

การเทียบมาตรฐานแบบจำลองการขยายตัวของเมือง กรณีศึกษา
อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
ธันวาคม 2559

การเทียบมาตรฐานแบบจำลองการขยายตัวของเมือง กรณีศึกษา
อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร



ปริญญานิพนธ์
ของ
กัลป์ กลับแสง

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ

ธันวาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การเทียบมาตรฐานแบบจำลองการขยายตัวของเมือง กรณีศึกษา
อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
ธันวาคม 2559

กัลป์ กลับแสง. (2559) การเทียบมาตรฐานแบบจำลองการขยายตัวของเมือง กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร. ปรินูญานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินูญานิพนธ์ : อาจารย์ ดร.สุรชาติพย์ ชวนะเวสสกุล และ รองศาสตราจารย์ วิวัฒน์ อุดมปิติทรัพย์

การศึกษากการเทียบมาตรฐานแบบจำลองการขยายตัวของเมือง CA-MARKOV, CLUE-S และ SLEUTH ได้ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในการวิเคราะห์ข้อมูลและคำนวณค่าความถูกต้องของแบบจำลอง โดยเปรียบเทียบจากผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ. 2559 ของแบบจำลองกับพื้นที่จริง

ผลการศึกษาสภาพการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 พบว่า มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 461.28 ตารางกิโลเมตร มีการใช้ที่ดินทั้งหมด 11 ประเภท ได้แก่ พื้นที่นา 1.51 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ไม้ผล 18.66 ตารางกิโลเมตร สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 175.64 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าชายเลน 35.04 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ลุ่ม 29.35 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ 49.64 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้า 32.22 ตารางกิโลเมตร พื้นที่หมู่บ้าน 50.56 ตารางกิโลเมตร พื้นที่อุตสาหกรรม 37.27 ตารางกิโลเมตร สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ 6.13 ตารางกิโลเมตร และแหล่งน้ำธรรมชาติ 25.26 ตารางกิโลเมตร และพบว่าค่าความถูกต้องของแบบจำลองมีค่าที่ใกล้เคียงกันโดยแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องโดยรวมมากที่สุดคือ แบบจำลอง CLUE-S โดยมีความถูกต้องร้อยละ 80.90 แบบจำลอง CA-MARKOV มีความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.19 และแบบจำลอง SLEUTH มีค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.01 ทั้งนี้เนื่องจากแบบจำลอง CLUE-S มีความได้เปรียบในเรื่องของสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของการใช้ที่ดินกับปัจจัยต่างๆ ในขณะที่แบบจำลอง CA-MARKOV เป็นการวิเคราะห์อัตราและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในช่วงเวลาต่างๆ และให้ความสำคัญกับพื้นที่รอบข้างและแบบจำลอง SLEUTH เป็นการวิเคราะห์และให้ความสำคัญกับเส้นทางคมนาคมความชัน และพื้นที่เมือง

THE CALIBRATION OF AN URBAN GROWTH MODEL STUDY AREA:
MUANG DISTRICT, SAMUTSAKORN PROVINCE



Present in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Science Degree in Geography and Geoinformatics
at Srinakharinwirot University

December 2016

Gun Glubsaeng. (2016). *The Calibration of an Urban Growth Model Study Area: Muang District, Samutsakorn Province*. Master's thesis, M.S. (Geography and Geoinformatic). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Sutatip Chavanavesskul and Assoc. Prof. Viwat Udompitisup

The Calibration of Urban Growth models, CA-MARKOV, CLUE-S and SLEUTH have used the Geographic Information System to analyze and verify the accuracy of output by comparing land use in the Muang District of the Samutsakorn Province in 2016.

The results for the entire use of land in 2016 is 461.28 square kilometers. Land use was classified into eleven types including rice fields (1.51 square kilometers), orchards (18.66 square kilometers), aquacultural (175.64 square kilometers), mangrove forest (35.04 square kilometers), marsh and swamp (29.35 square kilometers), miscellaneous land (49.64 square kilometers), city and town (32.22 square kilometers), village (50.56 square kilometers), industrial (37.27 square kilometers), other built-up areas (6.13 square kilometers) and bodies of water (25.26 square kilometers)

The results of the accuracy of the model demonstrated that the most accurate model was CLUE-S with an overall accuracy of 80.90 percent, followed by CA-MARKOV with 80.19 percent, and SLEUTH with 80.19 percent. This is due to the fact that because the CLUE-S has advantage in term of the equation and regression analysis, while the CA-MARKOV can analyze land use changing overtime and in a neighborhood area, and the SLEUTH is focused on analyzing transportation, slopes and urban areas.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การเทียบมาตรฐานแบบจำลองการขยายตัวของเมือง กรณีศึกษา
อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
ของ
กัลป์ กลั้วแสง

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นพ.ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)
วันที่..... เดือน..... พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษาหลัก
(อาจารย์ ดร.สุรชาติพิทย์ ชวนะเวสสกุล)

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.พนัทธิพิทย์ ปิยะทัศนานนท์)

.....ที่ปรึกษาร่วม
(รองศาสตราจารย์ วิวัฒน์ อุดมปิทธิทรัพย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สุรชาติพิทย์ ชวนะเวสสกุล)

.....กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ วิวัฒน์ อุดมปิทธิทรัพย์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลงได้ด้วยดี ด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายฝ่าย ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.สุรชาติพย์ ชวนะเวสสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และรองศาสตราจารย์ วิวัฒน์ อุดมพิติทรัพย์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่คอยให้คำปรึกษา แนะนำ และตรวจสอบข้อบกพร่องต่างๆ ในการทำวิทยานิพนธ์ และกราบขอบพระคุณอาจารย์ ดร.พันทิพย์ ปิยะทัศนานนท์ และอาจารย์ ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร ที่กรุณาเป็นคณะกรรมการสอบปากเปล่า รวมถึงขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาภูมิศาสตร์มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒทุกท่าน ที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ และให้คำแนะนำในการทำปริญญานิพนธ์มาโดยตลอด

ขอขอบคุณกรมแผนที่ทหาร และกรมพัฒนาที่ดิน ที่กรุณาอนุเคราะห์ข้อมูล ที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ บิดามารดา และสมาชิกในครอบครัว ที่คอยเป็นกำลังใจให้เสมอมา รวมถึงเพื่อนๆ สาขาวิชาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ที่คอยสนับสนุน และช่วยเหลือจนจบการศึกษาครั้งนี้

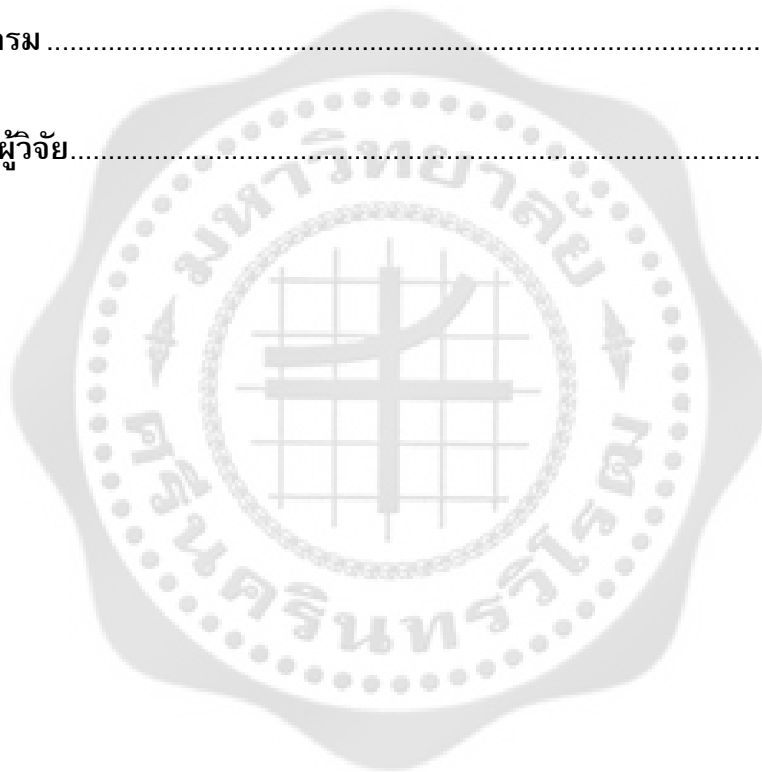
กัลป์ กลั๊บแสง

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
วัตถุประสงค์	2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
สมมติฐานในการวิจัย	2
นิยามศัพท์เฉพาะ	2
ขอบเขตในการวิจัย	3
กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
2 ทบทวนวรรณกรรม	6
ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	6
แบบจำลองการขยายตัวของเมือง	13
ทฤษฎีการตั้งถิ่นฐาน	27
ทฤษฎีการขยายตัวของเมือง	36
ภูมิสารสนเทศ	42
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	50
3 วิธีการดำเนินการวิจัย	54
ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	54
เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	54
การเก็บรวบรวมข้อมูล	55
การจัดกระทำข้อมูล	56
4 การวิเคราะห์ข้อมูล	68
ลักษณะการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพ.ศ. 2559	68
การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง	76
การเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง	84

สารบัญ(ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ.....	96
สรุปผล	97
อภิปราย	98
ข้อเสนอแนะ	100
บรรณานุกรม	101
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	106



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 รูปแบบการใช้ที่ดินจังหวัดสมุทรสาคร	8
2 ภาพรวมของแบบจำลองการขยายตัวของเมือง	13
3 ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลอง SLEUTH	24
4 สรุปความแตกต่างของแบบจำลอง CA-MARKOV, CLUE-S และ SLEUTH	27
5 รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน.....	30
6 รูปแบบการขยายตัวของเมือง	33
7 ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากการผสมภาพดาวเทียม	45
8 การจำแนกลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา	55
9 การตรวจสอบข้อมูลการแปลภาพถ่ายดาวเทียมโดยการสำรวจภาคสนาม	57
10 การคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ของแบบจำลอง CA-MARKOV.....	60
11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา	62
12 การคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ของแบบจำลอง CLUE-S	63
13 การคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ของแบบจำลอง SLEUTH	65
14 ลักษณะการใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ. 2559	68
15 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ. 2545, พ.ศ. 2550, พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2559	69
16 การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง CA-MARKOV	76
17 การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง CLUE-S	79
18 การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง SLEUTH	82

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 แสดงขอบเขตพื้นที่ศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร	4
2 กรอบแนวคิดในการวิจัย	5
3 ขอบเขตการปกครอง จังหวัดสมุทรสาคร	7
4 แผนที่แสดงรูปแบบการใช้ที่ดิน จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ. 2555	9
5 แผนที่ผังเมืองรวมจังหวัดสมุทรสาคร	12
6 ลักษณะของเซลล์รอบข้างตามแนวคิดของ Neumann และ Moore	18
7 ตำแหน่งของเซลล์แวดล้อมทั้ง 8 หรือขนาด 3x3 เซลล์	18
8 การเปลี่ยนแปลงสถานะของเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาตามทฤษฎี Game of Life	19
9 ตัวอย่างลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	21
10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชันและความเป็นเมือง	26
11 รูปแบบภูมิทัศน์ตามแบบทฤษฎีแหล่งกลาง (Central Place Theory)	29
12 แสดงองค์ประกอบของการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ตามทฤษฎี Ekistics	32
13 แบบจำลองการใช้ที่ดินของ Burgess	37
14 The Hoyt Model	38
15 ทฤษฎีหลายศูนย์กลาง (Multiple Nuclei Theory)	40
16 หลักการทำงานของรีโมทเซนซิง	42
17 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์	47
18 ตัวอย่างข้อมูลรูปแบบ Vector	48
19 ตัวอย่างข้อมูลรูปแบบ Raster	48
20 ขั้นตอนการการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง CA-MARKOV	61
21 ขั้นตอนการการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง CLUE-S	64
22 ขั้นตอนการการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง SLEUTH	66
23 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2545	70
24 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2550	71
25 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2555	72
26 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559	73

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ	หน้า
27 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง CA-MARKOV	77
28 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง CLUE-S	80
29 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง SLEUTH	83
30 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่นาที่ได้จากแบบจำลอง	85
31 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ไม้ผลที่ได้จากแบบจำลอง	86
32 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้จากแบบจำลอง	87
33 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้จากแบบจำลอง	88
34 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ลุ่มที่ได้จากแบบจำลอง	89
35 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆที่ได้จากแบบจำลอง	90
36 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้าที่ได้จากแบบจำลอง	91
37 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่หมู่บ้านที่ได้จากแบบจำลอง	92
38 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่อุตสาหกรรมที่ได้จากแบบจำลอง	93
39 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างอื่นๆที่ได้จากแบบจำลอง	94
40 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติที่ได้จากแบบจำลอง	95
41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองกับพื้นที่จริง	96

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

แบบจำลองการขยายตัวของเมือง เป็นเครื่องมือที่นิยมใช้ในการศึกษาการคาดการณ์การขยายตัวของเมือง เพื่อใช้ประกอบการวางแผนรองรับการขยายตัวของเมืองในอนาคต เนื่องจากพื้นที่เมืองในปัจจุบันที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองการขยายตัวของเมืองในปัจจุบันนั้นมีมากกว่า 20 แบบจำลอง และในแต่ละแบบจำลองมีความสามารถในการจำลองการขยายตัวของเมืองที่แตกต่างกันออกไป ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัย หลักการและทฤษฎีของแบบจำลองนั้นๆ รวมทั้งพื้นที่ศึกษาที่ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญที่จะทำให้แบบจำลองแสดงประสิทธิภาพออกมาได้อย่างเต็มที่ จึงต้องมีการศึกษาแบบจำลองที่เหมาะสมกับการขยายตัวของเมืองในแต่ละพื้นที่ศึกษา เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่เหมาะสมกับพื้นที่นั้นไปใช้ในการวางแผนรองรับและป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการขยายตัวของเมือง

ในปัจจุบันการขยายตัวของเมืองของประเทศไทยนั้นมีอัตราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยมีสาเหตุจากการเพิ่มขึ้นของประชากร ความเจริญก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและทางเศรษฐกิจ ส่งผลให้ความต้องการทางด้านทรัพยากรสูงขึ้น และความต้องการที่อยู่อาศัยมากขึ้นเพื่อรองรับจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นอกจากนี้จำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้เกิดปัญหาต่างๆ เช่น ปัญหาสิ่งแวดล้อมเสื่อมโทรม ปัญหาการจราจรติดขัด และความแออัดของชุมชน เป็นต้น

จังหวัดสมุทรสาคร เป็นจังหวัดที่มีอาณาเขตติดต่อกับกรุงเทพมหานครซึ่งเป็นเมืองหลวงของประเทศไทยและมีความหนาแน่นของเมืองเป็นอันดับหนึ่งของประเทศ และเนื่องจากจังหวัดสมุทรสาครเป็นพื้นที่ที่อยู่ใกล้กับกรุงเทพมหานครจึงได้รับอิทธิพลจากการขยายตัวของเมือง โดยเป็นพื้นที่ที่รองรับการขยายตัวของเมือง ซึ่งเมื่อวิเคราะห์ข้อมูลรูปแบบการใช้ที่ดินพ.ศ. 2543 ของกรมแผนที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ พบว่าพื้นที่เมืองและชุมชน มีเนื้อที่ประมาณ 110 ตารางกิโลเมตร และ พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 181 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นถึง 71 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 1.6 เท่าของ พ.ศ. 2543 และจังหวัดสมุทรสาครยังมีสถิติของประชากรที่เพิ่มขึ้นทุกปี โดยมีอัตราการเพิ่มขึ้นของประชากรใน พ.ศ. 2543 จนถึง พ.ศ. 2556 ประมาณร้อยละ 24 (สำนักงานสถิติแห่งชาติ. 2556) มีเศรษฐกิจที่เติบโตโดยสามารถวัดได้จากรายได้เฉลี่ยต่อหัวประชากรซึ่งเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ตามแผนพัฒนาจังหวัดสมุทรสาครได้กล่าวถึงแรงงานต่างด้าวที่มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในจังหวัดสมุทรสาครใน พ.ศ. 2558 พบว่ามีแรงงานต่างด้าวเดินทางเข้ามามากถึง 253,308 คน คิดเป็นร้อยละ 47 ของจำนวนประชากรทั้งหมด ทำให้จังหวัดสมุทรสาครมีการขยายตัวของเมืองที่เกิดจากแรงงานต่างชาติ ดังนั้น จังหวัดสมุทรสาครจึงมีความ

ต้องการวางแผนและการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อป้องกันปัญหาต่างๆที่เกิดจากการขยายตัวของเมือง

ดังนั้น เพื่อป้องกันปัญหาที่จะเกิดขึ้น การศึกษาแบบจำลองการขยายตัวของเมือง จึงเป็นสิ่งสำคัญที่สามารถช่วยในการวางแผนรองรับและจัดระบบการใช้ที่ดินของจังหวัดสมุทรสาครให้มีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากแบบจำลองการขยายตัวของเมืองต้องการข้อมูลที่สำคัญคือรูปแบบการใช้ที่ดินในช่วงเวลาต่างๆ ทำให้ต้องมีการนำข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล (Remote Sensing) มาใช้ร่วมด้วย เนื่องจากเป็นข้อมูลที่มีความทันสมัย และมีการบันทึกข้อมูลบริเวณเดียวกัน ในช่วงเวลาที่ต่างกัน และสามารถนำมาตีความด้านการใช้ที่ดินและจำแนกเป็นรูปแบบการใช้ที่ดินต่างๆได้ ซึ่งเป็นข้อมูลสำคัญสำหรับแบบจำลองและการศึกษาการขยายตัวของเมือง และใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยวิเคราะห์จากผลลัพธ์ที่ได้เปรียบเทียบกับพื้นที่เมืองที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน เพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำของแบบจำลองในเชิงพื้นที่ และสามารถนำแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องมากที่สุดไปใช้ในการศึกษาการขยายตัวของ การขยายตัวของเมืองกับเมืองอื่นๆ ต่อไป

วัตถุประสงค์

1. เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องเชิงพื้นที่ของแบบจำลอง CA-MARKOV, CLUE-S และ SLEUTH กับการขยายตัวของเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร
2. เพื่อเป็นแนวทางการใช้แบบจำลองคาดการณ์การขยายตัวของเมืองกับพื้นที่

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. สามารถเลือกแบบจำลองได้เหมาะสมกับคุณลักษณะเฉพาะแต่ละองค์ประกอบในการคาดการณ์เมืองอื่นๆ

สมมติฐานในการวิจัย

1. แบบจำลองการขยายตัวของเมืองที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครคือ CLUE-S เนื่องจากได้เปรียบในด้านวิธีการวิเคราะห์

นิยามศัพท์เฉพาะ

การคาดการณ์การขยายตัวของเมือง หมายถึง การวินิจฉัย การวิเคราะห์ถึงการขยายตัวของเมืองล่วงหน้าโดยวิเคราะห์จากปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อการขยายตัวของเมือง เช่น จำนวนประชากร รูปแบบการใช้ที่ดินในอดีตและปัจจุบัน เส้นทางคมนาคม เป็นต้น

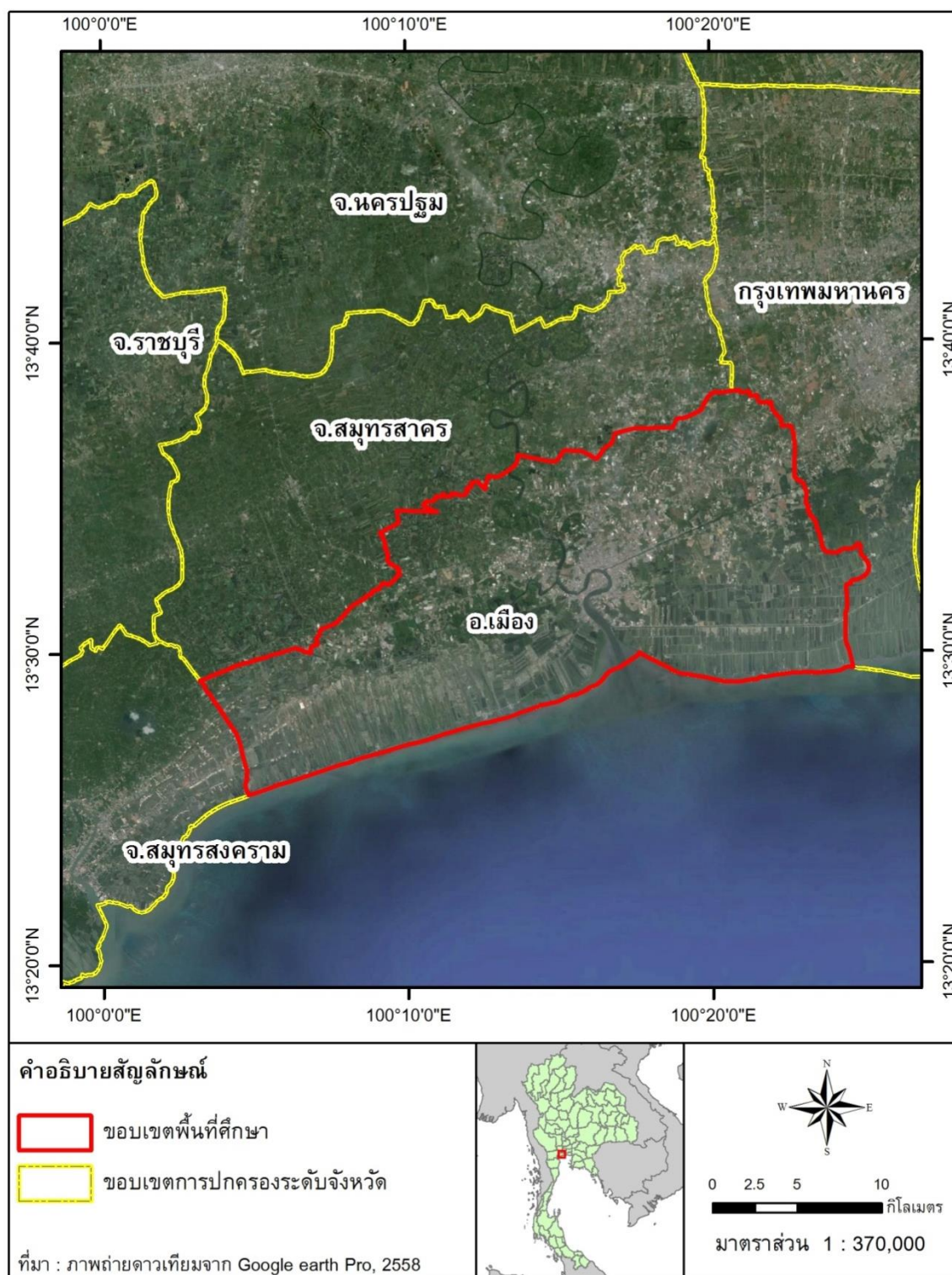
การขยายตัวของเมือง หมายถึงการเพิ่ม และการแพร่กระจายของเมืองจากช่วงเวลาหนึ่ง จนถึงอีกช่วงเวลาหนึ่งในเชิงพื้นที่ โดยมีรูปแบบการกระจายตัวที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยที่ส่งผลต่อการขยายตัวของเมือง เช่น ประชากร เส้นทางคมนาคม ลักษณะทางภูมิศาสตร์ เป็นต้น

ขอบเขตในการวิจัย

1. ขอบเขตเชิงพื้นที่ ทำการศึกษาพื้นที่ในขอบเขตอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร มีขนาดพื้นที่โดยประมาณ 461.28 ตร.กม. (288,300 ไร่) อยู่ระหว่างละติจูดที่ 13 องศา 25 ลิปดา 37.35 ฟลิปดา เหนือ ถึง 13 องศา 39 ลิปดา 16.55 ฟลิปดา เหนือ ลองจิจูดที่ 100 องศา 4 ลิปดา 48.45 ฟลิปดา ตะวันออก ถึง 100 องศา 20 ลิปดา 32.78 ฟลิปดา ตะวันออก อ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ระบบ WGS 1984 (ดังภาพประกอบ 1)

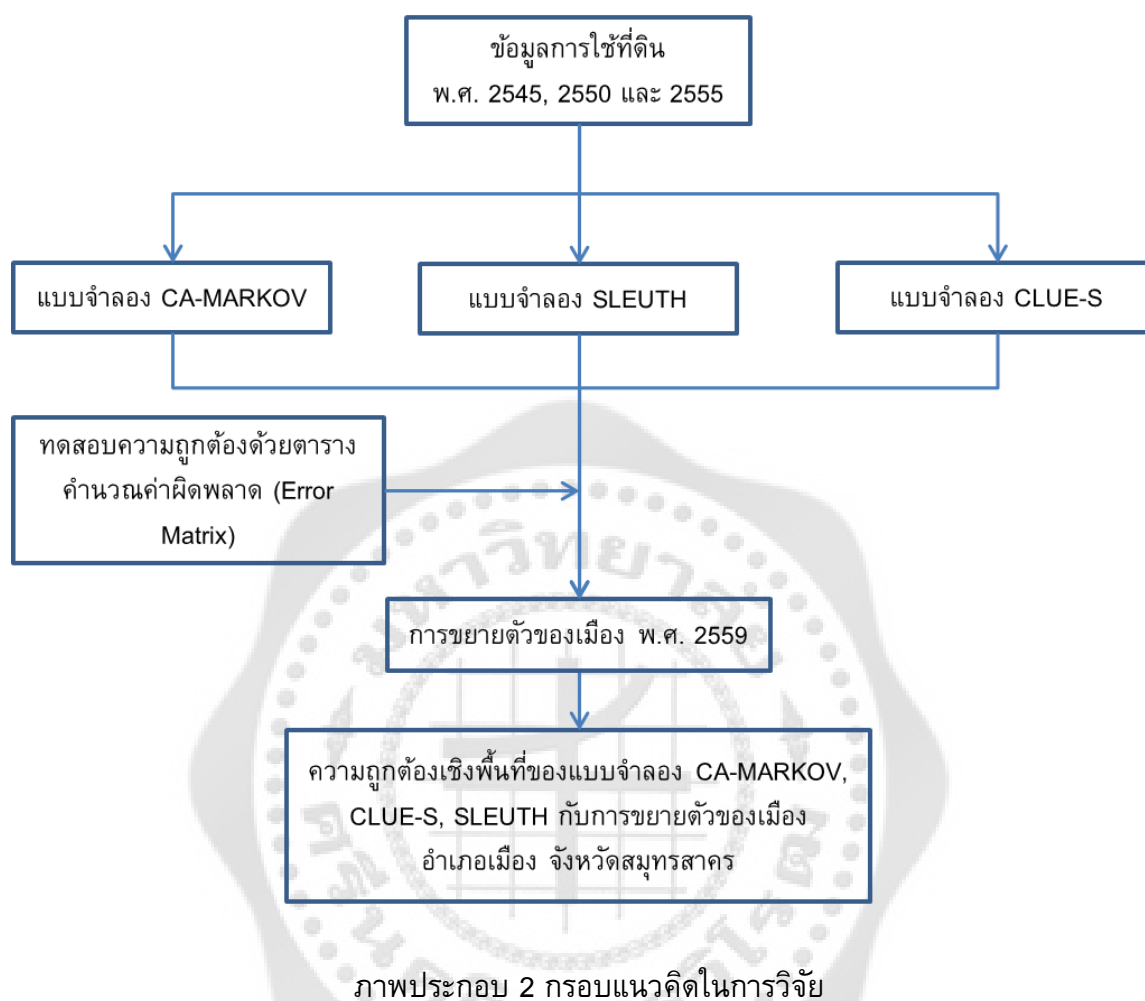
2. ขอบเขตเชิงเนื้อหา ศึกษาการขยายตัวของเมือง โดยใช้แบบจำลองการขยายตัวของเมือง CA-MARKOV, CLUE-S และ SLEUTH ใช้ข้อมูลรูปแบบการใช้ที่ดิน พ.ศ.2544, 2550 และ 2555 จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ เพื่อใช้ในแบบจำลองการขยายตัวของเมือง และภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM ที่บันทึกภาพ พ.ศ. 2559 เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบแบบจำลอง

3. ขอบเขตเชิงเวลา ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของเมือง อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครใน พ.ศ. 2559



ภาพประกอบ 1 ขอบเขตพื้นที่ศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรม

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

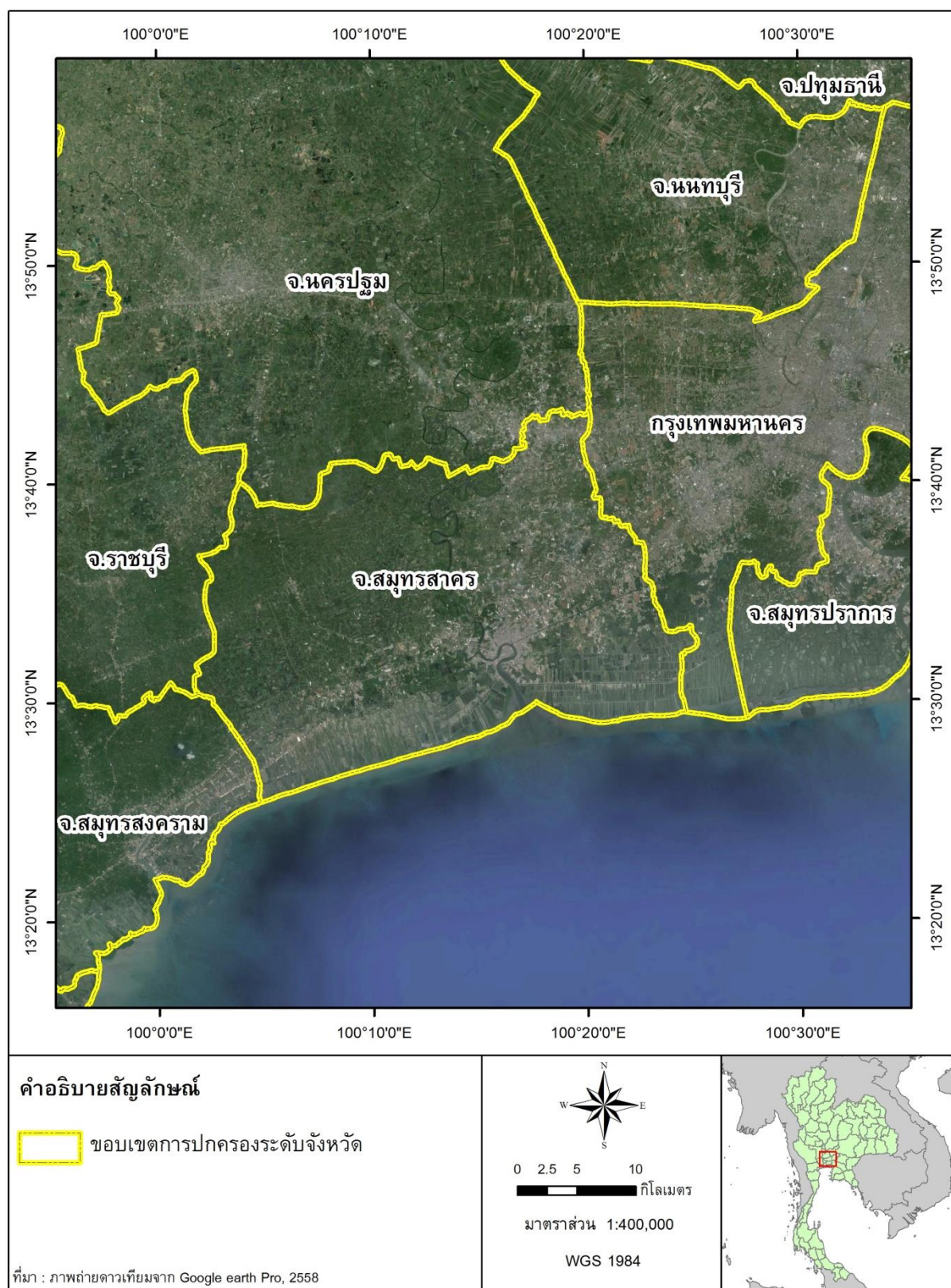
1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
2. แบบจำลองการขยายตัวของเมือง
3. ทฤษฎีการตั้งถิ่นฐาน
4. ทฤษฎีการขยายตัวของเมือง
5. ภูมิสารสนเทศ
6. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

1.1. ที่ตั้งและอาณาเขต

จังหวัดสมุทรสาครตั้งอยู่ในบริเวณภาคกลางของประเทศไทย อยู่ระหว่างละติจูดที่ 13 องศา 25 ลิปดา 37.35 ฟลิปดา เหนือ ถึง 13 องศา 43 ลิปดา 30.44 ฟลิปดา เหนือ ลองจิจูดที่ 100 องศา 4 ลิปดา 48.45 ฟลิปดา ตะวันออก ถึง 100 องศา 20 ลิปดา 32.78 ฟลิปดา มีพื้นที่ทั้งหมด 866.45 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 541,529 ไร่ ตะวันออก มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังนี้ (ภาพประกอบ 3)

ทิศเหนือ	ติดต่อกับจังหวัดนครปฐม
ทิศใต้	ติดต่อกับทะเลอ่าวไทย
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับกรุงเทพมหานคร
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับจังหวัดสมุทรสงครามและจังหวัดราชบุรี



ภาพประกอบ 3 ขอบเขตการปกครอง จังหวัดสมุทรสาคร

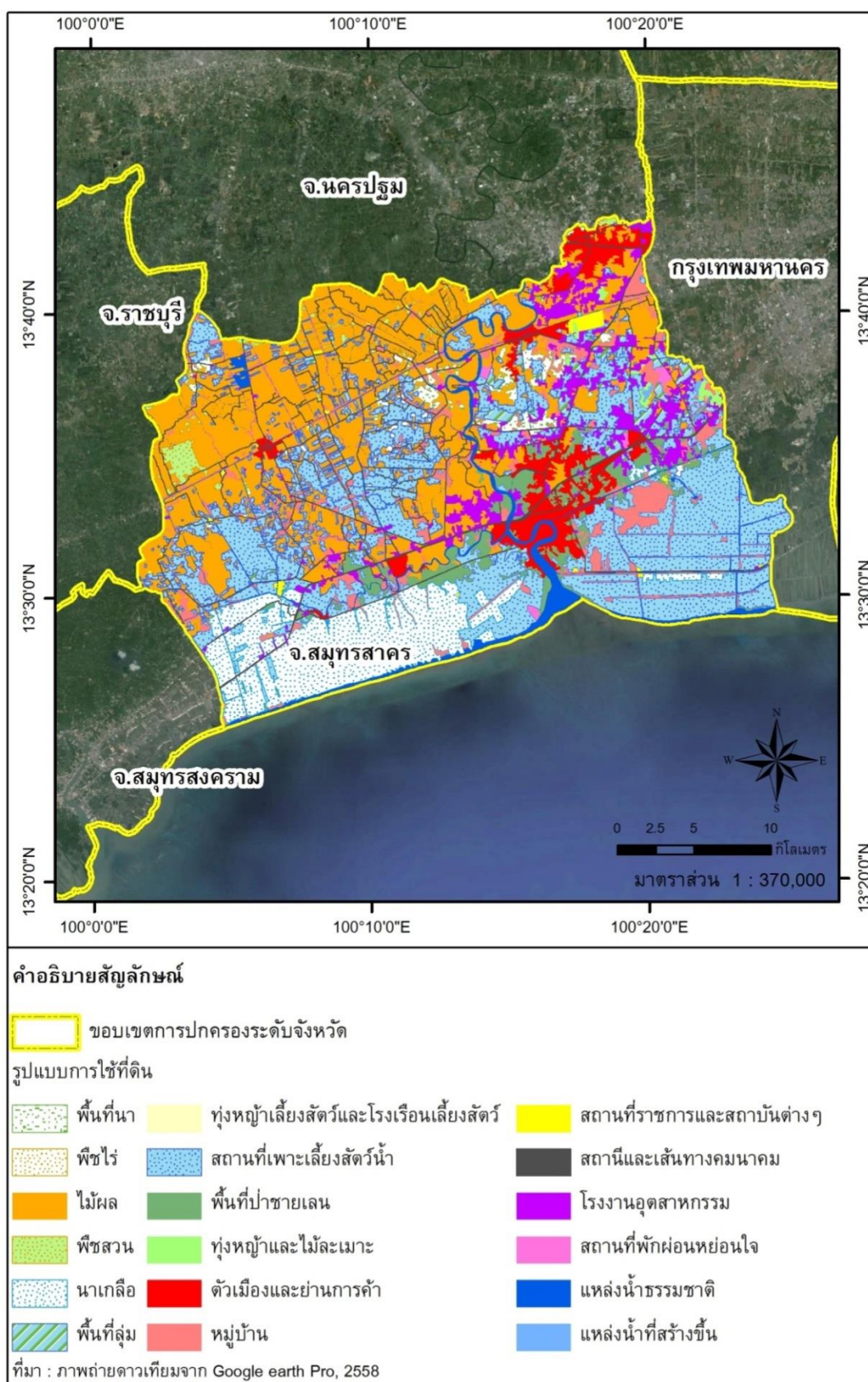
1.2. ลักษณะภูมิประเทศ

จังหวัดสมุทรสาคร มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่มชายฝั่งทะเล มีความสูงจากระดับน้ำทะเลประมาณ 1-7 เมตร โดยความสูงของพื้นที่จะไล่ระดับเพิ่มขึ้นไปทางทิศเหนือของจังหวัด มีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่านตอนกลางของจังหวัด มีลักษณะการใช้ที่ดินที่หลากหลาย โดยส่วนใหญ่แล้วเป็นพื้นที่เกษตรกรรมประมาณ 517.53 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 59 ของพื้นที่จังหวัดทั้งหมด และมีพื้นที่เมืองโดยประมาณ 181.20 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 20 ของพื้นที่ทั้งหมด (กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555) รูปแบบการใช้ที่ดินรูปแบบอื่นๆ ดังแสดงในตาราง 1 และภาพประกอบ 4

ตาราง 1 รูปแบบการใช้ที่ดินจังหวัดสมุทรสาคร

รูปแบบการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
ตัวเมืองและย่านการค้า	48.93	30,584	5.61
หมู่บ้าน	65.62	41,014	7.52
สถานที่ราชการและสถาบันต่างๆ	4.45	2,783	0.51
สถานีและเส้นทางคมนาคม	7.78	4,860	0.89
โรงงานอุตสาหกรรม	51.74	32,338	5.93
สถานที่พักผ่อนหย่อนใจ	2.68	1,676	0.31
พื้นที่นา	21.98	13,736	2.52
พืชไร่	0.16	103	0.02
ไม้ผล	203.27	127,044	23.30
พืชสวน	32.44	20,278	3.72
ทุ่งหญ้าเลี้ยงสัตว์และโรงเรือนเลี้ยงสัตว์	0.24	151	0.03
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	258.56	161,602	29.64
พื้นที่ป่าชายเลน	36.90	23,061	4.23
แหล่งน้ำธรรมชาติ	33.92	21,199	3.89
แหล่งน้ำที่สร้างขึ้น	1.96	1,228	0.23
ทุ่งหญ้าและไม้ละเมาะ	24.70	15,440	2.83
พื้นที่ลุ่ม	25.39	15,869	2.91
นาเกลือ	48.24	30,148	5.53

ที่มา: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2555).



ภาพประกอบ 4 แผนที่แสดงรูปแบบการใช้ที่ดิน จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ. 2555

1.3.นโยบายการใช้ที่ดิน

จังหวัดสมุทรสาครได้มีการวางแผนการใช้ที่ดิน เพื่อจัดระบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน โครงข่ายคมนาคมขนส่งและบริการสาธารณะให้มีประสิทธิภาพ สามารถรองรับและสอดคล้องกับการขยายตัวของชุมชนในอนาคต รวมทั้งส่งเสริมและพัฒนาเศรษฐกิจ ซึ่งได้กำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในเขตผังเมืองรวมของจังหวัดสมุทรสาครดังต่อไปนี้(กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวม เมืองสมุทรสาคร พ.ศ. 2550. (2550, 6 ธันวาคม). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 88 ก.)

1. ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดิน เพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละยี่สิบของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ

2. ที่ดินประเภทที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละสามสิบของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ

3. ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อพาณิชยกรรม การอยู่อาศัย สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละยี่สิบของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ

4. ที่ดินประเภทพาณิชยกรรมและสถานบริการ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อพาณิชยกรรมสถานบริการ การอยู่อาศัย การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละห้าของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ

5. ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมและคลังสินค้า ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่ออุตสาหกรรมคลังสินค้า สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละยี่สิบของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ

6. ที่ดินประเภทอุตสาหกรรมเฉพาะกิจ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่ออุตสาหกรรมที่ประกอบกิจการในลักษณะโรงงานตามกฎหมายว่าด้วยโรงงานตามประเภท ชนิด และจำพวกที่กำหนด ให้ดำเนินการได้ตามบัญชีท้ายกฎกระทรวงนี้ โรงงานบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน คลังสินค้า สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละยี่สิบของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ

7. ที่ดินประเภทชนบทและเกษตรกรรม ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อเกษตรกรรมหรือเกี่ยวข้องกับเกษตรกรรม สถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการเป็นส่วนใหญ่ สำหรับการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการอื่น ให้ใช้ได้ไม่เกินร้อยละยี่สิบของที่ดินประเภทนี้ในแต่ละบริเวณ

8. ที่ดินประเภทที่โล่งเพื่อนันทนาการและการรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อนันทนาการหรือเกี่ยวข้องกับนันทนาการ การรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อม หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

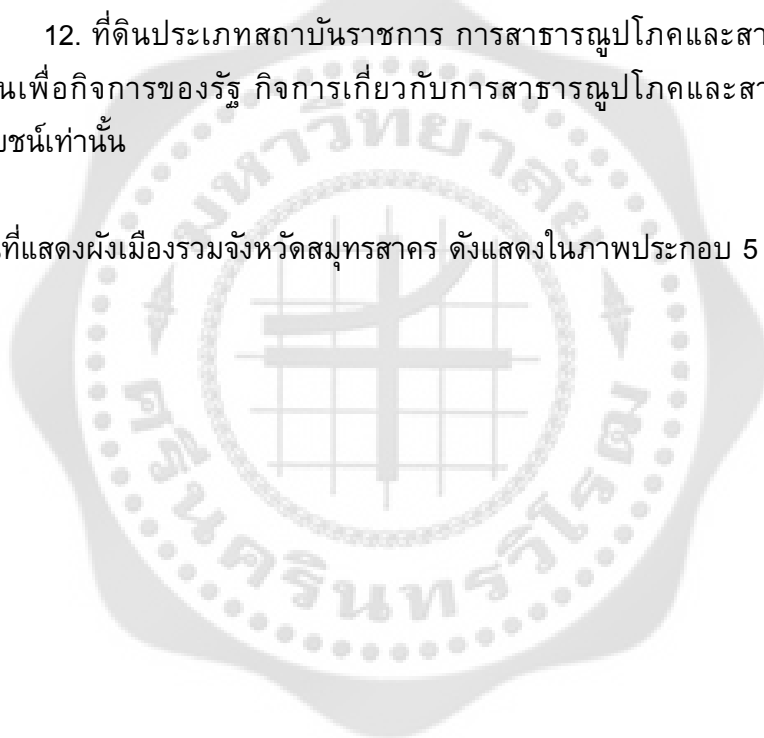
9. ที่ดินประเภทสถาบันการศึกษา ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการศึกษาหรือเกี่ยวข้องกับการศึกษา สถาบันราชการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

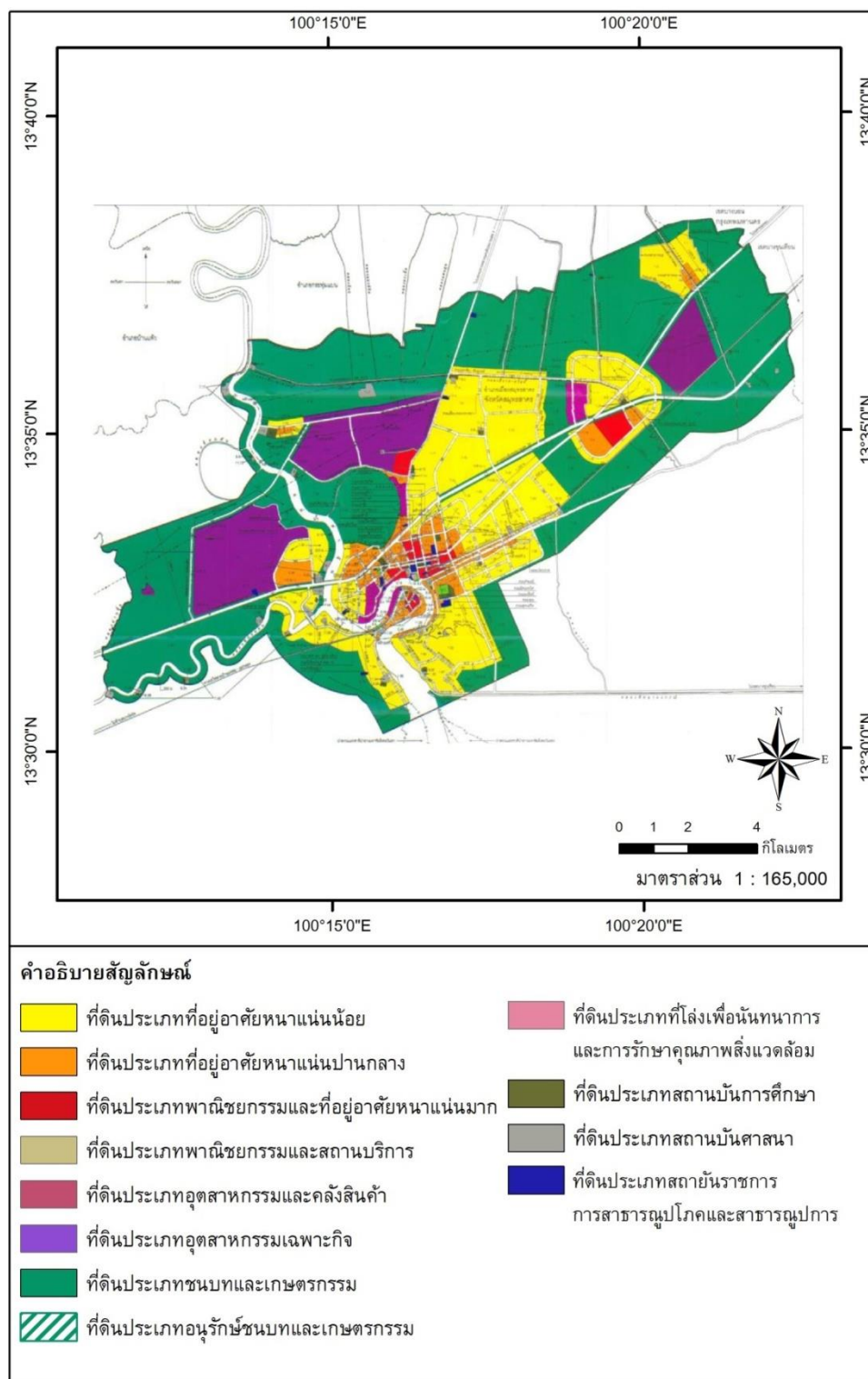
10. ที่ดินประเภทอนุรักษ์เพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรมไทย ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อส่งเสริมเอกลักษณ์ศิลปวัฒนธรรม การอนุรักษ์โบราณสถาน โบราณคดี การท่องเที่ยว

11. ที่ดินประเภทสถาบันศาสนา ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการศาสนาหรือเกี่ยวข้องกับการศาสนา การศึกษา สถาบันราชการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

12. ที่ดินประเภทสถาบันราชการ การสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ ให้ใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อกิจการของรัฐ กิจการเกี่ยวกับการสาธารณูปโภคและสาธารณูปการ หรือสาธารณประโยชน์เท่านั้น

แผนที่แสดงผังเมืองรวมจังหวัดสมุทรสาคร ดังแสดงในภาพประกอบ 5





ภาพประกอบ 5 แผนที่ผังเมืองรวมจังหวัดสมุทรสาคร

ที่มา: กฎกระทรวง ให้ใช้บังคับผังเมืองรวมเมืองสมุทรสาคร พ.ศ. 2550. (2550, 6 ธันวาคม). ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 124 ตอนที่ 88 ก.

2. แบบจำลองการขยายตัวของเมือง

เนื่องจากในปัจจุบันได้มีการคิดค้นแบบจำลองการขยายตัวของเมืองเป็นจำนวนมาก จึงทำการรวบรวมข้อมูลแบบจำลองชนิดต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลอง เพื่อคัดเลือกแบบจำลองที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษาและแสดงดังตาราง 2 ตาราง โดยมีเกณฑ์ดังต่อไปนี้

1. วัตถุประสงค์การใช้งานของแบบจำลองควรมีความสามารถในการจำลองรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของเมือง หรือการใช้ที่ดิน
2. แบบจำลองสามารถใช้งานได้หลากหลายพื้นที่
3. ปัจจัยที่ใช้ในการวิเคราะห์ ควรเป็นปัจจัยที่สามารถเก็บรวบรวมและเข้าถึงได้
4. ข้อจำกัดของแบบจำลอง

ตาราง 2 ภาพรวมของแบบจำลองการขยายตัวของเมือง

แบบจำลอง	วัตถุประสงค์ ใช้งานได้หลายพื้นที่				ความเหมาะสมกับงานวิจัย
	วัตถุประสงค์	ใช้งานได้หลายพื้นที่	ปัจจัย	ข้อจำกัด	
CUF-1	✓	✗	✓	✓	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อใช้ในพื้นที่เฉพาะ
CUF-2	✓	✗	✓	✓	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อใช้ในพื้นที่เฉพาะ
CUBRA	✓	✗	✓	✓	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อใช้ในพื้นที่เฉพาะและผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลองนั้นมีค่าคงที่ และจะทำให้การจำลองการขยายตัวของเมืองในระยะยาวมีความแม่นยำลดลง
DELTA (DSCMODE)	✓	✓	✓	✗	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองมีความแม่นยำลดลงเมื่อทำการจำลองขยายตัวของเมืองในระยะยาว
DRAM/EMPAL	✗	✓	✓	✓	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่เหมาะสมกับการใช้หารูปแบบความสัมพันธ์และการกระจายตัวของการจ้างงานกับที่อยู่อาศัย

ตาราง 2 (ต่อ)

แบบจำลอง	ความเหมาะสมกับงานวิจัย				
	วัตถุประสงค์ วัดประสิทธิ	ใช้งานได้หลายพื้นที่	ปัจจัย	ข้อจำกัด	
GSM	✓	✗	✓	✓	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองใช้ใน พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ระดับขอบเขตลุ่มน้ำ
INDEX [®]	✗	✓	✗	✗	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองถูก ออกแบบมาเพื่อตรวจวัดลักษณะและประสิทธิภาพ ของการใช้ที่ดินและรูปแบบของเมืองเป็นหลัก
IRPUD Model (Dortmund)	✗	✓	✗	✗	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองมีความ ละเอียดเชิงพื้นที่ต่ำและเน้นการวิเคราะห์เกี่ยวกับ พฤติกรรมของมนุษย์ในการตั้งถิ่นฐานเป็นหลัก
LTM	✓	✗	✓	✓	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองใช้ใน พื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ระดับขอบเขตลุ่มน้ำ
LUCAS	✗	✓	✓	✗	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองเน้น การศึกษาศึกษาผลกระทบของกิจกรรมของมนุษย์ที่ มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
Markov Model of Residential Vacancy Transfer	✓	✓	✓	✗	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองไม่มีการ แสดงผลเป็นภาพหรือแผนที่
MEPLAN	✗	✓	✗	✗	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองถูก ออกแบบมาเพื่อการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการ ใช้ที่ดินและการคมนาคมกับแผนการพัฒนา
METROSIM	✗	✓	✓	✗	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากมีความสามารถในการ ทำงานร่วมกับโปรแกรมสารสนเทศภูมิศาสตร์ไม่ เต็มที่และแบบจำลองออกแบบมาเพื่อใช้ในทาง เศรษฐศาสตร์เป็นหลัก
SAM-IM	✗	✓	✓	✓	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ พัฒนามาสำหรับการวางแผนการพัฒนาการใช้ที่ดิน เป็นหลัก

ตาราง 2 (ต่อ)

แบบจำลอง	ความเหมาะสมกับงานวิจัย				
	วัตถุประสงค์ วัดได้	ใช้งานได้หลายพื้นที่	ปัจจัย	ข้อจำกัด	
Smart Growth INDEX®	×	✓	✓	×	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อวิเคราะห์ผลกระทบของทางเลือกของการคมนาคมและการใช้ที่ดิน
Smart Places	×	✓	✓	×	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินเป็นหลัก
TRANUS	×	✓	✓	×	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองถูกออกแบบมาเพื่อใช้ในการวางแผนเกี่ยวกับโครงข่ายคมนาคมเป็นหลัก
UGrow	×	✓	✓	×	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองไม่มีความแม่นยำทางภูมิศาสตร์และเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อการวางแผนการใช้ที่ดิน
UPLAN	×	✓	✓	×	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อการวางแผนความเหมาะสมของการใช้ที่ดินและการวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคต
UrbanSim	×	×	✓	×	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ที่ดิน การคมนาคมและแผนการพัฒนาเมือง และศึกษาผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเป็นแบบจำลองที่มีการนำไปใช้ในพื้นที่ต่าง ๆ น้อย
What if?	×	✓	✓	×	ไม่เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากแบบจำลองไม่มีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชิงพื้นที่และข้อมูลการเปลี่ยนแปลงและการขยายตัวของเมือง ผู้ใช้ต้องเป็นผู้กำหนดเอง

ตาราง 2 (ต่อ)

แบบจำลอง	วัตถุประสงค์	ใช้งานได้หลายพื้นที่	ปัจจัย	ข้อจำกัด	ความเหมาะสมกับงานวิจัย
SLEUTH	✓	✓	✓	✓	เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่พัฒนามาเพื่อวิเคราะห์การเจริญเติบโตของเมืองและรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไปเป็นเมืองผลลัพธ์ที่ได้สามารถแสดงผลได้ในรูปแบบภาพและสถิติและข้อมูลที่แบบจำลองต้องการสามารถเข้าถึงได้ง่ายด้วยวิธีการทางรีโมตเซนซิง
CA-MARKOV	✓	✓	✓	✓	เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นที่แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ที่จำลองรูปแบบการขยายตัวของสิ่งใดสิ่งหนึ่งมีลักษณะการทำงานที่ไม่ซับซ้อน และเป็นพื้นฐานของแบบจำลองอื่นๆ
CLUE-S	✓	✓	✓	✓	เหมาะสมกับงานวิจัยเนื่องจากเป็นแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสามารถประยุกต์ใช้เพื่อหาการขยายตัวของเมืองได้และ ข้อมูลที่แบบจำลองต้องการสามารถเข้าถึงได้ง่ายด้วยวิธีการทางรีโมตเซนซิง

จากตาราง 2 พบว่าแบบจำลอง CA-MARKOV, CLUE-S และ SLEUTH นั้นมีความเหมาะสมกับงานวิจัยในครั้งนี้ ผู้ศึกษาจึงเลือกแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลองดังกล่าวมา เพื่อศึกษารายละเอียดเพิ่มเติม และวิเคราะห์เทียบมาตรฐานแบบจำลอง ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยครั้งนี้ โดยรายละเอียดของแต่ละแบบจำลอง สามารถแบ่งได้เป็นหัวข้อดังนี้

2.1. แบบจำลอง CA-MARKOV

ดี เอฟ เวกเนอร์ (D F Wagner. 1997: 219-234) กล่าวว่า Cellular Automata หรือ CA-MARKOV คือแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ชนิดหนึ่ง คิดค้นโดย Alan Turing และ John von Neumann โดยแบบจำลอง Cellular Automata สามารถนำมาประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย โครงสร้างของแบบจำลองมีลักษณะที่ไม่ซับซ้อน มีความสามารถในการแสดงความเป็นพลวัต มีการแสดงในเรื่องของเวลาที่ชัดเจน โดยปกติแล้วในการศึกษาการขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV จะใช้ปัจจัยหลักคือ รูปแบบการใช้ที่ดิน อย่างต่ำ 2 ช่วงเวลา และสามารถนำปัจจัยเชิงพื้นที่อื่นๆที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงมาใช้ในการวิเคราะห์ได้ แต่ต้องมีการวิเคราะห์ร่วมกับแบบจำลองอื่นๆ

ไซน์ (Singh. 2003) ได้สรุปการทำงานของ Cellular Automata ว่าเป็นแบบจำลองที่ไม่ต่อเนื่อง ประกอบด้วยเซลล์ (cell) และเวลา (time steps) โดยมีเซลล์จำนวนมากมีลักษณะเป็นช่องตาราง ซึ่งในแต่ละเซลล์จะมีค่าตัวเลขอยู่ รวมทั้งมีเวลากำกับไว้ด้วย และในแต่ละเซลล์จะถูกควบคุมการทำงานด้วยกฎการเปลี่ยนแปลง (Transition rules) และมีองค์ประกอบทั้งหมด 5 ส่วน ดังนี้

1. พื้นที่เซลล์ (Cell Space) คือพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยความละเอียด (resolution) จะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของแบบจำลองและข้อมูลที่มีอยู่ซึ่งจะต้องพิจารณาเลือกให้เหมาะสม

2. สถานะเซลล์ (Cell States) จะแสดงถึงสภาพภาพของแต่ละพื้นที่ในแต่ละเซลล์ เช่น สภาพการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละเซลล์จะถูกแทนค่าด้วยรหัสที่ตั้งขึ้นมา เช่น 1 คือนาข้าว 2 คือ พืชไร่ เป็นต้น

3. ช่วงเวลา (Time Steps) แบบจำลอง Cellular Automata จะแสดงถึงช่วงเวลา ระหว่างเหตุการณ์ในแต่ละเวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง การกำหนดช่วงเวลานั้นอยู่ที่ผู้ใช้งานเป็นผู้กำหนด

4. กฎการเปลี่ยนแปลง (Transition rules) เป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในการใช้แบบจำลอง Cellular Automata ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงเพื่อที่จะกำหนดลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นพลวัต กฎการเปลี่ยนแปลงนี้โดยปกติจะระบุถึงสถานะของเซลล์ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลงที่ได้รับอิทธิพลจากเซลล์รอบข้างโดยสามารถแทนด้วยสมการ 1

$$\{S_{t+1}\} = f(\{S_t\}\{I_t^h\})$$

1

โดยที่ $\{S_{t+1}\}$ = สถานะของเซลล์ที่ช่วงเวลา $(t + 1)$

$\{S_t\}$ = สถานะของเซลล์ที่ช่วงเวลา (t)

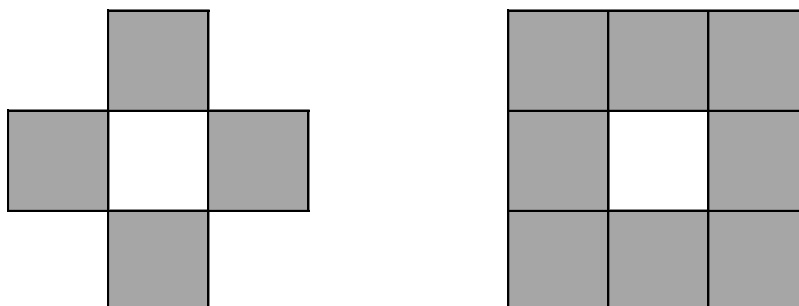
$\{I_t^h\}$ = เซลล์ข้างเคียง

f = กฎของการเปลี่ยนแปลง

t = ช่วงเวลา

h = ขนาดของเซลล์ข้างเคียง

5. เซลล์รอบข้าง (Neighborhood) มี 2 แนวคิดที่ได้กล่าวถึงเซลล์รอบข้างคือ Neumann ได้เสนอว่ามี 4 เซลล์ และ Moore ได้เสนอไว้ว่ามี 8 เซลล์ ดังภาพประกอบ 6



ภาพประกอบ 6 ลักษณะของเซลล์รอบข้างตามแนวคิดของ Neumann และ Moore ตามลำดับ

ที่มา: Singh. (2003). *Modelling Land Use Land Cover Changes using Cellular Automata in a Geo-spatial Environment*.

ในหลายๆแบบจำลอง Cellular นั้น กฎของการเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ประกอบขึ้นมาจากกระบวนการกรอง (Filtering) และการจัดการชั้นข้อมูล (Reclassification) โดย ทอมมาโซ ทอฟโฟลลี และ นอร์แมน มาร์กอลัส (Tommaso Toffoli; & Norman Margolus. 1987) ได้กล่าวไว้ใน ค.ศ. 1970 นักคณิตศาสตร์ชื่อ จอห์น คอนเวย์ (John Conway) ได้นำ Cellular Automata มาใช้ร่วมกับทฤษฎี Game of Life โดยกำหนดให้หนึ่งหน่วยของเซลล์แทนค่าด้วย 1 หรือ เซลล์ที่มีชีวิต (live) และ 0 หรือเซลล์ที่ไม่มีชีวิต (dead) โดยแต่ละเซลล์จะถูกล้อมรอบด้วยเซลล์จำนวน 8 เซลล์ในทิศทางต่างๆดังภาพประกอบ 7

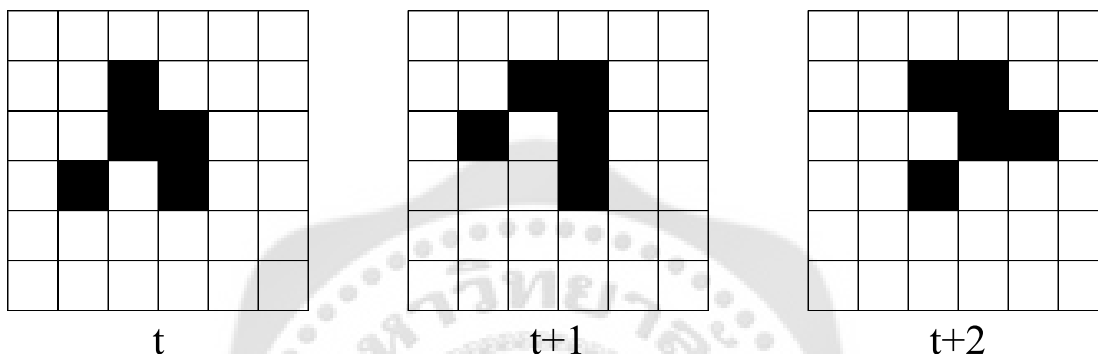
Northwest	North	Northeast
West	Central	East
Southwest	South	Southeast

ภาพประกอบ 7 ตำแหน่งของเซลล์แวดล้อมทั้ง 8 หรือขนาด 3x3 เซลล์

ที่มา: Tommaso Toffoli; & Norman Margolus. (1987). *Cellular Automata Machine: A New Environment for Modelling*.

โดยมีตั้งกฎการเปลี่ยนแปลงของเซลล์ดังนี้

1. เซลล์ที่ไม่มีชีวิต ในช่วงเวลา T จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ที่มีชีวิตในช่วงเวลา $T+1$ ถ้าเซลล์รอบ ๆ เซลล์นั้นมีจำนวนเท่ากับ 3 เซลล์ ในเซลล์ล้อมรอบ (Neighborhood) ขนาด 3×3
2. เซลล์ที่มีชีวิตในช่วงเวลา T จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ที่ไม่มีชีวิตในเวลาที่ $T+1$ ถ้ามีเซลล์ล้อมรอบด้วยจำนวนน้อยกว่า 2 หรือ มากกว่า 3 เซลล์ ในเซลล์ล้อมรอบ (Neighborhood) ขนาด 3×3



ภาพประกอบ 8 การเปลี่ยนแปลงสถานะของเซลล์ในแต่ละช่วงเวลาตามทฤษฎี Game of Life

ที่มา: Fedra K.; & Feoli E. (1998). *GIS technology and spatial analysis in coastal zone management*.

2.2.แบบจำลอง CLUE-S

ปีเตอร์ เวนเบิร์ก (Peter Verburg. 2004) กล่าวว่าแบบจำลอง CLUE (The Conversion of Land Use and its Effects modeling framework) คือแบบจำลองที่ใช้ในการจำลองรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยผลักดัน แบบจำลองชนิดนี้ได้ถูกพัฒนามาเพื่อใช้ในพื้นที่ระดับประเทศ และทวีปซึ่งมีขนาดพื้นที่ใหญ่ โดยต่อมาได้มีการพัฒนาเพื่อให้สามารถใช้ได้ในพื้นที่ที่มีขนาดเล็กลงมาโดยใช้ชื่อว่า CLUE-S (The Conversion of Land Use and its Effects at Small Regional Extent) แบบจำลองนี้พัฒนามาเพื่อใช้ในการจำลองพื้นที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างการใช้ประโยชน์ที่ดินกับปัจจัยผลักดันของพื้นที่ศึกษา ร่วมกับการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ในเชิงพื้นที่ โดยข้อมูลที่ใช้คือรูปแบบการใช้ที่ดินในช่วงเวลาต่างๆตั้งแต่ 2 ช่วงเวลาขึ้นไป

องค์ประกอบหลักของแบบจำลอง CLUE-S ได้แก่ องค์ประกอบส่วนคุณลักษณะ (non-spatial module) และองค์ประกอบส่วนเชิงพื้นที่ (spatial module) มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2.1. องค์ประกอบส่วนคุณลักษณะ (non-spatial module) เป็นการกำหนดปริมาณความต้องการและตำแหน่งการใช้ที่ดินในรูปแบบต่าง ๆ ในพื้นที่ศึกษา วิธีการคำนวณจะแตกต่างกันออกไปตามพื้นที่ศึกษา โดยแบบจำลอง CLUE-S จะไม่มีการคำนวณเพื่อหาปริมาณความต้องการการใช้ที่ดิน แต่แบบจำลองจะใช้ปริมาณการใช้ที่ดินที่กำหนดมาเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง

2.2.2. ส่วนเชิงพื้นที่ (spatial module) ประกอบด้วย 3 ส่วนย่อยได้แก่

2.2.2.1. การกำหนดความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดิน (Probability) กำหนดได้จากลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา มีผลมาจากความต้องการการใช้ที่ดินและปัจจัยต่างๆ ทั้งทางด้านกายภาพ เศรษฐกิจและสังคม ปัจจัยดังกล่าวจะมีทั้งปัจจัยที่เร่งให้เกิดการเปลี่ยนแปลงและปัจจัยที่เป็นข้อจำกัดการเปลี่ยนแปลง ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินกำหนดได้ดังสมการ 2

$$R_{ki} = a_k X_{1i} + b_k X_{2i} + \dots$$

2

โดยกำหนดให้

R = ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดิน

i = พื้นที่ศึกษา

k = รูปแบบการใช้ที่ดิน

$X_{1,2}$ = ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดิน

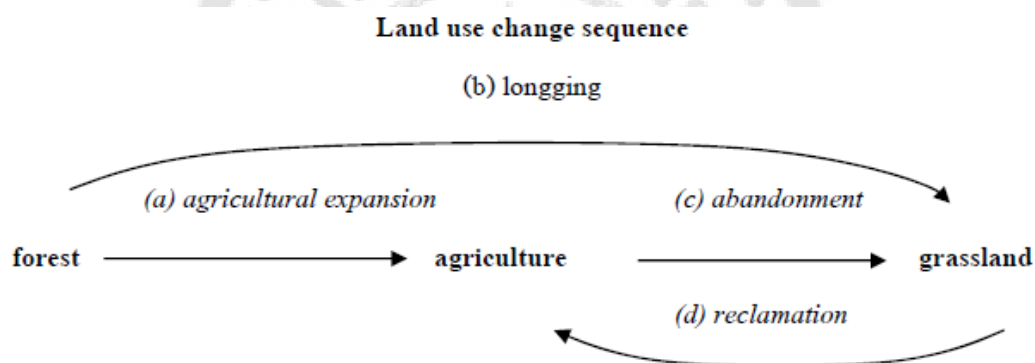
a_k, b_k = ความสัมพันธ์ระหว่างรูปแบบการใช้ที่ดินและปัจจัยต่างๆ

อย่างไรก็ตาม ในการคาดคะเนความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดินนั้น ควรจะต้องมีวิธีการทางสถิติมาใช้ในการคำนวณ วิธีการดังกล่าวเรียกว่า Logistic regression เป็นวิธีการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการ用地แต่ละประเภทและปัจจัยต่างๆ ที่มีผลกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้จากการหาความสัมพันธ์จะนำมาใช้ในการคำนวณหาความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

2.2.2.2. การกำหนดกฎการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (Decision) คือการกำหนดว่ารูปแบบการใช้ที่ดินชนิดใดสามารถเปลี่ยนแปลงได้หรือไม่ได้ และหากมีการเปลี่ยนแปลงจะมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบใด โดยมีการกำหนดกฎมาทั้งหมด 3 ข้อคือ เสถียรภาพ (Stability), ลำดับการเปลี่ยนแปลง (conversion sequence) และพื้นที่ต้องห้าม (Restriction area) โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.2.2.1. เสถียรภาพ (Stability) เป็นการกำหนดระดับความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยกำหนดเป็นค่าระหว่าง 0 ถึง 1 โดย 1 คือระดับที่จะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินไปเป็นรูปแบบอื่นได้ยากที่สุดหรือไม่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ เช่น พื้นที่ชุมชนจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ป่าไม้ เป็นต้น และ 0 คือระดับที่จะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินง่ายที่สุดเช่น พื้นที่ป่าไม้จะเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชน เป็นต้น อย่างไรก็ตาม การกำหนดเสถียรภาพจะแตกต่างออกไปตามแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

2.2.2.2.2. ลำดับการเปลี่ยนแปลง (conversion sequence) คือการกำหนดลำดับการเปลี่ยนแปลงให้สอดคล้องกับพฤติกรรมการใช้ที่ดินในพื้นที่นั้นๆ โดยลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจะต้องสอดคล้องกับความเป็นจริง เช่น กำหนดให้พื้นที่ป่าเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม และต่อมาพื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่รกร้าง เป็นต้น ตัวอย่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแสดงในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 ตัวอย่างลำดับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ที่มา: Peter Verburg. (2004). *The CLUE Modelling Framework*.

2.2.2.2.3. พื้นที่ต้องห้าม (Restriction area) คือการกำหนดให้พื้นที่ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่ ไปเป็นรูปแบบอื่นๆได้ เช่น พื้นที่ป่าสงวน อุทยานแห่งชาติ เป็นต้น

2.2.2.3. การจัดสรรการใช้ที่ดิน (Allocation) เป็นการกำหนดตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประกอบไปด้วยชุดสมการการวิเคราะห์เชิงพื้นที่และแบบจำลองแบบพลวัต (Dynamic Model) โดยเมื่อนำเข้าข้อมูลที่เป็นทั้งหมดในแบบจำลอง CLUE-S แล้ว แบบจำลองจะกำหนดตำแหน่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยมีลำดับดังนี้

2.2.2.3.1. รวบรวมชุดปัจจัยที่จำเป็นในการกำหนดตำแหน่งการใช้ที่ดิน

2.2.2.3.2. คัดการณ์ความน่าจะเป็นของแต่ละเซลล์ โดยคำนวณรูปแบบการใช้ที่ดินแต่ละรูปแบบด้วยสมการ 3

$$TPROP_{i,u} = P_{i,u} + ELAS_u + ITER_u \quad 3$$

โดยกำหนดให้

$TPROP_{i,u}$ = ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดิน

$P_{i,u}$ = พื้นที่ที่เหมาะสมของรูปแบบการใช้ที่ดิน

$ELAS_u$ = การเปลี่ยนแปลงที่ไม่แน่นอนของรูปแบบการใช้ที่ดิน

$ITER_u$ = การคำนวณซ้ำของแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินซึ่งสัมพันธ์กับรูปแบบการใช้ที่ดินแต่ละรูปแบบ

2.2.2.3.3. กำหนดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยการคำนวณซ้ำค่าตัวแปรต่างๆ ของรูปแบบการใช้ที่ดินรูปแบบต่างๆ โดยจะทำการกำหนดรูปแบบการใช้ที่ดินด้วยความน่าจะเป็นสูงสุดของแต่ละเซลล์

การกำหนดตำแหน่งของแต่ละรูปแบบการใช้ที่ดินจะถูกเปรียบเทียบกับปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินที่กำหนด สำหรับรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทใดที่กำหนดตำแหน่งแล้วมีพื้นที่น้อยกว่าปริมาณความต้องการที่กำหนดก็จะถูกนำมาคำนวณซ้ำเพื่อเพิ่มพื้นที่ขึ้น และหากรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทใดที่กำหนดตำแหน่งแล้วมีพื้นที่มากกว่าปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินที่กำหนดก็จะถูกคำนวณซ้ำใหม่อีกครั้งเพื่อลดพื้นที่ลง ในขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จะคำนวณซ้ำจนกว่าจะมีค่าเท่ากับปริมาณความต้องการการใช้ที่ดินที่กำหนด และเมื่อทำการคำนวณเสร็จสิ้นแล้วแบบจำลองจะสร้างข้อมูลการใช้ที่ดิน จากนั้นแบบจำลองจะคำนวณในช่วงเวลาต่อไปจนกว่าจะถึงปีที่กำหนด

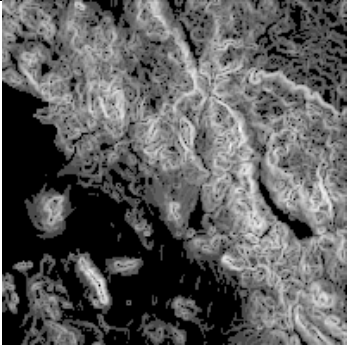
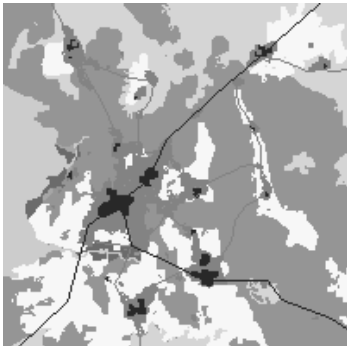
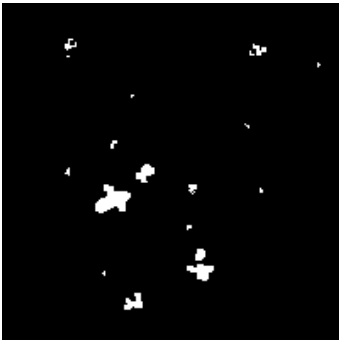
2.3.แบบจำลอง SLEUTH

แบบจำลอง SLEUTH (Slope, Land use, Exclusion, Urban extent, Transportation and Hill shade), หรือชื่อเรียกอย่างเป็นทางการคือ Clarke Cellular Automaton Urban Growth Model แบบจำลองนี้พัฒนามาจากการรวมกันของแบบจำลอง 2 ชนิดได้แก่ The Urban Growth Model (UGM) และ The land cover deltatron model (LCD) ถูกพัฒนาโดย Keith C. Clarke เพื่อให้สามารถใช้งานกับพื้นที่หลายขนาดและเป็นมาตรฐานทั่วโลก (U.S. Geological Survey. 1996)

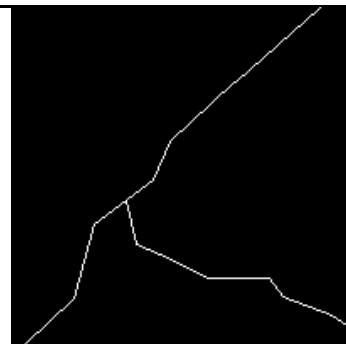
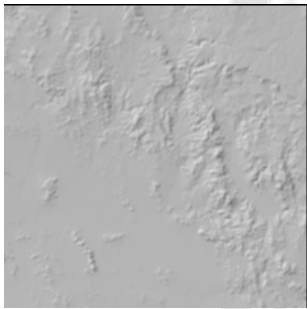
แบบจำลอง SLEUTH ต้องใช้ข้อมูลในการวิเคราะห์ทั้งหมด 6 ชนิดได้แก่ ความลาดชัน, รูปแบบการใช้ที่ดิน, พื้นที่กันออก, พื้นที่เมือง, การคมนาคมและเนินเขา โดยข้อมูลทั้งหมดนั้นจะอยู่รูปแบบของไฟล์ภาพนามสกุล .gif โดยค่า Cell Value ที่เท่ากับ 0 และ 255 จะหมายถึง ไม่มีข้อมูลในเซลล์นั้นๆ และเซลล์ที่มีค่าจะอยู่ระหว่าง $0 < n < 255$ แบบจำลองนี้ต้องการข้อมูลที่มีค่าแถวและสดมภ์ที่เท่ากันเพื่อความแม่นยำในการคำนวณ และต้องคำนวณการเปลี่ยนแปลงของเมืองเป็นช่วงเวลาอย่างน้อย 4 ช่วงเวลาด้วยกัน และแบบจำลองต้องใช้ข้อมูลรูปแบบการใช้ที่ดิน 2 รูปแบบขึ้นไปเพื่อการคำนวณ

ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลองชนิดนี้แบ่งออกเป็น 6 ประเภทดังตาราง 3

ตาราง 3 ปัจจัยที่ใช้ในแบบจำลอง SLEUTH

ภาพประกอบ	ปัจจัย								
	ความชัน (Slope) ข้อมูลความชันได้มาจากข้อมูลแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model หรือ DEM) ซึ่งในประเทศไทยได้มีการจัดทำขึ้นโดยกรมแผนที่ทหาร โดยข้อมูลภายในแบบจำลองนี้ ค่า Cell value ต้องมีค่าเป็น ร้อยละ และค่าร้อยละจะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-100%								
	รูปแบบการใช้ที่ดิน (Land use) คือแผนที่รูปแบบการใช้ที่ดินในปีที่ศึกษา โดยในแต่ละ Pixel ควรจะมียค่าตัวเลขอยู่ในช่วงสี่เท่า และแบ่งรูปแบบการใช้ที่ดินไว้อย่างชัดเจน เช่น <table data-bbox="746 994 1225 1209"> <thead> <tr> <th>(R,G,B)</th><th>รูปแบบการใช้ที่ดิน</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>(1,1,1)</td><td>ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง</td></tr> <tr> <td>(2,2,2)</td><td>พื้นที่เกษตรกรรม</td></tr> <tr> <td>(3,3,3)</td><td>แหล่งน้ำ</td></tr> </tbody> </table>	(R,G,B)	รูปแบบการใช้ที่ดิน	(1,1,1)	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	(2,2,2)	พื้นที่เกษตรกรรม	(3,3,3)	แหล่งน้ำ
(R,G,B)	รูปแบบการใช้ที่ดิน								
(1,1,1)	ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง								
(2,2,2)	พื้นที่เกษตรกรรม								
(3,3,3)	แหล่งน้ำ								
	พื้นที่ยกเว้น (Exclusion) พื้นที่ยกเว้นคือพื้นที่ที่ไม่สามารถแปรสภาพกลายเป็นเมืองได้ เช่น พื้นที่ป่าแหล่งน้ำเป็นต้น โดยการกำหนดค่า pixel value สามารถใช้ทวินสไคก็ได้ ขึ้นอยู่กับกฎการเปลี่ยนแปลงที่กำหนด เช่น กำหนดให้พื้นที่ที่ค่า pixel value เท่ากับ 0 ไม่สามารถพัฒนากลายเป็นเมืองได้								
	เมือง (Urban extent) ข้อมูลพื้นที่เมืองในปีแรกสุดของการศึกษา จะถูกนำมาคำนวณโดยแบบจำลอง เรียกว่า Seed และข้อมูลในปีต่อๆมาจะนำมาคำนวณหาค่าทางสถิติโดยแบบจำลองเพื่อจำลองการขยายตัวของเมืองในอนาคต ด้วยเหตุนี้ ข้อมูลพื้นที่เมืองที่ใช้นั้นจะต้องมีตั้งแต่ 4 ช่วงเวลาขึ้นไปเพื่อให้แบบจำลองมีความแม่นยำมากขึ้น ข้อมูลเมืองในปีต่างๆ ต้องอยู่ในรูปแบบ raster โดยมีค่า Pixel Value ระหว่าง 0 ถึง 255								

ตาราง 3 (ต่อ)

ภาพประกอบ	ปัจจัย
	ถนน (Transportation) ข้อมูลถนน หรือเส้นทางคมนาคม ได้ถูกนำมาคำนวณในแบบจำลอง เนื่องจากรูปแบบของถนนนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาของการขยายตัวของเมืองโดยจะเป็นปัจจัยหลักในการกำหนดรูปแบบและทิศทางการขยายตัวของเมือง ดังนั้นเพื่อเพิ่มความแม่นยำ แบบจำลอง SLEUTH ได้นำข้อมูลถนนมาใช้ในการคำนวณซึ่งจะต้องมีอย่างต่ำ 2 ปี โดยจะกำหนดให้ข้อมูลถนนในปีแรกเป็นตัวตั้งต้น และข้อมูลในปีต่อมาจะนำมาเพื่อคำนวณการเปลี่ยนแปลงต่อไป ข้อมูลถนนในปีต่างๆ ต้องอยู่ในรูปแบบ raster โดยมีค่า Pixel Value ระหว่าง 0 ถึง 255
	Hill shade ใช้เพื่อเป็นภาพพื้นหลังของผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง เพื่อที่จะสร้างและเพิ่มมุมมองการมองเห็นสภาพแวดล้อมโดยรอบในข้อมูลการขยายตัวของเมือง โดยข้อมูล Hill shade สามารถสร้างได้จากข้อมูล DEM และต้องอยู่ในโทนสีเทา

ที่มา: U.S. Geological Survey. (1996). *Project Gigalopolis: The SLEUTH Overview*.

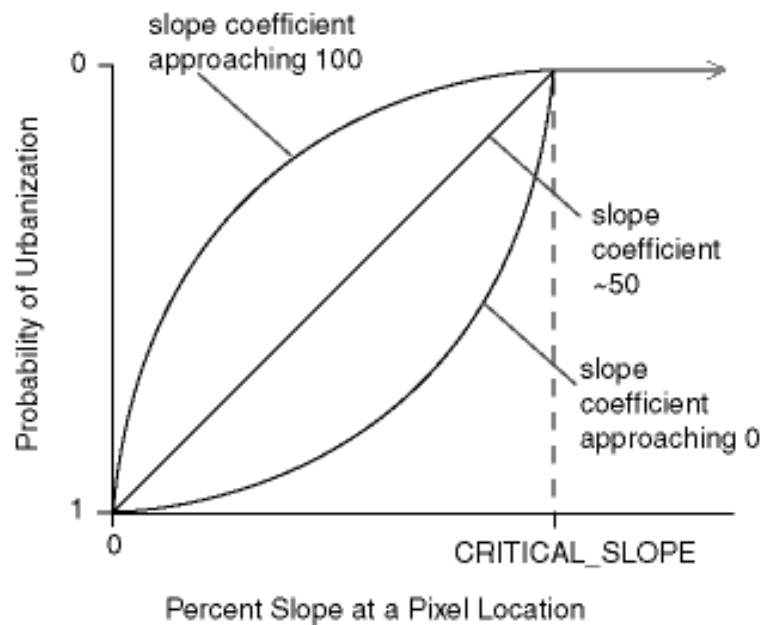
ค่าสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวของเมืองจะทำการควบคุมแบบจำลองการขยายตัวของเมือง โดยค่าเหล่านี้จะถูกสอบเทียบโดยการเปรียบเทียบกับเปลี่ยนแปลงของรูปแบบการใช้ที่ดินในอดีตของพื้นที่ศึกษา โดยค่าสัมประสิทธิ์ของแบบจำลองนี้มีทั้งหมด 5 ค่าด้วยกัน ได้แก่

1. Dispersion coefficient ประกอบด้วย Spontaneous growth ซึ่งทำการควบคุมความเป็นไปได้ที่ pixel หนึ่งจะพัฒนาเป็นพื้นที่เมืองและ Road influenced growth ซึ่งทำการควบคุมการขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นตามเส้นทางคมนาคมขนส่ง

2. Breed coefficient จะทำการควบคุมความเป็นไปได้ของการขยายตัวของเมืองในพื้นที่ที่ไม่ได้เป็นเมืองมาก่อน

3. Spread coefficient จะทำการควบคุมความน่าจะเป็นของ pixel ที่เป็นส่วนหนึ่งของการขยายตัวของเมือง จะสร้างพื้นที่เมืองรอบ

4. Slope coefficient จะทำการควบคุมการขยายตัวของเมืองโดยวิเคราะห์จากค่าความชันของแต่ละ pixel ที่เหมาะสมต่อการขยายตัวของเมือง โดยเมื่อค่า Slope coefficient สูง pixel นั้นๆจะมีโอกาสที่จะพัฒนาเป็นเมืองสูง แต่หากค่า Slope coefficient มีค่าเข้าใกล้ 0 มากขึ้นก็จะทำให้โอกาสที่ pixel นั้นจะพัฒนากลายเป็นเมืองต่ำลง ดังภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความชันและความเป็นเมือง

ที่มา: Qi Lingrui. (2012). *Urban Land Expansion Model based on SLEUTH, a Case Study in Urban Land Expansion Model based on SLEUTH.*

5. Road gravity coefficient จะทำการควบคุมค่าระยะการค้นหาสูงสุดของ pixel ที่จะพัฒนากลายเป็นพื้นที่เมืองไปตามแนวเส้นทาง

สรุปความแตกต่างของแบบจำลองทั้ง 3 ชนิดตั้งตาราง 4

ตาราง 4 สรุปความแตกต่างของแบบจำลอง CA-MARKOV, CLUE-S และ SLEUTH

วิธีการและปัจจัยที่ใช้	แบบจำลองการขยายตัวของเมือง		
	CA-MARKOV	CLUE-S	SLEUTH
- รูปแบบการใช้ที่ดิน	✓	✓	✓
- เส้นทางคมนาคม	×	×	✓
- ความชัน	×	×	✓
- พื้นที่ยกเว้น	✓	✓	✓
- วิเคราะห์จากการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา	✓	✓	✓
- มีการกำหนดกฎของการเปลี่ยนแปลง	✓	✓	✓
- มีการวิเคราะห์ลำดับการเปลี่ยนแปลง	×	✓	×

3. ทฤษฎีการตั้งถิ่นฐาน

3.1. ความหมายของการตั้งถิ่นฐาน

องค์กรสหประชาชาติ (United Nations. 1974) ให้คำจำกัดความว่า การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์หมายถึงองค์กร (Organism) ประกอบไปด้วยองค์ประกอบที่มนุษย์สร้างขึ้นเป็นจำนวนมาก หน้าที่อันซับซ้อนภายใต้สภาพแวดล้อมทางธรรมชาติทั้งองค์ประกอบที่มนุษย์สร้างขึ้นและองค์ประกอบทางธรรมชาติ รวมกันเป็นถิ่นที่อาศัยซึ่งมนุษย์ต้องใช้เป็นแหล่งดำเนินชีวิต เลี้ยงดูครอบครัว ประกอบอาชีพ ตลอดจนแสวงหาการกินดี อยู่ดี ทางด้านกายภาพ จิตใจและสติปัญญา

ชอร์ลี อาร์ เจ และ ฮักเก็ต พี (Chorley R J; & Hagget P. 1967: 107-113) นักภูมิศาสตร์ กล่าวว่า การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ เกิดจากความสัมพันธ์ระหว่าง มนุษย์กับมนุษย์ และมนุษย์กับสภาพแวดล้อม แหล่งการตั้งถิ่นฐานคือรูปแบบที่มองเห็นได้ชัดเจนจากลักษณะภูมิประเทศ เป็นความสัมพันธ์ของมนุษย์กับพื้นที่ในอดีต ในด้านของการเชื่อมโยงระหว่างสภาพแวดล้อมทางด้านกายภาพ และทรศนะการครอบครองพื้นที่

คอนสแตนตินอส เอ ดอกเซียดิส (Constantinos A. Doxiadis. 1968) นักผังเมือง ให้คำจำกัดความว่า การตั้งถิ่นฐานหมายถึงการจัดรูปแบบพื้นที่ โดยมนุษย์เพื่อมนุษย์ เพื่อความอยู่รอดของมนุษย์ และยกระดับความเป็นอยู่ให้ดีขึ้นตามลำดับ การตั้งถิ่นฐานมนุษย์ต้องอาศัยมิติของเวลา และสถานที่ เริ่มจากจักรภพ ลงมาถึงสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ บรรยากาศ มนุษย์ และการตั้งถิ่นฐาน มีขนาดตั้งแต่ที่อาศัยชั่วคราว ไปจนถึงกิ่งถาวรและถาวร ดังนั้นการศึกษาการตั้งถิ่นฐาน

ของมนุษย์ ต้องพิจารณาจากเกณฑ์ 5 ประการ คือ มนุษย์ สังคม สภาพแวดล้อม ที่อาศัย และ โครงสร้างพื้นฐานที่ละเอียดอ่อนแต่ละเอียดและในที่สุดต้องผสมผสานเป็นหนึ่งเดียว

วิลาว์ธีย์ (2551) กล่าวว่า การตั้งถิ่นฐานของมนุษย์มีความหมายกว้างขวาง สามารถ แยกพิจารณาได้หลายแง่มุม แต่สำหรับนักภูมิศาสตร์ นักผังเมือง สถาปนิก มีมุมมองการตั้งถิ่นฐาน จากทฤษฎีเดียวกัน คือ การตั้งถิ่นฐาน (Settlement) จัดเป็นระบบเปิดแบบพลวัต (Dynamic) อันมีองค์ประกอบร่วมกันของ ประชากร รูปแบบ และองค์ประกอบย่อย ซึ่งมีปฏิสัมพันธ์กันกับ สภาพแวดล้อมทางสังคม และสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติ โดยรูปแบบการตั้งถิ่นฐานจะซับซ้อนมา กขึ้นเมื่อปัจจัยหลายอย่างเปลี่ยนแปลงไป เช่น จำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้น เส้นทางคมนาคมที่ เพิ่มขึ้น นโยบายการวางแผนเมืองที่รัฐเป็นผู้กำหนด เป็นต้น

โดยสรุปแล้วความหมายของการตั้งถิ่นฐานหมายถึง การจัดรูปแบบพื้นที่ของมนุษย์ เพื่อสร้างสังคมความเป็นอยู่ที่เอื้อต่อความอยู่รอดของมนุษย์ด้วยกัน โดยมีปัจจัยสำคัญคือ มนุษย์ เป็นผู้ตั้งถิ่นฐาน และปัจจัยต่อมาคือ สภาพแวดล้อมบริเวณที่ตั้งถิ่นฐานจะเป็นตัวกำหนดลักษณะ และรูปแบบของการตั้งถิ่นฐาน สามารถสรุปได้เป็นทฤษฎีต่างๆ

3.2. ทฤษฎีแหล่งกลาง (Central Place Theory)

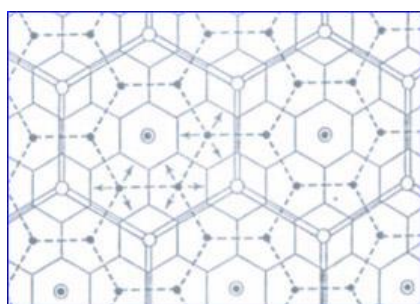
วอลเตอร์ คริสตัลเลอร์ (ฉัตรชัย พงษ์ประยูร. 2527; อ้างอิงจาก Walter Christaller. 1933) ว่าแหล่งกลางหมายถึงการตั้งถิ่นฐานในระดับชุมชน ซึ่งทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการค้าและ บริการในระดับชุมชน ทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางการค้าและบริการแก่คนในชุมชน และเขตรอบนอก ชุมชน แหล่งกลางของแต่ละพื้นที่จะมีขนาดแตกต่างกันไปตามลำดับศักย์ (Hierarchy) คือ แหล่ง กลางที่มีลำดับศักย์สูงหมายถึง จำนวนประชากรมาก สินค้าและบริการมาก ลูกค้าน่ามาก และเขต อิทธิพลมาก ดังนั้นแหล่งกลางแต่ละแห่งจึงแตกต่างกันด้วยลำดับศักย์ และเป็นข้อสังเกตว่าแหล่ง กลางที่มีขนาดใหญ่ หรือลำดับศักย์มากจะมีจำนวนน้อยกว่าลำดับศักย์ที่ต่ำมาก เทียบได้กับบทบาท ของศูนย์กลางระดับประเทศ ภาค เมือง และชุมชน

ออกัส ลอสช์ (ฉัตรชัย พงษ์ประยูร. 2527; อ้างอิงจาก August Losch. 1954) ว่า August Losch ได้นำทฤษฎีแหล่งกลางไปประยุกต์ทดสอบและสรุปได้ภายหลังว่ารูปแบบการตั้ง ถิ่นฐาน มีเงื่อนไขเพิ่มเติมภายใต้สภาพการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจ และสังคม ตลอดจนอิทธิพลของ ตลาด และ Losch กล่าวว่า การตั้งถิ่นฐานบางแห่งมีหน้าที่และลักษณะพิเศษบางอย่างที่เป็นของ ตนเอง

วอลเตอร์ ไอซาร์ด (ฉัตรชัย พงษ์ประยูร. 2527; อ้างอิงจาก Walter Isard. 1956) ว่า Walter Isard ได้ศึกษาเพิ่มเติมในท้ายสุดว่า ปัจจัยที่เข้ามาเกี่ยวข้องอีกประการที่ต้องพิจารณาคือ ความหนาแน่นของประชากร และให้ข้อสังเกตว่าจำนวนประชากรในพื้นที่หนึ่งจะมีจำนวนลดลง เมื่อ ระยะทางห่างออกจากใจกลางแหล่งการตั้งถิ่นฐาน ดังนั้น สภาพภูมิทัศน์ของแบบจำลองจึงมีรูปร่าง แบบโพลิโกน (Polygon) หรือรูปทรงหลายเหลี่ยมที่เป็นรูปปิดที่มีขนาดแตกต่างกันตามลำดับศักย์

ด้วยเหตุผลสนับสนุนที่ว่า แหล่งการตั้งถิ่นฐานจะอัดแน่นประชิดติดกันหนาแน่นมากบริเวณใจกลางมากกว่าบริเวณที่ห่างกันออกไปในภูมิภาค

อย่างไรก็ตาม ทฤษฎีดังกล่าวเป็นรูปแบบการตั้งถิ่นฐานแบบคงที่ (Static) อันเนื่องมาจากในช่วงเวลาดังกล่าวรูปแบบการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมมีน้อย ไม่ได้มีการคำนึงถึงการเติบโตและขยายตัวของการตั้งถิ่นฐาน และเนื่องจากรูปแบบการตั้งถิ่นฐานสมัยใหม่เปลี่ยนแปลงไปทฤษฎีนี้จึงเหมาะกับ ประเทศเกษตรกรรม หรือพื้นที่ชนบทมากกว่า และสามารถนำไปปรับใช้ได้กับการวางแผนภาค หรือระดับประเทศมากกว่า



(ก)



(ข)

ภาพประกอบ 11 รูปแบบภูมิทัศน์ตามแบบทฤษฎีแหล่งกลาง (Central Place Theory)

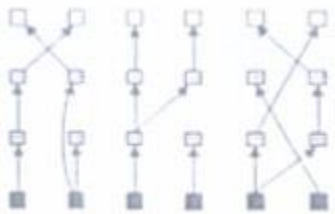
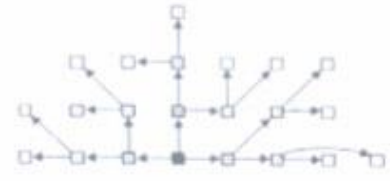
(ก) จากรูปแบบเดิม, (ข) จากการปรับของ Isard

ที่มา: กฤษ เพิ่มทันจิตต์. (2536). ทฤษฎีและแนวความคิดเกี่ยวกับกระบวนการเกิดเป็นเมือง.

3.3.ทฤษฎีการแพร่กระจายทางพื้นที่ (Spread Theory)

จากทฤษฎีแหล่งกลางที่มีรูปแบบคงที่ (Static) ต่อมาการแพร่กระจายทางพื้นที่เปลี่ยนแปลงไป ทำให้เกิดข้อขัดแย้งกับทฤษฎีแหล่งกลางจึงเกิดแนวคิดที่ขัดแย้งกับกลุ่มแรก โดยได้มีการศึกษาและนำเสนอแนวทฤษฎีใหม่โดย Bylund (1960) ชาวสวีเดน นำเสนอการตั้งถิ่นฐานแนวใหม่กล่าวว่าปัจจัยที่สำคัญต่อการตั้งถิ่นฐานยังมีเพิ่มเติม คือความสนใจของผู้ตั้งถิ่นฐานความช่วยเหลือทางด้านเทคนิค ความจำเป็นพื้นฐาน เช่น โรงเรียน ร้านค้า สถานที่พักผ่อนและนันทนาการ ทำให้บางพื้นที่สามารถพัฒนาเป็นที่ตั้งถิ่นฐานได้ วิธีการศึกษา คือ การสร้างแบบจำลอง เรียกว่า Lapland ในค.ศ. 1967 โดยสมมุติว่า บริเวณดังกล่าวมีสภาพแวดล้อมเหมือนกันทางด้านกายภาพ สะดวกในการเข้าถึง ต่อมาเพิ่มตัวแปรอื่นเข้าไป เช่น ระยะห่างจากถนน โบสถ์ ตลาด หนอง บึง สามารถสรุปถึงรูปแบบการขยายตัว 4 แบบ ดังตาราง 5

ตาราง 5 รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน

รูปแบบการตั้งถิ่นฐาน	ภาพประกอบ	รายละเอียด
ลักษณะการตั้งถิ่นฐานเป็น แนวเส้นตรง (Linear)		เป็นผลมาจากความใกล้เคียงของ ละแวกบ้านเดิม (Neighborhood Effect) การขยายตัวคล้อยคลื่อน สะท้อนแต่ละทิศทาง โดยมี รูปแบบการตั้งถิ่นฐานเดิม ปรากฏเป็นแนวยาว แล้วค่อยๆ ขยายตัวเข้าสู่แผ่นดิน
ลักษณะการขยายตัวเป็น วงกลมซ้อนกัน (Concentric)		การตั้งถิ่นฐานมีการขยายตัว ออกจากศูนย์กลางเป็นรัศมี ศูนย์กลางการตั้งถิ่นฐานเดิมมี แห่งเดียว ลักษณะการขยายตัว คล้ายระลอกน้ำในสระ
ลักษณะขยายตัวเป็นแบบ เสี้ยว (Sector)		รูปแบบการขยายตัวของการตั้ง ถิ่นฐานมีลักษณะคล้ายกับการ ตั้งถิ่นฐาน หรือนิคมใหม่ ที่ยังมี ความสัมพันธ์กับชุมชนเดิมอยู่
ลักษณะการขยายตัวโดยเกิด จากอุปสรรคทางด้าน กายภาพ		ลักษณะเป็นแบบทะแยงมุม ออกไป เป็นลักษณะการขยายตัว เมืองโดดๆ จนกลายเป็นเขต มหานคร และชานเมืองรอบๆ

ที่มา: จัตรชัย พงศ์ประยูร. (2527). ภูมิศาสตร์เมือง.

3.4. ทฤษฎีการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ (Ekistic Model)

คอนสแตนตินอส เอ. ดอกเซียดิส (Constantinos A. Doxiadis. 1968) นักผังเมือง ได้นำเสนอทฤษฎี Ekistic โดยกล่าวถึง องค์ประกอบพื้นฐานที่จำเป็นในการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ออกเป็น 5 ปัจจัย ได้แก่

1. ธรรมชาติ (Nature) เป็นรากฐานและตัวกำหนดขอบเขตของชุมชนที่จะถูกสร้างขึ้น โดยมนุษย์หรือผู้ตั้งถิ่นฐานจะเป็นผู้ปรับตัวให้เข้ากับสภาพธรรมชาติที่เลือกสรรไว้แล้ว ตัวอย่างองค์ประกอบทางธรรมชาติ ได้แก่ ลักษณะภูมิประเทศ ดิน พืชพรรณ สัตว์และภูมิอากาศ เป็นต้น

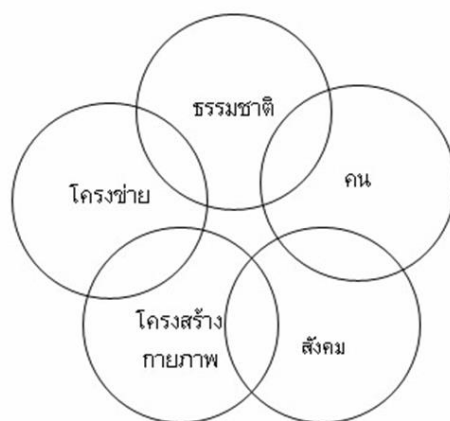
2. คน (Man or Anthropos) โดยพิจารณาในด้านตัวบุคคลมีทั้งเรื่องของความต้องการทางด้านชีวภาพ เช่น อากาศ อุณหภูมิ ที่ว่าง เป็นต้น ความรู้สึกสัมผัส การรับรู้ ความต้องการด้านอารมณ์ ค่านิยม รูปแบบทางสังคม แบบแผนการดำรงชีวิต และวัฏจักรของชีวิตครอบครัว

3. สังคม (Society) เป็นกิจกรรมที่เกิดจากการรวมกลุ่มของคนที่จะเกิดขึ้นเมื่อมีการตั้งถิ่นฐาน ได้แก่ การพบปะสังสรรค์ แบบแผนทางวัฒนธรรม การพัฒนาทางเศรษฐกิจ การศึกษาสวัสดิการกฎหมายและบริการ เป็นต้น

4. โครงสร้างทางด้านกายภาพ (Physical Structure) เป็นรูปแบบของการจัดองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของคน ได้แก่ บ้านพักอาศัย สถานบริการชุมชน ศูนย์บริการการศึกษา ศูนย์ราชการและธุรกิจ อุตสาหกรรม และคมนาคม โดยอาจเป็นกระบวนการของการจัดวางผังบริเวณและรูปแบบการก่อสร้าง

5. โครงข่าย (Network) ได้แก่ โครงข่ายการให้บริการด้านต่างๆ ทั้งด้านสาธารณูปโภค สาธารณูปการ ในอันที่จะเสริมต่อบัจจัยทุกด้านข้างต้น ได้แก่ ระบบน้ำใช้ ไฟฟ้าการขนส่ง การติดต่อสื่อสาร การจัดการของเสีย เป็นเรื่องของการวางผังกายภาพ (Physical Planning)

โดยดอกเซียดิส มีเป้าหมายสูงสุดของทฤษฎี คือ ส่งเสริมให้คนมีความเป็นอยู่อย่างผาสุก และปลอดภัยในชุมชน โดยเสริมสร้างภาวะสมดุลระหว่างองค์ประกอบทั้ง 5 ประการ ในอันที่จะช่วยให้มนุษย์สามารถปรับตัวให้สอดคล้องกับข้อกำหนดของชุมชน และตอบสนองต่อเจตนารมณ์ของตนเองได้โดยไม่ขัดต่อข้อกำหนดนั้นๆ และต้องเป็นไปตามระบบ (System Way) โดยการเชื่อมโยงองค์ประกอบและพิจารณาร่วมกัน ดังแสดงในภาพประกอบ 12



ภาพประกอบ 12 องค์ประกอบของการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์ตามทฤษฎี Ekistics

ที่มา:Constantinos A. Doxiadis. (1968). *Ekistics: An introduction to the science of human settlements*.

นอกจากนี้ด็อกเซียดิสได้นำเสนอลักษณะของเป้าหมายชุมชน ตามหลักการของ Ekistics Unit โดยแบ่งการตั้งถิ่นฐานของชุมชนออกเป็น 7 ระดับตามลำดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 การตั้งถิ่นฐานแบบชั่วคราว (Temporary human settlement) เป็นลักษณะของพวกเร่ร่อน เพื่อต้องการที่พักพิงชั่วคราว หรือเพื่อเตรียมการตั้งถิ่นฐานถาวรต่อไป

ระดับที่ 2 หมู่บ้าน (Village) เป็นรูปแบบการตั้งถิ่นฐานในด้านการอยู่อาศัย การพักผ่อนหย่อนใจ และการประกอบอาชีพทางด้านเกษตรกรรม

ระดับที่ 3 ชุมชนเมือง (Polises) เป็นรูปแบบการตั้งถิ่นฐานในระดับที่รอการขยายตัวออกไปเป็นชุมชนเมืองขนาดใหญ่ และอาจสูญสลายได้ถ้าไม่ผนวกรวมกันกับชุมชนอื่นๆ

ระดับที่ 4 ชุมชนเมืองขนาดใหญ่ (Metropolises) หรือมหานคร เป็นรูปแบบการตั้งถิ่นฐานที่คนจะอพยพเข้าไปตั้งถิ่นฐานมากที่สุด และมีการขยายตัวอย่างสูง

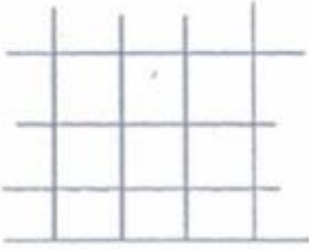
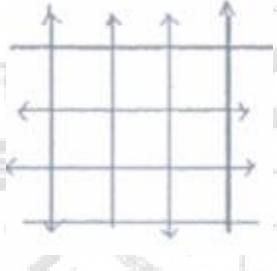
ระดับที่ 5 ชุมชนอภิมหานคร (Megalopolises) เป็นชุมชนที่เชื่อมต่อระหว่างมหานครเข้าด้วยกัน

ระดับที่ 6 ชุมชนประเทศ (National System) เป็นโครงข่ายชุมชนในระดับประเทศ

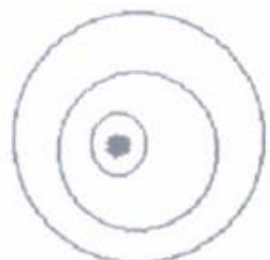
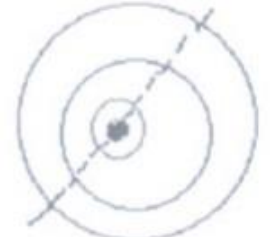
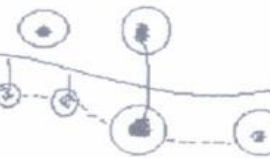
ระดับที่ 7 ชุมชนประชาคมสากล (International Systems) เป็นระดับหลายๆ ประเทศรวมกัน และมีการกำหนดเป้าหมายร่วมกัน

รูปแบบการขยายตัวของเมืองในแต่ละพื้นที่นั้นจะมีรูปแบบที่แตกต่างกันไป เกิดจากปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อรูปแบบการขยายตัว เช่น นโยบายการวางแผนเมือง ลักษณะทางภูมิศาสตร์ เส้นทางคมนาคม เป็นต้น รูปแบบการขยายตัวของเมืองสามารถแยกออกเป็นประเภทต่างๆ ดังตาราง 6

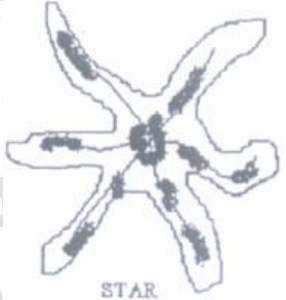
ตาราง 6 รูปแบบการขยายตัวของเมือง

รูปแบบการขยายตัวของเมือง	รูปแบบ	รายละเอียด
รูปแบบตาตาราง (Grid Pattern)		เป็นรูปแบบการขยายตัวที่มีโครงข่ายของถนนตาตารางจะส่งผลทำให้รูปแบบของเมืองถูกแบ่งเป็นบล็อก (Block) อาจเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือ รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า รูปแบบการขยายตัวแบบตาตาราง
Conventional Grid		เป็นรูปแบบการขยายตัวที่มีระเบียบแบบแผนอย่างต่อเนื่องออกไปในทุกทิศทางของเมือง อันเนื่องมาจากข้อจำกัดด้านกายภาพมีน้อยหรือเมืองขยายตัวบนที่ราบ
Distend Grid		เป็นรูปแบบการขยายตัวที่มีการขยายตัวแบบบิดเบี้ยวไปตามข้อจำกัดของลักษณะภูมิประเทศแต่ยังคงรูปแบบตาตารางเป็นบล็อก (Block) ไว้ถึงแม้จะไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิตที่แน่นอนก็ตาม
Grid Transected		เป็นรูปแบบการขยายตัวของชุมชนเมืองบนพื้นที่เดิม โดยมีการตัดถนนผ่านเข้าสู่ศูนย์กลางเมือง เพื่อความสะดวกในการสัญจร และลดปัญหาด้านการจราจร

ตาราง 6 (ต่อ)

รูปแบบการ ขยายตัวของเมือง	รูปแบบ	รายละเอียด
Super Block		เป็นการขยายตัวบนบล็อกเดิมมักพบในเมืองขนาดใหญ่ ต้องการพื้นที่ต่อเนื่องมากกว่าหนึ่งบล็อกและภายในบล็อกจัดรูปแบบ ให้มีความเหมาะสม สอดคล้องกับกิจกรรม
Concentric Pattern		เป็นรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่พัฒนาการ มาจากรูปแบบเมืองที่เป็นแบบวงแหวนเดิมโดย บริเวณศูนย์กลางเมืองมักมีการกระจุกตัวรวมกันอย่างหนาแน่น และค่อยๆ ขยายตัวออกไป ในลักษณะของวง
Concentric Highway		เป็นรูปแบบการขยายตัว โดยมีการตัดถนนเป็นแนวแกนรัศมีออกจากศูนย์กลางเมือง หรือเข้าไปยังศูนย์กลางเมือง เพื่อความสะดวกในการเข้าถึง
Circuitous By Pass		เป็นรูปแบบการขยายตัว ที่มีการตัดแนวถนนใหม่ในรูปแบบของทางเลี้ยวหรือทางอ้อมเมืองเพื่อต้องการจราจรที่ไม่มีกิจกรรมที่ต้องติดต่อกับศูนย์กลางเมือง ให้ใช้เส้นทางอ้อมออกไป
Linear Pattern		เป็นรูปแบบการขยายตัวที่มีพัฒนาการมาจากการตั้งถิ่นฐานตามแนวเส้นทางคมนาคมหรือเมืองมีที่ตั้งอยู่บริเวณที่ราบระหว่างหุบเขาริมน้ำ

ตาราง 6 (ต่อ)

รูปแบบการ ขยายตัวของเมือง	รูปแบบ	รายละเอียด
Linear and Concentric		เป็นรูปแบบการขยายตัวของการเชื่อมโยง กลุ่มเมืองขนาดเล็กๆ เข้าด้วยกัน ด้วย เส้นทางเดียวอาจเป็นรูปแบบกลุ่มเมืองตาม แนวชายฝั่งทะเล หรือที่ราบ ระหว่างหุบเขา เป็นต้น
Linear and Integrated System Movement Star Pattern	 	เป็นรูปแบบการเชื่อมโยง กลุ่มเมืองเข้า ด้วยกันด้วยเส้นทางสัญจรหลัก และมี เส้นทางย่อยตัด แยกเข้าสู่กลุ่มเมืองเล็กๆ ที่อยู่ลึกเข้าไปใน แผ่นดิน (Hinterland) เป็นรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่เมือง เดิมมีบทบาทเป็นศูนย์กลางการคมนาคม ของถนนหลายสายและมีการตั้งถิ่นฐานไป ตามแนวยาวของถนนมีรูปแบบการ ขยายตัวที่ขยายออกจากศูนย์กลางเมือง ไปในแนวรัศมี จากศูนย์กลางเมือง
Galaxy Pattern		เป็นรูปแบบการกระจายตัวของเมืองที่มี การพัฒนามาจากรูปแบบดวงดาว โดย เมื่อเมืองมีขนาดใหญ่ขึ้นจนศูนย์กลาง ของเมืองที่เดิมมีแห่งเดียวไม่สามารถ ให้บริการแก่ชุมชนที่ขยายตัวไปได้อย่าง ทั่วถึงจะทำให้เกิดการพัฒนตัวของ ระบบชุมชนเมืองในรูปแบบของ ศูนย์กลางระดับท้องถิ่นขึ้น ทำให้การ กระจายตัวของชุมชนเมืองมีความ หนาแน่นสม่ำเสมอมากกว่าแบบดวงดาว และสามารถทำหน้าที่ให้บริการได้ทั่วถึง พื้นที่

ที่มา: สิริณี มีบุญล้ำ. (2556). รูปแบบการขยายตัวของเมือง.

สำหรับการศึกษาค้างนี้ได้สรุปทฤษฎีการตั้งถิ่นฐานที่มีความสอดคล้องกับการตั้งถิ่นฐานจังหวัดสมุทรสาคร โดยวิเคราะห์จากแผนที่การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2556 (ภาพประกอบ 4) คือทฤษฎีการแพร่กระจายทางพื้นที่ โดยลักษณะการตั้งถิ่นฐานที่ปรากฏเป็นพื้นที่ชุมชนจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่มและอยู่ใกล้กับสิ่งที่เป็นความจำเป็นพื้นฐานและอำนวยความสะดวกในการดำรงชีวิตของมนุษย์ เช่น แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม ที่ตั้งสถานที่สำคัญทางศาสนาและสถานศึกษา และพื้นที่เมืองส่วนใหญ่อยู่ตามเส้นทางคมนาคมสายหลัก

ทั้งนี้ การศึกษาทฤษฎีการตั้งถิ่นฐาน เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลองต่าง ๆ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ควรจะมีสอดคล้องกับทฤษฎีการแพร่กระจายทางพื้นที่ เช่น พื้นที่เมืองที่เกิดขึ้นใหม่ไม่ควรอยู่ห่างจากพื้นที่เมืองเดิม แหล่งน้ำ และเส้นทางคมนาคม

4. ทฤษฎีการขยายตัวของเมือง

4.1. ทฤษฎีวงแหวน (Concentric Theory)

โดยเอนเนส ดับเบิลยู เบอร์กัส (Ernest W. Burgess. 1925) ศาสตราจารย์แห่งมหาวิทยาลัยชิคาโก ในช่วง ค.ศ. 1920-1930 ได้ศึกษาความเจริญและการขยายตัวของชิคาโกโดยกล่าวว่าเมืองขยายตัวออกไปจากจุดศูนย์กลางเดียวซึ่งเป็นศูนย์กลางของเขตต่าง ๆ 5 เขตได้แก่

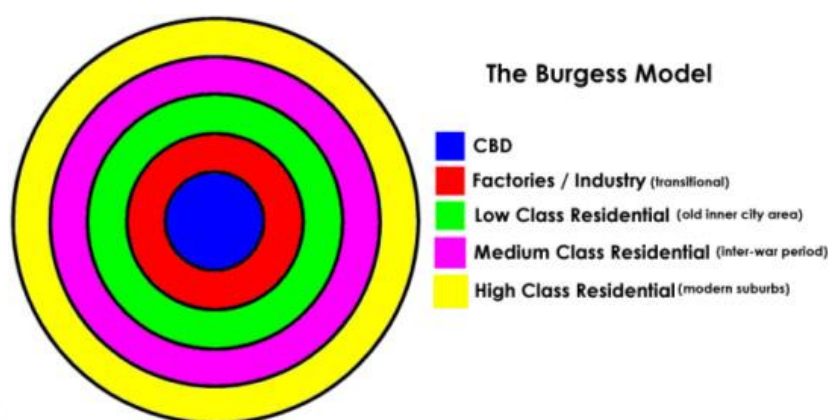
1. เขตใจกลางเมือง (CBD : Central Business District) หรือ Downtown เป็นศูนย์กลางเมืองด้านการค้า สังคม การคมนาคมใจกลางเมืองจริง ๆ คือย่านการค้าปลีกที่เต็มไปด้วยร้านค้าห้างสรรพสินค้า ร้านหรู ๆ สำนักงานธนาคาร โรงแรม และที่ตั้งของสมาคมสำคัญตลอดจนเป็นย่านของโรงหนัง โรงละครในกรณีที่เป็นเมืองเล็กการใช้ที่ดินต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะมีปะปนกันไป ส่วนกรณีเมืองใหญ่กิจกรรมเหล่านี้จะปรากฏอยู่เป็นย่าน

2. เขตปรับเปลี่ยน (Factories or Translational) อยู่ถัดจากเขตใจกลางเมืองเป็นย่านการขายส่ง (Wholesale District) เป็นย่านโกดังเก็บสินค้าบางแห่งปะปนอยู่กับย่านอุตสาหกรรมเบารอบ ๆ ใจกลางเมืองซึ่งยึดหลักความได้เปรียบในเรื่องตลาดหรือบางแห่งเป็นเขตที่อยู่อาศัยที่ค่อนข้างต่ำในแง่คุณภาพและการบริการเป็นห้องเช่า แฟลตราคาถูกมักเป็นเขตของผู้ที่พึ่งอพยพมาอยู่ในเขตเมืองใหม่ๆ

3. เขตอาศัยของคนงาน (Low Class Residential or Old Inner City Area) เป็นเขตที่ถดถอยมาเป็นที่อยู่อาศัยของกรรมกรโรงงานที่เป็นแรงงานของอุตสาหกรรมต่างๆเป็นเขตที่อยู่อาศัยที่ขยายตัวออกมาจากเขตปรับเปลี่ยนคนกลุ่มนี้ยึดความสะดวกในการเดินทางไปทำงานส่วนมากโรงงานอยู่ในโซนการใช้ที่ดินถดถอยไปและบริเวณนี้ไม่ไกลจากการไปทำธุระในเมืองซึ่งอยู่ในเขตใจกลางเมือง

4. เขตที่อยู่อาศัยชั้นดี (Medium Class Residential or Inter War Period) มักเป็นที่อยู่อาศัยของชนชั้นกลางที่ไม่ได้อพยพมาจากที่ไหน ส่วนมากเป็นนักธุรกิจ มีอาชีพต่างๆ เช่น เสมียน พนักงานเชลล์แมนส่วนมากอาศัยเป็นครอบครัวเดียว ต่อมาก็มีแฟลต และโรงแรมแบบที่เป็นที่อาศัยขึ้นมาบ้างตามถนนสายสำคัญๆ พร้อมกับมีศูนย์กลางการบริการเล็กๆเกิดขึ้น

5. เขตสัฎฐจรรยา (High Class or Modern Suburbs) โดยทั่วไปอยู่นอกเขตเมืองออกไปตามเส้นทางสำคัญ โดยรวมกันอยู่เป็นกลุ่มเล็กๆ เป็นย่านที่อยู่อาศัยขนาดเล็กและมีราคาแพง ผู้คนเหล่านี้เดินทางมาทำงานในเขตใจกลางเมือง โดยอาศัยระบบขนส่งมวลชนบ้าง ใช้รถส่วนตัวบ้าง



ภาพประกอบ 13 แบบจำลองการใช้ที่ดินของ Burgess

ที่มา: Internet Geography. (2013). *Urban Landuse Models*.

เขตทั้งห้าที่เอนเนสเสนอไว้นี้มิได้หมายความว่าคงที่เช่นนี้ตลอดไป แต่จะแปรเปลี่ยนไปตามความเจริญของเมือง โดยเฉพาะเมื่อเมืองมีการขยายตัวออกจากเขตชั้นในรูล้ำไปในเขตชั้นนอก ถัดออกไป จึงเกิดการกระเพื่อมคล้ายกับระลอกน้ำ อย่างไรก็ตามทฤษฎีนี้ได้รับการนำไปศึกษาเพิ่มเติมเพื่อศึกษากับพื้นที่อื่นๆ พบว่ารูปแบบการขยายตัวอาจไม่เป็นวงกลมเสียทีเดียว เนื่องจากข้อจำกัดจากอุปสรรคทางด้านกายภาพของพื้นที่ เช่น ภูเขาสูง ทะเลสาบ

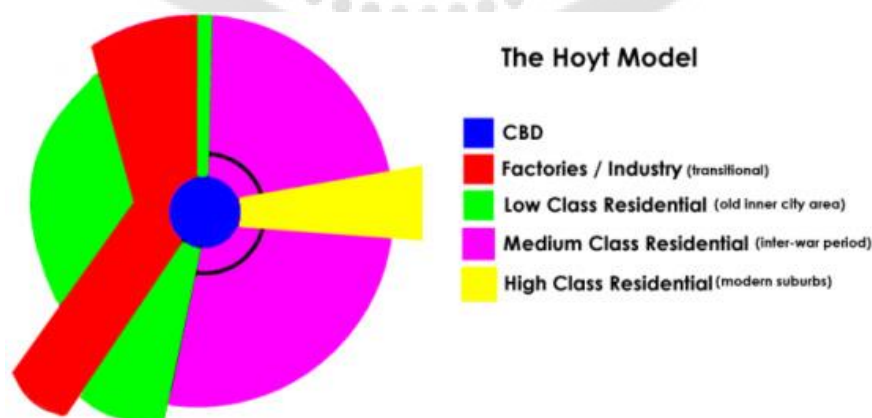
4.2. ทฤษฎีรูปเสี้ยวหรือลิ่ม (Sector Theory)

สแตนลีย์ ดี บรันน์ และ แจ็ค วิลเลียม (Stanley D. Brunn; & Jack Williams. 1983) กล่าวว่าทฤษฎีนี้ได้รับการพัฒนาขึ้นใน ค.ศ. 1939 โดยโฮเมอร์ ฮอยท์ (Homer Hoyt) ซึ่งได้ทำการสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางพื้นที่ของเมืองในสหรัฐอเมริกา จำนวน 142 เมืองจากข้อมูลที่รวบรวมได้ และสรุปเป็นทฤษฎีเพื่อใช้อธิบายรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทต่างๆของเมือง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเขาเน้นในด้านที่ดินบริเวณที่อยู่อาศัยว่ามีลักษณะแยกออกเป็นส่วนๆ แบบรูปเสี้ยวแผ่ออกไปจากศูนย์กลางเมือง อันมีอยู่ศูนย์กลางเดียวไปตามแนวเส้นทางคมนาคมสายสำคัญๆ ทฤษฎีนี้ให้ความสำคัญของระบบคมนาคมในเมืองกับภาวะการใช้ที่ดิน

โฮเมอร์ ฮอยท์ได้แนวคิดทฤษฎีนี้มาจากเรื่องอัตราค่าเช่าที่ดิน ซึ่งเห็นว่าอัตราค่าเช่าที่ดินในเมืองนั้นจะแตกต่างกันในแต่ละโซน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมและการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภทแต่โดยรวมแล้วค่าเช่าจะสูงที่สุดเมื่ออยู่ในบริเวณใจกลางเมืองและจะลดลงในบริเวณที่อยู่โดยรอบ นอกจากนี้เขากล่าวว่าเขตที่อยู่อาศัยอาจจะขยายไปยังจุดที่มีศูนย์กลางทางการค้า และอาคารอื่นๆ เป็นต้น และตามแบบรูปเสี้ยวหรือลิ่มของโฮเมอร์ ฮอยท์ การขยายตัวของเมืองจะขยายออกจากศูนย์กลางเมือง (CBD) โดยแยกเป็นส่วนๆไปตามแนวเส้นทางคมนาคม

การขยายตัวของเมืองแบบรูปเสี้ยวแบ่งการใช้ที่ดินออกเป็น 5 โซนคือ

1. บริเวณศูนย์กลางธุรกิจการค้า (Core หรือ Central Business District หรือ CBD) เป็นเขตการค้า และบริการที่สำคัญของเมือง
2. บริเวณย่านการค้าและอุตสาหกรรม (Wholesale Light Manufacturing)
3. บริเวณที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้ต่ำ (Low Class Residential Area)
4. บริเวณที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้ปานกลาง (Medium Class Residential Area)
5. บริเวณที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้สูง (High Class Residential Area)



ภาพประกอบ 14 The Hoyt Model

ที่มา: Internet Geography. (2013). *Urban Landuse Models*.

การใช้ที่ดินทั้งที่เอนเนส และฮอยท์ เสนอคล้ายคลึงกันในการแบ่งประเภท คือ มีเขตศูนย์กลางย่านธุรกิจอยู่ใจกลางเมือง ประกอบด้วยกิจกรรมต่างๆ ตั้งแต่ร้านค้า ธนาคาร สำนักงาน โรงแรม โรงภาพยนตร์ ฯลฯ การแบ่งเขตสำหรับผู้ใช้งานอยู่ใกล้แหล่งที่ทำงาน เขตอุตสาหกรรมขนาดย่อม เขตที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้ปานกลาง ซึ่งอาศัยการขนส่งสาธารณะหรือใช้พาหนะส่วนตัว และที่อยู่อาศัยของผู้มีรายได้สูงในเขตชานเมือง เป็นต้น สิ่งที่แตกต่างกันคือฮอยท์ได้เอาย่านการใช้ที่ดินเพื่อการคมนาคมเข้ามาเกี่ยวข้องร่วมกับย่านอุตสาหกรรม

ทฤษฎีการขยายตัวของเมืองตามลักษณะรูปเสี้ยวของฮอยท์ ได้รับการวิจารณ์ในหลายแง่มุม กล่าวโดยสรุปที่ เรย์ เอ็ม นอร์ทแฮม (Ray M. Northam. 1979) ได้วิจารณ์ทฤษฎีของฮอยท์ว่าเป็นการกำหนดรูปแบบการเติบโตของเขตที่อยู่อาศัยมากกว่าที่จะวิเคราะห์ถึงโครงสร้างของเมืองทั้งหมด ซึ่งที่จริงแล้วผู้ที่มีรายได้สูงอาจจะมีการตั้งถิ่นฐานตามทิศทางต่างๆ ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวิธีการส่งเสริม บางคนอาจจะคำนึงถึงองค์ประกอบทางด้านสังคมมากกว่าทำเลที่ตั้งของเมือง เช่น ต้องการอยู่ใกล้แหล่งชุมชน หรือใกล้กับเพื่อนบ้านและญาติ เป็นต้น อาจจะได้มีรูปแบบอย่างปกติธรรมดาก็ได้ แต่อย่างไรก็ตามนอร์ทแฮม ได้สรุปลักษณะการขยายตัวของเขตชุมชนเมืองตามแนวคิดของฮอยท์ว่าขยายตัวออกไปสู่บริเวณที่ไร้สิ่งกีดขวางทางธรรมชาติ และเป็นบริเวณที่สามารถจะขยายออกไปสู่ที่ว่างได้สะดวกนั้นคือ ขยายไปยังพื้นที่เกษตรกรรมโดยรอบ

4.3. ทฤษฎีหลายศูนย์กลาง (Multiple Nuclei Theory)

ทฤษฎีหลายศูนย์กลางเป็นทฤษฎีที่ ชอนซีดี ฮาร์ริส และ เอ็ดเวิร์ดแอล อัลแมน (Chauncy D. Harris; & Edward L. Ullman. 1945: 7-17) อธิบายแบบรูปการใช้ที่ดินในเขตเมืองว่าเมืองจำนวนมากได้พัฒนาออกเป็นหลายศูนย์กลางอย่างชัดเจน จำนวนศูนย์กลางและการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจากศูนย์กลางเหล่านี้ขึ้นกับขนาดของเมือง โครงสร้างโดยรวมและประวัติศาสตร์ในการพัฒนาเมืองนั้นๆ เมืองที่มีขนาดใหญ่กว่าจะมีจำนวนและลักษณะเฉพาะของศูนย์กลางเหล่านั้นมากกว่าเมืองที่มีขนาดเล็กกว่า ศูนย์กลางเหล่านั้นส่วนมากจะเกิดขึ้นในบริเวณใกล้ที่พักอาศัยของผู้ที่มีรายได้ปานกลางและผู้มีรายได้สูง ทฤษฎีหลายศูนย์กลางจึงสามารถอธิบายโครงสร้างของเมืองขนาดใหญ่ได้ดีกว่าทฤษฎีของเอนเนสและฮอยท์ ทฤษฎีหลายศูนย์กลางกล่าวถึงการเกิดศูนย์กลางขึ้นเฉพาะเขตไว้ว่า ความสามารถในการจ่ายค่าเช่าที่แตกต่างกัน เป็นสิ่งผลักดันให้หลายกิจกรรมแยกกันจับกลุ่มในเขตต่างๆ ของเมือง กิจกรรมเฉพาะอย่างต้องการทำเลที่ตั้งเป็นพิเศษ แต่กิจกรรมที่เหมือนกันมีแนวโน้มในการตั้งอยู่ด้วยกัน ส่วนกิจกรรมที่ไม่พึงประสงค์ จะถูกผลักดันออกไปอยู่บริเวณชานเมือง ฮาร์ริสและอัลแมน กล่าวว่า การที่จะเกิดศูนย์กลางต่างๆ ขึ้นมานั้นเพราะอิทธิพลร่วมของ 4 ปัจจัย ดังนี้

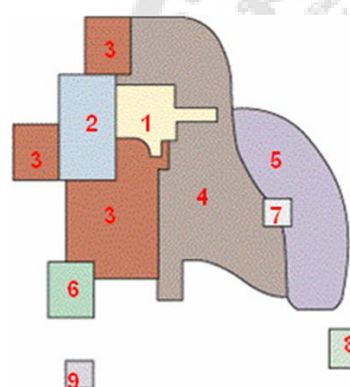
1. กิจกรรมแต่ละอย่างต้องการอุปกรณ์และความสะดวกสบายเป็นพิเศษรวมทั้งที่ตั้งอย่างเหมาะสม สามารถเข้าถึงได้สะดวก เช่น บริเวณพาณิชยกรรมจะต้องอยู่ในใจกลางเมือง ส่วนท่าเรือต้องการชายฝั่งที่เหมาะสม ย่านอุตสาหกรรมต้องการทำเลที่เหมาะสมในเรื่องขนาดของที่ดิน อยู่ใกล้แหล่งน้ำ และเส้นทางคมนาคม เป็นต้น

2. กิจกรรมบางอย่างที่เหมือนกันจะต้องอยู่ใกล้กันเนื่องจากได้รับประโยชน์จากการรวมกลุ่มกัน เช่น ร้านค้าขนาดย่อมอยู่รวมกันเพราะได้เปรียบลูกค้าร่วมกัน ย่านการเงินและการธนาคารอยู่รวมกันในเขตเดียวกัน เพราะได้รับความสะดวกในการติดต่อระหว่างกัน เป็นต้น

3. กิจกรรมบางประเภทที่มีความแตกต่างกันไม่เหมาะสมที่จะนำมาอยู่รวมกันเนื่องจาก จะทำให้เกิดผลเสีย เช่น ย่านโรงงานอุตสาหกรรมกับย่านที่อยู่อาศัยของผู้ที่มีรายได้สูงจะแยกตัว ไม่อยู่ใกล้กัน

4. กิจกรรมบางประเภทไม่สามารถตั้งในทำเลที่ดินที่ต้องการได้ เนื่องจากค่าเช่าสูง กิจกรรมเหล่านี้จะจำกัดขอบเขตของตนอยู่ในย่านที่มีราคาถูก

ดังนั้นในทฤษฎีนี้ Harris และ Ullman ได้แบ่งเมืองออกเป็น 9 เขต ดังนี้



1. Central business district (เขตย่านธุรกิจ)
2. Wholesale light manufacturing (เขตขายส่งและอุตสาหกรรมเบา)
3. Low-income residential (เขตที่อยู่อาศัยชั้นต่ำ)
4. Medium-income residential (เขตที่อยู่อาศัยชั้นกลาง)
5. High-income residential (เขตที่อยู่อาศัยชั้นสูง)
6. Heavy manufacturing (เขตอุตสาหกรรมหนัก)
7. Outlying business district (เขตธุรกิจรอบนอก)
8. Residential suburb (เขตที่อยู่อาศัยชานเมือง)
9. Industrial suburb (เขตสัณฐานเข้าเย็น)

ภาพประกอบ 15 ทฤษฎีหลายศูนย์กลาง (Multiple Nuclei Theory)

ที่มา: Chapin FS Jr.; & Kaiser EJ. (1979). *Urban Land Use Planning*.

สำหรับการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้สรุปทฤษฎีการขยายตัวของเมืองที่ใกล้เคียงกับรูปแบบการขยายเมืองของจังหวัดสมุทรสาคร โดยวิเคราะห์จากแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2556 คือทฤษฎีหลายศูนย์กลางเนื่องจากพื้นที่เมืองของจังหวัดสมุทรสาครจะอยู่บริเวณใจกลางจังหวัดและมีแม่น้ำท่าจีนไหลผ่าน มีลักษณะทางภูมิศาสตร์ที่เอื้อต่อการสร้างใจกลางเมือง (CBD) เนื่องจากอยู่ใกล้กับแหล่งน้ำซึ่งเป็นความต้องการพื้นฐานและเป็นเส้นทางคมนาคมนอกจากนี้รูปแบบการใช้ที่ดินยังมีลักษณะที่ตรงกับปัจจัยของทฤษฎีคือ

1. กิจกรรมแต่ละอย่างต้องการอุปกรณ์และความสะดวกสบายเป็นพิเศษรวมทั้งที่ตั้งอย่างเหมาะสม สามารถเข้าถึงได้สะดวก โดยจังหวัดสมุทรสาครจะมีบริเวณย่านการค้าและการขนส่งอยู่ใจกลางเมือง ท่าเรือจะอยู่บริเวณแม่น้ำ และพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะอยู่ใกล้กับอ่าวไทยเป็นต้น

2. กิจกรรมบางอย่างที่เหมือนกันจะต้องอยู่ใกล้กันเนื่องจากได้รับประโยชน์จากการรวมกลุ่มกัน คือ บริเวณย่านการค้าจะจับกลุ่มรวมกันอยู่ที่ใจกลางเมือง

3. กิจกรรมบางประเภทที่มีความแตกต่างกันไม่เหมาะสมที่จะนำมาอยู่รวมกันเนื่องจากจะทำให้เกิดผลเสีย โดยพื้นที่เขตอุตสาหกรรมของจังหวัดสมุทรสาคร จะไม่อยู่ใกล้กับพื้นที่เมือง

ทั้งนี้ การศึกษาทฤษฎีการขยายตัวของเมือง เพื่อที่จะนำไปใช้เป็นส่วนหนึ่งในการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลองต่างๆ ผลลัพธ์ที่ได้ควรจะสอดคล้องกับทฤษฎีการขยายตัวของเมืองของจังหวัดสมุทรสาคร ซึ่งคือ ทฤษฎีหลายศูนย์กลาง



5. ภูมิสารสนเทศ

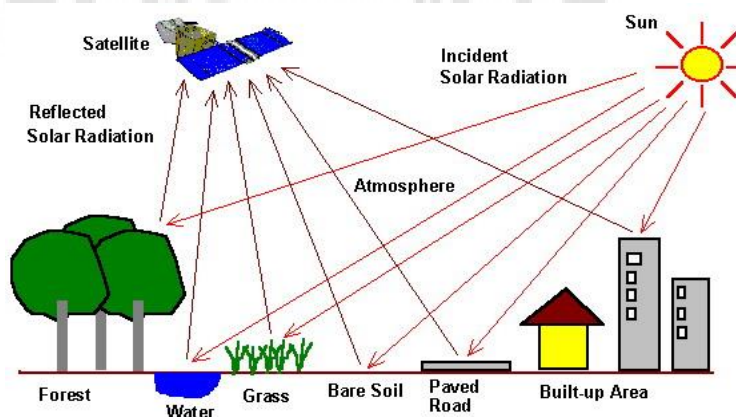
ภูมิสารสนเทศศาสตร์ (Geoinformatics) คือ ศาสตร์สารสนเทศที่เน้นการบูรณาการเทคโนโลยีทางการสำรวจ การทำแผนที่ และการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่เข้าด้วยกัน เพื่อศึกษาเกี่ยวกับพื้นที่บนโลก ประกอบด้วย ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) การรับรู้จากระยะไกล (RS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) เทคโนโลยีทั้งสามประเภทนี้สามารถทำงานเป็นอิสระต่อกัน หรือสามารถนำมาเชื่อมโยงร่วมกัน ทำให้ประสิทธิภาพเพิ่มมากขึ้น สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น กิจการทหาร การจัดการทรัพยากรธรรมชาติ การจัดการภัยพิบัติต่างๆ การวางผังเมืองและชุมชน หรือแม้แต่ในเชิงธุรกิจก็ได้มีการนำเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศศาสตร์มาประยุกต์ใช้และประกอบกรวางแผนการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2552)

ในงานวิจัยนี้ ได้ใช้วิธีการทางด้านภูมิสารสนเทศได้แก่ การรับรู้จากระยะไกล (RS) และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS)

5.1. การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)

5.1.1. ความหมายของการรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing)

การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึง การบันทึกหรือการได้มาซึ่งข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่เป้าหมายด้วยอุปกรณ์บันทึกข้อมูล (sensor) โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุนั้นๆ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าการสำรวจจากระยะไกลนั่นเอง ซึ่งอาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลของสิ่งต่างๆ บนพื้นผิวโลก



ภาพประกอบ 16 หลักการทำงานของรีโมทเซนซิง

ที่มา: Centre for Remote Imaging Sensing and Processing. (2014). *Remote Sensing Tutorial*.

คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ

1. คลื่นรังสี (Spectral)
2. รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial)
3. การเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

ปัจจุบันได้นำมาใช้ในการศึกษาและวิจัยอย่างแพร่หลาย เพราะ ประหยัดเวลา ค่าใช้จ่ายในการสำรวจเก็บข้อมูล ความถูกต้อง และรวดเร็วทันต่อเหตุการณ์ มีการพัฒนาให้ก้าวหน้าโดยมีการประดิษฐ์คิดค้นเครื่องมือรับสัญญาณที่มีประสิทธิภาพสูง เทคนิคที่นำมาใช้ในการแปลตีความก็ได้รับการพัฒนาควบคู่กันไปให้มีความถูกต้อง แม่นยำ และรวดเร็วยิ่งขึ้น จึงปรากฏว่ามีการนำข้อมูลทั้งภาพถ่ายทางอากาศ และ ภาพถ่ายดาวเทียมมาใช้ประโยชน์เพื่อสำรวจหาข้อมูล และทำแผนที่เกี่ยวกับทรัพยากรธรรมชาติกันอย่างกว้างขวางในปัจจุบัน

5.1.2. การวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) ประกอบด้วยวิธีการดังต่อไปนี้

5.1.2.1. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตา (visual interpretation) เป็นการแปลตีความจากลักษณะองค์ประกอบของภาพ โดยอาศัยการพิจารณาปัจจัยด้านต่าง ๆ ได้แก่ สี (color, shade, tone) เงา (shadow) รูปทรง (form) ขนาดของวัตถุ (size) แบบรูป (pattern) ลวดลายหรือลักษณะเฉพาะ (texture) และองค์ประกอบทางพื้นที่ (spatial components) เป็นหลักการตีความ เช่นเดียวกับการแปลภาพถ่ายทางอากาศ

5.1.2.2. การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ (digital analysis and image processing) เป็นการตีความ ค้นหาข้อมูลส่วนที่ต้องการ โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์และสถิติ ซึ่งการที่มีข้อมูลจำนวนมาก จึงไม่สะดวกที่จะทำการคำนวณด้วยมือได้ ดังนั้นจึงมีการนำคอมพิวเตอร์มา ช่วยให้การประมวลผลรวดเร็วขึ้น มีวิธีการแปลหรือจำแนกประเภทข้อมูลได้ 2 วิธีหลัก คือ

5.1.2.2.1. การแปลแบบกำกับดูแล (supervised classification) หมายถึง การที่ผู้แปล เป็นผู้กำหนดตัวอย่างของประเภทข้อมูลให้แก่คอมพิวเตอร์ โดยใช้การเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (training areas) จากความรู้ด้านต่างๆ เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา รวมทั้งจากการสำรวจภาคสนาม

5.1.2.2.2. การแปลแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) เป็นวิธีการที่ผู้แปลกำหนดให้คอมพิวเตอร์แปลข้อมูลเอง โดยใช้หลักการทางสถิติ เพียงแต่ผู้แปลกำหนดจำนวน ประเภทข้อมูล (classes) ให้แก่เครื่อง โดยไม่ต้องเลือกพื้นที่ตัวอย่างให้ ผลลัพธ์จากการแปลจะต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องและความน่าเชื่อถือ ก่อนนำไปใช้งานโดยการเปรียบเทียบกับสภาพจริงหรือข้อมูลที่นำเชื่อถือได้ โดยวิธีการทางสถิติ

5.1.3. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT- 7ETM

ระบบการบันทึกข้อมูลดาวเทียม Landsat 7 คือระบบ Enhanced Thematic Mapper Plus (ETM) ปรับปรุงจากระบบการบันทึกข้อมูลดาวเทียม Landsat 5 TM มีการบันทึกข้อมูล 7 ช่วงคลื่น (Band) รายละเอียดเชิงตำแหน่ง (Resolution) เท่ากับ 30 เมตร และมีการบันทึกภาพขาวดำ (panchromatic) ที่รายละเอียดเชิงตำแหน่ง (Resolution) เท่ากับ 15 เมตร สำหรับช่วงคลื่น(Band) 6 ที่เป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน(thermal band) มีรายละเอียดเชิงตำแหน่ง (Resolution) 60 เมตร (Thomas Lillesand; & Ralph W. Kiefer. 2014) มีวงรอบการบันทึกข้อมูลซ้ำ 16 วัน ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ETM สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ธรณีวิทยา ป่าไม้ และธรณีพิบัติภัย ดังมีรายละเอียดคุณสมบัติของแต่ละช่วงคลื่น (Band) คือ

แบนด์ 1 (ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน) มีความยาวคลื่น 0.45 – 0.52 ไมครอน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานชายฝั่งทะเล ใช้แยกประเภทต้นไม้ชนิดผลัดใบและไม่ผลัดใบออกจากกัน และแสดงความแตกต่างระหว่างดินกับพืช

แบนด์ 2 (ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน) มีความยาวคลื่น 0.52 – 0.62 ไมครอน ให้ข้อมูลการสะท้อนแสงสีเขียวของพืชที่เจริญเติบโต

แบนด์ 3 (ช่วงคลื่นสีแดง) มีความยาวคลื่น 0.63 – 0.69 ไมครอน ใช้แยกความแตกต่างของการดูดกลืนคลอโรฟิลล์ในพืชเพื่อใช้ในการแยกชนิดของพืชพรรณ

แบนด์ 4 (ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้) มีความยาวคลื่น 0.76 – 0.90 ไมครอน ช่วยในการตรวจวัดมวลชีวะ(biomass) ในแหล่งน้ำ และแยกความแตกต่างของน้ำและส่วนที่ไม่ใช่น้ำ

แบนด์ 5 (ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น) มีความยาวคลื่น 1.55 – 1.75 ไมครอน ใช้ตรวจความชื้นในพืช ใช้พิจารณาความแตกต่างของหิมะกับเมฆ

แบนด์ 6 (ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน) มีความยาวคลื่น 10.40 – 12.50 ไมครอน (resolution 120 เมตร) สามารถนำมาวิเคราะห์หาการเหี่ยวเฉาเนื่องจากความร้อนในพืช ใช้พิจารณาความแตกต่างของความร้อนบริเวณพื้นที่ศึกษา ความแตกต่างของความชื้นของดิน

แบนด์ 7 (ช่วงคลื่นอินฟราเรดกลาง) มีความยาวคลื่น 2.08– 2.35 ไมครอน สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในงานสำรวจธรณีวิทยา เช่นการจำแนกชนิดของหิน แร่ธาตุและชนิดของดิน

5.1.4. การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ศึกษา

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้ศึกษาได้ทำการเลือกข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 7 ระบบ ETM มาใช้ในการศึกษา เนื่องจากเป็นข้อมูลที่สามารถเข้าถึงได้ง่าย และมีการบันทึกภาพตรงกับช่วงเวลาที่ทำการศึกษาในครั้งนี้ และมีรายละเอียดของข้อมูลที่สูงเพียงพอต่อความต้องการของการวิจัย

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมใช้วิธีการผสมสีภาพ เพื่อจำแนกสิ่งต่างๆที่ปรากฏอยู่บนพื้นดิน โดยในการวิจัยครั้งนี้ได้ทำการผสมสีภาพโดยใช้ช่วงคลื่นที่ 4 ให้เป็นแสงสีแดง ช่วงคลื่นที่ 5 ให้เป็นสีเขียว และช่วงคลื่นที่ 3 ให้เป็นแสงสีน้ำเงิน เพื่อให้เหมาะสมกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินมากที่สุด และนอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากการผสมภาพโดยเลือกใช้ช่วงคลื่นอื่นๆ ดังตาราง 7

ตาราง 7 ตัวอย่างการใช้ประโยชน์จากการผสมภาพถ่ายดาวเทียม

การผสมช่วงคลื่น (Band Combination)	
แดง เขียว น้ำเงิน (R, G, B)	การประยุกต์ใช้
3, 2, 1	เป็นการผสมภาพที่ให้ภาพสีเสมือนจริง สามารถใช้ศึกษาในบริเวณต้นและดูความขุ่นของน้ำ
4, 3, 2	มีผลลัพธ์คล้ายกับการผสมภาพแบบ 3, 2, 1 แต่จะมีการใช้ช่วงคลื่นที่ 4 จึงทำให้เหมาะสมกับการจำแนกชนิดของพืชพรรณ และสามารถแบ่งขอบเขตของพื้นที่น้ำได้อย่างชัดเจน
4, 5, 3	สามารถจำแนกชนิดของพืชพรรณได้ดี จำแนกรอยต่อของน้ำและพื้นดินได้ชัดเจน และ สามารถจำแนกพื้นที่เมืองและชุมชนได้ชัดเจน
7, 4, 2	มีผลลัพธ์คล้ายกับการผสมภาพแบบ 4, 5, 3 แต่จะใช้สีเขียวแสดงพืชพรรณ
5, 4, 1	มีผลลัพธ์คล้ายกับการผสมภาพแบบ 7, 4, 2 แต่จะเหมาะสมกับการจำแนกพืชพรรณทางการเกษตรมากกว่า

ที่มา: Geospatial Innovation Facility. (2008). *RS/GIS Quick Start Guides*.

5.2. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

5.2.1. ความหมายของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย (2558) ได้ให้ความหมายของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คือกระบวนการทำงานเกี่ยวกับข้อมูลในเชิงพื้นที่ด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่ใช้กำหนดข้อมูลและสารสนเทศ ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่เช่น ที่อยู่ บ้านเลขที่ สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ ตำแหน่งเส้นรุ้งเส้นแวงข้อมูลและแผนที่ใน GIS เป็นระบบข้อมูลสารสนเทศที่อยู่ในรูปของตารางข้อมูลและฐานข้อมูลที่มีส่วนสัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) รูปแบบและความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ทั้งหลายจะสามารถนำมาวิเคราะห์ด้วย GIS และทำให้สื่อความหมายในเรื่องการเปลี่ยนแปลงที่สัมพันธ์กับเวลาได้ เช่นการแพร่ขยายของโรคระบาด การเคลื่อนย้ายถิ่นฐาน การบุกรุกทำลายการเปลี่ยนแปลงของการใช้พื้นที่ ฯลฯ ข้อมูลเหล่านี้เมื่อปรากฏบนแผนที่ทำให้สามารถแปลและสื่อความหมาย ใช้งานได้ง่าย

สรศรีใจ กลิ่นดาว (2542) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System : GIS) ประกอบด้วยคำ 2 คำคือ“ระบบสารสนเทศ” (Information System) เป็นระบบปฏิบัติการรวบรวมจัดเก็บและวิเคราะห์ข้อมูลอย่างเป็นขั้นตอนสามารถค้นคืนข้อมูลที่ต้องการให้ภายในเวลาอันรวดเร็วและสามารถนำผลการวิเคราะห์ไปใช้ในกระบวนการตัดสินใจของผู้บริหาร ส่วนคำว่า“ภูมิศาสตร์” (Geography) มาจากรากศัพท์“geo” หมายถึงโลกและ“graphy” หมายถึงการเขียน ภูมิศาสตร์หมายถึงการเขียนเรื่องราวเกี่ยวกับโลกหรือมุ่งเน้นไปที่ความสัมพันธ์ของมนุษย์กับพื้นที่ (Spatial Relationship)

เศรษฐพงศ์ มะลิสวรรณ (2554) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ คือ ระบบการทำงานที่ผสมผสานกันระหว่างฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ และข้อมูลต่างๆ เช่น ข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพ หรือภาพถ่ายดาวเทียม รวมถึงการรวบรวม การบริหารจัดการ การวิเคราะห์ และการแสดงรูปแบบข้อมูลทางแผนที่ต่างๆ เข้าด้วยกัน ช่วยให้มองเห็นและเข้าใจภาพรวมทั้งหมดที่แสดงออกมาผ่านแผนที่ แผนที่ และรายงานต่างๆ ได้อย่างทั่วถึง

โดยสรุปแล้ว ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ การทำงานร่วมกันของเครื่องมือคอมพิวเตอร์หรือเทคโนโลยีที่มีความสามารถในการนำเข้า จัดเก็บ วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูล โดยมีความเชื่อมโยงสัมพันธ์กันในเชิงพื้นที่ ซึ่งสามารถช่วยสนับสนุนการวางแผนประกอบการตัดสินใจ และการบริหารจัดการในเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5.2.2. องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ประกอบด้วย 5 ส่วนใหญ่ๆ คืออุปกรณ์คอมพิวเตอร์ (Hardware) โปรแกรม (Software) ขั้นตอนการทำงาน (Methods) ข้อมูล (Data) และบุคลากร (People) โดยมีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้ (ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. 2555)

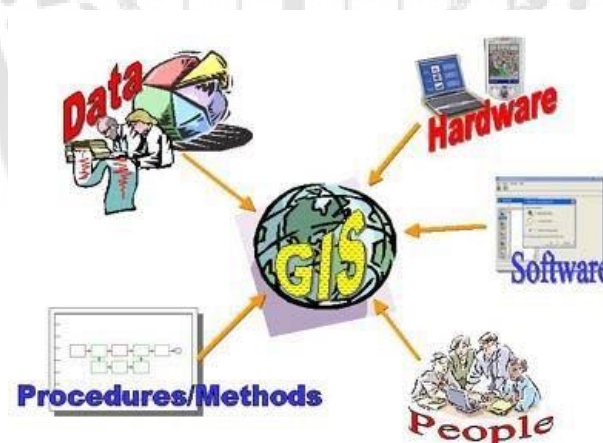
5.2.2.1. อุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คือ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่างๆ เช่น Digitizer, Scanner, Plotter, Printer หรืออื่นๆเพื่อใช้ในการนำเข้าข้อมูล ประมวลผล แสดงผล และผลิตผลลัพธ์ของการทำงาน

5.2.2.2. โปรแกรม คือ ชุดของคำสั่งสำเร็จรูปเช่นโปรแกรม Arc/Info, MapInfo ประกอบด้วยฟังก์ชันการทำงานและเครื่องมือที่จำเป็นต่างๆ สำหรับนำเข้าและปรับแต่งข้อมูลจัดการระบบฐานข้อมูลเรียกค้นวิเคราะห์และจำลองภาพ

5.2.2.3. ข้อมูล คือ ข้อมูลต่างๆ ที่จะใช้ในระบบ GIS และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลโดยได้รับการดูแลจากระบบจัดการฐานข้อมูลหรือ DBMS ข้อมูลจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญรองลงมาจากบุคลากร

5.2.2.4. บุคลากร คือ ผู้ปฏิบัติงานเกี่ยวข้องกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เช่น ผู้นำเข้าข้อมูล ช่างเทคนิค ผู้ดูแลระบบฐานข้อมูล ผู้เชี่ยวชาญสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล ผู้บริหารต้องใช้ข้อมูลในการตัดสินใจ บุคลากรจะเป็นองค์ประกอบที่สำคัญที่สุดในระบบ GIS เนื่องจากถ้าขาดบุคลากร ข้อมูลที่มีอยู่มากมายมหาศาล ก็จะเป็นเพียงขยะไม่มีคุณค่าใดเพราะไม่ได้ถูกนำไปใช้งาน อาจจะกล่าวได้ว่า ถ้าขาดบุคลากรก็จะมีระบบ GIS

5.2.2.5. วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือวิธีการที่องค์กรนั้นๆ นำเอาระบบ GIS ไปใช้งานโดยแต่ละระบบแต่ละองค์กรย่อมมีความแตกต่างกันออกไป ฉะนั้นผู้ปฏิบัติงานต้องเลือกวิธีการในการจัดการกับปัญหาที่เหมาะสมที่สุดสำหรับของหน่วยงาน



ภาพประกอบ 17 องค์ประกอบของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์

ที่มา: ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. (2555). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.

5.2.3. ลักษณะข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วยข้อมูล 2 รูปแบบ คือ

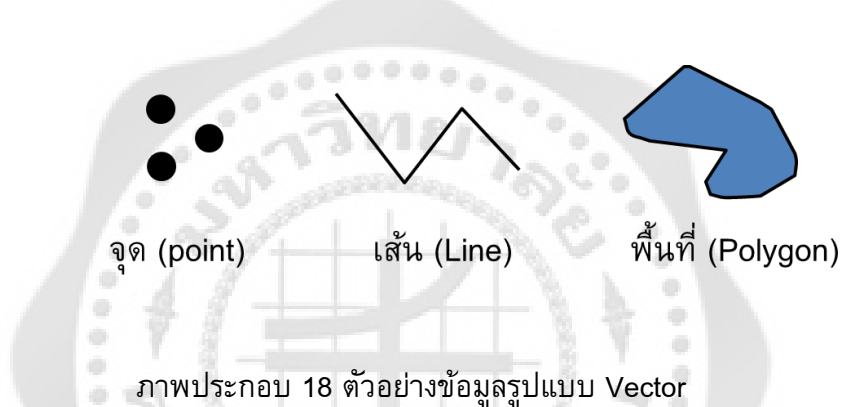
5.2.3.1. ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับตำแหน่งที่ตั้งของข้อมูลต่างๆ บนพื้นโลก ซึ่งระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์จะจัดเก็บข้อมูลเป็น 2 รูปแบบคือ

5.2.3.1.1. ข้อมูลแสดงทิศทาง (Vector Data) คือข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ถูกจัดเก็บอยู่ในรูปแบบของจุด (Point) เส้น (Line) และพื้นที่ (Area or Polygon) ประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X, Y) และ/หรือ แนวตั้ง (Z) ลักษณะข้อมูลเชิงพื้นที่ ในรูปแบบเวกเตอร์จะมีลักษณะและรูปแบบ (Spatial Features) ต่างๆกัน ดังนี้

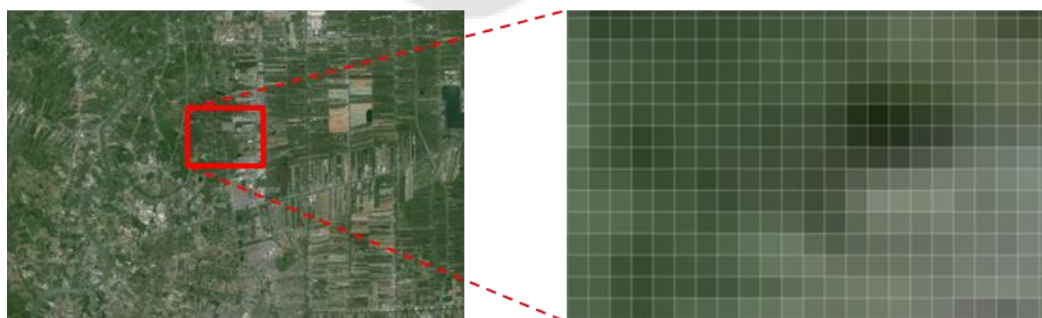
5.2.3.1.2. จุด (Point) คือข้อมูลที่มีลักษณะเป็นตำแหน่งที่ตั้ง ที่สามารถอ้างอิงได้ด้วยพิกัดทางภูมิศาสตร์ เช่น ที่ตั้งโรงเรียน ที่ตั้งโรงพยาบาล ที่ตั้งสำนักงานเขต เป็นต้น

5.2.3.1.3. เส้น (Line) คือข้อมูลที่มีลักษณะเป็นเส้น ประกอบไปด้วยจุดเริ่มต้น จุดนำทางและจุดสิ้นสุด มีระยะและทิศทาง เช่น ถนนแม่น้ำทางด่วน เป็นต้น

5.2.3.1.4. พื้นที่ (Area or Polygon) คือข้อมูลที่มีลักษณะเป็นพื้นที่รูปร่างหลายเหลี่ยมที่เป็นรูปปิด สามารถคำนวณพื้นที่ได้ เช่น พื้นที่ขอบเขตการปกครองพื้นป่าไม้ เป็นต้น



5.2.3.1.5. ข้อมูลแสดงลักษณะเป็นกริด (Raster Data) คือข้อมูลที่มีโครงสร้างเป็นช่องเหลี่ยมเรียกว่า จุดภาพ หรือ Grid cell เรียงต่อเนื่องกันในแนวราบและแนวตั้ง ในแต่ละจุดภาพสามารถเก็บค่าได้ 1 ค่า ความสามารถแสดงรายละเอียดของข้อมูลขึ้นอยู่กับขนาดของเซลล์ ณ จุดพิกัดที่ประกอบขึ้นเป็นฐานข้อมูลแสดงตำแหน่งชุดนั้น



ภาพประกอบ 19 ตัวอย่างข้อมูลรูปแบบ Raster

ที่มา: ภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ศึกษาจากโปรแกรม Google earth Pro. (2558).

5.2.3.2. ข้อมูลที่ไม่อยู่ในเชิงพื้นที่ (Non-Spatial data) เป็นข้อมูลเชิงบรรยาย (Attribute) อธิบายถึงคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ ณ ช่วงเวลาใดเวลาหนึ่งหรือหลายๆช่วงเวลา เช่น ข้อมูลจำนวนประชากร ข้อมูลจำนวนนักเรียนแต่ละโรงเรียน เป็นต้น

5.2.4. การทำงานของระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มีอยู่ด้วยกัน 5 อย่างดังนี้

5.2.4.1. การนำเข้าข้อมูล (Input) ก่อนที่ข้อมูลทางภูมิศาสตร์จะถูกใช้งานได้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลจะต้องได้รับการแปลงให้มาอยู่ในรูปแบบของข้อมูลเชิงตัวเลข (digital format) เช่น จากแผนที่กระดาษไปสู่ข้อมูลในรูปแบบดิจิทัลหรือแฟ้มข้อมูลบนเครื่องคอมพิวเตอร์อุปกรณ์ที่ใช้ในการนำเข้า เช่น Digitizer Scanner หรือ Keyboard เป็นต้น

5.2.4.2. การปรับแต่งข้อมูล (Manipulation) ข้อมูลที่ได้รับเข้าสู่ระบบบางอย่างจำเป็นต้องได้รับการปรับแต่งให้เหมาะสมกับงาน เช่น ข้อมูลบางอย่างมีขนาด หรือสเกล (scale) ที่แตกต่างกัน หรือใช้ระบบพิกัดแผนที่ที่แตกต่างกัน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องได้รับการปรับให้อยู่ในระดับเดียวกันก่อนจึงจะสามารถนำมาใช้งานได้

5.2.4.3. การบริหารข้อมูล (Management) ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database management system หรือ DBMS) จะถูกนำมาใช้ในการบริหารข้อมูลเพื่อการทำงานที่มีประสิทธิภาพในระบบ GIS DBMS ที่ได้รับการเชื่อถือและนิยมใช้กันอย่างกว้างขวางที่สุดคือ ระบบจัดการฐานข้อมูลแบบสัมพันธ์ (DBMS แบบ Relational) มีหลักการทำงานพื้นฐาน คือ ข้อมูลจะถูกจัดเก็บ ในรูปของตารางหลายๆตาราง

5.2.4.4. การเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล (Query and Analysis) เมื่อระบบ GIS มีความพร้อมในเรื่องของข้อมูลแล้ว ขั้นตอนต่อไป คือ การนำข้อมูลเหล่านี้มาใช้ให้เกิดประโยชน์ เช่น ใครคือเจ้าของกรรมสิทธิ์ในที่ดินพื้นที่ติดกับโรงเรียน เมืองสองเมืองนี้มีระยะห่างกันกี่กิโลเมตร ดินชนิดใดบ้างที่เหมาะสมสำหรับปลูกอ้อย หรือต้องมีการสอบถามอย่างง่ายๆ เช่น ชี้อาชีพไปในบริเวณที่ต้องการแล้วเลือก (point and click) เพื่อสอบถามหรือเรียกค้นข้อมูล นอกจากนี้ระบบ GIS ยังมีเครื่องมือในการวิเคราะห์ เช่น การวิเคราะห์เชิงประมาณค่า (Proximity หรือ Buffer) การวิเคราะห์เชิงซ้อน (Overlay Analysis) เป็นต้น

5.2.4.5. การนำเสนอข้อมูล (Visualization) จากการดำเนินการเรียกค้นและวิเคราะห์ข้อมูล ผลลัพธ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของตัวเลขหรือตัวอักษร ซึ่งยากต่อการตีความหมาย หรือทำความเข้าใจ การนำเสนอข้อมูลที่ดี เช่น การแสดงชาร์ต (chart) แบบ 2 มิติ หรือ 3 มิติ รูปภาพจากสถานที่จริงภาพเคลื่อนไหว แผนที่ หรือแม้กระทั่งระบบมัลติมีเดียสื่อต่างๆเหล่านี้ จะทำให้ผู้ใช้เข้าใจความหมายและมองภาพของผลลัพธ์ที่กำลังนำเสนอได้ดียิ่งขึ้นอีก

6. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้แบบจำลองการคาดการณ์ และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

- 6.1 การใช้แบบจำลอง CA-MARKOV กับงานวิจัยการขยายตัวของเมือง
- 6.2 การใช้แบบจำลอง CLUE-S กับงานวิจัยการขยายตัวของเมือง
- 6.3 การใช้แบบจำลอง SLEUTH กับงานวิจัยการขยายตัวของเมือง
- 6.4 การเปรียบเทียบแบบจำลองการขยายตัวของเมือง

6.1. การใช้แบบจำลอง CA-MARKOV กับงานวิจัยการขยายตัวของเมือง

นาทิมาร์ห์ สามาต (Natimah Samat. 2009) ได้ทำการศึกษาการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และโมเดล CA-MARKOV ในการประเมินการเติบโตของเมืองในเชิงพื้นที่บริเวณรัฐ Penang ภูมิภาค Seberang Perai ประเทศมาเลเซียโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของค.ศ. 1981ซึ่งจำแนกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1)พื้นที่ชุมชนและที่อยู่อาศัย 2)สาธารณูปการ 3)โรงงานอุตสาหกรรม 4) พื้นที่เกษตรกรรม 5) อื่นๆ ผลจากการศึกษาคือแบบจำลองการขยายตัวของเมืองค.ศ. 1992, 1998 และ 2010 และยังมีการตรวจสอบข้อมูลโดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินในค.ศ. 1992 และ 1998 มาเปรียบเทียบโดยมีค่าความแม่นยำ ในค.ศ. 1992 เท่ากับ 90.29 และ ค.ศ. 1998 เท่ากับ 81.04

โบยยিং ยี และ ชงกี ไบ (Baoying Ye; & Zhongke Bai. 2008) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตปกครอง Nenjiang โดยใช้โมเดล CA-MARKOV ศึกษาการเปลี่ยนแปลงในช่วงค.ศ. 1985 ถึง ค.ศ. 2000 เพื่อที่จะทำการจำลองการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในค.ศ. 2015 และค.ศ. 2030 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมในค.ศ. 2000 ถึง ค.ศ. 2015 เพิ่มขึ้น 2.53% และค.ศ. 2000 ถึง 2030 เพิ่มขึ้น 2.85% และพื้นที่ป่าไม้ลดลงถึง 2.52%

ปราวีณ ชูเบดิ; กาบิราจ ชูเบดิและ บินา ทาปา (Praveen Subedi; Kabiraj Subedi; & Bina Thapa. 2013) ได้ทำการศึกษาการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้โมเดล CA-MARKOV ในบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ Saddle Creek รัฐ Florida ใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินใน ค.ศ. 1995, 1999 และ 2006 โดยจำแนกรูปแบบการใช้ที่ดินออกเป็น 8 ประเภทได้แก่ พื้นที่ชุมชน พื้นที่เกษตรกรรมทุ่งหญ้าป่าไม้แหล่งน้ำพื้นที่ชุ่มน้ำพื้นที่แห้งแล้งพื้นที่คมนาคม และอื่นๆ จากการศึกษาพบว่าในค.ศ. 2015 พื้นที่ชุมชนพื้นที่คมนาคมทุ่งหญ้าและแหล่งน้ำ จะเพิ่มขึ้น 2.17%, 1.36%, 0.02 และ 0.33% ตามลำดับส่วนพื้นที่อื่นๆได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมป่าไม้พื้นที่ชุ่มน้ำจะลดลง 2.05%, 0.6% และ 1.24% ตามลำดับ

ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ (2548) ได้ทำการศึกษา แบบจำลองเพื่อศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเล อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ด้วยแบบจำลอง Markov Chain Model และ Markov Cellular Automata โดยศึกษาในช่วงพ.ศ. 2540

ถึง 2546 และคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินใน พ.ศ. 2558 ในการศึกษาได้จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ นาเกลือ นาข้าวและพืชไร่ สิ่งปลูกสร้าง นาทุ่งและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ สวนป่าโก่งกวางพืชสวนและไม้ยืนต้น ป่าชายเลน และแหล่งน้ำ ผลการศึกษาพบว่า พ.ศ. 2558 การใช้ประโยชน์ที่ดินประเภท นาทุ่งและบ่อเลี้ยงสัตว์น้ำ นาข้าวและพืชไร่สิ่งปลูกสร้าง จะมีพื้นที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 2318.79 683.57 และ 391.02 ไร่ ตามลำดับ ส่วนพื้นที่นาเกลือป่าโก่งกวาง ป่าชายเลน แหล่งน้ำ พืชสวน จะลดลงเท่ากับ 1,565.62 861.81 575.58 230.45 และ 133.62 ไร่ ตามลำดับ โดยการศึกษาที่ผู้ศึกษาได้ใช้เพียงปัจจัยทางกายภาพมาใช้ในการคาดการณ์เท่านั้น

อี ชุนยางและคนอื่นๆ (He Chunyang; et al. 2006) ได้ศึกษาการขยายตัวของเมืองปักกิ่ง ประเทศจีน โดยใช้แบบจำลอง Cellular Automata และ System dynamic Model ศึกษาในช่วง ค.ศ. 2004 ถึง 2020 โดยใช้ปัจจัยทั้งด้านกายภาพและสังคม ได้แก่ ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน แบ่งเป็นพื้นที่เมือง พื้นที่น้ำ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่รกร้างว่างเปล่า ส่วนปัจจัยทางด้านสังคม ได้แก่ จำนวนประชากร เศรษฐกิจ ข้อตกลงการใช้ที่ดิน เทคโนโลยี และการตลาด การศึกษาการขยายตัวของเมืองนี้ได้แบ่งผลการศึกษาออกเป็น 3 รูปแบบด้วยกันคือ 1) ผลการศึกษาเมื่อการขยายตัวของเมืองถูกจำกัดโดยทรัพยากรน้ำเพียงเล็กน้อยมีพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นเป็น 3,895.01 ตร.กม. จากเดิมค.ศ. 1991 มีพื้นที่เท่ากับ 1,206 ตร.กม. 2) ผลการศึกษาเมื่อการขยายตัวของเมืองถูกจำกัดโดยทรัพยากรน้ำปานกลางมีพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นเป็น 3,732.36 ตร.กม. จากเดิมค.ศ. 1991 มีพื้นที่เท่ากับ 1,206 ตร.กม. 3) ผลการศึกษา เมื่อการขยายตัวของเมืองถูกจำกัดโดยทรัพยากรน้ำอย่างมากมีพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นเป็น 3,380.82 ตร.กม. จากเดิมค.ศ. 1991 มีพื้นที่เท่ากับ 1,206 ตร.กม.

เวียด แวนเจสเปอร์; ไวท์ โรเจอร์และ ดราโจสกีค ซูซานะ (Vliet van Jasper; White Roger; & Dragicevic Suzana. 2009) ได้ทำการศึกษาการขยายตัวของเมืองโดยใช้โมเดล Cellular Automaton ศึกษาการขยายตัวของเมืองในบริเวณ Greater Vancouver สหราชอาณาจักรในช่วง ค.ศ. 1996 ถึง 2001 ได้ทดสอบความแม่นยำของโมเดล โดยนำผลการวิเคราะห์จากโมเดลใน ค.ศ. 2001 มาเทียบกับข้อมูลที่มีในค.ศ. 2001 พบว่าโมเดลมีความแม่นยำ และมีความสามารถในการจำลองการเจริญเติบโตของเมืองและรูปแบบการขยายตัวของเมืองได้อย่างแม่นยำ

6.2. การใช้แบบจำลอง CLUE-S กับงานวิจัยการขยายตัวของเมือง

ฉัตรชัย โคตพันธ์ (2555) ได้ศึกษาการใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ โดยได้ทำการคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงพ.ศ. 2554-2560 และศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน 4 รูปแบบด้วยกัน ได้แก่ ป่าไม้ เกษตรกรรม ชุมชน และแหล่งน้ำ นอกจากนี้ยังได้ทำการกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการบุกรุกพื้นที่ป่าไม้ด้วย ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ลดลงจากร้อยละ 13.35 ในพ.ศ. 2553 เหลือร้อยละ 9.85 ในพ.ศ. 2560 และพื้นที่ที่เสี่ยงต่อการบุกรุกป่าไม้มากที่สุด 3 อันดับคือพื้นที่อำเภอกันทรารมย์ อำเภอเมือง และอำเภอปรังค์ภู

ซู ลินยู่และคนอื่นๆ (Xu Linyu; et al. 2013) ได้ทำการศึกษาการใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อการวางแผนการใช้ที่ดินสำหรับเมือง Guangzhou ประเทศจีน ศึกษาในช่วง ค.ศ. 2000, 2006 และ 2009 โดยศึกษารูปแบบการใช้ที่ดิน 6 รูปแบบได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรมพืชสวนป่า ไม้พื้นที่รกร้างพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ จากการศึกษาพบว่าแบบจำลอง CLUE-S นั้นมีความแม่นยำมากกว่า 80% ซึ่งสามารถวัดได้จากการเปรียบเทียบผลจากแบบจำลองกับ รูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่จริงใน ค.ศ. 2006 และ ค.ศ. 2009

ฮู ยี่ชุย; เซง หยุนเมย์ และ เซง ซินซี (Hu Yecui; Zheng Yunmei; & Zheng Xinqi. 2013) ได้ทำการศึกษาการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของเมืองปักกิ่ง ประเทศจีนโดยใช้แบบจำลอง CLUE-S และ Markov ทำการศึกษาใน ค.ศ. 1995 และ 2000 และทำการเปรียบเทียบความแม่นยำโดยใช้ค่า Kappa Indices หลังจากนั้นจึงทำการจำลองรูปแบบการใช้ที่ดินใน ค.ศ. 2015 เพื่อใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดินต่อไป จากการศึกษาพบว่า แบบจำลอง CLUE-S มีความแม่นยำมากกว่าแบบจำลอง Markov โดยแบบจำลอง CLUE-S มีค่า Kappa สูงสุดถึงร้อยละ 92.16

เอ็นยาลาดิซี บาติซานี และ เบรนท์ ยาร์นาล (Nnyaladzi Batisani; & Brent Yarnal . 2009) ได้ทำการศึกษาการขยายตัวของเมืองภายในพื้นที่รัฐ Pennsylvania ทำการศึกษาใน ค.ศ. 1990 และ 2000 และทำการจำลองการขยายตัวของเมือง ค.ศ. 2008 ศึกษาการใช้ที่ดิน 4 รูปแบบ ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม ป่าไม้ พื้นที่เมือง และแหล่งน้ำจากการศึกษาพบว่าพื้นที่เมืองมีการขยายตัวมากขึ้นจาก ค.ศ. 1995 โดยคิดเป็นร้อยละ 15.4 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 17.2 ของพื้นที่รัฐทั้งหมด

6.3. การใช้แบบจำลอง SLEUTH กับงานวิจัยการขยายตัวของเมือง

ลี่ซง ฮัว และคนอื่นๆ (Lizhong Hua; et al. 2009) ได้ศึกษาการขยายตัวของเมือง โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH ศึกษาในพื้นที่อำเภอ Jimei ประเทศจีน โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ในช่วง ค.ศ. 1992 และ 2007 เพื่อศึกษาการขยายตัวของเมืองใน ค.ศ. 2020 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่เมืองมีการขยายตัวจาก ค.ศ. 2006 จนถึง ค.ศ. 2020 มากถึง 78%

คานทาคุมาร์ เอ็น ลักชฺมิ; สาวันท์ จี นิคคิล และ कुमार สามิตา (KantaKumar N Lakshmi; Sawant G Nikhil; & Kumar Shamita. 2011) ทำการศึกษาการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้ GIS, RS และ แบบจำลอง SLEUTH บริเวณพื้นที่เมือง Pune ประเทศอินเดีย โดยใช้ข้อมูลในช่วง ค.ศ. 1973 ถึง ค.ศ. 2011 เพื่อศึกษาการขยายตัวของเมืองใน ค.ศ. 2030

ชี หลิงลุ่ย (Qi Lingrui. 2012) ศึกษาการขยายตัวของพื้นที่เมือง Dongguan ประเทศจีน โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH โดยใช้ข้อมูลทางภูมิศาสตร์ในช่วง ค.ศ. 1997 ถึง 2009 เพื่อทำการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในช่วง ค.ศ. 2022 ถึง 2030 จากการศึกษาพบว่าความหนาแน่นของเมืองใน ค.ศ. 1997 ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 12.8 ของพื้นที่ทั้งหมด เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 67.43 ของพื้นที่ทั้งหมดใน ค.ศ. 2020

ราฟฟรี เรซา และคนอื่นๆ (Rafiee Reza; et al. 2009) ได้ทำการศึกษาการขยายตัวของเมืองที่เมือง Mashad ประเทศอิหร่าน โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH ทำการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในช่วง ค.ศ. 2006 ถึง ค.ศ. 2050 จากการศึกษาพบว่าพื้นที่เมืองมีพื้นที่เพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 70 โดยพิจารณาจาก ค.ศ. 2001

6.4. การเปรียบเทียบแบบจำลองการขยายตัวของเมือง

ยู ปิน หลิน และคนอื่นๆ (Yu-Pin Lin; et al. 2008) ได้ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการพัฒนาเป็นเมือง บริเวณพื้นที่ชุ่มน้ำ Paochiao ซึ่งตั้งอยู่ที่ประเทศไต้หวัน โดยใช้วิธีการทางการสำรวจระยะไกล และ แบบจำลองการขยายตัวของเมือง SLEUTH และ CLUE-S โดยได้เปรียบเทียบความสามารถของแบบจำลองทั้ง 2 ชนิดด้วยการใช้แบบจำลองในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการพัฒนากลายเป็นเมืองช่วง ค.ศ. 1990 ถึง ค.ศ. 2000 โดยผลลัพธ์ที่ได้คือ แบบจำลอง CLUE-S มีความแม่นยำสูงกว่าแบบจำลอง SLEUTH โดยเปรียบเทียบได้จากการวิเคราะห์ค่า Mean Square Error ที่มีค่าน้อยกว่า หมายความว่าแม่นยำกว่านั่นเอง

ซุย ฟู่ กวาน; ซู ซิน เหลียง และ ซัน ซี ฮัว (Cui Fu-quan; Xu Xin-liang; & Sun XiHua. 2012) ได้ทำการศึกษาการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองในเชิงพื้นที่ เมือง Shanghai ประเทศจีน โดยใช้แบบจำลองทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ SLEUTH CLUE-S และ SLEUTH ทำการศึกษาในช่วงค.ศ. 2005 ถึง 2020 โดยผลลัพธ์ที่ได้คือ แบบจำลอง SLEUTH มีความแม่นยำสูงที่สุดโดยสามารถวิเคราะห์ได้จากค่า Kappa coefficient ซึ่งมีค่าสูงถึง 0.85

สำนักงานปกป้องสิ่งแวดล้อมสหรัฐ (United States Environmental Protection Agency. 2000) ได้ทำการศึกษาภาพรวมของแบบจำลองการขยายตัวของเมืองต่างๆกว่า 20 ชนิด ไว้ในหนังสือ A Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns โดยได้ทำการศึกษารายละเอียดของแบบจำลองได้แก่ ผู้พัฒนาแบบจำลอง รายละเอียดของแบบจำลอง อุปกรณ์ที่ต้องการ ข้อมูลที่ต้องใช้ในแบบจำลอง รูปแบบผลลัพธ์ที่ได้จากแบบจำลอง ความสามารถในการประยุกต์ใช้กับแบบจำลองอื่นๆ ข้อดีและข้อจำกัดของแบบจำลอง เพื่อช่วยให้ผู้ศึกษาสามารถเลือกใช้แบบจำลองได้เหมาะสมกับงานวิจัย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษามีวิธีการและขั้นตอนในการศึกษา ดังนี้

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำข้อมูล

1. ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ ผู้ศึกษาได้ทำการรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่างๆ รวมถึงการรวบรวมข้อมูลจากภาคสนาม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 ข้อมูลปฐมภูมิ ประกอบด้วย

1.1.1 ข้อมูลการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษาในปัจจุบันจากภาพถ่ายดาวเทียม และการสำรวจภาคสนาม

1.2 ข้อมูลทุติยภูมิ ประกอบด้วย

1.2.1 ตำรา เอกสารผลงานวิจัย และบทความที่เกี่ยวข้อง จากหน่วยงานต่างๆ

1.2.2 ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ.2545, 2550 และ 2555 จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

1.2.3 แบบจำลองความสูงเชิงเลข จากกรมแผนที่ทหารกองบัญชาการกองทัพไทย

1.2.4 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 7 ตำแหน่ง Path/Row ที่ 129/51 ของ พ.ศ.2559 จากเว็บไซต์ <http://www.usgs.gov/>

1.2.5 ข้อมูลขอบเขตการปกครองจากกรมพัฒนาที่ดิน เพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

2.1 Hardware

2.1.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล

2.1.2 กล้องถ่ายภาพ

2.1.3 เครื่องพิมพ์เอกสาร

2.1.4 เครื่องมือหาค่าพิกัดภูมิศาสตร์ (GPS)

2.2 Software

2.1.1 โปรแกรมทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS

2.1.2 โปรแกรมทางรีโมทเซนซิง Envi และ IDRISI

2.1.3 แบบจำลองการขยายตัวของเมือง CA-MARKOV CLUE-S และ SLEUTH

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 ข้อมูลปฐมภูมิ

ทำการสำรวจภาคสนาม เพื่อใช้ในการปรับแก้ข้อมูลการใช้ที่ดินในปัจจุบันที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

3.2 ข้อมูลทุติยภูมิ

3.2.1 ข้อมูลขอบเขตการปกครองจากกรมพัฒนาที่ดินเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่ศึกษา

3.2.2 ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ.2545, 2550 และ 2555 จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินในระดับ 2 ตามวิธีการจำแนกการใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน โดยในพื้นที่ศึกษาสามารถจำแนกได้เป็น 11 ประเภท ดังตาราง 8

ตาราง 8 การจำแนกลักษณะการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษา

ระดับ1	ระดับ2	ระดับ3
พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่นา	นาข้าว
พื้นที่เกษตรกรรม	ไม้ผล	กล้วย
พื้นที่เกษตรกรรม	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
พื้นที่ป่าไม้	ป่าชายเลน	ป่าเลนสมบูรณ์
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ลุ่ม	ทุ่งหญ้าและไม้ละเมาะ
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	นาเกลือ
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	ตัวเมืองและย่านการค้า	ตัวเมืองและย่านการค้า
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	หมู่บ้าน	หมู่บ้าน
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่อุตสาหกรรม	โรงงานอุตสาหกรรม
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ	สนามกอล์ฟ
พื้นที่น้ำ	แหล่งน้ำธรรมชาติ	แม่น้ำลำคลอง

3.2.3 ทำการดาวน์โหลดภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT พ.ศ. 2559 จากเว็บไซต์ <http://earthexplorer.usgs.gov/> เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมรีโมทเซนซิงโดยเลือกภาพในช่วงเวลาที่มีไม่มีเมฆปกคลุม เพื่อความแม่นยำในการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

4. การจัดกระทำข้อมูล

4.1 การสำรวจระยะไกล

4.1.1 นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ศึกษา มาทำการผสมสีภาพโดยใช้ช่วงคลื่นที่ 4 ให้เป็นแสงสีแดง ช่วงคลื่นที่ 5 ให้เป็นสีเขียวและช่วงคลื่นที่ 3 ให้เป็นแสงสีน้ำเงิน เพื่อให้เหมาะสมกับการจำแนกการใช้ที่ดินมากที่สุด (วสันต์ ออวัฒนา. 2555)

4.1.2 ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต เพื่อให้ได้ตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ที่ถูกต้อง

4.1.3 นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต และผสมสีแล้ว มาทำการจำแนกข้อมูลการใช้ที่ดินโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์และจำแนกลักษณะการใช้ที่ดินเบื้องต้น

4.1.4 ทำการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบลักษณะการใช้ที่ดิน โดยทำการกำหนดตำแหน่งพื้นที่ตรวจสอบ และนำผลการสำรวจมาใช้ในการกำหนดลักษณะการใช้ที่ดิน ในขั้นตอนการจำแนกข้อมูลโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) ต่อไป

4.1.5 นำข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต และผสมสีแล้ว มาทำการจำแนกข้อมูลโดยวิธีการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) โดยทำการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของการใช้ที่ดินแต่ละประเภทเพื่อให้คอมพิวเตอร์คำนวณและสร้างข้อมูลแผนที่จำแนกการใช้ประเภทที่ดินตามที่ศึกษา

4.1.6 ทำการกำหนดจุดตรวจสอบความถูกต้องโดยการสุ่มพื้นที่ตัวอย่างและดำเนินการสำรวจภาคสนามแสดงดังตาราง 9

4.1.7 ตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการ Over Mapping Accuracy โดยใช้สมการ 4

$$\text{ค่าความถูกต้องของข้อมูล} = \frac{\text{จำนวนจุดสำรวจที่มีการแปลงข้อมูล} \times \text{ที่สอดคล้องกับสภาพพื้นที่จริง} \times 100}{\text{จำนวนจุดสำรวจทั้งหมด}}$$

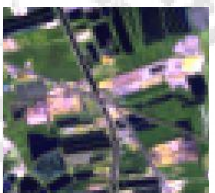
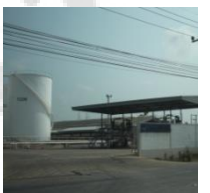
ตาราง 9 การตรวจสอบข้อมูลการแปลภาพถ่ายดาวเทียมโดยการสำรวจภาคสนาม

จุด สำรวจ	พิกัดทาง ภูมิศาสตร์ (UTM WGS84)	การใช้ที่ดิน	ภาพการ แปลข้อมูล	ภาพถ่าย พื้นที่จริง	ความ ถูกต้อง
1	633615 E 1505025 N	พื้นที่นา			ถูก
2	632295 E 1503885 N	ไม้ผล			ถูก
3	642495 E 1495545 N	สถานที่ เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ			ถูก
4	629805 E 1493025 N	สถานที่ เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ			ถูก
5	621375 E 1490445 N	สถานที่ เพาะเลี้ยง สัตว์น้ำ			ผิดพื้นที่จริง เป็นพื้นที่ เบ็ดเตล็ดอื่นๆ
6	633765 E 1490265 N	ป่าชายเลน			ถูก
7	637665 E 1493445 N	ป่าชายเลน			ถูก

ตาราง 9 (ต่อ)

จุด สำรวจ	พิกัดทาง ภูมิศาสตร์ (UTM WGS84)	การใช้ที่ดิน	ภาพการ แปลข้อมูล	ภาพถ่าย พื้นที่จริง	ความ ถูกต้อง
8	625935 E 1494585 N	พื้นที่ลุ่ม			ถูก
9	632895 E 1492395 N	พื้นที่เบ็ดเตล็ด อื่นๆ			ถูก
10	635055 E 1492125 N	พื้นที่เบ็ดเตล็ด อื่นๆ			ถูก
11	634755 E 1494825 N	พื้นที่เบ็ดเตล็ด อื่นๆ			ถูก
12	637635 E 1498395 N	ตัวเมืองและ ย่านการค้า			ถูก
13	638355 E 1497615 N	ตัวเมืองและ ย่านการค้า			ถูก
14	642795 E 1503315 N	ตัวเมืองและ ย่านการค้า			ผิดพื้นที่จริง เป็นสิ่งปลูก สร้างอื่นๆ (สนามกอล์ฟ)

ตาราง 9 (ต่อ)

จุด สำรวจ	พิกัดทาง ภูมิศาสตร์ (UTM WGS84)	การใช้ที่ดิน	ภาพการ แปลข้อมูล	ภาพถ่าย พื้นที่จริง	ความ ถูกต้อง
15	644895 E 1498875 N	หมู่บ้าน			ถูก
16	630975 E 1500435 N	พื้นที่ อุตสาหกรรม			ถูก
17	627435 E 1497285 N	พื้นที่ อุตสาหกรรม			ถูก
18	645165 E 1507095 N	สิ่งปลูกสร้าง อื่นๆ			ถูก (สนามกอล์ฟ)
19	635145 E 1497435 N	แหล่งน้ำ ธรรมชาติ			ถูก
20	633045 E 1502385 N	แหล่งน้ำ ธรรมชาติ			ถูก

$$\begin{aligned}
 \text{ค่าความถูกต้องของข้อมูล} &= \frac{18 \times 100}{20} \\
 &= 90\%
 \end{aligned}$$

4.2 แบบจำลอง CA-MARKOV

4.2.1 นำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดินของ พ.ศ. 2550 และ 2555 เพื่อหาแนวโน้มการใช้ที่ดินของพ.ศ. 2556 ด้วยโปรแกรม IDRISI ผลลัพธ์ที่ได้คือ ค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Probability of Changing) และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (Transition of Changing)

4.2.2 นำค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Probability of Changing) และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (Transition of Changing) ที่ได้มาสร้างแบบจำลองการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2556 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV

4.2.3 นำแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 จากการวิเคราะห์จากการสำรวจระยะไกลในข้อ 4.1 เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าผิดพลาด(Error Matrix) ซึ่งเป็นวิธีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลในรูปแบบตารางโดยการเปรียบเทียบผลของแบบจำลองในแนวคอลัมน์ และข้อมูลการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงในแนวแถว (Stephen V. Stehman. 1997) ดังที่แสดงในตาราง 10 และคำนวณค่าความถูกต้องรวมด้วยสมการ 5 โดยเกณฑ์ค่าความถูกต้องจะถูกแบ่งเป็น 3 ระดับคือ ค่าความถูกต้องรวมมากกว่าร้อยละ 80 มีความถูกต้องสูง ค่าความถูกต้องรวมมีค่าระหว่างร้อยละ 40-80 มีความถูกต้องปานกลาง และ ค่าความถูกต้องรวมน้อยกว่าร้อยละ 40 มีความถูกต้องต่ำ (Wen Yuming; Khosrow Shahram; & Heitz F. Leroy. 2009)

ตาราง 10 การคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ของแบบจำลอง CA-MARKOV

	A1	A4	A9	F3	M2	M4	U1	U2	U5	U6	W1	รวม
A1	0.7038	0.0342	0.0648	0.0000	0.0473	0.0001	0.0055	0.0787	0.0584	0.0126	0.0199	1.0252
A4	0.0179	14.5082	1.0228	0.5345	0.3751	0.0357	0.0703	0.8952	0.3832	0.2217	0.4187	18.4833
A9	0.0713	1.1351	157.0721	4.6531	1.2558	2.8772	0.2598	4.5244	1.3026	0.3294	1.5906	175.0717
F3	0.0064	0.4023	2.7631	27.0101	0.0003	0.4379	1.4511	0.7455	0.8254	0.2953	1.0374	34.9749
M2	0.0111	1.4364	1.6340	1.3550	18.3379	0.1923	0.7600	1.1078	3.8166	0.2757	0.3172	29.2440
M4	0.0000	0.0053	2.9660	0.7853	0.1855	44.1220	0.0253	1.0060	0.1679	0.1206	0.1889	49.5728
U1	0.0001	0.0883	0.3549	1.8349	0.3678	0.0257	24.0907	0.1159	0.1243	1.6674	0.5578	29.2278
U2	0.0380	0.8935	7.4532	1.4624	1.8860	1.0809	0.6169	29.1108	3.2847	1.9059	2.5837	50.3160
U5	0.0510	0.6356	2.4754	1.1151	1.3723	0.2124	0.1058	0.7460	28.4608	0.6018	0.4136	36.1898
U6	0.0091	0.1394	0.4556	0.2780	0.2451	0.1234	0.4695	0.4456	0.7285	3.1045	0.1079	6.1067
W1	0.0313	0.3786	1.8387	1.0441	0.3354	0.1501	0.5659	1.6678	0.3085	0.1223	18.3335	24.7761
รวม	0.9400	19.6568	178.1006	40.0725	24.4086	49.2577	28.4209	40.4436	39.4611	8.6572	25.5692	454.9884

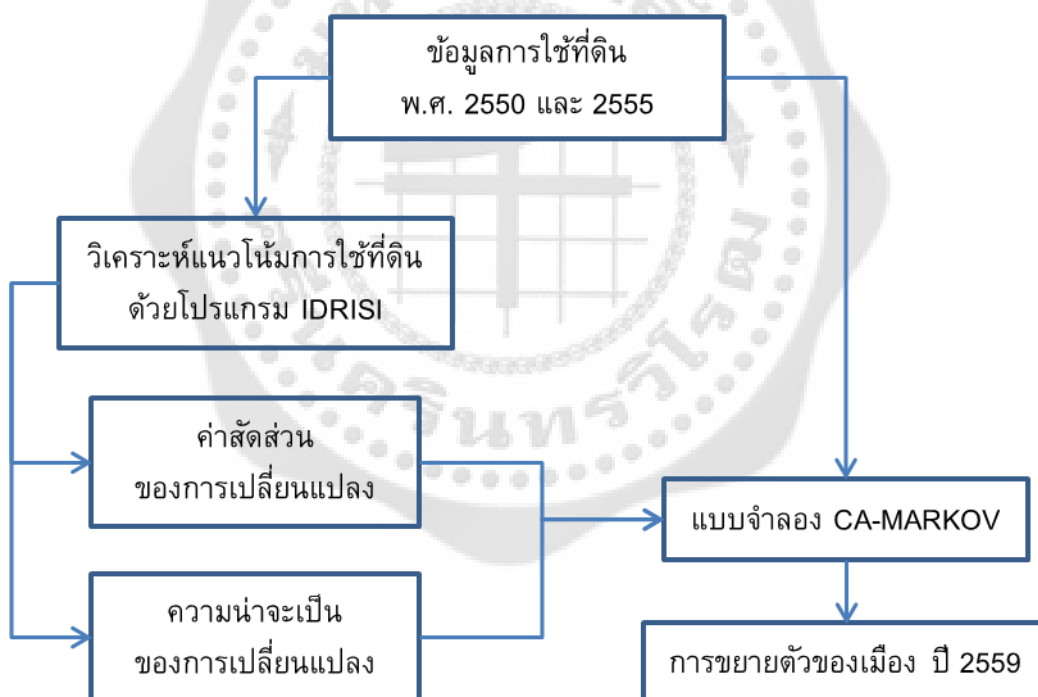
โดยที่ A1 คือ พื้นที่นา A4 คือ ไม้ผล A9 คือ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
 F3 คือ ป่าชายเลน M2 คือ พื้นที่ลุ่ม M4 คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด
 U1 คือ ตัวเมืองและย่านการค้า U2 คือ หมู่บ้าน U5 คือ พื้นที่อุตสาหกรรม
 U6 คือ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ W1 คือ แหล่งน้ำ

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^n n_{ij}}{n}$$

เมื่อ i คือ แถว (Row) และ j คือ สดมภ์ (Column)
 n_{ij} คือ แถวที่ i สดมภ์ที่ i หรือแถวที่ j สดมภ์ที่ j
 n คือ ผลรวมทั้งหมด

$$\begin{aligned} \text{ค่าความถูกต้องรวม} &= ((0.7038 + 14.5082 + 157.0721 + 27.0101 + 18.3379 + \\ &44.1220 + 24.0907 + 29.1108 + 28.4608 + 3.1045 + \\ &18.3335) / 454.9884) \times 100 \\ &= 80.19 \end{aligned}$$

4.2.4 สรุปขั้นตอนการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง CA-MARKOV ได้ดังภาพประกอบ 20



ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนการการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง CA-MARKOV

4.3 แบบจำลอง CLUE-S

4.3.1 นำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2550 และ 2555

4.3.2 ทำการแยกข้อมูลการใช้ที่ดินทั้งหมด ออกจากกันโดยบันทึกเป็นข้อมูลการใช้ที่ดิน 1 ประเภทต่อ 1 ชั้นข้อมูล และในแต่ละชั้นข้อมูลจะมีค่าของกริดเป็น 0 และ 1 หมายถึงการปรากฏและไม่ปรากฏการใช้ที่ดินประเภทนั้นๆ จากนั้นจึงทำการแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบแอสกี (ASCII) เพื่อนำเข้าแบบจำลอง CLUE-S

4.3.3 ทำการกำหนดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นในพื้นที่จริง โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 11

ตาราง 11 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณพื้นที่ศึกษา

	A1	A4	A9	F3	M2	M4	U1	U2	U5	U6	W1
A1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
A9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
M2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
M4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
U1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1
U2	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
U5	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1
U6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1
W1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0

โดยที่ A1 คือ พื้นที่นา A4 คือ ไม้ผล A9 คือ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
 F3 คือ ป่าชายเลน M2 คือ พื้นที่ลุ่ม M4 คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด
 U1 คือ ตัวเมืองและย่านการค้า U2 คือ หมู่บ้าน U5 คือ พื้นที่อุตสาหกรรม
 U6 คือ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ W1 คือ แหล่งน้ำ

ค่า 0 หมายถึง การใช้ที่ดินประเภทนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นประเภทอื่นได้

ค่า 1 หมายถึง การใช้ที่ดินประเภทนั้นไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นประเภทอื่นได้

4.3.4 ทำการกำหนดเสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน หรือความยากง่ายในการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยกำหนดเป็นค่า 0 และ 1 โดย 1 หมายถึงการใช้ที่ดินที่ยากต่อการเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบอื่น เช่น พื้นที่ชุมชน จะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมได้ และค่า 0 คือการใช้ที่ดินที่ง่ายต่อการเปลี่ยนแปลงไปเป็นรูปแบบอื่น เช่น พื้นที่เกษตรกรรมเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชน อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในแต่ละพื้นที่นั้นไม่เหมือนกัน ในการศึกษาครั้งนี้จึงได้ทำการกำหนดเสถียรภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่ดิน พ.ศ. 2550 และ พ.ศ. 2555 โดยคิดเป็นร้อยละมีค่าระหว่าง 0.00 ถึง 1.00

4.3.5 นำเข้าข้อมูลทั้งหมดในแบบจำลอง CLUE-S เพื่อสร้างแบบจำลองการใช้ที่ดินปี 2559

4.3.6 นำแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง CLUE-S มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากการวิเคราะห์จากการสำรวจระยะไกลในข้อ 4.1 เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ดังที่แสดงในตาราง 12 เพื่อคำนวณค่าความถูกต้องทั้งหมดด้วยสมการ 6

ตาราง 12 การคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ของแบบจำลองCLUE-S

	A1	A4	A9	F3	M2	M4	U1	U2	U5	U6	W1	รวม
A1	0.8815	0.0745	0.0424	0.0000	0.1708	0.0015	0.0089	0.1933	0.0828	0.0165	0.0329	1.5050
A4	0.0150	12.2085	0.8860	0.0680	1.8416	0.0174	0.0937	1.8522	0.7081	0.3197	0.5680	18.5780
A9	0.0320	1.0325	152.5317	4.1554	1.2433	2.4353	0.3074	7.5468	2.6587	0.6101	2.6204	175.1735
F3	0.0000	1.3179	2.1994	24.1121	0.6128	0.4339	1.3443	2.0314	1.5789	0.4618	0.9056	34.9981
M2	0.0149	0.2840	1.4404	0.0519	19.7544	0.2126	0.5841	2.1803	3.9142	0.3114	0.5070	29.2552
M4	0.0023	0.0053	2.4521	0.4722	0.1641	44.2612	0.0616	1.6171	0.3101	0.1423	0.1332	49.6215
U1	0.0000	0.1067	0.3047	1.4837	0.5261	0.0237	26.0266	0.1133	0.2329	1.8258	0.5706	31.2141
U2	0.0320	0.3236	4.4560	0.4124	0.8963	0.6816	0.5692	37.8181	2.2784	0.7245	2.1362	50.3284
U5	0.0298	0.3325	1.7997	0.5345	1.2216	0.1058	0.0442	0.2635	31.5222	1.0373	0.2983	37.1895
U6	0.0090	0.0892	0.3513	0.1782	0.2103	0.1137	0.3237	0.4820	0.8043	3.3993	0.1522	6.1133
W1	0.0221	0.2542	1.5576	1.0128	0.2413	0.1542	0.5159	1.8503	0.4016	0.1470	18.6553	24.8122
รวม	1.0387	16.0289	168.0213	32.4812	26.8826	48.4410	29.8795	55.9482	44.4922	8.9957	26.5796	458.7889

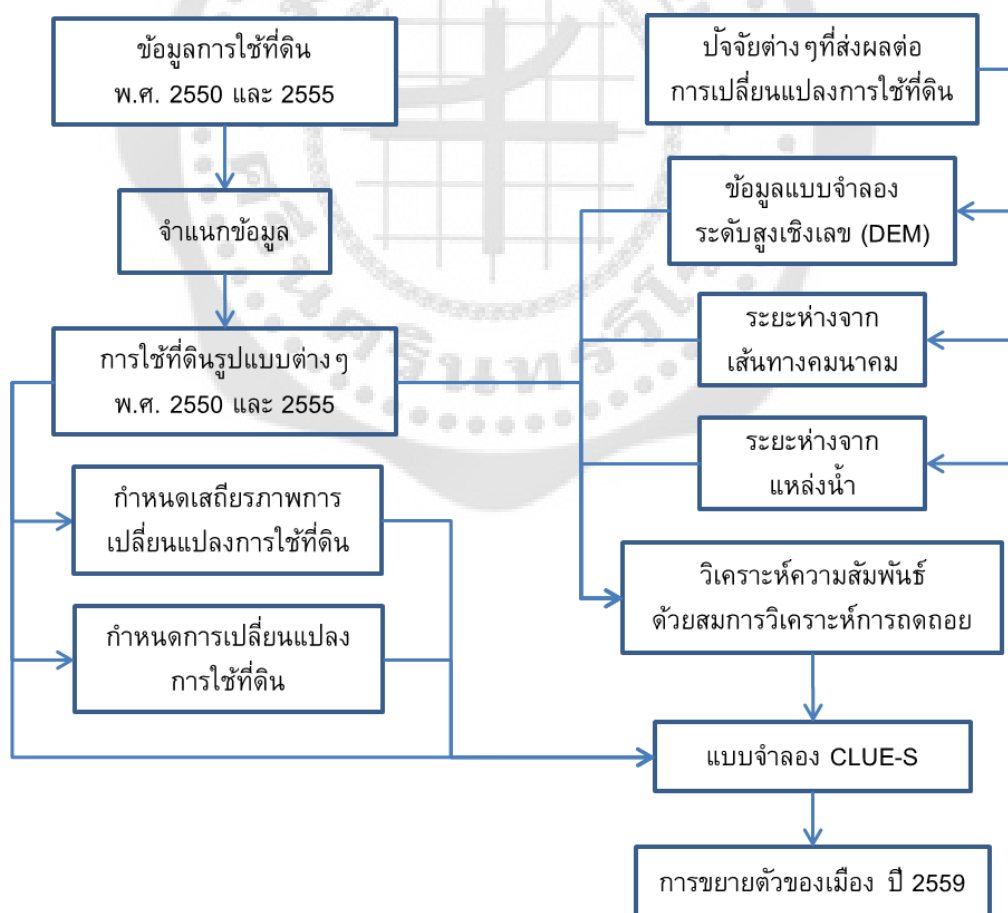
โดยที่ A1 คือ พื้นที่นา A4 คือ ไม้ผล A9 คือ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
 F3 คือ ป่าชายเลน M2 คือ พื้นที่ลุ่ม M4 คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด
 U1 คือ ตัวเมืองและย่านการค้า U2 คือ หมู่บ้าน U5 คือ พื้นที่อุตสาหกรรม
 U6 คือ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ W1 คือ แหล่งน้ำ

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^n n_{ij}}{n}$$

เมื่อ i คือแถว (Row) และ j คือ สดมภ์ (Column)
 n_{ij} คือ แถวที่ i สดมภ์ที่ i หรือแถวที่ j สดมภ์ที่ j
 n คือ ผลรวมทั้งหมด

$$\begin{aligned} \text{ค่าความถูกต้องรวม} &= ((0.8815 + 12.2085 + 152.5317 + 24.1121 + 19.7544 + \\ &44.2612 + 26.0266 + 37.8181 + 31.5222 + 3.3993 + \\ &18.6553) / 458.7889) \times 100 \\ &= 80.90 \end{aligned}$$

4.3.7 สรุปขั้นตอนการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง CLUE-S ได้ดังภาพประกอบ 21



ภาพประกอบ 21 ขั้นตอนการการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง CLUE-S

4.4 แบบจำลอง SLEUTH

4.4.1 นำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2550 และ 2555

4.4.2 ทำการแยกข้อมูลการใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้านออกจากการใช้ที่ดินประเภทอื่นๆ เพื่อใช้เป็นข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ของแบบจำลอง SLEUTH

4.4.3 ทำการสร้างข้อมูลความลาดชันและ Hillshade จากแบบจำลองความสูงเชิงเลขที่รวบรวมจากกรมแผนที่ทหาร

4.4.4 นำเข้าข้อมูลที่จำเป็นต่อการวิเคราะห์ของแบบจำลอง ได้แก่ ความลาดชัน การใช้ที่ดิน พื้นที่ยกเว้น พื้นที่เมือง เส้นทางคมนาคม และ Hillshade ของ พ.ศ.2550 และ 2555 โดยข้อมูลทั้งหมดจะอยู่ในรูปแบบ .gif

4.4.5 ทำการจำลองการขยายตัวของเมืองปี พ.ศ. 2559 โดยใช้แบบจำลอง SLEUTH

4.4.6 นำแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง SLEUTH มาทำการเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากการวิเคราะห์จากการสำรวจระยะไกลในข้อ 4.1 เพื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ดังที่แสดงในตาราง 13 เพื่อคำนวณค่าความถูกต้องทั้งหมดด้วยสมการ 7

ตาราง 13 การคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) ของแบบจำลอง SLEUTH

	A1	A4	A9	F3	M2	M4	U1	U2	U5	U6	W1	รวม
A1	1.0386	0.0196	0.0348	0.0000	0.0541	0.0008	0.0000	0.2813	0.0529	0.0106	0.0195	1.5121
A4	0.0264	13.2324	0.7687	0.3568	0.7794	0.0242	0.0372	2.5792	0.4056	0.1196	0.3355	18.6649
A9	0.0576	0.8990	149.8071	2.5558	1.2822	3.7498	0.1679	14.3667	1.0385	0.3270	1.3856	175.6373
F3	0.0000	0.4538	2.5110	25.4154	0.2020	0.4656	1.0750	3.0455	0.7626	0.2125	0.8979	35.0413
M2	0.0240	0.5672	1.2539	0.0673	21.3402	0.2068	0.4097	3.3944	1.6540	0.1849	0.2471	29.3495
M4	0.0000	0.0054	2.0329	0.4436	0.1923	44.0950	0.0011	2.5095	0.1247	0.0851	0.1467	49.6362
U1	0.0064	0.0718	0.2702	1.7702	0.4688	0.0052	27.4316	2.2022	0.1019	0.4730	0.4188	33.2199
U2	0.0440	0.6790	4.5922	0.6883	1.5144	0.7936	0.0868	39.3512	0.7479	0.4177	1.6370	50.5523
U5	0.0404	0.4922	1.8776	0.8129	1.6437	0.2310	0.1176	4.9644	26.2948	0.4552	0.3374	37.2673
U6	0.0088	0.0994	0.3791	0.2125	0.2151	0.1182	0.5870	1.0934	0.5455	2.7622	0.1076	6.1287
W1	0.0133	0.2522	1.4195	0.5208	0.2488	0.1112	0.3090	3.0026	0.2172	0.0717	19.0894	25.2558
รวม	1.2594	16.7720	164.9469	32.8436	27.9412	49.8013	30.2229	76.7904	31.9457	5.1196	24.6225	462.2654

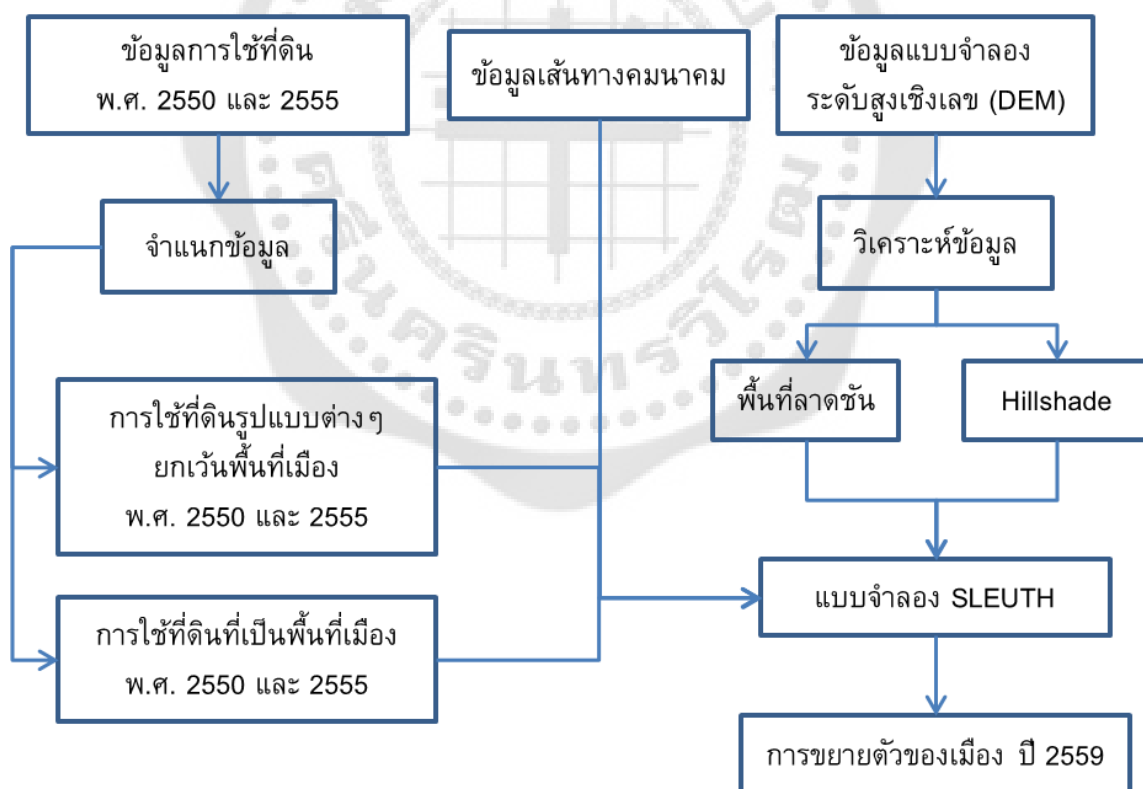
โดยที่ A1 คือ พื้นที่นา A4 คือ ไม้ผล A9 คือ สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ
 F3 คือ ป่าชายเลน M2 คือ พื้นที่ลุ่ม M4 คือ พื้นที่เบ็ดเตล็ด
 U1 คือ ตัวเมืองและย่านการค้า U2 คือ หมู่บ้าน U5 คือ พื้นที่อุตสาหกรรม
 U6 คือ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ W1 คือ แหล่งน้ำ

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^n n_{ij}}{n}$$

เมื่อ i คือ แถว (Row) และ j คือ สดมภ์ (Column)
 n_{ij} คือ แถวที่ i สดมภ์ที่ i หรือแถวที่ j สดมภ์ที่ j
 n คือ ผลรวมทั้งหมด

$$\begin{aligned} \text{ค่าความถูกต้องรวม} &= ((1.0386 + 13.2324 + 149.8071 + 25.4154 + 21.3402 + \\ &44.0950 + 27.4316 + 39.3512 + 26.2948 + 2.7622 + \\ &19.0894) / 462.2654) \times 100 \\ &= 80.19 \end{aligned}$$

4.4.7 สรุปขั้นตอนการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง SLEUTH ได้ดังภาพประกอบ 22



ภาพประกอบ 22 ขั้นตอนการการจัดกระทำข้อมูลของแบบจำลอง SLEUTH

4.5 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

4.5.1 นำแผนที่การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มาเปรียบเทียบกับแผนที่นโยบายการใช้ที่ดินเพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องในเชิงพื้นที่ระหว่างแบบจำลองและนโยบายการใช้ที่ดิน

4.5.2 นำแผนที่การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง CLUE-S มาเปรียบเทียบกับแผนที่นโยบายการใช้ที่ดินเพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องในเชิงพื้นที่ระหว่างแบบจำลองและนโยบายการใช้ที่ดิน

4.5.3 นำแผนที่การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง SLEUTH มาเปรียบเทียบกับแผนที่นโยบายการใช้ที่ดินเพื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องในเชิงพื้นที่ระหว่างแบบจำลองและนโยบายการใช้ที่ดิน

4.6 สรุปผลการวิเคราะห์การขยายตัวของเมืองและผลการเปรียบเทียบแบบจำลองการขยายตัวของเมืองทั้ง 3 ชนิดโดยวิเคราะห์จากผลลัพธ์ที่ได้จากตารางคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) และความสอดคล้องในเชิงพื้นที่ระหว่างแบบจำลองและนโยบายการใช้ที่ดิน



บทที่ 4

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้นำข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองการขยายตัวของเมือง CA-MARKOV CLUE-S และ SLEUTH และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษารูปแบบการขยายตัวของเมือง และเพื่อเทียบความถูกต้องเชิงพื้นที่ของแบบจำลองทั้ง 3 แบบจำลอง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ลักษณะการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พ.ศ.2559
2. การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง
3. การเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง

1. ลักษณะการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินใน พ.ศ.2559

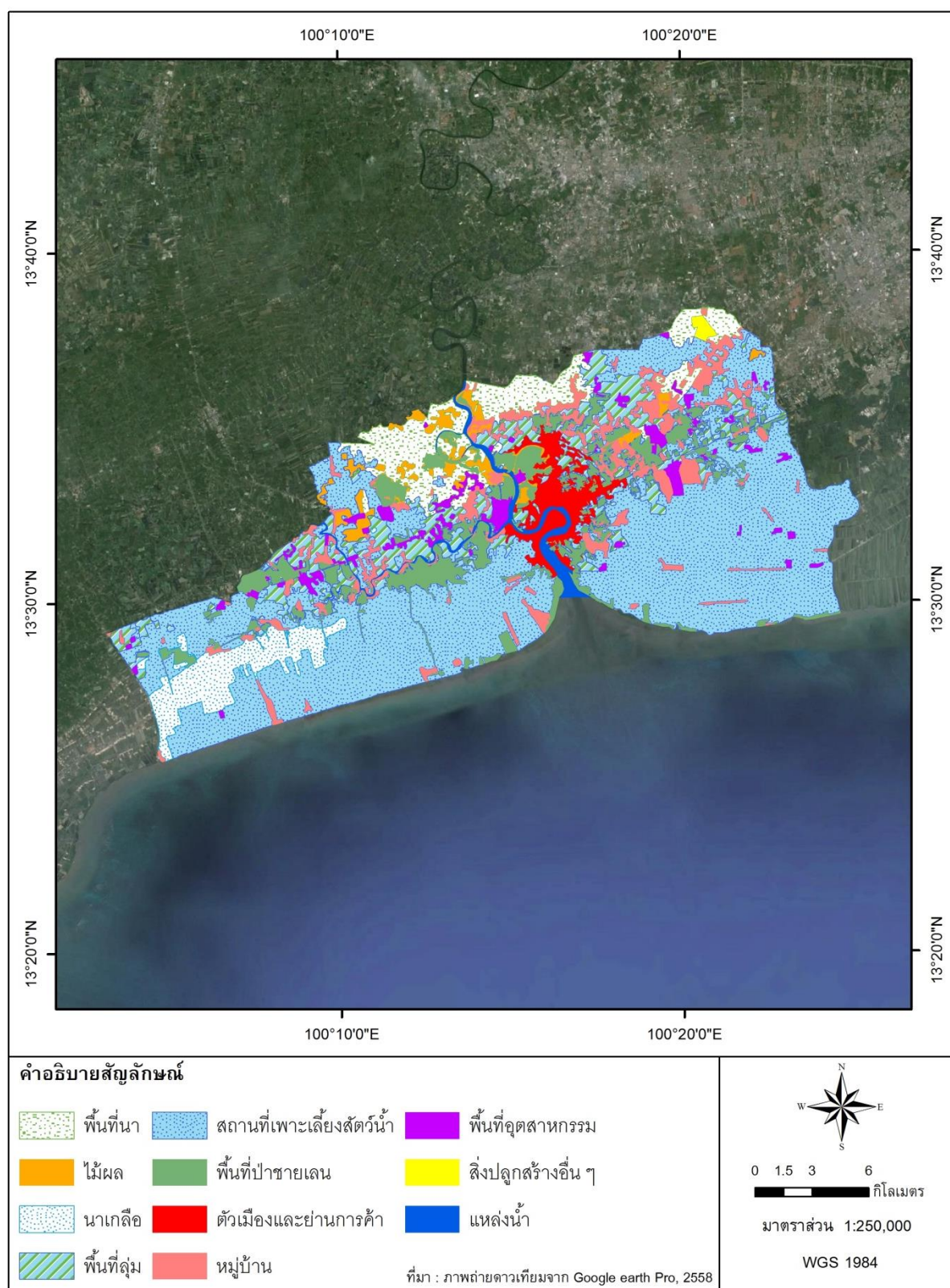
การจำแนกรูปแบบการใช้ที่ดินในพื้นที่ศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร โดยใช้การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกล และการลงภาคสนาม สามารถจำแนกรูปแบบการใช้ที่ดินออกได้เป็น 11 ประเภท โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 14 ถึงตาราง 15 และภาพประกอบ 23 ถึงภาพประกอบ 26

ตาราง 14 ลักษณะการใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2559

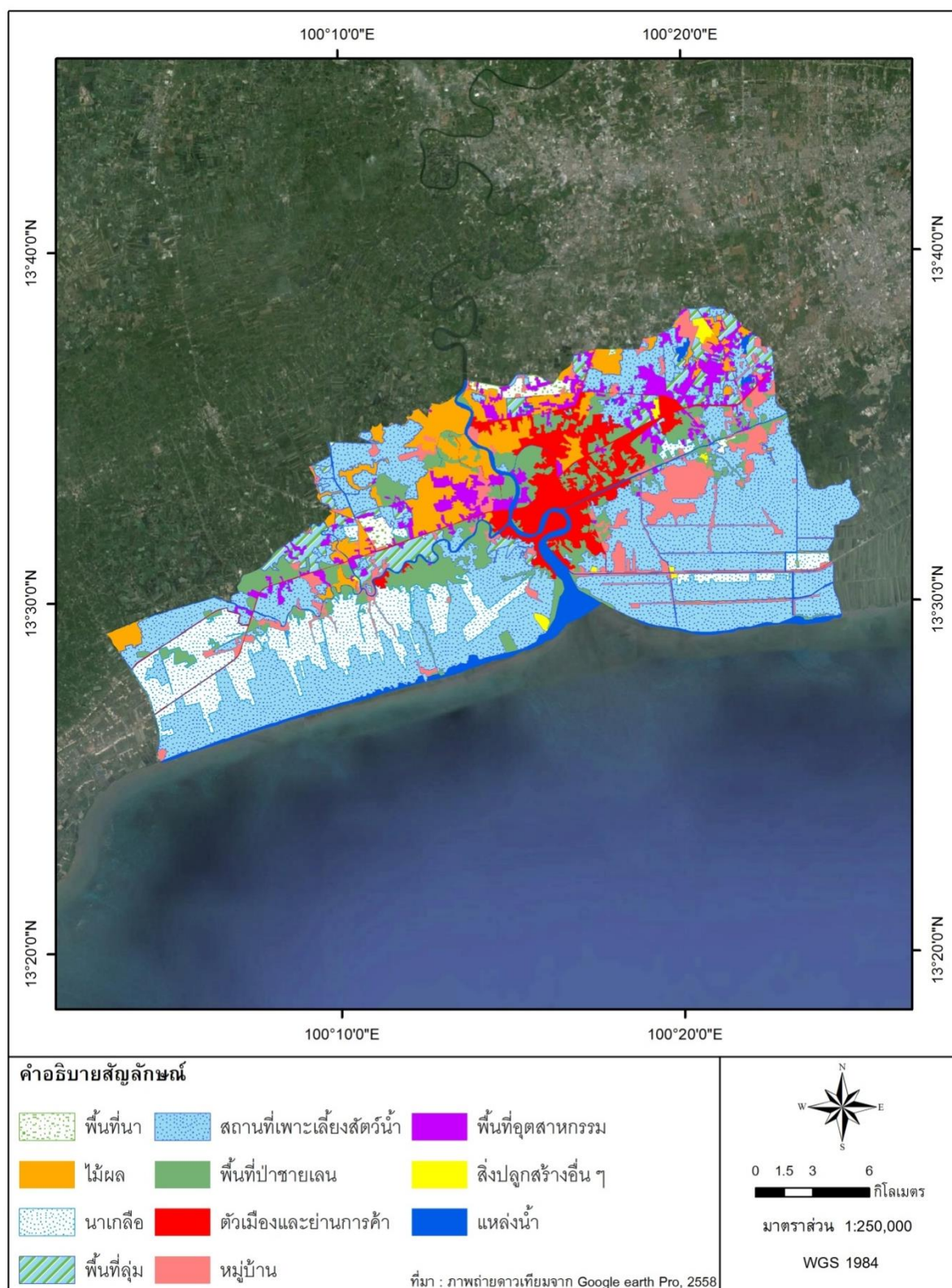
รูปแบบการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่นา	1.51	945.09	0.33
ไม้ผล	18.66	11,665.57	4.06
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	175.64	109,774.31	38.16
ป่าชายเลน	35.04	21,900.84	7.61
พื้นที่ลุ่ม	29.35	18,343.66	6.38
พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	49.64	31,022.65	10.78
ตัวเมืองและย่านการค้า	32.22	19,512.46	6.78
หมู่บ้าน	50.56	31,598.84	10.98
พื้นที่อุตสาหกรรม	37.27	23,292.25	8.10
สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ	6.13	3,830.43	1.33
แหล่งน้ำธรรมชาติ	25.26	15,785.54	5.49
รวม	460.27	288,300.00	100.00

ตาราง 15 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ.2545, พ.ศ. 2550, พ.ศ. 2555 และ พ.ศ. 2559

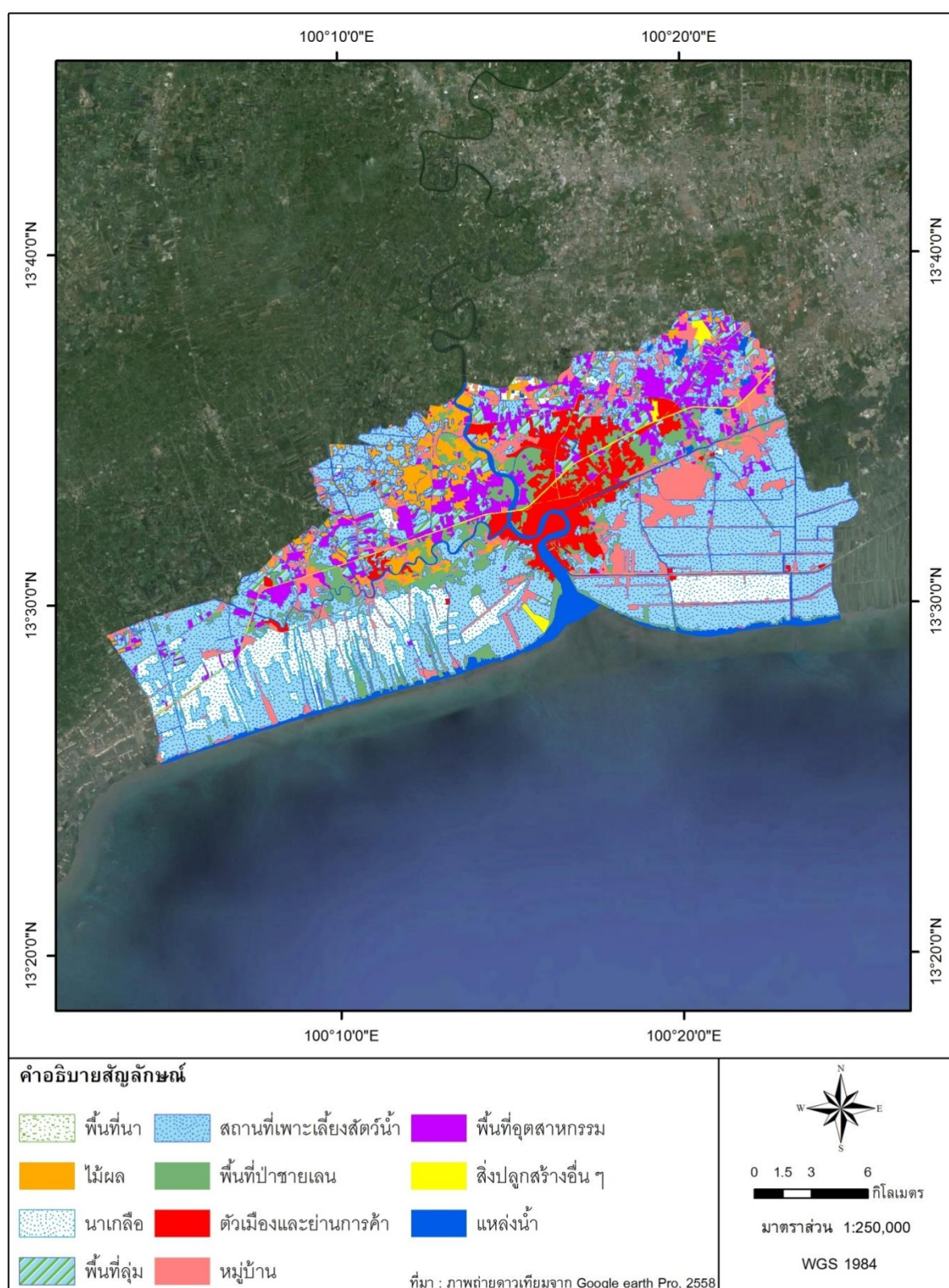
รูปแบบการใช้ที่ดิน	การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน							
	พ.ศ. 2545		พ.ศ. 2550		พ.ศ. 2555		พ.ศ. 2559	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
พื้นที่นา	34.85	7.68	5.42	1.17	1.52	0.32	1.51	0.33
ไม้ผล	10.47	2.31	35.94	7.83	19.18	4.18	18.66	4.06
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	221.02	48.74	191.49	41.70	179.12	39.01	175.64	38.16
ป่าชายเลน	47.68	10.51	45.78	9.97	36.43	7.93	35.04	7.61
พื้นที่ลุ่ม	47.78	10.54	22.37	4.87	30.44	6.63	29.35	6.38
พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	21.88	4.82	52.39	11.41	48.64	10.59	49.64	10.78
ตัวเมืองและย่านการค้า	24.69	5.44	30.94	6.74	30.99	6.74	31.23	6.78
หมู่บ้าน	23.75	5.24	29.10	6.34	47.02	10.24	50.56	10.98
พื้นที่อุตสาหกรรม	13.13	2.90	23.73	5.17	35.62	7.76	37.27	8.10
สิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ	1.01	0.22	1.93	0.42	6.08	1.32	6.13	1.33
แหล่งน้ำธรรมชาติ	7.22	1.59	20.11	4.38	25.26	5.50	25.26	5.49



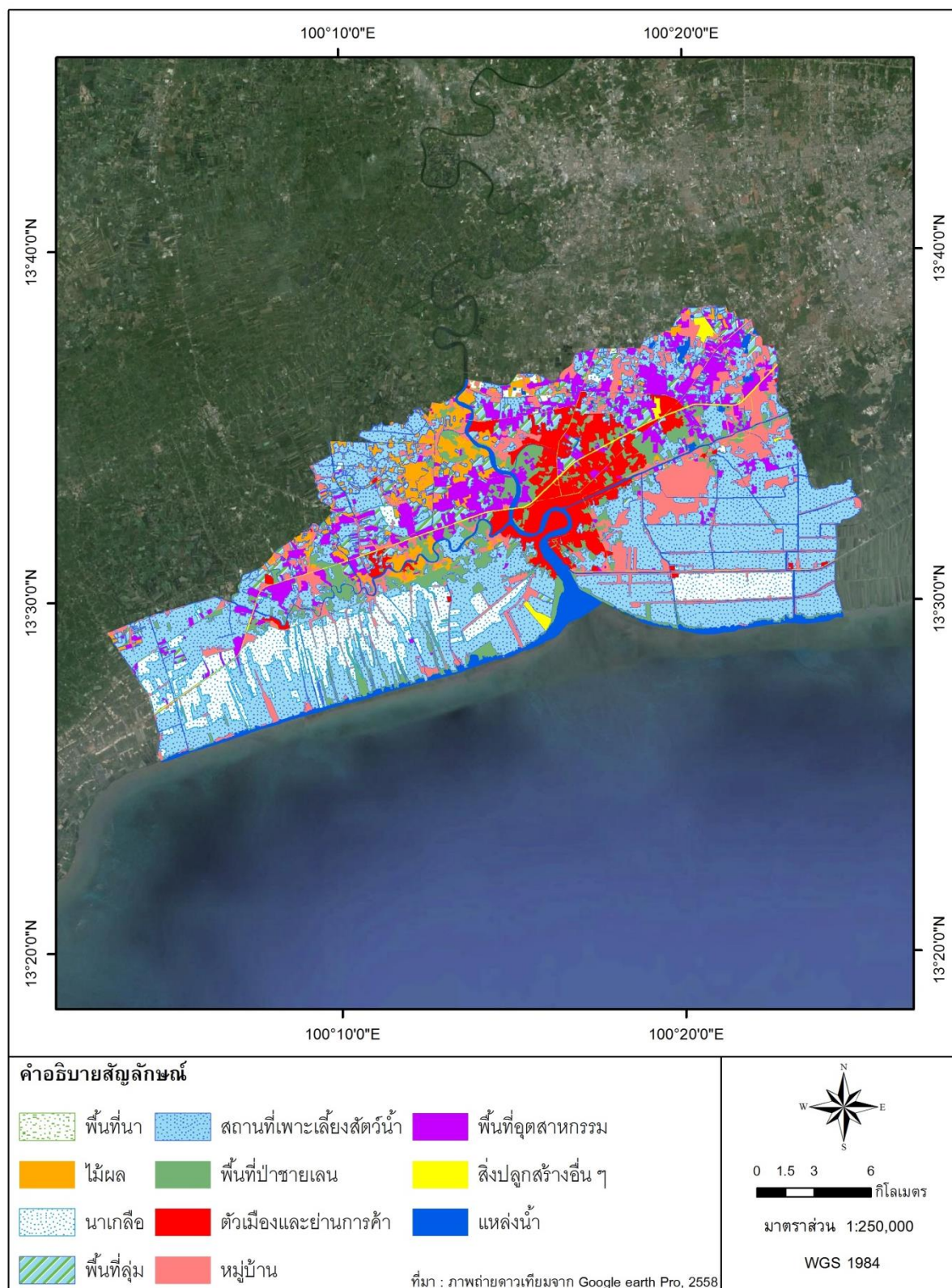
ภาพประกอบ 23 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2545



ภาพประกอบ 24 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2550



ภาพประกอบ 25 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2555



ภาพประกอบ 26 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2559

1.1 พื้นที่นา

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า พื้นที่นา พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 34.85 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.68 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 5.42 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.18 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 1.51 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.33 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 1.51 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.33 โดยมีแนวโน้มที่ลดลงทุกปี

1.2 ไม้ผล

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า ไม้ผล พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 10.47 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 2.31 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 35.94 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.83 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 19.18 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.18 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 18.66 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.06 โดยมีแนวโน้มที่ลดลงทุกปี

1.3 สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 221.02 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 48.74 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 191.49 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 41.7 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 179.12 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 39.01 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 175.64 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 38.16 โดยมีแนวโน้มที่ลดลงทุกปี

1.4 ป่าชายเลน

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า ป่าชายเลน พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 47.68 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.51 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 45.78 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.97 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 36.43 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.93 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 35.04 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.61 โดยมีแนวโน้มที่ลดลงทุกปี

1.5 พื้นที่ลุ่ม

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า พื้นที่ลุ่ม พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 47.78 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.54 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 22.37 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.87 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 30.44 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.63 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 29.35 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.38 โดยมีแนวโน้มที่ลดลงทุกปี

1.6 พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 21.88 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.82 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 52.39 ตารางกิโลเมตร

คิดเป็นร้อยละ 11.41 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 48.64 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 10.59 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 49.64 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 10.78 โดยมีแนวโน้มที่ลดลงทุกปี

1.7 ตัวเมืองและย่านการค้า

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนาม เพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า ตัวเมืองและย่านการค้า พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 24.69 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 5.44 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 30.94 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 6.74 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 30.98 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 6.75 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 31.22 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 6.78 โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทุกปี

1.8 หมู่บ้าน

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนาม เพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า หมู่บ้านพ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 23.75 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.24 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 29.1 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.34 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 47.02 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.24 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 50.56 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.98 โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทุกปี

1.9 พื้นที่อุตสาหกรรม

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนาม เพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า พื้นที่อุตสาหกรรมพ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 13.13 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 2.9 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 23.73 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.17 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 35.62 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 7.76 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 37.27 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 8.1 โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทุกปี

1.10 สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 1.01 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 0.22 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 1.93 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 0.42 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 6.08 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 1.32 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 6.13 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 1.33 โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทุกปี

1.11 แหล่งน้ำธรรมชาติ

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลทั้ง 3 ปี และการศึกษาภาคสนามเพื่อยืนยันสภาพการใช้ที่ดินที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบันพบว่า แหล่งน้ำธรรมชาติ พ.ศ. 2545 มีเนื้อที่ประมาณ 7.22 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 1.59 พ.ศ. 2550 มีเนื้อที่ประมาณ 20.11 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 4.38 พ.ศ. 2555 มีเนื้อที่ประมาณ 25.26 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 5.5 พ.ศ. 2559 มีเนื้อที่ประมาณ 25.26 ตารางกิโลเมตรคิดเป็นร้อยละ 5.49 โดยมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นทุกปี

รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการขยายตัวของเมือง ของพื้นที่ศึกษาอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร มีความสอดคล้องกับทฤษฎีหลายศูนย์กลาง ลักษณะรูปแบบการใช้ที่ดินต่าง ๆ ที่มีความสอดคล้องกันจะอยู่ใกล้กัน เช่น พื้นที่อุตสาหกรรมจะอยู่ใกล้กับเขตชานเมืองเพื่อหลีกเลี่ยงมลพิษที่อาจเกิดขึ้นและส่งผลกระทบต่อชุมชน ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมจะอยู่โดยรอบนอกสุด พื้นที่นาเกลือจะอยู่ใกล้กับทะเล และพื้นที่เกษตรกรรมจะอยู่รอบนอกสุด พื้นที่ชุมชนและย่านการค้า จะอยู่ที่ใจกลางเมือง โดยมีแม่น้ำบางปะกงไหลผ่าน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการตั้งถิ่นฐาน ส่วนทิศทางการขยายตัวของเมือง พื้นที่ส่วนใหญ่จะขยายออกไปในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปตามเส้นทางถนนทางหลวงหมายเลข 35 และถนนทางหลวงหมายเลข 3242 เป็นการขยายตัวเข้าใกล้กับกรุงเทพมหานครมากขึ้น

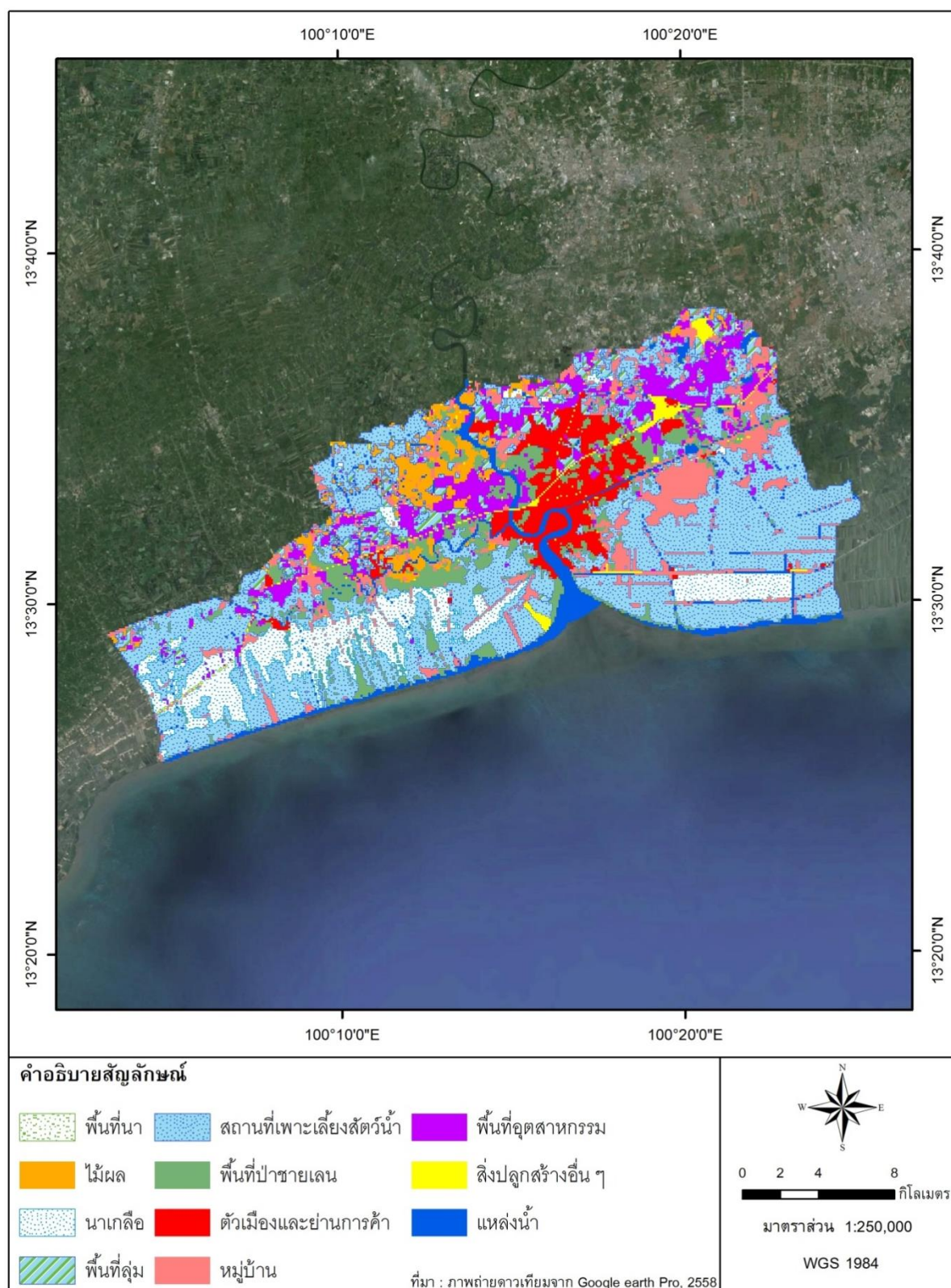
2. การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง

2.1 การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง CA-MARKOV

การคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ด้วยแบบจำลอง CA-MARKOV โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน 3 ช่วงเวลา คือ พ.ศ. 2545, พ.ศ. 2550 และพ.ศ. 2555 ได้ผลลัพธ์เป็นแบบจำลองการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ดังแสดงในภาพประกอบ 27 และสามารถจำแนกและคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทต่างๆออกเป็น 11 ประเภท รวมทั้งการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เมืองและชุมชน โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 16

ตาราง 16 การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2559 จากแบบจำลอง CA-MARKOV

รูปแบบการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่นา	0.94	587.50	0.20
ไม้ผล	19.73	12,331.25	4.29
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	177.64	111,025	38.65
ป่าชายเลน	39.82	24,887.50	8.66
พื้นที่ลุ่ม	24.22	15,137.50	5.27
พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	49.16	30,725.00	10.69
ตัวเมืองและย่านการค้า	30.42	19,012.50	6.62
หมู่บ้าน	45.61	28,506.25	9.92
พื้นที่อุตสาหกรรม	38.50	24,062.50	8.38
สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ	7.67	4,793.75	1.67
แหล่งน้ำธรรมชาติ	25.96	16,225.00	5.65
รวม	459.21	287,004.47	100



ภาพประกอบ 27 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2559
จากแบบจำลอง CA-MARKOV

ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินพ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV พบว่า เป็น การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่นา มีเนื้อที่ประมาณ 0.94 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.20 การใช้ที่ดินประเภทไม้ผล มีเนื้อที่ประมาณ 19.73 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.29 การใช้ที่ดินประเภทสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 177.64 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 38.65 การใช้ที่ดินประเภทป่าชายเลน มีเนื้อที่ประมาณ 39.82 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.66 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ลุ่ม มีเนื้อที่ประมาณ 24.22 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.27 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 49.16 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.69 การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า มีเนื้อที่ประมาณ 30.42 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.62 การใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้าน มีเนื้อที่ประมาณ 45.61 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.92 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม มีเนื้อที่ประมาณ 38.50 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 8.38 การใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 7.67 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.67 การใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำธรรมชาติ มีเนื้อที่ประมาณ 25.96 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.65 ตามลำดับ

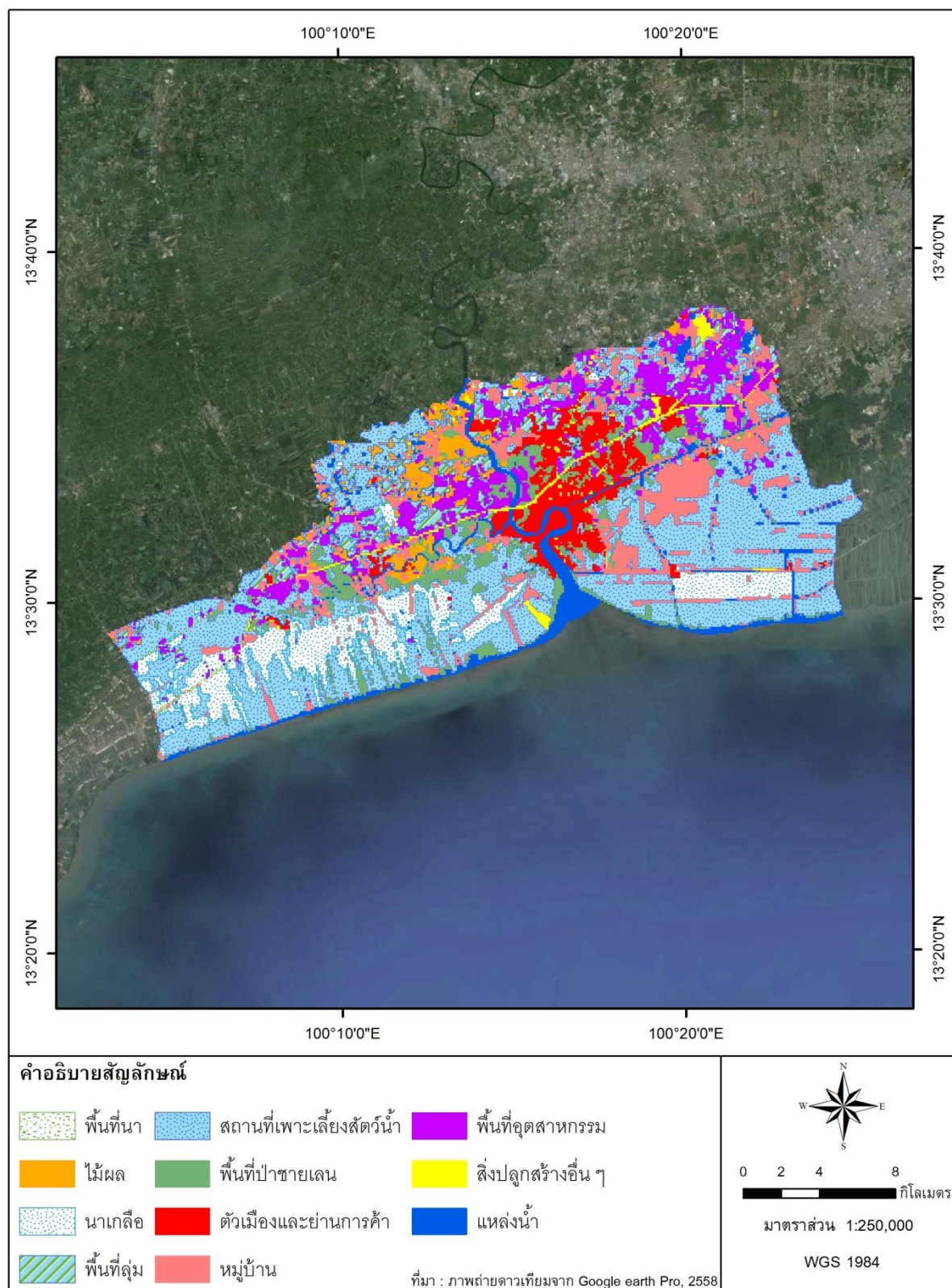
เมื่อทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ. 2555 กับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าการใช้ที่ดินที่มีความสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงพ.ศ. 2555 - 2559 คือ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ลุ่ม พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ พื้นที่ประเภทตัวเมืองย่านการค้า พื้นที่อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ. ในขณะที่การใช้ที่ดินประเภทไม้ผล ป่าชายเลน หมู่บ้าน และ แหล่งน้ำ จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปทิศทางตรงกันข้าม

2.2 การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง CLUE-S

การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองพ.ศ. 2559 ด้วยแบบจำลอง CLUE-S โดยใช้ข้อมูล เส้นทางคมนาคม ความลาดชัน การใช้ที่ดิน 3 ช่วงเวลา คือ พ.ศ. 2545, พ.ศ. 2550 และพ.ศ. 2555 ได้ผลลัพธ์เป็น แบบจำลองการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ดังแสดงในภาพประกอบ 28 และสามารถจำแนกและคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ออกเป็น 11 ประเภท รวมทั้งการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เมืองและชุมชน โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 17

ตาราง 17 การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 จากแบบจำลอง CLUE-S

รูปแบบการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่นา	1.05	656.25	0.23
ไม้ผล	16.10	10,062.50	3.49
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	168.58	105,362.50	36.57
ป่าชายเลน	32.52	20,325.00	7.05
พื้นที่ลุ่ม	27.00	16,875.00	5.86
พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	48.48	30,300.00	10.52
ตัวเมืองและย่านการค้า	29.90	18,687.50	6.49
หมู่บ้าน	56.17	35,106.25	12.19
พื้นที่อุตสาหกรรม	44.57	27,856.25	9.67
สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ	9.02	5,637.50	1.96
แหล่งน้ำธรรมชาติ	27.57	17,231.25	5.98
รวม	460.96	288,100.00	100



ภาพประกอบ 28 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559
จากแบบจำลอง CLUE-S

ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง CLUE-S พบว่าเป็นการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่นา มีเนื้อที่ประมาณ 1.05 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.23 การใช้ที่ดินประเภทไม้ผล มีเนื้อที่ประมาณ 16.10 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.49 การใช้ที่ดินประเภทสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 168.58 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 36.57 การใช้ที่ดินประเภทป่าชายเลน มีเนื้อที่ประมาณ 32.52 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.05 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ลุ่ม มีเนื้อที่ประมาณ 27.00 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.86 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 48.48 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.52 การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า มีเนื้อที่ประมาณ 29.90 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.49 การใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้าน มีเนื้อที่ประมาณ 56.17 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 12.19 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม มีเนื้อที่ประมาณ 44.57 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 9.67 การใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 9.02 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.96 การใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำธรรมชาติ มีเนื้อที่ประมาณ 27.57 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.98 ตามลำดับ

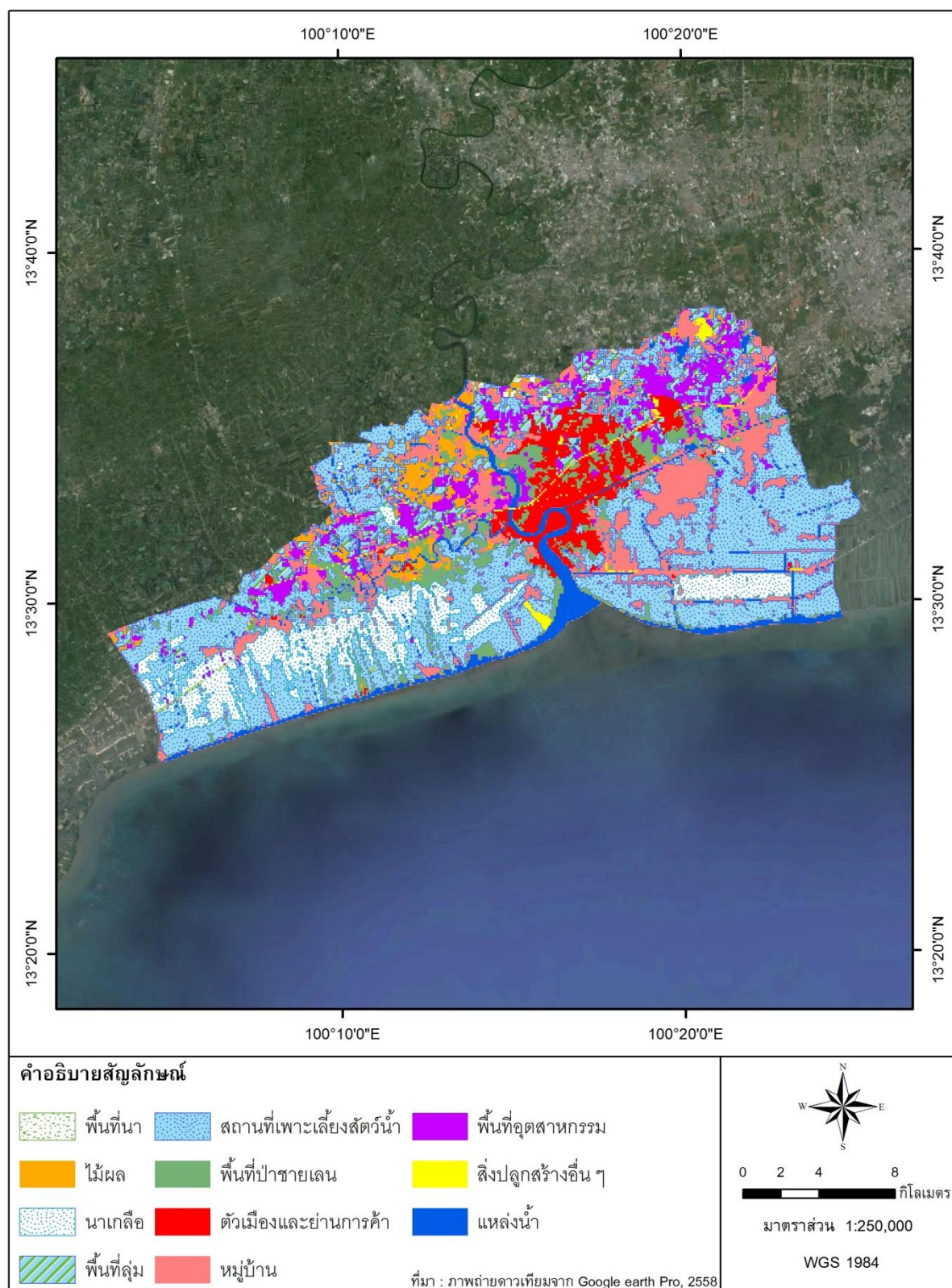
เมื่อทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ. 2555 กับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าการใช้ที่ดินที่มีความสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงพ.ศ. 2555 - 2559 คือ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ หมู่บ้าน พื้นที่อุตสาหกรรมและสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ ในขณะที่การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า และแหล่งน้ำ จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปทิศทางตรงกันข้าม

2.3 การคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง SLEUTH

การคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ด้วยแบบจำลอง SLEUTH โดยใช้ข้อมูลความลาดชัน เส้นทางคมนาคม พื้นที่กันออก และการใช้ที่ดิน 3 ช่วงเวลา คือ พ.ศ. 2545, พ.ศ. 2550 และพ.ศ. 2555 ได้ผลลัพธ์เป็น แบบจำลองการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ดังแสดงในภาพประกอบ 29 และสามารถจำแนกและคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินประเภทต่างๆออกเป็น 11 ประเภท รวมทั้งการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เมืองและชุมชน โดยสามารถสรุปได้ดังตาราง 18

ตาราง 18 การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ.2559 จากแบบจำลอง SLEUTH

รูปแบบการใช้ที่ดิน	พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่นา	1.26	787.50	0.27
ไม้ผล	16.77	10,481.25	3.63
สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ	164.95	103,093.75	35.68
ป่าชายเลน	32.84	20,525.00	7.10
พื้นที่ลุ่ม	27.94	17,462.50	6.04
พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ	49.80	31,125.00	10.77
ตัวเมืองและย่านการค้า	30.22	18,887.50	6.54
หมู่บ้าน	76.79	47,993.75	16.61
พื้นที่อุตสาหกรรม	31.95	19,968.75	6.91
สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ	5.12	3,200.00	1.11
แหล่งน้ำธรรมชาติ	24.62	15,387.50	5.33
รวม	462.26	288,912.50	100



ภาพประกอบ 29 แผนที่การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ.2559
จากแบบจำลอง SLEUTH

ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดินพ.ศ. 2559 ที่ได้จากแบบจำลอง SLEUTH พบว่าเป็นการใช้ที่ดินประเภทพื้นที่นา มีเนื้อที่ประมาณ 1.26 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 0.27 การใช้ที่ดินประเภทไม้ผล มีเนื้อที่ประมาณ 16.77 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.63 การใช้ที่ดินประเภทสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ มีเนื้อที่ประมาณ 164.95 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 35.68 การใช้ที่ดินประเภทป่าชายเลน มีเนื้อที่ประมาณ 32.84 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 7.10 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่ลุ่ม มีเนื้อที่ประมาณ 27.94 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.04 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 49.80 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.77 การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า มีเนื้อที่ประมาณ 30.22 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.54 การใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้าน มีเนื้อที่ประมาณ 76.79 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 16.61 การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่อุตสาหกรรม มีเนื้อที่ประมาณ 31.95 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.91 การใช้ที่ดินประเภทสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ มีเนื้อที่ประมาณ 5.12 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 1.11 การใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำธรรมชาติ มีเนื้อที่ประมาณ 24.62 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.33ตามลำดับ

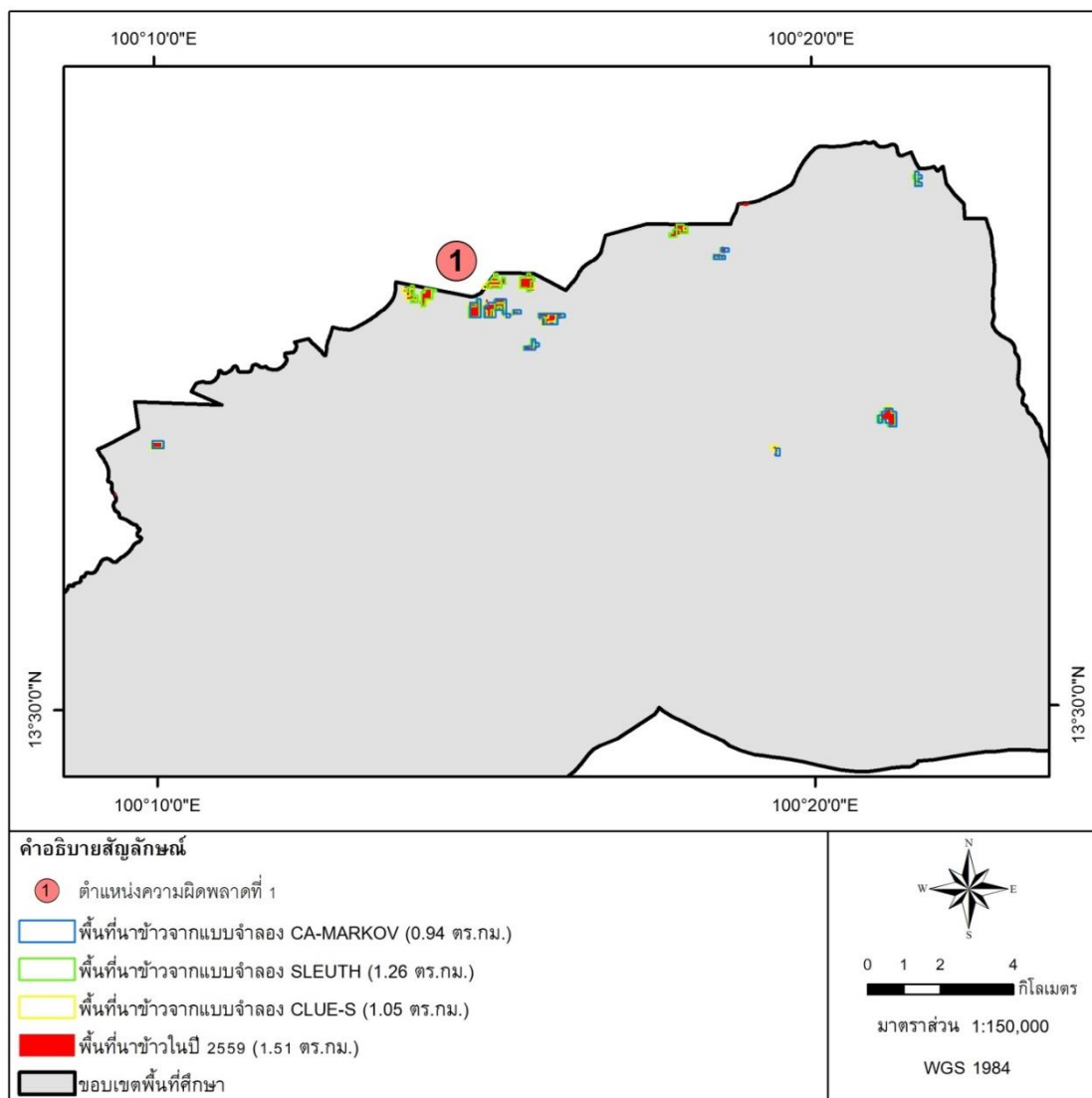
เมื่อทำการวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ. 2555 กับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลอง พบว่าการใช้ที่ดินที่มีความสอดคล้องกับแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงพ.ศ. 2555 - 2559 คือ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ประเภทตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน และแหล่งน้ำในขณะที่การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ พื้นที่อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ จะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางตรงกันข้าม

3. การเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง

การวิเคราะห์ค่าความถูกต้องของแบบจำลองการขยายตัวของเมืองโดยใช้วิธีการซ้อนทับข้อมูลที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ. 2559 และนำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างตารางคำนวณค่าผิดพลาด (Error Matrix) เพื่อหาแบบจำลองที่มีค่าความถูกต้องสูงที่สุด ผลการวิเคราะห์พบว่าแบบจำลอง CLUE-S มีค่าความถูกต้องรวมร้อยละ 80.90 แบบจำลอง CA-MARKOV มีค่าความถูกต้องรวมร้อยละ 80.19 และแบบจำลอง SLEUTH มีค่าความถูกต้องรวมร้อยละ 80.01 ตามลำดับ ซึ่งค่าความถูกต้องของแบบจำลองที่นำมาศึกษามีความใกล้เคียงกันมาก จึงต้องทำการจำแนกรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ ที่ได้จากแบบจำลองมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน เพื่อให้เห็นความแตกต่างของแบบจำลองมากขึ้น โดยสามารถสรุปได้ดังนี้

3.1 พื้นที่นา

จากการศึกษาพื้นที่นาที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 1.51 ตารางกิโลเมตร พื้นที่นาที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 0.94 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 1.26 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 1.05 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 30

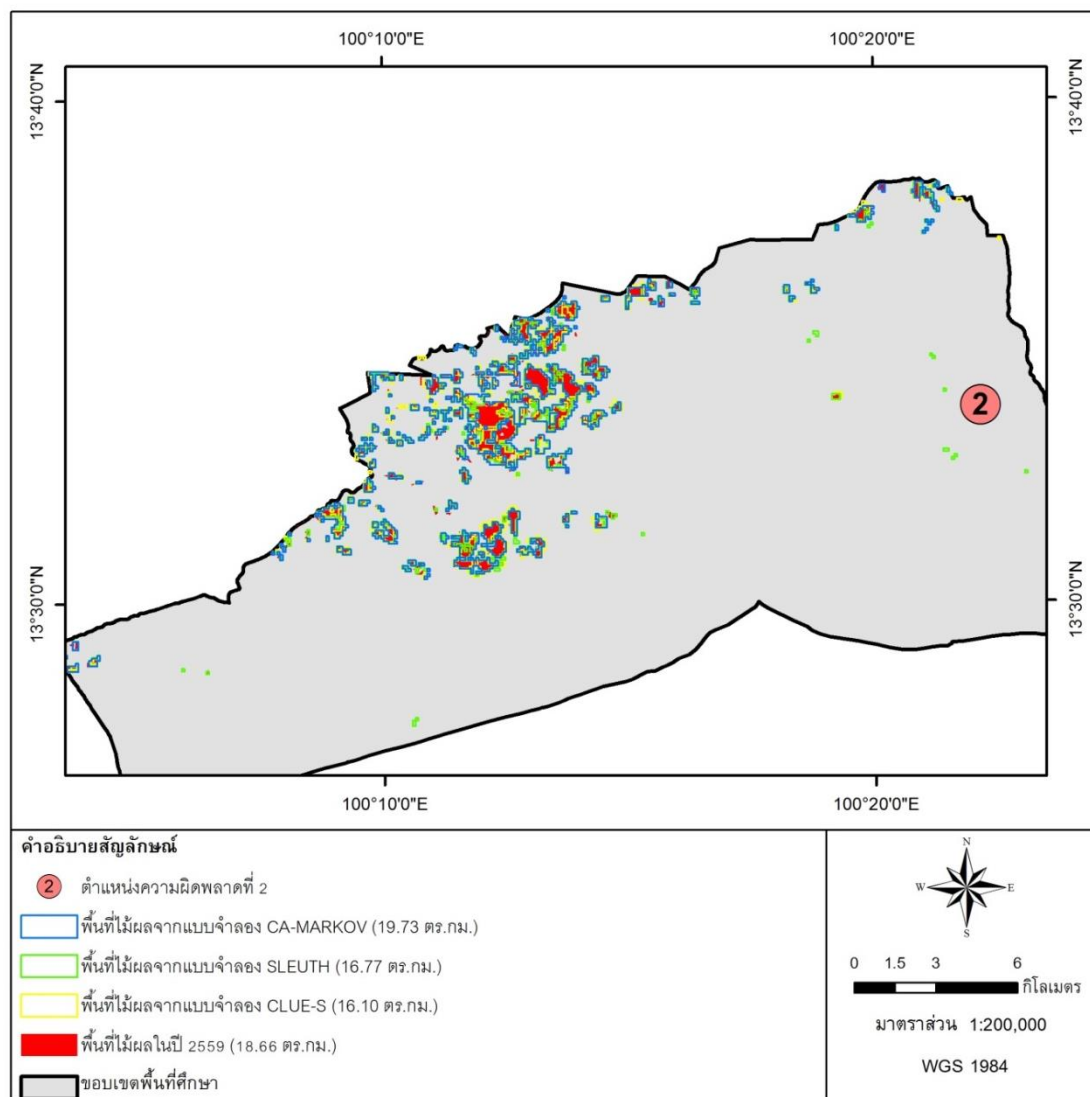


ภาพประกอบ 30 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่นาที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริงมากที่สุด ในขณะที่แบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงน้อยที่สุดและไม่พบพื้นที่นาข้าวในบริเวณตำแหน่งที่ 1 ของภาพประกอบ

3.2 ไม้ผล

จากการศึกษาพื้นที่ไม้ผลที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 18.66 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ไม้ผลที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 19.73 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 16.77 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 16.10 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 31

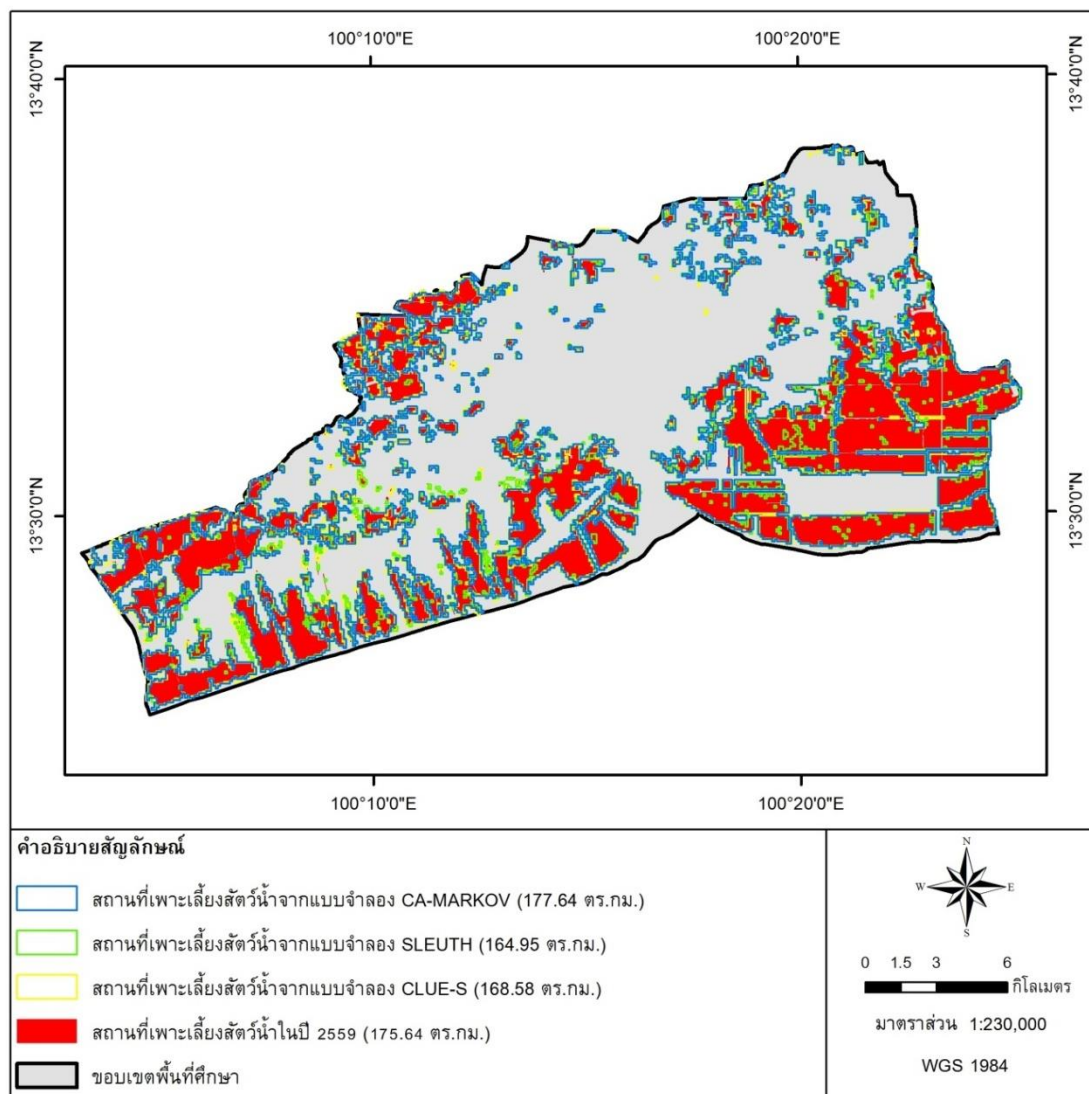


ภาพประกอบ 31 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ไม้ผลที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง CLUE-S มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด และแบบจำลอง SLEUTH ได้ทำการคาดการณ์ผิดพลาดในบริเวณตำแหน่งที่ 2 ของภาพประกอบ

3.3 สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ

จากการศึกษาสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 175.64 ตารางกิโลเมตร พื้นที่สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 177.64 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 164.95 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 168.58 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 32

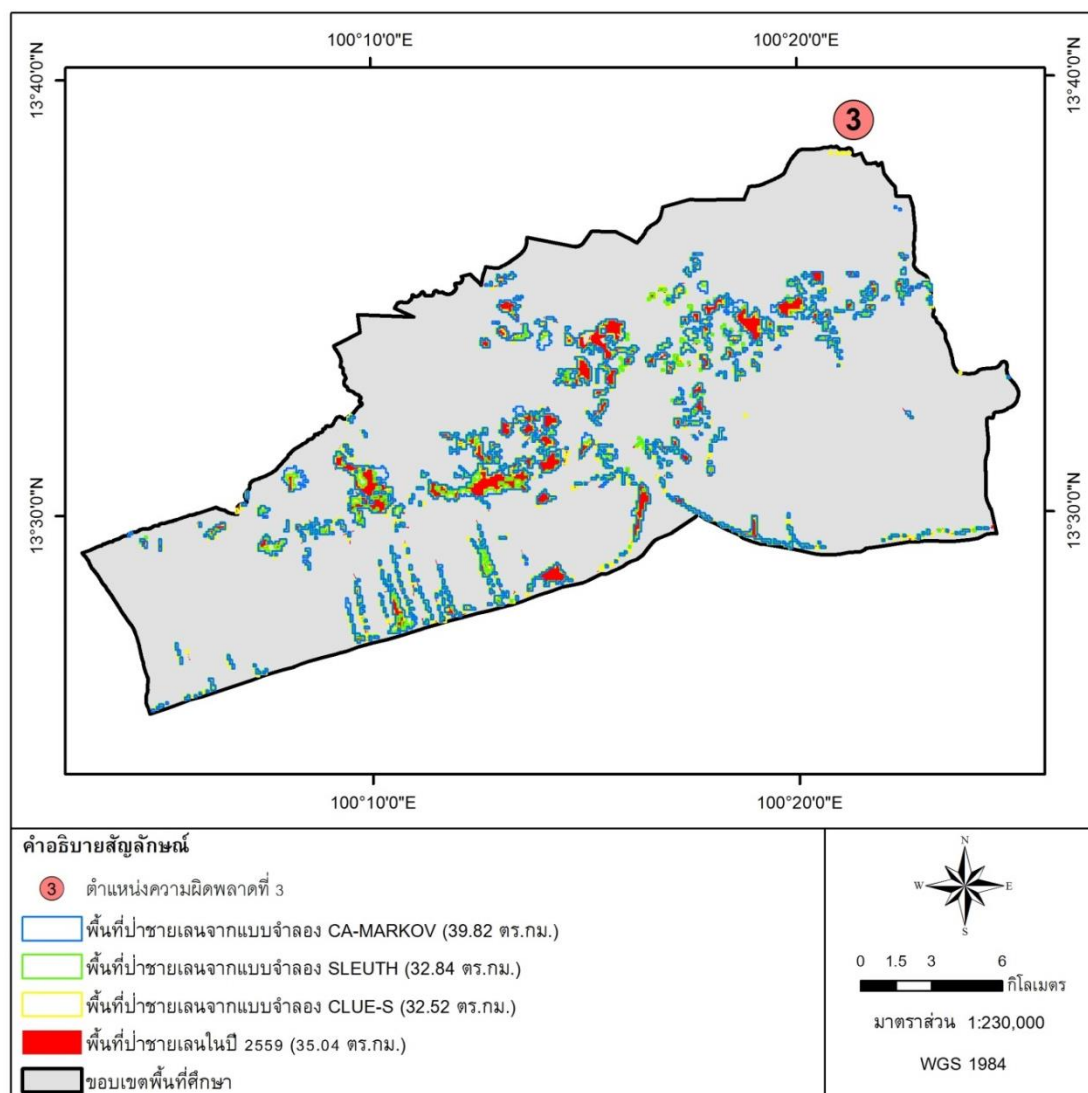


ภาพประกอบ 32 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด แต่ยังคงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง

3.4 ป่าชายเลน

จากการศึกษาพื้นที่ป่าชายเลนที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 35.04 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าชายเลนที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 39.82 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 32.84 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 32.52 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 33

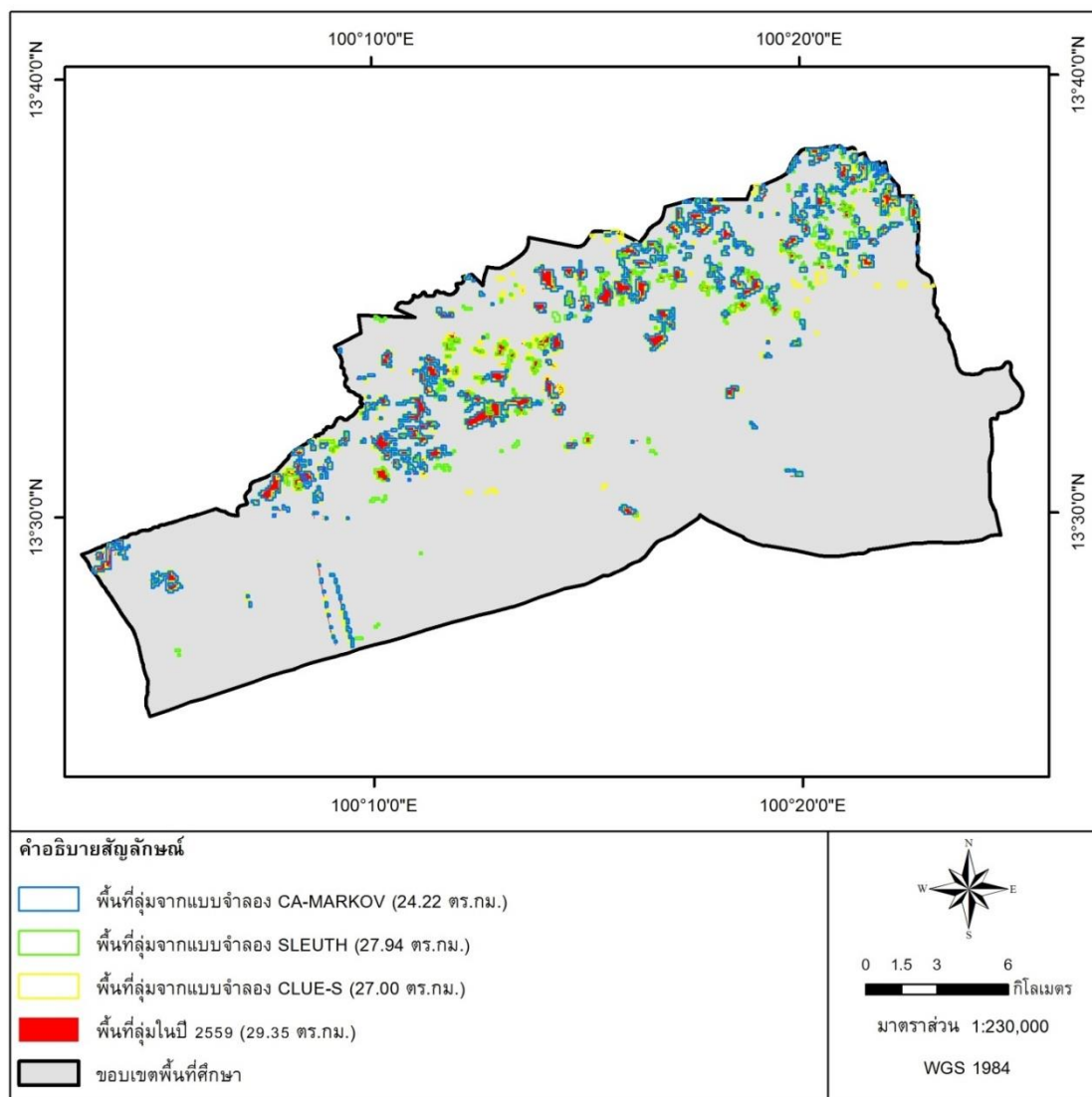


ภาพประกอบ 33 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ป่าชายเลนที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด และแบบจำลอง CLUE-S ได้ทำการคาดการณ์ผิดพลาดเล็กน้อยในบริเวณตำแหน่งที่ 3 ของภาพประกอบ

3.5 พื้นที่ลุ่ม

จากการศึกษาพื้นที่ลุ่มที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 29.35 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ลุ่มที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 24.22 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 27.94 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 27.00 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 34

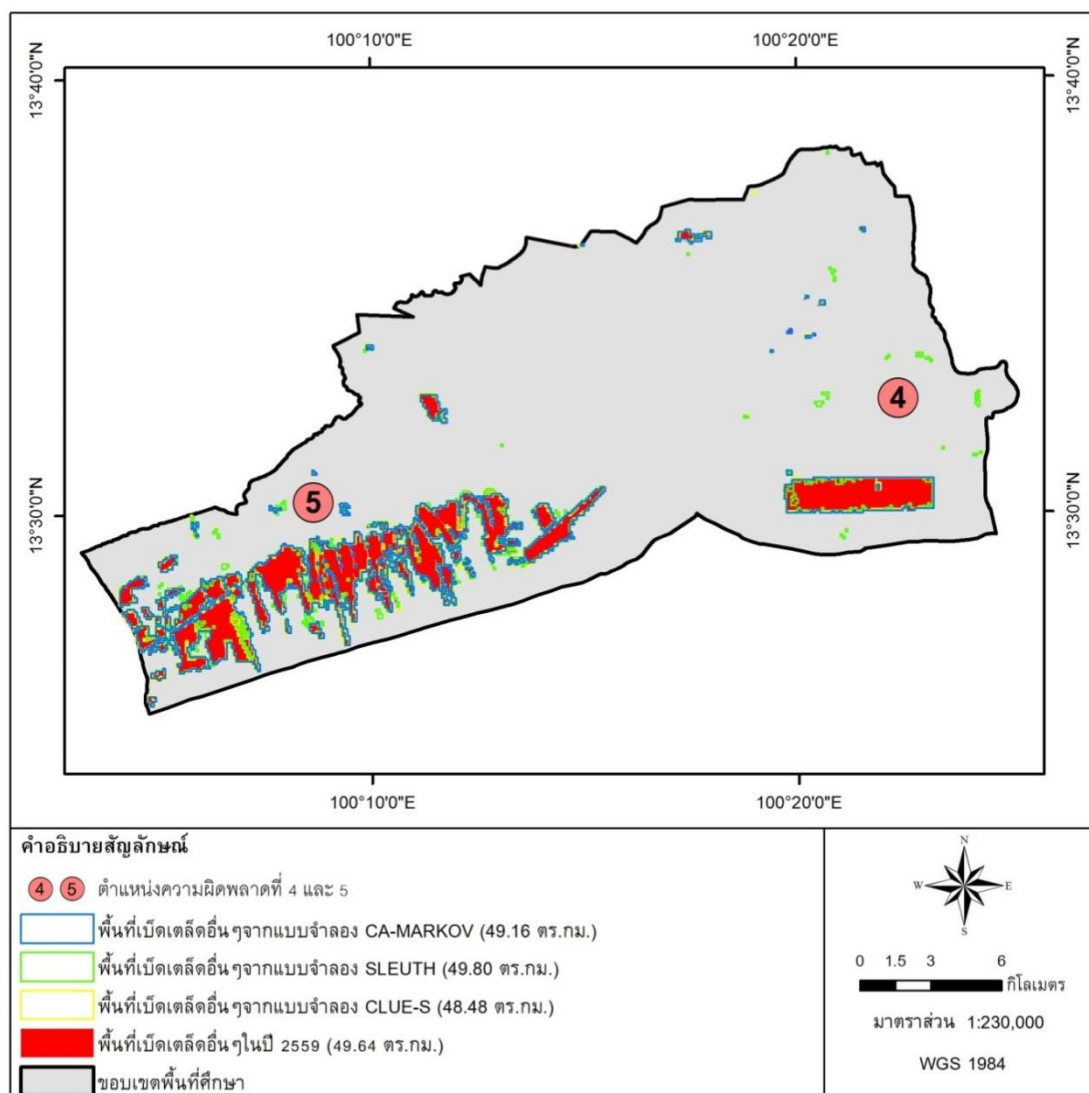


ภาพประกอบ 34 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ลุ่มที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด แต่ยังคงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง

3.6 พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ

จากการศึกษาพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 49.64 ตารางกิโลเมตรพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 49.16 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 49.80 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 48.48 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 35

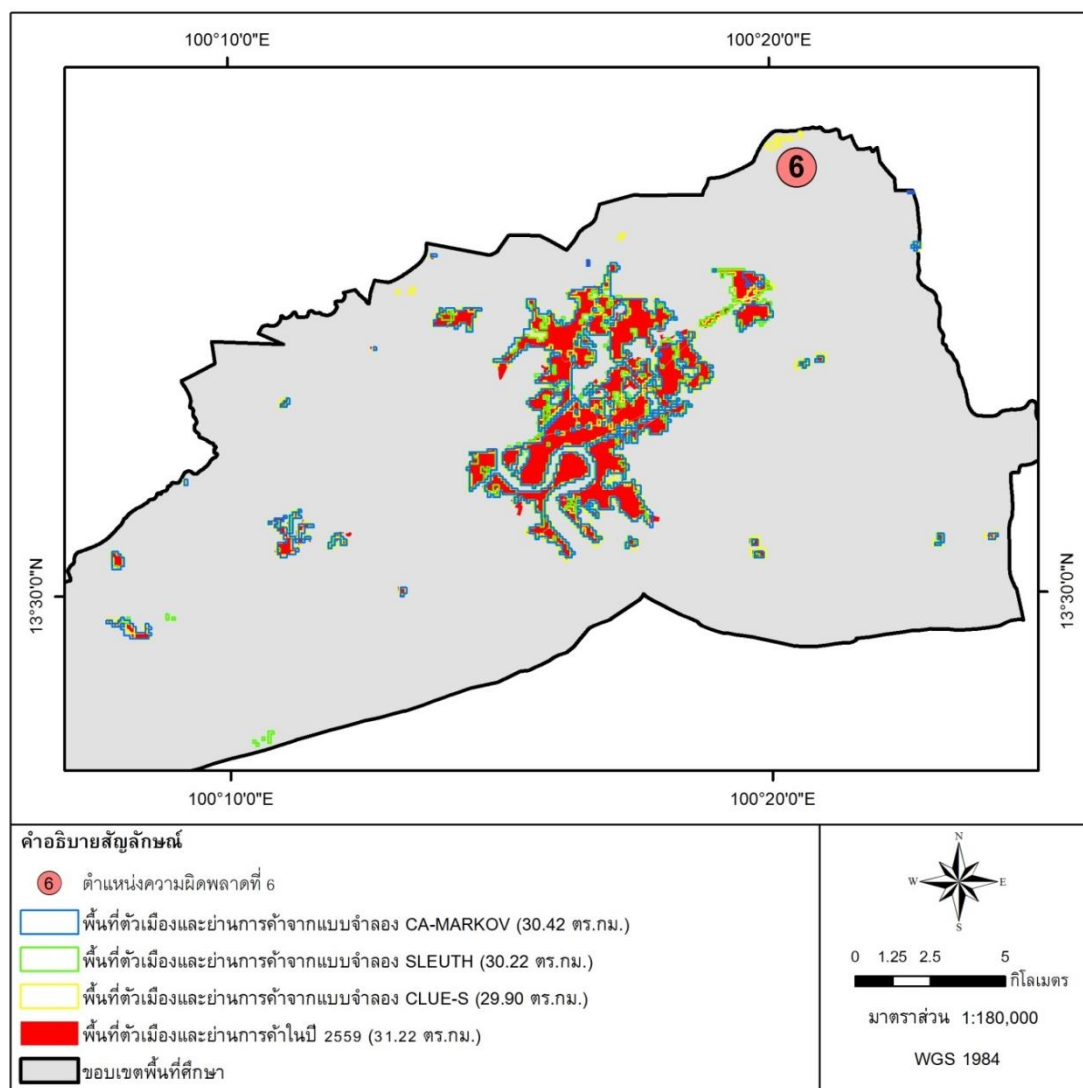


ภาพประกอบ 35 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แต่จะพบผิดพลาดเล็กน้อยในบริเวณตำแหน่งที่ 4 ของภาพประกอบ แบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด และได้ทำการคาดการณ์ผิดพลาดเล็กน้อยในบริเวณตำแหน่งที่ 5 ของภาพประกอบ

3.7 ตัวเมืองและย่านการค้า

จากการศึกษาพื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้าที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 31.22 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้าที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 30.42 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 30.22 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 29.90 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 36

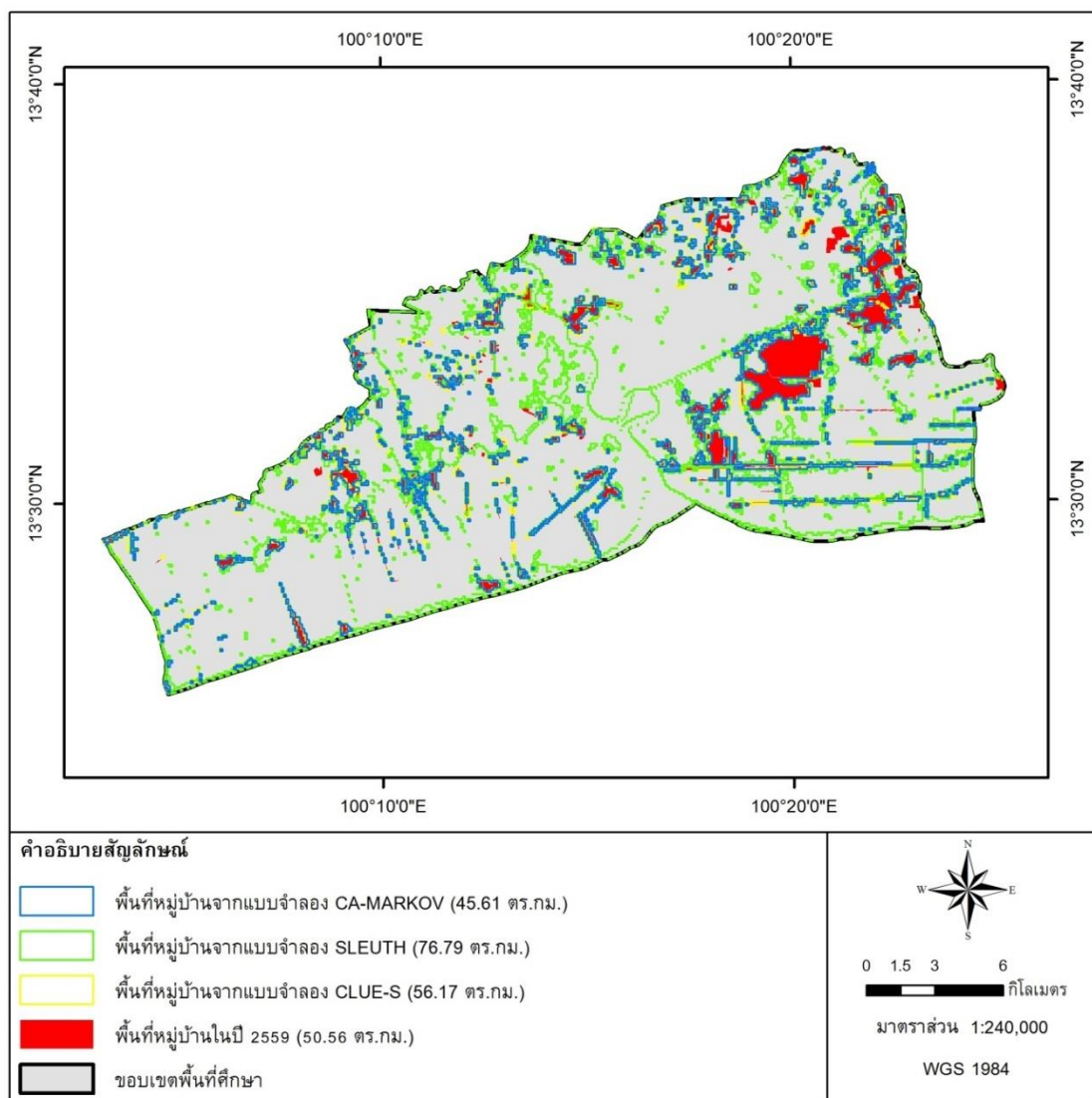


ภาพประกอบ 36 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ตัวเมืองและย่านการค้าที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง CLUE-S มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด และแบบจำลอง CLUE-S ได้ทำการคาดการณ์ผิดพลาดเล็กน้อยในบริเวณตำแหน่งที่ 6 ของภาพประกอบ

3.8 หมู่บ้าน

จากการศึกษาพื้นที่หมู่บ้านที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 50.56 ตารางกิโลเมตร พื้นที่หมู่บ้านที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 45.61 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 76.79 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 56.17 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 37

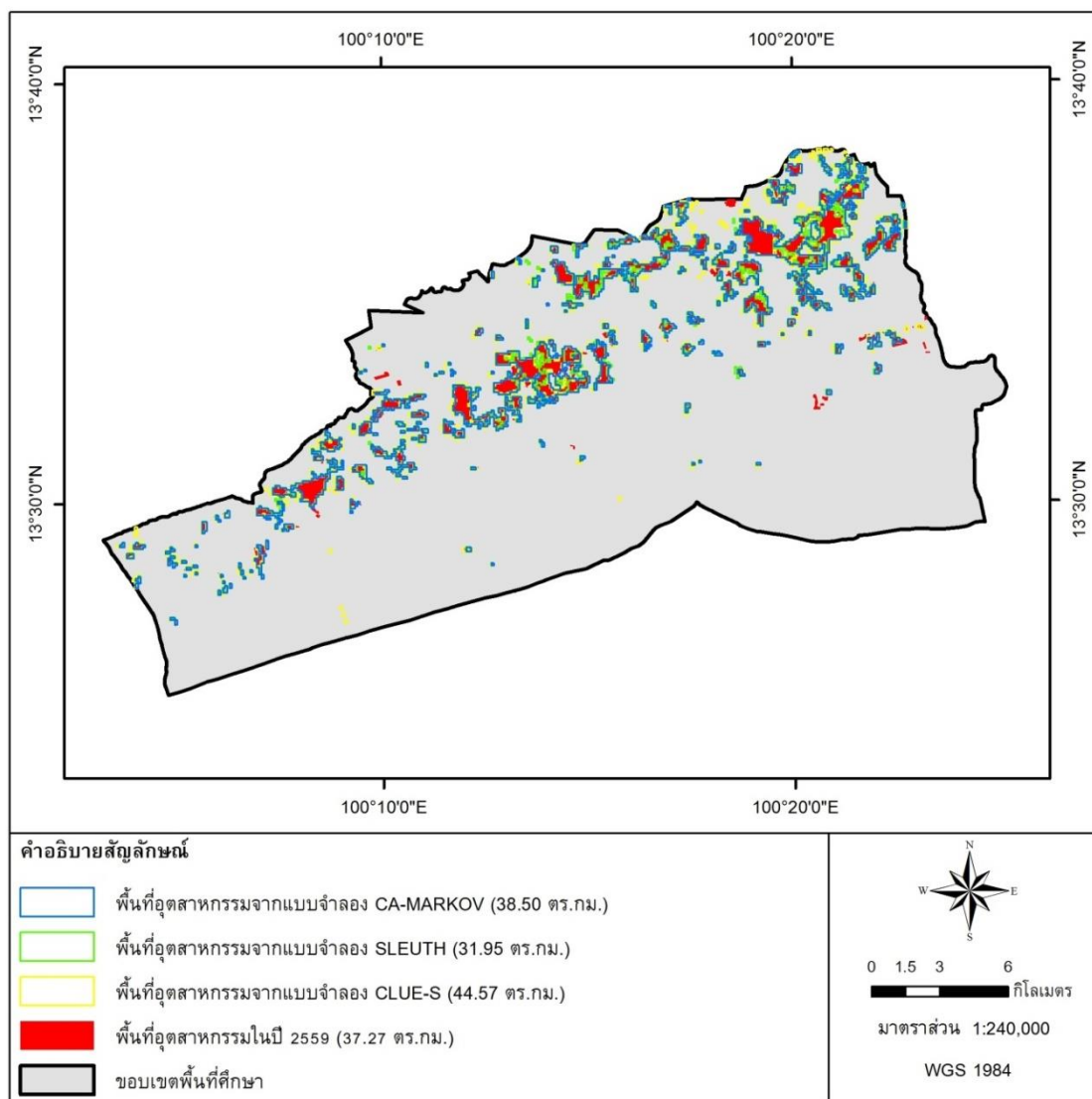


ภาพประกอบ 37 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่หมู่บ้านที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด และคาดการณ์ผิดพลาดอย่างมากคือ มีหมู่บ้านเกิดขึ้นใหม่บริเวณรอบแหล่งน้ำ ถนน และบริเวณทิศใต้ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่ติดอ่าวไทย

3.9 พื้นที่อุตสาหกรรม

จากการศึกษาพื้นที่อุตสาหกรรมที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 37.27 ตารางกิโลเมตร พื้นที่อุตสาหกรรมที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 38.50 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 31.95 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 44.57 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 38

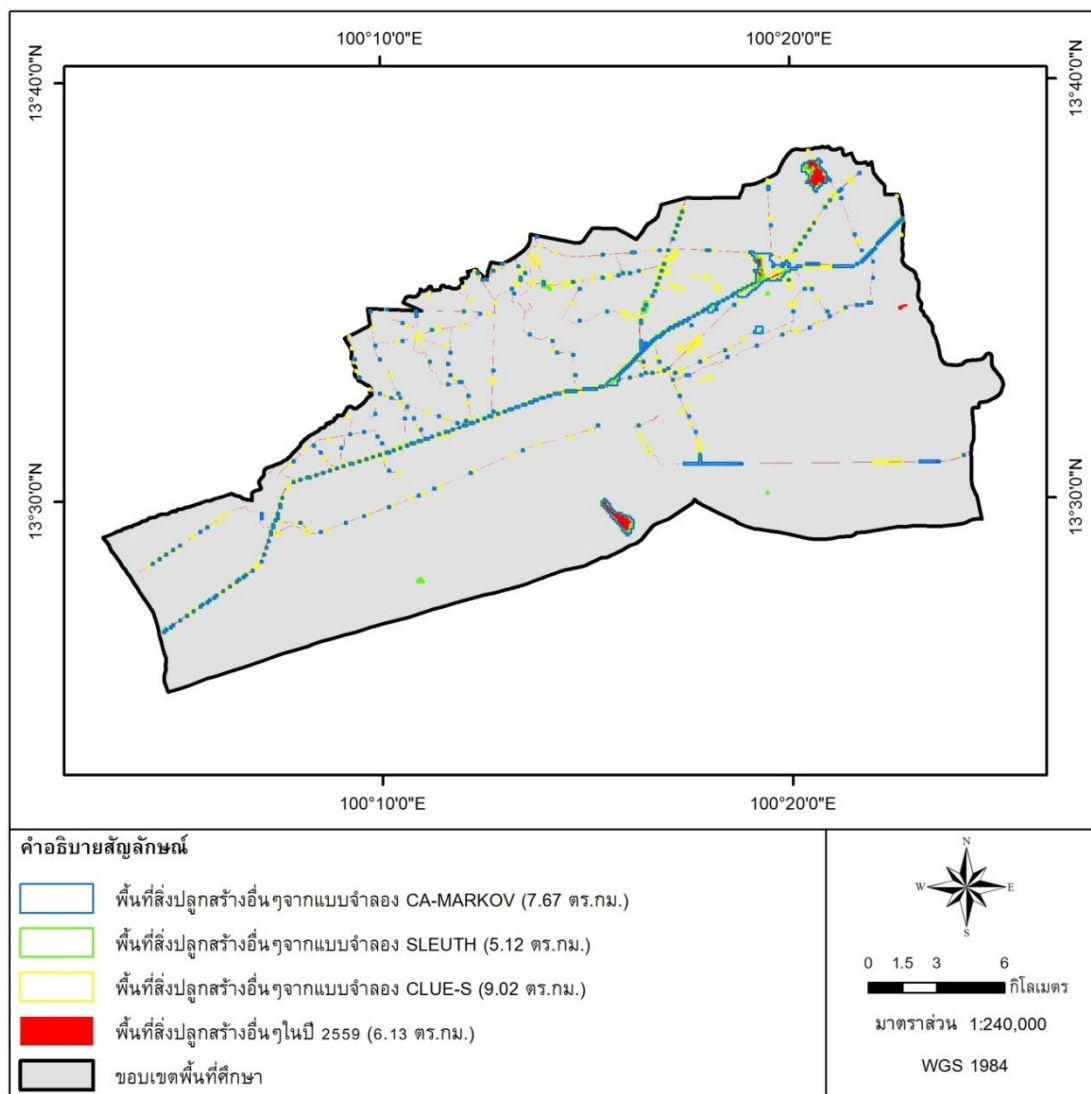


ภาพประกอบ 38 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่อุตสาหกรรมที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง CA-MARKOV มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง CLUE-S มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด แต่ยังคงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง

3.10 สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ

จากการศึกษาพื้นที่สิ่งปลูกสร้างอื่นๆที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 6.13 ตารางกิโลเมตร พื้นที่สิ่งปลูกสร้างอื่นๆที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 7.67 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 5.12 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 9.02 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 39

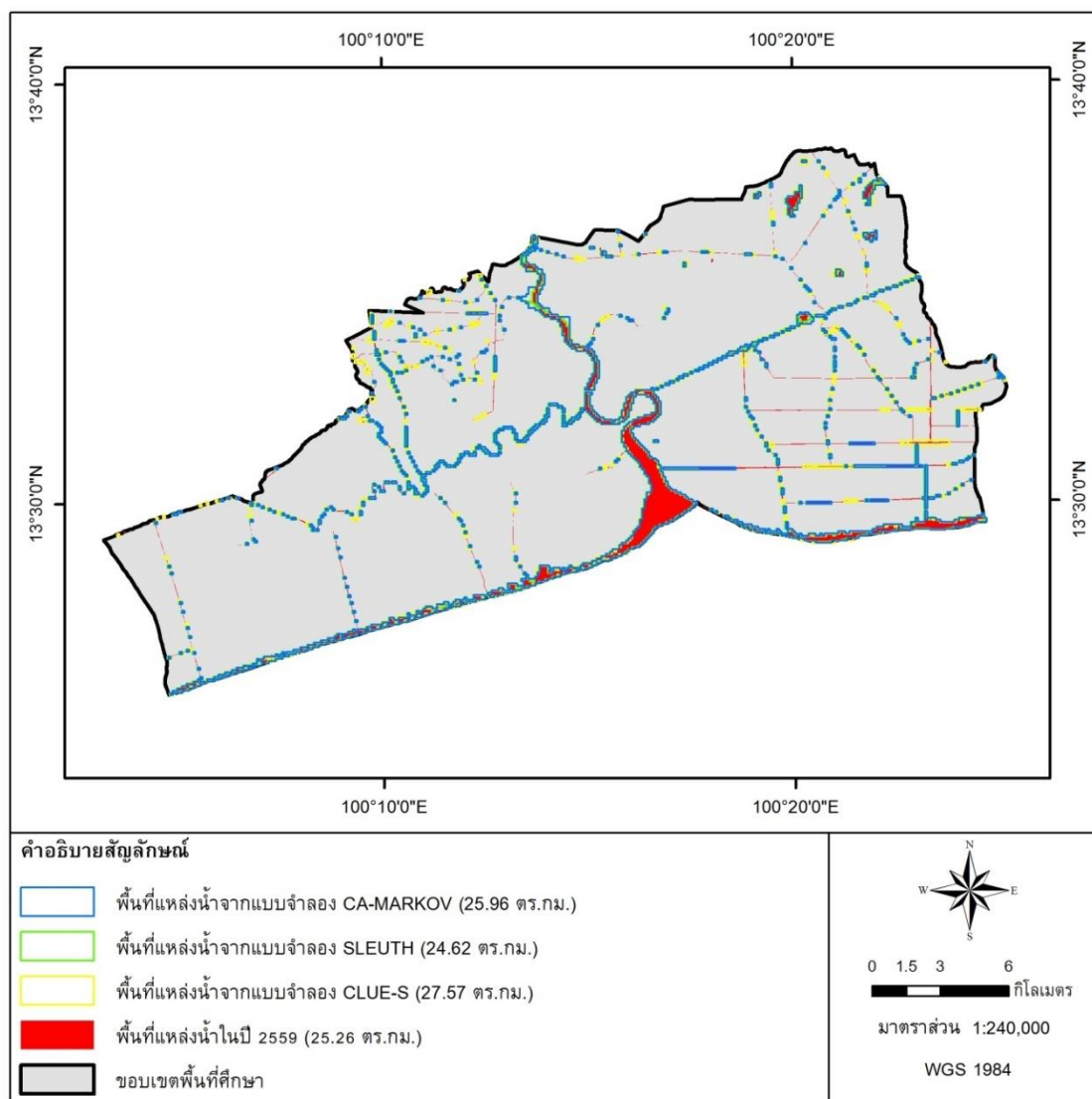


ภาพประกอบ 39 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่สิ่งปลูกสร้างอื่นๆที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง CLUE-S มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด แต่ยังคงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง

3.11 แหล่งน้ำธรรมชาติ

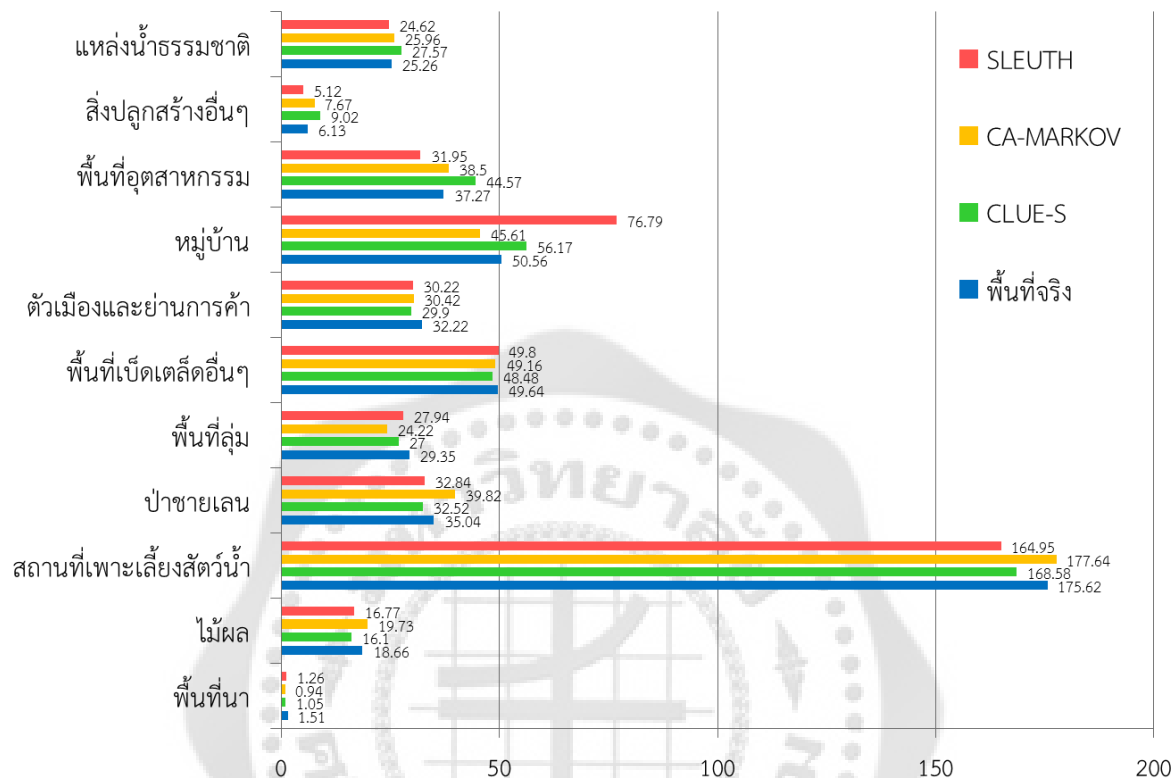
จากการศึกษาแหล่งน้ำธรรมชาติที่เป็นอยู่จริงในปัจจุบัน มีพื้นที่ทั้งหมด 25.26 ตารางกิโลเมตร แหล่งน้ำธรรมชาติที่ได้จากแบบจำลอง CA-MARKOV มีพื้นที่ 25.96 ตารางกิโลเมตร แบบจำลอง SLEUTH มีพื้นที่ 24.62 ตารางกิโลเมตร และแบบจำลอง CLUE-S มีพื้นที่ 27.57 ตารางกิโลเมตร และผลการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ที่สามารถแสดงได้ดังภาพประกอบ 40



ภาพประกอบ 40 แผนที่แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่แหล่งน้ำธรรมชาติที่ได้จากแบบจำลอง

จากรูปจะพบว่าผลของแบบจำลอง SLEUTH มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุด และมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง แบบจำลอง CLUE-S มีความใกล้เคียงน้อยที่สุด แต่ยังคงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกับพื้นที่จริง

จากการศึกษาข้างต้นสามารถนำข้อมูลทั้งหมดมาสรุปรวมกันและแสดงผลเป็นแบบแผนภูมิเพื่อเปรียบเทียบให้เห็นถึงความแตกต่างได้ดังภาพประกอบ 41



ภาพประกอบ 41 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองกับพื้นที่จริง

จากการศึกษาข้างต้นจะพบว่า ผลลัพธ์ของแบบจำลองที่มีความใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุดคือแบบจำลอง CA-MARKOV โดยมีประเภทรูปแบบการใช้ที่ดินที่ใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุดทั้งหมด 5 ประเภท แบบจำลอง SLEUTH ประเภทรูปแบบการใช้ที่ดินที่ใกล้เคียงกับพื้นที่จริงมากที่สุดทั้งหมด 6 ประเภท ในขณะที่แบบจำลอง CLUE-S นั้นมีความใกล้เคียงเป็นอันดับที่สองเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อวิเคราะห์ข้อผิดพลาดของแบบจำลอง โดยวิเคราะห์จากตำแหน่งที่แบบจำลองกำหนดให้ปรากฏการใช้ที่ดินประเภทนั้นๆเปรียบเทียบกับพื้นที่จริงแล้วพบว่าไม่ปรากฏการใช้ที่ดินดังกล่าวในพื้นที่จริง พบว่าแบบจำลองที่มีความผิดพลาดน้อยที่สุดคือแบบจำลอง CLUE-S และ CA-MARKOV โดยมีประเภทรูปแบบการใช้ที่ดินที่ผิดพลาดเพียง 2 ประเภท และแบบจำลอง SLEUTH ซึ่งมีประเภทรูปแบบการใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 3 ประเภทและมีความผิดพลาดที่สูงในรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้าน

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

การศึกษาการเทียบมาตรฐานแบบจำลองการขยายตัวของเมือง กรณีศึกษา อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครเพื่อเทียบความถูกต้องเชิงพื้นที่ของแบบจำลอง CA-MARKOV, CLUE-S และ SLEUTH โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินพ.ศ.2545 2550 2555 และ 2559 สามารถสรุปผลได้ดังนี้

1. การใช้ที่ดินของอำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสาครพ.ศ. 2559 มีลักษณะการใช้ที่ดินเป็นพื้นที่นา 1.51 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ไม้ผล 18.66 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ 175.64 ตารางกิโลเมตรป่าชายเลน 35.04 ตารางกิโลเมตรพื้นที่ลุ่ม 29.35 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ 49.64 ตารางกิโลเมตร ตัวเมืองและย่านการค้า 32.22 ตารางกิโลเมตร หมู่บ้าน 50.56 ตารางกิโลเมตร พื้นที่อุตสาหกรรม 37.27 ตารางกิโลเมตร สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ 6.13 ตารางกิโลเมตรและแหล่งน้ำธรรมชาติ 25.26 ตารางกิโลเมตร โดยการใช้ที่ดินที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้าน พื้นที่อุตสาหกรรม และสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ โดยเป็นพื้นที่ประเภทตัวเมืองทั้งหมด และมีรูปแบบการขยายตัวของเมืองเป็นไปตามทฤษฎีหลายศูนย์กลาง ซึ่งลักษณะรูปแบบการใช้ที่ดินต่างๆที่มีความสอดคล้องกันจะอยู่ใกล้กัน และมีการขยายของเมืองออกไปในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปตามเส้นทางถนนทางหลวงหมายเลข 35 และถนนทางหลวงหมายเลข 3242 เป็นการขยายตัวเข้าใกล้กับกรุงเทพมหานครมากขึ้น

2. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA-MARKOV เพื่อคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 พบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ได้โดยมี ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.19 เมื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงพบว่าแนวโน้มการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 7 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ลุ่ม พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ พื้นที่ประเภทตัวเมือง ย่านการค้า อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภท ไม้ผล ป่าชายเลน หมู่บ้าน และ แหล่งน้ำ โดยจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปทิศตรงกันข้ามกับความเป็นจริง และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลอง พบว่ามีความสอดคล้องกับการขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นจริง คือ มีการขยายของเมืองออกไปในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปตามเส้นทางถนนทางหลวงหมายเลข 35 และถนนทางหลวงหมายเลข 3242เข้าใกล้กับกรุงเทพมหานครมากขึ้น

3. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 พบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 ได้โดยมี ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.90 เมื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริง พบว่า แนวโน้มการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 9 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ หมู่บ้านพื้นที่อุตสาหกรรม และสิ่งปลูกสร้างอื่นๆ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 2 ประเภท ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า และ แหล่งน้ำ โดยจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปทิศตรงกันข้ามกับความเป็นจริง และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลอง พบว่ามีความสอดคล้องกับการขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นจริง คือ มีการขยายของเมืองออกไปในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปตามเส้นทางถนนทางหลวงหมายเลข 35 และถนนทางหลวงหมายเลข 3242 เข้าใกล้กับกรุงเทพมหานครมากขึ้น

4. การประยุกต์ใช้แบบจำลอง SLEUTH เพื่อคาดการณ์การขยายตัวของเมือง พ.ศ. 2559 พบว่าแบบจำลองสามารถคาดการณ์การขยายตัวของเมืองพ.ศ. 2559 ได้โดยมี ค่าความถูกต้องโดยรวมร้อยละ 80.01 เมื่อวิเคราะห์ความสอดคล้องของแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริง พบว่า แนวโน้มการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองมีความสอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 8 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ประเภทตัวเมืองและย่านการค้า หมู่บ้านและแหล่งน้ำ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ โดยจะมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปทิศตรงกันข้ามกับความเป็นจริง และเมื่อวิเคราะห์ลักษณะรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลอง พบว่ามีความสอดคล้องกับการขยายตัวของเมืองที่เกิดขึ้นจริง คือ มีการขยายของเมืองออกไปในทางทิศตะวันออกเฉียงเหนือ ไปตามเส้นทางถนนทางหลวงหมายเลข 35 และถนนทางหลวงหมายเลข 3242 เข้าใกล้กับกรุงเทพมหานครมากขึ้น

อภิปราย

แบบจำลอง CLUE-S สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้โดยมีค่าความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลองสูงที่สุดเป็นอันดับแรก ร้อยละ 80.90 เนื่องจากแบบจำลอง เนื่องจากแบบจำลอง CLUE-S ได้เปรียบในเรื่องของสมการของแบบจำลองที่ใช้ในการคำนวณ มีการคำนวณถึงความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของการใช้ที่ดินกับปัจจัยต่างๆ และเมื่อพิจารณาความสอดคล้องของแนวโน้มการใช้ที่ดิน พบว่ามีรูปแบบการใช้ที่ดินที่สอดคล้องกับการใช้ที่ดินในพื้นที่จริงถึง 9 ประเภท โดยส่วนใหญ่จะเป็นพื้นที่เกษตรกรรม เช่น พื้นที่นา ไม้ผล และสถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ แต่การใช้ที่ดินประเภทตัวเมืองและย่านการค้า กลับมีพื้นที่ลดลง และการใช้ที่ดินประเภทแหล่งน้ำ กลับมีพื้นที่เพิ่มขึ้นและเมื่อวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่พบว่าแบบจำลอง CLUE-S มีการแสดงผล

การใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 2 ประเภท ได้แก่ ตัวเมืองและย่านการค้า และ ป่าชายเลน ซึ่งมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย โดยสามารถคิดเป็นพื้นที่ความแตกต่างได้ 2.32 ตารางกิโลเมตร และ 2.52 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CLUE-S จะมีประสิทธิภาพในการคาดการณ์การใช้ที่ดินประเภทเกษตรกรรมและพื้นที่เบ็ดเตล็ดมากกว่าพื้นที่อื่นๆ

แบบจำลอง CA-MARKOV สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้โดยมีความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลองเป็นอันดับที่สอง ซึ่งมีความถูกต้องร้อยละ 80.19 เนื่องจากแบบจำลอง CA-MARKOV จะวิเคราะห์อัตราและแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในช่วงเวลาต่างๆ และให้ความสำคัญกับพื้นที่รอบข้าง ซึ่งสอดคล้องกับรูปการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษา และเมื่อพิจารณาความสอดคล้องของแนวโน้มการใช้ที่ดิน พบว่ามีรูปแบบการใช้ที่ดินที่สอดคล้องกับการใช้ที่ดินในพื้นที่จริง 7 ประเภท โดยเป็นพื้นที่ประเภทพื้นที่นา สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ พื้นที่ลุ่ม พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ พื้นที่ประเภทตัวเมือง ย่านการค้า อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 4 ประเภท ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทไม้ผล ป่าชายเลน หมู่บ้าน และ แหล่งน้ำ โดยที่พื้นที่ไม้ผล ป่าชายเลน และแหล่งน้ำกลับมีพื้นที่เพิ่มขึ้น และ พื้นที่หมู่บ้าน กลับมีพื้นที่ลดลงและเมื่อวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่พบว่าแบบจำลอง CA-MARKOV มีการแสดงผลการใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 2 ประเภท ได้แก่ พื้นที่นา และ พื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งมีความผิดพลาดเพียงเล็กน้อย โดยสามารถคิดเป็นพื้นที่ความแตกต่างได้ 0.57 ตารางกิโลเมตร และ 0.48 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับซึ่งแสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง CA-MARKOV จะมีประสิทธิภาพในการคาดการณ์การใช้ที่ดินกับ พื้นที่ลุ่ม และพื้นที่เมืองและย่านการค้า

แบบจำลอง SLEUTH สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้โดยมีความถูกต้องโดยรวมของแบบจำลองเป็นอันดับที่สาม ซึ่งมีความถูกต้องร้อยละ 80.01 เนื่องจากสมการและปัจจัยของแบบจำลอง SLEUTH จะให้ความสำคัญกับเส้นทางคมนาคม ความชัน และพื้นที่เมืองเป็นอันดับแรก ซึ่งสอดคล้องกับรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินของพื้นที่ศึกษา ที่ซึ่งการขยายตัวของเมืองจะไปตามเส้นทางถนนเป็นหลัก และเมื่อพิจารณาความสอดคล้องของแนวโน้มการใช้ที่ดิน พบว่ามีรูปแบบการใช้ที่ดินที่สอดคล้องกับการใช้ที่ดินในพื้นที่จริง 8 ประเภท โดยเป็นพื้นที่ประเภทพื้นที่นา ไม้ผล สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลน พื้นที่ลุ่ม พื้นที่ประเภทตัวเมืองและ ย่านการค้า หมู่บ้าน และแหล่งน้ำ การใช้ที่ดินที่ไม่สอดคล้องกับความเป็นจริงทั้งหมด 3 ประเภท ได้แก่ การใช้ที่ดินประเภทพื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆ โดยที่พื้นที่เบ็ดเตล็ดอื่นๆ กลับมีพื้นที่เพิ่มขึ้น และ พื้นที่อุตสาหกรรม และ สิ่งปลูกสร้างอื่นๆกลับมีพื้นที่ลดลงเล็กน้อย และเมื่อวิเคราะห์โดยการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่พบว่าแบบจำลอง SLEUTH มีการแสดงผลการใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 3 ประเภท ได้แก่ ไม้ผล พื้นที่เบ็ดเตล็ด และหมู่บ้าน และมีความผิดพลาดอย่างเห็นได้ชัดในการใช้ที่ดินประเภทหมู่บ้านซึ่งมีพื้นที่แตกต่างกับสภาพความเป็นจริงถึง 26.23 ตารางกิโลเมตร แสดงให้เห็นว่าแบบจำลอง SLEUTH จะมีประสิทธิภาพในการคาดการณ์การใช้ที่ดินกับพื้นที่นา ป่าชายเลน และพื้นที่เมืองและย่านการค้า

ค่าความถูกต้องและรูปแบบการขยายตัวของเมืองที่ได้จากแบบจำลองทั้ง 3 ชนิด มีความใกล้เคียงกัน เนื่องจากแบบจำลองมีพื้นฐานวิธีการวิเคราะห์ของแบบจำลองที่เหมือนกัน คือวิเคราะห์จากพื้นที่การใช้ที่ดินที่แตกต่างกัน 2 ช่วงเวลาขึ้นไป และทำการจำลองการใช้ที่ดินในอนาคตขึ้นมา โดยอ้างอิงจากรูปแบบการใช้ที่ดินช่วงเวลาสุดท้ายก่อนการวิเคราะห์ สิ่งที่แตกต่างกันคือสมการที่ใช้ในการวิเคราะห์ จะเห็นได้ว่าแบบจำลอง CLUE-S มีข้อได้เปรียบสูงสุดเนื่องจากแบบจำลองมีการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของการใช้ที่ดินกับปัจจัยต่างๆ ในขณะที่แบบจำลอง CA-MARKOV จะวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของพื้นที่การใช้ที่ดินบริเวณรอบข้าง และแบบจำลอง SLEUTH จะให้ความสำคัญกับการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของรูปแบบการใช้ที่ดินประเภทเมืองกับปัจจัยด้านเส้นทางคมนาคมและความลาดชัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงของพื้นที่ศึกษาพบว่ามีความสัมพันธ์กับปัจจัยต่างๆ เช่น ตัวเมืองจะขยายตัวไปตามทิศทางถนน แหล่งน้ำ และจะมีพื้นที่น้อยลงเมื่อห่างไกลจากถนน และแหล่งน้ำ ส่วนพื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำจะอยู่ใกล้กับทะเลและอยู่ในพื้นที่ความลาดชันต่ำ และจะมีพื้นที่ลดลงเมื่ออยู่ห่างจากทะเลและความลาดชันสูงขึ้นทำให้แบบจำลอง CLUE-S ค่าความถูกต้องมากกว่าแบบจำลอง CA-MARKOV และ SLEUTH และเมื่อวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงใช้ที่ดิน และการเปรียบเทียบเชิงพื้นที่ทำให้พบว่าแบบจำลองที่มีความถูกต้องโดยรวมมากที่สุดคือแบบจำลอง CLUE-S ซึ่งมีความสอดคล้องของแนวโน้มการใช้ที่ดิน 9 ประเภท และการแสดงผลการใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 2 ประเภท ในขณะที่แบบจำลอง CA-MARKOV มีความสอดคล้องของแนวโน้มการใช้ที่ดิน 7 ประเภท และการแสดงผลการใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 2 ประเภท และแบบจำลอง SLEUTH มีความสอดคล้องของแนวโน้มการใช้ที่ดิน 8 ประเภท และการแสดงผลการใช้ที่ดินที่ผิดพลาด 3 ประเภท

ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม พ.ศ. 2559 ควรมีการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ที่ดิน เนื่องจากพื้นที่การใช้ที่ดินประเภท สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและแหล่งน้ำ พื้นที่ชุมชนและพื้นที่อุตสาหกรรมมีค่าการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งอาจส่งผลต่อความถูกต้องของแผนที่การใช้ที่ดินพ.ศ. 2559 ที่ใช้เป็นตัวชี้วัดความถูกต้องของแบบจำลองการขยายตัวของเมือง
2. การศึกษาการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองโดยใช้แบบจำลอง ควรมีการเทียบมาตรฐานของแบบจำลองต่างๆ เพื่อให้สามารถนำแบบจำลองที่มีความถูกต้องมากที่สุด ไปใช้ในการศึกษาการคาดการณ์การขยายตัวของเมืองได้อย่างมีประสิทธิภาพ



บรรณานุกรม

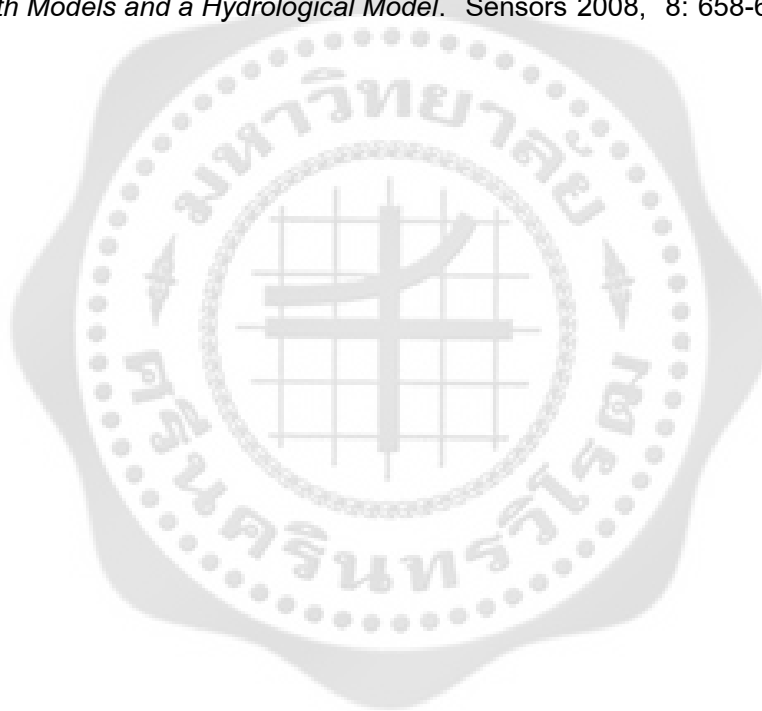
- กฎกระทรวงให้ใช้บังคับผังเมืองรวมเมืองสมุทรสาคร พ.ศ. 2550. (2550, 6 ธันวาคม). ราชกิจจานุเบกษาเล่ม 124 ตอนที่ 88 ก.
- กรมการปกครอง. (2557). จำนวนประชากรประเทศไทย. สำนักงานทะเบียนกลาง. สืบค้นเมื่อ 4 กันยายน 2558. จาก http://stat.dopa.go.th/stat/statnew/upstat_age_disp.php.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดสมุทรสาคร พ.ศ. 2545 2550 และ 2555. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมพัฒนาที่ดิน. (2559). ข้อมูลขอบเขตการปกครอง. กรุงเทพฯ: กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กฤษ เพิ่มทันจิตต์. (2536). ทฤษฎีและแนวความคิดเกี่ยวกับกระบวนการเกิดเป็นเมือง. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ บริษัท ศรีเอทีพี พับลิชชิ่ง จำกัด.
- ฉัตรชัย โคตพันธ์. (2555). การใช้แบบจำลอง CLUE-S เพื่อคาดคะเนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่จังหวัดศรีสะเกษ. ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ฉัตรชัย พงศ์ประยูร. (2527). ภูมิศาสตร์เมือง. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ. (2548). แบบจำลองเพื่อศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเล อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรสิ่งแวดล้อม). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วสันต์ ออวัฒนา. (2555). การคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินจังหวัดภูเก็ต. วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- วิลาวัณย์ ภมรสวรรณ. (2551). แนวคิดเกี่ยวกับการตั้งถิ่นฐานของมนุษย์และเอกลักษณ์ชุมชน. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ศูนย์วิจัยภูมิสารสนเทศเพื่อประเทศไทย. (2555). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2558. จาก <http://www.gisthai.org/v2/index.php/2015-02-04-07-56-20/2015-02-04-08-53-13/2015-02-04-08-55-33>.
- เศรษฐพงศ์ มะลิสุวรรณ. (2554). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: GIS. สืบค้นเมื่อ 22 ตุลาคม 2558. จาก <http://www.vcharkarn.com/varticle/42182>
- สรศักดิ์ กลิ่นดาว. (2542). ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์: หลักการเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สำนักงานจังหวัดสมุทรสาคร. (2557). แผนพัฒนาจังหวัด 4 ปี (พ.ศ. 2557 – 2560) ฉบับทบทวนใหม่ (รอบปี พ.ศ. 2560). จังหวัดสมุทรสาคร: สำนักงานจังหวัดสมุทรสาคร.

- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีและสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย. (2552). *ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์*. กรุงเทพฯ: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน).
- สำนักงานสถิติแห่งชาติ. (2556). *สถิติประชากรจังหวัดสมุทรสาคร*. สืบค้นเมื่อ 13 ธันวาคม 2558. จาก http://service.nso.go.th/nso/nso_center/project/search_center/23project-th.htm.
- สิรานี มีบุญล้ำ. (2556). *รูปแบบการขยายตัวของเมือง*. สืบค้นเมื่อ 8 กรกฎาคม 2557. จาก http://siraneegmailcom.blogspot.com/2013_05_01_archive.html.
- Baoying Ye; & Zhongke Bai. (2008). *Simulating Land use/cover change of Nenjiang country based on CA-MARKOV model*. IFIP International Federation for Information Processing. Volume 258: 321-329.
- Bylund E. (1960). *Theoretical consideration regarding the distribution of settlements in inner north Sweden*. Geografika anoler, 42: 225-231.
- Centre for Remote Imaging Sensing and Processing. (2014). *Remote Sensing Tutorial*. สืบค้นเมื่อ 15 มิถุนายน 2557. จาก <https://crisp.nus.edu.sg/~research/tutorial/intro.htm>.
- Chapin FS Jr.; & Kaiser EJ. (1979). *Urban Land Use Planning*. University of Illinois Press Urbana. Chicago and London.
- Chauncy D. Harris; & Edward L. Ullman. (1945). *The Nature of Cities*. The ANNALS of the American Academy of Political and Social Science. November 1945, 242: 7-17.
- Chorley R J; & Haggett P. (1967). *Models in geography*. London: Methuen. Progress in Human Geography. 30 January 2006. P: 107-113.
- Constantinos A. Doxiadis. (1968). *Ekistics: An introduction to the science of human settlements*. Oxford University. Newyork. England.
- Cui Fu-quan; Xu Xin-liang; & Sun Xi Hua. (2012). *Simulation and prediction of urban spatial expansion in Shanghai: A comparison of multiple models*. cje. 2012.31(10): 2703-2708.
- D F Wagner. (1997). *Cellular Automata and Geographic Information Systems*. Environment and Planning B Planning and Design. April 1997. vol. 24. no. 2 : 219-234.
- Ernest W. Burgess. (1925). *The Growth of the City: An Introduction to a Research Project*. University of Chicago Press. pp. 47-62.

- Fedra K.; & Feoli E. (1998). *GIS technology and spatial analysis in coastal zone management*. Integrated Coastal Zone Management. Environmental Software and Services GmbH, Austria.
- G. Chaudhuri; & Keith C. Clarke. (2013). *The SLEUTH Land Use Change Model: A Review*. The International Journal of Environmental Resources Research. Vol. 1.No. 1 : 89-104.
- Geospatial Innovation Facility. (2008). *RS/GIS Quick Start Guides*. (Course Materials). สืบค้นเมื่อ 10พฤษภาคม 2557. จาก <http://gif.berkeley.edu/documents/Landsat%20Band%20Information>.
- He Chunyang; et al. (2006). *Modeling urban expansion scenarios by coupling cellular automata model and system dynamic model in Beijing, China*. Disaster Prevention Research Institute. Kyoto University. Gokasho. Uji. Kyoto. Japan.
- Hu Yecui; Zheng Yunmei; & Zheng Xinqi. (2013). *Simulation of Land-use Scenarios for Beijing Using CLUE-S and Markov Composite Models*. Chin. Geogra. Sci. Vol. 23.No. 1: 92-100.
- Internet Geography. (2013). *Urban Landuse Models*. สืบค้นเมื่อ 15มิถุนายน2557.จาก <http://www.geography.learnontheinternet.co.uk/topics/landusemodels.html>.
- KantaKumar N Lakshmi; Sawant G Nikhil; & Kumar Shamita. (2011). *Forecasting urban growth based on GIS, RS and SLEUTH model in Pune metropolitan area*. International Journal of Geomatics and Geosciences. Vol. 2. No 2: 568-579.
- Keith C. Clarke. (2002). *Calibration of the SLEUTH urban growth model for Lisbon and Porto, Portugal*, Computers, Environment and Urban Systems. 26: 525–552.
- Lizhong Hua; et al. (2009). *Simulating Urban Growth Using the SLEUTH Model in a Coastal Peri-Urban District in China*. Sustainability. 6: 3899-3914.
- Narimah Samat. (2009). *Integrating GIS And CA-MARKOV Model In Evaluating Urban Spatial Growth*. Malaysian Journal of Environmental Management. 10(1) :84-99.
- Nnyaladzi Batisani; & Brent Yarnal. (2009). *Urban expansion in Centre County, Pennsylvania: Spatial dynamics and landscape transformations*. Applied Geography. 29: 235-249
- Peter Verburg. (2004). *The CLUE Modelling Framework*. (Course material). Institute for Environmental Studies. University Amsterdam.

- Praveen Subedi; Kabiraj Subedi; & Bina Thapa. (2013). *Application of a Hybrid Cellular Automaton – Markov (CA-MARKOV) Model in Land-Use Change Prediction: A Case Study of Saddle Creek Drainage Basin, Florida*. Applied Ecology and Environmental Sciences. Vol. 1. No. 6: 126-132.
- Qi Lingrui. (2012). *Urban Land Expansion Model based on SLEUTH, a Case Study in Urban Land Expansion Model based on SLEUTH*. Master degree thesis. Department of Physical Geography and Ecosystems Science. Lund University. Sweden.
- Rafiee Reza; et al. (2009). *Simulating urban growth in Mashad City, Iran through the SLEUTH model (UGM)*. Cities 26: 19–26.
- Ray M. Northam. (1979). *Urban Geography*. John Wiley & Sons Inc. April 1979.
- Singh Anuj Kumar. (2003). *Modelling Land Use Land Cover Changes using Cellular Automata in a Geo-spatial Environment*. M.S. thesis, International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede, The Netherlands.
- Stanley D. Brunn; & Jack Williams. (1983). *Cities of the world: world regional development*. New York: Harper & ROW.
- Stephen V. Stehman. (1997). *Selecting and interpreting measures of thematic classification accuracy*. Remote Sensing of Environment. Vol. 62: 77-89.
- Thomas Lillesand; & Ralph W. Kiefer. (2014). *Remote Sensing and Image Interpretation*. John Wiley and Sons, Inc. Toronto.
- Tommaso Toffoli; & Norman Margolus. (1987). *Cellular Automata Machine: A New Environment for Modelling*. The MIT Press Cambridge. Massachusetts. London. England.
- United States Environmental Protection Agency. (2000). *Projecting Land-Use Change: A Summary of Models for Assessing the Effects of Community Growth and Change on Land-Use Patterns*. EPA/600/R-00/098. U.S. Environmental Protection Agency. Office of Research and Development. Cincinnati. OH. 260 pp.
- U.S. Geological Survey. (1996). *Project Gigalopolis: The SLEUTH Overview*. สืบค้นเมื่อ 10 พฤษภาคม 2557. จาก <http://www.ncgia.ucsb.edu/projects/gig/About/about.html>.
- U.S. Geological Survey. (2016). *ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat พ.ศ. 2559*. สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2559. จาก <http://earthexplorer.usgs.gov/>.
- United Nations. (1974). *Manual VIII. Methods for projections of urban and rural population*. United Nations publication.

- Vliet van Jasper; White Roger; & Dragicevic Suzana. (2009). *Modeling urban growth using a variable grid cellular automaton*. Computers, Environment and Urban Systems. 33: 35-43.
- Wen Yuming;Khosrow Shahram; & Heitz F Leroy. . (2009). *Land cover change of watersheds in Southern Guam from 1973 to 2001*. Environmental Monitoring and Assessment. 179: 521-529
- Xu Linyu; et al. (2013). *Land-Use Planning for Urban Sprawl Based on the CLUE-S Model: A Case Study of Guangzhou, China*. Entropy. 15: 3490-3506.
- Yu-Pin Lin; et al. (2008). *Monitoring and Predicting Land-use Changes and the Hydrology of the Urbanized Paochiao Watershed in Taiwan Using Remote Sensing Data, Urban Growth Models and a Hydrological Model*. Sensors 2008, 8: 658-680.





ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ สกุล	นายกล้าป์ กลับแสง
วัน/เดือน/ปี เกิด	20 พฤษภาคมพ.ศ.2532
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	5 ซอยสุขสวัสดิ์ 38 แขวงบางปะกอก เขตราชบุรีบูรณะ กรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550	ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย จากโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2554	วิทยาศาสตรบัณฑิต (ภูมิศาสตร์) คณะสังคมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร
พ.ศ. 2559	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ) คณะสังคมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร