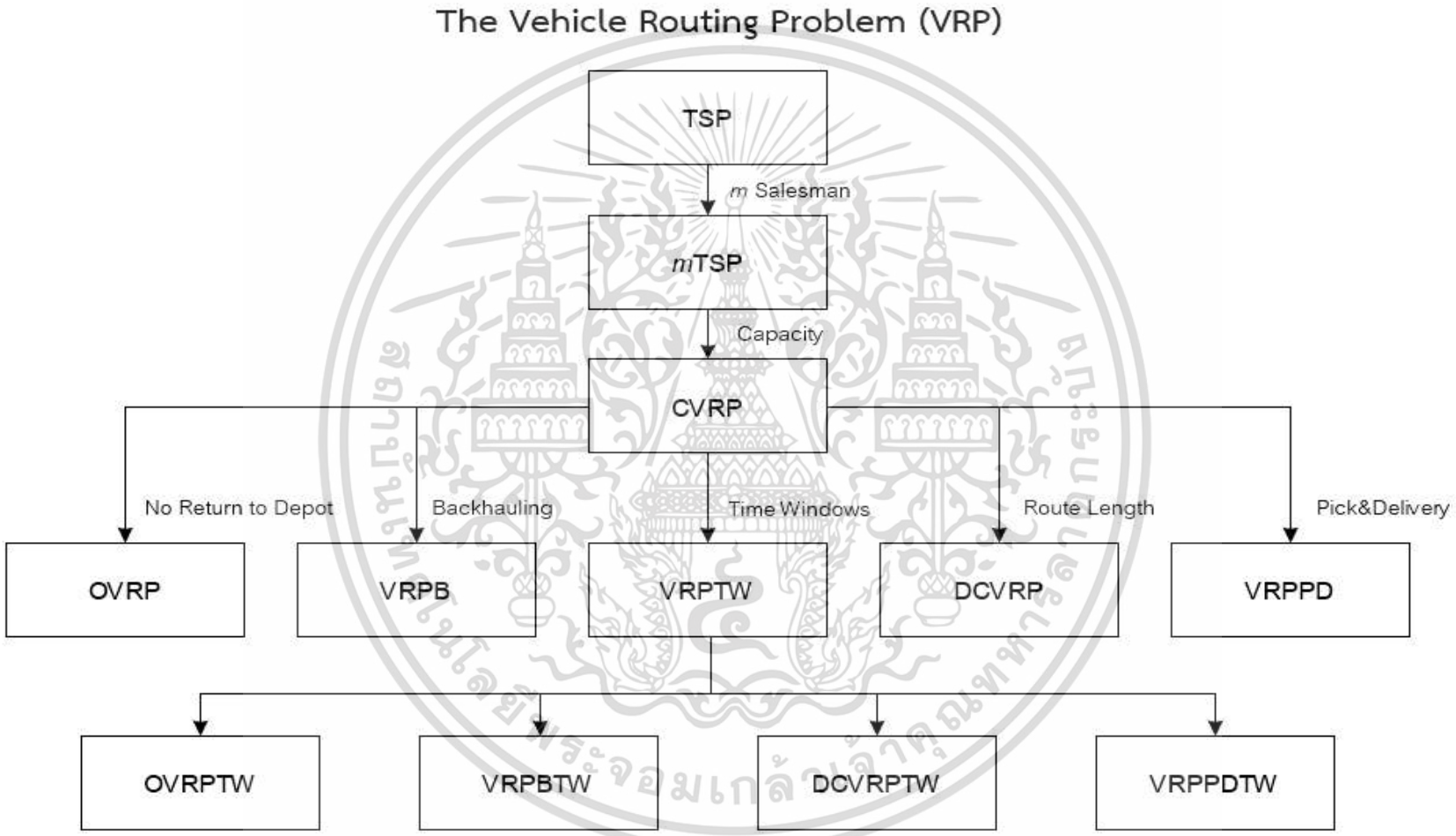
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 ข้อจำกัด และ ลักษณะปัญหา ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

ลำดับ	ลักษณะปัญหา	ทางเลือก/ข้อจำกัด
1	จำนวนของยานพาหนะ (Fleet)	- จำนวน 1 คัน - จำนวนหลายคัน
2	ประเภทของยานพาหนะ (Vehicle Type)	- ยานพาหนะประเภทเดียวกัน - ยานพาหนะหลายประเภท
3	จำนวนจุดเริ่มต้น (Number of Origins)	- จำนวน 1 แห่ง - จำนวนหลายคัน
4	ลักษณะความต้องการลูกค้า (Demand)	- ความต้องการลูกค้าที่แน่นอน - ความต้องการลูกค้าที่ไม่แน่นอน - ความต้องการลูกค้าที่สามารถจัดส่งได้เพียงบางส่วน
5	ความจุของยานพาหนะ (Capacity)	- ความจุยานพาหนะเท่ากัน - ความจุยานพาหนะไม่เท่ากัน - ความจุยานพาหนะไม่จำกัด
6	เวลาในการขนส่งที่ยอมให้มากที่สุด (Maximum Route Time)	- เวลาในการขนส่งเท่ากัน - เวลาในการขนส่งไม่เท่ากัน - เวลาในการขนส่งไม่จำกัด
7	การดำเนินงานของยานพาหนะ (Operation)	- รับอย่างเดียว - ส่งอย่างเดียว - รับ และ ส่ง / ส่ง และ รับ - รับ หรือ ส่ง / ส่ง หรือ รับ - กลับ/ไม่กลับ มายัง ศูนย์กระจายสินค้า
8	ต้นทุนการขนส่ง (Transportation Cost)	- ต้นทุนคงที่ - ต้นทุนแปรผัน
9	วัตถุประสงค์ (Objective)	- ค่าใช้จ่ายของเส้นทางรวมน้อยที่สุด - ต้นทุนคงที่/แปรผัน รวมกัน น้อยที่สุด - จำนวนรถที่ต้องการน้อยที่สุด - ใช้ประโยชน์ทรัพยากรที่มีอยู่ให้มากที่สุด - สามารถรองรับความต้องการของลูกค้าให้ได้มากที่สุด

ที่มา : Toth และ Vigo ปี ค.ศ. 2014 [16]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ตัวอย่างประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

ที่มา : ดัดแปลงจาก Semih และ คณะ ปี ค.ศ.2012 [17]

2.2.2 นิยามปัญหาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.2.2.1 นิยามปัญหา

จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ (Capacitated vehicle routing problem: CVRP) ถือได้ว่าเป็นปัญหาที่พัฒนามาจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบดั้งเดิม ดังนั้น นิยามปัญหาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ จึงสามารถอธิบายได้จากนิยามปัญหาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ ได้ดังนี้

กำหนด $G=(V,E)$ เป็นกราฟที่ไม่มีทิศทาง ที่ $V=\{0,1,...,n\}$ โดยที่ V แทนจุดของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า และ 0 แทนจุดของศูนย์กระจายสินค้า ในขณะที่ E แทนเซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่างจุดของลูกค้าแต่ละจุด และในแต่ละเส้นเชื่อมระหว่างจุดของลูกค้าแต่ละจุดที่เป็นได้ทั้งหมดจะมีสัมประสิทธิ์ c_{ij} หรือ d_{ij} ที่แทนต้นทุนหรือระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังจุดของลูกค้าแต่ละจุด j หรือจากจุดลูกค้า i ไปยังลูกค้า j ตามลำดับ นอกจากนี้ กำหนดให้ ลูกค้าแต่ละจุดจะมีจำนวนสิ่งของที่ต้องได้รับการส่งต่อจากศูนย์กระจายสินค้า เท่ากับ d_j และจำนวนจำนวนสิ่งของเริ่มต้นที่ศูนย์กระจายสินค้ามีค่าเท่ากับ $d_0=0$ นอกจากนี้ กำหนดให้ มีเซตของกลุ่มของยานพาหนะขนาดเดียวกัน (Homogenous Fleet) ที่ใช้ในการขนส่งสินค้าทั้งหมด K คัน และยานพาหนะทุกคัน จะมีขนาดความจุของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้าเท่ากับ Q

สำหรับวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ คือ การค้นหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังตำแหน่งของลูกค้าที่กระจายตามจุดต่างๆที่เหมาะสมที่สุด โดยให้มีระยะทางรวมหรือค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่ต่ำที่สุด นอกจากนี้ เส้นทางแต่ละเส้นทางต้อง ต้องมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

1. เส้นทางการเดินรถทุกเส้นทางจะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า
2. รถขนส่งสินค้าแต่ละคันสามารถมีเส้นทางการเดินรถได้เพียงแค่หนึ่งเส้นทางเท่านั้น
3. ลูกค้าแต่ละสามารถมีรถขนส่งสินค้าไปส่งสินค้าได้เพียงแค่คันเดียว
4. จำนวนสินค้าทั้งหมดที่บรรทุกจากศูนย์กระจายสินค้าเพื่อไปส่งสินค้ายังลูกค้าแต่ละรายจะต้องไม่เกินความสามารถในการขนส่งสินค้าของรถคันนั้นตามที่กำหนด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ สามารถอธิบายและอ้างอิงได้จากงานวิจัยของ Toth และ Vigo [18] ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจะสามารถอธิบายในรูปของสูตรโปรแกรมจำนวนเต็มแบบเชิงเส้น ได้ดังนี้

สมการวัตถุประสงค์:

$$Minimize\ Z = \sum_{i \in V} \sum_{j \in V} c_{ij} x_{ij} \tag{2.1}$$

เงื่อนไขบังคับ:

$$\sum_{i \in V} x_{ij} = 1 \qquad j \in V \setminus \{0\} \tag{2.2}$$

$$\sum_{j \in V} x_{ij} = 1 \qquad i \in V \setminus \{0\} \tag{2.3}$$

$$\sum_{i \in V} x_{i0} = K \tag{2.4}$$

$$\sum_{j \in V} x_{0j} = K \tag{2.5}$$

$$\sum_{i \in S} \sum_{j \in S} x_{ij} \leq |S| - r(S) \qquad S \in F \tag{2.6}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad (i,j) \in V \tag{2.7}$$

สมการที่ (2.1) เป็นสมการวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สมการที่ (2.2) และ (2.3) เป็นเงื่อนไขบังคับเพื่อเป็นการรับประกันว่าลูกค้าแต่ละรายละจะได้รับบริการในการขนส่งจากศูนย์กระจายสินค้า สมการที่ (2.4) และ (2.5) เป็นเงื่อนไขบังคับที่รับประกันว่าเส้นทางการเดินรถทุกเส้นทางจะเริ่มและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า และ เป็นเงื่อนไขที่รับประกันว่าจำนวนเส้นทางที่เลือกจะต้องมีค่าเท่ากันจำนวนยานพาหนะ K คัน สมการที่ (2.6) เป็นเงื่อนไขเพื่อป้องไม่ให้เกิดทัวร์ย่อย (Sub-Tour) และ สมการที่ (2.8) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ

2.3.1 ที่มาและความสำคัญ

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ (Vehicle Routing Problem with Backhauls: VRPB) เป็นส่วนขยายของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ที่กลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการจากศูนย์กระจายสินค้า ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก เป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า (Linehauls) กลุ่มสอง เป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า (Backhauls) ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ คือ การกำหนดเส้นทางการเดินรถและลำดับการขนส่งที่เหมาะสม ให้กับรถขนส่งสินค้าแต่ละคัน ในการให้บริการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า ไปยังลูกค้าแต่ละรายในเที่ยวขาไป และกำหนดเส้นทางการเดินรถและลำดับการขนส่งที่เหมาะสม ในการให้บริการรวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าในเที่ยวขากลับ โดยใช้ยานพาหนะคันเดิมนอกจากนี้ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ยังได้มีการกำหนดเงื่อนไขพิเศษในการรับ-ส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางเพิ่มเติมอีกว่า เส้นทางการเดินรถในทุกเส้นทางจะต้องให้บริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า ให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นการให้บริการในการรับมอบสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าได้ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆกิจกรรม อาทิเช่น การกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งเครื่องดื่มจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้าแต่ละราย และกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมขวดเปล่าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังโรงงานในเที่ยวขากลับเพื่อนำมาบรรจุใหม่และส่งต่อในครั้งถัดไป [9] หรือ การให้บริการในการรวบรวมสินค้าในเที่ยวขากลับของบริษัทขนส่ง หลังจากการให้บริการในการขนส่งสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ และเพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่า กลับมายังบริษัท เป็นต้น [10]

2.3.2 นิยามปัญหาและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

2.3.2.1 นิยามปัญหา

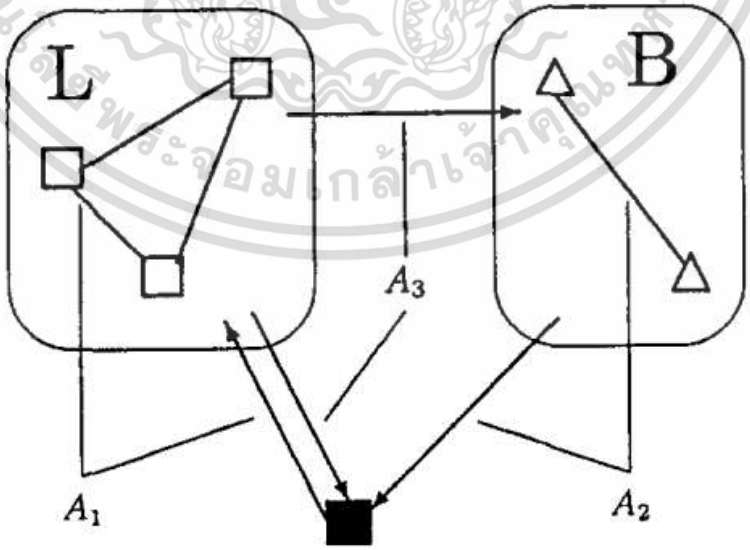
ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ สามารถอธิบายและนิยามปัญหาเพื่อนำใช้ในไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้จากหลักการและทฤษฎีของกราฟ ได้ดังนี้ [23] กำหนดให้ $G=(V,A)$ เป็นกราฟที่ไม่มีทิศทาง ที่ $V=\{L\cup B\cup 0\}$ โดยที่ $L=\{1,...,n\}$ แทนกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า และ $B=\{n+1,...,n+m\}$ แทนกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการรับหรือรวบรวมสินค้า กลับมายังศูนย์กระจายสินค้า และ 0 แทนจุดศูนย์กระจายสินค้า ตามลำดับ นอกจากนี้ $A=\{(i,j);i,j\in V,i\neq j\}$ แทนเซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่างจุดของลูกค้าแต่ละจุด และในแต่ละเส้นเชื่อมระหว่างจุดของลูกค้าแต่ละจุดที่เป็นได้ทั้งหมดจะมีสัมประสิทธิ์ c_{ij} ที่แทนต้นทุนที่ใช้ในการเดินทางจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังจุดของลูกค้าแต่ละจุด j หรือแทนต้นทุนที่ใช้ในการเดินทางจากจุดลูกค้า i ไปยังลูกค้า j ตามลำดับ นอกจากนี้ในเที่ยวขาไปลูกค้าแต่ละจุดจะมีจำนวน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งของที่ต้องได้รับการส่งต่อจากศูนย์กระจายสินค้า เท่ากับ d_j และในเที่ยวขากลับจะมีจำนวนสิ่งของที่ต้องได้รับการรวบรวม จากลูกค้าในแต่ละจุดกลับมายังศูนย์กระจายสินค้า เท่ากับ p_j และมีกลุ่มของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งสินค้าทั้งหมด K คัน และยานพาหนะทุกคัน จะมีขนาดระขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกที่ใช้ในการการส่งต่อ-รวมรวมสินค้าเท่ากับ Q ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ คือ การกำหนดเส้นทางการเดินรถและลำดับการขนส่งให้กับรถขนส่งสินค้าแต่ละคัน โดยที่แต่ละเส้นทางการเดินรถต้องมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้ 1. เส้นทางการเดินรถทุกเส้นทางจะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า 2.รถขนส่งสินค้าแต่ละคัน สามารถมีเส้นทางการเดินรถได้เพียงแค่หนึ่งเส้นทางเท่านั้น 3. ลูกค้าแต่ละสามารถมีรถขนส่งสินค้าไปส่งหรือรวบรวมสินค้าได้เพียงแค่คันเดียว 4. เส้นทางการเดินรถในทุกเส้นทางจะต้องให้บริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า ให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นการให้บริการในการรับมอบสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าได้ 5. จำนวนสินค้าทั้งหมดที่บรรทุกไปส่ง-รวบรวมจากลูกค้าแต่ละรายในแต่ละเส้นทางจะต้องไม่เกินความสามารถในการขนส่งสินค้าของรถคันนั้น 6. ต้นทุนหรือระยะทางรวมในการขนส่งสินค้าจะต้องมีค่าต่ำที่สุด และ 7. เส้นทางการเดินรถในทุกเส้นทางจะต้องประกอบด้วยจุดของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าอย่างน้อยหนึ่งจุด และในทุกเส้นทางไม่สามารถมีเฉพาะเพียงแค่จุดของลูกค้าที่ต้องได้รับการบริการในรวบรวมสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าได้

2.3.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับสามารถอธิบายและอ้างอิงได้จากงานวิจัยของ Toth และ Vigo [24] ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวจะสามารถอธิบายในรูปของสูตรโปรแกรมจำนวนเต็มแบบเชิงเส้น ได้ดังนี้



รูปที่ 2.4 เซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ
ที่มา : Toth และ Vigo ปี ค.ศ.1997 [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ $\overline{G}=(\overline{V},\overline{A})$ เป็นกราฟที่มีทิศทาง ที่ $\overline{V}=V$ แทนจุดแต่ละจุดบนกราฟ และ $\overline{A}$ แทนเซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่างจุดแต่ละจุด โดยที่ $\overline{A}=A_1\cup A_2\cup A_3$ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.1 ซึ่ง $A_1=\{(i,j)\in A: i\in L_0, j\in L\}$, $A_2=\{(i,j)\in A: i\in B, j\in B_0\}$ และ $A_3=\{(i,j)\in A: i\in L, j\in B_0\}$ โดยที่ $L_0=L\cup\{0\}$ และ $B_0=B\cup\{0\}$ ถัดไป กำหนดให้ $F=L'\cup B'$ โดยที่ L' และ B' เป็นสับเซตของจุดในเซต L และ B ตามลำดับ และจำนวนยานพาหนะที่น้อยที่สุดที่ใช้ในการให้บริการลูกค้า $S\subseteq F$ จะมีค่าเท่ากับ $r(S)$ และ กำหนดให้ $\Delta_i^+=\{j:(i,j)\in\overline{A}, i\in V\}$ และ $\Delta_i^-=\{j:(j,i)\in\overline{A}, i\in V\}$ นอกจากนี้ กำหนดให้ x_{ij} มีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเดินทางจาก i ไปยัง j บนเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดที่ $(i,j)\in A$

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับในรูปของโปรแกรมจำนวนเต็มแบบเชิงเส้น (Integer Linear Programming) จากงานวิจัยของ Toth และ Vigo [11] สามารถเขียนได้ดังนี้

<u>สมการวัตถุประสงค์:</u>

$$Minimize\ Z=\sum_{(i,j)\in\overline{A}}c_{ij}x_{ij} \tag{2.1}$$

<u>เงื่อนไขบังคับ:</u>

$$\sum_{i\in\Delta_j^-}x_{ij}=1 \qquad j\in\overline{V}\setminus\{0\} \tag{2.2}$$

$$\sum_{i\in\Delta_i^+}x_{ij}=1 \qquad i\in\overline{V}\setminus\{0\} \tag{2.3}$$

$$\sum_{j\in\Delta_0^-}x_{i0}=K \tag{2.4}$$

$$\sum_{i\in\Delta_0^-}x_{i0}=K \tag{2.5}$$

$$\sum_{j\in S}\sum_{i\in\Delta_j^-\setminus S}x_{ij}\geq r(S) \qquad S\in F \tag{2.6}$$

$$\sum_{i\in S}\sum_{j\in\Delta_j^+\setminus S}x_{ij}\geq r(S) \qquad S\in F \tag{2.7}$$

$$x_{ij}\in\{0,1\} \qquad (i,j)\in\overline{A} \tag{2.8}$$

สมการที่ (2.1) เป็นสมการวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สมการที่ (2.2) และ (2.3) เป็นเงื่อนไขบังคับเพื่อเป็นการรับประกันว่าลูกค้าแต่ละรายละจะได้รับบริการในการขนส่งและรวบรวมสินค้า สมการที่ (2.4) และ (2.5) เป็นเงื่อนไขบังคับที่รับประกันว่าเส้นทางการเดินรถทุกเส้นทางจะเริ่มและสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า สมการที่ (2.6) และ (2.7) เป็นเงื่อนไขบังคับเพื่อเป็นการรับประกันว่าเมื่อเดินทางมายังลูกค้าจุดหนึ่งต้องออกจากจุดดังกล่าวและเดินทางไปยังจุดอื่น และ จะต้องไม่เกินความสามารถในการบรรทุกของรถบรรทุกคันดังกล่าว และ สมการที่ (2.8) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเดินทางจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับในรูปของโปรแกรมจำนวนเต็มแบบเชิงเส้นแล้ว ยังสามารถเขียนและอธิบายในรูปของแบบจำลองการแบ่งเซต (Set Partitioning Model) ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว สามารถอธิบายและอ้างอิงได้จากงานวิจัยของ Mingozzi และคณะ [25] ได้ดังนี้

กำหนดให้ $\overline{G} = G_L \cup G_B$ โดยที่ $G_L = (L_0, A_1)$ และ $G_B = (B_0, A_2)$ เป็นกราฟที่แทนเส้นทางและจุดของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้า ตามลำดับ ซึ่งเส้นทางเริ่มต้น P ที่เป็นไปในกราฟ G_L ที่เริ่มต้นจากศูนย์กระจายสินค้า และเส้นทางสุดท้าย P' ที่ไปสิ้นสุดที่ศูนย์กระจายสินค้า ที่เป็นไปได้ในกราฟ G_B จะเป็นไปได้ก็ต่อเมื่อ เมื่อจำนวนความต้องการสินค้ารวมในเส้นทางดังกล่าวอยู่ภายใต้เงื่อนไขอสมการดังต่อไปนี้

$$C^L_{\min} \le \sum_{j \in P} d_j \le C \tag{2.9}$$

$$C^B_{\min} \le \sum_{j \in P} d_j \le C \tag{2.10}$$

โดยที่ $C^L_{\min}$ คือ จำนวนความต้องการรวมที่น้อยที่สุดของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าของในแต่ละเส้นทางที่เป็นไปได้ และ $C^B_{\min}$ คือ จำนวนความต้องการรวมที่น้อยที่สุดของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการรวบรวมสินค้าของในแต่ละเส้นทางที่เป็นไปได้ ซึ่ง $C^L_{\min}$ และ $C^B_{\min}$ สามารถคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

$$C^L_{\min} = \max\left\{0, \sum_{j \in L} d_j - (K-1)C\right\} \tag{2.11}$$

$$C^B_{\min} = \max\left\{0, \sum_{j \in B} d_j - (K-1)C\right\} \tag{2.12}$$

ซึ่งเซตของเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดในกราฟ G_L จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ L' และกำหนดให้ $L'_i \subseteq L'$ แทนสับเซตของเส้นทางทั้งหมดที่ผ่านลูกค้า $i \in L$ และ กำหนดให้ $L'^E_i \subseteq L'$ แทนสับเซตของเส้นทางทั้งหมดที่มีจุดสิ้นสุดที่ลูกค้า $i \in L$ ในทำนองเดียวกัน เซตของเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมดในกราฟ G_B จะกำหนดให้มีค่าเท่ากับ B' และ กำหนดให้ $B'_i \subseteq B'$ แทนสับเซตของเส้นทางทั้งหมดที่ผ่านลูกค้า $i \in B$ และ กำหนดให้ $B'^E_i \subseteq B'$ แทนสับเซตของเส้นทางทั้งหมดที่มีจุดสิ้นสุดที่ลูกค้า $i \in B$ นอกจากนี้ กำหนดให้ $\bar{c}(l)$ แทนต้นทุนการขนส่งทั้งหมดบนเส้นทาง $P_l(l \in (L' \cup B'))$ และสุดท้ายกำหนดให้ x_l, y_l และ ξ_{ij} มีค่าเท่ากับ 1 ถ้าเส้นทาง $l \in L'$, $l' \in B'$ และเส้นเชื่อม $(i,j) \in A_3$ นั้นถูกเลือก ตามลำดับ

จากคำอธิบายที่ได้กล่าวมาข้างต้น ดังนั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในรูปของแบบจำลองการแบ่งเซต (Set Partitioning Model) จากงานวิจัยของ Mingozzi และคณะ [25] สามารถอธิบายได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการวัตถุประสงค์:

$$Minimize\ Z = \sum_{l \in L'} \bar{c}_l x_l + \sum_{l \in B'} \bar{c}_l x_l + \sum_{(i,j) \in A_3} c_{ij} \xi_{ij} \tag{2.13}$$

เงื่อนไขบังคับ:

$$\sum_{l \in L'_i} x_l = 1 \qquad i \in L \tag{2.14}$$

$$\sum_{i \in B'_j} y_l = 1 \qquad j \in B \tag{2.15}$$

$$\sum_{l \in L'^{E}_i} x_l - \sum_{j \in B_0} \xi_{ij} = 0 \qquad i \in L \tag{2.16}$$

$$\sum_{l \in B'^{S}_j} x_l - \sum_{i \in L} \xi_{ij} = 0 \qquad j \in B \tag{2.17}$$

$$\sum_{(i,j) \in A_0} \xi_{ij} = K \tag{2.18}$$

$$x_l \in \{0,1\} \qquad l \in L' \tag{2.19}$$

$$y_l \in \{0,1\} \qquad l \in B' \tag{2.20}$$

$$\xi_{ij} \in \{0,1\} \qquad (i,j) \in A_3 \tag{2.21}$$

สมการที่ (2.13) เป็นสมการวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สมการที่ (2.14) และ (2.15) เป็นเงื่อนไขบังคับเพื่อเป็นการรับประกันว่าเส้นทางแต่ละเส้นทางที่ผ่านลูกค้าแต่ละรายสามารถเลือกเส้นทางได้เพียง 1 เส้นทางเท่านั้น สมการที่ (2.16) เป็นเงื่อนไขบังคับที่รับประกันว่า จุดสุดท้ายของเส้นทางที่เลือกใน G_L จะต้องเป็นจุดเริ่มต้นเส้นเชื่อมในเซต A_3 ที่มีจุดเริ่มต้นเป็นจุดเดียวกันกับจุดสุดท้าย และ (2.17) เป็นเงื่อนไขบังคับที่รับประกันว่า จุดสุดท้ายของเส้นเชื่อมที่เลือกในเซต A_3 จะต้องเป็นจุดเริ่มต้นของเส้นทางที่เลือกใน G_B สมการที่ (2.18) เป็นเงื่อนไขบังคับที่รับประกันว่า จำนวนเส้นทางที่เลือกทั้งหมดจะต้องทีจำนวนเส้นทางเท่ากับ K และสมการที่ (2.19) - (2.21) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเลือกเส้นทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาในครั้งนี้ จะถูกแบ่งออกเป็น 3 หัวข้อหลัก ดังต่อไปนี้

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาคำตอบปัญการจัดเส้นทางการเดินรถ

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ

2.4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางขนส่งไปรษณีย์

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ได้ถูกศึกษาและค้นคว้าอย่างแพร่หลายในหลายงานวิจัย ซึ่งจากการทบทวนและศึกษางานวิจัยในช่วง ปี ค.ศ. 2007 – 2020 ที่ผ่านมา พบว่า แนวคิดเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จะมีตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี

Qing Song และ คณะ ปี ค.ศ. 2007 [3] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ในการขนส่งไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์ภูมิภาค ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเมืองหนึ่งของประเทศจีน ซึ่งแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวถูกสร้างขึ้นจากลักษณะการขนส่งไปรษณีย์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน สำหรับวัตถุประสงค์ในงานวิจัยนี้ คือ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม โดยให้มีต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผันในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ จะถูกนำไปแก้ปัญหาโดยใช้วิธีการหาคำตอบวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) จากนั้นนำเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอไปทดสอบด้วยวิธีการเลียนแบบ (Simulation) ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า แนวคิดดังกล่าวที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบันได้

Ji และ Chen ปี ค.ศ. 2007 [4] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ในการขนส่งไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์ภูมิภาค ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และตู้ส่งจดหมายรอบเกาะฮ่องกง ซึ่งแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม และมีต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอจะถูกนำไปแก้ปัญหาและหาคำตอบผ่านโปรแกรม CPLEX ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่าแนวคิดดังกล่าวที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบันได้

Iman และคณะ ปี ค.ศ. 2007 [6] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ในการขนส่งไปรษณีย์ จาก ศูนย์คัดแยกไปรษณีย์ ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ 99 แห่ง ในประเทศแคนาดา ตามช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ซึ่งแนวคิดดังกล่าวได้ถูกนำไปแก้ปัญหาและหาคำตอบด้วยวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสม ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า แนวคิดที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ในการสร้างเส้นทางสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ในประเทศแคนาดาได้

Weiqin W. และคณะ ปี ค.ศ.2016 [26] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการหาเส้นทางการเดินรถการที่เหมาะสม ซึ่งแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มียานพาหนะหลายประเภทและมีการขนส่งแบบเที่ยวกลับแบบผสม (Heterogenous Vehicle Routing Problem with Mixed Backhaul) เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม ซึ่งแนวคิดดังกล่าวได้ถูกนำไปทดสอบกับตัวอย่างปัญหาของ Solomon และหาคำตอบด้วยวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) เพื่อทดสอบแนวคิดที่นำเสนอ นอกจากนี้ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้นำแนวคิดดังกล่าวไปประยุกต์ใช้กับปัญหาจริงในการหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมสำหรับการขนส่งไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กลาง ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมด 84 แห่งในเมืองกวางซู ประเทศจีน ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า แนวคิดดังกล่าวสามารถลดต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์จากเดิมได้ถึง 8.12% และแนวคิดดังกล่าวยังสามารถนำไปใช้ในการกำหนดเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ในกรณีที่มีความต้องการลูกค้าที่ไม่แน่นอนได้

Sbai และ คณะ ปี ค.ศ.2020 [5] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ในการขนส่งไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กลาง ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในประเทศตูนีเซีย ซึ่งแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้นำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ในการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กลาง ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ ประเทศตูนีเซีย ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด ซึ่งแนวคิดดังกล่าวได้ถูกนำไปแก้ปัญหาและหาคำตอบด้วยการหาคำตอบที่ผสมระหว่าง วิธีการค้นหาคำตอบเพื่อนบ้านใกล้เคียงแบบแปรผัน (Variable Neighborhood Search: VNS) และ วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า แนวคิดดังกล่าวที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบันได้

จากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยเกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ พบว่า งานวิจัยส่วนใหญ่จะนำทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถประเภทต่างๆ เข้ามาประยุกต์ใช้ เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา เป็นต้น และหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมด้วยวิธีการหาคำตอบวิธีต่างๆ เช่น วิธีแม่นตรง หรือ วิธีฮิวริสติกส์ เป็นต้น ในขณะที่ก็มีงานวิจัยบางส่วนที่สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เฉพาะของปัญหานั้นขึ้นมา หรือ ประยุกต์ใช้แนวคิดอื่นๆที่เหมาะสมกับปัญหามากกว่า เพื่อหาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในตารางที่ 2.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์

ปี	ผู้เขียน	ชื่อบทความ	วิธีการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์		
			แบบจำลองทางคณิตศาสตร์	ประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ	อื่นๆ
2007	Qing S. และคณะ [3]	Genetic algorithm-based modeling and optimization of the borough postal transportation network	X		
2007	Qing S. และคณะ [27]	Optimization of postal express mail network based on swarm intelligence	X		
2007	Ji Ping และคณะ [4]	The vehicle routing problem: The case of the Hong Kong postal service		X	
2014	Iman N. และคณะ [6]	Vehicle routing with time window for regional network services-Practical modelling approach		X	
2016	Fanti M. และคณะ [28]	A Decision Support System approach for the postal delivery operations		X	
2016	Huiying C. และคณะ [29]	Optimization model of vehicle scheduling for postal region transportation		X	
2016	Weiqin W. และคณะ [26]	A label-based ant colony algorithm for heterogeneous vehicle routing with mixed backhaul (Implemented in China Post Office in Guangzhou)		X	
2019	Wang Y. และคณะ [30]	An optimization model of postal transportation network with hierarchical structure the cast study of China post			X
2020	Alexis B. และคณะ [31]	The traveling salesman problem with time windows in postal services		X	
2020	Sbai I. และคณะ [5]	Two meta-heuristics for solving the capacitated vehicle routing problem: the case of the Tunisian Post Office		X	

2.4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาคำตอบปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ เป็นหนึ่งในปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบคอมนินาทอเรียล (Combinatorial Optimization) ที่หาคำตอบที่ดีที่สุด โดยการเปรียบเทียบคำตอบ จากเซตของคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด แล้วเลือกคำตอบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาเพียงคำตอบเดียว [19] ดังนั้น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ จึงถือได้ว่าเป็นปัญหาที่มีลักษณะปัญหาที่เป็นแบบ NP-Hard เนื่องจากเป็นปัญหาที่ยากและมีความซับซ้อน ซึ่งจากการศึกษาและทบทวนงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า วิธีการในการหาคำตอบ หรือ วิธีการในการแก้ปัญหา ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบ จะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 วิธี คือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) และ วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด (Near Optimal Solution) [20]

2.4.2.1 วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด

วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด หรือ วิธีแม่นตรง (Exact Method) เป็นหนึ่งในวิธีการหาคำตอบวิธีหนึ่ง ที่มีพื้นฐานมาจากโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ ตัวอย่างเช่น โปรแกรมกำหนดการเชิงเส้น (Linear Programming) หรือ โปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) เป็นต้น ซึ่งวิธีการหาคำตอบวิธีนี้จะเป็นวิธีในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด (ค่าสูงสุด หรือ ค่าต่ำสุด) จากสมการเป้าหมายที่กำหนด ที่อยู่ภายใต้เงื่อนไขบางประการ โดยสมการเป้าหมายดังกล่าวจะต้องอยู่ในรูปของสมการเส้นตรง และเงื่อนไขบางประการที่กำหนด อาจจะอยู่ในรูปของสมการ หรือ อสมการ ก็ได้ [21] ปัจจุบัน วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด ที่นำไปใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถในหลายงานวิจัยมีอยู่หลายวิธี อาทิเช่น วิธีแตกกิ่งและกำหนดขอบเขต (Branch and Bound) วิธีแตกกิ่งและตัดส่วน (Branch-and-Cut) เป็นต้น สำหรับการหาคำตอบด้วยวิธีนี้ จะหาคำตอบที่ดีที่สุด โดยการเปรียบเทียบคำตอบทุกคำตอบที่เป็นไปได้ทั้งหมด แล้วเลือกคำตอบที่ให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดมาเพียงคำตอบเดียว ดังนั้น ในการหาคำตอบแต่ละครั้ง จึงต้องใช้เวลาในการคำนวณที่ค่อนข้างนาน หรือ อาจจะต้องใช้ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เข้ามาช่วยในการประมวลผล เพื่อให้สามารถที่จะหาคำตอบได้เร็วขึ้น ดังนั้น ในสำหรับการหาคำตอบด้วยวิธีนี้ จึงเหมาะกับการแก้ปัญหาที่มีขนาดของปัญหาที่ค่อนข้างเล็กและไม่ซับซ้อน หรือ มีจำนวนจุดของลูกค้าไม่มากนัก

2.4.2.2 วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด

วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด หรือ วิธีการหาคำตอบโดยอาศัยหลักการประมาณ (Approximation Algorithm) เป็นอีกหนึ่งวิธีของการหาคำตอบของปัญหา และ สามารถหาคำตอบได้หลายวิธี ซึ่งคำตอบที่ได้จากวิธีนี้จะเป็นคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น การหาคำตอบด้วยวิธีนี้ จะได้รับความนิยมมากกว่าวิธีการหาคำตอบวิธีแรก เนื่องจากจะใช้เวลาในการคำนวณที่น้อยกว่า และสามารถแก้ไขปัญหาที่มีขนาดใหญ่และซับซ้อนได้ดี ซึ่งจากการทบทวนและศึกษางานวิจัยที่ผ่านมา วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด จะมีวิธีการหาคำตอบอยู่ 2 วิธี คือ วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics) และ วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ (Metaheuristics) [22]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics Method)

วิธีฮิวริสติกส์ เป็นหนึ่งในวิธีการหาคำตอบที่ให้ผลลัพธ์หรือคำตอบที่ใกล้เคียงกับค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งวิธีการหาคำคำตอบวิธีนี้ เป็นแนวคิดที่ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อลดความซับซ้อนของปัญหาด้วยแนวคิดของผู้พัฒนา เพื่อประมาณหาค่าผลเฉลยที่มีคุณภาพและอยู่ในระดับที่ยอมรับได้ แม้ว่าวิธีฮิวริสติกจะได้คำตอบที่ไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุด แต่สำหรับวิธีนี้ก็มีจุดเด่นอยู่ที่ ความรวดเร็วในการคำนวณหาคำตอบ ถึงแม้จะมีขนาดของปัญหาที่ค่อนข้างใหญ่ ซึ่งปัจจุบัน วิธีฮิวริสติกที่นิยมนำมาใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับส่วนใหญ่จะมีพื้นฐานและพัฒนามาจากวิธีการสร้างคำตอบเบื้องต้น (Constructive Heuristic) อาทิเช่น วิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด (Nearest Neighbor Heuristic: NNH) วิธีกวาดเส้น (Sweep Method) วิธีเซฟวิ่งอัลกอริทึม (Saving Algorithm) หรือวิธีการแก้ปัญหาโครงข่ายด้วยวิธีการจัดกลุ่มเกณฑ์ (Clustering Algorithm) เป็นต้น

2. วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ (Metaheuristics Method)

วิธีเมต้าฮิวริสติกส์ เป็นอีกหนึ่งวิธีในการหาคำตอบที่ถูกออกแบบมาเพื่อใช้สำหรับการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดแบบคอมนินาทอเรียล (Combinatorial Optimization) ที่มีความซับซ้อน ซึ่งวิธีเมต้าฮิวริสติกส์เป็นวิธีที่ให้ประสิทธิภาพที่ดีและสามารถปรับใช้ได้กับปัญหาการหาค่าที่เหมาะสมทุกรูปแบบ วิธีเมต้าฮิวริสติกส์จะแตกต่างกับวิธีฮิวริสติกส์ธรรมดาตรงที่ วิธีฮิวริสติกส์ จะถูกออกแบบมาเพื่อแก้ปัญหาที่ซับซ้อนแบบหนึ่งๆเท่านั้น แต่เมื่อมีปัญหาใหม่เกิดขึ้น ก็จะต้องออกแบบวิธีแก้ปัญหาหรือวิธีฮิวริสติกส์แบบใหม่ทุกครั้ง ดังนั้น วิธีเมตาฮิวริสติกส์จึงเป็นวิธีในการหาคำตอบหรือแก้ปัญหาที่เหมาะสมสำหรับการแก้ปัญหาที่มีลักษณะทั่วไปและไม่ต้องพัฒนาวิธีการเฉพาะสำหรับปัญหาต่างๆ วิธีซึ่งวิธีการโดยทั่วไปของวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ คือ จะเริ่มต้นจากการสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) จากนั้นจะพัฒนาคำตอบเริ่มต้นให้ดีขึ้นไปเรื่อยๆ ด้วยหลักการในการค้นหาบางอย่าง [19] ปัจจุบันวิธีเมต้าฮิวริสติกส์ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้และการแก้ปัญหาปัญหาในด้านต่างๆในหลายวิธี อาทิเช่น วิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search: TS) วิธีการอบอ่อน (Simulated Annealing: SA) วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) วิธีการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) และวิธีการหาที่เหมาะสมแบบกลุ่มอนุภาพ (Particle Swarm Optimization: PSO) เป็นต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับจึงถือได้ว่าเป็นปัญหาแบบ NP-Hard เช่นเดียวกัน ซึ่งจากการทบทวนและศึกษางานวิจัยตั้งแต่ปี ค.ศ.1984 – 2020 พบว่า วิธีการในการหาคำตอบ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ จะแบ่งออกเป็นทั้งหมด 2 วิธี คือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และ วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งจะมีตัวอย่างงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังต่อไปนี

Deif และ คณะ ปี ค.ศ.1984 [32] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีประหยัดคลาร์กและไรท์ (Clarke and Wright Algorithm) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับและเพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมที่สุด สำหรับวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะเริ่มต้นจากการสร้างเส้นทางเริ่มต้นที่มีลูกค้าเพียงหนึ่งรายก่อน ต่อมาจะรวมเส้นทางในแต่ละจุดซ้ำๆและคำนวณค่าความประหยัดที่ได้รับในแต่ละรอบที่เกิดจากการรวมเส้นทาง ซึ่งวิธีการนี้ได้ถูกนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างปัญหาที่สร้างขึ้นจากการสุ่มตัวอย่าง และตัวอย่างปัญหาดังกล่าวมีลูกค้าทั้งหมด 300 จุด

Goetshalckc และ คณะ ปี ค.ศ. 1989 [33] ได้นำเสนอและพัฒนาวิธีฮิวริสติกส์ที่มีพื้นฐานมาจากหลักการเส้นโค้งการเติมช่องว่าง (Space Filling Curve) ของ Bartholdi และ Platzman ในปี ค.ศ. 1982 [34] เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับและหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมที่สุดซึ่งวิธีการนี้ได้ถูกนำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างปัญหา ที่มีจำนวนจุดของลูกค้าตั้งแต่ 57-150 จุด

Toth และ Vigo ปี ค.ศ. 1996 [35] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ด้วยวิธีการจัดแบ่งส่วนก่อนแล้วจัดเส้นทาง (Cluster-First, Route-Second) ซึ่งวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะเริ่มต้นจากการสร้างเส้นทางหรือผลลัพธ์ที่ไม่สามารถเป็นเป็นได้ด้วยวิธีการลากรานจ์ (Lagrangian Relaxation) เพื่อผ่อนปรนปัญหา จากนั้นหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมที่สุดจากคำตอบที่เป็นไปได้ที่เหลือทั้งหมดด้วยวิธีการเปลี่ยนตำแหน่งระหว่างเส้นทางข้างเคียงและตำแหน่งภายในเส้นทาง (Inter-route, Intra-route) ตามลำดับ ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า แนวคิดดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับได้

Toth และ Vigo ปี ค.ศ.1997 [24] ได้นำเสนอและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับด้วยวิธีแตกกิ่งและกำหนดขอบเขต (Branch and Bound) ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของโปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับและหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า วิธีที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าวสามารถแก้ตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับจากงานวิจัยของ Goetshalckc และคณะ [33] ได้ที่มีจำนวนของลูกค้า 25-68 ราย และนอกจากนี้ยังสามารถแก้ตัวอย่างปัญหาใหม่ที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยดังกล่าวที่มีจำนวนของลูกค้า 21-100 ราย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mingozzi และ คณะ ปี ค.ศ.1999 [25] ได้นำเสนอและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่อยู่ในรูปของโปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็ม (Integer Linear Programming) ที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวถูกเขียนและอธิบายอยู่ในรูปของแบบจำลองการแบ่งเซต (Set Partitioning Model) จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าว ได้ตัดตัวแปรในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์บางตัวออก เพื่อผ่อนปรนปัญหา (LP-Relaxation) และนำไปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวไปพัฒนาและเขียนผ่านโปรแกรม CPLEX เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า สามารถแก้ตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับจากงานวิจัยของ Goetshalckc และคณะ [33] และ งานวิจัยของ Toth และ Vigo ปี ค.ศ.1997 [24] ได้

Nurfahizul และ คณะ ปี ค.ศ.2004 [36] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับโดยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ซึ่งวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติจากการจำลองแนวคิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ คือ ขั้นตอนการตัดต่อโครโมโซม (Chromosome) ขั้นตอนการสลับสายพันธุ์ (Crossover) และ ขั้นตอนการกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวได้ถูกนำไปพัฒนาผ่านโปรแกรม Microsoft C++ เพื่อทดสอบกับตัวอย่างปัญหาและเปรียบเทียบกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด จากข้อมูลตัวอย่างปัญหาในงานวิจัยของ Goetshalckc และคณะ [33] ที่ประกอบด้วยจำนวนของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้า ประมาณ 68 ราย ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมได้

Nurfahizul และ คณะ ปี ค.ศ.2004 [36] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับโดยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ซึ่งวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะใช้หลักการคัดเลือกแบบธรรมชาติจากการจำลองแนวคิดวิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะมีขั้นตอนการดำเนินการที่สำคัญ คือ ขั้นตอนการตัดต่อโครโมโซม (Chromosome) ขั้นตอนการสลับสายพันธุ์ (Crossover) และ ขั้นตอนการกลายพันธุ์ (Mutation) เป็นต้น ซึ่งวิธีดังกล่าวได้ถูกนำไปพัฒนาผ่านโปรแกรม Microsoft C++ เพื่อทดสอบกับตัวอย่างปัญหาและเปรียบเทียบกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด จากข้อมูลตัวอย่างปัญหาในงานวิจัยของ Goetshalckc และคณะ [33] ที่ประกอบด้วยจำนวนของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้า ประมาณ 68 ราย ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า ขั้นตอนวิธีเชิงพันธุกรรม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมได้

Brandao และ คณะ ปี ค.ศ.2006 [37] ได้นำเสนอและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับด้วยวิธีการค้นหาแบบทาบู (Tabu Search: TS) ซึ่งในงานวิจัยนี้จะเริ่มต้นจากการสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solutions) ด้วยวิธีฮิวริสติกส์ โดยการประยุกต์ใช้หลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเปิด (Open Vehicle Routing Problem: OVRP) เพื่อให้ได้คำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาคำตอบ จากนั้นพัฒนาคำตอบเริ่มต้นที่ได้ด้วยวิธีการค้นหาแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทาบู ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า แนวคิดที่นำเสนอ สามารถแก้ตัวอย่างปัญหาที่ได้ระบุไว้ในหลายงานวิจัย นอกจากนี้ยังสามารถแก้ตัวอย่างและพบค่าคำตอบที่ดีที่สุดสำหรับปัญหาอื่นๆที่ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้เมื่อมีขนาดปัญหาที่ใหญ่ขึ้น

Tavakkoli และ คณะ ปี ค.ศ.2006 [38] ได้ประยุกต์ใช้วิธีการลอกแบบ (Memetic Algorithm: MA) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีที่ผสมผสานระหว่างวิธีการค้นหาคำตำตอบเฉพาะที่ (Local Search: LS) กับ วิธีเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm: GA) ซึ่งวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ได้ถูกนำไปพัฒนาผ่านโปรแกรม Microsoft C++ และใช้ตัวอย่างปัญหาในงานวิจัยของ Toth และ Vigo [24] และงานวิจัยของ Goetshalckc และคณะ [33] ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างคำตอบที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอกับค่าคำตอบที่ดีที่สุดของทั้งสองตัวอย่างปัญหาจะอยู่ในช่วง 0-2.5%

Gajpal และ คณะ ปี ค.ศ.2009 [39] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับโดยการประยุกต์ใช้ขั้นตอนวิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Optimization: ACO) ซึ่งวิธีดังกล่าวเป็นวิธีการหาคำตอบที่อาศัยหลักการการเลียนแบบพฤติกรรมการหาอาหารของมด โดยที่มดจะค้นหาเส้นทางที่สั้นที่สุดระหว่างแหล่งอาหารกับรังของมัน และระหว่างที่มดเดินทางไปกลับรัง มดจะทิ้งหลักฐานที่เรียกว่า “ฟีโรโมน (Pheromone)” ไว้บนพื้น เพื่อให้มดตัวอื่นสามารถตามรอยไปยังแหล่งอาหารได้ โดยที่มดตัวอื่นจะเลือกเส้นทางที่มีความเข้มของฟีโรโมนที่สูงกว่าในการเลือกเส้นทางการหาอาหารครั้งถัดไป ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ตัวอย่างปัญหาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแนวคิดที่นำเสนอกับงานวิจัยของ Brandao และ คณะ ปี ค.ศ.2006 [37] ซึ่งผลที่ได้จากการศึกษาพบว่าค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างคำตอบที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอกับค่าคำตอบที่ดีที่สุดมีค่าความแตกต่างไม่เกิน 2% นอกจากนี้สามารถแก้ไขปัญหาและพบค่าคำตอบที่ดีที่สุดเพิ่มสำหรับปัญหาอื่นๆที่ยังไม่สามารถแก้ไขปัญหาได้อีกด้วย

Brandao และ คณะ ปี ค.ศ.2016 [40] ได้นำเสนอแนวคิดและประยุกต์ใช้วิธีการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ (Iterated Local Search: ILS) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอในงานวิจัย จะเริ่มต้นจากจะสร้างคำตอบเริ่มต้น (Initial Solution) ด้วยวิธีการวิธีการหาคำตอบที่ใกล้เคียงที่สุด (Nearest Neighbor Heuristic: NNH) และผสมผสานกับวิธีฮิวริสติกส์วิธีอื่น เพื่อให้คำตอบเริ่มต้นที่ดีที่สุดและลดเวลาในการหาคำตอบ จากนั้นปรับปรุงคำตอบด้วยวิธีการค้นหาคำตอบแบบวนรอบซ้ำ เพื่อหาคำตอบที่ใกล้เคียงกับกับค่าที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ตัวอย่างปัญหาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแนวคิดที่นำเสนอกับงานวิจัยของ Goetshalckc และคณะ [33] ที่มีจำนวนของลูกค้า 25-68 ราย ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า แนวคิดที่นำเสนอดังกล่าวสามารถหาตำตอบได้ใกล้เคียงกับค่าคำตอบที่ดีที่สุด โดยที่มีค่าความแตกต่างไม่เกิน 3% นอกจากนี้ยังสามารถใช้เวลาในการประมวลผลหรือหาคำตอบที่เร็วกว่าอีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Granada-Echeverri และ คณะ ปี ค.ศ.2019 [41] ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับผ่านแบบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ จะอยู่ในรูปของโปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed Integer Linear Programming) สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งแนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ ถูกสร้างขึ้นจากหลักการและพื้นฐานของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเปิด (Open Vehicle Routing Problem: OVRP) โดยการพิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า และ พิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า และเชื่อมปัญหาดังกล่าวด้วย Tie-arcs เพื่อหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ จะถูกนำไปพัฒนาและเขียนผ่านโปรแกรมที่ใช้แก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ทั่วไป ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า สามารถแก้ปัญหาตัวอย่างในงานวิจัยของ Toth และ Vigo ปี ค.ศ.1997 [24] และ งานวิจัยของ Mingozzi และ คณะ ปี ค.ศ.1999 [25] ได้

Queiroga และ คณะ ปี ค.ศ.2020 [42] ได้นำเสนอแนวคิดและพัฒนาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับด้วยวิธีการแตกกิ่งพิจารณาค่าตัวแปรและตัดแบบสองขั้นตอน (Two Branch-Price and Cut) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ และหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายที่เหมาะสมที่สุด ซึ่งหลังจากการศึกษาพบว่า สามารถแก้ปัญหาได้สามารถแก้ตัวอย่างปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับจากงานวิจัยของ Goetshalckc และคณะ [33] และ งานวิจัยของ Toth และ Vigo ปี ค.ศ.1997 [24] ได้ และนอกจากนี้ยังสามารถแก้ตัวอย่างปัญหาใหม่ที่สร้างขึ้นจากงานวิจัยดังกล่าวที่มีจำนวนของลูกค้าประมาณ 200 จุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาคำตอบปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ

ปี	ผู้เขียน	ชื่อบทความ	วิธีการหาคำตอบ			อัลกอริทึม
			แม่นตรง	ฮิวริสติกส์	อื่นๆ	
1984	Goetschalckx และ คณะ [33]	The vehicle routing problem with backhauls	X			BB
1997	Toth และ Vigo [24]	An exact method for the vehicle routing problem with backhauls	X			BB,BC
1999	Mingozzi และ คณะ [25]	Exact method for the vehicle routing problem with backhauls	X			BB
2002	Osman และ Wassan [43]	A reactive tabu search meta-heuristic for the vehicle routing problem with backhauls		X		TS
2004	W.Nurfahizul และ คณะ [36]	A genetic algorithm for vehicle routing with backhaul		X		GA
2006	Hassan และ คณะ [2]	Self-organizing feature maps for the vehicle routing problem with backhauls			X	NN
2006	Brandao และ คณะ [37]	A new tabu search algorithm for vehicle routing with backhauls		X		TS
2006	Tavakkoli M. และ คณะ [38]	A memetic algorithm for a vehicle routing problem with backhauls		X		MA
2007	Wassan N. [44]	Reactive tabu adaptive memory programming search for the vehicle routing problem with backhauls		X		TS
2009	Gajpal และ คณะ [39]	Multi-ant colony system (MACS) for a vehicle routing problem with backhauls		X		ACO
2012	Emmanouil E. และ คณะ [45]	An effective local search approach for the vehicle routing problem with backhauls		X		ELS
2013	Predenas L. และ คณะ [46]	Mitigation of greenhouse gas emissions in vehicle routing problems with backhauling		X		SS
2014	Danial P. และ คณะ [47]	An iterated local search algorithm for vehicle routing problem with backhauls		X		ILS
2015	John Jairo S. และ คณะ [48]	A metaheuristic ACO to solve the multi-depot vehicle routing problem with backhauls		X		SA,TS

ตารางที่ 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิธีการหาคำตอบปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ (ต่อ)

ปี	ผู้เขียน	ชื่อบทความ	วิธีการหาคำตอบ			อัลกอริทึม
			แม่นตรง	ฮิวริสติกส์	อื่นๆ	
2015	Brandao J. และ คณะ [40]	A deterministic iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls		X		ACO
2016	Dominguez O. และ คณะ [49]	A based-Randomised large neighborhood search for the two-dimension vehicle routing problem with backhauls		X		ILS
2018	Chavez J. และ คณะ [50]	A multi-objective pareto ant colony algorithm for the multi-depot vehicle routing problem with backhauls		X		BCO
2018	Santa C. และ คณะ [51]	A heuristic algorithm based on tabu search for vehicle routing problem with backhauls		X		TS
2018	Granada E. และ คณะ [41]	Mixed interger linear programming formulation for the vehicle routing problem with backhauls	X			BB
2020	Eduardo Q. และ คณะ [42]	On the exact solution of vehicle routing problems with backhauls	X			BCP

2.5 บทสรุปจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี สามารถใช้แนวคิดและแนวทางการวิจัยเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์เหมือนกับงานวิจัย เหมือนกับงานวิจัย [3]-[6] ที่ได้กล่าวมาข้างต้น โดยการประยุกต์ใช้หลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ และหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งหนึ่งเส้นทาง และ หาเส้นทางการเดินสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์อีกหนึ่งเส้นทาง แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดดังกล่าวอาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากในการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีต้องการให้รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ในเที่ยวขากลับ โดยใช้รถคันเดียวกัน เพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่า กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์

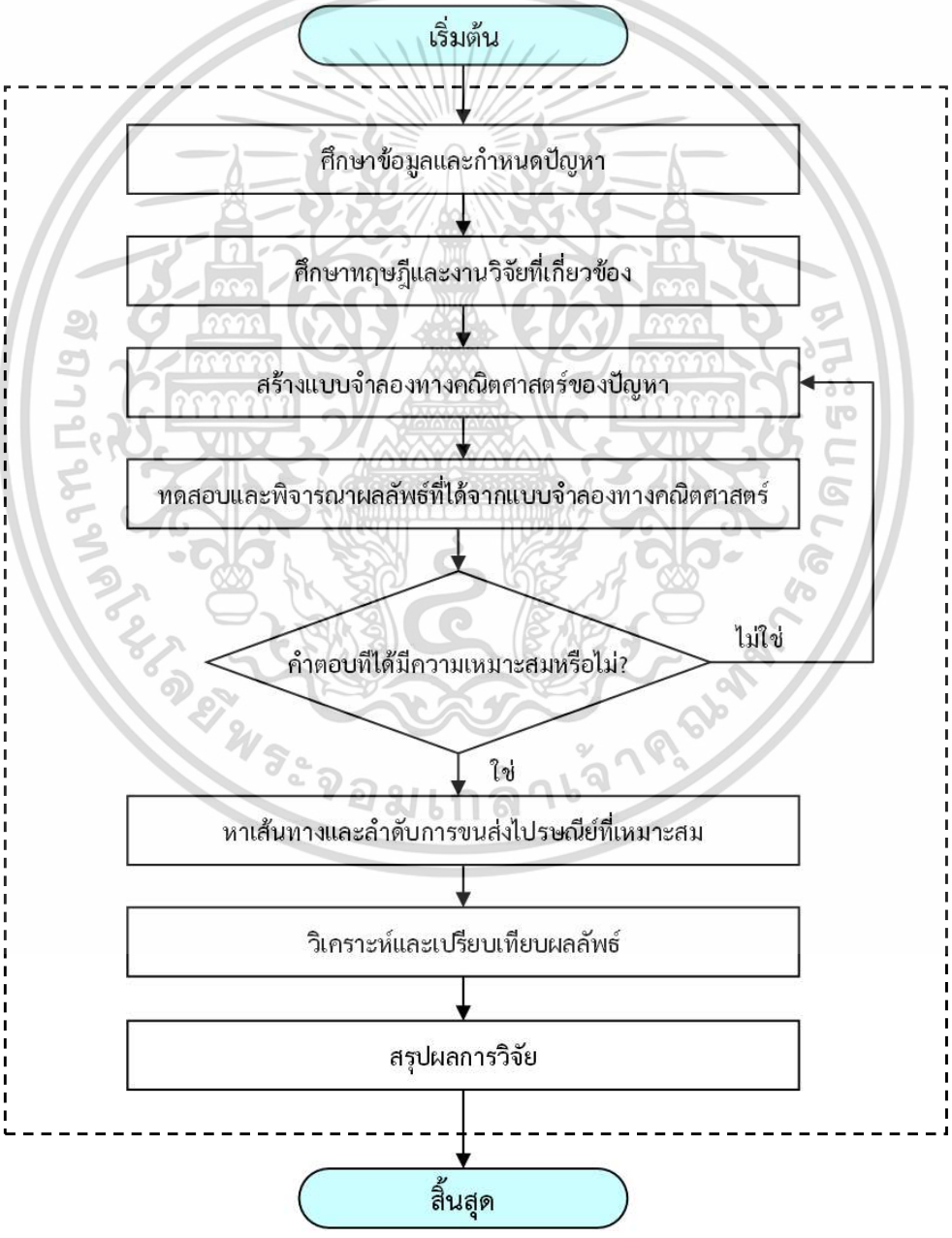
ซึ่งจากการทบทวนและศึกษางานวิจัยในหัวข้อที่ 2.2 และ 2.3 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีเงื่อนไขบังคับของปัญหาคล้ายคลึงกับสมมติฐานของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิด โดยการนำทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เข้ามาประยุกต์ใช้ ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ปัญหา เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมส่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาที่เหมาะสมและมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด

อย่างไรก็ตาม ตามที่ได้กล่าวมาข้างต้น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ถือได้ว่าเป็นปัญหาแบบ NP-Hard และมีวิธีการในการหาคำตอบของปัญหาทั้งหมด 2 วิธี คือ วิธีการหาคำตอบที่ดีที่สุด และ วิธีการหาคำตอบใกล้เคียงคำตอบที่ดีที่สุด ซึ่งจากการทบทวนและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในหัวข้อที่ 2.2.3 และการพิจารณาลักษณะปัญหา ดังนั้น สำหรับในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำแนวทางการวิจัยของ Granada-Echeverri และ คณะ ปี ค.ศ.2019 [41] เข้ามาประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เนื่องจากในงานวิจัยดังกล่าว ได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาการการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับผ่านแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งวิธีนี้เป็นวิธีการหาคำตอบวิธีแม่นตรง นอกจากนี้ ยังสามารถแก้ปัญหาผ่านซอฟต์แวร์สำเร็จรูปการแก้ปัญหาการตัดสินใจทั่วไปได้ ในระยะเวลาอันสั้น โดยที่ไม่ต้องสร้างวิธีการแก้ปัญหาหรืออัลกอรึทึมใหม่ อีกทั้งวิธีนี้ยังสามารถแก้ไขปัญหาการการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับที่มีจำนวนจุดของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้า ได้สูงสุด 100 ราย ซึ่งครอบคลุมกับจำนวนจุดที่จะนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

ในการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งเที่ยวขาไป และการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในเที่ยวขากลับที่เหมาะสมและมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด จะประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังแสดงในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1 การศึกษาข้อมูลและกำหนดลักษณะปัญหา

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการศึกษาข้อมูลและกำหนดลักษณะปัญหา เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ซึ่งในขั้นตอนนี้ จะเริ่มต้นจาก การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ โดยการขอข้อมูลจากศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา รวมไปถึงการขอสัมภาษณ์ หัวหน้าศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา และ เจ้าหน้าที่คนอื่นๆที่เกี่ยวข้อง ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำหนดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบัน เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาที่เหมาะสม ดังต่อไปนี้

1. ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์
2. จำนวนที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์
3. เส้นทาง ลำดับการขนส่ง และ ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน
4. ประเภทและน้ำหนักของสิ่งของที่ขนส่งทางไปรษณีย์
5. ปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง
6. จำนวนและขนาดระวางบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์
7. การคำนวณต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์

ซึ่งหลังจากที่ศึกษาและรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์เรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนถัดไป ก็จะทำการกำหนดลักษณะของปัญหา และ สรุปวัตถุประสงค์ปัญหา รวมไปถึง สรุปเงื่อนไขบังคับต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ลงในตารางที่ 3.1 เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 3.1 ตารางสรุปวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับของปัญหา

วัตถุประสงค์ของปัญหา	
เงื่อนไขบังคับ	1.
	2.
	3.
	4.
	..
	...

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา เพื่อนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา สำหรับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่จะถูกสร้างขึ้นในขั้นตอนนี้ จะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่อยู่ในรูปของโปรแกรมกำหนดการเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม (Mixed Integer Linear Programming Model: MILP) ที่มีเพียงแค่หนึ่งสมการวัตถุประสงค์เท่านั้น และมี ดัชนี เซต พารามิเตอร์ ตัวแปรตัดสินใจ และ เงื่อนไขบังคับ อยู่ในรูปของจำนวนเต็มและแบบจำลองข้อมูลเชิงกำหนด (Deterministic Model) ดังแสดงตัวอย่างในสมการดังต่อไปนี้

<u>สมการวัตถุประสงค์:</u>

$$Minimize\ Z = c_1x_1 + c_2x_2 + \ldots + c_nx_n \tag{3.1}$$

<u>เงื่อนไขบังคับ:</u>

$$a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n = b_1 \tag{3.2}$$

$$a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n = b_2 \tag{3.3}$$

$$\vdots$$

$$a_{m1}x_1 + a_{m2}x_2 + \ldots + a_{mn}x_n = b_m \tag{3.4}$$

$$x_1 \geq 0 \tag{3.5}$$

$$x_2 \geq 0 \tag{3.6}$$

$$\vdots$$

$$x_n \geq 0 \tag{3.7}$$

ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา จะมีขั้นตอนและรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. นำตารางสรุปวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับของปัญหา ที่ได้จากการสรุปในหัวข้อที่ผ่านมาไปกำหนดสัญลักษณ์และกำหนดความหมายในแต่ละตัวแปรและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา อาทิเช่น ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables) และ ตัวแปรค่าคงที่ (Parameters) เป็นต้น
2. นำข้อมูลวัตถุประสงค์ของปัญหาที่ได้จากสรุปในหัวข้อที่ผ่านมา ไปสร้างสมการวัตถุประสงค์ (Objective Function) ภายใต้ตัวแปรตัดสินใจและตัวแปรค่าคงที่กำหนด
3. นำข้อมูลเงื่อนไขบังคับที่ได้จากสรุปในหัวข้อที่ผ่านมา ไปสร้างสมการเงื่อนไขบังคับ (Constraints) ภายใต้สมการวัตถุประสงค์ ตัวแปรตัดสินใจ และ ตัวแปรค่าคงที่ ที่กำหนด
4. วิเคราะห์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยการปรับ ค่าตัวแปรตัดสินใจ และ ตัวแปรค่าคงที่ รวมไปถึง การเพิ่มเงื่อนไงต่างๆ เพื่อให้ได้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

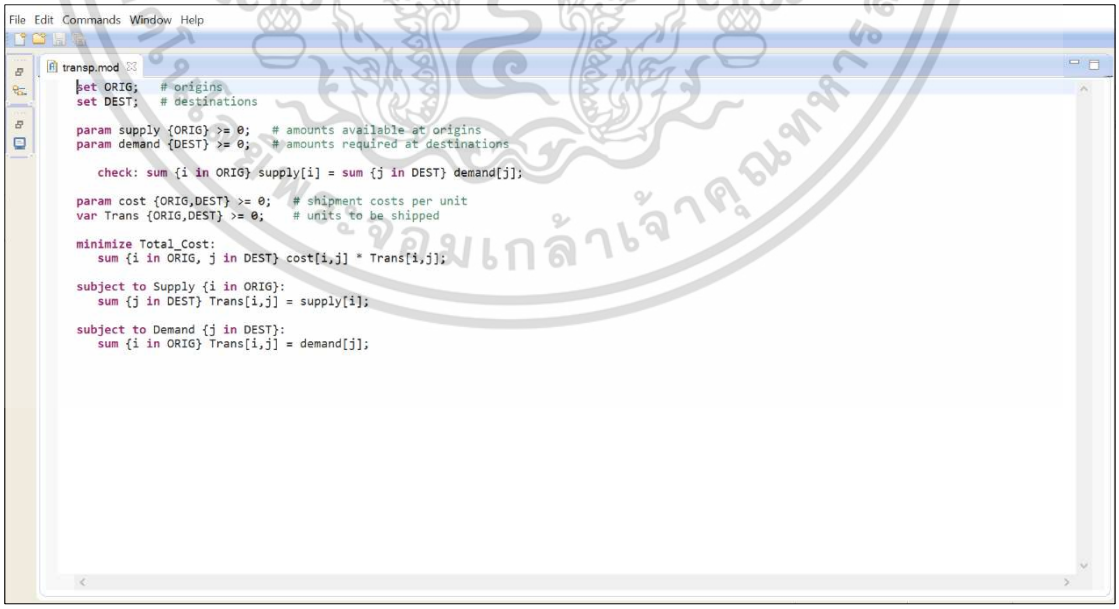
3.3 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการทดสอบและพิจารณผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในหัวข้อที่ 3.2 ผ่านการใช้ข้อมูลตัวอย่างปัญหาหนึ่งปัญหา เพื่อตรวจสอบและประเมินว่าแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการหาเส้นทางเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาได้หรือไม่ ซึ่งขั้นตอนของการทดสอบและพิจารณาผลลัพธ์ จะมีขั้นตอนและรายละเอียดดังนี้

ขั้นตอนที่ 1: นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในหัวข้อ 3.2 ไปสร้าง “**ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model File)** ” ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Model File สำหรับการอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

สำหรับซอฟต์แวร์ AMPL จะเป็นซอฟต์แวร์สำเร็จรูปที่ถูกสร้างขึ้น เพื่อใช้สำหรับในการสร้างและแก้ปัญหาโปรแกรมทางคณิตศาสตร์ แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับเวอร์ชั่นของ AMPL ที่นำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ จะเป็นเวอร์ชั่นสำหรับนักศึกษา ซึ่งจะจำกัดตัวแปรที่ใช้ในการหาผลลัพธ์เพียงแค่ 200 ตัวแปรเท่านั้น ดังนั้น ในการทดสอบและหาผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในครั้งนี้ จึงจะหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ของ NEOS แทน

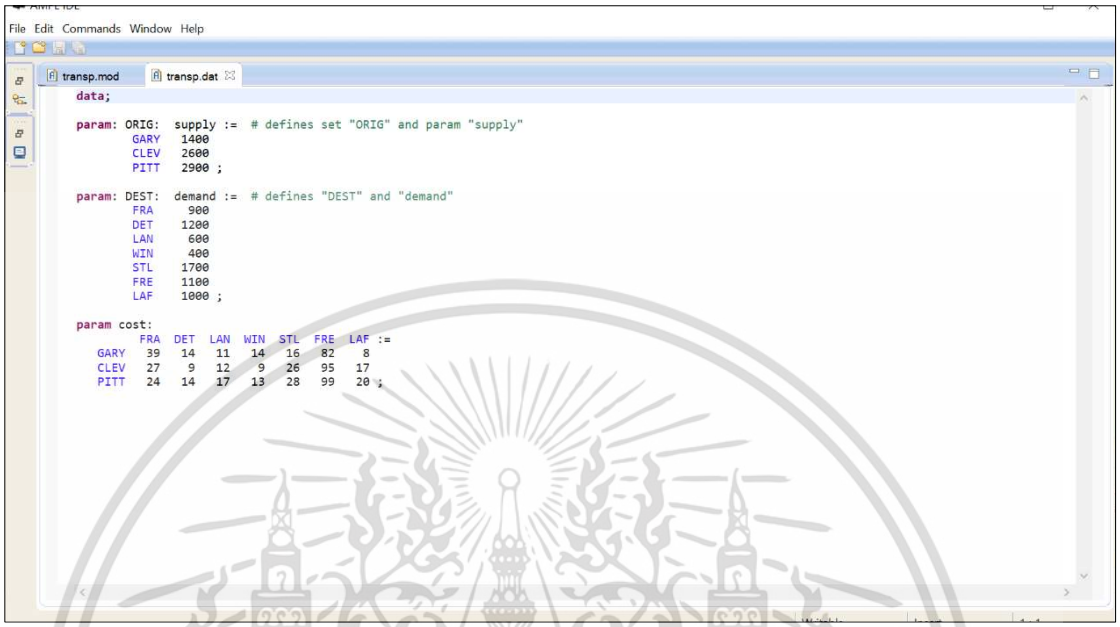
สำหรับเว็บไซต์ NEOS จะเป็นเว็บไซต์ที่รวบรวมและให้บริการเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหา (Solver) ทางคณิตศาสตร์หลายชนิด อาทิเช่น CPLEX และ Gurobi เป็นต้น และ สามารถหาผลลัพธ์ของปัญหาได้หลายรูปแบบปัญหา อาทิเช่น Linear Programming (LP), Mixed Integer Linear Programming (MIILP) และ Non-Linear Programming เป็นต้น



รูปที่ 3.2 ตัวอย่างการสร้างไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

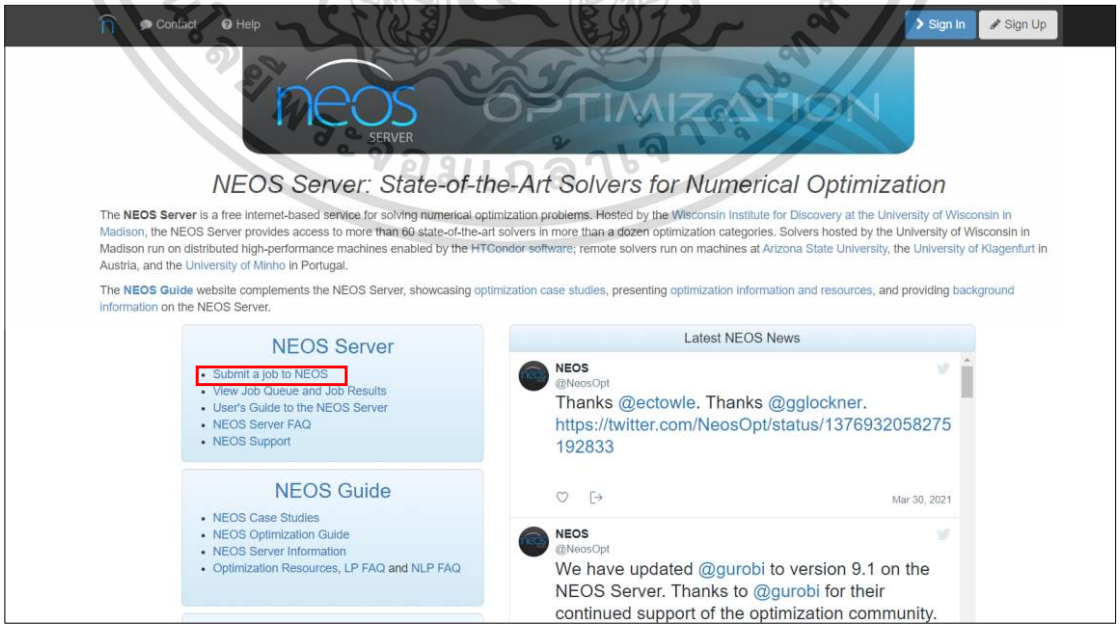
<u>ขั้นตอนที่ 2:</u> นำข้อมูล เซต และ พารามิเตอร์ ของตัวอย่างปัญหา ที่จะใช้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ไปสร้าง **“ไฟล์ข้อมูล (Data File)”** ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Data File สำหรับการอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการสร้างไฟล์ข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ AMPL

<u>ขั้นตอนที่ 3:</u> หลังจากที่สร้างไฟล์ข้อมูลทั้ง 2 ไฟล์ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนถัดไป ก็จะทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลดังกล่าว เพื่อนำไฟล์ข้อมูลทั้งหมด ไปอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

<u>ขั้นตอนที่ 4:</u> เข้าเว็บไซต์ https://neos-server.org/neos และ กดปุ่ม “นำเข้างานเข้าสู่ระบบ NEOS (Submit a job to NEOS)” เพื่อนำเข้างานเข้าสู่เว็บไซต์ NEOS



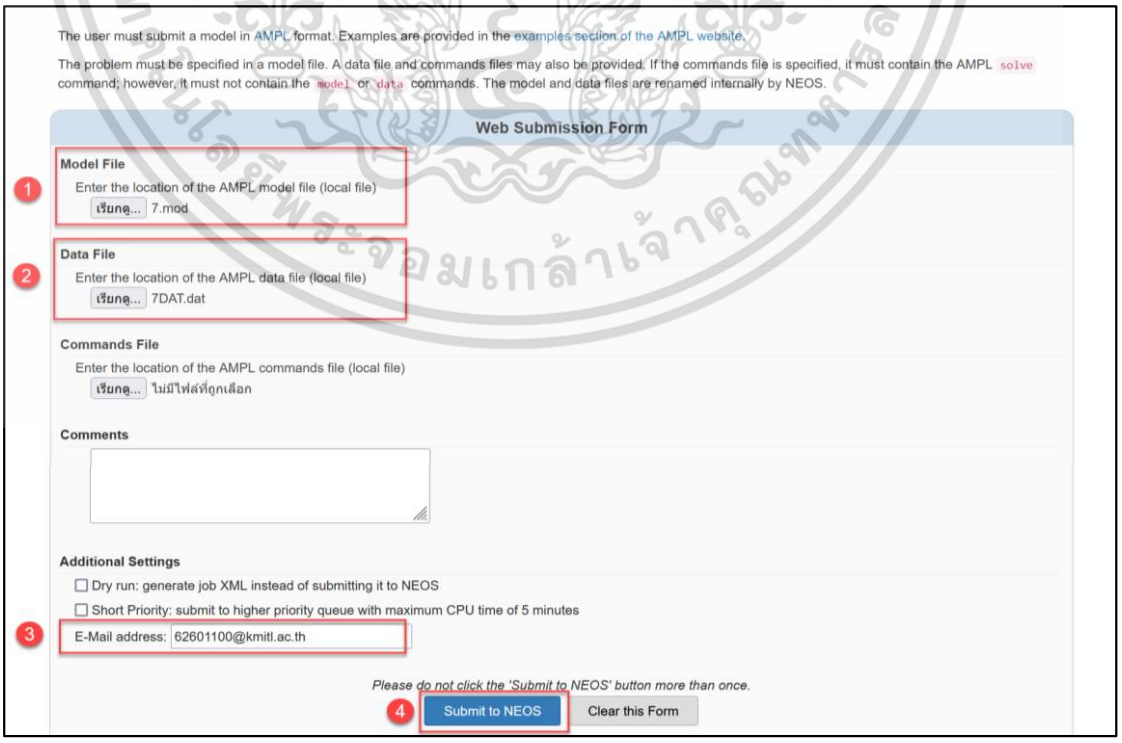
รูปที่ 3.4 การนำเข้างานเข้าใหม่เข้าสู่ระบบ NEOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 5:</u> เลือก Solver ที่จะใช้สำหรับการแก้ปัญหา และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จะเลือกใช้ Solver ที่มีชื่อว่า “CPLEX” เพื่อแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้าเป็นไฟล์ AMPL

รูปที่ 3.5 การเลือกชนิดของเครื่องมือและชนิดของไฟล์ที่ใช้ในการหาผลลัพธ์

<u>ขั้นตอนที่ 6:</u> กดปุ่ม “เรียกดู” เพื่ออัพโหลด **ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์** และ **ไฟล์ข้อมูล** ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 เข้าสู่เว็บไซต์ NEOS พร้อมทั้งระบุ “อีเมล์” ที่จะให้เว็บไซต์ NEOS ส่งผลลัพธ์ไปให้ จากนั้นกดปุ่ม “Submit to NEOS” เพื่อหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS



รูปที่ 3.6 การอัพโหลดไฟล์เข้าสู่เว็บ NEOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7: รอผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในอีเมล์ที่ระบุ จากนั้น อ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้ พร้อมกับ นำไปแปลความหมาย ตามข้อมูลพารามิเตอร์ที่กำหนด

ขั้นตอนที่ 8: นำผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนที่ 7 ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุด (Best Known Solution: BKS) ของตัวอย่างปัญหาที่นำมาใช้ในการทดสอบว่าถูกต้องหรือไม่ ซึ่งถ้าผลลัพธ์ถูกต้อง ก็จะนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ในขั้นตอนถัดไป

3.4 การหาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม

สำหรับในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการหาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ซึ่งหลังจากที่ทดสอบแบบจำลองคณิตศาสตร์ของปัญหา ในหัวข้อที่ผ่านมาเสร็จเรียบร้อยแล้ว และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา สามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมได้ ดังนั้น ในขั้นตอนถัดไป ก็จะเข้าสู่ขั้นตอนของการนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปใช้งานกับปัญหาจริง เพื่อหาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาที่เหมาะสม และ มีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด

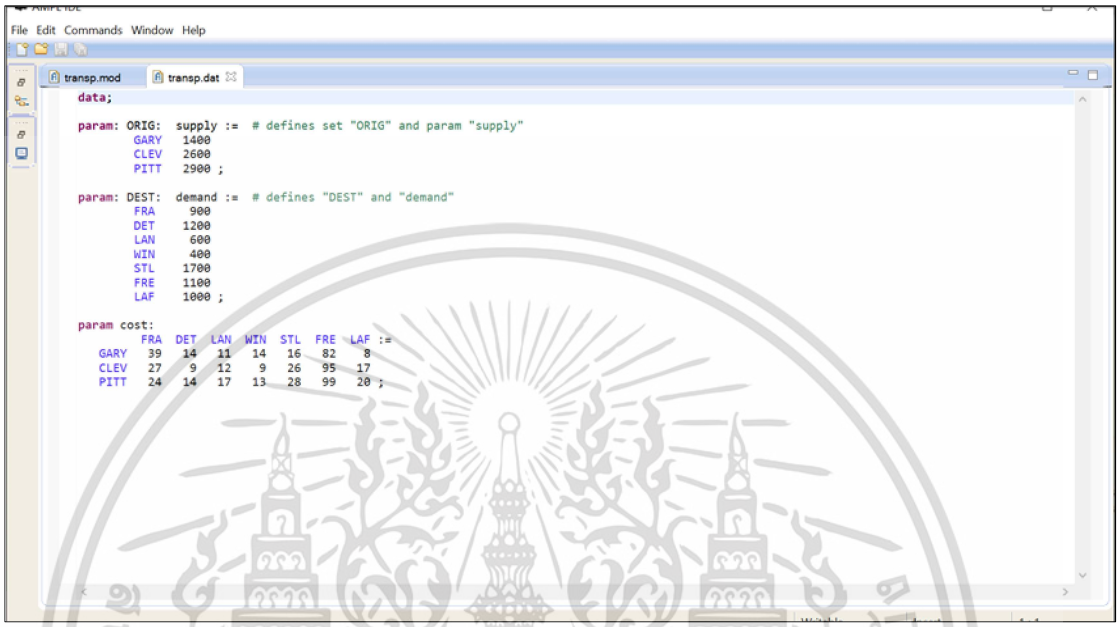
ซึ่งในการหาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จะมีขั้นตอนและเครื่องมือที่ใช้เหมือนกับ ขั้นตอนของการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ตามที่กล่าวในหัวข้อที่ 3.3 ซึ่งจะประกอบด้วยขั้นตอน ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1: นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ผ่านการทดสอบในหัวข้อที่ 3.2 ไปสร้าง “**ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model File)**” ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Model File สำหรับการอัพโหลด และ หาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ผ่านเว็บไซต์ NEOS

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการสร้างไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาผ่านซอฟต์แวร์ AMPL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 2: นำข้อมูล เซต และ พารามิเตอร์ ของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ ที่ได้จากขั้นตอนการศึกษาข้อมูลและกำหนดลักษณะปัญหา ในหัวข้อที่ 3.1 ไปสร้าง **“ไฟล์ข้อมูล (Data File)”** ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Data File สำหรับการอัพโหลดและ หาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ผ่านเว็บไซต์ NEOS



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการสร้างไฟล์ข้อมูลผ่านซอฟต์แวร์ AMPL

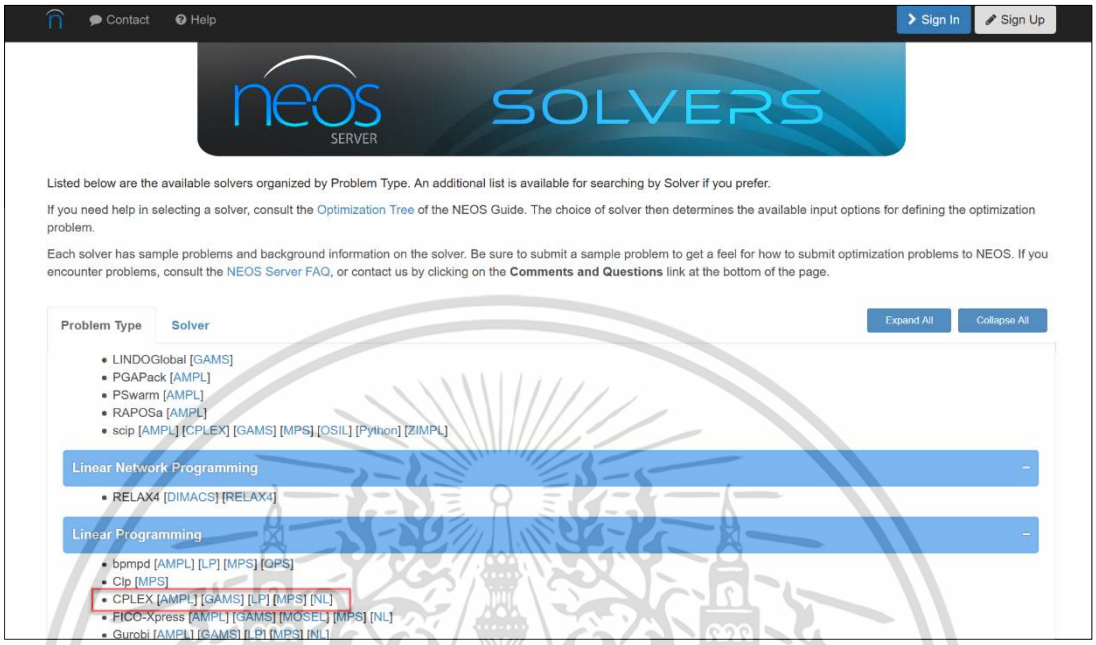
ขั้นตอนที่ 3: หลังจากที่สร้างไฟล์ข้อมูลทั้ง 2 ไฟล์ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนถัดไป ก็จะทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลดังกล่าว เพื่อนำไฟล์ข้อมูลทั้งหมด ไปอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

ขั้นตอนที่ 4: เข้าเว็บไซต์ https://neos-server.org/neos และ กดปุ่ม “นำเข้างานเข้าสู่ระบบ NEOS (Submit a job to NEOS)” เพื่อนำเข้างานเข้าสู่เว็บไซต์ NEOS

รูปที่ 3.9 การนำเข้างานเข้าใหม่เข้าสู่ระบบ NEOS

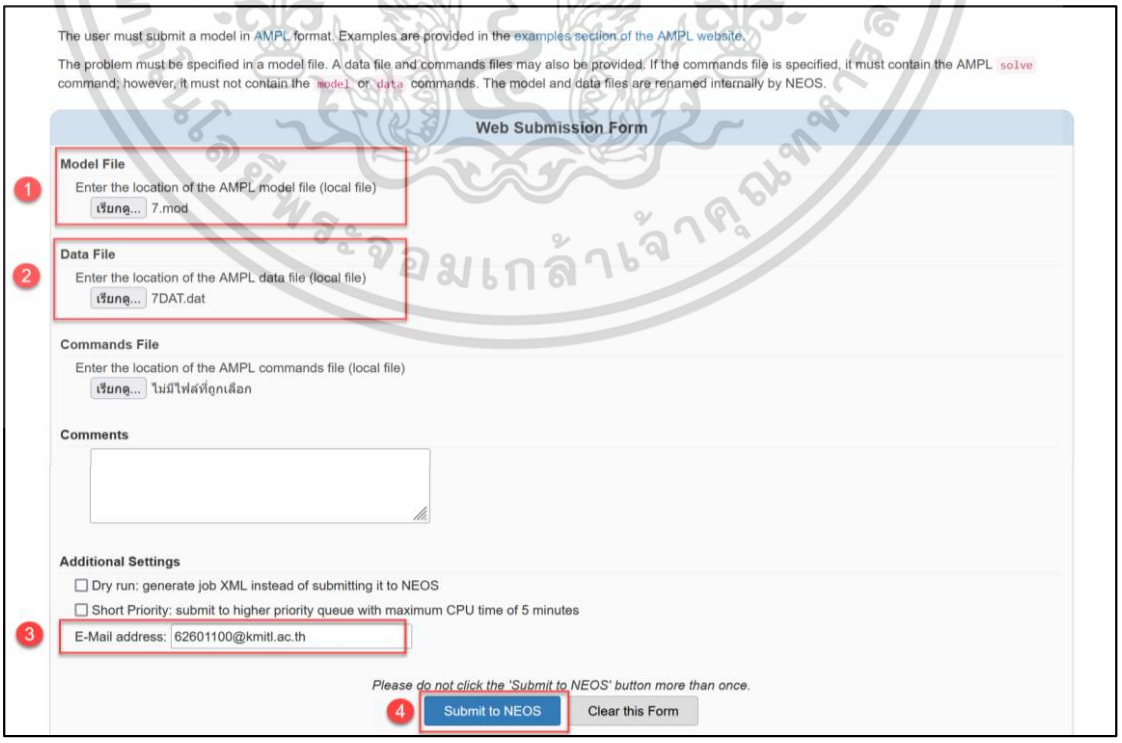
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5: เลือก Solver ที่จะใช้สำหรับการแก้ปัญหา และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จะเลือกใช้ Solver ที่มีชื่อว่า “CPLEX” เพื่อแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้าเป็นไฟล์ AMPL



รูปที่ 3.10 การเลือกชนิดของเครื่องมือและชนิดของไฟล์ที่ใช้ในการหาผลลัพธ์

ขั้นตอนที่ 6: กดปุ่ม “เรียกดู” เพื่ออัพโหลด **ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์** และ **ไฟล์ข้อมูลของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์** เข้าสู่เว็บไซต์ NEOS พร้อมกับระบุ อีเมล์ ที่จะให้เว็บไซต์ NEOS ส่งผลลัพธ์ไปให้ จากนั้นกดปุ่ม Submit to NEOS เพื่อหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS



รูปที่ 3.11 การอัพโหลดไฟล์เข้าสู่เว็บ NEOS Server Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7: รอผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในอีเมล์ที่ระบุ จากนั้น อ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้ พร้อมกับ นำไปแปลความหมาย ตามข้อมูลพารามิเตอร์ที่กำหนด

สำหรับผลลัพธ์ที่คาดว่าจะได้รับจากการศึกษาในขั้นตอนนี้ จะเป็น **ข้อมูลเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ข้อมูลน้ำหนักไปรษณีย์ที่ขนส่งในแต่ละเส้นทาง** และ **ข้อมูลด้านระยะทาง** เพื่อที่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในขั้นตอนของการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ ในขั้นตอนถัดไป

สำหรับ **ข้อมูลเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์** และ **ข้อมูลด้านระยะทาง** ที่ได้คาดว่าจะได้รับในขั้นตอนนี้ จะถูกนำไปบันทึกผลลงในตารางที่ 3.2 รวมไปถึง **ข้อมูลน้ำหนักไปรษณีย์ที่ขนส่งในแต่ละเส้นทาง** จะถูกนำไปบันทึกในตารางที่ 3.3 เช่นเดียวกัน ตามที่ได้ออกแบบไว้ เพื่อให้เกิดความสะดวก และ ง่ายต่อการวิเคราะห์ในการเปรียบเทียบผลลัพธ์เส้นทางที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอกับเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

ตารางที่ 3.2 ตารางบันทึกเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์จากแนวคิดที่นำเสนอ

เส้นทาง	เส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ (ทั้งในเที่ยวขากลับ-เที่ยวขากลับ)	ระยะทาง (KM)	ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ (บาท/เดือน)
1	ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี > ปณ.	...	...
2	ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี > ปณ.	...	...
3	ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี > ปณ.	...	...
4	.....	...	...
5	.....	...	...

ตารางที่ 3.3 ตารางบันทึกน้ำหนักไปรษณีย์ที่ขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง

น้ำหนัก	ปริมาณ ปณ.	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณ ปณ.	น้ำหนัก
		ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี		
100				(YY+XX)
	-XX	ปณ.....	+XX	
100-XX				(YY)
	-YY	ปณ.....	+YY	
100-XX-YY				(0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนที่ 3.4 กับเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ จะทำการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งหมด 3 ด้าน ดังนี้

1. **ด้านจำนวนเส้นทางขนส่งไปรษณีย์**

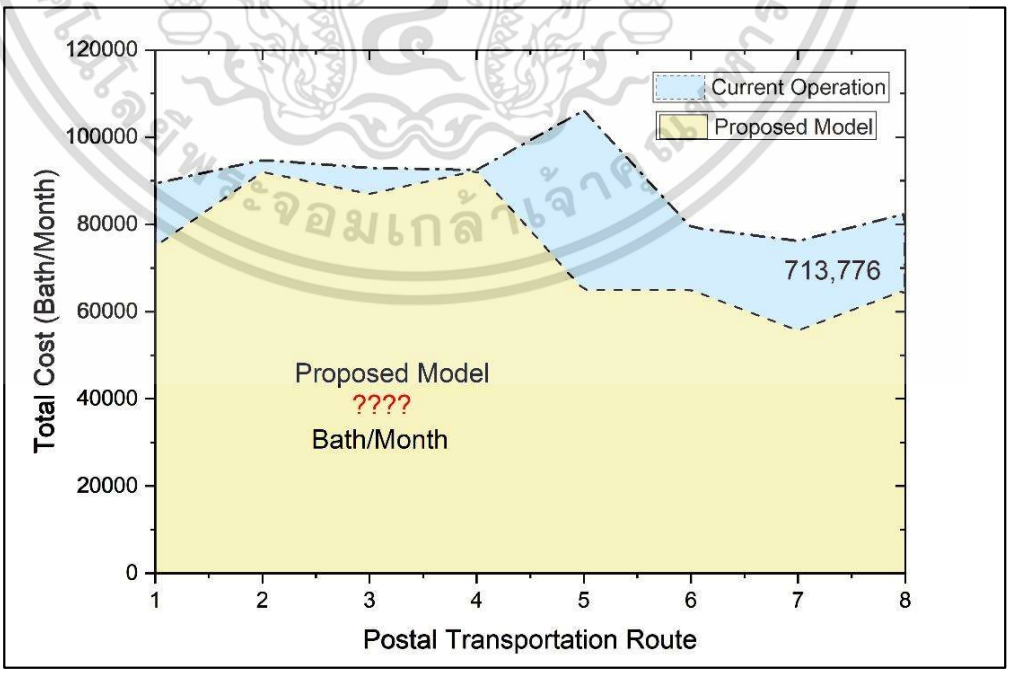
   - ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ในด้านนี้ จะเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ ในมุมมองของ **จำนวนเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ** กับ **เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในอยู่ในปัจจุบัน**

2. **ด้านจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้**

   - ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ในด้านนี้ จะเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ในมุมมองของ **จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้จากแนวคิดที่นำเสนอ** กับ **จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน**

3. **ด้านต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์**

   - ในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ในด้านนี้ จะเป็นการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ในมุมมองของ **ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่คำนวณได้จากแนวคิดที่นำเสนอ** กับ **ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในอยู่ปัจจุบัน** ว่ามีความแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด ซึ่งความแตกต่างระหว่าง ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่คำนวณได้จากแนวคิดที่นำเสนอ กับต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในอยู่ปัจจุบัน จะถูกแสดงและอธิบายในรูปของความแตกต่างระหว่างพื้นที่ใต้กราฟ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการนำเสนอความแตกต่างของต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่คาดว่าจะได้รับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.6 การสรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการสรุปผลการดำเนินงานวิจัย รวมไปถึง ข้อเสนอแนะต่างๆ ที่ได้รับจากการรศึกษาในครั้งนี้ ซึ่งจะมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

สำหรับขั้นตอนของการสรุปผลการดำเนินงานวิจัย จะนำข้อมูลผลลัพธ์การจัดเส้นทางเส้นขนส่งไปรษณีย์ที่ได้ ในหัวข้อที่ 3.5 และ ข้อมูลผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้หัวข้อที่ 3.6 นำมาเขียนเป็นบทสรุปผลการดำเนินงานวิจัย เพื่ออธิบายและสรุปผลการศึกษาที่ได้รับจากการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ในครั้งนี้

นอกจากนี้ จะอธิบายถึงข้อเสนอแนะต่างๆ รวมไปถึง จุดเด่น และ จุดด้อย ของการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อให้ผู้ที่มีความสนใจ หรือ ผู้ที่มีความเกี่ยวข้องกับปัญหา สามารถนำผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ไปใช้งานได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการดำเนินงานวิจัย

ใบบทนี้ จะเป็นการที่กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานและผลการดำเนินงานวิจัยที่ได้ ของในแต่ละขั้นตอน ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ซึ่งรายละเอียดของในบทนี้ จะประกอบด้วยหัวข้อหลักทั้งหมด 4 หัวข้อ ซึ่งได้แก่ การศึกษาและกำหนดลักษณะปัญหา การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา การหาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม และ การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์

4.1 การศึกษาและกำหนดลักษณะปัญหา

4.1.1 ปัญหาการขนส่งไปรษณีย์

4.1.1.1 ข้อมูลทั่วไป

ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาค บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่มีหน้าที่หลักในการรวบรวม คัดแยก และส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ไปยัง ศูนย์ไปรษณีย์อื่น ในขณะเดียวกันก็รับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์อื่น มาคัดแยก และส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบด้วยเช่นเดียวกัน ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการส่งต่อไปรษณีย์ทั้งหมด 20 แห่ง และ มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการรวบรวมไปรษณีย์อีกทั้งหมด 20 แห่ง รวมทั้งสิ้น 40 แห่ง และ มีเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ตามลำดับ ซึ่งจากแนวโน้มปริมาณงานที่ส่งผ่านระบบงานไปรษณีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ได้ตระหนักถึง การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการขนส่งไปรษณีย์ ดังนั้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จึงต้องการที่จะจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งและจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เพื่อนำไปคัดแยกและส่งต่อไปยังปลายทางให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ในการส่งต่อและรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จะเริ่มต้นจาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีจะรับสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ที่ส่งมาจากศูนย์ไปรษณีย์อื่น จากนั้นนำไปคัดแยกตามปลายทางในแต่ละพื้นที่ที่ทำการไปรษณีย์ เมื่อคัดแยกเสร็จแล้ว พัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดถูกรวบรวมและโหลดขึ้นรถขนส่งไปรษณีย์ตามที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีกำหนด จากนั้นรถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันจะออกจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และเริ่มต้นการส่งต่อไปรษณีย์ให้กับที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งตามที่ได้คัดแยกเอาไว้ เมื่อพัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดถูกส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ปลายทางเรียบร้อยแล้ว รถไปรษณีย์ทุกคันในทุกเส้นทาง จะทำการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเส้นทางเดิม และขนกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เพื่อนำไปคัดแยกและส่งต่อไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่น ตามจุดหมายปลายทางที่ได้ระบุเอาไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.2 ที่ทำการไปรษณีย์

ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบ ในการให้บริการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ทั้งหมด 20 แห่ง และมีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์อีกทั้งหมด 20 แห่ง ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.1 ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไป **ส่งต่อ** ไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

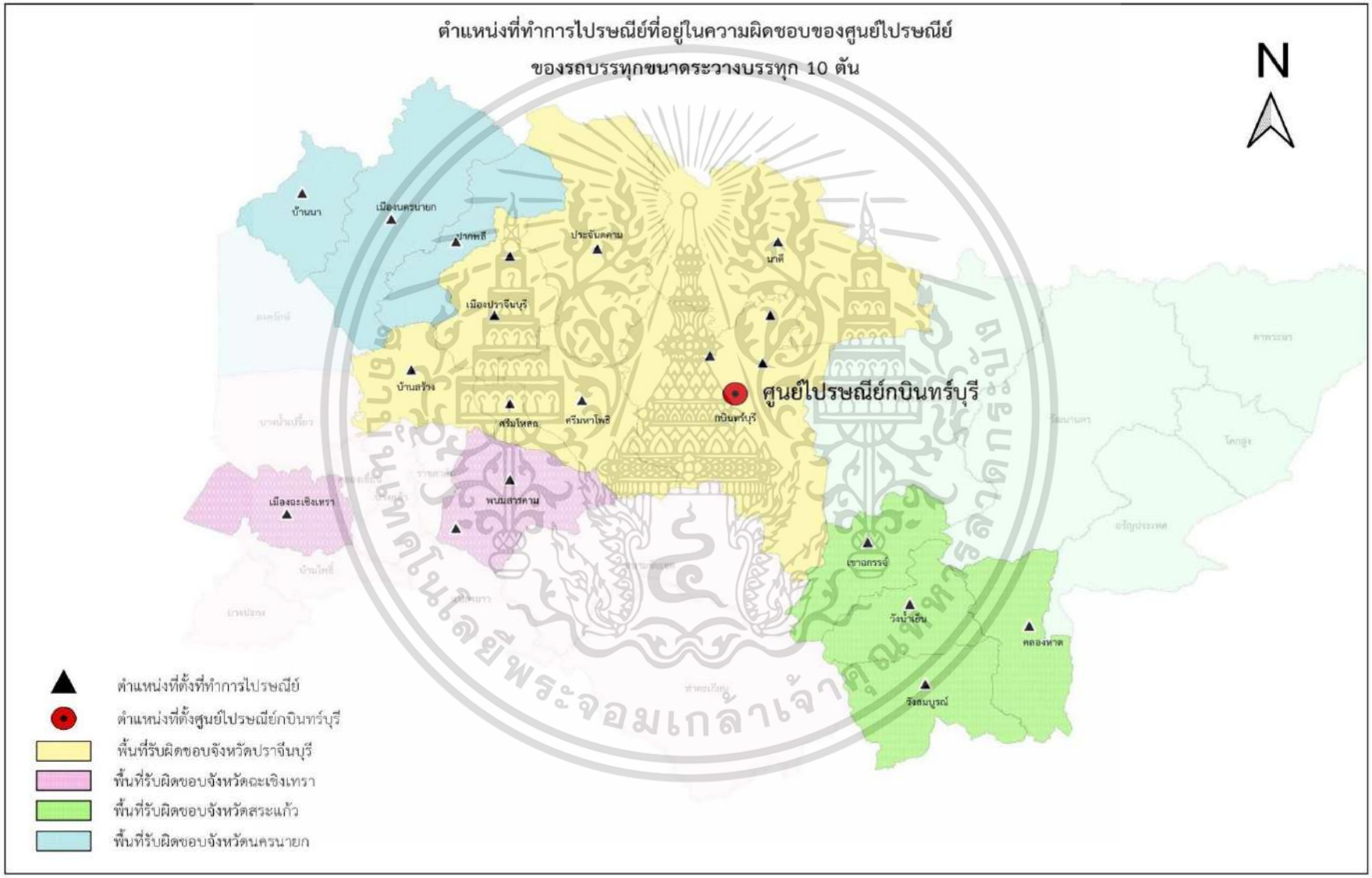
ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์		ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์
1	ปราจีนบุรี		11	พนมสารคาม
2	บ้านสร้าง		12	ปากพลี
3	กบินทร์บุรี		13	ฉะเชิงเทรา
4	บ้านพระ		14	ดอนทอง
5	ศรีมหาโพธิ		15	นครนายก
6	ศรีมโหสถ		16	โรงเรียนนายร้อย จปร.
7	ประจันตคาม		17	วังน้ำเย็น
8	กบินทร์เก่า		18	คลองหาด
9	นาดี		19	วังสมบูรณ์
10	เคาน์เตอร์บริการไปรษณีย์ นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี		20	เคาน์เตอร์บริการ ไปรษณีย์เขาฉกรรจ์

ตารางที่ 4.2 ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไป **รวบรวม** ไปรษณีย์กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์		ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์
1	ปราจีนบุรี		11	พนมสารคาม
2	บ้านสร้าง		12	ปากพลี
3	กบินทร์บุรี		13	ฉะเชิงเทรา
4	บ้านพระ		14	ดอนทอง
5	ศรีมหาโพธิ		15	นครนายก
6	ศรีมโหสถ		16	โรงเรียนนายร้อย จปร.
7	ประจันตคาม		17	วังน้ำเย็น
8	กบินทร์เก่า		18	คลองหาด
9	นาดี		19	วังสมบูรณ์
10	เคาน์เตอร์บริการไปรษณีย์ นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี		20	เคาน์เตอร์บริการ ไปรษณีย์เขาฉกรรจ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 ตำแหน่งที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ของรถบรรทุกขนาดระวางบรรทุก 10 ตัน



4.1.1.3 เส้นทางขนส่งไปรษณีย์

ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ ทั้งหมด 8 เส้นทาง และในแต่ละเส้นทาง มีลำดับการส่งต่อ-รวบรวมสิ่งของที่ฝากทางไปรษณีย์ จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ทั้งในเที่ยวขาไปและในเที่ยวขากลับ รวมไปถึง มีค่าจ้างในการขนส่งไปรษณีย์จากบริษัทเอกชนทั้งหมดในแต่ละเดือน ดังแสดงในตารางที่ 4.3 สำหรับเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ในตารางดังกล่าว ถูกกำหนดขึ้น จากประสบการณ์ในการทำงานของเจ้าหน้าที่ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ในการประมาณผลรวมของน้ำหนักพัสดุไปรษณีย์ในแต่ละประเภททั้งหมดที่คาดว่าจะต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ร่วมกับ การทดสอบโดยการนำรถขนส่งไปรษณีย์ไปวิ่งขนส่งจริง เพื่อหาเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม

ในการกำหนดเส้นทางและลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์สิ่งของที่ฝากทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะกำหนดเส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์ ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในเที่ยวขาไปก่อน ซึ่งแนวทางที่ใช้ในการกำหนดเส้นทางและลำดับการส่งต่อไปรษณีย์ คือ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะเลือกเดินทางไปส่งต่อไปรษณีย์ ให้กับ ที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ใกล้เคียงกับศูนย์ไปรษณีย์มากที่สุดก่อน และ ประมาณน้ำหนักพัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดในแต่ละประเภท ที่คาดว่าจะต้องไปส่งต่อ ให้กับ ที่ทำการไปรษณีย์แห่งนั้น ถัดมา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีจะพิจารณาต่อว่า รถขนส่งไปรษณีย์คันดังกล่าว สามารถบรรทุกไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ ไปส่งต่อ ให้กับ ที่ทำการไปรษณีย์แห่งถัดไป ในพื้นที่ใกล้เคียงได้หรือไม่ ถ้าสามารถบรรทุกไปส่งต่อได้ ก็จะเลือกที่ทำการไปรษณีย์แห่งนั้น ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันกับที่ทำการไปรษณีย์แห่งแรก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะพิจารณาที่ทำการไปรษณีย์แห่งอื่นต่อไปเรื่อยๆ จนกว่าน้ำหนักบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์ในเส้นทางนั้นจะเต็ม และจนกระทั่ง ได้เส้นทางและลำดับการส่งต่อไปรษณีย์ที่กำหนดให้กับรถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคันออกมา

หลังจากที่ได้เส้นทางและลำดับการส่งต่อไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งเรียบร้อยแล้ว ถัดมา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะกำหนดเส้นทางและลำดับการรวบรวมสิ่งของและพัสดุที่ได้ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง หลังจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งปิดทำการแล้ว กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เพื่อนำสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์ดังกล่าว ไปคัดแยกและส่งต่อไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่นต่อ ตามจุดหมายปลายทาง ซึ่งตามนโยบายของ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ในการหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่า กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ดังนั้น เส้นทางและลำดับการรวบรวมไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จึงกำหนดให้ ให้รถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคันในแต่ละเส้นทางในเที่ยวขาไป ทำการรวบรวมสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเส้นทางเดิมกลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์ในเที่ยวขากลับด้วย เพื่อนำสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์ดังกล่าวไปคัดแยกและส่งต่อไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่นต่อตามจุดหมายปลายทาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี (ศป.กบ.)

ลำดับ	ชื่อสายขนส่ง	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ (เที่ยวขาไป - กลับ)	ระยะทาง (KM)	ค่าใช้จ่าย (บาท/เดือน)
1	ศป.กบ.–ปณ.ปากพลี	**ขาไป:** ศป.กบ. > ปจ.ปราจีนบุรี > ปณ.บ้านพระ > ปณ.ปากพลี **ขากลับ:** ปณ.บ้านพระ > ปจ.ปราจีนบุรี > ศป.กบ.	156	89,399
2	ศป.กบ.–ปจ.ฉะเชิงเทรา	**ขาไป:** ศป.กบ. > ปจ.ฉะเชิงเทรา > ปณ.ดอนทอง **ขากลับ:** ปณ.ดอนทอง > ปจ.ฉะเชิงเทรา > ศป.กบ.	194	94,785
3	ศป.กบ.–ปจ.นครนายก	**ขาไป:** ศป.กบ. > ปจ.นครนายก > ปณ.รร.นายร้อย จปร. **ขากลับ:** ปณ.รร.นายร้อย จปร. > ปจ.นครนายก > ปณ.ปากพลี > ศป.กบ.	181	92,943
4	ศป.กบ.–ปณ.บ้านสร้าง	**ขาไป:** ศป.กบ. > ปณ.พนมสารคาม > ปณ.บ้านสร้าง **ขากลับ:** ปณ.บ้านสร้าง > ปณ.พนมสารคาม > ศป.กบ.	178	92,517
5	ศป.กบ.–ปณ.วังสมบูรณ์	**ขาไป:** ศป.กบ. > คปณ.เขาฉกรรจ์ > ปณ.วังน้ำเย็น > ปณ.คลองหาด > ปณ.วังสมบูรณ์ **ขากลับ:** ปณ.วังสมบูรณ์ > ปณ.คลองหาด > ปณ.วังน้ำเย็น > คปณ.เขาฉกรรจ์ > ศป.กบ.	274	106,124
6	ศป.กบ.–ปณ.ประจันตคาม	**ขาไป:** ศป.กบ. > ปณ.กบินทร์บุรี > ปณ.ประจันตคาม **ขากลับ:** ปณ.ประจันตคาม > ปณ.กบินทร์บุรี > ศป.กบ	85	79,336
7	ศป.กบ. – ปณ.นาดี	**ขาไป:** ศป.กบ. > ปณ.กบินทร์เก่า > คปณ.นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี > ปณ.นาดี **ขากลับ:** ปณ.นาดี > คปณ.นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี > ปณ.กบินทร์เก่า > ศป.กบ.	63	76,218
8	ศป.กบ. – ปณ.ศรีมโหสถ	**ขาไป:** ศป.กบ. > ปณ.ศรีมหาโพธิ > ปณ.ศรีมโหสถ **ขากลับ:** ปณ.ศรีมโหสถ > ปณ.ศรีมหาโพธิ > ศป.กบ.	107	82,454
รวมทั้งหมด			**1,238**	**713,776**

4.1.1.4 ประเภทและน้ำหนักของสิ่งของที่ขนส่งทางไปรษณีย์

1. ประเภทของพัสดุไปรษณีย์

ปัจจุบัน บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ได้เปิดให้บริการรับฝากส่งสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์ทั้งในประเทศและต่างประเทศในหลายประเภทบริการ ดังแสดงในตารางที่ 4.4 ซึ่งหลังจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งปิดทำการเรียบร้อยแล้ว สิ่งของที่ส่งผ่านทางไปรษณีย์ทั้งหมดจะถูกนำไปคัดแยกและรวบรวมเอาไว้ในแต่ละประเภทและในแต่ละปลายทาง เพื่อรอการรวบรวมจากรถขนส่งไปรษณีย์ และ นำไปกลับคัดแยกที่ศูนย์ไปรษณีย์ภูมิภาค และกระจายต่อไปยังศูนย์ไปรษณีย์ภูมิภาคอื่นตามปลายทางที่กำหนด

ตารางที่ 4.4 ประเภทของสิ่งของที่ขนส่งทางไปรษณีย์

ลำดับ	ประเภทบริการ	ตัวอย่าง
1	ไปรษณีย์ด่วนพิเศษ (EMS)	จดหมาย, ไปรษณียบัตร, สิ่งตีพิมพ์, พัสดุไปรษณีย์
2	ไปรษณีย์ลงทะเบียน	
3	พัสดุไปรษณีย์	
4	ไปรษณีย์ธรรมดา	
5	สิ่งของขนาดใหญ่	เครื่องใช้ไฟฟ้า: คอมพิวเตอร์, โทรทัศน์, ตู้เย็น ยานพาหนะ: รถจักรยาน, รถจักรยานยนต์ เฟอร์นิเจอร์: เก้าอี้, ที่นอน, โซฟา, ตู้เสื้อผ้า กลุ่มเบ็ดเตล็ด: เครื่องออกกำลังกาย, ยางรถยนต์
6	จักรยานยนต์	

2. น้ำหนักของพัสดุไปรษณีย์

ในการส่งต่อและรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ของ ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา จะเริ่มต้นจาก ศูนย์ไปรษณีย์จะรับสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์ที่ส่งต่อมาจากศูนย์ไปรษณีย์อื่น จากนั้นจะนำสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์ดังกล่าวไปคัดแยกต่อในแต่ละประเภทบริการ และ จุดหมายปลายทาง เมื่อคัดแยกเสร็จ พัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดจะถูกนำไปใส่ใน **“ภาชนะบรรจุไปรษณีย์”** เพื่อเตรียมรอขนขึ้นรถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคันของในแต่ละเส้นทาง ซึ่งภาชนะบรรจุไปรษณีย์ ที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีใช้ในการรวบรวมสิ่งของพัสดุไปรษณีย์ จะมีประเภทและน้ำหนักเต็มบรรจุ ดังแสดงในตารางที่ 3.4 ซึ่งหลังจากรวบรวมพัสดุไปรษณีย์ลงในแต่ละภาชนะบรรจุเสร็จเรียบร้อยแล้ว พัสดุไปรษณีย์ดังกล่าวจะถูกนำไปวางรอไว้ที่ลานขนถ่าย เพื่อเตรียมรอโหลดขึ้นรถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคันในแต่ละเส้นทาง และเมื่อโหลดพัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดขึ้นรถขนส่งไปรษณีย์เรียบร้อยแล้ว รถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันจะออกจากศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา และเริ่มต้นการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ ให้กับ ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งตามที่กำหนด ในขณะเดียวกัน หลังจากที่ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งปิดเรียบร้อยแล้ว สิ่งของและพัสดุไปรษณีย์ที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ทั้งหมด จะถูกนำไปคัดแยกและรวบรวมลงใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาชนะบรรจุไปรษณีย์เช่นเดียวกัน และนำไปวางรอไว้ที่ลานขนถ่ายของในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เพื่อรอรับการรวบรวมไปรษณีย์จากรถขนส่งไปรษณีย์คันเดิมในเที่ยวขากลับ และ นำกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา เพื่อนำไปคัดแยกและส่งต่อไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่นตามจุดหมายปลายทาง ซึ่งในการรวบรวมสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ลงในภาชนะบรรจุไปรษณีย์ ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ได้กำหนดเงื่อนไขในการเลือกภาชนะบรรจุ ดังนี้

- พัสดุไปรษณีย์ที่มีขนาดเล็ก จะถูกเก็บรวบรวมเอาไว้ใน **“ถุงไปรษณีย์”**
- พัสดุไปรษณีย์ที่มีขนาดกลาง-ใหญ่ จะถูกเก็บรวบรวมเอาไว้ใน **“รถเข็นกรงเหล็ก”**
- พัสดุไปรษณีย์ที่มีขนาดใหญ่พิเศษ, พัสดุไปรษณีย์ที่มีรูปทรงไม่สมมาตร หรือ ไม่สามารถรวบรวมไว้ภายในภาชนะที่กล่าวมาข้างต้นได้ จะถูกเก็บรวบรวมแยกเอาไว้ **“ด้านนอก”**

อย่างไรก็ตามถ้า **จำนวน** หรือ **ปริมาณของสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์** ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม ในบางวันมากเกินกว่าปกติ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีอาจจะพิจารณาและจัดสรรภาชนะบรรจุไปรษณีย์ที่เหมาะสมกว่า แทนการพิจารณาจากเงื่อนไขของขนาดพัสดุไปรษณีย์ เพื่ออำนวยความสะดวกในการขนย้ายสิ่งของและพัสดุไปรษณีย์ในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์

ตารางที่ 4.5 ประเภท และ น้ำหนักเต็มบรรจุ ของภาชนะบรรจุไปรษณีย์ ในแต่ละประเภทบริการ

ลำดับ	ประเภท ภาชนะบรรจุไปรษณีย์	ประเภทบริการ ที่สามารถบรรจุได้	น้ำหนัก/ชิ้น
1	ถุงไปรษณีย์	ไปรษณีย์ด่วนพิเศษ (EMS)	20 กิโลกรัม/ถุง
		ไปรษณีย์ลงทะเบียน	
		พัสดุไปรษณีย์	
		ไปรษณีย์ธรรมดา	
2	รถเข็นกรงเหล็ก	ไปรษณีย์ด่วนพิเศษ (EMS)	150 กิโลกรัม/Roll
		ไปรษณีย์ลงทะเบียน	
		พัสดุไปรษณีย์	
3	นอกถุง (ไม่มีถุงบรรจุ) * คิดจากน้ำหนัก/ชิ้น	ไปรษณีย์ด่วนพิเศษ (EMS)	5 กิโลกรัม/ชิ้น
		พัสดุไปรษณีย์	5 กิโลกรัม/ชิ้น
		สิ่งของขนาดใหญ่	20 กิโลกรัม/ชิ้น
		จักรยานยนต์	110 กิโลกรัม/ชิ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.5. ปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

สำหรับข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เป็นหนึ่งในข้อมูลที่สำคัญที่ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาใช้ในการประมาณการจำนวนและน้ำหนักระวางบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ อย่างไรก็ตาม ข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ของในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์นั้นมีความไม่แน่นอน เนื่องจากปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จะขึ้นอยู่กับความต้องการในแต่ละช่วงของเทศกาล

ดังนั้น เพื่อให้ได้มาสำหรับข้อมูลในส่วนนี้ เพื่อที่จะนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้ในการสร้างแบบจำลองคณิตศาสตร์ของปัญหาและหาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมในขั้นตอนถัดไป ดังนั้นในการศึกษาครั้ง จึงได้มีการขอข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ต่อวันที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ย้อนหลังเป็นระยะเวลา 1 เดือน จากศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ตั้งแต่ช่วงวันที่ 1-31 สิงหาคม ค.ศ. 2020 เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปหาค่าเฉลี่ย และ ใช้เป็นตัวแทนข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์เฉลี่ย “ต่อวัน” ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง สำหรับข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ต่อวันที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่ได้ขอข้อมูลมาจากศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา จะรวบรวมข้อมูลทั้งหมดไว้ในภาคผนวก ก. ซึ่งข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ต่อวันที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งดังกล่าว จะถูกเก็บรวมรวบข้อมูลแยกตามประเภทของภาชนะบรรจุไปรษณีย์ ในแต่ละประเภทบริการ ตามที่ได้กล่าวไว้ในตารางที่ 4.5

สำหรับ ข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวันที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง จะถูกนำไปแปลงหน่วย ให้อยู่ในหน่วย “กิโลกรัม” เพื่อให้สัมพันธ์กันกับการคำนวณระวางบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ของในแต่ละเส้นทาง ซึ่งข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวันที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง จะมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.6 และ 4.7 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวันที่ต้อง “ส่งต่อ” ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณงานเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม)
1	ปราจีนบุรี	*1720*
2	บ้านสร้าง	*540*
3	กบินทร์บุรี	*1355*
4	บ้านพระ	*1155*
5	ศรีมหาโพธิ	*1220*
6	ศรีมโหสถ	*710*
7	ประจันตคาม	*980*
8	กบินทร์เก่า	*715*
9	นาดี	*900*
10	คปณ. นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี	*595*
11	พนมสารคาม	*1505*
12	ปากพลี	*595*
13	ฉะเชิงเทรา	*1925*
14	ดอนทอง	*275*
15	นครนายก	*2030*
16	โรงเรียนนายร้อย จปร.	*260*
17	วังน้ำเย็น	*785*
18	คลองหาด	*570*
19	วังสมบูรณ์	*715*
20	คปณ. เขาฉกรรจ์	*325*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวันที่ต้อง “รวบรวม” จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณงานเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม)
1	ปราจีนบุรี	*2365*
2	บ้านสร้าง	*545*
3	กบินทร์บุรี	*645*
4	บ้านพระ	*1090*
5	ศรีมหาโพธิ	*1100*
6	ศรีมโหสถ	*845*
7	ประจันตคาม	*1005*
8	กบินทร์เก่า	*865*
9	นาดี	*590*
10	คปณ. นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี	*600*
11	พนมสารคาม	*1155*
12	ปากพลี	*750*
13	ฉะเชิงเทรา	*2455*
14	ดอนทอง	*940*
15	นครนายก	*1960*
16	โรงเรียนนายร้อย จปร.	*365*
17	วังน้ำเย็น	*885*
18	คลองหาด	*755*
19	วังสมบูรณ์	*705*
20	คปณ. เขาฉกรรจ์	*425*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.6 จำนวนและขนาดระวางบรรทุกของรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

สำหรับ “**จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์**” และ “**น้ำหนักระวางบรรทุก**” ที่ใช้ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ ทั้งในเที่ยวขาไป-ขากลับ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะคำนวณ จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ และ น้ำหนักระวางบรรทุกที่ต้องใช้ จากการประมาณ ผลรวมของจำนวนและน้ำหนักปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ทั้งหมด ที่คาดว่าจะต้องไปส่งต่อ ให้กับ ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเที่ยวขาไป และ ผลรวมของจำนวนและน้ำหนักปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์ที่คาดว่าจะต้องเก็บรวบรวมมาจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ในเที่ยวขากลับ ตามที่ที่ได้กล่าวไปในหัวข้อที่ 4.1.1.3) ร่วมกับ การทดสอบโดยการนำรถขนส่งไปรษณีย์ไปวิ่งขนส่งจริง เพื่อหาจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ และ น้ำหนักระวางบรรทุกที่เหมาะสม จากนั้น จะทำการว่าจ้างรถบรรทุกที่คำนวณได้ จากบริษัทเอกชน เพื่อนำมาใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ได้คำนวณและว่าจ้างรถบรรทุกขนาด 6 ล้อ จากบริษัทเอกชน เพื่อนำมาใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ ทั้งหมด 8 คัน และรถบรรทุกทุกคัน มีขนาดระวางบรรทุก และน้ำหนักบรรทุกไปรษณีย์เท่ากันทุกคัน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 4.8 จำนวน และ ขนาดบรรทุกของยานพาหนะใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

ประเภทยานพาหนะ	จำนวนยานพาหนะ	ขนาดรถ	น้ำหนักบรรทุก
รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ	8	10 ตัน	4,600 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.1.7 การคำนวณต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์

หลังจากที่ ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาได้ จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ และ น้ำหนักระวางบรรทุก ที่ใช้ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ที่เหมาะสมแล้ว ในขั้นตอนถัดไป ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาจะคำนวณและประมาณ **"ราคาค่าจ้างขนส่งไปรษณีย์"** เบื้องต้น เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์ ที่ในแต่ละบริษัทเอกชนได้ยื่นเสนอราคามา ซึ่งในการประมาณราคาค่าจ้างในการขนส่งไปรษณีย์ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะคำนวณและประมาณค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์จากต้นทุนการขนส่งทั้งหมด 3 ส่วน ซึ่งได้แก่ **ต้นทุนด้านยานพาหนะ ต้นทุนด้านบุคลากร** และ **ต้นทุนในการจัดการและกำไรจากการดำเนินการ** ตามลำดับ ซึ่งในแต่ละต้นทุนการขนส่ง จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดในด้านล่าง ดังต่อไปนี้

1. **ค่าใช้จ่ายด้านยานพาหนะ** ประกอบด้วยค่าใช้จ่าย 4 ส่วน คือ
   - ค่าจัดหารถยนต์
   - ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง
   - ค่าบำรุงรักษารถยนต์
   - ค่าภาษีและค่าประกันภัยรถยนต์
   - ค่าผ่านทางพิเศษ (ถ้ามี)
2. **ค่าใช้จ่ายด้านบุคลากร** ประกอบด้วยค่าใช้จ่ายทั้งหมด 2 ส่วน คือ
   - ค่าจ้างพนักงานขับรถขนส่งไปรษณีย์
   - ค่าจ้างพนักงานประจำรถ
3. **ค่าใช้จ่ายด้านการจัดการและกำไรจากการดำเนินการ**
   - ค่าบริหารจัดการและกำไรร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่ายทั้งหมด

สำหรับตัวอย่างการในการคำนวณราคาค่าจ้างขนส่งไปรษณีย์ สามารถดูตัวอย่างการคำนวณได้ใน ภาคผนวก ข.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 การกำหนดลักษณะปัญหาการขนส่งไปรษณีย์

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนในการกำหนดปัญหา และ วัตถุประสงค์ปัญหา เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด

จากการศึกษาข้อมูล ในหัวข้อที่ผ่านมา ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา มีวัตถุประสงค์ คือ “เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งเที่ยวขาไป และการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในเที่ยวขากลับที่เหมาะสมและมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด” ซึ่งจากลักษณะปัญหาและวัตถุประสงค์ปัญหา รวมไปถึง จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ ของ ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา จะมีเงื่อนไขของปัญหาคล้ายคลึงกับสมมติฐานของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ดังนั้น เครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการแก้ปัญหา เพื่อให้บรรลุเป้าหมายตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด คือ การหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม และมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยการประยุกต์ใช้หลักการและทฤษฎีของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ

จากการศึกษาข้อมูลทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในบทที่ 2 และ การศึกษาลักษณะปัญหาในหัวข้อที่ผ่านมา สามารถสรุปวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับของปัญหา เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

ตารางที่ 4.9 ตารางสรุปวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับของปัญหาที่ได้จากการศึกษา

วัตถุประสงค์ของปัญหา (Objective Function)	เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งเที่ยวขาไป และการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในเที่ยวขากลับ ที่เหมาะสมและมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด
เงื่อนไขบังคับ (Constraints)	1. ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่ง จะต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีเท่ากับ 1 ครั้ง
	2. ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่ง จะต้องได้รับบริการในการรวบรวมไปรษณีย์ กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์เท่ากับกบินทร์บุรี 1 ครั้ง
	3. เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ทุกเส้นทาง จะต้องให้บริการในการส่งต่อไปรษณีย์ให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นให้บริการในการรวบรวมไปรษณีย์ หลังจากที่ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีได้
	4. ผลรวมของน้ำหนักไปรษณีย์ทั้งหมดทั้งในเที่ยวขาไป และในเที่ยวขากลับ ต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์
	5. เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ ของรถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันและทุกเส้นทาง จะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนในสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม

จากการทบทวนและศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ในบทที่ 2 พบว่า ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีเงื่อนไขบังคับของปัญหาคล้ายคลึงกับสมมติฐานของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ดังนั้น ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา จะสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา จากการประยุกต์ใช้แนวคิด และ ดัดแปลงจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ที่นำเสนอในงานวิจัยของ Granada-Echeverri และคณะ ปี ค.ศ.2019 [41] ซึ่งในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา จะประยุกต์ใช้แนวคิดของกราฟเพื่ออธิบายปัญหา ปรับสมการวัตถุประสงค์ ปรับปรุงเงื่อนไขบังคับ รวมไปถึงปรับเปลี่ยนความหมายของ ดัชนี เซต และพารามิเตอร์ ของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าว เพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาจริงและสามารถหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ได้เหมาะสมยิ่งขึ้น ซึ่งแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่ถูกสร้างขึ้นจากการประยุกต์ใช้แนวคิดและดัดแปลงจากงานวิจัยดังกล่าว จะเป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีเพียงหนึ่งวัตถุประสงค์ และมีดัชนี เซต พารามิเตอร์ และเงื่อนไขบังคับ อยู่ในรูปของแบบจำลองข้อมูลเชิงกำหนด (Deterministic Model)

ดังนั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ที่จะนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจและหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม สามารถเขียนอยู่ในรูปของโปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed-Integer Linear Programming: MILP) โดยที่มีแนวคิด สมการวัตถุประสงค์ ดัชนี เซต พารามิเตอร์ ตัวแปรตัดสินใจ และเงื่อนไขบังคับ ดังคำอธิบายและสมการดังต่อไปนี้

กำหนดให้ $G=(V,A)$ เป็นกราฟที่ไม่มีทิศทาง ที่ $V=\{L\cup B\cup 0\}$ โดยที่ $L=\{1,...,n\}$ แทนเซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และ $B=\{n+1,...,n+m\}$ แทนเซตของที่ทำการไปรษณีย์ ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์ กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์ และ 0 แทนจุดของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ตามลำดับ นอกจากนี้ $A=\{(i,j);i,j\in V,i\neq j\}$ แทนเซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และในแต่ละเส้นเชื่อมระหว่างที่ทำการไปรษณีย์ที่เป็นได้ทั้งหมดจะมีสัมประสิทธิ์ d_{ij} ที่แทนระยะทาง ที่ใช้ในการเดินทาง จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ แทนระยะทาง ที่ใช้ในการเดินทางจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j ตามลำดับ นอกจากนี้ ในเที่ยวขาไป ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งจะมีน้ำหนักของสิ่งของไปรษณีย์ที่ต้องได้รับการส่งต่อ จาก ศูนย์ไปรษณีย์เท่ากับ d_j และในเที่ยวขากลับ มีน้ำหนักสิ่งของไปรษณีย์ที่ต้องรวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์ เท่ากับ p_j และ มีกลุ่มของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด K คัน ที่ยานพาหนะทุกคน มีขนาดระขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกที่ใช้ในการการส่งต่อ-รวมรวมไปรษณีย์เท่ากับ Q

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ดัชนี:

i, j, k : ดัชนีของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ โดยที่ $i, j, k \in V$

เซต:

L : เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ โดยที่ $L = \{1, 2, 3, ..., n\}$

L_0 : เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์ และ ศูนย์ไปรษณีย์ โดยที $L_0 = L \cup \{0\}$

B : เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการรวบรวมไปรษณีย์ กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ โดยที่ $B = \{n+1, \ldots, n+m\}$

B_0 : เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการรวบรวมไปรษณีย์ กลับมายังศูนย์ ไปรษณีย์ และ ศูนย์ไปรษณีย์ โดยที่ $B_0 = B \cup \{0\}$

V : เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์ และ ศูนย์ไปรษณีย์ โดยที่ $V = L \cup B \cup \{0\}$

พารามิเตอร์:

Q : ขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ (ขนาดเดียวกัน)

K : จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

d_{ij} : ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j

d_j : น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์ j

p_j : น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ต้องไปรวบรวมในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์ j

ตัวแปรตัดสินใจ:

x_{ij} : 1 เมื่อมีการเดินทางจาก ศูนย์ไปรษณีย์ หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j

0 อื่น ๆ

l_{ij} : แทนน้ำหนักของสิ่งของที่ถูกขนส่ง จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j ซึ่งมีค่ามากกว่า หรือ เท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.2 แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

สมการวัตถุประสงค์:

$$Minimize\ Z = \sum_{i \in v} \sum_{j \in v, j \neq i} d_{ij} x_{ij} \tag{4.1}$$

เงื่อนไขบังคับ:

$$\sum_{i \in L_0} \sum_{j \in L,\ j \neq i} x_{ij} = |L| \tag{4.2}$$

$$\sum_{i \in L_0, i \neq j} l_{ij} - d_j = \sum_{k \in L, j \neq k} l_{jk} \qquad \forall j \in L \tag{4.3}$$

$$\sum_{i \in L_0, i \neq j} x_{ij} = 1 \qquad \forall j \in L \tag{4.4}$$

$$\sum_{i \in L_0, i \neq j} x_{ij} = \sum_{k \in L, j \neq k} x_{jk} + \sum_{k \in B, j \neq k} x_{jk} \qquad \forall j \in L \tag{4.5}$$

$$l_{ij} \leq Q \bullet x_{ij} \qquad \forall i \in L_0\ \forall j \in L, i \neq j \tag{4.6}$$

$$\sum_{j \in L} x_{0j} \leq K \tag{4.7}$$

$$\sum_{i \in B} \sum_{j \in B_0,\ j \neq i} x_{ij} = |B| \tag{4.8}$$

$$\sum_{i \in B, i \neq j} l_{ij} + p_j = \sum_{k \in B_0, j \neq k} l_{jk} \qquad \forall j \in B \tag{4.9}$$

$$\sum_{j \in B_0, i \neq j} x_{ij} = 1 \qquad \forall i \in B \tag{4.10}$$

$$\sum_{i \in L, i \neq j} x_{ij} + \sum_{i \in B, i \neq j} x_{ij} = \sum_{k \in B_0, j \neq k} x_{jk} \qquad \forall j \in B \tag{4.11}$$

$$l_{ij} \leq Q \bullet x_{ij} \qquad \forall i \in B\ \ \forall j \in B_0, i \neq j \tag{4.12}$$

$$\sum_{i \in B} x_{i0} \leq K \tag{4.13}$$

$$x_{ij} \in \{0,1\} \qquad \forall i \in V\ \ \forall j \in V, i \neq j \tag{4.14}$$

$$l_{ij} \geq 0 \qquad \forall i \in V\ \ \forall j \in V, i \neq j \tag{4.15}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนนี้จะอธิบายถึงสมการวัตถุประสงค์และเงื่อนไขบังคับในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สมการที่ (4.1) เป็นสมการวัตถุประสงค์ “เพื่อหาระยะทางรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และ การรวบรวมสิ่งของฝากส่งทางไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี”

สมการที่ (4.2) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นเชื่อมที่เลือกแล้วทำให้มีผลรวมของระยะทางในการขนส่งที่ต่ำที่สุดสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จาก ที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j จะต้องมีจำนวนเส้นเชื่อมเท่ากับ จำนวนที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์”

สมการที่ (4.3) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดในทุกเส้นทางจะต้องได้รับการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และ เป็นการรับประกันว่า จะต้องไม่มีไปรษณีย์ตกค้างเมื่อถึงที่ทำการไปรษณีย์สุดท้าย”

สมการที่ (4.4) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งจะต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1 ครั้ง และเส้นทางเดียวเท่านั้น”

สมการที่ (4.5) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “เมื่อส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j เรียบร้อยแล้ว จะต้องออกจากที่ทำการไปรษณีย์ดังกล่าว และไปส่งต่อไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์ k ต่อให้ครบ หรือไปเริ่มต้นการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ k”

สมการที่ (4.6) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ขนส่งจาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j จะต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกที่กำหนด”

สมการที่ (4.7) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นทางการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เพื่อส่งต่อไปรษณีย์ จะต้องมีค่าน้อยกว่า หรือ เท่ากับจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ศูนย์กบินทร์บุรีมีอยู่”

สมการที่ (4.8) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นเชื่อมที่เลือกแล้วทำให้มีผลรวมของระยะทางในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จาก ที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจาก ที่ทำการไปรษณีย์ i กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะต้องมีจำนวนเส้นเชื่อม เท่ากับ จำนวนที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์”

สมการที่ (4.9) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดในทุกเส้นทางจะต้องได้การรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ และขนกลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และเป็นการรับประกันว่าน้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ทำการรวบรวมมา จะไม่เกินขนาดระวางบรรทุกเมื่อมาถึงศูนย์ไปรษณีย์”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (4.10) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่งจะต้องได้การรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ และนำกลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี”

สมการที่ (4.11) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “เมื่อรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์ j เรียบร้อยแล้ว จะต้องออกจากที่ทำการไปรษณีย์ดังกล่าว แล้วไปรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านที่ทำการไปรษณีย์ k ต่อให้ครบ หรือ กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี”

สมการที่ (4.12) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่รวบรวมมาจากที่ทำการไปรษณีย์ i และขนต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์สุดท้าย กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกที่กำหนด”

สมการที่ (4.13) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า “จำนวนเส้นทางที่เลือกทั้งหมดในการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง จะมีค่าน้อยกว่า หรือ เท่ากับ จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ศูนย์กบินทร์บุรีมีอยู่”

สมการที่ (4.14) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเดินทางจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j และมีค่าเท่ากับ 0 ถ้าเป็นกรณีอื่น และ

สมการที่ (4.15) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบต่อเนื่อง ที่แทนน้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ถูกขนส่งจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 การทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการทดสอบและพิจารณผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในหัวข้อที่ผ่านมา ด้วยการใช้ข้อมูลตัวอย่างปัญหาหนึ่งปัญหา ก่อนที่จะนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าวไปใช้ในการแก้ปัญหาจริง ตามที่ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3

ตามที่ได้กล่าวไปข้างต้น เนื่องจาก ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา มีเงื่อนไขบังคับของปัญหาคล้ายคลึงกับสมมติฐานของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ดังนั้น สำหรับตัวอย่างปัญหา ที่จะนำมาใช้ในการทดสอบ จะเป็นหนึ่งในตัวอย่างปัญหาที่ระบุไว้ในงานวิจัยของ Granada-Echeverri และคณะ [41] ซึ่งประกอบไปด้วยข้อมูลและคำอธิบายตัวอย่างปัญหาดังต่อไปนี้

ตัวอย่างปัญหา:

กำหนดให้ ศูนย์กระจายสินค้าแห่งหนึ่ง มีกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าทั้งหมด 20 ราย โดยที่ ลำดับที่ 1-10 จะเป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อสินค้าจากศูนย์จากสินค้าในเที่ยวขาไป และลำดับที่ 11-20 จะเป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการรวบรวมสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า ในเที่ยวขากลับ ซึ่งลูกค้าแต่ละราย จะมีตำแหน่ง และ จำนวนความต้องการ ที่จะต้องได้รับบริการ ในการส่งต่อ หรือ รวบรวมสินค้า จากศูนย์กระจายสินค้า ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.7 ซึ่งในการขนส่งสินค้า จะมีรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งสินค้าทั้งหมด 3 คัน และรถบรรทุกทุกคันจะมีขนาดความจุเท่ากับ 60

$$d = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \tag{4.16}$$

สำหรับตัวอย่างปัญหาดังกล่าว จะมีค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Best Known Solution) เท่ากับ 324 และระยะทางระหว่างจุดลูกค้าแต่ละราย จะสามารถหาได้จากการใช้สูตรการคำนวณดังแสดงในสมการที่ 4.16 ซึ่งจากตัวอย่างปัญหาดังกล่าว ดังนั้น ขั้นตอนการทดสอบและพิจารณาผลลัพธ์ จะมีขั้นตอนและรายละเอียด ดังต่อไปนี้

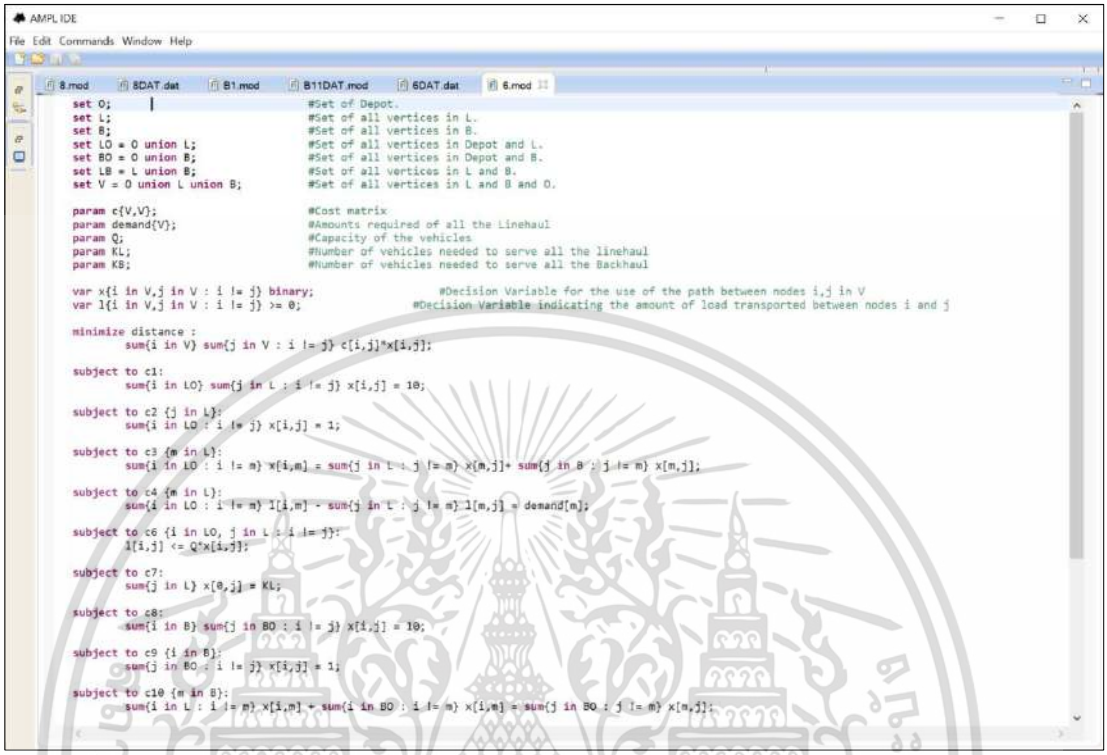
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างปัญหาที่ใช้สำหรับการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ลำดับ	X Coordinates	Y Coordinates	Demand	ประเภท
1	*25*	*32*	***0***	*Depot*
2	25	25	*7*	กลุ่มลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการ **ส่งต่อ** สินค้า
3	30	40	*30*	
4	50	30	*16*	
5	60	70	*9*	
6	37	52	*7*	
7	35	45	*30*	
8	52	64	*16*	
9	20	26	*9*	
10	40	30	*21*	
11	28	27	*15*	
12	17	63	*19*	กลุ่มลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการ **รวบรวม** สินค้า
13	31	62	*23*	
14	52	33	*11*	
15	51	21	*5*	
16	42	41	*19*	
17	31	32	*29*	
18	5	25	*23*	
19	12	42	*21*	
20	36	16	*10*	
21	45	65	*15*	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 1: นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในหัวข้อ 3.2 ไปสร้าง **“ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model File) ”** ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Model File สำหรับการอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS



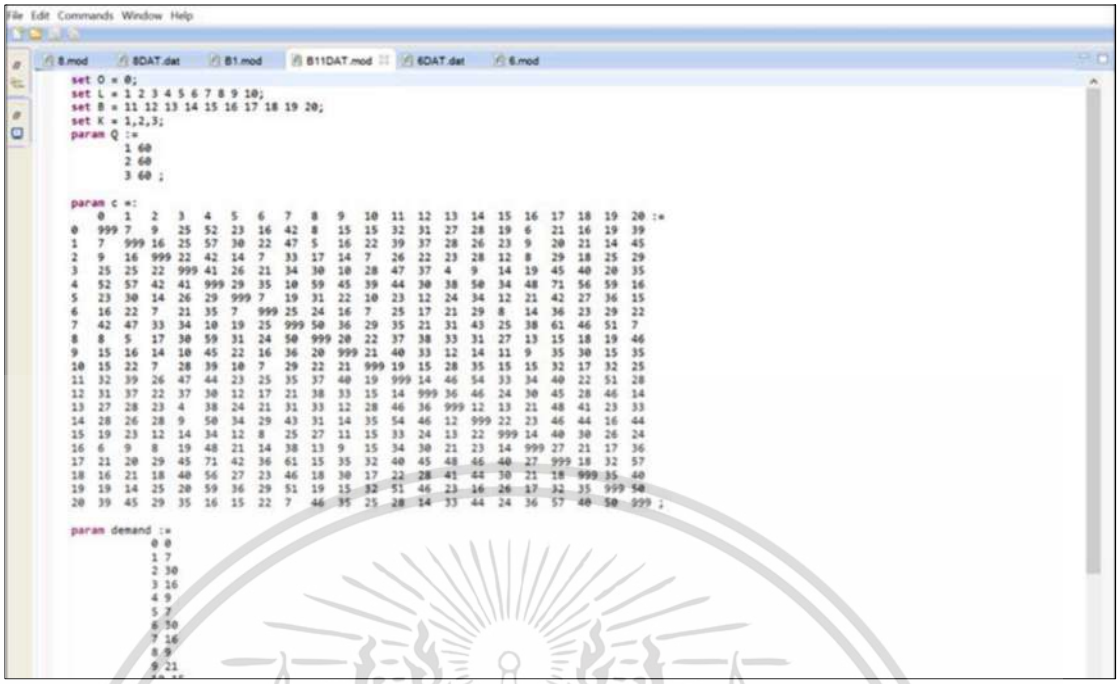
รูปที่ 4.2 การสร้างไฟล์ข้อมูลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์เพื่อทดสอบปัญหาผ่านซอฟต์แวร์ AMPL

ขั้นตอนที่ 2: นำข้อมูล เซต และ พารามิเตอร์ ของตัวอย่างปัญหา ที่จะใช้ทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น ไปสร้าง **“ไฟล์ข้อมูล (Data File)”** ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Data File สำหรับการอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

สำหรับข้อมูลข้อมูล เซต และ พารามิเตอร์ ของตัวอย่างปัญหา ที่จะถูกนำไปใช้ในการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะประกอบด้วยข้อมูลเซต และ พารามิเตอร์ ที่ได้จากในตารางที่ 4.10 ดังต่อไปนี้

- **จำนวนลูกค้าที่ได้ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมสินค้า**
- **ความต้องการสินค้าของลูกค้าแต่ละราย**
- **จำนวน และ ขนาดความจุของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่ง**
- **เมตริกซ์ระยะทางของลูกค้าแต่ละราย (Distance Matrix)**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 การสร้างไฟล์ข้อมูลเพื่อทดสอบปัญหาผ่านซอฟต์แวร์ AMPL

ขั้นตอนที่ 3: หลังจากที่สร้างไฟล์ข้อมูลทั้ง 2 ไฟล์ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนถัดไป ก็จะทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลดังกล่าว เพื่อนำไฟล์ข้อมูลทั้งหมด ไปอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

ขั้นตอนที่ 4: เข้าเว็บไซต์ https://neos-server.org/neos และ กดปุ่ม “นำเข้างานเข้าสู่ระบบ NEOS (Submit a job to NEOS)” เพื่อนำเข้างานเข้าสู่เว็บไซต์ NEOS

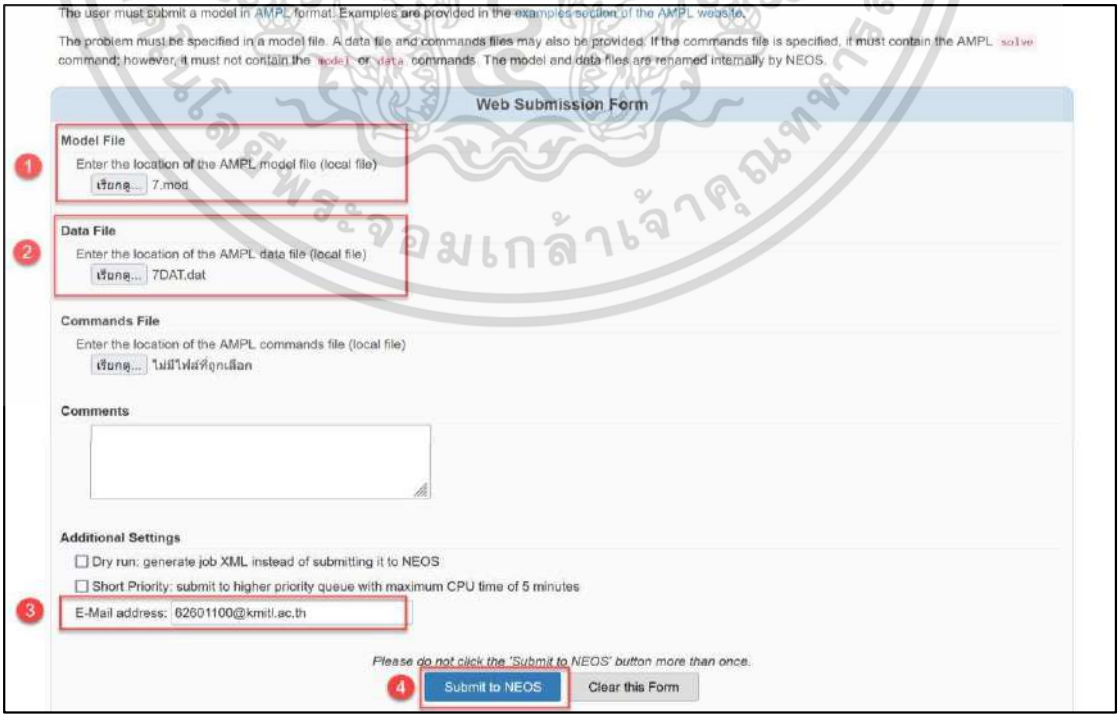
รูปที่ 4.4 การนำเข้างานเข้าใหม่เข้าสู่ระบบ NEOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 5: เลือก Solver ที่จะใช้สำหรับการแก้ปัญหา และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จะเลือกใช้ Solver ที่มีชื่อว่า “CPLEX” เพื่อแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้าเป็นไฟล์ AMPL

รูปที่ 3.13 การเลือกชนิดของเครื่องมือและชนิดของไฟล์ที่ใช้ในการหาผลลัพธ์

ขั้นตอนที่ 6: กดปุ่ม “เรียกดู” เพื่ออัพโหลด **ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์** และ **ไฟล์ข้อมูลตัวอย่างปัญหา** ที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 และ 2 เข้าสู่เว็บไซต์ NEOS พร้อมทั้งระบุ “อีเมล์” ที่จะให้เว็บไซต์ NEOS ส่งผลลัพธ์ไปให้ จากนั้นกดปุ่ม “Submit to NEOS” เพื่อหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

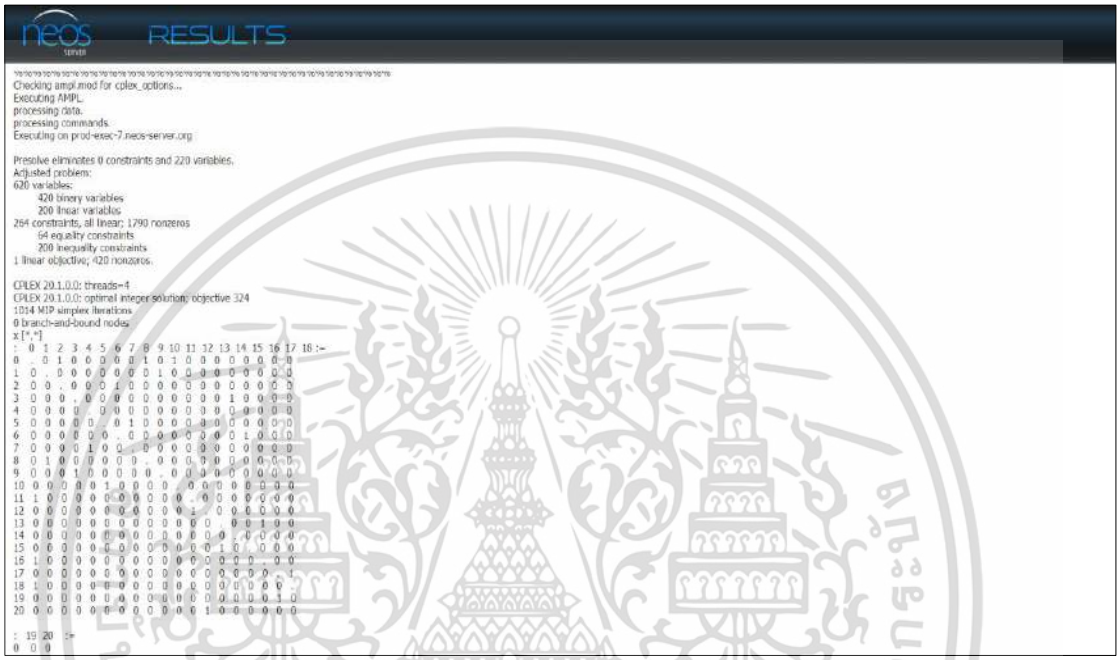


รูปที่ 3.14 การอัพโหลดไฟล์เข้าสู่เว็บ NEOS Server Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 7: รอผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในอีเมล์ที่ระบุ และอ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้พร้อมกับแปลความหมาย

ขั้นตอนที่ 8: นำผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนที่ 5 ไปเปรียบเทียบกับค่าที่ดีที่สุด (Best Known Solution: BKS) ของตัวอย่างปัญหาที่นำมาใช้ในการทดสอบว่ามีถูกต้องหรือไม่ ซึ่งถ้าผลลัพธ์ถูกต้อง ก็จะนำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ดังกล่าว ไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ในขั้นตอนถัดไป

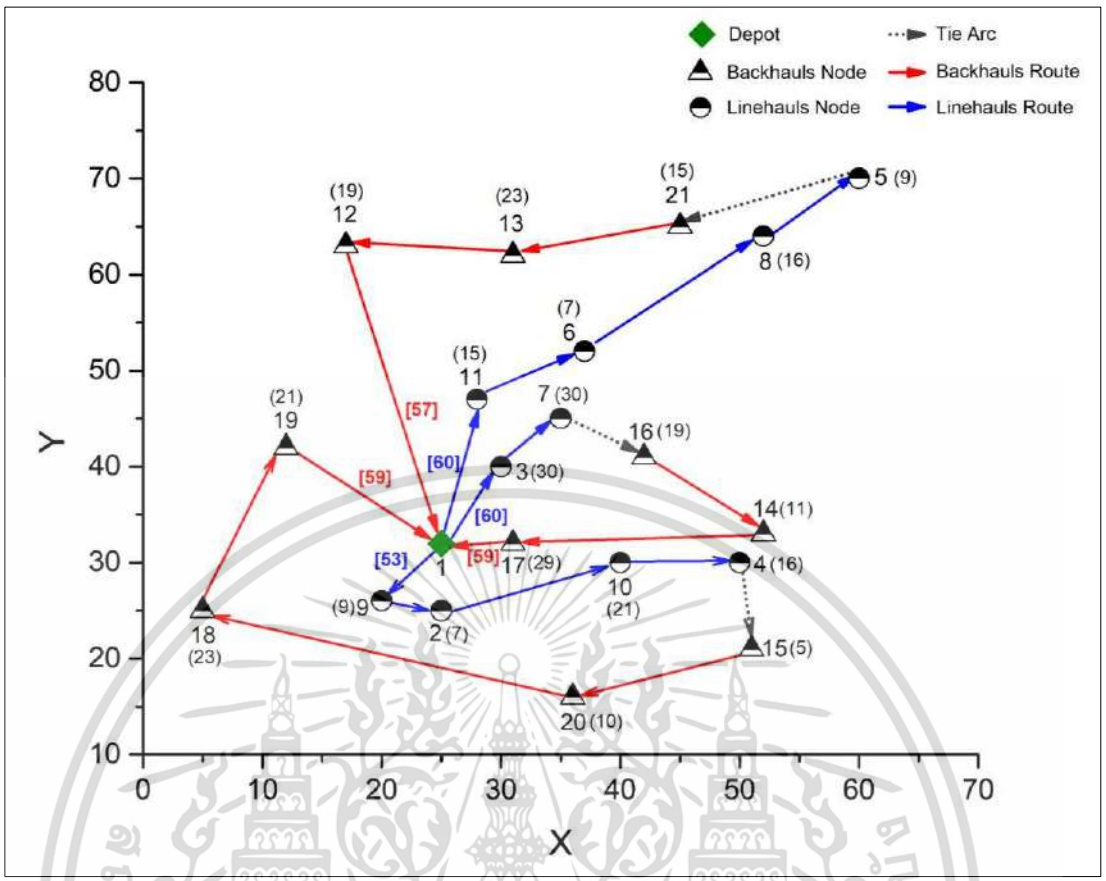


รูปที่ 4.5 ตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากการผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS Server Optimization

เนื่องจากแบบจำลองแบบจำลองคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ อยู่ในรูปโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นแบบผสม ที่มีตัวแปรตัดสินใจเป็นค่า (0,1) และเป็นจำนวนจริง ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาผ่านเว็บไซต์ NEOS Server Optimization จะถูกนำไปแปลความหมาย จากค่า (0,1) ให้อยู่ในรูปของเส้นทาง และ คู่อันดับ (X,Y) ที่อยู่บนกราฟ เพื่อให้เกิดความสะดวกในการตรวจสอบความถูกต้อง

สำหรับเส้นทางและลำดับการส่งต่อ–รวบรวมสินค้า ที่ได้จากการแก้ปัญหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ โดยการใช้ข้อมูล ตัวอย่างปัญหา จากงานวิจัยของ Granada-Echeverri และคณะ พบว่า ได้คำตอบที่ดีที่สุด เท่ากับ 324 และมีเส้นทางและลำดับการส่งต่อ–รวบรวมสินค้า ดังแสดงในรูปที่ 3.5 ซึ่งจากการพิจารณาเส้นทางที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่นำเสนอ กับ ค่าคำตอบที่ดีที่สุด (Best Known Solution: BKS) ที่ระบุไว้ในงานวิจัยดังกล่าว พบว่าผลลัพธ์ที่ได้นั้นตรงกัน นอกจากนี้ยังใช้ขั้นตอนในการหาผลลัพธ์ที่ง่ายกว่าอีกด้วย ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาที่นำเสนอ มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการหาเส้นทางเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ

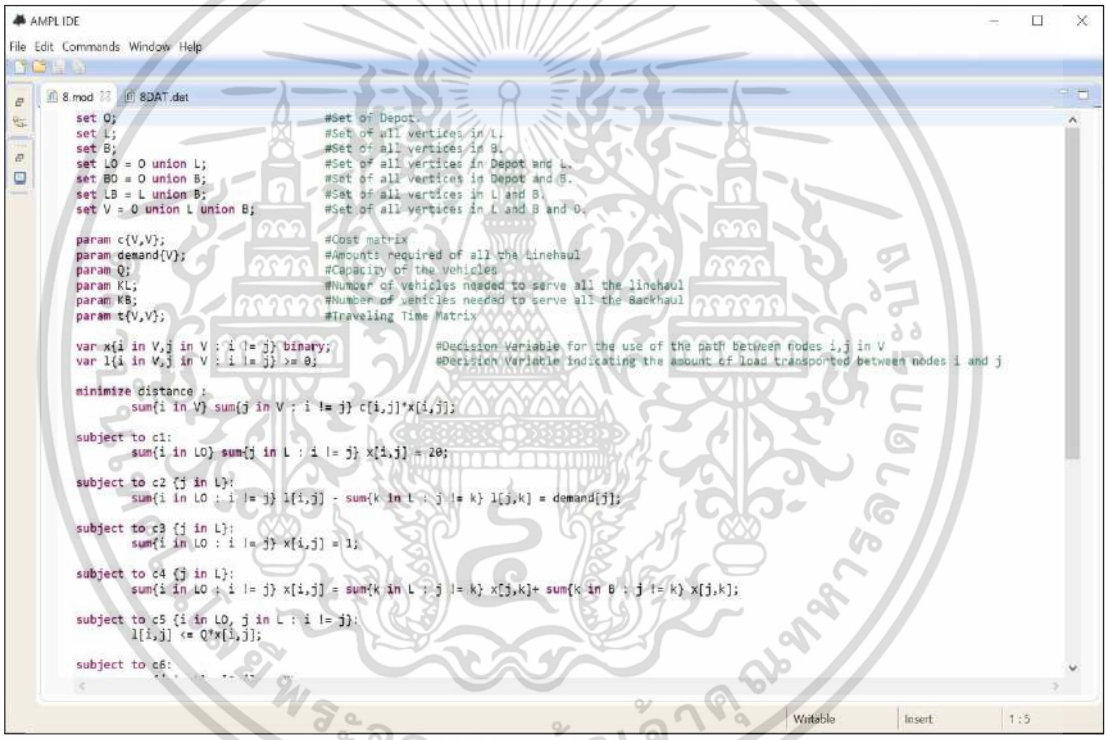
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม

ในขั้นตอนนี้ จะเป็นขั้นตอนของการหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ซึ่งในการหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จะมีขั้นตอนและรายละเอียด เหมือนกันกับ ขั้นตอนของการทดสอบแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ตามที่กล่าวในบทที่ 3 ดังนั้น การหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จะมีขั้นตอนและรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.4.1 การสร้างไฟล์ข้อมูลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 1: นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้นในหัวข้อ 3.2 ไปสร้าง “**ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (Model File)** ” ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Model File สำหรับการอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS



รูปที่ 4.7 การสร้างไฟล์ข้อมูลแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับการหาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 การสร้างไฟล์ข้อมูลเซตและพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการขนส่งไปรษณีย์

ขั้นตอนที่ 2: นำข้อมูล เซต และ พารามิเตอร์ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ ไปสร้าง **“ไฟล์ข้อมูล (Data File)”** ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Data File สำหรับการอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ข้อมูลเซต และ พารามิเตอร์ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ ที่จะถูกนำใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลเซตและพารามิเตอร์ เพื่อหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จะประกอบไปด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

1. **จำนวนที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ – รวบรวมไปรษณีย์**
2. **จำนวนไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง**
3. **จำนวน และ ขนาดระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์**
4. **ระยะทางระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง**

สำหรับข้อมูลในข้อที่ 1. ข้อที่ 2. และข้อที่ 3. จะใช้ข้อมูลที่ได้รับจากหัวข้อการศึกษาลักษณะปัญหาการขนส่งไปรษณีย์ ในหัวข้อที่ 4.1.1.1 – 4.1.1.6 นำมาใช้ในการสร้างข้อมูลเซต และพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์

แต่อย่างไรก็ตาม ข้อมูลในข้อที่ 4. ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลระยะทางระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งเอาไว้ ดังนั้น สำหรับข้อมูลพารามิเตอร์ในส่วนนี้ จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมในหัวข้อดังกล่าวก่อน เพื่อที่จะได้นำไปใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลเซตและพารามิเตอร์และหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.1 ที่ทำการไปรษณีย์

สำหรับข้อมูลที่ทำการไปรษณีย์ ในตารางที่ 3.1 และ 3.2 จะถูกนำมากำหนดลำดับหมายเลขใหม่ เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้สร้างข้อมูลของพารามิเตอร์ ที่แทนสมาชิกของเซตที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ – รวบรวมไปรษณีย์ ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งหมายเลขสมาชิกของเซตที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์จะเป็นหมายเลข 1- 20 และ หมายเลขสมาชิกของเซตที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการ ในการรวบรวมไปรษณีย์ จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ จะเป็นหมายเลข 21-40 และ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะเป็นหมายเลข 0 ตามลำดับ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.9

ตารางที่ 4.11 ข้อมูลพารามิเตอร์ของเซตที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา

ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภท
0	ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี	Depot
1	ปราจีนบุรี	เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการ **ส่งต่อ** ไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์
2	บ้านสร้าง	
3	กบินทร์บุรี	
4	บ้านพระ	
5	ศรีมหาโพธิ	
6	ศรีมโหสถ	
7	ประจันตคาม	
8	กบินทร์เก่า	
9	นาดี	
10	คปณ. นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี	
11	พนมสารคาม	
12	ปากพลี	
13	ฉะเชิงเทรา	
14	ดอนทอง	
15	นครนายก	
16	โรงเรียนนายร้อย จปร.	
17	วังน้ำเย็น	
18	คลองหาด	
19	วังสมบูรณ์	
20	คปณ. เขาฉกรรจ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

21	ปราจีนบุรี	เขตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องเตรียมบริการในการ **รวบรวม** ไปรษณีย์ กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์
22	บ้านสร้าง	
23	กบินทร์บุรี	
24	บ้านพระ	
25	ศรีมหาโพธิ	
26	ศรีมโหสถ	
27	ประจันตคาม	
28	กบินทร์เก่า	
29	นาดี	
30	คปณ. นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี	
31	พนมสารคาม	
32	ปากพลี	
33	ฉะเชิงเทรา	
34	ดอนทอง	
35	นครนายก	
36	โรงเรียนนายร้อย จปร.	
37	วังน้ำเย็น	
38	คลองหาด	
39	วังสมบูรณ์	
40	คปณ. เขาฉกรรจ์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.2 ปริมาณงานไปรษณีย์

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ – รวบรวม จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เป็นอีกหนึ่งในข้อมูลที่สำคัญ ที่จะถูกนำไปใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลพารามิเตอร์ ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ตามขนาดระวางบรรทุกที่กำหนด

สำหรับข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ – รวบรวม จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่จะนำไปใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลพารามิเตอร์ของปริมาณงานไปรษณีย์ในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จะใช้ข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลปริมาณสิ่งของที่ฝากส่งทางไปรษณีย์เฉลี่ย “ต่อวัน” ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในตารางที่ 4.6 ดังนั้น ปริมาณงานไปรษณีย์ แห่ง ที่จะนำไปใช้ในการสร้างไฟล์ข้อมูลพารามิเตอร์ของปริมาณงานไปรษณีย์ ในขั้นตอนนี้ จะมีข้อมูลและรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 ข้อมูลพารามิเตอร์ของปริมาณงานไปรษณีย์เฉลี่ยต่อวัน ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณงานเฉลี่ยต่อวัน (กิโลกรัม)
1	ปราจีนบุรี	*1720*
2	บ้านสร้าง	*540*
3	กบินทร์บุรี	*1355*
4	บ้านพระ	*1155*
5	ศรีมหาโพธิ	*1220*
6	ศรีมโหสถ	*710*
7	ประจันตคาม	*980*
8	กบินทร์เก่า	*715*
9	นาดี	*900*
10	คปณ. นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี	*595*
11	พนมสารคาม	*1505*
12	ปากพลี	*595*
13	ฉะเชิงเทรา	*1925*
14	ดอนทอง	*275*
15	นครนายก	*2030*
16	โรงเรียนนายร้อย จปร.	*260*
17	วังน้ำเย็น	*785*
18	คลองหาด	*570*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

19	วังสมบูรณ์	*715*
20	คปณ. เขาฉกรรจ์	*325*
21	ปราจีนบุรี	*2365*
22	บ้านสร้าง	*545*
23	กบินทร์บุรี	*645*
24	บ้านพระ	*1090*
25	ศรีมหาโพธิ	*1100*
26	ศรีมโหสถ	*845*
27	ประจันตคาม	*1005*
28	กบินทร์เก่า	*865*
29	นาดี	*590*
30	คปณ. นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี	*600*
31	พนมสารคาม	*1155*
32	ปากพลี	*750*
33	ฉะเชิงเทรา	*2455*
34	ดอนทอง	*940*
35	นครนายก	*1960*
36	โรงเรียนนายร้อย จปร.	*365*
37	วังน้ำเย็น	*885*
38	คลองหาด	*755*
39	วังสมบูรณ์	*705*
40	คปณ. เขาฉกรรจ์	*425*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.3 ตำแหน่ง และ ระยะทางระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

สำหรับตำแหน่งที่ทำการไปรษณีย์ และ ระยะทาง ระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในตารางที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.2 จะหาข้อมูลจากเว็บไซต์ Google Maps ซึ่งที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งจะมีรหัสที่ตั้ง (Place IDs) ดังแสดงในตารางที่ 3.10 รหัสที่ตั้งดังกล่าว จะเป็นรหัส ที่ถูกนำไปใช้ในการสร้างเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) ผ่านแอพลิเคชั่น Google MAP API เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลพารามิเตอร์ของระยะทางในแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ซึ่งเมตริกซ์ระยะทางระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง จะมีรายละเอียดข้อมูลดังแสดงในภาคผนวก ค. และเมตริกซ์ระยะทางดังกล่าว เป็นระยะทางสมมาตร (Symmetric Matrix Distance)

ตารางที่ 3.4 รหัสที่ตั้งที่ทำการไปรษณีย์

ลำดับ	ที่ทำการไปรษณีย์	Place ID
1	ปราจีนบุรี	*ChIJO7er-sz0HDERXKbiMvPSJG8*
2	บ้านสร้าง	*ChIJMSy2BOJUHDER41yeNeRAYP8*
3	กบินทร์บุรี	*ChIJ-7aHbYYHHTERyFbrWinWX3I*
4	บ้านพระ	*ChIJ6WGVfHGLHDERvokWhap3ILQ*
5	ศรีมหาโพธิ	*ChIJn7urnhNTHDERRaPPQE3DhXI*
6	ศรีมโหสถ	*ChIJpXLI6E75HDEReR9-KU93MHw*
7	ประจันตคาม	*ChIJ4wc2eVv8HDERzLKBTEe9BFU*
8	กบินทร์เก่า	*ChIJ4UW_WXpXHDEROUWtkigodH4*
9	นาดี	*ChIJ7QU1SaKLHDER9-EyVzBbwRk*
10	คปณ. นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี	*ChIJZSqxyUjHDERgf92P4JwFd4*
11	พนมสารคาม	*ChIJMyVCAFfjHDERyRxLcoBApPc*
12	ปากพลี	*ChIJxYB-Bc-vHTERRFlTs3dMQXM*
13	ฉะเชิงเทรา	*ChIJbSX_fhgVHTERiBU7vqd5LJY*
14	ดอนทอง	*ChIJNTY04yMWHTERfbHvaa2lcvs*
15	นครนายก	*ChIJjxn7_tavHTERlYpfy0AtVfk*
16	โรงเรียนนายร้อย จปร.	*ChIJ6f1nknyxHTERUPnv9s-QzS0*
17	วังน้ำเย็น	*ChIJd4SAP9tdGzERvp72ukylTxo*
18	คลองหาด	*ChIJX4H9x6ZFGzER-o0e60ejy7E*
19	วังสมบูรณ์	*ChIJqVoLNIlRGzER1ilIJSqH2d0*
20	คปณ. เขาฉกรรจ์	*ChIJV_MTxHhhGzER9rCbOHDnXgM*

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2.4 รถขนส่งไปรษณีย์

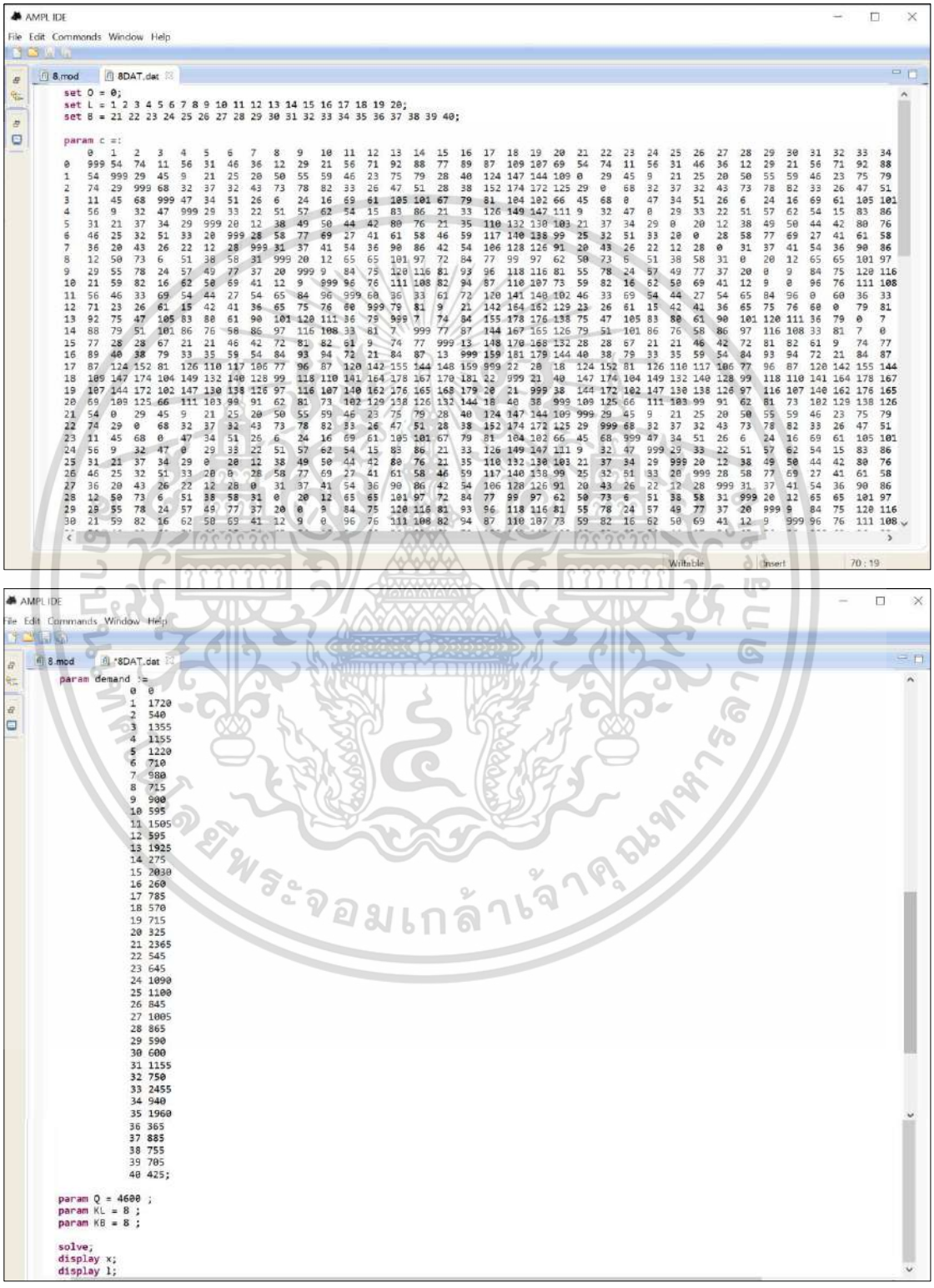
ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีรถขนส่งไปรษณีย์ ที่ว่าจ้างจากบริษัทเอกชน เพื่อนำมาใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ ทั้งหมด 8 คัน และรถขนส่งไปรษณีย์ทุกคัน มีขนาดระวางบรรทุก และน้ำหนักบรรทุกไปรษณีย์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.6 ดังนั้น ข้อมูล จำนวน และ ขนาดระวางบรรทุก ที่จะนำไปใช้สำหรับในการสร้างข้อมูลพารามิเตอร์ ให้กับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ จึงจะใช้ข้อมูลในตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 จำนวน และ ขนาดบรรทุกของยานพาหนะใช้ในการขนส่งไปรษณีย์

ประเภทยานพาหนะ	จำนวนยานพาหนะ	ขนาดรถ	น้ำหนักบรรทุก
รถบรรทุกขนาด 6 ล้อ	8	10 ตัน	4,600 กิโลกรัม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หลังจากที่รวบรวมข้อมูลที่ได้กล่าวไปข้างต้นเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนถัดไป ก็จะนำข้อมูล เซต และ พารามิเตอร์ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ ไปสร้าง **“ไฟล์ข้อมูล (Data File)”** ผ่านซอฟต์แวร์ AMPL เพื่อนำไฟล์ดังกล่าว ไปใช้เป็น Data File สำหรับการอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS ดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 การสร้างไฟล์ข้อมูลเซต และ พารามิเตอร์ ของปัญหาการขนส่งไปรษณีย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

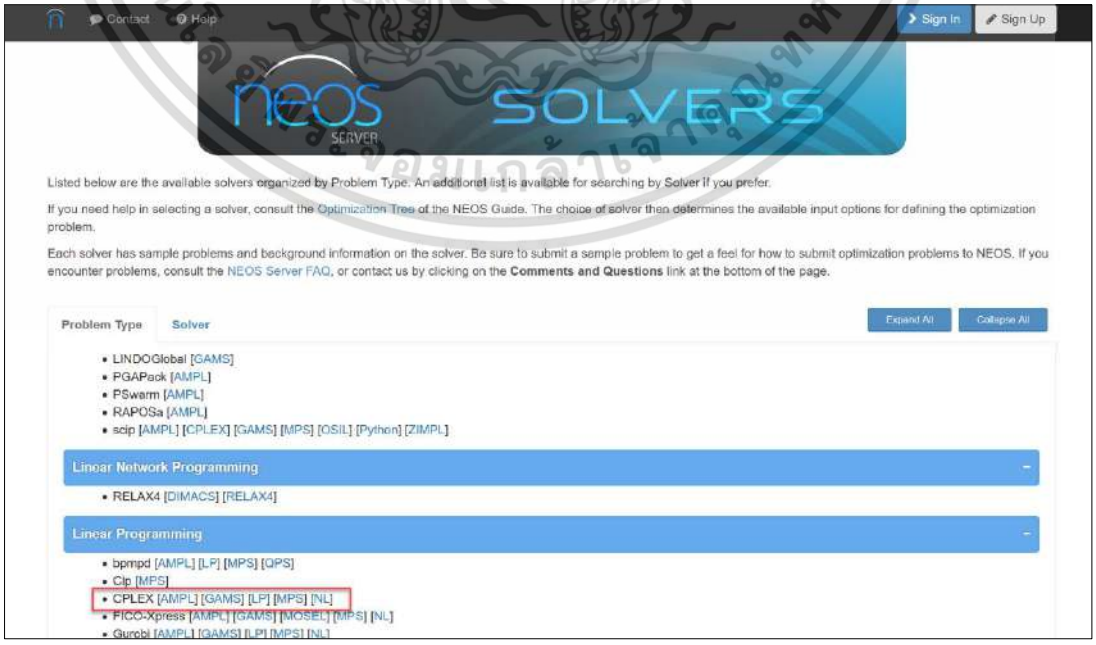
4.4.3 การหาผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ขั้นตอนที่ 3: หลังจากที่สร้างไฟล์ข้อมูลทั้ง 2 ไฟล์ เสร็จเรียบร้อยแล้ว ในขั้นตอนถัดไป ก็จะทำการบันทึกไฟล์ข้อมูลดังกล่าว เพื่อนำไฟล์ข้อมูลทั้งหมด ไปอัพโหลดและหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS

ขั้นตอนที่ 4: เข้าเว็บไซต์ https://neos-server.org/neos และ กดปุ่ม “นำเข้างานเข้าสู่ระบบ NEOS (Submit a job to NEOS)” เพื่อนำเข้างานเข้าสู่เว็บไซต์ NEOS

รูปที่ 4.9 การนำเข้างานใหม่เข้าสู่เว็บไซต์ NEOS

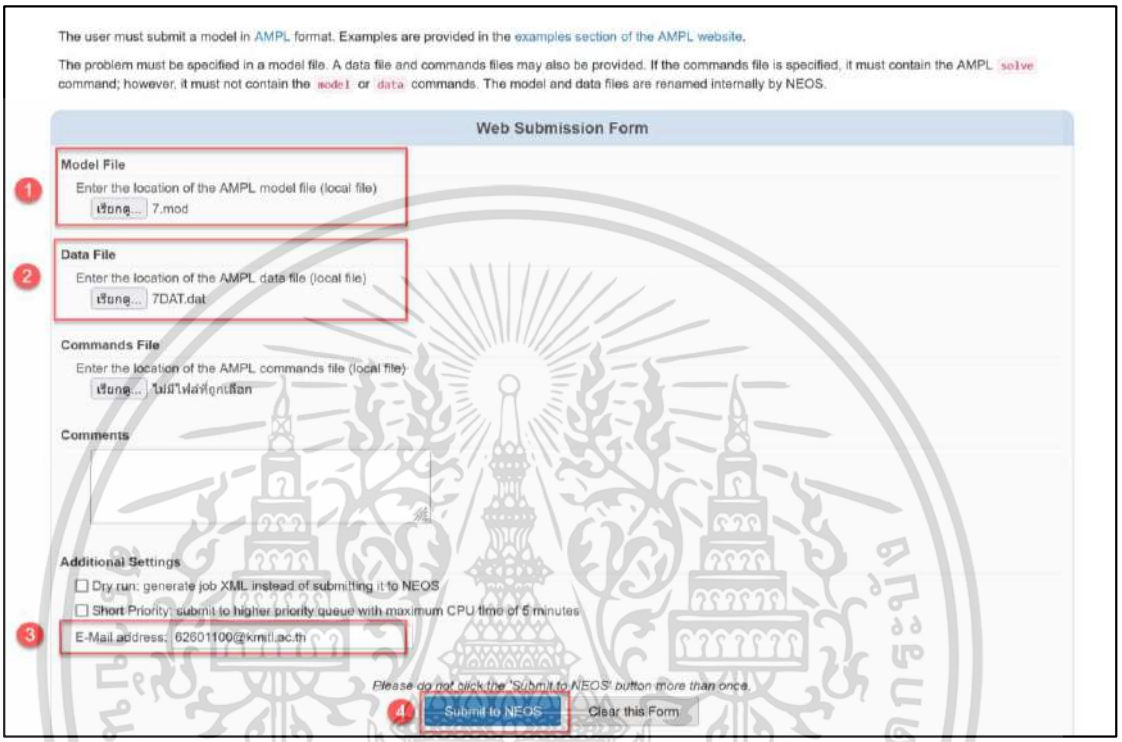
ขั้นตอนที่ 5: เลือก Solver ที่จะใช้สำหรับการแก้ปัญหา และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้า ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้ จะเลือกใช้ Solver ที่มีชื่อว่า “CPLEX” เพื่อแก้ปัญหาโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสม และ เลือกชนิดของไฟล์ข้อมูลที่จะนำเข้าเป็นไฟล์ AMPL



รูปที่ 4.10 การเลือกชนิดของเครื่องมือและชนิดของไฟล์ที่ใช้ในการหาผลลัพธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>ขั้นตอนที่ 6:</u> กดปุ่ม “เรียกดู” เพื่ออัพโหลด **ไฟล์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์** และ **ไฟล์ข้อมูลของปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์** เข้าสู่เว็บไซต์ NEOS พร้อมกับระบุ อีเมล์ ที่จะให้เว็บไซต์ NEOS ส่งผลลัพธ์ไปให้ จากนั้นกดปุ่ม Submit to NEOS เพื่อหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS รอผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ในอีเมล์ที่ระบุ และอ่านค่าผลลัพธ์ที่ได้พร้อมกับแปลความหมาย ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS จะแสดงอยู่ในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.11 การอัพโหลดไฟล์เข้าสู่เว็บ NEOS Server Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.12 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหาคำตอบผ่านเว็บไซต์ NEOS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 ผลลัพธ์จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

เนื่องจากแบบจำลองแบบจำลองคณิตศาสตร์ของปัญหาที่นำเสนอ อยู่ในรูปของโปรแกรมจำนวนเต็มเชิงเส้นแบบผสมที่มีตัวแปรตัดสินใจเป็นค่า (0,1) และ จำนวนจริง ดังแสดงในรูปที่ 4.12 ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาผ่านเว็บไซต์ NEOS Server Optimization จะถูกนำไปแปลความหมาย จากค่า (0,1) และ และ จำนวนจริง ให้อยู่ในรูปของเส้นทางและลำดับการส่งต่อ – รวบรวมไปรษณีย์ และ ระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง ตามที่กำหนดเอาไว้ในบทที่ 3 ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จากการแปลความหมาย จะมีรายละเอียดลำคำอธิบายในแต่ละหัวข้อดังต่อไปนี้

4.4.1 เส้นทาง และ ลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์

สำหรับเส้นทางและลำดับการส่งต่อ – รวบรวมไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่ได้จากการหาผลลัพธ์ผ่านเว็บไซต์ NEOS จะมีเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่กำหนดให้กับรถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคัน ทั้งหมด 6 เส้นทาง และในแต่ละเส้นทางมีลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ทั้งในเที่ยวขากลับ—เที่ยวขากลับ และ ระยะทางในแต่ละเส้นทาง ดังแสดงในตารางที่ 4.13 ซึ่งเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จะมีคำตอบที่ดีที่สุด (Optimal Solution) หรือระยะทางรวมที่สั้นที่สุด เท่ากับ 924 กิโลเมตร และใช้เวลาในการหาผลลัพธ์ประมาณ 1 นาที

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 เส้นทางและลำดับการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ

เส้นทาง	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ (เที่ยวขาไป - กลับ)	ระยะทาง (KM)
1	**ขาไป :** ศป.กบ.> ปณ.กบินทร์บุรี > ปณ.ประจันตคาม **ขากลับ :** ปณ.ประจันตคาม > ปณ.กบินทร์บุรี > ศป.กบ	85
2	**ขาไป :** ศป.กบ.> ปณ.ศรีมหาโพธิ > ปจ.ปราจีนบุรี > ปณ.บ้านพระ **ขากลับ :** ปณ.บ้านพระ > ปจ.ปราจีนบุรี > ปณ.ศรีมหาโพธิ > ศป.กบ	122
3	**ขาไป :** ศป.กบ.> ปณ.กบินทร์เก่า > คปณ.นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี > ปณ.นาดี **ขากลับ :** ปณ.นาดี > คปณ.นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี > ปณ.กบินทร์เก่า > ศป.กบ	63
4	**ขาไป :** ศป.กบ.> ปณ.ศรีมโหสถ > ปณ.บ้านสร้าง > ปณ.ปากพลี > ปจ.นครนายก > ปณ.โรงเรียนนายร้อย จปร. **ขากลับ :** ปณ.โรงเรียนนายร้อย จปร. > ปจ.นครนายก > ปณ.ปากพลี > ปณ.บ้านสร้าง > ปณ.ศรีมโหสถ > ศป.กบ	253
5	**ขาไป :** ศป.กบ.> คปณ. เขาฉกรรจ์ > ปณ.วังน้ำเย็น > ปณ.วังสมบูรณ์ > ปณ.คลองหาด **ขากลับ :** ปณ.คลองหาด > ปณ.วังสมบูรณ์ > ปณ.วังน้ำเย็น > คปณ. เขาฉกรรจ์ > ศป.กบ	268
6	**ขาไป :** ศป.กบ.> ปณ.พนมสารคาม > ปณ.ดอนทอง > ปจ.ฉะเชิงเทรา **ขากลับ :** ปจ.ฉะเชิงเทรา > ปณ.ดอนทอง > ปณ.พนมสารคาม > ศป.กบ	133
รวม		**924**

4.4.2 ระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง

สำหรับน้ำหนักบรรทุกไปรษณีย์ที่ได้จากการแก้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในแต่ละเส้นทาง จะมีรายละเอียดน้ำหนักไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 4.14 – 4.19 ตามลำดับ ซึ่งตามที่ได้กล่าวในหัวข้อ 4.1.1.6. ขนาดระวางน้ำหนักบรรทุกไปรษณีย์ที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา จะมีค่าเท่ากับ 4,600 กิโลกรัม

ตารางที่ 4.14 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 1

น้ำหนัก	ปริมาณ ปณ.	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณ ปณ.	น้ำหนัก
		ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี		
(2,355)				(1,650)
	-1,355	ปณ.กบินทร์บุรี	*+645*	
(980)				(1,005)
	-980	ปณ.ประจันตคาม	*+1,005*	
(0)				(0)

ตารางที่ 4.15 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 2

น้ำหนัก	ปริมาณ ปณ.	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณ ปณ.	น้ำหนัก
		ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี		
(4,095)				(3,555)
	-1,220	ปณ.ศรีมหาโพธิ	*+1,100*	
(2,875)				(2,455)
	-1,720	ปจ.ปราจีนบุรี	*+2,365*	
(1,155)				(1,090)
	-1,155	ปณ.บ้านพระ	*+1,090*	
(0)				(0)

ตารางที่ 4.16 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 3

น้ำหนัก	ปริมาณ ปณ.	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณ ปณ.	น้ำหนัก
		ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี		
(2,210)				(2,055)
	-715	ปณ.กบินทร์เก่า	*+865*	
(1,495)				(1,190)
	-595	คปณ.นิคมอ.กบินทร์บุรี	*+600*	
(900)				(590)
	-900	ปณ.นาดี	*+590*	
(0)				(0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 4

น้ำหนัก	ปริมาณ ปณ.	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณ ปณ.	น้ำหนัก
		ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี		
(4,135)				(4,465)
	-540	ปณ.ศรีมโหสถ	+845	
(3,595)				(3,620)
	-710	ปณ.บ้านสร้าง	+545	
(2,885)				(3,075)
	-595	ปณ.ปากพลี	+750	
(2,290)				(2,325)
	-2,030	ปจ.นครนายก	+1,960	
(260)				(365)
	-260	ปณ.โรงเรียนนายร้อย จปร.	+365	
(0)				(0)

ตารางที่ 4.18 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 5

น้ำหนัก	ปริมาณ ปณ.	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณ ปณ.	น้ำหนัก
		ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี		
(2,395)				(2,770)
	-325	คปณ. เขาฉกรรจ์	+425	
(2,070)				(2,345)
	-785	ปณ.วังน้ำเย็น	+885	
(1,285)				(1,460)
	-715	ปณ.วังสมบูรณ์	+705	
(570)				(755)
	-570	ปณ.คลองหาด	+755	
(0)				(0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.19 น้ำหนักไปรษณีย์เที่ยวขาไป-กลับของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 6

น้ำหนัก	ปริมาณ ปณ.	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์	ปริมาณ ปณ.	น้ำหนัก
		ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี		
(3,705)				(4,550)
	-1,505	ปณ.พนมสารคาม	*+1,155*	
(2,200)				(3,395)
	-275	ปณ.ดอนทอง	*+940*	
(1,925)				(2,455)
	-1,925	ปจ.ฉะเชิงเทรา	*+2,455*	
(0)				(0)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.3 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง

ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ จะประกอบด้วยค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ดังแสดงรายละเอียดในหัวข้อที่ 4.1.1.7 ดังนั้น ในการคำนวณต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของในแต่ละเส้นทาง จึงจะใช้วิธีการคำนวณต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ ตามที่อธิบายไว้ใน ภาคผนวก ข. ซึ่งต้นทุนการขนไปรษณีย์ของในแต่ละเส้นทาง สามารถคำนวณได้ดังแสดงในตารางที่ 4.20 – 4.25 ดังนี้

ตารางที่ 4.20 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 1

รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1. ค่าจัดหารถยนต์		
1.1 รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 คัน	1,277,200.00	ราคารถคันละ 947,200.00 ตู้ทึบแห้ง ลิฟท์ท้าย GPS 160,000.00 Wrap สติ๊กเกอร์สื่อประชาสัมพันธ์ 170,000.00
1.2 ค่าเศษซาก ร้อยละ 20	255,440.00	
1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	17,029.00	(5 ปี = 60 เดือน) (1.1 – 1.2) ÷ 60 1,021,760.00 ÷ 60
1.4 ดอกเบี้ยลงทุน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	7,450.00	ดอกเบี้ยลงทุนคิดร้อยละ 7 ต่อปี ของราคารถ (1.1 × 7%) × 5 ÷ 60
รวมค่าใช้จ่ายรถยนต์ต่อเดือน	24,480.00	(1.3 + 1.4)
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเดือน	8,020.00	* ระยะทางไป-กลับ **85** กม. หรือเดือนละ 2,550 กม. * อัตราสิ้นเปลือง 6 กม./ลิตร * ราคาน้ำมันดีเซล 18.89 บาท/ลิตร * ค่าผ่านทางพิเศษ - บาท
3. ค่าบำรุงรักษาต่อเดือน	2,448.00	ค่ายางรถยนต์ 1,683 บาท/เดือน ค่าน้ำมันหล่อลื่น 765 บาท/เดือน
4. ค่าภาษีและค่าประกันภัยฯ ต่อเดือน	5,532.00	ค่าภาษีรถยนต์เดือนละ 313 บาท/เดือน ค่า พรบ. เดือนละ 177 บาท/เดือน ค่าประกันภัยชั้น 1 เดือนละ 3,968 บาท/เดือน ค่าประกันภัยสินค้า เดือนละ 1,074 บาท/เดือน
5. ค่าจ้างพนักงานขับรถ	28,500.00	ค่าจ้าง พขส. 18,000 บาท/เดือน ค่าจ้าง พนง. ประจำรถ 10,500 บาท/เดือน
6. ค่าบริหารจัดการและกำไร ร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่าย	10,348.00	(1+2+3+4+5) × 15%
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	**79,336.00**	(1+2+3+4+5+6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.21 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 2

รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1. ค่าจัดหารถยนต์		
1.1 รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 คัน	1,277,200.00	ราคารถคันละ 947,200.00 ตู้ทึบแห้ง ลิฟท์ท้าย GPS 160,000.00 Wrap สติ๊กเกอร์สื่อประชาสัมพันธ์ 170,000.00
1.2 ค่าเศษซาก ร้อยละ 20	255,440.00	
1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	17,029.00	(5 ปี = 60 เดือน) (1.1 – 1.2) ÷ 60 1,021,760.00 ÷ 60
1.4 ดอกเบี้ยลงทุน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	7,450.00	ดอกเบี้ยลงทุนคิดร้อยละ 7 ต่อปี ของราคารถ (1.1 × 7%) × 5 ÷ 60
รวมค่าใช้จ่ายรถยนต์ต่อเดือน	24,480.00	(1.3 + 1.4)
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเดือน	11,523.00	* ระยะทางไป-กลับ 122 กม. หรือเดือนละ 3,660 กม. * อัตราสิ้นเปลือง 6 กม./ลิตร * ราคาน้ำมันดีเซล 18.89 บาท/ลิตร * ค่าผ่านทางพิเศษ - บาท
3. ค่าบำรุงรักษาต่อเดือน	2,448.00	ค่ายางรถยนต์ 2,416 บาท/เดือน ค่าน้ำมันหล่อลื่น 1,098 บาท/เดือน
4. ค่าภาษีและค่าประกันภัยฯ ต่อเดือน	5,532.00	ค่าภาษีรถยนต์เดือนละ 313 บาท/เดือน ค่า พรบ. เดือนละ 177 บาท/เดือน ค่าประกันภัยชั้น 1 เดือนละ 3,968 บาท/เดือน ค่าประกันภัยสินค้า เดือนละ 1,074 บาท/เดือน
5. ค่าจ้างพนักงานขับรถ	28,500.00	ค่าจ้าง พขส. 18,000 บาท/เดือน ค่าจ้าง พนง. ประจำรถ 10,500 บาท/เดือน
6. ค่าบริหารจัดการและกำไร ร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่าย	11,032.00	(1+2+3+4+5) × 15%
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	**84,580.00**	(1+2+3+4+5+6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.22 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 3

รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1. ค่าจัดหารถยนต์		
1.1 รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 คัน	1,277,200.00	ราคารถคันละ 947,200.00 ตู้ทึบแห้ง ลิฟท์ท้าย GPS 160,000.00 Wrap สติ๊กเกอร์สื่อประชาสัมพันธ์ 170,000.00
1.2 ค่าเศษซาก ร้อยละ 20	255,440.00	
1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	17,029.00	(5 ปี = 60 เดือน) (1.1 – 1.2) ÷ 60 1,021,760.00 ÷ 60
1.4 ดอกเบี้ยลงทุน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	7,450.00	ดอกเบี้ยลงทุนคิดร้อยละ 7 ต่อปี ของราคารถ (1.1 × 7%) × 5 ÷ 60
รวมค่าใช้จ่ายรถยนต์ต่อเดือน	24,480.00	(1.3 + 1.4)
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเดือน	5,950.00	* ระยะทางไป-กลับ **63** กม. หรือเดือนละ 1,890 กม. * อัตราสิ้นเปลือง 6 กม./ลิตร * ราคาน้ำมันดีเซล 18.89 บาท/ลิตร * ค่าผ่านทางพิเศษ - บาท
3. ค่าบำรุงรักษาต่อเดือน	1,814.00	ค่ายางรถยนต์ 1,247 บาท/เดือน ค่าน้ำมันหล่อลื่น 567 บาท/เดือน
4. ค่าภาษีและค่าประกันภัยฯ ต่อเดือน	5,532.00	ค่าภาษีรถยนต์เดือนละ 313 บาท/เดือน ค่า พรบ. เดือนละ 177 บาท/เดือน ค่าประกันภัยชั้น 1 เดือนละ 3,968 บาท/เดือน ค่าประกันภัยสินค้า เดือนละ 1,074 บาท/เดือน
5. ค่าจ้างพนักงานขับรถ	28,500.00	ค่าจ้าง พขส. 18,000 บาท/เดือน ค่าจ้าง พนง. ประจำรถ 10,500 บาท/เดือน
6. ค่าบริหารจัดการและกำไร ร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่าย	9,941.00	(1+2+3+4+5) × 15%
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	**76,218.00**	(1+2+3+4+5+6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.23 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 4

รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1. ค่าจัดหารถยนต์		
1.1 รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 คัน	1,277,200.00	ราคารถคันละ 947,200.00 ตู้ทึบแห้ง ลิฟท์ท้าย GPS 160,000.00 Wrap สติ๊กเกอร์สื่อประชาสัมพันธ์ 170,000.00
1.2 ค่าเศษซาก ร้อยละ 20	255,440.00	
1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	17,029.00	(5 ปี = 60 เดือน) (1.1 – 1.2) ÷ 60 1,021,760.00 ÷ 60
1.4 ดอกเบี้ยลงทุน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	7,450.00	ดอกเบี้ยลงทุนคิดร้อยละ 7 ต่อปี ของราคารถ (1.1 × 7%) × 5 ÷ 60
รวมค่าใช้จ่ายรถยนต์ต่อเดือน	24,480.00	(1.3 + 1.4)
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเดือน	23,896.00	* ระยะทางไป-กลับ 253 กม. หรือเดือนละ 7,590 กม. * อัตราสิ้นเปลือง 6 กม./ลิตร * ราคาน้ำมันดีเซล 18.89 บาท/ลิตร * ค่าผ่านทางพิเศษ - บาท
3. ค่าบำรุงรักษาต่อเดือน	7,286.00	ค่ายางรถยนต์ 5,009 บาท/เดือน ค่าน้ำมันหล่อลื่น 2,277 บาท/เดือน
4. ค่าภาษีและค่าประกันภัยฯ ต่อเดือน	5,532.00	ค่าภาษีรถยนต์เดือนละ 313 บาท/เดือน ค่า พรบ. เดือนละ 177 บาท/เดือน ค่าประกันภัยชั้น 1 เดือนละ 3,968 บาท/เดือน ค่าประกันภัยสินค้า เดือนละ 1,074 บาท/เดือน
5. ค่าจ้างพนักงานขับรถ	28,500.00	ค่าจ้าง พขส. 18,000 บาท/เดือน ค่าจ้าง พนง. ประจำรถ 10,500 บาท/เดือน
6. ค่าบริหารจัดการและกำไร ร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่าย	13,454.00	(1+2+3+4+5) × 15%
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	**103,148.00**	(1+2+3+4+5+6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.24 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 5

รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1. ค่าจัดหารถยนต์		
1.1 รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 คัน	1,277,200.00	ราคารถคันละ 947,200.00 ตู้ทึบแห้ง ลิฟท์ท้าย GPS 160,000.00 Wrap สติ๊กเกอร์สื่อประชาสัมพันธ์ 170,000.00
1.2 ค่าเศษซาก ร้อยละ 20	255,440.00	
1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	17,029.00	(5 ปี = 60 เดือน) (1.1 – 1.2) ÷ 60 1,021,760.00 ÷ 60
1.4 ดอกเบี้ยลงทุน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	7,450.00	ดอกเบี้ยลงทุนคิดร้อยละ 7 ต่อปี ของราคารถ (1.1 × 7%) × 5 ÷ 60
รวมค่าใช้จ่ายรถยนต์ต่อเดือน	24,480.00	(1.3 + 1.4)
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเดือน	25,313.00	* ระยะทางไป-กลับ 268 กม. หรือเดือนละ 8,040 กม. * อัตราสิ้นเปลือง 6 กม./ลิตร * ราคาน้ำมันดีเซล 18.89 บาท/ลิตร * ค่าผ่านทางพิเศษ - บาท
3. ค่าบำรุงรักษาต่อเดือน	7,718.00	ค่ายางรถยนต์ 5,306 บาท/เดือน ค่าน้ำมันหล่อลื่น 2,412 บาท/เดือน
4. ค่าภาษีและค่าประกันภัยฯ ต่อเดือน	5,532.00	ค่าภาษีรถยนต์เดือนละ 313 บาท/เดือน ค่า พรบ. เดือนละ 177 บาท/เดือน ค่าประกันภัยชั้น 1 เดือนละ 3,968 บาท/เดือน ค่าประกันภัยสินค้า เดือนละ 1,074 บาท/เดือน
5. ค่าจ้างพนักงานขับรถ	28,500.00	ค่าจ้าง พขส. 18,000 บาท/เดือน ค่าจ้าง พนง. ประจำรถ 10,500 บาท/เดือน
6. ค่าบริหารจัดการและกำไร ร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่าย	13,731.00	(1+2+3+4+5) × 15%
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	**105,274.00**	(1+2+3+4+5+6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.25 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ของเส้นทางขนส่งไปรษณีย์เส้นทางที่ 6

รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1. ค่าจัดหารถยนต์		
1.1 รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 คัน	1,277,200.00	ราคารถคันละ 947,200.00 ตู้ทึบแห้ง ลิฟท์ท้าย GPS 160,000.00 Wrap สติ๊กเกอร์สื่อประชาสัมพันธ์ 170,000.00
1.2 ค่าเศษซาก ร้อยละ 20	255,440.00	
1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	17,029.00	(5 ปี = 60 เดือน) (1.1 – 1.2) ÷ 60 1,021,760.00 ÷ 60
1.4 ดอกเบี้ยลงทุน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	7,450.00	ดอกเบี้ยลงทุนคิดร้อยละ 7 ต่อปี ของราคารถ (1.1 × 7%) × 5 ÷ 60
รวมค่าใช้จ่ายรถยนต์ต่อเดือน	24,480.00	(1.3 + 1.4)
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเดือน	12,562.00	* ระยะทางไป-กลับ **133** กม. หรือเดือนละ 3,990 กม. * อัตราสิ้นเปลือง 6 กม./ลิตร * ราคาน้ำมันดีเซล 18.89 บาท/ลิตร * ค่าผ่านทางพิเศษ - บาท
3. ค่าบำรุงรักษาต่อเดือน	3,830.00	ค่ายางรถยนต์ 2,633 บาท/เดือน ค่าน้ำมันหล่อลื่น 1,197 บาท/เดือน
4. ค่าภาษีและค่าประกันภัยฯ ต่อเดือน	5,532.00	ค่าภาษีรถยนต์เดือนละ 313 บาท/เดือน ค่า พรบ. เดือนละ 177 บาท/เดือน ค่าประกันภัยชั้น 1 เดือนละ 3,968 บาท/เดือน ค่าประกันภัยสินค้า เดือนละ 1,074 บาท/เดือน
5. ค่าจ้างพนักงานขับรถ	28,500.00	ค่าจ้าง พขส. 18,000 บาท/เดือน ค่าจ้าง พนง. ประจำรถ 10,500 บาท/เดือน
6. ค่าบริหารจัดการและกำไร ร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่าย	11,236.00	(1+2+3+4+5) × 15%
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	**86,139.00**	(1+2+3+4+5+6)

จากตารางแสดง เส้นทาง และ ลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ (ตารางที่ 4.13) และตารางการคำนวณต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ ของในแต่ละเส้นทาง (ตารางที่ 4.20 – 4.25) ดังนั้น จึงสามารถสรุป เส้นทาง และ ลำดับการส่งต่อ-รวมรวมไปรษณีย์ ที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ รวมไปถึงต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง เพื่อให้ง่ายต่อการวิเคราะห์และเปรียบเทียบประสิทธิภาพในหัวข้อถัดไป ดังแสดงในตารางที่ 4.26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.26 เส้นทางและต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ

เส้นทาง	ลำดับที่ทำการไปรษณีย์ ที่ต้องส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ (เที่ยวขาไป - กลับ)		ระยะทาง (กม.)	ต้นทุนขนส่ง (บาท/เดือน)
1	**ขาไป :**	ศป.กบ.> ปณ.กบินทร์บุรี > ปณ.ประจันตคาม	85	79,336
	ขากลับ :	ปณ.ประจันตคาม > ปณ.กบินทร์บุรี > ศป.กบ		
2	**ขาไป :**	ศป.กบ.> ปณ.ศรีมหาโพธิ > ปจ.ปราจีนบุรี > ปณ.บ้านพระ	122	84,580
	ขากลับ :	ปณ.บ้านพระ > ปจ.ปราจีนบุรี > ปณ.ศรีมหาโพธิ > ศป.กบ		
3	**ขาไป :**	ศป.กบ.> ปณ.กบินทร์เก่า > คปณ.นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี > ปณ.นาดี	63	76,218
	ขากลับ :	ปณ.นาดี > คปณ.นิคมอุตสาหกรรมกบินทร์บุรี > ปณ.กบินทร์เก่า > ศป.กบ		
4	**ขาไป :**	ศป.กบ.> ปณ.ศรีมโหสถ > ปณ.บ้านสร้าง > ปณ.ปากพลี > ปจ.นครนายก > ปณ.โรงเรียนนายร้อย จปร.	253	103,148
	ขากลับ :	ปณ.โรงเรียนนายร้อย จปร. > ปจ.นครนายก > ปณ.ปากพลี > ปณ.บ้านสร้าง > ปณ.ศรีมโหสถ > ศป.กบ.		
5	**ขาไป :**	ศป.กบ.> คปณ. เขาฉกรรจ์ > ปณ.วังน้ำเย็น > ปณ.วังสมบูรณ์ > ปณ.คลองหาด	268	105,274
	ขากลับ :	ปณ.คลองหาด > ปณ.วังสมบูรณ์ > ปณ.วังน้ำเย็น > คปณ. เขาฉกรรจ์ > ศป.กบ		
6	**ขาไป :**	ศป.กบ.> ปณ.พนมสารคาม > ปณ.ดอนทอง > ปจ.ฉะเชิงเทรา	133	86,139
	ขากลับ :	ปจ.ฉะเชิงเทรา > ปณ.ดอนทอง > ปณ.พนมสารคาม > ศป.กบ		
รวม			**924**	**534,695**

4.5 การวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์

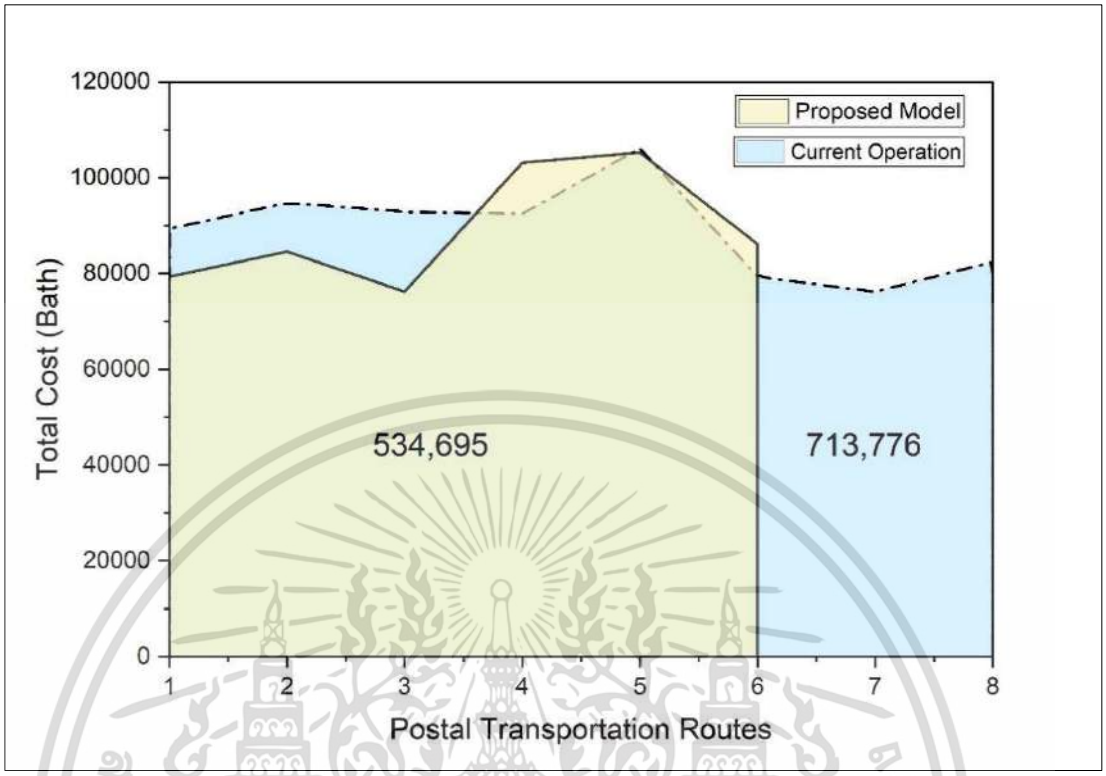
4.5.1 เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับแนวคิดที่นำเสนอ

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษา ระหว่าง จำนวนเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน (ดังแสดงในตารางที่ 3.3) กับ เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์จากแนวคิดที่นำเสนอ (ดังแสดงในตารางที่ 4.14) พบว่า จำนวนเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ลดลง จาก 8 เส้นทาง เหลือ 6 เส้นทาง จึงส่งผลให้จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน เช่นเดียวกัน ซึ่งจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำหนดเส้นทาง และ ลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ในปัจจุบัน พบว่า เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ถูกกำหนดขึ้น จากประสบการณ์การทำงาน ในการประมาณการปริมาณน้ำหนักไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ร่วมกับ การทดสอบโดยการนำรถขนส่งไปรษณีย์ไปวิ่งขนส่งจริง โดยปราศจากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์ ดังนั้น จึงอาจจะส่งผลให้มีการจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์มากเกินความจำเป็นต่อการใช้งาน หรือ มากกว่าจำนวนเส้นทางที่หาได้จากแนวคิดที่นำเสนอ อีกทั้ง ในการกำหนดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จำเป็นจะต้องเผื่อจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ให้เพียงพอกับปริมาณไปรษณีย์ที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเทศกาลพิเศษอีกด้วย

แต่อย่างไรก็ตาม สำหรับเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ ผู้วิจัยได้ค้นหาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ที่พัฒนาและต่อยอดมาจากทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ที่ได้มีการกำหนดเงื่อนไขด้านการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์เอาไว้ และรวมไปถึงได้มีการกำหนดตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการขนส่งไปรษณีย์เพิ่มเติม อาทิเช่น จำนวนที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ ปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จำนวนและขนาดระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคัน เป็นต้น จึงอาจจะส่งผลให้ได้จำนวนเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่น้อยกว่าเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน นอกจากนี้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาในครั้งนี้ ได้มีการกำหนดตัวแปรติดสินใจที่เกี่ยวข้องกับการพิจารณาจำนวนรถ และน้ำหนักบรรทุกไปรษณีย์ของในแต่ละเส้นทางที่เป็นไปได้ทั้งหมด ร่วมกับ การใช้ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลย้อนหลังมาเป็นระยะเวลา 1 เดือน จึงอาจจะส่งผลให้สามารถจัดสรรจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ได้น้อยกว่าจำนวนอยู่ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจากการพิจารณาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอโดยภาพรวม พบว่า เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ทุกเส้นทางสามารถขนส่งไปรษณีย์ได้ตรงตามทุกเงื่อนไขที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีกำหนด และไม่เกินจำนวนและขนาดระวางบรรทุกตามที่กำหนดเอาไว้ รวมไปถึงมีความสอดคล้องกันกับเส้นทางที่มีอยู่ในปัจจุบัน เพียงแค่มีการสับเปลี่ยนลำดับที่ทำการไปรษณีย์ไปอยู่ในเส้นทางใหม่เท่านั้น และนอกจากนี้ยังใช้เวลาในการจัดเส้นทางที่น้อยกว่า ซึ่งใช้เวลาในการหาเส้นทางผ่านเว็บไซต์ NEOS เพียงแค่ประมาณ 1 นาทีเท่านั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.5.2 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับแนวคิดที่นำเสนอ



รูปที่ 4.13 ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันกับแนวคิดที่นำเสนอ

จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการศึกษาในด้านต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ระหว่าง ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงตารางที่ 3.3 กับ ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์จากแนวคิดที่นำเสนอ ดังแสดงในตารางที่ 4.14 พบว่า ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 713,776 บาท/เดือน เหลือ 534,695 บาท/เดือน ซึ่งลดลงไปจากเดิมทั้งสิ้น 179,081 บาท/เดือน หรือ ประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ จากต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในปัจจุบัน ซึ่งสาเหตุที่ต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ที่ลดลง เป็นผลมาจาก จำนวนเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่สามารถหาได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอ ได้จำนวนเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่น้อยกว่า รวมไปถึง ใช้จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่น้อยกว่าเช่นเดียวกัน ดังนั้น จึงส่งผลให้ ต้นทุนรวมในการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ มีต้นทุนที่ต่ำกว่าต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบัน

ซึ่งจากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งหมด ทั้งด้านเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ และ ด้านต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ ดังนั้น เส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนองานวิจัยนี้ โดยการประยุกต์ใช้ทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้ อีกทั้งเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอนั้นสามารถขนส่งไปรษณีย์ได้เช่นเดียวกันกับเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และไม่เกินขนาดระวางบรรทุกตามที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ยังใช้จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่น้อยกว่า จึงส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงตามไปด้วยเช่นเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงการสรุปผลการวิจัย และ การอภิปรายผล ที่ได้จากการศึกษา เพื่อหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ในการส่งต่อ-การรวบรวมไปรษณีย์ที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด นอกจากนี้ยังจะกล่าวถึงข้อเสนอแนะได้รับจากการศึกษาในครั้งนี้ เพื่อนำไปใช้เป็นข้อมูลสำหรับงานวิจัยในอนาคต ตามลำดับ

5.1 สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

การขนส่งไปรษณีย์ หรือ การส่งต่อสิ่งของที่ส่งฝากส่งทางไปรษณีย์ไปยังปลายทางตามที่จ่าหน้า เป็นหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานหลักของกิจการไปรษณีย์ ที่ถือว่ามีความสำคัญต่อการพัฒนาเครือข่ายไปรษณีย์เป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแข่งขันและคุณภาพในการให้บริการของหน่วยงานไปรษณีย์ ดังนั้น การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งสิ่งของที่ส่งฝากส่งทางไปรษณีย์ไปรษณีย์ไปยังปลายทางตามที่จ่าหน้า ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงถือว่าเป็นสิ่งสำคัญ

จากแนวโน้มปริมาณงานที่ส่งผ่านระบบงานไปรษณีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ได้ตระหนักถึง แนวทางการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการขนส่งไปรษณีย์ ดังนั้น ศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา จึงต้องการที่จะจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งฝากส่งทางไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในเที่ยวขาไป และจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งฝากส่งทางไปรษณีย์จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ในเที่ยวขากลับ ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพในการให้บริการของ บริษัท ไปรษณีย์ไทย

ดังนั้น สำหรับวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้ คือ เพื่อศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อสิ่งของที่ส่งฝากส่งทางไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในเที่ยวขาไป และหาเส้นทางการเดินรถในการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ในเที่ยวขากลับที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด และ เพื่อนำเสนอกรอบแนวความคิดและเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และ บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด

ในการหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวคิดและวิธีการหาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จากการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ที่พัฒนาและต่อยอดมาจากหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อสิ่งของที่ส่งฝากส่งทางไปรษณีย์ จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ในเที่ยวขาไป และหาเส้นทางการเดินรถในการรวบรวมสิ่งของสิ่งของที่ส่งฝากส่งทางไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ในเที่ยวขากลับที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับผลลัพธ์ที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ พบว่า ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีเส้นทางการเดินรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง มีระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น 1,238 กิโลเมตร และมีต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์เท่ากับ 713,776 บาท/เดือน แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางการเดินรถที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ พบว่า มีเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 6 เส้นทาง มีระยะทางในการขนส่งรวมทั้งสิ้น 924 กิโลเมตร และมีต้นทุนในการขนส่งเท่ากับ 534,695 บาท/เดือน ดังนั้น จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลการศึกษา พบว่า จำนวนเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 เส้นทาง เหลือ 6 เส้นทาง จึงส่งผลให้จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน เช่นเดียวกัน นอกจากนี้จึงส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจากเดิมทั้งสิ้น 179,081 บาท/เดือน หรือ ลดลงประมาณ 25% จากต้นทุนการขนส่งในปัจจุบัน

จากที่กล่าวแล้วไปข้างต้น เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ถูกกำหนดขึ้น จากประสบการณ์การทำงาน ในการประมาณการปริมาณน้ำหนักไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และนอกจากนี้ในการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ เจ้าหน้าที่จำเป็นจะต้องเผื่อจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ให้เพียงพอกับปริมาณไปรษณีย์ที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเทศกาลพิเศษ ดังนั้น จึงอาจจะส่งผลให้มีการจำนวนรถที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์มากเกินความจำเป็นต่อการใช้งาน หรือ มากกว่าจำนวนเส้นทางที่หาได้จากแนวคิดที่นำเสนอ

อย่างไรก็ตาม สำหรับเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ ผู้วิจัยได้ค้นหาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา ที่พัฒนาและต่อยอดมาจากทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ที่ได้มีการกำหนดเงื่อนไขด้านการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์เอาไว้ รวมไปถึง ได้มีการกำหนดตัวแปรต่างๆที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการขนส่งไปรษณีย์เพิ่มเติม จึงอาจจะส่งผลให้สามารถกำหนดจำนวนเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ ได้น้อยกว่า เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจากการพิจารณาเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดและแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอโดยภาพรวม พบว่า เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้ทุกเส้นทางสามารถขนส่งไปรษณีย์ได้ตรงตามทุกเงื่อนไขที่ศูนย์ไปรษณีย์กำหนด และไม่เกินจำนวนและขนาดระวางบรรทุกตามที่กำหนดเอาไว้ รวมไปถึง เส้นทางที่ได้ มีความสอดคล้องกับเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน เพียงแค่มีการสลับสับเปลี่ยนที่ทำการไปรษณีย์ จากที่อยู่ในเส้นทางเดิมย้ายไปอยู่ในเส้นทางใหม่เท่านั้น เพื่อให้รถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคัน สามารถบรรทุกไปรษณีย์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพและไม่เกินขนาดระวางบรรทุกตามที่กำหนดไว้ นอกจากนี้ แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้ สามารถค้นหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ผ่านเว็บไซต์ NEOS หรือ ผ่านซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ทั่วไป ได้ภายในเวลาไม่ถึง 1 นาที โดยที่ไม่ต้องสร้างหรือเขียนอัลกอริทึม เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ เหมือนกับในหลายงานวิจัยที่ผ่านมา ดังนั้น จากการวิเคราะห์และเปรียบเทียบผลลัพธ์ทั้งหมด จึงสามารถสรุปผลการวิจัยได้ว่า เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้ จากแนวคิดที่นำเสนอ มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้ และยิ่งไปกว่านั้น แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ได้นำเสนอในการศึกษาครั้งนี้ ยังสามารถนำไปใช้เป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจในการหาเส้นทางเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาได้อีกด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยในอนาคต

เนื่องจากในการศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม โดยใช้ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ย ตามที่ได้อธิบายไปในหัวข้อที่ 3.3.2.2 ดังนั้น การนำเส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่ไปนำเสนอไปใช้งานจริง อาจจะมีโอกาสเป็นไปได้ที่ปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง สูงกว่าค่าเฉลี่ยที่ใช้ในการหาเส้นทางในครั้งนี้ และอาจจะส่งผลให้ระวางที่ใช้ในการบรรทุกไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทางที่กำหนดเอาไว้ไม่เพียงพอ จนทำให้อาจจะต้องเปิดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์เพิ่ม ดังนั้น ในอนาคตผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำความไม่แน่นอนของปริมาณไปรษณีย์ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เข้ามาพิจารณาเพิ่มเติมในการหาที่เส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ต่อไปในอนาคต

นอกจากนี้ ในการศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จากการพิจารณาจากระยะทางรวมในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด ซึ่งข้อมูลเมตริกซ์ระยะทาง (Distance Matrix) ระหว่างที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่นำมาใช้ในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม เป็นข้อมูลระยะทางสมมาตร (Symmetric Distance) ดังนั้น สำหรับข้อเสนอแนะสำหรับงานวิจัยเพิ่มเติมในอนาคต ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหาและวิธีในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์เพิ่มเติม ให้สามารถรองรับข้อมูลระยะทางอสมมาตร (Asymmetric Distance) เพื่อให้ได้เส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะมากขึ้น

สุดท้าย ในการกำหนดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ จำเป็นจะต้องพิจารณาเงื่อนไขด้านกรอบเวลา (Time Windows) และเวลาในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งเพิ่มเติมด้วย เนื่องจาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ได้กำหนดเงื่อนไขเพิ่มเติมไว้ว่า ในเที่ยวขาไป รถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันในทุกเส้นทางจะต้องเริ่มต้นออกจากศูนย์ไปรษณีย์พร้อมกันเวลา 05.00 น. และต้องเดินทางไปส่งต่อไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งไม่เกินเวลา 08.00 น. ในขณะเดียวกัน ในเที่ยวขากลับ รถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันในทุกเส้นทางจะต้องเริ่มต้นรวบรวมไปรษณีย์หลังเวลาที่ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งทำการปิดถุงเรียบร้อย ภายในเวลา 16.00 น. และต้องกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไม่เกินเวลา 22.00 เพื่อนำไปรษณีย์ทั้งหมดไปคัดแยก และส่งไปยังศูนย์ไปรษณีย์ให้ทันเวลาตามประเภทของพัสดุไปรษณีย์ นอกจากนี้ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งมีระยะเวลาในการขนถ่ายไปรษณีย์เวลาประมาณ 10-15 นาที ดังนั้น ในอนาคตผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยการเพิ่มเงื่อนไขด้านกรอบเวลา และระยะเวลาในการปฏิบัติงานของเจ้าหน้าที่เข้าไป เพื่อให้ได้เส้นทางขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับสภาพปัญหาจริงในปัจจุบันมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

[1] M. Parichehreh and N. Javadian, “A Mixed - Integer Programming Model to Configure a Post Supply Chain Network,” *Annals of Data Science*, vol. 7, no. 2, pp. 281–290, 2020, doi: 10.1007/s40745-020-00268-y.

[2] H. Ghaziri and I. H. Osman, “Self-organizing feature maps for the vehicle routing problem with backhauls,” *Journal of Scheduling*, vol. 9, no. 2, pp. 97–114, 2006, doi: 10.1007/s10951-006-6774-z.

[3] Q. Song, C. Zhang, X. Li, and F. Hao, “Genetic algorithm based modeling and optimization of the borough postal transportation network,” *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, pp. 2850–2855, 2007, doi: 10.1109/CDC.2007.4434232.

[4] 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, doi: 10.1080/03081060701390841.

[5] I. Sbai, S. Krichen, and O. Limam, *Two meta-heuristics for solving the capacitated vehicle routing problem: the case of the Tunisian Post Office*, no. 0123456789. Springer Berlin Heidelberg, 2020.

[6] I. Niroomand, A. H. Khataie, and M. R. Galankashi, “Vehicle routing with time window for regional network services-Practical modelling approach,” *IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management*, vol. 2015-Janua, pp. 903–907, 2014, doi: 10.1109/IEEM.2014.7058769.

[7] P. Chaiwuttisak, K. Sukka, C. Sawasdee, W. Daengsai, S. Buathong, and B. Warachan, “Vehicle Routing Problem for Construction Materials,” *The Journal of King Mongkut’s University of Technology North Bangkok*, vol. 28, no. 2, pp. 427–438, 2018, doi: 10.14416/j.kmutnb.2018.03.014.

[8] P. S. and S. Chanta, “Vehicle Routing for Flood Evacuation by Considering Different Types of Victims,” *The Journal of King Mongkut’s University of Technology North Bangkok*, vol. 27, no. 2, 2017, doi: 10.14416/j.kmutnb.2017.03.014.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[9] 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, p. 106571, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106571.

[10] M. Gansterer and R. F. Hartl, “Collaborative vehicle routing: A survey,” *European Journal of Operational Research*, vol. 268, no. 1, pp. 1–12, 2018, doi: 10.1016/j.ejor.2017.10.023.

[11] บ. ไปรษณีย์ไทย, “รายงานประจำปี 2561 บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด,” 2018.

[12] ณ. ทองคำ, “การวิเคราะห์หาพื้นที่ศักยภาพสำหรับศูนย์ไปรษณีย์แห่งใหม่ของบริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด ในเขตพื้นที่ภาคเหนือตอนบน,” จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2017.

[13] A. Rahmandoust and R. Soltani, “Designing a location-routing model for cross docking in green supply chain,” *Uncertain Supply Chain Management*, vol. 7, no. 1, pp. 1–16, 2019, doi: 10.5267/j.uscm.2018.7.001.

[14] B. I. Kim, S. Kim, and S. Sahoo, “Waste collection vehicle routing problem with time windows,” *Computers and Operations Research*, vol. 33, no. 12, pp. 3624–3642, 2006, doi: 10.1016/j.cor.2005.02.045.

[15] F. Daneshzand, *The Vehicle-Routing Problem*. Elsevier Inc., 2011.

[16] S. Irnich, M. Schneider, and D. Vigo, *Vehicle Routing Problems, Methods, and Applications, Second Edition-SIAM (2014)*. 2014.

[17] S. Yalcindag, A. Matta, and E. Sahin, “Human Resource Scheduling and Routing Problems in Home Health Care Context: A Literature Review,” *37th Conference on Operational Research Applied to Health Services (ORAHS)*, no. December 2015, pp. 1–34, 2012.

[18] P. Toth and D. Vigo, *The Vehicle Routing Problem*. 2002.

[19] ศ. ด. บ. ศิริเนาวกุล, *ปัญญาประดิษฐ์: ปัญญาเชิงกลุ่ม*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2018.

[20] K. Santithayee and U. Janjarassuk, “An Ant Colony Optimization Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Stochastic Demands,” *KMUTT Research&Development*, pp. 387–400, 2561.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[21] U. Janjarassuk and R. Masuchun, “An ant colony optimization method for the capacitated vehicle routing problem with stochastic demands,” *20th International Computer Science and Engineering Conference: Smart Ubiquitos Computing and Knowledge, ICSEC 2016*, 2017, doi: 10.1109/ICSEC.2016.7859921.

[22] 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*, 2019, doi: 10.1007/s11750-019-00534-0.

[23] Ç. Koç and G. Laporte, “Vehicle routing with backhauls: Review and research perspectives,” *Computers and Operations Research*, vol. 91, pp. 79–91, 2018, doi: 10.1016/j.cor.2017.11.003.

[24] P. Toth and D. Vigo, “An Exact Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Backhauls,” no. January 2015, 1997.

[25] A. Mingozzi and R. Baldacci, “Exact method for the vehicle routing problem with backhauls,” *Transportation Science*, vol. 33, no. 3, pp. 315–329, 1999, doi: 10.1287/trsc.33.3.315.

[26] W. Wu, Y. Tian, and T. Jin, “A label based ant colony algorithm for heterogeneous vehicle routing with mixed backhaul,” *Applied Soft Computing Journal*, vol. 47, pp. 224–234, 2016, doi: 10.1016/j.asoc.2016.05.011.

[27] Q. Song, X. Wang, X. Li, and C. Zhang, “Optimization of postal express mail network based on swarm intelligence,” *Proceedings of the IEEE Conference on Decision and Control*, pp. 591–596, 2009, doi: 10.1109/CDC.2009.5400879.

[28] L. Abbatecola, M. P. Fanti, A. M. Mangini, and W. Ukovich, “A Decision Support Approach for Postal Delivery and Waste Collection Services,” *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 13, no. 4, pp. 1458–1470, 2016, doi: 10.1109/TASE.2016.2570121.

[29] C. Huiying, L. Lei, H. Bo, and W. Yong, “Optimization model of vehicle scheduling for postal region transportation,” *International Journal of Simulation: Systems, Science and Technology*, vol. 17, no. 14, pp. 6.1-6.5, 2016, doi: 10.5013/IJSSST.a.17.14.06.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[30] Y. Wang, Z. Zhang, and D. Liu, “An optimization model for the transportation network with hierarchical structure : the case of China Post,” *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, no. 0123456789, 2019, doi: 10.1007/s12652-019-01446-4.

[31] A. Bretin, G. Desaulniers, and L. M. Rousseau, “The traveling salesman problem with time windows in postal services,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 0, no. 0, pp. 1–15, 2020, doi: 10.1080/01605682.2019.1678403.

[32] I. Deif and L. D. Bodin, “Extension of the Clarke and Wright Algorithm for Solving the Vehicle Routing Problem with Backhauls,” *Proceedings of the Babsob Conference on Software Uses in Transportation and Logistics Management*, 1984.

[33] M. Goetschalckx and C. Jacobs-Blecha, “The vehicle routing problem with backhauls,” *European Journal of Operational Research*, vol. 42, no. 1, pp. 39–51, 1989, doi: 10.1016/0377-2217(89)90057-X.

[34] J. J. Bartholdi and L. K. Platzman, “An O(N log N) planar travelling salesman heuristic based on spacefilling curves,” *Operations Research Letters*, vol. 1, no. 4, pp. 121–125, 1982, doi: 10.1016/0167-6377(82)90012-8.

[35] P. Toth and D. Vigo, “A Heuristic Algorithm for the Vehicle Routing Problem with Backhauls,” pp. 585–608, 1996, doi: 10.1007/978-3-642-85256-5_26.

[36] N. I. W. W, S. M, and S. M.Z, “Genetic Algorithm for Vehicle Routing Problem with Backhauls,” pp. 5–8, 2004.

[37] J. Brandão, “A new tabu search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls,” *European Journal of Operational Research*, vol. 173, no. 2, pp. 540–555, 2006, doi: 10.1016/j.ejor.2005.01.042.

[38] R. Tavakkoli-Moghaddam, A. R. Saremi, and M. S. Ziaee, “A memetic algorithm for a vehicle routing problem with backhauls,” *Applied Mathematics and Computation*, vol. 181, no. 2, pp. 1049–1060, 2006, doi: 10.1016/j.amc.2006.01.059.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[39] Y. Gajpal and P. L. Abad, “Multi-ant colony system (MACS) for a vehicle routing problem with backhauls,” *European Journal of Operational Research*, vol. 196, no. 1, pp. 102–117, 2009, doi: 10.1016/j.ejor.2008.02.025.

[40] J. Brandão, “A deterministic iterated local search algorithm for the vehicle routing problem with backhauls,” *Top*, vol. 24, no. 2, pp. 445–465, 2016, doi: 10.1007/s11750-015-0404-x.

[41] M. Granada-echeverri, E. M. Toro, and J. J. Santa, “A Mixed Interger Linear Programming Formulation for the Vehicle Routing Problem with Backhauls,” vol. 10, pp. 295–308, 2019, doi: 10.5267/j.ijiec.2018.6.003.

[42] 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 Operational Research*, 2020, doi: 10.1016/j.ejor.2020.04.047.

[43] I. H. Osman and N. A. Wassan, “A reactive tabu search meta-heuristic for the vehicle routing problem with back-hauls,” *Journal of Scheduling*, vol. 5, no. 4, pp. 263–285, 2002, doi: 10.1002/jos.122.

[44] N. Wassan, “Reactive tabu adaptive memory programming search for the vehicle routing problem with backhauls,” *Journal of the Operational Research Society*, vol. 58, no. 12, pp. 1630–1641, 2007, doi: 10.1057/palgrave.jors.2602313.

[45] 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, doi: 10.1016/j.eswa.2011.09.004.

[46] L. Pradenas, B. Oportus, and V. Parada, “Mitigation of greenhouse gas emissions in vehicle routing problems with backhauling,” *Expert Systems with Applications*, vol. 40, no. 8, pp. 2985–2991, 2013, doi: 10.1016/j.eswa.2012.12.014.

[47] 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 Operational Research*, vol. 237, no. 2, pp. 454–464, 2014, doi: 10.1016/j.ejor.2014.02.011.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

[48] 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.

[49] O. Dominguez, D. Guimarans, A. A. Juan, and I. de la Nuez, “A Biased-Randomised Large Neighbourhood Search for the two-dimensional Vehicle Routing Problem with Backhauls,” *European Journal of Operational Research*, vol. 255, no. 2, pp. 442–462, 2016, doi: 10.1016/j.ejor.2016.05.002.

[50] 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, doi: 10.5267/j.ijiec.2015.8.003.

[51] 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, doi: 10.5267/j.dsl.2017.6.001.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 1 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	46	3	20	6	1	1	1	1	0			14		14			3	0	2	0		
บ้านสร้าง	19	0										7										
กบินทร์บุรี	13	0										8	3									
บ้านพระ	13	0										4	3									
ศรีมหาโพธิ	22	1	4	2	2	1	1	1	0			5		6	3	1		0	2	0		
ศรีมโหสถ	18	0										3										
ประจันตคาม	15	0										3										
กบินทร์เก่า	18	0										4										
นาดี	9	0										2										
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	16	1	4	2	2	1	1	1	0			1		6	3	1		0	2	0		
พนมสารคาม	16	1	4	2	2	1	1	1	0			11		6	3	1		0	2	0		
ปากพลี	6	0										6	1									
ฉะเชิงเทรา	47	1	4	2	2	1	1	1	0			25		6	3	1		0	2	0		
ดอนทอง	17	0										0										
นครนายก	35	2	2	2	2	1	1	1	0			13		28	0	1		0	2	0		
โรงเรียนนายร้อย จปร.	0											2										
วังน้ำเย็น	17	0										2										
คลองหาด	10	1	4	2	2	1	1	1	0			2		6	3	1		0	2	0		
วังสมบูรณ์	9	0										4										
คปณ. เขาฉกรรจ์	12	0										0										

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 2 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	33	2	35	2	1	2		4	1			7	1	13		1				4		4
บ้านสร้าง												6		5	3		1			2		1
กบินทร์บุรี												4	2	12	2	1		1		2		2
บ้านพระ												4	1	4	3					2		1
ศรีมหาโพธิ												4	2	7	3		1		1	2		
ศรีมโหสถ												6			4					2		1
ประจันตคาม												6		3	3					2		1
กบินทร์เก่า												5			2					2		
นาดี												6		14	3					2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี												3		1	4		1			3		
พนมสารคาม												6	1	7	3	1				2		
ปากพลี												4		2	2					2		
ฉะเชิงเทรา	41	1	7	2	1		1	1				21	2	20	2				2		1	1
ดอนทอง															1					1		
นครนายก	19		5	7	1		1	28				8	1	6	4	1				3		15
โรงเรียนนายร้อย จปร.												2		3	2					2		
วังน้ำเย็น												4		3	3					2		1
คลองหาด												5		1	2					2		
วังสมบูรณ์												4		3	2					2		2
คปณ. เขาฉกรรจ์												3		2	3		2		1	4		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 3 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	76	1	165	2	1	2	2	8	2		1	9	4	57	68		4		2	3		
บ้านสร้าง	33		4	1		3		5			1	7		13	2		3			2		
กบินทร์บุรี	17	2	4	2	1	2			1		1	9	3	40	6		3		3	3		1
บ้านพระ	27	2	176	4	1		1	2				5	2	29	4		1		1	3	2	
ศรีมหาโพธิ	26	4	41	7	2		1	6	1			7	2	28	9		4		1	3	1	
ศรีมโหสถ	36		3		1	1						2	1	5	4		2			2		
ประจันตคาม	13	1	21	2	1	2	3	65	1		1	5	1	34	21		2		1	2	1	
กบินทร์เก่า	20		10	4			1	4	1		1	3	1	11	6		3			2		
นาดี	14	1		3		2		7				3	1	11	36		2		2	2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	18	2	1	3		1			1			4	1	9	2		2		2	2		1
พนมสารคาม	30	2	13	9	1	3	1	1	2		2	15	5	44	15		4			3		
ปากพลี	22	1	13	4		1						2	1	8	3		2			2		
ฉะเชิงเทรา	93	5	14	14	2	2	1	4			2	39	5	139	11		8				1	1
ดอนทอง	25	1	7	2	1	1	1	3				2			64							
นครนายก	103	3	27	10	1	3	1	31	2			17	3	62	7		1	1	3	3		7
โรงเรียนนายร้อย จปร.	31		4	7		2		2				5		1	2		1			2		
วังน้ำเย็น	22	1	3	7		2		5				4	1	20	6		2			2		
คลองหาด	14	1		5		3		8				1	1	8	2		3			2		1
วังสมบูรณ์	11	1	21	4		2		1				1	1	17	2		1		1	2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	35		4	8		4		1				2			2					2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 4 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี												13	3	51	5	1			5	6		
บ้านสร้าง	16		20	2		2		6				10		15	2		2		2	2		
กบินทร์บุรี												5	3	49	4	1	3		3	2		
บ้านพระ												3	2	24	1					2		
ศรีมหาโพธิ												3	3	36	7		3		4	3		
ศรีมโหสถ												3	1	8	3		1			2		
ประจันตคาม												6	1	11		1	1			3		
กบินทร์เก่า												6	1	7	4		1			2		
นาดี												5	1	9	4		2			3		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี												3	2	10	5		2		2	3		
พนมสารคาม	10	1	13	5	1		1					9	5	43	11	1	2		8	6		
ปากพลี												2	1	6	1					2		
ฉะเชิงเทรา	50	2	2	4	1	3		2	2		1	39	4	117	8		14					1
ดอนทอง	20		7	2	1	1	1		1			1		1						1		
นครนายก												14	3	45	9	1	3		4	7		
โรงเรียนนายร้อย จปร.												3		2	2		4			1		
วังน้ำเย็น												4	1	13	5		2		3	2		2
คลองหาด												3	1	14	4		2		1	2		
วังสมบูรณ์												2	1	5	3		1		1	2		1
คปณ. เขาฉกรรจ์												2		3	2				2			

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 5 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี												13	3	51	5	1			5	6		
บ้านสร้าง	16		20	2		2		6				10		15	2		2		2	2		
กบินทร์บุรี												5	3	49	4	1	3		3	2		
บ้านพระ												3	2	24	1					2		
ศรีมหาโพธิ												3	3	36	7		3		4	3		
ศรีมโหสถ												3	1	8	3		1			2		
ประจันตคาม												6	1	11		1	1			3		
กบินทร์เก่า												6	1	7	4		1			2		
นาดี												5	1	9	4		2			3		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี												3	2	10	5		2		2	3		
พนมสารคาม	10	1	13	5	1		1					9	5	43	11	1	2		8	6		
ปากพลี												2	1	6	1					2		
ฉะเชิงเทรา	50	2	2	4	1	3		2	2		1	39	4	117	8		14					1
ดอนทอง	20		7	2	1	1	1		1			1		1						1		
นครนายก												14	3	45	9	1	3		4	7		
โรงเรียนนายร้อย จปร.												3		2	2		4			1		
วังน้ำเย็น												4	1	13	5		2		3	2		2
คลองหาด												3	1	14	4		2		1	2		
วังสมบูรณ์												2	1	5	3		1		1	2		1
คปณ. เขาฉกรรจ์												2		3	2				2			

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 6 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	40	2	123		1	1	1	8	2		2	10	3	43	2	1	1	1	5	4	2	
บ้านสร้าง	20		12	2		3			1		1	12		11	5		1		1	2		
กบินทร์บุรี	6		10	4		2		2			1	10	2	30	2	1	2		4	5		1
บ้านพระ	30	1	70	3	1	1	1	2	1			2	2	20	5				4		1	
ศรีมหาโพธิ	20	2	26	4	1			7	1			1	3	24	7		1			2		
ศรีมโหสถ	17		20		1				1			1	1	8	3		2			2		
ประจันตคาม	20		17	2		5		3				4	1	25	7		3			2		
กบินทร์เก่า	20		20	1		5			1		2	4	1	10	4		1		5	2	1	
นาดี	6	1	5	2		2		3	1			7	1	15	3		1			2		1
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	10	1	11	3		1		2	1			3	1	9	4		3			4		
พนมสารคาม	20	1	18	3	1		1		2			9	4	32	4	1	1	1	4	4		
ปากพลี	10	1	13	1		1						1	1	6	2		2		4	2		
ฉะเชิงเทรา	30	2	122	11	1	6	1	1	1		1	28	5	89	91		5				1	3
ดอนทอง	18		10	5		1		1	1			1			46							
นครนายก	35	2	15	10	2	9	1	10	1		1	14	3	55	13	1	4	1	4	6	1	32
โรงเรียนนายร้อย จปร.	10		10	4		1			2			3		1	2		2		1	2		1
วังน้ำเย็น	10	1	16	5		1			1			5	1	18	5		1		3	2		1
คลองหาด	5		10	5		4		10	1		3	3	1	5	3		3		4	2		
วังสมบูรณ์	10		11	2			1		1			2	1	5	4		1			2		6
คปณ. เขาฉกรรจ์	20			3		1						1			2		1			2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 7 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	63	3	67	5	1		1		2			10	2	49	4	1	3	1	3	5		
บ้านสร้าง	11		20	2		3		5	1			4		7	3		2			2		
กบินทร์บุรี	10		10	4		2					2	8	2	19	4		3		1	15		
บ้านพระ	13	1	20	2	1	1	1	1				1	2	14	7		1		4	2		
ศรีมหาโพธิ	15	2	10	4	1	1	4				2	3	2	19	10		4		3	4		
ศรีมโหสถ	20		14		1	1						2	1	7	4		2			2		
ประจันตคาม	10		19	2		2		10	1			5	1	10	9		2		1	3		
กบินทร์เก่า	15		10	9			1		1			2	1	10	6		1			5		
นาดี	9	1		2		1						1	1	5	4		1			5		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	10	1	12	3		1						3	1	8	4		1			5		
พนมสารคาม	10	2	9	6	1		1	1				9	3	20	8	1	4	1	2	9		
ปากพลี	18	1		1		1					1		1	8	13		2			2		
ฉะเชิงเทรา	49	6	61	9	1		1	3			1	29	4	116	8				12			1
ดอนทอง	10		17	1	1	2	1	5				1			1							
นครนายก	47	2	20	10	1		1	16	1		1	11	3	57	10	1	3	1	7	4		34
โรงเรียนนายร้อย จปร.	10		7	4		1			1			4		2	2		1			2		
วังน้ำเย็น	17	1	10	4	1	3			1		2	8	1	18	7			1	1	2		
คลองหาด	6	1	5	3		2					2	4	1	4	2		5		2	2		1
วังสมบูรณ์	10	1	11	1		4		2	1			1	1	8	3		4		1	2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	10		7	2		2						1		1	2		1			2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 8 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	60	2	33	4	1	3	1					3	2	23	4	1	1	1		5		2
บ้านสร้าง	10		6	1		2			1			4		3	4		1			2		
กบินทร์บุรี	10		4	3		2		4	1			11		28	3	1	3			3		1
บ้านพระ	13		10	4				2	1			4	1	7	6		1		3	2		2
ศรีมหาโพธิ	25	2			1	1			1				2	20	5		3		5	2		
ศรีมโหสถ	10		7	1		3						1	1	3	4		2			2		
ประจันตคาม	10		5	2		3			1			1	1	12	5			1	1	2		
กบินทร์เก่า	10		8	3		1						1	1	5	3		4			2		
นาดี	6	1		1		2		1				2	1	6	3		1		3	2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	6			2									1	1	3		1		1	2		
พนมสารคาม	12	2	10	2	1	1	1		2			4	2	16	2	1	1	1	2	4		1
ปากพลี	6			2		1			1			2	1	3	4		1	1		2		
ฉะเชิงเทรา	50	5	10	6	1	1	1	4			1	11	4	59	6				8			
ดอนทอง	10		9	1	1	2	2		1													
นครนายก	30	1	7	7	2		1	4				7	2	29	6	1	3	1		5		20
โรงเรียนนายร้อย จปร.												2			2		1		1	2		
วังน้ำเย็น	7		10	4			1		1			6	1	14	4		4		1			
คลองหาด	9	1		3				12	1			1	1	7	2		3					
วังสมบูรณ์	10		5	1		2						1	1	6	4		2					1
คปณ. เขาฉกรรจ์	10		2	1		4																

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 9 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	50	1	29	3	1	5						3	2	23	4	1	1	1		5		2
บ้านสร้าง												4		3	4		1			2		
กบินทร์บุรี												11		28	3	1	3			3		1
บ้านพระ												4	1	7	6		1		3	2		2
ศรีมหาโพธิ													2	20	5		3		5	2		
ศรีมโหสถ												1	1	3	4		2			2		
ประจันตคาม												1	1	12	5			1	1	2		
กบินทร์เก่า												1	1	5	3		4			2		
นาดี												2	1	6	3		1		3	2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี													1	1	3		1		1	2		
พนมสารคาม												4	2	16	2	1	1	1	2	4		1
ปากพลี												2	1	3	4		1	1		2		
ฉะเชิงเทรา	30	1	25	4	1		1					11	4	59	6				8			
ดอนทอง																						
นครนายก	20		5	4			1	17				7	2	29	6	1	3	1		5		20
โรงเรียนนายร้อย จปร.												2			2		1		1	2		
วังน้ำเย็น												6	1	14	4		4		1			
คลองหาด												1	1	7	2		3					
วังสมบูรณ์												1	1	6	4		2					1
คปณ. เขาฉกรรจ์																						

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 10 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	67	3	110	2	1		1				1	7	4	50	10		4	1	6	2		
บ้านสร้าง	10		30	5		3		10				8		11	2		3		3	2		1
กบินทร์บุรี	10		8	3		1		1				13		39	8		5		3	3		
บ้านพระ	30	2	81	1	1		2	18	1			2	2	14	3		4		3	2		
ศรีมหาโพธิ	17	5	40	2	2	1	3					3	3	17	5		3		4	2	3	
ศรีมโหสถ	20		31	1	1							2	1	9	4		2			1		
ประจันตคาม	18	1	40	1	1	1	3	68				5	1	16	5		3		3	2		
กบินทร์เก่า	20		12	7			1	1			2	2	1	7	3		4			2		
นาดี	10	1	5	5				6				2	1	18	4		4			2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	15	2	8	2		2		1				6	1	8	3		4		2	2		
พนมสารคาม	20	2	20	4	1	2	1	2	2			16	3	48	8		3		3	2		1
ปากพลี	20	1	4	6		1						1	1	11	1		1			2		1
ฉะเชิงเทรา	73	2	57	10	2	7	2		4		5	50	4	112	3				9		1	
ดอนทอง	28	1	20	4	1	3		3	1													
นครนายก	66	2	28	11	2	2	1	4	2		1	18	3	47	4		4	1	3	2		18
โรงเรียนนายร้อย จปร.	23		10	5		1						5		2	1					2		
วังน้ำเย็น	20	1	15	5			1		1		1	4	1	22	3		5		2	2		
คลองหาด	18	1	5	4		2			1		1	2	1	13	2		6		1	2		
วังสมบูรณ์	7	1	30	4		5		6	1			3	1	10	4		2		2	2	1	
คปณ. เขาฉกรรจ์	20		12	4		2		1				1		2	1		1			1		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 11 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	104	2	51	5	1	1	1		7			12	3	53	11	1	3	1	2			
บ้านสร้าง	20		13	3		3			1			11		10	5		2			3		
กบินทร์บุรี	16			4		1						23	1	25	9		6		1	4		1
บ้านพระ	29	2	50	2	1	1			1		1	4	2	24	9		1	1		1		
ศรีมหาโพธิ	20	2	12	3	1	1		2	1			2	3	24	7		1	1	2	9		
ศรีมโหสถ	30		4	2		3		3				3	1	16	2		1		2	2		
ประจันตคาม	20		7	3		3		3			2	6	1	13	4		3			2		
กบินทร์เก่า	18		5	1	1	3			1			3	1	11	5		1			2		
นาดี	6	1	6	2		2						3	1	9	3		1			2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	15	1	5	2		2						3	1	13	5		3			3		
พนมสารคาม	20	1	6	9		1	1	1	2			14	3	35	5	1	3	1	2	5		
ปากพลี	15	1	5	2		1						3	1	9	3		2					1
ฉะเชิงเทรา	64	4	75	12	1	1	1	5	1		1	41	4	98	3							
ดอนทอง	16	1	10	2		1		3	3		1	1			2							
นครนายก	61	2	27	13	2	2	1	39	1			12	2	52	6	1	6	1	3	4		33
โรงเรียนนายร้อย จปร.	10		5	2		2		1	1			3		4	3					2		
วังน้ำเย็น	20	1	11	5	1	2			1		2	4	2	19	14		3			2		
คลองหาด	10	1	7	4		2		8	1			2	1	14	3		1			2		
วังสมบูรณ์	7	1	20	18				4	1			1	1	7	3		1			2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	10		8	4		4		4														

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 12 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	32	2	70	6	1	1	1					6	1	22	4	1	1	2		7		
บ้านสร้าง												3		6	4		1		2	2		1
กบินทร์บุรี												14		20	13		4			7		2
บ้านพระ												5	1	10	5		3			4		
ศรีมหาโพธิ												1	2	15	8		1	1	2	3		2
ศรีมโหสถ												2	1	3	33		1		1	2		
ประจันตคาม												4	1	5	8		2	1		2		
กบินทร์เก่า												3		5	6		1		1	2		
นาดี												1	1	9	6		1	2	1	2	1	
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี													1	3	4		2			2		
พนมสารคาม												6	1	20	7	1	1	1	2	8		1
ปากพลี												3	1	6	4		1			3		
ฉะเชิงเทรา	18	1	30	5	1	1						7	3	44	3				8		1	2
ดอนทอง												1			1						1	
นครนายก	30	2	4	6	1		1	1				5	1	12	9	1	1	1	3	15	1	10
โรงเรียนนายร้อย จปร.												3		4	6		2			2		
วังน้ำเย็น												2	1	5	6		2	1	1	4		
คลองหาด												1	1	2	5		5		1	3		
วังสมบูรณ์												3	1	4	4		4		1	3		
คปณ. เขาฉกรรจ์												3		3	4		2			4		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 13 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	127	1	120	4	1	2	1	2	1		2	11	3	51	6		1	1	5	2		2
บ้านสร้าง	20		10	3				5	1			7		8	3		1		1	2		
กบินทร์บุรี	16			4				2			1	17	1	32	9		4		3	2		
บ้านพระ	41	2	20	2	1		1	4				2	2	17	6		3			2		
ศรีมหาโพธิ	34	4	10		1		1				2	6	3	14	6		2			2		2
ศรีมโหสถ	30	1	11	2		1						1	1	11	3				1	2		
ประจันตคาม	20	1	20	3		9	1	10	1			4	2	13	4		1		2	2		1
กบินทร์เก่า	14		10	3			1	5				2	1	9	5		2			2		
นาดี	12	1		1				8				2	1	12	2		2			2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	10	2	8	3		3						1	1	6	4		2		1	2		
พนมสารคาม	20	3	30	6	1		1		2			14	2	43	6		6			2		
ปากพลี	10	1	12	3		1						1	1	10	2		1		1	2		
ฉะเชิงเทรา	44	4	58	15	1	1	1	7				25	4	100	3				7			
ดอนทอง	30		11	5		2		3	1		1	1								1		
นครนายก	68	2		10		5		31	1		3	14	3	45	16		3		1	2		31
โรงเรียนนายร้อย จปร.	23			3		43		4	1			5		3	4		2			2		
วังน้ำเย็น	19	1	20	4	1		1		1		1	5	1	23	5		3		4	2		
คลองหาด	10	1	14	4		2		3	1			1	1	10	3		1		1	2		
วังสมบูรณ์	11	1	20	6			1	3	1			2	1	6	4		1			2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	20		8	6		1						2		1	1		1			2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 14 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	107	2	58		1		2		3		3	6	2	43	16	1	1	1	3	43		
บ้านสร้าง	30		5	2		2		5				7		9	3		3		2	2		
กบินทร์บุรี	10		8	3		1						13		27	10		4		7	4		
บ้านพระ	20	1	9	4		1	1	10	1			5	2	21	13		4			2		
ศรีมหาโพธิ	30	1	16	3	1	1		3	1			3	2	22	40		2			4		1
ศรีมโหสถ	24			1								4	1	11	3			1		2		
ประจันตคาม	13		10	2				5				4	1	12	9		1	1		2		
กบินทร์เก่า	12	1	20	4		1					2	2	1	13	4		2		4	2		
นาดี	5	1	6	2		4		5				1	1	12	3		2		2	2		1
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	17	1		3		2			1			1	1	6	3		2			2		
พนมสารคาม	20	1	8	5		2			2			8	3	30	3	1	3		6	5		1
ปากพลี	8	1	25	2		1						2	1	5	3		2					
ฉะเชิงเทรา	56	4	60	6	1		1	7	2			20	4	97	6		2					
ดอนทอง	20		11	2		2		2				1								1		
นครนายก	53	1	31	11	1	2	1	23	2			9	2	59	5	1	2		5	4		14
โรงเรียนนายร้อย จปร.	10		6	2		2		2	4			4		3	3					2		
วังน้ำเย็น	20	1	5	6			1		1			5	1	17	6		2			3		
คลองหาด	13	1		3				9				3	1	6	3		2			2		
วังสมบูรณ์	10	1	7	3		1	1		1			1	1	8	4		5			3		
คปณ. เขาฉกรรจ์	12		10	4		3			1			1		2	1		1			2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ ประจำวันที่ 15 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	40	2	8	2	1		2	5			1	6	2	26	4	1	2	1	6	6		
บ้านสร้าง	17			1		2		2	1		1	2		8	3		2			3		1
กบินทร์บุรี	10			3		1			1			10		12	8		3		3	7		1
บ้านพระ	10		3	2		2			1			3	1	14	5		1	1	1	3		2
ศรีมหาโพธิ	13	1	10		1	1		2	1				3	11	5		1	1	1	4		1
ศรีมโหสถ	24			1					1			3		5	4		2		1	2		
ประจันตคาม	12		10	2		1						1	2	17	7			1		4		
กบินทร์เก่า	10		6	3					1			1	1	7	2		1			3		
นาดี	6	1		1				22	1			8		13	2		1		2	2		1
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	9	1		1		1			1			1	1	4	3		1			3		1
พนมสารคาม	20	2	8	6		4						6	2	14	6	1		1		5		4
ปากพลี	10	1	2	1					1			4		2	3		4			2		1
ฉะเชิงเทรา	30	4	17	3	1	1	1		2		3	13	3	72	6				4			1
ดอนทอง	15			4		3			1		1	1					1			1		
นครนายก	30	2	19	5	1	3						8	1	23	5	1	2	1	2	4		11
โรงเรียนนายร้อย จปร.												5		4	3		1			2		
วังน้ำเย็น	15		5	3	1				1			1	1	5	4		1			2		
คลองหาด	5	1	4	3				1	1			1	1	9	4		2			2		
วังสมบูรณ์	7		3	1		3		3				1	1	4	4		2		1	2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	10		1	1																		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ ประจำวันที่ 16 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	40	2	14	5			1		1		1	9	1	15	6					4		
บ้านสร้าง												4		4	3					2		
กบินทร์บุรี												7		8	7					3		
บ้านพระ												4		3	7					2		
ศรีมหาโพธิ												6	1	7	6					2	1	
ศรีมโหสถ												3		7	3					2		
ประจันตคาม												4		4	4					2		
กบินทร์เก่า												3		3	5					2		
นาดี												5		2	3					2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี												4		1	3					2		
พนมสารคาม												9	1	10	3	1				4		
ปากพลี												3		2	2					2		
ฉะเชิงเทรา	30	1	18	3	1		1		1			4	3	29	3							
ดอนทอง												1			1							
นครนายก	20		10	5		1		2				9	1	14	3	1			1	4	1	25
โรงเรียนนายร้อย จปร.												3			3					2		
วังน้ำเย็น												4		2	2					2	1	
คลองหาด												3		1	3					2		
วังสมบูรณ์												3		3	2					2		
คปณ. เขาฉกรรจ์												3		1	3		2		2	4		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ ประจำวันที่ 17 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	90	3	121	4	3	1	2		2		3	9	3	48	7		1	1	2	2		1
บ้านสร้าง	20		12	2				3				7		13	58		2		1	2		
กบินทร์บุรี	10		9	4	1	1						20		33	6		4			2		
บ้านพระ	55	2	30	2	1	2	1	3	1			3	2	17	6		2		2	2		
ศรีมหาโพธิ												10	2	28	10		4		2	2	1	1
ศรีมโหสถ												3	2	8	3		2			2		
ประจันตคาม	50	1	14		1	9	1	70				4	1	16	4		2		2	2		
กบินทร์เก่า	8	1	30	2	1		1		1			1	1	7	2		1		1	2		
นาดี	10		4	3		1						2	1	12	3		2		1	2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	11	1	20	3				7			1	3	1	5	2		2		2	2	1	
พนมสารคาม	25	1	5	10		3		3	2			14	3	45	8		1	1	2	2		1
ปากพลี	20	1	10	2		1						1	1	5	2		4			2		
ฉะเชิงเทรา	72	4	63	13	1	1	1	8			4	34	5	116	2				10		1	
ดอนทอง	30		9	1	1	1		1				1			1							
นครนายก	70	2	42	9	2	2	1	43	2			13	3	51	11		1	1	3	2	3	19
โรงเรียนนายร้อย จปร.	20		15	7		3						4		6	3		2			2		
วังน้ำเย็น	30	1	6	7		1	1	1	1			6	1	20	4		1			2	1	1
คลองหาด	20	1	13	5		7		11	1			4	1	17	4		2			2		
วังสมบูรณ์	20	1	15	3		3		5	1			2	1	6	4		2		1	2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	30		10	3		1		1				1		1	1				1	1		1

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ ประจำวันที่ 18 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	119	2	67	2	1	12	2		2			8	2	42	2	1	4	1	9	8		
บ้านสร้าง	20		7	2				9				6		7	4		2		2	2		
กบินทร์บุรี	15		4	3		1			1			18	1	24	12		6		3	6		1
บ้านพระ	30	1	24	2	1	2			1			4	1	15	2	1	2		3	3		
ศรีมหาโพธิ	40	2	6		1		1	5	1			2	3	20	10		3		4	4	1	1
ศรีมโหสถ	30		8		1			4				5		5	2		1		1	2		
ประจันตคาม	30		10	2		4	1		1		1	7	1	8	6			1	5	3		2
กบินทร์เก่า	20	1	5	2				4				1	2	7	4		1		2	4		
นาดี	10	1		2		1		5				2	1	9	4		1		1	2		2
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	20	1	14	2		2			1			2	1	7	3		1		2	2		
พนมสารคาม	8	1	20	5		1	1	4				18	2	40	5	1	3	1	5	8		
ปากพลี	18	1		1		1			1			1	1	3	3		1		1	2		1
ฉะเชิงเทรา	70	4	51	6	1		1	6			2	31	5	79	14				7			
ดอนทอง	20		9	5		2		13			3	2			1					1		
นครนายก	55	2	28	10	1	2	1	7	1			15	2	47	57	1	4	1	2	5		24
โรงเรียนนายร้อย จปร.	25		3	1					1			4		3	2		1			2		
วังน้ำเย็น	20		9	3		1			1		2	4	2	15	4		3		2			2
คลองหาด	6	1		4		1		10	1			2	1	8	3		3					1
วังสมบูรณ์	20	1	3	2					1				2	7	2			1	1			2
คปณ. เขาฉกรรจ์	20		7	3		3						2		2	1		1		2			

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ ประจำวันที่ 19 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	119	2	67	2	1	12	2		2			8	2	42	2	1	4	1	9	8		
บ้านสร้าง	20		7	2				9				6		7	4		2		2	2		
กบินทร์บุรี	15		4	3		1			1			18	1	24	12		6		3	6		1
บ้านพระ	30	1	24	2	1	2			1			4	1	15	2	1	2		3	3		
ศรีมหาโพธิ	40	2	6		1		1	5	1			2	3	20	10		3		4	4	1	1
ศรีมโหสถ	30		8		1			4				5		5	2		1		1	2		
ประจันตคาม	30		10	2		4	1		1		1	7	1	8	6			1	5	3		2
กบินทร์เก่า	20	1	5	2				4				1	2	7	4		1		2	4		
นาดี	10	1		2		1		5				2	1	9	4		1		1	2		2
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	20	1	14	2		2			1			2	1	7	3		1		2	2		
พนมสารคาม	8	1	20	5		1	1	4				18	2	40	5	1	3	1	5	8		
ปากพลี	18	1		1		1			1			1	1	3	3		1		1	2		1
ฉะเชิงเทรา	70	4	51	6	1		1	6			2	31	5	79	14				7			
ดอนทอง	20		9	5		2		13			3	2			1					1		
นครนายก	55	2	28	10	1	2	1	7	1			15	2	47	57	1	4	1	2	5		24
โรงเรียนนายร้อย จปร.	25		3	1					1			4		3	2		1			2		
วังน้ำเย็น	20		9	3		1			1		2	4	2	15	4		3		2			2
คลองหาด	6	1		4		1		10	1			2	1	8	3		3					1
วังสมบูรณ์	20	1	3	2					1				2	7	2			1	1			2
คปณ. เขาฉกรรจ์	20		7	3		3						2		2	1		1		2			

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 20 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	98	2	78	5	1	1	2	2	1			18	2	37	29	1		1	6	6		
บ้านสร้าง	20		7	2				2	1		1	9		11	3		1		2	2		1
กบินทร์บุรี	10		5	3		1						20		18	13		2		1	6		
บ้านพระ	20	1	15	3	1	1		7	7		2	6	1	15	27		3			3		
ศรีมหาโพธิ	30	2	7		1	1						2	3	18	7		2		3	4		
ศรีมโหสถ	30		4	5							1	6		6	4		1		1	2		
ประจันตคาม	15		6	2		1		4				4	1	11	6		2		2	3		3
กบินทร์เก่า	30		5	2		2			1			1	1	14	4		2		1	4		
นาดี	10	1	5	1		1						2	1	15	5		1		4	3		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	20	1	16	4		1						2	1	3	3		1			3		
พนมสารคาม	20	2	9	6		2		1	2			10	2	37	5	1	2		4	5		
ปากพลี	20	1	5	2		1						1	1	7	4		2			2		
ฉะเชิงเทรา	70	4	49	11	1	2	2	2				29	5	95	5				12		1	1
ดอนทอง	20		3	1	1	1		1	1			1		1						1		
นครนายก	44	2	23	12	1	1	1	3	1			16	3	39	2	1	1	1	5	6		29
โรงเรียนนายร้อย จปร.	20		8	2		1		2	1			5		4	49				1	2		
วังน้ำเย็น	20		7	7			1		1			4	1	13	4		1	1		3		1
คลองหาด	11	1		5		5		10	1			1	1	9	2		1			2		
วังสมบูรณ์	20	1	9	1		1		1	1			1	1	6	4		1		1	2		3
คปณ. เขาฉกรรจ์	10		7	2		1		1				1		2	2					2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 21 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	91	1	41	6	1	1	1					9	2	32	6	1		1	1	6		
บ้านสร้าง	20		10	2		1		1				9		17	3		2		4	2		
กบินทร์บุรี	10		6	3		1			2			14	1	28	9		4		3	10		1
บ้านพระ	18	1	10	6		2			1			9	1	13	6		4		3	4	1	1
ศรีมหาโพธิ	20	2	13	3		1	1	5	1		1	2	4	10	5		3			6	1	
ศรีมโหสถ	30		14	4		2						8		8	3		1			2	1	
ประจันตคาม	20		8	3		1		7	1			4	1	25	6		2		3	4		
กบินทร์เก่า	13	1	10	2					1			1	1	7	5		5		2	6		
นาดี	7	1		2		1					1	1	1	10	4		3		2	4		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	10		7	3								3	1	6	5		2		3	5		
พนมสารคาม	12	1	10	8		2		2	2		1	9	2	13	2	2	2	1	1	6	1	4
ปากพลี	15	1	5	1		3						1	1	7	4		2		1	2		
ฉะเชิงเทรา	54	3	69	7	1	2		4	3		1	24	4	72	8				3		3	
ดอนทอง	20		7	4		1		3				2										
นครนายก	48	2	23	13	1	2	1	30	1		3	8	2	42	9	1	4		6	5	1	11
โรงเรียนนายร้อย จปร.	10		5	6					1			3		2	2				1	1		
วังน้ำเย็น	16	1	5	5			1					3	1	11	3		4			3		
คลองหาด	10		4	3		1					1	2	1	8	3		2		1	2	2	
วังสมบูรณ์	15	1	10	2		2			1			1	1	22	3		2			2	1	
คปณ. เขาฉกรรจ์	20		5	3		1						1		1	1		1		5	2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 22 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	57	2	25	2	1	1		1	1		1	4	2	19	2	1	1	1	5	8		
บ้านสร้าง	10		7	2		3			1			4		7	4		2		2	2		
กบินทร์บุรี	7			2		1						11		12	10		1		5	7		3
บ้านพระ	10		6	4		1			1			2	2	17	3			1	3	5		
ศรีมหาโพธิ	16	1	20		1			4	1			1	2	12	3			1	3	3		3
ศรีมโหสถ	13		10	1								3		2	4		2			2		
ประจันตคาม	10		5	2		2			1			2	1	6	6		1		1	4		
กบินทร์เก่า	10		7	1		1						2	1	6	2		1			3		
นาดี	7	1	1	1				10				1	1	5	2		2			2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	10	1	4	1		1						1	1	3	2		1			4		
พนมสารคาม	10	1	9	5		1	1					6	1	14	2	1	4	1	3	10		
ปากพลี	18			1		1			1			2	2	5	2			2		4		1
ฉะเชิงเทรา	23	1	30	3	1		1					13	3	35	1		2				1	1
ดอนทอง	10		4	4		1		1	1		2									1		
นครนายก	20	2	13	8	1		1	3	1			9	1	21	2	1	1	1	3	16		11
โรงเรียนนายร้อย จปร.												4		2	2					2		
วังน้ำเย็น	10		10	6		2			1		2	1	1	7	2		2		1	4		
คลองหาด	7	1						16	1			2	1	3	2		1		1	8		1
วังสมบูรณ์	10		7	1				6				1	1	8	2		1			3		
คปณ. เขาฉกรรจ์	12			2		1																

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 23 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	41	1	20	2	1		1	1	1			4	1	9	1	1				5		
บ้านสร้าง												3		6	2					2		
กบินทร์บุรี												7		4	6				1	10		
บ้านพระ												8		4	5					2	1	2
ศรีมหาโพธิ												4	1	11	5					3	1	
ศรีมโหสถ												3		4	2					2		
ประจันตคาม												4		9	4				1	3		
กบินทร์เก่า												3		3	3					4		
นาดี												4		3	3					4	1	
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี												5			3					4		
พนมสารคาม												4	1	10	1	1			2	3		
ปากพลี												4		3	3					2		
ฉะเชิงเทรา	30	1	18	3	1	2	1		3			4	2	33	2		2					1
ดอนทอง															1					1		
นครนายก	20			4								5	1	15	2	1				4	1	13
โรงเรียนนายร้อย จปร.												2			1							
วังน้ำเย็น												4		3	3					2		
คลองหาด												3		2	2					2		
วังสมบูรณ์												3		3	7					2		
คปณ. เขาฉกรรจ์												3		3	2		1			4		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ ประจำวันที่ 24 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	51	4	155	5	1	4		3	2			9	3	54	7		1	1	1	3		
บ้านสร้าง	20		15	7		1		16				8		6	3		3		1	2		
กบินทร์บุรี	15		5	3		2			1			20		34	6		5		4	3		1
บ้านพระ	28	1	100	7	1	2	1	3	1			8	1	19	4		1	1		2		1
ศรีมหาโพธิ	9	4	30	4	2	1		3	2			6	2	27	7		2		5	2		
ศรีมโหสถ	30		16	13					2			4		8	2		2		3	2		
ประจันตคาม	8	1	30	4		3	2	40	2		3	4	1	13	5		2			2		
กบินทร์เก่า	6	1	30	1	1	4		4	1			2	1	7	4		2			2		
นาดี	15	1		2		1		1				2	1	10	1	1	2			2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	20	1	12	2		2		2	1		1	1	1	6	5		1		2	2		
พนมสารคาม	20	1	24	11		1			2			13	2	40	28		3	1	8	2		2
ปากพลี	21	1	10	2		1		1				2	1	3	3		1		1	2		
ฉะเชิงเทรา	84	3	82	10	1	1	1	6			1	34	3	101	55				15			
ดอนทอง	16		20	6		2		1							1							
นครนายก	36	2	78	9	2	4	1	30	1			15	3	39	8		2	1	9	5		11
โรงเรียนนายร้อย จปร.	9		20	4		1			1		1	4		4	1		1		2	2		
วังน้ำเย็น	30	1	6	6	1		1		1		2	3	1	17	5		3		4	2		
คลองหาด	5	1	15	5		4		20	1		1	1	1	19	2		1		3	2		
วังสมบูรณ์	11	1	30	2		2		2	1			3	1	9	2		1		1	2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	25		7	2		1		1	1			2			1		1			2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 25 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	52	2	123	4	1	1	1	3	2			13	3	55	12	1	4		4	10		1
บ้านสร้าง	12		20	2		5		15	1			7		11	2		1			4		1
กบินทร์บุรี	10		7	3		1					1	19		40	6		4		5	10	1	
บ้านพระ	24	1	70	2	1	4	1		1			5	2	19	5		1		1	6		1
ศรีมหาโพธิ	20	2	14	2	1	1		1	1			9	3	32	7		3		3	6		
ศรีมโหสถ	20		12	4								6		9	3		2			3		1
ประจันตคาม	9		30	3		2		1	1		1	5	1	22	4		3		2	5		
กบินทร์เก่า	6		30	5		1			1		1	1	1	14	2		1			4		
นาดี	10	1		2		1		2				3	1	13	3		2			4		1
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	14	1	5	2				2			1	2	1	9	35		1		2	4		
พนมสารคาม	10	2	11	7		2	1		2			14	3	56	1	1	3		2	12		
ปากพลี	15	1	4	1		1			1			2	1	11	4		1		2	3		1
ฉะเชิงเทรา	74	4	50	10	1		1	5	1		2	31	3	129	4				10		1	3
ดอนทอง	10		14	4			1	4	1			3										
นครนายก	14	2	40	10	1	3	1	11	1		2	16	2	41	3	1	3		5	17	1	32
โรงเรียนนายร้อย จปร.	22			2								3		2	3		2			2		
วังน้ำเย็น	20	1	8	7		2		7	1			5	1	16	5			1	3	5		
คลองหาด	9		10	4		3		10	1		1	1	1	6	4		4		1	3		
วังสมบูรณ์	12	1	10	2		1		4	1			1	1	9	3		1		5	2		
คปณ. เขาฉกรรจ์	20		3	7		2						1		2	1					2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 26 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	75	2	43	3	1	2	2	3				7	3	44	5	1	2	2	2	8		2
บ้านสร้าง	12		10	2		5			1			7		13	3		2			3		1
กบินทร์บุรี	20		1	3		1			1			22	1	28	52		10		1	10		1
บ้านพระ	19	1	70	3	1	2			1			3	2	12	14		5			4		
ศรีมหาโพธิ	8	3	30	5	1	1		2	1			1	4	10	48		2	1	4	6		
ศรีมโหสถ	13		20	2		1		2				6		5	3		2		1	2		
ประจันตคาม	9		30	3		1		2				4	1	13	6		4		4	4		
กบินทร์เก่า	11		20	5		1						1	1	12	3		1	1	1	2		
นาดี	22			1			1	10			1	2	1	28	3		2		3	3		1
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	15	1	5	2		1			1		1	3	1	3	27		2		1	5		2
พนมสารคาม	11	2	20	8	1	1	1		2			12	3	42	6	1	1	1	5	8		3
ปากพลี	17	1		3								1	1	5	2		2			2		
ฉะเชิงเทรา	63	4	74	11	1		1	6	2		2	28	4	100	4		5		10			1
ดอนทอง	20		7	4		2			1			1			1							
นครนายก	53	2	28	9	1	3	1	30	1		1	10	2	54	6	1	8	1	3	10		13
โรงเรียนนายร้อย จปร.	10		9	2		1			1			3		1	4		1			2		
วังน้ำเย็น	15	1	5	5		1			1		1	3	1	18	8		4			6		
คลองหาด	10	1	8	5		2		20	1			1	1	16	3		4		2	5		
วังสมบูรณ์	9	1	30	1		2		10	1			1	1	10	3		3			4		4
คปณ. เขาฉกรรจ์	10		2	2		1		3				1		3	1		4	1		3		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 27 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	50	2	108	3	1	2	1		1			8	2	34	8	1	2	1	6	6		
บ้านสร้าง	20		8	2		4		15				8		12	6		3		1	2		
กบินทร์บุรี	12			3								17		30	6		4		3	5		
บ้านพระ	10	1	20	4		1	1		1		1	6	1	13	6		3		3	3		
ศรีมหาโพธิ	18	3	10		1	1		1	3			1	3	22	6		2	2	3	4		
ศรีมโหสถ	20		10	2				1				4		8	2		2			2		
ประจันตคาม	11		20	2			3	3	1			2	1	24	4			1	3	2		
กบินทร์เก่า	15	1	5	2		1	1	1				1	1	9	3		2		1	2		
นาดี	4	1	10	4				3				2	1	6	2		3		1	2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	15	1	4	2		2						1	1	7	3		3		1	3		
พนมสารคาม	20	2	3	10		2		3	2		3	13	2	33	5	1	3	1	5	6		5
ปากพลี	20	1	4	1								3	1	7	3		2			3		
ฉะเชิงเทรา	78	4	63	7	1	4	2	2				27	3	92	4		2		5			1
ดอนทอง	20		4	1	2	1	1					1								1		
นครนายก	60	2		7	1		1	14	1			12	2	43	3	1	1	1	6	17		19
โรงเรียนนายร้อย จปร.	15			3		1						4		2	2		1			2		
วังน้ำเย็น	15	1	5	4			1		1			3	1	15	3			2	1	5		1
คลองหาด	9	1	10	4		1		6	1			1	1	9	3		1			3		
วังสมบูรณ์	20	1	7	1		1		4	1			1	1	14	4		2			3		
คปณ. เขาฉกรรจ์	19			2				1				1			1				2	2		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 28 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	66	2	39	5	1	3	1	6	1			8	3	44	2	1	4		6	7		
บ้านสร้าง	20		9	2		5		10			1	5		8	4		1			2	1	
กบินทร์บุรี	10		6	4		2			1			14		18	6		3		4	4		1
บ้านพระ	20	1	10	4		1			1			5	1	37	3		6		2	3	2	1
ศรีมหาโพธิ	16	3	10		1	1		2	1			2	3	22	7		2			4		
ศรีมโหสถ	20		6	2								5		5	3		1			2		
ประจันตคาม	20		15	3		1		2				4	1	16	4		3		3	3	1	
กบินทร์เก่า	20		11	3		1			1			1	1	5	2		1		3	2		
นาดี	8	1		2		3		10				3	1	10	4		1			2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	15	1	6	3		1						2	1	7	3		2		1	2		
พนมสารคาม	20		7	5		3			2		2	10	2	27	4	1	1		2	6	1	2
ปากพลี	10	1	7	2		1		1				1	1	7	3		2		1	2		
ฉะเชิงเทรา	68	5	46	8	1	5		10	1		1	27	4	77	5		7		10			
ดอนทอง	14		10	4		2						1										
นครนายก	17	2	52	12	1	2	1	1	1			17	2	29	4	1	6	1	1	6	1	11
โรงเรียนนายร้อย จปร.	15			2		1			1			4		2	3					2		
วังน้ำเย็น	20	1	5	3	1	1	1	2	1		1	3	1	14	5			1			1	
คลองหาด	10	1	5	3		4		3				1	1	7	3		2			2		
วังสมบูรณ์	20		8	1				4	1			2	1	3	42		1			1		
คปณ. เขาฉกรรจ์	20		4	3		1			2			1		1	1		1					

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 29 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	30	2	19	4	1	1	1	5	1			5	1	24	5	1	2		1	5		
บ้านสร้าง	10		3	2		7		6				5		5	3		4		1	2		1
กบินทร์บุรี	12			2		1						13		19	5		3			4		
บ้านพระ	10	1	4	4					1			1	1	8	4		3		1	3		
ศรีมหาโพธิ	20	1	8	1	1	1		4				2	2	17	5		1	1	2	3		
ศรีมโหสถ	18			1		1		1				3		4	4		1		2	2		
ประจันตคาม	10		5	2		1						3	1	7	4		1			2		
กบินทร์เก่า	10		5	2		1		4	1			1	1	3	3		1		2	2		1
นาดี	4			1			1					1	1	8	4		5		2	2		
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	15	1		2		2		1				1	1	5	2		1			4		
พนมสารคาม	30	1	16	6		1	1					5	1	17	6		2	1	4	3		1
ปากพลี	7				1							1	1	4	3		3		2	2		
ฉะเชิงเทรา	39	5	30	4	1	2	1				1	15	3	67	4				1			1
ดอนทอง	10		4	2	1	2														1		
นครนายก	30		8	3	1	1						6	2	29	3	1	2		3	5		8
โรงเรียนนายร้อย จปร.												1		2	2		1			2		
วังน้ำเย็น	10	1		2	1		1		1			1	1	12	3		1	1	1	2		
คลองหาด	12	1		8		5		10	1			2	1	8	4		2			2		
วังสมบูรณ์	12		10	1		1		6				1	1	9	4		1			2		3
คปณ. เขาฉกรรจ์	16			3		1																

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ 30 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	40	1	24	3	1	1		3	1			3	1	15	9				8	4		
บ้านสร้าง												3		1	3					2		
กบินทร์บุรี												10		11	7					4		
บ้านพระ												5		6	4					2		
ศรีมหาโพธิ												6	1	8	5				4	2		
ศรีมโหสถ												3		4	3					2		
ประจันตคาม												5		12	6					2		
กบินทร์เก่า												3			3					2		
นาดี												6		6	2				1	2		1
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี												5		5	3				1	2		
พนมสารคาม												3	2	11	6				4	2		
ปากพลี												3		2	2				2	2		
ฉะเชิงเทรา	30	1	16	2	1	1						4	2	40	2				2		1	
ดอนทอง																						
นครนายก	10		7	8		1		1			1	5	1	13	6					4		18
โรงเรียนนายร้อย จปร.												2			3					4		
วังน้ำเย็น												5		5	3					2		
คลองหาด												3		6	1					2		1
วังสมบูรณ์												4		9	2					2		
คปณ. เขาฉกรรจ์												3		2	4		1		4	4		

ภาคผนวก ก. (ต่อ)

ข้อมูลปริมาณงานไปรษณีย์ของที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง ที่อยู่ในความรับผิดชอบศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ประจำวันที่ ประจำวันที่ 31 กรกฎาคม ค.ศ. 2020

ที่ทำการไปรษณีย์	ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาออก)											ประเภทบริการ (เที่ยวไปรษณีย์ขาเข้า)										
	EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost		EMS			ละทะเบียน		พัสดุไปรษณีย์			ธรรมดา	Logispost	
	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ	ถุง	Roll	นอกถุง	ถุง	Roll	ถุง	Roll	นอกถุง		จยย.	อื่นๆ
ปราจีนบุรี	60	2	139	5	1	1	3	2	4			9	3	65	11		2	1		2		
บ้านสร้าง	30		13	4	1	3		10				8		16	3		2		3	1		
กบินทร์บุรี	10		7	4		1		1	1		1	23		40	9		4			2		
บ้านพระ	50	1	79	3		3		27	1		2	3	2	21	5		3			1		1
ศรีมหาโพธิ	30	3	12	3	2		1	2	1			7	2	33	8		6		4	2		
ศรีมโหสถ	18		20		1	1						9		14	4		3			3		
ประจันตคาม	20	1	30	3		3		13	1			5	1	13	6		1			2		1
กบินทร์เก่า	20		6	3			1	3	1			3	1	13	5		1		3	2		
นาดี	11	1		2				1				2	1	18	2		1			1		1
คปณ. นิคมฯ กบินทร์บุรี	19	1		3		1			1			3	1	8	3		1			2		
พนมสารคาม	30	2	18	2			1		2			10	3	57	9		3	1	1	2		
ปากพลี	20	1	16	5	1	1	1		1			3	1	7	30		2			1		
ฉะเชิงเทรา	86	3	109	4	1	1	1	7	2		2	38	4	129	1				10			
ดอนทอง	30		15	1	1	1	1					1		1	1							
นครนายก	30	3	70	11	1	3	1	26	1		3	11	3	75	7		2	1	9	2		14
โรงเรียนนายร้อย จปร.	18			3		1		2	1			3		1	4		1			1		
วังน้ำเย็น	20	1	9	5	1	2		4	1		1	4	1	26	3		1		1	1		
คลองหาด	5	1	15	7		5		25	1			2	1	13	4		1		1	1		
วังสมบูรณ์	7	1	30	3		3		5				1	1	10	3		1		1	1		4
คปณ. เขาฉกรรจ์	15		8	3		1		2				2		1	1		1		1	1		

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงการประมาณการค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์

รายการ	ค่าใช้จ่าย	หมายเหตุ
1. ค่าจัดหารถยนต์		
1.1 รถยนต์บรรทุก 6 ล้อ จำนวน 1 คัน	.....บาท	
1.2 ค่าเศษซาก ร้อยละ 20	.....บาท	
1.3 อายุการใช้งาน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	.....บาท	
1.4 ดอกเบี้ยลงทุน 5 ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายต่อเดือน	.....บาท	ดอกเบี้ยลงคิดอัตราร้อยละ.....ต่อปี ของค่ารถยนต์ตามข้อ 1.1 หารด้วยระยะเวลาตลอดอายุสัญญา
รวมค่าใช้จ่ายรถยนต์ต่อเดือน	.....บาท	(1.3 + 1.4)
2. ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงต่อเดือน	.....บาท ((1/2)x3)+4)	* ระยะทางไป-กลับ ..... กม. หรือเดือนละ ...(1).. กม. * อัตราสิ้นเปลือง ..(2)... กม./ลิตร * ราคาน้ำมันดีเซล ..(3)... บาท/ลิตร * ค่าผ่านทางพิเศษ (ถ้ามี) ..(4)... บาท
3. ค่าบำรุงรักษาต่อเดือน	.....บาท (1+2)	ค่ายางรถยนต์ ...(1).. บาท/เดือน ค่าน้ำมันหล่อลื่น ...(2).. บาท/เดือน
4. ค่าภาษีและค่าประกันภัยฯ ต่อเดือน	.....บาท (1+2+3+4)	ค่าภาษีรถยนต์เดือนละ ..... บาท/คัน คิดเป็นเดือนละ ...(1)... บาท/เดือน ค่า พรบ. เดือนละ ...(2)... บาท/เดือน ค่าประกันภัยชั้น 1 เดือนละ ...(3)... บาท/เดือน ค่าประกันภัยสินค้า เดือนละ ...(4)... บาท/เดือน
5. ค่าจ้างพนักงานขับรถ	.....บาท	ค่าจ้าง พขส. ..... บาท/เดือน ค่าจ้าง พนง. ประจำรถ ..... บาท/เดือน
6. ค่าบริหารจัดการและกำไร ร้อยละ 15 ของค่าใช้จ่าย	.....บาท	(1+2+3+4+5) × 15%
รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น	.....บาท	(1+2+3+4+5+6)

** ที่มา : แผนกธุรการ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

เมตริกซ์ระยะทางระหว่างศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง (Distance Matrix)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
0	999	54	74	11	56	31	46	36	12	29	21	56	71	92	88	77	89	87	109	107	69	54	74	11	56	31	46	36	12	18
1	54	999	29	45	9	21	25	20	50	55	59	46	23	75	79	28	40	124	147	144	109	0	29	45	9	21	25	20	50	38
2	74	29	999	68	32	37	32	43	73	78	82	33	26	47	51	28	38	152	174	172	125	29	0	68	32	37	32	43	73	55
3	11	45	68	999	47	34	51	30	6	24	16	69	61	105	101	67	79	81	104	102	66	45	68	0	47	34	51	26	6	24
4	56	9	32	47	999	29	33	22	51	57	62	54	15	83	86	21	33	126	149	147	111	9	32	47	0	29	33	22	51	45
5	31	21	37	34	29	999	20	12	38	49	50	44	42	80	76	21	35	110	132	130	103	21	37	34	29	0	20	12	38	17
6	46	25	32	51	33	20	999	28	58	77	69	27	41	61	58	46	59	117	140	138	99	25	32	51	33	20	0	28	58	33
7	36	20	43	30	22	12	28	999	31	37	41	54	36	90	86	42	54	106	128	126	91	20	43	26	22	12	28	0	31	27
8	12	50	73	6	51	38	58	31	999	20	12	65	65	101	97	72	84	77	99	97	62	50	73	6	51	38	58	31	0	23
9	29	55	78	24	57	49	77	37	20	999	9	84	75	120	116	81	93	96	118	116	81	55	78	24	57	49	77	37	20	42
10	21	59	82	16	62	50	69	41	12	9	999	96	76	111	108	82	94	87	110	107	73	59	82	16	62	50	69	41	12	34
11	56	46	33	69	54	44	27	54	65	84	96	999	60	36	33	61	72	120	141	140	102	46	33	69	54	44	27	54	65	38
12	71	23	26	61	15	42	41	36	65	75	76	60	999	79	81	9	21	142	164	162	129	23	26	61	15	42	41	36	65	60
13	92	75	47	105	83	80	61	90	101	120	111	36	79	999	7	74	84	155	178	176	138	75	47	105	83	80	61	90	101	73
14	88	79	51	101	86	76	58	86	97	116	108	33	81	7	999	77	87	144	167	165	126	79	51	101	86	76	58	86	97	69
15	77	28	28	67	21	21	46	42	72	81	82	61	9	74	77	999	13	148	170	168	132	28	28	67	21	21	46	42	72	67
16	89	40	38	79	33	35	59	54	84	93	94	72	21	84	87	13	999	159	181	179	144	40	38	79	33	35	59	54	84	79
17	87	124	152	81	126	110	117	106	77	96	87	120	142	155	144	148	159	999	22	20	18	124	152	81	126	110	117	106	77	95
18	109	147	174	104	149	132	140	128	99	118	110	141	164	178	167	170	181	22	999	21	40	147	174	104	149	132	140	128	99	117
19	107	144	172	102	147	130	138	126	97	116	107	140	162	176	165	168	179	20	21	999	38	144	172	102	147	130	138	126	97	115
20	69	109	125	66	111	103	99	91	62	81	73	102	129	138	126	132	144	18	40	38	999	109	125	66	111	103	99	91	62	80
21	54	0	29	45	9	21	25	20	50	55	59	46	23	75	79	28	40	124	147	144	109	999	29	45	9	21	25	20	50	38
22	74	29	0	68	32	37	32	43	73	78	82	33	26	47	51	28	38	152	174	172	125	29	999	68	32	37	32	43	73	55
23	11	45	68	0	47	34	51	26	6	24	16	69	61	105	101	67	79	81	104	102	66	45	68	999	47	34	51	26	6	24

ภาคผนวก ค.

เมตริกซ์ระยะทางระหว่างศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง (Distance Matrix) (ต่อ)

i/j	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
24	56	9	32	47	0	29	33	22	51	57	62	54	15	83	86	21	33	126	149	147	111	9	32	47	999	29	33	22	51	45
25	31	21	37	34	29	0	20	12	38	49	50	44	42	80	76	21	35	110	132	130	103	21	37	34	29	999	20	12	38	17
26	46	25	32	51	33	20	0	28	58	77	69	27	41	61	58	46	59	117	140	138	99	25	32	51	33	20	999	28	58	33
27	36	20	43	26	22	12	28	0	31	37	41	54	36	90	86	42	54	106	128	126	91	20	43	26	22	12	28	999	31	27
28	12	50	73	6	51	38	58	31	0	20	12	65	65	101	97	72	84	77	99	97	62	50	73	6	51	38	58	31	999	23
29	29	55	78	24	57	49	77	37	20	0	9	84	75	120	116	81	93	96	118	116	81	55	78	24	57	49	77	37	20	42
30	21	59	82	16	62	50	69	41	12	9	0	96	76	111	108	82	94	87	110	107	73	59	82	16	62	50	69	41	12	34
31	56	46	33	69	54	44	27	54	65	84	96	0	60	36	33	61	72	120	141	140	102	46	33	69	54	44	27	54	65	38
32	71	23	26	61	15	42	41	36	65	75	76	60	0	79	81	9	21	142	164	162	129	23	26	61	15	42	41	36	65	60
33	92	75	47	105	83	80	61	90	101	120	111	36	79	0	7	74	84	155	178	176	138	75	47	105	83	80	61	90	101	73
34	88	79	51	101	86	76	58	86	97	116	108	33	81	7	0	77	87	144	167	165	126	79	51	101	86	76	58	86	97	69
35	77	28	28	67	21	21	46	42	72	81	82	61	9	74	77	0	13	148	170	168	132	28	28	67	21	21	46	42	72	67
36	89	40	38	79	33	35	59	54	84	93	94	72	21	84	87	13	0	159	181	179	144	40	38	79	33	35	59	54	84	79
37	87	124	152	81	126	110	117	106	77	96	87	120	142	155	144	148	159	0	22	20	18	124	152	81	126	110	117	106	77	95
38	109	147	174	104	149	132	140	128	99	118	110	141	164	178	167	170	181	22	0	21	40	147	174	104	149	132	140	128	99	117
39	107	144	172	102	147	130	138	126	97	116	107	140	162	176	165	168	179	20	21	0	38	144	172	102	147	130	138	126	97	115
40	69	109	125	66	111	103	99	91	62	81	73	102	129	138	126	132	144	18	40	38	0	109	125	66	111	103	99	91	62	80

ภาคผนวก ค.

เมตริกซ์ระยะทางระหว่างศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง (Distance Matrix)

i/j	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0	21	56	71	92	88	77	89	87	109	107	69
1	59	46	23	75	79	28	40	124	147	144	109
2	82	33	26	47	51	28	38	152	174	172	125
3	16	69	61	105	101	67	79	81	104	102	66
4	62	54	15	83	86	21	33	126	149	147	111
5	50	44	42	80	76	21	35	110	132	130	103
6	69	27	41	61	58	46	59	117	140	138	99
7	41	54	36	90	86	42	54	106	128	126	91
8	12	65	65	101	97	72	84	77	99	97	62
9	9	84	75	120	116	81	93	96	118	116	81
10	0	96	76	111	108	82	94	87	110	107	73
11	96	0	60	36	33	61	72	120	141	140	102
12	76	60	0	79	81	9	21	142	164	162	129
13	111	36	79	0	7	74	84	155	178	176	138
14	108	33	81	7	0	77	87	144	167	165	126
15	82	61	9	74	77	0	13	148	170	168	132
16	94	72	21	84	87	13	0	159	181	179	144
17	87	120	142	155	144	148	159	0	22	20	18
18	110	141	164	178	167	170	181	22	0	21	40
19	107	140	162	176	165	168	179	20	21	0	38
20	73	102	129	138	126	132	144	18	40	38	0

i/j	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
21	59	46	23	75	79	28	40	124	147	144	109
22	82	33	26	47	51	28	38	152	174	172	125
23	16	69	61	105	101	67	79	81	104	102	66
24	62	54	15	83	86	21	33	126	149	147	111
25	50	44	42	80	76	21	35	110	132	130	103
26	69	27	41	61	58	46	59	117	140	138	99
27	41	54	36	90	86	42	54	106	128	126	91
28	12	65	65	101	97	72	84	77	99	97	62
29	9	84	75	120	116	81	93	96	118	116	81
30	**999**	96	76	111	108	82	94	87	110	107	73
31	96	**999**	60	36	33	61	72	120	141	140	102
32	76	60	**999**	79	81	9	21	142	164	162	129
33	111	36	79	**999**	7	74	84	155	178	176	138
34	108	33	81	7	**999**	77	87	144	167	165	126
35	82	61	9	74	77	**999**	13	148	170	168	132
36	94	72	21	84	87	13	**999**	159	181	179	144
37	87	120	142	155	144	148	159	**999**	22	20	18
38	110	141	164	178	167	170	181	22	**999**	21	40
39	107	140	162	176	165	168	179	20	21	**999**	38
40	73	102	129	138	126	132	144	18	40	38	**999**

ภาคผนวก ง.
บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

1. กฤตณัฐ ขาวสอาด สกนธ์ คล่องบุญจิต* ฤดี มาสุจันท์ และ อุดม จันทร์จรัสสุข (2566) “การหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี” วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปีที่ 33 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม-มีนาคม 2566.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
The Journal of KMUTNB
1

การหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

กฤตณัฐ ขาวสอาด สกนธ์ คล่องบุญจิต* ฤดี มาสุจันท์ และ อุดม จันทร์จรัสสุข
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520
* ผู้นิพนธ์ประสานงาน โทรศัพท์ 086-3635450 อีเมล: sakon.kl@kmitl.ac.th
รับเมื่อ 14 ธันวาคม 2563 แก้ไขเมื่อ 13 มกราคม 2564 ตอบรับเมื่อ 15 กุมภาพันธ์ 2564

บทคัดย่อ

การขนส่งไปรษณีย์ เป็นหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานหลักของกิจการไปรษณีย์ ที่ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้วัดความสามารถในการแข่งขันและคุณภาพในการให้บริการของหน่วยงานไปรษณีย์ ดังนั้น การจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ ให้มีความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพจึงถือว่ามีความสำคัญ ดังนั้น ในบทความนี้ผู้วิจัยจึงได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ซึ่งวิธีในการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหา ผู้วิจัยได้นำหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับเข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลการวิจัยจากแนวคิดที่นำเสนอพบว่า จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน นอกเหนือจากนี้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจากเดิม 25 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า แนวคิดที่นำเสนอในงานวิจัยนี้มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้

คำสำคัญ: ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ, การขนส่งไปรษณีย์, การหาค่าที่เหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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, Ladkrabang, Bangkok, 10520
*Corresponding Author, Tel. 086-3635450 E-mail: sakon.kl@kmitl.ac.th

Received 14 December 2020 ; Revised 13 January 2021 ; Accepted 15 February 2021

Abstract

Mail or postal transportation service is one of major operating procedures of postal service business that plays a significant role since it is a procedure used to measure competitive advantage and quality of service of postal service. Therefore, vehicle route management for delivering things or objects sent by post from mail or postal centers to each post office branch as well as vehicle route management for collecting things or objects sent by post from each post office branch to postal centers to achieve appropriateness and efficiency was considered important. In this article, we proposed an idea related to optimization of postal delivery vehicle route management, a case study of Kabinburi Mail Center. In order to find the optimization, the Vehicle Routing Problem with Backhauls (VRPB) was proposed to find the most appropriate vehicle route with the lowest total cost of transportation for the postal center. The findings from the study revealed that the number of postal vehicles was reduced from 8 to 6. In addition, expenses spent on postal transportation were lower from usual by 25 percent. Thus, it can be concluded that the idea offered in this study has a tendency to be used for improving and developing the postal transportation system of the case study, Kabinburi Mail Center, at present.

Keywords: Vehicle Routing Problem, Postal Transportation, Optimization

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
The Journal of KMUTNB

1. บทนำ

การขนส่งไปรษณีย์ หรือ การส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ไปยังปลายทางตามที่จ่าหน้า เป็นหนึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานหลักของกิจการไปรษณีย์ ที่ถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่ใช้ในการวัดความสามารถในการแข่งขันและคุณภาพในการให้บริการของหน่วยงานไปรษณีย์ อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนที่มีต้นทุนในการดำเนินงานที่ค่อนข้างสูง เนื่องจากเกี่ยวข้องกับเส้นทางและยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งที่หลากหลาย

ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาค บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่มีหน้าที่หลักในการ รวบรวม คัดแยก และส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ไปยัง ศูนย์ไปรษณีย์อื่น ในขณะเดียวกันก็รับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์อื่น มาคัดแยก และส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบด้วยเช่นเดียวกัน ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ทั้งหมด 40 แห่ง และมีเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ดังกล่าว ถูกกำหนดขึ้นจากประสบการณ์การทำงานของเจ้าหน้าที่ และในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์

จากแนวโน้มปริมาณงานที่ส่งผ่านระบบงานไปรษณีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ซึ่งเป็นผลมาจากการขยายตัวของพาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ หรือ E-Commerce [1] ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ได้ตระหนักถึง แนวทางการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการขนส่งไปรษณีย์ ดังนั้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จึงต้องการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ให้มีความเหมาะสม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพในการให้บริการ รวมไปถึงการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการขนส่งไปรษณีย์ของบริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

แนวคิดเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ได้ถูกศึกษาและค้นคว้าอย่างแพร่หลายในหลายงานวิจัย อาทิเช่น Qing และคณะ [2] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์และวิธีในการหาเส้นทางการเดินรถ ในการขนส่งไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์ภูมิภาค ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเมืองหนึ่งของประเทศจีน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อหาต้นทุนคงที่และต้นทุนแปรผัน ในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด Ji และ Chen [3] และ Sbai และคณะ [4] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการนำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กลาง ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ และตู้ส่งจดหมายรอบเกาะฮ่องกง และประเทศตูนีเซีย ตามลำดับ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาต้นทุนรวมในการขนส่งไปรษณีย์ที่ต่ำที่สุด ในขณะที่ Iman และคณะ [5] ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการนำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งไปรษณีย์ จากศูนย์คัดแยกไปรษณีย์ ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในประเทศแคนาดา ตามช่วงเวลาที่กำหนด เป็นต้น

การจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์ สามารถใช้แนวคิดเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์เหมือนกับงานวิจัย [2]-[5] โดยการสร้างเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งหนึ่งเส้นทาง และสร้างเส้นทางการเดินสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์อีกหนึ่งเส้นทาง แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางที่ได้จากแนวคิดดังกล่าวอาจจะไม่เหมาะสม เนื่องจากในการจัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีต้องการให้รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ในเที่ยวขากลับ เพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่า (Empty Haul) กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาที่มีความสำคัญต่อการจัดการโลจิสติกส์ และการจัดการห่วงโซ่อุปทาน เนื่องจากการดำเนินธุรกิจในทุกอุตสาหกรรมมักมีความเกี่ยวข้องกับการขนส่งสินค้าและการให้บริการ เช่น การจัดเส้นทางการขนส่งวัสดุก่อสร้าง [6] การจัดเส้นทางการเดินรถในการอพยพเมื่อเกิดอุทกภัย [7] เป็นต้น ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ คือ การกำหนดเส้นทางการเดินรถในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังตำแหน่งของลูกค้าที่กระจายตามจุดต่าง ๆ

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ เป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจและมีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง จนทำให้มีการขยายขอบเขตการศึกษา โดยการเพิ่มเงื่อนไขและข้อจำกัดจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบดั้งเดิมเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริง จึงส่งผลให้เกิดประเภทของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถมากมาย อาทิ เช่น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านความจุ (Capacitated Vehicle Routing Problem: CVRP) ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถที่มีข้อจำกัดด้านกรอบเวลา (Vehicle Routing Problem with Time Windows: VRPTW) และ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ (Vehicle Routing Problem with Backhauls: VRPB) เป็นต้น

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เป็นส่วนขยายของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ที่กลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการจากศูนย์กระจายสินค้า ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มแรก เป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า (Linehauls) กลุ่มสองเป็นกลุ่มของลูกค้าที่ต้องได้รับบริการในการรับสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า (Backhauls) ซึ่งวัตถุประสงค์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ คือ การค้นหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม ในการให้บริการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าไปยังลูกค้าแต่ละรายในเที่ยวขาไป และ ค้นหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม ในการให้บริการรับมอบสินค้าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังศูนย์กระจายสินค้าในเที่ยวขากลับ โดยใช้ยานพาหนะคันเดียวกัน นอกเหนือจากนี้ ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ยังได้มีการกำหนดเงื่อนไขพิเศษในการรับ-ส่งสินค้าในแต่ละเส้นทางเพิ่มเติมอีกว่า เส้นทางการเดินรถในทุกเส้นทางจะต้องให้บริการในการขนส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้าให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นการให้บริการในการรับมอบสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้าได้

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในหลายๆกิจกรรม อาทิเช่น การกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการขนส่งเครื่องดื่มจากโรงงานผลิตไปยังลูกค้าแต่ละราย และกำหนดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมขวดเปล่าจากลูกค้าแต่ละรายกลับมายังโรงงานในเที่ยวขากลับ เพื่อนำมาบรรจุใหม่และส่งต่อในครั้งถัดไป [8] หรือ การให้บริการในการรวบรวมสินค้าในเที่ยวขากลับของบริษัทขนส่งหลังจากการให้บริการในการขนส่งสินค้า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการให้บริการ และเพื่อหลีกเลี่ยงการตีรถเปล่า (Empty Haul) กลับมายังบริษัท เป็นต้น [9]

ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เป็นส่วนขยายของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ ดังนั้น ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับจึงถือได้ว่าเป็นปัญหาแบบ NP-Hard เช่นเดียวกัน ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาวิธีการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ วิธีแม่นตรง และวิธีฮิวริสติกส์ [10] วิธีแม่นตรง (Exact Method) เป็นหนึ่งในวิธีในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ที่ถูกนำมาใช้ในหลายงานวิจัย เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อ-รวบรวมที่เหมาะสม อาทิเช่น Toth และ Vigo [11] และ Mingozzi และคณะ [12] ได้นำเสนอวิธีการขยายและจำกัด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เขต (Branch and Bound) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาได้เมื่อมีจำนวนของลูกค้าไม่เกิน 100 ราย Granada-Echeverri และคณะ [13] ได้นำเสนอแนวคิดในการสร้างโปรแกรมเชิงเส้นผสมจำนวนเต็ม (Mixed-Integer Linear Programming: MILP) สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งโปรแกรมที่นำเสนอในงานวิจัยนี้ถูกสร้างขึ้นจากปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเปิด (Open Vehicle Routing Problem: OVRP) โดยการพิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งสินค้าจากศูนย์กระจายสินค้า และ พิจารณาปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสินค้ากลับมายังศูนย์กระจายสินค้า และเชื่อมปัญหาดังกล่าวด้วยเส้นเชื่อม (Tie-arcs) เพื่อหาเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม วิธีที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าว สามารถแก้ปัญหาตัวอย่างในงานวิจัยของ [11] และ [12] ได้ อีกทั้งยังสามารถแก้ปัญหาตัวอย่างอื่นที่ยังไม่สามารถแก้ได้ในงานวิจัยดังกล่าวด้วยเช่นเดียวกัน Eduardo และคณะ [14] ได้นำเสนอวิธีการแตกกิ่งพิจารณาค่าตัวแปรและตัด (Brach-Price and Cut) เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ ซึ่งวิธีที่นำเสนอในงานวิจัยดังกล่าวสามารถแก้ปัญหาได้เมื่อมีจำนวนจุดของลูกค้า 200 จุด

วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics Method) เป็นอีกหนึ่งวิธีที่ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับที่ถูกนำมาใช้ในหลายงานวิจัย อาทิเช่น 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 เป็นต้น

จากที่กล่าวมาข้างต้น ดังนั้น ในบทความนี้ผู้วิจัยจึงมีแนวคิด ที่จะนำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการหาค่าที่เหมาะสมของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ซึ่งในการหาเส้นทางที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยการนำทฤษฎีและหลักการของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อส่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมส่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีที่เหมาะสม และมีต้นทุนในการขนส่งที่ต่ำที่สุด

ซึ่งเนื้อหาในบทความนี้ จะประกอบไปด้วยเนื้อหาทั้งหมด 4 หัวข้อ ดังต่อไปนี้ หัวข้อที่ 1 บทนำ หัวข้อที่ 2 วิธีและขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย หัวข้อที่ 3 ผลการวิจัย และหัวข้อที่ 4 อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

2. ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

2.1. กำหนดลักษณะปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ กรณีศึกษา ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เป็นหน่วยงานส่วนภูมิภาค บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด ที่มีหน้าที่หลักในการรวบรวม คัดแยก และส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ไปยัง ศูนย์ไปรษณีย์อื่น ในขณะเดียวกันก็รับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์อื่น มาคัดแยก และส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเขตพื้นที่รับผิดชอบด้วยเช่นเดียวกัน ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการส่งต่อไปรษณีย์ทั้งหมด 20 แห่ง และมีที่ทำการไปรษณีย์ที่อยู่ในความรับผิดชอบในการให้บริการรวบรวม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปรษณีย์อีกทั้งหมด 20 แห่ง รวมทั้งสิ้น 40 แห่ง และมีเส้นทางที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด 8 เส้นทาง ซึ่งจากแนวโน้มปริมาณงานที่ส่งผ่านระบบงานไปรษณีย์ที่เพิ่มสูงขึ้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ได้ตระหนักถึง การพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพระบบการขนส่งไปรษณีย์ ดังนั้น ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จึงต้องการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ให้มีความเหมาะสม เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันและยกระดับคุณภาพในการให้บริการ รวมไปถึงการพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการขนส่งไปรษณีย์

การส่งต่อและรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี สามารถอธิบายได้ดังนี้ ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีจะรับสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ที่ส่งมาจากศูนย์ไปรษณีย์อื่น จากนั้นนำไปคัดแยกตามปลายทางในแต่ละที่ ทำการไปรษณีย์ เมื่อคัดแยกเสร็จแล้ว พัสดุไปรษณีย์ทั้งหมดถูกรวบรวมและโหลดขึ้นรถขนส่งไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง ตามที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีกำหนด จากนั้นรถขนส่งไปรษณีย์ทุกคันจะออกจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรีพร้อมกัน และเริ่มต้นการส่งต่อไปรษณีย์ให้กับที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งตามที่ได้คัดแยกเอาไว้ เมื่อไปรษณีย์ทั้งหมดถูกส่งต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ปลายทางเรียบร้อยแล้ว รถไปรษณีย์ทุกคันของในทุกเส้นทาง จะทำการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งในเส้นทางเดิม และขนกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี เพื่อนำไปคัดแยกและส่งต่อไปยังศูนย์ไปรษณีย์อื่น ตามจุดหมายปลายทาง

ปัจจุบัน ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี มีรถบรรทุก 6 ล้อ ที่ว่าจ้างจากบริษัทเอกชน เพื่อนำมาใช้ในการส่งต่อ-รวมรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ทั้งหมด 8 คัน และรถบรรทุกแต่ละคัน มีขนาดระวางบรรทุกที่ใช้ในการบรรทุกไปรษณีย์เท่ากับ 4,600 กิโลกรัม

จากคำอธิบายที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปเงื่อนไขเพื่อนำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ได้ดังนี้

- ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่ง จะต้องได้รับการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1 ครั้ง
- ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่ง จะต้องได้รับการรวบรวมไปรษณีย์ กลับมา ยังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1 ครั้ง
- เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ทุกเส้นทาง จะต้องให้บริการในการส่งต่อไปรษณีย์ให้ครบก่อน จึงจะสามารถเริ่มต้นให้บริการการรวบรวมไปรษณีย์ได้
- ผลรวมของน้ำหนักไปรษณีย์ทั้งหมดทั้งในเที่ยวขาไปและในเที่ยวขากลับ ต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกของรถขนส่งไปรษณีย์
- เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ทุกเส้นทาง จะต้องเริ่มต้นและสิ้นสุดที่ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

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 $L = \{1, \ldots, n\}$ แทนเซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์ $B = \{n + 1, \ldots, n + m\}$ แทนเซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์ และ 0 แทน จุดของศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ตามลำดับ นอกเหนือจากนี้ $A = \{(i, j); i, j \in V, i \neq j\}$ แทนเซตของเส้นเชื่อมที่เป็นไปได้ทั้งหมดระหว่างจุดแต่ละจุด ซึ่งในแต่ละเส้นเชื่อมที่เป็นได้ทั้งหมดจะมีสัมประสิทธิ์ d_{ij} ที่แทนระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ แทนระยะทางในการเดินทางจาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
The Journal of KMUTNB
7

ไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j ตามลำดับ นอกเหนือจากนี้ ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งจะมีน้ำหนักของสิ่งของที่ต้องได้รับการส่งต่อ จากศูนย์ไปรษณีย์เท่ากับ d_j และมีน้ำหนักของสิ่งของไปรษณีย์ที่ต้องรวบรวมจากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ เท่ากับ p_j และ มีกลุ่มของยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ทั้งหมด K คัน ที่มีขนาดระขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกที่ใช้ในการการส่งต่อ-รวมรวมไปรษณีย์เท่ากับ Q

2.2.1 สัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์

ดัชนีและเซต (Index and Sets)

i, j, k	ดัชนีของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์
L	เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์ โดยที่ $L = \{1, \ldots, n\}$
B	เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์ โดยที่ $B = \{n+1, \ldots, n+m\}$
L_0	เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์ และศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี โดยที่ $L_0 = L \cup 0$
B_0	เซตของที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องไปรวบรวมไปรษณีย์และศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี โดยที่ $B_0 = B \cup 0$

พารามิเตอร์ (Parameters)

Q	ขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์
K	จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์
d_{ij}	ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j
d_j	น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์ j
p_j	น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ต้องไปรวบรวมในแต่ละที่ทำการไปรษณีย์ j

ตัวแปรตัดสินใจ (Decision Variables)

x_{ij}	จะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อการเดินทางจากศูนย์ไปรษณีย์ ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือเมื่อมีการเดินทางจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j ถ้าไม่มีค่าเท่ากับ 0
l_{ij}	แทนน้ำหนักของสิ่งของที่ถูกขนส่ง จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ 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)

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการที่ (1) เป็นสมการวัตถุประสงค์ "เพื่อหาระยะทางรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สำหรับการส่งต่อสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และ การรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งกลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี" สมการที่ (2) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "จำนวนเส้นเชื่อมที่เลือกแล้วทำให้มีผลรวมของระยะทางในการขนส่งที่ต่ำที่สุดสำหรับการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j จะต้องมีจำนวนเส้นเชื่อม เท่ากับ จำนวนที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปส่งต่อไปรษณีย์" สมการที่ (3) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "ที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดในทุกเส้นทางจะต้องได้รับการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และ เป็นการรับประกันว่า จะต้องไม่มีไปรษณีย์ตกค้างเมื่อถึงที่ทำการไปรษณีย์สุดท้าย" สมการที่ (4) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่งจะต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี 1 ครั้ง และ เส้นทางเดียวเท่านั้น" สมการที่ (5) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "เมื่อส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j เรียบร้อยแล้ว จะต้องออกจากที่ทำการไปรษณีย์ดังกล่าว และไปส่งต่อไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์ k ต่อให้ครบ หรือ ไปเริ่มต้นการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จากที่ทำการไปรษณีย์ k" สมการที่ (6) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ขนส่งจาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j จะต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกที่กำหนด" สมการที่ (7) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "จำนวนเส้นทางการส่งต่อไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เพื่อส่งต่อไปรษณีย์ จะต้องมีค่าน้อยกว่า หรือ เท่ากับ จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ศูนย์กบินทร์บุรีมีอยู่" สมการที่ (8) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "จำนวนเส้นเชื่อมที่เลือกแล้วทำให้มีผลรวมของระยะทางในการขนส่งที่ต่ำที่สุด สำหรับการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ จาก ที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์ j หรือจาก ที่ทำการไปรษณีย์ i กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะต้องมีจำนวนเส้นเชื่อม เท่ากับ จำนวนที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดที่ต้องไปรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์" สมการที่ (9) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "ที่ทำการไปรษณีย์ทั้งหมดในทุกเส้นทางจะต้องได้การรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์และขนกลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี และเป็นการรับประกันว่าน้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ทำการรวบรวมมาจะไม่เกินขนาดระวางบรรทุกเมื่อมาถึงศูนย์ไปรษณีย์" สมการที่ (10) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "ที่ทำการไปรษณีย์ทุกแห่งจะต้องได้การรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ และนำกลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี" สมการที่ (11) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "เมื่อรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์ ณ ที่ทำการไปรษณีย์ j เรียบร้อยแล้ว จะต้องออกจากที่ทำการไปรษณีย์ดังกล่าว แล้วไปรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านที่ทำการไปรษณีย์ k ต่อให้ครบ หรือ กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี" สมการที่ (12) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "น้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่รวบรวมมาจากที่ทำการไปรษณีย์ i และขนต่อไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์สุดท้าย กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะต้องไม่เกินขนาดระวางบรรทุกที่กำหนด" สมการที่ (13) เป็นเงื่อนไขที่ระบุว่า "จำนวนเส้นทางที่เลือกทั้งหมดในการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จาก ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง จะมีค่าน้อยกว่า หรือ เท่ากับ จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ศูนย์กบินทร์บุรีมีอยู่" สมการที่ (14) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบไบนารี่ ซึ่งจะมีค่าเท่ากับ 1 เมื่อมีการเดินทางจาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี หรือจากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j และมีค่าเท่ากับ 0 ถ้าเป็นกรณีอื่น และ สมการที่ (15) เป็นตัวแปรตัดสินใจแบบต่อเนื่อง ที่แทนน้ำหนักของสิ่งของทั้งหมดที่ ถูกขนส่งจากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j หรือ จากที่ทำการไปรษณีย์ i ไปยังที่ทำการไปรษณีย์ j

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
The Journal of KMUTNB
9

3. ผลการดำเนินงานวิจัย

3.1 เตรียมข้อมูลสำหรับการหาคำตอบ

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์จากแนวคิดที่นำเสนอ ในหัวข้อที่ผ่านมา จะถูกนำไปพัฒนาบนโปรแกรม AMPL จากนั้นจะถูกนำไปแก้ปัญหาผ่านเว็บไซต์ https://neos-server.org เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และเส้นทางในการรวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ที่เหมาะสม ซึ่งข้อมูลที่จะนำไปใช้ในการหาคำตอบ จะเป็นข้อมูลทุติยภูมิ ซึ่งจะประกอบด้วยข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง

2) ข้อมูลจำนวนที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี

3) ข้อมูลชนิด จำนวน และขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกขนส่งไปรษณีย์

4) ข้อมูลน้ำหนักของไปรษณียภัณฑ์ในแต่ละประเภท สำหรับการคำนวณน้ำหนักรวมที่ใช้ในการบรรทุก

นอกเหนือจากนี้ ข้อมูลของระยะทาง (Distance Matrix) ที่ใช้ในการเดินทาง จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และ จากที่ทำการไปรษณีย์แห่งหนึ่ง ไปยัง ที่ทำการไปรษณีย์อีกแห่งหนึ่ง เพื่อนำไปใช้ในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จะคำนวณจากระยะทางจริง ผ่านแอพพลิเคชั่น Distance Matrix API ของ Google และเป็นระยะทางสมมาตร (Symmetric Distance Matrix)

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

3.2 ผลการวิจัย

เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแนวคิดที่นำเสนอ กับเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น ในบทความนี้จึงได้พิจารณาประสิทธิภาพของแนวคิดที่นำเสนอในด้านต้นทุนการขนส่งไปรษณีย์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ต้นทุนประมาณการที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์จะประกอบด้วยต้นทุนทั้งหมด 5 ส่วน คือ ค่าเชื้อเพลิง ค่ามูลค่าซากรถ ค่าบำรุงรักษา ค่าภาษีและประกันภัย และค่าจ้างพนักงานขับรถ ซึ่งมีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 1 นอกเหนือจากนี้ เพื่อแสดงเส้นทางการเดินรถที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ และลำดับการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทาง ดังนั้น ในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดหมายเลขที่ใช้แทนที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการ ในการส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ดังนี้

- ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการส่งต่อไปรษณีย์ จาก ศูนย์ไปรษณีย์ จะเป็นหมายเลข 1- 20
- ที่ทำการไปรษณีย์ที่ต้องได้รับบริการในการรวบรวมไปรษณีย์ กลับมายัง ศูนย์ไปรษณีย์ จะเป็นหมายเลข 21-40 และ
- ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี จะเป็นหมายเลข 0

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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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 และ เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์จากแนวคิดที่นำเสนอ พบว่า จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน และส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลง 179,081 บาท/เดือน หรือลดลงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ จากเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ซึ่งจากการสอบถามเจ้าหน้าที่ ที่มีหน้าที่รับผิดชอบในการกำหนดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ในปัจจุบัน พบว่า เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ถูกกำหนดขึ้น จากประสบการณ์การทำงาน ในการประมาณการปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง โดยปราศจากการเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์ ดังนั้น จึงอาจจะส่งผลให้มีจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์มากเกินความจำเป็น อีกทั้งในการกำหนดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ จำเป็นจะต้องเผื่อจำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ให้เพียงพอกับปริมาณไปรษณีย์ที่อาจจะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงเทศกาลพิเศษอีกด้วย แต่อย่างไรก็ตาม เส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอ ผู้วิจัยค้นหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม โดยการเก็บข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ยที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวมไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง เป็นระยะเวลา 1 เดือน ร่วมกับการใช้ข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับการขนส่งไปรษณีย์เพื่อประกอบในการตัดสินใจ อาทิเช่น จำนวนและขนาดระวางบรรทุกของรถบรรทุกขนส่งไปรษณีย์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน ข้อมูลน้ำหนักของไปรษณียภัณฑ์ในแต่ละประเภท เป็นต้น จึงทำให้สามารถกำหนดเส้นทางการเดินรถให้กับรถขนส่งไปรษณีย์แต่ละคันที่มีอยู่ในการขนส่งไปรษณีย์ได้เหมาะสมมากขึ้น นอกเหนือจากนี้ ในการค้นหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้นำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการค้นหาเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม จึงทำให้สามารถกำหนดเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ได้ถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอนั้น สามารถขนส่งไปรษณีย์ได้เช่นเดียวกันกับเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และไม่เกินขนาดระวางบรรทุกตามที่กำหนดไว้ อีกทั้งยังใช้จำนวนรถขนส่งไปรษณีย์ที่น้อยกว่า จึงส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงตามไปด้วยเช่นเดียวกัน ดังนั้น เส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนองานวิจัยนี้ จึงมีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
The Journal of KMUTNB
11

4. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการส่งต่อไปรษณีย์จาก ศูนย์ไปรษณีย์กบินทร์บุรี ไปยังที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง และหาเส้นทางการเดินรถในการรวบรวมสิ่งของที่ส่งผ่านไปรษณีย์จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง กลับมายังศูนย์ไปรษณีย์ที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสมในบทความนี้ ผู้วิจัยได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของปัญหา โดยการนำหลักการปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถแบบเที่ยวกลับ เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อหาเส้นทางการเดินรถในการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม และมีต้นทุนรวมในการขนส่งที่ต่ำที่สุด ซึ่งผลการวิจัยจากแนวคิดที่นำเสนอ พบว่า จำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการขนส่งไปรษณีย์ลดลงจาก 8 คัน เหลือ 6 คัน จึงส่งผลให้ต้นทุนในการขนส่งไปรษณีย์ลดลง 179,081 บาท/เดือน หรือ ลดลงประมาณ 25 เปอร์เซ็นต์ อีกทั้งเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนอนั้นยังคงสามารถขนส่งไปรษณีย์ได้เช่นเดียวกันกับเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน ดังนั้น จะเห็นได้ว่าเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่นำเสนองานวิจัยนี้ มีแนวโน้มที่จะสามารถนำไปใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาระบบการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษาในปัจจุบันได้ แต่อย่างไรก็ตาม ในการหาเส้นทางการเดินรถการขนส่งไปรษณีย์ที่เหมาะสม ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลปริมาณไปรษณีย์เฉลี่ย ดังนั้น การนำเส้นทางการเดินรถขนส่งไปรษณีย์ที่ได้จากแนวคิดที่ไปนำเสนอไปใช้งานจริง อาจจะมีโอกาสเป็นไปได้ที่ปริมาณไปรษณีย์ที่ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม จากที่ทำการไปรษณีย์แต่ละแห่ง สูงกว่าค่าเฉลี่ย และอาจจะส่งผลให้ระวางที่ใช้ในการบรรทุกไปรษณีย์ในแต่ละเส้นทางที่กำหนดเอาไว้ไม่เพียงพอ จนทำให้อาจจะต้องเปิดเส้นทางการขนส่งไปรษณีย์เพิ่ม ดังนั้น ในอนาคตผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดที่จะนำความผันแปรของปริมาณไปรษณีย์ต้องไปส่งต่อ-รวบรวม เข้ามาพิจารณาเพิ่มเติมในการหาที่เส้นทางการเดินรถที่เหมาะสม เพื่อพัฒนาและปรับปรุงประสิทธิภาพการขนส่งไปรษณีย์ของศูนย์ไปรษณีย์กรณีศึกษา ต่อไปในอนาคต

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*, 2007 , pp. 2850–2855.

[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

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

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. et al., "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. Chavez, 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, A. et al., "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.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้