การศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน
โดยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่: กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี

นางสาวพิชญา นิมิตรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2555

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the Graduate School.

STUDY OF POPULATION DISTRIBUTION MODEL USING LAND USE DATA BY SPATIAL STATISTICAL METHOD: CASE STUDY OF SUPHANBURI PROVINCE

Miss Pitchaya Nimitkul

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Spatial Information System in Engineering
Department of Survey Engineering
Faculty of Engineering
Chulalongkorn University
Academic Year 2012
Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่: กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี
โดย	นางสาวพิชญา นิมิตรกุล
สาขาวิชา	ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.บุญสม เลิศหิรัญวงศ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สถิระพจน์)

.... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ)

.... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล)

.... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย
(ดร.จรัสโรจน์ บถดำริห์)

พิชญา นิมิตรกุล : การศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่: กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี. (STUDY OF POPULATION DISTRIBUTION MODEL USING LAND USE DATA BY SPATIAL STATISTICAL METHOD: CASE STUDY OF SUPHANBURI PROVINCE) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก : รศ.ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ, 99 หน้า.

ข้อมูลประชากรนับเป็นข้อมูลสำคัญที่ถูกใช้เป็นตัวแทนปัจจัยด้านเศรษฐกิจและสังคม ในแบบจำลองการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ แต่เนื่องจากข้อมูลประชากรที่ใช้กันอยู่นั้นได้จากการสำรวจจัดเก็บเป็นรายพื้นที่เขตการปกครองจึงมีรายละเอียดของการกระจายตัวเชิงพื้นที่ค่อนข้างต่ำ งานวิจัยนี้ จึงได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อจัดทำแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรเชิงพื้นที่ ในรูปแบบของสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยมีการประยุกต์ใช้วิธีการและโปรแกรมเครื่องมือวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ช่วยในการคัดเลือกตัวแปรประเภทการใช้ที่ดินที่นำมาใช้ในสมการ ผลการศึกษาวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นของความสัมพันธ์ดังกล่าวโดยใช้หน่วยพื้นที่ช่องกริดขนาดต่าง ๆ กัน ได้ค่าสัมประสิทธิ์ของการกำหนด (R^2) อยู่ในช่วง 0.6 – 0.9 โดยที่ค่าสัมประสิทธิ์สูงขึ้นเมื่อเพิ่มขนาดของหน่วยพื้นที่ช่องกริดที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล และจากการทดลองปรับปรุงแบบจำลองด้วยวิธีต่าง ๆ รวมทั้งการใช้เทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยแบบถ่วงน้ำหนักทางภูมิศาสตร์ (GWR) พบว่าไม่สามารถเพิ่มค่าสัมประสิทธิ์ดังกล่าวได้มากนัก ซึ่งบ่งชี้ว่าแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรในรูปแบบสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเพียงปัจจัยเดียวนั้น ถึงแม้จะสามารถนำไปใช้ช่วยให้การประมาณค่าประชากรเชิงพื้นที่มีความผิดพลาดน้อยลง แต่ยังคงมีข้อจำกัดของระดับความละเอียดที่ได้ และการนำไปใช้กับพื้นที่อื่นที่มีลักษณะทางภูมิศาสตร์และสังคมแตกต่างออกไป

ภาควิชา วิศวกรรมสำรวจ ลายมือชื่อนิสิต ....

สาขาวิชา ระบบสารสนเทศปริภูมิทางวิศวกรรม ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก ....

ปีการศึกษา 2555

5470302821 : MAJOR SPATIAL INFORMATION SYSTEM IN ENGINEERING

KEYWORDS : POPULATION DISTRIBUTION MODEL / LAND USE / LINEAR REGRESSION ANALYSIS / SPATIAL STATISTICS

PITCHAYA NIMITKUL : STUDY OF POPULATION DISTRIBUTION MODEL USING LAND USE DATA BY SPATIAL STATISTICAL METHOD: CASE STUDY OF SUPHANBURI PROVINCE. ADVISOR : ASSOC. PROF. CHANIN TINNACHOTE, Ph.D., 99 pp.

Population data is very important as representation of socio-economic factors in most GIS-based, spatial data analysis modelings. Those population data, being captured per political administration units, provide too less detail spatially. In this study, the correlation between population distribution and land use data in Suphanburi province has been investigated as to develop a spatial population distribution model using linear correlation equation. The spatial statistics analysis method and program tool was applied in the process of selecting land use type variables to be included in the model. The resulted coefficient of determination (R^2) obtained from the regression analysis between population distribution and land use type, using different size of grid area unit, ranges from 0.6 to 0.9. It was the larger grid area unit that delivers higher coefficient value. Various experiments including the geographically weighted regression (GWR), aiming on the enhancement of the model, has been conducted but none of them stipulates significant model improvement. This indicates that the population distribution model based on linear correlation with land use factor could be used to support more accurate spatial population interpolation, but still possess limitation on the spatial details of the acquired result and also the model usability in areas with different geographic and social environments.

Department : Survey Engineering Student's Signature ....

Field of Study : Spatial Information System in Engineering Advisor's Signature ....

Academic Year : 2012

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี โดยได้รับความช่วยเหลือและการสนับสนุนจากหลายฝ่าย ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ชนินทร์ ทินนโชติ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษา คำแนะนำ ตลอดจนแนวทางในการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ พร้อมทั้งตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ประกอบด้วย ศาสตราจารย์ ดร.เฉลิมชนม์ สถิระพจน์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สรรเพชญ ชื้อนิธิไพศาล และ ดร.จรัสโรจน์ บถดำริห์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการศึกษาวิจัยและตรวจสอบวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จเรียบร้อยโดยสมบูรณ์ รวมทั้งคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่านที่ได้ให้ความรู้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ คุณเอื้อมเดือน อุทัยกุล สำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรี และกรมพัฒนาที่ดินที่ได้อนุเคราะห์ข้อมูลต่าง ๆ สำหรับการทำงานวิจัยครั้งนี้

ขอบพระคุณเพื่อนนิสิตภาควิศวกรรมสำรวจทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในเรื่องต่าง ๆ รวมถึงการแลกเปลี่ยนความรู้ในระหว่างการศึกษา

ขอขอบพระคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจทุกท่านที่ช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่าง ๆ ระหว่างการศึกษาครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ขอมอบคุณงามความดีอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพื่อเป็นกตเวทิตาคุณแด่บิดา มารดา ญาติพี่น้อง และคณาจารย์ทุกท่าน พร้อมกันนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะก่อให้เกิดประโยชน์ต่อสังคมและประเทศชาติสืบไป

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ

สารบัญ ..... ช

สารบัญตาราง ..... ฏ

สารบัญรูป ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 2

1.3 ขอบเขตการวิจัย 3

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย 6

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6

บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง 8

2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

2.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของประชากรกับปัจจัยต่าง ๆ 8

2.1.2 แนวทางต่าง ๆ ในการประมาณค่าประชากรด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล 9

2.1.3 การคาดการณ์ความหนาแน่นประชากรด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 10

2.2 ความรู้และข้อมูลพื้นฐาน 12

2.2.1 การกระจายตัวของประชากรในประเทศไทย 12

2.2.2 ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดสุพรรณบุรี 14

2.2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดสุพรรณบุรี 16

2.2.4 สถิติเชิงพื้นที่ 24

2.3 ทฤษฎีและเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง 25

2.3.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น 25

2.3.2 ทฤษฎีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ 27

หน้า

2.4 เครื่องมือในซอฟต์แวร์ ArcGIS เพื่อการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่ 27
2.4.1 เครื่องมือ Exploratory Regression 27
2.4.2 เครื่องมือ Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) 31
2.4.3 เครื่องมือ Ordinary Least Squares (OLS) 33
2.4.4 เครื่องมือ Geographically Weighted Regression (GWR) 37
บทที่ 3 การดำเนินงาน 39
3.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในการประมวลผล 40
3.1.1 ข้อมูลตำแหน่งบ้าน 40
3.1.2 ข้อมูลประชากร 41
3.1.3 การเชื่อมโยงข้อมูลตำแหน่งบ้านกับข้อมูลประชากร 42
3.1.4 การปรับแก้ข้อมูลจำนวนประชากรให้ครบถ้วนมากขึ้น 42
3.1.5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน 42
3.1.6 ข้อมูลขอบเขตการปกครอง 44
3.1.7 ข้อมูลขอบเขตป่า 44
3.2 การจัดสร้างหน่วยพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล 45
3.3 การเชื่อมโยงชั้นข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน 45
3.4 การวิเคราะห์คำนวณค่าข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยในแต่ละช่องกริด 47
3.5 การวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 47
3.6 การวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ 51
3.7 การวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง 53
3.7.1 ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด Coefficient of Determination (R^2) ของสมการถดถอยฯ ที่ได้ 53
3.7.2 ค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้ 54
3.7.3 การเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้จากแบบจำลองกับค่าความหนาแน่นของจำนวนประชากรเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลประชากรรายตำบล 55

หน้า

3.8 การทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร 55
3.8.1 การทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 55
3.8.2 การทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล 56
3.8.3 การตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล 56
3.8.4 การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล 56
3.8.5 การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมาก 57
3.8.6 การทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล 57
3.8.7 การทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Geographically Weighted Regression: GWR) 57
3.8.8 การทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง 58
3.8.9 การทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้ 58
บทที่ 4 ผลการดำเนินงาน 59
4.1 ผลการวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 59
4.2 ผลการวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ 60
4.3 ผลการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง 63
4.4 ผลการทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร 72
4.4.1 ผลการทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 72
4.4.2 ผลการทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล 74

หน้า

4.4.3 ผลการตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล 74
4.4.4 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบท 76
4.4.5 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมาก 77
4.4.6 ผลการทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล 79
4.4.7 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Geographically Weighted Regression: GWR) 80
4.4.8 ผลการทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง 82
4.4.9 ผลการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้ 87
บทที่ 5 สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ 89
5.1 สรุปการดำเนินการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ 89
5.2 สรุปผลการศึกษา 90
5.2.1 การวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน 90
5.2.2 การวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์และการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง 90
5.2.3 การทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร 91
5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ 92
รายการอ้างอิง 94
บรรณานุกรม 96
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 99

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดิน จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2551 18
ตารางที่ 3.1 ประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีที่ใช้ในการวิเคราะห์ 43
ตารางที่ 4.1 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรในหน่วยการวิเคราะห์ขนาดต่าง ๆ 59
ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมการแบบจำลองความสัมพันธ์ความหนาแน่นประชากรกับประเภทการใช้ที่ดิน 60
ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละหน่วยการวิเคราะห์ข้อมูล 62
ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในสมการแบบจำลอง 62
ตารางที่ 4.5 แสดงค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองการกระจายตัวของประชากร 64
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของประชากรในแต่ละขนาดหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล 64
ตารางที่ 4.7 แสดงค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรกับการประมาณค่าจากข้อมูลความหนาแน่นประชากรรายตำบล 70
ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์สมการแบบจำลองฯ และค่าคลาดเคลื่อนในเขตเทศบาล 76
ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์สมการแบบจำลองฯ และค่าคลาดเคลื่อนนอกเขตเทศบาล 77
ตารางที่ 4.10 แสดงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ 85

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 บริเวณพื้นที่ศึกษา 3

รูปที่ 1.2 แผนที่ข้อมูลพื้นฐาน 5

รูปที่ 1.3 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน 5

รูปที่ 2.1 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (จำแนกระดับ 1) 23

รูปที่ 2.2 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (จำแนกระดับ 2) 23

รูปที่ 2.3 การกระจายของข้อมูลและเส้นกราฟถดถอยเชิงเส้น 25

รูปที่ 2.4 กราฟของสมการเส้นตรง 25

รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องมือ Exploratory Regression 28

รูปที่ 2.6 แสดงการเลือกจำนวนตัวแปรผลลัพธ์และการกำหนดค่าทางสถิติจาก เครื่องมือ Exploratory Regression 28

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างผลลัพธ์ของตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกจากเครื่องมือ Exploratory Regression 29

รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Global Summary จากเครื่องมือ Exploratory Regression 29

รูปที่ 2.9 ตัวอย่าง Summary of Variable Significance จากเครื่องมือ Exploratory Regression 29

รูปที่ 2.10 ตัวอย่าง Summary of Multicollinearity จากเครื่องมือ Exploratory Regression 30

รูปที่ 2.11 ตัวอย่าง Summary of Residual Normality จากเครื่องมือ Exploratory Regression 30

รูปที่ 2.12 ตัวอย่าง Summary of Residual Spatial Autocorrelation จากเครื่องมือ Exploratory Regression 30

รูปที่ 2.13 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามหลักการของ Moran’s I 31

รูปที่ 2.14 ตัวอย่างผลลัพธ์จากเครื่องมือ Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) 32

รูปที่ 2.15 แสดงเครื่องมือ Ordinary Least Squares 33

รูปที่ 2.16 ตัวอย่างผลลัพธ์ค่าความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือ Ordinary Least Squares 33

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างผลลัพธ์ค่าทางสถิติต่าง ๆ จากเครื่องมือ Ordinary Least Squares 34

หน้า

รูปที่ 2.18 แผนภูมิแท่งและแผนภูมิการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม 35
รูปที่ 2.19 แสดงแผนภูมิของค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลอง 36
รูปที่ 2.20 แผนภูมิแสดงการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง 36
รูปที่ 2.21 การกระจายของค่าคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม 36
รูปที่ 2.22 แสดงเครื่องมือ GWR 38
รูปที่ 2.23 แสดงชั้นข้อมูลผลลัพธ์จากเครื่องมือ GWR 38
รูปที่ 2.24 แสดงรายงานค่าผลลัพธ์ทางสถิติต่าง ๆ ของแบบจำลองจากเครื่องมือ GWR 38
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ในการศึกษา 39
รูปที่ 3.2 แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้าน 41
รูปที่ 3.3 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง 44
รูปที่ 3.4 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตป่าสงวนและอุทยานแห่งชาติ 44
รูปที่ 3.5 แสดงช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร ที่ได้จากเครื่องมือ Create Fishnet 45
รูปที่ 3.6 แสดงการซ้อนทับชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้านลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริด 45
รูปที่ 3.7 แสดงการซ้อนทับชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริด 46
รูปที่ 3.8 แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้านและชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินก่อนการซ้อนทับลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 46
รูปที่ 3.9 แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้านและชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินหลังการซ้อนทับลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 46
รูปที่ 3.10 แสดงการเลือกตัวแปรในเครื่องมือ Exploratory Regression 48
รูปที่ 3.11 แสดงการกำหนดค่าทางสถิติต่าง ๆ ในเครื่องมือ Exploratory Regression 48
รูปที่ 3.12 แสดงผลลัพธ์ของตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกจากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 49
รูปที่ 3.13 แสดงผลลัพธ์ Global Summary จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 49
รูปที่ 3.14 แสดงผลลัพธ์ Summary of Variable Significance จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 50

หน้า

รูปที่ 3.15 แสดงผลลัพธ์ Summary of Multicollinearity จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 50
รูปที่ 3.16 แสดงผลลัพธ์ Summary of Residual Normality (Jarque-Bera) จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 51
รูปที่ 3.17 แสดงผลลัพธ์ Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA) จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 51
รูปที่ 3.18 แสดงการเลือกตัวแปรในเครื่องมือ Ordinary Least Squares 52
รูปที่ 3.19 แสดงชั้นข้อมูลผลลัพธ์ค่าคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือ Ordinary Least Squares บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 52
รูปที่ 3.20 แสดงผลลัพธ์ค่าทางสถิติต่าง ๆ จากเครื่องมือ Ordinary Least Squares บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร 53
รูปที่ 4.1 ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ของสมการแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์หน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 ตร.กม. 65
รูปที่ 4.2 ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ของสมการแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์หน่วยพื้นที่ขนาด 5x5 ตร.กม. 66
รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของความหนาแน่นของประชากรระหว่าง 1 ถึง 50 คน/ตร.กม. 67
รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของความหนาแน่นของประชากร 50 คน/ตร.กม. ขึ้นไป 67
รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของแต่ละช่วงค่า MAPE จากแบบจำลองฯ บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1x1 ตารางกิโลเมตร 68
รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของแต่ละช่วงค่า MAPE จากแบบจำลองฯ บนหน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 ตารางกิโลเมตร 68
รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของความหนาแน่นประชากรที่มากกว่า 5 10 และ 15 คน/ตร.กม. 69

หน้า

รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ และการประมาณค่าจากข้อมูลประชากรรายตำบล บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 71
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ และการประมาณค่าจากข้อมูลประชากรรายตำบล บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 71
รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ระดับความละเอียด บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 73
รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ระดับความละเอียด บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 73
รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ระดับความละเอียด บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 74
รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการตัดพื้นที่ป่าในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 75
รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการตัดพื้นที่ป่าในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 75
รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการตัดพื้นที่ป่าในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 76
รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ในพื้นที่ความหนาแน่นของประชากรน้อยและมาก บนหน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 และ 3x3 ตารางกิโลเมตร 78
รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ในพื้นที่ความหนาแน่นของประชากรน้อยและมาก บนหน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 และ 3x3 ตารางกิโลเมตร 78
รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการเพิ่มตัวแปรพื้นที่ป่าและเขตเทศบาลในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 79
รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการเพิ่มตัวแปรพื้นที่ป่าและเขตเทศบาลในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 79

หน้า

รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการเพิ่มตัวแปรพื้นที่ป่าและเขตเทศบาลในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 80

รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 ในการสร้างแบบจำลองจากเครื่องมือ OLS และ GWR 80

รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE ในการสร้างแบบจำลองจากเครื่องมือ OLS และ GWR 81

รูปที่ 4.23 แผนที่แสดงร้อยละการลดลงของค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย GWR บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 3x3 ตารางกิโลเมตร 81

รูปที่ 4.24 แผนที่แสดงร้อยละการลดลงของค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย GWR บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 4x4 ตารางกิโลเมตร 82

รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการขยับตำแหน่งหน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 25 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 83

รูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการขยับตำแหน่งหน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 25 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 83

รูปที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการขยับตำแหน่งหน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 25 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 84

รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 85

รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 86

รูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร 86

รูปที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากข้อมูลร้อยละ 10 ถึง 90 บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 3x3 ตารางกิโลเมตร 87

รูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากข้อมูลร้อยละ 10 ถึง 90 บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 4x4 ตารางกิโลเมตร 87

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในการวางแผน การตัดสินใจ และการปฏิบัติงานเพื่อพัฒนาหรือแก้ปัญหาด้านต่าง ๆ ส่วนใหญ่นั้น ข้อมูลประชากรนับว่าเป็นปัจจัยสำคัญในอันดับแรก ๆ เนื่องจากการกำหนดเป้าหมายและดัชนีชี้วัดต่าง ๆ จะต้องใช้ข้อมูลประชากรในการวิเคราะห์และเปรียบเทียบเสมอ ความสำคัญของข้อมูลประชากรยังครอบคลุมมาถึงการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เพื่อสนับสนุนภารกิจในงานด้านต่าง ๆ ด้วยเช่นกัน โดยข้อมูลชั้นแผนที่แสดงจำนวนหรือความหนาแน่นของประชากรนั้น นับเป็นชั้นข้อมูลที่ถูกใช้แทนปัจจัยทางเศรษฐกิจและสังคมในการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ด้านต่าง ๆ ในระบบ GIS จำนวนมาก ดังนั้นความละเอียดถูกต้องของข้อมูลประชากรเชิงพื้นที่จึงเป็นสิ่งที่มีความสำคัญอย่างยิ่งต่อความถูกต้องของผลการวิเคราะห์นั้น ๆ การสำรวจและประมวลผลเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลประชากรเชิงพื้นที่จึงต้องกระทำอย่างถูกต้องและละเอียดถี่ถ้วนเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ตรงต่อความต้องการของผู้ใช้งานและมีความน่าเชื่อถือ

ในปัจจุบัน แหล่งข้อมูลหลักของข้อมูลจำนวนประชากรคือข้อมูลประชากรจากสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง หรือที่รู้จักกันในชื่อข้อมูลทะเบียนราษฎร์ ซึ่งเป็นข้อมูลจำนวนประชากรในทะเบียนบ้านแต่ละหลัง หากแต่ข้อมูลประชากรส่วนใหญ่นั้นจะถูกจัดแบ่งตามขอบเขตการปกครอง ดังนั้นหากต้องการที่จะทราบข้อมูลประชากรในขอบเขตพื้นที่อื่น ๆ ที่มิใช่เขตการปกครองเพื่อที่จะนำมาใช้ในการจัดการทรัพยากรต่าง ๆ รวมถึงการตัดสินใจทางด้านต่าง ๆ จึงต้องอาศัยการประมาณค่า (Interpolation) เท่านั้น อย่างไรก็ตาม ข้อมูลจำนวนประชากรในขอบเขตพื้นที่ใหม่ที่ได้จากการประมาณค่ามักมีความคลาดเคลื่อนสูง ทั้งนี้เนื่องจากในการคำนวณเกี่ยวกับการกระจายตัวของประชากร มักใช้สมมติฐานที่ว่าความหนาแน่นของประชากรมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งหน่วยพื้นที่เขตการปกครองแต่ละหน่วย แต่ในความเป็นจริงความหนาแน่นของประชากรนั้นมีความไม่สม่ำเสมอเท่ากันทั่วทั้งพื้นที่ แต่จะแปรเปลี่ยนไปตามปัจจัยต่าง ๆ เช่น ปัจจัยทางกายภาพหรือปัจจัยทางภูมิศาสตร์ ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและวัฒนธรรม เป็นต้น ดังนั้นการปรับปรุงความถูกต้องของผลลัพธ์ของการประมาณค่าดังกล่าวคือการวิเคราะห์จัดสร้างข้อมูลประชากรเชิงพื้นที่ที่อ้างอิงอยู่บนหน่วยพื้นที่ที่เล็กลงและมีความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างสม่ำเสมอทั่วทั้งหน่วยพื้นที่ ซึ่งเป็นเทคนิคทางด้านแผนที่ที่รู้จักกันในชื่อของการทำ Dasymetric Mapping โดยเป็นการ

นำข้อมูลเงื่อนไขหรือปัจจัยเชิงพื้นที่ต่าง ๆ มาวิเคราะห์กระจายค่าจำนวนประชากรไปที่หน่วยพื้นที่ที่เล็กกว่าเดิม จนได้ข้อมูลประชากรที่มีความหนาแน่นค่อนข้างสม่ำเสมอในแต่ละหน่วยพื้นที่

แบบจำลองที่อธิบายเงื่อนไขปัจจัยของการกระจายตัวของความหนาแน่นของประชากรดังกล่าว หรือในที่นี้จะเรียกสั้น ๆ ว่า แบบจำลองการประจายตัวของประชากร จึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการที่จะสามารถประมาณค่าจำนวนประชากรเชิงพื้นที่ให้ได้ค่าที่มีความถูกต้องใกล้เคียงกับความเป็นจริง ซึ่งจะช่วยสนับสนุนการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ในการประยุกต์ใช้ GIS ในงานด้านต่าง ๆ เป็นอย่างมาก อย่างไรก็ตาม ในการศึกษาเกี่ยวกับการกระจายตัวของประชากรนั้น ส่วนใหญ่เป็นการศึกษารูปแบบการกระจายตัวของประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ (Skeldon, 1990; Bertaud, 2003; Martine, 2005) และที่ผ่านมายังไม่พบว่าได้เคยมีการศึกษาพัฒนาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรในรูปแบบของแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าจำนวนประชากรในพื้นที่ต่าง ๆ ของประเทศไทยมาก่อน

จากการศึกษาวิจัยที่ผ่านมานั้น พบว่าได้มีการศึกษาสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรเชิงพื้นที่ไว้บ้างในประเทศอื่น (Wu, 2005; Tian, 2005) โดยปัจจัยทางภูมิศาสตร์ที่ได้มีการวิเคราะห์ว่ามีความสัมพันธ์อย่างมากกับการกระจายตัวของประชากรก็คือการใช้ประโยชน์ที่ดินและสามารถใช้เป็นตัวแทนของปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ ได้ เนื่องจากได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ แล้ว ซึ่งการนำแนวทางดังกล่าวมาใช้ในการสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรของประเทศไทยนั้นน่าจะมีความเป็นไปได้ หากความถูกต้องของแบบจำลองฯที่พัฒนาขึ้นดังกล่าว อยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้

งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาพัฒนาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรเชิงพื้นที่ ในรูปแบบสมการความสัมพันธ์กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยการประยุกต์ใช้วิธีการสถิติเชิงพื้นที่ (Spatial statistics) และวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองฯ รวมไปถึงการประเมินความเหมาะสมของการปรับปรุงแบบจำลองฯ ทั้งนี้จะใช้ข้อมูลประชากรของจังหวัดสุพรรณบุรีในการพัฒนาและทดสอบแบบจำลองฯ เนื่องจากจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นจังหวัดที่ได้มีการสำรวจข้อมูลตำแหน่งบ้านและมีการเก็บข้อมูลประชากรไว้อย่างละเอียดถึงในระดับครัวเรือน จึงเหมาะสำหรับใช้ในการพัฒนาและทดสอบแบบจำลองที่สร้างขึ้นในงานวิจัยนี้

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 ศึกษาจัดทำแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรในพื้นที่ศึกษา บนปัจจัยข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน โดยใช้วิธีการสถิติเชิงพื้นที่

1.2.2 ศึกษาและประเมินความเหมาะสมของการปรับปรุงแบบจำลองฯ

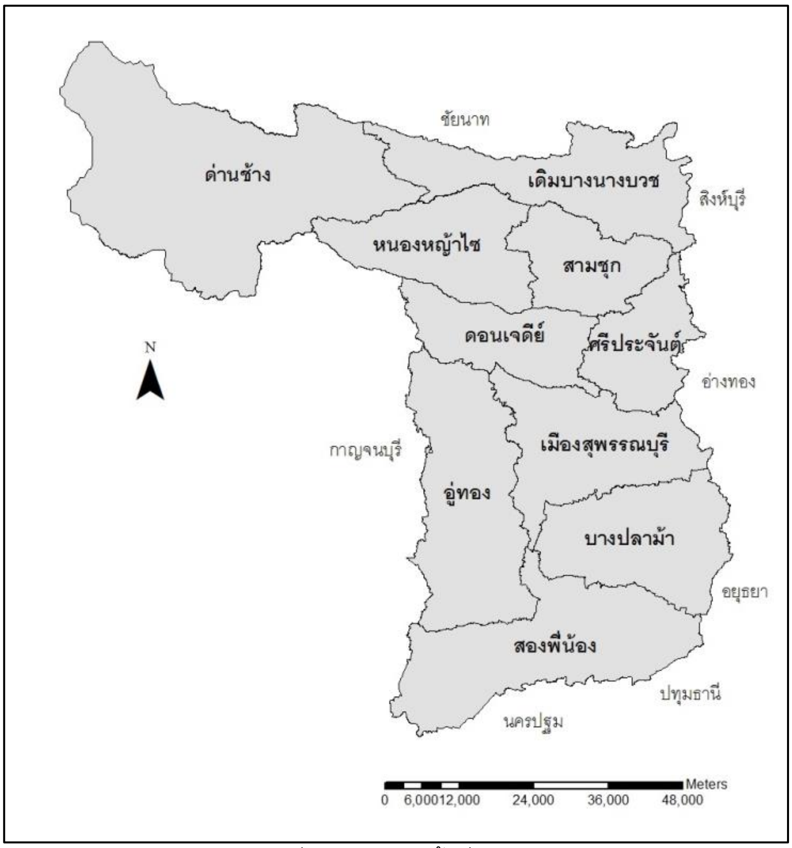
1.3 ขอบเขตการวิจัย

1.3.1 ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา

ขอบเขตเนื้อหาที่ศึกษา ได้แก่ การศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรในรูปแบบสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยเลือกใช้ความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยหลัก เนื่องจากการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นมีความสัมพันธ์กับปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของประชากร

1.3.2 ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

ขอบเขตพื้นที่ศึกษาที่ใช้ในการวิจัยครอบคลุมพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี โดยใช้ในการศึกษาและทดสอบแบบจำลอง



รูปที่ 1.1 บริเวณพื้นที่ศึกษา

1.3.3 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ได้แก่ข้อมูลของจังหวัดสุพรรณบุรี โดยเป็นข้อมูลทุติยภูมิจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ มีข้อมูลหลักคือข้อมูลตำแหน่งบ้านและจำนวนประชากร ข้อมูลสภาพการใช้ที่ดิน รวมทั้งข้อมูลปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ ได้แก่ข้อมูลเขตป่าสงวนแห่งชาติและเขตอุทยานแห่งชาติ ข้อมูลเส้นโครงข่ายถนน และข้อมูลเขตการปกครอง ดังรายการข้อมูลและรายละเอียดดังนี้

1) ข้อมูลตำแหน่งบ้าน เป็นข้อมูลซึ่งทางสำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรีจัดทำขึ้นจากข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมาตราส่วน 1:4000 (ถ่ายเมื่อปี พ.ศ.2548) มีลักษณะเป็นข้อมูลจุด โดยแต่ละจุดมีข้อมูลลักษณะประจำเป็นค่ารหัสหมายเลขประจำบ้าน (ตามที่กำหนดโดยกรมการปกครอง) ซึ่งถึงแม้จะได้พบภายหลังว่าข้อมูลตำแหน่งบ้านที่มีอยู่นั้นยังไม่สมบูรณ์นัก แต่ก็ถือว่ามีความครบถ้วนของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ที่เพียงพอต่อการนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้

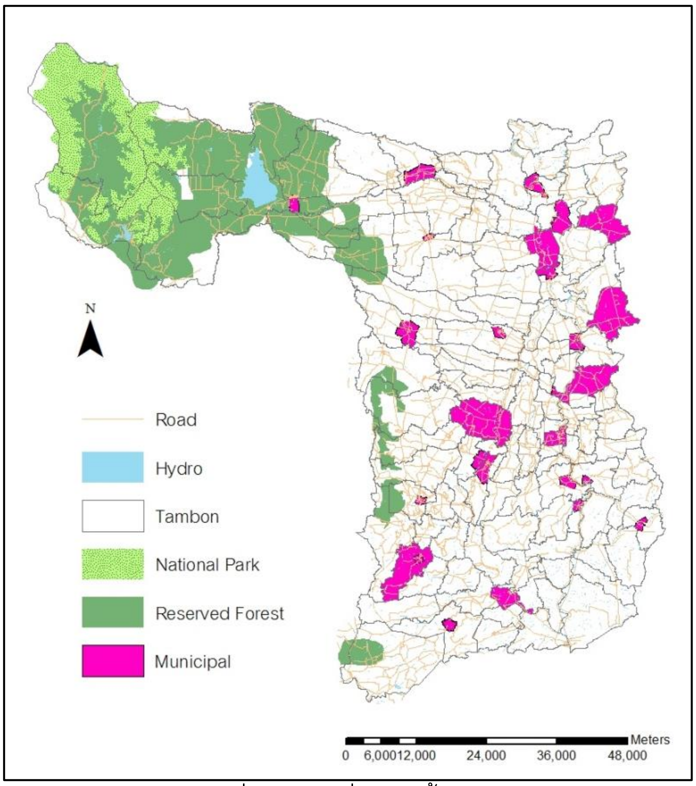
2) ข้อมูลประชากร เป็นข้อมูลจำนวนประชากรในบ้านแต่ละหลังตามฐานข้อมูลจากสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง ปี พ.ศ.2550 อยู่ในรูปของข้อมูลตาราง โดยมีข้อมูลลักษณะประจำที่ระบุจำนวนประชากรในแต่ละบ้านตามเลขรหัสประจำบ้าน รวมทั้งมีข้อมูลที่อยู่ของบ้านนั้น ๆ ได้แก่ บ้านเลขที่ หมู่ที่ ตำบล และอำเภอที่บ้านนั้น ๆ ตั้งอยู่

3) ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน เป็นข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2551 จากกรมพัฒนาที่ดิน มีระดับความละเอียดในมาตราส่วน 1:25,000 ซึ่งได้จากการแปลจากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน 1:4,000 มีลักษณะเป็นพื้นที่รูปปิด (Polygon) พร้อมรหัสประเภทการใช้ที่ดิน โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (จำแนกระดับที่ 3) รวม 96 ประเภท แต่การใช้ที่ดินหลายประเภทมีสัดส่วนขนาดเนื้อที่น้อยมาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการประมวลผล จึงได้มีการยุบรวมพื้นที่การใช้ที่ดินบางประเภทเข้าเป็นการใช้ที่ดินในระดับที่สูงกว่า ทำให้เหลือประเภทการใช้ที่ดิน 17 ประเภท

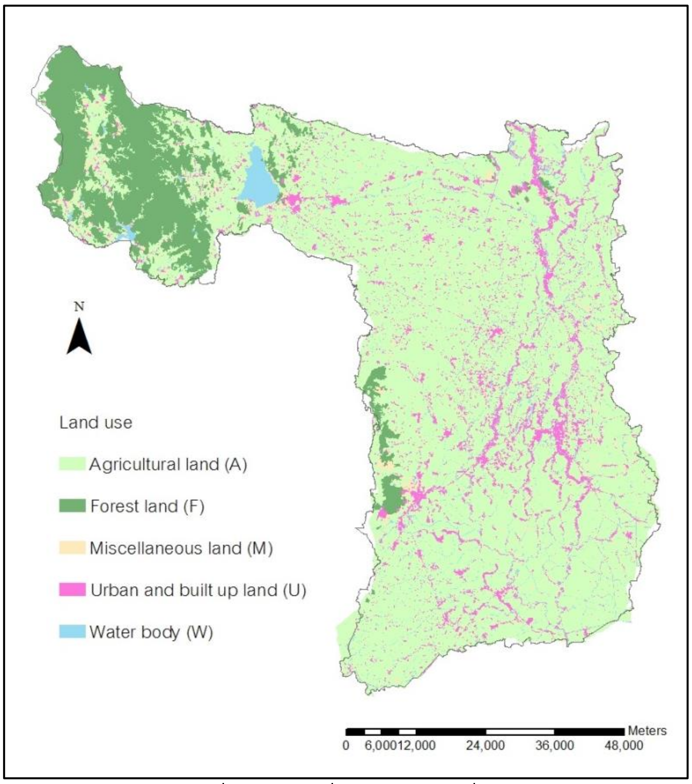
4) ข้อมูลขอบเขตการปกครอง เป็นข้อมูลรูปปิด (Polygon) ของขอบเขตการปกครองจังหวัดสุพรรณบุรีจากสำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรี ประกอบด้วยขอบเขตพื้นที่จังหวัด ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตตำบล ขอบเขตเทศบาล และขอบเขตหมู่บ้าน

5) ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ป่า ประกอบด้วยเขตป่าสงวนที่ประกาศราชกิจจาในจังหวัดสุพรรณบุรี และเขตอุทยานแห่งชาติในจังหวัดสุพรรณบุรี โดยมีลักษณะเป็นข้อมูลพื้นที่รูปปิด (Polygon)

6) ข้อมูลโครงข่ายถนน เป็นข้อมูลแผนที่เส้นทางโครงข่ายถนนในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี ได้จากสำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรี



รูปที่ 1.2 แผนที่ข้อมูลพื้นฐาน



รูปที่ 1.3 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน

1.4 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัย

1.4.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการกระจายตัวของประชากรที่สัมพันธ์กับการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นหลัก

1.4.2 รวบรวมและเตรียมข้อมูลสำหรับการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ข้อมูลตำแหน่งบ้าน ข้อมูลประชากร ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ข้อมูลขอบเขตการปกครอง และข้อมูลขอบเขตป่า

1.4.3 จัดสร้างหน่วยพื้นที่ช่องกริดรูปสี่เหลี่ยมจตุรัสขนาด 1x1 ถึง 10x10 ตารางกิโลเมตร เพื่อใช้เป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1.4.4 ทำการวิเคราะห์ซ้อนทับ (overlay) ชั้นแผนที่ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเชื่อมโยงและวิเคราะห์คำนวณค่าข้อมูลจำนวนประชากรและข้อมูลพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทเข้าสู่หน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นช่องกริดขนาดต่าง ๆ ที่จัดสร้างไว้ ซึ่งจะเป็นข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยในแต่ละหน่วยพื้นที่ช่องกริดขนาดต่าง ๆ

1.4.5 วิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่ เพื่อนำตัวแปรประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรมาวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์

1.4.6 วิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ ในรูปแบบสมการความสัมพันธ์เชิงเส้น

1.4.7 วิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด Coefficient of Determination (R^2) ของสมการถดถอยฯ ที่ได้ ค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้ และการเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้จากแบบจำลองกับค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของจำนวนประชากรเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลประชากรรายตำบล

1.4.8 ทดลองเพื่อหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร

1.4.9 สรุปผลการศึกษาพร้อมข้อเสนอแนะ เรียบเรียง และจัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

ขั้นตอนและวิธีการดำเนินการวิจัยโดยละเอียดจะมีการนำเสนอต่อไปในบทที่ 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ได้ทราบเทคนิควิธีการและข้อจำกัดต่าง ๆ ของการประยุกต์ใช้ฟังก์ชันการวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงพื้นที่ในการจัดทำแบบจำลองความสัมพันธ์เชิงพื้นที่

1.5.2 ได้แบบจำลองที่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรในแต่ละพื้นที่จากการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่ (Spatial statistics)

1.5.3 แบบจำลองสามารถนำไปปรับใช้ในการประมาณค่าความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่อื่น ๆ โดยใช้การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นตัวกำหนดได้

บทที่ 2

แนวคิดและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความสัมพันธ์ระหว่างการกระจายตัวของประชากรกับปัจจัยต่าง ๆ

ได้มีการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับการกระจายตัวของประชากรมาอย่างต่อเนื่องและยาวนาน ตัวอย่างเช่นงานของ Pozzi and Small (2002) และ Fisher and Martinez (2009) โดย Pozzi และ Small ได้ศึกษาถึงการกระจายตัวของประชากรโลกและการใช้ที่ดินในเมือง พบว่าการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของประชากรนั้นเป็นผลกระทบจากการใช้ประโยชน์ที่ดินในระบบนิเวศน์โลก การได้มาซึ่งข้อมูลประชากรนั้นสามารถทำได้โดยการสำมะโนประชากรและการตรวจจับแสงไฟในเวลากลางคืนโดยดาวเทียม แต่ที่แตกต่างกันอย่างชัดเจนคือ ตัวแทนการกระจายตัวของประชากรจากการสำมะโนประชากรบ่งชี้ว่าร้อยละ 37 ของพื้นที่โลกนั้นมีความหนาแน่นของประชากรมากกว่า 1 คนต่อตารางกิโลเมตร โดยร้อยละ 50 ของประชากรในปี 1990 มีพื้นที่อยู่อาศัยน้อยกว่าร้อยละ 3 ในขณะที่พื้นที่ที่ได้จากการตรวจจับแสงไฟโดยดาวเทียมให้ผลลัพธ์ที่บ่งชี้ว่าการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของการตั้งถิ่นฐานในเมืองส่งผลให้การใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงอย่างมาก แสงสว่างที่ตรวจจับได้กว่า 60,000 พื้นที่นั้นอธิบายได้ว่าร้อยละ 50 ของพื้นที่แสงสว่างเหล่านี้เกี่ยวข้องกับการรวมตัวของเขตเมือง จะเห็นได้ว่าการใช้ที่ดินเกี่ยวเนื่องกับความหนาแน่นของประชากรเป็นอย่างมาก อีกทั้งยังมีอิทธิพลต่อสิ่งแวดล้อมทั้งใกล้และไกล และความแตกต่างของความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินในเมืองและชนบทยังเป็นตัวบ่งชี้ความแตกต่างของสิ่งแวดล้อมทางกายภาพอีกด้วย

สำหรับงานของ Fisher และ Martinez นั้น เป็นการศึกษาวิเคราะห์การกระจายตัวของประชากรโลก เพื่อวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของประชากร โดยมีการศึกษาถึงการกระจายตัวของประชากรโลกกับความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางชีววิทยาเช่น อัตราการเกิด อัตราการตาย และปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม มีการใช้เทคนิคในการประมวลผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์ต่าง ๆ กับทั้งปัจจัยทางชีววิทยาและปัจจัยที่เกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเพื่อศึกษาว่าปัจจัยใดมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของประชากร มีการใช้สถิติในการทดสอบใน 15 ประเทศที่มีความหนาแน่นของประชากรสูงสุดและต่ำสุด และสรุปได้ว่าปัจจัยทางชีววิทยานั้นมีอิทธิพลต่อความหนาแน่นของประชากรมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับปัจจัยทางด้านสิ่งแวดล้อมที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้

2.1.2 แนวทางต่าง ๆ ในการประมาณค่าประชากรด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศทางภูมิศาสตร์และการสำรวจระยะไกล

Wu et al. (2005) ได้ศึกษาทบทวนแนวทางและวิธีการต่าง ๆ ในการประมาณค่าจำนวนประชากรโดยการใช้เทคโนโลยีระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (GIS) และการสำรวจระยะไกล (Remote sensing) ที่มีอยู่ในปัจจุบัน โดยวิธีการเหล่านี้แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มวิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Areal interpolation methods) และกลุ่มวิธีการสร้างแบบจำลองทางสถิติ (Statistical modeling methods)

1) วิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่เป็นการประมาณค่าข้อมูลลักษณะประจำจากหน่วยพื้นที่หนึ่ง ไปเป็นประชากรในหน่วยพื้นที่อื่น โดยมีการเรียกหน่วยพื้นที่ทั้งสองว่าเป็น source zone และ target zone ตามลำดับ วิธีการประมาณค่าเชิงพื้นที่นี้ ยังแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มย่อย ดังนี้

การประมาณค่าเชิงพื้นที่โดยปราศจากข้อมูลอื่น ๆ ร่วมด้วย ได้แก่ วิธีการประมาณค่าจากจุด ซึ่งเป็นการประมาณค่าโดยกำหนดให้จุดควบคุมเป็นตัวแทนของแต่ละ source zone และสร้าง grid map โดยที่ค่าของ grid point ประมาณมาจากจุดควบคุม และในทางตรงกันข้าม วิธีการประมาณค่าจากพื้นที่ จะใช้ source zone แทนการใช้จุดควบคุมเป็นตัวแทน และมีการตระหนักถึงการปรับค่าประชากรรวม (volume preservation) ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการประมาณค่าที่แม่นยำ

การประมาณค่าเชิงพื้นที่โดยอาศัยข้อมูลอื่น ๆ ร่วมด้วย เนื่องจากประชากรนั้นมีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลอื่น ๆ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายการคมนาคม เป็นต้น ดังนั้นการประมาณค่าเชิงพื้นที่โดยอาศัยข้อมูลอื่น ๆ ร่วมด้วยจึงให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำกว่า เนื่องจากข้อมูลอื่น ๆ อาจเป็นข้อมูลที่สะท้อนให้เห็นถึงการกระจายตัวทางพื้นที่ของประชากร วิธีการประมาณค่าที่เป็นที่นิยมของการประมาณค่าเชิงพื้นที่คือ dasymetric method

2) วิธีการสร้างแบบจำลองทางสถิติให้ความสนใจในเรื่องของความสัมพันธ์ระหว่างประชากรและตัวแปรอื่น ๆ ในการประมาณค่าประชากรรวมของพื้นที่ โดยวิธีการนี้ไม่ได้ใช้ข้อมูลสำมะโนประชากรโดยตรง แต่จะใช้ประโยชน์จากตัวแปรลักษณะทางสังคมและปรับใช้ทฤษฎีของภูมิศาสตร์เมืองในการประมาณค่าประชากร การใช้แบบจำลองทางสถิติในการประมาณจำนวนประชากรนั้นเกิดขึ้นครั้งแรกในปีคริสต์ศักราช 1950 เนื่องจากเกิดความต้องการข้อมูลประชากรในเวลาอันรวดเร็ว แต่มีใช้ค่าใช้จ่ายสูง และมีจำนวนคนมาก จึงมีการนำแบบจำลองทางสถิติมาประยุกต์ใช้ อย่างไรก็ตามวิธีนี้ยังถูกนำมาใช้เพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของการจำแนกประชากรอีกด้วย

ตัวแปรทางสังคมและเศรษฐกิจเช่นราคาบ้าน เริ่มมีการนำมาใช้ในปีคริสต์ศักราช 1950 โดยนำมาใช้ในการหาข้อมูลประชากร ซึ่งนักวิจัยได้สร้างแบบจำลองไว้หลายแบบจำลองเพื่อที่จะประมาณจำนวนประชากรในมาตราส่วนที่ต่างกัน ด้วยข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกล หลาย ๆ ชนิด โดยจำนวนประชากรจะมีความสัมพันธ์กับข้อมูล 5 กลุ่ม ได้แก่ พื้นที่เมือง การใช้ประโยชน์ที่ดิน หน่วยที่อยู่อาศัย คุณลักษณะพิกเซลล์ของภาพ และลักษณะทางกายภาพอื่น ๆ หรือลักษณะทางสังคม

2.1.3 การคาดการณ์ความหนาแน่นประชากรด้วยข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

Loftin and Ward (1983) ได้ศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเกิดของประชากรและความหนาแน่นของประชากร พร้อมทั้งอภิปรายตรวจสอบข้อมูลต่าง ๆ ที่มีอยู่ และสรุปได้ว่าแบบจำลองที่ปราศจากการพิจารณาในเรื่องของกระบวนการทางพื้นที่นั้นเป็นแบบจำลองที่ไม่สมบูรณ์ ดังนั้นการประมาณค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ สำหรับแบบจำลองจึงไม่แม่นยำ และได้มีการพัฒนาแบบจำลองซึ่งรวมความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial autocorrelation) เข้าไว้ด้วยกัน พร้อมทั้งนำข้อมูลต่าง ๆ มาวิเคราะห์อีกครั้ง และผลลัพธ์ที่ได้นั้นแตกต่างจากงานวิจัยอื่น ๆ จึงสรุปว่าการพิจารณาถึงปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นบนพื้นที่นั้นมีความสำคัญในการสร้างแบบจำลองของกระบวนการทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับหน่วยการวิเคราะห์ทางภูมิศาสตร์

จากงานวิจัย Modeling population density using land cover data ของ Tian et al. (2005) นั้น ได้มีการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและข้อมูลจากปัจจัยอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อการกระจายตัวของประชากร ทั้งปัจจัยจากธรรมชาติ เช่น ความสูงของภูมิประเทศและสภาพอากาศ และปัจจัยทางสังคม เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดิน ทางรถไฟ ตำแหน่งเมือง ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับการกระจายตัวของประชากร บ่งชี้ว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นเป็นปัจจัยหลักที่ได้สะท้อนอิทธิพลของปัจจัยอื่นต่อการกระจายตัวของประชากร และเป็นเพียงปัจจัยเดียวที่ได้ถูกใช้เป็นข้อมูลในการสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ของความหนาแน่นประชากรในสาธารณรัฐประชาชนจีน

ในงานวิจัยดังกล่าว Tian et al. ได้ทำการสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรในสาธารณรัฐประชาชนจีน (China’s population distribution model, CPDM) โดยใช้ข้อมูลประชากรในระดับ county โดยแยกเป็นแบบจำลองฯ สำหรับพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบท

สำหรับพื้นที่ชนบท ใช้การคำนวณสัมประสิทธิ์ความเป็นไปได้ของประชากรจากแบบจำลองเชิงเส้นแบบถ่วงน้ำหนัก (Weighted linear model) โดยเริ่มจากการแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่

1) พื้นที่ที่ไม่ถูกใช้ในแบบจำลอง เช่น พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ประโยชน์ โดยจะมีค่าสัมประสิทธิ์เท่ากับ 0

2) พื้นที่ที่ใช้ในแบบจำลอง ถูกแบ่งออกเป็นพื้นที่ที่เป็นที่พักอาศัย (residential areas) และพื้นที่ที่ไม่ใช่ที่พักอาศัย (non-residential areas) ในการคำนวณสัมประสิทธิ์ และเพื่อความมีประสิทธิภาพของแบบจำลอง จึงมีการวิเคราะห์ชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ที่มีลักษณะคล้ายกัน โดยการจัดแบ่งพื้นที่ตามเขตเกษตรกรรมทั้งหมด 12 เขต และเลือกตัวแปรที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของแต่ละเขตโดยวิธี stepwise regression และพิจารณาการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีนัยสำคัญมาเป็นตัวแปรในการหาสัมประสิทธิ์ความน่าจะเป็น

ตัวแปรหรือปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของประชากรข้างต้น ได้ถูกนำไปวิเคราะห์สร้างแบบจำลอง โดยใช้ Multivariate regression ดังสมการที่ 2.1 (Tian et al.,2005)

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \cdots + \beta_n x_n \quad (2.1)$$

เมื่อ y = ความหนาแน่นของประชากรในชนบท

x_n = พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท n ที่ได้เลือกไว้

β = ค่าสัมประสิทธิ์

จากนั้นได้มีการปรับปรุงค่าสัมประสิทธิ์ โดยตรวจสอบจากผลลัพธ์ที่ได้จากการเลือกตัวแปรด้วย stepwise regression ซึ่งแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับจำนวนประชากร จึงสามารถให้ค่าน้ำหนักของการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ และค่าน้ำหนักของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละชนิดจะนำไปคำนวณค่าสัมประสิทธิ์จากสมการที่ 2.2 (Tian et al.,2005)

$$V_{jr} = \sum_{n=1}^{10} A_{jn} W_{mn} \quad (2.2)$$

เมื่อ V_{jr} = ค่าสัมประสิทธิ์ของความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ชนบท

A_{jn} = พื้นที่ของการใช้ประโยชน์ที่ดินชนิดที่ n ในเซลล์ที่ j

W_{mn} = น้ำหนักที่คำนวณจาก stepwise regression ของการใช้ที่ดินชนิดที่ n ในเขตเกษตรกรรมที่ m

สำหรับการหาสัมประสิทธิ์ในพื้นที่เมืองนั้น ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากรจะขึ้นอยู่กับขนาดของเมือง โดยเมืองที่มีขนาดใหญ่จะมีความหนาแน่นมาก ซึ่งความหนาแน่นนั้นก็จะลดลงตามระยะทางที่ห่างจากจุดศูนย์กลางเมือง จึงใช้แบบจำลองที่คำนวณค่าสัมประสิทธิ์ด้วยปัจจัย

ขนาดของเมืองและระยะทางจากศูนย์กลางเมือง (รายละเอียดจะไม่นำมาแสดงไว้ในที่นี้ เนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พิจารณาแล้วเห็นว่าไม่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาซึ่งพื้นที่เมืองมีขนาดไม่ใหญ่มาก)

ในการตรวจสอบแบบจำลองนั้น ใช้การสุ่มตรวจสอบความหนาแน่นของประชากรที่ได้จากการคำนวณด้วยแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรทั้งในพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบท เพื่อให้ได้ความเชื่อมั่นที่ 95% โดยมีการสุ่มตัวอย่าง 196 ตัวอย่างในพื้นที่ชนบท และ 112 ตัวอย่างในพื้นที่เมืองจากขนาดและชนิดของพื้นที่ที่แตกต่างกัน และผลจากการตรวจสอบพบว่าในพื้นที่ชนบทนั้นมีความถูกต้องของแบบจำลองมากกว่าในพื้นที่เมือง ซึ่งในบทความดังกล่าวได้อธิบายว่าในพื้นที่เมืองบางพื้นที่เป็นที่สูงหรือภูเขา ดังนั้นจะเกิดค่าความผิดพลาดได้มาก เพราะข้อมูลภูมิศาสตร์ที่มีอยู่มีความละเอียดไม่เพียงพอ

เทคนิคการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองในงานวิจัยดังกล่าว ยังมีการใช้การเปรียบเทียบกับข้อมูล Landscan ซึ่งเป็นข้อมูลประชากรที่ได้จากภาพถ่ายดาวเทียมของพื้นที่ในเวลากลางคืน ซึ่งพบว่าข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องมากกว่าข้อมูล Landscan ทั้งในพื้นที่เมืองและชนบท โดยในพื้นที่ที่ใกล้กับเส้นทางคมนาคมและเขตเมือง ข้อมูลจาก Landscan จะมีมากกว่าค่าจริง ในขณะที่บริเวณชานเมืองจะมีค่าต่ำกว่าค่าจริง

ทั้งนี้ผลการทดสอบแบบจำลองพบว่าค่าความผิดพลาดในการประมาณจำนวนประชากรคิดเป็นร้อยละ 3.13 ในเขตชนบท และร้อยละ 5.26 ในเขตเมือง เมื่อเปรียบเทียบกับแบบจำลองอื่นแล้วนั้น ค่าความถูกต้องที่ได้จาก CPDM จะสูงกว่าทั้งในระดับเซลล์ มณฑล และระดับจังหวัด

2.2 ความรู้และข้อมูลพื้นฐาน

2.2.1 การกระจายตัวของประชากรในประเทศไทย

ความหนาแน่นของประชากร (Population density) หมายถึง จำนวนประชากรต่อหน่วยพื้นที่ พื้นที่ใดมีความหนาแน่นประชากรสูง แสดงว่ามีจำนวนประชากรมาก

ความหนาแน่นประชากรเป็นการวัดปริมาณประชากรในหน่วยพื้นที่หนึ่ง ๆ โดยขึ้นอยู่กับกลุ่มตัวอย่างที่เลือกนำมาสำรวจ เช่น ความหนาแน่นของประชากรในประเทศหรือความหนาแน่นประชากรในเขตที่อยู่อาศัย และในบางครั้งจะเป็นการยากในการวัดที่ได้ค่าความหนาแน่นที่แน่นอน หน่วยที่ใช้ในการวัดความหนาแน่น ได้แก่ จำนวนประชากรต่อตารางกิโลเมตร หรือ จำนวนบ้านต่อพื้นที่ตารางกิโลเมตร หรือในบางกรณีพิเศษจะใช้เป็นจำนวนประชากรต่อหน่วยความยาว เช่น จำนวนประชากรต่อบริเวณความยาวชายหาด ความหนาแน่นของประชากรของประเทศไทยทั่วทั้งประเทศ (ต่อตารางกิโลเมตร) (สำนักงานสถิติแห่งชาติ, 2553)

การกระจายตัวของประชากรไทย หมายถึงลักษณะการตั้งถิ่นฐานของประชากรในอาณาเขตบริเวณหนึ่ง ๆ ว่ามีประชาชนอาศัยอยู่ตามลักษณะภูมิศาสตร์หรือตามภาคการปกครองอย่างไร โดยปัจจัยที่กำหนดการกระจายตัวของประชากรไทยสามารถแบ่งตามปัจจัยทางกายภาพ รวมถึงปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและวัฒนธรรม ดังนี้

<u>ปัจจัยทางกายภาพ</u>

1) ลักษณะภูมิประเทศ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของประชากรมาก ถ้าเป็นบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำหรือที่ราบ การตั้งถิ่นฐานและการกระจายตัวของประชากรจะอยู่อย่างหนาแน่น แต่ถ้าเป็นลักษณะที่เป็นภูเขาหรือที่ราบสูง การตั้งถิ่นฐานและการกระจายตัวของประชากรจะอยู่อย่างเบาบาง

2) ลักษณะภูมิอากาศ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของประชากร บริเวณที่มีลักษณะภูมิอากาศอบอุ่นจะพบว่าการกระจายตัวและการตั้งถิ่นฐานของประชากรจะมีอยู่อย่างหนาแน่น แต่ถ้าเป็นลักษณะภูมิอากาศแบบแห้งแล้ง ชุ่มชื้นตลอดทั้งปี จะพบว่าการกระจายตัวและการตั้งถิ่นฐานของประชากรมีอยู่อย่างเบาบาง

3) ทรัพยากรธรรมชาติ มีอิทธิพลต่อการตั้งถิ่นฐานและการกระจายตัวของประชากร บริเวณที่มีทรัพยากรอุดมสมบูรณ์จะพบว่ามีการตั้งถิ่นฐานและการกระจายตัวของประชากรอย่างหนาแน่น ส่วนบริเวณที่มีทรัพยากรธรรมชาติไม่อุดมสมบูรณ์จะพบว่าการตั้งถิ่นฐานและการกระจายตัวของประชากรอยู่อย่างเบาบาง

<u>ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและวัฒนธรรม</u>

ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและวัฒนธรรม เช่น บริเวณที่เป็นศูนย์กลางทางการเมืองหรือการปกครอง เมืองหลวงของประเทศ หรือเป็นย่านนิคมอุตสาหกรรม ส่วนใหญ่จะเป็นจุดรวมของประชากรและการตั้งถิ่นฐานอาศัยอยู่กันอย่างหนาแน่นเพราะเป็นแหล่งแรงงานที่สำคัญ ส่งผลให้เกิดการอพยพเข้าไปตั้งถิ่นฐานมากขึ้น

ลักษณะการกระจายตัวของประชากรในภูมิภาคต่าง ๆ ของไทยนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่างดังกล่าวมาแล้ว โดยสรุปบริเวณที่มีการตั้งถิ่นฐานและการกระจายตัวของประชากรอยู่อย่างหนาแน่นของแต่ละภูมิภาคมีความแตกต่างกันออกไป โดยภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือจะมีการกระจายตัวอย่างหนาแน่นบริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำ ภาคเหนือจะมีการกระจายตัวหนาแน่นบริเวณที่ราบหุบเขา ภาคใต้และภาคตะวันออกจะมีการกระจายตัวของประชากรอย่างหนาแน่นบริเวณที่ราบชายฝั่งทะเลส่วนมาก เนื่องจากบริเวณดังกล่าวเป็นที่มีความอุดมสมบูรณ์ต่อการประกอบอาชีพและมีลักษณะภูมิประเทศเป็นที่ราบเหมาะแก่การตั้งถิ่นฐานของประชากร

2.2.2 ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดสุพรรณบุรี

ข้อมูลพื้นฐานจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นข้อมูลที่สรุปสภาพพื้นฐานทางกายภาพของจังหวัดสุพรรณบุรีในปี 2552 (สำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรี, 2552)

1) ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดสุพรรณบุรี เป็นจังหวัดหนึ่งในเขตภาคกลางด้านทิศตะวันตกของประเทศไทย ตั้งอยู่บนพื้นที่ราบลุ่มแม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรีไหลผ่านตามแนวยาวของจังหวัดจากเหนือจรดใต้ จังหวัดสุพรรณบุรีตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 14 องศา 4 ลิปดา ถึง 15 องศา 5 ลิปดาเหนือ และระหว่างเส้นแวง 99 องศา 17 ลิปดา ถึง 100 องศา 16 ลิปดาตะวันออก อยู่สูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 3-10 เมตร มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 5,358 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3.3 ล้านไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.2 ของพื้นที่ภาคกลาง อยู่ห่างจากกรุงเทพมหานครประมาณ 107 กิโลเมตร (ตามทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 340) โดยทางรถไฟประมาณ 142 กิโลเมตร

ทิศเหนือติดต่อกับจังหวัดชัยนาทและจังหวัดอุทัยธานี ทิศใต้ติดต่อกับจังหวัดนครปฐม ทิศตะวันออกติดต่อกับจังหวัดอ่างทอง จังหวัดสิงห์บุรี และจังหวัดพระนครศรีอยุธยา ทิศตะวันตกติดต่อกับจังหวัดกาญจนบุรีและจังหวัดอุทัยธานี

2) เนื้อที่และการแบ่งเขตการปกครอง

จังหวัดสุพรรณบุรีมีเนื้อที่ทั้งหมดประมาณ 5,358 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 3,348,755 ไร่ แบ่งการปกครองออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ การบริหารราชการส่วนภูมิภาคและการบริหารราชการส่วนท้องถิ่น โดยการบริหารราชการส่วนภูมิภาคแบ่งเขตการปกครองออกเป็น 10 อำเภอ 110 ตำบล 997 หมู่บ้าน และมีครัวเรือนทั้งสิ้น 225,623 ครัวเรือน ส่วนทางด้านการบริหารราชการส่วนท้องถิ่นนั้นแบ่งเขตการปกครองออกเป็น องค์การบริหารส่วนจังหวัดจำนวน 1 แห่ง คือ องค์การบริหารส่วนจังหวัดสุพรรณบุรี เทศบาลจำนวน 21 แห่ง องค์การบริหารส่วนตำบล 106 แห่ง และสภาตำบล 1 แห่ง

3) ประชากรและครัวเรือน

จากข้อมูลและสถิติประชากรตามทะเบียนราษฎร์ ณ เดือนธันวาคม 2546 จังหวัดสุพรรณบุรีมีประชากรทั้งสิ้น 868,681 คน เป็นชาย 423,112 คน หญิง 445,569 คน มีอัตราส่วนประชากรต่อครัวเรือนเท่ากับ 4 คน ความหนาแน่นของประชากรโดยเฉลี่ย 162 คนต่อตาราง

กิโลเมตร อำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรมากที่สุด ได้แก่ อำเภอศรีประจันต์ ประมาณ 361 คนต่อ 1 ตารางกิโลเมตร และอำเภอที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยที่สุด ได้แก่ อำเภอด่านช้าง ประมาณ 53 คนต่อตารางกิโลเมตร

4) ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของจังหวัดสุพรรณบุรี แบ่งออกเป็น 2 เขต ได้แก่ พื้นที่ราบลุ่ม และบริเวณพื้นที่ลอนลาดสลับชันจนถึงเทือกเขา

พื้นที่ราบลุ่มมีความลาดเทระหว่าง 0 - 3% อยู่ทางทิศตะวันออกของจังหวัดตลอดแนวทางตั้งแต่เหนือจรดใต้ อยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางเฉลี่ย 3 เมตร ส่วนทางตอนเหนือของจังหวัดอยู่สูงกว่าระดับน้ำทะเลปานกลางประมาณ 10 เมตร เป็นพื้นที่ที่อยู่บริเวณที่ราบลุ่มแม่น้ำท่าจีนหรือแม่น้ำสุพรรณบุรี และบริเวณนี้อยู่ในพื้นที่รับน้ำชลประทาน เกือบครอบคลุมพื้นที่ของอำเภอเดิมบางนางบวช อำเภอสามชุก อำเภอดอนเจดีย์ บางส่วนของอำเภอศรีประจันต์ อำเภอเมืองสุพรรณบุรี อำเภอบางปลาม้า บางส่วนของอำเภออู่ทอง และอำเภอสองพี่น้อง ในฤดูฝนมักจะมีน้ำไหลบ่าท่วมขังในที่ราบลุ่ม ทำให้เกิดน้ำท่วมในบางพื้นที่

บริเวณพื้นที่ลอนลาดสลับชันจนถึงเทือกเขา เริ่มตั้งแต่ด้านตะวันตกเฉียงใต้ของอำเภออู่ทอง ทอดขึ้นไปทางทิศเหนือ ขนานกับเส้นแบ่งเขตแดนระหว่างจังหวัดสุพรรณบุรี กับจังหวัดกาญจนบุรี มีลักษณะพื้นที่ลูกคลื่นลอนลาดมีความลาดเทระหว่าง 2 - 8% สลับเชิงเขา ส่วนทางด้านตะวันตกของอำเภอด่านช้างมีสภาพเป็นลูกคลื่นลอนลาดสลับซับซ้อนจนถึงเทือกเขาสูงชันเป็นเทือกเขาที่ติดกับเขตตะนาวศรี ประกอบด้วยภูเขาสูง มียอดเขาสูงสุดอยู่ใกล้กับบ้านห้วยหินดำ สูงประมาณ 1,002 เมตร เหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง มีลำธารเล็ก ๆ ไหลผ่านและลงสู่ห้วยกระเสียวซึ่งอยู่ในเขตที่ราบหุบเขา และบริเวณแห่งนี้ปัจจุบันเป็นที่ตั้งของเขื่อนขนาดใหญ่คือเขื่อนกระเสียว พื้นที่ส่วนนี้จะครอบคลุมพื้นที่อำเภอด่านช้าง บางส่วนของอำเภอหนองหญ้าไซ อำเภอดอนเจดีย์ อำเภอเดิมบางนางบวช และอำเภออู่ทอง

5) สภาพดินและการใช้ที่ดินของจังหวัดสุพรรณบุรี

จังหวัดสุพรรณบุรี มีเนื้อที่รวมทั้งหมดประมาณ 3,348,755 ไร่ เป็นดินในที่ลุ่มต่ำมีน้ำท่วมขังในฤดูฝนประมาณ 1,756,606 ไร่ ส่วนใหญ่ใช้ทำนาและมีบางพื้นที่มีการเปลี่ยนแปลงสภาพจากการทำนาข้าว โดยการยกร่องมาปลูกพืชไร่ พืชผัก หรือไม้ผล การใช้ประโยชน์ที่ดินในที่ลุ่มมักประสบปัญหาเกี่ยวกับเป็นดินเปรี้ยวจัด ดินเหนียวจัด แตกระแหงกว้างและลึกในฤดูแล้ง และในปีที่มีฝนตกหนักติดต่อกันหลายวันจะมีน้ำไหลบ่าท่วมขังอย่างฉับพลัน สำหรับในพื้นที่ดอนมี

เนื้อที่ประมาณ 1,175,514 ไร่ ใช้ปลูกพืชไร่ ไม้ผล พืชผัก ไม้ยืนต้นโตเร็ว เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและเป็นป่าเบญจพรรณ การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ดอน จะมีปัญหาเกี่ยวกับเป็นดินเหนียวจัด ดินทราย ดินตื้น ดินที่มีชั้นปูนมาร์ลหรือก้อนปูนมาก และดินมีความลาดชันสูงมาก สำหรับพื้นที่อื่น ๆ เช่น แหล่งน้ำ บ่อลูกรัง มีเนื้อที่ประมาณ 38,455 ไร่

การใช้ประโยชน์ที่ดินของจังหวัดสุพรรณบุรี ส่วนใหญ่ใช้ทำนา มีเนื้อที่ประมาณ 1,561,799 ไร่ ปลูกพืชไร่ ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง ข้าวโพด และสับปะรด มีเนื้อที่ประมาณ 773,664 ไร่ ไม้ผลผสม ได้แก่ มะม่วง ส้มโอ ส้มเขียวหวาน ขนุน มะพร้าว มะขาม มะขามเทศ กระท้อน น้อยหน่า ฝรั่ง ชมพู่ และมะละกอ มีเนื้อที่ประมาณ 8,914 ไร่ ไม้ยืนต้น ไม้โตเร็ว มีเนื้อที่ประมาณ 15,878 ไร่ และเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 58,039 ไร่ ป่าไม้ มีเนื้อที่ประมาณ 370,318 ไร่ ที่อยู่อาศัย มีเนื้อที่ประมาณ 131,610 ไร่ แหล่งน้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 45,132 ไร่ และพื้นที่อื่น ๆ เช่น บ่อลูกรัง บ่อดิน บ่อทราย และเหมืองแร่ มีเนื้อที่ประมาณ 5,221 ไร่

อย่างไรก็ตาม จากการสำรวจโดยกรมส่งเสริมการเกษตร พบว่ามีพื้นที่ที่ใช้ทำการเกษตรในจังหวัดสุพรรณบุรี มีการปลูกข้าวฟ่าง ยาสูบ มันเทศ แห้ว แตงกวา หอมแดง บวบ ผักบุ้งจีน ผักบุ้งอื่น ๆ ถั่วฝักยาว ผักกวางตุ้ง ฟักแฟง พริกขี้หนู พริกใหญ่ มะเขือเปราะ มะระจีน หน่อไม้ฝรั่ง หอมแดง ต้นหอม ผักอื่น ๆ กระท้อน กล้วยน้ำว้า ขนุน ขนุนหนัง สับปะรด แตงโม แตงโมเมล็ด น้อยหน่า ฝรั่ง มะละกอ ส้มเขียวหวาน ชมพู่ มะขาม มะขามเทศ มะนาว มะม่วง มะพร้าว ส้มโอ หม่อน ยูคาลิปตัส กุหลาบ จำปี มะลิ ดอกรัก ดาวเรือง บัวหลวง แต่พื้นที่ปลูกพืชเหล่านี้กระจายอยู่ทั่วไปไม่สามารถแสดงขอบเขตพื้นที่ปลูกพืชในแผนที่ได้

2.2.3 การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดสุพรรณบุรี

การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึง กิจกรรมของมนุษย์บนพื้นดินและสิ่งที่เกิดขึ้นโดยธรรมชาติบนผืนแผ่นดิน ในที่นี้จะรวมเอาสิ่งครอบคลุมดินเข้าไปด้วยเพื่อที่จะสามารถจัดจำแนกพื้นที่ได้ทั้งหมด โดยทั่วไปแล้วลำดับชั้นของสิ่งครอบคลุมดินมีด้วยกัน 3 ประการ คือ โครงสร้างทางกายภาพที่มนุษย์สร้างขึ้น ปรากฏการณ์ทางชีวภาพ และการพัฒนาการทุกประเภท สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินนับว่าเป็นข้อมูลพื้นฐานสำคัญอย่างหนึ่งต่อการวางแผนและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติ โดยที่สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินจะมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา ดังนั้นการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจึงอาจต้องมีการปรับปรุงบ่อยครั้งเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่น ๆ ที่ใช้ประกอบในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดิน นิพนธ์ (2525) ได้ให้ความหมายของคำว่า การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึงการใช้ที่ดินเพื่อบำบัดความต้องการของมนุษย์ เช่น ใช้ในการเกษตร ใช้เป็น

พื้นที่ป่า ใช้เป็นพื้นที่แหล่งน้ำ ใช้เป็นที่ตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัย และใช้เป็นแหล่งที่ตั้งอุตสาหกรรม เป็นต้น

การแบ่งการใช้ที่ดินของประเทศไทยออกเป็น 5 ประเภท (สถิตย์, 2521) ได้แก่

1) เมืองและสิ่งก่อสร้าง (urban and built-up land) ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม คมนาคม และสถานที่ราชการอื่น ๆ

2) พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture land) ได้แก่ พื้นที่ที่ปลูกพืชล้มลุกและพืชถาวร เช่น สวนผัก สวนผลไม้ พืชไร่ นาข้าว ทุ่งปศุสัตว์ และไร่เลื่อนลอย (shifting cultivation)

3) ป่าไม้ (forest land) ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ทั่วไปและจัดแยกย่อยไปตามประเภทของป่าไม้ เช่น ป่าเต็งรัง ป่าเต็งรังผสมสน ป่าเบญจพรรณ ป่าเบญจพรรณผสมสัก ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าดิบเขา ป่าชายเลน ป่าไผ่ ทุ่งหญ้าธรรมชาติและสวนป่า เป็นต้น

4) แหล่งน้ำ (water bodies) ได้แก่ พื้นที่ที่เป็นแม่น้ำ ลำธาร หนอง คลอง บึง ทะเลสาบ และแหล่งกักเก็บน้ำที่สร้างขึ้น

5) พื้นที่ว่างเปล่า (idle land) ได้แก่ พื้นที่ที่ปราศจากสิ่งปกคลุม

ทั้งนี้การจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเทศไทยอาจมีการจำแนกแตกต่างกันบ้าง แต่โดยทั่วไปแล้วจะจำแนกเป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ตามที่กล่าวมาข้างต้น ส่วนทางด้านกรมพัฒนาที่ดินนั้นได้มีการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภทดังกล่าวเช่นกัน หากแต่ประเภทที่ 5 นั้นจะจำแนกเป็นพื้นที่อื่น ๆ (Miscellaneous Land) ซึ่งหมายความได้ครอบคลุมมากกว่าพื้นที่ว่างเปล่า

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ใช้ในงานวิจัยเป็นข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2551 จากกรมพัฒนาที่ดิน มีระดับความละเอียดในมาตราส่วน 1:25,000 ซึ่งแปลจากแผนที่ภาพถ่ายออร์โธสีเชิงเลข มาตราส่วน 1:4,000 มีลักษณะเป็นพื้นที่รูปปิด (Polygon) พร้อมรหัสประเภทการใช้ที่ดิน โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (จำแนกระดับที่ 3) รวม 96 ประเภท สัญลักษณ์ ประเภท และเนื้อที่การใช้ที่ดินของจังหวัดสุพรรณบุรีโดยสรุป ดังแสดงในตารางที่ 2.1 และการใช้ที่ดินจำแนกในระดับที่ 1 และ 2 ดังแสดงในรูปที่ 2.1 และ 2.2

ตารางที่ 2.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดิน จังหวัดสุพรรณบุรี ปี 2551

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
U	**พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง**	179,912	5.37
U1	ตัวเมืองและย่านการค้า	1,984	0.06
U201	หมู่บ้าน	124,367	3.71
U3	สถานที่ราชการและสถาบันต่างๆ	25,536	0.76
U401	สนามบิน	236	0.01
U405	ถนน	10,699	0.32
U500	โรงงานอุตสาหกรรมร้าง	23	-
U502	โรงงานอุตสาหกรรม	14,629	0.44
U503	ลานตากและแหล่งรับซื้อ	727	0.02
U600	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจร้าง	139	-
U601	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	927	0.03
U603	สุสาน,ป่าช้า	594	0.02
U605	สถานีบริการน้ำมัน	51	-
A	**พื้นที่เกษตรกรรม**	2,997,016	77.25
A1	**นาข้าว**	1,398,409	41.76
A100	นาร้าง	27,111	0.81
A101	นา	1,371,298	40.95
A2	**พืชไร่**	814,409	24.30
A200	พืชไร่ร้าง	214	0.01
A201	พืชไร่ผสม	171	-
A202	ข้าวโพด	20,544	0.61
A203	อ้อย	710,651	21.21
A204	มันสำปะหลัง	67,835	2.03
A205	สับปะรด	9,260	0.28
A210	ถั่วลิสง	21	-
A219	มันเทศ	4,473	0.13
A220	แตงโม	416	0.01

ตารางที่ 2.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดิน (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
A229	พริก	509	0.01
A235	กระเจี๊ยบ	92	-
A236	เผือก	223	0.01
A3	**ไม้ยืนต้น**	47,165	1.41
A301	ไม้ยืนต้นผสม	6,072	0.18
A302	ยางพารา	1,916	0.06
A303	ปาล์มน้ำมัน	175	0.01
A304	ยูคาลิปตัส	23,333	0.7
A305	สัก	13,716	0.41
A306	สะเดา	922	0.03
A307	สนประดิพัทธ์	482	0.01
A308	กระถิ่น	47	-
A314	หม่อน	50	-
A315	ไผ่	387	0.01
A317	หมาก	3	-
A319	ตีนเป็ด	48	-
A322	กฤษณา	14	-
A4	**ไม้ผล**	199,171	5.94
A400	ไม้ผลผสมร้าง	257	0.01
A401	ไม้ผลผสม	141,647	4.23
A402	ส้ม	716	0.02
A405	มะพร้าว	669	0.02
A406	ลิ้นจี่	57	-
A407	มะม่วง	51,783	1.54
A408	มะม่วงหิมพานต์	523	0.02
A409	พุทรา	490	0.01
A410	น้อยหน่า	38	-

ตารางที่ 2.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดิน (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
A411	กล้วย	417	0.01
A412	มะขาม	338	0.01
A413	ลำไย	1,114	0.03
A414	ฝรั่ง	200	0.01
A415	มะละกอ	176	0.01
A416	ขนุน	61	-
A417	กระท้อน	6	-
A418	ชมพู่	74	-
A422	มะนาว	217	0.01
A424	มะขามเทศ	275	0.01
A426	แก้วมังกร	40	-
A427	ส้มโอ	73	-
A5	**พืชสวน**	**14,169**	**0.42**
A502	พืชผัก	12,989	0.39
A503	ไม้ดอก	1,134	0.03
A504	องุ่น	4	-
A510	นาหญ้า	42	-
A7	**ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์**	**16,529**	**0.50**
A700	โรงเรือนร้าง	69	-
A701	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์	2,448	0.07
A702	โรงเรือนเลี้ยงโคกระบือและม้า	507	0.02
A703	โรงเรือนเลี้ยงสัตว์ปีก	12,916	0.39
A704	โรงเรือนเลี้ยงสุกร	589	0.02
A8	**พืชน้ำ**	**2,677**	**0.08**
A801	พืชน้ำผสม	15	-
A802	กก	44	-

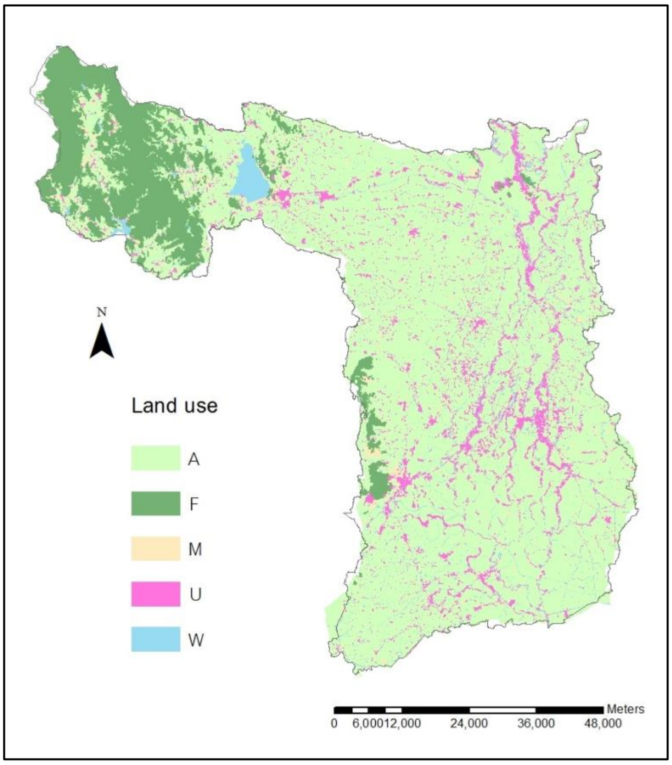
ตารางที่ 2.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดิน (ต่อ)

สัญลักษณ์	**ประเภทการใช้ที่ดิน**	**เนื้อที่**	
		ไร่	**ร้อยละ**
A803	บัว	1,630	0.05
A804	กระจับ	59	-
A805	แห้ว	263	0.01
A806	ผักบุ้ง	666	0.02
A9	**สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ**	**95,029**	**2.84**
A900	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำร้าง	6,026	0.18
A901	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำผสม	395	0.01
A902	สถานที่เพาะเลี้ยงปลา	57,872	1.73
A903	สถานที่เพาะเลี้ยงกุ้ง	30,736	0.92
F	**ป่าไม้**	**409,458**	**12.22**
F200	ป่าผลัดใบรอสภาพฟื้นฟู	70	-
F201	ป่าผลัดใบสมบูรณ์	409,301	12.22
F501	สวนป่าสมบูรณ์	87	-
M	**พื้นที่เบ็ดเตล็ด**	**72,746**	**2.18**
M101	ทุ่งหญ้า	31,691	0.95
M102	ไม้ละเมาะ	25,355	0.76
M2	พื้นที่ลุ่ม	5,044	0.15
M300	เหมืองเก่า บ่อขุด	6,589	0.2
M302	บ่อลูกรัง	2,160	0.06
M303	บ่อทราย	906	0.03
M304	บ่อดิน	559	0.02
M404	ที่ทิ้งขยะ	87	-
M405	พื้นที่ถม	355	0.01
W	**พื้นที่แหล่งน้ำ**	**99,081**	**2.98**
W101	แม่น้ำลำคลอง	29,632	0.89
W102	ทะเลสาบ บึง	2,029	0.06

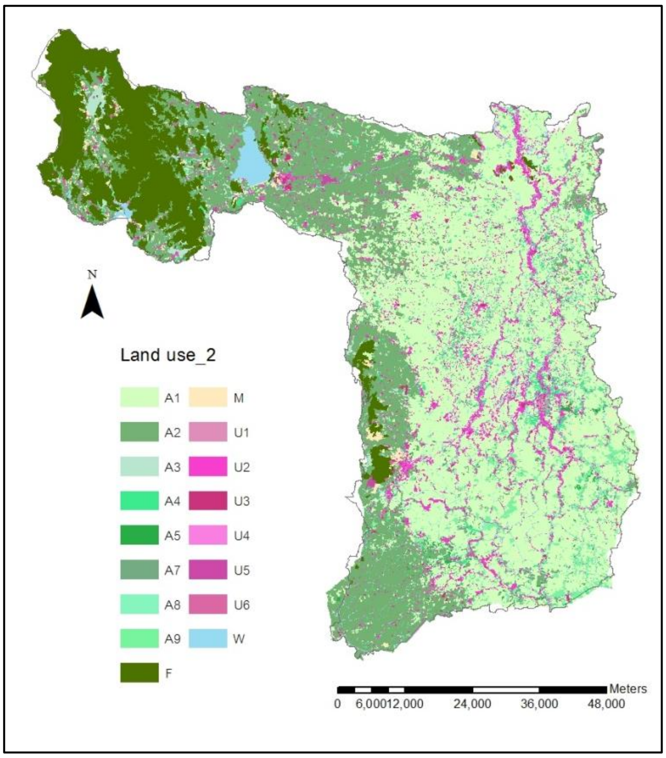
ตารางที่ 2.1 สรุปประเภทการใช้ที่ดิน (ต่อ)

สัญลักษณ์	ประเภทการใช้ที่ดิน	เนื้อที่	
		ไร่	ร้อยละ
W201	อ่างเก็บน้ำ	34,343	1.03
W202	บ่อน้ำในไร่นา	11,703	0.35
W203	คลองชลประทาน	21,374	0.65
รวม		**3,348,755**	**100.00**

จะเห็นได้ว่าการใช้ที่ดินหลายประเภทมีสัดส่วนขนาดเนื้อที่น้อยมาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการประมวลผล จึงได้มีการยุบรวมพื้นที่การใช้ที่ดินบางประเภทเข้าเป็นการใช้ที่ดินในระดับที่สูงกว่า ส่งผลให้เหลือประเภทการใช้ที่ดิน 17 ประเภท ได้แก่ ตัวเมืองและย่านการค้า (U1) หมู่บ้าน (U2) สถานที่ราชการและสถาบันต่าง ๆ (U3) สนามบิน ถนน (U4) โรงงานอุตสาหกรรม โรงงานอุตสาหกรรมร้าง ลานตากและแหล่งรับซื้อ (U5) สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ สถานที่พักผ่อนหย่อนใจร้าง สุสาน ป่าช้า สถานีบริการน้ำมัน (U6) นาข้าว (A1) พืชไร่ (A2) ไม้ยืนต้น (A3) ไม้ผล (A4) พืชสวน (A5) ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ (A7) พืชน้ำ (A8) สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (A9) ป่าไม้ (F) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) และพื้นที่แหล่งน้ำ (W)



รูปที่ 2.1 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (จำแนกระดับ 1)



รูปที่ 2.2 แผนที่สภาพการใช้ที่ดิน (จำแนกระดับ 2)

2.2.4 สถิติเชิงพื้นที่ (Spatial statistics)

ในการวิเคราะห์ทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) ซึ่งเป็นการหาคำตอบให้กับคำถามที่ตั้งไว้ ในบางกรณีสามารถวิเคราะห์จากแผนที่ได้โดยตรง แต่ในบางกรณีจะต้องใช้เครื่องมือ (GIS tools) และวิธีการต่าง ๆ ในการสร้างข้อมูลใหม่ขึ้นในแผนที่ จึงจะสามารถวิเคราะห์และหาข้อสรุปได้ เนื่องจากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนที่เพียงอย่างเดียวอาจให้ค่าข้อมูลที่ไม่ชัดเจน ประกอบกับการที่มนุษย์สามารถตระหนักถึงรูปแบบหรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่าง ๆ ในพื้นที่ได้ แม้รูปแบบและความสัมพันธ์นั้น ๆ ไม่ได้ปรากฏอยู่จริงก็ตาม

สถิติเชิงพื้นที่จึงเป็นการหารูปแบบและความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ ซึ่งช่วยให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบกลุ่มของข้อมูลและการสังเกตการเปลี่ยนแปลงตามกาลเวลา อีกทั้งยังสามารถคำนวณความน่าจะเป็นของรูปแบบหรือความสัมพันธ์นั้นด้วย ได้มีการพัฒนาเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้อธิบายการกระจายของกลุ่มของข้อมูล การจำแนกรูปแบบ และการวัดความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ โดยเครื่องมือเหล่านี้จะใช้วิธีการทางสถิติเพื่อช่วยให้การแสดงแผนที่เร็วขึ้น ได้รูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ถูกต้อง

พื้นที่ (Space) เป็นองค์ประกอบพื้นฐานของสถิติเหล่านี้ และเป็นเหตุให้สถิติเชิงพื้นที่นั้นแตกต่างจากสถิติแบบดั้งเดิม (Traditional statistics) ซึ่งใช้วิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปที่ไม่ใช่ข้อมูลเชิงพื้นที่ ดังนั้นสถิติเชิงพื้นที่จะมีการใช้ตำแหน่งของข้อมูลเข้ามาเกี่ยวข้อง และในหลายกรณีใช้ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ระหว่างข้อมูลต่าง ๆ เช่น ระยะทาง เข้ามาพิจารณาด้วย หากใช้สถิติแบบดั้งเดิมกับข้อมูลเชิงพื้นที่นั้นอาจได้ภาพรวมของสิ่งที่เกิดขึ้นผิดไป

สถิติเชิงพื้นที่จะช่วยให้เกิดคำถามใหม่ ๆ เพื่อจะได้ข้อมูลที่ดีขึ้นและมีความมั่นใจในการตัดสินใจมากขึ้น โดยสถิติจะอธิบายหรือสรุปข้อมูลจำนวนมาก ซึ่งมีประโยชน์ในการวิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ เมื่อต้องวิเคราะห์ชุดข้อมูลจำนวนมาก จะช่วยให้การเปรียบเทียบกลุ่มของข้อมูลหรือการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาได้ง่าย สถิติจะช่วยทำนายค่าที่ไม่ทราบจากตัวอย่างของค่าต่าง ๆ ที่มีอยู่โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างค่าของข้อมูล และสามารถทำนายได้ว่าค่าอื่น ๆ จะเกิดขึ้นที่ใด ความสามารถในการค้นหาของ GIS นั้นจะทำการหาพื้นที่ที่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ ทำให้สามารถคาดการณ์ได้ และสิ่งที่สำคัญที่สุดคือสถิติจะช่วยยืนยันความถูกต้องของข้อสรุป เนื่องจากสถิติจะให้ค่าความน่าจะเป็นของข้อสรุปและทราบถึงค่าความเชื่อมั่นของข้อมูลอีกด้วย

การวิเคราะห์ข้อมูลภูมิศาสตร์ด้วยวิธีการทางสถิติจึงเป็นการใช้สมการทางคณิตศาสตร์เพื่อหาข้อสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะ รูปแบบ และความสัมพันธ์ของข้อมูล โดยกระบวนการจะคล้าย

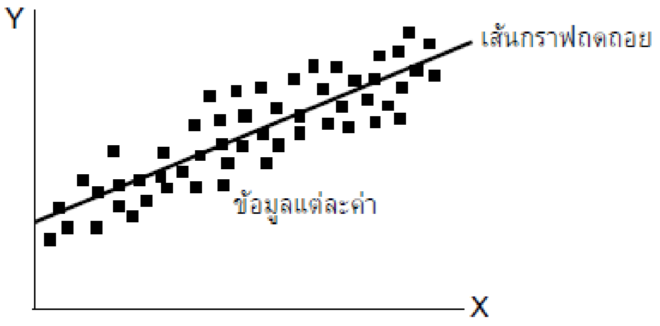
กับการวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่ใช่ข้อมูลเชิงพื้นที่แต่จะมีการพิจารณาในเรื่องของตำแหน่งเชิงพื้นที่เพิ่มเข้ามา

2.3 ทฤษฎีและเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

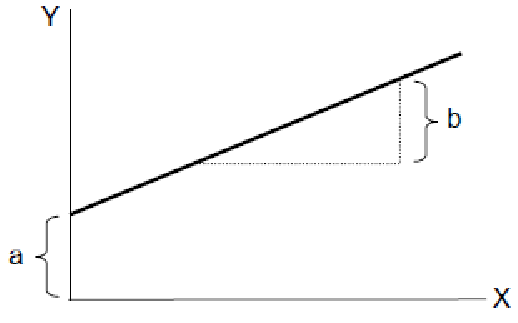
2.3.1 การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear Regression Analysis)

การวิเคราะห์การถดถอย เป็นวิธีการทางสถิติอย่างหนึ่ง ที่ใช้ในการตรวจสอบลักษณะของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป โดยแบ่งเป็นตัวแปรต้น (Independent variable) และตัวแปรตาม (Dependent variable) ผลการศึกษาจะทำให้ทราบถึงขนาดของความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นที่มีต่อตัวแปรตาม และแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

1) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression Analysis) ดังตัวอย่างแสดงในรูปที่ 2.3 และ 2.4



รูปที่ 2.3 การกระจายของข้อมูลและเส้นกราฟถดถอยเชิงเส้น (มนต์ชัย เทียนทอง,2548)



รูปที่ 2.4 กราฟของสมการเส้นตรง (มนต์ชัย เทียนทอง,2548)

สมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย ดังสมการที่ 2.3 (มนต์ชัย เทียนทอง, 2548)

$$Y = a+bX \tag{2.3}$$

เมื่อ Y = ตัวแปรตาม

X = ตัวแปรต้น

a = ค่าคงที่ (constant) เป็นค่าที่ตัดกับแกน Y

b = ความชัน (slope) ของเส้นกราฟ

2) การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ (Multiple Linear Regression)

การวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุจะประกอบด้วยตัวแปรตาม 1 ตัว และตัวแปรต้นตั้งแต่ 2 ตัวขึ้นไป การวิเคราะห์เป็นการหาระดับการมีอิทธิพลต่อกันของความสัมพันธ์และสร้างรูปแบบสมการทางคณิตศาสตร์ที่เป็นการพยากรณ์ค่าของตัวแปรตาม โดยใช้ตัวแปรต้นที่ศึกษา

แบบจำลองการถดถอยเชิงเส้น ดังสมการที่ 2.4 (Larsen, 2008)

ตัวแปรต้น (X_i) n ตัว ตัวแปรตาม (Y) 1 ตัว

$$Y' = b_0 + b_1X_1 + b_2X_2 + \ldots + b_nX_n \tag{2.4}$$

เป็นสมการถดถอยของกลุ่มตัวอย่าง

เมื่อ b_0 = ค่าคงที่

b_i = ค่าสัมประสิทธิ์หรือพารามิเตอร์ของเส้นตรงของตัวแปร X_i

สำหรับการประมาณค่าคงที่และสัมประสิทธิ์ในสมการถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ จะใช้วิธีการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ที่เรียกว่า วิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (Least square)

จากแบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นแบบพหุ สามารถใช้หาตัวแปรตามจากตัวแปรต้นหลายตัวแปรได้ ซึ่งพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรีมีปัจจัยการใช้ประโยชน์ที่ดินหลายปัจจัยที่เป็นอิสระต่อกันและมีความสัมพันธ์กับจำนวนประชากร แบบจำลองการวิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้นจึงเป็นแบบจำลองที่สามารถนำมาใช้วิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ กับจำนวนประชากรได้

2.3.2 **ทฤษฎีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่** (Spatial Autocorrelation)

ทฤษฎีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่เป็นการวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่จากค่าของวัตถุนั้น โดยจะกระทำอยู่ภายใต้กฎข้อที่ 1 ของภูมิศาสตร์ที่ว่า ทุกสิ่งทุกอย่างเกี่ยวข้องกับสิ่งอย่างอื่น แต่สิ่งที่อยู่ใกล้กันย่อมเกี่ยวข้องกันมากกว่าสิ่งที่อยู่ไกลออกไป “Everything is related to everything else, but near things are more related than distant things” (Tobler, 1970) จะเห็นได้ว่าแนวความคิดนี้สอดคล้องกับประสบการณ์ในชีวิตประจำวันของมนุษย์ เช่น ภูมิอากาศในบริเวณหนึ่ง ๆ ย่อมมีความคล้ายคลึงกับภูมิอากาศในบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงมากกว่าภูมิอากาศในบริเวณที่อยู่ไกลออกไปทางเหนือหรือใต้ เป็นต้น ปรากฏการณ์ทางพื้นที่ที่เกิดขึ้นในลักษณะเช่นนี้เรียกว่า spatial autocorrelation ซึ่งจะแสดงให้เห็นว่าการกระจายของค่าต่าง ๆ นั้นขึ้นอยู่กับการกระจายเชิงพื้นที่ของวัตถุต่าง ๆ ดังนั้นในแต่ละพื้นที่ที่สนใจ ข้อมูลสถิติต่าง ๆ จึงสามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์โดยการสร้างความสัมพันธ์ของข้อมูลแต่ละคู่ของชุดข้อมูลในชุดข้อมูลทั้งหมด เพื่อหาค่าตัวแปรที่สนใจได้ โดยทฤษฎีสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่เป็นแนวคิดพื้นฐานในการวิเคราะห์รูปแบบเชิงพื้นที่ มีค่าตัวแปรที่นิยมใช้วัด คือ ค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของมอแรน (Spatial Autocorrelation, or Global Moran's I)

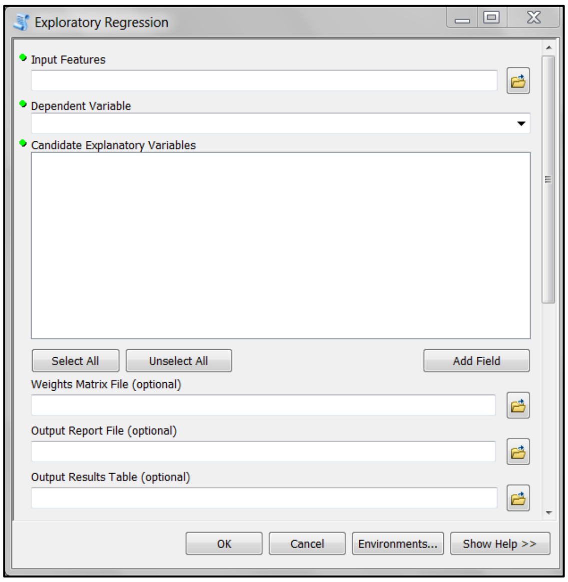
2.4 **เครื่องมือในซอฟต์แวร์** ArcGIS **เพื่อการวิเคราะห์สถิติเชิงพื้นที่** (The spatial statistics tools in the ArcGIS)

2.4.1 **เครื่องมือ** Exploratory Regression **จากซอฟต์แวร์** ArcGIS 10.1

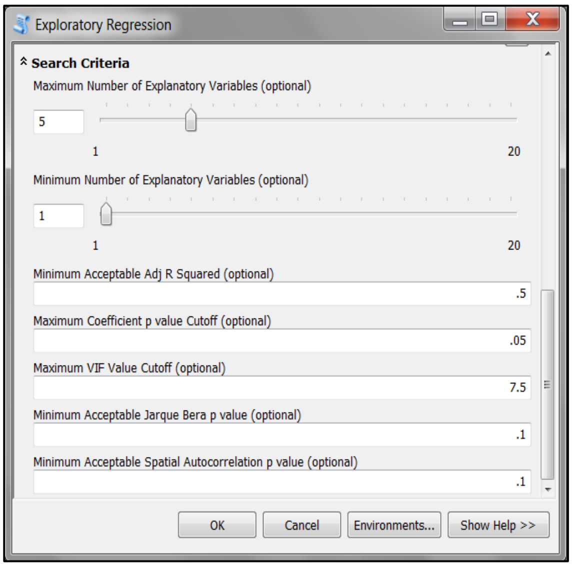
Exploratory Regression เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ระดับความมีนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจำนวนประชากรกับการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ด้วยวิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) โดยการทดสอบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Global Moran’s I) เพื่อนำผลลัพธ์มาใช้ในการคัดเลือกประเภทการใช้ที่ดินที่จะนำมาจัดทำแบบจำลอง

เนื่องจากแบบจำลองความสัมพันธ์ที่ดีจะต้องคำนึงถึงสิ่งต่าง ๆ ได้แก่ การคัดเลือกตัวแปรที่มีนัยสำคัญ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม ตัวแปรต้นจะต้องไม่มีความสัมพันธ์กัน ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ ค่าความคลาดเคลื่อนต้องเป็นอิสระจากกัน และความสามารถในการอธิบายตัวแปรตามจากตัวแปรต้นต่าง ๆ โดยเครื่องมือ Exploratory Regression สามารถนำมาซึ่งแบบจำลองความสัมพันธ์ที่ดีและเหมาะสม

Exploratory Regression ดังแสดงในรูปที่ 2.5 สามารถคัดเลือกตัวแปรสำหรับแบบจำลองโดยใช้การรวมกันที่เป็นไปได้ทั้งหมดของตัวแปร เพื่อให้ได้มาซึ่งกลุ่มตัวแปรที่มีนัยสำคัญสูงสุด



รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องมือ Exploratory Regression



รูปที่ 2.6 แสดงการเลือกจำนวนตัวแปรผลลัพธ์และการกำหนดค่าทางสถิติจาก
เครื่องมือ Exploratory Regression

ในขั้นตอนการประมวลผล จะต้องใส่ค่าตัวแปรตามและตัวแปรต้นทั้งหมดที่สนใจ อีกทั้งยังสามารถเลือกจำนวนตัวแปรที่จะเป็นตัวแปรผลลัพธ์ตามจำนวนที่ต้องการได้ พร้อมทั้งกำหนดค่าทางสถิติที่ต่าง ๆ ที่ต้องการ ดังแสดงในรูปที่ 2.6 จากนั้นเครื่องมือจะประมวลผลและเลือกแสดงผลลัพธ์สำหรับการจับกลุ่มของตัวแปรที่ให้ค่า Adjusted R^2 สูงสุด 3 กลุ่ม พร้อมทั้งแสดงกลุ่มตัวแปรที่ผ่านการทดสอบแล้วว่ามีนัยสำคัญทางสถิติซึ่งสามารถนำมาจัดทำแบบจำลองต่อไปได้ ดังรูปที่ 2.7

```
Choose 3 of 13 Summary
                 Highest Adjusted R-Squared Results
AdjR2    AICc    JB K(BP)   VIF   SA    Model
 0.80 694.88 0.51  0.00 1.12 0.02  +JOBS***  +LOWEDUC***  -DST2URBCEN***
 0.79 703.15 0.01  0.00 1.26 0.38  +LOWEDUC***  -DST2URBCEN***  +BUSINESSES***
 0.78 703.64 0.00  0.00 1.37 0.16  -DST2URBCEN***  +RENTERS***  +BUSINESSES***
                                    Passing Models
AdjR2     AICc       JB        K(BP)     VIF       SA         Model
0.744216 718.312716 0.808741 0.000627 3.071308 0.353285  +POP***  -DST2URBCEN***  -COLLGRADS***
0.741502 719.230902 0.206460 0.001030 2.304690 0.410183  +LOWEDUC***  -DST2URBCEN***  +UNEMPLOYED***
0.739595 719.870411 0.122854 0.001165 1.726983 0.337841  +POP***  +LOWEDUC***  -DST2URBCEN***
0.726676 724.082978 0.800352 0.000041 5.236337 0.110778  +POP***  -DST2URBCEN***  -ALCOHOLX***
0.668456 740.883005 0.126755 0.000000 1.013655 0.128735  +POP***  -DST2URBCEN***  -PERCOLLGRD***
```

รูปที่ 2.7 ตัวอย่างผลลัพธ์ของตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกจากเครื่องมือ Exploratory Regression

เครื่องมือ Exploratory Regression ยังมีการสรุปผลลัพธ์ค่าตัวชี้วัดที่สำคัญต่าง ๆ ดังนี้

1) Global Summary จะแสดงร้อยละของค่าต่าง ๆ ของแบบจำลองซึ่งผ่านข้อกำหนดของแบบจำลองการถดถอยที่ดี ได้แก่ ค่า Minimum Adjusted R^2 เป็น 0.50 ค่า Maximum Coefficient p-value เป็น 0.05 ค่า Maximum VIF value เป็น 7.50 ค่า Minimum Jarque-Bera p-value เป็น 0.10 และค่า Minimum Spatial Autocorrelation p-value เป็น 0.10 ดังรูปที่ 2.8

```
************** Exploratory Regression Global Summary (CALLS) *********

              Percentage of Search Criteria Passed
                   Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed
             Min Adjusted R-Squared > 0.50   2379    2286    96.09
           Max Coefficient p-value < 0.05   2379     329    13.83
                       Max VIF Value < 7.50   2379    1838    77.26
           Min Jarque-Bera p-value > 0.10   2379     473    19.88
Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10     50      36    72.00
```

รูปที่ 2.8 ตัวอย่าง Global Summary จากเครื่องมือ Exploratory Regression

2) Summary of Variable Significance แสดงร้อยละของความมีนัยสำคัญของตัวแปรต่าง ๆ พร้อมทั้งเครื่องหมายแสดงความสัมพันธ์เชิงบวกหรือลบ ดังรูปที่ 2.9

```
     Summary of Variable Significance
Variable    % Significant % Negative % Positive
DST2URBCEN         100.00     100.00       0.00
RENTERS             96.98       0.00     100.00
LOWEDUC             94.58       0.00     100.00
BUSINESSES          91.06       0.00     100.00
JOBS                77.96       0.00     100.00
UNEMPLOYED          64.74       2.64      97.36
FORGNBORN           57.56       8.44      91.56
POP                 52.64       7.56      92.44
MEDINCOME           50.88      90.05       9.95
POPDENSITY          37.15      63.22      36.78
PERCOLLGRD          30.48      42.95      57.05
ALCOHOLX            26.20      62.85      37.15
COLLGRADS           24.06      55.67      44.33
```

รูปที่ 2.9 ตัวอย่าง Summary of Variable Significance จากเครื่องมือ Exploratory Regression

3) Summary of Multicollinearity แสดงค่า Maximum Variance Inflation Factor (VIF) ซึ่งใช้ตรวจสอบว่าตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยตัวแปรต้นที่มีความสัมพันธ์กันจะมีค่า VIF มากกว่า 7.50 ดังรูปที่ 2.10

Summary of Multicollinearity

Variable	VIF	Violations	Covariates
POP	26.55	337	ALCOHOLX (75.97), COLLGRADS (50.64), LOWEDUC (0.86)
JOBS	2.42	0	--------
LOWEDUC	7.67	2	COLLGRADS (0.86), POP (0.86), ALCOHOLX (0.43)
DST2URBCEN	1.35	0	--------
RENTERS	5.49	0	--------
UNEMPLOYED	4.99	0	--------
BUSINESSES	2.60	0	--------
FORGNBORN	8.50	5	--------
ALCOHOLX	19.33	366	COLLGRADS (99.57), POP (75.97), LOWEDUC (0.43)
POPDENSITY	1.90	0	--------
MEDINCOME	3.25	0	--------
COLLGRADS	25.26	315	ALCOHOLX (99.57), POP (50.64), LOWEDUC (0.86)

รูปที่ 2.10 ตัวอย่าง Summary of Multicollinearity จากเครื่องมือ Exploratory Regression

4) Summary of Residual Normality (Jarque-Bera) แสดงค่าเพื่อตรวจสอบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติหรือไม่ ดังรูปที่ 2.11

Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.981380	0.820611	690.001841	0.001317	10.105673	0.610889	+POP*** +JOBS*** -DST2URBCEN*** -COLLGRA
0.978812	0.751909	718.211043	0.000323	9.798911	0.544685	+POP*** -DST2URBCEN*** +UNEMPLOYED -MEDI
0.975633	0.776683	709.057985	0.000351	2.497635	0.781442	+POP*** +LOWEDUC*** -DST2URBCEN*** -POPD

รูปที่ 2.11 ตัวอย่างSummary of Residual Normality จากเครื่องมือ Exploratory Regression

5) Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA) แสดงค่าเพื่อตรวจสอบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกันหรือไม่ ดังรูปที่ 2.12

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.973007	0.768183	711.007766	0.937687	0.004791	6.444165	+POP*** -DST2URBCEN*** -ALCOHOLX*** -POPD
0.861814	0.716240	728.597610	0.163081	0.000000	3.225427	+POP** -DST2URBCEN*** +UNEMPLOYED*** -MED
0.781442	0.776683	709.057985	0.975633	0.000351	2.497635	+POP*** +LOWEDUC*** -DST2URBCEN*** -POPDE

รูปที่ 2.12 ตัวอย่าง Summary of Residual Spatial Autocorrelation

จากเครื่องมือ Exploratory Regression

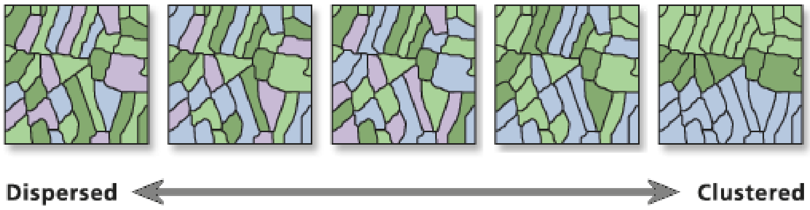
จะเห็นได้ว่า Exploratory Regression มีประโยชน์อย่างยิ่งในการคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสมเพื่อสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ที่มีความสลับซับซ้อน โดยช่วยให้การทำงานในขั้นตอนต่าง ๆ สะดวกรวดเร็วขึ้น และยังช่วยให้การตัดสินใจเกี่ยวกับแบบจำลองนั้นดีขึ้นอีกด้วย

2.4.2 **เครื่องมือ** Spatial Autocorrelation (Global Moran’s I) **จากซอฟต์แวร์** ArcGIS 10.1

Moran’s I เป็นวิธีที่นิยมในการนำมาเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการวิเคราะห์รูปแบบของพื้นที่ เนื่องจากมีคุณสมบัติในการวิเคราะห์การกระจายตัวของข้อมูลได้ดี (Cliff and Ord,1973)

ค่าสถิติเป็นพื้นฐานของการวิเคราะห์หน่วยพื้นที่ที่อยู่ติดกัน ถ้าพื้นที่ที่ศึกษามีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันอยู่ใกล้ ๆ กัน ค่าสถิติก็จะบ่งชี้ว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทางบวก แต่ถ้าพื้นที่มีความแตกต่างกัน ค่าสถิติก็จะแสดงให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ในทางลบ ซึ่งค่าสถิติทั้งสองนี้จะใช้เปรียบเทียบคุณสมบัติของพื้นที่ที่อยู่ใกล้ชิดกัน (Jay and David, 2000)

เครื่องมือนี้จึงเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวัดความสัมพันธ์เชิงพื้นที่จากทั้งตำแหน่งของวัตถุและค่าข้อมูลลักษณะประจำโดยใช้วิธีการทางสถิติ Global Moran's I จากกลุ่มของวัตถุและค่าข้อมูลลักษณะประจำที่เกี่ยวข้อง จะมีการประเมินรูปแบบเชิงพื้นที่เป็นแบบเกาะกลุ่ม (clustered) แบบกระจายตัว (dispersed) หรือแบบสุ่ม (random) โดยเครื่องมือนี้จะคำนวณค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของมอแรน รวมไปถึงการคำนวณค่า z-score และ p-value เพื่อประเมินความมีนัยสำคัญของค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่นั้นด้วย



รูปที่ 2.13 รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินตามหลักการของ Moran’s I (Jay and David, 2000)

ผลลัพธ์ที่ได้จากเครื่องมือ ได้แก่ ค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของมอแรน ซึ่งคำนวณได้จากสมการที่ 2.5 (Mitchell, 2009)

$$I = \frac{n \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \omega_{ij} (x_i - \bar{x})(x_j - \bar{x})}{\sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \omega_{ij} \sum_{i=1}^{n} (x_i - \bar{x})^2} \qquad (2.5)$$

เมื่อ I = ค่าความสัมพันธ์ของมอแรน

x_i , x_j = ตัวแปรต้น

$\bar{x}$ = ค่าเฉลี่ยของตัวแปรต้น

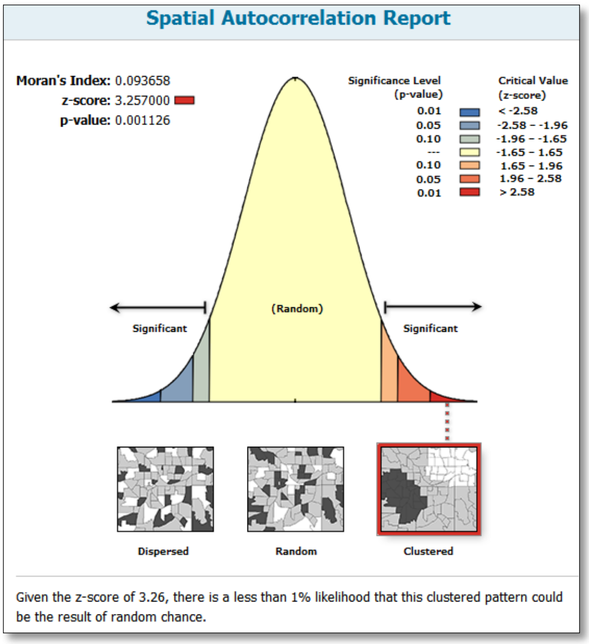
ω_{ij} = ค่าถ่วงน้ำหนักของตำแหน่ง i และ j

n = จำนวนตัวแปรต้น

ค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของมอแรน เป็นค่าที่ชี้วัดความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สนใจในพื้นที่โดยเปรียบเทียบค่าตัวแปรที่สนใจในตำแหน่งใดตำแหน่งหนึ่ง กับค่าตัวแปรที่สนใจในตำแหน่งอื่น ๆ ทั้งหมด ผลลัพธ์จากเครื่องมือ Spatial Autocorrelation (Global Moran's I) ดังแสดงในรูปที่ 2.14

Moran (1950) อธิบายว่าการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่นั้นต้องศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ไม่แน่นอน เพื่อพิจารณาถึงการกระจายของข้อมูลในพื้นที่ 2 มิติหรือมากกว่านั้น โดยค่าความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของมอแรน (Moran’s I) หากมีค่าใกล้คียงกับ + 1 หมายความว่าเป็นค่าบวก ดังนั้นพื้นที่มีรูปแบบของการเกาะกลุ่มกัน หากค่าเข้าใกล้ 0 หมายความว่าเป็นรูปแบบสุ่มหรือไม่มีรูปแบบของพื้นที่ และหากค่าเข้าใกล้ -1 ค่าเป็นลบ แสดงว่าพื้นที่มีรูปแบบของการกระจายตัว

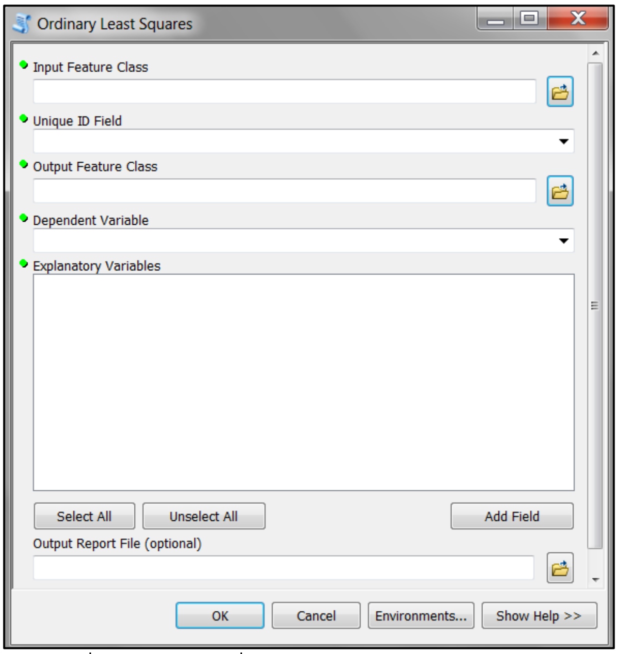
ในงานวิจัยนี้ได้นำเครื่องมือ Spatial Autocorrelation (Global Moran’s I) มาใช้ในการวิเคราะห์การกระจายตัวของค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองเชิงพื้นที่ เนื่องจากการที่ค่าคลาดเคลื่อนมีการกระจายที่ไม่เป็นอิสระแก่กันหรือมีสหสัมพันธ์ระหว่างกันนั้นผิดข้อสมมติพื้นฐานของวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด ที่มีข้อสมมติพื้นฐานว่าค่าคลาดเคลื่อนจะต้องไม่มีสหสัมพันธ์ระหว่างกัน ดังนั้นจึงมีการวิเคราะห์ค่าคลาดเคลื่อน โดยค่าคลาดเคลื่อนควรจะมีการกระจายตัวแบบสุ่ม



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างผลลัพธ์จากเครื่องมือ Spatial Autocorrelation (Global Moran's I)

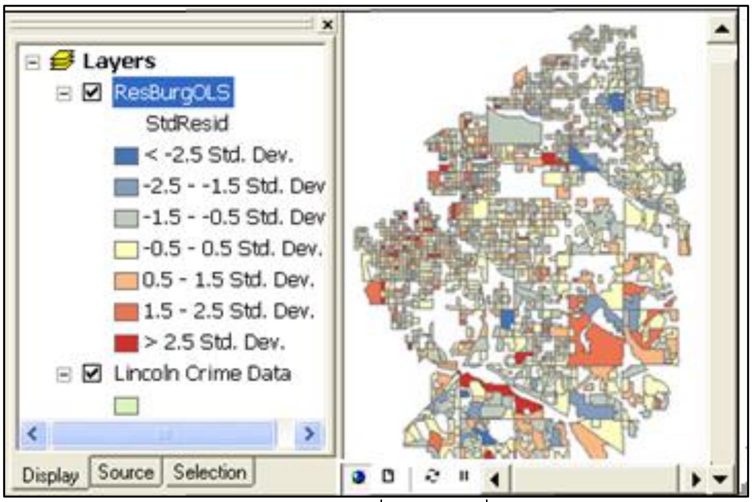
2.4.3 **เครื่องมือ** Ordinary Least Squares (OLS) **จากซอฟต์แวร์** ArcGIS 10.1

เครื่องมือ Ordinary Least Squares นั้นใช้ในการคำนวณหาสมการถดถอย จากตัวแปรตามและตัวแปรต้นที่ผ่านการคัดเลือกจากเครื่องมือ Exploratory Regression แล้ว



รูปที่ 2.15 แสดงเครื่องมือ Ordinary Least Squares

เครื่องมือ Ordinary Least Squares ดังแสดงในรูปที่ 2.15 จะให้ผลลัพธ์เป็นชั้นข้อมูล ดังรูปที่ 2.16 ค่าทางสถิติต่าง ๆ ดังรูปที่ 2.17 และรายงานผลลัพธ์ต่าง ๆ ของสมการถดถอย



รูปที่ 2.16 ตัวอย่างผลลัพธ์ค่าความคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือ Ordinary Least Squares

Summary of OLS Results

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	37.267484	14.687714	2.537324	0.014879*	10.556826	3.530179	0.001005*	--------
LU.MAX_U2	12.824648	1.573238	8.151754	0.000000*	1.136735	11.281998	0.000000*	1.563331
LU.MAX_U3	46.482875	8.460341	5.494208	0.000002*	7.541318	6.163760	0.000000*	1.411125
LU.MAX_W	9.415813	4.457524	2.112342	0.040504*	4.937712	1.906918	0.063228	1.124393
LU.MAX_A3	-9.907191	3.665684	-2.702686	0.009808*	4.543532	-2.180504	0.034740*	1.269507
LU.MAX_U6	55.367651	22.373297	2.474720	0.017356*	25.728339	2.152010	0.037055*	1.151483
LU.MAX_U4	219.030266	45.317107	4.833280	0.000018*	40.214755	5.446515	0.000002*	1.176535

OLS Diagnostics

Input Features:	pop_lu	Dependent Variable:	POP_LU.POP_DEN
Number of Observations:	50	Akaike's Information Criterion (AICc) [d]:	564.193377
Multiple R-Squared [d]:	0.884822	Adjusted R-Squared [d]:	0.868751
Joint F-Statistic [e]:	55.055839	Prob(>F), (6,43) degrees of freedom:	0.000000*
Joint Wald Statistic [e]:	604.557284	Prob(>chi-squared), (6) degrees of freedom:	0.000000*
Koenker (BP) Statistic [f]:	4.986385	Prob(>chi-squared), (6) degrees of freedom:	0.545560
Jarque-Bera Statistic [g]:	0.063896	Prob(>chi-squared), (2) degrees of freedom:	0.968557

รูปที่ 2.17 ตัวอย่างผลลัพธ์ค่าทางสถิติต่าง ๆ จากเครื่องมือ Ordinary Least Squares

1) ค่า Multiple R-Squared และ Adjusted R-Squared เป็นการวัดความเหมาะสม (Model Performance) ในการนำแบบจำลองไปใช้ โดยจะมีค่าอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 และค่า Adjusted R-Squared จะมีค่าที่ต่ำกว่า Multiple R-Squared เล็กน้อย เนื่องจากมีการสะท้อนถึงความซับซ้อนของแบบจำลองในเรื่องจำนวนตัวแปร ส่งผลให้ค่า Adjusted R-Squared มีความถูกต้องมากกว่า

2) ค่าจากตัวแปรต้นในแบบจำลอง ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต้นแต่ละตัวแปรจะแสดงถึงความมีอิทธิพลและชนิดของความสัมพันธ์ที่ตัวแปรต้นมีต่อตัวแปรตาม

ค่า T test ใช้ประเมินว่าตัวแปรต้นนั้นมีนัยสำคัญทางสถิติหรือไม่ โดยมีสมมติฐานศูนย์ (Null hypothesis) คือการที่ค่าสัมประสิทธิ์เป็นศูนย์และไม่มีผลกับแบบจำลอง สามารถสังเกตจาก probability หรือ robust probability หากมีค่าน้อยมาก แสดงว่าโอกาสที่ค่าสัมประสิทธิ์จะเป็นศูนย์ก็น้อยตามไปด้วย

หาก ค่า Koenker (BP) Statistic มีนัยสำคัญทางสถิติที่แสดงว่าแบบจำลองนั้นไม่เสถียร (non-stationary) จะใช้ค่า robust probability ในการประเมินประสิทธิภาพของตัวแปรต้น

Variance Inflation Factor (VIF) จะวัดความซ้ำซ้อน (redundancy) ระหว่างตัวแปรต้นด้วยกัน หากตัวแปรต้นมีค่า VIF มากกว่า 7.5 แสดงว่ามีการซ้ำซ้อนกันระหว่างตัวแปร จึงควรนำตัวแปรนั้น ๆ ออกจากการสร้างแบบจำลอง

3) Model significance เป็นการวัดความมีนัยสำคัญทางสถิติของแบบจำลอง โดยมีสมมติฐานศูนย์คือการที่ตัวแปรต้นในแบบจำลองนั้นไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ สามารถสังเกตจาก Joint F-statistic และ Joint Wald Statistic

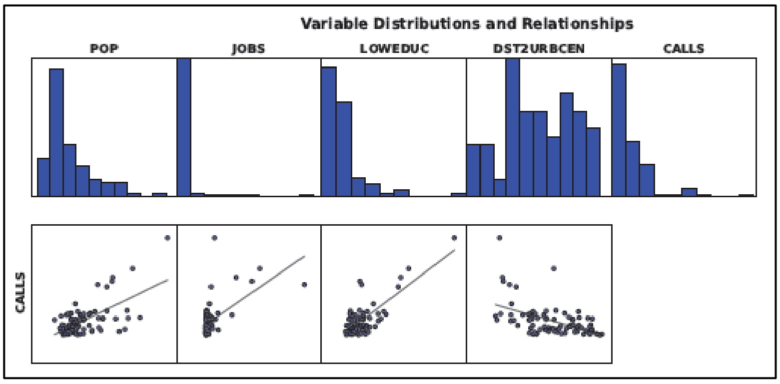
4) Koenker (BP) Statistic (Koenker's studentized Bruesch-Pagan statistic) เป็นการทดสอบที่ใช้กำหนดว่าตัวแปรตามในแบบจำลองนั้นมีความสัมพันธ์สอดคล้องกับตัวแปรต้นหรือไม่ ทั้งในเรื่องของพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ (geographic space) หากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ แสดงว่าตัวแปรต้นส่งผลต่อกระบวนการทางพื้นที่ของพื้นที่ศึกษาทั้งพื้นที่ และเรื่องของข้อมูล (data space) หากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับข้อมูล เมื่อเกิดการเปลี่ยนขนาดของตัวแปรต้น จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ประมาณได้และแต่ละตัวแปรตาม โดยมีสมมติฐานศูนย์คือแบบจำลองมีความเสถียร (stationary)

5) การประเมิน model bias

จากค่า Jarque-Bera statistic ที่ใช้ตรวจสอบว่าค่าคลาดเคลื่อนนั้นมีการกระจายแบบปกติหรือไม่ โดยมีสมมติฐานศูนย์คือค่าคลาดเคลื่อนมีการกระจายแบบปกติ หากค่าคลาดเคลื่อนนั้นมีการกระจายแบบไม่ปกติ แสดงว่าแบบจำลองยังขาดตัวแปรต้นที่เป็นตัวแปรหลักของแบบจำลองอยู่

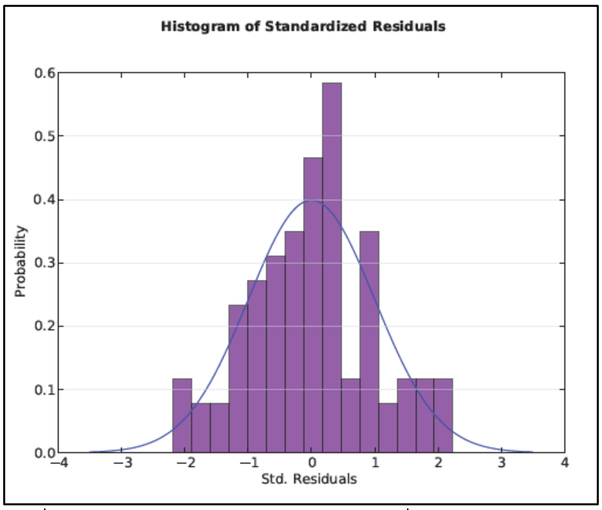
เครื่องมือ Ordinary Least Squares ยังสามารถเลือกให้แสดงรายงานผลลัพธ์ต่าง ๆ ของสมการถดถอยและกราฟฟิกเพิ่มเติม ดังนี้

แผนภูมิแท่งแสดงการกระจายตัวของแต่ละตัวแปร และแผนภูมิการกระจาย (scatterplot) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามทุกตัว พร้อมทั้งแสดงว่าความสัมพันธ์นั้น ๆ เป็นความสัมพันธ์ในเชิงบวกหรือลบ ดังรูปที่ 2.18



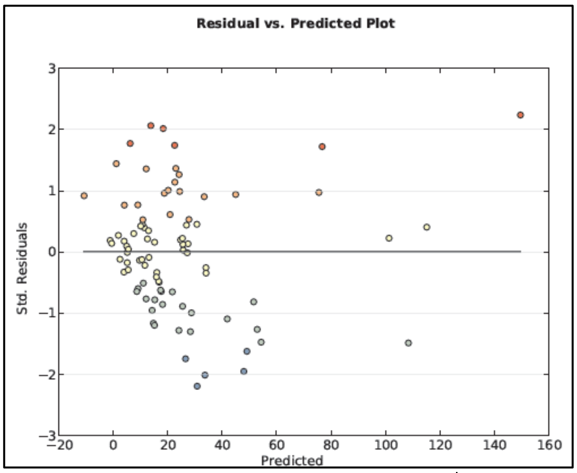
รูปที่ 2.18 แผนภูมิแท่งและแผนภูมิการกระจายแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม

มีการแสดงแผนภูมิของค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลอง โดยค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพนั้นควรจะมีการกระจายแบบปกติ ดังรูปที่ 2.19

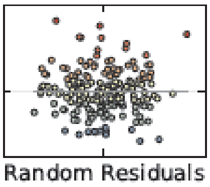


รูปที่ 2.19 แสดงแผนภูมิของค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลอง

มีการแสดงแผนภูมิการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่มากกว่าและน้อยกว่าค่าจริง ดังรูปที่ 2.20 โดยแบบจำลองที่มีประสิทธิภาพนั้น การกระจายของค่าคลาดเคลื่อนควรจะเป็นแบบสุ่ม (random) ดังรูปที่ 2.21



รูปที่ 2.20 แผนภูมิแสดงการกระจายของค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง



รูปที่ 2.21 การกระจายของค่าคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม

2.4.4 เครื่องมือ Geographically Weighted Regression (GWR) **จากซอฟต์แวร์** ArcGIS 10.1

Geographically Weighted Regression (GWR) เป็นหนึ่งในเทคนิคที่ใช้วิเคราะห์การถดถอยเชิงพื้นที่ที่นิยมนำมาใช้ในงานด้านภูมิศาสตร์มากขึ้น โดยเครื่องมือ GWR จะให้ผลลัพธ์เป็นสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ของพื้นที่ย่อย (Local model) ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามเพื่อที่จะเข้าใจถึงความสัมพันธ์หรือใช้ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นในพื้นที่โดยการสร้างสมการความสัมพันธ์ให้กับทุก ๆ ข้อมูลในชุดข้อมูล

GWR จะวิเคราะห์คำนวณค่าน้ำหนักของสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรต้น และพิจารณาถึงค่าข้อมูลในพื้นที่ข้างเคียงโดยมีการให้ค่าน้ำหนักของตัวแปรที่อยู่ใกล้มากกว่าตัวแปรที่อยู่ไกลในการคำนวณ ทำให้ได้ผลลัพธ์ออกมาเป็นสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ที่มีค่าสัมประสิทธิ์ที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังสมการที่ 2.6 (Charlton, 2009)

$$Y_i = B_{i0} + B_{i1}X_{1i} + B_{i2}X_{2i} + \ldots + B_{in}X_{ni} \qquad (2.6)$$

เมื่อ Y_i = ตัวแปรตามที่ตำแหน่ง i

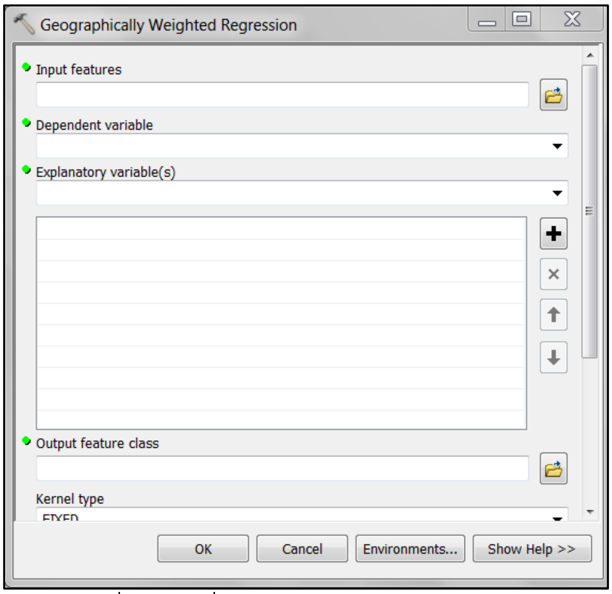
B_0 = ค่าคงที่ ณ ตำแหน่ง i

B_n = ค่าสัมประสิทธ์ของตัวแปร X_n ที่ตำแหน่ง i

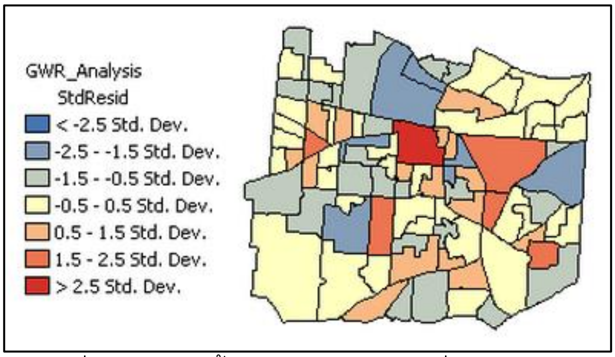
X_n = ตัวแปรต้นตัวที่ n ณ ตำแหน่ง i

นอกจากนี้ GWR ยังช่วยในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ หากการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือ Ordinary Least Squares นั้นให้ผลลัพธ์ที่ไม่น่าเชื่อถือ หรือตัวแปรต่าง ๆ ในสมการมีความสัมพันธ์ที่ซ้ำซ้อนกัน (multicollinearity) การนำกลุ่มตัวแปรเหล่านั้นมาวิเคราะห์โดย GWR จะทำให้ได้สมการแบบจำลองในแต่พื้นที่ซึ่งมีความแม่นยำมากขึ้นและยังสามารถวิเคราะห์ถึงความแตกต่างของตัวแปรในแต่ละพื้นที่ต่อไปได้

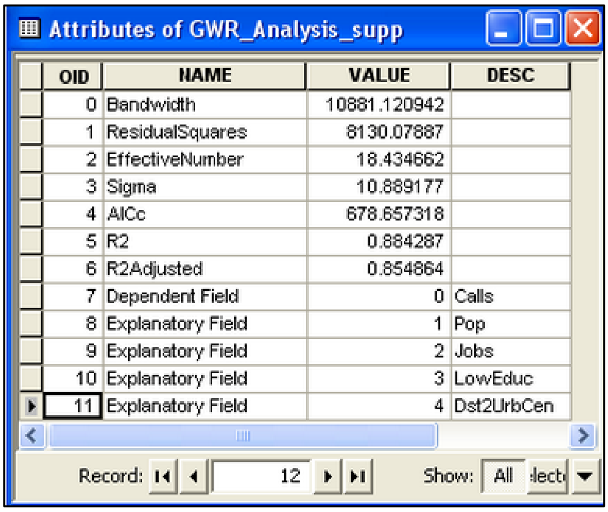
เมื่อมีการเลือกตัวแปรต้นและตัวแปรตามสำหรับแบบจำลองแล้วนั้น เครื่องมือ GWR ดังรูปที่ 2.22 จะมีการคำนวณและให้ผลลัพธ์เป็นชั้นข้อมูล อีกทั้งยังมีรายงานผลลัพธ์แสดงค่าทางสถิติต่าง ๆ ของแบบจำลอง ดังรูปที่ 2.23 และ 2.24



รูปที่ 2.22 เครื่องมือ GWR จากซอฟต์แวร์ ArcGIS 10.1



รูปที่ 2.23 แสดงชั้นข้อมูลผลลัพธ์จากเครื่องมือ GWR


Attributes of GWR_Analysis_supp

OID	NAME	VALUE	DESC
0	Bandwidth	10881.120942	
1	ResidualSquares	8130.07887	
2	EffectiveNumber	18.434662	
3	Sigma	10.889177	
4	AICc	678.657318	
5	R2	0.884287	
6	R2Adjusted	0.854864	
7	Dependent Field	0	Calls
8	Explanatory Field	1	Pop
9	Explanatory Field	2	Jobs
10	Explanatory Field	3	LowEduc
11	Explanatory Field	4	Dst2UrbCen

Record: 12 Show: All

รูปที่ 2.24 แสดงรายงานค่าผลลัพธ์ทางสถิติต่าง ๆ ของแบบจำลองจากเครื่องมือ GWR

บทที่ 3

การดำเนินงาน

วัตถุประสงค์หลักของการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูลในงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยทางภูมิศาสตร์ซึ่งในที่นี้คือชนิดของการใช้ประโยชน์ที่ดิน กับจำนวนประชากรในหน่วยพื้นที่ใด ๆ โดยเป็นการวิเคราะห์จากข้อมูลจริงย้อนกลับมาหาความสัมพันธ์ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนการประมวลผลและวิเคราะห์ข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3.1

รูปที่ 3.1 ขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ในการศึกษา

จากขั้นตอนและวิธีการที่ใช้ในการศึกษาดังแสดงในรูปที่ 3.1 ในบทนี้จะอธิบายถึงหัวข้อ 3.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในการประมวลผล หัวข้อ 3.2 การจัดสร้างหน่วยพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล หัวข้อ 3.3 การเชื่อมโยงชั้นข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน หัวข้อ 3.4 การวิเคราะห์คำนวณค่าข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยในแต่ละช่องกริด หัวข้อ 3.5 การวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน หัวข้อ 3.6 การวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ หัวข้อ 3.7 การวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง และหัวข้อ 3.8 การทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร

3.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับใช้ในการประมวลผล

เป็นการจัดเตรียมข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้พร้อมในการประมวลผล โดยมีการตรวจสอบปรับระบบพิกัดของข้อมูลทุกชั้นข้อมูลแผนที่ให้เป็นระบบเดียวกัน คือระบบ UTM โซน 47 พื้นหลักฐาน WGS84

3.1.1 ข้อมูลตำแหน่งบ้าน

ข้อมูลตำแหน่งบ้านเป็นข้อมูลที่ทางสำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรีจัดทำขึ้น มีลักษณะเป็นข้อมูลจุด โดยแต่ละจุดมีข้อมูลลักษณะประจำเป็นค่ารหัสหมายเลขประจำบ้าน (ตามที่กำหนดโดยกรมการปกครอง) และได้พบว่าข้อมูลตำแหน่งบ้านที่มีอยู่นั้นยังไม่สมบูรณ์นัก โดยอาจเกิดจากความผิดพลาดในการนำเข้าข้อมูล เนื่องจากมีข้อมูลบางส่วนที่มีค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านไม่ครบถ้วนและค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านซ้ำซ้อนกัน แต่ก็ถือว่ามีความครบถ้วนของข้อมูลอยู่ในเกณฑ์ที่เพียงพอต่อการนำมาใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้

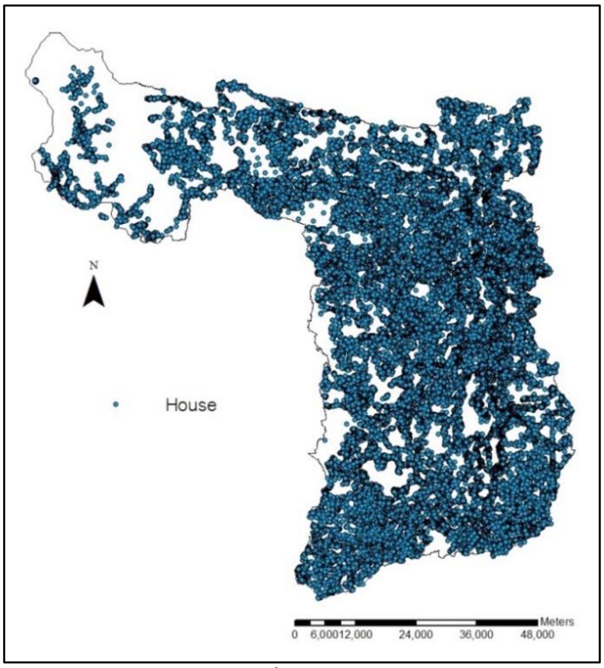
ในส่วนของค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านที่ไม่ครบถ้วนนั้น หากค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านที่เหลืออยู่ยังสามารถระบุถึงหมู่บ้าน ตำบล และอำเภอที่ตำแหน่งบ้านนั้น ๆ ตั้งอยู่ได้ ก็ยังทำการเก็บข้อมูลตำแหน่งบ้านนั้น ๆ ไว้ แต่หากค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านไม่สามารถระบุถึงตำแหน่งที่บ้านนั้น ๆ ตั้งอยู่ได้ ก็ได้ทำการลบข้อมูลตำแหน่งบ้านนั้น ๆ ออก

ได้มีการปรับแก้ข้อมูลตำแหน่งบ้านที่พบว่ามีค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านซ้ำซ้อนกัน โดยการซ้ำซ้อนนี้แบ่งออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ กรณีที่ค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านซ้ำซ้อนกัน แต่ปรากฏในตำแหน่งเดียวกัน ซึ่งอาจเกิดจากการดิจิไทซ์ซ้ำซ้อน จึงสามารถลบข้อมูลจุดที่ซ้ำออกได้ และอีกกรณีหนึ่งนั้นพบว่าค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านซ้ำซ้อนกัน แต่ข้อมูลจุดปรากฏอยู่คนละตำแหน่ง ในกรณีนี้จึงมีการนำค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านไปตรวจสอบกับข้อมูลประชากรจากสำนัก

ทะเบียนกลาง กรมการปกครอง ว่าค่ารหัสหมายเลขประจำบ้านที่ซ้ำซ้อนกันนั้น อยู่ในขอบเขตของหมู่บ้าน ตำบล และอำเภอใด จึงสามารถลบข้อมูลจุดที่อยู่นอกขอบเขตที่แท้จริงออกได้ โดยข้อมูลตำแหน่งบ้านก่อนปรับแก้มีจำนวน 179,372 จุด และข้อมูลตำแหน่งบ้านหลังปรับแก้แล้วมีจำนวนทั้งสิ้น 167,240 จุด

ยังพบว่ามีขอบเขตหมู่บ้าน 23 ขอบเขต จาก 1,009 ขอบเขต ที่ไม่มีข้อมูลจุดตำแหน่งบ้านอยู่เลย จึงได้ทำการสร้างจุดตัวแทน (Centroid) ภายในพื้นที่รูปปิดของหมู่บ้านนั้น ๆ เพื่อใช้เป็นตัวแทนตำแหน่งบ้าน

ในส่วนของตำแหน่งบ้านที่พบว่ามีจำนวนน้อยกว่าจำนวนบ้านตามฐานข้อมูลจากสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง เกิดขึ้นจากขั้นตอนการนำเข้าข้อมูล เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นจำนวนมาก ส่งผลให้เกิดการบดบังตัวบ้าน จึงเกิดการนำเข้าข้อมูลได้ไม่ครบถ้วน



รูปที่ 3.2 แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้าน

3.1.2 ข้อมูลประชากร

ข้อมูลประชากรเป็นข้อมูลจำนวนประชากรในบ้านแต่ละหลังตามฐานข้อมูลจากสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง อยู่ในรูปของข้อมูลตาราง โดยมีข้อมูลลักษณะประจำที่ระบุหมายเลขรหัสประจำบ้านของประชากรในจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นรายบุคคล รวมไปถึงข้อมูลที่อยู่ของบ้าน ได้แก่ บ้านเลขที่ หมู่ที่ ตำบล และอำเภอที่บ้านนั้น ๆ ตั้งอยู่ ดังนั้นจะต้องมีการเตรียม

ข้อมูลโดยการรวมหมายเลขรหัสประจำบ้านเดียวกันเข้าด้วยกัน เพื่อแสดงถึงจำนวนประชากรในแต่ละบ้านตามหมายเลขรหัสประจำบ้าน โดยมีจำนวนประชากรทั้งหมด 886,118 คน และจำนวนบ้าน 202,326 หลัง

ทั้งนี้ข้อมูลประชากรที่ได้จากทางสำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรี มีความไม่ครบถ้วนในส่วนของข้อมูลประชากรตำบลเขาดิน จึงไม่นำข้อมูลต่าง ๆ ของตำบลเขาดินเข้ามาใช้ในการประมวลผล

3.1.3 การเชื่อมโยงข้อมูลตำแหน่งบ้านกับข้อมูลประชากร

เนื่องจากข้อมูลตำแหน่งบ้านและข้อมูลจำนวนประชากรนั้นอยู่ต่างชั้นข้อมูลกัน จึงต้องมีการเชื่อมโยงค่าข้อมูลผ่านหมายเลขรหัสประจำบ้าน เพื่อให้ได้ข้อมูลลักษณะประจำของจำนวนคนในบ้านแต่ละหลัง จากข้อมูลตำแหน่งบ้านที่มีความไม่ครบถ้วนอยู่พอสมควร จึงทำให้ไม่สามารถเชื่อมข้อมูลตำแหน่งบ้านกับข้อมูลประชากรบางส่วนได้ เนื่องจากหมายเลขรหัสประจำบ้านไม่สอดคล้องกัน โดยหมายเลขรหัสประจำบ้านที่สามารถเชื่อมได้นั้นมีจำนวน 152,725 หลัง

3.1.4 การปรับแก้ข้อมูลจำนวนประชากรให้ครบถ้วนมากขึ้น

เนื่องจากข้อมูลตำแหน่งบ้านมีความไม่ครบถ้วนอยู่พอสมควร จากการที่ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลตำแหน่งบ้านกับข้อมูลประชากรในบางส่วนได้ จึงทำให้จำนวนประชากรรวมของจังหวัดสุพรรณบุรีไม่เป็นไปตามจริง จึงมีการปรับแก้ข้อมูลจำนวนประชากรให้ครบถ้วนมากขึ้น โดยการรวมจำนวนประชากรทั้งหมดในระดับหมู่บ้าน โดยเป็นจำนวนประชากรที่ได้จากข้อมูลตำแหน่งบ้านและจำนวนประชากรตามจริงที่ได้จากสำนักทะเบียนกลาง พร้อมทั้งคำนวณหาร้อยละของจำนวนประชากรที่ขาดหายไปในแต่ละหมู่บ้าน จากนั้นทำการกระจายค่าร้อยละของจำนวนประชากรเข้าไปในบ้านแต่ละหลังภายในหมู่บ้านนั้น ๆ ในส่วนของหมู่บ้านที่มีการสร้างจุดตัวแทนขึ้นมา ก็จะใช้จำนวนประชากรรวมของทั้งหมู่บ้านเป็นค่าข้อมูลประชากรของจุดตัวแทนนั้น ๆ เมื่อทำการรวมจำนวนประชากรทั้งจังหวัดภายหลังจากการปรับแก้แล้ว จะได้จำนวนประชากรรวมของจังหวัดสุพรรณบุรีตามจริง

3.1.5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดิน มีลักษณะเป็นพื้นที่รูปปิด (Polygon) พร้อมรหัสประเภทการใช้ที่ดิน โดยแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ซึ่งในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีมีการใช้ประโยชน์ที่ดิน (จำแนกระดับที่ 3) รวม 96 ประเภท แต่การใช้ที่ดินหลายประเภทมีสัดส่วนขนาดเนื้อที่น้อยมาก ดังนั้นเพื่อความสะดวกในการประมวลผล จึงได้มีการยุบรวมพื้นที่การใช้ที่ดินบาง

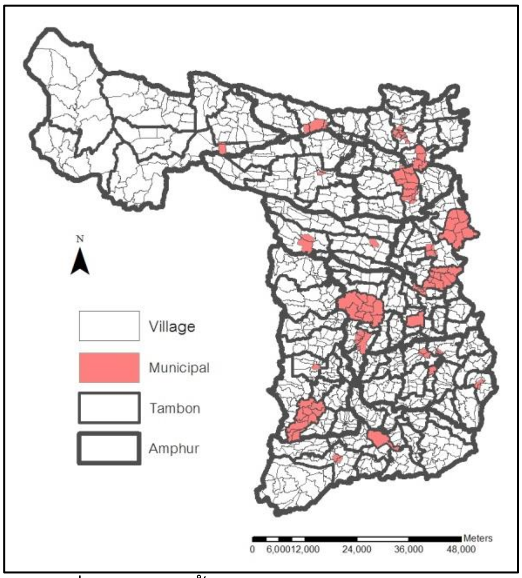
ประเภทเข้าเป็นการใช้ที่ดินในระดับที่สูงกว่า ทำให้เหลือประเภทการใช้ที่ดิน 17 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 ประเภทการใช้ที่ดินหลัก 17 ประเภทในพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีที่ใช้ในการวิเคราะห์

รหัส	ประเภทการใช้ที่ดิน
U1	ตัวเมืองและย่านการค้า
U2	หมู่บ้าน
U3	สถานที่ราชการและสถาบันต่างๆ
U4	สนามบิน, ถนน
U5	โรงงานอุตสาหกรรม, โรงงานอุตสาหกรรมร้าง, ลานตาก และแหล่งรับซื้อ
U6	สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ, สถานที่พักผ่อนหย่อนใจร้าง, สุสาน, ป่าช้า, สถานีบริการน้ำมัน
A1	นาข้าว
A2	พืชไร่
A3	ไม้ยืนต้น
A4	ไม้ผล
A5	พืชสวน
A7	ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์
A8	พืชน้ำ
A9	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
F	ป่าไม้
M	พื้นที่เบ็ดเตล็ด
W	พื้นที่แหล่งน้ำ

3.1.6 ข้อมูลขอบเขตการปกครอง

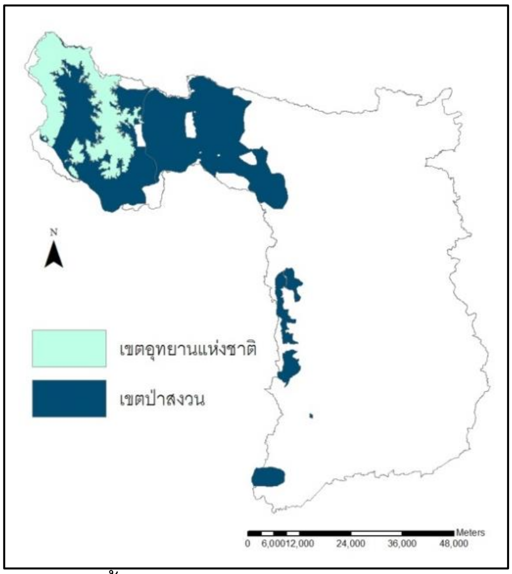
ประกอบด้วยขอบเขตพื้นที่จังหวัด ขอบเขตอำเภอ ขอบเขตตำบล ขอบเขตเทศบาล และขอบเขตหมู่บ้าน



รูปที่ 3.3 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตการปกครอง

3.1.7 ข้อมูลขอบเขตป่า

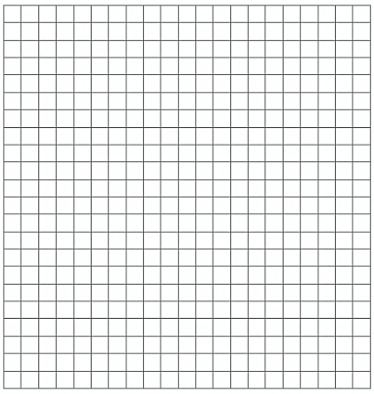
ประกอบด้วย เขตป่าสงวนที่ประกาศราชกิจจาในจังหวัดสุพรรณบุรี และเขตอุทยานแห่งชาติในจังหวัดสุพรรณบุรี มีลักษณะเป็นข้อมูลพื้นที่รูปปิด (Polygon)



รูปที่ 3.4 แสดงชั้นข้อมูลขอบเขตป่าสงวนและอุทยานแห่งชาติ

3.2 การจัดสร้างหน่วยพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

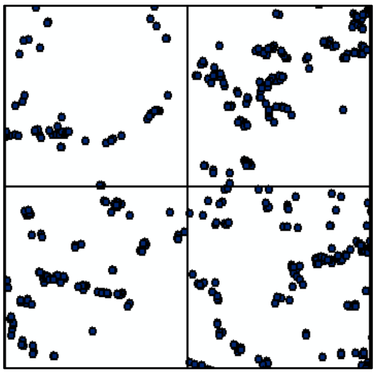
จัดสร้างหน่วยพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการสร้างพื้นที่รูปปิดเป็นตารางช่องกริดขนาด 1x1 ถึง 10x10 ตารางกิโลเมตร ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เพื่อใช้เป็นหน่วยพื้นที่ในการเชื่อมโยงข้อมูลประชากรและข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 3.5



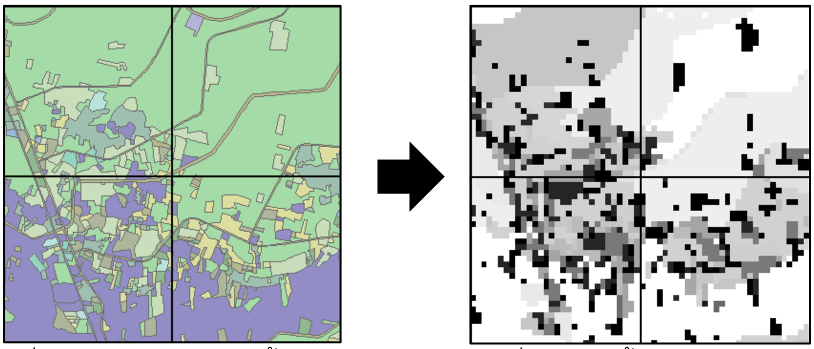
รูปที่ 3.5 แสดงช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร ที่ได้จากเครื่องมือ Create Fishnet

3.3 การเชื่อมโยงชั้นข้อมูลแผนที่ต่าง ๆ เข้าด้วยกัน

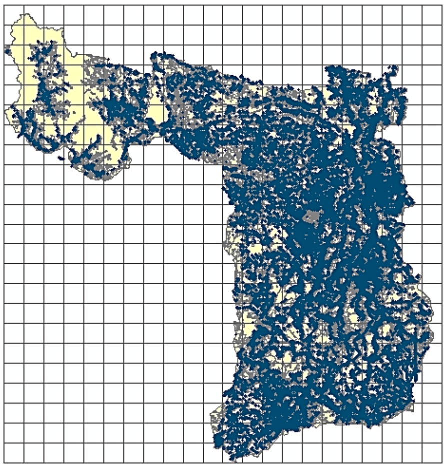
การวิเคราะห์ซ้อนทับ (overlay) ชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้านซึ่งมีข้อมูลจำนวนประชากรเป็นข้อมูลลักษณะประจำ ดังรูปที่ 3.6 และชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้ทำการแปลงจากข้อมูลเวกเตอร์เป็นข้อมูลราสเตอร์ ดังรูปที่ 3.7 ลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริดขนาด 1x1 ถึง 10x10 ตารางกิโลเมตร ที่เป็นหน่วยพื้นที่สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล จากฟังก์ชันในซอฟต์แวร์ ArcGIS 10.1 เพื่อทำการเชื่อมโยงข้อมูลลักษณะประจำมาที่ช่องกริด ดังรูปที่ 3.8 และ 3.9



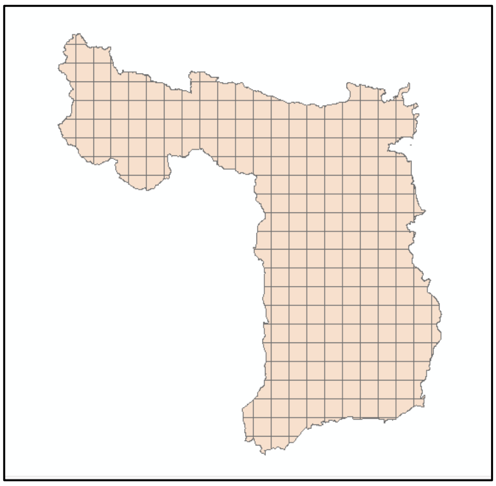
รูปที่ 3.6 แสดงการซ้อนทับชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้านลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริด



รูปที่ 3.7 แสดงการซ้อนทับชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริด



รูปที่ 3.8 แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้านและชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินก่อนการซ้อนทับ
ลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 3.9 แสดงชั้นข้อมูลตำแหน่งบ้านและชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินหลังการซ้อนทับ
ลงบนชั้นข้อมูลตารางช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

3.4 การวิเคราะห์คำนวณค่าข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอยในแต่ละช่องกริด

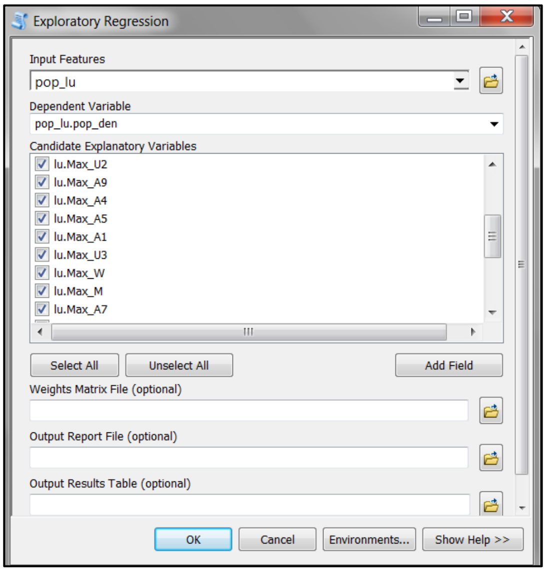
คำนวณค่าข้อมูลสำหรับใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอย ได้แก่ ค่าความหนาแน่นของประชากรต่อหน่วยพื้นที่ (คนต่อตารางกิโลเมตร) และค่าสัดส่วนร้อยละของพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภท มาเป็นค่าข้อมูลลักษณะประจำของแต่ละช่องกริด โดยใช้ค่าความหนาแน่นของประชากรต่อหน่วยพื้นที่เป็นตัวแปรตามและค่าสัดส่วนร้อยละของพื้นที่การใช้ที่ดิน 17 ประเภทที่ผ่านการคัดกรองแล้วเป็นตัวแปรต้นในการวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์

3.5 การวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

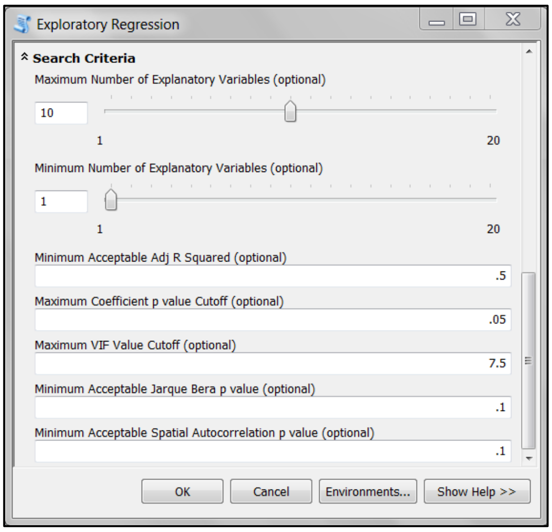
เป็นการวิเคราะห์ระดับความมีนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลจำนวนประชากรกับการใช้ที่ดินแต่ละประเภท ด้วยวิธีวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) โดยการทดสอบความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Global Moran’s I) เพื่อนำผลลัพธ์ที่ได้มาใช้ในการคัดเลือกประเภทการใช้ที่ดินที่จะนำมาจัดทำแบบจำลอง ขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมเครื่องมือ Exploratory Regression จากซอฟต์แวร์ ArcGIS 10.1

Exploratory Regression เป็นการรวมกันของเครื่องมือ Ordinary Least Squares (OLS) และ Spatial Autocorrelation (Global Moran’s I) ในการใช้คัดเลือกตัวแปรสำหรับแบบจำลองความสัมพันธ์ โดยใช้การรวมกันที่เป็นไปได้ทั้งหมดของตัวแปร เพื่อให้ได้มาซึ่งกลุ่มตัวแปรที่มีนัยสำคัญสูงสุด

ในการประมวลผลโดยเครื่องมือ Exploratory Regression จะต้องใส่ค่าตัวแปรตามและตัวแปรต้นทั้งหมด พร้อมทั้งสามารถเลือกจำนวนตัวแปรที่จะเป็นตัวแปรผลลัพธ์ตามจำนวนที่ต้องการได้ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.10 เป็นการเลือกตัวแปรตามเป็นค่าความหนาแน่นของประชากรและตัวแปรต้นทั้งหมดที่ต้องการนำมาวิเคราะห์ และรูปที่ 3.11 เป็นการเลือกจำนวนตัวแปรผลลัพธ์ที่ต้องการ ระหว่าง 1 ถึง 10 ตัวแปร พร้อมทั้งกำหนดค่าทางสถิติต่าง ๆ เพื่อเป็นเกณฑ์สำหรับแบบจำลอง



รูปที่ 3.10 แสดงการเลือกตัวแปรในเครื่องมือ Exploratory Regression



รูปที่ 3.11 แสดงการกำหนดค่าทางสถิติต่าง ๆ ในเครื่องมือ Exploratory Regression

จากนั้นเครื่องมือจะประมวลผลและเลือกแสดงผลลัพธ์สำหรับการจับกลุ่มของตัวแปรที่ให้ค่า Adjusted R^2 สูงสุด 3 กลุ่ม พร้อมทั้งแสดงกลุ่มตัวแปรที่ทำให้แบบจำลองผ่านการทดสอบว่ามีนัยสำคัญทางสถิติ ดังตัวอย่างผลลัพธ์ในรูปที่ 3.12

```
Choose 3 of 17 Summary
            Highest Adjusted R-Squared Results
AdjR2   AICc   JB K(BP)  VIF   SA   Model
 0.87 324.14 0.95  0.13 1.48 0.00  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A4**  +LU.MAX_M***
 0.87 324.74 0.68  0.03 1.07 0.14  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A5  +LU.MAX_M***
 0.86 326.26 0.29  0.09 1.18 0.14  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A9**  +LU.MAX_M***
                          Passing Models
AdjR2    AICc       JB       K(BP)     VIF       SA         Model
0.864732 326.256638 0.285738 0.086641 1.178457 0.139226  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A9**  +LU.MAX_M***
********************************************************************************
Choose 4 of 17 Summary
                 Highest Adjusted R-Squared Results
AdjR2   AICc   JB K(BP)  VIF   SA   Model
 0.89 320.35 0.59  0.27 1.52 0.06  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A4**  +LU.MAX_A5**  +LU.MAX_M***
 0.89 320.97 0.64  0.37 1.35 0.51  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A9***  +LU.MAX_M***  -LU.MAX_U4***
 0.89 321.49 0.75  0.05 1.65 0.05  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A9***  +LU.MAX_A4**  +LU.MAX_M***
                               Passing Models
AdjR2    AICc       JB       K(BP)     VIF       SA         Model
0.891914 320.966560 0.643570 0.373385 1.348716 0.508939  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A9***  +LU.MAX_M***  -LU.MAX_U4***
0.869916 326.894697 0.117867 0.056960 1.325116 0.285098  +LU.MAX_U2***  +LU.MAX_A9**  +LU.MAX_U3**  +LU.MAX_M***
```

รูปที่ 3.12 แสดงผลลัพธ์ของตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกจากเครื่องมือ Exploratory Regression

บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

เครื่องมือ Exploratory Regression ยังมีการสรุปค่าตัวชี้วัดที่สำคัญต่าง ๆ ได้แก่ Global Summary Summary of Variable Significance Summary of Multicollinearity Summary of Residual Normality (Jarque-Bera) และ Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

Global Summary จะแสดงร้อยละของค่าต่าง ๆ ของแบบจำลอง ซึ่งผ่านข้อกำหนดของแบบจำลองความสัมพันธ์ที่ดีที่ได้มีการกำหนดไว้ก่อนการประมวลผล ได้แก่ ค่า Minimum Adjusted R^2 เป็น 0.50 ค่า Maximum Coefficient p-value เป็น 0.05 ค่า Maximum VIF value เป็น 7.50 ค่า Minimum Jarque-Bera p-value เป็น 0.10 ค่า Minimum Spatial Autocorrelation p-value เป็น 0.10 ดังรูปที่ 3.13

```
*********** Exploratory Regression Global Summary (POP_LU.POP_DEN) ***********

          Percentage of Search Criteria Passed
             Search Criterion Cutoff Trials # Passed % Passed
         Min Adjusted R-Squared > 0.50  58650    45933    78.32
        Max Coefficient p-value < 0.05  58650       84     0.14
              Max VIF Value < 7.50  58650    55567    94.74
        Min Jarque-Bera p-value > 0.10  58650    33017    56.29
Min Spatial Autocorrelation p-value > 0.10     39       25    64.10
```

รูปที่ 3.13 แสดงผลลัพธ์ Global Summary จากเครื่องมือ Exploratory Regression

บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

Summary of Variable Significance แสดงร้อยละของความมีนัยสำคัญของตัวแปรต่าง ๆ พร้อมทั้งเครื่องหมายแสดงความสัมพันธ์เชิงบวกหรือเชิงลบ ดังรูปที่ 3.14

Summary of Variable Significance

Variable	% Significant	% Negative	% Positive
LU.MAX_U2	99.99	0.00	100.00
LU.MAX_M	57.00	5.34	94.66
LU.MAX_U5	51.36	6.18	93.82
LU.MAX_A4	39.08	2.12	97.88
LU.MAX_F	33.73	91.15	8.85
LU.MAX_U6	22.37	29.35	70.65
LU.MAX_A1	21.42	28.67	71.33
LU.MAX_W	21.20	97.17	2.83
LU.MAX_U4	19.44	61.00	39.00
LU.MAX_U3	16.82	3.95	96.05
LU.MAX_A9	16.62	8.63	91.37
LU.MAX_A2	10.79	51.58	48.42
LU.MAX_A7	8.12	7.27	92.73
LU.MAX_A5	6.99	2.16	97.84
LU.MAX_A3	6.37	48.59	51.41
LU.MAX_A8	4.93	65.94	34.06
LU.MAX_U1	--------	--------	--------

รูปที่ 3.14 แสดงผลลัพธ์ Summary of Variable Significance จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

Summary of Multicollinearity แสดงค่า Maximum Variance Inflation Factor (VIF) ซึ่งใช้ตรวจสอบว่าตัวแปรต้นมีความสัมพันธ์กันหรือไม่ โดยตัวแปรต้นที่มีความสัมพันธ์กันจะมีค่า VIF มากกว่า 7.50 ดังรูปที่ 3.15

Summary of Multicollinearity

Variable	VIF	Violations	Covariates
LU.MAX_U2	14.29	11	LU.MAX_F (0.05), LU.MAX_A2 (0.05), LU.MAX_A1 (0.05), LU.MAX_W (0.05), LU.MAX_A9 (0.04), LU.MAX_M (0.01), LU.MAX_A4 (0.00)
LU.MAX_A9	14.16	11	LU.MAX_F (0.05), LU.MAX_A2 (0.05), LU.MAX_A1 (0.05), LU.MAX_W (0.05), LU.MAX_U2 (0.04), LU.MAX_M (0.01), LU.MAX_A4 (0.00)
LU.MAX_A4	8.61	1	LU.MAX_U2 (0.00), LU.MAX_M (0.00), LU.MAX_F (0.00), LU.MAX_A9 (0.00), LU.MAX_A2 (0.00), LU.MAX_A1 (0.00), LU.MAX_W (0.00)
LU.MAX_A5	2.32	0	--------
LU.MAX_A1	749.43	8858	LU.MAX_F (17.95), LU.MAX_A2 (17.95), LU.MAX_W (8.87), LU.MAX_U2 (0.05), LU.MAX_A9 (0.05), LU.MAX_M (0.01), LU.MAX_A4 (0.00)
LU.MAX_U3	2.83	0	--------
LU.MAX_W	105.83	2025	LU.MAX_F (8.87), LU.MAX_A2 (8.87), LU.MAX_A1 (8.87), LU.MAX_U2 (0.05), LU.MAX_A9 (0.05), LU.MAX_M (0.01), LU.MAX_A4 (0.00)
LU.MAX_M	11.12	3	LU.MAX_F (0.01), LU.MAX_A2 (0.01), LU.MAX_A1 (0.01), LU.MAX_W (0.01), LU.MAX_U2 (0.01), LU.MAX_A9 (0.01), LU.MAX_A4 (0.00)
LU.MAX_A7	5.12	0	--------
LU.MAX_U5	7.08	0	--------
LU.MAX_F	447.62	4096	LU.MAX_A2 (17.95), LU.MAX_A1 (17.95), LU.MAX_W (8.87), LU.MAX_U2 (0.05), LU.MAX_A9 (0.05), LU.MAX_M (0.01), LU.MAX_A4 (0.00)
LU.MAX_A2	421.86	4096	LU.MAX_F (17.95), LU.MAX_A1 (17.95), LU.MAX_W (8.87), LU.MAX_U2 (0.05), LU.MAX_A9 (0.05), LU.MAX_M (0.01), LU.MAX_A4 (0.00)
LU.MAX_A8	2.78	0	--------
LU.MAX_A3	5.81	0	--------
LU.MAX_U6	2.32	0	--------
LU.MAX_U1	3.51	0	--------
LU.MAX_U4	3.41	0	--------

รูปที่ 3.15 แสดงผลลัพธ์ Summary of Multicollinearity จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

Summary of Residual Normality (Jarque-Bera) แสดงค่าความเป็นไปได้ทางสถิติที่สูงที่สุด 3 ค่า เพื่อตรวจสอบว่ากลุ่มตัวแปรใดที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อนมีการแจกแจงแบบปกติ โดยค่าคลาดเคลื่อนที่มีการแจงแจกแบบปกติจะมีค่ามากกว่า 0.10 โดยผลลัพธ์นี้จะใช้วิเคราะห์และประเมินเพื่อเลือกกลุ่มตัวแปรที่เหมาะสมต่อไป ตัวอย่างผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.16

Summary of Residual Normality (JB)

JB	AdjR2	AICc	K(BP)	VIF	SA	Model
0.999679	0.706921	548.393567	0.072482	57.786161	0.100221	-LU.MAX_A9 +LU.MAX_A4* -LU.MAX_A5 -LU.MAX_A1* -LU.MAX_W** +LU.MAX_A7 +LU.MAX_U5
0.999662	0.607592	555.075558	0.012707	1.888216	0.015340	+LU.MAX_A5 +LU.MAX_A7 +LU.MAX_U5*** -LU.MAX_U6* -LU.MAX_U1***
0.999626	0.598310	557.936458	0.024602	2.186135	0.013945	+LU.MAX_A5 +LU.MAX_A7 +LU.MAX_U5*** -LU.MAX_A2 -LU.MAX_U6* -LU.MAX_U1***

รูปที่ 3.16 แสดงผลลัพธ์ Summary of Residual Normality (Jarque-Bera) จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA) แสดงค่าความเป็นไปได้ทางสถิติที่สูงที่สุด 3 ค่า เพื่อตรวจสอบว่า ค่าความคลาดเคลื่อนเป็นอิสระจากกันหรือไม่ โดยค่าคลาดเคลื่อนที่เป็นอิสระจากกันจะมีค่ามากกว่า 0.10 หากค่าความคลาดเคลื่อนไม่เป็นอิสระจากกันหรือเกาะกลุ่มกัน แสดงว่าพื้นที่บริเวณที่ค่าคลาดเคลื่อนมีการเกาะกลุ่มกันนั้นอาจมีลักษณะพิเศษเฉพาะพื้นที่ หรือต้องการตัวแปรที่แสดงถึงลักษณะเฉพาะของพื้นที่นั้น ๆ เป็นต้น ตัวอย่างผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.17

Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)

SA	AdjR2	AICc	JB	K(BP)	VIF	Model
0.600135	0.858057	506.963816	0.368590	0.000391	3.387788	+LU.MAX_U2*** +LU.MAX_A5** +LU.MAX_U3*** -LU.MAX_W*** +LU.MAX_U5** -LU.MAX_U1***
0.579738	0.859158	504.867039	0.474022	0.000221	3.376603	+LU.MAX_U2*** +LU.MAX_A5** +LU.MAX_U3*** +LU.MAX_U5** -LU.MAX_U1***
0.413881	0.898679	496.348455	0.953011	0.197922	3.338641	+LU.MAX_U2*** +LU.MAX_A9* +LU.MAX_A4*** +LU.MAX_M** -LU.MAX_A7 +LU.MAX_A2 +LU.MAX_A8

รูปที่ 3.17 แสดงผลลัพธ์ Summary of Residual Spatial Autocorrelation (SA)จากเครื่องมือ Exploratory Regression บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

หลังจากได้กลุ่มตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับแบบจำลองแล้วนั้น จะนำกลุ่มตัวแปรเหล่านี้ไปทำการหาค่าสัมประสิทธิ์และประเมินค่าคลาดเคลื่อนต่อไป

3.6 **การวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์**

จากตัวแปรประเภทการใช้ที่ดินที่คัดเลือกมาจากการวิเคราะห์ในหัวข้อ 3.5 จึงนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแบบจำลองการกระจายตัวของประชากร ด้วยวิธีวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) ดังสมการที่ 3.1

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + .. + \beta_n x_n \qquad (3.1)$$

เมื่อ y คือ ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ช่องกริด (คน/ตร.กม.)

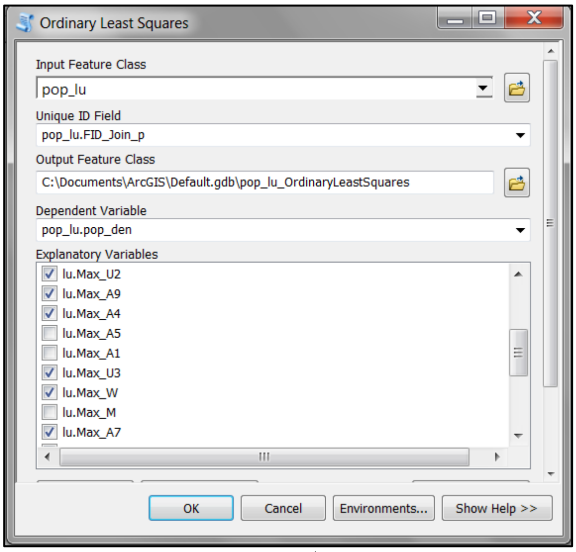
x คือ ร้อยละของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภทที่คัดเลือกมาจากขั้นตอนคัดเลือกตัวแปร

β คือ ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอย

ในขั้นตอนนี้ผู้วิจัยได้ใช้โปรแกรมเครื่องมือ Ordinary Least Squares (OLS) จากซอฟต์แวร์ ArcGIS 10.1

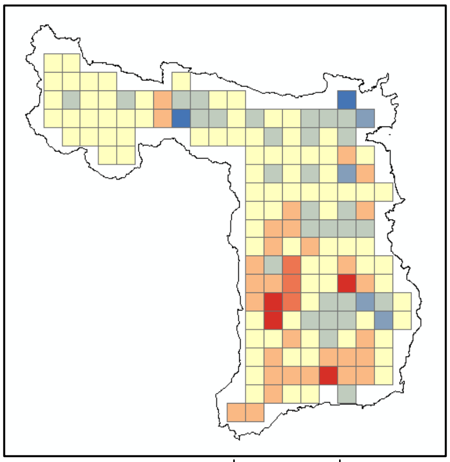
จากชั้นข้อมูลที่ได้ทำการวิเคราะห์คำนวณค่าข้อมูลตัวแปรต้นและตัวแปรตามสำหรับใช้ในการวิเคราะห์สมการถดถอย และการเลือกตัวแปรที่เหมาะสมสำหรับแบบจำลองแล้วนั้น จึงใช้เครื่องมือ OLS ในการคำนวณหาสมการถดถอย จากตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่ผ่านการคัดเลือกในหัวข้อ 3.5 แล้ว

เริ่มจากการเลือกตัวแปรต้นและตัวแปรตามที่จะใช้ในการจัดทำแบบจำลอง ดังรูปที่ 3.18



รูปที่ 3.18 แสดงการเลือกตัวแปรในเครื่องมือ Ordinary Least Squares

เครื่องมือ OLS จะให้ชั้นข้อมูลผลลัพธ์ ดังรูปที่ 3.19 ค่าทางสถิติ และรายงานผลลัพธ์ต่าง ๆ ของสมการถดถอย ดังรูปที่ 3.20



รูปที่ 3.19 แสดงชั้นข้อมูลผลลัพธ์ค่าคลาดเคลื่อนจากเครื่องมือ Ordinary Least Squares บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

Summary of OLS Results - Model Variables

Variable	Coefficient [a]	StdError	t-Statistic	Probability [b]	Robust_SE	Robust_t	Robust_Pr [b]	VIF [c]
Intercept	-20.790112	10.163048	-2.045657	0.051030	9.434653	-2.203590	0.036612*	--------
LU.MAX_U2	18.259953	1.523277	11.987281	0.000000*	1.011067	18.060090	0.000000*	1.834748
LU.MAX_A9	6.131355	1.822512	3.364232	0.002391*	1.130693	5.422654	0.000011*	1.255778
LU.MAX_A4	8.531146	2.814442	3.031203	0.005457*	2.579873	3.306808	0.002761*	1.465617
LU.MAX_M	9.004730	1.465883	6.142870	0.000002*	0.805658	11.176861	0.000000*	1.096321
LU.MAX_U4	-400.297064	128.107596	-3.124694	0.004340*	63.466385	-6.307230	0.000001*	1.350510

รูปที่ 3.20 แสดงผลลัพธ์ค่าทางสถิติต่าง ๆ จากเครื่องมือ Ordinary Least Squares
บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร

หากตัวแปรต่าง ๆ ที่นำมาจัดทำแบบจำลองนั้นเป็นตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกจากเครื่องมือ Exploratory Regression แล้ว ค่าทางสถิติต่าง ๆ ก็จะผ่านการประเมินว่ามีนัยสำคัญทางสถิติและมีความเหมาะสมในการจัดทำแบบจำลอง เนื่องจากได้มีการตรวจสอบคัดกรองเป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงสามารถนำค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการประมวลผลมาจัดสร้างแบบจำลอง แต่หากมีการเพิ่มตัวแปรโดยไม่ผ่านการคัดกรอง จะต้องตรวจสอบค่าทางสถิติต่าง ๆ เหล่านี้อีกครั้งหนึ่ง

3.7 การวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

ในการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้ นอกจากจะใช้ค่า Coefficient of determination (R^2) ของสมการถดถอยฯ แล้ว ยังมีการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้ ทั้งค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นค่าร้อยละของความหนาแน่นของประชากร (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นความหนาแน่นของประชากร (Mean Absolute Error, MAE) เพื่อใช้ในการประเมินระดับความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้

3.7.1 ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด Coefficient of Determination (R^2) ของสมการถดถอยฯ ที่ได้

ค่าสัมประสิทธิ์การกำหนด Coefficient of Determination (R^2) เกิดจากการนำค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ยกกำลังสอง ซึ่งใช้แสดงความแปรผันที่เกิดขึ้นกับตัวแปรตาม มีผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น จึงเป็นค่าที่กำหนดว่าสมการการประมาณค่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้ได้มากหรือน้อย โดยค่าที่คำนวณได้จะอยู่ในช่วงระหว่าง 0 ถึง 1

ในกรณีที่ค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรต้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามอย่างมาก ซึ่งหมายความว่าสมการการประมาณค่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้มาก ในทางกลับกัน

กรณีที่ค่า R^2 มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรต้นมีอิทธิพลต่อตัวแปรตามน้อยมาก ซึ่งหมายความว่าสมการการประมาณค่ามีความเหมาะสมที่จะนำไปใช้งานได้น้อย

3.7.2 ค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้

วิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้จากค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้ โดยคิดเป็นค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่เป็นค่าร้อยละของความหนาแน่นของประชากรจริง (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ดังสมการที่ 3.2 และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นความหนาแน่นของประชากร (Mean Absolute Error, MAE) ดังสมการที่ 3.3 เพื่อใช้ในการประเมินระดับความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้ อนึ่งผู้วิจัยเลือกใช้ MAE แทนการใช้ค่า Root Mean Square Error (RMSE) เนื่องจาก RMSE มีคุณสมบัติเฉพาะที่เป็นผลมาจากการกระจายของขนาดของค่าคลาดเคลื่อน เมื่อค่าคลาดเคลื่อนมีขนาดใหญ่จะส่งผลต่อ RMSE มากกว่า MAE เนื่องจากมีการยกกำลังสองของค่าคลาดเคลื่อน ในขณะที่ MAE เป็นการหาค่าเฉลี่ยของผลรวมของค่าคลาดเคลื่อนโดยตรง หากพบค่าคลาดเคลื่อนที่มีขนาดใหญ่มาก จะไม่ส่งผลกระทบต่อค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยมากนัก (Willmott, 2005)

$$\mathrm{MAPE} = \frac{1}{\mathrm{n}}\sum_{\mathrm{t}=1}^{\mathrm{n}}|\mathrm{PE(t)}| \tag{3.2}$$

เมื่อ $\mathrm{PE(t)} = \frac{\mathrm{e(t)}}{\mathrm{V(t)}} * 100$

$\mathrm{e(t)} = \mathrm{V(t)} - \mathrm{P(t)}$

$\mathrm{V(t)}$ = ค่าความหนาแน่นของประชากรจริง

$\mathrm{P(t)}$ = ค่าความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณได้จากแบบจำลอง

n = จำนวนช่องกริดที่ใช้ในการวิเคราะห์

$$\mathrm{MAE} = [\mathrm{n}^{-1}\sum_{\mathrm{i}=1}^{\mathrm{n}}|\mathrm{e_i}|] \tag{3.3}$$

เมื่อ $\mathrm{e_i}$ = ค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลอง

n = จำนวนช่องกริดที่ใช้ในการวิเคราะห์

3.7.3 การเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้จากแบบจำลองกับค่าความหนาแน่นของจำนวนประชากรเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลประชากรรายตำบล

จากสมมติฐานที่ว่าความหนาแน่นของประชากรมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งหน่วยพื้นที่ (Uniform Density) จึงได้มีการทดลองประมาณค่าความหนาแน่นของประชากรในแต่ละช่องกริดจากข้อมูลความหนาแน่นของประชากรที่เท่ากันทั้งตำบล เพื่อนำมาหาค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้ และเปรียบเทียบกับค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้จากแบบจำลอง

3.8 การทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร

การทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากรที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรกับประเภทการใช้ที่ดินด้วยสมการถดถอยพหุคูณ โดยทดลองปรับเปลี่ยนตัวแปรและสภาพแวดล้อมของการวิเคราะห์ข้อมูลบางประการ เพื่อหาแนวทางที่จะสามารถทำให้ได้แบบจำลองฯ ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ได้แก่ การทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดของประเภทการใช้ที่ดินที่นำมาวิเคราะห์ การทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล การตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมาก การทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล การทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Geographically Weighted Regression: GWR) การทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้ ดังนี้

3.8.1 การทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากข้อสังเกตที่ว่าความหยาบหรือละเอียดของประเภทการใช้ที่ดินอาจสะท้อนความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่แตกต่างกัน จึงมีการทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่นำมาวิเคราะห์ โดยแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับที่ 1 มีการใช้ประโยชน์ที่ดินรวม 5 ประเภท ระดับที่ 2

รวม 17 ประเภท และระดับที่ 3 รวม 96 ประเภท ซึ่งเป็นความละเอียดของตัวแปรต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ที่อาจจะส่งผลต่อความสัมพันธ์ที่ได้ โดยการทดลองนำข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินที่จำแนกในระดับที่ 1 ไปประมวลผลและตรวจสอบความสัมพันธ์ที่ได้ จากนั้นทดลองนำข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินที่มีการจำแนกในระดับที่ 2 และ 3 ไปทดลองประมวลผลตามลำดับ ในการทดลองจำแนกประเภทการใช้ที่ดินระดับ 3 ได้พบข้อจำกัดของเครื่องมือ Exploratory Regression ที่นำมาใช้คัดเลือกตัวแปรประเภทการใช้ที่ดิน โดยพบว่าไม่สามารถทำการวิเคราะห์การใช้ที่ดินทั้ง 96 ประเภทพร้อมกันได้ จึงต้องมีการแบ่งประเภทการใช้ที่ดินในการวิเคราะห์ครั้งละ 15 ประเภท และตรวจสอบความมีนัยสำคัญของตัวแปรการใช้ที่ดินแต่ละประเภทจากผลการวิเคราะห์แต่ละครั้ง เพื่อหาตัวแปรการใช้ที่ดินที่มีนัยสำคัญสูงสุดมาใช้ในการสร้างสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ จากนั้นนำค่า R^2 ที่ได้จากการทดลองประมวลผลจากทั้ง 3 ระดับความละเอียดมาเปรียบเทียบกัน

3.8.2 การทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อสังเกตเกี่ยวกับอิทธิพลของรูปแบบการผสมผสานของประเภทการใช้ที่ดินในหน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูล ทำให้เกิดคำถามว่าหน่วยพื้นที่เขตการปกครองซึ่งน่าจะมีรูปแบบการผสมผสานของประเภทการใช้ที่ดินที่สมบูรณ์ในตัวเองนั้นอาจสะท้อนรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ที่ดินกับจำนวนประชากรได้ดีกว่าการใช้ช่องกริด จึงมีการทดลองปรับเปลี่ยนหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลจากช่องกริดเป็นขอบเขตตำบลและขอบเขตหมู่บ้าน เพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ต่อไป

3.8.3 การตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อสังเกตเกี่ยวกับการมีรูปแบบเฉพาะตัวของพื้นที่เขตป่าตามกฎหมาย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยมาก จึงมีการทดลองตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล โดยเลือกเฉพาะช่องกริดที่อยู่นอกเขตป่าตามกฎหมายมาวิเคราะห์หาสมการความสัมพันธ์และเปรียบเทียบค่า R^2 ที่ได้

3.8.4 การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล

จากข้อสังเกตเกี่ยวกับการมีรูปแบบเฉพาะตัวของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล ซึ่งเป็นการจำแนกพื้นที่ตามลักษณะเฉพาะใหญ่ ๆ ที่คาดว่าจะ

มีผลต่อแบบจำลอง จึงมีการทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาลเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ต่อไป

3.8.5 การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมาก

ใทางสังคมศาสตร์ พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยนั้นจะมีประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างจากพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก จึงมีการทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมากเพื่อวิเคราะห์ผลลัพธ์ต่อไป

3.8.6 การทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล

จากการพยายามจำแนกพื้นที่ที่เชื่อว่ามีรูปแบบความสัมพันธ์พิเศษ เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ว่าดีขึ้นหรือไม่ จึงมีการทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาลโดยการเพิ่มตัวแปรหุ่น (Dummy Variable) ซึ่งเป็นตัวแปรของพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล มีการให้ค่าของตัวแปรเป็น 1 เมื่อมีพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายอยู่ภายในช่องกริดนั้น ๆ และให้ค่าของตัวแปรเป็น 0 เมื่อไม่มีพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายอยู่ภายในช่องกริดนั้น ๆ เช่นเดียวกันกับตัวแปรเขตเทศบาลที่ให้ค่าของตัวแปรเป็น 1 เมื่อมีพื้นที่เขตเทศบาลอยู่ภายในช่องกริดนั้น ๆ และให้ค่าของตัวแปรเป็น 0 เมื่อไม่มีพื้นที่เขตเทศบาลอยู่ภายในช่องกริดนั้น ๆ จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์สมการแบบจำลองความสัมพันธ์โดยการเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาลนี้เข้าไป เพื่อทำการวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่ได้

3.8.7 การทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Geographically Weighted Regression: GWR)

เนื่องจากแบบจำลองฯ ของพื้นที่ศึกษาทั้งพื้นที่ (Global model) นั้นมีค่าคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง จึงมีการทดลองใช้เครื่องมือ GWR ซึ่งมีการนำปัจจัยในเรื่องของพื้นที่ข้างเคียงมาใช้ในการคำนวณหาค่าน้ำหนักของสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปรต้น มาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรในพื้นที่ข้างเคียง โดย GWR จะให้ผลลัพธ์เป็นสมการแบบจำลองที่มีค่าสัมประสิทธิ์แตกต่างกันตามน้ำหนักในแต่ละพื้นที่ (Local model) ในการทดลองได้นำตัวแปรประเภทการใช้ที่ดินที่ได้รับการคัดเลือกจากเครื่องมือ Exploratory Regression โดยเปลี่ยนจากการวิเคราะห์ถดถอยด้วยเครื่องมือ OLS มาเป็นการวิเคราะห์โดยใช้เครื่องมือ GWR ซึ่งให้ผลลัพธ์เป็นค่าสัมประสิทธิ์ของสมการสำหรับแต่ละพื้นที่ โดยจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของชั้นข้อมูลแผนที่ที่มีข้อมูลลักษณะประจำเป็นค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในแต่ละพื้นที่

3.8.8 การทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง (ช่องกริดหมายเลขคู่และคี่)

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้มีการใช้พื้นที่ช่องกริดเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนั้นจึงมีการทดสอบถึงผลกระทบของพื้นที่ช่องกริดที่มีต่อแบบจำลองฯ จึงมีการทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล การทดลองเลือกช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ในการสร้างแบบจำลอง และการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้

แบบจำลองที่มีประสิทธิภาพนั้นควรให้ผลลัพธ์ที่แม่นยำ จึงมีการทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อตรวจสอบว่าการขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนของผลลัพธ์หรือไม่ รวมไปถึงการทดลองเลือกช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ในการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจสอบค่าคลาดเคลื่อนของผลลัพธ์เช่นกัน

3.8.9 การทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้

ในการสร้างแบบจำลอง หากไม่มีข้อมูลของพื้นที่ที่ต้องการสร้างแบบจำลองทั้งพื้นที่ จึงจำเป็นที่จะต้องมีการสุ่มตัวอย่างเพื่อนำมาสร้างแบบจำลอง ทำให้เกิดการการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลอง เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากขนาดของตัวอย่างและค่าคลาดเคลื่อนที่ได้ต่อไป

บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

การศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่ กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี ได้ผลการวิจัยดังหัวข้อต่อไปนี้

4.1 ผลการวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

จากการวิเคราะห์ระดับความมีนัยสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลความหนาแน่นของประชากรกับการใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดยเครื่องมือ Exploratory Regression พบว่าประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรในหน่วยการวิเคราะห์ขนาดต่าง ๆ มีดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรในหน่วยการวิเคราะห์ขนาดต่าง ๆ

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	A1	A2	A3	A4	A5	A7	A8	A9	F	M	W
1x1	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓		✓	✓		
2x2	✓	✓	✓	✓	✓	✓				✓	✓		✓	✓			
3x3	✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓	✓		✓			
4x4	✓	✓	✓	✓	✓					✓	✓	✓		✓			
5x5	✓	✓	✓	✓		✓	✓				✓		✓				✓
6x6	✓	✓				✓				✓			✓	✓			
7x7	✓	✓		✓		✓	✓							✓			
8x8	✓	✓	✓	✓			✓			✓	✓		✓	✓		✓	
9x9	✓	✓				✓					✓			✓			
10x10	✓	✓				✓	✓	✓							✓		

เห็นได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรมากกว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ โดยการใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า (U1) และหมู่บ้าน (U2) นั้นมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรในทุกขนาดหน่วยการวิเคราะห์ ในส่วนของพื้นที่เกษตรกรรมบางประเภท ได้แก่ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (A9) มีความสัมพันธ์อยู่ในแบบจำลองส่วนใหญ่ที่วิเคราะห์ได้ ในขณะที่การใช้ที่ดินประเภทป่าไม้ (F) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) พื้นที่แหล่งน้ำ (W) และพื้นที่เกษตรกรรมบางประเภทนั้น

มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างน้อย และพื้นที่ที่ไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรในหน่วยการวิเคราะห์ทุกขนาด ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม้ยืนต้น (A3)

4.2 ผลการวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์

ผลจากการประมวลผลวิเคราะห์ข้อมูล ดังแสดงในตารางที่ 4.2 เป็นผลการวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ด้วยหน่วยพื้นที่ช่องกริดขนาดเริ่มต้น 1x1 ตารางกิโลเมตร และเพิ่มขนาดความกว้างของช่องกริดขึ้นทีละ 1 กิโลเมตร จนถึง 10x10 ตารางกิโลเมตร ซึ่งสำหรับหน่วยพื้นที่ช่องกริดแต่ละขนาด จะใช้ตัวแปรประเภทการใช้ที่ดินที่มีนัยสำคัญที่ได้รับการคัดเลือก และให้ผลลัพธ์เป็นสมการถดถอยพหุคูณที่ให้ค่า R^2 สูงสุด จากโปรแกรมเครื่องมือ Exploratory Regression

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมการแบบจำลองความสัมพันธ์ความหนาแน่นประชากรกับประเภทการใช้ที่ดิน

หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	สมการถดถอยพหุคูณ	R^2
1 x 1	$Y = 10.43 + 19.05(P_{U2}) + 1.81(P_{A9}) + 5.12(P_{A4}) + 4.04(P_{A5}) + 10.01(P_{U3}) + 1.57(P_{A7}) + 2.74(P_{U5}) – 0.16(P_{F}) + 72.81(P_{U1}) + 15.17(P_{U4})$	0.64
2 x 2	$Y = 0.90 + 19.83(P_{U2}) + 1.91(P_{A9}) + 5.37(P_{A4}) + 4.57(P_{A5}) + 7.87(P_{U3}) + 3.75(P_{U5}) + 9.53(P_{A8}) + 20.98(P_{U6}) + 72.37(P_{U1}) + 48.55(P_{U4})$	0.78
3 x 3	$Y = 3.60 + 16.81(P_{U2}) + 1.60(P_{A9}) + 4.18(P_{A4}) + 5.09(P_{A5}) + 0.20(P_{A1}) + 20.63(P_{U3}) + 3.02(P_{A7}) + 78.24(P_{U1}) + 94.73(P_{U4})$	0.85
4 x 4	$Y = 5.07 + 16.81(P_{U2}) + 1.75(P_{A9}) + 3.67(P_{A4}) + 11.37(P_{A5}) + 19.33(P_{U3}) + 4.79(P_{A7}) + 7.45(P_{U5}) + 76.22(P_{U1}) + 128.69(P_{U4})$	0.88
5 x 5	$Y = 7.43 + 15.56(P_{U2}) + 15.85(P_{A5}) + 0.37(P_{A1}) + 22.59(P_{U3}) – 1.27(P_{W}) + 24.29(P_{A8}) + 77.47(P_{U6}) + 98.26(P_{U1}) + 159.32(P_{U4})$	0.91

ตารางที่ 4.2 ผลการวิเคราะห์สมการแบบจำลองฯ (ต่อ)

หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	สมการถดถอยพหุคูณ	R^2
6 x 6	$Y = 3.07 + 19.18(P_{U2}) + 2.97(P_{A9}) + 7.42(P_{A4}) + 44.46(P_{A8}) + 78.24(P_{U6}) + 112.24(P_{U1})$	0.88
7 x 7	$Y = 13.40 + 15.97(P_{U2}) + 2.46(P_{A9}) + 0.54(P_{A1}) + 87.78(P_{U6}) + 153.54(P_{U1}) + 138.96(P_{U4})$	0.93
8 x 8	$Y = -16.38 + 16.47(P_{U2}) – 2.59(P_{A9}) – 5.87(P_{A4}) + 19.17(P_{A5}) + 0.69(P_{A1}) + 36.01(P_{U3}) + 5.16(P_{M}) + 58.75(P_{A8}) + 91.35(P_{U1}) + 231.64(P_{U4})$	0.97
9 x 9	$Y = 8.23 + 20.36(P_{U2}) + 3.72(P_{A9}) + 17.04(P_{A5}) + 220.05(P_{U6}) + 158.70(P_{U1})$	0.95
10 x 10	$Y = 365.19 + 16.15(P_{U2}) – 3.90(P_{A1}) – 4.14(P_{F}) – 3.53(P_{A2}) + 107.74(P_{U6}) + 133.38(P_{U1})$	0.96

เมื่อ Y = ความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่ช่องกริด

P_i = ร้อยละของพื้นที่การใช้ที่ดินประเภท i ในพื้นที่ช่องกริด

จากผลการวิเคราะห์จัดทำแบบจำลองความหนาแน่นของประชากรด้วยตัวแปรประเภทการใช้ที่ดินข้างต้น จะเห็นได้ว่าสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นที่ได้จากการวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณนั้นยังให้ค่า R^2 ไม่ดีนัก โดยเฉพาะเมื่อใช้หน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูลเป็นช่องกริดขนาดเล็ก และเมื่อเพิ่มขนาดพื้นที่หน่วยพื้นที่วิเคราะห์เป็นช่องกริดขนาดใหญ่ขึ้นก็จะได้สมการแบบจำลองที่มีค่า R^2 สูงขึ้น นับเป็นผลกระทบจากมาตราส่วน (Scale effect) ที่หน่วยการวิเคราะห์ขนาดเล็กจะเกิดค่าความผิดพลาดสูงกว่าหน่วยการวิเคราะห์ที่ใหญ่กว่า ทั้งนี้น่าจะเกิดจากจำนวนประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในหน่วยพื้นที่ขนาดเล็กไม่หลากหลายและมีความแตกต่างกันไปในแต่ละหน่วยพื้นที่ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 จึงไม่สามารถสะท้อนความสัมพันธ์กับจำนวนประชากรในหน่วยพื้นที่นั้นได้ ในทางกลับกันนั้น หน่วยพื้นที่ขนาดใหญ่มีโอกาสที่จะครอบคลุมประเภทของการใช้ประโยชน์

ที่ดินไว้หลายชนิด จึงสามารถสะท้อนหรือบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรได้ดีกว่า

ตารางที่ 4.3 แสดงจำนวนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละหน่วยการวิเคราะห์ข้อมูล

หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	จำนวนประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละหน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูล		จำนวนประเภทการใช้ที่ดินเฉลี่ย
	จำนวนน้อยที่สุด	จำนวนมากที่สุด	
1x1	1	11	4.0
2x2	1	13	6.6
3x3	1	14	8.3
4x4	2	14	9.6
5x5	2	15	10.5
6x6	4	15	11.1
7x7	3	16	11.7
8x8	6	15	11.9
9x9	8	16	12.4
10x10	9	16	12.6

เมื่อนำค่าสัมประสิทธิ์จากสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ในหน่วยการวิเคราะห์ขนาดต่าง ๆ ข้างต้นมาวิเคราะห์ พร้อมทั้งหาค่าเฉลี่ยของค่าสัมประสิทธิ์ของแต่ละตัวแปร มีผลลัพธ์แสดงในตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรต่าง ๆ ในสมการแบบจำลอง

	U1	U2	U3	U4	U5	U6	A1	A2	A3	A4	A5	A7	A8	A9	F	M	W
1x1	72.8	19.1	10.0	15.2	2.7	-	-	-	-	5.1	4.0	1.6	-	1.8	- 0.2	-	-
2x2	72.4	19.8	7.9	48.6	3.8	21.0	-	-	-	5.4	4.6	-	9.5	1.9	-	-	-
3x3	78.2	16.8	20.6	94.7	-	-	0.2	-	-	4.2	5.1	3.0	-	1.6	-	-	-
4x4	76.2	16.8	19.3	128.7	7.5	-	-	-	-	3.7	11.4	4.8	-	1.8	-	-	-
5x5	98.3	15.6	22.6	159.3	-	77.5	0.4	-	-	-	15.9	-	24.3	-	-	-	1.3
6x6	112.2	19.2	-	-	-	78.2	-	-	-	7.4	-	-	44.5	3.0	-	-	-
7x7	153.5	16.0	-	139.0	-	87.8	0.5	-	-	-	-	-	-	2.5	-	-	-
8x8	91.4	16.5	36.0	231.6	-	-	0.7	-	-	- 5.9	19.2	-	58.8	- 2.6	-	5.2	-
9x9	158.7	20.4	-	-	-	220.0	-	-	-	-	17.0	-	-	3.7	-	-	-
10x10	133.4	16.2	-	-	-	107.7	- 3.9	- 3.5	-	-	-	-	-	-	- 4.1	-	-
ค่าเฉลี่ย	104.7	17.6	19.4	116.7	4.7	98.7	-0.4	-3.5	-	3.3	11.0	3.1	34.3	1.7	-2.2	5.2	1.3

จากการวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวแปรข้างต้น พบว่าการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) ที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร โดยสะท้อนว่าเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า (U1) และการใช้ที่ดินประเภทถนน (U4) ประเภทการใช้ที่ดินที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรน้อย ได้แก่ พื้นที่โรงงานอุตสาหกรรม (U5) ไม้ผล (A4) ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์ (A7) สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ (A9) พื้นที่เบ็ดเตล็ด (M) และพื้นที่แหล่งน้ำ (W) ส่วนพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร โดยสะท้อนว่าเป็นพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นประชากรในเชิงลบหรือเป็นประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ส่งผลให้ความหนาแน่นของประชากรลดลง ได้แก่ พื้นที่ นาข้าว (A1) พืชไร่ (A2) และป่าไม้ (F)

4.3 ผลการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

4.3.1 ค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพและความถูกต้องของแบบจำลองนั้น ได้มีการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองทั้งค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่เป็นค่าร้อยละของความหนาแน่นของประชากรจริง (MAPE) และค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นความหนาแน่นของประชากรต่อตารางกิโลเมตร (MAE) แต่เนื่องจากในกรณีหน่วยพื้นที่ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลมีจำนวนประชากรเป็นศูนย์จะไม่สามารถคำนวณค่าคลาดเคลื่อนเป็นร้อยละได้ ผู้วิจัยจึงได้แยกคำนวณค่า MAE สำหรับหน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูลที่มีจำนวนประชากรเป็นศูนย์ดังกล่าวแสดงประกอบกับค่า MAPE ซึ่งกรณีดังกล่าวเกิดขึ้นเฉพาะกับการวิเคราะห์ที่ใช้หน่วยพื้นที่ช่องกริดขนาด 5x5 ตร.กม. และน้อยกว่า ดังแสดงในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองการกระจายตัวของประชากร

หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	R^2	Mean Absolute Percentage Error (MAPE)		Mean Absolute Error (MAE) (คน/ตร.กม.)
		MAPE (%)	MAE* (คน/ตร.กม.)	
1 x 1	0.64	174.94	30	95
2 x 2	0.78	146.67	5	63
3 x 3	0.85	69.25	5	49
4 x 4	0.88	55.30	6	45
5 x 5	0.91	53.42	7	39
6 x 6	0.88	32.89	-	40
7 x 7	0.93	61.26	-	34
8 x 8	0.97	29.23	-	22
9 x 9	0.95	20.90	-	24
10 x 10	0.96	15.64	-	20

* เฉพาะสำหรับช่องกริดที่ไม่มีประชากรอยู่เลย

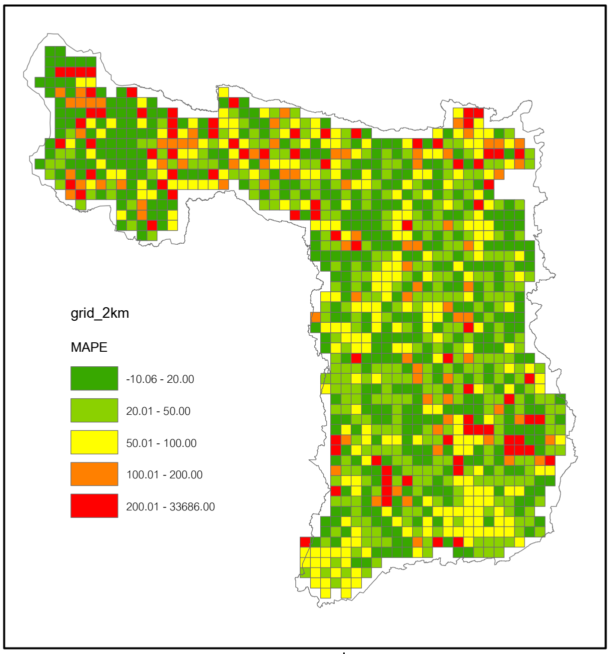
ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นประชากรในแต่ละขนาดของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อเปรียบเทียบกับค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นความหนาแน่นของประชากรต่อตารางกิโลเมตร (MAE) ดังแสดงในตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ยของความหนาแน่นของประชากรในแต่ละขนาดหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

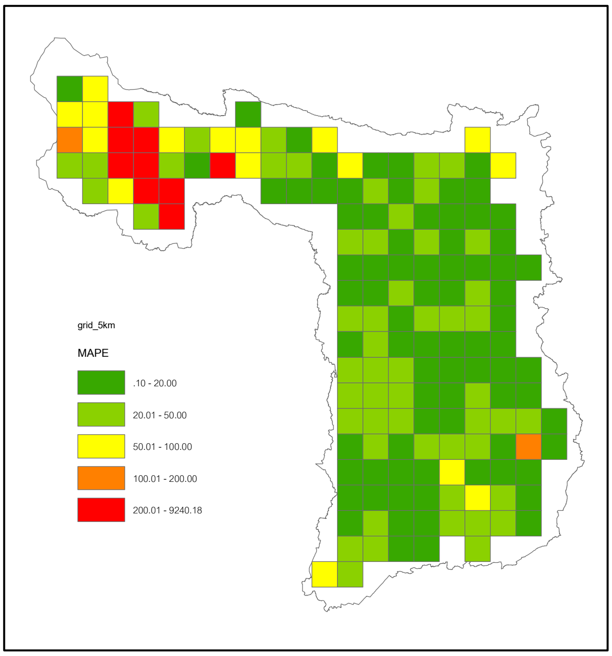
หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นของประชากร (คน/ตร.กม.)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน Standard Deviation
1x1	168	320
2x2	173	241
3x3	176	205
4x4	183	205
5x5	184	174
6x6	189	173
7x7	198	170
8x8	200	175
9x9	204	143
10x10	199	140

เมื่อพิจารณาภาพรวมของค่าคลาดเคลื่อน พบว่าค่าคลาดเคลื่อนทั้งสองมีค่าลดลงเมื่อใช้หน่วยพื้นที่วิเคราะห์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น อย่างไรก็ตามค่าคลาดเคลื่อนที่ได้ยังถือว่าค่อนข้างสูง โดยหากพิจารณาว่าค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ระดับประมาณร้อยละ 30 เป็นค่าที่ยอมรับได้ ก็จะต้องใช้หน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูลขนาดใหญ่ถึง 6x6 ตร.กม. ซึ่งขนาดดังกล่าวมีขนาดใกล้เคียงกับขนาดเฉลี่ยของเขตตำบลของจังหวัดสุพรรณบุรี จึงอาจกล่าวได้ว่าผลลัพธ์จากแบบจำลองฯ ที่ได้ มีประโยชน์ไม่มากนัก

ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูงดังกล่าว สะท้อนให้เห็นได้ว่าการใช้สมการแบบจำลองเพียงสมการเดียว (Global model) อาจไม่เพียงพอที่จะใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรและประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาทั้งจังหวัด จึงมีความต้องการที่จะหาวิธีการจำแนกพื้นที่ออกเป็นพื้นที่ย่อยที่มีลักษณะความสัมพันธ์ที่เป็นเอกภาพ แล้วทำการวิเคราะห์สร้างแบบจำลองสำหรับแต่ละพื้นที่ย่อยเหล่านั้น (Local model) ขึ้นเพื่อลดค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองลง



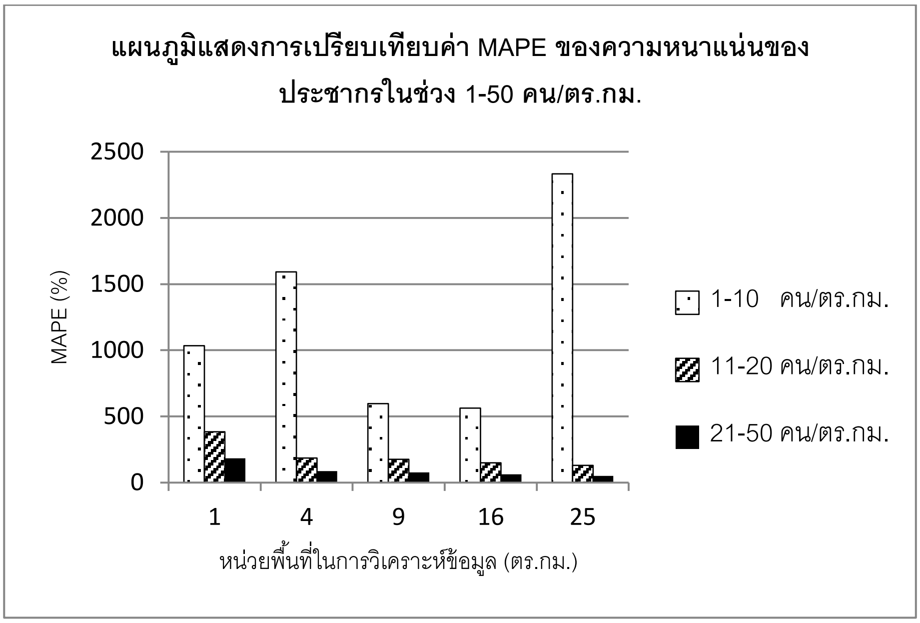
รูปที่ 4.1 ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ของสมการแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์หน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 ตร.กม.



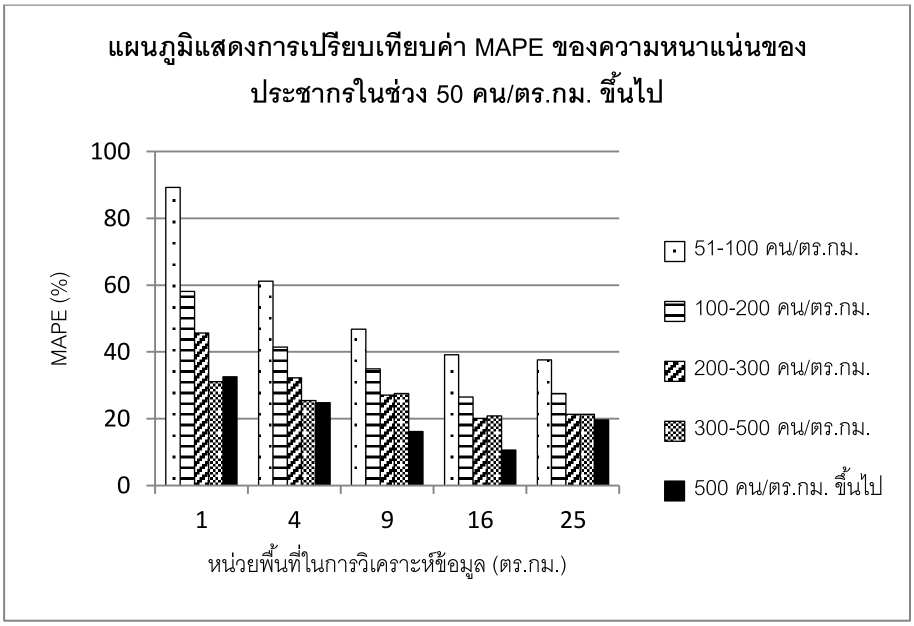
รูปที่ 4.2 ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ของสมการแบบจำลองที่ได้จากการวิเคราะห์หน่วยพื้นที่ขนาด 5x5 ตร.กม.

รูปที่ 4.1 และ 4.2 แสดงตัวอย่างของแผนที่ค่าคลาดเคลื่อน MAPE ของจำนวนประชากรในแต่ละช่องกริด ที่ได้จากการวิเคราะห์สมการถดถอยพหุคูณด้วยหน่วยพื้นที่ช่องกริดขนาด 2x2 ตารางกิโลเมตร และช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร โดยจะสามารถสังเกตเห็นได้ถึงรูปแบบเชิงพื้นที่ของค่าคลาดเคลื่อน โดยเฉพาะในกรณีช่องกริดขนาด 5x5 ตารางกิโลเมตร ที่ช่องกริดในพื้นที่บริเวณตะวันตกเฉียงเหนือของจังหวัดมีค่าคลาดเคลื่อนสูงกว่าพื้นที่อื่นของจังหวัด โดยพื้นที่บริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เขตป่าสงวนแห่งชาติและเขตอุทยานแห่งชาติ

ได้มีการนำค่าคลาดเคลื่อนมาวิเคราะห์โดยละเอียด พบว่าตัวแปรตามที่อยู่ในรูปของค่าความหนาแน่นประชากรต่อหน่วยพื้นที่ (คนต่อตร.กม.) ส่งผลให้ช่องกริดที่มีความหนาแน่นของประชากรค่อนข้างน้อย เช่น บริเวณพื้นที่เขตป่าสงวนแห่งชาติและเขตอุทยานแห่งชาติ นั้นมีค่าน้อยลงไปอีก เมื่อนำมาคำนวณค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่เป็นร้อยละ (MAPE) ทำให้ค่าคลาดเคลื่อนมีค่าสูงกว่าปกติในช่องกริดที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อย ดังแสดงในรูปที่ 4.3 และ 4.4

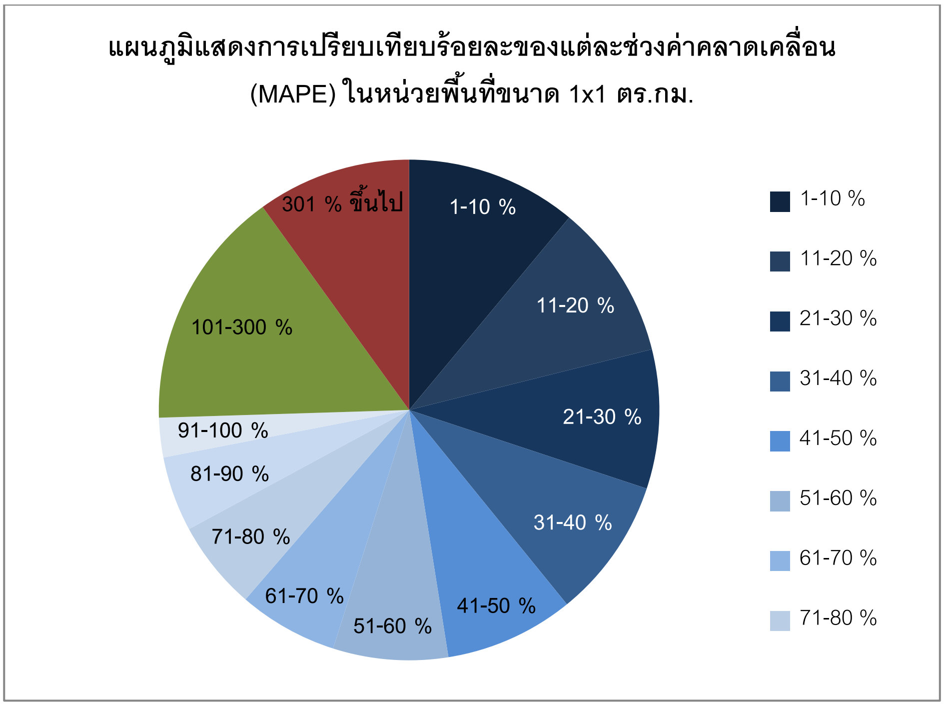


รูปที่ 4.3 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของความหนาแน่นของประชากรระหว่าง 1 ถึง 50 คน/ตร.กม.

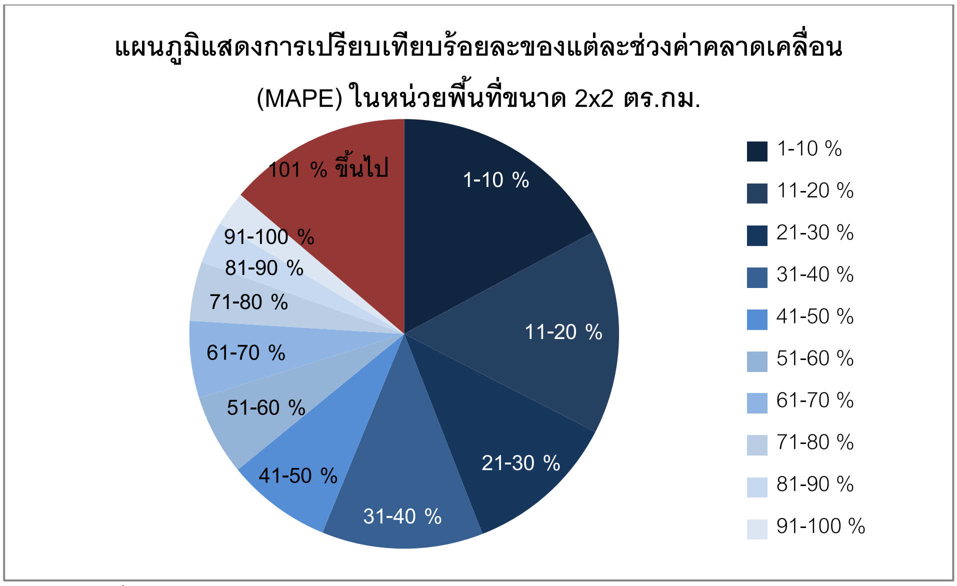


รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของความหนาแน่นของประชากร 50 คน/ตร.กม.ขึ้นไป

อย่างไรก็ตามค่าคลาดเคลื่อนที่ค่อนข้างสูง ที่ส่งผลให้ค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเมื่อคิดเป็นร้อยละ (MAPE) มีค่าสูง มีอยู่เพียงส่วนน้อยเท่านั้น ดังแสดงในรูปที่ 4.5 และ 4.6

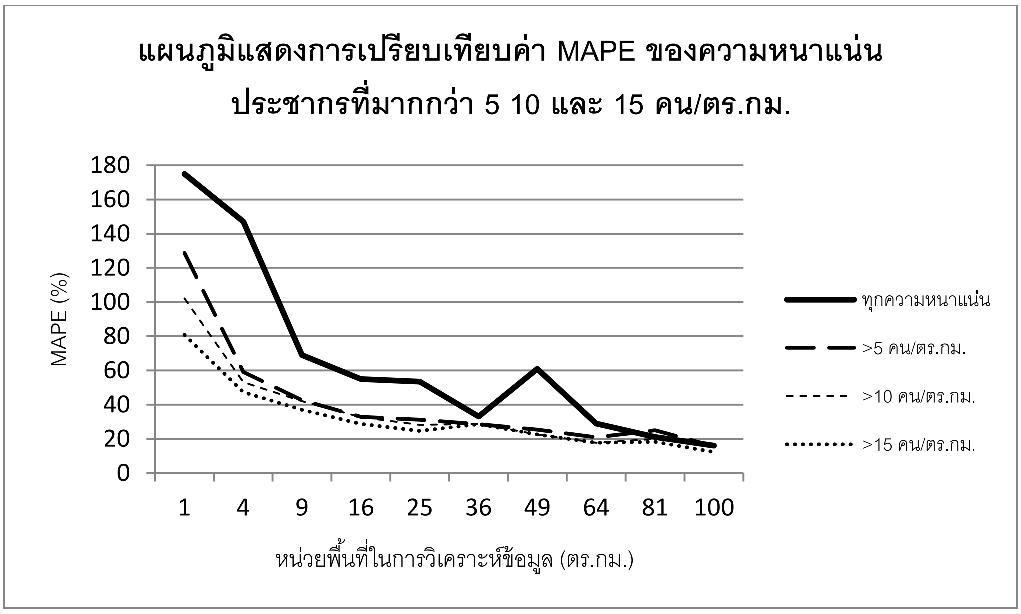


รูปที่ 4.5 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของแต่ละช่วงค่า MAPE จากแบบจำลองฯ
บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1x1 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.6 แสดงการเปรียบเทียบร้อยละของแต่ละช่วงค่า MAPE จากแบบจำลองฯ
บนหน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 ตารางกิโลเมตร

เนื่องจากค่าคลาดเคลื่อนมีค่าสูงกว่าปกติในช่องกริดที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อย จึงมีการคำนวณค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองที่ความหนาแน่นของประชากรมากกว่า 5 คนต่อตารางกิโลเมตร 10 คนต่อตารางกิโลเมตร และ 15 คนต่อตารางกิโลเมตร พบว่าค่าคลาดเคลื่อนลงลด ดังรูปที่ 4.7 จึงอาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองฯ ที่ได้นั้นสามารถใช้ได้ดีในบริเวณพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นมากกว่า 5 คนต่อตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.7 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE ของความหนาแน่นประชากรที่มากกว่า 5 10 และ 15 คน/ตร.กม.

4.3.2 การเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้จากแบบจำลองกับค่าความหนาแน่นของจำนวนประชากรเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลประชากรรายตำบล

เนื่องจากข้อมูลขอบเขตพื้นที่การปกครองหน่วยย่อยที่สุดของประเทศไทยที่มีอยู่ให้ผู้ใช้นำไปใช้งานได้นั้นคือขอบเขตการปกครองระดับตำบล ซึ่งในกรณีทั่วไปที่ไม่มีการใช้แบบจำลองฯ ช่วยประมาณการความหนาแน่นของประชากรนั้น ก็มักต้องใช้การคำนวณความหนาแน่นของพื้นที่แต่ละตำบล โดยสมมติฐานที่ว่าความหนาแน่นของประชากรมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งหน่วยพื้นที่ (Uniform Density) ขอบเขตตำบลนั้น ๆ ดังนั้นเพื่อประเมินถึงประสิทธิภาพของแบบจำลองฯ ที่ได้จากงานวิจัยนี้ จึงทดลองคำนวณค่าความหนาแน่นของประชากรในแต่ละช่องกริด จากข้อมูลความหนาแน่นของประชากรโดยสมมติฐานความหนาแน่นสม่ำเสมอเท่ากันทั้งตำบลดังกล่าว และนำมาหาค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่คำนวณได้ เพื่อเปรียบเทียบกับค่า

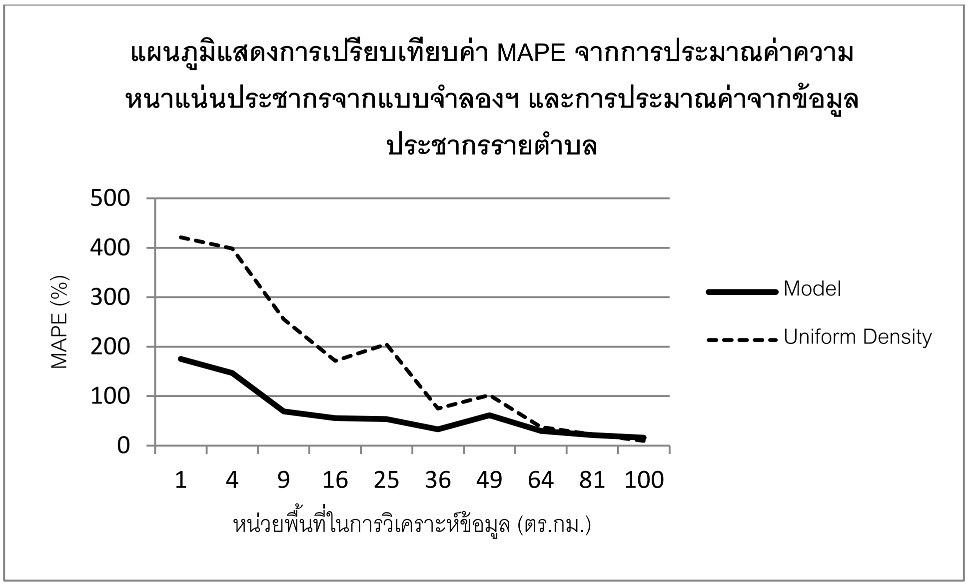
คลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้จากแบบจำลองฯ ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในตารางที่ 4.7

ตารางที่ 4.7 แสดงค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรกับการประมาณค่าจากข้อมูลความหนาแน่นประชากรรายตำบล

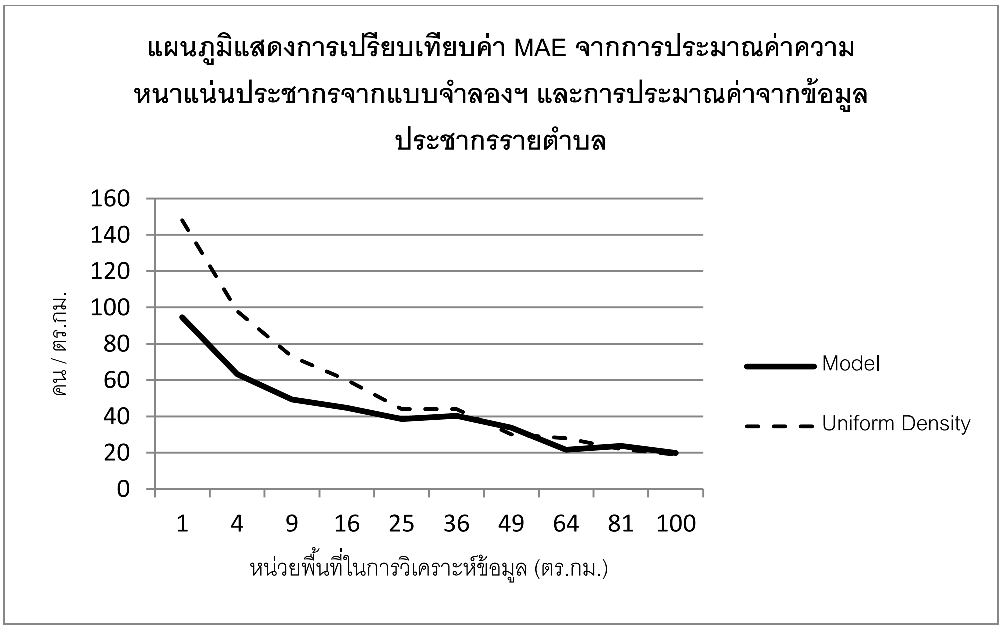
หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	แบบจำลอง			ความหนาแน่นรายตำบล (Uniform Density)		
	MAPE (%)	MAE* (คน/ตร.กม.)	MAE (คน/ตร.กม.)	MAPE (%)	MAE* (คน/ตร.กม.)	MAE (คน/ตร.กม.)
1 x 1	174.94	30	95	421.36	107	148
2 x 2	146.66	5	63	398.54	64	98
3 x 3	69.24	5	49	255.15	35	73
4 x 4	55.30	6	45	171.11	41	60
5 x 5	53.42	-	39	205.18	-	44
6 x 6	32.89	-	40	75.02	-	44
7 x 7	61.26	-	34	101.85	-	30
8 x 8	29.23	-	22	37.02	-	28
9 x 9	20.90	-	24	22.69	-	22
10 x 10	15.64	-	20	9.62	-	19

* เฉพาะสำหรับช่องกริดที่ไม่มีประชากรอยู่เลย

จากตารางที่ 4.7 แสดงให้เห็นว่าแม้แบบจำลองในหน่วยการวิเคราะห์ขนาดเล็กจะมีค่าคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง แต่หากใช้การประมาณค่าจากข้อมูลประชากรรายตำบลที่มีอยู่ภายใต้สมมติฐานที่ว่าความหนาแน่นของประชากรมีความสม่ำเสมอทั่วทั้งหน่วยพื้นที่ (Uniform Density) นั้น ค่าคลาดเคลื่อนจะสูงกว่าค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองมาก แต่ในหน่วยการวิเคราะห์ขนาดใหญ่ ค่าคลาดเคลื่อนจากการประมาณค่าทั้ง 2 วิธี นั้นมีค่าลดลงมากและใกล้เคียงกัน ดังแสดงในรูปที่ 4.8 และ 4.9 เนื่องจากหน่วยการวิเคราะห์ขนาดใหญ่ครอบคลุมเขตตำบลอยู่หลายเขต จึงอาจไม่มีประโยชน์ในการนำไปใช้ประมาณค่าเท่าที่ควร



รูปที่ 4.8 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ และการประมาณค่าจากข้อมูลประชากรรายตำบล บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



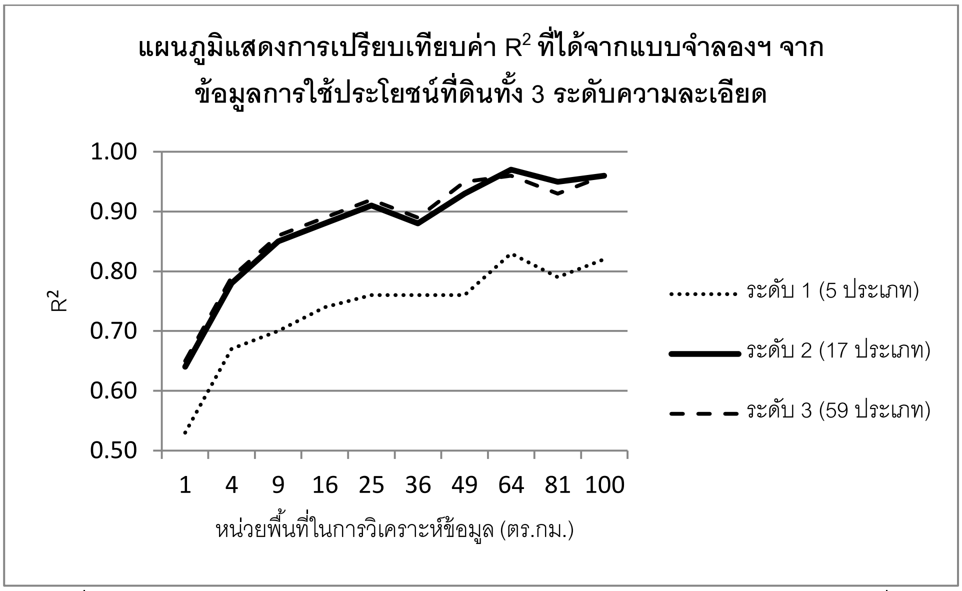
รูปที่ 4.9 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ และการประมาณค่าจากข้อมูลประชากรรายตำบล บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร

4.4 ผลการทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร

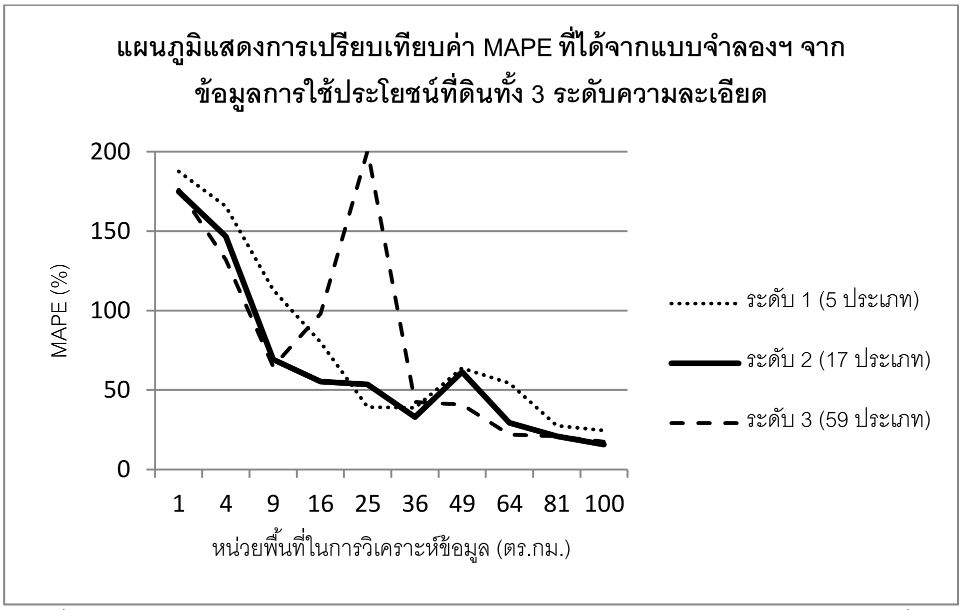
แบบจำลองความหนาแน่นของประชากรที่ได้จากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรกับประเภทการใช้ที่ดินด้วยสมการถดถอยพหุคูณยังมีค่า R^2 ที่ค่อนข้างต่ำและมีค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองค่อนข้างสูง ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองปรับเปลี่ยนตัวแปรและสภาพแวดล้อมของการวิเคราะห์ข้อมูลบางประการ เพื่อหาแนวทางที่จะสามารถทำให้ได้แบบจำลองฯ ที่มีความถูกต้องแม่นยำมากขึ้น ได้แก่การทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดของประเภทการใช้ที่ดินที่นำมาวิเคราะห์ การทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล การตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมาก การทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล การทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Geographically Weighted Regression: GWR) การทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง รวมถึงการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้ ดังนี้

4.4.1 ผลการทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

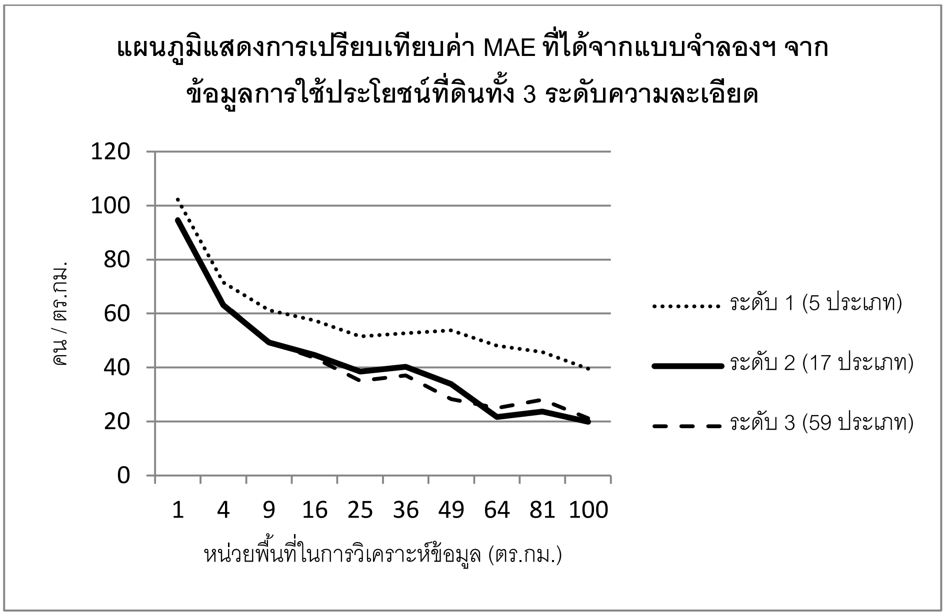
ในเรื่องของระดับความละเอียดที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดินได้จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 3 ระดับ ตามระบบสากล และจากการทดสอบสร้างแบบจำลองฯ โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ระดับ พบว่าแบบจำลองที่ได้จากการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับที่ 1 ซึ่งจำแนกเป็น 5 ประเภทหลักนั้น ให้ค่า R^2 อยู่ในช่วง 0.5 – 0.8 ซึ่งน้อยกว่าแบบจำลองที่ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับที่ 2 และ 3 ที่ให้ค่า R^2 ใกล้เคียงกันโดยอยู่ในช่วง 0.6 - 0.9 ดังนั้นจึงอาจสรุปได้ว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จำแนกในระดับที่ 2 นั้นมีความเหมาะสมเพียงพอที่จะใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร นอกจากนั้นผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน มีระบบการจำแนกที่เน้นการใช้ประโยชน์ที่ดินในด้านเกษตรกรรม ดังนั้นข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เมืองจึงไม่มีความละเอียดหลากหลายนัก ซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้



รูปที่ 4.10 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ระดับความละเอียด บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.11 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 3 ระดับความละเอียด บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.12 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทั้ง 3 ระดับความละเอียด บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร

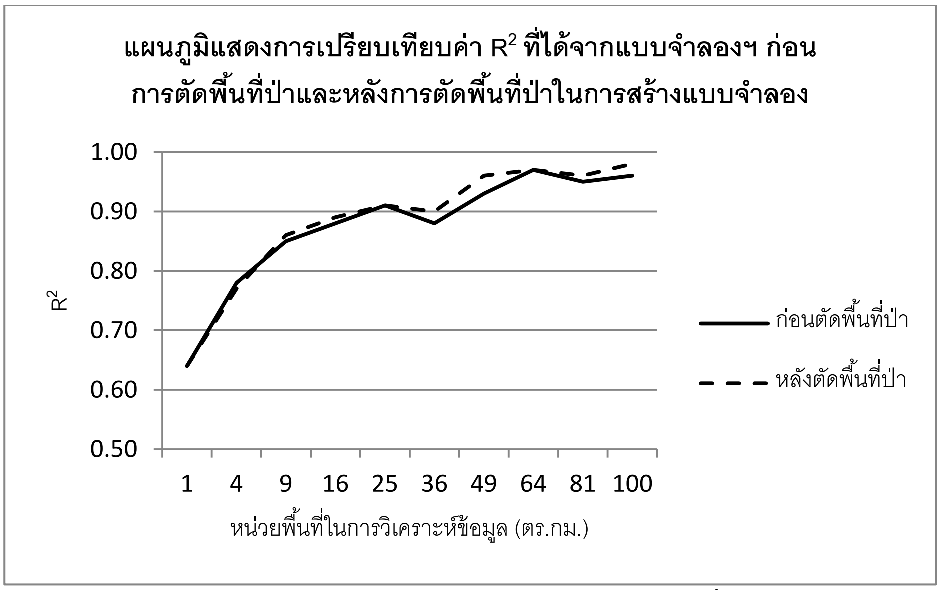
4.4.2 ผลการทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล

จากข้อสังเกตเกี่ยวกับอิทธิพลของรูปแบบการผสมผสานของประเภทการใช้ที่ดินในหน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูล ทำให้เกิดคำถามว่าหน่วยพื้นที่เขตการปกครองซึ่งน่าจะมีรูปแบบการผสมผสานของประเภทการใช้ที่ดินที่สมบูรณ์ในตัวเองนั้นอาจสะท้อนรูปแบบความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ที่ดินกับความหนาแน่นของประชากรได้ดีกว่าการใช้ช่องกริด ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองวิเคราะห์แบบจำลองความสัมพันธ์ฯ โดยใช้พื้นที่เขตตำบล (เนื้อที่เฉลี่ย 49.5 ตร.กม.) และเขตหมู่บ้าน (เนื้อที่เฉลี่ย 5.4 ตร.กม.) เป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล แต่จากผลการวิเคราะห์พบว่าสมการความสัมพันธ์ที่ใช้พื้นที่เขตตำบลเป็นหน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูล ได้ค่า R^2 = 0.94 และสมการที่ได้จากการใช้พื้นที่เขตหมู่บ้านเป็นหน่วยพื้นที่วิเคราะห์ข้อมูล ได้ค่า R^2 = 0.70 ซึ่งค่า R^2 ที่ได้ไม่แตกต่างมากนักจากการใช้หน่วยพื้นที่เป็นช่องกริดที่มีขนาดเนื้อที่ใกล้เคียงกัน

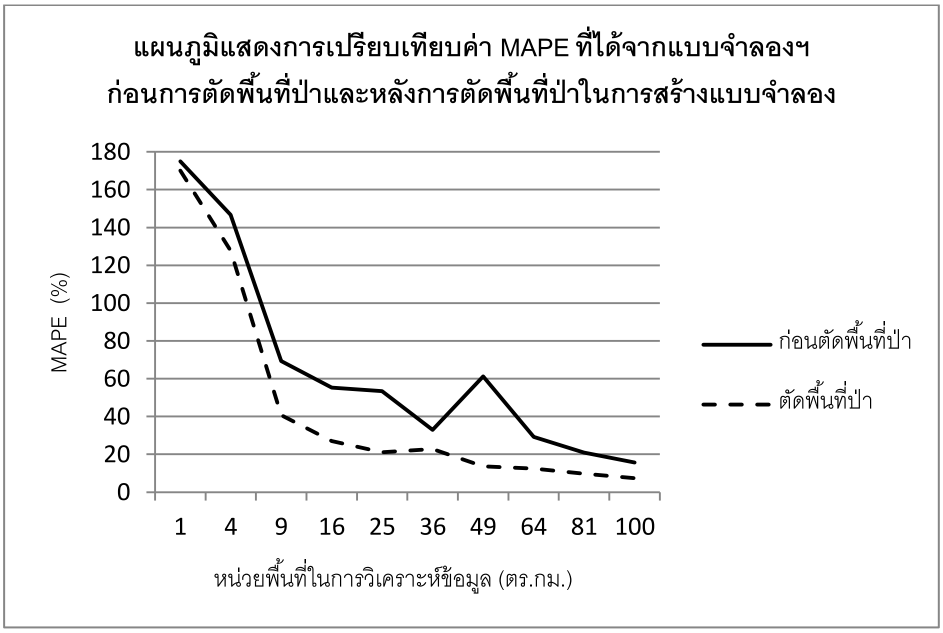
4.4.3 ผลการตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล

สืบเนื่องจากข้อสังเกตการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองที่มีค่าค่อนข้างสูงในบริเวณพื้นที่เขตป่าตามกฎหมาย ผู้วิจัยจึงได้ทำการทดลองเพื่อปรับปรุงแบบจำลองฯ โดยการนำพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติและพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาติออกจากกระบวนการวิเคราะห์สร้างแบบจำลองฯ ผลการทดลองพบว่าค่า R^2 และค่าคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ที่ได้ มีค่าไม่แตกต่างจากค่าที่

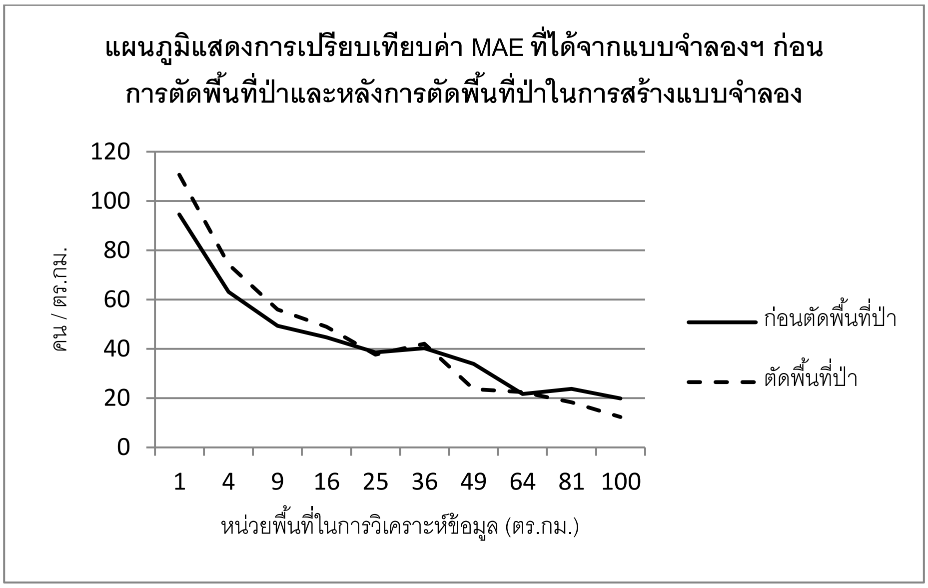
ได้จากการวิเคราะห์สร้างแบบจำลองฯ ที่ไม่มีการนำพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกมากนัก จึงสามารถสรุปได้ว่าพื้นที่เขตป่าสงวนแห่งชาติและพื้นที่เขตอุทยานแห่งชาตินั้นไม่ส่งผลกระทบต่อแบบจำลองฯ



รูปที่ 4.13 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการตัดพื้นที่ป่าในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.14 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการตัดพื้นที่ป่าในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.15 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการตัดพื้นที่ป่าในการสร้างแบบจำลอง บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร

4.4.4 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบท

จากข้อสังเกตเกี่ยวกับการมีรูปแบบเฉพาะตัวของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล จึงมีการทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล ได้ผลดังตารางที่ 4.8 และ 4.9

ตารางที่ 4.8 ผลการวิเคราะห์สมการแบบจำลองฯ และค่าคลาดเคลื่อนในเขตเทศบาล

หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	R^2	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	MAPE (%)	MAE* (คน/ตร.กม.)	MAE (คน/ตร.กม.)
1x1	0.87	A7 U3 U2 U1	154.86	30	159
1.5x1.5	0.74	- M U3 – A4 – U2 – W – A1 – A2 – A5	59.43	22	128
2x2	0.96	- M – A7 U5 U2 – A9 – A1 U4	21.55	-	37

* เฉพาะสำหรับช่องกริดที่ไม่มีประชากรอยู่เลย

เนื่องจากพื้นที่เขตเทศบาลของพื้นที่ศึกษานั้นมีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 13.58 ตารางกิโลเมตร ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองฯ จึงไม่สามารถใช้หน่วยการวิเคราะห์ขนาดใหญ่ได้ จึงมีการใช้หน่วยการวิเคราะห์ขนาด 1x1 ตารางกิโลเมตร 1.5 x 1.5 ตารางกิโลเมตร และ 2x2 ตารางกิโลเมตร เป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าการสร้างแบบจำลองฯ ในพื้นที่เขตเทศบาลให้ค่า

คลาดเคลื่อนจากแบบจำลองลดลงกว่าการสร้างแบบจำลองฯ ในพื้นที่ทั้งจังหวัด ทั้งนี้เกิดจากเขตเทศบาลมีลักษณะรูปแบบของความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรกับการใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างจากพื้นที่อื่น ประกอบกับพื้นที่เขตเทศบาลค่อนข้างเล็ก เมื่อใช้หน่วยการวิเคราะห์ที่เป็นช่องกริด ส่งผลให้มีช่องกริดจำนวนน้อยที่อยู่ภายในเขตพื้นที่เขตเทศบาล เมื่อนำมาสร้างแบบจำลองฯ จึงทำให้ค่าคลาดเคลื่อนลดลง

ตารางที่ 4.9 ผลการวิเคราะห์สมการแบบจำลองฯ และค่าคลาดเคลื่อนนอกเขตเทศบาล

หน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล (ตร.กม.)	R^2	ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	MAPE (%)	MAE* (คน/ตร.กม.)	MAE (คน/ตร.กม.)
1x1	0.51	U2 A9 A4 A5 U3 M A7 –F U4 U1	210.77	35	85
2x2	0.69	U2 A9 A4 A5 U3 A7 –F U4 U1	128.23	11	53
3x3	0.73	U2 A9 A4 A5 A1 U3 A7 A2 A8 U6	102.31	13	42
4x4	0.82	U2 A4 A5 U3 –W A7 –F A8 U4 U1	68.00	6	33
5x5	0.80	U2 A5 A1 U3 A2 A8 –A3 U6 U4	54.52	-	24
6x6	0.84	U2 A5 A1 U3 A2 A8	24.83	4	19

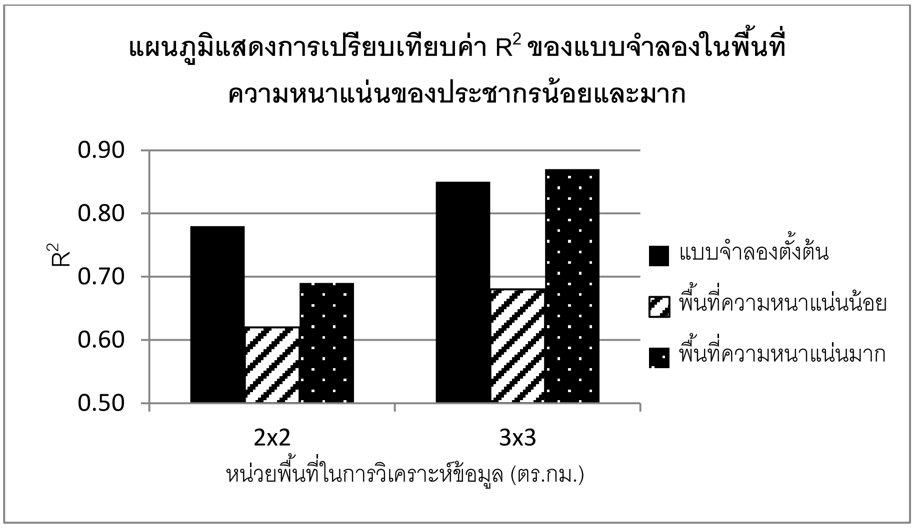
* เฉพาะสำหรับช่องกริดที่ไม่มีประชากรอยู่เลย

จากการทดลองสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ในพื้นที่ทั้งจังหวัด ได้พบว่าค่าคลาดเคลื่อนมีค่าสูงในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อย และมีค่าน้อยลงในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก เมื่อนำเขตเทศบาลออกจากการทดลองซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองฯ ในพื้นที่นอกเขตเทศบาลจึงสูงขึ้น อีกทั้งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีอิทธิพลกับความหนาแน่นของประชากรมากนั้นเป็นการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) เมื่อนำเขตเทศบาลออก ปัจจัยการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างจึงลดน้อยลง ส่งผลให้ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองฯ สูงขึ้น

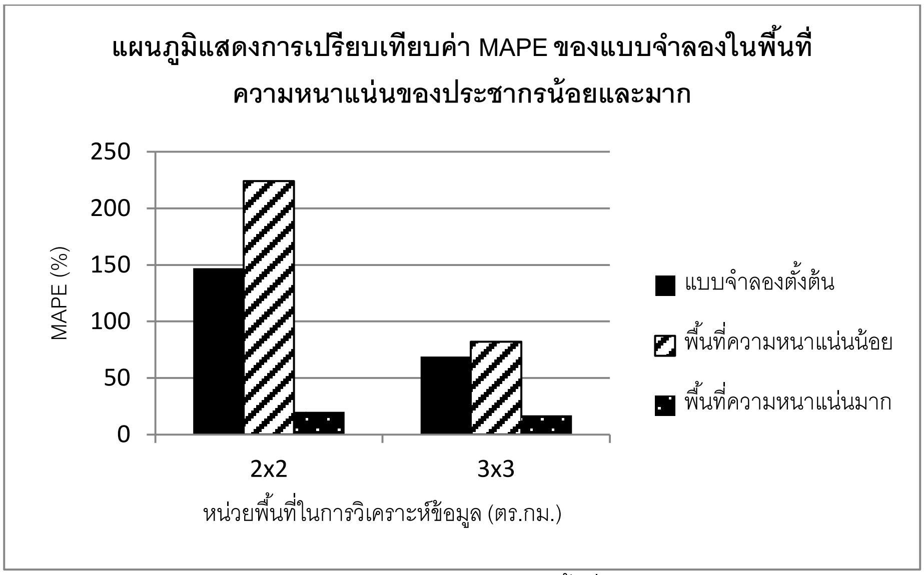
4.4.5 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมาก

จากข้อสังเกตที่ว่าพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยจะมีประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินต่างจากพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก จึงทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมากโดยใช้ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการจำแนกในหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 2x2 และ 3x3 ตารางกิโลเมตร พบว่าประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ที่มี

ความหนาแน่นของประชากรน้อยและมากมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก แสดงให้เห็นว่าปัจจัยเรื่องความหลากหลายของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นยังคงมีอิทธิพลมาก และแบบจำลองฯ ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อยนั้นจะมีค่าคลาดเคลื่อน (MAPE) สูงกว่าแบบจำลองฯ ในพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก ดังรูปที่ 4.16 และ 4.17



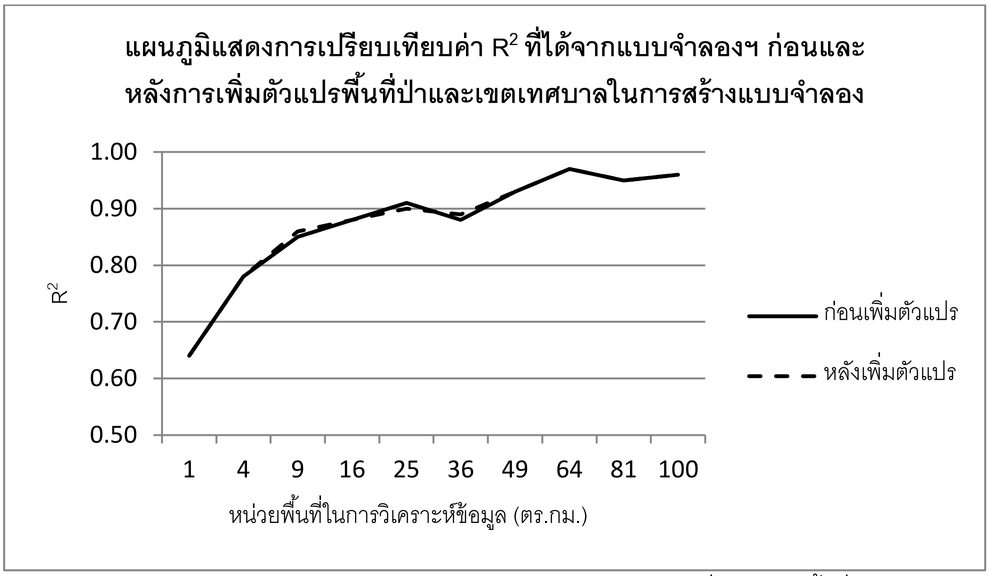
รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ในพื้นที่ความหนาแน่นของประชากรน้อยและมาก บนหน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 และ 3x3 ตารางกิโลเมตร



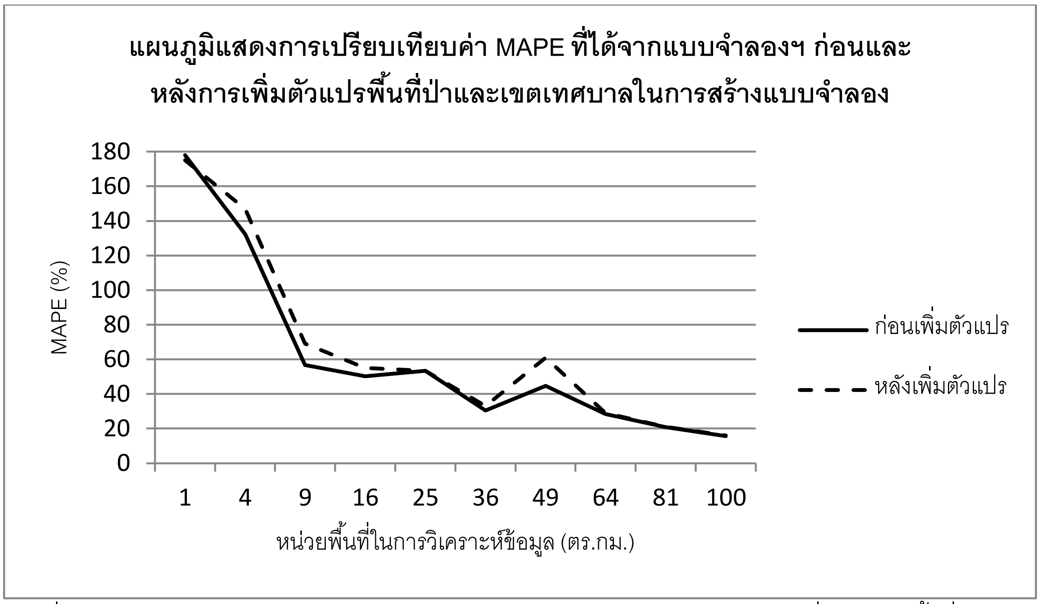
รูปที่ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ในพื้นที่ความหนาแน่นของประชากรน้อยและมาก บนหน่วยพื้นที่ขนาด 2x2 และ 3x3 ตารางกิโลเมตร

4.4.6 ผลการทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล

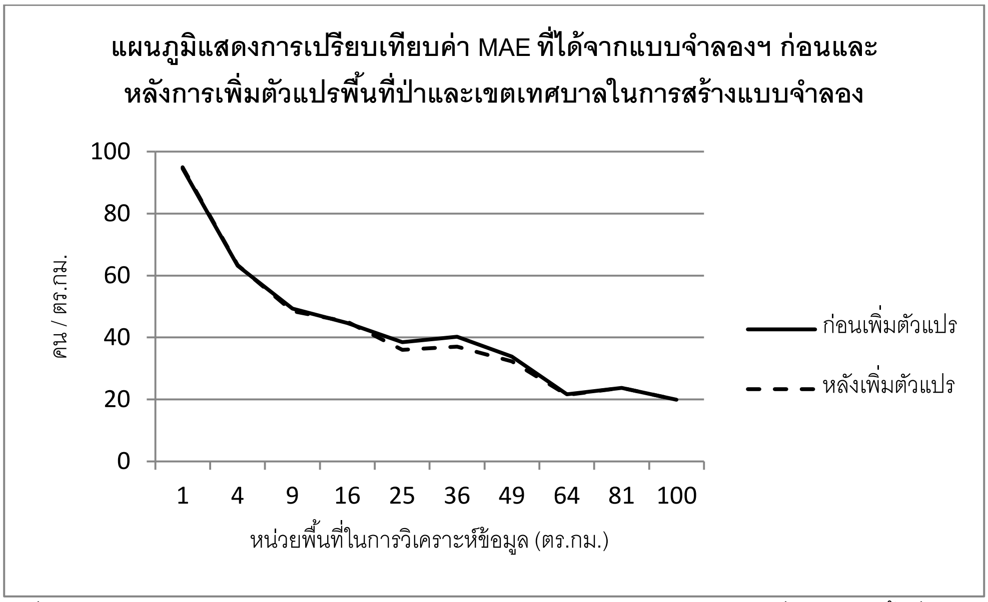
จากการพยายามจำแนกพื้นที่ที่เชื่อว่ามีรูปแบบความสัมพันธ์พิเศษเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ จึงมีการทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาลในการสร้างแบบจำลอง พบว่าตัวแปรพื้นที่เขตป่าและเขตเทศบาลนั้นยังไม่ใช่ตัวแปรที่มีอิทธิพลกับแบบจำลองและไม่ได้ทำให้แบบจำลองแม่นยำขึ้นมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.18 4.19 และ 4.20



รูปที่ 4.18 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการเพิ่มตัวแปรพื้นที่ป่าและเขตเทศบาลในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



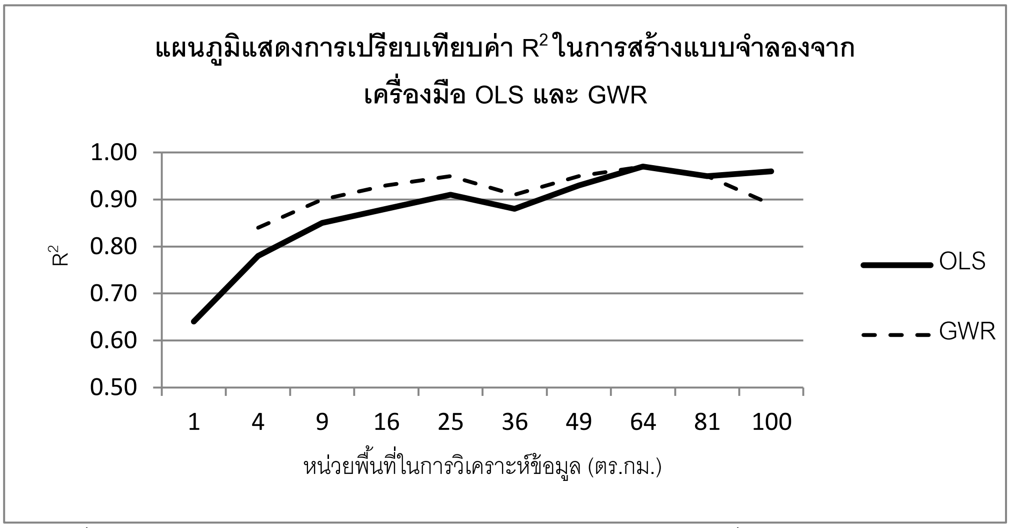
รูปที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการเพิ่มตัวแปรพื้นที่ป่าและเขตเทศบาลในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



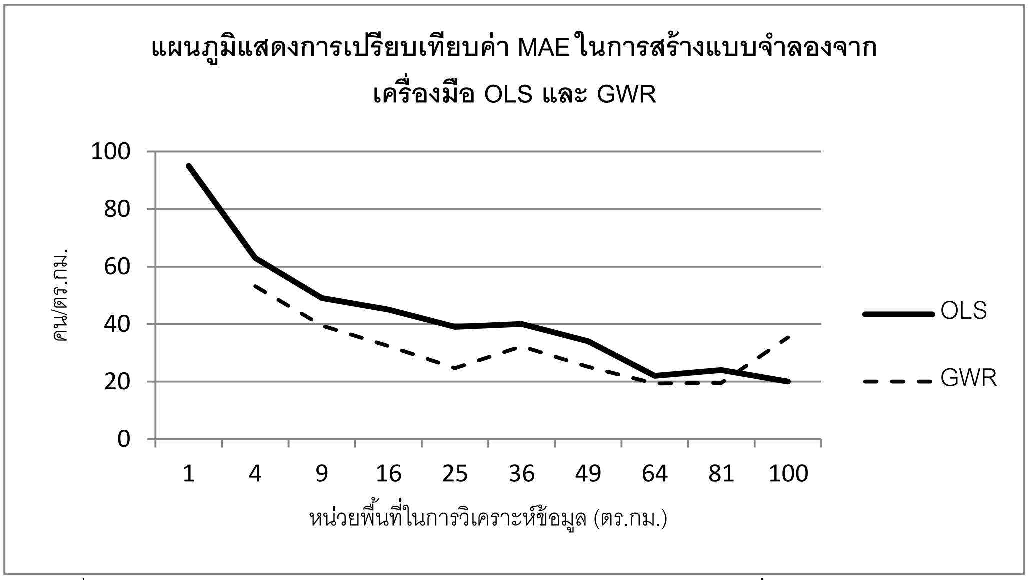
รูปที่ 4.20 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการเพิ่มตัวแปรพื้นที่ป่าและเขตเทศบาลในการสร้างแบบจำลองบนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร

4.4.7 ผลการทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Geographically Weighted Regression: GWR)

จากค่าคลาดเคลื่อนเฉลี่ยที่ค่อนข้างสูงของแบบจำลองฯ สะท้อนให้เห็นว่าการใช้สมการแบบจำลองเพียงสมการเดียว (Global model) ที่ได้จากเครื่องมือ OLS อาจไม่เพียงพอที่จะใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นของประชากรและประเภทการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาทั้งจังหวัด จึงมีการวิเคราะห์สร้างแบบจำลองสำหรับแต่ละพื้นที่ย่อย (Local model) โดยเครื่องมือ GWR พบว่าค่า R^2 สูงขึ้น และค่า MAE นั้นลดลง ดังแสดงในรูปที่ 4.21 และ 4.22

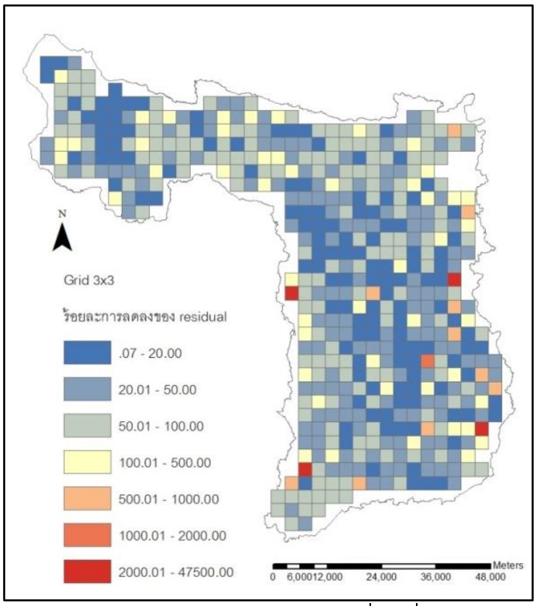


รูปที่ 4.21 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 ในการสร้างแบบจำลองจากเครื่องมือ OLS และ GWR

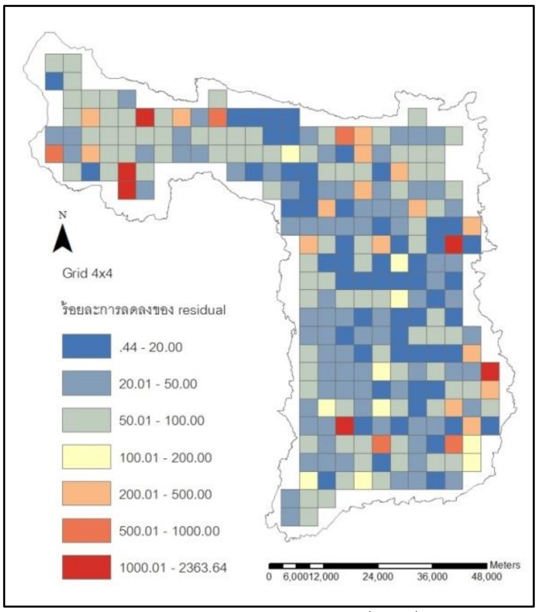


รูปที่ 4.22 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE ในการสร้างแบบจำลองจากเครื่องมือ OLS และ GWR

จากการวิเคราะห์ด้วย GWR ซึ่งเป็นการสร้างสมการความสัมพันธ์ของทุก ๆ ช่องกริดและมีการให้ค่าน้ำหนักของค่าสัมประสิทธิ์ของสมการถดถอยในแต่ละช่องกริด ส่งผลให้ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองลดลง และเพื่อทำความเข้าใจถึงผลลัพธ์จากการใช้ GWR จึงได้คำนวณร้อยละของการลดลงของค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากเครื่องมือ GWR เป็นตัวอย่างในหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 3x3 และ 4x4 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4.23 และ 4.24



รูปที่ 4.23 แผนที่แสดงร้อยละการลดลงของค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย GWR บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 3x3 ตารางกิโลเมตร

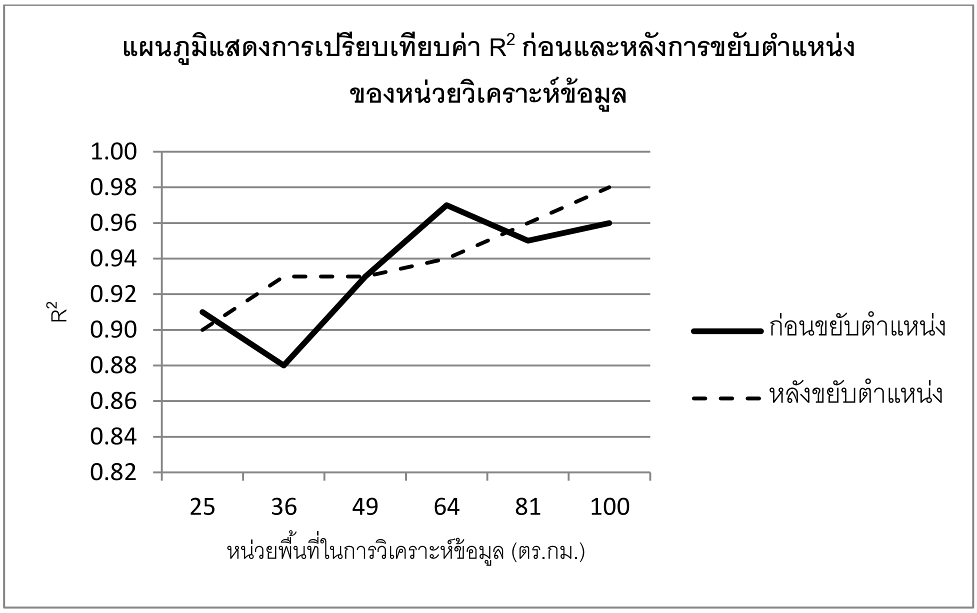


รูปที่ 4.24 แผนที่แสดงร้อยละการลดลงของค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย GWR บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 4x4 ตารางกิโลเมตร

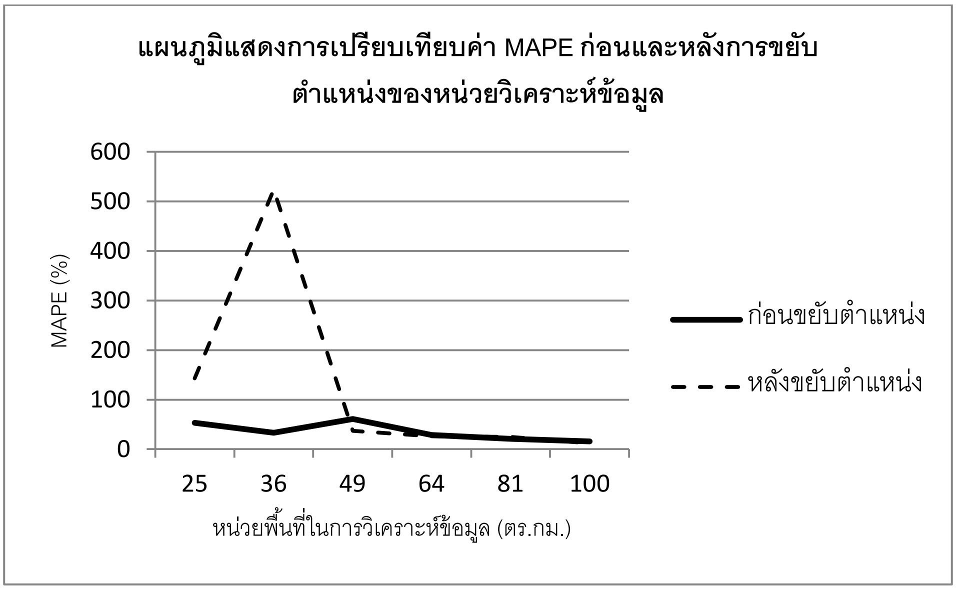
จากรูปที่ 4.23 และ 4.24 พบว่าร้อยละการลดลงของค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย GWR ส่วนใหญ่นั้นลดลงอยู่ในช่วงร้อยละ 1 ถึง 100 ดังนั้นการใช้เครื่องมือ GWR ในการวิเคราะห์จึงเหมาะกับพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยต่าง ๆ หลากหลาย เพราะจะให้สมการเฉพาะในแต่ละพื้นที่ อีกทั้งยังสามารถใช้ทำนายการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่จะเกิดขึ้นกับหน่วยพื้นที่เดิมได้

4.4.8 การทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล และการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง (ช่องกริดหมายเลขคู่และคี่)

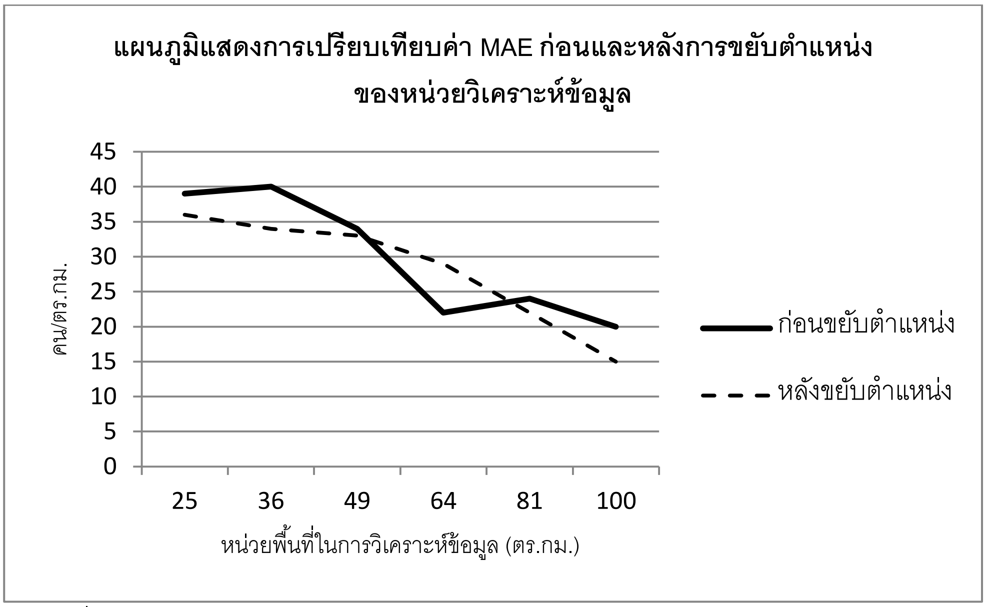
จากการทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 5x5 ถึง 10x10 ตารางกิโลเมตร เพื่อตรวจสอบว่าการขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลนั้นจะส่งผลให้เกิดความไม่แน่นอนของผลลัพธ์หรือไม่ โดยในหน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 5x5 ถึง 8x8 ตารางกิโลเมตร นั้นมีการขยับตำแหน่งไป 2 กิโลเมตร ส่วนหน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 9x9 และ 10x10 ตารางกิโลเมตร นั้นมีการขยับตำแหน่งไป 3 กิโลเมตร พบว่าก่อนและหลังการขยับตำแหน่งนั้นแบบจำลองมีค่าคลาดเคลื่อนไม่ต่างกันมากนัก ยกเว้นในกรณีที่คิดค่าคลาดเคลื่อนเป็นร้อยละ (MAPE) ในหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 6x6 ตารางกิโลเมตร นั้นมีค่าสูงกว่าค่าคลาดเคลื่อนในหน่วยการวิเคราะห์อื่น ๆ มาก ทั้งนี้น่าจะเกิดจากช่องกริดที่มีความหนาแน่นของประชากรมากหรือน้อยผิดปกติ โดยมีผลการทดลองดังรูปที่ 4.25 4.26 และ 4.27



รูปที่ 4.25 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการขยับตำแหน่ง
หน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 25 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.26 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการขยับตำแหน่ง
หน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 25 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.27 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ก่อนและหลังการขยับตำแหน่ง
หน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 25 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร

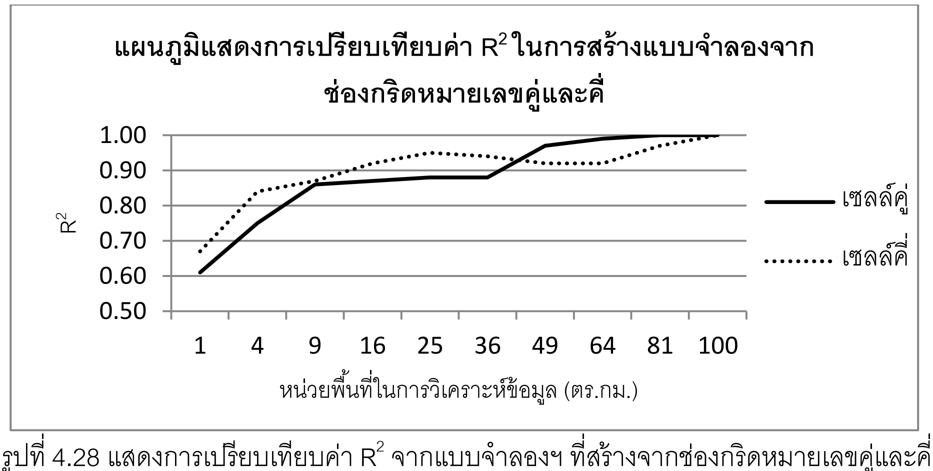
จากการที่ค่าคลาดเคลื่อน MAPE จากการขยับตำแหน่งในหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 6x6 ตารางกิโลเมตร มีค่าสูงขึ้นอย่างมาก ดังนั้นในการสร้างแบบจำลองฯ หากต้องการจะวิเคราะห์ด้วยหน่วยพื้นที่ขนาดใด ๆ ควรมีการขยับตำแหน่งในหลาย ๆ รูปแบบและเปรียบเทียบผล เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของแบบจำลองก่อนการเลือกใช้หน่วยการวิเคราะห์นั้น ๆ

อีกทั้งยังมีการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง โดยเลือกช่องกริดหมายเลขคู่มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง จากนั้นจึงเลือกช่องกริดหมายเลขคี่มาใช้ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์และค่าคลาดเคลื่อนที่ได้ พบว่าประเภทการใช้ที่ดินที่ถูกคัดเลือกว่ามีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และหมายเลขคี่ มีดังแสดงในตารางที่ 4.10

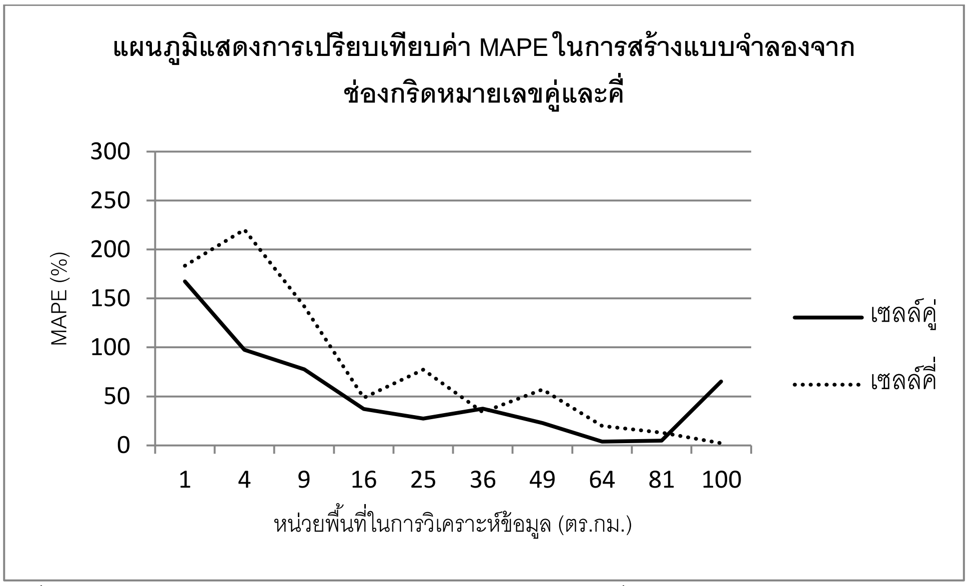
ตารางที่ 4.10 แสดงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่

	1x1		2x2		3x3		4x4		5x5		6x6		7x7		8x8		9x9		10x10	
	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่	คู่	คี่
U1	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
U2	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
U3	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓			
U4		✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓		✓	✓		✓				
U5	✓	✓				✓									✓			✓	✓	
U6			✓		✓				✓			✓		✓	✓	✓		✓	✓	
A1				✓				✓	✓		✓	✓	✓			✓			✓	✓
A2				✓				✓			✓						✓	✓	✓	
A3		✓		✓				✓			✓						✓	✓	✓	✓
A4	✓	✓	✓		✓	✓		✓	✓							✓		✓	✓	
A5	✓	✓				✓	✓	✓	✓				✓			✓				✓
A7		✓				✓											✓			
A8												✓			✓			✓		✓
A9	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓		✓	✓			✓			✓	✓	✓	
F				✓	✓			✓		✓	✓			✓			✓			
M				✓		✓		✓										✓	✓	✓
W				✓	✓		✓	✓			✓						✓			✓

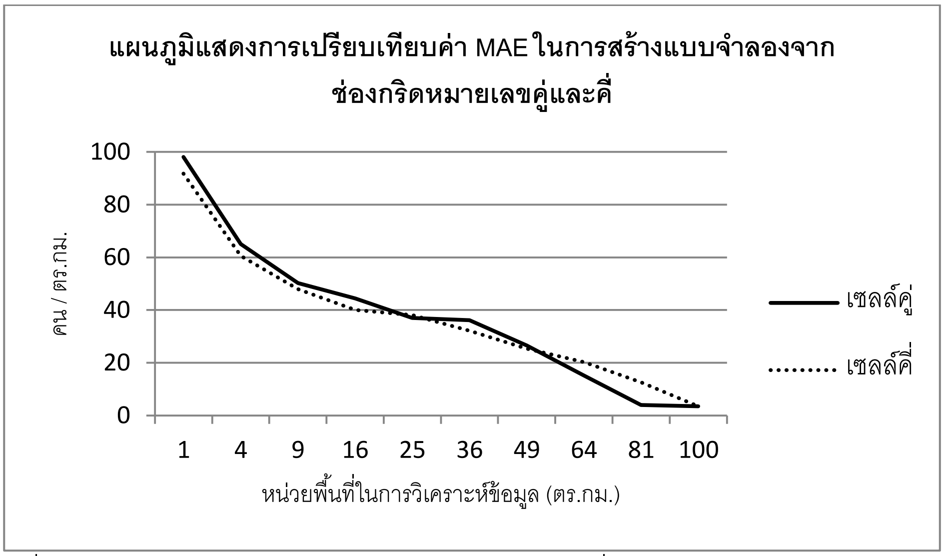
จะเห็นได้ว่าการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบ โดยเลือกช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ในการสร้างแบบจำลองนั้นส่งผลต่อตัวแปรประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในแบบจำลองบ้าง แต่ไม่มีผลต่อค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากแบบจำลองมากนัก ดังแสดงในรูปที่ 4.28 4.29 และ 4.30



รูปที่ 4.28 แสดงการเปรียบเทียบค่า R^2 จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



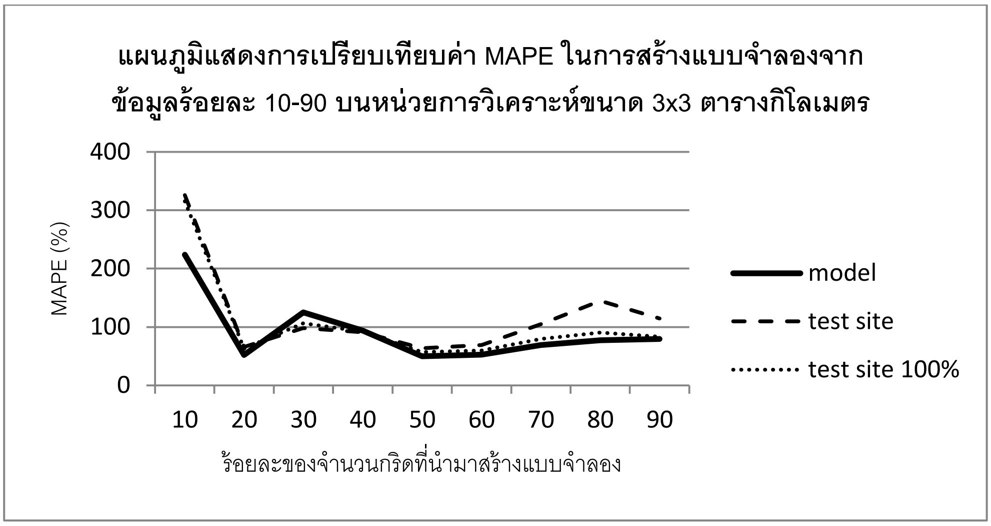
รูปที่ 4.29 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร



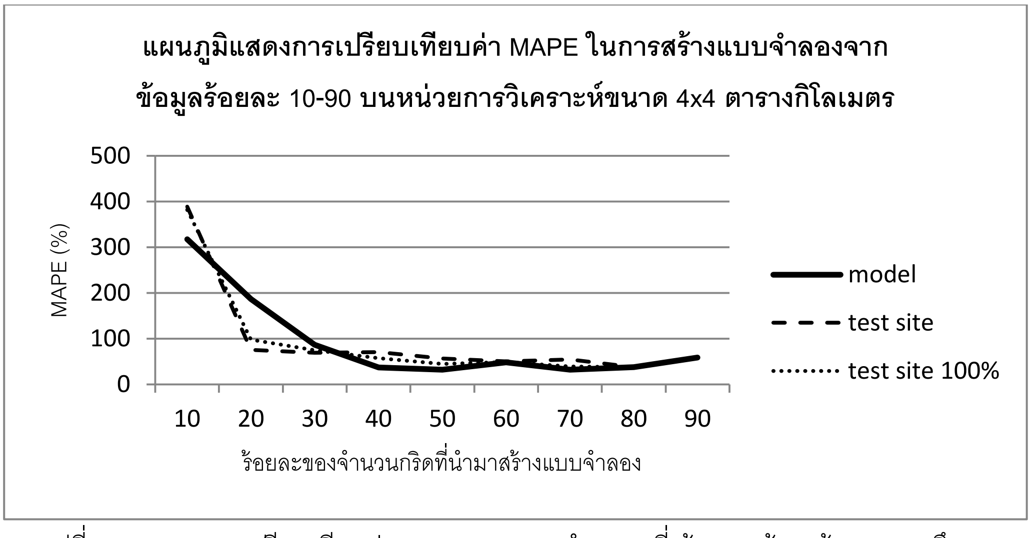
รูปที่ 4.30 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากช่องกริดหมายเลขคู่และคี่ บนหน่วยพื้นที่ขนาด 1 ถึง 100 ตารางกิโลเมตร

4.4.9 ผลการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้

จากการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้ เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบที่เกิดขึ้นจากขนาดของตัวอย่างและค่าความคลาดเคลื่อน โดยการสุ่มข้อมูลร้อยละ 10 ถึง ร้อยละ 90 ของพื้นที่ศึกษามาใช้ในการสร้างแบบจำลองฯ และนำมาตรวจสอบกับพื้นที่ที่ไม่ได้ใช้ในการสร้างแบบจำลองฯ (test site) ได้ค่าคลาดเคลื่อนดังรูปที่ 4.31 และ 4.32



รูปที่ 4.31 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากข้อมูลร้อยละ 10 ถึง 90 บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 3x3 ตารางกิโลเมตร



รูปที่ 4.32 แสดงการเปรียบเทียบค่า MAPE จากแบบจำลองฯ ที่สร้างจากข้อมูลร้อยละ 10 ถึง 90 บนหน่วยการวิเคราะห์ขนาด 4x4 ตารางกิโลเมตร

จะเห็นได้ว่าที่การใช้ข้อมูลร้อยละ 20 เพื่อนำมาจัดทำแบบจำลองฯ ให้ค่าคลาดเคลื่อนที่ใกล้เคียงกับการใช้ข้อมูลจำนวนมากในการสร้างแบบจำลองฯ ดังนั้นหากต้องมีการสร้างแบบจำลองฯ ในพื้นที่อื่น ๆ ที่ยังไม่ได้มีการสำรวจข้อมูลไว้อย่างละเอียด การสำรวจข้อมูลละเอียดเพียงร้อยละ 20 ของพื้นที่ก็มีความเพียงพอต่อการสร้างแบบจำลอง

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษาและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการดำเนินการวิเคราะห์ความสัมพันธ์

การทดลองใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินและข้อมูลประชากรซึ่งมีการสำรวจละเอียด มาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยการใช้ช่องกริดขนาดต่าง ๆ เป็นหน่วยพื้นที่ในการเชื่อมโยงและวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีการใช้เครื่องมือ Exploratory Regression จากซอฟต์แวร์ ArcGIS 10.1 ในการคัดเลือกตัวแปรประเภทการใช้ที่ดินที่มีนัยสำคัญจากตัวแปรประเภทการใช้ที่ดินทั้งหมดที่มีการจำแนกความละเอียดในระดับที่ 2 รวมทั้งหมด 17 ประเภท เพื่อนำตัวแปรที่ผ่านการคัดเลือกไปวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์ของสมการแบบจำลองความสัมพันธ์ด้วยวิธีวิเคราะห์ถดถอยพหุคูณ (Multiple regression analysis) โดยเครื่องมือ Ordinary Least Squares (OLS) จากนั้นมีการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองจากค่า Coefficient of determination (R^2) ของสมการถดถอยฯ ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นร้อยละของความหนาแน่นของประชากร (Mean Absolute Percentage Error, MAPE) ค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นความหนาแน่นของประชากร (Mean Absolute Error, MAE) และเปรียบเทียบค่าคลาดเคลื่อนของความหนาแน่นของประชากรที่ประมาณการได้จากแบบจำลองกับค่าความหนาแน่นของจำนวนประชากรเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลประชากรรายตำบล

นอกจากนี้ยังมีการทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร ได้แก่ การทดลองปรับเปลี่ยนระดับความละเอียดของประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน การทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูล การตัดพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายออกจากการวิเคราะห์ข้อมูล การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่เขตเทศบาลและพื้นที่นอกเขตเทศบาล การทดลองสร้างแบบจำลองในพื้นที่ที่มีประชากรหนาแน่นน้อยและมาก การทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาล การทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนัก (Geographically Weighted Regression: GWR) การทดลองขยับตำแหน่งของหน่วยพื้นที่ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการทดลองใช้หน่วยวิเคราะห์ข้อมูลแบบสุ่มอย่างเป็นระบบในการสร้างแบบจำลอง และการทดลองเพื่อศึกษาถึงผลกระทบของขนาดตัวอย่างที่มีต่อความถูกต้องของแบบจำลองที่ได้

5.2 สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่ กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.2.1 การวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลประชากรและประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เนื่องจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นข้อมูลที่สามารถเข้าถึงและปรับปรุงข้อมูลได้ง่าย ประกอบกับการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นได้รับอิทธิพลจากปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ อยู่แล้ว จึงเลือกใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในการวิเคราะห์ทดสอบความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร โดยใช้เครื่องมือ Exploratory Regression จากซอฟต์แวร์ ArcGIS 10.1 ทำให้สามารถคัดเลือกตัวแปรประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีนัยสำคัญต่อแบบจำลองฯ และพบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินส่วนใหญ่นั้นมีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากร โดยเฉพาะการใช้ประโยชน์ที่ดินในประเภทพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (U) แต่การใช้ประโยชน์ที่ดินบางประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมประเภทไม่ยืนต้น (A3) นั้นไม่มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นของประชากรในหน่วยการวิเคราะห์ทุกขนาด

ทั้งนี้ผู้วิจัยมีข้อสังเกตว่าข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน มีระบบการจำแนกที่เน้นการใช้ประโยชน์ที่ดินในด้านเกษตรกรรม ดังนั้นข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่เมืองจึงไม่มีความละเอียดหลากหลายซึ่งอาจส่งผลต่อประสิทธิภาพของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นได้

5.2.2 การวิเคราะห์หาสมการแบบจำลองความสัมพันธ์และการวิเคราะห์ประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง

การสร้างแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรในรูปแบบสมการความสัมพันธ์เชิงเส้นกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่าค่า R^2 ที่ได้นั้นอยู่ในช่วง 0.64 ที่หน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 1x1 ตารางกิโลเมตร จนไปถึง 0.96 ที่หน่วยการวิเคราะห์ข้อมูลขนาด 10x10 ตารางกิโลเมตร โดยการทดลองสร้างความสัมพันธ์จากหน่วยพื้นที่ช่องกริดขนาดใหญ่ให้ค่าคลาดเคลื่อนของแบบจำลองน้อยกว่าการใช้ช่องกริดขนาดเล็ก เมื่อพิจารณาจากความละเอียดของข้อมูลที่เป็นประโยชน์แล้วนั้น หน่วยการวิเคราะห์ขนาด 6x6 ตารางกิโลเมตร น่าจะเป็นขนาดที่มีความเหมาะสมสูงสุด เนื่องจากมีค่าคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยที่คิดเป็นร้อยละของความหนาแน่นของ

ประชากร (MAPE) จากแบบจำลองเพียงร้อยละ 32.89 แต่หากพิจารณาถึงความละเอียดของแหล่งข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งได้แก่ข้อมูลประชากรรายตำบลที่มีพื้นที่ใกล้เคียงกับกริดขนาดใหญ่อยู่แล้ว หน่วยการวิเคราะห์ขนาด 6x6 ตารางกิโลเมตร จึงอาจมีประโยชน์ไม่มากนักในทางปฏิบัติ ดังนั้น หากพิจารณาถึงหน่วยการวิเคราะห์ที่มีขนาดเล็กกว่าและมีค่าคลาดเคลื่อนจากแบบจำลองที่ไม่สูงขึ้นมากนัก หน่วยการวิเคราะห์ขนาด 4x4 ตารางกิโลเมตร จึงเป็นหน่วยการวิเคราะห์ที่มีความเหมาะสมสำหรับการสร้างแบบจำลองฯ ในงานวิจัยนี้ และแม้ในหน่วยพื้นที่ขนาดเล็กจะมีค่าคลาดเคลื่อนที่ค่อนข้างสูง แต่ก็ช่วยให้การประมาณค่าประชากรเชิงพื้นที่มีความผิดพลาดน้อยลงกว่าการประมาณค่าเชิงพื้นที่โดยใช้ข้อมูลความหนาแน่นของจำนวนประชากรเฉลี่ยที่คำนวณจากข้อมูลประชากรรายตำบล

อย่างไรก็ตามแบบจำลองฯ สามารถนำไปประมาณค่าประชากรในพื้นที่อื่นได้ เนื่องจากทราบค่าความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและความหนาแน่นของประชากร แต่อาจเกิดค่าคลาดเคลื่อน ดังนั้นในขั้นตอนของการประมาณค่า อาจต้องมีการเพิ่มขั้นตอนการปรับค่าจำนวนประชากรรวมให้ถูกต้อง (volume preserving) เพื่อปรับเพิ่มความถูกต้องของจำนวนประชากรที่ได้จากแบบจำลองฯ อีกครั้งหนึ่ง อีกทั้งการจัดทำและปรับปรุงข้อมูลประชากรโดยละเอียดที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองฯ นั้นไม่ง่าย ดังนั้นแบบจำลองจึงมีประโยชน์อย่างมากในการช่วยประมาณค่าความหนาแน่นของประชากรในพื้นที่

5.2.3 ผลการทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากร

จากการทดลองเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงแบบจำลองความหนาแน่นของประชากรพบว่าการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจำแนกในระดับที่ 2 เป็นระดับที่เหมาะสมและให้ผลลัพธ์ที่ดีในพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี สำหรับผลการทดลองใช้เขตการปกครองเป็นหน่วยพื้นที่ในการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่าไม่ได้ส่งผลให้แบบจำลองดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ช่องกริดที่มีขนาดใกล้เคียงกัน จากการทดลองสร้างแบบจำลองแยกสำหรับพื้นที่นอกเขตป่าตามกฎหมาย พื้นที่เขตเทศบาล พื้นที่นอกเขตเทศบาล พื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรน้อย และพื้นที่ที่มีความหนาแน่นของประชากรมาก พบว่าไม่สามารถเพิ่มความถูกต้องของแบบจำลองได้มากนัก รวมทั้งการทดลองเพิ่มตัวแปรพื้นที่เขตป่าตามกฎหมายและเขตเทศบาลก็ยังคงไม่ให้ผลที่ดีมากนักเช่นเดียวกัน ในส่วนของผลการทดลองสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่แบบถ่วงน้ำหนักพบว่าสามารถปรับปรุงแบบจำลองได้ดีขึ้นเล็กน้อย โดยเฉพาะในพื้นที่หน่วยวิเคราะห์ขนาดเล็ก และค่อย ๆ ลดลงเมื่อหน่วยการวิเคราะห์ใหญ่ขึ้น แต่ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่ได้เป็นสมการแบบจำลองสมการเดียวของทั้ง

พื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรีจึงไม่อาจนำไปใช้ในพื้นที่อื่นได้ แต่จะมีประโยชน์ในการคาดการณ์หรือวิเคราะห์พื้นที่ย่อยเหล่านั้นในช่วงเวลาที่ต่างกัน

5.3 ข้อจำกัดและข้อเสนอแนะ

ข้อจำกัดในส่วนของงานวิจัยที่อาจส่งผลกับความถูกต้องแม่นยำของผลลัพธ์ ได้แก่

1) ข้อจำกัดของข้อมูลประชากร ในเรื่องของความถูกต้องของข้อมูลจากการปรับปรุงจำนวนประชากรที่ขาดหายไปเนื่องจากความไม่ครบถ้วนของข้อมูล นอกจากนั้นการใช้ข้อมูลประชากรจากสำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง (ข้อมูลทะเบียนราษฎร์) ซึ่งมักไม่ตรงกับจำนวนประชากรที่มีอยู่จริงในพื้นที่

2) ข้อจำกัดของข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินจากกรมพัฒนาที่ดินมีระบบการจำแนกที่เน้นการใช้ประโยชน์ที่ดินด้านเกษตรกรรม ดังนั้นข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินจึงไม่ละเอียดหลากหลายในพื้นที่เมือง ส่งผลให้ขาดประเภทการใช้ที่ดินที่มีความสัมพันธ์อย่างมากกับความหนาแน่นของประชากร เช่น การจำแนกพื้นที่อยู่อาศัยเป็นประเภทบ้านเดี่ยว คอนโดมิเนียม ฯลฯ

3) ข้อจำกัดของการใช้แบบจำลองเดียวสำหรับทั้งพื้นที่เมืองและพื้นที่ชนบท โดยจากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่ามักมีการสร้างแบบจำลองสำหรับพื้นที่เมืองที่มีรูปแบบของสมการและปัจจัยที่ส่งผลต่อความหนาแน่นของประชากรแตกต่างจากแบบจำลองสำหรับพื้นที่ชนบท เนื่องจากมีลักษณะการกระจายตัวของความหนาแน่นประชากรที่แตกต่างกัน แต่เนื่องจากพื้นที่ศึกษาในงานวิจัยนี้มีขนาดไม่ใหญ่มากนัก และลักษณะของขอบเขตพื้นที่เมืองไม่ชัดเจน ทำให้เกิดข้อจำกัดในการกำหนดขอบเขตของพื้นที่เมือง ซึ่งจากการศึกษาพบว่าไม่สามารถใช้เขตเทศบาลในการจำแนกพื้นที่เมืองได้

4) ข้อจำกัดในการนำแบบจำลองที่ได้ไปใช้งานกับพื้นที่อื่น เนื่องจากแบบจำลองที่ได้เกิดจากการทดสอบวิเคราะห์หาความสัมพันธ์จากข้อเท็จจริง ซึ่งได้แก่ข้อมูลสภาพความเป็นจริงในพื้นที่ศึกษา จึงเป็นแบบจำลองซึ่งสะท้อนถึงความสัมพันธ์ในพื้นที่ศึกษาเท่านั้น ดังนั้นการนำแบบจำลองไปใช้กับพื้นที่อื่น ๆ จึงต้องพิจารณาถึงลักษณะเฉพาะของพื้นที่ที่คล้ายคลึงกับพื้นที่ศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี โดยเฉพาะในส่วนของแบบจำลองที่ได้จากเครื่องมือ GWR ซึ่งจะใช้ได้เฉพาะกับพื้นที่ย่อยเหล่านั้นเท่านั้น

ในส่วนของข้อเสนอแนะ สามารถสรุปได้ดังนี้

1) จากผลการทดลองที่ยังคงมีค่าคลาดเคลื่อนค่อนข้างสูง จึงควรมีการศึกษาปรับปรุงแบบจำลองโดยอาจหาปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่น ๆ เพิ่มเข้ามาในแบบจำลอง

2) ควรมีการศึกษาวิจัยถึงแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่จริงในพื้นที่ จากการสุ่มสำรวจในภาคสนาม เพื่อลดผลกระทบของค่าคลาดเคลื่อนของจำนวนประชากรตามทะเบียนลงได้

3) ควรมีการทดลองศึกษาถึงความสัมพันธ์และแบบจำลองความหนาแน่นของประชากรกับการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่อื่น ๆ ทั้งพื้นที่ที่มีลักษณะใกล้เคียงและแตกต่างจากพื้นที่จังหวัดสุพรรณบุรี เพื่อทำความเข้าใจรูปแบบความสัมพันธ์และแบบจำลองนั้น ๆ ซึ่งรูปแบบความสัมพันธ์ดังกล่าวอาจจะได้นำไปใช้ในการสร้างแบบจำลองมาตรฐานสำหรับพื้นที่ในแต่ละภาคของประเทศไทยที่มีความคล้ายคลึงกันได้

4) เนื่องจากการทดลองวิเคราะห์สมการความสัมพันธ์ด้วยเครื่องมือ GWR ส่งผลให้ค่าคลาดเคลื่อนลดลง ดังนั้นในพื้นที่ที่มีการลดลงของค่าคลาดเคลื่อนเป็นอย่างมาก อาจนำไปสู่การศึกษาวิจัยต่อไปว่ามีปัจจัยท้องถิ่นใดที่ส่งผลให้ค่าคลาดเคลื่อนลดลง

5) ควรมีการเลือกใช้ข้อมูลจากแหล่งข้อมูลที่หลากหลาย เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองที่ได้

6) อาจมีการศึกษาวิจัยเปรียบเทียบการใช้เครื่องมือหรือเทคนิคในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ

7) อาจมีการศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการปรับปรุงแบบจำลองโดยใช้สมการความสัมพันธ์ที่ไม่เป็นเชิงเส้นระหว่างความสัมพันธ์ของความหนาแน่นของประชากรกับประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

นิพนธ์ ตั้งธรรม. รายงานผลกระทบของวิวัฒนาการการใช้ประโยชน์ที่ดินต่อลักษณะและคุณภาพน้ำท่าในลุ่มน้ำแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่. กรุงเทพมหานคร: คณะวนศาสตร์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2525

มนต์ชัย เทียนทอง. สถิติและวิธีการวิจัยทางเทคโนโลยีสารสนเทศ. กรุงเทพมหานคร: รวยบุญการพิมพ์, 2548.

สถิตย์ วัชรกิตติ. ระบบการแบ่งแยกประเภทการใช้ที่ดิน. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาการจัดการป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2521

สำนักงานจังหวัดสุพรรณบุรี. สภาพทั่วไปจังหวัด. [ออนไลน์]. 2552. แหล่งที่มา: http://www.suphanburi.go.th/suphan/ProvinceGeneral.php [20 พฤษภาคม 2555]

สำนักงานสถิติแห่งชาติ. ข้อมูลสถิติ. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/ TopTen/Top_pophouse.html [9 มิถุนายน 2555]

ภาษาอังกฤษ

Bertaud, A., and Malpezzi, S. The Spatial Distribution of Population in 48 World Cities: Implications for Economies in Transition. USA, 2003.

Charlton, M., and Fortheringham, A.S. Geographically Weighted Regression. Ireland, 2009.

Cliff, A.D., and Ord, J.K. 1. Spatial Autocorrelation. Pion: London, 1973

Fisher, A., and Martinez, S. Global Population Distribution Analysis, 2009.

Jay, L., and David W.S. Statistical with ArcView GIS. USA, 2000.

Larsen, P. Master of applied statistics. Multiple linear regression. [Online]. 2008. Available from : http://statmaster.sdu.dk/courses/st111/module03/index.html [2012, June 10]

Loftin, C., and Ward, S.K. A Spatial Autocorrelation Model of the Effects of Population Density on Fertility. American Sociological Review 48 (February 1983) : 121-128.

Martine, G. Population/Development/Environment Trends In A Globalized Context: Challenges For The 21 St CENTURY. Rome, 2005.

Mitchell, R. The Esri Guide to GIS Analysis. Volume2 Spatial Measurement & Statistics. California: ESRI Press, 2009.

Moran, P.A.P. Notes on continuous stochastic phenomena. Biometrika, 1950.

Pozzi, F., Small, C., and Yetman, G. Modeling the distribution of human population with night-time satellite imagery and gridded population of the world. Pecora 15/Land Satellite Information IV/ISPRS Commission I/FIEOS 2002 Conference Proceedings (2002)

Skeldon, R. Population Mobility in Developing Countries. Belhaven: London and New York Press.1990.

Tian, Y., Yue, T., Zhu, L., and Clinton, N. Modeling population density using land cover data. Ecological Modeling. 189 (June 2005) : 72-88.

Willmott, C. and Matsuura K. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. Climate Research 30 (December 2005) : 79-82.

Wu, S., Qiu, X., and Wang, L. Population Estimation Methods in GIS and Remote Sensing: A Review. GIScience and Remote Sensing 42 (2005) : 58-74.

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

บรรเจิด พลางกูร. ทรัพยากรที่ดิน. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน, 2523

พัฒนา ราชวงศ์. วิธีการสถิติทางภูมิศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, 2542.

สันทัด สมชีวิตา และคนอื่น ๆ. วิวัฒนาการในการตั้งถิ่นฐาน. สารานุกรมไทยสำหรับเยาวชนฯ 17 (2536) : 137-162.

สำนักทะเบียนกลาง กรมการปกครอง. จำนวนราษฎรทั่วราชอาณาจักร. [ออนไลน์]. 2553. แหล่งที่มา: http://stat.bora.dopa.go.th/stat/y_stat53.html [9 มิถุนายน 2555]

ภาษาอังกฤษ

Aguiar, A.P.D., Camara, G., and Escada, M.I.S. Spatial statistical analysis of land-use determinants in the Brazilian Amazonia: Exploring intra-regional heterogeneity. Ecological modeling 209 (2007) : 169-188.

Anmin-min, L., Cheng-ming, L., and Zong-jian, L. Modeling Middle Urban Population Density With Remote Sensing Imagery, Symposium on Geospatial Theory, Ottawa, 2002.

Bivand, R. A review of spatial statistical techniques for location studies. CEPR symposium on new issues in trade and location, 1998.

Chen, Y. A new model of urban population density indicating latent fractal structure, International Journal of Urban Sustainable Development. 1 (May 2010) : 89-110.

Cohen, J.E. Human population growth and tradeoffs in land use. Humans as agents of ecological change : 677-702.

Edward H. Isaaks and R. Mohan Srivastava. An Introduction to Applied Geostatistics. USA: Oxford University Press, 1989.

Ehrlen, J., Syrjanen, K., Leimu, R., Garcia, M.B., and Lehtila, K. Land use and population growth of Primula veris: an experimental demographic approach. Journal of Applied Ecology 42 (2005) : 317-326.

Horner, B.L. Comparison of Population Distribution Models using Areal Interpolation on Data with Incompatible Spatial Zones. Resource Analysis Saint Mary's University of Minnesota 11 (2008) : 1-15.

Krivoruchko, K., and Gotway, C.A. Expanding the "s" in GIS : Incorporating Spatial Statistic in GIS. CSISS Specialist Meeting on Spatial Data Analysis Software Tools, 2002.

Lam, N. S. Spatial Interpolation Methods: A Review. The American Cartographer, 10(2):129-149, 1983.

Martori, J.C., and Surinach, J. Classical models of urban population density. The case of Barcelona Metropolitan Area. 41st Congress of the European Regional Science Association, 2001.

Nelson, T.A. Trends in Spatial Statistics. The Professional Geographer 64 (2012) : 1-12.

Ningal, T., Hartemink, A.E., and Bregt, A.K. Land use change and population growth in the Morobe Province of Papua New Guinea between 1975 and 2000. Journal of Environmental Management 87 (2008) : 117-124.

Odland J. Spatial autocorrelation. New Bury Tark: CA, 1988.

Peter A. Statistical methods for Geography. SAGE Publ. Ltd. :London, 2001.

Polyakov, M., and Zhang, D. Population Growth and Land use Dynamics along Urban-Rural Gradient. Journal of Agricultural and Applied Economics 40 (August 2008) : 649-666.

Rosenberg, M.S., and Anderson, C.D. Pattern Analysis, Spatial Statistics and Geographic Exegesis. Methods in Ecology and Evolution 2 (2011) : 229-232.

Rossiter, D.G. An introduction to statistical analysis, 2006.

Sahoo, P.M. Statistical techniques for spatial data analysis, 119-128.

Small, C. Global Population Distribution and Urban Land Use in Geophysical Parameter Space. Earth Interactions 8 (2004) : 1-18.

Sun, G., McNulty S.G., Myers, J.A., and Cohen, E.C. Impacts of Climate Change, Population Growth, Land Use Change, and Groundwater Availability on Water Supply and Demand across the Conterminous U.S. American Water Resources Association 6 (May 2008) : 1-30.

Xie, Z. A Framework for Interpolating the Population Surface at the Residential-Housing-Unit Level. GIScience & Remote Sensing 43 (2006) : 1-19.

Zhang, J., and Zhu, Y. The population spatial distribution model based on the spatial statistics in Shandong province,China. The soft science Foundation of Shandong Province (2009)

Zimmermann, A., Hilpert, J., and Wendt, K.P. Estimations of Population Density for Selected Periods Between the Neolithic and AD 1800. Human Biology 81 (April 2009) : 357-380.

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ: นางสาวพิชญา นิมิตรกุล

วันเดือนปีเกิด: 3 มกราคม พ.ศ. 2532

คุณวุฒิทางการศึกษา:

พ.ศ. 2553 อักษรศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับสอง) สาขาวิชาภูมิศาสตร์ คณะอักษรศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผลงานทางวิชาการ: บทความตีพิมพ์

พิชญา นิมิตรกุลและชนินทร์ ทินนโชติ. การศึกษาแบบจำลองการกระจายตัวของประชากรจากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยวิธีการสถิติเชิงพื้นที่: กรณีศึกษาจังหวัดสุพรรณบุรี. ใน การประชุมวิชาการวิศวกรรมโยธาแห่งชาติ ครั้งที่ 18. 8-10 พฤษภาคม 2556 ณ โรงแรมดิเอ็มเพรส จังหวัดเชียงใหม่, 2555.