



การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในการคำนวณอัตราการไหล
ของน้ำท่าสูงสุด

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO PREDICT LANDUSE
CHANGE FOR MAXIMUM FLOW RATE CALCULATION

ยุทธนา ชาวนา

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2561

การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในการคำนวณ
อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด



ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ปีการศึกษา 2561
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO PREDICT
LANDUSE CHANGE FOR MAXIMUM FLOW RATE CALCULATON



A Thesis Submitted in partial Fulfillment of Requirements
for MASTER OF SCIENCE (Geoinformatics)
Faculty of Social Sciences Srinakharinwirot University

2018

Copyright of Srinakharinwirot University

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในการคำนวณอัตราการไหล
ของน้ำท่าสูงสุด
ของ
ยุทธนา ชาวนา

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศ
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ นายแพทย์ฉัตรชัย เอกปัญญาสกุล)

คณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์

..... ที่ปรึกษาหลัก	 ประธาน
(อาจารย์ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกลิลาศ)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์)
..... ที่ปรึกษาร่วม	 กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร)	(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร นิพิฐวิทยา)

ชื่อเรื่อง	การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด
ผู้วิจัย	ยุพธนา ชาวนา
ปริญญา	วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต
ปีการศึกษา	2561
อาจารย์ที่ปรึกษา	อาจารย์ ดร. ธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาศ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ร่วมกับการรับรู้ระยะไกล เพื่อแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยการจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมและใช้กฎ การตัดสินใจเพื่อจำแนกข้อมูลภาพแบบ Maximum likelihood ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov จำแนกการ เปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ.2549 พ.ศ.2554 พ.ศ.2559 ประเมินความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความ ผิดพลาด และคาดการณ์การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2569 นำมาคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด โดยวิธี Rational Method ในพื้นที่รับน้ำ ต.สัดหีบ อ.สัดหีบ จ.ชลบุรี ใช้ปัจจัยต่างๆ หาค่าตัวแปรในการคำนวณ ได้แก่ ค่า สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) ค่าความเข้มปริมาณน้ำฝน (I) และขนาดพื้นที่รับน้ำ (A) ผลการศึกษา พบว่า การใช้ที่ดิน พ.ศ.2549 พื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ร้อยละ 59.49, 23.92, 13.56, 3.03 ตามลำดับ การใช้ที่ดิน พ.ศ.2554 มีพื้นที่ร้อยละ 60.33, 23.08, 10.82, 5.77 ตามลำดับ การใช้ ที่ดิน พ.ศ. 2559 มีพื้นที่ร้อยละ 63.43, 25.74, 5.66, 5.17 ตามลำดับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2549 ถึง พ.ศ.2559 พื้นที่ชุมชน พื้นที่อื่นๆและพื้นที่ป่าเพิ่มขึ้น 0.387 (6.60%), 0.211 (70.80%), 0.18 (7.64%) ตร.กม. ส่วนพื้นที่เกษตรกรรม ลดลง 0.778 ตร.กม. (58.27%) การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดิน พ.ศ.2569 พื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่า พื้นที่อื่นๆและพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ 6.497 (65.82%), 2.539 (25.80%), 0.435 (4.42%), 0.390 (3.96%) ตร.กม. ตามลำดับ ปัจจัยการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด พบว่า ค่า สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) พ.ศ.2549, พ.ศ.2554, พ.ศ.2559, พ.ศ.2559 จากแบบจำลองและ พ.ศ.2569 มีค่า 0.456, 0.459, 0.472, 0.462, 0.481 ตามลำดับ ค่าความเข้มของน้ำฝน (I) ในรอบการเกิดซ้ำ 25 ปี ,เท่ากับ 155 มม./ชม. ,อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด, พ.ศ.2549 พ.ศ.2554 พ.ศ.2559 พ.ศ.2559 จาก แบบจำลองและพ.ศ.2569 เท่ากับ 193.41, 194.68, 200.19, 195.95, 204.01 ลบ.ม./วินาที จากข้อมูลพบว่า สามารถนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาช่วยศึกษาด้านการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดให้มีความ ถูกต้องมากขึ้นและสามารถนำผลการวิเคราะห์ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาออกแบบระบบระบายน้ำที่ เหมาะสมและเพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ : ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์, การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน, แบบจำลอง CA-Markov, วิธี Rational Method, พื้นที่รับน้ำ, อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

Title	APPLICATION OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM TO PREDICT LANDUSE CHANGE FOR MAXIMUM FLOW RATE CALCULATON
Author	YUTTHANA CHAONA
Degree	MASTER OF SCIENCE
Academic Year	2018
Thesis Advisor	Dr. Teerawate Limgomonvilas , Ph.D.

This research studies land use and changing trends in land use by using Geographic Information Systems with Remote Sensing technology to classify satellite imagery data. The use of the land from 2006 to 2016 were classified by supervised classification, the maximum likelihood classifier decision rule and the accuracy validation model using the Error matrix and applied with the CA-Markov model to predict trends in land use in 2026. The result was the verification of the maximum flow rate by Rational method in the Sattahip catchment area (9.843 km²) in Sattahip, Chonburi Province. The determination of the runoff coefficient required land use, soil type and slope data. Rainfall intensity requires rainfall intensity data, the lengths of rivers and the different elevations in the area. The size of catchment area was analyzed by the Digital Elevation Model (DEM). The land use changes between 2006 and 2016 found that urban, miscellaneous, and forest areas slightly increased : 0.387 (6.60%), 0.211 (70.80%), and 0.180 (7.64%) km², respectively. While agricultural areas were highly decreased 0.778 km² (58.27%). In 2026, the prediction of land use, including urban land, forests, miscellaneous and agriculture areas were 6.479 (65.82%), 2.539 (25.80%), 0.435 (4.42%), 0.390 (3.96%) km², respectively. These factor were use to calculation maximum flow rate. In 2006, 2011, 2016, 2016 from model and 2026. The runoff coefficients (C) were 0.456, 0.459, 0.472, 0.462 and 0.481. The rainfall intensity (I) in the 25th recurrence cycle was 155 mm/h. The maximum flow rate, were 193.41, 194.68, 200.19, 195.95 and 204.01 m³/s, respectively. This research found that the geographic information systems can be use to support the determination of water quantity which may occurs in the future

Keyword : Geographic Information Systems, Land use changes, CA-Markov model, Rational method, Catchment area, Maximum flow rate

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี อันเนื่องมาจากผู้มีอุปการคุณหลายท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ ผู้วิจัยจึงขอขอบคุณบุคคลสำคัญทุกท่านดังต่อไปนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ ดร.ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และอาจารย์ ดร.สถาพร มนต์ประภัสสร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้ความรู้ คำปรึกษา ชี้แนะแนวทางในการทำวิจัย ตรวจสอบความถูกต้องและแก้ไขข้อผิดพลาด และขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สัญญา สราภิรมย์และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรีย์พร นิพิฐวิทยา ที่สละเวลาอันมีค่าเป็นคณะกรรมการสอบปากเปล่าและให้คำแนะนำสำหรับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงขอขอบคุณอาจารย์และเจ้าหน้าที่ประจำภาควิชาภูมิศาสตร์ทุกท่าน ที่สั่งสอนวิชาความรู้และเรื่องทั่วไปที่เป็นประโยชน์สำหรับการศึกษา

ขอขอบคุณ ดร.กฤษณ แยมพลอย ผู้อำนวยการส่วนสำรวจและวิเคราะห์ทางธรณีวิทยา และพี่ๆ เพื่อนๆ น้องๆ กรมทางหลวง ที่ให้คำปรึกษา สั่งสอนและสนับสนุน จนสำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กรมชลประทานและกรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูล รวมถึงคำแนะนำต่างๆ

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณ พ่อ แม่ รวมถึงสมาชิกในครอบครัวและญาติๆ ที่เป็นแรงใจในการทำวิจัยในครั้งนี้

ยุทธนา ชาวนา

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง.....	ฅ
สารบัญรูปภาพ	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย	2
ความสำคัญของการวิจัย	2
ขอบเขตของการวิจัย	2
1. ขอบเขตด้านพื้นที่.....	2
2. ขอบเขตเนื้อหา.....	2
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา	5
2.1.1 ลักษณะที่ตั้งและขอบเขตการปกครอง	5
2.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ	5
2.1.3 ลักษณะอุณหภูมิ.....	6
2.1.4 ลักษณะภูมิประเทศ.....	6
2.1.5 จำนวนประชากร	6

2.1.6 กลุ่มดิน	6
2.2 การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	8
2.2.1 การใช้ที่ดิน	8
2.2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน.....	8
2.3. การสำรวจระยะไกล	9
2.3.1 ความหมายการสำรวจระยะไกล.....	9
2.3.2 กระบวนการของการสำรวจระยะไกล	10
2.3.3 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	11
2.4 การแปลตีความและประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม	13
2.4.1 การจำแนกข้อมูลด้วยสายตา	13
2.4.2 การประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (Image Processing).....	14
2.4.3 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)	15
2.4.4 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)	16
2.4.5 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification)	17
2.4.6 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพ (Classification Decision Rules).....	17
2.4.7 การปรับแก้ข้อมูลหลังการจำแนกประเภทข้อมูล (Post processing).....	18
2.5 ดาวเทียม LANDSAT	18
2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม	21
2.7 การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกล.....	22
2.8 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	23
2.8.1 ความหมายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	23
2.8.2 องค์ประกอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	24
2.8.3 การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศ.....	25

2.9	แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA-Markov	25
2.9.1	แบบจำลอง Markov Chain (CA)	26
2.9.2	แบบจำลองเซลลูลาอโตมาตา (Cellular Automata Model)	27
2.9.3	แบบจำลอง CA-Markov	28
2.9.4	การประเมินค่าความถูกต้อง (Accuracy Assessment)	30
2.9.5	การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA-Markov	31
2.10.	พื้นที่รับน้ำและการวิเคราะห์หัตถการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method....	32
2.10.1	ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์หัตถการไหลของน้ำท่าสูงสุด	32
2.10.2	การวิเคราะห์หัตถการไหลสูงสุดของน้ำท่าโดยวิธี Rational Method	35
2.10.3.	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	40
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	43
3.1	ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา.....	43
3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา	44
3.2.1	อุปกรณ์	44
3.2.2	โปรแกรมคอมพิวเตอร์	44
3.3.	การเก็บรวบรวมข้อมูล	44
3.3.1.	การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น	44
3.3.2.	สำรวจพื้นที่จริง	44
3.4.	การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล.....	45
3.4.1	การสำรวจระยะไกล	45
3.4.2	ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์.....	46
3.4.3	แบบจำลอง CA-Markov	46
3.4.4	การตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง CA-Markov	47

3.4.5 การวิเคราะห์อัตราการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยวิธี Rational Method	49
บทที่ 4 ผลการศึกษา	51
4.1 ลักษณะการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม.....	51
4.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน	59
4.3 การศึกษาการคาดการณ์การใช้ที่ดิน.....	62
4.4 ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง.....	63
4.5 การคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2569	64
4.6 การวิเคราะห์อัตราการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม.....	64
4.7 ผลการคำนวณอัตราการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม.....	66
4.8 ผลการเปรียบเทียบข้อมูล	66
บทที่ 5 สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ.....	68
สรุปผล.....	68
อภิปราย.....	71
ข้อเสนอแนะ	74
บรรณานุกรม	75
ภาคผนวก.....	80
ประวัติผู้เขียน.....	87

สารบัญตาราง

	หน้า
ตาราง 1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับที่ 1 ของกรมพัฒนาที่ดิน.....	9
ตาราง 2 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคุณสมบัติ	12
ตาราง 3 คุณลักษณะเฉพาะของดาวเทียม LANDSAT	20
ตาราง 4 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่น ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI.....	21
ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน สำหรับสูตร Rational Method	41
ตาราง 6 การประเมินค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด	47
ตาราง 7 ปัจจัยที่นำไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ	50
ตาราง 8 ประเภทการใช้ที่ดิน.....	51
ตาราง 9 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่าย ปี 2549	58
ตาราง 10 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่าย ปี 2554	58
ตาราง 11 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่าย ปี 2559	58
ตาราง 12 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2549 – 2554.....	60
ตาราง 13 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2554 – 2559.....	61
ตาราง 14 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2549 – 2559.....	62
ตาราง 15 เปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองและการแปลภาพถ่าย พ.ศ. 2559	63
ตาราง 16 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง.....	63
ตาราง 17 ประเภทการใช้ที่ดินและพื้นที่การใช้ที่ดิน	65
ตาราง 18 ผลการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด	66

สารบัญรูปภาพ

หน้า

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
ภาพประกอบ 2 แสดงพื้นที่ศึกษา	7
ภาพประกอบ 3 แสดงพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลแบบจำลองเชิงเลข (DEM)	7
ภาพประกอบ 4 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า.....	11
ภาพประกอบ 5 ลักษณะของเซลล์รอบข้างตามแนวคิดของ Neumann และ Moore ตามลำดับ. 28	
ภาพประกอบ 6 ตำแหน่งของเซลล์แวดล้อมทั้ง 8 หรือ 3x3 Neighborhood	29
ภาพประกอบ 7 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเซลล์ และเซลล์ล้อมรอบ	30
ภาพประกอบ 8 ลมมรสุมและทางเดินพายุที่ผ่านประเทศไทย.....	35
ภาพประกอบ 9 กราฟ Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves (IDF Curve)	38
ภาพประกอบ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวของทางน้ำ (L) และระดับความสูงที่แตกต่าง ของพื้นที่ (H) กับค่า Time of Concentration (Tc).....	39
ภาพประกอบ 11 ขั้นตอนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี ปี พ.ศ. 2559	48
ภาพประกอบ 12 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2549.....	53
ภาพประกอบ 13 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2554.....	54
ภาพประกอบ 14 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2559.....	55
ภาพประกอบ 15 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2549 จากการผสมสี.....	56
ภาพประกอบ 16 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2554 จากการผสมสี.....	56
ภาพประกอบ 17 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2559 จากการผสมสี.....	57
ภาพประกอบ 18 การคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ.2569.....	64
ภาพประกอบ 19 เปรียบเทียบข้อมูลอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด.....	67

ภาพประกอบ 20 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ชุมชน1)	80
ภาพประกอบ 21 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ชุมชน2)	80
ภาพประกอบ 22 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่อื่นๆ1)	81
ภาพประกอบ 23 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่อื่นๆ2)	81
ภาพประกอบ 24 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่เกษตรกรรม1)	82
ภาพประกอบ 25 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่เกษตรกรรม2)	82
ภาพประกอบ 26 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ป่า1).....	83
ภาพประกอบ 27 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ป่า1).....	83
ภาพประกอบ 28 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง พ.ศ.2549 – พ.ศ.2554.....	84
ภาพประกอบ 29 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง พ.ศ.2554 – พ.ศ.2559.....	85
ภาพประกอบ 30 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559.....	86

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

ปัญหาอุทกภัย เป็นปัญหาที่มักเกิดเป็นประจำ สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชน ตลอดจนสร้างความเสียหายต่อโครงสร้างการคมนาคม เช่น ถนน ทางรถไฟ เป็นต้น สาเหตุของปัญหาดังกล่าวเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ ปริมาณน้ำฝนมากผิดปกติ การตัดไม้ทำลายป่า การบุกรุกแม่น้ำลำคลองและการก่อสร้างระบบคมนาคม (ถนน ทางรถไฟ) ขวางเส้นทางการไหลของน้ำ เป็นต้น ระบบคมนาคมแม้ว่าจะเป็นโครงสร้างที่ช่วยพัฒนาความเจริญให้แก่ชุมชน ทำให้การเดินทางมีความสะดวกสบาย รวดเร็ว แต่ในกระบวนการออกแบบหรือกระบวนการก่อสร้างไม่อาจหลีกเลี่ยงการตัดขวางเส้นทางการไหลของน้ำ แม้ว่าจะมีการออกแบบระบบระบายน้ำให้เพียงพอกับปริมาณน้ำที่ไหลผ่าน แต่เมื่อเวลาผ่านไป เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็วจากการขยายตัวของเมือง ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งของการเกิดน้ำท่วมทาง การจราจรติดขัด สร้างความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สิน

หน่วยงานที่รับผิดชอบในการก่อสร้างถนน ซึ่งเป็นโครงข่ายหลักของการคมนาคมทางบกทั่วประเทศมักประสบปัญหาน้ำท่วมทาง แม้ว่าจะออกแบบก่อสร้างระบบระบายน้ำและอาคารระบายน้ำให้เพียงพอต่อการระบายน้ำตามหลักการและทฤษฎีในการออกแบบที่ใช้กันเป็นสากล แต่เนื่องจากสภาพธรรมชาติและสภาพภูมิอากาศ เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วและมีแนวโน้มรุนแรงมากขึ้น ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างรวดเร็ว ที่มีผลอย่างมากต่อการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด การศึกษาการใช้ที่ดินและการคาดการณ์การใช้ที่ดิน จึงมีความสำคัญในการคำนวณปริมาณน้ำที่เหมาะสมและเพียงพอต่อการออกแบบระบบระบายน้ำที่รองรับและป้องกันการเกิดน้ำท่วมในอนาคต

ปัจจุบันมีการพัฒนาทางด้านวิชาการและเทคโนโลยีด้านภูมิสารสนเทศที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการวิเคราะห์ปริมาณการไหลน้ำท่าสูงสุด สามารถคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ทั้งในเชิงพื้นที่และในเชิงปริมาณโดยการศึกษา ร่วมกับเทคโนโลยีสำรวจจากระยะไกล ซึ่งเป็นข้อมูลที่ทันสมัย สามารถเลือกใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลาจำแนกการใช้ที่ดินและติดตามการเปลี่ยนแปลงร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS) สามารถประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินในอนาคต วิเคราะห์หาขอบเขตและขนาดของพื้นที่รับน้ำ และวิเคราะห์ปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่นๆ เพื่อหาอัตรา

การไหลของน้ำท่าสูงสุด ด้วยวิธี Rational Method เนื่องจากมีพื้นที่น้อยกว่า 25 ตร.กม. จากสมการ $Q = 0.278CIA$ เมื่อ Q คือ อัตราการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที), C คือ สัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน, I คือ ความเข้มของฝน (มม./ชม.) และ A คือ ขนาดพื้นที่รับน้ำ (ตารางกิโลเมตร) เมื่อได้ค่าปริมาณการไหลของน้ำ (ลบ.ม./วินาที) ที่รองรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบระบบระบายน้ำที่เหมาะสมและเพียงพอต่อไป

การศึกษาค้นคว้าได้เลือกพื้นที่ ตำบลลัดทึบ อำเภอลัดทึบ จังหวัดชลบุรี เป็นพื้นที่ศึกษา เนื่องจากเป็นพื้นที่ที่ประสบปัญหาการระบายน้ำและน้ำท่วมขังบ่อยครั้ง ประกอบกับมีลักษณะการกระจายตัวของการใช้ที่ดินที่หลากหลายและมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินอย่างเห็นได้ชัดเจน มีขนาดพื้นที่น้อยกว่า 25 ตารางกิโลเมตร ดังนั้นจึงเป็นประโยชน์ในการศึกษาค้นคว้าอย่างยิ่ง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในการการคำนวณอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุด
2. เพื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการ

การแปลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov

ความสำคัญของการวิจัย

1. ประยุกต์ใช้แบบจำลองระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด
2. เพิ่มประสิทธิภาพของการคำนวณเพื่อการออกแบบระบบระบายน้ำที่รองรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

1. ขอบเขตด้านพื้นที่

พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในพื้นที่ ตำบลลัดทึบ อำเภอลัดทึบ จังหวัดชลบุรี ครอบคลุมพื้นที่ 9.84 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,150 ไร่

2. ขอบเขตเนื้อหา

2.1 จำแนกการใช้ที่ดินจากข้อมูลดาวเทียม พ.ศ. 2549 พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2559 ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาที่บันทึกข้อมูลช่วงเวลา (ฤดูกาล) เดียวกัน

2.2 นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
2 ช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ. 2554 และ พ.ศ. 2554 ถึง พ.ศ. 2559

2.3 ใช้แบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 และ พ.ศ.
2569

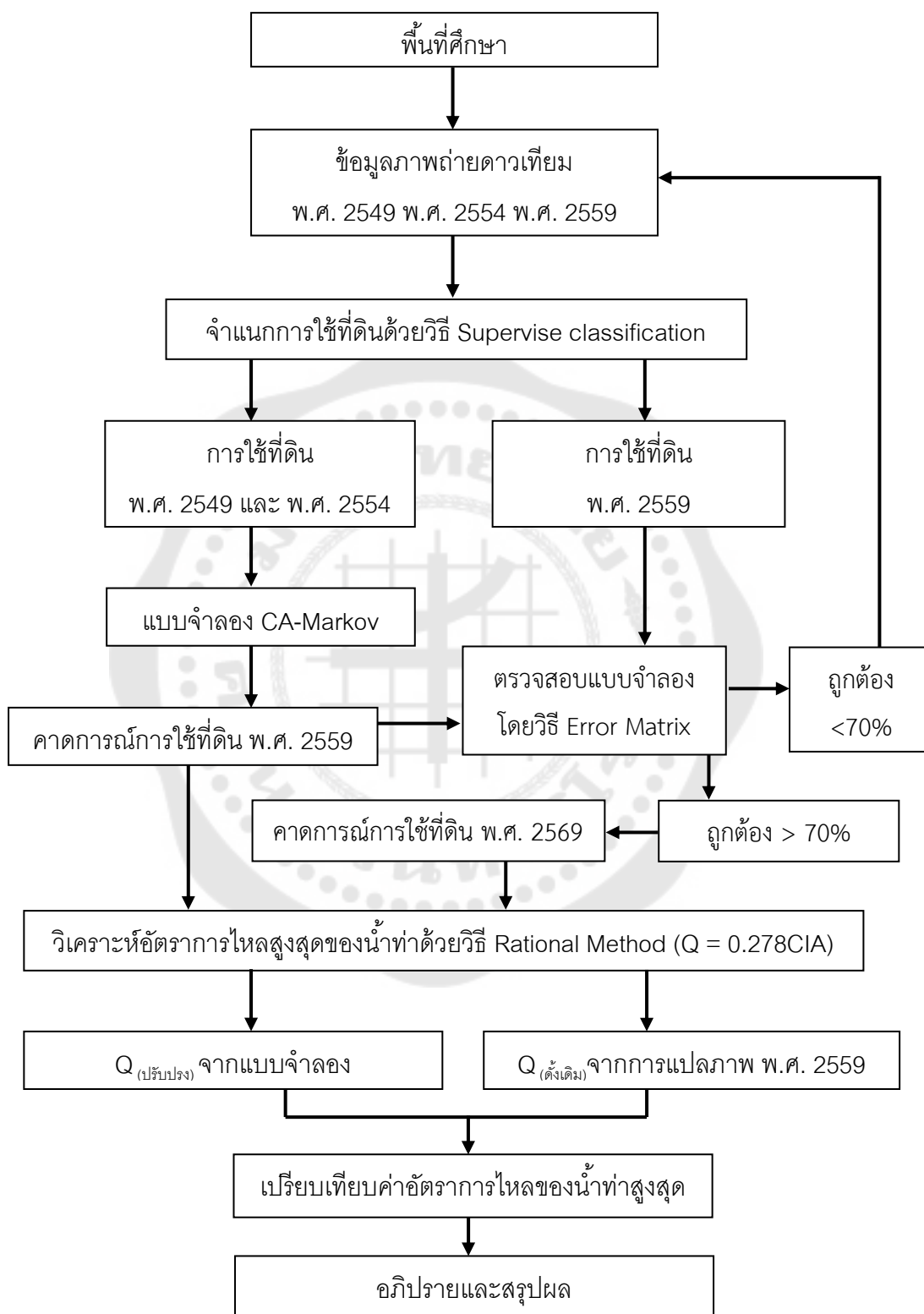
2.4 นำข้อมูลการคาดการณ์การใช้ที่ดิน ความลาดชัน ความสูงภูมิประเทศ ปริมาณ
น้ำฝน ชั้นดิน เส้นทางคมนาคม มาวิเคราะห์หาค่าอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

2.5 เปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการ
แปลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การใช้ที่ดิน หมายถึง การใช้ที่ดินในปัจจุบันหรืออนาคต เพื่อตอบสนองความต้องการ
ของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม พานิชยกรรม อุตสาหกรรมและที่อยู่อาศัย เป็นต้น
2. อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด หมายถึง อัตราการไหลของน้ำจากพื้นที่รับน้ำที่มีขอบเขต
ชัดเจนและมีการไหลออกผ่านจุดออก
3. Rational Method หมายถึง วิธีการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดในพื้นที่รับ
น้ำที่มีขนาดไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร
4. พื้นที่รับน้ำ หมายถึง พื้นที่ที่เป็นที่รวมของน้ำและมีขอบเขตชัดเจน เรียกว่า สันปันน้ำ
5. แบบจำลอง CA-Markov หมายถึง แบบจำลองการคาดการณ์การใช้ที่ดิน

กรอบแนวคิดในการวิจัย



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องต่างๆ ซึ่งแบ่งหัวข้อในการศึกษาไว้ดังนี้

1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา
2. การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน
3. การสำรวจระยะไกล
4. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
5. แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA-Markov
6. พื้นที่รับน้ำและการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational

Method

2.1. ลักษณะทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

2.1.1 ลักษณะที่ตั้งและขอบเขตการปกครอง

พื้นที่ศึกษาดังอยู่ใน ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์ อยู่บนแผนที่ภูมิประเทศชุด L7018 ระวัง 5134 II ระหว่างพิกัด มุมบนซ้าย 705000 mE, 140500 mN และพิกัด มุมล่างขวา 709000 mE, 1401000 mN มีพื้นที่ 9.84 ตารางกิโลเมตร หรือ 6,150 ไร่ มีอาณาเขตติดต่อกับพื้นที่ใกล้เคียง ดังภาพประกอบ 2 และ ภาพประกอบ 3

ทิศเหนือ ขนานไปกับแนวสันเขาเกล็ดฉลามและบ้านซอยเมโทร ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดบุรีรัมย์

ทิศใต้และทิศตะวันตก ขนานไปกับทางหลวงแผ่นดินหมายเลข 3

ทิศตะวันออก ขนานไปกับแนวสันเขา เขาเกล็ดฉลาม เขาสตึกและเขาหม่อน

2.1.2 ลักษณะภูมิอากาศ

จังหวัดบุรีรัมย์อยู่ภายใต้อิทธิพลของมรสุม ประจำฤดูกาล 2 ชนิด คือ มรสุมตะวันออกเฉียงเหนือพัดปกคลุมในช่วงฤดูหนาว ตั้งแต่กลางเดือนตุลาคมถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ นำความความเย็นมาสู่จังหวัดและคลื่นลมปานกลางกับมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ที่พัดปกคลุมในช่วงฤดูฝน กลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคมทำให้มีฝนตกชุกและคลื่นลมแรง พื้นที่ด้านตะวันตกของจังหวัดติดชายฝั่งทะเล พื้นที่ชายฝั่งบริเวณอำเภอมือง อำเภอกะสีขันธ์และอำเภอสตึก มีฝนชุกและปริมาณฝนรวมตลอดปีมากกว่า 1,200 มิลลิเมตร ปริมาณฝนรวมตลอดปีของ

จังหวัดชลบุรีคือ 1,295.6 มิลลิเมตร มีจำนวนวันฝนตก 119 วัน ช่วงฝนตกชุกของจังหวัดชลบุรีคือ ในช่วงเดือนกันยายนและเดือนตุลาคม โดยปริมาณฝนสูงที่สุดใน 24 ชั่วโมงของจังหวัดคือ 319.6 มิลลิเมตร ที่อำเภอสัตหีบ เมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน 2513 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557, ออนไลน์)

2.1.3 ลักษณะอุณหภูมิ

จังหวัดชลบุรีเป็นจังหวัดที่อยู่ติดชายฝั่งทะเลและอยู่ในภาคตะวันออกของประเทศ อุณหภูมิของจังหวัดชลบุรีตลอดทั้งปีไม่เปลี่ยนแปลงมากนักกล่าวคือฤดูร้อนอากาศไม่ร้อนจัดและ ฤดูหนาวอากาศก็ไม่หนาวจัด อุณหภูมิเฉลี่ยตลอดทั้งปี 28.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ย 33.3 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสูงที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ 40.5 องศาเซลเซียส ที่สถานีอุตุนิยมวิทยา สัตหีบ เมื่อวันที่ 10 เมษายน 2495 และวันที่ 2 พฤษภาคม 2495 ส่วนอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย คือ 24.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิต่ำที่สุดที่เคยตรวจวัดได้ 9.9 องศาเซลเซียส ที่สถานีอุตุนิยมวิทยา ชลบุรี เมื่อวันที่ 12 มกราคม 2498 (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557, ออนไลน์)

2.1.4 ลักษณะภูมิประเทศ

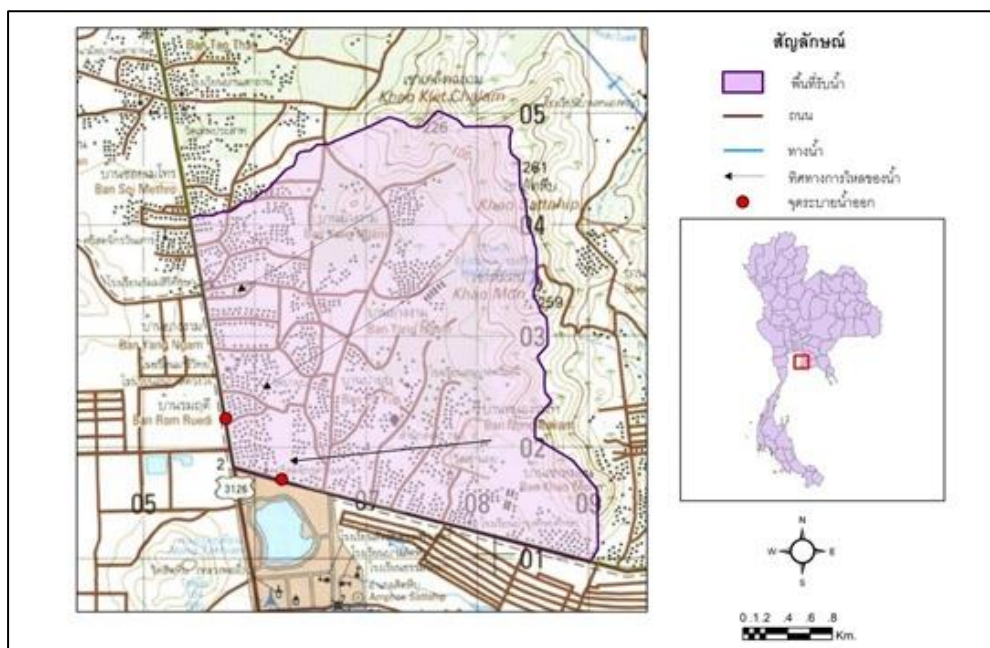
มีลักษณะเป็นที่ราบเชิงเขา จนถึงพื้นราบ ส่วนที่ติดกับทะเลอยู่ทางด้านทิศตะวันตก อำเภอสัตหีบ ประกอบด้วยที่ราบตามชายฝั่งทะเลที่มีภูเขาเล็ก ๆ สลับอยู่บางตอน ชายฝั่งทะเล บางแห่งมีลักษณะเว้าแหว่งและเป็นที่ลุ่มตื้นน้ำทะเลท่วมถึง มีป่าชายเลนหรือโกงกาง มีหาดทราย หลายแห่ง ซึ่งถูกพัฒนาเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่สำคัญ ส่วนที่เป็นภูเขา จะอยู่เกือบกึ่งกลางของพื้นที่ เป็นแนวยาวจากทิศตะวันตกเฉียงเหนือไปยังตะวันออกเฉียงใต้ (สำนักงานจังหวัดชลบุรี, 2556, ออนไลน์)

2.1.5 จำนวนประชากร

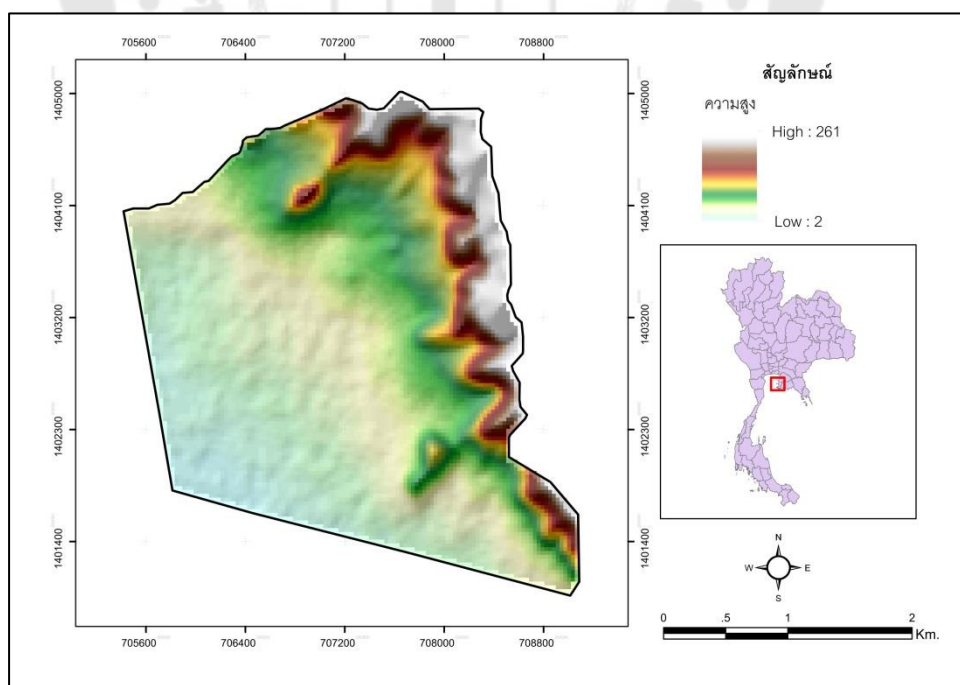
จังหวัดชลบุรีมีจำนวนประชากรเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากมีความเจริญทั้งใน ทางด้านการท่องเที่ยวและอุตสาหกรรม ทำให้มีคนอพยพเข้ามาในฐานะนักท่องเที่ยว นักลงทุน ตลอดจนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม พบว่า ในปี พ.ศ. 2549 มีประชากรรวมทั้งสิ้น 1,209,290 คน ใน อ.สัตหีบ มีประชากร 134,438 คน ปี พ.ศ. 2554 มีประชากรรวมทั้งสิ้น 1,338,656 คน ใน อ.สัตหีบ มีประชากร 151,009 คน และในปี พ.ศ. 2559 มีประชากรรวมทั้งสิ้น 1,483,049 คน ใน อ.สัตหีบ มีประชากร 162,986 (สำนักงานสถิติจังหวัดชลบุรี, 2559, ออนไลน์)

2.1.6 กลุ่มดิน

กลุ่มดินในพื้นที่ศึกษาพบว่าประกอบด้วยกลุ่มดิน 2 กลุ่มได้แก่ 1) กลุ่มดินที่มีเนื้อดิน เป็นดินทรายปนดินร่วน มีการระบายน้ำดี 2) กลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินทรายปนดิน ร่วน มีการระบายน้ำดี (กรมพัฒนาที่ดิน, 2548, ออนไลน์)



ภาพประกอบ 2 แสดงพื้นที่ศึกษา



ภาพประกอบ 3 แสดงพื้นที่ศึกษาจากข้อมูลแบบจำลองเชิงเลข (DEM)

2.2 การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

2.2.1 การใช้ที่ดิน

ราชบัณฑิตยสถาน (2523, p. 48) ให้ความหมายในพจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ ฉบับที่ 2 ไว้ว่า การใช้ที่ดิน หมายถึง การใช้ที่ดินให้เกิดประโยชน์ทางด้านการเกษตรและอื่นๆ เช่น เป็นป่าไม้ พืชหญ้า ที่เพาะปลูกพืช เหมืองแร่และที่ใช้เป็นที่พักอาศัย เป็นต้น

กรมพัฒนาที่ดิน (2556, ออนไลน์) กล่าวว่า ที่ดิน หมายถึง พื้นที่ที่ใช้ประโยชน์สนองความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆ โดยคำนึงถึงผลตอบแทนจากการใช้พื้นที่เป็นสำคัญ

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2556, p. 1) อธิบายว่า การใช้ที่ดินคือลักษณะของพื้นที่ที่มนุษย์เข้าไปครอบครอง แล้วมีการจัดการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ หรือมีการทำกิจกรรมต่างๆ เพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ เช่น การใช้พื้นที่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่กักเก็บน้ำ ใช้เป็นที่ตั้งบ้านเรือนที่อยู่อาศัย หรือเป็นที่ตั้งเขตอุตสาหกรรม

บุญเกียรติ แสงวัฒณ์ (2535, pp. 25-27) อธิบายว่า การใช้ที่ดิน หมายถึง การใช้ที่ดินเพื่อบำบัดความต้องการของมนุษย์ เช่น ทำการเกษตร แหล่งน้ำ ที่อยู่อาศัย และใช้เป็นที่ป่า โดยมีขนาดของที่ดินในการใช้ประโยชน์ต่างๆ กันไป

ดังนั้นสรุปได้ว่า การใช้ที่ดิน หมายถึง การนำที่ดินมาใช้เพื่อบำบัดหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆ ก่อให้เกิดประโยชน์แก่เจ้าของกิจกรรมเหล่านั้น เช่น การใช้ที่ดินเพื่อการเกษตร อุตสาหกรรม ป่าไม้ พานิชยกรรม และที่อยู่อาศัย

ปัจจุบันระบบการจำแนกการใช้ที่ดินมีหลายระบบ ระบบที่เป็นที่นิยม ได้แก่ ระบบของยูเอสจีเอส (The United State Geological Survey) แบ่งเป็นหลายระดับมีโครงสร้างเป็นลำดับขั้น สำหรับประเทศไทยใช้ระบบที่ปรับปรุงมาจากระบบของ USGS การจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน 3 ระดับ การศึกษาครั้งนี้ใช้การแยกประเภทการใช้ที่ดิน ในระดับที่ 1 ดังตารางที่ 1

2.2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน มีผู้ให้ความหมายไว้ ดังนี้

นิกร ศิริโรจนานนท์ (2555, p. 12) อธิบายว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน คือ การใช้ที่ดินที่ถูกเปลี่ยนจากการใช้ประเภทหนึ่งเป็นอีกประเภทหนึ่ง ส่วนหนึ่งของการเปลี่ยนแปลงนี้เป็นผลจากการขยายหรือการเจริญเติบโตของเมือง ซึ่งส่วนใหญ่มักมีผลกระทบต่อพื้นที่ในเขตรอบนอกของเมือง โดยมีการเปลี่ยนแปลงจากการใช้ที่ดินแบบชนบท (เช่น พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ ฯลฯ) เป็นการใช้ที่ดินแบบเมือง นอกจากนั้นยังมีการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายในเขต

เมืองด้วยโดยมีการจัดรูปแบบใหม่ของการใช้ที่ดินที่มีอยู่ ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงที่สลับซับซ้อน และพื้นที่ที่มีการใช้ที่ดินประเภทใดนั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยทางกายภาพ สังคม การเมืองและเทคโนโลยี

ตาราง 1 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับที่ 1 ของกรมพัฒนาที่ดิน

ระดับที่ 1 / สัญลักษณ์	คำอธิบายประเภทการใช้ที่ดิน
U	พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and Built-up land)
A	พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural land)
F	พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land)
W	พื้นที่น้ำ (Water Body)
M	พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous land)

ที่มา: ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2556, pp. 6-2)

พบพร รัตนสุวรรณ (2556, p. 21) สรุปการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินว่า หมายถึง การเปลี่ยนแปลงจากสิ่งปกคลุมดินประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่งตามความต้องการของมนุษย์ ซึ่งเกิดจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร ทำให้มีความต้องการในการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมเพื่อนำไปใช้ประโยชน์มากขึ้น

วทัญญูตา ไพโรจน์ (2558, p. 3) กล่าวว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อการเปลี่ยนแปลงของสภาพแวดล้อมและการดำรงชีพของมนุษย์ ในหลายด้าน เช่น การลดลงของพื้นที่ป่าไม้ การเพิ่มขึ้นของโรงงานอุตสาหกรรม การเพิ่มหรือลดลงของพื้นที่เกษตรกรรม การเปลี่ยนแปลงรูปแบบที่อยู่อาศัยและการขยายตัวของเขตเมือง

สรุปว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน คือ การที่มนุษย์เข้าไปทำประโยชน์โดยการปรับเปลี่ยนสภาพที่ดินเพื่อตอบสนองความต้องการของตนเอง เช่น อาหารและสิ่งจำเป็นในการดำรงชีวิต ทำให้สภาพพื้นที่ต่างๆเกิดการเปลี่ยนแปลงตามกิจกรรมดังกล่าว

2.3. การสำรวจระยะไกล

2.3.1 ความหมายการสำรวจระยะไกล

ความหมายการสำรวจระยะไกล มีผู้ให้คำจำกัดความหรือนิยามความหมายไว้ ดังนี้

แอกการวาน (Aggarwal, 2003, p. 1) กล่าวว่า การสำรวจระยะไกล เป็นเทคนิคที่ใช้ในการสังเกตการณ์พื้นผิวโลกหรือชั้นบรรยากาศจากอวกาศ โดยใช้ดาวเทียมหรือเครื่องบิน ซึ่งอาศัยข้อมูลบางส่วนจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทำการบันทึกค่าพลังงานที่สะท้อนหรือปล่อยออกมาจากพื้นผิวโลก

ไลล์เลแซนด์และไคเฟอร์ (Lillesand & Kiefer, 2000, p. 1) ให้ความหมายว่าเป็นการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวข้องกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์โดยเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการสัมผัสวัตถุพื้นที่หรือปรากฏการณ์นั้นๆ

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540, p. 298) กล่าวว่า เป็นเทคโนโลยีที่ใช้เพื่อบ่งบอก จำแนก หรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่างๆ โดยปราศจากการสัมผัสโดยตรง ผ่านกระบวนการเก็บบันทึกข้อมูล การส่งผ่านสัญญาณข้อมูลกระบวนการแปลงข้อมูลและการตีความข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มาจากดาวเทียม ซึ่งจะบันทึกปฏิสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ข้อมูลที่ได้มี 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปลักษณะของวัตถุ (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Temporal)

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 43) ให้ความหมายของการสำรวจระยะไกล ไว้ว่า เป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุพื้นที่และปรากฏการณ์บนพื้นโลก จากเครื่องรับรู้ โดยไม่สัมผัสกับวัตถุเป้าหมายโดยตรง ใช้พลังงานของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยในการได้มาของข้อมูล มีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ลักษณะเชิงพื้นที่ของวัตถุบนพื้นผิวโลกและลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า การสำรวจระยะไกล หมายถึง การได้มาซึ่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับลักษณะของวัตถุต่างๆ โดยไม่สัมผัสกับวัตถุเป้าหมายโดยตรง โดยการใช้พลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าช่วยในการสำรวจ แล้วทำการบันทึกและส่งผ่านไปยังเครื่องประมวลผลและแสดงผลในรูปแบบภาพถ่ายทางอากาศหรือภาพถ่ายดาวเทียม

2.3.2 กระบวนการของการสำรวจระยะไกล

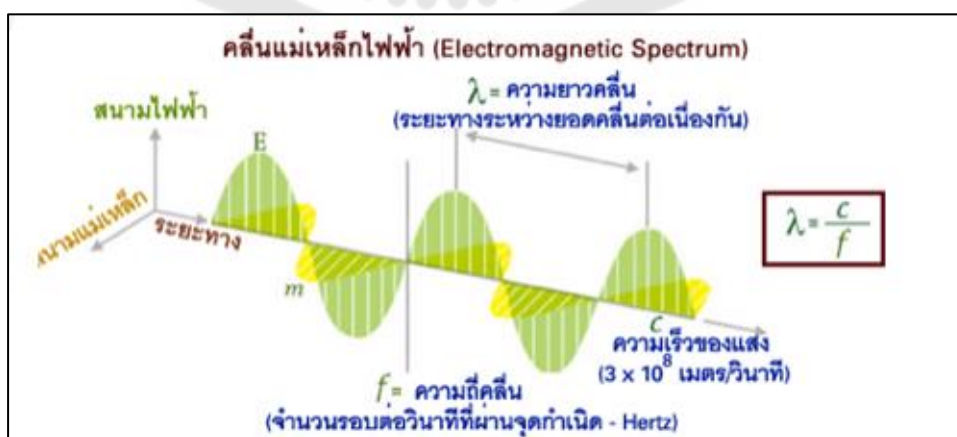
พร้อมจิตต์ ตระกูลดิษฐ์ (2533, p. 162) กล่าวว่า กระบวนการสำรวจระยะไกล แบ่งเป็น 2 ทาง คือ การศึกษาเกี่ยวกับระบบการรับหรือการเก็บข้อมูล (Data Acquisition) ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดพลังงาน การแผ่พลังงานในชั้นบรรยากาศ วัตถุหรือพื้นผิวโลก อุปกรณ์บันทึกข้อมูลและผลผลิตเป็นข้อมูลภาพหรือข้อมูลตัวเลขและการศึกษาเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ประกอบด้วย การวิเคราะห์ข้อมูล ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและผู้ใช้

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 43) อธิบายว่า กระบวนการและองค์ประกอบการรับรู้จากระยะไกล ประกอบด้วย การได้มาซึ่งข้อมูล (Data Acquisition) โดยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากต้นกำเนิดพลังงาน เช่น ดวงอาทิตย์ เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศเกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับลักษณะพื้นโลกและเดินทางเข้าสู่เครื่องรับสัญญาณที่ติดตั้งในตัวยาน ได้แก่ เครื่องบิน ยานอวกาศ ดาวเทียม ถูกบันทึกผลผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพหรือรูปแบบเชิงเลข และการวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ประกอบด้วย การแปลตีความข้อมูลด้วยสายตาและการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงเลข โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องมาช่วยวิเคราะห์ เช่น แผนที่ดิน ได้ผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบแผนที่ ข้อมูลเชิงเลข ตาราง คำอธิบาย หรือแผนภูมิ

2.3.3 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

มาเธอร์ (Mather, 1999, p. 5) กล่าวว่า แสงอาทิตย์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าถูกสะท้อนกลับโดยวัตถุ ทำให้มนุษย์มองเห็นวัตถุเป็นสีที่แตกต่างกันไป จึงนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการสำรวจข้อมูลระยะไกล คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถแบ่งออกได้เป็นหลายช่วงคลื่น คือ ช่วงคลื่นรังสีแกมมา, ช่วงคลื่นรังสีเอกซ์, ช่วงคลื่นรังสีอัลตราไวโอเล็ต, ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น, ช่วงคลื่นอินฟราเรด, ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อน, ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน, ช่วงคลื่นไมโครเวฟ ช่วงคลื่นเรดาร์และช่วงคลื่นวิทยุ และในแต่ละช่วงคลื่นจะมีรายละเอียดที่แตกต่างกันออกไป

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 44): อธิบายไว้ว่า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งตามความยาวคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่สั้นที่สุดคือ รังสีคอสมิก (Cosmic Rays) จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร คุณสมบัติของช่วงคลื่นตามลำดับความยาวแสดงในภาพประกอบ 4 ตาราง 2



ภาพประกอบ 4 ลักษณะของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 44)

ตาราง 2 ช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและคุณสมบัติ

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น	รายละเอียด
รังสีแกมมา (Gamma - Ray)	< 0.03 ไมโครเมตร	ถูกดูดซึมทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศ
รังสีเอกซ์ (X-Ray)	0.03-3.1 ไมโครเมตร	ถูกดูดซึมทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศ
รังสีเหนือม่วง หรือรังสีอัลตราไวโอเล็ต	0.03-0.4 ไมโครเมตร	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 ไมโครเมตร ถูกดูดซึมทั้งหมดโดยโอโซน
ช่วงคลื่นไวโอเล็ตภาพถ่าย (Photographic UV Band)	0.3-0.4 ไมโครเมตร	สามารถผ่านชั้นบรรยากาศ สามารถถ่ายด้วยฟิล์มถ่ายรูป แต่การกระจายในชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรคมาก
ช่วงคลื่นตามองเห็นได้	0.4-0.7 ไมโครเมตร	บันทึกภาพด้วยฟิล์มและอุปกรณ์บันทึกภาพได้ ช่วงคลื่นมีการสะท้อนพลังงานสูงสุด(Reflected Energy Peak) ที่ 0.5 ไมครอน ช่วงคลื่นแคบที่มีผลตอบสนองของสายตามนุษย์ แบ่งได้ 3 ช่วง คือ 0.4-0.5 ไมโครเมตร (สีน้ำเงิน) 0.5-0.6 ไมโครเมตร (สีเขียว) 0.6-0.7 ไมโครเมตร (สีแดง)
อินฟราเรด	0.7-1.00 ไมโครเมตร	มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุตามความยาวคลื่นและการผ่านชั้นบรรยากาศ มีการดูดซึมในบางช่วงคลื่น
ช่วงคลื่นอินฟราเรดชนิดสะท้อน(Reflected IR band)	0.7-3.0 ไมโครเมตร	สะท้อนรังสีดวงอาทิตย์ ไม่มีรายละเอียดเกี่ยวกับช่วงความร้อนของวัตถุ ช่วงคลื่น 0.7-0.9 ไมโครเมตร สามารถถ่ายรูปด้วยฟิล์ม เรียกว่า ช่วงคลื่นอินฟราเรด
ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน	3-5 ไมโครเมตร 8-14 ไมโครเมตร	การบันทึกภาพต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ เช่น เครื่องวาดภาพ

ตาราง 2 (ต่อ)

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น	รายละเอียด
ไมโครเวฟ	0.1-30 เซนติเมตร	ช่วงคลื่นยาวสามารถทะลุผ่านหมอกและฝนได้ บันทึกภาพได้ทั้งระบบเอ็กทิฟและระบบแพสซีฟ
เรดาร์	0.1-3.0 เซนติเมตร	ระบบเอ็กทิฟมีความยาวช่วงคลื่นต่างๆ เช่น Ka Band (10 mm), X Band (30 มิลลิเมตร) และ L Band (25 เซนติเมตร)
วิทยุ (Radio)	> 30 เซนติเมตร	ช่วงคลื่นที่ยาวที่สุด มีเรดาร์อยู่ในช่วงนี้ด้วย

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, pp. 45-46)

2.4 การแปลตีความและประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม

การแปลตีความและประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม แบ่งได้ 2 วิธีคือ การจำแนกข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) และการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (Image Processing)

2.4.1 การจำแนกข้อมูลด้วยสายตา

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 78) อธิบายว่าการจำแนกข้อมูลด้วยสายตาใช้องค์ประกอบหลักที่สำคัญ ได้แก่

1. ความเข้มของสีและสี (Tone/Color) ความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่งๆ มีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นและการผสมสีของช่วงคลื่นต่างๆ เช่น น้ำในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ถูกดูดกลืนทำให้เป็นสีดำ ภาพสีผสมพีชพรรณเป็นสีแดงเมื่อกำหนดให้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้เป็นสีแดง
2. ขนาด (Size) ขนาดของภาพวัตถุที่ปรากฏจากข้อมูลดาวเทียม ขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุและมาตราส่วนของข้อมูลจากดาวเทียม เช่น ความยาว ความกว้างหรือขนาดพื้นที่
3. รูปร่าง (Shape) รูปร่างของวัตถุที่เป็นเฉพาะตัวอาจมีรูปร่างสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอ วัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้นส่วนใหญ่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เช่น สนามบิน พื้นที่นาข้าว

4. เนื้อภาพ (Texture) หรือ ความหยาบละเอียดของผิววัตถุ เป็นผลมาจากความแปรปรวน หรือความสม่ำเสมอของวัตถุ เช่น น้ำมีลักษณะเรียบและป่าไม่มีลักษณะขรุขระ

5. รูปแบบ (Pattern) ลักษณะการวางตัวของวัตถุมีความแตกต่างอย่างเด่นชัดระหว่างวัตถุตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ คลอง กับคลองชลประทาน เป็นต้น

6. ความสูงและเงา (Height and Shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการคำนวณหาความสูงและมุมสูงของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผา เงาของเมฆ

7. ที่ตั้ง (Site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น ป่าชายเลน พบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้แหล่งชุมชน เป็นต้น

8. ความเกี่ยวพัน (Association) คือ ความเกี่ยวพันขององค์ประกอบทั้งหมดที่กล่าวมา เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่มๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน นาทุ่งอยู่บริเวณชายฝั่ง เป็นต้น

2.4.2 การประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (Image Processing)

2.4.2.1 กระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (Pre-Processing)

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 79) ได้อธิบายไว้ว่า การปรับแก้ภาพเพื่อปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูล สัญญาณรบกวนและความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นในกระบวนการถ่ายภาพ การบันทึกข้อมูลสัญญาณ การสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณและการโคจรของดาวเทียม การตรวจแก้มี 2 กระบวนการ ดังนี้

1.การตรวจแก้คลื่นรังสี (Radiometric Correction)

ข้อมูลที่จะส่งให้ผู้ใช้งานต้องผ่านการตรวจแก้คลื่นรังสีจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินมาแล้วระดับหนึ่ง แต่อาจยังปรากฏข้อบกพร่องเชิงคลื่น เช่น การรบกวนจากชั้นบรรยากาศ หรือความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณ ทำให้เกิดความไม่ชัดเจน มีลายเส้นปะปน แก้ไขได้โดยการตรวจแก้คลื่นรังสี ได้แก่ การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนของสภาวะอากาศ การเปลี่ยนค่าความสว่างเป็นค่าการแผ่รังสีสมบูรณ์และการลบสัญญาณรบกวน

2.การตรวจแก้เชิงเรขาคณิต (Geometric Correction)

พิกัดตำแหน่งของวัตถุต่างๆ อาจคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เนื่องจากข้อบกพร่องทางเครื่องรับสัญญาณและรูปลักษณะของวัตถุ การตรวจแก้เชิงเรขาคณิตมีความจำเป็นมาก เมื่อต้องนำข้อมูลจากระยะไกลไปใช้งานร่วมกับข้อมูลเชิงแผนที่อื่นๆ เพื่อให้สามารถซ้อนทับกันได้ หรือการศึกษาปรากฏการณ์อย่างหนึ่งในหลายช่วงเวลาการเปรียบเทียบ ข้อมูลแต่ละช่วงเวลาต้องมีระบบพิกัดเดียวกัน จึงจะสามารถซ้อนข้อมูลแต่ละเวลาลงกันได้สนิท

3.การหาจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point)

จุดควบคุมภาคพื้นดิน เป็นจุดที่ตำแหน่งใดก็ได้บนข้อมูลดาวเทียมและปรากฏชัดเจนเป็นจุดเดียวกันบนข้อมูลอ้างอิง เป็นจุดที่สังเกตได้ง่าย โดดเด่น มีจำนวนมากและกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ศึกษา เพื่อควบคุมการแปลงพิกัดให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอ

2.4.2.2 การเน้นข้อมูลภาพ (Image Enhancement)

เป็นการปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพหรือค่าระดับสีเทา เพื่อเพิ่มรายละเอียดความชัดเจนของข้อมูลภาพ เพื่อให้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุต่างชนิดกันได้ชัดเจนมากขึ้น ช่วยให้การตีความง่ายขึ้นแล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำการแปลตีความ เพื่อกำหนดประเภทข้อมูลก่อนที่นำไปใช้จำแนกประเภทข้อมูล เทคนิคการเน้นรายละเอียดภาพมีดังต่อไปนี้.

1) การเน้นข้อมูลเชิงคลื่น (Spectral Enhancement) เป็นการเน้นข้อมูลโดยพิจารณาค่าของจุดภาพเดี่ยว (Individual Pixel) ในภาพโดยไม่พิจารณาจุดภาพข้างเคียง วัตถุประสงค์คือให้ประเภทข้อมูลที่ต้องการเห็นชัดมากขึ้นกว่าเดิม ขึ้นอยู่กับลักษณะพื้นที่เป้าหมายที่ต้องการเน้น

2) การเน้นข้อมูลแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Enhancement) เป็นการเน้นข้อมูลโดยพิจารณาค่าของจุดภาพรอบข้าง การเน้นข้อมูลแบบนี้พิจารณาจากความสัมพันธ์ของกลุ่มข้อมูลข้างเคียง หรือความแตกต่างของค่าจุดภาพสูงสุดและต่ำสุดของกลุ่มข้อมูลภาพรอบข้าง

2.4.3 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ เป็นการประมวลผล เพื่อแยกข้อมูลจุดภาพทั้งหมดในพื้นที่ศึกษาออกเป็นกลุ่มย่อย ใช้ลักษณะทางสถิติเป็นตัวกำหนดความแตกต่างระหว่างกลุ่มจุดภาพ กลุ่มจุดภาพจะแสดงถึงสิ่งปกคลุมดินแตกต่างกันไป การจำแนกประเภทข้อมูลภาพให้มีประสิทธิภาพ ควรศึกษาสถิติของข้อมูลภาพในแต่ละช่วงคลื่นก่อน เพื่อให้ได้ช่วงคลื่นที่เหมาะสมในการใช้จำแนกประเภทข้อมูลภาพ ค่าสถิติเบื้องต้นที่ใช้ในการเลือกช่วงคลื่นที่เหมาะสม ได้แก่

- ค่าการสะท้อนต่ำสุด-สูงสุด (Minimum-Maximum Value) เป็นค่าที่แสดงการสะท้อนของข้อมูลภาพในแต่ละช่วงคลื่น มีค่าการสะท้อนอยู่ในช่วงระหว่างค่า 0-255
- ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) เป็นค่าเฉลี่ยค่าการสะท้อนทั้งหมดของแต่ละช่วงคลื่น ใช้เป็นตัวแทนภาพรวมข้อมูลจุดภาพทั้งหมดของช่วงคลื่นหนึ่งๆ ได้ นิยมใช้ในการวัดค่าเฉลี่ยค่าการสะท้อนของจุดภาพมากที่สุด
- ค่ามัธยฐาน (Median) เป็นการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลาง ใช้การเรียงค่าการสะท้อนของจุดภาพจากค่าน้อยที่สุดไปหาค่ามากที่สุด โดยค่ากึ่งกลางอยู่ในตำแหน่งกึ่งกลาง

ของข้อมูลทั้งหมด จึงเป็นตัวแทนค่าการสะท้อนของจำนวนจุดภาพทั้งหมดในช่วงคลื่นหนึ่งๆ แสดงให้ทราบว่าจำนวนจุดภาพที่มีค่าการสะท้อนมากกว่าและน้อยกว่าค่ากึ่งกลางอยู่ประมาณร้อยละ

50

- ค่าฐานนิยม (Mode) เป็นการวัดแนวโน้มเข้าสู่ส่วนกลางโดยดูจากจำนวนความถี่ของค่าการสะท้อนที่ความถี่สูงสุด นิยมใช้กับข้อมูลที่เป็นนามบัญญัติ เช่น ค่าของประเภทข้อมูลหลังจากการจำแนกประเภทแล้ว เป็นค่าการสะท้อนที่แสดงการใช้ที่ดินประเภทต่างๆ

- ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : S.D.) เป็นการวัดการกระจายที่นิยมใช้มากที่สุด คำนวณโดยใช้วิธียกกำลังสองของผลต่างระหว่างค่าการสะท้อนของทุกจุดภาพในแต่ละช่วงคลื่นกับค่าเฉลี่ยเลขคณิตของช่วงคลื่นนั้น

- ค่าความแปรปรวน (Variance - σ) เป็นการวัดการกระจายเช่นเดียวกับความเบี่ยงเบนมาตรฐาน คำนวณจากค่าเฉลี่ยของผลรวมทั้งหมดของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง

- สหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการวัดความสัมพันธ์ข้อมูลตั้งแต่ 2 ชุดขึ้นไป วัดได้จากการคำนวณหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) มีขอบเขตตั้งแต่ 0 ถึง + 1.00 เมื่อค่าเข้าใกล้ 1.00 หมายถึง ข้อมูลทั้ง 2 ชุดนั้น มีความสัมพันธ์ต่อกันในระดับสูง และเมื่อสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เข้าใกล้ 0 หมายถึง ข้อมูลทั้ง 2 ช่วงคลื่นมีความสัมพันธ์กันในระดับต่ำหรือแตกต่างกันเป็นประโยชน์ในการเลือกช่วงคลื่นในการจำแนกประเภท

2.4.4 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่ควบคุม (Unsupervised Classification)

เป็นการจำแนกประเภทข้อมูล ที่ไม่ต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของข้อมูลแต่ละประเภทให้กับคอมพิวเตอร์ ใช้ในกรณีไม่มีข้อมูลเพียงพอหรือผู้ใช้ไม่มีความรู้ ความเคยชินในพื้นที่ศึกษา วิธีการนี้สามารถทำได้โดยสุ่มตัวอย่างแบบคละ แล้วจึงนำกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมาแบ่งเป็นประเภทต่างๆ โดยแต่ละประเภทมีลักษณะเชิงคลื่นเหมือนกัน โดยใช้เทคนิคการรวมกลุ่ม (Clustering) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

- 1) การรวมกลุ่มแบบลำดับขั้น (Hierarchical Clustering) วิธีนี้จุดภาพจะถูกจัดรวมเป็นกลุ่มที่คล้ายกันโดยใช้ระยะห่างเป็นเครื่องวัด เริ่มต้นด้วยการสมมติว่าแต่ละจุดภาพเป็น 1 กลุ่ม จุดภาพที่มีระยะห่างกันน้อยที่สุดจะรวมตัวเข้าด้วยกัน ถัดจากนั้นจะเป็นการรวมกลุ่มจุดภาพไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้กลุ่มตามจำนวนที่กำหนดไว้จึงหยุด

- 2) การรวมกลุ่มแบบไม่เป็นลำดับขั้น (Non-Hierarchical Clustering) เริ่มต้นด้วยการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มชั่วคราวจำนวนหนึ่ง จากนั้นสมาชิกในแต่ละกลุ่มจะถูก

ตรวจสอบโดยใช้ตัวแปรหรือระยะห่างที่เลือกมาเพื่อทำการจัดตำแหน่งใหม่ให้อยู่ในกลุ่มที่เหมาะสมกว่าโดยมีการแบ่งกลุ่มชัดเจนดีขึ้น

2.4.5 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification)

เป็นการจำแนกประเภทข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์เป็นผู้กำหนดลักษณะประเภทข้อมูล ต้องควบคุมอย่างใกล้ชิด ข้อมูลตัวอย่างได้จากการตีความหมายภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา โดยอาศัยประสบการณ์ ความเข้าใจและความรู้ที่มีอยู่ ตลอดจนกระบวนการต่างๆ เช่น การสำรวจภาคสนาม การใช้แผนที่ภาพถ่าย และสถิติอื่นๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหมายถูกต้องโดยเครื่องคอมพิวเตอร์จะนำคุณลักษณะทางสถิติของพื้นที่ตัวอย่างนั้น ไปทำการประมวลผลแล้วจำแนกแต่ละจุดภาพของข้อมูลดาวเทียมให้เป็นประเภทข้อมูลตามที่กำหนดไว้ตามพื้นที่ตัวอย่าง ความถูกต้องและความน่าเชื่อถือของการจำแนกวิธีนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของพื้นที่ตัวอย่างว่าประเภทของข้อมูลมีความหลากหลาย ครอบคลุมและเป็นตัวแทนของประชากรข้อมูลทุกประเภทหรือไม่

1) การเลือกตัวอย่างประเภทข้อมูล (Sampling of Training Sites/ Areas) ต้องอาศัยการสังเกตการใช้ที่ดินลักษณะต่างๆ และแยกประเภทตัวอย่างให้ละเอียดครบทุกลักษณะทางกายภาพของการใช้ที่ดิน การเลือกพื้นที่ตัวอย่างทำโดยการวางขอบเขตพื้นที่ตัวอย่างที่ต้องการจากหน้าจอคอมพิวเตอร์เมื่อได้ขอบเขตของพื้นที่ตัวอย่างของทุกประเภทการใช้ที่ดินแล้วเลือกตัวอย่างจากช่วงคลื่นที่จะใช้ประมวลผล ตัวอย่างจากแต่ละช่วงคลื่นจะมีค่าสถิติสามารถนำมาวิเคราะห์ เพื่อประเมินว่าตัวอย่างที่เลือกได้ตามช่วงคลื่นต่างๆ มีความน่าเชื่อถือและเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่

2) การศึกษาลักษณะทางสถิติของพื้นที่ตัวอย่าง ข้อมูลจากดาวเทียมแต่ละจุดภาพมีค่าเป็น 3 มิติ คือ ค่าพิกัดตั้ง (i) ค่าพิกัดแนวนอน (j) และความสว่างของจุดภาพ (BV) แต่ละจุดภาพมีลักษณะความสว่างแตกต่างกันเป็นช่วงคลื่นเป็นลักษณะเวกเตอร์ของจุดภาพ ค่าสถิติของพื้นที่ตัวอย่างที่นิยมนำมาวิเคราะห์ ได้แก่ ค่าสะท้อนเฉลี่ยจากจุดภาพ ค่าความแปรปรวนและค่าสหสัมพันธ์

2.4.6 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพ (Classification Decision Rules)

2.4.6.1 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบระยะห่างต่ำสุด (Minimum Distance to Means) เป็นกฎการจำแนกที่ง่ายและทำงานได้เร็วที่สุดประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ

- การคำนวณค่าเฉลี่ยจำนวนตัวเลข (DN) ของข้อมูล เรียกว่า เวกเตอร์ค่าเฉลี่ย (Mean vector)

- จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่นำมาจำแนกนั้น จัดให้อยู่ในชั้นข้อมูลที่อยู่ใกล้เวกเตอร์ ค่าเฉลี่ยของชั้นนั้น

- แนวขอบเขตของข้อมูล (Data Boundary) ถูกกำหนดให้อยู่รอบเวกเตอร์ค่าเฉลี่ย หากจุดภาพใดตกอยู่นอกขอบเขตก็就会被จำแนกเป็นค่าที่ไม่ทราบ (Unknown)

2.4.6.2 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบสี่เหลี่ยมค้อน (Parallelepiped Classification or Box Classifier)

เป็นวิธีที่นิยมใช้มากที่สุดเพราะทำงานได้รวดเร็ว เป็นการจำแนกจุดภาพโดยกำหนดค่าจำนวนตัวเลขต่ำสุดและสูงสุดของแต่ละช่วงคลื่นหรือใช้ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน มีข้อดีที่สามารถคำนวณได้ผลลัพธ์รวดเร็ว เนื่องจากวิธีการคำนวณไม่ซับซ้อน แต่จะเกิดการปะปนของข้อมูลสูง เพราะค่าต่ำสุด ค่าสูงสุดบางส่วนของแต่ละประเภทข้อมูล จะตกอยู่ในช่วงค่าเดียวกัน จนไม่สามารถจัดเข้ากลุ่มใดได้ เกิดเป็นข้อมูลที่จำแนกประเภทไม่ได้จำนวนมาก แก้ไขได้โดยการปรับขนาดของกรอบสี่เหลี่ยม ให้มีขนาดเล็กลงมีลักษณะคล้ายกับขั้นบันได

2.4.6.3 กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลภาพแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum likelihood classifier) เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด แต่ใช้เวลาในการคำนวณมาก หลักการทำงานคือครั้งแรกจะต้องมีการคำนวณเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าแปรปรวนและค่าสหสัมพันธ์ของช่วงคลื่นที่นำมาใช้ในการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูลจากข้อมูลตัวอย่าง โดยตั้งอยู่บนสมมติฐานที่ว่า แต่ละชั้นข้อมูลมีการกระจายตัวเป็นแบบปกติ (Normal Distribute) การกระจายตัวของจุดภาพรอบๆ ค่าเฉลี่ย อธิบายได้โดยทฤษฎีของความน่าจะเป็นหรือ "Probability Function" ข้อเสียคือใช้เวลาในการคำนวณเพื่อจำแนกค่าของจุดภาพแต่ละค่าให้อยู่ในประเภทใดประเภทหนึ่งมาก แก้ไขโดยการนำวิธีการต่างๆ มาใช้ เช่น การลดขนาดของข้อมูลก่อนที่จะนำมาใช้ในการจำแนกประเภท เป็นต้น

2.4.7 การปรับแก้ข้อมูลหลังการจำแนกประเภทข้อมูล (Post processing)

เป็นการตกแต่งผลหลังจากการวิเคราะห์ มีความจำเป็นเนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของจุดภาพ หรือการปรับจุดภาพข้างเคียงที่อยู่ภายใต้สภาวะเดียวกันให้เป็นประเภทเดียวกัน

2.5 ดาวเทียม LANDSAT

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, pp. 56-57) กล่าวว่า ดาวเทียม LANDSAT เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรโลก ถูกออกแบบเพื่อการสำรวจติดตามทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมต่างๆของโลก รวมทั้งการทำแผนที่ โดยดาวเทียม LANDSAT 1

เป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงแรกของโลก ปัจจุบันมีดาวเทียม LANDSAT ปฏิบัติการอยู่คือ ดาวเทียม LANDSAT 5 ซึ่งมีเครื่องรับรู้ 2 ระบบ คือระบบเครื่องถ่ายภาพหลายสเปกตรัม มี 4 ช่วงคลื่น ครอบคลุมพื้นที่ 185 กิโลเมตร X 185 กิโลเมตร ความละเอียดภาพ 80 เมตร และระบบ Thematic Mapper (TM) บันทึกข้อมูล 7 ช่วงคลื่น ความละเอียดภาพ 30 เมตร ยกเว้นแบนด์ 6 มีความละเอียด 120 เมตร ดาวเทียม LANDSAT 7 ได้ถูกส่งขึ้นไปปฏิบัติการโดยมีเครื่องรับรู้แบบ ทีแมติกแมพเพอร์เพิ่มสมรรถนะ (ETM+) ที่พัฒนาจากระบบ TM โดยแบนด์ 6 เป็นช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน ความละเอียดภาพ 60 เมตร ระบบแพนโครมาติก ความละเอียดภาพ 15 เมตร และดาวเทียม LANDSAT 8 บันทึกภาพระบบ Operational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) ขึ้นสู่วงโคจร เมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2556 มีลักษณะการโคจรรอบโลกหนึ่งรอบในเวลา 99 นาทีในแนวขั้วโลกเหนือได้โดยประมาณ ที่ระดับความสูงจากพื้นโลกประมาณ 705 กิโลเมตร ถ่ายภาพในช่วงความยาวคลื่นต่างๆ ได้แก่ ช่วงคลื่น Coastal Aerosol (0.43-0.45) ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.45-0.51) ช่วงคลื่นสีเขียว (0.53-0.59) ช่วงคลื่นสีแดง (0.64-0.67) อินฟราเรดใกล้ (0.85-0.88) จำนวน 1 ช่วงคลื่นและอินฟราเรดคลื่นสั้น (1.57-1.65 และ 2.11-2.29) จำนวน 2 ช่วงคลื่น ความละเอียดของจุดภาพ 30 เมตร ในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (Thermal IR) จำนวน 2 ช่วงคลื่นความละเอียด 100 เมตรและภาพขาวดำ (Panchromatic) ความละเอียด 15 เมตร ระบบการเก็บข้อมูล 16 บิต โคจรรอบมาถ่ายภาพซ้ำตำแหน่งเดิมทุก 16 วัน ดังตาราง 3 และตาราง 4

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2538, p. 23) อธิบายว่า ระบบ TM (Thematic mapper) มีความสามารถในการบันทึกระดับการแผ่รังสีจากพื้นผิวโลกในแต่ละช่วงคลื่นดีขึ้นและมีช่วงคลื่นแคบลง ทำให้มีความสามารถในการแยกแยะวัตถุต่างๆดีขึ้น แบ่งเป็น 7 ช่วงคลื่น

ช่วงคลื่นที่ 1 มีความยาวช่วงคลื่น 0.45 ถึง 0.52 ไมโครเมตร ใช้ในการทำแผนที่ชายฝั่งความแตกต่างระหว่างดินกับพืชพรรณ

ช่วงคลื่นที่ 2 มีความยาวช่วงคลื่น 0.52 ถึง 0.60 ไมโครเมตร ใช้ประเมินความแข็งแรงของพืช

ช่วงคลื่นที่ 3 มีความยาวช่วงคลื่น 0.63 ถึง 0.69 ไมโครเมตร ใช้แยกชนิดของพืชพรรณ

ช่วงคลื่นที่ 4 มีความยาวช่วงคลื่น 0.76 ถึง 0.90 ไมโครเมตร ใช้กำหนดปริมาณของมวลชีวภาพ และจำแนกแหล่งน้ำ

ช่วงคลื่นที่ 5 มีความยาวช่วงคลื่น 1.55 ถึง 1.75 ไมโครเมตร ให้ข้อมูลเกี่ยวกับความชื้นของดิน ความแตกต่างระหว่างเมฆกับหิมะ

ช่วงคลื่นที่ 6 มีความยาวช่วงคลื่น 10.40 ถึง 12.50 ไมโครเมตร ใช้ตรวจสอบความแตกต่างของความชื้น, ความชื้นในดิน

ช่วงคลื่นที่ 7 มีความยาวช่วงคลื่นตั้งแต่ 2.08 ถึง 2.35 ไมโครเมตร ใช้จำแนกชนิดของหินและการทำแผนที่แสดงบริเวณความชื้นในน้ำ

ตาราง 3 คุณลักษณะเฉพาะของดาวเทียม LANDSAT

ดาวเทียม	วันที่		เครื่องรับรู้	ความละเอียดภาพ (ม.)	วันถ่ายภาพซ้ำ (วัน)
	ขึ้นสู่วงโคจร	สิ้นสุดภารกิจ			
LANDSAT 1	23 ก.ค. 2515	6 ม.ค. 2521	RBV/MSS	80/80	18
LANDSAT 2	22 ม.ค. 2518	25 ก.พ. 2525	RBV/MSS	80/80	18
LANDSAT 3	5 มี.ค. 2521	31 มี.ค. 2526	RBV/MSS	30/80	18
LANDSAT 4*	16 ก.ค. 2525		MSS/TM	80/30	16
LANDSAT 5	1 มี.ค. 2527		MSS/TM	80/30	16
LANDSAT 6	5 ต.ค. 2536	5 ต.ค. 2536	ETM	15(PAN)/ 30(MS)	16
LANDSAT 7	15 เม.ย. 2542		ETM+	15(PAN)/ 30(MS)	16
LANDSAT 8	11 ก.พ. 2556		OLI/TIRS	15(PAN)/ 30(MS)	16

*การรับส่งข้อมูลจากเครื่องรับรู้แบบ TM เสียในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2536

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 57)

ตาราง 4 ข้อมูลการบันทึกช่วงคลื่น ดาวเทียม LANDSAT 8 OLI

แบนด์	ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)			ช่วงคลื่น	ความละเอียดเชิงพื้นที่ (เมตร)
1	0.43	-	0.45	Coastal Aerosol	30
2	0.45	-	0.51	Blue	30
3	0.53	-	0.59	Green	30
4	0.64	-	0.67	Red	30
5	0.85	-	0.88	Near IR	30
6	1.57	-	1.65	SWIR 1	30
7	2.11	-	2.29	SWIR 2	30
8	0.50	-	0.68	Panchromatic	15
9	1.36	-	1.38	Cirrus	30
10	10.60	-	11.19	Thermal IR (TIRS 1)	100
11	11.50	-	12.51	Thermal IR (TIRS 2)	100

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2558, p. 12)

2.6 การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียม

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2538, p. 23) กล่าวว่า การศึกษาการใช้ที่ดินโดยดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM การผสมภาพในช่วงคลื่นที่ 3 กำหนดให้เป็นสีน้ำเงิน, ช่วงคลื่นที่ 4 ให้เป็นสีแดง และช่วงคลื่นที่ 5 ให้เป็นสีเขียว ช่วยประกอบในการตีความ สีของพืชพรรณจะมีสีแดงเข้ม เนื่องจากคลอโรฟิลล์ในพืชมีการสะท้อนคลื่นแสง ความเข้มของแสงสีแดงผ่านข้อมูลในช่วงคลื่นนี้ จึงปรากฏเป็นสีแดงเข้ม มีความเข้มต่างกันไปตามชนิด ประเภท ความหนาแน่นและปัจจัยควบคุมที่แตกต่างกัน บริเวณที่เป็นน้ำจะมีสีดำหรือน้ำเงิน เพราะน้ำมีการสะท้อนแสงต่ำในทุกช่วงคลื่น บริเวณที่มีตะกอนหรือน้ำตื้นจะสะท้อนแสงสูง บริเวณพื้นดินหรือสิ่งก่อสร้างจะมีการสะท้อนแสงสูงในทุกช่วงคลื่น สีที่ปรากฏจะเป็นสีค่อนข้างขาว มีการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากการผสมภาพดาวเทียมโดยใช้การรวมช่วงคลื่นต่างๆ

2.7 การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกล

การประยุกต์ใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลด้วยดาวเทียม LANDSAT ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ซึ่งมีผู้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในประเทศไทย ดังนี้

พิชณะ คงยังยืน (2558, p. 54) ได้ทำการศึกษาคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดจันทบุรี จากภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ. 2548, 2552 และ 2556 โดยใช้การวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพและคาดการณ์พื้นที่ปลูกยางพาราในปี พ.ศ. 2560 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov จากการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราในปี พ.ศ. 2548 พบว่ามีพื้นที่เท่ากับ 103,534.42 ไร่ หรือร้อยละ 2.62 ของพื้นที่จังหวัด ส่วนในปี พ.ศ. 2552 พื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากช่วงปีก่อนเป็น 440,436.51 ไร่ ในขณะที่ปี พ.ศ. 2556 พื้นที่ปลูกยางพาราเพิ่มขึ้นเป็น 545,623.33 ไร่ เมื่อทำการคาดการณ์พื้นที่ปลูกยางพาราในปี พ.ศ. 2560 พบว่าพื้นที่ปลูกยางพารามีแนวโน้มลดลง โดยมีพื้นที่เท่ากับ 538,295.39 ไร่

สุนทรี ทารพันธ์, มณฑล อนุพงศ์พรยศกุล, ลิขิต ชูจิต, and ภูวดล โดยดี (2554, p. 5) ได้ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเลตำบลเกาะหลักและตำบลคลองวาฬ จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ จากข้อมูลดาวเทียมเชิงตัวเลข LANDSAT-5 TM ปี ค.ศ. 1987 และ 2009 ทำการจำแนกข้อมูลโดยวิธี Unsupervised การคำนวณขนาดพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินใช้วิธี Pixel Based สามารถจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 8 ประเภท ได้แก่ 1.พื้นที่เกษตรกรรม 2.พื้นที่ป่าไม้บนเขาและเกาะ 3.พื้นที่ป่าชายเลน 4.สนามบิน 5.พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง 6.พื้นที่ดินเปิดโล่ง 7.พื้นที่น้ำทะเล 8.พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและแหล่งน้ำ เปรียบเทียบการใช้ที่ดินพบว่าพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีขนาดพื้นที่เพิ่มขึ้น 1.84 และ 0.58 ตารางกิโลเมตรตามลำดับ ขณะที่พื้นที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำและแหล่งน้ำมีขนาดพื้นที่ลดลง 2.95 ตารางกิโลเมตร

สุพิชชา ภมรจันทรมัส, สุพรรณ กาญจนสุธรรม, แก้ว นวลฉวี, and ณรงค์ พลธิราช (2558) ศึกษาการขยายตัวของเมืองและปริมาณการใช้ไฟฟ้า และคาดการณ์ทิศทางและปริมาณความต้องการใช้ไฟฟ้าในอนาคต โดยใช้เทคนิคซ้อนทับข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 และ LANDSAT 7 ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov ทำการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล ออกเป็น 5 ประเภทประกอบด้วย สิ่งปลูกสร้าง แหล่งน้ำ พื้นที่ว่างเปล่า พื้นที่เพาะปลูก และป่าไม้ ทำการศึกษาการขยายตัวของเมืองจากข้อมูลที่จำแนกจากดาวเทียม พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2551 และ พ.ศ. 2555 นำมาเปรียบเทียบข้อมูลสิ่งปลูกสร้างกับปริมาณการใช้ไฟฟ้ารายปีเพื่อหาค่าเฉลี่ยไฟฟ้าต่อวันต่อตารางกิโลเมตร และคาดการณ์การการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov นำสิ่งปลูกสร้างที่ได้จากการคาดการณ์กับปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อวันต่อตารางต่อ

กิโลเมตร พบว่า พ.ศ. 2559 มีความต้องการไฟฟ้า 19,010,161.16 เมกะวัตต์ เพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2555 เฉลี่ยปีละ 4,752,540.29 เมกะวัตต์ โดยพบว่าพื้นที่ที่ต้องการไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นแบ่ง ออกได้เป็นสองกลุ่มใหญ่ๆ ได้แก่ กลุ่มที่หนึ่ง คือ พื้นที่นิคมอุตสาหกรรม โดยพื้นที่ที่นิคม อุตสาหกรรมมีความต้องการไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น มีทิศทางขยายตัวออกจากนิคมอุตสาหกรรม ประกอบด้วย พื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี อำเภอศรีราชาและอำเภอบ้านบึงและกลุ่มที่สอง คือ แหล่งท่องเที่ยว โดยพื้นที่แหล่งท่องเที่ยวมีการพัฒนาเพื่อรองรับนักท่องเที่ยว ส่งผลให้มีปริมาณ ความต้องการไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้น รองลงมาประกอบด้วย พื้นที่อำเภอเมืองชลบุรี อำเภอศรีราชาและ อำเภอบางละมุง ซึ่งพื้นที่ทั้งหมดมีปริมาณความต้องการไฟฟ้าเพิ่มขึ้น จึงควรมีการวางแผนและ การจัดการเพื่อรองรับกับความต้องการไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในอนาคต

อุษาวดี ผาภูหลาบแดง (2558, บทคัดย่อ) ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินในปี พ.ศ. 2533, 2543, 2547 และ 2548 และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินก่อนและหลังการเกิดสึนามิ โดยการประยุกต์ระบบภูมิสารสนเทศ ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov ผลการศึกษา พบว่า จังหวัดกระบี่ ซึ่งครอบคลุมพื้นที่ 4,818.01 ตารางกิโลเมตร หรือ 3,011,256.25 ไร่ จำแนกประเภท ของการใช้ที่ดินออกเป็น ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง, เกษตรกรรม, ยางพารา, ปาล์มน้ำมัน, สถานที่ เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ, ป่าดิบชื้น, ป่าชายเลน, พื้นที่อื่นๆและแหล่งน้ำ จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลง การใช้ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2533-2543 พบว่า ปาล์มน้ำมัน ป่าดิบชื้น พื้นที่อื่นๆ ชุมชนและสิ่งปลูก สร้าง สถานที่เพาะเลี้ยงสัตว์น้ำ ป่าชายเลนและแหล่งน้ำ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น คือ 298.35, 101.23, 29.58, 27.08, 11.82, 8.6 และ 0.52 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ในขณะที่ ยางพาราและ เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง คือ 475.79 และ 1.39 ตามลำดับ

ดังนั้นสรุปได้ว่า การใช้เทคโนโลยีด้านการสำรวจระยะไกลโดยใช้ ข้อมูลดาวเทียม ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ทำให้เกิดประสิทธิภาพและมีความถูกต้องมากขึ้นในจำแนก ประเภทการใช้ที่ดินและสามารถใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคตได้

2.8 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.8.1 ความหมายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552, p. 4) ได้อธิบายว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นระบบที่นำเอาข้อมูลมารวบรวม จัดเก็บและวิเคราะห์อย่างเป็น ระบบ สามารถทำการสืบค้นข้อมูลและปรับปรุงข้อมูล รวมไปถึงการนำเอาข้อมูลที่ได้จากการ วิเคราะห์มาช่วยประกอบการตัดสินใจในเรื่องต่างๆ ได้ ข้อมูลที่นำมารวบรวมและจัดเก็บในระบบ

สามารถนำไปจัดการและวิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial data) โดยข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการเชื่อมโยงเข้ากับข้อมูลลักษณะประจำ (Attribute data) ที่ใช้อธิบายรายละเอียดของปรากฏการณ์ และคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ นั้นๆ ซึ่งจะทำให้การนำข้อมูลไปใช้มีความถูกต้องและแม่นยำมากยิ่งขึ้น

สุเพชร จิรขจรกุล (2556, p. 16) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่รวบรวมข้อมูลและบันทึกข้อมูลทรัพยากร สิ่งแวดล้อม ภัยพิบัติ ในรูปแบบเชิงพื้นที่ ที่มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์และข้อมูลตารางสถิติ สามารถปรับปรุงระบบให้อยู่ในระบบพิกัดเดียวกัน เพื่อให้มีความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูลและนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบแผนที่และข้อมูลสถิติ เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจโดยใช้ ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ข้อมูลและวิธีการดำเนินการ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์การเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์ของการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ใช้เป็นสารสนเทศเพื่อสนับสนุนการตัดสินใจในด้านต่างๆ เช่น การวางแผนการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ รวมถึงการจัดการสิ่งแวดล้อมที่มนุษย์สร้างขึ้น ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถตอบคำถามได้ว่า สถานที่ และสิ่งต่างๆ ที่เราต้องการค้นหานั้นอยู่ที่ไหน และเกี่ยวข้องกับสิ่งต่างๆ ที่อยู่ข้างๆ อย่างไร นอกจากนี้ยังช่วยบอกให้รู้ว่ามีทางเลือกใดบ้าง แต่ละทางเลือกมีลักษณะอย่างไรและเปรียบเทียบหาทางเลือกที่ดีที่สุด ข้อมูลที่ได้จากระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นข้อมูลเชิงพื้นที่ซึ่งสามารถบอกตำแหน่งของข้อมูลที่เราสนใจอ้างอิงถูกต้องกับระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์บนพื้น โลก (Geo-referenced data) ซึ่งระบบสารสนเทศนี้ประกอบด้วยข้อมูลต่างๆ คือ ลักษณะทางกายภาพ สังคม ทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ นอกจากนี้ยังบอกถึงตำแหน่งและเวลาของสิ่งที่เรากำลังทำการศึกษา

2.8.2 องค์ประกอบระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

สุเพชร จิรขจรกุล (2556, p. 31) อธิบายว่า องค์ประกอบหลักของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จัดแบ่งออกเป็น 5 ส่วน คือ องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ องค์ประกอบด้านโปรแกรม ขั้นตอนการทำงาน ข้อมูล และบุคลากร มีรายละเอียดของแต่ละองค์ประกอบดังต่อไปนี้

1. องค์ประกอบด้านฮาร์ดแวร์ คือ เครื่องมือที่ใช้สร้างและจัดเก็บข้อมูลภูมิสารสนเทศของหน่วยงาน ได้แก่ เครื่องคอมพิวเตอร์รวมไปถึงอุปกรณ์ต่อพ่วงต่าง ๆ เช่น ดิจิไทเซอร์ สแกนเนอร์ เครื่องพิมพ์

2. องค์ประกอบด้านโปรแกรม คือ โปรแกรมหรือชุดของคำสั่งสำเร็จรูป เช่น โปรแกรม ArcGIS, Arc/Info และ MapInfo มีหน้าที่ทำงานตามรูปแบบระบบภูมิสารสนเทศ เพื่อจัดการข้อมูลให้ได้ตามวัตถุประสงค์

3. ข้อมูล คือ ข้อมูลต่างๆ ที่จะใช้ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และถูกจัดเก็บในรูปแบบของฐานข้อมูลและประมวลผลเป็นผลลัพธ์ออกมา

4. วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน คือ ขั้นตอนการทำงานที่เกี่ยวข้องกับการจัดเตรียมฐานข้อมูล การนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บ บันทึก การวิเคราะห์และการแสดงผลข้อมูล

5. บุคลากร คือ ผู้จัดการให้องค์ประกอบทั้ง 5 ส่วน ทำงานประสานกันจนได้ผลลัพธ์ในรูปแบบของข้อมูล เพื่อสนับสนุนงานในหน่วยงาน

2.8.3 การประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศ

สุเพชร จิรัชจรกุล (2556, p. 22) อธิบายการประยุกต์ใช้ระบบภูมิสารสนเทศในด้านต่างๆ ได้แก่

ด้านเศรษฐกิจ เช่น การวางแผนเพื่อการผลิต การวิเคราะห์ความพร้อมของวัตถุดิบ
ด้านคมนาคมขนส่ง เช่น การวางแผนเส้นทางเดินรถ การวิเคราะห์เส้นทางท่องเที่ยว
ด้านสาธารณูปโภคพื้นฐาน เช่น การวางแผนการเดินระบบไฟฟ้า ระบบท่อประปา
ด้านการสาธารณสุข เช่น การวิเคราะห์การแพร่กระจายของโรคระบาด
ด้านการบริการชุมชน เกี่ยวข้องในส่วนการให้บริการของภาครัฐกับประชาชน
ด้านกฎหมายและป้องกันอาชญากรรม เช่น การกำหนดจุดเสี่ยงอาชญากรรม
ด้านการวางแผนการใช้ที่ดิน เช่น การวิเคราะห์เพื่อการจัดการพื้นที่ชุมชนเมือง
ด้านสิ่งแวดล้อม เช่น การสร้างแบบจำลองแสดงการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าไม้
ด้านการจัดการภาวะฉุกเฉินและภัยพิบัติ เช่น การหาเส้นทางอพยพประชาชน

2.9 แบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน CA-Markov

การศึกษาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน สามารถใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์วิเคราะห์ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมในปัจจุบัน แบบจำลองที่ได้รับความนิยม เช่น แบบจำลอง CLUE-S เป็นแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยอาศัยการวิเคราะห์ทางที่ตั้งที่เหมาะสมผนวกกับการจำลองแบบพลวัตของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่มีผลกระทบซึ่งกันและกันในพื้นที่ (Verburg et al., 2002, p. 391) และแบบจำลอง CA-Markov สามารถใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินทั้งเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณ เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างแบบจำลอง Markov Chain และแบบจำลอง Cellular Automata ใช้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยใช้ผลการคาดการณ์เชิงปริมาณที่ได้จาก

แบบจำลอง วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเซลล์รอบข้างที่มีผลต่อสถานะของเซลล์ตรงกลางโดยใช้แบบจำลอง Cellular Automata ในการอธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ (Eastman, 2006, p. 88)

2.9.1 แบบจำลอง Markov Chain (CA)

เป็นทฤษฎีที่ใช้สูตรของ Markov หารูปแบบเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินมีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นรูปแบบ ควบคุมได้ สามารถอธิบายสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภทได้ นิยมใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ที่ไม่มีผลกระทบภายหลัง นิยมใช้ในงานวิจัยเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ (Sang, Zhang, Yang, Zhu, & Yun, 2011, p. 939) Markov chain ใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่จะเกิดในอนาคต ใช้คำนวณหาเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลง (Transition Matrix) 2 ชนิด คือ เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (Transition Probability Matrix) และเมทริกซ์พื้นที่การเปลี่ยนแปลง (Transition Area Matrix) (Eastman, 2006, p. 235) มีสมการดังนี้

$$s(t+1) = P_{ij} s(t) \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 1}$$

โดยที่ $s(t+1), s(t)$ คือ สถานะ ณ เวลา t หรือ $t+1$

P_{ij} คือ เมทริกซ์ของความน่าจะเป็นในการเปลี่ยนแปลงที่คำนวณจากสมการ

$$P_{ij} = \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & \dots & P_{1n} \\ P_{21} & P_{22} & \dots & P_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ P_{n1} & P_{n2} & \dots & P_{nn} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots \text{สมการที่ 2}$$

$$\text{เมื่อ } (0 \leq P_{ij} < 1 \text{ and } \sum_j^n P_{ij} = 1, (i,j=1,2,\dots,n))$$

ซูติพงศ์ ร่มสินธุ์ (2548, p. 10) กล่าวว่า แบบจำลอง Markov เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่นำหลักของ Probability Distribution มาใช้กับตัวอย่างที่สุ่มเลือกมาจากเหตุการณ์ทั้งหมด เพื่อประเมินค่าของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นมาแล้วหรือพยากรณ์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นภายใต้สมมติฐานที่ว่า แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงทั้งในอดีตและปัจจุบัน จะมีลักษณะเช่นเดียวกับการเปลี่ยนแปลงในช่วงระยะเวลาที่สุ่มเลือกขึ้นมา โดยเฉพาะอย่างยิ่งการประยุกต์ในการหาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินภายในลุ่มน้ำ สามารถทำได้ง่าย โดยการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินแต่ละประเภทภายในช่วงระยะเวลาที่กำหนด นำข้อมูลที่ได้มาสร้าง Kinematic Graph และ Transition Matrix แล้วจึงนำ Vector ที่เป็นค่าของสัดส่วนการใช้ที่ดินมาคูณจะได้ผลลัพธ์ออกมาเป็น Vector ของสัดส่วนการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นในช่วงอนาคต

ดังนั้นสรุปได้ว่า แบบจำลอง Markov เป็นทฤษฎีที่ใช้สูตรของ Markov หารูปแบบเพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่มีลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นรูปแบบ ใช้ในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงของข้อมูลที่จะเกิดในอนาคต โดยการคำนวณหาเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลง 2 ประเภทคือ เมทริกซ์ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงและเมทริกซ์พื้นที่การเปลี่ยนแปลง

2.9.2 แบบจำลองเซลลูลาอโตมาตา (Cellular Automata Model)

ทอมมาโซ และ นอร์แมน (Tommaso & Norman, 1987, p. 15) กล่าวว่า เซลลูลาอโตมาตา คือ เซลล์ย่อยๆ ที่อยู่ร่วมกันในรูปของตารางสี่เหลี่ยม เรียกว่า กริดหรือเซลล์ แต่ละกริดหรือเซลล์ คือ หนึ่งหน่วยข้อมูลที่สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ รูปแบบของเซลล์ใหม่จะถูกกำหนดจากเซลล์แวดล้อมที่มีขนาด 3X3 หรือ 5X5 โดยจะเคลื่อนที่ไปที่ละเซลล์จนครบทั้งพื้นที่ และคำนวณซ้ำตามเวลาที่กำหนด

ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส (2557, p. 99) กล่าวว่า เซลลูลาอโตมาตา คือเทคนิคการจำลองสถานการณ์เพื่อศึกษาเกี่ยวกับเมืองที่มีความหลากหลาย เช่น การเติบโตของชุมชนเมือง การเปลี่ยนแปลงของประชากร เศรษฐกิจและการจ้างงาน ตลอดจนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินเป็นแบบจำลองเชิงพื้นที่ที่ประกอบด้วย ข้อมูลสารสนเทศเชิงพื้นที่ สามารถแสดงออกมาในรูปของแผนภูมิลำดับของการวิเคราะห์ข้อมูล หลักการทำงานจะทำการคำนวณโดยอาศัยความเปลี่ยนแปลงของจุดภาพข้างเคียง โดยกำหนดเงื่อนไขไว้ล่วงหน้าและทำการคำนวณวนซ้ำเป็นรอบจนกว่าจะดำเนินการครบตามเงื่อนไขที่ตั้งไว้

การทำงานของแบบจำลองเซลลูลาอโตมาตา แบ่งองค์ประกอบของการทำงานออกเป็น 5 ส่วน (Singh, 2003, p. 8) ดังนี้

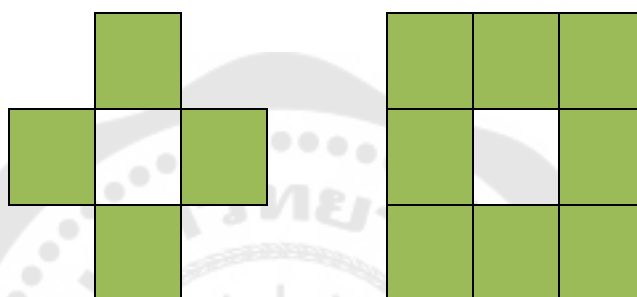
1. พื้นที่เซลล์ (Cell Space) ประกอบด้วยรูปเซลล์รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส ความละเอียด (Resolution) ของเซลล์ ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของจำลองและข้อมูลที่มีอยู่ รวมถึงผลลัพธ์ จึงต้องเลือกความละเอียดของเซลล์ให้เหมาะสม

2. สถานะเซลล์ (Cell States) แสดงถึงสถานภาพของพื้นที่ในแต่ละเซลล์ เช่น ลักษณะการใช้ที่ดินแต่ละประเภท

3. ช่วงเวลา (Time Steps) แสดงถึงช่วงเวลาของเหตุการณ์ ใช้เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลง ทำงานพร้อมกับกฎการเปลี่ยนแปลง

4. กฎการเปลี่ยนแปลง (A Transition Rule) เป็นการกำหนดลักษณะการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นพลวัต จะรู้ถึงสถานะของเซลล์ก่อนและหลังการเปลี่ยนแปลง ที่ได้รับอิทธิพลจากเซลล์รอบข้าง

5. เซลล์รอบข้าง (Neighborhood) แบบจำลองเซลล์ลอจิสติกมี 2 แนวคิดที่ได้กล่าวถึงเซลล์รอบข้างไว้โดย Neumann ได้เสนอไว้ว่ามี 4 เซลล์รอบข้างล้อมรอบ ในขณะที่ Moore เสนอไว้ว่ามี 8 เซลล์รอบข้างล้อมรอบ ภาพประกอบ 5



ภาพประกอบ 5 ลักษณะของเซลล์รอบข้างตามแนวคิดของ Neumann และ Moore ตามลำดับ
ที่มา: (Singh, 2003, p. 9)

2.9.3 แบบจำลอง CA-Markov

แซงและคณะ (Sang et al., 2011, p. 939) กล่าวว่า CA-Markov เป็นการนำหลักการของ Cellular Automata และ Markov Chain มาประยุกต์ใช้ร่วมกันเพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดิน รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเซลล์ พิจารณาจากสัดส่วนของการใช้ประโยชน์ที่ดิน (The transition areas) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ Markov ร่วมกับ CA filter ของพื้นที่แวดล้อมที่อยู่ติดกัน มีหลักการดังนี้

1) กระบวนการวิเคราะห์ CA-Markov ใช้ข้อมูลโอกาสของการเปลี่ยนแปลงจากการวิเคราะห์ด้วย Markov Chain ร่วมกับ CA filter ขนาด 5X5 Neighborhood เพื่อหาความน่าจะเป็นของประเภทสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ศึกษา

2) CA filter จะเคลื่อนที่ทับข้อมูลของปีที่เราเริ่มศึกษาทีละเซลล์จนครบทั้งพื้นที่ และเริ่มเคลื่อนที่ทับทีละเซลล์อีกครั้ง และวนซ้ำไปเรื่อยๆ จนครบจำนวนรอบที่ต้องการ

3) การวนซ้ำแต่ละครั้ง ประเภทของสิ่งปกคลุมดินจะเปลี่ยนแปลงหรือคงสภาพเดิม ขึ้นอยู่กับประเภทสิ่งคลุมดินในพื้นที่โดยรอบ ตามทฤษฎี “The Game of Life” และโอกาสของการเปลี่ยนแปลง

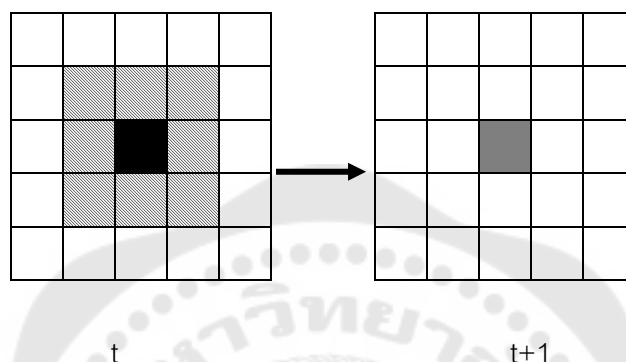
4) เมื่อสิ้นสุดกระบวนการ ผลลัพธ์ที่ได้ คือแผนที่สิ่งปกคลุมดิน ซึ่งสามารถบอกการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดิน ทำให้สามารถวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคตได้

อีสต์แมน (Eastman, 2006, p. 236) อธิบายว่า แบบจำลอง CA-Markov เป็นแบบจำลองที่ใช้สำหรับการตัดสินใจ เป็นการทำงานร่วมกันของแบบจำลอง Markov Chain และ Cellular Automata ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยการคาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเชิงปริมาณ และทำการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเซลล์รอบข้างที่มีผลต่อสถานะของเซลล์ตรงกลางโดยใช้แบบจำลอง Cellular Automata ในการอธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ แต่เดิมแบบจำลอง Markov Chain ใช้คาดการณ์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอนาคต โดยการวิเคราะห์การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในอดีต พิจารณาจากสถานะของเซลล์เพียงอย่างเดียว ไม่ได้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเซลล์รอบข้าง แบบจำลอง CA-Markov จึงเพิ่มความสำคัญจากอิทธิพลของเซลล์รอบข้าง แบบจำลอง Cellular Automata มีความสามารถในการอธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างเป็นพลวัต กล่าวคือพื้นที่การใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงไปตามพื้นที่ที่มีลักษณะเหมือนกัน กฎการเปลี่ยนแปลงที่ใช้ส่วนใหญ่ประกอบขึ้นมาจากกระบวนการการกรอง (filtering) และการจัดชั้นข้อมูล (reclassification) ซึ่งรู้จักกันในชื่อ ทฤษฎี “Game of Life” ของ จอห์น คอนเวย์ (John Conway) โดยกำหนดให้หนึ่งหน่วยของเซลล์แทนค่าด้วย 1 หรือ เซลล์ที่มีชีวิต (Live) และกำหนดให้ 0 หรือ เซลล์ที่ไม่มีชีวิต (Dead) ดังภาพประกอบ 6 ซึ่งมีสมมติฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรูปแบบของเซลล์ที่มีชีวิต และ เซลล์ที่ไม่มีชีวิต ไว้ตามเงื่อนไขดังภาพประกอบ 7

1	1	1
1	10	1
1	1	1

ภาพประกอบ 6 ตำแหน่งของเซลล์แวดล้อมทั้ง 8 หรือ 3x3 Neighborhood ที่มา: (Eastman, 2006, p. 236)

- เซลล์ที่ตายในช่วงเวลา T จะเปลี่ยนเป็นเซลล์ที่มีชีวิตในช่วงเวลา $T+1$ ถ้าเซลล์รอบๆ เซลล์ที่ว่างอยู่นั้นมีจำนวนเท่ากับ 3 เซลล์ ในเซลล์ล้อมรอบ (More neighborhood) ขนาด 3×3
- เซลล์ที่มีชีวิตอยู่ในช่วงเวลา T จะตายในช่วงเวลา $T+1$ ถ้ามีเซลล์ล้อมรอบด้วยจำนวนน้อยกว่า 2 หรือมากกว่า 3 เซลล์ ในเซลล์ล้อมรอบ (More neighborhood) ขนาด 3×3



ภาพประกอบ 7 การเปลี่ยนแปลงตำแหน่งเซลล์ และเซลล์ล้อมรอบ

ที่มา: (Brecevic, Dragan, Feoli, & Yan, 2004, p. 4)

2.9.4 การประเมินค่าความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

เป็นการประเมินความถูกต้องของข้อมูลจากการจำแนกประเภทข้อมูลภาพเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการสำรวจข้อมูลภาคสนาม ใช้ในการอ้างอิงตรวจสอบค่าความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียม โดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด (Error Matrix) คำนวณค่าความถูกต้องของข้อมูลที่ทำกรจำแนกขาดหายไป (Produce's Accuracy) คือ ค่าความถูกต้องของแต่ละประเภทข้อมูลที่จำแนก เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ตัวอย่างอ้างอิง ประเภทนั้นทั้งหมด (ผลรวมแนวตั้ง) ค่าความถูกต้องของข้อมูลที่ทำกรจำแนกเกินมา (User's Accuracy) คือ ค่าความถูกต้องของแต่ละประเภทข้อมูลที่จำแนกถูกต้องที่เปรียบเทียบกับข้อมูลที่จำแนกเป็นประเภทนั้นทั้งหมด (ผลรวมแนวนอน) และค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) คือ ค่าความถูกต้องของข้อมูลทุกประเภทที่จำแนกถูกต้องเปรียบเทียบกับข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างอ้างอิงทั้งหมด Congalton and Green (1993, p. 643).

2.9.5 การประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA-Markov

ปัจจุบันได้มีการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยแบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์ตำแหน่งของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่จะเกิดขึ้นในอนาคต ซึ่งสามารถยกตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

ซีฟาร์ด, คลาร์ก และแฟรงคลิม (Syphard, Clarke, & Franklim, 2005, pp. 185-203) ใช้แบบจำลอง Cellular Automata ศึกษาพื้นที่บริเวณตอนใต้ของแคลิฟอร์เนีย สหรัฐอเมริกา ในช่วง ค.ศ. 2000 – ค.ศ. 2005 เพื่อคาดการณ์ผลกระทบจากการเจริญเติบโตของเมือง ในบริเวณห้ามพัฒนา โดยใช้เงื่อนไขเรื่องความลาดชัน คือมีความลาดชัน 25%, 30% และ 60% ตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่มีการกลายเป็นพื้นที่เมืองเพิ่มขึ้นร้อยละ 11 และเพิ่มขึ้นร้อยละ 26, 35 และ 47 ตามลำดับใน ค.ศ.2050 จึงสรุปได้ว่า การใช้แบบจำลอง Cellular Automata ให้ผลที่ดีกว่าการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากแบบจำลอง Cellular Automata สามารถบอกรายละเอียดของผลในเรื่องของพื้นที่และช่วงเวลาได้ชัดเจน

ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ (2548, p. 81) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ การสำรวจระยะไกล และการระบุตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม ประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง CA-Markov เพื่อศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2540 – 2546 และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2558 ผลการศึกษาพบว่าค่าความถูกต้องโดยรวมจากการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากแบบจำลอง CA-Markov เท่ากับร้อยละ 73.59 ของพื้นที่การใช้ที่ดินจริง

ธีรเวทย์ ลิ้มโกลลวิลาส (2557, pp. 109-111) ได้ศึกษาการใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง ในปี พ.ศ. 2567 โดยแบ่งการใช้ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ ที่อยู่อาศัย ป่าไม้ เกษตรกรรม แหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ การคาดการณ์การใช้ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ในปี พ.ศ. 2567 พบว่า มีการใช้ที่ดินเป็นที่อยู่อาศัยและป่าไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.71 และ 24.99 ตามลำดับ ขณะที่พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ ลดลงร้อยละ 60.90, 2.27 และ 2.12 ตามลำดับ

สุเบดี และ ทาพา (Subedi, Subedi, & Thapa, 2013, pp. 126-132) ได้ประยุกต์ใช้ CA-Markov คาดการณ์การใช้ที่ดินในพื้นที่ Saddle Creek Florida จากผลการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่อยู่อาศัยได้เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 47.3 เป็น 49.4 สิ่งอำนวยความสะดวกด้านการคมนาคมเพิ่มขึ้นจากร้อยละ 3.7 เป็น 5 ส่วนพื้นที่การเกษตรลดลงจากร้อยละ 14.4 เป็น 12.3 โดยช่วงเวลาที่ใช้ศึกษา คือ ปี ค.ศ. 2006 – 2015

วสันต์ อววัฒนา (2555, pp. 84-86) ใช้แบบจำลอง CA-Markov คาดการณ์รูปแบบการใช้ที่ดินในจังหวัดภูเก็ต ในปี พ.ศ. 2564 โดยแบ่งรูปแบบการใช้ที่ดินออกเป็น 9 ประเภท ได้แก่ พื้นที่สวนยางพารา พื้นที่ชุมชน พื้นที่สวนผลไม้ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่นาทุ่งและบ่อเลี้ยงปลา พื้นที่นาข้าว พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่อื่นๆ พบว่า พื้นที่อื่นๆ และพื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นร้อยละ 38.73 และ 11.27 ตามลำดับ พื้นที่ชุมชน พื้นที่สวนผลไม้ พื้นที่ป่าชายเลน พื้นที่สวนยางพารา พื้นที่นาข้าว พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่นาทุ่งและบ่อเลี้ยงปลาลดลงร้อยละ 22.35, 21.56, 1.70, 1.44, 1.16, 0.90, 0.89 ตามลำดับ

พีนา, โบเนต, เบลลอต และ ซานเชส (Peña, Bonet, Bellot, & Sánchez, 2005) ทำการศึกษาและวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินและการใช้ที่ดิน โดยทำการศึกษาในเขต Marina Baixa, สเปน โดยการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางอากาศในปี 1956, 1978 และ 2000 และคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยใช้ใน Cellular Automata, Markov Chain ร่วมกับ Multi-Criteria ช่วงเวลา 22 ปี พบว่าพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ส่วนมากจะอยู่บริเวณใกล้กับแนวชายฝั่งทะเล พื้นที่ทำการเกษตรมีพื้นที่ลดลง

สรุปได้ว่า แบบจำลอง CA-Markov เป็นการประยุกต์ใช้กับแบบจำลอง Markov Chain และแบบจำลอง Cellular Automata สามารถใช้คาดการณ์รูปแบบการใช้ที่ดิน ให้ผลที่ดีกว่าการใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากสามารถบอกรายละเอียดของผลที่ชัดเจน ทั้งในเรื่องของพื้นที่และช่วงเวลาและสามารถตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองโดยการคำนวณหาความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น

2.10. พื้นที่รับน้ำและการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method

2.10.1 ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

2.10.1.1 พื้นที่รับน้ำ

กรมทางหลวง (2553, p. 6) อธิบายว่า พื้นที่รับน้ำ หมายถึง บริเวณพื้นที่ที่รับน้ำฝนและระบายน้ำไหลไปรวมกันโดยนับรวมตั้งแต่บริเวณต้นน้ำ (Upstream) จนถึงจุดรวมไหลออกที่พิจารณา (Outlet) แนวเส้นขอบเขตของพื้นที่ลุ่มน้ำ เรียกว่า สันปันน้ำ (Water divide) ซึ่งจะเป็นแนวเส้นที่ลากไปตามแนวสันเขาหรือสันเนิน ที่แบ่งทิศทางการไหลของน้ำฝนไปคนละด้านของสันเขาหรือสันเนินดังกล่าวไปลงลำน้ำที่มีพื้นที่ลุ่มน้ำประชิดกัน การหาขอบเขตพื้นที่รับน้ำหรือแนวสันปันน้ำสามารถทำได้โดยพิจารณาจากเส้นระดับชั้นความสูง (Contour line) ในแผนที่ภูมิประเทศ

(Base Map) โดยการลากเส้นผ่านแนวสันเขาซึ่งก็คือบริเวณที่มีเส้นระดับความสูงที่สูงที่สุดนั่นเอง ซึ่งเส้นที่ได้จะต่อเนื่องกัน และมาบรรจบกันที่จุดที่พิจารณา

นิวัติ เรืองพานิช (2547, p. 1) กล่าวว่า พื้นที่รับน้ำ คือ พื้นที่ลาดชันที่ระบายน้ำจาก เส้นสันปันน้ำ (Divide) ให้ไหลลงสู่ท้องลำธารหรือพื้นที่ที่ล้อมรอบด้วยสันปันน้ำ

พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล and พิณทิพย์ ธิติโรจนวัฒน์ (2551, p. 1) กล่าวว่า พื้นที่รับน้ำ (Watershed area) หมายถึง พื้นที่ที่อยู่เหนือจุด ๆ หนึ่งบนลำธาร ที่ทำหน้าที่รองรับน้ำฝนและ นำน้ำในส่วนเกินจากน้ำ 3 ส่วน คือ (1) การดูดยึดไว้ของดิน (2) การนำขึ้นไปใช้ในการคายน้ำของ ต้นไม้ และ (3) การรั่วซึมผ่านชั้นหินที่อยู่ใต้ชั้นดินออกนอกกลุ่มน้ำไป โดยจะนำน้ำในส่วนที่เกินจาก น้ำทั้งสามส่วนนี้มาเฉลี่ยให้กับลำธารทั้งทางผิวดินและใต้ดินแล้วจึงระบายให้กับพื้นที่ท้ายน้ำโดย ไหลผ่านจุดที่กำหนดให้

2.10.1.2 ตัวแปรทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำ

ตัวแปรทางกายภาพของพื้นที่รับน้ำที่มีผลต่อการคำนวณอัตราการไหลของน้ำมี 3 ตัวแปร (กรมทางหลวง, 2553) คือ

- ความยาวของลำน้ำ
- ความลาดเอียง (Slope) ของลำน้ำ
- ขนาดพื้นที่รับน้ำ

การวัดค่าตัวแปรดังกล่าวทำได้ดังนี้

1) การวัดความยาวลำน้ำ ให้วัดจากต้นน้ำที่ไกลที่สุดคดเคี้ยวไปตามแนว ศูนย์กลางของลำน้ำสายหลักจนถึงจุดออก หรือจุดที่พิจารณา ปัจจุบันสามารถนำแผนที่ลงใน ระบบภูมิสารสนเทศ ทำให้สามารถวัดระยะความยาวตามแนวคดเคี้ยวของลำน้ำได้อย่างแม่นยำ

2) การวัดความลาดเอียงหรือความต่างระดับ ความลาดเอียงของพื้นที่รับน้ำ และลำน้ำ เป็นตัวแปรสำคัญที่มีผลต่ออัตราการไหลของน้ำ และความเร็วของน้ำ โดยทั่วไปจะมี ความลาดเอียงสูงในช่วงต้นน้ำ และจะมีความลาดเอียงน้อยลง เมื่อไหลเข้าสู่พื้นที่ราบ การหา ความลาดเอียงของลำน้ำสามารถทำได้ในขั้นตอนเดียวกันกับการวัดความยาวของลำน้ำโดย การอ่านค่าความต่างระดับของลำน้ำช่วงต่างๆ ได้จากเส้นระดับความสูงในแผนที่ภูมิประเทศ

3) การวัดขนาดพื้นที่รับน้ำ ซึ่งเป็นพื้นที่ภายในขอบเขตของเส้นสันปันน้ำ โดยทำการวัดขนาดพื้นที่บนแผนที่ภูมิประเทศโดยตรงหรือใช้โปรแกรมทางด้านภูมิสารสนเทศทำ การวิเคราะห์

2.10.1.3 ฝน

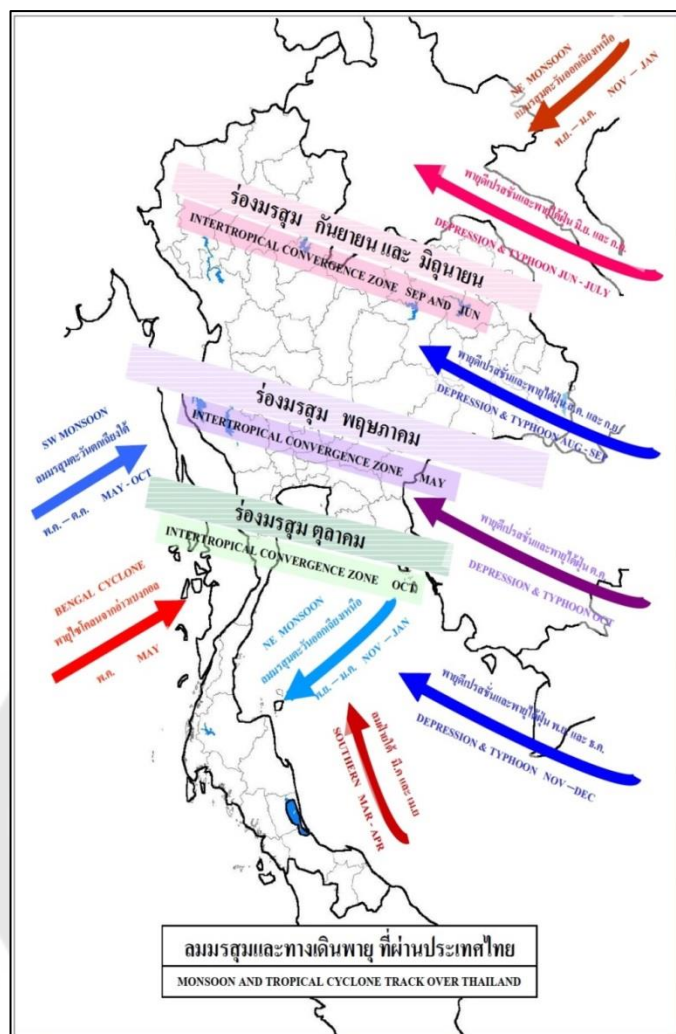
ประเทศไทยได้รับอิทธิพลของมรสุม 2 ทิศทาง คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ดังภาพประกอบ 8 โดยลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้จะพัดปกคลุมประเทศไทย กลางเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ส่วนลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือจะพัดปกคลุม กลางเดือนตุลาคมถึงเดือนกุมภาพันธ์ นอกจากนี้ยังได้รับอิทธิพลจากร่องมรสุมและพายุหมุนเขตร้อน ทำให้เกิดฝนตกหนักในพื้นที่ที่พาดผ่าน โดยฤดูฝนจะเริ่มประมาณกลางเดือนพฤษภาคมถึงกลางเดือนตุลาคม ฤดูนี้จะเริ่มเมื่อมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ พัดปกคลุมประเทศไทย ขณะที่ร่องความกดอากาศต่ำพาดผ่านประเทศไทยทำให้มีฝนชุกทั่วไป ร่องความกดอากาศต่ำนี้ปกติจะเริ่มพาดผ่านภาคใต้ในเดือนเมษายน แล้วจึงเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านภาคกลางและภาคตะวันออกเฉียงเหนือและตะวันออกเฉียงเหนือ ในเดือนพฤษภาคมถึงเดือนมิถุนายนตามลำดับ ประมาณปลายเดือนมิถุนายน จะเลื่อนขึ้นไปพาดผ่านบริเวณประเทศจีนตอนใต้ ทำให้ฝนลดลงระยะหนึ่ง เรียกว่าฝนทิ้งช่วง อาจนานประมาณ 1 - 2 สัปดาห์ ประมาณเดือนกรกฎาคมถึงเดือนพฤศจิกายน ร่องความกดอากาศต่ำจะเลื่อนกลับลงมาทางใต้พาดผ่านบริเวณประเทศไทยอีกครั้งหนึ่ง โดยจะพาดผ่านตามลำดับจากภาคเหนือ ลงไปภาคใต้ ทำให้ช่วงเวลาดังกล่าวจะมีฝนชุกต่อเนื่อง ประเทศไทยตอนบน จะตกชุกช่วงเดือนสิงหาคมถึงเดือนกันยายนและภาคใต้จะตกชุกช่วงเดือนตุลาคมถึงเดือนพฤศจิกายน (กรมอุตุนิยมวิทยา, 2557, ออนไลน์)

2.10.1.4 ความเข้มของฝน (Rainfall intensity)

ความเข้มของฝน หรือความรุนแรงของฝน หมายถึง ปริมาณความลึกฝนเทียบต่อหนึ่งหน่วยเวลา มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง หรือ นิ้ว/ชั่วโมง เป็นต้น ในกรณีที่มีกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฝนสะสม (Accumulated Rainfall Depth) กับเวลา สามารถหาความเข้มฝนในแต่ละช่วงเวลาได้จากความลาด (Slope) ของเส้นกราฟ ดังภาพประกอบ 9

2.10.1.5 ข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์หัตถการไหลของน้ำสูงสุด

การระบายน้ำต้องสามารถรองรับอัตราการไหลสูงสุด ที่เกิดจากฝนตกสูงสุดในรอบปีที่กำหนด (Return Period) ดังนั้นข้อมูลน้ำฝนที่ใช้ในการวิเคราะห์ จึงต้องเป็นข้อมูลที่ได้ผ่านการวิเคราะห์ความถี่ของการเกิดซ้ำของฝน ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดที่มีการเก็บข้อมูลต่อเนื่องเป็นระยะเวลานาน ซึ่งหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องน้ำโดยตรง เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน โดยวิเคราะห์ข้อมูลความสัมพันธ์ของความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) กับช่วงเวลาของการตก (Duration) กับความถี่ของการเกิด (Frequency) สรุปไว้ในรูปแบบของกราฟที่เรียกว่า Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curve หรือ IDF Curve



ภาพประกอบ 8 ลมมรสุมและทางเดินพายุที่ผ่านประเทศไทย
ที่มา: กรมอุตุนิยมวิทยา (2557, ออนไลน์)

2.10.2 การวิเคราะห์อัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่าโดยวิธี Rational Method

กรมทางหลวง (2553, p. 26) อธิบายว่า เป็นการหาอัตราการไหลสูงสุดของน้ำท่า โดยคิดจากปริมาณน้ำฝนส่วนเกินที่ตกลงในพื้นที่รับน้ำ (ปริมาณน้ำฝนที่เหลือจากการระเหย การซึมลงดิน การคายระเหย การอุ้มและเก็บกัก อยู่ในแอ่งน้ำต่างๆ) โดยมีสมมุติฐานว่า การตกของฝน มีความเข้มสม่ำเสมอกระจายทั่วพื้นที่รับน้ำฝน ตลอดช่วงเวลาของฝนตกที่พิจารณา ซึ่งด้วยสมมุติฐานดังกล่าว เป็นเหตุให้ สูตรนี้เหมาะสมกับการคำนวณอัตราการไหลของน้ำ กรณีที่พื้นที่รับน้ำขนาดไม่ใหญ่มากนัก วิธี Rational Method เป็นวิธีที่ใช้อย่างแพร่หลายทั้งในประเทศไทยและ

ต่างประเทศ สำหรับหน่วยงานต่างๆ ในประเทศไทยกำหนดให้ใช้สูตรนี้ ในกรณีที่พื้นที่รับน้ำฝนไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร การคำนวณแสดงดังสมการต่อไปนี้

$$Q = 0.278CIA \dots\dots\dots \text{สมการที่ 3}$$

เมื่อ

Q = อัตราการไหลสูงสุดของน้ำ ณ จุดที่พิจารณา มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/วินาที

C = สัมประสิทธิ์น้ำท่า (Coefficient of Runoff) ขึ้นกับลักษณะของพื้นที่รับน้ำฝน

I = ความเข้มของฝน (Rainfall Intensity) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง

A = พื้นที่รับน้ำฝน มีหน่วยเป็น ตารางกิโลเมตร สามารถหาได้จากการแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนในแผนที่เส้นชั้นความสูงหรือจากโปรแกรมทางภูมิสารสนเทศ

ค่าความเข้มของฝนได้จากกราฟความเข้มของฝน ดังภาพประกอบ 9 เป็นกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน (Intensity) กับช่วงเวลาฝนตก (Duration) สร้างจากการวิเคราะห์ความถี่การตกของฝน (Frequency Analysis) ที่ระดับความเข้มและช่วงเวลาต่างๆ เรียกว่า IDF Curve ในการวิเคราะห์หา IDF curve จำเป็นต้องใช้ข้อมูลจากมาตรบันทึกฝนต่อเนื่องเพื่อให้ได้ปริมาณฝนสูงสุดรายปี ที่ช่วงเวลาตก (duration) ต่างๆ อย่างน้อย 10 ปี โดยทำการวิเคราะห์หาความเข้มของฝนในช่วงเวลาต่างๆ จากนั้นจะทำการคัดเลือกค่าความเข้มสูงสุดที่ตกในช่วงเวลาต่างๆ ของแต่ละปีเพื่อให้เป็นฝนตัวแทนค่าความเข้มสูงสุดของปีนั้น เมื่อนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟระหว่าง ช่วงเวลาซึ่งก็คือ ค่า Time of concentration และค่าความเข้มของรอบปี การเกิดซ้ำต่างๆ จะได้ ได้ถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของฝน-ช่วงเวลา-รอบปีการเกิดซ้ำ หน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับเรื่องน้ำโดยตรง เช่น กรมอุตุนิยมวิทยา กรมชลประทาน ได้จัดทำ IDF Curve ของสถานีวัดน้ำฝนต่างๆ ซึ่งกระจายอยู่ในพื้นที่ทั่วประเทศ โดยค่าความเข้มของน้ำฝน สำหรับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการก่อสร้างระบบคมนาคมกำหนดให้ใช้รอบปีการเกิดซ้ำของน้ำฝน ที่ 25 ปี

การหาค่าความเข้มของฝน (I) จากกราฟจำเป็นต้องทราบค่าตัวแปรต่อไปนี้คือ

1.1) รอบปีการเกิดซ้ำของน้ำฝน (Return period)

1.2) ช่วงเวลาการตกของฝน (Time of Concentration) คือช่วงเวลาที่น้ำฝนส่วนเกินที่ตกในพื้นที่รับน้ำไหลมารวมพร้อมกัน ณ จุดที่ตั้งของอาคารระบายน้ำหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$T_c = \left[\frac{0.87L^3}{H} \right]^{0.385}$$

สมการที่ 4

เมื่อ

T_c = Time of Concentration มีหน่วยเป็นชั่วโมง

L = ความยาวตามลำน้ำสายใหญ่ จากจุดไกลที่สุดบนสันปันน้ำถึงตำแหน่งที่พิจารณาออกแบบ อาคารระบายน้ำมีหน่วยเป็นกิโลเมตร

H = ความแตกต่าง ระหว่างระดับพื้นดินที่จุดไกลสุดบนสันปันน้ำกับระดับที่ตำแหน่งอาคารระบายน้ำที่พิจารณามีหน่วยเป็นเมตร

ค่า T_c ตามสมการดังกล่าวสามารถอ่านค่าได้จากกราฟในภาพประกอบ 10 ซึ่งเป็นกราฟที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวทางน้ำ ระดับความสูงที่แตกต่างกันระหว่างจุดต้นลำน้ำกับจุดปลายของลำน้ำ เทียบกับค่า Time of Concentration เนื่องจากความลาดชันของพื้นที่รับน้ำฝนตามแนวทางการไหลของน้ำมีการเปลี่ยนแปลงเป็นช่วงๆ โดยมากมักมีความลาดชันสูงบริเวณต้นน้ำและมีความลาดชันน้อยลงเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นดังนั้นการหาค่า T_c ให้มีความแม่นยำ จึงควรแบ่งการหาค่า T_c เป็นช่วงๆ ตามความยาวของทางน้ำไหลที่มีความลาดชันใกล้เคียงกัน แล้วนำค่า T_c ของแต่ละช่วงมารวมกัน

การคำนวณอัตราการไหลสูงสุดโดยวิธี Rational Method เป็นวิธีการที่ทำได้ง่าย แต่ความถูกต้องแม่นยำของการคำนวณขึ้นอยู่กับความถูกต้องของการเลือกใช้ ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่า(C) โดยค่าจะแปรเปลี่ยนตามเงื่อนไขของพื้นที่รับน้ำซึ่งขึ้นกับปัจจัยหลายอย่างได้แก่ ความลาดชันพื้นที่รับน้ำ ชนิดชั้นดิน การใช้ที่ดิน (Land Use) การเก็บกักภายในพื้นที่รับน้ำ (Surface Storage) รวมทั้งความชื้นและความต่อเนื่องของฝน ดังนั้นจึงเป็นเรื่องค่อนข้างยากในการเลือกใช้ค่า C ที่เหมาะสม

การหาค่า C ในกรณีที่สภาพพื้นที่ภายในพื้นที่รับน้ำฝน มีความแตกต่างกัน เช่น ความลาดชัน ชนิดของดิน การใช้พื้นที่และพืชปกคลุม เป็นต้น ควรแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนเป็นพื้นที่ย่อย ค่า C เฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำทั้งหมดได้จากการเฉลี่ยค่า C ของพื้นที่ย่อยตามน้ำหนักขนาดของพื้นที่ย่อยดังนี้

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n C_i A_i}{A_{\text{Total}}} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5}$$

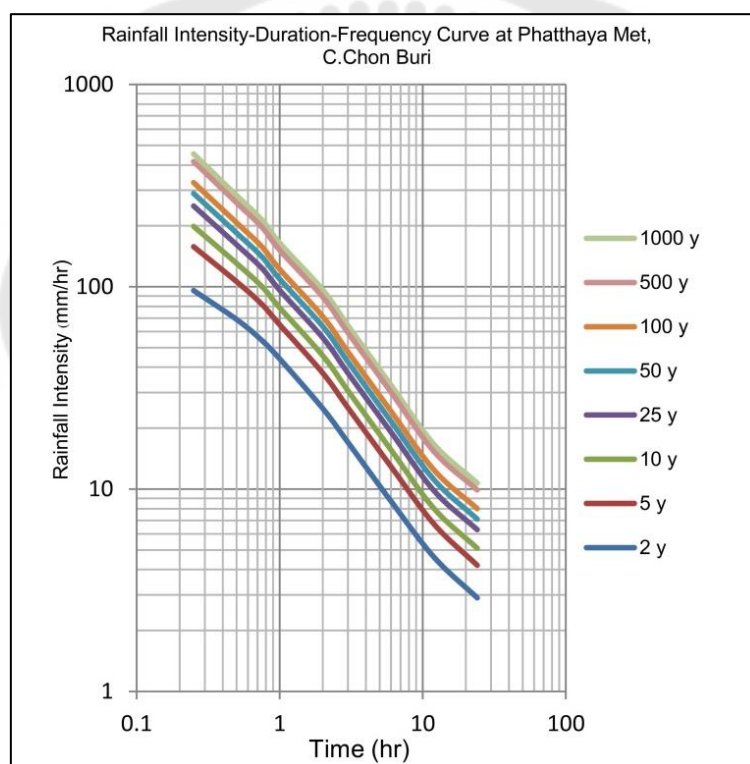
$$= \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_{\text{Total}}}$$

เมื่อ C_i = สัมประสิทธิ์น้ำท่าสำหรับพื้นที่ย่อยใดๆ

A_i = ขนาดของพื้นที่รับน้ำย่อยใดๆ

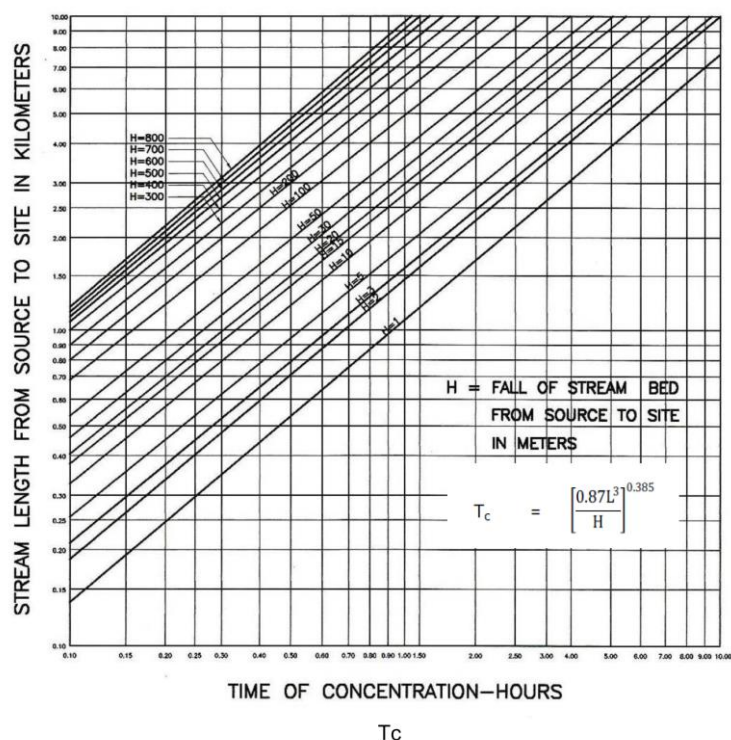
A_{Total} = ขนาดของพื้นที่รับทั้งหมด

N = จำนวนพื้นที่ย่อย



ภาพประกอบ 9 กราฟ Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves (IDF Curve)

ที่มา: กรมทางหลวง (2553, p. 29)



ภาพประกอบ 10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าความยาวของทางน้ำ (L) และระดับความสูงที่แตกต่างกัน ของพื้นที่ (H) กับค่า Time of Concentration (Tc)

ที่มา: กรมทางหลวง (2553, p. 30)

ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำท่า (Runoff Coefficient, C) ดังตาราง 5 ต้องพิจารณาจากสภาพของพื้นที่ เช่น ความลาดชัน ลักษณะของดิน และการใช้ที่ดินในพื้นที่รับน้ำนั้นๆ ในพื้นที่รับน้ำแต่ละแห่งอาจมีลักษณะของพื้นที่ได้หลายประเภท จึงต้องทำการวิเคราะห์ในพื้นที่ย่อย

ข้อมูลลักษณะดินที่ใช้ในการหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดินดังตารางที่ 5 ได้ทำการจำแนกกลุ่มดินออกเป็น 4 กลุ่ม (Ward. & Elliot., 1995, p. 128) ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันดังนี้

กลุ่มดินเอ : ดินมีอัตราการซึมผ่านสูง การระบายน้ำดี เป็นทรายและกรวด (มีอัตราการซึมผ่าน มากกว่า 0.3 นิ้ว/ชั่วโมง)

กลุ่มดินบี : ดินมีอัตราการซึมผ่านปานกลาง การระบายน้ำเกือบดีถึงดี (มีอัตราการซึมผ่าน ระหว่าง 0.15 - 0.3 นิ้ว/ชั่วโมง)

กลุ่มดินซี : ดินมีอัตราการซึมผ่านช้า การระบายน้ำช้า เนื้อดินเกือบละเอียดถึงละเอียด (มีอัตราการซึมผ่าน ระหว่าง 0.05 - 0.15 นิ้ว/ชั่วโมง)

กลุ่มดินดี : ดินมีอัตราการซึมผ่านช้ามากเมื่อเปียกน้ำ การระบายน้ำเร็ว เนื้อดินเป็นดินเหนียว (มีอัตราการซึมผ่าน น้อยกว่า 0.15 นิ้ว/ชั่วโมง)

2.10.3.งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศิริพร ตรีธาร (2547, pp. 128-131) ได้ทำการศึกษาประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หาพื้นที่ที่เหมาะสม ในการคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงเบื้องต้น บริเวณอำเภอปากช่องถึงอำเภอวังน้ำเขียว จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ 5 ปัจจัย ได้แก่ อุทกวิทยา ความชัน ธรณีวิทยา ปฐพีวิทยาและการใช้ที่ดิน โดยปัจจัยในด้านอุทกวิทยาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการไหลของน้ำท่าสูงสุด โดยวิธี Rational Method และวิธี Specific Yield of flood เพื่อนำไป ประเมินความเหมาะสม ผลการศึกษาพบว่า ความเหมาะสมด้านอุทกวิทยาในพื้นที่ส่วนใหญ่มีความ เหมาะสมน้อย คิดเป็นร้อยละ 62.78 ความเหมาะสมปานกลางคิดเป็นร้อยละ 14.60 ซึ่งเป็นพื้นที่เนิน ส่วนพื้นที่ที่มีความเหมาะสมมากจะอยู่บริเวณสันปันน้ำ คิดเป็นร้อยละ 7.08 ของพื้นที่ และพื้นที่ที่มีความเหมาะสมน้อยที่สุดอยู่บริเวณที่เป็นทางน้ำสายหลัก คิดเป็นร้อยละ 15.54 ของพื้นที่

อภิวัฒน์ พารา (2557, pp. 101-102) ได้ทำการศึกษาประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อศึกษารูปแบบการคำนวณการไหลของน้ำท่าสูงสุดในพื้นที่รับน้ำด้วยวิธี Rational Method บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอ้ายเขียว จ.นครศรีธรรมราช ลุ่มน้ำคลองหาดส้มแป้น จ.ระนอง ลุ่มน้ำคลองท่ายาง จ.ภูเก็ต โดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ การใช้ที่ดิน ชนิดดิน การใช้ประโยชน์พื้นที่ ปริมาณน้ำฝน ขนาดพื้นที่รับน้ำ เพื่อประเมินการไหลของน้ำท่าสูงสุด ในรอบการเกิดซ้ำ 10 ปี และ 25 ปี เปรียบเทียบกับข้อมูลการสำรวจอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดของกรมชลประทาน พบว่าปริมาณการไหลน้ำท่าสูงสุด ของทั้งสามพื้นที่ ให้ผลการศึกษาที่แตกต่างกัน ระหว่างผลจากการคำนวณและผลจากการวัดจริง ได้แก่ พื้นที่ A1 ช่วงที่ 1 ผลการคำนวณให้ผลน้อยกว่าการวัดจริงร้อยละ 32.55 ช่วงที่ 2 ให้ผลการสำรวจน้อยกว่าการสำรวจร้อยละ 14.01 พื้นที่ A2 การคำนวณให้ผลน้อยกว่าการสำรวจร้อยละ 64.08 พื้นที่ A3 การคำนวณให้ผลน้อยกว่าการสำรวจร้อยละ 37.10

ตาราง 5 ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน สำหรับสูตร Rational Method

การ ใช้ ที่ดิน	กลุ่มดินและช่วงความชัน											
	กลุ่มดินเอ			กลุ่มดินบี			กลุ่มดินซี			กลุ่มดินดี		
	0-2%	2-6%	>6%	0-2%	2-6%	>6%	0-2%	2-6%	>6%	0-2%	2-6%	>6%
A	0.67 ¹	0.68	0.68	0.68	0.68	0.69	0.68	0.69	0.69	0.69	0.69	0.69
	0.85 ²	0.85	0.86	0.85	0.86	0.86	0.86	0.86	0.87	0.86	0.86	0.88
B	0.71	0.71	0.72	0.71	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72	0.72
	0.88	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.89	0.90	0.89	0.89	0.90
C ³	0.47	0.49	0.50	0.48	0.50	0.52	0.49	0.51	0.54	0.51	0.53	0.56
	0.58	0.60	0.61	0.59	0.61	0.64	0.60	0.62	0.66	0.62	0.64	0.69
D ⁴	0.25	0.28	0.31	0.27	0.30	0.35	0.30	0.33	0.38	0.33	0.36	0.42
	0.33	0.37	0.40	0.35	0.39	0.44	0.38	0.42	0.49	0.41	0.45	0.54
E ⁵	0.14	0.19	0.22	0.17	0.21	0.26	0.20	0.25	0.31	0.24	0.28	0.35
	0.22	0.26	0.29	0.24	0.28	0.34	0.28	0.32	0.40	0.31	0.35	0.46
F	0.08	0.13	0.16	0.11	0.15	0.21	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.31
	0.14	0.18	0.22	0.16	0.21	0.28	0.20	0.25	0.34	0.24	0.29	0.41
G ⁶	0.05	0.10	0.14	0.08	0.13	0.19	0.12	0.17	0.24	0.16	0.21	0.28
	0.11	0.16	0.20	0.14	0.19	0.26	0.18	0.23	0.32	0.22	0.27	0.39
H	0.57	0.59	0.60	0.58	0.60	0.61	0.59	0.61	0.63	0.60	0.62	0.64
	0.70	0.71	0.72	0.71	0.72	0.74	0.72	0.73	0.76	0.73	0.75	0.78

A คือ พื้นที่อุตสาหกรรม, B คือ ย่านการค้า C คือที่อยู่อาศัยหนาแน่นมาก D คือ ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง E คือ ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อย F คือพื้นที่เกษตรกรรม G คือ พื้นที่เปิด(หญ้า/ป่าไม้) H คือ ทางหลวงพิเศษและทางด่วน

- 1.ค่า Runoff Coefficient ใช้กับกรณีที่มีพายุเกิดซ้ำในรอบต่ำกว่า 25 ปี
- 2.ค่า Runoff Coefficient ใช้กับกรณีที่มีพายุเกิดซ้ำในรอบ 25 ปี หรือมากกว่า
- 3.ที่อยู่อาศัยหนาแน่นมากจะต้องมีบ้านมากกว่า 15 หลังคาต่อเอเคอร์
- 4.ที่อยู่อาศัยหนาแน่นปานกลาง จะต้องมีบ้านระหว่าง 4 – 15 หลังคาต่อเอเคอร์
- 5.ที่อยู่อาศัยหนาแน่นน้อยจะต้องมีบ้าน 1 – 4 หลังคาต่อเอเคอร์
- 6.สำหรับทุ่งหญ้าและป่าไม้แนะนำให้ใช้ค่าต่ำที่อยู่ในพื้นที่เปิด

ที่มา: Ward. and Elliot. (1995, p. 151)

มิ่งขวัญ อินทรกำแหง (2545, pp. 102-109) ทำการศึกษาผลกระทบของการใช้ที่ดิน ต่อความรุนแรงของอุทกภัยในลุ่มน้ำจันทบุรีระหว่างปี พ.ศ.2530-2543 โดยการแปลและวิเคราะห์ ภาพถ่ายดาวเทียม เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่างปี พ.ศ.2530-2543 และใช้ โปรแกรม HEC-1 Version 4.1 จำลองปริมาณการไหลของน้ำ ผลการศึกษา พบว่า พ.ศ.2530 การใช้ที่ดินส่วนใหญ่เป็นพื้นที่เกษตรกรรม รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าไม้ ส่วนพื้นที่ชุมชนมีกระจุกกระจาย ทางตอนบนของลุ่มน้ำ พ.ศ.2538 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมและป่าไม้ได้ลดลงเล็กน้อย ส่วนพื้นที่ ชุมชน มีจำนวนเพิ่มขึ้น พ.ศ.2543 พบว่า พื้นที่เกษตรกรรมลดจำนวนลง แต่พื้นที่ชุมชนและป่าไม้ มีจำนวนเพิ่มขึ้น ผลการศึกษาด้วยโปรแกรมสำเร็จรูป HEC-1 เพื่อประเมินปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ ไหลเข้าตัวลุ่มน้ำจันทบุรี พบว่า ผลการศึกษาข้อมูลระดับน้ำกับช่วงเวลาที่บ้าน Z.13 สถานี Z.14 และสถานี Z.12 โดยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับน้ำและปริมาณการไหลของน้ำ พบว่า ปริมาณน้ำสูงสุดที่ระดับวิกฤตที่บ้าน Z.13 สถานี Z.14 และสถานี Z.12 ใน พ.ศ.2538 และ พ.ศ. 2543 ปริมาณน้ำที่ไหลมีแนวโน้มลดลง จากผลการศึกษาและแนวความคิดในการประเมินอุทกภัย ด้วยวิธีเรชันนอลฟอรัล (Rational formula) แสดงให้เห็นว่า ผลที่ได้สอดคล้องและสนับสนุนผล การศึกษาตามวัตถุประสงค์ในการวิจัย การใช้ที่ดินในลุ่มน้ำจันทบุรีไม่ได้ส่งผลทำให้ปริมาณน้ำท่า ในลุ่มน้ำเพิ่มขึ้น จึงไม่มีผลต่อความรุนแรงของอุทกภัยในลุ่มน้ำจันทบุรี

นฤทัย มาศโค้ง and ฉัตรชัย โชติสุขยางกูร (2559, p. 41) ทำการศึกษา ความสามารถในการระบายน้ำของคลองและพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม เพื่อจัดทำผังเมืองรวมชุมชน ใน พื้นที่ อ.สามโคก จ.ปทุมธานี โดยศึกษาลักษณะภูมิประเทศ ภูมิอากาศ อุทกวิทยา รวมถึง ข้อมูลน้ำท่วมในอดีต พื้นที่ชุมชนสามโคกมีแม่น้ำเจ้าพระยาไหลผ่านกลางพื้นที่ ลักษณะการเกิด น้ำท่วมจึงเกิดจากน้ำล้นตลิ่ง อำเภอสามโคกมีคลองและทางระบายน้ำธรรมชาติทั้งหมด 87 สาย ในการศึกษาได้เลือก คลองขนาดใหญ่ 12 สาย มาวิเคราะห์ศักยภาพในการระบายน้ำภายใน ชุมชนโดยใช้วิธี Rational method ใช้ข้อมูลฝนที่ คาบการเกิดซ้ำ 5 ปี จากสถานีสนามบินดอนเมือง พบว่า มีคลอง 4 สาย ที่ไม่มีศักยภาพดีพอ คือ คลองเกาะใหม่ คลอง บางโพธิ์เหนือ คลองโคกตา เขียว และคลองคู สำหรับการวิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมโดยใช้ดัชนีความเสี่ยงภัยน้ำท่วม ได้ผล ออกมาเป็นแผนที่พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วม แสดงความเสี่ยงออกเป็น 5 ระดับ พบว่า พื้นที่ฝั่งตะวันตก มีความเสี่ยงต่อ การเกิดน้ำท่วมสูงมาก ส่วนพื้นที่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ เป็นพื้นที่เสี่ยงภัยต่อ การเกิดน้ำท่วมน้อย จากผลการ วิเคราะห์พื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมประกอบกับผลการวิเคราะห์ ความสามารถในการระบายน้ำของคลองนำมาใช้กำหนดแผนผัง ขนาดเขตคลอง 4 ขนาด คือ 10 20 30 และ 40 เมตร และผังที่โล่งเพื่อการระบายน้ำในผังเมืองรวมชุมชนสามโคก

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

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

3.1 ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษานี้ ผู้วิจัยได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ ร่วมกับการสำรวจใน ภาคสนาม ซึ่งรายละเอียดของข้อมูล มีดังนี้

1. ข้อมูลปฐมภูมิ (Primary data) ประกอบด้วย ข้อมูลจริงจากการสำรวจภาคสนาม บริเวณพื้นที่ศึกษา เช่น ตำแหน่งสถานีวัดน้ำฝน เป็นต้น
2. ข้อมูลทุติยภูมิ (Secondary data) ได้แก่
 - 2.1 ตำรา เอกสาร ผลงานวิจัย บทความ และข้อมูลต่างๆ จากหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
 - 2.2 แผนที่ภูมิประเทศ จังหวัดชลบุรี ของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 ระบุว่า 5134II ลำดับชุดที่ L7018
 - 2.3 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 TM พ.ศ.2549 และ พ.ศ.2554 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI ปี พ.ศ.2559 ช่วงฤดูกลางเดียวกัน
 - 2.4 ข้อมูลแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model; DEM) จากกรมแผนที่ทหาร ตำแหน่งระวางชุดเดียวกับระวางแผนที่ภูมิประเทศ
 - 2.5 ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย จาก กรมอุตุนิยมวิทยา
 - 2.6 ข้อมูลกลุ่มดิน จากกรมพัฒนาที่ดิน
 - 2.7 ข้อมูลเส้นทางคมนาคม พ.ศ. 2549 จากกระทรวงคมนาคม
 - 2.8 ข้อมูลเส้นทางน้ำ พ.ศ. 2549 จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
 - 2.9 ข้อมูลขอบเขตการปกครอง พ.ศ. 2549 จากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม
 - 2.10 ข้อมูลค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (Runoff Coefficient, C) จาก

Ward. and Elliot. (1995)

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา

การศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินประกอบด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา ดังนี้

3.2.1 อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)
2. เครื่องพิมพ์ (Printer)
3. เครื่องมือนำทางด้วยระบบดาวเทียมแบบมือถือ (GPS)

3.2.2 โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1. ชุดโปรแกรมสำรวจระยะไกล (ENVI และ IDRISI)
2. ชุดโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS Version 9.3)

3.3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

จากข้อมูลและลักษณะของข้อมูลนำมาสู่การเก็บข้อมูลต่างๆ ดังนี้

3.3.1. การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น

3.1.1 รวบรวมข้อมูลจากตำรา เอกสาร บทความและงานวิจัย เพื่อนำไปเป็นข้อมูลข้อมูลเบื้องต้นในการศึกษา

3.1.2 รวบรวมข้อมูลปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เช่น รูปแบบการใช้ที่ดิน เพื่อนำไปสู่การสร้างฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี

3.1.3 จัดเตรียมข้อมูลที่จำเป็นต่างๆ เช่น แผนที่ภูมิประเทศ L7018 มาตราส่วน 1:50,000 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน เป็นต้น

3.1.4 เลือกข้อมูลดาวเทียม LANDSAT บริเวณพื้นที่ศึกษา โดยเลือกข้อมูลที่ปราศจากเมฆปกคลุม

3.3.2. สำรวจพื้นที่จริง

บันทึกภาพด้วยกล้องภาพถ่ายเพื่อประกอบการศึกษา โดยจะแบ่งการสำรวจพื้นที่จริงออกเป็น 2 ช่วง ช่วงแรกจะเป็นออกสำรวจพื้นที่เบื้องต้น ก่อนทำการแปลข้อมูลดาวเทียม ช่วงที่สองคือตรวจสอบและแก้ไขข้อมูลที่ได้จากการจำแนก

3.4. การจัดกระทำข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การสำรวจระยะไกล

ขั้นตอนการแปลความหมายและจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้ชุดโปรแกรมการสำรวจจากระยะไกล โดยจะใช้จัดการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 3 ช่วงเวลา มีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมข้อมูล

1.1 นำเข้าข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมบริเวณพื้นที่ศึกษาในช่วงเวลาที่ไม่ใช่เมฆปกคลุม จากดาวเทียม LANDSAT 5 TM โดยรวมช่วงคลื่น แบนด์ 1,2,3,4,5,7 เพื่อผสมสีเท็จ(False Color) 4,3,2 (RGB) และภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI โดยทำการรวมช่วงคลื่น แบนด์ 2,3,4,5,6,7 ผสมสีเท็จ (False Color) 5,4,3 (RGB) เพื่อให้ได้ภาพผสมสีที่เหมาะสมกับการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

1.2 การปรับแก้ข้อมูลก่อนการจำแนก (Pre-processing) โดยปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction) ได้ตำแหน่งที่ถูกต้องเชิงพื้นที่โดยอ้างอิงกับแผนที่ภูมิประเทศ L7018

2. การจำแนกข้อมูล

2.1 นำข้อมูลที่ผสมสีและปรับแก้ข้อมูลมาจำแนกด้วยวิธีการแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised classification) เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณค่าสถิติและแยกประเภทของข้อมูลตามที่ต้องการศึกษา

2.2 สำรวจข้อมูลจากพื้นที่จริง เพื่อนำข้อมูลมาปรับแก้ความผิดพลาดจากการแปลภาพด้วยคอมพิวเตอร์

2.3 นำข้อมูลผ่านการปรับแก้ข้อมูลมาจำแนกด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) เพื่อความถูกต้องในการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการกำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างของข้อมูลการใช้ที่ดินแต่ละประเภทเพื่อให้คอมพิวเตอร์คำนวณค่าสถิติและแยกประเภทของข้อมูลตามที่ต้องการศึกษาโดยใช้ตัวจำแนกแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุด (Maximum Likelihood) ซึ่งตัวจำแนกชนิดนี้ใช้เกณฑ์ความน่าจะเป็นของจุดภาพซึ่งจะถูกจัดอยู่ในสมาชิกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งที่มีความน่าจะเป็นมากที่สุดที่มีความถูกต้องมากกว่าตัวจำแนกอื่น จึงนำมาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในการศึกษาครั้งนี้

2.4 สำรวจข้อมูล เพื่อตรวจสอบความผิดพลาดจากการจำแนกและนำข้อมูลมาใช้ในการตกแต่งข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ต่อไป

3.4.2 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ชุดโปรแกรม ArcGIS โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การนำเข้าข้อมูลสู่ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1.1 การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ โดยการนำภาพถ่ายดาวเทียมที่ผ่านการจำแนกข้อมูลซึ่งเป็นข้อมูลแบบราสเตอร์ให้อยู่ในรูปของข้อมูลแบบเวกเตอร์

1.2 การนำเข้าข้อมูลเชิงคุณลักษณะ ซึ่งเป็นข้อมูลแสดงลักษณะของพื้นที่ เช่น ประเภทการใช้ที่ดิน

2. การปรับแต่งข้อมูลการใช้ที่ดินแต่ละประเภทให้มีความถูกต้อง โดยการแก้ไขความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการลอกเลียนแบบและการทับกันของจุด หรือเส้น ในตำแหน่งเดียวกันรวมถึงการปรับมาตราส่วนแผนที่และพิกัดแผนที่ให้อยู่ในรูปแบบเดียวกัน

3. การจัดการข้อมูลการใช้ที่ดินแต่ละประเภท โดยสร้างแฟ้มจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบตารางคุณลักษณะ ทำการบันทึกข้อมูล แก้ไขข้อมูล และการแบ่งหมวดหมู่ประเภทการใช้ที่ดินอย่างเป็นระบบ ทำให้สามารถเรียกใช้ได้สะดวกรวดเร็ว

4. การวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน (ปี พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559) โดยการนำเข้าข้อมูลการใช้ที่ดิน ทั้ง 3 ช่วงเวลา ได้แก่ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ.2549 ถึง พ.ศ.2554 พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2549 ถึง พ.ศ.2559 มาวิเคราะห์โดยการซ้อนทับข้อมูล (Overlay) แผนที่การใช้ที่ดินระหว่างปีที่น่ามาวิเคราะห์ ทำหาความสัมพันธ์ระหว่างประเภทการใช้ที่ดิน โดยแสดงผลออกมาในรูปของแผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงเวลา

3.4.3 แบบจำลอง CA-Markov

คาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินด้วยแบบจำลอง CA-Makov โดยใช้โปรแกรม IDRISI โดยการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินพื้นที่ ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี ในปี พ.ศ. 2559 ดังภาพประกอบ 10 มีขั้นตอนดังนี้

1. หาค่าความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลงและค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงเชิงปริมาณโดยใช้แบบจำลองมาร์คอฟ เพื่อหาเมทริกซ์ความน่าจะเป็นและสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน 2 ช่วงเวลา เป็นฐานในการวิเคราะห์ (พ.ศ.2549 และ 2554)

2. นำค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินที่ได้ มาสร้างแบบจำลองการใช้ที่ดินอีก 5 ปี ด้วยแบบจำลอง CA-Makov เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559

3. คำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินและวิเคราะห์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

3.4.4 การตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง CA-Markov

1. นำแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยแบบจำลอง CA-Markov มาซ้อนทับกับแผนที่การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียม เพื่อเปรียบเทียบความถูกต้องของแบบจำลอง

2. นำผลการเปรียบเทียบที่ได้ มาตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง โดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด (Error Matrix) เพื่อใช้คำนวณค่าความถูกต้องทั้งหมด (Overall Accuracy) ของการจำแนกประเภทข้อมูล (ตาราง 6)

3. วิเคราะห์และคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภทและเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียม พ.ศ. 2549 พ.ศ. 2554 พ.ศ. 2559 และ พ.ศ.2569

ตาราง 6 การประเมินค่าความถูกต้องโดยใช้ตารางคำนวณค่าความผิดพลาด

Classified Data (i= Rows)	Reference Data (j =Columns)			Row Total (n_{1+})
	1	2	k	
1	n_{11}	n_{12}	n_{1k}	n_{1+}
2	n_{21}	n_{22}	n_{2k}	n_{2+}
k	n_{k1}	n_{k2}	n_{kk}	n_{k+}
Column Total (n_{+1})	n_{+1}	n_{+2}	n_{+k}	n

ที่มา: Congalton. and Green. (1999, p. 47)

$$\text{Overall Accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_{ii}}{n} \dots\dots\dots \text{สมการที่ 5}$$

เมื่อ

i คือ แถว

j คือ คอลัมน์

n_{ii} คือแถวที่ i คอลัมน์ที่ i

n_{jj} คือแถวที่ j คอลัมน์ที่ j

n คือ ผลรวมทั้งหมด



ภาพประกอบ 11 ขั้นตอนการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ตำบลสตึก อำเภอสตึก จังหวัดชลบุรี ปี พ.ศ. 2559

3.4.5 การวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method

ขั้นตอนการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method (ภาพประกอบ 11)

1. เลือกพื้นที่รับน้ำที่มีขนาดไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร เพื่อเตรียมข้อมูลของแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) และเส้นทางน้ำของพื้นที่
2. สร้างขอบเขตและขนาดของพื้นที่รับน้ำ โดยใช้โปรแกรมด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
3. ศึกษาปัจจัยต่างๆ ในพื้นที่รับน้ำเพื่อกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) และค่าความเข้มปริมาณน้ำฝน (I) ที่ใช้คำนวณหาปริมาณน้ำท่าสูงสุดตามสมการ ดังตาราง 8
4. ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) หาได้จากการนำลักษณะของการใช้ที่ดิน ชนิดดินและความชัน ในกรณีที่สภาพพื้นที่ภายในพื้นที่รับน้ำฝน มีความแตกต่างกัน เช่น ความลาดชัน ชนิดของดิน การใช้ที่ดิน ควรแบ่งพื้นที่รับน้ำฝนเป็นพื้นที่ย่อย ค่า C เฉลี่ยของพื้นที่รับน้ำทั้งหมดหาได้จากการเฉลี่ยค่า C ของพื้นที่ย่อยตามน้ำหนักขนาดของพื้นที่ย่อยดังสมการที่ 5 โดยการนำข้อมูลทั้งหมดมาซ้อนทับกันโดยใช้เทคนิค Overlay analysis ของโปรแกรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาค่า C เฉลี่ยของพื้นที่ โดยกำหนดค่า C เป็น 2 กลุ่ม ได้แก่
 - 4.1 ค่า C ที่ได้จากการจำแนกใช้ที่ดินโดยการแปลภาพ
 - 4.2 ค่า C ที่ได้จากการคาดการณ์โดยแบบจำลอง
5. ค่าความเข้มปริมาณน้ำฝน (I) มีหน่วยเป็น มิลลิเมตร/ชั่วโมง โดยการนำค่าความยาวทางน้ำและระดับสูงต่างของพื้นที่นั้นๆ ไปคำนวณหาค่า Time of Concentration (Tc) หรือค่าเวลาที่น้ำไหลมารวมกัน (มีหน่วยเป็นชั่วโมง) แล้วนำไปหาค่าความเข้มปริมาณน้ำฝนจากกราฟ Rainfall Intensity-Duration-Frequency Curves ที่สร้างจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่บันทึกโดย กรมอุตุนิยมวิทยา นำค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ได้จากแต่ละพื้นที่รับน้ำไปคำนวณหาปริมาณน้ำสูงสุดในพื้นที่รับน้ำนั้น
6. คำนวณหาอัตราการไหลน้ำท่าสูงสุดด้วยวิธี Rational Method ดังสมการที่ 3
7. เปรียบเทียบปริมาณน้ำท่าสูงสุดที่ได้จากการคำนวณในปี พ.ศ. 2554, พ.ศ. 2559 และ พ.ศ. 2569 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2549
8. อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

ตาราง 7 ปัจจัยที่นำไปกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่างๆ

พารามิเตอร์	ปัจจัยทางด้าน ภูมิศาสตร์	ข้อมูลที่ใช้
C ค่าสัมประสิทธิ์ การไหลของน้ำท่า (Runoff Coefficient)	ความชัน	น้อยกว่า 2 %
		2 - 6 %
		มากกว่า 6 %
	ชนิดดิน	กลุ่มดินเอ (ระบายน้ำดี)
		กลุ่มดินบี (ระบายน้ำเกือบดีถึงดี)
		กลุ่มดินซี (ระบายน้ำช้า)
		กลุ่มดินดี (ระบายน้ำช้ามาก)
		พื้นที่ชุ่มชื้น
	การใช้ที่ดิน	พื้นที่เกษตรกรรม
		พื้นที่ป่าไม้
		พื้นที่อื่นๆ
I ความเข้มปริมาณ น้ำฝน	เส้นทางน้ำ	ความยาวของทางน้ำ (L)
A พื้นที่ (ตารางกิโลเมตร)	เส้นชั้นความสูง	ระดับความสูงที่แตกต่างกันของพื้นที่ (H)
	เส้นชั้นความสูง	แบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM)
	รูปแบบทางน้ำ	เส้นทางน้ำ

ที่มา: ประยุกต์จาก Ward. and Elliot. (1995, p. 151)

บทที่ 4

ผลการศึกษา

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกลร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และแบบจำลอง CA-Markov ศึกษาการใช้ที่ดินและคาดการณ์การใช้ที่ดินเพื่อนำมาวิเคราะห์หัตถการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method มีรายละเอียดดังนี้

4.1 ลักษณะการใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียม

การจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 5 ระบบ TM พ.ศ.2549 พ.ศ.2554 และ LANDSAT 8 OLI ในปี พ.ศ.2559 โดยใช้วิธีการจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุมและใช้กฎการตัดสินใจเพื่อจำแนกข้อมูลภาพแบบ Maximum likelihood สามารถจำแนกประเภทการใช้ที่ดินได้ 4 ประเภท ดังตารางที่ 8

ตาราง 8 ประเภทการใช้ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	พ.ศ. 2549 (ตร.กม.)	ร้อยละ	พ.ศ.2554 (ตร.กม.)	ร้อยละ	พ.ศ.2559 (ตร.กม.)	ร้อยละ
พื้นที่ชุมชน	5.856	59.49	5.938	60.33	6.243	63.43
พื้นที่ป่า	2.354	23.92	2.272	23.08	2.534	25.74
พื้นที่เกษตรกรรม	1.335	13.56	1.065	10.82	0.557	5.66
พื้นที่อื่นๆ	0.298	3.03	0.568	5.77	5.17	5.17
รวม	9.843	100.00	9.843	100.00	9.843	100.00

4.1.1 พื้นที่ชุมชน

ประกอบด้วย แหล่งชุมชน เส้นทางคมนาคม จากการจำแนกการใช้ที่ดินในปี พ.ศ.2549 พบว่ามีพื้นที่ประมาณ 5.856 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 59.49 ของพื้นที่ทั้งหมด ปี พ.ศ.2554 มีพื้นที่ประมาณ 5.938 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 60.33 ของพื้นที่ทั้งหมด และ ปี พ.ศ.2559 มีพื้นที่ประมาณ 6.243 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 63.43 ของพื้นที่ทั้งหมด

4.1.2 พื้นที่ป่า

ผลการจำแนกการใช้ที่ดินพบว่าปี พ.ศ.2549 มีพื้นที่ประมาณ 2.354 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 23.92 ของพื้นที่ทั้งหมด ปี พ.ศ.2554 มีพื้นที่ประมาณ 2.272 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 23.08 ของพื้นที่ทั้งหมด และปี พ.ศ.2559 มีพื้นที่ประมาณ 2.534 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 25.74 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่านั้นเป็นการเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าปลูกและป่าละเมาะ

4.1.3 พื้นที่เกษตรกรรม

ประกอบด้วยพื้นที่ที่มีการทำสวนผลไม้ พืชไร่ต่างๆ เช่น มันสำปะหลัง ผลการจำแนกการใช้ที่ดินพบว่าปี พ.ศ.2549 มีพื้นที่ประมาณ 1.335 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 13.56 ของพื้นที่ทั้งหมด ปี พ.ศ.2554 มีพื้นที่ประมาณ 1.065 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.82 ของพื้นที่ทั้งหมด และปี พ.ศ.2559 มีพื้นที่ประมาณ 0.557 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.66 ของพื้นที่ทั้งหมด

4.1.4 พื้นที่อื่นๆ

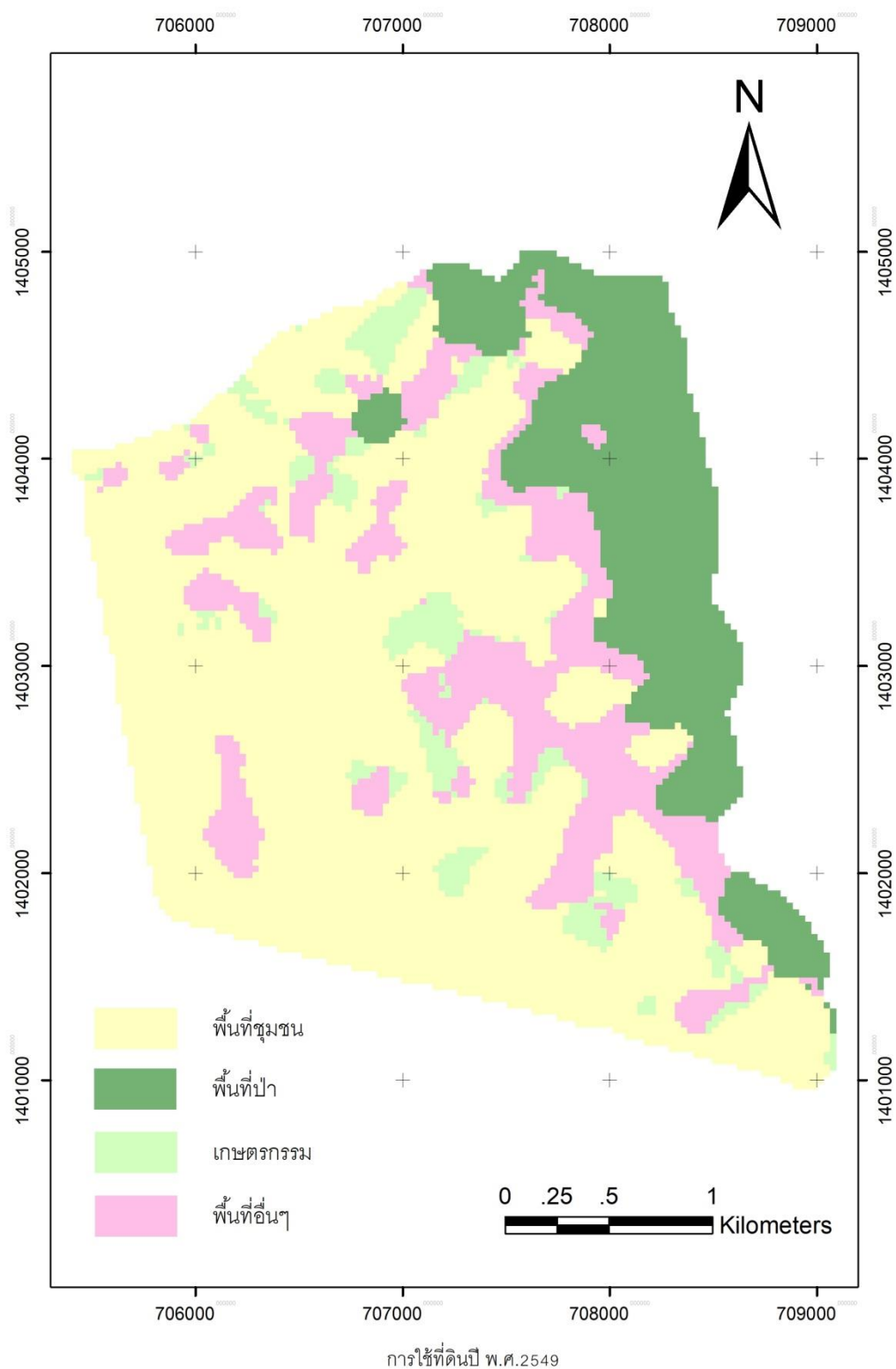
ประกอบด้วยพื้นที่ทุ่งหญ้าและรกร้าง ผลการจำแนกการใช้ที่ดินปี พ.ศ.2549 พบว่ามีพื้นที่ประมาณ 0.298 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.03 ของพื้นที่ทั้งหมด ปี พ.ศ.2554 มีพื้นที่ประมาณ 0.568 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.77 ของพื้นที่ทั้งหมด และปี พ.ศ.2559 มีพื้นที่ประมาณ 0.509 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 5.17 ของพื้นที่ทั้งหมด

สรุปลักษณะการใช้ที่ดิน พ.ศ.2549, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2559 ได้ดังนี้

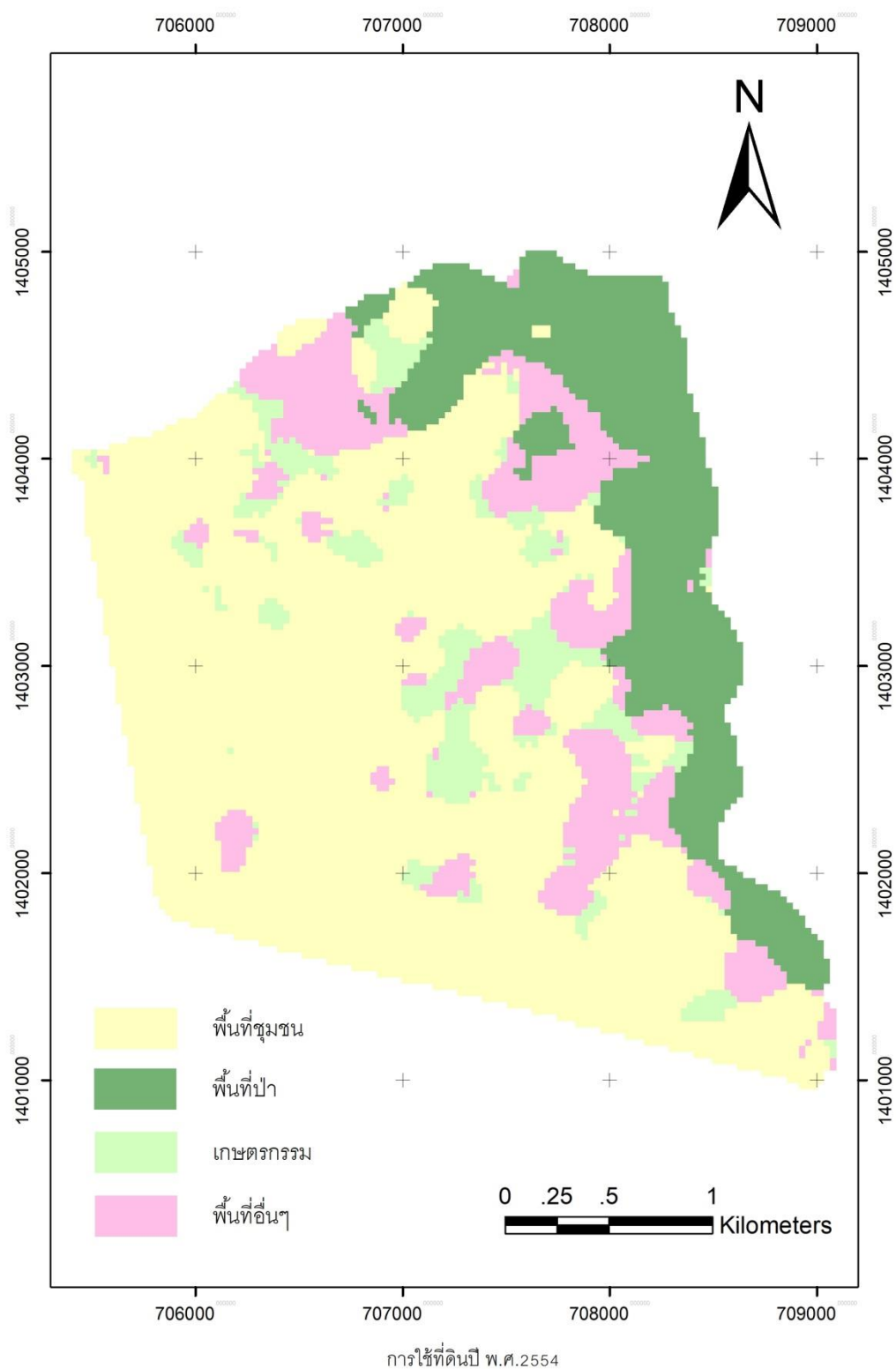
พ.ศ. 2549 พื้นที่ชุมชนมีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ทุ่งหญ้าตามลำดับ (ภาพประกอบ 12)

พ.ศ. 2554 พื้นที่ชุมชนมีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ทุ่งหญ้าตามลำดับ (ภาพประกอบ 13)

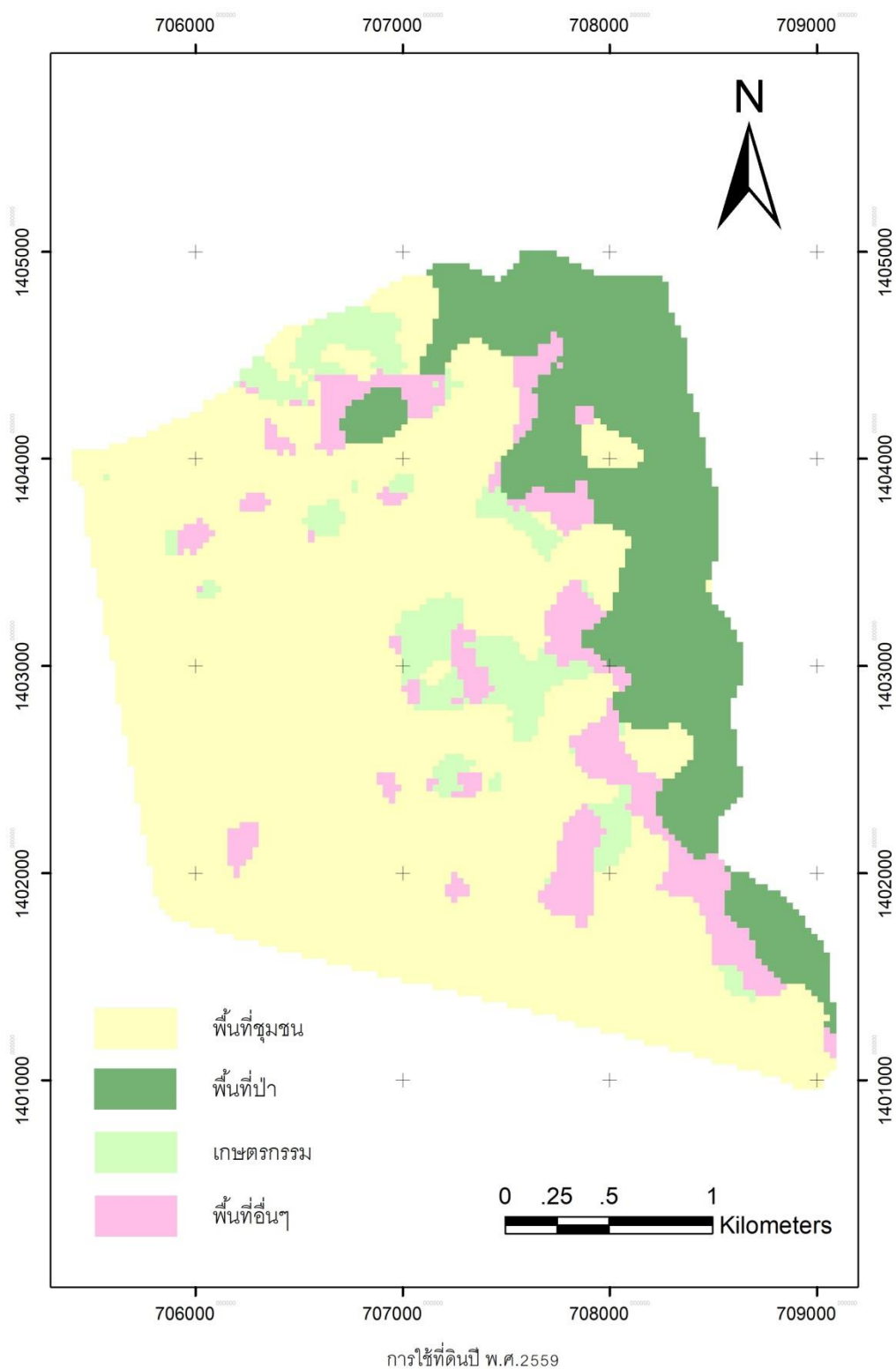
พ.ศ. 2559 พื้นที่ชุมชนมีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ทุ่งหญ้าตามลำดับ (ภาพประกอบ 14)



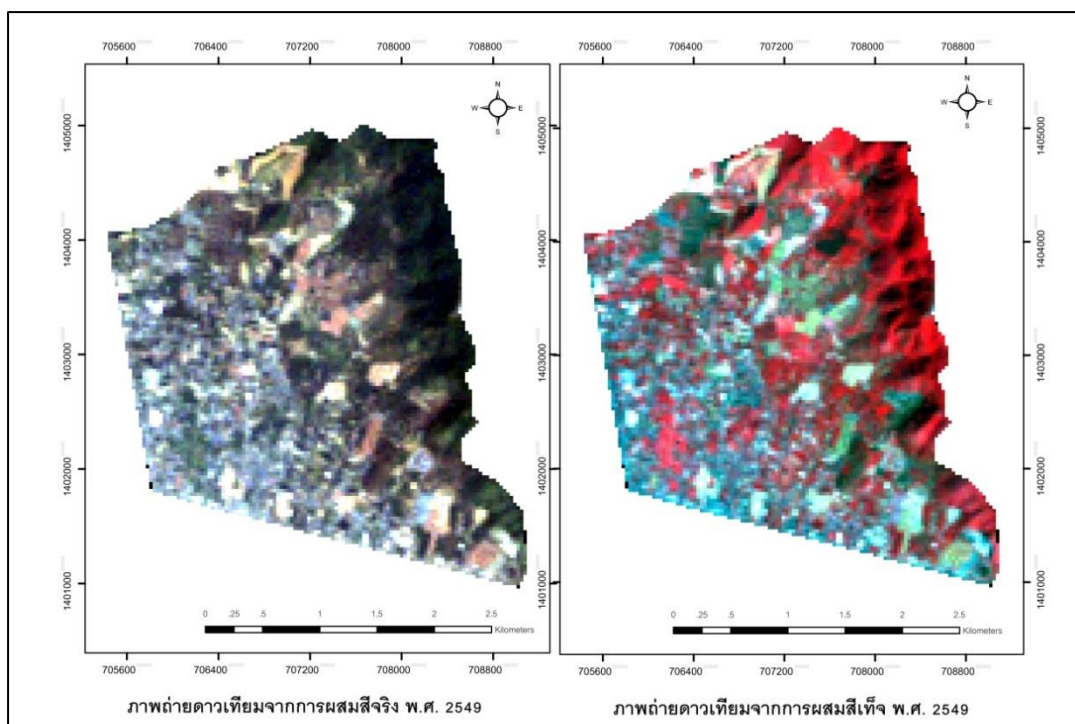
ภาพประกอบ 12 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2549



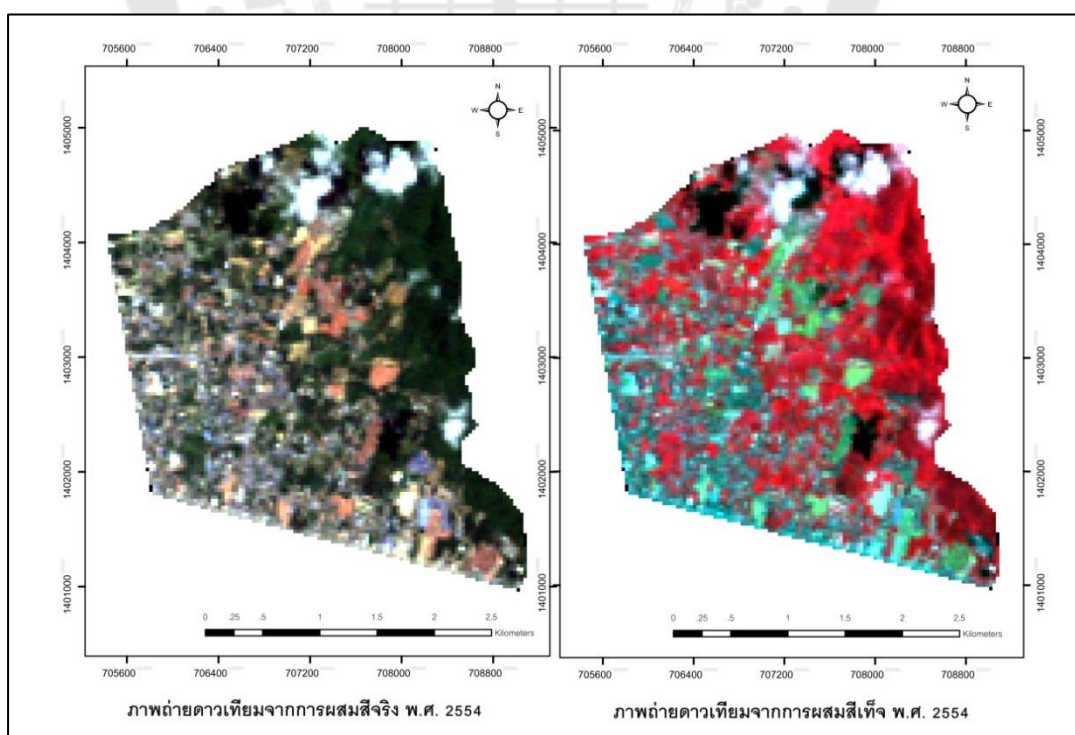
ภาพประกอบ 13 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2554



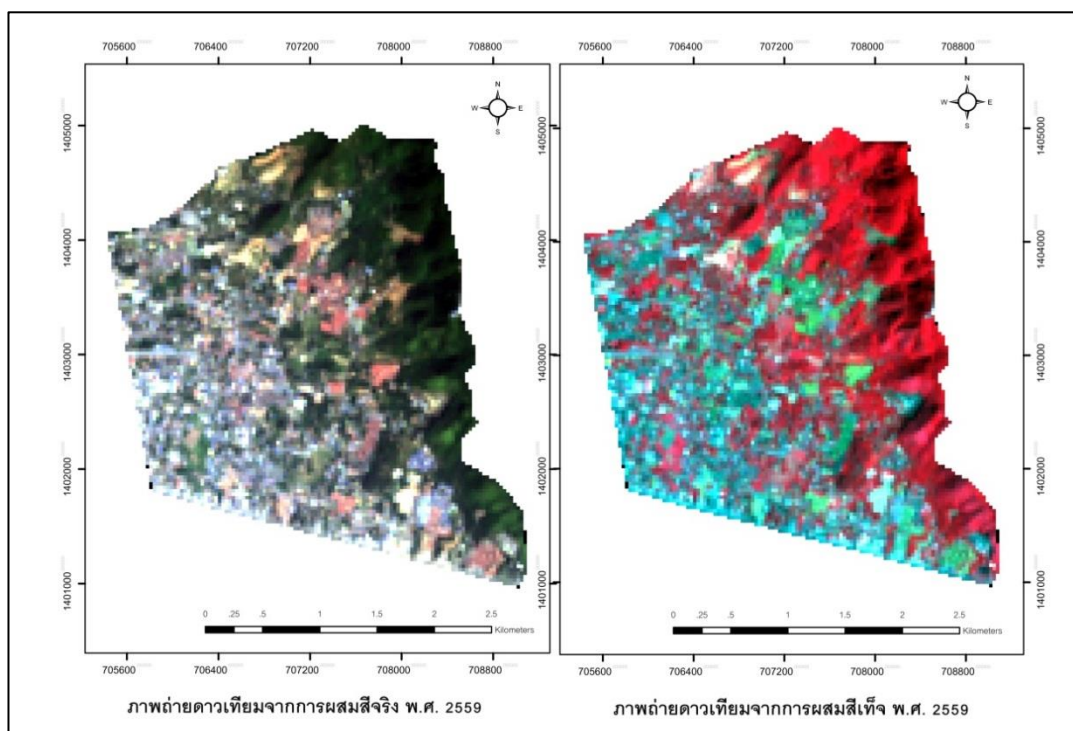
ภาพประกอบ 14 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2559



ภาพประกอบ 15 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2549 จากการผสมสี



ภาพประกอบ 16 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2554 จากการผสมสี



ภาพประกอบ 17 การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2559 จากการผสมสี

4.1.5 ค่าความถูกต้องของการแปลภาพถ่าย

การตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายโดยวิธี Error Matrix เปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในปีเดียวกัน โดยจำนวนตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบได้มาจากวิธีการคัดเลือกจำนวนตัวอย่างแบบไม่จำเพาะเจาะจง กำหนดให้การยอมรับความถูกต้องจากการแปลภาพถ่ายไม่น้อยกว่า 70% พบว่าการใช้ที่ดินพ.ศ. 2549, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2559 มีค่าความถูกต้องจากการแปลภาพ (Overall Accuracy) เท่ากับ 96.84%, 97.72% และ 75.98% ตามลำดับ ดังตาราง 9 – ตารางที่ 11 ซึ่งสามารถยอมรับและนำผลการแปลที่ได้ไปใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้

ตาราง 9 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่าย ปี 2549

	ป่า	พื้นที่อื่นๆ	เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน	Total
ป่า	0.361	0.000	0.000	0.000	0.361
พื้นที่อื่นๆ	0.000	0.057	0.009	0.000	0.066
เกษตรกรรม	0.000	0.000	0.076	0.000	0.076
พื้นที่ชุมชน	0.000	0.016	0.006	0.475	0.497
รวม	0.361	0.073	0.092	0.475	1.000

Overall Accuracy = $((0.361+0.057+0.076+0.475) / 1.00) \times 100 = 96.84\%$

ตาราง 10 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่าย ปี 2554

	ป่า	พื้นที่อื่นๆ	เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน	Total
ป่า	0.411	0.000	0.000	0.000	0.411
พื้นที่อื่นๆ	0.003	0.060	0.000	0.000	0.063
เกษตรกรรม	0.000	0.000	0.083	0.000	0.083
พื้นที่ชุมชน	0.006	0.006	0.000	0.431	0.443
รวม	0.420	0.066	0.083	0.431	1.000

Overall Accuracy = $((0.411+0.060+0.083+0.431) / 1.00) \times 100 = 97.72\%$

ตาราง 11 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่าย ปี 2559

	ป่า	พื้นที่อื่นๆ	เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน	Total
ป่า	0.305	0.000	0.000	0.000	0.305
พื้นที่อื่นๆ	0.000	0.030	0.058	0.007	0.096
เกษตรกรรม	0.000	0.027	0.020	0.000	0.048
พื้นที่ชุมชน	0.000	0.061	0.087	0.404	0.551
รวม	0.305	0.119	0.165	0.411	1.000

Overall Accuracy = $((0.305+0.030+0.020+0.404) / 1.00) \times 100 = 75.98\%$

4.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยใช้วิธีการ Overlay analysis ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2549, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2559 เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง ปี พ.ศ.2549 – พ.ศ.2554, พ.ศ.2554 – พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559 ผลการศึกษาปรากฏดังนี้

4.2.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2549 - พ.ศ.2554 ดังตาราง 12 สรุปผลได้ดังนี้

พื้นที่ชุมชน มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.082 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.40 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆ เป็นพื้นที่ชุมชนดังนี้ เปลี่ยนมาจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.12 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่า 0.15 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ชุมชนเป็นพื้นที่อื่นๆ 0.18 ตารางกิโลเมตร พบว่ามีการเพิ่มขึ้นบริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ป่า มีพื้นที่ลดลง 0.082 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นลดลงร้อยละ 3.483 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.06 ตารางกิโลเมตร แต่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชน 0.15 ตารางกิโลเมตร พบว่าตามพื้นที่ขอบได้ลดลงเข้าไปด้านในและพื้นที่ตอนบนได้เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชน

พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 0.270 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นลดลงร้อยละ 20.22 มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชน 0.12 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนเป็นพื้นที่อื่นๆ 0.10 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่า 0.06 ตารางกิโลเมตร มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในบริเวณตอนบนของพื้นที่

พื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.27 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 90.604 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.10 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนแปลงมาจากพื้นที่ชุมชน 0.18 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงบริเวณตอนกลางและตอนบนของพื้นที่

ตาราง 12 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2549 – 2554

		การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2554				
		ป่า	พื้นที่อื่นๆ	เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน	รวม
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2549	ป่า	1.940	0.047	0.146	0.222	2.354
	พื้นที่อื่นๆ	0.054	0.088	0.045	0.112	0.298
	เกษตรกรรม	0.208	0.141	0.580	0.405	1.335
	พื้นที่ชุมชน	0.070	0.293	0.294	5.199	5.856
	รวม	2.271	0.568	1.065	5.938	9.843

4.2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2554 – พ.ศ.2559 ดังตาราง 13สรุปผลได้ดังนี้

พื้นที่ชุมชน มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.305 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 5.136 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆ เป็นพื้นที่ชุมชนดังนี้ เปลี่ยนมาจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.14 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่า 0.01 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ชุมชนเป็นพื้นที่อื่นๆ 0.15 ตารางกิโลเมตรพบว่ามีการเพิ่มขึ้นบริเวณตอนบนและตอนกลางของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ป่า มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.262 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 11.532 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.29 ตารางกิโลเมตร แต่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชน 0.01 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่อื่นๆ 0.01 ตารางกิโลเมตร พบว่าตามพื้นที่ขอบตอนบนได้ลดลง แต่พื้นที่ป่าได้เพิ่มขึ้นบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 0.508 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นลดลงร้อยละ 47.699 มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชน 0.14 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนเป็นพื้นที่อื่นๆ 0.07 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่า 0.29 ตารางกิโลเมตร มีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในบริเวณตอนกลางของพื้นที่

พื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ลดลง 0.059 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นลดลงร้อยละ 10.387 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.07 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนแปลงมาจากพื้นที่ป่า 0.01 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชน 0.15 ตารางกิโลเมตร ส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชน บริเวณตอนกลางและตอนบนของพื้นที่

ตาราง 13 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2554 – 2559

การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559						
		ป่า	พื้นที่อื่นๆ	เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน	รวม
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2554	ป่า	2.061	0.041	0.036	0.135	2.272
	พื้นที่อื่นๆ	0.028	0.097	0.046	0.398	0.568
	เกษตรกรรม	0.325	0.121	0.285	0.334	1.065
	พื้นที่ชุมชน	0.121	0.251	0.190	5.377	5.938
	รวม	2.534	0.510	0.557	6.243	9.843

4.2.3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559 ดังตาราง 14 สรุปผลได้ดังนี้

พื้นที่ชุมชน มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.387 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 6.608 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆ เป็นพื้นที่ชุมชนดังนี้ เปลี่ยนมาจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.25 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่า 0.18 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ชุมชนเป็นพื้นที่อื่นๆ 0.03 ตารางกิโลเมตรพบว่าการเพิ่มขึ้นบริเวณตอนบนและตอนกลางของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่ป่า มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.180 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 7.646 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.32 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่อื่นๆ 0.04 ตารางกิโลเมตร แต่เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชน 0.18 ตารางกิโลเมตรพบว่าพื้นที่ด้านบนมีขนาดลดลง แต่พื้นที่ได้เพิ่มขึ้นบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษา

พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ลดลง 0.778 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นลดลงร้อยละ 58.277 มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชน 0.25 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนเป็นพื้นที่อื่นๆ 0.22 ตารางกิโลเมตรและเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่า 0.32 ตารางกิโลเมตรมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดในบริเวณตอนกลางโดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ชุมชนและพื้นที่อื่นๆ

พื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.211 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 70.805 มีการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ต่างๆดังนี้ เปลี่ยนแปลงจากพื้นที่เกษตรกรรม 0.22 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนแปลงมาจากพื้นที่ชุมชน 0.03 ตารางกิโลเมตร เปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ป่า 0.04 ตารางกิโลเมตรส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงบริเวณตอนกลางและตอนบนของพื้นที่

ตาราง 14 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ. 2549 – 2559

		การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559				
		ป่า	พื้นที่อื่นๆ	เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน	รวม
การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2549	ป่า	2.061	0.041	0.036	0.135	2.272
	พื้นที่อื่นๆ	0.208	0.097	0.046	0.398	0.568
	เกษตรกรรม	0.325	0.121	0.285	0.334	1.065
	พื้นที่ชุมชน	0.121	0.251	0.190	5.377	5.938
	รวม	2.534	0.510	0.557	6.243	9.843

4.3 การศึกษาการคาดการณ์การใช้ที่ดิน

4.3.1 สร้างแบบจำลองคาดการณ์การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559

สร้างแบบจำลองคาดการณ์การใช้ที่ดินด้วย แบบจำลอง CA-Markov โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ.2549 และ พ.ศ.2554 เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ.2559 ผลลัพธ์ที่ได้คือ แนวโน้มการใช้ที่ดิน พ.ศ.2559

4.3.2 เปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองและจากการแปลภาพถ่าย พ.ศ. 2559

ผลการคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2559 ด้วยแบบจำลอง พบว่าพื้นที่ชุมชนมีมากที่สุด มีพื้นที่ประมาณ 6.002 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 60.977 รองลงมาคือพื้นที่ป่า มีพื้นที่ประมาณ 2.228 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 22.635 พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ 1.002 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 10.179 และพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ 0.611 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 6.207 ตามลำดับ ดังตาราง 15 เมื่อนำข้อมูลข้างจากแบบจำลองมาเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้ที่ดินจากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ดังตาราง 15 พบว่า พื้นที่ชุมชน มีพื้นที่ต่างกัน 0.241 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 3.860 พื้นที่ป่า มีพื้นที่ต่างกัน 0.306 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 12.075 พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ต่างกัน 0.445 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 79.892 พื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ต่างกัน 0.102 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 20.039

ตาราง 15 เปรียบเทียบข้อมูลจากแบบจำลองและจากการแปลภาพถ่าย พ.ศ. 2559

การใช้ที่ดิน	พื้นที่การใช้ที่ดิน ปี พ.ศ. 2559(ตร.กม.)		ส่วนต่าง(ตร.กม)	ร้อยละ
	แปลภาพถ่าย	แบบจำลอง		
พื้นที่ชุมชน	6.234	6.002	0.241	3.860
ป่า	2.534	2.228	0.306	12.075
เกษตรกรรม	0.557	1.002	0.445	79.892
พื้นที่อื่นๆ	0.509	0.611	0.102	20.039

4.4 ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง

การตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการใช้ที่ดินระหว่างข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพ พ.ศ. 2559 และข้อมูลจากแบบจำลอง พ.ศ. 2559 นำผลลัพธ์ที่ได้มาหาค่าความถูกต้องโดยวิธี Error Matrix พบว่า มีค่าความถูกต้อง (Overall Accuracy) เท่ากับ 79.37% ดังตารางที่ 16 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าแบบจำลองนี้มีความถูกต้องที่ยอมรับได้ สามารถนำมาใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเลอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรีของฐานิธย์ วงศ์วิเศษ

ตาราง 16 ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง

	ป่า	พื้นที่อื่นๆ	เกษตรกรรม	พื้นที่ชุมชน	รวม
ป่า	0.21	0.00	0.00	0.01	0.23
พื้นที่อื่นๆ	0.00	0.01	0.01	0.05	0.06
เกษตรกรรม	0.03	0.01	0.03	0.03	0.10
พื้นที่ชุมชน	0.01	0.03	0.02	0.54	0.61
รวม	0.26	0.05	0.06	0.63	1.00

$$\text{Overall Accuracy} = ((0.31+0.03+0.02+0.40)/1.00) \times 100 = 79.37\%$$

4.5 การคาดการณ์การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2569

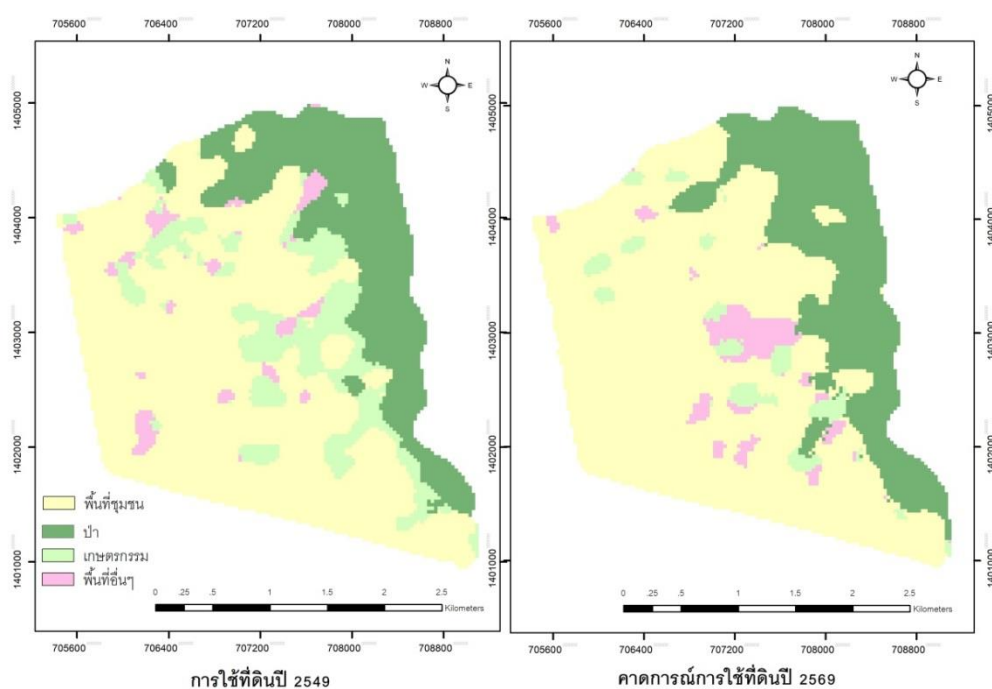
การคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ.2569 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2549 และ พ.ศ.2559 เป็นข้อมูลฐานพบว่าในพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ชุมชนมากที่สุด มีพื้นที่ประมาณ 6.46 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 65.58 รองลงมาคือพื้นที่ป่า มีพื้นที่ประมาณ 2.55 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 25.85 พื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ประมาณ 0.44 ตารางกิโลเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.46 และพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่ประมาณ 0.41 คิดเป็นร้อยละ 4.11 ดังภาพประกอบ 18

4.6 การวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

4.6.1 การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน

การกำหนดค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดินต้องใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ในการกำหนด ได้แก่ ข้อมูลความชันและข้อมูลชนิดของดิน กำหนดให้มีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา เนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ส่วนข้อมูลการใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา ตามผลการแปลภาพถ่ายดาวเทียม

ข้อมูลการใช้ที่ดิน ในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย พื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่อื่นๆ สรุปการใช้ที่ดินในแต่ละปีที่ต้องการศึกษาดังตาราง 17



ภาพประกอบ 18 การคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ.2569

ตาราง 17 ประเภทการใช้ที่ดินและพื้นที่การใช้ที่ดิน

ประเภทการใช้ที่ดิน	พื้นที่การใช้ที่ดิน(ตร.กม.)				
	พ.ศ.2549	พ.ศ.2554	พ.ศ.2559	พ.ศ.2559 (แบบจำลอง)	พ.ศ.2569 (แบบจำลอง)
พื้นที่ชุมชน	5.856	5.938	6.243	6.002	6.479
พื้นที่ป่า	2.354	2.272	2.534	2.228	2.539
พื้นที่เกษตรกรรม	1.335	1.065	0.557	1.002	0.390
พื้นที่อื่นๆ	0.298	0.568	0.509	0.611	0.435
รวม	9.843	9.843	9.843	9.843	9.843

ข้อมูลความชัน ข้อมูลความชันสามารถวิเคราะห์ได้จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) จำแนกความชันได้ 3 ระดับ ได้แก่ พื้นที่ที่มีความชัน น้อยกว่า 2 เปอร์เซ็นต์ 2-6 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ที่มีความชันมากกว่า 6 เปอร์เซ็นต์

ข้อมูลกลุ่มดิน ข้อมูลกลุ่มดินในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วยกลุ่มดิน 2 กลุ่ม ได้แก่ 1) กลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายปนดินร่วน มีการระบายน้ำดี 2) กลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นดินทรายหรือดินทรายปนดินร่วน มีการระบายน้ำดี ทั้งหมดเป็นดินร่วนปนทรายมีการระบายน้ำดี

4.6.2 ความเข้มปริมาณน้ำฝน (I)

นำข้อมูลจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) หาค่าระดับความสูงสูงสุดและระดับต่ำสุดของพื้นที่พบว่า พื้นที่ที่มีความสูงสูงสุด 261 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลางและมีระดับต่ำสุดที่ 2 เมตรเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง ดังนั้นพื้นที่ศึกษาที่มีความสูงต่างกัน 259 เมตร และใช้ข้อมูลทางน้ำหาความยาวทางน้ำที่ยาวที่สุด คือ 4 กิโลเมตร จากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปหาช่วงเวลาที่น่าไหลมารวมกัน (Tc) ได้เท่ากับ 0.55 ชั่วโมง นำค่าช่วงเวลาที่น่าไหลมารวมกัน (Tc) มาหาค่าความเข้มปริมาณน้ำฝนจากกราฟความเข้มปริมาณน้ำฝน โดยใช้กราฟของสถานีอุตุนิยมวิทยาที่ใกล้พื้นที่ศึกษามากที่สุด สามารถอ่านค่าความเข้มปริมาณน้ำฝน (I) ในรอบการเกิดซ้ำ 25 ปี ซึ่งเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีในการออกแบบระบบระบายน้ำในงานทาง (Highway Drainage) ที่ใช้กันเป็นสากล เท่ากับ 155 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง

4.6.3 ขนาดพื้นที่ศึกษา (A)

ขนาดพื้นที่ศึกษาสามารถหาได้จากการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลขซึ่งมีพื้นที่ 9.843 ตารางกิโลเมตร

4.7 ผลการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

จากข้อมูลที่รวบรวมมาทั้งหมดนำมาวิเคราะห์หาอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดด้วยวิธี Rational Method ในช่วงเวลาต่างๆดังตาราง 18

ผลการวิเคราะห์หาอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method พบว่า ปี พ.ศ. 2549 มีอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด 193.405 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พ.ศ.2554 มีอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด 194.677 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พ.ศ.2559 มีอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด 200.191 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที พ.ศ.2559 จากแบบจำลอง มีอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด 195.950 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที และพ.ศ.2569 จากแบบจำลอง มีอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด 204.008 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที

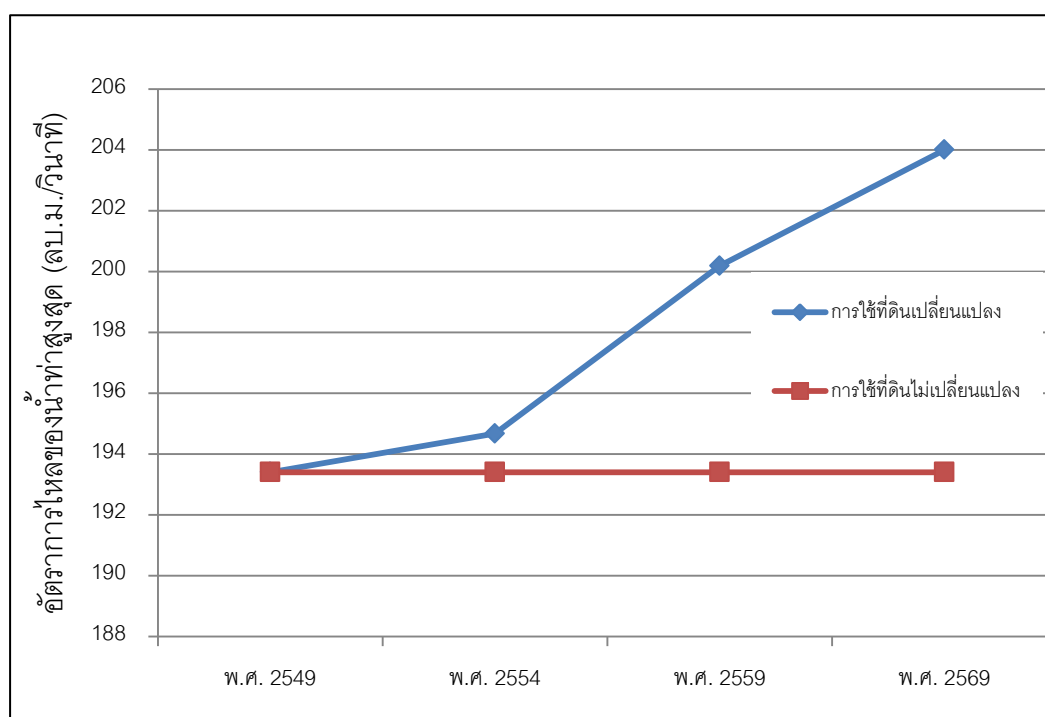
ตาราง 18 ผลการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

ปี พ.ศ.	ค่าสัมประสิทธิ์การไหล (C)	ความเข้มปริมาณน้ำฝน (I)	พื้นที่ (ตร.กม.)	อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด (ลบ.ม./วินาที)
2549	0.456	155	9.843	193.405
2554	0.459	155	9.843	194.677
2559	0.472	155	9.843	200.191
2559(แบบจำลอง)	0.462	155	9.843	195.950
2569(แบบจำลอง)	0.481	155	9.843	204.008

4.8 ผลการเปรียบเทียบข้อมูล

ผลการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดพบว่าอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ปี พ.ศ.2569 มีค่าอัตราการไหลของน้ำ 204.008 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที มีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2549 เท่ากับ 10.603 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นร้อยละ 5.197 ในปี พ.ศ.2559 มีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2549 เท่ากับ 6.786 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 3.389 ในปี พ.ศ.2559 จากแบบจำลอง มีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี

พ.ศ.2549 เท่ากับ 2.545 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 1.298 และในปี พ.ศ.2554 มีอัตราเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับปี พ.ศ.2549 เท่ากับ 1.272 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที คิดเป็นเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.653 แสดงดังภาพประกอบ 19 ซึ่งกำหนดให้ปัจจัยการใช้ที่ดินมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาการศึกษา



ภาพประกอบ 19 เปรียบเทียบข้อมูลอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

บทที่ 5

สรุปผล อภิปรายและข้อเสนอแนะ

สรุปผล

งานวิจัยนี้ เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในพื้นที่รับน้ำ ต.สัดหีบ อ.สัดหีบ จ.ชลบุรี โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับการสำรวจระยะไกล ทำการแปลงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM และ Landsat 8 OLI ใช้การจำแนกประเภทข้อมูลแบบควบคุม (Supervised Classification) และใช้กฎการตัดสินใจเพื่อจำแนกข้อมูลภาพแบบ Maximum likelihood เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วง พ.ศ.2549, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2559 เพื่อจำแนกการใช้ที่ดินพร้อมทั้งวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2549 ถึง พ.ศ.2554, พ.ศ.2554 ถึง พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2549 ถึง พ.ศ.2559 ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายโดยวิธี Error Matrix เปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในปีเดียวกัน โดยจำนวนตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบได้มาจากวิธีการคัดเลือกจำนวนตัวอย่างแบบไม่จำเพาะเจาะจง กำหนดให้การยอมรับความถูกต้องจากการแปลภาพถ่ายไม่น้อยกว่า 70% และประยุกต์ใช้แบบจำลอง CA Markov คาดการณ์การใช้ที่ดินใน พ.ศ. 2569 พร้อมทั้งนำระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์มาวิเคราะห์หาขนาดและขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model) และวิเคราะห์ปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่นๆ ได้แก่ ความชัน กลุ่มดิน ปริมาณน้ำฝน ความสูงของพื้นที่ ความยาวทางน้ำ หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) โดยกำหนดให้ ความชันและกลุ่มดินมีค่าคงที่เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่น้อยส่วนข้อมูลการใช้ที่ดิน มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่ศึกษา ค่าความเข้มปริมาณน้ำฝน (I) ใช้ในรอบการเกิดซ้ำ 25 ปี ซึ่งเป็นไปตามหลักการและทฤษฎีในการออกแบบระบบระบายน้ำในงานทาง (Highway Drainage) ที่ใช้กันเป็นสากลเพื่อนำมาคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method ซึ่งใช้ในกรณีพื้นที่รับน้ำมีขนาดไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร โดยที่ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายว่า เป็นการศึกษาเพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดและเพื่อเปรียบเทียบอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง CA-Markov สรุปผลการศึกษาดังนี้

1. การใช้ที่ดินและการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

การใช้ที่ดิน พ.ศ. 2549 พื้นที่ชุมชนมีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ทุ่งหญ้า มีพื้นที่ 5.856 (59.49%), 2.354 (23.92%), 1.335 (13.56%), 0.298 (3.03%) ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ พ.ศ. 2554 พื้นที่ชุมชนมีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ทุ่งหญ้า มีพื้นที่ 5.938 (60.33%), 2.272 (23.08%), 1.065 (10.82%), 0.568 (5.77%) ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ พ.ศ. 2559 พื้นที่ชุมชนมีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ทุ่งหญ้า มีพื้นที่ มีพื้นที่ 6.243 (63.43%), 2.534 (25.74%), 0.557 (5.66%), 0.509 (5.17%) ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ทำการตรวจสอบความถูกต้องของการแปลภาพถ่ายโดยวิธี Error Matrix เปรียบเทียบกับแผนที่การใช้ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดินในปีเดียวกัน กำหนดให้การยอมรับความถูกต้องจากการแปลภาพถ่ายไม่น้อยกว่า 70% พบว่าการใช้ที่ดินพ.ศ. 2549, พ.ศ.2554 และ พ.ศ.2559 มีค่าความถูกต้องจากการแปลภาพถ่าย (Overall Accuracy) เท่ากับ 96.84%, 97.72% และ 75.98% ตามลำดับ สรุปได้ว่าผลลัพธ์จากการแปลภาพ สามารถนำไปใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นการศึกษาโดยใช้ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์วิเคราะห์ โดยวิธีการ Overlay analysis เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2549 – พ.ศ.2554, พ.ศ.2554 – พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559 สรุปได้ว่า

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2549 - พ.ศ.2554 พื้นที่ชุมชน มีการเพิ่มขึ้นบริเวณตอนบนของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่นๆ มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นบริเวณตอนกลางและตอนบนของพื้นที่ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.082 (1.40%), 0.270 (90.604%) ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ป่าพบว่าตามพื้นที่ขอบได้ลดลงเข้าไปด้านในและพื้นที่ตอนบนลดลง เปลี่ยนเป็นพื้นที่ชุมชนและพื้นที่เกษตรกรรมลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในบริเวณตอนบนของพื้นที่มีพื้นที่ลดลง 0.082 (3.483%), 0.270 (20.22%) ตารางกิโลเมตรตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2554 – พ.ศ.2559 พื้นที่ชุมชนมีการเพิ่มขึ้นบริเวณตอนบนและตอนกลางของพื้นที่ศึกษา และพื้นที่ป่าพบว่าตามพื้นที่ขอบตอนบนได้ลดลง แต่เพิ่มขึ้นบริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.305(5.136%), 0.262 (11.532%) ตารางกิโลเมตรตามลำดับ ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมมีการลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในบริเวณตอนกลางของพื้นที่และพื้นที่อื่นๆส่วนใหญ่เป็นการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่ชุมชน บริเวณตอนกลางและตอนบนของพื้นที่ มีพื้นที่ลดลง 0.508 (47.699%), 0.059 (10.387%) ตารางกิโลเมตรตามลำดับ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินระหว่าง พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559 พื้นที่ชุมชนมีการเพิ่มขึ้น บริเวณตอนบนและตอนกลางของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ป่าพบว่าพื้นที่ด้านบนมีขนาดลดลงแต่เพิ่มขึ้น บริเวณตอนล่างของพื้นที่ศึกษาและพื้นที่อื่นๆ เปลี่ยนแปลงบริเวณตอนกลางและตอนบนของพื้นที่ มีพื้นที่เพิ่มขึ้น 0.387 (6.608%), 0.180 (7.646%), 0.211 (70.805%) ตารางกิโลเมตรตามลำดับ พื้นที่เกษตรกรรมลดลงอย่างเห็นได้ชัดเจนในบริเวณตอนกลางโดยเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่ชุมชนและพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ลดลง 0.778 (58.277%) ตารางกิโลเมตร

การคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ.2559 โดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ผลที่ได้จากแบบจำลองพบว่าพื้นที่ชุมชนมีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า, พื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่อื่นๆ มีพื้นที่ 6.002 (60.977%), 2.228 (22.635%), 1.002 (10.179%), 0.611 (6.207%) ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ เมื่อทำการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองการใช้ที่ดินระหว่างข้อมูลการใช้ที่ดินที่ได้จากการแปลภาพ พ.ศ. 2559 และข้อมูลจากแบบจำลอง พ.ศ. 2559 นำผลลัพธ์ที่ได้มาหาความถูกต้องโดยวิธี Error matrix พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับ 86.12% สรุปได้ว่าแบบจำลองนี้มีความถูกต้องโดยรวมที่ยอมรับได้ สามารถนำมาใช้คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยเรื่อง การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเลอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี ของ สุวนิตย์ วงศ์วิเศษ

การคาดการณ์การใช้ที่ดิน พ.ศ.2569 โดยแบบจำลอง CA-Markov ใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน ปี พ.ศ.2549 และ พ.ศ.2559 เป็นข้อมูลฐานพบว่าในพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ชุมชนมากที่สุด รองลงมาคือพื้นที่ป่า พื้นที่อื่นๆและพื้นที่เกษตรกรรม ตามลำดับ มีพื้นที่ 2.539 (65.813%), 2.228 (25.791%), 0.390 (3.961%), 0.435 (4.418%) ตารางกิโลเมตร จากผลลัพธ์ที่ได้จึงกล่าวได้ว่า ตรงกับจุดมุ่งหมายและสมมุติฐานของการศึกษาคั้งนี้คือเพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดและแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน CA-Markov สามารถคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคตได้

2.การวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด

ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์สามารถนำมาวิเคราะห์หาขนาดและขอบเขตของพื้นที่รับน้ำ และวิเคราะห์ปัจจัยทางภูมิศาสตร์อื่นๆ ได้แก่ ความชัน กลุ่มดิน ปริมาณน้ำฝน ความสูงของพื้นที่ ความยาวทางน้ำ หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) ค่าความเข้มปริมาณน้ำฝน (I) เพื่อนำมาคำนวณหาอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method ซึ่งใช้ในกรณีพื้นที่รับน้ำมีขนาดไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร สรุปผลการศึกษาได้ดังนี้ จากข้อมูลการใช้ที่ดิน

ข้อมูลความชื้น ข้อมูลดิน เมื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทำการวิเคราะห์หาโดยใช้วิธีการวิเคราะห์แบบชั้นทับซึ่งจะได้ค่าค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) ในพื้นที่ย่อย เมื่อนำค่าเหล่านั้นมาหาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดินเฉลี่ย พบว่า พ.ศ.2549 พ.ศ.2554 พ.ศ.2559 พ.ศ.2559 จากแบบจำลองและ พ.ศ. 2569 มีค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน (C) เท่ากับ 0.456, 0.459, 0.472, 0.462 และ 0.481 ตามลำดับจะพบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเนื่องจากในพื้นที่ศึกษาที่มีการเปลี่ยนการใช้เป็นพื้นที่ชุมชนเพิ่มขึ้น ตลอดเวลาที่ศึกษาจึงส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดินมีค่าเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ค่าความเข้มของน้ำฝน (I) ในรอบการเกิดซ้ำ 25 ปีซึ่งอ่านได้จากกราฟความเข้มของน้ำฝน มีค่าเท่ากับ 155 มิลลิเมตรต่อชั่วโมง และขนาดของพื้นที่ศึกษาซึ่งทำการวิเคราะห์โดยใช้ข้อมูลความสูงเชิงเลขได้เท่ากับ 9.843 ตารางกิโลเมตร เมื่อวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดพบว่า พบว่า พ.ศ.2549 พ.ศ.2554 พ.ศ.2559 พ.ศ.2559 จากแบบจำลองและ พ.ศ.2569 มีค่าอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดเท่ากับ 193.405, 194.677, 200.191, 195.950 และ 204.008 ลูกบาศก์เมตรต่อวินาที ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับ ปี พ.ศ.2549 พบว่า มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ปี พ.ศ.2554, พ.ศ.2559 และ พ.ศ.2569 มีค่าอัตราการไหลของน้ำเพิ่มขึ้น 1.272 (0.653%), 6.786 (3.389%), 2.545 (1.298%), และ 10.603 (5.197%) ลูกบาศก์เมตรต่อวินาทีตามลำดับ

อภิปราย

ผลการศึกษาระบบการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์คาดการณ์การใช้ที่ดินในการคำนวณอัตราการไหลของน้ำสูงสุด มีรายละเอียดดังนี้

1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินโดยประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ร่วมกับระบบรับสัญญาณระยะไกล เพื่อจำแนกประเภทการใช้ที่ดินโดยวิธี Supervised Classification ซึ่งเป็นวิธีการจำแนกข้อมูลที่ผู้วิเคราะห์ต้องกำหนดประเภทข้อมูลข้อมูลเอง โดยข้อมูลที่ใช้จะต้องเป็นข้อมูลที่ได้มาจากแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือ มีความยุ่งยากในการจำแนกมากกว่าการจำแนกข้อมูลแบบ Unsupervised Classification แต่ข้อมูลมีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากกว่า และใช้กฎการตัดสินใจเพื่อการจำแนกข้อมูลแบบ Maximum Likelihood เป็นวิธีที่มีความถูกต้องมากที่สุด ใช้เวลาในการวิเคราะห์มากที่สุดเช่นกัน แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์มีประสิทธิภาพสูง ทำให้สามารถลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ไปได้มากและวิเคราะห์หาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พร้อมทั้งตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลโดยวิธี Error Matrix โดยการเปรียบเทียบ

ข้อมูลจากหน่วยงานที่มีความน่าเชื่อถือ เช่น กรมพัฒนาที่ดิน หรือจากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ การศึกษาโดยวิธีดังที่กล่าวมานี้เป็นวิธีที่มีความถูกต้องสูง ทำได้รวดเร็วและได้ข้อมูลที่ทันสมัยและทันต่อเหตุการณ์และคาดการณ์การใช้ที่ดินโดยใช้แบบจำลอง CA-Markov ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ได้รับความนิยมมากในปัจจุบัน มีวิธีการใช้งานง่ายและใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงของประชากร เป็นต้น สามารถใช้คาดการณ์ได้ทั้งในเชิงพื้นที่และเชิงปริมาณ ซึ่งการศึกษาโดยวิธีนี้ได้มีผู้ศึกษาไว้หลายท่าน เช่น ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส ได้ใช้วิธีการดังกล่าวศึกษาการใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง ในปี 2567, สุรนิตย์ วงศ์วิเศษ ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเล อ.บ้านแหลม จ.เพชรบุรี เป็นต้น

2. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ในช่วงปี พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559 พื้นที่ชุมชน พื้นที่ป่า และพื้นที่อื่นๆมีพื้นที่เพิ่มขึ้นแต่พื้นที่เกษตรกรรมมีขนาดลดลง โดยพบว่าพื้นที่ชุมชนมีพื้นที่เพิ่มขึ้นมากที่สุด สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดจากมีจำนวนประชากรเข้ามาอาศัยอยู่เพิ่มมากขึ้นส่งผลให้พื้นที่ชุมชนมีการขยายตัว สอดคล้องกับข้อมูลของสำนักงานสถิติจังหวัดชลบุรี ที่ระบุว่าประชากรในพื้นที่มีจำนวนเพิ่มขึ้น เนื่องจากพื้นที่ดังกล่าวมีความเจริญทั้งในด้านการท่องเที่ยวและด้านอุตสาหกรรม จึงทำให้มีประชากรเข้ามาในพื้นที่ในฐานะนักท่องเที่ยว นักลงทุน ตลอดจนแรงงานในภาคอุตสาหกรรม ส่งผลให้พื้นที่ชุมชนมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ส่วนการที่พื้นที่ป่ามีพื้นที่เพิ่มขึ้นนั้นเนื่องจากการมีบรรณารักษ์และส่งเสริมให้มีการปลูกป่าทดแทน จึงทำให้พื้นที่ป่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน และเมื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินโดยแบบจำลอง CA-Markov ใน พ.ศ. 2569 พบว่ายังคงมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงไปในทิศทางเดียวกัน คือพื้นที่ชุมชนมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ส่วนพื้นที่เกษตรกรรมมีขนาดลดลง ผลจากข้อมูลดังกล่าวสามารถนำไปวางแผนเรื่องการจัดการระบบสาธารณูปโภคหรือการบริหารจัดการพื้นที่ให้รองรับกับการเปลี่ยนในอนาคต ตลอดจนการนำเอาผลการวิเคราะห์การใช้ที่ดินไปใช้ในการวิเคราะห์อัตราการใช้ของน้ำท่าสูงสุดต่อไป ผลจากการศึกษาในขั้นตอนนี้ได้ตอบจุดมุ่งหมายของการวิจัยในหัวข้อการประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินได้อย่างครบถ้วน

3. ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดิน ใช้ 3 ปัจจัยในการวิเคราะห์ โดยกำหนดให้ข้อมูลความชันและข้อมูลกลุ่มดินมีค่าคงที่ เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงน้อยมากแต่ข้อมูลการใช้ที่ดินมีค่าเปลี่ยนแปลงมีการเปลี่ยนแปลงไปตามเวลาที่ศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการแปลภาพและการคาดการณ์การใช้ที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงทุกช่วงเวลาการศึกษา เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดินในพื้นที่ย่อยๆ โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับข้อมูลของระบบ

สารสนเทศภูมิศาสตร์พบว่าสามารถทำได้รวดเร็วและง่ายต่อการแปลความ เพื่อนำมาวิเคราะห์หาค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดินเฉลี่ยทั้งหมดในพื้นที่ต่อไป

4. การวิเคราะห์หาค่าช่วงเวลาที่น่าไหลมารวมกัน (Tc) โดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาวิเคราะห์ เพื่อนำมาอ่านค่าในกราฟความเข้มปริมาณน้ำฝน สามารถทำได้โดยการวิเคราะห์จากแบบจำลองความสูงเชิงเลข (DEM) ซึ่งจะให้ค่าความสูงของจุดเริ่มต้นและจุดสิ้นสุดของทางน้ำที่ยาวที่สุดในพื้นที่ศึกษา ผลลัพธ์ที่ได้มีความแม่นยำกว่าค่าที่อ่านแบบคาดคะเนจากแผนที่ภูมิประเทศ

5. การคำนวณหาอัตราไหลของน้ำท่าสูงสุดโดยวิธี Rational Method เป็นวิธีที่เหมาะสมสำหรับพื้นที่ที่มีขนาดไม่เกิน 25 ตารางกิโลเมตร การศึกษาพบว่าอัตราไหลของน้ำท่าสูงสุดมีค่าเพิ่มขึ้นทุกช่วงเวลาการศึกษา ซึ่งสอดคล้องกับผลการแปลภาพถ่ายดาวเทียมและการคาดการณ์การใช้ที่ดิน คือพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงเป็นพื้นที่ชุมชนมากที่สุด ส่งผลให้ค่าสัมประสิทธิ์การไหลของน้ำผิวดินมีค่าเพิ่มขึ้น โดยการศึกษาวิธีนี้ได้มีผู้ศึกษาไว้หลายท่าน เช่น ศิริพร ตรีธาร ได้ทำการศึกษาประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์หาพื้นที่ที่เหมาะสม ในการคัดเลือกแนวเส้นทางหลวงเบื้องต้น บริเวณอำเภอปากช่องถึงอำเภอด่านช้าง จังหวัดนครราชสีมา โดยใช้ปัจจัยในด้านอุทกวิทยาที่ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณการไหลของน้ำท่าสูงสุด โดยวิธี Rational Method และวิธี Specific Yield of flood เพื่อนำไป ประเมินความเหมาะสม, อภิวัฒน์ พารา ได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อศึกษารูปแบบการคำนวณการไหลของน้ำท่าสูงสุดในพื้นที่รับน้ำด้วยวิธี Rational Method บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำคลองอ้ายเขียว จ.นครศรีธรรมราช ลุ่มน้ำคลองหาดลัมแบน จ.ระนอง ลุ่มน้ำคลองท่ายาง จ.ภูเก็ต โดยใช้ปัจจัยทางภูมิศาสตร์ ได้แก่ การใช้ที่ดิน ชนิดดิน การใช้ประโยชน์พื้นที่ ปริมาณน้ำฝน ขนาดพื้นที่รับน้ำ เพื่อประเมินการไหลของน้ำท่าสูงสุด ในรอบการเกิดซ้ำ 10 ปี และ 25 ปี เปรียบเทียบกับข้อมูลการสำรวจอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดของกรมชลประทาน เป็นต้น

ดังนั้นระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถนำมาศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ร่วมกับการสำรวจระยะไกลพร้อมทั้งประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลอง CA-Markov เพื่อคาดการณ์การใช้ที่ดินในอนาคตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ช่วยศึกษาด้านการคำนวณอัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุดให้มีความถูกต้องมากขึ้นและสามารถนำผลการวิเคราะห์ ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาออกแบบระบบระบายน้ำที่เหมาะสมและเพียงพอที่จะรองรับปริมาณน้ำที่อาจเกิดขึ้นในอนาคต ช่วยในการวางแผนเพื่อป้องกันและแก้ไขปัญหาการระบายน้ำที่อาจเกิดขึ้น ช่วยลดผลกระทบและความเสียหายต่อชีวิตและทรัพย์สินของประชาชนในพื้นที่ที่เกิดน้ำท่วม ตลอดจน

ช่วยในการวางแผนการใช้งบประมาณในการการก่อสร้างและซ่อมบำรุงระบบระบายน้ำได้อย่างเหมาะสมและมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

1. การคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินหากมีการนำปัจจัยหลายๆปัจจัย เช่น ปัจจัยด้านเศรษฐกิจ ปัจจัยด้านสังคมเข้ามาร่วมวิเคราะห์จะช่วยให้ข้อมูลมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น
2. ควรใช้แบบจำลองอื่นๆมาวิเคราะห์แนวโน้มการใช้ที่ดิน เปรียบเทียบผล เพื่อความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น
3. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์อัตราการไหลของน้ำท่าสูงสุด ควรใช้ข้อมูลที่มีการปรับปรุงล่าสุดเพื่อความทันสมัยและมีความถูกต้องมากที่สุด
4. ข้อมูลจากแบบจำลองความสูงเชิงเลขเมื่อทำการวิเคราะห์หาขนาดและขอบเขตของพื้นที่รับน้ำแล้ว ต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องจากแหล่งข้อมูลอื่นประกอบด้วย เช่น แผนที่ภูมิประเทศ สภาพพื้นที่จริง

บรรณานุกรม

- Aggarwal, S. (2003). PRINCIPLES OF REMOTE SENSING. In M. V. K. Sivakumar, P. S. Roy, K. Harmsen, & S. K. Saha (Eds.), *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*. Dehra Dun: World Meteorological Organisation.
- Brecevic, D., Dragan, M., Feoli, E., & Yan, S. (2004). Migration towards the cities : measuring the effects of urban expansion in rural-urban interface by GIS and RS technology. *Biological Resources and Migration*, 281-296.
- Congalton, G. R., & Green, K. (1993). A Practical Look at the Sources of Confusion in Error Matrix Generation. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*, 59(5), 641-644. Retrieved from https://www.asprs.org/wp-content/uploads/pers/1993journal/may/1993_may_641-644.pdf
- Congalton, R. G., & Green, K. (1999). *Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data: Principles and Practices*. Boca Raton: CRC Press.
- Eastman, J. R. (2006). *IDRISI Andes Guide to GIS and Image Processing*. Massachusetts: Clark University.
- Lillesand, T. M., & Kiefer, R. W. (2000). *Remote Sensing and Image Interpretation* (4th ed.). New York: Wiley.
- Mather, P. M. (1999). *Computer Processing of Remotely – Sensed Image : An Introduction* (2nd ed.). Chi Chester: Wiley.
- Peña, J., Bonet, A., Bellot, J., & Sánchez, J. R. (2005). *Trends and driving factors in land use changes (1956 - 2000) in Marina Baixa, SE Spain*. Paper presented at the 45th Congress of the European Regional Science Association, Amsterdam.
- Sang, L., Zhang, C., Yang, J., Zhu, D., & Yun, W. (2011). Simulation of land use spatial pattern of towns and villages based on CA–Markov model. *Mathematical and Computer Modelling*, 54(3-4), 938-943.
- Singh, A. K. (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, Netherlands.

Subedi, P., Subedi, K., & Thapa, B. (2013). Application of 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*, 1(6), 126-132.

Syphard, D., Clarke, C., & Franklins, J. (2005). Using a cellular automaton model to forecast the effects of urban growth on habitat in southern California. *Ecological Complexity*, 2, 185-203.

Tommaso, T., & Norman, M. (1987). *Cellular automata machines: a new environment for modeling*. Massachusetts London: The MIT Press Cambridge.

Verburg, P. H., Soepboer, W., Veldkamp, A., Limpiada, R., Espaldon, M. V., & Sharifah., S. A. M. (2002). Modeling the spatial dynamics of regional land use: the CLUE-S model. *Environmental Management*, 30(3), 391-405.

Ward., A. D., & Elliot., W. J. (1995). *Environmental Hydrology. Florida*. Florida: CRC Press, Inc.

กรมทางหลวง. (2553). คู่มือการออกแบบระบบระบายน้ำและป้องกันการกัดเซาะในงานทางหลวง. กรุงเทพฯ: กรมฯ.

กรมพัฒนาที่ดิน. (2548). ลักษณะและสมบัติของชุดดินในภาคใต้และชายฝั่งทะเลภาคตะวันออกของประเทศไทย. Retrieved from <http://www.idd.go.th/Thai-html/work.htm>

กรมพัฒนาที่ดิน. (2556). รบรู้เรื่องดิน. Retrieved from <http://www.idd.go.th/ofswb/thaisoil/index.htm>

กรมอุตุนิยมวิทยา. (2557). ภูมิอากาศจังหวัดชลบุรี. Retrieved from <http://climate.tmd.go.th/data/province/ตะวันออก/ภูมิอากาศชลบุรี.pdf>.

ชุดิพงศ์ ร่มสินธุ์. (2548). การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมโดยใช้แบบจำลอง CA-Markov บริเวณลุ่มน้ำแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฐานิตย์ วงศ์วิเศษ. (2548). แบบจำลองเพื่อศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเล อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

- ธีรเวทย์ ลิ้มโกมลวิลาส. (2557). คาดการณ์การใช้ที่ดินลุ่มน้ำลำตะคอง พ.ศ. 2567 ด้วยแบบจำลอง CA-Markov. วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 17(เดือนมกราคม-ธันวาคม 2557), 94-113. Retrieved from <http://ejournals.swu.ac.th/index.php/JOS/article/view/4763/4575>
- นิกร ศิริโรจนานนท์. (2555). ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ – สังคมที่มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน: กรณีศึกษา พื้นที่ลุ่มน้ำวัง ท้องที่ตำบลป่าหุ่ง อำเภอพาน จังหวัดเชียงราย. กรุงเทพฯ: กรมป่าไม้.
- นิวัติ เรืองพานิช. (2547). หลักการจัดการลุ่มน้ำ (พิมพ์ครั้งที่ 3 ed.). กรุงเทพฯ: ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ. บุญเกียรติ แสงวัฒณ์. (2535). การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สำหรับการวางแผนใช้ที่ดิน. การประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการเรื่อง ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และระบบข้อมูลทางไกล สำหรับการจัดการทรัพยากรธรรมชาติโดยโปรแกรม ILWIS, 25-27.
- พงษ์ศักดิ์ วิทวัสสุติกุล, & พิณทิพย์ ธิติโรจนวัฒน์. (2551). เครื่องมือสำหรับการจัดการต้นน้ำ. Retrieved from <http://frc.forest.ku.ac.th/frcdatabase/bulletin/Document/P005115.pdf>
- พบพร รัตนสุวรรณ. (2556). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่ต้นน้ำลำธารในลุ่มน้ำเพชรบุรี. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- พร้อมจิตต์ ตระกูลดิษฐ์. (2533). การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์และการประยุกต์. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและพลังงาน.
- พิชณะ คงยังยืน. (2558). การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดจันทบุรี. (วิทยานิพนธ์ วท.บ. (ภูมิสารสนเทศศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา, ชลบุรี.
- มิ่งขวัญ อินทรกำแหง. (2545). ผลกระทบของการใช้ที่ดินต่อความรุนแรงของอุทกภัยในลุ่มน้ำจันทบุรีระหว่างปี พ.ศ.2530-2543. (วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต. ศิลปศาสตร์ (ภูมิศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2523). พจนานุกรมศัพท์ภูมิศาสตร์ อังกฤษ – ไทย ฉบับราชบัณฑิตยสถาน เล่ม 2. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตยสถาน.
- วทัญญูตา ไพโรจน์. (2558). การจำลองการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรณีศึกษา : สี่แยกอินโดจีน อำเภอเมือง จังหวัดพิษณุโลก. การประชุมวิชาการนิสิตนักศึกษาภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศศาสตร์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, 1-16. Retrieved from

<http://www.arts.chula.ac.th/~geography/TSG2015/docs/FullPaper/FullPaper/2.8.pdf>

วสันต์ อวพัฒนา. (2555). การคาดการณ์แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของการใช้ที่ดินในจังหวัดภูเก็ต.

(ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ศิริพร ตรีธาร. (2547). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อหาพื้นที่ที่เหมาะสมในการ
คัดเลือกแนวทางหลวงเบื้องต้น กรณีศึกษา อำเภอปากช่อง ถึง อำเภอวังน้ำเขียว จังหวัด
นครราชสีมา. (ปริญญานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนคริน
ทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. (2556). มาตรฐานข้อกำหนดข้อมูลภูมิสารสนเทศ
พื้นฐาน (FGDS) ชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน. Retrieved from

http://thaisdi.gistda.or.th/index.php?option=com_phocadownload&view=category&id=22:fgds&Itemid=57

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2538). การใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียมและระบบ
สารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณอำเภอเมือง
จังหวัดภูเก็ต. กรุงเทพฯ: กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2540). คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล. กรุงเทพฯ:
กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานจังหวัดชลบุรี. (2556). แผนพัฒนาจังหวัดชลบุรี (พ.ศ.2558-2561). Retrieved from
<http://www.chonburi.go.th/%E0%B8%82%E0%B8%AD%E0%B8%A1%E0%B8%A5%E0%B9%80%E0%B8%9C%E0%B8%A2%E0%B9%81%E0%B8%9E%E0%B8%A3/%E0%B8%AB%E0%B8%99%E0%B8%87%E0%B8%AA%E0%B8%AD%E0%B9%80%E0%B8%A7%E0%B8%A2%E0%B8%99/tabid/101/articleType/ArticleView/articleId/4845/-4---25582561.aspx>

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2552). ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิ
สารสนเทศศาสตร์. กรุงเทพฯ: อมรินทร์ พริ้นติ้ง แอนด์พับลิชชิ่ง.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. (2558). คู่มือการใช้งานระบบสืบค้นข้อมูล
ดาวเทียม LANDSAT 8(1). Retrieved from

https://www.gistda.or.th/main/system/files_force/satellite/93/file/11613-4526-user_landsat_8.pdf?download=1

- สำนักงานสถิติจังหวัดชลบุรี. (2559). ข้อมูลสถิติจากการสำมะโนสำรวจ. Retrieved from http://chonburi.old.nso.go.th/nso/project/search/result_by_department.jsp
- สุนทรี ทารพันธ์, มณฑล อนงค์พรยศกุล, ลิขิต ชูชิต, & ภูวดล โดยดี. (2554). การประยุกต์การสำรวจข้อมูลระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเลบางพื้นที่ในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- สุพิชชา ภมรจันทรมัส, สุพรรณ กาญจนสุธรรม, แก้ว นวลฉวี, & ณรงค์ พลธิราช. (2558). การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อคาดการณ์ความต้องการพลังงานไฟฟ้า: กรณีศึกษาจังหวัดชลบุรี. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 26(1), 113-120. Retrieved from <http://ojs.kmutnb.ac.th/index.php/kjournal/article/view/568/599>
- สุเพชร จิรขจรกุล. (2556). เรียนรู้ระบบภูมิสารสนเทศด้วยโปรแกรม ArcGIS Desktop 10.1. นนทบุรี: เอส. อาร์. พรินติ้ง แมสโปรดักส์.
- หุทัย มาศไค้ง, & ฉัตรชัย โชติษฐียงกูร. (2559). การวิเคราะห์ความสามารถในการระบายน้ำของคลองและพื้นที่เสี่ยงภัยน้ำท่วมเพื่อการจัดทำผังเมืองรวมชุมชนสามโคก อ.สามโคก จ. ปทุมธานี. วารสารวิจัยและสาระสถาปัตยกรรม/การผังเมือง, 13(2), 41-56.
- อภิวัฒน์ พารา. (2557). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อศึกษารูปแบบการคำนวณปริมาณการไหลน้ำท่าสูงสุดในพื้นที่รับน้ำด้วยวิธี *Rational Method*. (ปริญญาานิพนธ์ วท.ม. (ภูมิศาสตร์และภูมิสารสนเทศ)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ.
- อุษาวดี ผาภูหลาบแดง. (2558). การคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดกระบี่. (วิทยานิพนธ์ วท.ม. (การจัดการสารสนเทศสิ่งแวดล้อมและทรัพยากร)), บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหิดล, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก



ภาพประกอบ 20 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ชุมชน1)



ภาพประกอบ 21 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ชุมชน2)



ภาพประกอบ 22 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่อื่นๆ1)



ภาพประกอบ 23 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่อื่นๆ2)



ภาพประกอบ 24 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่เกษตรกรรม1)



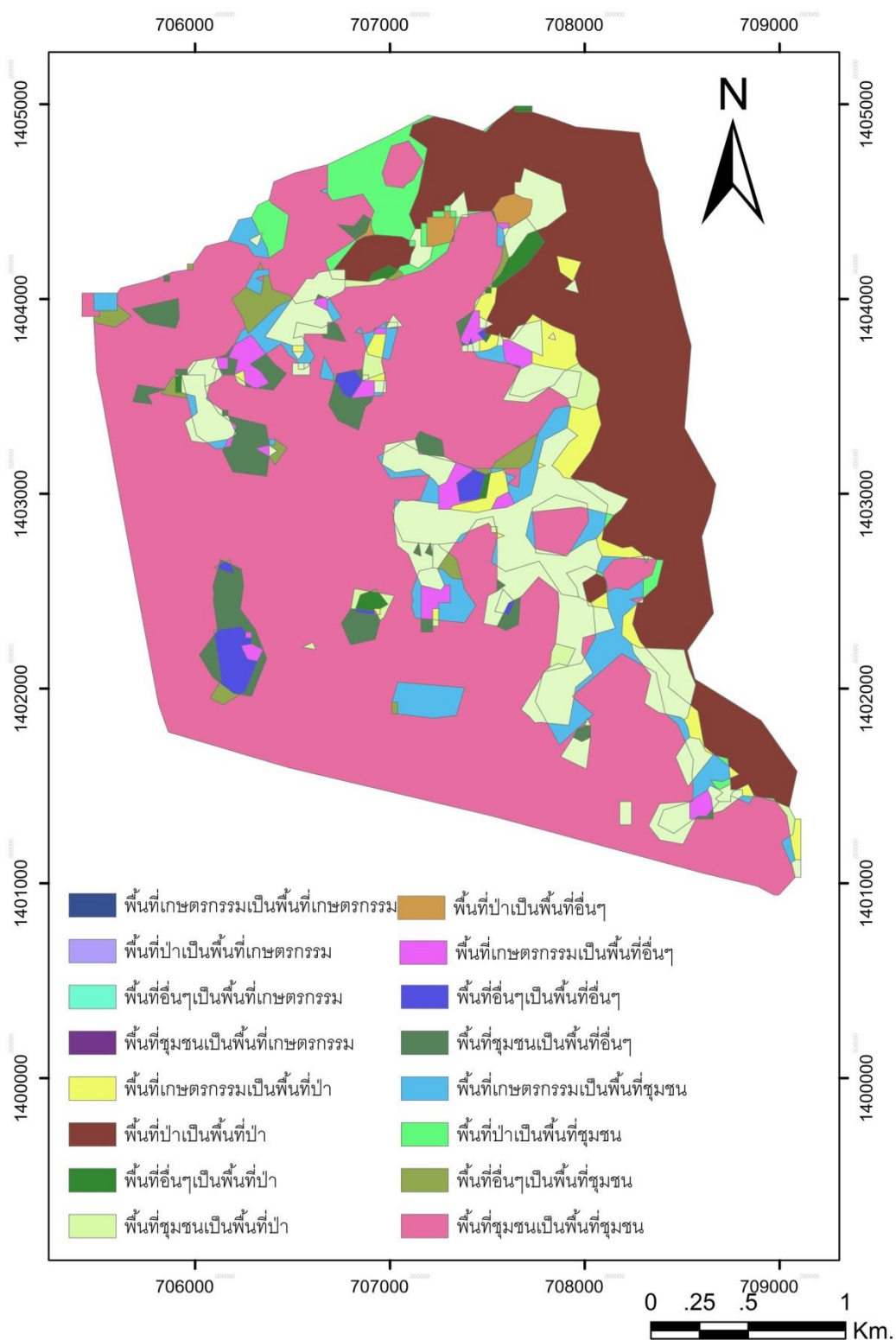
ภาพประกอบ 25 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่เกษตรกรรม2)



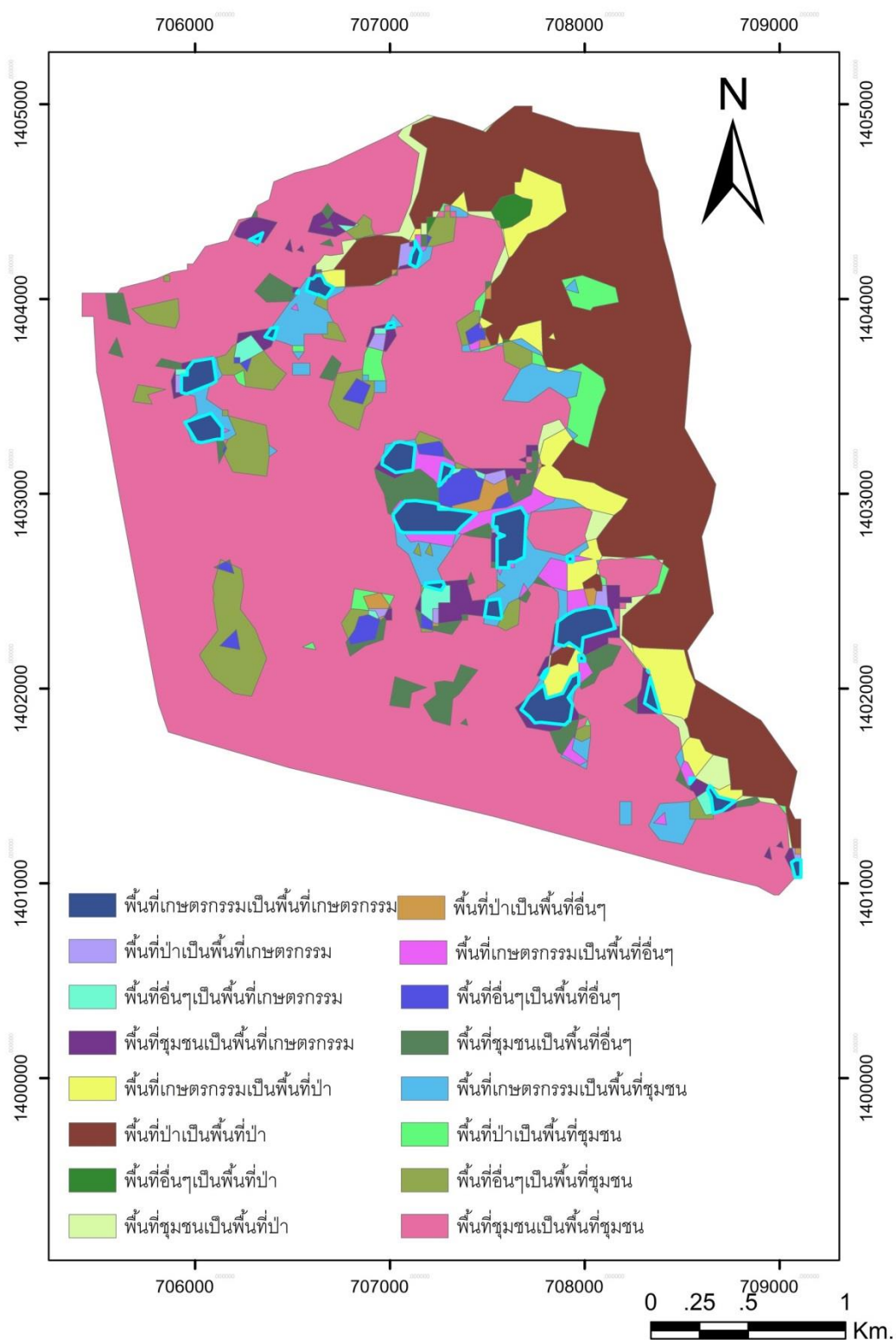
ภาพประกอบ 26 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ป่า1)



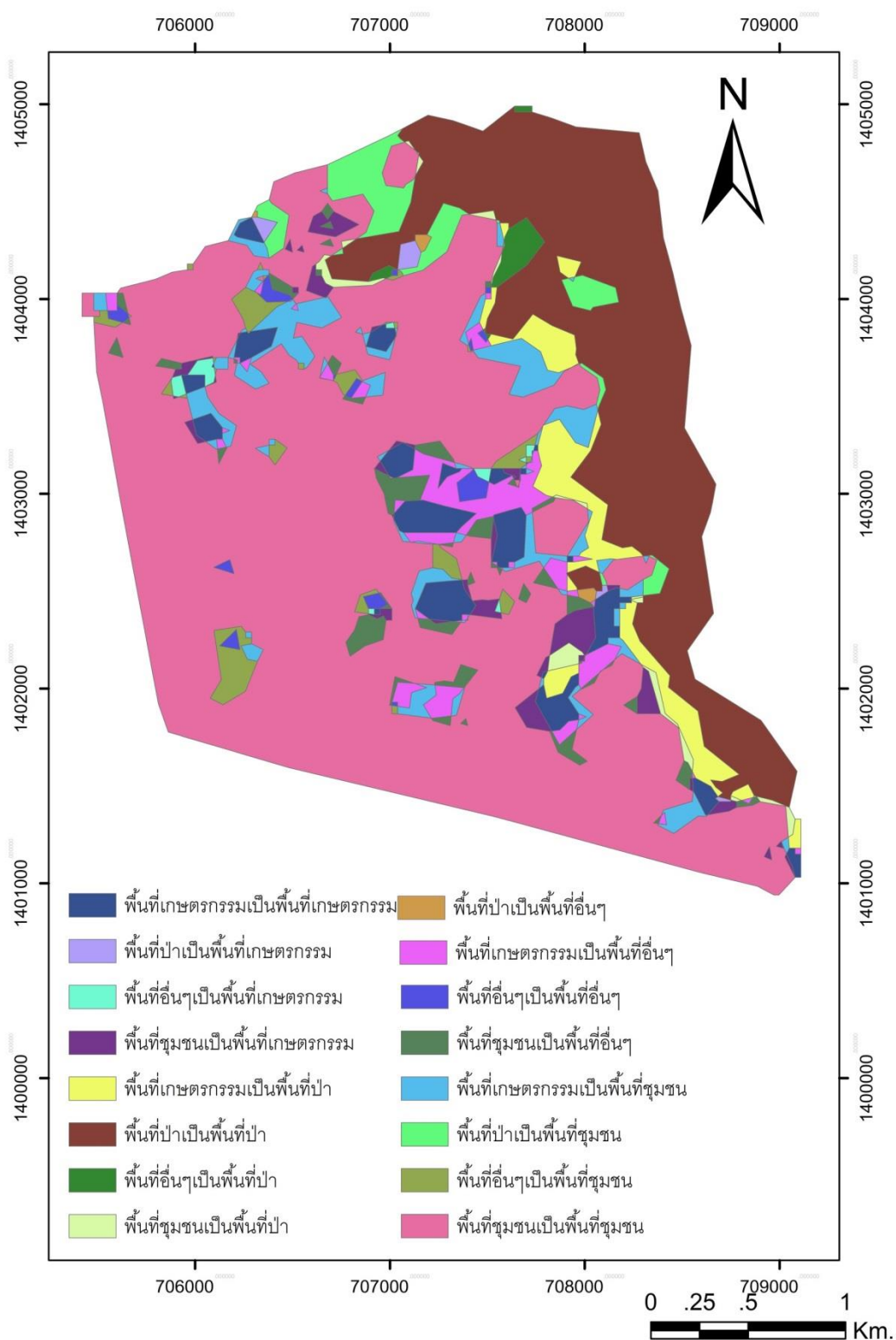
ภาพประกอบ 27 การใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษา(พื้นที่ป่า1)



ภาพประกอบ 28 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง พ.ศ.2549 – พ.ศ.2554



ภาพประกอบ 29 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง พ.ศ.2544 – พ.ศ.2559



ภาพประกอบ 30 การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินช่วง พ.ศ.2549 – พ.ศ.2559

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	นายยุทธนา ชาวนา
วัน เดือน ปี เกิด	19 กันยายน 2519
สถานที่เกิด	จ.สุรินทร์
วุฒิการศึกษา	ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยขอนแก่น สาขาเทคโนโลยีธรณี หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.)

