



ใบรับรองวิทยานิพนธ์  
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้)

ปริญญา

การบริหารทรัพยากรป่าไม้

วนศาสตร์

สาขา

คณะ

เรื่อง

การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงวัตถุภาพ เพื่อจำแนกความแตกต่างกัน  
ของสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

Object Oriented Satellite Image Analysis for the Differentiation of Eucalyptus  
Plantation in the Area of Sanam Chai Khet District, Chachoengsao Province

นามผู้วิจัย นางสาวธัญรัตน์ อนันต์

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจน์เขจร ชูชีพ, Dr.rer.nat. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์, D.Agr. )

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

( อาจารย์เชาวลิต ศิลปทอง, Doctorat. )

ประธานสาขาวิชา

( ผู้ช่วยศาสตราจารย์กาญจน์เขจร ชูชีพ, Dr.rer.nat. )

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

( รองศาสตราจารย์กัญญา ธีระกุล, D.Agr. )

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงวัตถุภาพ เพื่อจำแนกความแตกต่างกัน  
ของสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

Object Oriented Satellite Image Analysis for the Differentiation of Eucalyptus  
Plantation in the Area of Sanam Chai Khet District, Chachoengsao Province

โดย

นางสาวธัญวรัตน์ อนันต์

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์  
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้)

พ.ศ. 2555

ธัญวรรณ์ อนันต์ 2555: การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงวัตถุภาพ เพื่อจำแนกความแตกต่างกันของสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหารทรัพยากรป่าไม้) สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้ คณะวนศาสตร์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ กาญจน์เขจร ชูชีพ, Dr.rer.nat. 111 หน้า

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสในท้องที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทราออกเป็นกลุ่มตามความแตกต่างกันของสายพันธุ์และชั้นอายุด้วยวิธีวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพในข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5 ในการศึกษาใช้หลักการแบ่งส่วนข้อมูลภาพออกเป็นกลุ่มวัตถุภาพก่อนนำไปจำแนกโดยอาศัยเกณฑ์ปัจจัยเกี่ยวกับลักษณะภาพในด้าน ความเป็นเนื้อเดียวกัน การอัดแน่น และความหยาบละเอียด กำหนดระดับการแบ่งส่วนข้อมูลจากหยาบไปละเอียดเพื่อหาระดับที่เหมาะสมกับพื้นที่ศึกษา ในการกำหนดฐานกฎเพื่อการจำแนกข้อมูลวัตถุภาพที่จะใช้ในอัลกอริทึมได้เลือกใช้ข้อมูลภาพช่วงคลื่นสีแดง อินฟราเรด อินฟราเรดใกล้ และดัชนีความเป็นพืชพรรณ (NDVI) รวมทั้งค่าอัตราส่วนระดับสีเทาที่ปรากฏบนข้อมูลภาพ (GCLM) และเพื่อให้เป็นการเปรียบเทียบได้ มีการจำแนกข้อมูลภาพด้วยวิธีการแบบอิงค่าจุดภาพเพียงอย่างเดียว ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) โดยใช้ตัวจัดชั้นแบบความน่าจะเป็นสูงสุด (maximum likelihood) โดยการประเมินความถูกต้องของผลลัพธ์ที่ได้จากทั้งสองวิธีแสดงในรูปของค่าความถูกต้องโดยรวม และค่าสัมประสิทธิ์ Kappa จากการศึกษาพบว่า วิธีการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุภาพที่กำหนดระดับสเกลขนาดปานกลาง (ค่าเท่ากับ 50) และระดับละเอียด (ค่าเท่ากับ 25) ให้ผลการในจำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษาได้ดีที่สุด

---

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Thanwarat Anan 2012: Object Oriented Satellite Image Analysis for the Differentiation of Eucalyptus Plantation in the Area of Sanam Chai Khet District, Chachoengsao Province. Master of Science (Forest Resource Administration), Major Field: Forest Resource Administration, Faculty of Forestry. Thesis Advisor: Assistant Professor Kankhajane Chuchip, Dr.rer.nat. 111 pages.

The study was aimed to differentiate eucalyptus plantations into proper classes according to the variety of species and age-classes in the area of Sanamchaikhet district, Chachoengsao province. Object-oriented image analysis (OOIA) was used to classify a satellite image of the study area. Firstly, the multispectral SPOT-5 image of the study area was initially segmented based on homogeneity, compactness and smoothness criteria. This was performed with different scale-parameters varied from coarse to fine spatial levels suitable for proper classification. R, NIR, SWIR spectral band and NDVI of the image, as well as grey-level-co-occurrence matrix (GCLM) were taken into account. A robust rule base was then set up in the classification algorithm. Supervised classification with maximum likelihood classifier was also applied as a pixel-based method used for comparison purpose. Accuracy assessment was hence applied to both supervised maximum likelihood and OOIA by means of overall accuracy and kappa coefficients. The results showed that OOIA with medium (value = 50) and fine scale (value = 25) of the image segmentation gave higher accuracy than the supervised maximum likelihood classification.

---

Student's signature

Thesis Advisor's signature

## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับความกรุณาจากผู้มีพระคุณหลายท่าน ในโอกาสนี้ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กาญจน์เขจร ชูชีพ ประธานกรรมการที่ปรึกษา ผศ.ดร.วันชัย อรุณประภารัตน์และอาจารย์ ดร.เชาวลิต ศิลปทอง กรรมการที่ปรึกษา ซึ่งมีความรู้ความเชี่ยวชาญด้าน RS และ GIS เป็นอย่างมาก ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ จนสำเร็จลุล่วงด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านที่ได้ถ่ายทอดความรู้และประสบการณ์ต่างๆ ให้แก่ ข้าพเจ้า ตลอดหลักสูตรการศึกษา

ขอขอบพระคุณกระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และสำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศ และภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนการศึกษา และให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลภาพถ่าย จากดาวเทียม SPOT-5 และน้องๆ จากบริษัทในเครือดับเบิลเอ รวมถึงเจ้าหน้าที่ สทอภ. ที่ช่วยเก็บข้อมูล ภาคสนาม

ขอบพระคุณเจ้าหน้าที่โครงการปริญญาโท สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรป่าไม้ ภาคพิเศษ ทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ดูแล อำนวยความสะดวกในส่วนที่เกี่ยวข้อง

ท้ายที่สุด ขอกราบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และญาติพี่น้อง ที่ให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา จนข้าพเจ้าสามารถประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดีจนถึงปัจจุบัน

ธัญวรรณ์ อนันต์

ตุลาคม 2555

## สารบัญ

## หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(4)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	43
อุปกรณ์	43
วิธีการ	44
ผลและวิจารณ์	53
สรุปและข้อเสนอแนะ	72
สรุป	72
ข้อเสนอแนะ	73
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	74
ภาคผนวก	80
ภาคผนวก ก แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลภาคพื้นดิน	81
ภาคผนวก ข ตารางและภาพผลการศึกษา	84
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	111

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	ช่วงค่าระดับสีเทา ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ	24
2	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ช่วงปี พ.ศ. 2541-2551	40
3	กลุ่มชุดดินโดยอาศัยคุณลักษณะของดิน บริเวณอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา	42
4	ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาจำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูล	43
5	พื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสจากการจำแนกความแตกต่างด้วยวิธี supervised classification	58
6	การกำหนดปัจจัยสำหรับการแบ่งส่วนข้อมูล 3 ระดับ เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส	60
7	เปรียบเทียบการแบ่งส่วนข้อมูล 3 ระดับ	61
8	เงื่อนไขที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส จำนวน 8 กลุ่ม	63
9	พื้นที่ปลูกสร้างยูคาลิปตัสที่ได้จากการจำแนกเชิงจุดภาพด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ (object-oriented approach)	66
10	ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างยูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบกำกับ	67
11	ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบ object-oriented สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับ 100	68
12	ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบ object-oriented สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับ 50	69
13	ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบ object-oriented สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับ 25	70

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางผนวกที่		หน้า
ข1	ลักษณะและคุณสมบัติของดาวเทียม SPOT	85
ข2	จุดควบคุมภาคพื้นดิน และค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5	86
ข3	จุดภาพตัวอย่างเพื่อหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าข้อมูลจากแบนด์ที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened กับข้อมูลในรูปแบบที่ไม่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ค่า r)	87
ข4	จุดสำรวจข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่างสำหรับการจำแนก	95
ข5	จุดสำรวจข้อมูลเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก	96

## สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบคลุ่มเครือ	11
2	ยูคาลิปตัสพันธุ์ K51	14
3	ยูคาลิปตัสพันธุ์ K7	16
4	การรวมกันของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่มีสัดส่วนทำให้เกิดสีที่หลากหลาย	25
5	พื้นผิวที่ผ่านกระบวนการคำนวณค่าความสว่างของจุดภาพใหม่	33
6	พื้นที่ศึกษา อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา	38
7	ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ช่วงปีพ.ศ. 2541-2551 จากการประมาณค่าในช่วง (interpolation) โดยใช้เทคนิค IDW (inverse distance weighted) ของพื้นที่ศึกษา	40
8	ข้อมูลชุดดินในพื้นที่ศึกษา	42
9	ขั้นตอนการศึกษาวิจัย	46
10	ระดับความสัมพันธ์สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	48
11	จุดเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลความแตกต่าง 2 สายพันธุ์ 4 ชั้นอายุ จำนวน 33 จุด เพื่อกำหนดเป็นชุดข้อมูลตัวแทนสำหรับกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่ศึกษา อำเภอสนามชัยเขต	54
12	จุดเก็บข้อมูลภาคสนามสายพันธุ์และชั้นอายุยูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษา อำเภอสนามชัยเขต	55
13	จุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) ที่ใช้ในการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5	55
14	ค่าการกระจายตัวของข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด (pan-sharpened) กับข้อมูลในช่วงคลื่นปกติ (multi-spectral)	57
15	ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสด้วยวิธี supervised classification โดยใช้กฎการตัดสินใจแบบ maximum likelihood	58
16	ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด ในช่วงคลื่น (ก) Red band (ข) NIR band (ค) SWIR band (ง) NDVI และ(จ) GLCM	62

## สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
17	ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสด้วยวิธี object-oriented classification ในขนาดของการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ที่ระดับ 100	65
18	ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสด้วยวิธี object-oriented classification ในขนาดของการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ที่ระดับ 50	65
19	ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสด้วยวิธี object-oriented classification ในขนาดของการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ที่ระดับ 25	66
<b>ภาพผนวกที่</b>		
ข1	ดาวเทียม SPOT	91
ข2	การกำหนดค่าสำหรับการแบ่งส่วนข้อมูลเพื่อนำไปจำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส โดยใช้ค่าสเกลพารามิเตอร์ที่ขนาด 50 กำหนดเงื่อนไขให้ค่าน้ำหนักความน่าจะเป็น ของค่าคุณลักษณะด้านค่าสี (color) 0.8 รูปร่าง (shape) 0.2 ภายใต้คุณลักษณะด้านรูปร่าง ได้กำหนดค่าคุณลักษณะความราบเรียบ (smoothness) เท่ากับ 0.7 และการเกาะกลุ่มของข้อมูล (compactness) เท่ากับ 0.3	91
ข3	ตัวอย่างผลการแบ่งส่วนข้อมูลออกเป็นกลุ่มของวัตถุภาพ เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกเชิงวัตถุ	92
ข4	ชุดคำสั่ง (rule set) สำหรับการจำแนกเชิงวัตถุภาพ	92
ข5	ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธ์ K7 ชั้นอายุระหว่าง 1-2 ปี	93
ข6	ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธ์ K7 ชั้นอายุระหว่าง 3-4 ปี	93
ข7	ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธ์ K51 ชั้นอายุระหว่าง 1-2 ปี	94
ข8	ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธ์ K51 ชั้นอายุระหว่าง 3-4 ปี	94

การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงวัตถุภาพ เพื่อจำแนกความแตกต่างกัน  
ของสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

Object Oriented Satellite Image Analysis for the Differentiation of  
Eucalyptus Plantation in the Area of Sanam Chai Khet District,  
Chachoengsao Province

คำนำ

การวิเคราะห์ข้อมูลการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing) พัฒนาจากการพิจารณาลักษณะของวัตถุที่สัมพันธ์กับค่าที่ปรากฏในแต่ละจุดภาพ (pixel-based value) เพื่อนำผลที่ได้ไปพัฒนาการประยุกต์ใช้ในมาตราส่วนต่าง ๆ และส่วนใหญ่ประยุกต์ใช้กับข้อมูลภาพที่รายละเอียดไม่สูงนัก การจำแนก (classification) เป็นการอาศัยค่าการสะท้อนของคลื่นรังสีแม่เหล็กไฟฟ้า (spectral value) เพียงอย่างเดียว ซึ่งต้องมีการสุ่มเก็บตัวอย่างในปริมาณที่มากพอ ถูกต้อง และต้องเป็นตัวแทนที่แท้จริงของประเภทวัตถุที่ต้องการจำแนก ในบางกรณีโดยเฉพาะอย่างยิ่งการสำรวจที่ต้องการทราบเนื้อที่จริงเปรียบเทียบกับการวัดเนื้อที่โดยการรังวัด การวิเคราะห์โดยอาศัยค่าการสะท้อนเพียงอย่างเดียวไม่อาจทำให้มีความถูกต้องแม่นยำเท่าที่ควร การวิเคราะห์ที่มีความซับซ้อนและใช้เวลานาน อีกทั้งผลการวิเคราะห์ยังเกิดจุดกระ (speckle noise) โดยเฉพาะกับข้อมูลภาพที่มีรายละเอียดสูง เช่น บางครั้งการวิเคราะห์ด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) อาจพบป่าดงดิบในเขตตัวเมือง พบป่าชายเลนในพื้นที่ภูเขา พบหนองน้ำ ทุ่งหญ้า หรือพื้นดินว่างเปล่าในพื้นที่นาข้าว เป็นต้น ทั้งนี้เพราะสิ่งปกคลุมพื้นที่มีรูปแบบเฉพาะตัว ในขณะที่บางประเภทมีความหลากหลายในตัว ส่งผลให้เกิดความนิยมการวิเคราะห์ภาพด้วยสายตา เพราะให้ผลตรงตามต้องการของผู้ใช้ข้อมูลมากกว่า และเร็วกว่า เนื่องจากมนุษย์ได้มีการวิเคราะห์และสังเคราะห์สิ่งที่ตามองเห็นโดยอาศัยประสบการณ์ ความคุ้นเคยในพื้นที่ศึกษา เหล่านี้มาสังเคราะห์เข้าด้วยกัน โดยการนำเอาลักษณะของความหยาบละเอียด (texture) ขนาด (size) รูปร่าง (shape) และลักษณะทำเลที่ตั้ง (location) แต่การแปลภาพด้วยวิธีนี้มีข้อเสียหลายประการเช่นกัน นั่นคือ มีความแตกต่างกันไปตามผู้แปล และให้ผลการแปลที่ไม่แน่นอนแม้จะแปลด้วยผู้แปลคนเดียวกัน ดังนั้น การแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมจึงเป็นทั้งศาสตร์และศิลป์ที่ยังมีการศึกษาพัฒนาวิธีการแปลหรือวิเคราะห์รูปแบบใหม่ ๆ อยู่เสมอ การวิเคราะห์ข้อมูลภาพเชิงวัตถุภาพ (object-oriented image analysis) ถือเป็นวิธีการหนึ่งที่กำลังเป็นที่ยอมรับมากขึ้นในการประยุกต์ใช้เพื่อการวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียม

การวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมเชิงวัตถุภาพ (object-oriented satellite image analysis) เป็นวิธีการจำแนกข้อมูลจากดาวเทียมโดยอาศัยทั้งค่าข้อมูลที่ได้จากค่าการสะท้อน (spectral value) และข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial information) ความหนาแน่นของพืชพรรณ ขนาด รูปแบบ ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับวัตถุ ตำแหน่งที่ตั้ง ความรู้ของผู้วิเคราะห์ ฤดูกาล ความรู้เรื่องพืชพรรณ ลักษณะทางกายภาพในพื้นที่ เป็นต้น การศึกษาครั้งนี้ให้ความสนใจในเรื่องของการจำแนกความแตกต่างกันของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส ซึ่งถือเป็นทรัพยากรการเกษตรและอุตสาหกรรมที่สำคัญยิ่งของประเทศในปัจจุบัน เนื่องจากความต้องการไม้และเยื่อกระดาษของประเทศไทยและของโลกสูงมากและมีแนวโน้มสูงขึ้นเรื่อยๆ ตามการพัฒนาประเทศ ไม้ยูคาลิปตัสที่ปลูกสามารถใช้ประโยชน์แตกต่างกันตามอายุและขนาดของไม้ ดังนั้นการประเมินผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัสจึงเป็นสิ่งสำคัญทั้งต่อเจ้าของสวนป่าและโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องการไม้ยูคาลิปตัสเป็นวัตถุดิบ

การศึกษานี้จึงได้นำรูปแบบการวิเคราะห์ข้อมูลจากดาวเทียมเชิงวัตถุภาพ (object-oriented satellite image analysis) ซึ่งเป็นการผสมผสานเทคนิคทั้งด้านการรับรู้จากระยะไกล (remote sensing; RS) ระบบสารสนเทศทางภูมิศาสตร์ (geographic information system : GIS) และระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (global positioning system : GPS) เข้าด้วยกัน โดยจะทำการศึกษาความแตกต่างของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลดาวเทียม บริเวณอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสเพื่อป้อนเข้าสู่โรงงานผลิตเยื่อกระดาษมากแห่งหนึ่งของประเทศ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องแม่นยำสูง ลดค่าใช้จ่ายและประหยัดเวลาในการเก็บข้อมูลภาคสนาม ซึ่งข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการวางแผนจัดการพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสได้ต่อไป

## วัตถุประสงค์

1. เพื่อวิเคราะห์จำแนกความแตกต่างกันของสวณป่ายุคาลิปต์ส จากข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ (object-oriented analysis) ที่เหมาะสม
2. เพื่อศึกษาระดับการแบ่งส่วนสำหรับการจำแนกเชิงวัตถุภาพที่เหมาะสมสำหรับการแยกความแตกต่างกันของพื้นที่สวณป่ายุคาลิปต์ส



## การตรวจเอกสาร

การศึกษาครั้งนี้ ได้รวบรวมเอกสารที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้ครอบคลุมประเด็นการศึกษาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการตรวจเอกสารออกเป็น 4 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ

ส่วนที่ 2 ยูคาลิปต์สคามาเลคูลินซิส

ส่วนที่ 3 ข้อมูลจากดาวเทียม

ส่วนที่ 4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### การวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ

#### นิยามและความหมายวัตถุภาพ

Navulur (2007) กล่าวว่าวัตถุภาพ (image object) คือการรวมกลุ่มของจุดภาพ (pixels) ที่มีความคล้ายคลึงกันทั้งคุณลักษณะเชิงคลื่น (spectral) และเชิงตำแหน่ง (spatial) เป็นรูปแบบพื้นฐานของการแบ่งส่วนข้อมูล (image segmentation) ซึ่งถือเป็นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์ภาพดาวเทียมกันอย่างกว้างขวางในหลายสิบปีที่ผ่านมา โดยหลักการในการจัดกลุ่มจุดภาพ (pixel) ที่มีลักษณะการสะท้อนในแบนด์ต่าง ๆ ที่มีลักษณะคล้าย ๆ กันให้จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกันโดยใช้ค่าทางสถิติเป็นเครื่องมือช่วยในการจัดแบ่งกลุ่มของวัตถุภาพ การจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลขึ้นอยู่กับตัวแปรที่เลือกใช้ เช่น ค่าการสะท้อนของแต่ละแบนด์ ค่าอัตราส่วนระหว่างแบนด์ เช่น NDVI, AVI, NDWI และอื่นๆ โดยค่าในแต่ละจุดภาพบนข้อมูลจากดาวเทียมจะถูกนำมาเปรียบเทียบกับค่าที่ได้อัดลงในกลุ่มที่ได้จัดทำขึ้น ผลที่ได้จะเป็นข้อมูลที่ได้มีการจัดกลุ่มตามที่ได้กำหนดไว้ และจะถูกแปลโดยผู้ใช้งานว่าแต่ละกลุ่มที่ได้รับการจำแนกคืออะไร ซึ่งการประยุกต์ใช้แนวคิดเชิงวัตถุสำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลจะเป็นการวิเคราะห์ภาพในลักษณะพื้นที่ที่เป็นวัตถุไม่ใช่พื้นที่ในจุดภาพ ซึ่งแนวคิดเรื่องการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพนี้สอดคล้องกับ Schneider and Steinwender (1999) ที่กล่าวว่าวัตถุภาพ (image object) คือกลุ่มของจุดภาพเดี่ยว ๆ หลาย ๆ จุดภาพ ที่เชื่อมต่อกัน มีค่าการสะท้อนของจุดภาพ (digital number) ที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงวัตถุต่าง ๆ บนภาพ เช่นเดียวกับข้อมูลจริงบนพื้นโลก (real world) ขณะที่ Castilla and Hay (2008) กล่าวว่าความหมายของคำว่าวัตถุภาพเปรียบเหมือนการแยกแยะขอบเขตของภาพ

ที่อยู่ในลักษณะดิจิทัล ซึ่งมีความแตกต่างกันทั้งสภาพภายใน (internally) ความสอดคล้อง (coherent) และสภาพแวดล้อม (surroundings) นอกจากนี้คำว่าวัตถุภาพในความหมายของผู้พัฒนาโปรแกรม Definiens eCognition กล่าวว่าเป็นขอบเขตที่เกิดเป็นภาพขึ้นมา ซึ่งขอบเขตที่กล่าวถึงนี้ไม่มีความเกี่ยวข้องกับโครงสร้างพื้นที่ของภาพ เปรียบได้กับภาพต่อจิกซอร์ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของภาพทั้งหมด ซึ่งเรียกได้ว่าวัตถุภาพได้เช่นเดียวกัน กล่าวคือเป็นส่วนของภาพที่สามารถมองเห็นได้จากภาพรวมทั้งหมด ตามลายเส้นหากมีการแยก

### แนวคิดเชิงวัตถุภาพ

Booch *et al.* (2007) กล่าวว่าแนวคิดเชิงวัตถุ คือการระบุสาระสำคัญของวัตถุตามมุมมองของผู้จำแนก โดยการพิจารณาสาระสำคัญ ดังนี้

1. วัตถุ (object) เป็นสิ่งที่มีคุณสมบัติ 3 ประการ คือ ชื่อ (id) ลักษณะประจำตัว (attribute) และสถานะ (state) ซึ่งเป็นการบ่งบอกถึงลักษณะเฉพาะของวัตถุ ณ เวลาหนึ่งๆ เนื่องจากวัตถุมีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติตลอดเวลาหรือมีพลวัตกับเวลา การกำหนดชนิดของวัตถุที่ชัดเจนจะเป็นการป้องกันไม่ให้เกิดความสับสนในการกำหนดสาระสำคัญ

2. คลาส (class) เป็นตัวแทนหรือนิยามของวัตถุที่มีลักษณะการทำงานเหมือน ๆ กัน ซึ่งได้จากการรวบรวมกลุ่มของวัตถุที่มีคุณสมบัติคล้าย ๆ กันเข้าเป็นกลุ่มเดียวกัน ซึ่งวัตถุจะมีบทบาทได้มากมาย ขึ้นอยู่กับการสร้างจากคลาส เพื่อกระทำการบางลักษณะตามที่ใช้ต้องการ คลาสอาจแบ่งเป็นย่อย (subclass) ซึ่งสืบทอดคุณสมบัติจากคลาสหลัก (super-class)

3. การจำแนก (classification) เป็นการจัดระเบียบความรู้ (knowledge) เกี่ยวกับวัตถุออกเป็นกลุ่ม ๆ ในการจำแนกวัตถุต้องไม่กำหนดสาระสำคัญสูงหรือต่ำ มากหรือน้อยเกินไป เพราะจะทำให้จำแนกได้ยาก และอาจจะละเอียดจนเกินไป ยากที่จะทำให้เกิดผล โดยแนวทางการกำหนดสาระสำคัญที่ดี คือการกำหนดเป็นลำดับขั้น (hierarchy) โดยเริ่มจากสาระสำคัญหลักก่อน แล้วค่อย ๆ พิจารณาแยกแยะสาระสำคัญของแต่ละส่วนย่อยลงไปเรื่อย ๆ ตามลำดับ

### การแบ่งส่วนข้อมูล

Navulur (2007) และ Baatz *et al.* (2008) กล่าวไว้สอดคล้องกันว่าการแบ่งส่วนข้อมูล (image segmentation) เป็นเทคนิคขั้นแรกที่จะทำการแปลงข้อมูลภาพไปสู่รูปแบบของวัตถุภาพ

วัตถุภาพที่ได้จะให้ค่าเชิงคลื่น (spectral values) ข้อมูลคุณลักษณะ (attributes) มากกว่าจุดภาพ ได้แก่ รูปร่าง ความหยาบละเอียด และข้อมูลโครงสร้างทางกายภาพ (morphology) ที่จะสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล กระบวนการในการแบ่งส่วนข้อมูลเพื่อให้ได้ขอบเขตหรือวัตถุที่มีคุณสมบัติร่วมกันแบ่งออกได้เป็น 2 กระบวนการ ได้แก่

1. การแบ่งส่วนของวัตถุโดยการรวมกันของบริเวณที่มีค่าใกล้เคียงกันหรือบริเวณที่เป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneity)
2. การแบ่งส่วนของวัตถุโดยการค้นหาเส้นขอบโดยใช้ความลาดชันของค่าระดับสีเทาระหว่างจุดภาพใกล้เคียง

Definiens Imaging (2001) กล่าวว่า การแบ่งส่วนข้อมูลเป็นการสร้างกลุ่มของวัตถุจากชุดข้อมูล (image layer information) โดยใช้เครื่องมือสำหรับการให้ค่ากลุ่มของวัตถุ ในแต่ละระดับ โดยได้พูดถึงการแบ่งส่วนข้อมูลว่า ในการแบ่งส่วนข้อมูลจะใช้ปัจจัยของระดับมาตราส่วน (scale factor) เป็นตัวกำหนดขนาดของวัตถุ และเกณฑ์ของข้อมูลที่เป็นเอกพันธ์ (homogeneity criteria) ซึ่งจะกำหนดสัดส่วนของช่วงคลื่นหรือสีและรูปร่างของข้อมูลที่ใช้ในกระบวนการแบ่งส่วนของข้อมูล

### การใช้ฐานความรู้ของผู้วิเคราะห์

สุทัศน์ (2550) กล่าวถึงการนำข้อมูลในลักษณะที่เป็นฐานความรู้ที่จะนำมาใช้ร่วมกันในการจำแนกประเภทข้อมูล เช่น ความหยาบละเอียด (texture) ขนาด (size) รูปแบบ (pattern) ความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับวัตถุ (associate) ตำแหน่งที่ตั้ง (site) ความรู้ของผู้วิเคราะห์ (knowledge) ฤดูกาล (temperature) ร่มเงา (shadow) ความรู้เรื่องพืชพรรณ เป็นต้น ข้อมูลเหล่านี้ต้องมีการนำมาทำการจัดระเบียบความรู้เกี่ยวกับวัตถุนั้น ซึ่งควรมีการจัดออกเป็นกลุ่ม ๆ และกำหนดเป็นลำดับชั้น โดยเริ่มจากสาระสำคัญหลักๆ ก่อน ขณะที่ Benz *et al.* (2004) กล่าวว่า การวิเคราะห์ข้อมูลจำเป็นต้องใช้ความรู้เกี่ยวกับกระบวนการที่สำคัญที่เป็นปัญหาของการวิเคราะห์ ความรู้ในกระบวนการ และความรู้ในด้านการวิเคราะห์ข้อมูล โดยสิ่งที่จำเป็นในกระบวนการดึงข้อมูลข่าวสารและถือเป็นศิลปะในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่

1. ความเข้าใจคุณลักษณะของเครื่องวัด (sensor characteristics)

2. ความเข้าใจในเรื่องมาตราส่วน (scale) และการผสมผสาน (combination) ที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ ตัวอย่างในการวัดระดับมาตราส่วน เช่น ต้นไม้ สิ่งก่อสร้าง และถนน จะใช้มาตราส่วนละเอียด กลุ่มของต้นไม้และกลุ่มของสิ่งก่อสร้าง จะใช้มาตราส่วนระดับกลาง และป่าไม้ พื้นที่ชุมชน และพื้นที่เปิด ใช้มาตราส่วนระดับหยาบ

3. การกำหนดสัญลักษณ์ขององค์ประกอบ (context) และลำดับชั้น (hierarchical) ที่อยู่ภายใต้การวิเคราะห์วัตถุภาพ (image objects) และลักษณะของวัตถุ (object features)

4. การพิจารณาถึงความไม่แน่นอนที่อาจเกิดขึ้นของระบบการดึงข้อมูลทั้งหมด ตั้งแต่เครื่องวัด (sensor) ไปจนถึงแนวคิดฟัซซี (fuzzy concept) ตามหลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (fuzzy logic)

### การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุภาพ

การจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุภาพ (object oriented classification) มีวิธีการในการดำเนินการดังนี้

1. การจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล (unsupervised classification) การใช้วิธีการนี้เนื่องจากในบางกรณีไม่มีข้อมูลเพียงพอที่จะทำการจำแนก ทั้งข้อมูลทางภูมิศาสตร์และข้อมูลธรรมชาติอื่นๆ การจำแนกที่ได้จึงเรียกว่า “information class” การเลือกพื้นที่ตัวอย่าง จะใช้พื้นที่ที่มีความหลากหลาย (heterogeneous) เพื่อให้แน่ใจว่าครอบคลุมทุกชนิดข้อมูลที่ที่มีในภาพหลังจากการจำแนกข้อมูลแล้ว ผู้วิจัยจะต้องกำหนดหรือใช้ชื่อชนิดข้อมูลต่าง ๆ การใช้วิธีการจำแนกแบบไม่กำกับดูแล อาจทำก่อนวิธีการจำแนกแบบกำกับดูแลก็ได้ ซึ่งหลังจากผ่านขั้นตอนการเลือกพื้นที่ให้มีลักษณะเป็นข้อมูลแบบคละแล้วจึงนำกลุ่มข้อมูลดังกล่าวมาแบ่งเป็นประเภทหรือชนิดข้อมูลต่าง ๆ โดยให้แต่ละชนิดมีลักษณะที่เหมือนกันเป็นเอกพันธ์ โดยใช้วิธีการรวมกลุ่มข้อมูล (clustering) (สุรภี, 2548) สิ่งสำคัญในการแปลแบบการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล คือความรู้เกี่ยวกับพื้นที่และองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในภาพจากดาวเทียม โดยจำนวนของข้อมูลในการจำแนก สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ตามความรู้ และมุมมองของผู้ใช้ที่มองเห็นในข้อมูล ข้อดีของการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล คือการกำหนดกฎเกณฑ์ (rule) การจัดแบ่งกลุ่มของข้อมูลมีลักษณะเด็ดขาด ไม่มีความยืดหยุ่น ซึ่งบางครั้งอาจไม่มีความสัมพันธ์กันกับลักษณะพื้นที่ และในบางครั้งลักษณะของจุดภาพในภาพเกิดมีลักษณะที่สามารถเข้าไปอยู่ในกลุ่มได้มากกว่าหนึ่งกลุ่ม ทำให้เกิดการตัดสินใจผิดพลาดในการจัดกลุ่มได้ ในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบไม่กำกับดูแล มีขั้นตอนวิธีการทำงาน

หลายรูปแบบ แต่ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย และเป็นที่ยอมรับมี 2 วิธีด้วยกันคือ K-means และ ISODATA (Navulur, 2007)

2. การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับ (supervised classification) การจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล จะต้องกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training area) ของข้อมูลทุกประเภทเพื่อให้ได้ข้อมูลตัวอย่างมาทำการประมาณค่าสถิติ โดยในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างต้องเลือกพื้นที่ที่มีความหลากหลายและครบถ้วน เพื่อให้ได้ตัวแทนของประชากรทั้งหมด (สุรณี, 2548) เช่นเดียวกับ Navular (2007) ที่กล่าวว่าในการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล ผู้ใช้วิธีการนี้ต้องมีประสบการณ์หรือความรู้ภายในพื้นที่เป็นอย่างดี เนื่องจากผู้ใช้เป็นผู้กำหนดจำนวนกลุ่มข้อมูล โดยทำการเลือกชุดตัวอย่าง (training sets) ภายในข้อมูลจากดาวเทียม และใช้สมการทางสถิติในการวิเคราะห์ค่าการสะท้อนจากแบนด์ต่างๆ ภายในพื้นที่ที่ถูกเลือกของแต่ละกลุ่มข้อมูล สำหรับการจำแนกข้อมูลเชิงวัตถุภาพ ขบวนการเริ่มจากการนำข้อมูลจากดาวเทียมไปทำการแบ่งส่วน (segmentation) หลังจากนั้นจึงสุ่มตัวอย่าง (sampling) วัตถุหรือเซกเมนต์ (segment) เพื่อทำการจำแนกประเภทข้อมูลแบบกำกับดูแล โดยอาจเรียกวิธีการนี้ว่า supervised segmentation based classification และเรียกวิธีการเดิมที่จำแนกบนจุดภาพว่า supervised pixel based classification (สุทัศน์, 2550)

3. การจำแนกโดยใช้ฐานกฎ (rule –based classification) ฐานกฎ (rule based) พัฒนามาจากระบบผู้เชี่ยวชาญ (expert system) เพื่ออธิบายเรื่องราวที่เกิดขึ้นโดยอาศัยกฎเกณฑ์การยกตัวอย่าง โดยทุกผลลัพธ์ในการตัดสินใจและกฎเกณฑ์ ประกอบด้วยการเรียงลำดับการทำงานของระบบ ซึ่งสอดคล้องกับหลักเหตุผลอย่างเป็นขั้นตอน ซึ่งสร้างจากกลุ่มของตัวแปรต่าง ๆ เพื่ออธิบายผลที่จะเกิดขึ้น ถ้าผู้ใช้มีความรู้เกี่ยวกับรูปแบบการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นต่าง ๆ ของวัตถุ ก็จะสามารถนำ rule based มาพัฒนาใช้ในการจำแนกลักษณะของวัตถุภาพได้ ตัวอย่างการยกน้ากับพืชพรรณ โดยใช้คุณสมบัติหลักการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน โดยใช้ rule based ดังนี้

ถ้า  $NDVI < 20\%$  และ  $Blue < 4\%$  ให้จุดภาพนั้นเป็นน้ำ

ถ้า  $NDVI > 0.4$  ให้จุดภาพนั้นเป็นพืชพรรณ

ในกรณีที่ผู้ใช้งานไม่ใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญด้านพฤติกรรมการณ์การสะท้อนแสงของวัตถุ ก็สามารถใช้อุปกรณ์อื่น ๆ ที่มีมาช่วยในการหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุกับตัวแปรอิสระต่างๆ เช่น NDVI ค่า Index อื่น ๆ หรือข้อมูลภูมิประเทศต่าง ๆ มาช่วยในการตัดสินใจ เช่น ความสูง ความลาดชัน หรือและทิศทางความลาดชัน เป็นต้น

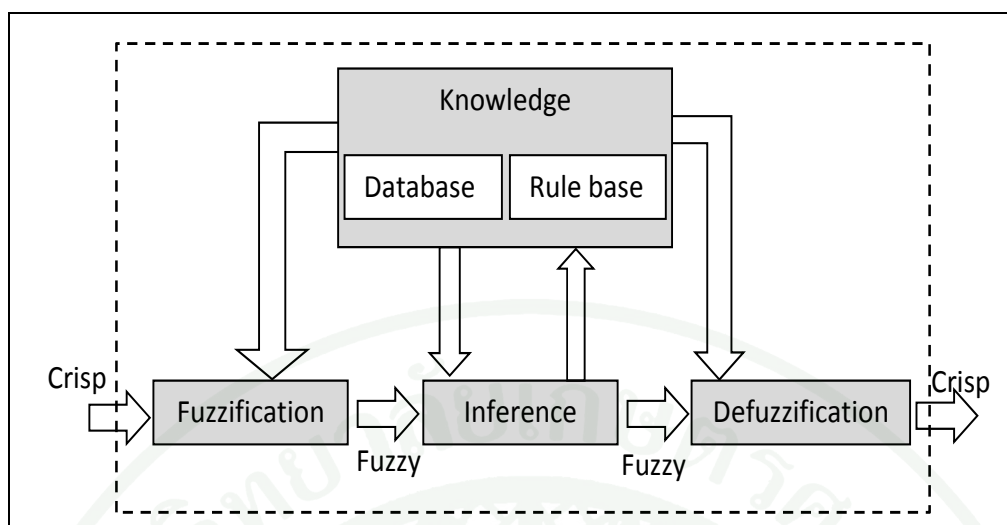
4. Classification and Regression Tree (CART) and Decision tree Tree base model เป็นเทคนิคการสืบค้นลงในตัวข้อมูล สำหรับในกรณีที่ไม่สามารถอธิบายลักษณะของพื้นที่ได้ในการตัดสินใจเพียงครั้งเดียว ต้องมีการใช้ชุดข้อมูลหลายตัวมาร่วมในการตัดสินใจ Tree base model สามารถใช้ได้ทั้งในงานตีความข้อมูลและการวิเคราะห์แบบถดถอย (regression analysis) โดยองค์ประกอบหลักของการวิเคราะห์ประกอบด้วย กลุ่มของตัวแปรคาดการณ์ (predictor variables) (X) และตัวแปรตาม (Y) โดยลักษณะของตัวแปรคาดการณ์ อาจเป็นลักษณะการสะท้อนแสง ดัชนีพืชพรรณต่าง ๆ หรือชุดข้อมูลคงที่ เช่น ความสูง ส่วนตัวแปรตามเป็นลักษณะตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณและคุณภาพ โดยในการจำแนกลักษณะพื้นที่ ตัวแปรตาม (Y) เป็นลักษณะข้อมูลที่ไม่มีเงื่อนไข ในขณะที่การใช้ใน regression tree ตัวแปรตาม มักเป็นลักษณะตัวแปรทางด้านปริมาณ

5. การวิเคราะห์แบบโครงข่ายประสาทเทียม (neural network classification) การจำแนกแบบโครงข่ายประสาทเทียม เป็นการจำลองการทำงานของเครือข่ายประสาทในสมองมนุษย์ เพื่อเป็นเครื่องมือที่มีความสามารถในการเรียนรู้ การจดจำรูปแบบต่าง ๆ และการคาดเดาสีต่าง ๆ แบบเดียวกับสมองของมนุษย์ โดยแนวคิดที่ได้มาจากการที่สมองของมนุษย์ประกอบด้วย เซลล์ประสาท (neurons) ที่เชื่อมต่อกันนับล้าน ๆ เซลล์ โดยแต่ละเซลล์ มีการใช้ปฏิกิริยาชีวเคมีในการรับ - ส่ง และประมวลผลข้อมูล โดยแต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วย ปลายในการรับกระแสประสาท (dendrites) ซึ่งเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทนับพันรอบข้าง เมื่อเซลล์ได้รับการกระตุ้นจากสิ่งเร้าภายนอกหรือด้วยเซลล์ด้วยกันเอง กระแสกระตุ้นจะวิ่งผ่าน dendrites เข้าสู่นิวเคลียส ความแรงของกระแสกระตุ้นต่าง ๆ ที่เข้าสู่โครงข่ายจะถูกนำมารวมกัน เพื่อผ่านไปยังการประมวลผลข้อมูลแบบ spatial summation และ temporal summation โดย spatial summation เป็นผลการรวมกันของสัญญาณกระตุ้นเบา ๆ แล้วเปลี่ยนเป็นสัญญาณข้างเคียงขนาดใหญ่ ส่วน temporal summation เป็นการแปลงสัญญาณที่ส่งมาเป็นจังหวะอย่างรวดเร็ว จากแหล่งกำเนิดหนึ่งให้กลายเป็นสัญญาณขนาดใหญ่ จากนั้นนำสัญญาณนั้น มาเปรียบเทียบกับ threshold ที่กำหนด ไว้ในโครงข่ายประสาท ถ้าสัญญาณมีค่ามากกว่าก็จะทำการส่งต่อกระแสกระตุ้นไปยังโครงข่ายประสาทอื่น ๆ ที่เชื่อมต่อกัน ถ้าน้อยกว่าก็จะไม่มีการส่งสัญญาณออกไป เมื่อระบบทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ก็จะได้รูปแบบในการคาดการณ์การตัดสินใจที่มีเหตุผล ซึ่งค่าน้ำหนัก (weight) สามารถจัดเก็บและดึงข้อมูลได้จากหน่วยความจำ

6. การจำแนกโดยใช้หลักการของตรรกศาสตร์คลุมเครือ (fuzzy classification) เป็นการนำวิธีการของความน่าจะเป็นกับเทคนิคของระบบผู้เชี่ยวชาญมาใช้ร่วมกัน เพื่อให้สามารถจำแนกลักษณะของพื้นที่ และเป็นวิธีการที่เหมาะสมในการจำแนกพื้นที่ที่มีลักษณะการสะท้อนของวัตถุที่คาบเกี่ยวใกล้เคียงกันระหว่างสองลักษณะพื้นที่ รวมถึงสามารถใช้ได้ดีในข้อมูลที่มีข้อจำกัดทางด้านขนาดของค่าการสะท้อน โดยลักษณะการจำแนกแบบทั่วไป เช่น แบบกำกับจะเป็นการจำแนกกรอบ

ของจำนวนชั้นเพื่อจำแนกประเภทลักษณะของพื้นที่ ซึ่งกำหนดจากค่าตัวเลขในแต่ละชั้น (class) โดยให้ความสำคัญของจำนวนสมาชิกที่มีความใกล้เคียงกันมากที่สุด เป็นอันดับสูงและสุดท้ายทุกวัตถุ จะต้องถูกจำแนกลงไปในชั้นการจำแนกพื้นที่ในกลุ่มใดกลุ่มหนึ่ง ซึ่งวิธีการดังกล่าว อาจมีกลุ่มของวัตถุที่สามารถจำแนกได้ในทั้งสองชั้นการจำแนก ซึ่งการจำแนกแบบควบคุมอาจมีการวางวัตถุลงในชั้นข้อมูลที่ผิดพลาดได้ ในขณะที่วิธีการ Fuzzy ประกอบด้วยกลุ่มของข้อมูลด้านความน่าเชื่อถือ ความคงทน และองค์รวมของแต่ละชั้นข้อมูลที่วัตถุต่าง ๆ สามารถแปรไปเป็นชั้นข้อมูลพื้นที่ได้ รวมทั้งชั้นพิเศษที่ไม่สามารถจำแนกวัตถุไปยังชั้นข้อมูลที่กำหนดขึ้นมาได้

การแบ่งชั้นข้อมูลแบบคลุมเครือ ต้องการระบบที่มีองค์ประกอบที่สมบูรณ์ ซึ่งประกอบด้วยค่าตัวแปรที่จะใส่ลงในระบบที่ได้จากชุดของฟัซซี่ ชุดองค์ประกอบในการคิดและตัดสินใจ ที่ใช้ในการกำหนดค่าในการแบ่งชั้นข้อมูลให้กับภาพและค่าที่กำหนดการแบ่งชั้นข้อมูลแบบธรรมดา โดย fuzzy logic จะใช้เพื่อวิเคราะห์ข้อมูลที่ไม่น่าเชื่อถือ ในชุดข้อมูลทั้งหมด โดยทำให้ข้อมูลอยู่ในรูปทางตรรกวิทยา คือ ถูกหรือผิด ในรูปของตัวเลขที่ต่อเนื่องจาก 0-1 โดย 0 จะแทนค่าที่ผิด และ 1 แทนค่าที่ถูก และค่าของวัตถุที่ถูกแทนที่ระหว่าง 0-1 จะแปรเปลี่ยนระหว่าง จริงและเท็จ และระบบ fuzzy logic จะใช้หลักที่เหมือนกับที่สมองมนุษย์คิดขึ้นและตัดสินใจวัตถุต่าง ๆ เหล่านั้นจะไปอยู่ในชั้นการแปลที่ช่วงไหน ซึ่งเช่นเดียวกับที่ สัมพันธ์ (2551) กล่าวว่า กฎของฟัซซี่จะนำมาใช้เป็นขั้นตอนเสริมของการจำแนกข้อมูล ซึ่งจะนำมาใช้ในการแปลงค่าของข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial value) ไปเป็น fuzzy value ที่มีค่าการกระจายตัวระหว่าง 0 ถึง 1 และทำการอธิบายผลการจำแนกในรูปแบบของความน่าจะเป็น (probability) ถือเป็นเครื่องมือที่ช่วยในการตัดสินใจภายใต้ความไม่แน่นอนของข้อมูลโดยยอมให้มีความยืดหยุ่นได้ โดยใช้หลักเหตุผลที่คล้ายการเปลี่ยนแบบความคิดที่ซับซ้อนของมนุษย์ โดยทฤษฎีคลุมเครือเซตมีค่าหรือดีกรีของความเป็นสมาชิก (degree of membership) ซึ่งแสดงด้วยค่าตัวเลขระหว่าง 0 และ 1 โดย 0 หมายถึง ไม่เป็นสมาชิกในเซต 1 หมายถึง เป็นสมาชิกในเซต และค่าระหว่าง 0 กับ 1 เป็นสมาชิกบางส่วนในเซต การทำเช่นนี้ ทำให้เกิดความราบเรียบในการเปลี่ยนจากพื้นที่นอกเซตไปอยู่ในเซตของสมาชิกต่าง ๆ โดยมีฟังก์ชันสมาชิก (membership function) เป็นฟังก์ชันจัดเทียบ (mapping function) วัตถุในโดเมนใด ๆ ให้เป็นค่าความเป็นสมาชิกในคลุมเครือเซต โดยโครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบฟัซซี่ ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 4 ส่วน (ภาพที่ 1) ดังนี้



ภาพที่ 1 โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบคลุมเครือ

ที่มา: สัมพันธ์ (2551)

6.1 ส่วนแปลงการรับเข้าทั่วไปเป็นการรับเข้าแบบตัวแปรคลุมเครือ(fuzzification) หรือในรูปแบบเซตคลุมเครือหรือเรียกว่าเป็นตัวแปรภาษา (linguistic variable)

6.2 ฐานความรู้ (knowledge base) เป็นส่วนที่จัดเก็บรวบรวมข้อมูลในการควบคุม ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ฐานกฎ (rule base) และฐานข้อมูล (database)

6.3 ฐานกฎ (rule base) เป็นส่วนของการกำหนดวิธีการควบคุม ซึ่งได้จากผู้เชี่ยวชาญ ในรูปแบบของชุดข้อมูลแบบกฎของภาษา (linguistic rule)

6.4 ฐานข้อมูล (database) เป็นการเตรียมส่วนที่จำเป็นเพื่อที่จะใช้ในการกำหนดกฎ การควบคุม และการจัดการข้อมูลของตรรกศาสตร์คลุมเครือ

จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวัตถุภาพ ได้มีการบูรณาการเทคนิคการประมวลผล ข้อมูล ได้แก่ การกำหนดขั้นตอนและอัลกอริธึมของการแบ่งส่วนข้อมูลแบบหลากหลายมาตราส่วน (Baatz and Schape, 2000) ร่วมกับวิธีการในขั้นสูง เช่น ระบบผู้เชี่ยวชาญและระบบฟัซซี่ (knowledge-based expert systems and fuzzy systems) โดยวิธีการในการจำแนกประเภทข้อมูลที่ได้จากการ แบ่งส่วนข้อมูล ซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐาน (primitive) สำหรับการจำแนก เพื่อให้ได้ความหมายของวัตถุที่

ได้จากการจำแนกจากข้อมูลพื้นฐาน (Benz *et al.*, 2004) ซึ่ง (Navulur, 2007) และ (Baatz *et al.*, 2008) กล่าวว่าในการจำแนกเชิงวัตถุให้ค่าความเชื่อมั่นสูงเมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกโดยการพิจารณาจากจุดภาพ

จากการตรวจเอกสารเรื่องการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ จะเห็นได้ว่าการประยุกต์หลักการของการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพสามารถกระทำได้กับข้อมูลจากดาวเทียม และมีหลักการและเหตุผลที่น่าเชื่อถือได้ว่าจะสามารถใช้กับการจำแนกวัตถุหรือประเภทของสิ่งปกคลุมพื้นที่ (landcover) ที่มีลักษณะเฉพาะแตกต่างกันไปตามอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อม จึงเป็นเรื่องที่นำมาเป็นประเด็นศึกษาในครั้งนี้

### ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส

#### ลักษณะทั่วไป

ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) เป็นไม้พื้นเมืองของประเทศออสเตรเลีย ได้มีการนำเข้ามาปลูกในประเทศไทยกว่า 30 ปีมาแล้ว ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส เป็นไม้ยืนต้นอยู่ในวงศ์ Myrtaceae (วิจิตและคณะ, 2546) มีจำนวนชนิดอยู่ระหว่าง 600 – 700 ชนิด เป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นได้ดีในภูมิอากาศของประเทศแถบอบอุ่น จนถึงเขตร้อน โดยจะทนต่ออากาศร้อนจัดอุณหภูมิสูงสุด 45 องศาเซลเซียส และอากาศหนาวจัดอุณหภูมิต่ำสุด -5 องศาเซลเซียส ระยะเวลาทนต่อความแห้งแล้ง 6-8 เดือน และทนต่อภาวะน้ำท่วมขัง 2-8 เดือน จะพบขึ้นในระดับความสูงจากน้ำทะเล 0-600 เมตร ในท้องถิ่นที่มีปริมาณน้ำฝน 200-1,250 มิลลิเมตร แต่ถ้าปลูกเพื่อการค้าควรปลูกในพื้นที่ที่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยไม่ต่ำกว่า 400 มิลลิเมตร ปรับตัวได้ดีในดินเกือบทุกประเภท ทั้งดินเหนียว ดินร่วนปนทราย ดินลูกรัง ดินทราย ดินหินปูน ดินเค็ม ชอบดินที่มีความเป็นกรดต่างประมาณ 6-7.5 (กรมป่าไม้, 2529) แต่ไม่ทนต่อดินที่มีปริมาณหินปูนสูงซึ่งปริมาณแคลเซียมสูงจะทำให้ยูคาลิปตัสปรากฏอาการใบเหลือง (chlorosis) (FAO, 1981)

ปัจจุบันไม้ยูคาลิปตัสได้ถูกนำไปปลูกยังหลายประเทศทั่วโลก ในทวีปเอเชีย แอฟริกา ยุโรป ตอนใต้ อเมริกากลางและอเมริกาใต้ รวมถึงประเทศไทยด้วย ประเทศไทยมีการปลูกสร้างเป็นสวนป่าอย่างจริงจังในปี พ.ศ. 2521 (บุญวงศ์, 2530) ตามรายงานของ FAO พบว่าในปี พ.ศ. 2543 ได้มีการปลูกยูคาลิปตัสในทั้งหมด 68 ประเทศรวมเนื้อที่ปลูกกว่า 111.63 ล้านไร่ โดยประเทศไทยในปี พ.ศ. 2540 พบว่าเฉพาะส่วนภาคเอกชนมีการปลูกยูคาลิปตัสเป็นพื้นที่ถึง 2,740,773 ไร่ (วุฒิพล และคณะ, 2542)

## 1. ยูคาลิปตัสพันธุ์ K51

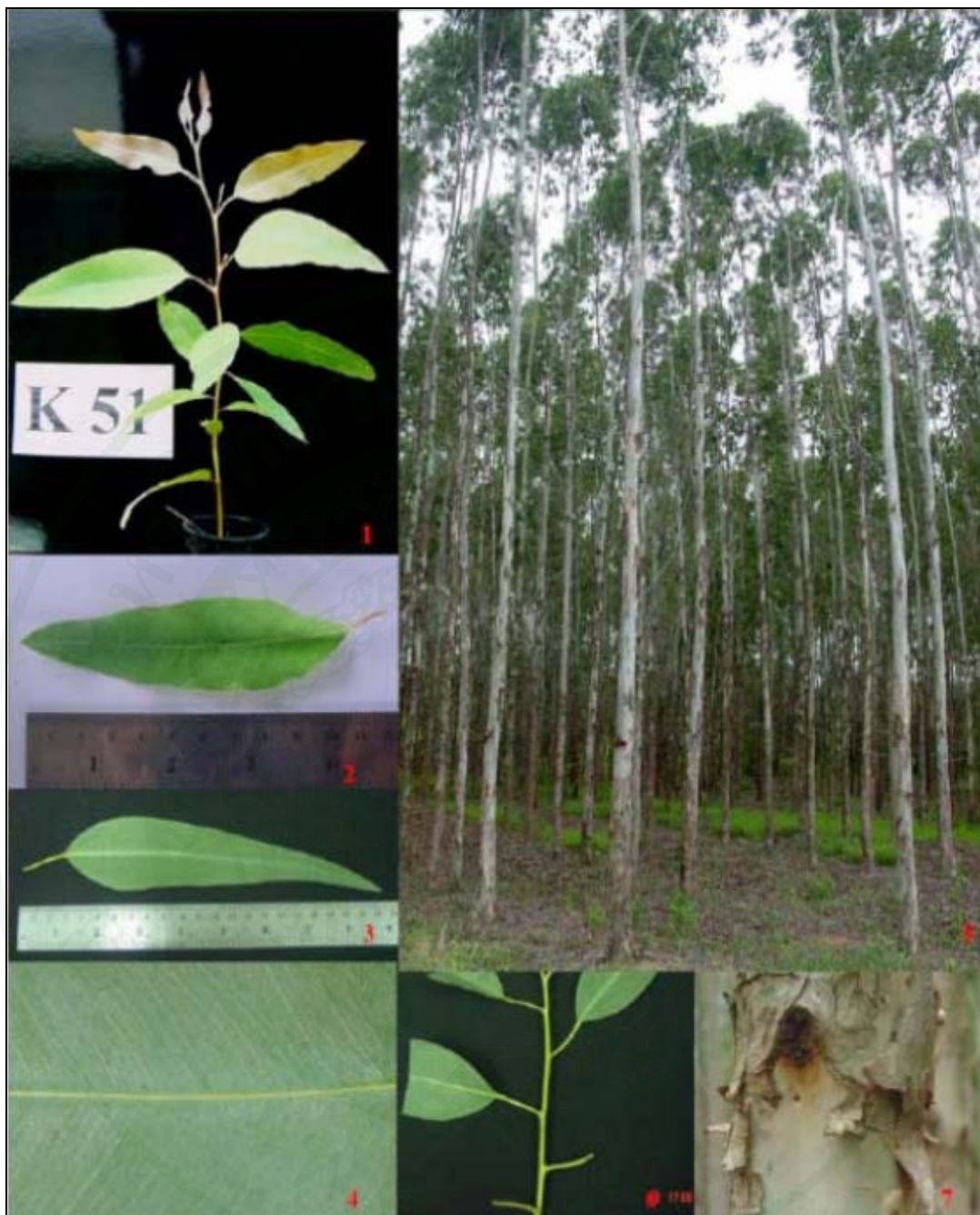
ยูคาลิปตัสพันธุ์ K51 (ภาพที่ 2) เป็นพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกตามขั้นตอน คือ ปี พ.ศ. 2526 บริษัท ยูคาลิปตัส เทคโนโลยี จำกัด ได้ซื้อกล้าไม้ที่ได้จากการเพาะเมล็ดมาจากจังหวัดระยอง (ไม่ทราบแหล่งที่มาของเมล็ด) นำมาปลูกที่ อำเภอพนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา และดำเนินการคัดเลือกพันธุ์ ต่อมาในปี พ.ศ. 2532 ขยายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ โดยใช้กิ่งปักชำ และปลูกทดสอบพันธุ์ ทำการคัดเลือกพันธุ์อีกครั้งเมื่อไม้ยูคาลิปตัสอายุได้ 3 ปี และขยายสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แล้วนำต้นกล้าที่ได้ไปปลูกทดสอบผลผลิตในพื้นที่อำเภอพนมสารคาม และอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ได้พันธุ์ K51 โดยมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ดังนี้

### 1.1 ระยะเวลากล้าไม้อายุ 1-2 เดือน

ลำต้นเป็นเหลี่ยม บิดและโค้งเล็กน้อย ข้อถี่ ยอดอ่อนสีชมพู มีนวลขาว เคลือบยอด และแผ่นใบ ใบเป็นสีเขียวอมเหลืองรูปหอก (lanceolate) ปลายใบสอบแหลม ฐานใบแหลม ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย ใบเรียงตัวแบบสลับ (alternate) ขนาด 3.0 x 11.0 เซนติเมตร

### 1.2 ระยะเวลาไม้ใหญ่อายุ 3-5 ปี

ผลผลิตที่ระยะปลูก 2 x 3 เมตร น้ำหนักเฉลี่ย 18 ตันต่อไร่ ต่อ 5 ปี มีแนวโน้มต้านทานต่อโรคไหม้ตากบ อาจพบอาการโรคเหี่ยวเฉาตาย และโรคใบจุดเหลี่ยม การทำลายของแมลงน้อยมาก หากพบมักเป็นพวกแมลงกัดกินใบ ระยะเวลาไม้ใหญ่มีแนวโน้มต้านทานต่อโรคเหี่ยวเฉาตาย โรคใบจุดเหลี่ยม และโรคใบจุดเหลืองดำ เติบโตได้ดีในพื้นที่ราบ และที่ราบสูง ระบายน้ำดี มีความชื้นในดิน และอากาศปานกลาง ไม่มีน้ำท่วมขัง ลักษณะดินเป็นดินทราย ดินร่วน ดินเหนียวปนทรายปนลูกรัง



ภาพที่ 2 ยูคาลิปตัสพันธุ์ K51

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2555)

## 2. ยูคาลิปตัสพันธุ์ K7

ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) พันธุ์ K7 (ภาพที่ 3) เป็นพันธุ์ที่ได้จากการคัดเลือกตามขั้นตอน คือ คัดเลือกกล้าไม้ที่ได้จากการเพาะเมล็ด (ไม่ทราบแหล่งที่มาของเมล็ด) จากแปลงปลูกของบริษัท ยูคาลิปตัส เทคโนโลยี จำกัด ที่ อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ต่อมานำสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ มาปลูกทดสอบเบื้องต้นที่แปลงปลูก อำเภอนมสารคาม จังหวัดฉะเชิงเทรา โดยทำการคัดเลือกอีกครั้งเมื่อ ยูคาลิปตัสมีอายุ 3 ปี และขยายสายพันธุ์ที่คัดเลือกได้ด้วยวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ แล้วนำ ต้นกล้าที่ได้ไปปลูกทดสอบผลผลิตในพื้นที่ อำเภอนมสารคาม และอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา คัดเลือกได้พันธุ์ K7 โดยมีลักษณะทางพฤกษศาสตร์ ดังนี้

### 2.1 ระยะเวลากล้าไม้อายุ 1-2 เดือน

ลำต้นแข็งตั้งตรงและเป็นเหลี่ยมเล็กน้อย สีน้ำตาลแดง ข้อห่าง ยอดอ่อนสีแดงเข้ม ถึงแดงอมชมพู มีนวลเล็กน้อย ใบ สีเขียวเข้ม รูปหอกกว้าง (broad-lanceolate) ปลายใบเป็นติ่งแหลม ฐานใบมนถึงแหลม ขนาด 3.5x8.5 เซนติเมตร ขอบใบสีแดงเป็นคลื่น ใบเรียงตัวแบบตรงกันข้ามตั้งฉาก (opposite decussate)

### 2.2 ระยะเวลาไม้ใหญ่อายุ 3-5 ปี

ลำต้นไม่กลม ตั้งตรง มีความเปลาตรงสม่ำเสมอไม่โค้งงอ มีร่องกิ่งชัดเจน ใบหนาแน่น เรือนยอดแหลม ทรงพุ่มแผ่ กว้างครอบคลุมในส่วนที่ 2/3 ของลำต้นนับจากยอด กิ่งมากขนาดปานกลางถึงใหญ่ แตกรอบลำต้น ทำมุมกับลำต้นน้อยกว่า 70 องศา ลิดกิ่งได้ปานกลาง ผิวเปลือกเรียบสีนวลเทา ลอกเปลือกเป็นแผ่น ใบสีเขียวเข้มเป็นมัน รูปหอกกว้าง (broad-lanceolate) ปลายใบแหลม และฐานใบมนถึงแหลม ขอบใบเป็นคลื่น ใบเรียงตัวแบบสลับ (alternate) ขนาด 4.0 x 18.0 เซนติเมตร ผลผลิตที่ระยะปลูก 2 x 3 เมตร น้ำหนักเฉลี่ย 17 ตันต่อไร่ ต่อ 5 ปี พบอาการของโรคทางใบเล็กน้อยได้แก่ โรคใบจุดเหลี่ยม โรคใบจุดเหลืองดำ ระยะเวลาไม้ใหญ่พบอาการของโรคใบจุดเหลืองดำ และใบไหม้วงแหวนเล็กน้อยในช่วงฤดูฝนหรือปลายฤดูฝน เติบโตได้ดีในพื้นที่ราบ และที่ราบต่ำ ที่มีความชื้นในดิน และอากาศปานกลางเนื้อดินเป็นดินร่วน ดินร่วนเหนียวปนทราย อุ่มน้ำดี หรือดินร่วนปนลูกรัง



ภาพที่ 3 ยูคาลิปตัสพันธุ์ K7

ที่มา: กรมวิชาการเกษตร (2555)

## การกำหนดระยะปลูก

การปลูกขนาดของกล้าไม้ที่เหมาะสมในการย้ายปลูก อายุประมาณ 3-5 เดือน สูงประมาณ 25-50 เซนติเมตร การปลูกควรเลือกปลูกหลังวันที่ฝนตกหนัก ระยะการปลูกจะถี่หรือห่างเท่าใด ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ แต่สำหรับการปลูกสำหรับเป็นไม้สำหรับป้อนโรงงานเยื่อกระดาษ ส่วนใหญ่จะปลูกที่ระยะ 2 x 3 เมตร

## การบำรุงรักษา

การบำรุงรักษาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ที่ปลูกมีข้อที่จะต้องพิจารณา ดังนี้

1. วัชพืช ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เป็นไม้ที่ต้องการแสง และมีความสามารถแก่งแย่งกับวัชพืชในระยะแรกได้น้อย ดังนั้นจะใช้วิธีไถกลบเพื่อจำกัดวัชพืช
2. ไฟป่า ในระยะแรกที่ยังเล็ก ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส มีความต้านทานไฟต่ำ การป้องกันไฟจึงเป็นสิ่งสำคัญ
3. สัตว์เลี้ยง ปกติทั้งสัตว์เลี้ยงและสัตว์ป่าไม่ชอบกินใบ แต่อันตรายจากสัตว์เลี้ยงที่พบเห็นส่วนใหญ่เกิดขึ้นในระยะที่ต้นไม้อยู่เล็ก พวกสัตว์อาจจะเหยียบย่ำหรือใช้ลำตัวเสียดสีลำต้นทำให้เกิดความเสียหายได้
4. โรคและแมลง ปัญหาชนิดนี้มีน้อยเท่าที่พบเห็นในระยะกล้า จะพบโรคเน่าคอดินและแมลงกัดกินใบบ้างเล็กน้อย เมื่อพบควรฉีดยา หรือจับทำลายเสียก่อน นอกจากนี้อาจจะพบเชื้อราเกิดตามปมข้อกิ่งรอบ ๆ ต้นของไม้ใหญ่ที่ปลูก ทำให้เกิดยางไหล นอกจากนี้ปัจจุบัน ยังพบการระบาดของแตนฝอยบมทำให้ยอดแตกพุ่มฝอย เกิดอาการปมปมบริเวณก้านใบ เส้นกลางใบ และลำต้น หากพบควรจะตัดและเผาทิ้ง
5. เถาวัลย์ อันตรายที่พบอีกอย่างหนึ่ง คือ เถาวัลย์ ขึ้นพันรัดรอบต้นอ่อนและต้นใหญ่ ทำให้ต้นโอนเอนและคอดกั้ว หรือคดงอ บางต้นอาจจะเสียรูปทรง ต้องจำกัดออก
6. การใส่ปุ๋ย การเร่งการเจริญเติบโตเพื่อให้แข่งขันกับวัชพืช โดยการใส่ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ 15-15-15 หรือ 30-20-20 โรยรอบ ๆ ห่างจากโคนต้นพร้อมกับพรวนดินรอบๆ โคนต้น

7. การลิดกิ่ง ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส บางสายพันธุ์ จะแตกกิ่งก้านตั้งแต่เป็นต้นขนาดเล็ก โดยกิ่งก้านที่แตกจะมีขนาดใหญ่ทำให้ดูเป็นพุ่ม หากผู้ปลูกต้องการไม้ที่มีลำต้นเปลาตรง ควรหมั่นตรวจดู และลิดกิ่งเสมอ (มนตรี และคณะ, 2529)

8. การตัดขยายระยะ ในกรณีที่ปลูกต้นไม้ในระยะถี่ เมื่อต้นไม้เติบโตมากขึ้นก็จะมีกิ่งก้านเปียดบัง และแข่งขันกันเอง ทำให้ต้นไม้ที่เหลืออยู่เติบโตดีขึ้น และไม้ที่ตัดออกก็สามารถนำไปใช้ประโยชน์ โดยจะเลือกตัดต้นที่มีลักษณะเลว หรือคดงอ แคระแกร็นออก หรืออาจจะเลือกตัดออกแบบง่ายๆ เช่น ตัดออกแบบต้นเว้นต้น หรือแถวเว้นแถว หรือสลับกัน โดยจะพิจารณาตามความเหมาะสม

### การเติบโต

ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส มีอัตราการเติบโตเร็วมาก ถ้าสภาพแวดล้อมเหมาะสมในระยะ 10 ปีแรก ความเพิ่มพูนทางด้านความสูงเฉลี่ย 2 เมตรต่อปี และความเพิ่มพูนทางด้านความโต เฉลี่ย 2 เซนติเมตรต่อปี แต่สภาพที่เลวและมีความชื้นน้อย จะมีความเพิ่มพูนทางด้านความสูงเฉลี่ยต่อปี เหลือ 1-1.5 เมตรและทางด้านความโตลดลงเหลือ 1-1.5 เซนติเมตรต่อปี (FAO, 1979) ในประเทศไทย เมื่อยูคาลิปตัส ชนิดนี้มีอายุ 5-7 ปี มีความสูงประมาณ 15-20 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้นเพียงอก ประมาณ 14-20 เซนติเมตร จากรายงานของ มณฑล (2528) พบว่า ต้นไม้ชนิดนี้ ที่ปลูกระยะ 4x4 ตารางเมตร เมื่ออายุ 5 ปี มีความสูงเฉลี่ย 14.2 เมตร มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอก 12.77 เซนติเมตร ผลผลิต 7.80 ลูกบาศก์เมตรต่อไร่ และจากการศึกษาของจงรัก (2538) พบว่า ไม้ยูคาลิปตัส อายุ 13 ปี ระยะปลูก 2 x 8 เมตร ที่ปลูกในท้องที่ต่างกัน 4 สวนป่า ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ได้แก่ สวนป่าสมเด็จ สวนป่าขุนหาญ สวนป่าด่านขุนทด และสวนป่ามัญจาคีรี มีเส้นผ่าศูนย์กลางที่เพียงอกเฉลี่ย เท่ากับ 20.22, 19.40, 16.10 และ 15.10 เซนติเมตร ตามลำดับ และมี ขนาดความสูงของไม้เรือนยอดเด่นเฉลี่ยเท่ากับ 24.87, 25.95, 19.45 และ 18.11 เมตร ตามลำดับ ทางด้านชัยรัตน์ (2542) ได้ทำการวิเคราะห์การเติบโตของสายต้นไม้ยูคาลิปตัสอายุ 5 ปี ในสวนป่าสระแก้ว สวนป่ามัญจาคีรี และสวนป่าพิบูลมังสาหาร ผลปรากฏว่า สายต้นที่ดีที่สุดในแต่ละสวนป่ามีการเติบโตที่ระดับ เส้นผ่าศูนย์กลางเพียงอกเท่ากับ 13.98, 10.28 และ 13.22 เซนติเมตร ตามลำดับ

Husch *et al.* (1972) กล่าวว่า การเติบโตและพัฒนาของต้นไม้ มีปัจจัยที่ควบคุมการเติบโต อยู่ 2 ปัจจัยซึ่งกระทำร่วมกัน คือปัจจัยทางด้านพันธุกรรม (genetic factor) และปัจจัยที่เกี่ยวกับสภาพสิ่งแวดล้อม (environment factor) ปัจจัยสิ่งแวดล้อมดังกล่าว แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ปัจจัยคงที่ ได้แก่ ดินและสภาพภูมิประเทศ และปัจจัยแปรผันได้แก่ ลักษณะภูมิอากาศและการแข่งขัน ซึ่งเช่นเดียวกับ Toumey (1947) ที่กล่าวว่า การเติบโตและพัฒนาของต้นไม้แตกต่างกันไปตามปัจจัย

ภายในของต้นไม้แต่ละชนิด และอิทธิพลภายนอก สิ่งจำเป็นสำหรับการเติบโตของต้นไม้ได้แก่ สารอาหาร สารประกอบพวกไนโตรเจน แกลือแร่ธาตุ ฮอริโมน วิตามิน และสารอื่น ๆ อีกหลายอย่าง การเติบโตมีทั้งทางความสูงและความโต เป็นผลมาจากกิจกรรมของเยื่อเจริญ(meristematic tissue) (พงษ์ศักดิ์, 2521) ส่วน Baker (1950) กล่าวว่า การเติบโตของต้นไม้สามารถแสดงได้ในรูปตัว S ที่เรียกว่า sigmoid curve ซึ่งแบ่งการเติบโตออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงแรกเป็นระยะที่เริ่มมีการสร้างส่วนต่าง ๆ ซึ่งจะมีการเติบโตอย่างช้า เรียกระยะนี้ว่า formation period ช่วงที่สองเป็นช่วงที่มีการเติบโตอย่างรวดเร็ว ซึ่งจะยาวนานกว่าในช่วงแรก เรียกระยะนี้ว่า grand period of growth และช่วงที่มีการเติบโตเต็มที่ ซึ่งเรียกระยะนี้ว่า period of maturity เป็นช่วงที่มีการเจริญเติบโตน้อยแต่เป็นช่วงที่ยาวนานที่สุด และมีการแปรผันมากที่สุดเนื่องจากต้นไม้แต่ละชนิดมีอายุยืนยาวต่างกัน

### การตัดฟัน และการไถหน่อ

การตัดไม้ยูคาลิปตัสในสวนป่าออกมาใช้ประโยชน์ มักทำในระยะเริ่มต้นฤดูฝน เพราะดินมีความชื้น ต้นไม้ที่ตัดโคนลงจะได้รับความเสียหายจากการโคนล้มน้อยกว่าช่วงหน้าแล้ง และมักตัดต้นไม้ยูคาลิปตัสให้ระดับพื้นดินประมาณ 10–12 เซนติเมตร เพื่อปล่อยให้แตกหน่อใหม่ จากนั้นอีกประมาณ 1 เดือน ใส่ปุ๋ยสูตร 15–15–15 จำนวน 10 กก./ไร่ ปล่อยให้อีก 1–2 เดือน ทำการตัดแต่งหน่อไว้ให้เหลือเพียง 2–3 หน่อ หรืออาจจะเหลือไว้ 7–8 หน่อ อีกประมาณ 1 ปี จึงค่อยสาងหน่อออกไป 5–6 หน่อ ไปทำฟืน-ถ่าน หรือใช้ประโยชน์อย่างอื่น เหลือหน่อที่ดีที่สุดเพียงหน่อเดียวหรือ 2 หน่อ ทำการบำรุงรักษาทุกๆ ปีตามปกติจนตัดฟันครั้งต่อไป (กรมป่าไม้, 2529)

### ความเหมาะสมของดินต่อการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส

อิติฮาร์ตน์ (2547) ได้กล่าวถึงการจัดชั้นความเหมาะสมของดิน หรือการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับปลูกไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ซึ่งได้นำหลักการของการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับพืชเศรษฐกิจ ของกรมพัฒนาที่ดินเข้ามาประยุกต์ใช้ โดยได้อ้างอิงตามหลักการจำแนกความเหมาะสมของที่ดินสำหรับยางพารา แต่มีการปรับเปลี่ยนคุณลักษณะบางอย่างที่ใช้เป็นตัวกำหนดชั้น เพื่อความเหมาะสมกับยูคาลิปตัส โดยคุณลักษณะที่จะใช้ในการแบ่งชั้นความเหมาะสมของที่ดินสำหรับต้นยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส ประกอบด้วย

1. ความลึกของดิน (soil depth) การที่นำเอามาพิจารณาเพราะ ชั้นดินมีบทบาทสำคัญต่อการให้ความชื้น หรือน้ำ และอาหาร ถ้าดินมีชั้นดานอยู่ตื้น ปริมาตรของดินที่รากพืชขนไ้ไปหาอาหาร และน้ำก็จะมีจำกัด พืชจะแคระแกรนหรือให้ผลผลิตน้อย

2. เนื้อดิน (texture) เนื้อดินเป็นตัวการในการแลกเปลี่ยนประจุบวก หรือเป็นตัวดูดซับธาตุอาหารพืช ช่วยให้ทราบถึงความอุดมสมบูรณ์ของดินจากการที่เราสามารถประเมินค่า C.E.C บอกให้ทราบถึงคุณสมบัติเกี่ยวกับความต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงระดับความเป็นกรดเป็นด่างของดิน บอกให้ทราบถึงสภาพการถ่ายเทอากาศในดิน บอกให้ทราบถึงปริมาณความชื้นในดินที่พืชจะสามารถใช้ประโยชน์ได้

3. ความสามารถของดินที่จะให้แร่ธาตุอาหารพืช (nutrient supplying power) หรือที่เรียกว่าความอุดมสมบูรณ์ของดิน ซึ่งพอจะประเมินได้จากคุณสมบัติทางเคมีบางประการของดิน สำหรับกรณีที่ไม่มีผลวิเคราะห์ดินมาใช้ อาจคาดคะเนได้จากการสังเกตการเติบโตของพืชที่ปลูก และพืชที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ ควบคู่ไปกับลักษณะของเนื้อดิน ชนิดของวัตถุต้นกำเนิด เป็นต้น

4. ปฏิกริยาดิน (soil reaction) เป็นคุณสมบัติของดินที่สำคัญซึ่งมีผลต่อการเติบโตของพืช และยังมีผลต่อกิจกรรมของจุลินทรีย์ในดินเป็นอย่างมาก

5. ความเค็มของดิน (salinity) ความเค็มของดินเป็นปัญหาสำหรับการเพาะปลูก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ บริเวณชายฝั่งทะเลอ่าวไทย และทะเลอันดามัน ความเค็มของดินจะวัดออกมาในรูปของค่าการนำไฟฟ้า (electrical conductivity) ค่านี้จะมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับปริมาณเกลือที่ละลายน้ำได้ที่มียอยู่ในดิน ซึ่งสามารถนำไปประเมินผลเกี่ยวกับความเป็นพิษของเกลือในดินที่มีต่อพืชได้

6. การระบายน้ำของดิน (soil drainage) การระบายน้ำของดิน ในที่นี้หมายถึงความมากน้อย ความถี่ และระยะเวลาของการที่มีน้ำขังอยู่ในดิน หรือการที่น้ำจะไหลออกไปจากพื้นดินไม่ว่าจะเป็น การไหลบ่า (run off) ผ่านหน้าดินไปหรือไหลลงไปสู่ดินเบื้องล่างก็ตาม การที่นำเอาลักษณะการระบายน้ำของดินมาใช้ในการจำแนกความเหมาะสมของที่ดิน เพราะพืชโดยทั่วไปจะแสดงอาการขาดออกซิเจนอย่างรุนแรงเมื่อมีน้ำแช่ขัง และจะเหี่ยวเฉาตายไปในที่สุด หรือจะแสดงอาการขาดน้ำจนถึงจุดเหี่ยวเฉาถาวร (permanent wilting point) ถ้าน้ำไหลออกจากดินเร็วเกินไป

7. ปริมาณดินเนื้อปูน (calcareous soil) ดินซึ่งมีแคลเซียมคาร์บอเนต และหรือแมกนีเซียมคาร์บอเนตอิสระมากพอที่จะสังเกตเห็นการทำปฏิกริยากับกรดเกลือ 0.1 โมลาร์ เป็นฟองฟู ดินเหล่านี้จะพบแคลเซียมคาร์บอเนตเทียบเท่า 10-200 กรัมต่อกิโลกรัมของดิน

## ประโยชน์ของไม้ยูคาลิปตัส

ยูคาลิปตัสสามารถนำมาปลูกเป็นสวนป่าเจริญเติบโตดี ให้ผลผลิตสูงเมื่อเปรียบเทียบกับไม้โตเร็วชนิดอื่น สามารถปลูกพืชควบในพื้นที่สวนป่าแบบไร่ป่าผสม หรือวนเกษตรได้ เช่น มันสำปะหลัง ถั่วลิสง สับปะรด ข้าวโพด ข้าว เป็นต้น โดยยูคาลิปตัสให้ประโยชน์ได้ทั้งทางตรงและทางอ้อม ดังนี้

1. ประโยชน์ทางตรง ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางตรงได้หลายหลายอย่าง ได้แก่

1.1 ทำไม้ใช้สอย เฟอร์นิเจอร์ เครื่องเรือน ทำรั้ว ทำคอกปศุสัตว์ ทำเสา ใช้ในการก่อสร้างต่างๆ ไม้ยูคาลิปตัสสามารถนำมาใช้เป็นส่วนประกอบของอาคารบ้านเรือนได้ แต่ควรจะได้ทำการอาบน้ำยารักษาเนื้อไม้ไว้ก่อน ก็จะยืดอายุการใช้งานได้นาน ไม้แปรรูป (lumber) ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสที่มีอายุมาก เนื้อไม้มีแก่นสีน้ำตาล สีของแก่นต่างจากสีของกระพี้ เนื้อไม้ค่อนข้างละเอียดมักบิดเมื่อแห้ง ลักษณะของเส้นเป็นเส้นสนและเส้นเป็นคลื่นมีความหนาแน่นของเนื้อไม้ 980 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (FAO, 1979) แต่ถ้ามีอายุน้อยความหนาแน่นต่ำกว่านั้น เนื้อไม้แตกได้ง่ายถ้ารักษาไม่ดี การแปรรูปสามารถกระทำได้แต่ควรทำขณะไม้ยังสดอยู่ เพราะถ้าทิ้งไว้ให้แห้งจะทำให้แตกร้าวได้ จากลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าเนื้อไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิสมีความยุ่งยากในการแปรรูป มีความแกร่งสูง เปราะและแตกหักได้ง่าย ไม้เสาเข็ม (pole) ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิสนิยมใช้ทำเสาเข็ม โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการก่อสร้างขนาดของเสาเข็มที่ใช้ โดยทั่วไปมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางตรงกลางท่อน 3, 4, 5 และ 6 เมตรตามลำดับ (ชวลิต และสวลี, 2528)

1.2 ทำฟืน เผาถ่าน ถ่านไม้ยูคาลิปตัสใช้เป็นเชื้อเพลิงดีไฟได้ดีและมีชี้ถ่านน้อยจากการทดลองไม้ฟืนยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 4,800 แคลอรีต่อกรัม ส่วนถ่านไม้ยูคาลิปตัสให้พลังงานความร้อน 7,400 แคลอรีต่อกรัม ซึ่งให้ความร้อนใกล้เคียงกับถ่านไม้โกงกาง ซึ่งจัดว่าเป็นถ่านไม้ชั้นดีที่สุด

1.3 ทำชิ้นไม้สับ ไม้ยูคาลิปตัสเมื่อนำมาแปรรูปและสับทำชิ้นไม้สับ สามารถนำไปผลิตแผ่นชิ้นไม้อัด แผ่นใยไม้อัด และแผ่นไม้อัดซีเมนต์ นอกจากนี้ได้มีโรงงานผลิตชิ้นไม้สับ เพื่อนำส่งไปจำหน่ายให้กับโรงงานเยื่อกระดาษทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น ประเทศเกาหลี ไต้หวัน และญี่ปุ่น เป็นต้น ซึ่งมีความต้องการสูงมาก

1.4 เยื่อไม้ (pulp and paper) ไม้ยูคาลิปตัสสามารถแปรรูปทำเยื่อไม้ยูคาลิปตัส เยื่อไม้ให้สารพวกเซลลูโลส ซึ่งนำไปใช้ทำเส้นใยเรยอน และทำผ้าแทนเส้นใยฝ้าย และปยุ่นุ่นได้อีกด้วย ผลผลิตส่วนใหญ่ของยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมเยื่อและกระดาษ ในรูปแบบเยื่อสั้น จากการศึกษาคุณสมบัติของเส้นใย (fiber) ของไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิสที่มีอายุ 10 ปี ซึ่งทัศนีย์ และคณะ (2525) พบว่า มีความยาวของเส้นใย 1.1895 มิลลิเมตร มีความกว้างของเส้นใย 0.0220 มิลลิเมตร และมีความกว้างของ fiber lumen 0.0150 มิลลิเมตร และจากการที่เส้นใยยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิสมีผนังเซลล์บาง ทำให้มีแนวโน้มที่เส้นใยยึดติดกันได้ดี ทำให้แรงยึดระหว่างเส้นใยสูง เมื่อใช้ทำกระดาษจะได้กระดาษที่แข็งแรงและเหนียว

1.5 ทำกระดาษ จากการประเมินเยื่อไม้ยูคาลิปตัส 1 ตัน ผลิตเยื่อกระดาษได้ประมาณ 1 ตัน เยื่อไม้ยูคาลิปตัสมีคุณสมบัติเด่น คือ มีความฟูสูง และมีความทึบแสง ประกอบกับ ไฟเบอร์มีความแข็งแรงเหมาะต่อการใช้ทำกระดาษพิมพ์เขียวประเภทต่างๆ ได้

## 2. ประโยชน์ทางอ้อม

2.1 เห็ด ที่ระบบรากของไม้ยูคาลิปตัสจะมีเชื้อราไมคอร์ไรซาชนิดต่างๆ อาศัยอยู่ เป็นตัวช่วยดูดธาตุฟอสฟอรัสให้กับต้นยูคาลิปตัสได้มากขึ้น ช่วยให้ต้นไม้เติบโตดี และปรับปรุงดินเสื่อมให้มีคุณภาพดีขึ้น เมื่อถึงฤดูฝนเชื้อไมคอร์ไรซาเหล่านี้ ก็จะแทงดอกเห็ดโผล่เหนือพื้นดิน เพื่อแพร่กระจายพันธุ์ออกไป คนจึงเก็บดอกเห็ดเหล่านี้ไปกินไปขายได้ ในที่สวนป่ายูคาลิปตัสบางแห่งพบว่า มีเห็ดเกิดขึ้นใต้ต้นยูคาลิปตัสมากมายซึ่งเรียกว่า เห็ดยูคา ซึ่งมีอยู่หลายชนิด เช่น เห็ดเสม็ด เห็ดไข่ เห็ดระโงกขาว เป็นต้น ซึ่งสามารถรับประทานได้

2.2 เลี้ยงผึ้ง ดอกยูคาลิปตัสมีน้ำหวานล่อแมลงมาผสมเกสรและดูดเอาน้ำหวานไปสร้างรวงผึ้ง และไม้ยูคาลิปตัสมีดอกปีละ 7-8 เดือนหรือเกือบตลอดปี ซึ่งติดกับพันธุ์ไม้ชนิดอื่นๆ ทั่วไป ที่มักจะมีดอก 1-2 เดือนต่อปี จึงเป็นประโยชน์มากสำหรับการเลี้ยงผึ้ง น้ำผึ้งที่ได้จากดอกไม้ยูคาลิปตัสมีรสและคุณภาพดีเหมือนกับน้ำผึ้งที่ได้จาก ดอกไม้ชนิดอื่นๆ

2.3 สิ่งแวดล้อม ช่วยทำให้เกิดความสมดุลตามธรรมชาติ เช่น เพิ่มความชุ่มชื้นให้แก่ พื้นที่ยี่อันเนื่องจากปริมาณน้ำที่ต้นไม้ยูคาลิปตัสดูดขึ้นไปคายน้ำออกทางใบ เป็นปริมาณกว่า 95% มีส่วนช่วยเพิ่มความชื้นในอากาศเป็นการเกื้อหนุนกระบวนการทำให้ฝนตก ก่อให้เกิดการหมุนเวียนของธาตุอาหารในดิน

2.4 เศรษฐกิจ ก่อให้เกิดการปลูกสร้างสวนป่าเชิงพาณิชย์อย่างครบวงจรโดย เฉพาะเกษตรกรรายย่อยที่ปลูกยูคาลิปตัส จะมีแหล่งตลาดรองรับผลผลิตอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้เกิดความมั่นคงในอาชีพ และรายได้

2.5 สังคม สร้างงานในชนบท ทำให้คนมีงานทำ กระจายโรงงานอุตสาหกรรมไปสู่ชนบท

2.6 ประหยัดเงิน ลดเงินที่จะออกไปต่างประเทศ จากการที่จะต้องสั่งซื้อไม้ท่อนและ วัสดุดิบ เยื่อกระดาษเข้าประเทศ

2.7 ช่วยฟื้นฟูพื้นที่ป่าไม้ของชาติ โดยเฉพาะพื้นที่ป่าเศรษฐกิจได้มากขึ้น ตามเป้าหมาย ของรัฐบาล

2.8 การปลูกยูคาลิปตัสเป็นแปลงผืนใหญ่ในพื้นที่ถูกทำลาย จะช่วยรักษาระดับความชื้น ในบรรยากาศให้ดีขึ้น กล่าวคือ ปริมาณน้ำที่คายออกจากใบจะสะสมอยู่ในบรรยากาศและหมุนกลับสู่ ดินในรูปของน้ำฝน ขณะเดียวกันยังช่วยควบคุมระดับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ในบรรยากาศให้ต่ำลง ซึ่งเป็นการลดสภาวะอุณหภูมิร้อนผิดปกติอันเนื่องมาจากเกิดสภาพเรือนกระจกในชั้นบรรยากาศ

#### สวนป่ายูคาลิปตัสในจังหวัดฉะเชิงเทรา

จากข้อมูลการสำรวจการใช้ประโยชน์ที่ดิน จัดทำโดยกรมพัฒนาที่ดิน ปี 2549 พบว่าจังหวัด ฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ทั้งสิ้น 295,134 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 8.82 ของพื้นที่จังหวัด รายงานผลการศึกษาระยะการกระจายพื้นที่ปลูกและผลผลิตไม้ท่อนของสวนป่ายูคาลิปตัสภาคเอกชนปี พ.ศ. 2540 ของพสุธา (2542) พบว่าพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสภาคเอกชน ของประเทศไทยมี พื้นที่ปลูกทั้งหมด 2,740,773 ไร่ โดยในภาคตะวันออก จังหวัดสระแก้วมีพื้นที่ปลูกสูงสุด 307,803 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 39.09 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมดในภูมิภาค รองลงมาคือจังหวัดฉะเชิงเทรา มีพื้นที่ทั้งสิ้น 246,586 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 31.32 ของพื้นที่ปลูกทั้งหมดในภูมิภาค โดยการกระจายพื้นที่ปลูกไม้ยูคา ลิปตัสตามชั้นอายุในภูมิภาคมีการเรียงชั้นอายุที่พบมากไปหาน้อยคืออายุ 5 ปี มากกว่า 4 ปี 3 ปี 2 ปี และ 1 ปี สำหรับการกระจายผลผลิตไม้ท่อนหรือผลผลิตส่วนที่เป็นสินค้าได้ของสวนป่ายูคาลิปตัส ภาคเอกชนปี พ.ศ. 2540 ที่มีอายุ 3 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นไม้ที่โตพอที่จะสามารถนำมาใช้ผลิตไม้ท่อนได้ โดย ในภาคตะวันออกใช้น้ำหนักสดเฉลี่ย (ตันต่อไร่) สำหรับระยะปลูก 3 x 3 ลูกบาศก์เมตรพบว่า จังหวัด ฉะเชิงเทรา มีผลผลิตไม้ท่อนอายุ 3 ปี มีผลผลิตรวม 107,646 ตันอายุ 4 ปี มีผลผลิตรวม 67,420 ตัน อายุมากกว่า 5 ปี 247,357 ตัน

จากการตรวจสอบเอกสารในเรื่องของยุคาลิปต์ดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ทั้งปัจจัยภายในของ ต้นยุคาลิปต์เอง และปัจจัยแวดล้อมภายนอก อันได้แก่ ปัจจัยทางกายภาพ และวิธีการจัดการสวนป่า ล้วนส่งผลต่อความแตกต่างกันของสวนป่ายุคาลิปต์ได้ โดยสวนป่ายุคาลิปต์ในจังหวัดฉะเชิงเทราซึ่ง ค่อนข้างเป็นการทำสวนแบบเข้มข้น (intensive farming) ลักษณะปัจจัยเหล่านี้ย่อมส่งผลให้การ ปรากฏลักษณะของวัตถุในภาพจากดาวเทียมรายละเอียดสูงมีการแปรผันแตกต่างกันซึ่งจะส่งผลต่อ การแปลวิเคราะห์เพื่อจำแนกประเภท

### ข้อมูลจากดาวเทียม

#### ภาพและโครงสร้างของข้อมูลภาพจากดาวเทียม

ข้อมูลภาพจากดาวเทียมได้จากพลังงานที่สะท้อนเข้าสู่เครื่องวัด ซึ่งจะถูกเก็บในรูปแบบของข้อมูล ดิจิตอล โดยมีโครงสร้างในรูปตารางกริดที่มีการอ้างอิงพิกัดเชิงพื้นที่ตามตำแหน่งของแถว (row) และ สดมภ์ (column) (ศุทธิณี, 2549) ในแต่ละช่องกริดเรียกว่า จุดภาพ ในแต่ละจุดภาพจะกำกับค่าตัวเลข เต็มบวกที่เรียกว่า ค่าหลักเลข (digital number :DN) ซึ่งค่าเหล่านี้จะเป็นตัวแทนของการแผ่รังสี (radiance หรือ spectral brightness หรือ reflectance value) (กาญจน์เขจร, 2546) เช่นเดียวกับ สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2551) ที่กล่าวว่าข้อมูลจากดาวเทียมประกอบด้วย สีเหลืองเล็กๆ จำนวนมากที่มีขนาดเท่ากัน และจัดเรียงกันเป็นแถวสีเหลืองเล็กนี้เรียกว่า จุดภาพ แต่ละจุดภาพถูกกำหนดโดยตำแหน่งพิกัดในแนวนอนและแนวตั้ง และค่าตัวเลขเรียกว่า ค่าของจุดภาพ หรือจำนวนตัวเลข ค่าของจุดภาพเป็นค่าที่บันทึกความเข้มของพลังงานที่สะท้อนจากวัตถุบนพื้นโลก ไปยังเครื่องรับรู้ ซึ่งแสดงค่าความเข้มแตกต่างกัน ตั้งแต่สีดำซึ่งมีค่าความเข้มน้อยไปจนถึงสีขาวซึ่งมีค่า ความเข้มมาก ระดับความเข้มนี้ เรียกว่า ค่าระดับสีเทา สามารถแบ่งได้หลายระดับขึ้นอยู่กับความ รายละเอียดเชิงแสง ซึ่งถูกจัดเก็บในระบบเลขฐานสองดังตารางที่ 1

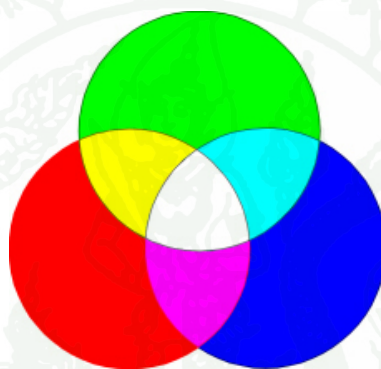
ตารางที่ 1 ช่วงค่าระดับสีเทา ของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ

ข้อมูลจากดาวเทียม/ เครื่องรับรู้	จำนวนบิต	รหัสตาม เลขฐานสอง	ระดับสีเทา	ช่วงค่า ระดับสีเทา
IRS	6	$2^6$	64	0 – 63
LANDSAT 5	8	$2^8$	256	0 – 255
SPOT/ THEOS	8	$2^8$	256	0 – 255
NOAA/AVHRR	10	$2^{10}$	1,024	0 – 1,023
IKONOS	11	$2^{11}$	2,048	0 – 2,047
RADARSAT	16	$2^{16}$	65,536	0 – 65,535

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2550)

## ๗

มนุษย์รับรู้สี (color) ต่างๆ มาจากสัดส่วนของแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ซึ่งเป็นแม่สีบวก (additive primary colors) (ภาพที่ 4) เมื่อรวมกันในสัดส่วนต่างๆ สามารถให้สีที่หลากหลาย สีสันจอกภาพถูกสร้างขึ้นจากผลของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ในการศึกษาข้อมูลจะพิจารณาที่ละช่วงคลื่นที่มีความละเอียดของข้อมูลเฉพาะตามคุณสมบัติของช่วงคลื่นนั้นตามระดับค่าสีเทา ถ้าต้องการความละเอียดข้อมูลหลายด้านพร้อมกัน ต้องนำข้อมูลแต่ละช่วงคลื่นมาเปรียบเทียบกัน ซึ่งแต่ละช่วงคลื่นที่มีความละเอียดของข้อมูลแตกต่างกัน มาผสมรวมกันตามแม่สีของแสงจะได้รับภาพสีผสม ที่ช่วยเน้นความละเอียดของข้อมูลที่ได้มากกว่าการแสดงที่ละช่วงคลื่น



ภาพที่ 4 การรวมกันของแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ที่มีสัดส่วนทำให้เกิดสีที่หลากหลาย

### คุณลักษณะข้อมูลจากดาวเทียม

ข้อมูลจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรที่ถูกบันทึกด้วยเครื่องรับรู้หลายช่วงคลื่น (spectral) มีคุณสมบัติพิเศษแตกต่างจากกล้องถ่ายภาพธรรมดา คือ

1. ลักษณะข้อมูลเชิงเลข มีความละเอียดของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นแสงเป็นค่าระดับสีเทา เช่น กรณีข้อมูล 8 บิต จะมีจำนวน 256 ระดับ ในแต่ละช่วงคลื่น สามารถนำข้อมูลไปผลิตเป็นภาพขาวดำและภาพสีผสม ตลอดจนนำมาวิเคราะห์ด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ได้สะดวกยิ่งขึ้น
2. ข้อมูลค่าสะท้อนจากดาวเทียมที่โคจรผ่านสถานีสามารถส่งมายังภาคพื้นดินได้ทันที
3. สามารถบันทึกข้อมูลในช่วงคลื่นที่กล้องธรรมดาที่ใช้เฉพาะช่วงแสงที่ตามองเห็น บันทึกไม่ได้ ตลอดจนข้อมูลที่ได้รับมีความละเอียดภาพหลายระดับ

4. การบันทึกข้อมูลเป็นบริเวณกว้าง (synoptic view) ความกว้างแนวถ่ายภาพครอบคลุมพื้นที่กว้างทำให้ได้ข้อมูลในลักษณะต่อเนื่อง สามารถศึกษาสภาพแวดล้อมต่างๆ ในบริเวณกว้างขวางต่อเนื่องในเวลาเดียวกันทั้งภาพ เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ MSS และระบบ TM หนึ่งภาพคลุมพื้นที่ 185 x 185 ตารางกิโลเมตร ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT หนึ่งภาพคลุมพื้นที่ 60 x 60 ตารางกิโลเมตร ส่วนข้อมูลจากดาวเทียม THEOS ครอบคลุมพื้นที่การถ่าย 90 x 90 ตารางกิโลเมตร เป็นต้น

5. การบันทึกภาพได้หลายช่วงคลื่น ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีทั้งกล้อง และระบบกวาดภาพที่บันทึกข้อมูลได้หลายช่วงคลื่นในบริเวณเดียวกัน ทั้งในช่วงคลื่นสายตามองเห็นและช่วงคลื่นนอกเหนือสายตามนุษย์ ทำให้แยกวัตถุต่างๆ บนพื้นผิวโลกได้ เช่น ระบบ MSS และระบบ MESSR มี 4 ช่วงคลื่น ระบบ TM มี 7 ช่วงคลื่น ระบบ HRV แพนโครมาติก และระบบหลายสเปกตรัมมี 1 และ 3 ช่วงคลื่นตามลำดับ

6. การบันทึกข้อมูลซ้ำบริเวณ (repetitive coverage) ดาวเทียมสำรวจทรัพยากรมีวงโคจรจากทิศเหนือลงทิศใต้ และกลับมายังจุดเดิมในเวลาท้องถื่นเดียวกันในช่วงเวลาที่แน่นอน เช่น ดาวเทียม LANDSAT ดาวเทียม MOS และดาวเทียม SPOT บันทึกข้อมูลซ้ำทุกๆ 16 วัน 17 วัน (ตารางผนวกที่ 1 และภาพผนวกที่ 1) และ 26 วันตามลำดับ ส่วนดาวเทียม THEOS จะบันทึกข้อมูลซ้ำทุกๆ 26 วัน ทำให้ได้ข้อมูลบริเวณเดียวกันหลายๆ ช่วงเวลาที่ทันเหตุการณ์และสามารถเปรียบเทียบและติดตามการเปลี่ยนแปลงต่างๆ บนพื้นผิวโลกได้เป็นอย่างดี และสามารถเลือกข้อมูลที่ไม่มีเมฆปิดบังได้

7. การให้ความละเอียดภาพหลายระดับ (multi-resolution) ข้อมูลจากดาวเทียมให้ความละเอียดภาพหลายระดับ มีผลดีในการเลือกนำไปใช้ประโยชน์ในการศึกษาด้านต่างๆ ตามวัตถุประสงค์ เช่น ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT ระบบ TM ความละเอียดภาพ 30 เมตร ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT ความละเอียดภาพ 2.5 เมตร ข้อมูลจากดาวเทียม THEOS Pancromatic ความละเอียดภาพ 2 เมตร ข้อมูลจากดาวเทียม IKONOS Pancromatic ความละเอียดภาพ 1 เมตร และข้อมูลจากดาวเทียม QuickBird ความละเอียดภาพ 61 เซนติเมตร เป็นต้น

8. การให้ภาพสีผสม (color composite) ข้อมูลจากดาวเทียมสามารถสร้างภาพสีจากการผสมภาพ 3 ช่วงคลื่น จากช่วงคลื่นของดาวเทียมที่บันทึกภาพ

## การแปลตีความและการประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม

การแปลตีความและการประมวลผลข้อมูลจากดาวเทียม (interpretation and processing of satellite data) แบ่งได้ 2 วิธี คือ การแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation) และการประมวลผลด้วยคอมพิวเตอร์ (image processing)

### 1. การแปลตีความด้วยสายตา

#### 1.1 การแปลตีความโดยใช้องค์ประกอบหลักที่สำคัญ (elements of interpretation) ได้แก่

1.1.1 สีและความเข้มของสีและสี (color และ tone) ระดับความแตกต่างของความเข้มของสีหนึ่งๆ มีความสัมพันธ์กับค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นและการผสมสีของช่วงคลื่นต่างๆ เช่น น้ำในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ถูกดูดกลืนทำให้ปรากฏเป็นสีดำ ในภาพสีผสมพีชพรรณปรากฏเป็นสีแดง เมื่อกำหนดให้ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้เป็นสีแดง ช่วงคลื่นสีแดงกำหนดให้เป็นสีเขียว และช่วงคลื่นสีเขียวกำหนดให้เป็นสีน้ำเงิน

1.1.2 ขนาด (size) ขนาดของภาพวัตถุที่ปรากฏในข้อมูลจากดาวเทียมขึ้นอยู่กับขนาดของวัตถุ และมาตราส่วนของข้อมูลจากดาวเทียม เช่น ความยาว ความกว้าง หรือพื้นที่ แสดงให้เห็นความแตกต่างของขนาดระหว่างแม่น้ำและลำคลองได้

1.1.3 รูปร่าง (shape) รูปร่างของวัตถุที่เป็นเฉพาะตัวอาจสม่ำเสมอ (regular) หรือไม่สม่ำเสมอ (irregular) วัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างส่วนใหญ่เป็นรูปทรงเรขาคณิต เช่น สนามบิน พื้นที่นาข้าว ถนน คลองชลประทาน และเขื่อนเก็บกักน้ำ เป็นต้น

1.1.4 เนื้อภาพ (texture) หรือความหยาบละเอียดของผิววัตถุ เป็นผลมาจากความแปรปรวนหรือสม่ำเสมอของวัตถุ เช่น น้ำมีลักษณะเรียบ และป่าไม่มีลักษณะขรุขระ เป็นต้น

1.1.5 รูปแบบ (pattern) ลักษณะการจัดเรียงตัวของวัตถุปรากฏเด่นชัดระหว่างความแตกต่างตามธรรมชาติและสิ่งที่มีมนุษย์สร้างขึ้น เช่น แม่น้ำ คลอง กับคลองชลประทาน บ่อ และสระน้ำกับเขื่อน เป็นต้น

1.1.6 ความสูงและเงา (height and shadow) เงาของวัตถุมีความสำคัญในการทำให้อัจฉริยะคำนวณหาความสูง และมุมของดวงอาทิตย์ เช่น เงาบริเวณเขาหรือหน้าผา เงาของเมฆ เป็นต้น

1.1.7 ที่ตั้ง (site) หรือตำแหน่งของวัตถุที่พบตามธรรมชาติ เช่น พื้นที่ป่าชายเลน พบบริเวณชายฝั่งทะเลน้ำท่วมถึง สนามบินอยู่ใกล้เมือง เป็นต้น

1.1.8 ความเกี่ยวพัน (association) หมายถึงความเกี่ยวพันขององค์ประกอบทั้งหมดที่กล่าวมา เช่น บริเวณที่มีต้นไม้เป็นกลุ่มๆ มักเป็นที่ตั้งของหมู่บ้าน ไร่เลื่อนลอยอยู่ในพื้นที่ป่าไม้บนเขานากุ้งอยู่บริเวณชายฝั่งรวมกับป่าชายเลน เป็นต้น

การแปลตีความภาพเพื่อจำแนกวัตถุได้ดีและถูกต้อง ขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ ดังกล่าวข้างต้นอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างพร้อมๆ กันไปตามความยากง่ายและมาตราส่วนที่แตกต่างกัน รูปร่าง สี และขนาด อาจใช้เป็นองค์ประกอบในการแปลตีความภาพพื้นที่หนึ่งหรือลักษณะหนึ่ง ส่วนอีกบริเวณอื่นของพื้นที่เดียวกันอาจต้องใช้องค์ประกอบอีกอย่างก็ได้

1.2 การแปลตีความโดยคุณลักษณะข้อมูลจากดาวเทียมมาประกอบการพิจารณา อีก 3 ลักษณะ คือ

1.2.1 ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุ (spectral characteristic) ซึ่งสัมพันธ์กับความยาวช่วงคลื่นแสงในแต่ละแบนด์โดยวัตถุต่างๆ สะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นไม่เท่ากัน ทำให้สีของวัตถุในภาพแต่ละแบนด์แตกต่างกันในระดับสีขาว-ดำ ซึ่งทำให้สีแตกต่างในภาพสีผสมด้วย

1.2.2 ลักษณะรูปร่างของวัตถุที่ปรากฏในภาพ (spatial characteristic) แตกต่างตามมาตราส่วนและรายละเอียดภาพจากดาวเทียม เช่น MSS วัตถุหรือพื้นที่ขนาด 80x80 เมตร จึงจะปรากฏในภาพ และระบบ PLA มีขนาด 10x10 เมตร เมื่อค้นเคยกับลักษณะรูปร่างวัตถุทำให้ทราบลักษณะที่จำลองในภาพจากดาวเทียม

1.2.3 ลักษณะการเปลี่ยนแปลงของวัตถุตามช่วงเวลา (temporal characteristic) ซึ่งทำให้สถานะของวัตถุต่างๆ มีการเปลี่ยนแปลง เช่น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงฤดูกาล การเปลี่ยนแปลงรายปี หรือรายคาบ เป็นต้น ลักษณะการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ทำให้มีความแตกต่างของระดับสีใน ภาพขาวดำ และภาพสีผสม ทำให้เราสามารถใช้อัจฉริยะจากดาวเทียมที่ถ่ายซ้ำที่เดิมในช่วงเวลา

ต่างๆ มาติดตามการเปลี่ยนแปลงได้ เช่น สามารถติดตามการบุกรุกทำลายป่า การเติบโตของพืชตั้งแต่ปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว เป็นต้น

### การประมวลผลภาพด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (raw data) ปกติจะมีความคลาดเคลื่อน (data error) ที่เกิดจากสัญญาณที่รบกวน (noise) ความบิดเบี้ยวเชิงเรขาคณิตที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการถ่ายภาพ การบันทึกข้อมูลสัญญาณการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การส่งสัญญาณ และการโคจรของดาวเทียม จึงจำเป็นต้องมีกระบวนการก่อนการประมวลผลภาพ (pre-processing) เพื่อลดค่าความคลาดเคลื่อนของภาพก่อนนำไปวิเคราะห์ความ ซึ่งมีกระบวนการปรับแก้ ดังนี้

1. การตรวจแก้คลื่นรังสี (radiometric correction) ก่อนที่จะส่งข้อมูลจากระยะไกลให้กับผู้ใช้งาน ข้อมูลเหล่านี้จะต้องผ่านการตรวจแก้คลื่นรังสี จากสถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินมาแล้วระดับหนึ่ง แต่บางครั้งยังปรากฏข้อบกพร่องทางเชิงคลื่น เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น การรบกวนจากชั้นบรรยากาศ หรือจากความบกพร่องของเครื่องรับสัญญาณ ทำให้เกิดความไม่ชัดเจนพร่ามัว มีลายเส้นปะปน (strip/ noise) ปรากฏบนข้อมูลจากดาวเทียม ปัญหาอีกด้านหนึ่งที่ต้องมีการตรวจแก้คลื่นรังสี คือ เมื่อต้องการใช้ข้อมูลหลายช่วงเวลา เพื่อการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง ต้องทำการปรับแก้ค่ามุมยกของดวงอาทิตย์ (sun elevation correction) ที่เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละช่วงเวลาในแต่ละฤดูกาล การแก้ไขปัญหาดังกล่าวทำได้โดยการตรวจแก้คลื่นรังสี พร้อมทั้งต้องมีรายละเอียดตัวแปร (parameters) เกี่ยวกับการรับสัญญาณ มุมที่ดาวเทียมกระทำกับแสงดวงอาทิตย์ (solar illumination angles) ค่ารังสีตกกระทบ (irradiance) การกระจายแสงในเส้นทางผ่าน (path radiance) ค่าการสะท้อนของวัตถุเป้าหมาย (reflectance of target) ค่าการส่งผ่านของบรรยากาศ เป็นต้น และข้อมูลสภาวะอากาศในขณะที่ทำการบันทึกข้อมูล

2. การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (geometric correction) ก่อนนำข้อมูลจากดาวเทียมไปใช้ประโยชน์มีความจำเป็นต้องปรับแก้เชิงเรขาคณิต เพราะพิกัดตำแหน่งของวัตถุต่างๆ มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริง เนื่องจากข้อบกพร่องทางเครื่องรับสัญญาณและรูปลักษณะของวัตถุ การตรวจแก้เชิงเรขาคณิตมีความจำเป็นมากยิ่งขึ้น เมื่อต้องการนำข้อมูลจากระยะไกลไปใช้งานร่วมกับข้อมูลเชิงแผนที่อื่นๆ เพื่อให้สามารถซ้อนทับกันได้ หรือหากต้องการศึกษาปรากฏการณ์อย่างหนึ่งในหลายช่วงเวลา การเปรียบเทียบข้อมูลแต่ละช่วงเวลาต้องมีระบบพิกัดเดียวกัน จึงจะสามารถซ้อนข้อมูลแต่ละเวลาลงกันได้สนิท จึงจำเป็นต้องทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิต โดยการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดข้อมูลที่จะปรับแก้กับข้อมูลอ้างอิง เพื่อที่พิกัดของข้อมูลที่ต้องการตรวจแก้ ถูกเปลี่ยนให้

เป็นระบบพิกัดใหม่ตามระบบพิกัดของข้อมูลอ้างอิง ข้อมูลอ้างอิงจะเป็นข้อมูลจากระยะไกลเช่นเดียวกันก็ได้ เช่น ในกรณีที่ต้องการศึกษาข้อมูลในพื้นที่เดียวกันแบบหลายช่วงเวลา ในกรณีนี้ เรียกว่า เป็นการตรวจแก้ระหว่างภาพกับภาพ (image to image registration) หรือข้อมูลอ้างอิงอาจเป็นแผนที่ภูมิประเทศหรือแผนที่เฉพาะที่มีระบบพิกัด หากต้องการนำข้อมูลจากระยะไกลไปศึกษาร่วมกับข้อมูลแผนที่อื่นๆ หรือเพื่อเปรียบเทียบกับสภาพจริงในพื้นที่ศึกษา ในกรณีนี้ เรียกว่า การตรวจแก้ระหว่างภาพกับแผนที่ (image to map registration) การปรับแก้เชิงเรขาคณิตมีวิธีการ 3 วิธี ดังต่อไปนี้

2.1 การปรับแก้แบบมีระบบ (systematic correction) เป็นการปรับแก้ตามค่าอ้างอิงเชิงเรขาคณิตต่างๆ ที่กำหนดไว้ก่อนแล้ว ทำให้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นสามารถแก้ไขได้อย่างมีระบบ เช่น เรขาคณิตของกล้องถ่ายภาพรูปชนิดเลนส์ จะถูกกำหนดโดยสมการร่วมเชิงเส้นด้วยความยาวโฟกัสที่ปรับเทียบแล้ว การตรวจแก้เชิงสัมผัสผิว (tangent correction) ของเครื่องกวาดภาพแบบกลเชิงแสงก็จัดอยู่ในการตรวจแก้แบบมีระบบ โดยทั่วไปการตรวจแก้แบบมีระบบสามารถแก้ไขความผิดพลาดได้ทั้งหมด การคำนวณปรับแก้เชิงเรขาคณิตสำหรับข้อมูลจากระยะไกล มักจะทำมาแล้วระดับหนึ่งจากสถานีรับ และแปลงสัญญาณ เรียกว่าเป็นระดับ Bulk คือ แก้ไขความบิดเบือนจากสาเหตุทั้งแบบภายในและภายนอกแต่พิกัดข้อมูลยังเป็นระบบพิกัดของแถว (row) และสดมภ์ (column) ของข้อมูลภาพตามโครงสร้างข้อมูลแบบแรสเตอร์

2.2 การปรับแก้แบบไม่มีระบบ (non systematic correction) เป็นการปรับแก้จากพิกัดของระบบภาพไปสู่ระบบที่มีพิกัด โดยอาศัยสมการพหุนาม (polynomial equation) วิธีนี้ต้องมีการหาค่าพิกัดจากจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point : GCP) ที่รู้ค่าพิกัดจากแผนที่ภูมิประเทศ หรือแผนที่เฉพาะเรื่องที่มีพิกัด หรือจากพิกัดจริง ซึ่งวัดจากดาวเทียมระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก จุดควบคุมภาคพื้นดินใช้เป็นข้อมูลในการคำนวณสมการคณิตศาสตร์ เพื่อเปรียบเทียบระหว่างระบบพิกัดภาพและระบบพิกัดภูมิศาสตร์ การคำนวณใช้หลักการวิธีการกำลังสองน้อยที่สุด (least square method) และสามารถกำหนดระดับความแม่นยำได้จากลำดับการยกกำลัง (order) ของสมการพหุนาม จำนวน และการกระจายตัวของจุดควบคุมภาคพื้นดิน

2.3 การปรับแก้แบบวิธีผสม (combined method) เป็นการปรับแก้โดยนำวิธีการปรับแก้ทั้งสองแบบข้างต้นมาใช้ร่วมกัน ซึ่งเป็นวิธีการปกติที่นิยมทำกันทั่วไปกับข้อมูลจากระยะไกล โดยการตรวจแก้แบบมีระบบจะถูกคำนวณเสมอที่สถานีรับข้อมูลก่อนจะมีการแจกจ่ายข้อมูลไปสู่ผู้ใช้งาน และการตรวจแก้แบบไม่มีระบบ เป็นส่วนที่ทำตามมาโดยผู้ใช้งาน เพื่อให้ตรงกับวัตถุประสงค์ในการประยุกต์ใช้ โดยมากยอมรับให้มีความผิดพลาดของการปรับแก้ไม่เกินหนึ่งจุดภาพของตำแหน่งจริงของจุดนั้นๆ ในกรณีของภาพถ่ายดึง

3. การหาจุดควบคุมภาคพื้นดิน การตรวจแก้เชิงเรขาคณิตจะมีความถูกต้องมากหรือน้อยขนาดไหน ขึ้นอยู่กับวิธีการเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน จุดควบคุมภาคพื้นดิน เป็นจุดที่ตำแหน่งใดก็ได้ บนข้อมูลจากดาวเทียมและปรากฏได้ชัดเจนเป็นจุดเดียวกันบนข้อมูลอ้างอิง จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ดีส่วนใหญ่ต้องเป็นจุดที่มีความคงที่ของรูปทรง โดยเฉพาะในระหว่างเวลาที่มีข้อมูลจากระยะไกลและข้อมูลอ้างอิง ต้องเป็นจุดที่สังเกตได้ง่าย ได้แก่ จุดตัดของวัตถุต่างๆ (เช่น สี่แยกถนนตัดกัน แปลงนามุมของอาคาร ฯลฯ) จุดที่โดดเด่น (เช่น ต้นไม้ในนาข้าว บ้านกลางนาเกลือ พื้นที่หินโผล่บนภูเขาโดดเขา) โดยอาศัยการสังเกตความแตกต่างของค่าความสว่างระหว่างวัตถุที่แตกต่างกันมาประกอบการพิจารณา จุดควบคุมภาคพื้นดินควรมีจำนวนมากพอ และกระจายอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ศึกษา มีมากก็จุดก็ได้ เพื่อควบคุมการแปลงพิกัดให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอทั่วพื้นที่ ถ้าจุดควบคุมภาคพื้นดินไปรวมกลุ่มอยู่เฉพาะบางบริเวณ ความถูกต้องบริเวณนั้นจะมีมากกว่าบริเวณที่มีจุดควบคุมภาคพื้นดินน้อยกว่า

4. การคำนวณการปรับแก้เชิงเรขาคณิต ประกอบด้วยการคำนวณ 3 ขั้นตอน คือ

4.1 การสร้างสมการแปลง (geometric transformation) ความสัมพันธ์ของพิกัดระหว่างข้อมูลภาพเริ่มต้น  $(x', y')$  และพิกัดภูมิศาสตร์  $(x, y)$  ในรูปของสมการมักอยู่ในลักษณะของสมการเชิงเส้นเพื่อหาดำแหน่งพิกัดใหม่ มีรูปสมการพื้นฐาน ดังนี้

$$x' = a_0 + a_1x + a_2y$$

$$y' = b_0 + b_1x + b_2y$$

โดยที่  $x'$  = พิกัดของด้านสมมติของข้อมูลภาพหลังการปรับแก้

$y'$  = พิกัดของด้านแนวของข้อมูลภาพหลังการปรับแก้

$x$  = พิกัดของด้านสมมติของข้อมูลภาพก่อนการปรับแก้

$y$  = พิกัดของด้านแนวของข้อมูลภาพก่อนการปรับแก้

4.2 การตรวจสอบความถูกต้องของการปรับแก้ คำนวณโดยใช้หลักการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุด (least square regression method) การหาค่าความถูกต้องคำนวณจากรากที่สองของค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนจากแต่ละจุดควบคุมภาคพื้นดิน (root mean square error :  $RMS_e$ ) มีสูตรคำนวณ ดังนี้

$$\text{RMS}_e = \sqrt{(x' - x_o)^2 + (y' - y_o)^2}$$

โดยที่  $\text{RMS}_e$  = ค่าความถูกต้องของจุดควบคุมภาคพื้นดิน  
 $x_o, y_o$  = พิกัดของจุดควบคุมภาคพื้นดินในภาพก่อนปรับแก้  
 $x'$  = พิกัดของด้านสดมภ์ของข้อมูลภาพหลังการปรับแก้  
 $y'$  = พิกัดของด้านแนวของข้อมูลภาพหลังการปรับแก้

ค่า  $\text{RMS}_e$  จะบอกได้ว่า จุดควบคุมภาคพื้นดินมีตำแหน่งพิกัดใกล้เคียงกับพิกัดอ้างอิงเพียงใด (มีหน่วยเป็นจุดภาพ) โดยมากยอมรับค่าที่มีค่าบวกหรือลบไม่เกิน 1 จุดภาพ ถ้าค่า  $\text{RMS}_e$  มีค่าสูง หมายความว่า ความคลาดเคลื่อนทางตำแหน่งยังมีมาก สามารถคำนวณเป็นหน่วยเมตริก โดยนำค่า  $\text{RMS}_e$  คูณกับขนาดของจุดภาพ

4.3 การคำนวณค่าความสว่างของจุดภาพใหม่ สิ่งที่ต้องทำควบคู่ไปกับการแปลงค่าตำแหน่งของแต่ละจุด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งพิกัด ค่าความสว่างของจุดภาพต้องมีการคำนวณใหม่ตามไปด้วย โดยเทคนิคการประมาณค่าในช่วง (interpolation) ที่ 3 แบบด้วยกัน คือ

4.3.1 การประมาณค่าจากตำแหน่งใกล้เคียงที่สุด (nearest neighbor interpolation: NN) ค่าความสว่างใหม่จะถูกกำหนดจากค่าความสว่างของจุดภาพในภาพก่อนปรับแก้ โดยเลือกเอาตำแหน่งที่อยู่ใกล้ที่สุด วิธีการนี้มีข้อดีตรงที่สามารถรักษาค่าความสว่างให้ใกล้เคียงกับภาพก่อนตรวจแก้ได้มากที่สุด หรือแทบจะไม่มีเปลี่ยนแปลงเลย (ภาพที่ 5)

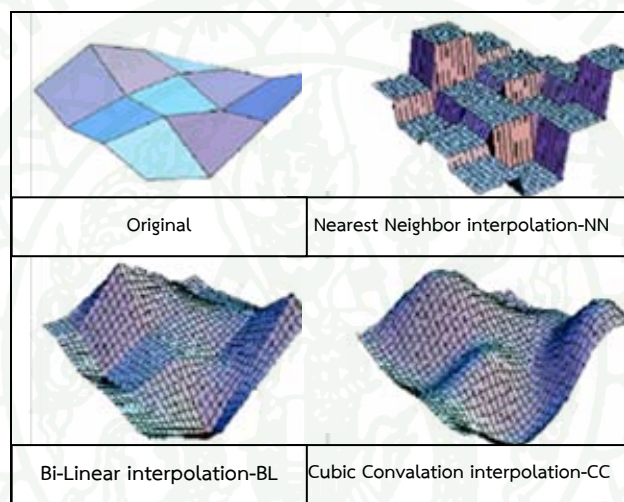
4.3.2 การประมาณค่าแบบเส้นคู่ (bilinear interpolation : BL) เป็นการประมาณค่าความสว่างใหม่โดยคำนวณระยะทางโดยน้ำหนักระหว่าง 4 จุดที่อยู่รอบจุดนั้น ซึ่งจุดภาพที่ใกล้จะให้น้ำหนักมากกว่าจุดที่อยู่ไกล ดังนี้

$$BV_{wt} = \frac{\sum_{k=1}^4 (z_k / D_k^2)}{\sum_{k=1}^4 1/D_k^2}$$

โดยที่  $BV_{wt}$  = ค่าความสว่างใหม่  
 $Z_k$  = ค่าความสว่างของจุดภาพที่อยู่โดยรอบจุดนั้น  
 $D_k$  = ระยะห่างของจุดนั้นกับจุดอื่นที่อยู่โดยรอบ

ค่าความสว่างใหม่วิธีนี้จึงทำให้ข้อมูลภาพเกิดความเรียบต่อเนื่อง (smooth) มีรายละเอียดลดลงจากข้อมูลภาพเริ่มต้น

4.3.3 การประมาณค่าแบบการประสานเชิงลูกบาศก์ (cubic convolution interpolation: CC) ค่าความสว่างใหม่จะถูกประมาณด้วยฟังก์ชันลูกบาศก์โดยใช้จุดภาพ 16 จุดที่อยู่ล้อมรอบ วิธีการคำนวณแบบนี้ให้ผลที่ดี ทั้งในด้านความคมชัดและการต่อเนื่อง แต่ต้องใช้เวลาคำนวณมากกว่าเมื่อเทียบกับวิธีอื่น และค่าความสว่างใหม่จะเป็นค่าเฉลี่ยจากจุดภาพโดยรอบทั้งหมด ซึ่งอาจแตกต่างจากกับค่าความสว่างเดิมมาก (ภาพที่ 5)



ภาพที่ 5 พื้นผิวที่ผ่านกระบวนการคำนวณค่าความสว่างของจุดภาพใหม่

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2550)

5. การเน้นข้อมูลภาพ (image enhancement) เป็นกระบวนการปรับเปลี่ยนค่าของจุดภาพหรือค่าระดับสีเทา เพื่อเพิ่มรายละเอียด ความชัดเจนของข้อมูลภาพ หรือการเพิ่มระดับความแตกต่างระหว่างวัตถุ ทำให้สังเกตเห็นขอบเขตของวัตถุต่างชนิดกันได้ชัดเจนมากขึ้น หรือสามารถที่จะเน้นความคมชัดเฉพาะในส่วนที่ต้องการศึกษาช่วยให้การตีความประเภทวัตถุง่ายมากขึ้น แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำการแปลตีความ โดยทำการศึกษาแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation) เพื่อกำหนดประเภทข้อมูล ก่อนที่นำไปใช้เพื่อการจำแนกประเภทข้อมูล เทคนิคต่างๆ ที่จะใช้ในการเน้นข้อมูลภาพนั้นอยู่กับค่าจุดภาพ ซึ่งประกอบด้วยข้อมูลจากหลายช่วงคลื่นของข้อมูลจากดาว เทียมที่ออกแบบมาเฉพาะ ผู้ใช้จะต้องทำความเข้าใจรูปแบบของปฏิสัมพันธ์ระหว่างพลังงานในแต่ละช่วงคลื่นกับวัตถุบน

พื้นโลก วัตถุประสงค์ของการเน้นข้อมูล คือ ต้องเปลี่ยนแปลงข้อมูลเพื่อให้เห็นรายละเอียดต่างๆ ในเรื่องที่ต้องการศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

จากการตรวจเอกสารในเรื่องของข้อมูลภาพจากดาวเทียม จะเห็นได้ว่า ข้อมูลภาพจากดาวเทียม เป็นข้อมูลที่จัดเก็บในรูปแบบดิจิทัล ค่าที่ปรากฏในแต่ละจุดภาพในแต่ละช่วงคลื่นจะให้ค่าการสะท้อนพลังงานที่แตกต่างกัน ซึ่งเมื่อนำมาผ่านกระบวนการปรับแก้เพื่อให้พร้อมใช้งานแล้ว ข้อมูลที่ได้สามารถนำมาวิเคราะห์เพื่อตีความสิ่งปกคลุมพื้นที่ได้ ด้วยเทคนิคการผสมสีระหว่างแบนด์ รวมทั้งการใช้ค่าดัชนีต่าง ๆ ได้หลากหลายรูปแบบ รวมทั้งการนำมาแปลตีความในรูปแบบเชิงวัตถุภาพ สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ด้วย

### งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Catherine (2008) ได้ทำการจำแนกชั้นอายุสวนป่ายูคาลิปตัส เป็น 5 ชั้นอายุ แบ่งเป็น ชั้นอายุ 1 ปี ถึง 5 ปี โดยใช้วิธี maximum likelihood ด้วยการใช้ค่า normalized difference vegetation index (NDVI) ค่า bare soil index (BI) ค่า water index (WI) และการทำอัตราส่วนระหว่างแบนด์ จากข้อมูลดาวเทียม LANDSAT บริเวณจังหวัดสระแก้ว เพื่อการประเมินปริมาณการเก็บกักคาร์บอน ในแต่ละชั้นอายุของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส โดยผลการจำแนกชั้นอายุตั้งอายุ 1 ปี ถึง 5 ปี ได้ค่าความถูกต้อง 84.0 90.0 40.0 92.0 และ 72.0 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

สุทัศน์ (2550) ได้ทำการจำแนกช่วงอายุของยางแก่ (อายุมากกว่า 5 ปี) ปาล์มแก่ (อายุมากกว่า 4 ปี) ยางอ่อน (อายุ 1-5 ปี) ปาล์มอ่อน (อายุ 1-4 ปี) ยางปลูกใหม่ (อายุต่ำกว่า 1ปี) และปาล์มปลูกใหม่ (อายุต่ำกว่า 1 ปี) ด้วยภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT บริเวณจังหวัดกระบี่ ด้วยวิธี object oriented image classification ร่วมกับการอาศัย knowledge base ควบคู่กับ fuzzy rule base ที่เปิดโอกาสให้ผู้ศึกษาสามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่มีอยู่ในรูปของข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial information) เช่น ความคุ้นเคยกับรูปแบบการใช้ที่ดิน ขนาดของวัตถุ รูปร่าง ร่มเงา ฤดูกาล ความรู้เรื่องพืชพรรณ ตลอดจนนโยบายของรัฐในการใช้ประโยชน์ที่ดินในพื้นที่ศึกษามาประยุกต์เพื่อช่วยเพิ่มความถูกต้องรวดเร็วในการจำแนก โดยผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกเปรียบเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม (ground truth) พบว่า producer accuracy ของการจำแนก ยางแก่ ปาล์มแก่ ยางอ่อน ปาล์มอ่อน ยางปลูกใหม่ และปาล์มปลูกใหม่ ให้ความถูกต้อง 98.9 99.7 89.6 98.7 82.4 และ 83.3 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน user accuracy ให้ความถูกต้อง 87.8 100 100 98.0 94.2 และ 99.4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยให้ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 94.43 เปอร์เซ็นต์ และให้ค่า kappa coefficient เท่ากับ 0.93

ศุภลักษณ์และศุทธิณี (2552) ศึกษาการจำแนกพื้นที่ไร่มนเวียนด้วยวิธีเชิงวัตถุ โดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5, SPOT-5 XS และข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened กับข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 XS เพื่อจำแนกพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดิน 11 ประเภท ได้แก่ ไร่มนเวียนปี 2548 ไร่มนเวียนปี 2549 ไร่มนเวียนปี 2550 ที่นา ถั่วเหลือง ไม้ผล ชุมชน ป่าไม้ ป่าไผ่ ถนน และทางน้ำ ซึ่งผลการศึกษาพบว่า การจำแนกเชิงวัตถุโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ทำให้สามารถจำแนกการใช้ที่ดินได้ 9 ประเภท โดยไม่สามารถจำแนกถนนและทางน้ำ ในขณะที่ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 XS และข้อมูลจากดาวเทียม LANDSAT-5 ที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened กับข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 XS สามารถจำแนกได้ทั้งหมด และให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกจากค่า kappa coefficient เท่ากับ 0.893 0.885 และ 0.866 ตามลำดับ

Andrea *et al.*(2006) ได้ทำการศึกษาเพื่อการแยกแยะพืชพรรณสีเขียวและพืชพรรณที่เริ่มแก่ตัว โดยใช้ภาพถ่ายรายละเอียดสูงที่ผ่านกระบวนการ IHS (intensity, hue, saturation) ทำการจำแนกความแตกต่างด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ บริเวณพื้นที่แห่งแล้งทางตะวันตกเฉียงใต้ของอเมริกา โดยทำการแยกแยะพื้นที่ออกเป็น ดิน เงาม พืชพรรณสีเขียวและพืชพรรณแก่ โดยพื้นที่ที่เป็นเงาและดิน จะถูกดึงออกโดยใช้ค่า intensity และ saturation จากนั้นทำการจำแนกพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณสีเขียวและพืชพรรณแก่แบบ nearest neighbor โดยใช้ค่า intensity hue และ saturation ผลการศึกษาพบว่าค่าความถูกต้องระหว่างพืชพรรณสีเขียวและพืชพรรณแก่ให้ค่า 0.88 และ 0.95 ตามลำดับ

Renaud *et.al* (2007) ศึกษาการทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่ของชุมชนพืชในพื้นที่เมืองโดยใช้ข้อมูลจากดาวเทียม IKONOS ที่ผ่านการปรับแก้เชิงความสูง (orthorectified) ทำการจำแนกพื้นที่ด้วยเทคนิคการจำแนกเชิงวัตถุ พื้นที่ศึกษาเมือง Dunedin ประเทศนิวซีแลนด์ การศึกษาได้ผ่านกระบวนการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ในรูปแบบหลายมาตราส่วน เพื่อวิเคราะห์แบบลำดับชั้น (hierarchical network) โดยการวิเคราะห์ในระดับหยาบ (coarse level) ได้ผลการจำแนก 4 ชนิด ได้แก่ อาคาร พาณิชยกรรม บ้านเรือนที่มีสนามหญ้า พืชพรรณ (ที่มีพื้นที่มากกว่า 0.8 ใน 1 เฮกเตอร์) และแหล่งน้ำ โดยให้ค่าความถูกต้องโดยรวม 64 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นในระดับต่อมาทำการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับย่อยบนพื้นที่ที่เป็นพืชพรรณซึ่งจำแนกประเภทข้อมูลได้ทั้งสิ้น 15 ชั้นข้อมูล โดยให้ผลการจำแนกโดยรวม 77 เปอร์เซ็นต์ ผลการศึกษาเมื่อเทียบกับการศึกษาในสภาพแวดล้อมอื่นด้วยวิธีการแปลด้วยสายตา วิธีนี้สามารถแยกแยะรายละเอียดได้ดีในแง่ในเชิงวิทยาศาสตร์ ให้ผลการจำแนกในระยะเวลาสั้น

Barrile and Bilotta (2007) ใช้วิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ เพื่อจำแนกพื้นที่ที่ถูกเผา จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT และ IKONOS โดยการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ระดับหยาบ (ระดับสเกล 150) ระดับปานกลาง (ระดับสเกล 60) และระดับละเอียด (ระดับสเกล 15) และกำหนดค่าปัจจัยความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูล (homogeneity criteria) โดยให้ค่าสี (color) 80 เปอร์เซ็นต์ หรือ 0.8 ค่ารูปร่าง (shape) 20 เปอร์เซ็นต์หรือ 0.2 ภายใต้คุณลักษณะด้านรูปร่าง ได้กำหนดปัจจัยด้านการเกาะกลุ่มของข้อมูล (compactness) 30 เปอร์เซ็นต์หรือ 0.3 และค่าความราบเรียบ (smoothness) 70 เปอร์เซ็นต์หรือ 0.7 โดยเปรียบเทียบการจำแนก 3 วิธี ได้แก่ การใช้ maximum likelihood และ neural fuzzy set ผลการจำแนกพบว่าการจำแนกโดยใช้ maximum likelihood พื้นที่ที่ถูกเผาให้ความถูกต้อง 55.25 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 84.63 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการจำแนกด้วยวิธี neural fuzzy set บนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม LANDSAT ให้ความถูกต้อง 60.25 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 95.63 เปอร์เซ็นต์ และผลการจำแนกด้วยวิธี neural fuzzy set บนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม IKONOS ให้ความถูกต้อง 73.05 เปอร์เซ็นต์ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 97.26 เปอร์เซ็นต์

จากการตรวจสอบงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง จะเห็นว่างานวิจัยที่ดำเนินการสามารถใช้ข้อมูลจากดาวเทียมมาแปลตีความเชิงวัตถุภาพเพื่อหาความแตกต่างของสิ่งปกคลุมดินได้ ซึ่งน่าเชื่อถือได้ว่าสามารถใช้วิธีการดังกล่าวมาจำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัสได้

### พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่เป็นตัวแทนของพื้นที่ที่มีการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในจังหวัดฉะเชิงเทราและภาคตะวันออกได้เป็นอย่างดี รายละเอียดสำคัญของพื้นที่ศึกษา มีดังนี้

#### ประวัติความเป็นมา

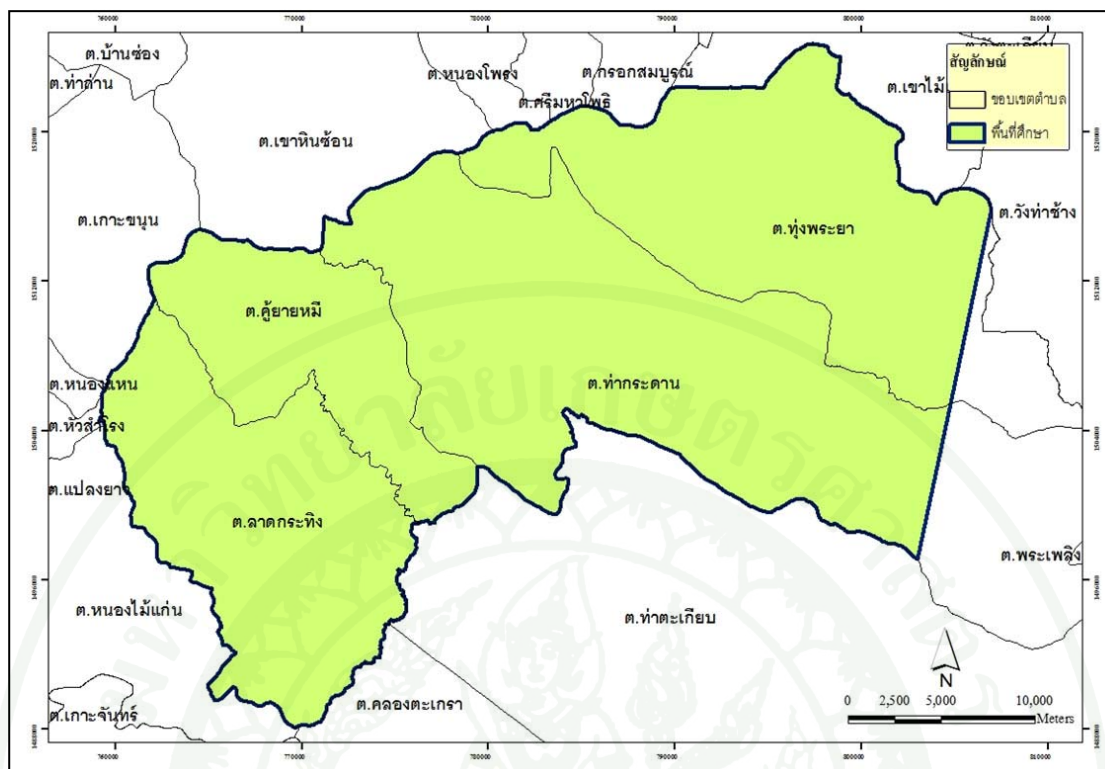
ความเป็นมาของอำเภอสนามชัยเขตเริ่มด้วยปี พ.ศ. 2454 มีฐานะเป็นกิ่งอำเภอ เรียกว่า “กิ่งอำเภอสนามชัยเขตต์” แต่เมื่อปี พ.ศ.2474 ยุบฐานะลงเป็นตำบลอยู่ในเขตการปกครองของอำเภอนวมสารคาม หลังจากนั้นปี พ.ศ. 2509 ได้รับการยกฐานะเป็น “กิ่งอำเภอสนามชัยเขต” เมื่อวันที่ 15 มิถุนายน 2516 ได้จัดตั้งเป็น “อำเภอสนามชัยเขต” โดยประกาศกระทรวงมหาดไทย แบ่งท้องที่การปกครองเป็นตำบลคู้ยายหมี ตำบลท่ากระดาน และตำบลท่าตะเกียบขึ้นกับอำเภอนวมสารคาม

## ที่ตั้งและอาณาเขต

อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทราตั้งอยู่ทางทิศตะวันออกของประเทศไทย ระหว่างละติจูดที่  $13^{\circ}11' - 13^{\circ}48'$  เหนือ และลองจิจูดที่  $101^{\circ}25' - 102^{\circ}00'$  ตะวันออก ระยะทางจากอำเภอสนามชัยเขตถึงจังหวัดฉะเชิงเทรา ประมาณ 50 กิโลเมตร มีเนื้อที่ประมาณ 1,166 ตารางกิโลเมตร แบ่งเขตการปกครองย่อยออกเป็น 4 ตำบล 31 หมู่บ้าน ได้แก่ ตำบลคูยายหมี่ มีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 16 หมู่บ้าน ตำบลท่ากระดาน มีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 20 หมู่บ้าน ตำบลทุ่งพระยา มีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 18 หมู่บ้าน และตำบลลาดกระทิง มีจำนวนหมู่บ้านทั้งสิ้น 10 หมู่บ้าน อำเภอสนามชัยเขตมีอาณาเขตติดต่อกับอำเภอข้างเคียง ดังนี้

ทิศเหนือ	ติดต่อกับอำเภอศรีมหาโพธิ์และอำเภอกบินทร์บุรี (จังหวัดปราจีนบุรี)
ทิศตะวันออก	ติดต่อกับอำเภอกบินทร์บุรี (จังหวัดปราจีนบุรี) และอำเภอเขาฉกรรจ์ (จังหวัดสระแก้ว)
ทิศใต้	ติดต่อกับอำเภอท่าตะเกียบและอำเภอแปลงยาว
ทิศตะวันตก	ติดต่อกับอำเภอแปลงยาวและอำเภอพนมสารคาม

ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดพื้นที่ศึกษารอบคลุมพื้นที่ร้อยละ 80 ของอำเภอสนามชัยเขต หรือประมาณ 922 ตารางกิโลเมตร เนื่องจากภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ศึกษาไม่สามารถครอบคลุมพื้นที่ทั้งหมดได้ รูปร่างของพื้นที่ศึกษาแสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 พื้นที่ศึกษา อำเภอสนมชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

### ลักษณะภูมิประเทศ

ลักษณะภูมิประเทศของอำเภอสนมชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา เป็นลูกคลื่นลอนลาด (undulating landform) มีความสูงจากระดับน้ำทะเลเฉลี่ยประมาณ 30-80 เมตร จนถึงภูเขา (hill range) โดยเฉพาะด้านใต้มีภูเขาสูงสภาพป่าเป็นป่าดงดิบ อำเภอสนมชัยเขตมีลำน้ำที่สำคัญ 2 สาย คือ คลองสี่ด มีความยาวประมาณ 60 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดจากห้วยเล็กๆ จำนวนมากในบริเวณเขาใหญ่ อันเป็นอาณาเขตติดกับจังหวัดฉะเชิงเทรา และชลบุรี ไหลผ่านอำเภอสนมชัยเขตไปบรรจบกับคลองระบมที่มีความยาวประมาณ 40 กิโลเมตร ต้นน้ำเกิดในบริเวณด้านตะวันออกของอำเภอสนมชัยเขตและอำเภอท่าตะเกียบ ซึ่งคลองทั้งสองไหลมารวมกันที่บ้านกงเหนือ อำเภอพนมสารคาม เป็นคลองท่าลาดที่มีความยาวประมาณ 33 กิโลเมตร และไหลลงสู่ม่าน้ำบางปะกง ที่บริเวณตำบลปากน้ำ อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา ความลาดเทของพื้นที่จะเพิ่มตามระดับพื้นที่ดินที่สูงขึ้น จากสภาพดังกล่าวทำให้ตัวลำคลองสี่ดมีลักษณะลึกและชัน น้ำที่ไหลในคลองมีปริมาณมากไหลเชี่ยวในฤดูฝน และแล้งอย่างรวดเร็ว เมื่อเกิดสภาพฝนทิ้งช่วงหรือเข้าสู่ฤดูแล้ง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535)

## ลักษณะทางธรณีวิทยา

ลักษณะทางธรณีวิทยาบริเวณคลองสี่ดง จนถึงบริเวณคลองท่าลาดประกอบด้วย พื้นที่ 2 ประเภท คือ พื้นที่ภูเขา ซึ่งเกิดจากการดันและแทรกตัวของหินอัคนี เช่น หินแกรนิต ทำให้เกิดเทือกเขาสลับซับซ้อน และหินไรโอลิติก-ทัฟ ทำให้เกิดภูเขาโดดเดี่ยวหลายลูก เรียงกระจายกันเป็นแนวตามรอยปริงของเปลือกโลกในทิศทางคล้อยไปทางเหนือของแนวตะวันตกเฉียงเหนือ การแทรกตัวของหินอัคนีเหล่านี้ มีผลทำให้ผิวเปลือกโลกบริเวณนี้เคยเป็นหินชนิดที่ยื่นโคงงอแล้วผุพังจนสลายตัวกลายเป็นดิน คงเหลือแต่หินอัคนีที่กำลังผุพังกลายเป็นดิน พื้นที่ประเภทสอง คือ พื้นที่ลักษณะลอนลาด ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของผิวเปลือกโลก โดยน้ำทะเลในยุคบรรพกาลทำให้เกิดตะพักชายฝั่ง (marine terrace) ซึ่งประกอบด้วย กรวดเหลี่ยมที่มีการคัดขนาดดีมากของหินควอร์ตไซต์ หินทราย หินควอร์ตไมกาซิสต์ โดยมีความหนาของชั้นกรวดตั้งแต่ 3-6 เมตร เนื่องจากสภาพพื้นที่เป็นลอนลาดแผ่กระจายโอบล้อมพื้นที่ภูเขาไว้โดยรอบ จึงมีลำธารจำนวนมากบริเวณพื้นที่ภูเขาและมีลำธารค่อนข้างน้อยบริเวณที่ลอนลาด (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535)

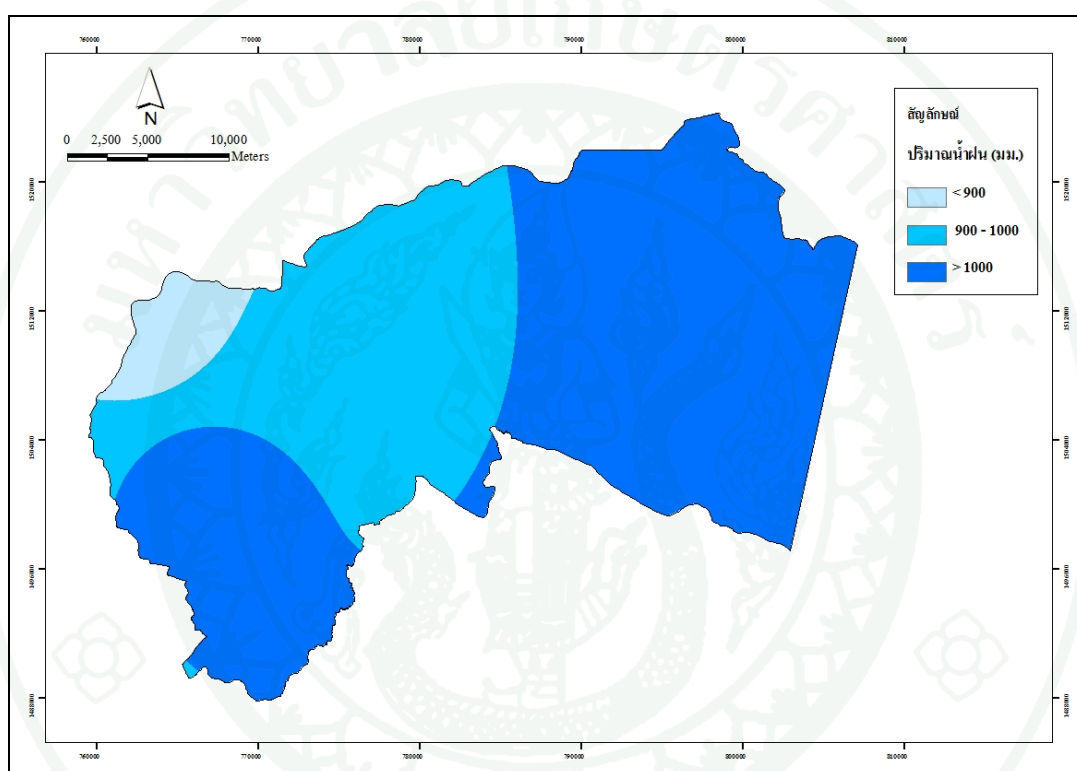
## ลักษณะภูมิอากาศ

ภูมิอากาศในฤดูฝนอากาศค่อนข้างเย็นชุ่มชื้น ฝนตกชุก จากสถิติของสถานีอุตุนิยมวิทยาจังหวัดฉะเชิงเทรา พ.ศ. 2541-2551 มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยราย 10 ปี ที่... มิลลิเมตร (ภาพที่ 5) อำเภอสนามชัยเขตมีฝนตก 130 วัน โดยมีอุณหภูมิเฉลี่ยทั้งปีเท่ากับ 27.5° เซลเซียส เดือนที่มีอากาศร้อนที่สุดคือเดือนมีนาคมมีอุณหภูมิเฉลี่ยเท่ากับ 29.5° เซลเซียส ความชื้นเฉลี่ย 75 เปอร์เซ็นต์ มีแสงแดดเฉลี่ย 5.9 ชั่วโมงต่อวัน ปริมาณน้ำฝนสูงสุด 1,367.7 มิลลิเมตร และมีน้ำระเหยเฉลี่ยเพียงวันละ 4.5 มิลลิเมตร ซึ่งนับว่าเป็นพื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นดี อากาศสบายไม่ร้อนมากนักเมื่อเทียบกับพื้นที่อื่นในเขตภาคกลาง (เทศบาลตำบลสนามชัยเขต, 2551)

ทั้งนี้ ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 10 ปี ระหว่างปี พ.ศ. 2541-2551 เมื่อนำมาทำการประมาณค่าในช่วง (interpolation) โดยใช้เทคนิค IDW (inverse distance weighted) ให้ขนาดของกริดในการคำนวณเท่ากับ 2.5 เมตร และแบ่งชั้นข้อมูลออกเป็น 2 ชั้น ในพื้นที่ศึกษา พบว่าข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี จากข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปีระหว่าง ปีพ.ศ. 2541 – 2551 จำนวน 4 สถานี โดยรอบพื้นที่ศึกษา พบว่าพื้นที่ส่วนใหญ่มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยมากกว่า 1000 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 61.85 รองลงมา มีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยระหว่าง 900 -1000 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 33.68 และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยน้อยกว่า 900 มิลลิเมตร คิดเป็นร้อยละ 4.47 ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 2 และภาพที่ 7

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ช่วงปี พ.ศ. 2541-2551

ปริมาณน้ำฝน (มม.)	ครอบคลุมพื้นที่ (ตร.กม.)	ร้อยละของพื้นที่
< 900	41.23	4.47
900 - 1000	310.60	33.68
> 1000	570.40	61.85



ภาพที่ 7 ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี ช่วงปีพ.ศ. 2541-2551 จากการประมาณค่าในช่วง (interpolation) โดยใช้เทคนิค IDW (inverse distance weighted) ของพื้นที่ศึกษา

### ลักษณะทางปฐพีวิทยา

ลักษณะของดินบริเวณคลองสียัดแบ่งเป็น 3 กลุ่มใหญ่ ๆ ตามลักษณะภูมิประเทศ ได้แก่

1. กลุ่มดินภูเขา เป็นดินที่สลายตัวอยู่กับที่ของหินแกรนิตบริเวณเทือกเขาละลาก เขาหวาย เขาพริกและเขาคองสี ซึ่งให้ดินเนื้อปานกลางค่อนข้างหยาบระบายน้ำดี นอกจากนี้ดินที่สลายตัวจากหินไดโอรไซต์ หินแอนดีไซต์และไรโอลิติก-ทัฟ บริเวณเขาตะแบก เขาใหญ่ เขายายหมอน้อย เขาชิง

เขาถ้ำแรด และดินที่สลายตัวจากหินทรายแป้งบริเวณเขาตะกรับ เป็นดินเนื้อละเอียดที่มีปริมาณทรายแป้งสูง

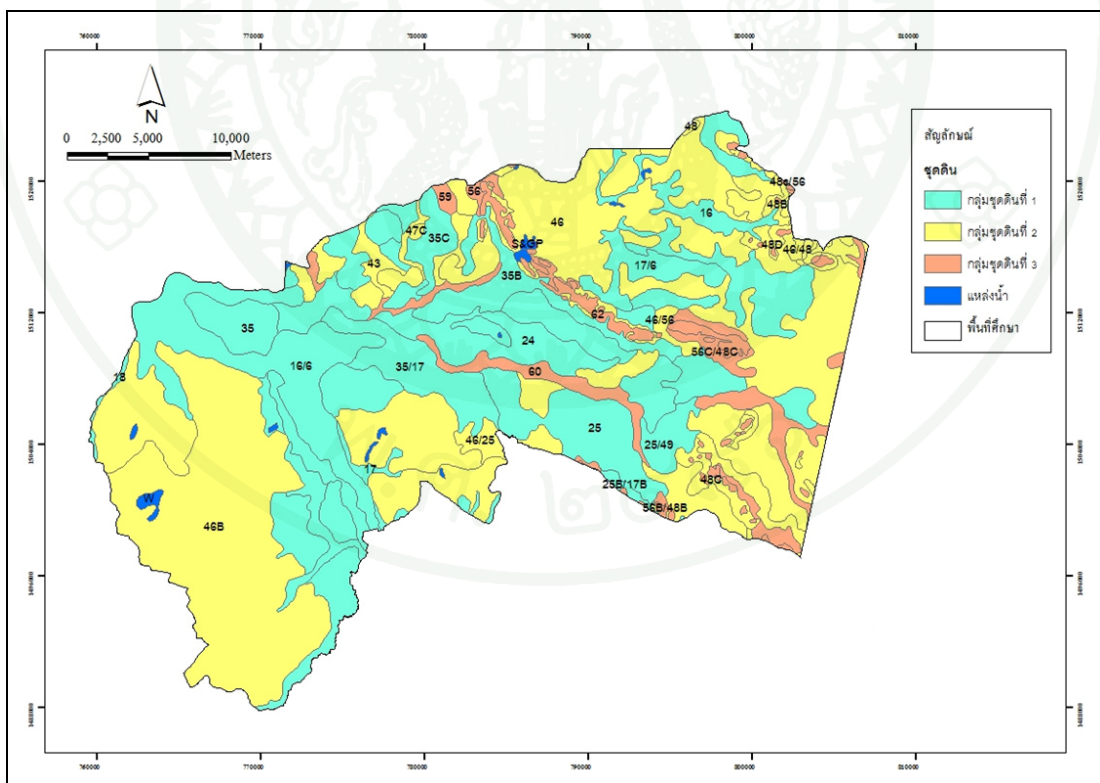
2. กลุ่มหินตะพักชายฝั่งที่เกิดจากการทับถมของแม่น้ำ ลำธารหรือร่องน้ำในอดีต

3. กลุ่มดินบริเวณที่ลอนลาด ซึ่งมีดินทรายจัดปกคลุมหนาประมาณ 20-30 เซนติเมตร บริเวณยอดเนินและหนามากกว่า 70 เซนติเมตร บริเวณปลายเนินดินชั้นล่างของดินทรายหน่วยนี้คือ กรวดเหลี่ยมที่มีการคัดขนาดดีมีการซึมน้ำดี นอกจากนี้บางบริเวณอาจมีศิลาแลงแทรกอยู่ในตอนบนของชั้นกรวด ซึ่งศิลาแลงนี้มีทั้งชนิดที่เป็นแผ่นทึบ (massive) น้ำซึมได้ยากและชนิดช่องพรุน (vesicular) น้ำไหลผ่านตามช่องได้ดีมาก ประกอบกับลักษณะพื้นที่ลอนลาดมีความลาดชันของพื้นที่ต่ำ (ประมาณร้อยละ 3-5) และดินมีการซึมน้ำได้สูงถึงสูงมาก จึงมีโอกาสเกิดการพัดพาดินตะกอนจากน้ำไหลบ่าเหนือผิวดินไม่มากนัก แม้ว่าการใช้ประโยชน์ที่ดินบริเวณนี้จะเปลี่ยนแปลงจากป่าไม้เป็นพื้นที่เพาะปลูก เช่น พืชไร่ ที่นา นาผสมสวนหลังเหลือของป่าเต็งรัง สวน หรือสวนป่า แต่อย่างไรก็ตามยังพบป่าโปร่ง ป่าริมน้ำและป่าที่บอบบาง (มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2535)

ทั้งนี้ ข้อมูลชุดดินจากกรมพัฒนาที่ดินที่มีการวิเคราะห์และตีความเป็นแผนที่ จัดเก็บข้อมูลในรูปแบบเวกเตอร์ ซึ่งแบ่งชั้นข้อมูลชุดดินในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขตออกเป็นชนิดต่าง ๆ จำนวน 23 ชุดดิน ซึ่งสามารถแบ่งกลุ่มชุดดินโดยอาศัยคุณลักษณะของดิน ดังแสดงในตารางที่ 3 และภาพที่ 8 โดยจากการแบ่งกลุ่มชุดดินตามคุณลักษณะของเนื้อดินที่คล้ายคลึงกัน พบว่าพื้นที่อำเภอสนามชัยเขตส่วนใหญ่เป็นเนื้อดินเป็นดินเนื้อดินเป็นพวกดินเหนียวปนกรวด มีการระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ค่อนข้างต่ำ ซึ่งประกอบด้วยชุดดินที่ กลุ่มชุดดิน 43, 46, 47, และ 48 รองลงมาเป็นกลุ่มดินที่มีเนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแป้ง การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ ประกอบด้วยชุดดินที่ 16, 17, 18, 24, 25 และ 35 และกลุ่มดินเนื้อดินมีการผสมของดินหลายชนิด ซึ่งเกิดจากตะกอนน้ำพัดพามาทับถมประกอบด้วยชุดดินที่ 56, 59, 60 และ 62 ตามลำดับ

ตารางที่ 3 กลุ่มชุดดินโดยอาศัยคุณลักษณะของดิน บริเวณอำเภอสนมชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา

กลุ่มที่	ชุดดิน	คุณลักษณะ	เนื้อที่ (ไร่)	ร้อยละ ของพื้นที่
0	-	แหล่งน้ำ	4.29	0.46
1	กลุ่มชุดดิน 16, 17, 18, 24, 25 และ 35	เนื้อดินเป็นดินร่วนปนทรายแข็ง การระบายน้ำค่อนข้างเร็ว ความอุดม สมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ	389.23	42.21
2	กลุ่มชุดดิน 43, 46, 47, และ 48	เนื้อดินเป็นพวกดินเหนียวปนกรวด การระบายน้ำดี ความอุดมสมบูรณ์ ค่อนข้างต่ำ	465.60	50.49
3	กลุ่มชุดดิน 56, 59, 60 และ 62	เนื้อดินมีการผสมของดินหลายชนิด เกิดจากตะกอนน้ำพัดพามาทับถม	63.11	6.84
รวม			922.23	100.00



ภาพที่ 8 ข้อมูลชุดดินในพื้นที่ศึกษา

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

#### ข้อมูลที่ใช้ในการศึกษา

ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ข้อมูลที่นำมาใช้ในการศึกษาจำแนกตามแหล่งที่มาของข้อมูล

ข้อมูลที่ใช้	แหล่งที่มา
1. ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 แบบ panchromatic และ แบบ multi-spectral	1. รายละเอียดข้อมูลภาพ 2.5 เมตร สำหรับแบนด์ panchromatic และ 10 เมตร สำหรับข้อมูลแบบหลายช่วงคลื่น (multi-spectral) บันทึกภาพวันที่ 9 ธันวาคม 2551 สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ
2. ข้อมูลขอบเขตการปกครอง	2. กรมการปกครอง ปี พ.ศ.2554

#### อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษา

อุปกรณ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ประกอบด้วย

1. เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (global positioning system : GPS)
2. แบบบันทึกข้อมูลสำรวจภาคสนาม
3. โปรแกรมสำหรับการดำเนินการ ประกอบด้วย โปรแกรมการวิเคราะห์ข้อมูลสารสนเทศ ภูมิศาสตร์ Arc/Info โปรแกรมด้านการจัดการข้อมูลภาพ Geometica และโปรแกรมด้านการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวัตถุภาพ Definiens Delveloper

## วิธีการ

วิธีการดำเนินการในการวิเคราะห์ภาพถ่ายดาวเทียมเชิงวัตถุประสงค์ เพื่อจำแนกความแตกต่างกันของสวนป่ายูคาลิปตัส บริเวณพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา มีขั้นตอนการศึกษา ดังภาพที่ 9 โดยรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนมีดังนี้

### การเตรียมข้อมูลพื้นฐาน

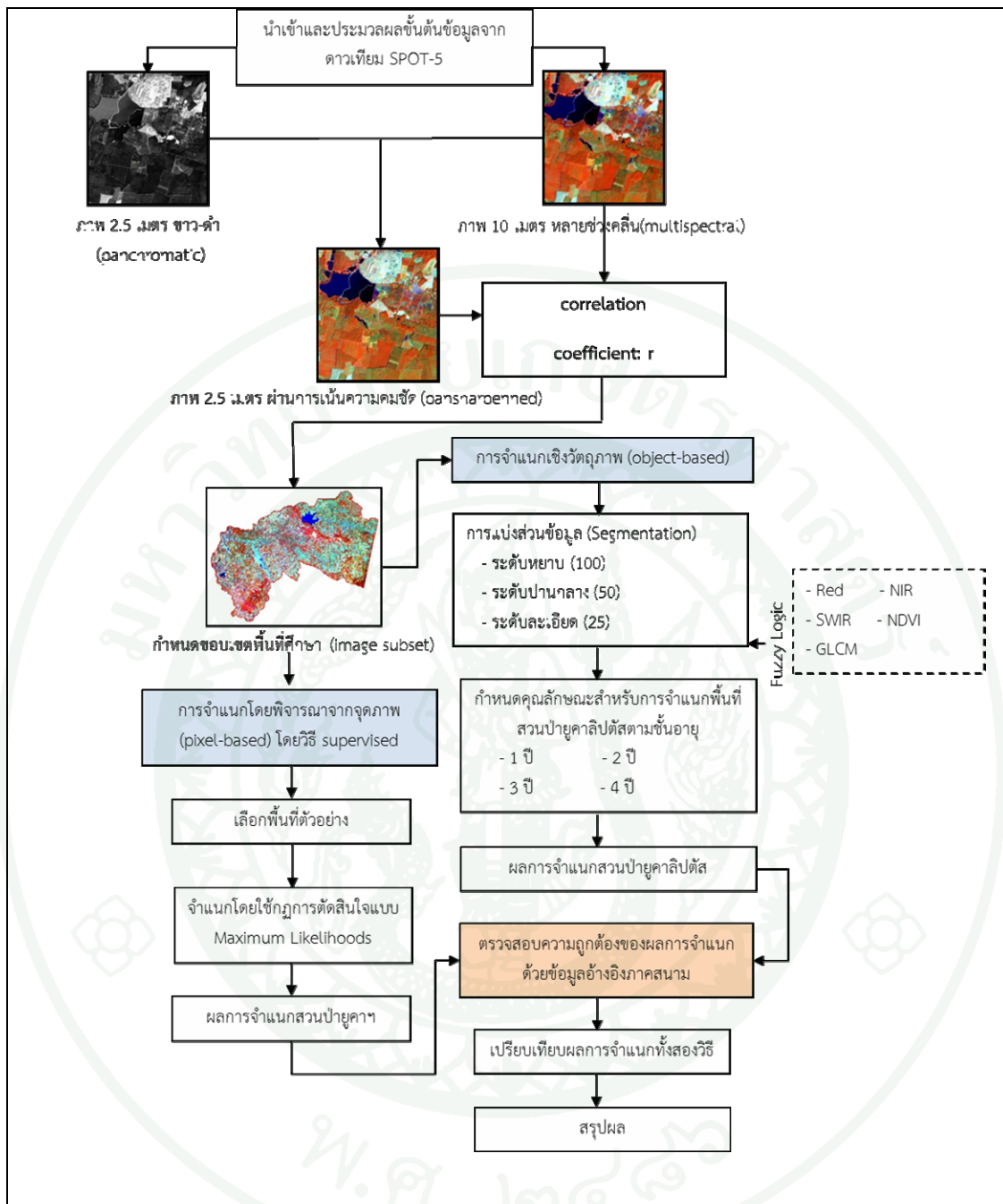
การศึกษาครั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลปัจจัยในการกำหนดเป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์จำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส โดยมีข้อมูลและการดำเนินการดังนี้

1. การสำรวจข้อมูลภาคสนาม การตรวจสอบพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสและการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นในพื้นที่ศึกษาที่จากการแปลตีความจากข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 จากนั้นนำมาทำการปรับแก้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลที่ได้จากการแปลตีความจากข้อมูลจากดาวเทียม เพื่อให้ได้ข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ถูกต้องตรงกับสภาพความเป็นจริงในพื้นที่มากที่สุด การวางแผนตัวอย่างเพื่อสำรวจข้อมูลคุณลักษณะในพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส โดยให้แปลงตัวอย่างครอบคลุมและกระจายทั่วพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษา โดยใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (GPS) เพื่อบันทึกตำแหน่งที่ตั้งของแปลงตัวอย่าง โดยทำการวางแผนตัวอย่างขนาด 50 x 50 เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของจุดภาพบนข้อมูลจากดาวเทียม และคำนึงถึงค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของเครื่องกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม โดยการเก็บข้อมูลชุดแรกใช้เป็นข้อมูลในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training areas) จำนวน 33 แปลง และชุดที่ 2 สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก จำนวน 400 แปลง โดยเก็บข้อมูลสายพันธุ์ ชั้นอายุ พิกัดตำแหน่งแปลง การดูแลรักษา เป็นต้น

ทั้งนี้ เนื่องจากการศึกษานี้เป็นการศึกษาลักษณะของสวนป่ายูคาลิปตัส ซึ่งมีสภาพคล้ายคลึงกัน (homogeneous area) ดังนั้น การสุ่มตัวอย่างในสวนป่าจึงเลือกใช้วิธีการสุ่มแบบธรรมดา (simple random sampling) โดยใช้วิธีการสุ่มเก็บไปตามแนวถนนที่เป็นเส้นทางหลัก และเส้นทางถนนลูกรังของพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต เพื่อข้อมูลการเก็บครอบคลุมและกระจายทั่วทั้งพื้นที่ศึกษา เพื่อให้ได้ข้อมูลกระจายทั่วทั้งพื้นที่

2. ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5 หมายเลข K/J ที่ใช้ในการศึกษาได้แก่ 254/322 บันทึกภาพเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2551 ขั้นตอนการประมวลผลข้อมูลก่อนการนำไปวิเคราะห์ ได้แก่ การนำภาพถ่ายข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาทำการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (geometric correction) และกำหนดให้อยู่ในพิกัด UTM Zone 47, Datum WGS 84 โดยใช้สมการการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปของสมการโพลีโนเมียลดีกรีที่ 2 ควบคุมความผิดพลาดเฉลี่ย (root mean square error ; RMSe) ที่ไม่เกิน 1 จุดภาพ และทำการสุ่มซ้ำ (resampling) แบบ Bilinear interpolation โดยกำหนดขนาดจุดภาพเป็น 2.5 เมตร สำหรับภาพขาว-ดำ (panchromatic) และ 10 เมตร สำหรับภาพสีผสมหลายช่วงคลื่น (multi-spectral) จากนั้นนำข้อมูลภาพทั้งสองแบบไปทำการปรับให้ข้อมูลมีความคมชัดของข้อมูล (pan-sharpened) เพื่อให้ได้ภาพสีผสมที่มีรายละเอียดภาพที่ความคมชัด 2.5 เมตร เมื่อการปรับให้ข้อมูลมีความคมชัดแล้ว จากนั้นนำข้อมูลมาทำการจำแนกพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปต์ต่อไป

3. ข้อมูลขอบเขตพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ในรูปแบบเวกเตอร์แบบ polygon



ภาพที่ 9 ขั้นตอนการศึกษาวิจัย

## การหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient: $r$ ) ระหว่างข้อมูลในช่วงคลื่นปกติ (multi-spectral) กับข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการปรับความคมชัด (pan-sharpened)

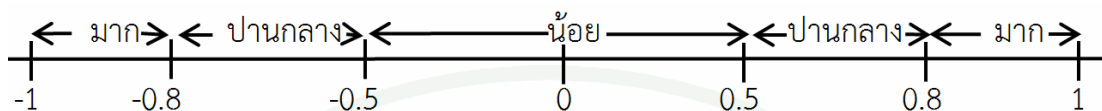
เนื่องจากข้อมูลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์ผู้วิจัยต้องการใช้ข้อมูลภาพที่มีความละเอียดของข้อมูลสูง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นชุดข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการเน้นความคมชัด pan-sharpened เพื่อให้ได้ข้อมูลในรูปแบบหลายช่วงคลื่นที่มีรายละเอียดภาพ 2.5 เมตร ดังนั้น ในขั้นแรกจำเป็นต้องทำการตรวจสอบความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงระหว่างค่าข้อมูลจากช่วงคลื่นที่ผ่านมากระบวนการเน้นความคมชัดกับข้อมูลในรูปแบบที่ไม่ผ่านการเน้นความคมชัด หรือช่วงคลื่นปกตินั่นเอง ซึ่งการทดสอบจะแสดงให้เห็นการเกาะกลุ่มของจุดรอบ ๆ ว่าใกล้ชิดหรือกระจายห่างจากกัน โดยจะมีค่าระหว่าง 1 ถึง -1 ดังภาพที่ 5 การศึกษาครั้งนี้ มีการสุ่มภาพของข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการสร้างดัชนีพืชพรรณ (NDVI) จำนวนทั้งสิ้น 100 จุดภาพ (ตารางภาคผนวกที่ 1) ในการหาลักษณะความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในที่นี้ได้แก่ระหว่างชุดข้อมูลจากช่วงคลื่นที่ผ่านมากระบวนการเน้นความคมชัดกับข้อมูลในรูปแบบที่ไม่ผ่านการเน้นความคมชัด สามารถสร้างแผนภาพกระจาย (scatter plot) เพื่อดูทิศทางของความสัมพันธ์ได้ 3 แบบ (ภาพที่ 10) ได้แก่

1. สหสัมพันธ์ทางบวก (positive correlations) หมายความว่าเมื่อตัวแปรหนึ่งเพิ่มหรือลดลง อีกตัวแปรหนึ่งก็จะเพิ่มขึ้นหรือลดลงไปด้วย
2. สหสัมพันธ์ทางลบ (negative correlations) หมายถึง เมื่อตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลง อีกตัวหนึ่งจะมีค่าเพิ่มหรือลดลงตรงกันข้ามเสมอ
3. สหสัมพันธ์เป็นศูนย์ (zero correlations) หมายถึงตัวแปรสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

ดังนั้น ผลลัพธ์ที่ได้หากข้อมูลทั้งสองชุดมีความสัมพันธ์กันในระดับสูง จะทำให้สามารถนำข้อมูลที่ผ่านมากระบวนการเน้นความคมชัดไปใช้สำหรับการวิเคราะห์ในลำดับต่อไป โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$r_{xy} = \frac{\sum xy - n\bar{x}\bar{y}}{\sqrt{(\sum x^2 - n\bar{x}^2)(\sum y^2 - n\bar{y}^2)}}$$

ในที่นี้  $x$  = ข้อมูลของตัวแปรที่ 1  
 $y$  = ข้อมูลของตัวแปรที่ 2  
 $n$  = จำนวนข้อมูลของตัวแปรตัวใดตัวหนึ่ง



ภาพที่ 10 ระดับความสัมพันธ์สำหรับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

การจำแนกพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปต์ด้วยวิธีการพิจารณาจากจุดภาพ โดยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification)

ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปต์ด้วยวิธีการพิจารณาจากจุดภาพ โดยวิธี supervised classification ประกอบด้วย

1. การเลือกพื้นที่ตัวแทน (training area) ข้อมูลจากดาวเทียมที่นำเข้าไปทำการปรับแก้ความถูกต้องเชิงตำแหน่งแล้ว ขั้นตอนการจำแนกจะต้องมีการเลือกพื้นที่ตัวแทน โดยเลือกตัวแทนตามลักษณะความแตกต่าง การเลือกพื้นที่ที่เป็นตัวแทนพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปต์ จะเลือกจากข้อมูลการสำรวจในพื้นที่จริง ซึ่งจะกำหนดกลุ่มพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปต์ออกเป็น 8 กลุ่มความแตกต่างที่ปรากฏจากข้อมูลจากดาวเทียม
2. การจำแนก (classification) เมื่อเลือกพื้นที่ตัวแทนที่เหมาะสมและครบตามลักษณะของความแตกต่างของแปลงปลูกยุคาลิปต์แล้ว ใช้กฎการตัดสินใจในการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธี maximum likelihood
3. การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนก (accuracy assessment) ใช้ข้อมูลจุดสำรวจภาคพื้นดินเป็นข้อมูลอ้างอิงในการตรวจสอบความถูกต้องด้วยการสร้างตารางเมตริกความผิดพลาดและประเมินความถูกต้อง

## จำแนกพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปต์ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุภาพ (object oriented classification)

ขั้นตอนการจำแนกพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปต์ด้วยการจำแนกเชิงวัตถุภาพ ในการศึกษานี้ประกอบด้วย

1. การแบ่งส่วนข้อมูลจากดาวเทียม (image segmentation) เพื่อให้ได้กลุ่มของวัตถุภาพที่มีลักษณะเหมือนกัน ซึ่งในการศึกษานี้จะใช้รูปแบบในการแบ่งส่วนข้อมูลแบบหลากหลายรายละเอียดภาพ (multiresolution) โดยมีปัจจัยที่จะต้องกำหนด ได้แก่

1.1 ค่าระดับการแบ่งส่วนข้อมูล (scale factor) เป็นการกำหนดระดับความแตกต่างกัน (heterogeneity) ของข้อมูลที่ได้จากการแบ่งส่วน โดยข้อมูลที่มีความแตกต่างกันเมื่อนำมาทำการแบ่งส่วนในระดับการแบ่งส่วนเล็กจะแบ่งแยกได้ดีกว่าระดับการแบ่งส่วนที่ใหญ่กว่า

1.2 การกำหนดองค์ประกอบความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูล (composition of homogeneity criterion) ซึ่งต้องใช้ในการกำหนดค่าความเป็นเนื้อเดียวกันของข้อมูลที่จะทำการแบ่งส่วนโดยการให้ค่าน้ำหนักขององค์ประกอบในแต่ละคู่ต้องเท่ากับ 1 หรือ 100 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งองค์ประกอบดังกล่าว ได้แก่

1.2.1 สี (color) หรือค่าที่ได้จากการสะท้อน (spectral) ถือเป็นปัจจัยสำคัญในการแบ่งแยกวัตถุ ดังนั้นจึงมักให้ค่าน้ำหนักด้านสีมากที่สุด

1.2.2 ค่ารูปร่าง (shape) องค์ประกอบด้านรูปร่างจะช่วยเพิ่มคุณภาพของการแบ่งส่วนข้อมูล เนื่องจากในการกำหนดน้ำหนักด้านรูปร่างมีองค์ประกอบ 2 ส่วนที่นำมาใช้ในการพิจารณาได้แก่

ก. ค่าการเกาะกลุ่ม (compactness) จะถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการแบ่งกลุ่มวัตถุที่เกี่ยวกับการเกาะกลุ่มของข้อมูล เกณฑ์นี้ จะนำมาใช้เมื่อวัตถุภาพที่ต่างกันมีขนาดเล็ก ซึ่งองค์ประกอบในเรื่องสี หรือค่าจากการสะท้อน (spectral) ทำได้ยาก

ข. ความราบเรียบ (smoothness) เป็นอีกค่าที่นำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในด้านขอบของวัตถุภาพ

การศึกษานี้จะใช้ลักษณะเด่นของข้อมูลเชิงคลื่นจากภาพถ่ายดาวเทียมในการจำแนกพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส ดังนั้นจึงให้ความสำคัญกับค่าสีในการแบ่งส่วนข้อมูลเป็นหลัก

2. กำหนดคุณลักษณะสำหรับการจำแนกพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส หลังจากทำการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ เพื่อให้ได้กลุ่มของวัตถุภาพในระดับมาตราส่วนที่เหมาะสมแล้ว ข้อมูลวัตถุภาพที่ได้จะนำมาทำการจำแนกพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส โดยนำเอาค่าสถิติที่ได้จากข้อมูลคุณลักษณะของข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial information) ร่วมกับกับการใช้กฎการตัดสินใจโดยหลักการตรรกศาสตร์คลุมเครือ (fuzzy rule base) ในการกำกับการจำแนก โดยค่าสถิติที่ใช้ในการจำแนก ได้แก่

2.1 ค่าเฉลี่ย (mean) ของข้อมูลในช่วงคลื่นต่าง ๆ ที่ได้จากการรวมตัวกันของกลุ่มข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบจุดภาพ (pixel) การศึกษานี้ใช้ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทุกช่วงคลื่นบนข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5 ได้แก่

2.1.1 ช่วงคลื่นสีแดง (red band) มีความยาวคลื่น 0.61 – 0.68 ไมโครเมตร เป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ใช้แยกแยะป่าไม้ และสิ่งก่อสร้าง ดูกคลื่นคลอโรฟิลล์ในพืชพรรณชนิดต่างๆ

2.1.2 ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near infrared band) มีความยาวคลื่น 0.76–0.90 ไมโครเมตร ใช้ศึกษาภูมิประเทศ ดิน และธรณีวิทยา ใช้แยกส่วนที่เป็นน้ำและไม่ใช่ น้ำ ปริมาณมวลชีวภาพได้ดี

2.1.3 ช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (SWIR) มีความยาวคลื่น 1.55 – 1.75 นาโนเมตร ใช้วัดปริมาณน้ำในใบพืช หรือปริมาณความชื้นในพืช และสามารถแยกแยะชนิดของพืชพรรณได้ดี

2.2 ค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (normalized difference vegetation index : NDVI) โดยมีสูตรในการหา ดังนี้

$$NDVI = (NIR - Red) / (NIR + Red)$$

2.3 การใช้คุณสมบัติความหยาบละเอียด (texture) บนข้อมูลจากดาวเทียมของช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น เนื่องจากเป็นช่วงคลื่นที่สามารถแบ่งแยกความแตกต่างของพืชพรรณได้ดีกว่าช่วงคลื่นอื่นๆ โดยใช้ค่าอัตราส่วนระดับสีเทาที่ปรากฏบนข้อมูลภาพ (grey-level co-occurrence matrix: GLCM) ตามทฤษฎีของ Haralick (1979) ในรูปแบบการพิจารณาที่ความเป็นเนื้อเดียวกันของวัตถุภาพ

(homogeneity) บนโปรแกรม Definiens ซึ่งการคำนวณจะพิจารณาค่าภายในวัตถุภาพ (object) มีจุดภาพ (pixel) ถ้ามีค่าเหมือนกันค่อนข้างมาก ค่า GLCM homogeneity ก็จะทำให้ค่าสูง หากค่าจุดภาพภายในวัตถุภาพมีค่าหลากหลายและมีความแตกต่างกันมาก ค่า GLCM homogeneity จะให้ค่าต่ำ โดยสูตรในการคำนวณค่า GLCM มีดังนี้

$$P_{i,j} = \frac{V_{i,j}}{\sum_{i,j=0}^{N-1} V_{i,j}}$$

โดยที่ i = แถว  
 j = คอลัมน์  
 $P_{i,j}$  = ค่าเมตริกข้อมูลในเซลล์ i และ j  
 $V_{i,j}$  = การแจกแจงแบบปกติในเซลล์ i และ j  
 N = จำนวนแถวและคอลัมน์

ที่มา: Definiens Imaging (2001)

$$GLCM_{\text{homo}} = \sum_{i,j=0}^{N-1} \frac{P_{i,j}}{1 + (i-j)^2}$$

โดยที่ i = แถว  
 j = คอลัมน์  
 $P_{i,j}$  = ค่าความแตกต่างในเซลล์ i และ j  
 N = จำนวนแถวและคอลัมน์

ที่มา: Definiens Imaging (2001)

3. การกำหนดชั้นอายุโดยแยกตามสายพันธุ์ของพื้นที่เพาะปลูกสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษา ดังนี้ สายพันธุ์ แยกความแตกต่างที่ 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ K7 และสายพันธุ์ K51 แยกความแตกต่างของชั้นอายุ ออกเป็น 4 ชั้นอายุ ได้แก่ ชั้นอายุ 1 ปี ถึง 4 ปี ชุดข้อมูลที่สุ่มเพื่อใช้สร้างชุดคำสั่งสำหรับการจำแนก (rule set) จำนวน 33 ชุดข้อมูล (ภาพที่ 11) ในแต่ละชุดทำการเก็บค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของค่า DN ในช่วงคลื่นสีแดง อินฟราเรด อินฟราเรดใกล้ ค่าดัชนี NDVI และ

GLCM โดยการสุ่มแปลงตัวอย่างใช้วิธีสุ่มแบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) ทั้งนี้ ในชุดคำสั่งสำหรับการจำแนกใช้ตรรกศาสตร์ฟuzzy แบบ full range ซึ่งกำหนดให้มีการกำหนดค่าแบบต่ำสุดและสูงสุดในแต่ละชุดข้อมูลที่ทำการจำแนก

4. การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกระหว่างวิธี supervised classification และวิธี object-oriented approach แยกตามระดับของการแบ่งส่วนข้อมูลใน 3 ระดับ คือ ระดับหยาบที่ระดับการแบ่งส่วนเท่ากับ 100 ระดับปานกลาง เท่ากับ 50 และระดับละเอียดเท่ากับ 25 โดยใช้การตรวจสอบความผิดพลาดด้วยข้อมูลผลการจำแนกเปรียบเทียบกับข้อมูลในพื้นที่จริง (error matrix based on sample) ด้วยวิธีการสุ่มอย่างแบบง่าย (simple random sampling) เพื่อให้กระจายทั่วทั้งพื้นที่ ครอบคลุมตามชั้นอายุ และสายพันธุ์ที่ทำการศึกษา จำนวน 400 จุด (ภาพที่ 12) จากนั้นนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกับวิธี supervised

## ผลและวิจารณ์

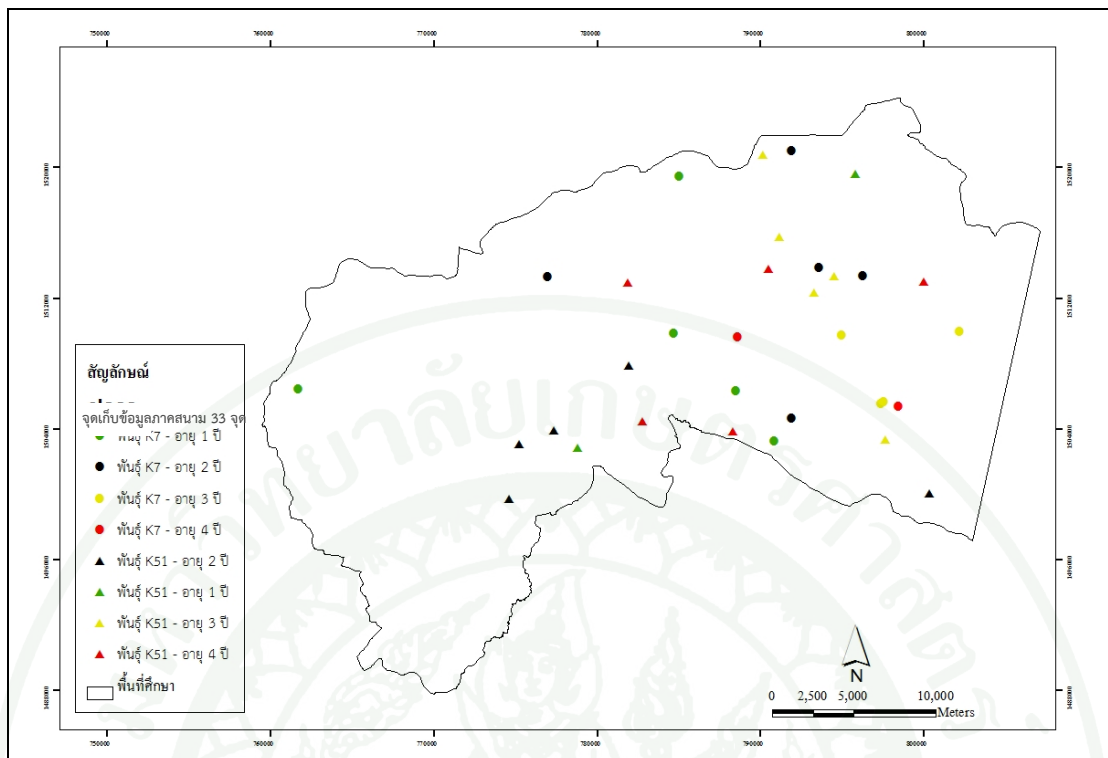
### ผลการเตรียมข้อมูลพื้นฐาน

การศึกษาคั้งนี้ ได้ทำการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลปัจจัยในการกำหนด เป็นเงื่อนไขในการวิเคราะห์จำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส มีดังนี้

#### 1. ข้อมูลปฐมภูมิ

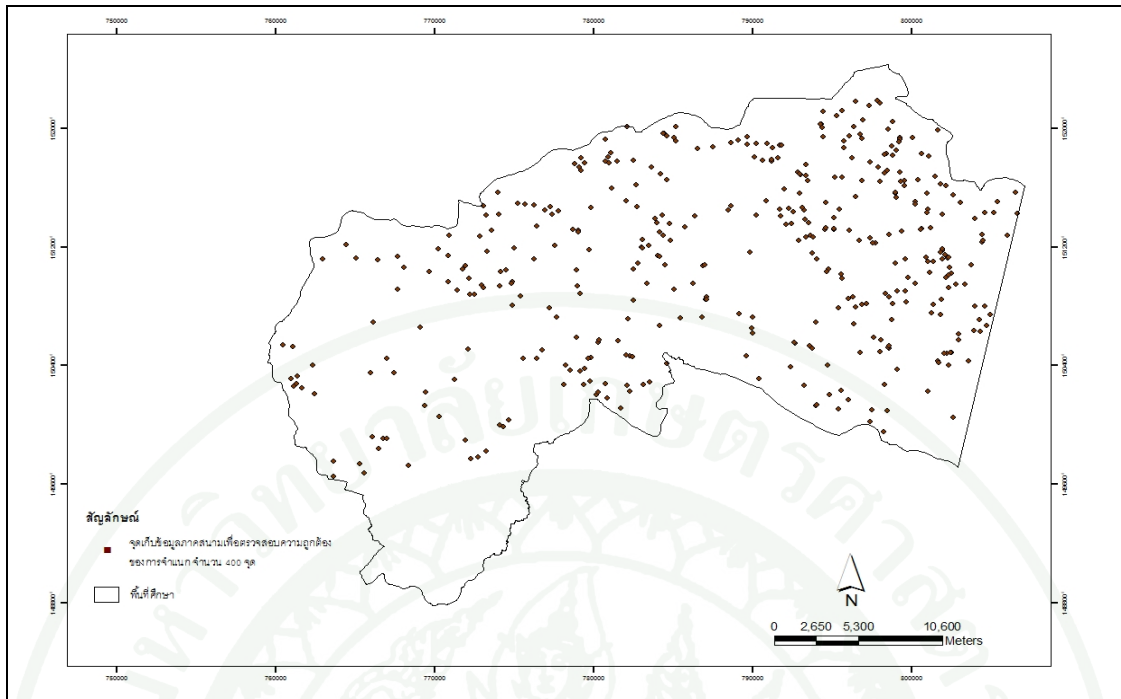
1.1 ข้อมูลการสำรวจภาคสนาม การเก็บข้อมูลภาคสนามในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา ร่วมกับเครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นผิวโลก (GPS) เพื่อเก็บข้อมูลพิกัดตำแหน่งบน พื้นผิวโลก สายพันธุ์ ชั้นอายุ และข้อมูลอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยใช้วิธีการสุ่มเก็บไปตามแนวถนนที่เป็น เส้นทางหลักของพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต และเส้นทางถนนลูกรัง เพื่อข้อมูลการเก็บครอบคลุมและ กระจายทั่วทั้งพื้นที่ โดยการสำรวจข้อมูลภาคสนามเพื่อตรวจสอบพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส และการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นในพื้นที่ศึกษาที่จากการแปลตีความจากข้อมูลดาวเทียม SPOT-5 จากนั้นนำมาทำการปรับแก้ข้อมูลที่ได้จากการสำรวจภาคสนามกับข้อมูลที่ได้จากการแปลตีความ จากข้อมูลจากดาวเทียม

1.2 การวางแผนตัวอย่างเพื่อสำรวจข้อมูลคุณลักษณะในพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส โดยให้แปลงตัวอย่างครอบคลุมและกระจายทั่วพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษา โดยใช้ เครื่องกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (GPS) เพื่อบันทึกตำแหน่งที่ตั้งของแปลงตัวอย่าง โดยทำการวางแผนตัวอย่างขนาด 50 x 50 เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของจุดภาพบนข้อมูล จากดาวเทียม และคำนึงถึงค่าความคลาดเคลื่อนเชิงตำแหน่งของเครื่องกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ ด้วยดาวเทียม การศึกษานี้ได้ทำการเก็บข้อมูลจำนวน 33 แปลง (ตารางภาคผนวกที่ 4) เพื่อใช้เป็นข้อมูล ในการกำหนดพื้นที่ตัวอย่าง (training areas) และจำนวน 400 จุด สำหรับการตรวจสอบความถูกต้อง ของการจำแนก (ตารางภาคผนวกที่ 5)

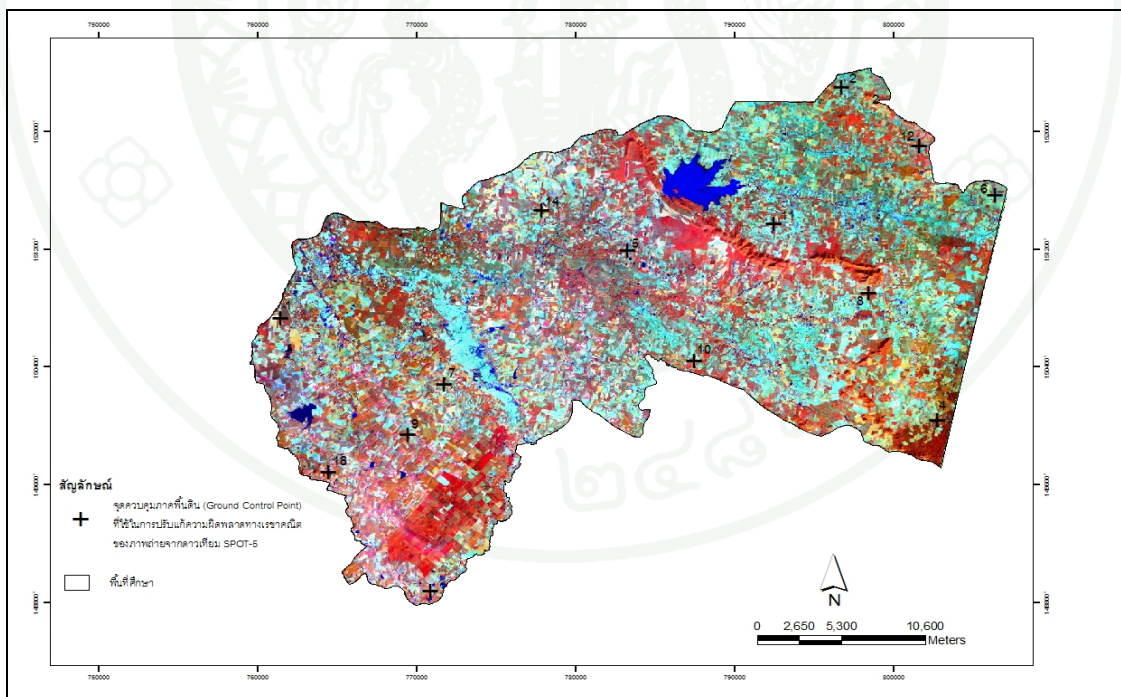


**ภาพที่ 11** จุดเก็บข้อมูลภาคสนามเพื่อเก็บข้อมูลความแตกต่าง 2 สายพันธุ์ 4 ชั้นอายุ จำนวน 33 จุด เพื่อกำหนดเป็นชุดข้อมูลตัวแทนสำหรับกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่ศึกษา อำเภอสนมชัยเขต

1.3 การปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิต (geometric correction) การศึกษานี้ได้เลือกใช้ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 K/J หมายเลข 254/322 บันทึกภาพวันที่ 9 ธันวาคม 2551 การประมวลผลข้อมูลเพื่อนำมาใช้ในการศึกษาได้ทำการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ซึ่งเกิดจากการโคจร และลักษณะการวางตัวของดาวเทียมขณะทำการบันทึกข้อมูล การแก้ไขค่าความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตดังกล่าวด้วยการใช้แผนที่ลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 มาตรฐานส่วน 1:50,000 เป็นข้อมูลอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ และกำหนดตำแหน่งพิกัดของจุดภาพให้เข้ากับพิกัดระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่ภูมิประเทศ และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (ดังแสดงในภาพที่ 13) จำนวนทั้งสิ้น 14 จุด (รายละเอียดตารางภาคผนวกที่ 2) โดยสมการที่ใช้ในการปรับแก้ข้อมูลภาพใช้สมการโพลีโนเมียล ดีกรี 2 ได้ความผิดพลาดเฉลี่ย (RMSe) เท่ากับ 1.57 เมตร (ไม่เกิน 1 จุดภาพ)



ภาพที่ 12 จุดเก็บข้อมูลภาคสนามสายพันธุ์และชั้นอายุยูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษา อำเภอสนมชัยเขต



ภาพที่ 13 จุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) ที่ใช้ในการปรับแก้ความผิดพลาดเชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5

## 2. ข้อมูลพหุติยภูมิที่ได้จัดเตรียมให้อยู่ในรูปแบบที่พร้อมสำหรับการวิเคราะห์ ได้แก่

2.1 ข้อมูลแนวขอบเขตอำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา 1,067.04 ตร.กม.  
ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา 922.23 ตร.กม.

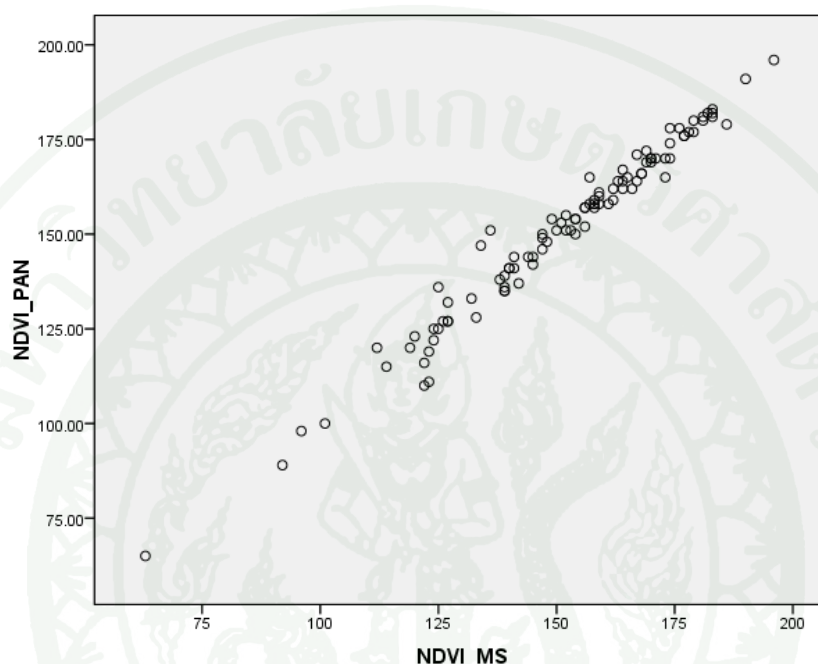
## 3. การสำรวจข้อมูลภาคสนาม

การวางแผนตัวอย่างเพื่อสำรวจข้อมูลคุณลักษณะในพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส โดยให้แปลงตัวอย่างครอบคลุมและกระจายทั่วพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษา โดยใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ด้วยดาวเทียม (GPS) เพื่อบันทึกตำแหน่งที่ตั้งของแปลงตัวอย่าง โดยการวางแผนตัวอย่างขนาด 50 x 50 เมตร เพื่อให้สอดคล้องกับจำนวนกลุ่มจุดภาพที่ปรากฏเป็นกลุ่มของภาพถ่ายขนาด 20 x 20 จุดภาพ เนื่องจากการศึกษานี้ใช้ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 รายละเอียดจุดภาพเท่ากับ 2.5 เมตร โดยทำการเก็บข้อมูลจำนวน 33 แปลง โดยเป็นการเลือกสุ่มแบบเจาะจงเพื่อให้ได้ตัวแทนของกลุ่มยูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษานี้ที่แบ่งได้ตามความแตกต่าง 2 สายพันธุ์ ได้แก่ สายพันธุ์ K7 และสายพันธุ์ K51 และความแตกต่างของชั้นอายุ จำนวน 4 ชั้นอายุ ได้แก่ ชั้นอายุ 1 ปี ถึง 4 ปี แปลง (ตารางภาคผนวกที่ 4) และจำนวน 400 จุด สำหรับการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก (ตารางภาคผนวกที่ 5)

**ผลการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient: r) ระหว่างข้อมูลในช่วงคลื่นปกติ (multi-spectral) กับข้อมูลที่ผ่านกระบวนการปรับความคมชัด (pan-sharpened)**

ผลการตรวจสอบค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient : r) เพื่อดูระดับของความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงของข้อมูลในช่วงคลื่นปกติ (multi-spectral) และข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด (pan-sharpened) โดยการทดสอบได้ใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ (NDVI) ที่ประมวลผลจากข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened กับข้อมูลข้อมูลในช่วงคลื่นปกติ การทดสอบใช้วิธีการสุ่มแบบง่าย (simple random sampling) กระจายทั่วทั้งภาพ จำนวน 100 จุดภาพ (ตารางภาคผนวกที่ 2) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาทำการสร้างแผนภาพการกระจาย (ภาพที่ 14) โดยกำหนดแกนนอนหรือ x แทนชุดข้อมูลดัชนีพืชพรรณในช่วงคลื่นปกติ แกนตั้งหรือ y แทนชุดข้อมูลดัชนีพืชพรรณในข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened จากการแผนภาพที่ได้ แสดงให้เห็นว่าความเกี่ยวข้องกันระหว่างสองตัวแปรคือ ข้อมูลดัชนีพืชพรรณในช่วงคลื่นปกติ และดัชนีพืชพรรณในข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened โดยจะเห็นกลุ่มของจุดที่เอียงสูงขึ้นไปทางด้านขวามือ นั่นหมายความว่า ค่า y ของจุดส่วนใหญ่จะเพิ่มขึ้นตามค่า x ที่

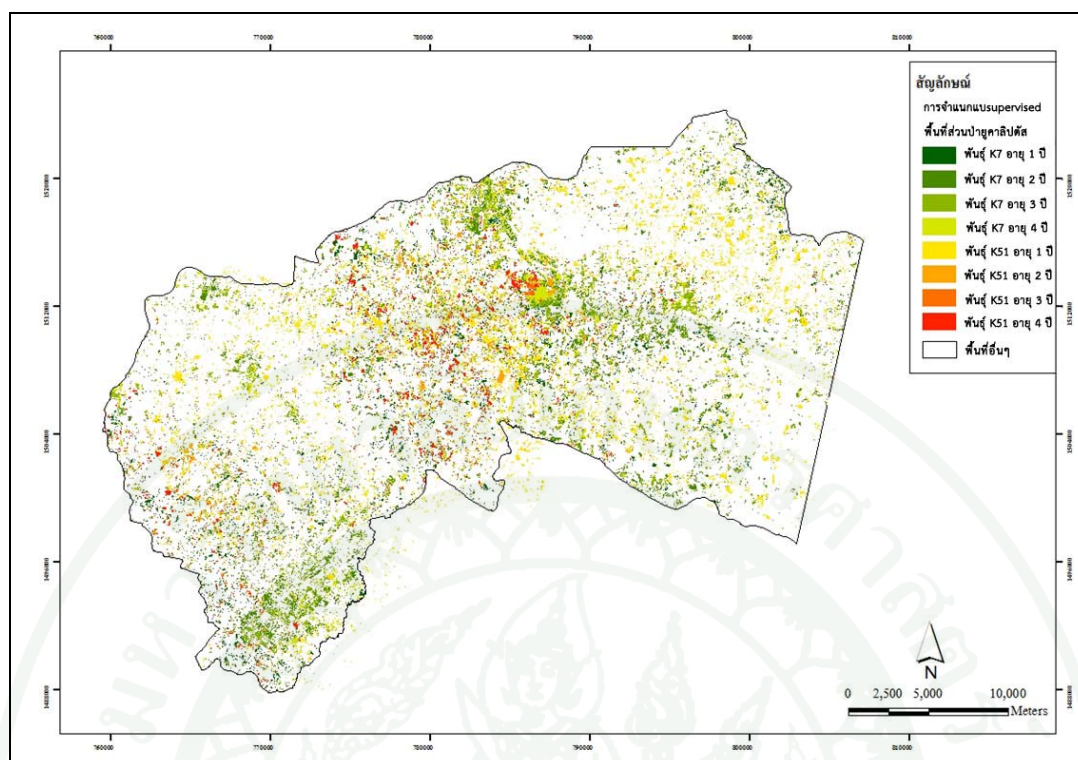
เพิ่มขึ้น ซึ่งสรุปได้ว่า หากค่าดัชนีพืชพรรณในช่วงคลื่นปกติสูงขึ้น ข้อมูลดัชนีพืชพรรณในข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened จะสูงขึ้นตามไปด้วย ลักษณะเช่นนี้ถือได้ว่าทั้งสองค่ามีสหสัมพันธ์กันในทางบวก โดยจากการทดสอบพบว่าค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เท่ากับ 0.986 ซึ่งมีค่าใกล้เคียง 1 แสดงให้เห็นว่าภาพทั้งสองมีความสัมพันธ์ในระดับที่สามารถนำไปใช้ทดแทนกันได้



ภาพที่ 14 ค่าการกระจายตัวของข้อมูลที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด (pan-sharpened) กับข้อมูลในช่วงคลื่นปกติ (multi-spectral)

ผลการจำแนกความแตกต่างกันของแปลงยูคาลิปตัสที่ปรากฏบนข้อมูลจากดาวเทียมด้วยวิธีการพิจารณาจากจุดภาพ โดยวิธี supervised classification

ผลการจำแนกความแตกต่างกันของแปลงยูคาลิปตัสที่ปรากฏบนข้อมูลจากดาวเทียมด้วยวิธีการพิจารณาจากจุดภาพ โดยวิธี Supervised Classification โดยใช้กฎการตัดสินใจแบบ Maximum Likelihood โดยทำการกำหนดพื้นที่ตัวอย่างจากจุดสำรวจจำนวน 30 จุด จำแนกเป็น 4 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 หมายถึงยูคาลิปตัสชั้นอายุ 1-2 ปี สายพันธุ์ K51 กลุ่มที่ 2 ยูคาลิปตัสชั้นอายุ 3-4 ปี สายพันธุ์ K51 กลุ่มที่ 3 ยูคาลิปตัสชั้นอายุ 1-2 ปี สายพันธุ์ K7 และกลุ่มที่ 4 ยูคาลิปตัสชั้นอายุ 3-4 ปี สายพันธุ์ K7 ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 15 และตารางที่ 5



ภาพที่ 15 ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนปาล์มด้วยวิธี supervised classification โดยใช้กฎการตัดสินใจแบบ maximum likelihood

ตารางที่ 5 พื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสจากการจำแนกความแตกต่างด้วยวิธี supervised classification

สายพันธุ์/ชั้นอายุ	พื้นที่ปลูกสร้างสวนปาล์ม (ไร่)	
	จำแนกแบบ supervised	เปอร์เซ็นต์
K7_1	14,273.30	2.48
K7_2	21,519.97	3.73
K7_3	17,772.23	3.08
K7_4	13,925.63	2.42
K51_1	34,864.05	6.05
K51_2	7,384.39	1.28
K51_3	1,928.39	0.33
K51_4	9,688.67	1.68
<b>รวม</b>	<b>121,356.63</b>	<b>21.05</b>

ผลการจำแนกความแตกต่างกันของสายพันธุ์และชั้นอายุบนพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ด้วยวิธี supervised classification โดยใช้กฎการตัดสินใจแบบ maximum likelihood พบพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่ศึกษาเรียงตามลำดับ ดังนี้ พื้นที่ปลูกสร้างสวนป่าสายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 1 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 34,867.05 ไร่ หรือ 6.05 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 2 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 21,519.97 ไร่ หรือ 3.73 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 3 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 17,772.23 ไร่ หรือ 3.08 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 4 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 13,925.63 ไร่ หรือ 2.42 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 1 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 14,273.30 ไร่ หรือ 2.48 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 4 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 13,925.63 ไร่ หรือ 2.42 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 4 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 9,688.67 ไร่ หรือ 1.68 เปอร์เซ็นต์ สายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 2 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 7,384.39 ไร่ หรือ 1.28 เปอร์เซ็นต์ และสายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 3 ปี พบพื้นที่เพาะปลูก 1,928.39 ไร่ หรือ 0.33 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

#### ผลการจำแนกความแตกต่างกันของแปลงยูคาลิปตัสที่ปรากฏบนข้อมูลจากดาวเทียมด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ

การจำแนกโดยใช้วิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ ในการศึกษานี้มีขั้นตอนการดำเนินการ ได้แก่ ส่วนการแบ่งส่วนข้อมูล และการกำหนดเงื่อนไขสำหรับการจำแนก ผลการดำเนินการทั้งสองส่วน มีดังนี้

1. การแบ่งส่วนข้อมูลจากดาวเทียม (image segmentation) ในระดับมาตราส่วนการแบ่งส่วนข้อมูล (scale factor) ที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส การศึกษาได้ทดลองเลือกระดับอัตราส่วนในการแบ่งออกเป็น 3 ระดับ โดยระดับหยาบ ได้เลือกใช้ขนาดของการแบ่งวัตถุที่ระดับ 100 ระดับปานกลาง ที่ระดับ 50 และระดับละเอียดที่ระดับ 25 ส่วนค่าปัจจัยในการกำหนดค่าความเป็นเนื้อเดียวกันของกลุ่มข้อมูล (homogeneity criterion) ที่จะทำการแบ่งส่วน ได้เลือกใช้ค่าสี (color) เท่ากับ 0.8 หรือ 80 เปอร์เซ็นต์ ค่ารูปร่าง (shape) เท่ากับ 0.2 หรือ 20 เปอร์เซ็นต์ ภายใต้อัตราส่วนที่กำหนดคุณลักษณะของค่าการเกาะกลุ่ม (compactness) เท่ากับ 0.7 หรือ 70 เปอร์เซ็นต์ และค่าความราบเรียบ (smoothness) เท่ากับ 0.3 หรือ 30 เปอร์เซ็นต์ (ดังตารางที่ 6) นั้นหมายความว่า การแบ่งส่วนข้อมูลจะพิจารณาสีหรือค่าการสะท้อนของข้อมูลในแต่ละช่วงคลื่นเป็นหลัก และคุณลักษณะด้านรูปร่างเป็นรอง ซึ่งในคุณลักษณะด้านรูปร่างจะพิจารณาให้น้ำหนักค่าการเกาะกลุ่มเป็นหลัก และค่าความราบเรียบเป็นรอง ในทุกระดับการแบ่งส่วนข้อมูล ได้แก่ 100 50 และ 25 (ภาพผนวกที่ 2-3)

ตารางที่ 6 การกำหนดปัจจัยสำหรับการแบ่งส่วนข้อมูล 3 ระดับ เพื่อจำแนกพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่า  
ยุคาลิปตัส

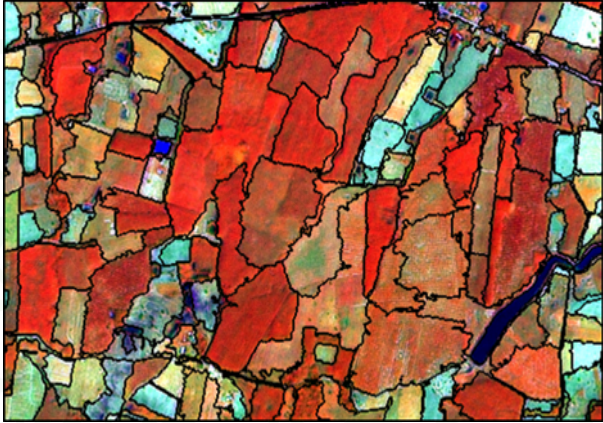
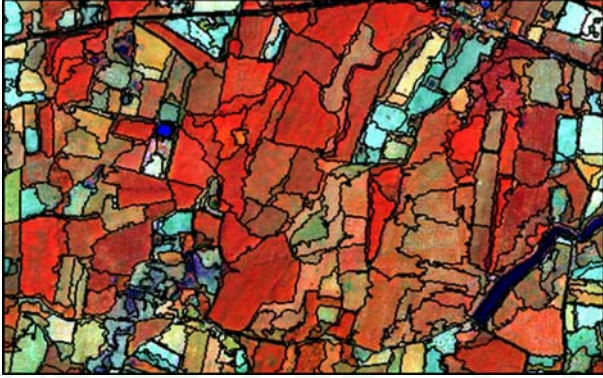
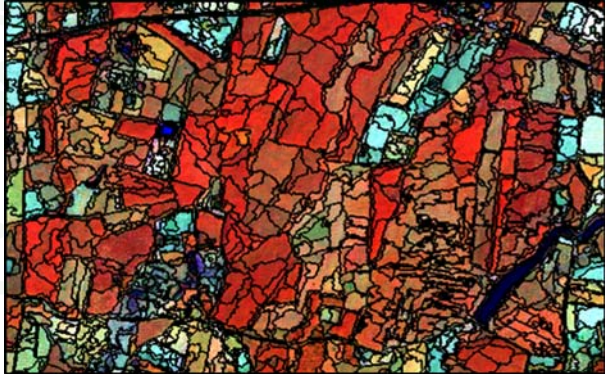
ระดับการแบ่ง ส่วนข้อมูล	สเกลที่ใช้ในการ แบ่งส่วนข้อมูล	เกณฑ์การกำหนดค่าความเป็นเนื้อเดียวกันบนข้อมูล				
		รูปปร่าง		เกณฑ์กำหนดความต่างด้านรูปร่าง		
		สี	รูปร่าง	ความราบเรียบ	ค่าการเกาะกลุ่ม	
ระดับหยาบ	100	0.8	0.2	0.7	0.3	
ระดับปานกลาง	50	0.8	0.2	0.7	0.3	
ระดับละเอียด	25	0.8	0.2	0.7	0.3	

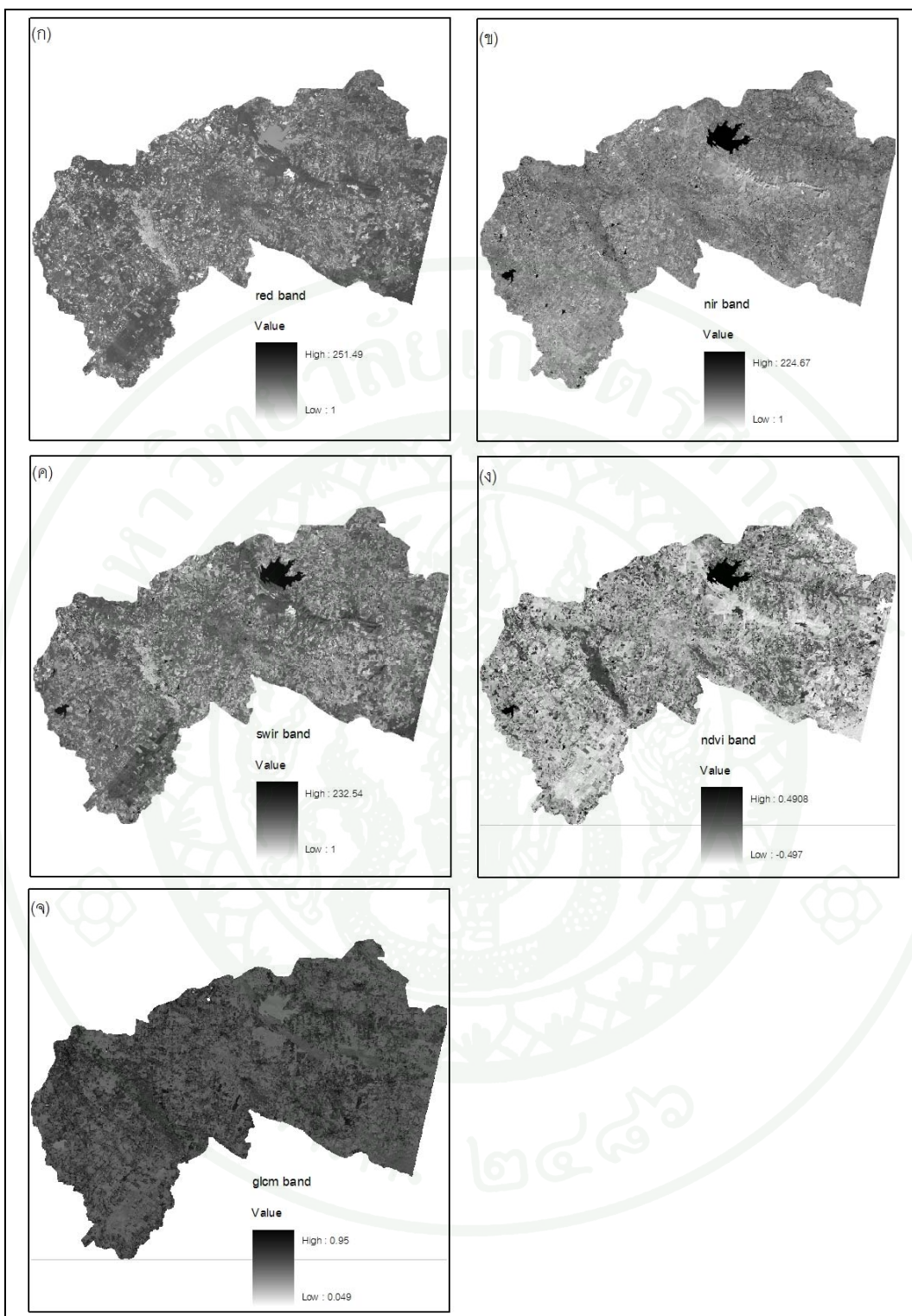
ผลจากการแบ่งส่วนข้อมูล (image segmentation) พบว่าการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับหยาบ ที่ระดับการแบ่งส่วนที่ 100 ให้จำนวนวัตถุภาพในพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 23,169 วัตถุภาพ การแบ่งส่วนในระดับปานกลาง ที่ระดับการแบ่งส่วน 50 ให้จำนวนวัตถุภาพในพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 75,246 วัตถุภาพ และระดับการแบ่งส่วนแบบละเอียด ที่ระดับการแบ่งส่วน 25 ให้จำนวนวัตถุภาพในพื้นที่ศึกษาทั้งสิ้น 257,206 วัตถุภาพ (ตารางที่ 7)

2. การจำแนกข้อมูลภาพ (image classification) โดยนำเอาคุณลักษณะของข้อมูลค่าสถิติของข้อมูลต่าง ๆ ได้แก่

2.1 ค่าเฉลี่ย (mean) ของวัตถุภาพ ที่ได้จากการรวมตัวกันของกลุ่มข้อมูลที่อยู่ในรูปแบบจุดภาพ (pixel) จากการประมวลผลข้อมูลค่ากลางของช่วงคลื่นสีแดง (red band) มีช่วงค่า mean ระหว่าง 1-251.49 ช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near infrared band) มีช่วงค่า mean ระหว่าง 1-224.67 และช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (shortwave infrared band) มีช่วงค่า mean ระหว่าง 1-232.54 ดังแสดงในภาพที่ 16 (ก)- (ค)

ตารางที่ 7 เปรียบเทียบการแบ่งส่วนข้อมูล 3 ระดับ

ระดับการ แบ่งส่วน	จำนวนกลุ่ม วัตถุภาพ	ตัวอย่างวัตถุภาพ
ระดับหยาบ	23,169	
ระดับปานกลาง	75,246	
ระดับละเอียด	257,206	



ภาพที่ 16 ข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด ในช่วงคลื่น  
(ก) Red band (ข) NIR band (ค) SWIR band (ง) NDVI และ(จ) GLCM

2.2 การประมวลผลข้อมูลค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI จากข้อมูลจากดาวเทียม SPOT-5 ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด ได้ผลลัพธ์ช่วงค่าระหว่าง -0.497 - 0.4908 ดังแสดงในภาพที่ 16(ง)

2.3 การประมวลผลข้อมูลโดยใช้คุณสมบัติความหยาบละเอียด (texture) บนข้อมูลจากดาวเทียมของช่วงคลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้น (shortwave infrared band) โดยใช้ค่าอัตราส่วนระดับสีเทาที่ปรากฏบนข้อมูลภาพ (grey-level co-occurrence matrix : GLCM) ในรูปแบบการพิจารณาที่ความเป็นเนื้อเดียวกันของวัตถุภาพ (homogeneity) ผลลัพธ์ให้ค่าระหว่าง 0.049 - 0.95 ดังแสดงในภาพที่ 16(จ)

3. การกำหนดค่าในแต่ละชั้นความแตกต่างของพื้นที่สวนป่ายูคาลิปตัส ใช้กฎตรรกศาสตร์คลุมเครือ ด้วยโปรแกรม Definien Developer กำหนด rule set (ภาพผนวกที่ 4) โดยใช้รูปแบบของการกำหนดช่วงค่าระดับต่ำสุดและสูงสุดในการจำแนกโดยสุ่มแปลงตัวอย่างเพื่อใช้ในการหาความสัมพันธ์ของปัจจัยย่อยกับแปลงปลูกยูคาลิปตัส ในพื้นที่แปลงตัวอย่าง แบบแบ่งชั้น (stratified random sampling) เพื่อนำดังกล่าวมาสร้างเป็น rule set สำหรับกำหนดค่าในการจำแนกกลุ่มของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่ศึกษาแยกเป็น 2 สายพันธุ์ 4 ชั้นอายุ ดังนั้นจะได้จำนวน กลุ่มสำหรับการกำหนด rule set เพื่อจำแนกทั้งสิ้น 8 กลุ่ม (ตารางที่ 8) เพื่อนำชุดคำสั่งไปประมวลผลบนกลุ่มของข้อมูลที่ทำกรแบ่งส่วนแล้ว ทั้ง 3 ระดับ

**ตารางที่ 8** เงื่อนไขที่ใช้ในการจำแนกกลุ่มของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสจำนวน 8 กลุ่ม

ชื่อคลาส	เงื่อนไขที่ใช้ในการจำแนก				
	red band	nir band	swir band	ndvi	glcm
K7 1 ปี	72.41-107.48	103.04-137.42	83.72-129.01	0.19-0.29	0.08-0.25
K7 2 ปี	56.25-81.33	94.97-121.46	72.68-99.94	0.38-0.48	0.13-0.27
K7 3 ปี	57.81-124.34	96.51-157.98	71.80-128.04	0.08-0.50	0.03-0.26
K7 4 ปี	74.81-75.62	105.76-116.69	74.86-98.12	0.41-0.49	0.16-0.27
K51 1 ปี	60.14-104.16	82.21-133.73	69.04-136.45	0.09-0.29	0.06-0.26
K51 2 ปี	61.97-78.99	95.65-116.83	74.90-113.37	0.23-0.36	0.11-0.25
K51 3 ปี	59.18-74.37	95.12-112.00	76.74-110.64	0.28-0.36	0.12-0.25
K51 4 ปี	65.14-90.66	100.38-123.15	74.76-111.94	0.24-0.36	0.11-0.26

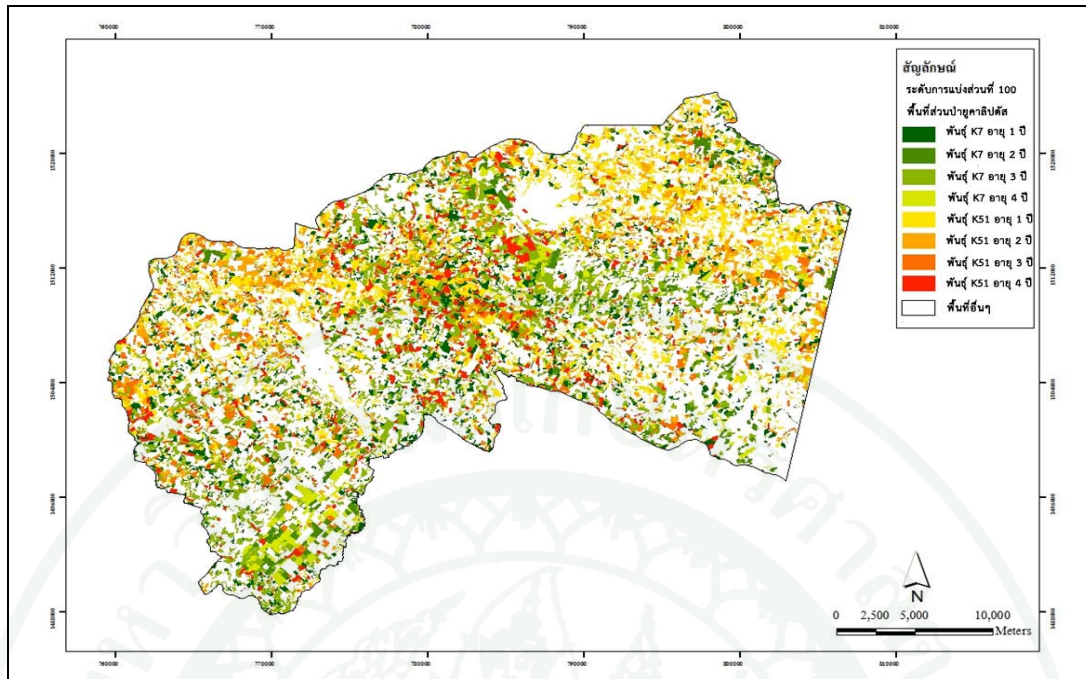
4. ผลการจำแนกความแตกต่างกันของแปลงยูคาลิปตัสที่ปรากฏบนข้อมูลจากดาวเทียมด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพใน 3 ระดับการแบ่งส่วนข้อมูล ได้ผลดังนี้

4.1 ผลการจำแนกความแตกต่างกันของสายพันธุ์และชั้นอายุของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่า ยูคาลิปตัสบนข้อมูลที่ระดับการแบ่งส่วนระดับหยาบเท่ากับ 100 พบพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสทั้งสิ้น 279,411.58 ไร่ โดยแยกสายพันธุ์ตามชั้นอายุ พบว่าสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 3 ปี มากที่สุด โดยมีเนื้อที่ 66,497.90 ไร่ หรือ 11.54 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 1 ปี มีเนื้อที่ 59,671.88 ไร่ หรือ 10.35 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ส่วนสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 4 ปี พบพื้นที่น้อยที่สุด โดยมีเนื้อที่ 15,454.47 ไร่ หรือ 2.68 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 17 และ ตารางที่ 10)

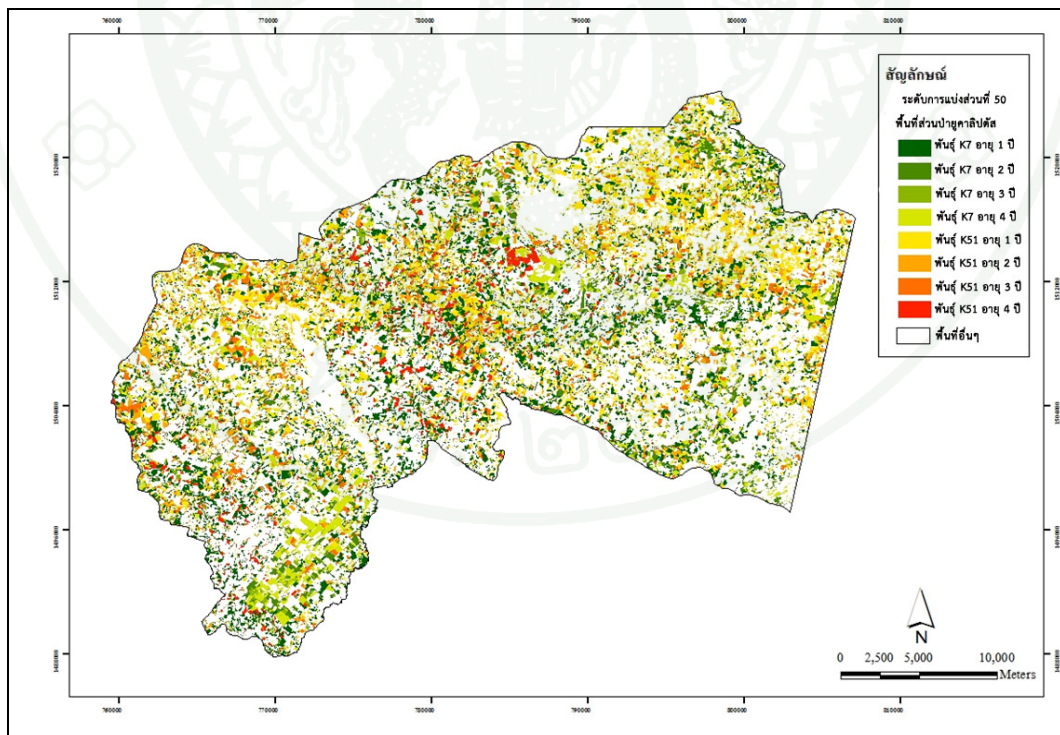
4.2 ผลการจำแนกความแตกต่างกันของสายพันธุ์และชั้นอายุของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่า ยูคาลิปตัสบนข้อมูลที่ระดับการแบ่งส่วนระดับหยาบเท่ากับ 50 พบพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสทั้งสิ้น 252,478.80 ไร่ โดยแยกสายพันธุ์ตามชั้นอายุ พบว่าสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 1 ปี มากที่สุด โดยมีเนื้อที่ 72,998.53 ไร่ หรือ 12.66 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 1 ปี มีเนื้อที่ 62,864.93 ไร่ หรือ 10.91 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ส่วนสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 3 ปี พบพื้นที่น้อยที่สุด โดยมีเนื้อที่ 10,119.79 ไร่ หรือ 1.76 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 18 และ ตารางที่ 10)

4.3 ผลการจำแนกความแตกต่างกันของสายพันธุ์และชั้นอายุของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่า ยูคาลิปตัสบนข้อมูลที่ระดับการแบ่งส่วนระดับหยาบเท่ากับ 25 พบพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสทั้งสิ้น 234,917.20 ไร่ โดยแยกสายพันธุ์ตามชั้นอายุ พบว่าสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 1 ปี มากที่สุด โดยมีเนื้อที่ 78,426.97 ไร่ หรือ 13.61 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา รองลงมาได้แก่ สายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 1 ปี มีเนื้อที่ 64,950.28 ไร่ หรือ 11.27 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ส่วนสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 3 ปี พบพื้นที่น้อยที่สุด โดยมีเนื้อที่ 9,268.27 ไร่ หรือ 1.61 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 19 และ ตารางที่ 9)

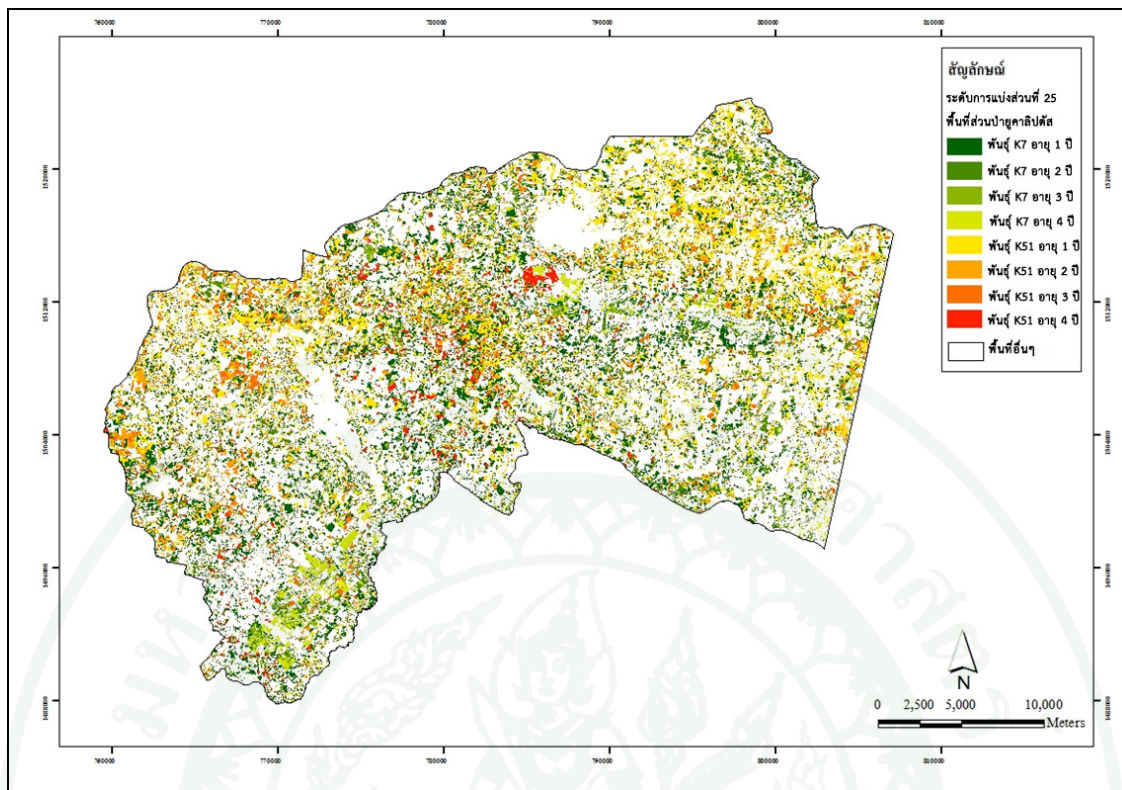
ทั้งนี้ พื้นที่อื่นๆ ในพื้นที่ศึกษาประกอบด้วย ที่อยู่อาศัย ยางพารา สวนสัก สวนมะม่วง มันสำปะหลัง สับปะรด ป่าไม้ นาข้าว และยูคาลิปตัสสายพันธุ์อื่น ๆ เช่น สายพันธุ์ K68 K58 เป็นต้น



ภาพที่ 17 ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสด้วยวิธี object-oriented classification ในขนาดของการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ที่ระดับ 100



ภาพที่ 18 ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสด้วยวิธี object-oriented classification ในขนาดของการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ที่ระดับ 50



ภาพที่ 19 ผลการจำแนกความแตกต่างของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสด้วยวิธี object-oriented classification ในขนาดของการแบ่งส่วนข้อมูล (segmentation) ที่ระดับ 25

ตารางที่ 9 พื้นที่ปลูกสร้างยูคาลิปตัสที่ได้จากการจำแนกเชิงจุดภาพด้วยวิธีการจำแนกเชิงวัตถุภาพ (object-oriented approach)

สายพันธุ์/ ชั้นอายุ	พื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส (ไร่)					
	ระดับ 100	เปอร์เซ็นต์	ระดับ 50	เปอร์เซ็นต์	ระดับ 25	เปอร์เซ็นต์
K7_1	35,607.40	6.18	72,998.53	12.66	78,426.97	13.61
K7_2	17,875.66	3.10	17,981.84	3.12	15,720.95	2.73
K7_3	66,497.90	11.54	10,119.79	1.76	9,268.27	1.61
K7_4	15,454.47	2.68	31,816.12	5.52	12,776.57	2.22
K51_1	59,671.88	10.35	62,864.93	10.91	64,950.28	11.27
K51_2	35,719.49	6.20	22,661.32	3.93	20,955.82	3.64
K51_3	23,890.69	4.14	20,952.02	3.64	22,102.65	3.83
K51_4	24,694.09	4.28	13,084.26	2.27	10,715.68	1.86
รวม	279,411.58	48.48	252,478.80	43.80	234,917.20	40.76

5. การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกวิธี supervised classification ผลการแปลตีความด้วยวิธีแบบกำกับ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม 70.75 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ kappa 0.78 ผลของความถูกต้องของผู้ผลิตที่ให้ความเชื่อถือได้ คือ ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 3 ปี (80.33 เปอร์เซ็นต์) และสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (79.66 เปอร์เซ็นต์) ผลของความถูกต้องของผู้ใช้ที่ให้ความเชื่อถือได้คือ ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (82.46 เปอร์เซ็นต์) สายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 3 ปี (80.33 เปอร์เซ็นต์) ทั้งนี้เนื่องจากวิธีนี้เป็นการแปลตีความจากคอมพิวเตอร์เพียงอย่างเดียว หากต้องการความถูกต้องที่สูงจำเป็นต้องใช้การแปลตีความโดยมนุษย์และปัจจัยแวดล้อมอื่นเข้ามาประกอบการจำแนก (ตารางที่ 10) จากผลการจำแนกในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส 121,356.63 ไร่ คิดเป็น 21.05 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา

**ตารางที่ 10** ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างยูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบกำกับ

สายพันธุ์/ อายุ	ข้อมูลอ้างอิงจากการสำรวจภาคสนาม								อื่น	ค่าความ ถูกต้อง ของผู้ใช้ (%)
	K7_1	K7_2	K7_3	K7_4	K51_1	K51_2	K51_3	K51_4		
K7_1	31	2	1	2	4	2	1	2	3	64.58
K7_2	2	31	2	1	1	3	1	1	2	70.45
K7_3	1	2	19	2	1	1	2	2	3	57.58
K7_4	0	2	2	20	1	1	2	2	2	62.50
K51_1	1	2	1	0	17	1	0	0	2	70.83
K51_2	2	1	0	0	1	21	1	0	2	75.00
K51_3	0	0	1	4	0	1	49	3	3	80.33
K51_4	0	0	1	1	1	2	3	47	2	82.46
อื่นๆ	4	3	3	2	2	3	2	2	52	71.23
ค่าความ ถูกต้อง	75.61	72.09	63.33	62.50	60.71	60.00	80.33	79.66	73.24	
ผู้ผลิต (%)										

หมายเหตุ: อื่นๆ หมายถึง สิ่งปกคลุมดินอื่นที่นอกเหนือจากพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสพันธุ์ K51 และ K7

$$\begin{aligned} \text{ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy)} &= (31+31+19+20+17+21+49+47+52)*100/400 \\ &= 70.75 \% \end{aligned}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์ kappa} = 0.78$$

6. การตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกวิธี object-oriented approach ผลการแปลตีความด้วยวิธี object-oriented approach ในแต่ละระดับของการแบ่งส่วนข้อมูลซึ่งได้กำหนดไว้ 3 ระดับให้ค่าความถูกต้องของการจำแนกดังนี้

6.1 ผลการจำแนกความแตกต่างกันพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยแยกจากสายพันธุ์และชั้นอายุ ในระดับการแบ่งส่วนแบบหยาบ ที่ระดับการแบ่งส่วนเท่ากับ 100 ผลการจำแนกให้ค่าความถูกต้องโดยรวม 70.50 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ kappa 0.66 ความถูกต้องของผู้ผลิตที่ให้ ความเชื่อถือได้ คือยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 3 ปี (78.26 เปอร์เซ็นต์) และสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (78.18 เปอร์เซ็นต์) ผลของความถูกต้องของผู้ใช้ที่ให้ความเชื่อถือได้คือ ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 3 ปี (80.60 เปอร์เซ็นต์) และสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (78.18 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 11) จากผลการจำแนกในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส 279,411.58 ไร่ คิดเป็น 48.48 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา

**ตารางที่ 11** ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบ object-oriented สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับ 100

สายพันธุ์/ อายุ	ข้อมูลอ้างอิงจากการสำรวจภาคสนาม									ค่าความ ถูกต้อง ของผู้ใช้ (%)
	K7_1	K7_2	K7_3	K7_4	K51_1	K51_2	51_3	K51_4	อื่น	
K7_1	28	1	2	1	2	1	1	2	5	65.12
K7_2	2	23	2	1	3	2	2	1	2	60.53
K7_3	2	2	20	2	1	3	3	2	0	57.14
K7_4	3	3	2	17	1	1	2	0	1	56.67
K51_1	1	1	1	1	22	2	1	1	1	70.97
K51_2	3	3	1	0	0	16	2	2	2	55.17
K51_3	2	2	3	1	1	0	54	3	1	80.60
K51_4	1	1	2	1	1	2	2	43	2	78.18
อื่นๆ	2	1	1	3	2	1	2	1	59	81.94
ค่าความ ถูกต้อง ผู้ผลิต (%)	63.64	62.16	58.82	62.96	66.67	57.14	78.26	78.18	80.82	

**หมายเหตุ:** อื่นๆ หมายถึง สิ่งปกคลุมดินอื่นที่นอกเหนือจากพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสพันธุ์ K51 และ K7

$$\begin{aligned} \text{ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy)} &= (28+23+20+17+22+16+54+43+59)*100/400 \\ &= 70.50 \% \end{aligned}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์ kappa} = 0.66$$

6.2 ผลการจำแนกความแตกต่างกันพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยแยกจากสายพันธุ์และชั้นอายุ ในระดับการแบ่งส่วนแบบหยาบ ที่ระดับการแบ่งส่วนเท่ากับ 50 ผลการจำแนกให้ค่าความถูกต้องโดยรวม 75.5 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ kappa 0.72 ความถูกต้องของผู้ผลิตที่ให้ ความเชื่อถือได้ คือยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (81.36 เปอร์เซ็นต์ ) สายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 32 ปี (80.00 เปอร์เซ็นต์) ผลของความถูกต้องของผู้ใช้ที่ให้ความเชื่อถือได้คือ คาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (84.21 เปอร์เซ็นต์ ) และสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 3 ปี (80.00 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 12) จากผลการจำแนกในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส 252,478.80 ไร่ คิดเป็น 43.80 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา

**ตารางที่ 12** ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบ object-oriented สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับ 50

สายพันธุ์/ อายุ	ข้อมูลอ้างอิงจากการสำรวจภาคสนาม									ค่าความ ถูกต้อง ของผู้ใช้ (%)
	K7_1	K7_2	K7_3	K7_4	K51_1	K51_2	K51_3	K51_4	อื่น	
K7_1	31		1		1	2	2	2	2	75.61
K7_2	2	25	2	2	3	1	1	1	1	65.79
K7_3	2	1	22	1	1	1	2	2	1	66.67
K7_4	1	1	1	19	0	0	2	1	2	70.37
K51_1	1	2	0	0	24	1	1	1	1	77.42
K51_2	2	3	3	1	0	18	2	1	1	58.06
K51_3	1	1	2	2	2	1	52	2	2	80.00
K51_4	1	0	0	0	1	3	1	48	3	84.21
อื่นๆ	3	2	1	2	1	2	2	1	63	81.82
<b>ค่าความ ถูกต้อง ผู้ผลิต (%)</b>	70.45	71.43	68.75	70.37	72.73	62.07	80.00	81.36	82.89	70.45

หมายเหตุ: อื่นๆ หมายถึง สิ่งปกคลุมดินอื่นที่นอกเหนือจากพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสพันธุ์ K51 และ K7

$$\begin{aligned} \text{ความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy)} &= (31+25+22+19+24+18+52+48+63)*100/400 \\ &= 75.5 \% \end{aligned}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์ kappa} = 0.72$$

6.3 ผลการจำแนกความแตกต่างกันพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยแยกจากสายพันธุ์และชั้นอายุ ในระดับการแบ่งส่วนแบบหยาบ ที่ระดับการแบ่งส่วนเท่ากับ 25 ผลการจำแนกให้ค่าความถูกต้องโดยรวม 81.25 เปอร์เซ็นต์ ค่าสัมประสิทธิ์ kappa 0.78 ความถูกต้องของผู้ผลิตที่ให้ความเชื่อถือได้ คือยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (86.21 เปอร์เซ็นต์ ) สายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 3 ปี (83.33 เปอร์เซ็นต์) สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 2 ปี (81.25 เปอร์เซ็นต์) สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 3 ปี (80.56 เปอร์เซ็นต์) สายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 4 ปี (78.57 เปอร์เซ็นต์) ผลของความถูกต้องของผู้ใช้ที่ให้ความเชื่อถือได้คือ คาลิปตัสสายพันธุ์ K 51 ชั้นอายุ 4 ปี (92.59 เปอร์เซ็นต์ ) และสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุ 1 ปี (84.62 เปอร์เซ็นต์) (ตารางที่ 14) จากผลการจำแนกในพื้นที่ศึกษามีพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส 234,917.20 ไร่ คิดเป็น 40.76 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา

**ตารางที่ 14** ตารางเมตริกความผิดพลาด (confusion matrix) เพื่อประเมินความถูกต้องของการจำแนกข้อมูลพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสโดยวิธีการจำแนกแบบ object-oriented สำหรับข้อมูลที่มีการแบ่งส่วนข้อมูลในระดับ 25

สายพันธุ์/ อายุ	ข้อมูลอ้างอิงจากการสำรวจภาคสนาม									ค่าความ ถูกต้อง ของผู้ใช้ (%)
	K7_1	K7_2	K7_3	K7_4	K51_1	K51_2	K51_3	K51_4	อื่น	
K7_1	33	1	0	0	2	0	0	1	2	84.62
K7_2	1	26	1	1	2	2	0	0	0	78.79
K7_3	2	1	29	3	0	0	1	1	1	76.32
K7_4	2	2	2	22	0	0	2	1	1	68.75
K51_1	1	1	0	0	25	1	1	1	3	75.76
K51_2	0	0	0	1	3	17	1	1	2	68.00
K51_3	1	0	0	0	0	1	55	2	2	90.16
K51_4	0	0	0	0	0	0	2	50	2	92.59
อื่นๆ	2	1	4	1	3	1	4	1	68	80.00
<b>ค่าความถูก ต้องผู้ผลิต (%)</b>	78.57	81.25	80.56	78.57	71.43	77.27	83.33	86.21	83.95	

หมายเหตุ: อื่นๆ หมายถึง สิ่งปกคลุมดินอื่นที่นอกเหนือจากพื้นที่ปลูกยูคาลิปตัสพันธุ์ K51 และ K7

$$\begin{aligned} \text{ความถูกต้องรวม (overall accuracy)} &= (33+26+29+22+25+17+55+50+68)*100/400 \\ &= 81.25 \% \end{aligned}$$

$$\text{ค่าสัมประสิทธิ์ kappa} = 0.78$$

จากผลการตรวจสอบความถูกต้องของผลการจำแนกวิธี object-oriented approach ใน 3 ระดับของการแบ่งส่วนข้อมูล พบว่า การจำแนกในระดับละเอียด ที่ระดับเท่ากับ 25 ให้ผลการจำแนกสูงสุด คือให้ค่าความถูกต้องโดยรวม เท่ากับ 81.25 เปอร์เซ็นต์รองลงมาคือ ระดับการแบ่งส่วนระดับปานกลาง ที่ระดับเท่ากับ 50 ซึ่งให้ค่าความถูกต้อง 75.50 เปอร์เซ็นต์ ส่วนระดับการแบ่งส่วนระดับหยาบที่ระดับ 100 ให้ค่าความถูกต้องต่ำสุด โดยให้ค่าความถูกต้องแค่ 70.50 เปอร์เซ็นต์ ทั้งนี้ผลการตรวจสอบความถูกต้องเมื่อพิจารณาโดยรวมแล้วพบว่า ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K51 ขึ้นอายุ 3 ปี และ 4 ปี สามารถแยกความแตกต่างได้ดี โดยส่วนใหญ่ให้ค่าความถูกต้องในระดับสูง ส่วนยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 จำแนกได้ดีในข้อมูลที่ระดับการแบ่งส่วนที่ระดับ 25 นอกจากนี้เป็นที่สังเกตว่าพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสที่ได้จากการจำแนกในระดับมาตราส่วนหยาบมีพื้นที่สูงที่สุด ส่วนระดับละเอียดมีพื้นที่น้อยที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากการแบ่งส่วนในระดับหยาบ จะมีการปะปนกันของพื้นที่อื่น ๆ เข้ามาในกลุ่มของวัตถุภาพด้วย ส่วนระดับละเอียดจะมีการปะปนน้อย

7. เปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องระหว่างผลการจำแนกวิธี supervised classification และ object-oriented approach พบว่าวิธีการจำแนกแบบ supervised ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมเพียง 70.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าการจำแนกเชิงจุดภาพในทุกระดับของการแบ่งส่วนข้อมูลซึ่งได้ผลการจำแนกในระดับปานกลาง (ระดับ 50) และละเอียด (ระดับ 25) เท่ากับ 75.5 เปอร์เซ็นต์ และ 81.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วนระดับหยาบ (ระดับ 100) ให้ค่าความถูกต้องต่ำกว่าการจำแนกวิธี supervised classification เล็กน้อย ที่ 70.5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้พื้นที่ที่ได้จากการจำแนกพบว่าการจำแนกแบบ supervised classification ได้พื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสน้อยกว่าการจำแนกแบบ object-oriented approach เท่ากับ 121,356.63 ไร่ ขณะที่การจำแนกแบบ object-oriented approach จากระดับหยาบถึงระดับละเอียดได้พื้นที่ 279,411.58 ไร่ 252,478.80 ไร่ และ 234,917 ไร่ ตามลำดับ

## สรุปและข้อเสนอแนะ

### สรุป

การวิเคราะห์ภาพถ่ายจากดาวเทียมเชิงวัตถุภาพเพื่อจำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส ในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา มีวัตถุประสงค์เพื่อจำแนกความแตกต่างกันของสวนป่ายูคาลิปตัสจากข้อมูลจากดาวเทียมด้วยเทคนิควิธีการวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพที่เหมาะสม ซึ่งสามารถสรุปประเด็นที่น่าสนใจได้ดังนี้

1. การวิเคราะห์เชิงวัตถุภาพ (object-oriented approach) เพื่อจำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัส โดยพิจารณาจากสายพันธุ์และชั้นอายุ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการจำแนกด้วยวิธีการจำแนกแบบกำกับ (supervised classification) พบว่าการจำแนกแบบกำกับซึ่งดำเนินการบนจุดภาพ (pixel-based) ให้ค่าความถูกต้องโดยรวม (overall accuracy) 70.75 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งต่ำกว่าการจำแนกจำแนกด้วยวิธีการเชิงวัตถุภาพ (object-oriented approach) ที่ได้จากการจำแนกใน 2 ระดับได้แก่ ระดับปานกลาง (ระดับ 50) และระดับละเอียด (ระดับ 25) ให้ค่าเท่ากับ 75.5 เปอร์เซ็นต์ และ 81.25 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่ให้ความถูกต้องโดยรวมสูงกว่าระดับหยาบ (ระดับ 100) เล็กน้อย ที่ 70.5 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าความถูกต้องของผู้ใช้และผู้ผลิตที่ให้ผลน่าเชื่อถือในทุกะดับของการแบ่งส่วนข้อมูล ได้แก่ ยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K51 ชั้นอายุ 3 ปี และ 4 ปี นอกจากนี้พื้นที่ที่ได้จากการจำแนกพบว่าการจำแนกแบบกำกับซึ่งดำเนินการบนจุดภาพ (pixel-based) มีเนื้อที่ปลูกสร้างสวนป่า 121,356.63 ไร่ ซึ่งน้อยกว่าการจำแนกแบบ object-oriented approach จากระดับหยาบถึงระดับละเอียดที่จำแนกได้พื้นที่ 279,411.58 ไร่ 252,478.80 ไร่ และ 234,917 ไร่ ตามลำดับ ทั้งนี้ การแบ่งส่วนข้อมูลในระดับหยาบ ให้เนื้อที่สูงสุด เนื่องจากการแบ่งส่วนข้อมูลมีการปะปนของการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบอื่น ๆ เข้ามามากที่สุด

2. เปรียบเทียบการแบ่งส่วนข้อมูล 3 ระดับ ได้แก่ ระดับการแบ่งส่วนเท่ากับ 100 50 และ 25 พบว่า การแบ่งส่วนระดับหยาบ ให้จำนวนวัตถุภาพน้อยที่สุด เท่ากับ 23,169 วัตถุภาพ ส่วนระดับละเอียดมีจำนวนกลุ่มของวัตถุภาพมากที่สุด เท่ากับ 257,206 วัตถุภาพ ทั้งนี้จากการตรวจสอบข้อมูลด้วยสายตาพบว่าในระดับการแบ่งส่วนแบบหยาบจะพบการปะปนของพื้นที่การใช้ประโยชน์ที่ดินแบบอื่น ๆ ปะปนด้วย ส่วนการแบ่งส่วนแบบละเอียด การปะปนของการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบอื่น ๆ มีน้อยมาก เมื่อนำชุดคำสั่ง (rule set) มาทำการจำแนกพบว่าระดับการแบ่งส่วนแบบละเอียดให้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 81.25 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นการแบ่งส่วนระดับปานกลาง เท่ากับ 75.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการแบ่งส่วนระดับหยาบ ให้ค่าความถูกต้องโดยรวมน้อยที่สุด เท่ากับ 70.5

เปอร์เซ็นต์ ผลการจำแนกพื้นที่พบว่าการจำแนกแบบละเอียดมีพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปตส์น้อยกว่าการแบ่งส่วนในระดับปานกลางและระดับหยาบ ทั้งนี้ เนื่องจากการแบ่งส่วนในระดับละเอียดพบการปะปนของการใช้ประโยชน์ที่ดินแบบอื่นๆ เข้ามาน้อยกว่า

### ข้อเสนอแนะ

#### ข้อเสนอแนะด้านเทคนิคการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงวัตถุภาพ

1. ข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ในชุดคำสั่ง (rule set) สามารถนำค่าดัชนี หรือค่าอัตราส่วน (ratio) อื่น ๆ รวมถึงข้อมูลระดับความสูงเชิงพื้นที่ (DEM) ความลาดชัน (slope) เพื่อเพิ่มความถูกต้องของการจำแนก ในแต่ละพื้นที่ที่จะทำการศึกษา
2. การแบ่งส่วนข้อมูล การศึกษานี้ได้กำหนดการศึกษาที่ระดับอัตราส่วนแบบหยาบเท่ากับ 100 ปานกลาง เท่ากับ 50 และระดับละเอียด เท่ากับ 25 ซึ่งการศึกษาการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่น ๆ หรือพื้นที่ศึกษาอื่น ต้องคำนึงถึงขนาดของกลุ่มวัตถุภาพที่ได้จากการแบ่งกลุ่มให้สอดคล้องกับการใช้ประโยชน์ที่ดินที่ต้องการศึกษา

#### ข้อเสนอแนะในการศึกษาครั้งต่อไป

เพื่อให้ได้ประโยชน์ในทางอุตสาหกรรม ผลการศึกษาความแตกต่างกันของหมู่ไม้ในพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปตส์ อาจนำไปต่อยอดเพื่อศึกษาปริมาณไม้ในพื้นที่ เพื่อทำการประเมินผลผลิตที่ได้ในพื้นที่ต่อไปได้

## เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- กาญจน์เขจร ชูชีพ. 2546. เอกสารประกอบการสอนหลักการสำรวจระยะไกล. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- กิตติชัย เจริญขวัญ. 2531. ความหนาแน่นและลักษณะโครงสร้างของผลผลิตของสวนป่า  
ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 2 ปี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมป่าไม้. 2529. การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน  
กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- กรมพัฒนาที่ดิน. 2549. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินจังหวัดฉะเชิงเทรา. กระทรวงเกษตรและ  
สหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2516. แผนที่ความเหมาะสมของดินสำหรับการปลูกพืชเศรษฐกิจระดับจังหวัด.  
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.
- กรมวิชาการเกษตร. 2555. ฐานข้อมูลพันธุ์พืช สำนักคุ้มครองพันธุ์พืช กรมวิชาการเกษตร.  
แหล่งที่มา: <http://www.doa.go.th/pvp/planttabian>, 5 มีนาคม 2555.
- จงรัก วัชรินทร์รัตน์. 2538. การเจริญเติบโตและเศรษฐกิจของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส  
อายุ 13 ปีในท้องที่ต่างกัน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชัยรัตน์ อร่ามศรี. 2542. การวิเคราะห์การเติบโตของสายต้นยูคาลิปตัส คามาลดูลเลนซิส อายุ 5 ปี.  
วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทัศนีย์ รัตติวานิช, อรรณพ อภิชาติบุตร และ เพ็ญศรี นามประเสริฐ. 2525. การผลิตเยื่อซัลเฟตจาก  
ไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูลเลนซิส. กองวิจัยผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- เทศบาลตำบลสนามชัยเขต อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา. 2551. ที่ตั้งและอาณาเขตอำเภอสนามชัยเขต. แหล่งที่มา: <http://www.sanamchai.com/area.php>, 10 สิงหาคม 2551.

- ธิดารัตน์ ริเอะโกะ ทากาชิมา. 2547. การศึกษาปัจจัยทางดินบางประการที่มีผลต่อการเติบโตของไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ธีรชัย พร้อมมูล. 2527. การเก็บเมล็ดไม้และอัตราการงอกของเมล็ดไม้ยูคาลิปตัสคามาลดูเลนซิน. รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- บุญวงศ์ ไทยอุตสาห. 2530. อดีต ปัจจุบัน และอนาคตของไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. สักทอง 12(4): 6-13.
- พสุธา สุนทรห้าว. 2542. อุปทานไม้ท่อนยูคาลิปตัส และการวิเคราะห์การเงินของสวนป่าภาคเอกชนในประเทศไทย 2540. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิน เกื้อกุล. 2528. เทคนิคการเพาะชำกล้าไม้ยูคาลิปตัส, รายงานการสัมมนาไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. กรมป่าไม้. กรุงเทพฯ.
- พงศ์ศักดิ์ สหุณาฟู. 2521. การเติบโตของต้นไม้. คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 2535. รายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2 การศึกษาผลกระทบสิ่งแวดล้อมการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองสีียด. โครงการสหวิทยาการบัณฑิตศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- \_\_\_\_\_. 2542. คณิตศาสตร์และคอมพิวเตอร์ในชีวิตประจำวัน. เอกสารประกอบการสอน. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- มณฑิ โพธิ์ทัย. 2528. คู่มือการปลูกไม้ยูคาลิปตัส. องค์การอุตสาหกรรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- มนตรี สนิทประชากร, สมศักดิ์ มนัสศรีสุกใส และ สัมฤทธิ์ กิตติธรรกุล. 2529. เอกสารส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน เรื่อง การปลูกไม้ยูคาลิปตัสในประเทศไทย. สำนักงานส่งเสริมการปลูกป่าภาคเอกชน, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

- รุ่งเรือง พูลศิริ. 2540. ผลของความหนาแน่นของหมุ่ไม้ต่อรูปทรง อัตราการเจริญเติบโต และผลผลิตของสวนป่าไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วิจิต สนธิวิณิช, เรณู สุวรรณรัตน์ และ เทียนชัย ศรีจรูญ. 2546. การใช้ประโยชน์ไม้ยูคาลิปตัส คามาลดูเลนซิส เพื่องานประดิษฐ์กรรมในชุมชน. สำนักวิจัยเศรษฐกิจและผลิตผลป่าไม้, กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.
- วุฒิพล หัวเมืองแก้ว, ปัสสี ประสมสินธุ์ และ พสุธา สุนทรห้าว. 2542. รายงานการสำรวจผลผลิตของสวนป่ายูคาลิปตัสภาคเอกชนในประเทศไทย ปี พ.ศ. 2540. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- ศุทธิณี ดนตรี. 2549. ความรู้พื้นฐานด้านการสำรวจระยะไกล. เอกสารประกอบการสอน. ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.
- สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2550. เทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สัมพันธ์ แห่่งป่าหมุ่น. 2551. โครงสร้างพื้นฐานของการประมวลผลแบบ Fuzzy. แหล่งที่มา: <http://www.elecnnet.chandra.ac.th/learn/courses/ELTC3405/fuzzy/structurefuzzy.ppt>, 5 สิงหาคม 2551.
- สุทัศน์ สุรวณิช. 2550. สำรวจพืชด้วยการประยุกต์ Objected Oriented กับ Knowledge-based. การประชุมวิชาการ การแผนที่และภูมิสารสนเทศแห่งชาติ ประจำปี 2550. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน), กรุงเทพฯ.
- สุรภี อิงคากุล. 2548. การวิเคราะห์ข้อมูลระยะไกล. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.
- Andrea S. L. and R. Albert. 2009. Texture and Scale in Object-Based Analysis of Subdecimeter Resolution Unmanned Aerial Vehical (UAV) Imagery. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, Vol.47, No.3.

- Baatz, M. and A. Schape. 2000. Multiresolution segmentation and optimization approach for high quality multiscale image segmentation. *In*: J. Strobl, T. Blaschke G. Griesebner (eds.), **Applied Geographic Data Processing XII**. Wichmann Verlag, Heidelberg.
- Baker, F.S. 1950. **Principle of Silviculture**. McGraw – Hill Book Company, New York.
- Benz C. U., P. Hofmann, G. Willhauck, I. Lingenfelder and M. Heynan 2004. Multi-resolution object-oriented fuzzy analysis of remote sensing data for GIS-ready information. **ISPRS Journal of Photogrammetry & Remote Sensing** 58: 239-258.
- Booch, G., M. A. Robert., E.W. Michael., Y.J. Bobi., C. Jim. and H.A. Kelli. 2007. **Object-Oriented Analysis and Design with Application**. แหล่งที่มา: pioneer.netserv.chula.ac.th/~sperapho/files/class/479/oo\_concepts.pdf, 22 สิงหาคม 2551.
- Barrile V. and G. Bilotta. 2008. Object-oriented analysis of satellite data. **The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII, Part B8**.
- Castilla G. and G.J. Hay. 2008. Image object and geographic objects, pp. 91-110. *In* Th. Blaschke, S. Lang and G.J. Hay, eds. **Object-Based Image Analysis**. Springer, Heidelberg.
- Catherine O. I. 2007. **Determination of carbon sequestration and storage capacity of eucalyptus plantation in Sra Kaew Province using remote sensing**. M.S. Thesis, Mahidol University.
- Chubey, M.S., S.E. Franklin, and M.A. Wulder. 2006. Object-based Analysis of Ikonos-2 Imagery for Extraction of Forest Inventory Parameters. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing** 72:383-394.

Ekadinate, A., A. Widayati and G. Vincent. 2004. **Rubber Agroforest Identification using Object-based Classification in Bungo District, Jambi, Indonesia.** 25<sup>th</sup> ACRS 2004 Chiang Mai, Thailand.

Definiens Imaging. 2001. **Ecognition Object Oriented Image Analysis, User Guide.** Definiens Imaging. Munchen, Germany.

Evan, J. 1982. **Plantation Forestry in The Tropics.** Clarendon Press Oxford. 472 p.

FAO. 1979. **Eucalyptus for Planting.** Rome, Italy.

\_\_\_\_\_. 1981. Eucalyptus for Planting. **FAO Forestry Series No. 11.** FAO, Rome.

Husch, K., C. I. Miller and T.W. Beers. 1972. **Forest Mensuration.** The Ronard Press Company, New York.

Navulur K. 2007. **Multispectral Image Analysis Using the Object-Oriented Paradigm.** CRC Press.

Renaud, M., A. Jagannath and K. C. Albert. 2007. **Object-Based Classification of Ikonos Imagery for Mapping Large-Scale Vegetation Communication in Urban Areas.** MDPI (<http://www.mdpi.org>).

Haralick, R.M. 1979. Statistical and Structural Approaches to Texture, **Processing of the IEEE**, Vol. 67, No. 5.

Schneider, W., and J. Steinwender. 1999. **Landcover mapping by interrelated segmentation and classification of satellite images,** Int. Arch. Photogrammetry Remote Sensing. Valladolid.

Shiba M. and A. Itaya. 2006. Using eCognition for improve forest management and monitoring systems in precision forestry. **IUFRO Precision Forestry Conference 2006,** Stellenbosch University, Africa.

Strahler, A. H., C.C. Woodcock and J.A. Smith. 1986. **On the nature of models in remote sensing.** Remote Sensing Environ.

Toumey, J. W. 1947. **Foundations of Silviculture.** John Wiley & Sons Inc., New York.

Wulder, M. A. 1998. **Optical remote-sensing techniques for the assessment of forest inventory and biophysical parameters.** Protophys, Geogr.

\_\_\_\_\_, J.J. Hall, N.C. Coops and S.E. Franklin. 2004. **High spatial resolution remotely sensed data for ecosystem characterization.** BioScience.

Xiaoxia, S., Z. Jixian and L. Zhengjun. 2004. **An Object-Oriented Classification Method on High Resolution Satellite Data.** 25<sup>th</sup> ACRS 2004 Chiang Mai, Thailand.



ภาคผนวก



**แบบฟอร์มการเก็บข้อมูลภาคพื้นดิน**  
**สำหรับเก็บข้อมูลการปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสในพื้นที่อำเภอสนามชัยเขต จังหวัดฉะเชิงเทรา**

ผู้สำรวจ .....	พื้นที่ .....	วันที่ .....
จุดสำรวจ .....	ที่ตั้ง .....	เวลา (ท้องถิ่น) .....
ละติจูด/ลองจิจูดหรือ UTM .....	หมายเลขระวางแผนที่ .....	

## 1. สายพันธุ์

- K7
- K51
- อื่น ๆ ระบุ.....

## 2. วันที่ปลูก.....

## 3. รูปแบบการปลูก

- ปลูกใหม่
- แรกหน่อ

## 4. ชั้นอายุ.....

## 5. ระยะปลูก.....

## 6. พื้นที่เพาะปลูก.....ไร่

## 7. จำนวนต้นที่ปลูก.....ต้น

## 8. การดูแล

- การใส่ปุ๋ย .....
- การตัดสาง .....

การจำกัดวัชพืช.....

อื่น ๆ .....

ข้อสังเกต/คำอธิบาย

.....

.....

9. อุปสรรคในการเจริญเติบโต

เกล็ด

ความแห้งแล้ง

โรค

น้ำมากเกินไป

แมลง

หิน

วัชพืช

ลักษณะภูมิประเทศ

ข้อสังเกต/คำอธิบาย

.....

.....

10. รูปถ่ายภาคพื้นดิน

ลำดับภาพที่ คำอธิบาย.....

ลำดับภาพที่ คำอธิบาย.....

ลำดับภาพที่ คำอธิบาย.....

ลำดับภาพที่ คำอธิบาย.....



ภาคผนวก ข  
ตารางและภาพผลการศึกษา

ตารางผนวกที่ ข1 ลักษณะและคุณสมบัติของดาวเทียม SPOT

ดาวเทียม	หน่วยงาน ปล่อย สู่อวกาศ	วันที่		ระดับ ความ สูง (กม.)	เครื่อง รับรู้	ความ ละเอียด ภาพ (ม.)	วัน ถ่ายภาพ ซ้ำ (วัน)
		ขึ้นสู่วง โคจร	สิ้นสุด ภารกิจ				
SPOT 1	CNES*	22 ก.พ. 2529	4 ก.พ. 2545	822	HRV	20/ 10	26
SPOT 2	CNES	22 ม.ค. 2533	ปฏิบัติการ*	822	HRV	20/ 10	26
SPOT 3	CNES	26 ก.ย. 2536	14 พ.ย. 2540	822	HRV	20/ 10	26
SPOT 4	CNES	24 มี.ค. 2541	ปฏิบัติการ*	830	HRVIR VGT	20/ 10 1,150 – 1,700	26
SPOT 5	CNES	4 พ.ค. 2545	ปฏิบัติการ*	832	HRG VGT	10 5 หรือ 2.5 1,150 – 1,700	26

\*Centre National d'Etudes Spatiales = ศูนย์ศึกษาอวกาศแห่งชาติฝรั่งเศส

ตารางผนวกที่ ข2 จุดควบคุมภาคพื้นดิน และค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการปรับแก้ความผิดพลาดทางเรขาคณิตของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม SPOT-5

Point Id	X Source (image data)	X Source (image data)	X Map	X Map	Residual
1	761383.057	1507282.241	761391.7123	1507283.203	1.75752
2	796691.868	1522986.588	796704.0036	1522992.024	1.28153
3	770795.256	1489194.186	770807.7136	1489196.793	0.85406
4	802751.663	1500386.283	802764.4645	1500393.457	0.56123
5	783467.494	1511738.41	783481.1465	1511740.33	1.69218
6	806679.961	1515605.396	806698.9194	1515612.797	2.16995
7	771771.879	1502742.292	771786.7015	1502742.918	1.02646
8	798386.161	1509154.559	798401.0142	1509160.411	0.77646
9	769548.327	1499638.223	769563.8902	1499640.651	1.79913
10	787397.972	1504650.635	787411.7284	1504654.387	1.02859
11	792344.666	1513473.345	792357.7586	1513479.428	1.77509
12	801403.113	1519006.363	801415.8469	1519013.77	2.3897
13	764530.021	1497056.193	764545.3701	1497054.756	1.69797
14	777833.16	1514722.466	777844.7875	1514726.651	1.87116

หมายเหตุ: Root Mean Square Error (RMSe) = 1.57083

ตารางผนวกที่ ข3 จุดภาพตัวอย่างเพื่อหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าข้อมูลจากแบนด์ที่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัดแบบ pan-sharpened กับข้อมูลในรูปแบบที่ไม่ผ่านกระบวนการเน้นความคมชัด ด้วยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (ค่า r)

ที่	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วงคลื่นที่		ผลต่าง
	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วงคลื่นปกติ*	ปรับความคมชัด* (pan-sharpened)	
1	164	167	-3
2	186	179	7
3	123	111	12
4	151	153	-2
5	125	136	-11
6	167	171	-4
7	124	125	-1
8	149	154	-5
9	123	119	4
10	177	176	1
11	190	191	-1
12	139	136	3
13	150	151	-1
14	124	122	2
15	156	152	4
16	136	151	-15
17	132	133	-1
18	147	150	-3
19	170	170	0
20	168	166	2
21	138	138	0
22	145	142	3
23	112	120	-8
24	152	155	-3
25	176	178	-2
26	161	158	3
27	167	164	3
28	157	165	-8
29	96	98	-2
30	139	139	0
33	154	150	4

## ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ที่	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วง คลื่นปกติ*	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วงคลื่นที่ ปรับความคมชัด* (pan-sharpened)	ผลต่าง
34	141	144	-3
35	139	135	4
36	134	147	-13
37	177	176	1
38	162	159	3
39	174	170	4
40	122	110	12
41	178	177	1
42	125	125	0
43	169	169	0
44	181	180	1
45	63	65	-2
46	163	164	-1
47	148	148	0
48	156	157	-1
49	179	180	-1
50	158	157	1
51	101	100	1
52	144	144	0
53	158	158	0
54	174	174	0
55	140	141	-1
56	165	165	0
57	126	127	-1
58	157	158	-1
59	168	166	2
60	170	169	1
61	183	181	2
62	173	165	8
63	92	89	3
64	164	164	0
65	182	182	0
66	120	123	-3

## ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ที่	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วง คลื่นปกติ*	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วงคลื่นที่ ปรับความคมชัด* (pan-sharpened)	ผลต่าง
67	154	154	0
68	170	170	0
69	140	141	-1
70	156	157	-1
71	114	115	-1
72	152	151	1
73	173	170	3
74	133	128	5
75	196	196	0
76	154	154	0
77	169	172	-3
78	159	158	1
79	147	149	-2
80	127	132	-5
81	162	162	0
82	166	162	4
83	153	151	2
84	183	183	0
85	174	178	-4
86	147	146	1
87	119	120	-1
88	171	170	1
89	145	144	1
90	179	177	2
91	158	159	-1
92	127	127	0

## ตารางผนวกที่ ข3 (ต่อ)

ที่	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วง คลื่นปกติ*	ค่าดัชนีพีชพรรณจากภาพในช่วงคลื่นที่ ปรับความคมชัด* (pan-sharpened)	ผลต่าง
93	183	182	1
94	159	161	-2
95	181	181	0
96	122	116	6
97	141	141	0
98	139	135	4
99	127	127	0
100	159	160	-1
<b>รวม</b>	<b>15284</b>	<b>15272</b>	
<b>เฉลี่ย</b>	<b>151.32</b>	<b>151.21</b>	

\* ในที่นี้แสดงเป็นค่า 8 bit DN (0-255)



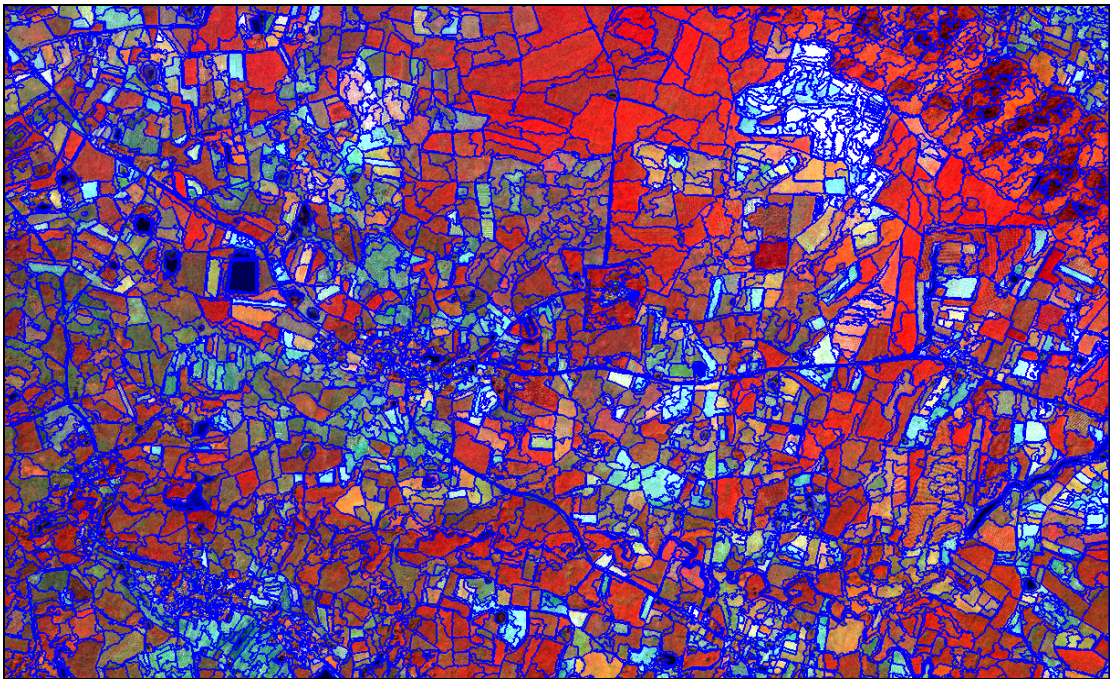
ภาพผนวกที่ ข1 ดาวเทียม SPOT

ปัจจัยสำหรับการแบ่งส่วนข้อมูลภาพ  
 การให้ค่าน้ำหนักความน่าจะเป็น  
 (รวมกันต้องไม่เกิน 1)





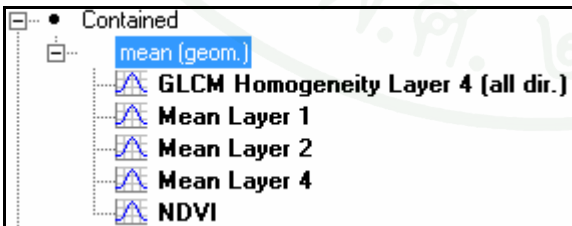
- สี (color) = 0.8
- รูปร่าง (shape) = 0.2
  - ความราบเรียบ (smoothness) = 0.7
  - การเกาะกลุ่ม (compactness) = 0.3

Algorithm parameters	
Parameter	Value
<input type="checkbox"/> Level Settings	
Level Name	L50
Level Usage	Use current (merge only)
<input type="checkbox"/> Segmentation Settings	
<input type="checkbox"/> Image Layer weights	1, 1, 1, 1
<input type="checkbox"/> Thematic Layer usage	
Scale parameter	50
<input type="checkbox"/> Composition of homogeneity criterion	
Shape	0.2
Compactness	0.3

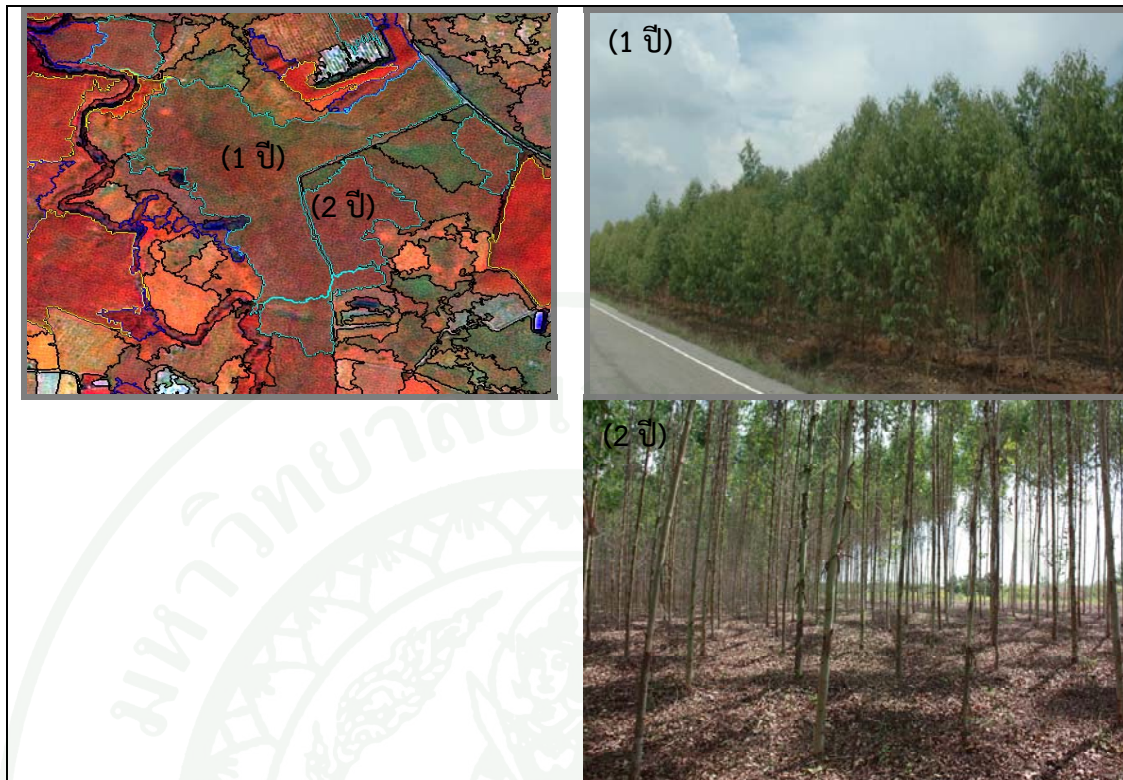
ภาพผนวกที่ ข2 การกำหนดค่าสำหรับการแบ่งส่วนข้อมูลเพื่อนำไปจำแนกความแตกต่างกันของพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายุคาลิปตัส โดยใช้ค่าสเกลพารามิเตอร์ที่ขนาด 50 กำหนดเงื่อนไขให้ค่าน้ำหนักความน่าจะเป็น ของค่าคุณลักษณะด้านค่าสี (color) 0.8 รูปร่าง (shape) 0.2 ภายใต้คุณลักษณะด้านรูปร่าง ได้กำหนดค่าคุณลักษณะความราบเรียบ (smoothness) เท่ากับ 0.7 และการเกาะกลุ่มของข้อมูล (compactness) เท่ากับ 0.3



ภาพผนวกที่ ข3 ตัวอย่างผลการแบ่งส่วนข้อมูลออกเป็นกลุ่มของวัตถุภาพ เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกเชิงวัตถุ

ชุดคำสั่ง (Rule set) ที่ใช้ในการประมวลผลข้อมูลเชิงวัตถุภาพ (object-oriented)	คำอธิบายชุดคำสั่ง
 50 [shape:0.1 compct.:0.5] creating 'I50'  at I50: class 1, class 2, class 3, class 4  0.015 class 4 at I50: merge region  12.527 class 4 at I50: export object shapes	คำสั่งการแบ่งส่วนข้อมูล คำสั่งประมวลผลการจำแนก คำสั่งรวมกลุ่มวัตถุภาพที่จำแนกแล้ว คำสั่งในการแปลงผลการจำแนกไปเป็น shape file
	

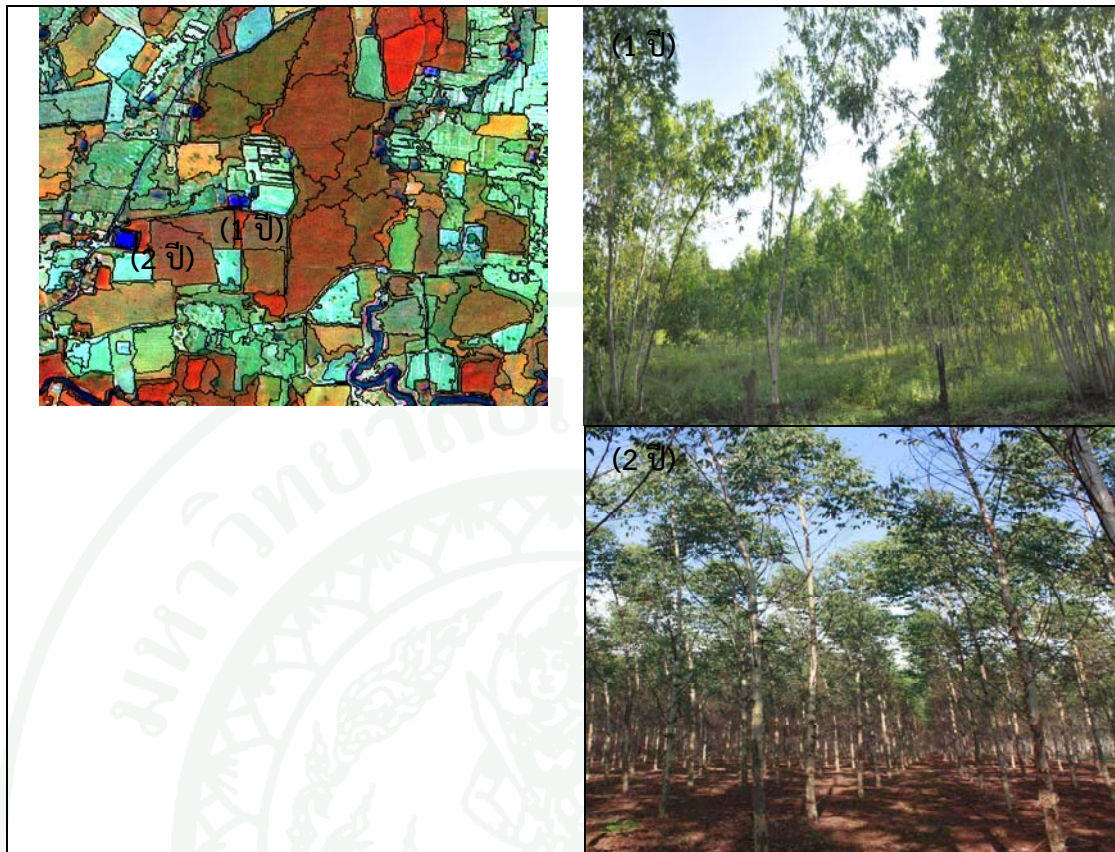
ภาพผนวกที่ ข4 ชุดคำสั่ง (rule set) สำหรับการจำแนกเชิงวัตถุภาพ



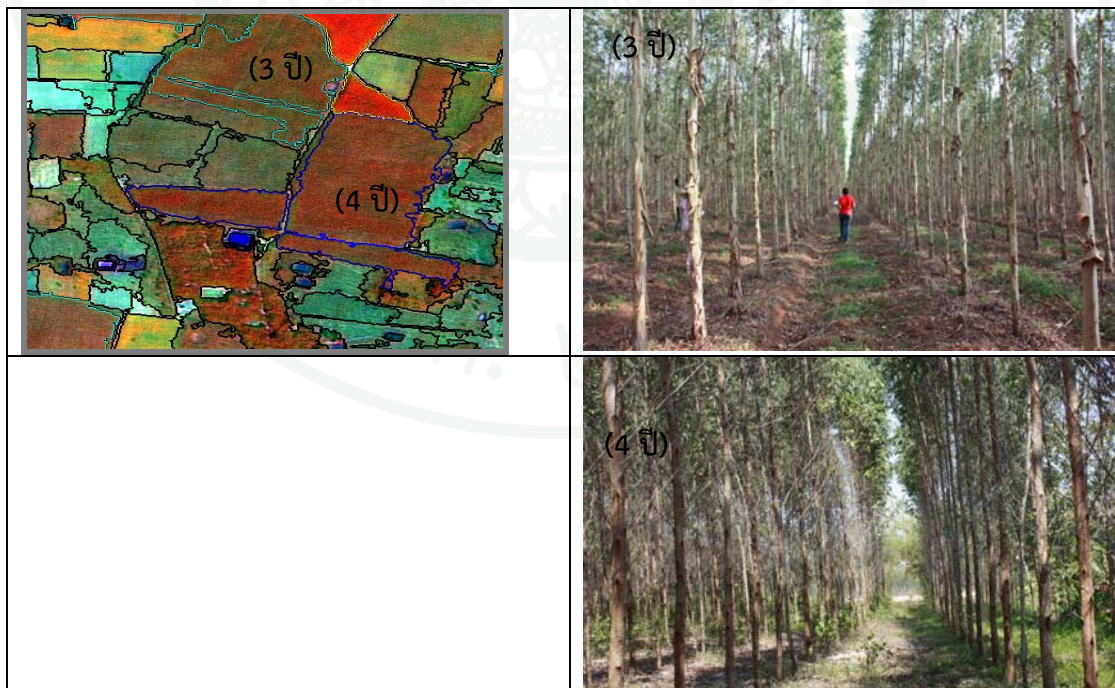
ภาพผนวกที่ ข5 ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุระหว่าง 1-2 ปี



ภาพผนวกที่ ข6 ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7 ชั้นอายุระหว่าง 3-4 ปี



ภาพผนวกที่ ข7 ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธุ์ K51 ชั้นอายุระหว่าง 1-2 ปี



ภาพผนวกที่ ข8 ตัวอย่างพื้นที่ปลูกสร้างสวนป่ายูคาลิปตัสสายพันธุ์ K51 ชั้นอายุระหว่าง 3-4 ปี

ตารางผนวกที่ ข4 จุดสำรวจข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลตัวอย่างสำหรับการจำแนก

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
1	7	1	784694	1509835
2	7	1	788484	1506358
3	7	1	790816	1503244
4	7	2	791904	1521023
5	7	1	785034	1519461
6	7	2	793580	1513903
7	7	2	796244	1513390
8	7	2	776958	1513319
9	7	3	802169	1509980
10	7	3	794974	1509753
11	7	4	788576	1509636
12	7	1	761726	1506425
13	7	3	797563	1505675
14	7	3	797383	1505540
15	7	4	798443	1505369
16	7	2	791913	1504668
17	51	2	781922	1507911
18	51	2	775244	1503112
19	51	2	774631	1499736
20	51	3	790172	1520814
21	51	3	791187	1515803
22	51	3	793276	1512388
23	51	3	794541	1513371
24	51	3	797629	1503394
25	51	4	781878	1512982
26	51	4	782787	1504484
27	51	4	788330	1503895
28	51	4	790499	1513830
29	51	4	800022	1513034

ตารางผนวกที่ ข4 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
30	51	1	778797	1502845
31	51	1	795815	1519620
32	51	2	777346	1503942
33	51	2	800338	1500056

หมายเหตุ: พันธุ์ 7 คือยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K7

พันธุ์ 51 คือยูคาลิปตัสสายพันธุ์ K51

ตารางผนวกที่ ข5 จุดสำรวจข้อมูลเพื่อการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนก

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
1	51	3	788655	1519002
2	51	4	775248	1514955
3	51	4	782062	1515105
4	51	4	775676	1514878
5	51	3	795126	1513193
6	51	4	784877	1512434
7	7	2	789860	1511618
8	51	4	799644	1508995
9	51	4	785481	1507174
10	51	2	789971	1506534
11	51	4	798086	1505738
12	7	2	776770	1505045
13	51	4	798046	1504899
14	51	3	782290	1504643
15	7	1	802369	1504019
16	51	2	794872	1502017
17	51	3	771946	1498942
18	7	3	795291	1520859

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
19	7	2	798859	1520447
20	51	4	794435	1519412
21	7	2	793053	1516888
22	7	1	772882	1512725
23	7	2	797731	1512243
24	7	2	793800	1511586
25	7	2	802173	1509937
26	7	2	796319	1508619
27	51	3	798787	1507065
28	7	2	792685	1505480
29	7	1	761104	1505288
30	7	2	775584	1504474
31	7	4	801690	1504277
32	7	2	793265	1502671
33	7	1	766756	1499051
34	7	1	766487	1498401
35	7	2	772759	1497832
36	7	1	769401	1490103
37	7	3	796937	1520561
38	7	2	784453	1519629
39	7	3	790226	1518949
40	7	2	778839	1517616
41	7	2	802181	1516094
42	7	3	800268	1515021
43	7	2	803098	1514979
44	51	3	794633	1514967
45	7	2	791732	1514541
46	7	2	776958	1514458
47	7	2	777794	1514440

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
48	51	4	792597	1514360
49	7	3	806666	1514248
50	7	3	773246	1514146
51	51	4	795140	1513939
52	7	3	778722	1513185
53	7	3	793369	1512632
54	7	2	779759	1511804
55	7	2	766449	1511123
56	51	3	800274	1509520
57	7	2	772997	1509423
58	7	2	774134	1509383
59	7	2	785077	1509102
60	7	3	798359	1508850
61	7	3	781568	1505667
62	7	2	783139	1502702
63	7	2	793977	1501264
64	7	2	794034	1501364
65	7	1	763638	1497542
66	51	4	784633	1519492
67	7	2	785183	1519115
68	7	3	781519	1517797
69	7	2	779091	1517386
70	51	3	774008	1515693
71	7	2	782760	1514687
72	7	3	788501	1514494
73	7	3	792456	1513584
74	7	3	792140	1513525
75	7	2	784184	1512998
76	7	2	793655	1512793

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
77	7	2	793839	1512672
78	7	4	777559	1512068
79	7	3	784062	1511382
80	7	3	784172	1511340
81	7	2	778998	1509351
82	7	2	772229	1508760
83	7	2	772544	1508774
84	7	2	787088	1508419
85	7	2	774894	1508048
86	7	2	782174	1507139
87	7	2	780292	1505535
88	7	2	779178	1503639
89	7	2	760967	1503113
90	7	2	781709	1501123
91	51	4	796925	1519281
92	51	3	801133	1518099
93	51	3	797432	1517693
94	51	4	799550	1516474
95	51	4	800405	1516503
96	7	2	798011	1516377
97	51	4	799039	1515316
98	51	4	801980	1514161
99	51	3	793332	1513847
100	51	3	800628	1513201
101	51	4	796094	1513093
102	51	4	797563	1512232
103	7	4	768108	1510596
104	51	3	774177	1510331
105	51	4	802550	1510212

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
106	51	3	774879	1509627
107	7	1	786280	1509536
108	51	4	801368	1508130
109	7	2	796396	1506794
110	7	2	803002	1505709
111	7	2	798593	1505138
112	51	1	789634	1504631
113	51	3	795446	1501042
114	7	1	782544	1517806
115	51	3	779467	1517683
116	51	4	779839	1514658
117	7	1	784498	1510778
118	7	3	778967	1510445
119	51	4	769083	1506597
120	51	2	779826	1504547
121	51	4	779395	1502720
122	7	1	806552	1515694
123	7	1	803993	1513881
124	7	3	784821	1513557
125	7	3	783010	1511950
126	7	3	783097	1511908
127	51	2	774360	1499864
128	51	4	785198	1520094
129	51	3	779202	1517126
130	51	3	784214	1516935
131	51	2	796882	1516471
132	51	2	792030	1515881
133	51	2	788643	1514738
134	51	2	786379	1514068

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
135	7	2	783890	1513882
136	51	3	793543	1513624
137	51	4	792904	1512399
138	51	3	762963	1511169
139	51	3	786885	1510736
140	51	4	787029	1510761
141	51	4	773092	1509255
142	7	2	775392	1508698
143	51	2	804279	1507084
144	51	3	782436	1504605
145	51	3	780756	1502745
146	7	4	779770	1502960
147	51	3	780206	1502005
148	7	2	764454	1512138
149	7	2	770223	1511866
150	7	2	772090	1505114
151	7	2	773289	1511673
152	7	2	776439	1504444
153	7	2	777276	1514713
154	7	2	780760	1519249
155	7	2	782146	1502641
156	7	2	783364	1509545
157	7	2	787105	1508630
158	7	2	787110	1508457
159	7	2	792664	1505567
160	7	2	792972	1515634
161	7	2	793258	1514446
162	7	2	794085	1511162
163	7	2	794686	1510302

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
164	7	2	794779	1510487
165	7	2	795222	1516710
166	7	2	796382	1520103
167	7	2	796766	1504843
168	7	2	797405	1500192
169	7	2	798483	1517138
170	7	2	799271	1519344
171	7	2	799660	1508269
172	7	2	800970	1515626
173	7	2	801154	1510264
174	7	2	801518	1516762
175	7	2	801867	1516223
176	7	2	801942	1511739
177	7	2	802271	1504820
178	7	2	802380	1509268
179	7	2	802421	1510582
180	7	2	803994	1508006
181	7	2	804490	1512336
182	7	2	804638	1507967
183	7	2	804661	1514283
184	7	2	806082	1512739
185	51	3	762324	1503988
186	51	3	765081	1511221
187	51	3	766115	1499199
188	51	3	766156	1506909
189	51	3	766990	1499091
190	51	3	767670	1511345
191	51	3	767694	1509104
192	51	3	768364	1497232

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
193	51	3	769646	1510318
194	51	3	771245	1503064
195	7	3	771952	1510740
196	51	3	773094	1514783
197	7	3	773571	1513123
198	51	3	774078	1514178
199	51	3	774833	1509552
200	51	3	775018	1511925
201	51	3	776256	1514840
202	51	3	776254	1511156
203	51	3	776453	1513389
204	51	3	777715	1507279
205	51	3	778135	1502731
206	51	3	778278	1503988
207	7	3	779152	1508866
208	51	3	779652	1504485
209	51	3	781081	1518344
210	7	3	781131	1515974
211	51	3	782042	1504706
212	7	2	782276	1502241
213	7	3	782498	1508413
214	51	3	782512	1510467
215	51	3	782671	1516193
216	7	3	782788	1510882
217	51	3	783562	1502878
218	7	3	784178	1506688
219	7	2	784389	1512765
220	51	3	784598	1504143
221	51	3	789131	1519195

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
222	51	3	790027	1506156
223	7	2	790152	1518075
224	51	3	790900	1515121
225	51	3	790955	1518968
226	7	2	791204	1517802
227	7	3	791625	1517971
228	51	3	791749	1518875
229	51	3	791851	1518840
230	51	3	792322	1514610
231	7	3	792847	1517013
232	51	3	793628	1505303
233	51	3	793769	1505147
234	51	3	794728	1504036
235	7	3	795134	1513228
236	51	3	795458	1514519
237	7	3	795637	1516679
238	51	3	795753	1519113
239	51	3	796292	1517983
240	7	3	796532	1507914
241	51	3	796762	1519581
242	7	3	796882	1508098
243	7	3	797630	1505862
244	51	3	798464	1518283
245	7	2	798539	1505186
246	7	3	798587	1505311
247	7	3	798567	1519916
248	51	3	798753	1518799
249	7	3	798835	1508141
250	51	3	799114	1503731

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
251	7	3	799268	1519247
252	51	3	799605	1511168
253	51	3	799593	1516141
254	51	3	800677	1518264
255	51	3	800940	1511306
256	51	3	801061	1514536
257	7	3	801391	1510995
258	7	3	801673	1519890
259	51	3	801885	1508428
260	51	3	802050	1504795
261	51	3	802324	1511233
262	51	3	802371	1511287
263	51	3	802525	1504846
264	51	3	803361	1509495
265	7	3	804483	1512329
266	51	3	804493	1512410
267	51	3	805224	1514285
268	51	3	805456	1515062
269	51	3	765964	1503506
270	51	4	761389	1503267
271	51	4	769455	1502215
272	51	4	770303	1500543
273	51	4	770884	1511411
274	51	3	770918	1512792
275	7	4	771802	1510494
276	51	4	773253	1498218
277	51	4	777384	1514203
278	51	4	779071	1513119
279	51	4	779048	1512983

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
280	51	3	780287	1502198
281	51	4	780885	1501806
282	51	4	782124	1520118
283	51	4	784396	1519625
284	51	4	785106	1519359
285	51	4	785756	1513352
286	51	4	789176	1507500
287	51	4	789658	1519438
288	51	4	790021	1507241
289	51	4	790250	1514153
290	51	4	790450	1503107
291	51	4	790673	1517842
292	51	4	791197	1517795
293	51	4	791213	1517881
294	51	4	791280	1518662
295	51	4	791806	1514062
296	51	4	792425	1503927
297	51	4	792981	1516943
298	51	4	793370	1517568
299	51	4	794007	1506919
300	51	4	794350	1520269
301	7	4	794396	1520061
302	51	4	794442	1521128
303	51	4	794597	1513187
304	51	4	794640	1513290
305	51	4	794681	1510340
306	51	4	795397	1507901
307	51	4	795580	1510149
308	7	4	795592	1502292

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
309	51	3	795634	1509876
310	51	4	795625	1521206
311	51	4	795774	1518681
312	51	4	796063	1508488
313	51	4	796086	1519454
314	51	4	796515	1521798
315	51	4	796525	1515383
316	51	4	796750	1512424
317	51	4	797181	1508190
318	51	4	797363	1521546
319	51	4	797390	1512620
320	51	4	797897	1517346
321	51	4	797893	1521856
322	51	4	798014	1521715
323	51	4	798323	1516967
324	51	3	798324	1502723
325	51	4	798300	1518247
326	51	4	798617	1512839
327	51	4	798597	1508625
328	51	4	798812	1518156
329	51	4	798977	1510877
330	51	4	799011	1515601
331	51	4	799049	1518514
332	51	4	799024	1515650
333	51	4	799098	1509005
334	51	4	799209	1519052
335	51	4	799339	1516420
336	51	4	799814	1509929
337	51	4	800062	1519347

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

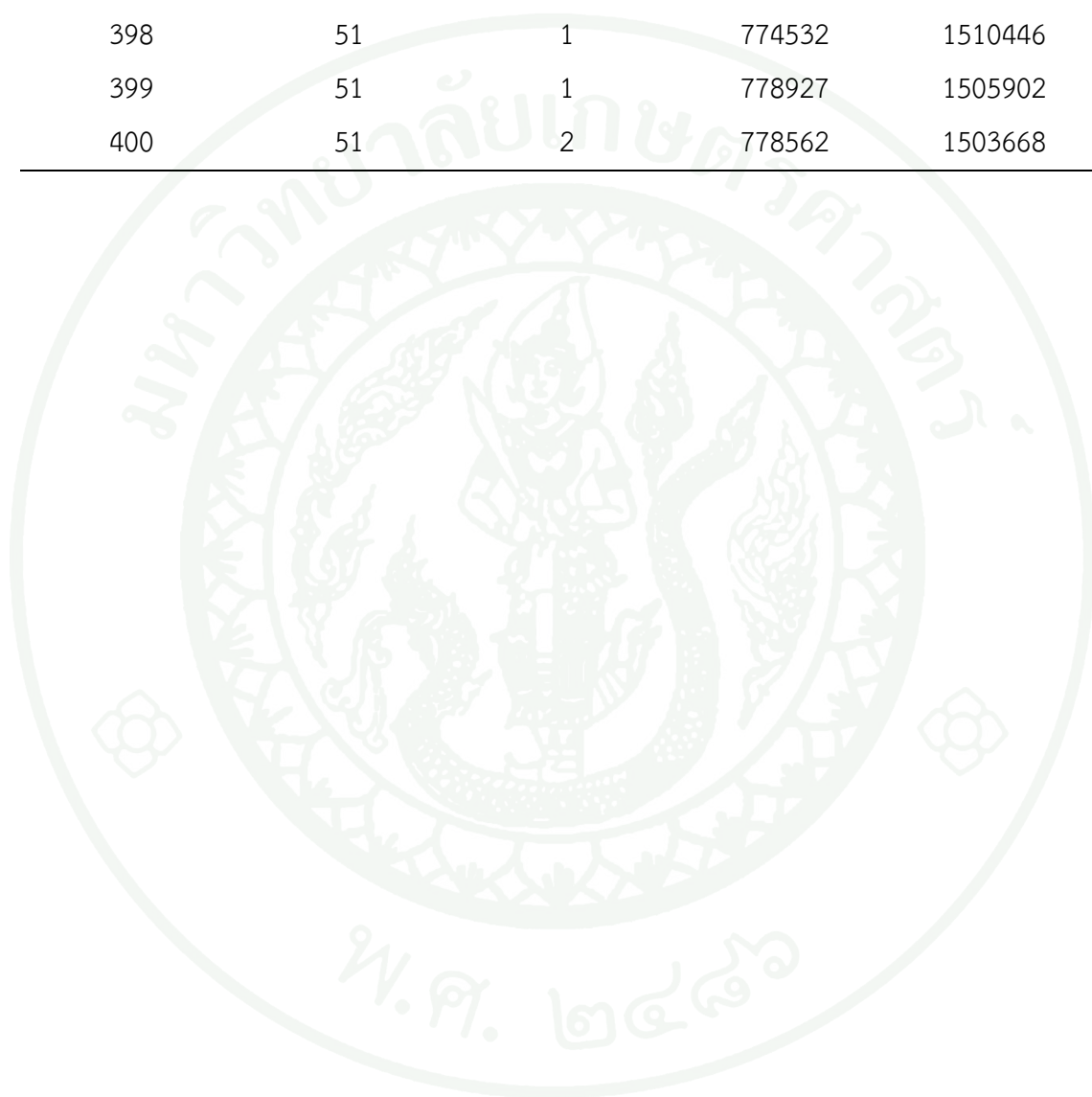
จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
338	51	4	800232	1514842
339	51	4	800592	1513152
340	51	3	801018	1514276
341	51	4	801053	1510991
342	51	4	801040	1502248
343	51	4	801234	1513286
344	51	4	801262	1507527
345	51	4	801762	1504192
346	51	3	801831	1511620
347	51	4	801873	1507415
348	51	4	801962	1511837
349	51	3	801975	1511187
350	51	4	802125	1511479
351	51	4	802353	1510089
352	51	3	802454	1504858
353	51	4	802634	1515494
354	51	4	802841	1509485
355	51	4	803967	1506361
356	51	4	804347	1506283
357	51	4	804962	1507425
358	7	1	779231	1517986
359	7	1	780786	1517789
360	7	1	781002	1517679
361	7	1	783681	1517394
362	7	1	784603	1516526
363	7	1	783990	1513610
364	7	1	783475	1512104
365	7	1	786828	1507269
366	7	1	797545	1500981

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
367	7	1	798490	1500916
368	7	1	802617	1500481
369	7	1	802957	1506143
370	7	1	804486	1512845
371	7	1	793499	1516453
372	7	1	789660	1518900
373	7	1	780948	1518062
374	7	1	763638	1496494
375	7	1	765600	1496761
376	7	1	760491	1505366
377	7	1	794283	1520261
378	7	1	793123	1514618
379	51	1	766989	1504465
380	51	1	767434	1503518
381	51	1	769378	1501269
382	51	1	762444	1502074
383	51	1	761295	1502776
384	51	1	761134	1502592
385	51	1	761634	1502467
386	51	1	765321	1497385
387	51	1	772296	1497690
388	51	1	774083	1499990
389	51	1	774686	1500307
390	51	1	784314	1514103
391	51	1	786582	1518595
392	51	1	787521	1518735
393	51	1	799420	1513037
394	51	1	777251	1507878
395	51	1	770890	1509663

## ตารางผนวกที่ ข5 (ต่อ)

จุด	พันธุ์	อายุ	UTM(E)	UTM(N)
396	51	1	771428	1509046
397	51	1	772187	1509859
398	51	1	774532	1510446
399	51	1	778927	1505902
400	51	2	778562	1503668



## ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นางสาวธัญวรัตน์ อนันต์
วัน เดือน ปี ที่เกิด	10 กันยายน 2515
สถานที่เกิด	จังหวัดนครศรีธรรมราช
ประวัติการศึกษา	ศิลปศาสตรบัณฑิต (คอมพิวเตอร์ธุรกิจ) สถาบันราชภัฏจันทรเกษม พ.ศ. 2543
ตำแหน่งปัจจุบัน	นักภูมิสารสนเทศชำนาญการ
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)