

การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจการวางแผนการจัดเก็บและขนส่งขยะ: กรณีศึกษาเทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม

Application of Geoinformation Technology for Developing the Decision Support System to Plan the storage and transport the waste Landfill: a Case Study of Nakhon Pathom Municipality, Nakhon Pathom Province

ศุภฤกษ์ โออินทร์ (Supharerk O-in)*

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสถานการณ์การบริหารจัดการขยะในปัจจุบันและความต้องการของผู้ใช้งานในการบริหารจัดการขยะในเทศบาลนครนครปฐม เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจการวางแผนบริหารจัดการขยะของชุมชนร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบวางแผนจัดเก็บขยะและพนักงานจัดเก็บขยะมูลฝอยจำนวน 30 คน โดยใช้แบบสอบถามเพื่อทราบความต้องการของผู้ใช้โปรแกรมแล้วนำข้อมูลที่ได้มาพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ ผลการศึกษาพบว่าในสถานการณ์การบริหารจัดการขยะในปัจจุบันของเทศบาลนครนครปฐมในปัจจุบันพบว่ายังมีปัญหาเรื่องของขยะมูลฝอยตกค้างในพื้นที่เนื่องจากมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ส่วนความต้องการของผู้ใช้งานในการบริหารจัดการขยะในเทศบาลนครนครปฐม พบว่าในด้านการตรงตามความต้องการของผู้ใช้ระบบ ด้านการทำงานได้ตามฟังก์ชันงานของระบบ และด้านการรักษาความปลอดภัยของข้อมูลในระบบ ส่วนใหญ่อยู่ในระดับดีถึงดีมาก ส่วนการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจการวางแผนบริหารจัดการขยะของชุมชนร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น พื้นที่ศึกษาเทศบาลนครนครปฐม พบว่า ผู้ใช้งานสามารถเข้าไปใช้งานได้สะดวก มีรูปแบบที่เข้าใจง่าย สามารถนำไปวางแผนการจัดเส้นทางเดินเก็บขยะมูลฝอยได้

คำสำคัญ : การบริหารจัดการขยะมูลฝอย ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

* นิสิตปริญญาเอก หลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ชลบุรี ประเทศไทย 20000

(Student of Doctor of Philosophy (Geoinformatics), Geo-Informatics Program, Faculty of Geo-Informatics, Burapha University, Chonburi, Thailand 20000)

Abstract

The purpose of this research was to investigate the current situation of waste management and the needs of users in waste management in Nakhon Pathom Municipality. To develop decision support systems and geoinformations technologies for use as a tool for community waste management planning decisions with local government organization The samples used in this study were 30 garbage collectors and garbage route planners. The questionnaire was used to determine the needs of the program users. The data was developed as a decision support system. The results show that the current waste management situation in Nakorn Pathom Municipality, because there is still a solid waste in the area due to the population living in the thick. The needs of users in waste management in Nakhon Pathom municipality. Find out the needs of users. The function of the system. And the security of data in the system. Mostly in good to very good. The development of decision support systems and geoinformation technology for using as decision-making tools, Community waste management planning with local government organization. Nakhon Pathom Municipality has found that users can easily access, easy to understand and can be used to plan the path of garbage collection.

Keywords: Waste Management, Decision Support System, Geoinformation Technology

บทนำ

การจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอยถือเป็นปัญหาสำคัญที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเนื่องจากในช่วงเวลาที่ผ่านมาประเทศไทยมีการพัฒนาอย่างมาก ทำให้ประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว มีการขยายตัวของเมืองในอัตราที่สูง ผลส่งให้เกิดปัญหาขยะมูลฝอยมากขึ้นเนื่องจากมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ที่เกิดจากกิจกรรมต่างๆ ภายในเมือง ซึ่งแม้มีการจัดเก็บขยะมูลฝอยโดยหน่วยงานที่รับผิดชอบ แต่ก็ยังมีปัญหาขยะมูลฝอยตกค้างเพิ่มมากขึ้นจนเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมส่งผลให้สิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรมอย่างมาก จำนวนขยะมูลฝอยในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2559 ที่ได้ทำการสำรวจโดยกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีจำนวนประมาณ 27.06 ล้านตัน มีปริมาณขยะมูลฝอยที่ตกค้างถึง 9.96 ล้านตัน โดยในกรุงเทพมหานครมีปริมาณการเกิดขยะมากที่สุดมากถึง 4.2 ล้านตัน (กรมควบคุมมลพิษ, 2560) ดังนั้นการกำจัดขยะควรจะมีการบริหารจัดการที่ดีเพื่อให้ลดค่าใช้จ่าย เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุดและเกิดประโยชน์สูงสุด สำหรับจังหวัดนครปฐมเป็นจังหวัดหนึ่งที่อยู่บริเวณตอนกลางทำให้เกิดการขยายตัวของเมืองอย่างมาก มีการเคลื่อนย้ายคนเข้ามาในพื้นที่มากมาย อันเนื่องมาจากจังหวัดนครปฐมเป็นจังหวัดที่เป็นที่ตั้งสำคัญทั้งในด้านพาณิชยกรรม อุตสาหกรรม สถานศึกษา และพื้นที่ที่อยู่อาศัย ทำให้มีปัญหาการจัดเก็บขยะมูลฝอยมากขึ้นโดยในพ.ศ. 2559 มีปริมาณขยะมูลฝอยมากถึง 424,761.30 ตัน แต่ปริมาณขยะที่สามารถจัดเก็บขนย้ายไปกำจัดเพียง 283,376.63 ตัน ทำให้มีปริมาณขยะตกค้างมากถึง 141,384.67 ตัน และมีแนวโน้มขยะมูลฝอยสะสมเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็นปัญหา

สำคัญที่ต้องรีบแก้ไข อีกทั้งการจัดเก็บขยะมูลฝอยในปัจจุบันยังไม่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดเนื่องจากยังขาดการวางแผนและการจัดสรรงบประมาณและบุคลากรที่ดี ทำให้ใช้งบประมาณจำนวนมากในการจัดเก็บขยะและขนส่งขยะมูลฝอยไปยังพื้นที่กำจัดขยะมูลฝอยที่ถูกต้อง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มวางแผนบริหารจัดการการจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอยให้ทั่วถึงและครอบคลุมในพื้นที่มากขึ้น และเพื่อให้เกิดการบริหารจัดการขยะมูลฝอยที่มีประสิทธิภาพ จึงต้องมีการศึกษาและวางแผนเส้นทางกำจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอย เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น โดยการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเข้ามาช่วยในการบริหารจัดการและวางแผนในการจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอยโดยพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อนำไปสู่แนวทางการบริหารจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ อันจะส่งผลต่อคุณภาพชีวิตของประชาชนในพื้นที่อย่างยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจการวางแผนบริหารจัดการขยะของชุมชนร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตพื้นที่ศึกษาคือเทศบาลนครนครปฐม จังหวัดนครปฐม ประกอบด้วย 9 ตำบล ครอบคลุมพื้นที่ตำบลพระปฐมเจดีย์ทั้งตำบล และบางส่วนของตำบลนครปฐม ตำบลบ่อพลับ ตำบลพระประโทน ตำบลห้วยจรเข้ม ตำบลสนามจันทร์ ตำบลบางแขม ตำบลลำพญา และตำบลหนองปากโลง

ขอบเขตด้านเนื้อหา คือศึกษาด้านการบริหารจัดการขยะของเทศบาลนครนครปฐม โดยครอบคลุมในเรื่องการจัดเก็บขนส่งขยะ เส้นทางรถเก็บขยะ จุลรวมขยะ ปริมาณที่สามารถกักเก็บได้ และพื้นที่รวบรวมขยะเพื่อนำไปกำจัด โดยการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ทฤษฎีปัญหาการจัดเส้นทางพาหนะ ทฤษฎีอัลกอริทึมแบบจำลองและแนวคิดระบบสนับสนุนการตัดสินใจ เป็นแนวทางในการศึกษา ตลอดจนถึงการทบทวนงานวิจัย เอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการศึกษานี้

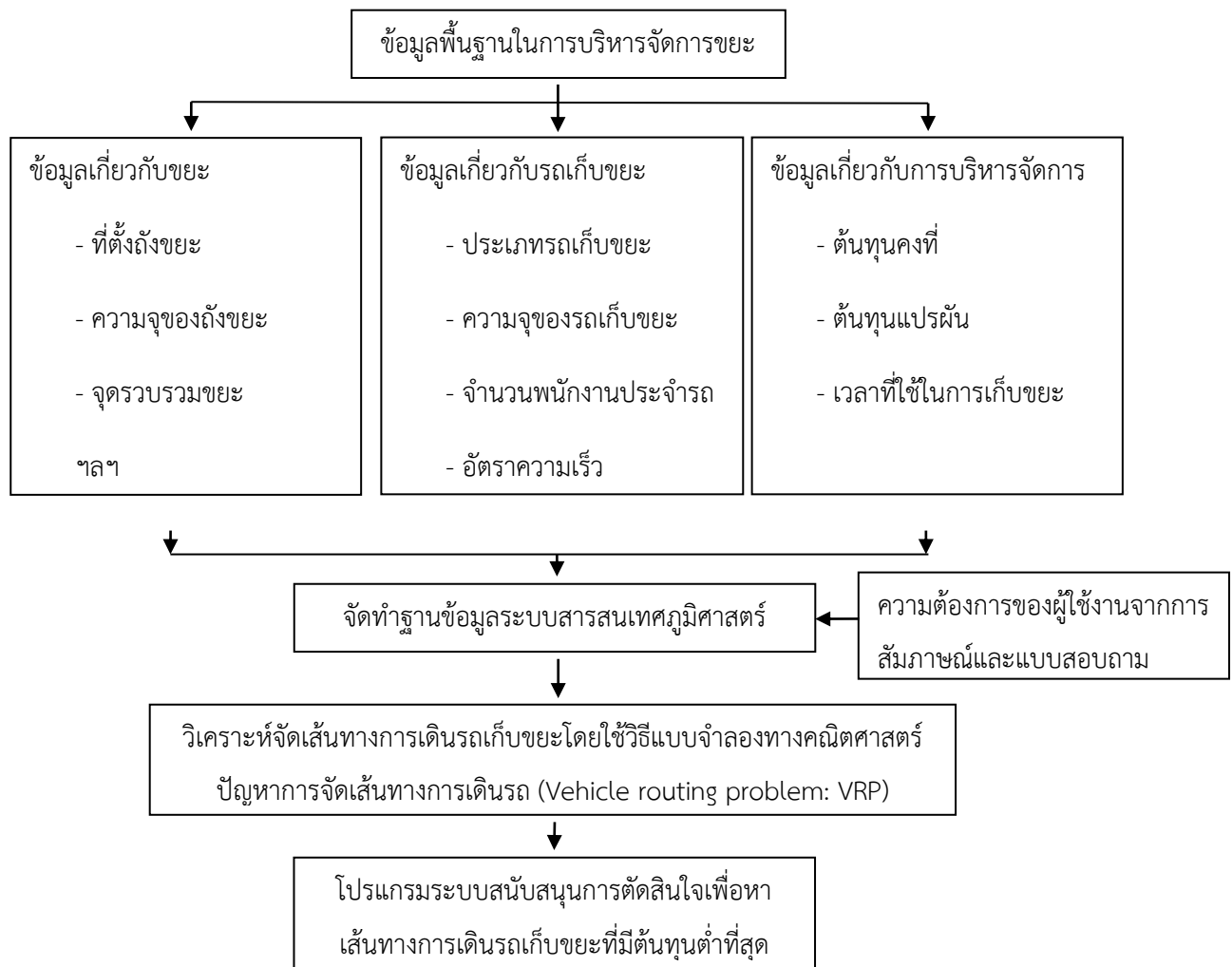
วิธีการศึกษา

การดำเนินงานวิจัยได้เลือกการจัดเส้นทางกำจัดเก็บและขนส่งขยะมูลฝอย โดยมีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. สรุปรวขั้นตอนการดำเนินงานบริหารจัดการขยะมูลฝอยในพื้นที่ศึกษา อันได้แก่ ข้อมูลเชิงตำแหน่งต่างๆ ในเส้นทางเดินรถ ข้อมูลเกี่ยวกับขยะ ข้อมูลเกี่ยวกับรถจัดเก็บขยะ ข้อมูลเกี่ยวกับพนักงานดูแล และการคิดต้นทุนค่าขนส่ง
2. สรุปรวความต้องการของผู้ใช้ระบบจากการสัมภาษณ์จากเจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบวางแผนจัดเก็บขยะและพนักงานจัดเก็บขยะมูลฝอยทั้งหมด 30 คน และแบบสอบถามความพึงพอใจหลังจากมีการทดลองใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
3. สร้างฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

4. สร้างรูปแบบและวิธีการการจัดเส้นทางขนส่งโดยใช้วิธีแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ปัญหาการจัดเส้นทางรถ (Vehicle routing problem: VRP) และพัฒนาเป็นระบบสนับสนุนการตัดสินใจ

การวิจัยครั้งนี้สามารถสรุปกรอบแนวคิดในการวิจัยได้ดังนี้



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการทำวิจัย

ผลการศึกษา

สถานการณ์ขยะมูลฝอยในเทศบาลนครนครปฐม พบว่าในปีพ.ศ.2559 มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นประมาณ 140 ตันต่อวัน โดยปริมาณขยะที่เก็บขนไปกำจัดประมาณ 130 ตันต่อวัน โดยในปีพ.ศ.2559 มีปริมาณขยะตกค้างมากถึง 53,900 ตัน ดังตารางที่ 1 ดังนี้

ตารางที่ 1 ปริมาณขยะมูลฝอย ในเทศบาลนครนครปฐม

ปีพ.ศ.	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตันต่อวัน)	ปริมาณขยะที่เก็บขนไปกำจัด (ตันต่อวัน)	ปริมาณขยะสะสม (ตันต่อปี)
2556	100	80	288,000.00
2557	100	80	300,520.00
2558	100	80	73,818.83
2559	140	130	53,900.00

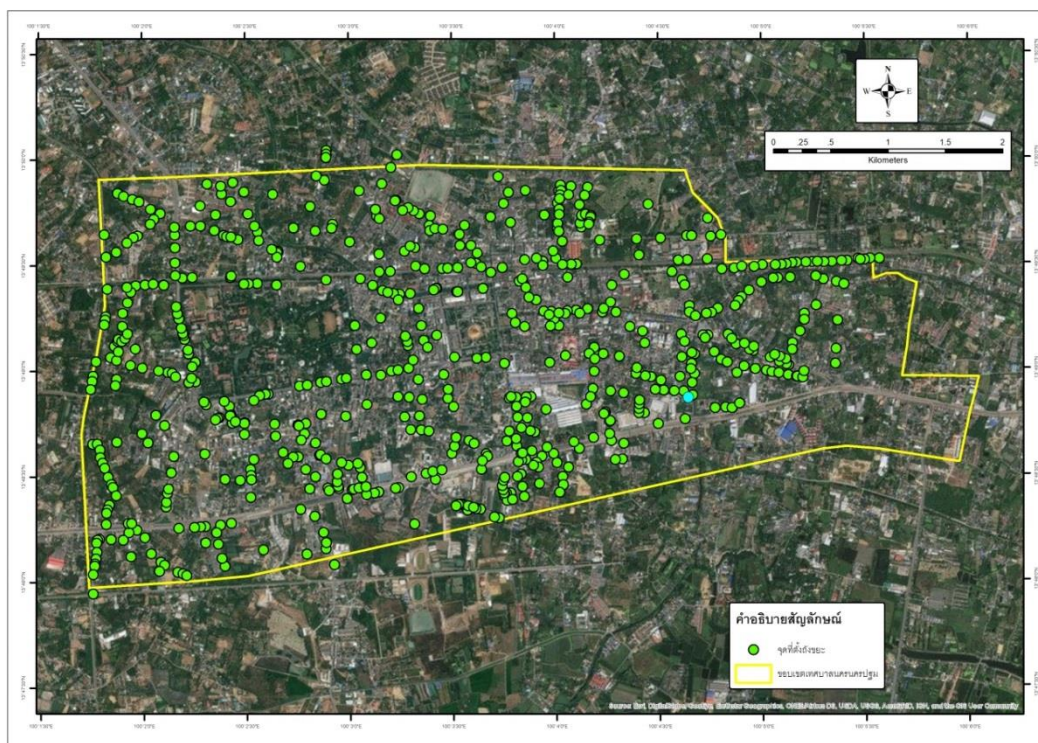
ที่มา: กรมควบคุมมลพิษ (2560)

จากการสำรวจข้อมูลพื้นฐานในการกำจัดขยะมูลฝอยของเทศบาลนครนครปฐมพบว่า เทศบาลนครนครปฐมมีสถานที่กำจัดขยะมูลฝอยตั้งอยู่ที่ตำบลตาก้อง อำเภอเมือง จังหวัดนครปฐม ซึ่งห่างจากขอบเขตตัวพื้นที่เทศบาลประมาณ 5 กิโลเมตร มีพื้นที่ประมาณ 120 ไร่ เป็นระบบกำจัดขยะมูลฝอยแบบฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล (Sanitary Landfill) สามารถกำจัดขยะได้ประมาณ 130-140 ตันต่อวัน โดยมีองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นและหน่วยงานภายนอกร่วมใช้สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยจำนวนทั้งหมด 17 แห่ง โดยสภาพพื้นที่ตั้งของบ่อขยะ ประกอบด้วยพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย ปัจจุบันถูกใช้ไปประมาณ 80 ไร่ ส่วนพื้นที่ที่เหลือเป็นบ่อน้ำสำหรับการทำความสะอาดและใช้ในการบำบัดน้ำเสีย ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สภาพพื้นที่บ่อขยะตาก้อง ที่กำจัดขยะของเทศบาลนครนครปฐม

จากการสำรวจพื้นที่พบว่ามีการวางที่ตั้งที่หึ่งขยะของเทศบาลนครนครปฐม ตามถนนสายต่าง ๆ มากถึง 660 จุด ดังภาพที่ 3 โดยในการจัดเก็บขยะมูลฝอยในแต่ละวันจะต้องใช้บุคลากรมากกว่า 150 คน พาหนะในการจัดเก็บมากถึง 30 คัน ซึ่งบางคันจะต้องวิ่งเก็บขยะมูลฝอยมากถึง 3-5 เที่ยวต่อวัน ทำให้ในบางครั้งเกิดปัญหาขยะมูลฝอยตกค้าง



ภาพที่ 3 ตำแหน่งที่ตั้งถังขยะในเขตเทศบาลนครนครปฐม

จากการสัมภาษณ์ผู้ใช้ระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องจำนวน 30 ราย สามารถสรุปเป็นประเด็นความต้องการทั้งหมด 5 ประการด้วยกัน ดังนี้

1) ต้องการฐานข้อมูลที่ใช้สนับสนุนการตัดสินใจที่สามารถแก้ไขได้ตลอดเวลาเมื่อมีการสำรวจพื้นที่ใหม่เพื่อให้ข้อมูลเป็นปัจจุบัน เนื่องจากในอนาคตหากมีการวางแผนเพิ่มจุดตั้งถังขยะ รวมไปถึงการเพิ่มเขตหรือจำนวนรถ ก็สามารถแก้ไขเพื่อรองรับการเปลี่ยนแปลงในอนาคต

2) ง่ายต่อการใช้งานและการเข้าถึงผู้ใช้งาน ทั้งในเรื่องการใช้ภาพหรือสัญลักษณ์ที่เข้าใจง่าย

3) สามารถบริหารจัดการทรัพยากรให้เกิดความคุ้มค่ามากที่สุด

4) สามารถใช้ในการวางแผนเส้นทางการจัดเก็บขยะและค่าใช้จ่ายเบื้องต้นได้

5) สามารถปรับเปลี่ยนเงื่อนไขย่อยต่างๆ เพื่อตอบสนองการตัดสินใจที่ดีขึ้น

จากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้ทั้งจากการสำรวจและความต้องการของผู้ใช้ระบบมาออกแบบโปรแกรมสนับสนุนการตัดสินใจในการวางแผนการเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอยร่วมกับการพัฒนาแบบจำลองการเดินทางของรถ (Golden, B., Magnanti, T. and Nguyen, H, 1977) และแนวคิดเพิ่มประสิทธิภาพในการขนส่งและโลจิสติกส์ (Larson and Kulchitsky, 1999) โดยการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนเส้นทางการ

ในการจัดเก็บข้อมูลฝอย ผู้วิจัยได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา PHP ใช้ฐานข้อมูล MySQL โดยพัฒนาเป็น Web Application โดยเก็บข้อมูลลงฐานข้อมูลดังนี้

- 1) เก็บข้อมูล พิกัดที่ตั้งของถังขยะ ความจุของถัง โซนที่ตั้ง และ ลำดับที่ในการการเก็บ
- 2) เก็บข้อมูล รถเก็บขยะ ขนาดของรถ จำนวนคนที่ไปกับรถ ประเภทรถ
- 3) เก็บข้อมูล ค่าแรงของพนักงานเก็บขยะต่อวัน

ส่วนในการคำนวณได้แบ่งเป็น 2 เงื่อนไข คือ ระบุจำนวนรถ และ คำนวณจำนวนรถอัตโนมัติโดยคำนวณปริมาณขยะที่รองรับได้จากสูตร

$$\text{ความจุของรถ} = \text{ความจุของถังขยะ} \times \text{จำนวนถังขยะ}$$

การคำนวณจำนวนรถอัตโนมัติ คือ การคำนวณจำนวนรถที่ใช้เก็บขยะทั้งหมดในโซน ภายใน 1 รอบ
คำนวณได้จากสูตร

$$\text{จำนวนรถที่ใช้} = \frac{\text{ความจุของถังขยะทั้งหมดในโซน}}{\text{ความจุของรถ}}$$

การคำนวณแบบระบุจำนวนรถ จะได้จำนวนรอบของรถแต่ละคัน เพื่อที่จะเก็บขยะได้ทั้งหมดในโซน
คำนวณได้จากสูตร

$$\text{จำนวนรอบ} = \frac{\text{ความจุของถังขยะทั้งหมดในโซน}}{\text{จำนวนรถ} \times \text{ความจุของรถ}}$$

โดยเศษที่ได้จะเป็นปริมาณขยะที่เหลือที่รถคันแรกจะต้องเพิ่มรอบในการเก็บอีก 1 รอบ การคำนวณ
ต้นทุน ต้นทุนจากค่าแรง หาได้จากสูตร

$$\text{ค่าแรงทั้งหมด} = (\text{จำนวนคนต่อรถ} \times \text{จำนวนรถ} \times \text{ค่าแรงต่อวัน})$$

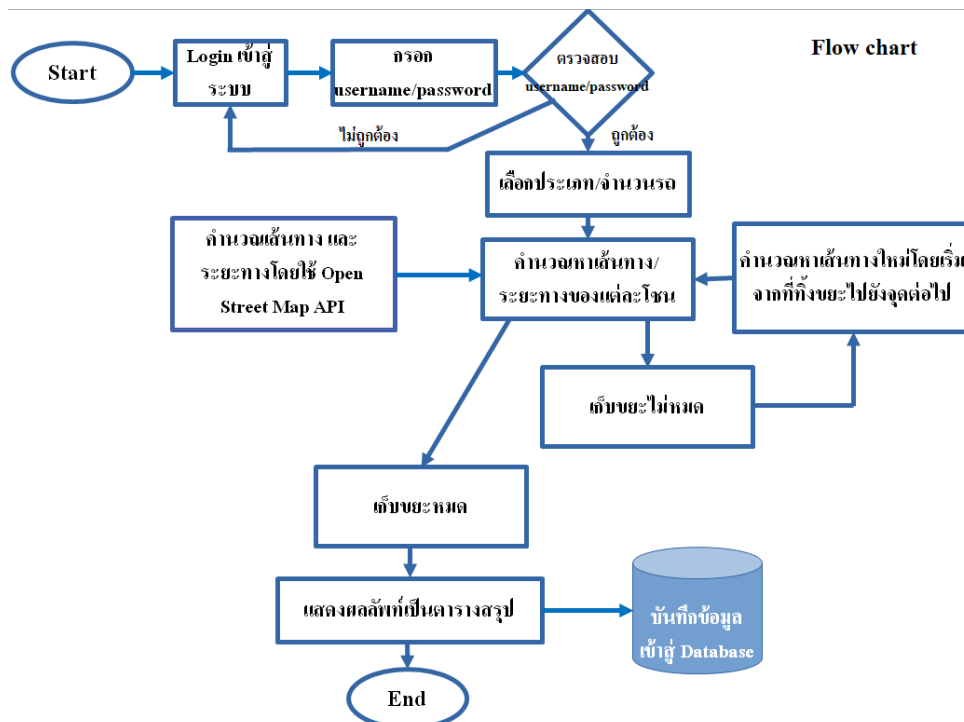
ส่วนต้นทุนจากค่าน้ำมัน หาได้จากสูตร

$$\text{ค่าน้ำมันทั้งหมด} = \text{ระยะทางรวมทั้งหมดที่ใช้เป็นกิโลเมตร} \times \text{ค่าน้ำมันต่อกิโลเมตร}$$

การคำนวณระยะทาง และ เส้นทางในงานวิจัยนี้ มีเทคโนโลยีที่ใช้ดังนี้

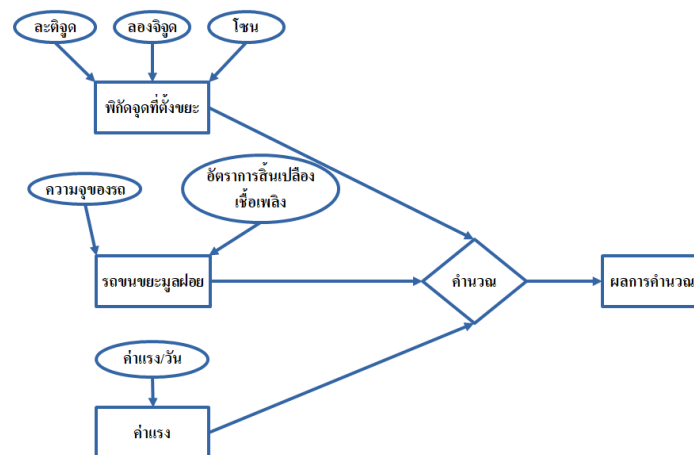
ระบบแผนที่ ใช้ Open Source Javascript library ชื่อ leaflet โดยทำการแสดงแผนที่โดยใช้ google map มาแสดงผล การแสดงเส้นทาง และ คำนวณระยะทางใช้ plugin ของ leaflet คือ Leaflet Routing Machine โดย leaflet routing machine จะใช้ routing engines ในการคำนวณและแสดงเส้นทางได้หลาย engines เช่น OSRM, Mapbox Directions API, GraphHopper, Mapzen Valhalla, TomTom Online Routing API, Esri เป็นต้น โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ใช้ OSRM (Open Source Routing Machine) เป็น routing engine โดยเรียกใช้งานผ่านทาง OSRM API (Application Programming Interface)

ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการพัฒนาได้ดังภาพที่ 4 ดังนี้



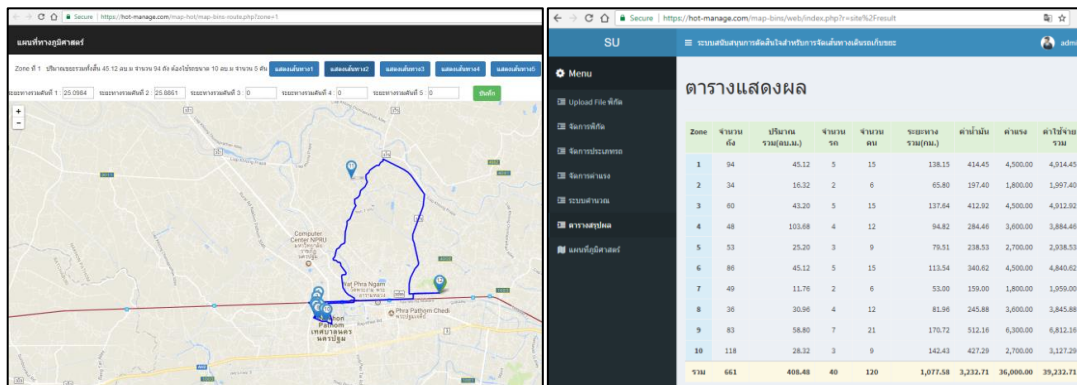
ภาพที่ 4 แนวทางการพัฒนาระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนเส้นทางรถในการจัดเก็บขยะมูลฝอย

โดยในส่วนของการคำนวณนั้นได้พิจารณาจากจุดที่ตั้งของที่ตั้งขยะในแต่ละจุดเพื่อใช้คำนวณระยะทางเพื่อหาปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้และค่าเชื้อเพลิง รวมกับความจุของรถเพื่อคำนวณจำนวนรอบที่วิ่งขนส่งขยะมูลฝอย จำนวนคนและค่าแรงรายวันที่กำหนดไว้ 300 บาทต่อคนต่อวัน ซึ่งจะสามารถคำนวณเป็นค่าใช้จ่ายในแต่ละวันได้ สามารถสรุปเป็นแบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูล (ER Diagram) ได้ดังภาพที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 5 แบบจำลองโครงสร้างฐานข้อมูล (ER Diagram) ในการคำนวณค่าใช้จ่ายของระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนเส้นทางรถในการจัดเก็บขยะมูลฝอย

จากนั้นได้พัฒนาโปรแกรมโดยใช้ภาษา PHP ในการเขียน โดยใช้ MySQL ในการจัดทำฐานข้อมูลและพัฒนาออกมาเป็น Web Application ที่สามารถปฏิบัติการได้ทุกบราวเซอร์ โดยโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสามารถแสดงผลได้ทั้งในรูปแบบตารางสรุปและแผนที่ดังภาพที่ 6 ดังนี้



ภาพที่ 6 โปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนเส้นทางรถในการจัดเก็บขยะมูลฝอย

ซึ่งเมื่อนำโปรแกรมระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนเส้นทางรถในการจัดเก็บขยะมูลฝอยไปทดลองใช้และเปรียบเทียบกับการจัดเก็บขยะมูลฝอยที่เทศบาลนครนครปฐมใช้ในปัจจุบัน โดยใช้ข้อมูลการจัดเก็บขยะในหนึ่งสัปดาห์เปรียบเทียบกัน ค่าวนควมค่าใช้จ่ายจากค่าจ้างรายวันและค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ยที่ใช้ในแต่ละวัน โดยสามารถสรุปผลการเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบระหว่างระบบปัจจุบันกับการใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจจากผู้ใช้งานระบบ

ประสิทธิภาพ	แบบที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน	แบบใช้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ
ด้านระยะเวลาที่ใช้ในการจัดเก็บขยะมูลฝอย	- ในบางครั้งใช้เวลาจัดเก็บขยะเกินระยะเวลาทำงาน ทำให้ต้องมีการจ่ายโอทีแก่พนักงานจัดเก็บขยะ	- สามารถคำนวณการจัดสรรบุคลากรและพาหนะได้เหมาะสมกับปริมาณขยะ ทำให้จัดเก็บได้ตามเวลาทำงาน
ด้านค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บขยะมูลฝอย	- เฉลี่ยประมาณ 50,000 บาทต่อวัน	- ตามที่คำนวณได้เฉลี่ยอยู่ที่ 39,232.71 บาทต่อวัน
ด้านการบริหารจัดการบุคลากร	- ในบางครั้งเกิดการจัดสรรคนไม่พอดีกับปริมาณขยะมูลฝอยที่มีในพื้นที่ ซึ่งโดยเฉลี่ยจะใช้พนักงานต่อวันเฉลี่ย 150 คนต่อวัน	- สามารถคำนวณปริมาณพนักงานที่ใช้ในแต่ละโซนได้ ทำให้สามารถวางแผนกำลังคนได้ ซึ่งผลจากการคำนวณโดยเฉลี่ยจะใช้แรงงานคนประมาณ 80 คนต่อวัน
ด้านการบริหารจัดการรถขนขยะมูลฝอย	- ในบางครั้งเกิดการจัดสรรขนาดและจำนวนรถไม่พอดีกับปริมาณขยะที่มีในพื้นที่ ทำให้ต้องวิ่งเก็บหลายรอบ	- สามารถคำนวณจำนวนรถและประเภทที่ใช้ในแต่ละโซนได้ ทำให้สามารถวางแผนในการจัดเก็บได้อย่างมีประสิทธิภาพ
ด้านความยืดหยุ่นในการทำงาน	- มีความยืดหยุ่นในการเลือกเส้นทางเดินรถ	- มีการจำกัดเส้นทางในการเดินทางเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด

สรุปผลและอภิปรายผลการศึกษา

สถานการณ์การบริหารจัดการขยะในปัจจุบันของเทศบาลนครนครปฐมในปัจจุบันพบว่ายังมีปัญหาเรื่องขยะมูลฝอยตกค้างในพื้นที่เนื่องจากมีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น ทำให้จะต้องเพิ่มบุคลากรและหาวิธีการในการแก้ปัญหาการเพิ่มขึ้นของต้นทุน ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องและสัมภาษณ์ความต้องการของผู้ใช้ระบบและผู้ที่เกี่ยวข้องมาการพัฒนากระบวนทัศน์การตัดสินใจและเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการตัดสินใจการวางแผนบริหารจัดการขยะของชุมชนร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นพื้นที่ศึกษาเทศบาลนครนครปฐม พบว่า ผู้ใช้งานสามารถเข้าไปใช้งานได้สะดวก มีรูปแบบที่เข้าใจง่าย สามารถนำไปวางแผนการจัดเส้นทางเดินเก็บขยะมูลฝอยได้

โดยการศึกษากระบวนทัศน์การตัดสินใจในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์เพื่อแก้ไขปัญหาการขนส่ง คือ การประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์และ P-median สอดคล้องกับงานวิจัยของกิตติธเนศ ตั้งจิตวิทยากุล (2555) ช่อแก้ว จตุรนนท์ (2555) และงานวิจัยของไพจิตร อุปถัมภ์ (2556) ที่นำการประยุกต์ใช้วิธีฮิวริสติกส์มาใช้ในการจัดเส้นทางขนส่งสินค้า ซึ่งผลการศึกษาจะได้เส้นทางที่คุ้มทุนมากที่สุดเหมือนกัน แต่มีข้อแตกต่างตรงที่งานวิจัยครั้งนี้สามารถคำนวณเส้นทางได้มากกว่าหนึ่งเส้นทางและใช้วิธีแก้ปัญหาโดยการเพิ่มจำนวนรถและเส้นทางในการจัดเก็บขยะเพิ่มเติม นอกจากนี้ระบบสนับสนุนการตัดสินใจวางแผนเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอยนี้ยังสามารถพัฒนาเพื่อเป็นเครื่องมือในการนำไปประยุกต์กับการขนส่งประเภทอื่น ๆ ได้ นอกจากนี้เพื่อให้ได้งานที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ จำเป็นอย่างมากที่จะต้องมีการสำรวจ ตรวจสอบ ปรับแก้ให้สอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันอีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

ภาษาไทย

- Auppatam P.(2013). *kānsuksā sēnthāng thī moṣom nai kānchatkep khaya : koṛanī suksā ‘ongkān boṛihānsuāntambon thasālā ‘amphæ mānchā khīrī chāngwat Khoṇ Kæñ. [The study of Suitable Route for Waste Collection : A Case Study of Thasala Subdistrict Administrative Organization, Manchakiri District, Khonkean Province].* (Master’s thesis). Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima.
- ไพจิตร อุปถัมภ์.(2556). *การศึกษาเส้นทางที่เหมาะสมในการจัดเก็บขยะ : กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วนตำบลท่าศาลา อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น.* (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, นครราชสีมา.
- Chaturanon C.(2012). *rāingān wīchāi chabap sombun rūāng rabop sanapsanun kāntatsinchai phūā kānkamnot phænkan dænrōt khonsong sinkhā thī phichārānā kānchai phalangnān khōng phanaknān khon thāi sinkhā mūā khwāmtoṅkān khōng lūkha mī kān plianplæng [Full report of Decision Support System for Dynamic Vehicle Routing Problem when Considering Delivery Crew's Energy Expenditure].* Office of the Higher Education Commission and The Thailand Research Fund.
- ช่อแก้ว จตุรนนท์.(2555). รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์เรื่อง “ระบบสนับสนุนการตัดสินใจเพื่อกำหนดแผนการเดินทางขนส่งสินค้า ที่พิจารณาการใช้พลังงานของพนักงานขนถ่ายสินค้า เมื่อความต้องการของลูกค้ามีการเปลี่ยนแปลง”. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษาและสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- Pollution Control Department. (2017). *rāingān khōmūn kānsamruāt khaya mūfōjī chetsipchet chāngwat pī 2559. [Database of the waste survey in 77 provinces at 2016 Report].* Retrieved from http://www.pcd.go.th/Info_Serv/roadmapWaste.html
- กรมควบคุมมลพิษ.(2560). รายงานข้อมูลการสำรวจขยะมูลฝอย 77 จังหวัด ปี 2559. เข้าถึงจาก http://www.pcd.go.th/Info_Serv/roadmapWaste.html
- Tangchitwitthayakun, K.(2012). *kānsuksā sēnthāng rot kep khaya doī chai wīthī hioritsatik nai tambon nāng læ chāngwat chiāng rāi. [A study of garbage truck routing by Heuristic approach in Nang Lae district, Chiang Rai province].* (Master’s thesis). Mae Fah Luang University, Chiang Rai.
- กิตติ์เนศ ตั้งจิตรวิทยากุล.(2555). *การศึกษาเส้นทางรถเก็บขยะโดยใช้วิธีฮิวริสติกส์ในตำบลนางแล จังหวัดเชียงราย.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง, เชียงราย.

ภาษาต่างประเทศ

Golden, B., Magnanti, T. and Nguyen, H. (1977): *“Implementing Vehicle Routing Algorithms”*.
Networks, 7, 113-148.

Larson and Kulchitsky. (1999). *“Logistics Improvement Programs: The Dynamics between
People and Performance”*, International Journal of Physical Distribution & Logistics
Management, 29(2), 88-102.