การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยข้อมูลจากดาวเทียม กรณีศึกษา จังหวัดบลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGY FOR CLASSIFICATION OF PARA RUBBER PLANTATION AREAS THE CASE STUDY OF BORIKHAMXAI PROVINCE, LAO, PDR

จินดา มูนละมณี

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์
มหาวิทยาลัยบูรพา
มกราคม 2560

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ จินดา มูนละมณี ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร. สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(รองศาสตราจารย์ ดร. แก้ว นวลฉวี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร. นฤมล อินทรวิเชียร)

คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ของมหาวิทยาลัยบูรพา

.....คณบดีคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์

(ดร. สุพรรณ กาญจนสุธรรม)

วันที่ 20 เดือน ๒๑ พ.ศ. 2560

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาจาก ดร. สุพรรณ กาญจนสุธรรม อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก รองศาสตราจารย์ ดร. แก้ว นวลฉวี และ ดร. นฤมล อินทรวิเชียร อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์ตลอดการทำวิทยานิพนธ์ด้วยดีเสมอมาตลอดจนการดูแลความก้าวหน้าของการดำเนินงานต่าง ๆ และให้ความช่วยเหลือในการแก้ไขข้อบกพร่องในวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าจนกระทั่งลุล่วงไปด้วยดี ข้าพเจ้ามีความรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตากรุณาและความทุ่มเทของอาจารย์ จึงขอกราบขอบพระคุณอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณคณาจารย์คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ ทุกท่านที่ได้ประสิทประสาทวิชาความรู้ ฝึกฝนทักษะกระบวนการคิดและการทำงาน ตลอดระยะเวลาการศึกษามหาบัณฑิตครั้งนี้แก่ข้าพเจ้า ขอขอบพระคุณบุคลากร คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกในการประสานงานเอกสารต่าง ๆ

ขอขอบคุณกัลยาณมิตรทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังใจให้ข้าพเจ้า ตลอดมา ขอขอบคุณพี่ ๆ น้อง ๆ เพื่อน ๆ นิสิต ในสาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะภูมิสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ทุกท่านที่เป็นกำลังใจและช่วยเหลือเกื้อกูลในการเรียนและการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ขอขอบพระคุณไปยังสำนักงานความร่วมมือเพื่อการพัฒนาระหว่างประเทศ (TICA) ที่ให้โอกาสและสนับสนุนทุนสำหรับการศึกษาครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณ คุณพ่อบวพาและคุณแม่จันอบ มูนละมณี ที่ให้การสนับสนุนทางด้านการศึกษาแก่ข้าพเจ้าตั้งแต่วัยเยาว์ ให้ความรักและความเข้าใจตลอดมา ขอขอบคุณครอบครัวที่เป็นเปรียบเหมือนแรงกายและแรงใจสำคัญ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ โดยหากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประโยชน์และคุณค่าทางการศึกษาต่อผู้อ่าน ข้าพเจ้าขอยกความดีทั้งหมดแด่ท่านอาจารย์ทุกท่าน ร่วมทั้งกราบเป็นกตเวทิตาแก่บิดา มารดา คณาจารย์และผู้มีพระคุณที่ได้อบรมเลี้ยงดู ให้ความรู้ความเมตตาแก่ข้าพเจ้า แต่หากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความบกพร่องประการใด ผู้เขียนขอน้อมรับความผิดพลาดไว้แต่เพียงผู้เดียว

จินดา มูนละมณี

57910215: สาขาวิชา: ภูมิสารสนเทศศาสตร์; วท.ม. (ภูมิสารสนเทศศาสตร์)
คำสำคัญ: ยางพารา/ การจำแนกพื้นที่ยางพารา/ ข้อมูลจากดาวเทียม/ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ

จินดา มูนละมณี: การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยข้อมูลจากดาวเทียม กรณีศึกษา จังหวัดบลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว (APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGY FOR CLASSIFICATION OF PARA RUBBER PLANTATION AREAS: THE CASE STUDY OF BORIKHAMXAI PROVINCE, LAO, PDR) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: สุพรรณ กาญจนสุธรรม,D.Tech.Sc., แก้ว นวลฉวี, Ph.D., นฤมล อินทรวิเชียร, Ph.D., 76. หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

การวิจัยครั้งนี้เป็นการประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ OLI ในปี พ.ศ. 2558 กรณีศึกษาจังหวัดบลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ด้วยวิธีการจำแนกการวิเคราะห์การใช้ประโยชน์ที่ดินพื้นที่ยางพารา โดยมีขั้นตอนการศึกษา คือ 1. การแบ่งส่วนภาพของภาพถ่ายดาวเทียม 2. การกำหนดคุณลักษณะของแต่ละส่วนภาพด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ของการใช้ที่ดินแต่ละประเภท 3. การเลือกพื้นที่ตัวอย่างสำหรับจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน 4. การจำแนกประเภทข้อมูลแบบ Nearest Neighbor และ 5. การประเมินความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพารา

ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดบลิคำไซมีพื้นที่ทั้งหมด 9,669,325 ไร่ หรือคิดเป็นร้อยละ 6.53 ของประเทศ การใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุด คิดเป็น 8,431,785.18 ไร่ หรือร้อยละ 87.20 รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม คิดเป็น 850,876.46 ไร่ หรือร้อยละ 8.80 ส่วนพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง คิดเป็น 112,276.40 ไร่ หรือร้อยละ 1.16 ของพื้นที่ทั้งหมด พื้นที่แหล่งน้ำคิดเป็น 194,179.72 ไร่ หรือร้อยละ 2.01 และมีพื้นที่ยืนต้นยางพารา รวมทั้งสิ้น 80,207.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งจังหวัด โดยอำเภอที่มีพื้นที่ยืนต้นยางพารามากที่สุด คือ อำเภอปากกะดิง มีพื้นที่เท่ากับ 39,500.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 49.25 และอำเภอไชจำพอน มีพื้นที่ยืนต้นยางพาราน้อยที่สุดเท่ากับ 221.31ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.28 ผลจากการประเมินความถูกต้องสำหรับการจำแนก พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินเท่ากับ 85.00 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความถูกต้องของพื้นที่ยืนต้นยางพารา ทั้งค่าความถูกต้องของการจำแนกข้อมูล (Producer Accuracy: PA) และค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน (User Accuracy: CA) นั้นอยู่ในระดับดี มีค่าเท่ากับ 96.15 และ 83.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

57910215: MAJOR: GEOINFORMATICS; M.Sc. (GEOINFORMATICS)
KEYWORDS: PARA RUBBER/ CLASSIFICATION OF THE RUBBER AREAS/ SATELLITE DATA / GEOINFORMATION TECHNOLOGY

CHINEDA MOUNLAMANY: APPLICATION OF GEOINFORMATION TECHNOLOGY FOR CLASSIFICATION OF PARA RUBBER PLANTATION AREAS: THE CASE STUDY OF BORIKHAMXAI PROVINCE, LAO, PDR. ADVISORY COMMITTEE: SUPAN KARNCHANASUTHAM, D.Tech.Sc., KAEW NUALCHAWEE, Ph.D., NARUMON INTARAWICHIAN, Ph.D., 76 P. 2017.

This research is the application of Geo-information technology to identify areas with rubber plantation from LANDSAT-8 OLI satellite data in the year 2015 in Borikhamxai province, Lao People's Democratic Republic. The methodology is based on the Object Base image classification and analysis. The educational process is the step as follows: 1. Create satellite image segmentation 2. The defining feature of each segmentation with the vegetation index NDVI of each land use type; 3. Selection of training area for land use classification; 4. Create Nearest Neighbor classification of data; and 5. Evaluate the accuracy of the classification of rubber plantations.

The study found that Borikhamxai province has all 9,669,325 rai or 6.53 percentage of the country. Land use types are forest land with most area 8,431,785.18 rai or 87.20 percent; followed by the agricultural area as 850,876.46 rai or 8.80 percent; urban areas and buildings as 112,276.40 rai or 1.16 percent; the total area of the water source area about 194,179.72 rai or 2.01 percent and the para rubber about 80,207.25 rai or 0.83 percent of land area types all provinces. The majority of para rubber plantation of province is Pakading district that has 39,500.31 rai or 49.25 percent and Xaychamphone district has about 221.31 rai or 0.28 percent. The result of the assessment is valid for the classification of the overall accuracy of the classification of land utilization, which is equal to the percentage of 85.00. Finally, it was found that the Producer Accuracy: (PA) and the Users Accuracy (CA) equal to 83.33 and 96.15 percent and respectively.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ซ

สารบัญภาพ ..... ฌ

บทที่

1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

วัตถุประสงค์ในการวิจัย 3

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 3

ขอบเขตของการวิจัย 4

1. ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา 4

2. ขอบเขตด้านเนื้อหา 4

นิยามศัพท์เฉพาะ 6

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 8

ลักษณะสำคัญของยางพารา 8

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ 8

2. ประวัติการปลูกยางพารา 9

3. ยางพาราในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว 10

การรับรู้จากระยะไกล 12

แนวคิดดัชนีพืชพรรณ (NDVI) 28

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 28

1. นิยามและความหมายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 28

2. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 29

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) 29

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

3 วิธีการดำเนินการวิจัย 36

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
	อุปกรณ์ใช้ในการวิจัย	36
	ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย	36
	ขั้นตอนการศึกษา	37
4	ผลของการศึกษา	42
	การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา	42
	การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ปี พ.ศ. 2558	47
	การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไช สปป. ลาว ในปี พ.ศ. 2558	49
5	สรุปและอภิปรายผล	68
	สรุป	68
	อภิปรายผล	69
	ข้อเสนอแนะ	70
	บรรณานุกรม	72
	ประวัติย่อของผู้วิจัย	76

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2-1 พื้นที่ยืนต้นยางพาราในลาว 11

2-2 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 16

2-3 คุณสมบัติดาวเทียม LANDSAT-8 22

2-4 ค่า NDVI ในช่วงคลื่นต่าง ๆ 28

3-1 ข้อมูล Path/Row ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 37

4-1 ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI) 43

4-2 เปรียบเทียบพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากการจำแนกด้วยสายตาและการจำแนกเชิงวัตถุ 44

4-3 ประเมินความถูกต้องจากการแปลพื้นที่ยางพาราจากพื้นที่ 153 จุดแปลงปลูกยางพารา..... 46

4-4 พื้นที่ยืนต้นยางพาราจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2558 47

4-5 การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาวในปี พ.ศ. 2558 49

4-6 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอบลิคัน ในปี พ.ศ. 2558 51

4-7 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอคำเกิด ในปี พ.ศ. 2558 53

4-8 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากกะดิง ในปี พ.ศ. 2558..... 55

4-9 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากชัน ในปี พ.ศ. 2558 57

4-10 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอท่าพะบาด ในปี พ.ศ. 2558 59

4-11 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอเวียงทอง ในปี พ.ศ. 2558 61

4-12 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอไชจำพอน ในปี พ.ศ. 2558 63

4-13 ค่าความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน 66

สารบัญภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 พื้นที่ศึกษาจังหวัดบลิคำไช 5

1-2 กรอบแนวคิดในการศึกษา 6

2-1 หลักการรับรู้จากระยะไกล 14

2-2 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 15

2-3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า 17

2-4 ความสัมพันธ์ของการสะท้อนช่วงคลื่นแสงของพืช ดิน และน้ำ 20

3-1 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 จังหวัดบลิคำไช 37

3-2 ส่วนภาพที่ได้จากวิธี Multiresolution Segmentation บนภาพสีผสมเท็จ (ก) และภาพสีธรรมชาติ (ข) 39

3-3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย 41

4-1 แผนที่แสดงการแบ่งส่วนภาพ บริเวณพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางกิโลเมตร 42

4-2 แผนที่ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI บริเวณพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางกิโลเมตร 43

4-3 ฮิสโตแกรมแสดงค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ของแปลงตัวอย่าง 44

4-4 แผนที่เปรียบเทียบพื้นที่ยืนต้นยางพารา จากวิธีการจำแนกด้วยสายตา (ก) และวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (ข) 45

4-5 แผนที่จุดตรวจสอบความถูกต้องพื้นที่ยืนต้นยางพาราบริเวณพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางกิโลเมตร 46

4-6 แผนที่ยืนต้นยางพาราจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ในปี พ.ศ.2558 48

4-7 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2558 50

4-8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2558 50

4-9 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอบลิคัน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 51

4-10 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอบลิคัน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 52

4-11 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอคำเกิด จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 53

4-12 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอคำเกิด จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 54

4-13 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากกะดิง จังหวัดบลิคำไชในปี พ.ศ. 2558 55

4-14 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากกะดิง จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 56

4-15 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากชัน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 57

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-16 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากชัน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 58

4-17 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอท่าพะบาด จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 59

4-18 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอท่าพะบาด จังหวัดบลิคำไชในปี พ.ศ. 2558..... 60

4-19 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอเวียงทอง จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 61

4-20 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอเวียงทอง จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558..... 62

4-21 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอไชจำพอน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558 63

4-22 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอไชจำพอน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558..... 64

4-23 แผนที่จุดอ้างอิงในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน 67

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว ยางพาราถูกนำเข้ามาปลูกอยู่ในประเทศประลาว ครั้งแรกในปี พ.ศ.2473 ที่อำเภอบาเจียงจะเลินสุก จังหวัดจำปาสัก แต่ไม่ได้รับการขยายตัวจนปี พ.ศ. 2533 ถึง ปี พ.ศ. 2535 บริษัท พัฒนาเขตภูดอย จังหวัดคำมวน ได้นำยางพารามาปลูกที่เมืองท่าแขก และอำเภอหินบูน จังหวัดคำมวนในปี พ.ศ. 2537 ชนเผ่าม่งได้นำต้นกล้ายางพาราจากประเทศจีนมาปลูกที่บ้านหาดยาว อำเภอหลวงน้ำทา จังหวัดหลวงน้ำทา ในภาคเหนือของประเทศลาว หลังจากนั้นปี พ.ศ. 2539 ประชาชนอำเภอสังทอง นะคอนหลวงเวียงจันและประชาชนเมืองท่าพะบาด จังหวัดบลิคำไซ ได้นำยางพารามาปลูก เช่นเดียวกัน การปลูกยางพาราในเขตดังกล่าวถือเป็นพื้นฐานที่ทำให้ยางพาราได้รับการขยายตัวและเป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายในทั่วประเทศ นับแต่ปี พ.ศ. 2546 เป็นต้นมา กระบวนการปลูกยางพาราได้รับการขยายตัวอย่างกว้างขวาง โดยได้รับอิทธิพลจากความต้องการของตลาดยางในโลก จึงทำให้บริษัทต่าง ๆ ทั้งภายในและต่างประเทศเข้ามาสัมปทานที่ดินเพื่อลงทุนปลูกยางพาราตั้งแต่ภาคเหนือจดภาคใต้ (ศูนย์ค้นคว้านโยบายกสิกรรมและป่าไม้ สถาบันค้นคว้ากสิกรรมและป่าไม้แห่งชาติ กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้, 2554) โดยรวมแล้วรูปแบบการลงทุนปลูกยางพาราในประเทศลาวมี 3 รูปแบบใหญ่ คือ 1) รูปแบบการปฏิบัติโดยนักลงทุนหรือบริษัทเป็นผู้ปฏิบัติแต่เพียงผู้เดียว 2) รูปแบบการปฏิบัติโดยประชาชนหรือชาวกสิกรขนาดย่อย 3) รูปแบบการปฏิบัติโดยนักลงทุนหรือบริษัทลงทุนร่วมกับชาวกสิกร (Contract Framing)

ในช่วงระยะปี พ.ศ. 2546 สปป.ลาว มีเนื้อที่ปลูกยางพาราทั่วประเทศประมาณ 900 เฮกตาร์และเพิ่มขึ้นสูงประมาณ 234,000 เฮกตาร์ ในปี พ.ศ. 2553 โดยภาคเหนือเป็นเขตที่มีการลงทุนปลูกยางพารามากกว่าทุกภาคมีเนื้อที่ประมาณ 139,000 เฮกตาร์ หรือร้อยละ 59.4 ของเนื้อที่ปลูกยางทั้งประเทศและเขตภาคใต้มีเนื้อที่ปลูกยางพาราประมาณ 53,500 เฮกตาร์ หรือร้อยละ 22.9 ของเนื้อที่ปลูกยางทั้งประเทศ ส่วนภาคกลางมีเนื้อที่ปลูกยางพาราน้อยกว่าทุกภาค คือ ประมาณ 41,500 เฮกตาร์ หรือร้อยละ 17.7 เมื่อแบ่งตามประเภทการลงทุนพบว่ารูปแบบการลงทุนแบบสัมปทานที่ดินมีเนื้อที่มากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 61.4 ของพื้นที่ปลูกยางพาราทั่วประเทศและรองลงมาเป็นรูปแบบชาวกสิกรปลูกเองประมาณร้อยละ 26 และน้อยสุดเป็นรูปแบบการร่วมสัญญามีประมาณร้อยละ 12 (ศูนย์ค้นคว้านโยบายกสิกรรมและป่าไม้และศูนย์ค้นคว้าป่าไม้ สถาบันค้น

คว้ากสิกรรมละไม้แห่งชาติ กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้, 2554)

ยางพาราในประเทศลาว สามารถเริ่มกรีดยางได้ในช่วงปี พ.ศ. 2544-2545 ที่ จังหวัดหลวงน้ำทาและจังหวัดคำมวน รวมเนื้อที่สามารถกรีดได้ในระยะนั้นประมาณ 730 เฮกตาร์ ในนั้นเริ่มกรีดยางครั้งแรกและเป็นที่ยอมรับอย่างแพร่หลายที่เขตหมู่บ้านหาดยาว อำเภอหลวงน้ำทา จังหวัดหลวงน้ำทา ที่เป็นบทเรียนให้แก่ประชาชนและบริษัทต่าง ๆ ทั้งภายในและต่างประเทศให้ความสนใจมาลงทุนปลูกยางพาราในประเทศลาว ในปี พ.ศ. 2553 เนื้อที่สามารถกรีดยางได้ทั่วประเทศประมาณ 900 เฮกตาร์ ผลผลิตน้ำยางทั้งหมดประมาณ 13,000 ตัน ในนี้จังหวัดที่สามารถกรีดได้มีเพียงแต่ 7 จังหวัดเท่านั้น คือ จังหวัดหลวงน้ำทา นครหลวงเวียงจัน จังหวัดบแก้ว จังหวัดคำมวน จังหวัดจำปาสัก จังหวัดบลิคำไชและ จังหวัดอุดมไช

“<u>หมายเหตุ</u>” 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

สภาพการตลาดยางพาราใน สปป.ลาว ซึ่งได้รับอิทธิพลจากความต้องการจากตลาดยางของประเทศเพื่อนบ้านในการจำหน่ายผลผลิตยางพาราอยู่ใน สปป.ลาว ส่วนมาก เป็นรูปแบบยางดิบ ซึ่งส่งออกให้แก่ตลาดประเทศจีน ตลาดประเทศไทยและตลาดประเทศเวียดนาม ซึ่งประเทศดังกล่าวข้างต้น เป็นตลาดอันดับ 1 ของ สปป.ลาว ชาวสวนยางส่วนมากมักจำหน่ายยางก้อน (ยางดิบ) ให้แก่ กลุ่มรับซื้อ พ่อค้าคนกลางจากประเทศเพื่อนบ้านหรือจำหน่ายให้แก่บริษัทที่มีกระบวนการปรุงแต่งเป็นยางแผ่นอบควันและยางแผ่นดิบแล้ว ส่งออกนอกประเทศ ราคายางก้อนในปี พ.ศ. 2553 ที่จำหน่ายทางเขตภาคเหนือและภาคกลาง เฉลี่ยประมาณ 50.87 บาท/กิโลกรัม และ 71.21 บาท/กิโลกรัม และในปี พ.ศ. 2556 สังเกตเห็นว่าราคายางก้อนของเกษตรกรตกต่ำลงมากสำหรับภาคเหนืออยู่ที่ประมาณ 27.39-31.30 บาท /กิโลกรัม ภาคกลางประมาณ 29.34-58.69 บาท / กิโลกรัมและภาคใต้ประมาณ 31.30-35.21 บาท /กิโลกรัม ในนี้จังหวัดจำปาสัก ผลิตยางก้อนรมควันขายที่ประมาณ 2,500$ / ตันหรือประมาณ 76,876.73 บาท/ตัน

ยางพาราสามารถสร้างรายรับค่อนข้างสูง ซึ่งมีรายได้เฉพาะปีที่สามารถกรีดได้ เฉลี่ยประมาณ 22.5 ล้านกีบ/เฮกตาร์/ปี หรือ ประมาณ 99,725.20 บาท และ เมื่อไล่เรียงผลตอบแทนในรอบ 25 ปี ได้ประมาณ 10.2 ล้านกีบ/เฮกตาร์/ปี หรือ ประมาณ 45,208.75 บาท เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการปลูกยางพารากับไม้และพืชเศรษฐกิจบางชนิดเห็นว่าได้รับผลตอบแทนดีพอสมควร แต่การปลูกยางพาราต้องรอเวลาถึง 7 ปีขึ้นไปจึงสามารถกรีดยางได้ (ศูนย์ค้นคว้านโยบายกสิกรรมและป่าไม้ ศูนย์ค้นคว้าป่าไม้ สถาบันค้นคว้ากสิกรรมและไม้แห่งชาติ กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้, 2554)

สภาพการคุ้มครองงานการผลิตยางพาราในปัจจุบันนี้ ยังไม่มีคณะรับผิดชอบเกี่ยวกับงานยางพาราโดยตรง ยังไม่มีคณะกรรมการ ยังไม่มีกลุ่มผลิตเกี่ยวกับยางพาราโดยเฉพาะ ที่ผ่านมา

สถาบันค้นคว้ากสิกรรมและป่าไม้แห่งชาติ ได้เป็นศูนย์กลางในประสานงานการพัฒนายางพารา และการปลูกยางพาราใน สปป.ลาว แต่ยังไม่ได้เป็นคณะรับผิดชอบอย่างเต็มส่วน เนื่องจากว่ายังไม่ได้กำหนดภาระบทบาทที่ชัดเจนต่อการคุ้มครองยางพาราและการปลูกยางพาราอยู่ในลาว ประกอบด้วยหลายบริษัทมาลงทุน ทั้งภายในและต่างประเทศรวมทั้งชาวกสิกรรมขนาดย่อยและปลูกอยู่กระจาย ไม่สามารถทราบพื้นที่อันแน่นอนได้

จังหวัดบลิคำไซเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีการเพาะปลูกยางพารามากพอสมควรแต่ยังไม่มีข้อมูลแผนที่พื้นที่ยืนต้นยางพารา มีแต่ข้อมูลทางสถิติจากการรวบรวมข้อมูลของแผนกกสิกรรมและป่าไม้หรือหน่วยงานที่เกี่ยวข้องเท่านั้น ดังนั้นหนทางที่จะสามารถแก้ปัญหานี้ จำเป็นต้องมีการใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่เข้ามาช่วยในจัดการ คือ เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ (Geo-information Technology) เข้ามาช่วยจัดการ ผู้ศึกษาจึงได้ทำการใช้ภาพถ่ายจากดาวเทียม วิเคราะห์หาพื้นที่ยืนต้นยางพาราในปี พ.ศ.2558 ว่ามีปริมาณเนื้อที่การยืนต้นยางพาราใน จังหวัดบลิคำไซมากน้อยเท่าใด ซึ่งจะทำให้เป็นข้อมูลพื้นฐานอันสำคัญสำหรับการวางแผน การจัดการและการแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ทั้งที่เกิดขึ้นแล้วและที่อาจเกิดขึ้นต่อไปในอนาคต

ดัชนีพืชพรรณ (Normalize Difference Vegetation Index: NDVI) เป็นเทคนิคหนึ่งในการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมด้านการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยใช้ค่าความแตกต่างการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ของพืช ซึ่งมีความชัดเจนมากกว่าทรัพยากรอื่น ในพื้นที่จังหวัดบลิคำไซมีพื้นที่ประมาณร้อยละ 70 เป็นเทือกเขาสูงสลับซับซ้อนและมีป่าไม้ที่อุดมสมบูรณ์ พื้นที่ปลูกสร้างยังไม่มาก ส่วนมากยังปกคลุมด้วยพืช ทั้งพืชเกษตรและพืชธรรมชาติ พืชเหล่านั้นจะเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาลและสะท้อนช่วงคลื่นจากการสำรวจด้วยดาวเทียมแตกต่างกันจึงสามารถนำมาเป็นดัชนีในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินหาพื้นที่เพาะปลูกยางพาราในครั้งนี้ได้

วัตถุประสงค์ในการวิจัย

1. เพื่อจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ปี พ.ศ. 2558 โดยใช้เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ
2. เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ทราบถึงพื้นที่ยืนต้นของยางพาราในจังหวัดบลิคำไซ เพื่อใช้ในการวางแผนพัฒนาใน สปป.ลาว

2. สามารถนำวิธีการศึกษาการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราไปประยุกต์ในพื้นที่ปลูกพืชชนิดอื่น ๆ ในประเทศได้

3. ข้อมูลพื้นที่ยืนต้นยางพาราในจังหวัดบลิคำไช สามารถนำไปบริหารจัดการวางแผนพัฒนาพื้นที่ปลูกยางพาราของประเทศในอนาคต

ขอบเขตของการวิจัย

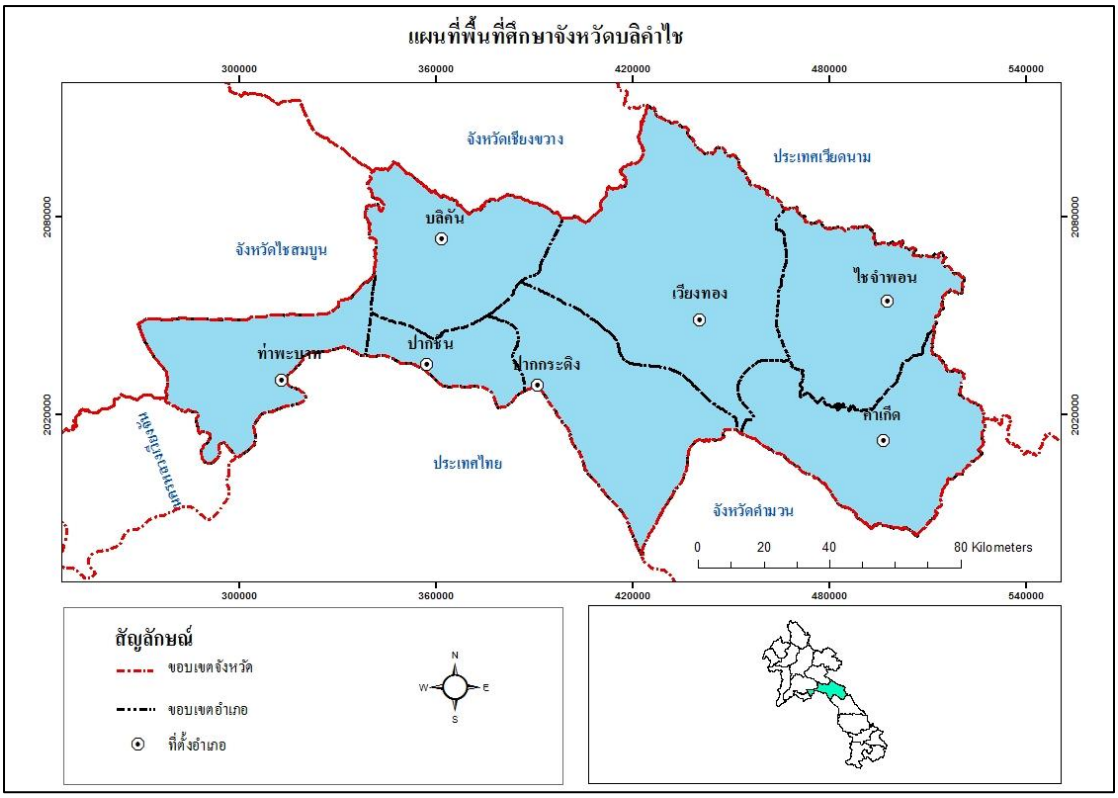
1. ขอบเขตด้านพื้นที่ศึกษา

จังหวัดบลิคำไช เป็นจังหวัดที่ตั้งอยู่ในภาคกลางของสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พื้นที่ส่วนมากเป็นภูเขาสูงชันกินพื้นที่ประมาณร้อยละ 70 ของพื้นที่ทั้งจังหวัด มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,547,092 เฮกตาร์ หรือ 9,669,325 ไร่ ตั้งอยู่ระหว่างละติจูดที่ 17 ถึง 19 องศาเหนือและลองจิจูดที่ 102 ถึง 105 องศาตะวันออก ประกอบด้วย 7 อำเภอ คือ อำเภอท่าพะบาท อำเภอปากชัน อำเภอปากกะดิง อำเภอบลิคัน อำเภอคำเกิด อำเภอเวียงทองและอำเภอไชจำพอน มีอาณาเขตติดต่อกับประเทศและจังหวัดต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 1-1

- ทิศเหนือ ติดต่อ จังหวัดไชสมบูนและจังหวัดเชียงขวาง
- ทิศใต้ ติดต่อ จังหวัดคำมวน
- ทิศตะวันออก ติดต่อ ประเทศเวียดนาม
- ทิศตะวันตก ติดต่อ ประเทศไทย
- ทิศตะวันตกเฉียงเหนือ ติดต่อ นครหลวงเวียงจัน

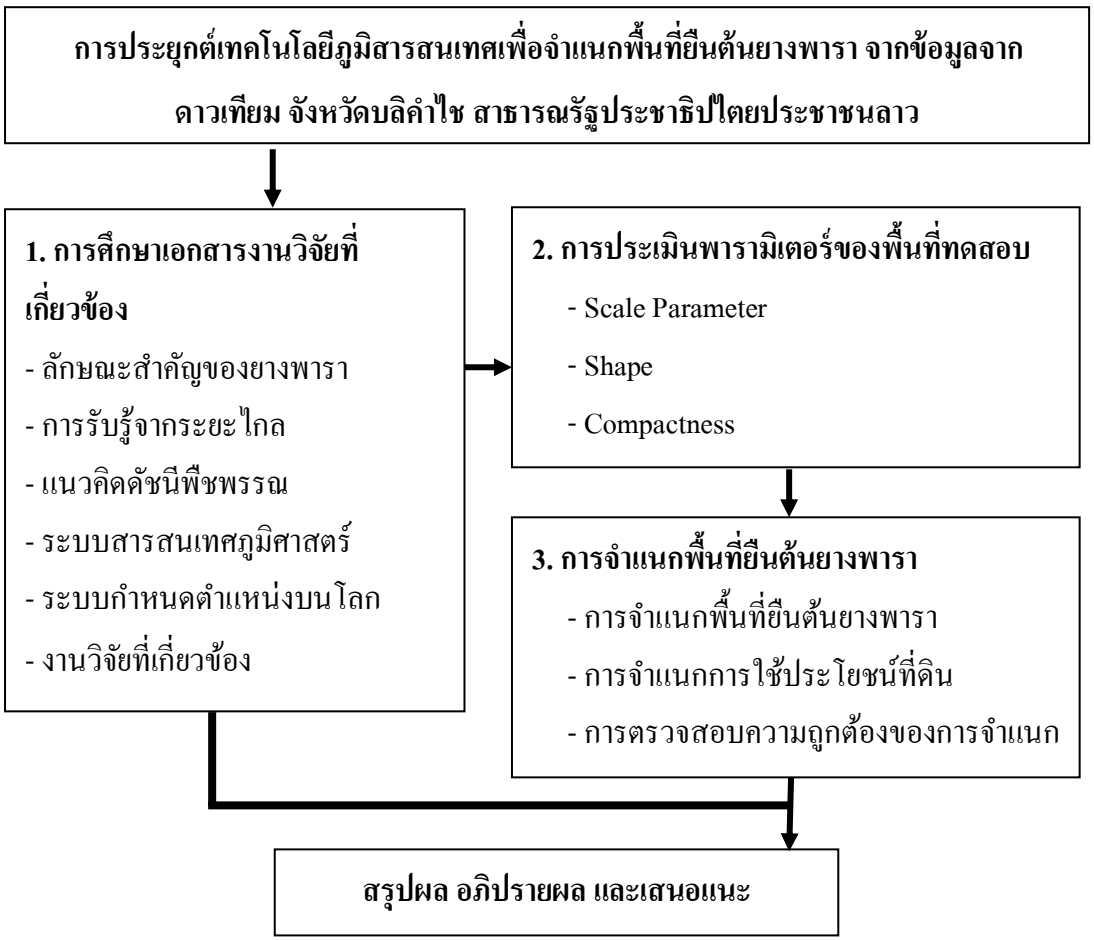
2. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาจำแนกหาพื้นที่ยืนต้นยางพาราของจังหวัดบลิคำไช สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ร่วมกับวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุแบบ Nearest Neighbor โดยใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI มาเป็นข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับกำหนดคุณลักษณะของวัตถุ (Feature Object) เพื่อกำหนดค่าหรือเกณฑ์ (Threshold) สำหรับพื้นที่ยืนต้นยางพารา รวมถึงมีการตรวจสอบความถูกต้องสำหรับผลการจำแนก ทั้งในด้านความถูกต้องของการจำแนกและความถูกต้องของการใช้งาน



ภาพที่ 1-1 พื้นที่ศึกษาจังหวัดบลิคำไซ (กรมแผนที่แห่งชาติลาว ปี พ.ศ. 2552)

กรอบแนวคิดสำหรับการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา จังหวัดบลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1. การทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 2. การประเมินพารามิเตอร์สำหรับการจำแนกพื้นที่ยางพาราบนพื้นที่ศึกษา และ 3. การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราและการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดบลิคำไซ แสดงได้ดังภาพที่ 1-2



ภาพที่ 1-2 กรอบแนวคิดในการศึกษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

เนื่องจากว่าการศึกษาในครั้งนี้มีความหมายเฉพาะดังนั้นเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันและเพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ ผู้ศึกษาจึงให้คำนิยามศัพท์ไว้ดังนี้

1. เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ หมายถึง การผสมผสานเทคโนโลยี 3 ชนิดได้แก่ ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) การรับรู้จากระยะไกล (Remote

Sensing : RS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System : GPS) เพื่อการวิเคราะห์ข้อมูลที่ปรากฏอยู่บนพื้นโลกหรือข้อมูลเชิงพื้นที่

2. การรับรู้จากระยะไกล (Remote Sensing: RS) หมายถึง วิทยาศาสตร์หรือศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับพื้นที่หรือปรากฏการณ์ด้วยเครื่องมือบันทึกข้อมูล โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นสื่อการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะคือ ช่วงคลื่น (Spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (Spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (Temporal)

3. ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (Geographic Information Systems: GIS) หมายถึง ระบบคอมพิวเตอร์ที่มีความสามารถในการจัดเก็บ (Storage) จัดการ (Management) วิเคราะห์ (Analysis) และแสดงผล (Display) ข้อมูลภูมิศาสตร์หรือข้อมูลเชิงพื้นที่

4. ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกเป็นเครื่องรับ GPS จะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนสัญญาณดาวเทียมเป็นตำแหน่ง (X,Y,Z) ความเร็ว (Speed) และ เวลา (Time) และต้องใช้ดาวเทียมอย่างน้อย 3 ดวงในการระบุตำแหน่ง GPS ประกอบด้วยทั้งหมด 3 ส่วน คือ ส่วนอวกาศ ส่วนควบคุม และส่วนผู้ใช้

5. ดัชนีพืชพรรณ หมายถึง ตัวบ่งชี้ความสมบูรณ์ของพืชพรรณเป็นตัวเลขที่มีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 ที่ผ่านกระบวนการวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้ตัวแปรที่เป็นความแตกต่างของการสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดงกับช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ของข้อมูลจากดาวเทียม

6. ข้อมูลดาวเทียมเชิงเลข (Digital Image Data) หมายถึง ข้อมูลพื้นผิวโลกที่ได้จากการถ่ายภาพของดาวเทียมโดยอาศัยหลักการสะท้อนแสง แล้วส่งไปยังสถานีรับภาคพื้นดินเป็นสัญญาณภาพมีข้อมูลภาพ (Image Data) จากนั้นสถานีรับภาคพื้นดินเตรียมผลิตข้อมูลออกมาในรูปของแถบบันทึกข้อมูล ซึ่งเรียกว่าเทป ซี ซี ที (CCT: Computer Compatible Tape) ดูข้อมูลดาวเทียมที่บันทึกอยู่ในเทป ซี. ซี. ที.จะบันทึกในลักษณะค่าตัวเลข

7. การปรับแก้เชิงเรขาคณิต หมายถึง การปรับแก้พิกัดตำแหน่งของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมให้ถูกต้องตามพิกัดของแผนที่ข้อมูลอ้างอิง โดยวิธีการปรับแก้แบบภาพสู่แผนที่และปรับแก้แบบภาพสู่ภาพ

8. การประมวลผลภาพ หมายถึง เทคนิคการประมวลผลที่มีข้อมูลเป็นภาพถ่ายจากจากดาวเทียม โดยคอมพิวเตอร์จะอ่านภาพที่ส่งเข้าไปและแปลงเป็นตัวเลขที่สามารถดัดแปลง แก้ไข ปรับขยาย และซ้อนทับ ฯลฯ เพื่อการวิเคราะห์และแสดงบางอย่าง

9. การใช้ประโยชน์ที่ดิน (Land Use) หมายถึง การนำที่ดินมาใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ตามความต้องการของมนุษย์ เช่น เกษตรกรรม อุตสาหกรรม พาณิชยกรรมและที่อยู่อาศัย เป็นต้น

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ได้มีการศึกษา รวมรวมและทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ครอบคลุมเนื้อหาและประเด็นศึกษา ซึ่งสามารถจำแนกหัวข้อดังต่อไปนี้ ลักษณะสำคัญของยางพารา ประวัติการปลูกยางพาราในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ซึ่งประกอบไปด้วย 1) การรับรู้จากระยะไกล 2) ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ 3) ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก แนวความคิดเกี่ยวกับดัชนีพืชพรรณ รวมถึงงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

ลักษณะสำคัญของยางพารา

1. ลักษณะทางพฤกษศาสตร์

ยางพาราเป็นพืชยืนต้นขนาดใหญ่ มีอายุยืนยาว ในทางพฤกษศาสตร์ได้จัดให้ต้นยางพาราอยู่ในวงศ์ยูฟอร์เบียซีอี (Family EuphorbIaceae) ในสกุลฮีเวีย (Genus Hevea) ชนิดบราซิไลเอ็นซิส (Species Brasiliensis) ต้นยางฮีเวียมีประมาณ 20 ชนิด แต่ปรากฏว่า ฮีเวียบราซิไลเอ็นซิสเป็นชนิดที่ให้น้ำยางมากที่สุดและเนื้อยางก็มีคุณสมบัติทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ายางชนิดอื่น ๆ จึงนิยมปลูกกันแต่สายพันธุ์นี้เท่านั้น ซึ่งต้นยางมีเปลือกหนาประมาณ 6.5 - 15 มิลลิเมตร ทรงต้นที่สมบูรณ์มักจะสูงชะลูด กิ่งแยกตั้งขึ้นไปประมาณ 45 องศาจากลำต้น ใบจะรวมเป็นพุ่มที่ส่วนปลายของกิ่ง แต่ละก้านใบแยกออกเป็น 3 ใบ แต่ละใบใน 3 ใบกว้างประมาณ 5 - 10 เซนติเมตร และยาวประมาณ 10-20 เซนติเมตร

ยางพาราที่นำมาปลูกเพื่อให้ผลผลิต มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า ฮีเวียบราซิไลเอ็นซิสเป็นต้นไม้ผลัดใบ มีน้ำยางสีขาว ใบอ่อนสีออกม่วงแดงเป็นมัน เปลี่ยนเป็นสีน้ำตาลปนส้มหรือแดง ใบประกอบแบบนิ้วมือ มีใบย่อย 5-7 ใบ ใบทรงรีคล้ายรูปใบหอก หนาเหมือนแผ่นหนัง ดอกสีขาวปนเหลือง มีกลิ่นหอม ผลแห้งแตกขนาดใหญ่ รูปทรงกลม มี 3เมล็ด เมื่อแก่เต็มที่ผนังผลจะแตกดีดเมล็ดกระเด็นไปไกล ยางพาราเป็นไม้ในวงศ์เดียวกับมันสำปะหลัง ละหุ่ง โกสน เปล้าน้อย โป๊ยเซียนและชวนชม มีท่อน้ำยางในเปลือกไม้ ชาวสวนยางจะกรีดเปลือกเป็นรอยเฉียงให้น้ำยางไหลลงในภาชนะที่รองรับ จากนั้นจึงเก็บน้ำยางมาแล้วเติมกรดน้ำส้ม (น้ำส้มสายชู) หรือกรดฟอร์มิก (Formic Acid) เพื่อให้น้ำยางจับตัว จากนั้นจึงเทลงพิมพ์ให้เป็นยางแผ่นเพื่อจำหน่าย

ชาวพื้นเมืองในอเมริกากลางและอเมริกาใต้เรียกต้นไม้ที่ให้ยางว่าคาอุท์ชุค (Caoutchouc)

แปลว่าต้นไม้ร้องไห้ ในยุคการสำรวจของคริสโตเฟอร์โคลัมบัสพบว่าชาวพื้นเมืองในอเมริกากลาง ทำรองเท้าจากยางโดยการใช้มีดฟันต้นยางแล้วรองน้ำยางใส่ภาชนะ หลังจากนั้นจึงเอาเท้าจุ่มลงไปในน้ำยางนั้นหรือเอาเท้าวางไว้บนภาชนะแล้วเทน้ำยางราดลงบนเท้าก็จะได้รองเท้าที่เข้ากับเท้าพอดี ชาวพื้นเมืองบางเผ่าในอเมริกาใต้ทำเสื้อกันฝนและผ้ากันน้ำจากยาง ชาวเผ่ามายันในอเมริกาใต้ทำลูกบอลด้วยยาง แล้วนำมาเล่นโดยการให้กระเด้งขึ้นลงเพื่อเป็นการสักการะเทพเจ้า จึงทำให้โคลัมบัสและคณะมีความแปลกใจเป็นอันมากและคิดกันไปว่าในลูกกลม ๆที่เด้งได้นั้นต้องมีตัวอะไรอยู่ข้างในเป็นแน่ หลังจากนั้นเมื่อโคลัมบัสเดินทางกลับยุโรป ก็ได้นำวัตถุประหลาดนั้นกลับไปด้วย โคลัมบัสจึงเป็นชาวยุโรปคนแรกที่ได้มีโอกาสสัมผัสยางและนำยางเข้าไปเผยแพร่ในยุโรป

การส่งยางเข้ามาในยุโรปในระยะแรกนั้นต้องใช้เวลานานมากกว่าที่ยางจะเดินทางจากแหล่งกำเนิดจนมาถึงยุโรป ยางก็จะจับตัวกันเป็นก้อนเสียก่อน ดังนั้นยางที่เข้ามาในยุโรปสมัยแรกจึงเป็นยางที่ผลิตเป็นสินค้าแล้ว เนื่องจากมนุษย์ยังไม่รู้จักวิธีที่จะทำให้ยางที่จับตัวกันเป็นก้อน ทำให้ละลายแล้วทำเป็นรูปทรงที่ต้องการได้ การผลิตยางจึงต้องทำทันทีหลังจากได้น้ำยางมาก่อนที่ยางจะจับตัวกันเป็นก้อน ในอเมริกากลางและอเมริกาใต้เช่น ในประเทศเม็กซิโก ก็มีหลักฐานว่าได้มีการใช้ประโยชน์จากยางกันบ้างแล้ว แต่เป็นการผลิตอย่างง่าย ๆ เช่น ทำผ้ายางกันน้ำ ลูกบอลและเสื้อกันฝน เป็นต้น (กฤษดาพันธุ์ แสงคำมา,2555)

2. ประวัติการปลูกยางพารา

ถิ่นกำเนิดของยางพาราอยู่ในทวีปอเมริกาใต้บริเวณลุ่มแม่น้ำอเมซอน ประเทศบราซิล ชาวยุโรปเพิ่งจะรู้จักยางพารา เมื่อโคลัมบัส เดินทางไปอเมริกาครั้งที่ 2 ในปี พ.ศ.2036-2039 หลังจากนั้นความสนใจเกี่ยวกับเรื่องยางพาราของชาวยุโรปก็เพิ่มมากขึ้น มีการสำรวจและนำเมล็ดยางพาราจากประเทศต่างๆ ในทวีปอเมริกาใต้ ไปปลูกในประเทศซึ่งเป็นอาณานิคมของประเทศอังกฤษที่อยู่ในทวีปอื่นหลายครั้งแต่ไม่ประสบความสำเร็จ

การผลิตยางในสมัยก่อนปี พ.ศ. 2443 ส่วนมากจะเป็นยางที่ปลูกในประเทศแถบอเมริกาใต้คือ บราซิล โคลัมเบียและปานามาเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นยังมียางที่ได้จากประเทศรัสเซียและอัฟริกาเป็นบางส่วนและในช่วงเวลาก่อนหน้านั้นยางเริ่มมีความสำคัญต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์มากขึ้นในทวีปยุโรปมีความต้องการใช้ยางเป็นจำนวนมาก โธมัส แฮนคอก จึงมีความคิดว่าถ้ายังคงต้องพึ่งยางที่มาจากแหล่งต่างๆเหล่านั้นเพียงอย่างเดียว ในอนาคตอาจจะเกิดการขาดแคลนยางขึ้นได้ จึงคิดหาที่ใหม่ๆในส่วนอื่นๆของโลกเพื่อเพาะปลูกยางเอาไว้บ้าง จนในปีพ.ศ. 2398 จึงนำความคิดนี้ไปปรึกษา เซอร์โจเซฟ ฮุกเกอร์ แต่ไม่ได้รับความสนใจเท่าที่ควร เพราะชาวยุโรปในยุคนั้นยังไม่มีใครรู้จักยางกันมากนักว่ายางมีหน้าตาเป็นอย่างไรหรือกระทั่งได้ยางมาอย่างไรจากต้นอะไรจนกระทั่งในปี พ.ศ.2414 มีผู้นำภาพวาดต้นยางมาให้ เซอร์โจเซฟ ฮุกเกอร์ ดู ท่านจึงมีความ

สนใจในการปลูกยางมากขึ้น จึงได้ปรึกษากับเซอร์คลีเมนส์ มาร์คแฮม ผู้ช่วยเลขาธิการประจำทำเนียบ ผู้ว่าการประจำประเทศอินเดียพยายามที่จะนำยางมาปลูกในทวีปเอเชียจึงเกิดขึ้นเป็นครั้งแรกและในช่วงเวลาเดียวกันนั้นสถานการณ์ยางในประเทศแถบทวีปอเมริกาใต้ไม่ค่อยดีนัก เนื่องจากในสภาวะที่โลกมีความต้องการยางสูงมาก ชาวสวนยางในประเทศโคลัมเบียและปานามาจึงโหมกรีดยางกันอย่างหนัก จนในที่สุด ต้นยางในประเทศดังกล่าวจึงได้รับความบอบช้ำมากและตายหมดจนไม่มีต้นยางเหลืออยู่ในแถบนั้นอีก

เซอร์คลีเมนส์ จึงนำพันธุ์ยางมาทดลองปลูกในประเทศอินเดียเป็นครั้งแรก แต่ไม่ประสบความสำเร็จ จึงได้ทดลองปลูกยางในดินแดนต่าง ๆ ที่เป็นอาณานิคมของอังกฤษ ในที่สุดจึงพบว่าดินแดนแหลมมลายูเป็นที่ที่ยางจะเจริญเติบโตได้ดีที่สุดและยังพบว่าพันธุ์ยางที่ดีที่สุดคือยางพันธุ์ ฮีเวียบราซิไลเอ็นซิสหรือยางพารา ดังนั้นตั้งแต่ปี พ.ศ. 2425 ยางพาราจึงเป็นที่นิยมปลูกกันอย่างแพร่หลายในแหลมมลายู ในระยะแรกเริ่มยางพาราจะปลูกกันมากในดินแดนอาณานิคมของประเทศอังกฤษและฮอลแลนด์เป็นส่วนใหญ่ นอกจากนั้นประเทศเยอรมันก็ปลูกยางไว้ที่แอฟริกาบ้างและบางส่วนเป็นยางในรัสเซีย เหตุที่ยางพาราเป็นที่นิยมปลูกกันมากในทวีปเอเชีย อาจเนื่องมาจากในทวีปเอเชียมีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่เหมาะสมในการปลูก ทั้งสภาพดินฟ้าอากาศ ภูมิประเทศ สภาพดินและปริมาณฝน รวมทั้งแรงงานที่หาได้ง่าย (กฤษดาพันธุ์ แสงคำมา,2555)

3. ยางพาราในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว

ในระยะผ่านมามีหลายปัญหาในการจัดตั้งปฏิบัติงานยางพาราอยู่ในสปป. ลาว คือ การสัมปทานที่ดินเพื่อปลูกยางพาราเช่น การอนุมัติให้สัมปทานที่ดินอยู่ในป่าสงวนแห่งชาติหรืออยู่ในที่ทำกินของประชาชน บางหัวหน่วยธุรกิจก็ไม่มีการพัฒนาที่ดินให้เกิดดอกออกผลตามเป้าหมายที่กำหนดในสัญญา บางเขตไม่ได้มีการสำรวจความเหมาะสมของที่ดินก่อนอนุมัติ ปัญหาด้านการตลาดก็ยังไม่มีหน่วยงานใดรับผิดชอบด้านราคา ขาดการเผยแพร่ข้อมูลข่าวสาร ส่วนมากชาวสวนยางพาราจำหน่ายยางเป็นน้ำและเป็นก้อนไม่มีการแปรรูป ปัญหาด้านแรงงานส่วนมากขาดประสบการณ์ในการกรีดยาง และขาดการส่งเสริมด้านฝีมือแรงงาน ให้ค่าจ้างแรงงานต่ำ การคุ้มครองงานด้านยางพาราในประเทศลาว ยังไม่มีหน่วยงานใดรับผิดชอบ ยังไม่มีระเบียบคุ้มครองและส่งเสริมที่รัดกุมและยังไม่มียุทธศาสตร์เฉพาะ ยังไม่มีคณะกรรมการเกี่ยวกับยางพารา ยังไม่มีสมาคมหรือกลุ่มผลิตเกี่ยวกับยางพาราครบชุดและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมเป็นต้น

3.1 สายพันธุ์ยางพาราในประเทศลาว

สายพันธุ์ที่ประชาชนและบริษัทนิยมนำมาปลูกส่วนมาก นำเข้าจากประเทศเพื่อนบ้านที่มีชายแดนใกล้เคียงกับพื้นที่ปลูกยางพารา พร้อมทั้งเรียนรู้ประสบการณ์การปลูกยางพารากับคนที่

มีประสบการณ์มาก่อน ถึงปัจจุบันประชาชนสามารถเพาะปลูกต้นกล้ายางพาราเพื่อปลูกและจำหน่ายเอง โดยพันธุ์ที่นำมาปลูกในแต่ละภาคใน สปป. ลาวมีดังนี้1) ภาคเหนือประชาชนและบริษัทนิยมนำมาปลูกคือสายพันธุ์ Gondang Tapen (GT1), ยูนาน (Yuyan77-2 และ 77-4) Proefstation Voor (PR107) และ RRIM600 ส่วนมากนำเข้ามาจากประเทศจีน 2) ภาคกลางนิยมนำมาปลูกคือสายพันธุ์ RRIM600, GT1 และ Rubber Research Institute of Thailand(RRIT251) นำเข้ามาจากประเทศไทย3) ภาคใต้นิยมนำมาปลูกคือสายพันธุ์ RRIV4 (RubberResearch Institute of Vientnam) RRIT251, RRIM600 GT1 ส่วนมากนำเข้ามาจากประเทศเวียดนามและประเทศไทย (สีมอน วงคำฮ่อ, 2552)

การผลิตยางพาราในสปป.ลาว ได้รับอิทธิพลจากความต้องการของตลาดจากประเทศจีนและการกระตุ้นการลงทุนจากประเทศเพื่อนบ้าน เช่น ประเทศจีน ประเทศเวียดนามและประเทศไทย ดังนั้นยางพาราจึงกลายเป็นพืชเศรษฐกิจและเป็นที่นิยมปลูกในภาคต่าง ๆ ของสปป.ลาว เพื่อผลิตยางขายเป็นสินค้าในช่วงปี พ.ศ. 2546 สปป.ลาว มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั่วประเทศประมาณ 900 เฮกตาร์ และจำนวนเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในปี พ.ศ. 2550 ซึ่งมีประมาณ 28,800 เฮกตาร์ แต่จากนั้นมาพื้นที่ปลูกยางมีการเพิ่มขึ้นมากอย่างต่อเนื่องจนถึง ปี พ.ศ. 2556 มีพื้นที่ปลูกยางพาราทั้งหมด 248,846.85เฮกตาร์รายละเอียดดังตารางที่ 2-1

ตารางที่ 2-1 พื้นที่ยืนต้นยางพาราในลาว(แผนกกสิกรรมและป่าไม้ของทุกจังหวัดทั่วประเทศ,2556)

จังหวัด	ประชาชนปลูกเอง	บริษัทปลูกร่วมสัญญากับประชาชน	สัมปทานที่ดิน	พื้นที่ยืนต้นยางพาราทั้งหมด หน่วย: เฮกตาร์
ภาคเหนือ	**39,843.28**	**51,193.80**	**32,450.28**	**123,487.36**
ผ้งสาลี	5,974.96	9,352.56	2,513.24	17,840.76
หลวงน้ำทา	16,409.00	3,557.00	13,298.00	33,264.00
บแก้ว	10,656.00	13,548.00	1,018.00	25,222.00
ไชยะบูลี	1,205.32	7.20		1,212.52
อุดมไช	2,567.00	24,726.00	1,000.00	28,293.00
หลวงพะบาง	3,031.00		14,621.04	17,652.04
หัวพัน		3.04		3.04

ตารางที่ 2-1 (ต่อ)

จังหวัด	ประชาชนปลูกเอง	บริษัทปลูกร่วมสัญญากับประชาชน	สัมปทานที่ดิน	พื้นที่ยืนต้นยางพาราทั้งหมด หน่วย: เฮกตาร์
ภาคกลาง	**22,613.80**	**2,446.00**	**29,650.39**	**56,176.57**
นะคอนหลวงเวียงจัน				1,466.38
เชียงขวาง	123.5			123.5
เวียงจัน	10,539.00	2,446.00	10,263.00	23,248.00
บลิคำไซ	7,106.79		5,520.00	12,626.79
คำมวน	4,207.42		1,312.08	5,519.50
สะหวันะเขด	637.09		12,555.31	13,192.40
ภาคใต้	**4,376.00**	**5,034.41**	**59,772.51**	**69,182.92**
สาละวัน		230.41	5,622.79	5,853.20
จำปาสัก	4,307.00	4,804.00	24,742.00	33,853.00
เชกอง	69		7,399.72	7,468.72
อัดตะปื			22,008.00	22,008.00
รวม	**66,833.08**	**58,674.21**	**121,873.18**	**248,846.85**

"หมายเหตุ" 1 เฮกตาร์ = 6.25 ไร่

การรับรู้จากระยะไกล

การรับรู้จากระยะไกล หมายถึง วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแขนงหนึ่งที่ใช้ในการบ่งบอก จำแนกหรือวิเคราะห์คุณลักษณะของวัตถุต่าง ๆ โดยปราศจากการสัมผัสวัตถุ Remote Sensing เป็นศัพท์เทคนิคที่ใช้เป็นครั้งแรกที่ประเทศสหรัฐอเมริกาในปี พ.ศ.2503 ซึ่งมีความหมายรวมถึงการทำแผนที่ การแปลภาพถ่าย ธรณีวิทยาเชิงภาพถ่ายและอื่น ๆ การใช้คำ Remote Sensing เริ่มแพร่หลายนับตั้งแต่ได้มีการส่งดาวเทียม LANDSAT-1ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติดวงแรกขึ้นในปี พ.ศ. 2515 โดยอาศัยพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เป็นต้นกำเนิดของข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล

การรับรู้จากระยะไกลประกอบด้วย 2 กระบวนการคือ

1. การได้มาซึ่งข้อมูล (Data Acquisition) อาศัยพลังงานคือ ดวงอาทิตย์ที่ตกกระทบกับวัตถุต่าง ๆบนพื้นโลก บางส่วนถูกดูดกลืน(Absorption) ส่งผ่าน (Transmission) และบางส่วนอาจสะท้อน (Reflection) กับไปยังอุปกรณ์รับสัญญาณที่ติดตั้งไว้บนดาวเทียมในแบบข้อมูลเชิงเลข

1.1 การรับข้อมูลและบันทึกสัญญาณข้อมูล

การรับข้อมูลและบันทึกสัญญาณข้อมูล โดยอาศัยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจากแหล่งกำเนิดพลังงาน (ดวงอาทิตย์) (ก) เคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศ (ข) เกิดปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับรูปลักษณ์พื้นผิวโลก (ค) และเดินทางกลับสู่อุปกรณ์บันทึกข้อมูล (Sensor) ที่ติดตั้งในตัวยาน (Airborne or Spaceborne) (ง) และถูกบันทึกและผลิตเป็นข้อมูลในรูปแบบภาพ (Sensor Data in Pictorial หรือ Photograph) และ/หรือรูปแบบเชิงตัวเลข (Digital Form) (จ) การวิเคราะห์ข้อมูล (Data analysis) ประกอบด้วยการแปลความข้อมูลด้วยสายตา (Visual Interpretation) และการวิเคราะห์เชิงตัวเลข (ฉ)การบันทึกข้อมูลจากระยะไกล สามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วน (Japan Association on Remote Sensing,1993; Lillesand& Kiefer, 1994) แสดงดังภาพที่ 2-1 คือ

1.1.1แหล่งพลังงาน (Source) เป็นต้นกำเนิดของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ามาจากสามแหล่งคือ พลังงานจากดวงอาทิตย์ การแผ่พลังงานความร้อนจากพื้นผิวโลกและระบบบันทึกข้อมูล ในขณะที่มีการทำงานนั้นจะเกิดขบวนการการแผ่รังสีความร้อน (Radiation) การนำความร้อน (Conduction) และการพาความร้อน (Convection)

1.1.2 ปฏิกิริยาที่มีต่อพื้นผิวโลก เป็นปริมาณการแผ่รังสีหรือการสะท้อนพลังงานจากผิวโลก ซึ่งจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุบนพื้นโลก เนื่องจากวัตถุต่างชนิดกันจะมีคุณสมบัติในการสะท้อนและการส่งพลังงานความร้อนที่แตกต่างกันในแต่ละช่วงคลื่นของแม่เหล็กไฟฟ้า ความแตกต่างนี้จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการจำแนกประเภทของวัตถุต่าง ๆ

1.1.3 ปฏิกิริยาที่มีต่อบรรยากาศและเครื่องบันทึกข้อมูล พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่ผ่านเข้าไปในชั้นบรรยากาศจะถูกกระจัดกระจาย (Scatter) โดยธาตุองค์ประกอบของบรรยากาศซึ่งมีอิทธิพลต่อคุณภาพของภาพข้อมูล

1.1.4เครื่องวัดจากระยะไกล (Remote Sensor) หรือเครื่องบันทึกพลังงานที่สะท้อนจากพื้นผิวของวัตถุ เช่น กล้องถ่ายรูป หรือเครื่องกราดภาพ เป็นต้น เครื่องวัดนี้จะถูกติดตั้งไว้ในยานสำรวจ (Platform) ได้แก่ เครื่องบินหรือดาวเทียม ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาเครื่องวัดชนิดใหม่ขึ้นมาใช้อย่างมากมาย เพื่อใช้งานเฉพาะเรื่อง ซึ่งพอจะจำแนกประเภทเครื่องวัดได้ 2 ชนิดคือ

1.1.4.1แอกทีฟเซนเซอร์ (Active Sensor) หมายถึงเครื่องวัดที่สามารถรับและบันทึกสัญญาณข้อมูลซึ่งสะท้อนจากวัตถุที่ต้องการศึกษา โดยใช้เครื่องวัดที่สามารถสร้างพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าขึ้นได้เอง แล้วส่งผ่านให้ไปกระทบวัตถุที่ต้องการศึกษานั้น เพื่อให้สะท้อนพลังงานกลับคืนออกมา (Backscatter Radiation) แล้วทำการบันทึก ตัวอย่างเครื่องวัดชนิดนี้ได้แก่ ระบบเรดาร์ (RADAR)

1.1.4.2 พาสซีฟเซนเซอร์ (Passive Sensor) หมายถึง เครื่องวัดที่สามารถตรวจรับและบันทึกสัญญาณข้อมูลที่สะท้อนหรือเปล่งจากแหล่งกำเนิดธรรมชาติ เช่น พลังงานจากดวง

อาทิตย์ ระบบบันทึกข้อมูลมีข้อจำกัดในเรื่องของความสามารถในการบันทึก ขนาดของวัตถุ โดยเฉพาะวัตถุขนาดที่เล็กที่สุดที่สามารถมองเห็นได้ โดยแยกออกจากสภาพแวดล้อมโดยรอบ เรียกข้อจำกัดนี้ว่า Spatial Resolution ซึ่งจะเป็นเครื่องชี้ว่าระบบบันทึกมีความสามารถดีเพียงใดในการเก็บรายละเอียดต่างๆ

ภาพที่ 2-1 หลักการรับรู้จากระยะไกล(Japan Association on Remote Sensing, 1993)

1.1.5 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นพลังงานต่อเนื่องที่มีค่าความยาวช่วงคลื่นหลายเมตร ถึงเศษส่วนของพันล้านเมตร เดินทางผ่านชั้นบรรยากาศในลักษณะเป็นคลื่น โดยมีความเร็วเท่าความเร็วของแสง คือ 299,792.458 กิโลเมตร/วินาที หรือ 3 x 10^8 เมตร/วินาที แสงสว่างจากดวงอาทิตย์เป็นพลังงานที่เกิดขึ้นในรูปแบบของสนามแม่เหล็กไฟฟ้า แผ่พลังงานไปตามทฤษฎีของคลื่นมีการเคลื่อนที่แบบฮาร์โมนิค ซึ่งมีช่วงซ้ำและจังหวะที่เท่ากันในเวลาหนึ่งมีความเร็วเท่าแสง (C) ระยะทางจากยอดคลื่นถึงยอดคลื่นถัดไปเรียกว่าความยาวคลื่น (λ) และจำนวนยอดคลื่นที่เคลื่อนที่จากจุดคงที่จุดหนึ่งต่อหน่วยเวลาเรียกว่าความถี่คลื่น (f) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความเร็วคลื่น ดังสมการที่ 2-1คือ

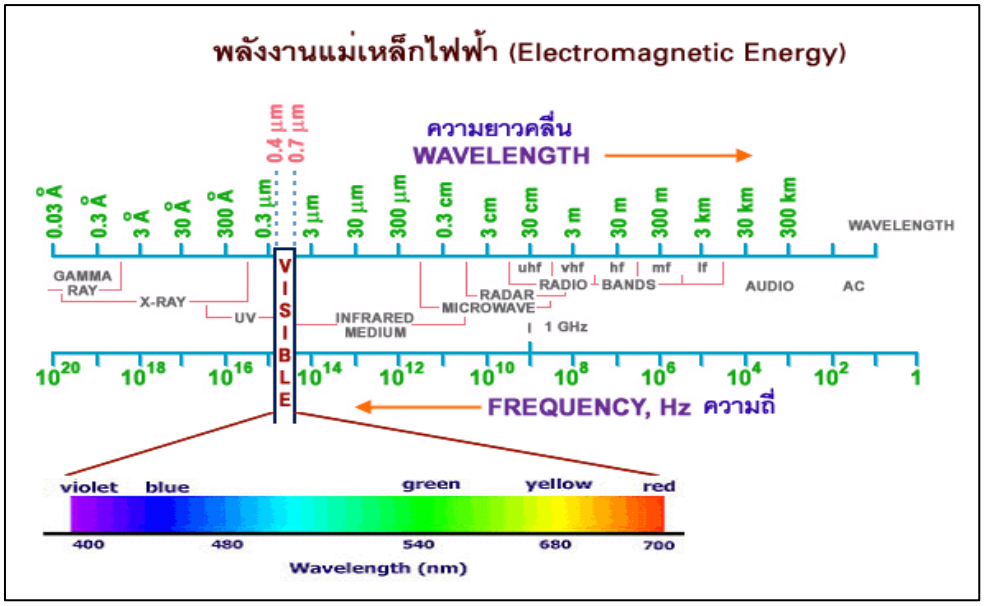
$$\lambda = C/f \qquad (2\text{-}1)$$

เมื่อ λ คือ ความยาวคลื่น

C คือ ความเร็วของคลื่นมีค่าคงที่ 3x10^8 เมตร/วินาที

f คือ ความถี่ของคลื่น หน่วย รอบ/วินาทีหรือ Hertz

ความยาวคลื่นและความถี่มีความสัมพันธ์กันแบบผกผัน คือ ความยาวคลื่นมากจะมีความถี่น้อย ความยาวคลื่นมีหน่วยวัดทั่วไป คือ ไมโครเมตรหรือนาโนเมตร ซึ่งคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแบ่งได้ตามความยาวช่วงคลื่นที่เรียกว่า (Band) ตั้งแต่ช่วงคลื่นสั้นที่สุดในแถบรังสีแกมมา มีความยาวคลื่นน้อยกว่า10^{0}เมตร จนถึงช่วงคลื่นวิทยุที่มีความยาวคลื่นหลายกิโลเมตรความยาวคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ประกอบด้วยช่วงคลื่นตามลำดับ คือ รังสีแกมมา เอกซเรย์ อัลตราไวโอเลต แสงสว่าง อินฟราเรด ไมโครเวฟและวิทยุ ช่วงคลื่นแสงที่ใช้ประโยชน์ในการรับรู้จากระยะไกล ส่วนใหญ่อยู่ในช่วง 0.3-14 ไมโครเมตร ซึ่งสามารถถ่ายภาพและบันทึกภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูปและอุปกรณ์บันทึกภาพ ในช่วงคลื่นแสงสว่างที่เป็นช่วงคลื่นแคบที่มีผลตอบสนองต่อสายตามนุษย์ตั้งแต่ 0.3-0.7ไมโครเมตร แบ่งได้ 3 ช่วง คือ ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียวและสีแดง ช่วงคลื่นถัดไปเป็นอินฟราเรดที่แบ่งเป็น 2 ช่วงกว้างๆ คือ อินฟราเรดใกล้ ความยาวช่วงคลื่น 0.7-3ไมโครเมตรและอินฟราเรดความร้อนระหว่าง 3-15 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นที่มีความยาวต่ำกว่า 15ไมโครเมตร มักเรียกว่าความยาวคลื่น ส่วนที่มากกว่าเรียกเป็นความถี่ คือ จำนวนรอบต่อวินาทีหรือเฮิรตซ์



ภาพที่ 2-2 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Sabins F.F. Jr, 1987)

ตารางที่ 2-2 ความยาวช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (ศิริ คูอาริยะกุล,2545)

ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น	รายละเอียด
รังสีแกมมา (Gamma ray)	<0.03 μm	รังสีแกมมาถูกดูดซับทั้งหมดโดยบรรยากาศชั้นบน จึงไม่ได้ใช้ในการรับรู้จากระยะไกล
รังสีเอกซเรย์ (X-ray)	0.03-3.0 μm	รังสีเอกซเรย์ดูดซับทั้งหมดโดยชั้นบรรยากาศชั้นบน
อัลตราไวโอเลต (Ultraviolet)	0.03-0.04 μm	ช่วงสั้นกว่า 0.3 μm ถูกดูดซับทั้งหมดโดยโอโซน (O_3)ในชั้นบรรยากาศชั้นบน
Photographic UV Band	0.3-0.4 μm	ช่วงคลื่นสามารถผ่านชั้นบรรยากาศสามารถถ่ายภาพด้วยฟิล์มถ่ายรูปแต่การกระจายในชั้นบรรยากาศเป็นอุปสรรคมาก
ช่วงคลื่นแสงสว่าง (Visible)	0.4-0.7 μm	บันทึกด้วยฟิล์มและอุปกรณ์บันทึกภาพได้ รวมทั้งช่วงคลื่นที่โลกมีการสะท้อนพลังงานสูงสุด (Reflected Energy Peak)ที่ 05 μm ช่วงคลื่นแคบที่มีผลตอบสนองสายตามนุษย์แบ่งได้ 3 ช่วงย่อย คือ 0.4-0.5 μm สีน้ำเงิน 0.5-0.6 μm สีเขียว 0.6-0.7 μm สีแดง
อินฟราเรด (Infrared)	0.7-1.0 μm	มีปฏิสัมพันธ์กับวัตถุตามความยาวคลื่นและการส่งผ่านชั้นบรรยากาศ มีการดูดซับในบางช่วงคลื่น
อินฟราเรดความร้อน (Thermal IR Band)	3-5μm,8-14 μm	การบันทึกภาพต้องใช้อุปกรณ์พิเศษ เช่น Scanners ไม่สามารถบันทึกภาพได้ทั้งระบบ Active และ Passive
ไมโครเวฟ (Microwave)	0.1-30cm	ช่วงคลื่นยาวสามารถทะลุผ่านหมอกเมฆและฝนได้ บันทึกภาพได้ทั้งระบบ Active และ Passive
เรดาร์(Radar)	0.1-30 cm	ระบบ Active มีความยาวช่วงคลื่นต่างๆเช่น Ka แบนด์ (10mm),Xแบนด์(30mm)และ Lแบนด์(25 cm)
วิทยุ (Radio)	<30 cm	ช่วงคลื่นที่ยาวที่สุด บางครั้งมีเรดาร์อยู่ในช่วงนี้ด้วย

แหล่งพลังงานและการแผ่รังสี (Energy Sources and Radiation) แสงสว่างเป็นรูปหนึ่งของพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งการแผ่รังสีเป็นไปตามทฤษฎีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีอนุภาค (Particle Theory) กล่าวคือ การแผ่รังสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประกอบด้วยหน่วยอิสระที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) หรือ ควอนต้า (Quanta) พลังงานแต่ละควอนต้าเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความถี่ของคลื่นดังสมการที่ 2-2

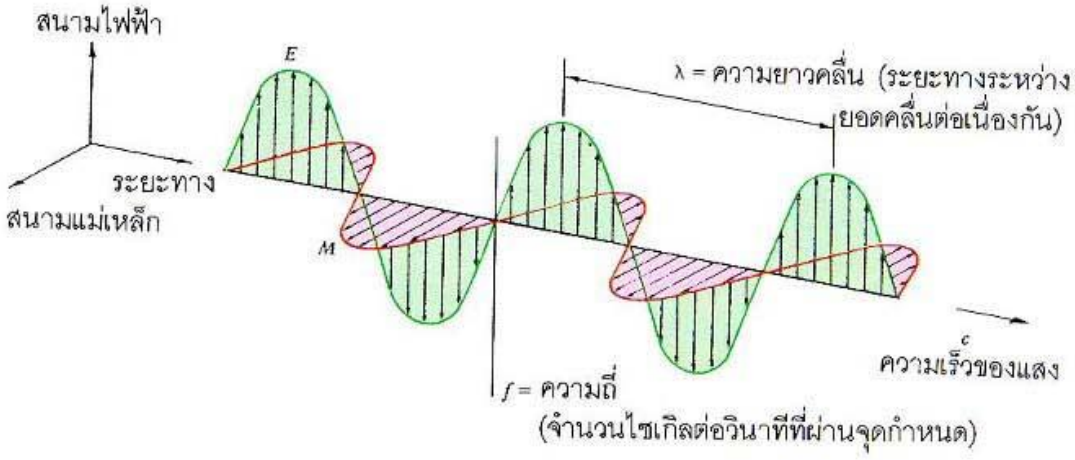
$$E = hf \qquad (2\text{-}2)$$

เมื่อ E คือ พลังงาน 1 Quantum หน่วย Joules

h คือค่าคงที่ของแพรงค์ (Planck Constant) $6.626X10^{-34}$หน่วย J/sec

f คือ ค่าความถี่

พลังงานเป็นสัดส่วนผกผันกับความยาวคลื่น ความยาวคลื่นมากให้พลังงานต่ำซึ่งมีความสำคัญในการรับรู้จากระยะไกล เช่น ช่วงคลื่นไมโครเวฟจากพื้นโลกจะยากต่อการบันทึกมากกว่าพลังงานในช่วงคลื่นสั้นกว่า ฉะนั้นการบันทึกพลังงานช่วงคลื่นยาว ต้องบันทึกพลังงานในบริเวณกว้างและใช้เวลานานกว่า



ภาพที่ 2-3 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า(กิตติศักดิ์ศรีกลาง, 2557)

1.1.6 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานในชั้นบรรยากาศ (Energy Interactions in The Atmosphere) คลื่นแสงเดินผ่านชั้นบรรยากาศสู่ผิวโลก แล้วสะท้อนกับสู่บรรยากาศอีกครั้ง ก่อนที่จะถูกบันทึกโดยอุปกรณ์สำรวจ บรรยากาศของโลกจึงเป็นตัวก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของคลื่น

แสงในด้านทิศทาง ความเข้ม ตลอดถึงความยาวและความถี่ของคลื่นเพราะชั้นบรรยากาศประกอบด้วยฝุ่นละออง ไอน้ำและก๊าซต่าง ๆ ทำให้เกิดปฏิกิริยากับคลื่นแสง 3 กระบวนการ คือ การกระจัดกระจายของแสง การดูดซับและการหักเหของแสง ทำให้ปริมาณแสงตกกระทบผิวโลกน้อยลงการกระจายของแสง (Scattering) เกิดขึ้นเนื่องจากอนุภาคเล็ก ๆในบรรยากาศทิศทางการกระจัดกระจายที่มีทิศทางไม่แน่นอน

1.1.6.1 การดูดซับ (Absorption) การดูดซับทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยจะเกิดขึ้นที่ความยาวคลื่นบางช่วง ก๊าซที่มีความสามารถในการดูดซับเป็นพิเศษ คือ ออกซิเจนและโอโซน จะดูดซับแสงที่มีความยาวคลื่นตั้งแต่อุลตราไวโอเลตหรือสั้นกว่า โดยจะถูกดูดซับจนหมดในบรรยากาศชั้นสูงระหว่าง 23-30 กิโลเมตร ส่วนช่วงคลื่น 0.1-0.3ไมโครเมตร ถูกดูดซับโดยก๊าซโอโซน ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มีการดูดซับมากในช่วงคลื่นประมาณ 15ไมโครเมตร ในบรรยากาศชั้นสตราโตสเฟียร์ส่วนกลาง สำหรับไอน้ำส่วนใหญ่กระจายตัวอยู่ในชั้นโทรโพสเฟียร์ซึ่งอยู่ส่วนของชั้นบรรยากาศระดับต่ำกว่า 10 กิโลเมตร ไอน้ำสามารถดูดซับพลังงานจากดวงอาทิตย์และโลกดีที่สุดในเกือบทุกช่วงคลื่น ยกเว้นช่วงคลื่นต่ำกว่า 0.7 ไมโครเมตร โดยสามารถดูดซับพลังงานสูงสุดในช่วงคลื่นประมาณ 6ไมโครเมตร

การดูดซับพลังงานเกิดขึ้นได้ทั้งในช่วงคลื่นสั้นและช่วงคลื่นยาว แต่ก็มีบางช่วงคลื่นที่สามารถทะลุทะลวงหรือผ่านชั้นบรรยากาศลงมาที่ผิวโลกได้ เรียกว่า หน้าต่างบรรยากาศ (Atmospheric Window) ซึ่งปรากฏในช่วงคลื่นแสงสว่าง คือ 0.3-0.7 ไมโครเมตร ช่วงคลื่นอินฟราเรดสะท้อนและอินฟราเรดความร้อน ยกเว้นความยาวคลื่น 9.6ไมโคเมตรซึ่งจะถูกดูดซับด้วยก๊าซโอโซน

1.1.6.2 การหักเหของแสง เกิดขึ้นเมื่อแสงเดินผ่านชั้นบรรยากาศที่มีความหนาแน่นแตกต่างกัน ซึ่งปริมาณการหักเหกำหนดโดยค่าดัชนีการหักเห ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างความเร็วของแสงในสูญญากาศกับความเร็วของแสงในชั้นบรรยากาศนั้น ทำให้มีผลต่อความคลาดเคลื่อนของตำแหน่งที่ปรากฏภาพ แต่สามารถปรับแก้ได้โดยกระบวนการปรับแก้ภาพ

1.1.7 ปฏิสัมพันธ์ของพลังงานกับพื้นผิวโลก (Energy Interactions with Earth Surface Features) พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าผ่านชั้นบรรยากาศสามารถกระทบบนพื้นผิวโลกจะเกิดปฏิกิริยาหลัก 3 อย่าง คือ การสะท้อนพลังงาน การดูดซับพลังงานและการส่งผ่านพลังงาน อันเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญในการรับรู้จากระยะไกลที่วัตถุบนพื้นผิวโลกมีพลังงานที่บันทึกด้วยอุปกรณ์สำรวจในปริมาณที่แตกต่างกัน ตามคุณสมบัติของวัตถุนั้นๆ โดยมีสมการที่ 2-6

$$E_I = E_R + E_A + E_T \qquad (2\text{-}6)$$

เมื่อ E_I คือ พลังงานที่ได้รับ (Incoming Energy)

E_R คือ พลังงานที่สะท้อน (Reflection Energy)

E_A คือ พลังงานที่ดูดซับ (Absorption Energy)

E_T คือ พลังงานที่ส่งผ่าน (Transmission Energy)

1.1.7.1 การสะท้อนพลังงานจะแปรผันไปตามลักษณะพื้นผิวโลก ซึ่งขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุเป็นองค์ประกอบ เช่น ลักษณะพื้นผิว มุมตกกระทบของแสงความสามารถและอัตราการสะท้อนแสงของผิววัตถุ การสะท้อนเกิดขึ้นได้ 3 ลักษณะ คือ 1) การสะท้อนกลับหมดในทิศทางตรงกันข้าม เกิดขึ้นในกรณีพื้นผิวราบเรียบมักเกิดกับแสงในช่วงคลื่นยาว 2) การสะท้อนแบบกระจาย เกิดจากพื้นผิวค่อนข้างขรุขระมักเกิดในช่วงคลื่นแสงสว่าง 3) การสะท้อนแบบผสมเป็นลักษณะการเกิดจริงตามธรรมชาติ โดยรวมการสะท้อนทั้งสองอย่างข้างต้นรวมกันการสะท้อนของพื้นโลกสามารถวัดเป็นตัวเลขได้ โดยวัดสัดส่วนของพลังงานสะท้อนเทียบกับพลังงานที่ตกกระทบ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของความยาวคลื่นและเรียกว่าการสะท้อนเชิงคลื่น (R) ดังสมการที่ 2-7

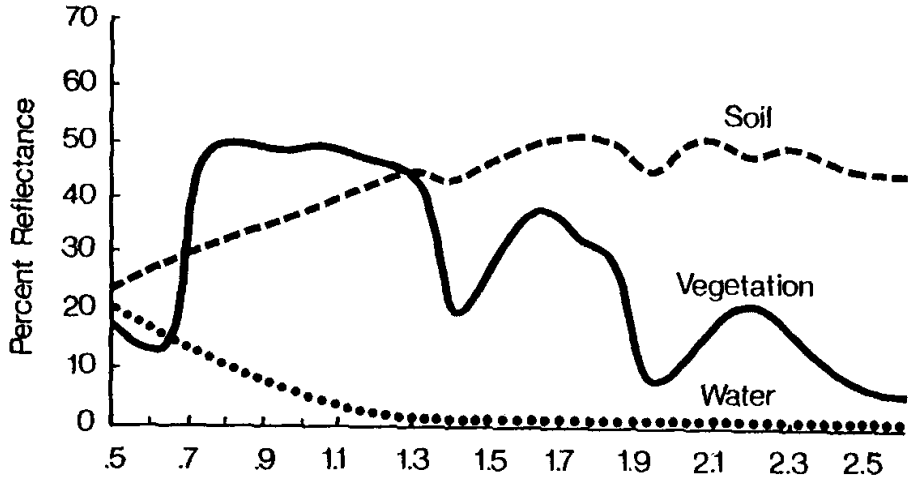
$$R = (E_R \times 100\%)/E_I \qquad (2\text{-}7)$$

1.1.7.2 การดูดซับพลังงานของผิวโลกเกิดขึ้นเช่นเดียวกับชั้นบรรยากาศ ปริมาณการดูดซับขึ้นอยู่กับคุณสมบัติพื้นที่ผิวตามความยาวช่วงคลื่น เมื่อเกิดการดูดซับพลังงานแล้วจะถูกเปลี่ยนให้อยู่ในรูปความร้อน ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นและเป็นต้นกำเนิดพลังงาน การแผ่พลังงานในช่วงคลื่นอินฟราเรดหรืออินฟราเรดความร้อน สามารถตรวจวัดได้ทั้งกลางวันและกลางคืน จึงเป็นประโยชน์ในการรับรู้จากระยะไกล

1.1.7.3 การส่งผ่านพลังงาน เป็นปฏิกิริยาต่อเนื่องกับการดูดซับพลังงานที่ถูกถ่ายทอดต่อไป ค่าการส่งผ่านรังสีของมวล ๆหนึ่งคือ สัดส่วนปริมาณพลังงาน ณ จุดซึ่งพลังงานที่เคลื่อนที่ไปเทียบกับพลังงานที่ตกกระทบทั้งหมด ซึ่งจะแตกต่างกันไปตามคุณสมบัติของพื้นผิวและความยาวของช่วงคลื่น พลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อกระทบกับพื้นผิวใดๆ จะเกิดปรากฏการณ์ทั้งสามลักษณะ ซึ่งสามารถแสดงความสัมพันธ์ของการสะท้อนพลังงานของวัตถุแต่ละชนิดกับความยาวช่วงคลื่น เรียกว่า ลายเซ็นช่วงคลื่น (Spectral Signature) ซึ่งช่วยในการเลือกช่วงคลื่นความยาวคลื่นที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ข้อมูลในด้านต่างๆ

1.1.8การสะท้อนคลื่นแสงของพืชพรรณ ดินและน้ำ (SpectralReflectance of Vegetation, Soil and Water) ดังภาพที่ 2-4มีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

1.1.8.1การสะท้อนพลังงานของพืช ในช่วงคลื่นแสงคลอโรฟิลล์ของใบพืชดูดซับพลังงานที่ความยาวคลื่น 0.45ไมโครเมตร และ0.65ไมโครเมตร และสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่น 0.5ไมโครเมตร ตาของมนุษย์จึงเห็นใบพืชสีเขียวเพราะใบพืชดูดซับแสงสีน้ำเงินและสีแดง และสะท้อนสีเขียว หากใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น ใบแห้งเหี่ยวหรือปริมาณคลอโรฟิลล์ลดลงจะมีการสะท้อนคลื่นสีแดงสูงขึ้นในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (0.7-1.3ไมโครเมตร) ใบพืชสะท้อนพลังงานสูงประมาณ 50 % การสะท้อนพลังงานของพืชที่ความยาวคลื่นในช่วงอินฟราเรดใกล้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของใบพืชที่แตกต่างกันไปตามชนิดของพืช ทำให้สามารถจำแนกชนิดของพืชได้ แม้ว่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชในช่วงคลื่นแสงสว่างจะใกล้เคียงกัน แต่การสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดใกล้ของพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบจะแตกต่างไปจากการสะท้อนที่มีความยาวคลื่นเดียวกันของพืชที่สมบูรณ์ ดังนั้นระบบการรับรู้จากระยะไกลที่บันทึกค่าสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ สามารถจะใช้สำรวจอาการผิดปกติของพืชได้ส่วนช่วงคลื่นที่มีความยาวคลื่นมากกว่า 1.3ไมโครเมตร พลังงานส่วนใหญ่จะถูกดูดซับหรือสะท้อนโดยใบพืช โดยจะมีการทะลุทะลวงต่ำมากเพราะน้ำในใบพืชจะดูดซับคลื่นความยาวดังกล่าวเรียกว่า Water Absorption Bands และค่าจะสูงขึ้นที่ความยาวคลื่น 1.6ไมโครเมตร และ 2.2ไมโครเมตร ตลอดช่วงความยาวคลื่นที่มีความยาวมากกว่า 1.3ไมโครเมตร ค่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชจะแปรผันกับปริมาณน้ำทั้งหมดในใบพืช



ภาพที่ 2-4 ความสัมพันธ์ของการสะท้อนช่วงคลื่นแสงของพืช ดินและน้ำ (กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, 2536)

1.1.8.2การสะท้อนพลังงานของดิน ความสัมพันธ์ระหว่างการสะท้อนของพลังงานของดินกับความยาวคลื่นมีความผันแปรน้อย การสะท้อนของดินนั้นไม่ขึ้นกับความยาว

คลื่น แต่ขึ้นกับปัจจัยบางอย่าง เช่น ความชื้นในดิน เนื้อดิน ความขรุขระของพื้นที่ ปริมาณเหล็กออกไซด์และอินทรีย์วัตถุในดิน ปัจจัยดังกว่ามีความสลับซับซ้อนแปรผันง่ายและมีความเกี่ยวข้องกันเอง เช่น ความชื้นในดินสูง ตลอดจนการมีเหล็กออกไซด์ในดิน จะลดค่าสะท้อนของดินลง

1.1.8.3 การสะท้อนพลังงานของของน้ำ การสะท้อนพลังงานของน้ำมีลักษณะที่แตกต่างจากลักษณะของวัตถุอื่นอย่างชัดเจน โดยเฉพาะในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ สามารถเขียนเส้นขอบเขตของน้ำได้ง่ายน้ำที่ปรากฏบนผิวโลกมีหลายสภาพด้วยกัน เช่น น้ำขุ่น น้ำใส น้ำมีวัชพืชปะปนจะมีค่าแตกต่างกันบางครั้งพื้นที่ที่รองรับน้ำอาจจะมีผลต่อการสะท้อนพลังงานของน้ำ น้ำใสดูดซับพลังงานเล็กน้อยที่ช่วงคลื่นต่ำกว่า 0.6ไมโครเมตร การส่งผ่านพลังงานจะเกิดขึ้นสูงในช่วงแสงสีน้ำเงินและสีเขียว แต่น้ำที่มีตะกอนดินแขวนลอยจะสะท้อนพลังงานสว่างมากกว่าน้ำใส ถ้ามีสารคลอโรฟิลส์ในน้ำมากขึ้น การสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงินจะลดลงและเพิ่มขึ้นในช่วงคลื่นสีเขียว

1.1.9คุณสมบัติของดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติในการบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นต่างๆข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติที่บันทึกด้วยระบบกล้องหลายช่วงคลื่น มีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากกล้องถ่ายภาพธรรมดา คือ

1.1.9.2ข้อมูลอยู่ในลักษณะตัวเลข (Digital Data) ที่มีความละเอียดของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นแสง 256ระดับ ซึ่งสามารถนำข้อมูลที่มีปริมาณมากเหล่านี้ไปผลิตเป็นภาพขาวดำและภาพสีผสม ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ที่ให้ความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

1.1.9.2ข้อมูลที่บันทึกสามารถส่งไปยังสถานีรับภาคพื้นดินได้ทันที

1.1.9.3สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่กล้องธรรมดาบันทึกไม่ได้โดยข้อมูลที่ได้รับมีรายละเอียดภาพ (SpatialResolution) แตกต่างกันไป

ในปัจจุบัน ได้มีการพัฒนาและส่งดาวเทียม LANDSAT-8 ซึ่งเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติของประเทศสหรัฐอเมริกาและเป็นความร่วมมือระหว่างองค์การNASA และ USGS (U.S. Geological Survey) ขึ้นสู่วงโคจรวันที่ 11กุมภาพันธ์ ปี พ.ศ. 2556โคจรซ้ำตำแหน่งเดิมทุก ๆ 16 วัน ความกว้างของแนวถ่ายภาพ 185 กิโลเมตร ประกอบด้วยระบบบันทึกภาพ 2 ชนิด คือOperational Land Imager (OLI) และ Thermal Infrared Sensor (TIRS) มีทั้งหมด 11 ช่วงคลื่นดังตารางที่ 2-3

ข้อมูลดาวเทียม LANDSAT-8 OLI นับได้ว่าเป็นดาวเทียมสำรวจทรัพยากรดวงล่าสุดที่สามารถประยุกต์ในการจัดทำแผนที่การเกษตรและป่าไม้ที่มีรายละเอียดปานกลาง (Moderate Resolution Mapping) ได้อย่างเหมาะสม ประหยัดเวลาและไม่เสียค่าใช้จ่ายเพราะสามารถสำรวจได้ในบริเวณพื้นที่ขนาดใหญ่ระดับภูมิภาคได้ดีกว่าการสำรวจภาคสนาม (Ground Survey) ทำให้ได้ข้อมูลที่มีความถูกต้องและรวดเร็ว

ตารางที่ 2-3 คุณสมบัติดาวเทียม LANDSAT-8(สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศองค์การมหาชน, 2556)

แบนด์	ความยาวคลื่น (micrometers)	รายละเอียดเชิงพื้นที่ (meters)
Band 1 - Coastal aerosol	0.43 - 0.45	30
Band 2 – Blue	0.45 - 0.51	30
Band 3 – Green	0.53 - 0.59	30
Band 4 – Red	0.64 - 0.67	30
Band 5 - Near Infrared (NIR)	0.85 - 0.88	30
Band 6 - SWIR 1	1.57 - 1.65	30
Band 7 - SWIR 2	2.11 - 2.29	30
Band 8 – Panchromatic	0.50 - 0.68	15
Band9 – Cirrus	1.36 – 1.38	30
Band10 – Thermal Infrared-TIRS1	10.60 – 11.19	100
Band11 – Thermal Infrared-TIRS2	11.50 – 12.51	100

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (Data Analysis) ประกอบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสายตาและการวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์การแปลตีความหมายและการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Image Interpretation andAnalysis) มีการดำเนินการได้ 2 วิธีการ คือ การแปลตีความหมายด้วยสายตา (Visual Interpretation) ข้อมูลที่ได้จะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (Qualitative) ซึ่งสามารถวัดออกมาเป็นค่าได้แน่นอนอาจจะออกมาในรูปของ ดี เลวหรือเปอร์เซ็นต์ กล่าวคือการแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาไม่สามารถวัดออกมาเป็นเชิงปริมาณได้ทันทีและการวิเคราะห์และประเมินผลเชิงตัวเลข (Digital Analysis andProcessing) ข้อมูลที่ได้จะอยู่ในรูปข้อมูลเชิงปริมาณ (Quantitative) (สุพรรณ กาญจนสุธรรม, 2536)

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยสายตาหรือการแปลตีความหมาย หมายถึง การวินิจฉัย (Identification) ว่าสิ่งที่เห็นควรเป็นสิ่งใดหรือน่าจะเป็นอะไร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ (Analyze) อย่างมีระบบเพื่อจะนำข้อมูลและสารสนเทศจากหลายด้านมาประกอบกันเพื่อช่วยระบุว่าสิ่งที่เห็นในภาพนั้นเป็นอะไรในพื้นที่จริง การแปลภาพถ่ายดาวเทียมจะอาศัยลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม คือ รูปร่าง (Shape) รูปแบบการจัดเรียง

(Pattern) สี (Color) ที่ตั้ง (Site) และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง (Site and Environment) เป็นปัจจัยสำคัญในการแปลตีความ นักแปลภาพที่ดีควรมีคุณสมบัติ คือ ความรู้ภูมิหลัง (Background) ความสามารถของสายตา (Visual Acuity)ความสามารถของจิตใจ (Mental Acuity) และประสบการณ์ (Experience) (ประสพชัยนามาพุทธา, 2536)

2.2 การวิเคราะห์และประมวลผลเชิงตัวเลขจะเป็นการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าทางสถิติหรือทฤษฎีทางสถิติเป็นข้อตัดสินใจ กระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลข้อมูลดาวเทียม สามารถแยกออกดังนี้

2.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์ (Preprocessing) ประกอบด้วยกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงรังสี (Radiometric Correction) การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric Correction) ของภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับข้อเท็จจริงบนผิวโลก

2.2.2 การเน้นภาพหรือการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (ImageEnhancement) จะประกอบด้วยกระบวนการปรับแก้ระดับสีเทา (Stretching) การกรองข้อมูล (Spatial Filtering) เพื่อความชัดเจนของข้อมูล

2.2.3 การแปลงค่าของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (Image Transformation) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากหลายช่วงคลื่นด้วยวิธีการทางคณิตศาสตร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ เช่น การหาอัตราส่วนระหว่างแบนด์ (Spectral or Band Ratio) และ Principal Components Analysis

2.2.4 การจำแนกประเภทข้อมูลภาพดาวเทียม (Image Classification) การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นขบวนการที่อาศัยค่าสถิติช่วยในการจัดกลุ่มและจำแนกประเภทข้อมูล เช่น ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ค่าความแตกต่างระหว่างค่าสูงสุดและต่ำสุดของกลุ่ม (Variance) เป็นต้น การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ ได้แก่

2.2.4.1 การจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล (Supervised Classification) การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีนี้ ผู้วิเคราะห์ข้อมูลจะต้องมีความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ที่ทำการศึกษาดีพอที่จะบอกได้ว่า พื้นที่ที่ทำการศึกษามีการใช้ที่ดินประเภทใดบ้าง ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิเคราะห์ต้องเป็นผู้ทำการกำหนดกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง (Training Area) ให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพื่อให้เครื่องคอมพิวเตอร์คำนวณหาค่าสถิติของกลุ่มข้อมูลตัวอย่างและใช้เป็นดัชนีในการจำแนกหรือจัดข้อมูลที่ไม่ทราบค่า (Unknown Pixel) ให้อยู่ในกลุ่มข้อมูลตัวอย่าง โดยอาศัยหลักการทางคณิตศาสตร์เข้ามาช่วยในการตัดสินใจ (สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2540)

2.2.4.2 การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (Unsupervised Classification) การ

จำแนกประเภทข้อมูลด้วยวิธีนี้ผู้วิเคราะห์ข้อมูลอาจไม่จำเป็นจะต้องมีความรู้หรือความคุ้นเคยกับพื้นที่ที่ทำการศึกษาก่อนที่จะทำการจำแนกประเภทข้อมูล ทั้งนี้เนื่องจากผู้วิเคราะห์ไม่จำเป็นต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่างของแต่ละประเภทข้อมูลให้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ เพียงแต่กำหนดพื้นที่ข้อมูลตัวอย่างรวมซึ่งมีค่าการสะท้อนกลับของคลื่นหลากหลายและครอบคลุมทุกกลุ่มข้อมูล แต่หลังจากการวิเคราะห์ข้อมูลแล้วต้องมีการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลแต่ละประเภทและต้องให้คำจำกัดความหรือความหมายของข้อมูลแต่ละประเภท ดังนั้นผู้วิเคราะห์จำเป็นต้องออกสำรวจข้อมูลภาคสนามบริเวณพื้นที่ศึกษาหรืออาจสอบถามจากผู้ที่มีความรู้เกี่ยวกับพื้นที่ศึกษาก็ได้ (รัศมี สุวรรณวีระกำธร, 2530)

2.2.4.3 การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object Base Classification) เป็นวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม อาศัยคุณลักษณะเชิงวัตถุ (Image Object) หรือกลุ่มของจุดภาพแทนการใช้ค่าสะท้อนพลังงานของจุดภาพเดี่ยว โดยแบ่งส่วนภาพออกเป็นหลายวัตถุ ตามลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenous Areas) เพื่อพยายามสร้างวัตถุและใช้วัตถุอธิบายชั้นข้อมูล ซึ่งเป็นตัวแทนของวัตถุที่ใช้จำแนก (สุภาสพงษ์รู้ทำนอง, 2555)การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวัตถุใช้สำหรับสนับสนุนภาพถ่ายดาวเทียมที่มีหลายช่วงคลื่น (Multiple Bands) สำหรับการแบ่งส่วนภาพและจำแนกประเภทข้อมูลแบบ Nearest Neighbor เช่น ช่วงคลื่นอินฟราเรด ความสูง ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ สามารถนำมาใช้ในการจำแนกวัตถุภาพได้โดยพร้อมกัน ซึ่งอาศัยความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน ทั้งในด้านความใกล้ชิดและระยะห่างระหว่างชั้นข้อมูล (GIS Geography, 2016) ทั้งนี้การจำแนกประเภทข้อมูลแบบ NearestNeighbor นั้นมีหลักการทำงานเหมือนกับการจำแนกข้อมูลแบบกำกับดูแล คือ หลังจากที่ทำการแบ่งส่วนภาพแล้ว จะต้องมีการสร้างหรือจำแนกข้อมูลตัวอย่างของแต่ละประเภทของสิ่งปกคลุมดิน เพื่อให้คอมพิวเตอร์ทราบถึงค่าสถิติของสิ่งปกคลุมดินแต่ละประเภท และคอมพิวเตอร์จะจำแนกส่วนภาพตามข้อมูลตัวอย่างที่สร้างขึ้น

การแบ่งส่วนภาพเป็นกระบวนการสร้างรูปปิด หรือวัตถุเชิงภาพ จากจุดภาพเพื่อตีความและอธิบายปรากฏการณ์หรือสิ่งที่ปรากฏบนโลกจริง สามารถสร้างได้หลายเงื่อนไขและหลายวิธี โดยขั้นตอนของการสร้างวัตถุภาพ จะเริ่มจากจุดภาพจุดหนึ่งจะทำการรวมกับจุดภาพข้างเคียงที่มีคุณลักษณะสอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนดไว้ โดยพิจารณาจากการกำหนดค่าพารามิเตอร์ ได้แก่ Scale Parameter ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี (Color) และรูปร่าง (Shape) โดยรูปร่างเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเป็นปึกแผ่น (Compactness) และความเรียบเนียน (Smoothness) ประกอบรวมกันเป็นวัตถุเชิงภาพ แต่ถ้าจุดข้างเคียงที่พิจารณามีคุณลักษณะไม่สอดคล้องกับเงื่อนไขที่กำหนด จะใช้จุดดังกล่าวเป็นจุดเริ่มต้นต่อไปในการพิจารณากับจุดข้างเคียง เมื่อจุดภาพสามารถรวมกันและสร้างเป็นรูปปิดที่เรียกว่า วัตถุเชิงภาพ ได้แล้ว วัตถุเชิงภาพนั้นจะถูก

เก็บไว้ในระดับของวัตถุเชิงภาพ (Image Object Levels)เพื่อใช้แสดงผลต่อไป

1) Scale Parameterเป็นตัวกำหนดขนาดของการสร้างวัตถุเชิงภาพ จะเป็นตัวกำหนดค่าที่มากที่สุดที่ยอมให้ลักษณะที่แตกต่างกันสำหรับกำหนดเป็นวัตถุภาพ กล่าวคือ ขนาดใหญ่สุดที่จะใช้แยกความแตกต่างของพื้นที่(Region) โดยจะถูกกำหนดในรูปมาตราส่วน โดยค่า Scale Parameter น้อย ขนาดของวัตถุจะมีขนาดเล็ก ถ้าค่าScale Parameter มากขนาดของวัตถุจะมีขนาดใหญ่

2) สี (Color) และรูปร่าง (Shape) เป็นการใช้สีของจุดภาพในการพิจารณาเพื่อสร้างวัตถุเชิงภาพขึ้นมา สามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะ ได้ตั้งแต่ 0-1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% ดังสมการที่ 2-8

$$Color = 1 - Shape \quad (2\text{-}8)$$

3) รูปร่างเป็นการใช้รูปร่างของวัตถุเชิงภาพที่จะถูกสร้างขึ้นมาเป็นปัจจัยในการพิจารณาเพื่อสร้างวัตถุเชิงภาพ สามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะได้ตั้งแต่ 0-1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% ดังสมการที่ 2-9

$$Shape = Compactness + Smoothness \quad (2\text{-}9)$$

4) ความหนาแน่น (Compactness) และความราบเรียบ (Smoothness) ความหนาแน่นเป็นการพิจารณาวัตถุเชิงภาพที่จะสร้างแบบใช้ปัจจัยด้านรูปร่างที่มีลักษณะเกาะกลุ่มกันแน่น เช่น บริเวณที่มีการปลูกพืชหนาแน่น สามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะได้ตั้งแต่ 0-1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% ดังสมการที่ 2-10

$$Compactness = \beta Compactness \times Shape \quad (2\text{-}10)$$

5) ความราบเรียบ เป็นการพิจารณาวัตถุเชิงภาพที่จะสร้างแบบใช้ปัจจัยด้านรูปร่างที่มีลักษณะวางตัวสม่ำเสมอ เช่น บริเวณที่เป็นนาข้าวหนาแน่น สามารถกำหนดค่าน้ำหนักของคุณลักษณะได้ตั้งแต่ 0 - 1 ซึ่ง 1 มีค่าเทียบได้กับ 100% สมการคือ

$$Smoothness = (1- \beta Compactness) \times Shape \quad (2\text{-}11)$$

วิธีการทำงานของ Multiresolution Segmentation คือใช้ค่า Parameter ที่กำหนดมาวิเคราะห์กับจุดภาพที่สนใจจุดหนึ่ง จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบคุณลักษณะกับจุดภาพใกล้เคียง

ถ้าจุดใดคุณลักษณะใกล้เคียงกันจะถูกจัดและสร้างให้เป็นวัตถุภาพเดียวกัน แต่ถ้าจุดภาพไม่มีคุณลักษณะใกล้เคียงกันตาม Parameter ก็จะไม่ถูกสร้างเป็นวัตถุภาพเดียวกัน

2.2.5การตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก(Accuracy Assessment) คือการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลที่ได้จากการจำแนกประเภทข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเทียบกับข้อมูลอ้างอิง โดยหลักการแล้ว หลังจากได้ผลการจำแนกข้อมูลบนภาพที่ใช้ศึกษาออกมาจากเครื่องคอมพิวเตอร์ จะต้องทำการตรวจสอบความถูกต้องผลของการจำแนกที่ได้มาเสมอ โดยดูเปรียบเทียบกับตัวอย่างข้อมูลในพื้นที่

การประเมินเชิงคุณภาพ หมายถึง การตรวจสอบในเบื้องต้นว่าผลการจำแนกที่ได้ออกมามีความถูกต้องมากเพียงใด เมื่อเทียบกับตัวอย่างข้อมูลอ้างอิงของพื้นที่ซึ่งมีอยู่ โดยเน้นศึกษาความถูกต้องโดยรวมของผลการจำแนกมากกว่าจะดูถึงรูปแบบหรือสาเหตุของความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้น สำหรับการประเมินความถูกต้องมักทำโดยการเลือกพื้นที่จำนวนหนึ่งในภาพออกมาแบบสุ่ม (Random Selection) เรียกว่าเป็นพื้นที่ทดสอบ (Reference Point) แล้วเปรียบเทียบดูผลระหว่างข้อมูลที่ได้มาจากการจำแนกโดยระบบ (Classified Data) และข้อมูลอ้างอิงของพื้นที่ (Reference data) ซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบที่สำคัญคือ

1.ข้อมูลจากแผนที่ ภาพถ่ายทางอากาศ หรือภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูง ซึ่งควรจะสำรวจในช่วงเวลาใกล้เคียงกับข้อมูลบนภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ หรือที่เชื่อถือได้ว่าน่าจะมีความเหมาะสมสำหรับใช้อ้างอิงในการวิเคราะห์ความถูกต้องได้

2. ข้อมูลจากการสำรวจภาคสนาม (Ground Survey Data) ซึ่งมักมีความน่าเชื่อถือและให้รายละเอียดได้ดีกว่าพวกภาพถ่ายดาวเทียมและภาพถ่ายทางอากาศ แต่อาจจะต้องเสียเวลาและค่าใช้จ่ายมาก

การตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จะใช้การสร้างตารางเมตริกซ์ความคลาดเคลื่อน (Error Matrices) มาช่วยในการประเมินความถูกต้องของการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน โดยที่ในขั้นตอนการประเมินมีรายละเอียดดังนี้

Simple Descriptive Statistics เป็นวิธีสำรวจความถูกต้องโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามมาเปรียบเทียบกับผลการตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน จากนั้นจึงสร้างตารางค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อประเมินความถูกต้องประกอบด้วย ความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก (Producer’s Accuracy) ความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน (User’s Accuracy) และความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy)

2.2.5.1การประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการไม่จัดเข้ากลุ่ม(Producer’s Accuracy or Omission Error) หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำการจำแนกขาดหายไป พิจารณา

จากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทของการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหารด้วยจำนวนจุดตัวอย่างรวมที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง

2.2.5.2 การประเมินค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการจัดเข้ากลุ่ม (User's Accuracy or Commission Error) หรือความผิดพลาดของข้อมูลที่ทำการจำแนกเกินมา พิจารณาจากจำนวนจุดรวมที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินหารด้วยจำนวนจุดที่ได้จากการจำแนกจริง

2.2.5.3 การประเมินค่าความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) คือ การตรวจสอบความถูกต้องการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินและสิ่งปกคลุมดิน พิจารณาจากการนำเอาค่าผลรวมของจุดที่ถูกต้องทั้งหมด (N) ในตารางความคลาดเคลื่อน

ทั้งนี้ในการเลือกพื้นที่การทดสอบ (Sampling of Test Area) สำหรับใช้ประเมินค่าความถูกต้องของการจำแนกต้องคำนึงถึงตัวแปรอย่างน้อย 3 ตัวแปร คือ

- เทคนิคการคัดเลือก (Sampling Scheme) ซึ่งอาจจะสุ่มเลือกมาอย่างอิสระ (Random Sampling) หรือสุ่มตามเงื่อนไขที่ตั้งขึ้น (Systematic Sampling) เช่น เลือกตามกลุ่มข้อมูลตามสัดส่วนที่กำหนดขึ้นหรือใช้ผสมผสานกันทั้งสองแบบก็ได้

- จำนวนพื้นที่ (Number of Sample) ไม่ควรมีน้อยเกินไป อย่างน้อยควรมีประมาณ 30-50 จุดต่อกลุ่มข้อมูลเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือทางสถิติของการวิเคราะห์ข้อมูล

- ขนาดพื้นที่ (Area of Sample) ไม่ควรใหญ่หรือเล็กเกินไปและควรมีความเป็นเอกภาพของกลุ่มข้อมูลบนพื้นที่แต่ละจุดที่เลือกมากพอควร

การหาจำนวนจุดตัวอย่างที่เหมาะสม

โดยทั่วไปจำนวนพื้นที่ที่ทดสอบที่ต้องการสำหรับแต่ละกลุ่มข้อมูล ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติหนึ่ง ๆ อาจกำหนดไว้แตกต่างกันไป แต่ที่ใช้ทั่วไป คือไม่ต่ำว่า 30-50 จุดต่อกลุ่มข้อมูล หากมีพื้นที่ศึกษาใหญ่ขึ้นหรือมีจำนวนกลุ่มข้อมูลที่ต้องการจำแนกมากขึ้น สำหรับจำนวนจุดอ้างอิงทั้งหมดบนภาพ สำหรับการทดสอบความถูกต้องและระดับความเชื่อมั่นทางสถิติหนึ่ง ๆ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2-11

$$n \frac{z^2(p)(q)}{E^2} \qquad (2\text{-}11)$$

เมื่อ n คือ จำนวนจุดภาพอย่างน้อยที่สุดที่ควรใช้สุ่มตัวอย่าง

p คือ โอกาสความน่าจะเป็นที่จุดภาพนั้นน่าจะถูกต้อง

q คือค่าความแตกต่างระหว่าง 100 – p

z คือ ค่ามาตรฐานตามการแจกแจงปกติ ณ ระดับความเชื่อมั่นที่กำหนด (95%)

แนวคิดดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI)

Rouse et al. (1974) กล่าวว่า ค่าดัชนีพืชพรรณเป็นค่าดัชนีที่ใช้หาความสัมพันธ์ของพืชพรรณที่ปกคลุมบนพื้นผิวโลกและยังใช้ค่าดัชนีนี้มาประยุกต์ เพื่อหาค่ามวลชีวภาพ โดยความถูกต้องของค่าดัชนีพืชพรรณจะมีค่าความคลาดเคลื่อนอันเนื่องมาจากชั้นบรรยากาศซึ่งดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณจะผันแปรไปตามการเปลี่ยนแปลงของความลาดชันทิศด้านลาดและปัจจัยแวดล้อมภูมิอากาศอื่นๆด้วยและยังมีความสัมพันธ์กับสัดส่วนของการดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ในกระบวนการสังเคราะห์แสง ซึ่งมาจากการสะท้อนแสงในชั้นบรรยากาศของช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้และช่วงคลื่นสีแดง โดยค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง 1 โดยที่ค่า NDVI เข้าใกล้ 1 จะแสดงถึงพืชพรรณที่หนาแน่น ขณะที่ในทะเลทรายหรือบริเวณที่ไม่มีพืชพรรณจะมีค่า NDVI เข้าใกล้ 0 หรือ -1ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 ค่า NDVI ในช่วงคลื่นต่าง ๆ (Holben, 1986)

รูปแบบของสิ่งปกคลุมดิน	Red Band	NIR Band	NDVI
พืชปกคลุมหนาแน่น	0.100	0.500	0.700
พื้นที่เปิดโล่ง	0.269	0.283	0.025
เมฆ	0.227	0.228	0.002
หิมะและน้ำแข็ง	0.375	0.342	-0.046
น้ำ	0.022	0.013	-0.257

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

1. นิยามและความหมายระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ประกอบด้วยคำ 2 คำ คือ “ระบบสารสนเทศ” และคำว่า “ภูมิศาสตร์” เป็นคำคุณศัพท์ของคำว่า “ภูมิศาสตร์” ซึ่งสุวิทย์ อ๋องสมหวัง(2542) ได้ให้คำจำกัดความไว้ว่าระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือ ระบบสำหรับนำเข้า การเก็บ การเปลี่ยนแปลง การวิเคราะห์และการแสดงผลทางข้อมูลภูมิศาสตร์หรือข้อมูลเชิงพื้นที่ (Spatial Data) โดยนำข้อมูลเหล่านี้แสดงในลักษณะของจุด เส้นและพื้นที่รูปปิด ที่ควบคู่กันไป ข้อมูลคุณลักษณะ (Attribute) ซึ่งแสดงลักษณะเฉพาะตัวของแต่ละรูปแบบ

สุระ พัฒนเกียรติ(2546) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ หมายถึง เครื่องมือหรือวิธีการที่ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพในการจัดเก็บข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล ตลอดจนการแสดงผลข้อมูลจากสภาพความเป็นจริงด้วยการอ้างอิงจุดพิกัดทางภูมิศาสตร์ เพื่อนำไปใช้ในวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป โดยข้อมูลอ้างอิงภายใต้จุดพิกัดเดียวกัน จะเป็นข้อมูลทั้งในรูปของข้อความรูปภาพ โดยถูกสร้างให้มีความเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ

กล่าวโดยสรุประบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ คือระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ที่ได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพ เพื่อใช้สำหรับจัดการข้อมูลเชิงพื้นที่และข้อมูลเชิงคุณลักษณะให้สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามวัตถุประสงค์อย่างถูกต้องตามลักษณะพื้นที่จริง และมีความเชื่อมโยงอย่างเป็นระบบ สามารถใช้เป็นตัวแทนพื้นที่จริงในการศึกษาเพื่อให้มีทางเลือกประกอบการตัดสินใจ

2. การประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

เนื่องจากข้อมูลสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ให้ความถูกต้องในทางตำแหน่งสูง สามารถช่วยผู้วิเคราะห์แปลความหมายข้อมูลสนเทศที่ปรากฏในภาพได้ดียิ่งขึ้นและเพิ่มความถูกต้องเมื่อนำมาใช้ในการจำแนกประเภทข้อมูลจากการรับรู้จากระยะไกลและเกิดความทันสมัยมากขึ้น ทำให้การแปลภาพง่ายและอาจเพิ่มความถูกต้องมากขึ้น ซึ่งข้อมูลที่นำมารวมเข้าด้วยกันนั้นมากจากหลายแหล่งได้โดยไม่จำกัดวิธีการรวมเข้าด้วยกัน สามารถรวมข้อมูลหลายช่วงเวลาเข้าด้วยกัน(Multi-temporal Data Merging) และรวมภาพข้อมูลเข้ากับข้อมูลเสริม(Merging of Image Data With Ancillary Data) ตลอดจนสามารถรวมเข้ากับข้อมูลแผนที่ภูมิประเทศได้อีกด้วย

ระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS)

GPS มาจากคำว่า Global Positioning System คือระบบกำหนดตำแหน่งบนโลกด้วยดาวเทียมซึ่งควบคุมโดยกระทรวงกลาโหมของสหรัฐอเมริกา (U.S. Department Of Defense:DOD) เป็นระบบที่มีการใช้งานหลากหลาย และครอบคลุมไปทั่วโลก GPS มีสัญญาณความถี่พิเศษจากดาวเทียมเพื่ออ้างอิงให้กับส่วนภาคพื้นดิน ทำให้ทราบถึงพิกัด ตำแหน่งเวลา ทิศทางและความเร็วของตัวรับสัญญาณ (Receiver)ตัวนั้นได้ทำให้เป็นประโยชน์อย่างยิ่งสำหรับองค์กรหรือหน่วยงานที่ต้องการตรวจ สอบหาตำแหน่งของบุคคลหรือยานพาหนะบันทึกเส้นทางการเดินทางบนแผนที่จริง ใช้เป็นเครื่องมือนำทาง (Navigator) เป็นต้น ระบบ GPS เป็นระบบเดียวในโลกที่สามารถจะแสดงตำแหน่งที่อยู่ที่แน่นอนว่าอยู่ตำแหน่งใดบนพื้นโลกได้ตลอดเวลา และเกือบทุกสภาพอากาศ โดยใช้ดาวเทียมกว่า 27 ดวงโคจรรอบโลก อยู่ในชั้นบรรยากาศสูงกว่า 20,200 กิโลเมตร ดาวเทียมนั้นจะมีอยู่ 6 ระนาบ ระนาบละ 4 ดวง ทำมุมเอียง 55 องศา ดาวเทียมทุกดวงจะถูกควบคุมจากสถานีภาคพื้นดินตลอดเวลา

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Robert L. Huguenin, Mark A. Karaska,Donald Van Blaricom, and John R.Jensen , (1997) ได้วิเคราะห์หาพื้นที่เพาะปลูกต้นสนและไม้ยาง ด้วยข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ในบริเวณรัฐเซาท์แคโรไลนา พบว่าข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT สามารถจำแนกพื้นที่ปลูกต้นสนและไม้ยางจากบริเวณที่เป็น Mixed-Pixels ได้เป็นอย่างดี ซึ่งมีจุดภาพจำนวน 200 จุดภาพที่มีการทำการสำรวจภาคสนามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องหลังการจำแนก พบว่า ความถูกต้องในการจำแนกต้นสนประมาณร้อยละ 89และไม้ยางประมาณร้อยละ 91อีกทั้งเจ้าหน้าที่ฝ่ายสำรวจเปิดเผยว่า พืชทั้งสองชนิดนี้ประสบผลสำเร็จจากการจำแนกประเภท ทั้งส่วนที่ปรากฏเป็นพื้นที่ใหญ่และพื้นที่ที่ปะปนกับน้ำและพืชชนิดอื่นๆ อีกด้วยนักวิเคราะห์ด้าน Remote Sensing จะพบปัญหาในเรื่อง Mixed-Pixel เพราะไม่สามารถแยกแยะส่วนประกอบที่สนใจในแต่ละจุดภาพได้ การจำแนกประเภทแบบดังเดิมจะสามารถจำแนกชนิดของต้นไม้ได้เท่านั้น แต่ไม่สามารถชี้เฉพาะถึงองค์ประกอบของวัตถุแต่ละชนิดจาก Instantaneous Field of View (IFOV) ของเครื่องมือตรวจจับที่ติดไว้บนดาวเทียมได้

กระบวนการของการจำแนกแบบละเอียดกว่าจุดภาพ คือ การค้นหาเพื่อชี้เฉพาะถึงวัตถุที่สนใจภายในจุดภาพหนึ่งที่มีการผสมผสานกันกับวัตถุประเภทอื่น และอธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคดังกล่าวข้างต้น โดยจะจำแนกพื้นที่ชั้นแฉะที่มีการปลูกป่าสนและไม้ยางจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT สุดท้ายการทำ Accuracy Assessment จะทำโดยใช้เครื่องมือ GPS ในการตรวจสอบความถูกต้องจำนวน 200 จุดภาพและทำการเปรียบเทียบกับการจำแนกแบบดั้งเดิมด้วย

Boudeau, E. R., Huguenin, R.L and Karaska. M.A. (1996) ได้ทำการนอร์แมลไลซ์ภาพ (Scene Nomalization) เนื่องจากสภาพของชั้นบรรยากาศและความสว่างเป็นอุปสรรคต่อการวิเคราะห์การสะท้อนพลังงานในภาพดาวเทียม ฟังก์ชันการทำงานในการจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพ จึงมีการปรับแก้ค่าชั้นบรรยากาศ โดยปรับแก้ค่ามุมของดวงอาทิตย์โดยตรงจากภาพดาวเทียมโดยปราศจากการจำลองข้อมูล เทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพ ใช้ค่าความเข้มและความสว่างของพื้นผิววัตถุในการจำแนกและการแผ่รังสีในชั้นบรรยากาศ องค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละจุดภาพแสดงรายละเอียดของข้อมูลที่สามารถสะท้อนค่าผิดเพี้ยนของสีวัตถุได้จากความสว่างของดวงอาทิตย์ ความสว่างของท้องฟ้า ซึ่งค่าสะท้อนต่างๆเหล่านี้จะทำให้ค่าของการแผ่รังสีในชั้นบรรยากาศมีความผิดเพี้ยนไป การตรวจหาวัตถุที่สนใจแบบอัตโนมัติสามารถเลือกใช้ข้อมูลดาวเทียม ข้อมูลหลายช่วงคลื่นที่ติดกับอากาศยานและข้อมูลแบบหลายช่วงคลื่น (Hyperspectral) ซึ่งข้อมูลทุกประเภทจะให้ผลที่แตกต่างกัน เป็นหนึ่งในหลักเกณฑ์ที่จำกัด

ประสิทธิภาพการทำงานในอดีตสำหรับการเทียบวัดสภาพชั้นบรรยากาศ ความสว่าง และลักษณะของเครื่องมือตรวจหาวัตถุที่สนใจ

Huguenin R.L. (1994) จำแนกประเภทของป่าสน 2 ประเภทคือ สนใบยาวและสนลอบโบลลี่ ซึ่งในบริเวณพื้นที่ป่าสนนั้นมีวัตถุอื่นปะปนอยู่ เช่น หญ้า ป่าไม้ผลัดใบ เป็นต้น มีลักษณะเหมือนกับพื้นที่ป่าโดยทั่วไป ซึ่งไม่สามารถใช้วิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลได้อย่างไรก็ตามจากผลความสำเร็จด้วยการจำแนกประเภทป่าทั้ง 2 ที่กล่าวมานี้ ทุกจุดภาพจะต้องผ่านขั้นตอนการบ่งชี้ส่วนที่เป็นวัตถุพื้นหลังและจุดภาพส่วนนั้นจะถูกกำจัดออกไปจากภาพ ดังนั้นค่าสะท้อนส่วนที่เหลือ จึงเป็นตัวแทนของวัตถุที่สนใจซึ่งในที่นี้คือป่าสน การจำแนกประเภทข้อมูลด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพ จะใช้ค่าสะท้อนของวัตถุที่สนใจ ค้นหาในทุกๆจุดภาพแบบอัตโนมัติโดยเริ่มจากใช้ความแตกต่างของลายเซ็นต์เชิงคลื่นที่ใช้อ้างอิง (Reference Signature) ไปยังคุณลักษณะของวัตถุพื้นหลัง ซึ่งคุณลักษณะของวัตถุพื้นหลังนี้จะถูกใช้เพื่อทำการเลือกจุดภาพแบบอัตโนมัติจากภาพดาวเทียม จะเรียกจุดภาพที่เลือกขึ้นมาว่าพื้นหลังเปรียบเทียบ (Candidate Background) นอกจากนั้นจะถูกใช้เพื่อประมาณจำนวนจุดภาพของวัตถุพื้นหลังที่จะถูกประมวลผลและระหว่างการประมวลผลและจะได้ค่าความคลาดเคลื่อนคงเหลืออยู่ของช่วงคลื่น (Residual Spectrum) ที่มีค่าใกล้เคียงกับ Reference Signature มากที่สุด ถ้าค่า Residual Spectrum ตกอยู่ภายในกลุ่มที่ยอมรับได้ (Tolerance) ที่กำหนดจุดภาพนั้นจะถูกจัดว่ามีวัตถุที่สนใจอยู่หากค่า Residual Spectrum เกินจาก Tolerance จุดภาพนั้นจะถูกจัดว่าไม่มีวัตถุที่สนใจอยู่

Gary Moll. (1999) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของพืชที่ปกคลุมดินโดยหน่วยงานด้านป่าไม้ของเมือง Bellevue รัฐวอชิงตัน ดีซี และใช้ซอฟต์แวร์ทางด้าน GIS และ Remote Sensing เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลจากภาพดาวเทียมเริ่มตั้งแต่ปี ค.ศ. 1972 ถึงปี ค.ศ. 1996 ขณะนั้นภาพดาวเทียมที่ใช้คือภาพLANDSAT ระบบ MSS ซึ่งข้อมูลมีรายละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 80เมตร และต่อมารับภาพLANDSAT ระบบ TM ข้อมูลมีรายละเอียดเชิงพื้นที่ประมาณ 30 เมตร ดังนั้นผู้วิเคราะห์ข้อมูลจึงต้องใช้เครื่องที่จะช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลลึกลงไปถึงระดับละเอียดกว่าจุดภาพ จึงได้นำเอาการจำแนกข้อมูลด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพมาใช้และสามารถจำแนกพืชปกคลุมดินออกมาถึง 9 ประเภท ตลอดจนผลลัพธ์ที่เป็นข้อมูลยืนยันการสูญเสียพืชปกคลุมดินไปในช่วงเวลา 24 ปี

M.N. Suratman et al. (2002) ได้ศึกษาเพื่อตรวจสอบสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมกับพื้นที่ปลูกยางพาราและประเมินพื้นที่ปลูกยางพาราและพื้นที่ปลูกยางพาราที่สามารถให้ผลผลิตแล้วในประเทศมาเลเซียซึ่งทำการสุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มประชากรแบบจำลองและกลุ่มประชากรที่เป็นข้อมูลพื้นฐานและหาความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์แบบ Regression Analyses

เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างพื้นที่ปลูกและภาพถ่ายดาวเทียมในแต่ละแบนด์ ซึ่งผลการศึกษา พบว่า ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM มีความสัมพันธ์กับพื้นที่ปลูกยางพาราอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01 (I2= 0.79) และเมื่อตรวจสอบความถูกต้องจากการจำแนกพื้นที่ปลูกยางพาราพบว่า มีความถูกต้อง 95 % ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM สามารถเป็นภาพถ่ายที่สามารถนำมาประเมินพื้นที่ปลูกยางพาราและพื้นป่าไม้ได้เป็นอย่างดี

Hongmei et al. (2007) ได้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ที่บันทึกภาพปี ค.ศ. 1976,ค.ศ.1988 และค.ศ.2003 ตามลำดับ ติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินจากพื้นที่ป่าไม้เป็นพื้นที่ปลูกยางพาราในมลฑลสิบสองปันนา ของประเทศจีน ซึ่งการเพิ่มขึ้นของพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นสาเหตุสำคัญให้เกิดปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าไม้โดยเฉพาะพื้นที่ป่าดิบชื้นและความหลากหลายทางชีวภาพลดลงเป็นอย่างมาก โดยการจำแนกภาพถ่ายดาวเทียมด้วยวิธีกำกับดูแลแบบความน่าจะเป็นไปได้สูงสุดพบว่า ในปีค.ศ.1976 มีผืนป่าครอบคลุมประมาณร้อยละ 70ของพื้นที่แต่ในปี 2003 พื้นที่ป่าไม้ลดลงเหลือเพียงร้อยละ 50 ของพื้นที่ โดยพื้นที่ป่าดิบชื้นได้หายไปถึง 139,576 เฮกตาร์และได้ตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนกซึ่งมีค่ามากกว่าร้อยละ 90

Shankar et al. (2008) ได้ทำการศึกษาเพื่อประเมินพื้นที่ปลูกยางพาราในอำเภอ Kottayam รัฐ Kerala ประเทศอินเดีย ซึ่งเป็นแหล่งผลิตยางพาราที่สำคัญของประเทศ โดยการวิเคราะห์ได้อาศัยเทคโนโลยีการรับรู้จากระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ ซึ่งภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้คือภาพถ่ายดาวเทียม IRS P6 บันทึกข้อมูลในปีค.ศ. 2005 และวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางด้วยวิธี Supervised Classification Maximum Likelihood จากนั้นนำพื้นที่ที่ได้มาเปรียบเทียบกับแผนที่ดินเพื่อบอกถึงความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกพืชและพร้อมทั้งเปรียบเทียบกับความลาดชันของพื้นที่ด้วยผลการศึกษาพบว่าอำเภอ Kottayam มีพื้นที่ปลูกยางพาราที่มีอายุมากกว่า 4 ปี ประมาณ 66,105.67 เฮกตาร์ ส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่ที่มีความเหมาะสมปานกลางและพื้นที่เหมาะสมมาก พื้นที่ปลูกร้อยละ 49อยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันและร้อยละ 5-15อยู่ในพื้นที่ที่มีความลาดชันเหมาะสม ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่สามารถสนับสนุนการวางแผนการใช้ที่ดินและการอนุรักษ์ดิน

วิลาสลักษม์ รอดโฉม (2546) ได้ศึกษาวิธีการจำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่นขนาดเล็กด้วยเทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพ กับภาพดาวเทียม LANDSAT-7 ETM Plus บันทึกภาพเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ปี พ.ศ. 2546 Path-Row 141-047 ในพื้นที่อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ ผู้ปลูกฝิ่นพยายามหลีกเลี่ยงการตรวจพบ โดยใช้วิธีการปลูกหลายรูปแบบ เช่นแบ่งแปลงย่อยปลูกฝิ่นในช่วงเวลาต่อเนื่องกัน ปลูกเป็นแปลงขนาดเล็กปะปนอยู่กับพืชชนิดอื่น และปลูกฝิ่นนอกฤดู โดยอาศัยเทคนิคการให้น้ำที่เหมาะสม เป็นต้น ในการจำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่นด้วยเทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพเริ่มด้วยการจัดทำ Pure Signature ของแปลงฝิ่นเพื่อจะนำไปใช้เป็นตัวแทนของ

วัตถุที่ต้องการจำแนกมีขั้นตอนการกำจัดค่าวัตถุพื้นหลัง การปรับแก้ความผันแปรในชั้นบรรยากาศ การหาค่าสะท้อนของวัตถุที่สนใจและการจำแนกข้อมูล สุดท้ายใช้ค่าตัวแปรที่กล่าวข้างต้นทั้งหมดมาใช้จำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่น ผลลัพธ์ที่ได้แสดงในรูปแบบของอัตราส่วนที่พบวัตถุที่สนใจพร้อมกับมีตารางเชิงบรรยายประกอบ ในศึกษาได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากวิธีการจำแนกประเภทแบบกำกับดูแล และเทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพ พบว่าการจำแนกพื้นที่ปลูกฝิ่นด้วยเทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพสามารถตรวจหาพื้นที่ปลูกฝิ่นได้แม่นยำกว่าคิดเป็นร้อยละ 89ส่วนการจำแนกแบบกำกับดูแลคิดเป็นร้อยละ 72

เนาวรัตน์ ชัยชาติ (2546) ได้ศึกษาการจำแนกภาพแบบละเอียดกว่าขนาดจุดภาพเพื่อตรวจหาวัตถุที่สนใจในภาพหลายช่วงคลื่น และจุดภาพมีวัตถุที่สนใจขนาดเล็กกว่าขนาดจุดภาพผสมอยู่ โดยวิเคราะห์วิธีการจำแนกภาพแบบละเอียดกว่าจุดภาพด้วยซอฟต์แวร์เชิงพาณิชย์ และประเมินผลความถูกต้องเปรียบเทียบกับวิธีจำแนกแบบความเป็นไปได้สูงสุด และเพื่อให้มีการใช้ประโยชน์จากภาพดาวเทียมรายละเอียดปานกลางอย่างมีประสิทธิภาพ ข้อมูลที่ใช้วิเคราะห์สร้างจากค่าสถิติ DN ของวัตถุของภาพ LANDSAT-5 TM ที่จำแนกและตรวจสอบความถูกต้องแล้ว ด้วยการสุ่มตัวเลข สร้างเป็นภาพจำลองต้นฉบับ 7 ช่วงคลื่น 9ประเภทวัตถุ ทำการคำนวณจัดค่า DN และรายละเอียดภาพให้หยาบลงด้วยวิธี Linear spectral unmixing เป็นภาพระดับ 2 และ 3 ตามลำดับ แล้วนำภาพทั้งสามไปทำการจำแนกและตรวจสอบความถูกต้อง ผลการวิจัยพบว่า ศักยภาพของซอฟต์แวร์ที่ใช้ในการจำแนกแบบละเอียดกว่าขนาดจุดภาพ บนภาพจำลองได้ผลลัพธ์ไม่ดีเท่าวิธีความเป็นไปได้สูงสุด

ประชา อินทร์แก้ว ประเทือง จินตสกุล และวาสนา ภานุรักษ์ (2547) ได้ประยุกต์ดัชนีพืชพรรณในการจำแนกข้อมูลดาวเทียมเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำตะคลองตอนล่างการวิจัยครั้งนี้มีสองวัตถุประสงค์ 1) จำแนกข้อมูลดาวเทียม 2 ช่วงเวลาโดยใช้ดัชนีพืชพรรณ 2) เปรียบเทียบผลการจำแนกเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินข้อมูลดาวเทียมที่ใช้ในในการวิจัยเป็นดาวเทียมLANDSAT5 ระบบ TM ปี พ.ศ. 2537 และดาวเทียม LANDSAT 7 ระบบ ETM+ ปี พ.ศ. 2536 ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetable Index: NDVI) สามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณลุ่มน้ำตะคองออกเป็น 5 ประเภทคือ ที่ดินเป็นสิ่งปลูกสร้าง (เมือง/ชุมชน/สาธารณูปโภค) ที่ดินนาข้าว ที่ดินปลูกมันสำปะหลัง ที่ดินป่าไม้และที่ดินแหล่งน้ำ ทั้งนี้การเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดินระหว่างปี พ. ศ. 2537-2546 ที่มีสิ่งปลูกสร้างและที่ดินป่าไม้ที่มีพื้นที่เพิ่มขึ้น ส่วนที่ดินนาข้าว ที่ดินปลูกมันสำปะหลังและที่ดินแหล่งน้ำมีพื้นที่ลดลง เมื่อนำแผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินไปใช้ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถบอกได้ว่าที่ดินที่มีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นและเปลี่ยนแปลงลดลง

อยู่ในเขตการปกครองใดและสามารถวิเคราะห์ร่วมกับชั้นข้อมูลเชิงพื้นที่อื่น ๆ ได้

คติวิชกันธา (2548) ได้ศึกษาการแพร่กระจายและการยอมรับการปลูกยางพาราของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา มีวัตถุประสงค์ 3 ประการคือ 1) เพื่อศึกษาการแพร่กระจายของพื้นที่และปัจจัยที่สนับสนุนและเป็นอุปสรรคในการปลูกยางพาราของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา 2) เพื่อศึกษาเปรียบเทียบการยอมรับและปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการยอมรับและไม่ยอมรับการปลูกยางพาราของเกษตรกรบ้านน้ำมิน ตำบลแม่ลาว อำเภอเชียงคำ และบ้านสา ตำบลทุ่งกล้วย กิ่งอำเภอภูซาง จังหวัดพะเยา และ 3) เพื่อประยุกต์ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และข้อมูลระยะไกลในการวิเคราะห์หาพื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราในจังหวัดพะเยา โดยใช้วิธีการศึกษาในเชิงประวัติและเชิงพื้นที่ ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษาได้รวบรวมข้อมูลทางสถิติของเกษตรกรที่ปลูกยางพาราในจังหวัดพะเยาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2534 - 2546 และเกษตรกรที่จะปลูกยางพาราในปี พ.ศ. 2547– 2549 โดยเข้าร่วมโครงการปลูกยางพารากับรัฐบาล การเก็บแบบสอบถามจากเกษตรกร 2 กลุ่มได้แก่ เกษตรกรที่ปลูกยางพาราและเกษตรกรที่ไม่ปลูกยางพารา และการรวบรวมข้อมูลจากกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม กรมพัฒนาที่ดิน กรมอุตุนิยมวิทยา และกรมป่าไม้ ในการหาพื้นที่ที่มีศักยภาพเหมาะสมสำหรับการปลูกยางพาราของจังหวัดพะเยาในอนาคตผลของการศึกษาพบว่า รูปแบบการแพร่กระจายของพื้นที่ปลูกยางพาราในจังหวัดพะเยาเป็นแบบสุ่ม เนื่องจากพื้นที่ปลูกยางพาราไม่ได้ขยายออกไปยังอำเภออื่นๆ ที่อยู่ติดกับอำเภอเมืองซึ่งเป็นพื้นที่เริ่มต้นของการปลูกยางพารา แต่มีการขยายออกไปยังกิ่งอำเภอภูซางที่อยู่ไกลกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากการยอมรับการส่งเสริมการปลูกยางพาราของผู้นำชุมชนที่มาจากพ่อค้าภายในจังหวัดส่วนรูปแบบการแพร่กระจายในระดับหมู่บ้านก็พบว่าเป็นแบบสุ่มเหมือนกัน สำหรับปัจจัยที่สนับสนุนการแพร่กระจายของพื้นที่ปลูกยางพาราเป็นปัจจัยทางด้านเศรษฐกิจ เช่น ราคาตกต่ำ

พิชณะ คงยั่งยืน ณรงค์ พลีรักษ์สุพรรณ กาญจนสุธรรมและ แก้ว นวลฉวี (2558) ได้ศึกษาเรื่องการติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกยางพาราในจังหวัดจันทบุรี และได้ใช้เทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ (Object Base Image Analysis) ร่วมกับค่าดัชนี NDVI จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ในปี พ.ศ. 2548 และ 2552 และข้อมูลจากดาวเทียม HJ-1A (SMMS) ในปี พ.ศ. 2556 โดยแบ่งการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 2 ประเภทได้แก่ พื้นที่เพาะปลูกยางพารา และพื้นที่อื่นๆ ผลจากการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก พบว่า ในปี พ.ศ. 2548, 2552 และ 2556 มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 81.08, 83.78 และ 83.87 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ณรงค์ พลีรักษ์ (2559) ได้ประเมินความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะปลูกยางพาราของจังหวัดระยอง ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ และได้จำแนกเพาะปลูกยางพาราออกจากพื้นที่เพาะปลูกปาล์มน้ำมันและพื้นที่อื่น ๆ ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ ร่วมกับค่าดัชนีพืชพรรณ

NDVI จากข้อมูลจากดาวเทียม HJ-1A(SMMS) พบว่า จังหวัดระยองมีพื้นที่เพาะปลูกยางพารารวม 722,265 ไร่ โดยเพาะปลูกในพื้นที่เหมาะสมปานกลางมากที่สุด เท่ากับ 285,757 ไร่ ส่วนพื้นที่เพาะปลูกยางในพื้นที่ไม่เหมาะสม มีพื้นที่เท่ากับ 55,868 ไร่ และผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ พบว่า มีค่าความถูกต้องโดยรวมเท่ากับ 76.58 เปอร์เซ็นต์ และพื้นที่ปลูกยางพารามีค่าความถูกต้องของผู้จำแนก Producer's Accuracy เท่ากับ 78.31 เปอร์เซ็นต์

จากการทบทวนเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การนำข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินหรือสิ่งปกคลุมดินได้ถูกนำมาใช้งานอย่างแพร่หลาย ทั้งทางด้านป่าไม้และเกษตรกรรม โดยการนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ในแต่ละ Series มาจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารานั้นได้รับความนิยมค่อนข้างมากซึ่งพบว่ามีวิธีการจำแนกที่แตกต่างกัน ได้แก่ วิธีการจำแนกแบบควบคุมและวิธีการจำแนกแบบไม่ควบคุม รวมถึงวิธีการจำแนกเชิงวัตถุซึ่งนิยมนำมาใช้กันในปัจจุบันและตรงกับการวิจัยในครั้งนี้ นอกจากนี้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ยังเป็นข้อมูลที่สามารถนำมาใช้ได้โดยไม่เสียค่าใช้จ่ายและมีจำนวนช่วงคลื่นจำนวน 11 ช่วงคลื่น ให้เลือกใช้งาน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้ผู้ศึกษาจึงเลือกที่จะนำข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 มาใช้ในการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุเพื่อให้การศึกษาดำเนินการลุล่วงต่อไป

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเทคนิคการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ (Object Base Classification) เป็นการประยุกต์การรับรู้จากระยะไกล ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา คือ 1. การแบ่งส่วนภาพ 2. การกำหนดคุณลักษณะของวัตถุ 3. การสร้างพื้นที่ตัวอย่าง 4. การจำแนกข้อมูลแบบ Nearest Neighbor และ 5. การประเมินความถูกต้องของการจำแนก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

อุปกรณ์ใช้ในการวิจัย

1. ฮาร์ดแวร์

1.1 คอมพิวเตอร์โน๊ตบุ๊ค Windows7 Home premium (64-bit)

1.2 กล้องถ่ายรูปดิจิทัล

1.3 เครื่องพิมพ์ HP deskjet

1.4 เครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS)

2. ซอฟท์แวร์

2.1 โปรแกรมคอมพิวเตอร์ ArcGIS 10 สำหรับวิเคราะห์ข้อมูลและแสดงผลแผนที่จากคณะภูมิสารสนเทศศาสตร์

2.2 โปรแกรม eCognition Developer สำหรับจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ จากสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)

2.3 โปรแกรม Microsoft Office สำหรับสรุปผลและนำเสนอผลการวิจัย จากสำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัย

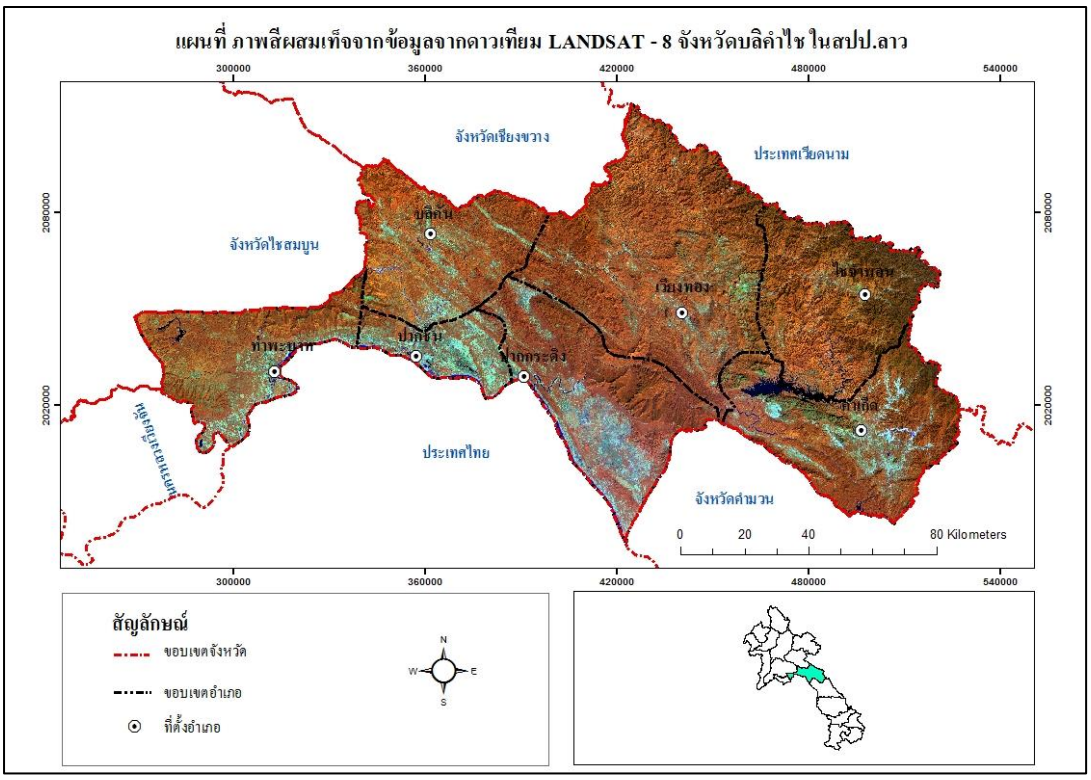
1. ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ Operational Land Imagery (OLI) รายละเอียดภาพ 30 เมตร บันทึกข้อมูลระหว่างวันที่ 1 มกราคม ถึง 30 เมษายน ปี พ.ศ. 2558 ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดบลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จากเว็บไซต์ http://Earthexplorer.usgs.gov รายละเอียดดังตารางที่ 3-1

2. ข้อมูลแผนที่ขอบเขตการปกครองของประเทศได้จากกรมแผนที่แห่งชาติลาว

3. ข้อมูลแผนที่อ้างอิง (Reference Map) ที่ใช้ในการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิตได้จากกรมแผนที่แห่งชาติลาว

ตาราง 3-1 ข้อมูล Path/Row ของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8

ลำดับที่	ตำแหน่ง Path	ตำแหน่ง Row	บันทึกข้อมูลวันที่
1	127	47	22/01/2015
2	127	48	07/02/2015
3	128	47	18/03/2015



ภาพที่ 3-1 ภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT- 8 จังหวัดบลิคำไซ

ขั้นตอนการศึกษา

1. การเตรียมข้อมูลการประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม

1.1 การรวมแบนด์ (Composite Band) ภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ OLI โดยใช้ช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (0.43-0.45 ไมโครเมตร) ช่วงคลื่นสีเขียว (0.45-0.51 ไมโครเมตร) ช่วง

คลื่นแดง (0.64-0.67 ไมโครเมตร) ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (0.85-0.88 ไมโครเมตร) และช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น 1 (1.57-1.65 ไมโครเมตร) รวมจำนวน 6 ช่วงคลื่น

1.2 การต่อภาพถ่ายดาวเทียม (Mosaic Image) ในตำแหน่งที่ครอบคลุมจังหวัดบลิคำไช ให้เป็นผืนภาพเดียวกัน

1.3 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของภาพถ่ายดาวเทียมด้วยข้อมูลแผนที่แบบอ้างอิงภาพสู่แผนที่ (Image to Map) โดยอ้างอิงหมุดหลักฐาน WGS 1984 แบบ UTM zone 48N

1.4 การตัดภาพ (Clip Image) จากขั้นตอนที่ 1.2 ด้วยขอบเขตการปกครองของจังหวัดบลิคำไช

1.5 การผสมสีภาพ (Image Color Composite) ภาพถ่ายจากดาวเทียมแบบภาพสีผสมเท็จด้วย เพื่อเน้นให้พืชพรรณมีสีแดง ด้วยช่วงคลื่นดังต่อไปนี้

1.5.1 สีแดง : ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR Band)

1.5.2 สีเขียว : ช่วงคลื่นอินฟราเรดสั้น 1 (SWIR-1 Band)

1.5.3 สีน้ำเงิน : ช่วงคลื่นสีแดง (Red Band)

2. การจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมด้วยสายตา ภายใต้พื้นที่ทดสอบขนาด 100 ตารางกิโลเมตร จากภาพถ่ายดาวเทียมรายละเอียดสูงเพื่อใช้เป็นข้อมูลสำหรับเปรียบเทียบและตรวจสอบความถูกต้องพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ โดยจะต้องคำนึงถึงองค์ประกอบสำคัญ 8 ประการ ได้แก่ 1) รูปร่าง 2) รูปแบบการจัดเรียง 3) ความเข้มของสีและสี 4) ที่ตั้ง 5) ขนาด 6) เนื้อภาพ 7. ความสูง 8) สิ่งแวดล้อมข้างเคียง

3. การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ

3.1 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation) ด้วยเทคนิคการแบ่งส่วนภาพถ่ายดาวเทียมแบบ Multiresolution Segmentation โดยวิเคราะห์จากลักษณะความเป็นเนื้อเดียวกันของภาพ ดังภาพที่ 3-1 และจะต้องมีการกำหนดค่า Scale Parameter, Shape และ Compactness ซึ่งมีขั้นตอนการทดลองภายใต้พื้นที่ทดสอบขนาด 100 ตารางกิโลเมตร เพื่อเลือกค่าที่พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งส่วนภาพดังต่อไปนี้ (นุชนาฏ บัวศรี, 2559)

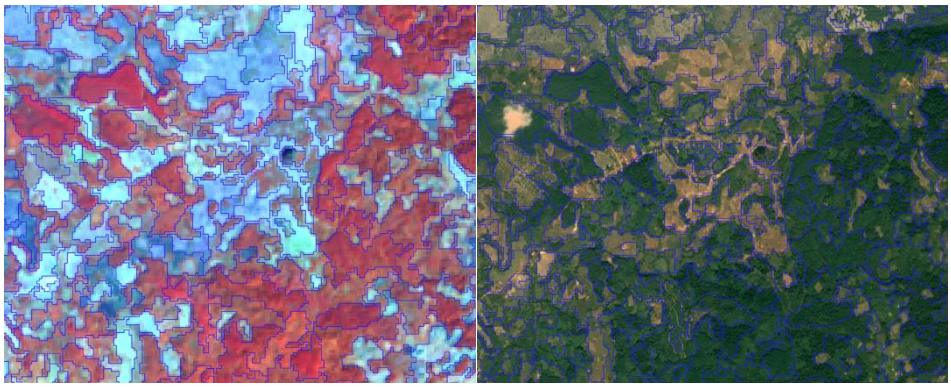
3.1.1 การกำหนดค่า Scale Parameter เป็น 300 250 200 180 150 100 และ 75 ตามลำดับ และกำหนดค่า Shape และ Compactness เท่ากับ 0.5 ไม่มีการเปลี่ยนแปลง เพื่อดูขนาดของวัตถุที่มีผลต่อการแบ่งส่วนภาพ พบว่าค่าที่มีความเหมาะสมเท่ากับ 75 100 และ 150

3.1.2 การกำหนดค่า Shape และค่า Compactness เท่ากับ 0.5 และ 0.1 ดังค่าโดยปริยาย (Default) ของโปรแกรมและเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 โดยให้ค่า Scale Parameter

คงที่เท่ากับ 75

3.1.3 การกำหนดค่า Shape และค่า Compactness เท่ากับ 0.5 และ 0.1 ดังค่าโดยปริยายของโปรแกรมและเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 โดยให้ค่า Scale Parameter คงที่เท่ากับ 100

3.1.4 การกำหนดค่า Shape และค่า Compactness เท่ากับ 0.5 และ 0.1 ดังค่าโดยปริยายของโปรแกรมและเพิ่มขึ้นครั้งละ 0.2 โดยให้ค่า Scale Parameter คงที่เท่ากับ 150



(ก) (ข)

ภาพที่ 3-2 ส่วนภาพที่ได้จากวิธี Multiresolution Segmentation บนภาพสีผสมเท็จ (ก) และภาพสีธรรมชาติ (ข)

3.2 การกำหนดคุณลักษณะของวัตถุ (Object Feature) ด้วยการกำหนดค่าเฉลี่ยเลขคณิตและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของแต่ละช่วงคลื่น ร่วมกับค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI เป็นค่าเกณฑ์ (Threshold) ในการจำแนกคุณลักษณะของวัตถุหรือส่วนภาพและสามารถคำนวณหาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ได้จากสมการที่ 3-1

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{Red}}{\rho_{NIR} + \rho_{Red}} \quad (3\text{-}1)$$

เมื่อ NDVI คือ ดัชนีพืชพรรณ

ρ_{NIR} คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้

ρ_{Red} คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดง

ρ คือ ค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นที่ได้จากการแปลงค่าเชิงเลข (Digital Number: DN) จำนวน 16 บิต สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3-2 (USGS, 2013)

$$\rho_\lambda = M_\rho Q_{cal} + A_\rho \quad (3\text{-}2)$$

เมื่อ M_ρ คือ ค่า Reflectance Multi Band มีค่าคงที่เท่ากับ 0.00002

A_ρ คือ ค่า Reflectance Add Band มีค่าคงที่เท่ากับ -0.1

Q_{cal} คือ ค่าเชิงเลขของแต่ละจุดภาพ

3.3 การเลือกพื้นที่ตัวอย่าง (Training Areas) จากส่วนภาพที่ถูกแบ่งให้ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา จำนวน 5 กลุ่มตัวอย่าง

3.3.1 พื้นที่ป่าไม้

3.3.2 พื้นที่ยืนต้นยางพารา

3.3.2 พื้นที่เกษตรกรรมอื่น ๆ

3.3.4 พื้นที่ชุมชนและสิ่งปลูกสร้าง

3.3.5 พื้นที่แหล่งน้ำ

3.4 การจำแนกข้อมูลดาวเทียมด้วยเทคนิคการจำแนกแบบ Nearest Neighbor ให้ส่วนภาพที่ถูกแบ่งตามค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI ของแต่ละกลุ่มตัวอย่าง

3.5 การประเมินความถูกต้อง (Accuracy Assessment) ของการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียม ด้วยเทคนิคการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Random Simple) จำนวน 300 จุด และสร้างตารางความคลาดเคลื่อน (Error Matrix) เพื่อคำนวณค่าถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการถูกจัดเข้ากลุ่ม (Commission Error: EC) และค่าความเนื่องจากการไม่ถูกจัดเข้ากลุ่ม (Omission Error: EO)

3.5.1 ค่าความถูกต้องโดยรวม สามารถคำนวณได้จากอัตราส่วนของจุดตัวอย่างที่จำแนกได้ถูกต้องต่อจำนวนจุดตัวอย่างทั้งหมด ดังสมการที่ 3-3

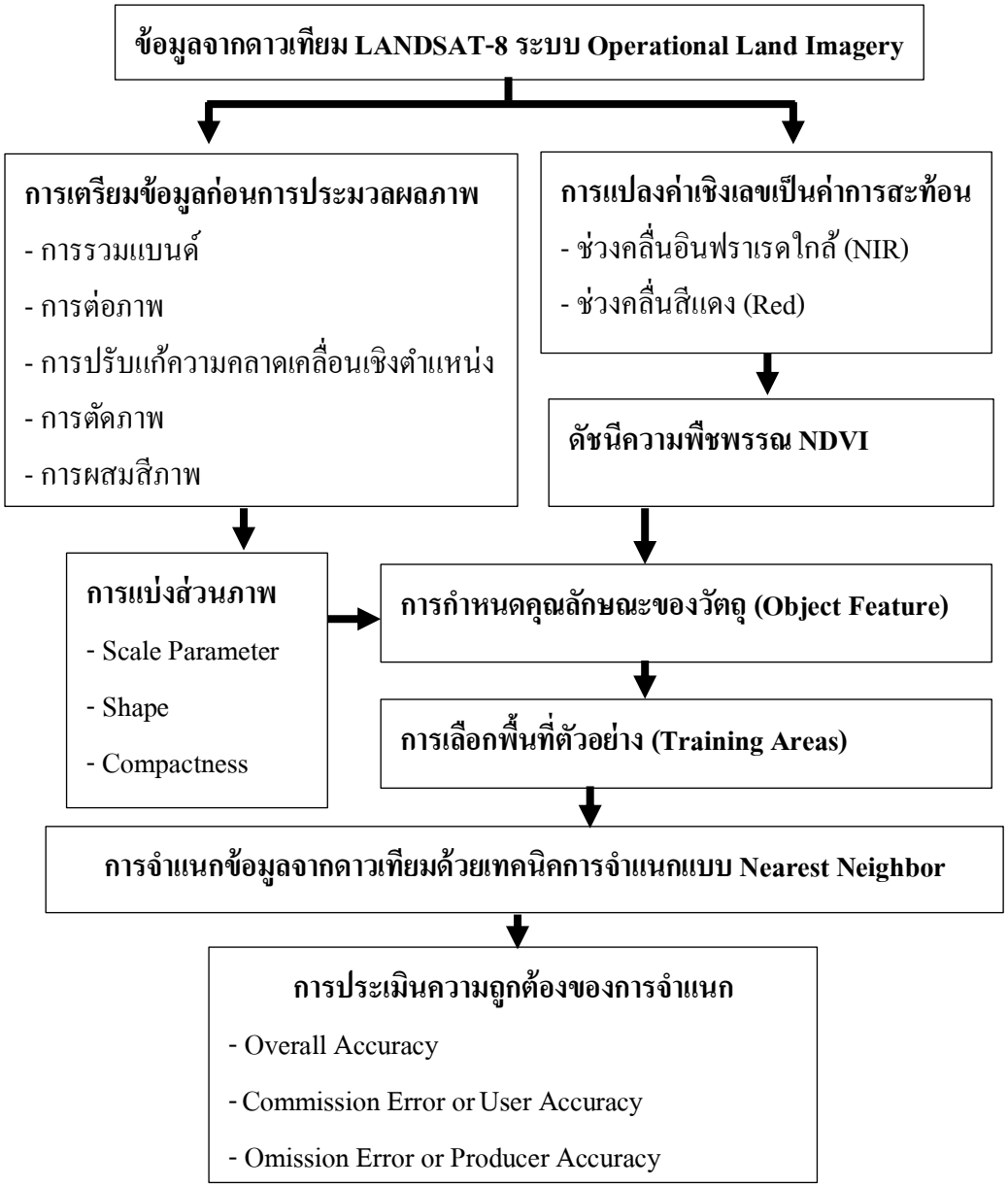
Overall Accuracy = (จำนวนจุดตัวอย่างที่จำแนกได้ถูกต้องจำนวน N จุด/300) x 100 (3-3)

3.5.2 ค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน สามารถคำนวณได้จากจำนวนรวมของจุดตัวอย่างที่ถูกต้องในแต่ละประเภท ต่อจำนวนรวมของจุดตัวอย่างทั้งที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องของแต่ละประเภทที่ได้จากการจำแนก

3.5.3 ค่าความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก สามารถคำนวณได้จากจำนวนรวมของจุดตัวอย่างที่ถูกต้องในแต่ละประเภท ต่อจำนวนรวมของจุดตัวอย่างอ้างอิง (Reference Point) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินในแต่ละประเภท

การประยุกต์เทคโนโลยีภูมิสารสนเทศเพื่อจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยข้อมูลจากดาวเทียม กรณีศึกษา จังหวัดบลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว สามารถสรุป

ขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ 1. การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผลภาพเพื่อทำการแบ่งส่วนภาพสำหรับการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ และ 2. การศึกษาดัชนีพืชพรรณเพื่อใช้เป็นค่าเกณฑ์สำหรับกำหนดคุณสมบัติของส่วนภาพ (วัตถุ) จากนั้นจึงเลือกพื้นที่ตัวอย่างและจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุแบบ Nearest Neighbor รวมถึงตรวจสอบความถูกต้องผลของการจำแนก ดังภาพที่ 3-3

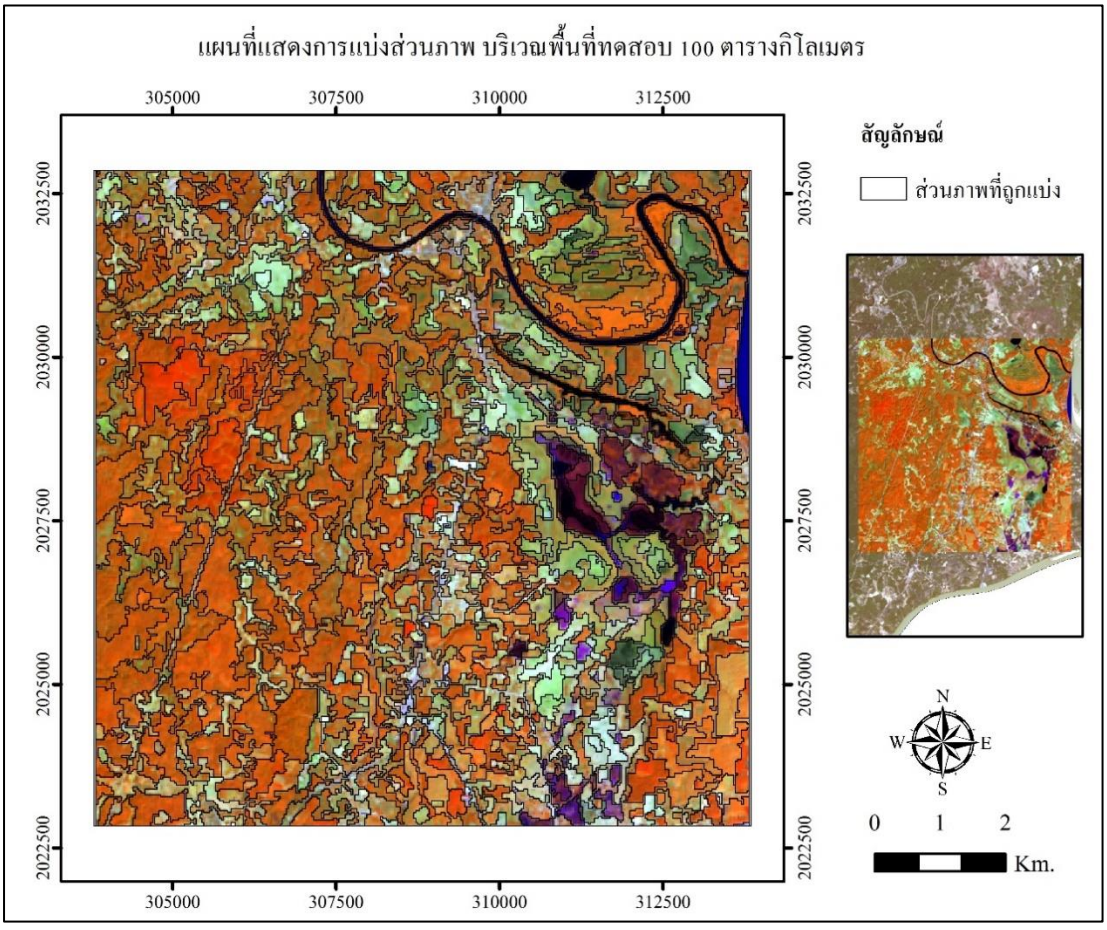


ภาพที่ 3-3 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

บทที่ 4
ผลของการศึกษา

การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา

ผลการประเมินพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งส่วนภาพ จากการเลือกพื้นที่ทดสอบขนาด 100 ตารางกิโลเมตร พบว่า พารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งส่วนภาพของพื้นที่ยืนต้นยางพารา คือ ขนาดพารามิเตอร์ (Scale Parameter) รูปร่าง (Shape) และความหนาแน่น (Compactness) เท่ากับ 75, 0.7 และ 0.3 ตามลำดับ สามารถแบ่งส่วนภาพได้จำนวน 1,111 วัตถุ ดังภาพที่ 4-1

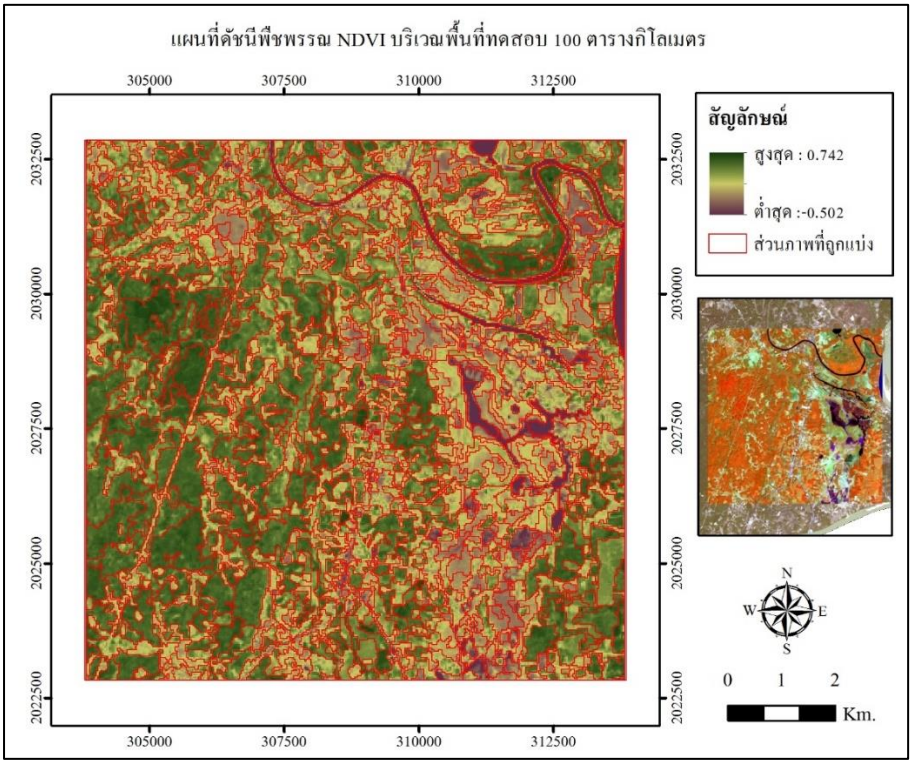


ภาพที่ 4-1 แผนที่แสดงการแบ่งส่วนภาพ บริเวณพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางกิโลเมตร

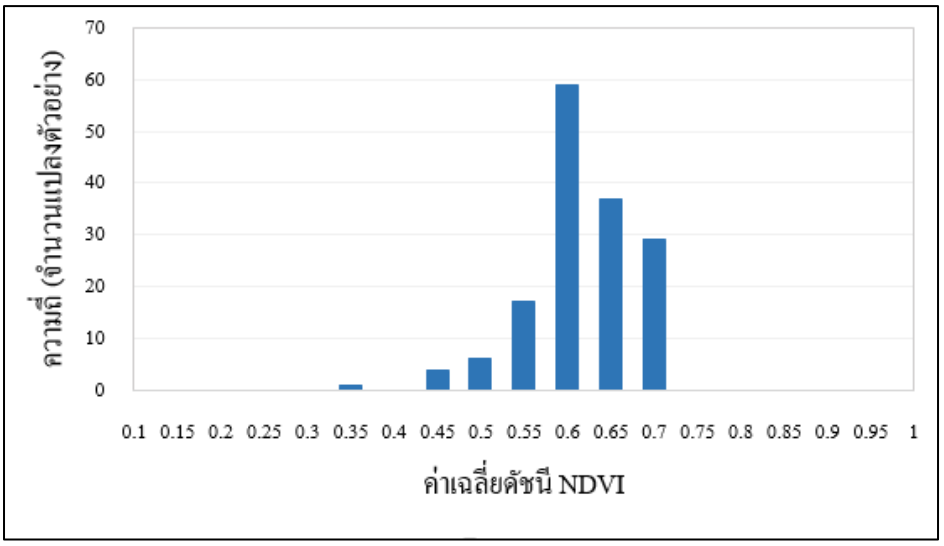
เมื่อคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มาใช้เป็นข้อมูลสำหรับกำหนดคุณสมบัติของวัตถุหรือส่วนภาพ ซึ่งพื้นที่ที่เป็นแหล่งน้ำจะมีค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI น้อยกว่าหรือเท่ากับ 0.1 และพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณ จะมีค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มากกว่า 0.1 พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ในพื้นที่ทดสอบ มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.742 และค่าต่ำสุดเท่ากับ - 0.502 ดังภาพที่ 4-2 ค่าสถิติจากแปลงตัวอย่างด้วยวิธีการจำแนกด้วยสายตา จำนวน 153 แปลง พบว่า มีค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ของพื้นที่ยืนต้นยางพาราเฉลี่ย เท่ากับ 0.590 มีค่าสูงสุดเท่ากับ 0.697 และค่าต่ำสุดเท่ากับ 0.341 โดยค่าเฉลี่ยของดัชนีพืชพรรณ NDVI ส่วนใหญ่จะกระจายตัวอยู่ในช่วง 0.55 ถึง 0.70 ดังตาราง 4-1 และภาพที่ 4-3

ตาราง 4-1 ค่าดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ (NDVI)

สิ่งปกคลุมดิน	**NDVI**	**Remark**
แหล่งน้ำ	<=0.1	
พืชพรรณ	>0.1	
ยางพารา 153 แปลง	0.341-0.697	0.55-0.70



ภาพที่ 4-2 แผนที่ดัชนีความแตกต่างพืชพรรณ NDVI บริเวณพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางกิโลเมตร

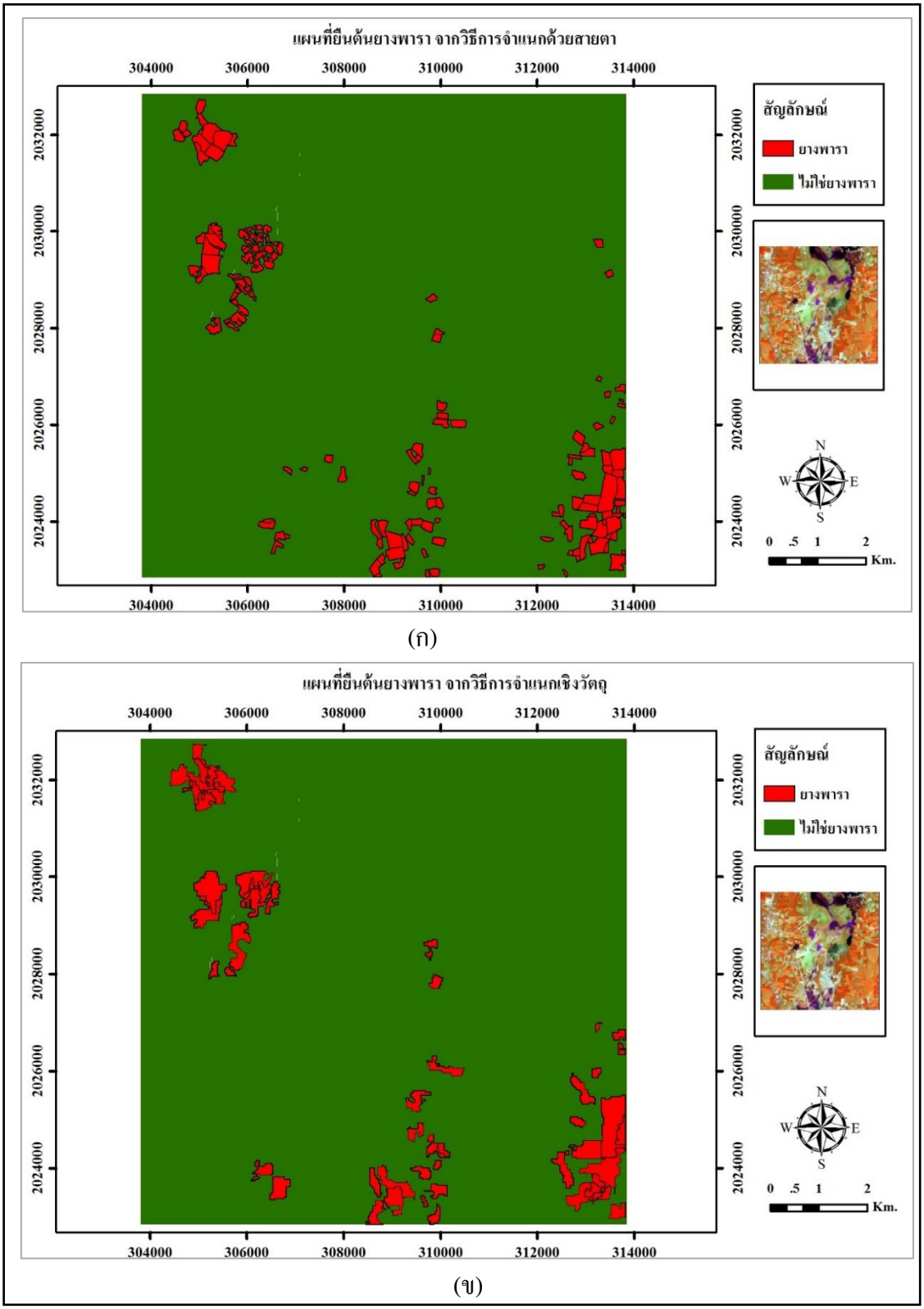


ภาพที่ 4-3 ฮิสโตแกรมแสดงค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ของแปลงตัวอย่าง

ผลการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุแบบ Nearest Neighbor พบว่า มีพื้นที่ยืนต้นยางพาราเท่ากับ 497.96 เฮกตาร์ หรือ 3,112.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.97 ของพื้นที่ทั้งหมด เมื่อเปรียบเทียบพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากการจำแนกด้วยสายตา พบว่า มีพื้นที่ยืนต้น เท่ากับ 487.53 เฮกตาร์ หรือ 3,047.04 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.88 ของพื้นที่ทั้งหมด คิดเป็นความแตกต่างเท่ากับ 10.43 เฮกตาร์ หรือ 65.21 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.09 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-2 ซึ่งบริเวณที่สามารถจำแนกและสร้างส่วนภาพได้อย่างชัดเจน จะเป็นบริเวณที่ปกคลุมด้วยพื้นที่ยืนต้นยางพาราขนาดใหญ่และมีความเป็นเนื้อเดียวกันค่อนข้างสูง ส่วนบริเวณที่ปกคลุมด้วยพื้นที่ยืนต้นยางพาราขนาดเล็กและผสมผสานกับพืชชนิดอื่น ๆ เช่น ยูคาลิปตัสหรือป่าไม้ จะไม่สามารถจำแนกและแบ่งส่วนภาพได้อย่างชัดเจน ดังภาพที่ 4-4

ตารางที่ 4-2 เปรียบเทียบพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากการจำแนกด้วยสายตาและการจำแนกเชิงวัตถุ

การใช้ที่ดิน	การจำแนกด้วยสายตา			การจำแนกเชิงวัตถุ			ความแตกต่าง		
	เฮกตาร์	ไร่	ร้อยละ	เฮกตาร์	ไร่	ร้อยละ	เฮกตาร์	ไร่	ร้อยละ
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	487.53	3,047.04	4.88	497.96	3,112.25	4.97	-10.43	-65.21	-0.09
พื้นที่อื่น ๆ	9,512.47	59,452.96	95.12	9,502.04	59,387.75	95.03	10.43	65.21	0.09
รวม	**10,000.00**	**62,500.00**	**100.00**	**10,000.00**	**62,500.00**	**100.00**			

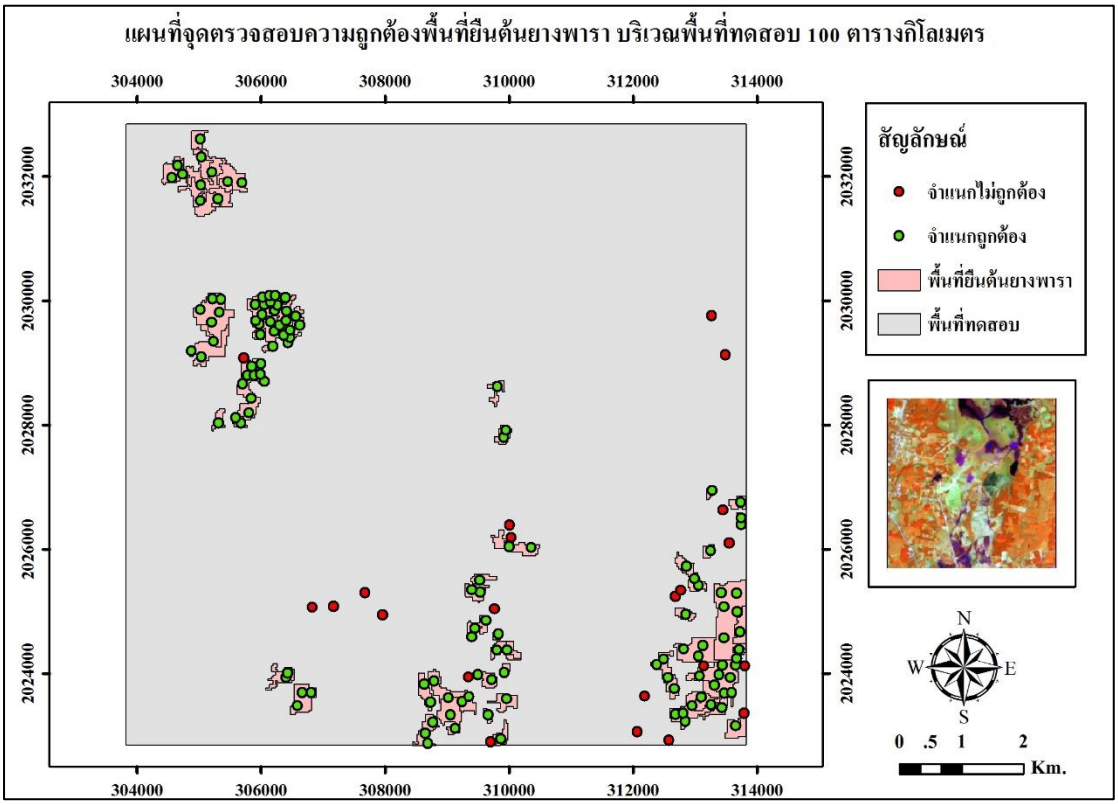


ภาพที่ 4-4 แผนที่เปรียบเทียบพื้นที่ยืนต้นยางพารา จากวิธีการจำแนกด้วยสายตา (ก) และวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (ข)

จากภาพที่ 4-4 แสดงการเปรียบเทียบพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากวิธีการจำแนกด้วยสายตา (ก) และวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ (ข) ซึ่งพื้นที่ยืนต้นยางพาราแสดงสัญลักษณ์ด้วยสีแดงและไม่ใช่ยางพาราแสดงสัญลักษณ์ด้วยสีเขียว และผลจากการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างพื้นที่ยืนต้นยางพาราของทั้ง 2 วิธี โดยใช้จุดตัวอย่างจำนวน 153 จุดตัวอย่าง ซึ่งเป็นแปลงตัวอย่างที่ได้รับจากการจำแนกด้วยสายตาเป็นข้อมูลอ้างอิง ดังภาพที่ 4-5 พบว่า มีจำนวนจุดตัวอย่างที่ถูกต้องเท่ากับ 131 จุด คิดเป็นค่าถูกต้องโดยรวมของการจำแนกเชิงวัตถุเท่ากับ 58.62 เปอร์เซ็นต์ ดังตาราง 4-3

ตารางที่ 4-3 ประเมินความถูกต้องจากการแปลพื้นที่ยางพาราจากพื้นที่ 153 จุดแปลงปลูกยางพารา

จำนวนตัวอย่าง	การจำแนกเชิงวัตถุ	
	ยางพารา	ไม่ใช่ยางพารา
153	131	22
คิดเป็น%	85.62	14.38



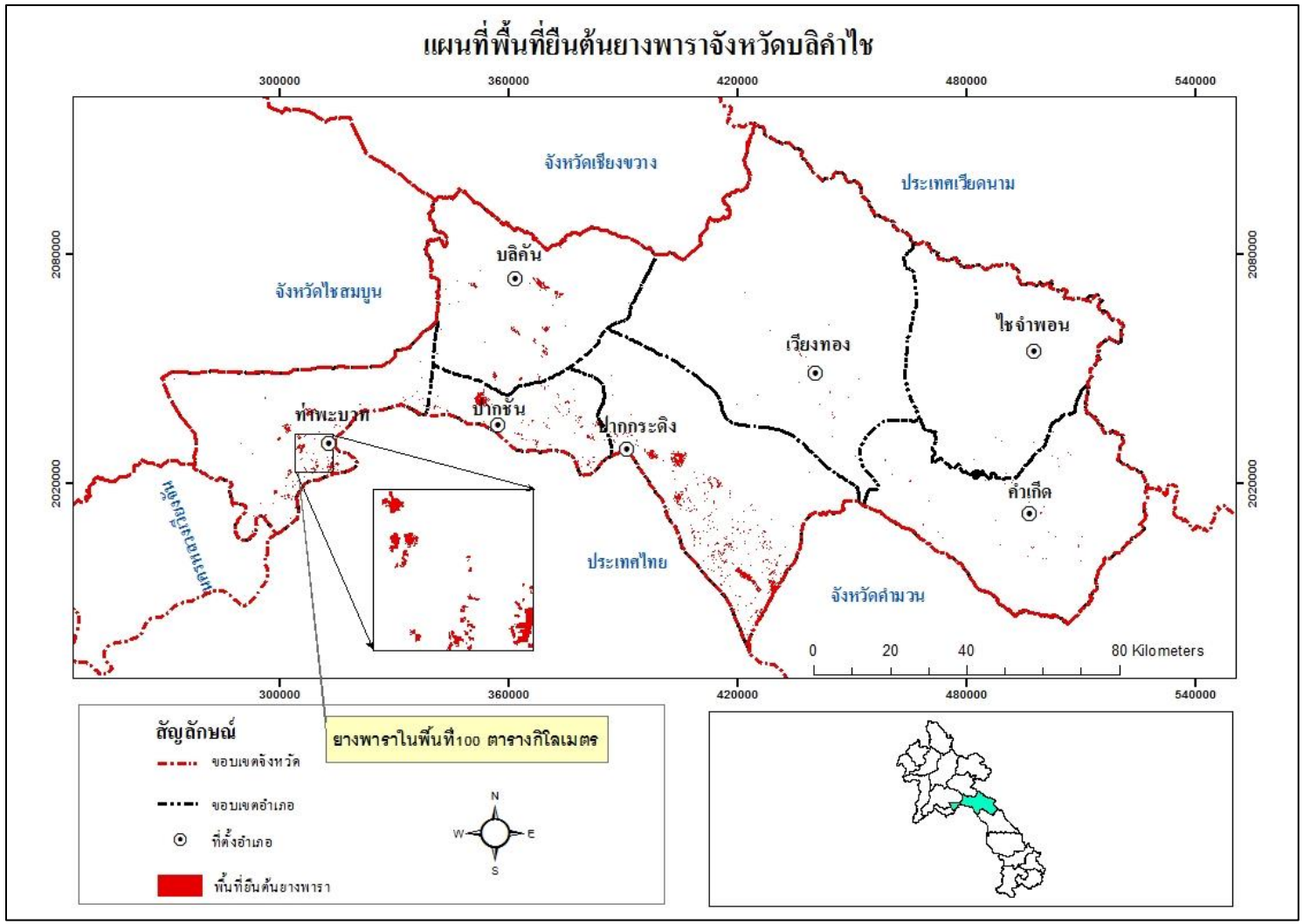
ภาพที่ 4-5 แผนที่จุดตรวจสอบความถูกต้องพื้นที่ยืนต้นยางพาราบริเวณพื้นที่ทดสอบ 100 ตารางกิโลเมตร

การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ปี พ.ศ. 2558

การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา จังหวัดบลิคำไช จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ OLI ด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุและนำเข้าพารามิเตอร์ต่าง ๆ จากพื้นที่ทดสอบพบว่า จังหวัดบลิคำไชมีพื้นที่ยืนต้นยางพารา รวมทั้งสิ้น 12,833.16 เฮกตาร์ หรือ 80,207.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินทั้งจังหวัด ดังตารางที่ 4-3 โดย อำเภอที่มีพื้นที่ยืนต้นยางพารามากที่สุด คือ อำเภอปากกะดิง มีพื้นที่เท่ากับ 6,320.05 เฮกตาร์ หรือ 39,500.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 49.25 ของพื้นที่ยางพาราทั้งหมด รองลงมาคือ อำเภอท่าพะบาด มีพื้นที่เท่ากับ 2,064.90 เฮกตาร์ หรือ 12,905.63ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.09 รองลงมาคือ อำเภอบลิคัน มีพื้นที่เท่ากับ 1,941.69 เฮกตาร์ หรือ 12,135.56 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.13 รองลงมาคืออำเภอปากชัน มีพื้นที่เท่ากับ 1,842.00 เฮกตาร์ หรือ 11,512.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 14.35 รองลงมาคือ อำเภอคำเกิด มีพื้นที่เท่ากับ 349.67 เฮกตาร์ หรือ 2,185.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.72 รองลงมาคืออำเภอเวียงทอง มีพื้นที่เท่ากับ 279.44 เฮกตาร์ หรือ 1,746.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.18 และอำเภอไชจำพอน มีพื้นที่ยืนต้นยางพาราน้อยที่สุดเท่ากับ 35.41 เฮกตาร์ หรือ 221.31ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.28 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-4 และภาพที่ 4-6

ตารางที่ 4-4 พื้นที่ยืนต้นยางพาราจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2558

อำเภอ	พื้นที่ยืนต้นยางพารา		
	จำนวนพื้นที่ (เฮกตาร์)	จำนวนพื้นที่ (ไร่)	คิดเป็นร้อยละ
อำเภอปากกะดิง	6,320.05	39,500.31	49.25
อำเภอท่าพะบาด	2,064.90	12,905.63	16.09
อำเภอบลิคัน	1,941.69	12,135.56	15.13
อำเภอปากชัน	1,842.00	11,512.50	14.35
อำเภอคำเกิด	349.67	2,185.44	2.72
อำเภอเวียงทอง	279.44	1,746.50	2.18
อำเภอไชจำพอน	35.41	221.31	0.28
รวม	**12,833.16**	**80,207.25**	**100**



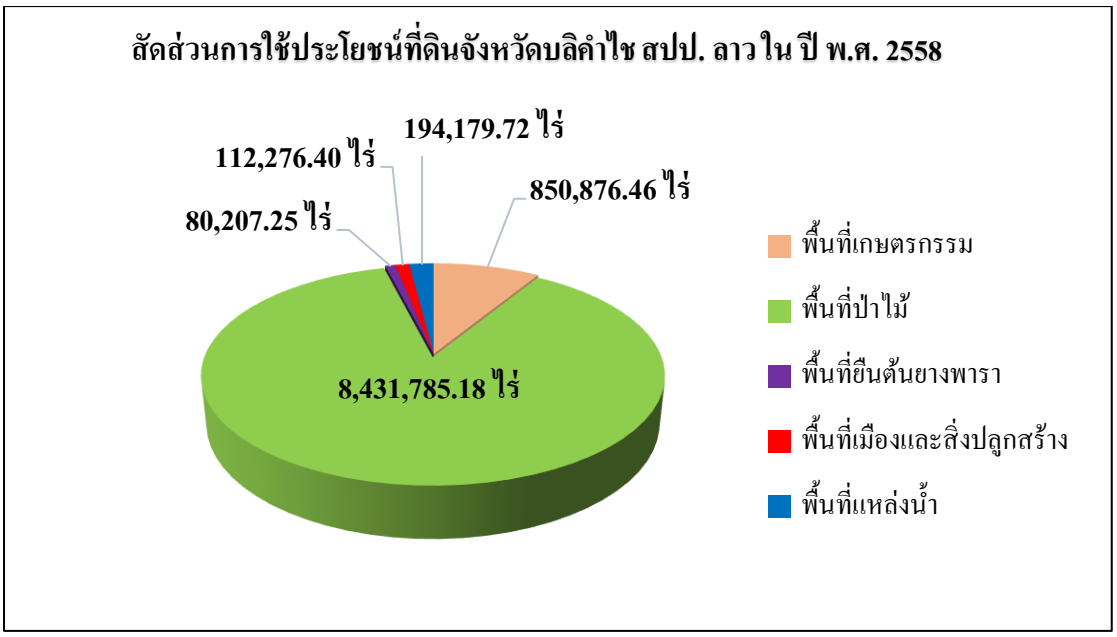
ภาพที่ 4-6 แผนที่ยืนต้นยางพาราจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ในปี พ.ศ.2558

การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไช สปป. ลาว ในปี พ.ศ. 2558

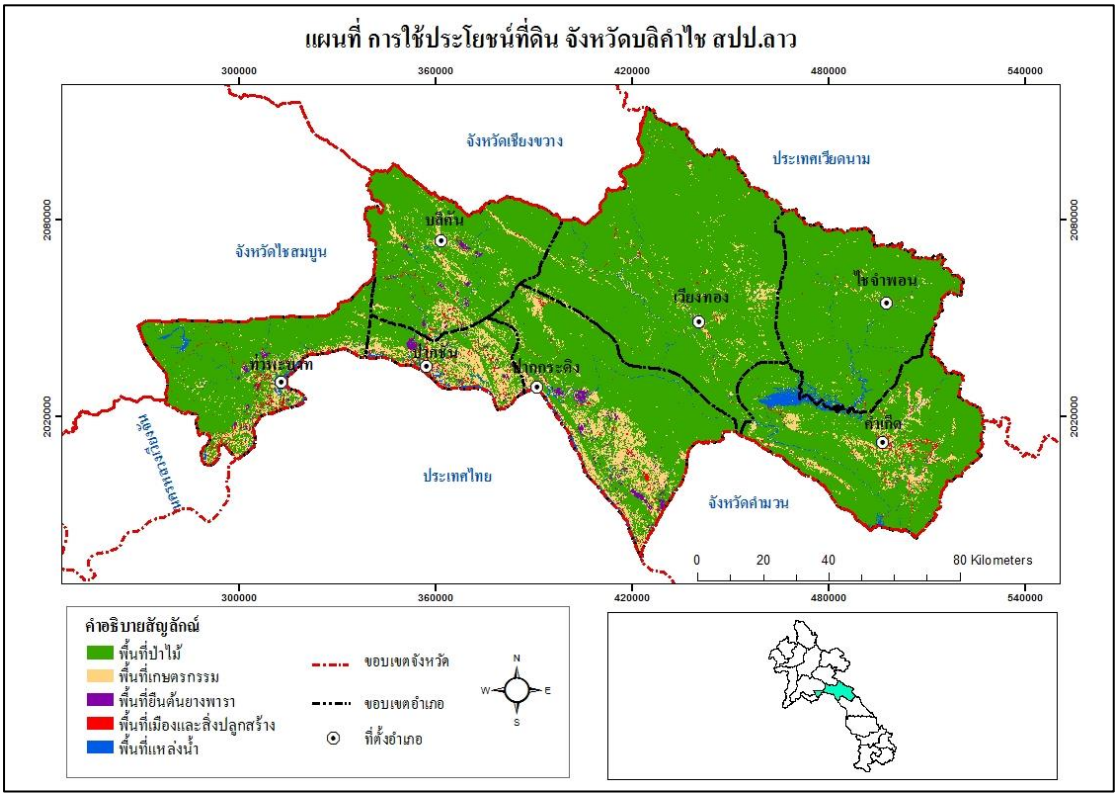
จากการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดิน จังหวัดบลิคำไช โดยจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ พื้นที่เกษตรกรรม พื้นที่ป่าไม้ พื้นที่ยืนต้นยางพารา พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างและพื้นที่แหล่งน้ำ ผลการศึกษาพบว่า จังหวัดบลิคำไช ส่วนใหญ่มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเป็นพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่เท่ากับ 1,349,085.63 เฮกตาร์ หรือ 8,431,785.18 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 87.20 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เท่ากับ 136,140.23 เฮกตาร์ หรือ 850,876.46 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.80 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 17,964.22 23 เฮกตาร์ หรือ 112,276.40 ไร่ คิดเป็นร้อยละ1.16 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 31,068.76 เฮกตาร์ หรือ 194,179.72 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.01 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยมีพื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่เท่ากับ 12,833.16 เฮกตาร์ หรือ 80,207.25ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-5 ภาพที่ 4-7 และ 4-8

ตารางที่ 4-5 การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไช สปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่(เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	136,140.23	850,876.46	8.80
พื้นที่ป่าไม้	1,349,085.63	8,431,785.18	87.20
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	12,833.16	80,207.25	0.83
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	17,964.22	112,276.40	1.16
พื้นที่แหล่งน้ำ	31,068.76	194,179.72	2.01
รวม	**1,547,092.00**	**9,669,325.00**	**100**



ภาพที่ 4-7 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไซ สปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2558

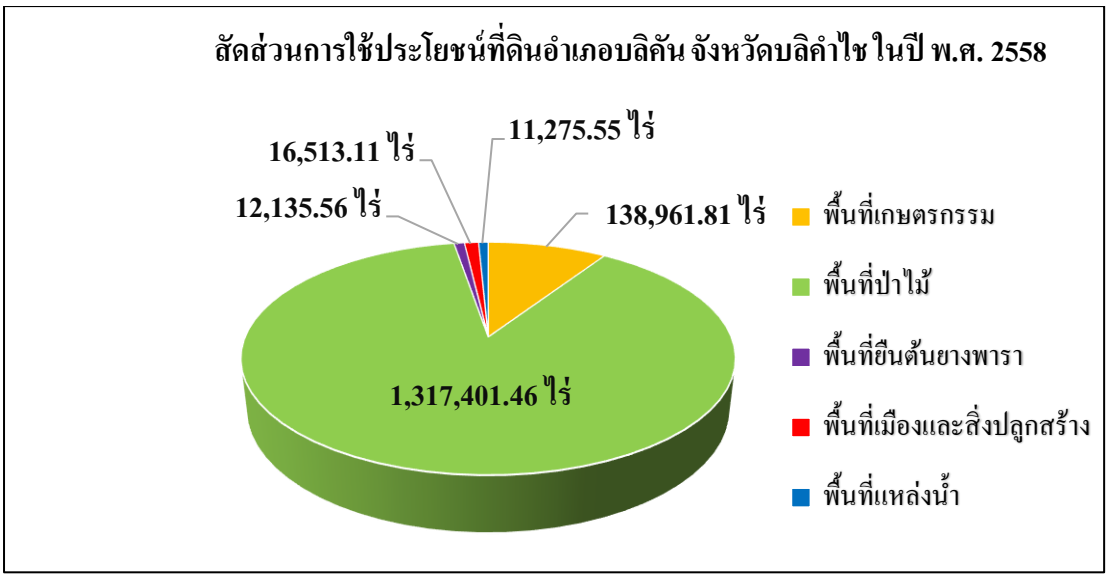


ภาพที่ 4-8 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไซ สปป.ลาว ในปี พ.ศ. 2558

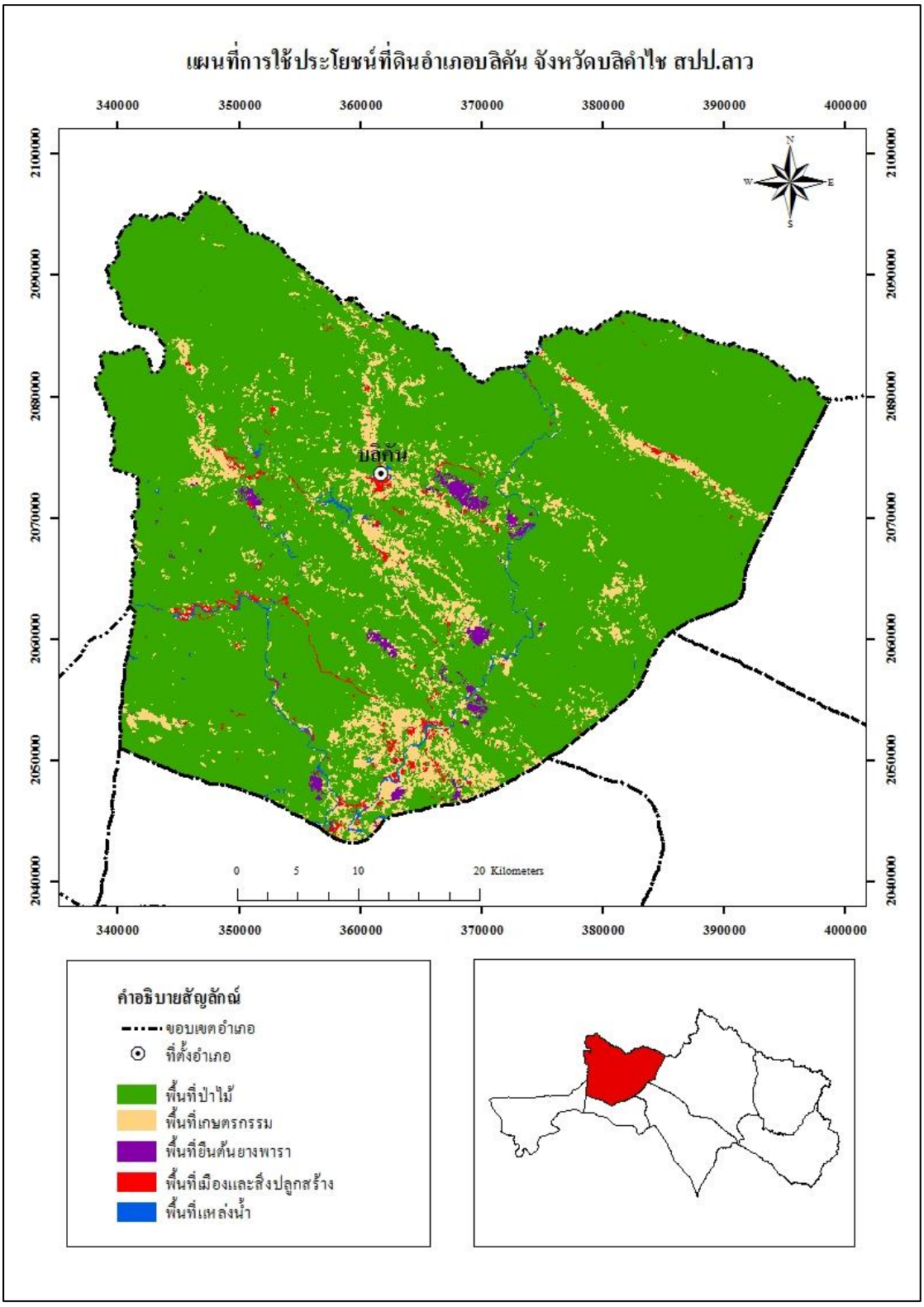
การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอบลิคัน ครอบคลุมพื้นที่ในการศึกษา เท่ากับ 239,406 เฮกตาร์ หรือ 1,496,287.50 ไร่ พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 210,784.23 เฮกตาร์ หรือ 1,317,401.46 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 88.04 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เท่ากับ 136,140.23 เฮกตาร์ หรือ 850,876.46 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.80 รองลงมาคือพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 2,642.10 เฮกตาร์ หรือ 16,513.11 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.10 รองลงมาคือพื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 1,804.09 เฮกตาร์ หรือ 11,275.55 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.75 และพื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่น้อยที่สุด เท่ากับ 1,941.69 เฮกตาร์ หรือ 12,135.56 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.81 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-6 ภาพที่ 4-9 และ 4-10

ตารางที่ 4-6 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอบลิคัน ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	22,233.89	138,961.81	9.29
พื้นที่ป่าไม้	210,784.23	1,317,401.46	88.04
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	1,941.69	12,135.56	0.81
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	2,642.10	16,513.11	1.10
พื้นที่แหล่งน้ำ	1,804.09	11,275.55	0.75
รวม	**239,406.00**	**1,496,287.50**	**100.00**



ภาพที่ 4-9 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอบลิคัน จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

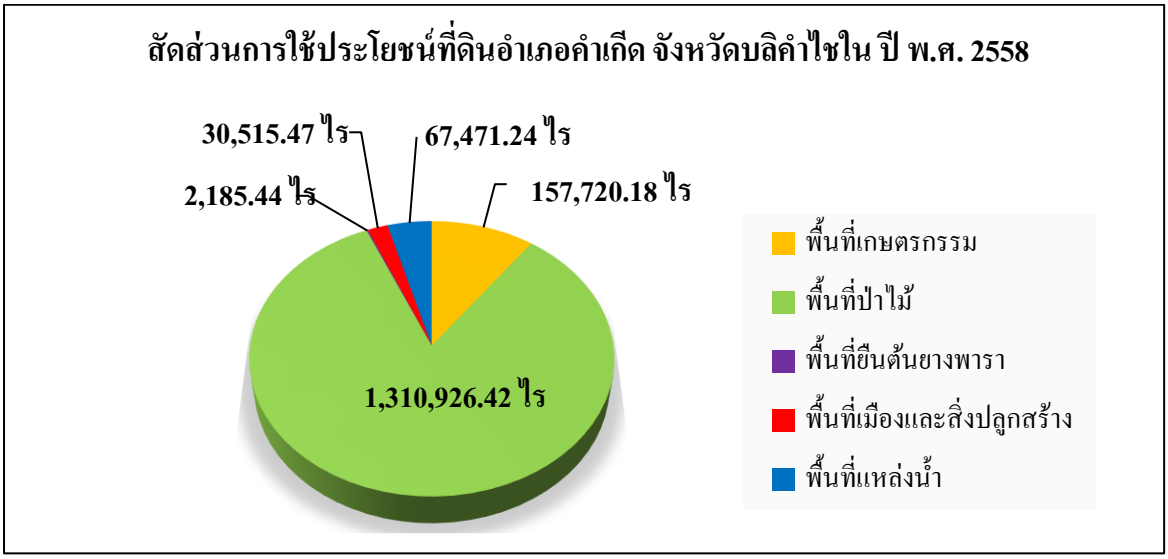


ภาพที่ 4-10 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอบลิคัน จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

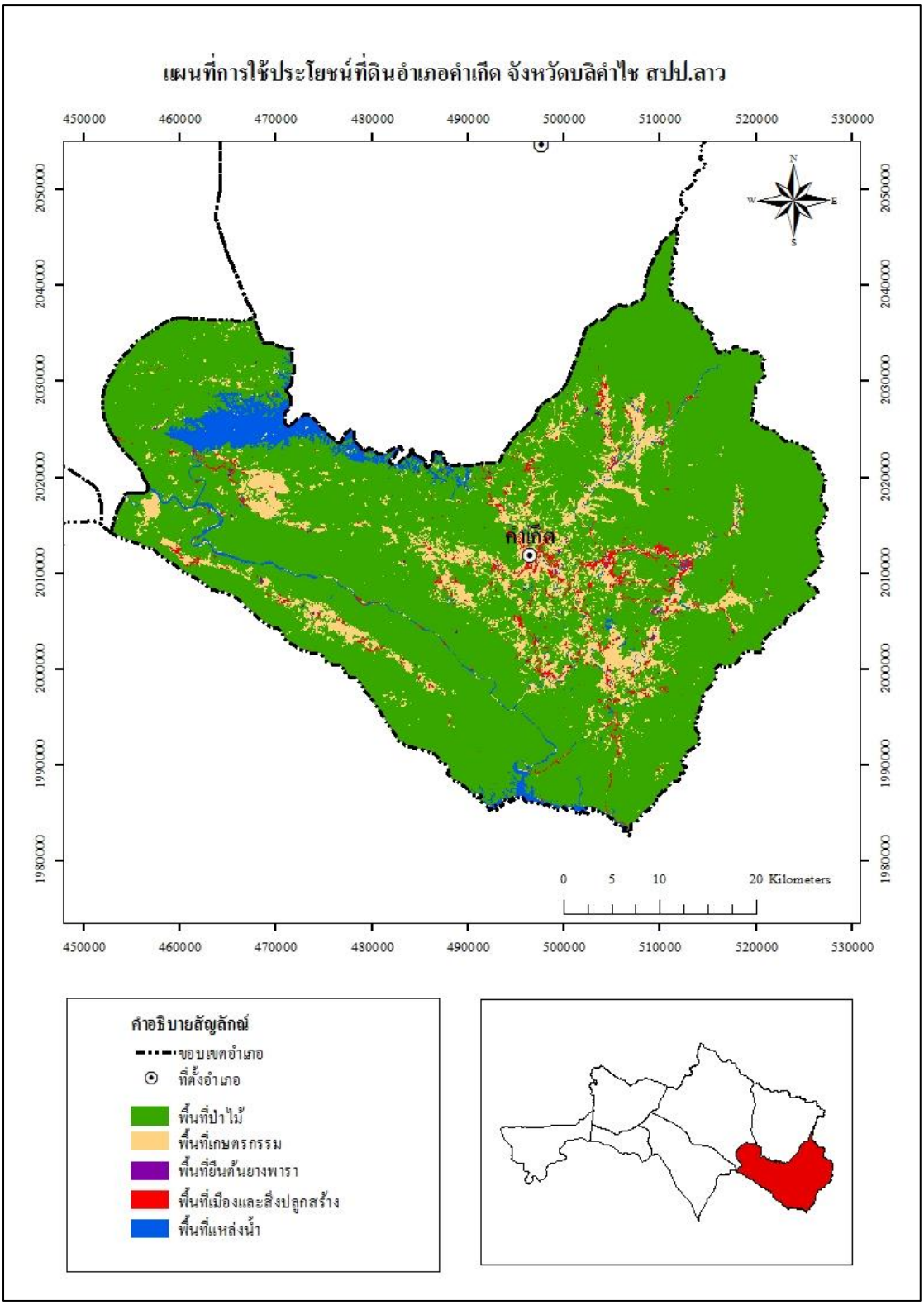
การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอคำเกิด ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เท่ากับ 251,011.00 เฮกตาร์ หรือ 1,568,818.75 ไร่ พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 209,748.23 เฮกตาร์ หรือ 1,310,926.42 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 83.56 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือพื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 25,235.23 เฮกตาร์ หรือ 157,720.18 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 10.05 รองลงมาคือ พื้นที่พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 10,795.40 เฮกตาร์ หรือ 67,471.24 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.30 รองลงมาคือ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 4,882.48 เฮกตาร์ หรือ 30,515.47 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.95 และพื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 349.67 เฮกตาร์ หรือ 2,185.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.14 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-7 ภาพที่ 4-11 และ 4-12

ตารางที่ 4-7 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอคำเกิด ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	25,235.23	157,720.18	10.05
พื้นที่ป่าไม้	209,748.23	1,310,926.42	83.56
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	349.67	2,185.44	0.14
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	4,882.48	30,515.47	1.95
พื้นที่แหล่งน้ำ	10,795.40	67,471.24	4.30
รวม	**251,011.00**	**1,568,818.75**	**100.00**



ภาพที่ 4-11 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอคำเกิด จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558

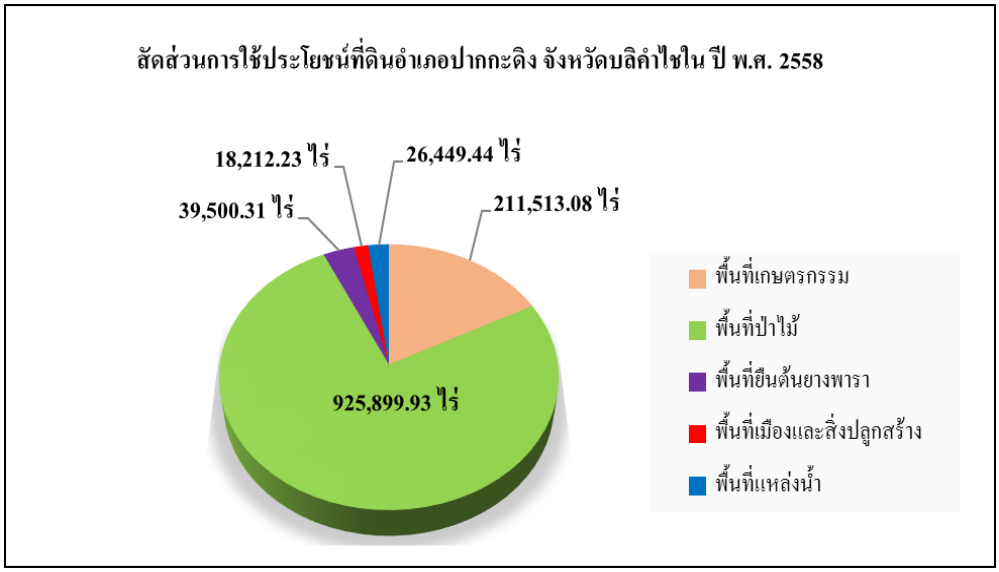


ภาพที่ 4-12 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอคำเกิด จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

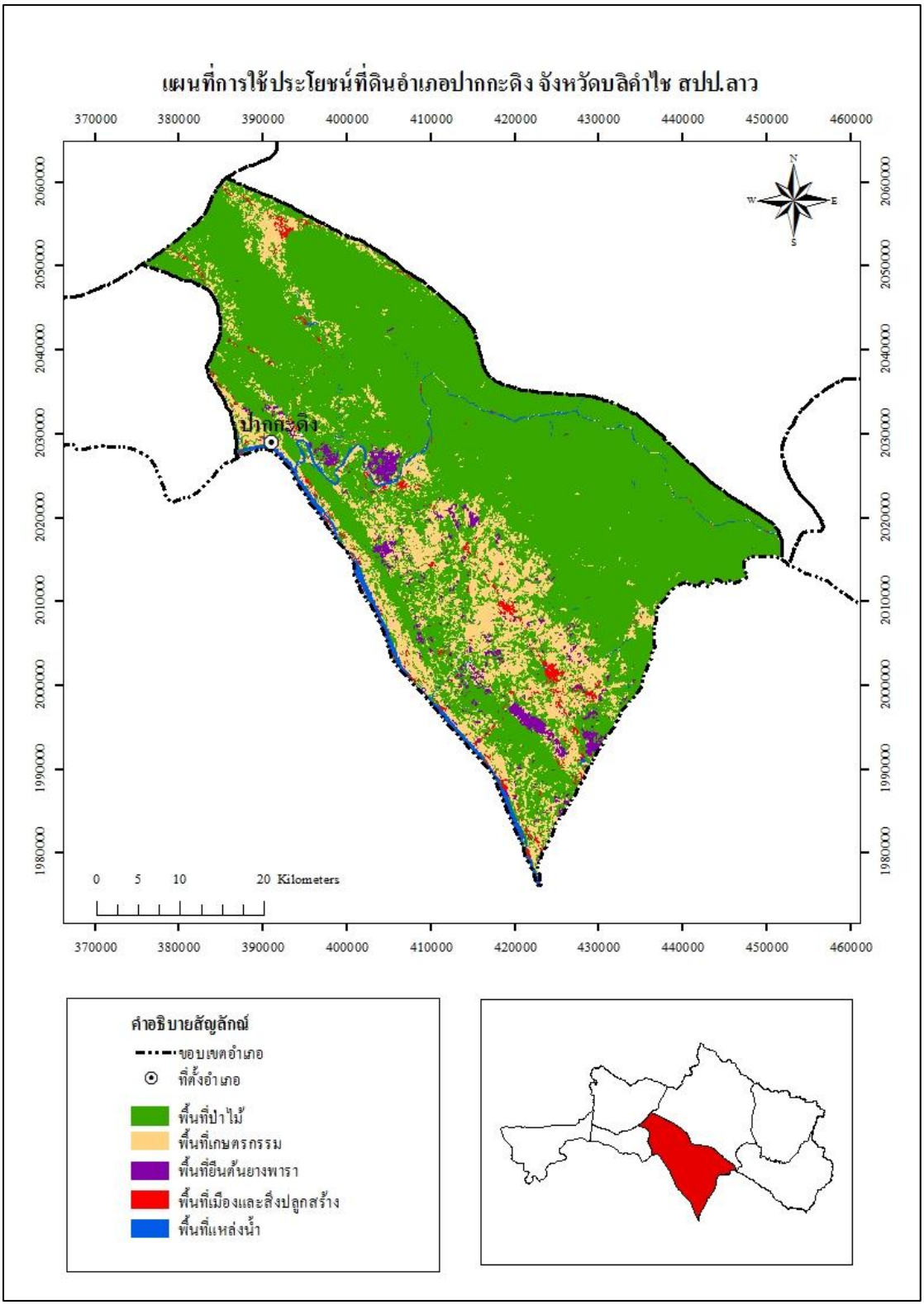
การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากกะดิง ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา เท่ากับ 195,452.00 เฮกตาร์ หรือ 1,221,575.00 ไร่ พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 148,143.99 เฮกตาร์ หรือ 925,899.93 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 75.80 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 33,842.09 เฮกตาร์ หรือ 211,513.08 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 17.31 รองลงมาคือ พื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่เท่ากับ 6,320.05 เฮกตาร์ หรือ 39,500.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.23 รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำมีพื้นที่เท่ากับ 4,231.91 เฮกตาร์ หรือ 26,449.44ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.17 และพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 2,913.96 เฮกตาร์ หรือ 18,212.23 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.49 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-8 ภาพที่ 4-13 และ 4-14

ตารางที่ 4-8 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากกะดิง ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	33,842.09	211,513.08	17.31
พื้นที่ป่าไม้	148,143.99	925,899.93	75.80
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	6,320.05	39,500.31	3.23
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	2,913.96	18,212.23	1.49
พื้นที่แหล่งน้ำ	4,231.91	26,449.44	2.17
รวม	**195,452.00**	**1,221,575.00**	**100.00**



ภาพที่ 4-13 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากกะดิง จังหวัดบลิคำไชในปี พ.ศ. 2558

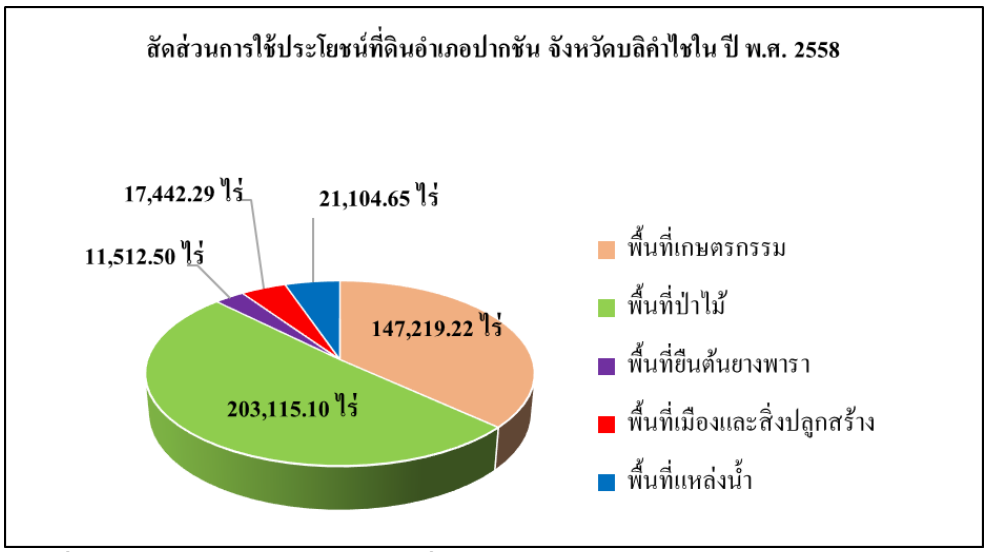


ภาพที่ 4-14 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากกะดิง จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

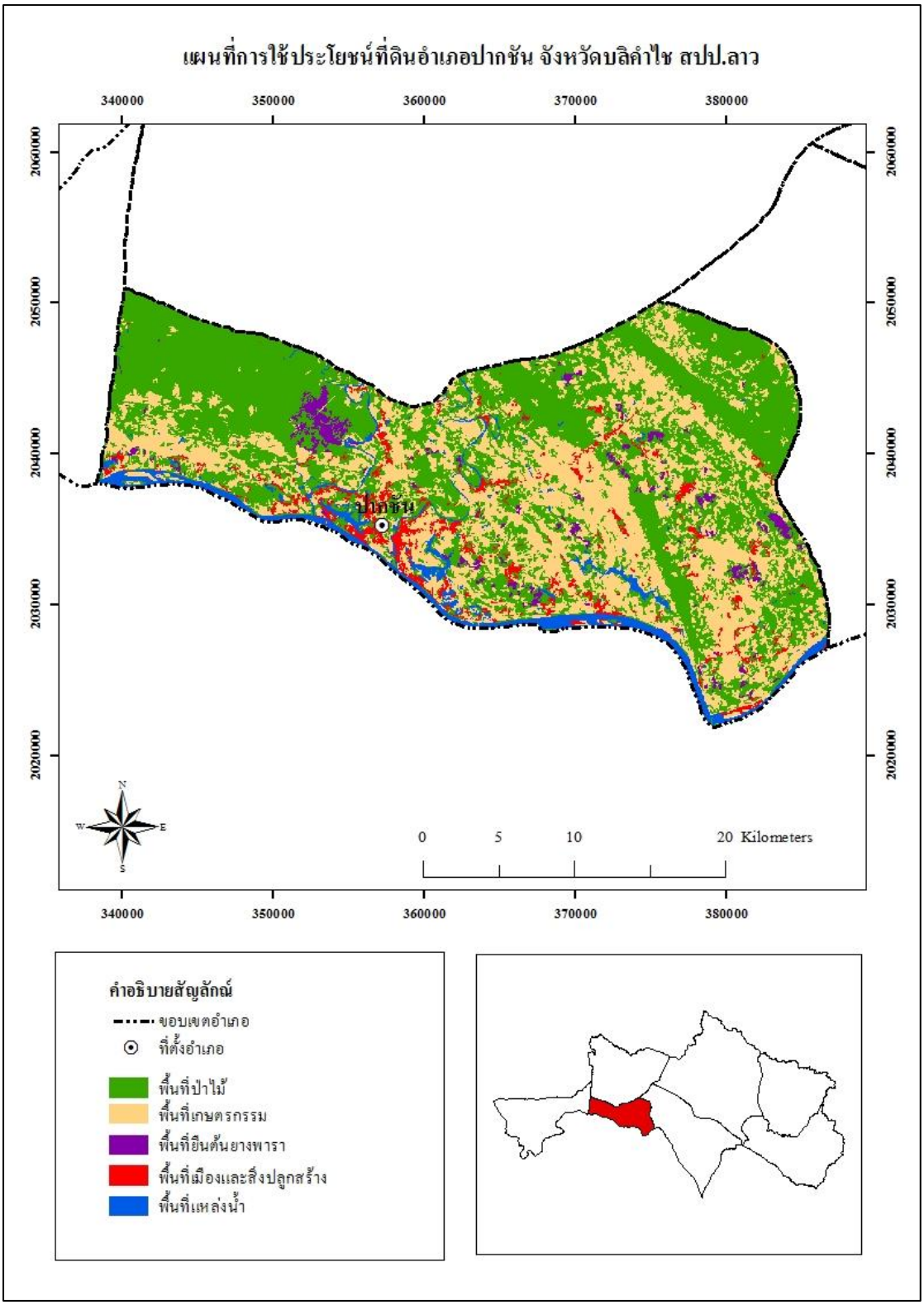
การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากชัน ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 64,063.00 เฮกตาร์ หรือ 400,393.75 ไร่ พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 32,498.42 เฮกตาร์ หรือ 203,115.10 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 50.73 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เท่ากับ 23,555.08 เฮกตาร์ หรือ 147,219.22 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 36.77 รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 3,376.74 เฮกตาร์ หรือ 21,104.65 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 5.27 รองลงมาคือ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 2,790.77 เฮกตาร์ หรือ 17,442.29 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.36 และพื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่เท่ากับ 1,842.00 เฮกตาร์ หรือ 11,512.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.88 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-9 ภาพที่ 4-15 และ 4-16

ตารางที่ 4-9 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากชัน ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	23,555.08	147,219.22	36.77
พื้นที่ป่าไม้	32,498.42	203,115.10	50.73
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	1,842.00	11,512.50	2.88
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	2,790.77	17,442.29	4.36
พื้นที่แหล่งน้ำ	3,376.74	21,104.65	5.27
รวม	**64,063.00**	**400,393.75**	**100.00**



ภาพที่ 4-15 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากชัน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558

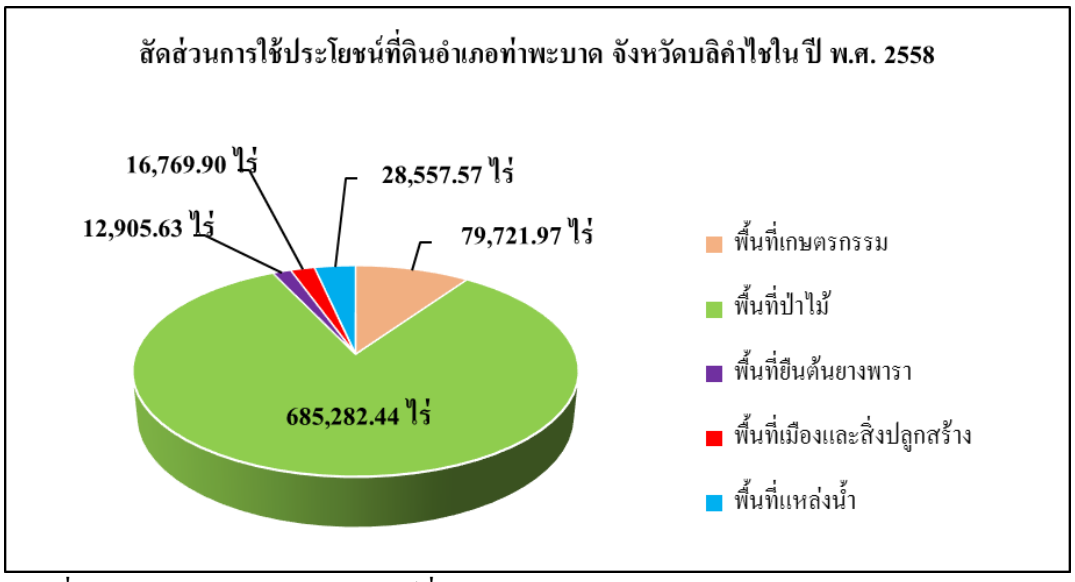


ภาพที่ 4-16 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอปากชัน จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

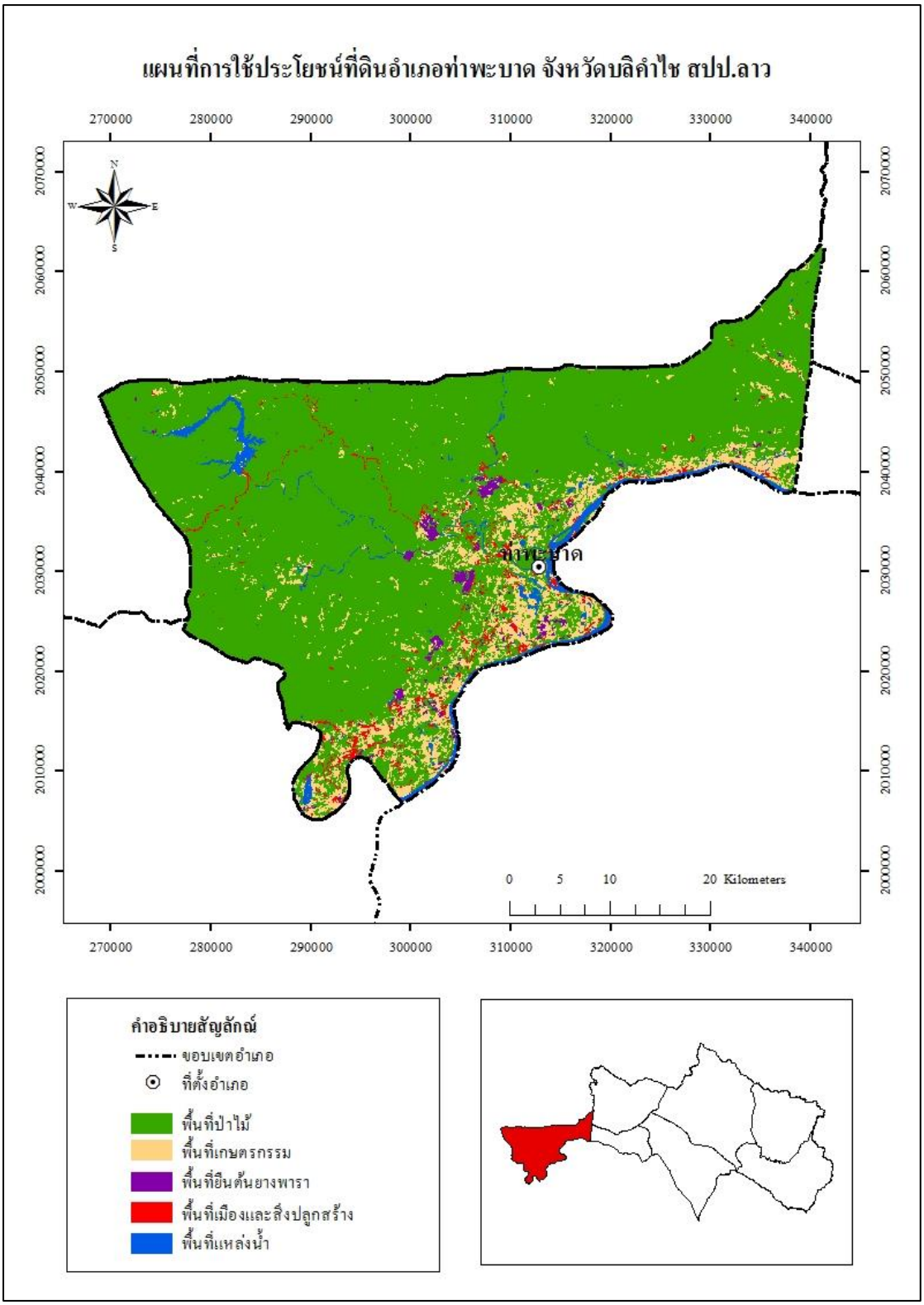
การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอท่าพะบาด ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 131,718.00 เฮกตาร์ หรือ 823,237.50ไร่ พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 109,645.19 เฮกตาร์ หรือ 685,282.44 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 83.24 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 12,755.51 เฮกตาร์ หรือ 79,721.97 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 9.68 รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับประมาณ 4,569.21 เฮกตาร์ หรือ 28,557.57 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.47 รองลงมาคือ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 2,683.18 เฮกตาร์ หรือ 16,769.90 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.04 และพื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 2,064.90 เฮกตาร์ หรือ 12,905.63ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.57 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-10 ภาพที่ 4-17 และ 4-18

ตารางที่ 4-10 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอท่าพะบาด ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	12,755.51	79,721.97	9.68
พื้นที่ป่าไม้	109,645.19	685,282.44	83.24
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	2,064.90	12,905.63	1.57
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	2,683.18	16,769.90	2.04
พื้นที่แหล่งน้ำ	4,569.21	28,557.57	3.47
รวม	**131,718.00**	**823,237.50**	**100.00**



ภาพที่ 4-17 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอท่าพะบาด จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558

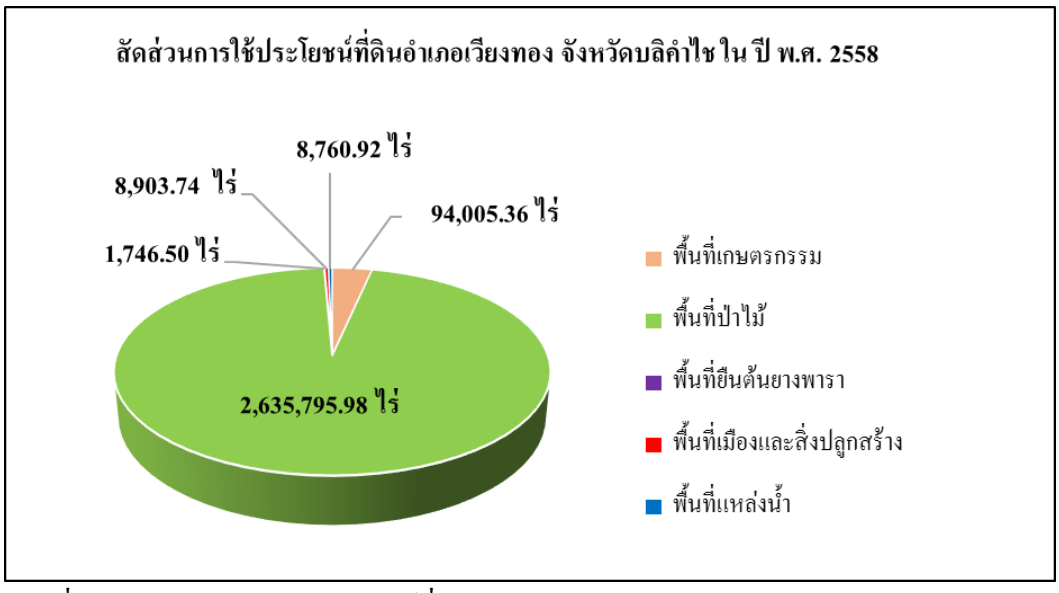


ภาพที่ 4-18 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอท่าพะบาด จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

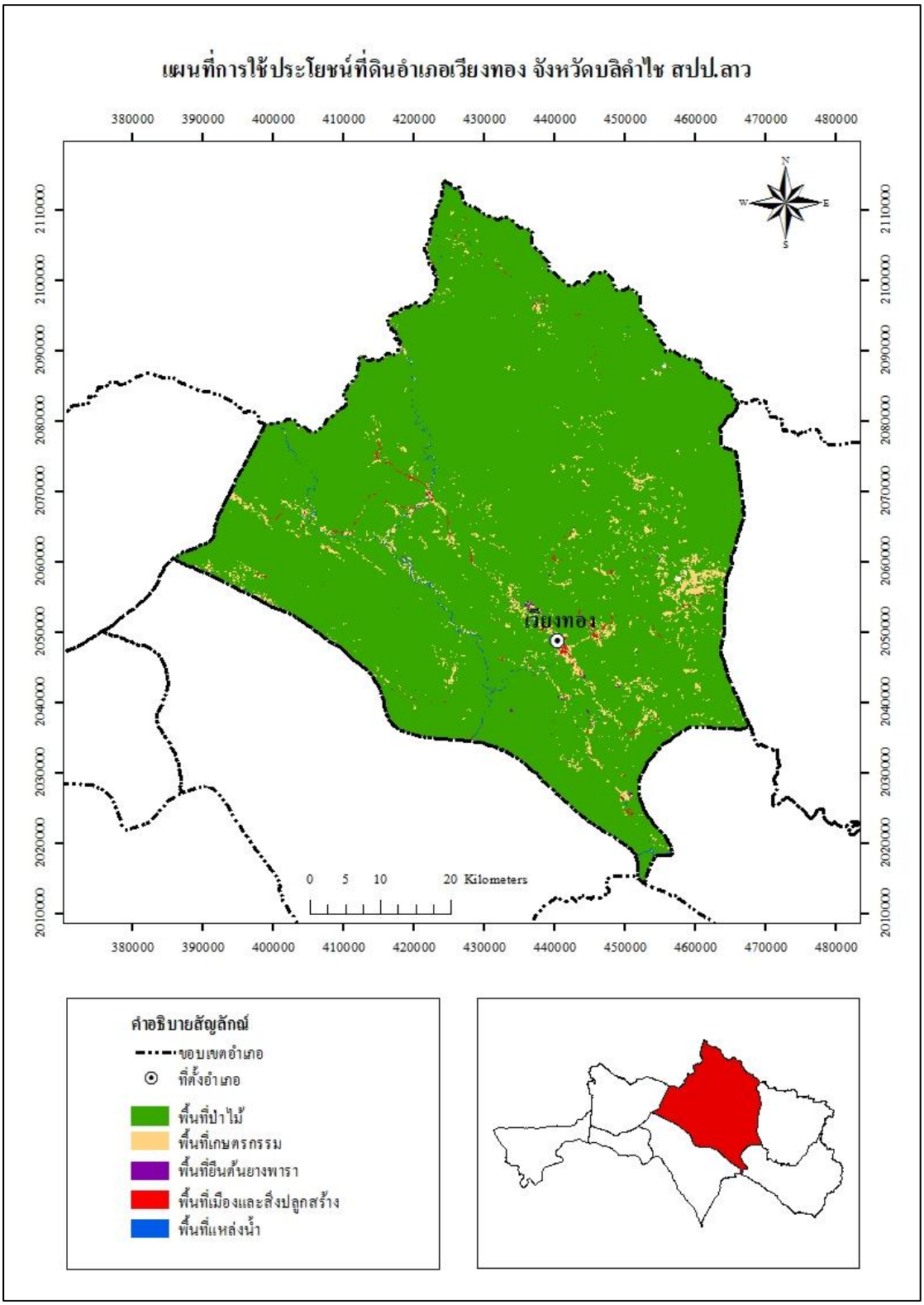
การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอเวียงทอง ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 439,874 เฮกตาร์ หรือ 2,749,212.50 ไร่ พบว่าป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 421,727.36 เฮกตาร์ หรือ 2,635,795.98 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 95.87 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 15,040.86 เฮกตาร์ หรือ 94,005.36 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 3.42 รองลงมาคือ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 1,424.60 เฮกตาร์ หรือ 8,903.74 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.32 รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 1,401.75 เฮกตาร์ หรือ 8,760.92ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.32 และพื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 279.44 เฮกตาร์ หรือ 1,746.50ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.06 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-11 ภาพที่ 4-19 และ 4-20

ตารางที่ 4-11 แสดงการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอเวียงทอง ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	15,040.86	94,005.36	3.42
พื้นที่ป่าไม้	421,727.36	2,635,795.98	95.88
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	279.44	1,746.50	0.06
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	1,424.60	8,903.74	0.32
พื้นที่แหล่งน้ำ	1,401.75	8,760.92	0.32
รวม	**439,874.00**	**2,749,212.50**	**100**



ภาพที่ 4-19 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอเวียงทอง จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558

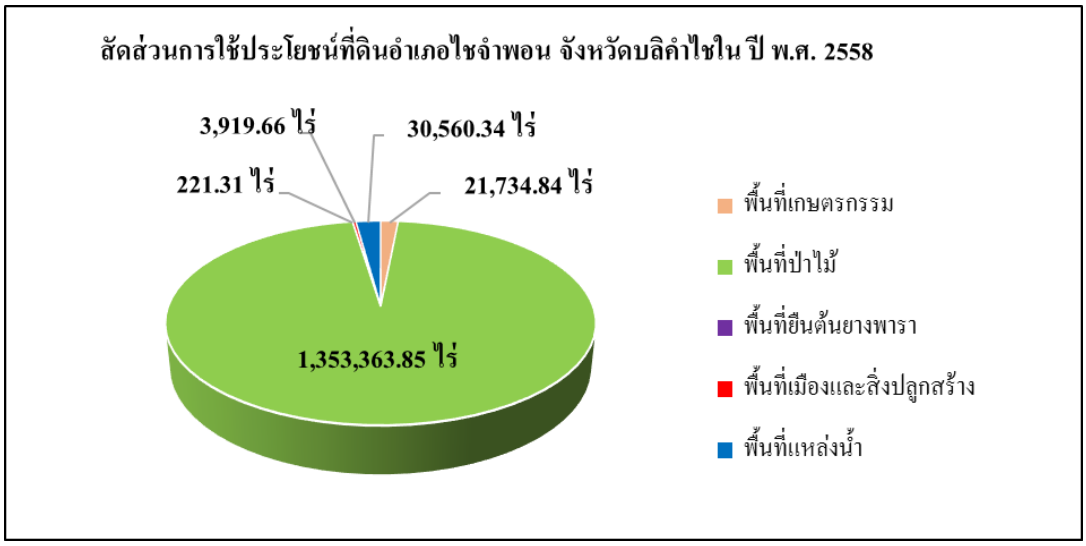


ภาพที่ 4-20 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอเวียงทอง จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

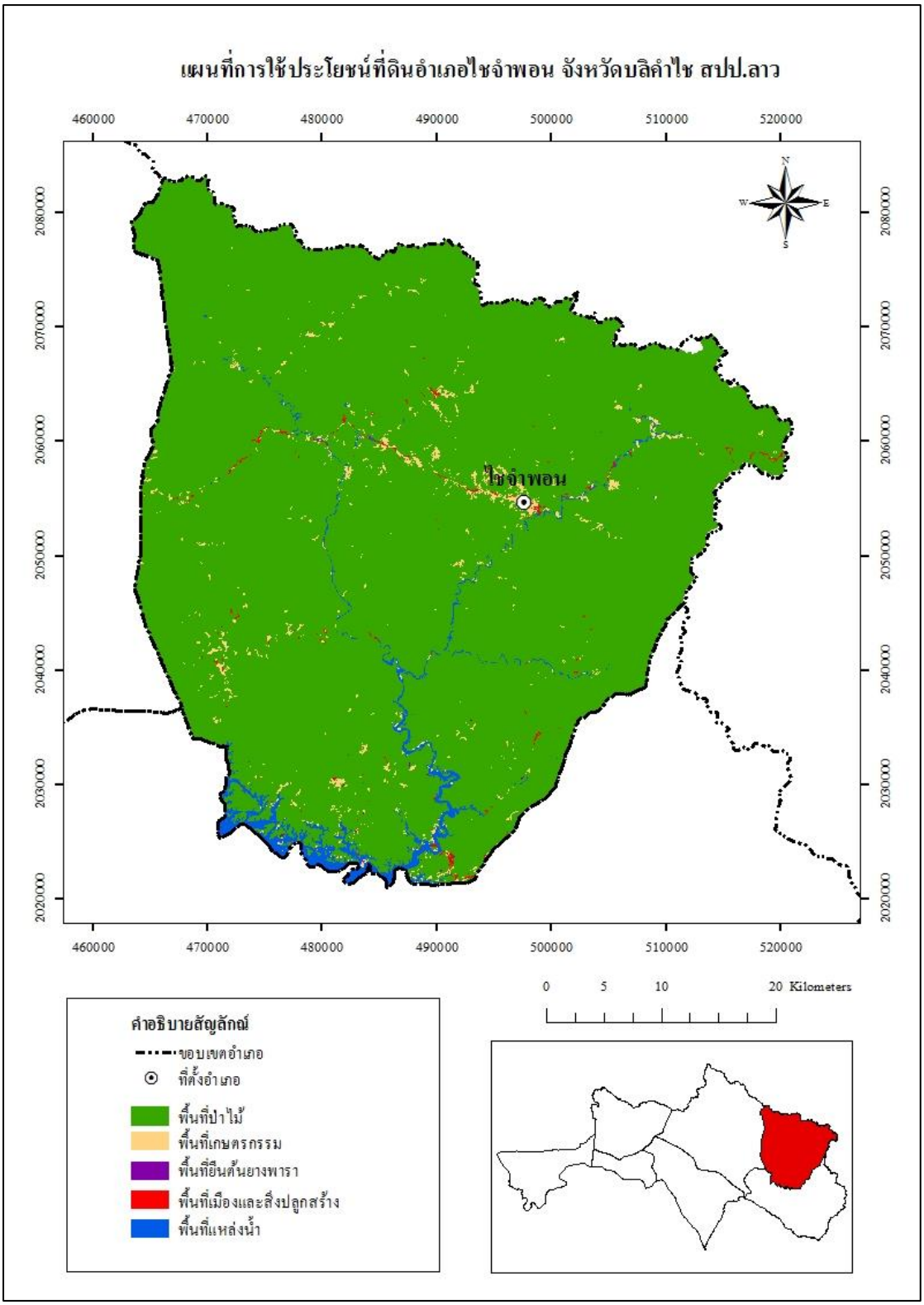
การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอไชจำพอน ครอบคลุมพื้นที่ศึกษาเท่ากับ 225,568.00 เฮกตาร์ หรือ 1,409,800.00 ไร่ พบว่าพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่มากที่สุดเท่ากับ 216,538.22 เฮกตาร์ หรือ 1,353,363.85 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 96.00 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 4,889.65 เฮกตาร์ หรือ 30,560.34 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.17 รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรม มีพื้นที่เท่ากับ 3,477.57 เฮกตาร์ หรือ 21,734.84 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.54 รองลงมาคือ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้างมีพื้นที่เท่ากับ 627.15 เฮกตาร์ หรือ 3,919.66 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.28 ของพื้นที่ทั้งหมด และพื้นที่ยืนต้นยางพารามีพื้นที่น้อยที่สุดเท่ากับ 35.41 เฮกตาร์ หรือประมาณ 221.31ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.02 ของพื้นที่ทั้งหมด ดังตารางที่ 4-12 ภาพที่ 4-21 และ 4-22

ตารางที่ 4-12 การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอไชจำพอน ในปี พ.ศ. 2558

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน	พื้นที่ (เฮกตาร์)	พื้นที่ (ไร่)	ร้อยละ
พื้นที่เกษตรกรรม	3,477.57	21,734.84	1.54
พื้นที่ป่าไม้	216,538.22	1,353,363.85	96.00
พื้นที่ยืนต้นยางพารา	35.41	221.31	0.02
พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	627.15	3,919.66	0.28
พื้นที่แหล่งน้ำ	4,889.65	30,560.34	2.17
รวม	**225,568.00**	**1,409,800.00**	**100.00**



ภาพที่ 4-21 สัดส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอไชจำพอน จังหวัดบลิคำไช ในปี พ.ศ. 2558



ภาพที่ 4-22 แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินอำเภอไชจำพอน จังหวัดบลิคำไซ ในปี พ.ศ. 2558

การประเมินความถูกต้องสำหรับการจำแนก (Accuracy Assessment) เนื่องมาจากการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดบลิคำไช เป็นการจำแนกด้วยระบบคอมพิวเตอร์ ด้วยวิธีการกำหนดกลุ่มตัวอย่างจึงจำเป็นต้องมีการประเมินค่าความถูกต้องสำหรับการจำแนก ผลจากการประเมิน ความถูกต้องสำหรับการจำแนก จากการสุ่มตัวอย่างแบบธรรมดา (Simple Random Sapling) จำนวนทั้งสิ้น 300 ตัวอย่าง ซึ่งแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกตามการใช้ประโยชน์ที่ดิน 5 ประเภท ที่ได้จากการจำแนกประเภทละ 60 ตัวอย่าง ดังภาพที่ 4-23 พบว่า ค่าความถูกต้องโดยรวมของการจำแนก (Overall Accuracy) อยู่ในระดับดี มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 85.00 เปอร์เซ็นต์ แสดงในตารางที่ 4-13 เมื่ออธิบายถึงการประเมินค่าความถูกต้องสำหรับการจำแนก (Producer Accuracy) ของการใช้ประโยชน์ที่ดินแต่ละประเภท เพื่อตรวจสอบการทำงานของระบบ พบว่า พื้นที่แหล่งน้ำมีค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พื้นที่ยืนต้นยางพารา มีค่าความถูกต้องเท่ากับ 96.15 เปอร์เซ็น เมื่อประเมินค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้ (User Accuracy) สำหรับนำไปใช้งานในพื้นที่จริง พบว่า พื้นที่ป่าไม้ มีค่าความถูกต้องสูงสุดเท่ากับ 96.67 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาคือ พื้นที่แหล่งน้ำเท่ากับ 91.67 เปอร์เซ็นต์ พื้นที่เกษตรกรรมเท่ากับ 78.33 เปอร์เซ็นต์ ส่วนพื้นที่ชุมชนเมืองและสิ่งปลูกสร้างมีค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งานต่ำที่สุดเท่ากับ 75.00 เปอร์เซ็นต์ โดยพื้นที่ยืนต้นยางพารามีค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งานเท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความคาดเคลื่อนส่วนใหญ่มาจากพื้นที่เกษตรกรรมอื่นๆ และพื้นที่ป่าไม้ ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับพื้นที่ยืนต้นยางพารา และกล่าวสรุปได้ว่าพื้นที่ยืนต้นยางพาราที่ได้จากการจำแนกเชิงวัตถุบริเวณจังหวัดบลิคำไช เมื่อนำไปใช้งาน โอกาสที่จะพบพื้นที่ยืนต้นยางพาราในพื้นที่จริง เท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 4-13 ค่าความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

ประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน		ข้อมูลอ้างอิง (Reference)						EC%	CA%
		พื้นที่เกษตรกรรม	พื้นที่ป่าไม้	พื้นที่ยืนต้นยางพารา	พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	พื้นที่แหล่งน้ำ	รวม		
ข้อมูลจากการจำแนก	พื้นที่เกษตรกรรม	47	8	2	3	0	60	21.67	78.33
	พื้นที่ป่าไม้	2	58	0	0	0	60	3.33	96.67
	พื้นที่ยืนต้นยางพารา	6	4	50	0	0	60	16.67	83.33
	พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง	11	4	0	45	0	60	25.00	75.00
	พื้นที่แหล่งน้ำ	1	3	0	1	55	60	8.33	91.67
รวม		**67**	**77**	**52**	**49**	**55**	**300**		
EO%		29.85	24.68	3.85	8.16	0.00			
PA%		70.15	75.32	96.15	91.84	100.00			

ค่าความความถูกต้องโดยรวม (Overall Accuracy) เท่ากับ (255/300)*100 = 85.00%

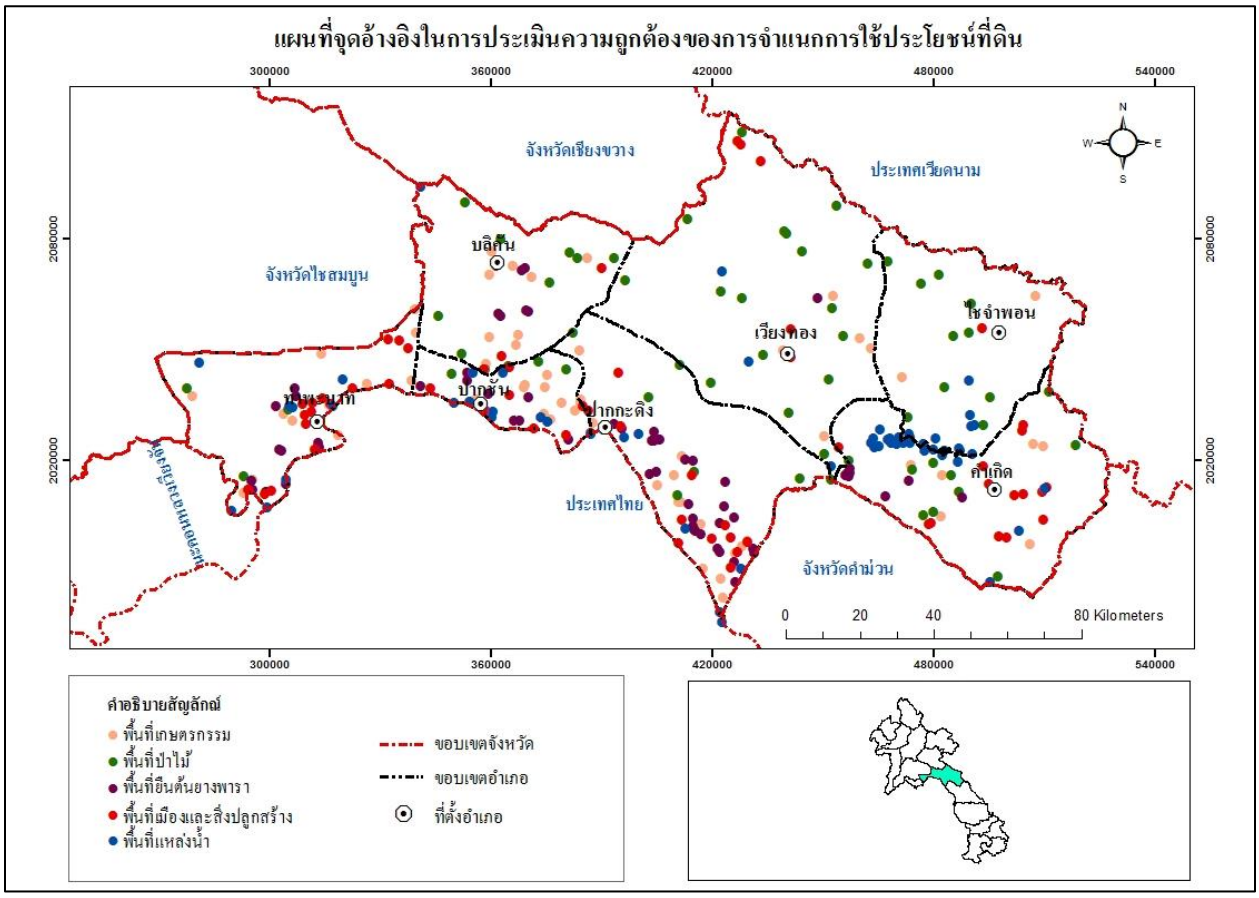
<u>หมายเหตุ</u>

EO = Error of Omission หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากไม่ถูกจัดเข้ากลุ่ม

EC = Error of Commission หรือ ค่าความคลาดเคลื่อนเนื่องจากถูกจัดเข้ากลุ่ม

PA = Producer Accuracy หรือ ค่าความถูกต้องสำหรับผู้จำแนก

CA = User Accuracy หรือ ค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน



ภาพที่ 4-23 แผนที่จุดอ้างอิงในการประเมินความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน

บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุป

การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ระบบ Operational Land Imagery (OLI) ปี พ .ศ. 2558 ครอบคลุมพื้นที่จังหวัดบลิคำไช สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว เป็นการประยุกต์ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล ร่วมกับระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก ด้วยวิธีการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุ ซึ่งมีขั้นตอนการศึกษา คือ 1. การแบ่งส่วนภาพของภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT-8 2. การกำหนดคุณลักษณะของวัตถุหรือส่วนภาพด้วยดัชนีพืชพรรณ NDVI ของแต่ละวัตถุ 3. การสร้างพื้นที่ตัวอย่าง 4. การจำแนกข้อมูลแบบ Nearest Neighbor และ 5. การประเมินความถูกต้องของการจำแนก ผลการประเมินพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับการแบ่งส่วนภาพของพื้นที่ยืนต้นยางพาราบริเวณ จังหวัดบลิคำไช ภายใต้พื้นที่ทดสอบขนาด 10,000 เฮกตาร์ หรือ 62,500 ไร่ พบว่ามี Scale Parameter, Shape และ Compactness เท่ากับ 75, 0.7 และ 0.3 ตามลำดับ และค่าสถิติของดัชนีพืชพรรณ NDVI ของแปลงตัวอย่างพื้นที่ยืนต้นยางพารา จำนวน 153 แปลง จากการจำแนกด้วยสายตา พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มีค่าอยู่ระหว่าง 0.341 ถึง 0.700 และมีค่าเฉลี่ยเลขคณิต เท่ากับ 0.590 และผลการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุแบบ Nearest Neighbor ภายใต้พื้นที่ทดสอบ พบว่า มีพื้นที่ยืนต้นยางพารา เท่ากับ 497.96 เฮกตาร์ หรือ 3,112.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 4.97 ของพื้นที่ทั้งหมด ซึ่งแตกต่างจากพื้นที่ยืนต้นยางพารา เมื่อจำแนกด้วยสายตา เท่ากับ 10.43 เฮกตาร์ หรือ 65.21 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.09 ของพื้นที่ทั้งหมด

เมื่อจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา จังหวัดบลิคำไช โดยนำค่าพารามิเตอร์จากพื้นที่ทดสอบ พบว่า จังหวัดบลิคำไช มีพื้นที่ยืนต้นยางพาราเท่ากับ 12,833.16 เฮกตาร์ หรือ 80,207.25 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.83 ของพื้นที่ทั้งหมด โดยอำเภอปากกะดิงเป็นอำเภอที่มีพื้นที่ยืนต้นยางพารามากที่สุด เท่ากับ 6,320.05 เฮกตาร์ หรือ 39,500.31 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 49.25 ของพื้นที่ยืนต้นยางพาราทั้งหมด รองลงมาคือ อำเภอท่าพะบาด มีพื้นที่เท่ากับ 2,064.90 เฮกตาร์ หรือ 12,905.63ไร่ คิดเป็นร้อยละ 16.09 และอำเภอบลิคัน มีพื้นที่เท่ากับ 1,941.69 เฮกตาร์ หรือ 12,135.56 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 15.13 ส่วนอำเภอที่มีพื้นที่ยืนต้นยางพาราน้อยที่สุด คือ อำเภอไชจำพอนมีพื้นที่เท่ากับ 35.41 เฮกตาร์ หรือ 221.31ไร่ คิดเป็นร้อยละ 0.28 และอำเภอเวียงทองมีพื้นที่เท่ากับ 279.44 เฮกตาร์ หรือ 1,746.50 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.18 ของพื้นที่ยืนต้นยางพาราทั้งหมด ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น พบว่า

พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ มีพื้นที่เท่ากับ 1,349,085.63 เฮกตาร์ หรือ 8,431,785.18 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 87.20 ของพื้นที่ทั้งหมด รองลงมาคือ พื้นที่เกษตรกรรมมีพื้นที่เท่ากับ 136,140.23 เฮกตาร์ หรือ 850,876.46 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.80 ของพื้นที่ทั้งหมด ส่วนพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง มีพื้นที่เท่ากับ 17,964.22 เฮกตาร์ หรือ 112,276.40 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 1.16 และพื้นที่แหล่งน้ำ มีพื้นที่เท่ากับ 31,068.76 เฮกตาร์ หรือ 194,179.72 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 2.01 ของพื้นที่ทั้งหมด

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดิน จำนวน 300 จุดตัวอย่าง พบว่ามีค่าความถูกต้อง อยู่ในระดับดี มีค่าเท่ากับ 85.00 เปอร์เซ็นต์แสดงใน ตารางที่ 4-13 โดยพื้นที่ยืนต้นยางพารามีค่าความถูกต้อง ในด้านความถูกต้องของการจำแนก (ผลิตภัณฑ์) เท่ากับ 96.15 เปอร์เซ็นต์ และค่าความถูกต้องสำหรับผู้ใช้งาน เท่ากับ 83.33 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความคลาดเคลื่อนของผู้ใช้งานเกิดจากการจำแนกผิดพลาดของพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ หรืออาจกล่าวได้ว่า เมื่อนำแผนที่ยืนต้นยางพาราไปใช้งานในพื้นที่จริง ความน่าจะเป็น (โอกาส) ที่จะพบพื้นที่ยืนต้นยางพารา เท่ากับ 0.8333 และจะพบพื้นที่เกษตรกรรมและพื้นที่ป่าไม้ เท่ากับ 0.1667 ส่วนการใช้ประโยชน์ที่ดินอื่นที่มีค่าความถูกต้องสำหรับการจำแนกมากที่สุด คือ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง พื้นที่ป่าไม้ และพื้นที่เกษตรกรรม เท่ากับ 100, 91.84, 75.32 และ 70.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อนำแผนที่ดังกล่าวไปใช้งานในพื้นที่จริงมากที่สุด จะเป็นพื้นที่ป่าไม้ พื้นที่แหล่งน้ำ พื้นที่เกษตรกรรม และพื้นที่เมืองและสิ่งปลูกสร้าง เท่ากับ 96.67, 91.67, 78.33 และ 75 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

อภิปรายผล

1. การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพารา จังหวัดบลิคำไซ สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว จากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 ด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุพบว่าพื้นที่ที่สามารถจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราและแบ่งส่วนภาพได้อย่างชัดเจน เป็นบริเวณที่ปกคลุมด้วยพื้นที่ยืนต้นยางพาราขนาดใหญ่และมีความเป็นเนื้อเดียวกันค่อนข้างสูง ซึ่งลักษณะแปลงปลูกขนาดใหญ่จะเป็นแปลงสัมปทานของบริษัทเอกชน ส่วนบริเวณที่ปกคลุมด้วยพื้นที่ยืนต้นยางพาราขนาดเล็กและผสมผสานกับพืชชนิดอื่น ๆ เช่น ยูคาลิปตัสหรือป่าไม้ จะไม่สามารถจำแนกและแบ่งส่วนภาพได้อย่างชัดเจน ซึ่งเป็นลักษณะแปลงปลูกของประชาชนทั่วไป

2. โดยปกติทั้งในอดีตและปัจจุบัน การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราของ สปป. ลาว จะใช้วิธีการจำแนกด้วยสายตา จากข้อมูลจากดาวเทียม ALOS และการสำรวจจากพื้นที่จริง การขึ้นทะเบียนของเกษตรกร อีกทั้งบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถทางภูมิสารสนเทศศาสตร์ยังมีค่อนข้างน้อย ทำให้สิ้นเปลืองทั้งงบประมาณ และระยะเวลาในการจัดทำแผนที่ยืนต้นยางพารา

โดยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุของพื้นที่ยืนต้นยางพารา นั้นมีความใกล้เคียงกับพื้นที่ยืนต้นที่ได้จากการสำรวจของแผนกกสิกรรมและป่าไม้ทั่วประเทศ ในปี พ.ศ. 2556 ซึ่งมีพื้นที่ยืนต้นยางพาราจังหวัดบลิคำไซ เท่ากับ 12,626.76 เฮกตาร์ หรือ 78,917.25 ไร่ ซึ่งแตกต่างกับวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ เท่ากับ 206.4 เฮกตาร์ หรือ 1,290 ไร่

3. ค่าความถูกต้องทั้งในด้านการจำแนกและการนำไปใช้งานอยู่ในระดับดีและเป็นที่ยอมรับได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ณรงค์ พลีรักษ์ (2559) ที่ได้ประเมินความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะปลูกยางพาราของจังหวัดระยอง ด้วยเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ ซึ่งใช้วิธีการจำแนกเชิงวัตถุในการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากข้อมูลจากดาวเทียม HJ-1A (SMMS) ซึ่งมีค่าความถูกต้องอยู่ในระดับเดียวกัน ทั้งนี้การจำแนกเชิงวัตถุจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-8 จึงเป็นวิธีที่สามารถจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลดปัญหาด้านงบประมาณ ระยะเวลาและบุคคลากรในการทำงาน

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาครั้งนี้เป็นการจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราจากข้อมูลจากดาวเทียม เพื่อให้ทราบพื้นที่ยืนต้นยางพาราในจังหวัดบลิคำไซเพียงอย่างเดียว ซึ่งการศึกษาในครั้งต่อไปควรมีการจำแนกอายุของพื้นที่ยืนต้นยางพาราและคาดการณ์ผลผลิตยางพาราในของ สปป. ลาว เพื่อนำมาใช้ในการวางแผนการตลาดและการจัดการพื้นที่เพาะปลูกยางพาราในอนาคต

2. การศึกษาครั้งนี้ไม่สามารถบ่งบอกได้ว่าพื้นที่ยืนต้นยางพาราดังกล่าว เพาะปลูกอยู่ในพื้นที่เหมาะสมมากน้อยเพียงใด จึงควรมีการนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาวิเคราะห์หาพื้นที่เหมาะสมสำหรับเพาะปลูกยางพารา และมีการส่งเสริมให้มีเกษตรกรเพาะปลูกยางพาราในพื้นที่เหมาะสม เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีประสิทธิภาพ

3. การใช้ข้อมูลระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ร่วมกับข้อมูลจากระยะไกลและข้อมูลสถิติเพื่อวิเคราะห์หาตำแหน่งที่ตั้งของโรงงานอุตสาหกรรมและตำแหน่งที่ตั้งของตลาดกลางยางพาราที่มีการก่อสร้างขึ้นในอนาคต

4. การจำแนกพื้นที่ยืนต้นยางพาราด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุ มีความเหมาะสมกับข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดสูง มากกว่าข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดปานกลาง เมื่อต้องการผลการจำแนกที่ถูกต้องและแม่นยำสูง จะต้องใช้ข้อมูลจากดาวเทียมรายละเอียดสูง เช่น Worldview-3 เป็นต้น

5. การกำหนดคุณสมบัติของวัตถุหรือส่วนภาพ จากคุณลักษณะเชิงคลื่นและดัชนีพืชพรรณ NDVI อาจยังไม่เพียงพอต่อการจำแนกที่ต้องการความถูกต้องสูง อาจมีการนำคุณลักษณะ

เชิงพื้นที่ของพื้นที่ยืนต้นยางพารา เช่น ความสูงของพื้นที่ ความลาดชันของพื้นที่ มากำหนดคุณสมบัติหรือค่าเกณฑ์ (Threshold) ของวัตถุหรือส่วนภาพได้

6. การจำแนกเชิงวัตถุครั้งนี้เป็นการใช้โปรแกรมลิขสิทธิ์ในการจำแนก ทำให้การนำวิธีการจำแนกดังกล่าวไปใช้งานหรือเผยแพร่ได้อย่างจำกัด ดังนั้นการจำแนกในครั้งต่อไปจึงควรใช้การจำแนกบนโปรแกรมระบบเปิด เช่น โปรแกรม QGIS หรือ SAGA GIS

บรรณานุกรม

กิตติศักดิ์ ศรีกลาง. (2557). *การรับรู้จากระยะไกล. Remote Sensing.* เข้าถึงได้จาก http://www.rtsd.mi.th/school/images/knowlegde/KM/Rs_Kittisak24.pdf

กฤษดาพันธุ์ แสงคำมา. (2555). การเปรียบเทียบการจำแนกข้อมูลแบบละเอียดกว่าจุดภาพและแบบกำกับดูแลด้วยดาวเทียมไทยโชตเพื่อวิเคราะห์พื้นที่ปลูกยางพารา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, วิทยาลัยเชียงใหม่.

กรมแผนที่แห่งชาติลาว. (2552). แผนที่ขอบเขตการปกครองของประเทศลาว

กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. (2536). *การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม.* สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติกรุงเทพฯ.โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

คติวิช กันธา. (2548). การแพร่กระจายและการยอมรับการเพาะปลูกยางพาราของเกษตรกรในจังหวัดพะเยา. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณรงค์ พลีรักษ์. (2559). การประเมินความเหมาะสมเชิงพื้นที่ในการเพาะปลูกยางพาราของจังหวัดระยอง. (หน้า 27-35.). *วารสารเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศ* มหาวิทยาลัยบูรพา.

นุชนาฏ บัวศรี. (2559). การกระจายตัวของอุณหภูมิพื้นผิวในพื้นที่เพาะปลูกมันสำปะหลังโรงงานจากข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT 8 จังหวัดมหาสารคาม. ดุษฎีนิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์, คณะภูมิสารสนเทศศาสตร, มหาวิทยาลัยบูรพา.

เนาวรัตน์ ชัยชาติ. (2546). การทดสอบศักยภาพในการจำแนกแบบละเอียดกว่าขนาดจุดภาพบนภาพจำลอง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิศวกรรมศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประชา อินทร์แก้ว ประเทือง จินตสกุล และวาสนา ภานุรักษ์. (2547). การประยุกต์ดัชนีพืชพรรณในการจำแนกข้อมูลดาวเทียมเพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงการใช้ประโยชน์ที่ดิน บริเวณลุ่มน้ำตะคลองตอนล่าง. คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

ประสพชัย นามาพุทธา. (2536). *การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม*. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

แผนกกสิกรรม และ ป่าไม้ ของทุกจังหวัดทั่วประเทศลาว. (2556). *รายงานสะภาพการผลิตยางพารา.* ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว.

พิชณะ คงยั่งยืน ณรงค์ พลีรักษ์ สุพรรณ กาญจนสุธรรม และ แก้ว นวลฉวี. (2558). การติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่เพาะปลูกยางพาราในจังหวัดจันทบุรี. (หน้า 96-107.). *วารสารวิจัยราชภัฏพระนคร.*

รัศมี สุวรรณวีระกำธร. (2530). การวิเคราะห์ข้อมูลดาวเทียมด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

วิลาสลักษม์ รอดโฉม. (2546). การใช้เทคนิคการจำแนกระดับละเอียดกว่าจุดภาพกับภาพดาวเทียมแลนด์แซต 7 เพื่อตรวจหาพื้นที่ปลูกฝิ่นขนาดเล็ก. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, บัณฑิตวิทยาลัย, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริ คูอาริยะกุล. (2545). สถิติวิเคราะห์ข้อมูลภาพดาวเทียมแลนด์แซทรายละเอียดสูง. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาสถิติประยุกต์, บัณฑิตวิทยาลัย, วิทยาลัยเชียงใหม่.

ศูนย์ค้นคว้านโยบายกสิกรรมและป่าไม้. (2554). บทวิจัยยางพารา. สถาบันค้นคว้ากสิกรรมและป่าไม้แห่งชาติ, กระทรวงกสิกรรมและป่าไม้, สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว.

สีมอน วงคำฮ่อ. (2552). ยางพาราในประเทศลาว. ศูนย์ค้นคว้าป่าไม้ สถาบันค้นคว้ากรรมและป่าไม้ กระทรวงกะสิกรรม และป่าไม้.

สุพรรณ กาญจนสุธรรม. (2536). การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุภาสพงษ์ รู้ทำนอง. (2555). หลักการจำแนกข้อมูลภาพเชิงวัตถุ. เข้าถึงได้จาก http://www.gotoknow.org/posts/492648..

สุระ พัฒนเกียรติ. (2546). ระบบภูมิสารสนเทศในทางนิเวศวิทยาและสิ่งแวดล้อม. *(Geo-Informatics in Ecology and Environment).* กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.

สุวิทย์ อ๋องสมหวัง. (2542). การประยุกต์ใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ทางป่าไม้. ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. (2540). คำบรรยายเรื่องการสำรวจระยะไกล. กรุงเทพฯ, โรงพิมพ์คุรุสภา.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ องค์การมหาชน. (2556). *ดาวเทียม LANDSAT-8* เข้าถึงได้จาก http://www.gistda.or.th/main/th/node/93

Boudeau, E. R., Huguenin, R.L.,and Karaska. M.A. (1996). Nonparametric Classification of Subpixel Materials in Multispectral Imagery. *The International Society for*

Optical Engineering, June, pp. 31-39. Retrieved from http://spie.org/Publications/Proceedings/Paper/10.1117/12.243232

Earthexplorer.usgs.gov. (n.d.). Retrieved from http://earthexplorer.usgs.gov

Gary Moll. (1999). Tree are Moneys. Imaging Notes Magazine.

GIS Geography. (2016). Retrieved from http://gisgeography.com/image-classification-techniques-remote-sensing

Holben, B. N. (1986). Characteristics of maximum-value composite images from temporal AVHRR data. *International Journal of Remote Sensing,* 7, 1417- 1434. Retrieved from http://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.1080/01431168608948945

Hongmei Li T, Mitchell Aide, Youxin Ma., Wenjun Liu, & Min Cao. (2007). Demand for rubber is causingthe loss of high diversity rain forest in SW China. *Biodiversity and Conservation,* 16, 1731-1745. Retrieved from https://www.researchgate.net/.../226823958_Demand_for_rubber_is_causin.

Huguenin, R. L. (1994). Subpixel Analysis Process Improves Accuracy of Multispectral Classifications. *Earth Observation Magazine*, July, pp. 37-40. Retrieved from https://www.researchgate.net/profile/Steve_Munson/publication/43291059_An_evaluation_of_the_utility_of_subpixel_analysis_of_thematic_mapper_imagery_for_the_spruce_beetle_outbreak_on_the_MantiLasal_National_Forest/links/0c96051ae23457d20e000000.pdf

Huguenin, R.L., Karaska M.A. and Blaricom D.V.and John R. Jensen. (1997). Subpixel Classification of Bald Cypress and Tupelo Gum Trees in Thematic Mapper Imagery. *International Journal of Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 63,* 171-1725. Retrieved from http://info.asprs.org/publications/pers/97journal/june/1997_jun_717-725.pdf

Japan Association on Remote Sensing. (1993). Remote Sensing Note. Retrieved From http://www.books.google.co.th/books/about/Remote_Sensing_Note.html?id=rar2GgAACAAJ&redir_esc=y

Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. (1994). Remote Sensing and Image Interpretation. Retrieved From http://www.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/gj.3350300217/full

Rouse et al. (1974). Normalized difference vegetation index (NDVI) in the management of

Mountain meadows. *Journal of Boreal Environment Research, 13,*417-432. Retrieved from http:// www.borenv.net/BER/pdfs/ber13/ber13-417.pdf

Sabins Jr., F.F. (1987). Remote Sensing Principles and Interpretation. *2nd Edition, W.H. Freeman and Company, New York, 226 p.* Retrieved from http:// www .gulfpetrolink.com/.../3505-sabins-jr-f-f-1987-remote-sensing-princ...

Shankar Meti, D.V.K.N.Rao, N.Usha Nair and James Jacob. (2008). Distribution of natural Rubber cultivation in relation to soil and landscape attributes in India. Retrieved from http://www.academia.edu/.../Distribution_of_natural_rubber_cultivation_in_rel...

Suratman, M. N., Bull, G.Q., Leckie D.G., Lemay, V., & Marshall, P.L. (2002). Modelling attributes of Rubberwood (Hevea brasiliensis) stands using spectral radiance recorded by landsat lhematic mapper in Malaysia. *Geoscience and Remote Sensing Symposium, 4,* 2087-2090. Retrieved from http:// www. uitm.pure.elsevier.com/.../modelling-attributes-of-rubberwood-he...

USGS. (2013). Using the USGS Landsat 8 Product. *Retrieved from* http://landsat.usgs.gov/Landsat8_Using_Product.php