



การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บของเสียภายในเขต
เทศบาลนครไคสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต
สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว
VEHICLE ROUTING OF RESIDENTIAL GARBAGE
COLLECTION WITHIN THE MUNICIPALITY OF
KAISONE PHOMVIHAN, SAVANNAKHET PROVINCE,
LAO PEOPLE'S DEMOCRATIC REPUBLIC

سوبัน อุดอนมีไซ, ไพโรจน์ เร้าธนชลกุล*

Souban Oudonemexay, Pairoj Raathanachonkun*

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน) มหาวิทยาลัยบูรพา ปีการศึกษา 2564,

e-Mail: souban170687@gmail.com (Corresponding Author)

Master of Science (Logistics and Supply Chain Management), Burapha University, Academic Year 2021,

e-Mail: souban170687@gmail.com (Corresponding Author)

(Received: 2021, September 28; Revised: 2021, December 6; Accepted: 2021, December 9)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสภาพเส้นทางปัจจุบันของการจัดเก็บของเสียภายในเขตเทศบาลนครไคสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต และเพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางในการจัดเก็บขยะมูลฝอย โดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ในการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะมูลฝอย มีจุดเก็บขยะทั้งหมด 39 จุด และใช้วิธีฮิวริสติกส์ทั้งหมด 4 วิธี ได้แก่ วิธีประหยัด วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด วิธีการหาจุดไกลที่สุด และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาดยานพาหนะที่ใช้เก็บขยะมูลฝอยมี 2 ประเภท ได้แก่ รถหกล้อและรถสิบล้อ วิเคราะห์เส้นทางด้วยโปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล พบว่าการจัดเส้นทางโดยใช้วิธีประหยัด ทำให้บริษัทใช้รถขนส่งเพียง 3 คัน และได้ระยะทางที่สั้นที่สุดคือ สามารถลดระยะทางจากเดิม 666.80 กิโลเมตร เหลือ 414.60 กิโลเมตร กล่าวคือลดระยะทางลงได้ 252.20 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.82 สำหรับวิธีที่ได้ระยะทางสั้นรองลงมาคือ วิธีการหาจุดไกลที่สุด มีระยะทาง 419.30 กิโลเมตร ส่วนวิธีการหาจุดใกล้ที่สุด มีระยะทาง 422.10 กิโลเมตร และวิธีการจัด

*ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำสาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน คณะโลจิสติกส์ มหาวิทยาลัยบูรพา,

e-Mail: pairoj@buu.ac.th

Asst. Prof., Logistics and Supply Chain Management, Faculty of Logistics, Burapha University,

e-Mail: pairoj@buu.ac.th



เส้นทางแบบกวาด ได้ระยะทางไกลที่สุดคือ 537.60 กิโลเมตร ดังนั้น วิธีประหยัดมีต้นทุนรวมค่าขนส่งถูกที่สุด จำนวน 1,926,563 บาทต่อปี จากต้นทุนแบบเดิมในปัจจุบัน สามารถลดลงได้ 1,215,713 บาทต่อปี

คำสำคัญ: การจัดเส้นทาง, ฮิวริสติกส์, การจัดเก็บขยะ, สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ABSTRACT

This research aimed to: 1) study the current route condition of residential garbage collection within Kaisorn Phomvihan Municipality, Savannakhet province, and 2) propose guidelines for improving the residential garbage collection routes. Heuristics methods were used to plan vehicle routings for garbage collection. There were 39 collection points. Then, all four heuristics methods including saving, nearest neighbour, max-nearest neighbour, and sweep methods were applied. There were two types of vehicles: six-wheel and ten-wheel trucks. This research used the Microsoft Excel program to perform a comparative analysis of the distance of the residential garbage collection routes. The results of the comparative analysis revealed that the saving method enabled the company to use only three transport vehicles. This method had the shortest distance, which reduced the total distance from 666.80 kilometres to only 414.60 kilometres, resulting in a reduction of 252.20 kilometres, or 37.82 percent per day. This was followed by the max-nearest neighbour method with 419.30 kilometres and the nearest neighbour method with 422.10 kilometres. The farthest distance, 537.60 kilometres, was routed by sweep method. The total cost of transportation was 1,926,563 baht per year, which reduced the current cost by 1,215,713 baht per year.

Keywords: vehicle routing, heuristics, residential garbage collection, Lao People's Democratic Republic.



บทนำ

นครโกสอนพมวิหานเป็นเมืองเอกของแขวงสะหวันนะเขต มีประชากรทั้งหมด 128,182 คน ผลกระทบที่เกิดขึ้นหลังจากการขยายเมืองโกสอนพมวิหานเป็นนครโกสอนพมวิหานมีหลายด้าน เช่น ปัญหาด้านของเสียที่เพิ่มมากขึ้น (เวียงคำ แสงสุรีย์จัน, 2563) โดยบริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด เป็นผู้ดำเนินการ อย่างไรก็ตาม บริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสียยังมีข้อจำกัดในด้านการจัดการอยู่หลายด้าน อาทิ ด้านบุคลากร ด้านงบประมาณ ด้านเทคโนโลยี และด้านยานพาหนะ (บริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด, 2020) จึงทำให้การจัดเส้นทางรถของบริษัทยังไม่สามารถดำเนินงานจัดเก็บขยะได้ทุกวันตามแผนที่วางไว้

บริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสียมียานพาหนะทั้งหมด 6 คัน ใช้ในการจัดเก็บขยะตั้งแต่วันจันทร์ถึงวันเสาร์ จำนวน 5 คัน ประกอบด้วยรถ 10 ล้อ แบบอัดแน่น 3 คัน และรถ 6 ล้อ 2 คัน ส่วนรถหกล้ออีก 1 คัน เป็นรถสำรองในกรณีรถบรรทุกประจำเสียหรือส่งซ่อมบำรุง มีระยะทางการจัดเก็บเฉลี่ยเท่ากับ 666.80 กิโลเมตรต่อวัน ซึ่งการจัดเส้นทางรถเก็บขนนั้นอาศัยประสบการณ์โดยยังไม่เคยนำวิธีการจัดเส้นทางจากแนวคิดต่าง ๆ มาใช้ เช่น วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด และวิธีการจัดเส้นทางแบบประหยัด เป็นต้น ซึ่งโดยทั่วไปแล้วปัญหาด้านการจัดเส้นทางนั้นถูกใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น Clarke and Wright (1964) เสนอวิธีประหยัดในการจัดเส้นทาง และนำวิธีฮิวริสติกส์มาใช้กันอีกหลายวิธี เช่น ภคพร ผงทอง (2561) วางแผนเส้นทางรถเก็บขยะที่อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยใช้วิธีประหยัด นอกจากนี้ คลอเคลีย วจนะวิชากร และกนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์ (2559) จัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอยที่จังหวัดอุบลราชธานี โดยใช้วิธีประหยัดและวิธีเชิงวิวัฒนาการ และ จีระพันธ์ โกมุตพันธุ์ (2556) วางแผนการจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลในเมือง อำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ Microsoft Excel Solver มาช่วยวิเคราะห์ เป็นต้น กล่าวได้ว่า ปัญหาด้านการจัดเก็บขยะเป็นปัญหาสำคัญและมีการนำวิธีการที่หลากหลายมาช่วยจัดการ

จากปัญหาและแนวทางการแก้ไขดังกล่าว จึงทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะช่วยบริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด วางแผนการจัดเก็บของเสีย ซึ่งจะส่งผลดีต่อทั้งบริษัทและประชาชนที่รอการเก็บขยะ เนื่องจากบางครั้งบริษัทไม่สามารถเก็บขยะได้ครบทุกจุดเพราะเต็มความจุของรถ หรือเก็บขยะไม่เต็มความจุของรถที่บรรทุกได้แต่ต้องนำขยะไปที่โรงกำจัดขยะก่อน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการดำเนินงานของบริษัท ดังนั้น การปรับปรุง



เส้นทางที่เหมาะสมจะทำให้ประชาชนในเขตนครโกสอนพมิวิหานได้ประโยชน์ และบริษัท มีแนวทางที่เหมาะสมในการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาสภาพเส้นทางปัจจุบันของการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาล นครโกสอนพมิวิหาน แขวงสะพานนระเขต
2. เพื่อเสนอแนวทางในการปรับปรุงเส้นทางของการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขต เทศบาลนครโกสอนพมิวิหาน แขวงสะพานนระเขต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยนี้ใช้วิธีวิธีสถิติทั้ง 4 วิธี ได้แก่ วิธีประหยัด วิธีหาจุดใกล้ที่สุด วิธีหาจุดไกลที่สุด และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาด โดยใช้โปรแกรมไมโครซอฟต์เอ็กเซล (Microsoft Excel) เพื่อวิเคราะห์เปรียบเทียบหาระยะทางที่สั้นที่สุด โดยเริ่มจากการศึกษา และเก็บข้อมูลปัจจุบัน ได้แก่ ประเภท จำนวน ระยะเวลา ระยะทาง และปริมาณขยะ แล้วนำข้อมูลดังกล่าวมาวิเคราะห์เปรียบเทียบหาเส้นทางของการจัดเก็บขยะที่เหมาะสมที่สุด เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงเส้นทางจัดเก็บขยะที่เหมาะสมที่สุด โดยวิเคราะห์เปรียบเทียบ นโยบายการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยเทียบกับการทำงานแบบ ปัจจุบัน โดยวิธีการคำนวณแต่ละวิธีแตกต่างกัน ดังนี้

1. **วิธีประหยัด (saving)** เป็นวิธีการรวมจุดรับ-จุดส่งมากกว่า 1 จุด ให้อยู่ในเส้นทาง เดียวกัน เสนอโดย Clarke and Wright (1964) นิยมใช้ในการแก้ไขปัญหามหาขนาดเล็กและกลาง มีขั้นตอนดังนี้

$$S_{ij} = (d_{oi} + d_{oj}) - d_{ij}$$

สมการที่ 1

เมื่อ S_{ij} คือ ค่าความประหยัด (saving) จากโหนด i ไปโหนด j ส่วน d_{oi} คือ ระยะทาง จาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด i โดย d_{oj} คือ ระยะทางจาก 0 (จุดเริ่มต้น) ไปโหนด j และ d_{ij} คือ ระยะทางจากโหนด i ไปโหนด j

- ขั้นตอนที่ 1 คำนวณหาค่าประหยัดของระยะทางหรือค่าใช้จ่าย ดังสมการที่ 1
- ขั้นตอนที่ 2 จัดเรียงลำดับค่าความประหยัด (saving) จากมากที่สุดไปน้อยที่สุด



- ขั้นตอนที่ 3 รวมเส้นทางของจุดเก็บขยะจากจุด i และจุด j ที่มีค่าความประหยัดสูงสุดให้อยู่ในเส้นทางเดียวกัน

- ขั้นตอนที่ 4 ทำซ้ำจนครอบคลุมจุดเก็บขยะทั้งหมด โดยมีข้อจำกัดด้านปริมาณขยะจะต้องไม่เกินความจุของยานพาหนะ และต้องใช้เวลาเดินทางไม่เกินความสามารถที่ยานพาหนะทำได้

2. วิธีการหาจุดไกลที่สุด โดยยานพาหนะจะเริ่มเดินทางจากจุดปัจจุบันไปยังจุดที่อยู่ไกลที่สุด แล้วยานพาหนะจะเดินทางไปยังจุดต่อไป มีสูตรดังนี้

$$C_{ij} = C_{ip} + C_{pj}$$

สมการที่ 2

เมื่อ C_{ij} คือ ค่าระยะทางจากโหนด i ไปโหนด j ส่วน C_{ip} คือค่าระยะทางจากโหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติ และ C_{pj} คือค่าระยะทางจากโหนด i ไปโหนดใด ๆ ใน p มิติ ไปโหนด j จัดเส้นทางโดยเริ่มเดินทางจาก 0 ไปยังจุดที่ระยะทางสั้นที่สุดโดยไม่เกินข้อกำหนดต่าง ๆ จากนั้นเริ่มเดินทางใหม่จาก 0 ไปยังโหนดที่มีระยะสั้นที่สุดโดยไม่วิ่งไปจุดเดิม และเดินทางไปเรื่อย ๆ จนครบทุกจุด (มี 39 จุด) ก็จะได้เส้นทางขนส่งขยะ

3. วิธีการหาจุดไกลที่สุด เป็นวิธีการปรับแต่งใหม่จากวิธีหาจุดไกลที่สุด คือรถจะเดินทางจากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่อยู่ไกลที่สุดก่อน แล้วเดินทางไปยังจุดที่ไกลที่สุด มีขั้นตอนคือ เริ่มจากจุดเริ่มต้นที่ต้องการโดยมีเวลาเดินทางเท่ากับ 0 ทุกเส้นทาง แล้วเลือกเส้นทางที่มีระยะทางไกลที่สุดภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิม จากนั้นเลือกจุดที่ใกล้กับจุดปลายทางไปยังจุดที่ไกลที่สุดภายใต้เงื่อนไขไม่กลับไปจุดเดิมแล้วทำการเลือกจุดจนครบทุกจุด

4. วิธีการกวาด จัดเส้นทางโดยการกวาดรวมจุดต่าง ๆ ตามลักษณะของเข็มนาฬิกา พร้อมกับการพิจารณาความต้องการในการจัดเก็บขยะจนกว่าจะเต็มความจุของยานพาหนะจึงจะนำไปส่งที่โรงกำจัดขยะ และเริ่มต้นอีกครั้งจนครบทุกจุดรับส่ง

5. การกำหนดนโยบายการจัดเส้นทางขนส่งขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ เป็นการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้แก่ บุคลากรบริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด นครโกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ผู้วิจัยศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล แปรผล และเขียนรายงานวิจัย โดยใช้เวลาตั้งแต่เดือนมิถุนายน พ.ศ. 2563 ถึงเดือนกรกฎาคม พ.ศ. 2564



ผลการวิจัย

1. การจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิม พบว่าบริษัทใช้รถทั้งหมด 5 คัน โดย

- รถหกล้อคันที่ 1 มีความจุ 6,315 กิโลกรัม มีระยะทางวิ่งเท่ากับ 232.10 กิโลเมตร
- รถสิบล้อคันที่ 1 มีความจุ 24,305 กิโลกรัม มีระยะทางวิ่งเท่ากับ 77.30 กิโลเมตร
- รถหกล้อคันที่ 2 มีความจุ 9,285 กิโลกรัม มีระยะทางวิ่งเท่ากับ 139.20 กิโลเมตร
- รถสิบล้อคันที่ 2 มีความจุ 22,895 กิโลกรัม มีระยะทางวิ่งเท่ากับ 129.30 กิโลเมตร
- รถสิบล้อคันที่ 3 มีความจุ 24,915 กิโลกรัม มีระยะทางวิ่งเท่ากับ 88.90 กิโลเมตร

สรุปได้ว่ามีขยะในการบรรทุกรวม 304,581 กิโลกรัม ได้จำนวนเที่ยวรับส่งรวม 22 เที่ยว และมีระยะทางรวม 666.80 กิโลเมตรต่อวัน

2. การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์ การจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะโดยใช้ยานพาหนะ จำนวน 5 คัน มีพนักงานขับรถ 5 คน และพนักงานเก็บขยะ 11 คน แบ่งเป็นรถบรรทุกประเภท 6 ล้อ 2 คัน มีความจุ 6,315 และ 9,285 กิโลกรัม รถบรรทุกประเภท 10 ล้อ 3 คัน มีความจุ 22,895 24,305 และ 24,915 กิโลกรัม ภายใต้เงื่อนไขระยะเวลาการขนส่งแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง เปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์ ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและวิธีฮิวริสติกส์

รายละเอียด	เปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะ				
	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 (นาทีก)	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 1 พบว่าการจัดเส้นทาง การจัดเก็บของเสียระยะทางสั้นที่สุดคือ วิธีประหยัด ระยะทางที่ใช้ในการเดินทางเท่ากับ 414.60 กิโลเมตร สำหรับวิธีที่ได้ระยะทางสั้นรองลงมาคือ วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาดตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณาด้านระยะเวลาที่น้อยที่สุดพบว่า วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด ใช้ระยะเวลาน้อยสุดคือ 1,159 นาที สำหรับวิธีที่ได้ระยะเวลาสั้นรองลงมาคือ วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด วิธีแบบประหยัด และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาด ตามลำดับ เมื่อคำนวณหาต้นทุนค่าขนส่งรวมโดยกำหนดเฉพาะค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานโดยตรงเกี่ยวกับการจัดเก็บขยะ จะได้ข้อมูลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและวิธีอีวิริสติกส์โดยเฉลี่ยต่อปี

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 2 พบว่าต้นทุนรวมค่าขนส่งในการจัดเส้นทางยานพาหนะโดยวิธีประหยัดได้ต้นทุนรวมขนส่งต่ำที่สุดเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับ การจัดเส้นทางแบบเดิมคือ สามารถลดต้นทุนรวมลงได้จากเดิม 3,142,276 บาทต่อปี เป็น 1,926,563 บาทต่อปี ลดลงได้ 1,215,713 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.69 ของต้นทุนรวมทั้งหมด แสดงว่าวิธีประหยัดเป็นวิธีที่สามารถช่วยลดต้นทุนรวมค่าขนส่งให้กับทางบริษัท ทั้งเรื่องระยะทาง จำนวนรถบรรทุก จำนวนพนักงาน และค่าน้ำมันเชื้อเพลิง เนื่องจากว่าปัจจุบันทางบริษัท ยังไม่ได้นำวิธีประหยัดมาใช้ในการจัดเส้นทาง แต่ใช้บุคลากรที่มีประสบการณ์มาจัดเส้นทางแทน

3. การเปรียบเทียบนโยบายการจัดเส้นทางแบบต่าง ๆ เทียบกับการทำงานแบบปัจจุบัน จากการสัมภาษณ์เชิงลึกพบว่า ควรวิเคราะห์นโยบายการจัดเส้นทางขนส่งขยะ 3 นโยบาย (ตารางที่ 3) โดยใช้วิธีประหยัด (saving) เนื่องจากได้ผลดีที่สุด ดังนี้



- นโยบายที่ 1 จัดเส้นทางยานพาหนะโดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง
- นโยบายที่ 2 จัดเส้นทางยานพาหนะโดยพนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ภายใต้ระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง
- นโยบายที่ 3 จัดเส้นทางยานพาหนะโดยใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ทุกคัน

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะแบบเดิมและแต่ละนโยบาย

รายละเอียด	การเปรียบเทียบการจัดเส้นทางยานพาหนะ			
	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 (นาทีก)	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 3 พบว่าผลการจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะตามนโยบายที่ 1 จะมีค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด โดยใช้รถทั้งหมด 3 คัน มีระยะทางรวม 414.10 กิโลเมตร ระยะเวลารวมที่ใช้ในการเดินทาง 1,194 นาที กรณีนี้พนักงานต้องทำงานล่วงเวลาคนละ 2 ชั่วโมง สำหรับนโยบายที่ 2 มีการใช้รถทั้งหมด 4 คัน ทำให้มีระยะเวลาและระยะทางเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตาม กรณีนี้พนักงานไม่ต้องทำงานล่วงเวลาภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 8 ชั่วโมง และนโยบายที่ 3 ใช้รถทั้งหมด 5 คัน ทำให้มีระยะทางรวมมากที่สุด เนื่องจากการบรรทุกจะไม่เต็มเที่ยว ทำให้ทุกคันเหลือพื้นที่ ทำให้ลดประสิทธิภาพลงไป แต่มีข้อดีคือ ทุกคนจะได้ทำงานซ้ำเหมือนเดิมโดยไม่ต้องทำงานล่วงเวลา ทั้งนี้เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายได้ดังตารางที่ 4



ตารางที่ 4 เปรียบเทียบต้นทุนรวมค่าขนส่งแบบเดิมและแต่ละนโยบายโดยเฉลี่ยต่อปี

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 4 พบว่าต้นทุนรวมค่าขนส่งในการจัดเส้นทางตามนโยบายที่ 1 มีต้นทุนรวมต่ำที่สุด สามารถลดต้นทุนรวมขนส่งได้ 1,215,713 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.69 โดยใช้น้ำมันเชื้อเพลิงให้น้อยที่สุด ภายใต้เงื่อนไขด้านระยะเวลาการขนส่งในแต่ละเส้นทางไม่เกิน 10 ชั่วโมง

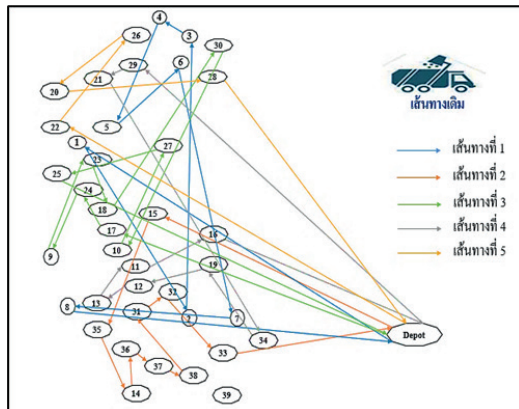
สรุปได้ว่าการจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะโดยวิธีประหยัดได้ระยะทางที่สั้นที่สุดคือ ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด 414.60 กิโลเมตร มีต้นทุนค่าขนส่งรวม 1,926,563 บาทต่อปี โดยลดลงได้ 1,215,713 บาทต่อปี คิดเป็นร้อยละ 38.69 สำหรับวิธีที่ได้ระยะทางสั้นรองลงมาคือ วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาด ตามลำดับ เมื่อพิจารณาด้านระยะเวลาพบว่า วิธีการหาจุดใกล้ที่สุดใช้ระยะเวลาในการจัดเก็บขยะได้เร็วที่สุดคือ 1,159 นาที วิธีที่ได้ระยะทางสั้นรองลงมาคือ วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด วิธีประหยัด และวิธีการจัดเส้นทางแบบกวาด ตามลำดับ แสดงดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมและวิธีประหยัด

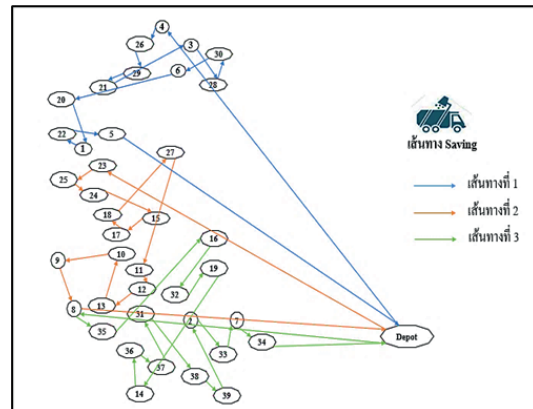
รูปแบบการจัดเส้นทาง	จำนวนรถบรรทุก	จำนวนพนักงาน	จำนวนเที่ยว	ระยะทาง (กิโลเมตร)	ระยะเวลา (นาที)	ต้นทุนค่าเชื้อเพลิง (บาท)
แบบเดิม	5	11	22	666.80	1,648	5,687.80
วิธีประหยัด	3	7	14	414.60	1,194	3,536.54
ผลประหยัด	2	4	8	252.20	455	2,151.27
คิดเป็นร้อยละ	40	36.36	36.36	37.82	27.61	37.82



จากตารางที่ 5 สรุปได้ว่าระยะทางหลังการปรับปรุงโดยใช้วิธีประหยัด ทำให้เกิดผลประหยัดทั้งในด้านระยะทาง จำนวนเที่ยว จำนวนพนักงาน จำนวนรถ และต้นทุนของค่าน้ำมันเชื้อเพลิง โดยเฉพาะด้านระยะทางการขนส่งคือ สามารถลดระยะทางลงได้ 252.20 กิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 37.82 ลดระยะเวลาลงได้ 455 นาที คิดเป็นร้อยละ 27.61 แสดงเส้นทางก่อนและหลังการปรับปรุงได้ดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2



ภาพที่ 1 ลำดับการเชื่อมต่อของจุดแบบเดิม



ภาพที่ 2 ลำดับการเชื่อมต่อของจุดแบบประหยัด

สรุปว่าการจัดเส้นทางแบบเดิมสามารถปรับปรุงได้ โดยวิธีประหยัดให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด จะใช้ยานพาหนะทั้งหมด 3 คัน และได้จำนวนเที่ยวรับส่งทั้งหมด 14 เที่ยวต่อวัน เนื่องจากการจัดเส้นทางจัดเก็บขยะแบบเดิมของบริษัทยังไม่เป็นระบบเท่าที่ควร บางครั้งไม่สามารถบรรทุกขยะได้เต็มความจุของยานพาหนะแต่ละคันได้ ด้วยสาเหตุนี้ผู้วิจัยจึงใช้ผลการสัมภาษณ์เพื่อนำเสนอ 3 นโยบาย ในการพิจารณาผลที่เกิดขึ้น เพื่อให้ผู้อำนวยการบริษัทสามารถนำมาประกอบการตัดสินใจได้ โดยนโยบายที่ 1 คือ การใช้ยานพาหนะที่มีอยู่ให้น้อยที่สุด ส่วนนโยบายที่ 2 คือ การจัดงานให้พนักงานแต่ละคนไม่ต้องทำงานล่วงเวลา และนโยบายที่ 3 คือ การพยายามให้ทุกคนได้ทำงาน ซึ่งพบว่านโยบายที่ 1 จะมีต้นทุนต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามงานวิจัยนี้ยังมีข้อจำกัดคือ ลักษณะของรถขนส่งที่จำกัดรูปแบบเฉพาะรถ 6 ล้อ และรถ 10 ล้อแบบอัดแน่น เท่านั้น และพิจารณาเฉพาะครอบครัวที่ทำสัญญาใช้บริการการจัดเก็บของเสียของบริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด เท่านั้น ซึ่งใช้ข้อมูลของบริษัท 4 เดือน ตั้งแต่เดือนกันยายนถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2563



อภิปรายผล

การจัดเส้นทางยานพาหนะในการจัดเก็บขยะมูลฝอยภายในเขตเทศบาลนครโกสอน พมวิหาน แขวงสะพานนะเขต โดยประยุกต์ใช้อีวีริสติกส์ ได้แก่ วิธีประหยัด วิธีการหาจุดไกลที่สุด และวิธีการหาจุดใกล้ที่สุด พบว่าเมื่อเปรียบเทียบกับ การจัดเส้นทางยานพาหนะจัดเก็บขยะแบบเดิม ทำให้บริษัทได้ระยะทางสั้นที่สุดคือ วิธีประหยัด ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด 414.60 กิโลเมตร วิธีที่ได้ระยะทางสั้นรองลงมาคือ วิธีการหาจุดไกลที่สุด ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด 419.30 กิโลเมตร วิธีการหาจุดใกล้ที่สุด ระยะทางรวมที่ใช้ทั้งหมด 422.10 กิโลเมตร และวิธีกวาด ได้ระยะทางไกลที่สุดคือ 537.60 กิโลเมตร โดยมีต้นทุนรวมค่าขนส่ง 1,926,563 บาทต่อปี จากต้นทุนแบบเดิมในปัจจุบัน สามารถลดลงได้ 1,215,713 บาทต่อปี สอดคล้องกับ วิไลวรรณ แก่นสาร และสมบัติ สินธุเชาน์ (2556) ที่เปรียบเทียบวิธีการอีวีริสติกส์สำหรับระบบการจัดการขยะ โดยใช้วิธีการหาคำตอบด้วยวิธีประหยัด วิธีการหาจุดไกลที่สุด และวิธีการหาจุดใกล้ที่สุด เพื่อเปรียบเทียบภายใต้เงื่อนไขเดียวกัน และสอดคล้องกับ ปัญญวัฒน์ จันทรชัยภักดิ์ (2561) ที่ศึกษาการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์ ซึ่งใช้วิธีอีวีริสติกส์ในการแก้ไข้ปัญหา

ข้อเสนอแนะ

1. ควรวิเคราะห์กรณีที่มีปริมาณแปรผันแบบต่าง ๆ ซึ่งจะส่งผลต่อการเตรียมการ
2. ควรกำหนดเขตพื้นที่รับผิดชอบของรถบรรทุกแต่ละคันให้ชัดเจน เพื่อไม่ให้รถวิ่งทับซ้อนเส้นทางกัน และรถทุกคันจะต้องจัดเก็บขยะให้เต็มความจุของรถให้ได้มากที่สุด
3. ควรวิเคราะห์การจัดเส้นทางด้วยวิธีอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อนำมาเปรียบเทียบ

บรรณานุกรม

คลอเคลีย วณะวิชากร และกนกกาญจน์ ศรีสุรินทร์. (2559). วิธีการหาคำตอบสำหรับปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บของเสีย กรณีศึกษาเทศบาลตำบลอุบล จังหวัดอุบลราชธานี. *วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ.*, 11(2), หน้า 41-52.



- จิระพันธ์ โกมุตพันธุ์. (2556). *ศึกษาข้อมูลเส้นทางการใช้รถเก็บขยะเพื่อวางแผนการจัดการขยะและขนส่งขยะ กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลในเมืองอำเภอพิมาย จังหวัดนครราชสีมา*. โครงการงานวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา (การปฏิบัติงานก่อสร้างและสาธารณูปโภค), สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- บริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด. (2020). *บทรายงานประจำปี 2020 บริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด*. สะหวันนะเขต, สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว: บริษัทลาวพัฒนากำจัดของเสีย จำกัด.
- ปัญญาวัฒน์ จันทร์ชัยภักดิ์. (2561). *การแก้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถรับส่งนักเรียน กรณีศึกษาโรงเรียนประสิทธิ์ศึกษาสงเคราะห์*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.
- ภคพร ผงทอง. (2561). *รายงานการวิจัย: การวางแผนเส้นทางการขนส่งโดยใช้ซอฟต์แวร์อัลกอริทึม กรณีศึกษาเส้นทางการขนส่งขยะ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยราชพฤกษ์.
- รัฐกร แต่งแสงจันทร์. (2558). *การจัดเส้นทางเดินรถเพื่อส่งสินค้าหลายจุดที่มีเงื่อนไขรอบเวลาและข้อจำกัดเวลาการทำงาน*. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม, คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- วันฐณพงษ์ คงแก้ว, ณัฐนิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล และอินทอร ศรีสว่าง. (2559). การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถสำหรับการเก็บขนของเสีย กรณีศึกษา มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 4(2), หน้า 18-31.
- วิไลวรรณ แก่นสาร และสมบัติ สินธุเชาวน์. (2556). การเปรียบเทียบวิธีการฮิวริสติกส์สำหรับระบบการจัดการขยะ. *วารสารวิชาการ Thai VCML*, 6(2), หน้า 9-17.
- เวียงคำ แสงสุริย์จัน. (2563). *ศึกษารูปแบบการบริหารจัดการของเสียที่มีประสิทธิภาพของนครโกสอนพมวิหาน แขวงสะหวันนะเขต สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว*. *วารสารสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 7(1), หน้า 343-356.
- Clarke, G., & Wright, J. W. (1964). Scheduling of vehicles from a Central Depot to a number of delivery points. *Operations Research*, 12(4), pp. 568-581.