

การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ กรณีศึกษาของ องค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ

Study of Suitable Route for Waste Collection: Case Study of Tambon Nong O Sub district Administrative Organization

วีระชัย วงษ์วีระนิมิต¹ และ ณัฐกร น้อยก้อน²

Weerachai Wongweeranimit¹ and Natthakrit Noikon²

^{1,2} วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสำรวจ คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเวสเทิร์น

^{1,2} Bachelor of Engineering survey engineering Faculty of Arts and Sciences Western University, Thailand

E-mail: ¹kitisak.lu@western.ac.th

Received November 29, 2023; Revised December 15, 2023; Accepted December 18, 2023

บทคัดย่อ

ปัจจุบันองค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อมีปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนต่าง ๆ ในเขตพื้นที่ ความรับผิดชอบประมาณเฉลี่ย 5 ตันต่อวัน และมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามการขยายตัวของประชากรและในการเก็บขยะไม่มีแผนเส้นทางการจัดเก็บขยะที่เป็นรูปแบบ ทำให้การจัดเก็บขยะใช้เวลาหลายชั่วโมงต่อวัน ทำให้สูญเสียทั้งด้านงบประมาณและด้านพลังงานเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้ จึงได้ศึกษาระบบการจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อมโดยวิธีระบบโปรแกรมเชิงเส้นและการใช้โปรแกรม lingo มีวัตถุประสงค์เพื่อจัดสันเส้นทางการขนส่งขยะมูลฝอยให้เหมาะสมและวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อมในปัจจุบันเพื่อนำมาปรับปรุงและจัดสร้างเส้นทางขนส่งขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยใช้ค่าใช้จ่ายและประสิทธิภาพของรถขนส่งขยะที่มีอยู่เดิมเป็นเกณฑ์

การวิเคราะห์จะพิจารณาจากข้อมูลปริมาณของขยะมูลฝอย จตุรบรรณเก็บขน ระยะทาง ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าบำรุงรักษา โดยวิธีระบบโปรแกรมเชิงเส้นและการใช้โปรแกรม lingo ทำให้สามารถลดค่าต้นทุนลงได้ ซึ่งจากเดิมมีค่าต้นทุนเฉลี่ยเป็นเงิน 1,036.64 บาทต่อวัน ลดลงเหลือ เงิน 853.95 บาทต่อวัน จะช่วยประหยัดต้นทุนได้วันละ 182.72 บาท คิดเป็นต้นทุนที่สามารถลดลง 17.62 % /วัน ถ้าคิดทั้งปีงบประมาณจะช่วยลดต้นทุนของหน่วยงานได้ถึง 66,692 บาท จากข้อมูลข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การศึกษาการพัฒนาระบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยวิธีระบบโปรแกรมเชิงเส้นและการใช้โปรแกรม lingo ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนั้นสามารถช่วยลดระยะทางการขนส่งและค่าใช้จ่ายลงได้จริง

คำสำคัญ: ความเหมาะสม; ขยะมูลฝอย; เส้นทางการขนส่งขยะ

Abstract

Currently, the Nong O Subdistrict Administrative Organization has an average amount of solid waste in its area of responsibility of 5 tons per day and it is likely that the amount will continue to increase as the population expands. While there is no uniform waste collection route plan, waste collection takes many hours a day, resulting in wasted budget and energy costs. This research studied the solid waste collection and transportation system of the Nong O Subdistrict Administrative Organization using linear programming and Lingo. In this regard, the goal was to allocate appropriate solid waste transportation routes and analyze the current costs of solid waste collection of the Nong O Subdistrict Administrative Organization to improve and create more efficient waste transportation routes by considering the cost and efficiency of existing garbage trucks as criteria.

The analysis took into account information on the amount of solid waste, collection points, distance, fuel costs, and maintenance costs using linear and Lingo to reduce costs. Originally, the average cost was 1,036.64 baht per day, reduced to 853.95 baht per day, which saved costs 182.72 baht per day, or equivalent to a cost that could be reduced by 17.62%/day. If calculated throughout the fiscal year, government costs would be reduced by up to 66,692 baht. Based on the above information, it could be concluded that the study on the development of a solid waste collection system using linear programming and Lingo to solve vehicle routing problems could actually reduce transportation distance and costs.

Keywords: Suitability; Solid Waste; Waste Transport Routes

บทนำ

ปัจจุบันองค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อมีปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนต่าง ๆ ในเขตพื้นที่ความรับผิดชอบประมาณเฉลี่ย 5 ตันต่อวัน และมีแนวโน้มว่าจะมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ตามการขยายตัวของประชากรและในการเก็บขยะไม่มีแผนเส้นทางการจัดเก็บขยะที่เป็นรูปแบบทำให้การจัดเก็บขยะใช้เวลาหลายชั่วโมงต่อวัน ทำให้สูญเสียทั้งด้านงบประมาณและด้านพลังงานเชื้อเพลิง ดังนั้น องค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อจึงควรมีการศึกษาวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบการจัดเก็บขยะมูลฝอย ค่าใช้จ่าย ค่าบำรุงรักษายานพาหนะ เพื่อเป็นข้อมูลช่วยจัดการปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นในอนาคต

จากปัญหาข้างต้นผู้วิจัยมีความคิดที่จะศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้โปรแกรม Lingo Version 14 สำหรับแก้ไขปัญหการจัดเส้นทางในการจัดเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ซึ่งมี

พื้นที่รับผิดชอบขนาดเล็กโดยมีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอโปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) และวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm) นำมาประยุกต์ใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง

โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) (Frederick, 2010) เป็นเครื่องมือหนึ่งที่นิยมใช้ในการวางแผนการดำเนินงานต่าง ๆ เพื่อหาผลลัพธ์ที่เหมาะสมที่สุด โดยผลลัพธ์ที่ได้จะต้องสอดคล้องกับเงื่อนไข ที่ได้กำหนดไว้ด้วย ตัวอย่างเช่น การวางแผนการผลิตเพื่อให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด (Sae-lee and Ritvirool, 2014) และการวางแผนการดำเนินงานให้ใช้พนักงานน้อย (Sae-lee and Ritvirool, 2014) เป็นต้น สำหรับปัญหาในด้านการจัดเส้นทางขนส่ง มีงานวิจัยที่ได้ประยุกต์ใช้โปรแกรมเชิงเส้นช่วยในการจัดเส้นทางขนส่งในปัญหาการขนส่งต่าง ๆ โดยมักมีวัตถุประสงค์เพื่อลดต้นทุนการขนส่งและจัดหาเส้นทางขนส่งที่สั้นที่สุด เช่น ปัญหา การจัดเส้นทางขนส่งขึ้นส่วนจากโรงงานต่าง ๆ ให้เกิดต้นทุนต่ำที่สุด (Phosamrit and Thammaponphirat, 2010) และปัญหาการจัดเส้นทางเพื่อลดต้นทุนการขนส่งในธุรกิจเครื่องสำอาง (Sirioran, 2014)

วิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm) (Rapeepan Pitakaso, 2016); (Ragsdale, 2015) เป็นวิธีที่ใช้กลุ่มประชากรเป็นฐานในการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด วิธีการนี้จะใช้กลไกการคำนวณที่ได้รับแรงบันดาลใจมาจากการวิวัฒนาการทางชีววิทยา ได้แก่ การสืบพันธุ์ การกลายพันธุ์ การแลกเปลี่ยนยีน และการคัดเลือกโดยคำตอบที่ได้รับคัดเลือกในปัญหาการหาคำตอบที่เหมาะสมที่สุด จะแทนด้วยประชากร และฟังก์ชันความเหมาะสม (Fitness function) เป็นฟังก์ชันเป้าหมายของปัญหาที่ศึกษา เพื่อใช้คัดเลือกประชากรที่เหมาะสมภายใต้สภาพแวดล้อมที่กำหนดไว้ ในการหาคำตอบของวิธีการเชิงวิวัฒนาการนั้นจะ สุ่มคำตอบที่ได้รับคัดเลือกจากพื้นที่ค้นหาคำตอบของปัญหา ขึ้นมา แล้วใช้ฟังก์ชันความเหมาะสมประเมินค่าความ เหมาะสมและคัดเลือกคำตอบบางส่วนที่ดีกว่าในแต่ละรอบการคำนวณไปเป็นประชากรรุ่นถัดไป โดยการสืบพันธุ์ การ กลายพันธุ์ และการแลกเปลี่ยนองค์ประกอบในโครโมโซมจะ ถูกนำมาดำเนินการเพื่อสร้างคำตอบรุ่นใหม่ อย่างไรก็ตาม คำตอบที่ค้นหาได้จากวิธีการเชิง วิวัฒนาการ อาจไม่ใช่คำตอบที่ดีที่สุดของปัญหา แต่คำตอบ เหล่านี้เป็นคำตอบที่ใกล้เคียงกับคำตอบที่ดีที่สุดและสามารถ นำไปใช้ได้

โปรแกรม Lindo ถูกพัฒนาขึ้นมาในปี 1981 โดย Lindo Systems Inc. (Lindo Systems Inc, 2011) เป็นโปรแกรมเชิงโต้ตอบที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากใช้ง่ายไม่ซับซ้อน สามารถใช้ในการแก้ปัญหาที่มีขนาดใหญ่พอสมควร สามารถกำหนดตัวแปรได้ 119 ตัวแปร และมีเงื่อนไข 59 ข้อ และ lingo เป็นเครื่องมือที่ครอบคลุมที่ออกแบบมาเพื่อสร้างและแก้ปัญหา Linear, Nonlinear (Convex และ No convex/Global), Quadratic, Quadratic ally Constrained, Second Order Cone, Semi-Definite, Stochastic และ Integer optimization models ได้เร็วขึ้นง่ายขึ้นและมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น แบบจำลองโปรแกรมเชิงเส้นจำนวนเต็มแบบผสมสำหรับการเลือกสถานที่ตั้งลานมัน (Napaporn Thanakamonpradit and Prathana Prathanadee, 2012)

งานวิจัยนี้ได้ใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของโปรแกรม Lingo Version 14 (Lindo System Inc, 2014) สำหรับปัญหาการจัดเส้นทางในการจัดเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ งานวิจัยนี้จะเก็บข้อมูลระยะทางและเส้นทางที่ผ่านตำแหน่งจุดตั้งถังขยะเพื่อหาระยะทางสั้นที่สุด และจำลองเส้นทางการเดินทางจัดเก็บขยะโดยโปรแกรม Lingo Version 14 สามารถทำให้ค่าดำเนินการ (ค่าพนักงานเชื้อเพลิง และซ่อมบำรุง) ลดลง และองค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อสามารถประมาณค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงได้

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อโดยใช้โปรแกรม Lingo
2. เพื่อเปรียบเทียบผลลัพธ์ระยะทางการขนส่งขยะมูลฝอยและค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยโปรแกรม Lingo กับพฤติกรรมวิธีดั้งเดิม

ระเบียบวิธีวิจัย

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

โปรแกรมเชิงเส้น (Linear Programming) การจัดเส้นทางเดินทางโดยโปรแกรมเชิงเส้น การขนย้ายทรัพยากรจากสถานที่หนึ่งไปยังอีกสถานที่หนึ่งในโครงข่ายโดยในกรณีของการกำหนดเส้นทางเดินทางของเทศบาลนี้กำหนดให้จุดต่อ (Nodes) แทนตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะ และเส้น (Arcs) แทนถนนที่เชื่อมระหว่างจุดแต่ละจุดโดยกำหนดระยะทางระหว่างจุดเป็นตัวเลข เมตริกยะทางเป็นแบบสมมาตร ยานพาหนะแต่ละคันมาความจุจำกัด โดยการขนส่งตามจุดเก็บเพื่อให้มีระยะทางรวมต่ำสุด ซึ่งสามารถจัดตั้งปัญหาในรูปแบบการจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ดังนี้

ดัชนี (Indices)

ij = ใช้แทนลำดับของจุดรวบรวมขยะ โดยกำหนดให้สถานที่ที่ทิ้งขยะมี $ij = 0$, และลูกค้าอื่น ๆ จะมี

$ij = 1, 2, \dots, n$

k = ใช้แทนพาหนะคันที่ 1, 2, ..., k

ตัวแปร (Variables)

C_{ij} = ระยะทางระหว่างจุดรวบรวมขยะ หรือสถานที่ทิ้งขยะลำดับที่ i ไปยัง j

n = จำนวนจุดรวบรวมขยะ

q_i = จำนวนถังขยะที่อยู่ในจุดรวบรวมขยะลำดับที่ i

Q = ความสามารถในการบรรทุกถังขยะของพาหนะ

X_{ij}^k = ถ้ายานพาหนะ k ขนส่งถังขยะระหว่าง i ไป $j = 0$ ในกรณีอื่น ๆ

ฟังก์ชันวัตถุประสงค์

การวางแผนการจัดเส้นทางรถขนขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ มีวัตถุประสงค์ เพื่อให้เกิดระยะทางรวมในการขนขยะมูลฝอยต่ำที่สุดดังสมการที่ (1)

$$\text{Minimize } z = \sum_{k=1}^m \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^n c_{ij} x_{ij}^k \quad (1)$$

$$\sum_{i=0}^n \sum_{k=1}^k X_{ij}^k = 1 \quad \forall_i \in \{1, \dots, n\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^n \sum_{k=1}^k X_{ij}^k = 1 \quad \forall_j \in \{1, \dots, n\} \quad (3)$$

$$\sum_{i=0}^n x_{ij}^k - \sum_{i=0}^n x_{ji}^k = 0 \quad \forall_{j,k} \in \{1, \dots, n\} \quad (4)$$

$$\sum_{j=0}^n q_j \left(\sum_{i=0}^n X_{ij}^k \right) \leq Q \quad \forall_k \in \{1, \dots, k\} \quad (5)$$

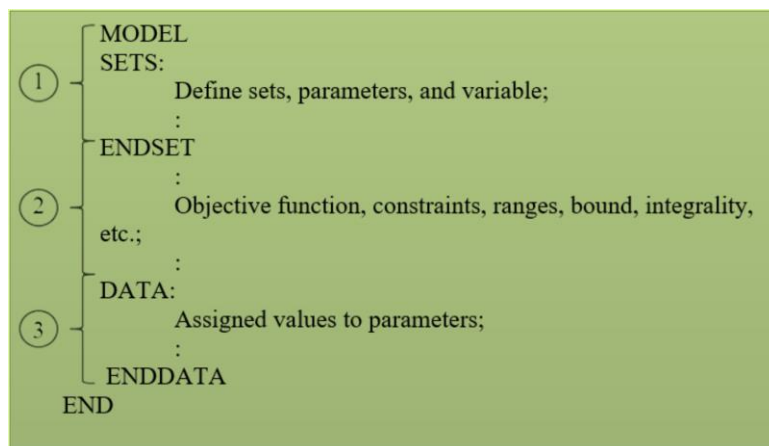
$$\sum_{j=1}^n X_{0j}^k \leq 1 \quad \forall_k \in \{1, \dots, k\} \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i0}^k \leq 1 \quad \forall_k \in \{1, \dots, k\} \quad (7)$$

$$X_{ij}^k \in \{0,1\} \quad \forall_{i,j,k} \quad (8)$$

สำหรับความหมายของแต่ละสมการเป็นดังนี้ คือสมการที่ 1 เป็นสมการวัตถุประสงค์ เพื่อหา ระยะทางรวมในการขนขยะมูลฝอยทุกเที่ยววิ่งที่ต่ำที่สุด สมการที่ 2 – 4 เป็นสมการที่จะประกันว่ารถ เก็บขยะจะเดินทางผ่านเข้า-ออก เพื่อเก็บขยะที่จุดรวบรวมขยะต่าง ๆ ที่กำหนดไว้ สมการที่ 5 กำหนดให้รถเก็บขยะต้องรับน้ำหนักขยะไม่เกินความสามารถในการบรรทุกขยะ สมการที่ 6 และ 7 ประกันว่าจะมีจำนวนรถ 1 เที่ยวเท่านั้น ที่ออกเดินทางจากจุดจอดรถเพื่อไปเก็บขยะที่จุดรวบรวมขยะ ต่าง ๆ และเดินทางกลับมายังจุดจอดเมื่อเก็บขยะครบทุกจุดในเส้นทางจนครบตามเงื่อนไขและสมการที่ 8 กำหนดให้ตัวแปรตัดสินใจในการเลือกเดินรถเก็บขยะบนเส้นทางระหว่างจุดที่เก็บขยะ 2 จุดใด ๆ

โปรแกรม lingo (Lindo Systems Inc., 2011) เป็น Software หนึ่งที่ใช้ในการแก้ปัญหาการ ตัดสินใจรูปแบบต่าง ๆ ทั้งปัญหาเชิงเส้นตรง (linear programming) ปัญหาที่ไม่เป็นเส้นตรง (non-linear programming) และปัญหาที่ต้องการคำตอบเป็นจำนวนเต็ม (integer programming) โปรแกรมนี้คิดค้น โดยบริษัท lingo system ประเทศสหรัฐอเมริกา ตั้งแต่ปี 1998 การใช้งานโปรแกรมจะเริ่มจากการ กำหนดตัวแปรและมิติ การกำหนดค่าให้ตัวแปรต่าง ๆ การสร้างสมการในการคำนวณ และสร้าง สมการเป้าหมาย ซึ่งเราอาจใช้ตัวแบบปัญหา mathematical model เขียนในโปรแกรมโดยตรงซึ่งคำตอบ ที่ได้จากโปรแกรม lingo นี้จัดเป็นคำตอบที่ดีที่สุด(optimal solution)ส่วนประกอบหลักของตัวแบบปัญหา บน lingo แสดงดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ส่วนประกอบหลักของตัวแบบปัญหาบน LINGO

ส่วนประกอบของรูปแบบปัญหาที่เขียนบน lingo ในการเขียนตัวแบบปัญหาใน lingo นั้นจะประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก ๆ คือ

- 1) SET: ใน SET จะต้องมีการระบุตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในตัวแบบจำลอง
- 2) Model Formulation: ในส่วนนี้จะต้องนำแบบจำลองปัญหาที่มีอยู่ เขียนลงบน lingo โดยแปลงเป็นภาษาของ lingo
- 3) DATA: เป็นส่วนที่ต้องทำการใส่ข้อมูลของพารามิเตอร์ต่างๆที่ต้องใช้ในการหาคำตอบหน้าตาของตัวแบบจำลองบน lingo

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

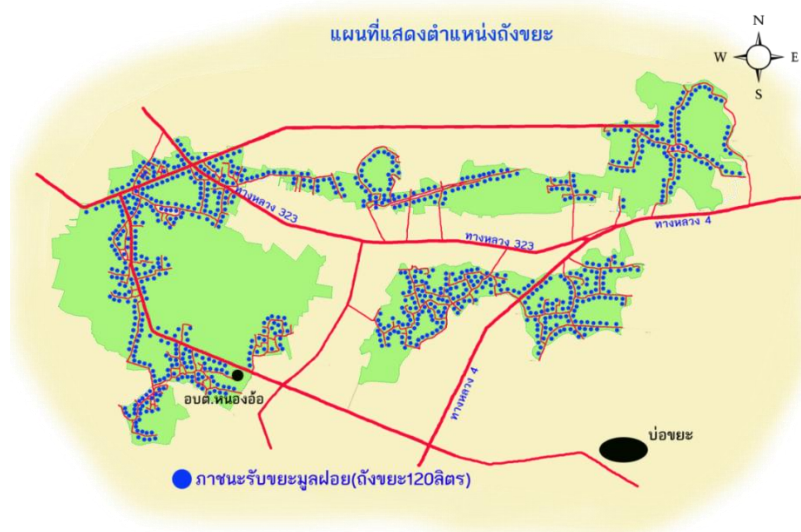
ในการศึกษาการปรับปรุงเส้นทางขนส่งขยะมูลฝอยนั้นจำเป็นต้องทำการสำรวจและรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องโดยมีวิธีการเก็บข้อมูลดังต่อไปนี้

ข้อมูลปฐมภูมิ

ผู้วิจัยทำการสำรวจเส้นทางและเก็บรวบรวมปริมาณขยะมูลฝอยภายในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ซึ่งพื้นที่รับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อแสดงดังภาพที่ 2 มีพื้นที่รับผิดชอบรวมทั้งสิ้น 28.10 ตารางกิโลเมตร ประมาณ 17,525 ไร่ เขตการปกครอง องค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 15 ชุมชน คือ

- | | |
|---------------------------------------|------------------------------------|
| 1. ชุมชนหมู่ที่ 1 บ้านหนองบอน | 8. ชุมชนหมู่ที่ 8 บ้านหนองหู่ช้าง |
| 2. ชุมชนหมู่ที่ 2 บ้านหัวโป่งเล็ก | 9. ชุมชนหมู่ที่ 9 บ้านหนองกระเจียว |
| 3. ชุมชนหมู่ที่ 3 บ้านหัวโป่งใหญ่ | 10. ชุมชนหมู่ที่ 10 บ้านหนองตะแดง |
| 4. ชุมชนหมู่ที่ 4 บ้านอ้อไทย | 11. ชุมชนหมู่ที่ 11 บ้านทุ่งน้อย |
| 5. ชุมชนหมู่ที่ 5 บ้านนาเจริญ | 12. ชุมชนหมู่ที่ 12 บ้านลาดใหญ่ |
| 6. ชุมชนหมู่ที่ 6 บ้านหนองอ้อตะวันออก | 13. ชุมชนหมู่ที่ 13 บ้านโรงข้าวสาร |
| 7. ชุมชนหมู่ที่ 7 บ้านหนองอ้อตะวันตก | 14. ชุมชนหมู่ที่ 14 บ้านหนองเจริญ |
| | 15. ชุมชนหมู่ที่ 15 บ้านทุ่งเจริญ |

รบ.82-8950 ขนาดบรรจุ 10 ลูกบาศก์เมตร ประมาณ 8.8 ตัน หมายเลขทะเบียน รบ 82-7058 ขนาดบรรจุ 10 ลูกบาศก์เมตร ประมาณ 8.8 ตัน และมีจัดเก็บขยะ 17 จุด ดังแสดงในตารางที่ 1 และแผนที่แสดงตำแหน่งของที่ว่างถึงขยะแสดงดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนที่แสดงตำแหน่งถังขยะมูลฝอย

ตารางที่ 1 จำนวนถังขยะมูลฝอยในแต่ละหมู่บ้านปัจจุบันแบ่งเก็บเป็น 2 โซน

หมู่ที่	ชื่อหมู่บ้าน	จำนวนถัง (ใบ)	เขต (zone)
1	บ้านหนองบอน	69	A
2	บ้านหัวโป่งเล็ก	75	A
3	บ้านหัวโป่งใหญ่	85	A
4	บ้านอโไทย	34	B
5	บ้านนาเจริญ	34	A
6	บ้านหนองออต ตะวันออก	43	B
7	บ้านหนองออตตะวันตก	45	B
8	บ้านหนองหูล่าง	32	B
9	บ้านหนองกระเจียว	21	B
10	บ้านหนองตะแดง	26	A,B
11	บ้านทุ่งน้อย	23	A,B
12	บ้านลาดใหญ่	34	A

หมู่ที่	ชื่อหมู่บ้าน	จำนวนถัง (ใบ)	เขต (zone)
13	บ้านโรงขาวสาร	42	B
14	บ้านหนองเจริญ	5	B
15	บ้านทุ่งเจริญ	41	B

ผลการการวิจัย

จากการศึกษาพบว่าการจัดเส้นทางของการเก็บขยะมูลฝอยในปัจจุบันที่แสดงในภาพที่ 4 ใช้เวลานานในการเก็บขนขยะมูลฝอย นอกจากนี้ลักษณะของถนนไม่มีอุปสรรคในการดำเนินการในการเก็บขยะมูลฝอย แต่ในบางเส้นทางยังต้องปรับปรุงในด้านของปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขน โดยลดจำนวนจุดเก็บขน เพื่อให้มีความสมดุลของปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขน และเส้นทางที่มีการเดินทางโดยลดจำนวนจุดเก็บขน เพื่อให้มีความสมดุลในการเก็บขนขยะและเส้นทางที่มีการเดินทางทับเส้นทาง ทำให้มีการเก็บขยะมูลฝอยซ้ำซ้อนกันทำให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่ายโดยไม่จำเป็น จากข้อมูลที่คุณศึกษาทำการสำรวจสามารถนำข้อมูลต่าง ๆ มาทำการคำนวณ วิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดโดยใช้โปรแกรมเชิงเส้น โดยมีข้อจำกัดดังนี้

1. ค่าน้ำมัน + ค่าบำรุงรักษาต้องไม่เกินค่าใช้จ่ายในปัจจุบัน
2. ปริมาณการจัดเก็บขนขยะมูลฝอยของรถแต่ละคันต้องบรรจุให้เต็มหรือใกล้เคียงปริมาณของการใช้ให้มากที่สุด
3. รถเก็บขนขยะมูลฝอยแต่ละคันที่วิ่งไปแล้วจะต้องเก็บจำนวนถังขยะให้ได้มากที่สุด

จากข้อจำกัดดังกล่าวผู้วิจัยได้ทำการคำนวณเพื่อออกแบบเส้นทางในการเก็บขนขยะมูลฝอยและขนส่งขยะมูลฝอยด้วยโปรแกรม lingo 14 ได้ดังตารางที่ 2 – 3

ตารางที่ 2 การจัดเส้นทางขนส่งปัจจุบัน

ประเภทของรถ	เส้นทางในการเดินทาง	จำนวน ถังขยะ	ระยะทาง ทั้งหมด
รถ 6 ล้อ 82-8950	0-1.2-1.3-1.4-1.5-1.6-1.7-1.8-1.9-1.10-1.11-1.12-1.13-1.14-1.15-1.16-1.17-1.18-1.19-1.20-0	326	51.10
รถ 6 ล้อ 82-7058	0-2.2-2.3-2.4-2.5-2.6-2.7-2.8-2.9-2.10-2.11-2.12-2.13-2.14-2.15-2.16-2.17-2.18-2.19-2.20-0	283	32.8
รวม		609	83.18

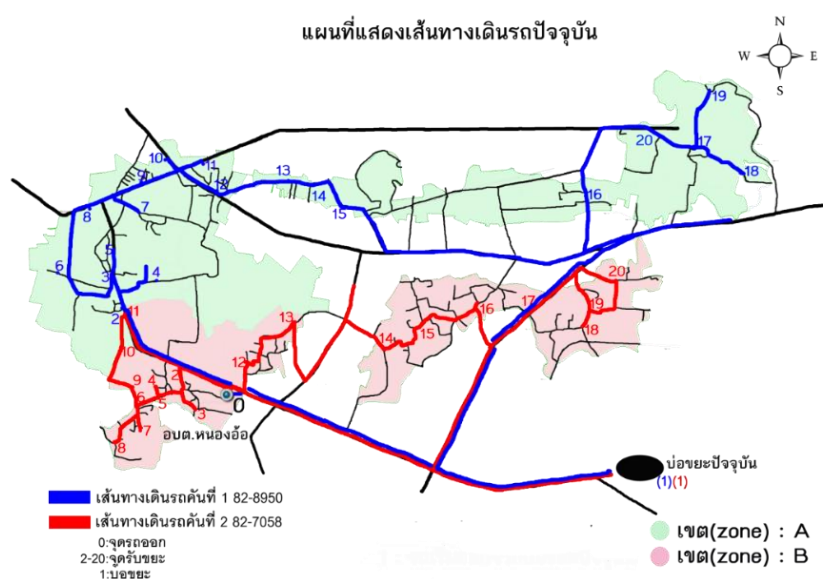
- *หมายเหตุ -1.2 หมายความว่า 1 คือ โซน A และ .2 หมายความว่า node ที่ 2
 -2.2 หมายความว่า 2 คือ โซน B และ .2 หมายความว่า node ที่ 2
 -0 คือ จุดเก็บรถ

ตารางที่ 3 การจัดเส้นทางขนส่งทางเลือกกรณีศึกษา

ประเภทของรถ	เส้นทางเดินรถ	จำนวน ถึงขยะ	ระยะทาง ทั้งหมด
รถ 6 ล้อ 82-8950	1->16->14->17->20->19->18->15->23->24->22->21->27->28->26->15->30->31->29->13->12->40->1	321	42.8
รถ 6 ล้อ 82-7058	1->39->10->28->35->33->34->32->36->37->11->->4->7->8->6->5->9->2->3->40->1	288	16.0
รวม		609	58.8

*หมายเหตุ 1->16 หมายถึง node 1 ไป node 16

จากการแบ่งเขตเส้นทางที่ใช้ในการเก็บขยะมูลฝอยในปัจจุบันพบว่าการแบ่งเขตเส้นทางทำให้บริการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะมูลฝอย ดังแสดงในรูปที่ 4 และข้อมูลการสำรวจระยะทาง ปริมาณถึงขยะ สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับรถเก็บขนขยะมูลฝอยของแต่ละคันในปัจจุบัน กำหนดให้รถคันที่ 1 ทะเบียน 82-8950 และรถคันที่ 2 รถบรรทุก 82-7058 ได้แสดงในตารางที่ 4

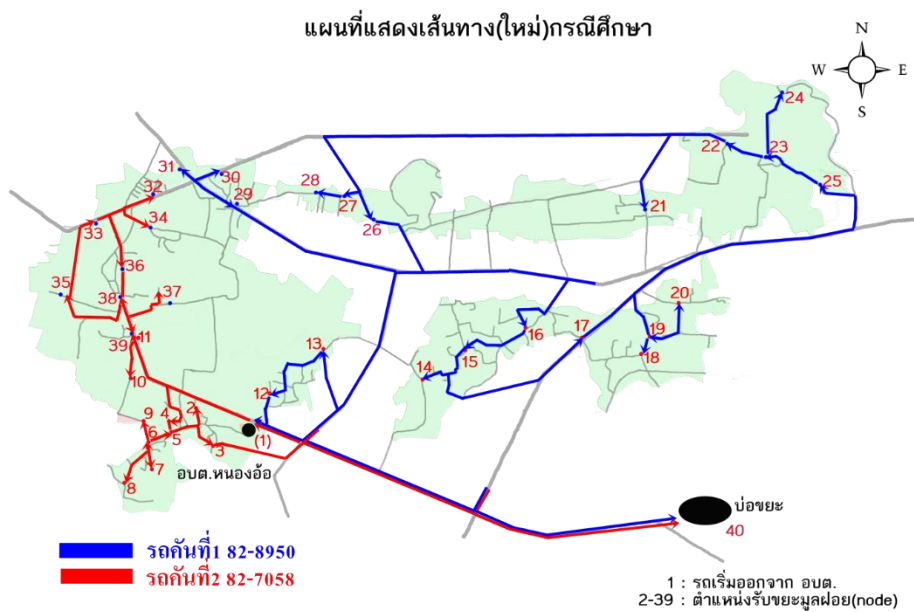


ภาพที่ 4 เส้นทางเดินรถปัจจุบัน

ตารางที่ 4 การคำนวณค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับรถเก็บขนขยะมูลฝอยปัจจุบัน

รายการ	รบ. 82-8950	รบ. 82-7058	รวม
จำนวนเที่ยว/วัน	1	1	2
ปริมาณถังขยะจัดเก็บ(ถัง)	326	283	609
ปริมาณขยะมูลฝอย(กก.)	2,347	2,037	4,384
ปริมาณขยะมูลฝอย(ลบ.ม.)	9.34	8.15	17.49
ระยะทาง(กม.)	42.8	32.8	75.6
เวลา(ชม.)	5.31	3.47	8.75
รวมค่าน้ำมันเชื้อเพลิง+ค่าบำรุงรักษา (บาท/กม)	11.2	17.6	28.8
รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อวัน)	479.36	557.28	1,036.64

เส้นทางกรณีศึกษา ที่ใช้ในการเก็บขยะมูลฝอยให้บริการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะมูลฝอย ดังแสดงในภาพที่ 5 และจากข้อมูลการสำรวจระยะทาง ปริมาณถังขยะ สามารถคำนวณหาค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับรถเก็บขนขยะมูลฝอยของแต่ละคัน กำหนดให้รถคันที่ 1 ทะเบียน 82-8950 และรถคันที่ 2 ทะเบียน 82-7058 ได้ดังแสดงในตารางที่ 5

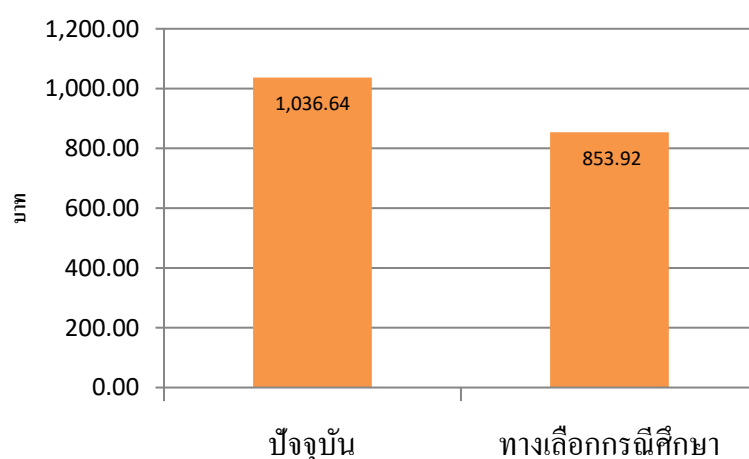


ภาพที่ 5 เส้นทางเดินรถกรณีศึกษา

ตารางที่ 5 การคำนวณค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับรถเก็บขนขยะมูลฝอยกรณีศึกษา

รายการ	รพ. 82- 8950	รพ. 82- 7058	รวม
จำนวนเที่ยว/วัน	1	1	2
ปริมาณถังขยะจัดเก็บ(ถัง)	321	288	609
ปริมาณขยะมูลฝอย(กก.)	2,311	2,073	4,384
ปริมาณขยะมูลฝอย(ลบ.ม.)	9.24	8.3	17.54
ระยะทาง(กม.)	51.1	16.0	67.1
เวลา(ชม.)	4.25	2.55	6.80
รวมค่าน้ำมันเชื้อเพลิง+ ค่าบำรุงรักษา (บาท/กม)	11.2	17.6	28.8
รวมค่าใช้จ่าย (บาทต่อวัน)	572.32	281.6	853.92

จากการคำนวณหาค่าใช้จ่ายในการเก็บขนขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ทางเลือกปัจจุบัน ค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงินรวม 1,036.64 บาท/วัน ทางเลือกกรณีศึกษาค่าใช้จ่ายคิดเป็นเงินรวม 853.92 บาท/วัน มีค่าใช้จ่ายลดลง 182.72 บาท/วัน ซึ่งสามารถเขียนเป็นกราฟแท่งเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายดังแสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 กราฟเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายทางเลือกปัจจุบันและทางเลือกกรณีศึกษา

สรุปผล

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาและประยุกต์การแก้ปัญหาโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นใช้การสร้างแบบจำลองปัญหาทางคณิตศาสตร์และใช้โปรแกรม lingo ในการแก้ปัญหการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะภายใต้เงื่อนไขปริมาณความจุเฉลี่ยของถังขยะแต่ละจุดและขนาดของการบรรทุกจำกัด เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าน้ำมันในการขนส่งขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บข้อมูล

จำนวนถึงขยะและระยะทาง ทุกจุด โดยประมาณปริมาตรของถึงขยะเป็นค่าเฉลี่ย รวมทั้งสิ้น 609 ถัง จากนั้นจึงจัดรูปแบบปัญหาให้เป็นตัวแบบทางคณิตศาสตร์ และใช้โปรแกรม lingo ทำการประมวลผลผลที่ได้จากโปรแกรม lingo ทำให้สามารถลดค่าต้นทุนลงได้ ซึ่งจากเดิมมีค่าต้นทุนเฉลี่ยเป็นเงิน 1,036.64 บาทต่อวันใช้เวลาเก็บขนขยะมูลฝอย 8.75 ชั่วโมง กรณีศึกษาทางเลือกใหม่มีค่าต้นทุนเฉลี่ยเป็นเงิน 853.95 บาทต่อวันใช้เวลาเก็บขนขยะมูลฝอย 6.80 ชั่วโมง จะช่วยประหยัดต้นทุนได้วันละ 182.72 บาท คิดเป็นต้นทุนที่สามารถลดลง 17.62 % /วัน ถ้าคิดทั้งปีงบประมาณจะช่วยลดต้นทุนของหน่วยงานได้ถึง 66,692 บาท จากข้อมูลข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่า การศึกษาการพัฒนาระบบการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยวิธีระบบโปรแกรมเชิงเส้นและการใช้โปรแกรม lingo ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะนั้นสามารถช่วยลดระยะทางการขนส่งและค่าใช้จ่ายลงได้จริง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยและประยุกต์การแก้ปัญหาโดยวิธีโปรแกรมเชิงเส้นใช้การสร้างแบบจำลองปัญหาทางคณิตศาสตร์และใช้โปรแกรม lingo ในการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางสำหรับยานพาหนะภายใต้เงื่อนไขปริมาณความจุเฉลี่ยของถึงขยะแต่ละจุดและขนาดของการบรรทุกจำกัด เพื่อช่วยลดต้นทุนค่าน้ำมันในการขนส่งขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ผลที่ได้จากโปรแกรม lingo ทำให้สามารถลดค่าต้นทุนลงได้ ซึ่งจากเดิมมีค่าต้นทุนเฉลี่ยเป็นเงิน 1,036.64 บาทต่อวันใช้เวลาเก็บขนขยะมูลฝอย 8.75 ชั่วโมง และทางเลือกใหม่มีค่าต้นทุนเฉลี่ยเป็นเงิน 853.95 บาทต่อวันใช้เวลาเก็บขนขยะมูลฝอย 6.80 ชั่วโมง จะช่วยประหยัดต้นทุนได้วันละ 182.72 บาท คิดเป็นต้นทุนที่สามารถลดลง 17.62 % /วัน ถ้าคิดทั้งปีงบประมาณจะช่วยลดต้นทุนของหน่วยงานได้ถึง 66,692 บาท จากข้อมูลข้างต้นจึงสามารถสรุปได้ว่า

1. ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลากับระยะทาง พบว่า ผลรวมระยะเวลากับระยะทาง โดยวิธีดังเดิมมีค่าสูงกว่าผลรวมระยะทางโดยโปรแกรม lingo
2. แบบจำลองเส้นทางการเดินรถโดยวิธีโปรแกรม lingo (เป็นประโยชน์อย่างมากต่อองค์การบริหารองค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ในด้านงบประมาณน้ำมันเชื้อเพลิงและด้านระยะเวลาการปฏิบัติงาน

องค์ความรู้ใหม่จากการวิจัย

องค์ความรู้ใหม่ที่ได้จากการวิจัย พบว่า ปัญหาของปริมาณขยะมูลฝอยจากชุมชนขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบเส้นทางในการเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อใหม่ขึ้นมา ซึ่งความรู้ใหม่ของเส้นทางการจัดเก็บขยะที่จะออกแบบใหม่จะใช้โปรแกรม Lingo Version 14 สำหรับแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางในการจัดเก็บขยะขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองอ้อ ซึ่งมีพื้นที่รับผิดชอบขนาดเล็กโดยมีนักวิจัยหลายท่านได้นำเสนอโปรแกรมเชิงเส้น (Linear

Programming) และวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary algorithm) นำมาประยุกต์ใช้สำหรับแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

งานวิจัยนี้เน้นไปที่การสร้างเครื่องมือ เพื่อหาระยะทางในการจัดเก็บขยะที่เหมาะสมที่สุดซึ่งไม่ได้วิจัยในประเด็นพนักงานในการจัดเก็บขยะ ปริมาณขยะในแต่ละวัน ขนาดความจุของรถเก็บขยะ ได้นำเสนอการแก้ปัญหาการจัดเส้นทาง ดังนั้นควรมีการพัฒนาต่อโดยเพิ่มเงื่อนไขดังกล่าว

References

- Frederick, S.H. (2010), *Introduction to operations research*. 9th edition. New York: McGraw-Hill.
- Sae-lee, P. and Ritvirool, A. (2014). A Mixed-Integer linear programming model for workforce planning in the Pickled-Ginger production. *Naresuan University Engineering Journal*, 9(3), 48-54.
- Sae-lee, P. and Ritvirool, A. (2014). An integer linear programming model for herbal cosmetic production planning. *KMUTT Research and Development Journal*, 37(4), 347-360.
- Phosamrit, N. and Thammaphonphirat, W. (2010). A mathematical model for inventory-routing problem. *The Journal of King Mongkut's University of Technology North Bangkok*, 20(3), 544-551.
- Sirioran, P. (2014). Transportation cost reduction by optimal vehicle routing management a case study: the soft drink business. *Panyapiwat Journal*, 5, 272-279.
- Rapeepan Pitakaso, (2016). Evolutionary method using difference for solving logistics transportation problems. Ubon Ratchathani: Ubon Ratchathani University Press.
- Ragsdale, C. T. (2015). *Spreadsheet Modeling and Decision Analysis: A Practical Introduction to Business Analytics*. 7th edition. Connecticut: Cengage Learning.
- Lindo Systems Inc. (2011). *Lindo program student version*. Retrieved February 9, 2022, from www.lindo.com
- Napaporn Thanakamonpradit and Prathana Prathanadee, (2012) "Mixed Integer Linear Programming Model for Yard Location Selection," 50th Kasetsart University Academic Conference, 31 Jan. – 2 Feb. 2012, pp 138-145.
- Lindo System Inc, (2014) *Lingo 14 Optimization Modeling Software for Linear, Nonlinear and Integer Programming*. Retrieved 29 May 29, 2022, from www.lindo.com