



วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การประยุกต์ภูมิสารสนเทศในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินป่าไม้  
ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

Applications of Geo-informatics in Monitoring Forest Landuse Changes  
in Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province

โดย

นางสาวโบว์ บรรลือ

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม)

2553

โบว์ บรรลือ 2553: การประยุกต์ภูมิสารสนเทศในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน ป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม) สาขาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และสิ่งแวดล้อม โครงการสหวิทยาการระดับบัณฑิตศึกษา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วันชัย อรุณประภารัตน์, D.Agr. 100 หน้า

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลการสำรวจจากระยะไกล และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลอง Markov Chain Model และ Markov Cellular Automata เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วง ปี พ.ศ. 2544-2552 และคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินในอีก 4 ปี ข้างหน้าคือ ปี พ.ศ. 2556

ผลการศึกษาพบว่า พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรามีพื้นที่ทั้งหมด 1,078.39 ตารางกิโลเมตร หรือ 673,993.75 ไร่ จากการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสามารถจำแนกออกได้เป็น 14 ประเภท คือ สวนป่ากระถินเทพา ทุ่งหญ้า นาข้าว ป่าดิบแล้ง ป่าดิบชื้น ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู ป่าเต็งรัง ป่าเบญจพรรณ ป่าเสื่อมโทรม พืชสวน พืชไร่ ยางพารา สวนป่าผสม แหล่งน้ำ ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ในช่วงปี พ.ศ. 2544-2548 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 32.94 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.05 ของพื้นที่ทั้งหมด และตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่าพื้นที่ป่าดิบแล้งมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่ ลดลง 14.96 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 45.42 และพื้นที่ที่มีขนาดเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ พื้นที่ยางพารา มีการเพิ่มขึ้น 5.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.26 ตามลำดับ ในช่วงปีพ.ศ.2548-2552 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 56.96 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.28 ของพื้นที่ทั้งหมด และตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่าพื้นที่สวนป่าผสมมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 21.70 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 38.10 และพื้นที่ที่มีขนาดลดลงมากที่สุดคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า มีพื้นที่ลดลง 16.13 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.32 ตามลำดับ และสามารถคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา และมีสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตรงกัน 7 ประเภท โดยมีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกัน ประมาณ 54.85 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.09 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลองด้วยตารางคำนวณค่าความผิดพลาด พบว่า แบบจำลองมีค่าความถูกต้องรวม เท่ากับ ร้อยละ 96.46 ซึ่งผลการศึกษาในครั้งนี้ สามารถนำไปใช้ในการวางแผนจัดการพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการรักษาพื้นที่ป่าอนุรักษ์แห่งนี้ในระยะยาวต่อไป

Bow Bunlue 2010: Applications of Geo-informatics in Monitoring Forest Landuse Changes in Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province. Master of Science (Forest Resource and Environmental Administration), Major Field: Forest Reource and Environmental Administration, Interdisciplinary Graduate Program. Thesis Advisor: Assistant Professor Wanchai Arunpraparut, D.Agr. 100 pages.

Forest land use changes in Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province was monitored by using Remote Sensing (RS), Geographic Information System (GIS), Global Positioning System (GPS) for study of the land use pattern in 2001, 2005 and 2009. Markov chain and Cellular Automata (CA-Markov) was applied to study land use change during 2001-2005 and 2005-2009. The trend of land use in 2013 was then predicted.

The results showed that Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province covers an area of 1,078.39 square kilometers or approximately 673,993.75 rai. The land use pattern of these area can be classified into 14 patterns consisting of *Acacia mangium* Willd., Grass, Paddy, Dry Evergreen Forest, Moist Evergreen Forest, Disturbed Forest, Dry Dipterocarp Forest, Mixed Deciduous Forest, Secondary Forest, Horticulture, Field Crop, Para Rubber Plantation, Forest Plantation and Water Body. Data analysis revealed that during 2001-2005 the land use change occurred in an area of 32.92 km<sup>2</sup> or 3.05% of a total area. The ratio of land use change area revealed that dry evergreen decreasing forest area showed the highest change. The area was 14.96 km<sup>2</sup> or 45.42%. The rubber plantation showed the highest area increasing or 5.68 km<sup>2</sup> or 17.26%. In 2005-2009, the land use change occurred in an area of 56.96 km<sup>2</sup> or 5.28% of a total area. The ratio of land use change showed that forest plantations area has the highest area increasing of 21.70 km<sup>2</sup> of 38.10% and grassland area has the highest area decreasing of 16.13 km<sup>2</sup> or 28.32%. The prediction of land use in 2013 showed that patterns of area ratio of land use with approximately 14.27 km<sup>2</sup> difference or 5.09% of total area. The land use 14.27 km<sup>2</sup> or 5.09% of study areas.

Overall accuracy of the prediction model was 96.46%. The results of this study will be applied for planning and management of Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary which will be useful for a long term plan of this forest conservation area.

---

Student's signature

---

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ได้ด้วยดีโดยความกรุณาจากหลายท่าน ขอกราบขอบพระคุณ คณะกรรมการที่ปรึกษาอันประกอบไปด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย อรุณประภารัตน์ ประธานกรรมการที่ปรึกษาหลัก ที่ได้ช่วยเหลือในการวางแผนงานวิจัยในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ตลอดจนให้การปรึกษาแนะนำ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ขอกราบขอบพระคุณท่าน ดร.ธงชัย จารุพัฒน์ กรรมการร่วม ผศ.ดร.วีระภาส คุณรัตนศิริ ประธานกรรมการสอบ และ ดร.เชาวลิต ศิลปทอง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ และช่วยเหลือในการทำ วิทยานิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น และสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบพระคุณ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ขอขอบคุณ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดร.ธงชัย จารุพัฒน์ คุณธงไชย ศรีเมือง คุณวรนุช จันทรสุริย์ คุณภัทรภร แสงระวี และ คุณจิรติวัล เครือศิลป์ ที่เอื้อเฟื้อทุนและให้ความช่วยเหลือในการเก็บข้อมูลมาโดยตลอด ขอขอบคุณ คุณอนุสรณ์ รังสิพานิช คุณกัมปนาท ดิอุดมจันทร์ คุณธัชชัย แสนเสนา และคุณพิศุทธิ นาคหมื่น ไวย ที่คอยช่วยเหลือและแนะนำงานด้านเทคนิคภูมิสารสนเทศ ขอขอบคุณ สำหรับโอกาส น้ำใจ และกำลังใจสำคัญจากพี่ๆ น้องๆ สาขาการบริหารทรัพยากรป่าไม้และ สิ่งแวดล้อมทุกท่านสำหรับกำลังใจที่มีให้กันตลอดจนเพื่อนกรีน อักษรดี ที่คอยเป็นกำลังใจเคียงบ่า เคียงไหล่เสมอมาตั้งแต่ต้นจนจบการศึกษา ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

สุดท้ายนี้ ที่สำคัญที่สุด ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อบุญลือ บรรลือ คุณแม่วิลาวรรณ และคุณแม่สมพิศ นิมพันธ์ และดร.ธงชัย จารุพัฒน์ และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ช่วยส่งเสริมสนับสนุนด้านทุนการศึกษา และเป็นกำลังใจที่สำคัญให้ข้าพเจ้าได้ศึกษาเล่าเรียน โดยตลอดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จสมบูรณ์ด้วยดี

โบว์ บรรลือ

มีนาคม 2553

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	41
อุปกรณ์	41
วิธีการ	41
ผลและวิจารณ์	47
สรุปและข้อเสนอแนะ	88
สรุป	88
ข้อเสนอแนะ	90
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	92
ภาคผนวก	96
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	100

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าต่างๆ	7
2	การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัด ฉะเชิงเทรา ปี พ.ศ. 2544, พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552	50
3	ค่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูล โดยใช้ภาพถ่ายจาก ดาวเทียม Landsat 5-TM ยันทึกข้อมูลวันที่ 14 มีนาคม พ.ศ. 2552	59
4	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548	62
5	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548	63
6	การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548	67
7	ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548	68
8	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552	71
9	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552	72
10	ค่าความถูกต้องของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 แบบจำลอง Markov Cellular Automata	74
11	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	76
12	ความแตกต่างระหว่างข้อมูลแบบจำลอง กับ ข้อมูลการจำแนกประเภท ข้อมูลดาวเทียม	77
13	ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556	80
14	ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556	81
15	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	83
16	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ในช่วงปี พ.ศ. 2544- 2556	85
17	แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2552-2556	86

## สารบัญตาราง (ต่อ)

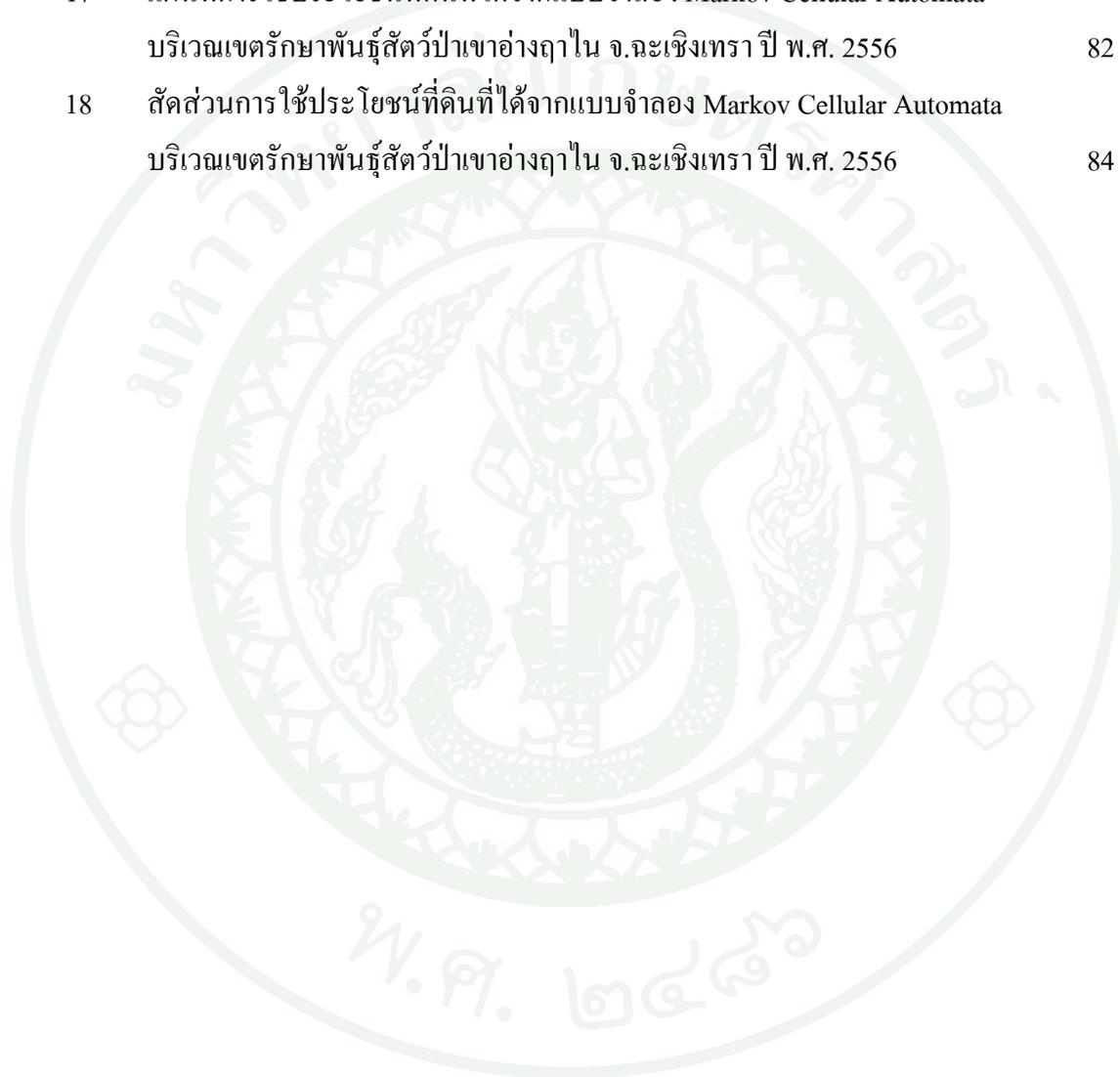
ตารางที่		หน้า
18	ลักษณะแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างปี พ.ศ. 2556	87
<b>ตารางผนวกที่</b>		
1	การเปรียบเทียบรูปลักษณะของภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	97

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้า (E) และคลื่นแม่เหล็ก (M) ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่	5
2	แสดงแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในช่วงคลื่นสั้นที่สุดตั้งแต่รังสีแกมมา เอกซ์เรย์ อัลตราไวโอเลต ช่วงคลื่นสายตามองเห็นอินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ	6
3	แสดงรูปแบบของกระบวนการดูดซับ การสะท้อน และการส่งผ่านพลังงาน	9
4	แสดงค่าความยาวช่วงคลื่นสำหรับพืชพรรณ ดิน น้ำ	10
5	แผนที่ตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน	36
6	แสดงขั้นตอนการศึกษา	44
7	ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat-5 (ก) พ.ศ. 2544 (ข) พ.ศ. 2548 และ (ค) พ.ศ. 2552	47
8	ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat5-TM ที่ได้รับการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิตเรียบร้อยแล้ว	49
9	การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ปี พ.ศ. 2544	55
10	การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ปี พ.ศ. 2548	56
11	การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ปี พ.ศ. 2552	57
12	แสดงตำแหน่งการออกสำรวจข้อมูลภาคสนาม จำนวนทั้งหมด 78 จุด ครอบคลุมการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งหมด 14 ประเภท	58
13	แผนที่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548	64
14	แผนที่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2552	69
15	แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จ.ฉะเชิงเทรา ปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata	73
16	เปรียบเทียบแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง (ก) กับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา	78

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	แผนที่ใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จ.ฉะเชิงเทรา ปี พ.ศ. 2556	82
18	สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จ.ฉะเชิงเทรา ปี พ.ศ. 2556	84



การประยุกต์ภูมิสารสนเทศในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินป่าไม้  
ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา

**Applications of Geo-informatics in Monitoring Forest Landuse Changes  
in Khao Ang Rue Nai Wildlife Sanctuary, Chachoengsao Province**

คำนำ

ในอดีตประเทศไทยมีทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ ทั้งประเภทที่ใช้แล้วหมดไป (non-renewable) ได้แก่ แร่ธาตุ น้ำมัน และก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น และประเภทที่ใช้แล้วสามารถสร้างทดแทนของเดิมได้ (renewable) ได้แก่ ดิน น้ำ ป่าไม้ และสัตว์ป่า เป็นต้น เนื่องจากในปัจจุบันมีการเพิ่มขึ้นของประชากรและมีการขยายตัวทางเศรษฐกิจเข้าสู่การเป็นของประเทศอุตสาหกรรมใหม่ ส่งผลที่ทำให้ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมเสียสมดุล และเสื่อมโทรมลงอย่างรวดเร็ว เกิดผลกระทบต่อวิถีการดำรงชีวิตของประชากร ดังนั้น การรักษาสภาพแวดล้อมและทรัพยากรธรรมชาติในระยะยาว จำเป็นต้องมีความเข้าใจและวางแผนวิธีการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้อง

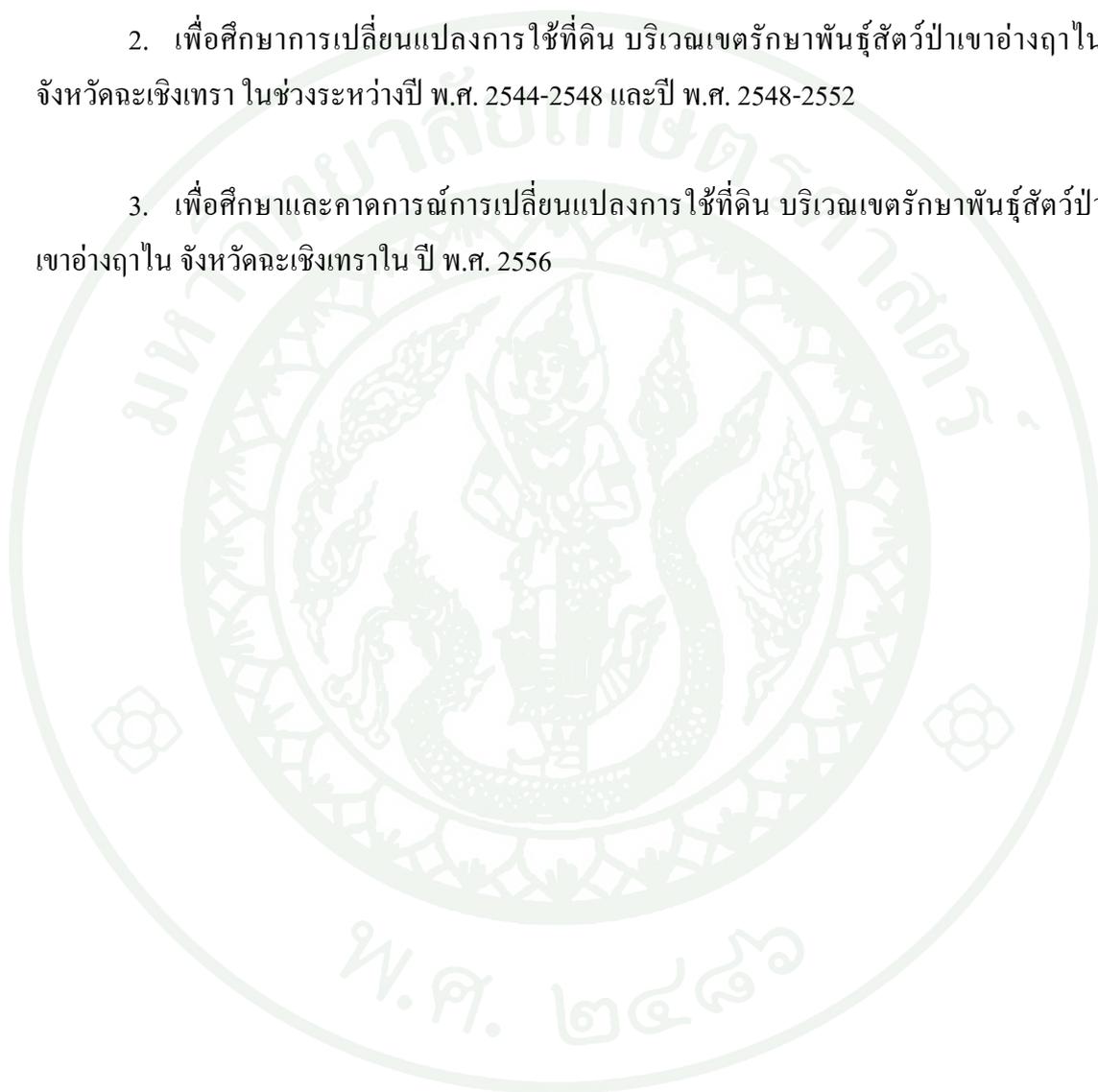
เมื่อพิจารณาถึงทรัพยากรป่าไม้ จะเห็นได้ว่าการบุกรุกและทำลายป่าไม้ เป็นปัญหาสำคัญของประเทศ และปรากฏว่าพื้นที่ป่าไม้มีอัตราการลดลงอย่างต่อเนื่อง จากอดีตที่ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าไม้ครอบคลุมเกินกว่าร้อยละ 50 เมื่อ พ.ศ. 2504 ในปัจจุบันลดลงเหลือเพียงประมาณร้อยละ 32 ของพื้นที่ประเทศเท่านั้น แม้ว่าจะมีหน่วยงานต่างๆ ทั้งภาครัฐและเอกชนเข้ามาร่วมแก้ไขปัญหาการบุกรุกทำลายป่าไม้ก็ตาม ในกรณีของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนก็เช่นเดียวกันที่ในอดีตเป็นป่าผืนใหญ่ต่อเนื่องไปถึงประเทศกัมพูชา มีเนื้อที่ถึง 5 ล้านไร่ เป็นพื้นที่รอยต่อ 5 จังหวัด ในอดีตเรียกว่า “ป่าพนมสารคาม” ปัจจุบันถูกรายถูกรุกแผ้วถางยึดครองและเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมจำนวนมาก ต่อมาถูกตัดขาดความต่อเนื่องกับป่าในประเทศกัมพูชา เหลือเนื้อที่ป่าเพียง 1 ใน 10 ของเนื้อที่เดิม โดยมีการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่างๆ เริ่มจากปี พ.ศ. 2510 บริเวณป่ารอยต่อ 5 จังหวัดมีเนื้อที่ประมาณ 5 ล้านไร่ ต่อมาปี พ.ศ. 2511 มีการตัดถนนสายสระแก้ว - วังน้ำเย็น - โป่งน้ำร้อน - จันทบุรี ทำให้มีการบุกรุกแผ้วถางป่าไปตามสองข้างทางถนน เพื่อเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ต่อมาปี พ.ศ. 2513 มีการให้สัมปทานทำไม้ในป่ารอยต่อ 5 จังหวัด ได้แก่ 8 บริษัท มีป่าโครงการทำไม้ 8 ป่า ทำไม้โดยใช้ระบบเลือกตัดเป็นระยะเวลา 30 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องใช้คนงานโดยราษฎรทั้งในท้องถิ่นและต่างถิ่นจำนวนมาก ราษฎรเหล่านี้ได้บุกแผ้วถางป่าเพื่อ

ทำพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2518 รัฐบาลมีมติให้ราษฎรที่บุกรุกครอบครองป่าสงวนแห่งชาติ ก่อนปี พ.ศ. 2518 ทำกินในป่าสงวนแห่งชาติต่อไปได้ ห้ามเจ้าหน้าที่จับกุม ในปี พ.ศ. 2520 ประกาศจัดตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า ลำดับที่ 13 ของประเทศ มีเนื้อที่ 67,562.5 ไร่ ปี พ.ศ. 2525 กองทัพอากาศที่ 1 กำหนดพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตป่าปิด ห้ามบุคคลเข้าไปอยู่หรืออาศัย แต่ทหารยังไม่สามารถดูแลรักษาพื้นที่ป่าได้ ในปี พ.ศ. 2530 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ จึงมีคำสั่งให้จัดตั้งกองอำนวยการศูนย์พิทักษ์ป่ารอยต่อ 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี สระแก้ว และฉะเชิงเทรา ในปี พ.ศ. 2532 กรมป่าไม้ได้จัดตั้งสำนักงานโครงการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าในพื้นที่รอยต่อ 5 จังหวัด มีการอพยพราษฎรออกจากพื้นที่ครั้งที่ 1 และให้มีการจัดตั้งศูนย์ทดลองจัดการต้นน้ำภาคตะวันออก ในปี พ.ศ. 2533 กรมป่าไม้จัดตั้งสถานีวิจัยสัตว์ป่าฉะเชิงเทรา ปี พ.ศ. 2534 กรมป่าไม้จัดตั้งสถานีควบคุมไฟป่าภูไท ปี พ.ศ. 2535 มีประกาศขยายเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ในราชกิจจานุเบกษา ลงวันที่ 30 ธันวาคม 2535 เพิ่มพื้นที่อีก 576,188 ไร่ รวมพื้นที่เขตอนุรักษ์สัตว์ป่า เขาอ่างฤๅไนครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 643,450 ไร่ ในปี พ.ศ. 2536 สมเด็จพระบรมราชินีนาถทรงรับให้เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และในปี พ.ศ. 2540 กรมป่าไม้จัดตั้งสวนพฤกษศาสตร์ 100 ปี กรมป่าไม้ (ภาคตะวันออก)

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งในอดีต ปัจจุบัน รวมถึงคาดการณ์แนวโน้มรูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคตของบริเวณที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยนำข้อมูลการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing: RS) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System: GIS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS) มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อใช้ประโยชน์ในการวางแผนบริหารจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม และกำหนดนโยบายจัดรวมทั้งทำแผนแม่บท ตลอดจนหาทางป้องกันสภาพป่ามิให้เสื่อมโทรม พร้อมทั้งส่งเสริมให้มีการอนุรักษ์ป่าไม้อย่างมีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และเกิดประโยชน์ต่อประเทศชาติต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะการใช้ที่ดิน บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทราปี พ.ศ.2544 2548 และ 2552
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548 และปี พ.ศ. 2548-2552
3. เพื่อศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทราใน ปี พ.ศ. 2556



## การตรวจเอกสาร

การประยุกต์ใช้ภูมิสารสนเทศในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินป่าไม้ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ผู้วิจัยได้ศึกษา ค้นคว้าและรวบรวม เอกสาร แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอเป็นหัวข้อต่างๆ ดังนี้

1. การสำรวจข้อมูลการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing)
2. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System)
3. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียม (Global Positioning System)
4. การใช้ประโยชน์ที่ดิน
5. แบบจำลองทางคณิตศาสตร์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
7. ลักษณะพื้นที่ศึกษา

## การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล

### 1. นิยามและความหมาย

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล เป็นกระบวนการได้มาซึ่งข้อมูลของวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ โดยปราศจากการสัมผัสกับวัตถุเหล่านั้น (Lillesand and Kiefer, 1994) ซึ่งวัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนหรือการแผ่พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าแบบเฉพาะตัว นำมาซึ่งข้อมูลใน 3 ลักษณะคือ ช่วงคลื่น (spectral) รูปทรงสัญญาณของวัตถุบนพื้นโลก (spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (temporal)

### 2. องค์ประกอบของการสำรวจข้อมูลการรับรู้ระยะไกล

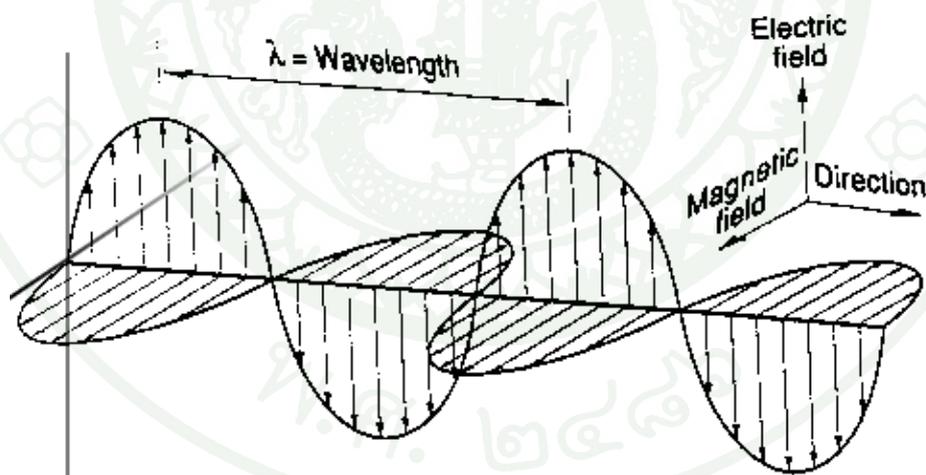
Lillesand and Kiefer (1994) กล่าวว่า การสำรวจข้อมูลการรับรู้ระยะไกล ประกอบไปด้วย องค์ประกอบสำคัญ 3 ส่วน ประกอบด้วย แหล่งกำเนิดพลังงาน (source of energy) วัตถุและปรากฏการณ์ต่างๆ บนพื้นผิวโลก (earth surface features) เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูล (sensor)

## 2.1 แหล่งกำเนิดพลังงาน

แหล่งกำเนิดพลังงานตามธรรมชาติที่มีความสำคัญที่สุด คือ ดวงอาทิตย์ ซึ่งเป็นแหล่งพลังงานที่อยู่ในรูปแม่เหล็กไฟฟ้า (electromagnetic radiation หรือ EMR) มีการแผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของคลื่น (wave theory) ที่มีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิก (harmonic) มีช่วงซ้ำและจังหวะเท่ากันในเวลาหนึ่ง (ภาพที่ 1) ความเร็วเท่ากับความเร็วแสง (c) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนผ่านจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลาเรียกว่า ความถี่คลื่น (f) ซึ่งมีความสัมพันธ์ กับความยาวคลื่น ดังนี้

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

เมื่อ	$\lambda$	=	ความยาวคลื่น ( $\mu\text{m}$ )
	c	=	ความเร็วของแสงมีค่าคงที่ ( $3 \times 10^8$ เมตรต่อวินาที)
	f	=	ความถี่ของคลื่น (รอบต่อวินาที หรือ hertz)

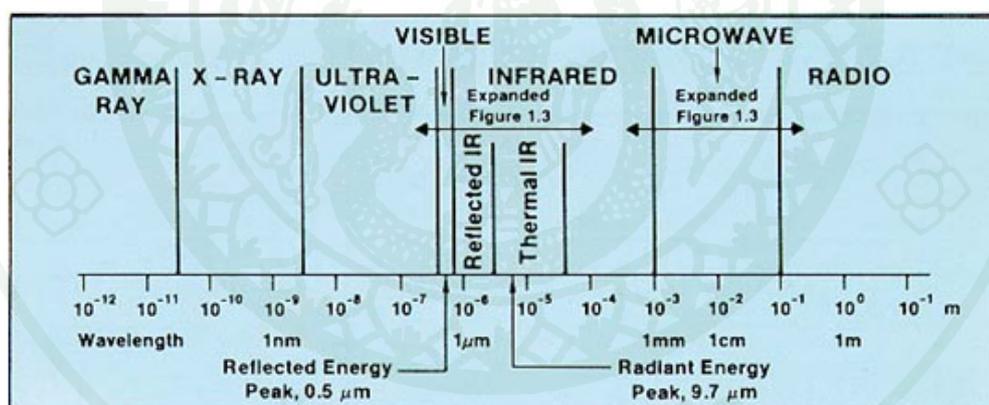


ภาพที่ 1 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่ประกอบด้วยคลื่นไฟฟ้า (E) และคลื่นแม่เหล็ก (M) ที่ตั้งฉากกับทิศทางการเคลื่อนที่

ที่มา : Lillesand and Kiefer (1994)

ความยาวคลื่นและความถี่คลื่น มีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน คือ ความยาวคลื่นมาก ความถี่จะน้อย ความยาวคลื่นมีหน่วยวัดเรียกว่า ไมโครมิเตอร์ (micrometer,  $\mu\text{m}$ ) หรือ ไมครอน (micron) ซึ่งเท่ากับ 0.000001 ม. หรือ  $10^{-6}$  เมตร คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แบ่งออกได้ตามความยาวของคลื่นที่เรียกว่า ช่วงคลื่น (band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นที่มีความยาวสั้นที่สุด คือ รังสีคอสมิก (cosmic ray) มีความยาวคลื่นน้อยกว่า  $10^{-10}$  ไมครอน จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตร สำหรับคุณสมบัติของช่วงคลื่น ประกอบด้วยช่วงคลื่นตามลำดับของความยาวดังนี้ รังสีแกมมา รังสีเอ็กซ์ รังสีอัลตราไวโอเล็ต ช่วงคลื่นสายตามองเห็น รังสีอินฟราเรด รังสีไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ

ช่วงคลื่นที่ใช้ประกอบการสำรวจข้อมูลจากระยะไกล ส่วนใหญ่อยู่ในความยาวคลื่นเชิงแสง (optical wavelength) คือ 0.34-14 ไมครอน ซึ่งสามารถถ่ายภาพและบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป และอุปกรณ์บันทึกภาพ (sensor) ช่วงคลื่นที่มีผลตอบสนองต่อสายตาของมนุษย์ คือ 0.3-0.7 ไมครอน แบ่งเป็น 3 ช่วงคือ น้ำเงิน เขียว และแดง ถัดไปเป็นช่วงคลื่นได้แดงที่แบ่งเป็น 2 ช่วงกว้างๆ คือ อินฟราเรดช่วงใกล้ (near infrared) หรืออินฟราเรดสะท้อนแสงระหว่าง 0.7-3 ไมครอน และอินฟราเรดช่วงความร้อนระหว่าง 3-15 ไมครอน (ตารางที่ 1)



ภาพที่ 2 แสดงแถบคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ในช่วงคลื่นสั้นที่สุดตั้งแต่รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเล็ต ช่วงคลื่นสายตามองเห็น อินฟราเรด ไมโครเวฟ และคลื่นวิทยุ

ที่มา : Lillesand and Kiefer (1994)

ตารางที่ 1 แสดงประเภทของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ความยาวช่วงคลื่น	ความถี่	คุณสมบัติ
1. รังสีแกมมา (gamma ray)	< 0.03 nm.	> 3,000 THz	ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบน จึงไม่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจจากระยะไกล
2. รังสีเอกซ์ (x-ray)	0.03-3.0 nm.	> 3,000 THz	ถูกดูดกลืนทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบนเช่นกัน จึงไม่นำมาใช้ประโยชน์ในการสำรวจจากระยะไกล
3. รังสีอัลตราไวโอเล็ต (ultraviolet)	0.03-0.4 mm	750-3,000 THz	ช่วงคลื่นสั้นกว่า 0.3 mm ถูกดูดซึมทั้งหมดโดยโอโซน (O <sub>3</sub> ) ในบรรยากาศชั้นบน
4. คลื่นอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในการถ่ายภาพ (photographic ultraviolet band)	0.03-0.4 mm	750-3,000 THz	ช่วงคลื่นนี้สามารถผ่านชั้นบรรยากาศได้ สามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูป แต่มีการกระจายในชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรค
5. คลื่นตามองเห็น (visible)	0.4-0.7 mm	430-750 THz	เป็นช่วงคลื่นที่บันทึกด้วยฟิล์มถ่ายภาพและอุปกรณ์บันทึกภาพได้ดี โดยเป็นช่วงคลื่นที่ดวงอาทิตย์มีการสะท้อนพลังงานสูงสุด (reflected energy peak ที่ 0.5 mm) ช่วงคลื่นนี้แบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่มที่ตอบสนองต่อสายตามนุษย์คือ

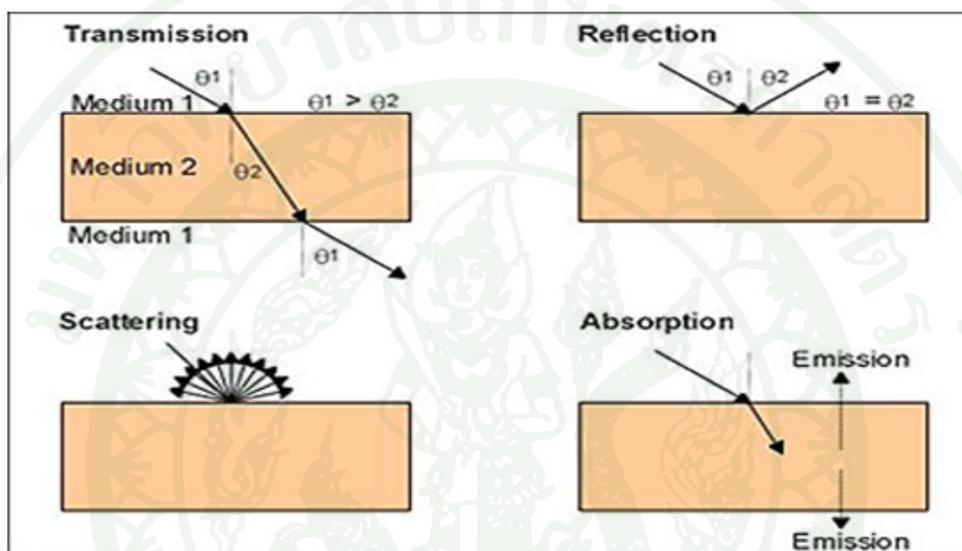
ตารางที่ 1 (ต่อ)

ประเภทคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	ความยาวช่วงคลื่น	ความถี่	คุณสมบัติ
			0.4-0.5 mm. ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน 0.5-0.6 mm. ช่วงคลื่นสีเขียว 0.6-0.7 mm. ช่วงคลื่นสีแดง ซึ่งเป็นแม่สีแสงที่ก่อให้เกิด สีต่างๆ ที่เรามองเห็นใน ธรรมชาติ
6. คลื่นอินฟราเรด (infrared) แบ่งออกเป็นช่วงคลื่นย่อย ดังนี้			ช่วงคลื่นระหว่าง 0.7-0.9 mm สามารถถ่ายภาพด้วย ฟิล์มพิเศษ เรียกว่า photographic infrared film และเป็นช่วงที่โลกสะท้อน พลังงานสูงสุดที่ 9.7 mm เป็นช่วงคลื่นยาวที่สามารถ ทะลุผ่านหมอก เมฆ และฝน ได้ สามารถบันทึกข้อมูลได้ ทั้งระบบพาสซีฟและแอคทีฟ
7. คลื่นไมโครเวฟ (microwave)	0.1-30.0 cm.		เป็นระบบแอคทีฟ ที่ สามารถทะลุผ่านหมอก เมฆ และฝนได้
8. คลื่นเรดาร์ (radar) มีแบ่งย่อยเป็นช่วงคลื่นที่ สำคัญ ดังนี้	0.1-30.0 cm.	30-300 MHz	เป็นระบบแอคทีฟ ที่ สามารถทะลุผ่านหมอก เมฆ และฝนได้
9. คลื่นวิทยุ (radio)	1 m. – 100 km.	3 KHz–300 MHz	เป็นช่วงคลื่นที่ยาวที่สุด บางครั้งมีเรดาร์อยู่ในช่วงนี้ ด้วย

ที่มา : สุทธิณี (2544)

## 2.2 วัตถุและปรากฏการณ์ต่างๆบนพื้นผิวโลก (earth surface features)

วัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลกมีองค์ประกอบและคุณสมบัติที่สัมพันธ์กับพลังงานจากดวงอาทิตย์แตกต่างกัน กระบวนการของพลังงานที่เกิดขึ้นกับวัตถุประกอบด้วย 3 กระบวนการ คือ การดูดซับพลังงาน (absorption) การสะท้อนพลังงาน (reflection) และการส่งผ่านพลังงาน (transmission) ดังแสดงในภาพที่ 3



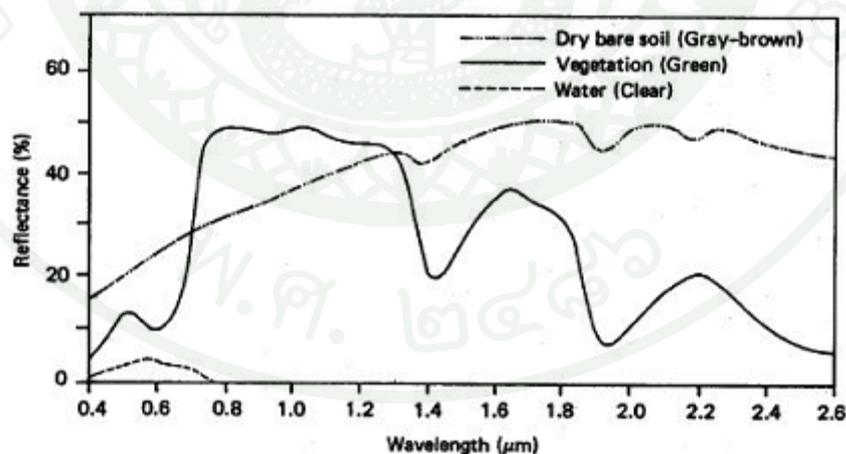
ภาพที่ 3 รูปแบบของกระบวนการดูดซับ การสะท้อน และการส่งผ่านพลังงาน

ที่มา : Lillesand and Kiefer (1994)

พลังงานตกกระทบ (incident energy) ซึ่งได้รับจากแหล่งพลังงาน สัดส่วนของการดูดซับ การส่งผ่าน การสะท้อนพลังงานจะแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุซึ่งทำให้สามารถแยกชนิดของวัตถุในภาพถ่ายได้ นอกจากนี้ในวัตถุเดียวกันสัดส่วนของการเกิดปฏิกิริยาทั้งสามนี้จะแตกต่างกันตามความยาวของช่วงคลื่นที่ตกกระทบอีกด้วย วัสดุสองชนิดอาจจะไม่แตกต่างกันในช่วงคลื่นหนึ่งแต่จะสามารถแยกจากกันได้ในช่วงคลื่นหนึ่งในส่วนสายตามองเห็น (visible portion) ความแตกต่างกันทางด้านคลื่นรังสี (spectral) ของวัตถุจะแสดงให้เห็นในรูปของสีต่างๆ เช่น การมองเห็นวัตถุเป็นสีเขียว เนื่องจากวัตถุนั้นสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียวมาก เป็นต้น พลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุมักค่าเท่ากับพลังงานที่ตกกระทบวัตถุ ลบด้วยพลังงานที่ถูกดูดซับไว้และพลังงานที่ผ่านทะลุวัตถุนั้น ลักษณะพื้นผิวหน้าของวัตถุก็เป็นสิ่งสำคัญที่มีอิทธิพลต่อการสะท้อน

พลังงาน วัตถุที่มีพื้นหน้าเรียบ มุมสะท้อนพลังงานจะเท่ากับมุมตกกระทบ ส่วนวัตถุที่มีผิวหน้าขรุขระการสะท้อนพลังงานจะไม่เป็นระเบียบในทุกทิศทาง อย่างไรก็ตามวัตถุส่วนใหญ่จะมีลักษณะผสมผสานกันระหว่างสองลักษณะนี้ นอกจากลักษณะของพื้นผิววัตถุแล้ว ยังต้องคำนึงถึงความยาวช่วงคลื่นที่ตกกระทบวัตถุด้วย ถ้าเป็นพลังงานช่วงคลื่นสั้นเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดอนุภาคของวัตถุที่ประกอบเป็นผิวหน้าวัตถุ หรือความต่างระดับของผิวหน้าวัตถุ การสะท้อนแสงอาจเป็นแบบให้ลักษณะวัตถุพื้นผิวขรุขระได้ แต่ถ้าในวัตถุชนิดเดียวกันนี้ได้รับพลังงานตกกระทบในช่วงคลื่นยาว เมื่อเปรียบเทียบกับผิววัตถุการสะท้อนแสงก็อาจเป็นแบบลักษณะของวัตถุที่มีพื้นผิวราบได้

วัตถุที่ปกคลุมพื้นผิวโลกประกอบด้วย ดิน น้ำ และพืชพรรณ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งวัตถุแต่ละชนิดจะมีลักษณะการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกัน (ดังแสดงในภาพที่ 4) โดยน้ำจะมีการสะท้อนพลังงานในช่วงตามองเห็นได้บางส่วน แต่จะไม่มีการสะท้อนในช่วงของอินฟราเรดเลย ส่วนดินจะสะท้อนพลังงานบางส่วนในช่วงตามองเห็น แต่สะท้อนพลังงานค่อนข้างมากในช่วงอินฟราเรด ทำให้สามารถแบ่งแยกดินกับน้ำได้อย่างชัดเจนในช่วงคลื่นอินฟราเรด ในขณะที่พืชจะเกี่ยวข้องกับพลังงานในช่วงตามองเห็น โดยดูดซับช่วงคลื่นสีแดงเพื่อใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง แต่สะท้อนในช่วงแสงสีเขียว และมากที่สุดในช่วงอินฟราเรด



ภาพที่ 4 การสะท้อนช่วงคลื่นสำหรับพืชพรรณ ดิน และน้ำ

ที่มา : Lillesand and Kiefer (1994)

### 2.3 เครื่องมือหรืออุปกรณ์ในการบันทึกข้อมูล (sensor)

เครื่องมือในการบันทึกข้อมูลที่รู้จักกัน โดยทั่วไปก็คือ กล้องถ่ายภาพ มีการติดตั้งในอากาศยานต่าง ๆ เช่น เครื่องบิน และดาวเทียม เป็นต้น โดยคุณสมบัติและรายละเอียดของกล้องแต่ละชนิดก็จะแตกต่างกันไปตามความละเอียดของข้อมูลที่ต้องการ

### 3. การวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร

การวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากร แบ่งออกได้ 2 วิธี คือ การวิเคราะห์ภาพด้วยสายตา และการวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ (สุรชัย, 2536)

#### 3.1 การวิเคราะห์ภาพด้วยสายตา

ความสำเร็จและความถูกต้องของการวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียมด้วยสายตานั้น ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติเฉพาะตัวของผู้วิเคราะห์ โดยอาศัยประสบการณ์และความชำนาญในการเรียนรู้ลักษณะพื้นที่ศึกษา รูปแบบ ลักษณะสีของวัตถุที่ปรากฏในภาพ ตลอดจนกิจกรรมต่างๆ ที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติและโดยการกระทำของมนุษย์ หากผู้วิเคราะห์มีความรู้หรือคุ้นเคยกับสภาพพื้นที่นั้นๆ จะทำให้การแปลภาพมีความถูกต้องและรวดเร็ว โดยทั่วไปการแปลภาพนั้นอาศัยหลักการเดียวกัน โดยเฉพาะองค์ประกอบของการแปลภาพ ซึ่งสรุปได้ดังนี้

3.1.1 ความเข้มของสี (tone) ระดับความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่งๆ ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุ การทำมุมกับแสง ตลอดจนการเรียงตัวของวัตถุ เช่น ป่าทึบมีคลอโรฟิลล์หรือความเขียวมากปรากฏสีเข้ม ป่าโปร่งมีสีจาง น้ำลึกปรากฏสีดำหรือเข้ม น้ำตื้นหรือน้ำขุ่นมีสีจาง

3.1.2 ขนาด (size) ขนาดของวัตถุที่ปรากฏในภาพซึ่งสัมพันธ์กับมาตราส่วนของภาพที่ปรากฏในรูปของความยาว กว้าง หรือพื้นที่ เช่น ความแตกต่างระหว่างแม่น้ำและคลอง พื้นที่ป่าไม้ธรรมชาติ และสวนป่าผสม

3.1.3 รูปร่าง (shape) รูปร่างของวัตถุที่เป็นเฉพาะตัว อาจสม่ำเสมอ (regular) หรือรูปร่างไม่สม่ำเสมอ (irregular) เช่น สนามบิน พื้นที่นาข้าว ถนน แม่น้ำ คลองชลประทาน และเขื่อนเก็บกักน้ำ

3.1.4 เนื้อภาพ (texture) หรือความหยาบละเอียดของผิววัตถุ เป็นผลมาจากความสม่ำเสมอของวัตถุที่รวมกันอยู่ เช่น สวนยางพารามีเนื้อภาพละเอียดเนื่องจากมีขนาดความสูงใกล้เคียงกันซึ่งแตกต่างจากพืชไร่และสวนผสม

3.1.5 รูปแบบ (pattern) ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุปรากฏเด่นชัดระหว่างความแตกต่างตามธรรมชาติและสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ คลองกับคลองชลประทาน บ่อ สระน้ำ กับเขื่อน

3.1.6 ความสูงและเงา (height and shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการพิจารณาความสูง และมุมของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผาเงาของเมฆ

3.1.7 ตำแหน่งที่ตั้ง (site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่าชายเลนพบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้แหล่งชุมชน

3.1.8 ความเกี่ยวพัน (association) วัตถุบางอย่างมีความเกี่ยวพันกับสิ่งแวดล้อมอื่นๆ เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่มมักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ไร่เลื่อนลอยพบในพื้นที่ป่าไม้บนเขา การวิเคราะห์ภาพเพื่อจำแนกวัตถุได้ดีและถูกต้อง ขึ้นอยู่กับหลายองค์ประกอบรวมเข้าด้วยกันตามความยากง่ายและมาตราส่วนที่แตกต่างกันไป

นอกจากนี้ จำเป็นต้องนำข้อมูลที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียมอีก 3 ลักษณะ มาประกอบการพิจารณา คือ

ก. ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวช่วงคลื่นแสงในแต่ละแบนด์ โดยวัตถุต่างๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากัน ทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแบนด์แตกต่างกันในระดับสีขาว-ดำ

ข. ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียมแตกต่างตามมาตราส่วนและรายละเอียดของภาพ เช่น Landsat Multispectral Scanner (MSS) วัตถุหรือพื้นที่ขนาด 80 x 80 เมตร จึงจะปรากฏในภาพ และภาพดาวเทียม SPOT มีขนาด 10 x 10 เมตร เมื่อคุ้นเคยกับลักษณะรูปร่างวัตถุจะทำให้ทราบลักษณะที่ปรากฏในภาพดาวเทียม

ค. ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลาที่ดาวเทียมบันทึกภาพให้ประโยชน์ในการติดตามศึกษาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นแบบต่อเนื่อง เช่น ดาวเทียม Landsat จะกลับมาบันทึกภาพบริเวณเดิมทุก 16 วัน จึงสามารถติดตามการบุกรุกทำลายป่า การเติบโตของพืชตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยวได้อย่างต่อเนื่อง

### 3.2 การวิเคราะห์ภาพจากดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

ข้อมูลภาพจากดาวเทียมเป็นข้อมูลเชิงเลข (digital image data) ซึ่งเก็บในรูปแบบของเทปแม่เหล็กไฟฟ้าเรียกว่า CCT (computer compatible tape) หรือ เทปคาร์ทริดจ์ ขนาด 8 มิลลิเมตร ปัจจุบันบรรจุในแผ่นบีบอัดข้อมูล (CD-ROM) สามารถนำไปวิเคราะห์และประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ ความครอบคลุมพื้นที่ของภาพจะแตกต่างกันไปตามชนิดของระบบบันทึกภาพของดาวเทียม เช่น MSS และ TM ขนาดภาพ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร แต่ละแบนด์ประกอบด้วยจุดภาพ (pixel or picture element) ขนาดเท่าๆ กัน เรียงตัวเป็นแถวและแนว ขนาดของจุดภาพแตกต่างกันตามความละเอียดของภาพ คือ MSS มีขนาด 80 x 80 เมตร มีจำนวน 7.5 ล้านจุดภาพต่อแบนด์ ระบบ Landsat-TM มีขนาด 30 x 30 เมตร มีจำนวน 35 ล้านจุดภาพต่อแบนด์ ซึ่งมากกว่า MS ประมาณ 5 เท่า ดังนั้น การวิเคราะห์ข้อมูลปริมาณมาก จำเป็นต้องใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะแต่ละจุดภาพมีค่าระดับความเข้มสีเทา ระหว่าง 0 - 255 หรือ 256 ระดับ

การวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์มีหลักคล้ายการวิเคราะห์ภาพด้วยสายตา คือ มีการตรวจดู (detection) การบอกลักษณะหรือชนิด (identification) การวัด (measurement) และการแก้ปัญหา (problem solving) หรืออาจเรียกว่า ขั้นตอนการวิเคราะห์ภาพด้วยคอมพิวเตอร์ (statistical pattern recognition) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

### 3.2.1 การเตรียมข้อมูลเบื้องต้น (data preparation)

การคัดเลือกข้อมูลดาวเทียมในช่วงวันเวลาที่ปราศจากเมฆ และช่วงฤดูกาลที่ต้องการจะศึกษา เช่น ฤดูฝน ฤดูแล้ง ซึ่งในแต่ละฤดูกาล การสะท้อนแสงของสิ่งปกคลุมดินบนพื้นผิวโลกก็จะมีลักษณะแตกต่างกันไป นอกจากนี้ต้องเลือกแบนด์และจำนวนแบนด์ที่เหมาะสมกับการแปลตีความ ทั้งนี้เนื่องจากค่าความเข้มของวัตถุในแต่ละแบนด์จะไม่เหมือนกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งข้อมูล Landsat Thematic Mapper (TM) มีจำนวน 7 แบนด์ ดังนั้น การเลือกใช้แบนด์และจำนวนแบนด์ที่เหมาะสมจะช่วยให้การวิเคราะห์มีความถูกต้อง และรวดเร็ว เช่น การศึกษาด้านการใช้ที่ดินปกติจะใช้แบนด์ 3 หรือแบนด์ 4 เช่น แบนด์ 2, 3, 4 หรือ แบนด์ 2, 3, 4 และ 5 สำหรับข้อมูล TM เป็นต้น

### 3.2.2 การปรุงแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์ (pre-processing)

การปรุงแต่งข้อมูลให้สมบูรณ์ก่อนการวิเคราะห์ เป็นขบวนการสร้างภาพกลับคืน (image restoration) หรือปรับปรุงข้อมูลที่มีข้อบกพร่องในคุณสมบัติต่างๆ ให้มีความถูกต้องและชัดเจนตามเป้าหมาย เพื่อเตรียมวิเคราะห์ต่อไป ประกอบด้วย

ก. การแก้ระดับความเข้มสีเทา (radiometric correction) เป็นการปรับแก้ที่เกิดการผิดพลาดจากอุปกรณ์บันทึกภาพ มุมแสงอาทิตย์ (sun angle) หรือการแผ่กระจายพลังแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ครบถ้วนสมบูรณ์ และเป็นการปรับค่าข้อมูลบริเวณเดียวกัน แต่บันทึกในต่างวันต่างฤดูให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน

ข. การแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (geometric correction) เป็นการแก้ไขการบิดเบือนของตำแหน่งในภาพอันเนื่องมาจากความผิดพลาดของการโคจรและระบบการบันทึกภาพของดาวเทียมโดยอาศัยจุดโยงยึดข้อมูลจะได้รับการแก้ไขให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลกตามระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ หรือพิกัด Universal Transverse Mercator (UTM) ของแผนที่

ค. การเน้นคุณภาพข้อมูล (image enhancement) เป็นการปรับปรุงค่าระดับความเข้มสีเทาของข้อมูลโดยการเลือกวิธีเน้นคุณภาพให้เหมาะสมกับวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ข้อมูลใหม่

ตามที่ต้องการศึกษาซึ่งจะทำให้ได้รับผลการวิเคราะห์ถูกต้องยิ่งขึ้น โดยทั่วไปนิยมใช้วิธียืดความเข้มสีเทาเดิมในช่วงแคบๆ ให้กระจายกว้างขึ้น สามารถกระทำได้หลายวิธี คือ

1) Linear Contrast Stretch เป็นการขยายพิสัย (range) ของค่าความเข้มสีเทาเดิมให้มีค่ามากยิ่งขึ้น ตามสมการเส้นตรง

2) Histogram Equalization เป็น Non-Linear Contrast Stretch โดยการกระจายค่าความเข้มสีเทาให้เป็นการกระจายแบบปกติ คือให้จำนวนจุดภาพในแต่ละค่าความเข้มมีจำนวนใกล้เคียงกัน

3) Piecewise Stretch การขยายค่าความเข้มสีเทาเฉพาะช่วงที่ต้องการให้ขยายออกไป ทำให้ได้ข้อมูลชัดเจนเฉพาะช่วงที่ต้องการ

4) Ratioing Image การหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ โดยนำค่าความเข้มของแบนด์มาหารกับอีกแบนด์หนึ่งในแต่ละจุดภาพเดียวกัน เช่น

$$\text{Vegetation Index} = \frac{\text{TM แบนด์ 4} - \text{TM แบนด์ 3}}{\text{TM แบนด์ 4} + \text{TM แบนด์ 3}}$$

5) Principle Component Transformation (PCT) เทคนิคการเน้นภาพโดยอาศัยการเปลี่ยนแปลงค่าระดับสีเทาของการสะท้อนแสงที่มีค่าซ้ำซ้อนกันเพื่อสร้างภาพใหม่ให้มีขนาดของข้อมูลลดลง ได้ภาพที่มีข้อมูลรายละเอียดครบถ้วนและมีคุณภาพเด่นชัดขึ้น เช่น ภาพ PCT 3 ของระบบ MMS ที่ให้รายละเอียดความแตกต่างของป่าชายเลน และป่าบกได้เด่นชัด

6) Color Composite Image การทำภาพสีผสมสามารถทำได้โดยการนำภาพจากดาวเทียมขาวดำ 3 ช่วงคลื่น มาผสมเป็นภาพสีผสมให้รายละเอียดข้อมูลต่างๆ ชัดเจนกว่าภาพขาว - ดำ โดยสามารถทำได้ทั้งภาพวันที่เดียวกัน (single-data image) และภาพจากดาวเทียมหลายวัน (multidate image) รวมทั้งภาพจากดาวเทียมต่างกัน เช่น การผสมภาพสี TM แบนด์ 5 แบนด์ 4 และ PLA/RGB เพื่อให้ได้รายละเอียดของพื้นที่นาทุ่งที่ชัดเจน

## ง. การประมวลผลข้อมูล (processing)

เป็นขั้นตอนการจำแนกประเภทข้อมูล (classification) จากภาพดาวเทียม โดยทั่วไปแยกได้ 2 ลักษณะ คือ

1) Unsupervised classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยค่าสถิติของการสะท้อนแสงช่วงคลื่นแสงวัตถุต่างๆ โดยไม่ใช้ข้อมูลภาคพื้นดินมาช่วยในการจำแนกที่เรียกว่า clustering ทำให้สามารถกำหนดจำนวนกลุ่มประเภทของข้อมูลได้ การจำแนกวิธีนี้มักใช้กับพื้นที่ที่ไม่คุ้นเคย

2) Supervised classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยอาศัยพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ของข้อมูลภาคพื้นดินเป็นตัวแทนของลักษณะต่างๆ ที่ปรากฏในภาพจากดาวเทียมเพื่อคำนวณค่าสถิติ เช่น ค่าเฉลี่ย (mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation) ค่า Covariance Matrix ของแต่ละประเภทข้อมูล ค่าสถิติดังกล่าวจะเป็นตัวแทนสำหรับการจำแนกประเภทข้อมูลของพื้นที่ทั้งหมด การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยคอมพิวเตอร์ที่นิยมใช้ คือ

- Minimum Distance to Means Classifier การจำแนกประเภทข้อมูล โดยพิจารณาค่าสะท้อนช่วงคลื่นของแต่ละจุดภาพว่ามีความห่างน้อยที่สุดจากค่าจุดศูนย์กลาง (ค่าเฉลี่ย) ของประเภทข้อมูล

- Parallelepiped Classifier การจำแนกประเภทข้อมูลโดยกำหนดช่วงการแปรผัน (variance) ของประเภทข้อมูล จากค่าสะท้อนช่วงคลื่นต่ำสุดและสูงสุดภายในพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างแต่ละแบนด์

- Maximum Likelihood Classification การจำแนกประเภทข้อมูลโดยพิจารณาค่า Mean Vector และ Covariance Matrix ของข้อมูลแต่ละประเภท โดยตั้งสมมติฐานว่าแต่ละประเภทข้อมูลมีการกระจายแบบปกติ (normal distribution) แล้วคำนวณค่าความน่าจะเป็น (probability) ของแต่ละจุดภาพว่าถูกจำแนกในประเภทข้อมูลใด โดยทั่วไปวิธีนี้ให้ความถูกต้องมากที่สุด

## จ. การปรุงแต่งข้อมูล (post processing)

การตกแต่งผลการจำแนกประเภทข้อมูลให้มีความถูกต้องขึ้น โดยใช้วิธีการกรองข้อมูล เพื่อให้มีความต่อเนื่องของประเภทข้อมูลตามความเป็นจริง เช่น พื้นที่นาข้าวปรากฏบนพื้นที่ป่าไม้บนภูเขา จึงควรแทนพื้นที่ดังกล่าวให้ เป็นป่าไม้ทั้งหมด

## ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

### 1. นิยามและความหมาย

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information System; GIS) เป็นระบบสำหรับการนำเข้า จัดเก็บ คั่นคืน รวบรวม วิเคราะห์ และแสดงผลข้อมูลทางภูมิศาสตร์ โดยอาศัยกระบวนการทำงานด้วยระบบคอมพิวเตอร์เชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data) เข้าด้วยกัน ข้อมูลในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถอ้างอิงถึงตำแหน่งที่มีอยู่จริงบนพื้นโลกได้โดยอาศัยระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ ซึ่งสามารถอ้างอิงได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ข้อมูลที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกทางตรง หมายถึง ข้อมูลที่มีค่าพิกัดหรือมีตำแหน่งจริงบนพื้นโลกหรือในแผนที่ เช่น ตำแหน่งอาคาร ถนน เป็นต้น สำหรับข้อมูลที่อ้างอิงกับพื้นผิวโลกทางอ้อม เช่น ข้อมูลบ้าน (บ้านเลขที่ ซอย เขต แขวง จังหวัด และรหัสไปรษณีย์) จากข้อมูลสามารถทราบได้ว่าบ้านหลังนี้มีตำแหน่งอยู่บริเวณพื้นที่ใดบนโลก ข้อมูลเหล่านี้แบ่งลักษณะออกเป็นข้อมูลจุด (point), เส้น (line) และพื้นที่รูปปิด (polygon) ควบคู่กับข้อมูลเชิงบรรยาย (สุวิทย์, 2538)

### 2. องค์ประกอบของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ มีองค์ประกอบที่สำคัญประกอบด้วย 5 ส่วน คือ เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ (hardware) โปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ (software) สารสนเทศ (information) บุคลากร (human resource) และวิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน (procedure) แต่ละส่วนที่มีรายละเอียดดังนี้

2.1 เครื่องคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ (hardware) ประกอบด้วยหน่วยประมวลผลกลาง (Central Processing Unit : CPU) อุปกรณ์การนำเข้า (input devices) เช่น digitizer scanner

อุปกรณ์อ่านข้อมูล อุปกรณ์เก็บรักษาข้อมูล (disk drive storage unit) และอุปกรณ์แสดงผลข้อมูล (output devices) เช่น printer, plotter เป็นต้น

2.2 โปรแกรมหรือซอฟต์แวร์ (software) หมายถึง โปรแกรมที่ใช้ในการจัดการระบบ และสั่งงานต่างๆ เพื่อให้ระบบฮาร์ดแวร์ทำงาน หรือเรียกข้อมูลที่จัดเก็บในระบบฐานข้อมูลทำงานตามวัตถุประสงค์ โดยทั่วไปชุดคำสั่ง หรือโปรแกรมของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะประกอบด้วย หน่วยนำเข้าข้อมูล หน่วยเก็บข้อมูล การจัดการข้อมูล หน่วยวิเคราะห์แสดงผล หน่วยแปลงข้อมูล และหน่วยโต้ตอบกับผู้ใช้

2.3 สารสนเทศ (information) ข้อมูลที่จะนำเข้าสู่ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ ควรเป็นข้อมูลเฉพาะเรื่อง (theme) และเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ในการตอบคำถามต่างๆ ได้ตามวัตถุประสงค์ มีความถูกต้อง และเป็นปัจจุบันมากที่สุด (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2541) สารสนเทศสามารถแบ่งเป็น 2 ประเภท ประกอบด้วย ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) และข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data)

2.3.1 ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) เป็นข้อมูลที่แสดงสภาพภูมิประเทศของพื้นที่ด้วยตำแหน่งพิกัดทางภูมิศาสตร์ มีโครงสร้างข้อมูล 2 รูปแบบ คือ ข้อมูลเวกเตอร์ (vector data) และข้อมูลราสเตอร์ (raster data)

ก. ข้อมูลเวกเตอร์ (vector data) เป็นข้อมูลที่แสดงทิศทาง และตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ในลักษณะของจุด (point) หรือโดยการเชื่อมจุดหลายๆ จุดเพื่อแสดงรูปแบบเส้น (line) เช่น ถนน แม่น้ำ เป็นต้น และปลายของเส้นหลายๆ เส้นที่ต่อกันจนเกิดเป็นรูปขอบเขตของพื้นที่ เรียกว่า พื้นที่รูปปิด (polygon)

ข. ข้อมูลราสเตอร์ (raster data) โครงสร้างของข้อมูลจะแสดงในรูปแบบสี่เหลี่ยม หรือจุดภาพ (grid or pixels) ที่มีการอ้างอิงกับระบบพิกัด รายละเอียดของข้อมูลที่เก็บบันทึกในรูปแบบนี้จะแปรผันโดยตรงกับขนาดของจุดภาพ

2.3.2 ข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute data) เป็นข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับคุณลักษณะของพื้นที่ แสดงเป็นค่าเชิงปริมาณ หรือตารางที่อธิบายถึงสภาพพื้นที่ได้เด่นชัด เพื่อจัดการ

ทรัพยากรธรรมชาติต่างๆ เช่น ข้อมูลประชากรในพื้นที่ป่า ข้อมูลด้านอุตุนิยมวิทยา ข้อมูลคุณภาพของน้ำและสิ่งแวดล้อม เป็นต้น

2.4 บุคลากร (human resource) จะประกอบด้วยผู้ใช้ระบบ (analyst) และผู้ใช้สารสนเทศ (user) ผู้ใช้ระบบหรือผู้ชำนาญการระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์จะต้องมีความชำนาญในหน้าที่ และได้รับการฝึกฝนมาแล้วเป็นอย่างดีพร้อมที่จะทำงานได้เต็มความสามารถ โดยทั่วไปผู้ใช้ระบบจะเป็นผู้เลือกระบบฮาร์ดแวร์ และระบบซอฟต์แวร์ เพื่อให้ตรงตามวัตถุประสงค์ และสนองความต้องการของหน่วยงาน ส่วนผู้ใช้สารสนเทศ คือ นักวางแผน หรือผู้มีอำนาจตัดสินใจ (decision maker) เพื่อนำข้อมูลมาใช้ในการแก้ไขปัญหาต่างๆ

2.5 วิธีการหรือขั้นตอนการทำงาน (procedure) คือ วิธีการที่องค์กรต่างๆ นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ไปใช้งาน ซึ่งต้องสามารถรองรับและตอบสนองแผนงานขององค์กรได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ โดยองค์กรควรให้การสนับสนุนงบประมาณ อุปกรณ์ และบุคลากรที่เหมาะสมกับหน้าที่

### 3 การทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การทำงานของระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ วิเคราะห์ปัญหา และกำหนดวัตถุประสงค์ (objective determination) จัดเตรียมฐานข้อมูล (database preparation) วิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) และแสดงผลข้อมูล (data display)

3.1 วิเคราะห์ปัญหาและกำหนดวัตถุประสงค์ (objective determination) เป็นขั้นตอนแรกและสำคัญที่สุดในการดำเนินงานเกี่ยวกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ทั้งนี้ นักวิเคราะห์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ต้องทราบวัตถุประสงค์ที่ชัดเจนก่อนการดำเนินงานในขั้นตอนการแก้ปัญหา การประเมินผลการวิเคราะห์ที่คาดว่าจะได้รับล่วงหน้า

3.2 การจัดเตรียมฐานข้อมูล (database preparation) ประกอบด้วย การนำเข้าข้อมูล (data input) การจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (cartographic representation) ความสัมพันธ์ทางพื้นที่ (spatial topology) การจัดเก็บและการสืบค้นตารางฐานข้อมูล (database)

3.2.1 การนำเข้าข้อมูล (data input) สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลทั่วไป การนำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นการแปลงข้อมูลเชิงพื้นที่ให้เป็นข้อมูลเชิงตัวเลข (digital data) ซึ่งสามารถนำเข้าได้หลายวิธี เช่น digitizing table คีย์บอร์ด (computer keyboard) สแกนเนอร์ (scanner) นำเข้าข้อมูลจากแผ่นฟิล์ม (film importation) และแปลงค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ที่จัดเก็บจากเครื่องระบุพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS)

3.2.2 การจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (cartographic representation) ข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ถูกจัดเก็บโดยอ้างอิงจากค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ ทั้งนี้รหัสของข้อมูลอาจเรียงตามลำดับของการนำเข้า หรือเรียงตามค่ารหัสที่กำหนดโดยผู้ใช้ระบบ (User ID)

3.2.3 ความสัมพันธ์ทางพื้นที่ (spatial topology) ข้อมูลเชิงพื้นที่โดยทั่วไปจะมีระบบการจัดเก็บข้อมูลเฉพาะแต่ละลักษณะ (each graphic object) ซึ่งลักษณะความสัมพันธ์ของข้อมูลเชิงพื้นที่ และระบบการจัดเก็บนี้เรียกว่า ความสัมพันธ์ทางพื้นที่ หลังจากได้สร้าง Topology เรียบร้อยแล้ว ข้อมูลต่างๆ สามารถนำมาวิเคราะห์เชิงพื้นที่ได้

3.2.4 การจัดเก็บและสืบค้นตารางฐานข้อมูล (database) ฐานข้อมูลที่ใช้อธิบายข้อมูลเชิงพื้นที่ หรือข้อมูลเชิงบรรยาย ได้ถูกจัดเก็บในรูปแบบที่สัมพันธ์กับข้อมูลเชิงพื้นที่เป็นข้อมูลที่ถูกต้อง สะดวกต่อการปรับแก้ และการนำมาใช้

3.2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล (data analysis) คือ การนำเอาข้อมูลแผนที่ซึ่งเก็บไว้ในระบบมาทำการประมวลผลด้วยวิธีการซ้อนทับ (overlay) และเชื่อมโยงข้อมูลเชิงพื้นที่กับข้อมูลเชิงบรรยาย เพื่อทำการวิเคราะห์ หรือวางแผนการจัดการกับพื้นที่นั้นๆ ให้ได้ผลลัพธ์ตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ (วิเชียร, 2542)

3.3 การแสดงผล (data display) ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ข้อมูล สามารถแสดงผลได้ทั้งบนจอคอมพิวเตอร์ (monitor) และเอกสาร ในรูปแบบของแผนที่และตารางโดยใช้เครื่องพิมพ์ หรือแปลงข้อมูลเหล่านั้นไปสู่ระบบการทำงานในโปรแกรมอื่นๆ ในรูปแบบของแผนที่ (map) แผนภูมิ (chart) หรือ ตาราง (table) (โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2541)

#### 4. เทคนิคการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการวิเคราะห์ข้อมูล จำเป็นต้องทราบรายละเอียดและความสามารถของเครื่องมือที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ Congalton and Green (2535) ได้กล่าวว่า การเก็บรวบรวมข้อมูลจะต้องนำข้อมูลที่ได้มาลงตำแหน่ง และรวบรวมให้อยู่บนแผนที่ฐานเดียวกัน ซึ่งกระบวนการดังกล่าวใช้ระยะเวลาในการดำเนินงานนาน ค่าใช้จ่ายสูง และแผนที่มีความซับซ้อน อย่างไรก็ตามการใช้เทคนิคการซ้อนทับ (overlay analysis) การสร้างแบบจำลอง (modeling) การสร้างขอบเขตแนวกันชน (buffering) และการวิเคราะห์โครงข่าย (network analysis) ทำให้เกิดปัญหาความซับซ้อนลดลง โดยสามารถอธิบายวิธีการต่างๆ ได้ดังต่อไปนี้

##### 4.1 การวิเคราะห์การซ้อนทับ (overlay analysis)

การแบ่งประเภทข้อมูลด้วยการให้รายละเอียดคุณสมบัติของวัตถุ ทำให้สามารถแสดงคุณลักษณะแตกต่างกันบนชั้นแผนที่ (layer) เดียวกันได้ เช่น แผนที่แสดงชั้นลำห้วยที่มีน้ำไหลเฉพาะฤดูและตลอดปีบนแผนที่เดียวกัน เป็นต้น การเลือกลักษณะเฉพาะของข้อมูลจากการรวมชั้นแผนที่หนึ่งกับข้อมูลอีกชั้นแผนที่หนึ่ง โดยกำหนดเงื่อนไขทางพีชคณิตแบบ Boolean ในการดำเนินการ ได้แก่ และ (and) หรือ (or) และ ไม่ใช่ (not) ผลที่ได้ อาจจะเป็นจริง (true) หรือ เท็จ (false) ทำให้ได้ข้อมูลชั้นแผนที่ใหม่เกิดขึ้น การวิเคราะห์การซ้อนทับสามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ การดำเนินการแบบจุด (point operation) และการดำเนินการกับวัตถุข้างเคียงหรือวัตถุที่มีขอบเขต (neighborhood or region operation) ซึ่งแต่ละประเภทมีวิธีการดังนี้

4.1.1 การดำเนินการแบบจุด สามารถใช้เงื่อนไขทางพีชคณิตแบบ Boolean ร่วมด้วยได้ เช่น การให้ค่าน้ำหนักคะแนน การคูณด้วยตัวปัจจัย การบวก รวมถึงการดำเนินการที่ซับซ้อน เช่น จำแนกตัวแปร (clustering) วิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (discriminate analysis) วิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (principal component analysis) และเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติอื่นๆ

4.1.2 การดำเนินการกับวัตถุข้างเคียงหรือวัตถุที่มีขอบเขต ซึ่งความสัมพันธ์และกระบวนการวิเคราะห์จะมีความซับซ้อนมากกว่าการดำเนินการแบบจุด เนื่องจากเกี่ยวข้องกับองค์ประกอบทางด้านพื้นที่ของข้อมูล ทั้งจากการวัด (measurement) ความสัมพันธ์ (relationship) และความหลากหลาย (diversity) ของข้อมูล เช่น ข้อมูลความลาดชัน และทิศทางด้านลาด เป็นต้น

## 4.2 การสร้างแบบจำลอง (modeling)

Congalton and Green (1992) พบว่า วัตถุสิ่งของ และมนุษย์ล้วนมีความหลากหลาย ดังนั้น ในการสร้างแบบจำลองทางพื้นที่ควรพิจารณาถึงหลักเกณฑ์สำคัญในการประมวลผลด้วยระบบคอมพิวเตอร์ โดยมีการวางแผนให้รัดกุม และเขียนแผนผังการดำเนินงาน (flow chart) ให้ชัดเจน รวมถึงให้ความสำคัญกับการตัดสินใจในการนำข้อมูลไปใช้ด้วย สำหรับแนวทางการสร้างแบบจำลองจากปรากฏการณ์ที่ซับซ้อน โดยการรวบรวมข้อมูลเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงบรรยาย เช่น การประเมินหาพื้นที่ที่มีความเหมาะสมต่อการเป็นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า โดยใช้ชั้นข้อมูลแผนที่สังคมพืช ความสูงจากระดับน้ำทะเล ทิศด้านลาด ความลาดชัน กรรมสิทธิ์ที่ดิน ถนน และลำห้วย จากชั้นข้อมูลสามารถให้ค่าคะแนนน้ำหนักแต่ละปัจจัย โดยการคำนวณระยะห่างจากชั้นข้อมูลถนน และลำห้วย ซึ่งนำมาใช้ประเมินความเหมาะสมของถิ่นที่อยู่อาศัย และพื้นที่ที่ควรฟื้นฟู เป็นต้น

การสร้างแบบจำลองเพื่อพยากรณ์เหตุการณ์ที่สนใจควรมีการทดสอบให้เหมาะสมทั้งในเรื่องของปัจจัย วิธีการ และพื้นที่ศึกษา ว่าแบบจำลองนั้นมีความถูกต้องมากน้อยเพียงไร ด้วยการทดสอบกับพื้นที่จริง โดยทั่วไปเทคนิควิธีการทางสถิติที่นิยมนำมาใช้สร้างแบบจำลองสำหรับการพยากรณ์ คือ การวิเคราะห์ความถดถอย (regression analysis) โดยการรวบรวมข้อมูลทั้งในส่วนของคุณภาพเชิงพื้นที่ และข้อมูลเชิงบรรยาย เพื่อนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ และคัดเลือกเฉพาะปัจจัยที่จำเป็นต่อการสร้างแบบจำลอง

### 4.2.1 การสร้างขอบเขตแนวกันชน (buffering)

เทคนิคกำหนดขอบเขตแนวกันชน สร้างโดยการกำหนดระยะทางจากจุดหรือเส้นกึ่งกลางถึงแนวขอบเขตที่จะสร้างขอบเขตแนวกันชน เช่น การกำหนดอาณาบริเวณรอบโป่งเพื่อกำหนดพื้นที่การเข้าใช้พื้นที่บริเวณใกล้โป่งของกวางผา เป็นต้น

### 4.2.2 การวิเคราะห์โครงข่าย (network analysis)

การวิเคราะห์โครงข่าย หรือการวิเคราะห์แนวเชื่อมต่อส่วนมากจะใช้กับระบบการขนส่ง (transportation) อุทกวิทยา (hydrology) ยานพาหนะ (vehicles) ระบบการสื่อสาร การศึกษาสัตว์ป่า และระบบสาธารณสุขปโภค เป็นต้น

## ระบบระบุพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม

### 1. นิยามและความหมาย

ระบบระบุพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (Global Positioning System: GPS) หมายถึง ระบบกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลกด้วยวิธีการคำนวณตำแหน่งพิกัดภูมิศาสตร์ของอุปกรณ์รับสัญญาณ จากค่าตำแหน่งพิกัดจากดาวเทียมที่โคจรรอบโลก จีพีเอสจึงเป็นระบบนำหนโดยอาศัยคลื่นวิทยุและรหัสที่ส่งมาจากดาวเทียม NAVSTAR (Navigation Satellite Timing and Ranging) ที่ออกแบบและจัดสร้างโดยกองทัพสหรัฐอเมริกา จำนวน 24 ดวงที่โคจรอยู่เหนือพื้นโลก สามารถใช้ในการหาตำแหน่งบนพื้นโลกได้ตลอด 24 ชั่วโมงที่ทุกๆ จุดบนผิวโลก ปัจจุบัน เป็นดาวเทียม GPS Block-II มีดาวเทียมสำรองประมาณ 4-6 ดวง (เฉลิมชนม์, 2546)

### 2. การกำหนดตำแหน่งของระบบระบุพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม

เครื่องรับจีพีเอสจะรับสัญญาณคลื่นวิทยุจากดาวเทียม ประกอบด้วย เครื่องรับแบบนำหน และ เครื่องรับแบบรังวัด (Hofmann, 1998)

#### 2.1 เครื่องรับแบบนำหน

เครื่องรับแบบนำหน (navigation receiver) รับสัญญาณที่เป็นคลื่นวิทยุจากดาวเทียม ในขณะที่เดียวกันก็สร้างรหัส C/A ขึ้นมาเปรียบเทียบกับรหัสที่ถอดได้จากสัญญาณ เมื่อเปรียบเทียบได้รหัสที่ตรงกัน จะทำให้ทราบเวลาที่คลื่นวิทยุใช้ในการเดินทางจากดาวเทียมมายังเครื่องรับ ซึ่งเมื่อเอาความเร็วของคลื่นวิทยุคูณเข้าไปก็จะได้ระยะทางระหว่างดาวเทียมกับเครื่องรับที่เรียกว่า พูโดเรนจ์ (pseudorange) ในการหาตำแหน่งแบบสามมิติจะต้องวัดระยะทางไปยังดาวเทียมพร้อมกัน 4 ดวง ในกรณีที่มีดาวเทียมอยู่ในท้องฟ้ามากกว่า 4 ดวง เครื่องรับจะเลือกดาวเทียม 4 ดวง ที่มีรูปลักษณะเชิงเรขาคณิตที่ดีที่สุด หรือมีค่า Position Dilution of Precision (PDOP) ต่ำที่สุดมาใช้ในการคำนวณตำแหน่งของเครื่องรับ

### 2.1.1 การหาตำแหน่งแบบสมบูรณ์ (absolute positioning method)

การหาตำแหน่งของจุดเดี่ยวเป็นการหาตำแหน่งสัมบูรณ์ของจุดที่นำเครื่องไปวาง วิธีนี้ต้องการเครื่องรับแบบนำหนเพียงเครื่องเดียว โดยนำเครื่องรับไปวางที่จุดที่ต้องการหาตำแหน่ง เมื่อเครื่องรับสามารถรับสัญญาณได้ครบ 4 ดวง ก็แสดงค่าพิกัดตำแหน่งได้ในทันที ความถูกต้องของการหาตำแหน่งจุดเดี่ยวโดยใช้รหัส C/A อยู่ในเกณฑ์ประมาณ +10 ถึง 25 เมตร ซึ่งมักมีความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งค่อนข้างมาก

### 2.1.2 การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ (relative positioning)

การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ (relative positioning) หรือ Differential Positioning เป็นวิธีการหาตำแหน่งเปรียบเทียบกันระหว่างจุดสองจุด วัตถุประสงค์ของการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ คือ ต้องการให้ความถูกต้องของตำแหน่งเครื่องรับดีขึ้นกว่าการหาตำแหน่งของจุดเดี่ยว ในการทำงานโดยใช้วิธีการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์นี้ ถ้าเริ่มต้นจากหมุดหลักฐานที่มีค่าพิกัดตำแหน่งสัมบูรณ์อยู่ จุดอื่นๆ ที่สร้างขึ้นมาใหม่โดยวิธีทำงานแบบสัมพัทธ์จะมีค่าพิกัดตำแหน่งสัมบูรณ์ได้เช่นกัน การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์นี้ต้องใช้เครื่องรับแบบนำหนตั้งแต่สองเครื่องขึ้นไป เครื่องรับอันหนึ่งจะวางรับสัญญาณที่หมุดหลักฐาน หรือเรียกว่าสถานีฐาน (base station) เครื่องรับอันที่เหลือนำไปวางตามจุดที่ต้องการหาตำแหน่งเปรียบเทียบกับสถานีฐานจุดเหล่านี้เรียกว่า จุดรีโมท หลักการทำงานของการทำงานแบบสัมพัทธ์ คือ เครื่องรับที่สถานีฐานและที่จุดรีโมทจะต้องรับวัดไปยังดาวเทียมกลุ่มเดียวกันและที่ช่วงเวลาเดียวกัน ที่สถานีฐาน เครื่องจีพีเอสจะทำหน้าที่เหมือนจุดอ้างอิง สามารถใช้ค่าปรับแก้ของเครื่องนี้กับเครื่องอื่นที่อยู่ในบริเวณเดียวกัน และสามารถนำไปใช้เป็นค่าแก้สำหรับคำนวณตำแหน่งอื่นได้เช่นเดียวกัน การหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์โดยใช้เครื่องรับแบบนำหนสามารถจะรู้ตำแหน่งที่ถูกต้องของจุดรีโมทได้ในทันที ถ้าหากคลื่นวิทยุสื่อสารกันได้ระหว่างสถานีฐานกับจุดรีโมท โดยที่สถานีฐานจะส่งค่าตรวจแก้ทางตำแหน่ง หรือค่าตรวจแก้ของซูโดเรนจ์ที่คำนวณได้ไปให้จุดรีโมท เพื่อใช้ปรับแก้ค่าที่วัดได้ให้ถูกต้อง ค่าความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นของการหาตำแหน่งแบบนี้อยู่ในเกณฑ์ 2 ถึง 5 เมตร

### 2.1.3 เครื่องรับแบบรับวัด

การทำงานของเครื่องรับแบบรับวัดมีหลักการสำคัญ 3 ประการ คือ ประการแรก การใช้คลื่นส่งวัดระยะแทนการใช้รหัส C/A วัดระยะ ทำให้การวัดระยะมีความถูกต้องมากขึ้น

เป็นพันเท่า ประการที่สอง คือ การใช้วิธีการวัดแบบสัมพัทธ์เป็นวิธีการขจัดความคลาดเคลื่อนแบบมีระบบ (systematic errors) ที่อยู่ในข้อมูลหรือที่เกิดขึ้นในการวัดระยะทางให้หมดไปหรือลดน้อยลงได้ ด้วยเหตุนี้ ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งจึงลดลง ประการที่สาม การวัดระยะด้วยคลื่นส่ง เครื่องรับสัญญาณวัดระยะระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมได้เพียงบางส่วนเท่านั้น จำเป็นต้องอาศัยการประมวลผลช่วยหาระยะที่ขาดหายไป ข้อเท็จจริงคือเมื่อแรกรับสัญญาณดาวเทียมได้ การวัดระยะด้วยคลื่นส่ง เป็นการสร้างคลื่นที่มีความถี่ใกล้เคียงกับของคลื่นส่งดาวเทียมมาเปรียบเทียบ ดังนั้น สิ่งที่ได้จากการวัด คือ ค่าต่างเฟสของคลื่นทั้งสอง หรืออีกนัยหนึ่งจะรู้เพียงส่วนย่อยของคลื่นส่งเท่านั้น จำนวนเต็มรอบของคลื่นส่งที่อยู่ระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมไม่สามารถวัดได้ ดังนั้น หลักการที่สำคัญของการหาตำแหน่งด้วยเครื่องรับแบบรับวัดคือ ต้องมีข้อมูลเพียงพอที่จะประมวลผลหาว่าจำนวนคลื่นเต็มรอบนี้เป็นเท่าไร จึงจะได้ระยะทางระหว่างเครื่องรับกับดาวเทียมที่ถูกต้อง และเมื่อนำไปคำนวณตำแหน่งเครื่องรับจึงจะได้ตำแหน่งที่มีความถูกต้อง

### 3. หลักการทำงานของระบบระบุพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม

วิธีการทำงานคือ นำเครื่องรับแบบรับวัดไปวางที่มุมที่ต้องการหาตำแหน่งเปรียบเทียบกับเป็นเวลาตั้งแต่ 30 นาทีขึ้นไป จากนั้นนำข้อมูลที่ี้จากการรับสัญญาณมาประมวลผลเป็นเส้นฐาน และนำข้อมูลดังกล่าวมาประมวลผลร่วมกับข้อมูลที่ี้จากการรับวัดตำแหน่งอื่นๆ ที่ต้องการทราบค่า เพื่อหาค่าพิกัดที่ถูกต้องของตำแหน่งนั้น การทำงานรับวัดแบ่งออกเป็น 5 วิธี คือ การรับวัดแบบสถิต (static survey) การรับวัดแบบจลน์ (kinematic survey) การรับวัดแบบกึ่งสถิต (pseudostatic survey) การรับวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว (rapid static survey) การรับวัดแบบจลน์ในทันที (real time kinematic survey)

3.1 การรับวัดแบบสถิต (static survey) เป็นวิธีพื้นฐานของการวัดระยะ โดยใช้คลื่นส่งเป็นการทำงานโดยใช้เครื่องรับตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไป โดยที่มีเครื่องรับหนึ่งเครื่องไปวางอยู่ที่จุดที่ทราบตำแหน่งแล้ว ส่วนเครื่องที่เหลือวางไว้ที่จุดที่ต้องการหาตำแหน่งเพิ่มเติม โดยปกติเครื่องรับจะถูกวางไว้ไม่น้อยกว่าหนึ่งชั่วโมง ทั้งนี้ เพื่อให้มีข้อมูลของการวัดระยะที่เพียงพอจะประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบที่ไม่สามารถวัดได้ โดยหลักการแล้ววิธีการนี้ใช้หาตำแหน่งสัมพัทธ์ระหว่างจุดสองจุดที่อยู่ห่างกันเป็นระยะพันๆ กิโลเมตร แต่การใช้ซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์หรือ ซอฟต์แวร์ของโรงงานผลิตเครื่องรับนั้น ระยะห่างสูงสุดที่ให้ความถูกต้องได้ตามข้อกำหนดของเครื่องรับจะอยู่ประมาณ 20-30 กิโลเมตร เท่านั้น

3.2 การรังวัดแบบจลน์ (kinematic survey) พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้สามารถหาตำแหน่งของจุดที่ต้องการได้เร็วขึ้น คือจะใช้เวลาในการรับข้อมูล ณ จุดที่ต้องการในเวลาไม่ถึงหนึ่งนาที แต่วิธีการนี้ก็มีจุดด้อยคือ มีวิธีการเริ่มงาน (initialization) ซึ่งเป็นวิธีการทำงานเพื่อให้สามารถประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบได้ หลังจากนั้น เครื่องรับจะต้องรับสัญญาณต่อเนื่องจากดาวเทียมอย่างน้อย 4 ดวงตลอดเวลา กระทั่งขณะเคลื่อนย้ายจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง ถ้าหากรับสัญญาณดาวเทียมได้น้อยกว่า 4 ดวงเมื่อไร จะต้องทำขั้นตอนวิธีการเริ่มงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง แล้วจึงไปรังวัดที่จุดอื่นๆ ต่อไปได้อีก

3.3 การรังวัดแบบกึ่งสถิต (pseudostatic survey) เป็นทางเลือกที่อยู่ระหว่างการรังวัดแบบสถิตและการรังวัดแบบจลน์ การรังวัดแบบสถิตต้องใช้เวลาในการรังวัดแต่ละจุดนานเป็นชั่วโมง ส่วนการรังวัดจลน์มีข้อจำกัดที่ต้องถือสัญญาณดาวเทียมให้ได้อย่างน้อย 4 ดวง ตลอดเวลารวมทั้งในขณะที่กำลังเคลื่อนย้ายระหว่างจุดด้วย รวมทั้งมีวิธีการเริ่มงานที่ต้องกระทำเมื่อเริ่มต้นทำการรังวัดในแต่ละคาบทำงาน

3.4 การรังวัดแบบสถิตอย่างรวดเร็ว (rapid static survey) มีวิธีการทำงานเหมือนกับการรังวัดแบบสถิตธรรมดา แต่ต้องการข้อมูลน้อยกว่า เพื่อนำมาประมวลผลหาจำนวนคลื่นเต็มรอบ ในการหาตำแหน่งของจุดที่อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไม่เกิน 5 กิโลเมตร จะใช้เวลาในการเก็บข้อมูลราว 10 นาที อัลกอริทึมที่ใช้ในการประมวลผลวิธีรังวัดสถิตอย่างรวดเร็วจะแตกต่างจากวิธีรังวัดแบบสถิตธรรมดา ตามปกติจะใช้ได้สำหรับจุดที่อยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไม่เกิน 15 กิโลเมตร

3.5 การรังวัดแบบจลน์ในทันที (real time kinematic survey, RTK) เป็นวิธีการทำงานรังวัดแบบจลน์นั่นเอง แต่แสดงผลลัพธ์คือ ค่าพิกัดตำแหน่งได้ทันทีในสนาม โดยเหตุที่การทำงานยังเป็นการหาตำแหน่งแบบสัมพัทธ์ หมายความว่าข้อมูลจากทั้งสองจุดต้องนำมาประมวลผลร่วมกัน ดังนั้น จึงต้องใช้คลื่นวิทยุในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน เนื่องจากจุดอ้างอิงเป็นจุดที่ทราบตำแหน่งอยู่แล้ว ในการทำงานแบบ RTK นี้ จึงเป็นการส่งข้อมูลที่รับสัญญาณดาวเทียมได้ไปยังจุดที่ต้องการหาตำแหน่งเครื่องรับแล้วนำไปประมวลผล สามารถแสดงค่าพิกัดได้อย่างรวดเร็วในทันที ระยะห่างระหว่างจุดที่ใช้ทำงานได้ไม่เกิน 15 กิโลเมตร นอกจากนี้ยังขึ้นอยู่กับกำลังของคลื่นวิทยุที่ใช้ ในการรับส่งข้อมูลระหว่างกัน

#### 4. หลักการสำรวจหาตำแหน่งพื้นโลกด้วยดาวเทียม

การกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียมต้องทราบระยะห่างจากดาวเทียม และตำแหน่งดาวเทียมว่าอยู่ที่ไหน จึงจะสามารถคำนวณหาตำแหน่งได้โดยอาศัยหลักการนี้ การใช้ดาวเทียมเป็นตำแหน่งอ้างอิง และถูกควบคุมติดตามจากสถานีภาคพื้นดินและมิวงโคจรที่แน่นอน ทำให้สามารถทราบดาวเทียมแต่ละดวงปัจจุบันอยู่ที่ตำแหน่งไหน ซึ่งตำแหน่งของดาวเทียมจะพยากรณ์ไว้ล่วงหน้า เรียกฟังก์ชันการคำนวณเวลานี้ว่า อีพีเมอร์ริสดาวเทียม (satellite ephemeris) ซึ่งได้จากการรังวัดไปยังดาวเทียมของสถานีติดตามดาวเทียม ในการหาตำแหน่งที่ต้องการความถูกต้องสูงต้องใช้อีพีเมอร์ริสดาวเทียมที่ได้จากวงโคจรจริงๆ ซึ่งจะได้ข้อมูลหลังจากที่ได้รังวัดหาตำแหน่งจากระบบจีพีเอสแล้ว การหาระยะทางตำแหน่งห่างจากดาวเทียม ได้จากการวัดเวลาที่สัญญาณคลื่นวิทยุเดินทางจากดาวเทียมมาถึงเครื่องรับจีพีเอส ความเร็วของแสง ( $3 \times 10^8$  กิโลเมตรต่อวินาที) การวัดระยะทางไปยังดาวเทียม เรียกว่า เรนจิง (ranging) ซึ่งการคำนวณตำแหน่งต้องวัดระยะทางไปยังดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวง พร้อมๆ กัน และระยะทางทั้ง 3 ต้องไม่เป็นเส้นที่อยู่บนระนาบเดียวกัน ระยะทางจากดาวเทียมแต่ละดวงซึ่งก็คือวงกลมแต่ละวงนั่นเอง ถ้าหากมีวงกลม 2 วง ก็ไม่สามารถหาตำแหน่งที่แน่นอนได้เพราะจุดตัดของวงกลมมี 2 จุด จุดตัดก็คือเส้นรอบวงของวงกลมหรือตำแหน่งของตัวรับสัญญาณนั่นเอง แต่เมื่อมีวงกลมตั้งแต่ 3 วงขึ้นไป จะรู้ตำแหน่งที่แน่นอน เพราะจุดตัดจะมีจุดเดียว เมื่อได้ระยะทางอย่างน้อย 3 ระยะทางจากดาวเทียม 3 ดวงก็จะสามารถหาตำแหน่งได้ แต่ถ้ามีจำนวนดาวเทียมมากก็จะได้ตำแหน่งที่ถูกต้องมากสามารถหาค่าของเวลาและความสูงได้ด้วย ตำแหน่งของดาวเทียมเทียบกับจุดที่วางเครื่องรับจะมีผลต่อความถูกต้องของตำแหน่งที่เครื่องรับคำนวณได้ ซึ่งเรียกว่า เรขาคณิตดาวเทียม ดังนั้นการรังวัดต้องเลือกเวลาให้เหมาะสม เพื่อให้ดาวเทียมมีตำแหน่งที่เหมาะสม และมีจำนวนดาวเทียมที่เพียงพอ ซึ่งในเครื่องรับ GPS จะแสดงค่า GDOP (geometric dilution of precision) เป็นค่าที่ใช้ในการบ่งชี้ว่าความถูกต้องของตำแหน่งว่าจะมีมากน้อยเพียงใด ซึ่งค่าต่ำแสดงว่ามีความถูกต้องตามตำแหน่งสูง

## การใช้ประโยชน์ที่ดิน

การใช้ประโยชน์ที่ดิน หมายถึง การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินว่าเป็นไปในรูปแบบใด เช่น การเกษตรกรรม เหมือนแร่ การก่อสร้างอาคารที่อยู่อาศัย เป็นต้น สถิติ (2525) กล่าวว่า การใช้ที่ดินหรือการใช้ประโยชน์ที่ดิน (landuse) หมายถึงการนำที่ดินมาใช้บำบัดความต้องการของมนุษย์ในด้านต่างๆ เช่น เกษตรกรรม พาณิชยกรรม อุตสาหกรรม และที่อยู่อาศัย เมื่อประชากรเพิ่มมากขึ้น ความต้องการที่ดินและที่อยู่อาศัยจะมีมากขึ้นตามลำดับ พื้นที่ป่าไม้จึงถูกแปรเปลี่ยนไปเป็นพื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่อุตสาหกรรม เขตเมือง และแหล่งน้ำ ส่วนการใช้ที่ดินป่าไม้ เป็นการใช้ที่ดินในกิจการป่าไม้บนพื้นที่ธรรมชาติ และป่าที่ปลูกสร้างขึ้นเพื่อสนองประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมแก่มนุษย์ (ดรชนี, 2531)

การใช้ประโยชน์ที่ดินโดยปราศจากการควบคุมหรือวางผังเมืองที่ดี จะมีลักษณะปะปนไม่เป็นระเบียบ ความแออัดจะรวมตัวอยู่ที่ศูนย์กลางและกระจายออกไปรอบนอกชุมชนอย่างไร้แบบแผนและทิศทาง ดังนั้นการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินโดยพิจารณาถึงสภาพการใช้ที่ดินภูมิประเทศ ความสูงของพื้นที่ สมรรถนะที่ดิน ความเหมาะสมของดิน และข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสภาวะทางเศรษฐกิจและสังคม ซึ่งสามารถจำแนกออกได้เป็น

1. เมืองและสิ่งปลูกสร้าง (urban land) ประกอบด้วย ที่อยู่อาศัย ย่านการค้า ย่านอุตสาหกรรม เส้นทางคมนาคม และสถานที่ราชการ การกำหนดการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีหลักการสำคัญว่าพื้นที่ดังกล่าวควรจะเป็นบริเวณที่มีภาระเบา น้ำดี ลักษณะดินไม่เป็นอุปสรรคต่อการก่อสร้าง มีศักยภาพในการจัดบริการทางด้านสาธารณูปโภคสาธารณูปการได้เพียงพอ มีความสะดวกในการเข้าถึง มีความปลอดภัยจากสิ่งรบกวนต่างๆ มีสภาพแวดล้อมที่ดีใกล้สถานที่ทำงานและย่านการค้า เป็นต้น

2. พื้นที่เกษตรกรรม (agriculture land) ประกอบด้วย พื้นที่ปลูกพืชล้มลุก และพืชถาวร เช่น สวนผัก สวนผลไม้ พืชไร่ นาข้าว ทุ่งปศุสัตว์ และไร่เลื่อนลอย (shifting cultivation) การใช้ประโยชน์พื้นที่เกษตรกรรมในโครงการพัฒนาเศรษฐกิจระดับจังหวัด มีการแบ่งโซนปลูกพืช เพื่อศึกษาควบคุมดูแลการกำจัดโรคแมลง การขยายพันธุ์ การชลประทาน ตลอดจนการส่งเสริมหรือการให้คำแนะนำของเจ้าหน้าที่ต่างๆ เพราะในโซนเดียวกันจะมีความต้องการของปัจจัยในการผลิตคล้ายคลึงกัน ช่วยในการคาดคะเนปริมาณผลผลิตระดับจังหวัด

3. พื้นที่ป่าไม้ (forest land) ได้แก่ บริเวณที่เป็นภูเขา เนินเขา บริเวณที่เป็นดินตื้นมาก บริเวณที่มีหินโผล่ หรือบริเวณที่มีป่าชายเลนหรือป่าตามธรรมชาติขึ้นหนาแน่น และจำแนกย่อยไปตามประเภทของป่า เช่น ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง และป่าเต็งรัง เป็นต้น

4. แหล่งน้ำ (water body) ประกอบด้วย พื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำลำธาร ห้วย หนอง คลอง บึง และทะเลสาบ

5. พื้นที่ว่างเปล่า (idle land) ประกอบด้วย พื้นที่ที่ปราศจากสิ่งปกคลุม และรวมถึง ไร่ร้าง (old clearing)

การวางแผนการใช้ที่ดินมีจุดมุ่งหมายในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้ที่ดิน แผนการใช้ที่ดินที่นำไปใช้ส่วนใหญ่จะอยู่ในหน่วยหรือขอบเขตการปกครอง เช่น ตำบล อำเภอ จังหวัด ประเทศ เป็นต้น และบางกรณีอาจเป็นแผนการใช้ที่ดินระดับลุ่มน้ำ การที่จะได้แผนการใช้ที่ดินออกมาจะต้องผ่านการประเมินค่าทรัพยากรต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับที่ดิน ข้อมูลที่ถูกต้องแม่นยำของสภาพการใช้ที่ดินในปัจจุบันมีความจำเป็นอย่างยิ่งในการใช้แผนการใช้ที่ดิน เพื่อที่จะนำข้อมูลเหล่านี้มาวิเคราะห์ปัจจัยศักยภาพการใช้ที่ดินในสถานภาพที่แท้จริง

### แบบจำลองทางคณิตศาสตร์

#### 1. แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ

แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ (Markov Chain Model) เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่ประยุกต์เอาทฤษฎีความน่าจะเป็นมาใช้วิเคราะห์พฤติกรรมของตัวแปรที่สนใจในปัจจุบัน เพื่อพยากรณ์พฤติกรรมหรือความเป็นไปของการดำเนินงานของสถานการณ์ของตัวแปรนั้นในอนาคต โดยอาศัยข้อมูลในปัจจุบันเป็นพื้นฐานในการวิเคราะห์เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นและมีความต่อเนื่องกันว่า ได้มีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟถูกพัฒนาขึ้นโดยนักคณิตศาสตร์ชาวรัสเซียชื่อ Andrei A. Markov เพื่ออธิบายและพยากรณ์พฤติกรรมของก๊าซในถังปิด ต่อมาได้มีผู้นำแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟมาประยุกต์ใช้อธิบายปัญหาต่างๆ เช่น เศรษฐศาสตร์ ประชากรศาสตร์ สาธารณสุข วิศวกรรมศาสตร์ เป็นต้น แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟมีสมมติฐานที่สำคัญดังนี้

1.1 แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟจะเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงสถานะ จากสถานะหนึ่ง เป็นสถานะอื่นๆ ในช่วงเวลาหนึ่งและในระยะยาว

1.2 ปัญหาที่จะใช้แบบจำลองมาร์คอฟจะต้องสามารถแจกแจงสถานะ (state) ของบุคคล หรือสิ่งที่กำลังศึกษาได้

1.3 ความน่าจะเป็นของสถานะ (state probability) อาจเปลี่ยนแปลงได้ตามช่วงเวลา ซึ่งความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะจะมีค่าคงที่ตลอดช่วงเวลา ยกเว้นจะมีปัจจัยอื่นมากระทบ ทำให้ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนสถานะเปลี่ยนแปลง

1.4 ต้องมีข้อมูลความน่าจะเป็นในการเกิดเหตุการณ์ในอนาคตเกี่ยวกับการคงอยู่ในสถานะ เดิมหรือเปลี่ยนแปลงสถานะใหม่ เรียกความน่าจะเป็นนี้ว่า ความน่าจะเป็นของการเปลี่ยนแปลง (transition probability)

แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟให้ความสนใจกับโอกาสในการเปลี่ยนสถานะของระบบที่กำลังศึกษาว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรในแต่ละช่วงเวลา โดยสามารถที่จะแจกแจงสถานะของระบบที่ทำการศึกษาจากข้อมูลที่มีอยู่ในปัจจุบัน อาศัยหลักสถิติและความน่าจะเป็นมาประยุกต์ ในการบ่งบอกถึงสถานภาพว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เพื่อพยากรณ์อนาคตที่จะเกิดให้มีความน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น ช่วยให้ผู้พยากรณ์สามารถคาดการณ์ล่วงหน้าได้ แบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟจะมีใช้แบบจำลองสำหรับการตัดสินใจโดยตรง แต่เป็นเครื่องมือสำคัญในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นในอนาคต เพื่อประกอบการวางแผนรองรับต่อเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

ดร.ชนี (2531) กล่าวว่า การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยรูปแบบแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟทำให้ทราบถึงการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจากประเภทหนึ่งไปเป็นอีกประเภทหนึ่ง และสามารถนำไปใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการคาดคะเนการใช้ที่ดินในอนาคตได้ สำหรับนำไปใช้ในการวางแผนการจัดการที่ดิน โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีขอบเขตการใช้ที่ดินชัดเจน ขณะที่สุพรรณิ (2546) กล่าวว่า การศึกษาแบบจำลองลูกโซ่มาร์คอฟ ต้องทราบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 2 ช่วงระยะเวลาห่างกันพอประมาณ เพื่อที่จะใช้ในการพิจารณาโอกาสของการเปลี่ยนแปลง (probability) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินรูปแบบต่างๆ จากระยะเวลาหนึ่งไปยังอีกระยะเวลาหนึ่ง แล้วคำนวณการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงเวลาที่ต้องการ โดยนำโอกาสของการเปลี่ยนแปลง ซึ่งอยู่

ในรูปของ Matrix คูณกับสัดส่วน (proportion) ของเนื้อที่ใช้ประโยชน์ที่ดินในระยะที่ 2 เท่ากับระยะห่างจากระยะที่ 1 ปฏิบัติเช่นนี้ต่อไปจะได้ระยะที่ 4 และ 5 จนถึงช่วงเวลาที่ต้องการ

## 2. แบบจำลองมาร์คอฟเซลลูลาอโตมาตา

การใช้ Markov Cellular Automata สร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินในอนาคต Cellular Automata เป็นแบบจำลองในกลุ่มของแบบจำลองซึ่งตัวแปรหลักมีการเปลี่ยนแปลงเป็นครั้งคราว (discrete model) แบบจำลองประกอบเป็นตารางของช่อง (cells) ที่มีจำนวนหนึ่งค่าของแต่ละช่องมีการเปลี่ยนแปลง (states) ตามค่าของช่องที่อยู่ใกล้ๆ กัน Tommaso and Norman (1987) กล่าวว่า Cellular Automata เป็นการประยุกต์ใช้องค์ความรู้ด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ร่วมกับแนวความคิดทางฟิสิกส์เป็นหลักในการปฏิบัติงาน และให้คำจำกัดความว่า Cellular Automata คือ เซลล์ย่อยๆ ที่อยู่รวมกัน แสดงพื้นที่ในรูปของตารางสี่เหลี่ยมเรียกว่า กริดหรือเซลล์ แต่ละเซลล์ คือ หนึ่งหน่วยข้อมูล สามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ รูปแบบของเซลล์ใหม่ จะถูกกำหนดจากเซลล์แวดล้อมที่มีลักษณะเป็นตารางขนาด  $3 \times 3$  ซึ่งจะเคลื่อนที่ไปที่ละเซลล์จนครบทั้งพื้นที่ และจะคำนวณซ้ำตามจำนวนระยะเวลาที่กำหนด จากลักษณะการทำงานดังกล่าว Cellular Automata จึงถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นทฤษฎีในการคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ในอนาคต ในขณะที่ Pontius (2000) กล่าวว่า Cellular Automata คือ เซลล์ที่อยู่อย่างอิสระสามารถเปลี่ยนรูปแบบได้ ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ เซลล์แวดล้อมตามกฎ “The game of life” ที่สร้างโดย John Conway ในพ.ศ. 2513 การคาดการณ์ตามหลัก Cellular Automata ใช้โอกาสของการเปลี่ยนแปลง (transition rule) เช่นเดียวกับกระบวนการ Markov Chain แตกต่างกันตรงที่ Cellular Automata คาดการณ์การเปลี่ยนแปลงโดยใช้โอกาสของการเปลี่ยนแปลงร่วมกับข้อมูลของพื้นที่แวดล้อม และสามารถแสดงผลลัพธ์ในรูปของแผนที่หรือแบบจำลองได้ ทฤษฎี “The game of life” ถูกนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับ Cellular Automata เพื่อคาดการณ์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เรียกว่า “CA Markov”

Markov Cellular Automata หรือ CA Markov คือ การนำหลักการของ Cellular Automata และ Markov Change มาประยุกต์ใช้ร่วมกัน เพื่อคาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ รูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในแต่ละเซลล์ จะพิจารณาจากโอกาสของการเปลี่ยนแปลง (the transition areas) ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกระบวนการ Markov Chain ร่วมกับ CA Filter ของพื้นที่แวดล้อมที่อยู่ติดกัน (ขนาด  $5 \times 5$  Neighborhood) หลักการทำงานของ CA Markov สามารถสรุปได้ดังนี้

2.1 กระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลของ CA Markov จะใช้ข้อมูลโอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Markov Chain Analysis ร่วมกับ CA Filter ขนาด  $5 \times 5$  Neighborhood เพื่อหาความน่าจะเป็นของประเภทสิ่งปกคลุมดินในช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา

2.2 CA Filter จะเคลื่อนที่ซ้อนทับกับข้อมูลของปีที่เริ่มทำการศึกษาไปที่ละเซลล์จนครบทั้งพื้นที่ศึกษา จากนั้นจะเริ่มเคลื่อนที่ซ้อนทับที่ละเซลล์อีกครั้ง และจะเคลื่อนที่วนซ้ำไปเรื่อยๆ เป็นจำนวนรอบเท่ากับช่วงระยะเวลาที่ต้องการศึกษา เช่น ต้องการคาดการณ์ในระยะเวลาอีก 10 ปีข้างหน้า กระบวนการพิจารณาจะเริ่ม และทำการวนซ้ำจนครบ 10 รอบ เป็นต้น

2.3 ในการวนซ้ำแต่ละครั้ง ประเภทของสิ่งปกคลุมดินจะมีการเปลี่ยนแปลง หรือคงสภาพเดิมนั้น ขึ้นอยู่กับประเภทสิ่งปกคลุมดินของพื้นที่โดยรอบตามทฤษฎี "The Game of Life" และโอกาสของการเปลี่ยนแปลงที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย Markov Chain

2.4 เมื่อสิ้นสุดกระบวนการผลลัพธ์ที่ได้ คือแผนที่สิ่งปกคลุมดิน ซึ่งประกอบด้วยพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง และพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบสิ่งปกคลุมดิน ซึ่งสามารถบอกลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ทำให้สามารถวางแผนการใช้ที่ดินในอนาคตได้

## งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษาของ อุคม (2530) มีการนำแนวคิดการซ้อนทับพื้นที่มาใช้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้ที่ดินบริเวณที่ราบด้านฝั่งตะวันออกของแอ่งเชียงใหม่ เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสมทางพื้นที่ในลักษณะต่างๆ ได้แก่ ที่ราบน้ำท่วมถึง ที่ราบขั้นบันไดระดับต่ำ ระดับกลาง และระดับสูง โดยการเปรียบเทียบจากภาพถ่ายทางอากาศ และเทคนิคการซ้อนทับข้อมูลด้วยแผ่นใส ต่อมาการศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินได้นำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้แพร่หลายมากขึ้น จึงมีศึกษาการใช้ที่ดินในเขตปฏิรูปที่ดิน อำเภोजอมทอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยพิจารณาปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ ประเภทดิน ภูมิประเทศ ปัจจัยทางสังคมและเศรษฐกิจ และนโยบายของรัฐ รวมถึงการวิเคราะห์ด้วยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ พบว่า ประเภทของการใช้ที่ดินจะสัมพันธ์กับปัจจัยทางด้านกายภาพ และปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม ได้แก่ รายได้นอกภาคการเกษตร ตลาด ทน และแหล่งเงินทุน ประสิทธิภาพทางการเกษตร จำนวนสมาชิกวัยแรงงาน จำนวนสมาชิกภาคการเกษตร ความต้องการกรรมสิทธิ์ที่ดิน การส่งเสริมการเกษตรของรัฐ และนโยบายของรัฐที่เกี่ยวกับการลงทุน

วีระพันธ์ (2537) และ Silapathong (2001) ได้ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม และระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ของประเทศไทย ด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูล (overlaying) แยกตามระบบนิเวศ 5 ลักษณะ ประกอบด้วย พื้นที่ป่าภูเขา ภาคเหนือ อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ พื้นที่ป่าภาคตะวันตก จังหวัดกาญจนบุรี พื้นที่ป่าที่ราบต่ำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน พื้นที่ป่าที่ราบสูง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูสีฐาน และ พื้นที่ป่าชายเลน อ่าวสวี จังหวัดชุมพร สามารถติดตามรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในแบบรายปี ในรอบ 10 ปี (เฉพาะพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม) และรอบ 3 ช่วงเวลา ทุกๆระยะ 5 ปี ระหว่างพ.ศ. 2533 – 2543 ชรัตัน และ วาสนา (2549) ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 5 TM หลายช่วงเวลา ระหว่างพ.ศ. 2538 – 2548 ในการทำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว โดยวิธีการวิเคราะห์ภาพด้วยสายตา และใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ศึกษาการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีการซ้อนทับข้อมูลเปรียบเทียบชั้นข้อมูลการใช้ที่ดิน 2 ช่วงเวลา ทำให้ทราบค่าสถิติการเปลี่ยนแปลงระหว่างปีที่ศึกษา และประเมินการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน เพื่อแสดงพื้นที่ป่าไม้ที่เปลี่ยนแปลงถูกนำไปใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทใดบ้าง เป็นประโยชน์ต่อการติดตามป้องกัน และควบคุม เพื่ออนุรักษ์วางแผนการใช้ที่ดิน รวมทั้งการกำหนดนโยบายทั้งในระยะสั้นและระยะยาว

สถิตย์ และคณะ (2521) ศึกษาแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในอนาคตและผลกระทบต่ออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่ โดยใช้ Markov Chain Model ประเมินการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่า แบบจำลองสามารถคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในช่วงปี พ.ศ. 2505-2515 ได้เป็นอย่างดี แต่ไม่สามารถแสดงความสัมพันธ์กับปัจจัยด้านเศรษฐกิจ สังคม และลักษณะภูมิประเทศ ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน

เจษฎา (2544) ศึกษาวิวัฒนาการการใช้ที่ดินต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้และปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน โดยใช้ Markov Chain Model กำหนดการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอดีตและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในอนาคต

สุระ และคณะ (2546) ประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจจากระยะไกล ร่วมกับ Markov Chain Model เพื่อคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินชายฝั่งทะเลของจังหวัดกระบี่ แล้วนำสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงมาวิเคราะห์ด้วย Markov Cellular Automata เพื่อสร้างแบบจำลองเชิงพื้นที่ (Spatial Model) สำหรับคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินของพื้นที่ศึกษา

ฐานิตย์ (2548) ศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณชายฝั่งทะเลอำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี โดยนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ข้อมูลการสำรวจระยะไกล และระบบระบุตำแหน่งภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม มาประยุกต์ใช้ร่วมกับแบบจำลอง Markov Chain Model และ Markov Cellular Automata เพื่อศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2540-2546 และคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในอีก 15 ปีข้างหน้า คือ ปี พ.ศ. 2558 ผลการศึกษาแสดงได้ทั้งในรูปแบบของข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงบรรยาย

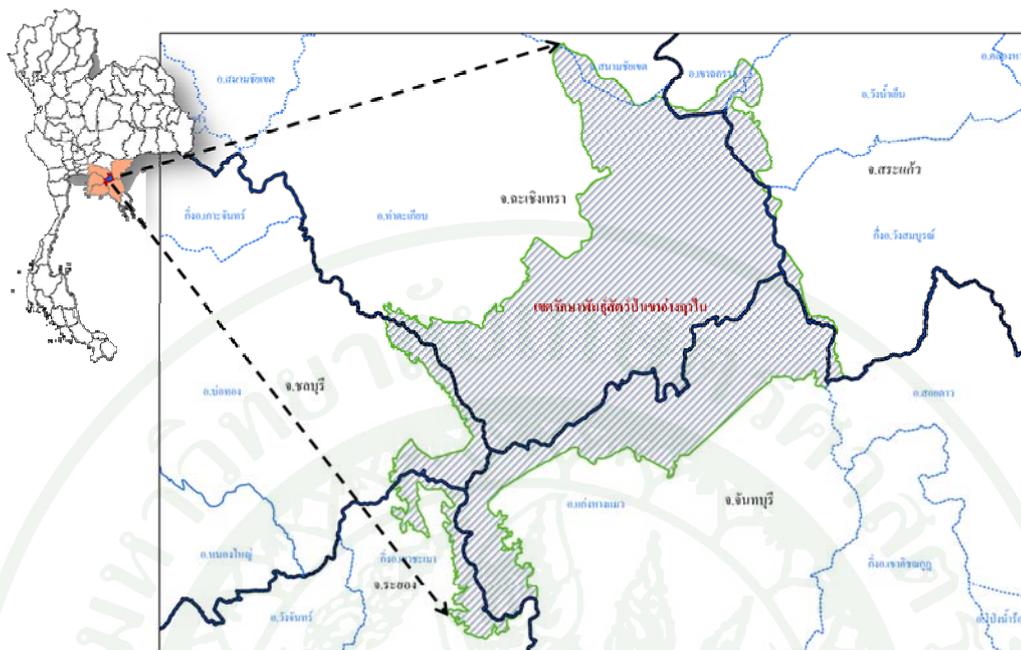
Usawadee (2006) ประยุกต์ใช้แบบจำลองมาร์คอฟ และเซลลูลาอโตมาตา เพื่อคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินจังหวัดกระบี่ โดยข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2533, 2543 และ 2547 ที่ได้จากการแปลและตีความข้อมูลดาวเทียมแลนด์แซท ด้วยวิธีการแปลด้วยคอมพิวเตอร์ผสมผสานกับการแปลด้วยสายตา จากนั้นทำการวิเคราะห์ความน่าจะเป็นของการใช้ที่ดิน พ.ศ.2547 ในเชิงตัวเลขด้วยแบบจำลองมาร์คอฟ และจำแนกความเป็นไปได้เชิงพื้นที่ของแต่ละกริดด้วยแบบจำลองเซลลูลาอโตมาตา โดยใช้ข้อมูลการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2533 และ 2543 เป็นฐานในการคำนวณ จากนั้นเปรียบเทียบการใช้ที่ดินที่เกิดขึ้นจริงใน พ.ศ.2547 ด้วยวิธีการวิเคราะห์แบบ Confusion Matrix และประเมินค่าดัชนี Kappa Index ซึ่งจากการศึกษาพบว่า พื้นที่ของการใช้ที่ดินที่ได้จากการ

คาดการณ์มีแนวโน้มที่สอดคล้องกับสภาพการใช้พื้นที่จริงโดยมีความถูกต้องประมาณร้อยละ 74 ของพื้นที่ทั้งหมด นอกจากนี้มีการศึกษาการพัฒนาแบบจำลองการเปลี่ยนแปลงพื้นที่โดยเทคนิคการสำรวจระยะไกลและแบบจำลองมาร์คอฟ พื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคอง ตอนบน จังหวัดนครราชสีมา โดยมีจุดประสงค์ในการนำเทคนิคการสำรวจระยะไกลและแบบจำลองมาร์คอฟ มาใช้ในการศึกษารูปแบบการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์สัดส่วนของสิ่งปกคลุมประเภทต่างๆ ในอนาคต โดยมีพื้นที่ลุ่มน้ำลำตะคองตอนบนเป็นพื้นที่ศึกษา พัฒนาแบบจำลองด้วยการใช้เทคนิคการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลและพัฒนาแบบจำลองมาร์คอฟ โดยใช้การแปลภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท ใน 3 ช่วงเวลา โดยจำแนกเป็นพื้นที่ป่าไม้ ป่าเสื่อมโทรม เกษตรกรรม ชุมชน และแหล่งน้ำ จากนั้นพัฒนาแบบจำลองมาร์คอฟ 3 ขั้นตอน คือ การคำนวณหา transition probability matrix (P) การสร้างแบบจำลอง และเปรียบเทียบแบบจำลอง

## ลักษณะพื้นที่ศึกษา

### 1. ที่ตั้งและอาณาเขต

สถานที่ตั้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ดังแสดงในภาพที่ 5 ตั้งอยู่ระหว่างเส้นละติจูดที่ 13 องศา ถึง 13 องศา 30 ลิปดาเหนือ และเส้นลองจิจูดที่ 101 องศา 35 ลิปดา ถึง 102 องศา 05 ลิปดาตะวันออก ก่อตั้งขึ้นเมื่อวันที่ 11 ตุลาคม พ.ศ.2520 ในพื้นที่ตำบลตะเกรา อำเภอสนามชัย เขต จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าลำดับที่ 13 ของประเทศ จากเดิมมีเนื้อที่ 67,563.5 ไร่ เป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่รอยต่อ 5 จังหวัด ประกอบด้วย จังหวัดชลบุรี ระยอง จันทบุรี ปราจีนบุรี และฉะเชิงเทรา ต่อมามีการประกาศขยายพื้นที่เพิ่มขึ้นในพระราชกฤษฎีกา เมื่อวันที่ 30 ธันวาคม พ.ศ.2535 รวมเนื้อที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนทั้งหมด 643,750 ไร่ (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2538) แบ่งพื้นที่ติดต่อได้ ดังนี้



ภาพที่ 5 แผนที่ตั้ง เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน

- ทิศเหนือ ตั้งอยู่ในท้องที่อำเภอท่าตะโก และอำเภอสนามชัยเขต จังหวัด  
ฉะเชิงเทรา และอำเภอวังน้ำเย็น จังหวัดสระแก้ว
- ทิศตะวันออก ตั้งอยู่ในท้องที่อำเภอวังน้ำเย็นและกิ่งอำเภอวังสมบูรณ์ จังหวัดสระแก้ว
- ทิศตะวันตก ตั้งอยู่ในท้องที่อำเภอท่าตะโก จังหวัดฉะเชิงเทรา และอำเภอบ่อทอง  
จังหวัดชลบุรี
- ทิศใต้ ตั้งอยู่ในท้องที่กิ่งอำเภอเขาชะเมา จังหวัดระยอง และอำเภอแก่งหางแมว  
จังหวัดจันทบุรี โดยเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ติดต่อกับเขต  
รักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาสอยดาว และอุทยานแห่งชาติเขาชะเมา-เขาวง

## 2. ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน เป็นภูเขาสลับซับซ้อน มีที่ราบบางส่วน ทางทิศใต้เขาอ่างฤๅไนบรรจบกับเขาใหญ่ ทางทิศตะวันตกมีเขาละลาก เขาชันมะนาว และเขาวง บริเวณตอนบนและตอนกลางของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ส่วนใหญ่เป็นที่ราบลูกฟูก มีความลาดชันปานกลาง ทิศตะวันออกเฉียงใต้เป็นภูเขาสูง มีความสูง

ของพื้นที่จากระดับน้ำทะเลปานกลางตั้งแต่ 30 - 802 เมตร ยอดเขาสูงสุดอยู่ทางทิศตะวันออกเฉียงใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน คือ เขาสิบห้าชั้น มีความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง 802 เมตร พื้นที่ทางตอนใต้เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาบรรทัด และเทือกเขาจันทบุรี ประกอบด้วยภูเขาที่มีความลาดชันต่อเนื่องกัน เช่น เขาอ่างฤๅไน เขาใหญ่ เขาชะมูน และเขาชะอม เป็นต้น ส่วนพื้นที่ตอนใต้ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน เป็นส่วนหนึ่งของเทือกเขาบรรทัดและเทือกเขาจันทบุรี ซึ่งเกิดจากการดันตัวของหินอัคนีชนิดเย็นตัวภายใน เป็นต้น

### 3. ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะอากาศชุ่มชื้นตลอดปี โดยจะเริ่มมีฝนตกตั้งแต่เดือนเมษายน และสิ้นสุดในเดือนตุลาคม เนื่องจากเป็นพื้นที่ลุ่มต่ำและมีป่าที่ไม่ผลัดใบ โดยเป็นป่าพื้นที่เขตรอยต่อ (transition zone) ระหว่างระบบนิเวศภาคกลางกับภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีร่องมรสุมพาดผ่าน ฝนตกก่อนข้างซुक และเนื่องจากมีเทือกเขาบรรทัดและเทือกเขาจันทบุรีอยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่จึงทำให้พื้นที่บริเวณดังกล่าวมีฝนตกมากกว่าพื้นที่ตอนเหนือ นอกจากอิทธิพลของลมมรสุมที่พัดผ่านแล้ว ยังได้รับอิทธิพลจากทะเล ลักษณะภูมิอากาศจึงมีทั้งแบบสะวันนาทางตอนบนของพื้นที่ และแบบมรสุมเขตร้อนทางตอนล่างของพื้นที่ ลักษณะภูมิอากาศที่หลากหลายทำให้เกิดความหลากหลายทางสังคมพืชและสังคมสัตว์ในพื้นที่ไปด้วย

### 4. ลักษณะของพืชพรรณ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน มีความหลากหลายทางชีวภาพ (biodiversity) มากมาย ซึ่งได้แก่ ป่าดงดิบแล้ง มีเพียงเล็กน้อยที่เป็นป่าดงดิบชื้น ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และทุ่งหญ้ากับไร่ร้าง กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่า และพันธุ์พืช (2549) อธิบายไว้ดังนี้

4.1 สังคมพืชป่าดงดิบแล้ง (dry evergreen forest ) เป็นสังคมป่าที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนเกือบทั้งหมด ยกเว้นพื้นที่ตามสันเขาหรือในบริเวณที่มีดินตื้นจะมีสังคมพืชชนิดอื่นขึ้นแทรกอยู่เป็นหย่อมๆ ลักษณะโครงสร้างทางด้านตั้งของป่าดงดิบแล้ง สามารถแบ่งได้ 3 ชั้นเรือนยอด ด้วยกันคือ ไม้ชั้นบนมีความสูง 20 - 40 เมตร พรรณไม้ที่สำคัญได้แก่ ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata* Kurz.) กระบก (*Irvingia malayana* Oliv.ex A. w. Benn.) ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. F.) สมพง (*Tetrameles nudiflora* R.Br.) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata* Roxb.) ปออีเก้ง (*Pterocymbium javanicum* R. Br.) เป็นต้น ขึ้นอยู่เป็นกลุ่มๆ ตาม

ริมลำธารหรือริมห้วย ไม้ชั้นรองมีความสูง 15 - 25 เมตร พรรณไม้ที่สำคัญ ได้แก่ ลำป่าง (*Pterospermum diversifolium* Blume) กระเทียม (*Sandoricum koetjape* (Burm. f.) Merr.) เถียงพรา้งนางแอ (*Carallia Brachiata* Lb.) ตาเสือ (*Amoora plystachya*) เป็นต้น ไม้ชั้นล่างมีความสูง 6 - 15 เมตร พรรณไม้ที่สำคัญ ได้แก่ แก้ว (*Murraya paniculata* (L.) Jack.) นางคำ (*Dialium Cochinchinense* Pierre) ลำปัด (*Diospyros ferrea* (Willd.) Bakh. var. *ferrea*) จันทน์ชะมด (*Mansonia gagei* J. R. Drumm. ex Prain) สังก้า (*Diospyros buxifolia* (Blume) Hiern) กะโมกเขา (*Sageraea elliptica* Hook.f.) ว่านช้างร้อง (*Laportea interrupta* (L.) Chew) เป็นต้น

4.2 สังกมป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) สังกมพืชชนิดนี้ มีลักษณะเรือนยอดโปร่ง พื้นป่าไม่รกทึบ ในฤดูแล้งพรรณไม้จะผลัดใบ การกระจายในสังกมป่าผลัดใบในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนขึ้นปกคลุมอยู่น้อย โดยพบกระจายอยู่ตามสันเขาหินปูน หรือบริเวณที่มีดินตื้นหรือบริเวณที่มีไฟป่าเกิดขึ้นเป็นประจำ เช่น บริเวณรอบๆ หนองปรือหรือขึ้นแทรกตัวอยู่เป็นหย่อมๆ ล้อมรอบด้วยป่าคงคิปล้าง ลักษณะโครงสร้างทางด้านตั้งของป่าชนิดนี้สามารถแบ่งได้เป็น 3 ชั้นเรือนยอดด้วยกันคือ ไม้เรือนยอดชั้นบนมีความสูง 25-30 เมตร ไม้เด่นในชั้นนี้ ได้แก่ ประคู้ (*Plerocapus indicus*.) จิ้งป่า (*Bombax valetonii* Hochr.) กางจิ้มอด (*Albizia odoratissima* (L.f.) Benth) ตะคร้อ (*Schleicheraoleosa* Oken.) สมอภิกเก (*Terminli Belerica*) เป็นต้น ไม้เรือนยอดชั้นรองมีความสูง 10 - 25 เมตร พรรณไม้ในชั้นนี้ ได้แก่ ตีนนก (*Vitex pinnata* L. T) จี้อ้าย (*Terminalia triptera* Stapf.) ติวแดง (*Cratoxylum formosum* Dyer ssp.) แคนหัวหมู (*Markhamia stipulata* Seem.) มะกอกป่า (*Spondias pinnata* Kurz.) เป็นต้น ไม้ชั้นล่างมีความสูง 5 - 10 เมตร พรรณไม้ในชั้นนี้ ได้แก่ หมีเหม็น (*Litsea glutinosa* (Lour.) C.B.Rob.) เม่าไข่ปลา (*Antidesma ghaesembilla* Gaertn.) โมกมัน (*Wrightia arborea* (Dennst.) Mabb.) มะกา (*Bridelia ovata* Decne) เป็นต้น สำหรับพืชพรรณเด่นที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่มีสองกลุ่มด้วยกัน คือ กลุ่มพืชใบกว้าง พบขึ้นอยู่เป็นพื้นที่แคบๆ ตามรอยต่อระหว่างพื้นที่เกษตรกรรมกับป่าที่สมบูรณ์ ได้แก่ สาบเสือ (*Eupatorium odoratum* L.) ะราง (*Peltoporum dasyrachis*) และกระทุ่ม (*Pueraria candollei* Grah.var. *mirifica*) เป็นต้น ขึ้นปะปนกับลูกไม้ยืนต้น ส่วนกลุ่มที่สอง คือ กลุ่มพืชใบแคบ ส่วนใหญ่จะกระจายอยู่เป็นบริเวณกว้าง พรรณพืชเด่น ได้แก่ อ้อ (*Arundo donax* Linn.) หญ้าคา (*Imperta cylindrical* Beauv.) หญ้าพง (*Neyraudia reynaudiana* (Kunth) H. Keng ex Hitchc.) หญ้าจรวง (*Pennisetum polystachyon* Schult) เป็นต้น และมีลูกไม้ยืนต้นปะปน ป่าตามสันเขาหินปูน (limestone outcrops) ขึ้นกระจายอยู่เป็นแนวตามสันเขาหินปูนอยู่ทางตอนใต้ของพื้นที่ ส่วนใหญ่จะเป็นไม้พุ่มหรือไม้ยืนต้นที่แคระแกรน พรรณไม้ที่พบได้แก่ ตีนนก (*Vitex pinnata* L. T) ทองหลวงป่า (*Erythrina*

*svumbrans* ( Hassk. ) Merr. T) มะนาวผี (*Atalantia monophylla* DC.) จันทน์ผา (*Dracaena loureiri* Gagnep.) เป็นต้น

## 5. ทรัพยากรสัตว์ป่า

ชนิดสัตว์ป่าที่พบในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน พบรวมทั้งสิ้นไม่น้อยกว่า 404 ชนิด ได้แก่ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม (mammal) รวมทั้งหมด 64 ชนิด จาก 50 สกุล ใน 23 วงศ์ นก (bird) 246 ชนิด 160 สกุล ใน 64 วงศ์ สัตว์เลื้อยคลาน (reptile) 53 ชนิด 40 สกุล ใน 16 วงศ์ สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก (amphibian) 18 ชนิด 9 สกุล ใน 5 วงศ์ ปลาน้ำจืด (fresh water fish) และ แมลง (insect) 106 ชนิด จาก 76 สกุล ใน 12 วงศ์ โดยถิ่นอาศัยของสัตว์ป่าในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จำแนกได้ 5 ลักษณะที่แตกต่างกัน โดยพิจารณาอาศัยลักษณะสังคมพืชคลุมดินเป็นหลัก และลักษณะภูมิประเทศเป็นองค์ประกอบรอง ลักษณะและสภาพความเหมาะสมของถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าแต่ละประเภทเอื้ออำนวย และปัจจัยที่จำเป็นต่อการดำรงชีพ (welfare factors) เช่น อาหาร น้ำ สิ่งปกคลุม และอื่นๆ ประกอบกับความต้องการถิ่นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่า (habitat requirement) ได้แก่ ป่าดงดิบแล้ง (dry evergreen forest) ป่าผลัดใบ (deciduous forest) เขาหินปูน (limestone mountain) บริเวณหนอง บึง และลำห้วย (pond and stream) และบริเวณทุ่งหญ้า และป่ารุ่นสอง (grassland and secondary forest) (กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, 2549)

## 6. ประวัติการใช้ที่ดิน

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนเป็นแหล่งกำเนิดของลำห้วยและลำธารที่สำคัญหลายสาย ไหลลงสู่แม่น้ำสำคัญ คือ แควระบบ – สีัยค ที่ไหลไปรวมกับแม่น้ำบางปะกงที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา คลองลำพระเพลิงใหญ่ คลองพระสะทึง จากเขาสิบบ้านขึ้นไหลไปรวมกับแม่น้ำปราจีนบุรี คลองตะโหนด ไหลลงสู่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี และคลองประแสร์ที่ ต้นน้ำมาจากเทือกเขาใหญ่ ไหลผ่านอำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี ออกสู่ทะเลที่จังหวัดระยอง เนื่องจากเป็นส่วนหนึ่งของพื้นที่รอยต่อ 5 จังหวัดที่เรียกกันในอดีตว่า “ป่าพนมสารคาม” เดิมเป็นป่าผืนใหญ่ต่อเนื่องไปถึงประเทศกัมพูชา มีเนื้อที่ถึง 5 ล้านไร่ แต่ปัจจุบันถูกรายถูกรุกแผ้วถางยึดครองและเปลี่ยนเป็นพื้นที่การเกษตรเป็นจำนวนมาก และถูกตัดขาดไม่ต่อเนื่องกับป่าในประเทศกัมพูชา เหลือเนื้อที่ป่าเพียง 1 ใน 10 ของเนื้อที่เดิมเท่านั้น (ศูนย์วิจัยป่าไม้, 2538) การใช้ที่ดินรูปแบบต่างๆ เริ่มจาก พ.ศ. 2510 เริ่มจากป่ารอยต่อ 5 จังหวัดมีเนื้อที่ประมาณ 5 ล้านไร่ ต่อมา พ.ศ. 2511 มีการตัดถนนสายสระแก้ว - วังน้ำเย็น - โป่งน้ำร้อน - จันทบุรี ทำให้มีการบุกรุกแผ้วถางป่าไปตามสองข้าง

ทางถนน เพื่อเปลี่ยนเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัย ต่อมา พ.ศ. 2513 มีการให้สัมปทานทำไม้ ในป่ารอยต่อ 5 จังหวัดแก่บริษัท รวม 8 บริษัท มีป่าโครงการทำไม้ 8 ป่า ทำไม้โดยใช้ระบบเลือกตัด เป็นระยะเวลา 30 ปี ซึ่งเป็นช่วงที่ต้องใช้แรงงานโดยราษฎรทั้งในท้องถิ่นและต่างถิ่นจำนวนมาก ราษฎรได้บุกแผ้วถางป่าเพื่อทำพื้นที่เกษตรกรรม ทำให้พื้นที่ป่าไม้ลดลงอย่างรวดเร็ว โดยเฉพาะในปี พ.ศ. 2518 รัฐบาลมีมติให้ราษฎรที่บุกกรุกครอบครองป่าสงวนแห่งชาติ ก่อน พ.ศ. 2518 ให้ทำกิน ในป่าสงวนแห่งชาติต่อไปได้ ห้ามเจ้าหน้าที่จับกุม ในพ.ศ. 2520 ประกาศจัดตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฯ ลำดับที่ 13 ของประเทศ มีเนื้อที่ 67,562.5 ไร่ พ.ศ. 2525 กองทัพอากาศที่ 1 กำหนดพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นเขตป่าปิด ห้ามบุคคลเข้าไปอยู่หรืออาศัย แต่ทหารยังไม่สามารถดูแลรักษาพื้นที่ป่าได้ ใน พ.ศ. 2530 กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ มีคำสั่งให้จัดตั้งกองอำนวยการศูนย์พิทักษ์ป่ารอยต่อ 5 จังหวัด ได้แก่ ชลบุรี ระยอง จันทบุรี สระแก้ว และฉะเชิงเทรา ใน พ.ศ. 2532 กรมป่าไม้จัดตั้งสำนักงานโครงการอนุรักษ์ทรัพยากรป่าไม้และสัตว์ป่าในพื้นที่รอยต่อ 5 จังหวัด มีการอพยพราษฎรออกจากพื้นที่ครั้งที่ 1 และให้มีการจัดตั้งศูนย์ทดลองจัดการต้นน้ำภาคตะวันออก ในพ.ศ. 2533 กรมป่าไม้จัดตั้งสถานีวิจัยสัตว์ป่าฉะเชิงเทรา พ.ศ. 2534 กรมป่าไม้จัดตั้งสถานีควบคุมไฟป่าภูไท พ.ศ. 2535 มีประกาศขยายเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ในราชกิจจานุเบกษา ลงวันที่ 30 ธันวาคม 2535 เพิ่มพื้นที่อีก 576,188 ไร่ รวมพื้นที่เขตอนุรักษ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมด 643,450 ไร่ ในพ.ศ. 2536 สมเด็จพระบรมราชินีนาถทรงรับให้เป็นโครงการอันเนื่องมาจากพระราชดำริ และพ.ศ. 2540 กรมป่าไม้จัดตั้งสวนพฤกษศาสตร์ 100 ปี กรมป่าไม้ (ภาคตะวันออก)

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5 TM Path 128 Row 51 บันทึกข้อมูลในวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2548 และวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2552
2. แผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1: 50,000 ชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร ราว 5335I, 5335II, 5335III, 5335IV, 5336II, 5435III และ 5435IV ครอบคลุมพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา
3. เครื่องระบุระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS)
4. กล้องถ่ายภาพ
5. คอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล
6. โปรแกรมประมวลผลข้อมูลการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

### วิธีการ

ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินป่าไม้ดำเนินการ โดยใช้ข้อมูลทางด้านภูมิสารสนเทศ ประกอบด้วยส่วนสำคัญหลัก 4 ส่วน ดังแสดงในภาพที่ 6 มีรายละเอียดดังนี้

## 1. การจำแนกการใช้ที่ดิน

### 1.1 การจัดเตรียมข้อมูล (data preparation)

ใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM แบนด์ 4 5 3 (แดง เขียว และน้ำเงิน) ในรูปแบบข้อมูลราสเตอร์ 8 บิต (raster format) จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

### 1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction)

การปรับแก้ทางเรขาคณิตใช้วิธีแปลงภาพสู่แผนที่ (image to map) ซึ่งอ้างอิงโดยกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) จากแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร

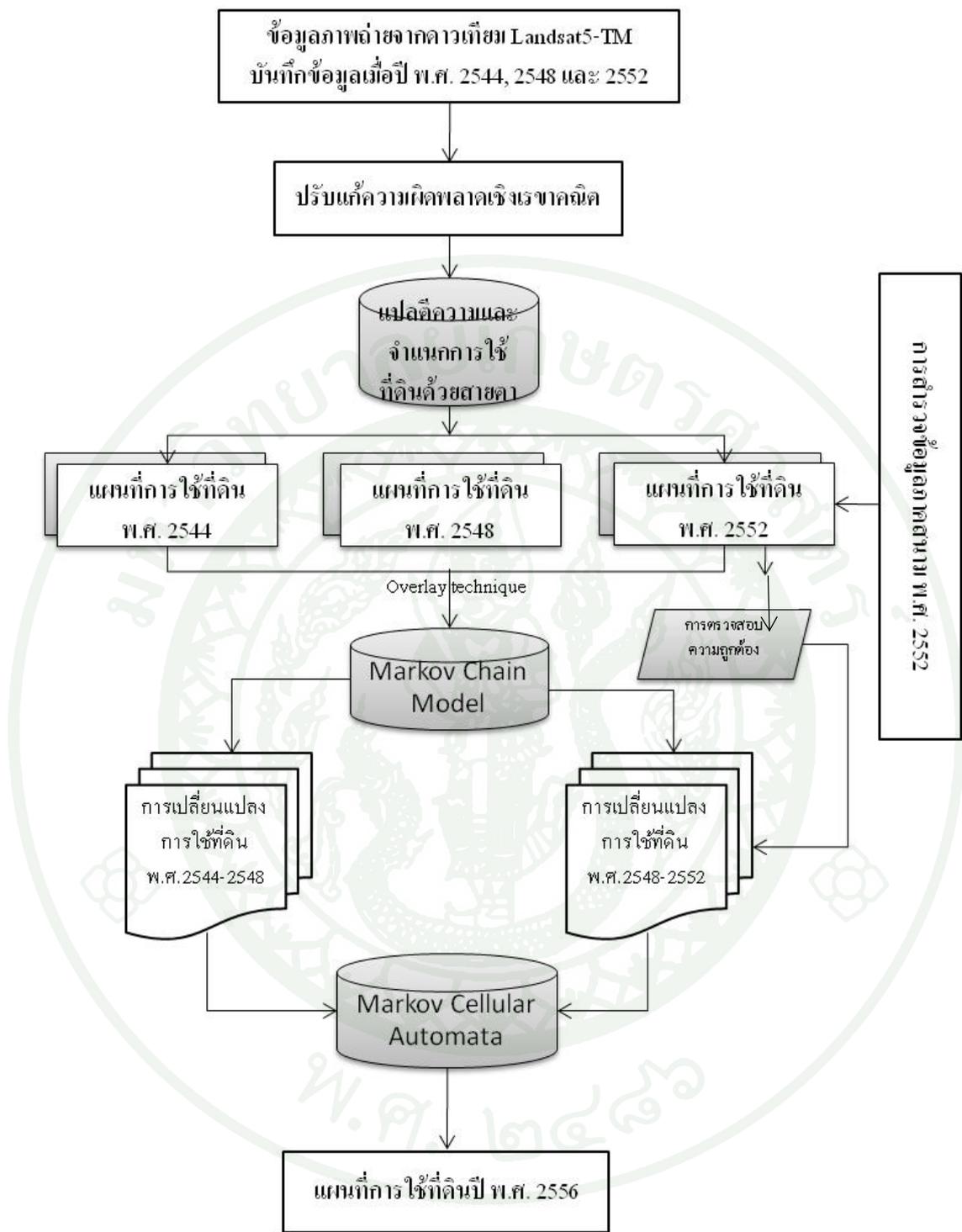
โดยการแปลงข้อมูล (rectification) ด้วยวิธี Nearest neighborhood โดยกำหนดค่าความผิดพลาดเฉลี่ยไม่เกิน 1 จุดภาพ ซึ่งมีรายละเอียด 25 x 25 เมตร ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

### 1.3 การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image interpretation and analysis)

การแปลตีความ และวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) โดยทำภาพสีผสมเท็จ (false color composite) เพื่อเน้นให้ภาพสามารถแยกประเภทของข้อมูลได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ภาพที่ปรากฏจะได้พืชพรรณธรรมชาติเป็นสีแดง เนื่องจากมีปฏิกิริยาการสะท้อนแสงสูงที่ช่วงคลื่นยาว เรียกว่า ภาพสีผสมเท็จ (false color composite) การแปลตีความใช้ลักษณะที่ปรากฏในภาพถ่ายดาวเทียม (characteristic of photographic image) ประกอบการตัดสินใจในการแปลตีความ (ธงชัย, 2537)

กำหนดประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็น 14 ประเภท ดังนี้

- 1.3.1 กระจิน
- 1.3.2 ทุ้งหญ้า
- 1.3.3 นาข้าว
- 1.3.4 ป่าดิบแล้ง
- 1.3.5 ป่าดิบชื้น
- 1.3.6 ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู
- 1.3.7 ป่าเต็งรัง
- 1.3.8 ป่าเบญจพรรณ
- 1.3.9 ป่าเสื่อมโทรม
- 1.3.10 พืชไร่
- 1.3.11 พืชสวน
- 1.3.12 ยางพารา
- 1.3.13 สวนป่าผสม
- 1.3.14 แหล่งน้ำ



ภาพที่ 6 ขั้นตอนการศึกษา

#### 1.4 การประเมินความถูกต้อง (accuracy assessment)

การประเมินความแม่นยำของการจำแนกการใช้ที่ดิน กระทำหลังจากการจำแนกข้อมูลภาพเสร็จสมบูรณ์ โดยการเปรียบเทียบผลการจำแนก กับข้อมูลภาคพื้นดินที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ด้วยเครื่องระบุพิกัดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม ซึ่งเป็นตัวแทนในการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ที่ดิน แล้วคำนวณหาค่าความถูกต้องโดยใช้ตาราง Confusion Matrix เพื่อหา Omission Error (ข้อมูลการจำแนกขาดหาย) และ Commission Error (ข้อมูลที่มีการจำแนกเกินมา)

#### 1.5 การปรับแก้แผนที่การใช้ที่ดิน

นำข้อมูลที่ได้ทำการตรวจสอบค่าความถูกต้องแล้ว มาปรับแก้แผนที่การใช้ที่ดิน และบันทึกข้อมูลปัจจุบันที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องและสมบูรณ์มากที่สุด เพื่อจัดทำแผนที่การใช้ที่ดินโดยระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

### 1. การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

2.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จากข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินของปี พ.ศ. 2544, 2548 และ 2552 ตามช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา คือ ระหว่างปีพ.ศ. 2544-2548 และระหว่างปี พ.ศ. 2548-2552 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ (overlay analysis) ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

2.2 วิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินและคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภท ระหว่างปี พ.ศ. 2544-2548 และปี พ.ศ. 2548-2552

### 3. การศึกษาแบบจำลองสำหรับการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

3.1 นำข้อมูลแผนที่การใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2544 และ 2548 จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา มาวิเคราะห์หาแนวโน้มการใช้ที่ดินในปี พ.ศ. 2552 โดยใช้แบบจำลอง Markov Chain Model ด้วยโปรแกรมประมวลผลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้คือ

โอกาสของการเปลี่ยนแปลง (probability of changing) และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (transition area)

3.2 ตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลอง โดยนำแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการคาดการณ์ด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซ้อนทับกับแผนที่การใช้ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา ซึ่งมีการปรับแก้แผนที่จากภาคสนามแล้ว

#### 4. การสร้างแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

4.1 นำค่าสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน จากการวิเคราะห์ข้างต้นมาสร้างแบบจำลองการใช้ที่ดิน พ.ศ. 2556 ด้วยแบบจำลอง Markov Cellular Automata หรือ CA Markov โดยใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ผลลัพธ์ที่ได้คือ โอกาสของการเปลี่ยนแปลง (transition rule) เช่นเดียวกับกระบวนการ Markov Chain แตกต่างกันตรงที่ Cellular Automata แสดงในรูปแบบของแผนที่

4.2 วิเคราะห์รูปแบบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินในช่วงระยะเวลาตั้งแต่ พ.ศ. 2544-2556 และคำนวณพื้นที่การใช้ที่ดินแต่ละประเภทใน พ.ศ.2556

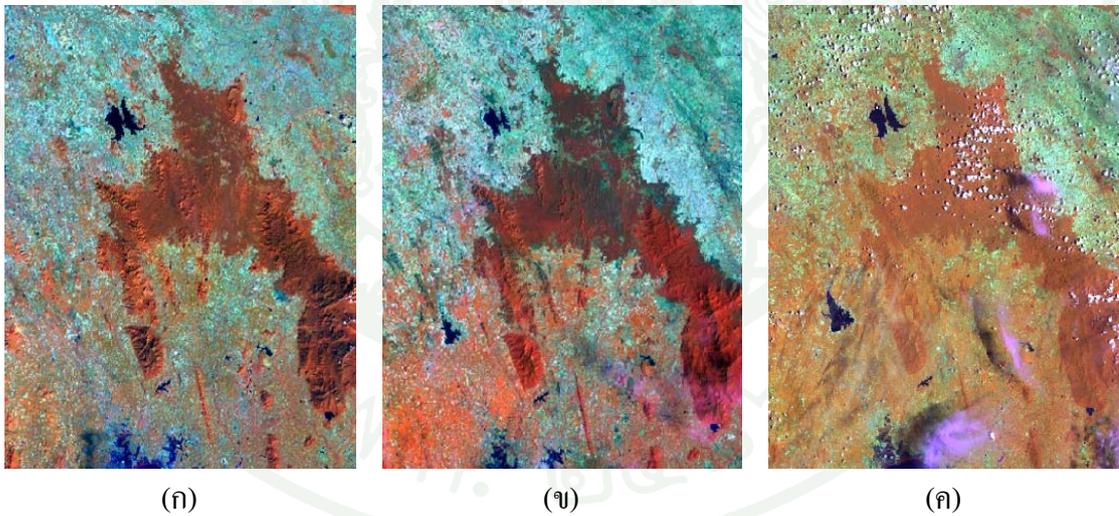
## ผลและวิจารณ์

ในการติดตามตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดินป่าไม้ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้ใช้แบบจำลองทาง Markov Chain Model และ Markov Cellular Automata วิเคราะห์ข้อมูลภูมิสารสนเทศ โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังนี้

### 1. การจำแนกการใช้ที่ดิน

#### 1.1 การจัดเตรียมข้อมูล (data preparation)

1.1.1 จัดเตรียมข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat5-TM บันทึกข้อมูลเมื่อวันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2544 วันที่ 6 มีนาคม พ.ศ. 2548 และวันที่ 2 เมษายน พ.ศ. 2552 Path 128 Row 51 ซึ่งได้รับการอนุเคราะห์จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอภ.) ดังแสดงในภาพที่ 7



ภาพที่ 7 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM (ก) พ.ศ.2544 (ข) พ.ศ. 2548 และ(ค) พ.ศ.2552

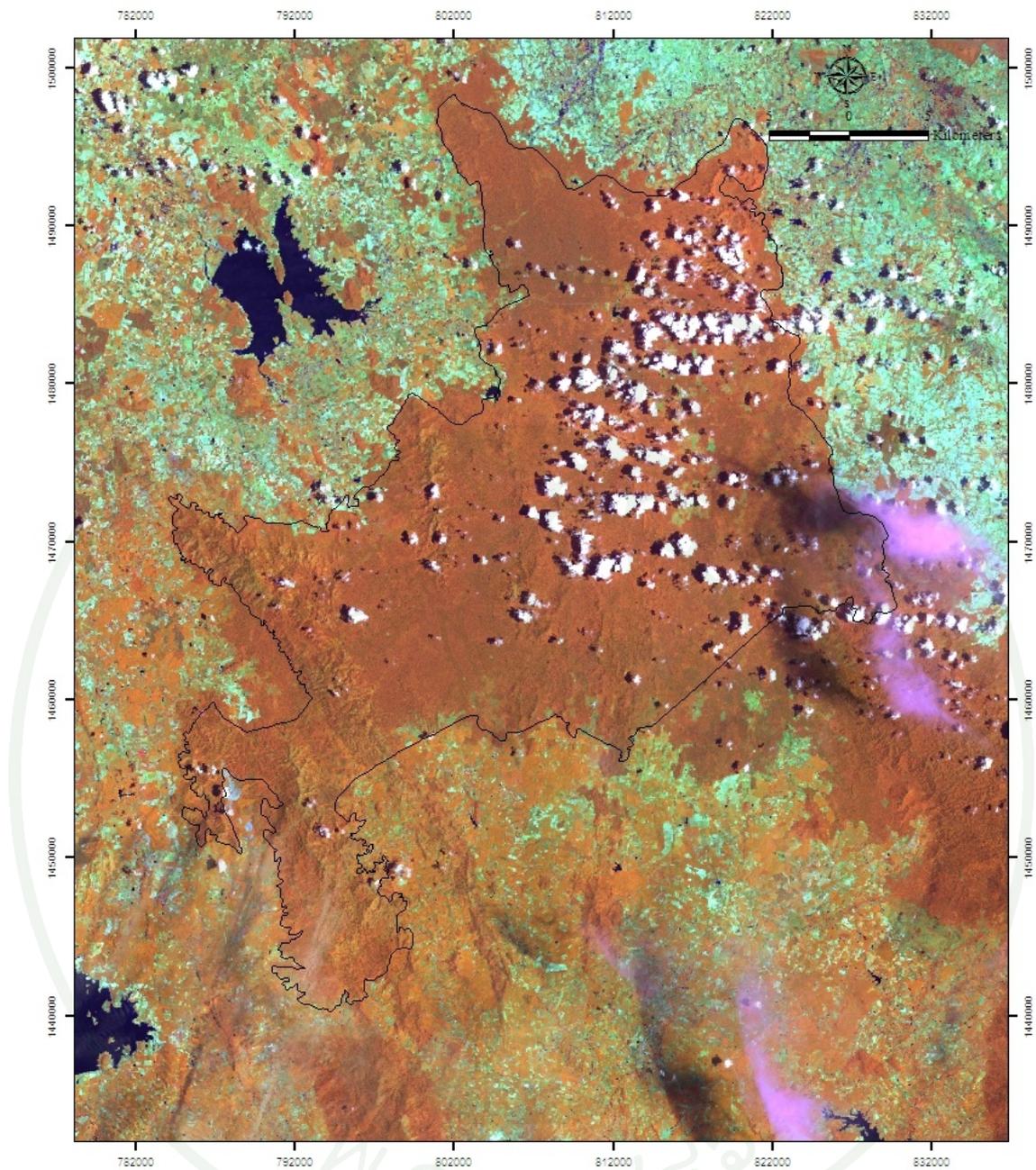
1.1.2 จัดเตรียมแผนที่ภูมิประเทศ มาตรฐาน 1: 50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ชุด L7018ระวางเลขที่ 5335I 5335II 5335III 5335IV 5336II 5435III และ 5435IV

## 1.2 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (geometric correction)

ในการดำเนินการจำเป็นต้องมีการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตก่อนการวิเคราะห์ข้อมูล เนื่องจากข้อมูลจากดาวเทียมมีความบิดเบี้ยวไปจากสภาพความเป็นจริงในภูมิประเทศอันเนื่องมาจากสาเหตุต่างๆ กัน เช่น การทำงานของอุปกรณ์รับสัญญาณ การหมุนตัวของโลก ความโค้งของโลก เป็นต้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องแก้ไขความผิดพลาดดังกล่าว โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 เป็นข้อมูลอ้างอิงพิคโตแกรมศาสตร์ โดยการกำหนดตำแหน่งของจุดภาพให้เข้ากับระบบของแผนที่ พร้อมทั้งเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน (Ground Control Point) ที่มีลักษณะเด่นทั้งในแผนที่ภูมิประเทศและข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม และให้ผลของการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิต มีค่าความผิดพลาดไม่เกิน 1 จุดภาพ ซึ่งในการเลือกค่าพิคโตแกรมจะใช้ข้อกำหนดดังนี้

Projection	UTM (Universal Transverse Mercator)	
Zone	47	
Spheroid	WGS84	
Datum	WGS84	

การศึกษาครั้งนี้ใช้วิธีการ Resampling แบบ Nearest neighborhood โดยใช้จำนวน GCP 16 จุด ค่า Root Mean Square Error (RMSE) ไม่เกิน 1 จุดภาพ ทั้งนี้เนื่องจากข้อมูลที่ได้จะมีคุณลักษณะเหมือนเดิม เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพต่อไป โดยกำหนดขนาดจุดภาพเป็น 25x25 เมตร ซึ่งผลสุดท้ายจะได้แผนที่ที่ภาพจากดาวเทียมที่มีการปรับแก้ค่าพิคโตแกรมเรียบร้อยแล้ว ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ภาพถ่ายดาวเทียม Landsat5-TM ที่ได้รับการปรับแก้ข้อมูลเชิงเรขาคณิตเรียบร้อยแล้ว

### 1.3 การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ผลการจำแนกภาพจากดาวเทียมเพื่อศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2544, 2548 และ 2552 ครอบคลุมพื้นที่ 1,078.39 ตารางกิโลเมตร ด้วยสายตา พบว่า สามารถแบ่งประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินในบริเวณพื้นที่ศึกษาออกได้ 14 ประเภท ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 10 11 และ 12 ส่วนลักษณะการเปลี่ยในภาคผนวกที่ 1 ดังนี้

**ตารางที่ 2** การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา  
ปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552

ประเภทการใช้ ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)					
	พ.ศ. 2544		พ.ศ. 2548		พ.ศ. 2552	
	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ	ตร.กม.	ร้อยละ
สวนป่ากระถินเทพา	4.52	0.42	5.40	0.50	9.54	0.88
ทุ่งหญ้า	32.03	2.97	32.51	3.01	16.38	1.52
นาข้าว	0.65	0.06	1.03	0.10	0.83	0.08
ป่าดิบแล้ง	939.53	87.13	924.53	85.77	922.80	85.56
ป่าดิบชื้น	1.90	0.16	1.90	0.16	1.68	0.16
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	44.14	4.17	51.53	4.76	47.84	4.44
ป่าเต็งรัง	0.83	0.08	0.83	0.08	0.83	0.08
ป่าเบญจพรรณ	11.39	1.06	10.04	0.93	11.69	1.08
ป่าเสื่อมโทรม	8.08	0.75	8.94	0.83	6.17	0.57
พืชไร่	7.41	0.69	9.20	0.85	9.20	0.85
พืชสวน	9.95	0.93	9.96	0.92	6.21	0.58
ยางพารา	0.71	0.07	6.40	0.59	7.40	0.69
สวนป่าผสม	15.97	1.48	15.93	1.48	37.63	3.49
แหล่งน้ำ	0.27	0.03	0.19	0.02	0.19	0.02
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>100</b>	<b>1,078.39</b>	<b>100</b>	<b>1,078.39</b>	<b>100</b>

1.3.1 สวนป่ากระถินเทพา (*Acacia mangium Willd*) เป็นไม้ในวงศ์ถั่ว มีสภาพใกล้เคียงกับป่าดิบชื้น เจริญเติบโตได้ดีในระยะเวลา 14 ปี พบมากตามแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน บริเวณพื้นที่รอยต่อระหว่างชุมชนกับพื้นที่ป่าไม้ทางตอนบนของพื้นที่ศึกษา โดยในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ประมาณ 4.52 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.42 ปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่ประมาณ 5.40 ตร.กม.

คิดเป็นร้อยละ 0.50 และปีพ.ศ.2552 มีพื้นที่ประมาณ 9.54 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.88 ของพื้นที่ศึกษา จะเห็นได้ว่าพื้นที่สวนป่ากระถิ่นเทพา มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี

1.3.2 พุงหญ้า เป็นสังคมพืชที่ปรากฏค่อนข้างน้อยตามธรรมชาติ โครงสร้างป่ามีไม้ยืนต้นกระจายอยู่ห่างๆ กัน พื้นที่ส่วนใหญ่มีหญ้าขึ้นหนาแน่น เช่น หญ้าคา (*Imperata cylindrical*) หญ้าพง (*Neyraudia reynaudiana*) หญ้าแฝก (*Vetiveria Zizanioides*) จากผลการจำแนกสภาพจากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีพุงหญ้ากระจายทั่วไปใกล้กับที่ทำการเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน (หน่วยพิทักษ์ป่าภูไท) และมีพื้นที่มากเป็นอันดับที่ 3 รองจากป่าดิบแล้งและป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู โดยในปี พ.ศ.2544 มีพื้นที่ประมาณ 32.03 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.97 ปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่ประมาณ 32.51 ตร.กม.คิดเป็นร้อยละ 3.01 และปี พ.ศ.2552 มีพื้นที่ประมาณ 16.38 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.52

1.3.3 นาข้าว พื้นที่นาที่พบเป็นนาดำ โดยจะทำนาในช่วงฤดูฝนตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม มีเพียงไม่กี่แห่งในพื้นที่ศึกษา คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 1 ตารางกิโลเมตร พบบริเวณใกล้แหล่งชุมชนและที่ราบลุ่มใกล้แม่น้ำ รอยต่อระหว่างแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนกับแหล่งชุมชน คาดการณ์ว่าอาจเกิดจากการบุกรุกของประชาชนที่อาศัยอยู่รอบพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน โดยในปี พ.ศ.2544 มีพื้นที่ประมาณ 0.65 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.06 ปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่ประมาณ 1.03 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.10 และปี พ.ศ.2552 มีพื้นที่ประมาณ 0.83 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.52 ของพื้นที่ศึกษา

1.3.4 ป่าดิบแล้ง เป็นสังคมป่าที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่ส่วนใหญ่ของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ยกเว้นพื้นที่ตามสันเขาหรือในบริเวณที่มีดินต้นจะมีสังคมพืชชนิดอื่นขึ้นแทรกอยู่เป็นหย่อมๆ พรรณไม้ที่พบได้แก่ ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata*) กระบก (*Irvingia malayana*) ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) สมพง (*Tetrameles nudiflora*) เป็นต้น จากผลการจำแนกสภาพจากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษา พบว่า มีป่าดิบแล้งมากที่สุด โดยในปี พ.ศ.2544 มีพื้นที่ประมาณ 939.53 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 87.13 ปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่ประมาณ 924.53 ตร.กม. และปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 922.80 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 85.56 ของพื้นที่ศึกษา จะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าดิบแล้งมีแนวโน้มลดลง

1.3.5 ป่าดิบชื้น จัดเป็นป่าประเภทไม่ผลัดใบ มีลักษณะเป็นป่ารกทึบมองดูเขียวชอุ่มตลอดปี พรรณไม้ที่พบได้แก่ หลุมพอ (*Intsia palembanica*) อินทนิลน้ำ (*Lagerstroemia speciosa*)

มหาด (*Artocarpus lakoocha*) เป็นต้น โดยพบว่าทั้ง 3 ปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2548 มีพื้นที่ประมาณ 1.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.16 ของพื้นที่ศึกษา และ พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 1.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.16 จะเห็นได้ว่าพื้นที่ป่าดิบชื้นไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.3.6 ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู จัดเป็นป่าดิบแล้งที่กำลังจะเสื่อมโทรม พรรณไม้ที่พบส่วนใหญ่มีลักษณะเหมือนพรรณ ไม้ในป่าดิบแล้งแต่มีปริมาณไม่หนาแน่นเท่ากับป่าดิบแล้ง จากการจำแนกภาพจากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษา พบพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟูด้านในของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าคลองอุดม และเขาน้อย พื้นที่ส่วนใหญ่อยู่ติดกับป่าดิบแล้ง โดยพบว่าในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ประมาณ 44.14 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.17 ปี พ.ศ. 2548 มีพื้นที่ประมาณ 51.53 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.76 และปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 47.84 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.44 ของพื้นที่ศึกษา

1.3.7 ป่าเต็งรัง เป็นสังคมหนึ่งในกลุ่มป่าผลัดใบ มีลักษณะเป็นป่าโปร่ง พรรณไม้ที่พบ ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtuse*) รัง (*Shorea siamensis*) เหียง (*Dipterocarpus Obtusifolius*) ยางกราด (*Dipterocarpus intricatus*) เป็นต้น จากการจำแนกภาพจากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีป่าเต็งรังเพียง 2 แห่งในพื้นที่ศึกษา คือ บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าคลองพระเพลิง และหน่วยพิทักษ์ป่าเขาใหญ่ใกล้แหล่งชุมชน โดยทั้ง 3 ปี มีพื้นที่ประมาณ 0.83 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.08 ของพื้นที่ศึกษา โดยไม่มีการเปลี่ยนแปลง

1.3.8 ป่าเบญจพรรณ เป็นป่าผลัดใบประเภทหนึ่งที่ต้นไม้ส่วนใหญ่ทิ้งใบในช่วงฤดูแล้งและเริ่มผลิใบใหม่ในฤดูฝน พรรณไม้ที่พบส่วนใหญ่เป็นไม้สัก (*Tectona grandis*) ตะแบก (*Cananga odorata*) และ ไม้ไผ่ (*Thyrsostachys siamensis*) เป็นต้น จากการจำแนกภาพจากดาวเทียมในพื้นที่ศึกษา พบว่ามีป่าเบญจพรรณ ที่มีไม้ขนาดใหญ่ขึ้นอยู่บริเวณใกล้กับหน่วยพิทักษ์ป่าเขาตะกรับ และหน่วยพิทักษ์ป่าบ่อชะอม (ชั่วคราว) โดยในปี พ.ศ.2544 มีพื้นที่ประมาณ 11.39 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.06 ปี พ.ศ.2548 มีพื้นที่ประมาณ 10.04 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.93 และปี พ.ศ.2552 มีพื้นที่ประมาณ 11.69 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.08 ของพื้นที่ศึกษา

1.3.9 ป่าเสื่อมโทรม เป็นบริเวณพื้นที่ทั้งหมดหรือบางส่วนของป่าที่มีสภาพเป็นป่าร้างเก่า หรือเป็นทุ่งหญ้าหรือป่าที่ไม่มีค่าขึ้นอยู่เลย ยกที่จะกลับฟื้นคืนสภาพได้ตามธรรมชาติ นอกจากจะมีการปลูกป่าทดแทน จากการจำแนกด้วยภาพจากดาวเทียม พบว่าป่าเสื่อมโทรมมีกระจายอยู่ทั่วไปใกล้กับหน่วยพิทักษ์ป่าคลองพระเพลิง และหน่วยพิทักษ์ป่าคลองไทร มีลูกไม้

ขนาดความสูงเกิน 2 เมตร ขึ้นกระจายอยู่ทั่วไป โดยในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ประมาณ 8.08 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.75 ปี พ.ศ. 2548 มีพื้นที่ประมาณ 8.94 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.83 และปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 6.17 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.57 ของพื้นที่ศึกษา

1.3.10 พืชไร่ เป็นพื้นที่ที่มีไม้ล้มลุกและไม้ทนแล้งขึ้นอยู่เป็นพืชที่ต้องการน้ำน้อย มีอายุการปลูกและการเก็บเกี่ยวไม่นาน และเมื่อให้ผลผลิตแล้วลำต้นก็จะตาย ได้แก่ ข้าวโพด มันสำปะหลัง ถั่วเหลือง อ้อย เป็นต้น จากการจำแนกด้วยภาพจากดาวเทียม พบพืชไร่กระจายทั่วไป ใกล้เคียงแหล่งชุมชนโดยรอบแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน โดยในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ประมาณ 7.41 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.69 ในปี พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 9.20 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.85 ของพื้นที่ศึกษา จะเห็นได้ว่ามีพื้นที่ที่ปลูกพืชไร่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2548 เป็นต้นมา

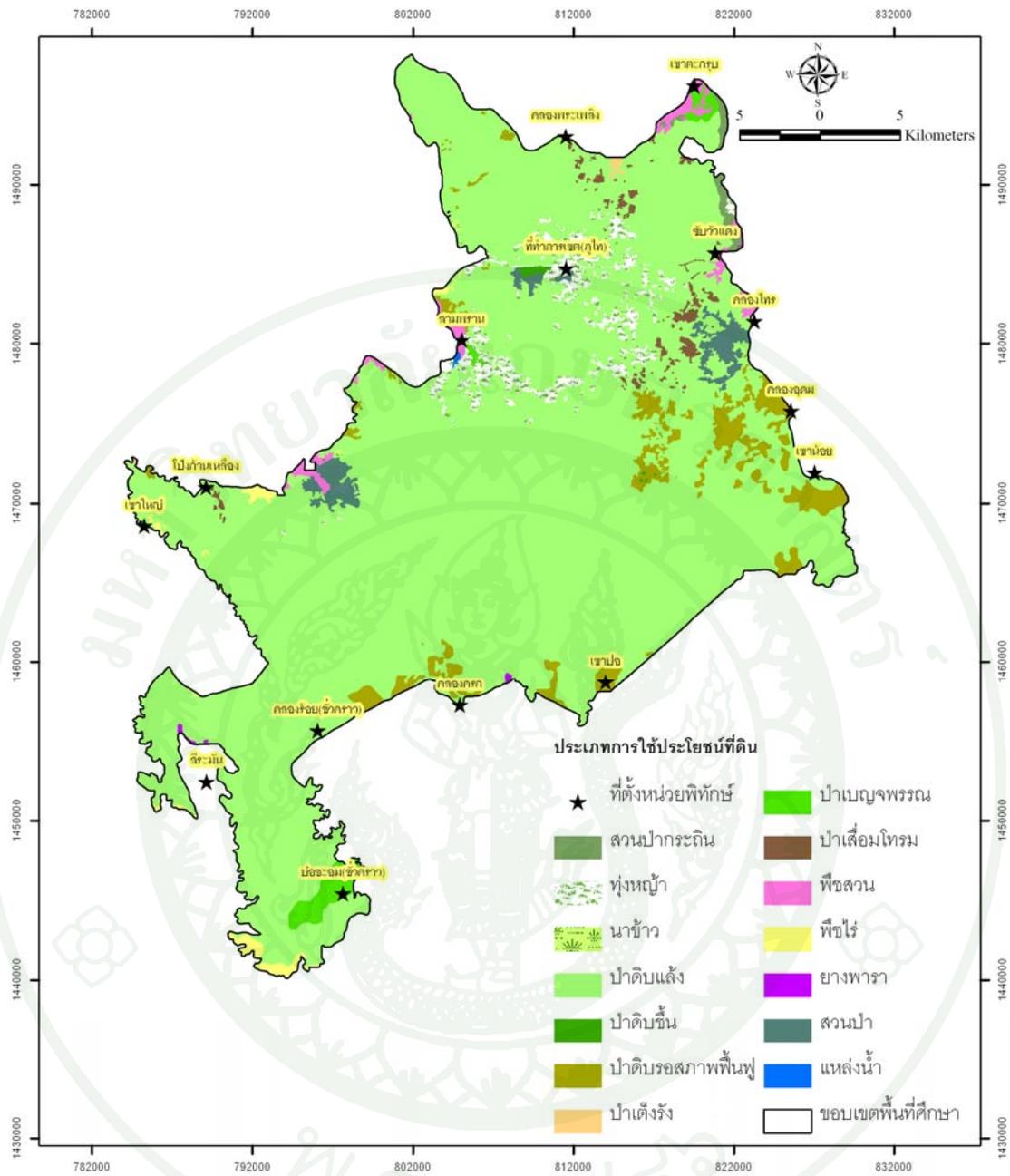
1.3.11 พืชสวน เป็นพื้นที่ที่มีพืชปลูกในลักษณะเป็นสวน มีการดูแลรักษาที่ปราณีต เช่น ฝัก ไม้ผล ไม้ดอก จากการจำแนกด้วยภาพจากดาวเทียม พบว่ามีพืชสวนกระจายอยู่ทั่วไป ตามแนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ส่วนใหญ่จะอยู่ในบริเวณที่เป็นแหล่งชุมชน โดยในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่พืชสวนประมาณ 10.01 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.93 ปี พ.ศ. 2548 มีพื้นที่ประมาณ 9.96 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.95 และปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 6.21 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.58 ของพื้นที่ศึกษา จะเห็นได้ว่าพื้นที่พืชสวนมีแนวโน้มลดลง โดยส่วนใหญ่จะแปรสภาพไปเป็นสวนป่ากระถินเทพา

1.3.12 ยางพารา แต่ก่อนมีการปลูกในภาคใต้ของประเทศไทยเท่านั้น แต่ในปัจจุบันมีการเพาะพันธุ์ยางพาราเพิ่มมากขึ้นในทุกภาค เนื่องจากเป็นไม้ที่สามารถสร้างรายได้ให้กับประชาชนได้สูง จึงมีการปลูกยางพาราในภาคตะวันออกของประเทศไทย จากการจำแนกด้วยภาพจากดาวเทียม พบพื้นที่ยางพาราบริเวณหน่วยป่าพิทักษ์ครองร้อย (ชั่วคราว) ตามแนวเชิงเขา โดยในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่ยางพาราประมาณ 0.71 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.07 ปี พ.ศ. 2548 มีพื้นที่ประมาณ 6.40 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.59 และปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 7.40 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.69 ของพื้นที่ศึกษา จะเห็นได้ว่าพื้นที่ยางพารามีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการบุกรุกของประชาชนที่อาศัยอยู่ใกล้แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน

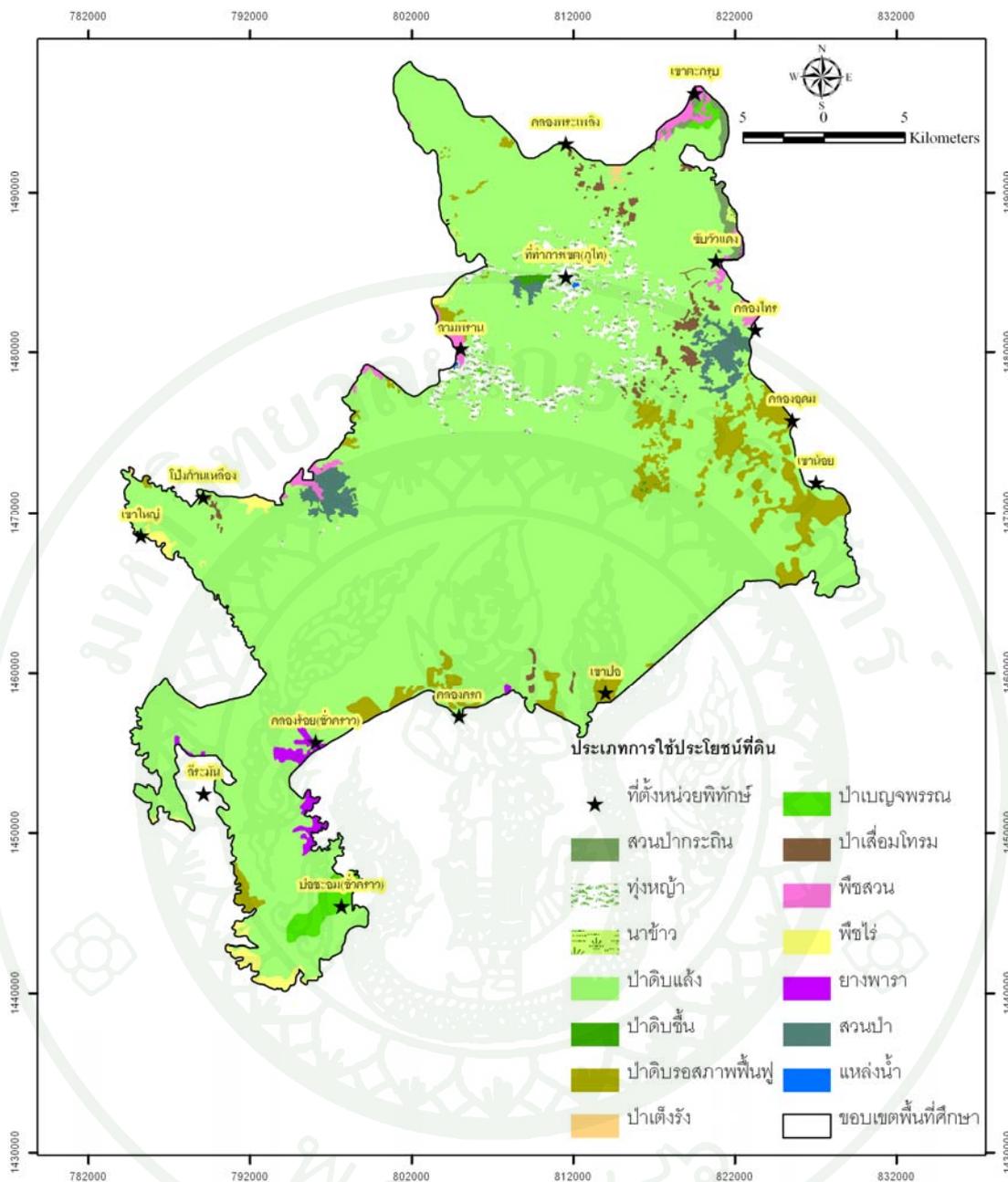
1.3.13 สวนป่าผสม เป็นสวนป่าผสมที่ปลูกขึ้นไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติเหมือนป่าไม้ทั่วไป พันธุ์ไม้ที่ปลูกเป็นไม้เศรษฐกิจ ได้แก่ ไม้สัก (*Tectona grandis*) ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis*) โดยในปี พ.ศ. 2544 มีพื้นที่สวนป่าผสมประมาณ 15.97 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.48

ปี พ.ศ. 2548 มีพื้นที่ประมาณ 15.93 คิดเป็นร้อยละ 1.48 และปี พ.ศ. 2552 มีพื้นที่ประมาณ 37.63 คิดเป็นร้อยละ 3.49 ซึ่งพบว่าพื้นที่สวนป่าผสมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยส่วนมากแปรสภาพมาจากพื้นที่ที่เป็นทุ่งหญ้า และยังพบว่ามีการปลูกไม้เศรษฐกิจมากขึ้นบริเวณแนวเชิงเขารวมถึงบนภูเขาด้วย

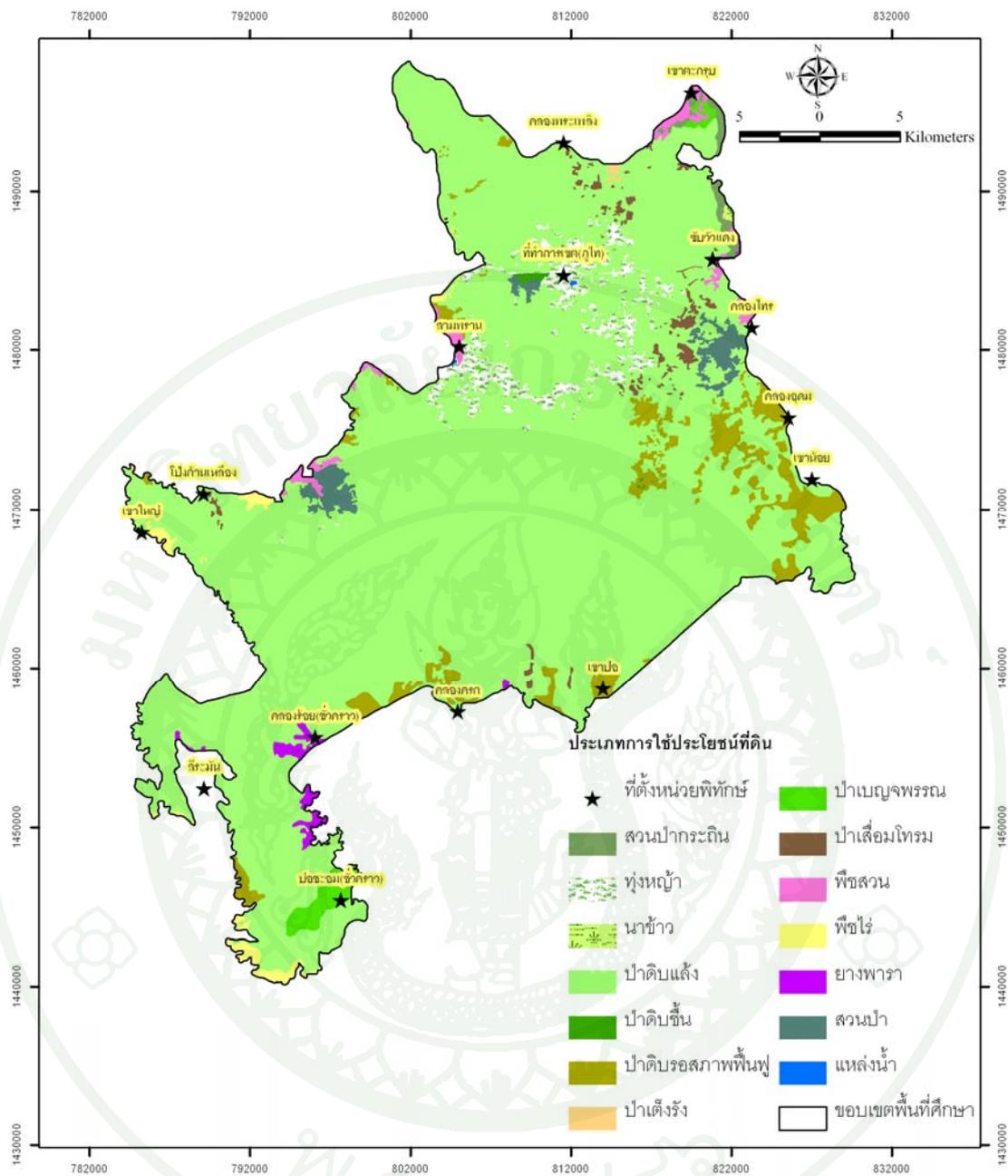
1.3.14 แหล่งน้ำ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน เป็นพื้นที่อนุรักษ์ซึ่งเป็นที่เกิดของลำห้วยและลำธารที่สำคัญหลายสาย ไหลลงสู่แม่น้ำสำคัญๆ คือ แควระบบ - ลีด ที่ไหลไปรวมกับแม่น้ำบางปะกง ที่อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา คลองลำพระเพลิงใหญ่ คลองพระสะทึง จากเขาสิบห้าชั้น ไหลไปรวมกับแม่น้ำปราจีนบุรี คลองตะโหนด ไหลลงสู่อำเภอท่าใหม่ จังหวัดจันทบุรี และคลองประแสร์ที่ต้นน้ำมาจากเทือกเขาใหญ่ ไหลผ่านอำเภอบ่อทอง จังหวัดชลบุรี ออกสู่ทะเลที่จังหวัดระยอง เป็นต้น นอกจากแม่น้ำลำธารแล้ว แหล่งน้ำอื่นๆ ได้แก่ อ่างเก็บน้ำห้วย ซึ่งจากการจำแนกข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ทั้ง 3 ปี พบว่า พื้นที่แหล่งน้ำปี พ.ศ. 2544 มีเพียงแห่งเดียวบริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าสามพราน คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.27 ตร.กม. หรือร้อยละ 0.03 ปี พ.ศ. 2548 และปี พ.ศ. 2552 มี 2 แห่ง ได้แก่ บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าสามพราน และหน่วยพิทักษ์ป่าภูไท คิดเป็นพื้นที่ประมาณ 0.19 ตร.กม. หรือร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ศึกษา



ภาพที่ 9 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ปี พ.ศ.2544



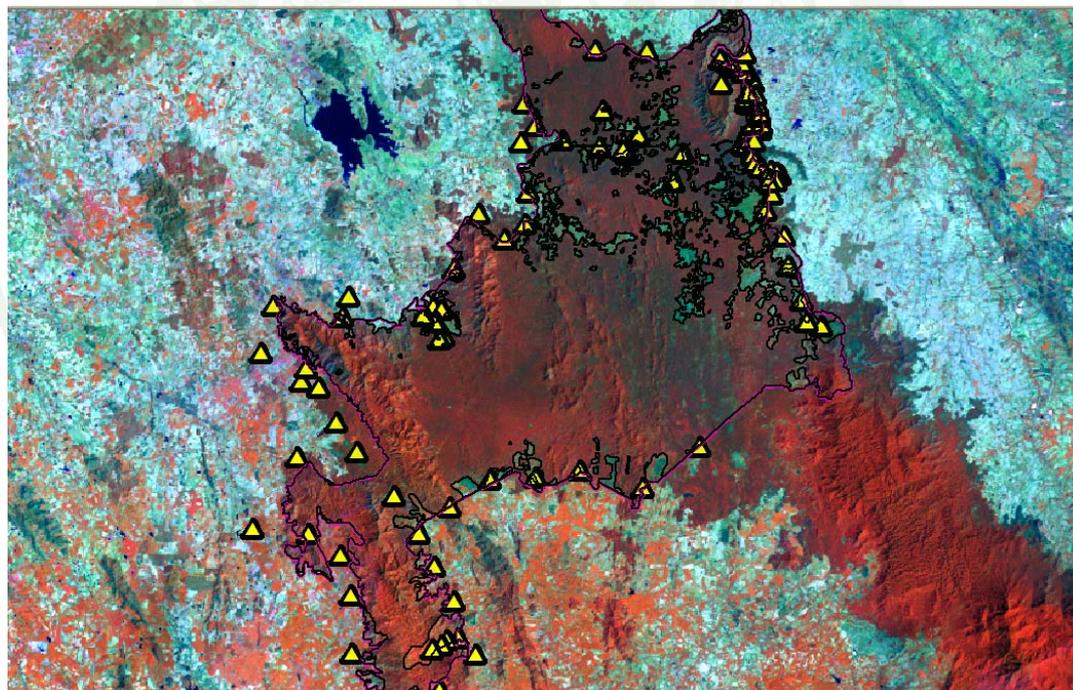
ภาพที่ 10 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ปี พ.ศ. 2548



ภาพที่ 11 การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ปี พ.ศ. 2552

#### 1.4 การทดสอบความถูกต้อง (accuracy test)

ผลการทดสอบความถูกต้อง โดยการออกสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินทางภาคพื้นดิน (ground control point) กระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา โดยกำหนดจำนวนจุดให้สัมพันธ์กับเนื้อที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท ดังแสดงในภาพที่ 12 และตารางภาพผนวกที่ 1 สามารถจำแนกสภาพพื้นที่กลุ่มตัวอย่างออกเป็น 14 ประเภทดังนี้ 1) สวนป่ากระถินเทพา จำนวน 4 จุด 2) ทุ่งหญ้า จำนวน 8 จุด 3) นาข้าว จำนวน 1 จุด 4) ป่าดิบแล้ง จำนวน 12 จุด 5) ป่าดิบชื้น จำนวน 3 จุด 6) ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟู จำนวน 9 จุด 7) ป่าเต็งรังจำนวน 2 จุด 8) ป่าเบญจพรรณจำนวน 5 จุด 9) ป่าเสื่อมโทรม จำนวน 7 จุด 10) พืชสวน จำนวน 7 จุด 11) พืชไร่ จำนวน 7 จุด 12) ยางพารา จำนวน 6 จุด 13) สวนป่าผสม จำนวน 5 จุด และ 14) แหล่งน้ำ จำนวน 2 จุด (ตารางที่ 3) รวมจำนวนข้อมูลที่สำรวจภาคสนาม 78 จุด มีความถูกต้องโดยรวม (Overall accuracy) เท่ากับ 80.77 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 12 แสดงตำแหน่งการออกสำรวจข้อมูลภาคสนาม จำนวนทั้งหมด 78 จุด ครอบคลุมการใช้ประโยชน์ที่ดินทั้ง 14 ประเภท

**ตารางที่ 3** ค่าความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูล โดยใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM บันทึกข้อมูล วันที่ 14

		ข้อมูลพื้นที่ตัวอย่างอ้างอิง (Reference Data)														User's Accuracy (%)	
		Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	Cl.6	Cl.7	Cl.8	Cl.9	Cl.10	Cl.11	Cl.12	Cl.13	Cl.14		ผลรวม
ข้อมูลการจำแนกประเภท (Classification Data)	สวนป่ากระดินเทา (Cl.1)	3											1			4	75
	ทุ่งหญ้า (Cl.2)		7					1								8	88
	นาข้าว (Cl.3)			1												1	100
	ป่าดิบแล้ง (Cl.4)				10		1			1						12	83
	ป่าดิบชื้น (Cl.5)				1	2										3	67
	ป่าดิบแล้งรกร้าง (Cl.6)				2		7									9	78
	ป่าเต็งรัง (Cl.7)							1	1							2	50
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.8)								3	2						5	60
	ป่าเสื่อมโทรม (Cl.9)									5	1	1				7	71
	พืชสวน (Cl.10)										6	1				7	86
	พืชไร่ (Cl.11)							1					6			7	86
	ยางพารา (Cl.12)												5	1		6	83
	สวนป่าผสม (Cl.13)													5		5	100
	แหล่งน้ำ (Cl.14)														2	2	100
<b>ผลรวม</b>	<b>3</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>13</b>	<b>1</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>78</b>	<b>-</b>	
<b>User's Accuracy (%)</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>77</b>	<b>100</b>	<b>88</b>	<b>33</b>	<b>75</b>	<b>63</b>	<b>86</b>	<b>75</b>	<b>100</b>	<b>71</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>100</b>	

## 2. การเปลี่ยนแปลงการใช้ที่ดิน

ผลการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ ระหว่างข้อมูลแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินของปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2548 และพ.ศ. 2552 ตามช่วงเวลาที่ต้องการศึกษา คือระหว่าง ปี พ.ศ. 2544-2548 และระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2552 โดยใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินพร้อมทั้งคำนวณพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท และวิเคราะห์ข้อมูลการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ได้ผลการศึกษา ดังนี้

### 2.1 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2544-2548

ผลการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2544-2548 ได้ผลลัพธ์ของสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังตารางที่ 4 และ 5 และภาพที่ 13 สรุปลักษณะของการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สวนป่ากระดินเทา พบว่า มีพื้นที่สวนป่ากระดินเทาเพิ่มขึ้นประมาณ 0.88 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.68 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยแปรสภาพมาจากป่าเบญจพรรณ 0.82 ตร.กม. และพื้นที่สวนป่าผสม 0.06 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทุ่งหญ้า พบว่า มีพื้นที่ทุ่งหญ้าเพิ่มขึ้นประมาณ 0.48 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.46 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าดิบแล้ง 0.03 ตร.กม. พื้นที่ป่าเบญจพรรณ 0.52 ตร.กม. พื้นที่สวนป่าผสม 0.39 ตร.กม. และพื้นที่แหล่งน้ำ 0.19 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาข้าว พบว่า มีพื้นที่นาข้าวเพิ่มขึ้นประมาณ 0.38 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.15 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมดโดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้า 0.53 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบแล้ง พบว่า มีพื้นที่ป่าดิบแล้งลดลงประมาณ 15.00 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 45.52 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด และเป็นพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุดในช่วงระยะเวลาที่ทำการศึกษา

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบชื้น ไม่พบว่าพื้นที่ป่าดิบชื้นมีการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟู พบว่ามีพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟูเพิ่มขึ้น 6.39 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 19.40 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นป่าดิบแล้ง 6.38 ตร.กม. และพื้นที่ป่าดิบชื้น 0.21 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเต็งรัง ไม่พบว่ามีพื้นที่ป่าเต็งรังเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเบญจพรรณ พบว่า มีพื้นที่ป่าเบญจพรรณลดลงประมาณ 1.35 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.10 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม พบว่า มีพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมเพิ่มขึ้นประมาณ 0.86 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.61 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นป่าดิบแล้ง 0.86 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่พีชไร่ พบว่า มีพื้นที่พีชไร่เพิ่มขึ้นประมาณ 1.79 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.43 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นป่าดิบแล้ง 1.79 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่พีชสวน พบว่า มีพื้นที่พีชสวนเพิ่มขึ้นประมาณ 0.01 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.03 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นป่าดิบแล้ง 1.79 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ยางพารา พบว่า มีพื้นที่ยางพาราเพิ่มขึ้นประมาณ 5.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.26 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่ป่าดิบแล้ง 5.68 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สวนป่าผสม พบว่า มีพื้นที่สวนป่าผสมลดลงประมาณ 0.04 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.12 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่พีชสวน 0.23 ตร.กม. และพื้นที่ป่าดิบแล้ง 0.13 ตร.กม.

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่แหล่งน้ำ พบว่า มีพื้นที่แหล่งน้ำลดลงประมาณ 0.08 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.24 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด โดยเปลี่ยนเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้า 0.12 ตร.กม.

สรุป ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2548 มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมทั้งหมด 32.94 ตร.กม. โดยพบว่า มีพื้นที่ป่าดิบแล้งเปลี่ยนแปลงลดลงมากที่สุดประมาณ 15.00 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 45.52 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพ

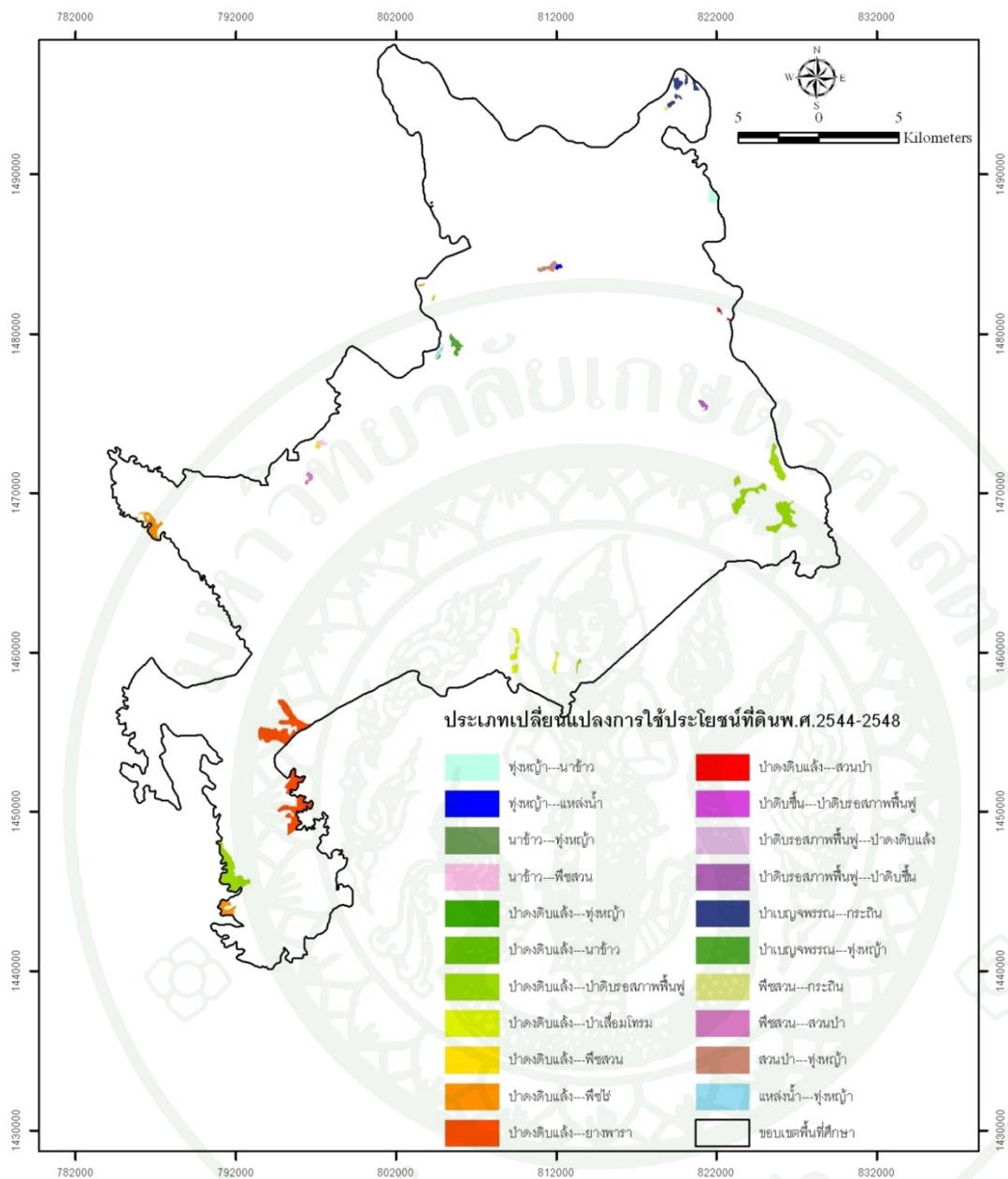
การฟื้นฟูเพิ่มขึ้น 6.39 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 19.40 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่  
 ยางพาราเพิ่มขึ้น 5.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 17.26 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ตามลำดับ

ตารางที่ 4 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2544-2548

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)		เปลี่ยนแปลง	ร้อยละ การเปลี่ยนแปลง ของพื้นที่ทั้งหมด
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2548		
	กระถินเทพา	4.52		
ทุ่งหญ้า	32.03	32.51	+0.48	1.46
นาข้าว	0.65	1.03	+0.38	1.15
ป่าดิบแล้ง	939.53	924.53	-15.00	45.52
ป่าดิบชื้น	1.90	1.90	+0.00	0.00
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	45.14	51.53	+6.39	19.40
ป่าเต็งรัง	0.83	0.83	+0.00	0.00
ป่าเบญจพรรณ	11.39	10.04	-1.35	4.10
ป่าเสื่อมโทรม	8.08	8.94	+0.86	2.61
พืชไร่	7.41	9.2	+1.79	5.43
พืชสวน	9.95	9.96	+0.01	0.03
ยางพารา	0.72	6.4	+5.68	17.26
สวนป่าผสม	15.97	15.93	-0.04	0.12
แหล่งน้ำ	0.27	0.19	-0.08	0.24
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>1,078.39</b>	<b>32.94</b>	<b>100.00</b>

ตารางที่ 5 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ระหว่างปี พ.ศ.2544 – 2548

	การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2548														รวม (ตร.กม.)
	CI.1	CI.2	CI.3	CI.4	CI.5	CI.6	CI.7	CI.8	CI.9	CI.10	CI.11	CI.12	CI.13	CI.14	
สวนป่ากระดินเทพา (CI.1)	4.52														4.52
ทุ่งหญ้า (CI.2)		31.38	0.53											0.12	32.03
นาข้าว (CI.3)			0.50								0.15				0.65
ป่าดิบแล้ง (CI.4)		0.03		924.52		6.38			0.87	1.79	0.09	5.68	0.13		939.53
ป่าดิบชื้น (CI.5)					1.69	0.21									1.90
ป่าดิบแล้งรกร้างการฟื้นฟู (CI.6)				0.00	0.21	44.93									45.14
ป่าเต็งรัง (CI.7)							0.83								0.83
ป่าเบญจพรรณ (CI.8)	0.82	0.52						10.05							11.39
ป่าเสื่อมโทรม (CI.9)									8.08						8.08
พืชสวน (CI.10)										7.41					7.41
พืชไร่ (CI.11)	0.06										9.72		0.23		9.95
ยางพารา (CI.12)												0.72			0.72
สวนป่าผสม (CI.13)		0.39											15.58		15.97
แหล่งน้ำ (CI.14)		0.19												0.08	0.27
<b>รวม</b>	<b>5.40</b>	<b>32.51</b>	<b>1.03</b>	<b>924.52</b>	<b>1.89</b>	<b>51.52</b>	<b>0.83</b>	<b>10.05</b>	<b>8.95</b>	<b>9.20</b>	<b>9.96</b>	<b>6.40</b>	<b>15.94</b>	<b>0.20</b>	<b>1,078.39</b>



ภาพที่ 13 แผนที่บริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า  
เขาอ่างฤๅไน ระหว่างปี พ.ศ. 2544 – 2548

## 2.2 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2548-2552

ผลการศึกษาสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2552 ได้ผลลัพธ์ของสภาพการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังตารางที่ 6 และ 7 และภาพที่ 14 สรุปลักษณะของการเปลี่ยนแปลงได้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สวนป่ากระถินเทพา พบว่า มีพื้นที่สวนป่ากระถินเพิ่มขึ้นประมาณ 4.14 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 7.27 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ทุ่งหญ้า พบว่า มีพื้นที่ทุ่งหญ้าลดลงประมาณ 16.13 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.32 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่นาข้าว พบว่า มีพื้นที่นาข้าวลดลงประมาณ 0.20 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.35 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบแล้ง พบว่า มีพื้นที่ป่าดิบแล้งลดลงประมาณ 2.16 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.79 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบชื้น ไม่พบว่าพื้นที่ป่าดิบชื้นมีการเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟู พบว่ามีพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟูลดลง 3.46 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.07 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเต็งรัง ไม่พบว่าพื้นที่ป่าเต็งรังเปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเบญจพรรณ พบว่า มีพื้นที่ป่าเบญจพรรณเพิ่มขึ้นประมาณ 1.64 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.88 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าเสื่อมโทรม พบว่า มีพื้นที่ป่าเสื่อมโทรมลดลงประมาณ 2.78 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.88 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชไร่ ไม่พบว่ามีพื้นที่พืชไร่เปลี่ยนแปลง

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่พืชสวน พบว่า มีพื้นที่พืชสวนลดลงประมาณ 3.75 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.58 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ยางพารา พบว่า มีพื้นที่ยางพาราเพิ่มขึ้นประมาณ 1.00 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.76 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่สวนป่าผสม พบว่ามีพื้นที่สวนป่าผสมเพิ่มขึ้นประมาณ 21.70 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 38.10 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด

การเปลี่ยนแปลงพื้นที่แหล่งน้ำ ไม่พบว่ามีพื้นที่แหล่งน้ำเปลี่ยนแปลง

สรุป ระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2552 มีการเปลี่ยนแปลงพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินรวมทั้งหมด 56.98 ตร.กม. โดยพบว่า มีพื้นที่สวนป่าผสมเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นมากที่สุดประมาณ 21.70 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 38.08 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด รองลงมาเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าลดลง 16.13 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.31 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด และพื้นที่พืชสวนลดลง 3.75 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.58 ของพื้นที่เปลี่ยนแปลงทั้งหมด ตามลำดับ

ตารางที่ 6 การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่าง ปี พ.ศ. 2548-2552

การใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)		เปลี่ยนแปลง	ร้อยละของ พื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง ทั้งหมด
	พ.ศ.2548	พ.ศ.2552		
กระถินเทพา	5.40	9.54	+4.14	7.27
ทุ่งหญ้า	32.51	16.38	-16.13	28.31
นาข้าว	1.03	0.83	-0.20	0.35
ป่าดิบแล้ง	924.53	922.8	-1.73	3.02
ป่าดิบชื้น	1.90	1.68	-0.22	0.39
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	51.53	47.84	-3.69	6.48
ป่าเต็งรัง	0.83	0.83	+0.00	0.00
ป่าเบญจพรรณ	10.04	11.69	+1.65	2.90
ป่าเสื่อมโทรม	8.94	6.17	-2.77	4.86
พืชไร่	9.20	9.20	0.00	0.00
พืชสวน	9.96	6.21	-3.75	6.58
ยางพารา	6.40	7.40	+1.00	1.76
สวนป่าผสม	15.93	37.63	+21.7	38.08
แหล่งน้ำ	0.19	0.19	+0.00	0.00
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>1,078.39</b>	<b>56.98</b>	<b>100.00</b>

ตารางที่ 7 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2552

	การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ.2552														รวม
	CI.1	CI.2	CI.3	CI.4	CI.5	CI.6	CI.7	CI.8	CI.9	CI.10	CI.11	CI.12	CI.13	CI.14	
สวนป่ากระดินเทพา (CI.1)	5.40														5.40
ทุ่งหญ้า (CI.2)		16.38											16.13		32.51
นาข้าว (CI.3)			0.83										0.20		1.03
ป่าดิบแล้ง (CI.4)				922.37		0.00		2.03				0.13			924.53
ป่าดิบชื้น (CI.5)					1.69	0.21									1.90
ป่าดิบแล้งรกร้างการฟื้นฟู (CI.6)					0.21	47.85						0.87	2.60		51.53
ป่าเต็งรัง (CI.7)							0.83								0.83
ป่าเบญจพรรณ (CI.8)	0.38							9.66							10.04
ป่าเสื่อมโทรม (CI.9)									6.17				2.77		8.94
พืชสวน (CI.10)										9.20					9.20
พืชไร่ (CI.11)	3.75										6.21				9.96
ยางพารา (CI.12)												6.40			6.40
สวนป่าผสม (CI.13)													15.93		15.93
แหล่งน้ำ (CI.14)														0.19	0.19
<b>รวม</b>	<b>9.53</b>	<b>16.38</b>	<b>0.83</b>	<b>922.37</b>	<b>1.90</b>	<b>48.06</b>	<b>0.83</b>	<b>11.69</b>	<b>6.17</b>	<b>9.20</b>	<b>6.21</b>	<b>7.40</b>	<b>37.63</b>	<b>0.19</b>	<b>1,078.39</b>



### 3. ศึกษาความเหมาะสมของแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน

#### 3.1 สร้างแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552

จากการใช้โปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Markov Chain Analysis) คาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินของ 2 ช่วงเวลาคือ ปี พ.ศ. 2544 และ 2548 เป็นข้อมูลพื้นฐาน ได้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์ คือ ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 8) และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 9) และนำสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงมาสร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (CA\_Markov) ได้ผลลัพธ์เป็นแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 (ภาพที่ 15)

#### 3.2 ค่าความถูกต้องของแบบจำลอง

ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้อง ของแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 โดยใช้เทคนิคการซ้อนทับ ระหว่างแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง (Markov Cellular Automata) กับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา นำผลลัพธ์ที่ได้มาสร้างตารางคำนวณค่าความผิดพลาด พบว่าแบบจำลองมีค่าความถูกต้องรวม เท่ากับ ร้อยละ 96.46 (ตารางที่ 10) ซึ่งถือว่า ค่าความถูกต้องรวมของผลการศึกษาอยู่เกณฑ์ที่ยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับฐานันต์ (2548) ได้ใช้แบบจำลอง Markov Cellular Automata คาดการณ์รูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน พบว่ามีค่าความถูกต้องร้อยละ 73.54 และจากผลการศึกษาที่ได้ทำให้ทราบว่า การนำเทคนิคนี้มาใช้ในการสร้างแบบจำลองการใช้ประโยชน์ที่ดินจะได้ผลดียิ่งขึ้น หากมีการวิเคราะห์เพิ่มเติมโดยการนำปัจจัยอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องต่อการเปลี่ยนแปลงรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดินมาสร้างเป็นเงื่อนไขในการคาดการณ์ร่วมกับโอกาสของการเปลี่ยนแปลง เช่น ข้อมูลด้านเศรษฐกิจและสังคม เป็นต้น

ตารางที่ 8 ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552

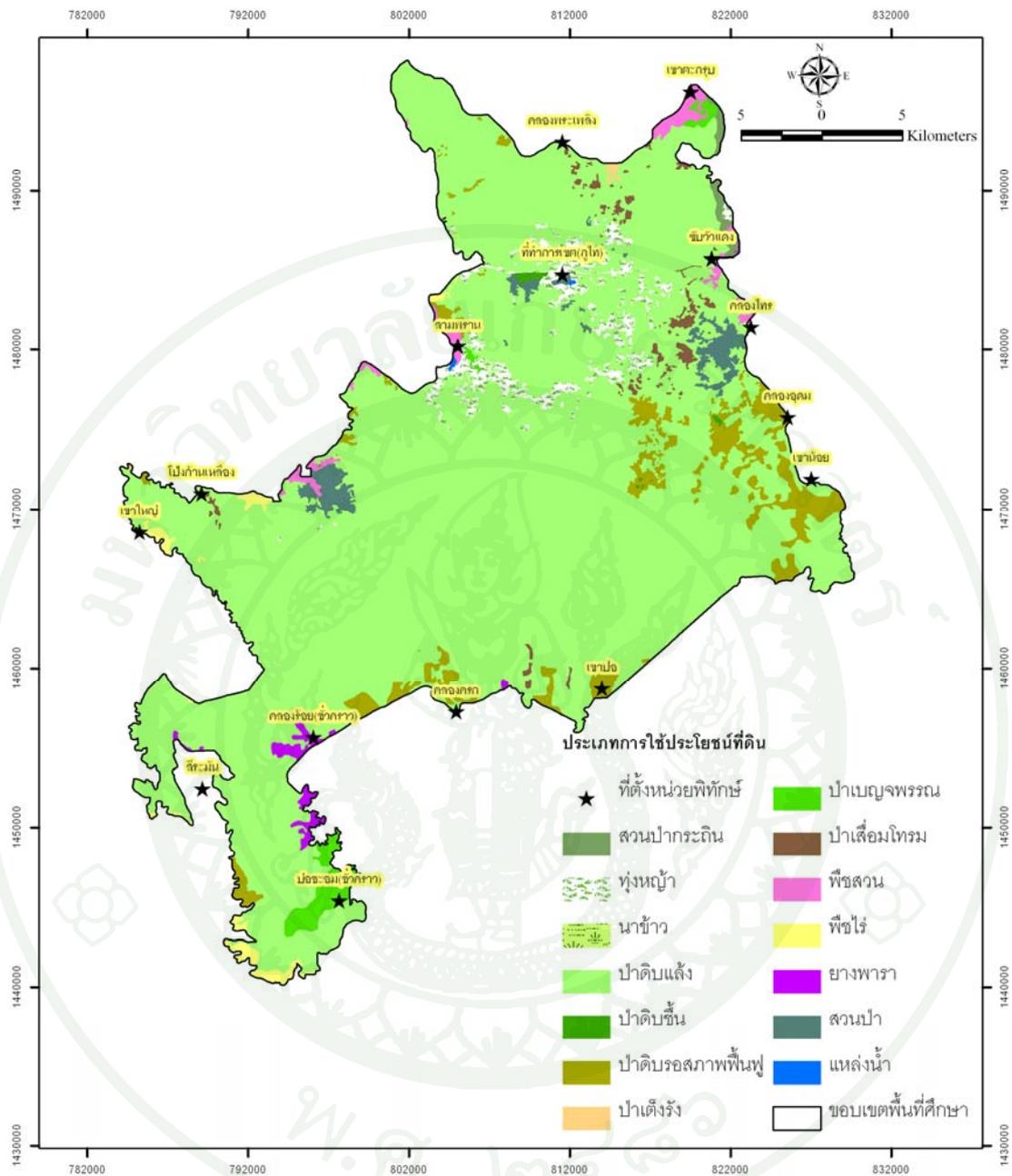
Given: Probability of changing to:

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552													
		CI. 1	CI. 2	CI. 3	CI. 4	CI. 5	CI. 6	CI. 7	CI. 8	CI. 9	CI. 10	CI. 11	CI. 12	CI. 13	CI. 14
การใช้ประโยชน์ที่ดินปีพ.ศ.2552	สวนป่ากระถินเทพา (CI.1)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ทุ่งหญ้า (CI.2)	-	0.9799	0.0165	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.0036
	นาข้าว (CI.3)	-	-	0.7734	-	-	-	-	-	-	-	0.2266	-	-	-
	ป่าดิบแล้ง (CI.4)	-	-	-	0.9841	-	0.0068	-	-	0.0009	0.0019	0.0001	0.006	0.0001	-
	ป่าดิบชื้น (CI.5)	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟู (CI.6)	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าเต็งรัง (CI.7)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (CI.8)	0.0725	0.0453	-	-	-	-	-	0.8821	-	-	-	-	-	-
	ป่าเสื่อมโทรม (CI.9)	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-
	พืชสวน (CI.10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	พืชไร่ (CI.11)	0.0061	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9715	-	0.0224	-
	ยางพารา (CI.12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	สวนป่าผสม (CI.13)	-	0.0245	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.9755	-
	แหล่งน้ำ (CI.14)	-	0.7193	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.2807

ตารางที่ 9 ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552

Cell in: Expected to transition to :

		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552													
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9	Cl. 10	Cl. 11	Cl. 12	Cl. 13	Cl. 14
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552	สวนป่ากระถินเทพา (Cl.1)	5.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ทุ่งหญ้า (Cl.2)	-	31.87	0.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.12
	นาข้าว (Cl.3)	-	-	0.80	-	-	-	-	-	-	-	0.23	-	-	-
	ป่าดิบแล้ง (Cl.4)	-	0.03	-	910.20	-	6.29	-	-	0.86	1.76	0.09	5.59	0.12	-
	ป่าดิบชื้น (Cl.5)	-	-	-	-	1.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟู (Cl.6)	-	-	-	-	-	51.29	-	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าเต็งรัง (Cl.7)	-	-	-	-	-	-	0.83	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.8)	0.73	0.46	-	-	-	-	-	8.87	-	-	-	-	-	-
	ป่าเสื่อมโทรม (Cl.9)	-	-	-	-	-	-	-	-	8.94	-	-	-	-	-
	พืชสวน (Cl.10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.20	-	-	-	-
	พืชไร่ (Cl.11)	0.06	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.68	-	0.22	-
	ยางพารา (Cl.12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.39	-	-
	สวนป่าผสม (Cl.13)	-	0.39	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.53	-
	แหล่งน้ำ (Cl.14)	-	0.14	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.05



ภาพที่ 15 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทราปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata

ตารางที่ 10 ค่าความถูกต้องของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 แบบจำลอง Markov Cellular Automata

	ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552 ที่ได้จากการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตา (ตร.กม.)														User's	
	Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9	Cl. 10	Cl. 11	Cl. 12	Cl. 13	Cl. 14	ผลรวม	Accuracy (%)
ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ.2552 ที่ได้จากแบบจำลอง	สวนป่ากระถินเทพา (Cl.1)	4.26													4.26	100.00
	ทุ่งหญ้า (Cl.2)		15.97	0.83	0.19								14.75		31.74	50.32
	นาข้าว (Cl.3)			0.00	0.09						0.05		0.20		0.34	0.00
	ป่าดิบแล้ง (Cl.4)			0.00	922.11		0.00								922.11	99.99
	ป่าดิบชื้น (Cl.5)					1.68	0.21								1.89	89.02
	ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟู (Cl.6)				0.00	0.21	47.84		0.01			0.86	2.60		51.52	92.86
	ป่าเต็งรัง (Cl.7)						0.83								0.83	100.00
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.8)	0.57						11.69						0.44	12.70	92.07
	ป่าเสื่อมโทรม (Cl.9)								6.16					2.77	8.93	68.98
	พืชสวน (Cl.10)									9.20					9.20	100.00
	พืชไร่ (Cl.11)	4.71									6.16				10.87	56.64
	ยางพารา (Cl.12)											6.53			6.53	100.00
	สวนป่าผสม (Cl.13)		0.41										16.73		17.14	97.624
	แหล่งน้ำ (Cl.14)													0.14	0.19	0.33
<b>ผลรวม</b>	<b>9.54</b>	<b>16.38</b>	<b>0.83</b>	<b>922.80</b>	<b>1.89</b>	<b>48.05</b>	<b>0.83</b>	<b>11.69</b>	<b>6.17</b>	<b>9.20</b>	<b>6.21</b>	<b>7.39</b>	<b>37.63</b>	<b>0.19</b>	<b>1,078.39</b>	
<b>Producer's Accuracy (%)</b>	<b>44.65</b>	<b>97.51</b>	<b>0.00</b>	<b>99.97</b>	<b>89.02</b>	<b>99.57</b>	<b>100.00</b>	<b>100.00</b>	<b>99.86</b>	<b>100.00</b>	<b>99.17</b>	<b>88.36</b>	<b>44.46</b>	<b>100.00</b>		

ค่าความถูกต้องรวม = 96.46 เปอร์เซ็นต์

### 3.3 ค่าเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง กับข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา

ผลจากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ด้วยแบบจำลอง Markov Cellular Automata พบว่า มีพื้นที่ป่าดิบแล้งมากที่สุดประมาณ 922.51 ตร.กม. คิดเป็น ร้อยละ 85.54 รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟูมีพื้นที่ประมาณ 51.32 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.76 พื้นที่ทุ่งหญ้ามีพื้นที่ประมาณ 31.75 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.94 พื้นที่สวนป่าผสมมีพื้นที่ประมาณ 17.14 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.59 พื้นที่ป่าเบญจพรรณมีพื้นที่ประมาณ 12.7 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.18 พื้นที่พืชสวนมีพื้นที่ประมาณ 10.87 คิดเป็นร้อยละ 1.01 พื้นที่พืชไร่มีพื้นที่ประมาณ 9.2 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.85 พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมมีพื้นที่ประมาณ 8.94 คิดเป็นร้อยละ 0.83 พื้นที่ยางพารามีพื้นที่ประมาณ 6.53 คิดเป็นร้อยละ 0.61 พื้นที่สวนป่ากระถินเทพามีพื้นที่ประมาณ 4.26 คิดเป็นร้อยละ 0.39 พื้นที่ป่าดิบชื้นมีพื้นที่ประมาณ 1.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.16 พื้นที่ป่าเต็งรังมีพื้นที่ประมาณ 0.83 คิดเป็นร้อยละ 0.08 และพื้นที่ทุ่งหญ้ากับแหล่งน้ำซึ่งมีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินน้อยที่สุดประมาณ 0.33 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.03 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 11 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ.2552 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata

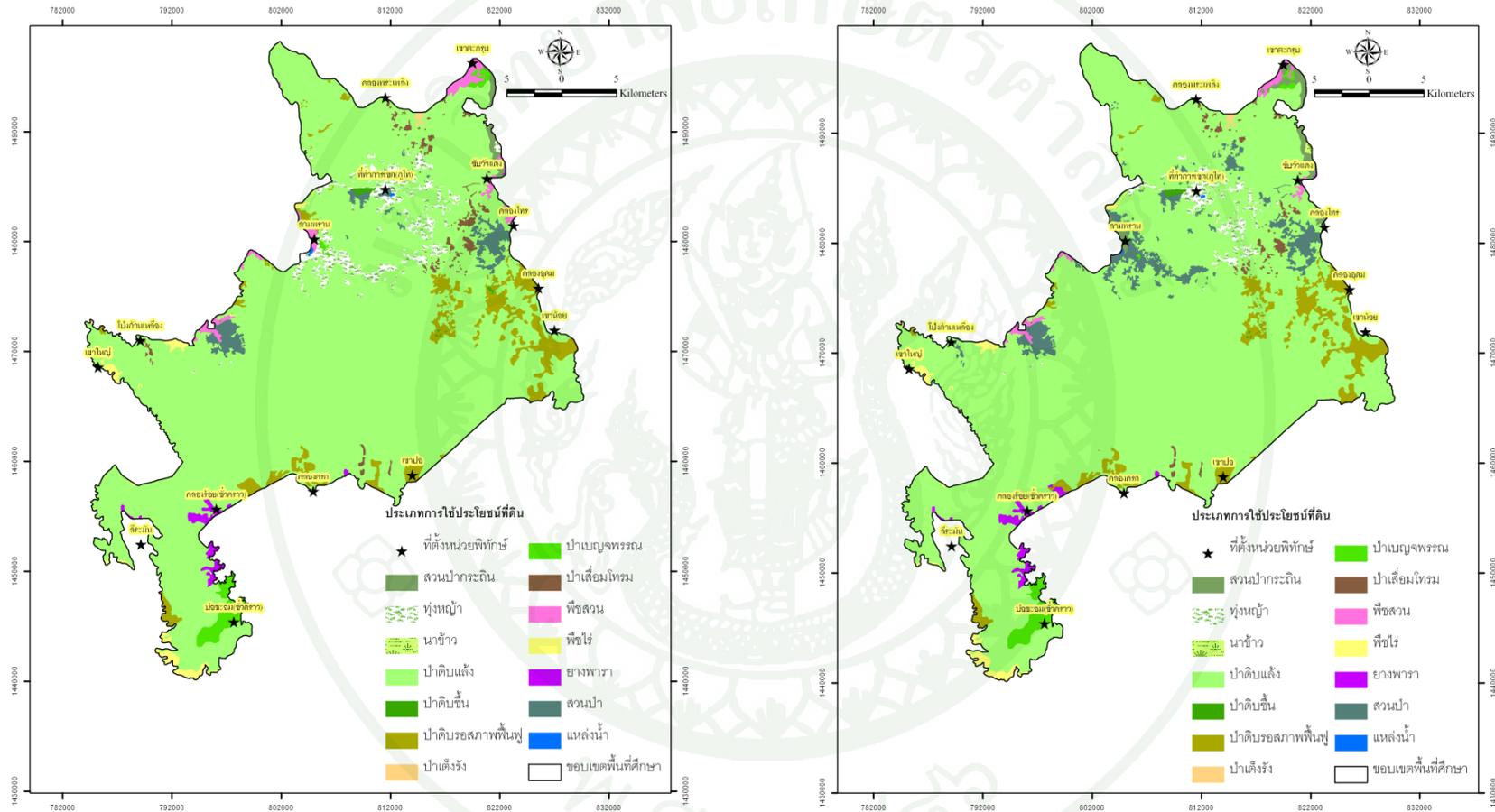
ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	
	ตร.กม.	ร้อยละ
สวนป่ากระถินเทพา	4.26	0.39
ทุ่งหญ้า	31.75	2.94
นาข้าว	0.33	0.03
ป่าดิบแล้ง	922.51	85.54
ป่าดิบชื้น	1.68	0.16
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	51.32	4.76
ป่าเต็งรัง	0.83	0.08
ป่าเบญจพรรณ	12.70	1.18
ป่าเสื่อมโทรม	8.94	0.83
พืชไร่	9.20	0.85
พืชสวน	10.87	1.01
ยางพารา	6.53	0.61
สวนป่าผสม	17.14	1.59
แหล่งน้ำ	0.33	0.03
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>100.00</b>

เมื่อนำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง ดังภาพที่ 16 (ก) กับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา ดังภาพที่ 16 (ข) มาเปรียบเทียบกัน พบว่า มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแตกต่างกัน 55.64 ตร.กม. โดยที่มีพื้นที่สวนป่าผสมแตกต่างกันมากที่สุดประมาณ 20.49 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 36.83 รองลงมาเป็นพื้นที่ทุ่งหญ้าต่างกัน 15.36 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 27.61 พื้นที่สวนป่ากระถินเทพาต่างกัน 5.28 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 9.49 พื้นที่พืชสวนต่างกัน 4.66 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 8.37 พื้นที่ป่าดิบรอสภาพการฟื้นฟูต่างกัน 3.68 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.61 พื้นที่ป่าเสื่อมโทรมต่างกัน 2.76 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.96 พื้นที่ป่าเบญจพรรณต่างกัน 1.01 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.82 พื้นที่ยางพาราต่างกัน 0.87 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.56 พื้นที่นาข้าวต่างกัน 0.49 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.88 พื้นที่ป่าดิบแล้งต่างกัน 0.69 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.51 พื้นที่แหล่งน้ำต่างกัน 0.14 ตร.กม.

คิดเป็นร้อยละ 0.25 และพื้นที่ที่ไม่มีความแตกต่างคือพื้นที่ ป่าดิบชื้น ป่าเต็งรัง และพีชไร้ ตามลำดับ (ตารางที่ 13)

ตารางที่ 12 ความแตกต่างระหว่างข้อมูลจากแบบจำลองกับข้อมูลการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียม

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)			ร้อยละความแตกต่างของพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง
	พ.ศ. 2552 (ดาวเทียม)	พ.ศ. 2552 (แบบจำลอง)	เปลี่ยนแปลง	
สวนป่ากระดินเทพา	9.54	4.26	-5.28	9.49
ทุ่งหญ้า	16.38	31.74	+15.36	27.61
นาข้าว	0.83	0.34	-0.49	0.88
ป่าดิบแล้ง	922.8	922.11	-0.69	1.24
ป่าดิบชื้น	1.68	1.89	+0.21	0.38
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	47.84	51.52	+3.68	6.61
ป่าเต็งรัง	0.83	0.83	0.00	0.00
ป่าเบญจพรรณ	11.69	12.7	+1.01	1.82
ป่าเสื่อมโทรม	6.17	8.93	+2.76	4.96
พีชไร้	9.20	9.20	0.00	0.00
พีชสวน	6.21	10.87	+4.66	8.37
ยางพารา	7.4	6.53	-0.87	1.56
สวนป่าผสม	37.63	17.14	-20.49	36.83
แหล่งน้ำ	0.19	0.33	+0.14	0.25
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>1078.39</b>	<b>55.64</b>	<b>100.00</b>



ภาพที่ 16 เปรียบเทียบแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากแบบจำลอง (ก) กับแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา (ข)

สรุปได้ว่า แบบจำลองในการศึกษาครั้งนี้ สามารถนำมาใช้ในการศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินได้ เนื่องจากเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลองกับที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา พบว่า มีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันประมาณ 54.85 ตร.กม. หรือร้อยละ 5.08 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด และผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลองด้วยตารางคำนวณค่าความผิดพลาด พบว่า แบบจำลองมีค่าความถูกต้องรวมเท่ากับร้อยละ 96.46 ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จึงใช้ข้อมูลดังกล่าวคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนในปี พ.ศ. 2556 ด้วยโปรแกรม Markov Chain Analysis

#### 4. ศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ใน ปี พ.ศ. 2556 โดยใช้แบบจำลองเชิงพื้นที่

ผลการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ในอีก 4 ปีข้างหน้าด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Markov Chain Analysis) โดยใช้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2548 และ 2552 เป็นข้อมูลพื้นฐาน ได้ผลลัพธ์ของการวิเคราะห์คือ ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 13) และค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลง (ตารางที่ 14) นำค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากการวิเคราะห์มาสร้างแบบจำลองด้วยโปรแกรมประมวลผลข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (CA\_Markov) ได้ผลลัพธ์เป็นแบบจำลองสำหรับคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 (ภาพที่ 17) ผลจากการคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยแบบจำลอง พบว่า อีก 4 ปีข้างหน้า พบว่าพื้นที่ศึกษา มีป่าดิบแล้งมากที่สุดประมาณ 922.62 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 85.57 รองลงมาเป็นพื้นที่ป่าดิบแล้งรอสภาพการฟื้นฟูป่ามีพื้นที่ประมาณ 51.32 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 4.76 พื้นที่ทุ่งหญ้ามีพื้นที่ประมาณ 32.16 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 2.98 พื้นที่สวนป่าผสม 16.73 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.55 พื้นที่ป่าเบญจพรรณประมาณ 12.13 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 1.12 พื้นที่พืชสวนประมาณ 9.43 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.87 พื้นที่พืชไร่ประมาณ 9.2 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.85 พื้นที่ป่าประมาณเสื่อมโทรม 8.94 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.83 พื้นที่ยางพาราประมาณ 6.53 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.61 พื้นที่สวนป่ากระถินเทพาประมาณ 6.27 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.58 พื้นที่ป่าดิบชื้น ประมาณ 1.48 คิดเป็นร้อยละ 0.14 พื้นที่ป่าเต็งรัง 0.83 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.08 พื้นที่แหล่งน้ำประมาณ 0.33 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.03 และพื้นที่นาข้าว 0.24 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ศึกษา ตามลำดับ ตารางที่ 15 และภาพที่ 17 ซึ่งสามารถแสดงเป็นสัดส่วนได้ ดังภาพที่ 18

ตารางที่ 13 ค่าโอกาสของการเปลี่ยนแปลงของการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556

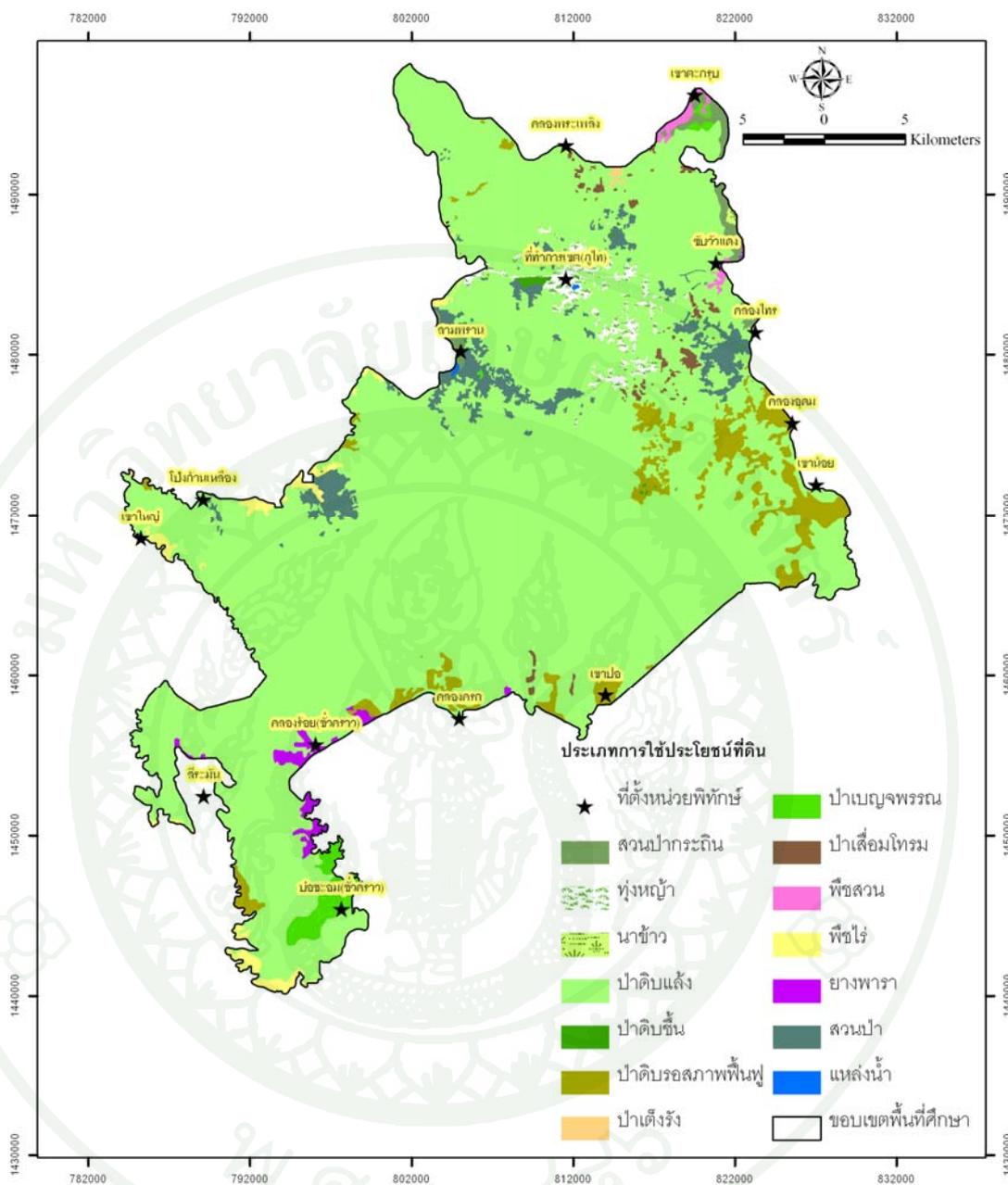
Given: Probability of changing to :

		โอกาสการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556													
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9	Cl. 10	Cl. 11	Cl. 12	Cl. 13	Cl. 14
การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552	สวนป่ากระถินเทพา (Cl.1)	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ทุ่งหญ้า (Cl.2)	-	0.5042	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.4958	-
	นาข้าว (Cl.3)	-	-	0.8083	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1917	-
	ป่าดิบแล้ง (Cl.4)	-	-	-	0.9977	-	-	-	0.0022	-	-	-	0.0001	-	-
	ป่าดิบชื้น (Cl.5)	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าดิบแล้งรกร้างสภาพการฟื้นฟู (Cl.6)	-	-	-	-	0	0.9325	-	-	-	-	-	0.0169	0.0506	-
	ป่าเต็งรัง (Cl.7)	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.8)	0.0384	-	-	-	-	-	-	0.9616	-	-	-	-	-	-
	ป่าเสื่อมโทรม (Cl.9)	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6906	-	-	-	-	0.3094
	พืชสวน (Cl.10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
	พืชไร่ (Cl.11)	0.3765	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.6235	-	-	-
	ยางพารา (Cl.12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-
	สวนป่าผสม (Cl.13)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-
	แหล่งน้ำ (Cl.14)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1

ตารางที่ 14 ค่าสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556

Cell in: Expected to transition to :

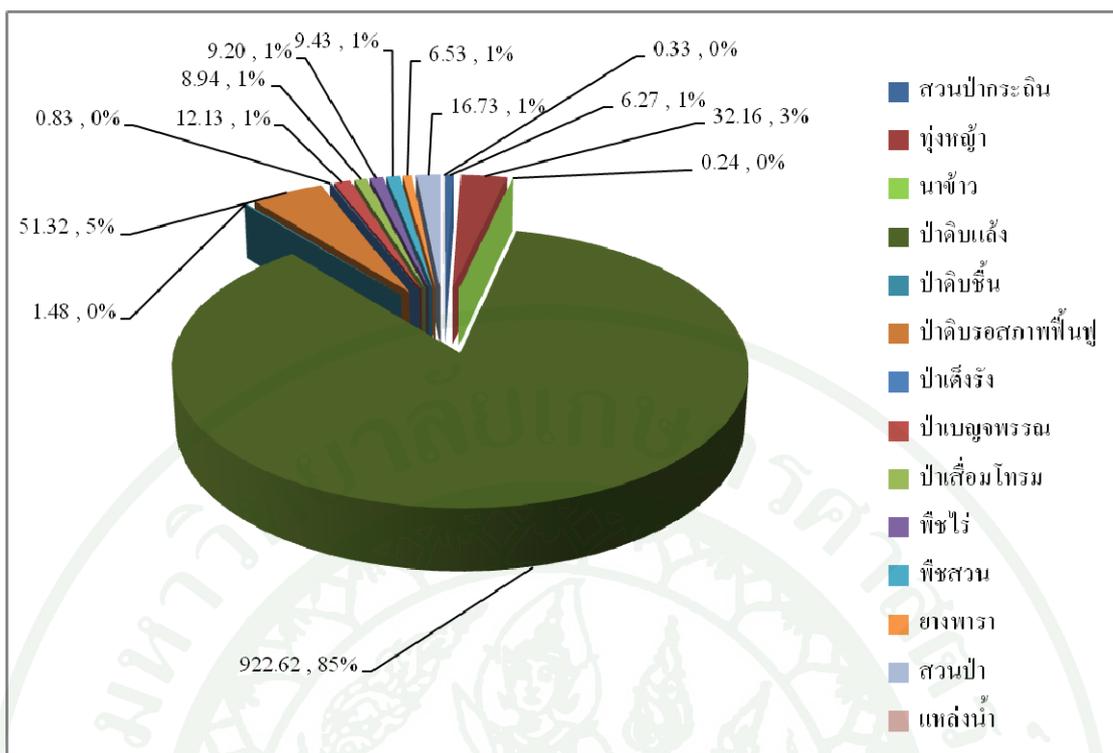
		สัดส่วนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556														
		Cl. 1	Cl. 2	Cl. 3	Cl. 4	Cl. 5	Cl. 6	Cl. 7	Cl. 8	Cl. 9	Cl. 10	Cl. 11	Cl. 12	Cl. 13	Cl. 14	
การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2552	สวนป่ากระถินเทพา (Cl.1)	9.54	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
	ทุ่งหญ้า (Cl.2)	-	8.27	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.13	-	
	นาข้าว (Cl.3)	-	-	0.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.16	-
	ป่าดิบแล้ง (Cl.4)	-	-	-	920.62	-	-	-	2.02	-	-	-	-	0.13	-	-
	ป่าดิบชื้น (Cl.5)	-	-	-	-	1.48	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าดิบแล้งรกร้างสภาพการฟื้นฟู (Cl.6)	-	-	-	-	-	44.60	-	-	-	-	-	-	0.81	2.42	-
	ป่าเต็งรัง (Cl.7)	-	-	-	-	-	-	0.83	-	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าเบญจพรรณ (Cl.8)	0.45	-	-	-	-	-	-	11.24	-	-	-	-	-	-	-
	ป่าเสื่อมโทรม (Cl.9)	-	-	-	-	-	-	-	-	4.26	-	-	-	-	1.91	-
	พืชสวน (Cl.10)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.20	-	-	-	-	-
	พืชไร่ (Cl.11)	2.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.87	-	-	-	-
	ยางพารา (Cl.12)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.39	-	-	-
	สวนป่าผสม (Cl.13)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	37.61	-
	แหล่งน้ำ (Cl.14)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.19



ภาพที่ 17 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทราปี พ.ศ. 2556

ตารางที่ 15 ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดิน ปี พ.ศ. 2556 ที่ได้จากแบบจำลอง Markov Cellular Automata

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน	
	ตร.กม.	ร้อยละ
สวนป่ากระถินเทพา	4.53	0.42
ทุ่งหญ้า	32.03	2.96
นาข้าว	0.65	0.06
ป่าดิบแล้ง	939.89	87.15
ป่าดิบชื้น	1.69	0.16
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	44.93	4.17
ป่าเต็งรัง	0.83	0.07
ป่าเบญจพรรณ	11.39	1.06
ป่าเสื่อมโทรม	8.07	0.75
พืชไร่	9.41	0.69
พืชสวน	10.01	0.93
ยางพารา	0.72	0.07
สวนป่าผสม	15.97	1.48
แหล่งน้ำ	0.27	0.03
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>100.00</b>



ภาพที่ 18 สัดส่วนการใช้ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทราในปี พ.ศ.2556

สรุปได้ว่า การแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2544-2556 มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 36.80 ตร.กม. ดังแสดงในตารางที่ 16 และตารางที่ 17 ซึ่งพบว่า พื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด คือ พื้นที่ป่าดิบแล้ง มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.36 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 41.38 รองลงมาพื้นที่ป่าดิบรอสภาพการฟื้นฟู มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.21 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 24.14 และพื้นที่พืชสวนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น 0.06 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 6.90 ตามลำดับ ส่วนพื้นที่ที่มีแนวโน้มลดลงสูงสุด คือ พื้นที่ป่าดิบชื้น มีแนวโน้มลดลง 0.21 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 24.14

ตารางที่ 16 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2544-2556

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)			(%ของพื้นที่ เปลี่ยนแปลง
	พ.ศ. 2544	พ.ศ. 2556	เปลี่ยนแปลง	
สวนป่ากระดินเทพา	4.52	4.53	+0.01	1.14
ทุ่งหญ้า	32.03	32.03	+0.00	0.00
นาข้าว	0.65	0.65	+0.00	0.00
ป่าดิบแล้ง	939.53	939.89	+0.36	41.38
ป่าดิบชื้น	1.90	1.69	-0.21	24.14
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	45.14	44.93	+0.21	24.14
ป่าเต็งรัง	0.83	0.83	+0.00	0.00
ป่าเบญจพรรณ	11.39	11.39	+0.00	0.00
ป่าเสื่อมโทรม	8.08	8.07	-0.01	1.15
พืชไร่	7.41	7.41	+0.00	0.00
พืชสวน	9.95	10.01	+0.06	6.90
ยางพารา	0.71	0.72	+0.01	1.15
สวนป่าผสม	15.97	15.97	+0.77	0.00
แหล่งน้ำ	0.27	0.27	+0.06	0.00
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>1,078.39</b>	<b>36.80</b>	<b>100.00</b>

ตารางที่ 17 แนวโน้มการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินในช่วงปี พ.ศ. 2552-2556

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน (ตร.กม.)			(%ของพื้นที่ เปลี่ยนแปลง)
	พ.ศ. 2552	พ.ศ. 2556	เปลี่ยนแปลง	
สวนป่ากระดินเทพา	9.54	4.53	-5.01	6.50
ทุ่งหญ้า	16.38	32.03	+15.65	20.31
นาข้าว	0.83	0.65	-0.18	0.23
ป่าดิบแล้ง	922.8	939.89	+17.09	22.18
ป่าดิบชื้น	1.68	1.69	+0.01	0.01
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู	47.84	44.93	-2.91	3.78
ป่าเต็งรัง	0.83	0.83	0.00	0.00
ป่าเบญจพรรณ	11.69	11.39	-0.30	0.39
ป่าเสื่อมโทรม	6.17	8.07	+1.90	2.47
พืชไร่	9.2	7.41	-1.79	2.32
พืชสวน	6.21	10.01	+3.80	4.93
ยางพารา	7.4	0.72	-6.68	8.67
สวนป่าผสม	37.63	15.97	-21.66	28.11
แหล่งน้ำ	0.19	0.27	+0.08	0.10
<b>รวม</b>	<b>1,078.39</b>	<b>1,078.39</b>	<b>77.06</b>	<b>100.00</b>

ตารางที่ 18 ลักษณะแนวโน้มนการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ระหว่างปี พ.ศ. 2556

	การใช้ประโยชน์ที่ดิน พ.ศ. 2556 (ก.ม. <sup>2</sup> )														รวม
	Cl.1	Cl.2	Cl.3	Cl.4	Cl.5	Cl.6	Cl.7	Cl.8	Cl.9	Cl.10	Cl.11	Cl.12	Cl.13	Cl.14	
สวนป่ากระถินเทพา (Cl.1)	4.52										0.01				4.53
ทุ่งหญ้า (Cl.2)		15.83	0.53										15.55	0.12	32.03
นาข้าว (Cl.3)			0.30	0.01						0.14			0.20		0.65
ป่าดิบแล้ง (Cl.4)				922.76		6.33	2.03	0.87	1.88		5.82	0.20			939.89
ป่าดิบชื้น (Cl.5)					1.48	0.21									1.69
ป่าดิบแล้งรกร้างสภาพการฟื้นฟู (Cl.6)						41.51					0.87	2.55			44.93
ป่าเต็งรัง (Cl.7)							0.83								0.83
ป่าเบญจพรรณ (Cl.8)	1.19						9.66				0.02		0.52		11.39
ป่าเสื่อมโทรม (Cl.9)									5.30				2.77		8.07
พืชร่วน (Cl.10)										7.41					7.41
พืชรุ (Cl.11)	3.85									2.58	3.35		0.23		10.01
ยางพารา (Cl.12)												0.72			0.72
สวนป่าผสม (Cl.13)		0.39											15.58		15.97
แหล่งน้ำ (Cl.14)													0.07	0.20	0.27
<b>รวม</b>	<b>9.56</b>	<b>16.22</b>	<b>0.83</b>	<b>922.81</b>	<b>1.48</b>	<b>48.05</b>	<b>0.83</b>	<b>11.69</b>	<b>6.17</b>	<b>12.01</b>	<b>3.38</b>	<b>7.41</b>	<b>37.67</b>	<b>0.32</b>	<b>1,078.39</b>

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

เนื่องจากพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นพื้นที่ที่กำหนดให้เป็นป่าอนุรักษ์ แม้ว่าจะมีมาตรการการควบคุมและดูแลรักษาผืนป่าอย่างเข้มงวดของเจ้าหน้าที่ป่าไม้ อย่างเข้มงวดแล้วก็ตาม แต่ก็ยังมีความอ่อนไหวต่อการเปลี่ยนแปลงไปทางด้านลบ เนื่องจากมีประชาชนอาศัยอยู่โดยรอบ จึงทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณที่อยู่ตามแนวเขตอยู่ตลอดเวลา นอกจากนี้ยังพบว่าภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไนก็ยังคงมีการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ ได้แก่ การปลูกป่าเพิ่มในพื้นที่ที่ว่างเปล่าเป็นทุ่งหญ้า หรือแม้กระทั่งการลดลงของพื้นที่ป่าดิบชื้น ไปเป็นป่าดิบที่รกร้างสภาพการฟื้นฟู หรือเป็นป่าเสื่อมโทรมในที่สุด โดยปัจจัยเหล่านี้เป็นปัจจัยที่เกิดจากกิจกรรมและการกระทำของมนุษย์ทั้งสิ้น ซึ่งจากการศึกษารูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน และลักษณะการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินภายในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน ปี พ.ศ. 2544 พ.ศ. 2548 และ พ.ศ. 2552 พร้อมทั้งคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 สามารถสรุปผลการศึกษาดังนี้

1. พื้นที่บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,078.39 ตารางกิโลเมตร หรือ 673,993.75 ไร่ (ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละวิธีอาจไม่เท่ากัน เนื่องจากข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ได้แปลงจาก เวกเตอร์(vector) มาเป็นราสเตอร์ (raster) ที่มีขนาด pixel 25x25 เมตร ทำให้แนวขอบเขตของพื้นที่ ไม่โค้งสมจริง มีผลทำให้ขนาดพื้นที่รวมไม่เท่ากันแต่มีผลกระทบต่อการวิเคราะห์ที่ค่อนข้างต่ำ) มีรูปแบบการใช้ประโยชน์ที่ดิน 14 ประเภท โดยพื้นที่ส่วนใหญ่เป็นป่าดิบแล้ง รองลงมาเป็นป่าดิบแล้งรกร้างสภาพการฟื้นฟู พื้นที่สวนป่าผสม พื้นที่ทุ่งหญ้า พื้นที่ป่าเบญจพรรณ พื้นที่สวนป่ากระถินเทพา พื้นที่พืชไร่ พื้นที่ยางพารา พื้นที่พืชสวน พื้นที่ป่าเสื่อมโทรม พื้นที่ป่าดิบชื้น พื้นที่ป่าเต็งรัง พื้นที่นาข้าว และพื้นที่แหล่งน้ำมีขนาดเล็กที่สุดตามลำดับ

2. การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในช่วงปี พ.ศ. 2544-2548 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 32.94 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 3.05 ของพื้นที่ทั้งหมด และตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่าพื้นที่ป่าดิบแล้งมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่ลดลง 15.00 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 45.52 และพื้นที่ที่มีขนาดเพิ่มขึ้นมากที่สุดคือ ป่าดิบรกร้างสภาพการฟื้นฟู มีการเพิ่มขึ้น 6.39 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 19.40

ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ป่าดิบชื้นและป่าเต็งรัง ในช่วงปีพ.ศ.2548-2552 พบว่า มีพื้นที่เปลี่ยนแปลงรวมทั้งสิ้น 56.98 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.28 ของพื้นที่ทั้งหมด และตามสัดส่วนของพื้นที่ที่มีการเปลี่ยนแปลงนั้น พบว่าพื้นที่สวนป่าผสมมีการเปลี่ยนแปลงมากที่สุด โดยมีพื้นที่เพิ่มขึ้น 21.70 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 38.08 และพื้นที่ที่มีขนาดลดลงมากที่สุดคือ พื้นที่ทุ่งหญ้า มีพื้นที่ลดลง 16.13 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 28.31 ส่วนพื้นที่ที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง ได้แก่ ป่าดิบชื้น ป่าเต็งรัง พืชไร่และแหล่งน้ำ

3. การใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 ที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยแบบจำลอง พบว่า มีพื้นที่ป่าดิบแล้งมากที่สุด ส่วนพื้นที่แหล่งน้ำมีขนาดเล็กที่สุด มีประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินทุกประเภทตรงกับข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินปี พ.ศ. 2556 ที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลดาวเทียมด้วยสายตา และมีสัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดิน ตรงกัน 7 ประเภท โดยมีพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินต่างกันประมาณ 54.85 ตร.กม. คิดเป็นร้อยละ 5.09 ของพื้นที่ศึกษาทั้งหมด ผลการตรวจสอบค่าความถูกต้องของแบบจำลองด้วยตารางคำนวณค่าความผิดพลาด พบว่า แบบจำลองมีค่าความถูกต้องรวม เท่ากับ ร้อยละ 99.64 ซึ่งเป็นผลการศึกษาที่อยู่ในระดับที่ยอมรับได้ จึงสรุปได้ว่า แบบจำลองที่ใช้ศึกษาครั้งนี้มีความเหมาะสมสำหรับศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน และผลการศึกษาก็จะมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น หากนำปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน เช่น สภาพเศรษฐกิจ และสังคมภัยธรรมชาติ ฯลฯ เข้ามาวิเคราะห์ร่วมกับโอกาสของการเปลี่ยนแปลง และสัดส่วนของการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน

4. จากการศึกษาแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา พบว่า ในปี พ.ศ. 2556 พื้นที่ป่าดิบแล้งมีแนวโน้มลดลงมากที่สุดเป็นอันดับแรก รองลงมาเป็นป่าเบญจพรรณ ส่วนพื้นที่ที่มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นมากที่สุด ได้แก่ ป่าดิบแล้ง รือสภาพฟื้นฟู และสวนยางพารา ส่วนพื้นที่ป่าเต็งรังมีแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด

## ข้อเสนอแนะ

### 1. ข้อเสนอแนะจากผลการศึกษา

1.1 ข้อจำกัดของการแปลภาพถ่ายดาวเทียม ปี พ.ศ. 2544 และพ.ศ.2548 เกิดจากข้อมูลที่ได้ต่างช่วงเวลา และบางพื้นที่มีเมฆปกคลุม อีกทั้งไม่สามารถทำการตรวจสอบความถูกต้องภาคพื้นดินเพื่อปรับแก้แผนที่ได้ ทำให้มีโอกาสเกิดความคลาดเคลื่อนในการจำแนกพื้นที่ได้

1.2 ข้อจำกัดในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม เนื่องจากค่าการสะท้อนของพื้นที่ป่าไม้แต่ละประเภทมีค่าใกล้เคียงกันทำให้การจำแนกต้องขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของผู้วิจัย ซึ่งมีผลต่อความถูกต้องของแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน ดังนั้นการตรวจสอบความถูกต้องของการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่จริงต้องเลือกใช้จุดที่เป็นตัวแทนในใจกลางของพื้นที่ ไม่ควรอยู่บนถนน เพราะอาจทำให้ผลการวินิจฉัยคลาดเคลื่อนได้ และควรเลือกใช้ข้อมูลในช่วงเวลาเดียวกันเพื่อทำการวิเคราะห์

1.3 เนื่องจากขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูล มีการแปลงข้อมูลระหว่างข้อมูลที่เป็นเวกเตอร์ (vector) และราสเตอร์ (raster) อาจเกิดความคลาดเคลื่อนของข้อมูลได้ เนื่องจากข้อมูลเวกเตอร์มีเส้นขอบเขตที่มีลักษณะราบเรียบสม่ำเสมอตามลักษณะพื้นที่จริง เมื่อแปลงเป็นข้อมูลราสเตอร์ที่มีลักษณะเป็นกริดขนาด 25X25 เมตร เส้นขอบเขตจะมีลักษณะเป็นเส้นหยักไปตามขนาดของจุดภาพ (pixel) ดังนั้นอาจทำให้พื้นที่บางส่วนหายไปเช่นเดียวกับการวิเคราะห์ข้อมูลโดยการซ้อนทับของ 2 ชั้นข้อมูลที่เป็นเวกเตอร์ ข้อมูลใหม่ซึ่งเป็นผลจากการซ้อนทับนั้น มักเกิดข้อผิดพลาดในเรื่องการเกิดพื้นที่เล็กๆ (polygon) ทำให้พื้นที่การศึกษาไม่เท่าเดิม ดังนั้นต้องทำการตรวจสอบข้อมูลทุกครั้งในการวิเคราะห์แต่ละขั้นตอน เพื่อหาจุดผิดพลาดและแก้ไขให้ถูกต้องก่อนดำเนินการในขั้นต่อไป

1.4 ในการศึกษาแบบจำลอง Markov cellula automata เป็นการนำปัจจัยทางกายภาพมาใช้ในการคาดการณ์แนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่านั้น ดังนั้นหากมีการนำแบบจำลองอื่นรวมถึงปัจจัยอื่น ๆ เช่น ปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจและสังคม เข้ามาร่วมในการวิเคราะห์ด้วย ก็จะเป็นผลที่ทำให้แบบจำลองที่ออกมามีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

1.5 จากการศึกษาแนวโน้มการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน จังหวัดฉะเชิงเทรา ในปี พ.ศ. 2556 ทำให้สามารถช่วยหน่วยพิทักษ์ต่างๆ ในการเฝ้าระวังจุดเสี่ยงต่างๆ จากการคาดการณ์พยากรณ์ได้

## 2. ข้อเสนอแนะต่อการกำหนดนโยบาย มาตรการ และแนวทางการบริหารจัดการพื้นที่

2.1 มีการให้ความรู้ทางวิชาการเกี่ยวกับประโยชน์และโทษ หากมีพื้นที่ป่าไม้ลดลงกับประชาชนที่อาศัยโดยรอบเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน

2.2 มีการปลูกฝังให้ประชาชนรักป่า รัฐบาลจัดทำโครงการปลูกป่าถาวร เพื่อเพิ่มพื้นที่ป่าไม้ และเป็นการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานของรัฐกับประชาชนอีกทางหนึ่ง

2.3 มีการจัดตั้งหน่วยพิทักษ์เพิ่มขึ้นบริเวณที่มีการคาดการณ์เปลี่ยนแปลงของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช. 2549. สำนักอนุรักษ์สัตว์ป่า. แหล่งที่มา :

<http://www.dnp.go.th/wildlifeweb/wildlifeIndexPage.aspx>, 26 กันยายน 2551.

โครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. 2541. คู่มือฝึกอบรมระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Arcview Version 3.0) สำหรับการวางแผนการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. สำนักงานปลัดกระทรวงมหาดไทย, กรุงเทพฯ.

จรัญธร บุญญานุกาพ. 2541. การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อกำหนดพื้นที่เสี่ยงต่อการถูกบุกรุกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

เจษฎา เตชมหาสารานนท์. 2544. ศึกษาผลกระทบของการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศและวิวัฒนาการใช้ที่ดินต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพป่าไม้และปริมาณน้ำท่าในลุ่มน้ำเจ้าพระยาตอนบน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชูเกียรติ วิเชียรเจริญ. 2543. แนวโน้มและทิศทางการประยุกต์ใช้ GPS เพื่อการพัฒนาประเทศในอนาคต, หน้า 7. ใน การประชุมวิชาการภูมิศาสตร์ ครั้งที่ 1. สมาคมสำรวจข้อมูลการรับรู้ระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ฐานิต วงษ์วิเศษ. 2548. แบบจำลองเพื่อการศึกษาและคาดการณ์การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบนนิเวศชายฝั่งทะเล อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี. บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดรชชนี เอมพันธุ์. 2531. หลักการใช้ที่ดินเบื้องต้น. ภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ธงชัย จารุพัฒน์. 2537. Remote sensing. ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

ธีระพงษ์ ชุมแสงศรี. 2545. ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวิเคราะห์พื้นที่อยู่อาศัยของสัตว์ป่าขนาดใหญ่ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าตะเบาะ-ห้วยใหญ่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

นฤมล สุทธิศรี และยุพเรศ เพชรศรี. 2551. การบูรณาการระบบภูมิสารสนเทศ ด้วยแบบจำลองมาร์คอฟ เซลลูลาร์อโตมาตา เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงและคาดการณ์การใช้ประโยชน์ที่ดิน. วิทยานิพนธ์ปริญญาตรี, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

ประสงค์ สงวนธรรม. 2530. ภาพคณิตและการแปลภาพถ่ายทางอากาศ. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

พงษ์ศักดิ์ ลาภอุดมเลิศ. 2518. สมการสหสัมพันธ์เพื่อประเมินน้ำไหลจากลุ่มน้ำขนาดเล็กป่าดิบเขาตอญ่ เชียงใหม่. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วันชัย อรุณประภรณ์. 2541. การกำหนดตำแหน่งด้วยดาวเทียม. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

ศุภชัยวิชัยป่าไม้. 2538. การประยุกต์ใช้ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ เพื่อสำรวจตรวจสอบความเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤๅไน. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถิตย์ วัชรกิตติ. 2525. ระบบการแบ่งแยกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สถิตย์ เลิศ จันทนภาพ, ประสาน ประดิษฐ์พงษ์, สงคราม ธรรมมิญช, ชาญ บุญญศิริกุล และ สุเทพ เลหาเดชะ. 2521. การประเมินการใช้ที่ดินการเปลี่ยนแปลงและผลกระทบต่ออุทยานแห่งชาติเขาใหญ่. คณะวนศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุระ พัฒนเกียรติ. 2546. ระบบภูมิสารสนเทศในทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น, กรุงเทพฯ.

- สุพรรณ กาญจนสุธรรม. 2536. หลักการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมด้านการเกษตร, น. 271 – 294. ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- สุพรรณ ทักษิณสัมพันธ์. 2546. การใช้ Markov Chain Model ในการทำนายการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน. ใน รายงานการสัมมนา สาขาการจัดการลุ่มน้ำและสิ่งแวดล้อมภาควิชาอนุรักษ์วิทยา คณะวนศาสตร์. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. 2536. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล, น. 89 – 112. ใน การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจ ทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.
- สุวิทย์ อ่องสมหวัง. 2538. ความรู้พื้นฐานระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์. ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ สำนักวิชาการป่าไม้ กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ. 15 น. แปลจาก G.C. Ressel. And K. Green (eds.) An introduction to graphic information systems. **Journal of Forestry** 90(10) : 13-20
- สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. คำอธิบายเรื่องการสำรวจระยะไกล. กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.
- อุดม พูลสวัสดิ์. 2530. การศึกษาเปรียบเทียบระหว่างคุณสมบัติของดินที่เกิดจากหินแกรนิตภายใต้ความชื้นดินแบบยูดิก ในจังหวัดจันทบุรี และบอบอุสติกในจังหวัดฉะเชิงเทรา. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- Avery, T.E. and G.L. Berlin. 1992. **Fundamentals of Remote Sensing and Airphoto Interpretation.** 57: 339–342. MacMillan Publ. Co, Washington, D.C.
- Congalton, R. G. and K. Green. 1992. The ABCs of GIS: An introduction to geographic information system. **J. of For.** 90(11): 16-17.

- ESRI. 1992. **ARC/INFO User's Guide**. ARC/INFO Data Model, Concepts, & Key Terms, CA, U.S.A.
- Kim Loi, N. 2002. **Effect Of Land Use Land Cover Changes And Practices On Sediment Contribution To The Tri An Reservoir Of Dong Nai Watershed, Vietnam**. M.Sc, Kasetsart University.
- Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 1994. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley and Sons, Inc. U.S.A.
- Luney, P.R. and H.W. Drill. 1970. Uses Potentialities and Needs in Agricultural and Forestry in National Academy of Science. Remote Sensing With Spatial Reference to Agriculture and Forestry, Nat. **Acad. Sci. Printing**. Publ. Office, Washington D.C.
- Parker, G.G. and D. Higman. 1989. Vertical Profile and Canopy Organization in a Mixed Deciduous Forest, **Vegetation**. 89 : 1 - 12.
- Phakularbdang, U. 2006. **Predition Model For Labd Use Changes Of Krabi Province**. Faculty Of Graduate Studies, Mahidol University.
- Ponitus Jr, R.G. 2000. Quantification error versus location error in comparison of categorical maps. **Photogrammetric Engineering and Remote Sensing**. 66(8): 1011-1016.
- Tommaso, T. and M. Norman . 1987. **Cellular automata machines: a new environment for modeling**. The MIT Press Cambridge, Massachusetts London, England.
- Wacharakitti, S. 1976. **Tropical Forest Land-Use Evoluation/Northern Thailand**. Forest Research Bulletin. Faculty of Forestry, Kasetsart University, Bangkok.



ตารางผนวกที่ 1 การเปรียบเทียบรูปลักษณะของภาพถ่ายจากดาวเทียมในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ลักษณะภาพถ่ายดาวเทียม	รูปถ่ายภาคพื้นดิน
สวนป่ากระถินเทพา		
ทุ่งหญ้า		
นาข้าว		
ป่าดิบแล้ง		

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	ลักษณะภาพถ่ายดาวเทียม	รูปถ่ายภาคพื้นดิน
ป่าดิบชื้น		
ป่าดิบแล้งรอสภาพฟื้นฟู		
ป่าเต็งรัง		
ป่าเบญจพรรณ		
ป่าเสื่อมโทรม		

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

ประเภทการใช้ ประโยชน์ที่ดิน	ลักษณะภาพถ่ายดาวเทียม	รูปถ่ายภาคพื้นดิน
พืชไร่		
พืชสวน		
ยางพารา		
สวนป่าผสม		
แหล่งน้ำ		

## ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวโบว์ บรรลือ
วัน เดือน ปี ที่เกิด	วันจันทร์ที่ 21 กรกฎาคม 2523
สถานที่เกิด	กรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	ปริญญาตรี สาขาการจัดการทั่วไป สถาบันราชภัฏพระนคร
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	เจ้าหน้าที่บริหารทั่วไป (เลขานุการผู้บริหาร)
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ และกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี