การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

SOUBAN OUDONEMEXAY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

SOUBAN OUDONEMEXAY

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน
คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2564

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

VEHICLE ROUTING OF RESIDENTIAL RUBBISH COLLECTION WITHIN THE MUNICIPALITY OF KAISONE PHOMVIHAN, SAVANNAKHET PROVINCE, LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC

SOUBAN OUDONEMEXAY

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF
THE REQUIREMENTS FOR THE MASTER DEGREE OF SCIENCE
IN LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
FACULTY OF LOGISTICS
BURAPHA UNIVERSITY
2021

COPYRIGHT OF BURAPHA UNIVERSITY

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ SOUBAN OUDONEMEXAY ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์	คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์
อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก	
.....	..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล)	(ศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห)
	..... กรรมการ
	(รองศาสตราจารย์ ดร.ณกร อินทร์พยุง)
	..... กรรมการ
	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล)

..... คณบดีคณะโลจิสติกส์
(รองศาสตราจารย์ ดร. ณกร อินทร์พยุง)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.นุจรี ไชยมงคล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

62910172: สาขาวิชา: การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน; วท.ม. (การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน)
คำสำคัญ: การจัดเส้นทาง/ ฮิวริสติกส์/ การจัดเก็บขยะ

SOUBAN OUDONEMEXAY : การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. (VEHICLE ROUTING OF RESIDENTIAL RUBBISH COLLECTION WITHIN THE MUNICIPALITY OF KAISONE PHOMVIHAN, SAVANNAKHET PROVINCE, LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล, D.Eng. ปี พ.ศ. 2564.

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสภาพเส้นทางปัจจุบันของการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต และ 2) เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ในการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บยะมูลฝอย โดยมีจุดเก็บขยะทั้งหมด 39 จุด และใช้วิธีฮิวริสติกส์ทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ วิธีประหยัด วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด วิธีการหาจุดไกลที่สุด และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาด โดยแบ่งยานพาหนะ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ รถหกล้อและรถสิบล้อ และใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล เพื่อช่วยในการวิเคราะห์หาเส้นทางจัดเก็บขยะที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด

ผลจากการวิเคราะห์ พบว่า การจัดเส้นทางโดยใช้วิธีประหยัด ทำให้บริษัทสามารถใช้รถขนส่งเพียง 3 คัน และได้ระยะทางที่สั้นที่สุด คือ สามารถลดระยะทางจากเดิม 666.80 กิโลเมตร เหลือ 414.60 กิโลเมตร ลดระยะทางลงได้ 252.20 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.82 สำหรับวิธีที่ได้ระยะทางที่สั้นรองลงมา คือ วิธีการหาจุดไกลที่สุด มีระยะทาง 419.30 กิโลเมตร ส่วนวิธีการหาจุดใกล้ที่สุด มีระยะทาง 422.10 กิโลเมตร และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาด ได้ระยะทางไกลที่สุดเท่ากับ 537.60 กิโลเมตร และวิธีประหยัดมีต้นทุนรวมค่าขนส่ง 1,926,563 บาทต่อปี จากต้นทุนแบบเดิมในปัจจุบัน สามารถลดลง 1,215,713 บาทต่อปี

62910172: MAJOR: LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT; M.Sc. (LOGISTICS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT)
KEYWORDS: VEHICLE ROUTING/ HEURISTICS/ RESIDENTIAL RUBBISH COLLECTION

SOUBAN OUDONEMEXAY : VEHICLE ROUTING OF RESIDENTIAL RUBBISH COLLECTION WITHIN THE MUNICIPALITY OF KAISONE PHOMVIHAN, SAVANNAKHET PROVINCE, LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC. ADVISORY COMMITTEE: PAIROJ RAOTHANACHONKUN, D.Eng. 2021.

This research aimed 1) to study the current path condition of residential rubbish collection within Kaisorn Phomvihan Municipality, Savannakhet Province. and 2) to propose guidelines for improving the residential rubbish collection route. Heuristics were used to route rubbish collection vehicles. There are 39 rubbish collection points. Then all 4 heuristic methods including; saving algorithm, nearest heuristic, max-nearest heuristic and sweep heuristic were applied. Using 2 types of vehicles was determined; a six-wheel truck and a ten-wheel truck, and using the Microsoft Excel program to perform a comparative analysis of the shortest distance of the residential rubbish collection routes.

The results of the comparative analysis revealed that the routing using the saving algorithm method enabled the company to use only 3 transport vehicles and was able to arrange the route at the shortest distance. It was able to reduce the total distance from 666.80 kilometres to only 414.60 kilometres, a reduction of 252.20 kilometres, or 37.82 percent per day, followed by the max-nearest heuristic method with 419.30 kilometres, followed by the nearest heuristic method with 422.10 kilometres, and the furthest distances was routed by sweep heuristic method with 537.60 kilometres. the total cost of transportation is 1,926,563 baht per year, that can reduce the current cost by 1,215,713 baht per year.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จลงได้ด้วยความอนุเคราะห์และกรุณาอย่างยิ่งจากอาจารย์ทุกท่านภายในคณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ประสิทธ์ประสาทวิชาความรู้ให้แก่ผู้วิจัย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่ถูกต้อง และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ด้วยความประณีต ละเอียดถี่ถ้วน และเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความกรุณาและเมตตา จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง และขอกราบขอบพระคุณ ศาสตราจารย์ ดร.วัฒนวงศ์ รัตนวราห ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และรองศาสตราจารย์ ดร.ณกร อินทร์-พยุง กรรมการสอบวิทยานิพนธ์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณมายังอธิบดีกรมกรมความร่วมมือระหว่างประเทศ (Thailand International Cooperation Agency, TICA) ที่ได้กรุณามอบทุนการศึกษาในครั้งนี้ และขอกราบขอบพระคุณมายังผู้อำนวยการบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด ที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาให้ข้อมูลเกี่ยวกับการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยในครั้งนี้ด้วย

สุดท้ายผู้ดำเนินการวิจัยหวังว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเป็นประโยชน์แก่ผู้สนใจศึกษา และเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป คุณประโยชน์ใด ๆ ที่เกิดขึ้น ขอมอบแด่ บิดา มารดา พี่น้อง ครอบครัว อาจารย์ และเพื่อน ๆ ทุกท่าน ที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

SOUBAN OUDONEMEXAY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฎ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์การวิจัย 5

กรอบแนวคิดในการวิจัย 5

ประโยชน์ที่ได้รับ 6

ขอบเขตของการวิจัย 6

นิยามศัพท์เฉพาะ 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย 8

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง 11

แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ 12

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฮิวริสติกส์ 20

ข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 25

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 27

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 31

วิธีดำเนินงานวิจัย 31
พื้นที่การศึกษา 32
การสำรวจข้อมูลการจัดเก็บขยะมูลฝอย 36
โครงสร้างด้านประชากร 37
วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล 38
การวิเคราะห์ข้อมูล 39
บทที่ 4 ผลการศึกษาวิจัย 42
ลักษณะและรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยของบริษัท 42
เส้นทางที่ใช้การจัดเก็บขยะในปัจจุบันของบริษัท 44
การจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะด้วยวิธีประหยัด 47
ผลการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์ 59
การเปรียบเทียบนโยบายการจัดเส้นทางแบบต่าง ๆ เทียบกับการทำงานแบบปัจจุบัน 77
บทที่ 5 สรุปและอภิปรายผล 87
สรุปผลการวิจัย 87
อภิปรายผลวิจัย 89
ข้อเสนอแนะ 91
บรรณานุกรม 92
ภาคผนวก 96
ภาคผนวก ก 97
ภาคผนวก ข 103
ประวัติย่อของผู้วิจัย 106

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 สถิติครอบครัวทั้งหมด 31 หมู่บ้าน 37
ตารางที่ 2 ประเภทและความจุของยานพาหนะแต่ละคัน 43
ตารางที่ 3 ปริมาณขยะในการจัดเก็บแต่ละวันของรถบรรทุกประเภท 10 ล้อ 43
ตารางที่ 4 ปริมาณขยะในการจัดเก็บแต่ละวันของรถบรรทุกประเภท 6 ล้อ 44
ตารางที่ 5 จุดเก็บแต่ละจุดที่มีการจัดเก็บขยะระหว่างวันจันทร์ ถึงวันเสาร์ 46
ตารางที่ 6 ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์จุดรับ-ส่งขยะ ตำแหน่งที่ตั้ง 48
ตารางที่ 7 ระยะทางระหว่างสถานที่เก็บขยะ (Distance matrix) 51
ตารางที่ 8 ค่าความประหยัด (Saving matrix) 55
ตารางที่ 9 ระยะทางของยานพาหนะในการจัดเก็บขยะแบบเดิม 59
ตารางที่ 10 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธีประหยัด 62
ตารางที่ 11 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธี Nearest heuristic 64
ตารางที่ 12 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธี Max-nearest heuristic 66
ตารางที่ 13 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธี Sweep heuristic 68
ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์ 70
ตารางที่ 15 ต้นทุนค่าใช่จ่ายในการขนส่ง 73
ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดยวิธีฮิวริสติกส์ 74
ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์โดยเฉลี่ยต่อปี 75
ตารางที่ 18 ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 1 78
ตารางที่ 19 ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 2 80
ตารางที่ 20 ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 3 82
ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและแต่ละนโยบาย 84

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงตามแต่ละนโยบาย.....85
ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและแต่ละนโยบายโดยเฉลี่ยต่อปี.....86
ตารางที่ 24 ผลการเปรียบเทียบจากการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมและวิธีประหยัด 88

มหาวิทยาลัยบูรพา BURAPHA UNIVERSITY

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 แผนที่ของประเทศลาว....2
ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย....5
ภาพที่ 3 กระบวนการรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอย....13
ภาพที่ 4 องค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem)....14
ภาพที่ 5 แนวความคิดของวิธีแบบประหยัด....15
ภาพที่ 6 a เส้นทางการเดินรถแบบเดิม และ b เส้นทางการเดินรถแบบประหยัด....16
ภาพที่ 7 การจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบถังคงที่....18
ภาพที่ 8 ขั้นตอนของกระบวนการขนส่งขยะมูลฝอย....19
ภาพที่ 9 แผนผังขั้นตอนวิธีการเปรียบเทียบของการประหยัด ที่มา: ภคพร ผงทอง (2559)....24
ภาพที่ 10 วิธีดำเนินงานวิจัย....32
ภาพที่ 11 สถานที่ตั้งของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด....33
ภาพที่ 12 โรงกำจัดขยะมูลฝอย ขนาดพื้นที่ 16 เฮกตาร์....33
ภาพที่ 13 วิธีการแบบฝังกลบดินของโรงกำจัดขยะมูลฝอย....34
ภาพที่ 14 รถบรรทุก 10 ล้อ แบบอัดแน่น....34
ภาพที่ 15 รถบรรทุก 6 ล้อ แบบไม่อัดแน่น....35
ภาพที่ 16 ตำแหน่งที่ตั้งถังขยะภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน....35
ภาพที่ 17 เส้นทางการเดินรถบรรทุกขยะในแต่ละเส้นทาง....36
ภาพที่ 18 เส้นทางตัดผ่านใจกลางนครไกสอนพมวิหาน....45
ภาพที่ 19 คำนวณหาระยะทางด้วย Google map....48
ภาพที่ 20 พิกัดทั้ง 39 จุด....50
ภาพที่ 21 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดด้วยการจัดเส้นทางแบบเดิม....60

ภาพที่ 22 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธีแบบประหยัด.....63
ภาพที่ 23 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธี Nearest heuristic.....65
ภาพที่ 24 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธี Max-nearest heuristic.....67
ภาพที่ 25 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธี Sweep heuristic.....69
ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบระยะทางรวม.....71
ภาพที่ 27 การเปรียบเทียบระยะเวลารวม.....72
ภาพที่ 28 การเปรียบเทียบปริมาณเชื้อเพลิงรวม.....73
ภาพที่ 29 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์.....76
ภาพที่ 30 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดตามนโยบายที่ 1.....79
ภาพที่ 31 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดตามนโยบายที่ 2.....81
ภาพที่ 32 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดตามนโยบายที่ 3.....83

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมา และความสำคัญของปัญหา

แขวงสะหวันนะเขตเป็นแขวงหนึ่งที่ถูกกำหนดให้มีการพัฒนาทางด้านเส้นทางเศรษฐกิจของประเทศ นับตั้งแต่รัฐบาลได้มีนโยบายทางด้านเศรษฐกิจเปิดประเทศสู่ภายนอก จากแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ 5 ปี ที่นำใช้ในปัจจุบัน โดยเฉพาะแขวงสะหวันนะเขตได้ถูกกำหนดเป็นพื้นที่เป้าหมายของการกระจายการพัฒนาตัวเมือง และบริการพื้นฐานโดยเป็นศูนย์กลางหลักด้านอุตสาหกรรม การรวบรวมวัตถุดิบ แรงงาน การบริหารธุรกิจ และการเงินที่สำคัญของประเทศ อีกทั้งยังเป็นศูนย์กลางทางด้านการศึกษา ด้านการบริหารราชการ ด้านสาธารณสุข และด้านการคมนาคมขนส่งทางบกอีกด้วย (เป็นจุดเชื่อมของถนนสายหลัก 2 สาย คือ ถนนหมายเลข 13 เชื่อมภาคเหนือกับภาคใต้ของลาว และถนนหมายเลข 9 เชื่อมต่อกับถนนหมายเลข 13 ออกไปทางชายแดนด้านตะวันออกเชื่อมต่อไปยังจังหวัดกวางจิ เว้ ดานังของเวียดนาม) ด้านการคมนาคมขนส่งทางอากาศ (สนามบินภายใน และระหว่างประเทศ 1 แห่ง ภายในเขตเทศนครไกสอนพมวิหาน) พร้อมยังเป็นแขวงที่มีพื้นที่และจำนวนประชากรอาศัยอยู่มากที่สุดของ สปป.ลาว โดยเป็นแขวงตั้งอยู่ในแนวเส้นทางเศรษฐกิจตะวันออก - ตะวันตก (East - West Economic Corridor) ที่เชื่อมระหว่างดานัง - สะหวันนะเขต - มุกดาหาร - ย่างกุ้ง และต่อไปยังประเทศอินเดีย โดยมีเส้นทางหลวงหมายเลข 9 เชื่อมต่อกับเวียดนามตอนกลาง มีสะพานข้ามแม่น้ำโขงระหว่างประเทศแห่งที่ 2 เชื่อมต่อกับจังหวัดมุกดาหาร ของประเทศไทย เนื่องจากได้มีการพัฒนาความเจริญดังกล่าวทำให้แขวงสะหวันนะเขต มีประชากรเข้ามาอาศัยอยู่อย่างมากมาย โดยประกอบกับการอพยพย้ายถิ่นฐานจากชนบทเข้ามาดำรงชีวิตในตัวเมือง และจากแขวงที่ใกล้เคียงเข้ามาอยู่เพิ่มมากขึ้นจึงทำให้ต้องได้มีการขยายตัวของชุมชนเมือง โดยเฉพาะนครไกสอนพมวิหาน ที่มีประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เพื่อทำให้ระบบการบริหารปกครองท้องถิ่นได้ดำเนินการไปด้วยดี และทำให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จึงจำเป็นต้องทำการแบ่งขอบเขตพื้นที่รับผิดชอบออกเป็น 15 ตัวเมือง ประกอบด้วย 1,006 หมู่บ้าน มีประชากรรวมทั้งหมด ประมาณ 916,948 คน หญิง 541,236 คน มีทั้งหมด 139,191 ครอบครัว (โครงการจัดทำศูนย์ข้อมูลการลงทุนไทยในต่างประเทศประจำปีงบประมาณ, 2557)

แขวงสะหวันนะเขตตั้งอยู่เขตภาคกลางของ สปป.ลาว โดยห่างจากนครหลวงเวียงจันทน์ประมาณ 480 กิโลเมตร ซึ่งมีพื้นที่ทั้งหมด 13.6 ล้านไร่ เป็นพื้นที่ราบร้อยละ 58.5 เป็นเนินเขา และภูเขาร้อยละ 41.5 โดยได้แบ่งเขตพื้นที่รับผิดชอบออกเป็น 15 ตัวเมือง ได้แก่ นครไกสอนพมวิหาน

อุทุมพอน อาดสะพังทอง พิน เซโปน วีละบูลี สองคอน นอง จำพอน ท่าปางทอง ชนบูลี ไซบูลี อาดสะพอน ไซพูทอง และ พะลานไซ ยังมีแม่น้ำหลายสายไหลผ่าน และยังสามารถนำใช้น้ำได้ตลอดปี เหมาะสมกับการทำกสิกรรม การเลี้ยงสัตว์ เป็นแหล่งท่องเที่ยวทางธรรมชาติ และการสร้างเขื่อนไฟฟ้าพลังงาน เช่น แม่น้ำโขง เซบังเหียง เซบังไฟ เซละนอง เซกอก เซจำพอน เซน้ำน้อย เป็นต้น และยังมีแม่น้ำบางสายติดต่อกับแขวงที่ใกล้เคียง และประเทศเพื่อนบ้าน โดยทิศทางเหนือติดต่อกับแขวงคำม่วน สปป.ลาว ทิศใต้ติดต่อกับ แขวงสาละวัน สปป.ลาว ทิศตะวันออกติดต่อกับ แขวงกวางจิ และกวางบินของประเทศเวียดนาม และทางทิศตะวันตกติดต่อกับ จังหวัดมุกดาหาร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี และนครพนมประเทศไทย และสะพานมิตรภาพไทย-ลาวแห่งที่ 2 โดยได้เปิดอย่างเป็นทางการเมื่อเดือนธันวาคม 2549 พร้อมทั้งเป็นเส้นทางการท่องเที่ยว และเส้นทางการขนส่งสินค้าระหว่างประเทศไทย ประเทศลาว และประเทศเวียดนาม โดยเฉพาะประเทศลาวยังมีแผนที่จะพัฒนาแขวงสะหวันนะเขตให้เป็นพื้นที่ทางยุทธศาสตร์อีกด้วย

ภาพที่ 1 แผนที่ของประเทศลาว

ที่มา: Esri (Thailand) Co., Ltd. (2021)

นครไกสอนพมวิหานเป็นเมืองเอกของแขวงสะหวันนะเขต โดยมีชื่อเดิมเป็นเมืองคันธบุรี และในระยะต่อมาก็ได้เปลี่ยนชื่อมาเป็นเมืองไกสอนพมวิหาน เพื่อเป็นเกียรติแก่ อดีตประธานประเทศไกสอนพมวิหาน เมื่อวันที่ 13 ธันวาคม พ.ศ. 2548 โดยเป็นวันคล้ายวันเกิดปีที่ 85 ของประธานประเทศไกสอนพมวิหาน โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 521.40 ตารางกิโลเมตร และมีเนื้อที่ใหญ่เป็นอันดับที่ 2 ของแขวงสะหวันนะเขต ประกอบด้วย 67 หมู่บ้าน มีทั้งหมด 18,124 ครอบครัว ประชากรทั้งหมด 128,182 คน คิดเป็นร้อยละ 14 เพศหญิงจำนวน 65,217 คน เพศชายจำนวน 62,965 คน ความหนาแน่นของประชากร 246 คนต่อตารางกิโลเมตร ประชากรส่วนใหญ่เป็นลาวลุ่ม ร้อยละ 62.1 ผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากการเปลี่ยนเมืองไกสอนพมวิหานให้กลายเป็นนครไกสอนพมวิหานก็เกิดปัญหาหลายด้าน เช่น ปัญหาด้านยาเสพติด บ่อนการพนัน ด้านที่อยู่อาศัย เป็นต้น โดยเฉพาะปัญหาที่ตามมา คือ ปัญหาด้านขยะมูลฝอยในขอบเขตตัวเมืองที่ได้เพิ่มทวีมากขึ้น และยังมีแนวโน้มจะเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ เช่น ปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดจากแหล่งต่าง ๆ โดยเฉพาะแหล่งชุมชน ตลาด โรงพยาบาล โรงงานอุตสาหกรรม และอื่น ๆ (เวียงคำ แสงสุริย์จัน, 2563)

นครไกสอนพมวิหานยังจำเป็นต้องได้มีการขยายตัวเมืองอย่างรวดเร็ว พร้อมทั้งจะต้องมีการพัฒนาทางด้านเศรษฐกิจสังคมอีกด้วย เพราะว่าในปัจจุบันได้มีประชากรเพิ่มมากขึ้น และยังก็ให้เกิดมีปริมาณขยะมูลฝอยภายในครอบครัว และโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากขึ้น ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งเศษเหลือต่าง ๆ ที่เกิดจากผ่านการใช้งานมาแล้ว เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษวัสดุ เศษพลาสติก ภาชนะที่ใช้สำหรับรองอาหาร ซากสัตว์ที่ได้มีการเก็บกวาดจากท้องถนน จากตลาด โดยอาจเป็นขยะที่ติดเชื้อ ขยะมูลฝอยที่เป็นพิษ ขยะที่อันตรายที่เกิดจากชุมชน และเกิดจากการผลิตจากหลายแหล่ง เช่น ครอบครัว องค์กร โรงงานอุตสาหกรรม ตลาด และเกิดจากสถานที่ต่าง ๆ

องค์การพัฒนาและบริหารตัวเมือง (อพบต.) นครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต เป็นหน่วยงานรัฐบาลท้องถิ่นที่มีความรับผิดชอบในการบริหารจัดการขยะมูลฝอย โดยมีสถานที่ตั้งภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหานเพียง 1 แห่ง โดยเทียบเท่ากับแผนกการต่าง ๆ ที่มีสิทธิ์และหน้าที่เป็นเสนาธิการให้กับรัฐบาล และขอบเขตการปรกครองของแขวงสะหวันนะเขต การวางแผนการจัดตั้งปฏิบัติคุ้มครองและปกครองบริหารตัวเมือง รวมทั้งหมด 31 หมู่บ้าน โดยหน่วยงานรับผิดชอบจัดเก็บและกำจัดขยะของ อพบต. โดยมีลักษณะปกติที่มีทั้งทำสัญญาใหม่ และหยุดใช้บริการแล้วรวมทั้งหมด 4,591 สัญญา (องค์การพัฒนาและบริหารตัวเมือง, 2558) คิดเป็นร้อยละ 34.36 ของจำนวนครอบครัวทั้งหมดภายในเทศนครไกสอน มีทั้งหมด 13,362 ครอบครัว (ห้องการวางแผนการเมือง, 2558) และในระยะต่อมาก็ได้มีบริษัทเอกชนแห่งหนึ่งได้เข้ามาสืบต่อในการดำเนินกิจการในการพัฒนาตัวเมืองต่อจาก (องค์การพัฒนาและบริหารตัวเมือง) คือ บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด

บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด ได้ถูกสร้างขึ้นเมื่อวันที่ 17 กันยายน 2557 โดยมีหน้าที่ในการดำเนินงานด้านการบริการการจัดเก็บขยะภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน และยังเป็นผู้ที่ได้รับสัมปทานโครงการดังกล่าวที่มีระยะเวลาเริ่มตั้งแต่วันที่ 2 มีนาคม พ.ศ. 2558 เป็นระยะเวลา 10 ปี ที่มีสำนักงานตั้งอยู่บ้านดงดำดวน นครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต และมีโรงกำจัดขยะมูลฝอยเพียง 1 แห่ง มีตั้งอยู่บ้านชอก นครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต โดยมีเนื้อที่ทั้งหมด 16 เฮกตาร์ ที่ห่างจากเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหานประมาณ 8 กิโลเมตร โดยในแต่ละวันสามารถจัดเก็บขยะได้ประมาณ 70 - 80 กิโลกรัมต่อวัน และทางบริษัทยังได้ทำสัญญาต่อกับการบริการจัดเก็บขยะมูลฝอยร่วมกับหมู่บ้านทั้งหมด 31 หมู่บ้าน มีทั้งหมดจำนวน 11,841 ครอบครัว โดยเฉพาะครอบครัวที่ทำสัญญาแล้ว จำนวน 6,466 ครอบครัว และยังไม่ทำสัญญา จำนวน 5,375 ครอบครัว (บริษัทกำจัดขยะมูลฝอย จำกัด, 2563)

ปัญหาด้านขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหานยังได้เพิ่มขึ้นทุกวัน ในขณะที่ความสามารถของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องที่ทำหน้าในการจัดเก็บขยะมีอย่างจำกัด ได้แก่ ด้านบุคลากร ด้านงบประมาณ ด้านเทคโนโลยี ด้านยานพาหนะ และทรัพยากรที่จะมารองรับ รวมถึงการจัดเส้นทางการเดินรถของบริษัทยังไม่เป็นระบบเท่าที่ควร จึงทำให้ต้องใช้เวลานานในการขนส่ง และยานพาหนะแต่ละคันยังไม่สามารถดำเนินงานจัดเก็บขยะได้ทุกวันตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากว่ามีข้อจำกัดด้านจำนวนยานพาหนะ และพนักงานเก็บขยะยังไม่เพียงพอ พร้อมทั้งระบบการจัดเก็บขยะในแต่ละวันยังไม่เป็นระบบเท่าที่ควร โดยยังมีการนำขยะไปทิ้งไม่ถูกวิธี อาจส่งผลทำให้พนักงานเก็บขยะเสียเวลาสำหรับการคัดแยกขยะเอง และไม่สามารถจัดเก็บขยะได้ทันตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยบางครั้งยังไม่สามารถจัดเก็บขยะได้ครบทุกจุดตามที่กำหนด เพราะทำให้เต็มความจุของยานพาหนะ หรือไม่เต็มความจุของยานพาหนะที่สามารถบรรทุกได้แต่จำเป็นต้องนำขยะไปทิ้งที่โรงกำจัดขยะก่อน โดยอาจส่งผลทำให้มีค่าสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดขึ้น

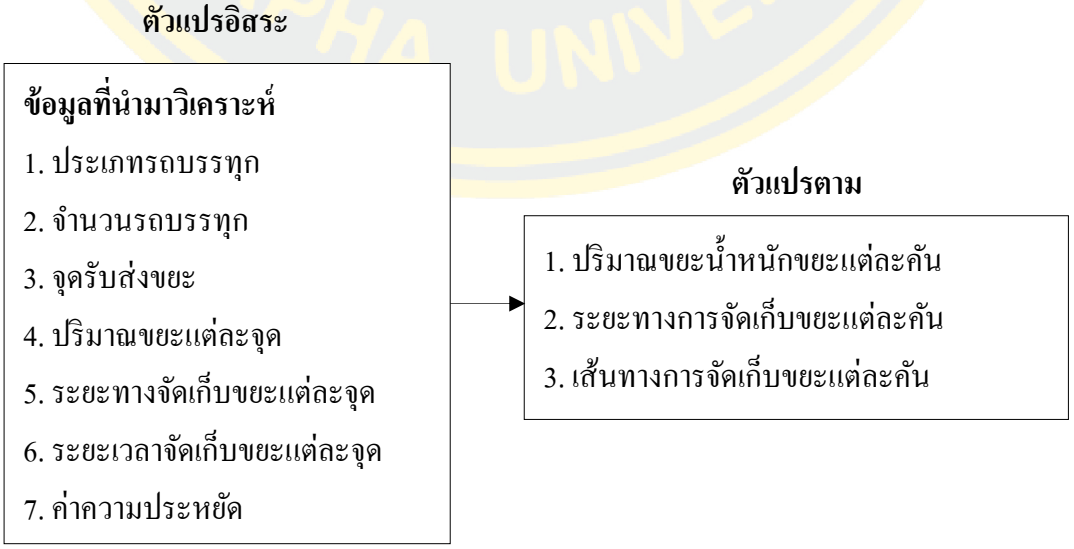
การแก้ปัญหาด้านการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยที่เหมาะสมจะส่งผลทำให้การดำเนินงานจัดเก็บขยะเป็นไปตามระบบ และยังทำให้สามารถลดปริมาณขยะ ลดระยะทาง ลดระยะเวลาการทำงานของพนักงานอีกด้วย รวมถึงสามารถลดจำนวนยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยลงได้ ดังนั้น ทางบริษัทจำเป็นต้องมีการวางแผนการจัดเส้นทางยานพาหนะให้เป็นระบบ และชัดเจนในแต่ละเส้นทางโดยไม่ให้รถวิ่งทับซ้อนกัน และครอบครัวทั้งหมดที่ทำสัญญาแล้วก็ต้องให้ความร่วมมือ และต้องมีความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะให้มากขึ้น โดยเฉาะต้องทราบถึงประเภทขยะ วิธีคัดแยกขยะ วิธีลดปริมาณขยะ และวิธีการกำจัดขยะที่ถูกหลักวิชาการ เพื่อเป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

งานวิจัยฉบับนี้จึงมุ่งเน้นเรื่องการปรับปรุงการเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และทำให้มีการวางแผนจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะที่ดี โดยประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธี Saving algorithm วิธี Nearest Heuristic วิธี Max-Nearest Heuristic และวิธี Sweep Heuristic โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาเส้นทางที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด เพื่อทำให้สามารถลดระยะทาง ลดระยะเวลา ลดยานพาหนะ และต้นทุนค่าใช้จ่ายของบริษัทอีกด้วย และยังทำให้บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอยจำกัด จะได้มีแนวทางในการบริหารจัดการสำหรับการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะมูลฝอยได้อย่างมีประสิทธิภาพในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพเส้นทางปัจจุบันของการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต
2. เพื่อวิเคราะห์เส้นทางใหม่ของการจัดเก็บขยะมูลฝอยที่เหมาะสมที่สุดภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต
3. เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ทราบสภาพเส้นทางปัจจุบันของการบริการจัดเก็บขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต

2. ทราบเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต

3. ทราบนโยบายการดำเนินงานการจัดเก็บขยะมูลฝอยของบริษัทบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด

4. ทราบแนวทางการพัฒนาประสิทธิภาพในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต โดยประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธี Saving วิธี Nearest heuristic วิธี Max-Nearest heuristic และวิธี Sweep heuristic โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาเส้นทางการจัดเก็บขยะที่ได้ระยะทางสั้นที่สุด โดยมีตัวแปรอิสระ ได้แก่ ประเภทรถ จำนวนรถ จุดจอดรถ จุดรับขยะ และระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บขยะ ระยะทางการจัดเก็บขยะ และตัวแปรตาม ได้แก่ เส้นทาง ระยะทาง และปริมาณน้ำหนักของขยะแต่ละคันที่บรรทุก

2. ขอบเขตด้านประชากร

การทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สำหรับผู้ที่สมารถสนองข้อมูลที่สำคัญในการทำวิจัยครั้งนี้ คือ บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด ที่หน้าที่เกี่ยวข้องโดยตรงกับการดำเนินงานการจัดเก็บขยะมูลฝอย

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล การแปรผล และเขียนรายงานวิจัย โดยใช้เวลาศึกษาตั้งแต่เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2563 ถึง กรกฎาคม พ.ศ. 2564

4. ขอบเขตด้านพื้นที่

การทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายใน เขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต โดยกำหนดเอาเฉพาะครอบครัวที่ทำสัญญาใช้บริการการจัดเก็บขยะมูลฝอยของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด เท่านั้น

นิยามศัพท์เฉพาะ

การขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายบุคคล สัตว์ หรือสิ่งของต่าง ๆ จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง ด้วยเครื่องมือ และอุปกรณ์การขนส่งตามความประสงค์ และอรรถประโยชน์ตามต้องการ

การจัดการขยะมูลฝอย หมายถึง หลักการของดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอยเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การรวบรวมขยะแบบชั่วคราว การจัดเก็บขยะ และการขนส่ง การแปรรูป

การกำหนดเส้นทางเดินรถ หมายถึง การเลือกเส้นทางการเดินรถที่มีระยะเวลา และเส้นทางที่สั้นที่สุด และมีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดในการจัดเก็บขยะมูลฝอยแต่ละคัน

ฮิวริสติกส์ หมายถึง วิธีการค้นหาคำตอบที่ช่วยลดความซับซ้อนของปัญหา โดยความซับซ้อนส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดด้านระยะทาง ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ของการขนส่ง โดยวิธีฮิวริสติกส์ไม่จำเป็นต้องดำเนินไปตามแนวทางการจัดการที่ตั้งไว้ ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ การประเมิน และการตัดสินใจ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การทำวิจัยครั้งนี้เกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยเฉพาะเส้นทางจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษา รวบรวมแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้ดังต่อไปนี้

1. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย
2. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง
3. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ
4. แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฮิวริสติกส์
5. ข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอย

ขยะมูลฝอย หมายถึง สิ่งเศษเหลือต่าง ๆ ที่ผ่านการนำใช้มาแล้ว เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า ถุงพลาสติก หรือสิ่งของต่าง ๆ ที่ถูกนำใช้แล้ว และสิ่งปฏิกูลที่อยู่ในรูปแบบของแข็ง โดยเกิดจากการใช้ชีวิตประจำวันของมนุษย์ และสัตว์ หลังจากที่ได้รับการบริโภค การผลิต รวมถึงการเก็บกวาดจากถนน ตลาด หรือสถานที่อื่น ๆ (กัณทรัต นวลมา, ธีระ ฤทธิรอด และสุมนต์ สกุลไชย, 2559)

กรมควบคุมมลพิษ (2548 อ้างถึงใน จีระพันธ์ โกมุทพันธุ์, 2556, หน้า 5) ได้กล่าวถึงแหล่งกำเนิดของขยะมูลฝอยที่เกิดจากหลายแหล่ง โดยส่วนใหญ่ขยะมูลฝอยที่เกิดในเขตชุมชนก็มีหลายประเภท สำหรับวิธีการจำแนก หรือการคัดแยกประเภทก็มีหลายลักษณะที่ต้องได้พิจารณาจากแหล่งกำเนิดขยะต่าง ๆ ซึ่งสามารถจำแนกออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. ขยะมูลฝอยที่เกิดจากชุมชน (Community wastes) โดยขยะส่วนใหญ่แล้วจะเป็นจำพวกเศษกระดาษ เศษแก้ว เศษพลาสติก และยังมีขยะมูลฝอยที่อันตรายต่อกับสิ่งที่มีชีวิตอีกด้วย เช่น ถ่านไฟฉาย แบตเตอรี่เก่า และวัตถุบรรจุเคมีต่าง ๆ

2. ขยะมูลฝอยที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ โดยขยะส่วนใหญ่จะมีทั้งแบบที่เป็นอันตรายต่อสิ่งที่มีชีวิต และไม่มีชีวิต เช่น สารเคมี และสารโลหะต่าง ๆ นอกจากนี้ ยังมีขยะมูลฝอยที่ไม่อันตรายที่เกิดจากโรงอาหารของโรงงาน ได้แก่ เศษวัสดุเหลือทิ้ง เศษอาหาร เป็นต้น

3. ขยะมูลฝอยที่เกิดจากการทำเกษตรกรรม (Agricultural wastes) ที่มีทั้งซากพืช ซากสัตว์และภาชนะที่บรรจุสารป้องกันศัตรูพืชต่าง ๆ ที่ประกอบเข้าในการทำเกษตรกรรม

นอกจากนี้ยังได้กล่าวถึงประเภทของขยะมูลฝอย โดยสามารถแบ่งออกได้ ดังนี้

1. ขยะเปียก หมายถึง จำพวกขยะมูลฝอยที่มีความเปียกชื้นได้ง่ายที่สามารถย่อยสลายได้ด้วยวิธีทางชีวภาพต่าง ๆ เช่น เศษอาหาร เศษผลไม้ เป็นต้น

2. ขยะมูลฝอยแห้ง คือ จำพวกขยะมูลฝอยที่มีความเปียกชื้นต่ำที่สามารถติดไฟได้ง่าย เช่น เศษกระดาษ เศษผ้า เศษใบไม้แห้ง กิ่งไม้ เป็นต้น

3. ขยะมูลฝอยที่เป็นของใช้ชำรุดแล้ว ก็จะมีชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ยางรถยนต์เก่า เป็นต้น

4. เศษสิ่งก่อสร้างที่ผ่านการใช้งานมาแล้วก็จะมีเศษโลหะ เศษอิฐ และเศษคอนกรีตต่าง ๆ

5. ขยะมูลฝอยจาการเก็บกวาดจากบนถนน หมายถึง ขยะมูลฝอยที่เกิดจากการเก็บกวาดถนนในแต่ละสถานที่ ก็จะมีเศษกระดาษ เศษหญ้า เศษหิน ฝุ่นละออง เป็นต้น

การจัดการขยะมูลฝอย หมายถึง หลักการของดำเนินงานที่เกี่ยวข้องกับการบริหารจัดการขยะมูลฝอย เพื่อทำให้การดำเนินงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เช่น การจัดเก็บขยะแบบชั่วคราว การจัดเก็บขยะมูลฝอย และการขนส่ง การแปรรูป การกำจัดขยะมูลฝอยโดยจะต้องคำนึงถึงผลประโยชน์ทางด้านหลักสุขอนามัย ด้านเศรษฐศาสตร์ ด้านการอนุรักสิ่งแวดล้อม และการยอมรับจากสังคม และขยะมูลฝอยเป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ในชุมชน รวมถึงก็ให้เกิดการแพร่ระบาดของเชื้อโรค การเกิดปัญหาส่งกลิ่นเหม็นที่เกิดจากภาชนะรองรับขยะและน้ำเสียที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมในพื้นที่ชุมชนต่าง ๆ (เกรียงศักดิ์ อุดดมสินโรจน์, 2543 อ้างถึงใน กัณทรัต นวลมา, ธีระ ฤทธิรอด และสุมนต์ สกุลไชย, 2559, หน้า 81)

การจัดการขยะมูลฝอย หมายถึง วิธีการบริหารจัดการขยะให้ถูกวิธี เพื่อนำไปสู่การจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพทางด้านการดำเนินงาน คือ สามารถจัดเก็บขยะแล้วนำไปกำจัดที่โรงกำจัดขยะอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ และการจัดการขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพจะต้องมีความเข้าใจในองค์ประกอบของขยะมูลฝอยเป็นอย่างดี (จีระพันธ์ โกมุทพันธุ์, 2556)

ปัญหาการจัดการขยะมูลฝอย คือ ประชาชนส่วนใหญ่ยังขาดความรู้ และขาดการฝึกอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการจัดการขยะมูลฝอยเป็นอย่างดี และขาดจิตสำนึกในการให้ความร่วมมือในการคัดแยกขยะในแต่ละครอบครัว หรืออาจเป็นเพราะขาดการประชาสัมพันธ์ข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ เกี่ยวกับการกำจัดขยะ ขาดงบประมาณในการจัดการ ขาดอุปกรณ์ ขาดภาชนะรองรับขยะมูลฝอย และขาดพื้นที่รวบรวม (กรมควบคุมมลพิษ, 2559 อ้างถึงใน เวียงคำ แสงสุริย์จันร์, 2563, หน้า 437)

การแก้ปัญหาจัดการขยะมูลฝอย คือ การให้ความรู้แก่ประชาชนรู้จักกับวิธีลดการนำใช้ให้น้อยลง วิธีการคัดแยกขยะ รวมถึงวิธีการรวบรวมขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิด และส่งเสริมสนับสนุนการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด เพื่อก็ให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามหลักการของ 3Rs คือ ใช้น้อย (Reduce) ใช้ซ้ำ (Reuse) และแปรรูปใช้ใหม่ (Recycle) ควรเลือกผลิตภัณฑ์ และบริการที่จำเป็นไม่ฟุ่มเฟือยในการดำรงชีวิต ถ้าสินค้า หรือผลิตภัณฑ์นั้นยังสามารถนำมาใช้ได้ก็ให้นำมาใช้ตามความเหมาะสมของการใช้งาน (กรมควบคุมมลพิษ, 2559)

พัฒนา มูลพฤกษ์ (2546 อ้างถึงใน จิตติพงศ์ สังข์ทอง, 2556, หน้า 10-11) ได้ระบุไว้ว่า การจัดการขยะมูลฝอย มีความหมายครอบคลุมตั้งแต่แหล่งกำเนิดขยะมูลฝอย การจัดเก็บรวบรวมขยะ การเก็บขยะขึ้นรถ และการขนส่ง การกำจัดขยะให้ถูกวิธีทางวิชาการ รวมถึงการนำกลับมาใช้ใหม่ สามารถสรุปได้ ดังนี้

1. การรวบรวมขยะจากแหล่งที่มีการกำเนิดมีความสำคัญอย่างมากที่เราจะต้องคำนึงถึงประเภทของภาชนะที่ใช้ในการรองรับขยะ และอุปกรณ์ที่ใช้ตามความเหมาะสม

2. การรวบรวมขยะมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ เพื่อนำไปยังสถานที่ฝังกลบ หรือโรงงานแปรรูป หรือก่อนจะนำไปใช้ประโยชน์อื่น ๆ

3. การกำจัดขยะมูลฝอย คือ มีการแปรรูปขยะให้มีความปลอดภัยต่อสุขภาพ และจิตใจของสิ่งที่มีชีวิต เช่น การกองทิ้งไว้ในบริเวณกลางแจ้งการหมักทำปุ๋ย การฝังกลบดิน การเผาในเตาเผา หรือในรูปแบบอื่นที่ถูกต้องตามหลักสุขอนามัย

4. การนำกลับมาใช้ใหม่ คือ ขยะมูลฝอยที่ถูกปล่อยออกมาจากแหล่งกำเนิดก็จะมีลักษณะหรือองค์ประกอบที่แตกต่างกันบางอย่างที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เช่น เศษกระดาษ ขวดแก้ว เพื่อนำมาประกอบในกิจกรรมต่าง ๆ การที่เรานำเอากลับไปใช้ใหม่ก็เป็นการลดปริมาณขยะมูลฝอยที่จะเข้าสู่ระบบกำจัดได้

ธเรศ ศรีสถิตย์ (2553 อ้างถึงใน จิตติพงศ์ สังข์ทอง, 2556, หน้า 12) ได้ระบุไว้ว่า สาเหตุที่ทำให้เกิดความแตกต่างทางด้านปริมาณ และองค์ประกอบขยะมูลฝอยในแต่ละพื้นที่ ดังนี้

1. ด้านที่ตั้งตามภูมิศาสตร์ของพื้นที่นั้นมีความแตกต่างกัน

2. ด้านฤดูกาล คือ ช่วงฤดูฝนก็จะทำให้ขยะมูลฝอยลักษณะมีความชื้นกว่าช่วงฤดูร้อน

3. ด้านรายได้ของประชาชน คือ ในเขตพื้นที่ที่มีรายได้ของประชาชนสูงก็จะมีการใช้จ่ายฟุ่มเฟือยสูงก็จะทำให้มีอัตราการเกิดขยะมูลฝอยสูงกว่าในเขตพื้นที่ที่มีรายได้ต่ำ

4. ด้านโครงสร้างทางด้านครอบครัว คือ ครอบครัวที่มีจำนวนคนมากก็จะทำให้เกิดมีปริมาณขยะมูลฝอยมากกว่าครอบครัวที่มีคนน้อย

5. ด้านรูปแบบการดำรงชีวิตของประชาชนในแต่ละพื้นที่เป็นเฉพาะตัว ทำให้บางพื้นที่มี

ปริมาณขยะเพิ่มมากขึ้น และทำให้การดำเนินงานการกำจัดไม่ทัน โดยจะทำให้เกิดปัญหาทางด้านพื้นที่ทิ้งขยะที่หายากที่สุด และต้องจำเป็นใช้งบประมาณมากในการจัดการซื้อที่ดินขนาดใหญ่ที่อยู่ตัวเมืองก็มักจะมีราคาสูง ในการกำจัดขยะที่รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพสูง คือ วิธีการกำจัดขยะด้วยวิธีการเผา แต่ต้องใช้งบประมาณมากในการสร้างเตาเผาขยะ (จิตติพงศ์ สังข์ทอง, 2556)

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับการขนส่ง

ขนส่ง หมายถึง การขนและการส่ง การนำมา หรือการนำไป ได้แก่ การขนส่งสินค้า หรือสัตว์ที่ไม่สามารถเคลื่อนย้ายตัวเองได้ จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทางที่ต้องการ การขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายคน สัตว์ สินค้า จากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่ง โดยการขนส่งยังครอบคลุมไปถึงการขนส่ง การขนถ่าย การเคลื่อนย้ายภายในอาคาร ภายในบ้าน ภายในสถานที่ทำงาน หรือภายในบริษัทต่าง ๆ (Sengchanpheng, 2018)

การขนส่งทางบก หมายถึง การขนส่งทางถนนที่สามารถขนส่งได้ในเกือบทุกกรณี จะต้องอาศัยการขนส่งทางถนน เพราะว่าเป็นการขนส่งที่สามารถเข้าถึงต้นทาง และปลายทาง หรือที่เราเรียกกันว่า Door-to-Door ซึ่งโครงสร้างพื้นฐานหลักก็คือถนนนั่นเอง (พงศธร ศิรัพงษ์, 2559)

ศิลป์ชัย อุ่นอรุณ (2554, อ้างถึงใน Sengchanpheng, 2018, หน้า 7) ได้อธิบายการขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายบุคคล สิ่งของที่มีชีวิต หรือสิ่งของต่าง ๆ จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง โดยอาศัยอุปกรณ์ในการขนส่ง เพื่อรักษาสภาพเดิม และให้มีประสิทธิภาพในการขนส่ง

สมชาย ปฐมศิริ (2553, อ้างถึงใน พงศธร ศิริพงษ์, 2559, หน้า 4) ได้อธิบายว่า การขนส่ง หมายถึง การเคลื่อนย้ายคน (People) สินค้า (Goods) หรือบริการ (Services) จากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในกรณีของการเคลื่อนย้ายคนนั้นจะเป็นเรื่องของการขนส่งผู้โดยสารเป็นส่วนใหญ่

การจัดการโลจิสติกส์ หมายถึง กระบวนการวางแผน เพื่อควบคุมการไหล และการจัดเก็บสินค้าให้มีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผล จากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง เพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้า ซึ่งกิจกรรมทางด้านโลจิสติกส์ ประกอบมี 8 กิจกรรม เช่น การบริการลูกค้า การดำเนินงานตามคำสั่งซื้อ การพยากรณ์ความต้องการของลูกค้า การจัดการสินค้าคงคลัง การจัดการคลังสินค้าและการจัดเก็บ การขนส่ง การจัดซื้อ-จัดหา กระบวนการโลจิสติกส์ย้อนกลับ มี 5 กิจกรรมสนับสนุน ประกอบด้วย การจัดเตรียมอะไหล่และงานบริการหลังการขาย การเลือกที่ตั้งของโรงงานและคลังสินค้า การเคลื่อนย้ายวัสดุ การบรรจุภัณฑ์และการบรรจุและการสื่อสารด้านโลจิสติกส์ (พงศ์ภูมิ แก้วสูงเนิน, 2559)

เป้าหมายของการจัดการขนส่ง

เป้าหมายการขนส่งมีดังนี้ (สมชาย ปฐมศิริ, 2553, อ้างถึงใน พงศธร ศิริพงษ์, 2559, หน้า 5)

1. ลดต้นทุน ถือว่าเป็นเป้าหมายหลักของการจัดการด้านโลจิสติกส์ทุกกิจกรรมรวมทั้งการขนส่งด้วย ผู้ประกอบการ โดยส่วนใหญ่จะเป็นเป้าหมายแรกที่มีการขนส่งที่ดีจะช่วยให้สามารถลดต้นทุนของธุรกิจได้ โดยอาจเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าแรงงาน ค่าเสื่อมสภาพ หรือบำรุงรักษา

2. เพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินงานการขนส่ง โดยจะต้องดำเนินการขนส่งให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ว่างไว้ด้วยจำนวนทรัพยากรเท่าเดิม เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุด และทำให้ประสิทธิภาพการทำงานสูงขึ้น เช่น จำนวนยานพาหนะ และพนักงานเท่าเดิม เป็นต้น

3. สร้างความพึงพอใจให้แก่ลูกค้า คือ บริษัทขนส่งสินค้าจะต้องได้ตั้งเป้าหมายไว้เมื่อมีการขนส่ง ควรจะให้มีการตำหนิจากลูกค้าให้น้อยลงที่สุด เพื่อทำให้ลูกค้ามีความพอใจในการบริการของบริษัทต่อไปในอนาคต

4. ลดระยะเวลา คือ บริษัทจะต้องมีการตั้งเป้าหมายไว้เสมอในเมื่อมีการขนส่ง เพื่อทำให้สามารถขนส่งสินค้าได้อย่างรวดเร็วตามความต้องการของลูกค้า โดยเฉพาะจะต้องมีการขนส่งรวดเร็วกว่าคู่แข่ง เพื่อให้สินค้าสามารถออกสู่ตลาดได้เร็วขึ้นกว่าคู่แข่งขัน

5. สร้างรายได้เพิ่ม มีความเป็นไปได้ที่ทางบริษัทจะต้องมีการตั้งเป้าหมายไว้เมื่อมีการจัดการขนส่งที่ดีแล้วยังสามารถสร้างรายได้เพิ่มให้กับบริษัทอาจจะมีกลุ่มลูกค้าบางกลุ่มที่ยอมจ่ายแพงเพื่อแลกกับระยะเวลาที่เร็วขึ้น

6. เพิ่มกำไร คือ บริษัทขนส่งส่วนใหญ่แล้วจะไม่ลงทุนปรับปรุงระบบการจัดการใหม่เพื่อต้องการเพิ่มกำไรของบริษัทที่จะมองว่ากำไรเป็นผลพลอยได้จากการลดต้นทุนลงเพื่อหวังกำไร

แนวคิด และทฤษฎีเกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ

ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์รูปแบบหนึ่ง เพื่อลดต้นทุนทางด้านการขนส่ง และการลดค่าใช้จ่าย โดยงานวิจัยส่วนใหญ่ได้ใช้วิธี VRP ที่ถูกค้นคว้าอย่างแพร่หลายที่ปรับเพิ่มเงื่อนไข และข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น รูปแบบการขนส่ง จำนวนจุด จำนวนยานพาหนะ ระยะทาง ระยะเวลาในการขนส่ง และปริมาณที่ขนส่ง โดยมีวัตถุประสงค์ในการจัดเส้นทางการเดินรถให้มีค่าที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้

1. ลดจำนวนยานพาหนะ หรือลดค่าใช้จ่ายด้านต้นทุนคงที่ (Fixed cost) ที่เกิดขึ้นในการขนส่งแต่ละครั้ง ถ้าหากจำนวนยานพาหนะลดลง ก็จำเป็นต้องมีการลดจำนวนพนักงานขับรถและพนักงานเก็บขยะลงไปด้วย

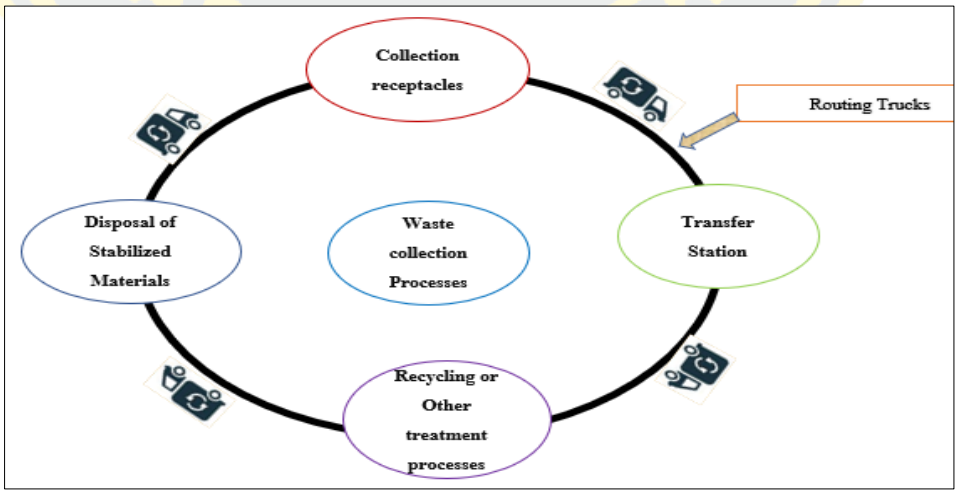
2. ลดระยะทาง หรือลดระยะเวลาในการเดินรถ ถ้าหากระยะทาง และระยะเวลาลดลงจะทำให้ค่าใช้จ่ายต้นทุนแปรผัน (Variable cost) ที่เกิดจากการขนส่งแต่ละครั้งก็จะลดลงไปด้วย ได้แก่ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ค่าเปลี่ยนถ่าย เช่น น้ำมันเครื่อง น้ำมันเกียร์ และน้ำมันเบรก เป็นต้น

การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถส่วนใหญ่จะเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งจะเริ่มจากการจำลองรูปแบบปัญหาการขนส่งที่เกิดขึ้น โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อทำให้ค่าใช้จ่ายในการขนส่งต่ำที่สุด (รัฐกร แตงแสงจันทร์, 2558)

ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะ เป็นเรื่องที่เกี่ยวกับปัญหาการจัดเส้นทางที่เหมาะสม โดยเฉพาะในการจัดเก็บขยะอย่างเหมาะสม เพื่อช่วยให้ลดระยะทาง ลดค่าใช้จ่ายต้นทุนเชื้อเพลิง ลดระยะเวลาในการรวบรวม และยังมีวิธีการอื่นที่สามารถแก้ปัญหาการกำหนดเส้นทางยานพาหนะด้วยวิธีอื่นที่แตกต่างกันที่เกิดขึ้นรวมทั้งวิธีฮิวริสติกส์ (Hailin, Fengming, & Bo, 2020)

การวิจัยเกี่ยวกับการจัดเส้นทางยานพาหนะมักจะขึ้นกับระยะทาง ระยะเวลาในการเดินทาง และแนวโน้มที่จะไปยังเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด (Valizadeh, Mozafari, & Hafezalkotob, 2021)

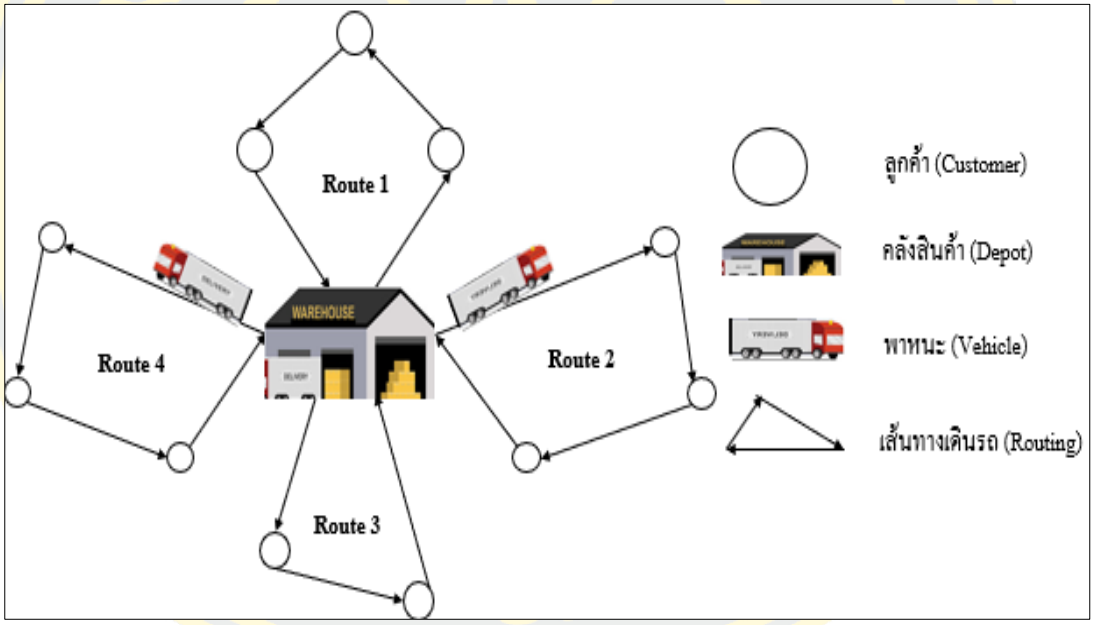
การจัดเส้นทางยานพาหนะก็จะเกี่ยวข้องกับการกำหนดระยะเวลา ระยะทางการเดินรถ ปริมาณขยะ และการจัดเส้นทางเดินรถในแต่ละขั้นตอนการเก็บขยะ การจัดเส้นทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดเก็บขยะยังเป็นหนึ่งองค์ประกอบที่สำคัญในการจัดการขยะ และส่งผลกระทบต่อกับด้านสิ่งแวดล้อม รวมถึงส่งผลกระทบต่อกับการดำรงชีวิตของมนุษย์ นอกจากนี้ยังส่งผลกระทบต่อแรงงาน ต้นทุนการขนส่ง และสังคม เป็นต้น (Sulemana et al., 2018) ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กระบวนการรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอย

ที่มา: (Sulemana et al., 2018)

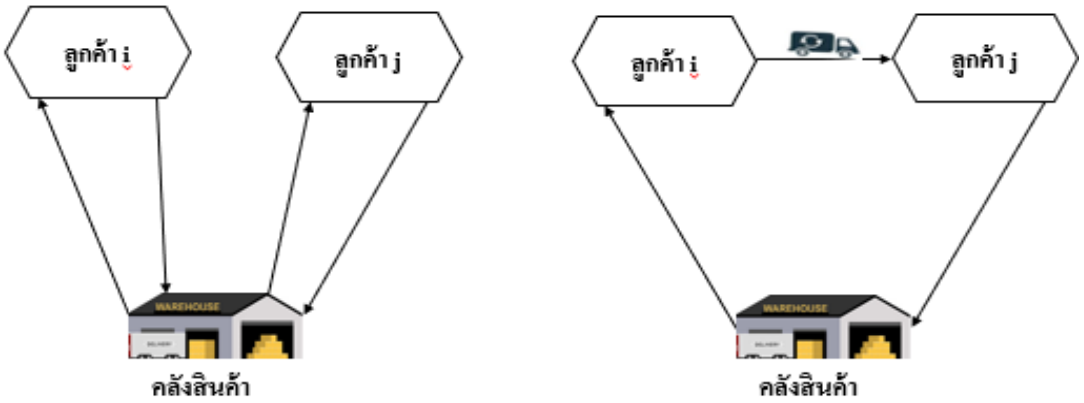
ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาที่มีการศึกษาและนิยมใช้ในงานวิจัย โดยการทำวิทยานิพนธ์ส่วนใหญ่ประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาด้านการขนส่ง โดยจะต้องมีการเพิ่มเงื่อนไข และข้อจำกัดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์จริง ซึ่งทำให้ VRP มีหลายรูปแบบในการแก้ไขปัญหา โดย VRP แบบดั้งเดิมนั้นเป็นการเดินรถที่ใช้สำหรับการขนส่งเริ่มจากจุดต้นทางไปยังจุดปลายทาง แล้วกลับมายังจุดต้นทางเหมือนเดิม โดยจุดปลายทางในการรับสินค้าจากลูกค้าจะได้รับเพียงครั้งเดียว ด้วยรถคันเดียวของแต่ละเส้นทาง เมื่อรวมกันจนเต็มความจุของรถ 1 คัน โดยมุ่งเน้นผลรวมของระยะทาง ระยะเวลา หรือต้นทุนที่ใช้ในการเดินทางที่ต่ำสุด เป็นต้น ยานพาหนะขนส่ง (Vehicle) เส้นทางขนส่ง (Routing) คลังสินค้า (Depot) และลูกค้า (Customer) แสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4 องค์ประกอบของปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem)
ที่มา: ปัญญวัตน์ จันทร์ชัยภักดิ์ (2561)

เนื่องจากว่าปัญหา VRP เป็นปัญหาที่ได้รับความนิยมจากผู้วิจัยหลายท่าน ทำให้มีวิธีการค้นหาคำตอบของการกำหนดเส้นทางเดินรถมีหลายวิธี แต่ได้คำตอบจากแต่ละวิธีที่แตกต่างกันทางด้านคุณภาพที่ขึ้นกับลักษณะของปัญหา สำหรับวิธีที่นิยมใช้ และเข้าใจง่ายในการจัดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะ โดยใช้วิธีแบบประหยัด เสนอโดย (Clarke and Wright, 1964) เป็นวิธีที่พิจารณากำหนดเส้นทางของยานพาหนะที่มีความจุหลายขนาด เพื่อตอบสนองความต้องการของ

ลูกค้าเพียงรายเดียว และยังเป็นวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นมาบนพื้นฐานของแนวคิดการประหยัด เมื่อได้ให้บริการลูกค้าจำนวน 2 ราย ที่สามารถเชื่อมโยงกันตามลำดับโดยภายในเส้นทางเดียวกัน แทนที่จะแบ่งแยกการบริการลูกค้าออกเป็น 2 เส้นทาง ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แนวความคิดของวิธีแบบประหยัด
ที่มา: ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, อินทุอร ศรีสว่าง และวนัฐณพงษ์ คงแก้ว (2559)

โดยวิธีประหยัด (Saving) ตามขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกโหนดที่จะเป็นจุดเริ่มต้น

ขั้นตอนที่ 2 เลือกโหนดลูกค้าใด ๆ จำนวน 2 โหนด เพื่อทำการเชื่อมโยงเส้นทาง และคำนวณหาค่าประหยัดด้านระยะทางในการขนส่ง

$$S_{ij} = d_{i0} + d_{0j} - d_{ij}$$

S_{ij} คือ ค่าประหยัดของระยะทางระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j

d_{0j} คือ ระยะทางระหว่างคลังสินค้า 0 และลูกค้า j

d_{i0} คือ ระยะทางระหว่างคลังสินค้า 0 และลูกค้า i

d_{ij} คือ ระยะทางระหว่างลูกค้า i และลูกค้า j

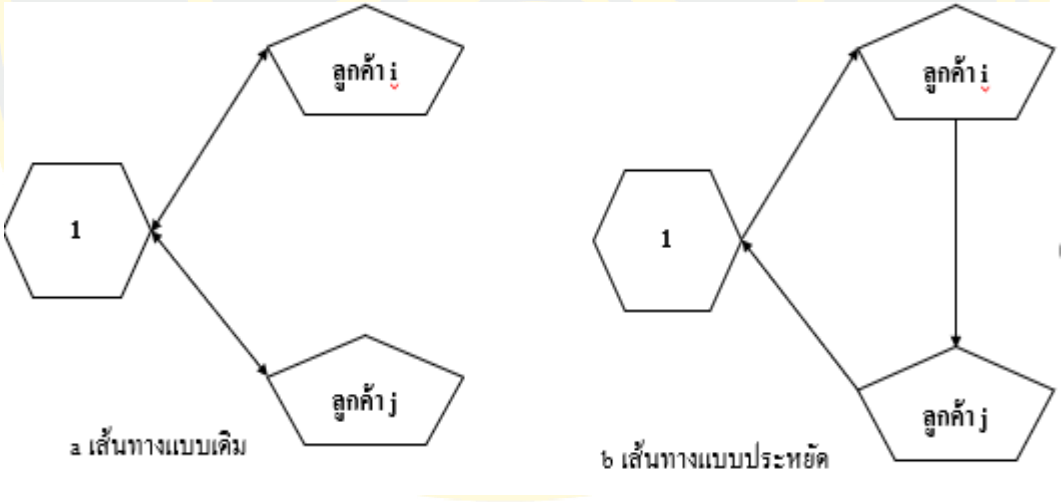
ขั้นตอนที่ 3 เรียงลำดับค่าความประหยัด S_{ij} จากมากไปหาน้อย

ขั้นตอนที่ 4 เชื่อมโยงเส้นทางของยานพาหนะโดยการเชื่อมโหนด i และโหนด j ที่มีค่าความประหยัด S_{ij} มากที่สุดเป็นอันดับแรก

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำการสร้างเส้นทางโดยมีเงื่อนไขของข้อจำกัดในการเดินทางของยานพาหนะแต่ละคันต้องบรรทุกสินค้าไม่เกินความจุของรถจนกระทั้งไม่สามารถเชื่อมโยงเส้นทางอื่นได้อีก (ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชวาล, อินทุอร ศรีสว่าง และวนัฐณพงษ์ คงแก้ว, 2559)

การกำหนดเส้นทางการเดินรถ (Vehicle routing) ในทางคณิตศาสตร์ถือว่าเป็นปัญหาการกำหนดเส้นทางการเดินรถ เป็นปัญหาที่ยากในการวิเคราะห์หาการวางแผนเส้นทางการเดินรถที่ดีที่สุด วิธีที่ได้รับความนิยม และเข้าใจง่าย วิธีอีกวิธีหนึ่ง คือ วิธีประหยัด (Saving algorithm) เป็นวิธีหนึ่งสำหรับแก้ปัญหา VRP โดยเฉพาะการสร้างคำตอบทีละขั้นตอน ที่เริ่มต้นจากคำตอบ ซึ่งอาจยังเป็นไปไม่ได้ และการสร้างคำตอบในลำดับถัดมาที่ทำให้ฟังก์ชั่นของวิธีประหยัด มีค่าเพิ่มมากขึ้นโดยที่ความต้องการรวมไม่เกินความสารถในการบรรทุกสินค้าของรถ วิธีประหยัดจะเกิดขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งได้เส้นทางสั้นลง และเส้นทางที่เหมาะสมที่สุด โดยขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่า $S_{ij} = C_{1j} + C_{1i} - C_{ij}$ สำหรับทุกคู่ของลูกค้า i และ j โดยที่ i, j = 2,3,…n และ S_{ij} คือ ต้นทุนที่สามารถประหยัดได้จากผลการเชื่อมโยงของ (i, j) ก็จะทำให้เกิดเส้นทาง (1,i, j,1) แทนการเสียต้นทุนในการเดินทาง 2 เส้นทาง คือ (1, i,1) และ (1, j,1) ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 a เส้นทางการเดินรถแบบเดิม และ b เส้นทางการเดินรถแบบประหยัด
ที่มา: โรสนานี แวหะยี (2557)

ขั้นตอนที่ 2 เรียงลำดับค่าความประหยัด S_{ij} จากมากไปน้อย

ขั้นตอนที่ 3 เริ่มต้นสลับสับเปลี่ยนจากค่าความประหยัด S_{ij} ที่มีค่ามากไปหาน้อย

ขั้นตอนที่ 4 ถ้าหากการเชื่อมโยงมีความเป็นไปได้ และอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดไว้ ให้ยอมรับการเชื่อมโยงนั้น ๆ

ขั้นตอนที่ 5 ทำการเชื่อมโยงต่อไปทำซ้ำขั้นตอนที่ 4 จนกระทั่งไม่สามารถเชื่อมโยงได้อีก ธริณี มณีศรี (2552, อ้างถึงใน โรสนานี แวหะยี, 2557, หน้า 21)

ปัญหาการกำหนดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นการกำหนดเส้นทางการเดินรถที่ถูกแบ่งออกเป็นหลายประเภทตามชนิดของปัญหา การจัดเส้นทางที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายก็คือ ปัญหาการเดินทางของพนักงานขาย (Traveling Salesman Problem: TSP) โดยเริ่มจากจุดเริ่มต้นไปยังเมืองต่าง ๆ มีทั้งหมด N เมืองที่จำเป็นต้องผ่าน และกลับมาจุดเริ่มต้น โดยรวมระยะทางที่สั้นที่สุด และเป็นวิธีการจัดเส้นทางเดินทางของยานพาหนะที่นิยมที่สุด และสามารถเข้าใจง่ายที่สุด คือ วิธีประหยัดของ Clarke และ Wright ที่มีแนวความคิดในการกำหนดเส้นทางเดินรถแบบมีคลังสินค้าเพียงแห่งเดียว แต่ยังสามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้หลายราย และวิธี Evolution algorithm ก็จะดำเนินการไปจนกว่าจะได้คำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) ด้วยรูปแบบฟังก์ชัน Evolutionary โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กซ์เซลโซลเวอร์ (Microsoft excel solver) (คลอเคลีย วจนะวิชากร และกนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์, 2559)

การจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะที่เหมาะสมที่สุด เพื่อช่วยลดต้นทุนด้านรายจ่ายของการจัดเก็บขยะมูลฝอย ช่วยประหยัดค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ช่วยประหยัดระยะเวลาเดินทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยต่อเที่ยว สามารถทำให้รวบรวมขนขยะได้ครอบคลุมทั้งพื้นที่ดังกล่าว และมีขยะบางส่วนที่ยังหลงเหลือในพื้นที่ต่าง ๆ ให้น้อยที่สุด เพื่อทำให้การดำเนินการจัดเก็บขยะทั้งระบบให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น (ธนลักษณ์ ศิรธรรมธร, 2559)

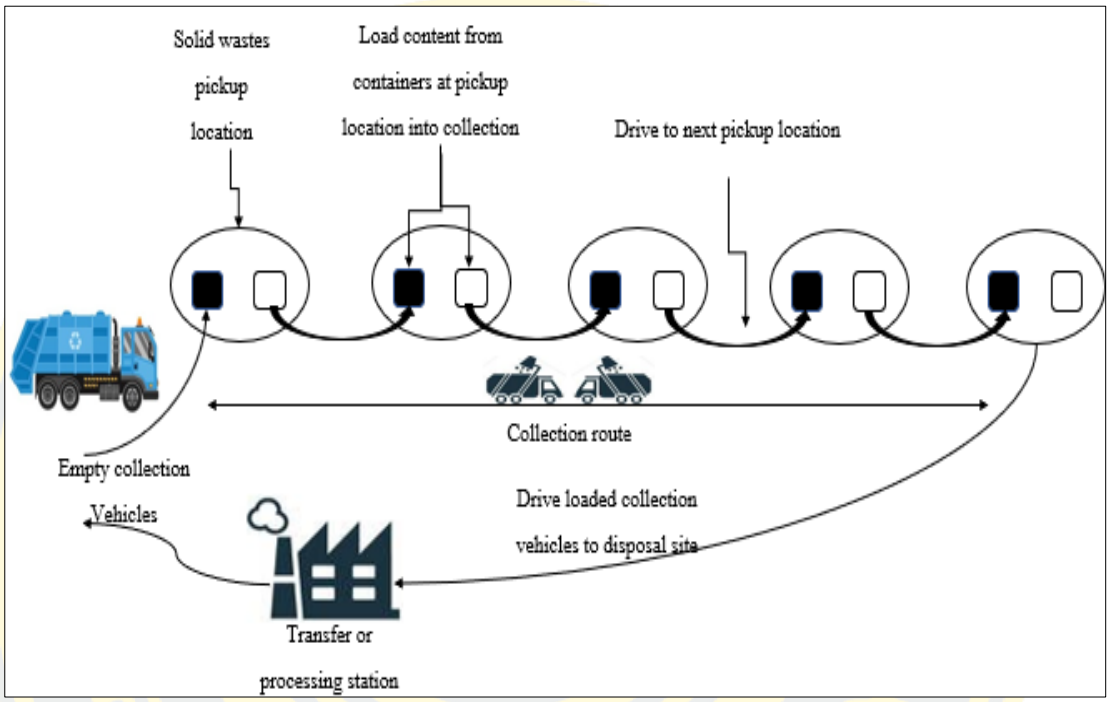
การกำหนดเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอย ยังสามารถแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ รูปแบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบถังเคลื่อนที่ และรูปแบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบถังคงที่ โดยทั้ง 2 รูปแบบนี้จะขึ้นกับประเภทของจุดทิ้งขยะ หรือถังขยะที่จะต้องดำเนินงานจัดเก็บขยะมูลฝอยที่มีวิธีการที่แตกต่างกัน ดังนี้

1. รูปแบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบถังเคลื่อนที่ เป็นการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะโดยนำเอาคอนเทนเนอร์ไปวางไว้ตำแหน่งที่มีการทิ้งขยะปริมาณมาก จะมีรถบรรทุกขยะมารับตู้คอนเทนเนอร์ที่จุดทิ้งขยะ เพื่อนำเอาขยะไปทิ้งยังโรงกำจัดขยะ ซึ่งระบบยังมีวิธีการจัดเก็บขยะทั้งหมด 2 แบบได้แก่

1.1 การจัดเก็บขยะแบบแลกเปลี่ยนถัง โดยรถบรรทุกจะบรรทุกถังขยะเปล่าออกจากสถานที่จอดรถ แล้วก็เดินทางไปยังถังขยะเคลื่อนที่ จากนั้นนำเอาถังขยะเปล่าวางแทนที่ถังที่มีขยะเพื่อนำไปยังโรงกำจัดขยะ

1.2 การจัดเก็บขยะแบบธรรมดา คือ รถบรรทุกจะวิ่งออกจากสถานที่รวบรวมขยะด้วยรถบรรทุกเปล่า เพื่อเดินทางไปยังตำแหน่งที่ตั้งถังขยะ เพื่อยกถังขึ้นรถแล้วนำไปยังโรงกำจัดขยะ

2. ระบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบถังคงที่ จะเป็นการวิ่งรถไปตามเส้นทางที่กำหนดไว้เพื่อรวบรวมขยะทั้งหมดขึ้นรถ แล้วจึงนำไปยังโรงกำจัดขยะ และยังเป็นระบบที่นิยมกันเป็นอย่างมากในแต่ละพื้นที่ แสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 การจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบถังคงที่
ที่มา: Mansour (2003 อ้างถึงใน ธนลักษณ์ ศิรธรรมธร, 2559, หน้า 12)

วิธีวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะมีความแตกต่างจากการวิเคราะห์โครงข่ายประเภทอื่น เช่น การวิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุดเพียงเส้นทางเดียว มีระยะทางที่สั้นสุด หรือใช้ระยะเวลาน้อยที่สุด การแก้ปัญหาด้วยวิธีที่เหมาะสมกับยานพาหนะคันเดียวที่ให้ความสำคัญต่อกับจุดรับ หรือจุดส่งสินค้า แต่วิธีนี้สามารถนำมาวิเคราะห์หาเส้นทางสำหรับการขนส่งสินค้าตามลำดับการสั่งสินค้า โดยพิจารณาเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น ระยะทาง ระยะเวลา ระยะเวลาในการโหลดขึ้นรถ เป็นต้น (สุเพชร จิรขจรกุล, 2555 อ้างถึงใน ธนลักษณ์ ศิรธรรมธร, 2559, หน้า 18)

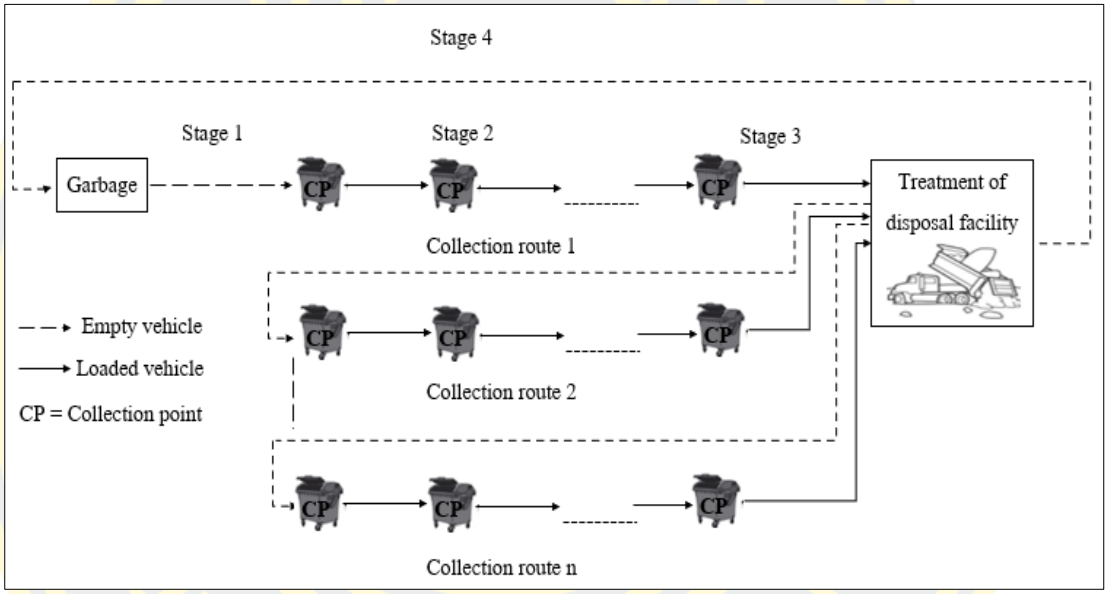
การรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอย (Waste collection and transport) เป็นกิจกรรมพื้นฐานของการรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอย ที่แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นตอนที่ 1 เริ่มต้นของรถบรรทุกวิ่งออกจากโรงรถของบริษัทแล้ววิ่งไปโรงกำจัดขยะ

2. ขั้นตอนที่ 2 เริ่มต้นจากจุดแรกของการจัดเก็บขยะมูลฝอย แล้วทำการยกขยะขึ้นรถด้วยเครื่องไฮดรอลิกแล้ววางถังขยะกลับลงที่ตำแหน่งเดิม โดยกระบวนการนี้จะวิ่งไปถังขยะถัดไป ทำซ้ำแบบนี้จนกว่าขยะเต็มรถบรรทุก

3. ขั้นตอนที่ 3 ออกจากบริเวณพื้นที่รวบรวมขยะ แล้วไปยังโรงกำจัดขยะ

4. ขั้นตอนที่ 4 แสดงเส้นทางที่รถบรรทุกวิ่งของแต่ละวัน



ภาพที่ 8 ขั้นตอนของกระบวนการขนส่งขยะมูลฝอย

ที่มา: Boskovic et al. (2016)

จากขั้นตอนที่ 1, 3 และ 4 รถบรรทุกจะวิ่งผ่านเส้นทางใจกลางเมือง โดยในขั้นตอนที่ 3 รถบรรทุกมีขยะเต็มคันรถ ในขณะที่ขั้นตอนที่ 1 และ 4 รถบรรทุกนั้นว่างเปล่า ในการขนส่งประกอบด้วยระยะทางที่ขับเคลื่อนด้วยรถบรรทุกเปล่า หรือเต็มคัน และพลังงานที่สามารถคำนวณได้เป็นค่าเชื้อเพลิงต่อตันต่อกิโลเมตร ส่วนในขั้นตอนที่ 2 หมายถึง จากจุดเริ่มต้นจนถึงจุดสุดท้ายในหนึ่งวงจรของการรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอยที่ควรสังเกตว่าน้ำมันเชื้อเพลิงการบริโภค และการปล่อยมลพิษภายใต้สิ่งเหล่านี้ สภาพการขับขี่แตกต่างกันมากเมื่อเทียบกับการขนส่งขยะมูลฝอย (Boskovic et al., 2013)

แนวคิดและทฤษฎีเกี่ยวกับฮิวริสติกส์

ฮิวริสติกส์ (Heuristic) หมายถึง การค้นหาวิธีแก้ไขปัญหา โดยคิดค้นขึ้นมาเพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อน โดยจะเกี่ยวข้องกับข้อจำกัดทางด้านระยะทาง ด้านระยะเวลา และค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นต้น สำหรับวิธีนี้ไม่จำเป็นต้องดำเนินไปตามแผนที่ตั้งไว้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ และการตัดสินใจ แต่เป็นคำตอบที่ค่อนข้างดีสามารถยอมรับได้ และใช้เวลาในการคำนวณที่รวดเร็ว (ปัญญวัตน์ จันทร์ชัยภักดิ์, 2561)

ฮิวริสติกส์ (Heuristic) เป็นวิธีที่ใช้สำหรับในการแก้ปัญหาทางด้านการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งทั่วไป หรือด้านการจัดแส้นทางจัดเก็บขยะ แต่ว่ายังมีหลายวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ได้เหมือนกัน ดังนั้น ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาวิธีฮิวริสติกส์ เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาเส้นทางที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยเฉพาะในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะ และขนส่งประเภทต่าง ๆ (จารุพงษ์ บรรเทา, นันทพัทธ์ สันติชูวงศ์ และวิระชัย ตาลกลาง, 2559)

ฮิวริสติกส์ (Heuristic) หมายถึง วิธีที่จะนำมาใช้เพื่อช่วยเพิ่มโอกาสในการแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ แต่ไม่รับประกันว่าจะสามารถหาคำตอบได้ในทุกกรณี และยังเป็นการศึกษาถึงขั้นตอน และกฎเกณฑ์ เพื่อใช้ในการค้นหาวิธีแก้ไข และสร้างทางเลือกใหม่สำหรับการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่ง (ภคพร ผงทอง, 2559)

วิธี Saving heuristic เสนอโดย Clarke and Wright (1964) เป็นวิธีที่มีความนิยมใช้ในการทำวิทยานิพน์ และนำใช้กันอย่างแพร่หลาย เพราะเป็นวิธีการค่อนข้างที่ง่าย แต่ว่าไม่ได้เป็นคำตอบที่ดีที่สุด โดยการสร้างคำตอบแต่ละขั้นตอนจะเริ่มจากคำตอบเริ่มต้นที่อาจยังมีความเป็นไปได้ แล้วสร้างคำตอบในลำดับถัดไป เลือกแทรกลูกค้าเข้ามาในเส้นทางเดิม โดยไม่เกินความจุของยานพาหนะ การแทรกลูกค้าจะถูกแทรกเข้าอยู่เรื่อย ๆ จนกว่าจะได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด โดยทำตามขั้นตอนดังต่อไปนี้ (ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์, 2561)

1. กำหนดให้หนึ่งเส้นทางมีลูกค้าเพียง 1 ราย

2. จับคู่จุดส่งสินค้าเพื่อให้อยู่ในเส้นทางเดียวกันไว้ในเส้นทางหลัก แทรกการจัดส่งสินค้าจากคลังสินค้าไป และกลับทุก ๆ จุด เพื่อทำให้เกิดความประหยัดในการเดินทาง โดยสูตรดังนี้

ค่า Saving = (doi + dio + doj + djo) – (dio + djo + dij) = dio + doj – dij

โดยจะได้สมการในการหาค่าความประหยัด ดังนี้

Sij = dio + doj – dij

กำหนดให้:

Sij = ค่าความประหยัดระหว่างคู่จุดส่งสินค้า i และ j

dio = ระยะทางจากจุดส่งสินค้า i ไปยังคลังสินค้า

doj = ระยะทางจากคลังสินค้าไปยังจุดส่งสินค้า j

dij = ระยะทางระหว่างจุดส่งสินค้า i และ j

จากนั้นคำนวณหาค่าความประหยัดของทุกคู่จุดส่งสินค้า ที่เป็นไปได้

3. เรียงลำดับคู่ที่มีค่าความประหยัด Saving จากมากไปหาน้อย โดยพิจารณาเฉพาะค่าที่มีจำนวนเต็มบวกเท่านั้น แล้วเลือกคู่ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดเข้าในเส้นทางนั้น หลังจากนั้นให้พิจารณาค่าความประหยัดของคู่จุดรับส่งสินค้าในลำดับถัดไป

วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest heuristic) เป็นการหาคำตอบ เพื่อทำการจัดลำดับเส้นทางการขนส่ง เริ่มต้นจากการเลือกจุดที่ใกล้ที่สุด และหลังจากนั้นเลือกเอาจุดส่งที่อยู่ใกล้จุดส่งล่าสุดมากที่สุด โดยการทำซ้ำให้ครบทุกจุด โดยพิจารณาไม่ให้ปริมาณสินค้าเกินความจุของยานพาหนะ ถ้าหากเกินความจุก็จะแบ่งวิธีการพิจารณาออกเป็น 2 วิธี คือ วิธีเน้นระยะทาง ถ้าหากเกินความจุของยานพาหนะก็จะหันไปใช้รถคันใหม่ทันที และวิธีเน้นบรรทุกเต็มคัน ถ้าหากเกินความจุของยานพาหนะ ก็จะพิจารณาจุดส่งที่มีระยะทางใกล้รองลงมาเรื่อย ๆ จนกว่าจะไม่พบจุดส่งสินค้าที่สามารถบรรทุกได้ หรือเหลืออยู่ จึงจะใช้รถคันใหม่ (ยลพัชร์ อังกูรสิทธิ์, 2560)

วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest heuristic) โดยเริ่มต้นกำหนดลูกค้าเพียง 1 ราย เข้าในเส้นทางเดียวกัน โดยพยายามหาลูกค้าในกลุ่มแทรกเข้ามาจนกว่าจะเต็มความจุของยานพาหนะ (ปฏิพัทธ์ หงษ์สุวรรณ, วิชัย จันทรักษา และสรรวิทย์ เชื้อพิสุทธิ์กุล, 2556) ตามขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 จัดเส้นทางจากคลังสินค้าไปยังร้านค้าต่าง ๆ โดยเริ่มต้นจากคลังสินค้าแล้วเลือกเดินทางไปยังร้านค้าที่มีระยะทางใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 ค้นหาร้านค้าที่ยังไม่ได้ถูกจัดเข้ามาในเส้นทางนั้น และมีระยะทางสั้นที่สุดใกล้กลับร้านค้าก่อนหน้าที่เลือก

ขั้นตอนที่ 3 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 2 จนกว่าลูกค้าทุกรายจะจัดเข้ามาในเส้นทางที่มีความต้องการไม่เกินความจุของยานพาหนะ ถ้าหากเกินความจุของก็ให้ยุดเลือกแล้วกลับไปยังคลังสินค้า

ขั้นตอนที่ 4 ทำซ้ำในขั้นตอนที่ 1, 2, 3 ไปเรื่อย ๆ จนกว่าร้านค้าทุกร้านจะถูกจัดเข้าในเส้นทางเดียวกัน

วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest heuristic) เป็นการจัดเส้นทางเพื่อหาจุดลูกค้าที่ใกล้ที่สุดที่เพิ่มเข้ามาในเส้นทาง แล้วแทรกรายชื่อลูกค้าที่มีระยะทางใกล้ที่สุด คือ เริ่มจากจุดลูกค้าจากจุดใดจุดหนึ่ง แล้วพิจารณาจากจุดที่ใกล้ที่สุด และเชื่อมจุดระหว่างจุดที่พิจารณาที่ใกล้ที่สุดกับจุดแรกที่เลือก (เกศินี สือนิ, 2563)

วิธีการเพื่อนบ้านที่ใกล้ที่สุด (Nearest heuristic) โดยยานพาหนะจะเริ่มเดินทางจากจุดปัจจุบันไปยังจุดที่อยู่ใกล้ที่สุด แล้วยานพาหนะจะเดินทางไปยังจุดต่อไป โดยจะพิจารณาความจุของยานพาหนะ และระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง ถ้าหากเกินความจุของยานพาหนะก็จะทำการปิดเส้นทางนั้น แล้วเริ่มต้นด้วยเส้นทางใหม่ โดยรถจะเริ่มออกเดินทางจากโรงกำจัดขยะแล้ววิ่งไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะครบทุกจุด (วิไลวรรณ์ แก่นสาร และสมบัติ สินธุเชาวน์, 2556) โดยสูตรดังนี้

$$Cij = Cip + Cpj$$

Cij = ค่า ระยะทาง จาก โหนด i ไปโหนด j

Cip = ค่า ระยะทาง จาก โหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติ

Cpj = ค่า ระยะทาง จาก โหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติ ไปโหนด j

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเดินทางจาก 0 ไปยังจุดที่ระยะทางสั้นที่สุดโดยไม่เกินข้อกำหนดต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 เริ่มเดินทางใหม่จาก 0 ไปยังโหนดที่มีระยะสั้นที่สุด โดยไม่วิ่งไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 3 เดินทางไปเรื่อย ๆ จนครบทุกจุดมี 39 จุด ก็จะได้เส้นทางการขนส่งขยะ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการรวบรวมระยะทางทั้งหมด และเวลาที่ใช้ทั้งหมดแต่ละเส้นทาง

วิธีการหาจุดไกลที่สุด (Max-nearest heuristic) เป็นการค้นหาวิธีการ โดยการยกเอาหลักการของวิธีการหาจุดใกล้ที่สุด (Nearest heuristic) มาปรับแต่งใหม่ คือ จะเริ่มค้นหาจุดที่ไกลที่สุดก่อน โดยยานพาหนะจะเดินทางออกจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดไกลที่สุดแล้วก็เดินทางไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด (วิไลวรรณ์ แก่นสาร และสมบัติ สินธุเชาวน์, 2556) ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเดินทางจากจุด 0 ไปยังจุดที่ไกลที่สุดก่อน จากนั้นก็จะเดินทางไปยังจุดที่ระยะทางสั้นที่สุดต่อจากจุดนั้นจนครบ

ขั้นตอนที่ 2 เริ่มเดินทางใหม่จากจุด 0 ไปยังจุดที่มีระยะทางไกลที่สุดก่อน อีกครั้งจากนั้นเดินทางไปยังจุดที่ระยะทางสั้นที่สุดต่อจากจุดนั้น และระยะทางสั้นลองลงมา

ขั้นตอนที่ 3 เดินทางไปเรื่อย ๆ จนครบทุกจุด คือ 39 จุด ก็จะได้เส้นทางการขนส่งขยะ

ขั้นตอนที่ 4 รวบรวมระยะทางทั้งหมด และระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมดของแต่ละเส้นทาง

วิธีการหาจุดไกลที่สุด (Max-nearest heuristic) เป็นวิธีการปรับแต่งใหม่จากวิธี Nearest heuristic โดยวิธี Max-nearest heuristic คือ รถจะเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่อยู่ไกลที่สุดก่อน แล้วเดินทางไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด (ณัฐพร ชอนสุข และมณีรัตน์ บุญรินทร์, 2561) โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการ โดยมีเวลาเดินทางเท่ากับ 0 ทุกเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 เลือกเส้นทางที่มีระยะทางไกลที่สุด ภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 3 เลือกจุดที่ใกล้กับจุดปลายทาง ภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 4 ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 และ 4 จนครบทุกจุด แล้วเลือกเอาเส้นทางที่ใกล้ที่สุด

วิไลวรรณ์ แก่นสาร (2556, อ้างถึงใน ภคพร ผงทอง, 2559, หน้า 13) วิธีประหยัด (Saving) เป็นวิธีการรวมจุดรับ - จุดส่งมากกว่า 1 จุด ให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน โดยเปรียบเทียบด้านระยะทาง ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายต่าง ๆ ที่สามารถทำให้ประหยัดที่สุด เสนอโดย (Clarke & Wright, 1964) ที่มีขั้นตอนที่ไม่ซับซ้อน เป็นวิธีที่ง่ายในการหาคำตอบ โดยส่วนใหญ่วิธีนี้นิยมใช้ในการแก้ไขปัญหาขนาดเล็ก และขนาดกลาง ที่มีขั้นตอนการหาคำตอบ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีจุดเก็บขยะเพียง 1 จุด เท่านั้น ทำให้เราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าประหยัดของระยะทาง หรือค่าใช้จ่าย โดยกำหนดให้ Sij แทนค่าความประหยัดของระยะทางของการขนส่งระหว่างจุดเก็บขยะ i และจุดเก็บขยะ j

$$\text{สูตร} \quad Sij = (doi + doj) - dij$$

Sij = ค่าความประหยัด Saving จากโหนด i ไปโหนด j

doi = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด i

doj = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด j

dij = ระยะทางจาก โหนด i ไปโหนด j

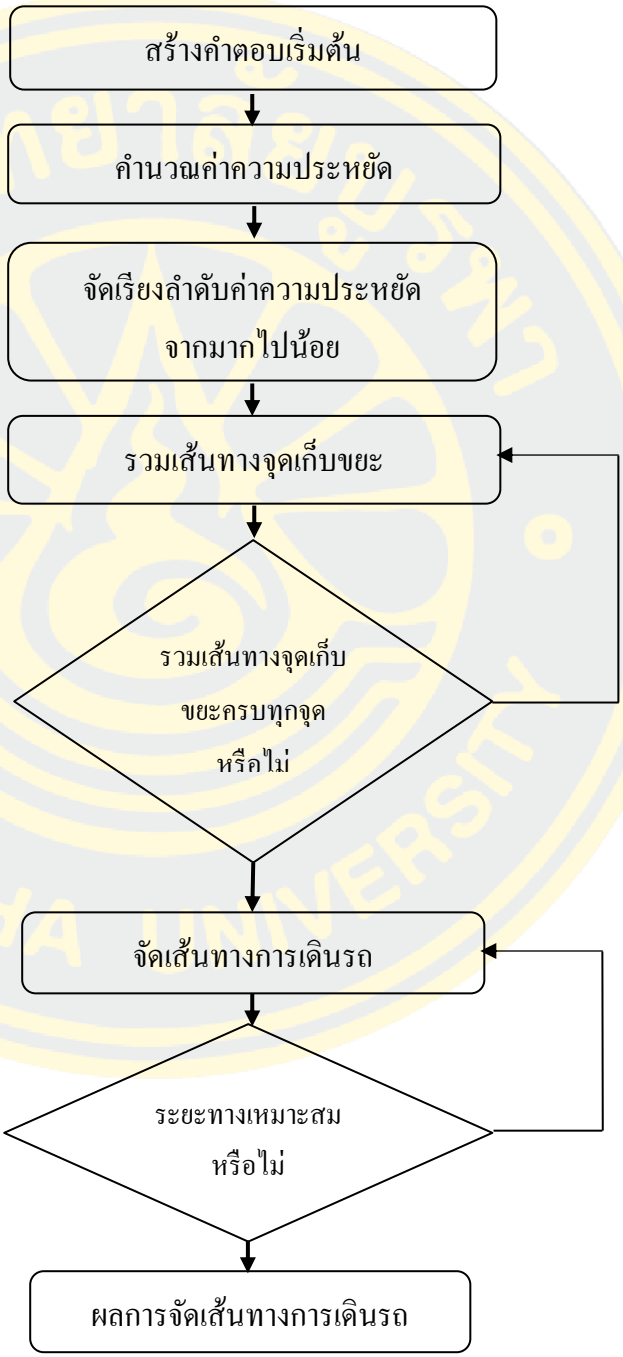
ขั้นตอนที่ 3 จัดเรียงลำดับค่าความประหยัด (Saving) จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 รวมเส้นทางของจุดเก็บขยะจากจุด i และจุด j ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำจนครอบคลุมจุดเก็บขยะทั้งหมด โดยมีข้อจำกัดด้านปริมาณขยะจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้ระยะเวลาเดินทางไม่เกินความสามารถที่ยานพาหนะได้

ขั้นตอนที่ 6 รวมระยะทางเดินรถเป็นระยะทางรวมของเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าหากระยะทางไม่เหมาะสมกันก็ทำการหาเส้นทางใหม่



ภาพที่ 9 แผนผังขั้นตอนวิธีการเปรียบเทียบของการประหยัด

ที่มา: ภคพร ผงทอง (2559)

วิธี Sweep heuristic เป็นวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้า หรือแบ่งกลุ่มของจุดเก็บขยะก่อนโดยการกวาดรวมเอาจุดต่าง ๆ ตามลักษณะของเข็มนาฬิกา พร้อมกับการพิจารณาความต้องการในการจัดเก็บขยะจนกว่าจะเต็มความจุของยานพาหนะ จึงจะนำไปส่งที่โรงกำจัดขยะ และเริ่มต้นอีกครั้งจนครบทุกจุดรับส่ง โดยมีขั้นตอนการจัดเส้นทาง (ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์, 2561) ดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกเอาจุดเริ่มต้นโดยไม่รวม Depot โดยจะพิจารณาเลือกเอาจุดที่ใกล้กับจุดเริ่มต้นมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 กวาดรวมเอาจุดลูกค้า หรือเก็บขยะทิศทางทวนเข็มนาฬิกา พร้อมทั้งพิจารณา Demand ไปด้วย เพื่อไม่ให้เกินความจุของยานพาหนะ

ขั้นตอนที่ 3 ทำตามขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 จนกว่าจะรวมจุดเก็บขยะครบทุกจุด

ข้อมูลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

วิเชียร ฝอยพิกุล (2550 อ้างถึงใน จิตติพงศ์ สังข์ทอง, 2556, หน้า 15) ได้กล่าวไว้ว่าข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงได้กับตำแหน่งภูมิศาสตร์ทางพื้นดินได้ ซึ่งมีความแตกต่างจากระบบสารสนเทศที่มีการจัดการกับระบบคอมพิวเตอร์ทั่วไปประกอบกับการทำงานด้วยมือ แล้วทำการรวบรวมข้อมูลที่เป็นตารางนำมาทำเป็นข้อมูลด้านสารสนเทศ เพื่อให้กับผู้บริหารสามารถตัดสินใจ จึงไม่จำเป็นต้องอ้างอิงตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ได้แสดงเป็นภาพกับตำแหน่งบนโลกเพียงแต่จะบอกว่าข้อมูลนั้นเป็นข้อมูลของสถานที่ใดเท่านั้น

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่แสดงเป็นกราฟิก ได้แบ่งตามประเภทลักษณะภูมิศาสตร์ที่แสดงข้อมูลเป็นตัวแทนที่เกิดจากปรากฏการณ์ภูมิศาสตร์บนพื้นโลก โดยทำการบันทึกตำแหน่งภูมิศาสตร์บนพื้นโลกที่มีลักษณะเป็นเส้น เป็นจุด พื้นที่และตัวอักษร โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

1. จุด (Point) ได้แก่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่มีตำแหน่งที่ตั้งเฉพาะเจาะจง ไม่มีขนาดพื้นที่ ไม่มีความยาวที่สามารถแทนได้ด้วยจุด เช่น โรงเรียน โรงงาน โรงพยาบาล เป็นต้น

2. เส้น (Arc) ได้แก่ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่วางตัวเป็นจุดต่อเนื่องกันไป โดยเชื่อมระหว่างจุด 2 จุดที่แทนด้วยเส้น เช่น เส้นทาง เส้นชั้นความสูง สายน้ำ เป็นต้น

3. พื้นที่ (Polygon) ได้แก่ ลักษณะทางด้านภูมิศาสตร์ที่มีขนาดพื้นที่ที่ถูกล้อมด้วยลักษณะเส้น โดยแสดงถึงขอบเขต หรือพื้นที่ต่าง ๆ ได้แก่ ขอบเขตตำบล ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตจังหวัด เป็นต้น (วิเชียร ฝอยพิกุล, 2550 อ้างถึงใน จิตติพงศ์ สังข์ทอง, 2556, หน้า 15)

วิเชียร ฝอยพิกุล (2550 อ้างถึงใน จิตติพงศ์ สังข์ทอง, 2556, หน้า 20-21) ได้กล่าวไว้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่จัดรวบรวมบันทึกข้อมูล นำเข้าข้อมูล และปรับปรุงข้อมูลให้มีความสารถในการวิเคราะห์ และแสดงข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นเครื่องมือ

ที่มีประสิทธิภาพในการรวบรวมข้อมูลที่สามารถดัดแปลง และวิเคราะห์ แสดงผล รวมถึงการนำเสนอข้อมูลได้ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ แสดงถึงปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่งที่จะช่วยประกอบในการตัดสินใจ นำไปประยุกต์ใช้ในการวางแผนการดำเนินงาน และในมุมมองวิธีการ หมายถึง กระบวนการใช้คอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ และออกแบบ เพื่อสร้างประสิทธิภาพในการจัดรวบรวมข้อมูล การปรับปรุงข้อมูล การคำนวณข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบที่สามารถอ้างอิงได้ และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ยังเป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญสำหรับการตัดสินใจในการพัฒนา เพราะสามารถใช้เป็นประโยชน์จากการประมวลทางเลือก และวิเคราะห์ผลของผู้ตัดสินใจ

การวิเคราะห์เครือข่าย ArcGIS เป็นส่วนขยายที่มีประสิทธิภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่บนเครือข่าย รวมถึงการกำหนดเส้นทางการเดินรถ การกำหนดทิศทางการเดินรถ การกำหนดสิ่งอำนวยความสะดวกที่ใกล้ที่สุด และการวิเคราะห์พื้นที่การบริการ ArcGIS ช่วยให้ผู้ใช้สามารถจำลองภาพเครือข่ายที่เหมือนจริงได้แบบไดนามิค รวมถึงข้อจำกัดต่าง ๆ เช่น การเลี้ยว ความเร็ว ความสูง และสภาพการสัญจรในช่วงเวลาที่แตกต่างกันในแต่ละวัน โดยผู้ใช้งานสามารถวิเคราะห์โครงข่ายได้หลายทาง ดังนี้

- ค้นหาเส้นทางการเดินรถที่มีประสิทธิภาพ
- พิจารณาทางด้านสิ่งอำนวยความสะดวก หรือยานพาหนะที่อยู่ใกล้ที่สุด
- สร้างเส้นทางการเดินรถใหม่
- ค้นหาตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานต่าง ๆ

ในปัจจุบันได้มีการวิเคราะห์โครงข่าย เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการรวบรวม และขนส่งขยะมูลฝอยขนาดใหญ่ โดยใช้วิธี Dijkstra's Algorithm เพื่อแก้ปัญหาในการกำหนดเส้นทางการเดินรถที่สร้างขึ้นตามเกณฑ์ ดังต่อไปนี้

1. เกณฑ์ด้านระยะทาง คือ เส้นทางที่ถูกสร้างขึ้นโดยคำนึงถึงตำแหน่งของขยะมูลฝอยขนาดใหญ่เท่านั้น และปริมาณการสัญจรบนท้องถนน

2. เกณฑ์ด้านระยะเวลา คือ เวลาเดินทางทั้งหมดในแต่ละส่วนของถนน โดยเวลาเดินทางทั้งหมดในเส้นทางเท่ากับรันไทม์ของยานพาหนะบวกกับการรวบรวมขยะมูลฝอยขนาดใหญ่ และรันไทม์ของยานพาหนะสามารถคำนวณได้โดยพิจารณาความยาวของเส้นทาง และความเร็วของยานพาหนะของแต่ละเส้นทาง ระยะเวลาทั้งหมดของยานพาหนะที่ใช้ในการรวบรวมขยะมูลฝอย ซึ่งในเกณฑ์ที่ 2 ที่วัดถึงความยาว ความกว้าง และปริมาณการจารจรบนท้องถนนจะถูกนำมาพิจารณาในแต่ละส่วนของถนน (Bhambulkar, 2011)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์ (2561) แก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์ โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของระบบรถรับ-ส่งนักเรียน 2) เพื่อเพิ่มความปลอดภัยในการเดินทางประจำวันของนักเรียนที่ใช้รถรับ-ส่ง 3) เพื่อหาความเหมาะสมของจำนวนรถรับ-ส่งต่อจำนวนนักเรียนที่ใช้รถรับส่งเป็นประจำ โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ในการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน โดยจำนวนจุดรับส่งทั้งหมด 39 จุด โดยใช้วิธีประหยัด โดยผลวิเคราะห์พบว่า รถบัสในการรับส่งให้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยมีระยะทางรวม 733 กิโลเมตรต่อรอบ และพบว่าสามารถต้นทุนต่อเดือนได้ 134,817 บาทต่อเดือน

ภคพร ผงทอง (2559) วางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้วิธีประหยัด กรณีศึกษา เส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาลักษณะการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 2) เพื่อศึกษารูปแบบการขนส่งขยะในอำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 3) เพื่อศึกษากระบวนการการวางแผนเส้นทางการจัดเก็บขยะโดยวิธีประหยัด และ 4) เพื่อศึกษาการวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะที่ดีทำให้การขนส่งขยะลดลง เครื่องมือในการวิเคราะห์โดยประยุกต์ใช้วิธีประหยัด นำใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์ (Microsoft Excel) โดยกำหนดจุดเก็บขยะทั้งหมด 25 จุด นำใช้รถขนส่งแบบอัดท้าย จำนวน 11 คัน โดยนำใช้ Google Map เพื่อคำนวณหาระยะทาง ผลการวิจัยพบว่า เส้นทางการขนส่งขยะแบบเดิม มีระยะทางรวม เท่ากับ 1,016.60 กิโลเมตร หลังจากใช้วิธีประหยัดแล้วได้ระยะทางลดลง คือ 1,002.1 กิโลเมตร โดยทำให้ระยะทางลดลง 14.5 กิโลเมตร และปัญหาที่พบเห็นส่วนใหญ่ คือ รถบรรทุกแต่ละคันไม่สามารถขนส่งขยะได้ตามแผนที่กำหนดไว้ สภาพเส้นทางเข้าออกคับแคบ และรถบรรทุกบางคันไม่สามารถเก็บขยะไม่เต็มความจุของรถ เพราะไม่สามารถพยากรณ์ปริมาณน้ำหนักขยะในแต่ละวันได้

คลอเคลีย วจนะวิชากร และกนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์ (2559) แสดงวิธีหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษา เทศบาลตำบลอุบล จังหวัดอุบลราชธานี โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะของชุมชนในเขตเทศบาลตำบลอุบล จังหวัดอุบลราชธานี โดยการจัดเส้นทางใหม่ เพื่อทำให้ระยะทางรวมสั้นที่สุด โดยประยุกต์ใช้วิธีประหยัด และวิธีเชิงวิวัฒนาการเข้ามาจัดกลุ่มพื้นที่จุดเก็บขยะใหม่ รวมถึงปริมาณน้ำหนักขยะที่ใกล้เคียงกัน โดยไม่เกินความจุของยานพาหนะ ผลจากการศึกษา พบว่า วิธีเชิงวิวัฒนาการสามารถลดระยะทางการเดินรถที่ได้ระยะทางสั้นที่สุด คือ ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด 23.70 กิโลเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางเดินรถก่อนปรับปรุง คือ ระยะทางรวม เท่ากับ 73 กิโลเมตร แสดงว่าระยะทางลดลงจากเดิม 49.3 กิโลเมตร และสำหรับเส้นทางการเดินรถ 2 เส้นทาง ระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมด เท่ากับ 33 กิโลเมตร เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทางเดินรถก่อนปรับปรุง คือ ระยะทางรวม

เท่ากับ 73 กิโลเมตร แสดงว่า ระยะทางการเดินรถลดลงได้ 40 กิโลเมตร และพบว่า การจัดเส้นทางเดินรถ 1 เส้นทาง ทำให้ได้ระยะทางสั้นกว่าเส้นทางการเดินรถ 2 เส้นทาง

ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, อินทุอร ศรีสว่าง และวนัฐณพงษ์ คงแก้ว (2559) ศึกษาการประยุกต์ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อปรับปรุงการจัดเส้นทางการเก็บขยะภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ โดยใช้วิธีแบบประหยัด (Saving algorithm) และฟังก์ชันวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary method) โดยนำวิเคราะห์ในโปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์ (Microsoft Excel Solver) ผลจากการศึกษาพบว่า วิธีแบบประหยัด กรณีการเดินรถเก็บขยะเพียง 1 เส้นทาง พบว่า ระยะทางเดินรถรวมทั้งหมด เท่ากับ 12.914 กิโลเมตรต่อวัน และปริมาณขยะรวมทั้งหมด เท่ากับ 3,101.90 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับเส้นทางการเดินรถเก็บขยะ 2 เส้นทาง พบว่า ระยะทางเดินรถรวมทั้งหมด เท่ากับ 14.349 กิโลเมตรต่อวัน สำหรับการจัดเส้นทางด้วยวิธีการเชิงวิวัฒนาการ กรณีใช้เพียง 1 เส้นทาง พบว่า ระยะทางเดินรถรวมทั้งหมด เท่ากับ 12.418 กิโลเมตรต่อวัน และปริมาณขยะรวม เท่ากับ 3,101.90 กิโลกรัมต่อวัน สำหรับผลการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ 2 เส้นทาง พบว่า ระยะทางเดินรถรวม เท่ากับ 13.690 กิโลเมตรต่อวัน และมีปริมาณขยะรวม เท่าเดิม

ธนลักษณ์ ศิรธรรมธร (2559) ทำการวิเคราะห์โครงข่ายด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนจัดเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษา เทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาสภาพปัจจุบันของที่ตั้งถังขยะ และเส้นทางการเดินรถจัดเก็บขนขยะในเทศบาล เมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 2) เพื่อวางแผนกำหนดที่ตั้งขยะ และเส้นทางการเดินรถจัดเก็บขนขยะ โดยคำนึงถึงผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม และพฤติกรรมการทิ้งขยะของประชาชน ในเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้เพื่อกำหนดหาที่ตั้งถังขยะให้มีความเหมาะสม และกำหนดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะอย่างมีประสิทธิภาพ โดยนำใช้วิธีการวิเคราะห์โครงข่าย 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์หาทำเลที่ตั้ง และการจัดสรร (Location-Allocation Analysis) และการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถ โดยได้ทำการกำหนดสถานที่ตั้งถังขยะมูลฝอยใหม่ในแบบ 3 สถานการณ์ หลังจากนั้นทำการเปรียบเทียบ เพื่อหาสถานการณ์ที่สามารถตอบสนองความต้องการมากที่สุด และมีความเหมาะสมกับเส้นทางการเดินรถมากที่สุด จากผลการศึกษา พบว่า จุดที่ตั้งถังขยะใหม่ และเส้นทางเดินรถเก็บขยะใหม่ตรงกับสถานการณ์ที่ 3 มากที่สุด สามารถจัดเก็บขยะได้มากขึ้น ช่วยลดปัญหาด้านขยะตกค้าง และช่วยลดระยะเวลาในการเดินทางจัดเก็บขยะได้มากขึ้น

กัณทรัต นวลมา, ธีระ ฤทธิรอด และสุมนต์ สกุลไชย (2559) ศึกษาแนวทางการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยให้มีความเหมาะสมโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนในพื้นที่เทศบาลตำบลโนนคอม เมืองภูม่าน จังหวัดขอนแก่น โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษา และวิเคราะห์สภาพปัญหาของระบบการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลตำบลโนนคอม 2) เพื่อเสนอแนวทางการบริหารจัดการขยะมูลฝอยโดยการมีส่วนร่วมของประชาชนในการจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลโนนคอม ประชากรที่ใช้ในศึกษาครั้งนี้ คือ คณะหัวหน้าส่วนราชการ สมาชิกสภาเทศบาลตำบลโนนคอม จำนวนทั้งหมด 48 คน ด้วยการใช้แบบสัมภาษณ์ และการสนทนากลุ่ม โดยใช้สถิติเป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบพรรณนา ผลจากการศึกษาพบว่า ได้ดำเนินการจัดการเก็บขยะมูลฝอย โดยวิธีการให้จ้างเหมาให้เอกชนดำเนินการจัดการเก็บขยะ และนำขยะไปทิ้ง เนื่องจากว่าเทศบาลไม่มีงบประมาณในการจัดซื้อรถบรรทุกเก็บขยะ โดยมีการจัดเก็บขยะในตำบลโนนคอม จำนวน 7 หมู่บ้าน สามารถเก็บขยะมูลฝอยได้ 1.2 ตันต่อวัน ถังขยะที่ใช้ในการบรรจุขยะของประชาชนไม่เพียงพอและเสียหาย รวมถึงยังมีขยะตกค้างในด้านการขนส่งขยะมูลฝอยและขยะตกค้าง พบว่า ขยะตกหล่นบนท้องถนนที่เก็บขนไป เนื่องจากว่ารถเก็บขยะมีการดัดแปลง และยังไม่มีการรณรงค์ส่งเสริมอย่างจริงจังในการสร้างจิตสำนึก

พงศธร ศิริพงษ์ (2559) วิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุนระหว่างซื้อรถบรรทุกและใช้บริการ Third party กรณีศึกษา ธุรกิจขนส่งไม้ท่อน โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการลงทุนระหว่างซื้อรถบรรทุก และใช้บริการ Third party และเพื่อศึกษาต้นทุนในการขนส่งไม้ท่อนไปยังลูกค้าประกอบการตัดสินใจในการลงทุน ซึ่งผลการประเมินเท่ากับร้อยละ 4 ด้วยเงินลงทุน 2,725,000 บาท อัตราผลตอบแทนเท่ากับ -952,416 บาท

พงศ์ภูมิ แก้วสูงเนิน (2559) จัดเส้นทางการขนส่งน้ำดื่ม โดยวิธีประหยัด กรณีศึกษา กลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตน้ำดื่ม ตำบลขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสรมา โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนาวิธีการขนส่งในการลดต้นทุน สำหรับธุรกิจขนาดเล็ก และพัฒนาเว็บแอพพลิเคชั่นในการสั่งซื้อ และจัดการเส้นทางขนส่งน้ำดื่ม โดยใช้ Google API ซึ่งจะพิจารณาด้วย 4 ปัจจัย ในการวิเคราะห์แบบประหยัดที่สุดโดยวิธีประหยัด โดยผลจากการศึกษาพบว่า สามารถช่วยลดระยะทางการขนส่งลงได้ร้อยละ 7.61 ช่วยลดต้นทุนการขนส่งลงได้ร้อยละ 1.19 และช่วยลดน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ร้อยละ 7.84 ตามลำดับ

รัฐกร แตงแสงจันทร์ (2558) จัดเส้นทางเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขกรอบเวลา และข้อจำกัดเวลาการทำงาน โดยมีวัตถุประสงค์ 1) ศึกษาตัวแบบคณิตศาสตร์สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถ เพื่อขนส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขด้านกรอบเวลา และข้อจำกัดเวลาการทำงาน 2) ประยุกต์ใช้วิธีการอาณาจักรมดกับปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งสินค้า และ

3) หาพารามิเตอร์ของปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขกรอบเวลาและข้อจำกัดเวลาการทำงานที่เหมาะสม โดยใช้วิธีอาณาจักรมดมีการพิจารณาเงื่อนไขกรอบเวลา น้ำหนักรถบรรทุก และเวลาการทำงาน แล้วนำมาสร้างขั้นตอนวิธีทางคอมพิวเตอร์ โดยการทดสอบจำนวนลูกค้า 60 ราย มีข้อจำกัดการทำงาน 8 ชั่วโมง ผลวิเคราะห์ พบว่า วิธีอาณาจักรมดให้คำตอบดีกว่าวิธีฮิวริสติกส์ สามารถระยะทางการเดินรถได้ร้อยระ 4.22 และสามารถลดระยะเวลาการขนส่งลงได้ร้อยระ 6.93

จีระพันธ์ โกมุทพันธุ์ (2556) ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะ เพื่อวางแผนการจัดเก็บ และขนส่งขยะมูลฝอย กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อสร้างแบบจำลองของปัญหาการเดินรถเก็บขยะ และหาคำตอบเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะในพื้นที่องค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ คือ โปรแกรมสำเร็จรูป Solver และทำแบบจำลองเส้นทางเก็บขยะแบบ Network ตามจุดเก็บขยะในเขตพื้นที่รับผิดชอบ ผลจากการศึกษาสามารถสรุปได้ดังนี้ เส้นทางวันจันทร์ พบว่า เส้นทางเดินรถเก็บขยะจำนวน 18 จุด ระยะทางที่ใช้ เท่ากับ 19,043 เมตร เส้นทางวันพุธ พบว่า เส้นทางเดินรถเก็บขยะจำนวน 14 จุด ระยะทางที่ใช้ เท่ากับ 15,803 เมตร และเส้นทางวันศุกร์ พบว่า เส้นทางเดินรถเก็บขยะจำนวน 13 จุด เพิ่มเป็น 23 จุด ระยะทางที่ใช้ เท่ากับ 15,283 เมตร ทำให้มีการลดลงจากระยะทางเดิม 210 เมตร สรุปได้ว่า เส้นทางการเดินรถทั้ง 3 เส้นทาง คือ เส้นทางวันจันทร์ วันพุธ และวันศุกร์ มีปริมาณเก็บขยะ เท่าเดิม คือ 3,700 กิโลกรัม และทำให้เส้นทางใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลงบางเส้นทาง โดยเฉพาะเส้นทางวันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ สรุปได้ว่า ปริมาณเก็บขยะที่ได้ เท่าเดิม คือ 4,900 กิโลกรัม เส้นทางเดินรถเก็บขยะจำนวน 13 จุด ระยะทางที่ใช้ เท่ากับ 14,664 เมตร แต่ทำให้ระยะทางเท่าเดิม แสดงว่า การวางแผนดำเนินงานการขนส่งของเส้นทางวันอังคาร วันพฤหัสบดี และวันเสาร์ เป็นเส้นทางเดินรถเก็บขยะที่เหมาะสมมากที่สุด

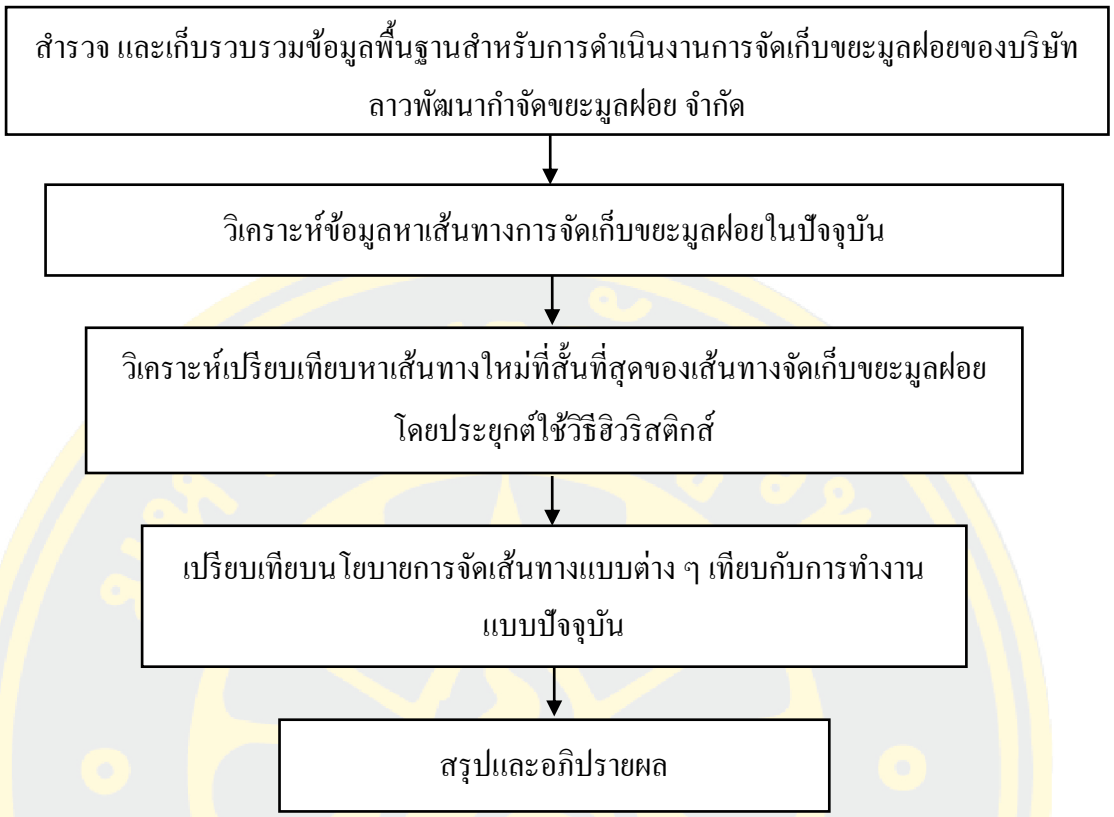
บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้ได้กล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานการวิจัยในการศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. วิธีดำเนินงานวิจัย
2. การสำรวจข้อมูลการจัดเก็บขยะมูลฝอย
3. โครงสร้างด้านประชากร
4. วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

วิธีดำเนินงานวิจัย

การศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาเส้นทางจัดเก็บขยะที่สั้นที่สุด และเหมาะสมที่สุด โดยประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธีประหยัด (Saving) วิธี Nearest heuristic วิธี Max-nearest heuristic และวิธี Sweep heuristic โดยใช้โปรแกรม ไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาวิธีที่ดีที่สุดที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยเริ่มจากขั้นตอนการศึกษา และเก็บรวบรวมข้อมูลปัจจุบัน ได้แก่ ประเภท จำนวน ระยะเวลา ระยะทาง ปริมาณขยะ เพื่อนำเอาข้อมูลดังกล่าวนำมาทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบหาเส้นทางการจัดเก็บขยะที่เหมาะสมที่สุด แล้วนำเอาผลการวิเคราะห์หาการเส้นทางแบบใหม่นำไปเปรียบเทียบกับการเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมในปัจจุบัน เพื่อหาวิธีแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะดังกล่าวที่เกิดขึ้น และเพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงเส้นทางจัดเก็บขยะที่เหมาะสมที่สุด โดยการเปรียบเทียบนโยบายการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะภายใต้ทรัพยากรของบริษัทที่มีอยู่ และภายใต้เงื่อนไขข้อจำกัดด้านต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนพนักงาน เพื่อจะทำให้สามารถลดระยะเวลาการทำงานของพนักงานลง และช่วยลดจำนวนยานพาหนะของบริษัท โดยนำใช้ยานพาหนะของบริษัทที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด โดยพยายามให้ยานพาหนะแต่ละคันวิ่งให้เต็มเที่ยวทุกคันให้มากที่สุด รายละเอียดดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 วิธีดำเนินงานวิจัย

พื้นที่การศึกษา

แขวงสะหวันนะเขตตั้งอยู่เขตภาคกลางของ สปป.ลาว โดยห่างจากนครหลวงเวียงจันทน์ ประมาณ 480 กิโลเมตร โดยมีพื้นที่ทั้งหมด 13.6 ล้านไร่ เป็นที่ราบร้อยละ 58.5 เนินเขา และภูเขา ร้อยละ 41.5 โดยได้ทำการแบ่งขอบเขตพื้นที่รับผิดชอบออกเป็น 15 ตัวเมือง ประกอบด้วย 1,006 หมู่บ้าน มีประชากรทั้งหมด 916,948 คน เพศหญิง 541,236 คน มีทั้งหมด 139,191 ครอบครัว โดยมีชายแดนติดต่อกับแขวงต่าง ๆ และประเทศเพื่อนบ้าน ทางทิศเหนือติดต่อกับ แขวงคำม่วน สปป.ลาว ทิศใต้ติดต่อกับ แขวงสาละวัน สปป.ลาว ทิศตะวันออกติดต่อกับ แขวงกวางจิ และแขวงกวางบินของประเทศเวียดนาม และทิศตะวันตกติดต่อกับ จังหวัดมุกดาหาร อำนาจเจริญ อุบลราชธานี และนครพนมประเทศไทย

นครไกสอนพมวิหานมีเนื้อที่ทั้งหมด 521.40 ตารางกิโลเมตร โดยมีเนื้อที่ใหญ่เป็นอันดับ 2 ของแขวงสะหวันนะเขต มีทั้งหมด 67 หมู่บ้าน มีจำนวน 18,124 ครอบครัว มีประชากรทั้งหมด 128,182 คน คิดเป็นร้อยละ 14 ของประชากรทั้งหมด เพศหญิงมีจำนวน 65,217 คน เพศชายมีจำนวน 62,965 คน ความหนาแน่นของประชากรอยู่ที่ 246 คนต่อตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ

62.1 ที่มีเขตแดนติดต่อกับเมือง และประเทศเพื่อนบ้าน คือ ทิศเหนือติดต่อกับ ไซบูลี ทิศใต้ติดต่อกับ จำพอน ทิศตะวันออกติดต่อกับ อุทุมพอน และทิศตะวันตกติดต่อกับ จังหวัดมุกดาหาร ประเทศไทย (เชื่อมโดยสะพานมิตรภาพไทย-ลาวแห่งที่ 2)

ภาพที่ 11 สถานที่ตั้งของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด

ภาพที่ 12 โรงกำจัดขยะมูลฝอย ขนาดพื้นที่ 16 เฮกตาร์

ที่มา: Google Maps (Thailand) Co., Ltd. (2020)

ภาพที่ 13 วิธีการแบบฝังกลบดินของโรงกำจัดขยะมูลฝอย

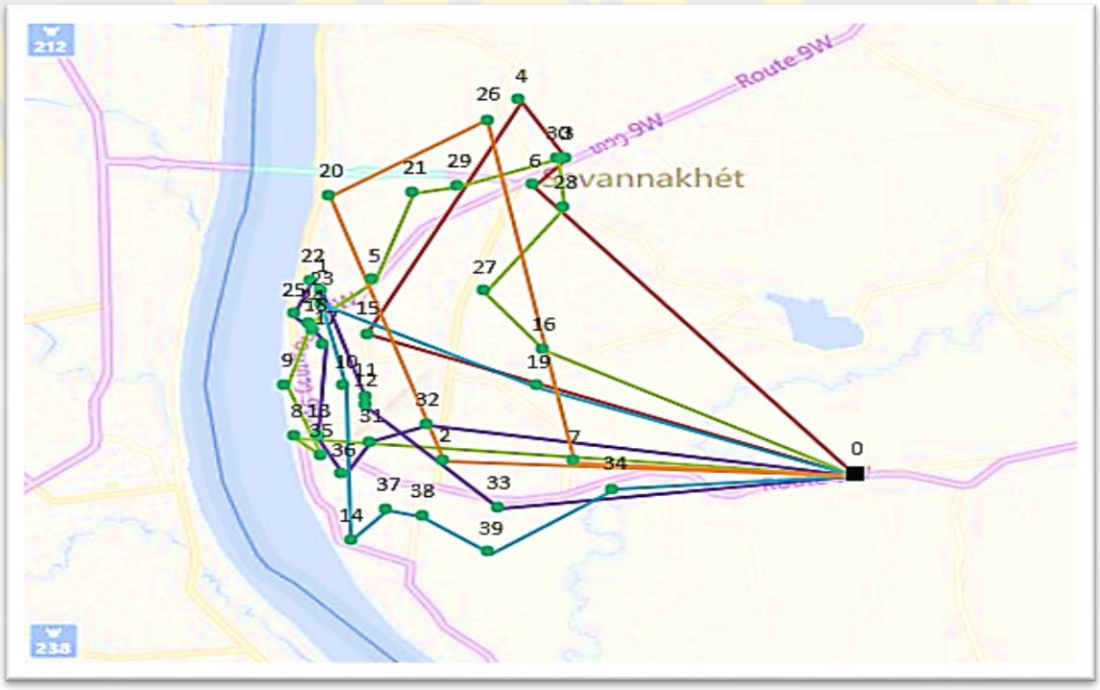
ภาพที่ 14 รถบรรทุก 10 ล้อ แบบอัดแน่น

ภาพที่ 15 รถบรรทุก 6 ล้อ แบบไม่อัดแน่น

ภาพที่ 16 ตำแหน่งที่ตั้งถังขยะภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน

การสำรวจข้อมูลการจัดเก็บขยะมูลฝอย

บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด มีหน้าที่ในการดำเนินงานจัดเก็บขยะมูลฝอยในเขตพื้นที่รับผิดชอบ และขนส่งไปยังโรงกำจัดขยะ โดยรถทุกขยะจะวิ่งออกจากโรงกำจัดขยะไปยังหมู่บ้านหรือตามจุดต่าง ๆ เพื่อรวบรวม และเก็บขยะขึ้นรถในแต่ละจุดของแต่ละเส้นทาง แล้วจึงวิ่งกลับคืนไปที่โรงกำจัดขยะ แล้วนำรถกลับไปจอดสถานที่เดิม โดยแต่ละวันจะมีการจัดเก็บขยะนำส่งไปยังโรงกำจัดขยะวันละประมาณ 19-20 เที่ยวต่อวัน เริ่มแต่เวลา 21:00 นาฬิกา ถึง เวลา 07:00 นาฬิกา โดยสัปดาห์ละ 6 วัน เริ่มแต่วันจันท์ ถึง วันเสาร์ ยานพาหนะของบริษัทมีทั้งหมด 6 คัน ได้แก่ รถบรรทุกขยะ 10 ล้อ แบบอัดแน่น จำนวน 3 คัน และรถบรรทุกขยะ 6 ล้อ แบบไม่อัดแน่น จำนวน 3 คัน สำหรับเส้นทางในการจัดเก็บขยะ รถทุกคันจะวิ่งตามเส้นทางที่บริษัทได้กำหนดไว้ให้ โดยจะแบ่งเส้นทางการเดินรถประเภท 10 ล้อ เป็น 3 เส้นทาง คือ เส้นทางที่ 1 ครอบคลุมพื้นที่ 11 หมู่บ้าน เส้นทางที่ 2 ครอบคลุมพื้นที่ 7 หมู่บ้าน เส้นทางที่ 3 ครอบคลุมพื้นที่ 8 หมู่บ้าน และเส้นทางการเดินรถประเภท 6 ล้อ โดยครอบคลุมพื้นที่ 5 หมู่บ้าน และวิ่งเก็บขยะจากสถานที่ต่าง ๆ เช่น ตลาด โรงพยาบาล วิทยาลัย มหาวิทยาลัย Savan Resorts และ Savan ITEC เป็นต้น



ภาพที่ 17 เส้นทางการเดินรถบรรทุกขยะในแต่ละเส้นทาง

โครงสร้างด้านประชากร

กำหนดเอาเฉพาะประชากรภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวัน-นะเขต ที่ทำสัญญาในการใช้บริการของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด ในการดำเนินงานจัดเก็บขยะของบริษัททั้งหมด 31 หมู่บ้าน มีจำนวน 11,841 ครอบครัว สำหรับครอบครัวที่ทำสัญญาจำนวน 6,466 ครอบครัว และยังไม่ทำสัญญา จำนวน 5,375 ครอบครัว แสดงดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สถิติครอบครัวทั้งหมด 31 หมู่บ้าน

ลำดับ	ชื่อหมู่บ้าน	คอบครัวทั้งหมด	ทำสัญญาเดือน 9/ 2020	ทำสัญญาเดือน 12/ 2020	เพิ่ม-ลดลง	ยังไม่ทำสัญญา
1	บ้านสะหนามไช	355	206	210	4	145
2	บ้านหัวเมืองใต้	388	232	231	-1	157
3	บ้านดงดำดวน	565	384	405	21	160
4	บ้านโนนสะหวาด	326	114	125	11	201
5	บ้านไชยะพูม	500	364	363	-1	137
6	บ้านโพนสะหว่างใต้	977	494	511	17	466
7	บ้านลัดตะนะลังสีใต้	236	149	153	4	83
8	บ้านท่าเมือง	219	181	189	8	30
9	บ้านไชยะพูม	429	325	321	-4	108
10	บ้านลัดตะนะลังสีเหนือ	484	349	358	9	126
11	บ้านสุนันทา	354	275	274	-1	80
12	บ้านจอมแก้ว	163	104	102	-2	61
13	บ้านเวียงสะหวัน	152	82	89	7	63
14	บ้านโพนสะหว่างเหนือ	554	244	247	3	307
15	บ้านโพไช	345	208	204	-4	141
16	บ้านลาดชะวงไช	334	242	251	9	83
17	บ้านท่าแฮ่	346	215	215	0	131

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อหมู่บ้าน	คอบครัวทั้งหมด	ทำสัญญาเดือน 9/ 2020	ทำสัญญาเดือน 12/ 2020	เพิ่ม-ลดลง	ยังไม่ทำสัญญา
18	บ้านนาเล่า	520	396	399	3	121
19	บ้านหนองผือ	196	57	56	-1	140
20	บ้านนาเซ็ง	361	62	61	-1	300
21	บ้านโพนสะหวัน	416	166	167	1	249
22	บ้านสะพานใต้	183	102	106	4	77
23	บ้านสะพานเหนือ	273	124	124	0	149
24	บ้านโพนสะอาด	430	176	205	29	225
25	บ้านโพนชาย	329	145	165	20	164
26	บ้านสอนไช	344	168	173	5	171
27	บ้านดอนเซ็ง	229	23	28	5	201
28	บ้านอุดมวิไล	632	420	425	5	207
29	บ้านนาแก	375	115	125	10	250
30	บ้านหัวเมืองเหนือ	450	146	148	2	302
31	บ้านหนองเดิน	376	36	36	0	340
	รวม	**11,841**	**6,304**	**6,466**	**162**	**5,375**

ที่มา: บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย (2563)

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลในการวิจัย ได้ดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

1. คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทำหนังสือถึงผู้อำนวยการบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด นครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต เพื่อขอความอนุเคราะห์ให้นิสิตปริญญาโท เก็บรวบรวมข้อมูลและทำการวิจัย

2. ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับจุดเก็บขยะทั้งหมด เช่น สถิติการจัดเก็บขยะของบริษัทลาวพัฒนาจำกัด ที่ให้บริการประชากรจำนวนทั้งหมด 6,466 ครอบครัว สถิติจำนวนรถ

และประเภทที่ใช้ในการเก็บรวบรวมขยะ ระยะเวลาการขนส่งแต่ละเส้นทาง จำนวนพนักงานเก็บขยะ และเวลาการทำงาน เป็นต้น

3. ตำแหน่งของจุดเก็บขยะ และระยะทาง ได้จากการสำรวจ และลงภาคสนาม และใช้ Google map เพื่อช่วยกำหนดจุดที่ตั้งในการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดต่าง ๆ

4. การคำนวณปริมาณขยะในแต่ละจุดที่แตกต่างกันในแต่ละวัน โดยผู้วิจัยจะทำการคำนวณปริมาณขยะของแต่ละจุดจากการชั่งน้ำหนักขยะและปริมาตรของขยะในวันที่ลงภาคสนาม เพื่อนำไปหาอัตราส่วนเทียบกับปริมาณขยะรายเดือน

5. การคำนวณเวลาที่ใช้ในการขนส่งขยะในแต่ละจุด ผู้วิจัยได้ทำการคำนวณข้อมูลด้านเวลาในการเก็บขยะแต่ละจุด จากความเร็วของรถบรรทุกขยะที่ 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมงแล้วบวกด้วยเวลาที่ใช้เก็บขยะในแต่ละจุด

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลสามารถแบ่งตามลักษณะข้อมูล โดยรายละเอียด ดังนี้

1. การวิเคราะห์ข้อมูลโดยการประยุกต์ใช้วิธีประหยัด (Saving) โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟท์เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางยานพาหนะที่เหมาะสมที่สุด และได้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยสามารถคำนวณหาเส้นทางยานพาหนะได้ตามเกณฑ์ระยะทางการขนส่งแต่ละจุด ประเภทยานพาหนะ จุดทิ้งขยะ จุดรับขยะ ระยะเวลาในการเก็บขยะ และค่าความประหยัดในการดำเนินการจัดเก็บขยะมูลฝอย (Clarke & Wright, 1964) โดยผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 สร้างคำตอบเริ่มต้น โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีจุดเก็บขยะเพียง 1 จุด เท่านั้น ทำให้เราจะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าประหยัดของระยะทาง หรือค่าใช้จ่าย โดยกำหนดให้ Sij แทนค่าความประหยัดของระยะทางของการขนส่งระหว่างจุดเก็บขยะ i และจุดเก็บขยะ j

$$\text{สูตร} \quad Sij = (doi + doj) - dij$$

Sij = ค่าความประหยัด Saving จากโหนด i ไปโหนด j

doi = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด i

doj = ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด j

dij = ระยะทางจาก โหนด i ไปโหนด j

ขั้นตอนที่ 3 จัดเรียงลำดับค่าความประหยัด (Saving) จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด

ขั้นตอนที่ 4 รวมเส้นทางของจุดเก็บขยะจากจุด i และจุด j ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำจนครอบคลุมจุดเก็บขยะทั้งหมด โดยมีข้อจำกัดด้านปริมาณขยะจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้เวลาเดินทางไม่เกินความสามารถที่ยานพาหนะได้

ขั้นตอนที่ 6 รวมระยะทางเดินรถเป็นระยะทางรวมของเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 7 ถ้าหากระยะทางไม่เหมาะสมกันก็ทำการหาเส้นทางใหม่

2. วิเคราะห์ด้วยวิธีการหาจุดใกล้ที่สุด (Nearest heuristic) เป็นวิธีการจัดเส้นทางที่ง่ายสุด โดยให้ยานพาหนะออกเดินทางจากจุดปัจจุบันไปยังจุดที่อยู่ใกล้ที่สุด แล้วยานพาหนะจะเดินทางไปยังจุดต่อไป โดยจะพิจารณาถึงความจุของยานพาหนะ และระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง ถ้าหากเกินความจุของยานพาหนะก็จะทำการปิดเส้นทางนั้น แล้วเริ่มด้วยเส้นทางใหม่ โดยยานพาหนะจะเริ่มออกเดินทางจากโรงกำจัดขยะแล้ววิ่งไปเรื่อย ๆ จนกว่าจุดทุกจุดจะถูกรวบรวมเข้าไปอยู่ในเส้นทางการจัดเก็บขยะเดียวกัน

สูตร $C_{ij} = C_{ip} + C_{pj}$

Cij = ค่า ระยะทาง จาก โหนด i ไปโหนด j

Cip = ค่า ระยะทาง จาก โหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติ

Cpj = ค่า ระยะทาง จาก โหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติ ไปโหนด j

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเดินทางจาก 0 ไปยังจุดที่ระยะทางสั้นที่สุดโดยไม่เกินข้อกำหนดต่าง ๆ

ขั้นตอนที่ 2 เริ่มเดินทางใหม่จาก 0 ไปยังโหนดที่มีระยะสั้นที่สุด โดยไม่วิ่งไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 3 เดินทางไปเรื่อย ๆ จนครบทุกจุดมี 39 จุดก็จะได้เส้นทางการขนส่งขยะ

ขั้นตอนที่ 4 ทำการรวบรวมระยะทางทั้งหมด และระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมดแต่ละเส้นทาง

3. วิธีการหาจุดไกลที่สุด (Max-nearest heuristic) เป็นวิธีปรับแต่งจากวิธี Nearest heuristic โดยวิธี Max-nearest heuristic จะเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่อยู่ไกลที่สุดก่อนแล้วเดินทางไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด ขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการโดยมีเวลาเดินทางเท่า 0 ทุกเส้นทาง

ขั้นตอนที่ 2 เลือกเส้นทางทีมีระยะทางไกลที่สุด ภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 3 เลือกจุดที่ใกล้กับจุดปลายทาง ภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม

ขั้นตอนที่ 4 ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด

ขั้นตอนที่ 5 ทำซ้ำขั้นตอนที่ 3 และ 4 จนครบทุกจุด เลือกเอาเส้นทางที่ใกล้ที่สุด

4. วิธี Sweep Heuristic เป็นวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้า หรือแบ่งกลุ่มของจุดเก็บขยะก่อนโดยการกวาดรวมจุดต่าง ๆ ตามลักษณะของเข็มนาฬิกา พร้อมกับการพิจารณาความต้องการในการจัดเก็บขยะจนกว่าจะเต็มความจุของยานพาหนะ รับส่ง โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 เลือกเอาจุดเริ่มต้นโดยไม่รวม Depot โดยจะพิจารณาเลือกจุดที่ใกล้กับจุดเริ่มต้นมากที่สุด

ขั้นตอนที่ 2 กวาดรวมเอาจุดลูกค้า หรือจุดเก็บขยะทิดทางทวนเข็มนาฬิกา พร้อมทั้งพิจารณา Demand ไปด้วย เพื่อไม่ให้เกินความจุของยานพาหนะ

ขั้นตอนที่ 3 ทำตามขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 จนกว่าจะรวมจุดเก็บขยะครบทุกจุด

5. วิเคราะห์เปรียบเทียมนโยบายการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยเทียบกับการทำงานแบบปัจจุบัน (Routing policy) เพื่อต้องการทราบถึงนโยบายการดำเนินงานจัดเก็บขยะ เช่น ลดระยะเวลาทำงานพนักงานน้อยที่สุด และการนำใช้รถบรรทุกของบริษัทที่มีอยู่ให้น้อยลง รวมถึงการเสนอแนวทางปรับปรุงรูปแบบเส้นทางการจัดเก็บในปัจจุบัน โดยทำการเปรียบเทียบนโยบายการจัดเส้นทางแบบต่าง ๆ เทียบกับการทำงานแบบปัจจุบัน ดังต่อไปนี้

การแก้ไขปัญหาการเส้นทางเดินรถในแต่ละเส้นทาง เพื่อทำให้ระยะทาง ระยะเวลาการเดินทาง และระยะเวลาทำงานของพนักงานลดลง สำหรับในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยนำเสนอนโยบายการจัดเส้นทางขนส่งขยะขึ้นมา 3 นโยบายดังนี้

นโยบายที่ 1 จัดเส้นทางยานพาหนะ โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง

นโยบายที่ 2 จัดเส้นทางยานพาหนะ โดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง

นโยบายที่ 3 จัดเส้นทางยานพาหนะ โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคัน ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 6 ชั่วโมง

บทที่ 4
ผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ และลงภาคสนาม และนำใช้ (Google map) เพื่อคำนวณหาระยะทางแต่ละจุด โดยกำหนดเอาจุดเก็บขยะทั้งหมด 39 จุด และนำใช้รถบรรทุกประเภท 10 ล้อ แบบอัดแน่นจำนวน 3 คัน และรถบรรทุกประเภท 6 ล้อ จำนวน 2 คัน และมีการวางแผนจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะในแต่ละวันเริ่มตั้งแต่วันจันท์ ถึงวันเสาร์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ลักษณะและรูปแบบการจัดการขยะมูลฝอยของบริษัท

ขยะมูลฝอย เป็นขยะที่เกิดผลกระทบต่อประชาชน สิ่งแวดล้อม โดยทางตรงและทางอ้อม ซึ่งเป็นปัญหาที่จะต้องแก้ไขอย่างเร่งด่วนที่ทุกคนต้องได้ร่วมมือในการอำนวยความสะดวกให้กับบริษัท ที่ทำหน้าที่ในการดำเนินงานจัดเก็บขยะ เพื่อนำไปทำลายอย่างถูกหลักวิชาการ และการนำเอาขยะกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด สาเหตุนี้จึงทำให้ทางหน่วยงานที่เกี่ยวข้องต้องเอาใจใส่ต่อการจัดเก็บขยะที่เป็นปัญหาต่อขยะล้น และยังส่งกลิ่นเหม็นไปยังครอบครัวที่ใกล้เคียง เนื่องจากว่าขยะมูลฝอยไม่ดีต่อสุขภาพ และความปลอดภัยของประชาชน เพื่อทำให้เขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน มีความสะอาด สวยงาม และทำให้ชีวิตการเป็นอยู่ของประชาชนดีขึ้น ดังนั้นจึงทำให้ทั้งภาครัฐบาล และประชาชนทุกคนต้องให้ความร่วมมือกับบริษัท เพื่ออนุรักษ์และพัฒนาเทศบาลนครไกสอนพมวิหานให้กลายเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่น่าชื่นชม โดยการพัฒนาจะต้องเริ่มจากทุกครอบครัวในแต่ละหมู่บ้าน และบริษัทที่ทำหน้าที่ในการจัดเก็บขยะมูลฝอยต้องได้เอาใจใส่ต่อการตรวจสอบเป็นพิเศษ เพื่อจะทำให้เทศบาลนครไกสอนพมวิหาน บรรลุ “6 ส.” ตามการกองประชุมใหญ่ ครั้งที่ 9 ของพรรคนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขตวางออก คือ คำแนะนำของกระทรวงภายใน ฉบับเลขที่ 14 ลงวันที่ 13 กันยายน 2551 ด้วยการปฏิบัติ เพื่อให้ได้ 6 “6 ส.” คือ สีเขียว สว่าง สะอาด เสน่ห์ สงบ และศรีวิไล

โดยในปัจจุบัน บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด โดยมีพื้นที่ความรับผิดชอบในการจัดเก็บขยะทั้งหมด 31 หมู่บ้าน มีจำนวน 11,841 ครอบครัว สำหรับครอบรัวที่ทำสัญญาแล้ว จำนวน 6,466 ครอบครัว และยังไม่ทำสัญญา จำนวน 5,375 ครอบครัว สำหรับข้อมูลเกี่ยวกับประเภท ความจุของยานพาหนะแต่ละประเภท แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประเภทและความจุของยานพาหนะแต่ละคัน

ประเภทรถเก็บขยะ	ทะเบียนรถ	จำนวน (คัน)	ยี่ห้อรถ	ความจุของรถ (กิโลกรัม)
10 ล้อ	บก 1548	1	Hyundai	24,305
	บก 1110	1	Hyundai	22,895
	บก 1453	1	Hyundai	24,915
6 ล้อ	บก 1112	1	Hyundai	9,285
	บก 1473	1	Hyundai	6,285
	บก 1452	1	Hyundai	11,080

ที่มา: บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย (2563)

ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณขยะในการดำเนินงานจัดเก็บขยะในแต่ละวันของรถบรรทุกประเภท 10 ล้อ ที่มีการจัดเก็บขยะจำนวน 6 วัน โดยเริ่มตั้งแต่วันจันทร์ ถึงวันเสาร์ เวลา 21:00 นาฬิกา ถึงเวลา 07:00 นาฬิกา แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณขยะในการจัดเก็บแต่ละวันของรถบรรทุกประเภท 10 ล้อ

ทะเบียนรถ	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	รวม
บก 1453	15,835	11,915	12,470	8,455	16,195	6,657	71,527
บก 1110	16,380	15,610	15,085	10,490	13,460	7,620	78,645
บก 1548	17,275	13,330	11,015	12,080	11,535	5,730	70,965
รวม	49,490	40,855	38,570	31,025	41,190	20,007	221,137

ที่มา: บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย (2563)

หลังจากนั้นยังทำการสำรวจ และเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับปริมาณขยะในการดำเนินงานจัดเก็บขยะในแต่ละวันของรถบรรทุกประเภท 6 ล้อ ที่มีการจัดเก็บในจำนวน 6 วัน เริ่มตั้งแต่วันจันทร์ ถึง วันเสาร์ เวลา 21:00 นาฬิกา ถึงเวลา 07:00 นาฬิกา แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณขยะในการจัดเก็บแต่ละวันของรถบรรทุกประเภท 6 ล้อ

ทะเบียนรถ	จันทร์	อังคาร	พุธ	พฤหัสบดี	ศุกร์	เสาร์	รวม
บก 1112	10,235	16,120	9,470	12,420	10,340	6,550	65,135
บก 1473	5,470	3,765	5,785	2,190	4,380	4,768	26,358
รวม	15,705	19,885	15,255	14,610	14,720	11,318	91,493

ที่มา: บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย (2563)

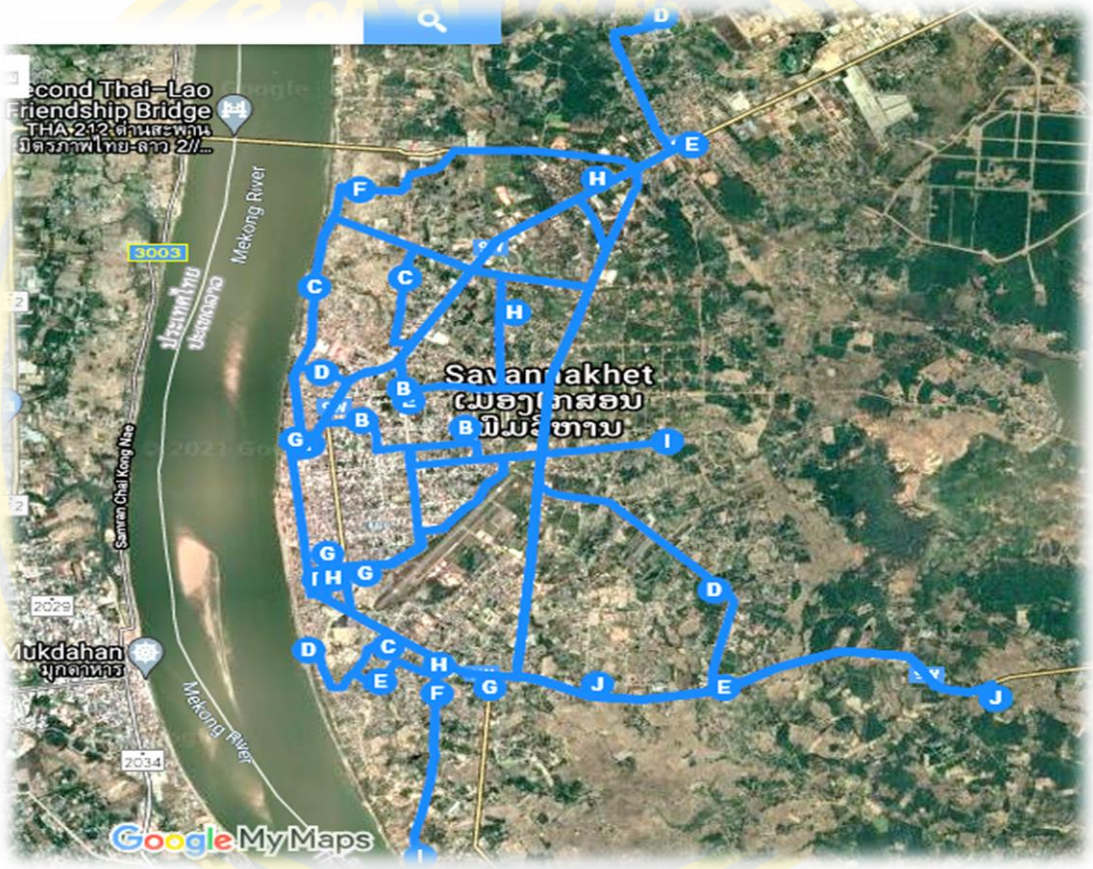
บริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด มีระบบบริหารจัดการจัดเก็บขยะภายในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบ และขนส่งขยะออกจากแต่ละหมู่บ้านเพื่อนำไปทิ้งยังโรงกำจัดขยะ โดยแต่ละวันสามารถนำขยะไปยังโรงกำจัดขยะ วันละประมาณ 19-20 เที่ยวต่อวัน โดยเริ่มแต่เวลา 21:00 นาฬิกา ถึง 07:00 นาฬิกา สำหรับเส้นทางการจัดเก็บขยะ รถทุกคันจะวิ่งตามเส้นทางภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต ในปัจจุบันบริษัทมียานพาหนะทั้งหมด 6 คัน เพื่อใช้ปฏิบัติงานการจัดเก็บขยะ เริ่มแต่วันจันทร์ ถึงวันเสาร์ จำนวน 5 คัน และสำหรับผลต่างของยานพาหนะ จำนวน 1 คัน ใช้เป็นรถสำรองในกรณีรถบรรทุกประจำเสีย หรือส่งซ่อม โดยแต่ละวันสามารถจัดเก็บขยะออกจากเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน วันละประมาณ 70-80 กิโลกรัมต่อวัน

ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบเห็น คือ รถบรรทุกไม่สามารถเก็บขยะได้ทุกวันตามแผนที่กำหนดไว้เนื่องจากว่ามีข้อจำกัดด้านจำนวนยานพาหนะ และพนักงานเก็บขยะยังไม่เพียงพอต่อการดำเนินงานจัดเก็บขยะ ระบบการจัดเก็บขยะในแต่ละวันยังไม่เป็นระบบเท่าที่ควร เพราะยังมีการนำขยะไปทิ้ง และนำขยะไปแยกไม่ถูกวิธีตามหลักวิชาการ ทำให้พนักงานเก็บขยะเสียเวลาในการคัดแยกขยะเอง และการจัดเก็บขยะไม่ถ่วงทันตามเวลาที่กำหนดไว้ โดยบางครั้งไม่สามารถเก็บขยะได้ครบทุกจุด เพราะเต็มความจุของรถ หรือเก็บขยะไม่เต็มความจุของรถที่บรรทุกได้แต่ต้องนำขยะไปทิ้งที่โรงกำจัดขยะก่อน โดยจะส่งผลทำให้สิ้นเปลืองค่าน้ำมันเชื้อเพลิง และยังมีครอบครัวจำนวนมากไม่ให้ความร่วมมือในการทำสัญญาต่อการให้บริการจัดเก็บขยะของบริษัท ในการจัดเก็บขยะที่ผ่านมาทางบริษัทก็พยายามได้ปฏิบัติอยู่ในขอบเขตโรงกำจัดขยะเก่าเท่านั้น โดยใช้วิธีการแบบฝังกลบดินแต่ยังไม่สามารถทำได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลเพราะว่ารายรับไม่สมดุลกับรายจ่าย

เส้นทางที่ใช้การจัดเก็บขยะในปัจจุบันของบริษัท

การวางแผนการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด โดยได้กำหนดจุดต้นทาง หรือจุดจอดรถบรรทุกขยะทุกคันที่โรงกำจัดขยะ สถานที่ตั้งบ้านชอกใต้

นครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต ที่กำหนดเป็นจุดเริ่มต้น และจุดสิ้นสุดของเส้นทางการเดินรถในแต่ละวัน รถบรรทุกแต่ละคันจะมีตารางในการวิ่ง เพื่อจัดเก็บขยะตามจุดที่กำหนดไว้อย่างชัดเจน โดยใช้เส้นทางหลัก คือ เส้นทาง A1 เป็นเส้นทางที่ตัดผ่านใจกลางของนครไกสอนพมวิหาน และเส้นทางเลียบแม่น้ำโขง โดยรถบรรทุกแต่ละคันจะวิ่งเก็บขยะตามจุดที่กำหนดไว้ และปฏิบัติการดำเนินงานจัดเก็บขยะระหว่างวันจันทร์ ถึงวันเสาร์ แสดงดังภาพที่ 18 และตารางที่ 5



ภาพที่ 18 เส้นทางตัดผ่านใจกลางนครไกสอนพมวิหาน

ที่มา: Google Maps (Thailand) Co., Ltd. (2020)

ตารางที่ 5 จุดเก็บแต่ละจุดที่มีการจัดเก็บขยะระหว่างวันจันทร์ ถึงวันเสาร์

ทะเบียนรถ	จุดเก็บขยะ	วันที่จัดเก็บขยะ					
		จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
บก 1473	ชุมชนอนามัย						
	ตลาดสามัคคีไช						
	ตลาดหลัก 8						
	คาชิโน						
	สะหวัน ITEC						
	ร้าน Super market						
	มหาวิทยาลัยสะหวันนะเขต						
	โรงพยาบาลแขวงสะหวันนะเขต						
บก 1548	บ้านนาเล่า						
	บ้านสะพานใต้						
	บ้านท่าแฮ่						
	บ้านโพนสะหวัน						
	บ้านโพนสะอาด						
	บ้านสอนไช						
	บ้านสะพานเหนือ						
	บ้านดอนเซ็ง						
	บ้านดงดำดวน						
	บ้านสอนไช						
	บ้านโพนชาย						
บก 1110	บ้านสุนันทา						
	บ้านจอมแก้ว						
	บ้านไชยะพูม						
	บ้านโพไช						
	บ้านท่าเมือง						
	บ้านอุดมวิไล						

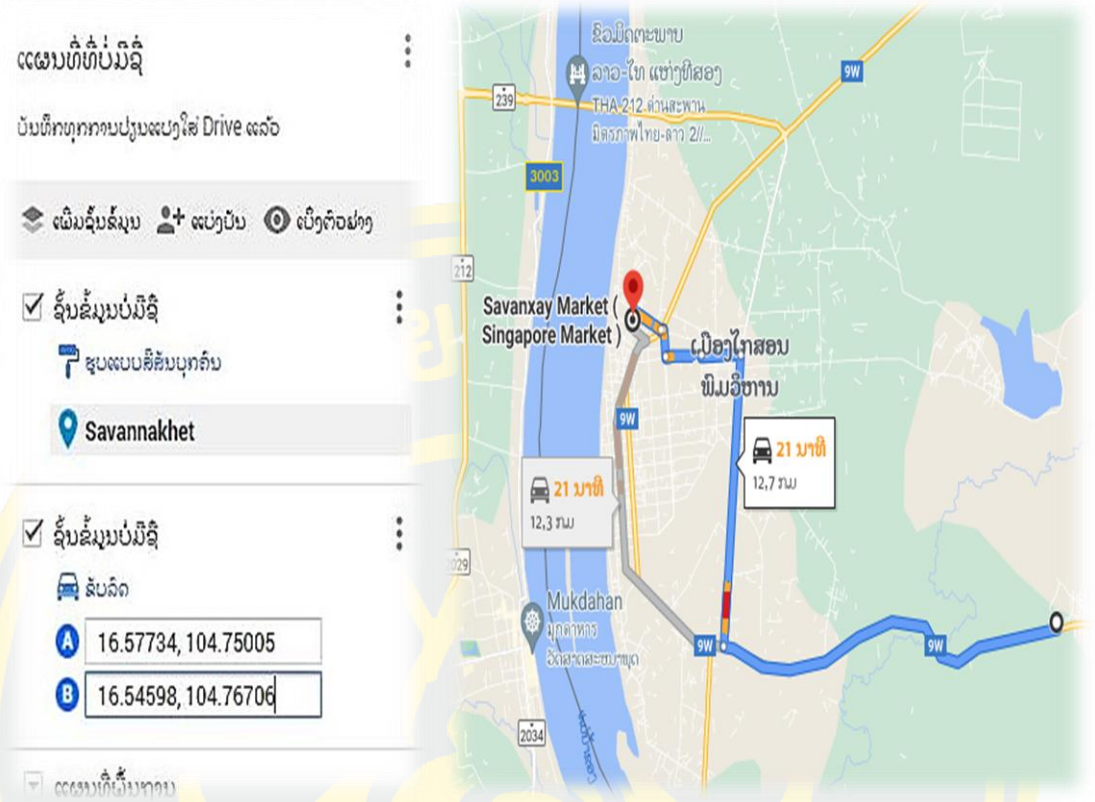
ตารางที่ 5 (ต่อ)

ทะเบียนรถ	จุดเก็บขยะ	วันที่จัดเก็บขยะ					
		จ	อ	พ	พฤ	ศ	ส
บก 1110	บ้านลัดตะนะลังสีเหนือ				■	■	
	บ้านโพนสะหว่างเหนือ					■	
	บ้านเวียงสะหวัน						■
บก 1112	บ้านหัวเมืองใต้	■	■				■
	บ้านหนองเดิน	■			■		
	บ้านนาแก		■				
	บ้านหนองผือ	■					
	บ้านดงดำดวน						■
บก 1453	บ้านโพนสะหว่างใต้	■	■	■			
	บ้านหัวเมืองเหนือ	■					
	บ้านนาเซ็ง			■			
	บ้านโนนสะหวาด			■			
	บ้านลาดชะวงไช				■		
	บ้านไชยะมุงคุณ				■	■	
	บ้านลัดตะนะลังสีใต้					■	
	บ้านสนามไช						■

ที่มา: บริษัทกำจัดขยะมูลฝอย (2563)

การจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะด้วยวิธีประหยัด

การหาระยะทางในการจัดเก็บขยะมูลฝอยของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด ภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต ในแต่ละจุดเพื่อนำมาสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะทาง โดยผู้วิจัยได้ทำการสำรวจ และลงภาคสนามในการดำเนินงานจัดเก็บขยะของบริษัทในแต่ละเส้นทางการเดินรถ และนำใช้เว็บไซต์ Google map เพื่อช่วยคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดต่าง ๆ ที่สำคัญในการจัดเก็บขยะดังภาพที่ 19



ภาพที่ 19 คำนวณหาระยะทางด้วย Google map

ที่มา: Google Maps (Thailand) Co., Ltd. (2020)

จากภาพที่ 19 แสดงให้เห็นว่า วิธีการคำนวณหาหาระยะทางตามจุดต่าง ๆ โดยการนำเอาข้อมูลนั้นมาสร้างเป็นเมตริกซ์ระยะทาง เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าประหยัดของแต่ละจุดในแต่ละเส้นทาง ในการคำนวณหาระยะทางระหว่างจุดต้องนำใช้ข้อมูลจากจุดพิกัด ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ข้อมูลพิกัดภูมิศาสตร์จุดรับ-ส่งขยะ ตำแหน่งที่ตั้ง

ลำดับ	ชื่อย่อ	ตำแหน่ง	ละติจุด	ลองติจุด
0	S00	โรงกำจัดขยะ	16.54341	104.82428
1	S01	ชุมชนอนามัย	16.57734	104.75005
2	S02	ตลาดสามัคคีไช	16.54598	104.76706
3	S03	ตลาดหลัก 8	16.60187	104.78414

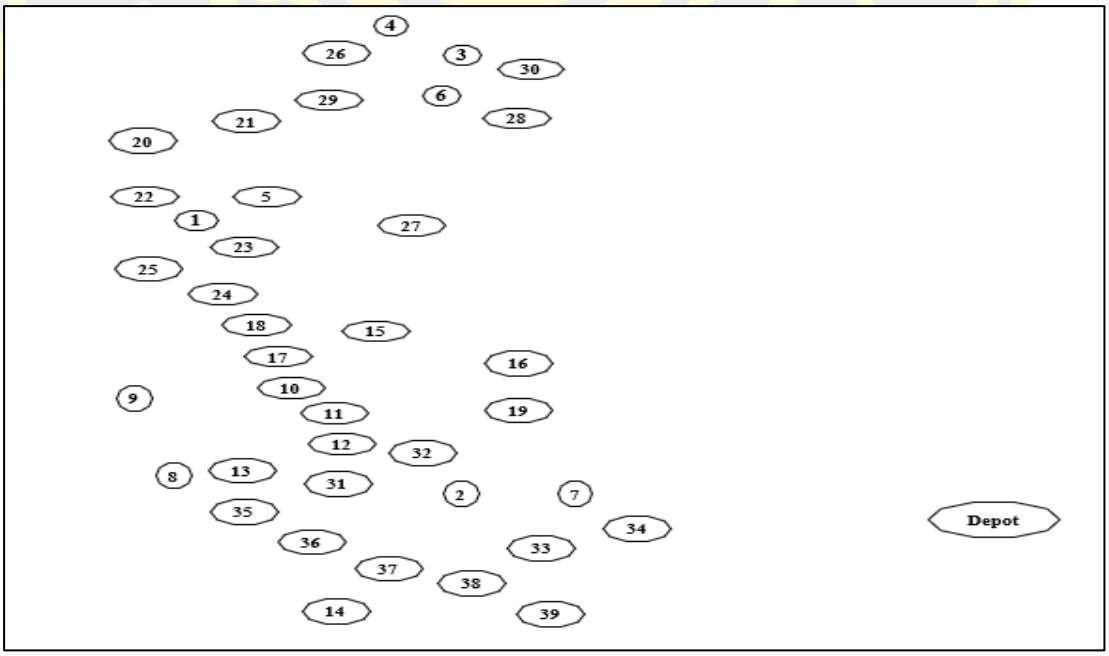
ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อย่อ	ตำแหน่ง	ละติจุด	ลองติจุด
4	S04	Savan Resorts	16.6126	104.7777
5	S05	Savan ITECH	16.5793	104.75733
6	S06	ร้าน Super market	16.59693	104.77962
7	S07	มหาวิทยาลัยสะหวันนะเขต	16.54585	104.78509
8	S08	โรงพยาบาลแขวงสะหวันนะเขต	16.55043	104.74651
9	S09	บ้านไชยะพูม	16.55987	104.74523
10	S10	บ้านลัดตะนะลังสีเหนือ	16.55978	104.75336
11	S11	บ้านลัดตะนะลังสีใต้	16.55801	104.75604
12	S12	บ้านลาดชะวงไช	16.55639	104.75601
13	S13	บ้านไชยะมุงคุน	16.55043	104.74958
14	S14	บ้านท่าแฮ่	16.53121	104.7541
15	S15	บ้านนาเล่า	16.56948	104.75638
16	S16	บ้านสะหนามไช	16.56646	104.78079
17	S17	บ้านสุนันทา	16.56771	104.75058
18	S18	บ้านท่าเมือง	16.57006	104.74912
19	S19	บ้านโนนสะหวาด	16.55967	104.78008
20	S20	บ้านนาแก	16.59485	104.75126
21	S21	บ้านหัวเมืองเหนือ	16.59555	104.76289
22	S22	บ้านหัวเมืองใต้	16.57914	104.74874
23	S23	บ้านโพไช	16.57492	104.75004
24	S24	บ้านจอมแก้ว	16.57159	104.74864
25	S25	บ้านเวียงสะหวัน	16.57305	104.74614
26	S26	บ้านหนองเดิน	16.60917	104.7731
27	S27	บ้านโพนสะหว่างเหนือ	16.57724	104.7726
28	S28	บ้านหนองผือ	16.59277	104.78384
29	S29	บ้านโพนสะหว่างใต้	16.59677	104.76904

ตารางที่ 6 (ต่อ)

ลำดับ	ชื่อย่อ	ตำแหน่ง	ละติจุด	ลองติจุด
30	S30	บ้านอุดมวิไล	16.60181	104.7828
31	S31	บ้านสะพานเหนือ	16.54964	104.75688
32	S32	บ้านดงดำดวน	16.55259	104.76464
33	S33	บ้านโพนชาย	16.53722	104.77456
34	S34	บ้านนาเซ็ง	16.54078	104.79073
35	S35	บ้านสะพานใต้	16.54709	104.74993
36	S36	บ้านโพนสะหวัน	16.54338	104.75306
37	S37	บ้านโพนสะอาด	16.53686	104.75925
38	S38	บ้านสอนไช	16.53565	104.76395
39	S39	บ้านดอนเซ็ง	16.52895	104.7735

ที่มา: Google Maps (Thailand) Co., Ltd. (2020)



ภาพที่ 20 พิกัดทั้ง 39 จุด

ตารางที่ 7 ระยะทางระหว่างสถานที่เก็บขยะ (Distance matrix)

	S00	**S01**	**S02**	**S03**	**S04**	**S05**	**S06**	**S07**	**S08**	**S09**	**S10**	**S11**	**S12**	**S13**	**S14**	**S15**	**S16**	**S17**	**S18**	**S19**	**S20**	**S21**
S00		12.6	7.3	13.9	15.3	12.5	13.5	5.4	9.1	10.1	10.4	10.5	10.4	9	9.6	11.8	8.9	11.1	11.1	8.3	14.1	14.8
S01	12.6		3.3	4.2	4.8	1	3.6	4.3	2.9	2	1.7	1.9	2	2.8	4.8	0.5	2.6	1	1	2.9	2.4	2.5
S02	7.3	3.3		6.8	7.9	4.3	6.3	1.9	2.2	2.9	2.3	1.9	1.8	2	2	3	2.9	3.2	3.4	2.2	6	5.9
S03	13.9	4.2	6.8		1.5	3.3	0.6	5.8	6.7	6	5.3	5.6	5.7	6.7	8.2	4.4	3.7	5	5	4.6	3.6	2.4
S04	15.3	4.8	7.9	1.5		3.7	1.4	7	7.3	6.5	6	6.2	6.4	7.2	9	5	4.9	6.7	5.5	5.6	3.2	2.2
S05	12.5	1	4.3	3.3	3.7		3	4.4	3.3	2.6	2.1	2.4	2.6	3.4	5.4	1.1	2.6	1.6	1.5	3	2	1.8
S06	13.5	3.6	6.3	0.6	1.4	3		5.2	6	5	4.8	4.8	5	4.8	7.4	3.6	3	4.2	4.3	4	3	1.8
S07	5.4	4.3	1.9	5.8	7	4.4	5.2		4	4.6	3.8	3.5	3.4	3.9	3.6	4.2	2.5	4.5	4.8	1.8	6.7	6.2
S08	9.1	2.9	2.2	6.7	7.3	3.3	6	4		1.3	1.4	1.4	1.3	0.4	2.2	2.5	4.2	2.1	2.4	3.8	5.2	5.5
S09	10.1	2	2.9	6	6.5	2.6	5	4.6	1.3		0.9	1.2	1.2	1	3.2	1.8	3.9	1.2	1.4	3.8	4.1	4.6
S10	10.4	1.7	2.3	5.3	6	2.1	4.8	3.8	1.4	0.9		0.3	0.4	1	3	1.3	3	1	1.4	2.9	4	4.3
S11	10.5	1.9	1.9	5.6	6.2	2.4	4.8	3.5	1.4	1.2	0.3		0.2	1	2.8	1.4	2.9	1.4	1.7	2.6	4.3	4.4
S12	10.4	2	1.8	5.7	6.4	2.6	5	3.4	1.3	1.2	0.4	0.2		0.9	2.6	1.6	3	1.6	1.9	2.6	4.5	4.6
S13	9	2.8	2	6.7	7.2	3.4	4.8	3.9	0.4	1	1	1	0.9		2	2.4	3.9	2	2.4	3.5	5.1	3.4
S14	9.6	4.8	2	8.2	9	5.4	7.4	3.6	2.2	3.2	3	2.8	2.6	2		4.5	5	4.4	4.5	4.4	7.3	7.6
S15	11.8	0.5	3	4.4	5	1.1	3.6	4.2	2.5	1.8	1.3	1.4	1.6	2.4	4.5		2.7	0.6	0.8	2.7	3	3.2
S16	8.9	2.6	2.9	3.7	4.9	2.6	3	2.5	4.2	3.9	3	2.9	3	3.9	5	2.7		3.2	3.4	0.6	4.6	4
S17	11.1	1	3.2	5	6.7	1.6	4.2	4.5	2.1	1.2	1	1.4	1.6	2	4.4	0.6	3.2		0.5	3.2	3.2	3.5
S18	11.1	1	3.4	5	5.5	1.5	4.3	4.8	2.4	1.4	1.4	1.7	1.9	2.4	4.5	0.8	3.4	0.5		3.5	2.9	3.4
S19	8.3	2.9	2.2	4.6	5.6	3	4	1.8	3.8	3.8	2.9	2.6	2.6	3.5	4.4	2.7	0.6	3.2	3.5		5.1	4.5
S20	14.1	2.4	6	3.6	3.2	2	3	6.7	5.2	4.1	4	4.3	4.5	5.1	7.3	3	4.6	3.2	2.9	5.1		2.8
S21	14.8	2.5	5.9	2.4	2.2	1.8	1.8	6.2	5.5	4.6	4.3	4.4	4.6	3.4	7.6	3.2	4	3.5	3.4	4.5	2.8	

ตารางที่ 7 (ต่อ)

S22	**12.8**	**1.1**	**4.3**	**4.5**	**4.9**	**1.2**	**3.8**	**5.5**	**3.4**	**2.4**	**2.4**	**2.6**	**2.8**	**3.4**	**5.7**	**1.5**	**3.8**	**1.5**	**1.2**	**4**	**1.6**	**2.3**
S23	11.7	0.8	3.9	4.6	5	1.2	3.9	5	3	1.9	1.9	2.1	2.3	2.9	5	1	1.5	1	0.6	3.7	2	2.5
S24	11.2	1	3.7	5	5.4	1.5	4.3	5	2.5	1.5	1.5	1.9	2.1	2.5	4.8	1	3.6	0.6	0.3	3.7	2.4	2.8
S25	11.5	1.2	3.9	5.1	5.3	1.6	4.4	5.2	2.6	1.6	1.7	2	2.3	2.7	4.9	1.3	3.8	0.8	0.5	3.9	2.3	2.9
S26	14.9	2.3	7.5	1.5	0.5	3.7	1.9	7.6	7.5	6.5	6.2	6.3	6.3	7	9	4.9	5.2	5.4	5.3	5.9	2.9	2
S27	11	1.8	3.9	2.7	3.6	1.4	2	4	4.4	3.5	2.4	2.4	2.5	3.5	3.4	1.5	1.7	2.2	2.2	2	2.9	2.3
S28	13.7	3.5	5.9	0.8	2.1	3	0.5	5.4	6.3	5.6	5	5	5.2	6.1	7.9	4	3	4.6	4.6	3.9	3.4	2.3
S29	15	2.8	6	1.7	1.8	2.2	1.2	0.6	5.9	5	4.6	4.7	4.9	5.9	7.8	3.5	3.8	3.9	3.8	4.5	2	0.7
S30	13.8	4.1	6.7	0.2	1.1	3.5	0.8	6.6	7	6.3	5.8	5.8	6	6.9	8.7	4.7	4	5.3	5.2	4.9	3.5	2.2
S31	8.5	2.7	1.3	6.2	7	3.3	5.6	3	1.1	1.6	1	0.8	0.6	0.8	2.3	2	3	2	2.3	2.6	4.7	4.7
S32	8.2	2.5	1	5.7	6.6	3	5.1	2.5	1.9	2	1.2	0.9	0.9	1.6	2.7	1.9	2.3	2	2.4	1.9	4.7	4.5
S33	5.8	4.5	1.2	6.9	7.9	4.9	6.3	1.4	3.2	3.9	3.3	3	2.8	3	2.3	3.8	3	4	4.4	2.4	6.6	6.2
S34	4	5.1	2.6	6.4	7.8	5.3	6	0.7	4.6	5.2	4.5	4.1	4	4.5	4.1	4.6	2.9	5.2	5.4	2.3	7	6.3
S35	8.5	3.1	1.9	6.8	7.4	3.7	6	3.8	0.4	1.4	1.3	1.2	1	0.2	2	2.4	3.9	2.1	2.3	3.5	5.1	5.4
S36	8.5	3.4	1.5	7	7.8	4	6.3	3.4	0.9	1.9	1.6	1.5	1.3	0.8	1.5	2.8	3.8	2.5	2.7	3.3	5.4	5.8
S37	7.9	4.1	1.2	7.4	8.3	4.6	6.7	2.9	1.9	2.8	2.5	2.2	2	1.7	1	3.5	3.9	3.4	3.7	3.3	6.2	6.2
S38	7.6	4.3	1	7.4	8.3	4.6	6.7	2.5	2.4	3.2	2.7	2.5	2.4	2	1.3	3.7	3.7	3.7	4	3	6.2	6.4
S39	8	5.3	1.9	7.8	8.9	5.4	7.3	2.1	3.7	4.4	3.9	3.6	3.3	3.4	2	4.7	4	4.8	5.1	3.3	7.4	7

ตารางที่ 7 (ต่อ)

	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39
S00	12.8	11.7	11.2	11.5	14.9	11	13.7	15	13.8	8.5	8.2	5.8	4	8.5	8.5	7.9	7.6	8
S01	1.1	0.8	1	1.2	2.3	1.8	3.5	2.8	4.1	2.7	2.5	4.5	5.1	3.1	3.4	4.1	4.3	5.3
S02	4.3	3.9	3.7	3.9	7.5	3.9	5.9	6	6.7	1.3	1	1.2	2.6	1.9	1.5	1.2	1	1.9
S03	4.5	4.6	5	5.1	1.5	2.7	0.8	1.7	0.2	6.2	5.7	6.9	6.4	6.8	7	7.4	7.4	7.8
S04	4.9	5	5.4	5.3	0.5	3.6	2.1	1.8	1.1	7	6.6	7.9	7.8	7.4	7.8	8.3	8.3	8.9
S05	1.2	1.2	1.5	1.6	3.7	1.4	3	2.2	3.5	3.3	3	4.9	5.3	3.7	4	4.6	4.6	5.4
S06	3.8	3.9	4.3	4.4	1.9	2	0.5	1.2	0.8	5.6	5.1	6.3	6	6	6.3	6.7	6.7	7.3
S07	5.5	5	5	5.2	7.6	4	5.4	0.6	6.6	3	2.5	1.4	0.7	3.8	3.4	2.9	2.5	2.1
S08	3.4	3	2.5	2.6	7.5	4.4	6.3	5.9	7	1.1	1.9	3.2	4.6	0.4	0.9	1.9	2.4	3.7
S09	2.4	1.9	1.5	1.6	6.5	3.5	5.6	5	6.3	1.6	2	3.9	5.2	1.4	1.9	2.8	3.2	4.4
S10	2.4	1.9	1.5	1.7	6.2	2.4	5	4.6	5.8	1	1.2	3.3	4.5	1.3	1.6	2.5	2.7	3.9
S11	2.6	2.1	1.9	2	6.3	2.4	5	4.7	5.8	0.8	0.9	3	4.1	1.2	1.5	2.2	2.5	3.6
S12	2.8	2.3	2.1	2.3	6.3	2.5	5.2	4.9	6	0.6	0.9	2.8	4	1	1.3	2	2.4	3.3
S13	3.4	2.9	2.5	2.7	7	3.5	6.1	5.9	6.9	0.8	1.6	3	4.5	0.2	0.8	1.7	2	3.4
S14	5.7	5	4.8	4.9	9	3.4	7.9	7.8	8.7	2.3	2.7	2.3	4.1	2	1.5	1	1.3	2
S15	1.5	1	1	1.3	4.9	1.5	4	3.5	4.7	2	1.9	3.8	4.6	2.4	2.8	3.5	3.7	4.7
S16	3.8	1.5	3.6	3.8	5.2	1.7	3	3.8	4	3	2.3	3	2.9	3.9	3.8	3.9	3.7	4
S17	1.5	1	0.6	0.8	5.4	2.2	4.6	3.9	5.3	2	2	4	5.2	2.1	2.5	3.4	3.7	4.8
S18	1.2	0.6	0.3	0.5	5.3	2.2	4.6	3.8	5.2	2.3	2.4	4.4	5.4	2.3	2.7	3.7	4	5.1
S19	4	3.7	3.7	3.9	5.9	2	3.9	4.5	4.9	2.6	1.9	2.4	2.3	3.5	3.3	3.3	3	3.3

ตารางที่ 7 (ต่อ)

S20	**1.6**	**2**	**2.4**	**2.3**	**2.9**	**2.9**	**3.4**	**2**	**3.5**	**4.7**	**4.7**	**6.6**	**7**	**5.1**	**5.4**	**6.2**	**6.2**	**7.4**
S21	2.3	2.5	2.8	2.9	2	2.3	2.3	0.7	2.2	4.7	4.5	6.2	6.3	5.4	5.8	6.2	6.4	7
S22		0.4	0.7	0.7	4.4	2.7	4.1	3	4.5	3.3	3.2	5.3	6	3.4	3.9	4.7	5	6
S23	0.4		0.3	0.4	4.6	2	4.2	3.3	4.7	2.7	2.7	4.8	5.7	2.9	3.3	4.2	4.5	5.6
S24	0.7	0.3		0.4	5.1	2.2	4.5	3.7	5	2.4	2.5	4.6	5.5	2.5	3	3.9	4.2	5.3
S25	0.7	0.4	0.4		5	2.5	4.7	3.7	5.2	2.7	2.8	4.9	5.9	2.8	3.2	4	4.3	5.6
S26	4.4	4.6	5.1	5		3.2	2	1.3	1	6.6	6	7.7	7.5	7	7.2	7.8	7.9	8.5
S27	2.7	2	2.2	2.5	3.2		2	2.2	2.9	3.6	2.9	4.3	4.2	4.2	4.3	4.8	4.8	5.4
S28	4.1	4.2	4.5	4.7	2	2		1.8	1.3	5.4	4.8	5.9	5.4	5.9	6	6.4	6.3	6.8
S29	3	3.3	3.7	3.7	1.3	2.2	1.8		1.7	5.3	4.8	6.2	6.1	5.5	5.7	6.5	6.6	7.4
S30	4.5	4.7	5	5.2	1	2.9	1.3	1.7		6	5.5	6.9	6.5	6.7	6.9	7.3	7.3	7.8
S31	3.3	2.7	2.4	2.7	6.6	3.6	5.4	5.3	6		0.9	2.3	3.7	0.8	0.7	1.3	1.6	2.8
S32	3.2	2.7	2.5	2.8	6	2.9	4.8	4.8	5.5	0.9		1.9	3.1	1.5	1.4	1.7	1.7	2.7
S33	5.3	4.8	4.6	4.9	7.7	4.3	5.9	6.2	6.9	2.3	1.9		1.8	2.9	2.4	1.6	1.1	0.7
S34	6	5.7	5.5	5.9	7.5	4.2	5.4	6.1	6.5	3.7	3.1	1.8		4.5	4	3.4	2.9	2.2
S35	3.4	2.9	2.5	2.8	7	4.2	5.9	5.5	6.7	0.8	1.5	2.9	4.5		0.4	1.3	1.9	3.2
S36	3.9	3.3	3	3.2	7.2	4.3	6	5.7	6.9	0.7	1.4	2.4	4	0.4		0.8	1.4	2.6
S37	4.7	4.2	3.9	4	7.8	4.8	6.4	6.5	7.3	1.3	1.7	1.6	3.4	1.3	0.8		0.4	1.7
S38	5	4.5	4.2	4.3	7.9	4.8	6.3	6.6	7.3	1.6	1.7	1.1	2.9	1.9	1.4	0.4		1.3
S39	6	5.6	5.3	5.6	8.5	5.4	6.8	7.4	7.8	2.8	2.7	0.7	2.2	3.2	2.6	1.7	1.3	

ตารางที่ 8 ค่าความประหยัด (Saving matrix)

	S00	S01	S02	S03	S04	S05	S06	S07	S08	S09	S10	S11	S12	S13	S14	S15	S16	S17	S18	S19	S20	S21
S01	1		16.6	22.3	23.1	24.1	22.5	13.7	18.8	20.7	21.3	21.2	21	18.8	17.4	23.9	18.9	22.7	22.7	18	24.3	24.9
S02	2	16.6		14.4	14.7	15.5	14.5	10.8	14.2	14.5	15.4	15.9	15.9	14.3	14.9	16.1	13.3	15.2	15	13.4	15.4	16.2
S03	3	22.3	14.4		27.7	23.1	26.8	13.5	16.3	18	19	18.8	18.6	16.2	15.3	21.3	19.1	20	20	17.6	24.4	26.3
S04	4	23.1	14.7	27.7		24.1	27.4	13.7	17.1	18.9	19.7	19.6	19.3	17.1	15.9	22.1	19.3	19.7	20.9	18	26.2	27.9
S05	5	24.1	15.5	23.1	24.1		23	13.5	18.3	20	20.8	20.6	20.3	18.1	16.7	23.2	18.8	22	22.1	17.8	24.6	25.5
S06	6	22.5	14.5	26.8	27.4	23		13.7	16.6	18.6	19.1	19.2	18.9	17.7	15.7	21.7	19.4	20.4	20.3	17.8	24.6	26.5
S07	7	13.7	10.8	13.5	13.7	13.5	13.7		10.5	10.9	12	12.4	12.4	10.5	11.4	13	11.8	12	11.7	11.9	12.8	14
S08	8	18.8	14.2	16.3	17.1	18.3	16.6	10.5		17.9	18.1	18.2	18.2	17.7	16.5	18.4	13.8	18.1	17.8	13.6	18	18.4
S09	9	20.7	14.5	18	18.9	20	18.6	10.9	17.9		19.6	19.4	19.3	18.1	16.5	20.1	15.1	20	19.8	14.6	20.1	20.3
S10	10	21.3	15.4	19	19.7	20.8	19.1	12	18.1	19.6		20.6	20.4	18.4	17	20.9	16.3	20.5	20.1	15.8	20.5	20.9
S11	11	21.2	15.9	18.8	19.6	20.6	19.2	12.4	18.2	19.4	20.6		20.7	18.5	17.3	20.9	16.5	20.2	19.9	16.2	20.3	20.9
S12	12	21	15.9	18.6	19.3	20.3	18.9	12.4	18.2	19.3	20.4	20.7		18.5	17.4	20.6	16.3	19.9	19.6	16.1	20	20.6
S13	13	18.8	14.3	16.2	17.1	18.1	17.7	10.5	17.7	18.1	18.4	18.5	18.5		16.6	18.4	14	18.1	17.7	13.8	18	20.4
S14	14	17.4	14.9	15.3	15.9	16.7	15.7	11.4	16.5	16.5	17	17.3	17.4	16.6		16.9	13.5	16.3	16.2	13.5	16.4	16.8
S15	15	23.9	16.1	21.3	22.1	23.2	21.7	13	18.4	20.1	20.9	20.9	20.6	18.4	16.9		18	22.3	22.1	17.4	22.9	23.4
S16	16	18.9	13.3	19.1	19.3	18.8	19.4	11.8	13.8	15.1	16.3	16.5	16.3	14	13.5	18		16.8	16.6	16.6	18.4	19.7
S17	17	22.7	15.2	20	19.7	22	20.4	12	18.1	20	20.5	20.2	19.9	18.1	16.3	22.3	16.8		21.7	16.2	22	22.4
S18	18	22.7	15	20	20.9	22.1	20.3	11.7	17.8	19.8	20.1	19.9	19.6	17.7	16.2	22.1	16.6	21.7		15.9	22.3	22.5
S19	19	18	13.4	17.6	18	17.8	17.8	11.9	13.6	14.6	15.8	16.2	16.1	13.8	13.5	17.4	16.6	16.2	15.9		17.3	18.6
S20	20	24.3	15.4	24.4	26.2	24.6	24.6	12.8	18	20.1	20.5	20.3	20	18	16.4	22.9	18.4	22	22.3	17.3		26.1
S21	21	24.9	16.2	26.3	27.9	25.5	26.5	14	18.4	20.3	20.9	20.9	20.6	20.4	16.8	23.4	19.7	22.4	22.5	18.6	26.1	

ตารางที่ 8 (ต่อ)

S22	**22**	**24.3**	**15.8**	**22.2**	**23.2**	**24.1**	**22.5**	**12.7**	**18.5**	**20.5**	**20.8**	**20.7**	**20.4**	**18.4**	**16.7**	**23.1**	**17.9**	**22.4**	**22.7**	**17.1**	**25.3**	**25.3**
S23	23	23.5	15.1	21	22	23	21.3	12.1	17.8	19.9	20.2	20.1	19.8	17.8	16.3	22.5	19.1	21.8	22.2	16.3	23.8	24
S24	24	22.8	14.8	20.1	21.1	22.2	20.4	11.6	17.8	19.8	20.1	19.8	19.5	17.7	16	22	16.5	21.7	22	15.8	22.9	23.2
S25	25	22.9	14.9	20.3	21.5	22.4	20.6	11.7	18	20	20.2	20	19.6	17.8	16.2	22	16.6	21.8	22.1	15.9	23.3	23.4
S26	26	25.2	14.7	27.3	29.7	23.7	26.5	12.7	16.5	18.5	19.1	19.1	19	16.9	15.5	21.8	18.6	20.6	20.7	17.3	26.1	27.7
S27	27	21.8	14.4	22.2	22.7	22.1	22.5	12.4	15.7	17.6	19	19.1	18.9	16.5	17.2	21.3	18.2	19.9	19.9	17.3	22.2	23.5
S28	28	22.8	15.1	26.8	26.9	23.2	26.7	13.7	16.5	18.2	19.1	19.2	18.9	16.6	15.4	21.5	19.6	20.2	20.2	18.1	24.4	26.2
S29	29	24.8	16.3	27.2	28.5	25.3	27.3	19.8	18.2	20.1	20.8	20.8	20.5	18.1	16.8	23.3	20.1	22.2	22.3	18.8	27.1	29.1
S30	30	22.3	14.4	27.5	28	22.8	26.5	12.6	15.9	17.6	18.4	18.5	18.2	15.9	14.7	20.9	18.7	19.6	19.7	17.2	24.4	26.4
S31	31	18.4	14.5	16.2	16.8	17.7	16.4	10.9	16.5	17	17.9	18.2	18.3	16.7	15.8	18.3	14.4	17.6	17.3	14.2	17.9	18.6
S32	32	18.3	14.5	16.4	16.9	17.7	16.6	11.1	15.4	16.3	17.4	17.8	17.7	15.6	15.1	18.1	14.8	17.3	16.9	14.6	17.6	18.5
S33	33	13.9	11.9	12.8	13.2	13.4	13	9.8	11.7	12	12.9	13.3	13.4	11.8	13.1	13.8	11.7	12.9	12.5	11.7	13.3	14.4
S34	34	11.5	8.7	11.5	11.5	11.2	11.5	8.7	8.5	8.9	9.9	10.4	10.4	8.5	9.5	11.2	10	9.9	9.7	10	11.1	12.5
S35	35	18	13.9	15.6	16.4	17.3	16	10.1	17.2	17.2	17.6	17.8	17.9	17.3	16.1	17.9	13.5	17.5	17.3	13.3	17.5	17.9
S36	36	17.7	14.3	15.4	16	17	15.7	10.5	16.7	16.7	17.3	17.5	17.6	16.7	16.6	17.5	13.6	17.1	16.9	13.5	17.2	17.5
S37	37	16.4	14	14.4	14.9	15.8	14.7	10.4	15.1	15.2	15.8	16.2	16.3	15.2	16.5	16.2	12.9	15.6	15.3	12.9	15.8	16.5
S38	38	15.9	13.9	14.1	14.6	15.5	14.4	10.5	14.3	14.5	15.3	15.6	15.6	14.6	15.9	15.7	12.8	15	14.7	12.9	15.5	16
S39	39	15.3	13.4	14.1	14.4	15.1	14.2	11.3	13.4	13.7	14.5	14.9	15.1	13.6	15.6	15.1	12.9	14.3	14	13	14.7	15.8

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	S00	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39
S01	1	24.3	23.5	22.8	22.9	25.2	21.8	22.8	24.8	22.3	18.4	18.3	13.9	11.5	18	17.7	16.4	15.9	15.3
S02	2	15.8	15.1	14.8	14.9	14.7	14.4	15.1	16.3	14.4	14.5	14.5	11.9	8.7	13.9	14.3	14	13.9	13.4
S03	3	22.2	21	20.1	20.3	27.3	22.2	26.8	27.2	27.5	16.2	16.4	12.8	11.5	15.6	15.4	14.4	14.1	14.1
S04	4	23.2	22	21.1	21.5	29.7	22.7	26.9	28.5	28	16.8	16.9	13.2	11.5	16.4	16	14.9	14.6	14.4
S05	5	24.1	23	22.2	22.4	23.7	22.1	23.2	25.3	22.8	17.7	17.7	13.4	11.2	17.3	17	15.8	15.5	15.1
S06	6	21.3	20.4	20.6	26.5	22.5	26.7	27.3	26.5	16.4	16.6	13	11.5	16	15.7	14.7	14.4	14.2	14.2
S07	7	12.7	12.1	11.6	11.7	12.7	12.4	13.7	19.8	12.6	10.9	11.1	9.8	8.7	10.1	10.5	10.4	10.5	11.3
S08	8	18.5	17.8	17.8	18	16.5	15.7	16.5	18.2	15.9	16.5	15.4	11.7	8.5	17.2	16.7	15.1	14.3	13.4
S09	9	20.5	19.9	19.8	20	18.5	17.6	18.2	20.1	17.6	17	16.3	12	8.9	17.2	16.7	15.2	14.5	13.7
S10	10	20.8	20.2	20.1	20.2	19.1	19	19.1	20.8	18.4	17.9	17.4	12.9	9.9	17.6	17.3	15.8	15.3	14.5
S11	11	20.7	20.1	19.8	20	19.1	19.1	19.2	20.8	18.5	18.2	17.8	13.3	10.4	17.8	17.5	16.2	15.6	14.9
S12	12	20.4	19.8	19.5	19.6	19	18.9	18.9	20.5	18.2	18.3	17.7	13.4	10.4	17.9	17.6	16.3	15.6	15.1
S13	13	18.4	17.8	17.7	17.8	16.9	16.5	16.6	18.1	15.9	16.7	15.6	11.8	8.5	17.3	16.7	15.2	14.6	13.6
S14	14	16.7	16.3	16	16.2	15.5	17.2	15.4	16.8	14.7	15.8	15.1	13.1	9.5	16.1	16.6	16.5	15.9	15.6
S15	15	23.1	22.5	22	22	21.8	21.3	21.5	23.3	20.9	18.3	18.1	13.8	11.2	17.9	17.5	16.2	15.7	15.1
S16	16	17.9	19.1	16.5	16.6	18.6	18.2	19.6	20.1	18.7	14.4	14.8	11.7	10	13.5	13.6	12.9	12.8	12.9
S17	17	22.4	21.8	21.7	21.8	20.6	19.9	20.2	22.2	19.6	17.6	17.3	12.9	9.9	17.5	17.1	15.6	15	14.3
S18	18	22.7	22.2	22	22.1	20.7	19.9	20.2	22.3	19.7	17.3	16.9	12.5	9.7	17.3	16.9	15.3	14.7	14
S19	19	17.1	16.3	15.8	15.9	17.3	17.3	18.1	18.8	17.2	14.2	14.6	11.7	10	13.3	13.5	12.9	12.9	13
S20	20	25.3	23.8	22.9	23.3	26.1	22.2	24.4	27.1	24.4	17.9	17.6	13.3	11.1	17.5	17.2	15.8	15.5	14.7

ตารางที่ 8 (ต่อ)

	S00	S22	S23	S24	S25	S26	S27	S28	S29	S30	S31	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S38	S39
S21	21	25.3	24	23.2	23.4	27.7	23.5	26.2	29.1	26.4	18.6	18.5	14.4	12.5	17.9	17.5	16.5	16	15.8
S22	22		24.1	23.3	23.6	23.3	21.1	22.4	24.8	22.1	18	17.8	13.3	10.8	17.9	17.4	16	15.4	14.8
S23	23	24.1		22.6	22.8	22	20.7	21.2	23.4	20.8	17.5	17.2	12.7	10	17.3	16.9	15.4	14.8	14.1
S24	24	23.3	22.6		22.3	21	20	20.4	22.5	20	17.3	16.9	12.4	9.7	17.2	16.7	15.2	14.6	13.9
S25	25	23.6	22.8	22.3		21.4	20	20.5	22.8	20.1	17.3	16.9	12.4	9.6	17.2	16.8	15.4	14.8	13.9
S26	26	23.3	22	21	21.4		22.7	26.6	28.6	27.7	16.8	17.1	13	11.4	16.4	16.2	15	14.6	14.4
S27	27	21.1	20.7	20	20	22.7		22.7	23.8	21.9	15.9	16.3	12.5	10.8	15.3	15.2	14.1	13.8	13.6
S28	28	22.4	21.2	20.4	20.5	26.6	22.7		26.9	26.2	16.8	17.1	13.6	12.3	16.3	16.2	15.2	15	14.9
S29	29	24.8	23.4	22.5	22.8	28.6	23.8	26.9		27.1	18.2	18.4	14.6	12.9	18	17.8	16.4	16	15.6
S30	30	22.1	20.8	20	20.1	27.7	21.9	26.2	27.1		16.3	16.5	12.7	11.3	15.6	15.4	14.4	14.1	14
S31	31	18	17.5	17.3	17.3	16.8	15.9	16.8	18.2	16.3		15.8	12	8.8	16.2	16.3	15.1	14.5	13.7
S32	32	17.8	17.2	16.9	16.9	17.1	16.3	17.1	18.4	16.5	15.8		12.1	9.1	15.2	15.3	14.4	14.1	13.5
S33	33	13.3	12.7	12.4	12.4	13	12.5	13.6	14.6	12.7	12	12.1		8	11.4	11.9	12.1	12.3	13.1
S34	34	10.8	10	9.7	9.6	11.4	10.8	12.3	12.9	11.3	8.8	9.1	8		8	8.5	8.5	8.7	9.8
S35	35	17.9	17.3	17.2	17.2	16.4	15.3	16.3	18	15.6	16.2	15.2	11.4	8		16.6	15.1	14.2	13.3
S36	36	17.4	16.9	16.7	16.8	16.2	15.2	16.2	17.8	15.4	16.3	15.3	11.9	8.5	16.6		15.6	14.7	13.9
S37	37	16	15.4	15.2	15.4	15	14.1	15.2	16.4	14.4	15.1	14.4	12.1	8.5	15.1	15.6		15.1	14.2
S38	38	15.4	14.8	14.6	14.8	14.6	13.8	15	16	14.1	14.5	14.1	12.3	8.7	14.2	14.7	15.1		14.3
S39	39	14.8	14.1	13.9	13.9	14.4	13.6	14.9	15.6	14	13.7	13.5	13.1	9.8	13.3	13.9	14.2	14.3	

ผลการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์

การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะ ผู้วิจัยได้ทำการกำหนดยานพาหนะในการปฏิบัติงานจำนวน 5 คัน โดยแบ่งเป็นรถบรรทุกประเภท 6 ล้อ จำนวน 2 คัน โดยกำหนดความจุที่ 6,315 และ 9,285 กิโลกรัม สำหรับรถบรรทุกประเภท 10 จำนวน 3 คัน โดยกำหนดความจุที่ 22,895, 24,305 และ 24,915 กิโลกรัม ภายใต้เงื่อนไขระยะเวลาการขนส่งแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง และพนักงานเก็บขยะ จำนวน 11 คน โดยทำการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะแบบเดิม ดังตารางที่ 9

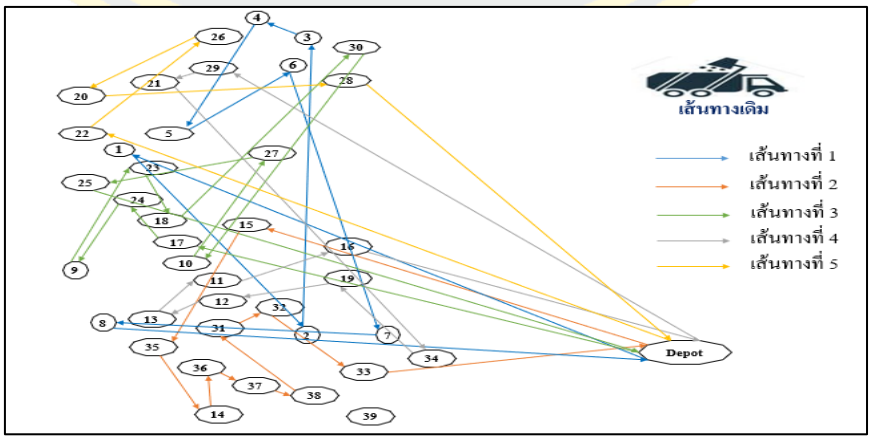
ตารางที่ 9 ระยะทางของยานพาหนะในการจัดเก็บขยะแบบเดิม

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
หกล้อ 1	0-01-02-02-03-03-04-05-06-07-08-08-08-08- 08-0	41,537	232.10	531	77.37
สิบล้อ 1	0-15-35-14-36-36-37-38-31-39-32-33-0	72,650	77.30	255	25.77
สิบล้อ 2	0-17-24-09-23-18-30-10-10-27-27-25-0	81,137	129.30	331	43.10
สิบล้อ 3	0-29-21-34-19-12-12-13-11-16-0	72,757	88.90	239	29.63
หกล้อ 2	0-22-22-26-20-20-28-0	36,501	139.20	293	46.40
รวมทั้งหมด		304,581	666.80	1,648	222.27

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมของบริษัท โดยสังเกตได้ว่าการจัดเส้นทางเดินรถไม่เป็นระบบที่ชัดเจน โดยบริษัทมียานพาหนะทั้งหมด จำนวน 6 คัน โดยใช้ปฏิบัติจัดเก็บขยะ เริ่มแต่วันจันทร์-วันเสาร์ จำนวน 5 คัน แบ่งเป็นรถ 10 ล้อ แบบอัดแน่น

จำนวน 3 คัน และรถ 6 ล้อ จำนวน 2 คัน และสำหรับผลต่างของรถหกล้อจำนวน 1 คัน ใช้เป็นรถสำรองในกรณีรถบรรทุกประจำเสีย หรือส่งซ่อม

ผลจากการจัดเส้นทางยานพาหนะ จากตารางที่ 9 พบว่า ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 5 คัน โดยรถหกล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-01-02-02-03-03-04-05-06-07-08-08-08-08-08-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 41,537 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 232.10 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 531 นาที หรือเท่ากับ 8 ชั่วโมง 8 นาที 3 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 77.37 ลิตร สำหรับรถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-15-35-14-36-36-37-38-31-39-32-33-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 72,650 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 77.30 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 255 นาที หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง 2 นาที 5 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 25.77 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-17-24-09-23-18-30-10-10-27-27-25-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 81,137 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 129.30 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 331 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 5 นาที 1 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 43.10 ลิตร และรถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-29-21-34-19-12-12-13-11-16-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 72,757 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 88.90 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางเท่ากับ 239 นาที หรือเท่ากับ 3 ชั่วโมง 9 นาที 8 วินาที อัตราใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 29.63 ลิตร และรถหกล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-22-22-26-20-20-28-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 36,501 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 139.20 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 293 นาที หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง 8 นาที 8 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 46.40 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 21



ภาพที่ 21 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดด้วยการจัดเส้นทางแบบเดิม

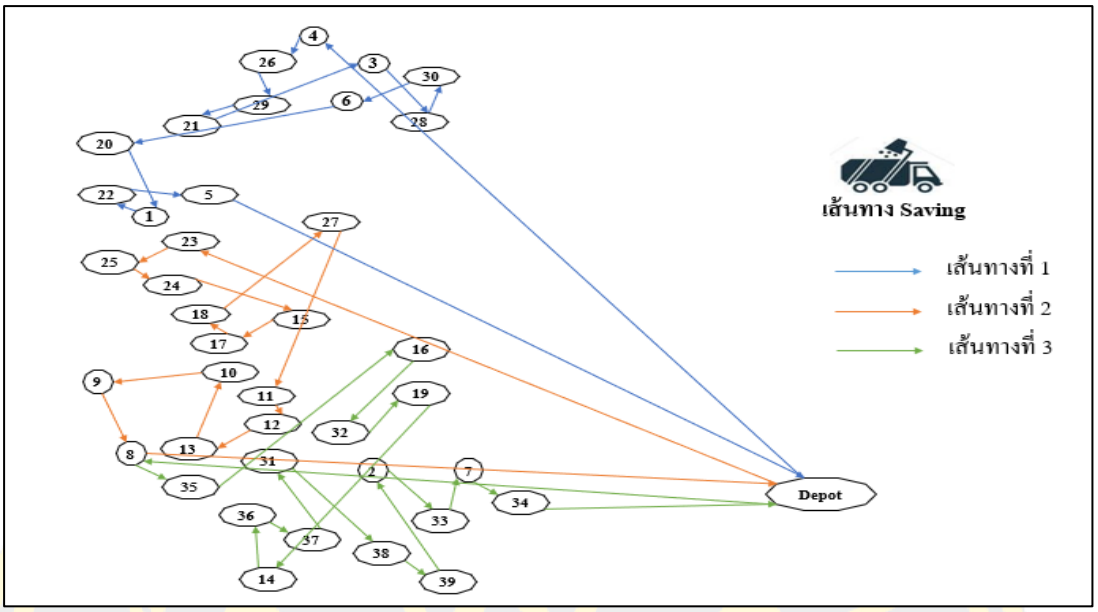
จากภาพที่ 21 จะเห็นได้ว่า ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมในปัจจุบัน ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 5 คัน โดยรถหกล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 6,315 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 8 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 232.10 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 3 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 77.30 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 129.30 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 3 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 88.90 กิโลเมตร และสำหรับรถหกล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 9,285 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 139.20 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 22 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 666.80 กิโลเมตร

ผู้วิจัยยังได้ทำการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะโดยวิธีประหยัด (Saving) โดยมีขั้นตอนดำเนินงาน ดังนี้ 1. สร้างคำตอบเริ่มต้น โดยการกำหนดให้เส้นทางหนึ่งเส้นทางมีจุดเก็บขยะเพียง 1 จุดเท่านั้น เราก็จะได้จำนวนเส้นทางเท่ากับจำนวนจุดเก็บขยะทั้งหมด 2. คำนวณค่าประหยัดของระยะทาง หรือค่าใช้จ่าย โดยกำหนดให้ Sij แทนค่าความประหยัดของระยะทางในการขนส่งระหว่างจุดเก็บขยะ i และจุดเก็บขยะ j ได้จากสมการ คือ Sij = (doi + doj) - dij กำหนดให้ตัวแปร Sij คือ ค่าความประหยัด (Saving) จากโหนด i ไปโหนด j ตัวแปร doi คือ ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด i ตัวแปร doj คือ ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด j และตัวแปร dij คือ ระยะทางจาก โหนด i ไปโหนด j 3. จัดเรียงลำดับค่าความประหยัด (Saving) จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด 4. รวมเส้นทางของจุดเก็บขยะจากจุด i และจุด j ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน 5. ทำซ้ำจนครอบคลุมจุดเก็บขยะทั้งหมด โดยมีข้อจำกัดในการเดินทางว่าปริมาณขยะจะต้องไม่เกินความจุของรถ และต้องใช้เวลาเดินทางไม่เกินความสามารถที่รถได้ 6. รวมระยะทางเดินรถเป็นระยะทางรวมของเส้นทาง และ 7. ถ้าหากระยะทางไม่เหมาะสมก็ทำการหาเส้นทางใหม่ ดังตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธีประหยัด

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
สิบล้อ 1	0-04-26-29-21- 21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-0	81,647	145.10	380	48.37
สิบล้อ 2	0-23-25-24-15-17-18-27-27-11-11-12-12-13-10-09-09-08-0	117,314	142.60	401	47.53
สิบล้อ 3	0-08-35-16-32-32-19-14-14-36-37-31-38-39-02-33-33-07-34-0	105,620	126.90	412	42.30
รวมทั้งหมด		304,581	414.60	1,194	138.20

จากตารางที่ 10 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะโดยใช้วิธีแบบประหยัดทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 3 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-04-26-29-21-21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 81,647 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 145.10 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 380 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 3 นาที 3 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 48.37 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-23-25-24-15-17-18-27-27-11-11-12-12-13-10-09-09-08-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 117,314 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 142.60 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 401 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 6 นาที 8 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 47.53 ลิตร และรถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-08-35-16-32-32-19-14-14-36-37-31-38-39-02-33-33-07-34-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 105,620 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 126.90 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 412 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 8 นาที 6 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 42.30 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 22



ภาพที่ 22 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธีแบบประหยัด

จากภาพที่ 22 จะเห็นได้ว่า ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธีแบบประหยัดทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 3 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 145.10 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 142.60 กิโลเมตร และรถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 126.90 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 14 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 414.60 กิโลเมตร

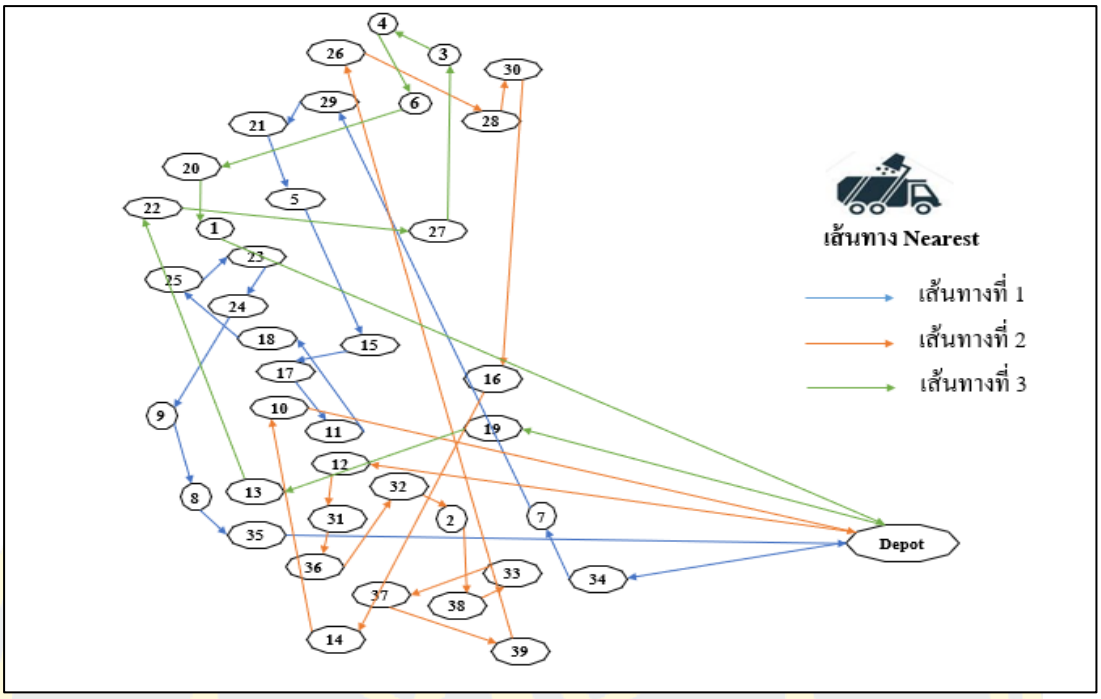
หลังจากได้ทำการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะโดยใช้วิธีประหยัดแล้ว ผู้วิจัยยังได้จัดเส้นทาง ด้วยวิธี Nearest heuristic คือ เป็นวิธีการจัดเส้นทางที่ง่ายสุด โดยให้ยานพาหนะจะออกเดินทางจากจุดปัจจุบันไปยังจุดที่อยู่ใกล้ที่สุด แล้วยานพาหนะจะเดินทางไปยังจุดต่อไป โดยจะพิจารณาถึงความจุของยานพาหนะ และระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเดินทาง ถ้าหากเกินความจุของยานพาหนะก็จะทำการปิดเส้นทางนั้น แล้วเริ่มด้วยเส้นทางใหม่ ได้จากสมการคือ Cij = Cip + Cpj โดยสมการ Cij คือ ค่าระยะทางจากโหนด i ไปโหนด j ตัวแปร Cip คือ ค่าระยะทางจากโหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติ และตัวแปร Cpj คือ ค่าระยะทาง จากโหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติไปโหนด j มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ 1. เริ่มเดินทางจาก 0 ไปยังจุดที่ระยะทางสั้นที่สุดโดยไม่เกินข้อกำหนดต่าง ๆ 2. เริ่มเดินทางใหม่จาก 0 ไปยังโหนดที่มีระยะสั้นที่สุด โดยไม่เดินทางไปจุดเดิม 3. เดินทางไปเรื่อย ๆ จนครบทุกจุดมี 39 จุดก็จะได้เส้นทางการขนส่งขยะ 4. ทำการรวบรวม

ระยะทาง และเวลาที่ใช้แต่ละเส้นทาง ทำให้สามารถจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธี Nearest heuristic

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
สิบล้อ 1	0-34-07-29-21-21-05-15-17-11-18-25-23-24-09-08-08-35-0	110,376	140.30	408	46.77
สิบล้อ 2	0-12-31-36-32-32-02-38-33-33-37-39-26-26-28-30-16-14-14-10	111,723	155.70	447	51.90
สิบล้อ 3	0-19-13-13-22-27-27-03-04-06-20-01-0	82,483	126.10	317	42.03
รวมทั้งหมด		304,581	422.10	1,173	140.70

จากตารางที่ 11 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Nearest heuristic ทำให้บริษัทนำใช้รถ ทั้งหมด 3 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-34-07-29-21-21-05-15-17-11-18-25-23-24-09-08-08-35-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 110,376 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้เดินรถ เท่ากับ 140.30 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 408 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 8 นาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 46.77 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-12-31-36-32-32-02-38-33-33-37-39-26-26-28-30-16-14-14-10 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 111,723 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 155.70 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 447 นาที หรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 4 นาที 5 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 51.90 ลิตร และรถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-19-13-13-22-27-27-03-04-06-20-01-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 82,483 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 126.10 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 317 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 2 นาที 8 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 42.03 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธี Nearest heuristic

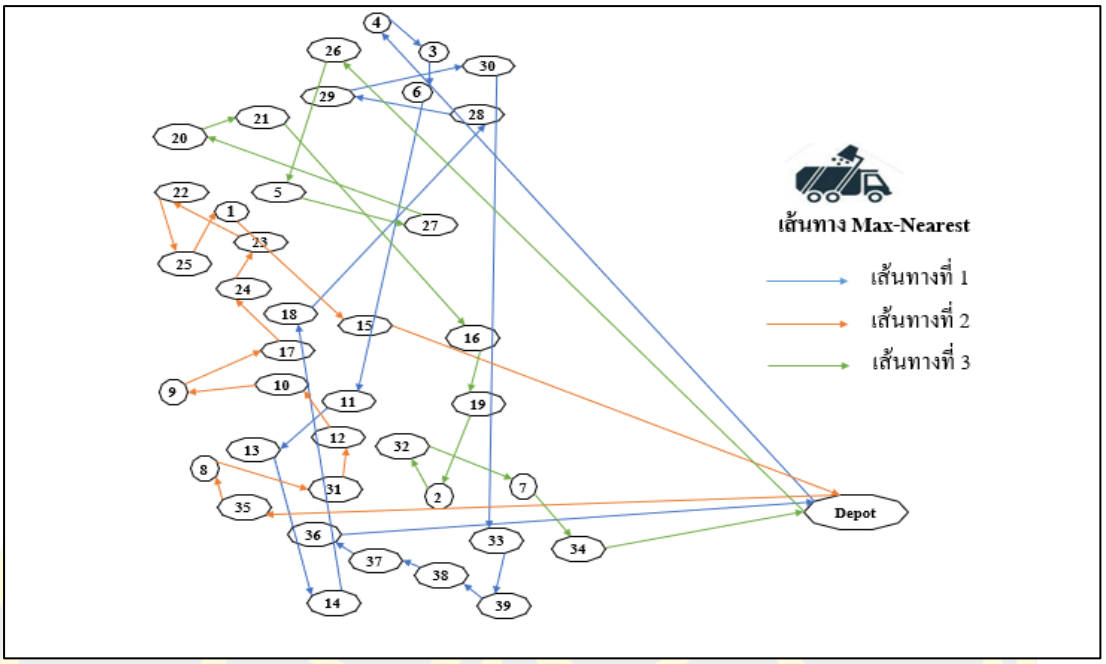
จากภาพที่ 23 จะเห็นได้ว่า ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Nearest heuristic ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 3 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 140.30 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 155.70 กิโลเมตร และรถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 126.10 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 14 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 422.10 กิโลเมตร

หลังจากจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Nearest heuristic แล้ว ผู้วิจัยยังได้ดำเนินการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะ โดยวิธีการหาจุดไกลที่สุด (Max-nearest heuristic) เป็นวิธีปรับแต่งใหม่จากวิธี Nearest heuristic คือ รถบรรทุกจะเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่อยู่ไกลที่สุดก่อนแล้วเดินทางไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้ 1. เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการโดยมีเวลาเดินทางเท่า 0 ทุกเส้นทาง 2. เลือกเส้นทางที่มีระยะทางไกลที่สุด ภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม 3. เลือกจุดที่ใกล้กับจุดปลายทาง ภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม 4. ไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด 5. ซ้ำขั้นตอนที่ 3 และ 4 จนครบทุกจุด แล้วเลือกเส้นทางที่ใกล้ที่สุด ทำให้สามารถจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอย ดังตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธี Max-nearest heuristic

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
สิบล้อ 1	0-04-03-06-11-13-14-14-18-28-29-29-30-33-33-39-38-37-36-0	109,622	156.50	438	52.17
สิบล้อ 2	0-35-08-08-31-12-10-09-17-24-23-22-22-25-01-15-0	114,876	140.80	399	46.93
สิบล้อ 3	0-26-05-27-20-20-21-16-19-02-32-07-34-0	80,083	122	322	40.67
รวมทั้งหมด		304,581	419.30	1,159	139.77

จากตารางที่ 12 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Max-nearest heuristic ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 3 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-04-03-06-11-13-14-14-18-28-29-29-30-33-33-39-38-37-36-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 109,622 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 156.50 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 438 นาที หรือเท่ากับ 7 ชั่วโมง 3 นาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 52.17 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-35-08-08-31-12-10-09-17-24-23-22-22-25-01-15-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 114,876 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 140.80 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 399 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 6 นาที 5 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 46.93 ลิตร และรถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-26-05-27-20-20-21-16-19-02-32-07-34-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 80,083 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 122 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 322 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 3 นาที 6 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 40.67 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 24



ภาพที่ 24 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธี Max-nearest heuristic

จากภาพที่ 24 จะเห็นได้ว่า ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Max-nearest heuristic ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 3 คัน โดย รถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 156.52 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 140.80 กิโลเมตร และรถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 122 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 14 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 419.30 กิโลเมตร

หลังจากจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Max-nearest heuristic แล้ว ผู้วิจัยยังได้ดำเนินการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยวิธี Sweep heuristic เป็นวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้าหรือแบ่งกลุ่มของจุดเก็บขยะก่อน โดยการกวาดรวมจุดต่าง ๆ ตามลักษณะของเข็มนาฬิกา พร้อมกับการพิจารณาความต้องการในการจัดเก็บขยะจนกว่าจะเต็มความจุของยานพาหนะรับส่ง โดยมีขั้นตอนดังนี้ 1. เลือกจุดเริ่มต้นโดยไม่รวม Depot โดยจะพิจารณาเลือกจุดที่ใกล้กับจุดเริ่มต้นมากที่สุด 2. กวาดรวมเอาจุดเก็บขยะทิดทางทวนเข็มนาฬิกา พร้อมทั้งพิจารณา Demand ไปด้วย เพื่อไม่ให้เกินความจุของยานพาหนะ และ 3. ทำตามขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2 จนกว่าจะรวมจุดเก็บขยะครบทุกจุด ดังตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ระยะทางการจัดเส้นทางแบบใหม่โดยวิธี Sweep heuristic

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
หกล้อ 1	0-39-14-14-38-38-37-37-0	22,985	102.20	249	34.07
สิบล้อ 1	0-33-33-34-36-35-02-07-08-31-31-13-32-0	84,598	86.90	280	28.97
สิบล้อ 2	0-12-09-11-10-19-17-18-24-25-15-16-0	87,216	111.30	310	37.10
สิบล้อ 3	0-23-01-22-22-05-20-27-27-21-29-29-26-0	89,045	135.00	338	45.00
หกล้อ 2	0-06-04-28-03-03-30-30-0	22,967	102.20	235	34.07
รวมทั้งหมด		304,581	537.60	1,411	179.20

จากตารางที่ 13 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Sweep heuristic ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 5 คัน โดยรถหกล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-39-14-14-38-37-37-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 22,985 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 102.20 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 249 นาที หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง 1 นาที 5 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 34.07 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-33-33-34-36-35-02-07-08-31-31-13-32-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 84,598 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 86.90 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 280 นาที หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง 6 นาที 6 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 28.97 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-12-09-11-10-19-17-18-24-25-15-16-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 87,216 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 111.30 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 310 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 1 นาที 6 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 37.10 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-23-01-22-22-05-20-27-27-21-29-29-26-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 89,045 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 135.00 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 338 นาที หรือเท่ากับ 5

ชั่วโมง 6 นาที 3 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 45.00 ลิตร และสำหรับรถหกล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-06-04-28-03-03-30-30-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 22,967 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 102.20 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 235 นาที หรือเท่ากับ 3 ชั่วโมง 9 นาที 1 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 34.07 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 25

ภาพที่ 25 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดโดยวิธี Sweep heuristic

จากภาพที่ 25 จะเห็นได้ว่า ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Sweep heuristic ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 5 คัน โดยรถหกล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 6,315 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 102.20 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 86.90 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 111.30 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 135.00 กิโลเมตร และสำหรับรถหกล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 9,285 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 3 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 102.20 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด

เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 19 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 537.60 กิโลเมตร

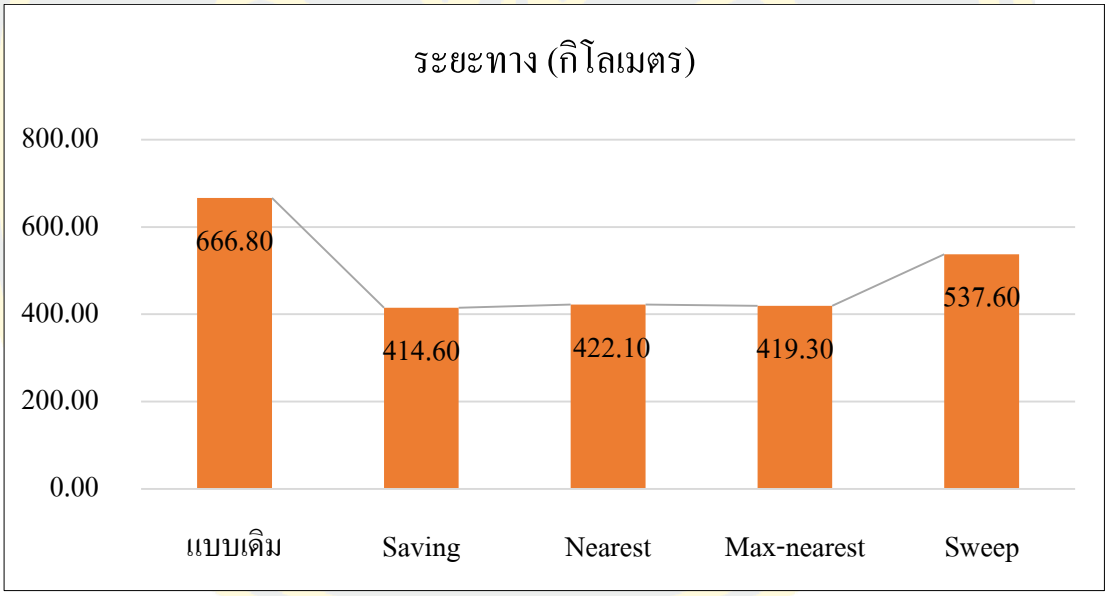
จากการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยแบบเดิมของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด สังเกตได้ว่า การจัดเส้นทางเดินรถไม่เป็นระบบที่ชัดเจน โดยทำให้ผู้วิจัยได้นำเสนอการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะด้วย 3 วิธี ได้แก่ วิธีประหยัด วิธี Nearest heuristic และวิธี Max-nearest heuristic เพื่อทำการเปรียบเทียบหาวิธีที่เหมาะสมสำหรับการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะของบริษัท เพื่อนำไปปรับปรุงการดำเนินงานของบริษัทในอนาคต และยังทำให้การวางแผนการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะที่ชัดเจนขึ้น ส่งผลให้ระยะเวลาการทำงานของพนักงานลดลง และจำนวนรถบรรทุกที่ใช้ในปัจจุบันของบริษัทลดลงตามไปด้วย ดังนั้น ผู้วิจัยทำการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยทั้ง 3 วิธี ดังตารางที่ 14

ตารางที่ 14 การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์

	การเปรียบเทียบ				
	แบบเดิม	**Saving**	**Nearest**	**Max-nearest**	**Sweep**
จำนวนรถหกล้อ (คัน)	2	-	-	-	2
จำนวนรถสิบล้อ (คัน)	3	3	3	3	3
จำนวนพนักงาน (คน)	11	7	7	7	11
จำนวนเที่ยว	22	14	14	14	19
ระยะทาง (กิโลเมตร)	666.80	414.60	422.10	419.30	537.60
ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	1,648	1,194	1,173	1,159	1,411
จำนวนบรรทุกขยะ (กิโลกรัม)	304,581	304,581	304,581	304,581	304,581
ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)	222	138	141	140	179
ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท)	5,687.80	3,536.54	3,600.51	3,576.63	4,585.73

จากตารางที่ 14 ตารางการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะ พบว่า การจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธีประหยัด วิธี Nearest heuristic วิธี Max-nearest heuristic และวิธี Sweep heuristic ทำให้บริษัทนำใช้รถสิบล้อจำนวน 3 คัน และรถหกล้อ จำนวน 2 คัน เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางแบบเดิมทำให้บริษัทได้ระยะทางที่สั้นที่สุด คือ

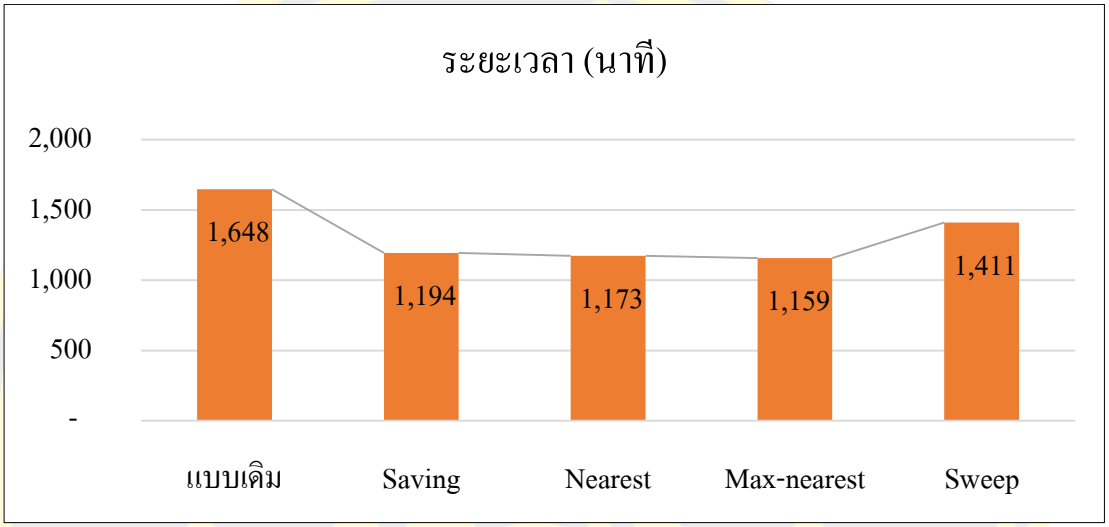
วิธีประหยัด ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 414.60 กิโลเมตร สำหรับวิธีที่ได้ระยะทางที่สั้นรองลงมา คือ วิธี Max-nearest heuristic ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 419.30 กิโลเมตร รองลงมา คือ วิธี Nearest heuristic ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 422.10 กิโลเมตร และวิธี Sweep heuristic ได้ระยะทางที่ไกลที่สุด เท่ากับ 537.60 กิโลเมตร แต่ในด้านระยะเวลา คือ วิธี Max-Nearest heuristic ที่ใช้ระยะเวลาในการจัดเก็บขยะได้เร็วกว่า โดยระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 1,159 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 3 นาที 1 วินาที สำหรับวิธีที่ได้ระยะเวลาที่สั้นรองลงมา คือ วิธี Nearest heuristic ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 1,173 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 5 นาที 5 วินาที รองลงมา คือ วิธีแบบประหยัด ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 1,194 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 9 นาที และวิธี Sweep heuristic ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 1,411 นาที หรือเท่ากับ 23 ชั่วโมง 5 นาที 1 วินาที ตามลำดับ โดยแสดงรายละเอียดด้านระยะทาง ดังภาพที่ 26



ภาพที่ 26 การเปรียบเทียบระยะทางรวม

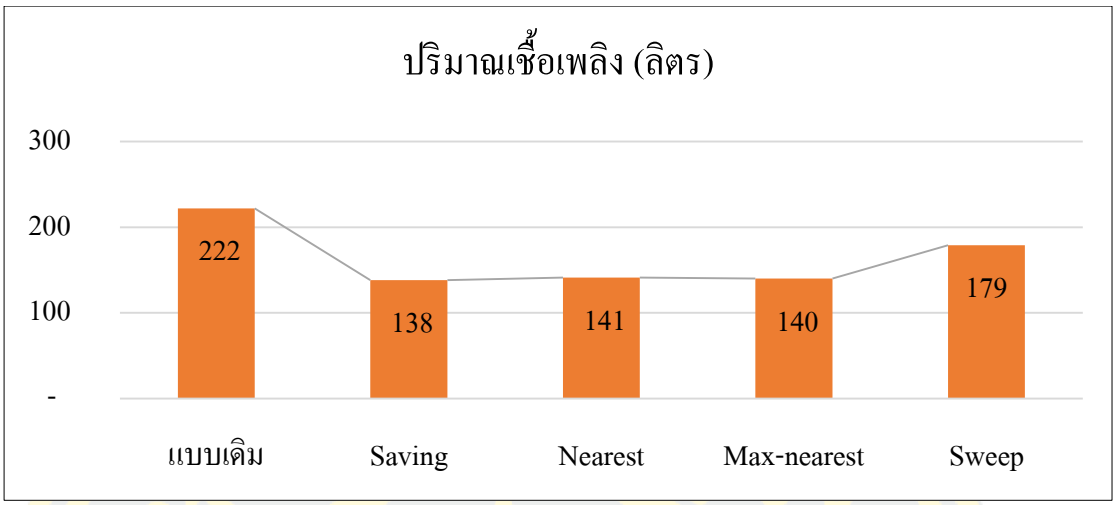
จากภาพที่ 26 จะเห็นได้ว่าวิธี Saving สามารถจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะได้สั้นกว่า เนื่องจากว่าวิธีนี้มีแนวคิดที่ว่าการนำเอาจุดสองจุดมาเชื่อมต่อกันได้ นำมาต่อกันแล้วทำให้ระยะทางรวมลดลงก็จะทำให้จุดสองจุดอยู่ในเส้นทางเดียวกัน จึงทำให้เกิดการเดินทางที่ประหยัด สำหรับวิธี Nearest heuristic เป็นการเริ่มต้นไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด หลังจากนั้นยานพาหนะจะเดินทางไปยังจุดต่อไป โดยจะต้องพิจารณาถึงความจุของยานพาหนะ และระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทางการจัดเก็บขยะ วิธี Max-nearest heuristic คือ ยานพาหนะจะเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุด

ที่อยู่ไกลที่สุดก่อนแล้วเดินทางไปยังจุดที่ใกล้ที่สุด และส่วนวิธี Sweep heuristic เป็นวิธีการแบ่งกลุ่มลูกค้า หรือแบ่งกลุ่มของจุดเก็บขยะก่อนโดยการกวาดรวมจุดต่าง ๆ ตามลักษณะของเข็มนาฬิกา พร้อมกับการพิจารณาความต้องการในการจัดเก็บขยะจนกว่าจะเต็มความจุของรถรับส่ง เพื่อแสดงให้เห็นความแตกต่างด้านระยะเวลารวมจึงทำการเปรียบเทียบ ดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 การเปรียบเทียบระยะเวลารวม

จากภาพที่ 27 จะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Max-nearest heuristic สามารถใช้ระยะเวลาในการจัดเก็บขยะได้เร็วกว่า แต่ทั้งนี้ค่าที่ใช้เปรียบเทียบคิดเป็นหน่วยนาที แสดงว่า บริษัทควรนำเอาวิธีนี้ไปปรับใช้ในการปฏิบัติจริง เพราะจะทำให้สามารถลดระยะเวลาในการจัดเก็บขยะลงไปด้วย หลังจากทำการแสดงผลการเปรียบเทียบด้านระยะเวลารวมแล้ว ผู้วิจัยยังจำเป็นต้องได้ทำการเปรียบเทียบปริมาณเชื้อเพลิง ดังภาพที่ 28



ภาพที่ 28 การเปรียบเทียบปริมาณเชื้อเพลิงรวม

จากภาพที่ 28 จะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธี Saving สามารถจัดเก็บขยะมูลฝอยที่ใช้ปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงที่ประหยัดกว่าวิธีอื่น ๆ ดังนั้น วิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 3 วิธี จึงไม่มีความแตกต่างกันมากเท่าไหร่ โดยเฉพาะด้านการจัดเก็บขยะในปัจจุบันเพราะว่าในการจัดเก็บตัวจริงไม่สามารถควบคุมให้เท่ากันได้ทุกครั้ง และในการดำเนินการจัดเก็บขยะก็ต้องมีค่าใช้จ่ายต่าง ๆ เช่น เงินเดือน ค่าซ่อมบำรุง เป็นต้น โดยแสดงถึงค่าใช้จ่ายในการขนส่ง ดังตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ต้นทุนค่าใช่จ่ายในการขนส่ง

ลำดับ	รายการ	รายจ่าย	หน่วย
1	ค่าซ่อมบำรุง	5,922	บาท/ เดือน/ คัน
2	เงินเดือนพนักงานขับรถ 6 คน	8,225	บาท/ เดือน/ คน
3	พนักงานยกขยะขึ้นรถ 11 คน	4,935	บาท/ เดือน/ คน
4	พนักงานโรงกำจัดขยะ 1 คน	6,580	บาท/ เดือน/ คน
5	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง	25.59	บาท/ ลิตร
6	อัตรากินน้ำมัน	3	กิโลเมตร/ ลิตร

จากตารางที่ 15 พบว่า ต้นทุนค่าขนส่งทั้งหมดที่นำมาใช้ในการคำนวณหาค่าใช้จ่ายรวมโดยวิธีฮิวริสติกส์ คือ ค่าน้ำมันใช้จ่ายเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางแบบเดิม ดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดยวิธีฮิวริสติกส์

วิธีการจัดเส้นทาง	**อัตราการใช้นำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)**	**ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท)**
แบบเดิม	222	5,687.80
Saving	138	3,536.54
Nearest heuristic	141	3,600.51
Max-nearest heuristic	140	3,576.63
Sweep heuristic	179	4,585.73
ผลประหยัด	84	2,151.27
	81	2,087.29
	82	2,111.18
	43	1,102.08
คิดเป็นร้อยละ	37.84	37.82
	36.49	36.70
	36.94	37.12
	19.38	19.38

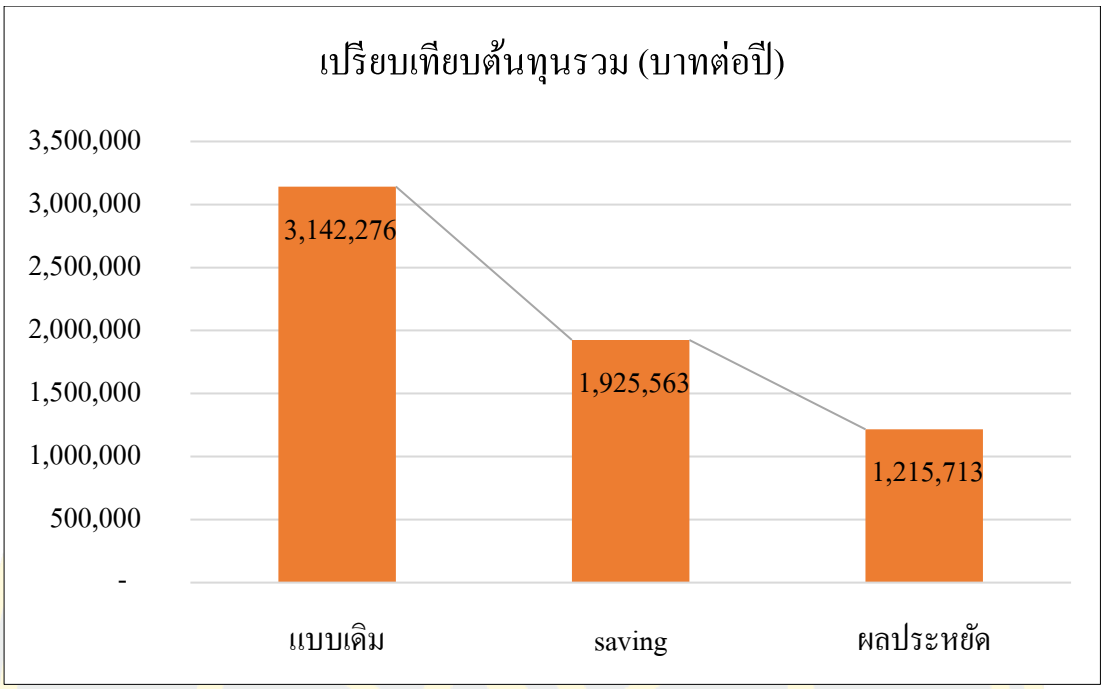
จากตารางที่ 16 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธีแบบประหยัด ทำให้ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะได้ต่ำที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับแบบเดิม คือ สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้จากเดิม 5,687.80 บาทต่อวัน เป็น 3,536.54 บาทต่อวัน โดยลดลง 2,151.27 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 37.82 รองลงมา คือ วิธี Max-nearest heuristic สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ 3,576.63 บาทต่อวัน โดยลดลง 2,111.18 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 37.12 สำหรับวิธี Nearest heuristic สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ 3,600.51 บาทต่อวัน โดยลดลง 2,087.29 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 36.70 และวิธี Sweep heuristic สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ 4,585.73 บาทต่อวัน โดยลดลง 1,102.08 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 19.38 ตามลำดับ และสำหรับการ

คำนวณหาต้นทุนค่าขนส่งรวม โดยกำหนดเอาเฉพาะค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานโดยตรงเกี่ยวกับการจัดเก็บขยะ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์โดยเฉลี่ยต่อปี

รูปแบบการจัดเส้นทาง	**อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)**	**ค่าซ่อมบำรุงรักษา (บาท)**	**เงินเดือนพนักงาน (บาท)**	**ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท)**	**ต้นทุนรวมค่าขนส่ง (บาท)**
แบบเดิม	64,013	181,608	1,322,580	1,638,088	3,142,276
saving	39,802	118,440	789,600	1,018,523	1,926,563
Nearest	40,522	118,440	789,600	1,036,948	1,944,988
Max-nearest	40,253	118,440	789,600	1,030,069	1,938,109
Sweep	51,610	181,608	1,322,580	1,320,690	2,824,878

จากตารางที่ 17 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งสำหรับการจัดเส้นทางแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์ พบว่า ต้นทุนร่วมค่าขนส่งในการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธีประหยัด ที่ได้ต้นทุนรวมขนส่งต่ำที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางแบบเดิม คือ สามารถลดต้นทุนรวมลงได้จากเดิม 3,142,276 บาทต่อปี เป็น 1,926,563 บาทต่อปี โดยลดลงได้ 1,215,713 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.69 ของต้นทุนรวมทั้งหมด แสดงดังภาพที่ 29



ภาพที่ 29 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์

จากภาพที่ 29 จะเห็นได้ว่า วิธีประหยัด เป็นวิธีที่สามารถช่วยลดต้นทุนรวมค่าขนส่งให้กับทางบริษัทกรณีทั้งเรื่อง ระยะทาง จำนวนรถบรรทุก จำนวนพนักงาน และค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากว่าทางบริษัทยังไม่ได้มีการนำเอาวิธีประหยัดมาใช้ในการจัดเส้นทาง แต่ใช้บุคคลที่มีประสบการณ์มาจัดเส้นทางแทน โดยไม่ได้ใช้วิธีแบบประหยัดมาจัดเส้นทางขนส่งขยะ

ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะแบบเดิม และวิธีฮิวริสติกส์ พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมทำให้บริษัทนำใช้รถบรรทุกทั้งหมด 5 คัน โดยแบ่งเป็น รถหกล้อ 2 คัน และรถสิบล้อ 3 คัน มีระยะทางเดิมรวมทั้งหมด เท่ากับ 666.80 กิโลเมตร สามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะได้ 5,687.80 บาทต่อวัน ผลจากการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางโดยวิธีฮิวริสติกส์ทั้ง 4 วิธี พบว่า วิธีประหยัด เป็นวิธีที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดและเหมาะสมที่สุด หลังจากที่ใช้วิธีประหยัดสำหรับการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบใหม่ สรุปได้ว่า ทำให้บริษัทนำใช้รถบรรทุกทั้งหมด 3 คัน เป็นรถสิบล้อทั้งหมด สามารถทำให้ใช้ระยะทางเดิมทั้งหมดลดลงเหลือ 414.60 กิโลเมตร สามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะลงได้ 3,536.54 บาทต่อวัน และทางด้านความสูญเสียที่สามารถลดได้อีก หลังจากใช้วิธี Saving มีดังต่อไปนี้

- สามารถลดจำนวนยานพาหนะที่ใช้ในการจัดเก็บขยะลงได้ 2 คันต่อวัน
- สามารถลดจำนวนพนักงานลงได้ 4 คนต่อวัน
- สามารถลดจำนวนระยะทางลงได้ 252.20 กิโลเมตรต่อวัน

- สามารถลดระยะเวลาลงได้ 455 นาทีต่อวัน

- สามารถลดจำนวนเที่ยวลงได้ 8 เที่ยวต่อวัน

- สามารลดค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางการจัดเก็บขยะ (ค่าน้ำมัน) ลงได้ 2,151.27 บาทต่อวัน หรือ 64,538.10 บาทต่อเดือน หรือ 774,457.20 บาทต่อปี

การเปรียบเทียบนโยบายการจัดเส้นทางแบบต่าง ๆ เทียบกับการทำงานแบบปัจจุบัน

การแก้ไขปัญหาการเส้นทางเดินรถในแต่ละเส้นทาง เพื่อจะทำให้ระยะทาง และระยะเวลารวมถึงระยะเวลาทำงานของพนักงานลดลง สำหรับการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยได้นำเสนอนโยบายการจัดเส้นทางขนส่งขยะขึ้นมา 3 นโยบาย โดยใช้วิธีประหยัด (Saving) ดังนี้

นโยบายที่ 1 จัดเส้นทางยานพาหนะ โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง

นโยบายที่ 2 จัดเส้นทางยานพาหนะ โดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง

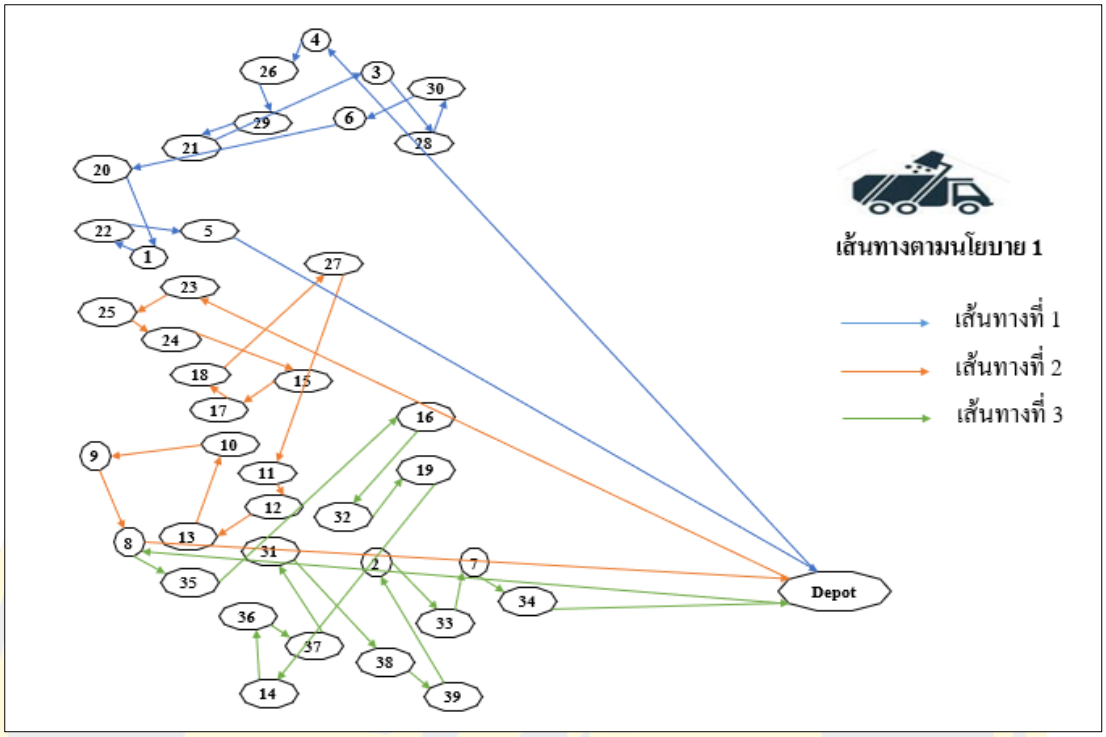
นโยบายที่ 3 จัดเส้นทางยานพาหนะ โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคัน ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 6 ชั่วโมง

สำหรับปริมาณขยะที่แท้จริงในแต่ละเที่ยวจะทราบได้ก็ต่อเมื่อยานพาหนะเดินทางไปส่งขยะที่โรงกำจัดขยะแล้วเท่านั้น จากการกำหนดปริมาณขยะที่สามารถบรรทุกได้ โดยประยุกต์ใช้ 3 นโยบาย โดยผู้วิจัยจะนำไปเปรียบเทียบกับผลการจัดเส้นทางแบบเดิมของบริษัทอีกครั้ง แล้วทำการเปรียบเทียบระยะทาง ระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการขนส่งที่เกิดขึ้นทั้ง 3 นโยบาย โดยผู้วิจัยทำการแสดงผลการจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 1 โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง ดังตารางที่ 18

ตารางที่ 18 ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 1

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
สิบล้อ 1	0-04-26-29-21- 21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-0	81,647	145.10	380	48.37
สิบล้อ 2	0-23-25-24-15-17-18-27-27-11-11-12-12-13-10-09-09-08-0	117,314	142.60	401	47.53
สิบล้อ 3	0-08-35-16-32-32-19-14-14-36-37-31-38-39-02-33-33-07-34-0	105,620	126.90	412	42.30
รวมทั้งหมด		304,581	414.60	1,194	138.20

จากตารางที่ 18 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 1 ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 3 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-04-26-29-21-21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 81,647 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 145.10 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 380 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 3 นาที 3 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 48.37 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-23-25-24-15-17-18-27-27-11-11-12-12-13-10-09-09-08-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 117,314 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 142.60 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 401 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 6 นาที 8 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 47.53 ลิตร และรถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-08-35-16-32-32-19-14-14-36-37-31-38-39-02-33-33-07-34-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 105,620 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 126.90 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 412 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 8 นาที 6 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 42.30 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 30



ภาพที่ 30 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดตามนโยบายที่ 1

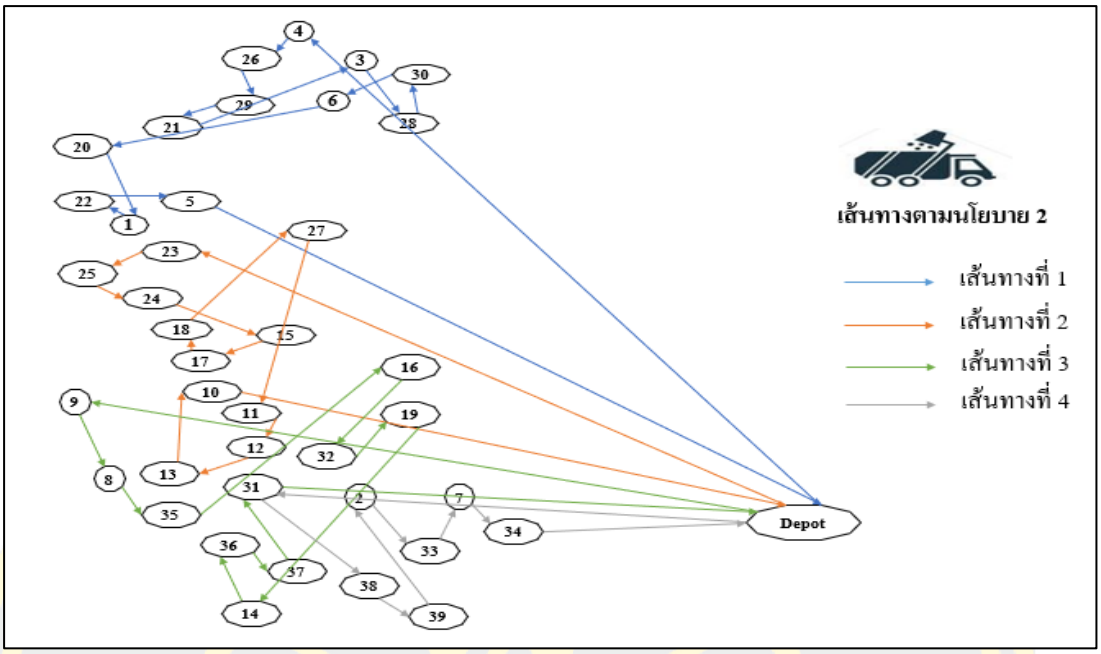
จากภาพที่ 30 จะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 1 ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 3 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 145.10 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 142.60 กิโลเมตร และรถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 126.90 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 14 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 414.60 กิโลเมตร

หลังจากที่ได้เส้นทางจากการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 1 โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง ทำให้บริษัท มีการนำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน มีเส้นทางที่ใช้ทั้งหมด 3 เส้นทาง ดังตารางที่ 17 และขั้นตอนต่อไป ผู้วิจัยได้นำเสนอนโยบายการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 2 โดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 2

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
สิบล้อ 1	0-04-26-29-21- 21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-0	81,647	145.10	380	48.37
สิบล้อ 2	0-23-25-24-15-17-18-27-27-11-11-12-12-13-10-0	91,004	116.50	326	38.83
สิบล้อ 3	0-09-08-08-35-16-32-19-14-14-36-37-31-0	90,700	110.20	318	36.73
หกล้อ 1	0-31-38-39-2-2-33-33-33-07-34-0	41,230	95	294	31.67
รวมทั้งหมด		304,581	466.80	1,318	155.60

จากตารางที่ 19 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 2 ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 4 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-04-26-29-21-21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 81,647 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 145.10 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 380 นาที หรือเท่ากับ 6 ชั่วโมง 3 นาที 3 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 48.37 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-23-25-24-15-17-18-27-27-11-11-12-12-13-10-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 91,004 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 116.50 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 326 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 4 นาที 3 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 38.83 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-09-08-08-35-16-32-32-19-14-14-36-37-31-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 90,700 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 110.20 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 318 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 3 นาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 36.73 ลิตร และสำหรับรถหกล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-31-38-39-02-02-33-33-33-07-34-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 41,230 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 95 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 294 นาที หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง 9 นาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 31.67 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 31



ภาพที่ 31 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดตามนโยบายที่ 2

จากภาพที่ 31 จะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 2 ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 4 คัน โดยรถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 145.10 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 116.50 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 110.20 กิโลเมตร และรถหกล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 9,285 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 5 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 95 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 17 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 466.80 กิโลเมตร

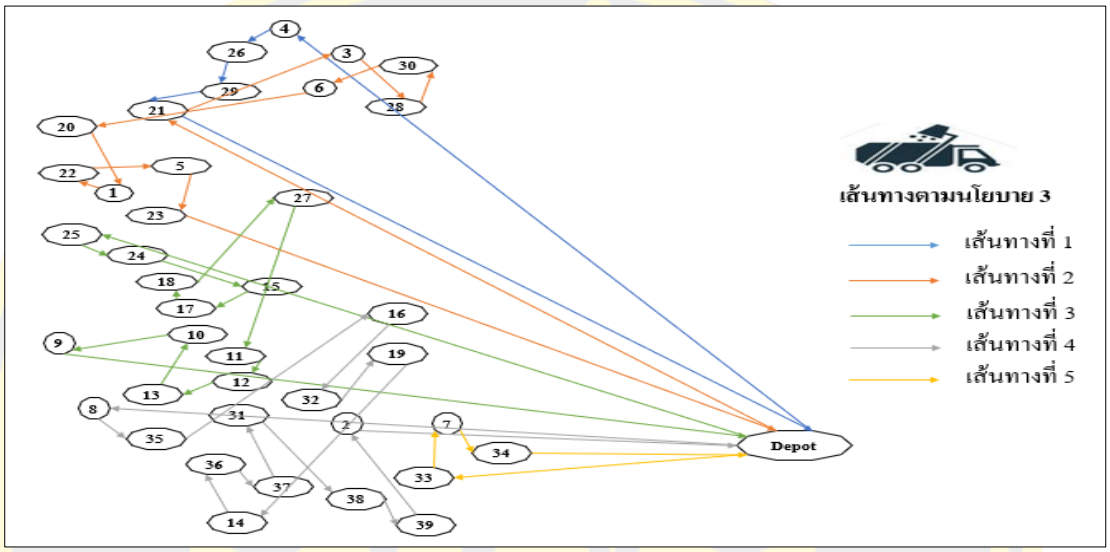
หลังจากที่ได้เส้นทางจากการจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 2 โดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง ทำให้บริษัท มีการนำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน และหกล้อ จำนวน 1 คัน มีเส้นทางที่ใช้ทั้งหมด 4 เส้นทาง ดังตารางที่ 18 และสุดท้าย ผู้วิจัยได้นำเสนอนโยบายการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 3 โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคัน ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 6 ชั่วโมง ดังตารางที่ 20

ตารางที่ 20 ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 3

ลำดับรถบรรทุก	เส้นทางการเดินรถ	จำนวนในการบรรทุก (กิโลกรัม)	ระยะทางเดินรถ (กิโลเมตร)	ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)
หกล้อ 1	0-04-26-29-29-29-29-21-0	22,944	142.60	297	47.53
สิบล้อ 1	0-21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-23-0	70,989	108.90	293	36.30
สิบล้อ 2	0-25-24-15-17-18-27-27-11-12-13-13-10-09-0	87,809	113.40	322	37.80
สิบล้อ 3	0-08-35-35-16-32-19-19-14-36-37-37-31-38-39-02-0	94,583	107.10	335	35.70
หกล้อ 2	0-33-33-33-07-34-0	28,258	50.10	152	16.70
รวมทั้งหมด		304,581	522.10	1,399	174.03

จากตารางที่ 20 พบว่า การจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 3 ทำให้บริษัทนำใช้รถทั้งหมด 5 คัน โดยรถหกล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-04-26-29-29-29-29-21-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 22,944 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 142.60 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 297 นาที หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง 9 นาที 5 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 47.53 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 1 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-21-03-28-30-30-06-20-01-22-22-05-23-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 70,989 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 108.90 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 293 นาที หรือเท่ากับ 4 ชั่วโมง 8 นาที 8 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 36.30 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 2 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-25-24-15-17-18-27-27-11-12-13-13-10-09-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 87,809 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 113.40 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 322 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 3 นาที 6 นาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 37.80 ลิตร รถสิบล้อคันที่ 3 มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-08-35-35-16-32-19-19-14-36-37-37-31-38-39-02-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 94,583 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 107.10 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 335 นาที หรือเท่ากับ 5 ชั่วโมง 5 นาที 8 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 35.70 ลิตร และสำหรับรถหกล้อคันที่ 2

มีเส้นทางเริ่มต้นที่ 0-33-33-33-07-34-0 มีขยะในการบรรทุก เท่ากับ 28,258 กิโลกรัม ระยะทางที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 50.10 กิโลเมตร ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินรถ เท่ากับ 152 นาที หรือเท่ากับ 2 ชั่วโมง 5 นาที 3 วินาที อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เท่ากับ 16.70 ลิตร การลำดับและเชื่อมจุดแสดงในภาพที่ 32



ภาพที่ 32 ลำดับการเชื่อมของจุดแต่ละจุดตามนโยบายที่ 3

จากภาพที่ 32 จะเห็นได้ว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 3 ทำให้บริษัทใช้รถทั้งหมด 5 คัน โดยรถหกล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 6,315 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 142.60 กิโลเมตร ส่วนรถสิบล้อคันที่ 1 ที่ความจุ 24,305 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 3 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 108.90 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 24,915 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 113.40 กิโลเมตร รถสิบล้อคันที่ 3 ที่ความจุ 22,895 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 4 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 107.10 กิโลเมตร และรถหกล้อคันที่ 2 ที่ความจุ 9,285 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 3 เที่ยว มีระยะทาง เท่ากับ 50.10 กิโลเมตร สรุปได้ว่า มีขยะในการบรรทุกรวมทั้งหมด เท่ากับ 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวมทั้งหมด 18 เที่ยว และมีระยะทางรวม เท่ากับ 522.10 กิโลเมตร

หลังจากที่ได้เส้นทางจากการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 3 โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคัน ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 6 ชั่วโมง ทำให้บริษัท มีการนำใช้รถ สิบล้อ จำนวน 3 คัน และหกล้อ จำนวน 2 คัน มีเส้นทางที่ใช้ทั้งหมด 5 เส้นทาง และหลังจากจัด

เส้นทางที่กำหนดทั้ง 3 นโยบายแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบจำนวนเส้นทาง ระยะทาง ระยะเวลา และจำนวนเที่ยวของการขนส่ง แสดงการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางดังตารางที่ 21

ตารางที่ 21 การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและแต่ละนโยบาย

	การเปรียบเทียบ			
	แบบเดิม	**นโยบายที่ 1**	**นโยบายที่ 2**	**นโยบายที่ 3**
จำนวนรถหกล้อ (คัน)	2	-	1	2
จำนวนรถสิบล้อ (คัน)	3	3	3	3
จำนวนพนักงาน (คน)	11	7	9	11
จำนวนเที่ยว	22	14	17	18
ระยะทาง (กิโลเมตร)	666.80	414.60	466.80	522.10
ระยะเวลาขนส่งต่อวัน (นาที)	1,648	1,194	1,318	1,399
จำนวนบรรทุกขยะ (กิโลกรัม)	304,581	304,581	304,581	304,581
ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)	222	138	156	174
ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท)	5,687.80	3,536.54	3,981.80	4,453.51

จากตารางที่ 21 พบว่า ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 1 นำใช้รถสิบล้อทั้งหมด 3 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมด 414.10 กิโลเมตร ระยะเวลารวมที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 1,194 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 9 นาที โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง สำหรับนโยบายที่ 2 นำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน และหกล้อ จำนวน 1 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมด 466.80 กิโลเมตร ระยะเวลารวมที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 1,318 นาที หรือเท่ากับ 21 ชั่วโมง 9 นาที 7 วินาที โดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง และนโยบายที่ 3 นำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน และหกล้อ จำนวน 2 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมด 522.10 กิโลเมตร ระยะเวลารวมที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 1,399 นาที หรือเท่ากับ 23 ชั่วโมง 3 นาที 1 วินาที โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคัน ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 6 ชั่วโมง

จากการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะตามแต่ละนโยบายที่กำหนดไว้ดังตารางที่ 20 ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายรวมของแต่ละนโยบาย คือ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพียงอย่างเดียว เพื่อนำมาเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายในการจัดเส้นทางแบบเดิม ดังตารางที่ 22

ตารางที่ 22 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงตามแต่ละนโยบาย

วิธีการจัดเส้นทาง	อัตราการใช้นำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท)
แบบเดิม	222	5,687.80
นโยบายที่ 1	138	3,536.54
นโยบายที่ 2	156	3,981.80
นโยบายที่ 3	174	4,453.51
ผลประหยัด	84	2,151.27
	66	1,706
	48	1,234.29
คิดเป็นร้อยละ	37.84	37.82
	29.73	29.99
	21.62	21.70

จากตารางที่ 22 พบว่า การจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 1 ทำให้ได้ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะต่ำที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางแบบเดิม คือ สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้จากเดิม 5,687.80 บาทต่อวัน เป็น 3,536.54 บาทต่อวัน โดยลดลง 2,151.27 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 37.82 รองลงมา คือ การจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 2 สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ 3,981.80 บาทต่อวัน โดยลดลง 1,706 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 29.99 และการจัดเส้นทางยานพาหนะตามนโยบายที่ 3 สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ 4,453.51 บาทต่อวัน โดยลดลง 1,234.29 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 21.70 และสำหรับการคำนวณหาต้นทุนค่าขนส่งรวม โดยกำหนดเอาเฉพาะค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานที่ตรงเกี่ยวข้องโดยตรงกับการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะ ดังตารางที่ 23

ตารางที่ 23 การเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและแต่ละนโยบายโดยเฉลี่ยต่อปี

รูปแบบการจัดเส้นทาง	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง (ลิตร)	ค่าซ่อมบำรุงรักษา (บาท)	เงินเดือนพนักงาน (บาท)	ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท)	ต้นทุนรวมค่าขนส่ง (บาท)
แบบเดิม	64,013	181,608	1,322,580	1,638,088	3,142,276
นโยบาย 1	39,802	118,440	789,600	1,018,523	1,926,563
นโยบาย 2	44,813	150,024	1,006,740	1,146,760	2,303,524
นโยบาย 3	50,122	181,608	1,223,880	1,282,612	2,688,100

จากตารางที่ 23 ผลการเปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งสำหรับการจัดเส้นทางแบบเดิมและนโยบายทั้ง 3 นโยบาย พบว่า ต้นทุนร่วมค่าขนส่งในการจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 1 ที่มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบเดิม คือ สามารถลดต้นทุนรวมขนส่งลงได้จากเดิม 3,142,276 บาทต่อปี เป็น 1,926,563 บาทต่อปี โดยลดลงได้ 1,215,713 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.69 โดยสรุปได้ว่า ผลการจัดเส้นทางโดยวิธีประหยัดทำให้สามารถลดต้นทุนรวมขนส่งลงได้เท่ากับการจัดเส้นทางพาหนะตามนโยบายที่ 1 โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง

ผลการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะแบบเดิม และตามนโยบายทั้ง 3 นโยบาย พบว่า การจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 1 ที่ทำให้ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะต่ำที่สุด เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิม คือ นำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมด 414.10 กิโลเมตร สามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะได้ 3,536.54 บาทต่อวัน โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง สำหรับนโยบายที่ให้ค่าใช้จ่ายต่ำรองลงมา คือ นโยบายที่ 2 นำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน และหกล้อ จำนวน 1 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมด 466.80 กิโลเมตร สามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะได้ 3,981.80 บาทต่อวัน โดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง และนโยบายที่ 3 นำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน สำหรับหกล้อ จำนวน 2 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมด 522.10 กิโลเมตร สามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะได้ 4,453.51 บาทต่อวัน โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคัน ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 6 ชั่วโมง

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิม และนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบใหม่ โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธี Saving วิธี Nearest heuristic วิธี Max-nearest heuristic และวิธี Sweep heuristic โดยมีเป้าหมายหลัก เพื่อทำให้สามารถลดระยะทาง ระยะเวลา และลดจำนวนยานพาหนะของบริษัทลง รวมถึงต้นทุนการดำเนินงานในการจัดเก็บขยะมูลฝอย ผู้วิจัยสรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะจาการศึกษาวิจัย ดังต่อไปนี้

สรุปผลการวิจัย

การวิจัยเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว โดยมีโรงกำจัดขยะเพียง 1 แห่ง และมีจำนวนจุดเก็บขยะที่สำคัญทั้งหมด 39 จุด มีเขตพื้นที่ความรับผิดชอบทั้งหมดเท่ากับ 521.40 ตารางกิโลเมตร ประชากรทั้งหมด 128,182 คน มีจำนวนทั้งหมด 18,124 ครอบครัว โดยเฉลี่ยวันละ 19-20 เที่ยว เริ่มแต่เวลา 21:00 นาฬิกา ถึง 07:00 นาฬิกา มีรถบรรทุกทั้งหมด 6 คัน ใช้ปฏิบัติงานการจัดเก็บขยะเริ่มแต่ วันจันทร์ ถึง วันเสาร์ จำนวน 5 คัน และสำหรับผลต่างของรถบรรทุก 1 คัน ใช้เป็นรถสำรองในกรณีรถบรรทุกประจำเสีย หรือส่งซ่อม มีพนักงานขับรถ 5 คน จำนวนพนักงานเก็บขยะ 11 คน ในแต่ละวันสามารถจัดเก็บขยะได้ประมาณ 70-80 กิโลกรัม โดยมีต้นทุนค่าขนส่งรวมก่อนการศึกษาต่อปี เท่ากับ 3,142,276 บาทต่อปี โดยบางครั้งยังไม่สามารถเก็บขยะได้ทุกวันตามแผนที่กำหนดไว้ เนื่องจากว่ามีข้อจำกัดด้านจำนวนยานพาหนะ และพนักงานเก็บขยะยังไม่เพียงพอ บางครั้งเก็บขยะไม่ครบทุกจุดเพราะเต็มความจุของรถ หรือไม่เต็มความจุของรถที่สามารถบรรทุกได้แต่ต้องนำไปทิ้งที่โรงกำจัดขยะก่อน อาจทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในกรณีเก็บขยะไม่เต็มความจุของรถแต่ละคัน ในการกำจัดขยะด้วยวิธีการแบบฝังกลบดินแต่ยังไม่สามารถทำได้ถึง 100 เปอร์เซ็นต์ เหตุผลเพราะว่ารายรับไม่สมดุลกับรายจ่าย

สรุปผลจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะ พบว่าการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะ โดยประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธี Saving วิธี Nearest Heuristic วิธี Max-nearest heuristic และวิธี Sweep heuristic โดยทำให้บริษัทนำใช้

ยานพาหนะทั้งหมด 3 คัน พนักงานขับรถ 3 คน พนักงานเก็บขยะ 7 คน และสำหรับวิธี Sweep heuristic โดยทำให้บริษัทนำใช้ยานพาหนะทั้งหมด 5 คัน พนักงานขับรถ 5 คน พนักงานเก็บขยะ 11 คน เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะแบบเดิมทำให้บริษัทได้ระยะทางที่สั้นที่สุด คือ วิธี Saving ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด เท่ากับ 414.60 กิโลเมตร มีต้นทุนค่าขนส่งรวม เท่ากับ 1,926,563 บาทต่อปี โดยลดลง 1,215,713 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.69 สำหรับวิธีที่ได้ระยะทางที่สั้นรองลงมา คือ วิธี Max-nearest heuristic ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด เท่ากับ 419.30 กิโลเมตร มีต้นทุนค่าขนส่งรวมเท่ากับ 1,938,109 บาทต่อปี โดยลดลง 1,204,166 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.32 รองมา คือวิธี Nearest heuristic ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด เท่ากับ 422.10 กิโลเมตร มีต้นทุนค่าขนส่งรวม เท่ากับ 1,944,988 บาทต่อปี โดยลดลง 1,197,288 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.10 และสำหรับวิธี Sweep heuristic ได้ระยะทางไกลที่สุด เท่ากับ 537.60 กิโลเมตร มีต้นทุนค่าขนส่งรวม เท่ากับ 2,824,878 บาทต่อปี โดยลดลง 317,398 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 10.10 และส่วนด้านระยะเวลา คือ วิธี Max-nearest heuristic ที่ใช้ระยะเวลาในการจัดเก็บขยะได้เร็วกว่าระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 1,159 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 3 นาที 1 วินาที วิธีที่ได้ระยะเวลาที่สั้นรองลงมา คือ วิธี Nearest heuristic ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 1,173 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 5 นาที 5 วินาที รองลงมา คือ วิธีประหยัด (Saving) ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 1,194 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 9 นาที และสำหรับวิธี Sweep heuristic ระยะเวลาที่ใช้ในการเดินทาง เท่ากับ 1,411 นาที หรือเท่ากับ 23 ชั่วโมง 5 นาที 1 วินาที ตามลำดับ และสำหรับด้านต้นทุนค่าเชื้อเพลิง เพื่อให้เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนของการจัดเส้นทางยานพาหนะเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 24

ตารางที่ 24 ผลการเปรียบเทียบจากการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมและวิธีประหยัด

การจัดเส้นทาง	**จำนวนรถบรรทุก**	**จำนวนพนักงาน**	**จำนวนเที่ยว**	**ระยะทาง (กิโลเมตร)**	**ระยะเวลา (นาที)**	**ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท)**
แบบเดิม	5	11	22	666.80	1,648	5,687.80
Saving	3	7	14	414.60	1,194	3,536.54
ผลประหยัด	2	4	8	252.20	455	2,151.27
คิดเป็นร้อยละ	40	36.36	36.36	37.82	27.61	37.82

จากตารางที่ 24 สรุปผลเปรียบเทียบการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิม และวิธี Saving สามารถสรุปได้ว่าระยะทางหลังการปรับปรุง โดยใช้วิธี Saving ทำให้เกิดผลประหยัดทั้งในด้านระยะทาง จำนวนเที่ยว จำนวนพนักงาน จำนวนรถ และต้นทุนของค่าใช่จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะด้านระยะทางการขนส่ง คือ สามารถลดระยะทางลงได้ 252.20 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.82 ลดระยะเวลาลงได้ 455 นาที คิดเป็นร้อยละ 27.61 ลดจำนวนเที่ยวลงได้ 8 เที่ยว คิดเป็นร้อยละ 36.36 ลดจำนวนพนักงานลงได้ 4 คน คิดเป็นร้อยละ 36.36 ลดจำนวนรถลงได้ 2 คัน คิดเป็นร้อยละ 40 และสามารถลดต้นทุนเชื้อเพลิงลงได้ 2,151.27 บาทต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 37.82 ทำให้สามารถเพิ่มโอกาสในการลดต้นทุน และช่วยเพิ่มกำไรในการดำเนินงานการจัดเก็บขยะได้

สรุปผลการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะทั้ง 3 นโยบาย พบว่า การจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 1 โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง ทำให้บริษัทนำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน ที่ได้ระยะทางที่สั้นที่สุดกว่าการจัดเส้นทางตามนโยบายอื่น มีระยะทางรวมทั้งหมด 414.60 กิโลเมตร มีระยะเวลารวมเท่ากับ 1,194 นาที หรือเท่ากับ 19 ชั่วโมง 9 นาที มีต้นทุนค่าขนส่งรวม เท่ากับ 1,926,563 บาทต่อปี โดยลดลง 1,215,713 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.69 สำหรับระยะทางที่สั้นรองลงมา คือ การจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 2 โดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง ทำให้บริษัทนำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน และหกล้อ จำนวน 1 คัน มีระยะทางรวมทั้งหมด 466.80 กิโลเมตร มีระยะเวลารวม เท่ากับ 1,318 นาที หรือเท่ากับ 21 ชั่วโมง 9 นาที 7 วินาที มีต้นทุนค่าขนส่งรวม เท่ากับ 2,303,524 บาทต่อปี ลดลง 838,752 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 26.69 และการจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 3 โดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคันภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 6 ชั่วโมง ทำให้บริษัทนำใช้รถสิบล้อ จำนวน 3 คัน และหกล้อ จำนวน 2 คัน มีระยะทางทั้งหมด 522.10 กิโลเมตร มีระยะเวลารวมเท่ากับ 1,399 นาที หรือเท่ากับ 23 ชั่วโมง 3 นาที 1 วินาที มีต้นทุนค่าขนส่งรวม เท่ากับ 2,688,100 บาทต่อปี โดยลดลง 454,176 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 14.45 โดยสรุปได้ว่า การจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 1 สามารถลดต้นทุนรวมค่าขนส่งได้มากกว่าการจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 2 และการจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 3 ตามลำดับ

อภิปรายผลวิจัย

ผลการวิจัยเรื่องการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต โดยประยุกต์ใช้ฮิวริสติกส์ ได้แก่ วิธี Saving วิธี Nearest heuristic และวิธี Max-nearest heuristic พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บ

ขยะแบบเดิมทำให้บริษัทได้ระยะทางที่สั้นที่สุด คือ วิธี Saving ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด เท่ากับ 414.60 กิโลเมตร วิธีที่ได้ระยะทางที่สั้นรองลงมา คือ วิธี Max-nearest heuristic ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด เท่ากับ 419.30 กิโลเมตร รองลงมา คือ วิธี Nearest heuristic ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด เท่ากับ 422.10 กิโลเมตร และสำหรับวิธี Sweep heuristic ได้ระยะทางไกลที่สุด เท่ากับ 537.60 กิโลเมตร และโดยมีต้นทุนรวมค่าขนส่ง 1,926,563 บาทต่อปี จากต้นทุนแบบเดิมในปัจจุบัน สามารถลดลง 1,215,713 บาทต่อปี ตามลำดับ โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิไลวรรณ์ แก่นสาร และสมบัติ สินธุเชาน์ (2556) ได้ศึกษาการเปรียบเทียบวิธีการฮิวริสติกส์ สำหรับระบบการจัดการขยะเพื่อแก้ปัญหาในการลดต้นทุนต่างๆ พร้อมทั้งสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดีอีกด้วย โดยวิธีการที่เข้าใจง่ายไม่ซับซ้อน โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีการหาคำตอบโดยวิธี Saving Heuristic วิธี Nearest heuristic และวิธี Max-nearest เพื่อทำการเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน ผลการศึกษา พบว่า การจัดเส้นทางด้วยวิธี Saving heuristic ให้คำตอบที่ดีที่สุด คือ มีระยะทางรวม 55.022 กิโลเมตร และวิธี Nearest heuristic ต่อด้วยวิธี Max-nearest heuristic คือ 62.152 กิโลเมตร และ 67.196 กิโลเมตร และในปัจจุบันมีระยะทางรวมในการจัดเก็บขยะอยู่ที่ 62.246 กิโลเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ปัญญาวัตน์ จันทร์ชัยภักดิ์ (2561) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธ์ศึกษาสงเคราะห์ โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ทั้งหมด 4 วิธี Nearest heuristic, Saving heuristic, Sweep heuristic และFastest-Nearest heuristic ที่มีการแบ่งยานพาหนะกานขนส่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ รถกระบะ รถหกล้อ และรถบัส ผลจากการศึกษา พบว่า วิธี Saving heuristic ให้ระยะทางที่สั้นที่สุด โดยมีระยะทางรวม 733 กิโลเมตรต่อรอบ และมีต้นทุนค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงรวม 206,283 บาทต่อเดือน จากต้นทุนแบบเดิมในปัจจุบัน พบว่า สามารถลดลง 134,817 บาทต่อเดือน และยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ จารุพงษ์ บรรเทา, นันทพัทธ์ สันติชูวงศ์ และวิระชัย ตาลกลาง (2559) ได้ศึกษาการแก้ปัญหาการเส้นทางขนส่งแบบมีกรอบเวลาโดยวิธีฮิวริสติกส์ กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ โดยงานวิจัยนี้ได้ประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์ 3 วิธี คือ Saving heuristic, Nearest heuristic และMax-nearest heuristic ได้สรุปผลจากการเปรียบเทียบทดลองด้วยฮิวริสติกส์ 3 วิธี สามารถจัดเส้นทางได้ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยพบว่า วิธี Max-Nearest heuristic ให้ระยะทางการจัดเส้นทางที่สั้นที่สุด คือ 121.94 กิโลเมตร

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. การทำวิจัยทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางในการจัดเก็บขยะของบริษัท โดยสามารถนำไปใช้ได้แต่มีการประยุกต์ใช้ให้เข้ากับระบบการทำงานของบริษัทควรมีการจัดฐานข้อมูลเพิ่มเติม

2. ควรมีการกำหนดเขตพื้นที่รับผิดชอบของรถบรรทุกแต่ละคันให้อย่างชัดเจน เพื่อไม่ให้รถวิ่งทับซ้อนเส้นทางกัน และรถทุกคันจะต้องจัดเก็บขยะให้เต็มความจุของรถให้ได้มากที่สุด และควรพิจารณาการจัดลำดับการเก็บขยะของรถแต่ละคันด้วย

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการเก็บข้อมูลเพิ่มเติมในด้านรายละเอียดของปริมาณขยะ จำนวนถังขยะในแต่ละหมู่บ้านให้ชัดเจน รวมถึงตำแหน่งพิกัดละติจูดและลองติจูดให้ชัดเจนมากขึ้น

2. ควรมีการวิเคราะห์ให้ครอบคลุมถึงเรื่องค่าใช้จ่ายการขนส่งเพิ่มทางด้านต้นทุนการดำเนินงานทั้งหมดของบริษัทด้วย เพื่อช่วยวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายของบริษัทได้ชัดเจนมากขึ้น

3. ควรนำใช้โปรแกรมการจัดเส้นทางเดินรถเชิงคณิตศาสตร์ เพื่อให้การวิเคราะห์มีความละเอียดมากขึ้น และช่วยสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนเส้นทางการจัดเก็บขยะของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย ภายในเขตเทศบาลนครไกสอนพมวิหานได้อย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมควบคุมมลพิษ. (2559). แผนแม่บทการบริหารจัดการขยะมูลฝอยของประเทศ (พ.ศ. 2559-2564). กรุงเทพฯ: รายงานประจำปีของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.

กัณทรัต นวลมา, ธีระ ฤทธิรอด และสุมนต์ สกุลไชย. (2559). แนวทางการพัฒนาระบบการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสมโดยการมีส่วนร่วมของประชาชน ในพื้นที่เทศบาลตำบลโนนคอม อำเภอภูผาม่าน จังหวัดขอนแก่น. *วารสารรัฐประศาสนศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการปกครองท้องถิ่น, มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, *11*(38), 77-85.

เกศินี สือนิ. (2563). การจัดเส้นทางการขนส่งสินค้าโดยการเปรียบเทียบระหว่างการใช้วิธีเชฟวิ่งอัลกอริทึมและวิธีขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดอัลกอริทึม. *วารสารเศรษฐศาสตร์และบริหารธุรกิจ, มหาวิทยาลัยทักษิณ, 12*(2), 1-14.

คลอเคลีย วจนะวิชากร และกนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์. (2559). วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย กรณีศึกษาเทศบาล ตำบลอุบล จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารวิชาการ วิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ, คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี, 11*(2), 41-52.

โครงการจัดทำศูนย์ข้อมูลการลงทุนไทยในต่างประเทศประจำปีงบประมาณ. (2557). *ข้อมูลการวิเคราะห์เชิงลึกอุตสาหกรรมและพื้นที่เป้าหมายของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว*: แขวงสะหวันนะเขต.

จารุพงษ์ บรรเทา, นันทพัทธ์ สันติชูวงศ์ และวิระชัย ตาลกลาง. (2559). การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางขนส่งแบบมีกรอบเวลาโดยวิธีฮิวริสติกส์ กรณีศึกษาบริษัทผลิตชิ้นส่วนยานยนต์. *วารสาวิจัย UTK ราชมงคลกรุงเทพ*, *10*(2), 31-42.

จิตติพงศ์ สังข์ทอง. (2556). *การศึกษาสถานภาพเชิงพื้นที่ และแนวโน้มผลกระทบของการจัดการมูลฝอยโดยเก็บขนเอกชน กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลเชิงทะเล จังหวัดภูเก็ต.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการสิ่งแวดล้อม, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

จีระพันธ์ โกมุทพันธุ์. (2556). *ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดการขยะและขนส่งขยะ กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา.* ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา, สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

ณัฐณิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, อินทุอร ศรีสว่าง และวนัฐฌพงษ์ คงแก้ว. (2559). การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษามหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 4*(2), 18-31.

ณัฐพร ชอนสุข และมณีรัตน์ บุญรินทร์. (2561). *การจัดเส้นทางที่เหมาะสมของการจัดรถเวียนภายในมหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน นครราชสีมา.* ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์, มหาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

ธนลักษณ์ ศิรธรรมธร. (2559). *การวิเคราะห์โครงข่ายด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสต์เพื่อการวางแผนจัดเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษาเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี.* วิทยานิพนธ์ปริญญาอักษรศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ, ภาควิชาภูมิศาสตร์, คณะอักษรศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัทกำจัดขยะมูลฝอย จำกัด แขวงสะหวันนะเขต. (2563). *รายงานประจำปีของบริษัทลาวพัฒนากำจัดขยะมูลฝอย จำกัด แขวงสะหวันนะเขต:* สาธารณรัฐประชาธิปไตย ประชาชนลาว

ปฏิพัทธ์ หงส์สุวรรณ, วิชัย จันทรักษา และสรรวิทย์ เชื้อพิสุทธิ์กุล. (2556). การศึกษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการจัดเส้นทางเดินรถขนส่งน้ำดื่ม จังหวัดสมุทรสงคราม. *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการและการจัดการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม, มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม.*

ปัญญวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์. (2561). *การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์.* วิทยาพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

พงศธร ศิริพงษ์. (2559). *การวิเคราะห์เปรียบเทียบการลงทุนระหว่างซื้อรถบรรทุกและใช้บริการ Third Party กรณีศึกษาธุรกิจขนส่งไม้ท่อน.* งานนิพนธ์วิทยาศาสตรมหาวิทยาลัยบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน, คณะโลจิสติกส์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พงศ์ภูมิ แก้วสูงเนิน. (2559). *ระบบเพื่อช่วยจัดการเส้นทางการขนส่งน้ำดื่ม โดยวิธีเมตริกซ์แบบประหยัด กรณีศึกษากลุ่มวิสาหกิจชุมชนผลิตน้ำดื่ม ตำบลขามทะเลสอ จังหวัดนครราชสีมา.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารประยุกต์, คณะวิทยาศาสตร์และศิลปศาสต์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน.

ภคพร ผงทอง. (2559). *การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้เซฟวิ่งอัลกอริทึม กรณีศึกษาเส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี*. งานวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชพฤกษ์.

ยลพัชร์ อังกูรสิทธิ์. (2560). การประยุกต์ใช้วิธีการประหยัด เพื่อแก้ปัญหาการจัดเส้นทางยานพาหนะในรูปแบบที่มีการรับและส่งสินค้าพร้อมกัน. *วารสารวิชาการบริหารธุรกิจ, สถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย, 6*(2), 175-187.

รัฐกร แตงแสงจันทร์. (2558). *การจัดเส้นทางเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขกรอบเวลาและข้อจำกัดเวลาการทำงาน*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

โรสนานี แวหะยี. (2557). *ขั้นตอนวิธีสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถขนส่งแบบมีกรอบมีเวลาและการแบ่งสินค้า กรณีศึกษาโรงงานผลิตเครื่องดื่มน้ำผลไม้*. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการจัดการเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

วิไลวรรณ์ แก่นสาร และสมบัติ สินธุเชาวน์. (2556). การเปรียบเทียบวิธีการฮิวริสติกส์ สำหรับระบบการจัดการขยะ. *วารสาวิชาการ Thai VCML, 6*(2), 9-17.

เวียงคำ แสงสุรีย์จัน. (2563). ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิผลของนครไกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. *วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม, 7*(1), 343-356.

Bhambulkar, A. (2011). Municipal solid waste collection routes optimized with ArcGIS Network analyst. *INTERNATIONAL JOURNAL OF ADVANCED ENGINEERING SCIENCES AND TECHNOLOGIES, 11*(1), 202-207.

Boskovic, G., Jovicic, N., Jovanovic, S., & Simovic, V. (2016). Calculating the costs of waste collection: A methodological proposal. *journal University of Kragujevac, 34*(8), 775-783.

Boskovic, G. et al. (2013). Methodology For reduction of GHG emission from municipal solid waste collection and transport. *International Journal for Quality Research, 7*(4), 641- 652.

Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of Vehicles from a Central Depot to a Number Of Delivery Points. *Operations Research, 12*(4), 568-581.

Hailin, W., Fengming, T., & Bo, Y. (2020). Optimization of Vehicle Routing for Waste Collection and Transportation. *International Journal of Enviromental Research and Public Health, 17*(14), 1-26.

Sengchanpheng. (2018). *Improvement of passenger transportation between Bolikhamxay - Vientiane Capital, Lao People's Democratic Republic*. Master's Thesis, Logistics and Supply Chain Management, Faculty of Logistics, Burapha University.

Sulemana, A., Donkor, E. A., Forkuo, E. K., & Oduro-Kwarteng, S. (2018). Optimal routing of solid waste collection trucks: A review of methods. *Journal of Engineering Hindawi.*

Valizadeh, J., Mozafari, P., & Hafezalkotob, A. (2021). Municipal waste management and electrical energy generation from solid waste: a mathematical programming approach. *Journal of Modelling in management, ahead-of-print*(ahead-of-print). doi:10.1108/JM2-07-2020-0193

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์

Code no.	Volume	weight	Code	Name	Location	ละติจุด	ลองติจุด
S00			MCC	โรงกำจัดขยะ	Road No.13	16.54341	104.82428
S01	1.2	1,393	CS	เขตชุมชนอนามัย	Santiphap Rd.	16.57734	104.75005
S02	2.5	2,745	MK-1	ตลาดสามักคีไช	Santiphap Rd.	16.54598	104.76706
S03	3	3,020	MK-8	ตลาดหลัก 8	Road No.9	16.60187	104.78414
S04	0.2	293	CN	Savan Resorts	Road No.9	16.6126	104.7777
S05	0.6	672	ITEC	Savan ITECH	Road No.9	16.5793	104.75733
S06	0.7	728	Shop	ร้าน Super market	Road No.9	16.59693	104.77962
S07	0.9	925	SKU	มหาวิทยาลัยสะหวันนะเขต	Oudomsin Rd.	16.54585	104.78509
S08	4.5	4,920	HT	โรงพยาบาลสะหวันนะเขต	Tha Hea Rd.	16.55043	104.74651
S09	3	3,030	VL-1	บ้านไชยะพูม	Khanthabouli	16.55987	104.74523
S10	3	3,258	VL-2	บ้านลัดตะนะลังสีเหนือ	Chaokim Rd.	16.55978	104.75336
S11	2	2,275	VL-3	บ้านลัดตะนะลังสีใต้	Chaokim Rd.	16.55801	104.75604
S12	3.5	3,943	VL-4	บ้านลาดชะวงไช	Makhaveha Rd.	16.55639	104.75601
S13	2	2,549	VL-5	บ้านไชยะมุงคุน	Makhaveha Rd.	16.55043	104.74958
S14	3	3,125	VL-6	บ้านท่าแฮ่	Tha Hea Rd.	16.53121	104.7541
S15	2	2,275	VL-7	บ้านนาเล่า	Santiphap Rd.	16.56948	104.75638
S16	2	2,275	VL-8	บ้านสะหนามไช	Oudomsin Rd.	16.56646	104.78079
S17	2	2,275	VL-9	บ้านสุนันทา	Nalao Rd.	16.56771	104.75058
S18	2.5	2,525	VL-10	บ้านท่าเมือง	Sirisueka Rd.	16.57006	104.74912
S19	4	4,520	VL-11	บ้านโนนสะหวาด	Oudomsin Rd.	16.55967	104.78008
S20	4	4,098	VL-12	บ้านนาแก	Kounvolavong Rd.	16.59485	104.75126
S21	2.5	2,530	VL-13	บ้านหัวเมืองเหนือ	Kounvolavong Rd.	16.59555	104.76289
S22	3.5	3,868	VL-14	บ้านหัวเมืองใต้	Kounvolavong Rd.	16.57914	104.74874
S23	3.5	3,510	VL-15	บ้านโพไช	Khanthabouli Rd.	16.57492	104.75004
S24	1.5	1,505	VL-16	บ้านจอมแก้ว	Road No.9	16.57159	104.74864
S25	3	3,250	VL-17	บ้านเวียงสะหวัน	Khanthabouli Rd.	16.57305	104.74614
S26	1.5	1,517	VL-18	บ้านหนองเดิน	Road No.9	16.60917	104.7731
S27	4	4,520	VL-19	บ้านโพนสะหว่างเหนือ	Souphavadi Rd.	16.57724	104.7726
S28	2	2,150	VL-20	บ้านหนองผือ	Road No.9	16.59277	104.78384

S29	4	4,520	VL-21	บ้านโพนสะหว่างใต้	Road No.9	16.59677	104.76904
S30	3	3,013	VL-22	บ้านอุดมวิไล	Road No.9	16.60181	104.7828
S31	2	2,250	VL-23	บ้านสะพานเหนือ	Road No.9	16.54964	104.75688
S32	2	2,005	VL-24	บ้านดงดำดวน	Phonxay 1 Rd.	16.55259	104.76464
S33	5	5,030	VL-25	บ้านโพนชาย	Phonxay 1 Rd.	16.53722	104.77456
S34	1	2,275	VL-26	บ้านนาเซ็ง	Road No.9	16.54078	104.79073
S35	2.5	2,790	VL-27	บ้านสะพานใต้	Road No.9	16.54709	104.74993
S36	2	2,240	VL-28	บ้านโพนสะหวัน	Road No.9	16.54338	104.75306
S37	3	3,250	VL-29	บ้านโพนสะอาด	Tha Hea Rd.	16.53686	104.75925
S38	1.5	1,840	VL-30	บ้านสอนไช	Tha Hea Rd.	16.53565	104.76395
S39	1	1,100	VL-31	บ้านดอนเซ็ง	Tha Hea Rd.	16.52895	104.7735

ผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทาง โดยประยุกต์ใช้ 4 วิธีฮิวริสติกส์

การเปรียบเทียบ					
การจัดเส้นทาง	**Before**	**Saving**	**Nearest**	**Max -Nearest**	**Sweep**
Distance	666.80	414.60	422.10	419.30	537.60
Time	1,648	1,194	1,173	1,159	1,411
Fuel cost	5,687.80	3,536.54	3,600.51	3,576.63	4,585.73
Maintenance	1,974.00	1,184.40	1,184.40	1,184	1,974.00
driver	6,580.00	3,948.00	3,948.00	3,948	6,580.00
Total cost	41,877.80	25,250.54	25,314.51	25,291	40,775.73

ผลการประหยัด				คิดเป็นร้อยละ			
Saving	**Nearest**	**Max -Nearest**	**Sweep**	**Saving**	**Nearest**	**Max -nearest**	**Sweep**
252.20	244.70	247.50	129.20	37.82	36.70	37.12	19.38
455	476	489	237.04	27.58	28.86	29.67	14.38
2,151.27	2,087.29	2,111.18	1,102.08	37.82	36.70	37.12	19.38
789.60	789.60	789.60	-	40.00	40.00	40.00	-
2,632.00	2,632.00	2,632.00	-	40.00	40.00	40.00	-
16,627.27	16,563.29	16,587.18	1,102.08	39.70	39.55	39.61	2.63

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงโดยประยุกต์ใช้ 4 วิธีฮิวริสติกส์

การจัดเส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ระยะเวลาขนส่ง (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)	ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)	จำนวนยานพาหนะ	จำนวนพนักงาน
แบบเดิม	666.80	1,648	222	5,687.80	5	11
saving	414.60	1,194	138	3,536.54	3	7
Nearest	422.10	1,173	141	3,600.51	3	7
Max-hearest	419.30	1,159	140	3,576.63	3	7
Sweep	537.60	1,411	179	4,585.73	5	11

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมในการขนส่งโดยเฉลี่ยต่อปีทั้ง 4 วิธีฮิวริสติกส์

รูปแบบ	ระยะทางรวมต่อปี (กม.)	ระยะเวลารวมต่อปี (นาที)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรวมต่อปี (ลิตร)	ค่าเสื่อมซ่อมบำรุงต่อปี (บาท)	เงินเดือนพนักงานต่อปี (บาท)	ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปี (บาท)	ต้นทุนรวมค่าขนส่งต่อปี (บาท)
แบบเดิม	192,038	474,670	64,013	181,608	1,322,580	1,638,088	3,142,276
saving	119,405	343,734	39,802	118,440	789,600	1,018,523	1,926,563
Nearest	121,565	337,686	40,522	118,440	789,600	1,036,948	1,944,988
Max-Nearest	120,758	333,838	40,253	118,440	789,600	1,030,069	1,938,109
Sweep	154,829	406,403	51,610	181,608	1,322,580	1,320,690	2,824,878

ผลการเปรียบเทียบการจัดเส้นทางตามนโยบายทั้ง 3 นโยบาย

การเปรียบเทียบ				
	แบบเดิม	นโยบาย 1	นโยบาย 2	นโยบาย 3
Distance	666.80	414.60	466.80	522.10
Time	1,648	1,194	1,318	1,399
Fuel cost	5,687.80	3,536.54	3,981.80	4,453.51
Maintenance	1,974.00	1,184.40	1,579.20	1,974.00
driver	6,580.00	3,948.00	5,264.00	6,580.00
Total cost	41,877.80	25,250.54	32,933.80	40,643.51

ผลการประหยัด			คิดเป็นร้อยละ		
นโยบาย 1	นโยบาย 2	นโยบาย 3	นโยบาย 1	นโยบาย 2	นโยบาย 3
252.20	200.00	144.70	37.82	29.99	21.70
455	330	250	27.58	20.02	15.15
2,151.27	1,706.00	1,234.29	37.82	29.99	21.70
789.60	394.80	-	40.00	20.00	-
2,632.00	1,316.00	-	40.00	20.00	-
16,627.27	8,944.00	1,234.29	39.70	21.36	2.95

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงในการขนส่งตามนโยบายทั้ง 3 นโยบาย

การจัดเส้นทาง	ระยะทาง (กม.)	ระยะเวลาขนส่ง (นาที)	ปริมาณเชื้อเพลิง (ลิตร)	ต้นทุนเชื้อเพลิง (บาท)	จำนวนยานพาหนะ	จำนวนพนักงาน
แบบเดิม	666.80	1,648	222	5,687.80	5	11
นโยบาย 1	414.60	1,194	138	3,536.54	3	7
นโยบาย 2	466.80	1,318	156	3,981.80	4	9
นโยบาย 3	522.10	1,399	174	4,453.51	5	11

เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายต้นทุนรวมในการขนส่งโดยเฉลี่ยต่อปีทั้ง 3 นโยบายโดย

รูปแบบ	ระยะทางรวมต่อปี (กม.)	ระยะเวลารวมต่อปี (นาที)	อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงรวมต่อปี (ลิตร)	ค่าซ่อมบำรุงต่อปี (บาท)	เงินเดือนพนักงานต่อปี (บาท)	ต้นทุนน้ำมันเชื้อเพลิงต่อปี (บาท)	ต้นทุนรวมค่าขนส่งต่อปี (บาท)
แบบเดิม	192,038	474,670	64,013	181,608	1,322,580	1,638,088	3,142,276
นโยบาย 1	119,405	343,734	39,802	118,440	789,600	1,018,523	1,926,563
นโยบาย 2	134,438	379,630	44,813	150,024	1,006,740	1,146,760	2,303,524
นโยบาย 3	150,365	402,774	50,122	181,608	1,223,880	1,282,612	2,688,100

ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการขนส่งขยะมูลฝอย

เงินเดือน	จำนวน	เดือน/ คน (กีบ)	รวม (กีบ)	อัตราแลกเปลี่ยน	บาท	บาท/ เดือน/ คน
พนักงานขับรถ	6	2,500,000	15,000,000	3.29	49,350	8,225
พนักงานเก็บขยะ	11	1,500,000	16,500,000	3.29	54,285	4,935
พนักงานโรงกำจัดขยะ	1	2,000,000	2,000,000	3.29	6,580	6,580
						19,740
ค่าซ่อมบำรุง	**จำนวน**	**เดือน/ คัน**	**รวม (กีบ)**	**อัตราแลกเปลี่ยน**	**บาท**	**บาท/ เดือน/ คัน**
10 ล้อ	3	1,000,000	3,000,000	3.29	9,870	3,290
6 ล้อ	2	800,000	1,600,000	3.29	5,264	2,632
						5,922

อัตราแลกเปลี่ยน https://bcel.com.la/bcel/exchange-rate.html

ราคาน้ำมันวันที่ 15 มิถุนายน 64			
ดีเซล Diesel		25.59	บาท/ลิตร
อัตรากินน้ำมัน		3	KM/L
https://www.pttor.com/th/oil_price			อัพเดทราคาน้ำมัน
วันทำงาน มิถุนายน		24	วัน

ภาคผนวก ข

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรม

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน กองบริหารการวิจัยและนวัตกรรม งานมาตรฐานและจริยธรรมในงานวิจัย โทร. ๒๒๔๐
ที่ อว ๘๔๐๐/ ๐๖๙๕ วันที่ ๑๖ มิถุนายน พ.ศ. ๒๕๖๔
เรื่อง ขอส่งเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา

เรียน คณบดีคณะโลจิสติกส์

ตามที่นิสิตระดับบัณฑิตศึกษาในหน่วยงานของท่าน ได้ยื่นเอกสารคำร้องเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา สำหรับโครงการวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี ชุดที่ ๑ (กลุ่มคลินิก/ วิทยาศาสตร์สุขภาพ/ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี) รหัสโครงการวิจัย G-HS 012/2564 โครงการวิจัย เรื่อง การจัดเส้นทางอานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสวรรณเขต สาธารณรัฐ ประชาธิปไตย ประชาชนลาว โดยมี MR.SOUBAN OUDONEMEXAY เป็นหัวหน้าโครงการวิจัย นั้น

บัดนี้ คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการฉบับนี้ ตามประกาศมหาวิทยาลัย เลขที่ ๑๗๑๖/ ๒๕๖๒ เรื่อง แนวปฏิบัติในการจำแนกโครงการวิจัยเพื่อขอรับการรับรองจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา พ.ศ. ๒๕๖๒ ที่ได้ประกาศใช้ เมื่อวันที่ ๕ พฤศจิกายน พ.ศ.๒๕๖๒ แล้วว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นโครงการวิจัยที่สามารถให้การรับรอง โดยยกเว้นการลงมติจากที่ประชุม (Exemption Determination) ตามข้อที่ ๕ คือ เป็นการวิจัยที่เก็บข้อมูลด้วยวิธีการสำรวจ (Survey) สัมภาษณ์ (Interview) หรือ สังเกต (Observe) พฤติกรรมสาธารณะของประชาชนทั่วไป ทั้งนี้ ข้อมูลนั้นต้องไม่สามารถเชื่อมโยงถึงเจ้าของข้อมูลเป็นรายบุคคลและไม่มีผลกระทบต่อบุคคลทางสังคม ทำให้เกิดการเสื่อมเสียภาพลักษณ์ การดำเนินชีวิต การทำงาน สวัสดิการ เศรษฐกิจ รวมทั้งความเสี่ยงทางกฎหมาย จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยได้ พร้อมนี้ ได้แนบเอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ (หมายเลขใบรับรองที่ IRB3-062/2564) มายังท่าน เพื่อแจ้งนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาที่มีรายชื่อข้างต้น นำไปใช้ในการเก็บข้อมูลจริงจากผู้เข้าร่วมโครงการวิจัยต่อไป โดยห้ามนิสิตฯ เบี่ยงเบนรายละเอียดต่างๆ ของโครงการวิจัยที่ยื่นมาขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา และเมื่อนิสิตฯ ดำเนินการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้ว ขอให้แจ้งปิดโครงการวิจัยมายังคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดแจ้งให้นิสิตฯ ทราบ จะขอบคุณยิ่ง

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพพย์หญิงรมร แย้มประทุม)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สำหรับโครงการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี
ชุดที่ ๑ (กลุ่มคลินิก/ วิทยาศาสตร์สุขภาพ/ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

เอกสารที่ IRB3-062/2564

เอกสารรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์
มหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาโครงการวิจัย

รหัสโครงการวิจัย : G-HS 012/2564
โครงการวิจัยเรื่อง : การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเทศบาลนครไกสอนพมวิหาน แขวงสวรรณเขต สาธารณรัฐ ประชาธิปไตย ประชาชนลาว
หัวหน้าโครงการวิจัย : MR.SOUBAN OUDONEMEXAY
หน่วยงานที่สังกัด : นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา คณะโลจิสติกส์

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้พิจารณาแล้วเห็นว่า โครงการวิจัยดังกล่าวเป็นไปตามหลักการของจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ โดยที่ผู้วิจัยเคารพสิทธิและศักดิ์ศรีในความเป็นมนุษย์ ไม่มีการล่วงละเมิดสิทธิ สวัสดิภาพ และไม่ก่อให้เกิดภยันตรายแก่ตัวอย่างการวิจัยและผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย

จึงเห็นสมควรให้ดำเนินการวิจัยในขอบข่ายของโครงการวิจัยที่เสนอได้ (ดูตามเอกสารตรวจสอบ)

1. แบบเสนอเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์	ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
2. เอกสารโครงการวิจัยฉบับภาษาไทย	ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
3. เอกสารชี้แจงผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
4. เอกสารแสดงความยินยอมของผู้เข้าร่วมโครงการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
5. เอกสารแสดงรายละเอียดเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	ฉบับที่ 1 วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
6. เอกสารอื่นๆ (ถ้ามี)	ฉบับที่ - วันที่ - เดือน - พ.ศ. -

วันที่รับรอง : วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2564
วันที่หมดอายุ : วันที่ 1 เดือน มิถุนายน พ.ศ. 2565

ลงนาม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ แพทย์หญิงรมร แย้มประทุม)
ประธานคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ มหาวิทยาลัยบูรพา
สำหรับโครงการวิจัย ระดับบัณฑิตศึกษา และระดับปริญญาตรี
ชุดที่ 3 (กลุ่มคลินิก/ วิทยาศาสตร์สุขภาพ/ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี)

ประวัติย่อของผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	Mr. Souban Oudonemexay	
วัน เดือน ปี เกิด	17 มิถุนายน พ.ศ 2530	
สถานที่เกิด	แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 85 หมู่ 6 บ้านห้วยแฮ่ เมืองไชบูลี แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 13000	
ตำแหน่งและประวัติการทำงาน	พ.ศ. 2556 - ปัจจุบัน	อาจารย์สาขาวิชาบริหารการขนส่ง คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2554	วิทยาศาสตรอังกฤษบัณฑิต (ภาษาอังกฤษ) มหาวิยาลัยแห่งชาติ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
	พ.ศ. 2555	วิทยาศาสตรบริหารธุรกิจบัณฑิต (บริหารธุรกิจ) มหาวิยาลัยแห่งชาติ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
	พ.ศ. 2564	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน) มหาวิทยาลัยบูรพา

มหาวิทยาลัยบูรพา
BURAPHA UNIVERSITY