

Received : June 28,2021
Revised : September 04,2021
Accepted : March 25,2022

การแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลอง เพื่อการตัดสินใจ ด้วยไมโครซอฟท์เอ็กเซล โซลเวอร์: กรณีศึกษา องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

กรรณิการ์ ศรีพนมวรรณ^{1*} พงษ์เทพ ภูเดช² และ ชนิชา หมอยาดี³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษารูปแบบปัญหาและการพัฒนาเส้นทางรถใหม่สำหรับการเก็บขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ด้วยวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary method) ในการหาเส้นทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเก็บขยะมูลฝอยที่สามารถลดต้นทุนและระยะเวลา และทำการเปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังปรับปรุง ผลการวิจัยพบว่า วิธีการเชิงวิวัฒนาการให้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สามารถลดระยะเวลาในการทำงานและลดต้นทุนกว่าเส้นทางเดิม จากจำนวนจุดเก็บขยะมูลฝอยทั้งหมดขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี จำนวน 36 จุด ได้เส้นทางใหม่จำนวน 8 เส้นทางต่อสัปดาห์ มีปริมาณขยะมูลฝอยต่อสัปดาห์จำนวน 42,350 กิโลกรัม ระยะทาง 101.75 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ มีระยะทางรวมลดลงจากเดิม 6.75 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ ส่งผลให้ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรลดลง ได้แก่ อัตราค่าจ้างแรงงานคนเก็บขยะมูลฝอย ลดลง 25,200 บาท/เดือน 302,400 บาท/ปี และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ลดลง 675 บาท/เดือน 8,100 บาท/ปี ซึ่งเส้นทางดังกล่าวมีส่วนภาระงานระยะทางในแต่ละเส้นทาง ที่มีความเหมาะสมกว่าเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

คำสำคัญ: การจัดเส้นทางเดินรถ วิธีการเชิงวิวัฒนาการ แบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ

ประเภทบทความ: บทความวิจัย

* ผู้รับผิดชอบงานหลัก

¹ นักศึกษาหลักสูตรบริหารมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการโลจิสติกส์และซัพพลายเชน วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, อีเมล: kannika.sr@ssru.ac.th

²⁻³ อาจารย์วิทยาลัยโลจิสติกส์และซัพพลายเชน มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา, อีเมล: pongtep.ph@ssru.ac.th, chanicha.mo@ssru.ac.th

Solving the Problem of Garbage Truck Routing by Modeling Method for Decision Making Using Microsoft Excel Solver: A Case Study of Nong Kob Subdistrict Administrative Organization, Ban Pong District, Ratchaburi Province

Kannika Sripanamvan^{1*}, Pongtep Phudetch² and Chanicha Moryadee³

Abstract

The purpose of this research is to study the problem model and the routing development for garbage collection of administrative organizations in Nong Kop Subdistrict, Ban Pong District, Ratchaburi province. The evolutionary method is used to find a suitable and efficient routing for collecting solid waste to reduce costs and time. Moreover, new and original solutions are compared. The results showed that the evolutionary method provided a route with an optimal total distance that could reduce operating time and costs, resulting in better results than the original route. Furthermore, there are 8 routes per week with 36 stopping points, 42,350 kilograms of solid waste per week, and the total distance is reduced to 6.75 kilometers per week. As a result, fixed costs and variable costs were reduced, such as the wage rate, which was decreased by 25,200 baht/month and 302,400 baht/year, and fuel consumption, which was decreased by 675 baht/month or 8,100 baht/year. In addition, the new route has a reasonable workload in terms of distance in each route that is more suitable than the original route.

Keywords: Vehicle Routing, Evolutionary Method, Optimization Modeling

Type of Article: Research Article

*Corresponding author

¹ Student of Master of Business Administration, Program in Logistics and Supply Chain Management, College of Logistics and Supply Chain, Suan Sunandha Rajabhat University, Email: kannika.sr@ssru.ac.th

^{2,3} Lecturer, College of Logistics and Supply Chain, Suan Sunandha Rajabhat University, Email: pongtep.ph@ssru.ac.th, chanicha.mo@ssru.ac.th

1. บทนำ

ปัจจุบันการจัดการโลจิสติกส์ เป็นเป้าหมายสำคัญที่ผู้ประกอบการสามารถใช้เป็นแหล่งที่มาของความได้เปรียบในการแข่งขัน ภาคธุรกิจจึงต้องยกระดับความสามารถในการดำเนินธุรกิจในทุกวิถีทางที่เป็นไปได้ ต้นทุนในการดำเนินงานที่สูงขึ้น ต้นทุนการขนส่งถือเป็นต้นทุนที่สูงมากกว่าต้นทุนในด้านอื่นๆ หลายบริษัทจึงพยายามลดต้นทุนในส่วนนี้ ซึ่งนอกจากต้นทุนวัตถุดิบและแรงงานต่างๆ แล้ว ต้นทุนทางด้านโลจิสติกส์ถือได้ว่าเป็นส่วนของต้นทุนที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก การขนส่งที่ต้องการเส้นทางที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุดเป็นเรื่องที่หลายองค์กรทั้งภาครัฐและเอกชนต่างมีความต้องการเส้นทางขนส่งที่มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ซึ่งปัญหาประกอบด้วยผู้ส่งสินค้าต้นทางและผู้รับสินค้าปลายทาง ระหว่างทางอาจมีจุดเปลี่ยนถ่าย เช่น คลังสินค้า เส้นทางที่เป็นไปได้ระหว่างผู้ส่งทั้งหมดกับผู้รับทั้งหมดหลายเส้นทาง ค่าถามคือการขนส่งสินค้าควรใช้เส้นทางใด โดยวัตถุประสงค์ของการหาเส้นทางที่ดีที่สุดมักต้องการให้ค่าใช้จ่ายหรือเวลาใช้ขนส่งน้อยที่สุด

ในปัจจุบันพื้นที่ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี มีพื้นที่ 19.72 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 12,325 ไร่ โดยเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยออกเป็น 13 เส้นทาง โดยมีรถเก็บขยะมูลฝอย จำนวน 2 คัน บรรจุน้ำหนักได้คันละ 6 ตัน เส้นทางเดินรถแต่ละเที่ยวจะเริ่มออกจากองค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ไปยังจุดรวบรวมขยะต่างๆ และสิ้นสุดที่องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ความสำคัญของปัญหาการจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอยขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ พบว่า

1. ปริมาณขยะไม่สอดคล้องกับเส้นทางการเดินรถเก็บขยะมูลฝอย ทำให้เกิดความสูญเสียด้านระยะทางและความจุของรถเก็บขยะ
2. การจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอย ไม่มี

ประสิทธิภาพ เนื่องจากถูกจัดตามประสบการณ์และความเชี่ยวชาญของหัวหน้างานเพียงเท่านั้น

3. การจัดการด้านต้นทุน (ต้นทุนค่าแรง และต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิง) พบว่าเกินความจำเป็นเนื่องจากความไม่สอดคล้องของระยะทางและปริมาณขยะ

4. ขาดการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานเส้นทางการจัดเก็บขยะ ให้สอดคล้องกับสภาพขยะในปัจจุบัน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษารูปแบบ ปัญหาและการพัฒนาเส้นทางการเดินรถใหม่สำหรับการเก็บขยะมูลฝอย
2. เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพในการเก็บขยะมูลฝอยที่สามารถลดต้นทุนและระยะเวลา และทำการเปรียบเทียบเส้นทางก่อนและหลังปรับปรุง

3. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ปัญหาการวางแผนการขนส่ง (Vehicle Routing Problem: VRP) เป็นปัญหาด้านการขนส่งและโลจิสติกส์รูปแบบหนึ่ง ที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายต้นทุนการดำเนินการทั้งในเรื่องของต้นทุนเครื่องจักร ที่ใช้ค่าแรงงานในการปฏิบัติงาน รวมถึงต้นทุนพลังงานสำหรับการดำเนินการการจัดเส้นทางเดินรถ (Vehicle Routing) จึงเป็นวิธีที่ผู้ปฏิบัติการด้านโลจิสติกส์ใช้เพื่อลดต้นทุนในการขนส่งและระยะเวลาโดยการค้นหาเส้นทางที่สั้นลง ซึ่งหมายถึงการใช้ค่าน้ำมันและค่าแรงของพนักงานจัดส่งที่ลดลง ซึ่งการเลือกรูปแบบเส้นทางการเดินรถที่เหมาะสมนั้นมีความยากเนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องค่อนข้างมากเช่นระยะทางแต่ละหน่วยอยู่ห่างกัน จำนวนพาหนะ ปริมาณสินค้าที่ขนส่งได้ การจราจร สภาพถนน การตรวจสอบในแต่ละการขนส่งที่มีเหตุทำให้ใช้เวลาเพิ่ม (Keatkulchai Chiour, 2017)

3.1 การแก้ปัญหาการกำหนดการเชิงเส้นด้วยเอ็กเซลโซลเวอร์ (Excel solver)

โซลเวอร์ (Solver) เป็นโปรแกรมย่อย (Add-ins) หนึ่งโปรแกรมของเอ็กเซล มีไว้เพื่อช่วยวิเคราะห์ปัญหาประเภทต้องการคำตอบหรือผลลัพธ์ที่ดีที่สุด โดย Solver สามารถหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่แท้จริงได้ แต่ไม่เสมอไปเพราะบางครั้งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่แท้จริงในขอบเขตหนึ่ง บางครั้งอาจให้เพียงผลลัพธ์ที่ดีที่สุดเท่าที่หาได้ภายในเวลาที่กำหนด อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติหรือในมุมมองของผู้ตัดสินใจ ผลลัพธ์ที่ได้นั้นเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดที่แท้จริงหรือไม่ หรือจะเป็นผลลัพธ์ที่ดีที่สุดภายในขอบเขตหนึ่ง ไม่เป็นประเด็นสำคัญนัก เพียงขอให้ผลลัพธ์ที่ทำให้การดำเนินการด้วยฟังก์ชันวัตถุประสงค์ดีขึ้นกว่าที่เป็นอยู่ในขณะนั้นเท่านั้น (ศักดิ์สิทธิ์ สุขสุเมธ, 2557) วิธีการแก้ปัญหาโดยอาศัยหลักทางคณิตศาสตร์สามารถแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะของคำตอบที่ได้ ได้แก่

1) วิธีแม่นยำ (Exact method)

วิธีแม่นยำหรือวิธีการหาทางเลือกที่เหมาะสมที่สุด (Optimization) เป็นวิธีการหาคำตอบที่อาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์ซึ่งคำตอบที่ได้เป็นคำตอบที่เหมาะสมที่สุด (Optimal solution) โดยสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่มีรูปแบบของการกำหนดการเชิงจำนวนเต็ม (Integer Programming) ตัวแปรตัดสินใจได้แก่ เส้นทาง ในแต่ละช่วง มีค่าเป็นจำนวนเต็ม ในที่นี้คือ ค่า 0 หรือ 1 วิธีการแก้ปัญหาประเภทนี้ ได้แก่ วิธีทางคณิตศาสตร์ เช่น วิธีแตกกิ่งและจำกัดเขต (Branch and Bound) แต่มีข้อจำกัดในการแก้ปัญหาขนาดใหญ่ จะใช้เวลาในการหาคำตอบนาน

2) วิธีฮิวริสติกส์ (Heuristics)

เป็นวิธีการหาคำตอบที่อาศัยหลักของการประมาณ (Approximation algorithm) มีความรวดเร็วในการประมวลผลและสามารถแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อนสูง โดยกำหนดกฎเกณฑ์บางประการขึ้นมาเพื่อหาคำตอบผ่านกระบวนการทำงานที่จะวน

ทำซ้ำแล้วจะหยุดทำงานเมื่อถึงเงื่อนไขตามที่กำหนดไว้ ซึ่งคำตอบที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงคำตอบที่เหมาะสมที่สุดเท่านั้น โดยวิธีการคำนวณแบบฮิวริสติกส์ที่รู้จักอย่างแพร่หลาย เช่น วิธี Nearest Neighbor Algorithm การจัดเส้นทางขนส่งที่เกิดการเสียเปล่าในการเดินทางหรือระยะทางที่ไม่มีการบรรทุกสินค้ามากที่สุด เหมาะสมกับข้อมูลที่มีทางเลือกจำนวนน้อย (พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์ และเปรมพร เขมาวุฒม์, 2562) วิธี Saving Algorithm วิธี Sweep Method วิธี Cluster-First Route-Second และวิธี Route-First Cluster-Second

3) วิธีการเมตาฮิวริสติก (Metaheuristic)

เป็นอีกวิธีการหนึ่งหาคำตอบโดยอาศัยหลักของการประมาณ โดยการหาคำตอบที่ดี (A good solution) สำหรับปัญหาที่ต้องการหาค่าที่ดีที่สุดที่มีความยุ่งยากซับซ้อนในการแก้ปัญหา วิธีการเมตาฮิวริสติกมักจะถูกใช้ในการหาคำตอบภายใต้การหาคำตอบที่ขึ้นอยู่กับเลขสุ่มเพื่อให้เกิดการค้นหาพื้นที่ของคำตอบที่เป็นไปได้ (Feasible Solution) ให้กว้างที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ แต่คำตอบที่ได้มาจากการเมตาฮิวริสติกไม่สามารถรับประกันได้ว่าจะเป็นคำตอบที่ดีที่สุดเหมือนคำตอบที่ได้จากวิธีแม่นยำ (Exact Method) แต่จะได้เป็นกลุ่มของคำตอบที่ดีที่สุด และใช้เวลาในการประมวลผลที่ไม่แน่นอนขึ้นอยู่กับลักษณะและขนาดของปัญหา รวมถึงยังมีกระบวนการแก้ไขปัญหาที่ซับซ้อนกว่าวิธีฮิวริสติก ปัจจุบันมีวิธีการเมตาฮิวริสติกต่างๆ มากมาย เช่น วิธีอาณานิคมมด (Ant Colony Algorithm) วิธีการเชิงพันธุกรรม (Genetic Algorithm) เป็นต้น การเลือกใช้วิธีแก้ปัญหาการหาผลลัพธ์ที่ดีที่สุด มี 3 วิธี คือ

1) วิธี Simplex LP ใช้แก้ปัญหาแบบจำลองที่เป็นลิเนียร์ รวมถึงแบบจำลองที่บังคับให้เซลล์บางเซลล์หรือทุกเซลล์ตัดสินใจต้องเป็นจำนวนเต็ม และ/หรือเลขจำนวนไบนารี

2) วิธี Generalized Reduced Gradient

(GRG) Nonlinear ใช้แก้ปัญหาแบบจำลองที่เป็นนอนเป็นลิเนียร์ เมื่อเซลล์วัตถุประสงค์ (เซลล์ที่แสดงค่าวัตถุประสงค์) และเงื่อนไขบังคับ เป็นฟังก์ชันต่อเนื่องและเปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปของเซลล์ตัดสินใจ

3) วิธี Evolutionary ใช้แก้ปัญหาต่างๆ ที่ต้องการผลลัพธ์ที่ดี (ใกล้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด) รวมทั้งปัญหาที่เซลล์วัตถุประสงค์ และ/หรือเงื่อนไขบังคับ เป็นฟังก์ชันที่มีค่าไม่ต่อเนื่องหรือไม่เปลี่ยนแปลงอย่างค่อยเป็นค่อยไปของเซลล์ตัดสินใจ

4. วิธีดำเนินการวิจัย

4.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

การเก็บข้อมูลเส้นทางการขนส่งขององค์กรบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ในเดือนตุลาคม 2562 ถึง เดือนพฤศจิกายน 2563 ผู้ให้ข้อมูลสำคัญในครั้งนี้ คือ หัวหน้าสำนักงานปลัด ผู้อำนวยการกองคลัง เจ้าพนักงานการเงินและบัญชี นักวิชาการการจัดเก็บรายได้ และพนักงานเก็บขยะมูลฝอย องค์กรบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ในการวิจัยนี้ใช้การสัมภาษณ์ข้อมูลจากองค์กรบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี โดยศึกษาการดำเนินการเก็บขยะและรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิด ข้อมูลสำคัญที่ได้รับประกอบด้วย ประเภทและจำนวนของรถเก็บขยะ แผนการเก็บขยะในแต่ละวัน จุดจอดรถและจุดทิ้งขยะ ระยะทางและต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของรถเก็บขยะแต่ละคัน กำหนดจุดเก็บขยะที่สำคัญจำนวน 36 จุด รถเก็บขยะแบบอัดท้ายจำนวนทั้งสิ้น 2 คัน ค้นหาข้อมูลด้านระยะทางในแต่ละจุดประมวลด้วยเครื่องมือไฮโดรโนไมโครซอฟท์เอ็กเซล เพื่อหาระยะทางในการเดินทางเก็บขยะมูลฝอยที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ระยะทางที่คำนวณได้ผ่าน Google Map

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลจากองค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี โดยศึกษาการดำเนินการเก็บขยะและรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสัมภาษณ์เชิงลึก ลักษณะคำถามเป็นแบบปลายเปิด ข้อมูลสำคัญที่ได้รับประกอบด้วย ประเภทและจำนวนของรถเก็บขยะ แผนการเก็บขยะในแต่ละวัน จุดจอดรถและจุดทิ้งขยะ ระยะทางและต้นทุนค่าน้ำมันเชื้อเพลิงของรถเก็บขยะแต่ละคัน พื้นที่ความรับผิดชอบคือเขตหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งประกอบไปด้วย 15 หมู่บ้าน

4.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การจัดเส้นทางการเดินทางรถเก็บขยะโดยใช้แบบจำลองปัญหาการขนส่ง (Transportation Model) เพื่อให้มีระยะทางที่เหมาะสมที่สุด (Shortest Route Model) และมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อหาเส้นทางที่ค่าใช้จ่ายในการขนส่งน้อยที่สุด ด้วยวิธีการสร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ Optimization Modeling โดยศึกษาตัวแบบต่างๆ ที่สอดคล้องกับปัญหาการเดินทางของรถขนส่งขยะมูลฝอย แล้วแก้ปัญหาด้วยวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary method) ข้อมูลซึ่งจะทำให้ได้เส้นทางการเดินทางของรถเก็บขยะมูลฝอยมีระยะทางรวมที่สั้น โดยนำข้อมูลพื้นฐานมาสร้างเมตริกซ์ระยะทาง โดยใช้แผนที่จาก Google Map จากข้อมูลพื้นฐานที่ได้นำมาสร้างเมตริกซ์ระยะทาง ในการหาระยะทางระหว่างจุดเก็บขยะ 2 จุดใดๆ โดยพิจารณาความเป็นไปได้ในการใช้เส้นทาง ได้เมตริกซ์ระยะทางที่ใช้ในการจัดเส้นทาง โดยสามารถสร้างตัวแบบทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

สมการเป้าหมาย

$$\text{Minimize } Z = \sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N X_{ij}^k C_{ij} \quad (1)$$

(Z คือ ผลรวมของฟังก์ชันเป้าหมาย หรือ ฟังก์ชันวัตถุประสงค์)

สมการข้อจำกัด

$$X_{ij}^k \in 0, 1; \text{สำหรับ } i, j = \{0, 1, \dots, 36\}, \text{ และ } k = \{1, 2\} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^N X_{0j}^k - \sum_{i=1}^N X_{i0}^k = 0; \text{สำหรับ } k = \{1, 2\} \quad (3)$$

$$\sum_{k=1}^K \sum_{i=0}^N X_{ij}^k = 1; \text{สำหรับ } j = \{1, 2, \dots, 36\} \quad (4)$$

$$\sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N X_{ij}^k d_i \leq Q; \text{สำหรับ } Q = 6,000 \quad (5)$$

$$\sum_{k=1}^N \sum_{j=1}^N X_{0j}^k \leq K; \text{สำหรับ } K = 2 \quad (6)$$

โดยกำหนดให้

N คือ จำนวนจุดรวบรวมขยะทั้งหมดของ
องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ

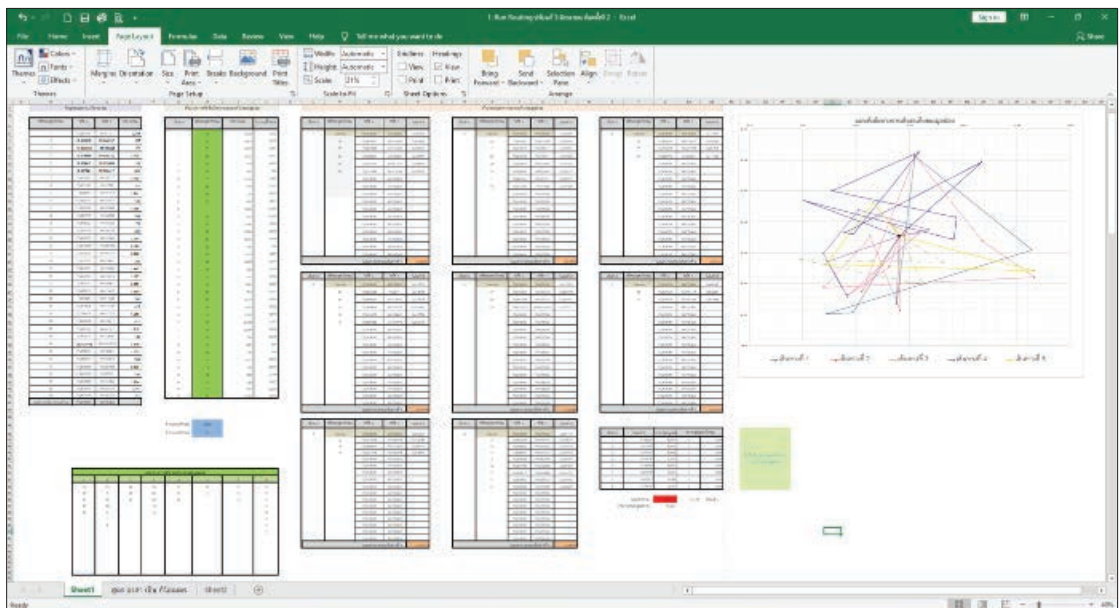
k คือ รถเก็บขยะที่มีอยู่ในองค์การบริหารส่วน
ตำบลหนองกบ เมื่อ k = 2

C_{ij} คือ ระยะทางจากจุดเก็บขยะที่ i ถึง
จุดเก็บขยะที่ j อย่างไม่ขึ้นกับ กรณิ i และ j
เท่ากับ 0 จะแสดงถึงศูนย์ สำหรับ i และ $j = \{0, 1, \dots, 36\}$ คำนวณโดย

$$C_{ij} = \sqrt{(X_i - X_j)^2 + (Y_i - Y_j)^2}$$

d_i คือ ปริมาณขยะที่ต้องการให้เก็บในแต่ละ
ครั้ง i สำหรับ $i = \{0, 1, \dots, 36\}$

Q คือ ปริมาณความจุของรถเก็บขยะ คัน
ที่ k โดยรถทั้งหมดมีความจุเท่ากัน



ภาพที่ 1 แสดงภาพรวมของ Excel ที่ใช้แก้ปัญหาการเส้นทางการเดินทางรถเก็บขยะมูลฝอย โดยแยกออกเป็น
4 ส่วน คือ ข้อมูลระยะทางปริมาณขยะ ตัวแปรการตัดสินใจ การคำนวณ และสรุปคำตอบ

2. ข้อมูลระยะทาง และปริมาณขยะ

	B	C	D	E
3	ข้อมูลระยะทาง, ปริมาณขยะ			
4				
5	รหัสของจุดเก็บขยะ	พิกัด X	พิกัด Y	ปริมาณขยะ
6	1	13.821006	99.961311	1,559
7	2	13.800278	99.946747	829
8	3	13.805538	99.950068	150
9	4	13.819444	99.936722	1,100
10	5	13.809417	99.935889	125
11	6	13.807861	99.936417	600
12	7	13.812667	99.935111	1,100
13	8	13.811056	99.91725	310
14	9	13.82875	99.941417	1,241
15	10	13.823722	99.937417	160
16	11	13.833528	99.959389	1,166
17	12	13.821778	99.962528	358
18	13	13.828222	99.934333	170
19	14	13.821778	99.936278	230
20	15	13.808444	99.916306	3,085
21	16	13.816278	99.925472	2,182
22	17	13.813306	99.946167	3,320
23	18	13.810444	99.943861	330
24	19	13.809361	99.910556	1,642
25	20	13.808394	99.915519	1,107
26	21	13.826472	99.926861	3,090

	B	C	D	E
3	ข้อมูลระยะทาง, ปริมาณขยะ			
4				
5	รหัสของจุดเก็บขยะ	พิกัด X	พิกัด Y	ปริมาณขยะ
26	21	13.826472	99.926861	3,090
27	22	13.822639	99.919667	1,590
28	23	13.81825	99.911083	350
29	24	13.817528	99.913139	415
30	25	13.799778	99.927722	1,288
31	26	13.803972	99.918611	977
32	27	13.821006	99.961311	1,010
33	28	13.843444	99.922056	120
34	29	13.8433703	99.92403203	1,619
35	30	13.842861	99.930861	1,005
36	31	13.833694	99.933667	954
37	32	13.803868	99.929723	3,023
38	33	13.804658	99.92711	150
39	34	13.804528	99.910306	1,804
40	35	13.816694	99.939167	3,440
41	36	13.804278	99.926167	751
42	องค์การบริหารส่วนตำบล		13.818056	99.935306

ภาพที่ 2 ข้อมูลระยะทาง และปริมาณขยะ เซลล์ B6 ถึง E41 ใช้สำหรับอ้างอิงถึง ข้อมูลจุดเก็บขยะแต่ละจุด พิกัด XY ปริมาณขยะของแต่ละจุดเก็บขยะ

	G	H	I	J
3	ตัวแปรการตัดสินใจความจุของเก็บขยะมูลฝอย			
4				
5	เส้นทาง	รหัสของจุดเก็บขยะ	ปริมาณขยะ	ความจุทั้งหมด
6	1	19	1,642	1,642
7	1	34	1,804	3,445
8	1	30	1,005	4,451
9	1	27	1,010	5,461
10	1	24	415	5,876
11	2	23	350	350
12	2	7	1,100	1,450
13	2	26	977	2,427
14	2	28	120	2,547
15	2	31	954	3,501
16	2	1	1,559	5,059
17	2	8	310	5,369
18	3	22	1,590	1,590
19	3	25	1,288	2,878
20	3	21	3,090	5,968
21	4	33	150	150
22	4	20	1,107	1,257
23	4	32	3,023	4,279
24	4	18	330	4,609
25	4	10	160	4,769

	G	H	I	J
3	ตัวแปรการตัดสินใจความจุของเก็บขยะมูลฝอย			
4				
5	เส้นทาง	รหัสของจุดเก็บขยะ	ปริมาณขยะ	ความจุทั้งหมด
26	5	17	3,320	3,320
27	5	36	751	4,071
28	5	29	1,619	5,690
29	6	35	3,440	3,440
30	6	4	1,100	4,540
31	7	16	2,182	2,182
32	7	15	3,085	5,268
33	7	14	230	5,498
34	8	2	829	829
35	8	13	170	999
36	8	9	1,241	2,240
37	8	3	150	2,390
38	8	12	358	2,748
39	8	5	125	2,873
40	8	6	600	3,473
41	8	11	1,166	4,639

ภาพที่ 3 แสดงตัวแปรการตัดสินใจและวิธีจัดเรียง Excel เพื่อคำนวณความจุของรถ และเส้นทางเก็บขยะใหม่เมื่อโอเวอร์โหลด

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์

4. การคำนวณระยะทางแยกสำหรับแต่ละเส้นทางของรถเก็บขยะมูลฝอย

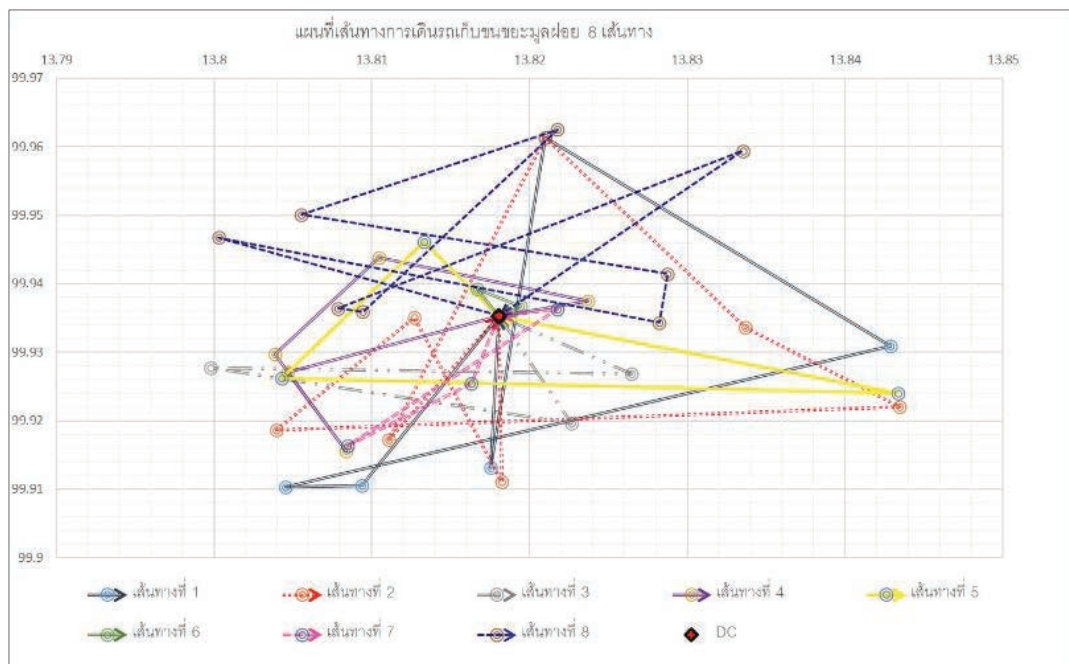
ภาพที่ 4 การคำนวณระยะทางแยกสำหรับแต่ละเส้นทางของรถเก็บขยะมูลฝอย

5. ผลการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ ปริมาณน้ำหนักรถที่จัดเก็บ ระยะทางต่อสัปดาห์ ด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary method)

เส้นทาง	ระยะทาง	ความจุขยะมูลฝอย	ความจุของรถเก็บขยะ
1	0.182521	5,876	≤ 6,000
2	0.217279	5,369	≤ 6,000
3	0.079166	5,968	≤ 6,000
4	0.079190	4,769	≤ 6,000
5	0.100659	5,690	≤ 6,000
6	0.009757	4,540	≤ 6,000
7	0.049912	5,498	≤ 6,000
8	0.198144	4,639	≤ 6,000
ระยะทางรวม =	0.916627	101.75	กิโลเมตร
ปริมาณขยะมูลฝอยรวม =	42,350		

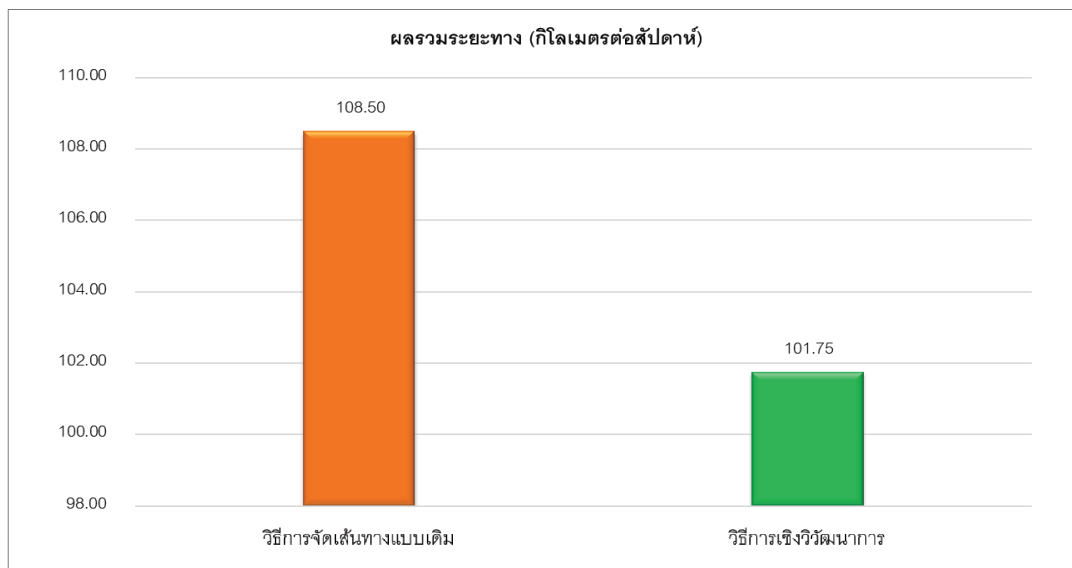
ภาพที่ 5 แสดงระยะทางรวมทั้งหมดในเซลล์ N75 และความจุของรถเก็บขยะแต่ละเส้นทาง N66 ถึง N73

ผ่านการรับรองคุณภาพจากศูนย์ดัชนีการอ้างอิงวารสารไทย (TCI.) อยู่ในกลุ่ม 2 สาขามนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์



ภาพที่ 6 แผนที่แสดงเส้นทางการเดินรถเก็บขยะมูลฝอย 8 เส้นทาง

6. กราฟแท่งเปรียบเทียบผลรวมการจัดเส้นทาง



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบผลรวมการจัดเส้นทาง

7. การจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ ปริมาณน้ำหนักขยะที่จัดเก็บ ระยะทาง ต่อสัปดาห์ ด้วยวิธีเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary)

เส้นทางเดินรถเก็บขยะ		ปริมาณน้ำหนักขยะที่จัดเก็บ (กิโลกรัม)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
เส้นทางที่ 1	0 --> 19 --> 34 --> 30 --> 27 --> 24 --> 0	5,876	20.26
เส้นทางที่ 2	0 --> 23 --> 7 --> 26 --> 28 --> 31 --> 1 --> 8 --> 0	5,369	24.12
เส้นทางที่ 3	0 --> 22 --> 25 --> 21 --> 0	5,968	8.79
เส้นทางที่ 4	0 --> 33 --> 20 --> 32 --> 18 --> 10 --> 0	4,769	8.79
เส้นทางที่ 5	0 --> 17 --> 36 --> 29 --> 0	5,690	11.17
เส้นทางที่ 6	0 --> 35 --> 4 --> 0	4,540	1.08
เส้นทางที่ 7	0 --> 16 --> 15 --> 14 --> 0	5,498	5.54
เส้นทางที่ 8	0 --> 2 --> 13 --> 9 --> 3 --> 12 --> 5 --> 6 --> 11 --> 0	4,639	21.99
ระยะทางรวม (สัปดาห์)		42,350	101.75

ภาพที่ 8 แสดงการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะ ปริมาณน้ำหนักขยะที่จัดเก็บ ระยะทางต่อสัปดาห์

สรุปผลการวิเคราะห์และการคำนวณ ดังนี้

1. สามารถลดระยะทางรวมจากเส้นทางเดินรถแบบเดิม 13 เส้นทางต่อสัปดาห์ ลดลงเหลือ 8 เส้นทางต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 38.46 และระยะทางจำนวน 108.50 กิโลเมตร เป็น 101.75 มีค่าลดลง 6.75 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 6.2 เส้นทางดังกล่าวมีส่วนภาระงานระยะทางในแต่ละเส้นทางที่มีความสมดุลกว่าเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

2. ต้นทุนคนที่ ค่าจ้างแรงงานคนเก็บขยะมูลฝอย อัตราค่าจ้างแรงงานคนเก็บขยะมูลฝอยจำนวน 7 คน ขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ซึ่งเส้นทางเดินรถขนขยะมูลฝอยแบบเดิม จะมีอัตราค่าจ้างแรงงานจำนวน 28 วันต่อเดือน คิดเป็นเงินค่าจ้างแรงงาน 58,800 บาท และเมื่อมีการปรับปรุงเส้นทางใหม่ จะ

มีอัตราค่าจ้างแรงงาน จำนวน 16 วัน คิดเป็นเงินค่าจ้างแรงงาน 33,600 บาท สามารถลดค่าจ้างแรงงานได้ จำนวน 25,200 บาท

3. ต้นทุนผันแปร ค่าใช้จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถแต่ละคัน 2 กิโลเมตร/ลิตร ดังนั้นในเส้นทางเดิมจะมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสิ้น 382.94 ลิตร คิดเป็นเงิน 10,722 บาท และเมื่อมีการปรับปรุงเส้นทางใหม่ จะมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงทั้งสิ้น จำนวน 358.82 ลิตร คิดเป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิง 10,047 บาท สามารถลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 675 บาท

6. สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถเก็บขยะใหม่สำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย

ภายในพื้นที่ความรับผิดชอบขององค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรี ให้มีระยะทางรวมในการเดินทางเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ โดยรวบรวมข้อมูลปริมาณขยะจากจุดรวบรวมขยะต่างๆ และข้อมูลระยะทางระหว่างจุดรวบรวมขยะทั้งหมด 36 จุด ปริมาณขยะมูลฝอยต่อสัปดาห์ จำนวน 42,350 กิโลกรัม พบว่าการแก้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินทางเป็นปัญหาที่ได้รับ ความสนใจและยังคงเป็นปัญหาที่มีการวิจัยอย่างต่อเนื่อง ซึ่งเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ปัญหาที่มีอยู่ด้วยกันหลากหลายวิธี ซึ่งวิธีหนึ่งนิยมมากที่สุด คือการแก้ปัญหาด้วยวิธีการ Meta-Heuristics (Braekers et al., 2016) ซึ่งวิธีการนี้ก็ยังแบ่งย่อยออกเป็นหลายวิธี โดยวิธีที่ผู้วิจัยได้เลือกใช้เพื่อให้เหมาะสมกับปัญหาและการประยุกต์ใช้งานกับการเก็บขยะมูลฝอย เพื่อจัดการบริหารส่วนตำบลหนองกบ คือ วิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary) ซึ่งจากการศึกษาและแก้ปัญหาด้วยวิธีการดังกล่าวในบทก่อนหน้า พบว่าผลลัพธ์ของเส้นทางที่มีระยะทางรวมที่เหมาะสมที่สามารถลดระยะ เวลาในการทำงานและลดต้นทุนมากกว่าเส้นทางแบบเดิม จากเส้นทางการเดินทางแบบเดิม 13 เส้นทางต่อสัปดาห์ ลดลงเหลือ 8 เส้นทางต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 38.46 และระยะทางจำนวน 108.50 กิโลเมตร เป็น 101.75 มีค่าลดลง 6.75 กิโลเมตรต่อสัปดาห์ คิดเป็นร้อยละ 6.2 เส้นทางดังกล่าวมีส่วนภาระงานระยะทางในแต่ละเส้นทาง ที่มีความสมดุลกว่าเส้นทางที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน สอดคล้องกับการศึกษาการจัดการเส้นทาง การเดินทางสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เพื่อ จัดเส้นทางใหม่ในการเดินทางเก็บขนขยะด้วยวิธีการแบบประหยัด (Savings algorithm) และฟังก์ชันวิธีการเชิงวิวัฒนาการ (Evolutionary) ที่อยู่ในโปรแกรม ไมโครซอฟท์ เอ็กเซล โซลเวอร์ (Microsoft Excel Solver) โดยพิจารณาใน 2 กรณี คือ กรณีการเดินทาง เพียง 1 เส้นทาง และกรณีการเดินทางจำนวน 2 เส้นทาง

ทาง โดยวิธีการเชิงวิวัฒนาการให้เส้นทางที่มีระยะทางรวมที่สั้นที่สุดสามารถลดระยะทางจากเดิมได้ (ณัฐนิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล และคณะ, 2559) และส่งผลให้ต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรลดลง ได้แก่ อัตราค่าจ้างแรงงานคนเก็บขยะมูลฝอย และอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง สอดคล้องกับการศึกษาความแออัดและมลพิษปัญหาการเดินทางของผู้ให้บริการขนส่งในประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อลดระยะทางการเดินทาง ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการในแง่ของการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง และการปล่อย CO₂ ขอแนะนำ ปัญหามลพิษขึ้นอยู่กับเวลา (Time-Dependency Pollution-Routing Problem - TDPRP) กับการใช้แบบจำลองการพึ่งพาเวลาและการปล่อยมลพิษ ซึ่งรวมถึงข้อจำกัดต่างๆ เช่น การจำกัดความจุของรถและความเร็วของรถในช่วงเวลาต่างๆ ในประเทศไทย นอกจากนี้ ข้อจำกัดของกรอบเวลายังใช้เพื่อแสดงแบบจำลองที่สมจริงยิ่งขึ้น วัตถุประสงค์หลักคือเพื่อลดมลพิษทั้งหมดที่เกิดจากการขนส่ง (Chanicha Moryadee, et al., 2019)

7. ข้อเสนอแนะ

การศึกษานี้เป็นเพียงแนวทางการแก้ไขปัญห การจัดการเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอย ในการกำหนดเส้นทางเดินทางจัดเก็บขยะมูลฝอย ซึ่งการวิจัยนี้มีข้อจำกัดในด้านความเที่ยงตรงในการวางแผนการขนส่ง ขยะ ซึ่งมีปัจจัยภายนอก ได้แก่ สภาพถนน เส้นทาง สภาพอากาศ หรือในอนาคตอาจมีการขยายตัวของประชากรในชุมชนเพิ่มมากขึ้น เส้นทางที่ถูกพัฒนามากขึ้นจากการใช้ประโยชน์ หรือปัจจัยของจุดเก็บขยะ จุดทิ้งขยะ ที่อาจมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษา

1. มีการประยุกต์โปรแกรมสำเร็จรูปในการจัดเส้นทาง การเดินทาง ทำให้ผู้ใช้งานสามารถจัดเส้นทางได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น การใช้โปรแกรม Visual Basic for Application บน Microsoft Excel ในการ

พัฒนาตัวแบบทางคณิตศาสตร์

2. มีการศึกษาปัจจัยเพิ่มเติมให้เหมาะสมกับการจัดเส้นทางเก็บขยะมูลฝอย ตัวอย่างเช่น จุดเก็บขยะ จุดทิ้งขยะ และความจุของรถเก็บขยะที่แตกต่างกัน

3. ศึกษาแนวโน้มการขยายตัวของประชากรในชุมชนที่เพิ่มมากขึ้น ใช้เป็นแนวทางในการวางแผนพัฒนาเส้นทางการเดินรถเก็บขยะมูลฝอย

8. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก ดร.พงษ์เทพ ภูเดช ดร.ชนิชา หมอยาดี และ ดร.ณัฐพล ไพศาลวิโรจน์ ที่กรุณาให้คำแนะนำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณหัวหน้าสำนักปลัด ผู้อำนวยการกองคลัง เจ้าพนักงานการเงินและบัญชี นักวิชาการการจัดเก็บรายได้ และพนักงานเก็บขยะมูลฝอย องค์การบริหารส่วนตำบลหนองกบ อำเภอบ้านโป่ง จังหวัดราชบุรีทุกท่านที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูลเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

- ณัฐนิชา รุ่งโรจน์ชัชวาล, วณัฐณพพงษ์ คงแก้ว และอินทอร ศรีสว่าง. (2559). การประยุกต์ใช้ปัญหาการจัดเส้นทางการเดินรถสำหรับการเก็บขนขยะมูลฝอย ภายในมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่. *วารสารไทยการวิจัยดำเนินงาน*, 4(2), 18-31.
- พิชญ์ พันธุ์พิพัฒน์ และเปรมพร เขมาวุฒม์. (2562). การจัดเส้นทางการขนส่งของรถบรรทุกขนาดใหญ่สำหรับสินค้าประเภทเทกองและกระสอบ กรณีศึกษาบริษัทผู้ให้บริการขนส่ง. *วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์*, 9(1), 136-150.
- ศักดิ์สิทธิ์ ศุขสุเมธ. (2557). *สร้างแบบจำลองเพื่อการตัดสินใจ (Optimization modeling). Excel solver ด้วย Excel (Solver)*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดดูเคชั่น.
- Braekers, K., Ramaekers, K., & Van Nieuwenhuyse, I. (2016). *The vehicle routing problem: State of the art classification and review*. *Computers & Industrial Engineering*, 99, 300-313. Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2015.12.007>.
- Chanicha Moryadee, Wissawa Aunyawong, & Mohd Rizaimy Shaharudi. (2019). Congestion And Pollution, Vehicle Routing Problem of a Logistics Provider in Thailand, *The Open Transportation. United Arab Emirates*, 14(1), 203-211.
- Keatkulchai Chiour. (2017) Vehicle Routing Problem with Stochastic Demand. *Journal of Air Navigation, Science and Technology*, 13(13), 19-24.