บทความวิจัย

การวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งขยะมูลฝอยด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ กรณีศึกษาเทศบาลเมืองเขาสามยอด จังหวัดลพบุรี

ANALYSIS ROUTING FOR SOLID WASTE COLLECTION BY USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (GIS); A CASE STUDY OF KHAO SAMYOD MUNICIPALITY LOPBURI PROVINCE

ขวัญชัย ชัยอุดม* และ ธีรภัทร ขำศรี

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ลพบุรี, 15000

Kwanchai Chai-udom* and Theerapat Khamsri

Department of Environmental Science, Faculty of Science and Technology,
Thepsatri Rajabhat University, Lop Buri, 15000

*E-mail: keanchai.tru@gmail.com

Received: 2019-06-19

Revised: 2019-10-16

Accepted: 2020-01-17

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเขาสามยอดด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ในการสำรวจและติดตามรถเก็บขนขยะมูลฝอยในแต่ละคัน และใช้ทฤษฎี Best Routes Analysis วิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS 10.2 หาเส้นทางที่สั้นที่สุดในการขนส่งขยะมูลฝอย

ผลการศึกษาพบว่า เทศบาลเมืองเขาสามยอดมีรถเก็บขนขยะมูลฝอยทั้งหมด 5 คัน 4 ประเภท ประกอบไปด้วย 1) ชนิด 6 ล้ออัดท้ายขนาดเล็ก ปริมาตร 9 ลบ.ม. 2) ชนิดรถ 6 ล้ออัดท้ายขนาดกลาง ปริมาตร 10 ลบ.ม. จำนวน 2 คัน 3) ชนิดรถ 6 ล้ออัดท้ายขนาดใหญ่ ปริมาตร 15 ลบ.ม. 4) ชนิด 4 ล้อเทข้าง ปริมาตร 3 ลบ.ม. โดยแต่ละคันรับผิดชอบ 3 เส้นทาง รวมทั้งสิ้น 15 เส้นทาง และพบว่า เส้นทางที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยมีระยะทางลดลง 17.3 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังพบเส้นทางใหม่ที่มีระยะทางเพิ่มขึ้น 8.6 กิโลเมตร รวมระยะทางที่ลดลงทั้งสิ้น 8.7 กิโลเมตร และลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 131.84 บาท/เดือน

คำสำคัญ: Best Routes Analysis ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เทศบาลเมืองเขาสามยอด

ABSTRACT

The objective of this study was to determine the appropriate route for solid waste collection of Khao Sam Yod Municipality. Data Collected by global positioning system (GPS) for the survey and tracking solid waste collection trucks in each truck and use Best Routes analysis in ArcGIS 10.2 to analyze the shortest routing for solid waste collection

The study showed that the municipality of Khao SamYot has five types of garbage dump trucks, four of which comprise of 1) Type 6 wheels rear loaders small size (volume of 9m3). 2) Type 6 wheels rear loaders size medium (volume of 10m3) 2 cars. 3) Type 6 wheels rear loaders big size (volume of 15m3). 4) Type 4 wheels side loaders (volume of 3m3). Each vehicle is responsible for 3 routes, a total of 15 routes. It was found that the appropriate route for collecting solid waste was reduced by 17.3 kilometers. In addition, we found a new route with an increase of 8.6 kilometers. Total distance reduced by 8.7 kilometers and fuel cost reduction of 131.84 baht / month.

Keywords: Best Routes Analysis, Geographic Information System, Khao Samyod municipality

บทนำ

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยมีแนวโน้มที่จะทวีความรุนแรงมากยิ่งขึ้น จากรายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย ระบุว่า ในรอบ 10 ปีที่ผ่านมาประเทศไทยมีปริมาณขยะมูลฝอยเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นปีละ 560 ตัน/วัน หรือเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.53 ในแต่ละปี (Pollution Control Department, 2014)

จากการสำรวจปริมาณขยะมูลฝอยในจังหวัดลพบุรีเมื่อปี 2556 ของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า จังหวัดลพบุรีมีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจำนวน 794.47 ตันต่อวัน โดยอำเภอเมืองลพบุรีมีปริมาณขยะมูลฝอยที่เกิดขึ้นในแต่ละวันมากที่สุดใน 302.89 ตันต่อวัน และยังพบว่ามีปริมาณขยะสะสมในสถานที่ทิ้งขยะมูลฝอยรวมทั้งสิ้นประมาณ 356,608 ตัน มีอัตราการสะสมมูลฝอย 497.68 กิโลกรัมต่อคน โดยเทศบาลเมืองเขาสามยอด มีปริมาณขยะมูลฝอยสะสมประมาณ 26,880 ตัน คิดเป็นร้อยละ 7.54 (Offices for Natural Resources and Environment, 2014) และจากการสัมภาษณ์ผู้อำนวยการกองสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลเมืองลพบุรี พบว่า พื้นที่เทศบาลเขาสามยอดเป็นเขตพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายประเภท จนก่อให้เกิดขยะมูลฝอยจำนวนมากที่ต้องบริหารจัดการ ปัจจุบันแผนเส้นทางการเก็บขนขยะมูลฝอยยังไม่มีรูปแบบที่ชัดเจน

พนักงานขับรถเก็บขนมูลฝอยจะเป็นผู้กำหนดและตัดสินใจว่าจะเข้าเก็บที่จุดใดก่อน จึงอาจทำให้เกิดการขับรถย้อนไปมา ทำให้ต้องเสียเวลาในการเก็บขนมูลฝอย ซึ่งบางกรณีช่องจราจรที่จำกัดรถเก็บขนมูลฝอยที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถเข้าทำการจัดเก็บได้ ทำให้ต้องเสียเวลาในการขนถ่ายมูลฝอยหลายรอบและด้วยบางจุดที่ไม่สามารถเก็บได้อย่างทั่วถึง (Petkheow, 2017) ทำให้ต้องสูญเสียทั้งด้านงบประมาณและด้านพลังงานเชื้อเพลิง

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะวิเคราะห์เส้นทางขนส่งขยะมูลฝอย โดยการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) มาประยุกต์ใช้โดยใช้ทฤษฎี Dijkstra's Algorithm ในโปรแกรม Network Analyst ซึ่งเหมาะสมในการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด ผลที่ได้สามารถนำไปใช้ในการออกแบบวางแผนเส้นทางการขนส่งขยะมูลฝอยในพื้นที่ ทำให้ประหยัดงบประมาณในด้านการจัดการขยะเทศบาลตำบลเขาสามยอดได้เป็นอย่างดี

วิธีการ

การศึกษาครั้งนี้ มีขั้นตอนและกระบวนการดังต่อไปนี้

ขั้นตอนการจัดเตรียมข้อมูล ใช้ข้อมูลภาพดาวเทียมพื้นที่เทศบาลเมืองเขาสามยอด อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จาก Google earth จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลการจัดการขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเขาสามยอด ซึ่งประกอบไปด้วย 1) ประเภทและขนาดของยานพาหนะที่ใช้ในการเก็บขนขยะมูลฝอย 2) สถิติน้ำหนักขยะมูลฝอย และเส้นทางการเก็บขนขยะของรถเก็บขนขยะแต่ละคัน โดยใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positional System: GPS) จากนั้นทำการสร้างฐานข้อมูลเส้นทางคมนาคม ตรวจสอบเส้นทางที่รถเก็บขนขยะแต่ละคันรับผิดชอบ ให้สอดคล้องกับพื้นที่จริง ซึ่งใช้โปรแกรม ArcGIS ในการ digitize ทำการตรวจสอบความถูกต้องแผนที่นำเข้าข้อมูลแบบดาวเทียมในระบบราสเตอร์จากนั้นใช้คำสั่ง Georeference เพื่อตรวจสอบและทำการแก้ไขข้อมูลเส้นทางจัดเก็บรวบรวมมูลฝอย ระบุพิกัด ปริมาณมูลฝอย และเวลาในแต่ละจุดเก็บขนมูลฝอย และสร้าง Network dataset โดยกำหนดให้มีการเชื่อมต่อเส้นทาง (Connectivity) แบบ Any Vertex และกำหนดชนิดของ field ใน Attribute ดังนี้ 1) ค่าระยะทาง (Distance) เป็น Double 2) การเลี้ยวเป็น Restriction และรูปแบบการเลี้ยวเป็น Global Turn เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล จากนั้นวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชัน Network Analyst และมีการสร้าง attribute ดังนี้

[Minutes] เพื่อเก็บค่าเวลาในการเดินรถ และใช้ในการหาเวลาที่สั้นที่สุด

[Length] เพื่อเก็บค่าระยะทางถนน และใช้ในการหาระยะทางที่สั้นที่สุด

[One-way] เพื่อกำหนดลักษณะทิศทางของการเดินทางบนเส้นถนน

[Type] เพื่อเก็บค่าการแบ่งประเภทถนนตามลักษณะความเร็ว

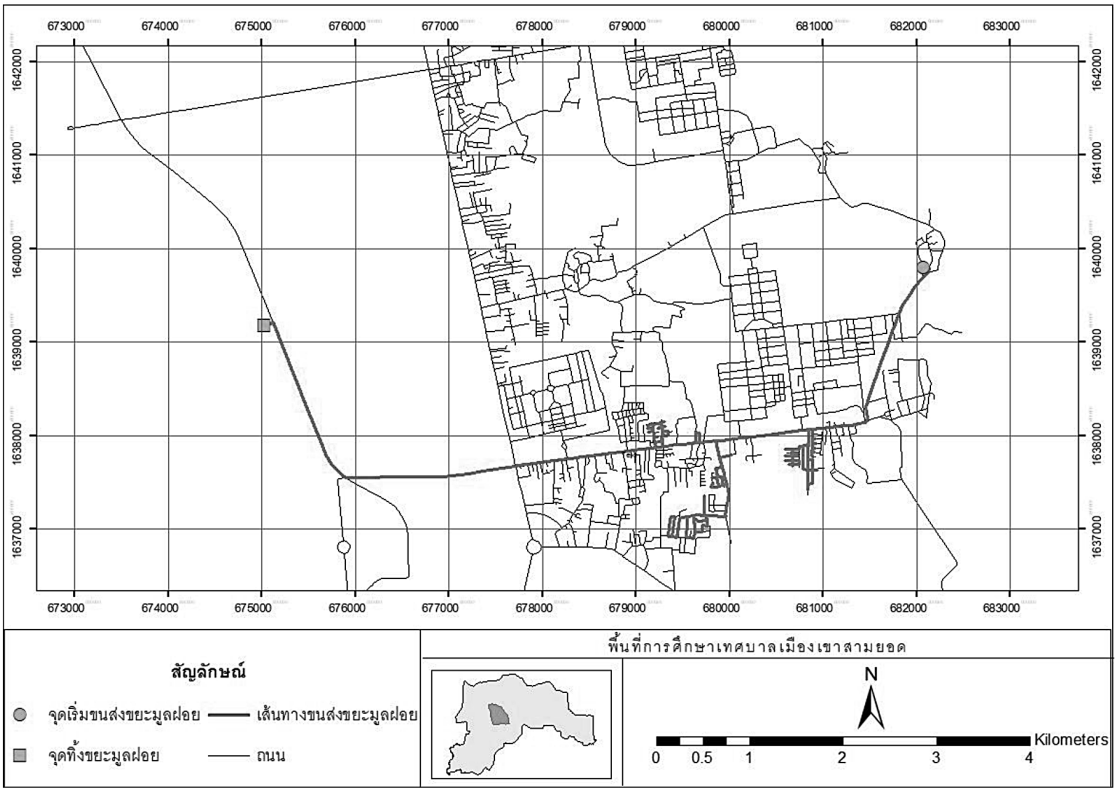
และเลือกวิธีวิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุด(Best Route) โดยพิจารณาถึงช่วงเวลาและระยะทาง โดยมีเงื่อนไขดังนี้ 1) เดินรถทางเดียว 2) ประเภทของถนน 3) ความเร็ว 4) เวลา และ

5) ระยะทาง และ เปรียบเทียบเส้นทางการเก็บรวบรวมเดิมและเส้นทางใหม่เปรียบเทียบระยะทางเส้นทางเดิมเพื่อวิเคราะห์หาเส้นทางที่สั้นที่สุด

ผลการทดลอง

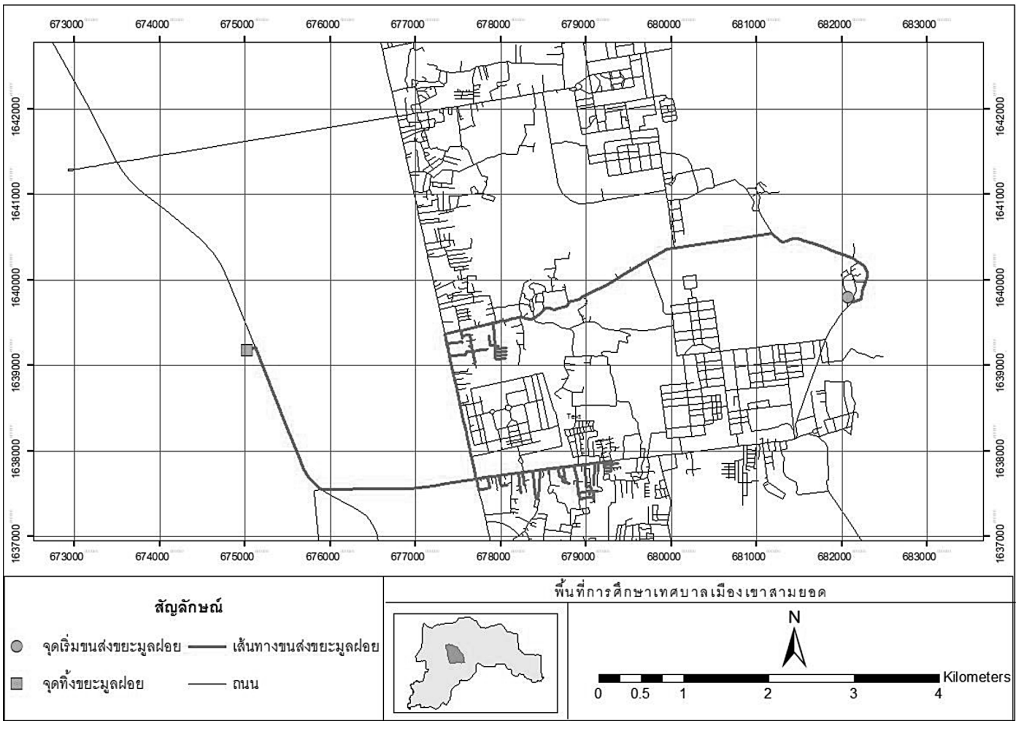
เทศบาลเมืองเขาสามยอดมีรถจัดเก็บขนขยะมูลฝอยจำนวน 5 คัน ประกอบไปด้วย 1)ชนิดรถ 6 ล้อ อัดเล็ก บรรทุก 9 ลบ.ม. 2) ชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย บรรทุก 10 ลบ.ม. 3) ชนิดรถ 6 ล้อ อัดใหญ่ บรรทุก 15 ลบ.ม. 4) ชนิดรถ 4 ล้อ เทข้าง บรรทุก 3 ลบ.ม. และ 5) ชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย บรรทุก 10 ลบ.ม. มีเส้นทางเดินรถทั้งสิ้น 15 เส้นทาง จากการวิเคราะห์เส้นทางเหมาะสมในการขนถ่ายขยะมูลฝอยโดยNetwork analysis ฟังก์ชั่น The New Best Routes ปรากฏผลดังนี้

ชนิดรถ 4 ล้อ เทข้าง บรรทุก 3 ลบ.ม. มีระยะทางลดลงมากที่สุด 16.8 กิโลเมตร โดยระยะทางลดลงจาก 238.2 กิโลเมตร เหลือ 221.4 กิโลเมตร ทำให้ลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 174.72 บาท/เดือน ดังรูปที่ 1-3



รูปที่ 1 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 4 ล้อ เทข้าง เส้นทางที่ 1

รูปที่ 2 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 4 ล้อ เทข้าง เส้นทางที่ 2

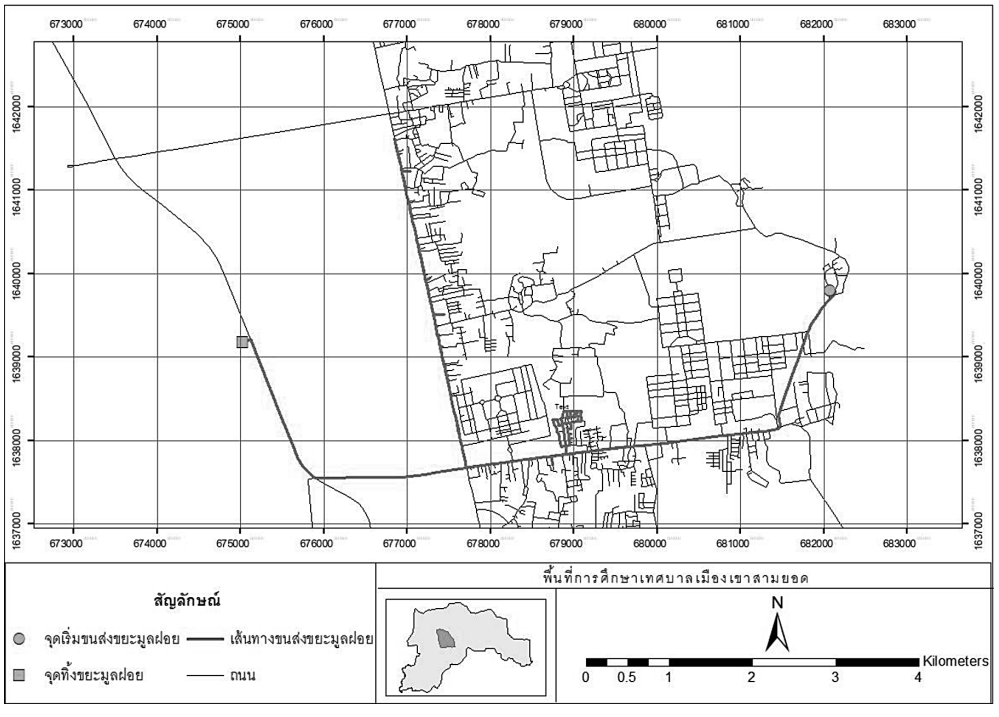


รูปที่ 3 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 4 ล้อ เทข้าง เส้นทางที่ 3

ชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย บรรทุก 10 ลบ.ม. มีระยะทางลดลง 0.5 กิโลเมตร โดยระยะทางลดลงจาก 69.4 กิโลเมตร เหลือ 68.9 กิโลเมตร ทำให้ลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 6.64 บาท/เดือน ดังรูปที่ 4-6

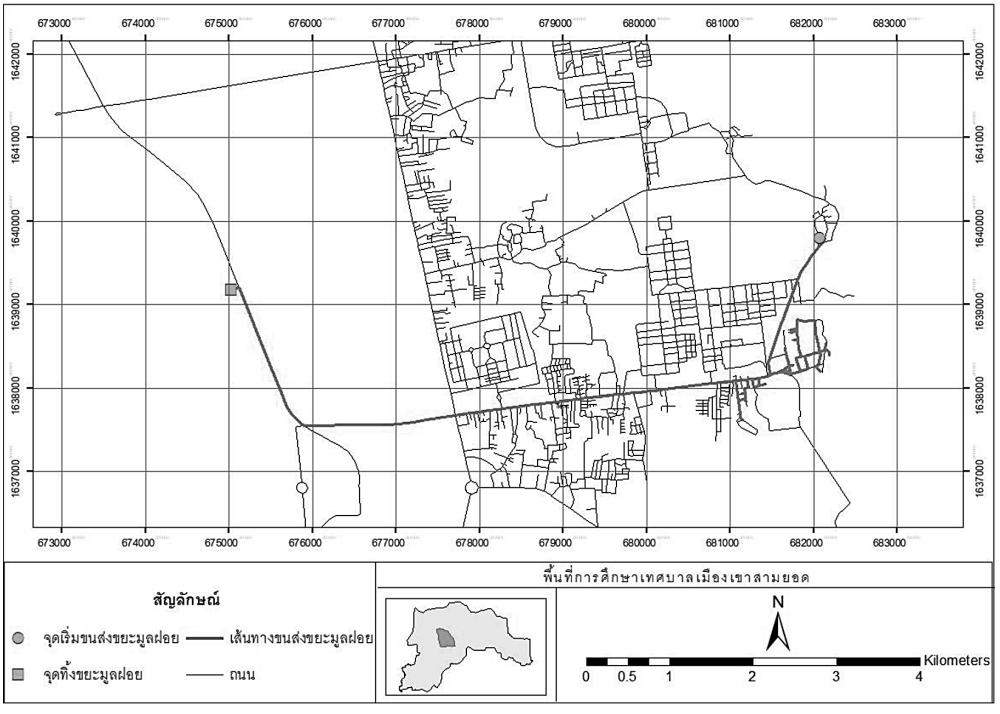
รูปที่ 4 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย เส้นทางที่ 1

รูปที่ 5 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย เส้นทางที่ 2

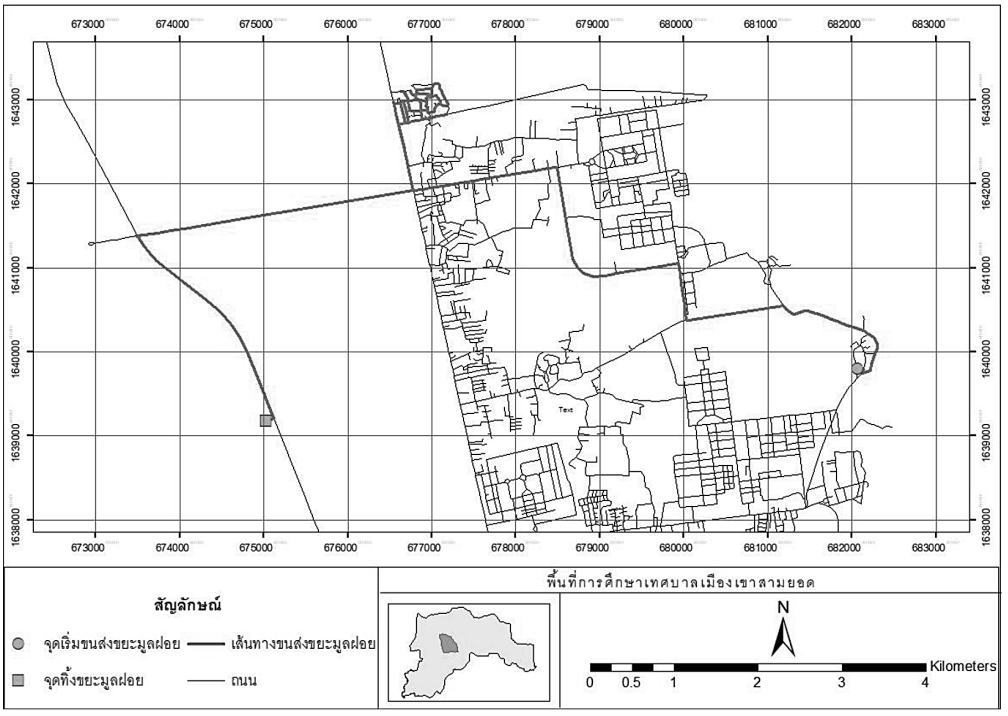


รูปที่ 6 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย เส้นทางที่ 3

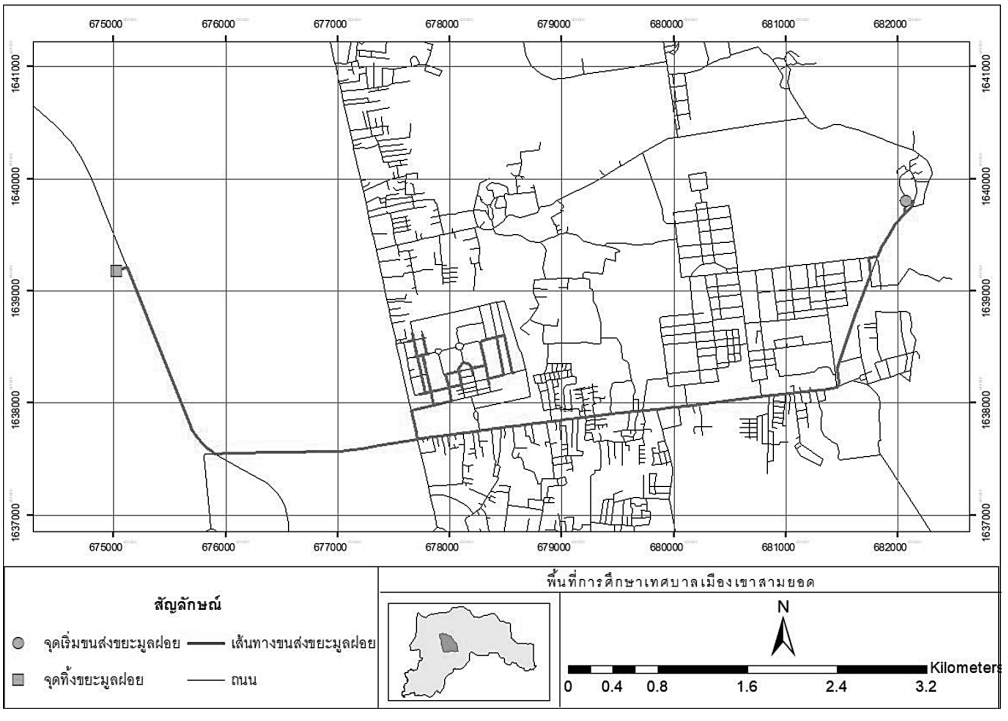
ชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย บรรทุกได้ 10 ลบ.ม. มีระยะทางเพิ่มขึ้นมากที่สุด 6.7 กิโลเมตร โดยระยะทางเพิ่มขึ้นจาก 118.1 กิโลเมตร เป็น 124.8 กิโลเมตร ทำให้จะต้องเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 166 บาท/เดือน ดังรูปที่ 7-9



รูปที่ 7 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย เส้นทางที่ 1

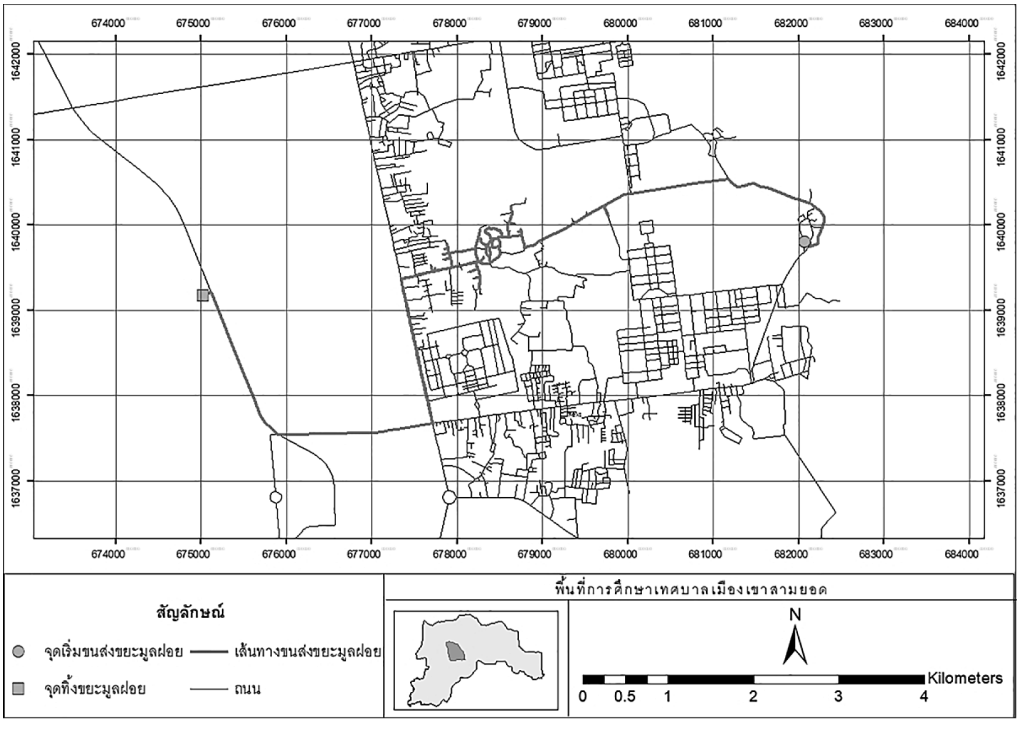


รูปที่ 8 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย เส้นทางที่ 2

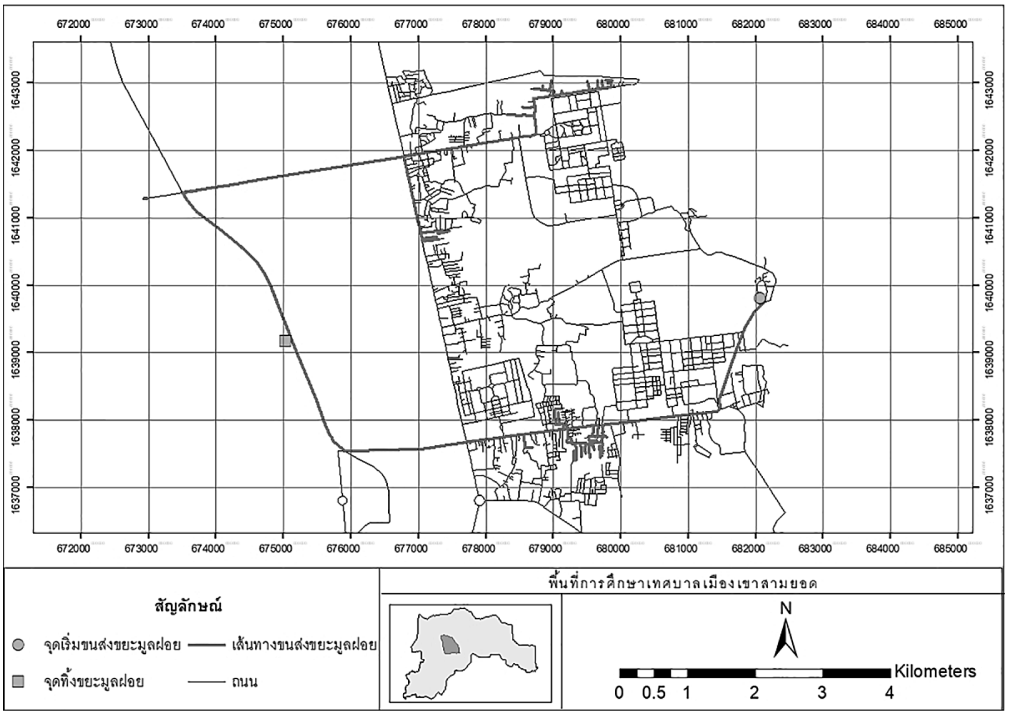


รูปที่ 9 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย เส้นทางที่ 3

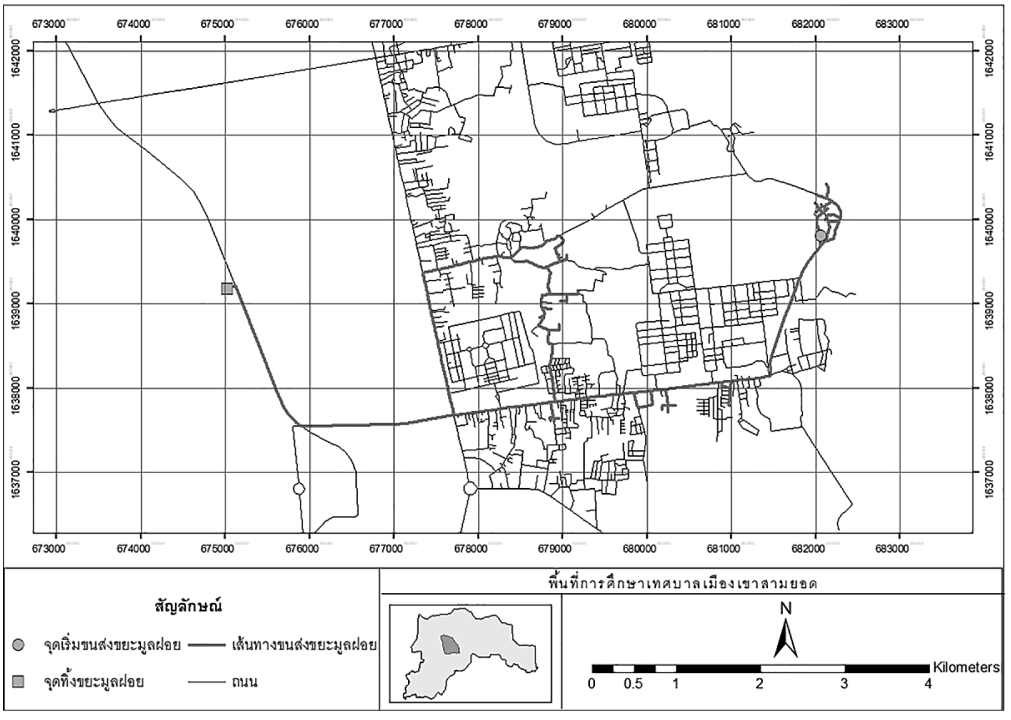
ชนิดรถ 6 ล้อ อัดเล็ก บรรทุกได้ 9 ลบ.ม. มีระยะทางเพิ่มขึ้น 1.8 กิโลเมตร โดยระยะทางเพิ่มขึ้นจาก 93.4 กิโลเมตร เป็น 95.3 กิโลเมตร ทำให้จะต้องเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 31.2 บาท/เดือน ดังรูปที่ 10-12



รูปที่ 10 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดเล็ก เส้นทางที่ 1

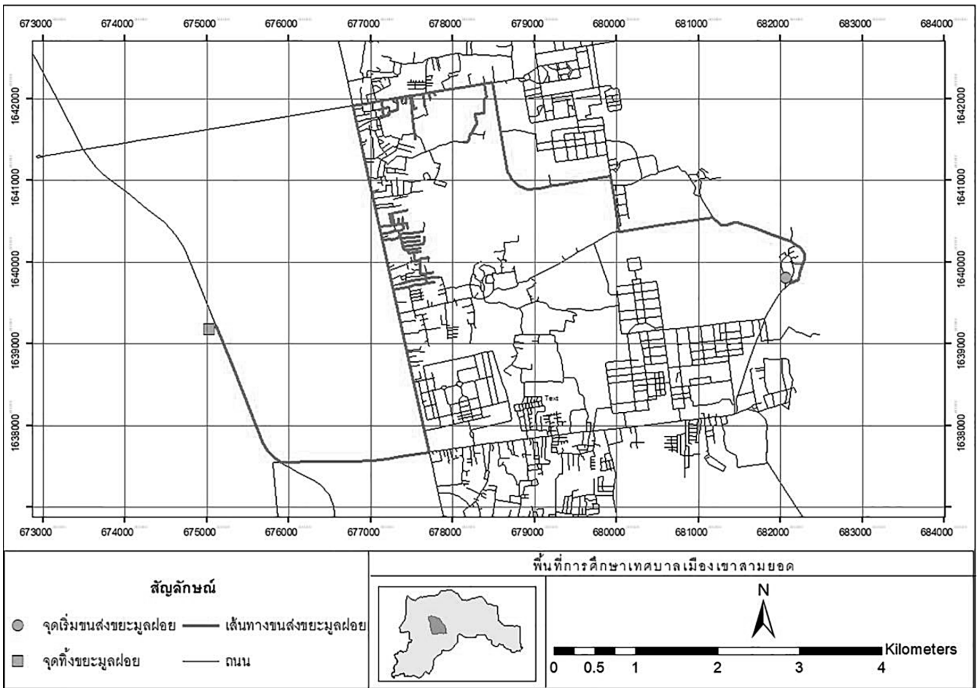


รูปที่ 11 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดเล็ก เส้นทางที่ 2

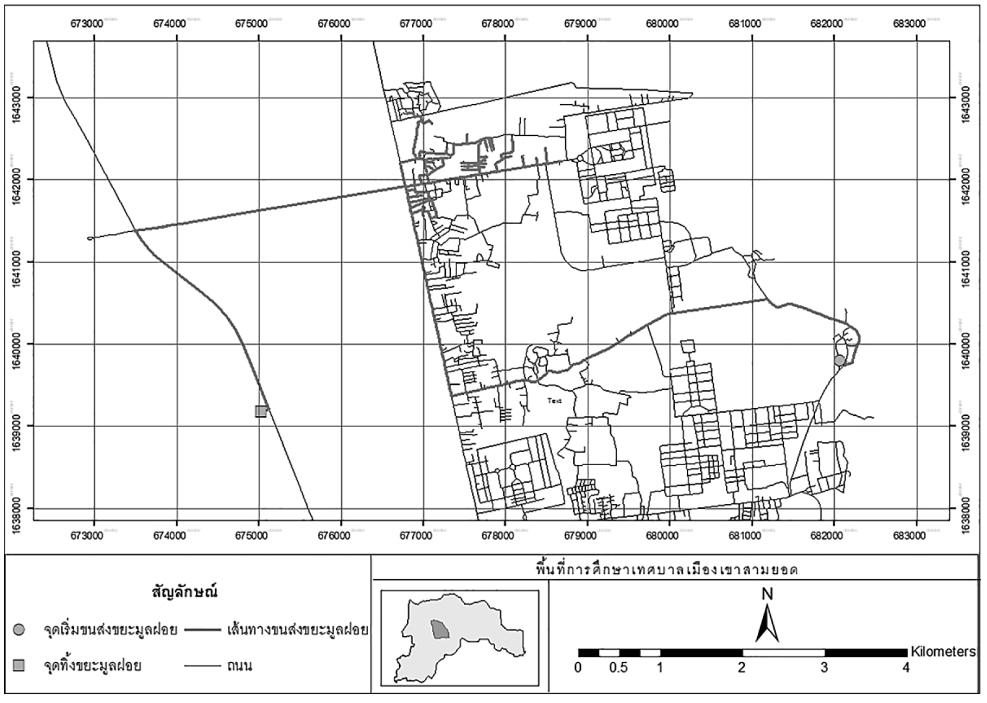


รูปที่ 12 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดเล็ก เส้นทางที่ 3

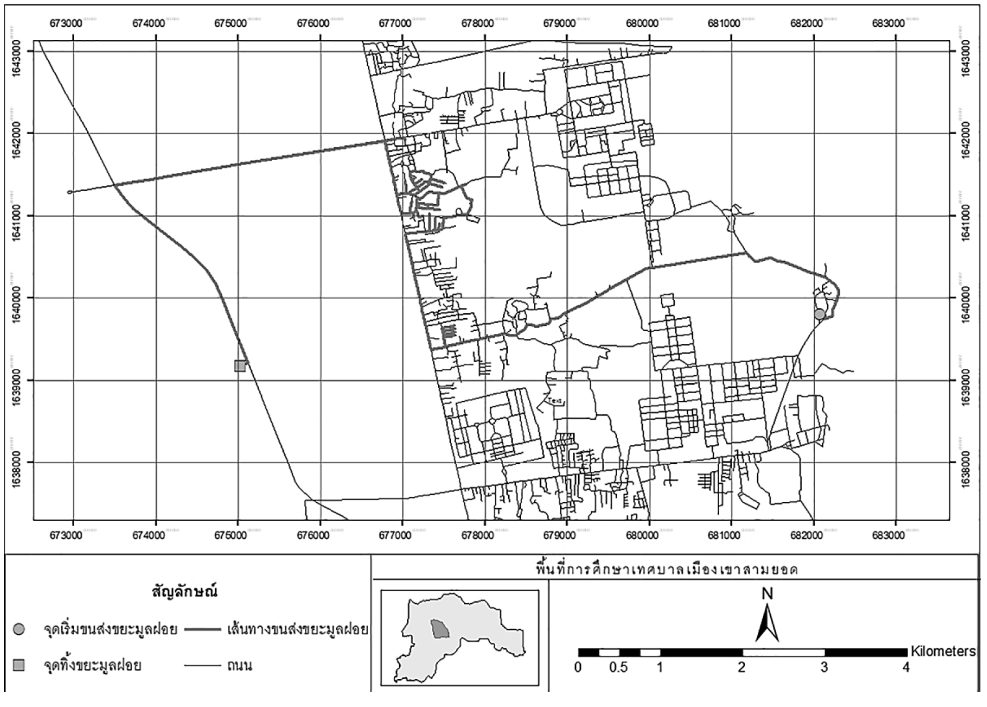
ชนิดรถ 6 ล้อ อัดใหญ่ บรรทุกได้ 15 ลบ.ม. มีระยะทางเพิ่มขึ้น 0.1 กิโลเมตร โดยระยะทางเพิ่มขึ้นจาก 78.6 กิโลเมตร เป็น 78.7 กิโลเมตร ทำให้จะต้องเสียค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 1.72 บาท/เดือน ดังรูปที่ 13-15



รูปที่ 13 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดใหญ่ เส้นทางที่ 1



รูปที่ 14 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดใหญ่ เส้นทางที่ 2



รูปที่ 15 เส้นทางเหมาะสมในการเดินรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดใหญ่ เส้นทางที่ 3

การเปรียบเทียบระยะทางเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะแบบเดิมกับแบบใหม่

จากการวิเคราะห์ network analysis โดยใช้ the new best routes พบว่า ระยะทางการเก็บขนขยะที่ได้ กับระยะทางแบบเดิม มีการเปลี่ยนแปลงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเปรียบเทียบเส้นทางการเดินรถเฉลี่ยแบบเดิมกับแบบ

ประเภทรถ	เส้นทางเดินรถเดิม (กม.)	เส้นทางเดินรถใหม่ (กม.)	ระยะทางที่แตกต่าง (กม.)	ค่าน้ำมันเชื้อเพลิง (บาท)	
				สัปดาห์	เดือน
ชนิดรถ 6 ล้อ อัดเล็ก บรรทุก 9 ลบ.ม.	93.4	95.3	+1.8	7.8	31.2
ชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย บรรทุก 10 ลบ.ม.	69.4	68.9	-0.5	2.16	8.64
ชนิดรถ 6 ล้อ อัดใหญ่ บรรทุก 15 ลบ.ม.	78.6	78.7	+0.1	0.43	1.72
ชนิดรถ 4 ล้อ เทข้าง บรรทุก 3 ลบ.ม.	238.2	221.4	-16.8	43.68	174.72
ชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย บรรทุก 10 ลบ.ม.	118.1	124.8	+6.7	29	166

หมายเหตุ: อัตราสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงของรถเก็บขยะประเภทชนิด 4 ล้อ 10 กิโลเมตร/ลิตร และประเภทชนิดรถ 6 ล้อ 6 กิโลเมตร/ลิตร (เป็นต้นทุนผันแปร คำนวณที่ราคา 30 บาท/ลิตร)

จากตารางที่ 1 พบว่ารถชนิดรถ 4 ล้อ เทข้าง มีระยะทางเดินรถที่ลดลงมากที่สุดคือ 16.8 กิโลเมตร/สัปดาห์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง 43.68 บาท/สัปดาห์ หรือ 174.72 บาท/เดือน รองลงมาคือ รถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย มีระยะทางเดินรถที่ลดลง 0.5 กิโลเมตร/สัปดาห์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงลดลง 2.16 บาท/สัปดาห์ หรือ 8.64 บาท/เดือน รถชนิดรถ 6 ล้อ อัดท้าย มีระยะทางเดินรถที่เพิ่มขึ้น 6.7 กิโลเมตร/สัปดาห์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 29 บาท/สัปดาห์ หรือ 166 บาท/เดือน รถชนิดรถ 6 ล้อ อัดเล็ก มีระยะทางเดินรถที่เพิ่มขึ้น 1.8 กิโลเมตร/สัปดาห์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 7.8 บาท/สัปดาห์ หรือ 31.2 บาท/เดือน และรถชนิดรถ 6 ล้อ อัดใหญ่ มีระยะทางเดินรถเพิ่มขึ้น 0.1 กิโลเมตร/สัปดาห์ ค่าน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น 0.43 บาท/สัปดาห์ หรือ 1.72 บาท/เดือน โดยสาเหตุที่ทำให้ระยะเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากข้อจำกัดของถนน เช่น ความกว้างของถนน ทำให้รถเข้าเก็บขยะได้ช้าลง และบางเส้นก็เป็นซอยตันไม่เชื่อมกับเส้นทางอื่น ๆ

สรุปและวิจารณ์ผล

การวิเคราะห์เส้นทางการขนส่งขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเขาสามยอดด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ โดยใช้ทฤษฎี Best Routes Analysis วิเคราะห์โครงข่ายในโปรแกรม ArcGIS 10.2 หาเส้นทางที่สั้นที่สุดเพื่อลดระยะเวลา และค่าใช้จ่ายในการขนส่งขยะมูลฝอย ผลการวิเคราะห์พบว่า เส้นทางที่ใช้ในการขนส่งขยะมูลฝอยมีระยะทางลดลง 17.3 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังพบเส้นทางใหม่ที่มีระยะทางเพิ่มขึ้น 8.6 กิโลเมตร รวมระยะทางที่ลดลงทั้งสิ้น 8.7 กิโลเมตร และลดค่าน้ำมันเชื้อเพลิงได้ 131.84 บาท/เดือน

การเก็บขนขยะมูลฝอยของเทศบาลเมืองเขาสามยอดนั้น เป็นการเก็บขนขยะในระบบถังคงที่ (Stationary Container System) ใช้รถประเภทรถอัดท้าย และรถเปิดข้าง มีพนักงาน 2 คน ไม่รวมคนขับรถ โดยการเก็บขยะจะเก็บขยะจากภาชนะที่ตั้งไว้ริมถนนหน้าบ้านเรือน ใน 1 สัปดาห์ จะมาเก็บขยะเพียง 2 วัน ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยที่มากเกินความสามารถในการรองรับของภาชนะ ทำให้ต้องเสียเวลานำขยะไปทิ้งในที่ฝังกลบขยะรวม และกลับมาเก็บใหม่อีกรอบ นอกจากนี้ยังมีข้อจำกัดจำนวนช่องทางการจราจรของถนน เนื่องจากเส้นทางเดินรถแบบรถเข้าถึงได้ยาก เนื่องจากปัญหาช่องทางเดินรถแคบ ช่องทางเดินรถภายในชุมชนเป็นช่องจราจรที่มีขนาดความกว้างของถนนที่สามารถวิ่งได้สองช่องทางเดินรถ โดยสภาพความเป็นจริงช่องทางหนึ่งจะไว้ใช้สำหรับจอด ดังนั้นจึงเหลือช่องทางเดินรถเพียงช่องเดียว ซึ่งยากต่อการเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอย ทำให้ต้องใช้เวลาในการเดินทางค่อนข้างมากเช่นกัน

ส่วนผลการศึกษาที่พบว่า เส้นทางเดินรถที่เหมาะสมมีระยะทางลดลงสอดคล้องกับงานวิจัยของ Limkamonthip (2011) ที่ได้ศึกษาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสม สำหรับการจัดเก็บขยะมูลฝอยในพื้นที่แขวงคลองจั่น เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร โดยทำการสำรวจและติดตามการดำเนินงานของเจ้าหน้าที่ เพื่อศึกษาแผนการดำเนินงานบริหารจัดการมูลฝอย รวมถึงเส้นทาง

การเก็บรวบรวมมูลฝอยซึ่งได้จัดทำข้อมูลปริมาณมูลฝอยและเส้นทางเดินรถที่อยู่ในความรับผิดชอบของยานพาหนะให้มีความสัมพันธ์กัน จึงนำไปสู่การวิเคราะห์หาเส้นทางเดินรถที่เหมาะสม สำหรับการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย จากเส้นทางเดินรถแบบเดิม ทำให้ได้เส้นทางเดินรถแบบใหม่ ที่มีระยะทางที่เหมาะสม นอกจากนี้ยังพบว่า การวิเคราะห์โครงข่ายแบบ Dijsktra นั้นเป็นรูปแบบการหาเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยแต่ละเส้นทางที่ได้มาจากการกำหนดจุด (Node) นั้นจะมีค่าน้ำหนักที่แตกต่างกัน ซึ่งในงานวิจัยนี้ก็มีตัวแปรที่สำคัญ นั่นคือ ปริมาณของขยะ และประเภทของถนน ซึ่งทำให้มีผลต่อระยะทางที่ได้จากการวิเคราะห์ ผู้วิจัยขอเสนอแนะให้ทางเทศบาลอาจกำหนดให้มีภาชนะรองรับขยะมูลฝอยในระบบถังเคลื่อนที่ (Hauled Container) ในบางเส้นทางที่เข้าถึงได้ยาก และช่วยการเก็บขนขยะมีความรวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถช่วยลดปริมาณขยะตกข้างได้อีกด้วยหากใช้รถเก็บขนขยะที่มีขนาดปริมาตรในการขนถ่ายที่ใหญ่ขึ้นมาเก็บแทนรถขนาดเล็ก

เอกสารอ้างอิง

Jansod, P., Siriwut, A. & Suwanwerakamtorn, R. (2015). **Application of Geographic Information Systems for Garbage Collection Routing: A Case Study in Khon Kaen University**.

Retrieved February 22,2018, http://www.arts.chula.ac.th/~geography/TSG2015/docs/FullPaper/FullPaper/38.%20%

Limkamonthip, N. (2011). **Optimal Routing for Solid Waste Collection by Using Geographic Information System (GIS) in Klongchan Sub-District, Bangkapi District, Bangkok Metropolis**. Retrieved February 22,2017, from http://library1.nida.ac.th/termpaper6/sd/2554/19723.pdf. (in Thai)

Offices for Natural Resources and Environment. (2014). **Solid Waste Management Plan, Lop Buri Province 2015 - 2019**. Retrieved September 4,2017, from http://www.lopburi-mure.org/ส่วนอำนวยการ/เอกสารเผยแพร่. (in Thai)

Petkheow, N. Director of Public Health and Environment Division. Interviewed on September 10, 2017. (in Thai)

Pollution Control Department. (2014). **Community solid waste management**. Retrieved September 5,2017, from http://www.pcd.go.th/info_serv/waste_garbage.html. (in Thai)

.....