การวิเคราะห์โครงข่ายด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการวางแผนการจัดเก็บขนขยะมูลฝอย กรณีศึกษาเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

A GIS-Based Network Analysis for Solid Waste Collection and Transportation Planning: A Case Study of Bangkraui Municipality, Nonthaburi Province

ธนลักษณ์ ศิรธรรมธร[1] มัลลิกา สุกิจปาณีนิจ[2] และพรรณี ชีวินศิริวัฒน์[3]

Thanaluck Sirathammathorn, Manlika Sukitpaneen and Pannee Cheewinsiriwat

บทคัดย่อ

การวางแผนการจัดเก็บขนขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพถือว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการดำเนินชีวิตขั้นพื้นฐานของประชาชน การกำหนดที่ตั้งถังขยะควรตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนในการนำขยะมาทิ้ง การจัดเส้นทางการเดินรถจัดเก็บขนขยะต้องครอบคลุมพื้นที่ให้บริการและใช้เวลาจัดเก็บขนขยะให้น้อยที่สุด งานวิจัยนี้จึงนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้เพื่อกำหนดที่ตั้งถังขยะให้มีความเหมาะสมโดยใช้จำนวนทรัพยากรปัจจุบัน (พ.ศ.2558) และกำหนดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะยังจุดที่ตั้งถังขยะใหม่ให้ครบถ้วน ภายในพื้นที่เขตเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี โดยใช้การวิเคราะห์โครงข่าย 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์หาที่ตั้งและการจัดสรร (Location-Allocation Analysis) และการวิเคราะห์ปัญหาการจัดของยานพาหนะ (Vehicle Routing Problem Analysis[VRP]) งานวิจัยนี้กำหนดปัจจัยต่างๆ ในการกำหนดจุดที่ตั้งถังขยะใหม่ใน 3 สถานการณ์ จากนั้นเปรียบเทียบว่าตำแหน่งที่ตั้งถังขยะของสถานการณ์ใดที่สามารถตอบสนองความต้องการของประชาชน และเอื้อต่อการเดินรถจัดเก็บขนขยะมากที่สุด จากผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าที่ตั้งถังขยะใหม่และเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะใหม่สถานการณ์ที่เหมาะสมที่สุดนั้น สามารถจัดเก็บขยะได้มากขึ้นร้อยละ 16 และครอบคลุมครัวเรือนมากขึ้นร้อยละ 27 ซึ่งช่วยลดปัญหาขยะตกค้างเพราะสามารถจัดเก็บขนขยะได้ครบถ้วนทุกตำแหน่งที่ตั้งถังขยะ อีกทั้งใช้ระยะเวลาในการจัดเก็บขนขยะต่อคันน้อยลงจาก 2 ชั่วโมงเป็นไม่เกิน 1 ชั่วโมง

คำสำคัญ: *การวิเคราะห์โครงข่าย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ขยะมูลฝอย นนทบุรี*

---

[1]นิสิตหลักสูตรภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Master's degree student in Geography and Geoinformatic, Faculty of Arts, Chulalongkorn University.
[2]อาจารย์ ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Lecturer, Department of Geography, Faculty of Arts, Chulalongkorn University.
[3]ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Assistant Professor, Department of Geography, Faculty of Arts, Chulalongkorn University.
Corresponding e-mail: thanaluck@thewphaingarm.com

Abstract

An efficient solid waste collection and transport is necessary for basic human's daily life. Suitable locations of bins should be accessed easily by every household. Optimization of a routing system should cover the entire area and the solid waste abandoned is minimized. This paper aims to apply Geographic Information System (GIS) to solve solid waste collection and transport problems in Bangkraui Municipality, Nonthaburi Province. The two GIS network analysis functions, Location-Allocation and Vehicle Routing Problem: VRP, were mainly used in this research. This study determined factors to define three different scenarios of bin positions, compared the results of the scenarios, and then selected the most suitable one. The analysis results show that the proposed positions of the bins and transportation routes in the third scenario are capable to collect 16 percent more solid waste, and to serve 27 percent more households. This helps reducing the amount of abandoned solid waste and accessing every new bin positions and each truck spends less than one hour collecting the solid waste then the collection and transportation routes can be effectively managed.

Keywords: *Network analysis, Geographic Information System, Solid waste, Nonthaburi*

บทนำ

ปริมาณขยะมูลฝอยมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว การพัฒนากลายเป็นเมืองที่พบได้ชัดเจนในบริเวณกรุงเทพมหานครและปริมณฑล การใช้ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยและพาณิชยกรรมที่ขยายตัวอย่างมาก ส่งผลให้เกิดของเหลือทิ้งจากขั้นตอน การผลิต การอุปโภคบริโภคในเขตพื้นที่ต่างๆ มากขึ้น การจัดเก็บขยะที่ไม่มีประสิทธิภาพก่อให้เกิดปัญหาตามมา อาทิ การหลงเหลือขยะตามชุมชนซึ่งอาจกลายเป็นแหล่งสะสมและเพาะพันธุ์เชื้อโรค ส่งผลเสียต่อทั้งสุขภาพกายและสุขภาพจิต ดังนั้น การจัดเก็บขนขยะมูลฝอยจึงจำเป็นต้องจัดการให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดทั้งระบบ จำนวนของถังขยะรวมต้องเพียงพอต่อปริมาณการทิ้งขยะของครัวเรือน และการจัดเก็บขนขยะควรครอบคลุมบริเวณที่เข้าถึงได้ยาก จึงจำเป็นต้องมีการจัดการระบบใหม่เริ่มตั้งแต่การเลือกที่ตั้งถังขยะรวมในบริเวณที่รถเก็บขยะไม่สามารถเข้าถึงได้ เพื่อลดปัญหาการเข้าถึงถนนรอง หรือตรอก ซอยที่คับแคบ จากนั้นจึงวางแผนเส้นทางการเดินรถเก็บขนขยะ ในประเทศที่พัฒนาแล้วหลายแห่งได้นำเทคโนโลยีทางภูมิศาสตร์ อาทิ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การรับรู้จากระยะไกล ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก มาช่วยในการจัดเส้นทางการเก็บขนขยะ เพราะนอกจากจะขจัดปัญหาขยะ มูลฝอยตกค้างแล้ว ยังช่วยประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายได้มาก อีกทั้งยังสามารถขยายขอบเขตการปฏิบัติงานให้ครอบคลุมพื้นที่เพิ่มมากขึ้น (วนิดา ร่มรื่น. 2547: 14)

ในปัจจุบันเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศมีการพัฒนาและก้าวหน้าอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งมีความสำคัญและมีบทบาทในการนำเข้า จัดเก็บ จัดการ วิเคราะห์และแสดงผลข้อมูลเชิงพื้นที่ กลายเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยให้การทำงานสะดวกรวดเร็ว และถูกต้อง

แม่นยำมากขึ้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงประโยชน์และการประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้โดยการวิเคราะห์โครงข่าย 2 ประเภท ได้แก่ การวิเคราะห์หาที่ตั้งและการจัดสรร เพื่อกำหนดตำแหน่งที่ตั้งถังขยะใหม่ซึ่งสะดวกต่อการสัญจรของรถจัดเก็บขนขยะ ตอบสนองต่อความต้องการของประชาชนในการเข้าถึงถังขยะ และการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ วิเคราะห์หาเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะที่เหมาะสมในเขตเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ซึ่งกำลังประสบปัญหาต่างๆ อาทิ ตำแหน่งที่ตั้งถังขยะที่ไม่เหมาะสม เนื่องจากตั้งอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำและอยู่ในพื้นที่รกร้างว่างเปล่า ประชาชนแต่ละครัวเรือนไม่สามารถเข้าถึงถังขยะได้ เส้นทางเดินรถจัดเก็บบางเส้นทางไม่ได้จัดเก็บขนขยะในตำแหน่งที่ทางเทศบาลกำหนดไว้ รวมทั้งการตกค้างของขยะมูลฝอยมากถึง 6 ตัน ต่อวัน ทั้งนี้เพื่อให้ปริมาตรขยะที่สามารถจัดเก็บได้มากยิ่งขึ้น และสามารถเดินรถจัดเก็บขนขยะในรอบเดียวได้ภายในระยะเวลาที่น้อยลง

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวางแผนกำหนดที่ตั้งถังขยะและเส้นทางเดินรถจัดเก็บขยะ ภายใต้จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่เดิม ตอบสนองต่อการเข้าถึงของประชาชน และเอื้อต่อการเดินรถจัดเก็บขนขยะของชุมชนที่เทศบาลเมืองบางกรวยรับผิดชอบ

ขอบเขตของการวิจัย

วิเคราะห์และกำหนดตำแหน่งที่ตั้งถังขยะใหม่ตามสถานการณ์ต่างๆ ที่กำหนด และจัดเส้นทางเดินรถใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์โครงข่ายด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือภายใต้จำนวนทรัพยากรที่มีอยู่ในปัจจุบัน (พ.ศ.2558) เพื่อการจัดเก็บขนขยะของชุมชนที่เทศบาลเมือง บางกรวย จังหวัดนนทบุรี รับผิดชอบเท่านั้น

ทบทวนวรรณกรรม

กิจกรรมในชีวิตประจำวันของมนุษย์ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดขยะมูลฝอยจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทราบถึงการจัดเก็บขนขยะมูลฝอย เพื่อให้หลงเหลือปริมาตรขยะมูลฝอยน้อยลง

การศึกษาการจัดเก็บขนขยะมูลฝอยยังช่วยในการวางแผนพัฒนาการจัดเก็บขนขยะอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพมากขึ้น ประเทศพัฒนาน้อยส่วนใหญ่กำลังเผชิญปัญหาปริมาตรขยะที่เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ เนื่องจากที่อยู่อาศัยซึ่งเป็นแหล่งผลิตขยะหลายประเภทมีจำนวนมากขึ้น การพัฒนากลายเป็นเมืองไปยังบริเวณชานเมือง ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีทำให้ประชากรมีจำนวนเพิ่มขึ้น การพัฒนาอุตสาหกรรมอย่างรวดเร็ว (Xue *et al.* 2011: 283) และโดยเฉพาะอย่างยิ่งกิจกรรมประจำวันของมนุษย์ในเขตเมืองที่ผลิตขยะมูลฝอยเป็นจำนวนมาก (Tavares. 2009: 1176) ส่งผลให้การจัดเก็บขนขยะโดยรถเก็บขนขยะนั้นต้องเปลี่ยนแปลงไป การเดินรถเก็บขนขยะต่อครั้งจะต้องมีประสิทธิภาพมากขึ้น สามารถจัดเก็บขยะได้ครอบคลุมทุกพื้นที่และมีปริมาตรขยะหลงเหลือให้น้อยที่สุด โดยประเมินจากการจัดการเส้นทางเดินรถซึ่งต้องประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย (Ogwueleka. 2009: 37)

1. การจัดตั้งจุดทิ้งขยะเพื่อเอื้อต่อการจัดเก็บขนขยะมูลฝอย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเทคโนโลยีที่นำมาใช้เพื่อช่วยวิเคราะห์หาตำแหน่งที่เหมาะสมในการจัดตั้งจุดทิ้งขยะ ซึ่งโดยส่วนใหญ่จุดทิ้งขยะนั้นมักอยู่บริเวณหัวมุมของถนน เนื่องจากสังเกตง่ายและสะดวกในการจัดเก็บ ถึงแม้ว่าบางตำแหน่งนั้นจะไม่เหมาะสมก็ตาม อาทิ ทำให้ทัศนียภาพไม่สวยงาม ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม วิธีการหนึ่งที่สามารถกำหนดจุดทิ้งขยะได้ คือ การใช้แบบจำลอง p-Median โดยกำหนดให้จุดทิ้งขยะตั้งอยู่บริเวณหัวมุมถนน (p center) และที่อยู่อาศัยเป็น demand node จากนั้นคำนวณให้ขยะมูลฝอยจากทุกๆ demand node เดินทางไปยังจุดทิ้งขยะที่ใกล้ที่สุด ส่วนระยะห่างของจุดถังขยะแต่ละจุดนั้นไม่ควรห่างเกิน 500 เมตร ระยะห่างจากที่อยู่อาศัยไปยังจุดทิ้งขยะไม่ควรเกิน 250 เมตร ซึ่งสามารถคำนวณหาได้จากการใช้วิธีการวิเคราะห์หาที่ตั้งและการจัดสรรและการสร้างเครือข่ายสามเหลี่ยมด้านไม่เท่า (Triangulated Irregular Network: TIN) เชื่อมต่อจุดทิ้งขยะทั้งหมด เพื่อแสดงขอบเขตประชาชนที่อาศัยอยู่ในขอบเขตสามเหลี่ยมนั้นๆ สามารถเข้าถึงหรือนำขยะมูลฝอยมาทิ้งยังจุดทิ้งขยะนั้นได้ และสุดท้ายคือการพิจารณาเงื่อนไขอื่นๆ เช่น จุดทิ้งขยะจะต้องอยู่ใกล้เส้นทางคมนาคมเพื่อให้สะดวกต่อการจัดเก็บขนขยะมูลฝอย ไม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำเพราะอาจก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำได้ ไม่ตั้งอยู่ในพื้นที่ไร้ประโยชน์หรือรกร้างเพราะจะไม่มีประชาชนนำขยะมูลฝอยไปทิ้งสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการจัดตั้ง (Vijay *et al.* 2008: 39)

2. การกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการจัดเก็บขนขยะมูลฝอยอย่างมีประสิทธิภาพ

การกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมที่สุดเพื่อการจัดเก็บขนขยะเป็นวิธีการหนึ่ง เพื่อลดงบประมาณรายจ่ายการจัดเก็บขนขยะ ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง ประหยัดเวลาในการเดินรถเก็บขนขยะต่อรอบสามารถจัดเก็บขนขยะได้ครอบคลุมทั้งพื้นที่และมีขยะหลงเหลือตามพื้นที่ต่าง ๆ น้อยที่สุด เพื่อให้การจัดเก็บขนขยะทั้งระบบมีประสิทธิภาพมากขึ้น งานวิจัยที่เกี่ยวข้องส่วนใหญ่จึงหาวิธีการเพื่อวิเคราะห์และกำหนดเส้นทางที่เหมาะสมมากที่สุดมาใช้กับท้องที่ต่าง ๆ

การกำหนดเส้นทางจัดเก็บขนขยะนั้น แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ ระบบเก็บขนขยะมูลฝอยแบบถังเคลื่อนที่ (Hauled Container System) และระบบเก็บขนขยะมูลฝอยแบบถังคงที่ (Stationary Container System) ซึ่งการกำหนดเส้นทางจัดเก็บขนขยะทั้ง 2 ระบบนี้จะขึ้นอยู่กับประเภทของจุดทิ้งขยะหรือถังขยะที่ต้องดำเนินการจัดเก็บ มีวิธีการที่แตกต่างกัน ดังนี้

2.1 ระบบเก็บขนขยะมูลฝอยแบบถังเคลื่อนที่ หรือแบบคอนเทนเนอร์ เป็นการจัดเก็บขนขยะโดยนำคอนเทนเนอร์ไปวางไว้ในตำแหน่งที่มีการทิ้งขยะปริมาณมาก รถจัดเก็บขนขยะจะไปยังจุดคอนเทนเนอร์แล้วยกคอนเทนเนอร์ขึ้น เพื่อนำไปทิ้งยังสถานที่กำจัดมูลฝอย ระบบเก็บขนขยะมูลฝอยแบบถังเคลื่อนที่มีวิธีการจัดเก็บทั้งหมด 2 แบบ ได้แก่ การเก็บขนแบบธรรมดา และการเก็บขนแบบแลกเปลี่ยนถัง

2.2 ระบบเก็บขนขยะมูลฝอยแบบถังคงที่ เป็นการจัดเก็บขนขยะโดยรถจัดเก็บขนขยะมูลฝอยจะเดินทางตามเส้นทางที่กำหนดไว้ไปยังถังขยะที่ตั้งคงที่ เพื่อรวบรวมขยะทั้งหมดขึ้นรถเก็บขนขยะจนครบ แล้วจึงนำไปทิ้งยังสถานที่กำจัดมูลฝอย เป็นระบบเก็บขนขยะมูลฝอยที่นิยมแพร่หลายที่สุด

วิธีการหนึ่งที่ได้รับความนิยมอย่างมากในการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสม คือ การวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ ฟังก์ชันของการวิเคราะห์ประเภทนี้สามารถ

กำหนดลำดับหรือกลุ่มของลำดับ (Orders) เพื่อจัดส่งหรือเก็บรวบรวมตามตำแหน่งที่ต้องการ กำหนดตำแหน่งที่รถออกเดินทางและกลับมาสิ้นสุด (Depot) ยังตำแหน่งเดิมได้และในบางครั้งตำแหน่งที่รถออกเดินทางยังสามารถเป็นจุดที่มารับของเพิ่มเติมได้ระหว่างการปฏิบัติงานระหว่างวัน อีกทั้งการกำหนดคุณสมบัติของรถและคนขับรถ (Route) เปรียบกับเป็นตัวแทนการเดินทางระหว่างปฏิบัติงานตลอดทั้งช่วงเวลาที่กำหนด ซึ่งการจัดเก็บขนขยะมีความคล้ายคลึงกับลักษณะการจัดเก็บหรือรวบรวมสินค้าที่ต้องใช้ยานพาหนะจำนวนหลายคันเพื่อการขนส่งพร้อมๆ กัน จึงสามารถนำวิธีการนี้มาประยุกต์ใช้เพื่อแก้ไขปัญหาการจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะให้มีประสิทธิภาพภายใต้ระยะเวลาที่จำกัดและสามารถเก็บรวบรวมขนขยะได้ตามที่กำหนดไว้ เพื่อให้มีค่าใช้จ่ายที่ใช้ในการเดินทางรวมน้อยที่สุด (สุทธิชา ทับดารา และ เสรี เศวตเศรนี 2554: 36-38)

วิธีดำเนินการวิจัย

การกำหนดตำแหน่งจุดทิ้งขยะที่เหมาะสมและการวางแผนเส้นทางจัดเก็บขนขยะอย่างมีประสิทธิภาพสามารถทำได้ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการวิจัยนี้จึงประยุกต์ใช้เพื่อการนำเข้า จัดการ จัดเก็บ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูล โดยกำหนดให้ใช้ข้อมูล ณ ปัจจุบัน (พ.ศ.2558) ของเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี ได้แก่ จำนวนถังขยะทั้งหมด 82 ใบ และจำนวนรถจัดเก็บขนขยะทั้งหมด 13 คัน แบ่งออกเป็น รถจัดเก็บขนขยะขนาด 12 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 8 คัน และขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 5 คัน วิธีการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดที่ตั้งถังขยะ

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาที่ตั้งถังขยะที่เหมาะสมนั้น จะดำเนินการโดยใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ (Multi-Criteria Decision Analysis: [MCDA]) โดยคำนึงถึงการเข้าถึงของประชาชน การเดินรถจัดเก็บขนขยะ และความเหมาะสมทางด้านสิ่งแวดล้อมเป็นสำคัญ ปัจจัยที่กำหนดเพื่อประกอบการพิจารณา ได้แก่

1.1 ระยะทางจากชุมชนไปยังจุดที่ตั้งถังขยะ ข้อมูลจากองค์กรศูนย์สาธารณสุขและวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ประเทศอินเดีย (CPHEEO) (Vijay *et al.* 2008: 39) ระบุว่าระยะทางระหว่างครัวเรือนกับที่ตั้งถังขยะไม่ควรเกิน 250 เมตร เพื่อให้ประชาชนสามารถนำขยะมาทิ้ง ณ จุดที่กำหนดได้อย่างสะดวก

1.2 ความกว้างของถนนที่รถจัดเก็บขนขยะสามารถเข้าถึงได้ ถนนภายในเขตเทศบาลเมืองบางกรวย มีความกว้างตั้งแต่ 3-10 เมตร และ 24 เมตร ดังนั้นเพื่อให้สะดวกต่อการจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะใหม่ จึงจำเป็นต้องเลือกถนนที่มีความกว้างตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป เพื่อให้รถจัดเก็บขนขยะ สามารถเข้าถึงจุดที่ตั้งถังขยะและสามารถสัญจรได้อย่างสะดวก รวมทั้งพาหนะของประชาชนทั่วไปสามารถสัญจรได้ปกติ

1.3 ตำแหน่งที่ตั้ง จะต้องไม่ตั้งอยู่ใกล้แหล่งน้ำและพื้นที่รกร้างว่างเปล่า เนื่องจากปริมาตรขยะที่มีจำนวนมากและขยะมีหลายประเภท โดยเฉพาะอย่างยิ่งขยะเปียกที่มีน้ำเป็นองค์ประกอบ หากที่ตั้งถังขยะอยู่ใกล้แหล่งน้ำ น้ำเสียจากกองขยะอาจไหลลงสู่แหล่งน้ำใกล้เคียง จึงอาจก่อให้เกิดมลพิษทางน้ำได้ (Erses. 2015: 285) อีกทั้งพื้นที่รกร่างว่างเปล่าไม่เหมาะกับการตั้งถังขยะเพราะไม่ใช่แหล่งชุมชนที่มีประชาชนอาศัยอยู่ (Vijay *et al.* 2008: 39)

วิธีการวิเคราะห์เพื่อกำหนดที่ตั้งถังขยะที่เหมาะสมแบ่งออกเป็น 3 สถานการณ์ (scenario) ดังต่อไปนี้

สถานการณ์ที่ 1 กำหนดให้ถังขยะสามารถตั้งอยู่บนถนนทุกเส้น

สถานการณ์ที่ 2 กำหนดให้ถังขยะสามารถตั้งอยู่บนถนนเส้นหลักเท่านั้น ได้แก่ ถนนบางกรวย – ไทรน้อย ถนนบางกรวย-จงถนอม และถนนเทิดพระเกียรติ

สถานการณ์ที่ 3 กำหนดให้ถังขยะสามารถตั้งอยู่บนถนนที่มีความกว้างตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป

ในแต่ละสถานการณ์ มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

1.3.1 กำหนดตำแหน่งใหม่ให้กับถังขยะจำนวนเดิม (82 ถัง) ด้วยคำสั่ง Construct Points ของ ArcGIS ซึ่งเป็นการสร้างจุดตามจำนวนจุดที่กำหนดด้วยระยะห่างเท่าๆ กันบนเส้นที่กำหนด ในทางเทคนิค เส้นถนนทุกเส้นของแต่ละสถานการณ์จะถูกรวม (dissolve) ให้เสมือนเป็นเส้นเดียวกัน และใช้เส้นที่รวมแล้วนี้ในการสร้างจุดบนเส้น จะได้ผลลัพธ์ของที่ตั้งถังขยะใหม่ที่กระจายตัวอยู่บนถนนทุกเส้นที่กำหนดในแต่ละสถานการณ์

1.3.2 ตรวจสอบว่าที่ตั้งถังขยะใหม่อยู่ใกล้แหล่งน้ำในระยะ 10 เมตร หรือไม่ตั้งอยู่บนพื้นที่รก-ร้างว่างเปล่า โดยใช้การสอบถามเชิงพื้นที่ (query by location) ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หากผลการตรวจสอบพบว่ามี ผู้วิจัยจำเป็นต้องย้ายตำแหน่งไปยังบริเวณอื่นภายใต้เงื่อนไขว่าระยะห่างระหว่างถังขยะ 2 ใบต้องไม่เกิน 500 เมตร (Vijay *et al.* 2008: 39) ในขั้นตอนนี้เป็นการปรับปรุงด้วยมือ

1.3.3 วิเคราะห์โครงข่ายด้วยวิธีการวิเคราะห์หาที่ตั้งและการจัดสรร โดยกำหนดให้ครัวเรือนสามารถเข้าถึงถังขยะได้ในระยะไม่เกิน 250 เมตร โดยกำหนดค่า cut-off value เท่ากับ 250 เมตร

เมื่อเลือกสถานการณ์ตำแหน่งที่ตั้งถังขยะที่ดีที่สุดแล้วจึงนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนถัดไป

2. การกำหนดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะ

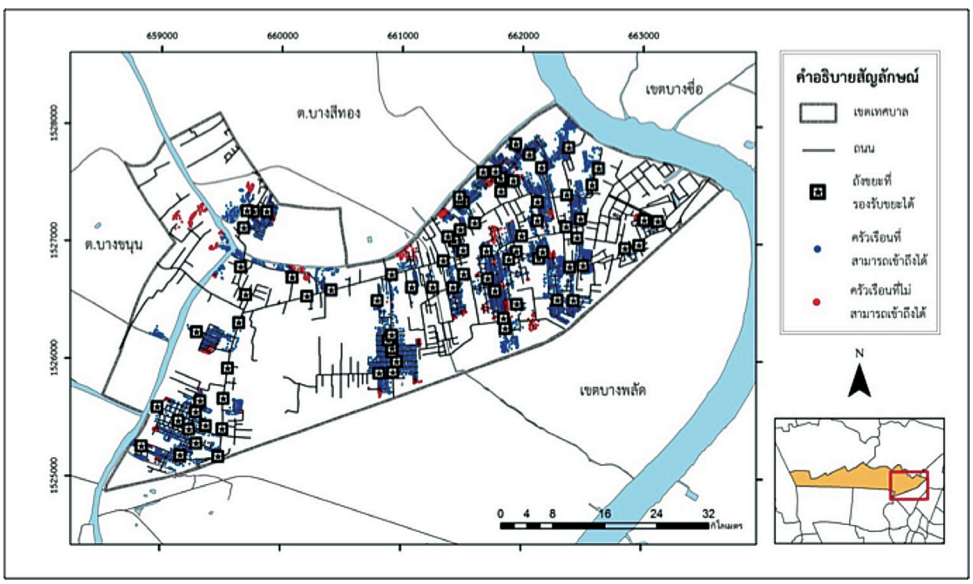
เมื่อได้ตำแหน่งของที่ตั้งถังขยะใหม่ จึงนำมาวิเคราะห์เพื่อจัดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะใหม่ โดยการวิเคราะห์โครงข่ายด้วยวิธีการวิเคราะห์ปัญหาการจัดเส้นทางของยานพาหนะ พิจารณาจากเงื่อนไขที่กำหนด ได้แก่ จุดเริ่มต้นและจุดปลายทางเป็นตำแหน่งเดียวกันคือ อู่จอดรถจัดเก็บขนขยะเทศบาลเมืองบางกรวย รถทุกคันออกจากจุดเริ่มต้นพร้อมกัน การเดินรถสองช่องทุกเส้นทาง ระยะเวลาในการดำเนินการจัดเก็บขนขยะต้องเป็นช่วงเวลาระหว่าง 3.00-5.00 น. เท่านั้น เพื่อหลีกเลี่ยงการสร้างปัญหาจราจรในช่วงที่มีการสัญจรของพาหนะจำนวนมาก จำนวนถังขยะที่สามารถจัดเก็บได้ขึ้นอยู่กับความจุของรถจัดเก็บขนขยะแต่ละคันและจำนวนรถทั้งหมดที่หน่วยงานใช้อยู่ในปัจจุบัน และถังขยะทุกใบที่หน่วยงานใช้อยู่ในปัจจุบันจะต้องได้รับการจัดเก็บครบถ้วนทั้งหมด

ผลการวิจัย

ผลการกำหนดจุดที่ตั้งถังขยะและกำหนดเส้นทางการเดินรถจัดเก็บขนขยะใหม่ ในเขตเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การกำหนดที่ตั้งถังขยะใหม่

ปัจจุบันถังขยะของเทศบาลเมืองบางกรวยมีทั้งหมด 82 ใบ แต่ละใบมีปริมาตร 240 ลิตร แต่ละครัวเรือนผลิตขยะมูลฝอยเฉลี่ยประมาณ 30 ลิตรต่อครัวเรือนต่อวัน (คำนวณจากปริมาตรขยะทั้งหมดที่จัดเก็บได้ต่อวันหารด้วยจำนวนครัวเรือนทั้งหมดในเทศบาล) เมื่อใช้วิธีการวิเคราะห์การตัดสินใจแบบพิจารณาหลายเกณฑ์ ผลการวิเคราะห์ตำแหน่งที่ตั้งถังขยะใหม่ทั้ง 3 สถานการณ์พบว่า สถานการณ์แรกเมื่อกำหนดให้ถังขยะสามารถตั้งอยู่บนถนนทุกเส้น ประชาชนจะสามารถเข้าถึงถังขยะได้มากที่สุดแต่จะส่งผลกระทบต่อการกำหนดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะ เนื่องจากถังขยะบางตำแหน่งตั้งอยู่บนถนนที่มีความกว้าง 3 เมตรซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการสัญจรและความสะดวกในการเข้าถึงของรถจัดเก็บขนขยะ สถานการณ์ที่สองเมื่อกำหนดให้ถังขยะตั้งอยู่บนถนนสายหลัก ข้อดีคือรถจัดเก็บขนขยะสามารถเข้าถึงได้สะดวกที่สุดเนื่องจากไม่มีข้อจำกัดของความกว้างถนน แต่ประชาชนจะสามารถเข้าถึงตำแหน่งถังขยะได้น้อยที่สุด เนื่องจากครัวเรือนจำนวนมากอยู่ในซอยที่มีระยะห่างมากกว่า 250 เมตร ซึ่งไกลจากตำแหน่งของถังขยะ เพราะฉะนั้นจึงไม่ตอบสนองความต้องการของประชาชนในการนำขยะมาทิ้ง ส่วนสถานการณ์ที่ดีที่สุดคือ สถานการณ์ที่ 3 เมื่อกำหนดให้ถังขยะตั้งอยู่บนถนนที่มีความกว้างตั้งแต่ 4 เมตรขึ้นไป ซึ่งรถจัดเก็บขนขยะสามารถดำเนินการจัดเก็บได้อย่างสะดวกโดยไม่กีดขวางการจราจรและไม่มีขยะหลงเหลือในถัง รวมทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมบริเวณโดยรอบที่ตั้ง



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงจุดที่ตั้งถังขยะแห่งใหม่และศักยภาพในการเข้าถึงของประชาชนเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

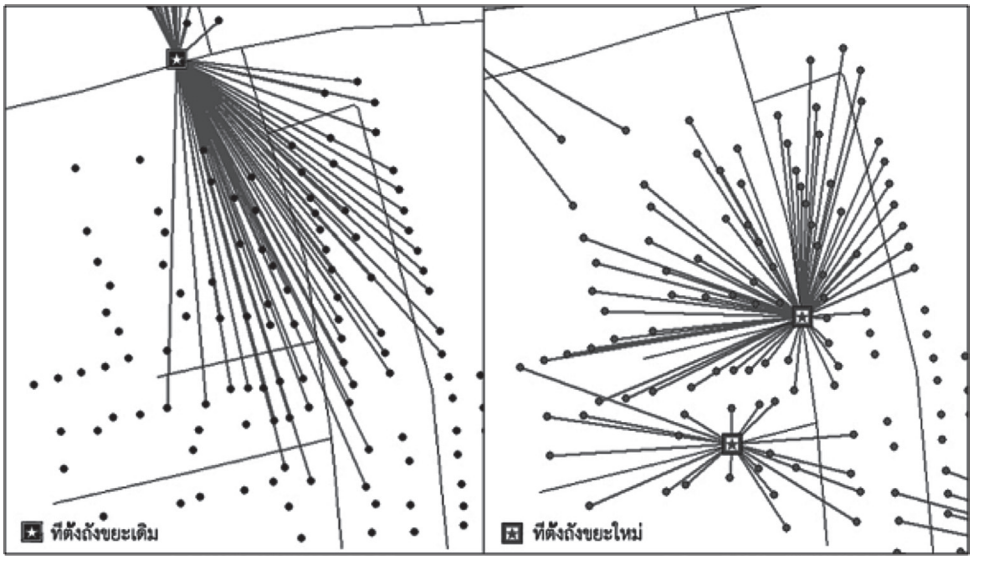
ภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่าถังขยะกระจายที่ตั้งไปยังตำแหน่งต่างๆ ทั้งถนนสายหลักของเทศบาลเมืองบางกรวย และถนนสายรองที่เข้าถึงแต่ละชุมชน ไม่กระจุกตัว ณ ตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่งมากเกินไป จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าถังขยะทั้งหมดสามารถรองรับปริมาตรขยะจากครัวเรือนต่างๆ

ได้ปริมาณมากขึ้น รวมทั้งจำนวนครัวเรือนที่สามารถเข้าถึงถังขยะก็มากขึ้นด้วยเช่นกัน จากเดิมปริมาตรขยะที่สามารถรองรับคิดเป็นร้อยละ 32.47 ของขยะทั้งหมดในพื้นที่ แต่เมื่อกำหนดที่ตั้งถังขยะใหม่สามารถรองรับปริมาตรขยะได้คิดเป็นร้อยละ 48.50 ทำให้สามารถรองรับปริมาตรขยะได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 16.03 หรือ 1,143 ลิตร จำนวนครัวเรือนเดิมที่สามารถเข้าถึงถังขยะได้คิดเป็นร้อยละ 8.42 ของครัวเรือนทั้งหมด เมื่อกำหนดที่ตั้งถังขยะใหม่ จำนวนครัวเรือนที่สามารถเข้าถึงได้คิดเป็นร้อยละ 35.45 เพิ่มขึ้นร้อยละ 27.02 หรือ 2,922 ครัวเรือน

ตารางที่ 1: เปรียบเทียบปริมาตรขยะมูลฝอยและจำนวนครัวเรือนที่สามารถเข้าถึงถังขยะได้ในเขตเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

ตำแหน่งถังขยะ	ปริมาตรขยะ (ลิตร)	ร้อยละ	จำนวนครัวเรือน (ครัวเรือน)	ร้อยละ
ตำแหน่งถังขยะเดิม (พ.ศ.2558)	2,315	32.47	982	8.42
ตำแหน่งถังขยะใหม่	3,458	48.50	3,904	35.45
ความแตกต่าง	+1,143	+16.03	+2,922	+27.02

จากตารางที่ 1 แสดงปริมาตรขยะและจำนวนครัวเรือนที่เข้าถึงถังขยะของตำแหน่งถังขยะเดิม ซึ่งคำนวณจากฟังก์ชันการหาตำแหน่งที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพ แบบ Maximize Attendance ของตำแหน่งถังขยะเดิม เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ปริมาณครัวเรือนที่สามารถเข้าถึงตำแหน่งถังขยะและปริมาตรขยะของครัวเรือน

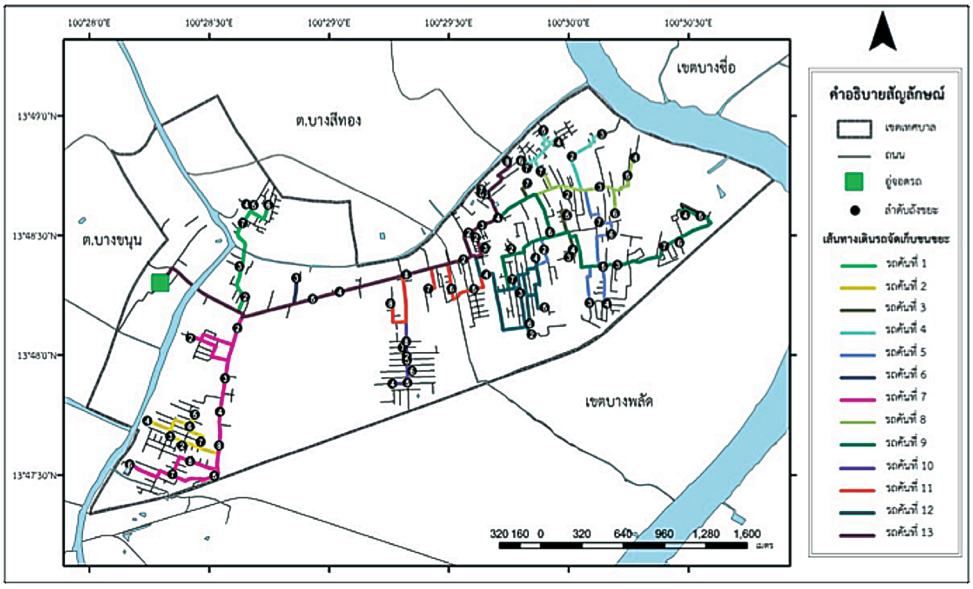


ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งที่ตั้งถังขยะเดิม (ซ้าย) ถังขยะใหม่ (ขวา) ความสามารถในการเข้าถึงของประชาชนในชุมชนอภิรมย์

จากภาพที่ 2 แสดงตัวอย่างพื้นที่ชุมชนอภิรมย์ ซึ่งจากผลการวิเคราะห์พบว่าที่ตั้งถังขยะใหม่สามารถตอบสนองความต้องการของประชาชนในการเข้าถึงได้ดีกว่าที่ตั้งถังขยะเดิม เนื่องจากการกำหนดตำแหน่งที่ตั้งถังขยะใหม่ ทำให้จำนวนครัวเรือนที่สามารถเข้าถึงถังขยะใหม่เพิ่มขึ้น จากเดิมประชาชนสามารถเข้าถึงตำแหน่งถังขยะได้เพียง 62 ครัวเรือน แต่เมื่อกำหนดตำแหน่งถังขยะใหม่พบว่าประชาชนสามารถเข้าถึงได้เพิ่มขึ้นเป็น 91 ครัวเรือน

2. การกำหนดเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะ

ปัจจุบันรถจัดเก็บขนขยะของเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรีมีทั้งสิ้น 13 คัน เป็นรถบรรทุกขนาดปริมาตร 12 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 8 คัน และรถบรรทุกขนาดปริมาตร 8 ลูกบาศก์เมตร จำนวน 5 คัน ในการหาเส้นทางเดินรถใหม่ กำหนดให้รถทุกคันจัดเก็บขยะได้ครบถ้วนทุกถัง ภายในการเดินรถรอบเดียว ไม่บรรทุกขยะเกินปริมาตรของรถ ไม่กีดขวางเส้นทางการจราจรของประชาชนในเขตเทศบาลภายในและใช้ระยะเวลาที่สั้นที่สุด ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าสถานการณ์ที่ 3 รถจัดเก็บขนขยะทุกคันสามารถจัดเก็บขนขยะได้ครบทุกตำแหน่ง ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แผนที่แสดงเส้นทางการเดินรถจัดเก็บขนขยะเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

เส้นทางการเดินรถเริ่มต้นจัดเก็บขยะจากถนนเส้นหลักของเทศบาล จากนั้นจึงจะจัดเก็บในถนนสายรอง ภายในซอยของแต่ละชุมชนที่มีความกว้างของถนนมากกว่า 4 เมตร ปริมาณของขยะที่จัดเก็บได้ไม่เกินปริมาตรความจุของรถ รถทุกคันสามารถจัดเก็บขนขยะภายในช่วงเวลาที่กำหนดไว้คือ 3.00-5.00 น. แต่ละจุดถังขยะกำหนดให้ใช้เวลาเพียง 5 นาทีต่อจุดเท่านั้น รวมระยะเวลาทั้งหมดที่ใช้ต่อคันไม่เกิน 1 ชั่วโมง นอกจากนี้รถจัดเก็บยังคงเหลือปริมาตรพอสำหรับการจัดเก็บขนขยะตามครัวเรือนต่าง ๆ ได้ด้วย ดังนั้นการเดินรถต่อรอบจะสามารถจัดเก็บทั้งตำแหน่งที่ตั้งถังขยะที่ทางเทศบาลกำหนด และถังขยะตามครัวเรือนได้เพิ่มเติมด้วย ช่วยให้ปริมาตรขยะตกค้างลดน้อยลง

ผลการวิเคราะห์พบว่ารถจัดเก็บขนขยะทั้งหมด 13 คันสามารถเก็บรวบรวมขยะมูลฝอยจากตำแหน่งที่กำหนดไว้ได้ครบถ้วน ภายในระยะเวลาที่กำหนด รถจัดเก็บขนขยะแต่ละคันใช้เวลาในการเก็บรวบรวมคันละไม่เกิน 60 นาทีหรือ 1 ชั่วโมง อีกทั้งรถจัดเก็บขนขยะยังมีปริมาตรความจุเหลือพอที่จะสามารถจัดเก็บขนขยะตามครัวเรือนต่างๆ ได้เพิ่มเติม หากมีเหตุสุดวิสัยหรือมีปริมาณขยะต่อวันมากขึ้นกว่าปกติก็มีเวลาเพียงพอในการจัดเก็บและไม่ส่งผลกระทบต่อประชาชน ส่งผลดีต่อการดำเนินการจัดเก็บขนขยะมูลฝอยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2: แสดงปริมาตรของขยะมูลฝอยที่รถจัดเก็บขนขยะสามารถจัดเก็บได้ และระยะเวลาที่ใช้เพื่อการจัดเก็บในเขตเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี

รถคันที่	ปริมาตรขยะที่จัดเก็บได้ (ลิตร)	ระยะเวลาจัดเก็บขนขยะ (นาที)	ระยะทาง (กิโลเมตร)
1	1,440	42	3.909
2	1,680	50	5.451
3	1,440	52	9.016
4	1,440	54	10.479
5	1,440	54	10.385
6	960	32	3.738
7	1,680	52	6.317
8	1,440	53	7.763
9	1,440	56	11.520
10	1,440	51	6.139
11	1,680	54	7.794
12	1,680	57	9.124
13	1,680	54	7.493
	$\bar{x}$ = 1,513	$\bar{x}$ = 50.84	$\bar{x}$ = 7.625

อภิปรายและสรุปผล

เมื่อเทศบาลเมืองบางกรวยนำผลการวิเคราะห์การวิจัยไปใช้ประกอบการวางแผนจัดเก็บขนขยะจะสามารถช่วยให้การจัดเก็บขนขยะมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ซึ่งมีส่วนสำคัญต่อการพัฒนาระบบสาธารณสุขและสาธารณูปโภค โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ซึ่งเป็นองค์ความรู้ใหม่ประกอบการวางแผนเพื่อตอบสนองต่อความต้องการและความเป็นอยู่ของประชาชนที่อาศัยในเขตเทศบาลมากยิ่งขึ้น สำหรับตำแหน่งที่ตั้งถังขยะใหม่นั้นทางเทศบาลเล็งเห็นว่าเป็นการแก้ไขปัญหาที่มีประสิทธิภาพ เนื่องจากเทศบาลเมืองบางกรวยมีนโยบายลดจำนวนถังขยะให้น้อยลง เพื่อให้ประชาชนรักษาความเป็นระเบียบเรียบร้อยและปฏิบัติตามระเบียบข้อตกลงของเทศบาลเกี่ยวกับการจัดเก็บขนขยะเคร่งครัดมากยิ่งขึ้น อีกทั้งเทศบาลต้องการลดจำนวนปริมาตรขยะที่ประชาชนจะนำมาทิ้งตามตำแหน่งถังขยะให้น้อยลง

การสร้างแบบจำลองวางแผนเส้นทางเดินรถจัดเก็บขนขยะใหม่สามารถตอบสนองแนวทางการปฏิบัติงานของเทศบาลคือ นโยบาย “จังหวัดสะอาด” ที่ต้องการให้มีการจัดเก็บขนขยะบริเวณเส้นทางสายหลักให้มีความสะอาด ไม่หลงเหลือขยะมูลฝอยหรือเกิดการหมักหมมเป็นแหล่งเพาะพันธุ์เชื้อโรคและสัตว์พาหะ ส่งผลกระทบต่อทัศนียภาพที่ไม่สวยงามภายในเขตเทศบาล

ดังนั้นผลการวิเคราะห์การแก้ไขปัญหาด้วยการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์โครงข่ายด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อการจัดหาที่ตั้งถังขยะที่เหมาะสมและกำหนดเส้นทางการเดินรถเก็บขนขยะใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นในเขตเทศบาลเมืองบางกรวย จังหวัดนนทบุรี เป็นแนวทางในการช่วยพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนในท้องที่และเพิ่มประสิทธิภาพของหน่วยงานที่เกี่ยวข้องให้สามารถดำเนินการจัดเก็บขนขยะได้สะดวกยิ่งขึ้น รวมทั้งลดปัญหาทางสังคมและสิ่งแวดล้อมได้ด้วย

เอกสารอ้างอิง

วนิดา ร่มรื่น. (2547). **การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี.** วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุทธิชา ทับดารา และ เสรี เศวตรเศรนี. (2554). การจัดการขยะชุมชนในกรุงเทพมหานคร. **วิศวกรรมสาร มก.** 24(78): 34-46.

Erses Yay, A. S. (2015). Application of life cycle assessment (LCA) for municipal solid waste management: a case study of Sakarya. **Journal of Cleaner Production.** 94, 284–293.

Ogwueleka, T. C. (2009). Route optimization for solid waste collection: Onitsha (Nigeria) case study. **Journal of Applied Sciences and Environmental Management.** 13(2), 37–40.

Tavares, G., Z. Zsigraiova, V. Semiao and M. G. Carvalho (2009). Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling. **Waste Management.** 29(3), 1176–1185.

Vijay, R., A. Gautam, A. Kalamdhad, A. Gupta and S. Devotta (2008). GIS-based locational analysis of collection bins in municipal solid waste management systems. **Journal of Environmental Engineering and Science.** 7(1), 39–43.

Xue, B., Geng, Y., Ren, W., Zhang, Z., Zhang, W., Lu, C., and Chen, X. (2011). An overview of municipal solid waste management in Inner Mongolia Autonomous Region, China. **Journal of Material Cycles and Waste Management.** 13(4), 283-292.