

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ
(พรุโต๊ะแดง) จังหวัดนราธิวาส

นายคมสันต์ จันทรเสนา

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาธรณีวิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของโครงการทางวิชาการที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)

เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของโครงการทางวิชาการที่ส่งผ่านทางคณะที่สังกัด

The abstract and full text of senior projects in Chulalongkorn University Intellectual Repository(CUIR)

are the senior project authors' files submitted through the faculty.

LAND USE AND LAND COVER CHANGES IN WATERSHED AREA OF
PRINCESS SIRINDHORN WILDLIFE SANCTUARY WETLAND
(PRU TO DAENG), NARATHIWAT PROVINCE

MISTER KOMSON JANTHARASENA

A project submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of the Bachelor of Science in Geology
Department of Geology, Faculty of Science, Chulalongkorn University
Academic Year 2017

หัวข้อโครงการ

การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
ในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิม
พระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโตะแดง)
จังหวัดนราธิวาส

โดย

นายคมสันต์ จันทระเสนา

สาขาวิชา

ธรณีวิทยา

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

อาจารย์ ดร.สกลวรรณ ชาวไชย

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการร่วม

อาจารย์ ดร.สุเมธ พันธุ์วงศ์ราช

วันที่ส่ง

วันที่อนุมัติ

(อาจารย์ ดร.สกลวรรณ ชาวไชย)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ

5732708023 : ภาควิชาธรณีวิทยา

นายคมสันต์ จันทระเสนา : การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่รับน้ำ
ของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโตะแดง)
จังหวัดนราธิวาส

อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย: อาจารย์ ดร.สกลวรรณ ชาวไชย

อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยร่วม: อาจารย์ ดร.สุเมธ พันธวงค์ราช, 64 หน้า

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ หรือพรุโตะแดง ตั้งอยู่ในจังหวัดนราธิวาส ถูกขึ้นทะเบียนเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับประเทศตามอนุสัญญาแรมซาร์ อีกทั้งยังเป็นป่าพรุผืนที่ใหญ่ที่สุดของประเทศไทยที่ยังคงความอุดมสมบูรณ์ พื้นที่โดยรอบป่าพรุมีกิจกรรมการใช้ประโยชน์พื้นที่ของมนุษย์ซึ่งส่งผลกระทบต่อพื้นที่ชุ่มน้ำทั้งทางตรงและทางอ้อม การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์คือการศึกษาติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่รับน้ำของพรุโตะแดงระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ.2559 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 ผลการประเมินความถูกต้องด้วยค่าความถูกต้องโดยรวมและค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa coefficient) ของปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ. 2547 เท่ากับ 90.64 % กับ 0.872 และ 90.18 % กับ 0.871 ตามลำดับ ประกอบกับการใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559 จากกรมพัฒนาที่ดิน ผลการศึกษา พบว่าทั้ง 4 ช่วงเวลา มีพื้นที่เกษตรกรรมมากที่สุด พื้นที่ป่าพรุมีมากเป็นอันดับสอง และพื้นที่แหล่งน้ำมีเนื้อที่น้อยที่สุด การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วง พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ.2559 ที่สำคัญคือ พื้นที่ป่าพรุลดลงถึง 40 ตารางกิโลเมตร พื้นที่เกษตรกรรมเพิ่มขึ้นประมาณ 8 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างขยายตัวถึง 36 ตารางกิโลเมตร จากการวิเคราะห์สาเหตุเบื้องต้นของการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่พบว่ากิจกรรมของมนุษย์เป็นปัจจัยหลักที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

คำสำคัญ : การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน / Kappa coefficient

5732708023 : MAJOR GEOLOGY

Komson Jantharasena : LAND USE AND LAND COVER CHANGES IN WATERSHED
AREA OF PRINCESS SIRINDHORN WILDLIFE SANCTUARY WETLAND
(PRU TO DAENG), NARATHIWAT PROVINCE

Advisor: Dr.Sakonvan Chawchai

Co-Advisor: Dr.Sumet Phantuwongraj, 64 pp.

Princess Sirindhorn Wildlife Sanctuary Wetland (Pru To Daeng) located at Narathiwat province is registered to be internationally important Ramsar site by Ramsar convention. It is the largest peat swamp forest in Thailand that still remains fertile. Area around the peat swamp forest is disturbed by human which influenced the change of wet land directly and indirectly. The aim of this study is to track the changes in land use and land cover of watershed area of Pru To Daeng wet land between 2540 BE to 2559 BE. Classification of land use and land cover is done by using Supervised classification using satellite images from Landsat-5 between 2540 BE and 2547 BE. The assessments based on overall accuracy and Kappa coefficient of 2540 BE are equal 90.64% and 0.872 respectively. While The assessments based of the same values of 2547 BE are equal 90.18% and 0.871 respectively. Combining these assessments with land use and land cover data between 2552 BE and 2559 BE from Land Development Department, it shows that agriculture is responsible for most of the study area, peat swamp forest ranks second, and water ranks the last for all 4 years. The important changes in land use and land cover from 2540 BE to 2559 BE is a decreasing in peat swamp forest area by 40 km², an increasing in agriculture area by 8 km², and an increasing in urban and building area by 36 km². By analyzing the causes of change in land use and land cover, it appears that the activities of human are the main factor that influenced the change in land use and land cover.

Keywords : Land use and land cover change / Kappa coefficient

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงได้เนื่องจากความเมตตาและอนุเคราะห์ความช่วยเหลือจากหลายฝ่าย หลายบุคคล ซึ่งผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณทุกท่านไว้ ณ ที่นี้

ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ญาติผู้ใหญ่ และขอบคุณพี่ชาย ที่ให้คำปรึกษา และกำลังใจตลอดการทำงานในครั้งนี้

ขอบพระคุณอาจารย์ อาจารย์ ดร.สกลวรรณ ชาวไชย อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย และอาจารย์ ดร.สุเมธ พันธุ์จรูญ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัยร่วม ที่เมตตากรุณาให้คำปรึกษา ความรู้ และการแนะนำแนวทางการแก้ไขปัญหาในการทำงานตลอดระยะเวลาของดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจังหวัดนราธิวาส และข้อมูลแผนที่พื้นที่ชุ่มน้ำ

ขอขอบพระคุณศูนย์ภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลน้ำฝนรายเดือน การระเหยรายเดือน อุณหภูมิรายเดือน ตั้งแต่ พ.ศ.2530 ถึง พ.ศ.2560 ภายในพื้นที่จังหวัดนราธิวาส

ขอขอบคุณนายศราวุฒิ ไวยสุศรี ที่ให้คำปรึกษาด้านเทคนิคและขั้นตอนการใช้โปรแกรมตลอดจนการมอบความรู้ ความเข้าใจในหลักการทำงาน

ขอพระคุณพี่บุคลากรประจำภาควิชาธรณีวิทยาทุกท่าน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการช่วยติดต่อและทำหนังสือขอความอนุเคราะห์ข้อมูลจากหน่วยงานต่าง ๆ

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ภาควิชาธรณีวิทยาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยทุกท่าน ที่คอยสนับสนุนให้ และความช่วยเหลือ ตลอดการทำงานจนผ่านพ้นลุล่วงไปได้ด้วยดี

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาและความสำคัญ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตการศึกษา	3
1.4 พื้นที่ศึกษา	3
1.4.1 ข้อมูลทั่วไป	3
1.4.2 พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ	4
1.4.3 สภาพภูมิประเทศ	4
1.4.4 สภาพภูมิอากาศ	5
1.4.5 การใช้ประโยชน์พื้นที่ด้านการเกษตรกรรม จังหวัดนราธิวาส	6
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
2.1 หลักการกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ	8
2.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งคลุมดิน	9
2.2.1 ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	9
2.3 ข้อมูลดาวเทียม Landsat-5	10

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.4 การสร้างภาพสีผสมจากข้อมูลดาวเทียม	11
2.4.1 การทำภาพผสมสี	11
2.4.2 การสร้างภาพสีผสมจากข้อมูลดาวเทียม	11
2.5 การรับรู้ระยะไกล	12
2.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์	14
2.7 การจำแนกข้อมูลภาพ	15
2.7.1 การจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข	15
2.7.2 การแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา	16
2.7.3 การจำแนกข้อมูลแบบกำกับ	16
2.7.4 การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด	17
2.7.5 การประเมินความถูกต้อง	18
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	19
บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน	23
3.1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	24
3.2 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา	24
3.3 การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง	26
3.4 การจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข (การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน)	27
3.4.1 การประมวลผลเบื้องต้น	29
3.4.2 การคัดเลือกข้อมูล	30
3.4.3 การเน้นคุณภาพ	30
3.4.4 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	31
3.4.5 การประเมินความถูกต้อง	32
3.4.6 ผลลัพธ์ข้อมูลจากการจำแนก	33
3.5 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	33
3.6 การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	33
บทที่ 4 ผลการศึกษา	34
4.1 ขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง	34
4.2 ผลการจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข	35
(การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน)	

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.3 การประเมินความถูกต้องของการจำแนก	43
4.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	45
4.4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547	47
4.4.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552	47
4.4.3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559	48
4.4.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	49
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผลการศึกษา	50
5.1 การวิเคราะห์การประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	50
5.2 บริเวณพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ	51
5.2.1 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547	51
5.2.2 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552	53
5.2.3 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559	54
5.2.4 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	55
5.3 การวิเคราะห์สาเหตุการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในชั้นพื้นฐาน	56
5.3.1 พื้นที่เกษตรกรรม	56
5.3.2 พื้นที่ป่าพรุ	57
5.3.3 พื้นที่ป่าไม้	61
5.3.4 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	61
5.3.5 พื้นที่เบ็ดเตล็ด	62
5.3.6 พื้นที่แหล่งน้ำ	63
5.4 สรุปผลการศึกษา	64
5.4.1 สรุปผลการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	64
5.4.2 ข้อเสนอแนะ	64
บรรณานุกรม	65

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของ กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2555 ในชั้นข้อมูลระดับที่ 1 และ 2	9
ตารางที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพและการเลือกใช้ประโยชน์ของแต่ละ band ของ Landsat-5	10
ตารางที่ 2.3 แสดงการสร้างภาพสีผสมของดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM	12
ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) L7018 มาตราส่วน 1 : 50000 จากกรมแผนที่ทหาร	25
ตารางที่ 3.2 ข้อมูลภาพดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM path 127 row 56 จาก USGS	25
ตารางที่ 3.3 แสดงการจำแนกการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ศึกษา	31
ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error Matrices)	32
ตารางที่ 4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่รับน้ำ ของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	37
ตารางที่ 4.2 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540	39
ตารางที่ 4.3 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547	40
ตารางที่ 4.4 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2552	41
ตารางที่ 4.5 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2559	41
ตารางที่ 4.6 ตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน ปี พ.ศ. 2540	44
ตารางที่ 4.7 ตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน ปี พ.ศ. 2547	44
ตารางที่ 4.8 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547	47
ตารางที่ 4.9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552	47
ตารางที่ 4.10 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559	48
ตารางที่ 4.11 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559	49

สารบัญรูปภาพ

รูป	หน้า
รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงขอบเขตที่ตั้งของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า เฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโตะแดง) จังหวัดนราธิวาส จาก Protected Planet®, United State Environment	4
รูปที่ 1.2 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศด้วยแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข	5
รูปที่ 2.1 แสดงสันปันน้ำ	8
รูปที่ 2.2 การผสมสีบวก (additive) (รูปซ้ายมือ) และการทำภาพผสมสีลบ (Subtractive) (รูปขวามือ)	11
รูปที่ 2.3 กระบวนการรับรู้ระยะไกล (Remote sensing)	14
รูปที่ 2.4 แสดง การจำแนกข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (Information classes) (รูปซ้าย)และการจำแนกข้อมูลเชิงรังสี (Spectral classes) (รูปขวา)	16
รูปที่ 2.5 แสดง ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลแบบกำกับ (Supervised Classification)	17
รูปที่ 2.6 การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (Maximum likelihood classification)	18
รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงกระบวนการทำงาน	24
รูปที่ 3.2 การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโตะแดง	27
รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการกำหนดขอบเขตพื้นที่ชุ่มน้ำ	27
รูปที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข	28
รูปที่ 4.1 แผนที่แสดงขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโตะแดง	35
รูปที่ 4.2 ตัวอย่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียมสีผสม (RGB: 453)	36
รูปที่ 4.3 แสดงแผนที่แสดงค่า NDVI ของพื้นที่ศึกษา	36
รูปที่ 4.4 กราฟแท่งแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่รับน้ำพรุโตะแดง พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	37
รูปที่ 4.5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540	39
รูปที่ 4.6 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547	40
รูปที่ 4.7 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2552	41
รูปที่ 4.8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2559	42
รูปที่ 4.9 สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แต่ละชนิดใน พ.ศ. 2540 ที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมใน พ.ศ. 2559	46
รูปที่ 4.10 สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมใน พ.ศ. 2540 ที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่แต่ละชนิดใน พ.ศ. 2559	46

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูป	หน้า
รูปที่ 5.1 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน	50
รูปที่ 5.2 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547	51
รูปที่ 5.3 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547	52
รูปที่ 5.4 แผนที่แสดงบริเวณไฟไหม้ป่าในพื้นที่พรุโต๊ะแดง พ.ศ.2547	52
รูปที่ 5.5 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2552	53
รูปที่ 5.6 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2552	53
รูปที่ 5.7 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559	54
รูปที่ 5.8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2552	54
รูปที่ 5.9 แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2559	55
รูปที่ 5.10 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2559	55
รูปที่ 5.11 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่เกษตรกรรม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	56
รูปที่ 5.12 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่ป่าพรุ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	57
รูปที่ 5.13 แผนที่แสดงพื้นที่ป่าพรุ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	57
รูปที่ 5.15 แผนภูมิเส้นแสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นราธิวาส พ.ศ.2530 ถึง พ.ศ.2559	59
รูปที่ 5.16 แผนภูมิเส้นแสดงการระเหยเฉลี่ยรายปี ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นราธิวาส พ.ศ.2530 ถึง พ.ศ.2559	59
รูปที่ 5.17 แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่พรุโต๊ะแดง	60
รูปที่ 5.18 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่ป่าไม้ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	61
รูปที่ 5.19 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	61
รูปที่ 5.20 แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนประชากรในจังหวัดนราธิวาส ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2560	62
รูปที่ 5.21 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่เบ็ดเตล็ด ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	62
รูปที่ 5.22 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่แหล่งน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	63
รูปที่ 5.23 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แหล่งน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญ

พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetland) มีคำจำกัดความตามอนุสัญญาแรมซาร์ (Ramsar Convention) หมายถึง "ที่ลุ่ม ที่ราบลุ่ม ที่ลุ่มชื้นแฉะ พรุ แหล่งน้ำ ทั้งที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ และที่มนุษย์สร้างขึ้น ทั้งที่มีน้ำขังหรือท่วมอยู่ถาวรและชั่วคราว ทั้งที่เป็นแหล่งน้ำนิ่งและน้ำไหล ทั้งที่เป็นน้ำจืด น้ำกร่อย และน้ำเค็ม รวมไปถึง ที่ชายฝั่งทะเลและที่ในทะเล ในบริเวณซึ่งเมื่อน้ำลดลงต่ำสุด มีความลึกของระดับน้ำ ไม่เกิน 6 เมตร" (Ramsar Convention, 1971) โดยพื้นที่ชุ่มน้ำเป็นระบบนิเวศที่มีความสำคัญต่อสิ่งมีชีวิตทั้งทางนิเวศวิทยา เศรษฐกิจ และสังคม เป็นแหล่งกักเก็บน้ำฝน และน้ำท่า ช่วยป้องกันการรุกรานของน้ำเค็ม ป้องกันชายฝั่งพังทลาย รวมไปถึงเป็นแหล่งทรัพยากรตลอดจนเป็นผลผลิตธรรมชาติที่มนุษย์สามารถเข้าไปเก็บเกี่ยวใช้ประโยชน์ เช่น การทำเกษตรกรรมหรือการประมงในพื้นที่ชุ่มน้ำ เป็นต้น

ในปัจจุบันปัญหาการคุกคามพื้นที่ชุ่มน้ำเกิดขึ้นในหลากหลายพื้นที่ทั่วโลกรวมถึงประเทศไทย ซึ่งการคุกคามส่วนใหญ่่นั้นเกิดจากมนุษย์ เนื่องมาจากมนุษย์มีวิถีความเป็นอยู่ที่เกี่ยวข้องและใช้ประโยชน์กับพื้นที่ชุ่มน้ำ ทั้งนี้ประเทศไทยได้เข้าร่วมเป็นภาคีของอนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ (Ramsar Site) ในปี พ.ศ.2541 โดยอนุสัญญานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการอนุรักษ์ฟื้นฟูและยังยั้งการสูญหาย ตลอดจนการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพของระบบนิเวศพื้นที่ชุ่มน้ำ และเมื่อวันที่ 12 พฤษภาคม พ.ศ.2558 ได้มีมติคณะรัฐมนตรี ที่มีเนื้อความสำคัญเกี่ยวกับการป้องกันการถูกทำลายหรือพัฒนาเปลี่ยนแปลงไปใช้ประโยชน์รูปแบบอื่นของพื้นที่ชุ่มน้ำ

ทั้งนี้สถานการณ์โลกร้อนและการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันอาจส่งผลกระทบต่อทั้งทางตรงและทางอ้อมต่อพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง ดังตัวอย่างในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2559 ที่ผ่านมามาสถานการณ์ไฟป่าที่พรุโต๊ะแดง ขยายวงกว้าง พื้นที่ป่าถูกไฟไหม้ไม่ต่ำกว่า 1,000 ไร่ ซึ่งเจ้าหน้าที่ระบุว่า การดับไฟป่าทำได้ยากลำบาก เพราะจุดที่เกิดไฟป่าเข้าถึงได้ยาก ประกอบกับตัวพื้นที่เป็นพื้นที่พรุซึ่งไฟสามารถลุกลามได้ทั้งในแนวระดับและลึกลงไปได้ดิน ดังนั้นการติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในบริเวณพื้นที่รับน้ำ (watershed area) ของพื้นที่ชุ่มน้ำนั้น จึงเป็นฐานข้อมูลที่สำคัญอย่างหนึ่งในการติดตามผลกระทบที่มีต่อพื้นที่ชุ่มน้ำจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่ โดยรอบทั้งทางตรงและทางอ้อม

ข้อมูลจาก Ramsar sites information service (RSIS) กล่าวว่า "พื้นที่ชุ่มน้ำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโต๊ะแดง) จังหวัดนราธิวาส เป็นป่าพรุผืนใหญ่ที่สุดของประเทศไทยที่ยังคงเหลือความสมบูรณ์อยู่ ได้ถูกประกาศให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำลำดับที่ 6 ของประเทศไทย และลำดับที่ 1102 ในทะเบียนพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ มีเนื้อที่

ทั้งหมดประมาณ 125,625 ไร่” โดยพื้นที่บางส่วนเป็นป่าสงวนแห่งชาติและที่สาธารณประโยชน์ แต่บริเวณรอบ ๆ พื้นที่ชุ่มน้ำหรือป่าพรุเป็นที่ดินเอกสิทธิ์ จึงมีชุมชนอาศัยอยู่อย่างหนาแน่น และมีการสร้างถนนโดยรอบ ซึ่งกิจกรรมของมนุษย์จากการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยรอบนี้อาจส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศน์ของพื้นที่ชุ่มน้ำโดยตรง เช่น การระบายน้ำทำให้ดินเปลี่ยนแปลงความเป็นกรด-ด่าง ส่งผลกระทบทำให้พันธุ์ไม้ป่าพรุดั้งเดิมล้มตาย ป่าพรุถูกถางและเผาเพื่อใช้พื้นที่ทำการเกษตรกรรม หรือการผันน้ำออกจากพรุเพื่อใช้ในการเกษตรกรรมส่งผลให้เกิดไฟไหม้ที่รุนแรงขึ้น เป็นต้น

สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี และคณะ ในปี พ.ศ.2532 ทรงศึกษาวิจัยเสนอสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ เรื่องการศึกษาความถูกต้องของแผนที่การใช้ที่ดินจากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM path 127 row 56 บันทึกข้อมูลเดือนมิถุนายนและสิงหาคม พ.ศ.2531 ในการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยขอบเขตการศึกษานั้นอยู่ภายในจังหวัดนราธิวาส ซึ่งรวมถึงพื้นที่พรุโต๊ะแดง จากการจำแนกด้วยวิธี supervised classification บริเวณพื้นที่พรุโต๊ะแดง ผลการตรวจสอบความถูกต้องด้วยวิธีการ confusion matrix มีค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) ของการจำแนกข้อมูลทั้งสองช่วงอยู่ที่ร้อยละ 82 และ 89 และผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้หลายประเภท เช่น ป่าพรุ สมบูรณ์ ป่าพรุถูกทำลาย สวนยางพารา นาข้าว ที่ว่างเปล่า และแหล่งน้ำ เป็นต้น ซึ่งในการศึกษาครั้งนี้มีข้อเสนอแนะว่าบริเวณพื้นที่ศึกษานั้นมีปริมาณฝนตกชุกและมีเมฆปกคลุมอยู่เกือบตลอดปี การเลือกช่วงเวลาของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่จะนำมาใช้ทำการศึกษานั้นทำได้ยาก

แต่อย่างไรก็ตาม การติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในบริเวณจังหวัดนราธิวาสในปัจจุบันด้วยการสำรวจโดยตรงนั้น ยังคงทำได้ยากเนื่องจากปัญหาความขัดแย้งในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ด้วยเหตุนี้จึงทำให้การติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (geographic information system : GIS) จึงเข้ามามีบทบาทสำคัญและเป็นมูลเหตุจูงใจในการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพรุโต๊ะแดงในครั้งนี้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อจัดทำฐานข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโต๊ะแดง) จังหวัดนราธิวาส ระหว่างปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559 พร้อมทั้งวิเคราะห์สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในชั้นพื้นฐาน

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินภายในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโต๊ะแดง) จังหวัดนราธิวาส ระหว่างปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559 ครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 1,125 ตารางกิโลเมตร โดยใช้ข้อมูลใน 4 ช่วงเวลา ซึ่งมีระยะห่างของแต่ละช่วงเวลาอยู่ในช่วง 4-7 ปี ได้แก่ พ.ศ.2540 พ.ศ.2547 พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559

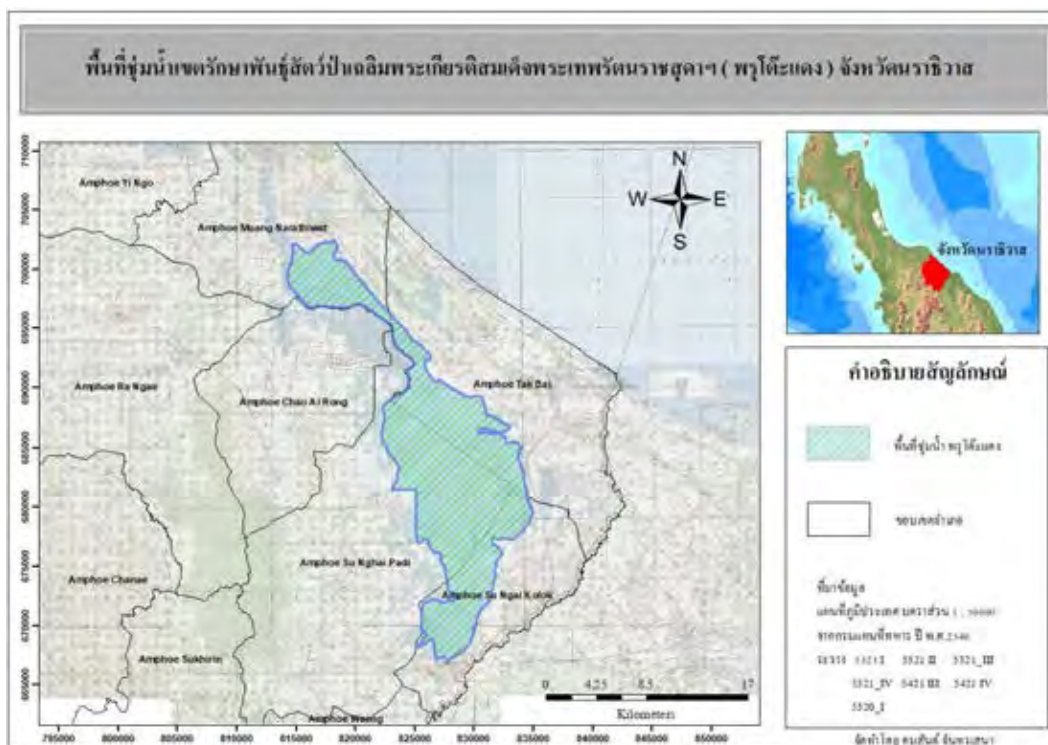
การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในปี พ.ศ.2540 (เดือนพฤษภาคม) และ พ.ศ.2547 (เดือนสิงหาคม) โดยการเลือกข้อมูลจากในช่วงเวลาที่มีเมฆปกคลุมน้อยที่สุดของแต่ละปี จากดาวเทียม Landsat-5 ระบบ Thematic Mapper (TM) ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) โดยใช้เทคนิคความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) ร่วมกับการแปลความหมายด้วยสายตา (visual image interpretation) ด้วยโปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGis 10.2.2 และ ERDAS imagine 2014 เป็นหลัก

ในปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559 ใช้ข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมจังหวัดนราธิวาส จากกองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

1.4 พื้นที่ศึกษา

1.4.1 ข้อมูลทั่วไป

จากข้อมูลสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมพบว่า เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโต๊ะแดง) จังหวัดนราธิวาส ได้รับการประกาศเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ในราชกิจจานุเบกษา เล่ม 108 ตอนที่ 160 ลงวันที่ 12 กันยายน พ.ศ.2534 โดยมีพื้นที่ตั้งอยู่ในบริเวณภาคใต้ฝั่งตะวันออกของประเทศไทยหรือฝั่งตะวันออกของจังหวัดนราธิวาส ครอบคลุมอำเภอเมืองนราธิวาส อำเภอดากู อำเภอตากใบ อำเภอสุไหงปาดี และอำเภอสุไหง-โกลก ดังแสดงขอบเขตพื้นที่ที่ตั้งในรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 แผนที่แสดงขอบเขตที่ตั้งของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พุโตะแดง) จังหวัดนราธิวาส จาก Protected Planet®, United State Environment

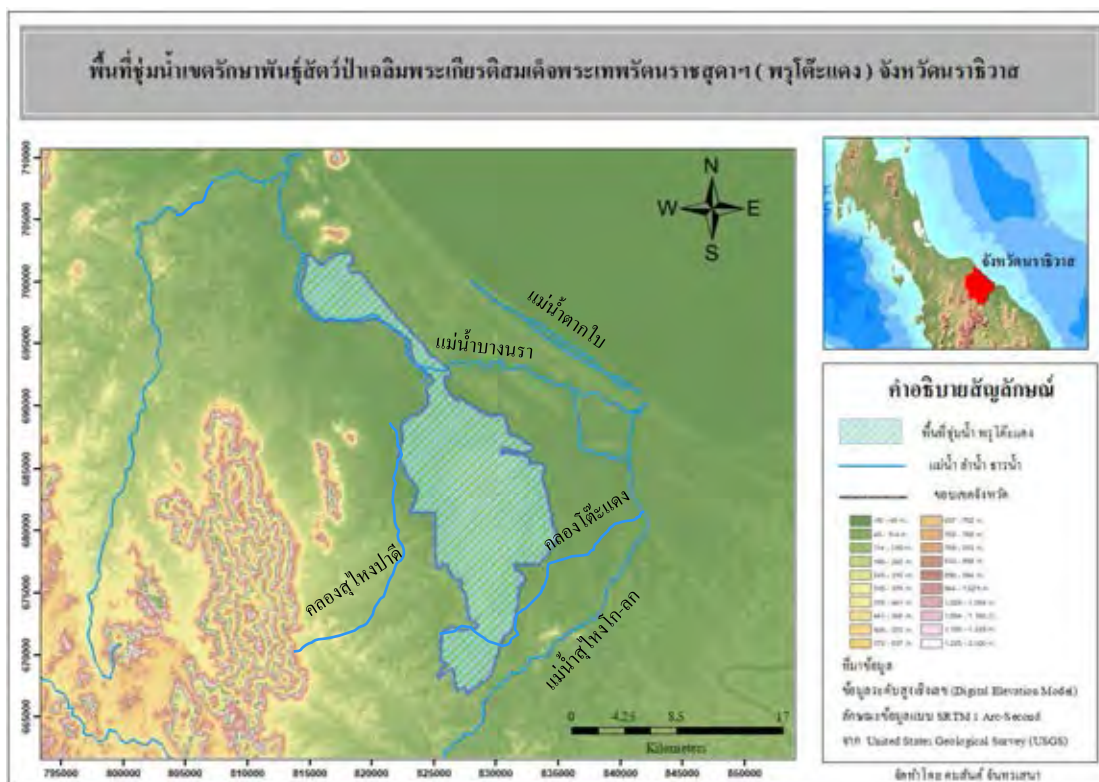
1.4.2 พื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ

วันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ.2544 เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พุโตะแดง) ถูกประกาศให้เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำลำดับที่ 6 ของประเทศไทย และลำดับที่ 1,102 ในทะเบียนพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศ โดยเป็นพื้นที่ป่าพรุน้ำจืดที่มีขนาดใหญ่ที่สุดของประเทศที่ยังเหลือความสมบูรณ์ มีเนื้อที่ประมาณ 201 ตารางกิโลเมตร (125,625 ไร่) เมื่อแบ่งลักษณะพื้นที่ชุ่มน้ำตามอนุสัญญาแรมซาร์ (Ramsar classification of wetland type) ดังแสดงในรูปที่ 1.2 จะได้ว่า เป็นพื้นที่ชุ่มน้ำในแผ่นดินใหญ่ (inland wetland) มีน้ำท่วมขังเฉลี่ยอยู่ที่ 90-100 เซนติเมตรในแต่ละปี โดยมีน้ำท่วมขังเกือบตลอดทั้งปี ค่าความเป็นกรด-ด่างของน้ำ (pH) อยู่ที่ 4.0-5.5 และมีการสะสมของอินทรีย์วัตถุ (organic matter) ถึงร้อยละ 30 (Ramsar sites information service : RSIS)

1.4.3 สภาพภูมิประเทศ

สภาพภูมิประเทศของพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบลุ่มต่ำใกล้ชายฝั่งทะเล ภูมิประเทศเป็นที่ราบลุ่มน้ำท่วมขังที่ระดับความสูงเฉลี่ยจากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 0 ถึง 14 เมตร และเป็นแหล่งรับน้ำของพื้นที่ตอนบน และมีพื้นที่ป่าพรุที่มีน้ำขังเกือบทั้งปี ทางด้านตะวันออกติดกับอ่าวไทย ทางด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ใกล้กับเขาตะเว มีแม่น้ำที่สำคัญที่ไหลผ่านพื้นที่ได้แก่ แม่น้ำ

บางนรา ซึ่งไหลมาจากทางเหนือตัดผ่านเข้าไปในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ป่าพรุ แม่น้ำสุโข-ลกไหลลงสู่พื้นที่ด้านใต้ และแม่น้ำตากใบซึ่งไหลอยู่ระหว่างด้านตะวันออกเฉียงเหนือของพื้นที่กับอ่าวไทย นอกจากนี้ยังมีคลองน้ำที่ไหลผ่านพื้นที่พรุอีก ได้แก่ คลองสุโข-ลก ปาดิ และคลองโต๊ะแดง อันเป็นชื่อที่มาของชื่อพรุโต๊ะแดง (ศูนย์วิจัยและศึกษาธรรมชาติ ป่าพรุสิรินธร) ดังแสดงในรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศด้วยแบบจำลองระดับสูงเชิงเลข

1.4.4 สภาพภูมิอากาศ

จังหวัดนราธิวาสได้รับอิทธิพลจากมรสุม 2 ชนิด คือ ในช่วงกลางเดือนพฤษภาคมจนถึงกลางเดือนตุลาคม จะได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ซึ่งพัดผ่านมาจากมหาสมุทรอินเดีย จึงนำเอาความชุ่มชื้นและไอน้ำมาด้วย ส่งผลให้มีฝนตกชุกในพื้นที่ แต่เนื่องจากเทือกเขากันกลาครีที่ตั้งอยู่ทางด้านตะวันตกของจังหวัดนราธิวาสได้กั้นกระแสลมเอาไว้ จึงส่งผลให้มีปริมาณฝนในพื้นที่ด้านตะวันออกน้อยกว่าด้านตะวันตก และในช่วงกลางเดือนตุลาคมจนถึงกลางเดือนกุมภาพันธ์ จะได้รับอิทธิพลจากมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งพัดผ่านมาจากประเทศจีน พร้อมทั้งนำเอาลมเย็นและความแห้งแล้งเข้ามาสู่พื้นที่ตอนบนจนถึงตอนกลางของประเทศไทย

แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อมรสุมนี้พัดผ่านอ่าวไทยนั้น ได้นำไอน้ำและความชื้นเข้ามาสู่พื้นที่ ส่งผลให้เกิดฝนตกชุกในพื้นที่ จากอิทธิพลของมรสุมทั้ง 2 ชนิดนี้ส่งผลให้มีฝนตกในพื้นที่เกือบตลอดทั้งปี (ศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอศุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา, 2560)

1.4.5 การใช้ประโยชน์พื้นที่ด้านการเกษตรกรรม จังหวัดนราธิวาส

จังหวัดนราธิวาสมีเนื้อที่ทั้งหมด 4,565.95 ตารางกิโลเมตร แบ่งเป็นเนื้อที่ถือครอง 2,896 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 63.35 ของเนื้อที่ทั้งหมดของจังหวัด ในจำนวนนี้เป็นเนื้อที่ถือครองเพื่อการเกษตร 2,589 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็นร้อยละ 56.71 ของเนื้อที่ทั้งหมดของจังหวัด โดยชนิดของภาคการเกษตรที่ได้รับความนิยม ได้แก่ ยางพารา ข้าวนาปี ลองกอง ปาล์ม-น้ำมัน มะพร้าว เงาะ ทูเรียน มังคุด สละ พืชไร่และพืชผัก ตามลำดับ การทำเกษตรกรรมหรือปลูกพืชต่างชนิดจะส่งผลกระทบต่อสภาพพื้นที่ที่แตกต่างกันเช่น การปลูกยางพาราจะมีการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่ในระยะเวลานานกว่าพืชไร่ หรือแม้กระทั่งชนิดของพืชที่ต่างกันก็มีผลในเรื่องของชนิดสารเคมีที่ใช้ในการเกษตร (ข้อมูลพื้นฐานการเกษตรจังหวัดนราธิวาส ปี พ.ศ.2554)

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

อนุสัญญาแรมซาร์ (Ramsar Convention)

อนุสัญญาแรมซาร์หรืออนุสัญญาว่าด้วยพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศได้ประชุมและจัดตั้งขึ้นที่เมืองแรมซาร์ ประเทศอิหร่าน ในปี พ.ศ.2514 หรือ ค.ศ.1971 ซึ่งอนุสัญญาดังกล่าวนี้เป็นข้อตกลงระหว่างรัฐบาลของแต่ละประเทศ โดยมีวัตถุประสงค์คือการอนุรักษ์และการใช้ประโยชน์พื้นที่ชุ่มน้ำ โดยสนับสนุนการใช้ประโยชน์พื้นที่อย่างมีประสิทธิภาพ อนุสัญญาแรมซาร์มีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 21 ธันวาคม พ.ศ.2518 นอกจากนี้ยังกำหนดให้วันที่ 2 กุมภาพันธ์ของทุกปี เป็นวันพื้นที่ชุ่มน้ำโลก (world wetlands)

ประเทศไทยเข้าร่วมเป็นภาคอนุสัญญาแรมซาร์ เมื่อวันที่ 13 พฤษภาคม พ.ศ.2541 เป็นสมาชิกลำดับที่ 110 ของภาคอนุสัญญาแรมซาร์ โดยมีผลบังคับใช้วันที่ 13 กันยายน พ.ศ.2541 ซึ่งมีหน่วยงานที่ทำหน้าที่เป็นหน่วยประสานงานกลางระดับชาติ ในการรักษาไว้ซึ่งพื้นที่ชุ่มน้ำของประเทศไทยคือสำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (สผ.) สังกัดกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.)

(สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2542)

พื้นที่ชุ่มน้ำ (Wetlands)

ประเภทของพื้นที่ชุ่มน้ำ

นิยามของพื้นที่ชุ่มน้ำตามอนุสัญญาแรมซาร์นั้นแทบจะครอบคลุมพื้นที่ที่มีความเกี่ยวข้องกับน้ำเกือบทั้งหมดและมีการแบ่งจำแนกพื้นที่ชุ่มน้ำได้หลายรูปแบบ แต่หากพิจารณาตามการแบ่งลักษณะพื้นที่ชุ่มน้ำตามอนุสัญญาแรมซาร์ (Ramsar classification of wetland type) จะได้พื้นที่ชุ่มน้ำ 3 ประเภทหลัก ดังนี้ (Ramsar Convention, 1971)

1. พื้นที่ชุ่มน้ำทางทะเลและชายฝั่งทะเล (marine and coastal wetlands)
2. พื้นที่ชุ่มน้ำในแผ่นดิน (inland wetlands)
3. พื้นที่ชุ่มน้ำที่มนุษย์สร้างขึ้น (human-made wetlands)

นิยามของพื้นที่ชุ่มน้ำในแผ่นดิน แต่ละชนิดก็จะมีความหมายต่างกันไปตามระบบนิเวศ เช่น ป่าพรุ (peat swamp forest) ขึ้นอยู่กับว่าในพื้นที่ลุ่มแผ่นดินที่มีน้ำท่วมขังเกือบตลอดทั้งปี มีการทับถมกันของซากพืชเป็นเวลานาน เมื่อเกิดการย่อยสลายจะได้ดินที่มีปริมาณอินทรียวัตถุที่สูง โดยเมื่อเกิดการย่อยสลายอย่างสมบูรณ์จะเรียกว่า Muck และเมื่อเกิดการย่อยสลายที่ไม่สมบูรณ์จะเกิดเป็น Peat พื้นที่ป่าพรุนั้นจะพบดินดังกล่าวทั้งสองชนิด ปริมาณน้ำที่เติมเข้าสู่พื้นที่ส่วนมากมาจากน้ำฝน อีกทั้งทางระบายน้ำตามธรรมชาติของป่าพรุนั้นไม่มีความต่อเนื่องตลอดทั้งพื้นที่ ทำให้เกิดการขังของน้ำที่มีลักษณะแตกต่างไปจากป่าบึงน้ำจืดทั่วไป (freshwater swamp forest) (สำนักงานนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2542)

การจำแนกแบบกำกับ (Supervised Classification)

การจำแนกประเภทข้อมูลต่าง ๆ เช่น การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เป็นกระบวนการสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ โดยต้องอาศัยการกำหนดกลุ่มพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลโดยผู้ปฏิบัติงาน เพื่อใช้เป็นตัวแทนทางสถิติของชุดข้อมูลที่จะในการจำแนกจุดภาพทั้งหมดของภาพถ่ายดาวเทียมด้วยคอมพิวเตอร์ (Lillesand and Kiefer, 1994)

ค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

หลักการทางสถิติที่จะเป็นค่าการบอกประสิทธิภาพโดยรวมของ ผลการจำแนก ว่ามีความน่าเชื่อถือ และถูกต้องมากน้อยเพียงใด โดยนิยามจากอัตราส่วนของพื้นที่ทดสอบที่เครื่องคอมพิวเตอร์จำแนกข้อมูลออกมาได้อย่างถูกต้องต่อพื้นที่ทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่างรวมกัน (ทรงกต ทศานนท์, 2548)

สัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa Coefficient)

ค่าทางสถิติที่อธิบายระดับความสอดคล้องกันของข้อมูลสองชุดที่ได้จากการจำแนกโดยตรง และความสอดคล้องที่อาจเกิดขึ้นจากความบังเอิญ (chance agreement) ระหว่างข้อมูลที่ใช้ในการอ้างอิงกับข้อมูลภาพที่ถูกจำแนกจากคอมพิวเตอร์ (ทรงกต ทศานนท์, 2548)

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

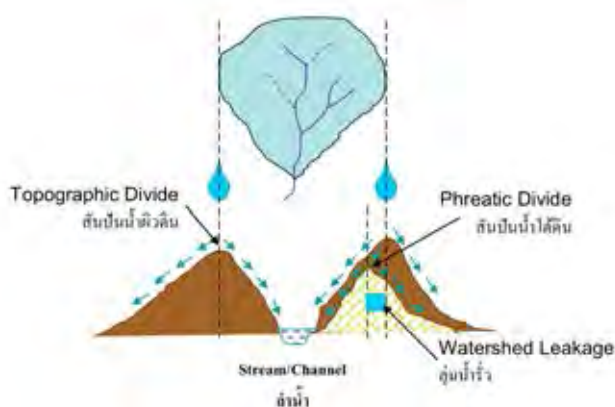
2.1 หลักการกำหนดขอบเขตพื้นที่ลุ่มน้ำ

พื้นที่ลุ่มน้ำ (watershed area) หรือพื้นที่รับน้ำ แต่ละแห่งนั้นใช้ลักษณะภูมิประเทศในการแบ่งขอบเขต ซึ่งมักจะใช้เส้นสันปันน้ำ (watershed divide หรือ drainage divide) ดังแสดงในรูปที่ 2.1 เป็นตัวกำหนดขอบเขต (เกษม จันทรแก้ว, 2539)

การลากเส้นแนวสันปันน้ำนั้นสามารถทำได้โดยการใช้ข้อมูลของเส้นชั้นความสูงหรือแผนที่ภูมิประเทศประกอบกับเส้นทางน้ำ โดยควรลากบริเวณเส้นชั้นความสูงที่สันเขา ซึ่งสามารถแยกน้ำผิวดินให้ไหลในทิศตรงกันข้ามและไม่ควรตัดเส้นทางน้ำ (เกษม จันทรแก้ว, 2539)

การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำจะพิจารณาแนวสันปันน้ำที่ปรากฏในแผนที่เป็นหลัก ยกเว้นบางกรณี ดังต่อไปนี้ บริเวณพรมแดนระหว่างประเทศ จะยึดเส้นแบ่งพรมแดนเป็นขอบเขตพื้นที่รับน้ำ บริเวณชายฝั่งทะเล โดยรวมถึงพื้นที่บริเวณปากน้ำ จะยึดเอาตำแหน่งสิ้นสุดแนวแผ่นดินเป็นขอบเขตลุ่มน้ำ และเมื่อพิจารณาพื้นที่ราบที่ไม่ปรากฏจุดออกของกลุ่มน้ำ (outlet) ที่แน่นอน เช่น ในบริเวณพื้นที่น้ำท่วมถึง (floodplain) บริเวณที่ไม่ปรากฏเส้นระดับภูมิประเทศ จะยึดลำน้ำในบริเวณใกล้เคียงเป็นทางรับน้ำตามธรรมชาติ (สำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

พื้นที่ลุ่มน้ำหรือพื้นที่รับน้ำแสดงความเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของน้ำภายในพื้นที่นั้น เช่น ปริมาณฝนที่ตก ปริมาณและทิศทางการไหลของลำน้ำในพื้นที่ ดังนั้นพื้นที่รับน้ำจึงมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น ปริมาณสารเคมีจากการเกษตรกรรมที่ปนเปื้อนในพื้นที่หนึ่งสามารถแพร่กระจายในพื้นที่ใกล้เคียงในพื้นที่รับน้ำเดียวกันตามเส้นทางลำน้ำไหลได้ เป็นต้น



รูปที่ 2.1 แสดงสันปันน้ำ
(ที่มา: www.nrcs.usda.gov)

2.2 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งคลุมดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (land use and land cover) สามารถตีความได้หลากหลายความหมายตามแต่วัตถุประสงค์ เช่น ในทางกฎหมาย การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึง การใช้ทรัพยากรในพื้นที่นั้น ๆ ให้เกิดประโยชน์ต่อเจ้าของกรรมสิทธิ์ เป็นต้น (Lex Comber et al., 2005)

แต่หากพูดถึงความหมายทางด้านภูมิสารสนเทศ จะมีความหมายคือ การใช้งานหรือการทำกิจกรรมเพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในพื้นที่ทั้งบนพื้นผิวและใต้พื้นผิวอันเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น พื้นที่ทำการเกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนเมือง เป็นต้น ส่วนสิ่งคลุมดินนั้น หมายถึง วัสดุทรัพยากรธรรมชาติ ที่เกิดขึ้นบนพื้นที่หรือใต้พื้นที่แห่งนั้น เช่น พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งธรรมชาติ เป็นต้น (Pete Fisher et al., 2005)

2.2.1 ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินนั้นสามารถแบ่งเป็นชั้นข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินซึ่งประกอบด้วยข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการจำแนกข้อมูลด้วยการสำรวจจากระยะไกลและการสำรวจภาคสนาม ซึ่งได้แนวคิดพื้นฐานการจำแนกมาจาก Anderson et al. (1976) และถูกพัฒนาขึ้นตามกาลเวลา

ในการศึกษาครั้งนี้จะยึดตามระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน กรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2555 ดังแสดงตัวอย่างในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินของกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2555 ในชั้นข้อมูลระดับที่ 1 และ 2 (ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2555)

ระดับที่ 1 (Level I)	Code	ระดับที่ 2 (Level II)	Code
พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land)	F	ป่าไม่ผลัดใบ (Evergreen forest)	F1
		ป่าผลัดใบ (Deciduous forest)	F2
		ป่าชายเลน (Mangrove forest)	F3
		ป่าพรุ (Swamp forest)	F4
		ป่าปลูก (Forest plantation)	F5
		วนเกษตร (Agro – forestry)	F6
		ป่าชายหาด (Beach forest)	F7

2.3 ข้อมูลดาวเทียม Landsat-5

Landsat-5 ถูกปล่อยเข้าสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 1 มีนาคม พ.ศ.2527 ภายใต้การดูแลของหน่วยงานทางธรณีวิทยาของสหรัฐ (The United States Geological Survey: USGS) เป็นหลัก ซึ่งมีระบบอุปกรณ์บันทึกข้อมูล Multispectral Scanner (MSS) และ Thematic Mapper (TM) รายละเอียดระบบ TM พร้อมทั้งการประยุกต์ใช้งานทั้ง 7 แบนด์ (Band) ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงประสิทธิภาพและการเลือกใช้ประโยชน์ของแต่ละ band ของ Landsat-5 (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน))

Landsat-5 ระบบ Thematic Mapper (TM) ความละเอียดภาพ 30 เมตร

แบนด์ / ความยาวคลื่น (ไมโครเมตร)	Spectral Response	คุณสมบัติ
แบนด์ 1 (0.45 - 0.52)	น้ำเงิน (Blue)	ตรวจสอบลักษณะน้ำชายฝั่ง แยกประเภทป่าชนิดผลัดและไม่ผลัดใบ (การดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์) แยกดินออกจากพืชพรรณ
แบนด์ 2 (0.52 - 0.60)	เขียว (Green)	แสดงการสะท้อนพลังงานสีเขียวจากพืชพรรณที่เจริญเติบโตเต็มที่
แบนด์ 3 (0.60 - 0.69)	แดง (Red)	แสดงความแตกต่างของพืชแต่ละชนิดจากการดูดกลืนแสงของคลอโรฟิลล์ที่ต่างกัน
แบนด์ 4 (0.77 - 0.90)	อินฟราเรดใกล้ (Near IR)*	แยกพื้นน้ำออกจากพื้นที่อื่น ๆ และสามารถตรวจวัดความสมบูรณ์ของพืช เช่น พืชขาดน้ำ
แบนด์ 5 (1.55 - 1.75)	อินฟราเรดคลื่นสั้น (Middle IR)	แสดงความชื้นของพืชพรรณและดิน อีกทั้งยังแยกความแตกต่างระหว่างเมฆกับหิมะได้
แบนด์ 6** (10.40 - 12.50)	อินฟราเรดความร้อน (Thermal IR)	ตรวจวัดอุณหภูมิพื้นผิว จำแนกแหล่งพื้นที่ปลูกสร้าง และแสดงความแตกต่างของความชื้นในดิน
แบนด์ 7 (2.08 - 2.35)	อินฟราเรดสะท้อน (Middle IR)	แยกชนิดหินหรือแยกประเภทของดินและแร่ธาตุต่าง ๆ

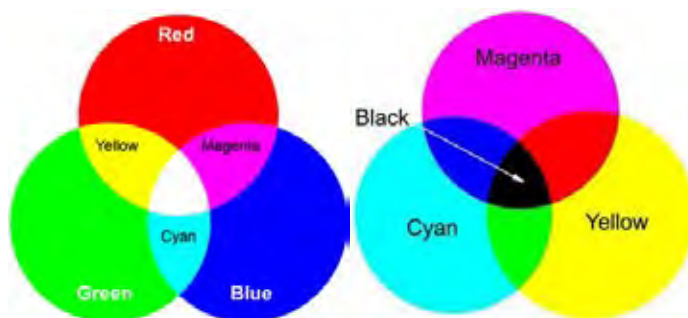
* IR = Infrared

**แบนด์ 6 มีรับสัญญาณข้อมูลที่มีความละเอียด 120 เมตร แต่มีผ่านกระบวนการสุ่มตัวอย่างซ้ำ (resampling) ในขั้นตอนการผลิตข้อมูล และเปลี่ยนเป็นความละเอียดเป็น 30 เมตร (United States Geological Survey: USGS)

2.4 การสร้างภาพสีผสมจากข้อมูลดาวเทียม

2.4.1 การทำภาพผสมสี

การทำภาพผสมสี (color composite) เป็นการปรับปรุงข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยการสร้างชุดสีขึ้นมาใหม่จากข้อมูลช่วงคลื่นหลายช่วงคลื่นที่มีอยู่ ได้แก่การทำภาพผสมสีบวก (additive) โดยมีแม่สี 3 หลัก คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน และการทำภาพผสมสีลบ (subtractive) โดยมีแม่สี 3 หลัก คือ สีฟ้า สีม่วงแดง และสีเหลือง (สรรคิใจ กลิ่นดาว, 2550)



รูปที่ 2.2 การผสมสีบวก (additive) (รูปซ้ายมือ) และการทำภาพผสมสีลบ (subtractive) (รูปขวามือ)
(ที่มา : www.normankoren.com)

2.4.2 การสร้างภาพสีผสมจากข้อมูลดาวเทียม

ข้อมูลภาพดาวเทียมแต่ละช่วงคลื่นหรือแบนด์ ที่แสดงเป็นภาพขาวดำ สามารถนำมาซ้อนทับกันโดยแต่ละแบนด์จะแทนด้วยแม่สีบวก ซึ่งจะทำให้ได้ภาพผสมสีบวก ซึ่งการทับซ้อนแต่ละครั้งจะใช้ครั้งละ 3 แบนด์ การสร้างภาพสีผสมนั้นจะช่วยในการจำแนกข้อมูลดาวเทียมโดยการแปลความด้วยสายตาได้ง่ายขึ้น เช่น การแยกชนิดพืชพรรณแต่ละชนิด ซึ่งการพิจารณาด้วยสีที่ตามองเห็นปกตินั้นสามารถทำได้ยาก

ข้อมูลดาวเทียมนั้นสามารถทำภาพสีผสมได้อยู่ 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่

1. ภาพสีผสมจริง (true color composite: TCC) หรือ ภาพสีผสมแบบธรรมชาติ (natural color composite) ซึ่งเป็นการกำหนดแม่สีทั้งสามคือ สีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน ในการแสดงข้อมูลในแบนด์ซึ่งตรงกับช่วงคลื่นของแบนด์นั้นๆ จะทำให้ได้ภาพสีผสมที่ตาเรามองเห็นแบบปกติ
2. ภาพสีผสมเทียมแบบธรรมชาติ (Pseudo natural color composite: NCC) ซึ่งเป็นการผสมแบนด์แม่สีทั้งสามให้มีแบนด์ที่ตรงกับช่วงคลื่นของแบนด์นั่นเองเพียง 1 แบนด์
3. ภาพสีผสมเท็จ (false color composite: FCC) ซึ่งเป็นการกำหนดแม่สีสามแม่ให้อยู่ในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ซึ่งนิยมกำหนดสีแดงให้กับแบนด์ NIR

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการสร้างภาพสีผสมบวกชนิดภาพสีผสมจริงและภาพสีผสมเท็จ จากข้อมูลดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM โดยใช้การทับซ้อนครั้งละ 3 แบนด์ ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 2.3 ซึ่งจะช่วยทำให้การจำแนกข้อมูลดาวเทียมนั้นทำได้ง่ายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น

(ศุทธิณี ดนตรี, 2542) และ (Horning, N. 2004)

ตารางที่ 2.3 แสดงการสร้างภาพสีผสมของดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM (ศุทธิณี ดนตรี, 2542) และ (Horning, N. 2004)

การสร้างภาพสีผสมของดาวเทียม Landsat-5 ระบบ Thematic Mapper (TM)	
แบนด์ (Band) / R G B	คุณสมบัติ
3 2 1	เป็นภาพสีผสมจริง แสดงพืชพรรณเป็นสีเขียว สามารถแยกพื้นที่ชายฝั่งความชุ่มชื้นของตะกอน และน้ำตื้น
4 3 2	เป็นภาพสีผสมเท็จแบบมาตรฐาน (Standard false color composite) แสดงพืชพรรณเป็นสีแดง น้ำเป็นสีน้ำเงิน และสีขาวแสดงบริเวณพื้นที่โล่ง
5 4 3	แสดงพืชพรรณเป็นสีเขียว พร้อมทั้งแสดงความแตกต่างของความชื้นของดิน สามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ดินและพืชพรรณ
4 5 3	แสดงพืชพรรณเป็นสีเป็นสีแดงและส้ม แยกขอบเขตพื้นดินและน้ำ ป่าชายเลนแสดงสีส้ม ซึ่งแยกจากป่าบกซึ่งแสดงสีแดง และให้ลักษณะของคลองระบายน้ำ
4 5 2	แสดงพืชพรรณเป็นสีแดง แยกจากพื้นที่สวนยางพาราที่แสดงสีส้มและชมพู
4 5 7	แสดงพืชพรรณเป็นสีแดง โดยแสดงความชื้นที่แตกต่างตามลักษณะของพื้นที่
4 2 1	แสดงพืชพรรณเป็นสีแดง พร้อมทั้งให้รายละเอียดตะกอนชุ่มชื้นบริเวณชายฝั่ง

2.5 การรับรู้ระยะไกล

การรับรู้ระยะไกล (remote sensing) คือการได้มาซึ่งข้อมูลของวัตถุต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก โดยการตรวจวัดและประมวลผลในรูปข้อมูลเชิงภาพ (imagery) และข้อมูลเชิงตัวเลข (digital imagery) ซึ่งอาศัยการตรวจวัดพลังงานที่ปล่อยออกจากวัตถุ โดยใช้เครื่องตรวจวัด (sensor) (Colwell, 1997)

การรับรู้ระยะไกลเป็นเครื่องมือหรือเทคนิคที่คล้ายกระบวนการทางคณิตศาสตร์ ใช้เซ็นเซอร์ในการวัดปริมาณของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic wave) ที่แผ่ออกจากวัตถุหรือพื้นที่ จากนั้นคัดเลือกข้อมูลที่มีประโยชน์โดยใช้กระบวนการทางคณิตศาสตร์และสถิติศาสตร์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการรับรู้ระยะไกลจะทำงานประสานระหว่างขั้นตอนการเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่

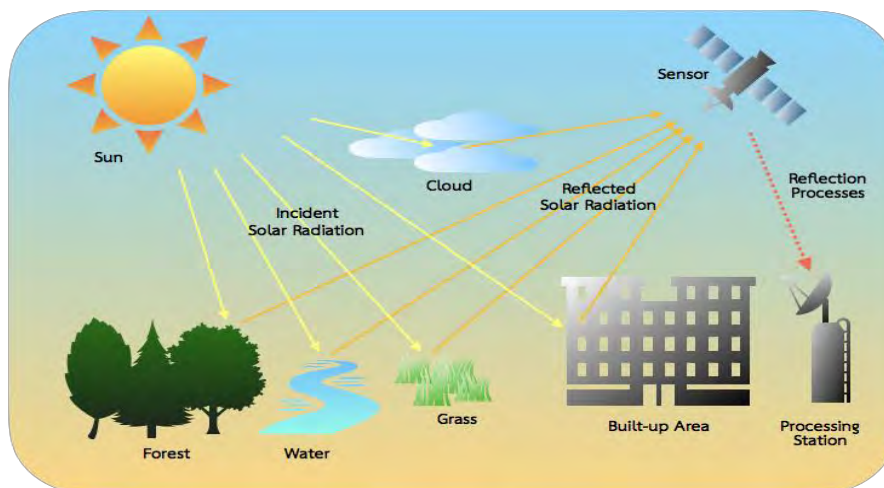
(spatial data) หรือเครื่องมือในการเขียนแผนที่ต่าง ๆ รวมถึงระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) (Clarke, 2001)

การรวมระหว่างคำนิยามของการรังวัดหรือทำแผนที่จากภาพถ่ายทางอากาศ (photogrammetry) และการรับรู้ระยะไกล คือ การใช้ศิลปศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการเข้าถึงข้อมูลที่เชื่อถือได้เกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของวัตถุและสภาพแวดล้อม นำมาผ่านกระบวนการบันทึก การวัดและการแปลผลออกมาเป็นข้อมูลเชิงภาพและข้อมูลเชิงเลข ซึ่งได้ข้อมูลจากแหล่งพลังงานที่แผ่ออกมาจากวัตถุ โดยปราศจากการสัมผัสวัตถุโดยตรง

ปริมาณคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (L) หน่วย $\text{watt/m}^2\text{sr}^1$ (watt per meter squared per steradian) จะถูกตรวจจับด้วยระบบการรับรู้ระยะไกลทางแสง (optical remote sensing system) เช่น หน่วยย่อยของภาพเชิงเลข (digital image) โดยมีสมการดังนี้ (Jensen, 2007)

$$L = f(\lambda, s_{x,y,z}, t, \theta, P, \Omega)$$

- λ คือ ความยาวคลื่นการตอบสนองเชิงแสงที่วัดได้จากแบนด์ต่าง ๆ หรือจากความถี่จำเพาะ
โดยที่ความยาวคลื่น (λ) และความถี่ (u) มีความสัมพันธ์กับความเร็วแสง (c)
- $S_{x,y,z}$ คือ ตำแหน่งตามพิกัด x,y,z ของหน่วยย่อยในรูปภาพ (Picture element) และขนาด (x,y)
- T คือ ข้อมูลชั่วคราว ได้แก่ ความถี่และเวลาที่เหมาะสมในการได้มาของข้อมูล
- θ คือ มุม สามารถอธิบายความสัมพันธ์เชิงมุมระหว่างแหล่งกำเนิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (เช่น พระอาทิตย์), พื้นที่น่าสนใจ (เช่น ไร่ข้าวโพด) และระบบการรับรู้ทางไกล
- P คือ โพลาไรเซชันของพลังงานจาก Back-scattered energy ตรวจจับด้วยเซนเซอร์
- Ω คือ ค่า Radiometric resolution หรือค่าความแม่นยำของข้อมูล (เช่น ข้อมูลการสะท้อน การแผ่และการ back-scattered ของรังสี) ที่บันทึกด้วยระบบการรับรู้ระยะไกล



รูปที่ 2.3 กระบวนการการรับรู้ระยะไกล (remote sensing)

ดัดแปลงรูปจากภาพ : (มัลลิกา รุชทา, 2557)

2.6 ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) เป็นกระบวนการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความเกี่ยวข้องกับข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) พร้อมทั้งมีการกำหนดข้อมูลเชิงบรรยายหรือข้อมูลคุณลักษณะ (attribute data) ที่มีความสัมพันธ์กับตำแหน่งในเชิงพื้นที่ เช่น ที่ตั้ง ที่อยู่สัมพันธ์กับตำแหน่งในแผนที่ เช่น เส้นละติจูด (Latitude) เส้นลองจิจูด (Longitude)

องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ บุคลากร ฮาร์ดแวร์ และซอฟต์แวร์ เพื่อที่จะใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงพื้นที่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน))

ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่สามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. ข้อมูลแบบเวกเตอร์ (vector)

ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ที่มีลักษณะเป็นข้อมูลเวกเตอร์สามารถแยกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1.1 จุด (point) เป็นหน่วยย่อยที่สุดของเวกเตอร์ เป็นเพียงตำแหน่งซึ่งไม่สามารถวัดพื้นที่ได้

1.2 เส้น (line) เป็นเวกเตอร์ที่ประกอบด้วยลักษณะเป็นเส้นตรงเรียงต่อเนื่องกันเป็นลำดับ แสดงความยาว แต่ไม่แสดงความกว้าง

1.3 พื้นที่ปิด (Polygon) เป็นเวกเตอร์ที่เรียงต่อเนื่องกันเป็น เส้นปิด เช่น สี่เหลี่ยม วงกลม เป็นต้น จึงสามารถคำนวณหาพื้นที่ได้

ข้อมูลเชิงพื้นที่ชนิดเวกเตอร์นั้นมักจะมีไฟล์ข้อมูลมีขนาดเล็ก อีกทั้งยังสามารถทำการแบ่งขอบเขตพื้นที่ได้ชัดเจนและยังมีความแม่นยำเชิงตำแหน่งสูง

2. ข้อมูลแบบแรสเตอร์ (raster)

ข้อมูลแบบแรสเตอร์นั้นมีลักษณะเป็นช่องสี่เหลี่ยมที่เรียงต่อกันในแนวดิ่งและแนวราบ ที่เรียกว่า จุดภาพ (pixel) หรือ กริดเซลล์ (grid cell) ในแต่ละจุดภาพนั้นเก็บค่าได้เพียง 1 ค่า โดยการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่จริงลงในจุดภาพซึ่งมีตำแหน่งตามแนวแกน X และ Y ตรงกัน และค่าที่เก็บนั้นเป็นได้ทั้งข้อมูลลักษณะสัมพันธ์หรือรหัสอ้างอิงถึงข้อมูลคุณลักษณะที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูลก็ได้

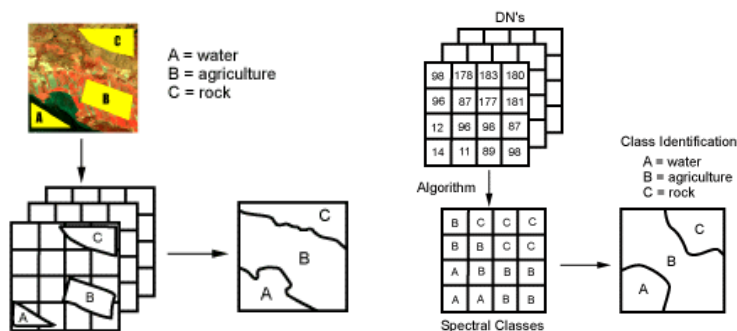
ข้อมูลประเภทนี้มีโครงสร้างไม่ซับซ้อน จึงทำให้สามารถประมวลผลได้สะดวก อีกทั้งข้อมูลแบบแรสเตอร์นั้นยังนิยมมาใช้ในการแทนลักษณะของพื้นผิวที่มีความต่อเนื่องและไม่เป็นเส้นโค้ง เช่น ภาพถ่ายดาวเทียม แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลประเภทนี้มักจะมีขนาดไฟล์ที่ใหญ่อันเป็นการทำให้สูญเสียพื้นที่จัดเก็บ (สิริพร กมลธรรม, 2555)

2.7 การจำแนกข้อมูลภาพ

2.7.1 การจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข

การจำแนกกลุ่มตามลักษณะเด่น (features classification) คือ การแปลภาพถ่ายด้วยสายตา (visual image interpretation) เพื่อจำแนกกลุ่มของจุดภาพ (pixel) ที่แสดงลักษณะเหมือนกัน การจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข (digital image classification) จะใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spectral information) ในการจำแนกแต่ละจุดภาพออกจากกัน ด้วยรูปแบบเชิงพื้นที่ (spectral pattern) วัตถุประสงค์ของการจำแนกเช่นนี้เพื่อกำหนดชนิดของแต่ละจุดภาพในรูปภาพเป็นหมวดหมู่ต่าง ๆ ผลลัพธ์ของการจำแนกจะปรากฏออกมาในรูปแบบโมเสกของจุดภาพ และสร้างเป็นแผนที่แสดงการจำแนกพื้นที่ได้ (ทรงกต ทศานนท์, 2548)

การจำแนกแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ ได้แก่ การจำแนกข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (information classes) และการจำแนกข้อมูลเชิงรังสี (spectral classes) การจำแนกข้อมูลเชิงคุณลักษณะเป็นการแบ่งหมวดหมู่ของสิ่งที่สนใจจากรูปภาพ เช่น ชนิดพืชไร่ที่แตกต่างกัน ชนิดป่าหรือชนิดต้นไม้ ชนิดหน่วยย่อยทางธรณีวิทยาหรือชนิดของหิน เป็นต้น ส่วนการจำแนกข้อมูลเชิงรังสีคือ การพิจารณากลุ่มของจุดภาพจากค่าการสะท้อนเชิงรังสีในช่วงคลื่นรังสี (spectral channels) ของข้อมูลที่แตกต่างกัน วัตถุประสงค์ คือ การจับคู่ การจำแนกข้อมูลเชิงรังสีของข้อมูลกับการจำแนกข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่สนใจ โดยส่วนใหญ่จะไม่เกิดจับคู่กันแบบหนึ่งต่อหนึ่งระหว่าง 2 กลุ่มข้อมูลนี้ บางครั้งการจำแนกข้อมูลเชิงรังสีที่มีลักษณะเป็นเอกลักษณ์อาจไม่จำเป็นต้องจับคู่กับการจำแนกข้อมูลเชิงคุณลักษณะ นอกจากนี้ยังมี broad information class เช่น ป่า ประกอบไปด้วย spectral sub-classes ที่มีความหลากหลายเชิงพื้นที่ (spectral variation) ที่โดดเด่น ยกตัวอย่างเช่น ป่าไม้ ซึ่งความหลากหลายเชิงพื้นที่ อาจประกอบไปด้วยอายุ ความหนาแน่น ผลลัพธ์เชิงรังสีหรือการสะท้อนแสงของพื้นผิว เป็นสิ่งสำคัญในการแปลภาพถ่ายที่จะต้องพิจารณาถึงข้อดีที่ได้จากการจำแนกข้อมูลเชิงรังสีที่แตกต่างและความเหมือนของการจำแนกข้อมูลเชิงรังสี กับการจำแนกข้อมูลเชิงคุณลักษณะที่สนใจ (Canadian Space Agency, 2013)



รูปที่ 2.4 แสดงการจำแนกข้อมูลเชิงคุณลักษณะ (information classes) (รูปซ้าย)

และการจำแนกข้อมูลเชิงรังสี (spectral classes) (รูปขวา) (Canadian Space Agency, 2013)

2.7.2 การแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา

การแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) เป็นการจำแนกภาพสีผสมบวกของข้อมูลดาวเทียมด้วยการใช้ภาพสีผสมจริง ซึ่งจะได้ภาพสีผสมที่อยู่ในช่วงแสงที่ตามองเห็นได้ จนถึงการใช้ภาพสีผสมเท็จที่อยู่ในช่วงแสงที่ตาปกติไม่สามารถมองเห็นได้มาช่วยในการจำแนกองค์ประกอบของพื้นที่ต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น โดยองค์ประกอบที่ใช้ในการพิจารณาการการแปลตีความข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา ได้แก่ สีและระดับความเข้มของสี (color tone and brightness) รูปร่าง (shape) ขนาด (size) รูปแบบ (pattern) ความหยาบละเอียดของเนื้อภาพ (texture) ความสัมพันธ์กับตำแหน่งและสิ่งแวดล้อม (location and association) การเกิดเงา (shadow) การเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล (temporal change) ระดับสี (tone) เป็นต้น (กิตติศักดิ์ ศรีกลาง, 2557)

2.7.3 การจำแนกข้อมูลแบบกำกับ

การจำแนกข้อมูลแบบกำกับ (supervised classification) คือ การวิเคราะห์เพื่อจำแนกภาพถ่ายของพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ด้วยความแตกต่างของสิ่งปกคลุมบนพื้นที่นั้น การคัดเลือกพื้นที่ตัวอย่างที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความชำนาญเกี่ยวกับสภาพภูมิศาสตร์ของพื้นที่และความรู้เกี่ยวกับสิ่งปกคลุมดินที่แปลได้จากภาพถ่ายของนักวิเคราะห์ข้อมูล การวิเคราะห์แบบกำกับดูแลเป็น

การแบ่งหมวดหมู่ของการจำแนกกลุ่มเฉพาะ (specific classes) ดังนั้นข้อมูลจำนวนมากใน (spectral band) ซึ่งใช้สำหรับการระบุจุดภาพ (pixel comprising) ในพื้นที่ดังกล่าว โดยการกำหนดให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ถึงความเหมือนเชิงรังสีของพื้นที่ที่มีลักษณะเหมือนกัน คอมพิวเตอร์จะใช้โปรแกรมพิเศษหรือกระบวนการในการกำหนดสัญลักษณ์ (Signatures) ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง (training classes) ถ้าคอมพิวเตอร์สามารถกำหนดสัญลักษณ์ของกลุ่มได้ แต่ละจุดภาพในภาพจะถูกเปรียบเทียบกับสัญลักษณ์ดังกล่าว และถูกกำหนดให้เป็นกลุ่มที่คล้ายคลึงกันมากที่สุด

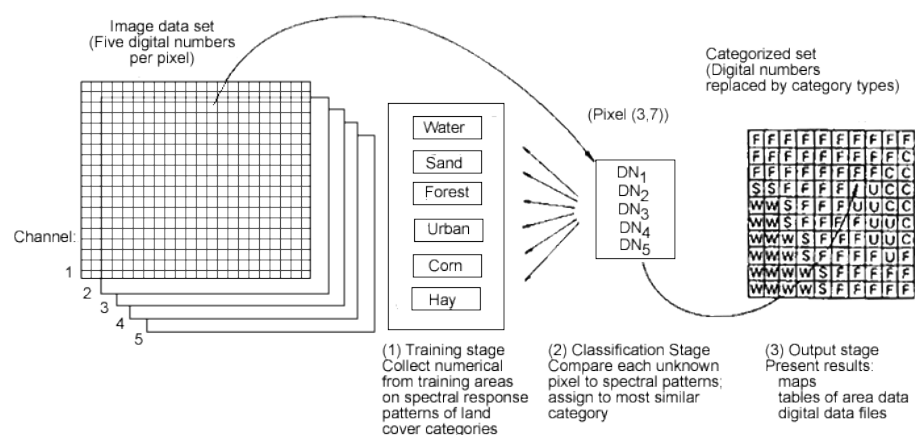
แต่ในการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล เราจะต้องจำแนกกลุ่มข้อมูลก่อน เพื่อนำไปกำหนดการจำแนกกลุ่มเชิงรังสีต่อไป (Lillesand and Kiefer, 1994)

ขั้นตอนการจำแนกแบบกำกับประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.5

ขั้นที่ 1 ผู้วิเคราะห์เลือกและกำหนดประเภทพื้นที่ตัวอย่าง (training areas) ด้วยสัญลักษณ์

ขั้นที่ 2 โปรแกรมจะคำนวณข้อมูลของพื้นที่ตัวอย่างเพื่อใช้เป็นตัวแทนทางสถิติ แล้วใช้ในการจำแนกจุดภาพอื่น ๆ ตามวิธีการทางสถิติที่ถูกเลือกโดยผู้ปฏิบัติงาน เช่น Maximum likelihood classification เป็นต้น

ขั้นที่ 3 จุดภาพใดที่มีสัญลักษณ์เข้ากันได้จะถูกจัดให้เป็นประเภทเดียวกัน และแสดงผลลัพธ์ออกมาในรูปแบบแผนที่ หรือตารางแสดงคุณลักษณะของจุดภาพ



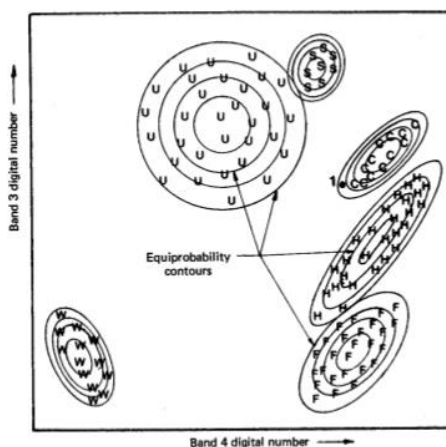
รูปที่ 2.5 แสดง ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลแบบกำกับ (supervised classification)

(Lillesand and Kiefer, 1994)

2.7.4 การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด

การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood classification) เป็นการจำแนกข้อมูลทางสถิติโดยการใช้การคำนวณหาเวกเตอร์เฉลี่ย ค่าความแปรปรวน และค่าสหสัมพันธ์ของช่วงรังสี ในข้อมูลตัวอย่างมาทำการการจำแนกประเภทของชั้นข้อมูล โดยแต่ละชั้นข้อมูลนั้นจะต้องมีการกระจายตัวแบบปกติ (normal distribution) และขอบเขตของชุดข้อมูลแต่ละชั้นจะมีขอบเขตเป็นรูปวงที่มีการกระจายตัวซ้อน ๆ กัน ซึ่งเรียกว่า Equiprobability Contours ดังแสดงในรูปที่ 2.1 (Aronoff, 2005)

การจำแนกข้อมูลด้วยวิธีการนี้มีความถูกต้องสูงกว่าวิธีการการจำแนกอีกหลาย ๆ วิธี เนื่องจากสามารถจำแนกข้อมูลในบริเวณที่เกิดการซับซ้อนกันของชุดข้อมูล เช่น การจำแนกแบบสี่เหลี่ยมด้านขนานหรือแบบกล่อง (parallelepiped of box classification) แต่ก็มีข้อเสียคือใช้เวลาในการคำนวณที่มาก เพื่อที่จะจำแนกแต่ละค่าของจุดข้อมูล (Aronoff, 2005)



รูปที่ 2.6 การจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood classification) (Aronoff, 2005)

2.7.5 การประเมินความถูกต้อง

ความถูกต้องของข้อมูลนั้นมีความสำคัญมากต่อความน่าเชื่อถือของผลงาน ภายหลังจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีจำแนกแบบกำกับ ซึ่งใช้การจำแนกด้วยสายตาประกอบในการเลือกของพื้นที่ตัวอย่าง ซึ่งสามารถเปรียบเทียบผลการจำแนกด้วยการสร้างตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrices) และตรวจสอบความถูกต้องด้วยการใช้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) และการใช้ค่าความสอดคล้องของสัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa coefficient) (ทรงกต ทศานนท์, 2548)

เมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrices) คือตารางแสดงความคลาดเคลื่อนของกลุ่มตัวอย่างที่นำมาศึกษาความถูกต้องในการจำแนกเทียบกับข้อมูลอ้างอิงที่มีความน่าเชื่อถือ โดยเมตริกซ์ค่าความคลาดเคลื่อนนั้นสามารถหาค่าความถูกต้องโดยรวม ซึ่งเป็นค่าบ่งบอกถึงความถูกต้องของข้อมูลโดยหลักสถิติ เมื่อมีค่ามากกว่า 0.81 แสดงว่ามีความถูกต้องสูง และมีค่าการยอมรับต่ำเมื่อมีค่าน้อยกว่า 0.40 และสามารถหาค่าความถูกต้องโดยรวมดังสมการดังแสดงต่อไปนี้

$$\text{Overall accuracy} = \frac{\sum_{i=1}^k n_i}{N}$$

โดย k = จำนวนของแถว

n_i = จำนวนของจุดอ้างอิง ในแถว i และคอลัมน์ i

N = จำนวนจุดอ้างอิงทั้งหมด

สัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa coefficient: K) เป็นค่าสถิติที่ใช้ในการตรวจสอบความสอดคล้องของ 2 ชุดข้อมูล โดยชุดข้อมูลนั้นไม่จำเป็นต้องมีการแจกแจงแบบปกติ (normal distribution) เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แคปป่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือน้อยลงหรือมีความสอดคล้องน้อย และเมื่อ Kappa Coefficient มีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลมีความน่าเชื่อถือมากขึ้นหรือมีความสอดคล้องมาก (วรวิทย์ อัครนิพัชร, 2558), (ทรงกต ทศานนท์, 2548)

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^k n_{i-} n_{-i}}$$

โดย k = จำนวนของแถว

n_{ii} = จำนวนของจุดอ้างอิงในแถว i และคอลัมน์ i

n_{i+} = ผลรวมจุดอ้างอิงของแถว i

n_{+i} = ผลรวมจุดอ้างอิงของคอลัมน์ i

N = จำนวนจุดอ้างอิงทั้งหมด

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาค้นคว้ารายงานและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับพื้นที่ชุ่มน้ำและการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งคลุมดินทั้งภายในพื้นที่ชุ่มน้ำและพื้นที่ต่าง ๆ สามารถสรุปได้ ดังต่อไปนี้

Peter (2017) ได้ศึกษาการใช้สภาพแวดล้อมระบบนิเวศในอดีตในการเรียนรู้ธรรมชาติของพื้นที่ชุ่มน้ำมีความสำคัญระหว่างประเทศ การโดยศึกษานี้กล่าวถึงการใช้ข้อมูลระยะยาวของระบบนิเวศน์ในอดีตในสามารถช่วยพิสูจน์ “ลักษณะทางธรรมชาติเฉพาะตัวของระบบนิเวศน์ในพื้นที่ชุ่มน้ำ” ได้ และยังสามารถบอกถึงขีดจำกัดในการเปลี่ยนแปลงภายในระบบนิเวศน์ที่ยังคงเกิดสมดุลได้อีกด้วย อีกทั้งยังช่วยในการวางแผนการจัดการแผนการบูรณะพื้นที่ชุ่มน้ำได้อย่างเหมาะสม โดยมีการพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงสภาพพื้นที่จากช่วงเวลาที่ผ่านมา การศึกษาของ Dugeon et al. (2006) พบว่าพื้นที่ชุ่มน้ำซึ่งปกคลุมพื้นผิวโลกอยู่เพียง 6 % ของพื้นดินทั้งหมดตาม กำลังเผชิญกับปัญหาการเปลี่ยนแปลงสภาพน้ำเนื่องมาจากมลพิษ ส่งผลให้สัตว์มีกระดูกสันหลังที่อาศัยในน้ำจัดมีอัตราการลดลงประมาณปีละ 2% แต่อย่างไรก็ตามการขาดการรายงานความเปลี่ยนแปลงไปของพื้นที่ชุ่มน้ำนั้นยังเป็นปัญหาหลักในการติดตามความเป็นไปของพื้นที่ชุ่มน้ำ เนื่องมาจากการขาดการจัดทำฐานข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสภาพพื้นที่ชุ่มน้ำ

Ling Zhang et al. (2017) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจำแนกระหว่างการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งคลุมดินและการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ (climate change) ที่มีผลกระทบต่อพื้นที่ลุ่มน้ำ โดยการแยกผลกระทบจากสองปัจจัยนี้ทำได้โดยใช้แบบจำลองทางอุทกศาสตร์ การศึกษาครั้งนี้ได้เปรียบเทียบโดยใช้ปัจจัยทางด้านระยะเวลาในการศึกษาการแยกผลกระทบของสองปัจจัยนี้ โดยพื้นที่ศึกษาคือแอ่งน้ำบนพื้นที่บกในบริเวณภาคตะวันตกเฉียงเหนือของประเทศจีน เช่น Heihe river basin ซึ่งผลพบว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจะทำให้เกิดผลกระทบต่อพื้นที่ที่น้อยกว่าผลจากการเปลี่ยนแปลงของสภาพอากาศ

Adubofour F. (2011) ได้ศึกษาการใช้ระบบภูมิสารสนเทศในติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าไม้บริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำ Owabi ประเทศการ์นา โดยใช้โปรแกรมซอฟต์แวร์ Erdas และ ArcGIS ในการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (supervised classification) ประกอบการใช้ค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (normalized difference vegetation index : NDVI) มาวิเคราะห์ ผลปรากฏว่าการรุกรานเข้าไปในพื้นที่ของมนุษย์นั้นส่งผลให้เกิดการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ โดยผลการวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมจากวิธีการวิเคราะห์ด้วยค่าดัชนีผลต่างพืชพรรณ (normalized difference vegetation index: NDVI) นั้นให้ผลไม่ต่างจากการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification)

Thapa R. B. et al. (2009) ได้ศึกษาเปรียบเทียบความถูกต้องด้วยการใช้ตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrices) และสัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa coefficient) ในการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในบริเวณพื้นที่ชุมชน Tsukuba ประเทศญี่ปุ่นด้วยวิธีต่าง ๆ ผลปรากฏว่าการจำแนกแบบ GIS post-processing นั้นมีค่าความถูกต้องสูงที่สุดที่ 87.67% ตามด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับชนิด Fuzzy (Fuzzy supervised classification) โดยมีค่าความถูกต้องของการจำแนกอยู่ที่ 89.33% ต่อมาคือการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) มีค่าความถูกต้องอยู่ที่ 83.67% และท้ายสุดคือแบบไม่กำกับ (unsupervised Classification) มีความถูกต้องอยู่ที่ 75.33%

Eric F. Lambin et al. (2003) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความซับซ้อนของการใช้ประโยชน์ที่ดิน การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดิน และมีขอบเขตการศึกษาที่เน้นไปที่พื้นที่เขตร้อนในบริเวณพื้นที่ภาคตะวันตกประเทศอินโดนีเซีย จากข้อสรุปล่าสุดพบว่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เพาะปลูก พื้นที่เกษตรกรรมรกร้าง การตัดไม้ทำลายป่า และการขยายตัวของทุ่งหญ้าและเขตเมืองที่ยังไม่สามารถประเมินได้ การเปลี่ยนแปลงสิ่งปกคลุมดินเนื่องจากภูมิอากาศยังมีผลกระทบต่อการใช้ประโยชน์ที่ดิน และนอกจากนี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินก็ยังส่งผลต่อผลิตผลและกิจกรรมที่ได้จากระบบ

นิเวศอีกด้วย จากการตั้งข้อสังเกตในการศึกษานี้พบว่า การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่ดินในระดับท้องถิ่นจะช่วยนำไปสู่การวางแผนการพัฒนาการใช้ที่ดินที่ยั่งยืนได้

งานวิจัยที่มีพื้นที่ศึกษาในประเทศไทย

จิระเดช มาจันแดง (2559) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งคลุมดินในพื้นที่ชุ่มน้ำภายในพื้นที่เขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ ซึ่งเป็นพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระหว่างประเทศลำดับที่ 1,098 ของโลก ด้วยวิธีการแปลความด้วยภาพถ่ายดาวเทียมออร์โธรีทิคปี พ.ศ.2545 ภาพถ่ายดาวเทียมความละเอียดสูงปี พ.ศ.2556 และมีการตรวจสอบความถูกต้องด้วยค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa coefficient) โดยใช้ข้อมูลเส้นชั้นความสูงและแม่น้ำในการลากขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำนั้น ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งคลุมดินเมื่อพิจารณาที่พื้นที่เดียวกันในช่วงเวลาดังกล่าว มีการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ยางพาราและมีการลดลงของพื้นที่ไร่ เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงด้านราคาของยางพาราตามปัจจัยตามเศรษฐกิจ

ศราวุฒิ ไวยสุศรี (2555) ได้ศึกษาการประยุกต์ภูมิสารสนเทศในการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำห้วยทับเสลา จังหวัดอุทัยธานี โดยการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมในช่วง พ.ศ.2531 ถึง พ.ศ.2550 จากดาวเทียม Landsat-5 TM ช่วงคลื่น 5 : 4 : 3 (Red : Green : Blue) จำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) และตรวจสอบความถูกต้องได้โดยใช้ข้อมูลภาคสนามจากการสุ่มสำรวจ ผลการศึกษาสามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ 4 ประเภท ได้แก่ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ และพื้นที่ป่าที่มีการเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดถึงร้อยละ 50

Stephen J. Walsh et al. (2007) ได้ศึกษาการจำลองโมเดล Cellular automata มาใช้ในอธิบายการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่เนื่องมาจากการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน การศึกษานี้กล่าวถึงการเพาะปลูกพืชไร่ มันสำปะหลังและอ้อยในเขตอำเภอนางรอง จังหวัดบุรีรัมย์ที่ตั้งอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย ซึ่งเริ่มขึ้นในช่วงกลางถึงปลายทศวรรษที่ 1960 ซึ่งการทำเกษตรกรรมเหล่านี้ส่งผลให้พื้นที่ป่าลดลง ซึ่งการใช้จำลองโมเดล Cellular automata (CA) ซึ่งต้องอาศัยข้อมูลเบื้องต้นในการประมวลผล เช่น รูปแบบเป็นเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เป็นต้น และให้ผลลัพธ์ว่าการทำเกษตรกรรม ซึ่งรวมไปซึ่งนาข้าว อันมีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่เฉพาะตัวนั้นส่งผลให้สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินเปลี่ยนแปลงไป

P. Thanapakpawin et al. (2005) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่มีต่อระบบทางอุทกวิทยาของกลุ่มน้ำแม่แจ่ม ตอนเหนือของประเทศไทย การทำพืชไร่

เชิงเขา การเกษตรกรรมในพื้นที่ราบลุ่ม ทำให้เกิดปัญหาด้านการจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ งานศึกษานี้ทำการประเมินระบบการชลประทานของแม่น้ำแม่แจ่มด้วยการใช้การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ประกอบกับการทำแบบจำลองทางอุทกวิทยา Distributed Hydrology Soil Vegetation Model (DHSVM) ซึ่งให้ผลลัพธ์ว่า ในช่วงฤดูฝนซึ่งมีการขยายตัวของพื้นที่เกษตรกรรม จะมีปริมาณการใช้น้ำที่สูงตาม ดังนั้นหากไม่มีการควบคุมดูแล ถึงแม้จะอยู่ในช่วงฤดูฝน ปริมาณน้ำก็อาจไม่เพียงพอต่อการใช้งานในพื้นที่ได้เช่นกัน

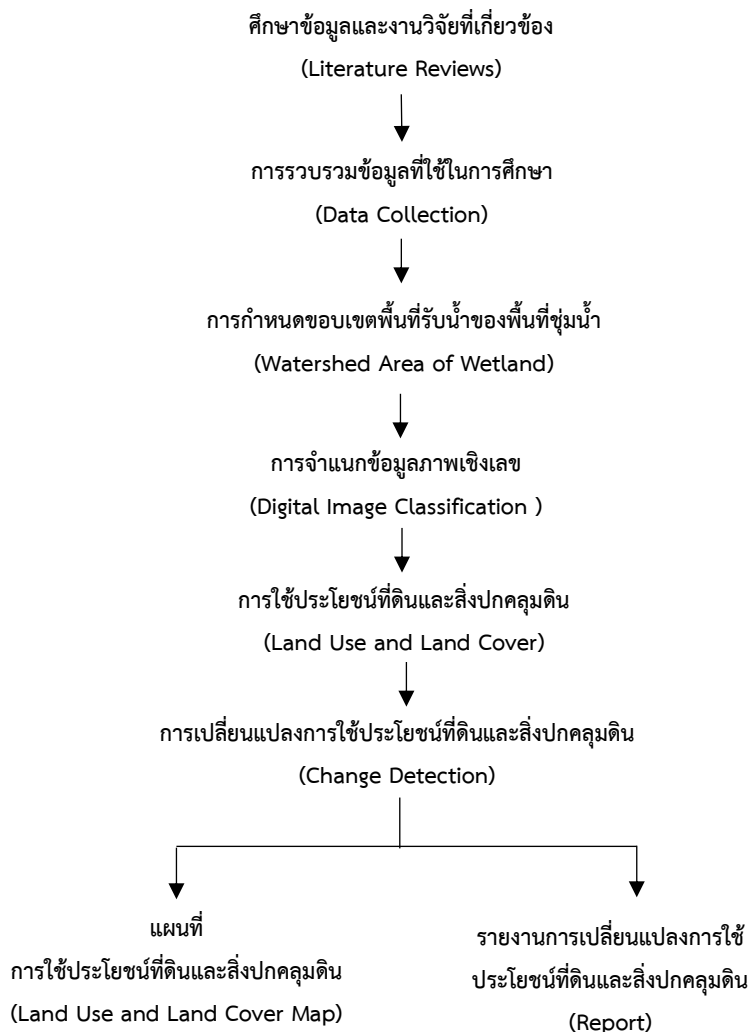
W. MUTTITANON and N. K. TRIPATHI (2004) ได้ศึกษาเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวบ้านดอนโดยใช้ข้อมูล Landsat 5 TM โดยการศึกษานี้ได้กล่าวว่าการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบนพื้นผิวโลกโดยมนุษย์นั้นเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว จากการแปลความจากภาพสีผสมของดาวเทียม Landsat 5 TM ในปี พ.ศ.2533, 2536, 2539 และ 2542 ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ แสดงให้เห็นถึงแนวโน้มของพื้นที่เพาะเลี้ยงกุ้ง ป่าโกงกางและพื้นที่เขตเมืองที่มีแนวโน้มลดลง อีกทั้งการใช้ข้อมูลภาพประกอบของ NDVI จะสามารถบ่งชี้พื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการเพาะเลี้ยงกุ้งได้อีกด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

การจัดทำข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ (พรุโต๊ะแดง) จังหวัดนราธิวาส มีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

- 3.1. การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (Literature Reviews)
- 3.2. การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา (Data Collection)
- 3.3. การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง
(Watershed Area of Wetland)
- 3.4. การจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข (Digital Image Classification)
- 3.5. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Change Detection)
- 3.6. การวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน
(Analyzing land use and land cover change)



รูปที่ 3.1 แผนผังแสดงกระบวนการทำงาน

3.1 การศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศึกษาข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง เช่น ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับอนุสัญญาแรมซาร์ พื้นที่ชุ่มน้ำมีความสำคัญอย่างไร หลักการกำหนดขอบเขตพื้นที่ชุ่มน้ำ กระบวนการทำงานของการประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการรับรู้ระยะไกล วิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เป็นต้น

3.2 การรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำและการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินด้วยวิธีการทางระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ตลอดจนการจัดทำแผนที่การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน มีการใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้

3.2.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระรัตนราชสุดาฯ (พรุโตะแดง) จังหวัดนราธิวาส จาก Protected Planet[®], United State Environment

3.2.2 ข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ (Topographic map) L7018 มาตรฐาน 1 : 50000 ระบบพิกัด WGS 1984 zone 47N จากกรมแผนที่ทหารดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศ (topographic map) L7018 มาตรฐาน 1 : 50000 จากกรมแผนที่ทหาร

ระวาง	ชื่อแผนที่	ปี พ.ศ.	ลักษณะข้อมูล
5320 I	อำเภอแว้ง	2540	Raster
5321 I	จังหวัดนราธิวาส	2540	Raster
5321 II	อำเภอสุไหงโก-ลก	2540	Raster
5321 III	อำเภอศรีสาคร	2540	Raster
5321 IV	อำเภอรแงะ	2540	Raster
5421 III	บ้านเกาะสะท้อน	2540	Raster
5421 IV	อำเภอตากใบ	2540	Raster

3.2.3 ข้อมูลระดับสูงเชิงเลข (Digital Elevation Model : DEM) รูปแบบข้อมูล SRTM 1 Arc-second global ความละเอียดเชิงพื้นที่ 30 เมตร จาก United States Geological Survey (USGS) ที่บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 23 กันยายน พ.ศ.2557 โดยมีรหัสภาพดังต่อไปนี้ SRTM1N06E101V3 SRTM1N06E102V3 SRTM1N05E102V3 และ SRTM1N05E101V3

3.2.4 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 ระบบ Thematic Mapper (TM) จาก United States Geological Survey (USGS) จำนวน 2 ช่วงเวลา ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 3.2 ตารางที่ 3.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM path 127 row 56 จาก USGS

ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM path 127 row 56 ความละเอียดของจุดภาพ 30 เมตร		
ช่วงเวลา (ปี/เดือน/วัน)	ลักษณะข้อมูล	หมายเหตุ
2547/08/03	TIFF	มีเมฆปกคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณร้อยละ 20
2540/05/28	TIFF	มีเมฆปกคลุมพื้นที่ทั้งหมดประมาณร้อยละ 30

การเลือกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นต้องเลือกในช่วงเวลาที่มีเมฆบดบังน้อยที่สุด เนื่องจากเมฆที่บดบังในพื้นที่จะทำให้เกิดความคลื่อนในการจำแนกเมฆเป็นประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินประเภทใดประเภทหนึ่ง ซึ่งคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง

3.2.5 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จังหวัดนราธิวาส จำนวน 2 ช่วงเวลาได้แก่ พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559 จากกองนโยบายและการใช้ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน

3.2.6 ข้อมูลสภาพภูมิอากาศ

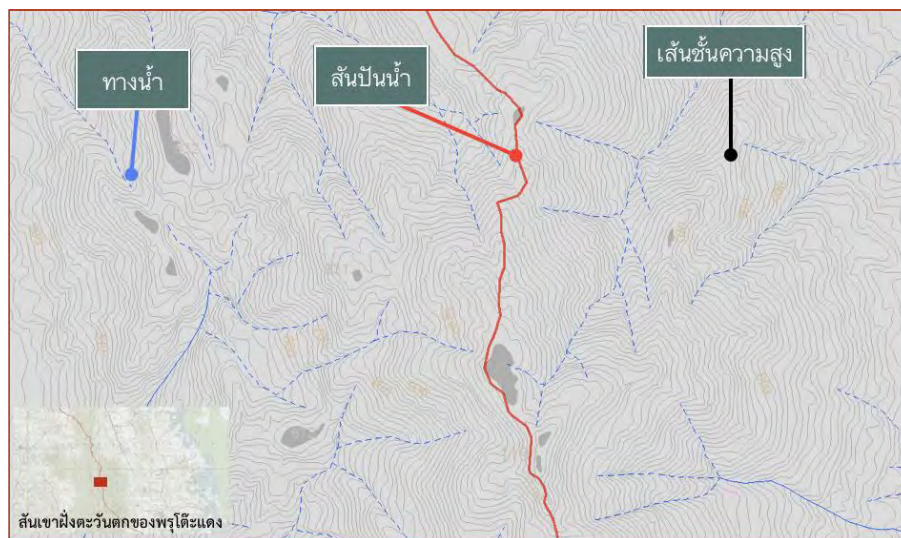
ข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือน ข้อมูลการระเหยรายเดือน ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จังหวัดนราธิวาส พ.ศ.2530-2560 จากศูนย์ภูมิอากาศ สำนักพัฒนาอุตุนิยมวิทยา กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เพื่อใช้ในการประกอบการศึกษาวิเคราะห์ปัจจัยสาเหตุเบื้องต้นที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

3.3 การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง

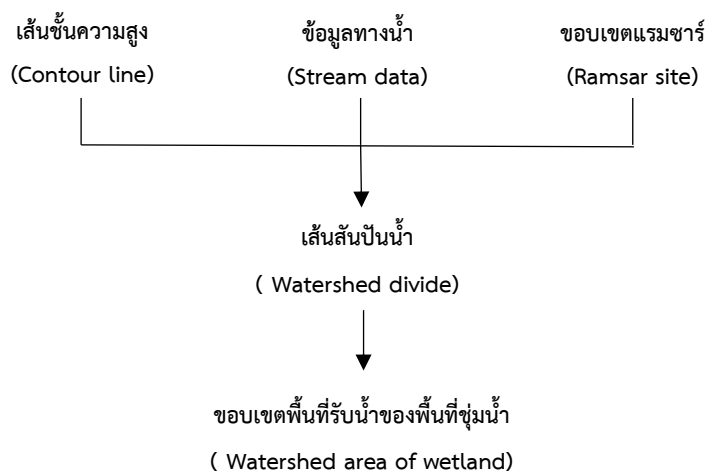
ในการกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ (watershed area of wetland) จะใช้ข้อมูลภูมิประเทศโดยเฉพาะข้อมูลเส้นระดับชั้นความสูง (contour line) และข้อมูลลำน้ำ (stream line) ดังแสดงในรูปที่ 3.2 เป็นหลัก

การลากเส้นแนวสันปันน้ำนั้นสามารถทำได้โดยใช้ข้อมูลของเส้นชั้นความสูงหรือแผนที่ภูมิประเทศประกอบกับเส้นทางน้ำ โดยการลากแนวเส้นสันปันน้ำนั้นควรลากบริเวณที่เส้นชั้นความสูงที่เป็นบริเวณสันเขา และไม่ควรถัดเส้นทางน้ำ ดังแสดงขั้นตอนในรูปที่ 3.3 (เกษม จันทร์แก้ว, 2539)

การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำจะพิจารณาแนวสันปันน้ำที่ปรากฏในแผนที่เป็นหลัก ยกเว้นบางกรณี ดังต่อไปนี้ บริเวณพรมแดนระหว่างประเทศ จะยึดเส้นแบ่งพรมแดนเป็นขอบเขตพื้นที่รับน้ำ บริเวณชายฝั่งทะเล โดยรวมถึงพื้นที่บริเวณปากน้ำ จะยึดเอาตำแหน่งสิ้นสุดแนวแผ่นดินเป็นขอบเขตลุ่มน้ำ และเมื่อพิจารณาพื้นที่ราบที่ไม่ปรากฏจุดออกของลุ่มน้ำ (outlet) ที่แน่นอน เช่น ในบริเวณพื้นที่น้ำท่วมถึง (floodplain) บริเวณที่ไม่ปรากฏเส้นระดับภูมิประเทศ จะยึดลำน้ำในบริเวณใกล้เคียงเป็นทางรับน้ำตามธรรมชาติ (สำนักวิจัย พัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)



รูปที่ 3.2 การกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพุโต๊ะแดง

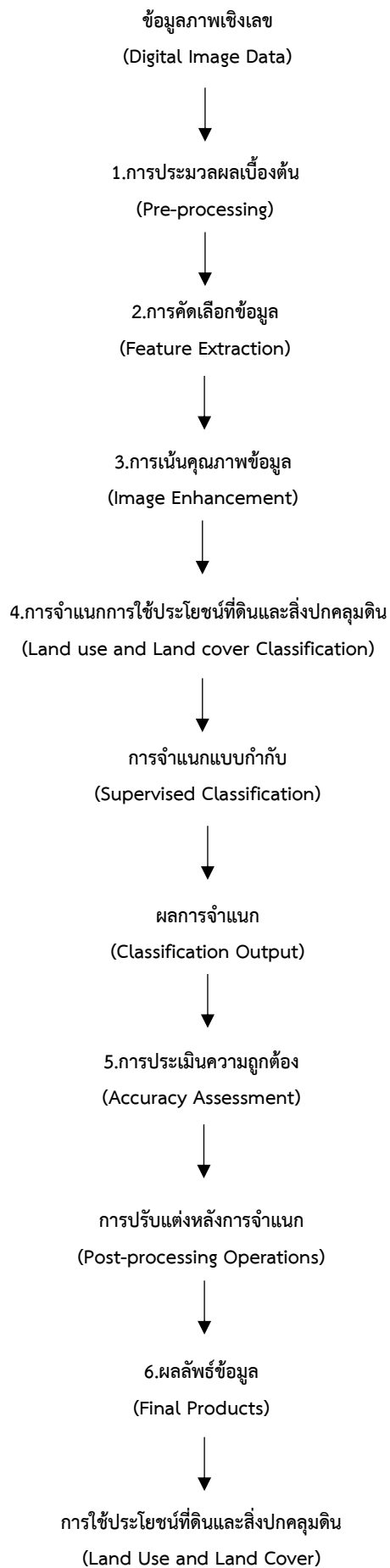


รูปที่ 3.3 แผนผังขั้นตอนการกำหนดขอบเขตพื้นที่ชุ่มน้ำ

3.4 การจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข (การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน)

ในการศึกษาครั้งนี้ได้ทำการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM path 127 row 56 ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) ร่วมกับการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีการแปลความด้วยสายตา (visual image interpretation) จำนวน 2 ช่วงเวลาคือ พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 โดยการใช้โปรแกรมด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ ArcGIS 10.2.2 และ ERDAS imagine 2014

ขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมซึ่งเป็นการจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลขในการทำงานครั้งนี้ได้ดัดแปลงจากกระบวนการทำงานของ Campbell, J.B. (1987) เป็นหลัก ซึ่งประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 แผนผังขั้นตอนการจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลข

3.4.1 การประมวลผลเบื้องต้น (Pre-processing)

เป็นการดำเนินการเพื่อเตรียมข้อมูลให้พร้อมก่อนการใช้งานข้อมูลในขั้นถัดไป ถึงแม้การจะมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสีและเชิงเรขาคณิตจากสถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินมาแล้วระดับหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามควรตรวจสอบคุณภาพข้อมูลและทำการปรับแก้ความผิดพลาดและความคลาดเคลื่อนต่าง ๆ ของข้อมูล เพื่อให้ข้อมูลที่จะนำมาใช้ในกระบวนการจำแนกข้อมูลภาพเชิงเลขมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

3.4.1.1 การปรับแก้ความผิดพลาดเชิงรังสี (Radiometric correction)

เป็นการปรับแก้ข้อมูลอันเนื่องมาจากอิทธิพลของบรรยากาศที่ทำให้เกิดการดูดซับและกระเจิงของพลังงาน ส่งผลให้สูญเสียพลังงานบางส่วนไป รวมถึงความบกพร่องของอุปกรณ์ตรวจจับข้อมูล มีผลให้คุณภาพของข้อมูลผิดเพี้ยนไป เมื่อต้องศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ควรเพิ่มการปรับแก้ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (sun elevation correction) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละช่วงเวลาและแต่ละฤดูกาล การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการตรวจแก้คลื่นรังสี (ทรงกต ทศานนท์, 2550)

ในการทำงานครั้งนี้จะทำการปรับแก้เชิงรังสีโดยใช้โปรแกรม Erdas imagine 2014 เป็นหลัก ซึ่งจะทำการปรับแก้การชดเชยค่าการสะท้อนที่บิดเบือนของสภาวะอากาศ (Haze compensation) โดยการลดการกระจายแสงในบรรยากาศเพื่อให้ภาพมีความคมชัดมากยิ่งขึ้น ทำการลบสัญญาณรบกวน (noise removal) ที่เกิดขึ้นกับข้อมูลภาพหรือการมีข้อมูลในบางบริเวณที่ขาดหายไป ปรากฏเป็นลายเส้นหรือเป็นจุด ๆ แทรกในเนื้อภาพ รวมถึงปรับแก้ภาพเชิงรังสีให้กับภาพดาวเทียมที่บันทึกในคนละช่วงเวลา ให้มีการสะท้อนเชิงรังสีที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด โดยใช้ทฤษฎี Dark-Objected Subtraction

3.4.1.2 การปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

เป็นการปรับแก้ข้อมูลอันเนื่องมาจากความคลาดเคลื่อนของพิกัดตำแหน่งของวัตถุจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนั้นไม่ตรงกับตำแหน่งพิกัดอ้างอิงบนแผนที่ภูมิประเทศ เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น ความเร็วไม่คงที่ของวงโคจรในการเก็บข้อมูลของดาวเทียมทำให้เกิดการบิดเบี้ยวของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม เป็นต้น (ทรงกต ทศานนท์, 2550)

จากการศึกษาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM path 127 row 56 จาก USGS รูปแบบผลิตภัณฑ์ Landsat collection 1 leve-1 รหัส L1TP ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีวิธีการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตจากสถานีตรวจจับข้อมูลด้วยวิธีการตรวจแก้แบบผสม (combined method) นั่นคือใช้ทั้งการตรวจแก้แบบมีระบบและการตรวจแก้แบบไม่มีระบบ เพื่อให้มีความสอดคล้องกับแนวการกวาดข้อมูลของดาวเทียม (USGS, 2017)

ในการศึกษาครั้งนี้จะทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตด้วยวิธีการกำหนดระบบพิกัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจากข้อมูลพิกัดอ้างอิงจากแผนที่ภูมิประเทศ (Image to map) และทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่บันทึกข้อมูลในขณะช่วงเวลาด้วยวิธีการกำหนดระบบพิกัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีการปรับแก้เชิงเรขาคณิตแล้วกับข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ยังไม่ทำการปรับแก้ (Image to Image)

3.4.2 การคัดเลือกข้อมูล (Feature Extraction)

การคัดเลือกข้อมูลเป็นกระบวนการที่จะคัดกรองเฉพาะข้อมูลที่มีความเกี่ยวข้องและจำเป็นในการศึกษาด้านการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM โดยการนำเอาข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแต่ละช่วงคลื่นหรือแบนด์ (Band) ทั้ง 7 แบนด์ของ Landsat-5 ซึ่งเป็นภาพขาวดำ มาทำภาพสีผสมบวก โดยใช้ 3 ช่วงคลื่นต่อหนึ่งภาพสีผสมบวกชนิดภาพสีผสมจริงหรือภาพสีผสมเท็จ ซึ่งจะช่วยให้กำหนดพื้นที่ตัวอย่างแต่ละประเภทเพื่อใช้ในการจำแนกแบบกำกับ ด้วยวิธีการแปลตีความหมายด้วยสายตามีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่น การใช้ภาพสีผสม R G B : 4 3 2 จะทำให้สามารถแยกพืชพรรณและพื้นน้ำออกจากกันได้อย่างดี เป็นต้น

ทำการตัดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมตามขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดงเพื่อลดขนาดข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมนอกพื้นที่ศึกษาที่ไม่จำเป็น ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการประมวลผลในการจำแนกข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์

จัดทำข้อมูล Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) เป็นการนำค่าความแตกต่างของการสะท้อนของพื้นผิว ระหว่างช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดกับช่วงคลื่นตามองเห็นสีแดงมาทำสัดส่วนกับค่าผลบวกของทั้งสองช่วงคลื่นเพื่อปรับให้เป็นลักษณะการกระจายตัวแบบปกติ ซึ่งค่า NDVI มีค่าตั้งแต่ -1 ถึง 1 โดยยังมีค่ามากก็จะแสดงถึงการที่พื้นผิวมีพืชพรรณปกคลุมอยู่หนาแน่น และนำข้อมูล NDVI นี้ไปช่วยในการพิจารณาการเลือกพื้นที่ตัวอย่างได้อีกด้วย

3.4.3 การเน้นคุณภาพข้อมูล (Image Enhancement)

ในขั้นตอนนี้จะใช้ซอฟต์แวร์ทำการเน้นความคมชัดของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยการปรับเปลี่ยนค่าจุดภาพหรือค่าระดับสีเทา จะทำให้เห็นความแตกต่างของวัตถุต่างชนิดกันได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งจะช่วยให้การแปลตีความด้วยสายตาเพื่อกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทำได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

3.4.4 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

(Land use and Land cover Classification)

3.4.4.1 ประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

จากการศึกษารายงานข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่พบภายในพื้นที่ศึกษานั้น ได้ทำจำแนกประเภทข้อมูลตามระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของกรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ.2555 ดังแสดงรายละเอียดรายละเอียดในตารางที่ 3.3 ประกอบด้วยระดับประเภทข้อมูลที่ 1 (Level 1) เป็นหลัก โดยทำการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในระดับที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่น้อยที่สุด ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ด พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และพื้นที่แหล่งน้ำ

เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงเนื้อที่ของพื้นที่ป่าพรุที่มีความสำคัญต่อการศึกษาในครั้งนี้จึงได้แยกพื้นที่ป่าพรุออกจากพื้นที่ป่าไม้ โดยพื้นที่ป่าพรุที่จัดเป็นระดับประเภทข้อมูลที่ 2 (Level 2) ซึ่งเป็นการแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในระดับที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่มากขึ้น ตารางที่ 3.3 แสดงการจำแนกการใช้ประโยชน์ในพื้นที่ศึกษา (ดัดแปลงจาก : ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน, 2555)

ประเภทข้อมูล	Code	รายละเอียด
พื้นที่เกษตรกรรม (Agricultural Land)	A	พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการเกษตรกรรมและการเลี้ยงสัตว์ ซึ่งรวมถึง ป่าลมน้ำมัน
พื้นที่ป่าไม้ (Forest Land)	F	บริเวณที่ต้นไม้ขนาดชนิดปกคลุมพื้นที่อยู่ ซึ่งรวมถึงป่าชนิดต่าง ๆ เช่น ป่าผลัดใบ ป่าไม่ผลัดใบ เป็นต้น
พื้นที่ป่าพรุ (Swamp forest)	F4	ป่าที่มีความอุดมสมบูรณ์ ป่าพรุที่เสื่อมโทรม
พื้นที่เบ็ดเตล็ด (Miscellaneous land)	M	พื้นที่อื่น ๆ นอกเหนือจากพื้นที่ดังกล่าวข้างต้น เช่น หาดทราย
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง (Urban and built-up land)	U	พื้นที่ที่มีการใช้ประโยชน์เพื่อการตั้งถิ่นฐานการอยู่อาศัยของมนุษย์ ตลอดจนสิ่งปลูกสร้างอื่น ๆ เช่น สถานที่ร้าง ถนน เป็นต้น
พื้นที่แหล่งน้ำ (Water body)	W	แหล่งน้ำที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ เช่น แม่น้ำ ลำคลอง หนองน้ำ บึง เป็นต้น แหล่งน้ำที่เกิดจากการสร้างของมนุษย์ เช่น บ่อน้ำ คลองชลประทาน เป็นต้น

3.4.4.2 การจำแนกแบบกำกับ (Supervised Classification)

ทำการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) โดยการเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ในการศึกษาครั้งนี้เป็นพื้นที่ปิดหลายเหลี่ยม (polygon) ของข้อมูลแต่ละประเภท จำนวนประเภทละ 25 พื้นที่ตัวอย่าง และแต่ละพื้นที่ตัวอย่างมีขนาดของจุดภาพอย่างน้อย 3×3 จุดภาพ ซึ่งยึดตามงานวิจัยของ (Jensen and Kiefer, 2007) เพื่อให้มีขนาดใหญ่มากพอที่จะนำไปคำนวณค่าทางสถิติได้ โดยการเลือกพื้นที่ตัวอย่างให้มีความถูกต้องตรงตามแต่ละประเภทข้อมูลจริง ต้องใช้วิธีการแปลความด้วยสายตา (visual image interpretation) เข้ามาช่วยในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง

หลังจากนั้นทำการจำแนกแบบกำกับจากข้อมูลทางสถิติที่ได้จากพื้นที่ตัวอย่าง โดยการเลือกใช้หลักการจำแนกแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood classification) ในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของจุดภาพทั้งหมด

3.4.5 การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment)

ประเมินความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลด้วยการสร้างตารางเมทริกซ์ค่าความคลาดเคลื่อน (error matrices) เพื่อหาค่าความถูกต้องโดยรวมและสัมประสิทธิ์แคปป่า โดยใช้ข้อมูลอ้างอิงเป็นข้อมูลชุดเดียวกันกับข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างในการจำแนกแบบกำกับ ทดแทนข้อมูลที่ได้จากการออกภาคสนาม เนื่องจากไม่สามารถทำการออกภาคสนามในพื้นที่ศึกษาได้ และนำข้อมูลอ้างอิงมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการจำแนก ดังแสดงในตัวอย่างตารางที่ 3.4 พร้อมแสดงค่า Producer's accuracy ที่บ่งบอกถึงอัตราส่วนของจำนวนข้อมูลที่ถูกจัดเข้ากลุ่มที่ต้องการต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มจากข้อมูลอ้างอิง ซึ่งถือเป็นการดูความถูกต้องในการทำงานของระบบที่ใช้จำแนก และ User's accuracy คืออัตราส่วนของจำนวนข้อมูลที่ได้รับการจำแนกเข้ากลุ่มที่ต้องการต่อจำนวนข้อมูลทั้งหมดของแต่ละกลุ่มที่ได้จากเครื่องคอมพิวเตอร์

ตารางที่ 3.4 แสดงตัวอย่างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrices) (ดัดแปลงจาก: วรวิทย์ อัครนิพัชร, 2558)

	ข้อมูลอ้างอิง					
	พื้นที่ชุมชนเมือง	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่แหล่งน้ำ	พื้นที่ชุมชน	พื้นที่เกษตรกรรม	รวมข้อมูลในภาพ
พื้นที่ชุมชนเมือง	70	5	0	13	0	88
พื้นที่ป่าไม้	3	55	0	0	0	58
พื้นที่แหล่งน้ำ	0	0	99	0	0	99
พื้นที่ชุมชน	0	0	4	37	0	41
พื้นที่เกษตรกรรม	0	0	0	0	121	121
รวมข้อมูลในคอมพิวเตอร์	73	60	103	50	121	407
Overall Accuracy = 382/407 = 93.86 %						
Producer's accuracy (Omission Error)			User's accuracy (Commission error)			
พื้นที่ชุมชนเมือง = 70/73 = 96 %	4 % Omission Error	พื้นที่ชุมชนเมือง = 70/88 = 80 %	20 % Commission error			
พื้นที่ป่าไม้ = 55/60 = 92 %	8 % Omission Error	พื้นที่ป่าไม้ = 55/58 = 95 %	5 % Commission error			
พื้นที่แหล่งน้ำ = 99/103 = 96 %	4 % Omission Error	พื้นที่แหล่งน้ำ = 99/99 = 100 %	0 % Commission error			
พื้นที่ชุมชน = 37/50 = 74 %	26 % Omission Error	พื้นที่ชุมชน = 37/41 = 90 %	10 % Commission error			
พื้นที่เกษตรกรรม = 20/22 = 100 %	0 % Omission Error	พื้นที่เกษตรกรรม = 121/121 = 100 %	0 % Commission error			

จากตัวอย่าง ตารางที่ 3.4 สามารถหาสัมประสิทธิ์แคปป่า (Kappa coefficient) ได้ดังนี้

$$K = \frac{N \sum_{i=1}^k n_{ii} - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}{N^2 - \sum_{i=1}^k n_{i+} n_{+i}}$$

จากสมการ

$$\begin{aligned} \text{จะได้} &= \frac{407 \times (70+55+99+37+121) - (88 \times 73) + (58 \times 60) + (99 \times 103) + (41 \times 50) + (121 \times 121)}{(407)^2 - (88 \times 73) + (58 \times 60) + (99 \times 103) + (41 \times 50) + (121 \times 121)} \\ &= 0.921 = 92.1 \% \quad (\text{ค่าสัมประสิทธิ์แคปป่ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีความน่าเชื่อถือสูง}) \end{aligned}$$

3.4.6 ผลลัพธ์ข้อมูลจากการจำแนก (Final Products)

ผลลัพธ์ในการจำแนกข้อมูลจะได้ออกมาในรูปแบบแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งต้องทำการปรับแต่งข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มความสมบูรณ์ของการจำแนก โดยใช้ข้อมูลอื่น ๆ ประกอบ เช่น การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมจาก google map ข้อมูลจากแผนที่ภูมิประเทศ เป็นต้น รวมถึงการกำจัดความแปลกปลอมของการจำแนก เช่น จุดภาพโดด ๆ ที่ไม่มีความสอดคล้องกับจุดภาพข้างเคียง เป็นต้น

3.5 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Change Detection)

นำข้อมูลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินที่จากการจำแนกแบบกำกับจำนวน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ พ.ศ. 2540 พ.ศ. 2547 และจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากกรมพัฒนาที่ดิน จำนวน 2 ช่วงเวลา ได้แก่ พ.ศ.2552 พ.ศ.2559 มาทำการวิเคราะห์เชิงพื้นที่ (spatial analysis) ด้วยการประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้พื้นที่โดยอาศัยตารางเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงของทั้งสองช่วงเวลา (change detection matrix) โดยใช้ฟังก์ชัน Tabulated area ในโปรแกรม ArcMap ซึ่งจะสามารถบอกได้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินเปลี่ยนแปลงไปเป็นประเภทใดหรือเพิ่มมาจากประเภทใด ซึ่งจะทำการพิจารณาของเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา ดังต่อไปนี้ พ.ศ.2540-2547 พ.ศ.2547-2552 พ.ศ.2552-2559 และ พ.ศ.2540-2559

แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลที่ได้จากการจำแนกแบบกำกับและข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินนั้นต้องมีการปรับค่าคุณลักษณะบางอย่างด้วยโปรแกรม ArcGIS เพื่อให้เกิดความสอดคล้องของข้อมูลก่อนการนำไปวิเคราะห์

3.6 การวิเคราะห์ผลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน (Analyzing land use and land cover change)

วิเคราะห์สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในเบื้องต้น ได้แก่ การพิจารณาสาเหตุจากกิจกรรมของมนุษย์ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ และการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศในปัจจุบันเบื้องต้น

บทที่ 4

ผลการศึกษา

4.1 ขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง

จากรูปที่ 4.1 ขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ หรือพรุโต๊ะแดงนั้นเกิดจากการลากขอบเขตพื้นที่โดยใช้หลักการดังต่อไปนี้

ขอบเขตพื้นที่รับน้ำบริเวณด้านทิศตะวันตก (เขาตะเว)

บริเวณพื้นที่เขาตะเวนั้นเป็นพื้นที่ที่มีการปรากฏของเส้นชั้นความสูงในแผนที่ภูมิประเทศ ดังนั้นสามารถลากแนวเส้นสันปันน้ำตามบริเวณสันเขาจากข้อมูลเส้นชั้นความสูงประกอบกับข้อมูลทางน้ำ และการลากเส้นสันปันน้ำนั้นไม่ลากตัดผ่านทางน้ำ

ขอบเขตพื้นที่รับน้ำบริเวณด้านทิศตะวันตกเฉียงเหนือ (ที่ราบลุ่มน้ำ)

พื้นที่บริเวณนี้ไม่ปรากฏเส้นชั้นความสูงในแผนที่ภูมิประเทศ ดังนั้นจึงใช้บริเวณพื้นที่ที่อยู่ในระดับความสูงที่สุดในบริเวณพื้นที่ราบนั้นเป็นแนวกำหนดแนวเส้นสันปันน้ำ และยึดทางน้ำใกล้เคียงเป็นพื้นที่รับน้ำตามธรรมชาติ

ขอบเขตพื้นที่รับน้ำบริเวณด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือ (จรดพื้นที่ทะเลอ่าวไทย)

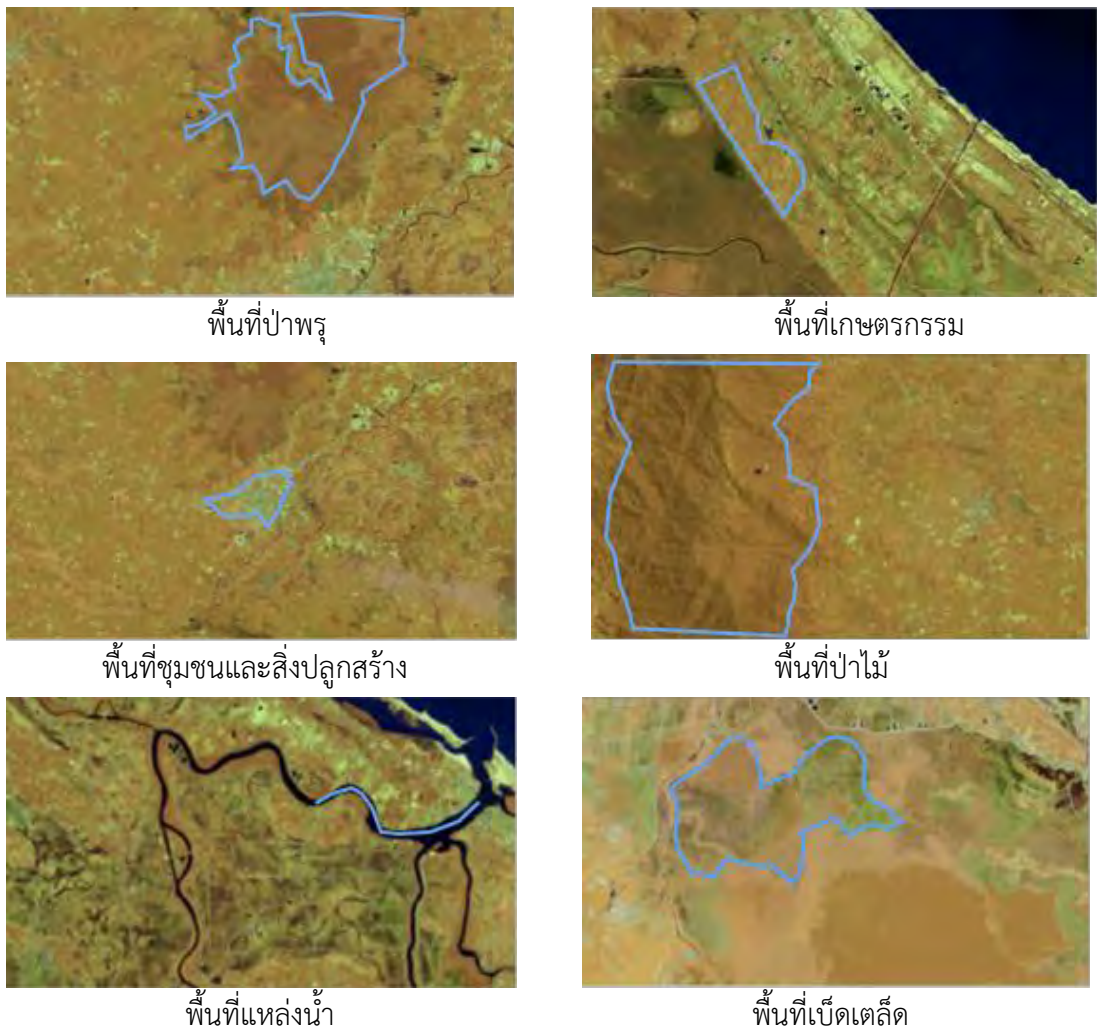
ขอบเขตพื้นที่รับน้ำในบริเวณนี้ใช้หลักการกำหนดขอบเขตพื้นที่รับน้ำตามสำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ ปี 2552 ว่าด้วยการยึดเอาตำแหน่งสันสุดแนวแผ่นดินเป็นขอบเขตรับน้ำในบริเวณที่มีพื้นที่ติดกับชายทะเล

ขอบเขตพื้นที่รับน้ำบริเวณด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ (จรดชายแดนไทย-มาเลเซีย)

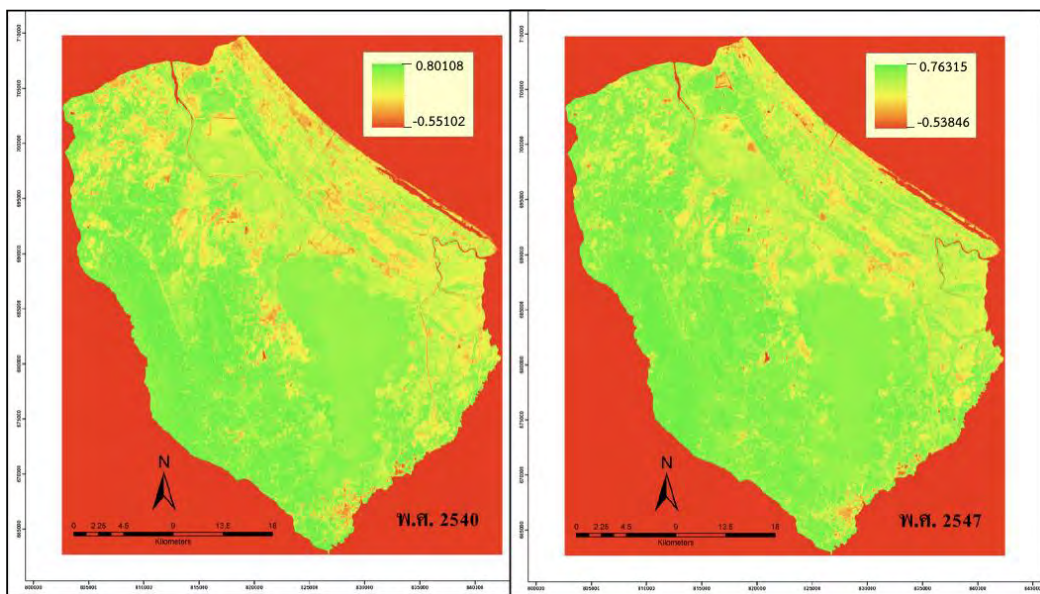
ตามสำนักวิจัยพัฒนาและอุทกวิทยา กรมทรัพยากรน้ำ ปี 2552 บริเวณขอบเขตพื้นที่รับน้ำยึดตามแนวเส้นแม่น้ำสุโขงไกลกซึ่งเป็นตัวแบ่งเขตแดนระหว่างประเทศไทยและมาเลเซีย

พื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดงตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดนราธิวาส ติดกับฝั่งทะเลอ่าวไทย และประเทศมาเลเซีย ดังแสดงในรูปที่ 4.1 มีเนื้อที่ประมาณ 1,125.70 ตารางกิโลเมตร โดยมีพื้นที่อยู่ในอำเภอเมืองนราธิวาส อำเภอเจาะไอร้อง อำเภอระแงะ อำเภอดากใบ อำเภอสุไหงปาดี และอำเภอสุไหงโกลก ทางน้ำสายสำคัญที่ไหลผ่านภายในพื้นที่รับน้ำนี้ได้แก่ แม่น้ำบางนรา แม่น้ำดากใบ แม่น้ำสุไหงโกลก และคลองโต๊ะแดง

พื้นที่รับน้ำนั้นมีความสำคัญในการพิจารณาต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เช่น หากเกิดการปนเปื้อนของสารเคมีเนื่องมาจากการเกษตรกรรมในบริเวณที่ใกล้กับแม่น้ำบางนราไหลผ่าน เมื่อเกิดการชะล้างจากน้ำฝน สายเคมีนั้นสามารถไหลไปตามแม่น้ำซึ่งไหลผ่านพื้นที่พรุ และส่งผลให้พื้นที่ป่าพรุนั้นเกิดการปนเปื้อนบนผิวดินได้



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากภาพถ่ายดาวเทียมสีผสม (RGB: 453)



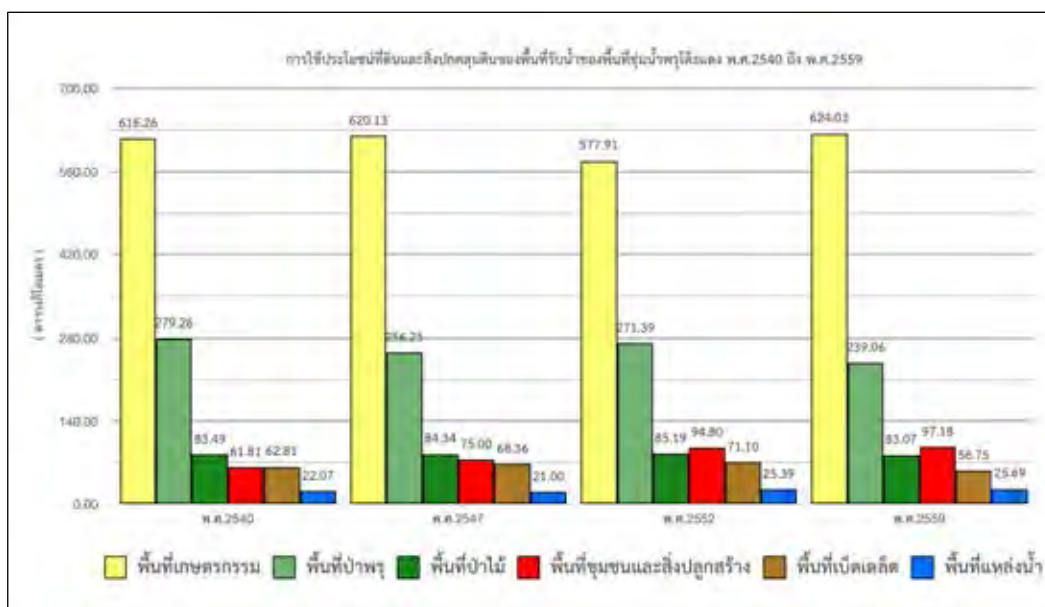
รูปที่ 4.3 แสดงแผนที่แสดงค่า NDVI ของพื้นที่ศึกษา

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากการแปลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM ความละเอียดจุดภาพ 30x30 เมตร ในปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 และการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559 ที่ได้จากการปรับแต่งข้อมูลจากกรมพัฒนาที่ดินดังแสดงในตารางที่ 4.1 พร้อมทั้งแสดงในรูปแบบกราฟแท่งแสดงข้อมูลประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินดังรูปที่ 4.3

ตารางที่ 4.1 การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

ประเภทข้อมูล	พ.ศ.2540 (ตร.กม.)	พ.ศ.2547 (ตร.กม.)	พ.ศ.2552 (ตร.กม.)	พ.ศ.2559 (ตร.กม.)
พื้นที่เกษตรกรรม	616.26	620.13	577.91	624.03
พื้นที่ป่าไม้	83.49	84.34	85.19	83.07
พื้นที่ป่าพรุ	279.26	256.25	271.39	239.06
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	62.81	68.36	71.10	56.75
พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง	61.81	75.00	94.80	97.18
พื้นที่แหล่งน้ำ	22.07	21.00	25.39	25.69



รูปที่ 4.4 แผนภูมิแท่งแสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

โดยต่อจากนี้ประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินนั้นจะแทนด้วยสัญลักษณ์สีดังต่อไปนี้ สีเหลืองอ่อนแทนพื้นที่เกษตรกรรม สีเขียวอ่อนแทนพื้นที่ป่าพรุ สีเขียวเข้มแทนพื้นที่ป่าไม้ สีแดงแทนพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง สีน้ำตาลแทนพื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งได้แก่ ที่ร้าง ทุ่งหญ้า ป่าละเมาะ หาดทราย และที่โล่ง และสีน้ำเงินแทนพื้นที่แหล่งน้ำ

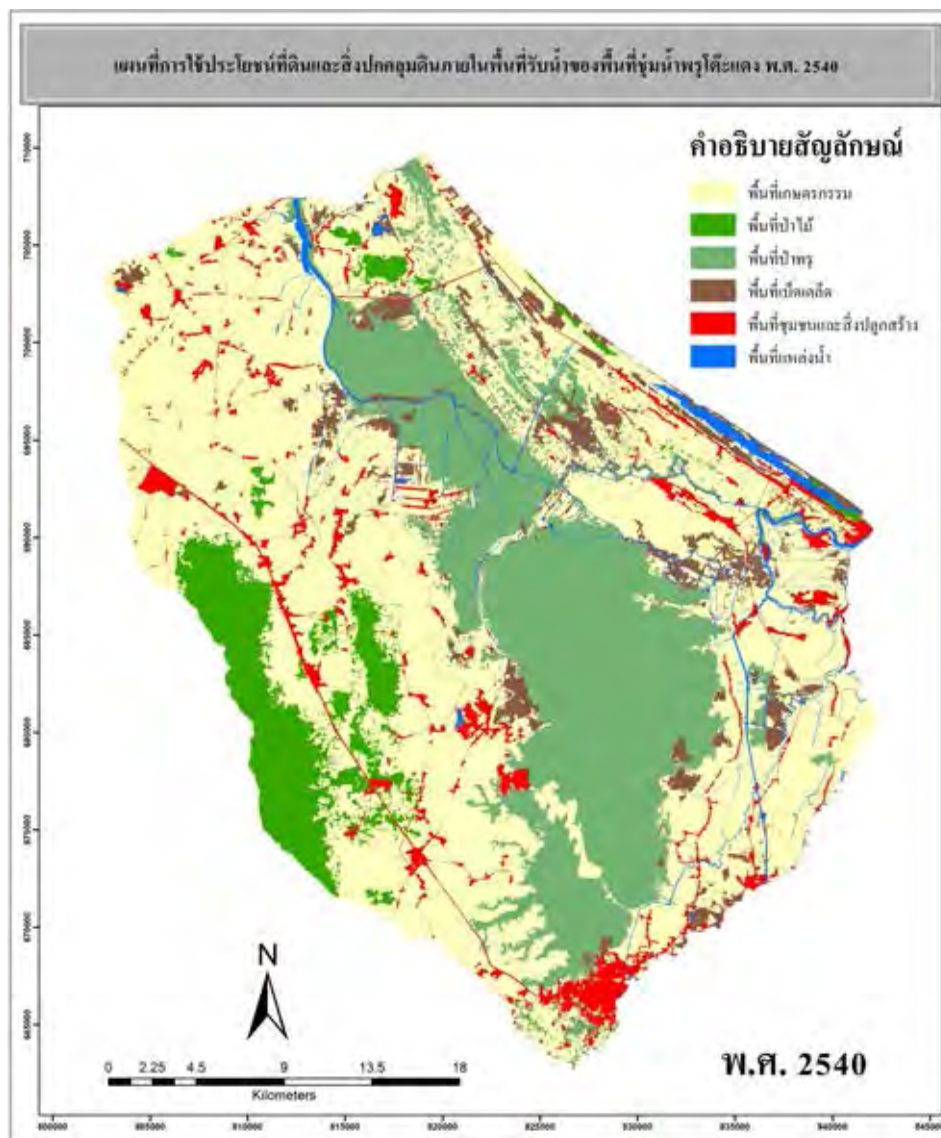
จากผลการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลา พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ. 2559 พบว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินในรูปแบบพื้นที่เกษตรกรรมนั้นมีมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งโดยมีปริมาณการใช้พื้นที่เกิน 570 ตารางกิโลเมตรหรือมากกว่า 50 % ของพื้นที่ทั้งหมดในทุกช่วงปี อันดับสองคือพื้นที่ป่าพรุโดยมีปริมาณมากที่สุดในปี พ.ศ.2540 มีเนื้อที่ 279 ตารางกิโลเมตร และมีปริมาณน้อยที่สุดในปี พ.ศ.2559 มีเนื้อที่ 239 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ป่าไม้นั้นมีปริมาณที่ค่อนข้างคงที่อยู่ในช่วงประมาณ 84 ตารางกิโลเมตร

ในขณะที่ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างนั้นมีแนวโน้มในการใช้ประโยชน์ที่ดินเพิ่มมากขึ้นทุกช่วงปี โดยในช่วงเวลา 20 ปีนั้นมีการขยายตัวถึงเกือบ 30 ตารางกิโลเมตร และในปี พ.ศ.2552 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างได้เพิ่มปริมาณจนมีเนื้อที่มากกว่าพื้นที่ป่าไม้

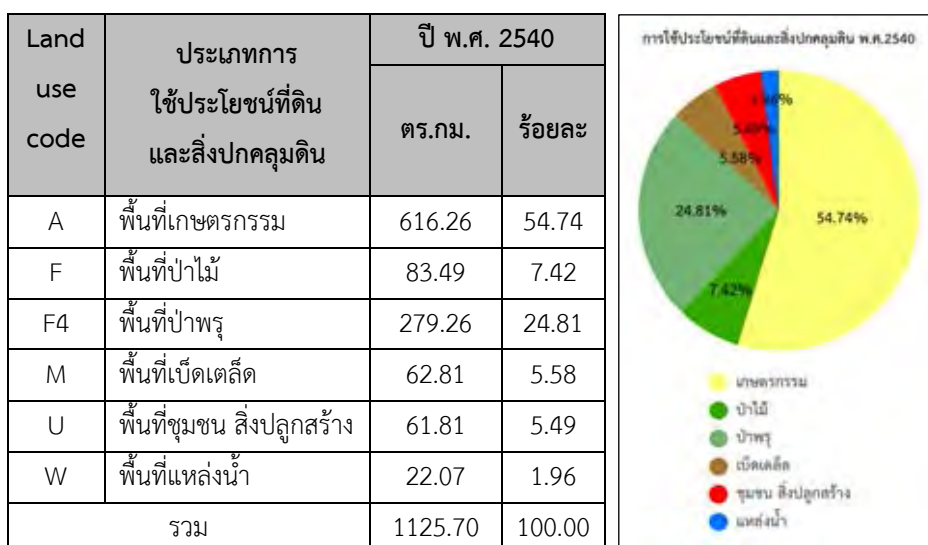
อีกทั้งพื้นที่เบ็ดเตล็ดที่ประกอบไปด้วยพื้นที่โล่ง ป่าละเมาะ ชายหาด และพื้นที่อื่น ๆ นั้นมีการเปลี่ยนแปลงในแต่ละช่วงปีที่แตกต่างกัน และพื้นที่แหล่งน้ำนั้นมีปริมาณน้อยที่สุดในประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินและมีปริมาณโดยประมาณอยู่ที่ 21-25 ตารางกิโลเมตร

พื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่มักเป็นบริเวณพื้นที่ภูเขาหรือพื้นที่ที่มีภูมิประเทศสูงชันโดยพบในด้านตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษาเป็นหลัก พื้นที่ป่าพรุพบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาที่ตั้งอยู่ในบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเฉลิมพระเกียรติสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ หรือพรุโต๊ะแดงและอาจพบบ้างในบริเวณด้านเหนือของพื้นที่ศึกษา พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างนั้นมีขนาดใหญ่มากที่สุดในบริเวณใต้สุดของพื้นที่ศึกษาหรือบริเวณตัวเมืองสุโขทัยเอง อีกทั้งพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างนั้นมักพบได้ทั่วไปในบริเวณที่มีถนนตัดผ่าน ซึ่งเป็นลักษณะโดยทั่วไปของการปลูกสร้างของมนุษย์ที่มักปลูกสร้างในบริเวณที่มีถนนตัดผ่าน พื้นที่แหล่งน้ำคือแม่น้ำสายสำคัญที่ไหลผ่านพื้นที่ได้แก่แม่น้ำบางนรา แม่น้ำตาโบ แม่น้ำสุโขทัย และคลองโต๊ะแดง จากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินพบว่า พื้นที่เกษตรกรรมที่พบนั้นส่วนใหญ่คือยางพารา ปาล์มน้ำมัน ข้าว ตามลำดับ โดยพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เบ็ดเตล็ดนั้นสามารถพบได้โดยรอบเขตพื้นที่พรุโต๊ะแดง

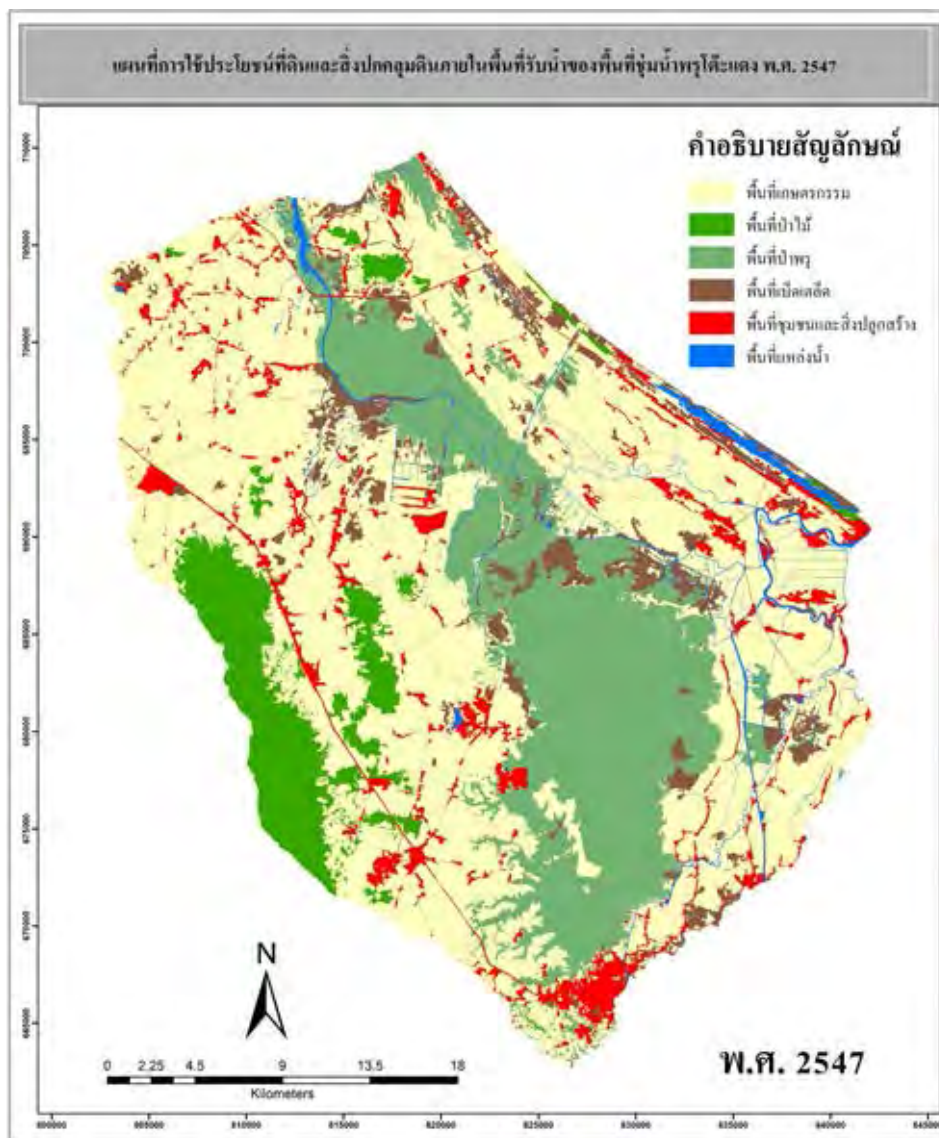
การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินภายในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง ปี พ.ศ. 2540 พ.ศ.2547 พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559 สามารถแสดงด้วยแผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน โดยแสดงข้อมูลประเภทการใช้พื้นที่ด้วยสัญลักษณ์สี ดังแสดงในรูปที่ 4.5 4.6 4.7 และ 4.8 ตามลำดับ



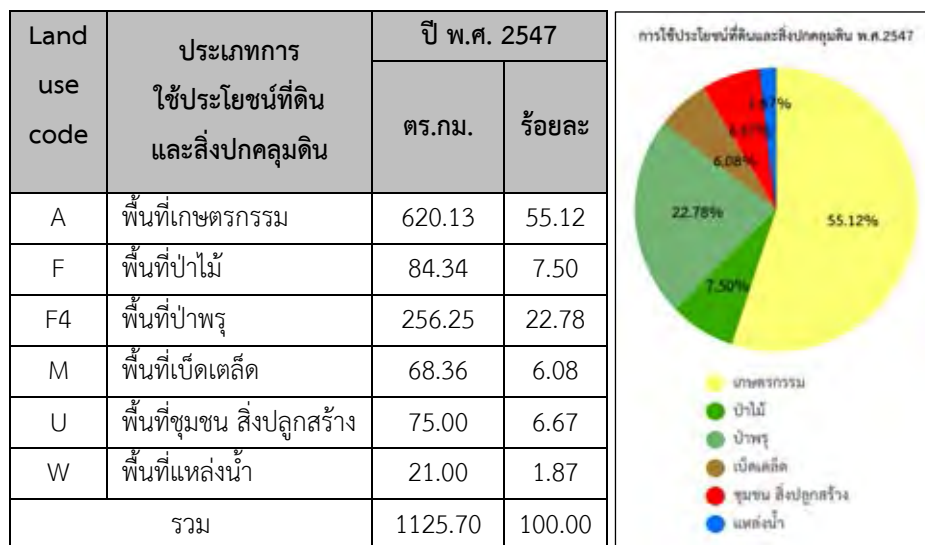
รูปที่ 4.5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540



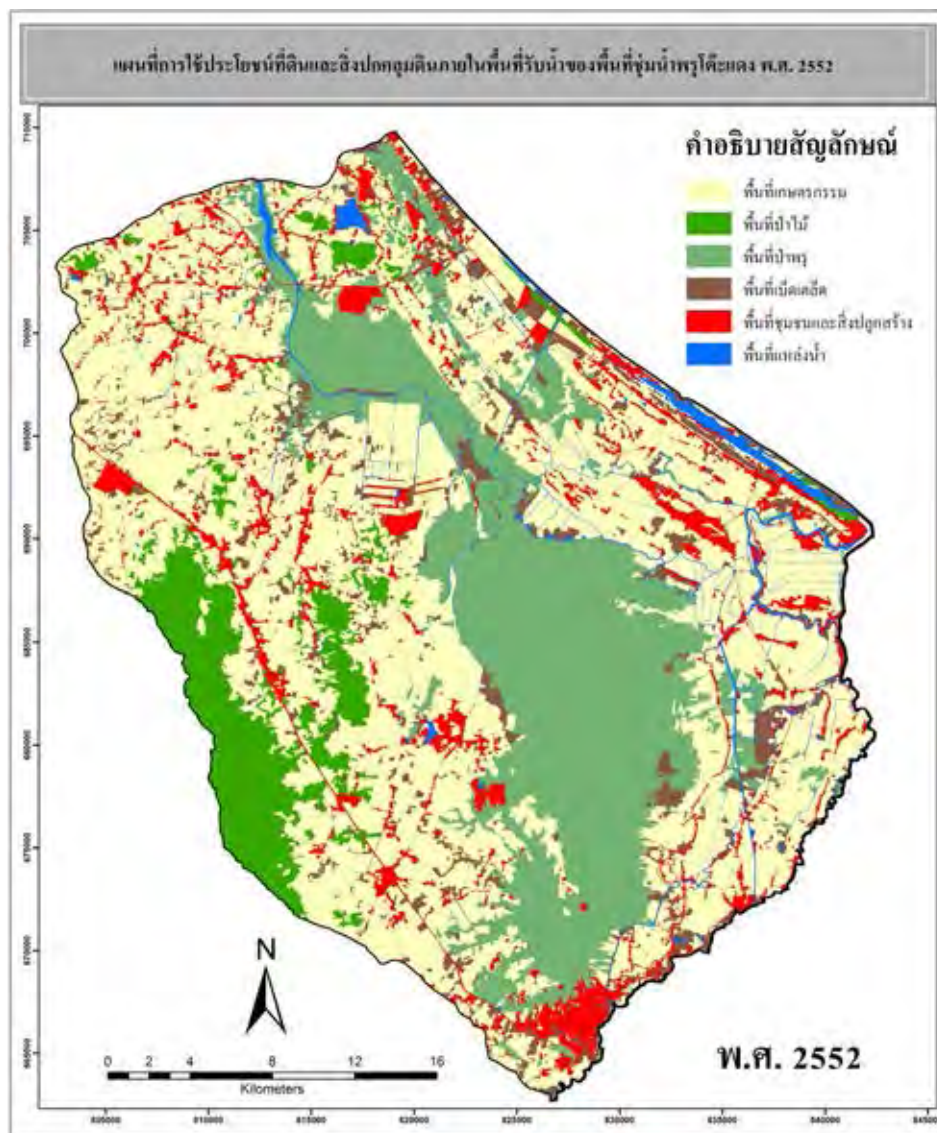
ตารางที่ 4.2 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 พร้อมแสดงแผนภูมิวงกลม



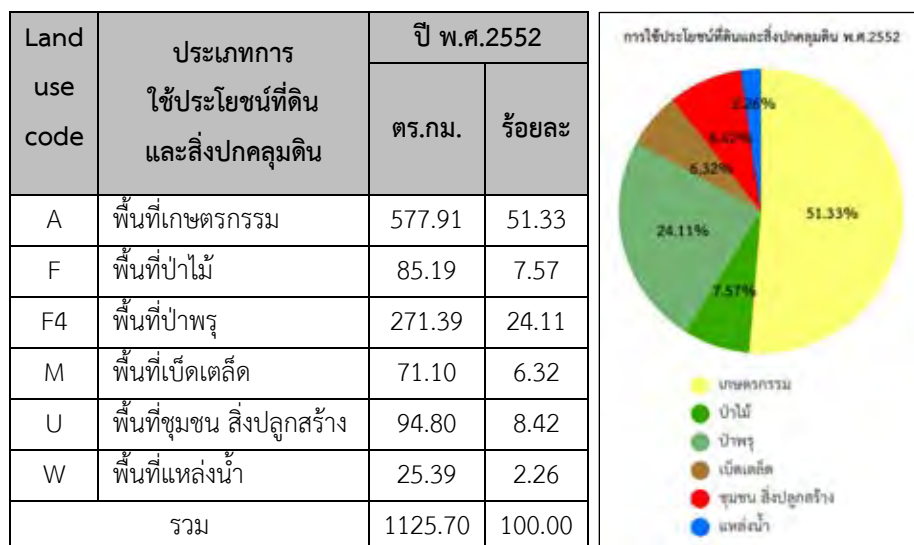
รูปที่ 4.6 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547



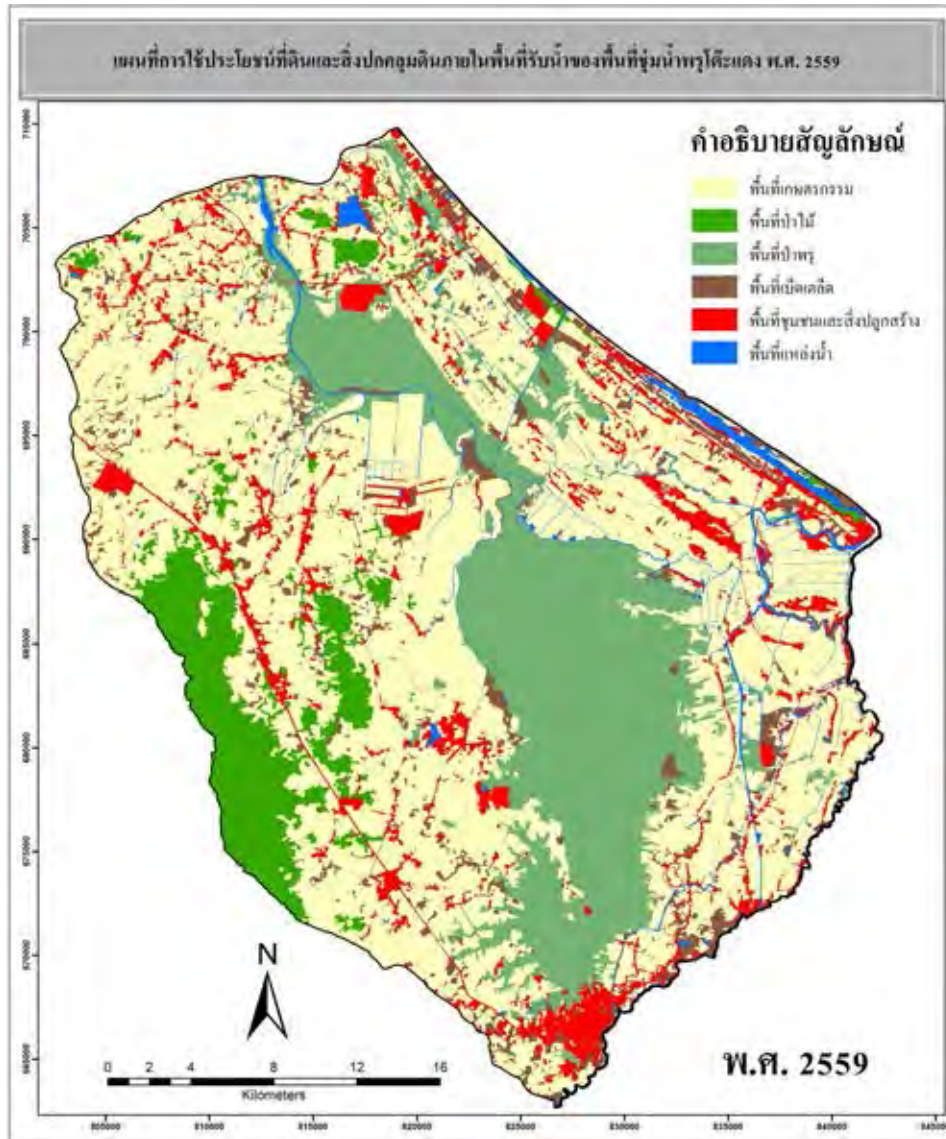
ตารางที่ 4.3 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547 พร้อมแสดงแผนภูมิวงกลม



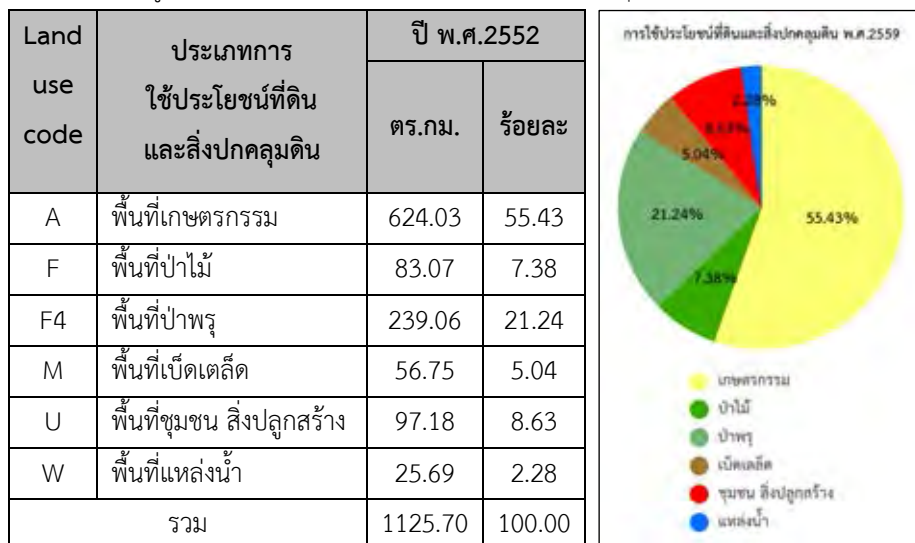
รูปที่ 4.7 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2552



ตารางที่ 4.4 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2552 พร้อมแสดงแผนภูมิวงกลม



รูปที่ 4.8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2559



ตารางที่ 4.5 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2559 พร้อมแสดงแผนภูมิวงกลม

4.3 การประเมินความถูกต้องของการจำแนก

การประเมินความถูกต้องของการจำแนกของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินของปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 นั้นใช้ข้อมูลอ้างอิงจากพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ที่ใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน เพราะเนื่องจากในการศึกษาครั้งนี้ไม่ได้มีการออกภาคสนาม และใช้จุดตัวอย่างอ้างอิงจำนวน 9,790 จุดภาพในปี พ.ศ.2540 และ 7,590 จุดภาพ ในปี พ.ศ.2547

ผลการประเมินความถูกต้องในการจำแนกของปี พ.ศ.2540 ดังแสดงตารางที่ 4.6 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 0.9064 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปป่าเท่ากับ 0.8723 ผลการประเมินความถูกต้องในการจำแนกของปี พ.ศ.2547 ดังแสดงตารางที่ 4.7 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 0.9018 และมีค่าสัมประสิทธิ์แคปป่าเท่ากับ 0.8712 กล่าวข้างต้นกล่าวได้ว่าผลการประเมินความถูกต้องของทั้งสองช่วงเวลามีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าอยู่ในช่วงการยอมรับได้สูง

พื้นที่ป่าพรุและพื้นที่ป่าไม้นั้นมีค่าการดูกลับรังสีที่ใกล้เคียงกันเนื่องจากชนิดของพืชพรรณบางชนิดนั้นขึ้นทั้งในป่าพรุและป่าไม้ ทำให้การจำแนกข้อมูลโดยใช้ความแตกต่างเชิงรังสีอย่างเดียวนั้นทำได้ยาก โดยค่าความแม่นยำของผู้ปฏิบัติงาน (User's accuracy) ในการจำแนกพื้นที่ป่าต่ำสุดนั้นอยู่ที่ 69.61 %

พื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง นั้นสามารถจำแนกได้ง่ายเนื่องจากมีโทนสีและค่าการสะท้อนเชิงรังสีของจุดภาพประเภทนี้ที่มีความแตกต่างกับข้อมูลจุดภาพของประเภทการใช้พื้นที่ชนิดอื่น ๆ และเมื่อพิจารณาที่ค่าความแม่นยำของผู้ปฏิบัติงานมีค่าสูงถึง 90 % จากทั้งสองช่วงปี

การแยกพื้นที่เปิดเตล็ดนั้นก็สามารถทำได้ยากเนื่องจากพื้นที่เปิดเตล็ดนั้นครอบคลุมหลายพื้นที่เช่น ฆาดหาด พื้นที่ว่างเปล่า พื้นที่ป่าละเมาะ หรือทุ่งหญ้า เป็นต้น ดังนั้นการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของพื้นที่นี้จึงทำได้ยากโดยค่าความแม่นยำของผู้ปฏิบัติงานในการจำแนกพื้นที่เปิดเตล็ดนั้นต่ำสุดอยู่ที่ 66.22 %

อย่างไรก็ตามการใช้ข้อมูลอ้างอิงจากพื้นที่ตัวอย่างที่ใช้ในการจำแนกข้อมูลนั้น โดยปกติจะให้ผลการประเมินความถูกต้องที่ให้ความแม่นยำในการจำแนกที่สูงกว่าการเลือกใช้ข้อมูลอ้างอิงที่ได้จากการออกภาคสนาม เนื่องจากการใช้ข้อมูลอ้างอิงจากพื้นที่ตัวอย่างนี้จะมีความคลาดเคลื่อนเนื่องจากความเห็นของผู้วิเคราะห์ (Bias) และเนื่องจากข้อจำกัดในด้านความปลอดภัยจึงทำให้การศึกษาในครั้งนี้ไม่สามารถทำการออกภาคสนามเนื่องด้วยพื้นที่ศึกษานั้นตั้งอยู่ใกล้พื้นที่ที่เกิดความไม่สงบในบริเวณสามจังหวัดชายแดนภาคใต้

ตารางที่ 4.6 ตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน ปี พ.ศ.2540

ประเภทข้อมูล	ข้อมูลอ้างอิง (Training Area)						ผลรวมของแถว
	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าพรุ	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่แหล่งน้ำ	
พื้นที่เกษตรกรรม	2684	1	18	1	1	0	2705
พื้นที่ป่าไม้	0	1079	471	0	0	0	1550
พื้นที่ป่าพรุ	15	174	3451	33	0	9	3682
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	53	0	86	343	19	17	518
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	4	0	0	10	306	0	320
พื้นที่แหล่งน้ำ	0	4	0	0	0	1011	1015
ผลรวมของคอลัมน์	2756	1258	4026	387	326	1037	9790
Overall accuracy = 8874/9790 = 0.9064							
Producer's accuracy				User's accuracy			
พื้นที่เกษตรกรรม = $(2684/2756) \times 100 = 97.39\%$				พื้นที่เกษตรกรรม = $(2684/2705) \times 100 = 99.22\%$			
พื้นที่ป่าไม้ = $(1079/1258) \times 100 = 85.77\%$				พื้นที่ป่าไม้ = $(1079/1550) \times 100 = 69.61\%$			
พื้นที่ป่าพรุ = $(3451/4026) \times 100 = 85.71\%$				พื้นที่ป่าพรุ = $(3451/3682) \times 100 = 93.72\%$			
พื้นที่เบ็ดเตล็ด = $(343/387) \times 100 = 88.63\%$				พื้นที่เบ็ดเตล็ด = $(343/518) \times 100 = 66.22\%$			
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง = $(306/326) \times 100 = 93.86\%$				พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง = $(306/320) \times 100 = 95.63\%$			
พื้นที่แหล่งน้ำ = $(1011/1037) \times 100 = 97.49\%$				พื้นที่แหล่งน้ำ = $(1011/1015) \times 100 = 99.61\%$			
Kappa coefficient = 0.8723							

ตารางที่ 4.7 ตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน ปี พ.ศ.2547

ประเภทข้อมูล	ข้อมูลอ้างอิง (Training Area)						ผลรวมของแถว
	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าพรุ	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่แหล่งน้ำ	
พื้นที่เกษตรกรรม	866	4	19	9	0	0	898
พื้นที่ป่าไม้	4	954	302	0	0	0	1260
พื้นที่ป่าพรุ	25	79	2755	45	0	15	2919
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	72	4	39	516	38	22	691
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	3	1	0	1	498	2	505
พื้นที่แหล่งน้ำ	0	1	13	47	0	1256	1317
ผลรวมของคอลัมน์	970	1043	3128	618	536	1295	7590
Overall accuracy = 6845/7590 = 0.9018							
Producer's accuracy				User's accuracy			
พื้นที่เกษตรกรรม = $(866/970) \times 100 = 89.28\%$				พื้นที่เกษตรกรรม = $(866/898) \times 100 = 96.44\%$			
พื้นที่ป่าไม้ = $(954/1043) \times 100 = 91.47\%$				พื้นที่ป่าไม้ = $(954/1260) \times 100 = 75.71\%$			
พื้นที่ป่าพรุ = $(2755/3128) \times 100 = 88.08\%$				พื้นที่ป่าพรุ = $(2755/2919) \times 100 = 94.38\%$			
พื้นที่เบ็ดเตล็ด = $(516/618) \times 100 = 83.50\%$				พื้นที่เบ็ดเตล็ด = $(516/691) \times 100 = 74.67\%$			
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง = $(498/536) \times 100 = 92.91\%$				พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง = $(498/505) \times 100 = 98.61\%$			
พื้นที่แหล่งน้ำ = $(1256/1295) \times 100 = 96.99\%$				พื้นที่แหล่งน้ำ = $(1256/1317) \times 100 = 95.37\%$			
Kappa coefficient = 0.8712							

4.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในปี พ.ศ.2540 พ.ศ.2547 พ.ศ.2552 และพ.ศ.2559 นำมาทำการศึกษาสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงใน 4 ช่วงเวลา ดังแสดงในตารางที่ 4.8 ถึง ตารางที่ 4.11 ได้แก่

- การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547
- การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552
- การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559
- การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

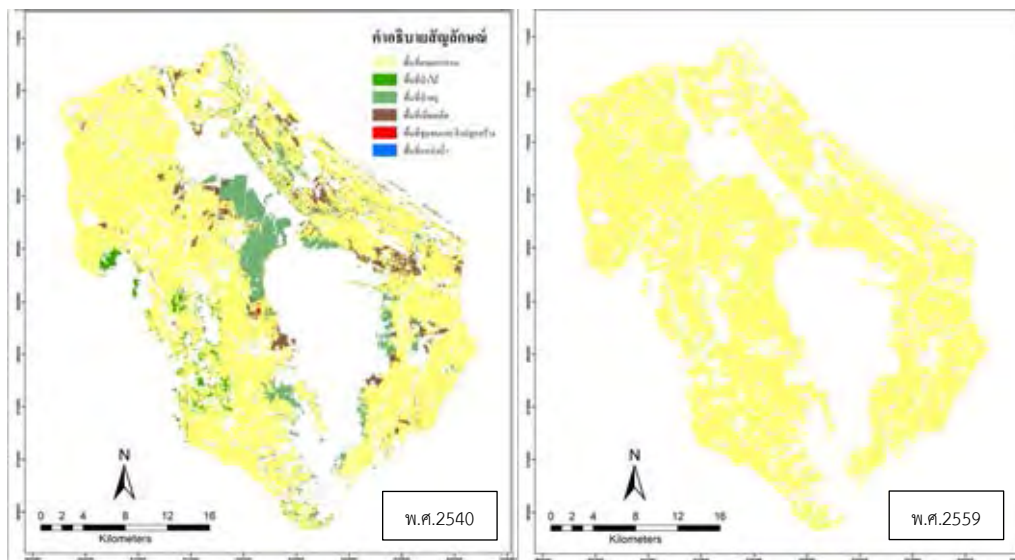
โดยการจัดทำการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาดังที่กล่าวมานั้นสามารถช่วยในการพิจารณาสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์และสิ่งปกคลุมดินที่มีเปลี่ยนไป โดยอยู่ในรูปตารางเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงของทั้งสองช่วงเวลา (change detection matrix) ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม ArcMap โดยใช้ฟังก์ชัน Tabulated area

วิธีการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนการใช้ประโยชน์พื้นที่จากตารางเมทริกซ์การเปลี่ยนแปลงของสองช่วงเวลาหรือตารางแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน สามารถทำได้ดังต่อไปนี้

เมื่อทำการพิจารณาตารางแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมในแนวคอคลัมน์ ดังแสดงในรูปที่ 4.9 จะพบว่า พ.ศ. 2559 มีพื้นที่เกษตรกรรมทั้งหมด 624.03 ตารางกิโลเมตร ซึ่งเดิมเป็นเนื้อที่เกษตรกรรมจากปี พ.ศ. 2540 อยู่แล้ว จำนวน 514.36 ตารางกิโลเมตร และมีเพิ่มขึ้นจากพื้นที่ป่าไม้ ป่าพรุ เบ็ดเตล็ด ชุมชน และสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ ในปี พ.ศ. 2540 จำนวน 13.47 ตร.กม. 61.81 ตร.กม. 32.15 ตร.กม. 2.12 ตร.กม. และ 0.48 ตร.กม. ตามลำดับ

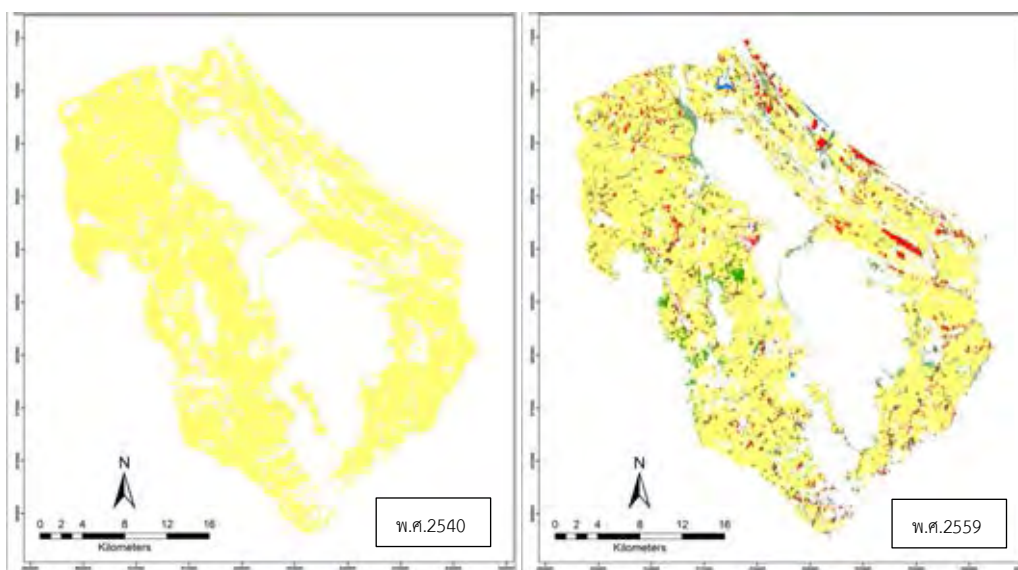
เมื่อทำการพิจารณาตารางแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ของการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เกษตรกรรมในแนวแถว ดังแสดงในรูปที่ 4.10 จะพบว่า พื้นที่การเกษตรกรรมในปี พ.ศ.2540 ที่มีจำนวนทั้งหมด 616.26 ตารางกิโลเมตร ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าไม้ ป่าพรุ เบ็ดเตล็ด ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง และแหล่งน้ำ ในปี พ.ศ.2559 จำนวน 12.47 ตร.กม. 21.36 ตร.กม. 33.71 ตร.กม. 30.83 ตร.กม. และ 3.48 ตร.กม. ตามลำดับ และยังคงเหลือเป็นพื้นที่เกษตรกรรมดั้งเดิมในปี พ.ศ. 2559 จำนวน 514.36 ตร.กม.

แต่อย่างไรก็ตามตารางแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินนั้นก็บอกเพียงจำนวนสัดส่วนพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์พื้นที่ แต่ไม่ได้ระบุพิกัดบริเวณพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลง



พ.ศ.2559 \ พ.ศ.2540	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าพรุ	พื้นที่บึงเกลือ	พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่แหล่งน้ำ	รวมพื้นที่ (ตร.กม.)
พื้นที่เกษตรกรรม	514.36	12.47	21.36	33.71	30.83	3.48	616.26
พื้นที่ป่าไม้	13.47	68.93	0.18	0.63	0.18	0.08	83.49
พื้นที่ป่าพรุ	61.81	0.15	208.59	4.70	3.28	0.83	279.26
พื้นที่บึงเกลือ	32.15	0.98	7.93	16.56	4.12	1.04	62.81
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	2.12	0.24	0.25	0.63	58.53	0.08	61.81
พื้นที่แหล่งน้ำ	0.48	0	0.96	0.08	0.03	20.48	22.07
รวมพื้นที่ (ตร.กม.)	624.03	83.07	239.10	56.75	97.18	25.98	1125.70

รูปที่ 4.9 สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แต่ละชนิดใน พ.ศ.2540 ที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมใน พ.ศ.2559 (ในกรอบสีแดง)



พ.ศ.2559 \ พ.ศ.2540	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าพรุ	พื้นที่บึงเกลือ	พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่แหล่งน้ำ	รวมพื้นที่ (ตร.กม.)
พื้นที่เกษตรกรรม	514.36	12.47	21.36	33.71	30.83	3.48	616.26
พื้นที่ป่าไม้	13.47	68.93	0.18	0.63	0.18	0.08	83.49
พื้นที่ป่าพรุ	61.81	0.15	208.59	4.70	3.28	0.83	279.26
พื้นที่บึงเกลือ	32.15	0.98	7.93	16.56	4.12	1.04	62.81
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	2.12	0.24	0.25	0.63	58.53	0.08	61.81
พื้นที่แหล่งน้ำ	0.48	0	0.96	0.08	0.03	20.48	22.07
รวมพื้นที่ (ตร.กม.)	624.03	83.07	239.10	56.75	97.18	25.98	1125.70

รูปที่ 4.10 สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมใน พ.ศ.2540 ที่เปลี่ยนไปเป็นพื้นที่แต่ละชนิดใน พ.ศ.2559 (ในกรอบสีแดง)

4.4.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547

ตารางที่ 4.8 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547

พ.ศ.2540 \ พ.ศ.2547	พื้นที่ เกษตรกรรม	พื้นที่ ป่าไม้	พื้นที่ ป่าพรุ	พื้นที่ เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูก สร้าง	พื้นที่ แหล่งน้ำ	รวมพื้นที่ (ตร.กม.)
พื้นที่เกษตรกรรม	547.65	8.70	22.27	23.66	13.83	0.15	616.26
พื้นที่ป่าไม้	9.05	74.01	0.35	0.00	0.08	0.00	83.49
พื้นที่ป่าพรุ	33.29	0.78	227.39	16.36	1.11	0.33	279.26
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	26.95	0.68	5.92	28.37	0.88	0.03	62.81
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	1.79	0.03	0.20	0.35	59.44	0.00	61.81
พื้นที่แหล่งน้ำ	1.11	0.00	0.43	0.20	0.00	20.30	22.07
รวมพื้นที่ (ตร.กม.)	620.13	84.34	256.25	68.36	75.00	21.00	1125.70

จากตารางลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2547 (ตารางที่ 4.8) พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ป่าไม้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด พื้นที่ป่าพรุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือจาก 279.26 ตารางกิโลเมตร ลดลงเป็น 256.25 ตารางกิโลเมตร ลดลงไป 23.01 ตารางกิโลเมตร โดยมีการเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่เบ็ดเตล็ดตามลำดับ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 61.81 ตารางกิโลเมตร เป็น 75.00 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้น 13.19 ตารางกิโลเมตร โดยเพิ่มมาจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นหลัก

4.4.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552

ตารางที่ 4.9 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552

พ.ศ.2547 \ พ.ศ.2552	พื้นที่ เกษตรกรรม	พื้นที่ ป่าไม้	พื้นที่ ป่าพรุ	พื้นที่ เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูก สร้าง	พื้นที่ แหล่งน้ำ	รวมพื้นที่ (ตร.กม.)
พื้นที่เกษตรกรรม	517.97	9.58	33.34	36.13	19.77	3.67	620.13
พื้นที่ป่าไม้	8.18	74.62	0.83	0.58	0.10	0.03	84.34
พื้นที่ป่าพรุ	28.96	0.15	218.92	5.93	1.89	0.40	256.25
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	19.52	1.06	17.93	27.61	1.74	0.5	68.36
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	2.83	0.00	0.15	0.45	71.47	0.10	75.00
พื้นที่แหล่งน้ำ	0.03	0.00	0.28	0.00	0.00	20.69	21.00
รวมพื้นที่ (ตร.กม.)	577.91	85.19	271.39	71.10	94.80	25.39	1125.70

จากตารางลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2547 ถึง พ.ศ. 2552 (ตารางที่ 4.9) พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ป่าไม้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด โดยมีการเพิ่มขึ้น 4.39 และ 0.85 ตารางกิโลเมตร ตามลำดับ พื้นที่เกษตรกรรมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือจาก 620.13 ตารางกิโลเมตร ลดลงเป็น 577.91 ตารางกิโลเมตร ลดลงไป 42.22 ตารางกิโลเมตร ซึ่งพื้นที่เกษตรกรรมนั้นส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ดและพื้นที่ป่าพรุตามลำดับ อีกทั้งพื้นที่ป่าพรุยังมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นจาก 256.25 ตารางกิโลเมตรเป็น 271.39 ตารางกิโลเมตรซึ่งเพิ่มขึ้นถึง 15.14 ตารางกิโลเมตร และส่วนใหญ่เป็นการเพิ่มขึ้นมาจากพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีปริมาณเพิ่มขึ้นจาก 75.00 ตารางกิโลเมตร เป็น 94.80 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้น 19.80 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ชุมชนเมื่อนั้นขยายตัวมาจากพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่

4.4.3 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559

ตารางที่ 4.10 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559

พ.ศ.2552 \ พ.ศ.2559	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าพรุ	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ชุมชนสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่แหล่งน้ำ	รวมพื้นที่ (ตร.กม.)
พื้นที่เกษตรกรรม	574.32	0.00	0.00	2.53	0.40	0.02	577.91
พื้นที่ป่าไม้	2.02	82.95	0.00	0.15	0.051	0.00	85.19
พื้นที่ป่าพรุ	31.45	0.00	239.06	0.25	0.152	0.152	271.39
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	15.46	0.00	0.00	53.59	1.92	0.02	71.10
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	0.00	0.00	0.00	0.00	94.61	0.00	94.80
พื้นที่แหล่งน้ำ	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	25.39	25.39
รวมพื้นที่ (ตร.กม.)	624.03	83.07	239.06	56.75	97.18	25.69	1125.70

จากตารางลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2552 ถึง พ.ศ. 2559 (ตารางที่ 4.10) พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ป่าไม้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด พื้นที่เกษตรกรรมนั้นมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดคือจาก 577.91 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้นเป็น 624.03 ตารางกิโลเมตร เพิ่มขึ้น 46.12 ตารางกิโลเมตร โดยเพิ่มขึ้นจากพื้นที่ป่าพรุถึง 31.45 ตารางกิโลเมตรและเพิ่มจากพื้นที่เบ็ดเตล็ดจำนวน 15.46 ตารางกิโลเมตร พื้นที่ป่าพรุยังมีปริมาณลดลงขึ้นจาก 271.39 ตารางกิโลเมตร เหลือ 239.06 ตารางกิโลเมตร ซึ่งลดลงถึง 32.33 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีปริมาณเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับช่วงเวลาที่ผ่านมา โดยเพิ่มขึ้นประมาณ 3 ตารางกิโลเมตร

4.4.4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์พื้นที่ พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

ตารางที่ 4.11 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินระหว่างปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559

พ.ศ.2540 \ พ.ศ.2559	พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ป่าพรุ	พื้นที่เบ็ดเตล็ด	พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูก สร้าง	พื้นที่ แหล่งน้ำ	รวมพื้นที่ (ตร.กม.)
พื้นที่เกษตรกรรม	514.36	12.47	21.36	33.71	30.83	3.48	616.26
พื้นที่ป่าไม้	13.47	68.93	0.18	0.63	0.18	0.08	83.49
พื้นที่ป่าพรุ	61.81	0.15	208.59	4.70	3.28	0.83	279.26
พื้นที่เบ็ดเตล็ด	32.15	0.98	7.93	16.56	4.12	1.04	62.81
พื้นที่ชุมชน สิ่งปลูกสร้าง	2.12	0.24	0.25	0.63	58.53	0.08	61.81
พื้นที่แหล่งน้ำ	0.48	0	0.96	0.08	0.03	20.48	22.07
รวมพื้นที่ (ตร.กม.)	624.03	83.07	239.10	56.75	97.18	25.98	1125.70

จากตารางลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2540 ถึง พ.ศ. 2559 (ตารางที่ 4.11) พบว่าพื้นที่แหล่งน้ำและพื้นที่ป่าไม้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด พื้นที่ป่าพรุมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด จากปี พ.ศ. 2540 มีจำนวน 279.26 ตารางกิโลเมตร ลดลงเหลือ 239.10 ตารางกิโลเมตร ในปี พ.ศ. 2559 โดยลดลงไปถึง 40.16 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ป่าพรุที่ลดลงนั้นส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่เกษตรกรรมนั้นภาพรวมมีการเพิ่มขึ้นประมาณ 8 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีการขยายตัวสูงถึง 35.37 ตารางกิโลเมตร โดยเป็นการขยายตัวมาจากพื้นที่เดิมที่เคยเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่

บทที่ 5

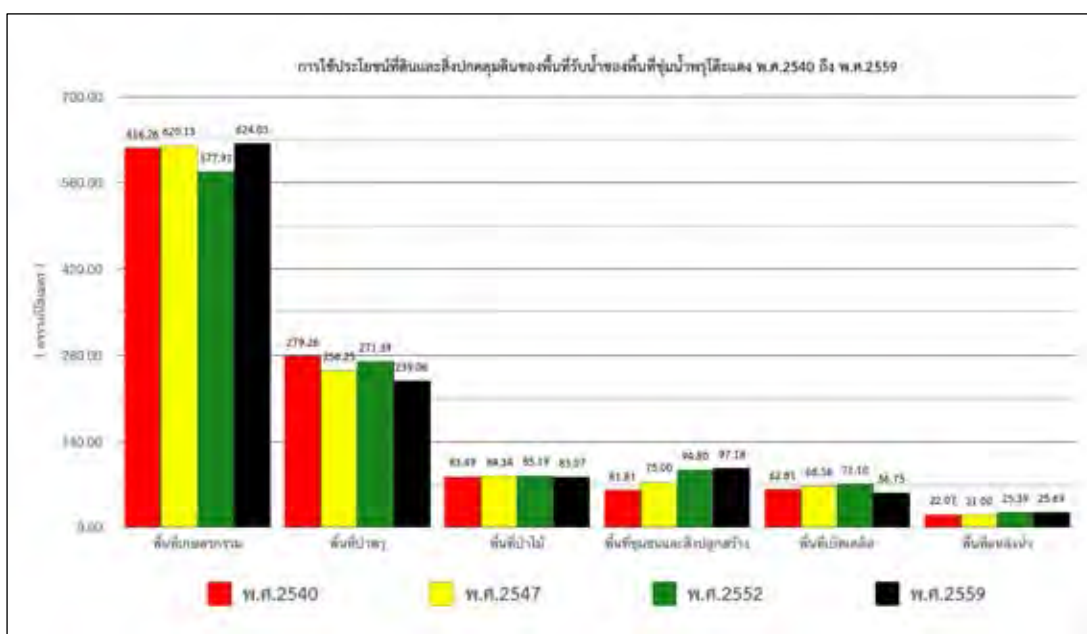
อภิปรายและสรุปผลการศึกษา

5.1 การวิเคราะห์การประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

จากข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลา ปี พ.ศ. 2540 พ.ศ. 2547 พ.ศ. 2552 และ พ.ศ.2559 สามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิแท่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประเภทของใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละช่วงปีในแนวแกนตั้งและปริมาณของพื้นที่ (ตารางกิโลเมตร) ในแนวแกนนอน ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ในช่วงเวลาตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559 ดังแสดงในรูปที่ 5.1 กล่าวได้ว่าพื้นที่เกษตรกรรมนั้นมีจำนวนพื้นที่มากเป็นอันดับหนึ่งซึ่งสัมพันธ์กับข้อมูลพื้นฐานการเกษตรจังหวัดนราธิวาสที่ระบุว่าพื้นที่ทางการเกษตรกรรมนั้นมีมากถึงร้อยละ 50 ของพื้นที่ทั้งหมดภายในจังหวัดนราธิวาส พื้นที่ป่าพรุมีมากเป็นอันดับสอง พื้นที่ป่าไม้มีมากเป็นอันดับสาม ก่อนที่ในช่วงปี พ.ศ.2552 จะมีพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่ขยายตัวจนมีพื้นที่มากกว่าพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ดและพื้นที่แหล่งน้ำมีจำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่น้อยที่สุดตามลำดับ

พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าพรุ และพื้นที่เบ็ดเตล็ดนั้นมีการเปลี่ยนแปลงปริมาณเนื้อที่ทั้งเพิ่มขึ้นและลดลงในช่วงเวลา 20 ปี ในขณะที่พื้นที่ป่าไม้และพื้นที่แหล่งน้ำนั้นมีการเปลี่ยนแปลงของจำนวนพื้นที่ที่ไม่มาก และพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีการเพิ่มขึ้นตลอดในช่วงเวลาที่ทำการพิจารณา



รูปที่ 5.1 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

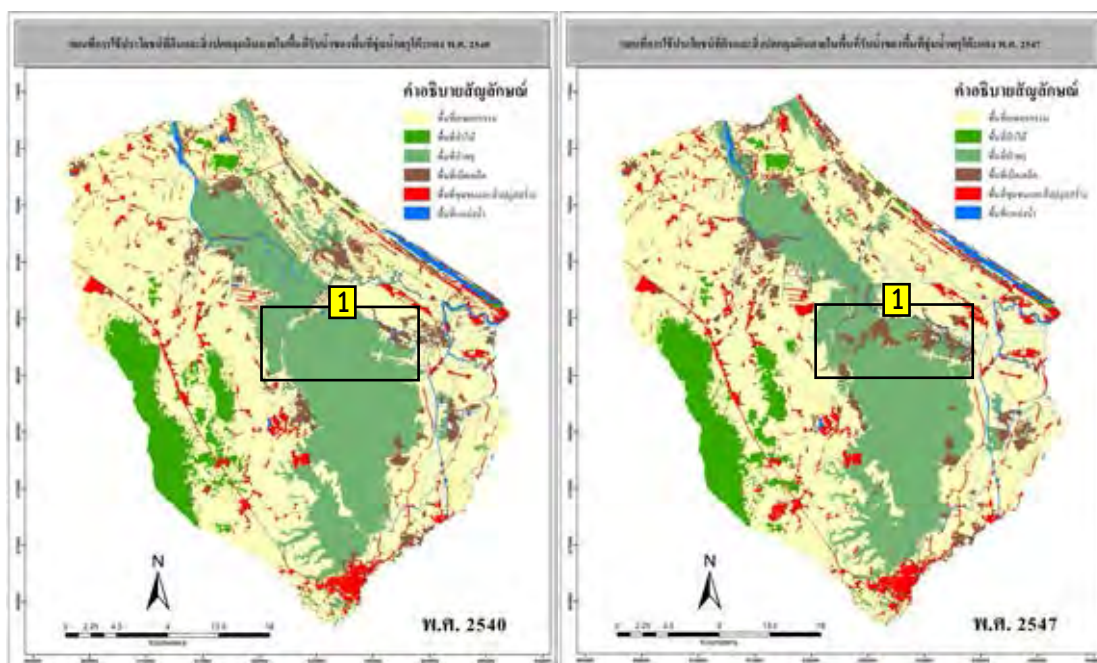
5.2 บริเวณพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่อย่างมีนัยสำคัญ

ในการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินนั้นจะใช้ข้อมูลที่ได้จากชั้นตอนต่าง ๆ ในก่อนหน้านี้ เช่น ตารางแสดงลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน ประกอบกับการใช้ข้อมูลเอกสารรายงานต่าง ๆ จากหน่วยงานราชการ และงานวิจัย

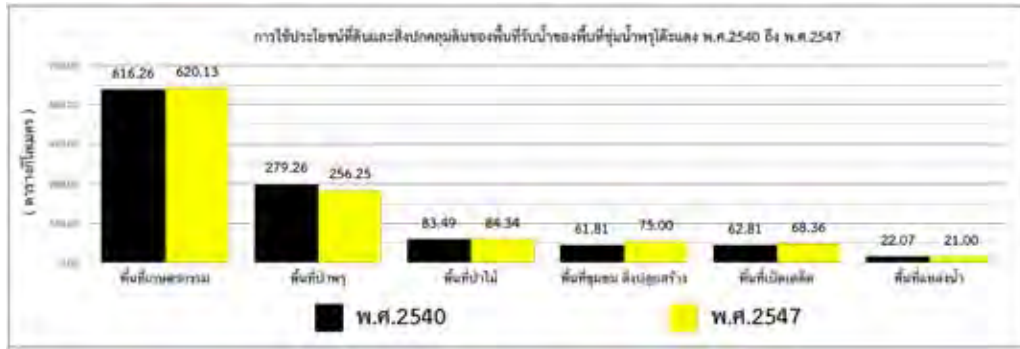
5.2.1 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547

พบการเปลี่ยนแปลงภายในพื้นที่ป่าพรุในบริเวณตอนกลางของพื้นที่พรุโต๊ะแดงดังแสดงในกรอบสีดำ (1) ในรูปที่ 5.2 ซึ่งเป็นการเปลี่ยนแปลงจากพื้นที่ป่าพรุในปี พ.ศ.2540 ไปเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ด ซึ่งได้แก่ ทุ่งหญ้ารกร้างและไม้ละเมาะ ส่งผลให้พื้นที่ป่าพรุในปี พ.ศ.2540 นั้นลดลงและพื้นที่เบ็ดเตล็ดนั้นเพิ่มมากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 5.3 และจากการศึกษาข้อมูลจากกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช พบว่าพื้นที่ดังกล่าวนั้นเกิดไฟไหม้ป่าพรุไม่น้อยกว่า 10 ตารางกิโลเมตร ในเดือนพฤษภาคม พ.ศ.2547 ซึ่งเป็นระยะเวลาประมาณสามเดือนก่อนการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ซึ่งบันทึกข้อมูลในเดือนสิงหาคม พ.ศ.2547 จึงทำให้ป่าพรุที่ถูกไฟไหม้นั้นกลายเป็นพื้นที่รกร้างหรือมีไม้พุ่ม ไม้ละเมาะขึ้นแทนที่พืชพรรณของป่าพรุ

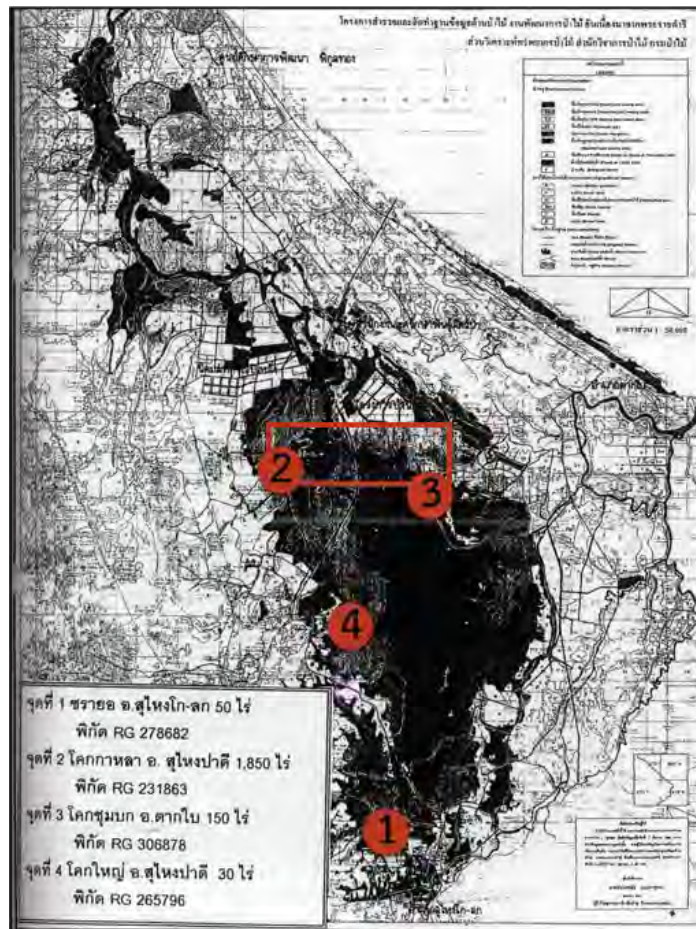
และจากการใช้ข้อมูล NDVI ดังแสดงในรูปที่ 4.3 จะพบว่าพื้นที่บริเวณดังกล่าวนี้มีค่า NDVI ในปี พ.ศ.2540 ที่สูงกว่าปี พ.ศ.2547 ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าบริเวณนี้มีการเปลี่ยนแปลงความหนาแน่นของพืชพรรณและสอดคล้องกับข้อมูลไฟไหม้ป่าพรุ



รูปที่ 5.2 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547



รูปที่ 5.3 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547

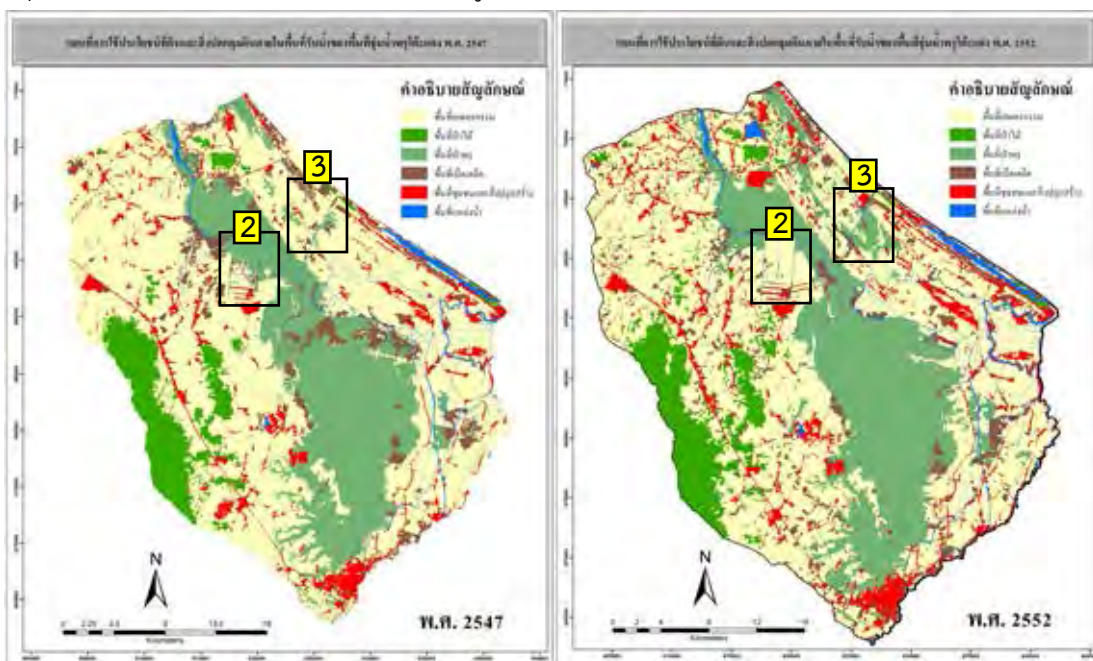


รูปที่ 5.4 แผนที่แสดงบริเวณไฟไหม้ป่าในพื้นที่พรุโต๊ะแดง พ.ศ.2547 (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2548)

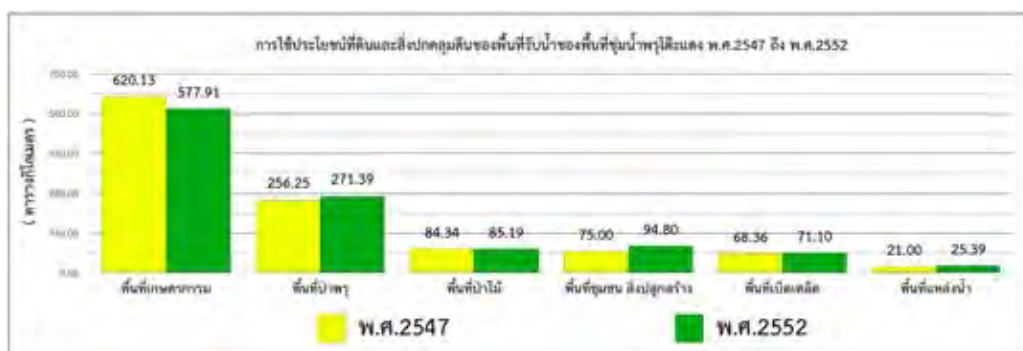
5.2.2 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552

พบการเปลี่ยนแปลงบริเวณรอบสีดำ (2) ที่ตั้งอยู่ในบริเวณอำเภอเจาะไอร้อง ดังแสดงในรูปที่ 5.5 โดยพื้นที่ป่าพรุในปี พ.ศ.2547 ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในปี พ.ศ.2552 และจากการศึกษาข้อมูลจากกรมพัฒนาพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมนั้นคือปาล์มน้ำมัน แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาพื้นที่การเกษตรกรรมภายในพื้นที่ทั้งหมดจะพบว่ามีจำนวนเนื้อที่ลดลง เนื่องจากหลายสาเหตุ เช่น การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ป่าพรุในบริเวณรอบสีดำ (3) ดังแสดงในรูปที่ 5.5

พื้นที่ป่าพรุที่ถูกไฟไหม้และกลายเป็นที่ร้างและไม้ละเมาะในปี พ.ศ.2547 นั้นมีการฟื้นฟูทดแทนตามกระบวนการทางธรรมชาติกลับมาเป็นพื้นที่ป่าพรุอีกครั้งในปี พ.ศ.2552 ส่งผลให้พื้นที่ป่าพรุนี้มีจำนวนเนื้อที่เพิ่มมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 5.6



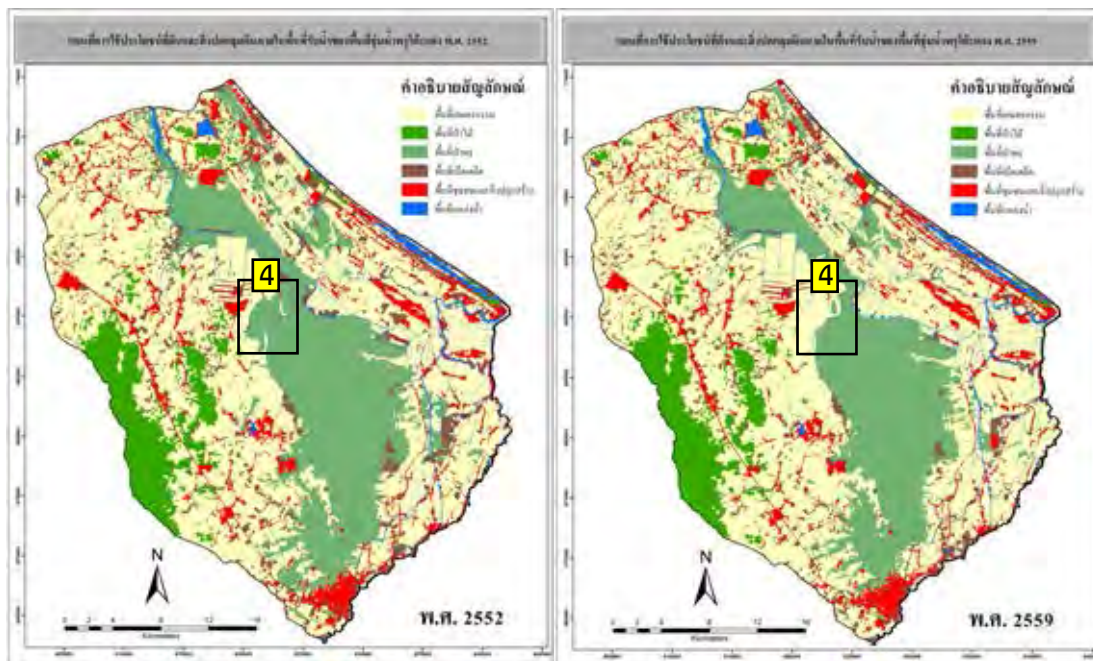
รูปที่ 5.5 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2552



รูปที่ 5.6 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2552

5.2.3 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559

พบการเปลี่ยนแปลงบริเวณรอบสี่ด้า (4) ดังแสดงในรูปที่ 5.7 ที่ตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่คาบเกี่ยวระหว่างอำเภอเจาะไอร้องและอำเภอสุไหงปาตี โดยพื้นที่ป่าพรุในปี พ.ศ.2552 ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมในปี พ.ศ.2559 และจากการศึกษาข้อมูลจากกรมพัฒนาพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมนั้นคือปาล์มน้ำมัน ส่งผลให้พื้นที่เกษตรกรรมนั้นเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่พื้นที่ป่าพรุนั้นลดลงดังแสดงในรูปที่ 5.8



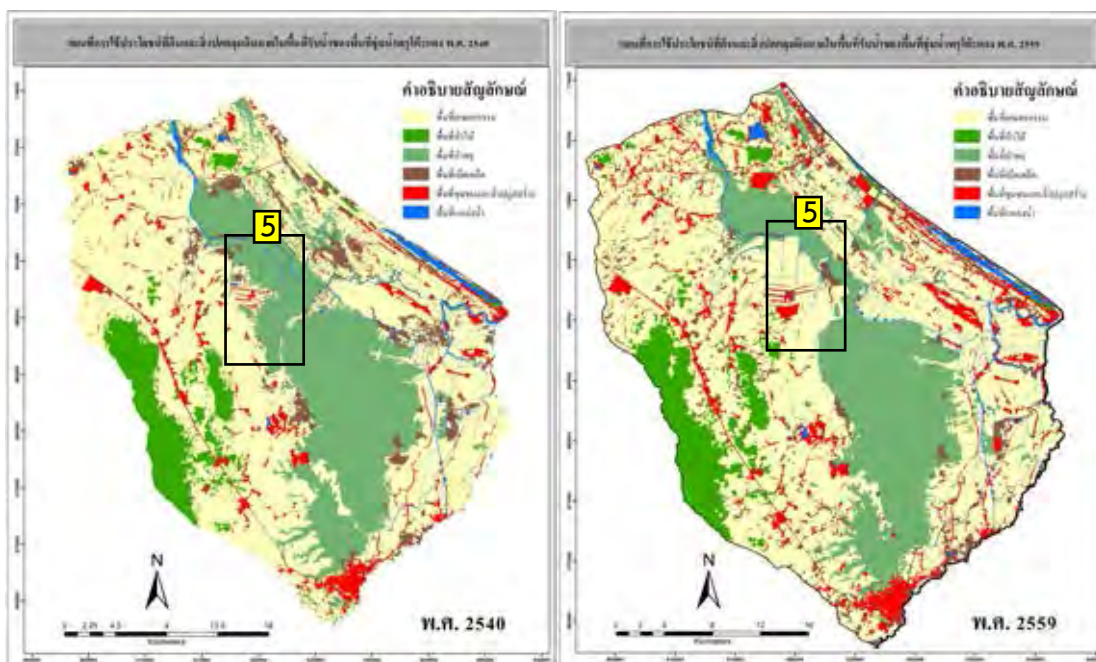
รูปที่ 5.7 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559



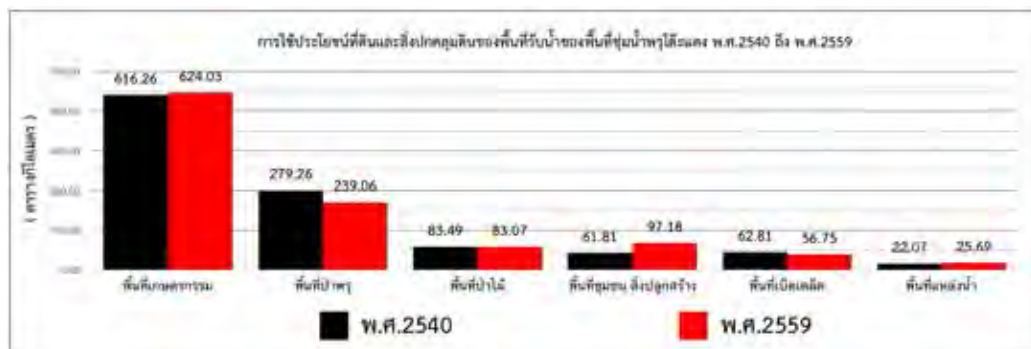
รูปที่ 5.8 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2547 และ พ.ศ.2552

5.2.4 การเปลี่ยนแปลงในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

เมื่อทำการพิจารณาการเปลี่ยนแปลงในปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559 หรือในช่วงระยะเวลา 20 ปี จะเห็นการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าพรุได้ชัดเจน โดยเฉพาะพื้นที่ป่าพรุดังแสดงในกรอบสีดำ (5) ในรูปที่ 5.9 นั้น ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่การเกษตรกรรม ซึ่งจากข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินพบว่าเป็นการปลูกปาล์มน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ และเมื่อทำการพิจารณาข้อมูลการเปลี่ยนแปลงของจำนวนพื้นที่ดังแสดงในรูปที่ 5.10 จะพบว่าพื้นที่ป่าพรุนั้นมีการลดลงถึงเกือบ 40 ตารางกิโลเมตร และส่วนใหญ่ถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม แต่เมื่อพิจารณาในพื้นที่เกษตรกรรมกลับพบว่ามีเนื้อที่ขึ้นจากปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559 เพียง 8 ตารางกิโลเมตร สาเหตุเกิดจากการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างนั้นส่วนใหญ่มาจากเปลี่ยนแปลงมาจากพื้นที่เกษตรกรรม โดยพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างนั้นที่แสดงด้วยสัญลักษณ์สีแดงในรูปที่ 5.9 นั้นมีการขยายตัวถึงเกือบ 40 ตารางกิโลเมตร และมีการขยายตัวมากในบริเวณพื้นที่ฝั่งที่ติดกับทะเลอ่าวไทยและแม่น้ำตาไก้



รูปที่ 5.9 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2559



รูปที่ 5.10 แผนภูมิแท่งเปรียบเทียบการประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2559

5.3 การวิเคราะห์สาเหตุการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ในขั้นพื้นฐาน

การเปลี่ยนแปลงประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากชนิดหนึ่งไปสู่อีกชนิดหนึ่งนั้นเกิดจากหลายสาเหตุและหลายปัจจัย ในการวิเคราะห์สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในครั้งนี้จะพิจารณาในปัจจัยสาเหตุเบื้องต้น เช่น กิจกรรมการใช้ประโยชน์ที่ดินของมนุษย์ที่มีความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ใกล้เคียง จำนวนประชากร สภาพเศรษฐกิจ อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศที่ส่งผลต่อพื้นที่ป่าพรุ เป็นต้น

5.3.1 พื้นที่เกษตรกรรม

ในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547 จำนวนพื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น จากนั้นในช่วงปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552 กลับมีพื้นที่ลดลง และในช่วง พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559 พื้นที่เกษตรกรรมกลับมามีจำนวนเพิ่มมากขึ้นและมีจำนวนมากที่สุดในช่วง 20 ปี ดังแสดงในรูปที่ 5.11

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เกษตรกรรมในช่วงเวลา 20 ปี ที่ผ่านมานั้น จะพบว่าพื้นที่เกษตรกรรมจะมีการเพิ่มขึ้นและลดลงเนื่องมาจากหลายสาเหตุปัจจัย เช่น ปริมาณน้ำฝนที่ใช้เกษตร สภาพเศรษฐกิจและราคาของผลผลิตทางการเกษตร เช่น ราคายางพารา ราคาปาล์ม น้ำมัน ที่มีความผันผวนอยู่ตลอดเวลา ประกอบกับการศึกษาในครั้งนี้ไม่ได้ทำการแยกชนิดของพื้นที่การเกษตร จึงทำให้ไม่สามารถทำการสรุปหาสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการผันผวนการเนื้อที่การเกษตรกรรมได้



รูปที่ 5.11 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่เกษตรกรรม ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

การศึกษาข้อมูลกรมพัฒนาที่ดินพบว่า เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่การเกษตรกรรมจากปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559 ในบริเวณพื้นที่ป่าพรุทางด้านตะวันตกของพรุโต๊ะแดงนั้น ถูกเปลี่ยนเป็นพื้นที่ปาล์มน้ำมันเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากแนวโน้มราคาของปาล์มน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นในช่วงปี พ.ศ.2550 จนถึง พ.ศ.2556 และถึงแม้ในปัจจุบันราคาของปาล์มน้ำมันนั้นจะต่ำกว่าเมื่อเทียบกับในช่วง 10 ปีที่ผ่านมา แต่ในทางปฏิบัตินั้น จำนวนพื้นที่ของปาล์มน้ำมันไม่ได้เพิ่มขึ้นหรือลดลงสัมพันธ์ทันทีกับราคาปาล์มน้ำมัน เพราะต้องใช้เวลาหลายปีที่ดินปาล์มนั้นจะให้ผลผลิตทางการเกษตรได้

5.3.2 พื้นที่ป่าพรุ

ในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547 จำนวนพื้นที่ป่าพรุมีพื้นที่ลดลงมากขึ้น จากนั้นในช่วงปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552 กลับมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น และในช่วง พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559 นั้นพื้นที่ป่าพรุ มีจำนวนลดลงมากที่สุดในช่วง 20 ปี ดังแสดงในรูปที่ 5.11 ซึ่งจะเห็นว่า การเปลี่ยนแปลงนั้นมีช่วงที่ เพิ่มขึ้นและลดลงของพื้นที่ป่าพรุ แต่เมื่อพิจารณาโน้มแนวแล้วจะพบว่าพื้นที่ป่าพรุกำลังมีการลดลง

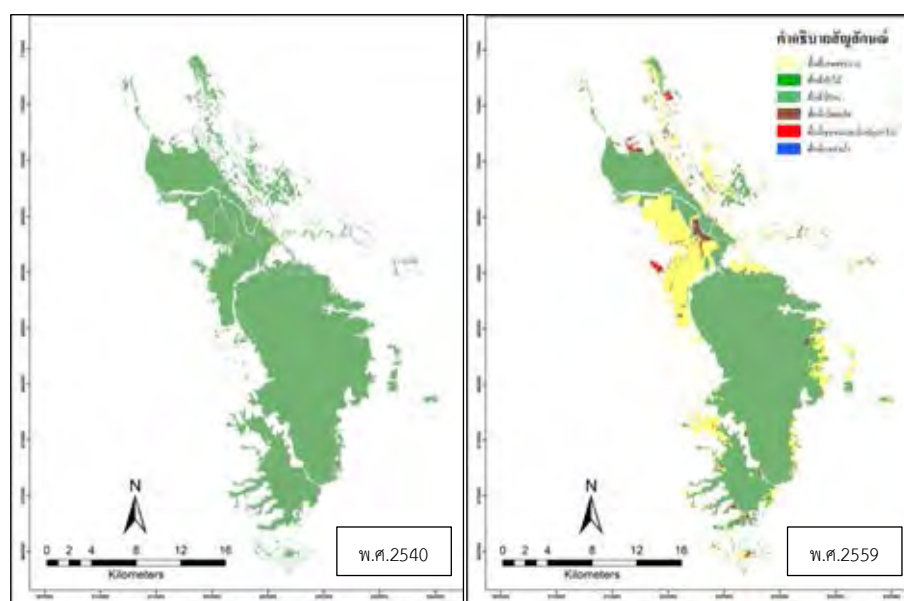
ในการพิจารณาสาเหตุการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าพรุนั้น สามารถพิจารณาด้วยสองปัจจัย สาเหตุหลัก ๆ คือ อิทธิพลของกิจกรรมการใช้พื้นที่ของมนุษย์และอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศที่มีต่อ พื้นที่ป่าพรุ



รูปที่ 5.12 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่ป่าพรุ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

อิทธิพลของกิจกรรมการใช้พื้นที่ของมนุษย์

เมื่อพิจารณาพื้นที่ป่าพรุในปี พ.ศ.2540 ซึ่งเป็นช่วงเวลามีพื้นที่ป่าพรุมากที่สุด นั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงในปี พ.ศ.2559 ไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรมเป็นส่วนใหญ่และเป็นพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างบางส่วน ดังแสดงในรูปที่ 5.13 ซึ่งสามารถกล่าวได้ว่าพื้นที่การเปลี่ยนแปลงส่วนใหญ่ของพื้นที่ป่าพรุนั้นเกิดจากการเข้าใช้ประโยชน์พื้นที่เพื่อการเกษตรจากฝีมือมนุษย์



รูปที่ 5.13 แผนที่แสดงพื้นที่ป่าพรุ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

อิทธิพลของสภาพภูมิอากาศ

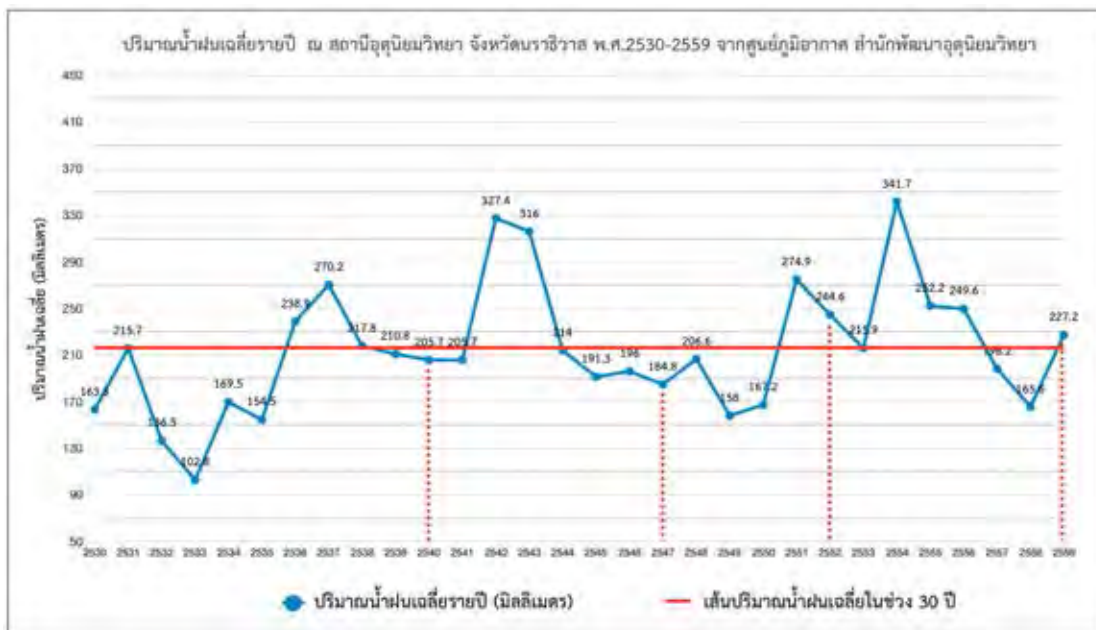
ในการพิจารณาอิทธิพลเนื่องมาจากสภาพภูมิอากาศที่มีต่อพื้นที่ป่าพรุ จะใช้ข้อมูลภูมิอากาศเบื้องต้น ได้แก่ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีดังแสดงในรูปที่ 5.15 และปริมาณการระเหยเฉลี่ยรายปี ดังแสดงในรูปที่ 5.16 และทำการตั้งสมมุติฐานว่าการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงของพื้นที่ป่าพรุนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว

ในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีส่วนมากนั้นอยู่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของค่าเฉลี่ยน้ำฝนในช่วง 30 ปี (พ.ศ.2530 ถึง พ.ศ.2559) และปริมาณการระเหยเฉลี่ยรายปีนั้นส่วนมากอยู่ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ทำให้ปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในพื้นที่ป่าพรุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อย ควรจะส่งผลให้พื้นที่ป่าพรุนั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อย และจากผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2547 พื้นที่ป่าพรุนั้นเกิดการลดลงถึง 23 ตารางกิโลเมตร ซึ่งไม่สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ

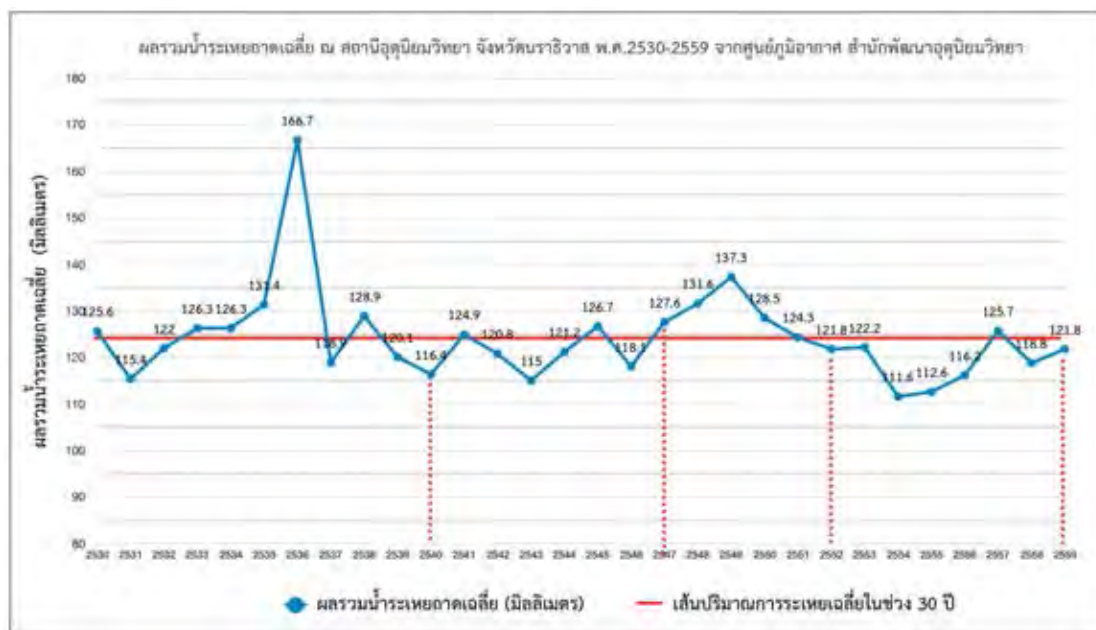
ในช่วงปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีส่วนมากนั้นมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย และปริมาณการระเหยเฉลี่ยรายปีส่วนมากนั้นมีสูงกว่าค่าเฉลี่ย ทำให้ปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในพื้นที่ป่าพรุนั้นมีปริมาณลดลง ควรจะส่งผลให้พื้นที่ป่าพรุนั้นมีปริมาณลดลง และจากผลการศึกษาพบว่า ในช่วงปี พ.ศ.2547 ถึง พ.ศ.2552 พื้นที่ป่าพรุมีการเพิ่มขึ้นการพื้นที่ ซึ่งไม่สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ

ในช่วงปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีส่วนมากนั้นมีค่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย และปริมาณการระเหยเฉลี่ยรายปีส่วนมากมีค่าต่ำกว่าค่าเฉลี่ย ทำให้ปริมาณน้ำที่สะสมอยู่ในพื้นที่ป่าพรุนั้นมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้พื้นที่ป่าพรุนั้นเกิดการขยายตัวเพิ่มขึ้นได้ จากผลการศึกษาพบว่าในช่วงปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559 พื้นที่ป่าพรุนั้นเนื้อที่ลดลง และไม่สัมพันธ์กับสภาพภูมิอากาศ

ดังนั้นจะพบว่าจากสมมุติฐานข้างต้นที่ว่า การเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและลดลงของพื้นที่ป่าพรุนั้นขึ้นอยู่กับอิทธิพลของสภาพภูมิอากาศเพียงอย่างเดียว นั้นไม่เป็นไปตามผลการศึกษา จึงสรุปในเบื้องต้นได้ว่าการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าพรุนั้นได้รับอิทธิพลจากสภาพภูมิอากาศน้อยกว่าอิทธิพลที่มาจากกิจกรรมการใช้พื้นที่ของมนุษย์



รูปที่ 5.15 แผนภูมิเส้นแสดงปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นราธิวาส พ.ศ.2530 ถึง พ.ศ.2559

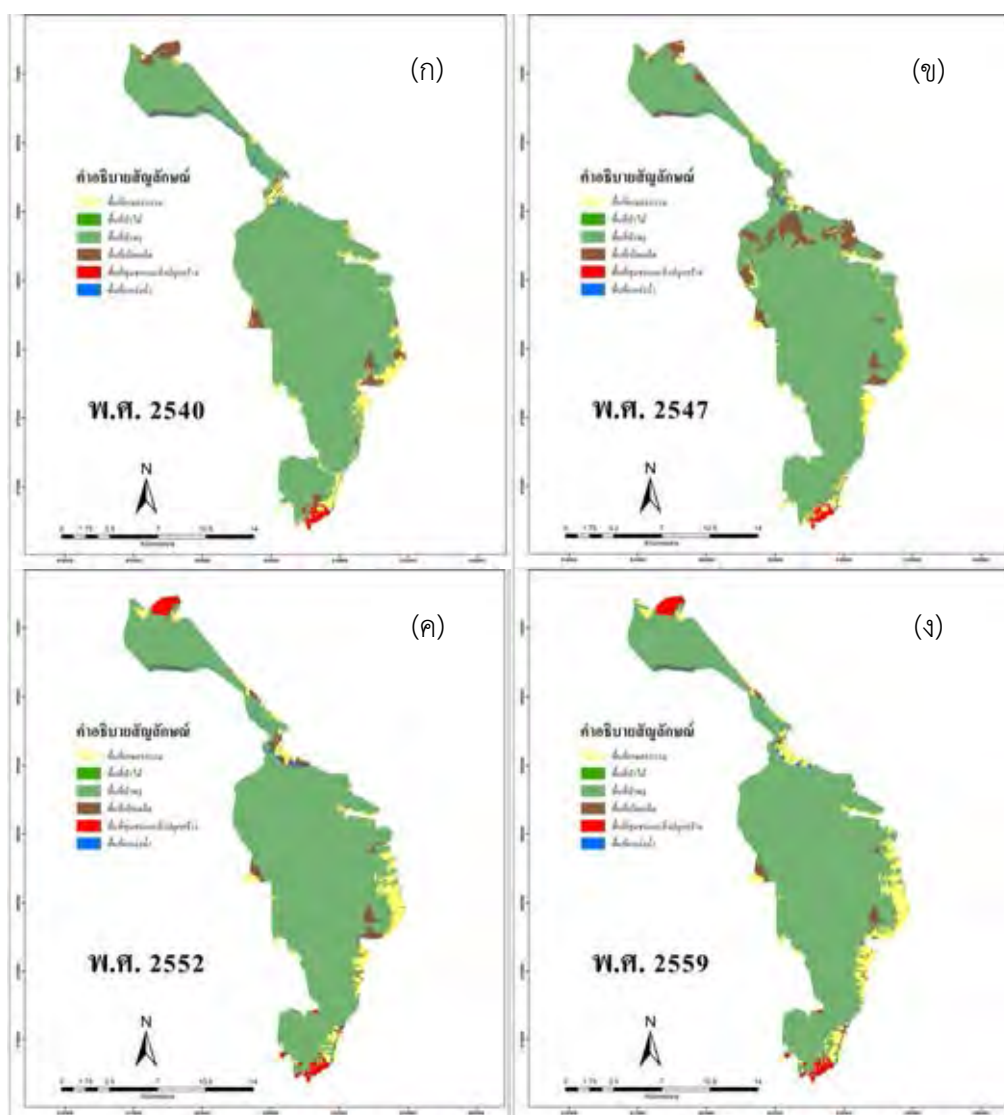


รูปที่ 5.16 แผนภูมิเส้นแสดงการระเหยเฉลี่ยรายปี ณ สถานีอุตุนิยมวิทยา จ.นราธิวาส พ.ศ.2530 ถึง พ.ศ.2559

พื้นที่ป่าพรุตามขอบเขตพรุโต๊ะแดง (Ramsar site)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ป่าพรุตามขอบเขตพรุโต๊ะแดงที่ประกาศไว้ในอนุสัญญาแรมซาร์ ดังแสดงในรูปที่ 5.17 จะพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงตามธรรมชาติที่เกิดจากพื้นที่ป่าพรุตามธรรมชาติของพื้นที่ป่าพรุหลังจากเกิดเหตุการณ์ไฟไหม้ ในบริเวณตอนกลางของพื้นที่ ดังแสดงในรูป (ข) นั่นคือบริเวณพื้นที่เบ็ดเตล็ด ได้แก่ ไม้ละเมาะ ทุ่งหญ้า และที่โล่ง ที่เกิดขึ้นหลังเหตุการณ์ไฟไหม้ จะถูกทดแทนด้วยพื้นที่ป่าพรุในเวลาต่อไป ดังแสดงในรูป (ค)

เมื่อพิจารณาการเปลี่ยนแปลงจากรูป (ก) ไปยังรูป (ง) จะพบว่าเกิดการบุกรุกของพื้นที่เกษตรกรรมเข้าไปในตัวพื้นที่ป่าพรุของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดง ในบริเวณด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้ และยังมีพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างในด้านทิศใต้ที่รุกล้ำเข้าไปในพื้นที่พรุโต๊ะแดง ส่วนในบริเวณด้านทิศเหนือนั้นเป็นบริเวณที่ตั้งของค่ายกัลยาณิวัฒนา (ค่ายทหาร)



รูปที่ 5.17 แผนที่แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปลูกสร้างในพื้นที่พรุโต๊ะแดง
(ก) ปี พ.ศ.2540 (ข) ปี พ.ศ.2547 (ค) ปี พ.ศ.2552 และ (ง) ปี พ.ศ.2559

5.3.3 พื้นที่ป่าไม้

ในช่วงปี พ.ศ.2540 จนถึง พ.ศ.2559 จำนวนพื้นที่ป่าไม้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงน้อย กล่าวคือ การเพิ่มขึ้นและลดลงไม่เกิน 2 ตารางกิโลเมตรในแต่ละช่วงปี ดังแสดงในรูปที่ 5.18

สาเหตุที่ทำให้พื้นที่ป่าไม้นั้นมีการเปลี่ยนแปลงไปน้อยเนื่องมาจากพื้นที่ป่าไม้ส่วนใหญ่กว่า 95 % ตั้งอยู่ในบริเวณทางตะวันตกเฉียงใต้ของพื้นที่ศึกษา ในบริเวณเขาตะเว ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของอุทยานแห่งชาติบูโด-สุไหงปาตี อีกทั้งบริเวณเขาตะเวยังคงถูกประกาศเป็นพื้นที่เสี่ยงในสามจังหวัดชายแดนภาคใต้ จึงส่งผลให้ชาวบ้านในพื้นที่ไม่ค่อยกล้าเข้าไปในพื้นที่ป่าไม้

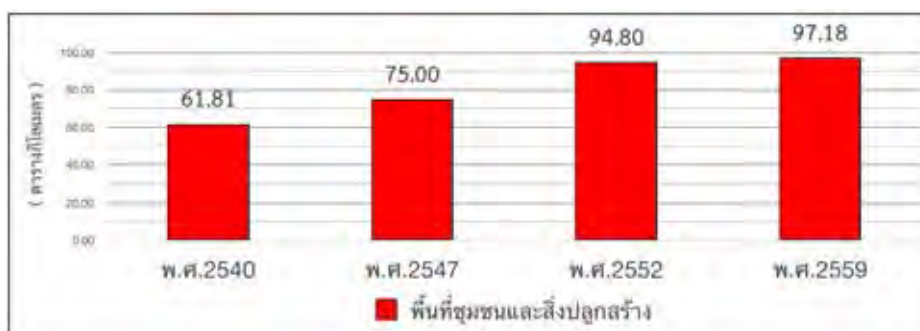


รูปที่ 5.18 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่ป่าไม้ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

5.3.4 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

ในช่วงปี พ.ศ.2540 จนถึง พ.ศ.2559 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างมีการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วง 20 ปี มีพื้นที่เพิ่มมากขึ้นถึง 36 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5.19

การเพิ่มขึ้นของพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้างนั้นสัมพันธ์กับจำนวนประชากรที่เพิ่มมากขึ้นในจังหวัดนราธิวาส ดังแสดงข้อมูลการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรในรูปที่ 5.20 โดยพื้นที่ที่มีการขยายตัวสูง ได้แก่ พื้นที่บริเวณตัวเมืองอำเภอสุไหงโกลอก และพื้นที่ชุมชนเรียบบายฝั่งทะเลอ่าวไทย โดยเฉพาะพื้นที่ตัวเมืองอำเภอตากใบ



รูปที่ 5.19 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559



รูปที่ 5.20 แผนภูมิเส้นแสดงจำนวนประชากรในจังหวัดนราธิวาส ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2560

5.3.5 พื้นที่เบ็ดเตล็ด

ในช่วงปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2552 จำนวนพื้นที่เบ็ดเตล็ดมีพื้นที่เพิ่มมากขึ้น จากนั้นในช่วงปี พ.ศ.2552 ถึง พ.ศ.2559 กลับมีพื้นที่ลดลงอย่างมากถึง 15 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในรูปที่ 5.21

การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่เบ็ดเตล็ดนั้นสามารถหาความสัมพันธ์และสาเหตุหลักของการเปลี่ยนแปลงได้ยาก เนื่องจากพื้นที่เบ็ดเตล็ดนั้นมีความเกี่ยวข้องกับหลายพื้นที่ โดยเฉพาะความเกี่ยวข้องกับพื้นที่ป่าพรุและพื้นที่เกษตรกรรม เช่น ภายหลังจากเหตุการณ์ไฟไหม้ป่าพรุ จะเกิดพื้นที่เบ็ดเตล็ดอันประกอบไปด้วย ไม้ละเมาะ ที่ร้าง ที่โล่ง และทุ่งหญ้า หรือพื้นที่เกษตรกรรมหากปล่อยให้ทิ้งร้างเป็นเวลานานหลายปีจะถูกเปลี่ยนแปลงไปเป็นพื้นที่เบ็ดเตล็ดชนิดที่ร้าง หรือที่โล่ง เป็นต้น



รูปที่ 5.21 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่เบ็ดเตล็ด ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

5.3.6 พื้นที่แหล่งน้ำ

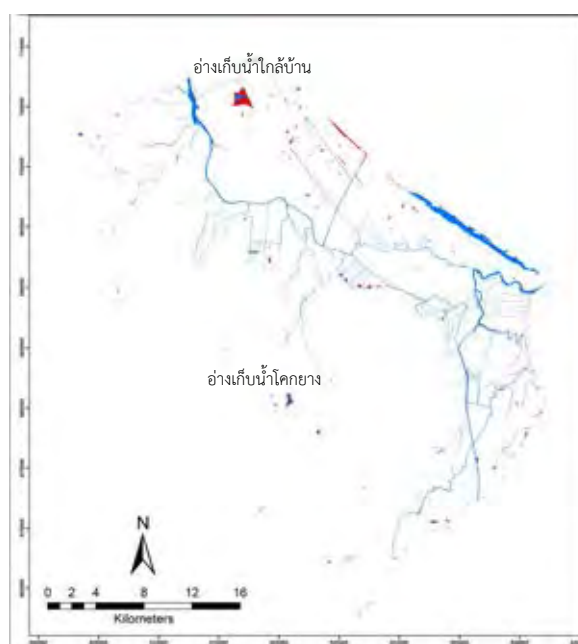
ในช่วงปี พ.ศ.2540 จนถึง พ.ศ.2559 จำนวนพื้นที่แหล่งน้ำนั้นมีการเปลี่ยนแปลงการเพิ่มขึ้นและลดลงไม่เกิน 5 ตารางกิโลเมตรในแต่ละช่วงปี ดังแสดงในรูปที่ 5.22

การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แหล่งน้ำนั้นเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยเนื่องจากพื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ที่มีฝนตกชุกตลอดทั้งปี ทำให้แม่น้ำสาย ทางน้ำ สายสำคัญอันประกอบด้วย แม่น้ำบางนรา แม่น้ำตากใบ แม่น้ำโงะไกลก และคลองโต๊ะแดง นั้นมีน้ำอยู่ชงอยู่ตลอดทั้งปี

การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แหล่งน้ำส่วนใหญ่จะมาจากการเปลี่ยนแปลงในบริเวณอ่างเก็บน้ำ ลำน้ำขนาดเล็ก หรือบ่อน้ำที่ใช้ในการเกษตรกรรมเป็นหลัก ดังแสดงในรูปที่ 5.23 จะพบว่า พื้นที่แหล่งน้ำที่แสดงด้วยสัญลักษณ์สีน้ำเงินนั้น แสดงพื้นที่แหล่งน้ำที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลงในช่วง ปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2559 และพื้นที่แหล่งน้ำที่แสดงด้วยสัญลักษณ์สีแดง คือพื้นที่แหล่งน้ำที่เกิดการเปลี่ยนแปลงในช่วง ปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2559 และพื้นที่อ่างเก็บน้ำที่สำคัญของพื้นที่ศึกษาคือ อ่างเก็บน้ำไกล่บ้าน และอ่างเก็บน้ำโคกยาง



รูปที่ 5.22 แผนภูมิแท่งแสดงจำนวนพื้นที่แหล่งน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559



รูปที่ 5.23 แผนที่แสดงการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่แหล่งน้ำ ตั้งแต่ปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559

5.4 สรุปผลการศึกษา

5.4.1 สรุปผลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน

ผลการขอบเขตพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดงมีรายละเอียดดังต่อไปนี้ พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่บริเวณทิศตะวันออกเฉียงใต้ของจังหวัดนราธิวาส ด้านทิศตะวันออกเฉียงเหนือติดจรดกับชายฝั่งทะเลอ่าวไทย ด้านทิศตะวันออกเฉียงใต้จรดกับประเทศมาเลเซีย ด้านตะวันตกกับพื้นที่เขาตะเว มีเนื้อที่ประมาณ 1,125.70 ตารางกิโลเมตร มีทางน้ำสายสำคัญที่ไหลผ่านภายในพื้นที่รับน้ำนี้ได้แก่ แม่น้ำบางนรา แม่น้ำตากใบ แม่น้ำสุโหงโกลก และคลองโต๊ะแดง

จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินภายในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดงด้วยการจำแนกกำกับ (Supervised classification) โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม Landsat-5 ระบบ TM ความละเอียดจุดภาพ 30x30 เมตร ในปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 พบว่าสามารถจำแนกการใช้พื้นที่หลักๆ ได้ 6 ประเภท ดังต่อไปนี้ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าพรุ พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่เบ็ดเตล็ด และพื้นที่แหล่งน้ำ ผลการประเมินความถูกต้องด้วยค่าความถูกต้องโดยรวมของปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 เท่ากับ 90.64 % (0.9064) และ 90.18 % (0.9018) ตามลำดับ และค่าสัมประสิทธิ์แคปป่า ของปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 มีค่าเท่ากับ 0.872 กับ 0.871 ตามลำดับ

จากผลการจำแนกข้อมูล ปี พ.ศ.2540 และ พ.ศ.2547 และข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินจากกรมพัฒนาที่ดิน ปี พ.ศ.2552 และ พ.ศ.2559 พบว่าในทั้ง 4 ช่วงเวลา พื้นที่ทางการเกษตรกรรมนั้นมีมากเป็นอันดับหนึ่งจะมีมากถึงร้อยละ 50 ของพื้นที่ พื้นที่ป่าพรุมีมากเป็นอันดับสอง พื้นที่ป่าไม้มีมากเป็นอันดับสาม ก่อนที่ในช่วงปี พ.ศ.2552 จะมีพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างที่ขยายตัวจนมีพื้นที่มากกว่าพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่เบ็ดเตล็ดและพื้นที่แหล่งน้ำมีจำนวนพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่น้อยที่สุดตามลำดับ โดยสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่สำคัญจากปี พ.ศ.2540 ถึง พ.ศ.2559 คือ การลดลงของพื้นที่ป่าพรุถึง 40.16 ตารางกิโลเมตร โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ที่ลดลงถูกเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่การเกษตรกรรม และการขยายตัวของพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างเพิ่มมากขึ้นถึง 36 ตารางกิโลเมตร จากการวิเคราะห์สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ในเบื้องต้น พบว่า การเปลี่ยนแปลงของพื้นที่โดยเฉพาะพื้นที่ป่าพรุนั้น เกิดจากอิทธิพลของกิจกรรมการเข้าใช้ประโยชน์พื้นที่โดยมนุษย์มากกว่าการเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยทางธรรมชาติ เช่น การเปลี่ยนแปลงของสภาพภูมิอากาศ

5.4.2 ข้อเสนอแนะ

การศึกษาในครั้งนี้เป็นการเน้นไปในเรื่องการติดตามการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินภายในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำพรุโต๊ะแดงเป็นหลัก เพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการวางแผนการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินให้เหมาะสมและมีผลกระทบต่อคุณภาพที่ดีของพื้นที่ชุ่มน้ำแห่งนี้ การวิเคราะห์สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงไปของพื้นที่ในเบื้องต้นของการศึกษานี้ อาจมีข้อผิดพลาดเนื่องจากไม่ได้ใช้ปัจจัยผลกระทบในทุกด้านที่มีต่อพื้นที่ศึกษา

บรรณานุกรม

- เกษม จันทร์แก้ว. 2539. หลักการจัดการลุ่มน้ำ. ภาควิชาอนุรักษ์ศึกษา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ. 498 น.
- จิระเดช มาจันแดง. 2559. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินในพื้นที่รับน้ำของพื้นที่ชุ่มน้ำ: กรณีศึกษาเขตห้ามล่าสัตว์ป่าบึงโขงหลง จังหวัดบึงกาฬ. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. : 25-43.
- ทรงกต ทศานนท์. 2548. การวิเคราะห์และแปลภาพเชิงเลข. เอกสารประกอบการสอน วิชา 106 602 สำนักวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
- ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, กระทรวง. กรมทรัพยากรน้ำ. สำนักวิจัยและอุทกวิทยา. 2552 แผนที่ตราฐานการแบ่งลุ่มน้ำหลักและลุ่มน้ำสาขาของประเทศไทย. 800 เล่ม, นนทบุรี : โรงพิมพ์ สหมิตรพรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง
- ประสพชัย พสุนนท์. การประเมินความเชื่อมั่นระหว่างผู้ประเมินโดยใช้สถิติแคปปา Evaluation of Inter-Rater Reliability Using Kappa Statistics. วารสารวิชาการศิลปะศาสตร์ประยุกต์ (มกราคม – มิถุนายน 2558) : 2-18.
- พัฒนาที่ดิน, กรม. กองนโยบายและแผนการใช้ที่ดิน. ระบบการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน กรมพัฒนาที่ดิน พ.ศ. 2555. กรุงเทพมหานคร : กรมพัฒนาที่ดิน, 2555. (อัดสำเนา)
- มติคณะรัฐมนตรี. 2558. ขอบทวนมติคณะรัฐมนตรีเมื่อวันที่ ๓ พฤศจิกายน ๒๕๕๒ เรื่อง การทบทวนมติคณะรัฐมนตรี วันที่ ๑ สิงหาคม ๒๕๕๓ เรื่อง ทะเบียนรายนามพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติและระดับชาติของประเทศไทย และมาตรการอนุรักษ์พื้นที่ชุ่มน้ำ ข้อ ๑๐.
- สวรรคใจ กลิ่นดาว. 2550. การสำรวจระยะไกล: การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น. สำนักพิมพ์ โอ เอส. แอนด์ พรินต์ติ้งเฮาส์. กรุงเทพฯ.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2552. ตำราเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. บริษัทอมรินทร์พรินต์ติ้งแอนด์พับลิชชิ่ง จำกัด (มหาชน). กรุงเทพฯ
- สำนักนโยบายและแผนทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, สำนักงาน. 2542. ทะเบียนพื้นที่ชุ่มน้ำที่มีความสำคัญระดับนานาชาติและระดับชาติ ของประเทศไทย. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม. กรุงเทพฯ : 400-414

- Adubofour, F. 2011. Application of Remote Sensing and GIS for Forest Cover Change Detection (A case study of Owabi Catchment in Kumasi, Ghana). Unpublished Master's thesis, KNUST, Kumasi, Ghana.
- Anderson, J. R. 1976. A land use and land cover classification system for use with remote sensor data (Vol. 964). US Government Printing Office.
- Aronoff, S. 2005. Remote Sensing for GIS Managers. ERRI Press. Redland CA. : 487
- Canadian Space Agency, 2014. Earth Observation Satellite. Retrieved June 8, 2014
- Cheng, T., Fisher, P., & Li, Z. 2005. Double vagueness: Effect of scale on the modelling of fuzzy spatial objects. In *Developments in Spatial Data Handling* (pp. 299-313). Springer, Berlin, Heidelberg.
- Comber, A., Fisher, P., & Wadsworth, R. 2005. What is land cover?. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 32(2), 199-209.
- Jensen, J.R., and Kiefer, R.W. 2007. Remote sensing of the environment. (2nd ed.). An Earth Resource Perspective. Pearson Prentice Hall, Inc : 592
- Lambin, E. F., Geist, H. J., & Lepers, E. 2003. Dynamics of land- use and land- cover change in tropical regions. *Annual review of environment and resources*, 28(1), 205-241.
- Lillesand, T.M., and Kiefer, R.W. 2000. Remote Sensing and image interpretation. 4nd ed. New Jersey: John Willey and Sons Inc.
- Murai, S. et al. 1993. Japan Association on Remote Sensing. Tokyo, Nihon Printing Co.Ltd.
- Muttitanon, W., & Tripathi, N. K. 2005. Land use/land cover changes in the coastal zone of Ban Don Bay, Thailand using Landsat 5 TM data. *International Journal of Remote Sensing*, 26(11) : 2311-2323.
- Peter A. Gell. Using paleoecology to understand natural ecological character in Ramsar wetlands. *PAGES MAGAZINE* Volume 25 No. 2 (August 2017) : 86-88
- Thanapakpawin, P., Richey, J., Thomas, D., Rodda, S., Campbell, B., & Logsdon, M. 2007. Effects of landuse change on the hydrologic regime of the Mae Chaem river basin, NW Thailand. *Journal of Hydrology*, 334(1-2) : 215-230.

- Thapa, R. B. and Murayama, Y. 2009. Urban mapping, accuracy, and images classification: A comparison of multiple approaches in Tsukuba City, Japan. *Applied Geography* 29 : 135-144.
- Walsh, S. J., Entwisle, B., Rindfuss, R. R., & Page, P. H. 2006. Spatial simulation modelling of land use/land cover change scenarios in northeastern Thailand: a cellular automata approach. *Journal of Land Use Science*, 1(1), 5-28.
- Zhang, L., Nan, Z., Yu, W., Zhao, Y., & Xu, Y. 2018. Comparison of baseline period choices for separating climate and land use/land cover change impacts on watershed hydrology using distributed hydrological models. *Science of the Total Environment*, 622 : 1016-1028.