

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณ
ปริมาณขยะชุมชนตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

นางสาวธินีนาฏ นอกระโทก

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ปีการศึกษา 2553

**APPLICATION OF GIS TO ESTIMATE
THE MSW GENERATION BASED ON
LAND USE CHARACTERISTICS
IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY**

Sineenad Nokkratoke

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Degree of Master of Engineering in Environmental Engineering**

Suranaree University of Technology

Academic Year 2010

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณปริมาณขยะชุมชน
ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

(อ. ดร. วุฒิ คำนาคิตกุล)

ประธานกรรมการ

(อ. ดร. วัชรเพชร ยศพล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)

(ผศ. ดร. สุจิตต์ กรุจิต)

กรรมการ

(ผศ. ดร. เนตรนภิส ตันเต็มทรัพย์)

กรรมการ

(อ. ดร. วุฒิ คำนาคิตกุล)

รักษาการแทนรองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

(รศ. น.อ. ดร. วรพจน์ ขำพิศ)

คณบดีสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

สัณนิบาต นอกกระโทก : การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประเมิน
ปริมาณขยะตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

(APPLICATION OF GIS TO ESTIMATE THE MSW GENERATION BASED ON
LAND USE CHARACTERISTICS IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY)

อาจารย์ที่ปรึกษา : อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล, 149 หน้า.

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณจำนวนปริมาณ
ขยะชุมชนที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นระยะเวลาล่วงหน้า 30 ปี
ของกรณีศึกษาพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยขั้นตอนในการดำเนินงาน ได้แก่ จำแนก
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน กำหนดความหนาแน่นของประชากรและอัตราการเกิดขยะใน
ปัจจุบัน ทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอนาคต ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น
และศึกษาความเหมาะสมของโครงข่ายของรถเก็บขนขยะที่รองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน
และในอนาคตของเทศบาล ซึ่งจากการประเมินพบว่าในปี พ.ศ. 2550 มีเส้นทางเก็บขนขยะที่มีขนาด
ความจุของรถเก็บขนขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น 16 เส้นทางจากเส้นทางเก็บขนขยะ
ทั้งหมด 35 เส้นทาง ดังนั้นควรมีการเพิ่มขนาดหรือเพิ่มจำนวนเที่ยวในการขนถ่ายขยะ รวมทั้งใน
การพิจารณาความพอเพียงของปริมาณถังขยะภายในชุมชนย่อยในเขตเทศบาลนคร พบว่ามีจำนวน
ชุมชน 44 ชุมชน (จากชุมชนทั้งหมด 83 ชุมชน) ที่มีจำนวนถังขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่
เกิดขึ้น ในการประเมินชั้นข้อมูลที่ตั้งถังขยะและเส้นทางเก็บขนขยะ พบว่าในบางพื้นที่ไม่มีจุดที่ตั้ง
ของถังขยะและบางเส้นทางเก็บขนขยะมีการวิ่งรถซ้อนทับเส้นทางกัน ดังนั้นควรมีการเพิ่มจำนวน
ถังขยะในบริเวณที่ไม่มีที่ตั้งถังขยะ และจัดที่ตั้งถังขยะใหม่ในบริเวณที่จุดที่ตั้งถังขยะไม่เหมาะสม
และปรับปรุงเส้นทางเก็บขนขยะ โดยลดการซ้อนทับของเส้นทางเก็บขนขยะ และในการ
เปรียบเทียบจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณที่เกิดขึ้นจากการศึกษานี้กับจำนวน
ประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่า
จำนวนประชากรและปริมาณขยะจากการประมาณมีค่ามากกว่าจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนคร
ที่เกิดขึ้นจริง ในขณะที่อัตราการเกิดขยะจากการทำนายมีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิดขยะที่เกิดขึ้นจริง

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ปีการศึกษา 2553

ลายมือชื่อนักศึกษา _____

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา _____

SINEENAD NOKKRATOKE : APPLICATION OF GIS TO ESTIMATE
THE MSW GENERATION BASED ON LAND USE CHARACTERISTICS
IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY. THESIS ADVISOR :
CHATPET YOSSAPOL, Ph.D., 149 PP.

GIS / ESTIMATE / LAND USE CHARACTERISTICS /
MUNICIPAL SOLID WASTE GENERATION

This study applied GIS as a tool to estimate municipal solid waste (MSW) generation according to land use characteristics for Nakhon Ratchasima Municipality for the next 30 years. The steps taken into consideration includes land use classification, present and future population density calculation, and MSW generation rate and total MSW generation estimate. Capacity sufficiency of the trucking fleet for MSW collection system for the forthcoming years was determined. The results shows that in 2007 there would be up to 16 out of the 35 collection routes need to be resized or rerouted to the more effective ones. Waste bins in 44 out of 83 sub - communities were insufficient and need to be added and relocated. Furthermore, some of the present collection routes were overlap and could be optimized. The population and MSW generation estimated in this study were then compared with the actual amounts in some early years of the forecast. It is found that for the service area, population and MSW generation figured in this study were higher while the MSW generation rate was lower than those of the actual amounts.

School of Environmental Engineering

Academic Year 2010

Student's Signature _____

Advisor's Signature _____

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้ดำเนินการสำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบุคคล และกลุ่มบุคคลต่าง ๆ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา แนะนำ รวมทั้งได้ให้ความช่วยเหลืออย่างดียิ่ง ทั้งด้านวิชาการ และด้านการดำเนินงานวิจัย ซึ่งได้แก่

อาจารย์ ดร. ฉัตรเพชร ยศพล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้โอกาสทางการศึกษา ให้คำปรึกษา แนะนำแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่องานวิจัย รวมทั้งได้ช่วยตรวจทาน และแก้ไข รายงานวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนทำให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

อาจารย์ ดร. วุฒิ คำนกิตติกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา ภูมิเมกาญจนะ โรแบร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิต คุรุจิต ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เนตรนภิส ตันเต็มทรัพย์ กรรมการสอบ วิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และความรู้ทางด้านวิชาการอย่างดียิ่งมาโดยตลอด

ขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่ได้ให้ความช่วยเหลือสนับสนุนเงินทุนทางด้านการ ศึกษาแก่ผู้วิจัยอย่างดียิ่งมาโดยตลอดจนได้ทำงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี และขอขอบคุณ คุณอิชา รุมพล คุณเวทวงศ์ วรรณะปะโก คุณราชน ธีระพิทยาตระกูล และเจ้าหน้าที่ที่เทศบาลนคร นครราชสีมา ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลเกี่ยวกับข้อมูลของเทศบาลนครนครราชสีมา

ขอขอบคุณ คุณจริยาพร ศรีวิไลลักษณ์ คุณนารี กลิ่นกลาง ที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาการ จัดรูปเล่มวิทยานิพนธ์ และคอยให้คำแนะนำในด้านต่าง ๆ มาโดยตลอด

ขอขอบคุณอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาในด้านต่าง ๆ และประสิทธิ์ ประสาทวิชาความรู้ และขอขอบคุณ พี่ ๆ เพื่อน ๆ น้อง ๆ บัณฑิตศึกษาทุกท่าน ที่คอยให้กำลังใจใน การทำวิจัยมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณบิดา มารดา รวมทั้งญาติพี่น้องที่ให้ความรัก อบรมเลี้ยงดู และ คอยเป็นกำลังใจ ทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จในชีวิต

สินีนากู นอกกระโทก

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ).....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ

บทที่

1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3
2 บริบทหรณัวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 สถานการณ์ขยะ	4
2.2 สถานการณ์ขยะในเขตเทศบาลนครนครรราชสีมา	5
2.2.1 ที่ตั้งโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรของเทศบาลนครนครรราชสีมา.....	9
2.3 การประยุกต์ใช้ GIS ในการจัดการด้านสิ่งแวดล้อม	10
2.4 การประยุกต์ใช้ GIS ในการวางแผนเชิงพื้นที่และการจัดการขยะชุมชน.....	13
2.5 การใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดทำแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน การทำนายจำนวนประชากร และการทำนายอัตราการเกิดขยะชุมชน	17
2.6 สรุปผลการปริทัศน์วรรณกรรม	25
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	26
3.1 ลักษณะของงานวิจัย.....	26

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย.....	26
3.2.1 การสำรวจเอกสาร.....	26
3.2.2 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	28
3.2.2.1 การศึกษาการวางผังเมืองรวม	28
• การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	30
3.2.2.2 การรวบรวมข้อมูลประชากรและปริมาณขยะที่เก็บขนได้	32
• ข้อมูลพื้นฐาน	32
- ปริมาณขยะที่เก็บขนได้	32
- องค์ประกอบขยะ	32
• ข้อมูลจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะ ในอดีตจนถึงปัจจุบัน	34
- ทำนายจำนวนประชากรในอนาคต	38
- ทำนายอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ	40
3.2.2.3 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	43
• ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะ การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในปัจจุบันและอนาคต	44
• ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร	45
3.2.2.4 กำหนดระดับความหนาแน่นของประชากร ทั้งในปัจจุบันและอนาคต	46
• แสดงระดับความหนาแน่นของประชากรด้วย การวิเคราะห์เชิงพื้นที่	47
3.2.2.5 รวบรวมข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะ ข้อมูลชุมชน และข้อมูลที่ตั้งถังขยะ.....	47
• ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากพื้นที่บริการ ของเส้นทางเก็บขนขยะ	47
• ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้ง 83 ชุมชน	49

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล	50
• วิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อศึกษาความหนาแน่น ของประชากรและพิจารณาการขยายตัวของประชากร	50
• วิเคราะห์ความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ	51
• วิเคราะห์ความพอเพียงของปริมาณถังขยะ	53
• วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิงของรถเก็บขนขยะ	55
• เสนอแนะการจัดการขยะและการเก็บขนขยะที่เหมาะสม กับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในอนาคต	56
3.3 วัสดุอุปกรณ์ และข้อมูลประกอบการวิจัย	56
4 ผลการศึกษา.....	57
4.1 สถานการณ์ขยะและการจัดการขยะในเทศบาลนครนครราชสีมา	58
4.2 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น	58
4.2.1 การวางแผนผังเมืองรวมและการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	58
4.2.2 การทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะ ในปัจจุบันและอนาคต	67
4.2.2.1 การทำนายจำนวนประชากรในอนาคตแบบเรขาคณิต	69
4.2.2.2 การทำนายอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ	70
4.2.3 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	74
4.2.3.1 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน.....	74
4.2.3.2 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตารางกิโลเมตร	74
4.2.4 กำหนดระดับความหนาแน่นของประชากร และแสดงระดับ ความหนาแน่นของประชากรด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่.....	81
4.2.5 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการแต่ละเส้นทาง.....	85
4.2.6 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนทั้ง 83 ชุมชน	92
4.2.7 เปรียบเทียบข้อมูลจากการทำนายและข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาล.....	92

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	98
4.3.1 วิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	98
4.3.2 วิเคราะห์ความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ ในแต่ละเส้นทาง	98
4.3.3 วิเคราะห์ความพอเพียงของปริมาณถังขยะในปัจจุบันและในอนาคต.....	99
4.3.4 วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเชื้อเพลิง.....	101
5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ	104
5.1 สรุปผลการศึกษา	105
5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย.....	106
5.3 ข้อเสนอแนะ	107
5.3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สำหรับเทศบาลนครนครราชสีมา	107
5.3.2 การปรับปรุงและปรับแก้ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและข้อมูลจากการทำนาย.....	107
5.3.3 งานวิจัยในขั้นต่อไป.....	108
รายการอ้างอิง.....	109
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	116
ภาคผนวก ข. สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ.2551	119
ภาคผนวก ค. เปรียบเทียบความจุรถที่รองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน	126
ภาคผนวก ง. สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ	130
ภาคผนวก จ. บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา.....	139
ประวัติผู้เขียน.....	149

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมา 7
2.2	ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 - 2553 8
2.3	ที่ตั้งสถานที่ฝังกลบขยะเทศบาลนครนครราชสีมา 9
2.4	ขั้นตอนวิธีวิจัยเพื่อพยากรณ์ความต้องการน้ำ 20
3.1	ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย 27
3.2	หลักการวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา 30
3.3	ขั้นตอนการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 31
3.4	ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะ 33
3.5	แนวโน้มจำนวนประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ 36
3.6	เปรียบเทียบข้อมูลการทำนายจำนวนประชากร 40
3.7	แนวโน้มอัตราการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน 40
3.8	เปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะจากการทำนายและอัตราการเกิดขยะที่เกิดขึ้นจริง 42
3.9	ขั้นตอนการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 43
3.10	ขั้นตอนของการกำหนดระดับความหนาแน่นของประชากร 46
3.11	ขั้นตอนของประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากพื้นที่บริการ 48
3.12	ขั้นตอนการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชน 49
3.13	การวิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน 50
3.14	การวิเคราะห์ความพอเพียงของรถเก็บขนขยะ 51
3.15	การประเมินความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ 52
3.16	การวิเคราะห์ความพอเพียงของรถเก็บขนขยะ 53
3.17	การประเมินความพอเพียงของปริมาณถังขยะ 54
3.18	การวิเคราะห์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง 55
4.1	ผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา 59

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.2 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา.....	61
4.3 พื้นที่แต่ละประเภทจากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	62
4.4 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	63
4.5 พิกัด X และ Y ของช่องกริดที่ขยาย	66
4.6 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรแบบเลขคณิต	67
4.7 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรแบบเรขาคณิต	68
4.8 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะแบบเลขคณิต	68
4.9 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะแบบเรขาคณิต	69
4.10 ความหนาแน่นของประชากรตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550	71
4.11 ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ตารางกิโลเมตร พ.ศ. 2550.....	72
4.12 ความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2550 ในรูปแบบสามมิติ	73
4.13 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน) ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น พ.ศ. 2550.....	76
4.14 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน) ในพื้นที่ตารางกิโลเมตร จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น พ.ศ. 2550.....	78
4.15 ชั้นข้อมูลที่ใช้พิจารณาจำนวนประชากรแฝง	80
4.16 ระดับความหนาแน่นของประชากรตามลักษณะ การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2550	84
4.17 เส้นทางทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บขนขยะในปัจจุบัน ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	86
4.18 ที่ตั้งถังขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	87
4.19 ชุมชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	88
4.20 เส้นทางเก็บขนแบ่งตามความจุของรถเก็บขนขยะ จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปีพ.ศ. 2550	89
4.21 เปรียบเทียบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกับความจุของรถเก็บขนขยะในปี พ.ศ. 2550	91
4.22 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นในพ.ศ. 2550	93

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 การเปรียบเทียบจำนวนประชากรจากการทำนายและเกิดขึ้นจริง.....	95
4.24 การเปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะจากการทำนายและเกิดขึ้นจริง.....	96
4.25 การเปรียบเทียบปริมาณขยะจากการทำนายและเกิดขึ้นจริง.....	97
4.26 เปรียบเทียบปริมาณถังขยะในชุมชน จากความจุของถังขยะ 200 ลิตร.....	100

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยที่ได้รับการเก็บขน	4
2.2 ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยที่ได้รับการเก็บขนปี พ.ศ. 2551 ตามรายภาค.....	5
2.3 ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546-2553	8
2.4 ภาพรวมการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย	21
3.1 แหล่งที่มาของข้อมูลต่างๆที่ใช้ในการศึกษา.....	29
3.2 องค์ประกอบขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	34
3.3 ข้อมูลจำนวนประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เทศบาลนครนครราชสีมา กรุงเทพมหานคร และประเทศไทย	35
3.4 ข้อมูลการทำนายจำนวนประชากรจากเทศบาลนครนครราชสีมา	39
3.5 ข้อมูลอัตราการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน.....	41
3.6 ข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากโครงการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร	45
3.7 ความหนาแน่นของประชากรในทวีปเอเชีย.....	49
4.1 ทำนายจำนวนประชากรเป็นระยะเวลา 30 ปี.....	69
4.2 อัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 30 ปี.....	74
4.3 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น เป็นระยะเวลา 30 ปี.....	75
4.4 ปริมาณขยะอินทรีย์และขยะทั่วไปจำแนกจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ.....	75
4.5 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน	77
4.6 แนวโน้มจำนวนผู้ป่วยและจำนวนนักศึกษาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	79
4.7 ช่วงของระดับความหนาแน่นที่กำหนด	82
4.8 จำนวนประชากร พื้นที่ และระดับความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2550.....	83
4.9 ตัวอย่างข้อมูลจากการ Clip พื้นที่ ซึ่งจะได้จำนวนประชากรต่อพื้นที่ตารางกิโลเมตร	83
4.10 ตัวอย่างปริมาณขยะที่เกิดขึ้นบนถนนแต่ละเส้นทาง	85
4.11 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความจุของรถที่ใช้เก็บขนขยะที่เกิดขึ้นกับความจุ ของรถที่ใช้ในปัจจุบัน	90

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.12 ตัวอย่างปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนต่าง ๆ	92
4.13 การเปรียบเทียบจำนวนประชากรในเขตเทศบาลและ จำนวนประชากรที่ได้จากการทำนาย	94
4.14 การเปรียบเทียบปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลและ ปริมาณขยะที่ได้จากการประมาณ	94
4.15 จำนวนรถเก็บขนขยะที่ควรมีการปรับเปลี่ยน	99
4.16 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความพอเพียงของปริมาณขยะ	101
4.17 การประมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง.....	102
ก1 ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา.....	116
ข1 สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551	119
ค1 เปรียบเทียบความจุรถที่รองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและความจุ ของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน	126

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

GIS	=	ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
GDP	=	ผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ
Clip	=	คำสั่งระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ที่ใช้ในการตัดข้อมูลที่ต้องการตามขอบเขตพื้นที่ที่กำหนด
ลบ.ม.	=	ลูกบาศก์เมตร
กก.	=	กิโลกรัม
กก./วัน	=	กิโลกรัมต่อวัน
กก./คน/วัน	=	กิโลกรัมต่อคนต่อวัน
พ.ศ.	=	พุทธศักราช
กม.	=	กิโลเมตร
ตัน-กม.	=	ตัน-กิโลเมตร
ตร.กม.	=	ตารางกิโลเมตร
m ³	=	ลูกบาศก์เมตร
F.A.R.	=	อัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยรวมทุกชั้นของอาคารต่อพื้นที่แปลงที่ดิน
B.C.R.	=	อัตราส่วนร้อยละของพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่แปลงที่ดิน

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถเพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนเชิงพื้นที่และเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการจัดเก็บสืบค้น วิเคราะห์ แก้ไข และแสดงผลได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ตลอดจนสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้บรรลุวัตถุประสงค์ จึงจัดได้ว่าเป็นระบบที่ช่วยให้การทำงานมีความสะดวก รวดเร็วยิ่งขึ้นและสามารถแก้ไขข้อมูลให้ทันสมัยได้ตลอดเวลา อีกทั้งยังเพิ่มคุณภาพและปริมาณงานได้มากขึ้นในเวลาจำกัด (สุเพชร จิรจรกุล, 2551)

ในประเทศไทยได้มีการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ในการวางแผนเชิงพื้นที่ เช่น ใช้วิเคราะห์ความต้องการน้ำประปาของการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ (สุกัญญา จันทรมบัติ และคณะ, 2548) จัดการคุณภาพอากาศ จัดทำระบบฐานข้อมูลการท่องเที่ยวไทย และประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะเทศบาลนครนครปฐม (อรประภา ภูมิระกาญจนะ โรเบิร์ต, 2551) สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะ ได้แก่ เทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี (วนิดา รมรัตน์, 2547) อีกทั้งยังประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะเทศบาลเมืองจันทบุรี (สุริย์พร นิพัฏฐวิทยา, 2546)

การจัดการขยะต้องมีการศึกษาองค์ประกอบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอย ซึ่งได้แก่ ลักษณะชุมชน ความหนาแน่นของประชากร สภาวะเศรษฐกิจ เป็นต้น ซึ่งทำให้อัตราการเกิดขยะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย

เทศบาลนครนครราชสีมา เป็นเมืองขนาดใหญ่ มีขนาดพื้นที่รับผิดชอบ 37.5 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.96 ของพื้นที่อำเภอเมือง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ตำบลในเมืองและตำบลบ้านเกาะบางส่วน มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา การขยายตัวของชุมชนนี้เป็นเหตุให้เกิดปัญหาของระบบสาธารณสุขโลก ซึ่งการจัดการขยะก็นับเป็นปัญหาหนึ่งที่เทศบาลนครแห่งนี้กำลังเผชิญอยู่ ในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 262 ตัน คิดเป็นอัตราการเกิดขยะ 0.96 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน รถเก็บขนขยะประกอบด้วยรถยนต์บรรทุกขยะเปิดข้างเทท้ายขนาด 4 ลูกบาศก์เมตร และ 5 ลูกบาศก์เมตร รถยนต์บรรทุกขยะอัดท้ายขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร รถยนต์บรรทุกขยะคอนเทนเนอร์ขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร และรถยนต์บรรทุกดัมพ์ (กึ่งไม้) ในอดีตการจัดการขยะใช้วิธีการฝังกลบในที่ที่

ตำบลโพธิ์กลาง โดยขออนุญาตใช้พื้นที่ชั่วคราวจากกองทัพอากาศที่ 2 ในท้องที่ตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นได้ จึงได้จัดหาพื้นที่เพื่อใช้เป็นสถานที่กำจัดขยะของทางเทศบาลนครนครราชสีมาในท้องที่ตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งมีเนื้อที่ประมาณ 540 ไร่ แต่พื้นที่ดังกล่าวอยู่ห่างจากเทศบาลนครนครราชสีมา มากกว่า 40 กิโลเมตร จำเป็นต้องมีสถานีขนถ่ายระหว่างทาง (Transfer Station) และประกอบกับบริเวณสถานที่กำจัดขยะที่ได้ทำการจัดเตรียมไว้เกิดความขัดแย้งกับประชาชนที่อาศัยอยู่โดยรอบ และพื้นที่ใกล้เคียง จึงไม่สามารถนำขยะมากำจัดในบริเวณดังกล่าว จึงมีการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีและเทคโนโลยีการกำจัดขยะมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และการยอมรับของสังคมโดยรอบ (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2551)

ปัจจุบันเทศบาลนครนครราชสีมา ได้รับอนุมัติจากกองทัพอากาศที่ 2 ให้ใช้พื้นที่อีกประมาณ 73 ไร่เพื่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร โดยได้ดำเนินการออกแบบระบบกำจัดขยะแบบผสมผสาน มีการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการคัดแยกขยะอินทรีย์จากต้นทาง นำเทคโนโลยีการจัดการมาช่วยในการกำจัดขยะมูลฝอยเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และได้ผลตอบแทนทั้งในรูปแบบ พลังงาน ก๊าซชีวภาพ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ยชีวภาพ และเชื้อเพลิงอัดแท่ง ซึ่งในอนาคตโรงกำจัดขยะนี้สามารถรองรับปริมาณขยะมูลฝอย 230 ตันต่อวัน เป็นระยะเวลา 15 ปี และได้ดำเนินการก่อสร้างในปี พ.ศ. 2551 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2554 ด้วยงบประมาณ 412 ล้านบาท (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2547) อย่างไรก็ตาม ในการพัฒนานี้ยังมิได้มีการประมาณการเกิดขยะ วางแผนในด้านการเก็บขนและการจัดการขยะให้สอดคล้องตอบรับกัน

ดังนั้นในการศึกษานี้ จึงได้จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนด้านการเก็บขน และจัดการขยะ ซึ่งได้แก่ การนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อทำการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลาล่วงหน้า 30 ปี พร้อมทั้งพิจารณาความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นนั้น

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมาตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่ และแบบลดลงโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
2. เพื่อศึกษาความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแต่ละเส้นทางในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ขอบเขตของวิธีศึกษา ศึกษาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นแบบคงที่ และแบบลดลงตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พร้อมทั้งศึกษาความพอเพียงของรถเก็บขยะในปัจจุบันของเทศบาลนครนครราชสีมาโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ และในการศึกษาครั้งนี้มิได้ออกแบบเส้นทางเก็บขยะ จึงไม่ได้พิจารณาปัจจัยที่มีผลต่อการเก็บขยะ ได้แก่ ความลาดชัน ช่วงเวลาในการเก็บขน ขนาดและประเภทของถนน

ขอบเขตด้านพื้นที่ ศึกษาพื้นที่บริเวณเขตเทศบาลนครราชสีมาซึ่งครอบคลุมพื้นที่ตำบลในเมืองและตำบลบ้านเกาะบางส่วน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 สามารถนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินร่วมกับการทำนายจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ เพื่อประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครราชสีมา

1.4.2 ทราบถึงปริมาณการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครราชสีมาเป็นระยะเวลา 30 ปี เพื่อใช้ในการวางแผนการจัดการขยะในอนาคต

1.4.3 เพื่อเป็นแนวทางในการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ไปประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการขยะกับพื้นที่อื่น ๆ ได้

บทที่ 2

ปริทรรศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สถานการณ์ขยะ

ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปี พ.ศ. 2551 มีขยะมูลฝอยทั่วประเทศประมาณ 15.03 ล้านตัน หรือ 41,064 ตันต่อวัน (ยังไม่รวมปริมาณขยะมูลฝอยก่อนนำมาทิ้งในถัง) ในเขตกรุงเทพมหานครมีขยะมูลฝอยที่ได้รับการเก็บขน 8,780 ตัน คิดเป็นร้อยละ 21.4 ในขณะที่ในเขตเทศบาลและเมืองพัทยาขยะมูลฝอย 14,915 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 36.3 และในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลมีขยะมูลฝอย 17,369 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 42.3 ของปริมาณขยะมูลฝอยทั่วประเทศ เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาจะพบว่าขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นประมาณ 0.27 ล้านตันหรือร้อยละ 1.81 ตามการขยายตัวของชุมชนและจำนวนประชากร โดยในเขตเทศบาลมีปริมาณมูลฝอยเพิ่มขึ้นสูงสุดถึงร้อยละ 9.67 ในขณะที่ขยะมูลฝอยนอกเขตเทศบาลลดลงร้อยละ 4.57 ซึ่งเป็นผลมาจากการยกฐานะขององค์การบริหารส่วนตำบลจำนวน 343 แห่งขึ้นเป็นเทศบาล (ดังแสดงในตารางที่ 2.1) อัตราการผลิตขยะมูลฝอยโดยเฉลี่ยทั่วประเทศในปี พ.ศ. 2551 อยู่ที่ 0.64 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน (รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย, 2551)

ตารางที่ 2.1 ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยที่ได้รับการเก็บขน

พื้นที่	ปี พ.ศ. 2550		ปี พ.ศ. 2551		เพิ่มขึ้น/ ลดลง
	ปริมาณขยะมูล ฝอย (ตัน/วัน)	ร้อยละ	ปริมาณขยะมูล ฝอย (ตัน/วัน)	ร้อยละ	ร้อยละ
กรุงเทพมหานคร	8,532	21.15	8,780	21.38	+ 2.91
เขตเทศบาลและเมืองพัทยา (1,620 แห่ง)	13,600	33.72	14,915	36.32	+ 9.67
เขตองค์การบริหารส่วนตำบล (6,157 แห่ง)	18,200	45.13	17,369	42.30	- 4.57
รวม	40,332	100.00	41,064	100.00	+ 1.81

หมายเหตุ : รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย (2551)

ซึ่งเมื่อจำแนกตามรายภาค ปริมาณขยะมูลฝอยในภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีมากที่สุด คือ 11,820 ตันต่อวัน รองลงมา ได้แก่ กรุงเทพมหานคร (8,780 ตันต่อวัน) ภาคเหนือ (6,322 ตันต่อวัน) ภาคกลาง (5,107 ตันต่อวัน) ภาคใต้ (5,033 ตันต่อวัน) ภาคตะวันออก (2,388 ตันต่อวัน) และภาคตะวันตก (1,664 ตันต่อวัน) ดังแสดงในตารางที่ 2.2 พบว่าขยะมูลฝอยจากทั่วประเทศได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการเพียง 15,540 ตันต่อวัน หรือคิดเป็นร้อยละ 38 โดยกรุงเทพมหานครดำเนินการเก็บขนมูลฝอยเองทั้งหมด และว่าจ้างบริษัทเอกชนเป็นผู้ดำเนินการกำจัด ในเขตเทศบาลเมืองพัทยาสามารถกำจัดมูลฝอยได้ 5,370 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 36 ของปริมาณมูลฝอยในเขตเทศบาล และในเขตองค์การบริหารส่วนตำบลสามารถกำจัดมูลฝอยได้เพียง 1,390 ตันต่อวัน คิดเป็นร้อยละ 8 ของปริมาณมูลฝอยในเขตองค์การบริหารส่วนตำบล

ตารางที่ 2.2 ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยที่ได้รับการเก็บขนปี พ.ศ. 2551 ตามรายภาค

พื้นที่รายภาค	ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ (ตัน/วัน)	ร้อยละ
ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	11,820	28.78
กรุงเทพมหานคร	8,780	21.38
ภาคเหนือ	6,322	15.40
ภาคกลาง	5,107	12.44
ภาคใต้	5,033	12.26
ภาคตะวันออก	2,338	5.69
ภาคตะวันตก	1,664	4.05

หมายเหตุ : รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย (2551)

2.2 สถานการณ์ขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

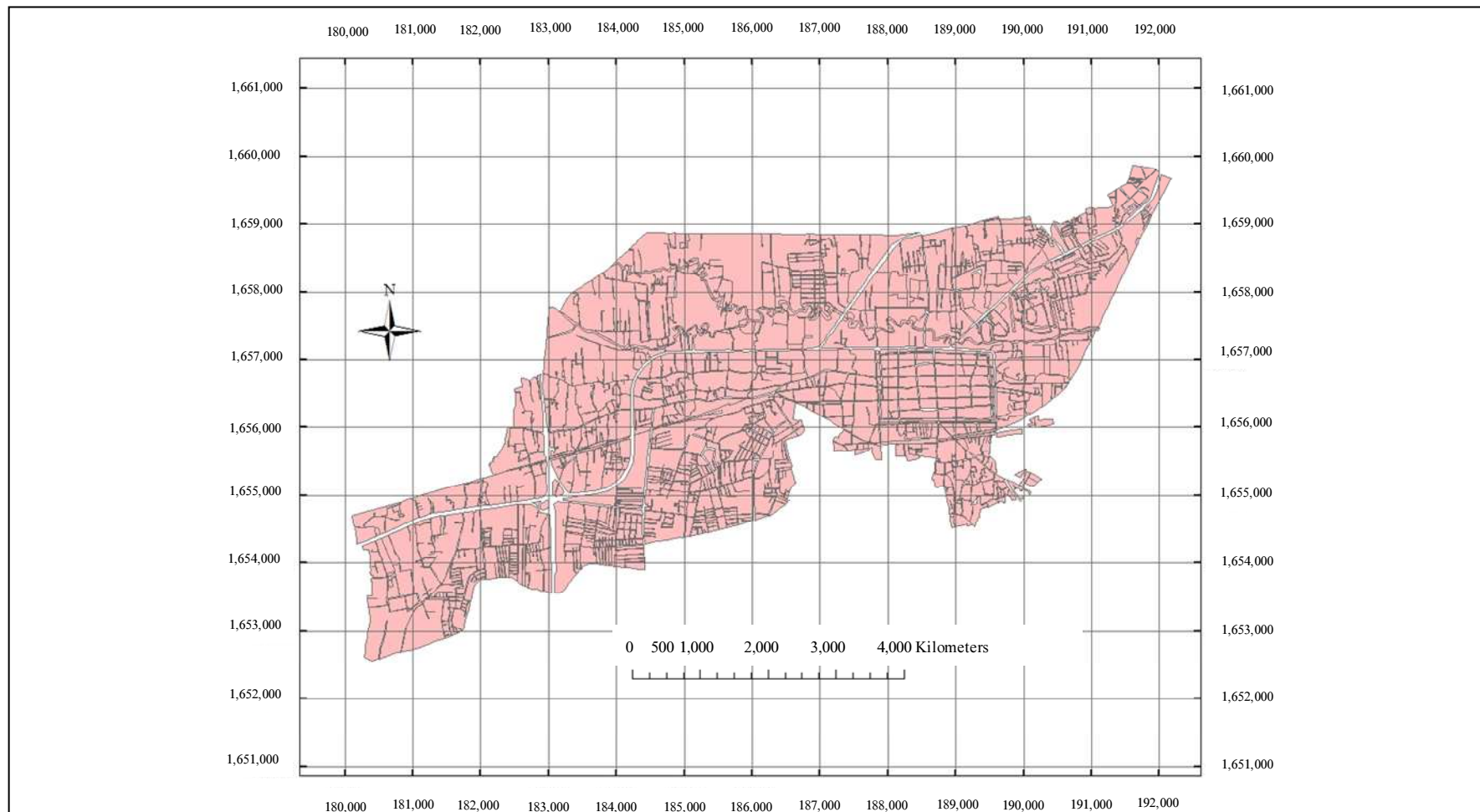
เทศบาลนครนครราชสีมา เป็นเมืองขนาดใหญ่ มีพื้นที่รับผิดชอบ 37.5 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.96 ของพื้นที่อำเภอเมือง ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ตำบลในเมืองและตำบลบ้านเกาะบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ภายในพื้นที่รับผิดชอบประกอบด้วย ที่พักอาศัย ตลาด โรงเรียน โรงพยาบาล หน่วยงานราชการ สถานีขนส่ง สถานีรถไฟ โรงแรม อาบอบนวด โรงภาพยนตร์ ห้างสรรพสินค้า ธนาคาร ร้านอาหาร ปั๊มน้ำมัน และ โรงงานอุตสาหกรรม ปริมาณมูลฝอยที่เกิดขึ้นในปี พ.ศ. 2551 ประมาณ 262 ตันต่อวัน คิดเป็นอัตราการเกิดขยะ 0.96 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน รถเก็บขนขยะประกอบด้วยรถยนต์บรรทุกขยะเปิดข้างท้ายขนาด 4 ลูกบาศก์เมตรและ 5 ลูกบาศก์เมตร รถยนต์บรรทุกขยะอัดท้ายขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร รถยนต์บรรทุกขยะคอนเทนเนอร์ขนาด 8 ลูกบาศก์เมตร

และรถยนต์บรรทุกดัมพ์ (กึ่งไม้) ในอดีตการกำจัดขยะใช้วิธีฝังกลบแบบเดิมโดยขออนุญาตใช้พื้นที่ชั่วคราวจากกองทัพอากาศที่ 2 ในท้องที่ตำบลโพธิ์กลาง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จึงได้มีการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีและเทคโนโลยีการกำจัดขยะเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและการยอมรับของสังคมโดยรอบ (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2551)

ปัจจุบันเทศบาลนครนครราชสีมา ได้รับอนุมัติจากกองทัพอากาศที่ 2 ให้ใช้พื้นที่อีกประมาณ 73 ไร่ สร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร โดยได้ดำเนินการออกแบบระบบกำจัดขยะแบบผสมผสาน มีการส่งเสริมการมีส่วนร่วมของประชาชนในการคัดแยกขยะอินทรีย์จากต้นทาง นำเทคโนโลยีการจัดการมาช่วยในการกำจัดขยะมูลฝอยเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพ และได้ผลตอบแทนทั้งในรูปแบบ การแปรรูปขยะมูลฝอยเป็นปุ๋ยอินทรีย์และก๊าซชีวภาพซึ่งสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนพลังงานน้ำมันสำหรับผลิตกระแสไฟฟ้า การผลิตเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเศษพลาสติก รวมทั้งการจัดการขยะที่เหลือและไม่สามารถใช้ประโยชน์ได้ ด้วยการฝังกลบอย่างถูกหลักสุขาภิบาล ซึ่งในอนาคตโรงกำจัดขยะนี้สามารถรองรับปริมาณขยะมูลฝอย 230 ตันต่อวัน เป็นระยะเวลา 15 ปี และได้ดำเนินการก่อสร้างในปี พ.ศ. 2551 แล้วเสร็จในปี พ.ศ. 2554 จากการเสนอโครงการก่อสร้างโรงงานกำจัดขยะมูลฝอยดังกล่าวต่อกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเพื่อขอรับการจัดสรรงบประมาณสนับสนุนในปีงบประมาณ 2551 วงเงินค่าก่อสร้างประมาณ 412 ล้านบาท ซึ่งโรงกำจัดขยะนี้ถูกกำหนดให้เป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม 1 ใน 9 ศูนย์ของจังหวัดนครราชสีมา ตามแผนแม่บทของกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมโดยเป็นศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวมศูนย์ที่ 3 รับผิดชอบให้บริการกำจัดขยะมูลฝอยจากองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นในเขตพื้นที่อำเภอเมือง และอำเภอยางชุมน้อย (เทศบาลนครนครราชสีมา สรุปผลงานประจำปี, 2552)

ข้อมูลปริมาณขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา กำหนดให้ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเท่ากับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ดังแสดงในตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.2 ซึ่งในสถานการณ์จริงไม่สามารถเก็บขนขยะได้ทั้งหมดก่อให้เกิดปัญหาขยะตกค้างและส่งกลิ่นเหม็น

เทศบาลนครนครราชสีมา ตระหนักและให้ความสำคัญกับการลดปริมาณขยะก่อนนำมากำจัด โดยการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีและเทคโนโลยีการกำจัดขยะ แต่ได้มีการวางแผนด้านการเก็บขนและการจัดการขยะให้สอดคล้องตอบรับกัน

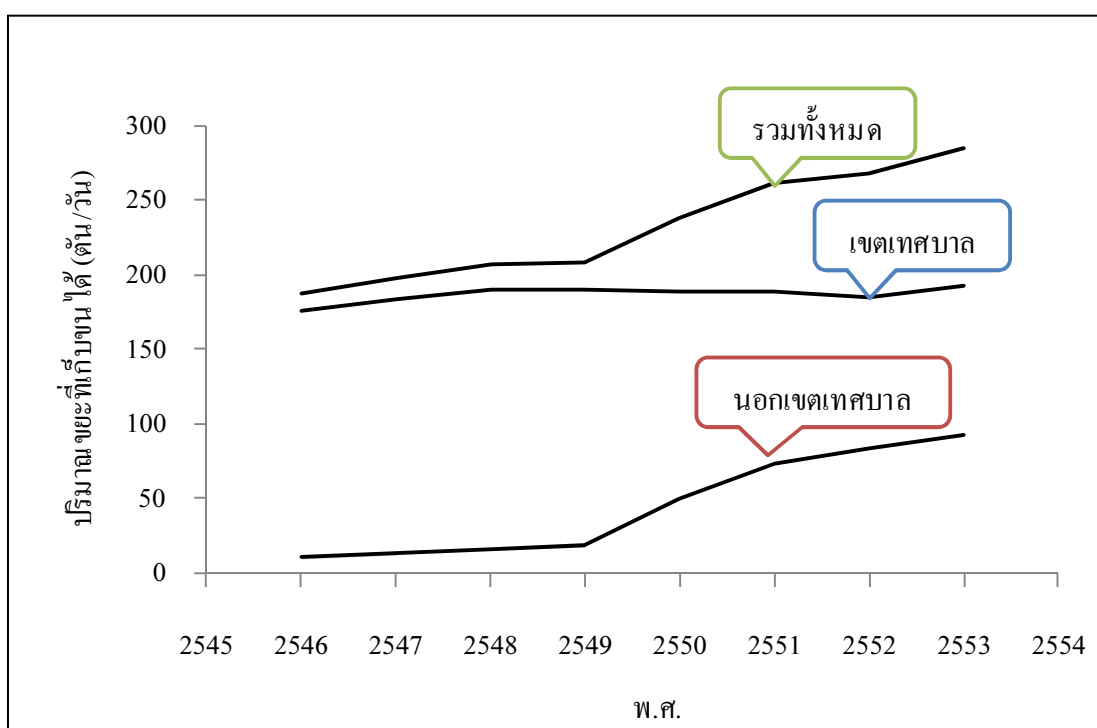


รูปที่ 2.1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่เทศบาลนครราชสีรา

ตารางที่ 2.3 ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – พ.ศ. 2553

พ.ศ.	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน)		
	เขตเทศบาล	นอกเขตเทศบาล	รวมทั้งหมด
2546	176.34	10.97	187.32
2547	183.66	14.03	197.69
2548	190.67	16.4	207.07
2549	190.24	18.52	208.76
2550	188.58	50.25	238.83
2551	188.5	73.36	261.86
2552	185.08	83.48	268.56
2553	192.44	92.6	285.04

หมายเหตุ : เทศบาลนครนครราชสีมา (2553)



รูปที่ 2.2 ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2546 – พ.ศ. 2553

2.2.1 ที่ตั้งโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรของเทศบาลนครราชสีมา

เพื่อให้เกิดความเข้าใจเกี่ยวกับที่ตั้งของแผนผังโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร พื้นที่ 73 ไร่ จึงได้แสดงที่ตั้งของสถานที่ฝังกลบขยะของเทศบาลนครราชสีมาในท้องที่ ตำบลโพธิ์กลาง ดังแสดงในรูปที่ 2.3 ซึ่งประโยชน์และผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการทำโครงการกำจัดขยะมูลฝอยอย่างมีระบบ ช่วยลดปัญหาขยะตกค้าง ทำให้เกิดภูมิทัศน์ และทัศนียภาพที่สวยงาม ได้ผลผลิตปุ๋ยอินทรีย์จำนวน 25 ตันต่อวัน เชื้อเพลิงขยะ 16 ตันต่อวัน และกระแสไฟฟ้า 800 กิโลวัตต์ เป็นการส่งเสริมการผลิตพลังงานทดแทนและแนวทางการใช้ทรัพยากรธรรมชาติให้เกิดประโยชน์สูงสุด ซึ่งพื้นที่ที่ใช้ในการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรตั้งอยู่ในพื้นที่ที่ใช้ในการฝังกลบในอดีต และมีผังบริเวณผลิตปุ๋ยอินทรีย์และพลังงานเป็นส่วนหนึ่งของโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร



รูปที่ 2.3 ที่ตั้งสถานที่ฝังกลบขยะเทศบาลนครราชสีมา (google earth, 2552)

2.3 การประยุกต์ใช้ GIS ในการจัดการสิ่งแวดล้อม

ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ มีองค์ประกอบหลักที่สำคัญ 3 ส่วน ได้แก่ การรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Position System : GPS) และ GIS (Geographic Information System) หรือบางครั้งทั้งสามเทคโนโลยีจะนิยมเรียกกันว่า “เทคโนโลยีสามเอส” โดยอาศัยอักษร “S” ที่สอดคล้องกันในคำหลังของแต่ละเทคโนโลยี

การนำระบบสำรวจข้อมูลระยะไกลมาประยุกต์ใช้ในประเทศไทย เช่น ด้านป่าไม้ ด้านการเกษตร ด้านอุทกวิทยาและแหล่งน้ำ ด้านการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ด้านธรณีวิทยา และธรณีสัณฐาน ด้านสมุทรศาสตร์และทรัพยากรชายฝั่ง ด้านการทำแผนที่ ด้านภัยธรรมชาติ และด้านสิ่งแวดล้อมเป็นต้น และข้อมูลผลลัพธ์ที่ได้จากระบบสำรวจข้อมูล ระยะไกลมักถูกนำไปผสมผสานกับระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อเป็นปัจจัยนำเข้าปัจจัยหนึ่งที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองเพื่อการวิเคราะห์ทางด้านสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

GPS เป็นระบบดาวเทียมที่ใช้ในการนำทาง ประโยชน์ของ GPS ได้แก่ หาตำแหน่งใด ๆ บนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมง การนำทางจากที่หนึ่งไปที่อื่น ๆ ตามต้องการ การติดตาม การเคลื่อนที่ของคนและสิ่งของต่าง ๆ การทำแผนที่ต่าง ๆ และการวัดเวลาที่เที่ยงตรงที่สุดในโลก

ปัจจุบันมีการนำคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวางแผน เพราะระบบการเก็บรวบรวมข้อมูลส่วนใหญ่จะยุ่งยากเกินกว่าที่จะใช้เครื่องคิดเลขคำนวณหรือใช้วิธีการคำนวณของบุคคลเพียงอย่างเดียวหนึ่ง ซึ่งขาดความเที่ยงธรรมและความชัดเจนของผลลัพธ์ที่เป็นรูปธรรม ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geo - informatic หรือ Geomatics) เป็นเทคโนโลยีที่รู้จักกันมากขึ้นสำหรับหน่วยงานและองค์กรที่ต้องเกี่ยวข้องกับการจัดการ ติดตามทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม ไม่ว่าจะเป็นทรัพยากรที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติ และทรัพยากรที่มนุษย์สร้างขึ้น และนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ในรูปแบบเชิงพื้นที่ ซึ่งแต่ละพื้นที่ก็จะประกอบด้วยฐานข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการวิเคราะห์หรือตัดสินใจในการแก้ไขหรือวางแผนการบริหารจัดการตามเงื่อนไขที่มนุษย์เป็นผู้ดำเนินการและสามารถแสดงผลการวิเคราะห์ในรูปแบบสองมิติและสามมิติ เพื่อจำลองสภาพภูมิประเทศให้ใกล้เคียงกับพื้นที่จริง ระบบภูมิสารสนเทศศาสตร์จึงได้มีการนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายมากขึ้นทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศเพื่อนำมาช่วยในการบริหารจัดการ วางแผนนโยบาย และตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในชุมชนและท้องถิ่นได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลมากขึ้น (สุเพชร จิระจกุล, 2551)

ในประเทศไทยได้มีการประยุกต์ใช้ GIS ในการจัดสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น การจัดการทรัพยากรน้ำ การจัดการคุณภาพอากาศ การจัดการทรัพยากรป่าไม้ ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและการจัดการขยะ

ในด้านการจัดการคุณภาพน้ำ มีการนำ GIS มาประยุกต์ใช้หลายโครงการ เช่น การสร้างแบบจำลองน้ำในดิน มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบจำลองปริมาณน้ำในดินรายสัปดาห์จากสมการสมดุลน้ำในพื้นที่จังหวัดพิษณุโลก ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์คือ ปริมาณน้ำฝน การระเหย ความลาดชัน และเนื้อดิน (ศักด์ิศา หอมหวล และชญา ณรงค์ฤทธิ์, 2547) วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงแล้งในจังหวัดพิษณุโลก โดยใช้วิธีการทางสถิติและ GIS โดยใช้ข้อมูลที่จัดเก็บโดยหน่วยงาน ทั้งที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะ เพื่อนำมาสร้างฐานข้อมูลปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการเกิดภัยแล้งในจังหวัดพิษณุโลก ทำการแบ่งปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดภัยแล้งเป็น 4 ด้าน ได้แก่ ด้านน้ำฝน ด้านศักยภาพน้ำใต้ดิน ด้านระยะห่างจากแหล่งน้ำ และด้านสภาพภูมิประเทศและดิน และนำปัจจัยดังกล่าวมาวิเคราะห์ร่วมกับข้อมูลหมู่บ้านที่ประสบภาวะขาดแคลนน้ำ และข้อมูลที่ออกสำรวจด้วยการสัมภาษณ์ (สโสยี่สุนแสง และชญา ณรงค์ฤทธิ์, 2548) ประเมินระดับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อกำหนดเขตส่งเสริมการเพาะปลูกที่เหมาะสมกรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยป่าแดง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์ โดยใช้แบบสัมภาษณ์ในการเก็บข้อมูล (สุพัทธ์ ศรีพัฒน์ พรรณนา มีขุน สิทธิชัย วิสุทธิพันธ์ และชญา ณรงค์ฤทธิ์, 2548)

ศึกษาความเหมาะสมในการสร้างประปาหมู่บ้านแบบบาดาล จังหวัดพิษณุโลก โดยพิจารณาจากคุณภาพน้ำบาดาลและปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ปริมาณการใช้ น้ำของชุมชน ระดับพื้นที่เสี่ยงแล้ง จำนวนครัวเรือนและจำนวนประชากร (จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ นฤมล กุลศิริศรีตระกูล ฤตินันท์ เงินทอง และชญา ณรงค์ฤทธิ์, 2548) วิเคราะห์การกระจายและการเคลื่อนตัวของฝนในกรุงเทพมหานคร โดยใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีวัดน้ำฝน เพื่อจัดสร้างแผนที่เส้นชั้นน้ำฝน วิเคราะห์ลักษณะของฝนที่ตกได้ในด้านตำแหน่งของจุดศูนย์กลางการเคลื่อนตัว ขนาด และการกระจายของฝนตามพื้นที่และเวลา (สรญา สังขานวม, 2546) ใช้ GIS เพื่อกำหนดทำเลที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย กรณีศึกษา เทศบาลตำบลสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา (อรชума ขจรธานินันท์, 2547) ประเมินหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวม เพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์จากฟาร์มสุกร และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขนาดกลางและขนาดเล็กในจังหวัดนครปฐม (มณฑิรา ยุติธรรม, 2544)

การประยุกต์การสำรวจระยะไกลและ GIS ในการจำแนกและจัดทำแผนที่พื้นที่ชุ่มน้ำบริเวณทุ่งกุลาร้องไห้ โดยใช้ข้อมูล 9 ชั้นข้อมูลในการจำแนก ได้แก่ ขอบเขตพื้นที่ศึกษา ขนาดพื้นที่ แหล่งน้ำ สถานภาพแหล่งน้ำ สถานภาพลำน้ำ คลองชลประทาน พื้นที่รับน้ำชลประทาน ลักษณะดิน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และลักษณะภูมิสัณฐาน ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ได้มาจากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตาเลือกใช้แบบใด 4 5 3 (แดง เขียว และ น้ำเงิน) ร่วมกับการใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (พนาวัดย์ จันทรสระคู, 2545)

ส่วนด้านการจัดการคุณภาพอากาศได้มีการศึกษา เช่น นำ GIS มาประยุกต์ใช้เพื่อจัดการคุณภาพอากาศ ด้วยการศึกษการตอบสนองต่อความต้องการและคำร้องเรียนของประชาชน เพื่อเป็นการตรวจสอบและพิสูจน์โรงงานที่ก่อให้เกิดมลพิษ ประยุกต์ใช้ GIS ในการศึกษาการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม บริเวณจังหวัดระยอง จากการพิจารณาชั้นข้อมูล ได้แก่ อำเภอ ตำบล ความชัน แหล่งน้ำ หมู่บ้าน โรงงาน คุณภาพอากาศ คุณภาพเสียง ทำการศึกษาความเข้มข้นของไนโตรเจนไดออกไซด์ในแต่ละวัน จากนั้นทำการวิเคราะห์บริเวณที่มีการปนเปื้อนจากมลพิษ (อรประภา ภูมิภานุจนะโรแบร์, 2551) ประยุกต์ใช้ GIS และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดทำบัญชี การปล่อยมลสารทางอากาศจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด (ธนาพรณ พงษ์พันธ์, 2544) หาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะ ได้เสนอวิธีการนำเข้าข้อมูลด้วยการดิจิทัลไทม์แผนที่และการดิจิทัลไทม์รูปถ่ายทางอากาศร่วมกับการสำรวจด้วยเครื่องรับสัญญาณดาวเทียมระบบ GIS ในการปรับปรุงข้อมูลแผนที่ (มาโนช ดิษฐวิศาล, 2537) ศึกษาผลกระทบของปัจจัยด้านพันธุ์ข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทน ในจังหวัดราชบุรี โดยการประยุกต์ใช้ GIS (วรรณทภา พงษ์โยธิน, 2543)

ในด้านการจัดการทรัพยากรป่าไม้มีการประยุกต์ใช้ GIS ได้แก่ การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟป่า อุทยานแห่งชาตินาเห้ว จังหวัดเลย โดยพิจารณาปัจจัยด้านชีวกายภาพได้แก่ ความลาดชัน ระดับความสูง และ ชนิดป่า และปัจจัยจากมนุษย์ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม ไร่เลื่อนลอย หมู่บ้าน และถนน (ชินปัญญ์ ปลั่งศิริ, 2543) ประยุกต์ใช้ GIS และข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน กรณีศึกษาศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ (รมณีย์ ทองดารา, 2540) ประยุกต์ใช้ GIS ในการจัดการพื้นที่ป่าชายเลน ศึกษาชั้นข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้แก่ พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่การจำแนกเขตการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่สงวนแห่งชาติ พื้นที่อุทยานแห่งชาติของเขตอำเภอจังหวัดและตำแหน่งที่ตั้งอำเภอ (กรองแก้ว ศรีพระราม, 2539) การพัฒนาแบบจำลองสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ กรณีศึกษาบริเวณอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ศึกษาปัจจัยทางด้านชีวกายภาพที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ คือ เส้นชั้นความสูง ส่วนปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจสังคมที่มีผลต่อการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทป่าไม้ ได้แก่ จำนวนครัวเรือน จำนวนร้านค้า จำนวนประชากร ช่วงอายุระหว่าง 18 - 50 ปี และจำนวนครัวเรือนที่ประกอบอาชีพเพาะปลูก (พรศรี ชัยวีระพัฒนา, 2544) และยังสามารถประยุกต์ใช้ GIS ในการประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น กรณีศึกษาโครงการสะพานพระราม 8 ในการประเมินผลกระทบการใช้ที่ดิน จากการวางซ้อนแผนที่ และสร้างระยะกันชน 75 เมตร จะได้กิจกรรมที่ได้รับผลกระทบจากเสียง เช่น ที่อยู่อาศัย สถาบันศาสนา สถานพยาบาล และโรงเรียน (วรเวช อ่อนน้อม, 2543)

2.4 การประยุกต์ใช้ GIS ในการวางแผนเชิงพื้นที่และการจัดการขยะชุมชน

การประยุกต์ใช้ GIS ในวางแผนการจัดการขยะ มีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกพื้นที่ฝังกลบ คัดเลือกพื้นที่สำหรับจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย วางแผนการจัดเก็บมูลฝอย และออกแบบเส้นทางเก็บขนขยะเพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด

ในต่างประเทศได้มีการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในการวางแผนการจัดการขยะ เช่น ประยุกต์ใช้ GIS ในการวางแผนการจัดการขยะ (Ahmed, 2006) กรณีศึกษาที่เมือง Aurangabad ประเทศอินเดีย โดยศึกษาแบบจำลองที่แนะนำการจัดการขยะเพื่อแก้ไขสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน ได้แก่ การย้ายที่ตั้งถังขยะ การตรวจสอบความไม่เหมาะสมและความสะดวกของผู้ใช้ การเสนอถังขยะรีไซเคิลสำหรับพื้นที่ที่ต้องการและคำแนะนำในอนาคต หลักการของแบบจำลองแบ่งออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้ ข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่ที่ทำการศึกษาจากการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยการสัมภาษณ์ใช้แบบสอบถามจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ การวิเคราะห์สถานที่ตั้งของถังขยะ จากการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง และกำหนดโครงสร้างที่ใช้ออกแบบแบบจำลอง

ประยุกต์ใช้ GIS ในการออกแบบเส้นทาง เช่น ใช้ฐานข้อมูล GIS เพื่อหาเส้นทางที่เหมาะสมเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการขององค์กร โดยให้เกิดการซ้อนทับของเส้นทางน้อยที่สุดและลดจำนวนรถให้เหมาะสม ลดจำนวนเส้นทางรถเก็บรวบรวมที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในด้านเชื้อเพลิงที่ใช้ในการเก็บรวบรวมขยะ (Sahoo and Byung, 2005) อีกทั้งยังสามารถใช้แบบจำลอง GIS ศึกษาความสัมพันธ์ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ที่ตั้งโดยละเอียดของฟาร์มโคนม ความลาดชันของพื้นที่ และโครงข่ายของถนน ระยะทางจากแต่ละฟาร์มโคนมไปยังพื้นที่ในฟาร์ม โดยใช้โปรแกรมเสริมเพื่อออกแบบเส้นทาง (Paudel, Wayne, Gauthier, and Hall, 2009) เส้นทางที่เหมาะสมในการเก็บรวบรวมและขนส่งขยะโดยใช้แบบจำลอง GIS จำลองเส้นทางสามมิติ ให้เกิดการใช้เชื้อเพลิงที่น้อยที่สุด เนื่องจากค่าใช้จ่ายในการเก็บรวบรวมขยะชุมชนมากกว่า 70% ของค่าใช้จ่ายทั้งหมดในการจัดการขยะ พิจารณาความลาดชันของถนนและน้ำหนักของยานพาหนะที่ใช้เก็บขน (Tavares, Semiao, and Carvalho, 2009) ออกแบบเส้นทางเก็บรวบรวมขยะประเภทกระดาษและกระดาษแข็งที่เหมาะสมโดยใช้ GIS จากธุรกิจขนาดเล็กในเมือง Leganes ซึ่งเป็นชุมชนของเมืองมาดริด ประเทศสเปน เป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นสูงและมีการจราจรที่คับคั่งด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ด้าน GIS จากการแบ่งโซนพื้นที่ พบว่ามีเส้นทางที่เหมาะสมทั้งหมด 6 เส้นทาง ซึ่งมีข้อจำกัดที่แตกต่างกัน (Lo'pez, Alvarez, and Carrio'n Quero, 2008) วิเคราะห์เส้นทางของรถพยาบาลในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุ เพื่อพัฒนาระบบปฏิบัติงานที่ช่วยในการตัดสินใจในการเลือกเส้นทางของรถพยาบาล ในการช่วยเหลือรวมทั้งขนส่งผู้ป่วยจากจุดเกิดอุบัติเหตุในเขตพื้นที่ฝังเมืองรวม

จังหวัดนครราชสีมาไปยังโรงพยาบาลที่ใกล้ที่สุดและเหมาะสมในการรักษาโดยใช้ชุดคำสั่งในโปรแกรมวิเคราะห์ GIS (อนาวิต จันทุไทย, 2550)

ใช้ GIS วิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกับระบบรับรู้ระยะไกล เพื่อจัดการบริเวณชายฝั่ง โดยใช้ข้อมูลในการจัดการเชิงนิเวศน์ การวิเคราะห์ผลกระทบทางด้านสิ่งแวดล้อม การประเมินทางด้านเศรษฐศาสตร์ และการประเมินความเสี่ยง โดยให้ความสำคัญกับประเด็นของการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมบริเวณชายฝั่ง (Feoli, 2008)

ประยุกต์ใช้ GIS ในเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยจำลองแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด เพื่อจัดหาสถานที่กำจัดขยะที่เหมาะสมโดยใช้เกณฑ์ในด้านสิ่งแวดล้อม (คุณภาพน้ำ ผิวดินและน้ำใต้ดิน ลักษณะทางนิเวศวิทยา การจัดการสถานที่กำจัดขยะและสุขภาพของประชาชน) เกณฑ์ด้านเศรษฐศาสตร์ (ระยะทางการเก็บขยะ โรงงานอุตสาหกรรมและผลกระทบต่อผู้อยู่อาศัย) และเกณฑ์ด้านเทคนิคในการดำเนินงาน (การออกแบบสถานที่กำจัด ความชันของพื้นผิว และถนน) (Rahman, Sultana, and Hoque, 2008)

ใช้เลือกสถานที่ฝังกลบขยะที่เหมาะสม (Sumathi and Chinmoy, 2008) ด้วยวิธีการวิเคราะห์เกณฑ์ในด้านต่าง ๆ ได้แก่ เกณฑ์ด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน (น้ำผิวดิน โครงข่ายถนน เกษตรกรรม พื้นที่อ่อนไหว เช่น วัด แหล่งโบราณคดี และพื้นที่ที่มีการทิ้งของเสีย) เกณฑ์ด้านธรณีวิทยา (ระดับการแทรกซึมของน้ำ ความลาดชันของพื้นที่ ความลึกของน้ำใต้ดิน และคุณภาพน้ำใต้ดิน) เกณฑ์ด้านคุณภาพอากาศ และเกณฑ์ด้านระยะกันชน

ในประเทศไทยได้มีการนำ GIS มาใช้ในออกแบบเส้นทางเก็บขนขยะ เช่น การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการจัดการระบบการเก็บขนมูลฝอย กรณีศึกษาเขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร เพื่อเลือกเส้นทางเดินรถเก็บขนมูลฝอยเส้นทางใหม่ที่มีระยะทางสั้นกว่าโดยใช้โปรแกรมเสริมสำหรับออกแบบเส้นทางโดยเฉพาะ ฐานข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา คือ ฐานข้อมูลโครงข่ายคมนาคม และฐานข้อมูลจุดเก็บขนมูลฝอยจากการสำรวจในภาคสนาม (ชัยสิทธิ์ อรัญญะพรรณ, 2546) ประยุกต์ GIS เพื่อช่วยในการวางแผนการเก็บขนมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองนราธิวาส ได้ศึกษาการเก็บขนมูลฝอย แหล่งกำเนิดมูลฝอย เส้นทางในการเก็บขนมูลฝอย วิเคราะห์ประสิทธิภาพของการเก็บขนมูลฝอย และออกแบบเส้นทางเก็บขนขยะ (จิรพัฒน์ อ่อนเกตุพล, 2542) ประยุกต์ GIS เพื่อการจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี โดยศึกษาโครงสร้างและบทบาทหน้าที่ในการจัดการขยะมูลฝอยเพื่อประเมินสถานภาพในการจัดการขยะและวางแผนวิเคราะห์เส้นทางในการจัดเก็บขยะให้มีความเหมาะสมมากยิ่งขึ้น (สุริย์พร นิพัฏฐวิทยา, 2546) วางแผนการจัดเก็บมูลฝอยชุมชนของหมู่บ้านจัดสรร เป็นการเก็บข้อมูลพื้นที่จากการปฏิบัติงานของพนักงานเก็บขนมูลฝอย เพื่อหาปัจจัยที่มีผลต่อระบบเก็บขนมูลฝอย ซึ่งได้แก่ วันดำเนินการ

เก็บขนมูลฝอย และการแบ่งเขตรับผิดชอบเก็บขนมูลฝอย ซึ่งสัมพันธ์กับความสามารถในการบรรทุกมูลฝอยของรถเก็บขนมูลฝอยแต่ละคัน จุดตั้งภาชนะรองรับมูลฝอย ปริมาณมูลฝอยชนิดของภาชนะรองรับมูลฝอย เส้นทางเดินรถเก็บขนมูลฝอย (ช่อลดา ใหม่เจริญศรี, 2541)

อีกทั้งประยุกต์ GIS ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี เพื่อจัดทำระบบฐานข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะ วิเคราะห์หาเส้นทางเหมาะสมและมีระยะการเดินทางสั้นที่สุด โดยทำการรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย ข้อมูลทุติยภูมิ ได้แก่ สภาพพื้นที่และลักษณะทางภูมิศาสตร์ ลักษณะทางเศรษฐกิจ สังคม ประชากร การใช้ที่ดิน และกิจกรรมต่าง ๆ ในพื้นที่ ลักษณะโครงข่ายโทรคมนาคม และกฎจราจรต่าง ๆ ขอบเขตการปกครอง ข้อมูลด้านการเก็บรวบรวมขยะมูลฝอย ได้แก่ จำนวนรถประเภทรถ ขนาดและความจุของรถแต่ละคัน สถานที่จอดครและศูนย์กำจัดขยะมูลฝอย ประเภทความจุ และจำนวนของภาชนะรองรับขยะมูลฝอย พื้นที่รับผิดชอบเดิมของรถแต่ละคัน วันดำเนินงาน และวันหยุดของรถแต่ละคัน สถิติน้ำหนักขยะมูลฝอย ณ จุดขนถ่ายน้ำหนักของศูนย์กำจัดขยะ จำนวนบุคลากรแผนกต่าง ๆ และประเภทกิจกรรมในพื้นที่ ส่วนข้อมูลปฐมภูมิได้จากการสำรวจภาคสนามจากการศึกษาวิธีการวิเคราะห์โครงข่ายและกำหนดปัจจัยในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาระยะทางที่สั้นที่สุดจากปัจจัยต่าง ๆ ที่สามารถกำหนดเป็นค่าตัวเลขได้ ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์เส้นทางที่เหมาะสม คือปัจจัยด้านเส้นทางเพียงอย่างเดียว เนื่องจากพื้นที่ที่ศึกษามีการจราจรไม่หนาแน่นมากนักและดำเนินการในช่วงเวลาที่ไม่ใช่ชั่วโมงเร่งด่วน จึงไม่ได้นำเอาปัจจัยอื่นมาใช้ในการวิเคราะห์ด้วย (วนิดา รมรัตน์, 2547)

ประยุกต์ใช้ GIS เพื่อการวางแผนการจัดการขยะ โดยทำการเก็บรวบรวม ได้แก่ แผนที่เมือง และพื้นที่ศึกษา ข้อมูลพื้นที่ใช้สอย ข้อมูลที่ตั้งถังขยะ ร้านค้าต่าง ๆ ที่ก่อขยะ เพื่อพิจารณาหาเส้นทางที่ดีที่สุด ข้อมูลที่ทำการวิเคราะห์ ได้แก่ จำนวนถังขยะ ความไม่เหมาะสมเนื่องจากที่ตั้งของถังขยะ ความสะดวกของผู้ใช้ถังขยะ บริเวณที่ต้องการถังขยะคอนเทนเนอร์ขนาดใหญ่ ความไม่เหมาะสมต่อพื้นที่อ่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อม และเส้นทางรถเก็บขนขยะ (อรประภา ภูมิระกาญจนะ โรแบร์, 2551)

การจัดการมูลฝอยชุมชน เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา โดยการใช้ต้นแบบจำลองพลวัตระบบ (พงศ์พัฒน์ สนทะมิโน วิจารณ์จรรย์ย์ ด้านสวัสดิ์ และ สมทิพย์ ด้านธีรวิชัย, 2549) ตัวแปร/ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในระบบการจัดการมูลฝอยชุมชน จากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม คือ (1) กลุ่มตัวแปรประชากร (2) กลุ่มตัวแปรแหล่งกำเนิดมูลฝอย (3) กลุ่มตัวแปรกระบวนการจัดการมูลฝอย และ (4) กลุ่มตัวแปรปัจจัยสนับสนุนการจัดการมูลฝอย ก่อนการสร้างสถานการณ์จำลอง ได้ทำการทดสอบตัวแปรอ่อนไหว ตัวแปรที่นำมาทดสอบความอ่อนไหว คือ (1) ปริมาณประชากร (2) อัตราการก่อมูลฝอย (3) อัตราการคัดแยกมูลฝอยจากแหล่งกำเนิด (4) อัตราการคัดแยกมูลฝอยจากจุดรวบรวม (5) อัตราการคัดแยกมูลฝอยจากรถเก็บขน และ

(6) อัตราการคัดแยกมูลฝอยจากพื้นที่ฝังกลบ พบว่าตัวแปรที่มีความอ่อนไหว 3 อันดับแรกได้แก่ (1) พฤติกรรมการก่อมูลฝอยในรูปอัตราการก่อมูลฝอย (2) ประชากร (3) การคัดแยก ณ แหล่งกำเนิด จากนั้นสร้างสถานการณ์จำลองออกเป็น 3 สถานการณ์ คือ (1) สถานการณ์จำลองที่แย่ที่สุดที่อาจเกิดขึ้นได้ในระบบการจัดการมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ โดยกำหนดให้จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นจากการย้ายถิ่นเข้ามาทำงาน ทำให้พฤติกรรมการบริโภคและก่อมูลฝอยเพิ่มสูงขึ้น ประกอบกับการไม่ให้ความสำคัญกับการคัดแยกจากแหล่งกำเนิด (2) สถานการณ์จำลองที่มีความเป็นไปได้มากกว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต กำหนดให้จำนวนประชากรมีแนวโน้มค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับพฤติกรรมการก่อมูลฝอยค่อย ๆ เพิ่มขึ้นแต่ให้ความสำคัญกับการคัดแยกมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดทำให้อัตราการก่อขยะเปลี่ยนแปลงในอัตราคงที่ (3) สถานการณ์จำลองที่ดีที่สุดที่อาจเกิดขึ้น กำหนดให้จำนวนประชากรลดลง และมีการเพิ่มงบประมาณและการวางแผนอย่างงานอย่างเป็นระบบ รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกให้กับประชาชน อีกทั้งมีการคัดแยกมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดมากขึ้น ทำให้อัตราการก่อมูลฝอยลดลง ในระบบการจัดการมูลฝอยของเทศบาลนครหาดใหญ่ จากการสร้างต้นแบบจำลองพลวัตระบบที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้ทำความเข้าใจพฤติกรรมของระบบการจัดการมูลฝอยชุมชนภายใต้เงื่อนไขตัวแปรต่าง ๆ ใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาและขยายผลเพื่อใช้ประโยชน์สำหรับชุมชนต่าง ๆ ในเทศบาลนครหาดใหญ่และชุมชนอื่น ๆ ต่อไป

แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม กรณีศึกษา จังหวัดนครสวรรค์ (เนตรนพิต จันทรเจริญ, 2545) ศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (สุภกิตต์ สมศรี, 2545) เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมสำหรับการจัดการขยะมูลฝอยของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีในเชิงวิศวกรรม โดยใช้เทคโนโลยี GIS มาเป็นเครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ พร้อมทั้งศึกษาประโยชน์และข้อจำกัดของ GIS ในการใช้เป็นเครื่องมือประกอบการวิเคราะห์ระบบการจัดการขยะมูลฝอย สำหรับพื้นที่ขนาดเล็ก ทำการวิจัยลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของขยะมูลฝอยภายในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี หากระบวนการจัดการขยะมูลฝอยที่เหมาะสม ตั้งแต่กระบวนการรวบรวม การเก็บขน การขนถ่ายและขนส่ง การแปรสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ และวิธีการกำจัด โดยใช้หลักการจัดการทางวิศวกรรม รวมทั้งการใช้ GIS ในการวิเคราะห์และวางแผนเส้นทางการเก็บขนขยะมูลฝอย ในส่วนของการวิเคราะห์เชิงเศรษฐศาสตร์ในการศึกษาความเหมาะสมของการจัดการขยะมูลฝอย เพื่อเสนอแนวทางสำหรับสำหรับการลงทุนในการจัดการขยะมูลฝอยที่คุ้มค่า รวมทั้งศึกษาความเป็นไปได้และแนวโน้มของการหมุนเวียนขยะมูลฝอยกลับมาใช้ประโยชน์ ตามหลักการทางด้านวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์

ยังสามารถใช้ GIS ในการคัดเลือกพื้นที่ฝังกลบขยะ เช่น ประเมินลักษณะดินและน้ำใต้ดิน ต่อการหาพื้นที่ฝังกลบขยะ โดยใช้ GIS ศึกษาพื้นที่อ่อนไหวต่อสิ่งแวดล้อมหลังจากนั้นได้ทำการสำรวจภาคสนามประเมินผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นจากน้ำชะขยะในพื้นที่ที่อยู่ในพื้นที่อ่อนไหวปานกลาง ถึงต่ำจำนวน 7 แห่ง และใช้โปรแกรมสำเร็จรูปในการทำนายปริมาณน้ำที่จะซึมผ่านชั้นดินธรรมชาติ ลงสู่แหล่งน้ำใต้ดิน ภายใต้ปัจจัยแวดล้อมและข้อมูลนำเข้าเดียวกัน ได้แก่ สภาพอากาศ โครงสร้าง ของหลุมฝังกลบขยะ (หฤทัย ไทยธรรม, 2548) การประเมินพื้นที่ฝังกลบของเสียอันตรายที่จังหวัดราชบุรี วิเคราะห์ด้วยปัจจัยทางปฐพีวิทยา ธรณีวิทยา คุณภาพ และปริมาณน้ำใต้ดิน เส้นชั้น ความสูง ป่าสงวน การใช้ประโยชน์ที่ดิน และน้ำผิวดิน (ฐิตินันท์ สุขถาวร, 2540) เลือกพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย กรณีศึกษาสุขาภิบาลในเขตอำเภอแม่สาย แม่จัน และเชียงแสน (สุรศักดิ์ บุญลือ, 2541)

2.5 การใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน การจัดทำแผนผังการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การทำนายจำนวนประชากร และการทำนายอัตราการเกิดขยะชุมชน

ในต่างประเทศได้มีการประมาณการเกิดขยะและการจัดการขยะสำหรับประเทศไทย ซึ่งได้มีการประมาณระหว่างปี 2002 - 2005 ที่มีค่าเฉลี่ยของการเกิดขยะ 1.1 ล้านตันต่อปี และประมาณ 7.7% ของปริมาณขยะทั้งหมดถูกกำจัดด้วยการฝังกลบและทิ้งในพื้นที่เปิด (Open dump) ในปัจจุบัน การจัดการขยะได้รับความสนใจเนื่องจากมีสถานที่ทิ้งขยะที่ไม่ได้รับการออกแบบ ให้เป็นสถานที่ฝังกลบขยะมีจำนวนเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วและมีการสนับสนุนให้มีการนำขยะ กลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ (Oyeshola and Gheewala, 2009) ส่วนในต่างประเทศมีการศึกษาการทำนายอัตราการเกิดขยะชุมชนและองค์ประกอบขยะในประเทศที่เป็นสมาชิกของสหภาพยุโรปและสหรัฐอเมริกา (Daskalopoulos and Probert, 1998) ซึ่งปัญหาคือต้องทำนายอย่างไรเพื่อให้การบำบัด และการกำจัดมีปริมาณใกล้เคียงกับอนาคตมากที่สุด โดยศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณขยะกับค่า GDP และจำนวนประชากร ประเภทขององค์ประกอบของขยะชุมชนในรูปสัดส่วนของการบริโภค ต่อการเกิดขยะชุมชน ได้แก่ ค่าครองชีพ มีการพัฒนาแบบจำลองที่ใช้ในการอธิบายค่าครองชีพ กับค่า GDP เพื่อประมาณการเกิดขยะชุมชนทั้งหมด การทำนายความสัมพันธ์โดยใช้ตัวแปรและการวัดค่าของข้อมูลต่าง ๆ ให้มีความถูกต้อง

การทำนายการเกิดขยะบริเวณเมืองในสหภาพยุโรป (Beigl, Schneider, and Salhofer, 2005) ศึกษาตัวชี้วัดด้านประชากร ความหนาแน่นของประชากร ช่วงอายุของประชากร ค่า GDP ค่าเฉลี่ยของขนาดครัวเรือน อัตราการว่างงาน อัตราการตายของทารก และอายุขัยของประชากร เพื่อใช้ในการประมาณการเกิดขยะในอนาคต

การประมาณอัตราการเกิดขยะของเมือง Baghdad (Adnan, Razzak, Zboon, and Alnakeeb, 2008) เป็นการประมาณการเกิดขยะในช่วงเวลา 5 ปี (ตั้งแต่ปี 2006 - 2010) ช่วงเวลาที่ได้ประมาณนั้นเป็นช่วงเวลาดำสุดที่ใช้ในการฝังกลบขยะ โดยใช้แผนที่ดิจิทัลเพื่อกำหนดพื้นที่ 10 เขตของเมือง Baghdad จะได้รับการกระจายตัวทางภูมิศาสตร์ การทำนายจำนวนของประชากรเป็นการเทียบมาตราส่วนเพื่อใช้ในการหาขนาดของประชากรของแต่ละพื้นที่ ซึ่งจะให้ความหนาแน่นของประชากรขึ้นอยู่กับค่าทางเศรษฐศาสตร์ได้แก่ ค่า GDP และกำหนดให้จำนวนของคนชั้นล่างมีค่า 40% ของจำนวนประชากรทั้งหมด ซึ่งในเมือง Baghdad ในแต่ละพื้นที่ อัตราการเกิดขยะ 0.3 - 0.8 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ส่วนค่า 0.63 กิโลกรัมต่อคนต่อวันเกิดขึ้นเมื่ออัตราการเกิดขยะมากกว่าอัตราการเจริญเติบโตของประชากร

การกำหนดอัตราการเกิดขยะทางด้านตะวันออกเฉียงใต้ของสหรัฐอเมริกา (Hockett, Douglas, and Pilgrim, 1995) ใน North Carolina วิเคราะห์ทางสถิติด้วยแบบจำลอง ตัวแปรที่ได้รับการพิจารณาได้แก่ ที่อยู่อาศัย สถาบันการศึกษา และพาณิชยกรรม และให้ความสนใจที่ร้านอาหาร ศูนย์อาหาร ร้านจำหน่ายเสื้อผ้า ซึ่งเป็นสถานที่สำคัญที่เกิดขยะ พื้นที่ที่เป็นบริเวณที่มีการจำหน่ายสินค้าและพื้นที่ที่ไม่มีข้อกำหนดในการกำจัดขยะ ย่อมส่งผลต่อการเกิดขยะ พิจารณาองค์ประกอบและรายได้ของประชากรในแต่ละพื้นที่

การทำนายการเกิดขยะในบริเวณเมืองที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว โดยใช้แบบจำลองพลวัต ทำการศึกษาที่เมืองซานแอนโตนิโอ รัฐเท็กซัส สหรัฐอเมริกา เพราะเป็นพื้นที่ที่มีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็วในอเมริกาเหนือ เนื่องจากผลกระทบทางเศรษฐกิจของเขตการค้าเสรีอเมริกาเหนือ (NAFTA) ด้วยการวิเคราะห์แบบจำลองจากข้อมูลต่างๆ ได้แก่ รายได้ของศูนย์บริการลูกค้า จำนวนประชากรต่อบ้านเรือน อัตราการนำขยะกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ รายได้ของประชากรต่อครัวเรือน และจากข้อมูลจำนวนประชากรในประเทศ (Dyson and Chang, 2005)

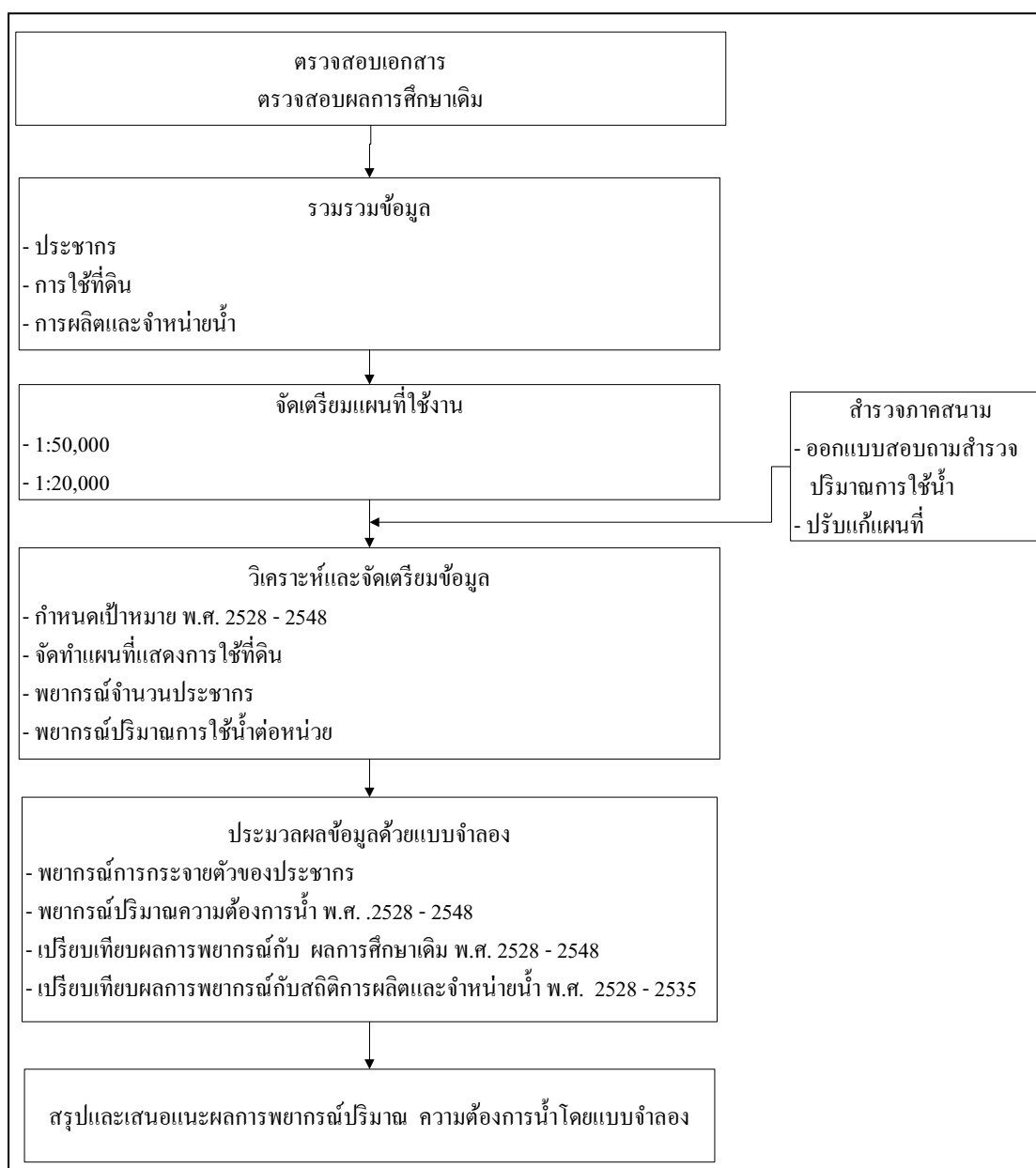
ส่วนในประเทศไทย GIS สามารถนำมาใช้ในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินสำหรับการเกษตรบางชนิดในอำเภอปากช่อง จังหวัดนครราชสีมา ในการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ 3 ชนิด คือ ข้าว ข้าวโพด และมันสำปะหลัง พิจารณาความลาดชันของดิน การระบายน้ำ ความลึก ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง ปริมาณอินทรีย์วัตถุในดิน อุณหภูมิเฉลี่ย และปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยหรือปริมาณน้ำที่พืชต้องการ (สถาพร มนต์ประภัสสร, 2542) ประยุกต์ใช้ GIS ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และคุณภาพน้ำ บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร ข้อมูลหลักที่นำมาใช้ในการศึกษา คือ ข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งได้จากภาพถ่ายทางอากาศ ข้อมูลจากดาวเทียม IRS - 1C ข้อมูล

แผนที่ต่าง ๆ และข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปี พ.ศ. 2510 - พ.ศ. 2544 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูล (มัลลิกา ใจเกื้อ, 2545)

การพยากรณ์ความต้องการน้ำสำหรับการประปาขอนแก่น โดยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ แบบตารางย่อย ได้ทำการศึกษาและทดสอบการใช้งานแบบจำลอง ด้วยการนำแบบจำลองไปใช้ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำประปาในชุมชนขนาดเล็กลง เลือกศึกษาในพื้นที่เขตจ่ายน้ำ การประปาขอนแก่น และเพื่อศึกษาถึงวิธีการใช้งานแบบจำลอง ความถูกต้องแม่นยำจากการพยากรณ์ โดยแบบจำลอง และข้อที่ควรปรับปรุงในแบบจำลอง เพื่อสามารถพัฒนา ประยุกต์ใช้แบบจำลอง ในการพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำในชุมชนอื่น หรือประยุกต์ใช้แบบจำลองในการพยากรณ์ ปริมาณการเกิดน้ำเสีย หรืองานอื่นที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน ในการใช้งานแบบจำลองต้องอาศัย ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ 3 ส่วน คือ ข้อมูลด้านประชากร ข้อมูลด้านการใช้ที่ดิน และข้อมูลด้านการใช้น้ำ ช่วยในการคำนวณและจัดทำแบบจำลอง จากการเปรียบเทียบผลการพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำ สำหรับการประปาขอนแก่น โดยแบบจำลอง กับสถิติการใช้น้ำในอดีตและผลการพยากรณ์ จากการศึกษาศึกษาโดยการประปาส่วนภูมิภาค พบว่าค่าปริมาณความต้องการน้ำจากการพยากรณ์โดย แบบจำลองมีค่าต่ำกว่าค่าจากการศึกษาโดยการประปาส่วนภูมิภาค แต่มีค่าใกล้เคียงกับสถิติการใช้น้ำ ในอดีต (ฉัตรเพชร ยศพล, 2536) ซึ่งผังขั้นตอนวิธีการวิจัย แสดงดังรูปที่ 2.4

การพยากรณ์ความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลอง คณิตศาสตร์และ GIS มีวัตถุประสงค์เพื่อการพยากรณ์ความต้องการน้ำประปาของการใช้ประโยชน์ ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย รวมทั้งศึกษาปัจจัยด้านประชากรและการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอิทธิพลต่อ ความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลก โดยใช้ GIS ประเมินความต้องการ น้ำประปาเชิงพื้นที่จากอัตราการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรที่ได้จากแบบจำลองคณิตศาสตร์ ทุกช่วง 5 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2540 - พ.ศ. 2560 การพยากรณ์ปริมาณความต้องการน้ำประปาแสดงให้เห็นถึงอัตราการใช้น้ำประปาของเทศบาลและการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัยตามปีเป้าหมาย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี การศึกษาปัจจัยด้านประชากร เศรษฐกิจ สังคม และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มี อิทธิพลต่อความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลก พบว่ามีเพียง 3 ตัวแปรที่มีนัยสำคัญใน การพยากรณ์ คือ จำนวนประชากรเฉลี่ยต่อครัวเรือน เนื้อที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัยประเภทบ้านแฝด (สุกัลักษณ์ จันทรมบัติ จริญญา บุญญานุภาพ และ ชญา ณรงฤทธิ์, 2548)

การทบทวนงานวิจัยที่นำ GIS มาประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย ที่ผ่านมาสามารถสรุปภาพรวมของการศึกษาวิจัย ดังแสดงในตารางที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนวิธีวิจัยเพื่อพยากรณ์ความต้องการน้ำ (ฉัตรเพชร ยศพล, 2536)

ตารางที่ 2.4 ภาพรวมการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย

พ.ศ.	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
2539	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการพื้นที่ป่าชายเลน	กรองแก้ว ศรีพระราม	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2540	การประเมินพื้นที่เสี่ยงภัยของเสียอันตรายที่จังหวัดราชบุรีโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	จิตินันท์ สุขถาวร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2540	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลสำรวจระยะไกลในการจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน กรณีศึกษา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อนอันเนื่องมาจากพระราชดำริ	รมณีย์ ทองดารา	มหาวิทยาลัยมหิดล
2541	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อช่วยในการวางแผนการจัดเก็บมูลฝอยชุมชนของหมู่บ้านจัดสรร	ช่อลดา ไหมเจริญศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2541	การเลือกพื้นที่เสี่ยงภัยขยะมูลฝอย : กรณีศึกษา สุขาภิบาลในเขตอำเภอแม่สาย แม่จัน และเชียงแสน	สุรศักดิ์ บุญลือ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2542	การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินสำหรับการเกษตรบางชนิดในอำเภอปากช่องจังหวัดนครราชสีมา	สถาพร มนต์ประภัสสร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2542	การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อช่วยในการวางแผนการเก็บขนมูลฝอยในเขตเทศบาล เมืองนราธิวาส	จิรพัฒน์ อ่อนเกตุพล	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
2543	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม : กรณีศึกษาโครงการสะพานพระราม 8	วรเวชช์ อ่อนน้อม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2543	ผลกระทบของปัจจัยด้านพันธุ์ข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในจังหวัดราชบุรีโดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	วรรณทกา พจน์โยธิน	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2543	การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้าอุทยานแห่งชาตินาแห้ว จังหวัดเลย	ชินปัญญา ปลั่งศิริ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ตารางที่ 2.4 ภาพรวมการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
2544	การประเมินหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์จากฟาร์มสุกร และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขนาดกลาง และเล็ก ในจังหวัดนครปฐม	มณฑิรา ยุติธรรม	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2544	การพัฒนาแบบจำลองสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ : กรณีศึกษาบริเวณอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่	พรศรี ชัยวิระพัฒนา	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2544	การประเมินทางธรณีวิทยาสิ่งแวดล้อมโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อคัดเลือกพื้นที่ฝังกลบขยะในจังหวัดฉะเชิงเทรา	อุษณาวรรณ บุญเรือง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2544	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดทำบัญชีการปล่อยมลสารทางอากาศจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด	ธนาพรธณ พงษ์พันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2545	แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม โดยใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์กรณีศึกษา จังหวัดนครสวรรค์	เนตรนพิท จันทรเจริญ	มหาวิทยาลัยมหิดล.
2545	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณภาพน้ำ บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร	มัลลิกา ใจเกื้อ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
2545	การประยุกต์การสำรวจจากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ในการจำแนกและจัดทำแผนที่พื้นที่ชุ่มน้ำ บริเวณทุ่งกุลาร้องไห้	พนาวลัย จันทรสระคู	มหาวิทยาลัยมหิดล
2545	การศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	สุภกิตต์ สมศรี	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ตารางที่ 2.4 ภาพรวมการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
2546	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับวิเคราะห์การกระจายและการเคลื่อนตัวของฝนในกรุงเทพมหานคร	สรณา สังขานวม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2546	การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจัดการขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี	สุริย์พร นิพิฐวิทยา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2546	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการจัดการระบบการเก็บขนมูลฝอยกรณีศึกษา : เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร	ชัยสิทธิ์ อรัญญยุทธสนัน	มหาวิทยาลัยมหิดล
2547	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดทำเลที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย : กรณีศึกษา เทศบาลตำบลสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา	อรชума ขจรธำเนนันท	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2547	การสร้างแบบจำลองน้ำในดินโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	ศักดิ์ดา หอมหวล และชญา ณรงค์ฤทธิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2547	การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี	วนิดา ร่มรื่น	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2548	การวิเคราะห์ความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาลนครพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์.	ชญา ณรงค์ฤทธิ์ และคณะ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2548	การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงแล้งในจังหวัดพิษณุโลกโดยใช้วิธีการทางสถิติและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	ชญา ณรงค์ฤทธิ์ และ สีสัย ยี่สุนแสง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2548	การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการสร้างประปาหมู่บ้านแบบบาดาล จังหวัดพิษณุโลก	จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ และคณะ	มหาวิทยาลัยนเรศวร
2548	การประเมินลักษณะดินและน้ำใต้ดิน ต่อการหาพื้นที่ฝังกลบขยะ โดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และโปรแกรม วิซวลส์ เซลฟ์	หฤทัย ไทยธรรม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.4 ภาพรวมการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อมของประเทศไทย (ต่อ)

พ.ศ.	ชื่องานวิจัย	ชื่อผู้แต่ง	หน่วยงาน
2550	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์เส้นทางของรถพยาบาลในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุ	อนาวิต จันทรู้ไทย	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
2551	เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้ ● การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการจัดการคุณภาพอากาศ ● การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม ● การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์เพื่อวางแผนการจัดการขยะ ● การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จัดทำระบบฐานข้อมูลท่องเที่ยวไทย	อรประภา ภูมิมะกาญจนะโรแบร์	มหาวิทยาลัยศิลปากร
2552	การวางแผนเมืองรวมด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	วนิดา อังคสุวรรณ	กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย

2.6 สรุปผลการปรัทศน์วรรณกรรม

ปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่มีความสำคัญ ซึ่งเกิดขึ้นเนื่องจากการจัดการขยะที่ไม่เหมาะสม เทศบาลนครนครราชสีมาเป็นพื้นที่หนึ่งที่กำลังเผชิญกับปัญหาการจัดการขยะ เนื่องจากปัญหาขยะตกค้างและในปัจจุบันกำลังมีการพัฒนาศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจร โดยตระหนักถึงด้านการเพิ่มประสิทธิภาพจากการเปลี่ยนแปลงกรรมวิธีและเทคโนโลยีการกำจัดขยะ ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อมและการยอมรับของสังคมโดยรอบ แต่ในการพัฒนานี้ยังมิได้มีการวางแผนในด้านการเก็บขนและการจัดการขยะให้สอดคล้องตอบรับกัน

ในต่างประเทศได้มีการนำ GIS มาใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อม อาทิเช่น การจัดการทรัพยากรน้ำ การจัดการคุณภาพอากาศ การจัดการทรัพยากรป่าไม้ ประเมินผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และการจัดการขยะ ได้แก่ การวางแผนการจัดการขยะ (Ahmed, 2006) คัดเลือกสถานที่ฝังกลบขยะที่เหมาะสม (Sumathi and Chinmoy, 2008) ; (Rahman, Sultana, and Hoque, 2008) หาเส้นทางที่เหมาะสมในการเก็บขนขยะ (Sahoo, and Byung, 2005) เป็นต้น ซึ่งในประเทศไทยได้มีการนำ GIS มาใช้ในการจัดการขยะ เช่น การศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (สุภกิตน์ สมศรี, 2545) ประยุกต์ใช้ GIS ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบล แหยมลบัง จังหวัดชลบุรี (วนิดา ร่มริน, 2547) วางแผนการจัดการขยะ (อรประภา ภูมิระกาญจนะ โรแบร์, 2551) ในด้านการทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะ มีการใช้วิธีการจำลองสถานการณ์ต่าง ๆ จากการกำหนดจำนวนประชากร พฤติกรรมการบริโภค การให้ความสำคัญกับการคัดแยกขยะจากแหล่งกำเนิด ขบประมาณด้านการจัดการขยะ ซึ่งส่งผลต่ออัตราการก่อมลพิษ (พงศ์พัฒน์ สันทะมิโน ไรจน์จรรย์ ด่านสวัสดิ์ และ สมทิพย์ ด่านธีรวิชัย, 2549) การประยุกต์ใช้ GIS ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เขตเทศบาลนครราชสีมาเพื่อประมาณปริมาณขยะยังไม่มีผู้จัดทำขึ้น และในการทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะนั้นอาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น จึงควรทำนายแนวโน้มอัตราการเกิดขยะเป็นแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่ และแบบลดลง

ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนด้านการเก็บขนและการจัดการขยะ ซึ่งได้แก่ การนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นระยะเวลาล่วงหน้า 30 ปี (พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2580) จากการทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่ และแบบลดลง รวมทั้งศึกษาพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะในแต่ละชุมชน และเสนอแนะแนวทางการจัดการขยะในอนาคต

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 รูปแบบการวิจัย

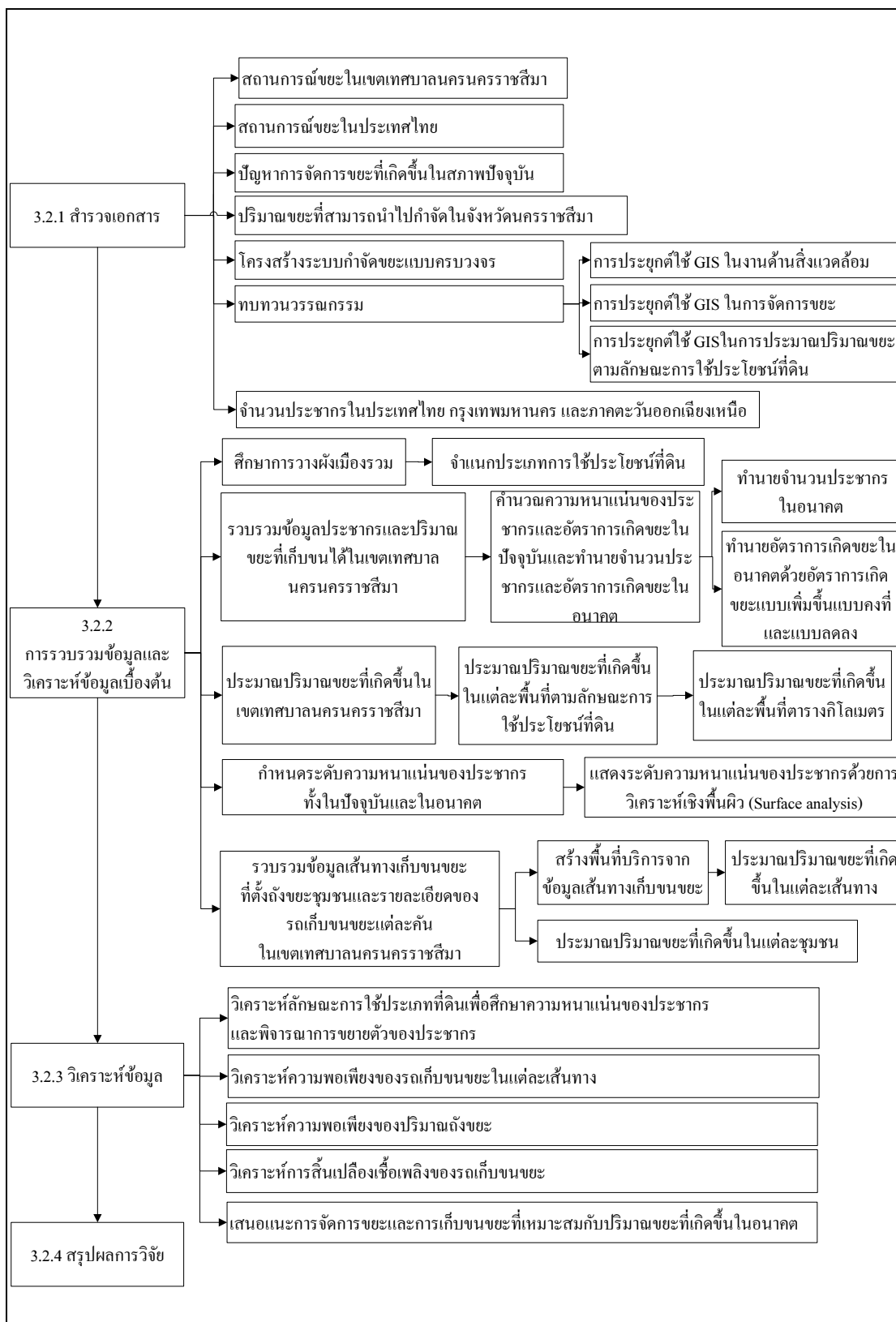
งานวิจัยนี้ เป็นการวิจัยแบบประยุกต์ เนื่องจากมุ่งเอาผลการวิจัยมาใช้ในทางปฏิบัติ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้ GIS ในการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จากการรวบรวมข้อมูลจากเทศบาลนครนครราชสีมาและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลด้วยโปรแกรมวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

3.2 วิธีการวิจัย

ในงานวิจัยนี้มีขั้นตอนการดำเนินงานดังรูปที่ 3.1 ประกอบด้วย การสำรวจเอกสารรวบรวมข้อมูลรวมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลและทำการสรุปผลการวิจัย

3.2.1 การสำรวจเอกสาร

จากการสำรวจเอกสาร ได้แก่ สถานการณ์ขยะและปัญหาด้านการจัดการขยะพบว่าแนวโน้มของปริมาณขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในปัจจุบันอยู่ในช่วงการดำเนินการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร โดยตระหนักและให้ความสำคัญกับกรรมวิธีและเทคโนโลยีการกำจัดขยะ แต่มิได้พิจารณาวางแผนด้านการเก็บขนและการจัดการขยะให้สอดคล้องตอบรับกัน และศึกษางานวิจัยที่นำ GIS มาประยุกต์ใช้ พบว่าได้มีการนำ GIS มาประยุกต์ใช้ในด้านสิ่งแวดล้อม การจัดการขยะ และศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการขยะโดยมีขั้นตอนของการทำนายจำนวนประชากร และอัตราการเกิดขยะ ซึ่งอาจใช้วิธีการจำลองสถานการณ์โดยกำหนดให้จำนวนประชากรเพิ่มขึ้นจากการย้ายถิ่นเข้ามาทำงาน ทำให้พฤติกรรมบริโภคและก่อมูลฝอยเพิ่มสูงขึ้น หรือจำลองสถานการณ์ให้จำนวนประชากรมีแนวโน้มค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันกับพฤติกรรมการก่อมูลฝอยค่อย ๆ เพิ่มขึ้น แต่ให้ความสำคัญกับการคัดแยกมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดทำให้อัตราการก่อขยะเปลี่ยนแปลงในอัตราคงที่ หรือกำหนดให้จำนวนประชากรลดลง และมีการเพิ่มงบประมาณและการวางแผนงานอย่างเป็นระบบ รวมทั้งการสร้างจิตสำนึกให้กับประชาชน อีกทั้งมีการคัดแยกมูลฝอยจากแหล่งกำเนิดมากขึ้น ทำให้อัตราก่อมูลฝอยลดลง (พงศ์พัฒน์ สนทะมิโน และคณะ, 2549) ซึ่งในการทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะนั้น



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนวิธีการดำเนินงานวิจัย

อาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น จึงควรมีการอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ซึ่งนำไปสู่การดำเนินงานวิจัยโดยประยุกต์ใช้ GIS ในการประมาณปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นแบบคงที่ และแบบลดลง พร้อมทั้งประเมินความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะและความพอเพียงของปริมาณถังขยะในปัจจุบัน

3.2.2 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

ในการรวบรวมข้อมูลในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยข้อมูล 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลจำนวนประชากรและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน และข้อมูลปริมาณขยะและการจัดการขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พิจารณาข้อมูลจำนวนประชากรในอดีตจนถึงปัจจุบันเพื่อทำนายจำนวนประชากรในอนาคต นำข้อมูลจำนวนประชากรเชื่อมโยงกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยพิจารณาความหนาแน่นของประชากร และปริมาณขยะที่เก็บขนได้ เพื่อใช้ในการคำนวณอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบันและทำนายอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ เพื่อประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น พร้อมทั้งเสนอแนะการจัดการขยะในอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 3.1

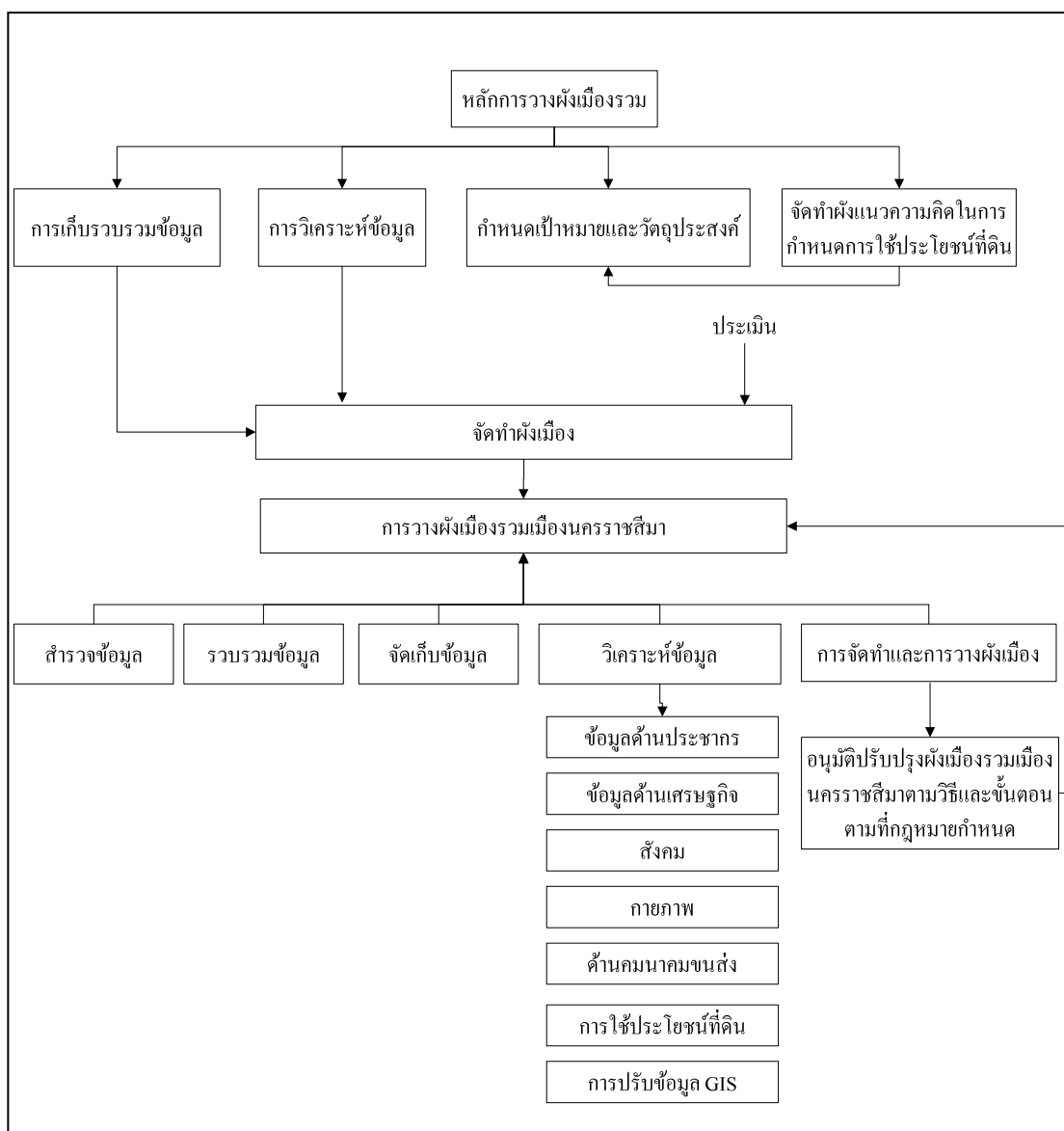
3.2.2.1 การศึกษาการวางผังเมืองรวม

โดยทั่วไปของกระบวนการวางผังเมืองสามารถอธิบายได้ดังนี้ การเก็บรวบรวมข้อมูล (สำรวจสภาพปัจจุบันทั้งด้านกายภาพ เศรษฐกิจ สังคม ประชากร) การวิเคราะห์ข้อมูล (รวมประเด็นปัญหา ศักยภาพ และข้อจำกัดของพื้นที่) กำหนดเป้าหมาย และวัตถุประสงค์ จัดทำผังแนวความคิดในการวางผังกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่าง ๆ ให้สอดคล้องกับผังแนวความคิด (ผังทางเลือก) ประเมินผังทางเลือก และจัดทำผังเมืองรวบรวมทั้งข้อกำหนดและข้อเสนอแนะสำหรับการพัฒนาเมือง (วนิดา อังศุวรรณ, 2552)

ในการวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา ใช้อุทิศศาสตร์การพัฒนาด้านผังเมืองและการใช้ประโยชน์ที่ดินของเทศบาลนครนครราชสีมาการติดตามประเมินผลและปรับปรุงการวางผังเมือง ร่วมกับองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่นที่อยู่ในเขตผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา 29 แห่ง สำนักโยธาธิการและผังเมืองจังหวัดนครราชสีมาเป็นแกนหลักในการดำเนินการโดยมีขอบข่ายงานดังนี้ การติดตามและประเมินผลผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา (การติดตามและประเมินผลผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา พ.ศ. 2547 เก็บข้อมูลการบังคับใช้ตามข้อกำหนดของผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา เพื่อนำมาพิจารณาทางวิชาการ ขยายอายุการใช้บังคับ หรือปรับปรุงการวางและจัดทำผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา) และดำเนินการวางแผนและจัดทำผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา โดยมีขั้นตอนดังนี้ สำรวจ รวบรวม จัดเก็บ วิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่าง ๆ การจัดทำและวางผังเมือง และการอนุมัติปรับปรุงผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา ตามวิธีการและขั้นตอนตามที่กฎหมายกำหนด ดังแสดงในรูปที่ 3.2

ตารางที่ 3.1 แหล่งที่มาของข้อมูลต่าง ๆ ที่ใช้ในการศึกษา

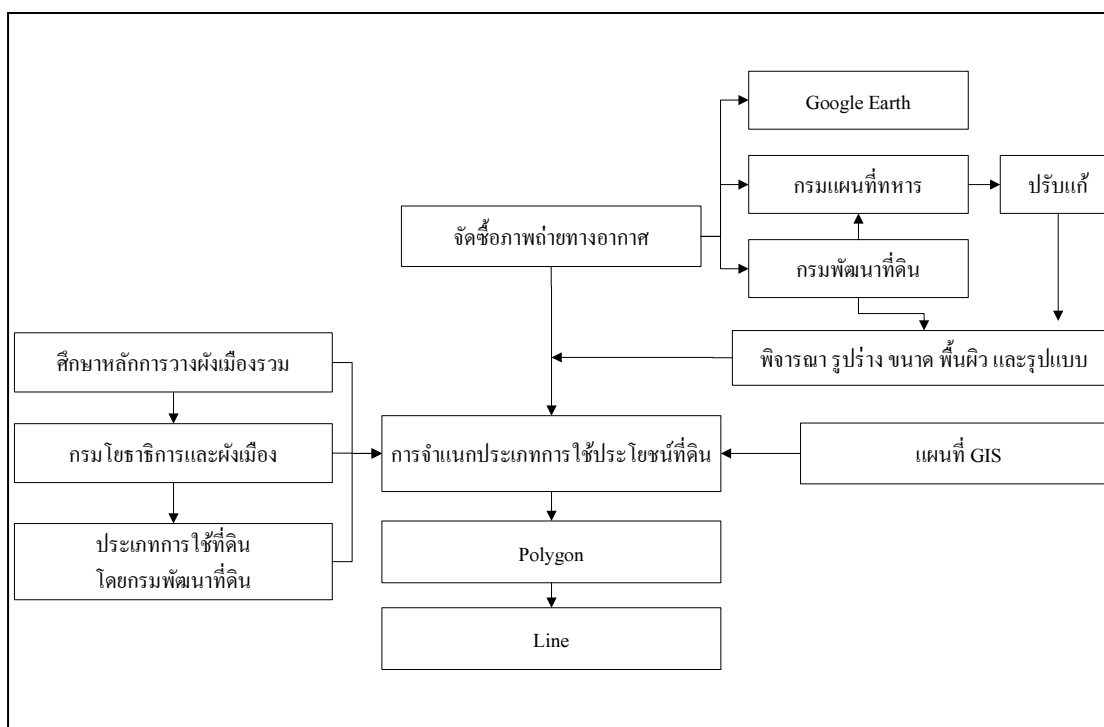
ข้อมูล	แหล่งที่มา
ประชากรเทศบาลนครนครราชสีมา	เทศบาลนครนครราชสีมา (www.koracity.net)
ประชากรในประเทศไทย กรุงเทพมหานคร และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (www.dopa.go.th)
ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	สำนักงานช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา
เส้นทางเก็บขนขยะ ที่ตั้งถังขยะ ที่ตั้งชุมชน รายละเอียดรถเก็บขนขยะ	สำนักงานสาธารณสุขและสิ่งแวดล้อม เทศบาลนครนครราชสีมา
ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1 : 50,000 พ.ศ. 2545	กรมแผนที่ทหาร
ภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1 : 4,000 พ.ศ. 2545	กรมพัฒนาที่ดิน
ความหนาแน่นของประชากรในทวีปเอเชีย	สารานุกรมเสรี (www.wikipedia.com)
การวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา	กรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย (www.dpt.go.th)
ประเภทการใช้ที่ดิน	ส่วนวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน สำนักสำรวจดินและวางแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน (www.ddd.go.th)
โครงสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร และองค์ประกอบขยะ	โครงการศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบ ระบบการจัดการขยะแบบครบวงจร เทศบาลนครนครราชสีมา โดยเทศบาลนครนครราชสีมา
สถานการณ์ขยะในประเทศไทย พ.ศ. 2551	รายงานสถานการณ์มลพิษของประเทศไทย
สถานการณ์ขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พ.ศ. 2551	เทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 3.2 หลักการวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา

• จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษาครั้งนี้เริ่มด้วยการศึกษาการวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา ประกอบกับการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน และนำภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหารและกรมพัฒนาที่ดินมาใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษาครั้งนี้ ซึ่งลำดับขั้นตอนของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด ดังแสดงในรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 ขั้นตอนการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากแผนที่เชิงเลขชุด L7018 ในรูปแบบของภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหารมาตราส่วน 1 : 50,000 และภาพถ่ายทางอากาศของกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1 : 4,000 ที่ได้ทำการถ่ายเมื่อปี พ.ศ. 2545 ซึ่งมีลักษณะเป็นแผ่นฟิล์มและเปลี่ยนแผ่นฟิล์มให้เป็นแผนที่เชิงเลขด้วยการกวาดภาพ (Scanning) จะได้รูปดิจิทัลไฟล์ที่โปรแกรมสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถนำเข้าข้อมูลราสเตอร์ (TIFF) ได้ และเนื่องจากภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหารมีบริเวณส่วนที่เป็นเขตพื้นที่ทหาร ซึ่งทำให้ไม่สามารถจำแนกประเภทลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ จึงต้องใช้ภาพถ่ายทางอากาศของกรมพัฒนาที่ดินมาซ้อนทับเพื่อจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และใช้ภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth ในส่วนที่เผยแพร่ต่อทางสาธารณชนเพื่อเปรียบเทียบและศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งมีขั้นตอนของการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนี้

- นำภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากกรมแผนที่ทหารมาปรับแก้ระบบพิกัดให้เป็นระบบ UTM (Universal Transverse Mercator) Datum WGS 84 zone 48N ส่วนภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากกรมพัฒนาที่ดินได้ปรับแก้ระบบพิกัดแล้ว จากนั้นจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตเทศบาลนครนครราชสีมา หรือที่เรียกว่า การดิจิไทซ์ (Digitize) เป็นข้อมูล

ที่สามารถปรับแก้ข้อมูลได้ในรูปแบบข้อมูลแบบเวกเตอร์นี้จะใช้คู่ของพิกัด x และ y เป็นตัวชี้ตำแหน่งและลักษณะของสิ่งต่าง ๆ นำเข้ามাত্রาส่วนของแผนที่ที่เป็นต้นฉบับ จะทำให้ได้รูปร่างลักษณะ มাত্রาส่วนและรายละเอียดของเทศบาลนครนครราชสีมา ครอบคลุมพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร เริ่มจากการจำแนกพื้นที่เป็นลักษณะขอบเขตพื้นที่หรือเรียกว่ารูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon) รูปแบบของถนนใช้รูปแบบเป็นเส้น (Line) โดยใช้ชั้นข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

- แปลภาพถ่ายทางอากาศ โดยพิจารณาจากรูปร่าง พื้นผิว รูปแบบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแปลภาพถ่าย ประกอบกับใช้หลักการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของการวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา พ.ศ. 2547 โดยกรมโยธาธิการและผังเมือง กระทรวงมหาดไทย และประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 โดยกรมพัฒนาที่ดิน ช่วยในการแปลภาพถ่ายทางอากาศด้วยสายตา

3.2.1.2 การรวบรวมข้อมูลประชากรและปริมาณขยะที่เก็บขนได้

การรวบรวมข้อมูลประชากรเพื่อใช้ในการทำนายจำนวนประชากรในอนาคต ส่วนข้อมูลปริมาณขยะที่เก็บขนได้ใช้ในการพิจารณาอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อทำนายอัตราการเกิดขยะและประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ศึกษาจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจากการทำนายโดยหน่วยงานหรือโครงการที่ได้ทำนายไว้ก่อนหน้านี้ เปรียบเทียบข้อมูลจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงกับข้อมูลจากการทำนาย ขั้นตอนของการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะ เพื่อใช้ในการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.4

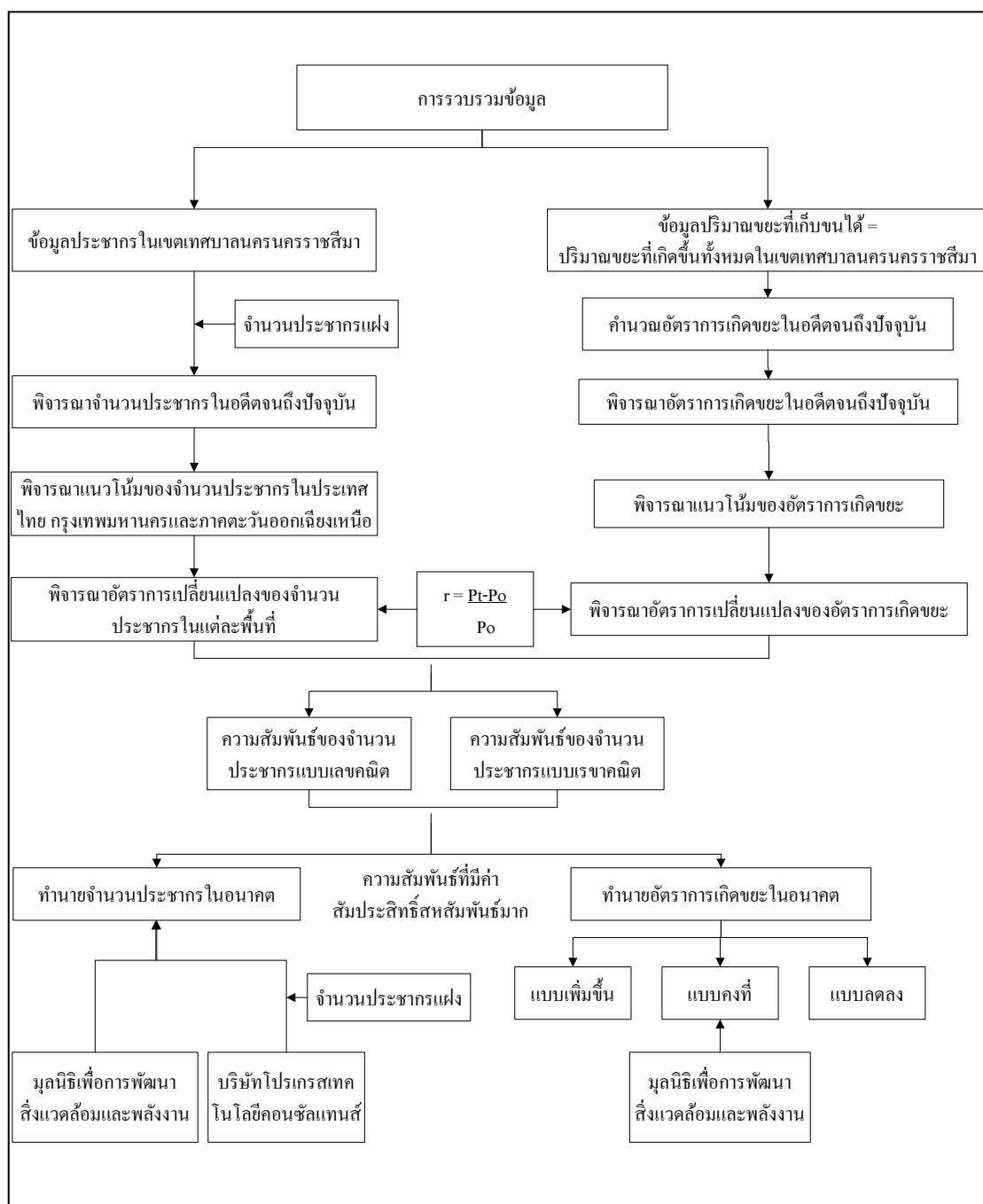
● ข้อมูลพื้นฐาน

ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ข้อมูลปริมาณขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ทางเทศบาลกำหนดให้ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ เท่ากับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ซึ่งจากการประเมินผลด้านเส้นทางเก็บขนมูลฝอย มีปริมาณมูลฝอยที่เก็บขนได้คิดเป็นร้อยละ 65 ของความสามารถในการบรรทุกของรถโดยเฉลี่ย (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2547) ก่อให้เกิดปัญหามูลฝอยตกค้างในพื้นที่ต่าง ๆ เราจึงต้องสำรวจปริมาณขยะที่เก็บขนได้ ดังแสดงในภาคผนวก ก. เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาประกอบกับการพิจารณาการจัดการขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

องค์ประกอบขยะ

การศึกษาปริมาณขยะ จำเป็นต้องศึกษาองค์ประกอบขยะเพื่อจำแนกขยะออกเป็นขยะอินทรีย์ และขยะทั่วไป และนำปริมาณร้อยละของขยะอินทรีย์และขยะทั่วไปมาใช้ในการประมาณขยะอินทรีย์และขยะทั่วไปที่เกิดขึ้นในอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 3.2



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการรวบรวมข้อมูลเพื่อทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะ

ตารางที่ 3.2 องค์ประกอบขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ประเภท	ค่าเฉลี่ยร้อยละขององค์ประกอบ
1. อินทรีย์	61.19
2. กระดาษ	6.4
3. พลาสติก (ทั่วไป)	18.47
4. พลาสติก (รีไซเคิล)	2.5
5. แก้ว	2.16
6. โลหะ และอโลหะ	1.3
7. ทั่วไป - ยาง หนัง	1.59
- ผ้า	2.66
- ไม้	1.54
- หิน กระเบื้อง	0.4
- อื่น ๆ	0.16
8. โฟม	1.24
9. ขยะอันตราย	0.39

หมายเหตุ : เทศบาลนครนครราชสีมา (2547)

● ข้อมูลจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบัน

การประมาณปริมาณขยะอาศัยข้อมูลหลัก 2 ส่วน ได้แก่ ข้อมูลจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบัน เพื่อทำนายประชากร อัตราการเกิดขยะและประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในอนาคต

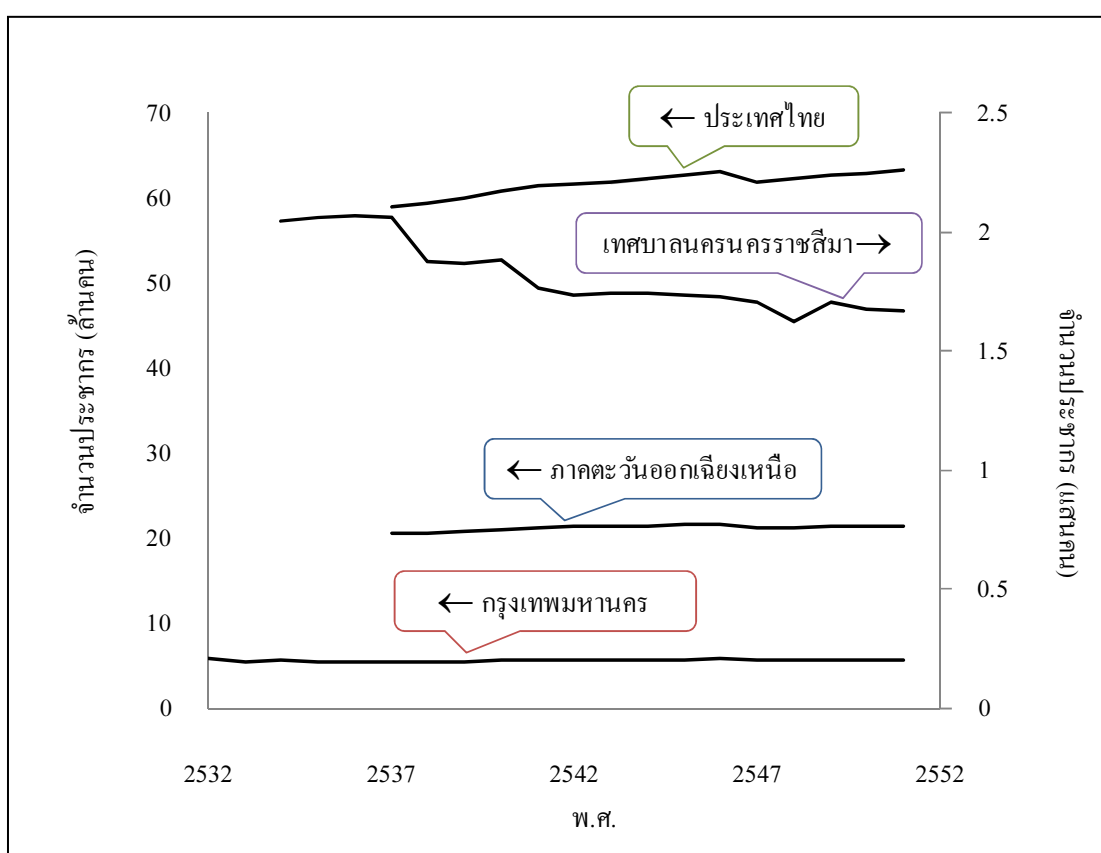
ข้อมูลจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในอดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2534 – พ.ศ. 2551) พบว่าแนวโน้มของประชากรไม่คงที่ กล่าวคือ มีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกัน จึงควรศึกษาจำนวนประชากรในพื้นที่ที่มีความเชื่อมโยงหรือเกี่ยวเนื่องกัน โดยเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเป็นส่วนหนึ่งของจังหวัดนครราชสีมา ซึ่งเป็นจังหวัดหนึ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นส่วนหนึ่งของประเทศไทยซึ่งมีกรุงเทพมหานครเป็นพื้นที่ที่เปรียบเสมือนเมืองหลวง ข้อมูลจำนวนประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ สามารถใช้ศึกษาแนวโน้มของประชากร ดังแสดงในตารางที่ 3.3 ซึ่งเขตเทศบาลนครนครราชสีมา มีจำนวนประชากรแฝงร้อยละ 17.5 (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2551) และจำนวนประชากรแฝงเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลอัตราการเกิดขยะ จึงนำจำนวนประชากรแฝงมาพิจารณาร่วมกับจำนวนประชากรเพื่อหาค่าอัตราการเกิดขยะที่แท้จริงตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบันซึ่งใช้อ้างอิงเพื่อทำนายอัตราการเกิดขยะในอนาคต

ตารางที่ 3.3 ข้อมูลจำนวนประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เทศบาลนครนครราชสีมา
กรุงเทพมหานคร และประเทศไทย

พ.ศ.	จำนวนประชากร (คน)			
	ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ	เทศบาลนครนครราชสีมา (ยังไม่รวมจำนวนประชากรแฝง)	กรุงเทพมหานคร	ประเทศไทย
2532			5,832,843	
2533			5,546,937	
2534		204,645	5,620,591	
2535		206,104	5,562,141	
2536		206,956	5,572,712	
2537	20,542,381	206,212	5,584,226	59,095,419
2538	20,663,191	187,844	5,570,743	59,460,382
2539	20,876,200	187,021	5,584,963	60,116,182
2540	21,095,841	188,758	5,604,772	60,816,227
2541	21,312,166	176,497	5,647,799	61,466,178
2542	21,379,428	173,321	5,662,499	61,661,701
2543	21,404,751	174,057	5,680,380	61,878,746
2544	21,493,681	174,045	5,726,203	62,308,887
2545	21,609,185	173,826	5,782,159	62,799,872
2546	21,739,686	173,256	5,844,607	63,189,479
2547	21,267,426	170,922	5,634,132	61,973,621
2548	21,328,111	162,892	5,658,953	62,418,054
2549	21,376,830	170,441	5,695,956	62,828,706
2550	21,385,647	167,770	5,716,248	63,038,247
2551	21,425,956	167,191	5,710,883	63,389,730

หมายเหตุ : กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย (2552)

จากตารางที่ 3.3 พบว่าประชากรในส่วนของกรุงเทพมหานคร และ เทศบาลนครนครราชสีมา มีการเปลี่ยนแปลงของประชากรไม่คงที่ (มีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกัน) แตกต่างกับจำนวนประชากรในประเทศไทย และภาคตะวันออกเฉียงเหนือที่มีแนวโน้มในลักษณะเดียวกัน โดยข้อมูลประชากรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือและจำนวนประชากรของประเทศไทยในช่วงระยะเวลา 5 ปีล่าสุดมีจำนวนประชากรเพิ่มสูงขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.5 แต่ประชากรในเทศบาลนครนครราชสีมาจะมีความคล้ายคลึงกับประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือในด้านความเป็นอยู่และพฤติกรรมการดำรงชีวิตมากกว่าประชากรในประเทศไทย จึงอ้างอิงจำนวนประชากรของภาคตะวันออกเฉียงเหนือในการศึกษาความสัมพันธ์สหสัมพันธ์ (R^2) เพื่อบอกความสัมพันธ์ของตัวแปร (Berthouex and Brown, 2002) ระหว่างจำนวนประชากรและพ.ศ. โดยเปรียบเทียบความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบเลขคณิตและเรขาคณิต คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปีและอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของจำนวนประชากร เพื่อนำค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยแบบที่มีความสัมพันธ์ของค่าสหสัมพันธ์สหสัมพันธ์มากมาใช้ในการทำนายจำนวนประชากร



รูปที่ 3.5 แนวโน้มจำนวนประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ

ในการทำนายจำนวนประชากรของเทศบาลนครนครราชสีมาจะอ้างอิงข้อมูลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ (ใช้อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ) โดยการนำข้อมูลของภาคตะวันออกเฉียงเหนือมาศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลง อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของจำนวนประชากร สร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) จากนั้นเลือกลักษณะความสัมพันธ์ที่มีค่า R^2 มากมาใช้ในการทำนายจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งการหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรในแต่ละปี ดังสมการที่ 3.1

$$r = \frac{P_1 - P_0}{P_0} \quad (3.1)$$

โดย r = อัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากรภายในระยะเวลา 1 ปี
 P_0 = ประชากร ณ เวลาใดเวลาหนึ่ง
 P_1 = จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นภายในระยะเวลา 1 ปี

ถ้าข้อมูลจำนวนประชากรมีความสัมพันธ์แบบเลขคณิต ใช้สมการที่ 3.2 และถ้ามีความสัมพันธ์แบบเรขาคณิต ใช้สมการ 3.3 ในการทำนายจำนวนประชากร โดยนำค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยแทนลงไปในสมการ ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลจำนวนประชากรเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่ามีความสัมพันธ์แบบเรขาคณิตมากกว่าเลขคณิต

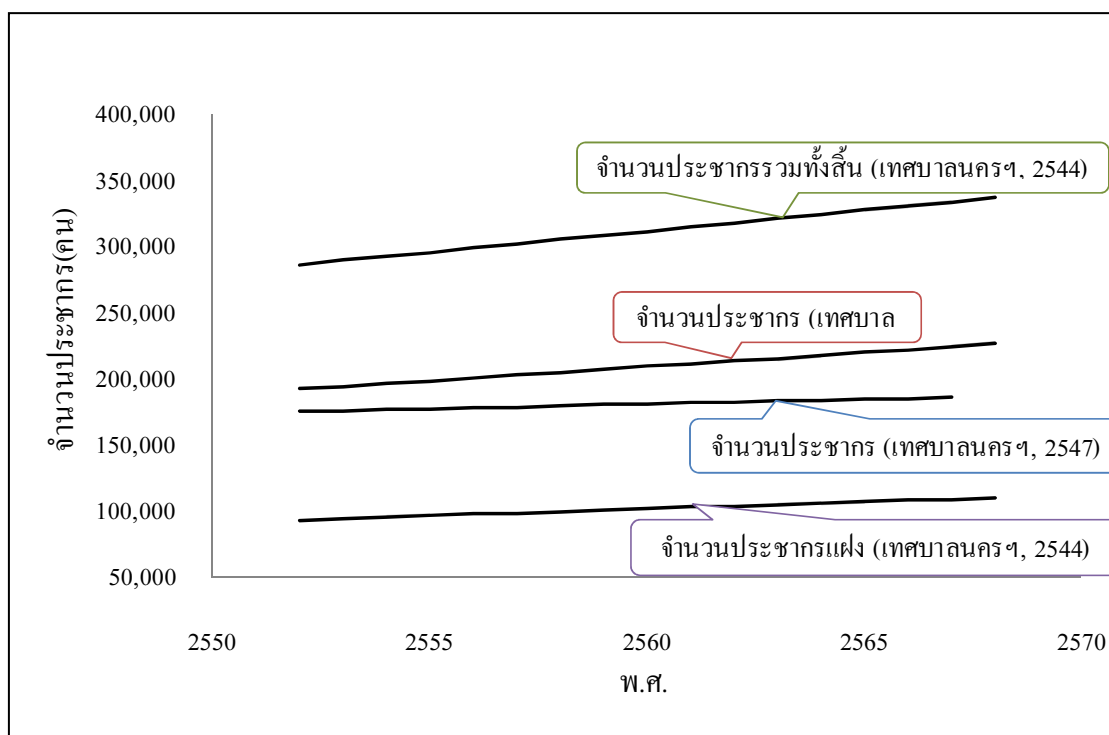
$$P_t = P_0 + (P_0 \times r) \quad (3.2)$$

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \quad (3.3)$$

โดย r = อัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย
 P_0 = จำนวนประชากร ณ เวลาหนึ่ง
 t = ระยะเวลา
 P_t = จำนวนประชากรที่เปลี่ยนไป

- ทำนายจำนวนประชากรในอนาคต

ในการทำนายจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา 2 ครั้ง ได้แก่ การทำนายจำนวนประชากรเพื่อออกแบบปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสีย (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2544) พิจารณาจำนวนประชากรแฝงเป็นระยะเวลาประมาณ 17 ปี (พ.ศ. 2552 - พ.ศ. 2568) โดยมีได้บอกวิธีการหรือหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการทำนายจำนวนประชากร และการทำนายจำนวนประชากรเพื่อใช้ในการประเมินความเป็นไปได้และออกแบบระบบการจัดการขยะแบบครบวงจร (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2547) ซึ่งไม่ได้พิจารณาจำนวนประชากรแฝงเป็นระยะเวลา 16 ปี (พ.ศ. 2552 - พ.ศ. 2567) และข้อมูลการทำนายจำนวนประชากรจากเทศบาลนครนครราชสีมา ดังแสดงในรูปที่ 3.6 และข้อมูลจากการทำนายทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 3.4



รูปที่ 3.6 เปรียบเทียบข้อมูลการทำนายจำนวนประชากร

ตารางที่ 3.4 ข้อมูลการทำนายจำนวนประชากรจากเทศบาลนครนครราชสีมา

พ.ศ.	โครงการปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสีย * (คน)			โครงการประเมินความเป็นไปได้เพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร ** (คน)
	ประชากร	ประชากรแฝง	รวมประชากรทั้งสิ้น	ประชากร
2552	192,670	93,950	286,620	175,804
2553	194,797	94,987	289,784	176,495
2554	196,924	96,024	292,948	177,189
2555	199,051	97,062	296,113	177,886
2556	201,178	98,099	299,277	178,586
2557	203,305	99,136	302,441	179,288
2558	205,433	100,173	305,606	179,993
2559	207,569	101,215	308,784	180,701
2560	209,707	102,257	311,964	181,412
2561	211,846	103,300	315,146	182,125
2562	213,986	104,344	318,330	182,841
2563	216,126	105,387	321,513	183,560
2564	218,265	106,430	324,695	184,282
2565	220,404	107,473	327,877	185,007
2566	222,543	108,516	331,059	185,735
2567	224,679	109,558	334,237	186,465
2568	226,813	110,599	337,412	

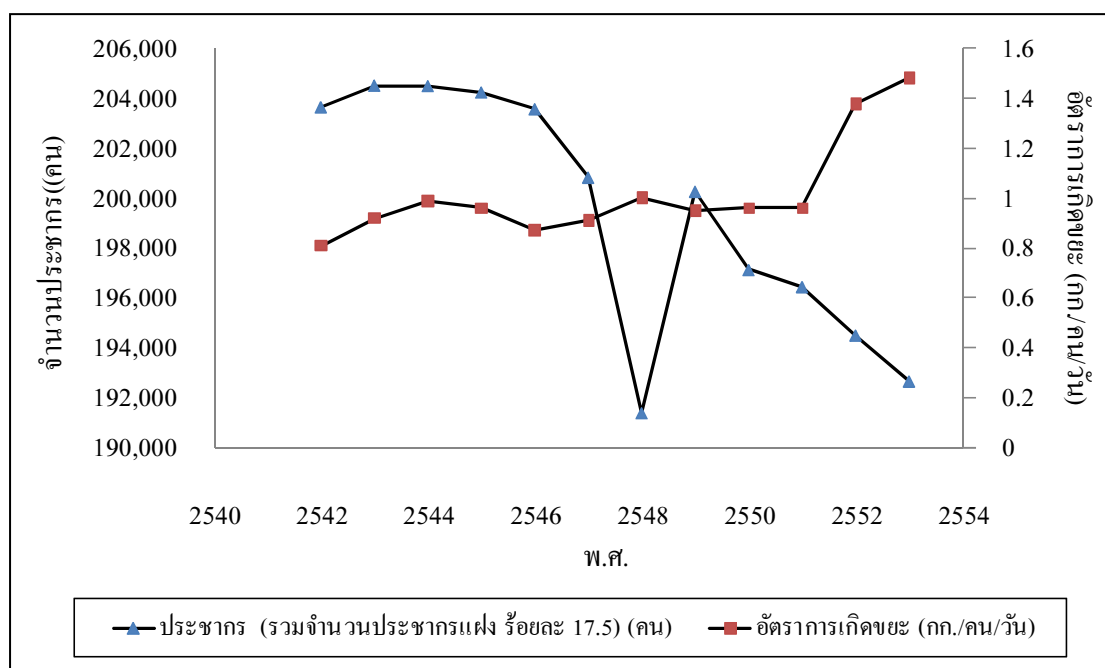
หมายเหตุ : * เทศบาลนครนครราชสีมา (2544)

** เทศบาลนครนครราชสีมา (2547)

- ทำนายอัตราการเกิดขยะในอนาคตแบบต่าง ๆ

อัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบัน (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2551)

มีการเปลี่ยนแปลงไม่คงที่ กล่าวคือ มีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกัน ดังนั้น ในการศึกษาความสัมพันธ์ของอัตราการเกิดขยะเพื่อศึกษาแนวโน้มของอัตราการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 3.10 และข้อมูลทั้งหมดที่ใช้ในการศึกษาอัตราการเกิดขยะ ดังแสดงในตารางที่ 3.5



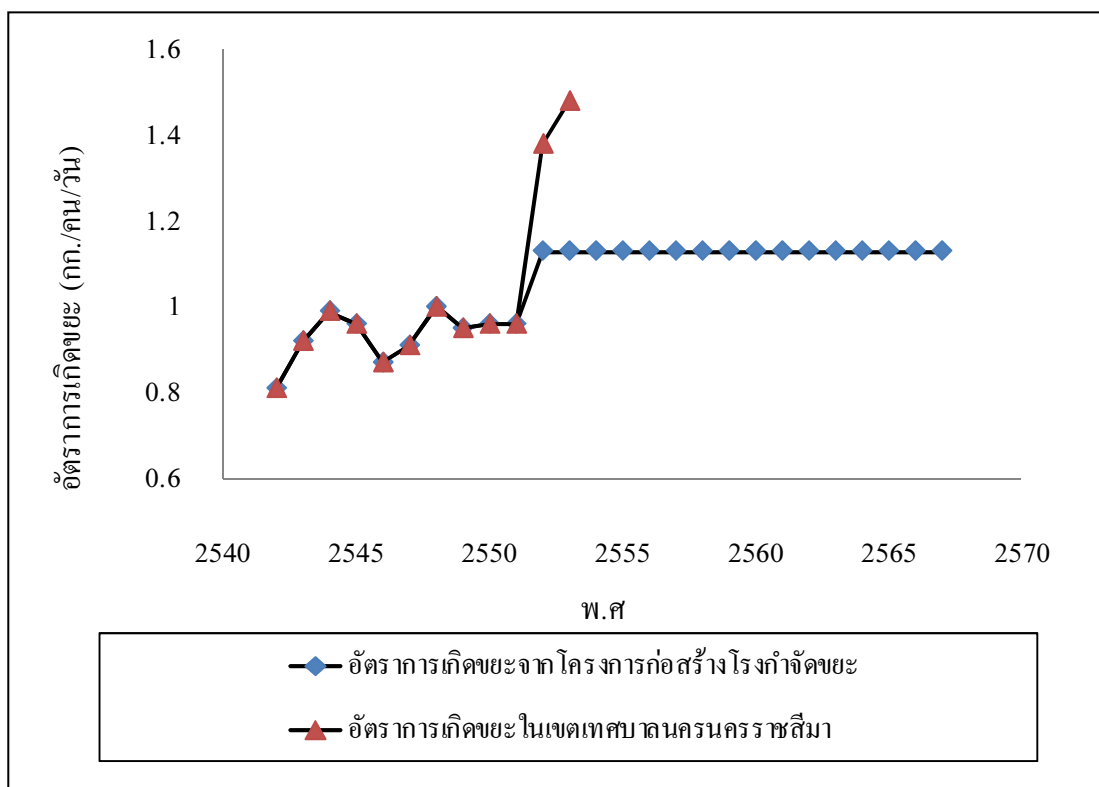
รูปที่ 3.7 แนวโน้มอัตราการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2551)

ตารางที่ 3.5 ข้อมูลอัตราการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ในอดีตจนถึงปัจจุบัน

พ.ศ.	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	ประชากร (รวมจำนวนประชากรแฝง ร้อยละ 17.5) (คน)	อัตราการเกิดขยะ (กก./คน/วัน)
2542	165.6	203,652	0.81
2543	188.39	204,517	0.92
2544	203.05	204,503	0.99
2545	195.19	204,246	0.96
2546	176.34	203,576	0.87
2547	183.66	200,833	0.91
2548	190.67	191,398	1.00
2549	190.24	200,268	0.95
2550	188.56	197,130	0.96
2551	188.50	196,449	0.96
2552	185.08	194,508	1.38
2553	192.44	192,666	1.48

หมายเหตุ : เทศบาลนครนครราชสีมา (2553)

ในการศึกษาครั้งนี้ใช้หลักการทำนายอัตราการเกิดขยะเช่นเดียวกันกับการทำนายจำนวนประชากร โดยนำค่าอัตราการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครราชสีมาตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2542 - พ.ศ. 2551) มาสร้างกราฟเพื่อศึกษาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของอัตราการเกิดขยะแบบเลขคณิตและเรขาคณิต นำค่าความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากมาใช้ในการทำนายอัตราการเกิดขยะ คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะในแต่ละปีและอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย และนำค่าอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยแทนลงในสมการเพื่อทำนายอัตราการเกิดขยะ ซึ่งสมการที่ใช้ในการทำนายอัตราการเกิดขยะใช้สมการเช่นเดียวกันกับการทำนายจำนวนประชากรดังที่ได้กล่าวไปในข้างต้นในส่วนของการทำนายจำนวนประชากร ข้อมูลการทำนายอัตราการเกิดขยะจากโครงการประเมินความเป็นไปได้เพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร กำหนดให้อัตราการเกิดขยะตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 มีค่าคงที่เนื่องจากให้เหตุผลว่ามีการรณรงค์ให้ลดการผลิตขยะ เพิ่มการคัดแยกขยะเพื่อนำกลับมาใช้ประโยชน์ จากนั้นเปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะจากที่เกิดขึ้นจริงและจากการทำนายเพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร ดังแสดงในรูปที่ 3.11

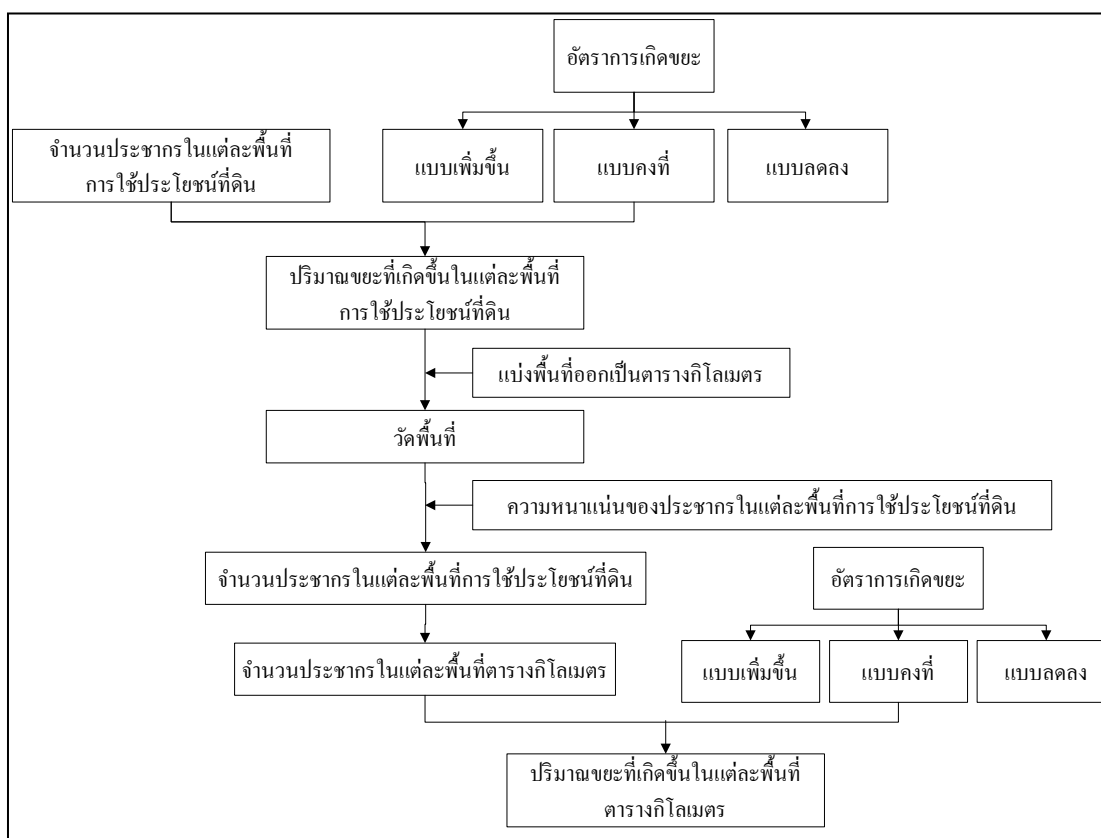


รูปที่ 3.8 เปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะจากการทำนายและอัตราการเกิดขยะที่เกิดขึ้นจริง

ในการทำนายอัตราการเกิดขยะแบ่งประเภทออกเป็น 3 แบบคือ แบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่ และแบบลดลง แนวโน้มของอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะมีความสัมพันธ์แบบเรขาคณิตมากกว่าเลขคณิตในลักษณะที่เพิ่มขึ้น จึงทำนายอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น โดยใช้วิธีการทำนายแบบเรขาคณิต สามารถเกิดขึ้นในกรณีที่ประชากรมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ปริมาณบรรจุภัณฑ์และขยะย่อมเพิ่มมากขึ้น อัตราการเกิดขยะแบบคงที่จะใช้อัตราการเกิดขยะในปีปัจจุบันเป็นตัวกำหนดค่าที่ใช้ในการทำนาย ซึ่งในการวางแผนการจัดการขยะอาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ขยะที่เกิดขึ้นจริง ถ้าจำนวนประชากรมากขึ้น แต่การจัดการขยะมีงบประมาณจำกัดทำให้ อัตราการเกิดขยะคงที่ และอัตราการเกิดขยะจากการทำนายโดยโครงการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรก็ใช้ค่าคงที่ในการทำนาย ส่วนอัตราการเกิดขยะแบบลดลงกำหนดให้ลดลงตามอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยแบบเรขาคณิต เกิดขึ้นในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีในการกำจัดขยะเพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ โดยแยกขยะก่อนการกำจัดออกเป็นขยะทั่วไปและขยะอินทรีย์ ทำให้ขยะทั่วไปที่ต้องนำไปกำจัดมีปริมาณขยะลดลง และถ้ามีการรณรงค์ให้มีการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ ทำให้ประชาชนมีพฤติกรรมการคัดแยกขยะก่อนการทิ้งขยะ ส่งผลต่ออัตราการเกิดขยะที่ลดลง

3.2.2.3 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ขั้นตอนทั้งหมดของการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ซึ่งการทำนายจำนวนประชากรแบบเรขาคณิตและอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ทำให้ทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งตัวอย่างการทำนายปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากโครงการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร ดังแสดงในตารางที่ 3.6 จากนั้นประมาณปริมาณขยะตามพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และประมาณปริมาณขยะในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร พร้อมทั้งจำแนกประเภทขยะที่เกิดขึ้นออกเป็นขยะอินทรีย์และขยะทั่วไป เพื่อให้ทราบว่าปริมาณขยะอินทรีย์เกิดขึ้นมากกว่า 50% จากการศึกษาองค์ประกอบขยะ ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพของโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร รวมถึงแสดงความแตกต่างของจำนวนประชากร ความหนาแน่นและระดับความหนาแน่นของประชากรทั้งในพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและในพื้นที่ตารางกิโลเมตรได้อย่างชัดเจน



รูปที่ 3.9 ขั้นตอนการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ตารางที่ 3.6 ข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากโครงการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร

พ.ศ.	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)	พ.ศ.	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)
2552	199	2560	205
2553	199	2561	206
2554	200	2562	207
2555	201	2563	207
2556	202	2564	208
2557	203	2565	209
2558	203	2566	210
2559	204	2567	211

หมายเหตุ : เทศบาลนครนครราชสีมา (2547)

- **ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ทั้งในปัจจุบันและอนาคต**

จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยเริ่มศึกษาชั้นข้อมูลของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน และกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่จากการนับจำนวนหลังคาเรือนของที่อยู่อาศัย และกำหนดจำนวนประชากรในพื้นที่ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีหลังคาเรือนของที่อยู่อาศัย จากนั้นปรับแก้จำนวนประชากรทั้งหมดให้เท่ากับประชากรในเขตเทศบาลนครราชสีมาที่ได้จากการทำนายในแต่ละปี จากการเทียบสัดส่วนโดยนำจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในอนาคตทุก ๆ ระยะเวลา 5 ปีหารเฉลี่ยเพิ่มลงในเซลล์ทั้งหมดแต่ละเซลล์ของลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน คำนวณความหนาแน่นของประชากรในแต่ละเซลล์ของการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีประชากรอาศัยอยู่ บริเวณที่จำนวนประชากรมีความหนาแน่นเกินความหนาแน่นมากที่สุด (อ้างอิงจากความหนาแน่นของประเทศมาเก๊า ดังแสดงในตารางที่ 3.7) ปรับแก้ให้ความหนาแน่นเท่ากับความหนาแน่นมากที่สุด จากนั้นจะทราบความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต นำจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่คูณด้วยอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ที่ได้ทำนายไว้ จะทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในปัจจุบันและอนาคต ซึ่งชั้นข้อมูลนี้เป็นชั้นข้อมูลเริ่มต้นที่นำไปสู่การวิเคราะห์ความหนาแน่นและการขยายตัวของประชากร ประมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประเมินความพอเพียงของขนาดความจุ และประเมินความพอเพียงของปริมาณถังขยะในเขตเทศบาลนครราชสีมาต่อไป

ตารางที่ 3.7 ความหนาแน่นของประชากรในทวีปเอเชีย

ประเทศ	ความหนาแน่นของประชากร (คน/ตร.กม.)
มาเก๊า	18,662
ฮ่องกง	6,390
สิงคโปร์	7,023
ไทย (กทม.)	3,635

หมายเหตุ : วิกีพีเดีย สารานุกรมเสรี (2553)

● ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร

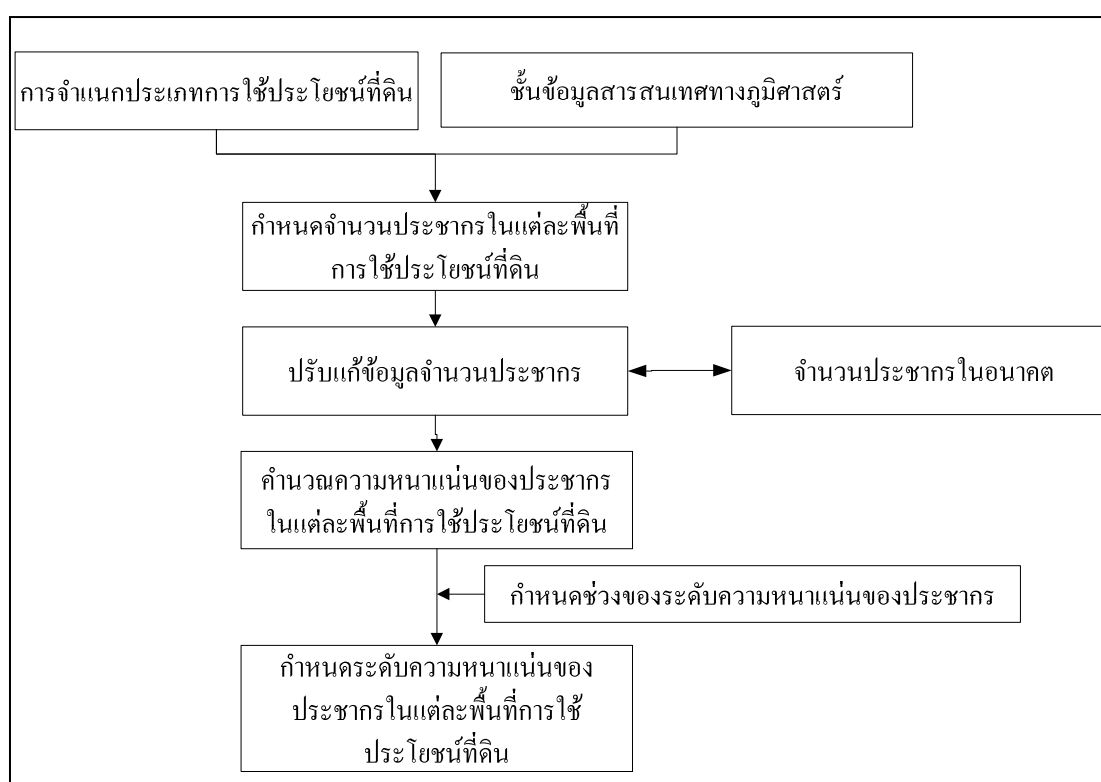
การประมาณปริมาณขยะต่อพื้นที่ตารางกิโลเมตร มีขั้นตอนดังนี้

- เริ่มด้วยการแบ่งช่องพื้นที่ออกเป็นช่องละ 1 ตารางกิโลเมตร โดยการสร้างกริด (Grid) กำหนดช่วงของพิกัด ช่อง X Axis และ Y Axis เท่ากับ 1,000 เมตร ดังนั้นจะได้กริดช่องละหนึ่งตารางกิโลเมตร
- สร้างพื้นที่เป็นรูปปิดหลายเหลี่ยม แต่ในการศึกษาครั้งนี้จะสร้างเป็นพื้นที่สี่เหลี่ยมตามช่องกริดที่แบ่งเป็นตารางกิโลเมตร โดยใช้ชุดคำสั่ง Clip ซึ่งเป็นคำสั่งที่ใช้ในการตัดข้อมูลที่ต้องการตามขอบเขตพื้นที่ที่กำหนด โดยตัดข้อมูลแผนที่ออกจากชั้นข้อมูลด้วยพื้นที่ปิดที่เราสร้างขึ้นมา เพื่อแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางกิโลเมตรตามพื้นที่รูปปิดหลายเหลี่ยมที่สร้างขึ้น
- จะได้จำนวนประชากรในพื้นที่แต่ละตารางกิโลเมตรที่ได้จากการสร้างกริดคำนวณพื้นที่ในแต่ละช่องกริด นำจำนวนประชากรหารด้วยพื้นที่ในแต่ละช่องกริด จะได้ความหนาแน่นของประชากร จากนั้นนำความหนาแน่นคูณด้วยอัตราการเกิดขยะในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร ซึ่งจะได้ปริมาณขยะต่อพื้นที่ตารางกิโลเมตร

จากการ Clip จะได้จำนวนประชากร ความหนาแน่น และระดับความหนาแน่นของประชากร ในการ Clip ต้องวัดพื้นที่ที่ได้จากการ Clip อีกครั้ง เนื่องจากอาจเกิดคลาดเคลื่อน ในการสร้างพื้นที่รูปปิดหลายเหลี่ยม เมื่อวัดพื้นที่ที่ได้จากการ Clip นำไปคูณด้วยความหนาแน่น ซึ่งจะได้จำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่หรือในแต่ละเซลล์ จากนั้นรวมจำนวนประชากรในแต่ละเซลล์ที่อยู่ภายในกริดและจะทราบจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่ต่อตารางกิโลเมตร นำจำนวนประชากรคูณด้วยอัตราการเกิดขยะที่ได้ประมาณการไว้ จะได้ปริมาณขยะทั้งจากอัตราการเกิดขยะแบบต่างๆ จากนั้นกำหนดช่วงของระดับความหนาแน่นของประชากรเป็นสีต่าง ๆ เพื่อแสดงความแตกต่างของความหนาแน่นประชากรในแต่ละกริดได้อย่างชัดเจน

3.2.2.4 กำหนดระดับความหนาแน่นของประชากรทั้งในปัจจุบันและอนาคต

หลังจากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน กำหนดจำนวนประชากร ปรับแก้จำนวนประชากรให้เท่ากับจำนวนประชากรที่ทำนายขึ้นในอนาคต คำนวณความหนาแน่น และกำหนดระดับความหนาแน่นของประชากร โดยในการกำหนดระดับความหนาแน่นของประชากรแบ่งระดับความหนาแน่นออกเป็น 5 ระดับซึ่งประกอบด้วย ความหนาแน่นน้อยมาก ความหนาแน่นน้อย ความหนาแน่นปานกลาง ความหนาแน่นมาก และความหนาแน่นมากที่สุด ซึ่งในแต่ละระดับความหนาแน่นแบ่งช่วงของจำนวนประชากรออกเป็น 3 ช่วง เพื่อใช้ในการพิจารณาการขยายตัวของประชากรจากประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีจำนวนหลังคาเรือนของผู้อยู่อาศัย เมื่อจำนวนประชากรเพิ่มขึ้น ช่วงของจำนวนประชากรอาจเปลี่ยน แต่ยังอยู่ในระดับความหนาแน่นเดิม หรืออาจทำให้ระดับความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินเปลี่ยนแปลงไปในอนาคต แสดงสัญลักษณ์ระดับความหนาแน่นของประชากรเพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างของจำนวนประชากรได้อย่างชัดเจนด้วยสีต่าง ๆ ขั้นตอนทั้งหมดของการกำหนดระดับความหนาแน่นของประชากร ดังแสดงในรูปที่ 3.13



รูปที่ 3.10 ขั้นตอนของการกำหนดระดับความหนาแน่นของประชากร

- **แสดงระดับความหนาแน่นของประชากรด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นผิว (Surface Analysis)**

เมื่อได้ข้อมูลระดับความหนาแน่นของประชากร โดยกำหนดช่วงของระดับความหนาแน่นของประชากร จากชั้นข้อมูลเทศบาลนครนครราชสีมา แสดงระดับความหนาแน่นในรูปแบบของการวิเคราะห์เชิงพื้นผิว เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของความหนาแน่นในแต่ละพื้นที่ได้อย่างชัดเจน พร้อมทั้งจะทราบจำนวนประชากรและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ในพื้นที่เป็นตารางกิโลเมตร

3.2.2.5 รวบรวมข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะ ข้อมูลชุมชน และข้อมูลที่ตั้งถังขยะ

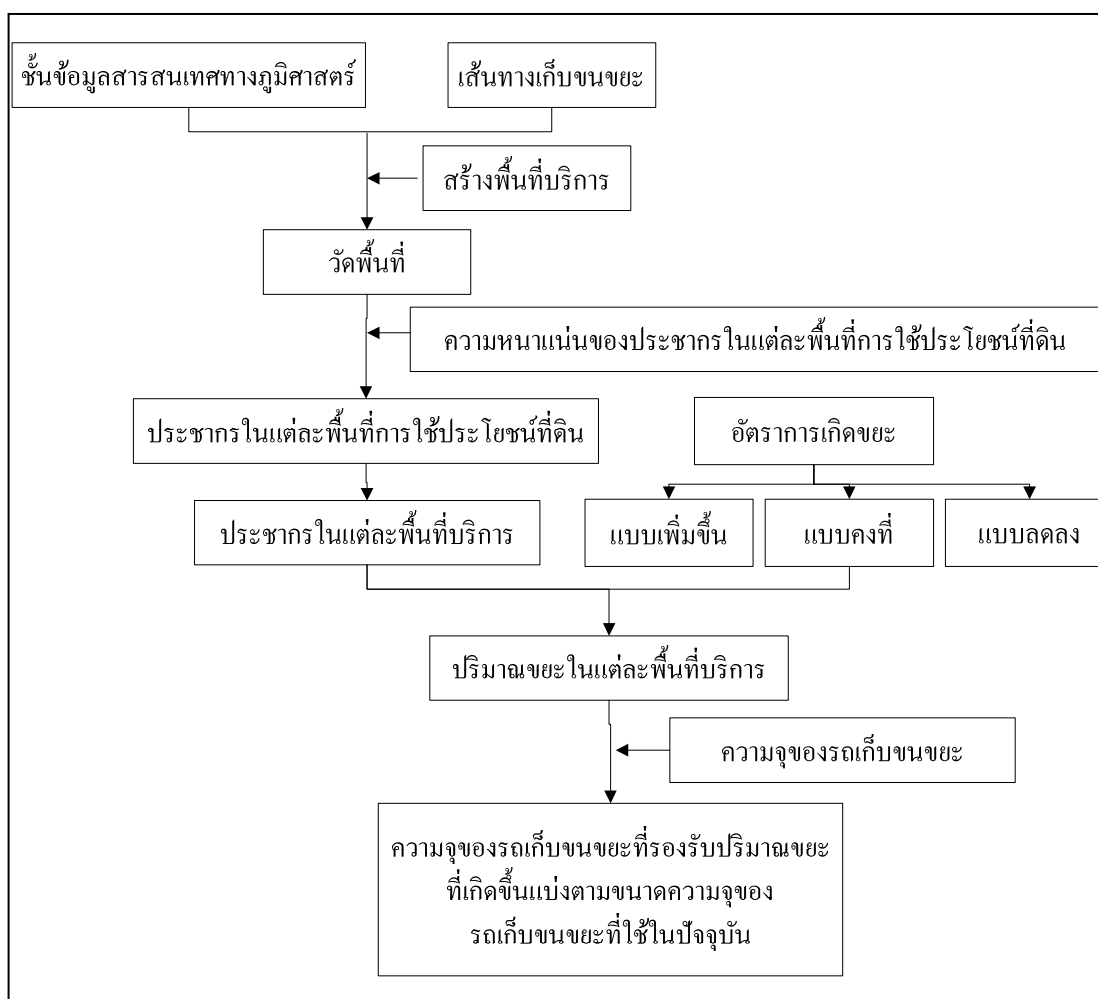
ชั้นข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะ สามารถใช้ในการประเมินความพอเพียงของความสะดวกของรถที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกับความสะดวกของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบัน และชั้นข้อมูลชุมชนและที่ตั้งถังขยะสามารถใช้ในการความพอเพียงของปริมาณถังขยะกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 3.12

- **ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากพื้นที่บริการของเส้นทางเก็บขนขยะ**

การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นมีขั้นตอนการศึกษา ดังแสดงในรูปที่ 3.11 และเมื่อทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จะทราบปริมาณความสะดวกของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จากนั้นแบ่งความสะดวกของรถเก็บขนขยะตามความสะดวกของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน

นำข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบันจากเทศบาลนครนครราชสีมาซ้อนทับลงบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยติดต่อเพื่อขอความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลเส้นทางที่ใช้ในการเก็บขนในปัจจุบัน ทั้งหมด 35 เส้นทาง ด้วยการให้ผู้ที่มีหน้าที่ในการขับรถเก็บขนขยะอธิบายเส้นทางเก็บขนขยะในแต่ละเส้นทาง จากนั้นลงข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะโดยซ้อนทับเส้นทางเก็บขนขยะในแต่ละเส้นทางลงยังโปรแกรมวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อใช้ในการศึกษาความพอเพียงของขนาดความสะดวกของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน

สร้างพื้นที่บริการ (Service Area) เพื่อแสดงพื้นที่การให้บริการของถนนแต่ละเส้นทางที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น โดยสร้างพื้นที่บริการให้พื้นที่บริการทั้งหมดของถนนทุกเส้นทางครอบคลุมพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา 37.5 ตารางกิโลเมตร Clip พื้นที่บริการในลักษณะเช่นเดียวกันกับการ Clip เพื่อหาจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ จากการ Clip วัดพื้นที่ที่ได้จากการ Clip นำไปคูณด้วยความหนาแน่นของประชากร จะได้จำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ จะได้จำนวนประชากรในแต่ละเซลล์ จากนั้นรวมจำนวนประชากร ในแต่ละเซลล์ที่อยู่ในพื้นที่บริการ จะทราบจำนวนประชากรทั้งหมดในพื้นที่บริการ นำจำนวนประชากรไปคูณด้วยอัตราการเกิดขยะจากการทำนาย จะทราบปริมาณขยะจากการสร้างพื้นที่บริการ

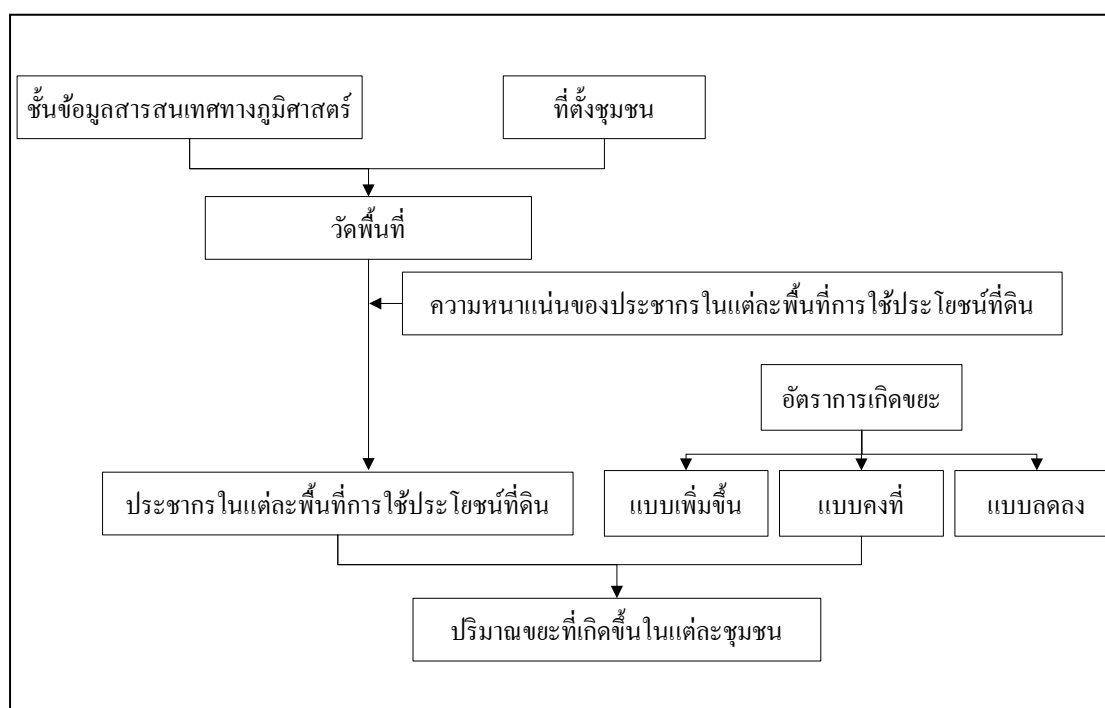


รูปที่ 3.11 ขั้นตอนของประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากพื้นที่บริการ

เมื่อทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบต่างๆ ในหน่วยน้ำหนัก (กิโลกรัมหรือตัน) เปลี่ยนหน่วยน้ำหนักให้เป็นหน่วยปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร) จะได้ขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่ควรใช้ในแต่ละเส้นทางจากอัตราการเกิดขยะแบบต่างๆ แสดงสัญลักษณ์ด้วยการเลือกคอลัมน์ปริมาณขยะในปีที่ต้องการ จากนั้นเลือกช่วงของความจุเป็น 4 5 8 10 และมากกว่า 10 เช่นเดียวกันกับขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบัน จากขั้นตอนนี้สามารถอธิบายความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะโดยการเปรียบเทียบความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบันกับความจุที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากพื้นที่บริการเก็บขนขยะที่สร้างขึ้นให้ครอบคลุมพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร

● ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้ง 83 ชุมชน

การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนทั้ง 83 ชุมชนมีขั้นตอนการศึกษาแสดงในรูปที่ 3.15 เมื่อทราบปริมาณขยะในแต่ละชุมชนสามารถนำชุมชนที่มีปริมาณขยะเกิดขึ้นมากเป็นชุมชนตัวอย่างนำร่องในการจัดการขยะ เนื่องจากปัจจุบันเทศบาลนครนครราชสีมาแบ่งพื้นที่ออกเป็นชุมชน และมอบหน้าที่ความรับผิดชอบให้หัวหน้าชุมชนเป็นผู้ดูแลในเรื่องต่าง ๆ



รูปที่ 3.12 ขั้นตอนการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชน

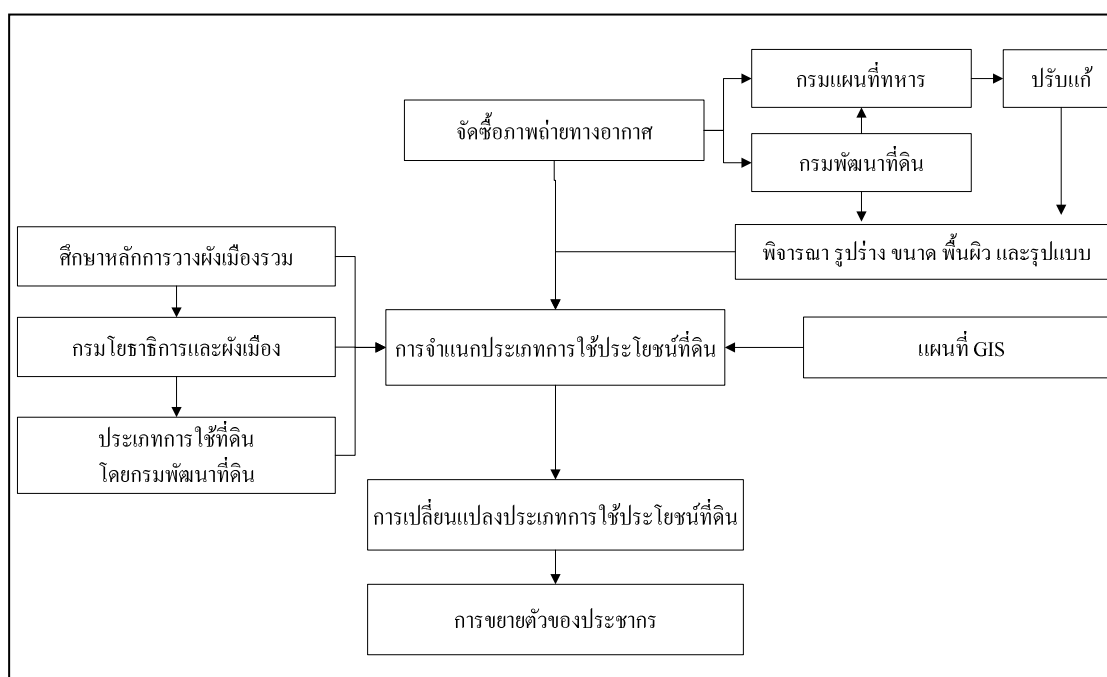
การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จากการซ้อนทับข้อมูลชุมชนทั้ง 83 ชุมชนและข้อมูลถึงขยะจากเทศบาลนครนครราชสีมาลงบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้คำสั่ง Clip เพื่อ Clip ชุมชน จากการ Clip วัดพื้นที่ที่ได้จากการ Clip นำไปคูณด้วยความหนาแน่นในแต่ละเซลล์ จะได้จำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นรวมจำนวนประชากรในแต่ละเซลล์ที่อยู่ภายในชุมชนแต่ละชุมชน จะทราบจำนวนประชากรทั้งหมดในชุมชน นำจำนวนประชากรคูณด้วยอัตราการเกิดขยะที่ได้ประมาณการไว้ จะได้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชนจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ

3.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

แหล่งข้อมูลบ่งบอกถึงความน่าเชื่อถือของการนำข้อมูลมาใช้งาน ดังนั้น ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้สามารถแบ่งได้ 2 ประเภท คือ ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary Source) หมายถึง การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลคุณลักษณะที่ตรวจวัดขึ้น เช่น การดิจิไทซ์ (Digitized) เส้นถนน การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ประเภทที่สอง คือ ข้อมูลทุติยภูมิ หมายถึง การนำเข้าข้อมูลคุณลักษณะที่ได้จากหน่วยงานต่าง ๆ ได้รวบรวมไว้ คือ ข้อมูลด้านประชากร ปริมาณขยะที่เก็บขนได้บริเวณเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเพื่อคำนวณอัตราการเกิดขยะ และเลือกข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่มีความเชื่อถือ โดยได้รวบรวมข้อมูลประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา และข้อมูลประชากรในกรุงเทพมหานคร ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และประเทศไทยจากกรมการปกครอง (กรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย, 2552) มาใช้ในการศึกษา

- วิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน และพิจารณาการขยายตัวของประชากร

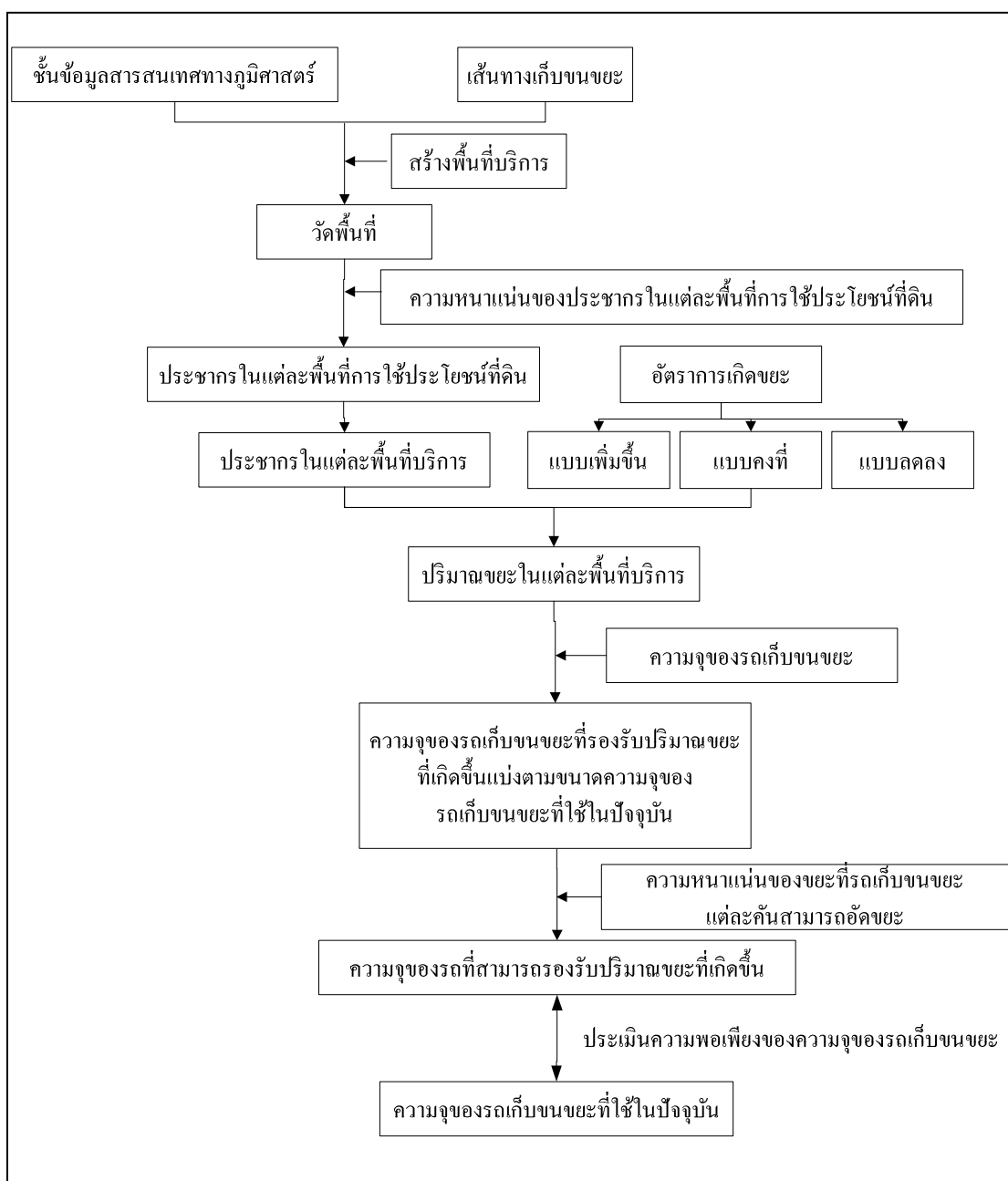
การใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภททำให้ความหนาแน่นของประชากรแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลต่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ และในอนาคตสามารถใช้ข้อมูลความหนาแน่นของประชากรในการพิจารณาการขยายตัวของประชากร ดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.13 การวิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินและการขยายตัวของประชากร

- วิเคราะห์ความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ

การวิเคราะห์ความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ และเส้นทางที่ควรมีการปรับเปลี่ยนขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ ซึ่งขั้นตอนของการวิเคราะห์ความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ ดังแสดงในรูปที่ 3.14



รูปที่ 3.14 การวิเคราะห์ความพอเพียงของรถเก็บขนขยะ

จากการแบ่งพื้นที่บริการเพื่อประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น พบว่าเส้นทางเก็บขนขยะแต่ละเส้นทางมีปริมาณขยะเกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน ในอนาคตปริมาณขยะที่เกิดขึ้นอาจมีการเปลี่ยนแปลง ดังนั้น ในการศึกษาความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะในแต่ละเส้นทางกับความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน โดยพิจารณาขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในปัจจุบันจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ จากนั้นเปรียบเทียบความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกับขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ในปัจจุบัน ซึ่งในอนาคตปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นทำให้ความสามารถในการรองรับปริมาณขยะของรถแต่ละคันไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จึงควรมีการเสนอแนะแนวทางในการจัดการขยะต่อไป ซึ่งการเปรียบเทียบความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกับขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่เทศบาลนครนครราชสีมาใช้ในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 3.15



รูปที่ 3.15 การประเมินความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ

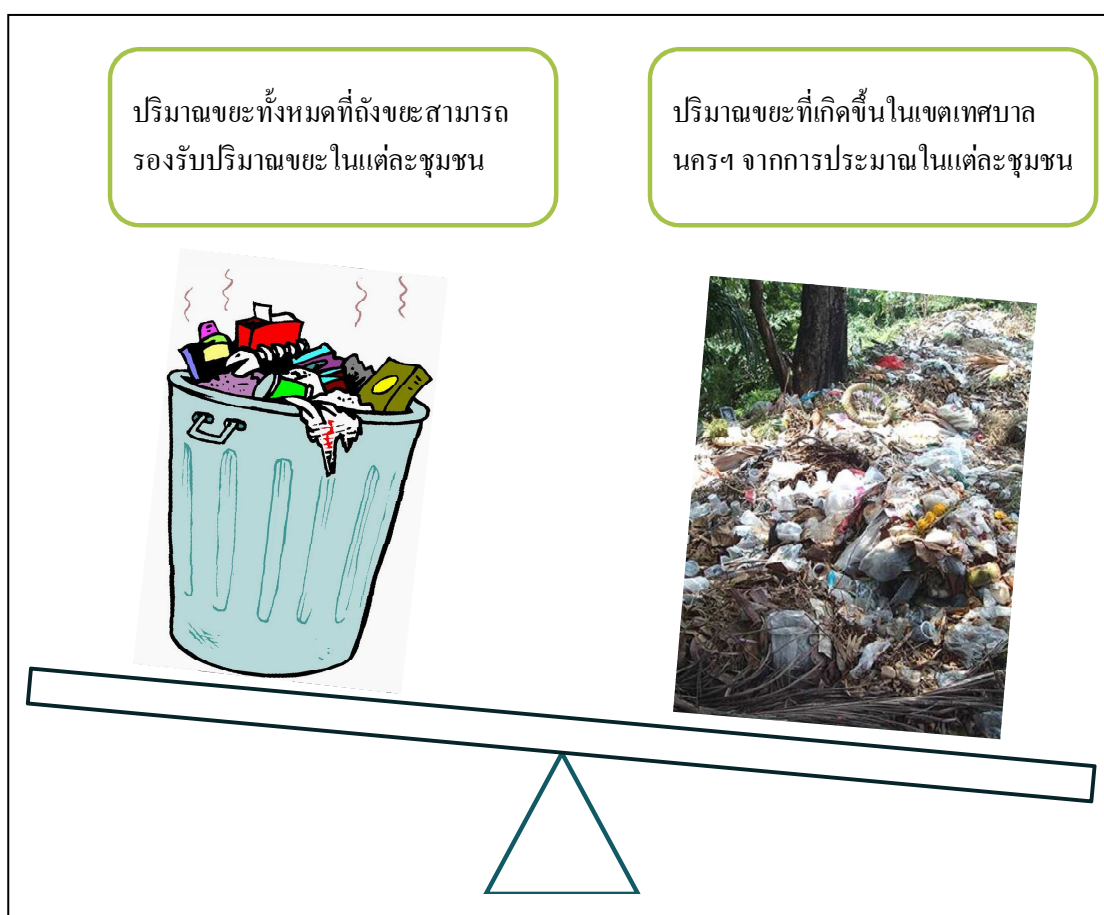
- วิเคราะห์ความพอเพียงของปริมาณถังขยะ

การประเมินความพอเพียงของปริมาณถังขยะในปัจจุบันและในอนาคตเป็นระยะเวลา 30 ปี จากขั้นตอนการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนทั้ง 83 ชุมชนจะทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชน จากนั้นซ้อนทับชั้นข้อมูลที่ถังถังขยะ จะทราบที่ตั้งถังขยะและจำนวนถังขยะในแต่ละชุมชน โดยกำหนดให้ถังขยะทุกใบมีความจุ 200 ลิตร เพราะฉะนั้นถังขยะหนึ่งใบสามารถรองรับปริมาณขยะ 66 กิโลกรัม (ความหนาแน่นของขยะ 0.33 ตัน/ลูกบาศก์เมตร) (เทศบาลนครนครราชสีมา, 2547) ซึ่งขั้นตอนการวิเคราะห์ความพอเพียงของปริมาณถังขยะดังแสดงในรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.16 การวิเคราะห์ความพอเพียงของปริมาณถังขยะ

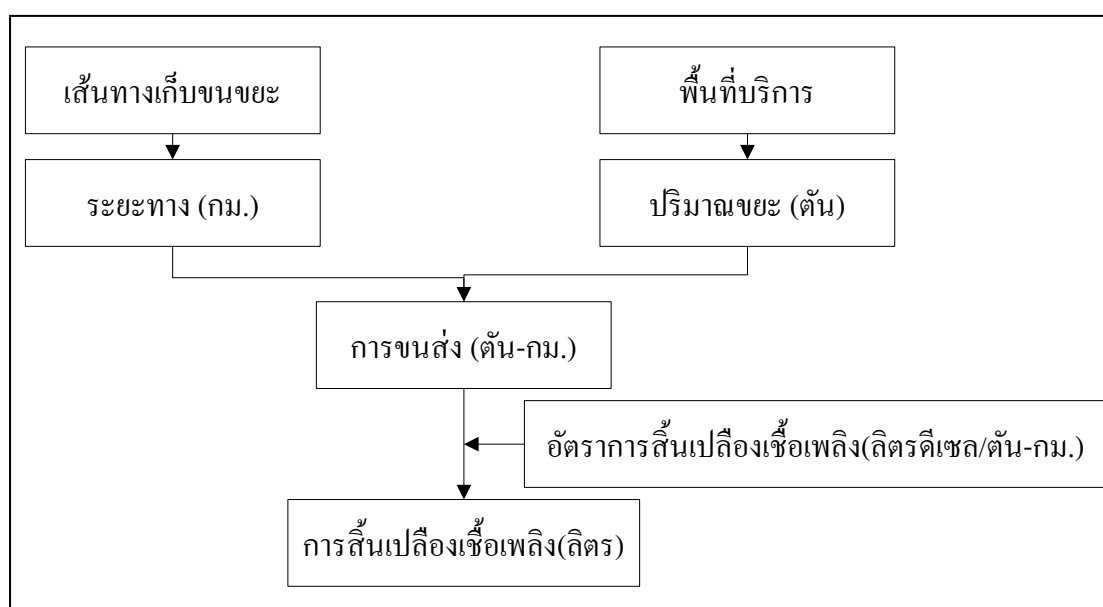
นำจำนวนถังขยะในแต่ละชุมชนคูณด้วยน้ำหนักขยะที่ถังขยะหนึ่งใบสามารถรองรับปริมาณขยะที่ได้อธิบายในข้างต้น จะได้ปริมาณขยะทั้งหมดที่ถังขยะสามารถรองรับปริมาณขยะในแต่ละชุมชน จากนั้นเปรียบเทียบปริมาณขยะทั้งหมดที่ถังขยะสามารถรองรับปริมาณขยะในแต่ละชุมชนและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนราจากการประมาณในแต่ละชุมชน ดังแสดงในรูปที่ 3.17 บริเวณหรือชุมชนที่มีปริมาณขยะมากกว่าปริมาณขยะทั้งหมดที่ถังขยะสามารถรองรับปริมาณขยะในแต่ละชุมชน แสดงว่าปริมาณถังขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ส่วนบริเวณที่ปริมาณขยะทั้งหมดที่ถังขยะสามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชนมากกว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้น แสดงว่าปริมาณถังขยะเพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และแสดงสัญลักษณ์เพื่อบ่งบอกถึงความพอเพียงหรือไม่พอเพียงของปริมาณถังขยะเป็นสีต่าง ๆ



รูปที่ 3.17 การประเมินความพอเพียงของปริมาณถังขยะ

- **วิเคราะห์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถเก็บขนขยะ**

ขั้นตอนของการประมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถเก็บขนขยะ ดังแสดงในรูปที่ 3.18 เริ่มด้วยการวัดระยะทางของเส้นทางแต่ละเส้นทาง และประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการแบ่งพื้นที่บริการให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 37.5 ตารางกิโลเมตร ในภาคการขนส่งนำระยะทางคูณด้วยน้ำหนักขยะ จะได้หน่วยของการขนส่ง (ตัน - กม.) จากข้อมูลของเทศบาลนครนครราชสีมา จะทราบขนาดของรถเก็บขนขยะในแต่ละเส้นทาง และศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงโดยนำอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลมาคำนวณหาการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง(ลิตรดีเซล)ในแต่ละเที่ยวของการเก็บขนขยะ จากนั้นเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในหน่วยของลิตรดีเซล/ตัน - กม.



รูปที่ 3.18 การวิเคราะห์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

ในการประมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถเก็บขนขยะแต่ละคันทำให้ทราบปริมาณน้ำมันที่ใช้เก็บขนขยะของรถแต่ละคัน จากนั้นวิเคราะห์ความเหมาะสมของรถเก็บขนขยะแต่ละคัน ควรออกแบบเส้นทางเก็บขนขยะใหม่และปรับเปลี่ยนให้ขนาดความจุมีความเหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ในกรณีที่ขนาดของรถไม่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เก็บขนได้ โดยอาจรวมเส้นทางบางเส้นทางที่ใช้ในการเก็บขนให้เป็นเส้นทางเดียวกัน เพื่อลดการใช้เชื้อเพลิงในการขนถ่ายขยะ ซึ่งส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการเก็บขนขยะ

- **เสนอแนะการจัดการขยะและการเก็บขนขยะที่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในอนาคต**

ข้อมูลการจัดการขยะในปัจจุบัน พบว่าบางเส้นทางมีขนาดความจุของรถเก็บขนขยะไม่เหมาะสม บางชุมชนหรือบางพื้นที่ที่มีปริมาณถังขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น บางพื้นที่ไม่มีจุดที่ตั้งถังขยะ จึงเสนอแนะระบบการจัดการขยะในอนาคต เช่น เปลี่ยนขนาดของถังขยะและรถเก็บขนขยะ เพิ่มปริมาณถังขยะและรถเก็บขนขยะ เคลื่อนย้ายที่ตั้งถังขยะใหม่ หรือวางแผนการจัดการขยะให้มีประสิทธิภาพ เพื่อให้มีความเพียงพอและเหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในอนาคต จากนั้นสำรวจเส้นทางเก็บขนขยะ และจุดที่ตั้งถังขยะทั้งหมดที่ใช้ในปัจจุบัน จัดเก็บข้อมูลเส้นทางและจุดที่ตั้งถังขยะในปัจจุบันเป็นฐานข้อมูล และสามารถปรับปรุงระบบฐานข้อมูลเพื่อใช้ในการจัดการขยะในอนาคต

ปัจจุบันเทศบาลนครนครราชสีมา กำลังดำเนินการก่อสร้างโครงการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร ที่ใช้งบประมาณ 412 ล้านบาทในการก่อสร้าง เพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ยชีวภาพ และเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพจึงควรมีการคัดแยกประเภทขยะออกเป็นขยะอินทรีย์และขยะทั่วไป เริ่มดำเนินการบริเวณตลาดในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา โดยควรศึกษาปริมาณขยะอินทรีย์ที่เกิดขึ้น เพื่อใช้ในการศึกษาความพอเพียงและความเป็นไปได้ทางด้านเศรษฐศาสตร์ในการคัดแยกประเภทขยะ และเนื่องจากขยะอินทรีย์มีปริมาณมากถึงร้อยละ 61.2 ควรออกแบบเส้นทางเก็บขนขยะออกเป็นเส้นทางเก็บขนขยะอินทรีย์และเส้นทางเก็บขนขยะทั่วไป รถที่ใช้ในการเก็บขนควรเป็นรถที่มีลักษณะที่เหมาะสมกับประเภทของขยะและปริมาณขยะที่เกิดขึ้น เช่น เส้นทางที่มีปริมาณขยะอินทรีย์มากพอกับความจุของรถเก็บขนขยะ ควรใช้รถสำหรับเก็บขนขยะอินทรีย์โดยเฉพาะ ซึ่งจะสามารถแยกประเภทขยะเพื่อนำไปผลิตพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเพื่อให้ได้เส้นทางที่เหมาะสมที่สุด จึงอาจปรับเปลี่ยนเส้นทาง ลดหรือเพิ่มเส้นทางในการเก็บขนขยะบางเส้นทาง เพื่อช่วยลดปัญหาขยะตกค้าง ลดค่าใช้จ่ายในการเก็บขนและค่าสึกหรอของเครื่องยนต์

3.3 วัสดุอุปกรณ์ และข้อมูลประกอบการวิจัย

- 1) โปรแกรมวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์
- 2) ภาพถ่ายทางอากาศประเภทดิจิทัลของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 พ.ศ. 2545
- 3) ภาพถ่ายทางอากาศประเภทดิจิทัลของกรมแผนที่ดิน มาตราส่วน 1 : 4,000 พ.ศ. 2545
- 4) ข้อมูลปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา
- 5) ข้อมูลที่ตั้งถังขยะ เส้นทางเก็บขนขยะ และชุมชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การศึกษาวิจัยแบบประยุกต์ เป็นการวิจัยที่มุ่งเอาผลการศึกษา มาประยุกต์ใช้งานจริงในพื้นที่ต่าง ๆ ซึ่งในการศึกษานี้เป็นการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณปริมาณขยะชุมชนตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พร้อมทั้งประเมินความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะกับความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบันจากการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางโดยการสร้างพื้นที่บริการ ด้วยการรวบรวมข้อมูลจากเทศบาลนครนครราชสีมา ได้แก่ จำนวนประชากร จำนวนประชากรแฝง สถานการณ์ขยะ และการจัดการขยะ ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ ชี้นข้อมูลที่ตั้งถังขยะ ชุมชน เส้นทางเก็บขนขยะ รายละเอียดความจุรถเก็บขนขยะ ความหนาแน่นของขยะของรถเก็บขนขยะแต่ละคัน

การนำสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของตัวแปรที่มีความสัมพันธ์แบบเลขคณิต และเรขาคณิต มาใช้เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง พ.ศ. และจำนวนประชากร โดยนำค่าของความสัมพันธ์ที่มีสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากมาใช้ในการทำนายตัวแปรต่าง ๆ ได้แก่ จำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอนาคต โดยพิจารณาจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอดีต จากนั้นคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลง และอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ย พร้อมทั้งจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินใช้หลักการการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมโยธาธิการและผังเมืองและกรมพัฒนาที่ดิน กำหนดจำนวนประชากร และความหนาแน่นของประชากร ระดับความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่ จะทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ต่าง ๆ ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นแบ่งพื้นที่เป็นตารางกิโลเมตร วัดพื้นที่เนื่องจากอาจเกิดความคลาดเคลื่อนจากการแบ่งพื้นที่ นำพื้นที่คูณด้วยความหนาแน่นของประชากรจะได้จำนวนประชากร นำจำนวนประชากรที่ได้คูณด้วยอัตราการเกิดขยะ จะทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตารางกิโลเมตร นำปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเปรียบเทียบกับความจุของรถเก็บขนขยะและปริมาณถังขยะเพื่อประเมินความพอเพียงของขนาดความจุและความพอเพียงของปริมาณถังขยะ

การเปรียบเทียบค่าจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่ได้จากการทำนายกับจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งโดยภาพรวมสามารถนำหลักการและวิธีการศึกษาที่กล่าวมานี้ไปประยุกต์ใช้สำหรับการจัดการขยะในเทศบาลตำบลอื่น ๆ โดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

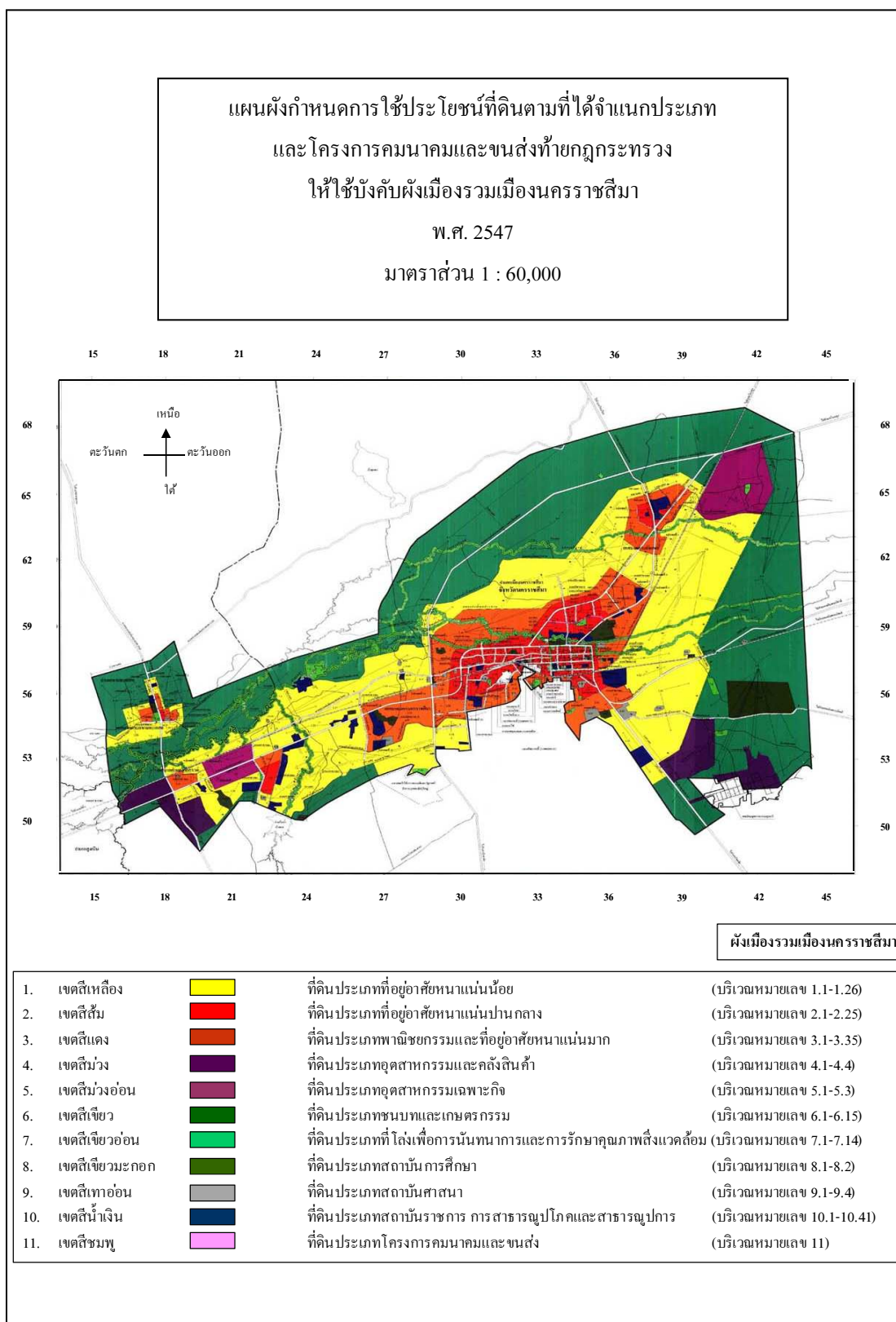
4.1 สถานการณ์ขยะและการจัดการขยะในเทศบาลนครนครราชสีมา

ในอนาคตรอบปริมาณขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง และไม่สามารถเก็บขนขยะทั้งหมดที่เกิดขึ้น ทำให้เทศบาลนครนครราชสีมาประสบปัญหาขยะตกค้าง ซึ่งนำไปสู่ปัญหาด้านการจัดการขยะ ดังนั้นควรมีวิธีการจัดการขยะที่เกิดขึ้นให้ถูกต้องตามหลักสุขาภิบาล ในอดีตการจัดการขยะใช้วิธีการฝังกลบในท้องที่ตำบลโพธิ์ ซึ่งปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จึงได้จัดหาพื้นที่เพื่อใช้เป็นสถานที่กำจัดขยะในท้องที่ตำบลกฤษณา อำเภอสีคิ้ว แต่พื้นที่ดังกล่าวอยู่ห่างจากเทศบาลมากกว่า 40 กิโลเมตร จำเป็นต้องมีสถานีขนถ่ายระหว่างทาง ประกอบกับเกิดความขัดแย้งกับประชาชนในพื้นที่ใกล้เคียง จึงไม่สามารถนำขยะมากำจัดในบริเวณดังกล่าว เทศบาลนครนครราชสีมาได้นำกรรมวิธีและเทคโนโลยีการกำจัดขยะเพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ยชีวภาพ และเชื้อเพลิงอัดแท่ง เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ ลดผลกระทบด้านสิ่งแวดล้อม และการยอมรับของสังคมโดยรอบ อย่างไรก็ตามในการพัฒนานี้ยังมิได้มีการประมาณปริมาณขยะวางแผนด้านการเก็บขนขยะและการจัดการขยะให้สอดคล้องตอบรับกัน ดังนั้น ในการศึกษาจึงได้จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนด้านการเก็บขนและจัดการขยะ ซึ่งได้แก่ การนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลาล่วงหน้า 30 ปี พร้อมทั้งพิจารณาความพอเพียงของรถเก็บขนขยะกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นนั้น และเสนอแนะการจัดการขยะในอนาคต

4.2 การรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น

4.2.1 การวางผังเมืองรวมและการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

การวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา พ.ศ. 2547 จัดทำขึ้นเพื่อจัดระบบการใช้ประโยชน์ที่ดินให้มีประสิทธิภาพสามารถรองรับและสอดคล้องกับการขยายตัวของชุมชนในอนาคต ส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจและโครงสร้างบริการสาธารณะ ซึ่งสามารถจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 11 ประเภท ได้แก่ (1) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย (2) ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง (3) พาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (4) อุตสาหกรรมและคลังสินค้า (5) อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ (6) ชนบทและเกษตรกรรม (7) ที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (8) สถาบันการศึกษา (9) สถาบันศาสนา (10) สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ และ (11) โครงการคมนาคมขนส่ง แต่ในส่วนของพื้นที่เขตเทศบาลนครนครราชสีมา สามารถจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 8 ประเภท ได้แก่ (1) ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย (2) ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง (3) พาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก (4) ที่โล่งเพื่อนันทนาการ และการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม (5) สถาบันการศึกษา (6) สถาบันศาสนา (7) สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ และ (8) โครงการคมนาคมขนส่ง ดังแสดงในรูปที่ 4.1

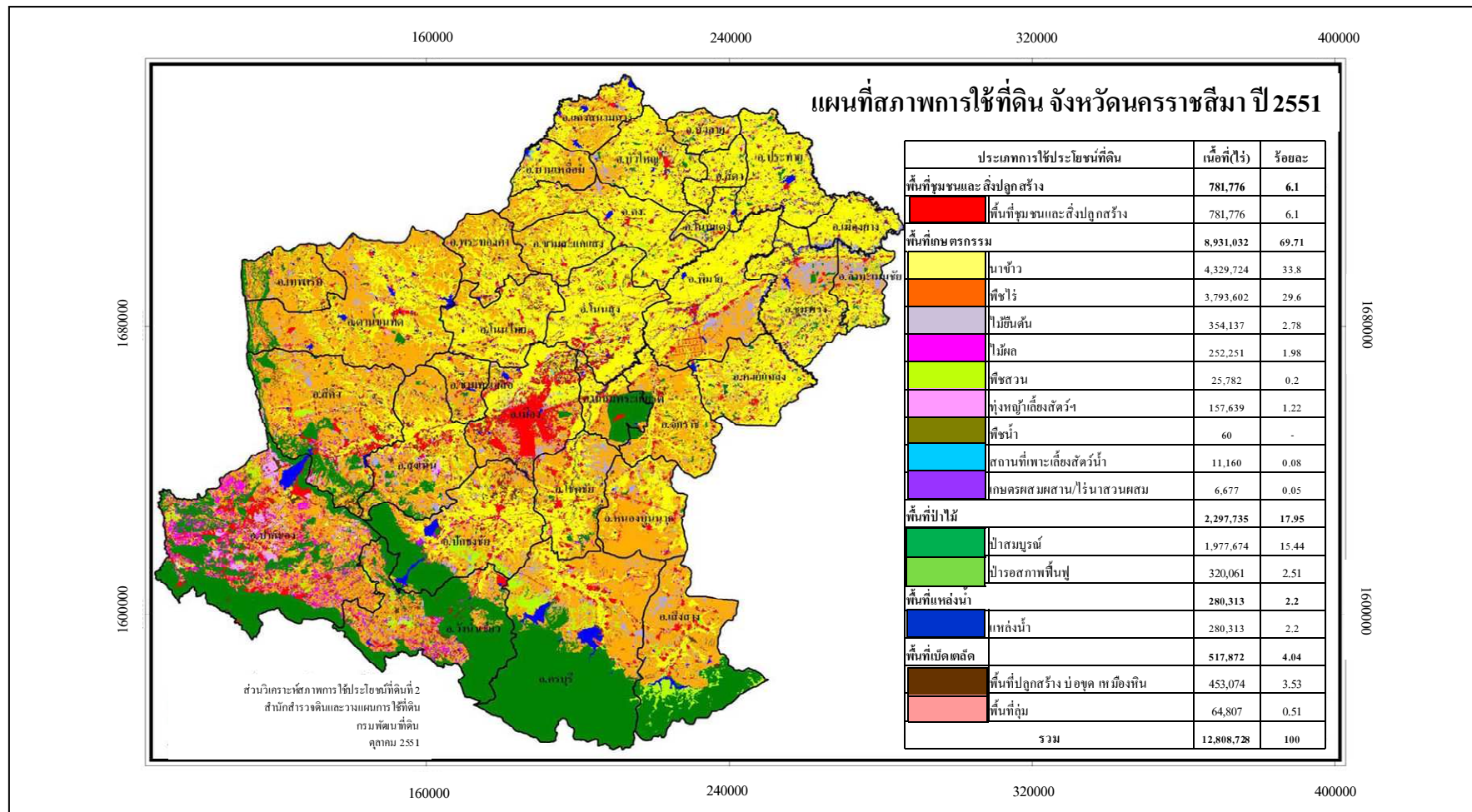


รูปที่ 4.1 ผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา (กรมโยธาธิการและผังเมือง, 2553)

วัตถุประสงค์ของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกันย่อมส่งผลต่อประเภทและระดับของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ก่อนการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินต้องกำหนดเป้าหมายและวัตถุประสงค์ให้ชัดเจน ซึ่งเป็นขั้นตอนหนึ่งของการวางแผนเมืองรวมที่ได้กล่าวไปในข้างต้นในส่วนของการศึกษาการวางแผนเมืองรวม ซึ่งการศึกษารั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณปริมาณขยะตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ส่วนที่คล้ายคลึงกับกรมโยธาธิการและผังเมืองคือการพิจารณาการขยายตัวของชุมชนในอนาคต แต่ต่างจากของกรมพัฒนาที่ดินตรงที่กรมพัฒนาที่ดินเน้นการจำแนกประเภททางด้านเกษตรกรรมและปศุสัตว์เป็นหลักเพื่อนำไปใช้ประโยชน์เป็นพื้นที่ทำกิน เนื่องจากวัตถุประสงค์หลักของการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินเพื่อแก้ไขปัญหาการบุกรุกทำลายป่าและขาดแคลนที่ดินทำกิน

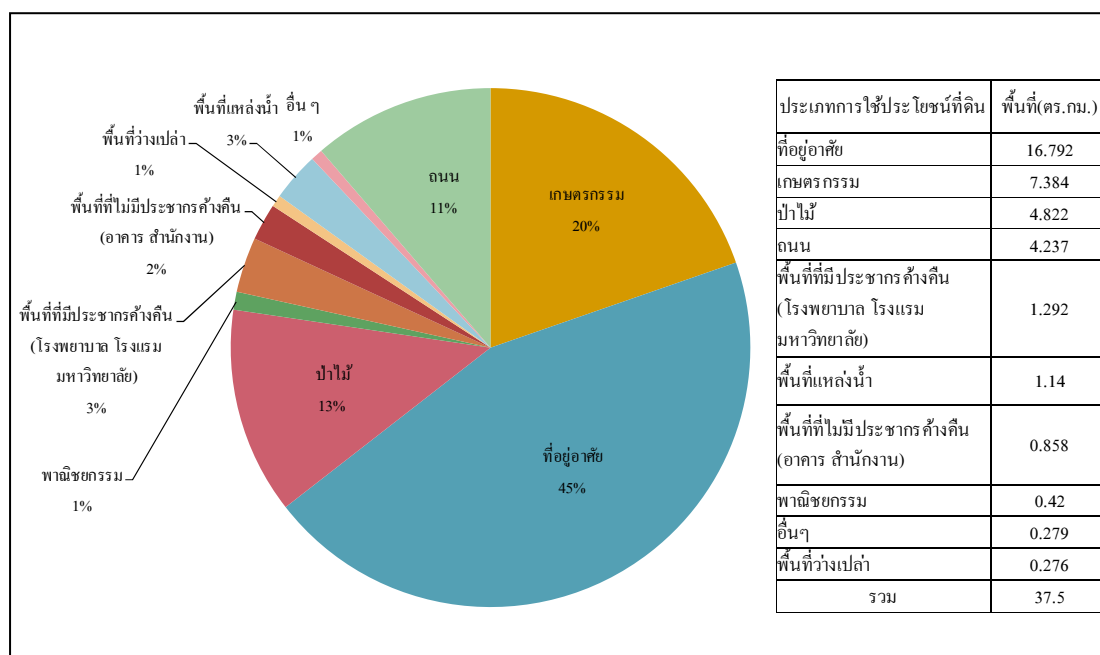
ประเภทการใช้ที่ดินที่ได้จำแนกโดยกรมพัฒนาที่ดินในพื้นที่จังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน ออกเป็น 5 ประเภทหลัก ได้แก่ (1) พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (2) พื้นที่เกษตรกรรม ประกอบด้วย นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชสวน ท่งหญ้า เลี้ยงสัตว์ และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ พืชน้ำ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเกษตรผสมผสานหรือไร่นาสวนผสม (3) พื้นที่ป่าไม้ (4) พื้นที่แหล่งน้ำ และ (5) พื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งบางประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 3 ระดับ โดยแบ่งเป็น 2 เขต กำหนดเป็นเขตพื้นที่ทำการเกษตรและเป็นเขตพื้นที่ป่าไม้อย่างละเท่า ๆ กัน โดยมีหน่วยราชการหน่วยงานรับผิดชอบด้วยเหตุดังกล่าวจึงได้มีโครงการสำรวจและจำแนกประเภทที่ดินอย่างละเอียดดำเนินการสำรวจเพื่อพิจารณาความเหมาะสมของดินแล้วทำการจำแนกให้เป็นพื้นที่ทำกินของราษฎรและจำแนกเป็นป่าไม้ถาวรเพื่อประกาศเป็นป่าสงวนแห่งชาติ ทั้งนี้เพื่อช่วยให้ราษฎรมีที่ดินเป็นหลักแหล่งและยุติการเคลื่อนย้ายที่ทำกินซึ่งจะเป็นการบุกรุกทำลายป่าอีกต่อไป (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551) ซึ่งในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพิจารณาจากอัตราส่วนการใช้พื้นที่แปลงที่ดิน โดยการคำนวณอัตราส่วนพื้นที่ใช้สอยรวมทุกชั้นของอาคารต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (F.A.R. : Floor Area Ratio) และ อัตราส่วนร้อยละของพื้นที่อาคารปกคลุมดินต่อพื้นที่แปลงที่ดิน (B.C.R. : Building Coverage Ratio) แต่การใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีค่า F.A.R และ B.C.R. แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมาโดยกรมพัฒนาที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.2 และสามารถสรุปรายละเอียดทั้งหมดของประเภทการใช้ที่ดิน ดังแสดงในตารางที่ ข.1 (ภาคผนวก ข.) ซึ่งสามารถนำข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินบริเวณจังหวัดนครราชสีมาของกรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมพัฒนาที่ดินมาประกอบพิจารณาการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษารั้งนี้

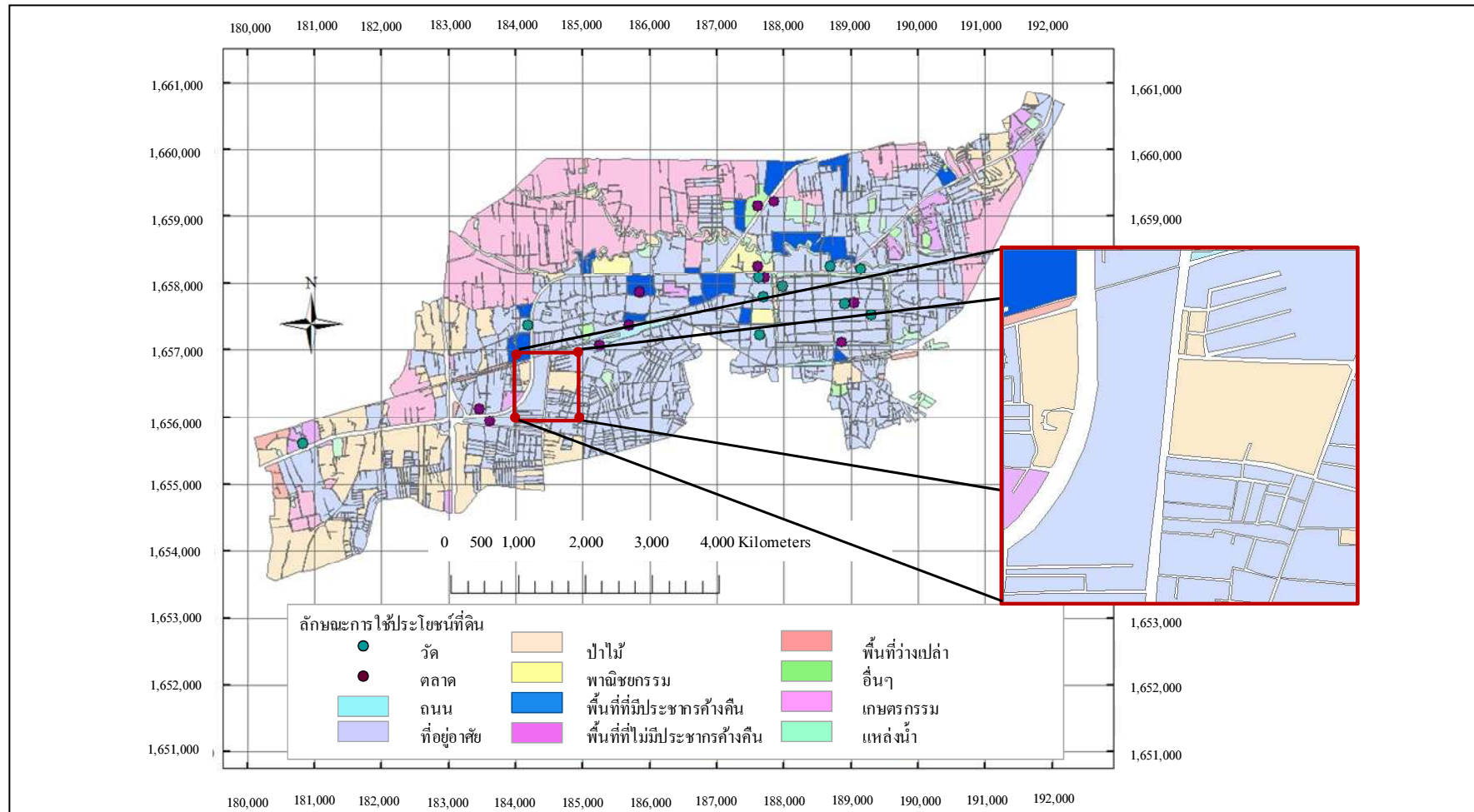


รูปที่ 4.2 การใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา (กรมพัฒนาที่ดิน, 2551)

จากรูปที่ 4.1 และรูปที่ 4.2 เป็นการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จัดทำขึ้นโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมพัฒนาที่ดิน ตามลำดับ นำไปสู่ขั้นตอนของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของเทศบาลนครนครราชสีมา เริ่มด้วยการจัดซื้อภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1 : 50,000 และกรมพัฒนาที่ดิน มาตราส่วน 1 : 4,000 นำภาพถ่ายทางอากาศซ้อนทับลงบนโปรแกรมวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และใช้ภาพถ่ายทางอากาศจาก Google Earth ในส่วนที่ทำการเผยแพร่ต่อทางสาธารณชน เพื่อเปรียบเทียบและศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือดิจิทัลไชน์ชั้นข้อมูล โดยพิจารณาจากรูปร่าง พื้นผิว รูปแบบ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการแปลภาพถ่าย จำแนกพื้นที่เป็นลักษณะขอบเขตพื้นที่หรือเรียกว่ารูปปิดหลายเหลี่ยม (Polygon) รูปแบบของถนนใช้รูปแบบเป็นเส้น (Line) และให้ความสำคัญกับกิจกรรมที่ส่งผลต่อปริมาณขยะเป็นหลัก พบว่าสามารถจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ออกเป็น 12 ชั้นข้อมูล ได้แก่ ถนน แหล่งน้ำ ตลาดสด ที่อยู่อาศัย ป่าไม้ เกษตรกรรม พาณิชยกรรม พื้นที่ว่างเปล่า วัด พื้นที่ที่ไม่มีประชากรอาศัยอยู่ค้างคืน เช่น อาคาร หน่วยงานราชการ โรงเรียน สถานศึกษา พื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่ค้างคืน เช่น โรงแรม มหาวิทยาลัย โรงพยาบาลและอื่นๆ โดยพื้นที่แต่ละประเภทจากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 สมการที่ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในภาคผนวก ง.



รูปที่ 4.3 พื้นที่แต่ละประเภทจากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน



รูปที่ 4.4 การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

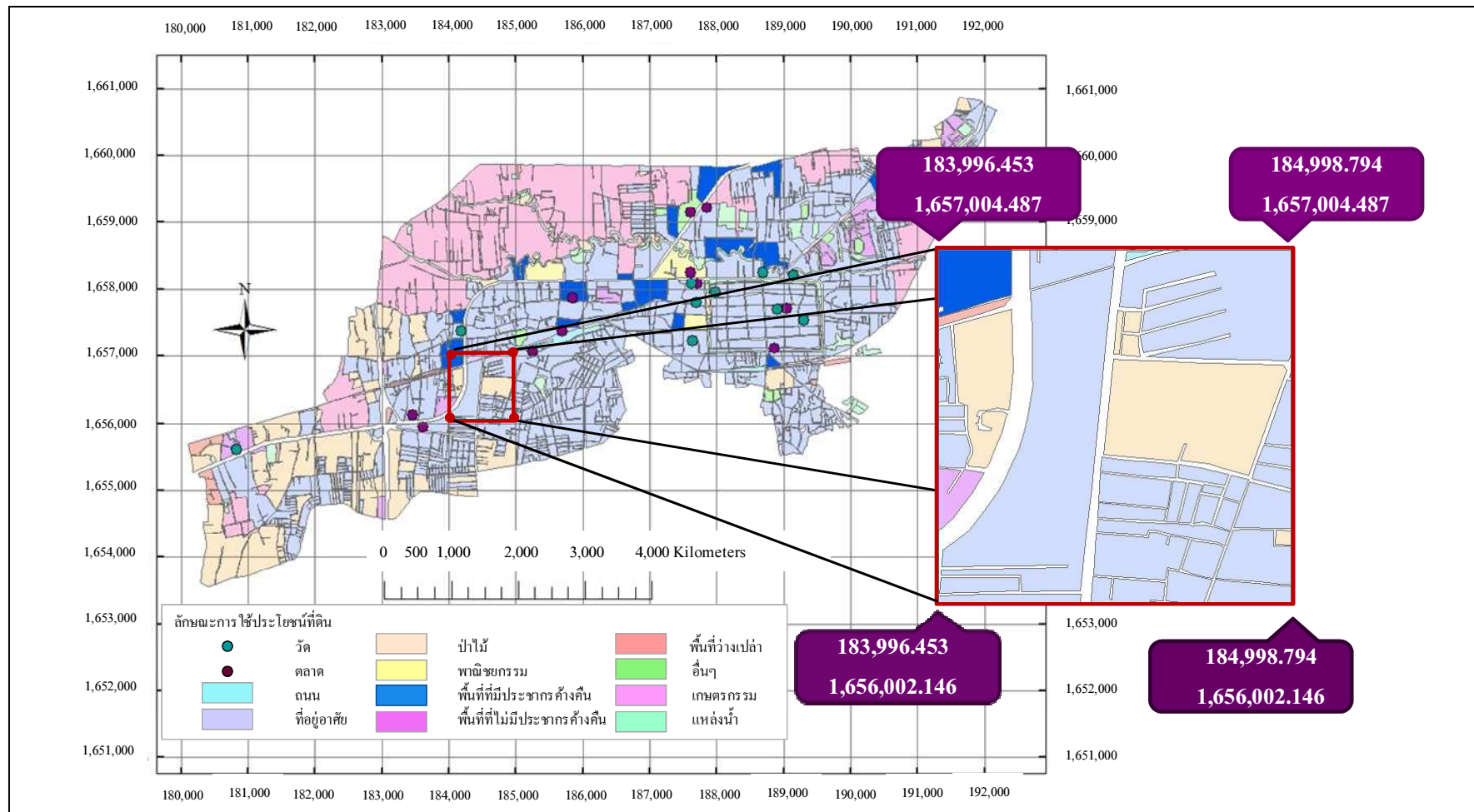
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้มีความละเอียดกว่าบริเวณที่รวมอยู่ในส่วนผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมาโดยกรมโยธาธิการและผังเมือง และสภาพการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา โดยกรมพัฒนาที่ดิน ซึ่งในการจำแนกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละพื้นที่หรือแต่ละโครงการขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์และการนำไปใช้ประโยชน์ โดยการศึกษาครั้งนี้จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อประมาณปริมาณขยะในพื้นที่ประเภทที่อยู่อาศัยที่เป็นแหล่งกำเนิดขยะ แต่ไม่ได้จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในส่วนเขตพื้นที่ป่าไม้ เช่น ป่าดิบ ป่าผลัดใบ เกษตรกรรมประเภทต่าง ๆ ได้แก่ นาข้าว พืชไร่ พืชสวน ไม้ยืนต้น พืชน้ำ ไม้ผล ท่งหญ้า เลี้ยงสัตว์ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดบางประเภท เช่น ท่งหญ้า เหมืองหิน เช่นเดียวกันกับของกรมพัฒนาที่ดิน หรืออย่างเช่น พื้นที่ประเภทโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้จากการจำแนกในการศึกษานี้จะรวมอยู่ในพื้นที่ประเภทพาณิชยกรรม แต่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินโรงงานอุตสาหกรรมจะรวมอยู่ในประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งต่างจากกรมโยธาธิการและผังเมืองในส่วนที่ไม่มีพื้นที่อุตสาหกรรมเฉพาะกิจ ที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม สถาบันศาสนา โครงการคมนาคมและขนส่ง จากการจำแนกประเภทการใช้ที่ดินของกรมโยธาธิการและผังเมือง และในส่วนขอบบริเวณพื้นที่อำเภอเมืองนครราชสีมา พื้นที่สถาบันการศึกษา และสถาบันราชการที่ได้จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษาครั้งนี้จะรวมอยู่ในชั้นข้อมูลพื้นที่ที่มีประชากรค้างคืนและพื้นที่ที่ไม่มีประชากรค้างคืนตามลำดับ ซึ่งเป็นชั้นข้อมูลที่มีจำนวนประชากรแฝงที่เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออัตราการเกิดขยะ

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2551 แบ่งออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งแต่ละระดับจะเหมาะสมกับการทำแผนที่ในระดับมาตราส่วนที่แตกต่างกัน และในกรณีการตีความจากภาพถ่ายดาวเทียม อาจจะสามารถจำแนกข้อมูลได้ไม่ถึงระดับ 3 ซึ่งขึ้นอยู่กับข้อมูลอ้างอิงข้อมูลสนับสนุนอื่น ๆ ส่วนการตีความจากรูปถ่ายทางอากาศ สามารถที่จะจำแนกได้ถึงระดับที่ 3 ซึ่งขึ้นอยู่กับมาตราส่วนของรูปถ่ายทางอากาศ และความสามารถของผู้ตีความ ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบด้วย พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) พื้นที่เกษตรกรรม (A) พื้นที่ป่าไม้ (F) พื้นที่แหล่งน้ำ (W) และพื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) จัดทำขึ้นเพื่อแก้ไขปัญหาฐานข้อมูลการทำลายป่าและขาดแคลนที่ดินทำกิน โดยเน้นการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อประโยชน์ทางด้านเกษตรกรรมจึงจำเป็นต้องจำแนกประเภทพื้นที่เกษตรกรรมออกเป็น นาข้าว พืชไร่ ไม้ยืนต้น ไม้ผล พืชสวน ท่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ พืชน้ำ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ และเกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม ซึ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินดังกล่าวไม่มีผลต่ออัตราการเกิดขยะที่เกิดขึ้นจากการกำหนดจำนวนประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้จึงมิได้แบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นประเภทต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาในข้างต้น

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการศึกษานี้ ซึ่งต่างจากของกรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมพัฒนาที่ดิน ทำให้มีจุดด้อยเกิดขึ้น ในส่วนของการซ้อนทับชั้นข้อมูลเขตเทศบาลนครนครราชสีมาที่ได้มีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินไม่เหมือนกัน เพื่อให้ตรงกับหลักการการใช้ที่ดินของกรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมพัฒนาที่ดิน ดังนั้นสามารถใช้ชนิดและประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินมาใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในการศึกษาในอนาคต ส่วนจุดเด่นของงานวิจัยนี้อยู่ในส่วนของความหนาแน่นของประชากรโดยกำหนดความหนาแน่นของประชากรเป็น 5 ระดับ ได้แก่ (1) ความหนาแน่นน้อยมาก (2) ความหนาแน่นน้อย (3) ความหนาแน่นปานกลาง (4) ความหนาแน่นมาก และ (5) ความหนาแน่นมากที่สุด และในแต่ละระดับความหนาแน่นประชากรแบ่งช่วงของจำนวนประชากรออกเป็น 3 ช่วง เพื่อใช้ในการกำหนดจำนวนประชากรและแบ่งช่วง และระดับของความหนาแน่นของประชากร ซึ่งในอนาคตสามารถปรับเปลี่ยนระดับความหนาแน่นในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมโยธาธิการและผังเมือง และกรมพัฒนาที่ดิน จะกำหนดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยแสดงสัญลักษณ์ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยสีต่าง ๆ ซึ่งจะไม่สามารถปรับเปลี่ยนความหนาแน่นและระดับความหนาแน่นได้

จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละเซลล์ของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปรับแก้จำนวนประชากร โดยเชื่อมโยงการปรับแก้จำนวนประชากรกับการทำนายจำนวนประชากร นำพื้นที่ที่ได้ในแต่ละเซลล์มาคำนวณหาความหนาแน่น และกำหนดระดับความหนาแน่นของประชากรในอนาคตในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน นำจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะที่ได้จากการทำนาย มาใช้ในการประมาณปริมาณขยะ พร้อมทั้งแบ่งพื้นที่เป็นตารางกิโลเมตรเพื่อประมาณปริมาณขยะในพื้นที่ตารางกิโลเมตร ซึ่งขั้นตอนและผลของการศึกษาจากการศึกษาที่ได้ในขั้นตอนต่าง ๆ สามารถใช้ในการประมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ประเมินความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะและประเมินความพอเพียงของปริมาณถังขยะ ซึ่งแสดงในขั้นตอนต่อไป

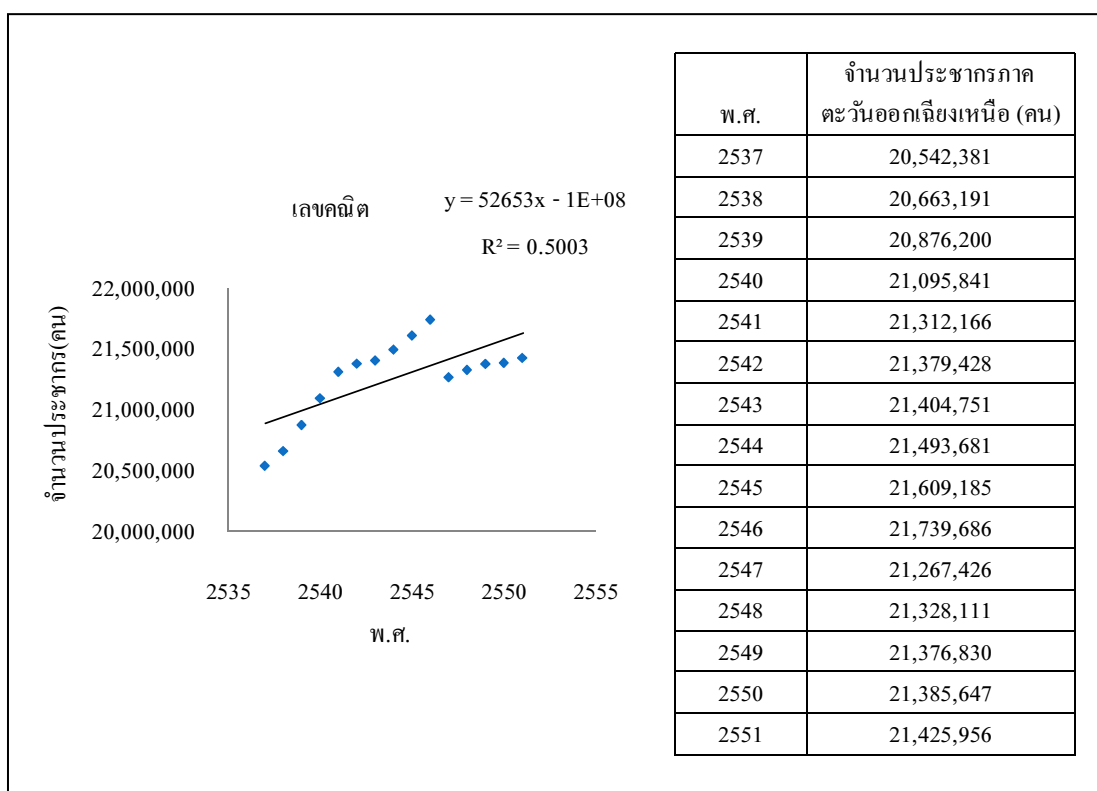
เพื่อให้สามารถเข้าใจส่วนประกอบของพื้นที่ในช่องกริดที่ศึกษาในขั้นตอนต่าง ๆ บนรูปแผนที่ได้ง่ายขึ้น จึงได้ขยายช่องกริดให้มีขนาดใหญ่ และแสดงพิกัด X และ Y ของช่องกริดที่ขยายในพื้นที่หนึ่งตารางกิโลเมตร ในที่นี้ขออธิบายพิกัดทั้งสี่พิกัด X และ Y ตามลำดับ ประกอบด้วย ทิศตะวันตกเฉียงเหนือที่พิกัด 183,996.453 และ 1,657,004.487 พิกัดทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือที่พิกัด 184,998.794 และ 1,657,004.487 พิกัดทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ที่พิกัด 184,998.794 และ 1,656,002.146 และพิกัดทางทิศตะวันตกเฉียงใต้ที่พิกัด 183,996.453 และ 1,656,002.146 รายละเอียดของพิกัดภายในพื้นที่หนึ่งตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.5



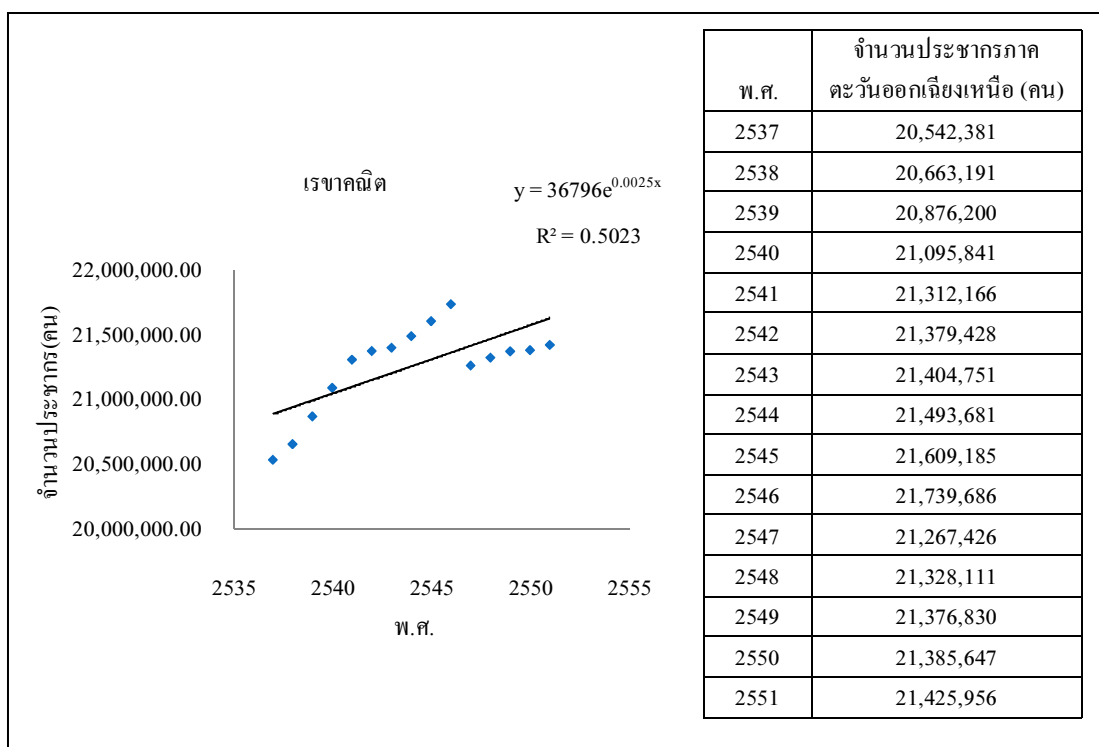
รูปที่ 4.5 พิกัด X และ Y ของช่องกริดที่ขยาย

4.2.2 การทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในปัจจุบันและอนาคต

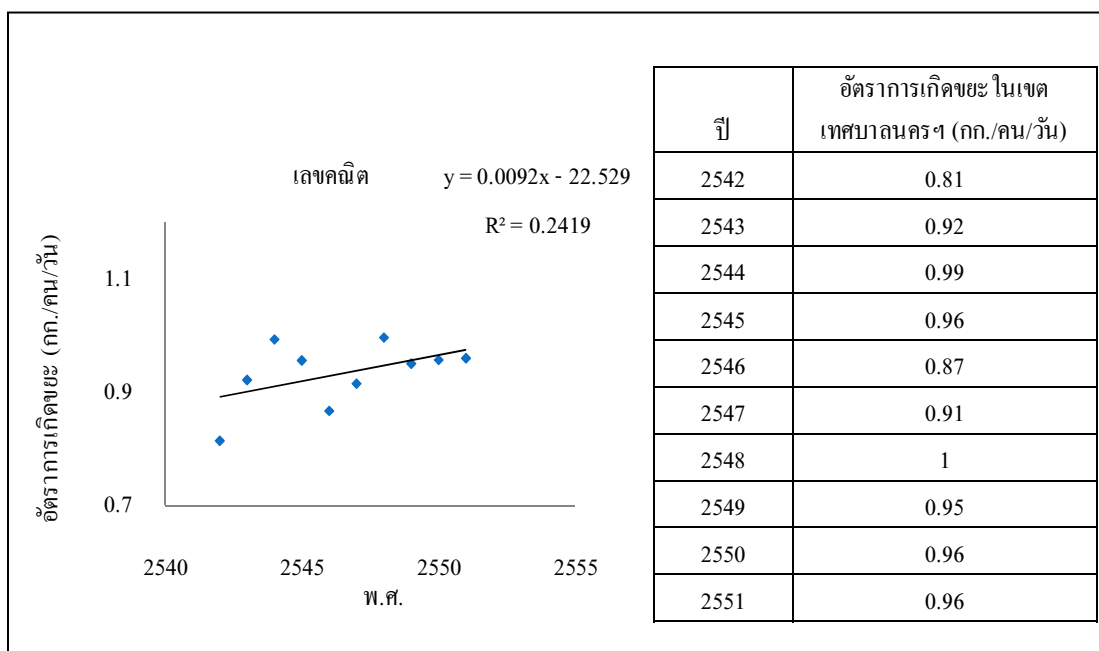
การทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในปัจจุบันและอนาคต โดยศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลง พบว่าค่า R^2 ของประชากรแบบเลขคณิตเท่ากับ 0.5003 ส่วนแบบเรขาคณิตมี R^2 ของประชากรเท่ากับ 0.5023 ดังแสดงในรูปที่ 4.6 และ 4.7 ส่วนอัตราการเกิดขยะค่า R^2 ของความสัมพันธ์แบบเลขคณิตเท่ากับ 0.2419 แบบเรขาคณิตมี R^2 เท่ากับ 0.2506 ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9 จึงใช้การทำนายอัตราการเกิดขยะแบบเรขาคณิตเช่นกัน ในการศึกษาแนวโน้มของความสัมพันธ์แบบเลขคณิต มีลักษณะเป็นเส้นตรง แต่ความสัมพันธ์แบบเรขาคณิตเส้นแนวโน้มมีลักษณะเป็นเส้นโค้ง แต่จากรูป พบว่าเส้นแนวโน้มมีลักษณะคล้ายกับเส้นตรง เนื่องจากจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะมีค่าไม่คงที่ กล่าวคือมีการเพิ่มขึ้นและลดลงสลับกัน จึงเกิดจากการเฉลี่ยของเส้นแนวโน้มข้อมูลในแต่ละช่วงระยะเวลา เมื่อศึกษาแนวโน้มของความสัมพันธ์จากนั้นหาอัตราการเปลี่ยนแปลงและอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของประชากรและอัตราการเกิดขยะ นำอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยแทนลงในสมการเพื่อทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะ



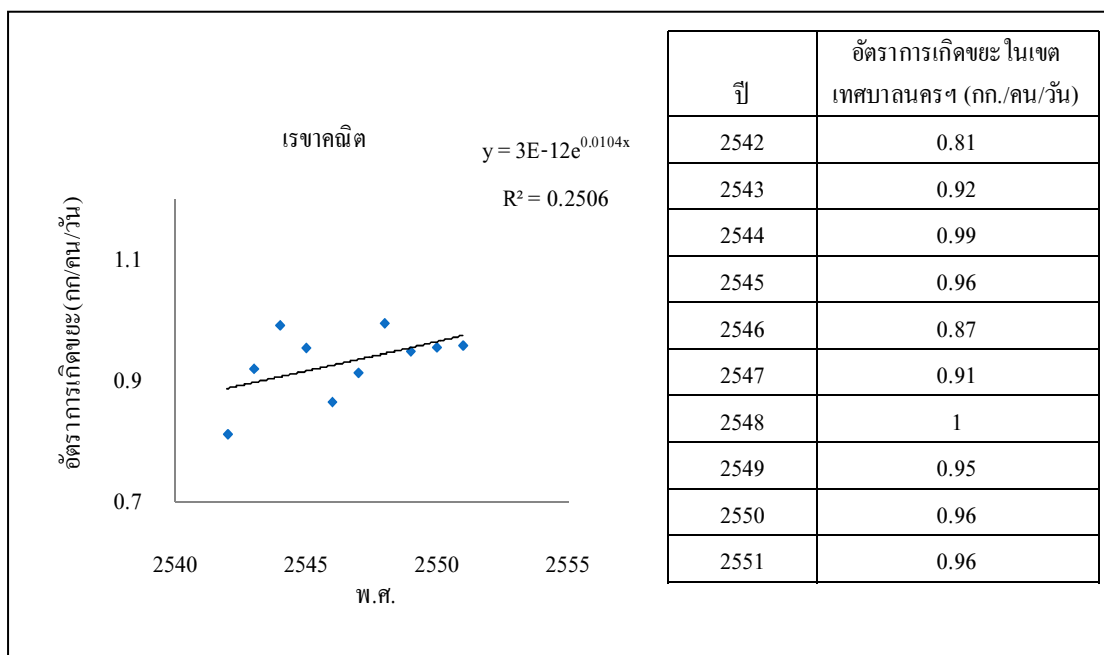
รูปที่ 4.6 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรแบบเลขคณิต



รูปที่ 4.7 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากรแบบเรขาคณิต



รูปที่ 4.8 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะแบบเลขคณิต



รูปที่ 4.9 แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะแบบเรขาคณิต

4.2.2.1 การทำนายจำนวนประชากรในอนาคตแบบเรขาคณิต

จากการศึกษาแนวโน้มของจำนวนประชากรในอดีตจนถึงปัจจุบัน โดยพิจารณาค่า R^2 คำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงในแต่ละปี และอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยของจำนวนประชากรในภาคตะวันออกเฉียงเหนือเพื่อใช้อ้างอิงในการทำนายจำนวนประชากรแบบเรขาคณิตเป็นระยะเวลา 30 ปี ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ทำนายจำนวนประชากรเป็นระยะเวลา 30 ปี

พ.ศ.	จำนวนประชากรที่คาดการณ์(คน)
2550	197,130 (ปีปัจจุบันที่รวมจำนวนประชากรแฝง)
2555	198,807
2560	201,754
2565	204,700
2570	207,843
2575	210,790
2580	213,737

กำหนดจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากจำนวนหลังคาเรือนโดยกำหนดประชากร 3 คนต่อหลังคาเรือน และนำจำนวนประชากรที่ได้จากการนับหลังคาเรือนปรับแก้เพื่อให้จำนวนประชากรทั้งหมดเท่ากับจำนวนประชากรในปีปัจจุบัน วัดพื้นที่จากนั้นคำนวณความหนาแน่นของประชากรตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.10 สมการที่ใช้ในการกำหนดจำนวนประชากร ดังแสดงในภาคผนวก ง.

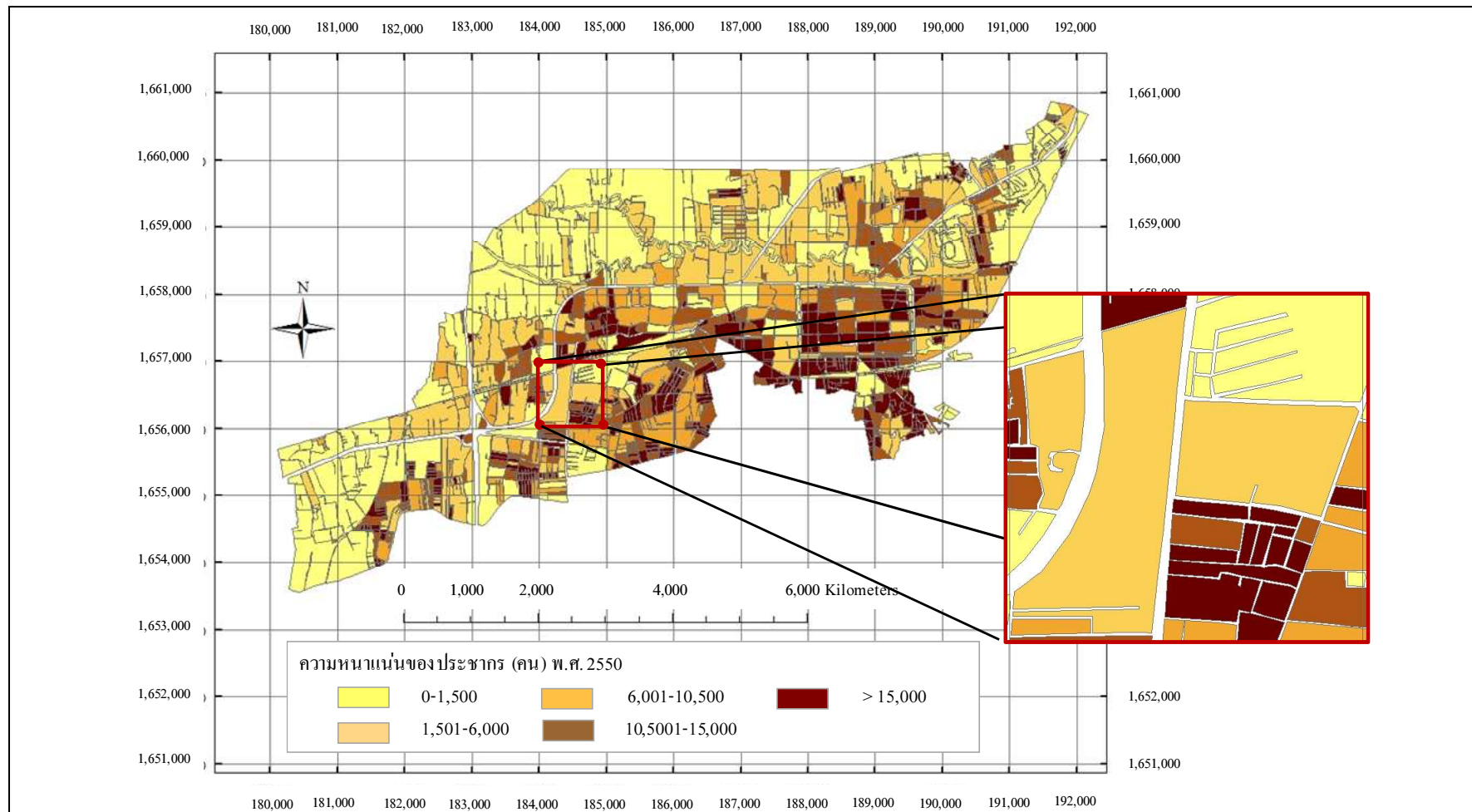
จากนั้นแบ่งขนาดพื้นที่เป็นตารางกิโลเมตร เพื่อคำนวณความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.11 ซึ่งเป็นตัวอย่างของประชากรปี พ.ศ. 2550 เพื่อให้เห็นจำนวนประชากรที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้นจึงได้แสดงจำนวนประชากร ในรูปแบบสามมิติ ดังแสดงในรูปที่ 4.12 เป็นตัวอย่างจำนวนประชากรในรูปแบบสามมิติ พ.ศ. 2550 ซึ่งรูปที่ 4.10 4.11 และ 4.12 เป็นตัวอย่างความหนาแน่นของประชากรเพื่อใช้ศึกษากระจายตัวของประชากร แต่แสดงในรูปแบบที่แตกต่างกัน กล่าวคือ บริเวณตำบลในเมืองมีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด

4.2.2.2 การทำนายอัตราการเกิดขยะในอนาคตแบบต่าง ๆ

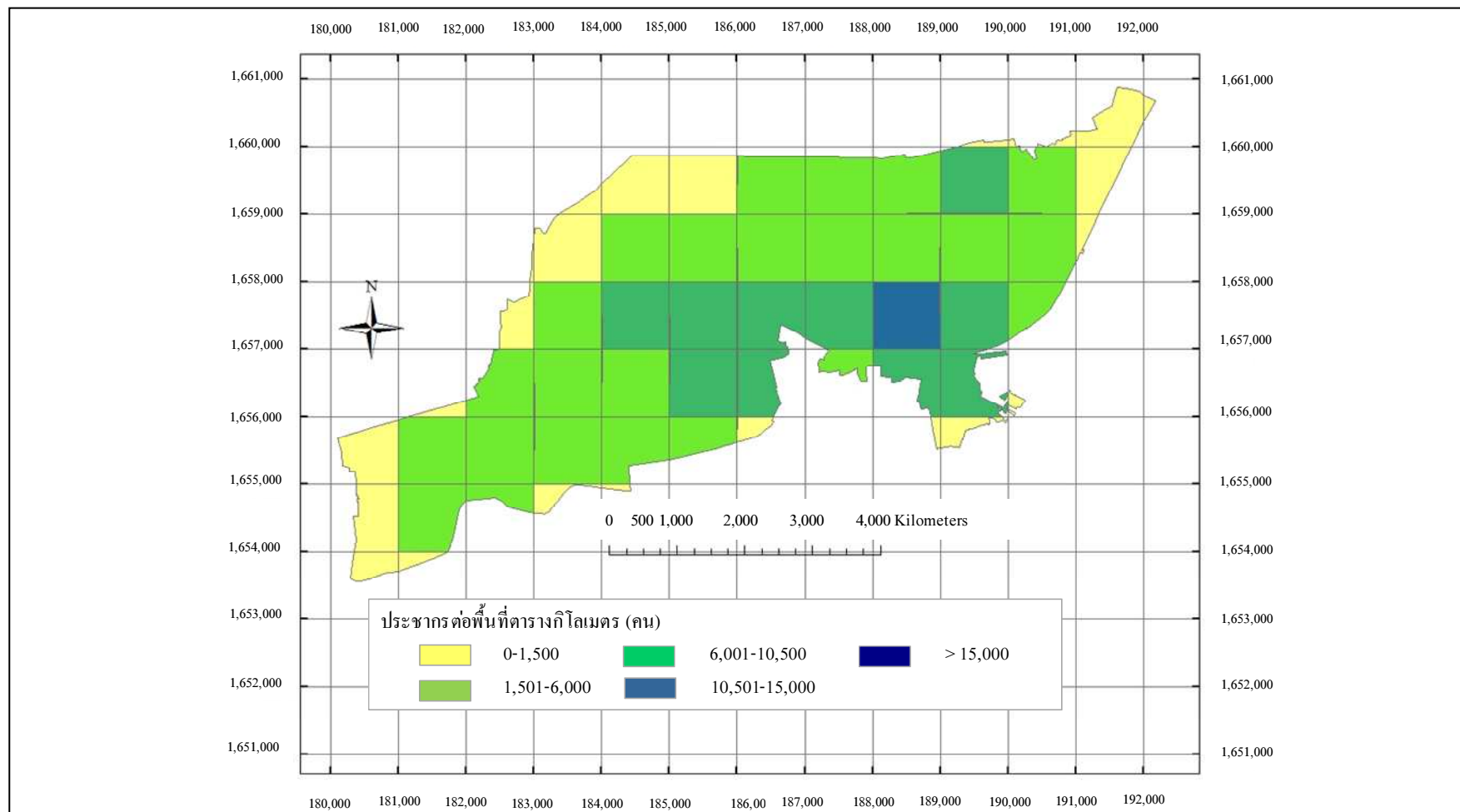
ในการทำนายอัตราการเกิดขยะในอนาคตแบบต่าง ๆ จากการศึกษาแนวโน้มของอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2542 - พ.ศ. 2551) เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะ และทำนายอัตราการเกิดขยะเป็นระยะเวลา 30 ปี พบว่าแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงของอัตราการเกิดขยะมีความสัมพันธ์แบบเรขาคณิตในลักษณะเพิ่มขึ้นจึงทำนายอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น โดยใช้วิธีการทำนายแบบเรขาคณิต สามารถเกิดขึ้นในกรณีที่ประชากรมีความเป็นอยู่ที่ดีขึ้น ปริมาณบรรจุภัณฑ์และขยะย่อมเพิ่มมากขึ้น

อัตราการเกิดขยะแบบคงที่ใช้อัตราการเกิดขยะในปีปัจจุบันเป็นตัวกำหนดค่าที่ใช้ในการทำนาย ซึ่งในการวางแผนการจัดการขยะอาจไม่สอดคล้องกับสถานการณ์ขยะที่เกิดขึ้นจริง ถ้าจำนวนประชากรมากขึ้น แต่การจัดการขยะมีงบประมาณจำกัดทำให้อัตราการเกิดขยะคงที่ และอัตราการเกิดขยะจากการทำนายเพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรใช้ค่าคงที่ในการทำนาย

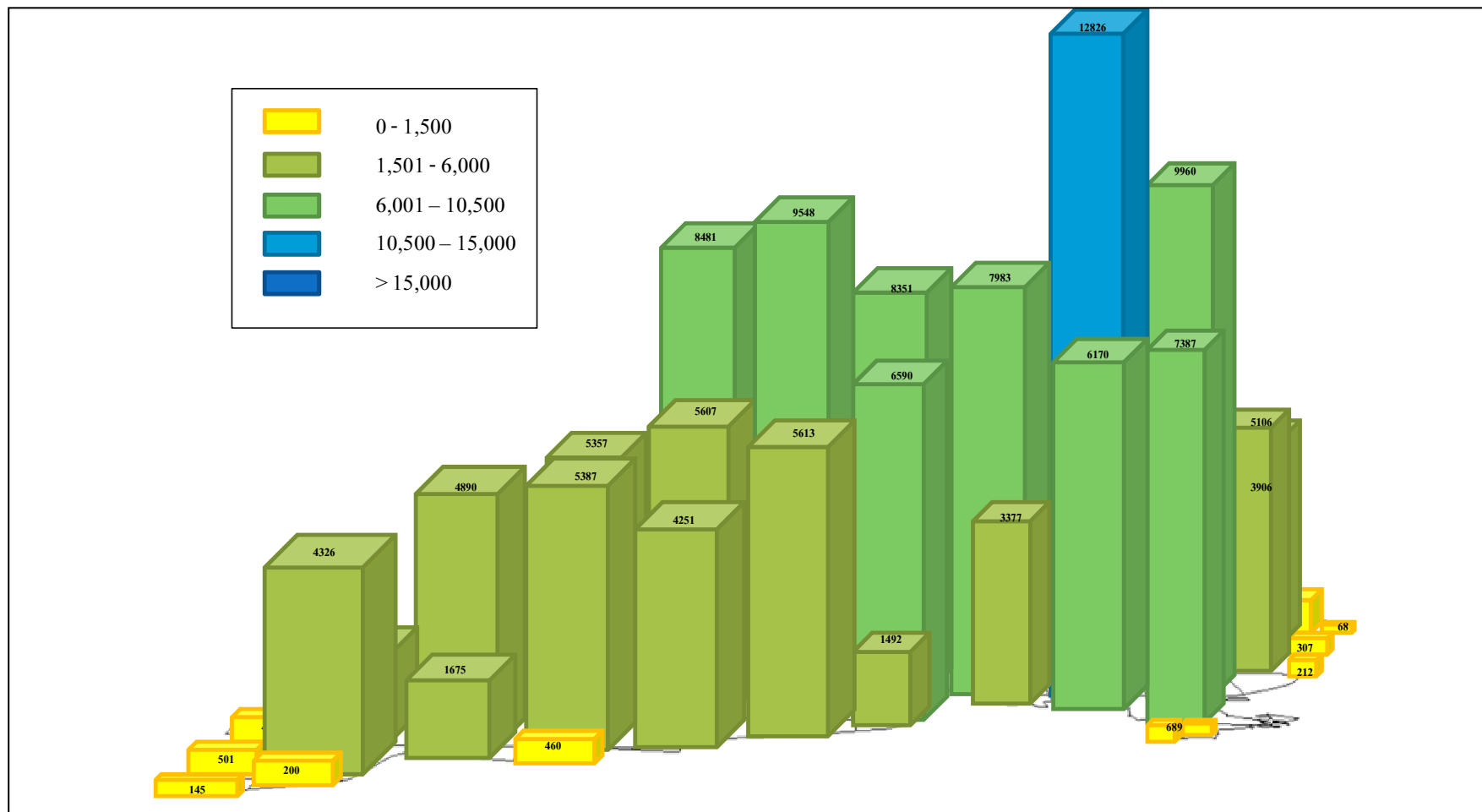
อัตราการเกิดขยะแบบลดลงคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยและทำนายอัตราการเกิดขยะแบบลดลงโดยลดลงตามอัตราการเปลี่ยนแปลงเฉลี่ยแบบเรขาคณิตเกิดขึ้นในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีในการกำจัดขยะเพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ โดยแยกขยะก่อนการกำจัดออกเป็นขยะทั่วไปและขยะอินทรีย์ ทำให้ขยะทั่วไปที่ต้องนำไปกำจัดมีปริมาณขยะลดลง และถ้ามีการรณรงค์ให้มีการนำขยะกลับมาใช้ใหม่ ทำให้ประชาชนมีพฤติกรรมการคัดแยกขยะก่อนการทิ้งขยะ ส่งผลต่ออัตราการเกิดขยะที่ลดลง ซึ่งอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ที่ได้ทำนายดังแสดงในตารางที่ 4.2



รูปที่ 4.10 ความหนาแน่นของประชากรตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550



รูปที่ 4.11 ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ตารางกิโลเมตร พ.ศ. 2550



รูปที่ 4.12 ความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2550 ในรูปแบบสามมิติ

ตารางที่ 4.2 อัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ เป็นระยะเวลา 30 ปี

พ.ศ.	อัตราการเกิดขยะ แบบเพิ่มขึ้น (กก. /คน/วัน)	อัตราการเกิดขยะ แบบคงที่ (กก. /คน/วัน)	อัตราการเกิดขยะ แบบลดลง (กก. /คน/วัน)
2550	0.96		
2555	1.04	0.96	0.88
2560	1.16	0.96	0.78
2565	1.29	0.96	0.68
2570	1.42	0.96	0.58
2575	1.58	0.96	0.48
2580	1.75	0.96	0.38

4.2.3 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

เมื่อทำนายจำนวนจำนวนประชากร และอัตราการเกิดขยะ จะทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในอนาคต ดังแสดงในตารางที่ 4.3 และจากการศึกษาด้านองค์ประกอบขยะ พบว่ามีปริมาณขยะอินทรีย์ร้อยละ 61.2 และขยะทั่วไปร้อยละ 38.8 สามารถจำแนกประเภทขยะที่ได้ออกเป็นขยะอินทรีย์และขยะทั่วไปจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จึงควรให้ความสำคัญกับการคัดแยกประเภทขยะก่อนการนำไปกำจัด และสมการที่ใช้ในการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาคผนวก ง.

4.2.3.1 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำนายจำนวนประชากร และอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ สามารถประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 4.13 และตารางที่ 4.5

4.2.3.2 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตารางกิโลเมตร

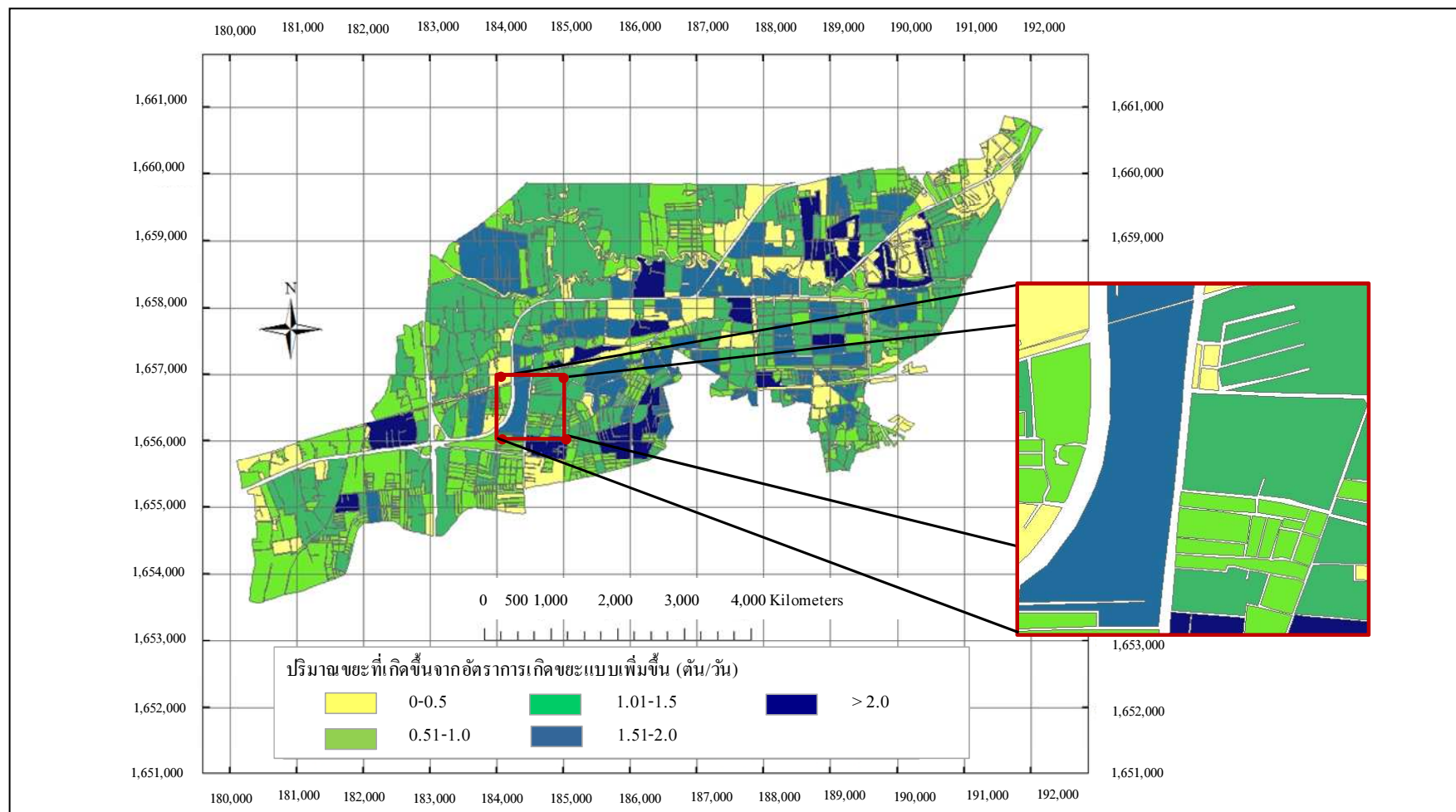
จากการแบ่งพื้นที่ออกเป็นตารางกิโลเมตร สามารถประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.14 และจากการศึกษาความหนาแน่นของประชากร พบว่าบริเวณตำบลในเมืองมีความหนาแน่นของประชากรมาก ซึ่งในอนาคตความหนาแน่นของประชากร อาจเกิดการขยายตัวออกสู่บริเวณรอบนอกของตำบลในเมืองเนื่องจากไม่สามารถรองรับการขยายตัวของประชากรได้ อีกทั้งได้มีโครงการบ้านจัดสรร ห้างสรรพสินค้า และสิ่งอำนวยความสะดวกขยายธุรกิจออกสู่พื้นที่รอบนอกเขตตำบลในเมือง ทั้งทางด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ ทิศใต้ และทิศตะวันตกเฉียงใต้ เป็นต้น

ตารางที่ 4.3 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น เป็นระยะเวลา 30 ปี

พ.ศ.	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น		
	จากอัตราการเกิดขยะ แบบเพิ่มขึ้น (ตัน/วัน)	จากอัตราการเกิดขยะ แบบคงที่ (ตัน/วัน)	จากอัตราการเกิดขยะ แบบลดลง (ตัน/วัน)
2550	189.25		
2555	206.76	190.85	174.95
2560	234.03	193.68	157.37
2565	264.06	196.51	139.20
2570	295.14	199.53	120.55
2575	333.05	202.36	101.18
2580	374.04	205.19	81.22

ตารางที่ 4.4 ปริมาณขยะอินทรีย์และขยะทั่วไปจำแนกจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ

พ.ศ.	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น					
	จากอัตราการเกิดขยะ แบบเพิ่มขึ้น (ตัน/วัน)		จากอัตราการเกิดขยะ แบบคงที่ (ตัน/วัน)		จากอัตราการเกิดขยะ แบบลดลง (ตัน/วัน)	
	ขยะอินทรีย์	ขยะทั่วไป	ขยะอินทรีย์	ขยะทั่วไป	ขยะอินทรีย์	ขยะทั่วไป
2550	115.80	73.45				
2555	126.52	80.24	116.78	74.07	107.05	67.90
2560	143.20	90.83	118.51	75.17	96.29	61.07
2565	161.58	102.48	120.24	76.27	85.17	54.02
2570	180.60	114.54	122.09	77.44	73.76	46.79
2575	203.79	129.26	123.82	78.54	61.91	39.27
2580	228.88	145.16	125.56	79.63	49.70	31.52

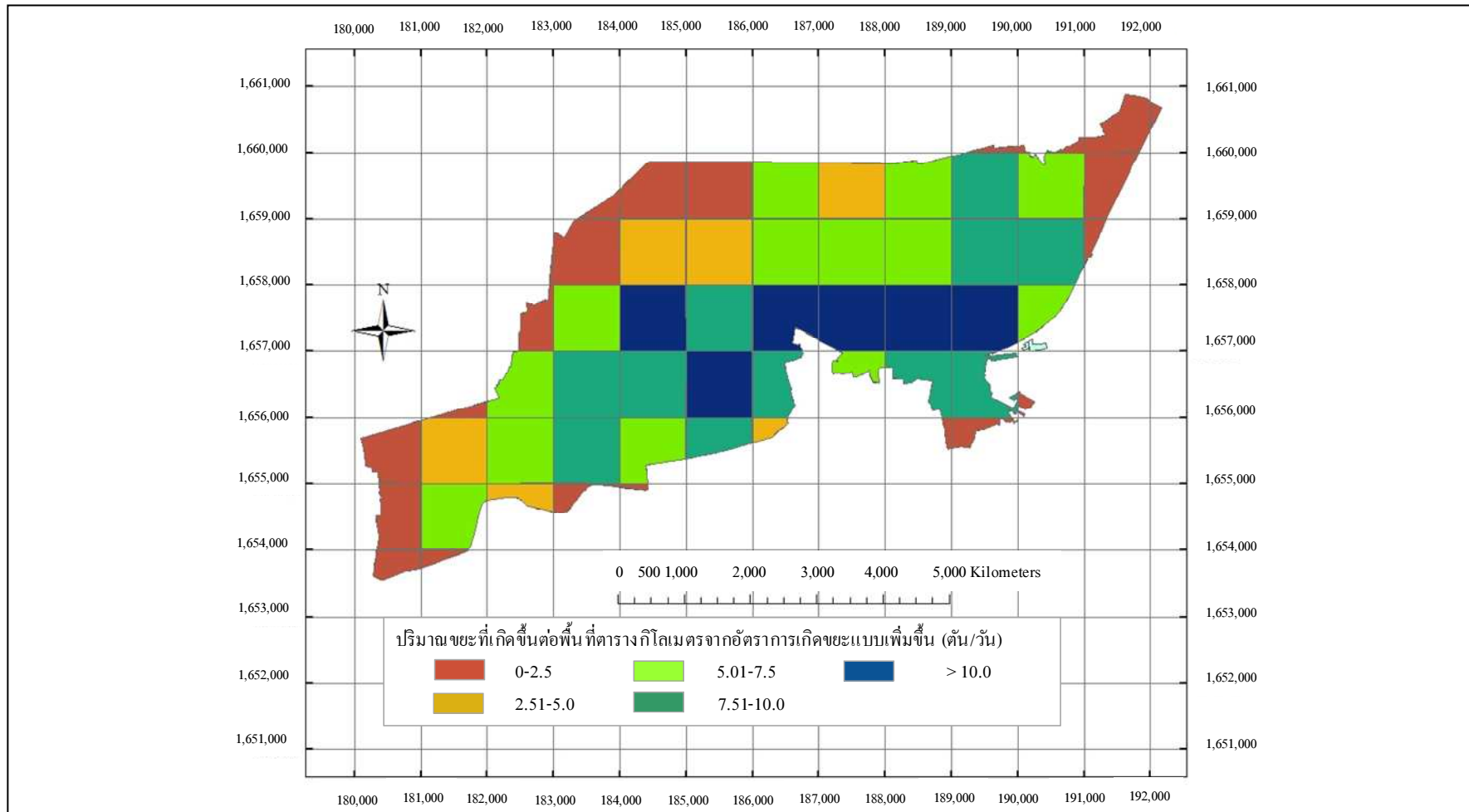


รูปที่ 4.13 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน) ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น พ.ศ. 2550

ตารางที่ 4.5 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ปริมาณขยะ (ตัน/วัน)																		
	พ.ศ. 2550	พ.ศ. 2555			พ.ศ. 2560			พ.ศ. 2565			พ.ศ. 2570			พ.ศ. 2575			พ.ศ. 2580		
	↑	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓
เกษตรกรรม	12.28	13.41	12.38	11.35	15.19	12.57	10.21	17.17	12.78	9.05	19.24	13.00	7.86	21.80	13.25	6.62	24.48	13.43	5.32
ที่อยู่อาศัย	168.36	183.96	169.79	155.65	208.19	172.25	139.98	234.86	174.77	123.80	262.44	177.37	107.17	296.10	179.95	89.98	331.39	181.80	71.95
ป่าไม้	7.23	7.90	7.29	6.69	8.96	7.41	6.02	10.12	7.53	5.33	11.34	7.66	4.63	12.85	7.81	3.90	14.42	7.91	3.13
พาณิชยกรรม	1.37	1.49	1.38	1.26	1.69	1.40	1.14	1.91	1.42	1.01	2.14	1.45	0.88	2.43	1.47	0.74	2.73	1.49	0.59
พื้นที่ว่างเปล่า	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.00
พื้นที่ที่มีประชากร ค้างคืน พื้นที่ที่ไม่มี ประชากรค้างคืน แหล่งน้ำ ถนน ตลาด วัด อื่น ๆ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

หมายเหตุ : ↑ หมายถึง ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น
 = หมายถึง ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่
 ↓ หมายถึง ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง



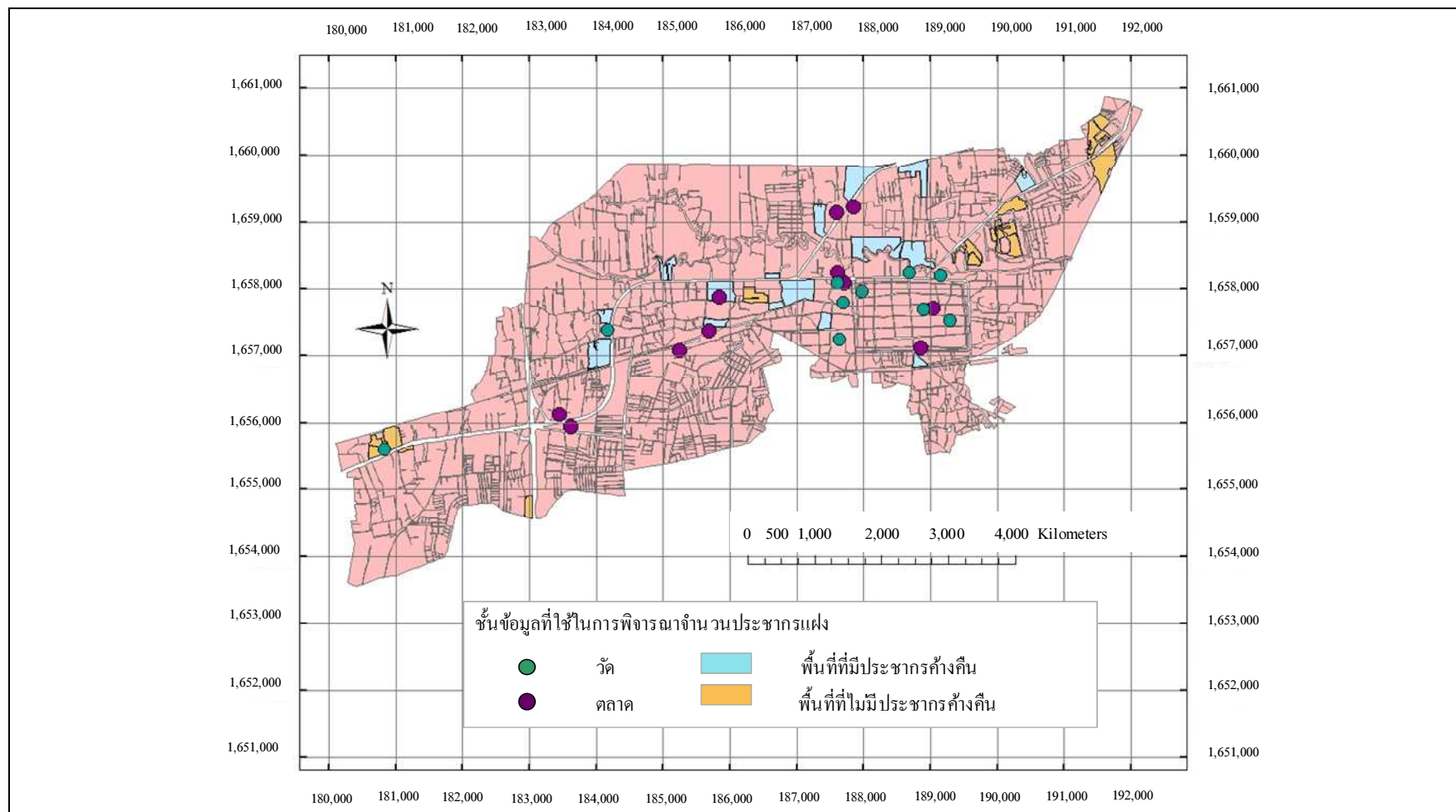
รูปที่ 4.14 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้น (ตัน/วัน) ในพื้นที่ตารางกิโลเมตรจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น พ.ศ. 2550

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประเภทวัด พื้นที่ที่มีประชากรค้างคืน พื้นที่ที่ไม่มีประชากรค้างคืน ไม่ได้กำหนดจำนวนประชากรและปริมาณขยะในพื้นที่ดังกล่าว เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวจะมีประชากรแฝงจากจำนวนนักท่องเที่ยว จำนวนนักศึกษาในมหาวิทยาลัยต่าง ๆ หรือจากกิจกรรมที่จัดในงานประเพณีต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.6 ซึ่งแสดงแนวโน้มจำนวนผู้ป่วยโรงพยาบาลมหาราช และจำนวนนักศึกษามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล ซึ่งเป็นสถาบันศึกษาที่มีขนาดใหญ่ ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา อาจทำให้อัตราการเกิดขยะสูงกว่าอัตราการเกิดขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (0.96 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน) ส่วนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จำแนกเป็นบริเวณตลาด ซึ่งปริมาณขยะส่วนใหญ่เป็นขยะอินทรีย์ที่สามารถนำไปผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร

การพิจารณาจำนวนประชากรแฝงใช้จำนวนประชากรแฝงร้อยละ 17.5 ในการศึกษาเป็นค่าจากการประมาณการโดยเทศบาลนครนครราชสีมา จึงควรมีการสำรวจจำนวนประชากรแฝงและรวบรวมข้อมูลประชากรแฝงเพื่อเป็นจัดทำระบบฐานข้อมูลต่อไป โดยในการศึกษาพิจารณาจำนวนประชากรแฝงจะพิจารณาทุกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งในความเป็นจริงจำนวนประชากรแฝงไม่ได้รวมอยู่ภายในทุกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน แต่จะรวมอยู่ในชั้นข้อมูลสถาบันการศึกษา โรงพยาบาล ห้างสรรพสินค้า เป็นต้น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงสร้างชั้นข้อมูลที่ควรพิจารณาและให้ความสำคัญกับชั้นข้อมูลนี้โดยเฉพาะในการพิจารณาจำนวนประชากรแฝง ซึ่งเป็นตัวแปรสำคัญที่ส่งผลต่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.15

ตารางที่ 4.6 แนวโน้มจำนวนผู้ป่วยและจำนวนนักศึกษาในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ประเภทกิจกรรม		พ.ศ. 2551	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2553	ที่มา
จำนวนผู้ป่วย โรงพยาบาล มหาราช (คน/วัน)	ผู้ป่วยใน	234	237	249	www.mnrh.go.th
	ผู้ป่วยนอก	2,397	2,758	3,227	
จำนวนนักศึกษามหาวิทยาลัย ราชภัฏนครราชสีมา (คน)		5,279	4,744	-	www.nrru.ac.th
จำนวนนักศึกษามหาวิทยาลัย เทคโนโลยีราชมงคลอีสาน (คน)		5,943 (ไม่ระบุปีการศึกษา)			www.rmuth.ac.th
จำนวนนักศึกษามหาวิทยาลัย วงษ์ชวลิตกุล (คน)		4,839 (ไม่ระบุปีการศึกษา)			www.service.siam.edu



รูปที่ 4.15 ชั้นข้อมูลที่ใช้พิจารณาจำนวนประชากรแฝง

4.2.4 กำหนดระดับความหนาแน่นของประชากร และ แสดงระดับความหนาแน่น ของประชากรด้วยวิธีการวิเคราะห์เชิงพื้นผิว (Surface Analysis)

ในชั้นข้อมูลของเทศบาลนครนครราชสีมาที่ได้จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ประกอบไปด้วย ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำนวนประชากร จำนวนประชากรที่ปรับแก้เพื่อให้จำนวนประชากรเท่ากับจำนวนประชากรที่ทำนายขึ้น พื้นที่เป็นตารางกิโลเมตรตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ความหนาแน่นของประชากร และระดับความหนาแน่นของประชากรในแต่ละปี ซึ่งสมการที่ใช้ในการกำหนดจำนวนประชากร ปรับแก้จำนวนประชากร คำนวณความหนาแน่นของประชากร คำนวณประชากรในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาคผนวก ง. ซึ่งช่วงของระดับความหนาแน่นที่กำหนด ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ส่วนข้อมูลในตารางที่ 4.8 เป็นตัวอย่างจำนวนประชากร พื้นที่ และระดับความหนาแน่นของประชากรใน พ.ศ. 2550 ซึ่งการแสดงระดับความหนาแน่นของประชากรในรูปแบบการวิเคราะห์เชิงพื้นผิว ดังแสดงในรูปที่ 4.16 ซึ่งเป็นตัวอย่างระดับความหนาแน่นของประชากรในปี พ.ศ. 2550 เมื่อแบ่งพื้นที่เป็นตารางกิโลเมตร โดยการสร้างกริดเพื่อแสดงจำนวนประชากรในพื้นที่ตารางกิโลเมตร โดยการวัดพื้นที่จากการ Clip คูณด้วยความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่ จะได้จำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ จากนั้นรวมจำนวนประชากร จะทราบจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.9 และนำจำนวนประชากรในพื้นที่ตารางกิโลเมตรคูณด้วยอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ จะทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นพื้นที่ตารางกิโลเมตรจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ซึ่งบริเวณที่มีความหนาแน่นของประชากรมากย่อมมีปริมาณขยะเกิดขึ้นมากตามไปด้วย ดังนั้นควรพิจารณาและให้ความสำคัญในด้านการจัดการขยะ การวางแผนด้านสาธารณสุขปโลก เนื่องจากในบริเวณที่มีความหนาแน่นมากย่อมมีความต้องการด้านสาธารณสุขปโลก สาธารณูปการ อาทิเช่น ความต้องการไฟฟ้า ประปา โทรศัพท์ รวมทั้งความสะดวกในการด้านการจัดการขยะ ได้แก่ ความสะดวกในการทิ้งขยะ การเก็บรวบรวม การขนย้ายขยะเพื่ออำนวยความสะดวกสบายกับประชากรส่วนใหญ่ในพื้นที่ดังกล่าว

ตารางที่ 4.7 ช่วงของระดับความหนาแน่นที่กำหนด

ระดับความ หนาแน่น	จำนวนประชากร เริ่มตั้งแต่ (คน)	จำนวนประชากร จนถึง (คน)	ความหมายของระดับความหนาแน่น
110	0	500	หนาแน่นน้อยมาก
120	500	1,000	
130	1,000	1,500	
210	1,500	3,000	หนาแน่นน้อย
220	3,000	4,500	
230	4,500	6,000	
310	6,000	7,500	หนาแน่นปานกลาง
320	7,500	9,000	
330	9,000	10,500	
410	10,500	12,000	หนาแน่นมาก
420	12,000	13,500	
430	13,500	15,000	
510	15,000	16,500	หนาแน่นมากที่สุด
520	16,500	18,000	
530	18,000	18,662	

ตารางที่ 4.8 จำนวนประชากร พื้นที่ และระดับความหนาแน่นของประชากร พ.ศ. 2550

จำนวนประชากร						197130		
พ.ศ.						2550		
Id	Lu_type	pop	pop_new	AREA_m ²	AREA_km ²	population	density	class
0	เกษตรกรรม	3	9	17882.841	0.018	9	494	110
0	เกษตรกรรม	15	44	38134.700	0.038	44	1170	130

หมายเหตุ : Id = จำนวนรูปแบบในโปรแกรมวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

Lu_type = ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

pop = จำนวนประชากรที่กำหนดก่อนการปรับแก้

pop_new = จำนวนประชากรที่ปรับแก้เพื่อให้จำนวนประชากรเท่ากับ
จำนวนประชากรจากการทำนาย

Population = จำนวนประชากรในปีต่าง ๆ

density = ความหนาแน่นของประชากรในปีต่าง ๆ

class = ระดับความหนาแน่นของประชากรในปีต่าง ๆ

ตารางที่ 4.9 ตัวอย่างข้อมูลจากการ Clip พื้นที่ ซึ่งจะได้อัตราส่วนประชากรต่อพื้นที่ตารางกิโลเมตร

Lu_type	pop	AREA_km ²	per_2550	den_2550	class_2550	AREA_ Clip	pop_2550_ Clip
เกษตรกรรม	120	0.186	356	1912	210	0.015953	31
เกษตรกรรม	3	0.004	9	2223	210	0.003585	8
เกษตรกรรม	60	0.141	178	1261	130	0.026631	34
total							72

หมายเหตุ : Lu_type = ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

pop = จำนวนประชากรที่ปรับแก้เพื่อให้จำนวนประชากรเท่ากับ
จำนวนประชากรจากการทำนาย

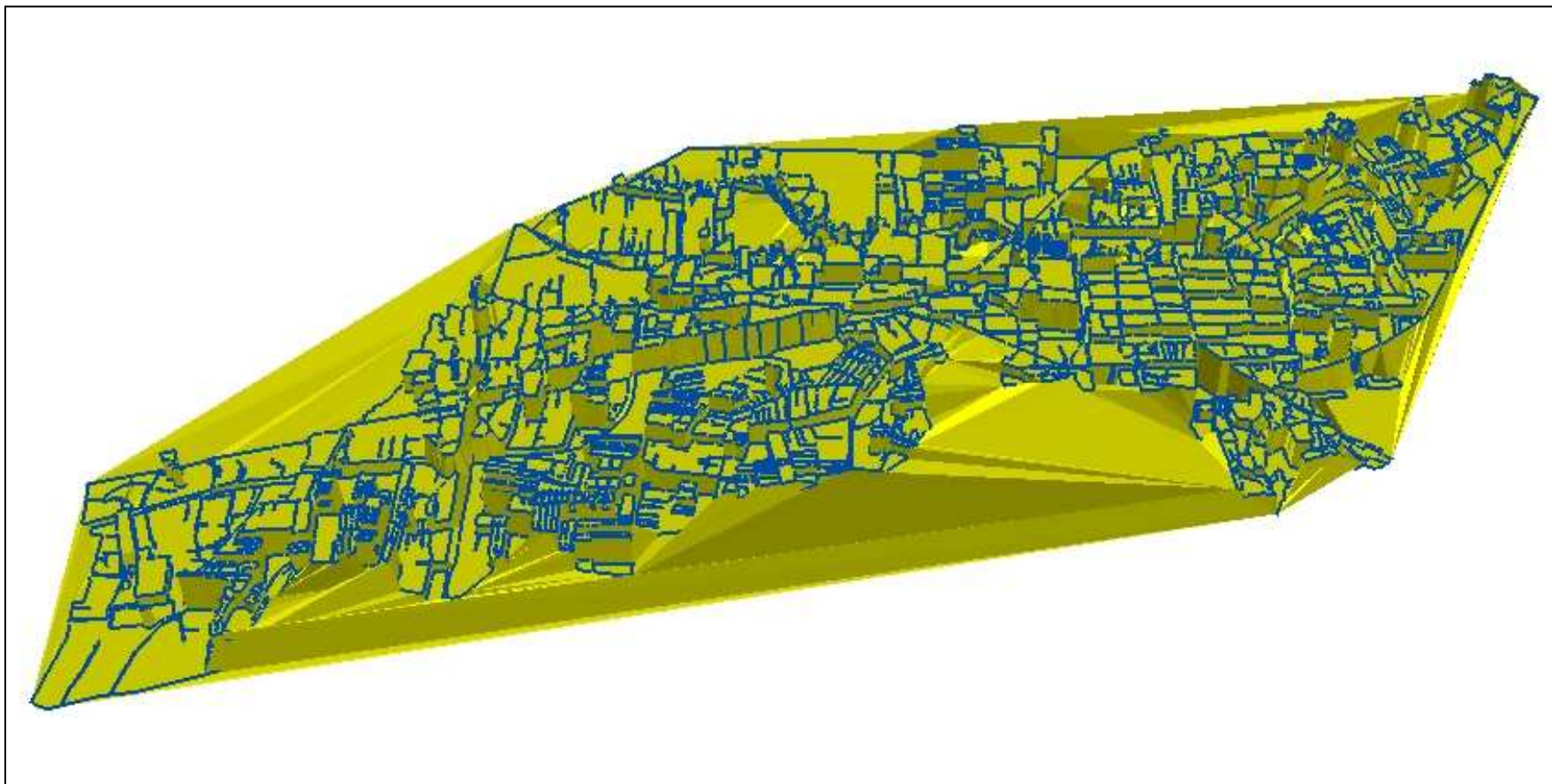
AREA_km² = พื้นที่จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

den_2550 = ความหนาแน่นของประชากรปี พ.ศ. 2550

class_2550 = ระดับความหนาแน่นของประชากรปี พ.ศ. 2550

AREA_Clip = พื้นที่จากการ Clip

pop_2550_Clip = จำนวนประชากรจากการ Clip ปี พ.ศ. 2550



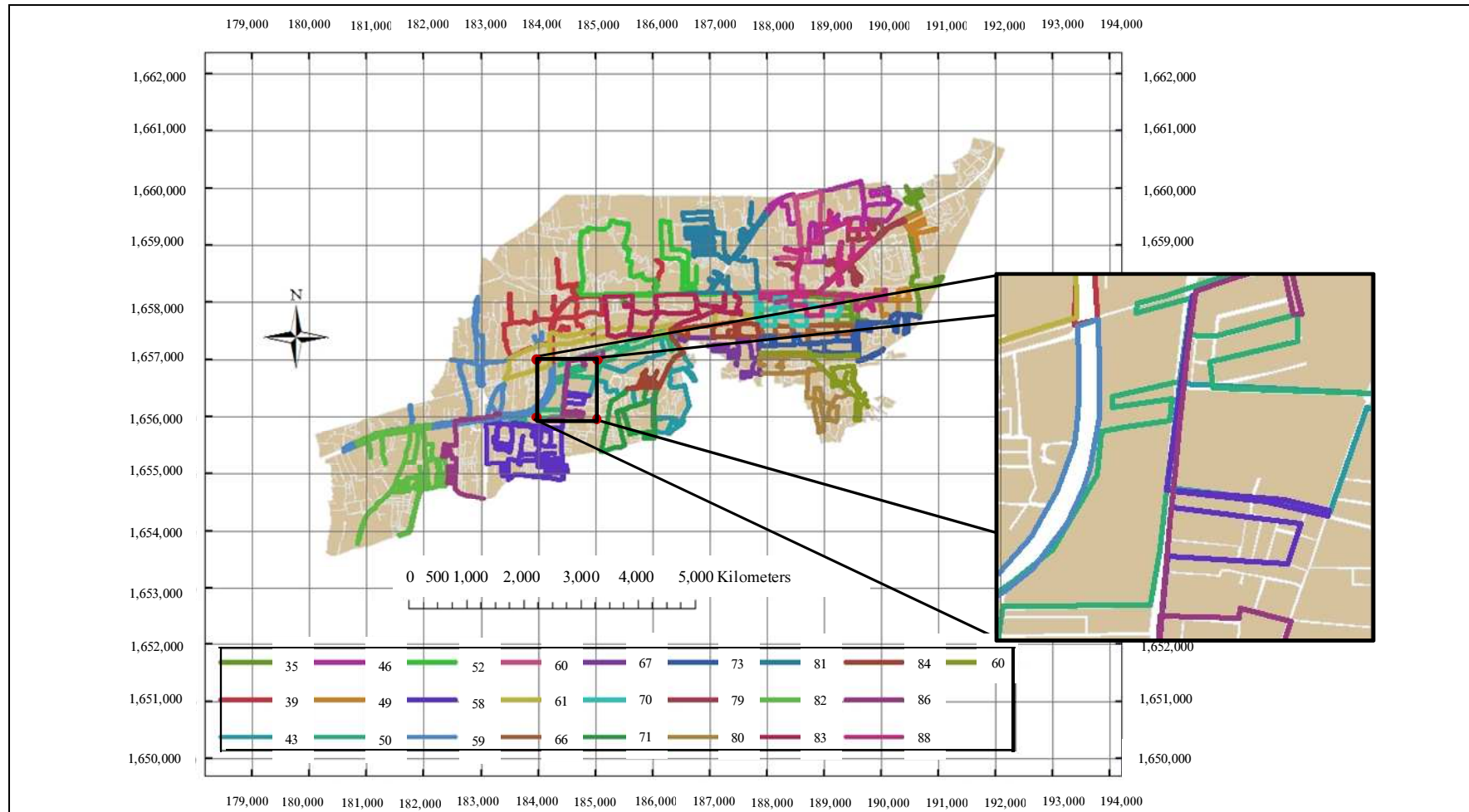
รูปที่ 4.16 ระดับความหนาแน่นของประชากรตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2550

4.2.5 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการแต่ละเส้นทาง

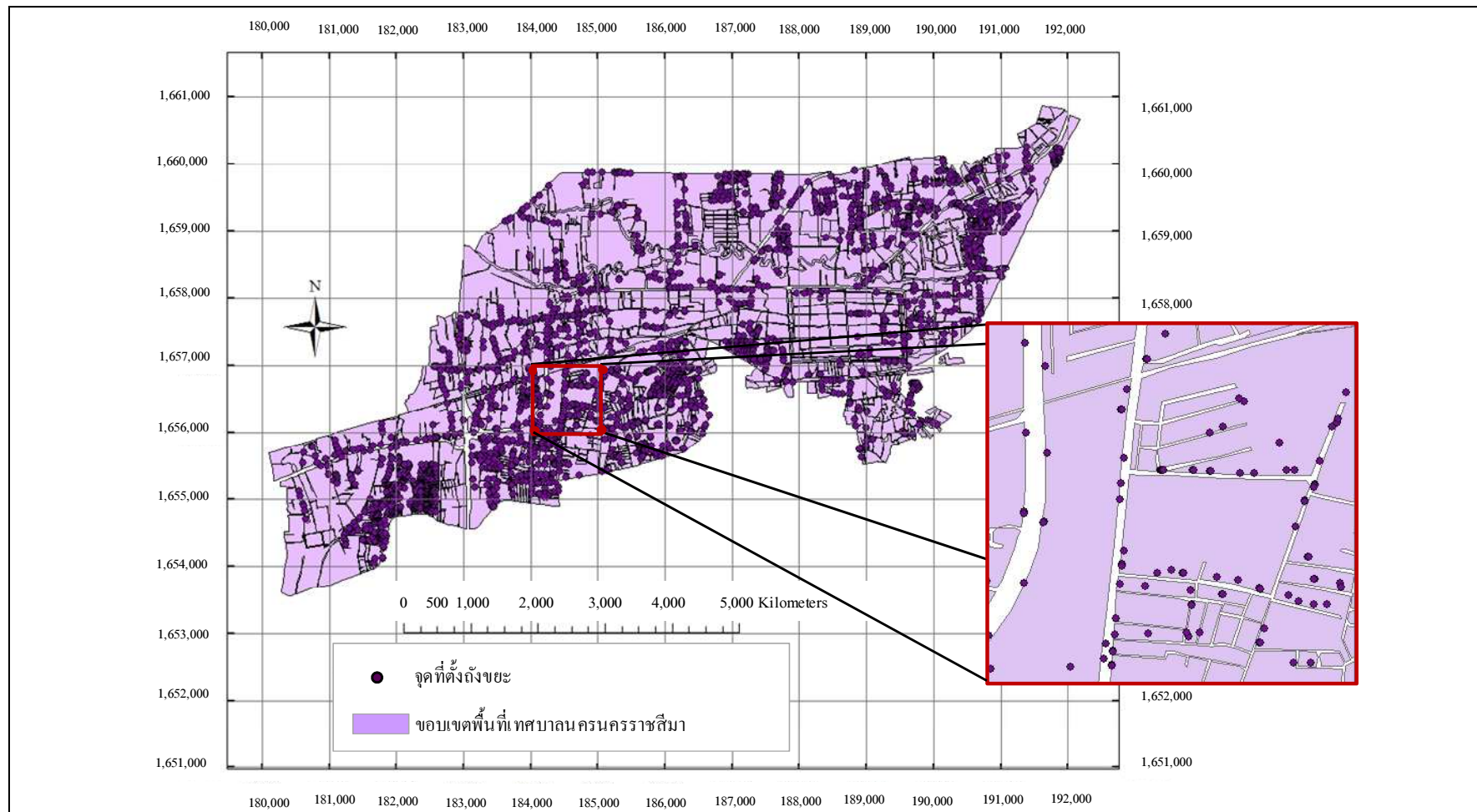
การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการของแต่ละเส้นทาง จากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ จากการรวบรวมข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะทั้งหมด 35 เส้นทาง ข้อมูลที่ดังถึงขยะ 3,152 จุด ข้อมูลชุมชนทั้ง 83 ชุมชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จากนั้นช้อนทับชั้นข้อมูลลงบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังแสดงในรูปที่ 4.17 4.18 และ 4.19 ตามลำดับ จากนั้นประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการของถนนแต่ละเส้นทางให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 37.5 ตารางกิโลเมตร จะได้ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนถนนแต่ละเส้นทาง สมการที่ใช้ในการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการแต่ละเส้นทางจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ง. จากการใช้ความหนาแน่นของขยะเปลี่ยนแปลงตามขนาดความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน จะได้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นใน พ.ศ. 2550 จากนั้นเปลี่ยนหน่วยน้ำหนักให้เป็นหน่วยปริมาตรจะได้ขนาดของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทาง และจากที่ทราบขนาดของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบัน ประกอบด้วยขนาด 4 5 8 และ 10 ลูกบาศก์เมตร จึงแสดงสัญลักษณ์เพื่อให้ทราบว่าแต่ละเส้นทางควรใช้ขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.20 และตัวอย่างปริมาณขยะในปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2555 จากการคำนวณขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ ดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 ตัวอย่างปริมาณขยะที่เกิดขึ้นบนถนนแต่ละเส้นทาง

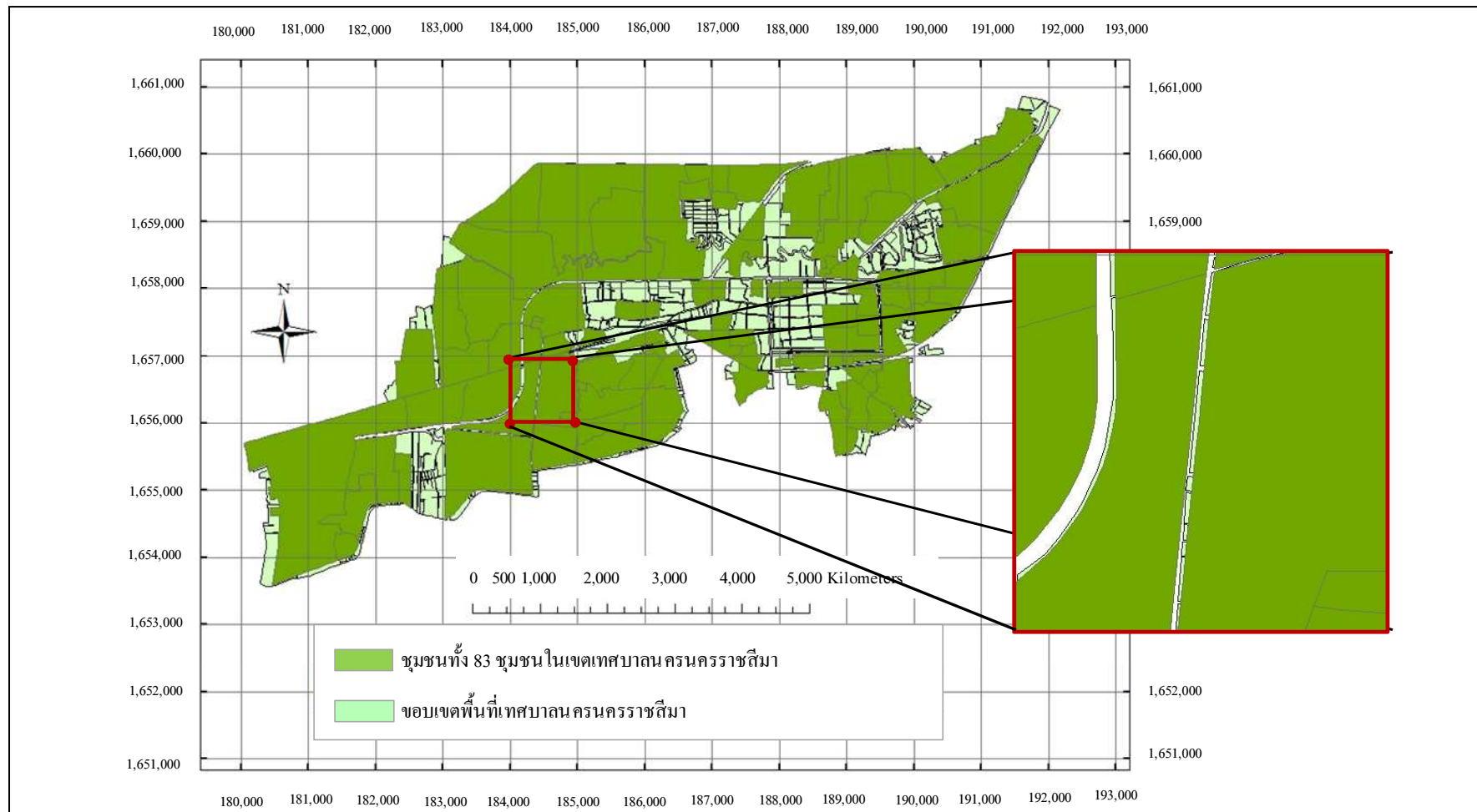
code	ประเภทรถ	ขนาดรถ (ลบ.ม.)	ขยะ ปี 2550 (ตัน/วัน)	ขยะ ปี 2555 (ตัน/วัน)		
			แบบเพิ่มขึ้น	แบบเพิ่มขึ้น	แบบคงที่	แบบลดลง
39_1	เปิดท้ายเท้าง	10	5.46	5.97	5.51	5.05
39_2	เปิดท้ายเท้าง	10	6.34	6.93	6.40	5.86
35_1	เปิดท้ายเท้าง	10	4.23	4.62	4.26	3.91
35_2	เปิดท้ายเท้าง	10	6.68	7.29	6.73	6.17



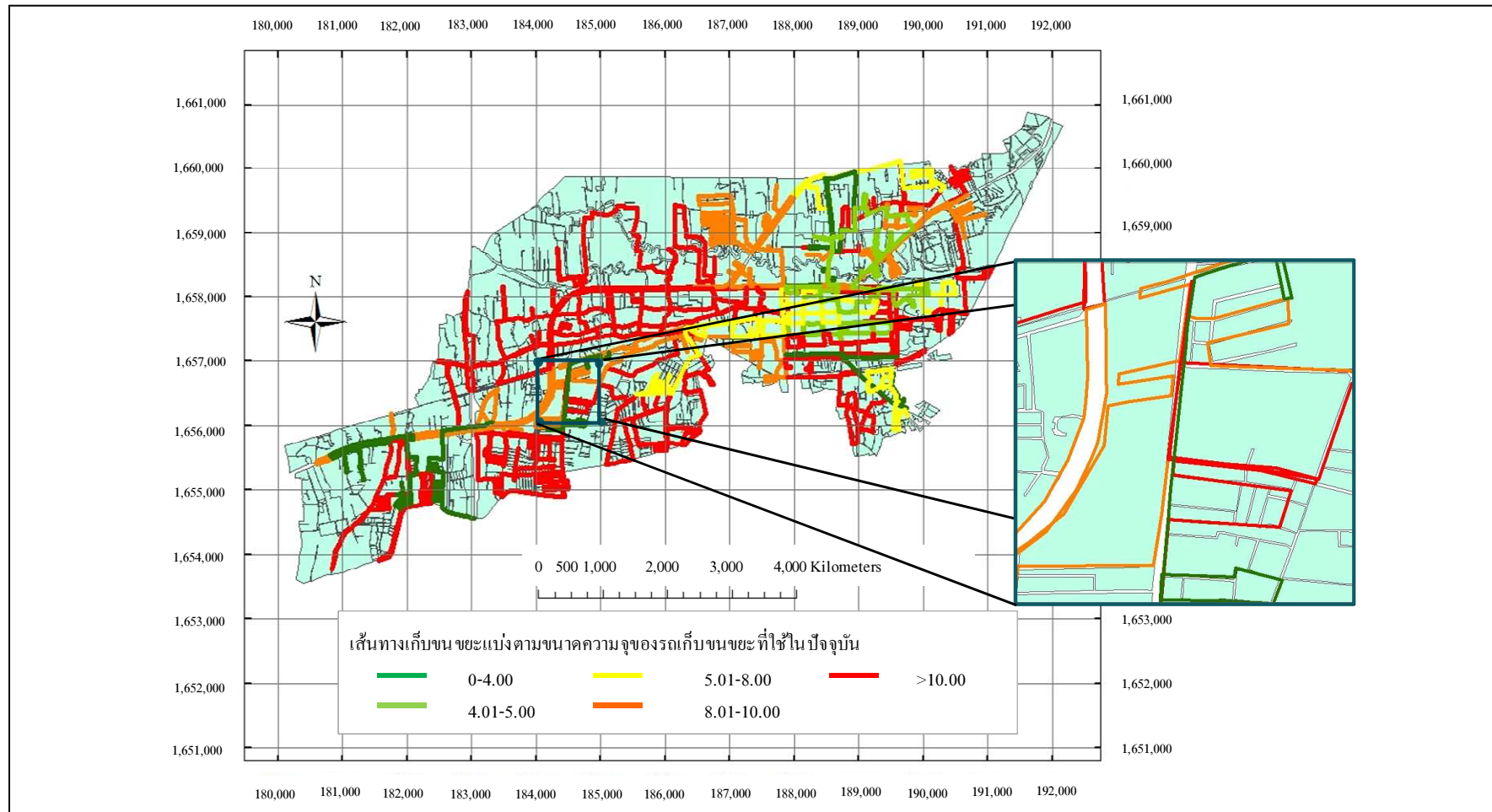
รูปที่ 4.17 เส้นทางทั้งหมดที่ใช้ในการเก็บขยะในปัจจุบันในเขตเทศบาลนครราชสีมา



รูปที่ 4.18 ที่ตั้งถังขยะในเขตเทศบาลนครราชสีมา



รูปที่ 4.19 ชุมชนในเขตเทศบาลนครนราธิวาส



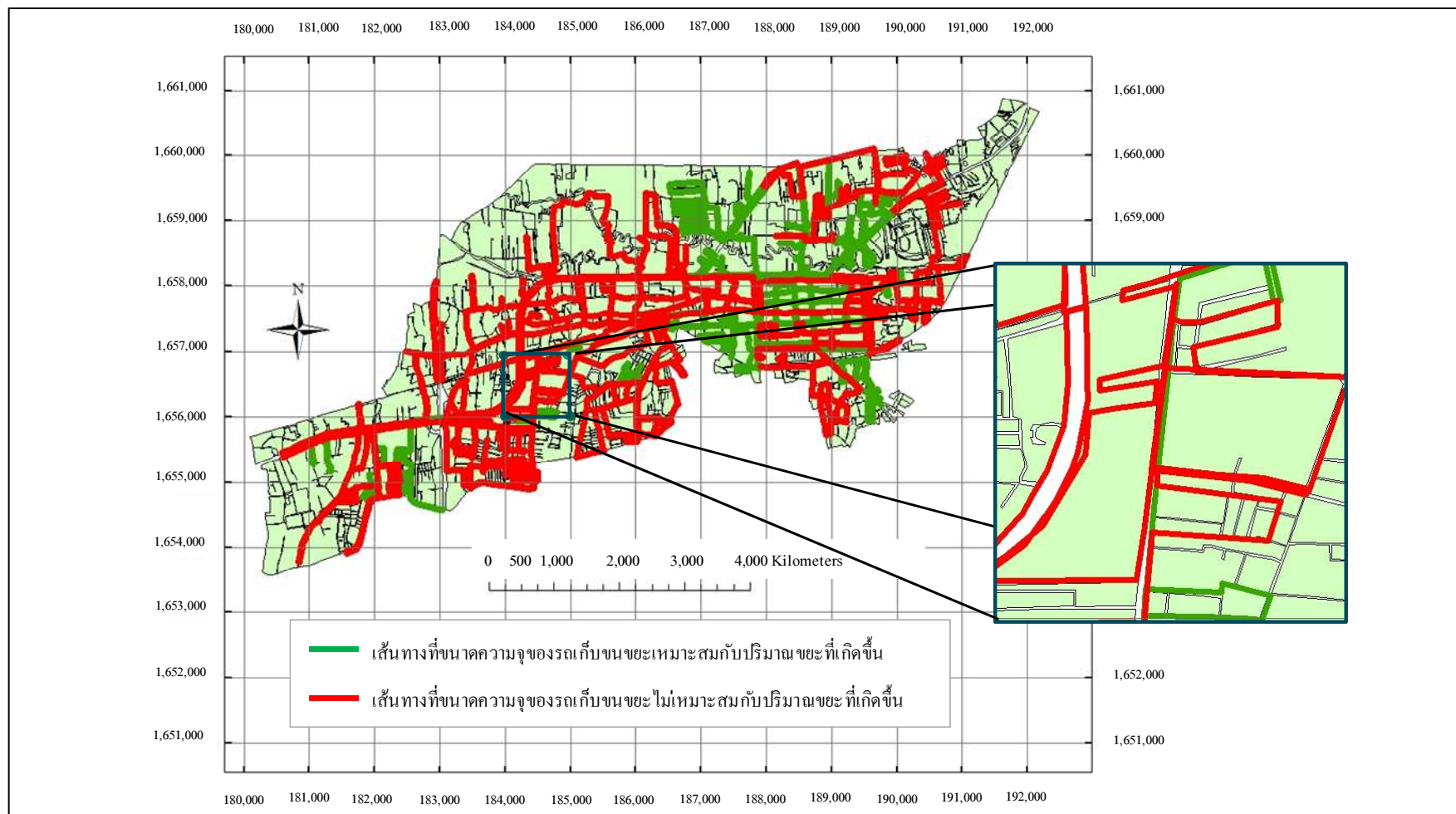
รูปที่ 4.20 เส้นทางเก็บขนแบ่งตามความจุของรถเก็บขนขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550

ปริมาณขยะที่ได้เป็นหน่วยน้ำหนัก(ตัน) เปลี่ยนให้เป็นหน่วยปริมาตร (ลูกบาศก์เมตร) เช่น 39_1 เป็นรหัสแทนรถเก็บขนขยะรหัส ข 39 ที่เก็บขนขยะรอบที่ 1 ซึ่งขยะมีความหนาแน่น 340 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะได้ความจุของรถที่ต้องใช้ในการเก็บขนขยะ 16.06 ลูกบาศก์เมตร แต่ความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน มีความจุ 10 ลูกบาศก์เมตร แสดงว่าความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบันไม่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น แต่ในบางเส้นทางที่ความจุของรถที่ใช้ในการเก็บขนในปัจจุบันมีความเหมาะสมกับปริมาณขยะ ซึ่งในอนาคตจะทราบว่าควรปรับเปลี่ยนความจุของรถหรืออาจวางแผน โดยการเพิ่มจำนวนรอบในการขนถ่าย ตัวอย่างของข้อมูลที่แสดงในชั้นข้อมูล ประกอบด้วย รหัสของรถเก็บขนขยะ ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการ จากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ และขนาดของรถเก็บขนที่ใช้ในแต่ละเส้นทาง ดังแสดงในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความจุของรถที่ใช้เก็บขนขยะที่เกิดขึ้นกับความจุของรถที่ใช้ในปัจจุบัน

Code	ประเภทรถ	ขนาดรถ (ลบ.ม.)	ขยะ ปี 2550 (m ³)	ขยะ ปี 2555 (m ³)		
			แบบเพิ่มขึ้น	แบบเพิ่มขึ้น	แบบคงที่	แบบลดลง
39_1	เปิดท้ายเท้าง	10	16.06	17.54	16.20	14.85
39_2	เปิดท้ายเท้าง	10	18.65	20.38	18.82	17.25
35_1	เปิดท้ายเท้าง	10	12.44	13.59	12.54	11.50
35_2	เปิดท้ายเท้าง	10	19.63	21.45	19.80	18.15

เมื่อทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นบนถนนแต่ละเส้นทาง เปลี่ยนหน่วยน้ำหนักเป็นหน่วยความจุ เปรียบเทียบความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกับความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบัน เมื่อความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นน้อยกว่าความจุของรถที่ใช้เก็บขนขยะในปัจจุบัน บ่งบอกถึงความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบันพอเพียงกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น แสดงสัญลักษณ์สีเขียว ถ้าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าความจุของรถเก็บขนขยะแสดงสัญลักษณ์สีแดงบ่งบอกถึงความจุของรถเก็บขนขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 4.21 และพบว่ามีการซ้อนทับเส้นทางของรถเก็บขนขยะ จึงควรมีการออกแบบเส้นทางโดยกำหนดทิศทางการเดินทางแต่ละคันให้ชัดเจน ในอนาคตเทคโนโลยีเกี่ยวกับการจัดการขยะ อาทิเช่น รถเก็บขนขยะอาจมีเครื่องช่วยอัดขยะที่สามารถอัดขยะได้มากขึ้น ขนาดของรถเก็บขนขยะอาจมีการปรับขนาดให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อช่วยลดระยะเวลาในการเก็บขนขยะ และลดจำนวนบุคลากรในการจัดการขยะ



รูปที่ 4.21 เปรียบเทียบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกับความจุของรถเก็บขนขยะ พ.ศ. 2550

4.2.6 ประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนทั้ง 83 ชุมชน

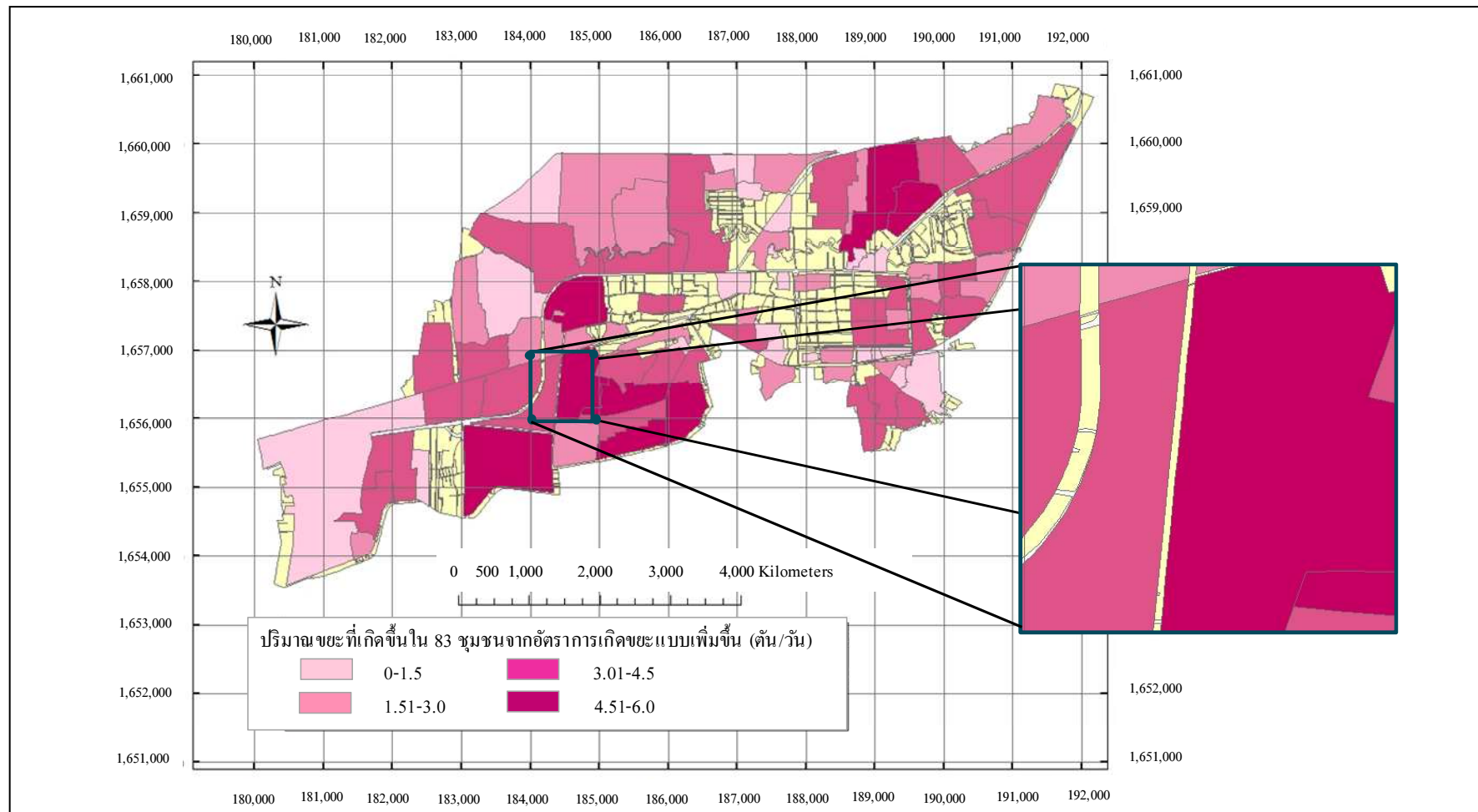
จากการช้อนทับชั้นข้อมูลชุมชนทั้ง 83 ชุมชนลงบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน และแบ่งพื้นที่ออกเป็นชุมชนต่าง ๆ จะได้ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ สมการที่ใช้ในการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนทั้ง 83 ชุมชนจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ดังแสดงในภาคผนวก ง. ซึ่งตัวอย่างของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชนจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นใน พ.ศ. 2550 ดังแสดงในรูปที่ 4.22 ข้อมูลในชั้นข้อมูลชุมชนเขตเทศบาลนครนครราชสีมาประกอบด้วย ชื่อชุมชน จำนวนประชากรในชุมชน ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนจากทั้งอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.12 เป็นตัวอย่างของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนต่าง ๆ ในปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2555 พบว่าชุมชนใดที่มีปริมาณขยะเกิดขึ้นมากเหมาะสมที่จะเป็นชุมชนตัวอย่างในการริเริ่มโครงการต่าง ๆ เช่น โครงการคัดแยกขยะ เป็นต้น

ตารางที่ 4.12 ตัวอย่างปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนต่าง ๆ

เขต	ชื่อชุมชน	พ.ศ. 2550 (ต้น/วัน)	พ.ศ. 2555 (ต้น/วัน)		
		แบบเพิ่มขึ้น	แบบเพิ่มขึ้น	แบบคงที่	แบบลดลง
1	ชุมชนโรงคัมพัฒนา	1.35	1.48	1.36	1.25
1	ชุมชนบ้านสก	0.46	0.50	0.46	0.42
1	ชุมชนสุระวิชัย	1.02	1.11	1.03	0.94
1	ชุมชนสมอราย – เสาธง	1.76	1.93	1.78	1.63

4.2.7 เปรียบเทียบข้อมูลจากการทำนายและข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาล

ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นได้จากจำนวนประชากรคูณด้วยอัตราการเกิดขยะ ดังนั้นจึงต้องทำนายจำนวนประชากร และอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ซึ่งจำนวนประชากร และอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ดังแสดงในตารางที่ 4.13 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ดังแสดงในตารางที่ 4.14 ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ดังแสดงในตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก ก.) นำไปสู่การเปรียบเทียบจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการทำนายโดยโครงการต่าง ๆ ที่ได้มีการทำนายไว้ก่อนการศึกษาครั้งนี้ กับจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



รูปที่ 4.22 ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชนจากอัตรการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น พ.ศ. 2550

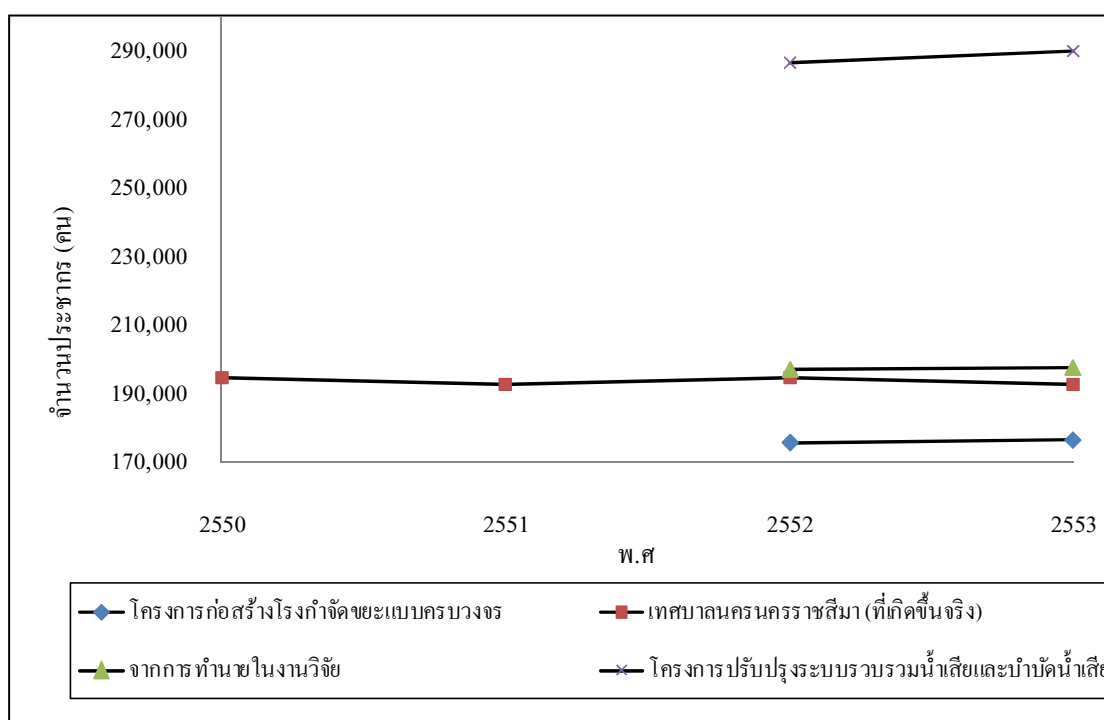
ตารางที่ 4.13 การเปรียบเทียบจำนวนประชากรในเขตเทศบาลและจำนวนประชากรที่ได้จากการทำนาย

พ.ศ.	จำนวนประชากร				อัตราการเกิดขยะ				
	จากเทศบาลนครราชสีมา (ที่เกิดขึ้นจริง) (คน)		จากการทำนาย (คน)		จากเทศบาลนครราชสีมา (ที่เกิดขึ้นจริง) (ตัน/คน/วัน)		จากการทำนาย (กก./คน/วัน) (รวมจำนวนประชากรแฝง)		
	ไม่รวมจำนวน ประชากรแฝง	รวมจำนวน ประชากรแฝง	ไม่รวมจำนวน ประชากรแฝง	รวมจำนวน ประชากรแฝง	ไม่รวมจำนวน ประชากรแฝง	รวมจำนวน ประชากรแฝง	แบบเพิ่มขึ้น	แบบคงที่	แบบลดลง
2552	165,539	194,508	167,693	197,039	1.62	1.38	0.98	0.96	0.94
2553	163,971	192,666	168,194	197,628	1.74	1.48	1	0.96	0.92

ตารางที่ 4.14 การเปรียบเทียบปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลและปริมาณขยะที่ได้จากการประมาณ

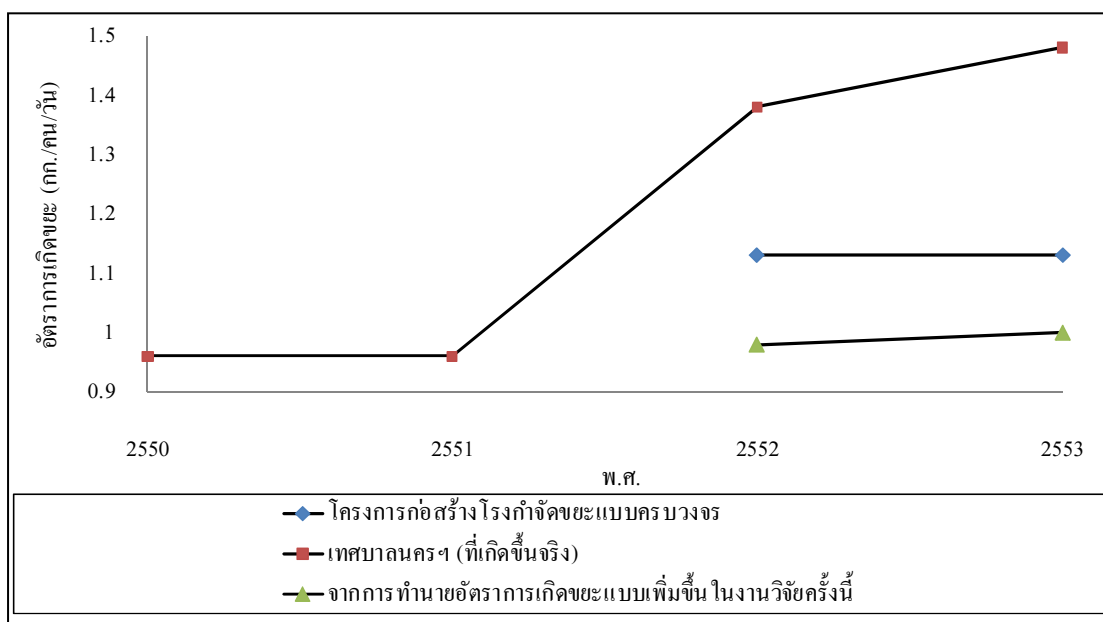
พ.ศ.	ปริมาณขยะจาก เทศบาลนคร ราชสีมา (ที่เกิดขึ้นจริง) (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่ได้จากการทำนาย (ตัน/วัน)					
		ไม่รวมจำนวนประชากรแฝง			รวมจำนวนประชากรแฝง		
		จากอัตราการ เกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น	จากอัตราการ เกิดขยะแบบคงที่	จากอัตราการ เกิดขยะแบบลดลง	จากอัตราการ เกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น	จากอัตราการ เกิดขยะแบบคงที่	จากอัตราการ เกิดขยะแบบลดลง
2552	185.08	159.31	156.05	152.80	193.10	189.16	185.22
2553	192.44	163.04	156.52	150.00	197.63	189.72	181.82

เมื่อเปรียบเทียบจำนวนประชากร ดังแสดงในรูปที่ 4.23 พบว่าจำนวนประชากรจากการทำนายในการศึกษาครั้งนี้ และจากโครงการปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสีย มีจำนวนมากกว่าจำนวนของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ในขณะที่จำนวนประชากรจากการทำนายเพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนของประชากรจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งจำนวนประชากรจากการทำนายโครงการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรมีค่าที่ต่างจากจำนวนของประชากรที่เกิดขึ้นจริงมากที่สุด



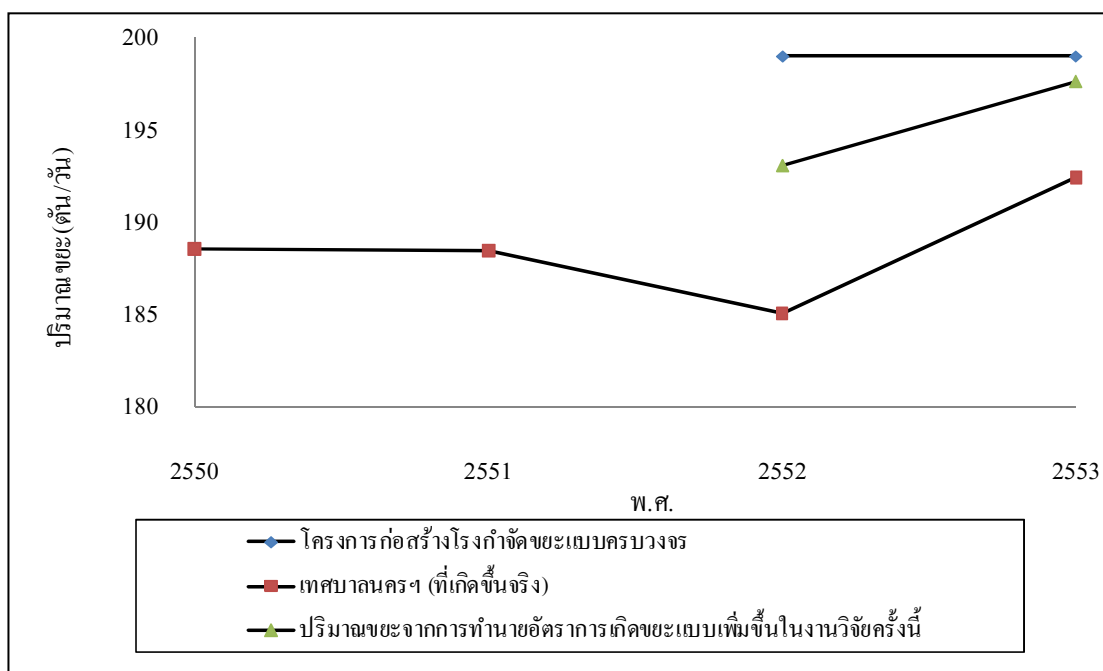
รูปที่ 4.23 การเปรียบเทียบจำนวนประชากรจากการทำนายและเกิดขึ้นจริง

อัตราการเกิดขยะจากการทำนายในงานวิจัยนี้ และอัตราการเกิดขยะจากการทำนาย เพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร ซึ่งกำหนดให้อัตราการเกิดขยะมีค่าคงที่นั้น มีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิดขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ดังแสดงในรูป 4.24 ซึ่งเป้าหมายด้านการสร้างความมั่นคงของฐานทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 10 (พ.ศ. 2550 - พ.ศ. 2554) ควบคุมอัตราการผลิตขยะในเขตเมืองไม่ให้เกิน 1 กิโลกรัมต่อคนต่อวัน ดังนั้นควรมีนโยบายหรือมาตรการเพื่อแก้ไขอัตราการเกิดขยะที่เกิดขึ้นดังกล่าว



รูปที่ 4.24 การเปรียบเทียบอัตราการเกิดขยะจากการทำนายและเกิดขึ้นจริง

ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการทำนายจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ในการเปรียบเทียบปริมาณขยะ จะพิจารณาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณขยะมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบปริมาณขยะ พบว่าปริมาณขยะจากการทำนายเพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร และปริมาณขยะที่ได้จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นที่ได้จากการทำนายในงานวิจัยนี้ มีค่ามากกว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งในการทำนายข้อมูลต่าง ๆ นั้น เช่น การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในการศึกษาครั้งนี้ แนวโน้มของข้อมูลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยในด้านต่าง ๆ อาทิเช่น จำนวนประชากร ความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่ พฤติกรรมการบริโภคของประชาชน ชีวิตความเป็นอยู่ ฐานะทางเศรษฐกิจ และฤดูกาล ย่อมส่งผลกระทบต่อปริมาณขยะ ดังนั้นในการทำนายข้อมูลในอนาคต ควรศึกษาแนวโน้มของข้อมูลที่เกิดขึ้นในปัจจุบันมากที่สุด ทำให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน ซึ่งการเปรียบเทียบปริมาณขยะจากการทำนายและปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาในอดีตจนถึงปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 4.25



รูปที่ 4.25 การเปรียบเทียบปริมาณขยะจากการทำนายและเกิดขึ้นจริง

ข้อมูลจากการทำนายตั้งแต่ พ.ศ. 2552 - พ.ศ. 2553 ได้แก่ จำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการทำนายเพื่อออกแบบปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสีย การทำนายเพื่อประเมินความเป็นไปได้ในการก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจร และในการศึกษารุ่นนี้มีค่าไม่เท่ากับจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะ และปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา อาจเนื่องจากการขยายความเจริญสู่รอบนอกเขตเทศบาลไม่ว่าจะเป็น สาธารณูปโภค สิ่งอำนวยความสะดวก ในด้านต่าง ๆ หรือการพัฒนาตำบลต่าง ๆ ให้มีความเจริญ ทัดเทียมตำบลในเมือง เพื่อลดความแออัดในเขตตำบลในเมือง และ หรืออาจหลีกเลี่ยงปัญหา การจราจร ทำให้ประชากรอพยพย้ายถิ่นออกนอกเขตเทศบาล หรือเนื่องจากเขตเทศบาลนคร นครราชสีมา มีความเจริญ และความทันสมัยทั้งในด้านการสาธารณสุข การศึกษา การสาธารณูปโภค สาธารณูปการ และการท่องเที่ยว ทำให้จำนวนผู้ใช้แรงงาน นักท่องเที่ยว นักศึกษา อพยพเข้ามา อาศัยในเขตเทศบาล ส่งผลต่อจำนวนประชากรแฝงที่เพิ่มมากขึ้น และปริมาณขยะย่อมเพิ่มมากขึ้น ตามไปด้วย ซึ่งจากข้อมูลที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่าจำนวนประชากรลดลง ในขณะที่ปริมาณขยะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทำให้อัตราการเกิดขยะมีค่าเกินอัตราการเกิดขยะตาม เป้าหมายของแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 10 ที่ได้กล่าวไปในข้างต้น

4.3 การวิเคราะห์ข้อมูล

4.3.1 วิเคราะห์ลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 12 ประเภท และในอนาคตเมื่อมีการขยายตัวของประชากร ทำให้บริเวณตำบลในเมืองมีความหนาแน่นของจำนวนประชากรมากขึ้น และอาจมีการขยายตัวของประชากรออกสู่พื้นที่โดยรอบของตำบลในเมือง เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการขยายสิ่งอำนวยความสะดวก สาธารณูปโภค สาธารณูปการ ออกสู่บริเวณรอบนอก เช่น ตำบลห้วยทะเล ตำบลสุรนารี เป็นต้น รวมทั้งจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ถูกเปลี่ยนช่วงของระดับจำนวนประชากรหรือเปลี่ยนระดับความหนาแน่นและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในปัจจุบันถูกเปลี่ยนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น อาทิเช่น พื้นที่ว่างเปล่าเปลี่ยนเป็นพื้นที่ประเภทที่อยู่อาศัย พื้นที่ประเภทที่อยู่อาศัยที่มีความหนาแน่นน้อยเปลี่ยนเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นปานกลางและพื้นที่ที่มีความหนาแน่นมากตามลำดับ

4.3.2 วิเคราะห์ความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะในแต่ละเส้นทาง

การวิเคราะห์ความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ โดยการพิจารณาปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และเปรียบเทียบความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะกับความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน เมื่อความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นมากกว่าความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบันแสดงสัญลักษณ์ให้ทราบว่าความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบันไม่พอเพียงกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น

ในการหาปริมาณความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเป็นข้อมูลที่ได้จากการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่บริการแต่ละเส้นทาง จากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ โดยพิจารณาความสามารถอัดขยะของรถเก็บขนขยะแต่ละคัน ซึ่งทำให้ค่าความหนาแน่นของขยะของรถแต่ละคันมีค่าแตกต่างกัน จึงต้องคำนวณเพื่อเปลี่ยนหน่วยน้ำหนัก (น้ำหนักขยะ) ให้เป็นหน่วยปริมาตร (ความจุของรถเก็บขนขยะ) ซึ่งขนาดความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบันและขนาดความจุที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ ก.1 (ภาคผนวก ก.) เช่น ตัวอย่างเป็นรถเก็บขนขยะ รหัส ข 39 สามารถอัดขยะให้ขยะมีความหนาแน่น 340 kg/m^3 เส้นทางที่รถรหัส ข 39 รับผิดชอบพื้นที่การให้บริการจากการแบ่งพื้นที่บริการนั้น มีปริมาณขยะเกิดขึ้น 5.46 ตัน จากการประมาณปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2550 พบว่าต้องใช้ขนาดความจุของรถเก็บขนขยะ 16.06 ลูกบาศก์เมตร แต่ข้อมูลขนาดความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน พบว่ารถรหัส ข 39 มีขนาด 10 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งไม่พอเพียงกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จึงได้แสดงสัญลักษณ์สีแดงสำหรับเส้นทางที่มีความจุของรถเก็บขนขยะไม่พอเพียง ซึ่งได้แสดงผลของการประเมินความพอเพียงของขนาดความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบัน ดังแสดงในรูปที่ 4.21 ซึ่งเป็นตัวอย่าง

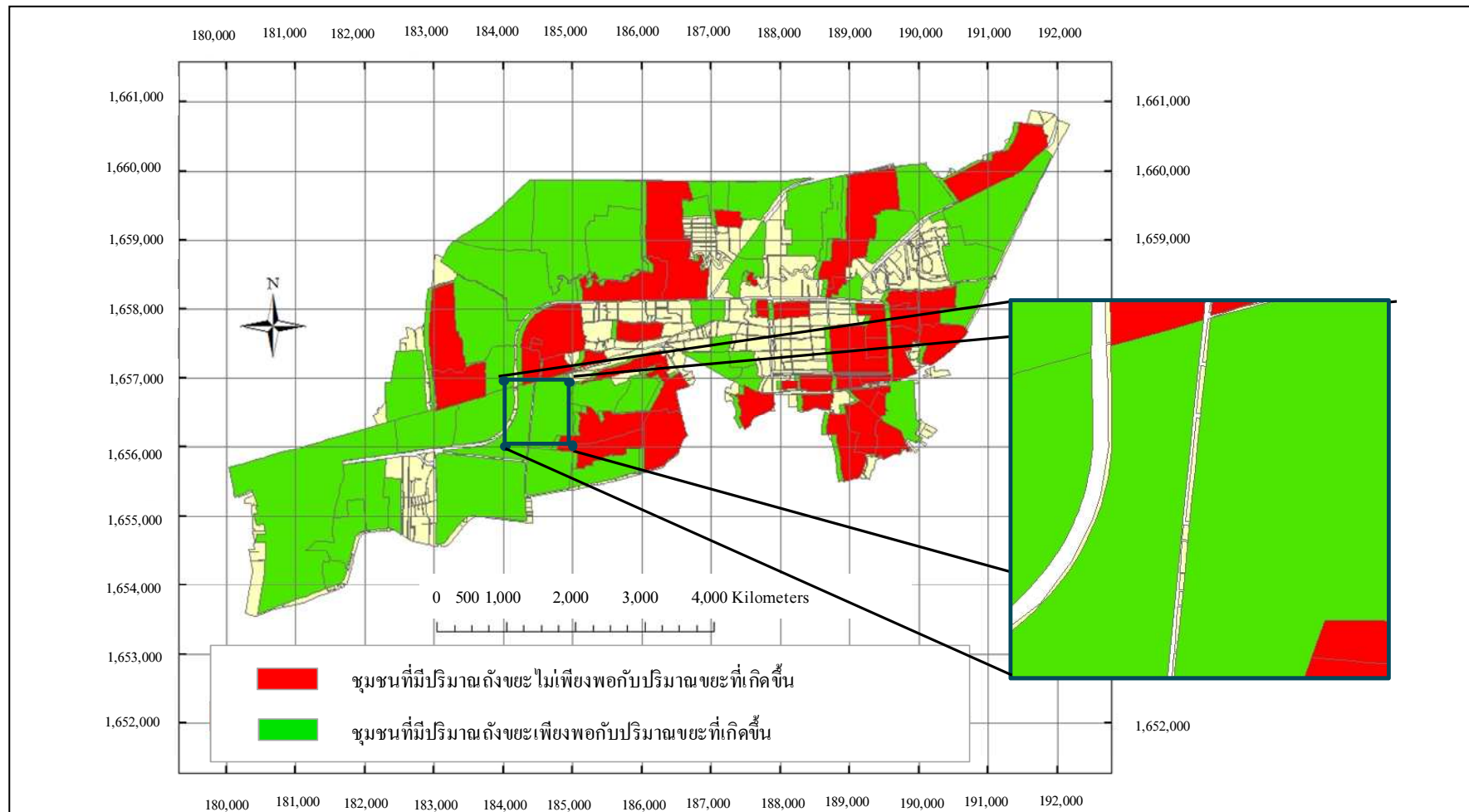
การเปรียบเทียบความจุของรถเก็บขนขยะใน พ.ศ. 2550 จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น โดยเมื่อขนาดความจุของรถเก็บขนขยะไม่พอเพียงกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น อาจมีการปรับเปลี่ยนโดยการเพิ่มจำนวนรอบในการเก็บขน หรือเพิ่มความจุของรถที่ใช้ในการเก็บขน รวมเส้นทางหรือปรับเปลี่ยนเส้นทางในอนาคตซึ่งจำนวนรถที่ควรมีการปรับเปลี่ยนในทุก ๆ 5 ปี ซึ่งจำนวนเก็บขนขยะที่ควรปรับเปลี่ยนดังแสดงในตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 จำนวนรถเก็บขนขยะที่ควรมีการปรับเปลี่ยน

พ.ศ.	จำนวนรถที่ควรปรับเปลี่ยนขนาดความจุให้มากขึ้น (คัน) จากจำนวนรถทั้งหมด 35 คัน		
	ปริมาณขยะจากอัตรา การเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น	ปริมาณขยะจากอัตรา การเกิดขยะแบบคงที่	ปริมาณขยะจากอัตรา การเกิดขยะแบบลดลง
2550	16		
2555	20	17	15
2560	22	17	15
2565	27	21	13
2570	31	21	7
2575	31	21	6
2580	31	21	1

4.3.3 วิเคราะห์ความพอเพียงของปริมาณถังขยะในปัจจุบันและในอนาคต

เมื่อได้ข้อมูลที่ตั้งถังขยะ และช้อนทับชั้นข้อมูลที่ตั้งถังขยะในเขตเทศบาล พบว่าบางบริเวณไม่มีถังขยะทำให้สามารถประเมินเบื้องต้นถึงความพอเพียงของปริมาณถังขยะในบางพื้นที่ ไม่มีความพอเพียงของปริมาณถังขยะ แบ่งถังขยะที่ตั้งอยู่ในเขตชุมชนต่าง ๆ ทั้ง 83 ชุมชน คำนวณโดยใช้ความหนาแน่นของขยะ 0.33 ตันต่อลูกบาศก์เมตร เมื่อถังขยะมีความจุถังละ 200 ลิตร แสดงว่าถังขยะหนึ่งใบสามารถรองรับปริมาณขยะ 66 กิโลกรัม นำความสามารถในการรองรับน้ำหนักขยะของถังขยะคูณด้วยจำนวนถังขยะในชุมชนต่าง ๆ จะได้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชน ดังแสดงในรูปที่ 4.26 พบว่าในเขตตำบลในเมือง ซึ่งเป็นเขตที่มีประชากรอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น โดยเฉพาะเขตคูเมืองเก่า โชนอนุสาวรีย์ท้าวสุรนารี คลังปลาซา บริเวณไนท์บาซาร์ และบริเวณเดอะมอลล์ ซึ่งเป็นบริเวณที่ควรมีถังขยะตั้งอยู่ เนื่องจากเป็นย่านพาณิชยกรรม แสดงให้เห็นว่าข้อมูลที่ตั้งถังขยะเป็นข้อมูลที่ค่อนข้างล้าสมัย บ่งชี้ว่าข้อมูลที่น่ามาใช้ในระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ควรใช้ข้อมูล



รูปที่ 4.26 เปรียบเทียบปริมาณถึงขยะในชุมชน จากความจุของถังขยะ 200 ลิตร

ในปัจจุบันหรือข้อมูลล่าสุด ข้อมูลพิกัดของที่ตั้งถังขยะยังไม่มีการสำรวจที่ตั้งถังขยะและจำนวนถังขยะที่แน่นอน จึงควรมีการสำรวจและเก็บข้อมูลโดยการสำรวจพื้นที่จริง พร้อมทั้งวางแผนการจัดการขยะโดยเพิ่มขนาดถังขยะหรือจำนวนถังขยะ ปรับเปลี่ยนที่ตั้งถังขยะบริเวณที่ขยะเกิดขึ้นน้อยในโซนรอบนอกของเขตตำบลในเมืองซึ่งบางบริเวณจุดที่ตั้งถังขยะแต่ละจุดไม่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น บริเวณชุมชนที่มีปริมาณถังขยะเพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจะแสดงสัญลักษณ์สีเขียว ส่วนบริเวณชุมชนที่มีปริมาณถังขยะไม่เพียงพอต่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแสดงสัญลักษณ์เป็นสีแดง ดังแสดงในรูปที่ 4.22 เป็นตัวอย่างการประเมินความพอเพียงของปริมาณถังขยะในปี พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2555 ดังแสดงในตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 ตัวอย่างการเปรียบเทียบความพอเพียงของปริมาณขยะ

ชื่อชุมชน	จำนวนถังขยะ (ใบ)	ขยะ (กก.)	ขยะ (ตัน)	พ.ศ. 2550 (ตัน/วัน)	พ.ศ. 2555 (ตัน/วัน)		
				แบบเพิ่มขึ้น	แบบเพิ่มขึ้น	แบบคงที่	แบบลดลง
ชุมชนโรงคัมพัฒนา	10	660	0.66	1.35	1.48	1.36	1.25
ชุมชนบ้านสก	0	0	0	0.46	0.50	0.46	0.42
ชุมชนสุระวิชัย	5	330	0.33	1.02	1.11	1.03	0.94
ชุมชนสมอราย - เสาธง	14	924	0.924	1.76	1.93	1.78	1.63

4.3.4 วิเคราะห์การสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

จากการซ้อนทับชั้นข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะในปัจจุบันจะทราบระยะทางของการเก็บขนขยะแต่ละเส้นทาง และจากการแบ่งพื้นที่บริการจะทราบปริมาณขยะที่เกิดขึ้นบนถนนแต่ละเส้นทาง จากนั้นนำน้ำหนักขยะ (ตัน) คูณด้วยระยะทาง (กม.) จะได้หน่วยของการขนส่งในหน่วยตัน - กม. และศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ลิตรดีเซล/ตัน - กม.) พบว่าการขนส่งโดยรถปิกอัพมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรสูงสุดที่ 0.191 ลิตร/ตัน - กม. และการขนส่งโดยรถบรรทุกมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันดีเซลต่อระยะทาง 1 กิโลเมตรสูงสุดที่ 0.167 ลิตร/ตัน - กม. (อศวิน อัสวตมากร, 2553) ทำให้ทราบปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้เก็บขนขยะในแต่ละเส้นทาง (ลิตร/เที่ยว) และขนาดของรถเก็บขนขยะ นำไปสู่การเปรียบเทียบการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงในหน่วยของลิตรดีเซล/ตัน - กม. และสามารถพิจารณาค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงที่ในการเก็บขนขยะ ซึ่งขึ้นอยู่กับราคาน้ำมันดีเซลในขณะพิจารณานั้น

เส้นทางเก็บขนขยะในปัจจุบันทั้งหมด 35 เส้นทาง พบว่ารถเก็บขนขยะบางคันจะเดินรถขนถ่ายขยะมากกว่า 1 รอบ ดังนั้นในการศึกษาการประมาณอัตราสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง ทำให้ทราบค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันเชื้อเพลิง เพื่อที่จะนำข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการจัดการวางแผนเส้นทางเก็บขนขยะในอนาคตซึ่งอาจจะลดเส้นทางที่มีการซ้อนทับกัน ลดจำนวนการขนถ่ายขยะ เพิ่มขนาดของรถเก็บขนขยะเพื่อลดค่าใช้จ่ายในการเก็บขน และยังเป็นการประหยัดพลังงานเชื้อเพลิงอีกด้วย ซึ่งการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงแต่ละเส้นทาง ดังแสดงในตารางที่ 4.17 เป็นตัวอย่างของการคำนวณการสิ้นเปลืองจากการเก็บขนขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550

เช่น จากตารางที่ 4.17 ตัวอย่างรถหมายเลข ข 39 มีจำนวนการขนถ่ายสองรอบในคอลัมน์ code 39_1 หมายถึงการขนถ่ายขยะรอบที่หนึ่ง และ 39_2 หมายถึงการขนถ่ายขยะรอบที่สอง พบว่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงมีค่าต่างกันเพียงเล็กน้อย แต่เมื่อมีการเดินรถขนถ่ายในลักษณะเช่นเดียวกันทุกวัน ทำให้มีการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น ดังนั้นอาจวางแผนเส้นทางในการเก็บขนโดยรวมเส้นทางให้เป็นเส้นทางเดียว หรือในถนนหนึ่งเส้นทางออกแบบเส้นทางในขาไปบนถนนด้านหนึ่งและกลับในถนนอีกด้านหนึ่งจากการกำหนดทิศทางของการเก็บขนขยะให้ชัดเจน เพื่อลดการใช้พลังงานทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง

ตารางที่ 4.17 การประมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง

code	ระยะทาง (กม.)	น.น.ขยะ (ตัน) Ex ปี 50	การขนส่ง (ตัน - กม.)	ขนาดรถ		อัตราการ สิ้นเปลือง (ลิตร/เที่ยว) (ลิตร/เที่ยว)
				m ³	ตัน	
39_1	10.74	5.46	58.65	10	3.4	9.79
39_2	6.98	6.34	44.27	10	3.4	7.39
35_1	9.25	4.23	39.14	10	3.4	6.54
35_2	5.95	6.68	39.7	10	3.4	6.63
43	11.6	11.57	134.17	10	3.4	22.41
46_1	6.67	4.29	28.61	10	3.4	4.78
46_2	5.66	2.17	12.29	10	3.4	2.05
49_1	3.85	2.92	11.23	10	3.4	1.88
49_2	3.02	2.23	6.73	10	3.4	1.12
50_1	4.77	3.13	14.96	10	3.4	2.5
50_2	4.97	3.29	16.34	10	3.4	2.73
52	14.28	6.34	90.55	10	3.4	15.12

ตารางที่ 4.17 การประมาณการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง (ต่อ)

code	ระยะทาง (กม.)	นน.ขยะ (ตัน) Ex ปี 50	การขนส่ง (ตัน - กม.)	ขนาดรถ		อัตราการใช้ สิ้นเปลือง (ลิตร/เที่ยว)
				m ³	ตัน	
58_1	9.08	4.91	44.59	10	3.4	7.45
58_2	11.61	6.8	78.94	10	3.4	13.18
59_1	8.19	5.03	41.16	10	3.4	6.87
59_2	11.34	3.4	38.54	10	3.4	6.44
60	6.77	2.83	19.18	10	7.4	3.2
61	10.85	10.25	111.26	10	7.4	18.58
66	5.18	3.38	17.48	10	7.4	2.92
67	6.44	6.28	40.47	10	7.4	6.76
70	6.31	5.4	34.08	10	7.4	5.69
71	8.24	11.06	91.13	10	7.4	15.22
73	11.02	11.05	121.82	10	7.4	20.34
79	10.97	7.21	79.13	19	14.06	13.21
80	8.14	11.36	92.48	10	7.4	15.44
81	15.74	7.12	112.06	10	7.4	18.71
82_1	12.42	12.17	151.07	10	7.4	25.23
82_2	6.78	1.12	7.62	10	7.4	1.27
83	10.39	7.44	77.33	10	7.4	12.91
84	9.53	4.95	47.15	10	7.4	7.87
86_1	4.26	2.91	12.39	5	3.7	2.37
86_2	3.23	0.29	0.94	5	3.7	0.18
88	14.43	3.16	45.64	5	3.7	8.72
90_1	5.14	2.68	13.78	5	3.7	2.63
90_2	3.01	4.33	13.03	5	3.7	2.49

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณปริมาณขยะชุมชนที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา จากอัตราการเกิดขยะแบบต่างๆ นั้นเริ่มจากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นทำการศึกษาแนวโน้มของจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบัน และทำการทำนายจำนวนประชากรแบบเรขาคณิตและอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นด้วยการทำนายการเพิ่มขึ้นแบบเรขาคณิต อัตราการเกิดขยะแบบคงที่ด้วยค่าอัตราการเกิดขยะในปัจจุบัน และอัตราการเกิดขยะแบบลดลงด้วยการทำนายการลดลงแบบเรขาคณิตจะได้ปริมาณขยะชุมชนที่เกิดขึ้นแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่ และแบบลดลง

เมื่อจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทต่างๆ กำหนดจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่และปรับแก้จำนวนประชากรทั้งหมดให้เท่ากับจำนวนประชากรที่ทำนายขึ้น จากนั้นทำการแบ่งช่องกริดออกเป็นตารางกิโลเมตร เพื่อกำหนดความหนาแน่นของประชากร รวมทั้งปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตารางกิโลเมตรจากอัตราการเกิดขยะแบบต่างๆ จนกระทั่ง พ.ศ. 2580 เป็นระยะเวลา 30 ปี

จากชั้นข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะ ที่ตั้งถังขยะ ชุมชนทั้ง 83 ชุมชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งเป็นข้อมูลจากเทศบาลนครนครราชสีมา นำมาบูรณาการเข้ากับการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น โดยทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลลงบนแผนที่เทศบาลนครนครราชสีมา ศึกษาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางจากการแบ่งพื้นที่บริการให้ครอบคลุมพื้นที่ทั้ง 37.5 ตารางกิโลเมตร ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชนจากการกำหนดให้ถังขยะมีความจุ 200 ลิตร และวิเคราะห์ความพอเพียงของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางกับขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบัน พิจารณาความเพียงพอของถังขยะในชุมชนต่าง ๆ ทั้ง 83 ชุมชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา แสดงสัญลักษณ์ในบริเวณที่ความจุและปริมาณถังขยะเพียงพอและไม่เพียงพอ

การเปรียบเทียบจำนวนประชากร พบว่าจำนวนประชากรจากการทำนายในการศึกษาค้างนี้ และจากการทำนายเพื่อปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสียมีจำนวนมากกว่าประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ส่วนจำนวนประชากรจากการทำนายเพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรมีจำนวนน้อยกว่าจำนวนของประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ในขณะที่อัตราการเกิดขยะจากการทำนายในงานวิจัยนี้ และอัตราการเกิดขยะจากการทำนายเพื่อก่อสร้าง

โรงกำจัดขยะแบบครบวงจร ซึ่งกำหนดให้อัตราการเกิดขยะมีค่าคงที่นั้น มีค่าน้อยกว่าอัตราการเกิดขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ข้อมูลปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการทำนายจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ ในการศึกษาครั้งนี้ทำมาเปรียบเทียบเป็นปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น เนื่องจากมีปริมาณขยะมากที่สุด พบว่าปริมาณขยะจากการทำนายเพื่อก่อสร้างโรงกำจัดขยะแบบครบวงจรและปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น มีค่ามากกว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ซึ่งในการทำนายข้อมูลต่าง ๆ นั้น แนวโน้มของข้อมูลอาจมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลาเนื่องจากปัจจัยในด้านต่าง ๆ ดังนั้นในการทำนายข้อมูลในอนาคตควรศึกษาแนวโน้มของขยะที่เกิดขึ้นในช่วงเวลาที่เป็นปัจจุบันให้มากที่สุด เพื่อให้ทราบถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงได้อย่างชัดเจน

การศึกษาด้านองค์ประกอบขยะ พบว่ามีขยะอินทรีย์เป็นองค์ประกอบ 61.2% ดังนั้นควรให้ความสำคัญกับการคัดแยกประเภทขยะ ซึ่งควรมีการรณรงค์เพื่อให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของการคัดแยกประเภทขยะก่อนริเริ่มโครงการคัดแยกขยะเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดกับโครงการกำจัดขยะแบบครบวงจร การศึกษาครั้งนี้ให้ความสำคัญที่กระบวนการและขั้นตอนของการศึกษา ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับพื้นที่อื่น ๆ ต่อไป ทั้งนี้สามารถสรุปผลการศึกษาที่สำคัญตามวัตถุประสงค์และขั้นตอนการศึกษาได้ดังนี้

1) การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาครอบคลุมพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร ประกอบด้วย ที่อยู่อาศัย 44.8% เกษตรกรรม 19.7% ป่าไม้ 12.9% ถนน 11.3% พื้นที่ที่ไม่มีประชากรอาศัยอยู่ข้างดิน 3.5% แหล่งน้ำ 3% พื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่ข้างดิน 2.3% พาณิชยกรรม 1.1% อื่น ๆ 0.7% พื้นที่ว่างเปล่า 0.7% ตลาดสด 11 แห่ง และวัด 10 แห่ง เมื่อพิจารณาปริมาณขยะที่เกิดขึ้น พบว่าในพื้นที่ที่อยู่อาศัย เกษตรกรรม ป่าไม้ พาณิชยกรรม และพื้นที่ว่างเปล่า มีปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันจำนวน 168.4 ตัน 12.3 ตัน 7.2 ตัน 1.4 ตัน และ 0.01 ตัน ตามลำดับ

2) การประเมินความพอเพียงของความจุของรถเก็บขนขยะ เมื่อได้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางในหน่วยน้ำหนัก เปลี่ยนเป็นหน่วยปริมาตร โดยใช้ความหนาแน่นของขยะที่รถเก็บขนขยะสามารถอัดขยะซึ่งขึ้นอยู่กับประเภทของรถเก็บขนขยะ จะได้ขนาดความจุของรถที่รองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น จากนั้นทำการเปรียบเทียบกับขนาดความจุของรถเก็บขนขยะที่ใช้ในปัจจุบัน ความจุของรถเก็บขนขยะที่ไม่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น แสดงสัญลักษณ์สีแดง จำนวน 16 เส้นทาง จากเส้นทางทั้งหมด 35 เส้นทาง จึงควรมีการปรับเปลี่ยนโดยการเพิ่มขนาดหรือเพิ่มจำนวนเที่ยวของการเก็บขนในอนาคตทุก ๆ 5 ปี ซึ่งในพ.ศ. 2555 มีจำนวนรถเก็บขนขยะที่ควรปรับเปลี่ยนจำนวน 20 17 และ 15 คัน พ.ศ. 2560 จำนวน 22 17 และ 15 คัน พ.ศ. 2565 จำนวน 27 21 และ 13 คัน พ.ศ. 2570 จำนวน 31 21 และ 7 คัน พ.ศ. 2575 จำนวน 31 21 และ 7 คัน และในพ.ศ. 2580 ควร

ปรับเปลี่ยนรถ 31 21 และ 1 คัน จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่ และแบบลดลง ตามลำดับและการประมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง พบว่ารถเก็บขนขยะบางคันมีจำนวนเที่ยวของการเก็บขนมากกว่าหนึ่งเที่ยว จึงควรมีการทดลองรวมเส้นทางของการเก็บขนเป็นเส้นทางเดียว ซึ่งอาจทำให้ประหยัดเชื้อเพลิงมากยิ่งขึ้น

5.2 ข้อจำกัดของงานวิจัย

1) ภาพถ่ายทางอากาศที่ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมแผนที่ทหาร และกรมพัฒนาที่ดิน เป็นข้อมูล พ.ศ. 2545 ซึ่งเป็นการบินถ่ายภาพปีล่าสุด ทำให้ข้อมูลที่ได้เป็นข้อมูลในอดีต ทำให้เกิดความล้าสมัย ขาดความเชื่อถือ ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางของการจัดการขยะในกรณีที่มีข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศของปีปัจจุบัน สามารถนำมาปรับปรุงการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในฐานข้อมูลที่จัดทำขึ้นเพื่อให้ข้อมูลที่ทันสมัยกับเหตุการณ์และสถานการณ์ในปัจจุบัน

2) ข้อมูลที่ตั้งถังขยะ เส้นทางเก็บขนขยะ และชุมชนทั้ง 83 ชุมชนในเขตเทศบาลนคร นครราชสีมาเป็นข้อมูลที่ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จัดทำไว้ในอดีต ซึ่งจากการประเมินที่ตั้งถังขยะในเบื้องต้น พบว่าข้อมูลขาดความเชื่อถือ เนื่องจากบริเวณตำบลในเมืองเป็นบริเวณที่มีจำนวนประชากรหนาแน่น แต่บางพื้นที่ไม่มีถังขยะตั้งเพื่อรองรับปริมาณขยะ ดังนั้นควรทำการสำรวจและเก็บข้อมูลจากพื้นที่จริง เพื่อให้ได้พิกัดข้อมูลที่ตั้งถังขยะที่ชัดเจน และสามารถใช้ในการจัดการขยะในปัจจุบันได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยที่จุดที่ตั้งถังขยะไม่เหมาะสม ควรทำการเลื่อนตำแหน่งที่ตั้งขยะ และบริเวณที่ถังขยะไม่เพียงพอ ทำการเพิ่มจำนวนเพื่อให้ปริมาณถังขยะเพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนต่าง ๆ

3) ข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเส้นทางที่ใช้ในปัจจุบัน มีเพียงบางเส้นทางมีการปรับเปลี่ยนเส้นทางรถเก็บขนบางเส้นทาง แต่ยังมีได้มีการร่างคำสั่ง จึงไม่สามารถเผยแพร่สู่สาธารณชนได้ จึงใช้ข้อมูลที่ได้จากทางเทศบาลเป็นแนวทางในการศึกษาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทาง และศึกษาความเหมาะสมของรถเก็บขนขยะ

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์สำหรับเทศบาลนครนครราชสีมา

เทศบาลนครนครราชสีมาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในการจัดการขยะ โดยใช้ฐานข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น หรือใช้ในงานอื่นที่มีลักษณะเชื่อมโยงกับการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น การทำนายปริมาณการเกิดน้ำเสีย การทำนายความต้องการใช้น้ำประปา แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน การปรับปรุงเส้นทางเก็บขนขยะ ซึ่งในการศึกษาค้างนี้มีข้อเสนอแนะดังนี้

ฐานข้อมูลที่ค้างถึงขยะที่ใช้ในการศึกษาเป็นข้อมูลในอดีตบริเวณเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่าบางพื้นที่ไม่มีจุดที่ค้างถึงขยะ ดังนั้น ควรมีการสำรวจที่ค้างถึงขยะ ปริมาณค้างถึงขยะทั้งหมดในปัจจุบัน บริเวณที่ไม่มีที่ค้างถึงขยะ ควรมีเพิ่มปริมาณค้างถึงขยะ เพิ่มขนาดของค้างถึงขยะ ในบริเวณที่ขนาดของค้างถึงขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่ถูกทิ้ง ตรวจสอบความไม่เหมาะสมของที่ค้างถึงขยะ เพื่อเคลื่อนย้ายค้างถึงขยะให้มีระยะห่างให้เหมาะสม

เส้นทางที่ใช้ในการเก็บขน พบว่ามีการซ้อนทับเส้นทางเก็บขนขยะ ดังนั้น ควรมีการสำรวจเส้นทางที่ใช้ในปัจจุบัน เส้นทางเก็บขนขยะที่มีการเปลี่ยนแปลงควรปรับปรุงในระบบฐานข้อมูล พิจารณาระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บขน ปัญหาด้านการจราจร ความลาดชัน ขนาดและประเภทของถนน รวมทั้งขนาดของรถเก็บขนขยะ ควรแบ่งทิศของถนนออกเป็นทิศเหนือ ได้ ตะวันออก และตะวันตก เพื่อลดการซ้อนทับของเส้นทาง และยังสามารถวางแผนการเก็บขนขยะให้ได้เส้นทางที่ใช้เหมาะสม ทั้งด้านระยะเวลาและระยะทาง ทั้งยังประหยัดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิง และบุคลากรในการจัดการขยะ

องค์ประกอบขยะ พบว่ามีปริมาณขยะอินทรีย์มากกว่า 50% ดังนั้นควรมีการศึกษาการใช้รถเก็บขนขยะอินทรีย์และขยะทั่วไป ซึ่งบริเวณที่มีขยะอินทรีย์เกิดขึ้นมาก เช่น บริเวณตลาดสด ควรคัดแยกประเภทขยะ ซึ่งเมื่อมีการคัดแยกประเภทขยะ ความหนาแน่นของขยะย่อมเปลี่ยนแปลง และควรใช้รถที่มีความเหมาะสมกับลักษณะของขยะอินทรีย์

5.3.2 การปรับปรุงและปรับแก้ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาและข้อมูลจากการทำนาย

ในการทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะใช้ข้อมูลในอดีตจนถึงปัจจุบัน (ตั้งแต่พ.ศ. 2542 - พ.ศ. 2550) เพื่อศึกษาแนวโน้มและคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากร พบว่าแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงมีลักษณะไม่คงที่ ดังนั้น ถ้าต้องการทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในปัจจุบันควรใช้ข้อมูล 5 ปีล่าสุด (พ.ศ. 2549 - พ.ศ. 2553) เนื่องจากข้อมูลมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือจำนวนประชากรลดลงอย่างต่อเนื่อง ในขณะที่อัตราการเกิดขยะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง

ร้อยละของจำนวนประชากรที่ใช้ในการศึกษาควรมีการพิจารณาหลักเกณฑ์ที่มีผลต่อจำนวนประชากรแฝง อาทิเช่น ในอนาคตเมื่อช่วงของระยะเวลาเปลี่ยนแปลงทำให้จำนวนประชากรแฝง

เปลี่ยนแปลงตามไปด้วย และข้อมูลจำนวนประชากรแฝงจากแหล่งที่มาของข้อมูลต่างกันย่อมทำให้จำนวนประชากรแฝงแตกต่างกัน ซึ่งจำนวนประชากรแฝงที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ใช้จำนวนประชากรแฝงร้อยละ 17.5 ซึ่งจำนวนประชากรที่ได้จากการทำนาย และทำการกำหนดจำนวนประชากรในทุกประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ซึ่งในความเป็นจริง ควรให้ความสำคัญกับพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทพื้นที่ที่มีประชากรค้างคืน และพื้นที่ที่ไม่มีประชากรค้างคืน เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่มีจำนวนประชากรนอกเขตเทศบาลเข้ามาท่องเที่ยวในเทศบาลต่าง ๆ เช่น เทศกาลปีใหม่นครจีน สงกรานต์ เป็นต้น หรือเข้ามาทำกิจกรรมต่าง ๆ อาทิเช่น พบแพทย์ ซื้อสินค้าอุปโภคบริโภค ในการศึกษาครั้งนี้จึงสร้างชั้นข้อมูลเป็นพื้นที่ที่ควรพิจารณาจำนวนประชากรแฝงโดยเฉพาะ

5.3.3 งานวิจัยในขั้นต่อไป

เทศบาลนครนครราชสีมาสามารถนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ เป็นฐานข้อมูลในระบบการจัดการขยะ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล สามารถปรับปรุงฐานข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการวางแผนการจัดการขยะ และเนื่องจากเทศบาลนครนครราชสีมาที่มีพื้นที่ขนาดใหญ่ในการจัดการขยะย่อมมีข้อจำกัด ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานในด้านต่าง ๆ ดังนั้น อาจมีข้อมูลบางส่วนไม่ครบถ้วนเนื่องจากข้อจำกัด ทำให้เกิดความผิดพลาดของข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาได้ การศึกษาครั้งนี้จึงเป็นเพียงแนวทางหรือเป็นตัวอย่างของวิธีการศึกษาการวางแผนเชิงพื้นที่ จึงควรศึกษาพื้นที่เทศบาลตำบลหรือเทศบาลที่มีขนาดเล็ก เช่น เทศบาลตำบลหัวทะเล เทศบาลตำบลหนองไผ่ล้อม เพื่อที่จะสามารถเก็บข้อมูลจากการลงพื้นที่จริงได้อย่างครบถ้วน เกิดข้อจำกัดในด้านข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาน้อยกว่าเทศบาลขนาดใหญ่ และสามารถเป็นเทศบาลตัวอย่างนำร่องในการวางแผนการจัดการขยะ

รายการอ้างอิง

- กรองแก้ว ศรีพระราม. (2539). **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจัดการพื้นที่ป่าชายเลน**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการป่าไม้ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม. (2550). เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่อง **รายงานการประเมินผล กระบวนการสิ่งแวดล้อม**.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2551). (ออนไลน์). ได้จาก <http://www.ddd.go.th>
- ครรชิต มัลลียงศ์. (2529). **คอมพิวเตอร์เบื้องต้น** เค.เอส.คอมพิวเตอร์.
- จิรพัฒน์ อ่อนเกตุพล. (2542). **การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อช่วยในการวางแผนการเก็บขน มูลฝอยในเขตเทศบาลเมืองนราธิวาส**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการ สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- จักรพันธ์ เพ็ชรภูมิ นฤมล กุลศิริศรีตระกูล ถุตินันท์ เงินทอง และ ชญา ณรงค์ฤทธิ์. (2548). **การประยุกต์ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาความเหมาะสมในการสร้างประปาหมู่บ้าน แบบบาดาล จังหวัดพิษณุโลก**. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ฉัตรเพชร ยศพล. (2536). **การพยากรณ์ความต้องการน้ำสำหรับการประปาขอนแก่นโดยแบบจำลอง ทางคณิตศาสตร์**. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- ชญา ณรงค์ฤทธิ์. (2549). **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้านสิ่งแวดล้อม**. (เอกสารที่ไม่ได้พิมพ์เผยแพร่)
- ชญา ณรงค์ฤทธิ์ และ ศักดิ์ดา หอมหวาน. (2547). **การสร้างแบบจำลองน้ำในดินโดยระบบสารสนเทศ ภูมิศาสตร์**. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ชญา ณรงค์ฤทธิ์ และ สีใส ยี่สุนแสง. (2548). **การวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อความเสี่ยงแล้งในจังหวัด พิษณุโลกโดยใช้วิธีการทางสถิติและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์**. มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ช่อลดดา ใหม่เจริญศรี. (2541). **การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ เพื่อช่วยในการวางแผน การจัดเก็บมูลฝอยชุมชนของหมู่บ้านจัดสรร**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขา เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- ชินปัญญ์ ปลั่งศิริ. (2543). **การประเมินพื้นที่เสี่ยงต่อการเกิดไฟฟ้า อุทยานแห่งชาตินาแห้ว จังหวัดเลย**. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

- ชัยสิทธิ์ อธิษฐานทรศน์. (2546). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการจัดการระบบการเก็บขนมูลฝอย กรณีศึกษา :เขตหลักสี่ กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการบริหารสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- จิตินันท์ สุขถาวร. (2540). การประเมินพื้นที่เสี่ยงของเสียอันตรายที่จังหวัดราชบุรีโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- เทศบาลนครนครราชสีมา. (2544). โครงการออกแบบปรับปรุงระบบรวบรวมน้ำเสียและบำบัดน้ำเสีย. (ออนไลน์). ได้จาก <http://www.koracity.net>
- เทศบาลนครนครราชสีมา. (2547). โครงการศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบระบบการจัดการขยะแบบครบวงจร เทศบาลนครนครราชสีมา : เอกสารประกวดราคา หมายเลข 1 หลักเกณฑ์และเงื่อนไขประกอบการประกวดราคาออกแบบก่อสร้างระบบกำจัดขยะแบบครบวงจรและมาตรฐานงานก่อสร้าง
- เทศบาลนครนครราชสีมา. (2547). โครงการศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบระบบการจัดการขยะแบบครบวงจร เทศบาลนครนครราชสีมา : ร่างรายงานการศึกษาความเหมาะสม
- เทศบาลนครนครราชสีมา. (2551). (ออนไลน์). ได้จาก <http://www.koracity.net>
- เทศบาลนครนครราชสีมา. (2552). ยัมโคราช : สรุปผลงานประจำปี 2552
- เทศบาลนครนครราชสีมา. (2553). สำนักงานช่าง เทศบาลนครนครราชสีมา
- ธนาพรณ พงษ์พันธ์. (2544). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการจัดทำบัญชี การปล่อยมลสารทางอากาศจากนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาสีงแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- เนตรนพิท จันทรเจริญ. (2548). แนวทางการคัดเลือกพื้นที่ที่มีศักยภาพสำหรับจัดตั้งศูนย์กำจัดขยะมูลฝอยรวม โดยใช้ เทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ กรณีศึกษา จังหวัดนครสวรรค์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาเทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พงศ์พัฒน์ สนทะมิโน ไรจน์จรรย์ ด่านสวัสดิ์ และสมทิพย์ ด่านธีรวิชัย. (2549). ต้นแบบจำลองพลวัตรระบบสำหรับการจัดการมูลฝอยชุมชน เทศบาลนครหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 20 ฉบับที่ 1, 83-99

พนาวัลย์ จันทร์สระคู. (2545). การประยุกต์การสำรวจจากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการจำแนกและจัดทำแผนที่พื้นที่ชุ่มน้ำ บริเวณทุ่งกุลาร้องไห้. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัย สาขาการวางแผนสิ่งแวดล้อมเพื่อพัฒนาชุมชนและชนบท บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

พรศรี ชัยวิระพัฒนา. (2544). การพัฒนาแบบจำลองสำหรับติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ : กรณีศึกษาบริเวณอำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย สาขาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พอเจตน์ จิตพิพัฒน์พงศ์ และ ชุมพล มณฑาทิพย์กุล. (2552). การใช้โปรแกรม เอ็กเซล โซลเวอร์เพื่อปรับปรุงการจัดรถขนส่งสินค้า. การประชุมสัมมนาวิชาการด้านการจัดการโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน (ThaiVCML2009), 9.

มณฑิรา บุติธรรม. (2544). การประเมินหาพื้นที่ที่เหมาะสมต่อการตั้งระบบบำบัดน้ำเสียรวมเพื่อการผลิตก๊าซชีวภาพจากมูลสัตว์จากฟาร์มสุกร และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมอาหารขนาดกลางและเล็กในจังหวัดนครปฐม. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัย สาขาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน. (2552) (ออนไลน์). ได้จาก <http://www.rmuti.ac.th>

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. (2552). (ออนไลน์). ได้จาก <http://www.nrru.ac.th>

มหาวิทยาลัยวงษ์ชวลิตกุล. (2552) (ออนไลน์). ได้จาก <http://www.vu.ac.th>

มานิช ดิษฐวิศาล. (2537). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการหาพื้นที่ที่ได้รับผลกระทบจากก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่เกิดจากโรงงานไฟฟ้าแม่เมาะ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสำรวจ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

มัลลิกา ใจเกื้อ. (2545). ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและคุณภาพน้ำ บริเวณเขตบางขุนเทียน กรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รมณีย์ ทองคารา. (2540). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลสำรวจ ระยะไกลในการจัดทำแผนที่ความชื้นของดิน กรณีศึกษา : ศูนย์ศึกษาการพัฒนาเขาหินซ้อน อันเนื่องมาจากพระราชดำริ. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีที่เหมาะสมเพื่อการพัฒนาทรัพยากร บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล.

- โรงพยาบาลมหาราชนครราชสีมา. (2553). (ออนไลน์). ได้จาก <http://mnrh.go.th>
- วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี. (2553). (ออนไลน์). ได้จาก <http://th.wikipedia.org>
- วนิดา ร่มรื่น. (2547). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี. วิทยานิพนธ์อักษรศาสตรบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- วนิดา อังคสุวรรณ. (2552). เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่อง การวางผังเมืองด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์.
- วรรณทภา พจน์โยธิน. (2543). ผลกระทบของปัจจัยด้านพันธุ์ข้าวต่อการปลดปล่อยก๊าซมีเทนในจังหวัดราชบุรี โดยการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรชีวภาพ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.
- วรเวช อ่อนน้อม. (2543). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินผลกระทบสิ่งแวดล้อม : กรณีศึกษาโครงการสะพานพระราม 8. วิทยานิพนธ์อักษรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศักดิ์ดา หอมหวาน และ ชฎา ณรงค์ฤทธิ์. (2547). การสร้างแบบจำลองน้ำในดินโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- ศรีสอาด ตั้งประเสริฐ. (2537). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อประเมินค่าทรัพยากรที่ดิน : ศูนย์พัฒนาหนังสือ กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ.
- สถาพร มนต์ประภัสสร. (2542). การประยุกต์เทคโนโลยีสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินสำหรับการเกษตรบางชนิดในอำเภอปากช่องจังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สรญา สังขานวม. (2546). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับวิเคราะห์การกระจายและการเคลื่อนตัวของฝนในกรุงเทพมหานคร. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมแหล่งน้ำ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุรศักดิ์ บุญลือ. (2541). การเลือกพื้นที่ฝังกลบขยะมูลฝอย : กรณีศึกษาสุขาภิบาลในเขตอำเภอแม่สาย แม่จัน และเชียงแสน. วิทยานิพนธ์อักษรศาสตรมหาบัณฑิต สาขาภูมิศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

- สุรีย์พร นิพิฐวิทยา. (2546). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการจัดการขยะมูลฝอย
ในเขตเทศบาลเมืองจันทบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์
สิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- สุภกนิษฐ์ สมศรี. (2545). การศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
ด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- สุภลักษณ์ จันทรสุมบัตติ ชญา ณรงค์ฤทธิ์ จัณฐร บุญญานุภาพ ชนินทร์ อัมพรสธิร สุภารัตน์
เจียมยั้งยืน และ สีไธ ยี่สุนแสง. (2548). การวิเคราะห์ความต้องการน้ำประปาในพื้นที่เทศบาล
นครพิษณุโลก โดยใช้แบบจำลองคณิตศาสตร์และระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์.
มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุพัตร ศรีพัฒน์ พรรณนา มีขุน สิทธิชัย วิสุทธิพันธ์ และ ชญา ณรงค์ฤทธิ์. (2548). การประเมิน
ระดับการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการทรัพยากรน้ำเพื่อกำหนดเขตส่งเสริม
การเพาะปลูกที่เหมาะสมโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: กรณีศึกษาอ่างเก็บน้ำห้วยป่า
แดง อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบูรณ์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการจัดการ
ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุเพชร จิรขจรกุล. (2551). เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.2: ครั้งที่ 1.
นนทบุรี: บริษัท เอส อาร์ พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- สุเพชร จิรขจรกุล. (2552). เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศ ด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 9.3.1:
พิมพ์ครั้งที่ 1. นนทบุรี: บริษัท เอส.อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์ จำกัด.
- หุทัย ไทยธรรม. (2548). การประเมินลักษณะดินและน้ำใต้ดิน ต่อการหาพื้นที่ฝังกลบขยะ โดยใช้
ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และโปรแกรม วิวอลล์ เซฟท์. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาการจัดการสิ่งแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- อนาวิต จันทูไทย. (2550). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์เส้นทาง
ของรถพยาบาลในการเข้าไปช่วยเหลือผู้ประสบอุบัติเหตุ. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมขนส่ง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- อรชума ขจรธานีนนท์. (2547). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดทำเลที่ตั้งระบบบำบัดน้ำเสีย
: กรณีศึกษา เทศบาลตำบลสีคิ้ว จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์อักษรศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาภูมิศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- อรประภา ภูมิมะกาญจนะ โรแบร์. (2551). เอกสารประกอบคำบรรยายเรื่อง เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
และการประยุกต์ใช้

- อัศวิน อัศวตมางกูร.(2553). การศึกษาการขนส่งมันสำปะหลังเพื่อลดต้นทุนการผลิตเอทานอล
วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- อุษณาวรรณ บุญเรือง. (2544). การประเมินทางธรณีวิทยาสิงแวดล้อมโดยใช้ GIS เพื่อคัดเลือกพื้นที่
ฝังกลบขยะในจังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต. สาขาธรณีวิทยา
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Adnan, A. A., Razzak, A., Zboon, T., and Alnakeeb, A. (2008). Estimation of Baghdad
Municipal Solid Waste Generation Rate. **Eng. & Tech. Journal.** 27, (No 1)
- Ahmed, S. M. (2006). **Using GIS in Solid Waste Management Planning A case study for
Aurangabad, India.**
- Apadin, O., and Gonullu, M. T. (2007). Route Optimization For Solid Waste Collection: Trabzon
(Turkey) Case Study. **Global NEST Journal.** 9 (No 1): 6-11.
- Beigl, P. G., Schneider, F. W., and Salhofer, S. (2005). **Forecasting Municipal Solid Waste
Generation in Major European Cities.**
- Berthouex, P. M., and Brown, C. L. (2002). **Statistic for Environmental Engineers.** 2: 281-284
- Daskalopoulos, E., Badr, O., and Probert, S.D. (1998). Municipal solid waste: a prediction
methodology for the generation rate and composition in the European Union countries
and the United States of America. **Resource, Construction and Recycling.** 24: 155-166
- Dyson, B., and Chang N. B. (2005). Forecasting municipal solid waste generation in a fast-
growing urban region with system dynamic modelling. **Waste management.** 25: 669-679
- Feoli, K. F. (2008). **GIS technology and spatial analysis in coastal zone management.**
- Google Earth. (2552). (ออนไลน์). ใ้ได้จาก <http://www.google.com/earth/index.html>
- Hockett, D., Douglas, J. L., and Pilgrim, K. (1995). Determinant of per Capita Municipal Solid
Waste Generation in the Southeastern United States. **Journal of Environment
Management.** 45: 205-217
- Lo'pez, J.V., Alvarez, M. A., and Carrio'n Quero, S. F. (2008). Optimizing the collection of used
paper from small businesses through GIS techniques: The Legane's case (Madrid, Spain).
Waste Management. 28: 282-293.
- Oyeshola, K. F., and Gheewala, H. S. (2009). Estimate of construction waste generation and
management in Thailand. **Waste Management.** 29: 731-738

- Paudel, P. K., Wayne, K. B., Gauthier, M., and Hall, M. L. (2009). Geographic information systems (GIS) based model of dairy manure transportation and application with environmental quality consideration. **Waste Management**.
- Rahman, M. M., Sultana, R. K., and Hoque, A. M. (2008). Suitable Sites for Urban Solid Waste Disposal Using GIS Approach in Khulna City, Bangladesh. **Proc. Pakistan Acad. Sci.**, 45: 11-22.
- Sahoo, S., and Byung, K. I. (2005). Routing Optimization for Waste Management. **Waste Management**. 35(1): 24–36.
- Sumathi, V. R., and Chinmoy, S. U. (2008). GIS-based approach for optimized siting of municipal solid waste landfill. **Waste Management**. 28: 2146–2160.
- Tavares, G. Z., Semiao, V., and Carvalho, M.G. (2009). Optimisation of MSW collection routes for minimum fuel consumption using 3D GIS modelling. **Waste Management**. 29: 1176-1185.

ภาคผนวก ก

ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ตารางที่ ก.1 ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาตั้งแต่ พ.ศ. 2542 - พ.ศ. 2554

ปี บบ	แหล่งที่มา	ปริมาณขยะ (กก./วัน)												รวม (กก./วัน)	เฉลี่ย/วัน (ตัน/วัน)
		ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน		
2542	ในเขตเทศบาล	5,049.90	4,681.88	4,656.72	4,691.75	4,191.01	4,771.16	4,996.67	5,867.37	5,435.68	5,427.68	5,365.76	5,305.76	60,443.34	165.60
	นอกเขตเทศบาล	451.97	420.29	355.09	347.66	309.12	408.46	432.61	601.06	450.13	466.73	382.93	382.62	5,008.67	13.72
	รวม	5,501.87	5,102.17	5,011.81	5,039.41	4,500.13	5,179.62	5,429.28	6,468.43	5,885.81	5,894.41	5,748.69	5,688.38	65,452.01	179.32
2543	ในเขตเทศบาล	5,352.99	5,182.18	5,384.04	5,326.29	5,212.69	5,630.40	5,359.35	5,971.32	6,153.12	6,351.10	6,560.00	6,278.73	68,762.21	188.39
	นอกเขตเทศบาล	124.22	141.02	150.79	94.60	133.41	128.48	113.02	201.07	208.01	187.33	197.77	190.05	1,869.77	5.12
	รวม	5,477.21	5,323.20	5,534.83	5,420.89	5,346.10	5,758.88	5,472.37	6,172.39	6,361.13	6,538.43	6,757.77	6,468.78	70,631.98	193.51
2544	ในเขตเทศบาล	6,375.08	6,094.91	6,248.83	6,102.76	5,594.66	6,164.03	5,911.77	6,339.73	6,180.99	6,371.55	6,475.45	6,251.70	74,111.46	203.05
	นอกเขตเทศบาล	223.91	177.19	167.13	163.82	151.17	175.34	127.94	197.62	197.37	232.96	209.18	192.25	2,215.88	6.07
	รวม	6,598.99	6,272.10	6,415.96	6,266.58	5,745.83	6,339.37	6,039.71	6,537.35	6,378.36	6,604.51	6,684.63	6,443.95	76,327.34	209.12
2545	ในเขตเทศบาล	6,487.82	6,417.84	6,547.52	6,604.79	6,020.83	5,841.11	5,180.33	6,030.50	5,410.02	5,570.54	5,644.21	5,481.28	71,242.79	195.19
	นอกเขตเทศบาล	202.16	155.54	154.58	179.96	165.38	222.98	241.76	295.58	260.55	275.46	244.01	252.50	2,650.44	7.26
	รวม	6,689.98	6,573.38	6,702.10	6,784.75	6,186.21	6,064.09	5,422.09	6,326.08	5,670.57	5,846.00	5,888.22	5,733.78	73,893.23	202.45
2546	ในเขตเทศบาล	5,372.88	5,258.44	5,437.63	5,198.01	4,833.64	5,066.12	5,280.78	5,486.00	5,655.37	5,819.79	5,565.49	5,390.40	64,364.55	176.34
	นอกเขตเทศบาล	329.12	285.47	289.24	242.61	264.07	296.14	329.04	325.02	362.08	455.92	403.49	423.61	4,005.81	10.97
	รวม	5,702.00	5,543.91	5,726.87	5,440.62	5,097.71	5,362.26	5,609.82	5,811.02	6,017.45	6,275.71	5,968.98	5,814.01	68,370.36	187.32
2547	ในเขตเทศบาล	5,558.92	5,118.22	5,286.69	5,545.16	5,280.94	5,634.68	5,411.27	5,275.45	5,702.79	5,917.46	6,201.18	6,102.00	67,035.00	183.66
	นอกเขตเทศบาล	432.03	371.69	406.56	417.76	415.04	446.00	403.66	480.76	443.73	409.79	446.01	448.76	5,121.78	14.03
	รวม	5,990.95	5,489.91	5,693.25	5,962.92	5,695.98	6,080.68	5,814.93	5,756.21	6,146.52	6,327.25	6,647.19	6,550.76	72,156.78	197.69
2548	ในเขตเทศบาล	6,139.98	5,471.17	5,569.59	5,702.14	5,192.68	5,810.01	5,792.75	6,081.45	5,919.80	6,052.32	6,022.80	5,836.25	69,593.94	190.67
	นอกเขตเทศบาล	450.98	475.48	477.78	456.40	454.12	536.50	520.35	532.82	499.30	499.17	562.39	520.15	5,985.44	16.40
	รวม	6,590.96	5,946.65	6,047.37	6,158.54	5,646.80	6,346.51	6,313.10	6,614.27	6,419.10	6,551.49	6,585.19	6,356.40	75,579.38	207.07

ตารางที่ ก.1 ปริมาณขยะที่เก็บขนได้ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

ปี งบประมาณ	แหล่งที่มา	ปริมาณขยะ (กก./วัน)												รวม (กก./วัน)	เฉลี่ย/วัน (ตัน/วัน)
		ตุลาคม	พฤศจิกายน	ธันวาคม	มกราคม	กุมภาพันธ์	มีนาคม	เมษายน	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม	กันยายน		
2549	ในเขตเทศบาล	5,902.90	5,484.90	5,765.22	5,881.86	5,416.35	5,925.95	5,645.41	5,834.45	5,835.43	5,938.04	5,994.86	5,781.99	69,437.36	190.24
	นอกเขตเทศบาล	497.44	502.27	532.58	558.34	482.38	587.71	543.44	643.93	596.79	578.52	603.17	634.17	6,760.74	18.52
	รวม	6,400.34	5,987.17	6,297.80	6,440.20	5,898.73	6,513.66	6,188.85	6,478.38	6,432.22	6,516.56	6,598.03	6,416.16	76,198.10	208.76
2550	ในเขตเทศบาล	6,013.37	5,776.44	5,719.39	5,671.05	5,181.79	5,693.39	5,455.91	6,140.31	5,700.07	5,801.83	6,009.01	5,668.48	68,831.04	188.58
	นอกเขตเทศบาล	1,177.96	1,233.19	1,143.45	1,290.41	1,171.46	1,378.50	1,559.72	2,089.74	1,782.49	1,755.43	1,957.52	1,803.00	18,342.87	50.25
	รวม	7,191.33	7,009.63	6,862.84	6,961.46	6,353.25	7,071.89	7,015.63	8,230.05	7,482.56	7,557.26	7,966.53	7,471.48	87,173.91	238.83
2551	ในเขตเทศบาล	6,083.16	5,478.99	5,634.61	5,572.40	5,232.42	5,473.65	5,523.14	6,087.10	5,863.05	5,952.24	5,955.85	5,945.00	68,801.61	188.50
	นอกเขตเทศบาล	1,915.46	1,688.87	1,584.91	1,848.14	1,990.30	2,288.81	2,511.27	2,758.87	2,696.61	2,582.09	2,437.74	2,474.10	26,777.17	73.36
	รวม	7,998.62	7,167.86	7,219.52	7,420.54	7,222.72	7,762.46	8,034.41	8,845.97	8,559.66	8,534.33	8,393.59	8,419.10	95,578.78	261.86
2552	ในเขตเทศบาล	5,842.96	5,552.69	5,643.44	5,570.45	4,786.63	5,710.50	5,434.75	5,952.68	5,705.36	5,779.65	5,812.13	5,742.29	67,555.53	185.08
	นอกเขตเทศบาล	2,486.29	2,250.24	2,347.60	2,331.13	2,353.17	2,786.88	2,648.50	2,987.98	2,959.21	2,467.59	2,335.24	2,516.84	30,470.67	83.48
	รวม	8,329.25	7,802.93	7,991.04	7,901.58	7,139.80	8,497.38	8,083.25	8,940.66	8,664.57	8,247.24	8,147.37	8,259.13	98,026.20	268.56
2553	ในเขตเทศบาล	5,804.04	5,731.98	5,932.86	5,956.38	5,633.15	6,077.67	5,717.94	6,042.18	5,836.13	5,982.93	6,055.64	5,650.98	70,421.88	192.44
	นอกเขตเทศบาล	2,669.47	2,669.69	2,773.90	2,853.58	2,658.80	3,031.08	2,868.13	3,137.74	2,979.85	2,668.33	2,856.22	2,631.83	33,798.62	92.60
	รวม	8,473.51	8,401.67	8,706.76	8,809.96	8,291.95	9,108.75	8,586.07	9,179.92	8,815.98	8,651.26	8,911.86	8,282.81	104,220.50	285.04
2554	ในเขตเทศบาล	6,001.18	6,273.93												
	นอกเขตเทศบาล	2,361.30	2,375.19												
	รวม	8,362.48	8,649.12												

หมายเหตุ : เทศบาลนครนครราชสีมา (2553)

ภาคผนวก ข

สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551

ตารางที่ ข.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
U1	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	781,776	6.1
	ตัวเมืองและย่านการค้า	63,027	0.49
U200	หมู่บ้านจัดสรรร้าง	4,338	0.03
U201	หมู่บ้าน	474,935	3.71
U3	สถานที่ราชการและสถาบันต่างๆ	123,620	0.97
U401	สนามบิน	1,720	0.01
U403	สถานีขนส่ง	187	-
U405	ถนน	7,281	0.06
U500	โรงงานอุตสาหกรรมร้าง	1,489	0.01
U501	นิคมอุตสาหกรรม	2,823	0.02
U502	โรงงานอุตสาหกรรม	40,662	0.32
U503	ลานตากและแหล่งรับซื้อทางการเกษตร	7,829	0.06
U600	สถานที่ร้าง (สถานีบริการน้ำมันร้าง, รีสอร์ทร้าง, วัดร้าง)	1,202	0.01
U601	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	43,808	0.34
U602	สนามกอล์ฟ	6,027	0.05
U603	สุสาน ป่าช้า	1,552	0.01
U605	สถานีบริการน้ำมัน	1,276	0.01
A100	พื้นที่เกษตรกรรม	8,931,032	69.71
	นาข้าว	4,329,724	33.8
	นาร้าง	8,209	0.06
A101	นา	4,321,515	33.74

ตารางที่ ข.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
A200	พืชไร่	3,793,602	29.6
	ไร่ร้าง	1,700	0.01
A201	พืชไร่ผสม	34,928	0.27
A202	ข้าวโพด	680,596	5.31
A203	อ้อย	705,801	5.51
A204	มันสำปะหลัง	2,363,097	18.45
A207	ฝ้าย	24	-
A210	ถั่วลิสง	15	-
A213	ข้าวฟ่าง	56	-
A214	ละหุ่ง	19	-
A215	งา	51	-
A216	ข้าวไร่	32	-
A219	มันเทศ	19	-
A220	แดงโม	206	-
A222	จิง	69	-
A224	มะเขือเทศ	140	-
A228	ทานตะวัน	15	-
A229	พริก	6,834	0.05
A301	ไม้ยืนต้น	354,137	2.78
	ไม้ยืนต้นผสม	5,569	0.04
A302	ยางพารา	36,451	0.29
A303	ปาล์มน้ำมัน	724	0.01
A304	ยูคาลิปตัส	287,903	2.25
A305	สัก	10,466	0.08
A306	สะเดา	7,164	0.06
A307	สนประดิพัทธ์	395	-
A308	กระถิน	866	0.01

ตารางที่ ข.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
A309	ประดู่	1,709	0.01
A312	กาแฟ	32	-
A314	หม่อน	909	0.01
A315	ไผ่	746	0.01
A316	นุ่น	19	-
A317	หมาก	429	-
A319	ดินเปิด	215	-
A322	กฤษณา	540	0.01
A400	ไม้ผล	252,251	1.98
	ไม้ผลร้าง	251	-
A401	ไม้ผลผสม	98,066	0.77
A402	ส้ม	473	0.01
A403	ทุเรียน	55	-
A404	เงาะ	17	-
A405	มะพร้าว	1,878	0.02
A406	ลิ้นจี่	18	-
A407	มะม่วง	85,827	0.67
A408	มะม่วงหิมพานต์	184	-
A409	พุทรา	372	-
A410	น้อยหน่า	47,453	0.37
A411	กล้วย	1,879	0.02
A412	มะขาม	9,348	0.07
A413	ลำไย	1,197	0.01
A414	ฝรั่ง	335	-
A415	มะละกอ	746	0.01
A416	ขนุน	1,097	0.01
A417	กระท้อน	250	-
A418	ชมพู	285	-

ตารางที่ ข.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
A422	มะนาว	311	-
A424	มะขามเทศ	708	0.01
A426	แก้วมังกร	938	0.01
A427	ส้มโอ	279	-
A428	ละมุด	208	-
A429	มะปราง มะยงชิด	46	-
A430	มะไฟ	30	-
A501	พืชสวน	25,782	0.2
	พืชสวนผสม	54	-
A502	พืชผัก	19,416	0.15
A503	ไม้ดอก	2,885	0.02
A504	อรุณ	3,390	0.03
A507	เสาวรส	13	-
A510	นาหญ้า	24	-
A700	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์	157,639	1.22
	โรงเรือนร้าง	1,615	0.01
A701	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	102,952	0.8
A702	โรงเรือนเลี้ยงโค กระบือ และม้า	29,892	0.23
A703	โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก	19,419	0.15
A704	โรงเรือนเลี้ยงสุกร	3,761	0.03
A802	พืชน้ำ	60	-
	กก	49	-
A803	บัว	11	-
A900	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	11,160	0.08
	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้าง	386	-
A902	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	10,461	0.08
A905	ฟาร์มจระเข้	313	-

ตารางที่ ข.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
A0	เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม	6,677	0.05
	เกษตรผสมผสาน/ไร่นาสวนผสม	6,677	0.05
F100	พื้นที่ป่าไม้	2,297,735	17.95
	ป่าดิบพรอสภาพฟื้นฟู	2,018	0.02
F101	ป่าดิบสมบูรณ์	1,243,743	9.71
F200	ป่าผลัดใบพรอสภาพฟื้นฟู	317,319	2.48
F201	ป่าผลัดใบสมบูรณ์	453,461	3.54
F500	สวนป่าพรอสภาพฟื้นฟู	724	0.01
F501	สวนป่าสมบูรณ์	280,470	2.19
W101	พื้นที่แหล่งน้ำ	280,313	2.2
	แม่น้ำลำคลอง	71,053	0.56
W102	หนอง บึง	56,098	0.44
W201	อ่างเก็บน้ำ	115,124	0.9
W202	บ่อน้ำในไร่นา	32,312	0.25
W203	คลองชลประทาน	5,726	0.05
M101	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	517,872	4.04
	ทุ่งหญ้า	52,859	0.41
M102	ไม้ละเมาะ	375,290	2.93
M2	พื้นที่ลุ่ม	64,807	0.51
M300	เหมืองเก่า บ่อขุดเก่า	3,094	0.02
M301	เหมืองหิน	2,606	0.02
M302	บ่อลูกรัง	1,483	0.01
M303	บ่อทราย	4,200	0.03
M304	บ่อดิน	1,884	0.02
M401	นาเกลือ	6,464	0.05
M402	หาดทราย	162	-

ตารางที่ ข.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดินจังหวัดนครราชสีมา พ.ศ. 2551 (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
M403	ที่หินโผล่	263	-
M404	ที่ทิ้งขยะ	322	-
M405	พื้นที่ถม	4,438	0.04
	รวม	12,808,728	100

หมายเหตุ : กรมพัฒนาที่ดิน (2551)

ภาคผนวก ค

เปรียบเทียบความจุรถที่รองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น
และความจุของรถเก็บขนขยะ ในปัจจุบัน

ตารางที่ ค.1 ความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบันและความจุของรถที่ใช้ในการรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

code	ประเภท รถ	ขนาด รถ (ลบ. ม.)	ความ หนาแน่น ขยะ (kg/m3)	ขยะ ปี 2550 (m ³ /day)	ขยะ ปี 2555 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2560 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2565 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2570 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2575 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2580 (m ³ /day)		
				↑	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓
39_1	เปิดท้าย เท้าง	10	340	16.06	17.54	16.20	14.85	19.87	16.44	13.36	22.38	16.66	11.80	24.95	16.87	10.19	28.10	17.07	8.54	31.40	17.23	6.82
39_2	เปิดท้าย เท้าง	10	340	18.65	20.38	18.82	17.25	23.09	19.11	15.53	26.09	19.42	13.76	29.24	19.77	11.94	33.11	20.11	10.06	37.15	20.38	8.07
35_1	เปิดท้าย เท้าง	10	340	12.44	13.59	12.54	11.50	15.37	12.72	10.33	17.32	12.89	9.13	19.39	13.11	7.92	21.82	13.26	6.63	24.36	13.37	5.29
35_2	เปิดท้าย เท้าง	10	340	19.63	21.45	19.80	18.15	24.29	20.10	16.33	27.40	20.39	14.44	30.62	20.70	12.51	34.58	21.01	10.50	38.70	21.23	8.40
43	เปิดท้าย เท้าง	10	340	34.02	37.17	34.32	31.46	42.11	34.85	28.31	47.55	35.39	25.07	53.19	35.96	21.72	60.04	36.48	18.24	67.19	36.86	14.59
46_1	เปิดท้าย เท้าง	10	340	12.62	13.79	12.73	11.67	15.62	12.93	10.50	17.65	13.14	9.31	19.78	13.37	8.08	22.41	13.62	6.81	25.16	13.80	5.46
46_2	เปิดท้าย เท้าง	10	340	6.39	6.99	6.45	5.91	7.91	6.55	5.32	8.94	6.66	4.71	10.01	6.77	4.09	11.31	6.87	3.44	12.66	6.95	2.75
49_1	เปิดท้าย เท้าง	10	340	8.58	9.37	8.65	7.93	10.62	8.79	7.14	11.99	8.92	6.32	13.41	9.07	5.48	15.16	9.21	4.60	16.99	9.32	3.69
49_2	เปิดท้าย เท้าง	10	340	6.55	7.16	6.61	6.06	8.11	6.71	5.46	9.17	6.82	4.83	10.28	6.95	4.20	11.64	7.07	3.54	13.07	7.17	2.84
50_1	เปิดท้าย เท้าง	10	340	9.22	10.07	9.30	8.52	11.36	9.40	7.64	12.73	9.47	6.71	14.14	9.56	5.77	15.88	9.65	4.82	17.70	9.71	3.84
50_2	เปิดท้าย เท้าง	10	340	9.67	10.56	9.75	8.94	11.96	9.90	8.04	13.52	10.06	7.13	15.17	10.26	6.20	17.16	10.42	5.21	19.24	10.55	4.18
52	เปิดท้าย เท้าง	10	340	18.64	20.37	18.80	17.24	23.08	19.10	15.52	26.08	19.41	13.75	29.22	19.75	11.94	33.10	20.11	10.06	37.15	20.38	8.07
58_1	เปิดท้าย เท้าง	10	340	14.44	15.78	14.56	13.35	17.87	14.79	12.02	20.20	15.03	10.65	22.59	15.27	9.23	25.48	15.48	7.74	28.52	15.65	6.19

ตารางที่ ค.1 ความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบันและความจุของรถที่ใช้ในการรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

code	ประเภท รถ	ขนาดรถ (ลบ.ม.)	ความ หนา แน่นขยะ (kg/m3)	ขยะ ปี 2550 (m ³ /day)	ขยะ ปี 2555 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2560 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2565 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2570 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2575 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2580 (m ³ /day)		
				↑	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓
58_2	เปิดท้าย เท้าง	10	340	19.99	21.85	20.17	18.49	24.74	20.47	16.63	27.94	20.79	14.73	31.27	21.14	12.77	35.36	21.49	10.74	39.65	21.75	8.61
59_1	เปิดท้าย เท้าง	10	340	14.78	16.16	14.91	13.67	18.30	15.15	12.31	20.68	15.39	10.90	23.17	15.66	9.46	26.24	15.94	7.97	29.45	16.15	6.39
59_2	เปิดท้าย เท้าง	10	340	10.00	10.93	10.09	9.25	12.38	10.24	8.32	13.99	10.41	7.37	15.67	10.59	6.40	17.73	10.77	5.39	19.89	10.91	4.32
60	อัดขยะ	10	740	3.83	4.18	3.86	3.54	4.74	3.92	3.19	5.36	3.99	2.82	6.00	4.06	2.45	6.80	4.13	2.07	7.64	4.19	1.66
61	อัดขยะ	10	740	13.86	15.14	13.97	12.81	17.12	14.17	11.51	19.30	14.36	10.17	21.56	14.57	8.81	24.35	14.79	7.40	27.27	14.96	5.92
67	อัดขยะ	10	740	8.49	9.28	8.56	7.85	10.51	8.7	7.07	11.86	8.82	6.25	13.23	8.94	5.4	14.89	9.04	4.52	16.58	9.1	3.6
70	อัดขยะ	10	740	7.3	7.98	7.36	6.75	9.03	7.47	6.07	10.19	7.58	5.37	11.4	7.71	4.66	12.9	7.84	3.92	14.44	7.92	3.14
71	อัดขยะ	10	740	14.94	16.32	15.06	13.81	18.45	15.27	12.41	20.81	15.48	10.97	23.22	15.7	9.49	26.19	15.91	7.96	29.3	16.07	6.36
73	อัดขยะ	10	740	14.93	16.32	15.06	13.81	18.47	15.29	12.42	20.83	15.5	10.98	23.23	15.71	9.49	26.19	15.91	7.96	29.29	16.07	6.36
79	อัดขยะ 10 ล้อ	19	740	9.74	10.65	9.83	9.01	12.06	9.98	8.11	13.61	10.13	7.17	15.22	10.29	6.22	17.21	10.46	5.23	19.29	10.58	4.19
80	อัดขยะ	10	740	15.35	16.76	15.47	14.18	18.93	15.66	12.73	21.25	15.81	11.2	23.6	15.96	9.64	26.49	16.1	8.05	29.52	16.2	6.41
81	อัดขยะ	10	740	9.62	10.51	9.71	8.9	11.91	9.86	8.01	13.46	10.02	7.1	15.09	10.2	6.16	17.09	10.39	5.19	19.19	10.53	4.17
82_1	อัดขยะ	10	740	16.44	17.97	16.58	15.2	20.35	16.84	13.68	23	17.11	12.12	25.72	17.39	10.51	29.04	17.64	8.82	32.51	17.84	7.06
82_2	อัดขยะ	10	740	1.52	1.66	1.53	1.41	1.88	1.56	1.27	2.13	1.58	1.12	2.38	1.61	0.97	2.68	1.63	0.81	3	1.65	0.65
83	อัดขยะ	10	740	10.06	10.99	10.14	9.3	12.45	10.3	8.37	14.07	10.47	7.42	15.76	10.65	6.44	17.84	10.84	5.42	20.03	10.99	4.35
84	อัดขยะ	10	740	6.68	7.3	6.74	6.18	8.26	6.84	5.56	9.32	6.94	4.92	10.43	7.05	4.26	11.79	7.16	3.58	13.22	7.25	2.87
86_1	อัดขยะ	5	740	3.93	4.3	3.97	3.64	4.87	4.03	3.27	5.5	4.09	2.9	6.15	4.16	2.51	6.93	4.21	2.11	7.76	4.26	1.68

ตารางที่ ค.1 ความจุของรถเก็บขนขยะในปัจจุบันและความจุของรถที่ใช้ในการรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา (ต่อ)

code	ประเภท รถ	ขนาดรถ (ลบ.ม.)	ความ หนา แน่นขยะ (kg/m3)	ขยะ ปี 2550 (m ³ /day)	ขยะ ปี 2555 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2560 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2565 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2570 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2575 (m ³ /day)			ขยะ ปี 2580 (m ³ /day)		
				↑	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓	↑	=	↓
86_2	อัดขยะ	5	740	0.39	0.43	0.4	0.36	0.49	0.4	0.33	0.55	0.41	0.29	0.62	0.42	0.25	0.7	0.43	0.21	0.79	0.43	0.17
88	อัดขยะ	5	740	4.27	4.67	4.31	3.95	5.29	4.38	3.56	5.98	4.45	3.15	6.7	4.53	2.73	7.58	4.61	2.3	8.5	4.67	1.85
90_1	อัดขยะ	5	740	3.62	3.96	3.65	3.35	4.46	3.69	3	5.02	3.74	2.65	5.59	3.78	2.28	6.27	3.81	1.9	6.99	3.83	1.52
90_2	อัดขยะ	5	740	5.85	6.39	5.9	5.41	7.24	5.99	4.87	8.17	6.08	4.31	9.11	6.16	3.72	10.24	6.22	3.11	11.43	6.27	2.48

หมายเหตุ : ↑ หมายถึง ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น
 = หมายถึง ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่
 ↓ หมายถึง ปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง

ภาคผนวก ง

สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ

การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

$$LU_t = RD + FR + AG + CM + SP + NS + ST + OT + RI + RO + MK + TP \quad (ง.1)$$

โดย	LU_t	=	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด
	RD	=	ที่อยู่อาศัย
	FR	=	ป่าไม้
	AG	=	เกษตรกรรม
	CM	=	พาณิชยกรรม
	SP	=	พื้นที่ว่างเปล่า
	NS	=	พื้นที่ที่ไม่มีประชากรอาศัยอยู่ค้างคืน
	ST	=	พื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่ค้างคืน
	OT	=	อื่น ๆ
	RI	=	แหล่งน้ำ
	RO	=	ถนน
	MK	=	ตลาด
	TP	=	วัด

การกำหนดจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน

$$P_{RD_i} + P_{FR_i} + P_{AG_i} + P_{CM_i} + P_{SP_i} + P_{NS_i} + P_{ST_i} + P_{OT_i} = P_{TOTAL} \quad (ง.2)$$

$$P_{RI_i}, P_{RO_i}, P_{MK_i}, P_{TP_i} = 0 \quad (ง.3)$$

โดย	P_{RD}	=	ประชากรจากพื้นที่ที่อยู่อาศัย เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907
	P_{FR}	=	ประชากรจากพื้นที่ป่าไม้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907
	P_{AG}	=	ประชากรจากพื้นที่เกษตรกรรม เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907
	P_{CM}	=	ประชากรจากพื้นที่พาณิชยกรรม เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907
	P_{SP}	=	ประชากรจากพื้นที่ว่างเปล่า เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907
	P_{NS}	=	ประชากรจากพื้นที่ที่ไม่มีประชากรค้างคืน เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907

P_{ST}	=	ประชากรจากพื้นที่ที่มีประชากรค้างคืน เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
P_{OT}	=	ประชากรจากพื้นที่อื่นๆ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
P_{RI}	=	ประชากรจากพื้นที่แหล่งน้ำ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
P_{RO}	=	ประชากรจากพื้นที่ถนน เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
P_{MK}	=	ประชากรจากพื้นที่ตลาด เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
P_{TP}	=	ประชากรจากพื้นที่วัด เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
P_{TOTAL}	=	ประชากรทั้งหมด

การปรับแก้จำนวนประชากร

$$P_{RDie} + P_{FRie} + P_{AGie} + P_{CMie} + P_{SPie} + P_{NSie} + P_{STie} + P_{OTie} = P_{TOTAL_50} \quad (ง.4)$$

$$P_{TOTAL_50} / P_{TOTAL} = R \quad (ง.5)$$

$$(P_{RDie} + P_{FRie} + P_{AGie} + P_{CMie} + P_{SPie} + P_{NSie} + P_{STie} + P_{OTie}) \times R = P_{TOTAL_50} \quad (ง.6)$$

โดย	P_{RDie}	=	ประชากรจากพื้นที่ที่อยู่อาศัยที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{FRie}	=	ประชากรจากพื้นที่ป่าไม้ที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{AGie}	=	ประชากรจากพื้นที่เกษตรกรรมที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{CMie}	=	ประชากรจากพื้นที่พาณิชยกรรมที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{SPie}	=	ประชากรจากพื้นที่ว่างเปล่าที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{NSie}	=	ประชากรจากพื้นที่ที่ไม่มีประชากรอาศัยอยู่ค้างคืนที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{STie}	=	ประชากรจากพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่ค้างคืนที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{OTie}	=	ประชากรจากพื้นที่อื่นๆที่ทำการปรับแก้ เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1-907
	P_{TOTAL_50}	=	ประชากรในปัจจุบันคือ พ.ศ. 2550
	P_{TOTAL}	=	ประชากรทั้งหมด
	R	=	สัดส่วนของจำนวนประชากรที่ทำการปรับแก้

$$[(P_{TOTAL_55} - P_{MAXi}) / (P_{TOTAL_50} - P_{MAXi})] \times P_{LUie50} = P_{LUie55} \quad (ง.7)$$

โดย P_{TOTAL_55} = ประชากรใน พ.ศ. 2555
 P_{MAXi} = ประชากรที่มีความหนาแน่นมากที่สุดเซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 - 907
 P_{TOTAL_50} = ประชากรใน พ.ศ. 2550
 P_{LUie50} = ประชากรจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ทำการปรับแก้เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 - 907 ปีพ.ศ. 2550
 P_{LUie55} = ประชากรจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ทำการปรับแก้เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 - 907 ปี พ.ศ. 2555

การคำนวณความหนาแน่นของประชากร

$$D_i = P_{LUie} / A_i \quad (ง.8)$$

โดย D_i = ความหนาแน่นของประชากร เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907
 P_{LUie} = ประชากรจากการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีประชากรอาศัยอยู่ที่ปรับแก้เซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 – 907
 A_i = พื้นที่ในเซลล์ที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 - 907

การคำนวณจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร

$$A_{clip\ i1} \times D_{i1} = P_{i1} \quad (ง.9)$$

$$A_{clip\ i2} \times D_{i2} = P_{i2} \quad (ง.10)$$

$$A_{clip\ i3} \times D_{i3} = P_{i3} \quad (ง.11)$$

$$(A_{clip\ i1} \times D_{i1}) + (A_{clip\ i2} \times D_{i2}) + (A_{clip\ i3} \times D_{i3}) + \dots = P_{x1y1} \quad (ง.12)$$

$$P_{xiyi_50} = P_{x1y1_50} + P_{x2y2_50} + P_{x3y3_50} + P_{x4y4_50} + \dots \quad (จ.13)$$

โดย $A_{clip\ i1}$ = พื้นที่ที่ได้จากการ Clip เซลล์ที่ 1 (ตารางกิโลเมตร)
 D_{i1} = ความหนาแน่นของเซลล์ที่ 1 (คน/ตารางกิโลเมตร)
 P_{i1} = ประชากรเซลล์ที่ 1 (คน)
 P_{x1y1} = ประชากรกริดที่ x1,y1 (คน)
 P_{xiyi_50} = ประชากรรวมกริดที่ xi, yi ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
 P_{x1y1_50} = ประชากรรวมกริดที่ x1, y1 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
 P_{x2y2_50} = ประชากรรวมกริดที่ x2, y2 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
 P_{x3y3_50} = ประชากรรวมกริดที่ x3, y3 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
 P_{x4y4_50} = ประชากรรวมกริดที่ x4, y4 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)

การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ตารางกิโลเมตร

$$P_{xiyi_50} \times R_{SWri_50} = SW_{ri_50} \quad (จ.14)$$

$$P_{xiyi_50} \times R_{SWre_50} = SW_{re_50} \quad (จ.15)$$

$$P_{xiyi_50} \times R_{SWst_50} = SW_{st_50} \quad (จ.16)$$

โดย P_{xiyi_50} = ประชากรรวมกริดที่ xi,yi ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
 R_{SWri_50} = อัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
 R_{SWre_50} = อัตราการเกิดขยะแบบคงที่ ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
 R_{SWst_50} = อัตราการเกิดขยะแบบลดลง ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
 SW_{ri_50} = ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
 SW_{re_50} = ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
 SW_{st_50} = ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่ ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)

การแบ่งพื้นที่บริการและประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้น

$$A_{clip\ i1} \times D_{i1} = P_{i1} \quad (จ.17)$$

$$A_{clip\ i2} \times D_{i2} = P_{i2} \quad (จ.18)$$

$$A_{clip\ i3} \times D_{i3} = P_{i3} \quad (จ.19)$$

$$(A_{clip\ i1} \times D_{i1}) + (A_{clip\ i2} \times D_{i2}) + (A_{clip\ i3} \times D_{i3}) + \dots = P_1 \quad (จ.20)$$

$$P_{i_50} = P_{1_50} + P_{2_50} + P_{3_50} + P_{4_50} + \dots \quad (จ.21)$$

$$P_{i_50} \times R_{SWri_50} = SW_{ri_50} \quad (จ.22)$$

$$P_{i_50} \times R_{SWre_50} = SW_{re_50} \quad (จ.23)$$

$$P_{i_50} \times R_{SWst_50} = SW_{st_50} \quad (จ.24)$$

โดย	$A_{clip\ i1}$	=	พื้นที่ที่ได้จากการ Clip เซลล์ที่ 1 (ตารางกิโลเมตร)
	D_{i1}	=	ความหนาแน่นของเซลล์ที่ 1 (คน/ตารางกิโลเมตร)
	P_{i1}	=	ประชากรเซลล์ที่ 1 (คน)
	P_1	=	ประชากรในพื้นที่บริการของเส้นทางที่ 1 (คน)
	P_{i_50}	=	ประชากรรวมในพื้นที่บริการของเส้นทางทุกๆเส้นทาง ในเส้นทางที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 ถึง 35 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	P_{1_50}	=	ประชากรรวมในพื้นที่การให้บริการของเส้นทางที่ 1 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	P_{2_50}	=	ประชากรรวมในพื้นที่การให้บริการของเส้นทางที่ 2 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	P_{3_50}	=	ประชากรรวมในพื้นที่การให้บริการของเส้นทางที่ 3 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)

P_{4_50}	=	ประชากรรวมในพื้นที่การให้บริการของเส้นทางที่ 4 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
R_{SWri_50}	=	อัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
R_{SWre_50}	=	อัตราการเกิดขยะแบบคงที่ ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
R_{SWst_50}	=	อัตราการเกิดขยะแบบลดลง ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
SW_{ri_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
SW_{re_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
SW_{st_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่ ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)

ความจุของรถเก็บขนขยะที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบต่าง ๆ

$$SW_{ri_50} / Dc_i = C_{ri_i_50} \quad (จ.25)$$

$$SW_{re_50} / Dc_i = C_{re_i_50} \quad (จ.26)$$

$$SW_{st_50} / Dc_i = C_{st_i_50} \quad (จ.27)$$

โดย	SW_{ri_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
	SW_{re_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
	SW_{st_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่ ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
	Dc_i	=	ความหนาแน่นของขยะที่รถเก็บขนขยะมีความสามารถในการอัดขยะ ซึ่งอัดขยะคันที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 ถึง 35
	C_{ri_50}	=	ความจุของรถที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น
	$C_{re_i_50}$	=	ความจุของรถที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง
	$C_{st_i_50}$	=	ความจุของรถที่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่

การประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละชุมชน

$$A_{clip\ i1} \times D_{i1} = P_{i1} \quad (จ.28)$$

$$A_{clip\ i2} \times D_{i2} = P_{i2} \quad (จ.29)$$

$$A_{clip\ i3} \times D_{i3} = P_{i3} \quad (จ.30)$$

$$(A_{clip\ i1} \times D_{i1}) + (A_{clip\ i2} \times D_{i2}) + (A_{clip\ i3} \times D_{i3}) + \dots = P_1 \quad (จ.31)$$

$$P_{i_50} = P_{1_50} + P_{2_50} + P_{3_50} + P_{4_50} + \dots \quad (จ.32)$$

$$P_{i_50} \times R_{SWri_50} = SW_{ri_50} \quad (จ.33)$$

$$P_{i_50} \times R_{SWre_50} = SW_{re_50} \quad (จ.34)$$

$$P_{i_50} \times R_{SWst_50} = SW_{st_50} \quad (จ.35)$$

โดย	$A_{clip\ i1}$	=	พื้นที่ที่ได้จากการ Clip เซลล์ที่ 1 (ตารางกิโลเมตร)
	D_{i1}	=	ความหนาแน่นของเซลล์ที่ 1 (คน/ตารางกิโลเมตร)
	P_{i1}	=	ประชากรเซลล์ที่ 1 (คน)
	P_1	=	ประชากรในพื้นที่บริการของชุมชนที่ 1 (คน)
	P_{i_50}	=	ประชากรรวมในชุมชนที่ i ซึ่ง i เริ่มตั้งแต่ 1 ถึง 83 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	P_{1_50}	=	ประชากรรวมในชุมชนที่ 1 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	P_{2_50}	=	ประชากรรวมในชุมชนที่ 2 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	P_{3_50}	=	ประชากรรวมในชุมชนที่ 3 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	P_{4_50}	=	ประชากรรวมในชุมชนที่ 4 ในปี พ.ศ. 2550 (คน)
	R_{SWri_50}	=	อัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)

R_{SWre_50}	=	อัตราการเกิดขยะแบบคงที่ ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
R_{SWst_50}	=	อัตราการเกิดขยะแบบลดลง ในปี พ.ศ. 2550 (กก./คน/วัน)
SW_{ri_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
SW_{re_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)
SW_{st_50}	=	ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่ ในปี พ.ศ. 2550 (กก./วัน)

การประเมินความพอเพียงของปริมาณถังขยะ

$$W_b \times N_i = W_t \quad (ง.36)$$

โดย	W_b	=	น้ำหนักขยะที่ถังขยะสามารถรองรับปริมาณขยะในถังขยะหนึ่งใบ
	N_i	=	จำนวนถังขยะในชุมชน i ซึ่ง i เริ่มต้นตั้งแต่ 1 ถึง 83
	W_t	=	น้ำหนักขยะทั้งหมดที่ถังขยะสามารถรองรับปริมาณขยะในแต่ละชุมชน (กก.)

ภาคผนวก จ

บทความวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ในระหว่างการศึกษา



24R5-12

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณ ปริมาณขยะชุมชนตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

Application of GIS to Estimate MSW Generation Based on Land use Characteristics in Nakhon Ratchasima Municipality

สินีนาน นอกระโทก^{1*} และ ฉัตรเพชร ยศพล²

Sineenad Nokkratoke^{1*} and Chatpet Yossapol²

^{1*}นักศึกษามัธยมศึกษา ; ²อาจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี นครราชสีมา 30000

*โทรศัพท์ : 0-4422-4451, โทรสาร : 0-4422-4606, E-mail : nonglek.f8@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้ได้ประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณจำนวนปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละพื้นที่ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นระยะเวลาช่วงหน้า 30 ปีของกรณีศึกษาพื้นที่เทศบาลนครนครราชสีมาโดยขั้นตอนได้แก่จำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินคำนวณความหนาแน่นของประชากรทำนายอัตราการเกิดขยะในปัจจุบันทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอนาคตและประเมินปริมาณขยะที่เกิดขึ้นและศึกษาความเหมาะสมของความจุของรถเก็บขนขยะที่รองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและในอนาคตของเทศบาลซึ่งจากการประเมินพบว่าเส้นทางที่มีขนาดความจุของรถเก็บขนขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น 22 เส้นทางจากเส้นทางเก็บขนขยะทั้งหมด 35 เส้นทางดังนั้นควรมีการเพิ่มขนาดหรือเพิ่มจำนวนเที่ยวในการขนถ่ายขยะจากการพิจารณาความพอเพียงของปริมาณถังขยะในชุมชนย่อยในเขตเทศบาลนครพบว่า 44 ชุมชน (จาก 83 ชุมชน) มีจำนวนถังขยะไม่พอเพียงกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นซึ่งควรมีการเพิ่มจำนวนถังขยะและจัดที่ตั้งถังขยะใหม่

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์; การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน; การประมาณการเกิดขยะ



Abstract

This study applied GIS as a tool to estimate municipal solid waste (MSW) generation according to land use characteristics for Nakhon Ratchasima Municipality for the next 30 years. The steps taken into consideration includes land use classification, population density determination, solid waste generation rate, forecast of population and MSW generation rate, and forecast of total MSW generation. This study also evaluated the sufficiency of the trucking fleet for MSW collection system for the forthcoming years. The results shows that there will be up to 22 out of 35 MSW collection routes that need to be resized to the larger ones. The results also shows that waste bins in up to 44 out of 83 sub-communities are insufficient and need to be added and relocated.

Keywords : GIS; Land use Characteristics; MSW generation estimate

บทนำ

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) ได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถเพื่อเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวางแผนเชิงพื้นที่และเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการจัดเก็บ สืบค้น วิเคราะห์ แก้ไขและแสดงผลได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ตลอดจนสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้บรรลุวัตถุประสงค์ [1]

ในประเทศไทยได้มีการนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาใช้ในการวางแผนเชิงพื้นที่เช่น ใช้ในการวางแผนการจัดการคุณภาพอากาศจัดทำระบบฐานข้อมูลการท่องเที่ยวไทยและประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะเทศบาลนครนครปฐม [2] ยกตัวอย่างเช่นนำมาประยุกต์ใช้ในการจัดการขยะได้แก่เทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี [3] ประยุกต์ใช้ในการศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี [4]

การจัดการขยะ ต้องมีการศึกษาก่อนการประกอบที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงปริมาณขยะมูลฝอยซึ่งได้แก่ ลักษณะชุมชน ความหนาแน่นของประชากร สภาวะเศรษฐกิจเป็นต้น ซึ่งทำให้อัตราการเกิดขยะเปลี่ยนแปลงตามไปด้วยตัวแปรที่ใช้ในการทำนายอัตราการเกิดขยะมีหลายตัวแปรเช่น การพิจารณาข้อมูลทางเศรษฐศาสตร์ได้แก่ ค่าผลิตภัณฑ์มวลรวมภายในประเทศ (GDP) และจำนวนคนชั้นล่างภายในประเทศ [5] การพิจารณาจำนวนประชากรต่อบ้านเรือนอัตราการนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่รายได้ของประชากรต่อบ้านเรือนและจากข้อมูลจำนวนประชากร [6] จากการพิจารณาจากค่า GDP และจำนวนประชากร [7] ศึกษาตัวชี้วัดด้านประชากร ความหนาแน่นของประชากร ช่วงอายุของประชากร ค่า GDP ค่าเฉลี่ยของขนาดครัวเรือนอัตราการว่างงานอัตราการตายของทารกและอายุขัยของประชากร [8]

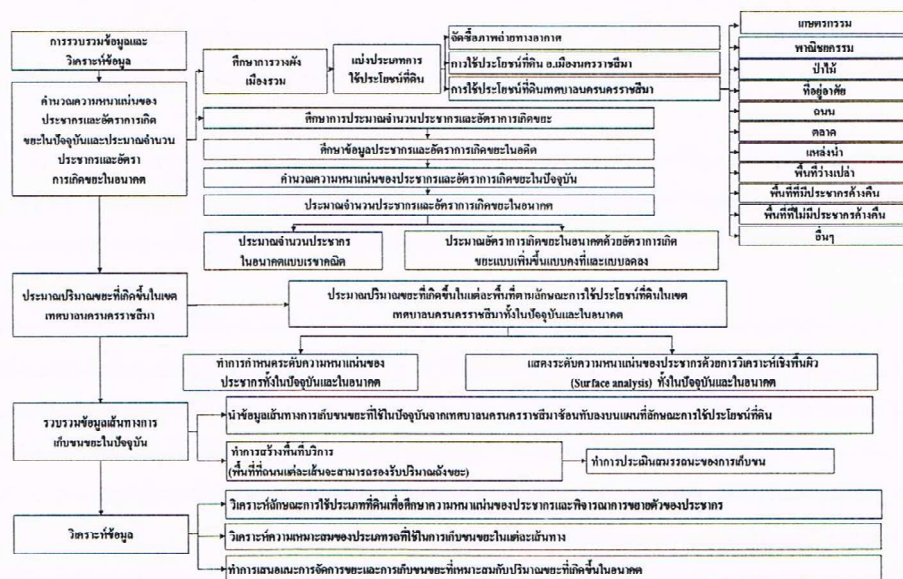
เทศบาลนครนครราชสีมา มีขนาดพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร มีการขยายตัวอย่างรวดเร็วในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมาการขยายตัวของชุมชนนี้เกิดเหตุให้ปัญหาของระบบสาธารณูปโภคซึ่งการจัดการขยะก็นับเป็นปัญหาหนึ่งซึ่งเทศบาลนครแห่งนี้กำลังเผชิญอยู่ ในปี พ.ศ. 2551 มีปริมาณมูลฝอยเกิดขึ้นประมาณ 262 ตัน คิดเป็นอัตราการเกิดขยะ 0.96 กิโลกรัม/คน/วันในอดีตการจัดการใช้วิธีการฝังกลบในท้องที่ตำบลโพธิ์กลาง [9] แต่ปัจจุบันพื้นที่ดังกล่าวไม่สามารถรองรับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นได้จึงมีโครงการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีการกำจัดขยะขณะนี้กำลังมีการพัฒนาศูนย์กำจัดขยะแบบครบวงจรเพื่อผลิตพลังงานก๊าซชีวภาพ กระแสไฟฟ้า ปุ๋ยชีวภาพและเชื้อเพลิงอัดแท่ง [10] อย่างไรก็ตามในการพัฒนานี้ยังมิได้มีการวางแผนในด้านการเก็บขนและการจัดการขยะให้สอดคล้องตอบรับกัน



ดังนั้นในการศึกษานี้จัดเตรียมข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนด้านการเก็บขนและจัดการขยะซึ่งได้แก่การนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาประยุกต์ใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อทำการประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลาล่วงหน้า 30 ปี พร้อมทั้งประเมินความพอเพียงของรถเก็บขนขยะแต่ละเส้นทางกับปริมาณขยะที่จะเกิดขึ้นนั้น

อุปกรณ์และวิธีการ

ในการศึกษาพื้นที่นี้ดำเนินการบนโปรแกรมวิเคราะห์ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สำเร็จรูปโดยทำการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากการศึกษาการวางผังเมืองรวมเมืองนครราชสีมา พ.ศ.2547 จากนั้นทำการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายทางอากาศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 และของกรมพัฒนาที่ดินมาตราส่วน 1:4,000 ปี พ.ศ. 2545 จากนั้นศึกษาความหนาแน่นของประชากรอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบันและทำนายจำนวนประชากรแบบเรขาคณิตและอัตราการเกิดขยะในอนาคตแบบเพิ่มขึ้นแบบคงที่และแบบลดลงประมาณปริมาณขยะที่เกิดขึ้นกำหนดระดับความหนาแน่นของประชากรและแสดงระดับความหนาแน่นของประชากรด้วยการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ผิวทำการรวบรวมข้อมูลเส้นทางที่ตั้งถังขยะชุมชนทั้ง 83 ชุมชนในเขตเทศบาลจากเทศบาลนครนครราชสีมาและทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลลงบนแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินวิเคราะห์ลักษณะการใช้ประเภทที่ดินในการพิจารณาการขยายตัวของประชากรความเหมาะสมของประเภทที่ดินในการเก็บขนขยะในแต่ละเส้นทางความพอเพียงของปริมาณถังขยะในแต่ละชุมชนพร้อมทั้งเสนอแนะการจัดการขยะในอนาคตที่ดินซึ่งขั้นตอนของการศึกษาโดยละเอียดทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ขั้นตอนวิธีดำเนินงานวิจัย

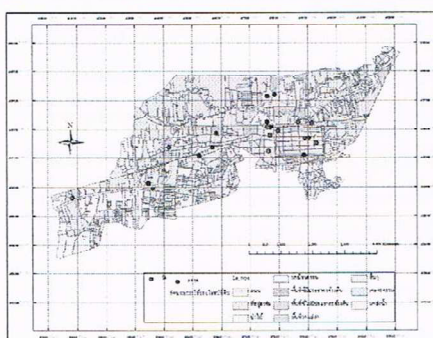
ผลการศึกษาและวิจารณ์

จากการศึกษาจะได้ข้อมูลลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งจำแนกออกได้เป็น 12 ประเภท แสดงดังรูปที่ 2.ก ศึกษาจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบันและทำนายจำนวนประชากรแบบเรขาคณิตอัตราการเกิดขยะในอนาคตแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่และแบบลดลงจะได้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเป็นระยะเวลา 30 ปี กำหนดจำนวนประชากรในพื้นที่

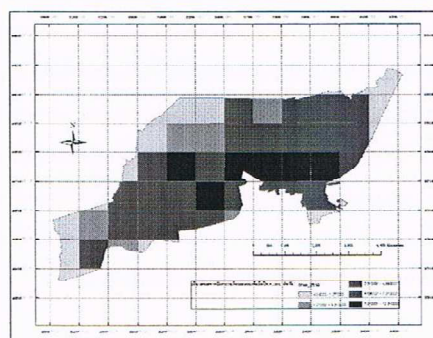


การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยให้จำนวนประชากรทั้งหมดเท่ากับจำนวนประชากรจากการทำนายจากนั้นคำนวณความหนาแน่นของประชากร

ทำการคัดข้อมูลที่ต้องการตามขอบเขตพื้นที่ที่กำหนดจากการสร้างรูปปิดหลายเหลี่ยมเพื่อศึกษาความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ตารางกิโลเมตร นำความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ตารางกิโลเมตรคูณด้วยอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นแบบคงที่และแบบลดลงจะได้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในพื้นที่ตารางกิโลเมตรทั้งแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่และแบบลดลงแสดงดังรูปที่ 2.ข ซึ่งเป็นตัวอย่างของปริมาณขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ปีพ.ศ.2550 พบว่าในเขตตำบลในเมืองเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุดส่งผลให้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นบริเวณนี้มากเช่นกัน



รูปที่ 2.ก แสดงลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดิน
ซึ่งจำแนกออกเป็น 12 ประเภท

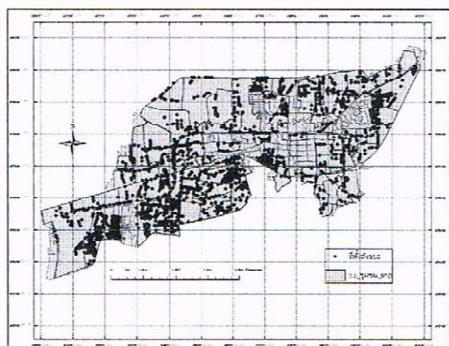


รูปที่ 2.ข แสดงปริมาณขยะที่เกิดขึ้น
จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปีพ.ศ. 2550

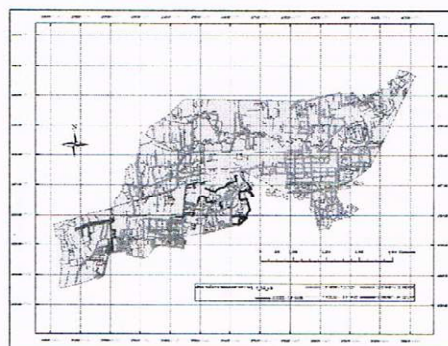
ทำการซ้อนทับชั้นข้อมูลเส้นทางเก็บขนขยะที่ดังถึงขยะ ชุมชนในเขตเทศบาลนครราชสีมาซึ่งเป็นข้อมูลทุติยภูมิที่ได้ทำการเก็บรวบรวมไว้โดยเทศบาลแสดงดังรูปที่ 3.ก จากนั้นแบ่งพื้นที่บริการให้ครอบคลุมพื้นที่ 37.5 ตารางกิโลเมตร จะได้เส้นทางเก็บขนที่ทำการแบ่งตามขนาดความจุของรถเก็บขนขยะจากปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการประมาณแสดงดังรูปที่ 3.ข

พบว่าเส้นทางที่ใช้ในการเก็บขนบางเส้นทางมีการซ้อนทับเส้นทางของรถเก็บขนขยะทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและเวลา จึงควรมีการออกแบบเส้นทางโดยแบ่งทิศของถนนออกเป็นทิศเหนือใต้ ตะวันออกและตะวันตก ชั้นข้อมูลที่ตั้งขยะพบว่าในส่วนของพื้นที่ในเขตตำบลในเมืองบางพื้นที่ไม่พบที่ตั้งถึงขยะและบางพื้นที่ที่ตั้งถึงขยะติดกันเกินไปจึงควรมีการเก็บข้อมูลจากการสำรวจพื้นที่จริงเพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและมีความทันสมัยเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันและทำการบันทึกข้อมูลที่ได้อิงฐานข้อมูลของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงหรือแก้ไขข้อมูลปริมาณที่ตั้งขนาดของถังขยะหรือปรับปรุงเส้นทางเก็บขนขยะจะสะดวกต่อการแก้ไขและสืบค้น

เมื่อศึกษาความเหมาะสมของขนาดรถเก็บขนขยะกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นเพื่อพิจารณาว่าเส้นทางที่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแสดงสัญลักษณ์สีเขียวส่วนเส้นทางที่ไม่เหมาะสมแสดงสัญลักษณ์สีแดงพบว่า มี 22 เส้นทางที่ไม่เหมาะสมกับปริมาณจากขยะที่เกิดขึ้นเส้นทางทั้งหมด 35 เส้นทาง ซึ่งจากตัวอย่างเป็นตัวอย่างจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นในปี พ.ศ. 2550 แสดงดังรูปที่ 4.ก ซึ่งในอนาคตจนถึง พ.ศ.2580 เมื่อปริมาณขยะที่เกิดขึ้นมากกว่าความจุของรถเก็บขนขยะควรมีการเพิ่มจำนวนรอบในการขนถ่ายหรือเพิ่มขนาดของรถเก็บขนขยะ



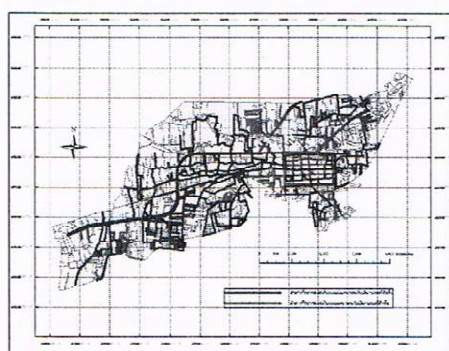
รูปที่ 4.ก แสดงที่ตั้งถึงขยะและชุมชน
ในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา



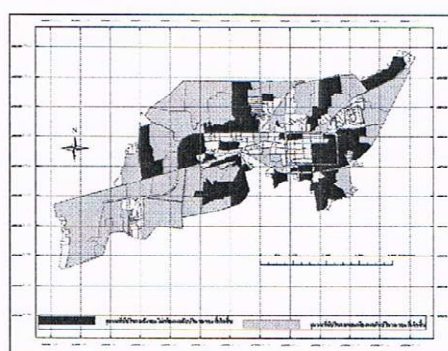
รูปที่ 3.ก แสดงเส้นทางเก็บขนแบ่งตามความจุของรถเก็บ
ขนขยะจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น ในปีพ.ศ. 2550

จากนั้นศึกษาความพอเพียงของปริมาณถึงขยะในชุมชนทั้ง 83 ชุมชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาชุมชนที่มีปริมาณถึงขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นแสดงพื้นที่เป็นสีแดง 44 ชุมชนจากชุมชนทั้งหมด 83 ชุมชนซึ่งเป็นตัวอย่างของการศึกษาในปี พ.ศ. 2550 แสดงดังรูปที่ 4.ข และทำการเปรียบเทียบปริมาณขยะที่ได้จากการประมาณกับขยะที่เกิดขึ้นจริงซึ่งก่อนการประมาณปริมาณขยะต้องมีการทำนายจำนวนประชากร อัตราการเกิดขยะก่อนจึงจะได้ปริมาณขยะแสดงดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ

พบว่าข้อมูลจำนวนประชากรจากเทศบาลนครนครราชสีมาที่มีจำนวนน้อยกว่าจำนวนประชากรที่ได้จากการทำนายส่วนปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในเขตเทศบาลมีปริมาณมากกว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากการประมาณ ทั้งนี้เนื่องจากมีการขยายความเจริญสู่รอบนอกเขตเทศบาลไม่ว่าจะเป็นสาธารณูปโภคสิ่งอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ เพื่อลดความแออัดในเขตตำบลในเมือง และพัฒนาตำบลต่างๆ ให้ความเจริญทัดเทียมตำบลในเมืองอาจเกิดจากการการย้ายถิ่นเพื่อตั้งถิ่นฐานนอกเขตเทศบาลเนื่องจากการพิจารณาปริมาณขยะที่เกิดขึ้นพบว่าปริมาณขยะมีจำนวนมากขึ้นอย่างต่อเนื่องซึ่งอาจเป็นผลที่ตามมาจากจำนวนประชากรแฝงมีจำนวนมากขึ้นการอพยพย้ายถิ่นหรือมีเช่นนั้นอาจเกิดจากการเพิ่มขึ้นของอัตราการเกิดขยะ ซึ่งถ้าเกิดจากอัตราการเกิดขยะที่เพิ่มมากขึ้นควรมีมาตรการป้องกันและแก้ไขเพื่อลดอัตราการเกิดขยะเช่น ช่วยกันรณรงค์ให้มีการคัดแยกประเภทขยะ แยกขยะส่วนที่สามารถนำกลับมาใช้ซ้ำหรือใช้ใหม่เพื่อลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัด



รูปที่ 4.ก แสดงการศึกษาความพอเพียงของความจุของรถ
เก็บขนขยะในแต่ละเส้นทางกับปริมาณของปริมาณถึงขยะ



รูปที่ 4.ข แสดงการศึกษาความพอเพียงของปริมาณถึงขยะ
ในปีพ.ศ. 2550 จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะจากเทศบาลนครนครราชสีมาและจากการทำนาย

ปี พ.ศ.	จำนวนประชากร				อัตราการเกิดขยะ				
	จากเทศบาลนครราชสีมา (คน)		จากการทำนาย (คน)		จากเทศบาลนครราชสีมา (กก./คน/วัน)		จากการทำนาย (กก./คน/วัน) (รวมจำนวนประชากรแฝง)		
	ไม่รวมจำนวนประชากรแฝง	รวมจำนวนประชากร	ไม่รวมจำนวนประชากรแฝง	รวมจำนวนประชากร	ไม่รวมจำนวนประชากรแฝง	รวมจำนวนประชากร	แบบเพิ่มขึ้น	แบบคงที่	แบบลดลง
2552	165,539	194,508	167,693	197,039	1.62	1.38	0.98	0.96	0.94
2553	163,971	192,666	168,194	197,628	1.74	1.48	1.00	0.96	0.92

ในการศึกษาครั้งนี้ให้ความสำคัญที่กระบวนการและขั้นตอนของการศึกษาทำให้ทราบขั้นตอนของการทำนายจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะวิธีการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและทราบประโยชน์ของการใช้โปรแกรมระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการวางแผนเชิงพื้นที่ซึ่งเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยในการจัดเก็บ สืบค้น วิเคราะห์ แก้ไขและแสดงผลได้ตามความต้องการของผู้ใช้ตลอดจนสร้างแบบจำลองเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นแนวทางในการแก้ไขปัญหาให้บรรลุวัตถุประสงค์ อีกทั้งยังเพิ่มคุณภาพและปริมาณงานได้มากขึ้นในเวลาที่จำกัดในส่วนของการศึกษาข้อมูลองค์ประกอบขยะซึ่งพบว่ามีปริมาณขยะอินทรีย์เป็นองค์ประกอบมากกว่า 50 % [2] ดังนั้นควรให้ความสำคัญกับการคัดแยกประเภทขยะซึ่งควรมีการรณรงค์เพื่อให้ประชาชนตระหนักถึงความสำคัญของการคัดแยกประเภทขยะก่อนรีไซเคิล โครงการคัดแยกขยะเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดกับโครงการกำจัดขยะแบบครบวงจร

ตารางที่ 2 แสดงการเปรียบเทียบปริมาณขยะจากเทศบาลนครนครราชสีมาและปริมาณที่เกิดขึ้นจากการประมาณ

ปี พ.ศ.	ปริมาณขยะจากเทศบาลนครราชสีมา (ตัน/วัน)	ปริมาณขยะที่ได้จากการทำนาย (ตัน/วัน)				
		ไม่รวมจำนวนประชากรแฝง			รวมจำนวนประชากรแฝง	
		จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น	จากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่	จากอัตราการเกิดขยะแบบลดลง	จากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น	จากอัตราการเกิดขยะแบบคงที่
2552	268.56	159.31	156.05	152.80	193.10	189.16
2553	285.04	163.04	156.52	150.00	197.63	189.72

สรุปผล

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณปริมาณขยะชุมชนที่เกิดขึ้นตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้น แบบคงที่และแบบลดลงนั้นเริ่มจากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินพบว่าสามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 12 ประเภทได้แก่ถนน แหล่งน้ำ ตลาดสด ที่อยู่อาศัย ป่าไม้ เกษตรกรรม พาณิชยกรรม พื้นที่ว่างเปล่าวัดพื้นที่ที่ไม่มีประชากรอาศัยอยู่ข้างพื้นที่ที่มีประชากรอาศัยอยู่ข้างพื้นที่อื่น ๆ ศึกษาแนวโน้มของจำนวนประชากรและอัตราการเกิดขยะในอดีตจนถึงปัจจุบันและทำนายจำนวน



ประชากรและอัตราการเกิดขยะในอนาคตเป็นระยะเวลา 30 ปี จะได้ปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจากอัตราการเกิดขยะแบบเพิ่มขึ้นแบบคงที่ และแบบลดลงทำการซ้อนทับข้อมูลเส้นทางที่ตั้งถังขยะชุมชนทั้ง 83 ชุมชนซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่ามีการซ้อนทับเส้นทางของรถเก็บขนขยะจึงควรมีการออกแบบเส้นทาง โดยแบ่งทิศของถนนออกเป็นทิศเหนือ ได้ ตะวันออก และตะวันตกพร้อมทั้งสำรวจพิกัดที่ตั้งถังขยะและจำนวนถังขยะที่แน่นอนจากการเก็บข้อมูลจริงและจัดทำเป็นฐานข้อมูลเมื่อมีการแก้ไขหรือปรับเปลี่ยนข้อมูลก็สามารถแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลได้อย่างสะดวกรวดเร็วซึ่งฐานข้อมูลของการจัดการขยะในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา ยังไม่ครบถ้วนและปรับปรุงให้ทันสมัยทำให้งานวิจัยเกิดความล่าช้าเนื่องจากต้องใช้เวลาในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งถ้ามีฐานข้อมูลที่ครบถ้วนจะทำให้ลดระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัยลงได้ค่อนข้างมาก จากนั้นทำการศึกษาความเหมาะสมของขนาดรถเก็บขนขยะกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละเส้นทางพบว่าเส้นทางที่ใช้ขนาดความจุของรถเก็บขนขยะไม่เหมาะสมกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นควรมีการเพิ่มขนาดของรถเก็บขนขยะหรือเพิ่มจำนวนรอบของการขนถ่ายขยะและศึกษาความพอเพียงของปริมาณถังขยะในชุมชนทั้ง 83 ชุมชนในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาพบว่าชุมชนที่มีปริมาณถังขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นควรทำการเพิ่มปริมาณถังขยะ บริเวณที่ตั้งของถังขยะไม่เหมาะสมควรทำการเคลื่อนย้ายที่ตั้งขยะให้เหมาะสมทั้งในชุมชนที่มีปริมาณถังขยะเพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้น และชุมชนที่มีปริมาณถังขยะไม่เพียงพอกับปริมาณขยะที่เกิดขึ้นส่วนการเปรียบเทียบปริมาณขยะที่ได้จากการประมาณกับขยะที่เกิดขึ้นจริง พบว่าปริมาณขยะที่ได้จากการประมาณน้อยกว่าปริมาณขยะที่เกิดขึ้นจริงในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาซึ่งจากการพิจารณาเปรียบเทียบจำนวนประชากรที่ได้จากการทำนายกับประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา พบว่าจำนวนประชากรที่ได้จากการทำนายมากกว่าจำนวนประชากรในเขตเทศบาลนครนครราชสีมาเนื่องจากในการทำนายจำนวนประชากรใช้ข้อมูลของประชากรในอดีตจนถึงปัจจุบัน (ตั้งแต่พ.ศ. 2542 จนถึงพ.ศ. 2550) เพื่อศึกษาแนวโน้มและคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงของประชากร ดังนั้นถ้าต้องการศึกษาการทำนายจำนวนประชากรในปัจจุบันควรใช้ข้อมูลจำนวนประชากร 5 ปีล่าสุด (พ.ศ. 2549 จนถึง พ.ศ. 2553) เนื่องจากจำนวนประชากรมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกันคือจำนวนประชากรลดลงอย่างต่อเนื่อง และในการศึกษาข้อมูลด้านองค์ประกอบของขยะพบว่า มากกว่า 50 % เป็นขยะประเภทขยะอินทรีย์ดังนั้นจึงควรมีการคัดแยกประเภทขยะก่อนการนำไปกำจัด

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ฉัตรเพชร ยศพล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุจิต คุรุจิต อาจารย์ ดร.วุฒิ ด่านกิตติกุล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อรประภา ภูมิระภาญะ โรแบร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิมา ศรลัมภ์ และอาจารย์ผู้สอนทุกท่านที่คอยให้คำแนะนำปรึกษาในด้านต่างๆและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ขอขอบคุณคุณอุษิษา รุมพล คุณเวทวงศ์ วรรณะปะโก ที่ให้ความอนุเคราะห์ด้านข้อมูลเทศบาลนครนครราชสีมาและขอขอบคุณบิดา มารดา รวมทั้งญาติพี่น้องที่ให้ความรักอบรมเลี้ยงดู ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีมาตลอด

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุเพชร จิระจรกุล .(2552) .เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศ ด้วย โปรแกรม ArcGIS Desktop :9.3.1 บริษัท เอส.อาร์.พรินต์ติ้งแมสโปรดักส์ จำกัด.
- [2] อรประภา ภูมิระภาญะ โรแบร์ .(2551) .เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศและการประยุกต์ใช้
- [3] วณิดา ร่มรื่น .(2547) .การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการกำหนดเส้นทางเดินรถเก็บขนขยะมูลฝอยในเขตเทศบาลตำบลแหลมฉบัง จังหวัดชลบุรี
- [4] สุกกิมห์ สมศรี) .2545 .(การศึกษาแนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีด้วยเทคโนโลยีระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



- [5] Adnan A. Alsamawi, Abdul Razzak T. Zboon. & Aumar Alnakeeb. (2008). Estimation of Baghdad Municipal Solid Waste Generation Rate. *Eng. & Tech. Journal.* 27, (No 1)
- [6] Brian Dyson, Ni-Bin Chang. (2005). Forecasting municipal solid waste generation in a fast growing urban region with system dynamic modelling. *Waste management.* 25, 669-679
- [7] E. Daskalopoulos, O. Badr, & S.D. Probert. (1998). Municipal solid waste: a prediction methodology for the generation rate and composition in the European Union countries and the United States of America. *Resource, Construction and Recycling.* 24, 155-166
- [8] P. Beigl, G. Wassermann, F. Schneider & S. Salhofer. (2005). Forecasting Municipal Solid Waste Generation in Major European Cities.
- [9] เทศบาลนครนครราชสีมา. 2551
- [10] มุลินีเพื่อการพัฒนาสิ่งแวดล้อมและพลังงาน. 2548 โครงการศึกษาความเป็นไปได้และออกแบบระบบการจัดการขยะแบบครบวงจร เทศบาลนครนครราชสีมา



ขอมอบใบรับรองนี้เพื่อแสดงว่า

นางสาวสินีนาฏ นอกกระโทก

ได้นำเสนอบทความเรื่อง

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณปริมาณขยะชุมชน
ตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 10

10th National Environmental Conference

วันที่ 23 – 25 มีนาคม 2554

ณ โรงแรม บีพี สมิทลา บีช แอนด์ รีสอร์ท จังหวัดสงขลา

ให้ไว้ ณ วันที่ 23 มีนาคม 2554

ดร.เกษมสันต์ สุวรรณรัตน์

นายกสมาคมวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมแห่งประเทศไทย



ประวัติผู้เขียน

นางสาวสินีนาน นอกระโทก เกิดเมื่อวันที่ 8 มกราคม 2528 ที่จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมปลายจากโรงเรียนสุรนารีวิทยา จังหวัดนครราชสีมา และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (เคมีทรัพยากรสิ่งแวดล้อม) จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร เมื่อปี พ.ศ. 2549 และในปี พ.ศ. 2551 ได้เข้าศึกษาต่อในระดับวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ในระหว่างที่ทำการศึกษาได้รับทุนผู้ช่วยสอนและผู้ช่วยวิจัย ประจำภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2551 และประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2552 ได้รับแต่งตั้งเป็นผู้สอนปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม 2 ภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2553 และผู้สอนปฏิบัติการเคมีสิ่งแวดล้อม 1 ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2553 ได้เผยแพร่บทความทางวิชาการ เรื่อง “การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประมาณปริมาณขยะชุมชนตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา” ในการประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ ครั้งที่ 10 ในระหว่างวันที่ 23-25 มีนาคม พ.ศ. 2554 ณ โรงแรมสมิหลาบีช แอนด์ รีสอร์ท จังหวัดสงขลา ดังแสดงในภาคผนวก จ.

ระดับปริญญาโท

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวสินีนาฏ นอกระโทก
เลขประจำตัว	M5142248
หลักสูตรสาขาวิชา	วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
สำนักวิชา	วิศวกรรมศาสตร์
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนการศึกษาสำหรับผู้มีศักยภาพเข้าศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา
ชื่อวิทยานิพนธ์ :	
ภาษาไทย	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประเมินปริมาณขยะตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครรราชสีมา
ภาษาอังกฤษ	APPLICATION OF GIS TO ESTIMATE THE MSW GENERATION BASED ON LAND USE CHARACTERISTICS IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY
สอบประมวลความรู้	900001 : COMPREHENSIVE EXAMINATION ผ่านเมื่อ ภาคการศึกษาที่ 2/2552
รายชื่อผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่ :	
●	รายชื่อบทความวิจัยเต็มรูปแบบที่ได้รับการตีพิมพ์ในการประชุมวิชาการระดับชาติ/นานาชาติ สินีนาฏ นอกระโทก และ นัฏพรพร ขสพล, (2554). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประเมินปริมาณขยะตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครรราชสีมา. การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติประจำปี 2554. สงขลา, หน้า 279-280
ผลงานอื่น ๆ :	-
ตำแหน่งงาน	-
สถานที่ทำงาน	-
หมายเลขโทรศัพท์	08-6651-3089
สถานที่ติดต่อ	สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ข้อมูลการนำเสนอผลงานทางวิชาการ/วารสารวิชาการ

ชื่อบัณฑิต นางสาว สินีนาฏ นอกกระโทก

รหัสประจำตัว M5142248

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

ชื่อวิทยานิพนธ์ภาษาไทย การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประเมินปริมาณขยะตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา

ชื่อวิทยานิพนธ์ภาษาอังกฤษ APPLICATION OF GIS TO ESTIMATE THE MSW GENERATION BASED ON LAND USE CHARACTERISTICS IN NAKHON RATCHASIMA MUNICIPALITY

ชื่อทุนที่ได้รับในตอนเรียน ทุนศักยภาพ

เงินทุนที่ได้รับการจัดสรร ทุนอุดหนุนโครงการวิจัยเพื่อทำวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา

ชื่อผู้แต่ง	ชื่อบทความ/วารสาร	ชื่อการประชุมสัมมนา/ชื่อวารสาร	ชื่อสถานที่ประชุม	วัน/เดือน/ปี	ฉบับที่	เล่มที่	หน้า
สินีนาฏ นอกกระโทก และฉัตรเพชร ยศพล	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการประเมินปริมาณขยะตามลักษณะการใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตเทศบาลนครนครราชสีมา	การประชุมวิชาการสิ่งแวดล้อมแห่งชาติครั้งที่ 10	โรงแรม บีพี สมิทลา บีช แอนด์ รีสอร์ท จังหวัดสงขลา	23-25 มีนาคม 2554	10	10	279