การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางการจัดเก็บขยะมูลฝอย: กรณีศึกษา บริเวณมหาวิทยาลัยขอนแก่น

Application of Geographic Information Systems for Garbage Collection Routing: A Case Study in Khon Kaen University.

นางสาว ปิยพร จันสด[1] นางสาว อารีรัตน์ ศิริวุฒิ[1] และ รัศมี สุวรรณวีระกำธร[1,2]
Piyaporn Jansod, Areerut Siriwut, and Rasamee Suwanwerakamtorn*

บทคัดย่อ (ภาษาไทย)

มหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นอีกหนึ่งสถานที่ที่เพิ่มปริมาณขยะให้จังหวัดขอนแก่นเป็นจำนวนมาก เนื่องจากเป็นที่สถานที่ศึกษา โรงพยาบาล และที่อยู่อาศัยของนักศึกษา อาจารย์และบุคลากรจำนวนมาก ทำให้วันหนึ่งมีปริมาณขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยขอนแก่นเฉลี่ยวันละ 8.3 ตัน/วัน ปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขนได้เฉลี่ย 6.5 ตัน/วัน และยังมีขยะมูลฝอยที่ตกค้างเฉลี่ยวันละ1.8 ตัน/วัน ผู้วิจัยจึงได้คำนึงถึงปัญหาขยะหล่นถังและการวิ่งย้อนทับเส้นทางของรถขยะแต่ละประเภท ดังนั้นจึงได้นำเอาระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์โดยการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) มาแก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุด โดยคำนึงถึงทิศทาง ระยะทางและเวลาในการเก็บขยะได้ เพื่อจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอยให้เหมาะสมที่สุด โดยแบ่งรถขยะ ออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่รถยนต์บรรทุกขยะแบบถังเหล็กคอนเทนเนอร์ และรถยนต์บรรทุกขยะแบบมาตรฐาน ผลการศึกษาที่ได้พบว่ารถยนต์บรรทุกขยะแบบถังเหล็กคอนเทนเนอร์ จะลดระยะทางได้ 14 % ส่วนรถยนต์บรรทุกขยะแบบมาตรฐาน จะลดระยะทางได้ 6.32 %

คำสำคัญ: การวิเคราะห์โครงข่าย เส้นทางขนส่งขยะ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[1] ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ [2] ศูนย์ภูมิสารสนเทศเพื่อการพัฒนาภาคตะวันออกเฉียงเหนือ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

[1] Department of Computer Science, [2] Geo-Informatics Centre for Development of Northeast Thailand, faculty of Science, Khon Kaen University

*Corresponding author : rasamee@kku.ac.th

(ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น จังหวัดขอนแก่น 40002 อีเมล rasamee@kku.ac.th โทร 043-342910)

1. บทนำ

มหาวิทยาลัยขอนแก่นเป็นอีกหนึ่งสถานที่ที่เพิ่มปริมาณขยะให้จังหวัดขอนแก่นเป็นจำนวนมากเนื่องจากเป็นที่สถานที่ศึกษา โรงพยาบาล และที่อยู่อาศัยของนักศึกษา อาจารย์และบุคลากรจำนวนมาก ทำให้แต่ละวันมีปริมาณขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยขอนแก่นเฉลี่ยวันละ 8.3 ตัน/วัน ปริมาณขยะมูลฝอยที่เก็บขนได้เฉลี่ย 6.5 ตัน/วัน จึงยังมีขยะมูลฝอยที่ตกค้างเฉลี่ยวันละ 1.8 ตัน/วัน ผู้วิจัยจึงได้คำนึงถึงปัญหาขยะหล่นถังและการวิ่งย้อนทับเส้นทางของรถขนขยะแต่ละประเภท ดังนั้นจึงได้นำเอาระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์โดยการวิเคราะห์โครงข่าย (Network Analysis) มาแก้ไขปัญหา ซึ่งเป็นวิธีที่สามารถวิเคราะห์เส้นทางที่ดีที่สุดโดยคำนึงถึงทิศทาง ระยะทางและเวลาในการเก็บขยะได้ เพื่อจัดเส้นทางรถเก็บขยะมูลฝอยให้เหมาะสมที่สุดโดยรถขยะ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่รถยนต์บรรทุกขยะแบบถังเหล็กคอนเทนเนอร์ และรถยนต์บรรทุกขยะแบบมาตรฐาน ผลการศึกษาพบว่าเส้นทางใหม่ที่ได้ทำให้รถยนต์บรรทุกขยะแบบถังเหล็กคอนเทนเนอร์ สามารถลดระยะทางได้ร้อยละ 7.7 และลดระยะเวลาได้ร้อยละ 16.58 ส่วนรถยนต์บรรทุกขยะแบบมาตรฐาน รอบแรก ลดระยะทางได้ร้อยละ 2.86 และลดระยะเวลาได้ร้อยละ 6.58 รอบที่สอง ลดระยะทางได้ร้อยละ 3.08 และลดระยะเวลาได้ร้อยละ 9.06

2. วัตถุประสงค์ในการศึกษา

เพื่อจัดเส้นทางในเก็บขยะมูลฝอยให้เหมาะสมที่สุดโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

3. เทคนิควิธีการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มีขั้นตอนการวิจัยดังภาพที่ 1 โดยมีรายละเอียดต่อไปนี้

3.1.1 ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยที่ศึกษาจากการค้นคว้าหนังสือหรือวรรณกรรมต่างๆที่เคยศึกษามาก่อนแล้ว เพื่อเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน

3.1.2 การรวบรวมข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาเส้นทางการเก็บขยะของรถเก็บขยะด้วยฟังก์ชั่น Network Analysis แบ่งออกได้ดังต่อไปนี้

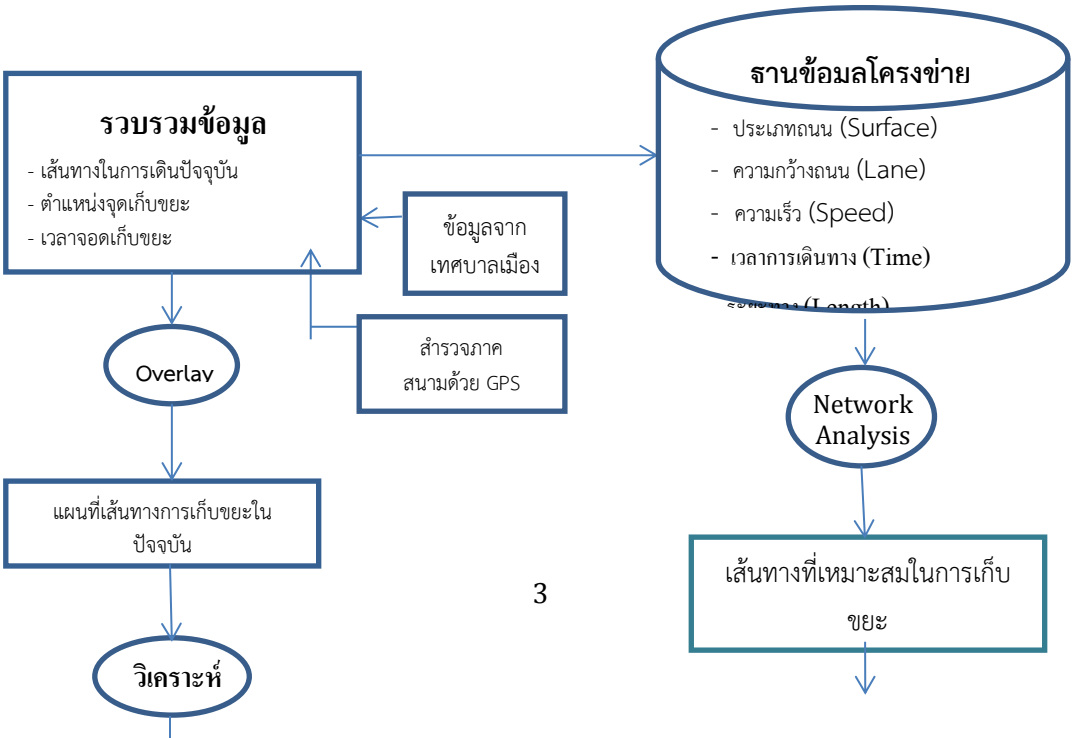
3.1.1.1 ชั้นข้อมูลเส้นโครงข่าย

ในการเตรียมชั้นข้อมูลโครงข่าย ได้จัดเตรียมข้อมูลจากเทศบาลเมืองนครขอนแก่น จากนั้นทำการปรับแก้ไขข้อมูลเส้นโครงข่ายถนนเพื่อให้มีความทันสมัย สามารถนำไปวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชั่น Network Analysis ได้ โดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมและการสำรวจภาคสนามเป็นข้อมูลอ้างอิง

3.1.1.2 ชั้นข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามจะประกอบไปด้วย ข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ตำแหน่งจุดเก็บขยะ

จากจำนวนรถเก็บขยะ 2 คัน มีตำแหน่งจุดเก็บขยะทั้งหมด 60 จุด โดยตำแหน่งทั้งหมดได้จากการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมระบบ GPS ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะมีเวลาจอดเก็บขยะที่แตกต่างกัน



ภาพที่ 1 แผนผังแสดงขั้นตอนการวิจัย

3.1.1.2 ชั้นข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามจะประกอบไปด้วย ข้อมูลดังต่อไปนี้

1) ตำแหน่งจุดเก็บขยะ

ตำแหน่งจุดเก็บขยะในมหาวิทยาลัยขอนแก่นมีทั้งหมด 60 จุด โดยตำแหน่งทั้งหมดได้จากการสำรวจภาคสนามด้วยเครื่องรับสัญญาณจากดาวเทียมระบบ GPS ซึ่งแต่ละตำแหน่งจะอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากบางตำแหน่งมีเงื่อนไขด้านเวลาในการเก็บขยะ ข้อมูลตำแหน่งให้บริการจาก GPS จะทำให้ทราบตำแหน่งและชื่อของตำแหน่งให้บริการ ข้อมูลที่ได้จาก GPS จำเป็นต้องเปลี่ยนข้อมูลเพื่อประกอบในแผนที่ GIS โดยการเปลี่ยนข้อมูลโดยใช้โปรแกรม DNR GARMIN นำข้อมูล GPS แล้วจึงจะสามารถนำลงในข้อมูลแผนที่ GIS ผลการเตรียมข้อมูลมีรายละเอียดที่จัดเก็บให้กับตำแหน่งจุดเก็บขยะแต่ละคัน

2) เวลาจอด

ข้อมูลเวลาจอดในการจัดเก็บขยะได้มาจากการสัมภาษณ์พนักงานที่เกี่ยวข้องของเทศบาลเมืองนครขอนแก่นและการออกสำรวจพื้นที่จริง ตั้งแต่ตำแหน่งเริ่มต้นไปจนถึงตำแหน่งปลายทาง เพื่อนำไปวิเคราะห์เวลาในการเก็บขยะ ข้อมูลเวลาจอดจะเพิ่มเข้าไปในตำแหน่งจุดเก็บขยะ เพื่อให้การวิเคราะห์มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับเส้นทางที่ใช้ในการ เก็บขยะในปัจจุบัน

4.1.3 เงื่อนไขที่ใช้ในการวิเคราะห์

เพื่อให้การวิเคราะห์ด้วยฟังก์ชั่น Network analyst มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น จะทำการสร้าง attribute ดังนี้

[Minutes] เพื่อเก็บค่าเวลาในการเดินรถ และใช้ในการหาเวลาที่สั้นที่สุด

[Length] เพื่อเก็บค่าระยะทางถนน และใช้ในการหาระยะทางที่สั้นที่สุด

[One-way] เพื่อกำหนดลักษณะทิศทางของการเดินทางบนเส้นถนน

[Type] เพื่อเก็บค่าการแบ่งประเภทถนนตามลักษณะความเร็ว

การวิเคราะห์โครงข่ายด้วยฟังก์ชั่น Network Analyst ได้เลือกวิธีวิเคราะห์หาเส้นทางที่ดีที่สุด (Best Route) โดยพิจารณาถึงช่วงเวลาและระยะทางที่ต้องไปถึงจุดหมายได้ ซึ่งมีเงื่อนไขการเดินทางดังต่อไปนี้

1) เดินรถทางเดียว (One-way)

เดินรถทางเดียว (One-way) ใช้วิธีกำหนดให้เส้นทางเหล่านี้เป็น From to (FT) และ To From (TF) เป็นการกำหนดจุดเริ่มต้นและสิ้นสุดให้กลับเส้นทางถนน

2) ประเภทของถนน

การจำแนกประเภทของถนนของโครงข่ายถนนในเขตเมือง ตามความสำคัญของหน้าที่ของถนนในการให้บริการต่อการไหลของกระแสจราจร (Traffic Mobility) และการเข้าถึงพื้นที่ (Land Use Access) เป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับมากที่สุด โครงข่ายถนนในจังหวัดขอนแก่น ได้ถูกจำแนกเป็นประเภทต่างๆ โดยพิจารณาถึงหน้าที่ของถนนแต่ละเส้นโครงข่ายถนนเป็นสำคัญ รวมทั้งพิจารณาถึงความสัมพันธ์ระหว่างการจราจรสภาพแวดล้อมและการใช้ที่ดิน 2 ข้างทาง นอกจากนี้ผลกระทบสิ่งแวดล้อมจากการจราจร ปริมาณการจราจร และสภาพการใช้ที่ดินถูกนำมาพิจารณาร่วมด้วย ซึ่งถนนสายต่างๆในเขตผังเมืองรวมของขอนแก่นสามรถจำแนกประเภทของถนนได้ 7 ประเภท รายละเอียดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของคุณลักษณะที่กำหนดให้กับข้อมูลโครงข่าย

ลำดับ	คุณลักษณะ	การกำหนดค่าคุณลักษณะ	รายละเอียด
1	ชื่อถนน (Name)	ชื่อของถนน	จัดเก็บชื่อของถนนแต่ละเส้น

2	ประเภทถนน(Type)	แบ่งเป็น 7 ประเภท 1.ถนนสายประธาน ความเร็ว 90 km/hr. 2.ถนนสายหลัก ความเร็ว 50 km/hr. 3.ถนนสายรอง ความเร็ว 40 km/hr. 4.ถนนระหว่างหมู่บ้าน ความเร็ว 40 km/hr. 5.ซอย ความเร็ว 30 km/hr. 6.ถนนหมู่บ้านจัดสรร ความเร็ว 25 km/hr. 7.ตรอก 25 ความเร็ว km/hr.	จัดเก็บประเภทของถนนแต่ละเส้นและความเร็วเฉลี่ยในแต่ละประเภท

ตารางที่ 1 แสดงรายละเอียดของคุณลักษณะที่กำหนดให้กับข้อมูลโครงข่าย(ต่อ)

ลำดับ	คุณลักษณะ	การกำหนดค่าคุณลักษณะ	รายละเอียด
3	ระยะทาง (Length)	ความยาวของถนนแต่ละเส้น	จัดเก็บความยาวเส้นถนน (เมตร)
4	ความกว้างถนน(Width)	ความกว้างของถนนแต่ละเส้น	จัดเก็บความกว้างของถนน (เมตร)
5	One-way	FT = From to TF = To from	จัดเก็บจุดจำนวนการเดินรถทางเดียว
6	Lane	1 lane 2 lanes 3 lanes 4 lanes	จัดเก็บช่องทางจราจร
7	ระยะเวลา (Minutes)		จัดเก็บเวลาเดินรถ(นาที)

3) ความเร็ว (Speed)

ความเร็วจำเป็นต่อการวิเคราะห์โครงข่ายถนน เส้นทางแต่ละประเภทจะมีความเร็วแตกต่างกันดังตารางที่ 9 ซึ่งอ้างอิงจากการศึกษาจัดทำแผนแม่บทด้านการจราจรและขนส่งเมืองภูมิภาคจังหวัดขอนแก่น ปี พ.ศ. 2551(รัฐมนตรี หนูทัศน์, 2551)

4) เวลา

เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงข่ายถนน จะอยู่ในข้อมูลคุณลักษณะในเส้นโครงข่ายถนน เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมในการเก็บขยะ เวลาคำนวณจากสูตร

$$T = \frac{S}{V}$$

T = เวลาที่ใช้ในการเดินทาง (Minutes)
S = ระยะทางทั้งหมด (Length)
V = ความเร็ว (Speed)

5) ระยะทาง (Length)

ระยะทางเป็นข้อมูลคุณลักษณะในเส้นโครงข่ายถนนหาได้จากการคำนวณจากสูตร

$$S = V \times T$$

6) ปริมาณถังขยะ

ปริมาณขยะหาได้จากการคำนวณหารปริมาณของถังขยะซึ่งมีความสูง 93 ซม. และมีความกว้าง 60 ซม.

$$V = \pi r^2 H$$

V = ปริมาณของขยะ
H= ความสูงของถังขยะ
r = รัศมีของวงกลม

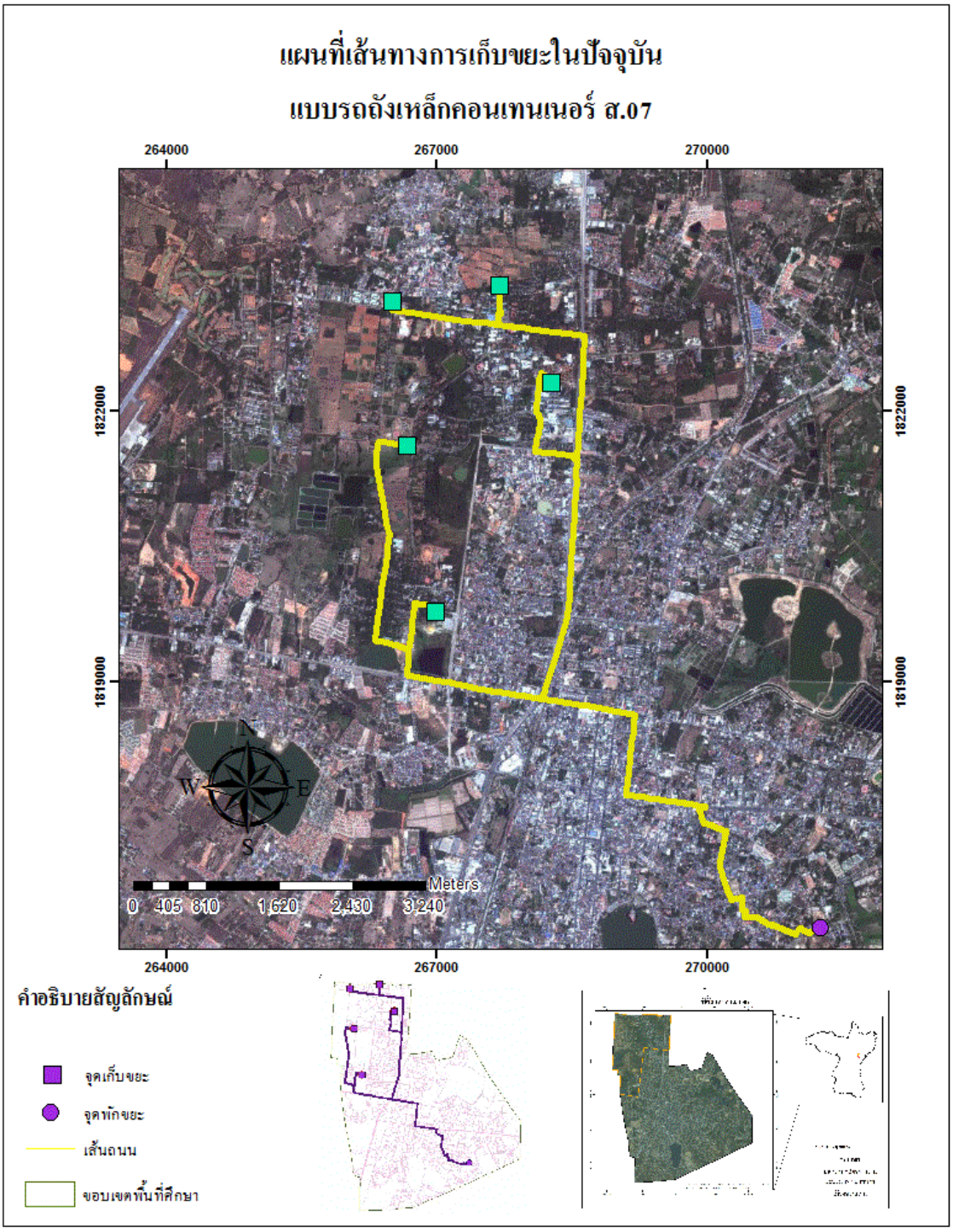
5. ผลการศึกษา

เมื่อทำการวิเคราะห์เส้นทางการเก็บขยะด้วยฟังก์ชั่นการวิเคราะห์โครงข่าย จะต้องนำมาทำการเปรียบเทียบกับเส้นทางเก็บขยะในปัจจุบัน เพื่อแสดงแสดงการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์กับเส้นทางปัจจุบัน ดังตารางที่ 2 และภาพที่ 2, 3, 4, 5, 6, 7

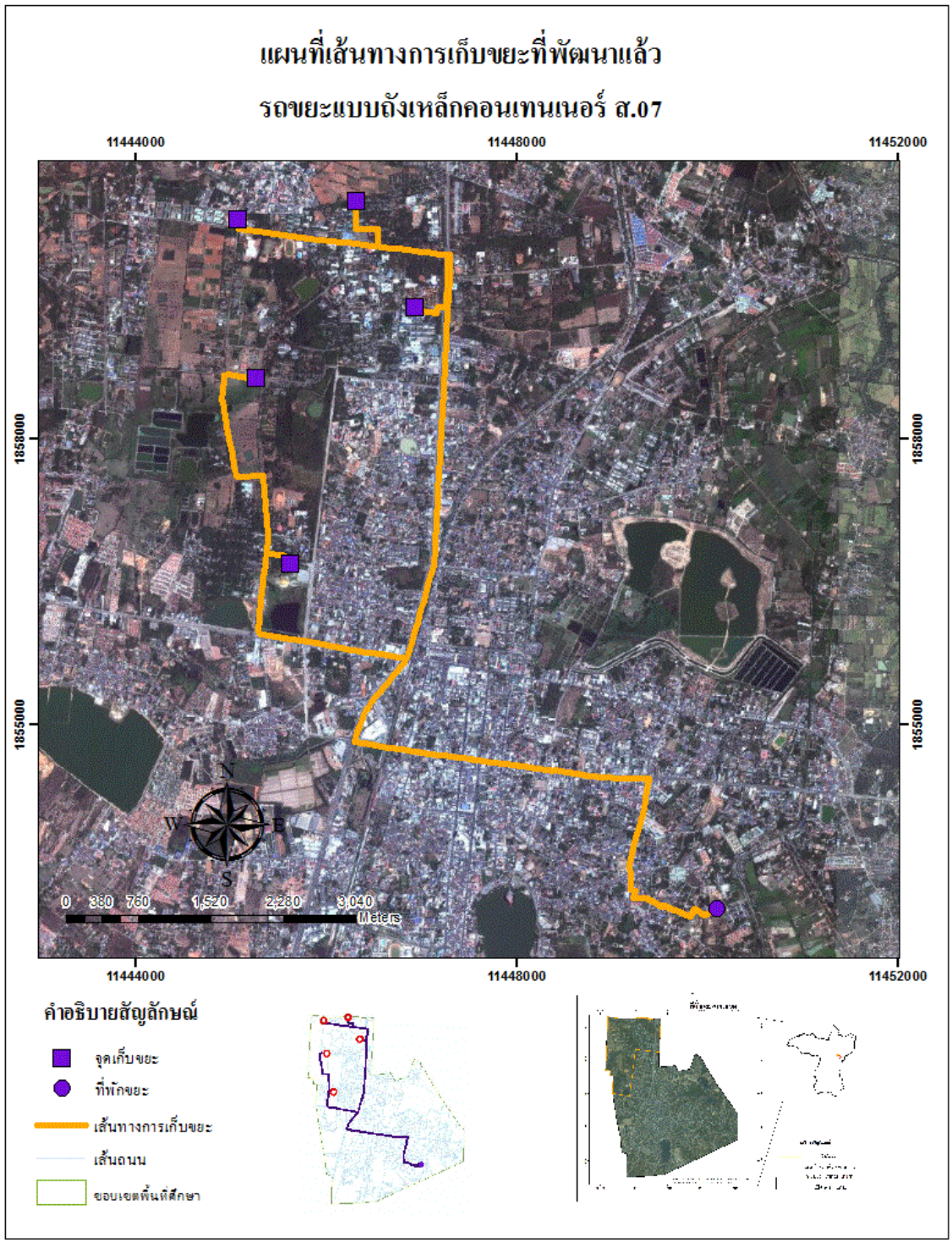
ตารางที่ 2 ตารางแสดงการเปรียบเทียบเส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์และเส้นทางปัจจุบัน

ลำดับรถ	เส้นทางการเก็บขยะ	Total time : (min)	ร้อยละของระยะเวลาที่ลดลง (%)	Total distance (m)	ร้อยละของระยะทางที่ลดลง (%)

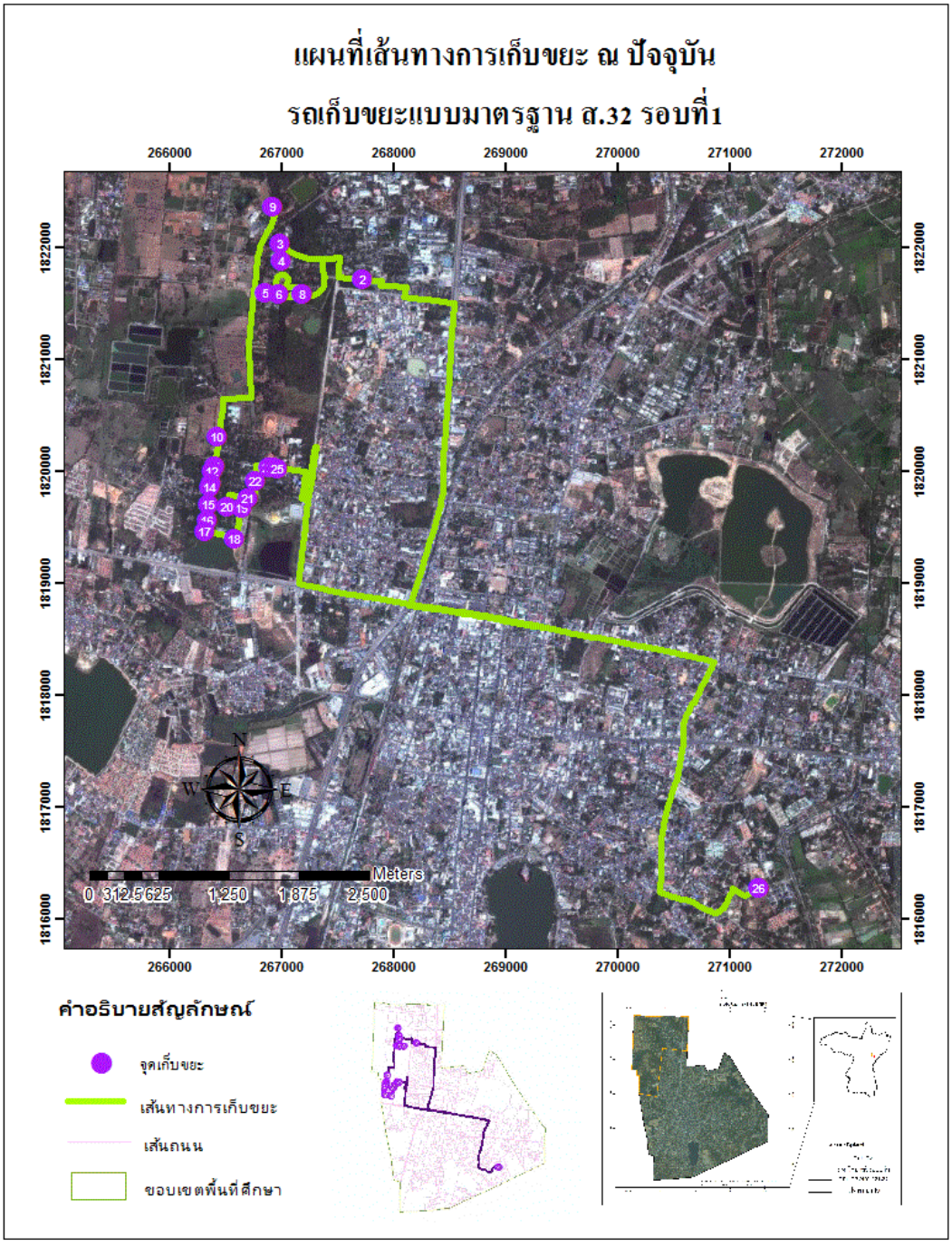
รถ ส.07	เส้นทางการเก็บขยะในปัจจุบัน	217	16.58%	28,212.7	2.86%
	เส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์	181		27,405.3	
รถ ส.32 รอบแรก	เส้นทางการเก็บขยะในปัจจุบัน	298	9.06%	33,038.3	3.08%
	เส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์	271		32,018.5	
รถ ส.32 รอบสอง	เส้นทางการเก็บขยะในปัจจุบัน	141	18.44%	55,178.6	7.70%
	เส้นทางที่ได้จากการวิเคราะห์	115		50,929.7	



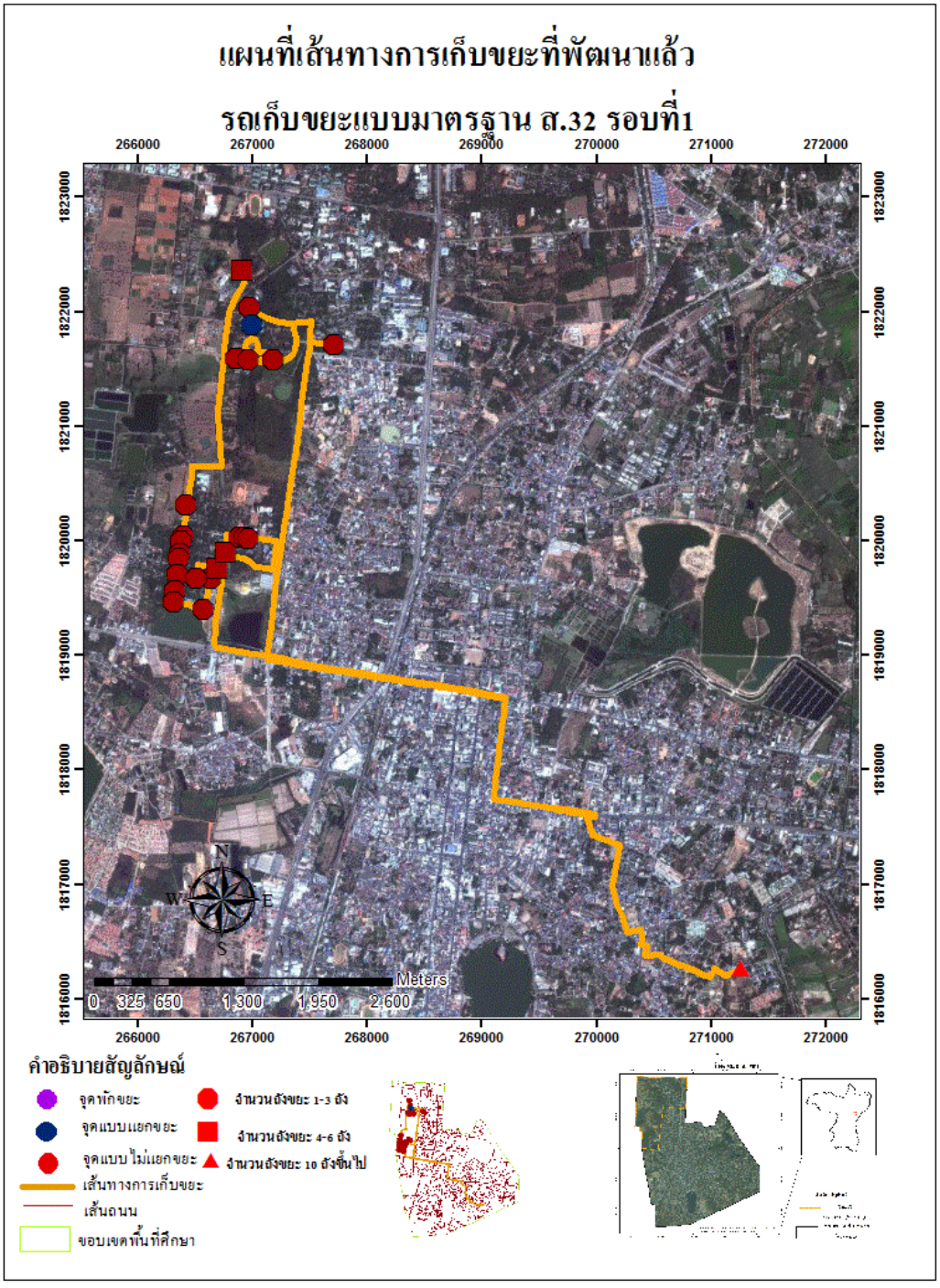
ภาพที่ 2 แผนที่เส้นทางการเก็บขยะในปัจจุบัน แบบรถถังคอนเทนเนอร์ (ส.07)



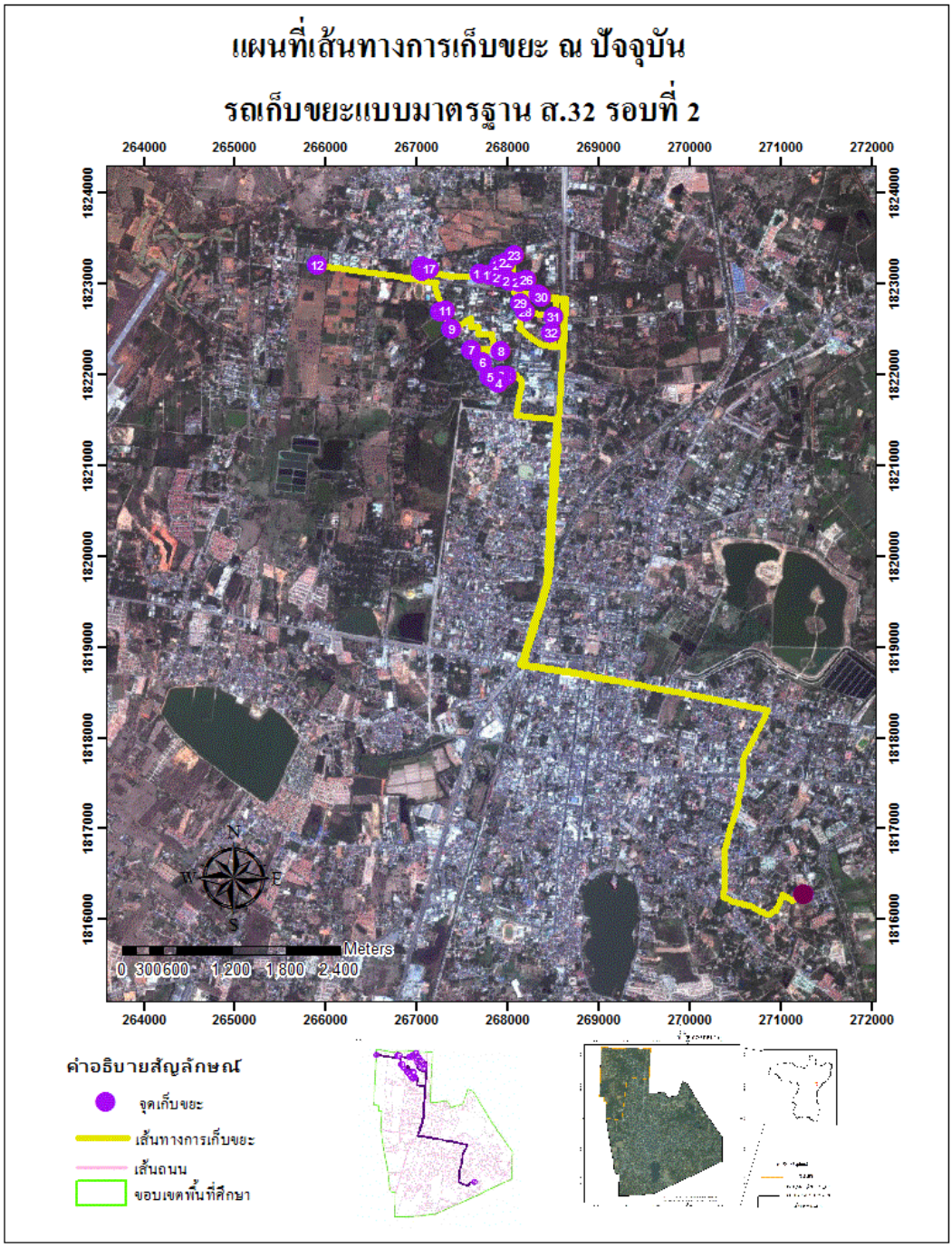
ภาพที่ 3 แผนที่เส้นทางการเก็บขยะที่พัฒนาแล้ว แบบรถถังคอนเทนเนอร์ (ส.07)



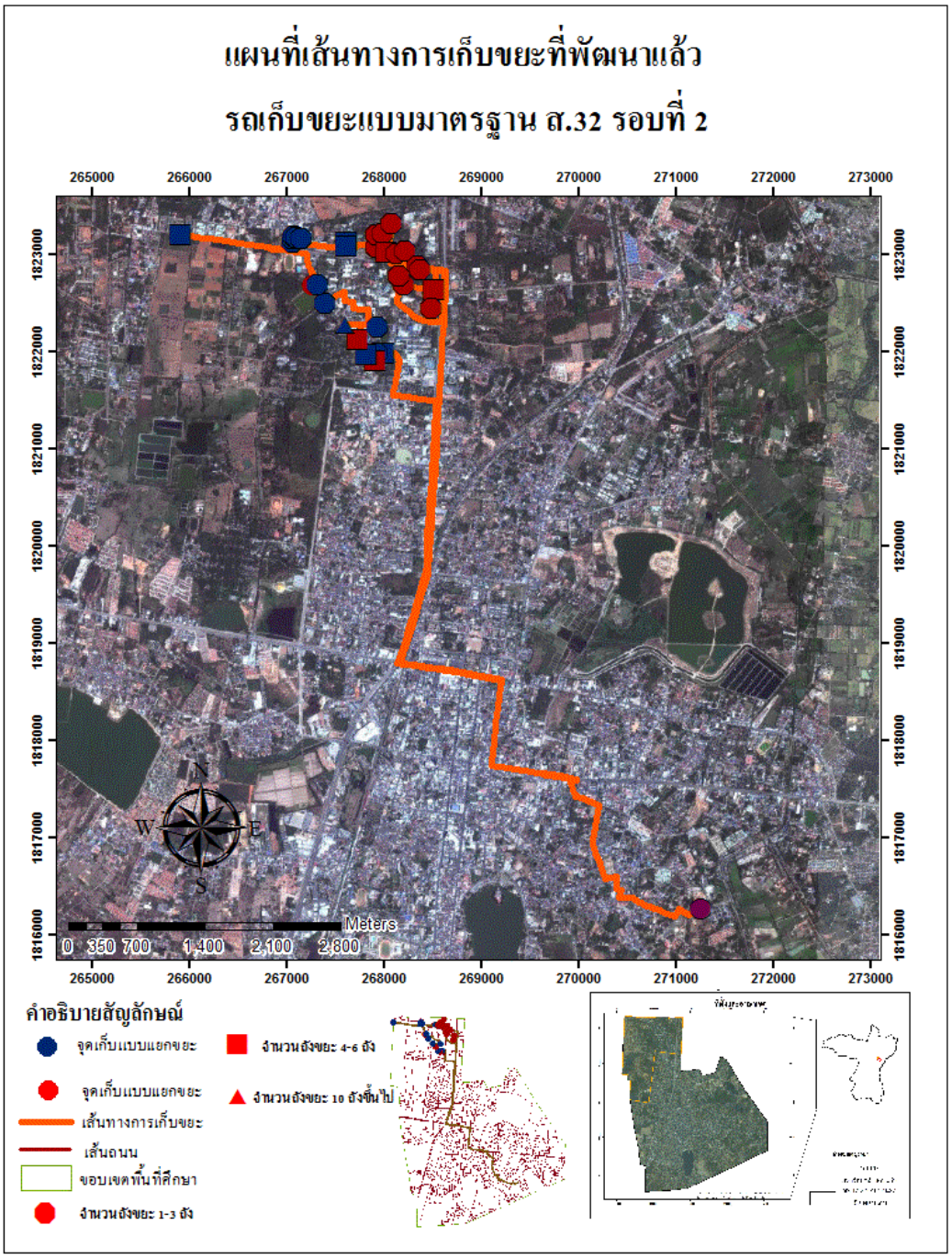
ภาพที่ 4 แผนที่เส้นทางการเก็บขยะ ณ ปัจจุบัน แบบรถมาตรฐาน (ส.32) รอบที่ 1



ภาพที่ 5 แผนที่เส้นทางการเก็บขยะ แบบรถมาตรฐานที่พัฒนาแล้ว (ส.32) รอบที่ 1



ภาพที่ 6 แผนที่เส้นทางการเก็บขยะ ณ ปัจจุบัน แบบรถมาตรฐาน (ส.32) รอบที่2



ภาพที่ 7 แผนที่แสดงเส้นทางการเก็บขยะที่พัฒนาแล้ว แบบรถมาตรฐาน (ส.32) รอบที่ 2

6. การอธิปรายผล

การวิเคราะห์หาเส้นทางที่เหมาะสมในการเก็บขยะในพื้นที่มหาวิทยาลัยขอนแก่นโดยกำหนดเงื่อนไขในการวิเคราะห์ให้เป็นไปตามกฎจราจรและถูกต้องตามกฎหมายพบว่าเส้นทางการเก็บขยะที่มีความเหมาะสมที่สุดด้านระยะทางจากการวิเคราะห์โครงข่ายเป็นเส้นทางที่มีระยะทางที่สั้นกว่าเมื่อเทียบกับเส้นทางการเก็บขยะในปัจจุบัน โดยรถเก็บขยะแบบมาตรฐาน (ส.32) รอบแรกมีระยะทางในปัจจุบันรวมทั้งหมด 28,212.7 เมตร ใช้เวลารวมทั้งหมด 217 นาที เมื่อเปรียบเทียบโดยฟังก์ชั่นการวิเคราะห์โครงข่าย ระยะทางที่ลดลง เท่ากับ 807.4 เมตร คิดเป็นร้อยละ 2.86 และมีเวลาที่ลดลง 36 นาที คิดเป็นร้อยละ 16.58 รอบที่สอง มีระยะทางในปัจจุบันรวมทั้งหมด 33,038.3 เมตร ใช้เวลารวมทั้งหมด 298 นาที เมื่อเปรียบเทียบโดยฟังก์ชั่นการวิเคราะห์โครงข่าย ระยะทางที่ลดลง เท่ากับ 10,019.8 เมตร คิดเป็นร้อยละ 3.08 และมีเวลาที่ลดลง 27 นาที คิดเป็นร้อยละ 9.06 และรถเก็บขยะแบบถังเหล็กคอนเทนเนอร์ (ส.07) มีระยะทางในปัจจุบันรวมทั้งหมด 55,178.6 เมตร ใช้เวลารวมทั้งหมด 141 นาที เมื่อเปรียบเทียบโดยฟังก์ชั่นการวิเคราะห์โครงข่าย ระยะทางที่ลดลง เท่ากับ 4248.9 เมตร คิดเป็นร้อยละ 7.7 และมีเวลาที่ลดลง 97 นาที คิดเป็นร้อยละ 18.44 และควรเพิ่มถังขยะตามจุดต่างๆที่ยังไม่มีถังขยะเพียงพอต่อปริมาณขยะ มีจำนวนทั้งหมด 38 ถัง

7. การสรุปผลการวิจัย

7.1 สรุปผลการวิจัย

จากการสำรวจปริมาณขยะในมหาวิทยาลัยขอนแก่นพบว่ามีจำนวนขยะที่ล้นถังจำนวน 76 ลูกบาศก์เมตร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการเพิ่มถังขยะทั้งหมด 38 ถัง ตามจุดต่างๆที่มีขยะล้นออกมาจากถัง

จากนั้นเมื่อเปรียบเทียบเส้นทางการเก็บขยะในปัจจุบันและเส้นทางที่วิเคราะห์ด้วย Network Analysis ภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นตามตำแหน่งที่ตั้งถังขยะ จะเห็นได้ว่าระยะเวลาในการเก็บขยะจะลดลงมากกว่าเส้นทางในการเก็บขยะ เนื่องจากข้อจำกัดด้านความเร็วในการขับรถแต่ละเส้นทางที่แตกต่างกัน ทางเลี้ยวรถ และเวลาที่ใช้ในการหยุดเก็บขยะหลังการแยกประเภทขยะแล้ว

7.2 ข้อเสนอแนะ

การใช้รถขยะของเทศบาลเมืองนครขอนแก่นควรจะใช้รถขยะแบบมาตรฐานโฮโดรลิค เพราะจะช่วยให้ลดเวลาและประหยัดเชื้อเพลิงได้มากขึ้น เนื่องจากรถขยะแบบมาตรฐานโฮโดรลิคสามารถเก็บขยะจากจุกตั้งขยะและนำไปทิ้งที่ฝังกลบขยะได้โดยตรง โดยไม่ต้องไปเทขยะรวมที่จุดพักขยะบ้านโนนทัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สาเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาคาแนะนา การชี้แนะ ความช่วยเหลือ การแก้ไขปัญหา จากอาจารย์รัศมี สุวรรณวีระกาธร อาจารย์ประจาสาขาภูมิสารสนเทศศาสตร์ ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ซึ่งเป็นที่ปรึกษางานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ประจาภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และอุปกรณ์ สาหรับการทางานวิจัยครั้งนี้
ขอขอบพระคุณเพื่อนๆทุกคนที่ให้คาแนะนา ให้คาปรึกษา ให้ความช่วยเหลือในการทาวิจัย และคอยให้กาลังใจเสมอมาโดยตลอด
ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ผู้เป็นที่รักแล้เคารพ ผู้ให้กาลังใจและโอกาสทางการศึกษาอันมีค่ายิ่งแก่คณะผู้วิจัย
สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวนามในที่นี้มีส่วนช่วยผลักดันให้งานวิจัยฉบับนี้สาเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี คุณความดีและประโยชน์อันใด ที่เกิดจากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้เขียนขอมอบแด่ บิดา มารดา ครูอาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

เอกสารอ้างอิง

ดุสิต อารีรอบ, พิชิต น้อยหลุบเลา, และ ภูเบศ อุดมศรี. (2554). การหาเส้นทางสัญจรที่เร็วที่สุดภายในเขตเทศบาลนครขอนแก่นโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**.** ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

รัฐมนตรี หนูทัศน์, วิสูตร เอ่นนู, และ นันทพล จันทรเดช. (2552). การหาเส้นทางที่สั้นที่สุดสำหรับการเดินทางภายในมหาวิทยาลัยขอนแก่นด้วยArcGIS**.** ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วนิดา ร่มรื่น. (2547).การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอยในเขต เทศบาลตำบลแหลมฉบังจังหวัดชลบุรี. ภาควิชา ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย.

สุรีย์พร นิพิฐวิทยา, กวี วรกวิน, นิพนธ์ ตั้งธรรม, กาญจน์เขจร ชูชีพ, และ ชัชชัย ตันตสิรินทร์. (2546). การประยุกต์ระบบภูมิสารสนเทศเพื่อใช้ในการเก็บขนมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี**.** ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ภาควิชาอนุรักษ์ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สินีนาฏ นอกกระโทก. (2553). การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ในการประมาณปริมาณขยะชุมชนตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครราชสีมา**.** ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.

Apaydin, O., & Gonullu, T.M. (2008). Emission control with route optimization in solid waste collection process. Sadhana, 33(2), 71-82.

Eugenio, d., Simonetto, O., & Borenstein, D. (2007). A Decision Support System for the Planning of Solid Waste Collection. Decision Support for Global Enterprises, 2, 207-217.

Ghose, M.K., Dikshit, A.K., & Sharma, S.K. (2006). A GIS based transportation model for solid

Waste disposal A case study on A sansol municipality. Waste Management, 26(11), 1287–1293.

Malakahmad, A., Bakri, P.M., Mokhtar, R.M., & Khalil, N. (2013). Solid waste collection routes optimization via GIS techniques in Ipoh city, Malaysia. ScienceDirect, 36(11), 73-86.

Nikolaos, V., dimas, K., Katerina, P., & Loumos, V.G. (2007). Genetic Algorithmsfor Municipal Solid Waste Collection and Routing Optimization. Artificial Intelligence and Innovations, 247, 223-231.