ฉบับแก้ไขวันที่ 19 ธันวาคม พ.ศ. 2566

# โครงการศึกษา พัฒนา และวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติ โดยใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

## รายงานงวดที่ 3

# รายงานผลการวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติ โดยใช้ประโยชน์ข้อมูลจากหลายแหล่ง (ฉบับสมบูรณ์)

## เรื่องที่ 1 Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint)


จัดทำโดย

บริษัท เดอะแมปเปอร์ จำกัด


เสนอต่อ

สำนักงานสถิติแห่งชาติ

**ชื่อโครงการ** โครงการศึกษา พัฒนา และวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติ โดยใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

**หน่วยงานเจ้าของเรื่อง** สำนักงานสถิติแห่งชาติ
ศูนย์ราชการเฉลิมพระเกียรติ 80 พรรษาฯ อาคารรัฐประศาสนภักดี ชั้น 2
ถนนแจ้งวัฒนะ เขตหลักสี่ กรุงเทพฯ 10210

**ปีที่จัดพิมพ์** 2566

**จัดพิมพ์โดย** บริษัท เดอะแมปเปอร์ จำกัด ปทุมธานี

# คำนำ

สำนักงานสถิติแห่งชาติมีภารกิจสำคัญในการผลิตและให้บริการข้อมูลสถิติและสารสนเทศแก่ผู้ใช้บริการทุกภาคส่วน รวมถึงพัฒนางานสถิติและสารสนเทศให้เป็นระบบ เพื่อใช้สนับสนุนการกำหนดนโยบาย การกำกับดูแล การติดตาม การประเมินผลการดำเนินงานตามแผนการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนบริหารราชการแผ่นดิน การดำเนินนโยบายต่าง ๆ บนพื้นฐานของข้อมูลที่เห็นภาพองค์รวมของทุกภาคส่วนที่เกี่ยวข้อง จากภารกิจข้างต้นเห็นได้ว่า การผลิตและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นระบบจะทำให้การตัดสินใจและการวางนโยบายเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตาม เพื่อให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถแก้ปัญหาได้อย่างตรงจุดในแต่ละพื้นที่ การวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติจึงเข้ามามีบทบาทในการบูรณาการข้อมูลจากหลายแหล่ง พร้อมทั้งชี้ให้เห็นถึงศักยภาพและประเด็นที่ต้องพัฒนาในแต่ละพื้นที่ เนื่องจากแต่ละพื้นที่มีบริบทแวดล้อมต่างกัน ทำให้ประสบปัญหาแตกต่างกัน ดังนั้น การนำเครื่องมือเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเข้ามาประยุกต์ใช้กับข้อมูลสถิติของหน่วยงานต่าง ๆ จะทำให้สามารถส่งเสริม สนับสนุนการพัฒนาคุณภาพชีวิตของประชาชนได้ดียิ่งขึ้น

รายงานฉบับนี้เป็นการศึกษาเกี่ยวข้องกับคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ในจังหวัดนนทบุรี ซึ่งมีการนำข้อมูลจากหลายแหล่งมาทำการวิเคราะห์โดยอาศัยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เช่น โปรแกรม QGIS และ GeoDa โดยใช้เทคนิคการกำหนดให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เป็นที่พักอาศัย (Residential building) เป็นกลุ่มประชากรเป้าหมาย (Target population) โดยอ้างอิงข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2565 จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ โดยการนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างกัน (Spatial dependence) และการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) โดยพิจารณาจากมิติด้านกายภาพเศรษฐกิจและสังคมในระดับตำบล เพื่อพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) และคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างบนพื้นฐานภูมิสารสนเทศสถิติ ซึ่งมีการปรับปรุงข้อมูลการวิเคราะห์จากงวดที่ 2 ให้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงการเปลี่ยนตัวแปรให้มีความสอดคล้องกับงานวิเคราะห์ในงวดที่ 3 เพื่อให้ได้ผลลัพธ์การคาดประมาณจำนวนประชากรให้ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด

บริษัท เดอะแมปเปอร์ จำกัด

# บทสรุป

รายงานผลการวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติ โดยใช้ประโยชน์ข้อมูลจากหลายแหล่ง (ฉบับสมบูรณ์) เรื่อง Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ และคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ที่ปรากฏ ให้กับสำนักงานสถิติแห่งชาติ ภายใต้โครงการศึกษา พัฒนา และวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติ โดยใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566

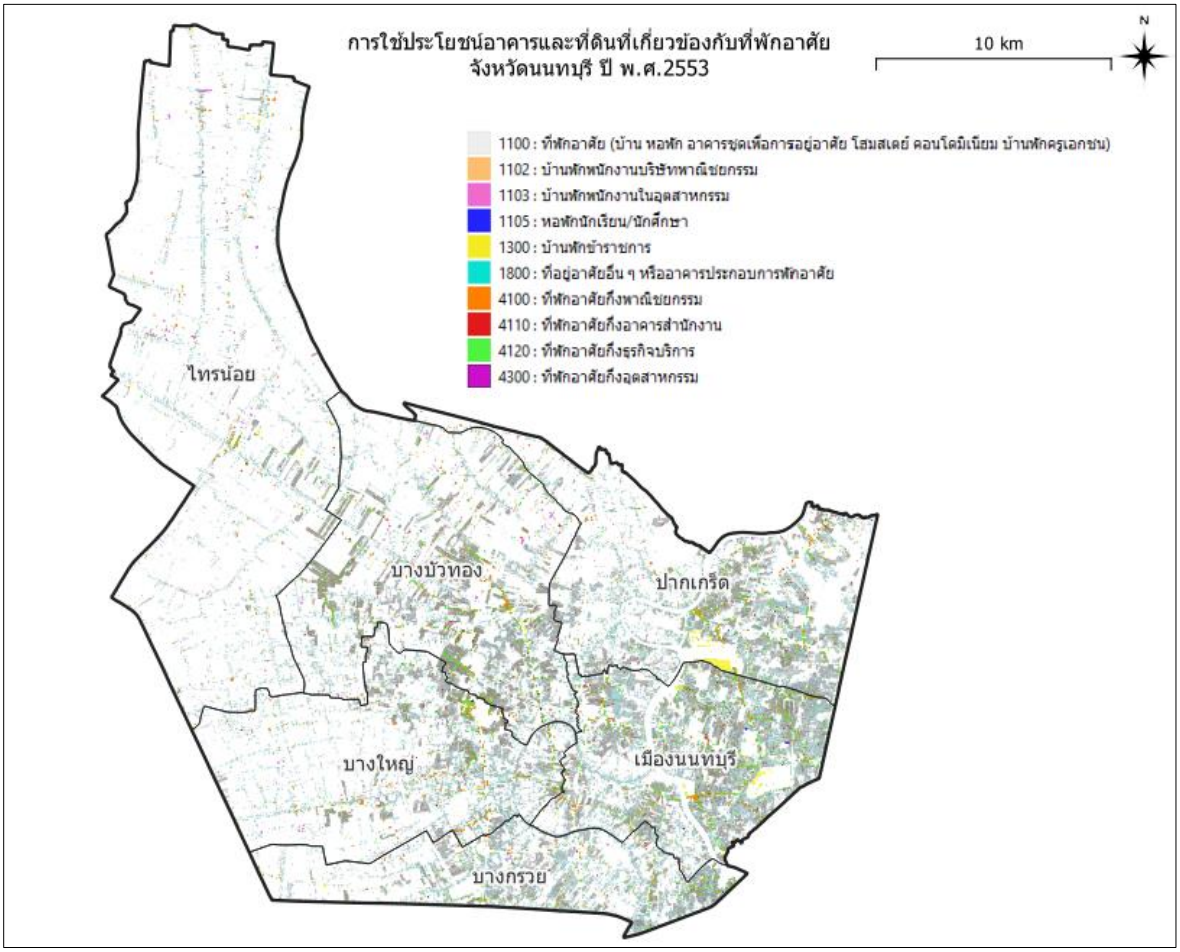
ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ครั้งนี้ จำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูลได้ ดังนี้ 1) ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ได้แก่ จำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุ การทำงานของประชากร จากสำมะโนประชากรและเคหะ ข้อมูลแผนที่เขตสำรวจระดับตำบล จำนวนประชากรแต่ละเขตแจงนับ (EA) ข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง 2) ข้อมูลจากหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ข้อมูลจำนวนประชากรจากการทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศ ข้อมูลจำนวนบ้านจากกรมการปกครอง ข้อมูลสถานประกอบการจากกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวจาก Google Earth Engine ข้อมูลเส้นถนนจากกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งมีการปรับปรุงข้อมูลจากงานงวดที่ 2 โดยเน้นให้มีการใช้ข้อมูลที่มีความสมบูรณ์และเหมาะสมของแต่ละพื้นที่ในการเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์

โปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ ประกอบด้วย โปรแกรม QGIS ใช้ในการจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ เช่น ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว โปรแกรม GeoDa ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ในการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้างและโปรแกรม Microsoft Excel ใช้ในการจัดการข้อมูลสถิติเพื่อให้สามารถนำไปสู่กระบวนการวิเคราะห์ได้ โดยมุ่งเน้นเพื่อตอบโจทย์หรือวัตถุประสงค์ของโครงการให้สำเร็จก่อนเป็นลำดับแรก ด้วยการทดสอบ Spatial dependence โดยประยุกต์ใช้สมการ Spatial lag และ Spatial error เพื่อทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรให้ใกล้เคียงข้อเท็จจริงในกรณีของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน (Spatial dependence) และการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) เพื่อพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล (Spatial distribution map) ว่าสะท้อนข้อเท็จจริงในพื้นที่อย่างไร โดยมีข้อสรุปผลการวิเคราะห์ ดังนี้

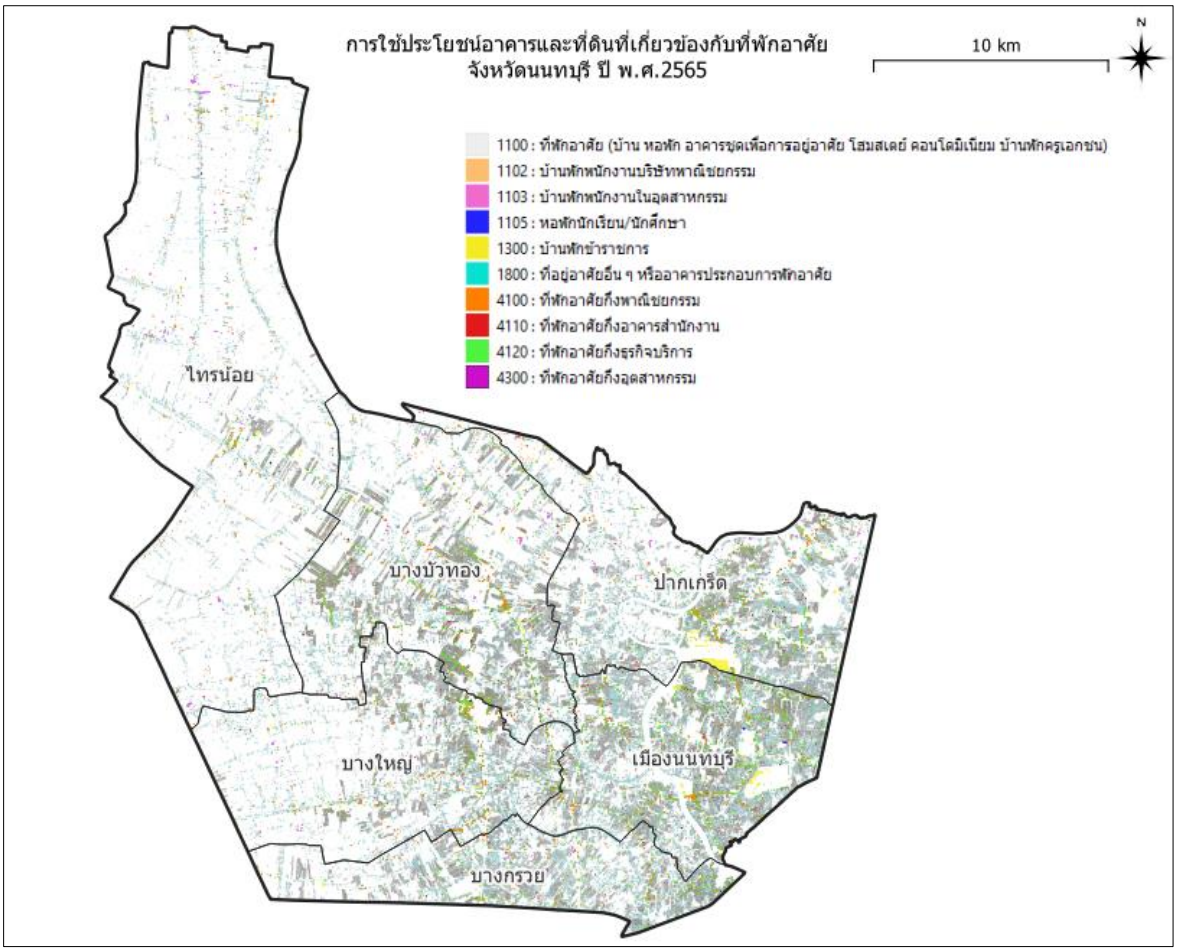
1. ผลการพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ

ความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ระดับหน่วยอาคารในปี พ.ศ. 2565 พบว่า ความหนาแน่นของที่พักอาศัยต่อพื้นที่สูงสุด (บ้าน หอพัก อาคารชุด เพื่อการอยู่อาศัย โฮมสเตย์ คอนโดมิเนียม บ้านพักครู เอกชน) โดยยังเป็นประเภทของการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนนทบุรี ในขณะที่กิจกรรมที่พักอาศัยกลุ่มหอพักนักเรียน/นักศึกษา ปรากฏอยู่อย่างเบาบางในพื้นที่ส่วนใหญ่ ยกเว้นอำเภอเมืองนนทบุรี โดยถ้าเปรียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในปี พ.ศ. 2565 และ ความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ระดับหน่วยอาคารในปี พ.ศ. 2553 พบว่า การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เป็นบ้านพักพนักงานบริษัทพาณิชยกรรม บ้านพักพนักงานในอุตสาหกรรม บ้านพักข้าราชการและที่พักอาศัย มีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 61, 31, 23

และ 20 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เป็นที่พักอาศัยกึ่งอุตสาหกรรม และที่พักอาศัยกึ่งพาณิชยกรรมลดลงร้อยละ 62 และ 61 จึงต้องยิ่งสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผนวกกับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างในปัจจุบันที่เป็นไปอย่างรวดเร็วจึงทำให้ Digital Frame มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ดังภาพ



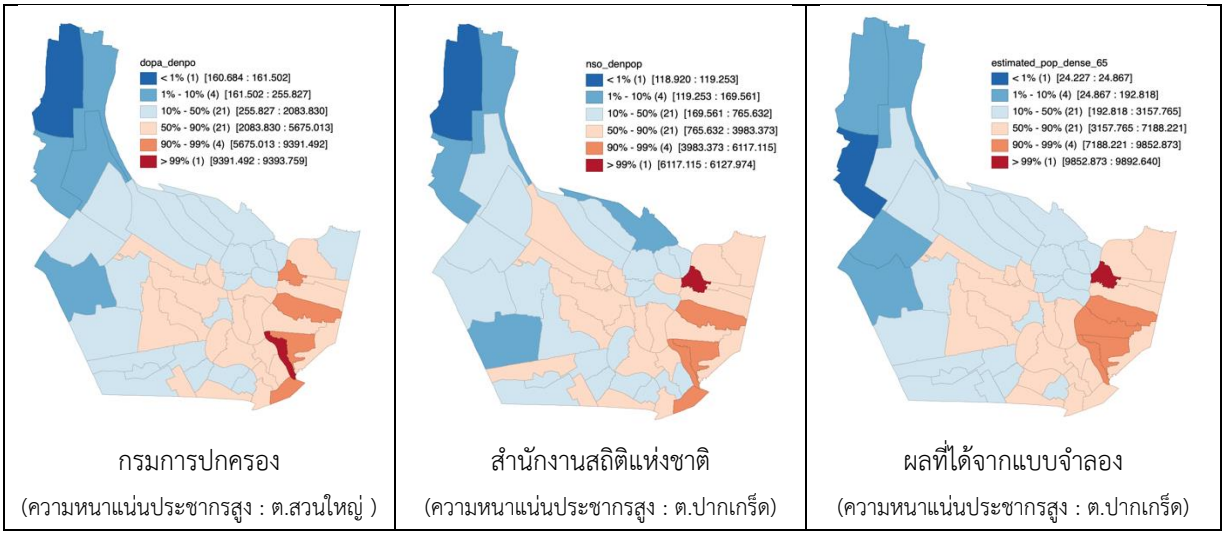

ภาพการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2553




ภาพการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2565

2. ผลการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อการคาดประมาณประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint)

ผลจากการคาดประมาณประชากรในปี พ.ศ. 2565 ด้วยการอ้างอิงกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง และข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะปี พ.ศ. 2553 พบว่า การประมาณค่าประชากรด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่สามารถกระทำได้ภายใต้กรอบของ Sampling Frame ที่กำหนด และคุณภาพของข้อมูลที่เลือกใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่ดังกล่าว ตัวเลขที่สะท้อนจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ผ่านแบบจำลองอาจมีความแตกต่างไปจากตัวเลขจำนวนประชากรจากข้อมูลทะเบียนราษฎร์ของกรมการปกครอง และข้อมูลจำนวนประชากรของสำนักงานสถิติแห่งชาติ แต่สิ่งหนึ่งที่พบก็คือ แบบจำลองสามารถสะท้อนจำนวนประชากรที่แท้จริงในพื้นที่ได้เกือบร้อยละ 79 (วัดด้วย Correlation and R-Squared เท่ากับ 0.79) โดยผลการคาดประมาณจำนวนประชากรในแต่ละตำบล มีความใกล้เคียงกับข้อมูลจำนวนประชากรของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ดังภาพ




| กรมการปกครอง | สำนักงานสถิติแห่งชาติ | ผลที่ได้จากแบบจำลอง |
|---|---|---|
| (ความหนาแน่นประชากรสูง : ต.สวนใหญ่ ) | (ความหนาแน่นประชากรสูง : ต.ปากเกร็ด) | (ความหนาแน่นประชากรสูง : ต.ปากเกร็ด) |

ภาพแผนที่แสดงความหนาแน่นประชากร (จำนวนคนต่อ ตร.กม.) เชิงเปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานพัฒนาข้อมูลกับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

ข้อเสนอแนะของโครงการ

1. ข้อเสนอแนะเชิงเทคนิค

ผลจากการคาดประมาณประชากรในปี พ.ศ. 2565 ด้วยตัวแบบเชิงพื้นที่ที่อ้างอิงกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างและข้อมูลประชากร ทำให้พบข้อเท็จจริงที่ว่า ภูมิสารสนเทศสถิติเป็นเครื่องมือที่ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการจัดเก็บ เตรียมข้อมูล แก้ไข ปรับปรุง วิเคราะห์ นำเสนอ และสรุปผล ทั้งนี้ ยังรวมถึงการพัฒนาตัวแบบเชิงพื้นที่เพื่อการคาดประมาณที่มีความถูกต้องแม่นยำในระดับหนึ่ง ซึ่งการวิเคราะห์ด้วย Spatial dependence การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) ล้วนแล้วแต่ต้องการความเข้าใจในการตีความข้อมูล การเลือกใช้ข้อมูล รวมถึงการมองความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้เพื่อสรุปผลในภาพรวมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งประเด็นดังกล่าวอาจต้องการประสบการณ์ของนักวิเคราะห์หรือผู้ที่จะใช้เครื่องมือเพื่อนำไปตีความเรื่องราวเหล่านั้นร่วมกัน

2. ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

ผลจากการคาดประมาณประชากรด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่อ้างอิงกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ช่วยให้สำนักงานสถิติแห่งชาติสามารถดำเนินการคาดประมาณจำนวนประชากรได้ทุกพื้นที่ทั่วประเทศ ภายใต้แบบจำลองเชิงพื้นที่ที่พัฒนาขึ้น สนับสนุนให้เกิดการออกแบบและกำหนดพื้นที่ตัวอย่างและการบริหารจัดการงานสำรวจจัดเก็บข้อมูลได้อย่างครอบคลุมและยังสะท้อนข้อเท็จจริงของประชากรได้อย่างถูกต้อง ภูมิสารสนเทศสถิติที่พัฒนาขึ้นช่วยให้หน่วยงานและภาครัฐสามารถกำหนดแนวทางกลุ่มเป้าหมาย และวิธีการเข้าถึงและบริหารจัดการข้อมูลภายในระยะเวลาที่จำกัดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลที่ได้ย่อมสร้างความมั่นใจต่อการตัดสินใจและนำข้อมูลไปใช้ต่อยอดเพื่อแก้ปัญหาให้กับพี่น้องประชาชนได้อย่างยั่งยืน และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

# สารบัญ


หน้า

**คำนำ** ..... ก

**บทสรุป** ..... ค

**สารบัญ** ..... ช

**สารบัญตาราง** ..... ซ

**สารบัญภาพ** ..... ญ

**บทที่ 1 บทนำ** ..... 1

**บทที่ 2 วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิเคราะห์ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ** ..... 5

2.1 วัตถุประสงค์ ..... 7

2.2 ขอบเขตการวิเคราะห์ ..... 7

2.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ ..... 8

**บทที่ 3 หลักเกณฑ์และวิธีการวิเคราะห์** ..... 9

3.1 ทฤษฎี เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ ..... 11

3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน ..... 26

3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล ..... 26

3.2.2 การเข้าถึงข้อมูล ..... 28

3.2.3 การจัดการข้อมูล ..... 29

3.2.4 การแก้ไขปรับปรุงข้อมูล ..... 30

3.2.5 การจัดเก็บข้อมูล ..... 30

3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล ..... 31

3.2.7 การนำเสนอผล ..... 34

**บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์** ..... 37

**บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ** ..... 89

5.1 สรุปผลการดำเนินงาน ..... 91

5.2 ข้อเสนอแนะเชิงเทคนิค ..... 94

5.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย ..... 96

**บรรณานุกรม** ..... 99

**ภาคผนวก** ..... 101

# สารบัญตาราง

หน้า


**ตาราง 1** รายการข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ..... 27
**ตาราง 2** รายการข้อมูลจากหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง ..... 28
**ตาราง 3** รหัสการใช้ประโยชน์อาคาร ..... 41
**ตาราง 4** พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553 ..... 44
**ตาราง 5** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553 ..... 47
**ตาราง 6** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553 ..... 50
**ตาราง 7** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2565 ..... 52
**ตาราง 8** ค่า Correlation ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง จากการทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 1 ..... 54
**ตาราง 9** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF จากการทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 1 ..... 55
**ตาราง 10** สรุปตัวแปรจากตัวแบบและผลที่ได้ จากการทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 1 ..... 56
**ตาราง 11** ค่า Correlation ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 2 ..... 57
**ตาราง 12** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 2 ..... 57
**ตาราง 13** สรุปตัวแปรจากตัวแบบและผลที่ได้ การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 2 ..... 58
**ตาราง 14** สรุปค่าพารามิเตอร์ที่ชี้วัดคุณภาพของแบบจำลอง ..... 60
**ตาราง 15** ค่าสถิติเชิงบรรยายและค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเป็นเมือง พ.ศ. 2553 ..... 62
**ตาราง 16** ค่า Correlation และการตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF ..... 63
**ตาราง 17** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF ..... 64
**ตาราง 18** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF ..... 64
**ตาราง 19** ค่าการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบและความแปรปรวนของข้อมูล ..... 66
**ตาราง 20** สถิติเชิงบรรยายค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553 ..... 67
**ตาราง 21** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF ..... 71
**ตาราง 22** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF ..... 72
**ตาราง 23** สรุปตัวแปรจากตัวแบบและผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากร 73
**ตาราง 24** ค่าสถิติเชิงบรรยายและค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเป็นเมือง พ.ศ. 2565 ..... 75
**ตาราง 25** ผลการทดสอบ Multicollinearity ด้วย VIF ..... 76
**ตาราง 26** ค่าถ่วงปัจจัยและความแปรปรวนของข้อมูล ..... 77

## สารบัญตาราง (ต่อ)

**หน้า**

**ตาราง 27** สถิติเชิงบรรยายค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 ..... 78
**ตาราง 28** จำนวนประชากรคาดประมาณรายอำเภอ และตำบล จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 (หน่วย: คน) 87

## สารบัญภาพ

หน้า


**ภาพ 1** กรอบการวิเคราะห์ข้อมูล เรื่อง Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคาร และสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ..... 8

**ภาพ 2** การคำนวณเซต (Set algebra)..... 21

**ภาพ 3** Dashboard แสดงภาพรวมผลการวิเคราะห์การคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง 34

**ภาพ 4** หน้าจอแสดงข้อมูลทางเทคนิคอธิบายผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ ..... 36

**ภาพ 5** แผนที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553 ..... 42

**ภาพ 6** แผนที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 ..... 51

**ภาพ 7** การกระจายตัวของค่า Residual ที่ได้จากแบบจำลอง Spatial error ..... 61

**ภาพ 8** การกระจายตัวของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553..... 66

**ภาพ 9** วิธีการอ่านค่า Box plot..... 67

**ภาพ 10** ค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553..... 68

**ภาพ 11** ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความเป็นเมือง จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553 ..... 69

**ภาพ 12** ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความเป็นเมือง และความหนาแน่นประชากรจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553..... 70

**ภาพ 13** การกระจายตัวของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565..... 77

**ภาพ 14** ดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 ..... 78

**ภาพ 15** ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565.. 79

**ภาพ 16** ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) ร่วมกับความหนาแน่นของประชากรในแต่ละตำบล จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565..... 80

**ภาพ 17** ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณจากแบบจำลองเชิงพื้นที่ พ.ศ. 2565 (หน่วย คนต่อ ตร.กม.)... 81

**ภาพ 18** ความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นประชากรระหว่าง Predicted value $(yi)$ กับ Actual value $(yi)$..... 82

**ภาพ 19** Residual map และ Box plot แสดงค่าความหนาแน่นประชากร พ.ศ. 2565 ..... 83

**ภาพ 20** ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณจากแบบจำลองเชิงพื้นที่ พ.ศ. 2565 (หน่วย: คนต่อ ตร.กม.) 84

**ภาพ 21** ความถูกต้องของแบบจำลองกรณีคาดประมาณความหนาแน่นประชากรในพื้นที่ จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565..... 85

**ภาพ 22** แผนที่แสดงความหนาแน่นประชากร (จำนวนคนต่อ ตร.กม.) เชิงเปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานพัฒนาข้อมูลกับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น..... 86

**ภาพ 23** จำนวนประชากรคาดประมาณด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่ จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 (หน่วย: คน)... 86

**ภาพ 24** การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2553..... 92

**ภาพ 25** การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2565..... 93

# บทที่ 1
# บทนำ

# บทนำ

องค์การสหประชาชาติได้มีข้อเสนอให้ทุกประเทศจัดทำสำมะโนประชากรและเคหะทุก 10 ปี ดังนั้น การเก็บรวบรวมข้อมูลประชากรและเคหะให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ทั่วประเทศจึงเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยาก ส่งผลให้ข้อมูลที่มีอยู่ไม่เป็นปัจจุบัน และไม่สอดคล้องกับความต้องการใช้งานจริง นอกจากนี้ในการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลมักขาดข้อมูลที่สำคัญ เช่น พิกัดตำแหน่ง บ้านเลขที่ และประเภทที่อยู่อาศัย ซึ่งเป็นข้อมูลที่ชี้ความสำคัญอย่างมากในการวางแผนการสำรวจ การเก็บรวบรวมข้อมูลและการเลือกตัวอย่าง (Sampling) จากประชากรเป้าหมาย (Target Population) ดังนั้น การวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลจึงเป็นเรื่องที่ท้าทาย โดยเฉพาะการเก็บรวบรวมข้อมูลจากทุกหน่วยประชากรเป้าหมาย ซึ่งอาจมีข้อจำกัดคือ ใช้งบประมาณค่อนข้างสูง การใช้ระยะเวลานาน และใช้พนักงานเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวนมาก ทำให้การควบคุมคุณภาพข้อมูลทำได้ค่อนข้างยาก อย่างไรก็ตาม ประเทศกำลังพัฒนามักประสบปัญหาในการจัดทำสำมะโนประชากรและเคหะ (Population and Housing Census) รวมถึงมีข้อจำกัดเกี่ยวกับงบประมาณ ความรู้ของบุคลากร และความพร้อมของเครื่องมือและเทคโนโลยี

สำนักงานสถิติแห่งชาติ มีหน้าที่ในการจัดทำสำมะโน เช่น สำมะโนประชากรและเคหะ สำมะโนการเกษตร สำมะโนอุตสาหกรรม สำมะโนธุรกิจและอุตสาหกรรม นอกจากนี้ยังมีการจัดทำโครงการสำรวจต่าง ๆ เช่น การสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน การสำรวจภาวะการทำงานของประชากร และการสำรวจประชากรผู้สูงอายุในประเทศไทย เป็นต้น ดังนั้นเพื่อให้การวางแผนการสุ่มตัวอย่างเป็นไปอย่างมีระบบและสามารถสะท้อนสภาพความเป็นจริงของข้อมูลได้ถูกต้องแม่นยำ การมีกรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) ที่ถูกต้อง ครบถ้วน และสมบูรณ์จึงเป็นสิ่งที่สำนักงานสถิติแห่งชาติให้ความสำคัญเป็นอย่างมาก

ดังนั้น ที่ปรึกษาจึงเห็นถึงความสำคัญของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อการกำหนดกรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) โดยอ้างอิงกับลักษณะการกระจายตัวของประชากรเชิงพื้นที่ ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นที่จะประยุกต์ใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง เช่น ข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ซึ่งเป็นข้อมูลเปิด (Open Data) ที่แสดงถึงการกระจายตัวของสิ่งปลูกสร้างเชิงพื้นที่และมีความเป็นปัจจุบัน ข้อมูลเขตแจงนับ (Enumeration Area: EA) ซึ่งประกอบด้วยจำนวนครัวเรือนและจำนวนประชากร รวมถึงข้อมูลอื่น ๆ ที่สามารถนำมาใช้ในการคาดประมาณประชากรให้มีความถูกต้องและแม่นยำมากที่สุด

# บทที่ 2
# วัตถุประสงค์ ขอบเขตการวิเคราะห์ และประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

## 2.1 วัตถุประสงค์

2.1.1 เพื่อพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ

2.1.2 เพื่อคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ที่ปรากฏ

## 2.2 ขอบเขตการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ครั้งนี้เพื่อพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) และคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ในจังหวัดนนทบุรี โดยอ้างอิงข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 และข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เน้นการทำ Spatial Operation และ Vector Overlay เพื่อพัฒนาข้อมูลทั้งหมดให้รองรับ Digital Frame

การทำสำมะโน (Census) และการสำรวจด้วยตัวอย่าง (Survey) จำเป็นที่จะต้องอาศัยกรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) มาเป็นพื้นฐานในการกำหนดประชากรเป้าหมายเพื่อนำไปสู่การเลือกหน่วยตัวอย่าง มี 2 รูปแบบ คือ

1) กรอบพื้นที่ (Area Frame) อ้างอิงกับหน่วยพื้นที่ทางภูมิศาสตร์ที่ย่อยที่สุด พิจารณาจากลักษณะทางกายภาพเป็นสำคัญ โดยทั่วไปการกำหนดกรอบพื้นที่อ้างอิงกับขอบเขตการปกครอง จังหวัด อำเภอ ตำบล หมู่บ้าน และข้อมูลเขตแจงนับ (Enumeration Area: EA) ตามลำดับ เน้นเป็นหน่วยเชิงพื้นที่ที่ครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดและมีขอบเขตที่ชัดเจน มีจำนวนหน่วยประชากรครบ และสามารถนำเสนอขอบเขตบนแผนที่ได้

2) กรอบรายชื่อ (List Frame) ประกอบด้วยรายชื่อและที่อยู่ของทุกหน่วยประชากรที่สนใจ กรอบตัวอย่างที่ได้จัดทำขึ้นหลังจากที่ได้มีการทำสำมะโนประชากรและเคหะแล้วเสร็จ ถือเป็นกรอบตัวอย่างที่มีความสมบูรณ์ที่สุด เนื่องจากมีข้อมูลประชากรครบทุกหน่วยและเป็นปัจจุบัน อย่างไรก็ตาม การทำสำมะโนประชากรและเคหะมีแผนกำหนดไว้ทุก 10 ปี ทำให้ในระหว่างช่วงเวลาดังกล่าวข้อมูลกรอบตัวอย่างล้าสมัย ดังนั้นเพื่อปรับปรุงกรอบตัวอย่างให้มีความเป็นปัจจุบัน (Up-to-date) การประยุกต์ใช้ Digital Frame จึงถูกออกแบบขึ้นเพื่อให้กรอบตัวอย่างได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา นำไปสู่การคัดเลือกหน่วยตัวอย่างที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงกรอบตัวอย่างด้วยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม หรือข้อมูลดิจิทัลด้านอื่น ๆ ช่วยในการปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินเพื่อที่พักอาศัย เป็นต้น

Digital Frame เป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เพิ่มเติมจากวิธีใช้ข้อมูลที่ได้จากการทำกรอบตัวอย่างขั้นที่สอง (ครัวเรือน) หรือสำรวจข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน (สพค.) หรือวิธีส่งเจ้าหน้าที่ที่ดำเนินการด้านแผนที่ออกไปแบ่งพื้นที่ หรือปรับปรุงแผนที่ให้เป็นปัจจุบัน วิธีการกำหนดกรอบตัวอย่าง Digital Frame : กรณีการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ได้ถูกออกแบบ โดยมีขั้นตอนดังนี้

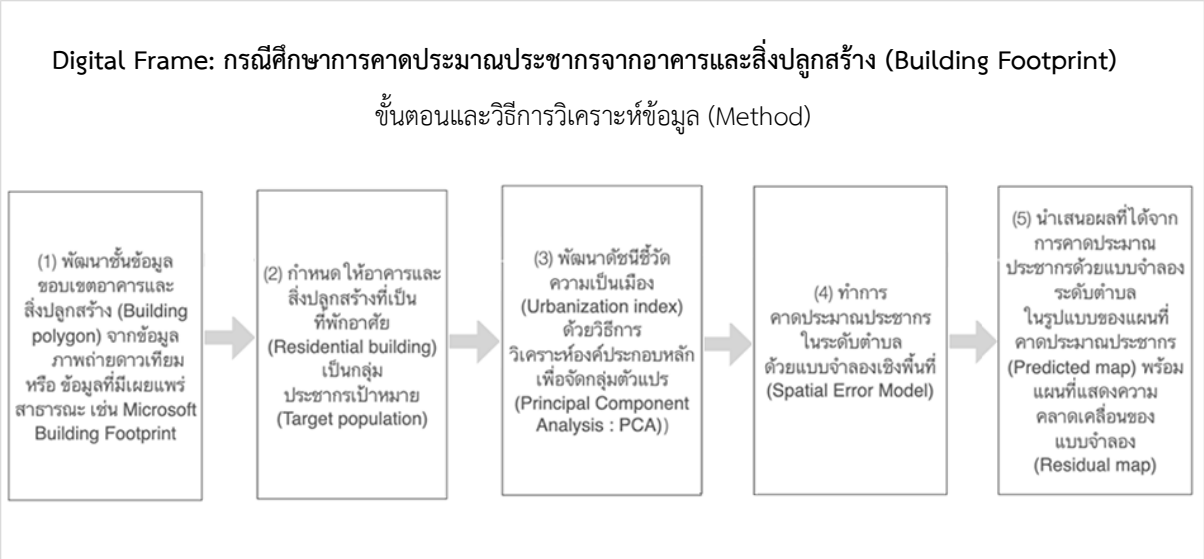
1) พัฒนาชั้นข้อมูลขอบเขตอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Polygon) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม หรือข้อมูลที่มีเผยแพร่สาธารณะ เช่น Microsoft Building Footprint รวมถึงข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างจากกองนโยบายและวิชาการสถิติ

2) กำหนดให้อาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เป็นที่พักอาศัย (Residential building) เป็นกลุ่มประชากรเป้าหมาย (Target population) โดยอ้างอิงข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างจากกองนโยบายและวิชาการสถิติร่วมกับข้อมูลด้านอื่น ๆ เช่น ข้อมูลสถานประกอบการจากกรมพัฒนาธุรกิจการค้า ข้อมูลประชากรจากการทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศจากกรมการปกครอง จำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุจากสำมะโนประชากรและเคหะของสำนักงานสถิติแห่งชาติ รวมถึงข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ที่บันทึกด้วยภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น

3) พัฒนาดัชนีชี้วัดความเป็นเมือง (Urbanization index) ด้วยวิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) เพื่อจัดกลุ่มตัวแปร โดยพิจารณาจากมิติด้านกายภาพเศรษฐกิจและสังคมในระดับตำบล

4) ทำการคาดประมาณประชากรในระดับตำบล ด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่ (Spatial Model) โดยกำหนดให้จำนวนประชากรระดับตำบลที่ได้จากข้อมูลเขตแจงนับเป็นตัวแปรตาม

5) นำเสนอผลที่ได้จากการคาดประมาณประชากรด้วยแบบจำลองระดับตำบล ในรูปแบบของแผนที่คาดประมาณประชากร (Predicted Population map) พร้อมแผนที่แสดงความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง (Residual error map) ที่แสดงความแตกต่างของข้อมูลจริงกับข้อมูลที่ได้จากการคาดประมาณ ดังภาพ 1




**ภาพ 1** กรอบการวิเคราะห์ข้อมูล เรื่อง Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint)

## 2.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

การวิเคราะห์ข้อมูลเรื่อง Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ในครั้งนี้ เพื่อให้ทราบและเข้าใจกระบวนการในการกำหนดกรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ รวมถึงวิธีการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint)

# บทที่ 3
# หลักเกณฑ์และวิธีการวิเคราะห์

## 3.1 ทฤษฎี เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

การพัฒนากรอบตัวอย่างเพื่อนำไปสู่การคาดประมาณจำนวนประชากร สามารถใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่เข้ามาช่วยในการพัฒนา เน้นให้เกิดการปรับปรุงคุณภาพของแบบจำลองและความถูกต้องของการพยากรณ์ เพื่อให้ได้ผลที่ใกล้เคียงกับข้อเท็จจริงให้มากที่สุด อนึ่งในการพัฒนากระบวนการทำงานทั้งหมด จำเป็นต้องมีทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องมารองรับ และเป็นแนวทางในการพัฒนา ซึ่งสามารถอธิบายในแต่ละหัวข้อ ดังนี้

### 3.1.1 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การศึกษาและพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ รวมถึงการคาดประมาณประชากรเป็นไปอย่างถูกต้องตามหลักวิชาการ ในเบื้องต้นได้ทำการศึกษาและรวบรวมแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนากรอบตัวอย่าง การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการจัดทำกรอบตัวอย่างดิจิทัล (Digital Sampling Frame) และการประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศสถิติในการคาดประมาณประชากรเชิงพื้นที่

1) การพัฒนากรอบตัวอย่าง

การพัฒนากรอบตัวอย่าง เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญอย่างมากในการจัดทำโครงการสำรวจทั้งในด้านการวางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูล ความถูกต้องของข้อมูล ความสามารถในการนำข้อมูลไปใช้และงบประมาณที่ใช้ในแต่ละโครงการ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1) คำนิยามของกรอบตัวอย่าง

กรอบตัวอย่าง หมายถึง ชุดของข้อมูลที่จะถูกใช้ในการเลือกตัวอย่างภายในประชากรเป้าหมายด้วยวิธีสัมภาษณ์หรือแบบสอบถาม การกำหนดกรอบตัวอย่างมีกระบวนการเลือกหน่วยตัวอย่างมากกว่าหนึ่งขั้นตอน โดยเลือกจากหน่วยใหญ่ก่อน (Primary Sampling Unit: PSU) แล้วจึงทำการเลือกหน่วยย่อยในหน่วยใหญ่ (Secondary Sampling Unit: SSU) ตามลำดับ การกำหนดกลุ่มของหน่วยตัวอย่างแต่ละขั้นมีความแตกต่างกันไป เช่น ในขั้นตอนแรกเป็นกลุ่มของหน่วยตัวอย่างจากกรอบพื้นที่ (Area Frame) และขั้นตอนถัดมาคือ การเลือกหน่วยตัวอย่างจำนวนหนึ่งจากกลุ่มของหน่วยตัวอย่างที่ได้เลือกมาก่อนหน้านี้ (United Nations, 2005)

สำนักงานสถิติแห่งชาติให้คำจำกัดความของกรอบตัวอย่าง คือ บัญชีรายชื่อที่แสดงหน่วยทุกหน่วย ที่ประกอบกันเป็นประชากรที่ต้องการศึกษา และดำเนินการเลือกหน่วยตัวอย่างจากหน่วยทุกหน่วยในบัญชี ตามวิธีและขนาดตัวอย่างที่กำหนดไว้ โดยกรอบตัวอย่างที่ดีจะต้องมีความสมบูรณ์ (Completeness) ไม่ขาด (Omission) ไม่ซ้ำซ้อน (Duplication) ความเป็นปัจจุบันของกรอบตัวอย่าง (Up-to-date) และทราบที่ตั้งของหน่วย (Address) ซึ่งมีอยู่จริง (สำนักนโยบายและวิชาการสถิติ, 2555)

ในการสำรวจระดับครัวเรือน สิ่งที่สำคัญที่สุดคือความสอดคล้องกันระหว่างประชากรเป้าหมาย (Targeted Population) และกรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) โดยประชากรเป้าหมายเป็นสิ่งที่สำคัญในการกำหนดกรอบตัวอย่าง เพื่อให้ข้อมูลถูกเก็บตรงตามวัตถุประสงค์ และครอบคลุมตัวอย่างอย่างถูกต้อง

1.2) คุณสมบัติของการกำหนดกรอบตัวอย่าง

การกำหนดกรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) หมายถึง การระบุขอบเขตให้ครอบคลุมกลุ่มประชากรเป้าหมายที่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ซึ่งกรอบตัวอย่างที่ดี หมายถึง กรอบตัวอย่างที่มีความสมบูรณ์ มีความถูกต้อง และมีความทันสมัยเป็นปัจจุบันดังที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ สิ่งนี้ถือเป็นคุณสมบัติในอุดมคติที่ไม่สามารถเกิดขึ้นจริงได้ โดยเฉพาะในการสำรวจข้อมูลระดับครัวเรือน อย่างไรก็ตาม การกำหนดกรอบตัวอย่างต้องอยู่ภายใต้ความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด โดยทุกหน่วยสมาชิกของประชากรเป้าหมายมีโอกาสได้รับเลือกเป็นตัวอย่างได้เท่า ๆ กัน กรอบตัวอย่างที่ดีมีองค์ประกอบดังนี้

1.2.1) ความสมบูรณ์ (Completeness)

ความสมบูรณ์ของกรอบตัวอย่างในอุดมคติ คือ ประชากรเป้าหมายอยู่ภายใต้กรอบตัวอย่าง ดังนั้นการกำหนดขอบเขตที่ครอบคลุมประชากรเป้าหมายหรือคุ้มรวม (Coverage) จะเป็นเกณฑ์ในการตัดสินความเหมาะสมของกรอบตัวอย่างในการสำรวจ และความครอบคลุมกลุ่มประชากรเป้าหมายประเด็นดังกล่าวต้องได้รับความร่วมมือจากเจ้าหน้าที่ภาคสนาม เนื่องจากกลุ่มคนเหล่านี้ใกล้ชิดกับพื้นที่ สามารถแก้ไขและปรับปรุงข้อมูลเพื่อให้ครอบคลุมประชากรเป้าหมายที่มีความเป็นปัจจุบันและสะท้อนถึงความเป็นจริงของพื้นที่มากที่สุด การกำหนดกรอบตัวอย่างที่ไม่ครอบคลุมกลุ่มประชากรเป้าหมาย ย่อมทำให้บางกลุ่มของประชากรเป้าหมายไม่มีโอกาสที่จะได้รับเลือกเป็นตัวอย่าง (Sample) สิ่งนี้จะทำให้การเก็บรวบรวมข้อมูลไม่มีความถูกต้องเท่าที่ควร ตัวอย่างเช่น การสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน กำหนดไว้ว่าการสำรวจต้องครอบคลุมลักษณะของประชากรทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ถ้าในข้อเท็จจริงปรากฏว่ามีประชากรบางกลุ่ม เช่น กลุ่มคนที่อาศัยอยู่ตามสถาบันการศึกษา กลุ่มคนเร่ร่อน และกลุ่มชาวประมงที่ไม่ได้มีที่อยู่อาศัยเป็นหลักแหล่ง การกำหนดกรอบตัวอย่างต้องกระทำเพิ่มเติม เพื่อที่จะให้ครอบคลุมทุกกลุ่มคน และสะท้อนข้อเท็จจริงของข้อมูลมากยิ่งขึ้น

1.2.2) ความถูกต้อง (Accuracy)

ในกระบวนการสำรวจ ความถูกต้องของตัวอย่างเป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม กรอบตัวอย่าง จะมีความแม่นยำสูงถ้าประชากรเป้าหมายถูกนับรวมอยู่ในกรอบตัวอย่างครบถ้วน การขาดหายไปหรือความไม่ครบถ้วนของจำนวนประชากรเป้าหมาย มีผลทำให้ค่าความถูกต้องของกรอบตัวอย่างลดลง ในการสำรวจระดับครัวเรือนโอกาสที่จะพบความผิดพลาดในการกำหนดกรอบตัวอย่างมีหลากหลายประเด็น เช่น (1) กรอบตัวอย่างที่ครอบคลุมเขตแจงนับ (Enumeration Area: EA) ทั้งหมดของประชากรเป้าหมาย ที่กำหนดโดยระบบคอมพิวเตอร์ มีข้อผิดพลาดของเส้นขอบเขตแจงนับที่ทับซ้อนกัน (2) กรอบรายชื่อ (List Frame) ของครัวเรือนในระดับหมู่บ้าน ที่ขาดบางครัวเรือนที่ตั้งอยู่บริเวณชายขอบของหมู่บ้าน (3) การซ้ำซ้อนของ

ครัวเรือนที่ปรากฏอยู่ในกรอบรายชื่อเดียวกัน และ (4) กรอบรายชื่อในอดีตที่ไม่ได้รับการปรับปรุงรายชื่อ ได้ถูกนำกลับมาใช้กับการสำรวจในปัจจุบัน

1.2.3) ความเป็นปัจจุบันของกรอบตัวอย่าง

ลักษณะของกรอบตัวอย่างที่ดี ต้องครอบคลุมประชากรเป้าหมายในปัจจุบันทั้งหมด โดยที่กรอบตัวอย่างจะต้องมีความทันสมัยและครอบคลุมทั่วทุกพื้นที่เป้าหมาย การพัฒนากรอบตัวอย่างโดยอ้างอิงข้อมูลในอดีตที่ไม่สะท้อนความเป็นปัจจุบันของประชากรเป้าหมาย ถือได้ว่าเป็นประเด็นปัญหาที่สำคัญ เนื่องจากเป็นการลดทอนความสมบูรณ์และความถูกต้องแม่นยำของข้อมูล โดยเฉพาะอย่างยิ่งในการสำรวจระดับครัวเรือนจะทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงของจำนวนประชากร การเพิ่มขึ้นหรือลดลงของที่พักอาศัย และการย้ายถิ่นเพื่อโอกาสในการทำงาน สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้เป็นตัวสะท้อนโครงสร้างของประชากรและโครงสร้างทางสังคมที่เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นเพื่อให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ และนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจสำหรับผู้บริหารได้ การกำหนดกรอบตัวอย่างจึงควรมีความเป็นปัจจุบันและเท่าทันกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น มิเช่นนั้นข้อมูลที่นำไปใช้จะไม่สะท้อนข้อเท็จจริงและไม่สามารถเป็นข้อมูลสนับสนุนในการตัดสินใจเพื่อการวางแผนและพัฒนาต่อในอนาคตได้

1.3) กรอบพื้นที่ (Area Frame)

กรอบพื้นที่หรือกรอบแผนที่ (Map Frame) เป็นกรอบตัวอย่างที่ได้จากการแบ่งพื้นที่อาณาบริเวณที่ต้องการศึกษาออกเป็นส่วน ๆ ตามขนาดที่กำหนดไว้ ซึ่งอาจวัดด้วยจำนวนบ้าน อาคาร หรือจำนวนครัวเรือน โดยต้องมีแผนที่ประกอบเพื่อแสดงขอบเขตที่ตั้งของหน่วยตัวอย่าง (Sampling Unit) ทุกหน่วย ทั้งนี้ในแผนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น (Multi-stage Sampling) มักจะใช้กรอบพื้นที่เป็นกรอบตัวอย่างในขั้นแรก โดยกรอบพื้นที่ที่ใช้ในการเลือกตัวอย่างในการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน จะประกอบขึ้นด้วยหน่วยทางภูมิศาสตร์ ที่แสดงเป็นลำดับชั้นที่สัมพันธ์กัน ได้แก่ ประเทศ จังหวัด อำเภอ ตำบล และ หมู่บ้าน โดยมีหน่วยเชิงพื้นที่ที่เล็กที่สุด คือ เขตแจงนับ (Enumeration Area: EA)

ในการอ้างอิงการสำรวจข้อมูลระดับครัวเรือนกับลักษณะของหน่วยทางภูมิศาสตร์ พบว่าลักษณะที่สำคัญในการวางแผนการเลือกตัวอย่าง ประกอบด้วย การมีหน่วยเชิงพื้นที่ครอบคลุมทั่วทั้งประเทศ ขอบเขตของแต่ละพื้นที่ชัดเจนไม่ซ้อนทับกัน ความพร้อมในการเชื่อมต่อข้อมูลเชิงพื้นที่กับข้อมูลคุณลักษณะของประชากร และความสามารถในการนำเสนอข้อมูลในรูปแบบของแผนที่ ทั้งนี้สำนักงานสถิติแห่งชาติได้พัฒนากรอบพื้นที่สำหรับการสำรวจข้อมูลครัวเรือน โดยพิจารณาจากข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะในระดับประเทศ ซึ่งถือว่าเขตแจงนับ (Enumeration Area: EA) เป็นกรอบพื้นที่ที่เล็กที่สุดในขั้นตอนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น สำหรับประเทศไทยเขตแจงนับในเขตเทศบาล 1 EA จะประกอบด้วยบ้านประมาณ 100-200 บ้าน ในขณะที่พื้นที่นอกเขตเทศบาลจะแบ่ง EA ตามกรมการปกครอง กระทรวงมหาดไทย โดยกำหนดให้ 1 หมู่บ้าน เท่ากับ 1 EA โดยแต่ละ EA ต้องมีบ้านไม่เกิน 450 บ้าน ทั้งนี้เพื่อให้เจ้าหน้าที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูล สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและสะดวกตามจำนวนครัวเรือนที่กำหนด (กองนโยบายและวิชาการสถิติ, 2566)

1.4) กรอบรายชื่อ (List Frame)

กรอบรายชื่อเป็นกรอบตัวอย่าง ซึ่งประกอบด้วย บัญชีรายชื่อของหน่วยประชากรเป้าหมาย (Target Population) พร้อมแสดงรายละเอียดพื้นฐานที่สำคัญ เช่น กรอบรายชื่อสำหรับการสำรวจด้านสถานประกอบการ ประกอบด้วย ชื่อสถานประกอบการ ที่อยู่ เบอร์โทรศัพท์ รูปแบบการจัดตั้งตามกฎหมาย เป็นต้น

กรอบรายชื่อหลังจากที่เพิ่งผ่านการทำสำมะโนประชากรและเคหะ ถือเป็นกรอบรายชื่อในอุดมคติสำหรับการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน เนื่องจากข้อมูลครัวเรือนมีความเป็นปัจจุบันมีความสมบูรณ์และมีความถูกต้องค่อนข้างสูง ถ้าการทำสำมะโนประชากรและเคหะมีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลพิกัดทางภูมิศาสตร์ร่วมด้วย การสำรวจข้อมูลครัวเรือนหลังจากนั้น ย่อมทำได้ง่าย สะดวก และเกิดประสิทธิภาพสูงสุด การสำรวจข้อมูลระดับครัวเรือนแต่ละครั้ง ถ้าทิ้งช่วงระยะเวลาห่างจากการจัดทำสำมะโนประชากรและเคหะมากเท่าไหร่ ก็จะลดทอนคุณค่าและประโยชน์ในการใช้ข้อมูลลงไป เพราะทุกหน่วยประชากรย่อมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ข้อมูลอีกด้านหนึ่งที่อาจเหมาะสมในการยึดเป็นกรอบรายชื่อ คือ ข้อมูลทะเบียนราษฎร์และข้อมูลทะเบียนผู้ใช้ไฟฟ้าหรือน้ำประปา (สาธารณูปโภค สาธารณูปการ) รายชื่อที่อยู่ในระบบทะเบียนที่มีการจัดเก็บอย่างเป็นระบบและครบถ้วน จะเป็นแหล่งข้อมูลที่สำคัญสำหรับการจัดทำกรอบรายชื่อได้ ในบางครั้งข้อมูลเหล่านี้อาจเกิดประโยชน์มากกว่าการกำหนดกรอบตัวอย่างแบบพื้นที่ก็เป็นได้ เนื่องจากระบบทะเบียนมีการปรับปรุงข้อมูลให้เป็นปัจจุบันอยู่ตลอดเวลา สำหรับในส่วนของทะเบียนผู้ใช้ไฟหรือน้ำประปาอาจนำมาช่วยทดแทนในกรณีที่ระบบสำมะโนประชากรและเคหะไม่เป็นปัจจุบัน แต่ก็อาจจะปรากฏบางพื้นที่ที่ไม่สามารถเข้าถึงระบบไฟฟ้าและน้ำประปาได้ ซึ่งก็จะไม่ถูกนับรวมอยู่ในกรอบตัวอย่าง รวมถึงการใช้หม้อมิเตอร์ไฟฟ้าร่วมกันของหลายครัวเรือน ก็เป็นอีกหนึ่งปัญหา ที่ควรได้รับการแก้ไข หรือควรมีสมมติฐานรองรับในการกำหนดกรอบตัวอย่าง

1.5) กรอบแบบหลายกรอบ (Multiple Frames)

เมื่อพิจารณาถึงแผนการเลือกตัวอย่างแบบหลายขั้น ซึ่งมีกระบวนการเลือกหน่วยตัวอย่างมากกว่า 1 ขั้น หน่วยตัวอย่างแต่ละขั้นจะมีความแตกต่างกันไป โดยจะใช้วิธีการเลือกหน่วยตัวอย่างแบบใดก็ได้ การเก็บรวบรวมข้อมูลจะเก็บจากหน่วยตัวอย่างที่สุ่มเลือกมาได้ในขั้นสุดท้าย ดังนั้นเพื่อให้กระบวนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้นสามารถดำเนินการไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ การกำหนดกรอบแบบหลายกรอบ (Multiple Frames) จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อทำหน้าที่เป็นเครื่องมือในการกำหนดกรอบข้อมูลในแต่ละขั้น เริ่มตั้งแต่การกำหนดกลุ่มประชากรเป้าหมายในขั้นตอนแรก ถัดไปคือการสัมภาษณ์กลุ่มย่อยของตัวอย่างที่ถูกเลือก ซึ่งจะสามารถพัฒนาได้อีกหลายกรอบการสุ่ม

1.5.1) การกำหนดสองกรอบตัวอย่าง ในงานสำรวจระดับครัวเรือน

ในการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน การออกแบบกรอบตัวอย่างที่พบโดยส่วนใหญ่จะเป็นการรวมกันของกรอบพื้นที่และกรอบรายชื่อ เพื่อนำไปใช้กับประชากรเป้าหมายยกตัวอย่างเช่น งานสำรวจที่ต้องการศึกษาลักษณะหรือพฤติกรรมของคนว่างงานหรือไม่มีงานทำ กรอบพื้นที่สามารถถูกนำมาใช้เป็นกรอบตัวอย่างในขั้นแรก แล้วจึงใช้กรอบรายชื่อที่อยู่ภายในพื้นที่นั้น ๆ มาแสดงรายชื่อทั้งหมดของคนว่างงานซึ่งได้ขึ้นทะเบียนไว้กับสำนักงานประกันสังคม เป็นต้น วัตถุประสงค์ของการจัดทำสอง

กรอบตัวอย่างก็เพื่อทำให้ทราบขนาดตัวอย่างที่มีความน่าจะเป็นสูงภายใต้กลุ่มประชากรเป้าหมาย แนวทางการดำเนินการด้วยวิธีดังกล่าวสามารถลดงบประมาณ แต่ยังคงมีประสิทธิภาพในการทำแผนการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น อย่างไรก็ตาม จากตัวอย่างข้างต้น การกำหนดกรอบโดยใช้สำมะโนประชากรและเคหะเป็นประชากรเป้าหมายในขั้นตอนแรก ก็ยังเป็นสิ่งที่จำเป็น เนื่องจากอาจจะปรากฏผู้ว่างงานอีกจำนวนหนึ่งที่ไม่ได้ขึ้นทะเบียนกับสำนักงานประกันสังคม ซึ่งควรที่จะมีโอกาสหรือความน่าจะเป็นที่ถูกเลือกเป็นตัวอย่างด้วยเช่นกัน

ทั้งนี้ การใช้สองกรอบตัวอย่างข้างต้น ควรพึงระวังในเรื่องของกรอบรายชื่อ (List Frame) ที่ต้องมีรายชื่อของประชากรทุกคนที่เป็นปัจจุบัน ถ้าภายหลังพบว่ามีประชากรบางส่วนมีสถานะเปลี่ยนไปจากเดิม แต่ข้อมูลประชากรกลับไม่ได้รับการปรับปรุงให้เป็นปัจจุบัน ซึ่งจะทำให้ประชากรกลุ่มนี้ไม่ได้ถูกเลือกให้อยู่ในประชากรเป้าหมาย นอกจากนี้ต้องระวังเรื่องของความซ้ำซ้อนของข้อมูลประชากรเป้าหมายด้วย

1.5.2) การกำหนดหลายกรอบตัวอย่าง สำหรับการอยู่อาศัยที่แตกต่างกัน

การกำหนดกรอบตัวอย่างเช่นนี้เกิดขึ้น ในกรณีที่ประชากรเป้าหมายอาศัยอยู่ในสถานที่ที่แตกต่างกันและไม่ซ้อนทับพื้นที่ ตัวอย่างเช่น การสำรวจเด็กกำพร้าที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ประชากรเป้าหมาย ซึ่งเป็นที่ทราบกันดีว่า เด็กกำพร้าส่วนใหญ่จะอาศัยอยู่ในสถานที่รับเลี้ยงเด็กหรือศูนย์ดูแลของภาครัฐ ในขณะเดียวกัน ก็มีเด็กกำพร้าบางส่วนที่มีพ่อแม่บุญธรรมเข้ามารับไปอุปถัมภ์เอง ซึ่งถ้าพิจารณาถึงประชากรเป้าหมายดังกล่าว สามารถกำหนดกรอบตัวอย่างออกเป็น 2 กรอบ ประกอบด้วย กรอบตัวอย่างสำหรับเด็กกำพร้าที่อาศัยอยู่ในศูนย์ฯ และกรอบตัวอย่างสำหรับเด็กกำพร้าที่อยู่กับครอบครัวบุญธรรม เป็นต้น

1.6) กรอบตัวอย่างหลัก (Master Sample Frame)

กรอบตัวอย่างหลัก คือ กรอบตัวอย่างที่ถูกใช้ในการเลือกตัวอย่าง ซึ่งมักจะถูกใช้ในการสุ่มตัวอย่างแบบหลายขั้น หรือใช้ในการสุ่มตัวอย่างหลาย ๆ ครั้ง ที่ต้องการความต่อเนื่องของเวลา ด้วยเหตุที่ไม่ได้คำนึงถึงความเป็นปัจจุบันของประชากรเป้าหมาย กรอบตัวอย่างยังคงอยู่ในสถานะที่ไม่ได้มีการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม อาจเพราะพื้นที่ที่ทำการเก็บตัวอย่างเป็นพื้นที่ที่มีลักษณะเฉพาะโดยไม่ค่อยมีการเปลี่ยนแปลงของประชากรเกิดขึ้นเลย กรอบตัวอย่างหลักสามารถจัดให้มีความคุ้มค่าได้ ถ้าการจัดเก็บและสำรวจข้อมูลระดับประเทศมีจำนวนมากพอ หรือช่วงเวลาที่ต้องทำการสุ่มตัวอย่างอยู่ในช่วงเวลาที่ใกล้เคียงกัน ก็จะสามารถใช้กรอบตัวอย่างหลักร่วมกันได้

กรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) สำหรับแผนการสุ่มตัวอย่างขั้นแรกที่ใช้ในการสำรวจข้อมูลครัวเรือน ควรจะต้องครอบคลุมประชากรเป้าหมายทั้งหมด เมื่อไหร่ก็ตามที่กรอบตัวอย่างนี้ถูกใช้ในการสำรวจหลายครั้งหรือหลายรอบของการสำรวจในหัวเรื่องเดียวกัน กรอบตัวอย่างนั้นจะถูกเรียกว่ากรอบตัวอย่างหลัก (Master Sample Frame) ซึ่งมักพบในประเทศที่มีขนาดใหญ่ที่มีข้อจำกัดด้านงบประมาณ การใช้กรอบตัวอย่างหลักช่วยในเรื่องของการบริหารจัดการต้นทุนที่คุ้มค่า เมื่อเทียบกับผลที่จะได้รับ (Economy of Scale) เพราะต้นทุนส่วนใหญ่ได้ถูกนับเข้าไปที่การออกแบบวางแผนและพัฒนากรอบตัวอย่างในครั้งแรกเรียบร้อยแล้ว การประยุกต์ใช้กรอบตัวอย่างหลักซ้ำ ๆ จะทำให้ประหยัดเวลาและงบประมาณในส่วนงานดังกล่าว ดังนั้นการสำรวจบางเรื่องที่กำหนดเป็นครั้งคราวจึงไม่เหมาะที่จะใช้กรอบตัวอย่างหลักดังกล่าว

ลักษณะของกรอบตัวอย่างหลักจะเกี่ยวข้องกับจำนวนหน่วยประชากร ขนาดตัวอย่าง และประเภทของหน่วยตัวอย่างในแผนการสุ่มตัวอย่างขั้นแรก โดยทั่วไปแล้วกรอบตัวอย่างหลัก ประกอบด้วยหน่วยตัวอย่างที่ได้จากการสุ่มมาครั้งแรก หรือที่เรียกว่า Primary Sampling Units (PSUs) ซึ่งจะคงที่ โดยที่การสุ่มตัวอย่าง ในขั้นถัดไปอาจจะเปลี่ยนแปลงไป หรือแตกต่างไปจากที่เคยทำมาในครั้งก่อน

2) การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการจัดทำกรอบตัวอย่างดิจิทัล (Digital Sampling Frame)

การจัดทำกรอบตัวอย่างแบบเดิม (Traditional Sampling Frame) มีข้อจำกัดในเรื่องความเป็นปัจจุบัน ของข้อมูล ความถูกต้องของกรอบตัวอย่าง และความถูกต้องเชิงตำแหน่งของข้อมูล ดังนั้นจึงมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจข้อมูลระยะไกล (Remote Sensing) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ในการจัดทำกรอบตัวอย่างให้มีความทันสมัยเพื่อนำไปใช้ในการสุ่มตัวอย่าง การเตรียมข้อมูลหรือเอกสารประกอบสำหรับการออกสนามและการจัดการข้อมูลภายหลังการออกภาคสนาม การจัดการข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลระหว่างการออกสนามช่วยให้กระบวนการประมวลผลหลังจากออกสนาม (Post-Processing) สะดวกมากขึ้น ทั้งในเรื่องของความสะดวกในการเชื่อมต่ออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (เครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องรับสัญญาณ GPS) การลดระยะเวลาการทำงาน และการลดค่าใช้จ่ายในการจัดเก็บข้อมูลและประมวลผล (Gallego et al., 2015)

เดิมทีการออกแบบการสุ่มตัวอย่างของกรอบพื้นที่จะอยู่บนพื้นฐานของรูปถ่ายทางอากาศ (Aerial Photography) ซึ่งรูปถ่ายต้องผ่านกระบวนการปรับแก้เรียกว่า รูปถ่ายทางอากาศที่ถูกปรับแก้ทางเรขาคณิต (Orthorectified) อย่างไรก็ตาม รูปถ่ายทางอากาศมีขนาดเล็กใช้ระยะเวลานานในการผลิตและไม่เป็นปัจจุบัน ภายหลังพบว่ามีการใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเข้ามาทดแทน โดยใช้เป็นเครื่องมือหลักในการสร้างกรอบพื้นที่แทน (Carfagna & Gallego, 2005) เนื่องจากมีความเป็นปัจจุบันและมีหลายช่วงคลื่น (Band) ประเด็นดังกล่าวเป็นประโยชน์อย่างมาก เช่น การแบ่งขอบเขตเชิงพื้นที่ในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่เพื่อจัดทำแผนที่เฉพาะเรื่องผ่านการทำ Classification การคาดประมาณผลผลิตแต่ละปี และการกำหนดกรอบตัวอย่าง เพื่อให้มีความละเอียดมากยิ่งขึ้น

ปัจจุบันบริษัท Google และ Bing จัดทำแพลตฟอร์มการเข้าถึงสาธารณะของภาพถ่ายดาวเทียมโดยไม่คิดค่าบริการ สามารถเข้าถึงได้ง่ายและไม่จำกัดขนาดพื้นที่ของภาพที่ให้บริการ ดังนั้น การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อนำมาสนับสนุนการทำกรอบตัวอย่างจึงไม่มีข้อจำกัดเรื่องค่าใช้จ่าย ทั้งนี้ สิ่งที่ต้องพึงระวังในการประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม คือ พิกัดภูมิศาสตร์ของภาพ (Image Geometry) ในการดึงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจะมีพิกัดในรูปแบบ Google Projection ดังนั้น ผู้ใช้งานต้องแปลงพิกัดภาพให้ตรงตามการใช้งานก่อนเสมอ และการซ้อนทับของภาพ (Image Overlay) จำเป็นต้องเลือกพิจารณาและทำความเข้าใจกับภาพซ้อนในบางพื้นที่ หรือเลี่ยงที่จะใช้ภาพในพื้นที่ดังกล่าว (Gallego et al., 2015)

กรอบตัวอย่างดิจิทัลช่วยให้กรอบตัวอย่างมีความเป็นปัจจุบันมากที่สุด เนื่องจากข้อมูลดิจิทัลที่นำมาใช้ในการปรับปรุงกรอบตัวอย่าง สามารถหาได้จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ ที่มีการเผยแพร่ เพื่อให้เกิดการปรับปรุงข้อมูลให้มีความเป็นปัจจุบันให้มากที่สุด ทำให้กรอบตัวอย่างมีความสมบูรณ์ส่งผลให้การสุ่มตัวอย่างมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยพบว่ามีการใช้กรอบตัวอย่างดิจิทัลในหลากหลายรูปแบบ เช่น การสำรวจ

พาหะนำโรคของพืชและดิน (Webster & Burgess, 1980) น้ำและมลพิษทางอากาศ (EP. Elliott et al., 1996) เป็นต้น ด้วยความก้าวหน้าของเทคโนโลยีด้านการกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (Global Positioning System: GPS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) ทำให้การกำหนดกรอบตัวอย่างได้รับการปรับปรุงด้วยข้อมูลตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์แบบดิจิทัล ช่วยให้การสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่ในงานด้านประชากรและด้านสาธารณสุขมีความถูกต้องมากขึ้น (Harold & Sempos, 1989) เช่นเดียวกับการสุ่มตัวอย่างครัวเรือนที่อยู่ในกรอบตัวอย่างของพื้นที่ที่พักอาศัย (Residential Area) เป็นต้น

การสำรวจระดับครัวเรือนมีการประยุกต์ใช้หลากหลายวิธีในการออกแบบตัวอย่าง ส่วนใหญ่มักใช้วิธีการสุ่มที่อ้างอิงกับพิกัดภูมิศาสตร์จากประชากรเป้าหมาย พิกัดภูมิศาสตร์จะอ้างอิงเส้นละติจูด (Latitude) และลองจิจูด (Longitude) ในการกำหนดตำแหน่ง หรือมีอีกความหมายที่มักนำมาใช้ เรียกว่า “Geocoded Point” ซึ่งทุกหน่วยในกลุ่มประชากรเป้าหมายจะมีพิกัดภูมิศาสตร์ที่อ้างอิงได้ ซึ่งในการสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่ของงานสำรวจระดับครัวเรือน ค่าพิกัดภูมิศาสตร์จะถูกกำหนดด้วยวิธีสุ่ม (Random) หลังจากนั้นค่าพิกัดจะชี้ไปที่ครัวเรือนที่ถูกสุ่มเลือก เพื่อทำการเก็บแบบสอบถามหรือสัมภาษณ์ต่อไป (Webster & Burgess, 1980)

หลักการในการทำสำมะโนประชากรและเคหะจะดำเนินการครอบคลุมในทุกครัวเรือน โดยจะมีการกำหนดค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของบ้านแต่ละหลังรวมอยู่ด้วย ซึ่งข้อมูลค่าพิกัดภูมิศาสตร์ดังกล่าวจะสามารถนำไปใช้ในงานสำรวจหลังจากนั้นได้เช่นกัน อนึ่งก่อนการทำสำมะโนมีความจำเป็นต้องซักซ้อมกับเจ้าหน้าที่ภาคสนาม เนื่องจากการกำหนดพิกัดภูมิศาสตร์หรือการทำงานเชิงพื้นที่จำเป็นที่จะต้องมีความรู้ความเข้าใจหรือทักษะเกี่ยวกับการใช้ GPS และ GIS ร่วมกัน มิเช่นนั้นการออกภาคสนามของเจ้าหน้าที่จะใช้ระยะเวลานาน อีกทั้งอาจเกิดข้อผิดพลาดในการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีกับการเก็บแบบสำรวจ

หลักการการสุ่มตัวอย่างปรากฏหลักฐานนับแต่อดีตในประวัติศาสตร์ของทั้งอียิปต์ จีน และอีกหลาย ๆ พื้นที่ทั่วโลก โดยมีหลักฐานระบุว่าในเริ่มแรก John Graunt (ค.ศ. 1620-1674) ได้อธิบายเกี่ยวกับประชากร โดยการเขียนบนแผ่นพับที่อธิบายวิธีการในการประมาณค่าประชากรของเมืองลอนดอนจากข้อมูลที่มีอยู่บางส่วน หลังจากนั้นทฤษฎีการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Theory) ก็ได้รับการพัฒนา ซึ่งแยกออกมาจากหลักพื้นฐานทางสถิติทั่วไป และมีวิวัฒนาการจนกลายเป็นทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับทั้งวิธีการและการนำไปใช้จริง หนังสือของ Cochran ที่ออกตีพิมพ์ในปี ค.ศ. 1946 และ 1977 ได้เขียนถึงเทคนิคการสุ่มตัวอย่าง (Sampling Techniques) ซึ่งถูกนำไปใช้อย่างแพร่หลาย เพื่อที่จะทำการสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่ในแบบ 2 มิติ ตามทฤษฎีตัวแปรตามภูมิภาค (Regionalized Variable Theory: RVT) ซึ่งเป็นวิธีการทางธรณีสถิติ (Geostatistic) ที่ใช้สำหรับการประมาณค่าในช่วง (Interpolation) ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในสาขาธรณีวิทยา (Matheron, 1963) โดยมีแนวทางที่จะใช้สหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) ในการปรับปรุงและเพิ่มประสิทธิภาพของการสุ่มตัวอย่างในรูปแบบของความแปรปรวน ของความคลาดเคลื่อนของตัวประมาณค่า (Estimator Error Variance) ที่สัมพันธ์กับแบบตัวอย่าง และขนาดตัวอย่าง (Haining, 1988; Stein & Ettema, 2003; Webster & Burgess, 1980) โดยที่ความคล้ายกัน (Similarity) ของประชากรที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมี

มากกว่าประชากรที่อยู่คนละกลุ่มกัน ซึ่งได้รับการพิจารณาว่ามีประสิทธิภาพสำหรับการสุ่มตัวอย่างและการอนุมานเชิงพื้นที่ (Swan, 1998)

กระบวนการสุ่มตัวอย่างตามสถิติมีข้อได้เปรียบอย่างมากทั้งเรื่องของต้นทุนและระยะเวลาที่ใช้ในการจัดเก็บที่ลดลงแต่สามารถครอบคลุมพื้นที่ได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม แม้ความแม่นยำ (Accuracy) ลดลงเมื่อเทียบกับการแจงนับที่สมบูรณ์ (Cochran, 1991) แต่ถือได้ว่ามีความคุ้มค่าอย่างเห็นได้ชัด ยิ่งไปกว่านั้นการสุ่มตัวอย่างทางสถิติยังให้ผลลัพธ์ในการออกแบบที่สามารถใช้ซ้ำได้ นำไปสู่การเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยในการประมาณค่า ซึ่งสามารถวัดได้ด้วยค่าความไม่แน่นอน (Uncertainty) อนึ่งจุดมุ่งหมายของวิธีการสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่ก็เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีคุณภาพที่สูงขึ้นแต่ใช้ต้นทุนที่ลดลง โดยสรุปกระบวนการสุ่มตัวอย่างตามสถิติมักจะให้ความสำคัญในเรื่องต้นทุนเน้นไม่เกินงบประมาณที่กำหนดและข้อจำกัดด้านคุณภาพ โดยผลลัพธ์ที่ได้ต้องตรงตามข้อกำหนดขั้นต่ำที่ได้กำหนดไว้เพื่อให้กระบวนการสุ่มตัวอย่างตามสถิติจะเกิดประสิทธิภาพสูงสุด สิ่งที่ควรพิจารณาในเบื้องต้นควรจะประกอบด้วยสามพารามิเตอร์ คือ การสุ่ม การออกแบบ และตัวประมาณค่า โดยการสุ่มจะเป็นตัวกำหนดประสิทธิภาพการประมาณตัวอย่าง เช่น ความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม ค่าแนวโน้ม ค่าสหสัมพันธ์เชิงพื้นที่ หรือการแบ่งชั้นข้อมูล ในส่วนของการออกแบบจะหมายถึงขั้นตอนการพิจารณาในการเลือกตัวอย่างในแง่ของความหนาแน่นและตำแหน่ง ในขณะที่ตัวประมาณค่าจะเป็นตัวกำหนดขั้นตอนที่ใช้ในการคำนวณค่าประมาณของพารามิเตอร์ประชากรจากข้อมูลตัวอย่าง ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องคำนึงถึงทั้งสามส่วน เพื่อที่จะกำหนดความถูกต้องของการประมาณการได้ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

การสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่และการอนุมานแบ่งออกเป็น 6 ขั้นตอนหลัก ดังนี้ (Goovaerts, 1997)

ขั้นตอนที่ 1 ทำการชี้แจงวัตถุประสงค์ในการสุ่มตัวอย่างเพื่อประเมินค่าเฉลี่ยหรือผลรวมของประชากร เพื่อขยายไปสู่การจัดทำแผนที่เชิงพื้นที่หรือเพื่อระบุตำแหน่งของเป้าหมาย ควรระบุวัตถุประสงค์ ให้ชัดเจนและประชากรในพื้นที่ควรเป็นปัจจุบัน (Haining, 2003)

ขั้นตอนที่ 2 จัดแยกข้อมูลของชุดแบบสอบถามเพื่อไม่ให้เกิดภาพของการซ้อนทับกันของข้อมูล ในบริบทของคำว่าเชิงพื้นที่

ขั้นตอนที่ 3 ทำการเลือกวิธีการสุ่มตัวอย่างและการคำนวณขนาดตัวอย่าง ภายใต้ข้อจำกัดด้านงบประมาณและความแม่นยำที่เฉพาะเจาะจง การพิจารณาในสามพารามิเตอร์ข้างต้น (การสุ่ม การออกแบบและตัวประมาณค่า) ช่วยให้มีการตัดสินใจถูกต้องมากยิ่งขึ้น

ขั้นตอนที่ 4 ควรออกแบบแผนการสุ่มตัวอย่างว่าจะมีการดำเนินการที่ไหน เมื่อไหร่และอย่างไร

ขั้นตอนที่ 5 ตัวอย่างที่จะทำการสุ่มและการวัดหน่วยตัวอย่างควรที่จะชัดเจน

ขั้นตอนที่ 6 การวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยองค์ความรู้เดิม เพื่อที่จะรับรู้ในเรื่องของความสุ่ม (Randomness) แนวโน้ม ค่าสหสัมพันธ์ หรือการจัดกลุ่ม คุณลักษณะเหล่านี้และวัตถุประสงค์ในการสุ่มตัวอย่างเป็นพื้นฐานสำหรับการเลือกสถิติที่ดีที่สุด เพื่อทำการอนุมานสำหรับพารามิเตอร์ประชากร

การลดลงของความไม่แน่นอน ทำได้โดยการเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ของประชากรเป้าหมาย วิธีการดังกล่าวเรียกว่า การสุ่มตัวอย่างตามการออกแบบ (Design-based Sampling)

ซึ่งสามารถทำได้โดยการสุ่มตัวอย่างแบบดั้งเดิม (Cochran, 1991) การสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่ เน้นเพื่อประเมินคุณลักษณะของประชากรที่มีการกระจายทางภูมิศาสตร์ การสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่ทำให้เกิดประเด็นเฉพาะบางประการ ซึ่งหลายประเด็น เกี่ยวข้องโดยตรงกับข้อมูลจำเพาะของตำแหน่งหรือที่ตั้งของตัวอย่าง โดยทั่วไปการสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่มี 2 วิธี คือ วิธีการตามการออกแบบ (Design-based Approach) คือค่าของตัวแปรในแต่ละตำแหน่งที่ถือว่าคงที่ และปัญหาคือการประเมินคุณสมบัติของชุดของค่าคงที่ และวิธีการตามแบบจำลอง (Model-based Approach) คือค่าในแต่ละตำแหน่งเป็นจริงตามกระบวนการสุ่มพื้นฐาน ปัญหาอาจเป็นการทำนายคุณสมบัติของค่าที่รับรู้หรือประมาณค่าพารามิเตอร์ของกระบวนการพื้นฐาน

การสุ่มตัวอย่างเชิงพื้นที่มักจะดำเนินการโดยใช้การเลือกตัวอย่างแบบสุ่ม (Random Sampling) การแบ่งชั้นภูมิ (Stratification) และการเลือกตัวอย่างแบบมีระบบ ( Systematic Sampling) โดยแต่ละวิธีมีจุดแข็งเฉพาะ ขึ้นอยู่กับลักษณะของการสุ่มตัวอย่าง แม้ว่าโดยทั่วไปแล้วการแบ่งชั้นประชากรเป้าหมายในบางรูปแบบมีความสำคัญ ซึ่งเป็นผลมาจากผลกระทบของความสัมพันธ์เชิงพื้นที่เชิงบวก (มีอยู่ในข้อมูลเชิงพื้นที่) ต่อความแปรปรวนของการสุ่มตัวอย่าง

3) การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศสถิติในการคาดประมาณประชากรเชิงพื้นที่กับการกำหนดกรอบตัวอย่างดิจิทัล

เพื่อให้เกิดการคาดประมาณประชากรเชิงพื้นที่ที่สะท้อนข้อเท็จจริงในพื้นที่ จำเป็นต้องกำหนดกรอบตัวอย่างดิจิทัล ซึ่งเป็นกรอบตัวอย่างที่ได้รับการปรับปรุงจากหลายแหล่งข้อมูลดิจิทัลที่มีความเป็นปัจจุบันหรือเกือบเป็นปัจจุบัน เพื่อพัฒนากรอบตัวอย่างดังกล่าวให้มีความสมบูรณ์มากที่สุด ในการคาดประมาณประชากรในงานศึกษาเชิงพื้นที่จะอ้างอิงการคาดประมาณภายใต้ข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ที่มีการบันทึกข้อมูลในแต่ละช่วงเวลาด้วยภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งอย่างน้อยจะมีการจัดเก็บข้อมูลทั่วโลกในทุก ๆ ปี โดยข้อมูลดังกล่าวถือเป็นกรอบพื้นฐานในการคาดประมาณประชากรในแต่ละพื้นที่ อย่างไรก็ตาม จำเป็นที่จะต้องพิจารณาเฉพาะอาคารที่เป็นที่พักอาศัยเท่านั้น ซึ่งจำเป็นต้องมีการกรองข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างด้วยข้อมูลเชิงพื้นที่ด้านอื่น ๆ ร่วมด้วย เช่น ข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะในอดีต ข้อมูลทะเบียนราษฎร์ ข้อมูลสถานประกอบการและธุรกิจการค้า ข้อมูลภาคอุตสาหกรรม ข้อมูลสถานที่ราชการ เป็นต้น เพื่อพัฒนาเป็นกรอบตัวอย่างดิจิทัลสำหรับการคาดประมาณประชากรเชิงพื้นที่นั้นเอง อย่างไรก็ตาม เพื่อให้การคาดประมาณประชากรมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้นภายใต้กรอบตัวอย่างดิจิทัลข้างต้น การพิจารณาข้อมูลด้านอื่น ๆ ร่วมด้วยจึงเป็นสิ่งที่ต้องดำเนินการ เช่น ข้อมูลความเป็นเมืองหรือชนบทของแต่ละพื้นที่ ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าดัชนีความเป็นเมืองหรือดัชนีวัดการพัฒนาเมือง โดย United Nations Centre for Human Settlements (Habitat) ได้จัดทำดัชนีวัดการพัฒนาเมืองเพื่อเป็นเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบและจัดลำดับการพัฒนาประเทศ โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) ในการจัดกลุ่มตัวแปรที่เกี่ยวข้องออกเป็นดัชนีเพื่อวัดค่า ใน 5 ด้าน ประกอบด้วย ด้านสาธารณูปโภค ด้านการจัดการของเสีย ด้านสุขภาพ ด้านการศึกษา และด้านผลิตภัณฑ์มวลรวมประเทศ (United Nations Centre for Human Settlements, 2001) ขณะที่มหาวิทยาลัยอเมริกันแห่งเบรุตในประเทศอียิปต์ พิจารณาดัชนีใน 4 ด้าน คือ กลุ่มการขยายเชิงพื้นที่ กลุ่มเศรษฐกิจ กลุ่มบริการภาครัฐ และกลุ่มทางสังคม พบว่า พื้นที่ที่มีการตั้งถิ่นฐานสูง จะเกาะกลุ่มกัน

ในเมืองหลัก (Mehaina et al., 2016) นอกจากนั้น ยังมีการพิจารณาดัชนีด้านความหนาแน่นของประชากร การรวมกลุ่มของสินค้าและบริการการจ้างงาน การย้ายถิ่นของกลุ่มแรงงานร่วมด้วย (Cui et al., 2014; Lampasri & Sakworawich, 2018) นอกจากนี้ยังมีปัจจัยเชิงพื้นที่อื่น ๆ เช่น ข้อมูลจำนวนเตียงในสถานพยาบาล ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน ข้อมูลพื้นฐานครัวเรือน และข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน เป็นต้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้นำไปสู่การพัฒนาเป็นแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อการคาดประมาณประชากรนั้นเอง

### 3.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์

จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ และคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ที่ปรากฏ จึงได้กำหนดแนวทางวิเคราะห์ในแต่ละด้าน ดังนี้

1) การปฏิบัติการเชิงพื้นที่ (Spatial Operations)

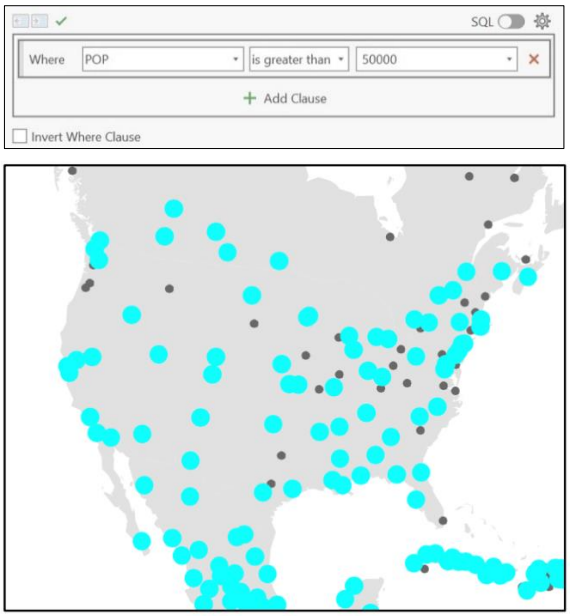
การวิเคราะห์ข้อมูลนั้น มีรูปแบบของ Data Type ที่นำมาวิเคราะห์ หลากหลายประเภทด้วยกัน ทั้งที่เป็นตัวเลข (Numerical) ข้อความ (Text) และเวลา (Time) แต่ยังมีข้อมูลอีกประเภทหนึ่ง ซึ่งมีความสำคัญในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute data) และข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ได้ (Manuel, 2023) ดังนี้

1.1) การเลือกข้อมูลคุณลักษณะ (Selection by Attribute)

ข้อมูลคุณลักษณะที่จัดเก็บในรูปแบบของชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data layer) สามารถจัดการข้อมูลได้ทั้งจากเครื่องมือแผนที่ในรูปแบบของกราฟฟิก (Graphical vector/raster data) หรือจากข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute value) ซึ่งในการกำหนดเงื่อนไขทางคณิตศาสตร์เพื่อการจัดการข้อมูลเหล่านั้น มักจะอยู่บนพื้นฐานของเซต (Set) ดังนี้

1.1.1) Set Algebra

เซต คือ โครงสร้างข้อมูลที่ใช้เก็บชุดของวัตถุหรือค่าที่ไม่ซ้ำกัน สมาชิกของเซตจะไม่มีค่าที่ซ้ำกันและไม่มีลำดับ สมาชิกในเซตสามารถเป็นอะไรก็ได้ เช่น จำนวนเต็ม ข้อความ วัตถุ เป็นต้น การคำนวณเซต (Set algebra) เป็นการใช้ตรรกศาสตร์และการคำนวณ เพื่อดำเนินการกับเซตและสมาชิกของเซตเพื่อให้เกิดเซตใหม่โดยใช้ตัวดำเนินการทางคณิตศาสตร์ต่าง ๆ การคำนวณเซตประกอบด้วย 4 แบบ คือ น้อยกว่า (<) มากกว่า (>) เท่ากับ (=) และไม่เท่ากัน (<>) ดังภาพ 2




**ภาพ 2** การคำนวณเซต (Set algebra)

1.1.2) Boolean Algebra

พีชคณิตบูลีน (Boolean algebra) คือ ระบบคณิตศาสตร์ที่ใช้สำหรับการจัดการกับข้อมูลที่มีค่าเป็นจริง (True) หรือเท็จ (False) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรตรรกศาสตร์ (Boolean variables) สองค่าเท่านั้น คือ จริงหรือเท็จ บูลีนแอลจีบราใช้ตัวดำเนินการทางตรรกศาสตร์ เช่น AND (และ) OR (หรือ) NOT (ไม่) เพื่อดำเนินการกับตัวแปรตรรกศาสตร์ ดังนั้น จึงสามารถสร้างสมการบูลีนแอลจีบราและตรรกศาสตร์เพื่อแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการตัดสินใจและการควบคุมที่มีเงื่อนไขต่าง ๆ โดยใช้ตรรกศาสตร์และบูลีนแอลจีบรา

ตัวอย่างการใช้บูลีนแอลจีบรา

AND (และ) : เป็นเท็จ ถ้าความสัมพันธ์ทั้งสองข้อเป็นเท็จ หรืออย่างน้อยหนึ่งข้อเป็นเท็จ และเป็นจริง ถ้าความสัมพันธ์ทั้งสองข้อเป็นจริง

OR (หรือ) : เป็นจริง ถ้าความสัมพันธ์ทั้งสองข้อเป็นจริง หรืออย่างน้อยหนึ่งข้อเป็นจริง และเป็นเท็จ ถ้าความสัมพันธ์ทั้งสองข้อเป็นเท็จ

NOT (ไม่) : การกลับค่าเท็จจริง

1.2) การเลือกข้อมูลเชิงพื้นที่ (Selection by Location)

การเลือกข้อมูลเชิงพื้นที่สามารถเลือกหรือจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่บนชั้นข้อมูลใด ๆ กับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ได้ผ่านความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ที่อ้างอิงกับพิกัดทางภูมิศาสตร์ (Spatial Association) ซึ่งความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ดังกล่าวสามารถจัดกลุ่มใน 4 รูปแบบ คือ

1.2.1) Adjacency คือ การที่สมาชิกของชั้นข้อมูลใด ๆ ไปใช้ขอบเขตร่วมกัน (Share a Boundary) กับสมาชิกของอีกชั้นข้อมูล

1.2.2) Containment คือ การที่สมาชิกของชั้นข้อมูลใด ๆ ไปเป็นส่วนหนึ่ง (Inside Feature) ของอีกชั้นข้อมูล

1.2.3) Intersection คือ การที่สมาชิกของชั้นข้อมูลใด ๆ ไปปรากฏ (Intersect Feature) ในขอบเขตของชั้นข้อมูลอื่น

1.2.4) Distance คือ การที่สมาชิกของชั้นข้อมูลไปปรากฏอยู่ในระยะที่กำหนด (Distance from Another) ของชั้นข้อมูลใด ๆ

2) การซ้อนทับชั้นข้อมูลเวกเตอร์ (Vector Overlays)

แนวคิดการซ้อนทับกันของข้อมูลเชิงเส้น (Vector Data) อ้างอิงมาจากการนำแผนที่ หรือแผ่นใสมาซ้อนทับกัน (Sieve Mapping) โดยนักวางแผนการใช้ที่ดินในอดีต เพื่อขจัดเนื้อหาของแผนที่ที่ไม่ตรงกับความต้องการ เช่น การลบข้อมูลการใช้ที่ดินเชิงอุตสาหกรรมออกจากพื้นที่ในกลางเมือง เป็นต้น การซ้อนกันของข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นการเชื่อมโยงข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูลเข้าด้วยกันภายใต้พิกัดภูมิศาสตร์เชิงตำแหน่งเดียวกัน เพื่อนำไปสู่การแก้ไข ปรับปรุง วิเคราะห์ข้อมูลในรูปแบบต่าง ๆ ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด (Manuel, 2023) โดยพื้นฐานของการซ้อนทับข้อมูลสามารถทำได้ 3 วิธี โดยมีรายละเอียด ดังนี้

2.1) การตัดข้อมูลบริเวณที่ต้องการ (Clip) หมายถึง การกำหนดให้ชั้นข้อมูลหนึ่งทำหน้าที่ไปแบ่ง หรือแยก หรือตัด (ด้วยขอบเขตที่กำหนด เรียกว่า Clip feature) กับชั้นข้อมูลใด ๆ (ข้อมูลที่ถูกเลือก เรียกว่า To-be-clipped feature) ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะมีขอบเขตตามตัวข้อมูลที่กำหนดใน Clip feature ซึ่งค่าข้อมูลที่ถูกจัดเก็บจะถือเป็น Subset ของ Clip เช่น

เซต A = {1, 2}

เซต B = {1, 2, 3, 4}

A เป็นส่วนย่อยของ B ($A \subseteq B$)

2.2) การหาพื้นที่ที่ซ้อนทับกัน (Intersect) หมายถึง การที่ชั้นข้อมูลอย่างน้อยสองชั้นขึ้นไปมีสมาชิกปรากฏอยู่ในชั้นข้อมูลเหล่านั้น ซึ่งในกรณีของข้อมูลเชิงพื้นที่คือการปรากฏในพื้นที่ใด ๆ ร่วมกัน (Spatial Extent) เช่น

เซต A = {1, 2, 3}

เซต B = {3, 4, 5}

$A \cap B = \{3\}$

2.3) การรวมพื้นที่เข้าด้วยกัน (Union) หมายถึง การที่ชั้นข้อมูลอย่างน้อยสองชั้นขึ้นไป มีการรวมสมาชิกของสองชั้นข้อมูลเข้าด้วยกันเพื่อสร้างชั้นข้อมูลใหม่ที่มีสมาชิกทั้งหมด ของทั้งสองชั้นข้อมูล เช่น

เซต A = {1, 2, 3}

เซต B = {3, 4, 5}

A ∪ B = {1, 2, 3, 4, 5}

3) การศึกษาที่ตั้งและรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่

การศึกษารูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ โดยใช้กรอบความคิด ทฤษฎี และเครื่องมือเชิงพื้นที่บนหลักคิดของความไม่อิสระต่อกันเชิงที่ตั้ง (Spatial Dependence) ดังนั้นโดยพื้นฐานการศึกษาควรต้องคำนึงถึงน้ำหนักเชิงพื้นที่ (Spatial Weight Matrix) ซึ่งในการศึกษานี้ใช้การกำหนดน้ำหนักเชิงพื้นที่ด้วยวิธี Spatial Contiguity Weight แบบ Queen Contiguity Matrix ซึ่งเป็นการพิจารณาพื้นที่ข้างเคียงที่มีขอบเขตร่วมกัน (Weight Based on Boundaries) เทคนิคดังกล่าวจะช่วยให้การศึกษาสหสัมพันธ์ในตัวเชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) มีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการวิเคราะห์ Moran's I, Local Moran's I และ GI* Cluster โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1) Moran's I

Cliff and Ord (1973) ดัชนี Moran's I คือ ดัชนีที่ใช้วัดสหสัมพันธ์ในตัวเชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) ที่สะท้อนถึงความคล้ายหรือเหมือนกันของวัตถุใด ๆ กับวัตถุรอบข้างที่อยู่ติดกัน ซึ่งจะเกิดความเข้าใจมากขึ้นเมื่ออ้างอิงกับกฎข้อแรกของภูมิศาสตร์ที่ระบุโดยนักภูมิศาสตร์ที่ชื่อ Waldo R. Tobler ว่า "ทุกสิ่งทุกอย่างที่ปรากฏมีความสัมพันธ์กัน โดยสิ่งที่อยู่ใกล้กันย่อมมีความสัมพันธ์ที่มากกว่าสิ่งที่อยู่ห่างออกไป" ดัชนีนี้มักถูกใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในพื้นที่ โดยใช้ดัชนี Moran's I อธิบายความสัมพันธ์นี้

การคำนวณค่าดัชนี Moran's I สามารถคำนวณโดยสมการดังนี้

$$I = \frac{n}{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}} \times \frac{\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\left(x_i - \bar{x}\right)\left(x_j - \bar{x}\right)}{\sum_{i=1}^{n}\left(x_i - \bar{x}\right)^2}$$

โดยที่ค่า $n$ คือ จำนวนหน่วยการวัดในพื้นที่

$x_i$ คือ ค่าข้อมูลในหน่วยการวัด $i$

$x_j$ คือ ค่าข้อมูลในหน่วยการวัด $j$

$\overline{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในพื้นที่

$w_{ij}$ คือ ค่าน้ำหนัก (Weight) ที่บ่งบอกถึงความเกี่ยวข้องระหว่างหน่วยการวัด $i$ และ $j$ บอกถึงความใกล้เคียงหรือความเกี่ยวข้องระหว่างพื้นที่

ค่าของดัชนี Moran's I อยู่ในช่วง -1 ถึง 1 โดยมีความหมายดังนี้

1 แสดงถึงการกระจายข้อมูลที่มีสหสัมพันธ์ในตัวเชิงพื้นที่เชิงบวก (Positive Spatial Autocorrelation) มีค่าสูงสุดเมื่อข้อมูลในพื้นที่รอบข้างที่อยู่ติดกันมีค่าคล้ายกัน

-1 แสดงถึงการกระจายข้อมูลที่มีสหสัมพันธ์ในตัวเชิงพื้นที่เชิงลบ (Negative Spatial Autocorrelation) มีค่าต่ำสุดเมื่อข้อมูลในพื้นที่รอบข้างที่อยู่ติดกันมีค่าตรงข้ามกัน

0 แสดงถึงการกระจายข้อมูลที่ไม่มีสหสัมพันธ์ในตัวเชิงพื้นที่ (No Spatial Autocorrelation)

3.2) GI* Cluster

GI* Cluster (Getis-Ord Gi* statistic) Getis and Ord (1992) เป็นการวัดค่าทางสถิติที่ใช้ในการจัดกลุ่ม (Clustering) ของค่าข้อมูลในเชิงพื้นที่ ช่วยในการระบุพื้นที่ที่มีการกระจายค่าข้อมูลที่สูงหรือต่ำเกี่ยวข้องกันเป็นกลุ่ม เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการค้นหาการกระจายของข้อมูลที่มีค่าสูงหรือจุดความร้อน (Hot spot) หรือการกระจายของข้อมูลที่มีค่าต่ำหรือจุดความเย็น (Cold spot) ในพื้นที่ โดยคำนวณตามหลักการเดียวกับคะแนนแซต (z-score) หรือคะแนนมาตรฐาน (Standard score) แต่จะคำนวณร่วมกับค่าน้ำหนัก (Weight) ที่บ่งบอกถึงความเกี่ยวข้องระหว่างหน่วยการวัดแต่ละหน่วยในพื้นที่ การคำนวณนี้ช่วยให้ระบุและเข้าใจแนวโน้มของการกระจายค่าข้อมูลในพื้นที่ได้ง่ายขึ้น การคำนวณค่า GI* Cluster (Getis-Ord Gi* Statistic) สามารถคำนวณโดยสมการ ดังนี้

$$G_{i^*} = \frac{\sum_{j=1}^{n} w_{ij}\left(x_j - \bar{x}\right)}{S}$$

โดยที่ค่า

$G_{i^*}$ คือ ค่า GI* Cluster ของหน่วยการวัด $i$

$w_{ij}$ คือ ค่าน้ำหนัก (Weight) ระหว่างหน่วยการวัด $i$ และ $j$

$x_j$ คือ ค่าข้อมูลในหน่วยการวัด $j$

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในพื้นที่

$S$ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูลในพื้นที่

ค่า GI* Cluster มีการใช้เกณฑ์คะแนนแซต (z-score) เพื่อทดสอบว่าค่าที่คำนวณได้นั้น มีนัยสำคัญเชิงสถิติหรือไม่โดยใช้ค่าพี (p-value) โดยเมื่อมีการกระจายของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์กันมากขึ้นกว่าค่าที่คาดหวังจะได้คะแนนแซต (z-score) ที่สูงขึ้น ซึ่งสามารถแสดงถึงการกระจายแบบจุดความร้อน (Hot spot) ในพื้นที่ ในทางกลับกันเมื่อมีการกระจายของข้อมูลที่มีความสัมพันธ์ต่ำกว่าค่าที่คาดหวังจะได้คะแนนแซต (z-score) ที่ต่ำลง ซึ่งสามารถแสดงถึงการกระจายแบบมีค่าต่ำ หรือจุดความเย็น (Cold spot) ในพื้นที่

3.3) Local Moran's I (Local Indicators of Spatial Association: LISA)

Local Moran's I เป็นสถิติวัดการกระจุกตัวของข้อมูล โดยคำนวณเปรียบเทียบกับตำบลใกล้เคียง (Anselin, 1995) และเป็นการขยายการใช้งานดัชนี Moran's I ในการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ในตัวเชิงพื้นที่ (Spatial Autocorrelation) แต่จะเน้นไปยังระดับของหน่วยการวัดแต่ละหน่วยแยกต่างหาก ซึ่งช่วยให้เข้าใจและวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่แบบละเอียดมากขึ้น โดยเฉพาะตรวจสอบว่าแต่ละหน่วยการวัด มีส่วนของพื้นที่ที่กระจายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกันหรือไม่ ในรูปแบบของกลุ่มก้อนหรือการกระจุกตัว (Spatial Clusters)

ในกรณีของ Local Moran's I จะคำนวณค่า Moran's I สำหรับแต่ละหน่วยการวัด โดยคำนวณให้ได้ทั้งค่า I โดยรวม (Global Moran's I) และค่าเฉพาะที่เกี่ยวข้องกับแต่ละหน่วยการวัด (Local Moran's I) ซึ่งค่า Local Moran's I จะแสดงถึงแนวโน้มของความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในหน่วยการวัดนั้น ๆ กับข้อมูลในพื้นที่รอบข้างที่อยู่ติดกันกับหน่วยการวัดนั้น ๆ การคำนวณค่าดัชนี Local Moran's I สามารถคำนวณโดยสมการดังนี้

$$I_i = \frac{x_i - \bar{x}}{S^2} \sum_{j=1}^{n} w_{ij}\left(x_j - \bar{x}\right)$$

โดยที่ค่า $I_i$ คือ ค่า Local Moran's I ของหน่วยการวัด $i$

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของข้อมูลในพื้นที่

$S^2$ คือ ค่าความแปรปรวนของข้อมูลในพื้นที่

$w_{ij}$ คือ ค่าน้ำหนัก (Weight) ระหว่างหน่วยการวัด $i$ และ $j$

ระดับนัยสำคัญเชิงสถิติของแต่ละพื้นที่ โดยผลการวิเคราะห์จะสามารถระบุพื้นที่ออกเป็นลักษณะต่าง ๆ ได้ 5 ระดับ ได้แก่

High-High คือ ข้อมูล ณ หน่วยการวัดมีค่าสูงและข้อมูลในพื้นที่รอบข้างที่อยู่ติดกันมีค่าสูงเช่นกัน

Low-Low คือ ข้อมูล ณ หน่วยการวัดมีค่าต่ำและข้อมูลในพื้นที่รอบข้างทีอยู่ติดกันมีค่าต่ำเช่นกัน

High-Low คือ ข้อมูล ณ หน่วยการวัดมีค่าสูงและข้อมูลในพื้นที่รอบข้างที่อยู่ติดกันมีค่าต่ำ

Low-High คือ ข้อมูล ณ หน่วยการวัดมีค่าต่ำและข้อมูลในพื้นที่รอบข้างที่อยูติดกันมีค่าสูง

Not Significant คือ ข้อมูล ณ หน่วยการวัดที่ไม่ได้มีลักษณะเป็นกลุ่มก้อนหรือแตกต่างจากพื้นที่ข้างเคียงอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติ

4) การพัฒนา Digital Frame

ข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนา Digital Frame มาจากพื้นฐานของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) เนื่องจากสามารถรองรับรูปแบบของข้อมูลได้หลากหลายทั้งที่เป็นแบบกราฟิก (Graphic Data) และข้อมูลรายคุณลักษณะ (Attribute Data) โดยอ้างอิงกับพิกัดภูมิศาสตร์เป็นสำคัญ (Geographic Coordinate) สิ่งหนึ่งที่จำเป็นต้องกำหนดด้วยความรอบคอบคือ รายละเอียดข้อมูล (Data Resolution) ซึ่งอย่างน้อยต้องครอบคลุมหน่วยของข้อมูลที่ต้องนำไปวิเคราะห์ หรือประยุกต์ใช้ เช่นเดียวกับชั้นข้อมูล หรือ Data Layer ที่จะต้องมีครอบคลุมเนื้อหาที่กำลังศึกษา

การพัฒนา Digital Frame จึงเป็นเรื่องที่จำเป็นที่จะต้องให้เกิดการพัฒนาข้อมูลอยู่ตลอดเวลา เพื่อให้มีความทันสมัยทันต่อสถานการณ์ที่ดำเนินไปในแต่ละวัน การปรับปรุงข้อมูลจากสื่อรอบด้านถือเป็นสิ่งที่จะต้องให้ได้รับการตอบสนองซึ่งถือเสมือนเป็นข้อมูลที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา การเลือกใช้ข้อมูลเหล่านี้ที่เกิดขึ้นรอบตัวในลักษณะของ Digital Data ล้วนแล้วแต่ต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่สะท้อนข้อเท็จจริงที่ถูกต้องและทันสมัย การได้รับข้อมูลในจำนวนมากในเวลาอันสั้นก็ควรที่จะต้องคำนึงถึงกระบวนการคัดเลือก คัดกรอง และจัดเก็บให้เป็นระบบภายใต้การบริหารจัดการอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพก็จะช่วยให้เกิดการนำไปใช้ที่เกิดประโยชน์สูงสุดกับหน่วยงานและประเทศ

ด้วยเทคโนโลยีปัจจุบันการเชื่อมข้อมูลต่างฐานหรือหลากหลายรูปแบบถือเป็นเรื่องง่าย ดังนั้นการพัฒนาภูมิสารสนเทศสถิติในแนวทางที่ทำให้เกิด Digital Frame และผลักดันไปสู่การนำไปใช้แก้ไขปัญหาวิเคราะห์ วางแผน รวมถึงการบริหารจัดการ ต่อยอดจากระบบงานที่เป็นอยู่ย่อมสร้างความยั่งยืนให้แก่วงการสถิติของประเทศอย่างเห็นได้ชัด

## 3.2 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ เพื่อคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

### 3.2.1 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การนำข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติและหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องมาใช้ในเรื่อง Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) โดยให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องและแม่นยำขึ้น จึงได้รวบรวมข้อมูลเหล่านั้นจากข้อมูลที่เผยแพร่แบบสาธารณะและแบบไม่เผยแพร่สาธารณะ ซึ่งสามารถจำแนกตามลักษณะและแหล่งที่มาของข้อมูลได้ ดังนี้

1) ข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ

ที่ปรึกษาได้ทำการศึกษาข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลคุณลักษณะของสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่า มีรายการข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ รายละเอียดดังตาราง 1

**ตาราง 1** รายการข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ

| ลำดับ | รายการข้อมูล | โครงการ | ความถี่ | ช่วงเวลา | ประเภทไฟล์ข้อมูลที่ได้รับ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | ข้อมูลแผนที่เขตสำรวจ ระดับตำบล | กองนโยบายและวิชาการสถิติ | เปลี่ยนไปตามประกาศการแจ้งปรับปรุงเขตการปกครองกระทรวงมหาดไทย | 2565 | ข้อมูลระดับตำบลในรูปแบบ Shapefile |
| 2 | จำนวนประชากรจำแนกตามเพศและอายุ | สำมะโนประชากรและเคหะ | ทุก 10 ปี | 2553 | ข้อมูลระดับย่อยในรูปแบบ CSV file |
| 3 | การทำงานของประชากร | สำมะโนประชากรและเคหะ | ทุก 10 ปี | 2553 | ข้อมูลระดับย่อยในรูปแบบ CSV file |
| 4 | จำนวนประชากรแต่ละเขตแจงนับ (EA) | กองนโยบายและวิชาการสถิติ | ปรับปรุงตามรายงานการสำรวจข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือน' | 2565 | ข้อมูลระดับย่อยในรูปแบบ Excel file |
| 5 | ข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง | กองนโยบายและวิชาการสถิติ | ทุกปี | 2565 | ข้อมูลระดับหน่วยอาคารในรูปแบบ Shapefile |

2) ข้อมูลจากหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ที่ปรึกษาได้ศึกษารายการข้อมูลของหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) พบว่า มีรายการข้อมูลเชิงพื้นที่ ข้อมูลคุณลักษณะ และข้อมูลสถิติที่สามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์ รายละเอียดดังตาราง 2

**ตาราง 2** รายการข้อมูลจากหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

| ลำดับ | รายการข้อมูล | หน่วยงาน | ความถี่ | ช่วงเวลา | ประเภทไฟล์ข้อมูลที่ได้รับ |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | จำนวนประชากรจากการทะเบียน จำแนกตามอายุและเพศ | กรมการปกครอง | ทุกปี | 2565 | ข้อมูลระดับตำบลในรูปแบบ Excel file โดย Download ข้อมูลจากเว็บไซต์ https://stat.bora.dopa.go.th |
| 2 | จำนวนบ้าน | กรมการปกครอง | ทุกปี | 2565 | ข้อมูลระดับตำบลในรูปแบบ Excel file โดย Download ข้อมูลจากเว็บไซต์ https://stat.bora.dopa.go.th |
| 3 | ข้อมูลสถานประกอบการ | กรมพัฒนาธุรกิจการค้า | ทุกปี | 2565 | ข้อมูลระดับตำบลในรูปแบบ Excel file โดย Download ข้อมูลจากเว็บไซต์ https://datawarehousegis.dbd.go.th/ |
| 4 | ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน | Google Earth Engine | ทุกปี | 2565 | ข้อมูลในรูปแบบ Raster file โดย Download ข้อมูลจากเว็บไซต์ https://earthengine.google.com/ |
| 5 | ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิว | Google Earth Engine | ทุกปี | 2565 | ข้อมูลในรูปแบบ Raster file โดย Download ข้อมูลจากเว็บไซต์ https://earthengine.google.com/ |
| 6 | เส้นถนน | กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม | ทุกปี | 2563 | ข้อมูลทั้งประเทศในรูปแบบ Shapefile |

### 3.2.2 การเข้าถึงข้อมูล

การเข้าถึงข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ และหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มักมีการกำหนดสิทธิตามระดับของผู้ใช้งาน ทั้งนี้ เจ้าของข้อมูลบางหน่วยงานได้มีการป้องกันการเข้าไปดำเนินการต่าง ๆ กับข้อมูลของผู้ใช้งานที่ไม่มีส่วนเกี่ยวข้อง และเป็นการรักษาความลับของข้อมูลนั้น ๆ ซึ่งในการเข้าถึงข้อมูลแต่ละรายการที่ระบุไว้ในการรวบรวมข้อมูลข้างต้น ได้แบ่งตามแหล่งที่มา ดังนี้

1) ข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ ที่ปรึกษาฯ ดำเนินการประสานงานกับสำนักงานสถิติแห่งชาติ เรื่องขอประชุมเพื่อประสานหารือรายละเอียดข้อมูลหรือขอข้อมูลหน่วยงานภายในสำนักงานสถิติแห่งชาติ และได้รับข้อมูลสถิติที่เป็นข้อมูลระดับย่อย (Micro data) จากสำมะโน/สำรวจ ของสำนักงานสถิติแห่งชาติแบบไม่ปกปิด ที่ระบุตัวแปรตำบล อำเภอ จังหวัด และข้อมูลค่าพิกัด โดยปกปิดข้อมูลเฉพาะชื่อ-สกุล และเลขบัตรประชาชน พร้อมทั้งข้อมูล Data Dictionary จำนวน 21 โครงการ รวมถึงการลงนามข้อตกลงการประมวลผลข้อมูลส่วนบุคคล และการรักษาความลับ ซึ่งข้อมูลระดับย่อย (Micro data) จากสำมะโน/สำรวจ ที่นำมาใช้ในการศึกษานี้ ได้แก่ สำมะโนประชากรและเคหะ ทั้งนี้ ยังมีชุดข้อมูลเชิงพื้นที่จากสำนักงานสถิติแห่งชาติ

ประกอบด้วย ข้อมูลแผนที่เขตสำรวจระดับจังหวัด อำเภอ และตำบล จำนวนประชากรแต่ละเขตแจงนับ (EA) และข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างของกองนโยบายและวิชาการสถิติ เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) และการคาดประมาณประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

2) ข้อมูลหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง มีรายการข้อมูลสถิติที่ทำการดาวน์โหลดจากเว็บไซต์หน่วยงานเจ้าของข้อมูล ได้แก่ จำนวนประชากรจากการทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศ จำนวนบ้านจากกรมการปกครอง และข้อมูลสถานประกอบการจากกรมพัฒนาธุรกิจการค้า รวมถึงข้อมูลเชิงพื้นที่ ได้แก่ ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน ข้อมูลอุณหภูมิพื้นผิวจาก Google Earth Engine และข้อมูลเส้นถนนที่ได้รับจากกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม

### 3.2.3 การจัดการข้อมูล

การศึกษานี้ได้รวบรวมข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติและหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยแต่ละหน่วยงานมีลักษณะของข้อมูลและโครงสร้างที่แตกต่างกัน ดังนั้นก่อนทำการวิเคราะห์ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการจัดการข้อมูล เพื่อให้ทุกข้อมูลอยู่ในรูปแบบเดียวกันและสามารถวิเคราะห์เชิงพื้นที่ร่วมกันได้ โดยมีหลักการจัดการข้อมูล ดังนี้

1) ข้อมูลสถิติ

การจัดการข้อมูลสถิติ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้และเป็นประโยชน์และช่วยใช้ในการตัดสินใจที่จะนำข้อมูลที่ผ่านการจัดการแล้วไปวิเคราะห์เพื่อความแม่นยำและถูกต้อง เมื่อได้รับข้อมูลจากหน่วยงานเจ้าของข้อมูลในรูปแบบข้อความหรือตัวเลข หรือเป็นตารางข้อมูลสถิติแล้ว จำเป็นต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลก่อน เพื่อจัดการกับข้อมูลที่หายไปหรือไม่สมบูรณ์และกรองข้อมูลที่มีค่าผิดปกติออกจากข้อมูล โดยจัดการข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบหรือไฟล์ประเภทเดียวกัน หรือกำจัดช่วงของค่าและตัวเลขที่ไม่มีทางเป็นจริงออกในคราวเดียวด้วยการกำหนด Outliner ขีดเส้นกั้นใช้เฉพาะช่วงข้อมูลที่ต้องการ เพราะหากไม่นำข้อมูลที่ซ้ำซ้อนออกก่อนที่จะนำมาวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์นั้นอาจจะไม่ตรงกับความเป็นจริง

2) ข้อมูลเชิงพื้นที่

การจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่ เพื่อให้ได้ข้อสรุปที่เป็นประโยชน์ต่อการนำไปใช้ และเป็นประโยชน์และช่วยใช้ในการตัดสินใจที่จะนำข้อมูลที่ผ่านการจัดการแล้วไปวิเคราะห์เพื่อความแม่นยำและถูกต้อง ซึ่งเมื่อได้รับข้อมูลจากหน่วยงานเจ้าของข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบข้อมูลเวกเตอร์ ข้อมูลราสเตอร์ ข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute data) ในรูปแบบไฟล์ดิจิทัล จำเป็นต้องนำข้อมูลเหล่านั้นมาตรวจสอบความครบถ้วนและถูกต้องของข้อมูลก่อน ซึ่งข้อมูลที่ได้รับมานั้นอาจจะไม่ได้ถูกจัดเก็บในรูปแบบไฟล์ที่ต้องการ ยกตัวอย่าง บางข้อมูลไม่ได้ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบไฟล์ที่สามารถนำไปประมวลผลได้ เช่น ได้ข้อมูลเป็นภาพราสเตอร์ (.Tif) อาจต้องจัดการข้อมูลโดยการแปลงภาพราสเตอร์ให้เป็นตารางค่าตัวเลขหรือสคริปต์ (.csv, .json, .xml) หรือค่าพิกัดที่ได้มาไม่ถูกต้อง หรือการรวมไฟล์ข้อมูลจากหลายแหล่งให้เป็นไฟล์เดียว เพื่อทำข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

### 3.2.4 การแก้ไขปรับปรุงข้อมูล

การแก้ไข ปรับปรุง เพิ่มเติมข้อมูล (Transform and enrich data) เนื่องจากข้อมูลที่ได้รับประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลคุณลักษณะ หรือตารางข้อมูลในรูปแบบของ Microsoft Excel ซึ่งการวิเคราะห์ข้อมูลเหล่านี้จำเป็นต้องอาศัยข้อมูลจากหลายแหล่งข้อมูล หลายตารางข้อมูล ดังนั้น การเชื่อมตารางข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันกับข้อมูลเชิงพื้นที่จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเสมอ ซึ่งปกติจะใช้เครื่องมือหรือโปรแกรมสำเร็จรูปในการดำเนินการ โดยมีการแก้ไขปรับปรุงข้อมูล ดังนี้

1) ข้อมูลสถิติ

การแก้ไขปรับปรุงข้อมูลสถิติ เมื่อข้อมูลผ่านการจัดการในเบื้องต้นแล้ว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้รับจากหน่วยงานเจ้าของข้อมูลจากหลากหลายแหล่ง มาเชื่อมโยงกันเพื่อให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ประเภทเดียวกัน ซึ่งหากพบความผิดปกติไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลได้ ให้ตรวจสอบข้อมูลจาก 2 หน่วยงานว่ามีความผิดปกติหรือไม่ เหตุใดจึงไม่สามารถเชื่อมโยงได้ ซึ่งสาเหตุที่ไม่สามารถเชื่อมโยงข้อมูลได้อาจมาจากการที่ข้อมูลในแต่คอลัมน์หรือแถวไม่ครบถ้วน หรือมีการสะกดคำผิด หรือรหัสจังหวัด อำเภอ ตำบล ไม่ตรงกัน จำเป็นต้องปรับปรุงรหัสข้อมูลให้เป็นชุดรหัสเดียว คือ จำนวน 6 หลัก ซึ่งสามารถแก้ไขปรับปรุงข้อมูลด้วยโปรแกรม Microsoft Excel หรือ SPSS ด้วยคำสั่งที่ต้องการปรับปรุง เพื่อให้ได้คุณภาพของข้อมูลที่ดีและสามารถนำมาเชื่อมโยงเพื่อประมวลผลในการวิเคราะห์ร่วมกันได้

2) ข้อมูลเชิงพื้นที่

การแก้ไขปรับปรุงข้อมูลเชิงพื้นที่ เมื่อข้อมูลผ่านการจัดการในเบื้องต้นแล้ว จากนั้นนำข้อมูลที่ได้รับจากหน่วยงานเจ้าของข้อมูลจากหลากหลายแหล่ง มาเชื่อมโยงกันเพื่อให้อยู่ในรูปแบบไฟล์ประเภทเดียวกัน ซึ่งในบางข้อมูลอาจต้องทำการคำนวณหาพื้นที่รายตำบลก่อนที่จะนำไปวิเคราะห์ จึงต้องแก้ไขข้อมูลโดยการคำนวณพื้นที่ด้วยโปรแกรม QGIS ก่อน หรือได้รับข้อมูลมาในระดับประเทศ ต้องนำมาแก้ไขปรับปรุงให้อยู่ในพื้นที่ที่ต้องการวิเคราะห์ เพื่อลดขนาดไฟล์เช่นกัน ซึ่งสามารถแก้ไขปรับปรุงข้อมูลด้วยโปรแกรม QGIS ได้ด้วยคำสั่งที่ต้องการปรับปรุงแก้ไข เพื่อให้ได้คุณภาพของข้อมูลที่ดีและสามารถนำมาเชื่อมโยงเพื่อประมวลผลในการวิเคราะห์ร่วมกันได้

### 3.2.5 การจัดเก็บข้อมูล

การเก็บข้อมูลที่ผ่านขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลมีความสมบูรณ์มาแล้ว ซึ่งการจัดเก็บข้อมูลจะอยู่ในรูปแบบของไฟล์ .shp หรือ .csv และเลือกพื้นที่สำหรับเก็บไฟล์ข้อมูลและโฟลเดอร์ไว้เพียงที่เดียว เพื่อสะดวกต่อการนำข้อมูลมาใช้ในการวิเคราะห์

### 3.2.6 การวิเคราะห์ข้อมูล

จากวัตถุประสงค์ที่ต้องการพัฒนากรอบตัวอย่าง และการทำนายจำนวนประชากรจาก Building Footprint โดยเน้นใช้ภูมิสารสนเทศสถิติเป็นเครื่องมือ จึงได้กำหนดพื้นที่เป้าหมายในการศึกษา คือ จังหวัดนนทบุรี เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีความพร้อมของข้อมูลในรูปแบบของ Digital Data ที่ให้รายละเอียดในระดับหลังคาเรือนหรือตัวอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งได้กำหนดแนวทางวิเคราะห์ ดังนี้

1) การสร้างความเข้าใจเรื่องการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่

การพัฒนาตัวแบบเชิงพื้นที่ในงานศึกษานี้ มีเป้าหมายเพื่อพัฒนาตัวแบบที่ทำหน้าที่เป็น Transformation Function (Tipdecho and Chen., 2003) ที่ตัวแปรตาม ($Y$) คือ จำนวนประชากรรายตำบล (สำนักงานสถิติแห่งชาติ) ในขณะที่ตัวแปรอิสระ ($X_n$) คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่หรือข้อมูลอื่น ๆ ที่คาดว่าจะสามารถนำมาใช้ในการทำนายจำนวนประชากรเพื่อให้ได้คำตอบที่มีความถูกต้องแม่นยำ และสามารถระบุรูปแบบการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของประชากรในระดับตำบลได้ อนึ่ง การพัฒนาครั้งนี้ไม่ได้ต้องการทำนายจำนวนประชากร หรือ Population Growth ตามทฤษฎีประชากรแต่อย่างใด

ดังนั้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจในการพัฒนาตัวแบบเชิงพื้นที่ จึงได้เลือกใช้ข้อมูลที่มีความครอบคลุมและสะท้อนข้อเท็จจริงจากทุกพื้นที่ ซึ่งในขั้นตอนนี้ได้เลือกใช้ข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ.2553 ซึ่งเป็นข้อมูลระดับประเทศ เน้นพิจารณาข้อมูลถึงระดับตำบลที่ถูกกำหนดให้เป็น Minimum Mapping Unit สำหรับตัวแบบที่จะพัฒนาขึ้น อย่างไรก็ตาม เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ชัดมากยิ่งขึ้น จึงได้กำหนดวัตถุประสงค์ของการศึกษาในขั้นตอนนี้ ดังนี้

1.1) ต้องการเลือกสมการเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม ที่ดึงศักยภาพของตัวแปรอิสระแต่ละตัวให้สามารถทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตามได้ใกล้เคียงข้อเท็จจริง ซึ่งพิจารณาทั้งในแง่ของจำนวนและความหนาแน่นของประชากร

1.2) ทดสอบความสามารถของแบบจำลองในการพยากรณ์ เมื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลได้รับการพิจารณา

1.3) พิจารณาแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์

1.4) ทราบถึงตัวแปรอิสระที่ควรจะถูกเลือกและนำไปใช้ในการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint)

ภายใต้กรอบข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 ที่นำมาใช้ในการทดสอบ ซึ่งถือเป็นข้อมูลที่สะท้อนข้อเท็จจริงจากทุกตำบลและมีความสมบูรณ์ในระดับหนึ่ง ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนนี้จะทำให้มั่นใจได้ว่า การคาดประมาณจำนวนประชากร (สำนักงานสถิติแห่งชาติ) ควรที่จะมีตัวแปรอิสระตัวไหนบ้าง ($X_1, X_2, ..., X_n$) ที่ควรนำไปพิจารณาร่วมกับตัวแปรอิสระที่พัฒนามาจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างเพื่อขยายผลไปสู่การคาดประมาณในลำดับถัดไป

2) การพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง (Urban index)

กำหนดให้เป็นตัวแปรอิสระที่พัฒนามาจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ภายใต้กรอบข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 จังหวัดนนทบุรี เพื่อนำไปเป็นส่วนหนึ่งของแบบจำลอง โดยมีขอบเขตการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1) จัดเตรียมข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ครอบคลุมจังหวัดนนทบุรี ซึ่งเป็นพื้นที่เป้าหมาย เนื่องจากเป็นจังหวัดที่มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลระดับหลังคาเรือนหรืออาคารและสิ่งปลูกสร้าง

2.2) คำนวณหาพื้นที่ (หน่วย ตร.กม.) จากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างข้างต้น เน้นพิจารณาพื้นที่ของอาคารที่ใช้ประโยชน์เพื่อพักอาศัย และพื้นที่ของอาคารที่ใช้ประโยชน์เพื่อพาณิชยกรรม โดยจะทำการคำนวณพื้นที่จากทุกชั้นของอาคาร เหตุที่ต้องพิจารณาข้อมูลเหล่านี้เพราะว่าค่าความเป็นเมือง (Urban index) มักสะท้อนผ่านมิติเชิงพื้นที่ เช่น ความหนาแน่นถนน ความหนาแน่นบ้าน ค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน อุณหภูมิพื้นผิว การกระจายตัวของประชากรในพื้นที่ รวมถึงพื้นที่ของการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย และการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพาณิชยกรรม

2.3) พิจารณาค่าความสัมพันธ์ของข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับความเป็นเมืองข้างต้น ด้วยวิธีการวัดค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เพื่อให้ทราบถึงทิศทางและระดับนัยสำคัญของข้อมูล (Significant) ว่ามีความเกี่ยวข้องกับความเป็นเมืองอย่างไร ทั้งนี้กำหนดเลือกเฉพาะข้อมูลที่มีระดับนัยสำคัญเท่านั้น (P-value < 0.05) เพื่อนำไปพัฒนาเป็นดัชนีความเป็นเมือง

2.4) ทำการทดสอบ Multicollinearity ด้วย VIF ซึ่งกำหนดเกณฑ์ไว้ที่ VIF < 5 จึงจะพิจารณานำไปพัฒนาในขั้นตอนถัดไป เพื่อกำหนดให้เป็นตัวแปร

2.5) ประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) เพื่อหาส่วนประกอบหลักของแต่ละตัวแปรที่จะนำมาใช้ และลดมิติของจำนวนตัวแปร เสมือนเป็นการโอนย้าย (Transform) จากหลายตัวแปรให้เหลือเพียงตัวแปรเดียว ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้จะเรียกว่า ดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) พร้อมกำหนดเป็นตัวแปรอิสระ ($X_{urban\ index}$)

2.6) นำค่าดัชนีความเป็นเมืองที่พัฒนาไปตรวจสอบด้วยวิธีเชิงพื้นที่ ด้วยการพิจารณารูปแบบการกระจายตัวของข้อมูล (Spatial distribution map) ว่าสะท้อนข้อเท็จจริงในพื้นที่อย่างไร ทั้งนี้เพื่อเป็นการยืนยันว่าตัวแปรที่ได้เลือกใช้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้เป็นตัวแทนที่ดี และสามารถอธิบายความเป็นเมืองได้อย่างถูกต้องและสอดคล้องกับข้อเท็จจริงที่ปรากฏ

3) กำหนดตัวแปรและประเภทของแบบจำลองเชิงพื้นที่ ที่นำมาใช้

จากผลที่ได้ในขั้นตอนก่อนหน้านี้ ทำให้สามารถกำหนดประเภทของแบบจำลอง (ผลที่ได้จากขั้นตอน 2) ทำหน้าที่เสมือนเป็น Transformation function ที่อ้างอิงกับ Spatial Regression และตัวแปรอิสระ (ผลที่ได้จากข้อที่ 1) และ ข้อที่ 2)) นำเข้ามาประกอบกันเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ซึ่งเบื้องต้นสามารถกำหนดให้อยู่ในรูปแบบสมการ ดังนี้

$Y$ (จำนวนประชากรคาดประมาณระดับพื้นที่) = *Spatial model* $(X_1, X_2,..., X_n, X_{urban\ index})$

กำหนดให้

$Y$ คือ จำนวนประชากรคาดประมาณ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

$X_n$ คือ ตัวแปรอิสระเชิงพื้นที่

$X_{urban\ index}$ คือ ตัวแปรอิสระที่สะท้อนความเป็นเมือง

4) พัฒนาแบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

เพื่อให้สามารถพัฒนาแบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง จึงได้กำหนดขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

4.1) อ้างอิงจากสมการ (ข้อ 3) ซึ่งทำหน้าที่เป็น Transformation function สำหรับการคาดประมาณจำนวนประชากร ($Y$) ภายใต้ Spatial model และตัวแปรอิสระที่ถูกกำหนด ($X_1, X_2,..., X_n, X_{urban\ index}$)

4.2) จัดเตรียมข้อมูลในรูปแบบของ .csv file (อ้างอิง ข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 จังหวัดนนทบุรี) รองรับตัวแปรอิสระที่กำหนดไว้ในแบบจำลอง ($X_1, X_2,..., X_n, X_{urban\ index}$)

4.3) ตรวจสอบค่า Multicollinearity ด้วยค่า VIF < 5 (อ้างอิงจากเครื่องมือ SPSS) พร้อมพิจารณาตัวแปรอิสระที่ผ่านเกณฑ์ (หมายเหตุ กรณีใช้ GeoDa เป็นเครื่องมือในการวัดค่า Multicollinearity สามารถยอมรับได้ที่ < 10 เนื่องจากการจำกัดค่า Multicollinearity ที่เข้มงวดเกินไป ย่อมส่งผลกระทบต่อ Spatial dependence ที่สะท้อนถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรเชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถวัดด้วยค่าระดับนัยสำคัญ (Significant) ของตัวชี้วัด Moran's I )

4.4) ทำการพัฒนาแบบจำลองตามสมการในข้อที่ 3) กำหนดให้จำนวนประชากรคาดประมาณ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ) เป็น Dependent variable และ $X_1, X_2,..., X_n, X_{urban\ index}$ เป็น Independent variable พร้อมตรวจสอบผลที่ได้ด้วยค่า $R^2$ และระดับนัยสำคัญของตัวแปรอิสระแต่ละตัว

4.5) สรุปผลและกำหนดเป็น แบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากร พร้อมค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Regression coefficient : $\beta_1, \beta_2, ..., \beta_n$ ) และค่าคงที่ $\beta_0$ ที่เหมาะสม กำหนดให้เป็น Best fit model เพื่อคาดประมาณจำนวนประชากรจังหวัดนนทบุรี โดยมีพื้นฐานมาจากข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ ปี พ.ศ.2553 จังหวัดนนทบุรี

5) การคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2565

อ้างอิงจาก Best fit model ที่เป็นผลที่ได้จากข้อที่ 4) ก็สามารถคาดประมาณจำนวนประชากรในพื้นที่ได้ โดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

5.1) จัดเตรียมข้อมูลตามตัวแปรอิสระพร้อมนำเข้าข้อมูล ตามแบบจำลอง Best fit model ประกอบด้วย $X_1, X_2, ..., X_n, X_{urban\ index}$

5.2) คำนวณหาค่าจำนวนประชากรคาดประมาณ ($\hat{Y}$) อ้างอิงจากสมการ Best Fit model และค่าสัมประสิทธิ์ถดถอย (Regression coefficient : $\beta_1$, $\beta_2$, ..., $\beta_n$ ) และค่าคงที่ $\beta_0$ (อ้างอิงจากผลที่ได้ในข้อ 4) พัฒนาแบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

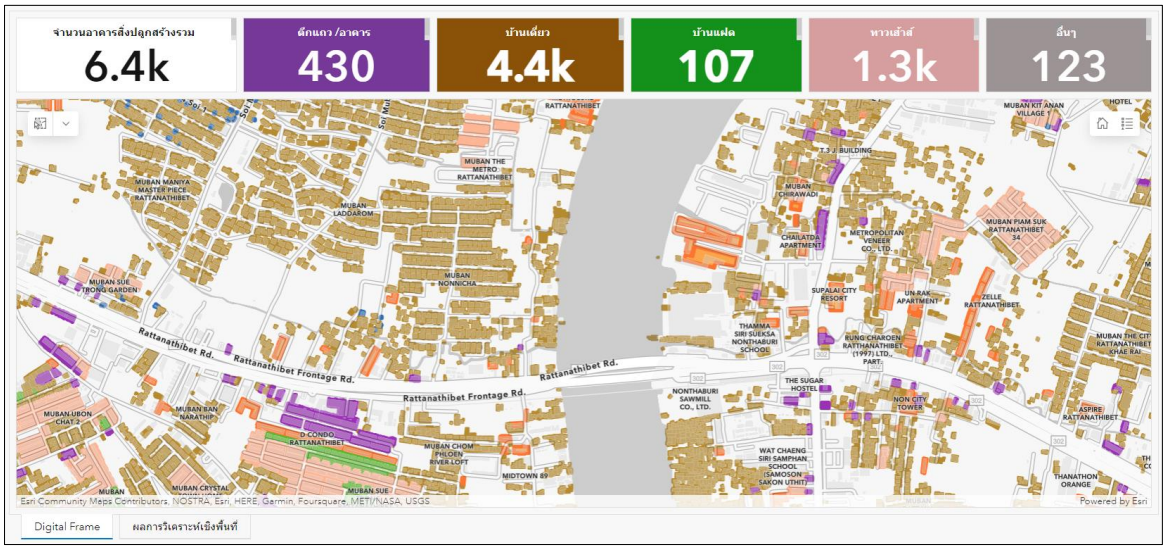
5.3) ทำการสรุปผลของจำนวนประชากรคาดประมาณรายตำบล $(\hat{Y})$ พร้อมรายการคำนวณค่า Residual $(Y - \hat{Y})$ และ Accuracy ของแบบจำลอง นำเสนอผ่านแผนที่รายตำบล

### 3.2.7 การนำเสนอผล

การนำเสนอ Dashboard เป็นกระบวนการสุดท้ายของขั้นตอนการดำเนินงาน โดยผ่านการออกแบบหน้าจอการนำเสนอผลการวิเคราะห์ เพื่อสรุปให้เห็นภาพภายในหนึ่งหน้าจอ โดยนำเสนอผ่านแผนภูมิ กราฟ ตาราง และแผนที่ เพื่อทำให้ผู้รับสารหรือผู้ใช้งานสามารถเข้าใจข้อมูลภาพรวมทั้งหมด ด้วยระบบ ArcGIS Online และเผยแพร่ผ่านระบบ NSOGIS ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ โดยมีการนำเสนอผลแบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1) ส่วนการนำเสนอภาพรวมข้อมูลทั่วไป แสดงเป็น Tab Menu ที่ 1 นำเสนอ Digital Frame ของพื้นที่ศึกษาคือจังหวัดนนทบุรี โดยแสดงอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เป็นที่พักอาศัย ด้วยแผนที่พร้อมข้อมูลสรุปจำนวนสิ่งปลูกสร้างแยกตามประเภทที่อยู่อาศัย ดังภาพ 3 โดยแบ่งส่วนการนำเสนอ ดังนี้

1.1) ตัวบ่งชี้ (Indicator) แสดงจำนวนสิ่งปลูกสร้างทั้งหมด และ ตัวบ่งชี้ (Indicator) แสดงจำนวนสิ่งปลูกสร้างแยกตามประเภทอยู่อาศัย นำเสนอเป็น 5 ประเภท คือ จำนวนตึกแถว/อาคาร จำนวนบ้านเดี่ยว จำนวนบ้านแฝด จำนวนทาวเฮ้าส์ และอื่น ๆ




**ภาพ 3** Dashboard แสดงภาพรวมผลการวิเคราะห์การคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

2) ส่วนนำเสนอผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่แสดงเป็น Tab Menu ที่ 2 นำเสนอผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่เกี่ยวกับการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง ซึ่งจะแสดงจำนวนประชากรคาดประมาณ พ.ศ. 2565 ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ พ.ศ. 2565 พร้อมกับนำเสนอข้อมูลค่าความแตกต่างของค่าความหนาแน่นประชากรจากต่างแหล่งข้อมูลเทียบกับแบบจำลอง และนำเสนอเป็นแบบจำลองเชิงพื้นที่บนแผนที่ ดังภาพ 4 โดยมีรายละเอียด ดังนี้

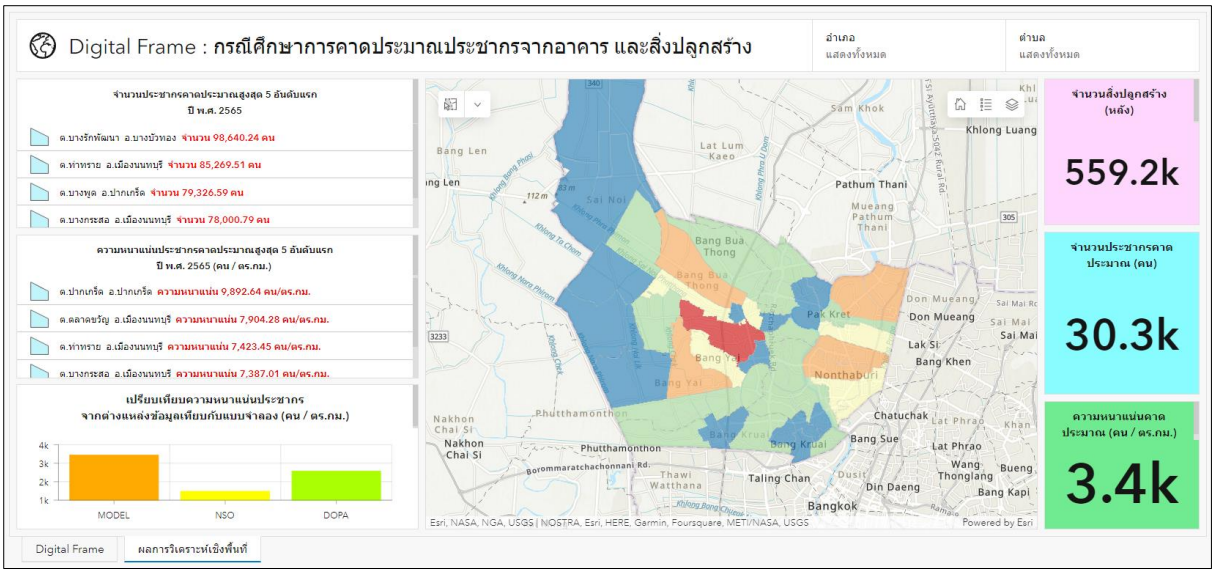
2.1) รายการข้อมูล (List) แสดงข้อมูลจำนวนประชากรคาดประมาณสูงสุด 5 อันดับแรก พ.ศ. 2565 และรายการข้อมูลรายตำบล แสดงความหนาแน่นประชากรคาดประมาณสูงสุด 5 อันดับแรก พ.ศ. 2565 (หน่วย คน/ตร.กม.) ซึ่งข้อมูลที่นำเสนอจะแสดงเป็นรายละเอียดในระดับตำบล โดยการเลือกดูข้อมูลจากลิสต์จะสัมพันธ์กับข้อมูลของแผนภูมิแสดงค่าความแตกต่างของค่าความหนาแน่นประชากรจากต่างแหล่งข้อมูลเทียบกับแบบจำลอง และแผนที่แสดงแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่นำเสนอเป็นขอบเขตตำบล แสดงด้วยช่วงค่าประมาณการจำนวนประชากรจากผลสรุปของแบบจำลอง

2.2) กราฟแท่ง (Serial chart) แสดงความแตกต่างของค่าความหนาแน่นประชากรจากต่างแหล่งข้อมูลเทียบกับแบบจำลอง เพื่อนำเสนอข้อมูลเปรียบเทียบค่าความหนาแน่นจากการคำนวณระหว่าง Model กับข้อมูลประชากรจากกรมการปกครองและข้อมูลประชากรจากสำนักงานสถิติแห่งชาติ

2.3) ตัวบ่งชี้ (Indicator) แสดงจำนวนสิ่งปลูกสร้าง จำนวนประชากรคาดประมาณ และความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ โดยการนำเสนอจะสัมพันธ์กับการเลือกจาก List และจากการเลือกเงื่อนไขอำเภอ หรือตำบล ในส่วนของเงื่อนไขการค้นหา

2.4) แผนที่ (Map) แสดงแบบจำลองเชิงพื้นที่ในระดับตำบล นำเสนอด้วยช่วงค่าจำนวนประชากรคาดประมาณจากผลสรุปของแบบจำลอง แบ่งเป็นระดับสีต่าง ๆ และมีชั้นข้อมูล Building Footprint เป็นชั้นข้อมูลประกอบ โดยการนำเสนอแผนที่เมื่อมีการขยับ (Pan) จะสัมพันธ์กับข้อมูลส่วนของลิสต์แสดงข้อมูลจำนวนประชากรคาดประมาณสูงสุด 5 อันดับแรก ปี พ.ศ. 2565 ลิสต์แสดงความหนาแน่นประชากรคาดประมาณสูงสุด 5 อันดับแรก พ.ศ. 2565 (หน่วย คน/ตร.กม.) และกราฟแสดงค่าความแตกต่างของค่าความหนาแน่นประชากรจากต่างแหล่งข้อมูลเทียบกับแบบจำลอง

2.5) การค้นหา ด้วยเงื่อนไข ชื่ออำเภอ ตำบล เป็นการเลือกข้อมูลอย่างใดอย่างหนึ่งเพื่อระบุพื้นที่ที่ต้องการแสดงผลใน Dashboard




**ภาพ 4** หน้าจอแสดงข้อมูลทางเทคนิคอธิบายผลการวิเคราะห์เชิงพื้นที่

# บทที่ 4
# ผลการวิเคราะห์

## 4.1 ผลการพัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ

จากการที่จังหวัดนนทบุรีได้ถูกกำหนดให้เป็นพื้นที่ศึกษาภายใต้หัวข้อ Digital Frame : กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ของโครงการจึงมุ่งพัฒนาข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดให้อยู่ในรูปแบบของ Spatial data format เน้นความสมบูรณ์ของข้อมูลที่ครอบคลุมอาคารและสิ่งปลูกสร้าง รวมทั้งข้อมูลอื่น ๆ ที่นำมาใช้ในแบบจำลอง อนึ่งการพัฒนาดังกล่าวได้ดำเนินการในลักษณะที่ต่อยอดจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เริ่มต้นพัฒนาโดยกองนโยบายและวิชาการสถิติที่ได้พัฒนาข้อมูลในระดับหน่วยอาคารในช่วงปี พ.ศ. 2564 - 2565 ซึ่งมีข้อมูลครอบคลุมประเภทการใช้ประโยชน์อาคาร จำนวนชั้น เป็นต้น

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการคาดประมาณจำนวนประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง จำเป็นที่จะต้องใช้ข้อมูลใน 2 ช่วงเวลา ของจังหวัดนนทบุรี ประกอบด้วย ข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ และข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง พ.ศ. 2553 ซึ่งกำหนดให้เป็นปีฐานที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ภายใต้เหตุผลความสมบูรณ์ของข้อมูลที่สะท้อนข้อเท็จจริงในทุกมิติของพื้นที่และครอบคลุมในทุกตำบล และข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง พร้อมข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ พ.ศ. 2565 ตามแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

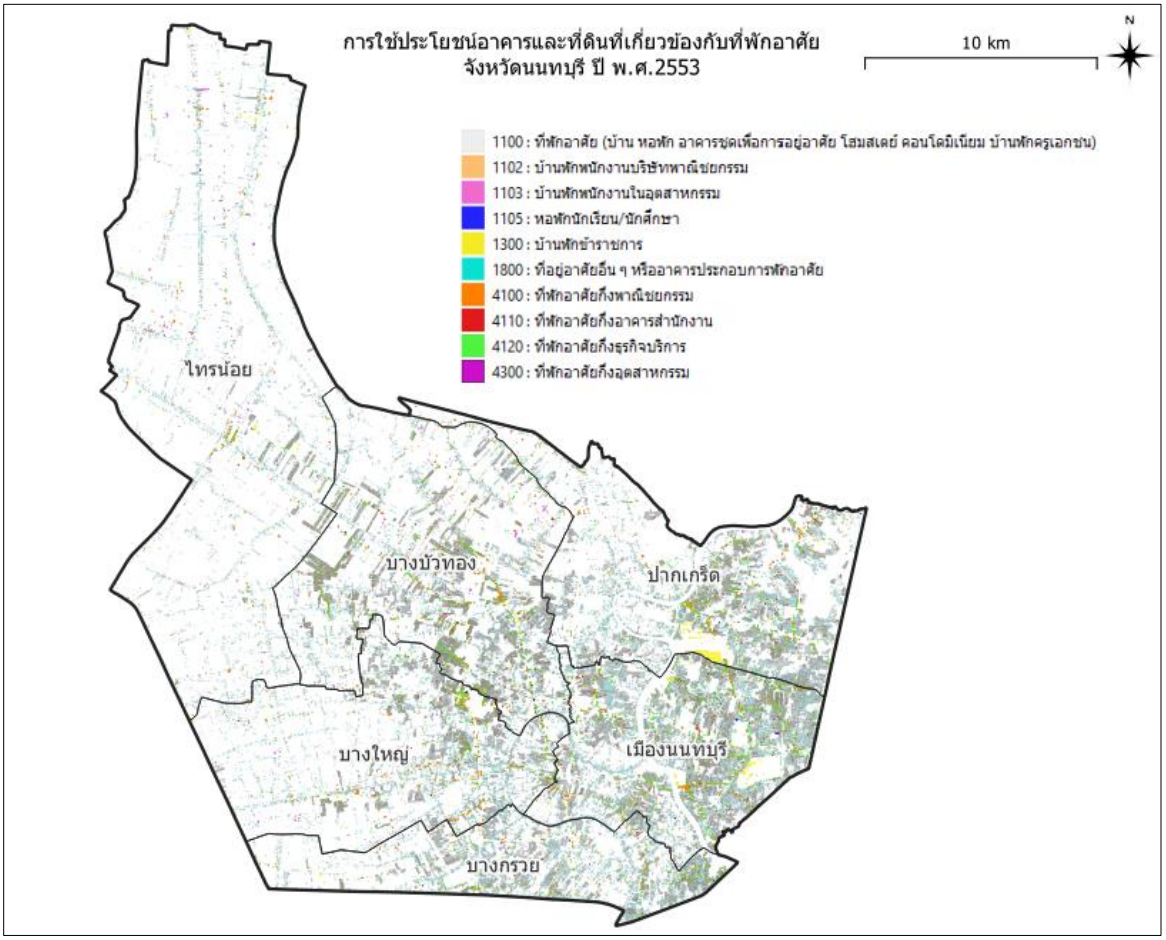
### 4.1.1 ข้อมูลการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553

เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์การคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) จึงได้กำหนดประชากรเป้าหมาย (Target population) ครอบคลุมการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย โดยมีรายการข้อมูลพร้อมรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร ดังตาราง 3

**ตาราง 3** รหัสการใช้ประโยชน์อาคาร

| รหัสการใช้ประโยชน์อาคาร | คำอธิบาย |
|---|---|
| 1100 | ที่พักอาศัย (บ้าน หอพัก อาคารชุด เพื่อการอยู่อาศัย โฮมสเตย์ คอนโดมิเนียม บ้านพักครู เอกชน) |
| 1102 | บ้านพักพนักงานบริษัทพาณิชยกรรม |
| 1103 | บ้านพักพนักงานในอุตสาหกรรม |
| 1105 | หอพักนักเรียน/นักศึกษา |
| 1300 | บ้านพักข้าราชการ |
| 1800 | ที่อยู่อาศัยอื่น ๆ หรืออาคาร ประกอบการพักอาศัย |
| 4100 | ที่พักอาศัยกึ่งพาณิชยกรรม |
| 4110 | ที่พักอาศัยกึ่งอาคารสานักงาน |
| 4120 | ที่พักอาศัยกึ่งธุรกิจบริการ |
| 4300 | ที่พักอาศัยกึ่งอุตสาหกรรม |

ทั้งนี้การพัฒนาข้อมูลการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553 จะดำเนินการโดยอ้างอิงรายการข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน (Landcover) ที่บันทึกจาก Google Earth Engine พ.ศ. 2553 ร่วมกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างจากกองนโยบายและวิชาการสถิติ พ.ศ. 2565 โดยทำการเลือกใช้เฉพาะข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่ปรากฏในปี พ.ศ. 2553 เท่านั้น ดังภาพ 5




**ภาพ 5** แผนที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ที่พักอาศัยครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนนทบุรี ปรากฏชัดเจนในพื้นที่ด้านทิศตะวันออกของจังหวัด (อำเภอเมืองนนทบุรี อำเภอปากเกร็ด และอำเภอบางกรวย) ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีขอบเขตติดกับจังหวัดกรุงเทพมหานคร การตั้งบ้านเรือนเพื่อที่พักอาศัยปรากฏเบาบางในพื้นที่ด้านทิศเหนือที่เชื่อมไปจังหวัดปทุมธานี และจังหวัดนครปฐม ซึ่งทำให้เกิดภาพของการพึ่งพาระหว่างเมืองหลวงและเมืองในเขตปริมณฑล โดยเฉพาะกิจกรรมเศรษฐกิจร่วมกัน พื้นที่โดยรอบคือย่านที่พักอาศัยราคาถูกถ้าเทียบกับเมืองใหญ่ในขณะที่เมืองหลวงเป็นแหล่งงานชั้นดีสำหรับผู้คนที่อาศัยอยู่โดยรอบนั้นเอง

เมื่อพิจารณาในรายละเอียดเชิงพื้นที่ โดยเฉพาะเนื้อที่และความหนาแน่นของการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย ดังตาราง 4, 5 และ 6 พบว่าอำเภอเมืองนนทบุรี มีความหนาแน่นของที่พักอาศัยต่อพื้นที่สูงสุด (บ้าน หอพัก อาคารชุด เพื่อการอยู่อาศัย โฮมสเตย์ คอนโดมิเนียม บ้านพักครู เอกชน) โดยยังเป็นประเภทของการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน ที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด ในขณะที่กิจกรรมที่พักอาศัยกลุ่มหอพักนักเรียน/นักศึกษา ปรากฏอยู่อย่างเบาบางในพื้นที่ส่วนใหญ่ยกเว้นอำเภอเมืองนนทบุรี

**ตาราง 4** พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553

| อำเภอ/ตำบล | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| **เมืองนนทบุรี** | **25.273534** | **0.014480** | **0.011443** | **0.017635** | **0.206600** | **0.810417** | **0.977734** | **0.048137** | **0.236668** | **0.023602** |
| ไทรม้า | 2.064269 | 0.001145 | 0.000766 | 0.000000 | 0.001055 | 0.089496 | 0.068280 | 0.006042 | 0.014691 | 0.000000 |
| ตลาดขวัญ | 3.583325 | 0.001500 | 0.001081 | 0.000000 | 0.057789 | 0.104956 | 0.156728 | 0.005109 | 0.035799 | 0.009512 |
| ท่าทราย | 4.996101 | 0.000570 | 0.001462 | 0.000000 | 0.054025 | 0.150305 | 0.222675 | 0.010328 | 0.061490 | 0.003785 |
| บางเขน | 3.756516 | 0.002052 | 0.002418 | 0.009437 | 0.014984 | 0.108900 | 0.095503 | 0.005918 | 0.026348 | 0.002623 |
| บางไผ่ | 0.508691 | 0.000317 | 0.001853 | 0.000000 | 0.000369 | 0.028231 | 0.004233 | 0.000095 | 0.002009 | 0.000285 |
| บางกระสอ | 4.294192 | 0.003651 | 0.002444 | 0.008158 | 0.041223 | 0.111543 | 0.118019 | 0.010218 | 0.033691 | 0.003008 |
| บางกร่าง | 1.924419 | 0.001523 | 0.000643 | 0.000000 | 0.010560 | 0.074822 | 0.085849 | 0.002713 | 0.014685 | 0.002379 |
| บางรักน้อย | 1.478528 | 0.000997 | 0.000357 | 0.000000 | 0.009466 | 0.043430 | 0.049284 | 0.003954 | 0.011968 | 0.000748 |
| บางศรีเมือง | 1.260964 | 0.001708 | 0.000334 | 0.000000 | 0.000415 | 0.042131 | 0.049008 | 0.002925 | 0.016085 | 0.001116 |
| สวนใหญ่ | 1.406527 | 0.001018 | 0.000084 | 0.000039 | 0.016714 | 0.056601 | 0.128154 | 0.000834 | 0.019902 | 0.000146 |
| **ไทรน้อย** | **3.876661** | **0.016785** | **0.064934** | **0.000672** | **0.039821** | **0.377440** | **0.130130** | **0.002163** | **0.025777** | **0.003870** |
| ไทรใหญ่ | 0.445653 | 0.003157 | 0.012286 | 0.000672 | 0.004044 | 0.051755 | 0.018107 | 0.000000 | 0.001980 | 0.000000 |
| ไทรน้อย | 1.284089 | 0.003875 | 0.004748 | 0.000000 | 0.013428 | 0.061079 | 0.018152 | 0.001253 | 0.009958 | 0.003046 |
| ขุนศรี | 0.295561 | 0.002929 | 0.014535 | 0.000000 | 0.001883 | 0.044212 | 0.017089 | 0.000278 | 0.000690 | 0.000000 |
| คลองขวาง | 0.412021 | 0.002323 | 0.015905 | 0.000000 | 0.009969 | 0.049193 | 0.039277 | 0.000371 | 0.004466 | 0.000000 |
| ทวีวัฒนา | 0.430215 | 0.002085 | 0.000000 | 0.000000 | 0.001990 | 0.035556 | 0.006410 | 0.000000 | 0.001549 | 0.000000 |
| ราษฎร์นิยม | 0.482046 | 0.001361 | 0.008409 | 0.000000 | 0.006871 | 0.068523 | 0.020640 | 0.000133 | 0.004758 | 0.000825 |
| หนองเพรางาย | 0.527075 | 0.001057 | 0.009052 | 0.000000 | 0.001636 | 0.067123 | 0.010455 | 0.000128 | 0.002374 | 0.000000 |

**ตาราง 4** พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553 (ต่อ)

| อำเภอ/ตำบล | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| **บางใหญ่** | **9.868632** | **0.005542** | **0.027934** | **0.000000** | **0.022233** | **0.423012** | **0.521935** | **0.018577** | **0.091160** | **0.036968** |
| เสาธงหิน | 2.798944 | 0.000496 | 0.008874 | 0.000000 | 0.006653 | 0.070172 | 0.203344 | 0.007403 | 0.036001 | 0.024858 |
| บางเลน | 1.155188 | 0.001483 | 0.000395 | 0.000000 | 0.000282 | 0.052528 | 0.082785 | 0.001036 | 0.012571 | 0.005641 |
| บางแม่นาง | 3.028742 | 0.002943 | 0.005032 | 0.000000 | 0.001573 | 0.105916 | 0.070471 | 0.007296 | 0.021963 | 0.005764 |
| **บางกรวย** | **9.657712** | **0.009935** | **0.024809** | **0.000595** | **0.016817** | **0.394438** | **0.291028** | **0.004701** | **0.062868** | **0.005131** |
| บางกรวย | 1.894403 | 0.000138 | 0.001063 | 0.000595 | 0.000181 | 0.057817 | 0.071431 | 0.000510 | 0.019712 | 0.004613 |
| บางขนุน | 0.402937 | 0.000226 | 0.000142 | 0.000000 | 0.000084 | 0.026873 | 0.013212 | 0.000000 | 0.003043 | 0.000084 |
| บางขุนกอง | 1.214422 | 0.002336 | 0.000748 | 0.000000 | 0.001271 | 0.046910 | 0.041772 | 0.000829 | 0.004258 | 0.000000 |
| บางคูเวียง | 0.986818 | 0.000556 | 0.005717 | 0.000000 | 0.001609 | 0.056258 | 0.024501 | 0.000179 | 0.005225 | 0.000000 |
| บางสีทอง | 0.801817 | 0.000541 | 0.004776 | 0.000000 | 0.000401 | 0.027775 | 0.015910 | 0.000694 | 0.004857 | 0.000000 |
| ปลายบาง | 1.151851 | 0.003140 | 0.000636 | 0.000000 | 0.005619 | 0.034324 | 0.040351 | 0.000975 | 0.007909 | 0.000000 |
| มหาสวัสดิ์ | 1.467254 | 0.001041 | 0.008165 | 0.000000 | 0.000259 | 0.048119 | 0.032721 | 0.000434 | 0.007199 | 0.000000 |
| วัดชลอ | 1.010726 | 0.001829 | 0.001028 | 0.000000 | 0.000858 | 0.044872 | 0.034274 | 0.000973 | 0.008309 | 0.000000 |
| ศาลากลาง | 0.727484 | 0.000128 | 0.002534 | 0.000000 | 0.006536 | 0.051490 | 0.016856 | 0.000107 | 0.002355 | 0.000435 |
| **บางบัวทอง** | **17.173546** | **0.022466** | **0.050821** | **0.000410** | **0.017170** | **0.517045** | **0.652529** | **0.035056** | **0.183508** | **0.040148** |
| โสนลอย | 0.473023 | 0.000072 | 0.000000 | 0.000410 | 0.004235 | 0.014772 | 0.119956 | 0.000343 | 0.012120 | 0.000132 |
| บางคูรัด | 2.106611 | 0.001119 | 0.004291 | 0.000000 | 0.000544 | 0.069451 | 0.037872 | 0.003600 | 0.020355 | 0.000566 |
| บางบัวทอง | 3.185668 | 0.004121 | 0.011654 | 0.000000 | 0.000701 | 0.121140 | 0.144948 | 0.007159 | 0.030968 | 0.010263 |
| บางรักใหญ่ | 0.660294 | 0.000000 | 0.000242 | 0.000000 | 0.000579 | 0.038810 | 0.023413 | 0.001028 | 0.005852 | 0.002758 |
| บางรักพัฒนา | 5.527871 | 0.001743 | 0.002087 | 0.000000 | 0.006784 | 0.114659 | 0.164066 | 0.011795 | 0.067297 | 0.018975 |

**ตาราง 4** พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553 (ต่อ)

| อำเภอ/ตำบล | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| พิมลราช | 3.112778 | 0.000975 | 0.009253 | 0.000000 | 0.000971 | 0.068790 | 0.107892 | 0.004961 | 0.029451 | 0.006080 |
| ละหาร | 1.336022 | 0.010675 | 0.017990 | 0.000000 | 0.002383 | 0.048070 | 0.046679 | 0.003420 | 0.011455 | 0.001152 |
| ลำโพ | 0.771278 | 0.003762 | 0.005304 | 0.000000 | 0.000974 | 0.041353 | 0.007703 | 0.002750 | 0.006010 | 0.000223 |
| **ปากเกร็ด** | **17.774873** | **0.023413** | **0.031078** | **0.000593** | **0.333292** | **0.596918** | **0.524200** | **0.030381** | **0.119206** | **0.008043** |
| เกาะเกร็ด | 0.235412 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000141 | 0.015551 | 0.002576 | 0.000000 | 0.001578 | 0.000258 |
| คลองเกลือ | 1.249699 | 0.001533 | 0.000000 | 0.000000 | 0.016783 | 0.034304 | 0.050290 | 0.002543 | 0.011729 | 0.000000 |
| คลองข่อย | 0.779364 | 0.005469 | 0.005148 | 0.000000 | 0.003570 | 0.056151 | 0.043237 | 0.000740 | 0.003974 | 0.002289 |
| คลองพระอุดม | 0.310563 | 0.000501 | 0.000367 | 0.000000 | 0.001898 | 0.021031 | 0.005803 | 0.000000 | 0.001627 | 0.000000 |
| คลองพระอุดม | 0.310563 | 0.000501 | 0.000367 | 0.000000 | 0.001898 | 0.021031 | 0.005803 | 0.000000 | 0.001627 | 0.000000 |
| ท่าอิฐ | 1.141441 | 0.000910 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000841 | 0.052641 | 0.006241 | 0.001687 | 0.003019 | 0.000000 |
| บางตลาด | 3.636733 | 0.002820 | 0.000702 | 0.000000 | 0.298533 | 0.103369 | 0.055891 | 0.006223 | 0.023686 | 0.000317 |
| บางตะไนย์ | 0.209652 | 0.000554 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000452 | 0.013879 | 0.001833 | 0.000000 | 0.001716 | 0.000000 |
| บางพลับ | 0.895445 | 0.002603 | 0.000175 | 0.000000 | 0.000347 | 0.040404 | 0.007226 | 0.001147 | 0.001678 | 0.000000 |
| บางพูด | 3.474546 | 0.003473 | 0.007171 | 0.000593 | 0.000259 | 0.109094 | 0.082879 | 0.011342 | 0.031041 | 0.002221 |
| บ้านใหม่ | 3.708916 | 0.001821 | 0.013887 | 0.000000 | 0.009445 | 0.086783 | 0.099555 | 0.004720 | 0.011793 | 0.000330 |
| ปากเกร็ด | 1.790509 | 0.003729 | 0.002822 | 0.000000 | 0.000739 | 0.045916 | 0.156367 | 0.001598 | 0.026200 | 0.002628 |
| อ้อมเกร็ด | 0.342593 | 0.000000 | 0.000807 | 0.000000 | 0.000284 | 0.017797 | 0.012300 | 0.000381 | 0.001165 | 0.000000 |
| **รวม** | **83.624957** | **0.092621** | **0.211019** | **0.019905** | **0.635933** | **3.119271** | **3.097556** | **0.139014** | **0.719186** | **0.117763** |

**ตาราง 5** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553

| อำเภอ/ตำบล | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| **เมืองนนทบุรี** | **0.3392033** | **0.0001943** | **0.0001536** | **0.0002367** | **0.0027728** | **0.0108768** | **0.0131224** | **0.0006461** | **0.0031764** | **0.0003168** |
| ไทรม้า | 0.240342 | 0.000133 | 0.000089 | 0.000000 | 0.000123 | 0.010420 | 0.007950 | 0.000703 | 0.001710 | 0.000000 |
| ตลาดขวัญ | 0.494474 | 0.000207 | 0.000149 | 0.000000 | 0.007975 | 0.014483 | 0.021627 | 0.000705 | 0.004940 | 0.001313 |
| ท่าทราย | 0.434954 | 0.000050 | 0.000127 | 0.000000 | 0.004703 | 0.013085 | 0.019386 | 0.000899 | 0.005353 | 0.000330 |
| บางเขน | 0.448345 | 0.000245 | 0.000289 | 0.001126 | 0.001788 | 0.012997 | 0.011398 | 0.000706 | 0.003145 | 0.000313 |
| บางไผ่ | 0.133233 | 0.000083 | 0.000485 | 0.000000 | 0.000097 | 0.007394 | 0.001109 | 0.000025 | 0.000526 | 0.000075 |
| บางกระสอ | 0.406678 | 0.000346 | 0.000231 | 0.000773 | 0.003904 | 0.010564 | 0.011177 | 0.000968 | 0.003191 | 0.000285 |
| บางกร่าง | 0.200087 | 0.000158 | 0.000067 | 0.000000 | 0.001098 | 0.007779 | 0.008926 | 0.000282 | 0.001527 | 0.000247 |
| บางรักน้อย | 0.234354 | 0.000158 | 0.000057 | 0.000000 | 0.001500 | 0.006884 | 0.007812 | 0.000627 | 0.001897 | 0.000119 |
| บางศรีเมือง | 0.277065 | 0.000375 | 0.000073 | 0.000000 | 0.000091 | 0.009257 | 0.010768 | 0.000643 | 0.003534 | 0.000245 |
| สวนใหญ่ | 0.355856 | 0.000258 | 0.000021 | 0.000010 | 0.004229 | 0.014320 | 0.032423 | 0.000211 | 0.005035 | 0.000037 |
| **ไทรน้อย** | **0.0193488** | **0.0000838** | **0.0003241** | **0.0000034** | **0.0001987** | **0.0018838** | **0.0006495** | **0.0000108** | **0.0001287** | **0.0000193** |
| ไทรใหญ่ | 0.011274 | 0.000080 | 0.000311 | 0.000017 | 0.000102 | 0.001309 | 0.000458 | 0.000000 | 0.000050 | 0.000000 |
| ไทรน้อย | 0.055450 | 0.000167 | 0.000205 | 0.000000 | 0.000580 | 0.002638 | 0.000784 | 0.000054 | 0.000430 | 0.000132 |
| ขุนศรี | 0.012304 | 0.000122 | 0.000605 | 0.000000 | 0.000078 | 0.001841 | 0.000711 | 0.000012 | 0.000029 | 0.000000 |
| คลองขวาง | 0.015742 | 0.000089 | 0.000608 | 0.000000 | 0.000381 | 0.001880 | 0.001501 | 0.000014 | 0.000171 | 0.000000 |
| ทวีวัฒนา | 0.016853 | 0.000082 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000078 | 0.001393 | 0.000251 | 0.000000 | 0.000061 | 0.000000 |
| ราษฎร์นิยม | 0.015671 | 0.000044 | 0.000273 | 0.000000 | 0.000223 | 0.002228 | 0.000671 | 0.000004 | 0.000155 | 0.000027 |
| หนองเพรางาย | 0.016901 | 0.000034 | 0.000290 | 0.000000 | 0.000052 | 0.002152 | 0.000335 | 0.000004 | 0.000076 | 0.000000 |

**ตาราง 5** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553 (ต่อ)

| อำเภอ/ตำบล | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| **บางใหญ่** | **0.1052240** | **0.0000591** | **0.0002978** | **-** | **0.0002371** | **0.0045104** | **0.0055651** | **0.0001981** | **0.0009720** | **0.0003942** |
| เสาธงหิน | 0.244404 | 0.000043 | 0.000775 | 0.000000 | 0.000581 | 0.006127 | 0.017756 | 0.000646 | 0.003144 | 0.002171 |
| บางเลน | 0.163122 | 0.000209 | 0.000056 | 0.000000 | 0.000040 | 0.007417 | 0.011690 | 0.000146 | 0.001775 | 0.000797 |
| บางแม่นาง | 0.147103 | 0.000143 | 0.000244 | 0.000000 | 0.000076 | 0.005144 | 0.003423 | 0.000354 | 0.001067 | 0.000280 |
| บางใหญ่ | 0.075372 | 0.000000 | 0.000753 | 0.000000 | 0.000263 | 0.003195 | 0.002422 | 0.000103 | 0.000550 | 0.000020 |
| บางม่วง | 0.107566 | 0.000020 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000796 | 0.006332 | 0.010354 | 0.000066 | 0.000888 | 0.000034 |
| บ้านใหม่ | 0.021871 | 0.000013 | 0.000132 | 0.000000 | 0.000034 | 0.002630 | 0.000430 | 0.000025 | 0.000105 | 0.000001 |
| **บางกรวย** | **0.1728592** | **0.0001778** | **0.0004440** | **0.0000106** | **0.0003010** | **0.0070599** | **0.0052090** | **0.0000841** | **0.0011252** | **0.0000918** |
| บางกรวย | 0.418526 | 0.000030 | 0.000235 | 0.000131 | 0.000040 | 0.012773 | 0.015781 | 0.000113 | 0.004355 | 0.001019 |
| บางขนุน | 0.100756 | 0.000056 | 0.000036 | 0.000000 | 0.000021 | 0.006720 | 0.003304 | 0.000000 | 0.000761 | 0.000021 |
| บางขุนกอง | 0.190023 | 0.000366 | 0.000117 | 0.000000 | 0.000199 | 0.007340 | 0.006536 | 0.000130 | 0.000666 | 0.000000 |
| บางคูเวียง | 0.188857 | 0.000106 | 0.001094 | 0.000000 | 0.000308 | 0.010767 | 0.004689 | 0.000034 | 0.001000 | 0.000000 |
| บางสีทอง | 0.234427 | 0.000158 | 0.001396 | 0.000000 | 0.000117 | 0.008120 | 0.004651 | 0.000203 | 0.001420 | 0.000000 |
| ปลายบาง | 0.231054 | 0.000630 | 0.000128 | 0.000000 | 0.001127 | 0.006885 | 0.008094 | 0.000196 | 0.001587 | 0.000000 |
| มหาสวัสดิ์ | 0.228637 | 0.000162 | 0.001272 | 0.000000 | 0.000040 | 0.007498 | 0.005099 | 0.000068 | 0.001122 | 0.000000 |
| วัดชลอ | 0.235904 | 0.000427 | 0.000240 | 0.000000 | 0.000200 | 0.010473 | 0.008000 | 0.000227 | 0.001939 | 0.000000 |
| ศาลากลาง | 0.043768 | 0.000008 | 0.000152 | 0.000000 | 0.000393 | 0.003098 | 0.001014 | 0.000006 | 0.000142 | 0.000026 |
| **บางบัวทอง** | **0.1478688** | **0.0001934** | **0.0004376** | **0.0000035** | **0.0001478** | **0.0044519** | **0.0056184** | **0.0003018** | **0.0015801** | **0.0003457** |
| โสนลอย | 0.236751 | 0.000036 | 0.000000 | 0.000205 | 0.002120 | 0.007393 | 0.060039 | 0.000172 | 0.006066 | 0.000066 |
| บางคูรัด | 0.114900 | 0.000061 | 0.000234 | 0.000000 | 0.000030 | 0.003788 | 0.002066 | 0.000196 | 0.001110 | 0.000031 |
| บางบัวทอง | 0.116309 | 0.000150 | 0.000425 | 0.000000 | 0.000026 | 0.004423 | 0.005292 | 0.000261 | 0.001131 | 0.000375 |
| บางรักใหญ่ | 0.155000 | 0.000000 | 0.000057 | 0.000000 | 0.000136 | 0.009110 | 0.005496 | 0.000241 | 0.001374 | 0.000647 |

**ตาราง 5** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553 (ต่อ)

| อำเภอ/ตำบล | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| บางรักพัฒนา | 0.290387 | 0.000092 | 0.000110 | 0.000000 | 0.000356 | 0.006023 | 0.008619 | 0.000620 | 0.003535 | 0.000997 |
| พิมลราช | 0.207475 | 0.000065 | 0.000617 | 0.000000 | 0.000065 | 0.004585 | 0.007191 | 0.000331 | 0.001963 | 0.000405 |
| ละหาร | 0.070212 | 0.000561 | 0.000945 | 0.000000 | 0.000125 | 0.002526 | 0.002453 | 0.000180 | 0.000602 | 0.000061 |
| ลำโพ | 0.069542 | 0.000339 | 0.000478 | 0.000000 | 0.000088 | 0.003729 | 0.000695 | 0.000248 | 0.000542 | 0.000020 |
| **ปากเกร็ด** | **0.1844245** | **0.0002429** | **0.0003225** | **0.0000061** | **0.0034581** | **0.0061934** | **0.0054389** | **0.0003152** | **0.0012368** | **0.0000835** |
| เกาะเกร็ด | 0.056161 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000034 | 0.003710 | 0.000615 | 0.000000 | 0.000376 | 0.000062 |
| คลองเกลือ | 0.353900 | 0.000434 | 0.000000 | 0.000000 | 0.004753 | 0.009714 | 0.014242 | 0.000720 | 0.003321 | 0.000000 |
| คลองข่อย | 0.041919 | 0.000294 | 0.000277 | 0.000000 | 0.000192 | 0.003020 | 0.002326 | 0.000040 | 0.000214 | 0.000123 |
| คลองพระอุดม | 0.059708 | 0.000096 | 0.000071 | 0.000000 | 0.000365 | 0.004043 | 0.001116 | 0.000000 | 0.000313 | 0.000000 |
| ท่าอิฐ | 0.194570 | 0.000155 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000143 | 0.008973 | 0.001064 | 0.000288 | 0.000515 | 0.000000 |
| บางตลาด | 0.313098 | 0.000243 | 0.000060 | 0.000000 | 0.025702 | 0.008899 | 0.004812 | 0.000536 | 0.002039 | 0.000027 |
| บางตะไนย์ | 0.052070 | 0.000138 | 0.000000 | 0.000000 | 0.000112 | 0.003447 | 0.000455 | 0.000000 | 0.000426 | 0.000000 |
| บางพลับ | 0.102498 | 0.000298 | 0.000020 | 0.000000 | 0.000040 | 0.004625 | 0.000827 | 0.000131 | 0.000192 | 0.000000 |
| บางพูด | 0.276091 | 0.000276 | 0.000570 | 0.000047 | 0.000021 | 0.008669 | 0.006586 | 0.000901 | 0.002467 | 0.000176 |
| บ้านใหม่ | 0.254625 | 0.000125 | 0.000953 | 0.000000 | 0.000648 | 0.005958 | 0.006835 | 0.000324 | 0.000810 | 0.000023 |
| ปากเกร็ด | 0.456262 | 0.000950 | 0.000719 | 0.000000 | 0.000188 | 0.011700 | 0.039846 | 0.000407 | 0.006676 | 0.000670 |
| อ้อมเกร็ด | 0.096662 | 0.000000 | 0.000228 | 0.000000 | 0.000080 | 0.005021 | 0.003471 | 0.000108 | 0.000329 | 0.000000 |

หมายเหตุ : ความหนาแน่นของพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย คำนวณได้จากการวัดพื้นที่ขนาดของอาคาร รายหลังจากข้อมูลแผนที่ (Building polygon) คูณกับจำนวนชั้นของอาคารเพื่อให้ได้ขนาดพื้นที่รายหลัง จากนั้นนำขนาดพื้นที่ของแต่ละอาคารมารวมกันทั้งตำบล แล้วหารด้วยพื้นที่ของตำบล ก็จะได้ตัวเลขความหนาแน่นรายตำบล (ทั้งนี้ได้แยกการคำนวณ ตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร)

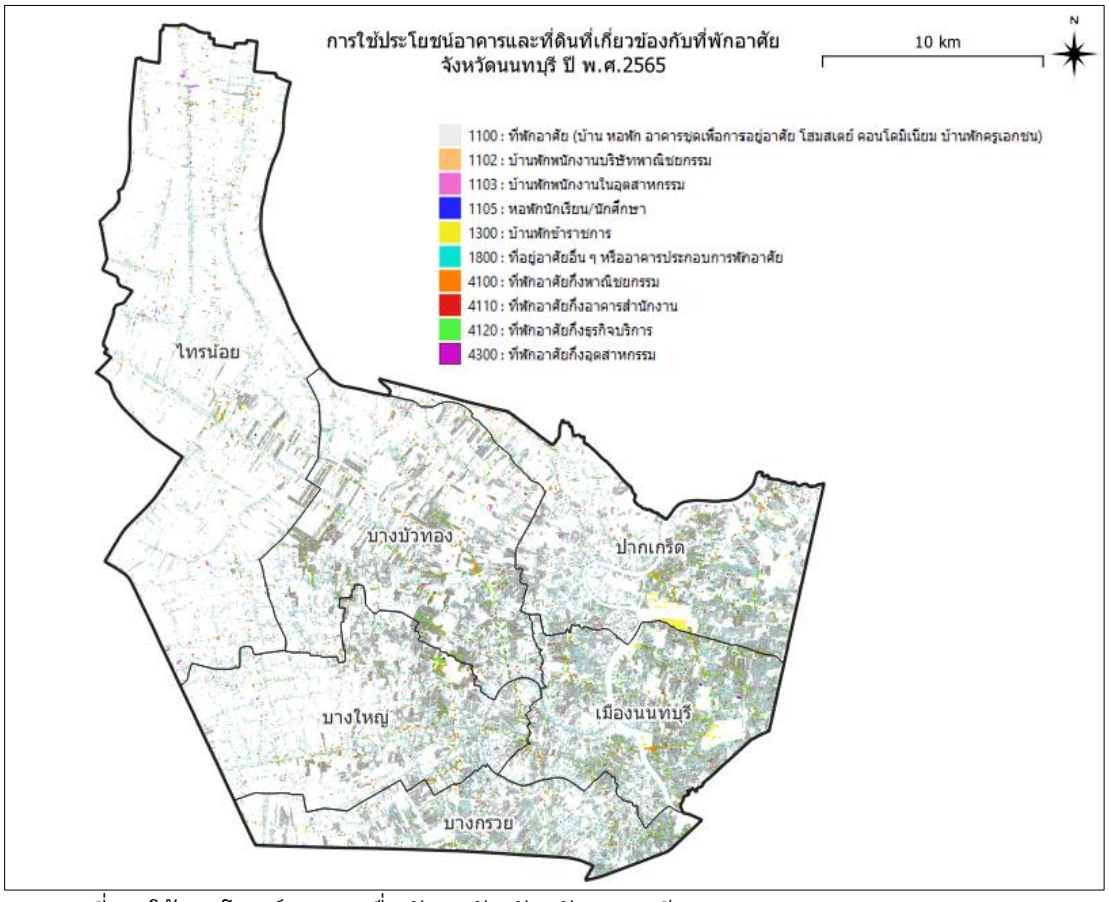
**ตาราง 6** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2553

| | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อำเภอ | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| ไทรน้อย | 0.019349 | 0.000084 | 0.000324 | 0.000003 | 0.000199 | 0.001884 | 0.000649 | 0.000011 | 0.000129 | 0.000019 |
| บางกรวย | 0.172859 | 0.000178 | 0.000444 | 0.000011 | 0.000301 | 0.007060 | 0.005209 | 0.000084 | 0.001125 | 0.000092 |
| บางบัวทอง | 0.147869 | 0.000193 | 0.000438 | 0.000004 | 0.000148 | 0.004452 | 0.005618 | 0.000302 | 0.001580 | 0.000346 |
| บางใหญ่ | 0.105224 | 0.000059 | 0.000298 | - | 0.000237 | 0.004510 | 0.005565 | 0.000198 | 0.000972 | 0.000394 |
| ปากเกร็ด | 0.184425 | 0.000243 | 0.000322 | 0.000006 | 0.003458 | 0.006193 | 0.005439 | 0.000315 | 0.001237 | 0.000083 |
| เมืองนนทบุรี | 0.339203 | 0.000194 | 0.000154 | 0.000237 | 0.002773 | 0.010877 | 0.013122 | 0.000646 | 0.003176 | 0.000317 |
| รวม | 0.131271 | 0.000145 | 0.000331 | 0.000031 | 0.000998 | 0.004896 | 0.004862 | 0.000218 | 0.001129 | 0.000185 |

| สัญลักษณ์ | คำอธิบายสีที่ใช้ |
|---|---|
| 0.339203 | ความหนาแน่นสูงมาก |
| 0.172859 | ความหนาแน่นสูง |
| 0.000998 | ความหนาแน่นปานกลาง |
| 0.000154 | ความหนาแน่นน้อย |
| 0.000003 | ความหนาแน่นน้อยมาก |

### 4.1.2 ข้อมูลการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

เป็นข้อมูลที่ถูกนำมาใช้กับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น เพื่อทดสอบและคาดประมาณประชากรในปี พ.ศ. 2565 โดยมีรายละเอียด ดังภาพ 6




**ภาพ 6** แผนที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ความหนาแน่นของที่พักอาศัยต่อพื้นที่สูงสุด (บ้าน หอพัก อาคารชุดเพื่อการอยู่อาศัย โฮมสเตย์ คอนโดมิเนียม บ้านพักครูเอกชน) โดยยังเป็นประเภทของการใช้ประโยชน์อาคารที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัด ในขณะที่กิจกรรมที่พักอาศัยกลุ่มหอพักนักเรียน/นักศึกษา ปรากฏอยู่อย่างเบาบางในพื้นที่ส่วนใหญ่ยกเว้นอำเภอเมืองนนทบุรี โดยถ้าเปรียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัยรายตำบลที่เกิดในปี พ.ศ. 2565 จากปี พ.ศ. 2553 ในมุมมองของความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ พบว่า การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เป็นบ้านพักพนักงานบริษัทพาณิชยกรรม (1102) บ้านพักพนักงานในอุตสาหกรรม (1103) บ้านพักข้าราชการ (1300) และที่พักอาศัย (1100) มีการเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 61 31 23 และ 20 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ประโยชน์อาคารที่เป็นที่พักอาศัยกึ่งอุตสาหกรรมและที่พักอาศัยกึ่งพาณิชยกรรมลดลงร้อยละ 62 และ 61 ดังตาราง 7

**ตาราง 7** ความหนาแน่นพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย: ต่อตารางกิโลเมตร) แยกตามรหัสการใช้ประโยชน์อาคาร พ.ศ. 2565

| | รหัสการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดิน | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| อำเภอ | 1100 | 1102 | 1103 | 1105 | 1300 | 1800 | 4100 | 4110 | 4120 | 4300 |
| ไทรน้อย | 0.024167 | 0.000157 | 0.000505 | 0.000003 | 0.000204 | 0.002369 | 0.000394 | 0.000018 | 0.000154 | 0.000013 |
| บางกรวย | 0.228391 | 0.000271 | 0.000475 | 0.000011 | 0.000306 | 0.008598 | 0.002110 | 0.000126 | 0.001252 | 0.000045 |
| บางบัวทอง | 0.176387 | 0.000284 | 0.000534 | 0.000004 | 0.000222 | 0.005538 | 0.002423 | 0.000369 | 0.001705 | 0.000132 |
| บางใหญ่ | 0.130755 | 0.000064 | 0.000357 | - | 0.000248 | 0.005316 | 0.002090 | 0.000235 | 0.001048 | 0.000120 |
| ปากเกร็ด | 0.217998 | 0.000430 | 0.000403 | 0.000006 | 0.004835 | 0.007490 | 0.001969 | 0.000374 | 0.001325 | 0.000032 |
| เมืองนนทบุรี | 0.393188 | 0.000302 | 0.000198 | 0.000237 | 0.002820 | 0.011982 | 0.004446 | 0.000695 | 0.003258 | 0.000134 |
| รวม | 0.158008 | 0.000235 | 0.000435 | 0.000031 | 0.001229 | 0.005826 | 0.001876 | 0.000256 | 0.001205 | 0.000070 |

| สัญลักษณ์ | คำอธิบายสีที่ใช้ |
|---|---|
| 0.339203 | ความหนาแน่นสูงมาก |
| 0.172859 | ความหนาแน่นสูง |
| 0.000998 | ความหนาแน่นปานกลาง |
| 0.000154 | ความหนาแน่นน้อย |
| 0.000003 | ความหนาแน่นน้อยมาก |

ข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างจังหวัดนนทบุรีที่ได้พัฒนาขึ้นในปี พ.ศ. 2565 คือ ส่วนหนึ่งของ Digital Frame ในระดับหลังคาเรือน ที่รองรับข้อมูลระดับครัวเรือนซึ่งสามารถเชื่อมต่อกับแหล่งข้อมูลอื่นได้ด้วย key_id (ด้วยวิธีการ Joins field) ในระดับพื้นที่ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้กรอบตัวอย่างสามารถที่จะได้รับการปรับปรุงให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา สนับสนุนให้เกิดการคัดเลือกหน่วยตัวอย่างที่ถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างเช่น การปรับปรุงกรอบตัวอย่างด้วยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม หรือข้อมูลดิจิทัลด้านอื่น ๆ ช่วยในการปรับปรุงข้อมูลการใช้ที่ดินเพื่อที่พักอาศัย เป็นต้น

### 4.1.3 ข้อมูลด้านอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการคาดประมาณประชากร

ทำการพัฒนาข้อมูลให้อยู่ในรูปของ GIS Data Layer ร่วมกับข้อมูลการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัยจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553 และ พ.ศ. 2565 เน้นการทำ Spatial Operation และ Vector Overlay เพื่อพัฒนาข้อมูลทั้งหมดให้รองรับ Digital Frame ประกอบด้วย ข้อมูลแผนที่เขตสำรวจระดับตำบล ข้อมูลจำนวนประชากรจากฐานข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติ ข้อมูลจำนวนประชากรจากฐานข้อมูลทะเบียนราษฎร์กรมการปกครอง ข้อมูลที่เกี่ยวกับประชากร ข้อมูลสถานประกอบการ ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน และข้อมูลอื่น ๆ โดยต้องเป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงเชิงพื้นที่ได้เท่านั้น เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์โครงการที่ต้องการพัฒนางานด้านภูมิสารสนเทศสถิติ

## 4.2 ผลการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อการคาดประมาณประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint)

เพื่อให้เป็นไปตามแนวทางการพัฒนาแบบจำลองที่ได้กำหนดไว้ จึงได้ให้รายละเอียดของผลการศึกษาในแต่ละหัวข้อ ดังนี้

### 4.2.1 ผลการสร้างความเข้าใจเรื่องการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่

เพื่อให้สามารถตอบวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้ภายใต้หัวข้อการสร้างความเข้าใจในการพัฒนาแบบจำลอง ที่เน้นในเรื่องของการเลือกสมการเชิงพื้นที่ที่เหมาะสม ที่จะดึงศักยภาพของตัวแปรอิสระแต่ละตัวให้สามารถทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตามได้ใกล้เคียงข้อเท็จจริง ซึ่งพิจารณาทั้งในแง่ของจำนวนและความหนาแน่นของประชากร ความสามารถของแบบจำลองในการพยากรณ์ เมื่อความสมบูรณ์ของข้อมูลได้รับการพิจารณา การหาแนวทางที่เหมาะสมในการเพิ่มความแม่นยำในการพยากรณ์ และการรับทราบถึงตัวแปรอิสระที่ควรจะถูกเลือกและนำไปใช้ในการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) จึงได้กำหนดแนวทางการอธิบายด้วย 2 การทดสอบ โดยใช้ข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ พ.ศ. 2553 ครอบคลุมทั่วประเทศมาเป็นข้อมูลที่ใช้ในการทดสอบ เพื่อให้สามารถตอบวัตถุประสงค์ในแต่ละหัวข้อข้างต้น

**การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 1**

เพื่อให้ได้แบบจำลองด้วยสมการถดถอยที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จึงกำหนดแนวทางในการเลือกใช้ข้อมูลที่จะนำมาพัฒนาแบบจำลอง โดยเน้นที่ความครบถ้วนและครอบคลุมทุกพื้นที่ รวมถึงสมการถดถอยที่นำมาใช้ควรที่จะต้องรองรับ Spatial dependence ที่เกิดขึ้นด้วย (หมายเหตุ ก่อนหน้านี้ที่ปรึกษาได้ทำการทดสอบกับข้อมูลที่ได้จากการสำรวจ เช่น ข้อมูลสำรวจภาระเศรษฐกิจและสังคมของเครัวเรือน แต่เนื่องจากข้อมูลดังกล่าวไม่ตอบโจทย์ในเรื่องของความครบถ้วนและครอบคลุมในทุกพื้นที่ รวมถึงผลที่ได้จากการทดสอบไม่สามารถนำไปพยากรณ์ในเชิงพื้นที่ได้ ดังนั้นจึงไม่นำมาพัฒนาในแบบจำลอง)

การทดสอบนี้ได้กำหนดให้ ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ) เป็นตัวแปรตาม โดยมีความหนาแน่นประชากรจากงานทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศต่อพื้นที่ (กรมการปกครอง) ความหนาแน่นของสถานประกอบการต่อพื้นที่ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า) และความหนาแน่นของความยาวถนนต่อพื้นที่ตำบล (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม) เป็นตัวแปรอิสระ เน้นความครบถ้วนและครอบคลุมในทุกพื้นที่ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วัดค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของข้อมูล

ทำการวัดค่าของตัวแปรที่นำเข้ามาใช้ เพื่อจะได้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและระดับนัยสำคัญของแต่ละตัวแปร ดังตาราง 8

**ตาราง 8** ค่า Correlation ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง จากการทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 1

**Correlations**

| | | nso_pop_de | Den_dbd | Dens_road | dop_pop_de |
|---|---|---|---|---|---|
| nso_pop_de | Pearson Correlation | 1 | .572** | .835** | .946** |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 | .000 | .000 |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |
| Den_dbd | Pearson Correlation | .572** | 1 | .608** | .593** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | | .000 | .000 |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |
| Dens_road | Pearson Correlation | .835** | .608** | 1 | .859** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | | .000 |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |
| dop_pop_de | Pearson Correlation | .946** | .593** | .859** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .000 | |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ขั้นตอนที่ 2 วัดค่า Multicollinearity ด้วย VIF

ทำการวัดค่าเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นำเข้ามาใช้ เพื่อลดการเกิดความซ้ำซ้อนของการใช้ตัวแปร ดังตาราง 9

**ตาราง 9** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF จากการทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 1

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | 4.281 | 4.664 | | .918 | .359 | | |
| | Den_dbd | .065 | .086 | .004 | .752 | .452 | .611 | 1.636 |
| | Dens_road | 38.476 | 3.335 | .086 | 11.536 | .000 | .248 | 4.037 |
| | dop_pop_de | .579 | .005 | .870 | 118.123 | .000 | .255 | 3.921 |

a. Dependent Variable: nso_pop_de

**Collinearity Diagnostics[a]**

| Model | Dimension | Eigenvalue | Condition Index | Variance Proportions | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Constant) | Den_dbd | Dens_road | dop_pop_de |
| 1 | 1 | 2.517 | 1.000 | .03 | .06 | .03 | .03 |
| | 2 | .926 | 1.649 | .71 | .12 | .00 | .00 |
| | 3 | .434 | 2.408 | .18 | .82 | .05 | .11 |
| | 4 | .123 | 4.515 | .08 | .01 | .92 | .85 |

a. Dependent Variable: nso_pop_de

ขั้นตอนที่ 3 ทำการทดสอบด้วย Spatial lag พร้อมวัดผล $R^2$ และระดับนัยสำคัญของตัวแปรอิสระ

```
REGRESSION
----------
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL LAG MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set            : ข้อมูลปี53เรื่องที่1_v.2-1
Spatial Weight      : queen
Dependent Variable  :  nso_pop_de  Number of Observations: 7436
Mean dependent var  :     325.915  Number of Variables   :    5
S.D. dependent var  :     1129.55  Degrees of Freedom    : 7431
Lag coeff.   (Rho)  :    0.142693

R-squared           :    0.900524  Log likelihood        :      -54256
Sq. Correlation     : -            Akaike info criterion :      108522
Sigma-square        :      126920  Schwarz criterion     :      108557
S.E of regression   :     356.258

------------------------------------------------------------------------------
       Variable       Coefficient     Std.Error       z-value     Probability
------------------------------------------------------------------------------
      W_nso_pop_de      0.142693      0.0092257        15.4669      0.00000
          CONSTANT       2.79665        4.58647       0.609761      0.54202
           Den_dbd     -0.105498      0.0856869        -1.2312      0.21825
         Dens_road       16.1754        3.61518        4.47428      0.00001
        dop_pop_de      0.541998     0.00541526        100.087      0.00000
------------------------------------------------------------------------------
```

```
REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST                                    DF       VALUE         PROB
Breusch-Pagan test                      3     204035.2519      0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL LAG DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : queen
TEST                                    DF       VALUE         PROB
Likelihood Ratio Test                   1        218.5448      0.00000
```

**ตาราง 10** สรุปตัวแปรจากตัวแบบและผลที่ได้ จากการทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 1

| ตัวแปรตาม | ตัวแปรอิสระ | $R^2$ | Log likelihood |
|---|---|---|---|
| nso_pop_de | Den_dbd, Dens_road, dop_pop_de | 0.900524 | -54256 |

ผลจากการพัฒนาตัวแบบด้วยสมการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial lag พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 ด้าน มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ระดับตำบลในระดับที่สูงอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสามารถร่วมกันอธิบายความหนาแน่นจำนวนประชากรต่อพื้นที่ได้ร้อยละ 90.05 ($R^2$) และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณเท่ากับ 356.258

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบพบว่า ค่า Constant และตัวแปร Den_dbd (ความหนาแน่นของสถานประกอบการต่อพื้นที่) ของสมการ ไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 หมายถึง ค่า Constant มีค่าไม่แตกต่างจากศูนย์ เมื่อตัวแปรอิสระมีค่าเท่ากับศูนย์ ซึ่งไม่ได้หมายความว่าตัวแบบไม่น่าเชื่อถือ เหตุส่วนหนึ่งอาจเนื่องมาจากตัวแบบ Spatial Lag ที่ยังไม่เหมาะสม

ทั้งนี้ ได้ทำการพัฒนาตัวแบบขึ้นใหม่ ด้วยวิธี Spatial Lag โดยไม่พิจารณาตัวแปรที่ไม่มีนัยสำคัญ ซึ่งสามารถสรุปความหนาแน่นประชากรคาดประมาณเฉลี่ยรายจังหวัด ดังตาราง ก ในภาคผนวก

### การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 2

จากการประยุกต์ใช้ Spatial lag ในตัวแบบก่อนหน้านี้พบว่าตัวแบบดังกล่าวยังไม่สามารถทำนายความหนาแน่นของประชากรได้ เนื่องจากค่า Constant ยังให้ค่าความเชื่อมั่นที่ระดับต่ำเกินไป ดังนั้นจึงทดสอบโดยการปรับไปใช้ Spatial error ซึ่งเป็นอีกตัวแบบหนึ่งที่คำนึงถึง Spatial dependence เช่นกัน

กำหนดให้ ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ) เป็นตัวแปรตาม โดยมีความหนาแน่นประชากรจากงานทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศต่อพื้นที่ (กรมการปกครอง) ความหนาแน่นของสถานประกอบการต่อพื้นที่ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า) และความหนาแน่นของความยาวถนนต่อพื้นที่ตำบล (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม) เป็นตัวแปรอิสระ ซึ่งตัวแปรอิสระทั้งหมดนี้มีความครบถ้วนและครอบคลุมในทุกพื้นที่ โดยมีขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วัดค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ของข้อมูล

ทำการวัดค่าของตัวแปรที่นำเข้ามาใช้ เพื่อจะได้ทราบถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร และความมีนัยสำคัญเชิงสถิติของแต่ละตัวแปร ดังตาราง 11

**ตาราง 11** ค่า Correlation ของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 2

**Correlations**

| | | nso_pop_de | Den_dbd | Dens_road | dop_pop_de |
|---|---|---|---|---|---|
| nso_pop_de | Pearson Correlation | 1 | .572** | .835** | .946** |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 | .000 | .000 |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |
| Den_dbd | Pearson Correlation | .572** | 1 | .608** | .593** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | | .000 | .000 |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |
| Dens_road | Pearson Correlation | .835** | .608** | 1 | .859** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | | .000 |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |
| dop_pop_de | Pearson Correlation | .946** | .593** | .859** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .000 | |
| | N | 7436 | 7436 | 7436 | 7436 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ขั้นตอนที่ 2 การวัดค่า Multicollinearity ด้วย VIF

ทำการวัดค่าเพื่อตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่นำเข้ามาใช้ เพื่อลดการเกิดความซ้ำซ้อนของการใช้ตัวแปร ดังตาราง 12

**ตาราง 12** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 2

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | 4.281 | 4.664 | | .918 | .359 | | |
| | Den_dbd | .065 | .086 | .004 | .752 | .452 | .611 | 1.636 |
| | Dens_road | 38.476 | 3.335 | .086 | 11.536 | .000 | .248 | 4.037 |
| | dop_pop_de | .579 | .005 | .870 | 118.123 | .000 | .255 | 3.921 |

a. Dependent Variable: nso_pop_de

**Collinearity Diagnostics[a]**

| Model | Dimension | Eigenvalue | Condition Index | Variance Proportions | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Constant) | Den_dbd | Dens_road | dop_pop_de |
| 1 | 1 | 2.517 | 1.000 | .03 | .06 | .03 | .03 |
| | 2 | .926 | 1.649 | .71 | .12 | .00 | .00 |
| | 3 | .434 | 2.408 | .18 | .82 | .05 | .11 |
| | 4 | .123 | 4.515 | .08 | .01 | .92 | .85 |

a. Dependent Variable: nso_pop_de

ขั้นตอนที่ 3 การทดสอบด้วย Spatial error พร้อมวัดผล $R^2$ และระดับนัยสำคัญของตัวแปรอิสระ

```
REGRESSION
----------
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set            : ข้อมูลปี53เรื่องที่1_v.2-1
Spatial Weight      : queen
Dependent Variable  :  nso_pop_de  Number of Observations: 7436
Mean dependent var  :  325.915011  Number of Variables   :    4
S.D. dependent var  : 1129.553222  Degrees of Freedom    : 7432
Lag coeff. (Lambda) :    0.495721

R-squared           :    0.913367  R-squared (BUSE)      : -
Sq. Correlation     : -            Log likelihood        :-53913.671923
Sigma-square        :      110534  Akaike info criterion :      107835
S.E of regression   :     332.466  Schwarz criterion     :      107863

------------------------------------------------------------------------------
       Variable       Coefficient     Std.Error       z-value    Probability
------------------------------------------------------------------------------
          CONSTANT      -7.83473        8.22151      -0.952955     0.34061
           Den_dbd     -0.197446      0.0946588       -2.08586     0.03699
         Dens_road       60.6096        4.17614        14.5133     0.00000
        dop_pop_de      0.562076     0.00536706        104.727     0.00000
            LAMBDA      0.495721      0.0142074        34.8917     0.00000
------------------------------------------------------------------------------

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST                                    DF      VALUE         PROB
Breusch-Pagan test                      3    194871.6302      0.00000

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : queen
TEST                                    DF      VALUE         PROB
Likelihood Ratio Test                   1       903.2721      0.00000
```

**ตาราง 13** สรุปตัวแปรจากตัวแบบและผลที่ได้ การทดสอบด้วยแบบจำลองที่ 2

| ตัวแปรตาม | ตัวแปรอิสระ | $R^2$ | Log likelihood |
|---|---|---|---|
| nso_denpop | Den_dbd, Dens_road, dop_pop_de | 0.913367 | -53913 |

ผลจากการพัฒนาตัวแบบด้วยสมการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial error พบว่า ปัจจัยทั้ง 3 ด้าน มีความสัมพันธ์กับความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ระดับตำบลในระดับที่สูงอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสามารถร่วมกันอธิบายความหนาแน่นจำนวนประชากรต่อพื้นที่ได้ร้อยละ 91.33 ($R^2$) และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายเท่ากับ 332.46

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบ พบว่าตัวแปรทั้งสามตัวสามารถทำนายความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ได้อย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ด้วยค่า Constant ที่ระดับนัยสำคัญ 0.34 ซึ่งสามารถสรุปความหนาแน่นประชากรคาดประมาณเฉลี่ยรายจังหวัด ด้วยวิธี Spatial error ดังตาราง ข ในภาคผนวก

จากผลการทดสอบด้วยตัวแบบทั้ง 2 ที่ทำการประยุกต์ใช้สมการ Spatial lag และ Spatial error กับข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ ปี พ.ศ. 2553 สามารถสรุปได้ ดังนี้

1) สมการถดถอยเชิงพื้นที่ Spatial Regression (ซึ่งหมายถึง Spatial lag และ Spatial error) มีความเหมาะสมในการดึงศักยภาพของตัวแปรอิสระแต่ละตัว ให้สามารถทำนายหรือพยากรณ์ตัวแปรตามได้ใกล้เคียงข้อเท็จจริงมากที่สุด โดยเฉพาะในกรณีของข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีความสัมพันธ์ระหว่างกัน (Spatial dependence ระหว่างพื้นที่ใด ๆ และพื้นที่รอบข้าง (Neighbor))

2) การใช้ตัวแปรความหนาแน่นต่อพื้นที่ในการพัฒนาตัวแบบ ส่งผลให้การพยากรณ์ได้ดีกว่าการใช้ตัวแปรที่เป็นจำนวน เช่น การใช้ตัวแปรความหนาแน่นประชากรทดแทนตัวแปรจำนวนประชากร เป็นต้น (ที่ปรึกษาได้ทำการทดลองทั้งวิธีที่ใช้ข้อมูลเป็นจำนวนและข้อมูลความหนาแน่น ซึ่งพบว่าการใช้ข้อมูลความหนาแน่นให้ผลลัพธ์ในการพยากรณ์ที่ดีกว่า)

3) ถ้าตัวแปรอิสระที่นำเข้าตัวแบบมีความสมบูรณ์ในตัวของข้อมูลและทำหน้าที่เป็นตัวแทนที่กระจายครอบคลุมทั่วพื้นที่ ย่อมส่งผลให้ค่า Correlation สูงขึ้น

4) สามารถกำหนดแนวทางที่เหมาะสม ในการเลือกใช้สมการกับข้อมูลภูมิสารสนเทศสถิติ รวมถึงความสมบูรณ์ของตัวแปรที่นำมาใช้ ซึ่งจะเพิ่มความแม่นยำให้กับการพยากรณ์

5) ถ้าตัวแปรตาม คือประชากรในแต่ละพื้นที่ (ตามแนวทางของสำนักงานสถิติแห่งชาติ) จะสามารถสรุปตัวแปรอิสระที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการพัฒนาตัวแบบเชิงพื้นที่ ซึ่งอย่างน้อยควรประกอบด้วย ความหนาแน่นประชากรจากงานทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศต่อพื้นที่ (กรมการปกครอง) ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของสถานประกอบการ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า) และความหนาแน่นของความยาวถนนต่อพื้นที่ตำบล (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม)

อนึ่งเมื่อพิจารณาผลที่ได้จากการทดสอบทั้ง 2 ตัวแบบข้างต้น พบว่า Spatial dependence ช่วยยกระดับประสิทธิภาพของตัวแบบโดยเฉพาะกับตัวแปรที่ได้ทดลองได้เป็นอย่างดี พิจารณาจากค่า $R^2$ (ค่าเข้าใกล้ 1) Log likelihood (ค่าที่เข้าใกล้ศูนย์ ถือว่าให้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า) รวมถึงค่า Akaike info criterion (AIC) และ Schwarz criterion (SC) ซึ่งพบว่า Spatial error เป็นสมการที่เหมาะกับการพยากรณ์เชิงพื้นที่ โดยให้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับข้อเท็จจริง ดังตาราง 14

**ตาราง 14** สรุปค่าพารามิเตอร์ที่ชี้วัดคุณภาพของแบบจำลอง

| ค่าชี้วัด Model (best fit) | Spatial lag | Spatial error |
|---|---|---|
| Log Likelihood | -54138 | -53913 |
| Akaike info criterion | 108286 | 107835 |
| Schwarz criterion | 108321 | 107863 |

จากสมการ Spatial error (อ้างอิง ผลของการทดสอบตัวแบบที่ 2) พบว่าค่า Spatial autoregressive coefficient (Lag coeff. (Lambda)) มีค่าเท่ากับ 0.495721 ด้วยความมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่สูง (p-value < 0.0000000) นอกเหนือจากนี้ Spatial error ยังช่วยให้ทราบถึงคุณภาพของตัวแบบ ผ่านตัวชี้วัด ดังนี้

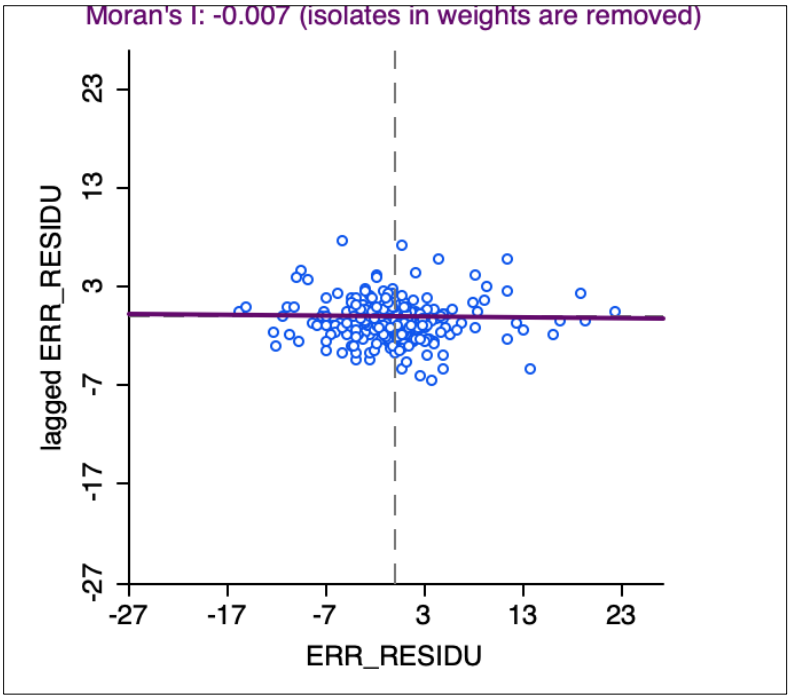
ERR_RESIDU คือ Error residual $\hat{U}$ (ถ้ามีค่าเท่ากับศูนย์ หมายถึง Random error แต่ถ้ามีค่าไม่เท่ากับศูนย์จะหมายถึงมีความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของตัวแปร (Spatial autocorrelation) ซึ่งสะท้อนผ่านมุมมองของ Moran's I)

ERR_PREDIC เรียกว่า Predicted value แสดงด้วยค่า $\hat{Y}$ ที่คำนวณได้จาก Model

ERR_PRDERR เรียกว่า Prediction error (หรือ Residual) มีค่าเท่ากับค่า $Y - \hat{Y}$ (โดยที่ $Y$ หมายถึง actual value)

หมายเหตุ : ค่า Residual หมายถึง ค่าสังเกต (Observed value) – ค่าจากสมการประมาณ (Fitted value) โดยถ้ามีค่าเป็นลบ (Negative residual) เรียกว่า การทำนายเกินเกณฑ์ (Overprediction) แต่ถ้ามีค่าเป็นบวก (Positive residual) เรียกว่า การทำนายต่ำกว่าเกณฑ์ (Underprediction)

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของค่า Residual ที่ได้จากตัวแบบ Spatial error (ด้วย Scatter plot) พบว่า ค่าข้อมูล ERR_RESIDU เท่ากับ -0.007 หรือเข้าใกล้ 0 ชี้ให้เห็นว่า การพิจารณาค่า Spatial autoregressive error เข้ามาในตัวแบบที่สร้างขึ้น ช่วยลดหรือกำจัดเกือบทุกค่าที่เกี่ยวกับ Spatial autocorrelation (มีค่าเข้าใกล้ Random error) ดังภาพ 7




**ภาพ 7** การกระจายตัวของค่า Residual ที่ได้จากแบบจำลอง Spatial error

### 4.2.2 ผลการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2553

กำหนดให้ดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) เป็นตัวแปรที่จะได้รับการพัฒนาขึ้น และคาดหวังว่าจะมาช่วยในการคาดประมาณประชากร และยกระดับค่าความถูกต้องของแบบจำลองให้สูงขึ้น ซึ่งจากการทบทวนวรรณกรรมในงานวิจัยอื่น ๆ พบว่าดัชนีความเป็นเมืองมักสะท้อนถึงการอยู่อาศัยอย่างหนาแน่น และยังเป็นแหล่งการค้าเชิงพาณิชยกรรมที่ถูกใช้เต็มพื้นที่ มีระบบสาธารณูปโภคและสาธารณูปการที่สอดรับกับการขยายตัวของเมืองร่วมด้วย ดังนั้นข้อมูลใด ๆ ที่สะท้อนความเป็นเมืองมีความครบถ้วน ครอบคลุมและจัดเก็บอย่างต่อเนื่อง ย่อมส่งผลให้เป็นตัวแทนเชิงพื้นที่ได้อย่างแท้จริง ความเป็นเมืองอย่างแท้จริง สิ่งนี้จึงเป็นเหตุผลหลักที่ทำให้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่ถูกเลือกใช้ในการพัฒนาดัชนีความเป็นเมืองในครั้งนี้ ด้วยความต่อเนื่องในรายละเอียดและเวลาในการบันทึกข้อมูล รวมถึงความสะดวก ความพร้อม และพื้นที่ครอบคลุมทำให้ข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลหลักนั่นเอง ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเป็นข้อมูลเชิงพื้นที่รูปแบบหนึ่งที่สามารถดาวน์โหลดได้จาก Google Earth Engine อีกทั้งยังมีรายละเอียดสูงครอบคลุมทั้งพื้นที่ มีระดับค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือ Digital Number (DN) ของภาพราสเตอร์ (Raster data) ซึ่งรองรับการตีความหมายได้ละเอียดและชัดเจน ผนวกกับการประยุกต์ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ที่อยู่ในรูปแบบเวกเตอร์ (Vector data)

เบื้องต้นได้กำหนดตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเป็นเมืองซึ่งมองผ่านจำนวนประชากรในพื้นที่ประกอบด้วย ความหนาแน่นถนน ค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน อุณหภูมิพื้นผิว พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อที่พักอาศัย พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพาณิชยกรรม และความหนาแน่นของบ้าน โดยนำเสนอในรูปแบบของความสัมพันธ์ (Correlation) ดังตาราง 15

**ตาราง 15** ค่าสถิติเชิงบรรยายและค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเป็นเมือง พ.ศ. 2553

**Correlations**

| | | NSO_pop0_60up53 | Dens_road | NLT_Med | LST | resident_area | area_commerce | Dopa_DenseHouse |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NSO_pop0_60up53 | Pearson Correlation | 1 | 1.000** | .676** | .703** | .959** | .725** | -.073 |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 | .608 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Dens_road | Pearson Correlation | 1.000** | 1 | .676** | .703** | .959** | .725** | -.073 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | | .000 | .000 | .000 | .000 | .608 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| NLT_Med | Pearson Correlation | .676** | .676** | 1 | .890** | .610** | .405** | -.049 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | | .000 | .000 | .003 | .728 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| LST | Pearson Correlation | .703** | .703** | .890** | 1 | .702** | .527** | .133 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .000 | | .000 | .000 | .346 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| resident_area | Pearson Correlation | .959** | .959** | .610** | .702** | 1 | .750** | .023 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .000 | .000 | | .000 | .871 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| area_commerce | Pearson Correlation | .725** | .725** | .405** | .527** | .750** | 1 | .336* |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .003 | .000 | .000 | | .015 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Dopa_DenseHouse | Pearson Correlation | -.073 | -.073 | -.049 | .133 | .023 | .336* | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .608 | .608 | .728 | .346 | .871 | .015 | |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

จากการทดสอบด้วยค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) กับทุกตัวแปรที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง พบว่า ตัวแปรความหนาแน่นของจำนวนบ้าน (Dopa_DenseHouse) ที่จัดเก็บโดยกรมการปกครองไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติ (Significance) จึงทำการตัดตัวแปรดังกล่าวออกจากระบวนการพัฒนา เหลือไว้แต่ตัวแปรที่มีนัยสำคัญเชิงสถิติ และนำเข้าสู่ขั้นตอนการทดสอบ Multicollinearity ด้วยการพิจารณาค่า VIF (กำหนดเกณฑ์ไว้ที่ VIF < 5) ซึ่งผลที่ได้สรุปดังตาราง 16

**ตาราง 16** ค่า Correlation และการตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF

**Correlations**

| | | NSO_pop0_60up53 | Dens_road | NLT_Med | LST | resident_area | area_commerce |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| NSO_pop0_60up53 | Pearson Correlation | 1 | 1.000** | .676** | .703** | .959** | .725** |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 | .000 | .000 | .000 | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| Dens_road | Pearson Correlation | 1.000** | 1 | .676** | .703** | .959** | .725** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | | .000 | .000 | .000 | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| NLT_Med | Pearson Correlation | .676** | .676** | 1 | .890** | .610** | .405** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | | .000 | .000 | .003 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| LST | Pearson Correlation | .703** | .703** | .890** | 1 | .702** | .527** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .000 | | .000 | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| resident_area | Pearson Correlation | .959** | .959** | .610** | .702** | 1 | .750** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .000 | .000 | | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |
| area_commerce | Pearson Correlation | .725** | .725** | .405** | .527** | .750** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .000 | .003 | .000 | .000 | |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 | 52 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | t | Sig. | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | | | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | .000 | .000 | | . | . | | |
| | Dens_road | 1.000 | .000 | 1.000 | . | . | .058 | 17.305 |
| | NLT_Med | .000 | .000 | .000 | . | . | .148 | 6.751 |
| | LST | .000 | .000 | .000 | . | . | .142 | 7.042 |
| | resident_area | .000 | .000 | .000 | . | . | .059 | 16.896 |
| | area_commerce | .000 | .000 | .000 | . | . | .416 | 2.405 |

a. Dependent Variable: NSO_pop0_60up53

**Collinearity Diagnostics[a]**

| Model | Dimension | Eigenvalue | Condition Index | Variance Proportions | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Constant) | Dens_road | NLT_Med | LST | resident_area | area_commerce |
| 1 | 1 | 5.204 | 1.000 | .00 | .00 | .00 | .00 | .00 | .01 |
| | 2 | .378 | 3.711 | .12 | .01 | .01 | .01 | .01 | .10 |
| | 3 | .266 | 4.427 | .11 | .00 | .12 | .00 | .00 | .16 |
| | 4 | .117 | 6.671 | .05 | .04 | .07 | .00 | .04 | .68 |
| | 5 | .026 | 14.185 | .52 | .16 | .24 | .44 | .14 | .05 |
| | 6 | .010 | 22.425 | .20 | .78 | .56 | .54 | .81 | .01 |

a. Dependent Variable: NSO_pop0_60up53

จากผลสรุปการตรวจสอบค่า Multicollinearity พบว่าพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อที่พักอาศัย (ตัวแปร resident_area) กับความหนาแน่นถนน (ตัวแปร Dens_road) มีความสัมพันธ์ระหว่างกันมาก จึงทำการตัดตัวแปร Dens_road ออกจากกระบวนการในการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง และได้ทำการตรวจสอบ Multicollinearity กับตัวแปรที่ยังเหลืออยู่ ซึ่งได้ผลการตรวจสอบดังตาราง 17

**ตาราง 17** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | 1229.490 | 1679.471 | | .732 | .468 | | |
| | NLT_Med | 2.917 | .714 | .320 | 4.086 | .000 | .201 | 4.982 |
| | LST | -973.679 | 362.883 | -.232 | -2.683 | .010 | .164 | 6.106 |
| | resident_area | 10047.251 | 718.210 | .887 | 13.989 | .000 | .306 | 3.272 |
| | area_commerce | 8815.683 | 8916.844 | .053 | .989 | .328 | .424 | 2.356 |

a. Dependent Variable: NSO_pop0_60up53

อย่างไรก็ตาม พบว่าค่าอุณหภูมิพื้นผิว (ตัวแปร LST) ยังมีค่า VIF เกินเกณฑ์ที่กำหนด (VIF < 5) ดังนั้น จึงทำการตัดตัวแปรดังกล่าวออก และทำการตรวจสอบ Multicollinearity อีกครั้ง เพื่อสรุปผลดังตาราง 18

**ตาราง 18** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | -2478.722 | 1014.029 | | -2.444 | .018 | | |
| | NLT_Med | 1.341 | .431 | .147 | 3.109 | .003 | .621 | 1.610 |
| | resident_area | 9571.870 | 739.597 | .845 | 12.942 | .000 | .325 | 3.073 |
| | area_commerce | 5312.121 | 9373.050 | .032 | .567 | .574 | .434 | 2.306 |

a. Dependent Variable: NSO_pop0_60up53

**Collinearity Diagnostics[a]**

| Model | Dimension | Eigenvalue | Condition Index | Variance Proportions | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Constant) | NLT_Med | resident_area | area_commerce |
| 1 | 1 | 3.366 | 1.000 | .02 | .02 | .01 | .01 |
| | 2 | .296 | 3.369 | .51 | .08 | .04 | .26 |
| | 3 | .253 | 3.651 | .46 | .62 | .00 | .06 |
| | 4 | .085 | 6.280 | .00 | .28 | .95 | .66 |

a. Dependent Variable: NSO_pop0_60up53

จากการตรวจสอบที่ได้กล่าวมาข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า ตัวแปรที่จะนำเข้าไปพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง ประกอบด้วย ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน (ตัวแปร NLT_Med) พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (ตัวแปร resident_area) และพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพาณิชยกรรม (ตัวแปร area_commerce) ซึ่งเป็นการพัฒนาตัวแปรจากข้อมูลปีฐาน พ.ศ. 2553

จากนั้นจึงทำการประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก หรือ Principal Component Analysis (PCA) เพื่อหาส่วนประกอบหลักของแต่ละตัวแปรที่นำเข้ามาคำนวณ ซึ่งสามารถสรุปผลที่ได้จากการคำนวณ ดังนี้

```
---

PCA method: svd

Standard deviation:
1.479068 0.779549 0.452396

Proportion of variance:
0.729214 0.202565 0.068221

Cumulative proportion:
0.729214 0.931779 1.000000

Kaiser criterion: 1.000000

95% threshold criterion: 2.000000

Eigenvalues:
 2.18764
0.607696
0.204663

Variable Loadings:
                    PC1       PC2       PC3
nlt_med        0.520458 -0.800392 -0.297482
area_commerce  0.575539   0.58618 -0.570218
resident_area  0.630776  0.125562  0.765739


Squared correlations:
                      PC1           PC2          PC3
nlt_med          0.592582      0.389307    0.0181117
area_commerce    0.724646      0.208808    0.0665456
resident_area    0.870414    0.00958087     0.120005
```

จากผลการคำนวณข้างต้น สรุปได้ว่า PC1 เป็นส่วนประกอบหลักที่ถูกเลือก เพื่อนำไปเป็นตัวแทนของดัชนีความเป็นเมือง หรือ Urban index ที่สามารถดึงส่วนประกอบหลักจากแต่ละตัวแปร (ข้อมูลค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน (ตัวแปร NLT_Med) พื้นที่ของการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (ตัวแปร resident_area) และพื้นที่ของการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพาณิชยกรรม (ตัวแปร area_commerce) ได้ครอบคลุมถึงร้อยละ 72.92 รายละเอียดดังตาราง 19

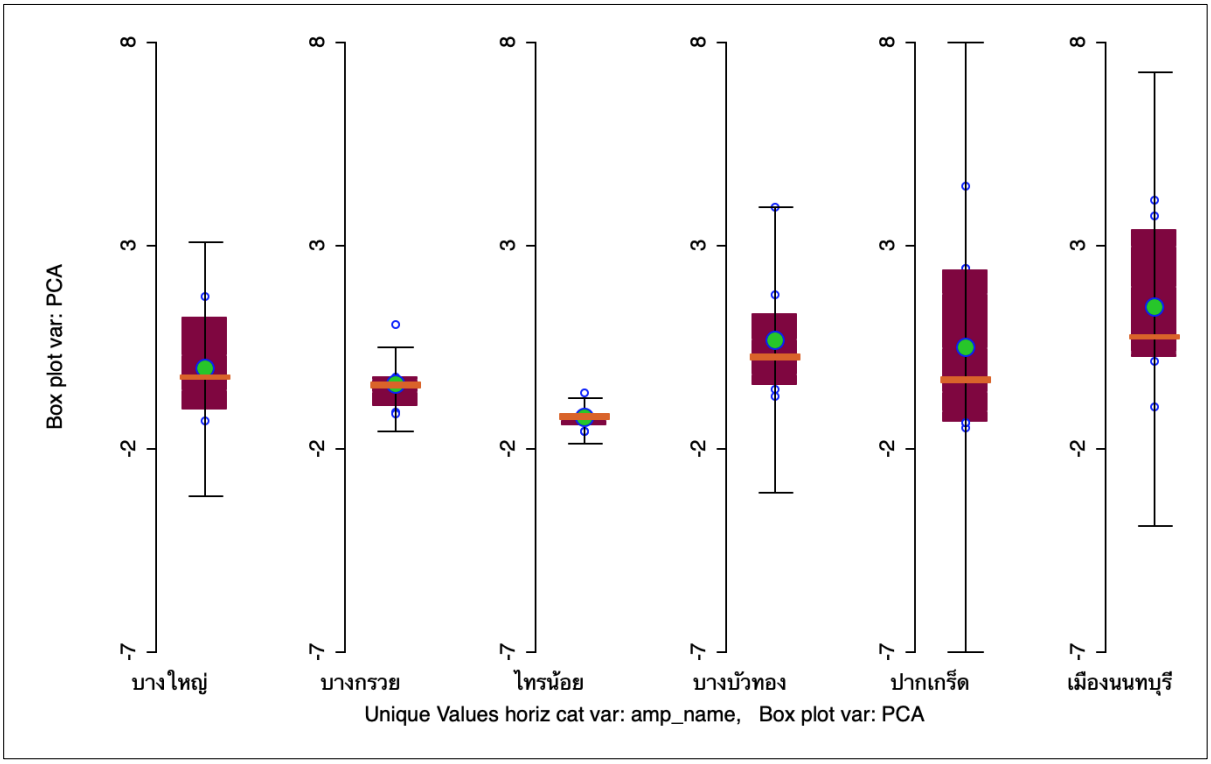
**ตาราง 19** ค่าการวิเคราะห์น้ำหนักองค์ประกอบและความแปรปรวนของข้อมูล

| ตัวแปรที่ใช้ในการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง | URBAN INDEX |
|---|---|
| ค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน | 0.592 |
| พื้นที่ของการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพาณิชยกรรม (หน่วย ตร.กม.) | 0.724 |
| พื้นที่ของการใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย (หน่วย ตร.กม.) | 0.870 |
| EIGENVALUES | 2.187 |
| OF VARIANCE EXPLAINED | 72.92 |

จากการวิเคราะห์การวิเคราะห์ส่วนประกอบหลักของตัวแปรที่ใช้พัฒนาดัชนีวัดความเป็นเมือง จำนวน 3 ตัวแปร เห็นได้ว่าดัชนีวัดความเป็นเมือง (Urban index) สามารถอธิบายความแปรปรวนของกลุ่มตัวแปรได้ร้อยละ 72.92 โดยทุกตัวแปรมีค่าน้ำหนักองค์ประกอบของตัวแปร (Variable loading) เป็นบวก ซึ่งหมายความว่าตัวแปรทุกตัวสามารถอธิบายความเป็นเมืองไปในทิศทางเดียวกัน

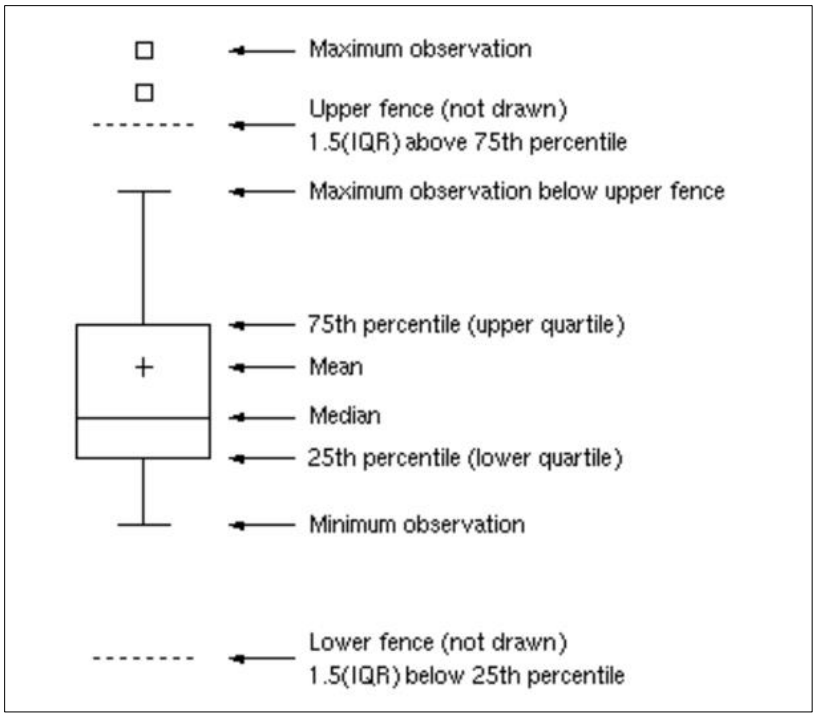
ผลที่ได้เมื่อพิจารณาดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จากค่าคะแนนเฉลี่ย (Mean) รายอำเภอ พบว่า อำเภอเมืองมีค่าเฉลี่ยของความเป็นเมืองสูงที่สุด (Average) ในขณะที่อำเภอปากเกร็ด มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (STDDEV = $\frac{3}{4} * IQR,\ IQR = Q3 - Q1$) ของความเป็นเมืองสูงสุด โดยตำบลส่วนใหญ่ในอำเภอนี้จะมีค่าความเป็นเมืองต่ำกว่าค่าเฉลี่ย กรณีของอำเภอเมืองนนทบุรี พบว่า พื้นที่ที่มีค่าความเป็นเมืองสูงที่สุด คือ ตำบลบางกระสอ รองลงมา คือ ตำบลท่าทราย และตำบลตลาดขวัญ ตามลำดับ

ซึ่งในทางกลับกันอำเภอไทรน้อยเป็นอำเภอที่มีค่าความเป็นเมืองเฉลี่ยต่ำที่สุด โดยเฉพาะตำบลทวีวัฒนา และตำบลขุนศรี รายละเอียดดังภาพ 8 และ 10 รวมถึงตาราง 20




**ภาพ 8** การกระจายตัวของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553

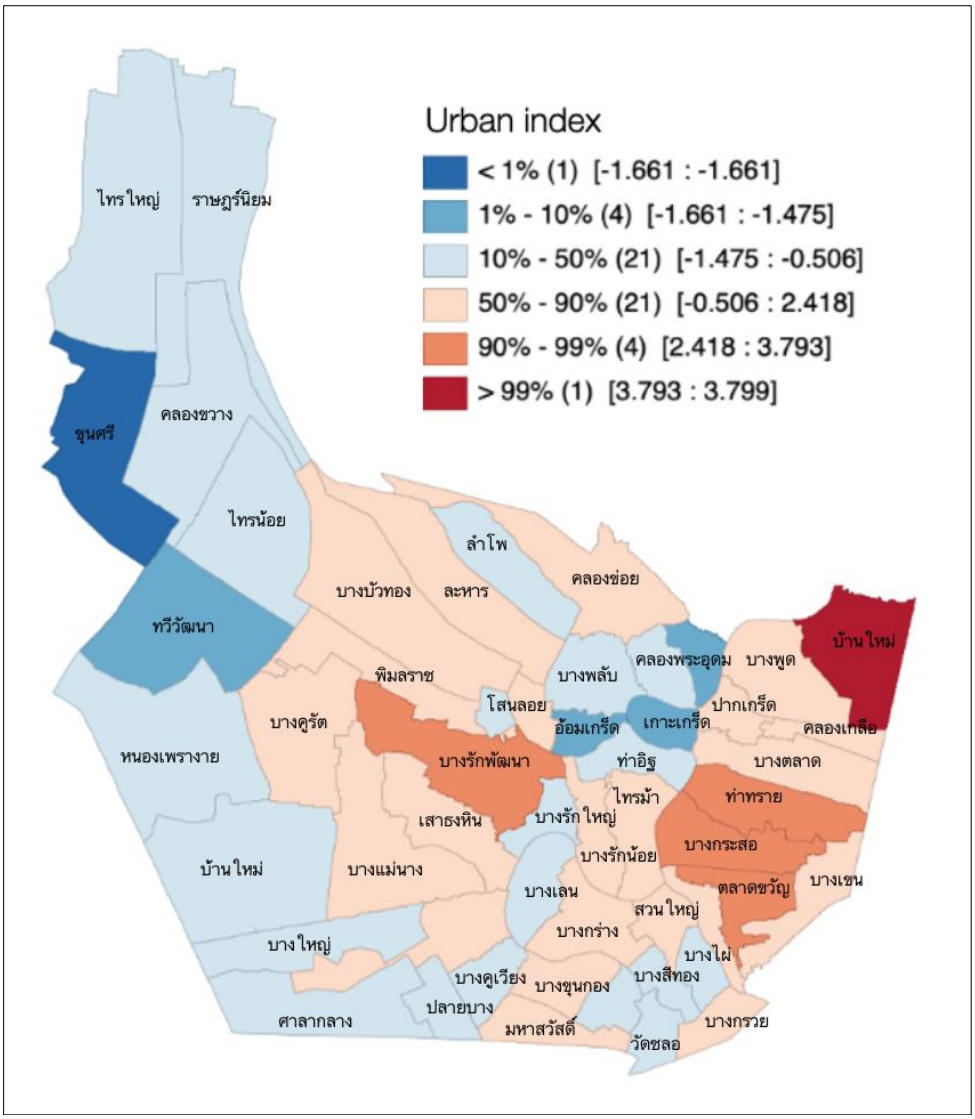
ทั้งนี้ได้อ้างอิงวิธีอ่านค่า Box plot (Rick Wicklin, 2019) ดังภาพ 9




**ภาพ 9** วิธีการอ่านค่า Box plot

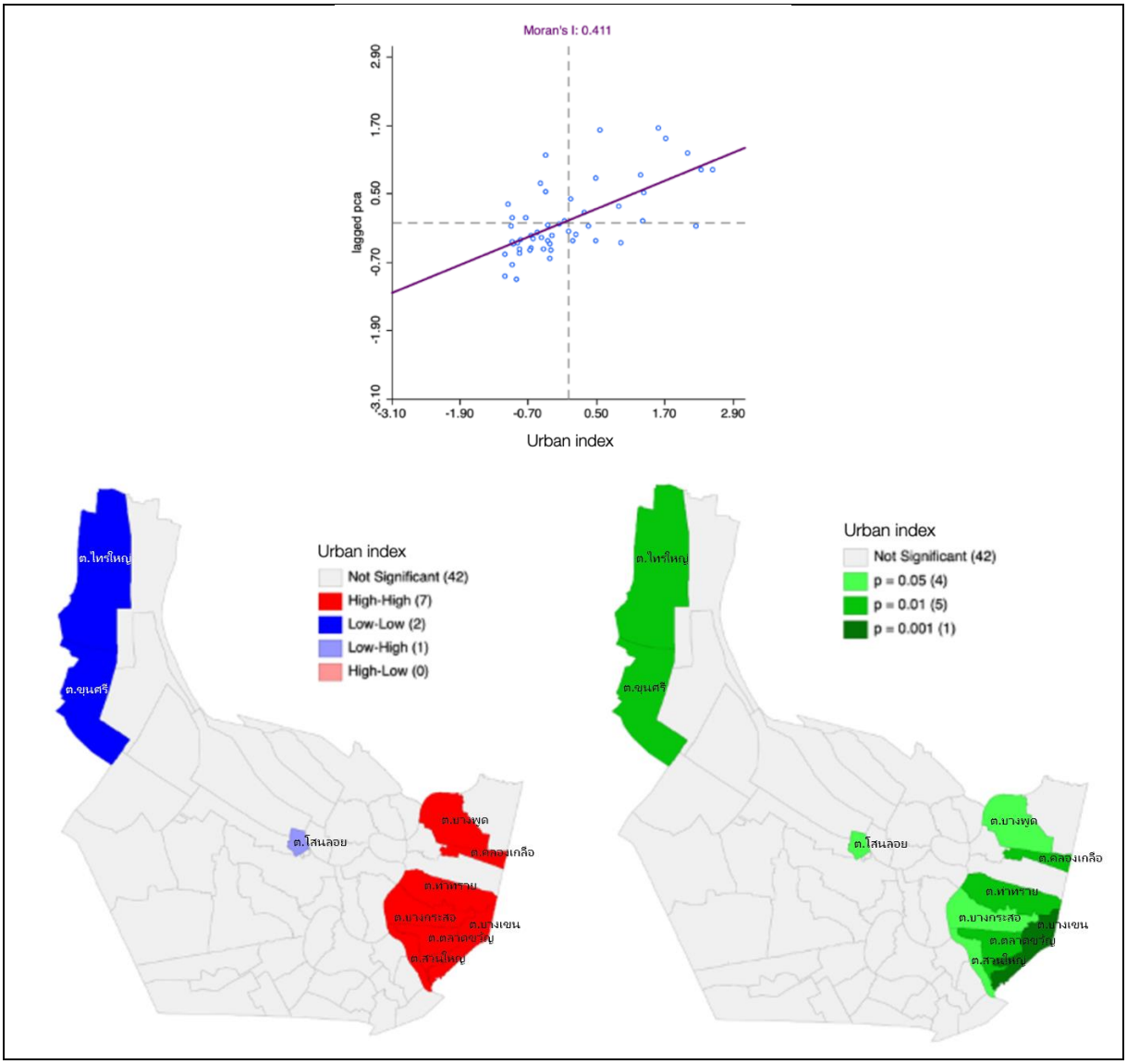
**ตาราง 20** สถิติเชิงบรรยายค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553

| อำเภอ | จำนวนตำบล | MIN | MAX | AVERAGE | STANDARD DEVIATION |
|---|---|---|---|---|---|
| ไทรน้อย | 7 | -1.6611 | -0.7955 | -1.3656 | 0.2922 |
| บางกรวย | 9 | -1.2647 | 0.7391 | -0.6170 | 0.5963 |
| บางบัวทอง | 8 | -0.9042 | 3.3591 | 0.3763 | 1.4189 |
| บางใหญ่ | 6 | -1.4329 | 1.3313 | -0.2673 | 1.0004 |
| ปากเกร็ด | 12 | -1.5844 | 3.7990 | 0.2000 | 1.8271 |
| เมืองนนทบุรี | 10 | -1.1036 | 3.5016 | 1.1306 | 1.6082 |




**ภาพ 10** ค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553

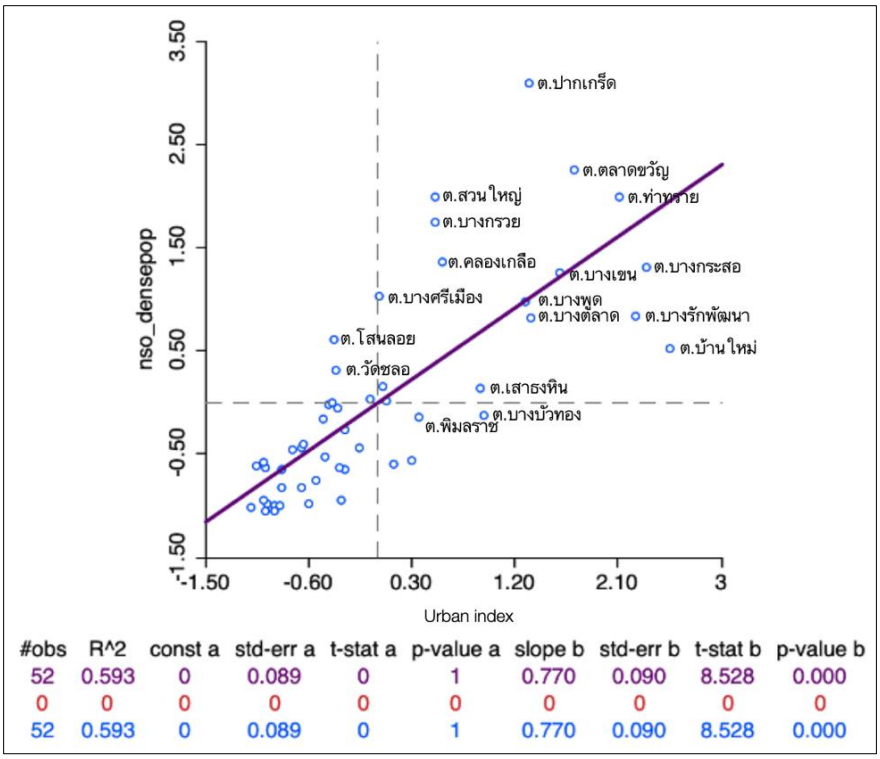
เมื่อพิจารณาดัชนีความเป็นเมืองในเรื่องความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ พบว่า ความเป็นเมืองมีการเกาะกลุ่มกันด้วยค่า Univariate Local Moran's I = 0.411 ซึ่งถือว่ามีการเกาะกลุ่มกันค่อนข้างสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งอำเภอเมืองนนทบุรี และอำเภอปากเกร็ด ดังภาพ 11




**ภาพ 11** ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความเป็นเมือง จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553

ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าดัชนีความเป็นเมือง (แกน X) ร่วมกับความหนาแน่นของประชากร (แกน Y) พบว่า พื้นที่ที่มีความเป็นเมืองและความหนาแน่นของประชากรสูง ประกอบด้วยอำเภอเมืองนนทบุรี จำนวน 5 ตำบล ได้แก่ ตำบลบางกระสอ ตำบลท่าทราย ตำบลบางเขน ตำบลสวนใหญ่ และตำบลตลาดขวัญ อำเภอปากเกร็ด จำนวน 2 ตำบล ได้แก่ ตำบลคลองเกลือ และตำบลบางพูด อำเภอบางบัวทอง มี 1 ตำบล คือ ตำบลโสนลอย อำเภอไทรน้อย มี 2 ตำบล คือ ตำบลไทรใหญ่ และตำบลขุนศรี รวมทั้งสิ้น 10 ตำบล

ในขณะที่ตำบลขุนศรี ตำบลไทรใหญ่ เป็นพื้นที่ที่มีความเป็นเมืองและความหนาแน่นของประชากรต่อพื้นที่ต่ำที่สุดเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่นในจังหวัด ดังภาพ 12




| #obs | R^2 | const a | std-err a | t-stat a | p-value a | slope b | std-err b | t-stat b | p-value b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 0.593 | 0 | 0.089 | 0 | 1 | 0.770 | 0.090 | 8.528 | 0.000 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0.593 | 0 | 0.089 | 0 | 1 | 0.770 | 0.090 | 8.528 | 0.000 |

**ภาพ 12** ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความเป็นเมือง และความหนาแน่นประชากรจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2553

### 4.2.3 ผลการกำหนดตัวแปรและประเภทของแบบจำลอง

จากผลที่ได้จาก ข้อที่ 4.2.1 และ 4.2.2 ทำให้สรุปได้ว่า Spatial Error จะเป็นแบบจำลองที่นำมาใช้ในการคาดประมาณจำนวนประชากร จังหวัดนนทบุรี ซึ่งจะมีรูปแบบสมการ ดังนี้

$Y$ (ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่รายตำบล) = *Spatial error* $(X_1, X_2, ..., X_n, X_{urban\ index})$

กำหนดให้

$Y$ คือ ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่รายตำบล (สำนักงานสถิติแห่งชาติ)

$X_1$ คือ ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่จากงานทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศ (กรมการปกครอง)

$X_2$ คือ ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของสถานประกอบการ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า)

$X_3$ คือ ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของความยาวถนน

$X_{urban\ index}$ คือ ดัชนีความเป็นเมือง

ทั้งนี้ ค่า $Y_{\text{(ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่รายตำบล)}}$ ซึ่งเป็นผลที่ได้จากแบบจำลอง จะถูกนำไปคำนวณหาจำนวนประชากรรายตำบล โดยวิธี

จำนวนประชากรรายตำบล $(\text{คน}) = Y_{\text{(ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่รายตำบล)}}$ x ขนาดพื้นที่รายตำบล (ตร.กม.)

### 4.2.4 ผลการพัฒนาแบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากร

อ้างอิงสมการในข้อ 4.2.3 โดยกำหนดให้ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ) เป็นตัวแปรตาม โดยมีความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่จากงานทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศ (กรมการปกครอง) ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของสถานประกอบการ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า) ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของความยาวถนน (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม) และดัชนีความเป็นเมือง เป็นตัวแปรอิสระ โดยได้จัดเตรียมและนำเข้าข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะ ปี พ.ศ. 2553 รวมถึงข้อมูลที่เกี่ยวข้อง

จากนั้นทำการตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF เพื่อไม่ให้เกิดความสัมพันธ์กันเองระหว่างตัวแปรอิสระ รายละเอียดดังตาราง 21

**ตาราง 21** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | -30.782 | 259.399 | | -.119 | .906 | | |
| | Dop_DensePop | .505 | .041 | .640 | 12.387 | .000 | .352 | 2.839 |
| | DBD_dense | 20.199 | 4.824 | .284 | 4.187 | .000 | .204 | 4.904 |
| | Dens_road | .011 | .011 | .100 | 1.039 | .304 | .103 | 9.751 |
| | Urban index | 47.294 | 140.354 | .040 | .337 | .738 | .068 | 14.654 |

a. Dependent Variable: NSO_DensePop

**Collinearity Diagnostics[a]**

| Model | Dimension | Eigenvalue | Condition Index | Variance Proportions | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Constant) | Dop_DensePop | DBD_dense | Dens_road | PCA |
| 1 | 1 | 3.639 | 1.000 | .00 | .01 | .01 | .00 | .00 |
| | 2 | 1.017 | 1.892 | .01 | .00 | .00 | .00 | .04 |
| | 3 | .233 | 3.952 | .03 | .21 | .06 | .07 | .00 |
| | 4 | .094 | 6.208 | .01 | .72 | .44 | .03 | .01 |
| | 5 | .016 | 14.880 | .95 | .06 | .49 | .90 | .94 |

a. Dependent Variable: NSO_DensePop

ผลจากการตรวจสอบ Multicollinearity ข้างต้น พบว่าความหนาแน่นต่อพื้นที่ของความยาวถนน (dens_road) กับดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) มีความสัมพันธ์กันค่อนข้างสูง และไม่ผ่านเกณฑ์ VIF < 5 ดังนั้น จึงเลือกตัดตัวแปรความหนาแน่นต่อพื้นที่ของความยาวถนน (dens_road) ออก สาเหตุที่เลือกตัดตัวแปรนี้ออก เนื่องจากเป็นตัวแปรที่ไม่มีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ซึ่งได้กำหนดไว้ตามวัตถุประสงค์ของโครงการที่ต้องการให้เกิดการคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง

ดังนั้น จึงสามารถสรุปได้ว่า ตัวแปรอิสระที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง ซึ่งผ่านเงื่อนไขของการตรวจสอบ Multicollinearity ประกอบด้วยความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่จากงานทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศ (กรมการปกครอง) ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของสถานประกอบการ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า) ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของความยาวถนน (กระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม) และดัชนีความเป็นเมือง ดังตาราง 22

**ตาราง 22** การตรวจสอบ Multicollinearity ด้วย VIF

**Coefficients[a]**

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | 210.457 | 115.738 | | 1.818 | .075 | | |
| | Dop_DensePop | .515 | .040 | .652 | 12.905 | .000 | .369 | 2.707 |
| | DBD_dense | 17.748 | 4.212 | .250 | 4.214 | .000 | .268 | 3.731 |
| | Urban index | 180.325 | 57.529 | .151 | 3.134 | .003 | .407 | 2.458 |

a. Dependent Variable: NSO_DensePop

**Collinearity Diagnostics[a]**

| Model | Dimension | Eigenvalue | Condition Index | Variance Proportions | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Constant) | Dop_DenseP op | DBD_dense | PCA |
| 1 | 1 | 2.787 | 1.000 | .02 | .02 | .01 | .01 |
| | 2 | 1.001 | 1.669 | .06 | .00 | .00 | .29 |
| | 3 | .136 | 4.528 | .61 | .59 | .00 | .39 |
| | 4 | .076 | 6.066 | .31 | .39 | .99 | .30 |

a. Dependent Variable: NSO_DensePop

จากนั้นทำการพัฒนาแบบจำลอง ด้วยตัวแปรที่เลือกทั้งหมด ด้วย Spatial error ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

```
Report SPATIAL ERROR MODEL
REGRESSION
----------
SUMMARY OF OUTPUT: SPATIAL ERROR MODEL - MAXIMUM LIKELIHOOD ESTIMATION
Data set            :
53_nont_v2__53_nonthaburi_v1__53_nonthaburi__pca_urban_3var_area_2553__pca_urban_3v
ariables_2553__tambon_copy_v_join1_only_nonthaburi_2553__tambon_copy_v_join1_only_n
onthaburi
Spatial Weight      : 53_nonthaburi_v2
Dependent Variable  :nso_densepop  Number of Observations:   52
Mean dependent var  : 2014.712706  Number of Variables   :    4
S.D. dependent var  : 1767.469906  Degrees of Freedom    :   48
Lag coeff. (Lambda) :   -0.155839

R-squared           :    0.955389  R-squared (BUSE)      : -
Sq. Correlation     : -            Log likelihood        : -381.873362
Sigma-square        :      139363  Akaike info criterion :     771.747
S.E of regression   :     373.313  Schwarz criterion     :     779.552

------------------------------------------------------------------------------
       Variable       Coefficient     Std.Error       z-value    Probability
------------------------------------------------------------------------------
          CONSTANT       199.295        104.537        1.90646     0.05659
         dbd_dense       18.5248        3.94814        4.69203     0.00000
      dop_densepop      0.508663      0.0369053        13.7829     0.00000
        urban index       178.374         54.486        3.27375     0.00106
             LAMBDA     -0.155839       0.222733      -0.699666     0.48414
------------------------------------------------------------------------------

REGRESSION DIAGNOSTICS
DIAGNOSTICS FOR HETEROSKEDASTICITY
RANDOM COEFFICIENTS
TEST                                    DF      VALUE        PROB
Breusch-Pagan test                      3        21.0668     0.00010

DIAGNOSTICS FOR SPATIAL DEPENDENCE
SPATIAL ERROR DEPENDENCE FOR WEIGHT MATRIX : 53_nonthaburi_v2
TEST                                    DF      VALUE        PROB
Likelihood Ratio Test                   1         0.5079     0.47604
============================== END OF REPORT ================================
```

**ตาราง 23** สรุปตัวแปรจากตัวแบบและผลที่ได้จากการพัฒนาแบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากร

| ตัวแปรตาม | ตัวแปรอิสระ | $R^2$ | Log likelihood |
|---|---|---|---|
| nso_denpop | Dbd_dense, dopa_densepop, Urban index | 0.955389 | -381.87 |

โดยสรุป พบว่าตัวแบบ Spatial error ที่ประกอบด้วยตัวแปรอิสระ 3 ตัว (ความหนาแน่นประชากรจากงานทะเบียนจำแนกตามอายุและเพศต่อพื้นที่ (กรมการปกครอง) ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของสถานประกอบการ (กรมพัฒนาธุรกิจการค้า) และดัชนีความเป็นเมือง (Urban index)) มีความสัมพันธ์กับตัวแปรตาม (ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ (สำนักงานสถิติแห่งชาติ)) ในระดับที่สูงอย่างมีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยสามารถร่วมกันอธิบายความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ได้ร้อยละ 95.53 ($R^2$) และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการประมาณเท่ากับ 373.31

เมื่อพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวแบบ พบว่าค่า Constant มีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.056 โดยตัวแปรอิสระทุกตัวสามารถนำไปพยากรณ์หรือทำนายความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ได้ สำหรับค่า LAMBDA ซึ่งแสดงในสมการ Spatial error พบว่า ค่าดังกล่าว (0.48414) ไม่มีนัยสำคัญเชิงสถิติที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ตัวแบบที่พัฒนาขึ้นสามารถจัดการปัญหาเรื่องของ Spatial dependence ได้ครอบคลุมทั้งหมด ยืนยันด้วยการทดสอบค่า Spatial autoregressive coefficient (Lag coeff. (Lambda)) และค่า Likelihood Ratio Test ทั้งนี้สามารถสรุปแบบจำลอง ได้ดังนี้

ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ (คนต่อ ตร. กม. )
$= 199.295 + (18.5248)$ ความหนาแน่นต่อพื้นที่ของสถานประกอบการ
$+ \ (0.508663)$ ความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ (อ้างอิงกรมการปกครอง)
$+ (178.374)$ ค่าดัชนีความเป็นเมือง $- 0.155839$

### 4.2.5 ผลการคาดประมาณจำนวนประชากรจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

จากแบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น ในหัวข้อ 4.2.4 (ผลการพัฒนาแบบจำลองการคาดประมาณจำนวนประชากร) จึงได้นำแบบจำลองดังกล่าวมาคาดประมาณจำนวนประชากรของจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 โดยได้ทำการจัดเตรียมและนำเข้าข้อมูลตามตัวแปร ที่ได้กำหนดไว้ตามสมการ

ในเบื้องต้นได้ทำการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) ปี พ.ศ. 2565 ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) ซึ่งพิจารณาจาก 3 ตัวแปร ประกอบด้วย ค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพักอาศัย และพื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารเพื่อพาณิชยกรรม ซึ่งมีลักษณะของข้อมูลดังตาราง 24 และทำการตรวจสอบ Multicollinearity ของตัวแปรร่วม โดยมีผลสรุปค่า VIF ดังตาราง 25

**ตาราง 24** ค่าสถิติเชิงบรรยายและค่าสหสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับความเป็นเมือง พ.ศ. 2565

**Descriptive Statistics**

| | N | Minimum | Maximum | Mean | Std. Deviation |
|---|---|---|---|---|---|
| NSO_POP | 52 | 758 | 58576 | 12382.02 | 13170.348 |
| NLT_Med | 52 | 2.224999905 | 30.36999893 | 17.26701934 | 8.294497715 |
| area_resident | 52 | .1972314450 | 3.289480066 | 1.079287887 | .7134393937 |
| area_commerce | 52 | .0099929820 | .6761810850 | .1496217686 | .1277904782 |
| Valid N (listwise) | 52 | | | | |

**Correlations**

| | | NSO_POP | NLT_Med | area_resident | area_commerce |
|---|---|---|---|---|---|
| NSO_POP | Pearson Correlation | 1 | .468** | .777** | .524** |
| | Sig. (2-tailed) | | .000 | .000 | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 |
| NLT_Med | Pearson Correlation | .468** | 1 | .263 | .282* |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | | .059 | .043 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 |
| area_resident | Pearson Correlation | .777** | .263 | 1 | .562** |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .059 | | .000 |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 |
| area_commerce | Pearson Correlation | .524** | .282* | .562** | 1 |
| | Sig. (2-tailed) | .000 | .043 | .000 | |
| | N | 52 | 52 | 52 | 52 |

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**ตาราง 25** ผลการทดสอบ Multicollinearity ด้วย VIF

**Coefficients**[a]

| Model | | Unstandardized Coefficients | | Standardized Coefficients | | | Collinearity Statistics | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | B | Std. Error | Beta | t | Sig. | Tolerance | VIF |
| 1 | (Constant) | -9461.668 | 2695.066 | | -3.511 | .001 | | |
| | NLT_Med | 433.209 | 135.861 | .273 | 3.189 | .003 | .904 | 1.106 |
| | area_resident | 12247.334 | 1831.907 | .663 | 6.686 | .000 | .672 | 1.487 |
| | area_commerce | 7653.067 | 10284.094 | .074 | .744 | .460 | .665 | 1.504 |

a. Dependent Variable: NSO_POP

**Collinearity Diagnostics**[a]

| Model | Dimension | Eigenvalue | Condition Index | Variance Proportions | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | (Constant) | NLT_Med | area_resident | area_commerce |
| 1 | 1 | 3.464 | 1.000 | .01 | .01 | .01 | .02 |
| | 2 | .292 | 3.447 | .11 | .13 | .05 | .47 |
| | 3 | .151 | 4.795 | .00 | .11 | .86 | .47 |
| | 4 | .094 | 6.072 | .87 | .75 | .08 | .04 |

a. Dependent Variable: NSO_POP

จากตารางสรุปได้ว่า ตัวแปรทั้ง 3 ตัว สามารถนำไปพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง ด้วยการประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก หรือ Principal Component Analysis (PCA) เพื่อหาส่วนประกอบหลักของแต่ละตัวแปรที่นำมาใช้ และลดมิติของจำนวนตัวแปร โดยมีรายละเอียด ดังนี้

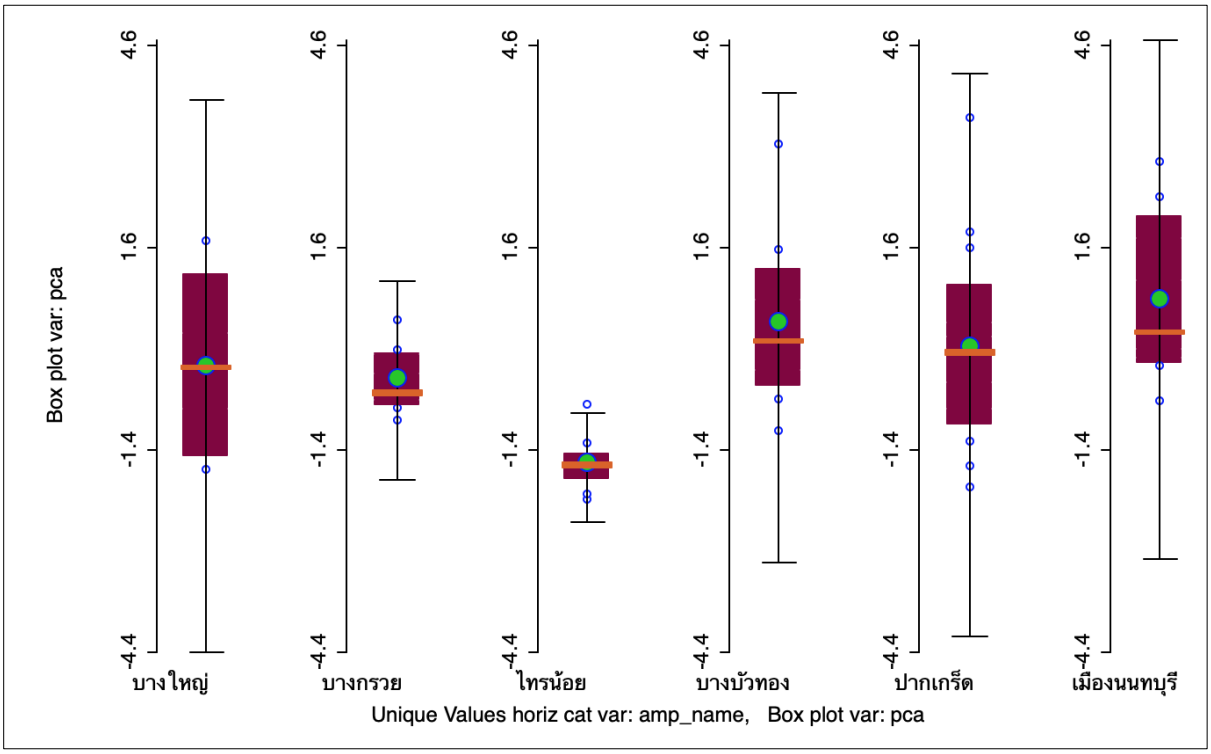
```
PCA method: svd

Standard deviation:
1.325880 0.896828 0.661621

Proportion of variance:
0.585986 0.268100 0.145914

Cumulative proportion:
0.585986 0.854086 1.000000

Kaiser criterion: 1.000000

95% threshold criterion: 2.000000

Eigenvalues:
 1.75796
  0.8043
0.437742

Variable Loadings:
                    PC1         PC2         PC3
nlt_med        0.453406    0.890769 -0.0308874
area_commerce  0.633467   -0.297672     0.71422
area_resident  0.627011   -0.343397   -0.699239


Squared correlations:
                      PC1          PC2           PC3
nlt_med          0.361395     0.638187   0.000417621
area_commerce    0.705435     0.071268      0.223297
area_resident    0.691128    0.0948443      0.214028
```

ดังนั้น จึงกำหนดให้ PC1 เป็นตัวแทนของค่าดัชนีความเป็นเมือง ปี พ.ศ. 2565 ซึ่งสามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ร้อยละ 58.59 ดังตาราง 26

**ตาราง 26** ค่าถ่วงปัจจัยและความแปรปรวนของข้อมูล

| ตัวแปรที่ใช้ในการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง | URBAN INDEX |
|---|---|
| ค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน | 0.361 |
| พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารที่เกี่ยวกับพาณิชยกรรม | 0.705 |
| พื้นที่การใช้ประโยชน์อาคารที่เกี่ยวกับที่พักอาศัย | 0.691 |
| EIGENVALUES | **1.757** |
| OF VARIANCE EXPLAINED | **58.59** |

เมื่อพิจารณาดัชนีความเป็นเมืองเฉลี่ยรายอำเภอ พบว่า อำเภอเมืองนนทบุรียังคงมีค่าเฉลี่ยของค่าดัชนีความเป็นเมืองมากที่สุด ที่ค่า 0.852 นับตั้งแต่ พ.ศ. 2553 รองลงมาคือ อำเภอบางบัวทอง อำเภอปากเกร็ด และอำเภอบางใหญ่ โดยแต่ละอำเภอมีค่าเฉลี่ยความเป็นเมืองเท่ากับ 0.522, 0.145 และ -0.141 ตามลำดับ ถ้าพิจารณาการกระจายตัวของความเป็นเมืองรายอำเภอพบว่า อำเภอบางใหญ่มีความหลากหลายของความเป็นเมืองของแต่ละตำบลมากที่สุด ดังภาพ 13 และตาราง 27

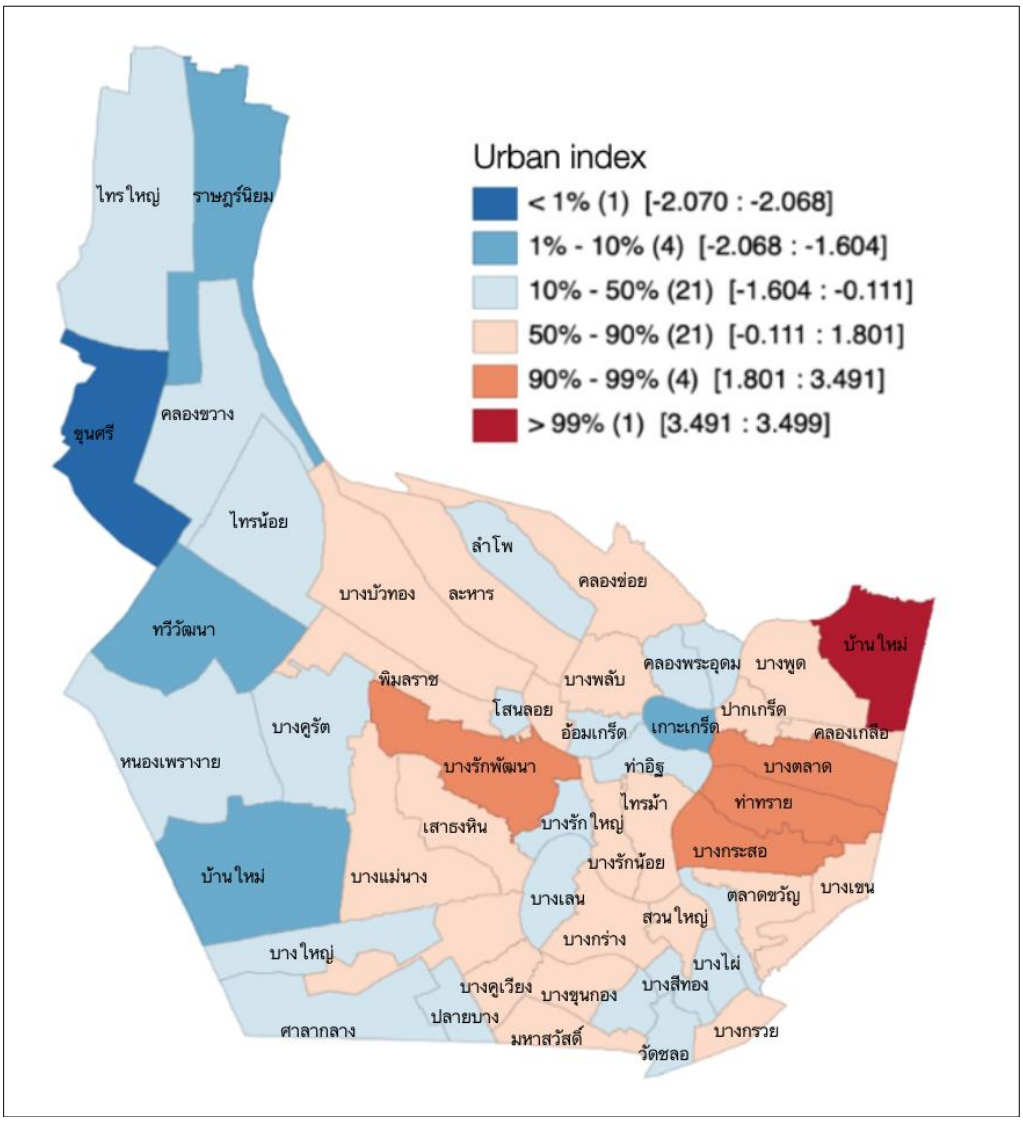



**ภาพ 13** การกระจายตัวของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

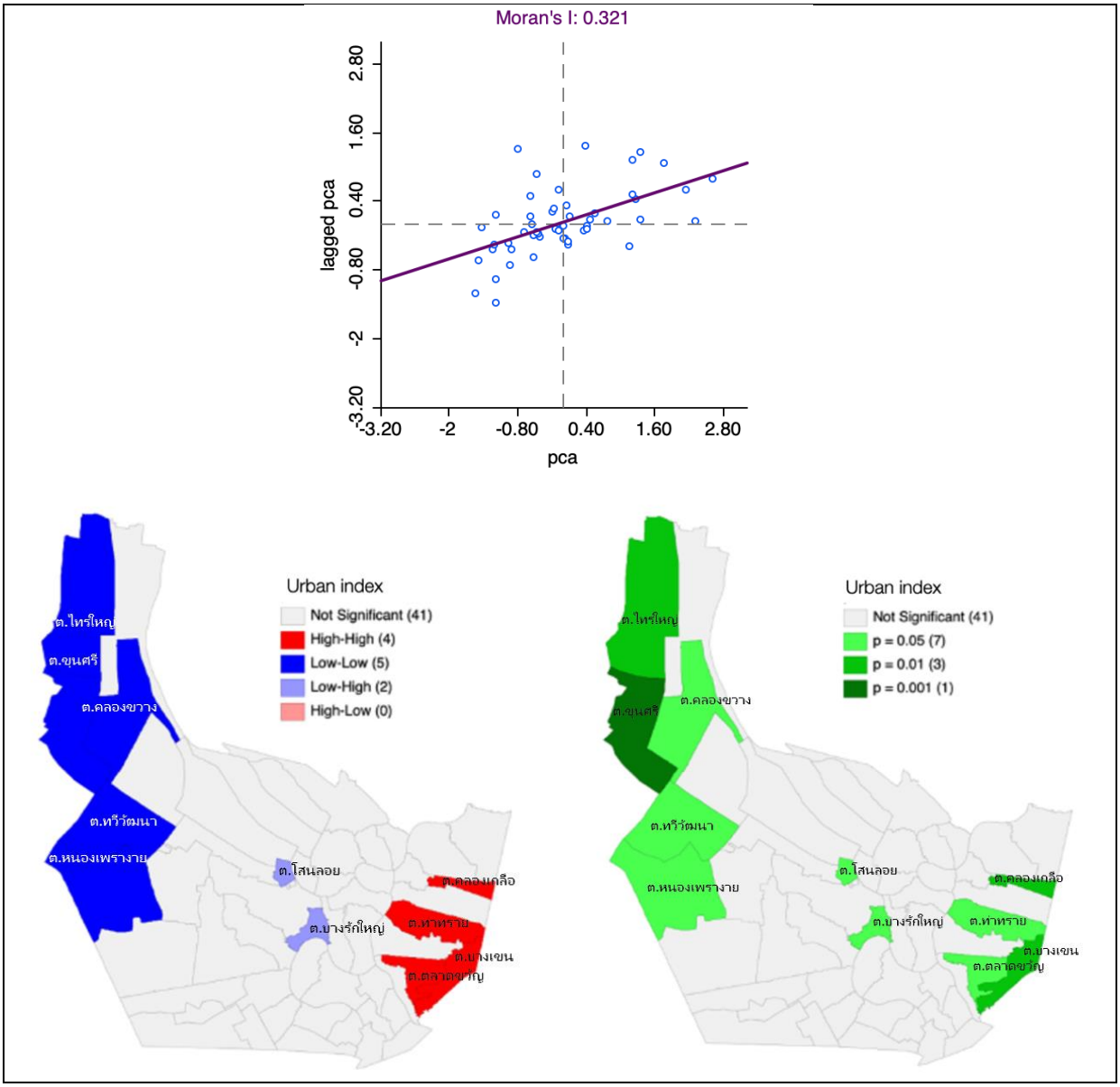
**ตาราง 27** สถิติเชิงบรรยายค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

| อำเภอ | N | MIN | MAX | AVERAGE | STDDEV |
|---|---|---|---|---|---|
| ไทรน้อย | 7 | -2.070 | -0.703 | -1.542 | 0.462 |
| บางกรวย | 9 | -0.925 | 0.553 | -0.311 | 0.498 |
| บางบัวทอง | 8 | -1.080 | 3.102 | 0.522 | 1.359 |
| บางใหญ่ | 6 | -1.644 | 1.695 | -0.141 | 1.242 |
| ปากเกร็ด | 12 | -1.902 | 3.499 | 0.145 | 1.572 |
| เมืองนนทบุรี | 10 | -0.634 | 2.855 | 0.852 | 1.202 |

เมื่อพิจารณาการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของดัชนีความเป็นเมือง พบว่า ดัชนีความเป็นเมืองมีการกระจายตัวในรูปแบบที่เกาะกลุ่ม วัดด้วยค่า Univariate Local Moran's I = 0.321 ซึ่งถือว่าค่อนข้างต่ำ โดยปรากฏการเกาะกลุ่มในอำเภอเมืองนนทบุรีและอำเภอปากเกร็ด ดังภาพ 14 และ 15

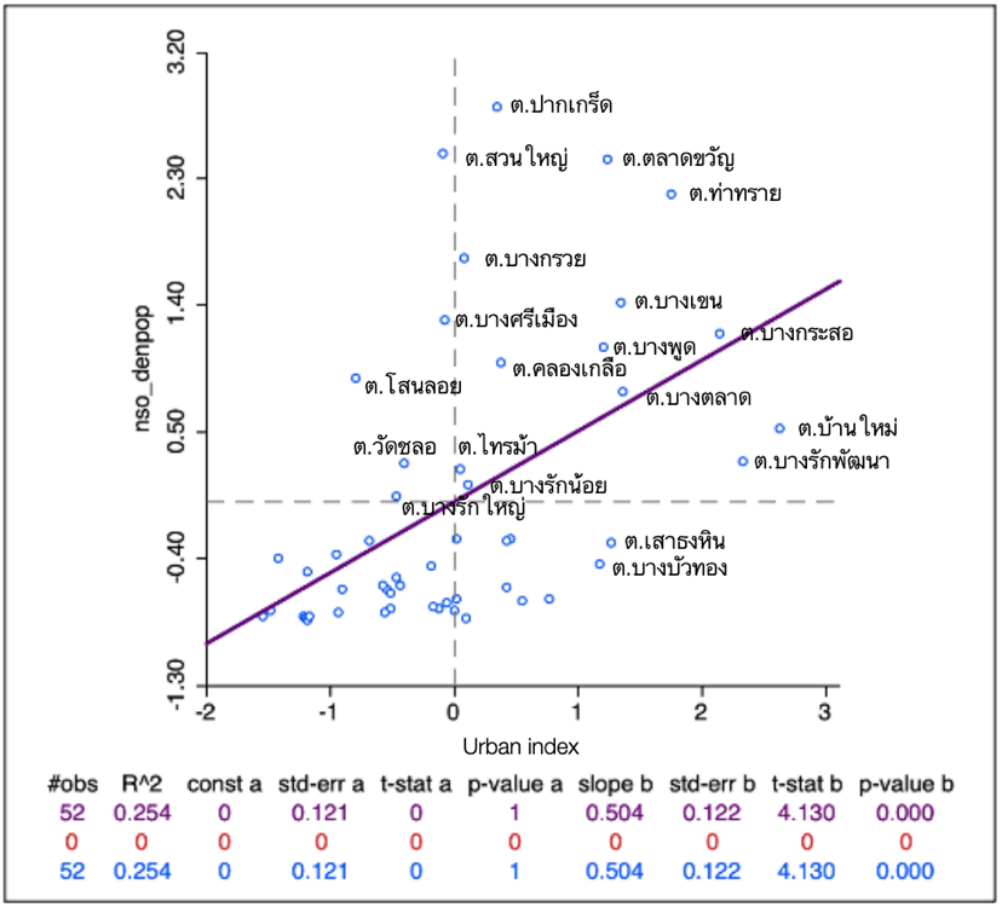



**ภาพ 14** ดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565



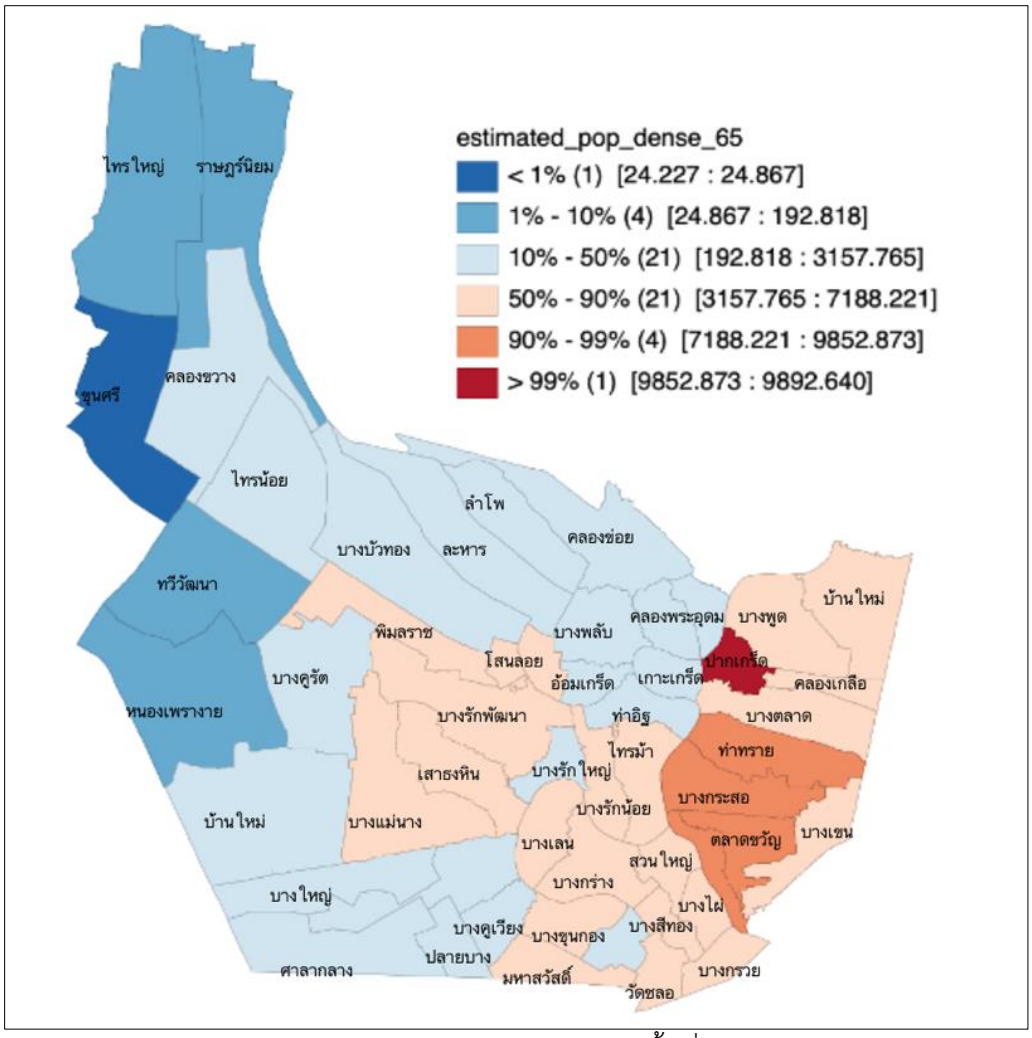

**ภาพ 15** ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

ถ้าพิจารณาถึงค่าดัชนีความเป็นเมืองร่วมกับความหนาแน่นของประชากรในแต่ละตำบล พบว่ามีจำนวน 11 ตำบลอยู่ในพื้นที่ที่มีค่าดัชนีความเป็นเมืองและความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ที่สูง ประกอบด้วย อำเภอไทรน้อย (ตำบลไทรใหญ่ ตำบลขุนศรี ตำบลคลองขวาง ตำบลทวีวัฒนา และตำบลหนองเพรางาย) อำเภอบางบัวทอง (ตำบลบางรักใหญ่ ตำบลโสนลอย) อำเภอปากเกร็ด (ตำบลคลองเกลือ) และอำเภอเมืองนนทบุรี (ตำบลท่าทราย ตำบลบางเขน และตำบลตลาดขวัญ) ดังภาพ 16




**ภาพ 16** ความสัมพันธ์ของค่าดัชนีความเป็นเมือง (Urban index) ร่วมกับความหนาแน่นของประชากรในแต่ละตำบล จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

ดังนั้น เมื่อนำตัวแปรทั้งหมดเข้าสู่แบบจำลองที่ได้พัฒนาขึ้น ดังที่ปรากฏในหัวข้อที่ 4.2.4 จะสามารถสรุปค่าคาดประมาณความหนาแน่นประชากรในพื้นที่จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2565 ได้ดังภาพ 17 โดยมีรายละเอียดจำนวนความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ ดังตาราง ค ในภาคผนวก

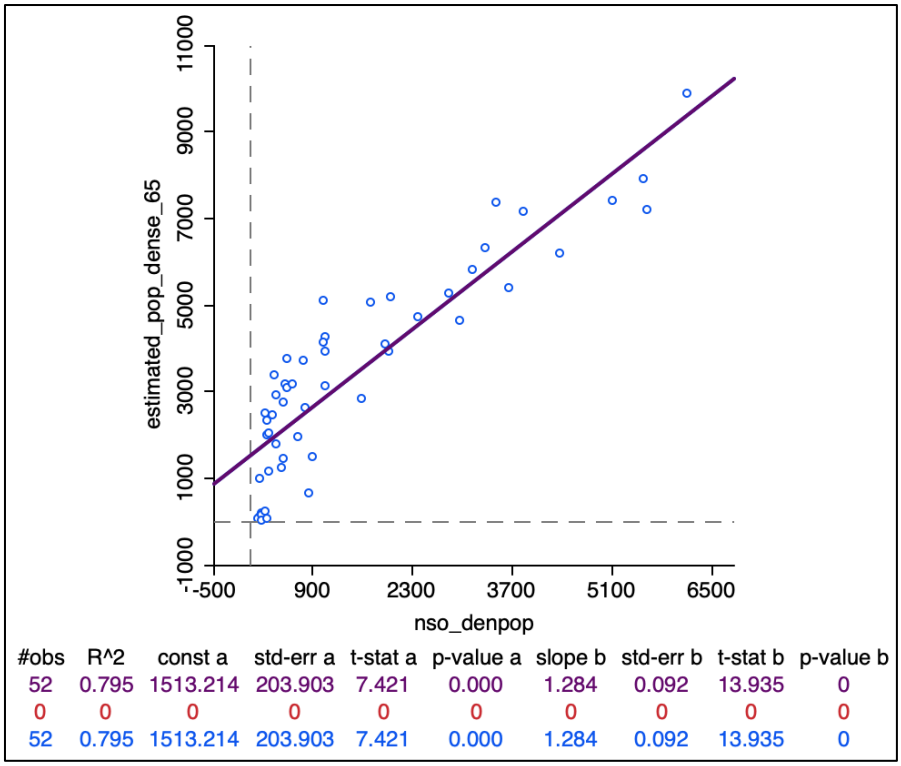



**ภาพ 17** ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณจากแบบจำลองเชิงพื้นที่ พ.ศ. 2565 (หน่วย คนต่อ ตร.กม.)

อย่างไรก็ตาม เมื่อนำค่าตัวเลขความหนาแน่นประชากรจากตัวแบบที่ได้จากการทำนาย (Predicted value) เทียบกับตัวเลขความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ ปี พ.ศ. 2565 (Actual value) พบว่ามีความสอดคล้องกันร้อยละ 79.50 ($R^2$) แสดงได้ดังภาพ 18 ทั้งนี้เมื่อพิจารณาการกระจายตัวของค่าดังกล่าว (Residual) ผ่านมุมมองของแผนที่ จะพบรายละเอียดดังภาพ 19

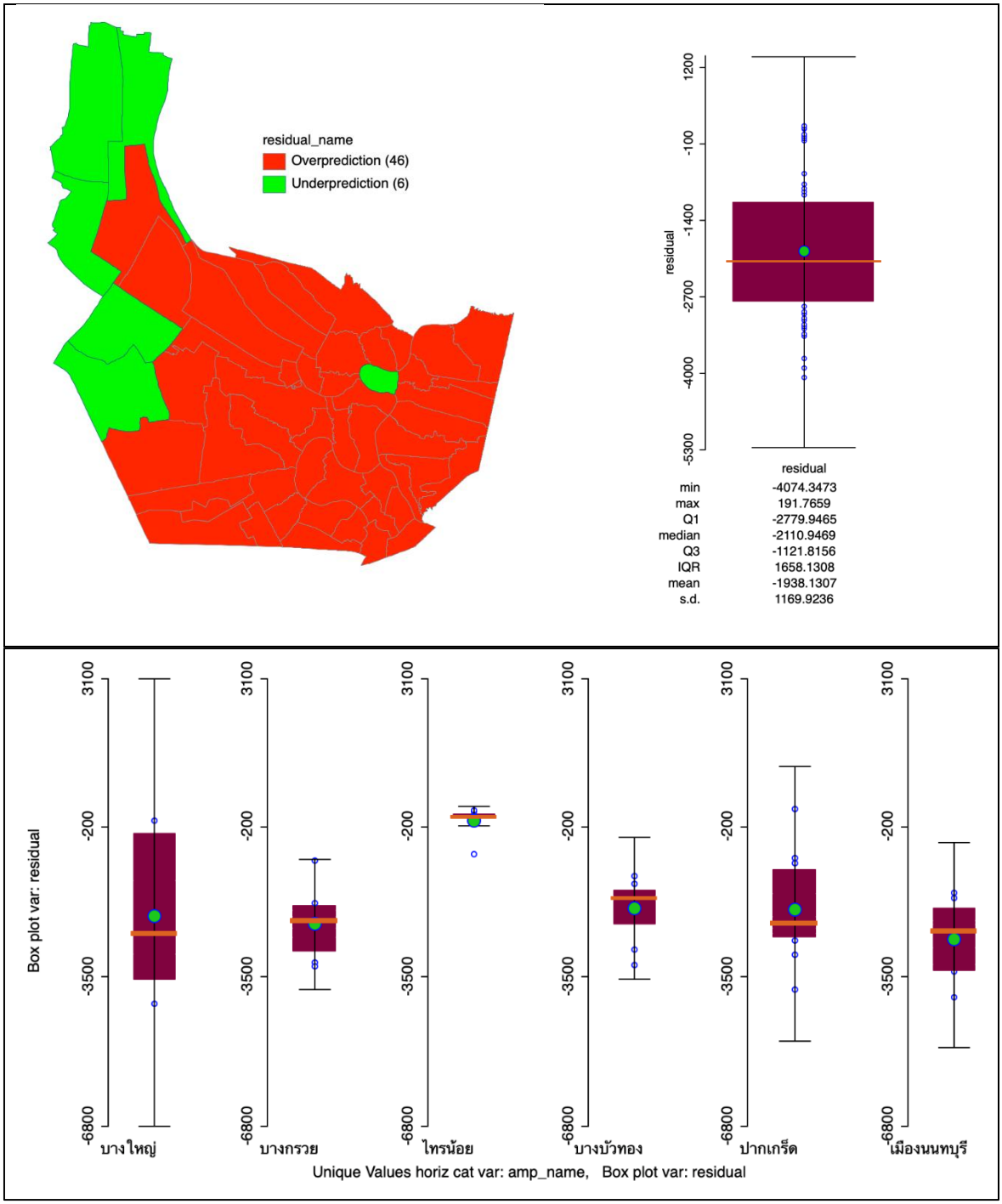
หมายเหตุ : $$residual\ (r_i) = actual\ y\ \ value\ (y_i) - predicted\ y\ value\ (\widehat{y_i})$$

ค่า Residual คำนวณได้จากค่าข้อมูลจริงที่จัดเก็บจากพื้นที่ลบด้วยค่าที่ได้จากการทำนาย โดยถ้ามีค่าเป็นลบ (Negative residual) เรียกว่า Overprediction แต่ถ้ามีค่าเป็นบวก (Positive residual) จะเรียกว่า Underprediction)




| #obs | R^2 | const a | std-err a | t-stat a | p-value a | slope b | std-err b | t-stat b | p-value b |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 52 | 0.795 | 1513.214 | 203.903 | 7.421 | 0.000 | 1.284 | 0.092 | 13.935 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 52 | 0.795 | 1513.214 | 203.903 | 7.421 | 0.000 | 1.284 | 0.092 | 13.935 | 0 |

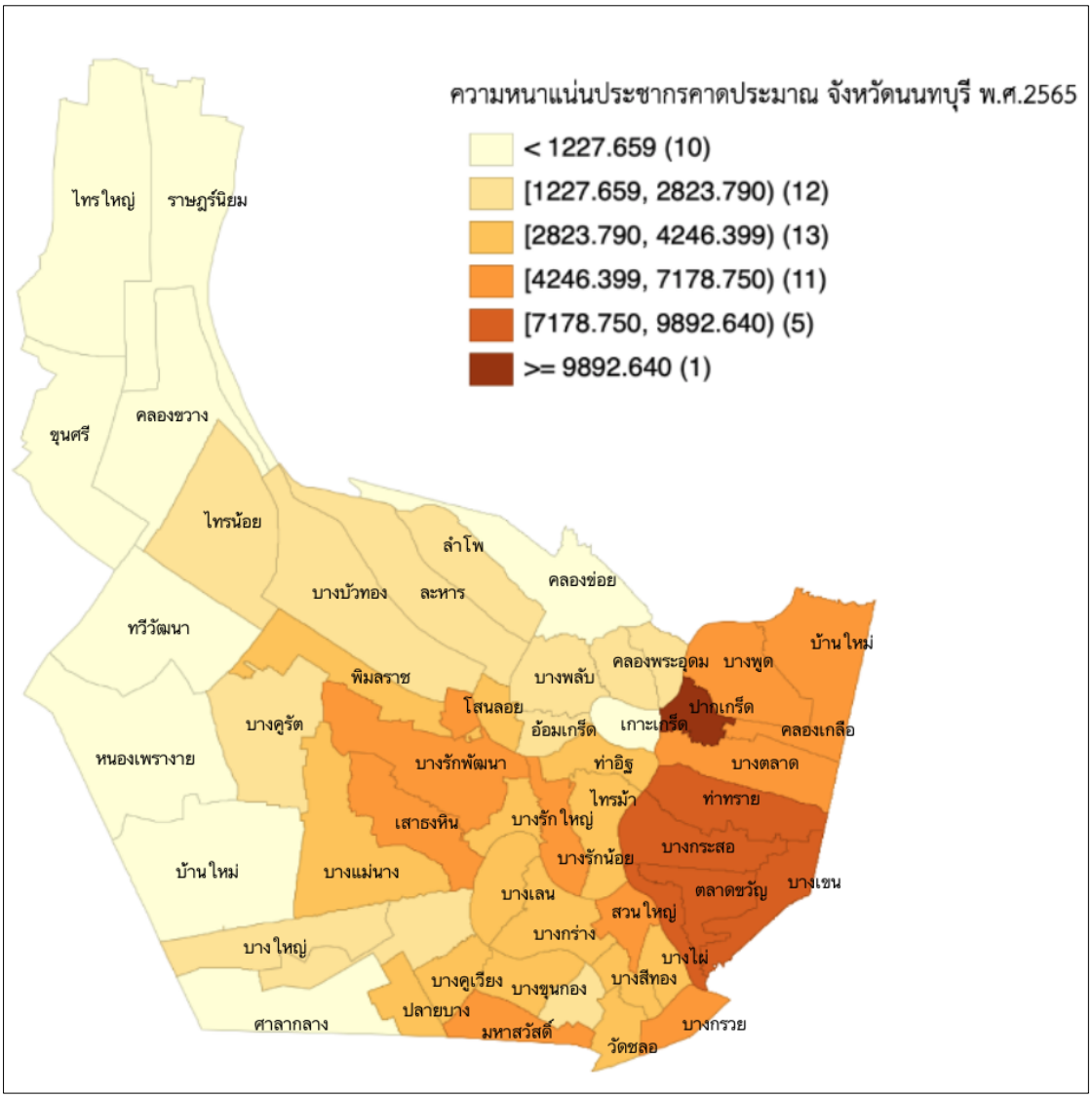
**ภาพ 18** ความสัมพันธ์ของค่าความหนาแน่นประชากรระหว่าง Predicted value $(\hat{y}_i)$ กับ Actual value $(y_i)$




**ภาพ 19** Residual map และ Box plot แสดงค่าความหนาแน่นประชากร พ.ศ. 2565

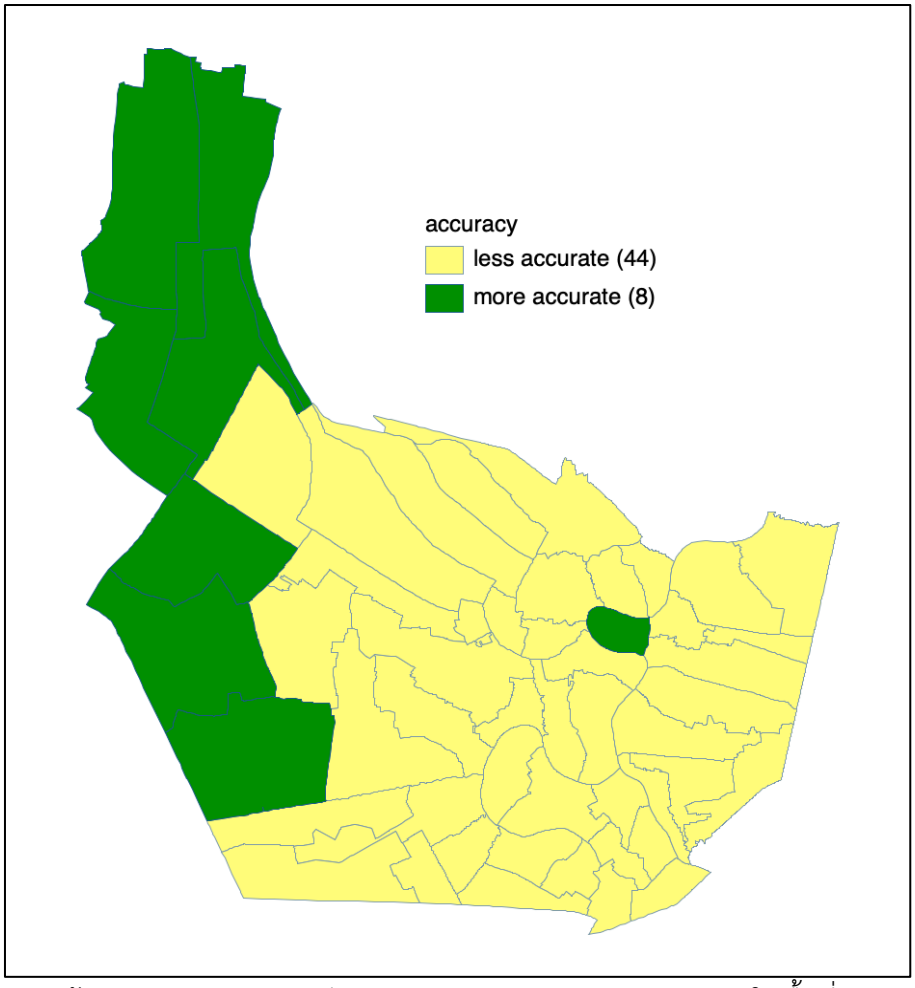
จาก Residual map ซึ่งแสดงค่าเฉลี่ย (Mean) เท่ากับ -1938.13 และค่ามัธยฐาน -2110.94 (Median) มีทิศทางที่เบ้ขวาถ้าพิจารณาจากเส้นโค้งความถี่ ด้วยสิ่งนี้ทำให้สรุปได้ว่าแบบจำลองมีการคำนวณค่าตัวเลขคาดประมาณที่สูงกว่าความเป็นจริง โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีค่าดัชนีความเป็นเมืองสูง โดยมีเพียง 6 ตำบลเท่านั้นที่ตัวเลขคาดประมาณต่ำกว่าความเป็นจริง (Underprediction : พื้นที่สีเขียว) ประกอบด้วย อำเภอไทรน้อย (ตำบลราษฎร์นิยม ตำบลไทรใหญ่ ตำบลหนองเพรางาน ตำบลขุนศรี ตำบลทวีวัฒนา และตำบลเกาะเกร็ด) โดยมี 46 ตำบลแสดงค่าตัวเลขคาดประมาณที่สูงกว่าความเป็นจริง (Overprediction : พื้นที่สีแดง)

ผลที่ได้จากการคาดประมาณด้วยแบบจำลอง สามารถนำเสนอในรูปแบบของแผนที่ความหนาแน่นประชากร ปี พ.ศ. 2565 ดังภาพ 20 ซึ่งพบว่า ตำบลปากเกร็ด อำเภอปากเกร็ด เป็นพื้นที่ที่มีความหนาแน่นประชากรจากการคาดประมาณสูงสุด



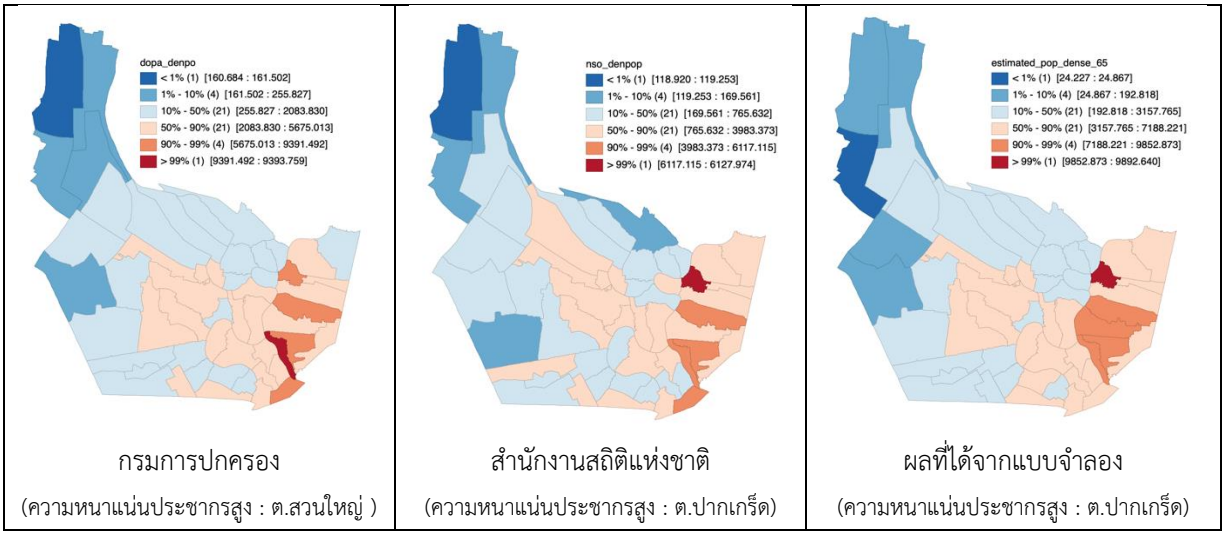

**ภาพ 20** ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณจากแบบจำลองเชิงพื้นที่ พ.ศ. 2565 (หน่วย: คนต่อ ตร.กม.)

ทั้งนี้ เมื่อมองในแง่ของความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง (Accuracy) ที่ระบุไว้ว่าตัวแปรทั้งหมดที่ใช้ในแบบจำลองสามารถร่วมกันคาดประมาณความหนาแน่นจำนวนประชากรต่อพื้นที่ได้ร้อยละ 95.53 ($R^2$) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และมีความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการคาดประมาณเท่ากับ ±373.31 สามารถสรุปรายพื้นที่ได้ ดังภาพ 21 โดยพื้นที่ที่แบบจำลองสามารถคำนวณค่าคาดประมาณความหนาแน่นประชากรได้ใกล้เคียงข้อเท็จจริงมากที่สุด ประกอบด้วย 8 ตำบลดังนี้ อำเภอปากเกร็ด (ตำบลเกาะเกร็ด) อำเภอบางใหญ่ (ตำบลบ้านใหม่) อำเภอไทรน้อย (ตำบลราษฎร์นิยม ตำบลไทรใหญ่ ตำบลหนองเพรางาย ตำบลคลองขวาง ตำบลขุนศรี ตำบลทวีวัฒนา)




**ภาพ 21** ความถูกต้องของแบบจำลองกรณีคาดประมาณความหนาแน่นประชากรในพื้นที่ จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565

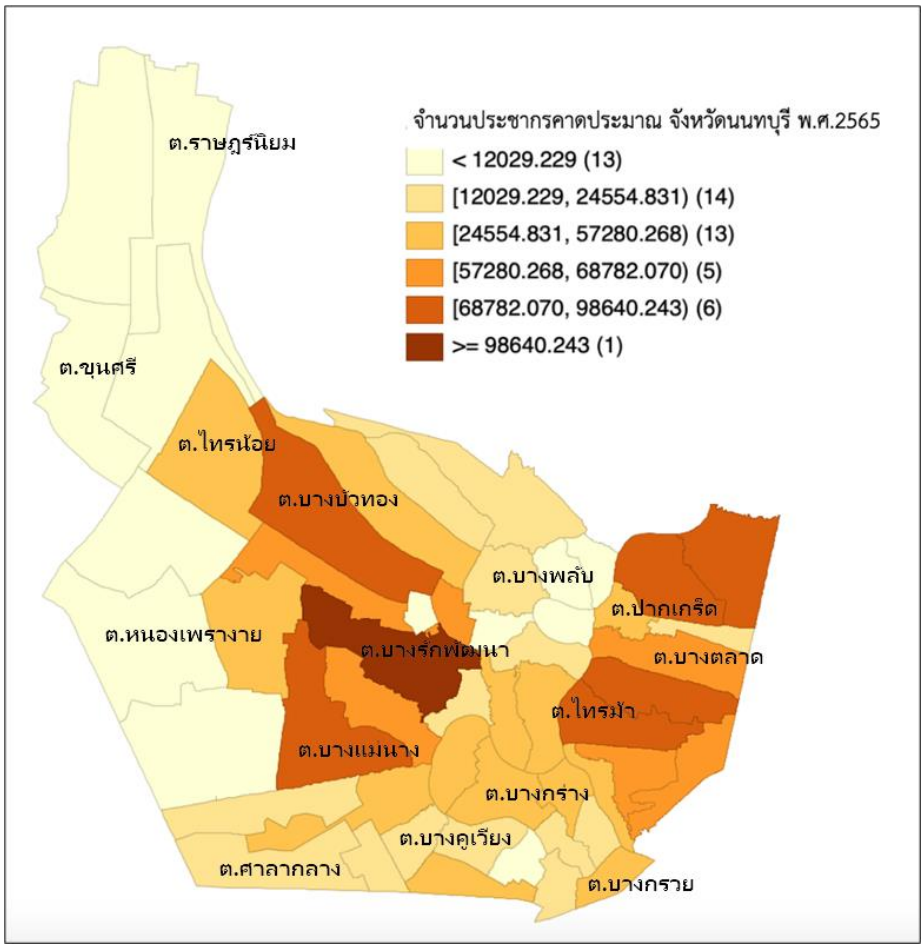
เมื่อนำมาพิจารณาเปรียบเทียบกับการกระจายตัวเชิงพื้นที่ของค่าความหนาแน่นประชากรที่เป็นข้อมูลเผยแพร่ของกรมการปกครอง และสำนักงานสถิติแห่งชาติ พบว่ารูปแบบการกระจายตัวของค่าความหนาแน่นประชากรต่อพื้นที่ของแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นมีความใกล้เคียงกับทั้งสองแหล่งข้อมูล ดังภาพ 22




| กรมการปกครอง | สำนักงานสถิติแห่งชาติ | ผลที่ได้จากแบบจำลอง |
|---|---|---|
| (ความหนาแน่นประชากรสูง : ต.สวนใหญ่ ) | (ความหนาแน่นประชากรสูง : ต.ปากเกร็ด) | (ความหนาแน่นประชากรสูง : ต.ปากเกร็ด) |

**ภาพ 22** แผนที่แสดงความหนาแน่นประชากร (จำนวนคนต่อ ตร.กม.) เชิงเปรียบเทียบระหว่างหน่วยงานพัฒนาข้อมูลกับแบบจำลองที่พัฒนาขึ้น

เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์โครงการที่ต้องการคาดประมาณจำนวนประชากร จึงได้พัฒนาข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบของจำนวนประชากรแสดงในแต่ละพื้นที่ จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 ดังภาพ 23 และตาราง 28




**ภาพ 23** จำนวนประชากรคาดประมาณด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่ จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 (หน่วย: คน)

**ตาราง 28** จำนวนประชากรคาดประมาณรายอำเภอ และตำบล จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 (หน่วย: คน)

| อำเภอ | ตำบล | (1) จำนวนประชากร (คน) สสช. | (2) จำนวนประชากรจากการทะเบียนกรมการปกครอง | (3) จำนวนประชากรคาดประมาณ (คน) | (4) Residual ((1)-(3)) |
|---|---|---|---|---|---|
| ไทรน้อย | ขุนศรี | 3,942 | 4,842 | 582 | 3,360 |
| | คลองขวาง | 5,343 | 5,562 | 5,899 | -556 |
| | ทวีวัฒนา | 6,105 | 6,823 | 1,940 | 4,165 |
| | ไทรน้อย | 10,185 | 20,192 | 28,430 | -18,245 |
| | ไทรใหญ่ | 4,701 | 6,352 | 2,224 | 2,477 |
| | ราษฎร์นิยม | 4,170 | 6,500 | 3,474 | 696 |
| | หนองเพรางาย | 5,361 | 7,145 | 4,733 | 628 |
| | รวม | 39,807 | 57,416 | 47,281 | -7,474 |
| บางกรวย | บางกรวย | 19,654 | 28,275 | 28,077 | -8,423 |
| | บางขนุน | 1,896 | 4,217 | 10,950 | -9,054 |
| | บางขุนกอง | 3,128 | 8,275 | 20,321 | -17,193 |
| | บางคูเวียง | 1,901 | 7,839 | 15,345 | -13,444 |
| | บางสีทอง | 1,802 | 9,221 | 12,926 | -11,124 |
| | ปลายบาง | 5,245 | 12,626 | 15,633 | -10,388 |
| | มหาสวัสดิ์ | 6,844 | 15,033 | 27,251 | -20,407 |
| | วัดชลอ | 8,330 | 13,441 | 16,799 | -8,469 |
| | ศาลากลาง | 4,218 | 9,339 | 19,625 | -15,407 |
| | รวม | 53,018 | 108,266 | 166,926 | -113,908 |
| บางบัวทอง | บางคูรัด | 4,521 | 34,634 | 36,743 | -32,222 |
| | บางบัวทอง | 21,276 | 50,316 | 71,745 | -50,469 |
| | บางรักพัฒนา | 37,375 | 69,321 | 98,640 | -61,265 |
| | บางรักใหญ่ | 6,635 | 7,978 | 12,029 | -5,394 |
| | พิมลราช | 15,915 | 42,541 | 58,970 | -43,055 |
| | ละหาร | 6,768 | 19,175 | 34,428 | -27,660 |
| | ลำโพ | 3,065 | 6,395 | 22,777 | -19,712 |
| | โสนลอย | 5,903 | 10,849 | 9,311 | -3,408 |
| | รวม | 101,458 | 241,209 | 344,643 | -165,012 |
| บางใหญ่ | บางม่วง | 3,670 | 19,872 | 28,667 | -24,997 |
| | บางแม่นาง | 6,809 | 53,992 | 69,899 | -63,090 |
| | บางเลน | 5,343 | 20,151 | 26,286 | -20,943 |
| | บางใหญ่ | 11,311 | 22,003 | 19,124 | -7,813 |

**ตาราง 28** จำนวนประชากรคาดประมาณรายอำเภอ และตำบล จังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 (หน่วย: คน) (ต่อ)

| อำเภอ | ตำบล | (1) จำนวนประชากร (คน) สสช. | (2) จำนวนประชากรจากการทะเบียนกรมการปกครอง | (3) จำนวนประชากรคาดประมาณ (คน) | (4) Residual ((1)-(3)) |
|---|---|---|---|---|---|
| | บ้านใหม่ | 4,829 | 9,621 | 6,338 | -1,509 |
| | เสาธงหิน | 11,784 | 40,967 | 58,444 | -46,660 |
| | รวม | 43,746 | 166,606 | 208,758 | -165,012 |
| ปากเกร็ด | เกาะเกร็ด | 3,480 | 5,761 | 2,676 | 804 |
| | คลองเกลือ | 11,034 | 8,697 | 20,501 | -9,467 |
| | คลองข่อย | 2,619 | 6,649 | 18,643 | -16,024 |
| | คลองพระอุดม | 2,482 | 4,977 | 7,581 | -5,099 |
| | ท่าอิฐ | 3,076 | 14,541 | 18,222 | -15,146 |
| | บางตลาด | 32,443 | 48,169 | 61,347 | -28,904 |
| | บางตะไนย์ | 2,723 | 4,272 | 7,810 | -5,087 |
| | บางพลับ | 2,004 | 6,557 | 20,252 | -18,248 |
| | บางพูด | 41,641 | 59,230 | 79,327 | -37,686 |
| | บ้านใหม่ | 34,504 | 26,392 | 68,782 | -34,278 |
| | ปากเกร็ด | 24,048 | 36,419 | 38,822 | -14,774 |
| | อ้อมเกร็ด | 758 | 2,283 | 8,818 | -8,060 |
| | รวม | 160,812 | 223,947 | 352,780 | -191,968 |
| เมืองนนทบุรี | ตลาดขวัญ | 39,987 | 52,629 | 57,280 | -17,293 |
| | ท่าทราย | 58,576 | 74,229 | 85,270 | -26,694 |
| | ไทรม้า | 16,213 | 19,571 | 35,296 | -19,083 |
| | บางกระสอ | 36,532 | 55,203 | 78,001 | -41,469 |
| | บางกร่าง | 9,980 | 25,491 | 39,895 | -29,915 |
| | บางเขน | 32,087 | 42,284 | 60,148 | -28,061 |
| | บางไผ่ | 2,317 | 8,861 | 12,153 | -9,836 |
| | บางรักน้อย | 10,721 | 18,772 | 32,000 | -21,279 |
| | บางศรีเมือง | 16,536 | 22,692 | 24,555 | -8,019 |
| | สวนใหญ่ | 22,075 | 37,129 | 28,499 | -6,424 |
| | รวม | 245,024 | 356,861 | 453,097 | -208,073 |

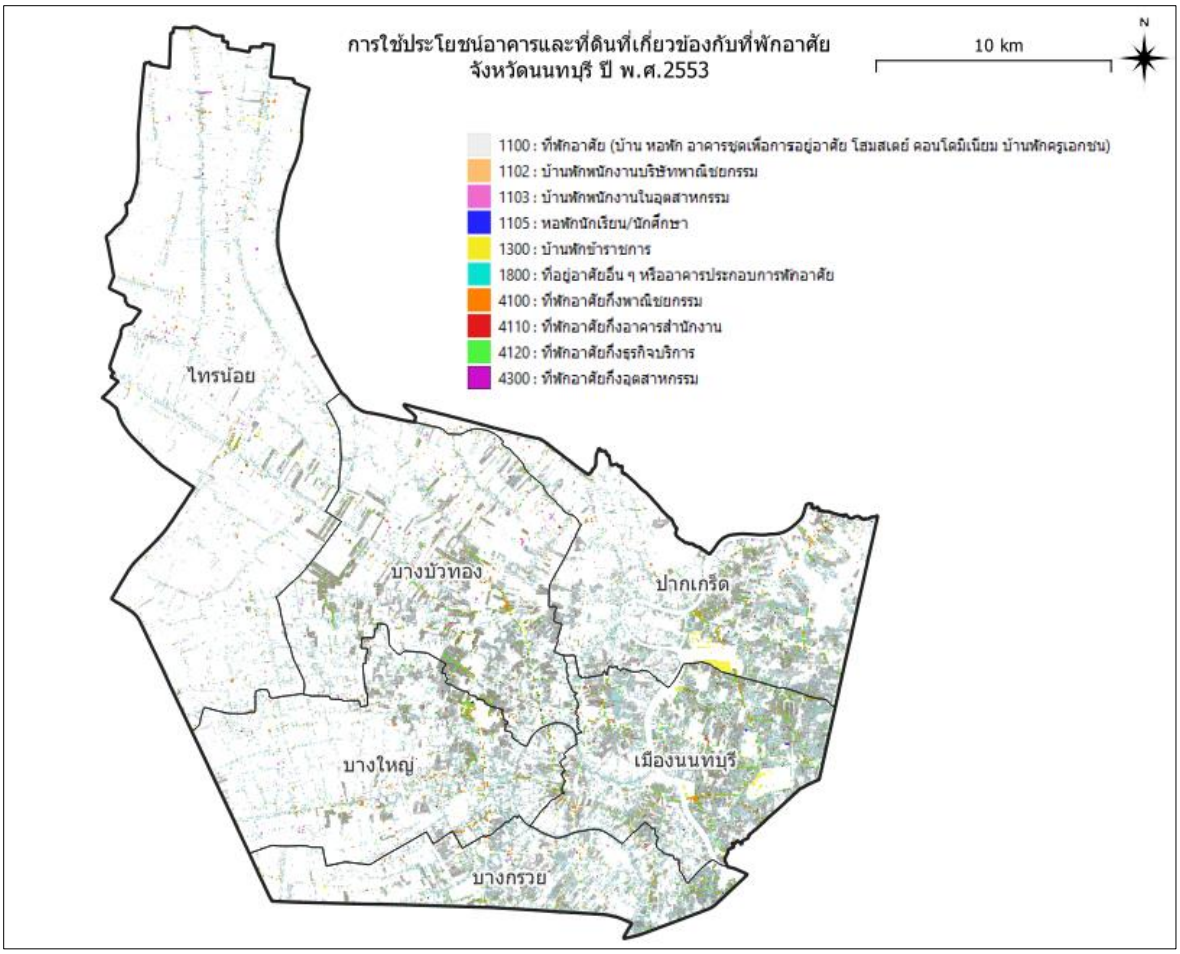
# บทที่ 5
# สรุปและข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการดำเนินงาน

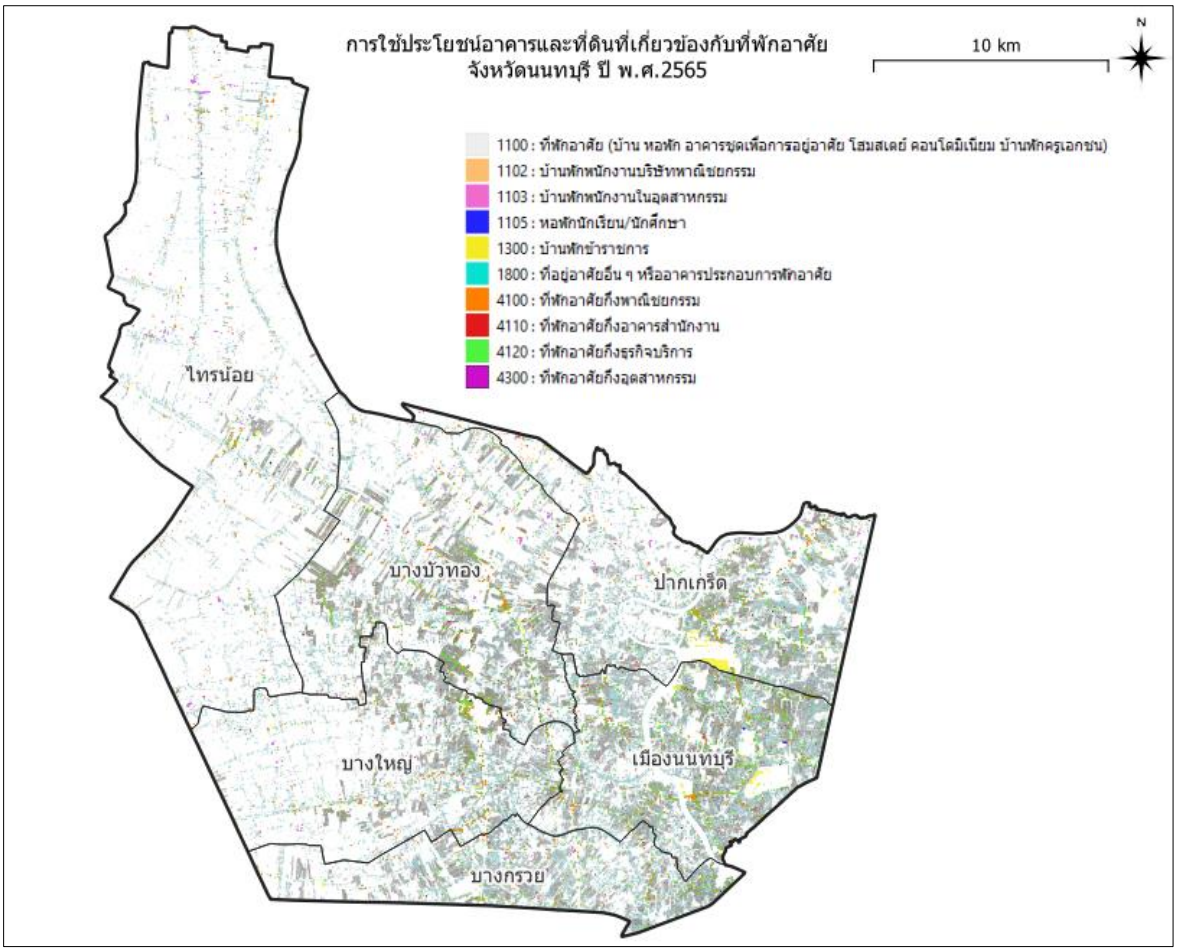
จากการที่ได้พัฒนากรอบตัวอย่าง (Sampling Frame) บนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ เพื่อนำไปสู่การคาดประมาณจำนวนประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ที่ปรากฏสามารถสรุปในแต่ละประเด็น ดังนี้

### 5.1.1 Digital Frame กับการพัฒนากรอบตัวอย่าง

การที่ข้อมูลมีสถานะเป็นดิจิทัลหรือ Digital Data ทำให้การบริหารจัดการ ได้แก่ นำเข้า แก้ไข ปรับปรุง ค้นหา และวิเคราะห์ เป็นต้น เพื่อให้สามารถนำเสนอนั้นเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ในการศึกษาข้อมูลที่มีปริมาณมากและเป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับพิกัดภูมิศาสตร์ทำให้รูปแบบการวิเคราะห์และการนำไปใช้กว้างมากขึ้น การพัฒนา Sampling Frame จากข้อมูลดิจิทัลในงานศึกษาครั้งนี้ ได้ดำเนินการในลักษณะที่ต่อยอดจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เริ่มต้นพัฒนาขึ้นโดยกองนโยบายและวิชาการสถิติที่ได้พัฒนาข้อมูลในระดับหน่วยอาคารในปี พ.ศ. 2565 โดยใช้เครื่องมือสารสนเทศภูมิศาสตร์ในวิเคราะห์และการบริหารจัดการข้อมูล พบว่า ความหนาแน่นของที่พักอาศัยต่อพื้นที่สูงสุด (บ้าน หอพัก อาคารชุด เพื่อการอยู่อาศัย โฮมสเตย์ คอนโดมิเนียม บ้านพักครู เอกชน) โดยยังเป็นประเภทของการใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่ครอบคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของจังหวัดนนทบุรี ในขณะที่กิจกรรมที่พักอาศัยกลุ่มหอพักนักเรียน/นักศึกษา ปรากฏอยู่อย่างเบาบางในพื้นที่ส่วนใหญ่ยกเว้นอำเภอเมืองนนทบุรี โดยถ้าเปรียบค่าร้อยละการเปลี่ยนแปลงที่เกิดในปี พ.ศ. 2565 จากปี พ.ศ. 2553 ในมุมมองของความหนาแน่นต่อหน่วยพื้นที่ พบว่า การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เป็นบ้านพักพนักงานบริษัทพาณิชยกรรม บ้านพักพนักงานในอุตสาหกรรม บ้านพักข้าราชการและที่พักอาศัย มีการเพิ่มขึ้นร้อยละ 61 31 23 และ 20 ตามลำดับ ในขณะที่การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เป็นที่พักอาศัยกึ่งอุตสาหกรรม และที่พักอาศัยกึ่งพาณิชยกรรมลดลงร้อยละ 62 และ 61 จึงต้องยิ่งสนับสนุนให้เกิดการพัฒนาข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างให้สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น ผนวกกับการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างในปัจจุบันที่เป็นไปอย่างรวดเร็วจึงทำให้ Digital Frame มีความสำคัญเป็นอย่างมาก เพราะทำให้มีความเป็นปัจจุบันและครอบคลุมในมิติต่าง ๆ ได้ งานศึกษาครั้งนี้กำหนดพื้นที่จังหวัดนนทบุรีเป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากมีความพร้อมของข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) อย่างไรก็ตาม ก็จำเป็นต้องพัฒนาข้อมูลเชิงพื้นที่ดังกล่าวร่วมด้วย ผลของการกำหนด Sampling Frame โดยเลือกอาคารและสิ่งปลูกสร้างที่เป็นที่พักอาศัย (Target Population) จึงทำให้ครอบคลุมทุกหน่วยพักอาศัย และสะท้อนความถูกต้อง ความสมบูรณ์ของข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างอย่างแท้จริง ดังภาพ 24 - 25




**ภาพ 24** การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2553




**ภาพ 25** การใช้ประโยชน์อาคารและที่ดินที่เกี่ยวข้องกับที่พักอาศัย จังหวัดนนทบุรี ปี พ.ศ. 2565

### 5.1.2 การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการคาดประมาณประชากรเชิงพื้นที่

การพัฒนาแบบจำลองเพื่อการคาดประมาณประชากร โดยอ้างอิงกับข้อมูลเชิงพื้นที่ถือเป็นแนวทางหนึ่ง หรือเครื่องมือที่ช่วยนักสถิติในการประมาณค่า อย่างไรก็ตาม พบว่ายังมีข้อจำกัดในการเข้าถึงข้อมูล และความปลอดภัยในสิทธิส่วนบุคคล ทำให้การจัดเก็บข้อมูลเพื่อการพัฒนาข้อมูลสถิติเป็นไปได้ยาก การประมาณการข้อมูลด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่จึงเป็นทางเลือกหนึ่ง ซึ่งโครงการนี้ได้นำเสนอและแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองเชิงพื้นที่ (Spatial Error) สามารถอธิบายปรากฏการณ์ของข้อมูลและความสัมพันธ์ที่มีอยู่ในแต่ละพื้นที่ได้ อย่างไรก็ตาม สิ่งที่ควรคำนึงถึง คือ ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลองควรจะต้องมีความสมบูรณ์ ที่จะทำให้สามารถสะท้อนข้อเท็จจริงในพื้นที่ทั้งในช่วงเวลาที่ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองและการประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อคาดประมาณ

ผลจากการศึกษา พบว่า แบบจำลองเชิงพื้นที่สามารถนำไปใช้ในการคาดประมาณประชากรจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างได้

### 5.1.3 ผลที่ได้จากการคาดประมาณ

ผลจากการคาดประมาณประชากรในปี พ.ศ. 2565 ด้วยการอ้างอิงกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้าง และข้อมูลสำมะโนประชากรและเคหะปี พ.ศ. 2553 พบว่า การประมาณค่าประชากรด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่สามารถกระทำได้ภายใต้กรอบของ Sampling Frame ที่กำหนด และคุณภาพของข้อมูลที่เลือกใช้ในการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่ดังกล่าว ตัวเลขที่สะท้อนจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ผ่านแบบจำลองอาจมีความแตกต่างไปจากตัวเลขจำนวนประชากรจากข้อมูลทะเบียนราษฎร์ของกรมการปกครอง และข้อมูลจำนวนประชากร ของสำนักงานสถิติแห่งชาติ แต่สิ่งหนึ่งที่พบก็คือ แบบจำลองสามารถสะท้อนจำนวนประชากรที่แท้จริงในพื้นที่ ได้เกือบร้อยละ 79 (วัดด้วย Correlation and R-Squared เท่ากับ 0.79) โดยผลการคาดประมาณจำนวนประชากรในแต่ละตำบล มีความใกล้เคียงกับข้อมูลจำนวนประชากรของสำนักงานสถิติแห่งชาติ

การพัฒนาแบบจำลองในงานศึกษานี้ ช่วยให้สำนักงานสถิติแห่งชาติสามารถคาดประมาณจำนวนประชากรในแต่ละพื้นที่ได้ โดยใช้ข้อมูลจำนวนประชากรจากระบบทะเบียนราษฎร์ของกรมการปกครองร่วมกับข้อมูลภูมิสารสนเทศ ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีการปรับปรุงอยู่ตลอดเวลาอย่างน้อยก็รายเดือน สิ่งนี้ช่วยให้สำนักงานสถิติแห่งชาติสามารถประหยัดงบประมาณในการจัดเก็บข้อมูล การบริหารจัดการงานภาคสนาม รวมไปถึงงานที่เกี่ยวเนื่องกับข้อมูลที่ต้องใช้สำหรับการออกแบบ การกำหนดพื้นที่หรือกรอบตัวอย่าง การกำหนดกรอบงานสำรวจรายปี และอื่น ๆ ซึ่งถือว่าเกิดประโยชน์อย่างมากต่อสำนักงานสถิติแห่งชาติ

## 5.2 ข้อเสนอแนะเชิงเทคนิค

ผลจากการคาดประมาณประชากรในปี พ.ศ. 2565 ด้วยแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่อ้างอิงกับข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างและข้อมูลประชากร ทำให้พบข้อเท็จจริงที่ว่า ภูมิสารสนเทศสถิติเป็นเครื่องมือที่ครอบคลุมตั้งแต่กระบวนการจัดเก็บ เตรียมข้อมูล แก้ไข ปรับปรุง วิเคราะห์ นำเสนอ และสรุปผล ทั้งนี้ ยังรวมถึงการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่เพื่อการคาดประมาณ ที่มีความถูกต้องแม่นยำในระดับหนึ่ง อนึ่งด้วยความสมบูรณ์ของข้อมูล ผนวกกับการจัดเก็บข้อมูลที่ต่อเนื่อง และครอบคลุมพื้นที่ย่อมเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับงานพัฒนาแบบจำลองเพื่อการคาดประมาณ รวมถึงการนำไปขยายผลในภายหลัง อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่ พบสิ่งที่เป็นข้อจำกัดในการพัฒนา ดังนี้

1) ข้อมูลที่นำมาใช้ในการพัฒนาแบบจำลอง อ้างอิงกับข้อมูลดัชนีความเป็นเมืองที่พัฒนามาจากข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างร่วมกับค่าดัชนีแสงไฟในเวลากลางคืน ซึ่งในส่วนของข้อมูลอาคารและสิ่งปลูกสร้างเป็นสิ่งที่จะต้องทำการปรับปรุงในทุก ๆ รอบปี เนื่องจากเมืองขนาดใหญ่ย่อมมีการก่อสร้างอาคารบ้านเรือนอยู่ตลอดเวลา ด้วยจำนวนของสิ่งปลูกสร้างที่เพิ่มขึ้น จะส่งผลให้ค่าการคาดประมาณผิดเพี้ยนไปถ้าข้อมูลดังกล่าวไม่มีการปรับปรุง สำหรับข้อมูลจำนวนประชากรจากระบบทะเบียนราษฎร์ของกรมการปกครองมีการปรับปรุงข้อมูลอย่างเป็นระบบในทุก ๆ เดือน ดังนั้นจึงไม่ใช่อุปสรรคในการนำข้อมูลไปใช้

2) ความขัดแย้งกันของข้อมูลต่างหน่วยงานเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่พบ โดยมักปรากฏว่าขอบเขตการปกครองจากหน่วยงานภายนอก กับข้อมูลของสำนักงานสถิติแห่งชาติไม่ตรงกัน เช่น ปรากฏการเหลื่อมของขอบเขตตำบลที่พัฒนาจากข้อมูลเขตแจงนับ ซึ่งมีขอบเขตที่ไม่พอดีกับขอบเขตตำบลที่พัฒนามาจากฐานข้อมูลอาคารสิ่งปลูกสร้างของกรมโยธาธิการและผังเมือง ทำให้การนำไปใช้หรือนำมาวิเคราะห์ร่วมกันจำเป็นต้องมีกระบวนการในการปรับแก้ขอบเขต เพื่อให้ตรงตำแหน่งเดียวกันก่อนถึงจะสามารถนำไปใช้ได้ ด้วยตัวอย่างของความไม่พอดีกันของขอบเขตการปกครองดังกล่าว อาจส่งผลรุนแรงมากขึ้นถ้าการทับซ้อนนั้นไปเกี่ยวข้องกับเรื่องของกรรมสิทธิ์ในที่ดินเอกชนหรือที่ดินของรัฐ

3) Software ที่ใช้ในการวิเคราะห์หรือพัฒนาแบบจำลอง ไม่สามารถดำเนินการภายใต้ Software เดียว เหตุเพราะบางรายการคำนวณไม่สามารถจัดการได้ภายใต้ Software นั้น ๆ ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้ Software อื่นที่มีฟังก์ชั่นการคำนวณที่รองรับได้ดีกว่า ทั้งการพัฒนาดัชนีความเป็นเมือง การทดสอบ Spatial dependence หรืองานวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้องซึ่งอย่างน้อยจำเป็นต้องใช้ 3 Software ร่วมกัน ประกอบด้วย QGIS, GeoDa และ Microsoft Excel ความหลากหลายของการใช้เครื่องมืออาจทำให้ผู้เรียนรู้ขั้นต้นในงานวิเคราะห์หรือพัฒนาแบบจำลองข้อมูลเชิงพื้นที่ มองเป็นอุปสรรคหรือข้อจำกัดในการเข้าถึงงานเชิงพื้นที่

4) เทคนิคการวิเคราะห์และพัฒนาแบบจำลอง กรณีของการวิเคราะห์ประกอบด้วยฟังก์ชั่นการวิเคราะห์ด้วย Spatial dependence อ้างอิงทั้ง Univariate Moran's I และ Local Moran's I รวมถึง Local G* Spatial Correlogram และการวิเคราะห์ส่วนประกอบหลัก (Principal Component Analysis: PCA) เพื่ออธิบายพฤติกรรมของข้อมูลเชิงพื้นที่ งานพัฒนา Urban index งาน PCA เพื่อจัดกลุ่มตัวแปรล้วนแล้วแต่ต้องการความเข้าใจในการตีความข้อมูล การเลือกใช้ข้อมูล รวมถึงการมองความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ใช้ เพื่อสรุปผลในภาพรวมของแต่ละพื้นที่ ซึ่งประเด็นดังกล่าวอาจต้องการประสบการณ์ของนักวิเคราะห์หรือผู้ที่จะใช้เครื่องมือเพื่อนำไปตีความเรื่องราวเหล่านั้นร่วมกัน

5) การนำข้อมูลไปใช้ อ้างจากผลการตีความหมายที่ได้จากงานพัฒนาแบบจำลอง จำเป็นต้องเข้าใจถึงความถูกต้องแม่นยำของข้อมูลในแต่ละพื้นที่ (Residual) ดังนั้นการหยิบข้อมูลจากแบบจำลองไปใช้ควรต้องมีความตระหนักรู้ถึงความถูกต้องแม่นยำของแบบจำลอง และการนำไปตีความในภายหลัง สิ่งนี้เป็นข้อจำกัดหนึ่งของทุกแบบจำลองที่พยายามอธิบายข้อเท็จจริงในพื้นที่ให้ใกล้เคียงข้อเท็จจริงมากที่สุด แต่ก็จะมีจุดที่คลาดเคลื่อนให้เห็นร่วมด้วย

จากข้อจำกัดข้างต้น สามารถกำหนดแนวทางที่จะลดข้อจำกัดเหล่านั้นและสร้างโอกาสที่จะทำให้การพัฒนางานเป็นไปตามเป้าหมายหรือวัตถุประสงค์ตามที่ได้คาดหวังไว้ ดังนี้

1) ความไม่ครอบคลุมของข้อมูล รวมถึงความไม่พอดีของข้อมูลจากหลายแหล่ง กรณีขอบเขตเชิงพื้นที่สามารถหาทางออกได้ โดยการปรับข้อมูลให้อยู่บนฐานเดียวกัน เน้นให้มีความสมบูรณ์และครอบคลุมพื้นที่ให้มากที่สุด หรืออาจเลือกใช้ข้อมูลอื่น ๆ มาเป็นทางเลือกในการพัฒนา โดยทั้งนี้อาจหมายถึงข้อมูลจากสำนักงานสถิติแห่งชาติหรือหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องที่มีความพร้อมเรื่องของข้อมูลและความครอบคลุมในทุกมิติของพื้นที่ ซึ่งถ้าสามารถจัดการประเด็นความครอบคลุมและความสมบูรณ์ของข้อมูลได้ ย่อมช่วยให้การพัฒนาแบบจำลองเชิงพื้นที่เกิดประสิทธิภาพและให้ค่าความแม่นยำที่สูงขึ้น

2) ความหลากหลายในการประยุกต์ใช้ Software ในงานวิเคราะห์เชิงพื้นที่ แก้ไขได้โดยการฝึกอบรม เพื่อให้ความรู้และสร้างความเข้าใจในการใช้เครื่องมือให้แก่นักวิเคราะห์มือใหม่ หรือผู้ที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์ เนื่องจากความรู้ความเข้าใจที่ถูกต้องย่อมลดความสุ่มเสี่ยงในการวิเคราะห์ผิดพลาด หรือใช้เครื่องมือที่ผิดในการทำงาน เพราะนอกจากจะเสียเวลาแล้วยังอาจทำให้ได้ผลที่ผิดพลาดร่วมด้วย

3) ความซับซ้อนของวิธีทดสอบแบบจำลองที่เลือกใช้ สามารถจัดการได้โดยเพิ่มความรู้ให้กับนักพัฒนาหรือผู้ที่จะนำข้อมูลไปใช้ เนื่องด้วยมีหลายวิธีในการพัฒนาแบบจำลองและวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละด้าน การเลือกใช้วิธี (Method) ที่ใช้ระยะเวลาในการทำงานสั้นกว่าโดยไม่ลดทอนความถูกต้องของข้อมูล ย่อมเป็นทางเลือกที่ดีกว่าการประยุกต์ใช้กระบวนวิธีที่ซับซ้อนและใช้เวลาในการสรุปผลที่นานขึ้น สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ล้วนต้องการฐานความรู้ และความเข้าใจในการประยุกต์ใช้กับข้อเท็จจริงของข้อมูลที่นำมาใช้ การปรึกษาผู้รู้หรือเรียนรู้แนวทางการพัฒนาแบบจำลองหรือวิธีวิเคราะห์จากงานเอกสารตีพิมพ์วิชาการ ย่อมช่วยให้เห็นแนวคิดและแนวทางในการสรุปประเด็นในแต่ละเรื่อง เกิดประโยชน์กับนักพัฒนาและนักวิเคราะห์ในระยะยาว

4) ผลการวิเคราะห์และการนำไปใช้ จำเป็นที่จะต้องตระหนักรู้ถึงความหมายของคำว่าแบบจำลอง รวมถึงการนำไปใช้ภายใต้กรอบของความถูกต้องแม่นยำของค่าที่ได้จากการคำนวณ ซึ่งในแต่ละพื้นที่ก็จะมีค่ามากน้อยแตกต่างกัน การสร้างความเข้าใจบนฐานของการคาดประมาณประชากรย่อมช่วยให้เกิดการนำไปใช้ในวิถีที่ถูกต้อง และเกิดประโยชน์สูงสุดต่อไป การสร้างองค์ความรู้ความเข้าใจในการอ่านค่าข้อมูลหรือตีความข้อมูลจึงเป็นสิ่งที่สำคัญ

## 5.3 ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

การวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติ โดยใช้ข้อมูลจากหลายแหล่ง ในเรื่องนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนากรอบตัวอย่าง และคาดประมาณจำนวนประชากร โดยใช้จังหวัดนนทบุรี พื้นที่ระดับตำบล เป็นกรณีศึกษา พบว่า

### 5.3.1 สำหรับสำนักงานสถิติแห่งชาติ

1) แบบจำลองที่ได้เป็นการประมาณจำนวนประชากรระดับตำบล โดยใช้ข้อมูลจำนวนประชากรจากทะเบียนของกรมการปกครอง ซึ่งไม่ใช่ข้อมูลประชากรที่อาศัยอยู่ในจริงมาร่วมในการประมาณ หากต้องการทราบจำนวนประชากรโดยประมาณในพื้นที่ย่อยกว่าระดับตำบล เช่น หมู่บ้าน/ชุมชน หรือระดับเทศบาล/อบต. จะต้องใช้ข้อมูลจำนวนประชากร หรือข้อมูลอื่น ๆ ในระดับพื้นที่ย่อยเหล่านั้นในการมาช่วยประมาณ ซึ่งแหล่งข้อมูลระดับพื้นย่อยเหล่านั้นมีจำนวนน้อยและอาจมีข้อมูลไม่ครบถ้วน และไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน หากต้องการพัฒนาข้อมูลคาดประมาณจำนวนประชากรที่อาศัยอยู่จริงในพื้นที่ระดับย่อย เช่น หมู่บ้าน/ชุมชน เทศบาล/อบต. จากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Digital Footprint) ให้ตรงตามวัตถุประสงค์และมีความน่าเชื่อถืออย่างต่อเนื่อง สสช. ควรปรับการจัดเก็บข้อมูลทั้งระดับพื้นที่และจำนวนตัวอย่าง โดยจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ให้มีระดับย่อย เช่น ระดับหมู่บ้าน พร้อมทั้งเพิ่มจำนวนตัวอย่างให้เพียงพอสำหรับนำไปประมวลผลและสามารถหาข้อมูลที่เป็นตัวแทนหรือค่ากลางของพื้นที่ระดับย่อยนั้น ๆ ได้ เช่น ข้อมูลที่เกี่ยวข้องที่อาจนำมาใช้ใน

การวิเคราะห์สำหรับโครงการนี้ในอนาคต ได้แก่ การย้ายถิ่นของประชากรจากสำมะโนประชากรและเคหะ หรือจำนวนสมาชิกของครัวเรือนจากการสำรวจภาวะเศรษฐกิจและสังคมของครัวเรือน

2) การประมาณจำนวนประชากรเชิงพื้นที่ระดับต่าง ๆ เช่น จำนวนประชากรระดับจังหวัด อำเภอ ตำบล ทั่วประเทศ จำนวนประชากรใน - นอกเขตเทศบาลของแต่ละจังหวัดทั่วประเทศ จำนวนประชากรของแต่ละหมู่บ้าน/ชุมชน ทั่วประเทศ จากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Building Footprint) ในปีที่มิได้ทำสำมะโนประชากรและเคหะ จึงควรนำแผนที่เขตการแจงนับมาใช้เป็นแผนที่เบื้องต้นในการวิเคราะห์และนำเสนอผลการประมาณจำนวนประชากรเชิงพื้นที่ระดับต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้น เพื่อให้ความคลาดเคลื่อนในการประมาณจำนวนประชากรมีค่าน้อยที่สุด และมีความสอดคล้องกันในการใช้แผนที่กับจำนวนประชากรในพื้นที่นั้น

3) การบูรณาการข้อมูลทั้งข้อมูลสถิติและข้อมูลเชิงพื้นที่ ควรให้ครอบคลุมข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องอย่างรวดเร็วกับกรมการปกครอง เช่น ข้อมูลจำนวนประชากร ข้อมูลขอบเขตการปกครอง เป็นต้น เพื่อนำมาใช้ในการพัฒนากรอบตัวอย่างและประมาณจำนวนประชากรเชิงพื้นที่ระย่อยทั่วประเทศ

4) กรอบตัวอย่างบนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ อาจนำไปพัฒนาต่อเป็นกรอบตัวอย่างในปีที่มิได้ทำสำมะโนประชากรและเคหะ ให้แก่กลุ่มระเบียบวิธีสถิติ เพื่อจะได้มีกรอบตัวอย่างที่มีความทันสมัยต่อการใช้ในการเลือกตัวอย่างสำหรับโครงการสำรวจด้วยตัวอย่างในแต่ละปีของ สสช.

5) การทำสำมะโน/สำรวจทุกโครงการของ สสช. ควรจัดให้มีการใช้เครื่องมือที่เป็นมาตรฐานและเหมาะสมในการจัดเก็บพิกัดอาคารและสิ่งปลูกสร้าง เพื่อนำข้อมูลเกี่ยวกับอาคารและสิ่งปลูกสร้างเหล่านั้นมาใช้ในการประมาณจำนวนประชากรได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากการนำแผนที่เขตสำรวจระดับตำบล และแผนที่อาคารและสิ่งปลูกสร้างต้องมีการปรับแก้ไขข้อมูลเชิงพื้นที่มีข้อผิดพลาดในเรื่องพิกัดของอาคารและสิ่งปลูกสร้างและเส้นขอบเขตเชิงพื้นที่ด้วย

### 5.3.2 สำหรับหน่วยงานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ภูมิสารสนเทศสถิติ โดยใช้ประโยชน์ข้อมูลจากหลายแหล่ง เรื่อง Digital Frame: กรณีศึกษาการคาดประมาณประชากรจากอาคารและสิ่งปลูกสร้าง (Digital Footprint ) มีจุดประสงค์เพื่อให้หน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำผลการวิเคราะห์ฯ ไปใช้ประกอบการพิจารณาในการดำเนินการตามภารกิจหรือยุทธศาสตร์ของหน่วยงาน ดังนี้

1) กรอบตัวอย่างบนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิติ นอกจากสามารถนำไปพัฒนาเป็นกรอบตัวอย่างสำหรับใช้ สสช. แล้ว ยังสามารถให้บริการกับหน่วยงานภายนอกที่มาขอใช้บริการเกี่ยวกับการเลือกตัวอย่างจากกลุ่มระเบียบวิธีสถิติด้วย ในช่วงปีที่มิได้มีการทำสำมะโนประชากรและเคหะ

2) จำนวนประชากรพื้นที่ระดับย่อยต่างๆ ที่ได้จากการประมาณบนพื้นฐานของภูมิสารสนเทศสถิตินี้ หน่วยงานต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ประยุกต์ต่อยอดในภารกิจได้ หากกลุ่มระบบภูมิสารสนเทศสถิติ ได้มีการปรับปรุง พัฒนาตัวแบบในระดับต่าง ๆ ให้มีความถูกต้องแม่นยำยิ่งขึ้น

การพัฒนาภูมิสารสนเทศสถิติ เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้หน่วยงานสามารถขับเคลื่อนงานสถิติเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดภาระค่าใช้จ่าย งบประมาณด้านการจัดเก็บ และงานบริหารต้นทุนได้อย่างเต็มศักยภาพภายใต้บทบาทของหน่วยงานสถิติของประเทศ ซึ่งจะสอดรับกับโครงการของสำนักงานสถิติแห่งชาติที่ต้องการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการด้านสถิติและบริหารจัดการองค์กร รวมถึงการพัฒนาและส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีดิจิทัลที่ทันสมัยสนับสนุนการผลิตข้อมูลสถิติ เพื่อให้สำนักงานสถิติแห่งชาติมีฐานข้อมูลด้านภูมิสารสนเทศ และข้อมูลหน่วยตัวอย่างจากหลายระบบได้

## บรรณานุกรม


Anselin, L. (1995) Local Indicators of Spatial Association LISA. *Geographical Analysis*, *27*, 93-115 Retrieved from https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1995.tb00338.x

Carfagna, E., & Gallego, F. J. (2005). Using remote sensing for agricultural statistics. *International Statistical Review / Revue Internationale de Statistique*, *73*(3), 389-404. Retrieved from http://www.jstor.org/stable/25472682

Cliff, A. D., Andrew, D., & Ord, J. K. (1973). Monographs in spatial and environmental systems analysis. *Spatial autocorrelation*. London: Pion. Retrieved from https://www.amazon.com/Spatial-Autocorrelation-Monographs-environmental-analysis/dp/0850860369

Cochran, W. G. (1991). *Sampling Techniques* (3rd ed.). US: John Wiley & Sons.

Cui, C., Geertman, S., & Hooimeijer, P. (2014). The intra-urban distribution of skilled migrants: Case studies of Shanghai and Nanjing. *Habitat International*, *44*, 1-10. doi:10.1016/j.habitatint.2014.04.011

Elliott, P., Cuzick, J., English, D., & Stern, R. (1996). *Geographical and Environmental Epidemiology: Methods for Small Area Studies*. Oxford University Press. doi:10.1093/acprof:oso/9780192622358.001.0001

Gallego, J., Kerdiles, H., & Leo, O. (2015). *Using GIS and Remote Sensing to build Master Sampling Frames for Agricultural Statistics,* Report EUR 27597 EN. doi:10.27/438056.

Getis, A., & Ord, J. K. (1992). The Analysis of Spatial Association by Use of Distance Statistics. *Geographical Analysis, (24)*3, 189–206. https://doi.org/10.1111/j.1538-4632.1992.tb00261.x

Goovaerts, P. (1997). *Geostatistics for natural resources evaluation*. New York, Oxford: Oxford University Press.

Haining, R. (1988). Estimating spatial means with an application to remotely sensed data. *Communications in Statistics - Theory and Methods*, *17*(2), 573-597. doi:10.1080/03610928808829641

Haining, R. (2003). *Spatial Data Analysis: Theory and Practice*. Cambridge University Press. Retrieved from http://dx.doi.org/10.1017/CBO9780511754944

Harold, A. K., & Sempos, C. T. (1989). *Statistical Methods in Epidemiology*. Oxford University Press. Retrieved from https://books.google.co.th/books?id=YERYAgAAQBAJ&lpg=PP1&hl=th&pg=PP1&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Lampasri, S., & Sakworawich, A. (2018). Urbanization regionalism and voting behavior in Thailand: Spatial Regression Model. *King Prajadhipok's Institute Journal, 16*(3), 77–98. Retrieved from https://so06.tci-thaijo.org/index.php/kpi_journal/article/view/243959.

Matheron, G. (1963). Principles of geostatistics. *Economic Geology*, *58*(8), 1246-1266. doi:10.2113/gsecongeo.58.8.1246

Manuel, G. (2023). *Intro to GIS and Spatial Analysis*. Retrieved from https://mgimond.github.io/Spatial/spatial-operations-and-vector-overlays.html

Mehaina, M., El-Bastawissi, I., & Ayad, H. (2016). The comprehensive urbanization level index (CULI) as a new approach to reclassifying urban and rural settlements in Egypt. Proceedings of the 11 International Conference on Urban Regeneration and Sustainability doi:10.2495/SC160261

Rick, W. (2019). *Annotate features of a schematic box plot in SGPLOT.* Retrieved from https://blogs.sas.com/content/iml/2019/08/28/schematic-box-plot.html

Stein, A., & Ettema, C. (2003). An overview of spatial sampling procedures and experimental design studies for ecosystem comparisons. *Agriculture, Ecosystems and Environment 94*(1), 31-47. doi:10.1016/S0167-8809(02)00013-0

Swan, A. (1998). GOOVAERTS, P. 1997. Geostatistics for natural resources evaluation. Applied geostatistics series. *Geological Magazine*, *135*(6), 819-842. doi:10.1017/S0016756898631502

Tipdecho, T, & Chen, X. (2003) A Global Transformation for Generating an Orthoimage. Mapping Sciences & Remote Sensing, 40(3), 212-224. DOI:10.2747/0749-3878.40.3.212

United Nations. (2005). *Designing Household Survey Samples: Practical Guidelines*. New York: United Nations

United Nations Centre for Human Settlements. (2001). *Cities In A Globalizing World : Global Report On Human Settlements 2001*. Oxfordshire, United Kingdom: Earthscan

Webster, R., & Burgess, T. (1980). Optimal interpolation and isarithmic mapping of soil properties III changing drift and universal kriging. *Journal of Soil Science*, *31*(3), 505-524. doi: 10.1111/j.1365-2389.1980.tb02100.x

กองนโยบายและวิชาการสถิติ. (2566). *คู่มือการเก็บรวบรวมข้อมูลพื้นฐานของครัวเรือนด้วย Tablet และการประมาณค่า สพค 66*. สืบค้นเมื่อ 13 มิถุนายน 2566, จาก https://catalog.nso.go.th/lt/organization/methodology

สำนักนโยบายและวิชาการสถิติ. (2555). *เทคนิคการสุ่มตัวอย่าง และการประมาณค่า*. สืบค้นเมื่อ13 มิถุนายน 2566, จาก http://service.nso.go.th/nso/nsopublish/Toneminute/files/55/A3-16.pdf

# ภาคผนวก

**ตาราง ก** ผลการคำนวณความหนาแน่นประชากรคาดประมาณทั้งประเทศ พ.ศ. 2553 ด้วยวิธี Spatial Lag

| รหัสจังหวัด | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากร (สสช.) | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) | ค่า RESIDUAL | ขนาดพื้นที่ (ตร.กม) |
|---|---|---|---|---|
| กรุงเทพมหานคร | 4,791 | 5,177 | -386 | 1,571.69 |
| สมุทรปราการ | 1,326 | 1,619 | -293 | 967.09 |
| นนทบุรี | 2,015 | 1,744 | 271 | 637.06 |
| ปทุมธานี | 688 | 627 | 61 | 1,513.97 |
| พระนครศรีอยุธยา | 463 | 347 | 116 | 2,544.41 |
| อ่างทอง | 326 | 293 | 33 | 948.99 |
| ลพบุรี | 213 | 206 | 7 | 6,438.59 |
| สิงห์บุรี | 279 | 252 | 26 | 815.79 |
| ชัยนาท | 168 | 145 | 23 | 2,515.86 |
| สระบุรี | 254 | 223 | 30 | 3,490.96 |
| ชลบุรี | 406 | 561 | -155 | 4,550.96 |
| ระยอง | 252 | 237 | 16 | 3,704.19 |
| จันทบุรี | 185 | 184 | 1 | 6,404.72 |
| ตราด | 165 | 191 | -26 | 2,854.15 |
| ฉะเชิงเทรา | 168 | 192 | -24 | 5,167.94 |
| ปราจีนบุรี | 121 | 117 | 4 | 5,027.56 |
| นครนายก | 176 | 165 | 10 | 2,135.43 |
| สระแก้ว | 89 | 92 | -3 | 6,803.62 |
| นครราชสีมา | 156 | 134 | 22 | 20,705.29 |
| บุรีรัมย์ | 122 | 134 | -13 | 10,056.83 |
| สุรินทร์ | 124 | 131 | -7 | 8,811.67 |
| ศรีสะเกษ | 155 | 159 | -4 | 8,865.86 |
| อุบลราชธานี | 130 | 129 | 1 | 15,501.12 |
| ยโสธร | 109 | 114 | -5 | 4,098.15 |
| ชัยภูมิ | 90 | 93 | -4 | 12,665.81 |
| อำนาจเจริญ | 86 | 90 | -4 | 3,253.75 |
| บึงกาฬ | 76 | 82 | -6 | 3,972.35 |
| หนองบัวลำภู | 89 | 99 | -10 | 4,086.92 |
| ขอนแก่น | 139 | 130 | 8 | 10,620.66 |
| อุดรธานี | 123 | 124 | -1 | 11,001.41 |
| เลย | 71 | 67 | 5 | 10,484.94 |
| หนองคาย | 175 | 177 | -2 | 3,299.21 |

**ตาราง ก** ผลการคำนวณความหนาแน่นประชากรคาดประมาณทั้งประเทศ พ.ศ. 2553 ด้วยวิธี Spatial Lag (ต่อ)

| รหัสจังหวัด | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากร (สสช.) | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) | ค่า RESIDUAL | ขนาดพื้นที่ (ตร.กม) |
|---|---|---|---|---|
| มหาสารคาม | 132 | 126 | 6 | 5,595.39 |
| ร้อยเอ็ด | 137 | 138 | -1 | 7,827.93 |
| กาฬสินธุ์ | 120 | 120 | -1 | 6,893.16 |
| สกลนคร | 94 | 99 | -5 | 9,532.16 |
| นครพนม | 131 | 137 | -6 | 5,588.57 |
| มุกดาหาร | 84 | 87 | -3 | 4,102.97 |
| เชียงใหม่ | 406 | 330 | 77 | 22,112.78 |
| ลำพูน | 268 | 210 | 58 | 4,476.91 |
| ลำปาง | 210 | 180 | 31 | 12,493.63 |
| อุตรดิตถ์ | 123 | 121 | 2 | 7,886.63 |
| แพร่ | 185 | 168 | 18 | 6,485.75 |
| น่าน | 101 | 91 | 9 | 12,147.69 |
| พะเยา | 138 | 138 | 0 | 6,190.99 |
| เชียงราย | 139 | 128 | 10 | 11,543.18 |
| แม่ฮ่องสอน | 48 | 44 | 4 | 12,787.34 |
| นครสวรรค์ | 149 | 146 | 3 | 9,638.95 |
| อุทัยธานี | 97 | 96 | 1 | 6,641.45 |
| กำแพงเพชร | 84 | 89 | -5 | 8,462.61 |
| ตาก | 180 | 164 | 16 | 17,317.62 |
| สุโขทัย | 170 | 209 | -39 | 6,667.59 |
| พิษณุโลก | 148 | 140 | 8 | 10,600.10 |
| พิจิตร | 152 | 198 | -47 | 4,328.85 |
| เพชรบูรณ์ | 122 | 119 | 4 | 12,328.52 |
| ราชบุรี | 352 | 321 | 31 | 5,216.20 |
| กาญจนบุรี | 197 | 188 | 9 | 19,403.21 |
| สุพรรณบุรี | 172 | 173 | -1 | 5,415.76 |
| นครปฐม | 492 | 417 | 75 | 2,130.25 |
| สมุทรสาคร | 654 | 680 | -26 | 860.59 |
| สมุทรสงคราม | 502 | 462 | 39 | 413.30 |
| เพชรบุรี | 252 | 229 | 24 | 6,178.37 |
| ประจวบคีรีขันธ์ | 147 | 111 | 36 | 6,427.31 |
| นครศรีธรรมราช | 221 | 232 | -11 | 9,933.58 |
| กระบี่ | 100 | 103 | -2 | 5,179.67 |
| พังงา | 119 | 107 | 12 | 4,132.38 |

**ตาราง ก** ผลการคำนวณความหนาแน่นประชากรคาดประมาณทั้งประเทศ พ.ศ. 2553 ด้วยวิธี Spatial Lag (ต่อ)

| รหัสจังหวัด | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากร (สสช.) | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) | ค่า RESIDUAL | ขนาดพื้นที่ (ตร.กม) |
|---|---|---|---|---|
| ภูเก็ต | 311 | 758 | -446 | 545.17 |
| สุราษฎร์ธานี | 125 | 126 | -1 | 13,086.92 |
| ระนอง | 171 | 124 | 47 | 3,362.39 |
| ชุมพร | 221 | 174 | 47 | 6,007.62 |
| สงขลา | 231 | 220 | 11 | 7,766.80 |
| สตูล | 175 | 150 | 25 | 2,823.20 |
| ตรัง | 195 | 170 | 25 | 4,749.83 |
| พัทลุง | 149 | 137 | 11 | 3,846.08 |
| ปัตตานี | 421 | 387 | 34 | 1,968.89 |
| ยะลา | 190 | 169 | 21 | 4,473.05 |
| นราธิวาส | 190 | 185 | 5 | 4,488.93 |

**ตาราง ข** ผลการคำนวณความหนาแน่นประชากรคาดประมาณทั้งประเทศ พ.ศ. 2553 ด้วยวิธี Spatial error

| รหัสจังหวัด | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากร (สสช.) | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) | ค่า RESIDUAL | ขนาดพื้นที่ (ตร.กม) |
|---|---|---|---|---|
| กรุงเทพมหานคร | 4,791 | 5,208 | -417 | 1,571.69 |
| สมุทรปราการ | 1,326 | 1,665 | -338 | 967.09 |
| นนทบุรี | 2,015 | 1,897 | 117 | 637.06 |
| ปทุมธานี | 688 | 741 | -53 | 1,513.97 |
| พระนครศรีอยุธยา | 463 | 352 | 112 | 2,544.41 |
| อ่างทอง | 326 | 307 | 19 | 948.99 |
| ลพบุรี | 213 | 207 | 6 | 6,438.59 |
| สิงห์บุรี | 279 | 280 | -2 | 815.79 |
| ชัยนาท | 168 | 155 | 13 | 2,515.86 |
| สระบุรี | 254 | 230 | 24 | 3,490.96 |
| ชลบุรี | 406 | 559 | -152 | 4,550.96 |
| ระยอง | 252 | 240 | 12 | 3,704.19 |
| จันทบุรี | 185 | 185 | 0 | 6,404.72 |
| ตราด | 165 | 195 | -30 | 2,854.15 |
| ฉะเชิงเทรา | 168 | 191 | -23 | 5,167.94 |
| ปราจีนบุรี | 121 | 115 | 6 | 5,027.56 |
| นครนายก | 176 | 177 | -2 | 2,135.43 |
| สระแก้ว | 89 | 91 | -2 | 6,803.62 |
| นครราชสีมา | 156 | 129 | 28 | 20,705.29 |
| บุรีรัมย์ | 122 | 129 | -7 | 10,056.83 |
| สุรินทร์ | 124 | 123 | 1 | 8,811.67 |
| ศรีสะเกษ | 155 | 152 | 3 | 8,865.86 |
| อุบลราชธานี | 130 | 125 | 5 | 15,501.12 |
| ยโสธร | 109 | 108 | 1 | 4,098.15 |
| ชัยภูมิ | 90 | 88 | 1 | 12,665.81 |
| อำนาจเจริญ | 86 | 84 | 1 | 3,253.75 |
| บึงกาฬ | 76 | 76 | 0 | 3,972.35 |
| หนองบัวลำภู | 89 | 92 | -4 | 4,086.92 |
| ขอนแก่น | 139 | 126 | 13 | 10,620.66 |
| อุดรธานี | 123 | 116 | 7 | 11,001.41 |
| เลย | 71 | 63 | 8 | 10,484.94 |
| หนองคาย | 175 | 172 | 3 | 3,299.21 |

**ตาราง ข** ผลการคำนวณความหนาแน่นประชากรคาดประมาณทั้งประเทศ พ.ศ. 2553 ด้วยวิธี Spatial error (ต่อ)

| รหัสจังหวัด | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากร (สสช.) | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) | ค่า RESIDUAL | ขนาดพื้นที่ (ตร.กม) |
|---|---|---|---|---|
| มหาสารคาม | 132 | 122 | 11 | 5,595.39 |
| ร้อยเอ็ด | 137 | 133 | 4 | 7,827.93 |
| กาฬสินธุ์ | 120 | 114 | 6 | 6,893.16 |
| สกลนคร | 94 | 93 | 1 | 9,532.16 |
| นครพนม | 131 | 133 | -2 | 5,588.57 |
| มุกดาหาร | 84 | 82 | 2 | 4,102.97 |
| เชียงใหม่ | 406 | 332 | 75 | 22,112.78 |
| ลำพูน | 268 | 226 | 42 | 4,476.91 |
| ลำปาง | 210 | 183 | 27 | 12,493.63 |
| อุตรดิตถ์ | 123 | 126 | -3 | 7,886.63 |
| แพร่ | 185 | 171 | 14 | 6,485.75 |
| น่าน | 101 | 89 | 12 | 12,147.69 |
| พะเยา | 138 | 141 | -3 | 6,190.99 |
| เชียงราย | 139 | 131 | 7 | 11,543.18 |
| แม่ฮ่องสอน | 48 | 38 | 10 | 12,787.34 |
| นครสวรรค์ | 149 | 148 | 1 | 9,638.95 |
| อุทัยธานี | 97 | 101 | -4 | 6,641.45 |
| กำแพงเพชร | 84 | 86 | -2 | 8,462.61 |
| ตาก | 180 | 168 | 13 | 17,317.62 |
| สุโขทัย | 170 | 210 | -40 | 6,667.59 |
| พิษณุโลก | 148 | 138 | 10 | 10,600.10 |
| พิจิตร | 152 | 208 | -56 | 4,328.85 |
| เพชรบูรณ์ | 122 | 118 | 4 | 12,328.52 |
| ราชบุรี | 352 | 324 | 27 | 5,216.20 |
| กาญจนบุรี | 197 | 188 | 9 | 19,403.21 |
| สุพรรณบุรี | 172 | 183 | -10 | 5,415.76 |
| นครปฐม | 492 | 413 | 80 | 2,130.25 |
| สมุทรสาคร | 654 | 649 | 6 | 860.59 |
| สมุทรสงคราม | 502 | 471 | 31 | 413.30 |
| เพชรบุรี | 252 | 225 | 27 | 6,178.37 |
| ประจวบคีรีขันธ์ | 147 | 116 | 31 | 6,427.31 |
| นครศรีธรรมราช | 221 | 221 | 0 | 9,933.58 |
| กระบี่ | 100 | 101 | -1 | 5,179.67 |
| พังงา | 119 | 111 | 8 | 4,132.38 |

**ตาราง ข** ผลการคำนวณความหนาแน่นประชากรคาดประมาณทั้งประเทศ พ.ศ. 2553 ด้วยวิธี Spatial error (ต่อ)

| รหัสจังหวัด | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากร (สสช.) | ค่าเฉลี่ยความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) | ค่า RESIDUAL | ขนาดพื้นที่ (ตร.กม) |
|---|---|---|---|---|
| ภูเก็ต | 311 | 747 | -435 | 545.17 |
| สุราษฎร์ธานี | 125 | 122 | 3 | 13,086.92 |
| ระนอง | 171 | 122 | 49 | 3,362.39 |
| ชุมพร | 221 | 175 | 45 | 6,007.62 |
| สงขลา | 231 | 214 | 18 | 7,766.80 |
| สตูล | 175 | 149 | 25 | 2,823.20 |
| ตรัง | 195 | 172 | 24 | 4,749.83 |
| พัทลุง | 149 | 134 | 15 | 3,846.08 |
| ปัตตานี | 421 | 366 | 55 | 1,968.89 |
| ยะลา | 190 | 161 | 28 | 4473.05 |
| นราธิวาส | 190 | 177 | 14 | 4488.93 |

**ตาราง ค** สรุปข้อมูลความหนาแน่นประชากรจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 ด้วยวิธี Spatial error

| อำเภอ | ตำบล | ความหนาแน่นจำนวนประชากร (สสช.) | ความหนาแน่นจำนวนประชากรจากระบบทะเบียน (กรมการปกครอง) | ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) |
|---|---|---|---|---|
| **ไทรน้อย** | | | | |
| | ขุนศรี | 164 | 202 | 24 |
| | คลองขวาง | 204 | 213 | 225 |
| | ทวีวัฒนา | 239 | 267 | 76 |
| | ไทรน้อย | 440 | 872 | 1,228 |
| | ไทรใหญ่ | 119 | 161 | 56 |
| | ราษฎร์นิยม | 136 | 211 | 113 |
| | หนองเพรางาย | 172 | 229 | 152 |
| | **รวม** | 1,474 | 2,154 | 1,874 |
| **บางกรวย** | | | | |
| | บางกรวย | 4,342 | 6,247 | 6,203 |
| | บางขนุน | 474 | 1,054 | 2,738 |
| | บางขุนกอง | 489 | 1,295 | 3,180 |
| | บางคูเวียง | 364 | 1,500 | 2,937 |
| | บางสีทอง | 527 | 2,696 | 3,779 |
| | ปลายบาง | 1,052 | 2,533 | 3,136 |
| | มหาสวัสดิ์ | 1,066 | 2,343 | 4,246 |
| | วัดชลอ | 1,944 | 3,137 | 3,921 |
| | ศาลากลาง | 254 | 562 | 1,181 |
| | **รวม** | 10,513 | 21,366 | 31,320 |
| **บางบัวทอง** | | | | |
| | บางคูรัด | 247 | 1,889 | 2,004 |
| | บางบัวทอง | 777 | 1,837 | 2,619 |
| | บางรักพัฒนา | 1,963 | 3,642 | 5,182 |
| | บางรักใหญ่ | 1,558 | 1,873 | 2,824 |
| | พิมลราช | 1,061 | 2,835 | 3,930 |
| | ละหาร | 356 | 1,008 | 1,809 |
| | ลำโพ | 276 | 577 | 2,054 |
| | โสนลอย | 2,954 | 5,430 | 4,660 |
| | **รวม** | 9,192 | 19,090 | 25,083 |

**ตาราง ค** สรุปข้อมูลความหนาแน่นประชากรจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 ด้วยวิธี Spatial error (ต่อ)

| อำเภอ | ตำบล | ความหนาแน่นจำนวนประชากร (สสช.) | ความหนาแน่นจำนวนประชากรจากระบบทะเบียน (กรมการปกครอง) | ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) |
|---|---|---|---|---|
| **บางใหญ่** | | | | |
| | บางม่วง | 313 | 1,696 | 2,446 |
| | บางแม่นาง | 331 | 2,622 | 3,395 |
| | บางเลน | 754 | 2,845 | 3,712 |
| | บางใหญ่ | 882 | 1,716 | 1,492 |
| | บ้านใหม่ | 160 | 319 | 210 |
| | เสาธงหิน | 1,029 | 3,577 | 5,103 |
| | **รวม** | 3,470 | 12,776 | 16,358 |
| **ปากเกร็ด** | | | | |
| | เกาะเกร็ด | 830 | 1,374 | 638 |
| | คลองเกลือ | 3,125 | 2,463 | 5,806 |
| | คลองข่อย | 141 | 358 | 1,003 |
| | คลองพระอุดม | 477 | 957 | 1,457 |
| | ท่าอิฐ | 524 | 2,479 | 3,106 |
| | บางตลาด | 2,793 | 4,147 | 5,282 |
| | บางตะไนย์ | 676 | 1,061 | 1,940 |
| | บางพลับ | 229 | 751 | 2,318 |
| | บางพูด | 3,309 | 4,706 | 6,303 |
| | บ้านใหม่ | 2,369 | 1,812 | 4,722 |
| | ปากเกร็ด | 6,128 | 9,280 | 9,893 |
| | อ้อมเกร็ด | 214 | 644 | 2,488 |
| | **รวม** | 20,816 | 30,032 | 44,956 |
| **เมืองนนทบุรี** | | | | |
| | ตลาดขวัญ | 5,518 | 7,262 | 7,904 |
| | ท่าทราย | 5,100 | 6,462 | 7,423 |
| | ไทรม้า | 1,888 | 2,279 | 4,110 |
| | บางกระสอ | 3,460 | 5,228 | 7,387 |
| | บางกร่าง | 1,038 | 2,650 | 4,148 |
| | บางเขน | 3,830 | 5,047 | 7,179 |
| | บางไผ่ | 607 | 2,321 | 3,183 |
| | บางรักน้อย | 1,699 | 2,975 | 5,072 |
| | บางศรีเมือง | 3,633 | 4,986 | 5,395 |

**ตาราง ค** สรุปข้อมูลความหนาแน่นประชากรจังหวัดนนทบุรี พ.ศ. 2565 ด้วยวิธี Spatial error (ต่อ)

| อำเภอ | ตำบล | ความหนาแน่นจำนวนประชากร (สสช.) | ความหนาแน่นจำนวนประชากรจากระบบทะเบียน (กรมการปกครอง) | ความหนาแน่นประชากรคาดประมาณ (MODEL) |
|---|---|---|---|---|
| | สวนใหญ่ | 5,585 | 9,394 | 7,210 |
| | **รวม** | 32,357 | 48,604 | 59,012 |