การจำแนกสังคมพืช โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ข้อมูลธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศ กรณีศึกษาป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง

Vegetation Classification Using Remotely Sensed Data, Geomorphometric Terrain and Topographic Parameter: A Case Study of Ngao Demonstration Forest, Lampang Province

คำนำ

การจำแนกสังคมพืชเป็นแนวทางที่นักนิเวศวิทยาพยายามที่จะจัดกลุ่มพรรณพืชที่ปกคลุมพื้นผิวโลก ตามความคล้ายคลึงและความแตกต่างกัน เพื่อศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อมต่าง ๆ เช่น ปัจจัยแวดล้อมทางด้านธรณีสัณฐาน สภาพภูมิประเทศ ในปัจจุบันประเทศไทยมีการจำแนกสังคมพืชในรูปของแผนที่ป่าไม้ ที่จัดทำจากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมเพียงอย่างเดียว ยังไม่มีการจัดทำแผนที่พืชพรรณที่บ่งบอกถึงสถานภาพที่แท้จริงของป่าชนิดนั้น ๆ ในบางพื้นที่ขนาดเล็กมีการจำแนกสังคมพืชด้วยข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ ได้แผนที่ที่สามารถแสดงรายละเอียดของสังคมพืชได้ดี แต่ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศมีน้อย มีเฉพาะบางพื้นที่ การบันทึกข้อมูลไม่ได้ทำอย่างต่อเนื่อง ทำให้ข้อมูลไม่ทันสมัย ไม่ทันเหตุการณ์ โดยเฉพาะสังคมพืชเปลี่ยนตามปัจจัยแวดล้อม อุทิศ (2542) กล่าวว่า ผลจากการศึกษาสังคมพืชเป็นจำนวนมาก ๆ ทำให้นักนิเวศวิทยาพบว่า (1) การรวมตัวกันของชนิดพันธุ์พืชมีการปรากฏซ้ำ กันในพื้นที่ที่มีสภาพปัจจัยแวดล้อมเหมือนกัน แม้ว่าโดยทางสภาพภูมิประเทศจะถูกแยกออกจากกัน (2) แปลงตัวอย่างต่าง ๆ หรือหมู่ไม้จะไม่เหมือนกัน แม้ว่าจะขึ้นอยู่ในปัจจัยแวดล้อมที่คล้ายคลึงกัน กลุ่มตัวอย่างหรือหมู่ไม้จะมีความแปรผันกันไปบ้างไม่มากก็น้อย และ (3) ชนิดพันธุ์ในหมู่ไม้ หรือสังคมมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างต่อเนื่อง หากมีการสำรวจในพื้นที่กว้าง ๆ ในสังคมหลัก ดังนั้น เพื่อให้การศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสังคมพืชและปัจจัยแวดล้อม ได้รับความกระจ่างมากยิ่งขึ้น จึงจำเป็นต้องกำหนดหน่วยสังคมหลักขึ้นมา สามารถศึกษาได้ทั้งในพื้นที่ขนาดเล็กและขนาดใหญ่ โดยนำเอาปัจจัยด้านธรณีสัณฐานและสภาพภูมิประเทศมาใช้ในการจำแนกสังคมพืช ในปัจจุบันเทคโนโลยีทางด้านสารสนเทศภูมิศาสตร์ได้ถูกพัฒนาไปอย่างรวดเร็ว ประกอบกับฐานข้อมูลที่เกี่ยวกับปัจจัยแวดล้อมทางด้านธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศ มีเป็นจำนวนมาก ดังนั้น เราสามารถนำข้อมูลและเทคโนโลยีเหล่านี้มาใช้ในการศึกษาจัดทำแผนที่พืชพรรณที่มีรายละเอียดมากขึ้น

วัตถุประสงค์

1. ปรับปรุงแผนที่สังคมพืชด้วยการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยใช้ปัจจัยแวดล้อมทางด้านธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศ

2. ประเมินความแตกต่างของแผนที่สังคมพืชในบริเวณป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง จากการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศ และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

การตรวจเอกสาร

การจำแนกระบบนิเวศ

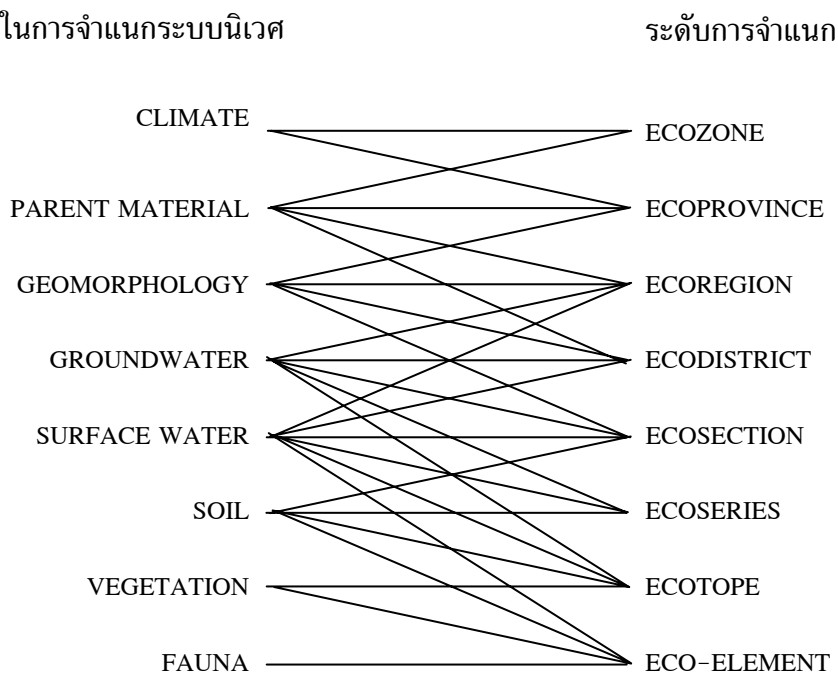
ระบบนิเวศเป็นระบบที่ซับซ้อนที่สามารถอธิบายและจำแนกลักษณะได้หลายประเภท หลายระดับตามขนาดพื้นที่ และมีความสัมพันธ์กันอย่างต่อเนื่อง ทั้งนี้ขึ้นกับขนาดพื้นที่ศึกษา (spatial scale) ดังนั้น การจำแนกระบบนิเวศจึงใช้หลักการของระดับชั้น (hierarchy principle) ในการจำแนกระบบนิเวศ Klijn (1994) ได้กำหนดชื่อและขนาดของพื้นที่โดยประมาณ เพื่อเป็นแนวทางในการจำแนกระบบนิเวศ ดังตารางที่ 1

พื้นผิวโลกสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ มหาสมุทร และทวีป แต่การศึกษาการจำแนกระบบนิเวศส่วนใหญ่จะกล่าวถึงพื้นผิวโลกที่เป็นทวีป เนื่องมาจากเป็นที่รวมการกระทำและการถูกกระทำของปัจจัยสิ่งแวดล้อมที่หลากหลาย ได้แก่ ภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และธรณีวิทยา เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้สามารถนำมาใช้ในการจำแนกระบบนิเวศในระดับต่าง ๆ ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 การจำแนกระบบนิเวศตามลำดับชั้น มาตราส่วนแผนที่ และขนาดพื้นที่ศึกษาที่เหมาะสม

ระดับการจำแนก	มาตราส่วนแผนที่	ขนาดพื้นที่
ECOZONE	เล็กกว่า 1:50,000,000	มากกว่า 62,000 km^2
ECOPROVINCE	1:10,000,000 - 50,000,000	2,500 - 62,500 km^2
ECOREGION	1: 2,000,000 - 10,000,000	100 - 2,500 km^2
ECODISTRICT	1: 500,000 - 2,000,000	625 - 10,000 ha
ECOSECTION	1: 100,000 - 500,000	25 - 625 ha
ECOSERIES	1: 25,000 - 100,000	1.5 - 25 ha
ECOTOPE	1: 5,000 - 25,000	0.25 - 1.5 ha
ECO-ELEMENT	ใหญ่กว่า 1:5,000	น้อยกว่า 2.5 ha

ที่มา: Klijn (1994)



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับการจำแนก และปัจจัยในการจำแนกระบบนิเวศ
ที่มา: Klijn (1994)

ในการจำแนก Ecozone หรือเขตนิเวศ เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศในพื้นที่ขนาดใหญ่ โดยใช้ปัจจัยภูมิอากาศ โดยจำแนกเป็น เขตขั้วโลก (arctic zone) เขตหนาวเย็น (boreal zone) เขตอบอุ่น (temperate zone) เขตเมดิเตอร์เรเนียน (Mediterranean zone) เขตร้อนชื้น (tropical zone)

Ecoprovince เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศ โดยใช้ลักษณะทางธรณีวิทยา สัณฐานวิทยา และภูมิอากาศ เช่น ระบบนิเวศเทือกเขาร็อคกี้ ระบบนิเวศเทือกเขาแอลป์ ระบบนิเวศบริเวณสแกนดิเนเวียน

Ecoregion หรือเขตชีวมณฑล เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศ โดยใช้ลักษณะทางธรณีวิทยาและสัณฐานวิทยาเช่นเดียวกับ Ecoprovince แต่มีการแบ่งย่อยในรายละเอียดมากขึ้น โดยใช้ลักษณะน้ำพื้นผิวดินและระบบน้ำใต้ดิน กองทุนสัตว์ป่าโลก (World Wildlife Fund: WWF) ได้จำแนกเขตชีวมณฑลบนพื้นโลกที่เป็นทวีปออกเป็น 238 เขต (WWF, 2000) ในส่วนของประเทศไทยอยู่ในเขต Tenasserim-South Thailand semi-evergreen rain forests ครอบคลุมพื้นที่ทางภาคใต้และภาคตะวันตก และเขต Northern Thailand-Laos moist deciduous forests ครอบคลุมพื้นที่ลุ่มน้ำแม่โขงบริเวณตอนเหนือของไทยและลาว

Ecodistrict เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศ โดยใช้ลักษณะน้ำพื้นผิวดินและน้ำใต้ดินที่มีอิทธิพลกับวัตถุต้นกำเนิดดิน (parent material) ลักษณะภูมิสัณฐาน เช่น ภูเขาไฟที่มีลักษณะดินในอันดับ Andisols และสามเหลี่ยมปากแม่น้ำมีลักษณะดินในอันดับ Inceptisols

Ecosection เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศ โดยใช้ลักษณะที่แตกต่างกันทางด้านสัณฐานวิทยา ได้แก่ การผุพัง กษัยการ การเคลื่อนย้าย และการทับถม เช่น ที่ราบต่ำในหุบเขา พื้นที่เลนงอก

Ecoseries เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศ โดยใช้ลักษณะความแตกต่างของดินซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญในการเจริญเติบโตของพืช ภายใน ecoseries มีพืชชนิดต่าง ๆ จำนวนมากขึ้นแก่งแย่งกัน เช่น สังคมพืชระยะทดแทน หรือระยะกึ่งถาวร

Ecotope เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศขนาดเล็กในพื้นที่ โดยใช้ปัจจัยความคล้ายกันทางด้านพืชพรรณ ระยะการทดแทน และปัจจัยแวดล้อมที่ไม่มีชีวิตที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช ecotope เปรียบเทียบได้กับหมู่ไม้ (stand) ของการสำรวจป่าไม้ที่เราพบเห็นทั่ว ๆ ไป เช่น สังคมพืชตามร่องน้ำ หรือตามขอบถนน

Eco-element เป็นระบบการจำแนกระบบนิเวศที่เล็กมาก โดยใช้ลักษณะพืชพรรณ เช่น ไม้ที่มีลักษณะเด่นหมู่ไม้ แนวไม้เตี้ย ๆ หรือจอมปลวก ที่มีอยู่เป็นหย่อม ๆ

<u>การจำแนกสังคมพืช</u>

สังคมพืชหมายถึงกลุ่มพืชที่ขึ้นปกคลุมพื้นที่ใดพื้นที่หนึ่ง Kimmins (1997) กล่าวว่า การจำแนกสังคมพืชเป็นวิธีการที่วินิจฉัยสังคมพืชให้แยกจากกันตามความคล้ายคลึง หรือสภาพการขึ้นอยู่ร่วมกันของพืช การจำแนกสังคมพืชดำเนินการได้หลายวิธี เช่น พิจารณาจากโครงสร้างและรูปชีวิต (structure and lifeform) ความเด่นของหมู่ไม้ ความผสมผสาน หรือผลผลิต ซึ่งแต่ละวิธีมีหลักการในการจำแนกพืชพรรณที่ต่างกันออกไป หลักการเหล่านี้ขึ้นอยู่กับ 1) ความสามารถในการเข้าถึงพื้นที่ (accessibility) เพื่อการสังเกตและตรวจวัดในภาคสนาม 2) ความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (significance) ระหว่างสังคมพืชมีหลักการเพื่อที่จะแยกสังคมหนึ่งออกจากสังคมอื่น เช่น ระดับความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของสังคมกับปัจจัยสิ่งแวดล้อม และ 3) ความมีประสิทธิภาพ (effectiveness) ในการอธิบายความแตกต่างของปัจจัยสิ่งแวดล้อม หรือระดับการจำแนกที่ต้องการ

<u>รูปแบบของพืชพรรณ</u>

Zonneveld (1988) จำแนกรูปแบบของพืชพรรณ (pattern of vegetation) ออกเป็น 3 แบบคือ แบบแรก เป็นพืชพรรณที่เกิดขึ้น และไม่ถูกรบกวนจากมนุษย์ เรียกว่า พืชพรรณธรรมชาติ (natural vegetation) แบบที่สอง เป็นพืชพรรณที่เกิดจากการกระทำโดยมนุษย์ เรียกว่า พืชพรรณเพาะปลูก (cultural vegetation) และแบบที่สามเป็นพืชพรรณที่เกิดอยู่ระหว่างแบบที่หนึ่งและแบบที่สองซึ่งมนุษย์ไม่เข้าไปปลูกโดยตรง แต่มีการจัดการเพื่อใช้ประโยชน์อย่างใดอย่างหนึ่ง เรียกว่า พืชพรรณกึ่งธรรมชาติ (semi-natural vegetation) เช่น ทุ่งหญ้าตามธรรมชาติ ป่าไม้ และอื่น ๆ ส่วน Dombois and Ellenberg (1974) ได้จำแนกรูปแบบของสังคมพืชทางนิเวศวิทยาออกเป็น 2 รูปแบบดังนี้

1. สังคมพืชตามธรรมชาติ (natural community complexes) หมายถึง สังคมพืชพรรณในธรรมชาติที่มีการเปลี่ยนแปลงตามสภาพพื้นที่และปัจจัยแวดล้อม ซึ่งรูปแบบของสังคมจะปรากฏให้เห็นชัดเจนมีขอบเขตที่แน่นอน หรือเกิดต่อเนื่องกันไป (pattern or mosaic) สังคมพืชตามธรรมชาติมักมีองค์ประกอบที่หลากหลาย และมีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อมอย่างซับซ้อน ทำให้เกิดลักษณะเฉพาะของสังคม เรียกสังคมที่เกิดในลักษณะนี้ว่า community complex โดย Du Rietz (1930) ได้ทำการศึกษา และจำแนก community complex ออกเป็น 4 แบบ โดยใช้ปัจจัยระดับความซับซ้อนของสังคมและความผันแปรของภูมิประเทศ ดังนี้

1.1 Mosaic-complex เป็นสังคมพืชที่เกิดเองตามธรรมชาติ มีขนาดเล็ก และผันแปรต่อเนื่องหรือสลับกันไป

1.2 Zonation-complex เป็นสังคมพืชที่เกิดขึ้นในบริเวณพื้นที่เล็ก ๆ แสดงให้เห็นเป็นแนวเขตที่ชัดเจน เช่น การแบ่งพืชในบริเวณชายน้ำ กลางน้ำ และริมฝั่งแม่น้ำ

1.3 Vegetation region สังคมพืชที่เกิดและกระจายในบริเวณกว้าง เช่น tundra complex, tropic complex เป็นต้น

1.4 Vegetation belt เป็นสังคมพืชที่เกิดบริเวณขอบเขตของสังคมพืชขนาดใหญ่ ซึ่งมีความสัมพันธ์กับความสูง เช่น central european lowland belt เป็นต้น

2. สังคมพืชเกษตรกรรม (community complex of the cultivated landscapes) เป็นสังคมพืชที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การบุกรุก หรือเปลี่ยนแปลงสังคมพืชตามธรรมชาติให้เป็นสังคมเกษตรกรรม สามารถแบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

2.1 Replacement communities เป็นสังคมพืชที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์โดยนำพืชอื่นไปแทนที่พืชที่เกิดในสังคมตามธรรมชาติ

2.2 Contact communities คือ ลักษณะสังคมพืชที่เกิดขึ้นจาก replacement communities ที่เกิดต่อเนื่องกันไปในภูมิประเทศแห่งใดแห่งหนึ่ง

<u>โครงสร้างสังคมพืช</u>

โครงสร้างสังคมพืชเป็นการศึกษาการจัดเรียงตัวของพรรณพืชที่มีความสัมพันธ์กับปัจจัยแวดล้อม การศึกษาโครงสร้างสังคมพืชทำให้เราทราบถึงองค์ประกอบชนิดพันธุ์ (species composition) และการคงอยู่ของสังคม (persistence) ซึ่ง Dombois and Ellenberg (1974) ได้จัดแบ่งโครงสร้างของสังคมพืช ไว้ 3 แบบ คือ

1. โครงสร้างตามแนวดิ่ง (vertical structure) ได้แก่ การศึกษาลำดับชั้นเรือนยอดของสังคมพืช ทำให้ทราบถึงความสำคัญของพรรณพืชหลักในแต่ระดับชั้นเรือนยอดได้

2. โครงสร้างตามแนวราบ (horizontal structure) ได้แก่ การศึกษาขอบเขตการกระจายของพืชพรรณ Kershaw (1973) ได้แบ่งการกระจายของพืชพรรณตามแนวราบเป็น 3 แบบ คือ กระจายไปตามสภาพแวดล้อม (environmental pattern) กระจายตามกลุ่มสังคมพืชที่อาศัยร่วมกัน (sociological pattern) และกระจายอันเนื่องมาจากสรีระวิทยาของพืชเอง (morphological structure)

3. โครงสร้างทางด้านปริมาณ (quantitative structure) ได้แก่ การศึกษาทางด้านความมากมาย (abundance) และค่าดัชนีความสำคัญ (Importance Value Index) ของพืชแต่ละชนิดในสังคม

นอกจากนี้ Mueller and Ellenberg (1974) กล่าวว่า ยังมีโครงสร้างของสังคมพืชที่เปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (structure in time) เช่น การทดแทนของสังคมพืช (succession) จากพื้นที่เปิดโล่งไปเป็นสังคมพืชที่จุดสมดุล (climax community)

เชาวลิต (2525) กล่าวถึง การศึกษาด้านป่าไม้ในเขตร้อนเพื่อศึกษาพรรณไม้ทั้งหมดแล้วนำมาจำแนกชนิดป่าเป็นเรื่องยุ่งยากมาก เนื่องจากไม่ทราบชนิดพันธุ์ไม้ทุกชนิด ดังนั้นต้องเน้นหนักทางด้านลักษณะโครงสร้างป่า และลักษณะพืชพรรณมากกว่าเน้นทางด้านชนิดไม้ อย่างไรก็ตาม การศึกษาชนิดไม้อาจเน้นไม้ดัชนีที่บ่งบอกชนิดป่าได้ ซึ่งใช้ได้ดีกับพื้นที่ที่มีความแตกต่างของความสูงจากระดับน้ำทะเลมาก ๆ แต่สำหรับพื้นที่ที่ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงระดับความสูง และ

เป็นพื้นที่ขนาดใหญ่ การศึกษาควรใช้วิธีอื่นประกอบ เช่น การสำรวจจากระยะไกล (remote sensing) เพื่อทำการแบ่งแยกอย่างกว้าง ๆ

<u>การจำแนกระบบนิเวศป่าไม้ในประเทศไทย</u>

อุทิศ (2542) ได้จำแนกสังคมพืชคลุมดินของประเทศไทยโดยปรับปรุงระบบของ ศ. ดร. เต็ม สมิตินันท์ ที่กำหนดขึ้นเมื่อ พ.ศ. 2509 โดยใช้ลักษณะทางสรีระที่เห็นได้ภายนอกของต้นไม้เด่นที่ปรากฏในสังคม (physiognomic characters) ได้แก่ การผลัดใบและการไม่ผลัดใบของสังคมพืชเป็นหลัก ในการจำแนกชนิดป่าในระดับย่อยลงไปจะใช้ลักษณะพื้นที่ สภาพดิน ปริมาณน้ำฝน ความสูงจากระดับน้ำทะเล เป็นต้น เพื่อบรรยายสังคมพืช ดังตารางที่ 2

<u>ตารางที่ 2</u> การจำแนกชนิดป่าไม้ของประเทศไทย

สังคมพืช	ปัจจัยที่ใช้จำแนก/คำอธิบาย
ป่าไม่ผลัดใบ	พืชพรรณส่วนใหญ่ไม่ผลัดใบทิ้งในช่วงฤดูแล้ง
ป่าชายเลน	พื้นที่ที่น้ำทะเลท่วมถึง ลักษณะดินเป็นเลน พืชพรรณปรับโครงสร้างขึ้นได้บนดินที่ขาดออกซิเจน ไม้ดัชนีได้แก่ไม้สกุลโกงกาง แสม ลำพู ลำแพน
ป่าพรุน้ำจืด	พื้นที่ลุ่มมีน้ำจืดท่วมขัง ในช่วงฤดูแล้งน้ำอาจจะแห้งแต่ดินยังชื้นจัด เป็นดินพีท (peat) ดินและน้ำมีเป็นกรดจัด พืชส่วนใหญ่มีพูพอนและรากหายใจ
ป่าชายหาด	พื้นที่ชายฝั่งทะเลที่น้ำทะเลท่วมไม่ถึง ดินเป็นทรายจัดค่อนข้างเค็ม มีไอเค็มจากทะเลพัดเข้าถึง พืชส่วนใหญ่ทนเค็มและคดงอด้วยแรงลม
ป่าดงดิบชื้น	ฝนตกต่อเนื่องมากกว่า 8 เดือน ปริมาณน้ำฝนมากกว่า 1,600 มิลลิเมตร/ปี ดินค่อนข้างลึกเก็บความชื้นได้ดี ไม้ดัชนีได้แก่ไม้วงศ์ยาง
ป่าดงดิบแล้ง	มีช่วงแห้งแล้งยาวนาน 3-4 เดือน ดินเหนียว ค่อนข้างลึก มีไม้ผสมระหว่างไม้ผลัดใบและไม่ผลัดใบ ไม้ดัชนีได้แก่ยางแดง ยางนา มะค่าโมง ตะแบก
ป่าสนเขา	ไม้สนสองใบหรือ/และสนสามใบเป็นไม้เด่น สภาพอากาศค่อนข้างเย็นยาวนาน
ป่าดงดิบเขา	ไม้ดัชนีได้แก่ไม้วงศ์ก่อ พื้นที่อยู่บนยอดเขาสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 1,200 เมตร

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สังคมพืช	ปัจจัยที่ใช้จำแนก/คำอธิบาย
ป่าผลัดใบ	พืชพรรณส่วนใหญ่ผลัดใบทิ้งในช่วงฤดูแล้ง
ป่าผสมผลัดใบ	ไม้ดัชนีได้แก่ไม้สัก ไผ่ ดินลึกมีหินปนอยู่ที่ผิวดินเล็กน้อย
ป่าเต็งรัง	ไม้ดัชนีได้แก่ ไม้เต็ง รัง เหียง พลวง กราด มีช่วงแล้งจัดมากกว่า 4 เดือน เกิดไฟป่าเป็นประจำ ดินตื้นมีหินโผล่
ป่าทุ่ง	ไม้พุ่มผสมกับหญ้า เป็นหญ้าใบแบนสูงมากกว่า 80 เซนติเมตร เกิดไฟป่าทุกปี
ทุ่งหญ้าเขตร้อน	ขนาดพื้นที่กว้างมีหญ้าปกคลุมมากกว่า 10 เท่าของความสูงต้นไม้ที่ปรากฏอยู่ ความสูงของหญ้าไม่เกิน 80 เซนติเมตร

ที่มา: อุทิศ (2542)

ในปี พ.ศ. 2543 กรมป่าไม้จัดทำโครงการแผนที่ป่าไม้ระบบมาตรฐานขึ้น เพื่อจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินทั่วประเทศ เน้นการจำแนกสังคมพืชป่า โดยการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Landsat 5-TM สีผสมเท็จ (false color composite) แบนด์ 4, 5, 3 (R, G, B) ขนาดมาตราส่วน 1:50,000 ด้วยสายตา (visual interpretation) โดยอาศัยปัจจัยการรู้จักวัตถุ (object recognition) ประกอบด้วย สีและวรรณะ (color and tone) รูปทรง (shape) รูปแบบ (pattern) ขนาด (size) ความหยาบละเอียด (texture) ที่ตั้งและสิ่งแวดล้อม (site and environment) และข้อมูลประกอบจากแผนที่ภูมิประเทศ เพื่อแปลตีความลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายจากดาวเทียมสามารถจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ออกเป็น 16 ประเภท ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ป่าประเภทต่าง ๆ ในประเทศไทยที่จำแนกด้วยข้อมูลภาพจากดาวเทียม Landsat 5-TM

ชนิดป่า	ลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม
1. ป่าดิบชื้น	สีแดงเข้ม มีความหยาบละเอียดมาก (เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าคลองแสง)
2. ป่าดิบแล้ง	สีแดงอมส้ม มีความหยาบละเอียดมาก (เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าเขาอ่างฤาไน)
3. ป่าดิบเขา	สีแดงเข้มอมส้ม มีความหยาบละเอียดมาก พบในบริเวณความสูงมากกว่า 800 เมตร (อุทยานแห่งชาติดอยอินทนนท์)

ตารางที่ 3 (ต่อ)

ชนิดป่า	ลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม
4. ป่าสน	สีแดงปนเขียวอ่อน (เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าอมก๋อย)
5. ป่าพรุ	สีแดงเข้ม มีความหยาบละเอียดน้อย พบในบริเวณที่มีน้ำท่วมขัง (ป่าพรุโต๊ะแดง)
6. ป่าชายเลน	สีแดงปนม่วง พบในบริเวณน้ำเค็มท่วมถึง (อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง)
7. ป่าบุ่ง-ป่าทาม	สีเทาเข้มปนเขียว พบอยู่บริเวณริมแม่น้ำ (แม่น้ำมูล จังหวัดอุบลราชธานี)
8. ป่าชายหาด	สีแดงเป็นริ้วหรือแนวเส้น บนชายหาด (อำเภอคุระบุรี จังหวัดพังงา)
9. ป่าเบญจพรรณ	สีส้มปนน้ำตาล ความหยาบละเอียดมาก (เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง)
10. ป่าไผ่	สีเหลืองอมส้ม ความหยาบละเอียดน้อย (อุทยานแห่งชาติทับลาน)
11. สวนสัก	สีเขียวปนส้ม ความหยาบละเอียดน้อย (สวนป่าเกริงกระเวีย จังหวัดกาญจนบุรี)
12. สวนป่าสนสองใบ	สีแดงอ่อนถึงเข้ม (บริเวณดอยตุง จังหวัดเชียงราย)
13. สวนป่าสนสองใบ	สีแดงอ่อนถึงเข้ม (บริเวณดอยตุง จังหวัดเชียงราย)
14. สวนป่ายูคาลิปตัส	สีน้ำตาลอ่อนปนแดง รูปทรงเป็นแปลง (บริเวณที่ราบ จังหวัดสระแก้ว)
15. สวนป่าไม้กระยาเลย	สีแดงอ่อนถึงเข้ม รูปทรงเป็นแปลง (สวนป่าลาดกระทิง จังหวัดฉะเชิงเทรา)
16. ป่ารุ่นที่สองที่เกิดจากการทดแทนตามธรรมชาติ	สีน้ำตาลอ่อนปนสีเขียว (เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าทุ่งใหญ่นเรศวร: ตะวันออก)

ที่มา: ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ กรมป่าไม้ (2544)

การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้ครั้งนี้ มีข้อจำกัดเรื่องความละเอียดสูงสุดเชิงพื้นที่ (pixel resolution) ที่ 30 เมตร และแปลตีความโดยสายตา ไม่ได้นำปัจจัยแวดล้อมอื่น เช่น ลักษณะดิน สภาพภูมิประเทศ ฯลฯ มาพิจารณา นอกจากนี้ได้มีการปรับปรุงคุณภาพของข้อมูลด้วยเทคนิคของการเน้นภาพ (image enhancement) เพื่อทำให้ภาพมีความเด่นชัด และได้ข้อมูลที่ต้องการง่ายต่อการแปลตีความด้วยสายตา ในขณะเดียวกันก็ทำให้ข้อมูลบางส่วนจางลงและถูกละเลยในการแปลตีความ

อุทิศ (2542) สามารถจำแนกชนิดป่าในประเทศไทยในระดับย่อย (ตารางที่ 2) โดยการบรรยายจากลักษณะของพืชพรรณ ภูมิประเทศที่ปรากฏ ไม้ดัชนี เช่น ป่าผสมผลัดใบสามารถแบ่งเป็นสังคมย่อยได้ 3 สังคม ได้แก่ 1) ป่าผสมผลัดใบระดับสูงชื้น มีไม้สักเป็นไม้ดัชนีหลัก 2) ป่าผสมผลัดใบระดับสูงแล้ง ลักษณะทั่วไปเหมือนป่าผสมผลัดใบระดับสูงชื้นแต่ไม่มีไม้สักปรากฏอยู่ 3) ป่าผสมผลัดใบระดับต่ำ ไม่มีไม้สักปรากฏอยู่ ขึ้นอยู่ในระดับต่ำ ซึ่งมีความละเอียดมากกว่าแผนที่ชนิดป่าไม้ที่ได้จากข้อมูลจากภาพถ่ายจากดาวเทียม ซึ่งเป็นค่าการสะท้อนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของวัตถุที่ปกคลุมผิวโลก ดังนั้น หากสามารถนำปัจจัยแวดล้อม เช่น ปัจจัยด้านธรณีสัณฐาน ลักษณะดินและหิน สภาพภูมิประเทศ ฯลฯ มาใช้ประกอบการจำแนกสังคมพืชจะทำให้ได้ข้อมูลแผนที่ป่าไม้ที่มีรายละเอียดและถูกต้องตรงกับความเป็นจริงมากขึ้น

Klinka and Krajina (1986) ได้จำแนกระบบนิเวศป่าไม้ในบริเวณเชิงเขาใกล้ชายฝั่งของมหาวิทยาลัยบริติชโคลัมเบีย ประเทศแคนาดา โดยในลำดับแรกได้ใช้ข้อมูลจากการจัดกลุ่มพืชพรรณด้วยวิธีอนุกรมวิธาน แล้วนำปัจจัยด้านลักษณะพื้นที่ได้แก่ พื้นที่บนภูเขาสูง ที่ลาดเชิงเขา และที่ราบในหุบเขา ลักษณะและคุณสมบัติของดิน สามารถจำแนกระบบนิเวศป่าไม้ออกเป็นหน่วยต่าง ๆ เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการจัดการพื้นที่ป่าคุ้มครองและพื้นที่ป่าเพื่อผลผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ

<u>การทำแผนที่พืชพรรณ</u>

ประมาณ (2541) กล่าวว่า แผนที่คือ สิ่งที่แสดงลักษณะต่าง ๆ บนพื้นผิวโลก ทั้งที่เป็นอยู่ตามธรรมชาติ และที่มนุษย์ปรุงแต่งขึ้นลงในแผ่นกระดาษ หรือวัตถุที่แบนราบ หรือแผ่นรองรับใด ๆ ก็ได้ ตามขนาดมาตราส่วนที่กำหนดขึ้น นอกจากนี้เจิมศักดิ์ (2523) ได้ให้นิยามแผนที่ไว้ว่า แผนที่เป็นภาพเขียนที่จำลองลักษณะของภูมิประเทศ ทั้งโลกหรือบางส่วนของโลก โดยเขียนจากผิวโค้งลงบนพื้นที่ราบด้วยการใช้มาตราส่วน (scale) สัญลักษณ์ (symbol) และคำอธิบายสัญลักษณ์ (legend)

แผนที่ที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่มากมายหลายชนิด หากแบ่งตามลักษณะการใช้งานและชนิดของรายละเอียดที่แสดงในแผนที่สามารถแบ่งออกเป็น 1) แผนที่ทั่วไป โดยปกติใช้เป็นแผนที่ฐาน

(base map) สำหรับสร้างแผนที่เฉพาะเรื่อง และใช้งานทั่วๆไป เช่น แผนที่ภูมิประเทศ 2) แผนที่เฉพาะเรื่อง (thematic map) สร้างขึ้นบนแผนที่ฐาน แสดงคุณลักษณะของสิ่งต่างๆ ที่เราต้องการเฉพาะเรื่องเพิ่มเติมลงไป เช่น แสดงลักษณะชั้นดิน ลักษณะพืชพรรณ ปริมาณน้ำฝน จำนวนประชากร เป็นต้น

Kimmins (1987) กล่าวว่า แผนที่พืชพรรณสามารถแสดงลักษณะและรายละเอียดของสังคมพืชที่สัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ (physical environments) ภูมิอากาศ และปัจจัยแวดล้อมอื่นๆ การทำแผนที่พืชพรรณอาจทำจากแผนที่สังคมพืชที่มีอยู่ก่อน หรือทำจากแผนที่อื่นๆ เช่น แผนที่ชั้นความสูง แผนที่ภูมิอากาศ แผนที่ดิน และแผนที่สังคมพืชเอง โดยสามารถนำแผนที่ต่างๆ เหล่านั้นมาวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ได้แผนที่ตามต้องการ

แผนที่พืชพรรณทางนิเวศวิทยา (ecological vegetation map) หมายถึง แผนที่ใดๆ ที่สามารถแสดงให้เห็นการตอบสนองของพืชพรรณต่อภูมิประเทศและสิ่งแวดล้อมที่พืชต้องการ (Kuchler, 1988) ซึ่งประกอบด้วยคุณลักษณะ 2 ประการ คือ รูปแบบการกระจายของสังคมพืช และลักษณะรูปร่างและองค์ประกอบของที่อยู่อาศัย ทั้งนี้ การจัดทำแผนที่ ผู้ศึกษาต้องทราบหลักนิเวศวิทยา และผลกระทบของปัจจัยในพื้นที่ต่อพืชพรรณก่อนการจัดทำ ถ้าใช้ความสัมพันธ์ระหว่างพืชพรรณกับปัจจัยแวดล้อม สามารถแบ่งแยกแผนที่พืชพรรณออกเป็น 2 แบบ คือ แผนที่ที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างพืชพรรณกับปัจจัยแวดล้อมเพียงหนึ่งปัจจัย (single quality ecological vegetation maps) และแผนที่ที่สร้างจากความสัมพันธ์ระหว่างพืชพรรณกับปัจจัยแวดล้อมหลายปัจจัย (multi-quality ecological vegetation maps)

ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Burrough and McDonnell (1997) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสูงสำหรับการจัดเก็บข้อมูล การเรียกใช้ข้อมูล การแปลงข้อมูล และการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ปรากฏจริงบนพื้นโลก (real world) เพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ การใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ในการแสดงข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ปรากฏอยู่ของโลกจะต้องประกอบด้วย 3 ส่วน 1) รูปลักษณะของพื้นที่ (feature) และตำแหน่งที่บอกค่าพิกัดอ้างอิง 2) การบรรยายคุณลักษณะของข้อมูล (attribute) เช่น สี ราคา ค่า pH และ 3) ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงพื้นที่กับคำบรรยายข้อมูล หรือ การสร้างโทโปโลยี (topology)

ลักษณะของข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ข้อมูล (data) หมายถึง ค่าสังเกต ค่าจากการจดบันทึกคุณสมบัติของวัตถุต่างๆ ข้อมูลเหล่านี้ไม่มีความหมาย ถ้าไม่ได้ดำเนินการวิเคราะห์/แปลความหมาย ข้อมูลที่ได้แปลความหมาย

แล้วเรียกว่า information หรือสารสนเทศ (สุเพชร, 2544) ซึ่งสามารถแบ่งข้อมูลออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลเชิงพื้นที่ (spatial data) เป็นข้อมูลที่สามารถอ้างอิงกับตำแหน่งทางภูมิศาสตร์ (geo-referenced) และข้อมูลเชิงบรรยาย (attribute or non-spatial data) เป็นข้อมูลเกี่ยวกับคุณลักษณะต่าง ๆ ในพื้นที่นั้น ๆ (สุพรรณ, 2534)

รูปแบบในการจัดเก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ ข้อมูลแบบเชิงภาพ (raster) และข้อมูลแบบเชิงเส้น (vector) ข้อมูลเชิงภาพจะใช้ตารางสี่เหลี่ยมจัตุรัส หรือกริด (grid) แทนลักษณะของพื้นที่ ถ้าต้องการรายละเอียดของข้อมูลมากใช้ตารางกริดขนาดเล็ก แต่ถ้าไม่ต้องการรายละเอียดมากจะใช้ตารางกริดขนาดใหญ่ โดยการจัดเก็บข้อมูลแบบนี้จะใช้ค่าพิกัดกำหนดจากตำแหน่งของแถว (row) และสดมภ์ (column) ข้อมูลที่เกิดจะให้ภาพเรียกว่า image โดยพื้นที่ที่เหมือนกันจะมีค่าตัวเลข (digital values) ที่เท่ากัน ตัวอย่างข้อมูล raster เช่น ภาพถ่ายจากดาวเทียม เป็นต้น

ข้อมูลเชิงเส้นใช้แทนลักษณะของพื้นที่โดยรูปลักษณะ (feature) ที่ปรากฏอยู่บนผิวโลก 3 ลักษณะคือ รูปแบบของจุด (point feature) รูปแบบเส้น (line feature) และรูปแบบของพื้นที่ (area feature) ซึ่งถูกกำหนดโดยจุดพิกัด ซึ่งประกอบด้วยจุดพิกัดทางแนวราบ (X, Y) และ/หรือแนวดิ่ง (Z) ถ้าเป็นพิกัดตำแหน่งเดียวก็จะเป็นค่าของจุด ถ้าจุดพิกัดสองจุดหรือมากกว่าก็เป็นเส้น ส่วนพื้นที่นั้นจะต้องมีจุดมากกว่า 3 จุดขึ้นไป และจุดพิกัดเริ่มต้นและจุดพิกัดสุดท้ายจะต้องอยู่ตำแหน่งเดียวกัน (สุเพชร, 2544)

เนื่องมาจากการพัฒนาทางด้านเทคโนโลยี 2 สาขา 1) การพัฒนาการและการใช้ประโยชน์ GIS มีกระบวนการจัดการข้อมูล คือการนำเข้าข้อมูล การจัดเก็บข้อมูล การเรียกใช้ข้อมูล การยักย้ายถ่ายเทข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล และการนำเสนอข้อมูล ที่เป็นรูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ของพื้นผิวโลก 2) การพัฒนาการของเครื่องวัดระยะทางอิเลคทรอนิคในการสำรวจ และระบบหาพิกัดบนพื้นผิวโลก (Global Positioning System: GPS) ซึ่งทำให้การทำแผนที่มาตราส่วนใหญ่สามารถทำได้รวดเร็วขึ้น

รูปแบบเชิงพื้นที่ของพื้นผิวสภาพภูมิประเทศถูกสร้างขึ้นในหลาย ๆ วิธี ได้แก่ DEM (Digital Elevation Model) ซึ่งเป็นลำดับของกลุ่มตัวเลขที่แทนการแจกแจงเชิงพื้นที่ โดยสามารถคำนวณหาส่วนประกอบภูมิประเทศได้จาก DEM ข้อมูลที่คำนวณได้ ได้แก่ ความลาดชัน (slope) ทิศทางด้านลาด (aspect) ความโค้ง (curve) ภาพหน้าตัดของความโค้ง เป็นต้น คุณลักษณะเหล่านี้เป็นดัชนีบ่งบอกลักษณะการเปลี่ยนแปลงเชิงพื้นที่ (Huggett, 2003)

การศึกษาลักษณะธรณีสัณฐานและสภาพภูมิประเทศโดยใช้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

Robenso *et al.* (1995) กล่าวว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์สามารถแสดงข้อมูลภาพ 3 มิติของลักษณะภูมิประเทศที่มีการเปลี่ยนแปลงอย่างต่อเนื่อง เช่น ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลึกจากผิวน้ำ ซึ่งสามารถสร้างจากเส้นชั้นความสูงได้ ซึ่งเราเรียกรูปแบบข้อมูลนี้ว่า แบบจำลองภูมิประเทศเชิงตัวเลข หรือ DEM ซึ่งเป็นคำที่ใช้กันทั่วไปในระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ แต่คำว่า ภูมิประเทศ (topography) ไม่ได้หมายถึงเฉพาะระดับความสูงเท่านั้นแต่อาจหมายถึงลักษณะอื่น ๆ ของภูมิทัศน์ด้วย เช่น ความเรียบ (smooth) ความหยาบละเอียด (roughness) DEM มีความสำคัญมากสำหรับผู้ใช้ข้อมูลเชิงพื้นที่ในการศึกษาลักษณะภูมิประเทศ การสร้าง DEM ภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ สามารถทำได้โดยการนำเส้นชั้นความสูงไปซ้อนทับบนกริด และอ่านค่าจุดตัดของกริดกับเส้นชั้นความสูง ต่อจากนั้นจึงทำการคำนวณความสูงของแต่ละกริดโดยวิธีการคณิตศาสตร์ ข้อมูลจาก DEM สามารถนำมาคำนวณหา ความลาดชัน (slope) และทิศด้านลาด (aspect) (ERDAS, 2002 ; Huggett, 2003)

การสร้าง DEM สามารถใช้ algorithms ได้หลายวิธี ได้แก่ วิธี Triangulated Irregular Network (TIN) เป็นวิธีสร้างโครงข่ายสามเหลี่ยมที่มีขนาดเล็กที่สุดจากค่าความสูง 3 จุด ที่อยู่ใกล้กัน จะได้พื้นผิวที่ไม่ต่อเนื่อง มีทิศด้านลาด และความลาดชัน ต่างกัน แต่วิธี Spline จะได้พื้นผิวที่ต่อเนื่องและราบเรียบกว่า เนื่องจากเป็นการนำตารางกริดขนาดเล็กไปซ้อนบนเส้นชั้นความสูง แล้วคำนวณค่าความสูงของแต่ละกริด โดยพิจารณาค่าความสูงรอบ ๆ กริดนั้นด้วย ค่าความสูงแต่ละกริด จึงแตกต่างกัน (วันชัย และยงยุทธ, 2544)

การสำรวจทรัพยากรป่าไม้ด้วยภาพถ่ายจากดาวเทียม

การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล (Remote Sensing) หมายถึง วิทยาศาสตร์ และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่หรือปรากฏการณ์จากเครื่องมือบันทึกข้อมูลโดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ทั้งนี้อาศัยคุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นสื่อในการได้มาของข้อมูลใน 3 ลักษณะ คือ ช่วงคลื่น (spectral) รูปทรงสัณฐานของวัตถุบนพื้นผิวโลก (spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (temporal) (สุรชัย, 2536)

องค์ประกอบที่สำคัญของการสำรวจข้อมูลระยะไกล คือ คลื่นแสงซึ่งเป็นพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติไม่ว่าเป็นพลังงานที่ได้จากดวงอาทิตย์ หรือเป็นพลังงานจากตัวเอง ซึ่งระบบการสำรวจข้อมูลระยะไกลโดยอาศัยพลังงานแสงธรรมชาติ เรียกว่า passive remote sensing ส่วนระบบบันทึกที่มีแหล่งพลังงานที่สร้างขึ้น และส่งไปยังวัตถุเป้าหมาย เรียกว่า active remote sensing เครื่องมือที่ใช้วัดค่าพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุ เรียกว่า เครื่องวัดจากระยะไกล (remote sensor) หรือ เครื่องวัด (sensor) เช่น กล้องถ่ายรูป หรือ

เครื่องสแกนเนอร์ (scanner) และยานพาหนะที่ใช้ติดตั้งเครื่องวัด เรียกว่า ยานสำรวจ (platform) ได้แก่ เครื่องบิน หรือดาวเทียม

การแปลตีความ และการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image interpretation and analysis) สามารถดำเนินการได้ 2 วิธีการ คือการแปลตีความด้วยสายตา (visual interpretation) และการวิเคราะห์และประมวลผลเชิงตัวเลข (digital analysis and processing)

การวิเคราะห์ข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยสายตา (visual interpretation) หรือการแปลตีความหมาย (photographic interpretation) หมายถึง การวินิจฉัย (identification) ว่าสิ่งที่เห็นควรเป็นสิ่งใด หรือน่าจะเป็นอะไร ดังนั้น จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาวิเคราะห์ (analyze) อย่างมีระบบเพื่อจะนำข้อมูล (data) และสารสนเทศ (information) จากหลายด้านมาประกอบกันเพื่อช่วยระบุว่าสิ่งที่เห็นในภาพนั้นน่าจะเป็นอะไรในพื้นที่จริง การแปลภาพถ่ายดาวเทียมจะอาศัยลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม คือ รูปร่าง รูปแบบการจัดเรียง สี ที่ตั้ง และสิ่งแวดล้อมข้างเคียง เป็นปัจจัยสำคัญในการแปลตีความ นักแปลภาพที่ดีควรมีคุณสมบัติดังนี้ ความรู้ภูมิหลัง (background) เรื่องการสำรวจข้อมูลระยะไกล มีความสามารถของสายตา (visual acuity) ในการพิจารณาแยกแยะสีและรูปแบบของภาพที่ปรากฏบนภาพถ่ายดาวเทียม ความสามารถของจิตใจ (mental acuity) และประสบการณ์ (experience) ในการตัดสินใจ (ประสพชัย, 2536) ข้อมูลที่ได้จากการแปลด้วยสายตาจะเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ (qualitative) ซึ่งไม่สามารถวัดออกมาเป็นค่าที่แน่นอนได้ อาจจะออกมาในรูปของ ดี เลว หรือเป็นเปอร์เซ็นต์ กล่าวคือการแปลภาพถ่ายดาวเทียมด้วยสายตาไม่สามารถวัดออกมาเป็นเชิงปริมาณได้ทันที (สุพรรณ, 2534)

การวิเคราะห์ และประมวลผลเชิงตัวเลข (digital analysis and processing) จะเป็นการนำเครื่องคอมพิวเตอร์มาช่วยในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าทางสถิติ หรือทฤษฎีทางสถิติเป็นตัวตัดสินใจ กระบวนการวิเคราะห์ และประมวลผลข้อมูลดาวเทียม สามารถแยกออกได้ดังนี้

การเตรียมข้อมูลก่อนทำการวิเคราะห์ (preprocessing) ประกอบด้วยกระบวนการปรับแก้ความผิดพลาดทางคลื่น (radiometric correction) การแก้ไขความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (geometric correction) ของภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องตรงกับข้อเท็จจริงบนพื้นผิวโลก

การเน้น หรือการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม (image enhancement) จะประกอบด้วยกระบวนการ ปรับแก้ระดับสีเทา (contrast stretching) การกรองข้อมูล (spatial filtering) เพื่อความชัดเจนของข้อมูล

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอย่างยิ่งก่อนการแปลความหมายข้อมูล คือ การเปลี่ยนแปลงตาม

ช่วงเวลา (multi – temporal approach) เนื่องจากวัตถุบางชนิดอาจเปลี่ยนแปลงไปตามฤดูกาล หรือช่วงเวลา ดังนั้น การวิเคราะห์ข้อมูล หรือติดตามการเปลี่ยนแปลง (monitoring) จำเป็นจะต้องใช้ข้อมูลจากหลายช่วงเวลามาใช้เปรียบเทียบเพื่อความถูกต้อง และชัดเจนมากขึ้น การเปลี่ยนแปลงตามช่วงคลื่น (multi – spectral approach) วัตถุแต่ละชนิดมีค่าการสะท้อน หรือดูดซับพลังงานที่แตกต่างกัน การวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ข้อมูลช่วงคลื่นเดียวอาจจะจำแนกประเภทวัตถุได้ไม่ดี จึงจำเป็นต้องใช้ข้อมูลหลายช่วงคลื่นในการวิเคราะห์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากข้อมูลที่ได้จากการสำรวจระยะไกลมีระดับความหยาบละเอียดแตกต่างกัน เช่น ข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม Landsat 5 TM มีความละเอียด (resolution) 30 x 30 เมตร ข้อมูลจากดาวเทียม Spot มีความละเอียด 20 x 20 เมตร ดังนั้น ในการวิเคราะห์ข้อมูลจึงควรมีระดับที่เหมาะสมกับระดับความหยาบละเอียดของข้อมูล (multilevel or multistage approach) ซึ่งการแปลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา และวิเคราะห์ด้วยคอมพิวเตอร์ มีขั้นตอนที่คล้ายกัน ยกเว้นวิธีการแปลความหมาย

ในกระบวนการจำแนกประเภท (classification) ข้อมูลจากการสำรวจระยะไกล เป็นการจำแนกข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่น โดยกระบวนการจัดจำแนกจุดภาพให้เข้าไปอยู่ในชั้นแต่ละชั้น (class) อย่างอิสระที่อิงค่าของจุดภาพ (Erdas,2002) สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (2540) ได้ให้คำจำกัดความของคำว่า การจำแนกประเภท คือ การจัดระดับจุดภาพที่มีคุณลักษณะคล้ายกันออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยมีวัตถุประสงค์ เพื่อแยกวัตถุประเภทต่าง ๆ ที่มีอยู่ในภาพออกจากกัน ระดับเหล่านี้เรียกว่า ประเภท (class) การจำแนกประเภททำได้โดยอาศัยคุณลักษณะทางคลื่น (spectral) ลักษณะเชิงพื้นที่ (spatial) และการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลา (temporal) Lillesand and Kiefer (1994) กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการจำแนกข้อมูลภาพด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อจำแนกจุดภาพที่มีอยู่ในข้อมูลภาพ ให้เข้ากับชั้นข้อมูลสิ่งปกคลุมดิน โดยทั่วไปแล้วข้อมูลภาพหลายช่วงคลื่นจะแสดงลักษณะของการสะท้อนแสงในแต่ละจุดภาพด้วยค่าของตัวเลขที่เป็นค่าการสะท้อนแสงที่แตกต่างไปตามลักษณะของวัตถุ ลักษณะที่นำมาจำแนกข้อมูลภาพ คือ

Spatial pattern recognition เป็นการใช้ความรู้ในรูปแบบเชิงพื้นที่ในการจำแนกข้อมูลภาพ โดยอาศัยความสัมพันธ์เชิงพื้นที่ของจุดภาพ ในการจำแนกจะพิจารณา ความหยาบละเอียด ขนาด รูปร่าง จุดภาพข้างเคียง ทิศทางการเรียงตัว ของข้อมูลภาพนั้น ๆ

Temporal pattern recognition ใช้ความรู้ในรูปแบบของช่วงเวลาในการจำแนกข้อมูลภาพ ซึ่งจะอาศัยการเปลี่ยนแปลงของช่วงเวลาช่วยในการจำแนกข้อมูลภาพ เช่น ป่าเต็งรังจะมีการผลัดใบในฤดูแล้ง เป็นต้น

Campbell (1996) กล่าวถึงการจำแนกประเภทว่าเป็นการกำหนดวัตถุ ลักษณะหรือพื้นที่ลงไปในชั้นข้อมูล ซึ่งจะอยู่บนพื้นฐานของสิ่งที่ปรากฏในข้อมูลภาพนั้นสามารถที่จะแบ่งตามระดับความถูกต้องของการจำแนกประเภทได้ 3 ระดับ คือ 1) Detection เป็นระดับการตัดสินใจว่า

ปรากฏ หรือ ไม่ปรากฏ ของวัตถุ 2) Recognition เป็นระดับการรู้จักวัตถุ รูปร่าง ซึ่งสามารถที่จะกำหนดหรือทำการแบ่งแยกตามชั้นของการจำแนกได้ และ 3) Identification เป็นระดับการพิสูจน์ถึงวัตถุหรือรูปร่างที่สามารถจำเพาะเจาะจง ถึงรายละเอียดของวัตถุ ทำให้สามารถแยกชั้นได้อย่างละเอียด

ในการจำแนกประเภทวัตถุมักจะมีข้อผิดพลาดแฝงอยู่เสมอ ในการแปลตีความด้วยสายตาจะมีข้อผิดพลาดที่เกิดจากการละเลยการแปลตีความ การแปลตีความที่เกินความเป็นจริง ความผิดพลาดอันเนื่องมาจากการปรับแก้ทางเรขาคณิต ความผิดพลาดจากรายละเอียดในการแปลตีความ ฯลฯ สำหรับการจำแนกด้วยคอมพิวเตอร์นั้นมักจะเกิดความผิดพลาดที่เนื่องมาจากค่าการสะท้อนแสงของแต่ละวัตถุต่างประเภทที่อยู่ติดกันหรือใกล้กัน ทำให้การจำแนกประเภทผิดพลาดตามไปด้วย เนื่องจากจุดภาพของวัตถุเหล่านั้นที่จะถูกจำแนกให้เข้าไปอยู่ในชั้นเดียวกันต้องมีขอบเขตของค่าการสะท้อนแสงที่ใกล้เคียงกัน และต้องมีขนาดใหญ่เพียงพอที่จะจำแนกได้ ดังนั้น ลักษณะที่มีผลต่อความผิดพลาดจากการจำแนกด้วยคอมพิวเตอร์ คือ ขนาดของจุดภาพ ความแปรผันของจุดภาพ ขนาดพื้นที่ที่จำแนก ข้อกำหนดในการจำแนก จำนวนจุดภาพต่อ รูปร่างของจุดภาพ ข้อแตกต่างระหว่างค่าทางเรขาคณิตและค่าเชิงคลื่นของจุดภาพรอบข้าง เป็นต้น

<u>คุณลักษณะของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat-7 ETM+</u>

ดาวเทียม Landsat-7 ETM+ ถูกพัฒนาโดย 3 หน่วยงาน คือ NASA, NOAA และ USGS โดย NASA รับผิดชอบด้านการพัฒนาตัวดาวเทียม อุปกรณ์ จรวดส่งดาวเทียมและระบบควบคุมภาคพื้นดิน ตลอดจนการส่งดาวเทียมขึ้นสู่วงโคจร การตรวจสอบการโคจรและการปรับเทียบอุปกรณ์ NOAA รับผิดชอบด้านระบบปฏิบัติการของดาวเทียมทั้งหมด ตลอดอายุการโคจร ส่วน USGS รับผิดชอบด้านการรับสัญญาณข้อมูล การผลิตข้อมูล การเก็บรักษาข้อมูล และการแจกจ่ายข้อมูล ดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ถูกส่งขึ้นสู่วงโคจรโดยจรวด McDonald Douglas Delta II จากฐานทัพอากาศ Vandenberg มลรัฐแคลิฟอร์เนีย ประเทศสหรัฐอเมริกา เมื่อวันที่ 15 เมษายน 2542

ตารางที่ 4 รายละเอียดคุณลักษณะดาวเทียม Landsat 7 ETM+

คุณลักษณะ	รายละเอียด
ความยาว	159 นิ้ว
เส้นผ่าศูนย์กลาง	108 นิ้ว
ขนาดแผงรับพลังงานแสงอาทิตย์	89 นิ้ว x 296 นิ้ว
น้ำหนัก	2,150 กิโลกรัม (4,730 ปอนด์)
ความสูงของการโคจร	705 กิโลเมตร
ลักษณะการโคจร	สัมพันธ์กับดวงอาทิตย์โดยผ่านขั้วโลก
เอียงทำมุมกับแกนโลก	98.2 องศา
เวลาท้องถิ่นในการบันทึกข้อมูล	10:00 น.
เวลาในการโคจรรอบโลก 1 รอบ	98.9 นาที
บันทึกข้อมูลซ้ำที่เดิม	ทุก 16 วัน
ระบบบันทึกข้อมูล	ETM+ (Enhanced Thematic Mapper Plus)
รายละเอียดภาพ	30, 60, 15 เมตร
ความกว้างของภาพ	185 กิโลเมตร
อายุการทำงาน	5 ปี

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2546)

ตารางที่ 5 ค่าความคมชัดของช่วงคลื่นต่าง ๆ ข้อมูลจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+

แบนด์	ช่วงคลื่น	ความยาวคลื่น (ไมครอน)	ค่าความละเอียด (เมตร)
1	สีน้ำเงิน-เขียว	0.450-0.515	30
2	สีเขียว	0.525-0.605	30
3	สีแดง	0.630-0.690	30
4	อินฟราเรดใกล้	0.775-0.900	30
5	อินฟราเรดคลื่นสั้น	1.550-1.750	30
6	อินฟราเรดคลื่นยาว (ความร้อน)	10.40-12.50	60
7	อินฟราเรดคลื่นสั้น	2.090-2.350	30
PAN	สีเขียว-อินฟราเรดใกล้	0.520-0.900	15

ที่มา: สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน) (2546)

ผลการศึกษาวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมพื้นที่(land cover) ในประเทศจีน โดยการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม AVHRR ซึ่งมีรายละเอียดของข้อมูล 1 x 1 กิโลเมตร ร่วมกับข้อมูลทางด้านธรณีกายภาพ(geophysical data) ในระยะเวลา 2 ทศวรรษที่ผ่านมา มีการศึกษาเป็นจำนวนมาก Liu *et al.* (2003) โดยใช้ข้อมูลดัชนีพืชพรรณ(vegetation index) จากการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม AVHRR และข้อมูลภูมิประเทศทางด้านกายภาพ (เช่น ภูมิอากาศ ความสูง) ข้อมูลภูมิอากาศ (อุณหภูมิเฉลี่ยรายปี และปริมาณหยาดน้ำฟ้ารายปี) เพื่อจัดทำแผนที่การใช้ที่ดินและประเภทของพื้นที่ในมาตราส่วนขนาดใหญ่ โดยแบ่งประเทศจีนออกเป็น 9 เขตภูมิอากาศ และใช้ข้อมูลประเภทการใช้ที่ดินที่ได้มาจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat TM เพื่อประเมินความถูกต้องแผนที่ที่ได้จากการจำแนกโดยใช้ข้อมูลดาวเทียม AVHRR และข้อมูลภูมิประเทศ ปรากฏว่ามีค่าความถูกต้องสูงถึง 81 เปอร์เซนต์ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลดาวเทียม AVHRR และข้อมูลภูมิอากาศเหมาะสมกับการทำแผนที่ประเภทที่ดินในมาตราส่วนใหญ่ในประเทศจีน

ผลการศึกษาวิจัยข้างต้นแสดงให้เห็นว่า หากนำข้อมูลการสำรวจจากระยะไกลมาใช้ร่วมกับข้อมูลทางด้านกายภาพ เช่น สภาพอากาศ สภาพดิน และรูปแบบการกระจายของพืชพรรณ จะช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของการแปลความหมายข้อมูลภาพจากดาวเทียม และมีส่วนช่วยอย่างมากในการเพิ่มความถูกต้อง การจำแนกประเภทที่ดิน คณะผู้วิจัยเสนอว่า ในอนาคตการปรับปรุงการจำแนกประเภทที่ดิน โดยการจัดหาข้อมูลด้านภูมิประเทศใหม่ ๆ เช่น ความลาดชัน ความหยาบละเอียดของพื้นที่ที่มีความละเอียดมาก ๆ มาศึกษาความสัมพันธ์กับพืชพรรณที่ปรากฏ

ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat Thematic Mapper (TM) เป็นเทคนิคที่ใช้สืบเนื่องกันมาในการจำแนกประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ แต่มีข้อจำกัดเรื่องความละเอียดสูงสุดเชิงพื้นที่ที่ 30 เมตร ในการศึกษากระบวนการทางด้านนิเวศวิทยานักนิเวศวิทยาต้องการจะจำแนกสิ่งปกคลุมดินให้มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงยิ่ง ๆ ขึ้นไป ดังนั้น Joy *et al.* (2003) ได้สร้างแบบจำลองของชนิดพืชพรรณในพื้นที่ป่าธรรมชาติ Kaibab ที่อยู่ทางตอนเหนือของรัฐอริโซนา ประเทศอเมริกา ที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่ 10 เมตร โดยใช้ข้อมูลภาคสนาม สารสนเทศของภูมิประเทศ และข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat TM เป็นตัวแปร ในการจัดกลุ่มชนิดพืชพรรณด้วยในภาคสนาม

การศึกษาครั้งนี้ใช้ผลรวมของพื้นที่หน้าตัดและสัดส่วนพื้นที่หน้าตัดต่อชนิดพันธุ์และตัวแปรช่วยข้างต้น เพื่อใช้ในการสร้างจัดกลุ่ม decision tree เพื่อจำแนกชนิดพืชพรรณ ออกเป็น 8 กลุ่ม และประเมินความถูกต้องของแผนที่พืชพรรณ โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลจากแหล่งที่มาที่แตกต่างกัน พบว่าแผนที่พืชพรรณมีความถูกต้องรวม (overall accuracy) 74.5 เปอร์เซนต์ คณะผู้วิจัยสรุปว่า

วิธีการจำแนกแบบ non-parameter ครั้งนี้ สามารถแยกประเภทพืชพรรณตามความเด่นในพื้นที่ศึกษาที่มีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงได้สำเร็จ

อนุสรณ์ (2545) ศึกษาการประมาณค่าความหนาแน่นของเรือนยอดหมู่ไม้ด้วยข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 TM บริเวณป่าสาธิตงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการคำนวณค่าดัชนีต่าง ๆ ดังตารางที่ 4 และสร้างเป็นแผนที่ เมื่อเปรียบเทียบการหาค่าความหนาแน่นของเรือนยอดจากแผนที่กับความหนาแน่นของเรือนยอดจากกล้องถ่ายภาพ ปรากฏว่าไม่มีความแตกต่างทางสถิติ

เมื่อนำแผนที่ความหนาแน่นของเรือนยอดหมู่ไม้ไปวิเคราะห์ร่วมกับการจำแนกสังคมพืชจะทำให้การจำแนกมีรายละเอียดและมีความแม่นยำเพิ่มมากขึ้น เช่น ในสังคมป่าดิบชื้นอาจจะถูกแยกย่อยเป็นชั้น ๆ ตามความหนาแน่นของเรือนยอด เป็นต้น

กัมปนาท (2546) ศึกษาการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert Systems) บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ เปรียบเทียบกับวิธี Supervise classification ปรากฏว่า วิธีระบบผู้เชี่ยวชาญได้ค่าความถูกต้องโดยรวมสูงกว่า แต่ให้ผลความน่าเชื่อถือต่ำในบางประเภทที่ดิน เช่น ป่าผสมผลัดใบ ป่าสนเขา ป่าไผ่ พื้นที่เกษตรกรรม เนื่องจากไม่ได้นำปัจจัยที่มีผลต่อการปรากฏชนิดป่าและการประจายของพืชพรรณบางปัจจัยเข้ามาพิจารณาในการจำแนก

ตารางที่ 6 ค่าดัชนีจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

ค่าดัชนี	คำอธิบาย
ดัชนีความเป็นพืชพรรณ(Normalized Differential Vegetation Index)	ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีแดง และช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้
2) ดัชนีความเป็นดิน (Bare Soil Index)	ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีแดง ช่วงคลื่นอินฟาเรดใกล้ และช่วงคลื่นอินฟาเรดกลาง
3) ดัชนีความร้อน (Thermal Index)	ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นความร้อน
4) ดัชนีความเป็นเงาต้นไม้ (Shadow Index)	ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สีเขียว และสีแดง
5) ดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณ (Vegetation Density)	ข้อมูลดัชนีความเป็นพืชพรรณ และดัชนีความเป็นดิน
6) ดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาต้นไม้ (Scaled Shadow Index)	ข้อมูลดัชนีความเป็นพืชพรรณ ดัชนีความเป็นดิน ดัชนีความร้อน และดัชนีความเป็นเงาต้นไม้
7) ความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้ (Canopy Density)	ดัชนีความหนาแน่นของพืชพรรณ และดัชนีมาตรฐานความเป็นเงาต้นไม้

ที่มา: อนุสรณ์ (2545)

ข้อมูลทั่วไปของพื้นที่ศึกษา

ความเป็นมา

โครงการพัฒนาป่าต้นแบบเพื่อการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนในภูมิภาคเอเชีย (2544) กล่าวว่า ป่าสาธิตงาว เป็นป่าโครงการไม้สักหน่วยที่ 25 ซึ่งเป็นป่าโครงการชั่วคราวและผ่านการทำไม้ในรูปสัมปทานมาแล้ว เมื่ออายุสัมปทานทำไม้ในป่านี้สิ้นสุดลงแล้ว กรมป่าไม้มีความประสงค์ที่จะวางโครงการป่าไม้แห่งนี้ให้เป็นป่าโครงการถาวรตามหลักวิชาการ เพื่อให้เป็นแบบอย่างของการวางโครงการทำไม้ในประเทศไทยต่อไป ป่าสาธิตงาว แบ่งพื้นที่ดำเนินการออกเป็น 4 เซคเตอร์ คือ แม่งาว แม่แหง แม่หวด และแม่ตีบ (ภาพที่ 2)

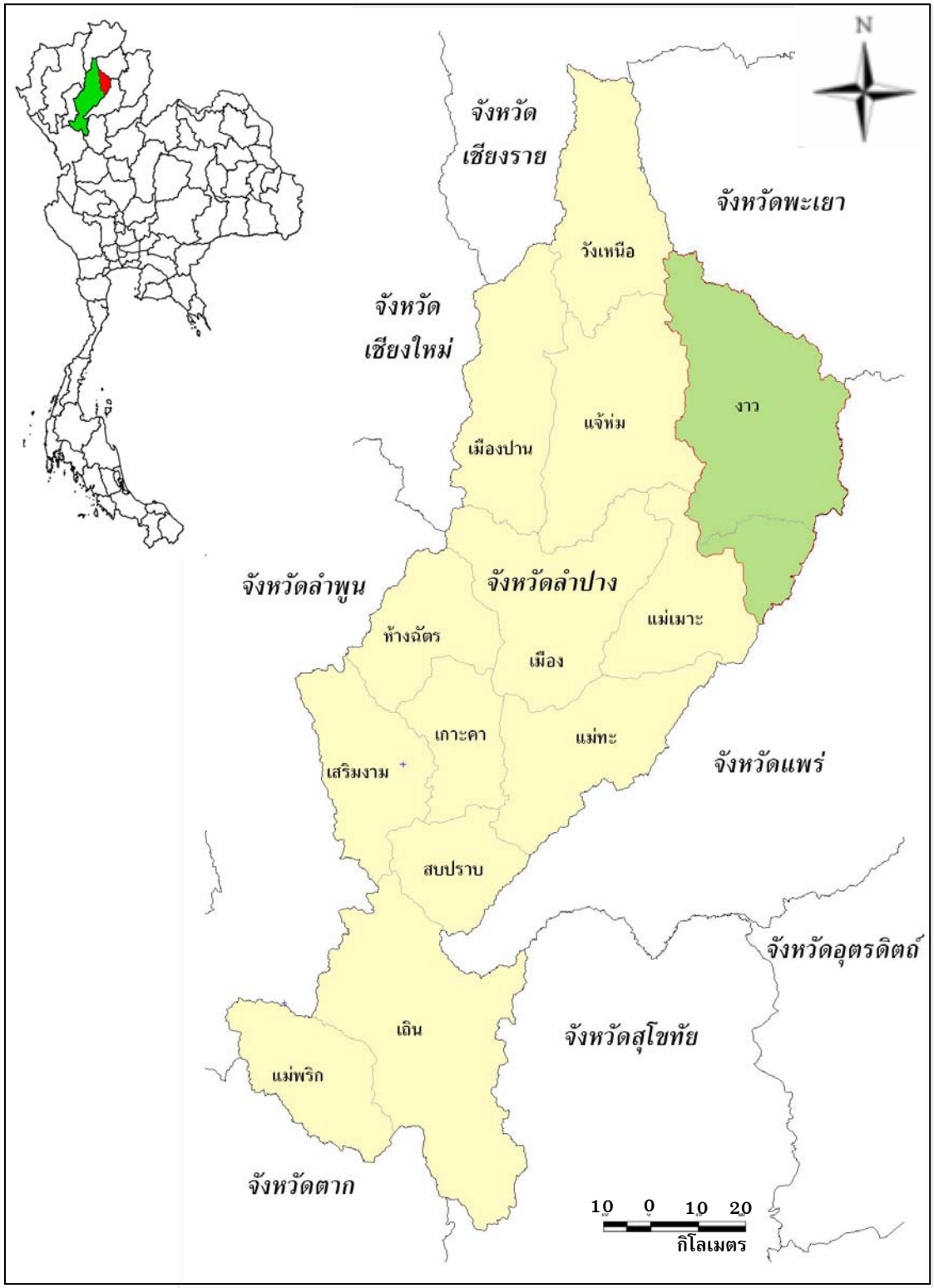
ที่ตั้ง

ป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง มีพื้นที่ทั้งหมดประมาณ 1,751.59 ตารางกิโลเมตร ตั้งอยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 18 องศา 20 ลิปดา และ 19 องศา 5 ลิบดาเหนือ กับเส้นแวงที่ 99 องศา 45 ลิปดา และ 100 องศา 5 ลิบดาตะวันออก โดยพื้นที่ส่วนใหญ่ตั้งอยู่ในอำเภองาว จังหวัดลำปาง (ภาพที่ 2) และมีอาณาเขตติดต่อโดยรอบ ดังนี้

ทิศเหนือ จรด	อำเภอเมือง	จังหวัดพะเยา
ทิศตะวันออก จรด	อำเภอสอง	จังหวัดแพร่
ทิศใต้ จรด	อำเภอแม่เมาะ	จังหวัดลำปาง
ทิศตะวันตก จรด	อำเภอแจ้ห่ม และอำเภอวังเหนือ	จังหวัดลำปาง

ลักษณะทางภูมิศาสตร์

ลักษณะพื้นที่โดยรอบเป็นภูเขาสูงประกอบด้วยแนวเขาที่สำคัญ 2 แนวตั้งอยู่ในแนวเหนือ – ใต้ คือแนวเขาด้านทิศตะวันตก โดยมีพื้นที่ราบอยู่ตอนกลาง ซึ่งเป็นพื้นที่เกษตรกรรมและที่อยู่อาศัยของราษฎร และแนวเขาตั้งอยู่ในท้องที่อำเภองาว นอกจากนี้ยังมีเทือกเขาขึ้นเป็นหย่อม ๆ ทางตอนใต้ ความสูงจากระดับน้ำทะเลอยู่ระหว่าง 200–1,400 เมตร มีแม่น้ำหลัก 3 สาย คือ แม่น้ำแม่งาว แม่น้ำแม่หวด และแม่น้ำแม่ตีบ



ภาพที่ 2 ที่ตั้งป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง

ที่มา: โครงการศึกษาการเตรียมติดตั้งระบบการติดตามอย่างต่อเนื่องสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน (พ.ศ. 2542)

ลักษณะทางธรณีวิทยาและปฐพีวิทยา

บริเวณพื้นที่ป่าสาธิตงาว เกิดจากแปรสภาพมาเป็นเวลานานจนภูเขาส่วนใหญ่ได้ผุพังสลายกลายเป็นดิน สภาพดั้งเดิมเป็นภูเขาหินปูน (limestone) และภูเขาหินทราย (sandstone) มีการผุพังสลายเป็นดินร่วนปนทราย มีทรัพยากรแร่ที่สำคัญได้แก่ แร่ดินขาว แร่ถ่านหิน และแร่แมงกานีส

สภาพดินทั่วไปบริเวณพื้นที่ป่าสาธิตงาวมีการกระจายของชุดดินต่าง ๆ เป็นดินดีที่เหมาะสมแก่การเจริญเติบโตของต้นไม้โดยเฉพาะไม้สัก โดยส่วนใหญ่เป็นดินร่วนปนทรายซึ่งเกิดจากหินปูน มีการระบายน้ำดี มีปริมาณธาตุแคลเซียมและฟอสฟอรัสในอัตราส่วนค่อนข้างสูง ลักษณะดินที่ปรากฏมีจำนวน 14 กลุ่มชุดดิน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 คุณสมบัติดินในพื้นที่ศึกษา

ลำดับที่	ชื่อกลุ่มชุดดิน	คุณสมบัติ
1	กลุ่มชุดดินที่ 7	เนื้อดินเหนียว เกิดจากตะกอนลำน้ำ พบบริเวณพื้นที่ราบเรียบ เป็นดินลึก การระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง
2	กลุ่มชุดดินที่ 15	เนื้อดินร่วนเหนียว หรือร่วนเหนียวปนทรายแป้ง เกิดจากตะกอนลำน้ำ พบบริเวณพื้นที่ราบเรียบ เป็นดินลึกมาก การระบายน้ำค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำถึงปานกลาง
3	กลุ่มชุดดินที่ 21	เนื้อดินร่วนปนทราย หรือร่วนเหนียวปนทราย เกิดจากตะกอนลำน้ำ พบบนส่วนต่ำของสันดินริมน้ำ เป็นดินลึก การระบายน้ำดีปานกลางถึงค่อนข้างเลว มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง
4	กลุ่มชุดดินที่ 29	เนื้อดินเหนียว เกิดจากตะกอนลำน้ำหรือเกิดจากการสลายตัวผุพังของดินหลายชนิดที่มีเนื้อละเอียด พบบริเวณที่ดอนที่เป็นลอนลูกคลื่นจนถึงเนินเขา ความลาดชันประมาณ 3-25 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก การระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติค่อนข้างต่ำ
5	กลุ่มชุดดินที่ 31	เนื้อดินเหนียว เกิดจากการสลายตัวผุพังของวัตถุหายชนิด พบบริเวณที่ดินที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชัน ความลาดชันประมาณ 3-20 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก การระบายดีปานกลางถึงดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง
6	กลุ่มชุดดินที่ 33	เนื้อดินร่วนปนทรายแป้ง เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ พบบนสันดินริมน้ำเก่าและเนินตะกอนรูปพัด ความลาดชันประมาณ 2-12 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึกมาก การระบายน้ำดีปานกลางถึงดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง
7	กลุ่มชุดดินที่ 38	เนื้อดินร่วน หรือร่วนปนทรายละเอียด เกิดจากวัตถุต้นกำเนิดดินพวกตะกอนลำน้ำ พบบนสันดินริมน้ำที่ค่อนข้างราบเรียบ ความลาดชันประมาณ 0-2 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก การระบายน้ำดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง
8	กลุ่มชุดดินที่ 40	เนื้อดินร่วนปนทราย เกิดจากตะกอนลำน้ำหรือเกิดจากการสลายตัวผุพังของหินเนื้อหยาบ พบบริเวณพื้นที่ค่อนข้างราบเรียบจนถึงพื้นที่ราบเชิงเขา ความลาดชันประมาณ 2-35 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินลึก การระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ลำดับที่	ชื่อกลุ่มชุดดิน	คุณสมบัติ
9	กลุ่มชุดดินที่ 46	เนื้อดินเหนียวปนกรวดหรือปนลูกรัง พบบริเวณที่ดินที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชัน ความลาดชันประมาณ 5-20 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินตื้น การระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ
10	กลุ่มชุดดินที่ 47	เนื้อดินเหนียวหรือร่วน มีเศษหินปะปนมาก เกิดจากการสลายตัวผุพังของหินเนื้อละเอียด พบบริเวณที่ดินที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเนินเขา ความลาดชันประมาณ 2-20 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินตื้น การระบายน้ำดี มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำถึงปานกลาง
11	กลุ่มชุดดินที่ 48	เนื้อดินบนร่วนปนทราย เนื้อดินล่างร่วนเหนียวปนเศษหินหรือปนกรวด พบบริเวณที่ดินที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงเนินเขา ความลาดชันประมาณ 3-25 เปอร์เซ็นต์ เป็นดินตื้นมาก มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติต่ำ
12	กลุ่มชุดดินที่ 59	เนื้อดินมีการผสมของดินหลายชนิด พบบริเวณที่ราบลุ่มหรือบริเวณพื้นที่ล่างของหุบเขา ความลาดชันประมาณ 0-2 เปอร์เซ็นต์ การระบายน้ำเลว
13	กลุ่มชุดดินที่ 60	เนื้อดินมีการผสมของดินหลายชนิด พบบริเวณสันดินริมน้ำ ความลาดชันประมาณ 2-12 เปอร์เซ็นต์ การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติปานกลาง
14	กลุ่มชุดดินที่ 61	เนื้อดินมีการผสมของดินหลายชนิด พบบริเวณที่ดินที่เป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลอนชัน การระบายน้ำดีถึงดีปานกลาง ความลาดชันประมาณ 6-20 เปอร์เซ็นต์

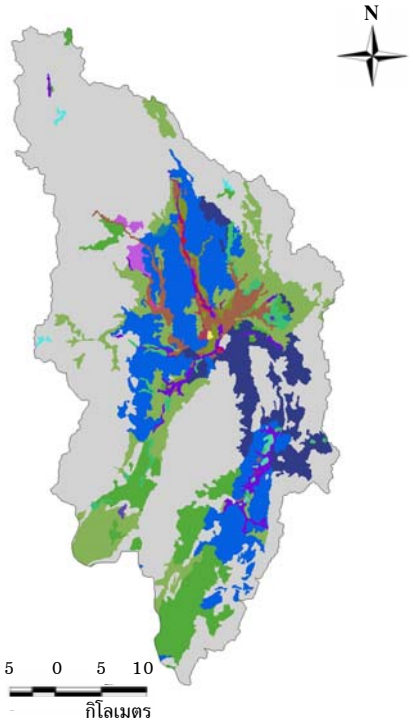
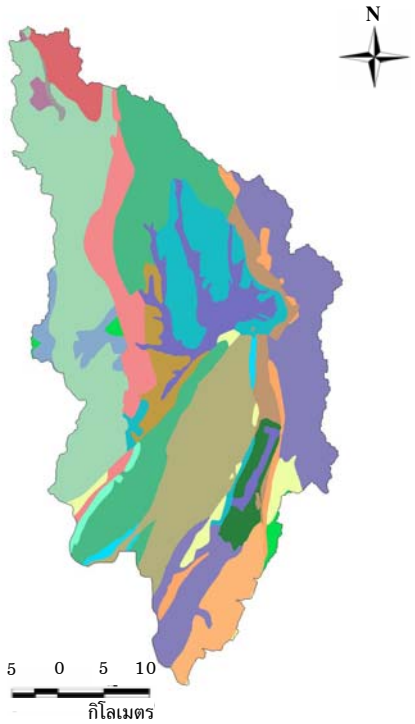
ภูมิอากาศ

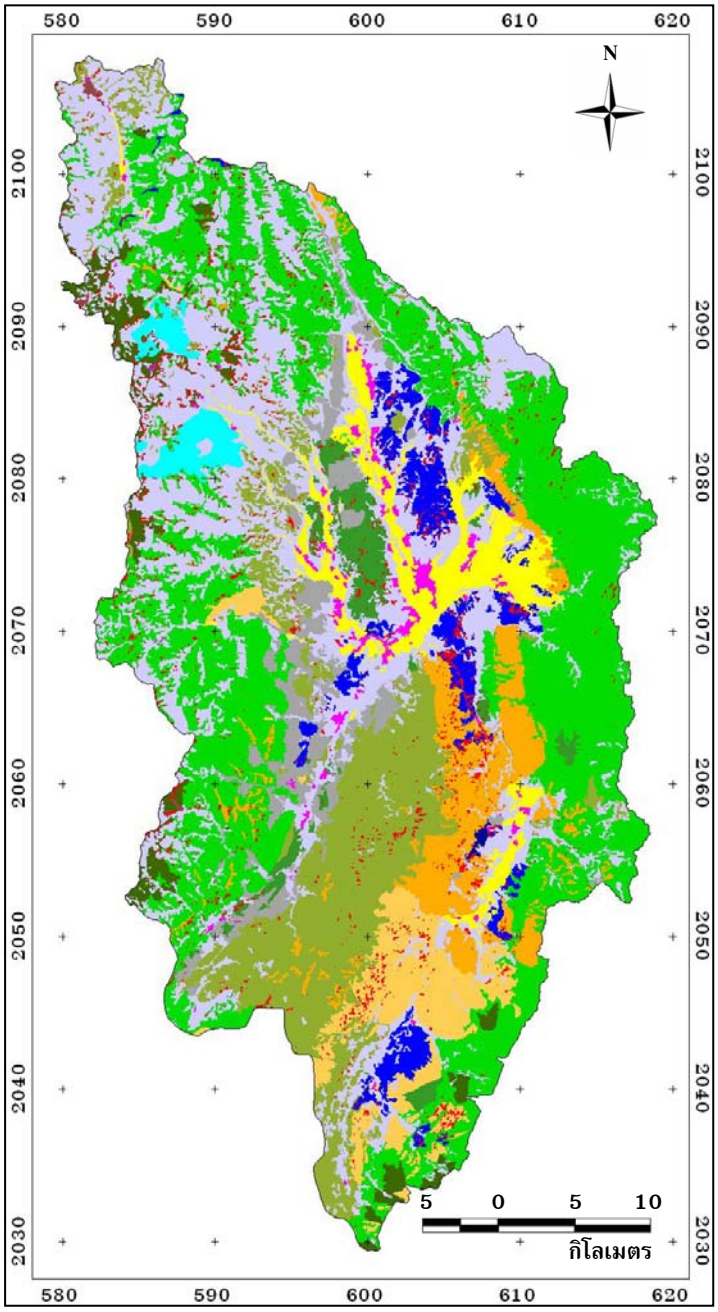
เนื่องจากพื้นที่ศึกษามีทั้งพื้นที่ราบและพื้นที่ภูเขา และอยู่ในเขตมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ และลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือ มี 3 ฤดูกาล อุณหภูมิเฉลี่ยในฤดูร้อนประมาณ 30-38 องศาเซลเซียส ฤดูฝนประมาณ 31-33 องศาเซลเซียส และฤดูหนาวประมาณ 8-10 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยต่อปี ประมาณ 1,000 มิลลิเมตร ความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยรายปี ประมาณ 75 เปอร์เซ็นต์

อุทกวิทยา

ป่าสาธิตงาว มีแหล่งน้ำที่สำคัญต่าง ๆ ที่เป็นแหล่งน้ำธรรมชาติ ประกอบด้วย ลำน้ำงาว ยาวประมาณ 150 กิโลเมตร ลำน้ำแม่โป่ง ยาวประมาณ 30 กิโลเมตร ลำน้ำแม่อ้อน ยาวประมาณ 30 กิโลเมตร ลำน้ำหวด ยาวประมาณ 30 กิโลเมตร และห้วยอื่น ๆ กระจายอยู่บริเวณป่าสาธิต

ตารางที่ 8 ข้อมูลทางด้านธรณีวิทยาและปฐพีวิทยา

ชนิดข้อมูล	ลักษณะเชิงพื้นที่	สัญลักษณ์
1. ข้อมูลกลุ่มชุดดิน		กลุ่มชุดดินที่ 5 กลุ่มชุดดินที่ 6 กลุ่มชุดดินที่ 7 กลุ่มชุดดินที่ 15 กลุ่มชุดดินที่ 16 กลุ่มชุดดินที่ 17 กลุ่มชุดดินที่ 20 กลุ่มชุดดินที่ 21 กลุ่มชุดดินที่ 29 กลุ่มชุดดินที่ 31 กลุ่มชุดดินที่ 33 กลุ่มชุดดินที่ 38 กลุ่มชุดดินที่ 40 กลุ่มชุดดินที่ 46 กลุ่มชุดดินที่ 47 กลุ่มชุดดินที่ 48 กลุ่มชุดดินที่ 50 กลุ่มชุดดินที่ 59 กลุ่มชุดดินที่ 61 กลุ่มชุดดินที่ 62
2. ข้อมูลชนิดหิน		หน่วยหิน J1 หน่วยหิน J3 หน่วยหิน p หน่วยหิน p 2-1 หน่วยหิน p2 หน่วยหิน p3 หน่วยหิน PTrv หน่วยหิน q หน่วยหิน Qa หน่วยหิน Qc หน่วยหิน Qt หน่วยหิน T หน่วยหิน t หน่วยหิน Tr6 หน่วยหิน Tr7 หน่วยหิน Trdc หน่วยหิน Trhh หน่วยหิน Trpd หน่วยหิน Trpk หน่วยหิน Trpt



สัญญลักษณ์

- ป่าดงดิบ ชั้น 2
- ป่าดงดิบ ชั้น 3
- ป่าผสมผลัดใบ ชั้น 1
- ป่าผสมผลัดใบ ชั้น 2
- ป่าผสมผลัดใบ ชั้น 3
- ป่าเต็งรัง ชั้น 1
- ป่าเต็งรัง ชั้น 2
- ป่าเต็งรัง ชั้น 3
- พื้นที่ปลูกป่าเพื่อการผลิต
- พื้นที่ปลูกป่าเพื่อการป้องกัน
- พื้นที่ชุมชน
- พื้นที่เกษตรกรรม
- พื้นที่ไร่ร้าง
- พื้นที่ทำไร่เลื่อนลอย
- พื้นที่เหมืองแร่

ภาพที่ 3 แผนที่ป่าไม้จากการแปลตีความจากภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียม ปี พ.ศ. 2543

ที่มา: Forest Research Office, Royal Forest Department (2000)

ทรัพยากรป่าไม้

โครงการพัฒนาป่าต้นแบบเพื่อการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนในภูมิภาคเอเชีย ได้สำรวจป่าสาธิตงาว พบว่า มีพื้นที่ป่าไม้ 4 ชนิด คือป่าดงดิบ ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง และสวนสัก พบพันธุ์ไม้มากกว่า 230 ชนิด เช่น เต็ง รัง สัก ประดู่ แดง รกฟ้า ยางเหียง กระบก ยางแดง เป็นต้น มีปริมาณไม้ทั้งสิ้นประมาณ 60,056,981 ต้น ดังมีรายละเอียดแต่ละชนิดป่าดังนี้

1. ป่าดงดิบ มีเนื้อที่ 41.85 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 2.39 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด พบในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 400 เมตรถึงมากกว่า 1,300 เมตร ประกอบด้วยพันธุ์ไม้เด่นได้แก่ ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) ก่อ (*Lithocarpus* spp.) ตะแบกใหญ่ (*Lagerstroemia calyculata*) ยางนา (*Dipterocapus alatus*) กระบก (*Irvingia malayana*) งิ้ว (*Bombax anceps*) และหว้า (*Eugenia cumini*) เป็นต้น

2. ป่าผสมผลัดใบ เป็นชนิดป่าที่มีมากที่สุดในพื้นที่คือ ประมาณ 775.85 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 44.47 เปอร์เซนต์ของพื้นที่ทั้งหมด พบในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 200 – 1,300 เมตร ประกอบด้วยพันธุ์ไม้เด่นได้แก่ สัก (*Tectona grandis*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) แดง (*Xylia xylocapar*) รัง (*Shorea siamensis*) สมอพิเภก (*Terminalia bellerica*) รกฟ้า (*Terminalia alata*) กระบก (*Irvingia malayana*) เต็ง (*Shorea obtusa*) และกระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata*) เป็นต้น

3. ป่าเต็งรัง มีเนื้อที่ประมาณ 237.94 ตารางกิโลเมตร หรือ ประมาณ 13.81 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด พบในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 200 – 1,100 เมตร ประกอบด้วยพันธุ์ไม้เด่น ได้แก่ เต็ง (*Shorea obtosa*) รัง (*Shorea siamensis*) ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) รกฟ้า (*Terminalia alata*) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus*) (*Malanorrhoea usitata*) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) มะกอกเกลื้อน (*Canarium subulatum*) และตะแบก (*Lagerstroemia* sp.) เป็นต้น

4. สวนสัก มีพื้นที่ประมาณ 148.12 ตารางกิโลเมตร หรือประมาณ 4.18 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ทั้งหมด ในพื้นที่สูงจากระดับน้ำทะเล 200 – 600 เมตร การปลูกป่าเริ่มดำเนินการตั้งแต่ พ.ศ. 2484 โดยเริ่มดำเนินการสวนป่าห้วยทาก และสวนป่าอื่น ๆ อีก 3 แห่ง คือ สวนป่าห้วยพร้าว สวนป่าแม่หยวก และสวนป่าสบพลึง

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ โปรแกรมประมวลผลด้านข้อมูลภาพจากดาวเทียม (Erdas Imagine version 8.7) และโปรแกรมประมวลผลด้านระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (ArcGIS 9)

2. แผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร ชุด L7017 จำนวน 7 ระวาง หมายเลข 4945 I, 4946 I, II, 4947 II, 5045 IV, 5046 III, IV

3. ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ Path 130 Row 47 รับสัญญาณเมื่อวันที่ 7 เดือนมีนาคม พ.ศ. 2546

4. แผนที่การใช้ประโยชน์ที่ดินป่าไม้พื้นที่อำเภองาว จังหวัดลำปาง จากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 5 ระบบ TM มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมป่าไม้ ปี พ.ศ. 2543

5. อุปกรณ์สำรวจข้อมูลในภาคสนาม ได้แก่ เครื่องกำหนดพิกัดด้วยดาวเทียม (GPS) เทปวัดระยะ และแบบบันทึกข้อมูล

วิธีการศึกษา

ในการศึกษาครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่คาดว่าน่าจะมีอิทธิพลกับการปรากฏของพืชพรรณ โดยนำมาคำนวณหาความสัมพันธ์ เพื่อเลือกปัจจัยและจัดลำดับความสำคัญสำหรับการกำหนดเงื่อนไขในการจำแนกประเภทพืชพรรณ มีขั้นตอน ดังภาพที่ 4

1. ขั้นตอนการเตรียมข้อมูล

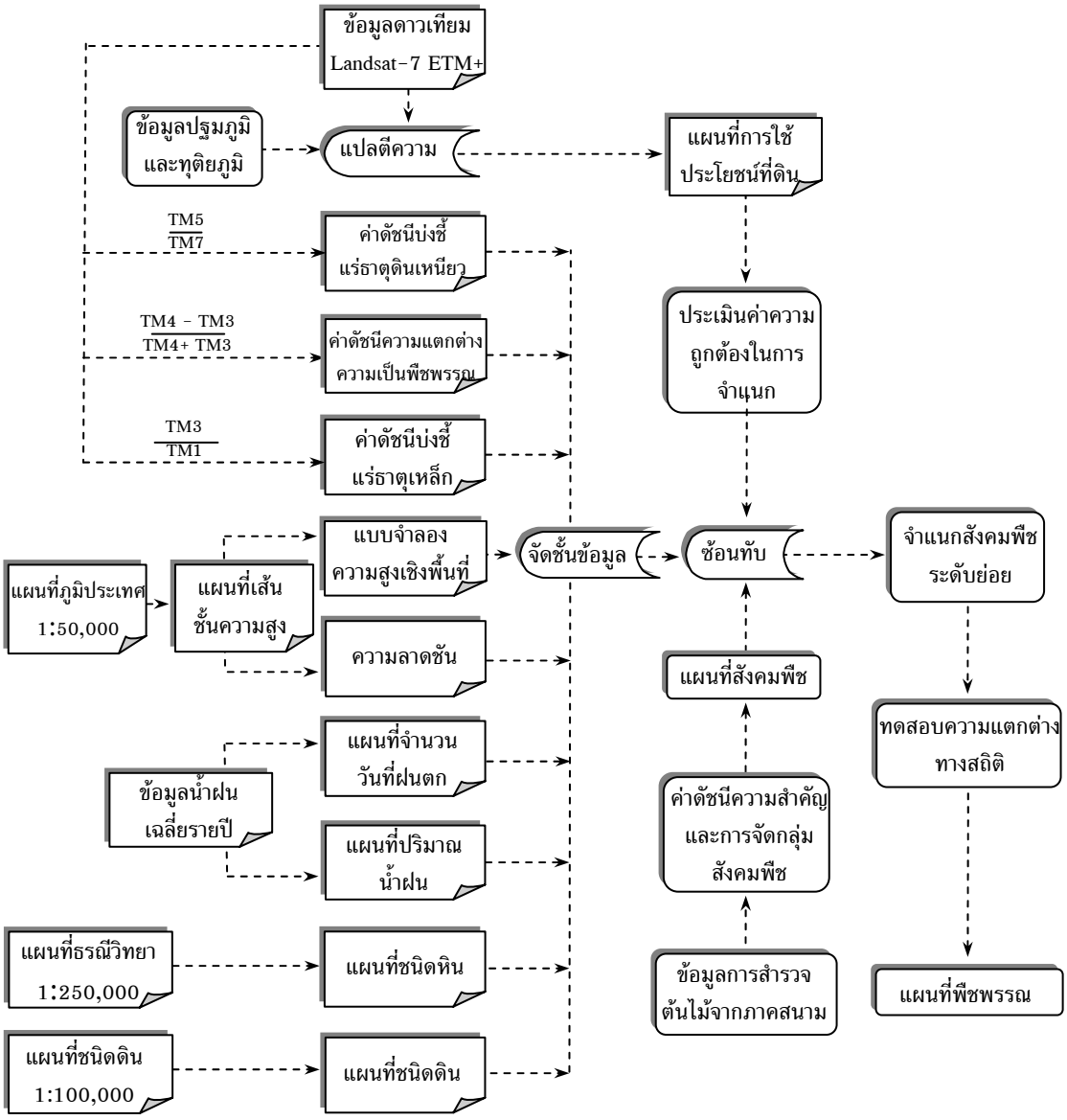
1.1 ตรวจเอกสารข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับพื้นที่ศึกษา พร้อมทั้งรวบรวมข้อมูลด้านปัจจัยแวดล้อมพื้นฐาน ได้แก่ ข้อมูลชุดดิน ข้อมูลชนิดหิน ขอบเขตพื้นที่ศึกษา และภาพถ่ายจากดาวเทียม ข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเล ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี

1.2 นำเข้าข้อมูลเชิงพื้นที่ รูปแบบข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ใช้ในการศึกษากำหนดเป็นแบบตารางกริด (raster format) มีขนาดของจุดภาพ (pixel) 30x30 เมตร ใช้พิกัดทางภูมิศาสตร์ ระบบ Universal Transverse Mercator (UTM) โซน 47 Spheroid แบบ Everest พื้นหลักฐานแบบ Indian 1975

1.3 ปรับแก้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ ครอบคลุมพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 5) โดยปรับแก้ความคลาดเคลื่อนทางเรขาคณิต (geometric correction) โดยอ้างอิงแผนที่ภูมิประเทศ มาตราส่วน 1:50,000 ของกรมแผนที่ทหาร กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control point) จำนวน 16 จุด ใช้สมการการแปลงในรูปของสมการโพลิโนเมียล ดีกรี 2 ควบคุมค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (root mean square error: RMSe) ไม่เกิน 1 จุดภาพ (30 เมตร) และใช้วิธีสุ่มซ้ำแบบ bilinear interpolation กำหนดขนาดจุดภาพ 30x30 เมตร

1.4 เลือกข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมแบนด์ 3, 4 และ 5 มาใช้แปลตีความ เนื่องจากเป็นข้อมูลที่สะท้อนค่าความเป็นพืชพรรณได้ดี โดยเฉพาะแบนด์ 4 ที่สะท้อนค่าความเป็นพืชพรรณได้สูงที่สุด การแปลตีความครั้งนี้ด้วยเทคนิคการจำแนกแบบควบคุม (supervised classification) วิธี Maximum Likelihood โดยใช้ตำแหน่งพิกัดการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ศึกษาของโครงการศึกษาการเตรียมติดตั้งระบบการติดตามอย่างต่อเนื่องสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน มาช่วยในการกำหนดพื้นที่ตัวแทน (training area) ซึ่งมีช่วงเวลาใกล้เคียงกับการรับสัญญาณภาพดาวเทียม

1.5 สร้างข้อมูลดัชนีต่าง ๆ จากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้แล้ว ดังนี้

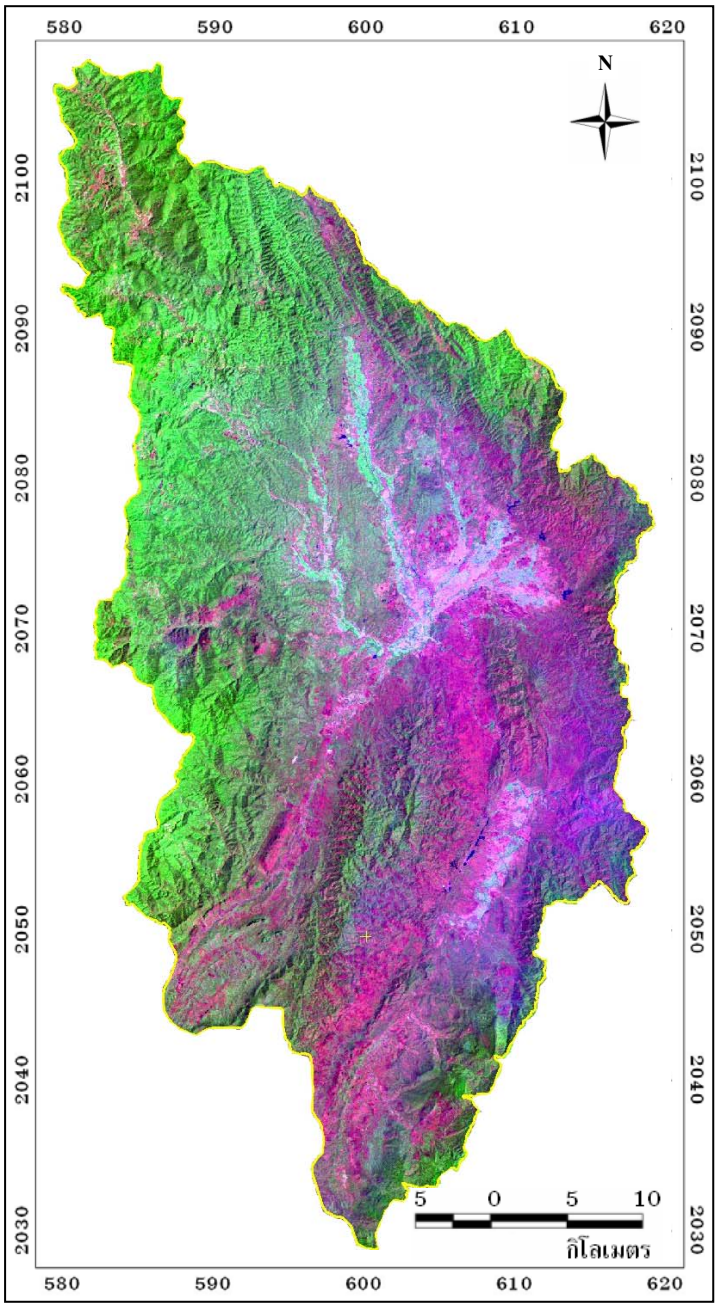


ภาพที่ 4 ขั้นตอนการศึกษา

1.5.1 ดัชนีแร่เหล็กอ๊อกไซด์ (Iron Oxide) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาหาอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นที่ 3 และช่วงคลื่นที่ 1 (ตารางที่ 9) โดยใช้สูตร (ERDAS, 2002)

$$\text{Iron Oxide} = \frac{\text{TM band 3}}{\text{TM band 1}}$$

1.5.2 ดัชนีแร่ดินเหนียว (Clay Minerals) นำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมมาหาอัตราส่วนระหว่างช่วงคลื่นที่ 5 และช่วงคลื่นที่ 7 (ตารางที่ 9) โดยใช้สูตร (ERDAS, 2002)



ภาพที่ 5 ภาพถ่ายจากดาวเทียม Landsat 7 ETM+ พ.ศ. 2546 บริเวณป่าสาธิตงาว

$$\text{Clay Minerals} = \frac{\text{TM band 5}}{\text{TM band 7}}$$

1.5.3 ข้อมูลดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (Normalized Difference Vegetation Index, NDVI) หาได้โดยนำภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ผ่านการปรับแก้พิกัดเชิงเรขาคณิตโดยใช้สูตร (ตารางที่ 9)

$$\text{NDVI} = \frac{\text{TM band 4} - \text{TM band 3}}{\text{TM band 4} + \text{TM band 3}}$$

เมื่อ TM Band 1 = ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นสีน้ำเงิน-เขียว
TM Band 3 = ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นสีแดง
TM Band 4 = ค่าการสะท้อนแสงของคลื่นอินฟราเรดใกล้
TM Band 5 = ค่าการสะท้อนแสงของอินฟราเรดคลื่นสั้น
TM Band 7 = ค่าการสะท้อนแสงของอินฟราเรดคลื่นสั้น

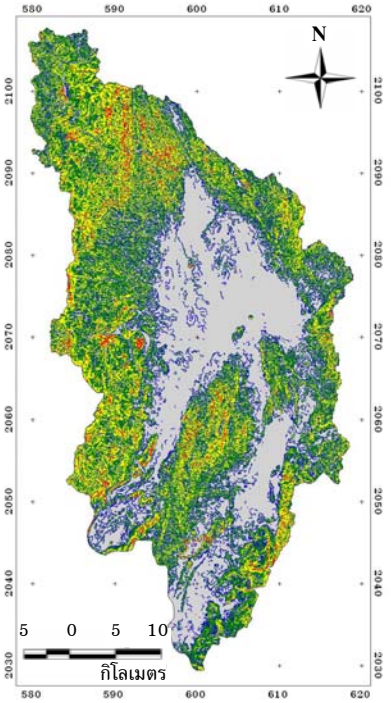
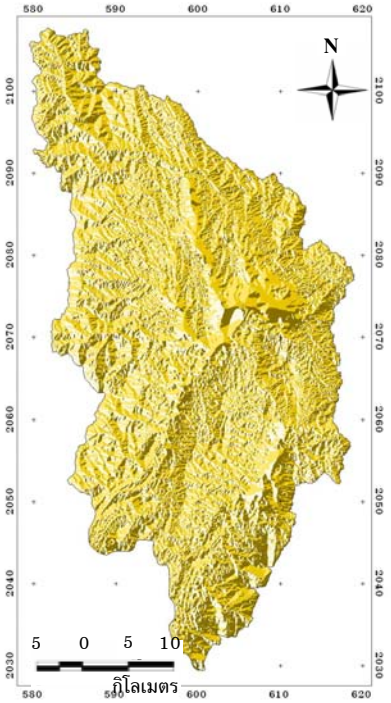
1.6 ข้อมูลความสูงจากระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) ข้อมูลชุดนี้นำเข้ามาจากแผนที่ภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร มาตราส่วน 1:50,000 โดยลอกเส้นชั้นความสูง 20 เมตร เพื่อแปลงข้อมูลภาพเป็นข้อมูลเชิงเลข นำเข้าเป็นข้อมูลเชิงเส้นโดยวิธี vectorization แล้วแปลงเป็นข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข (DEM) (ตารางที่ 9) เพื่อนำไปสร้างข้อมูลความลาดชัน และข้อมูลทิศด้านลาด ดังนี้

1.6.1 ข้อมูลความลาดชัน (degree slope) วิเคราะห์จากข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข คำนวณมุมความลาดชันจากความสูงของจุดภาพข้างเคียง (ตารางที่ 9)

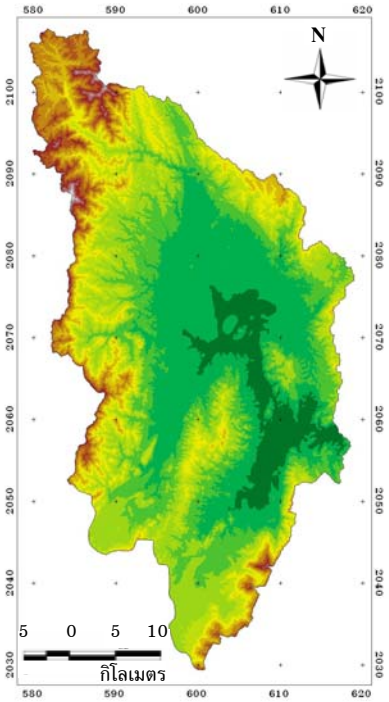
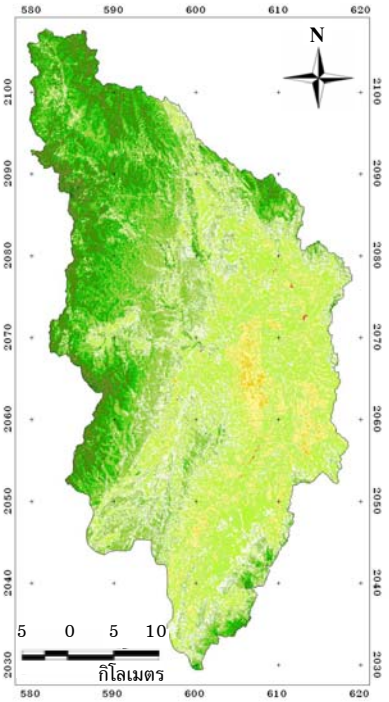
1.6.2 ข้อมูลทิศด้านลาด (aspect) วิเคราะห์จากข้อมูลความสูงเชิงตัวเลข เช่นเดียวกับข้อมูลความลาดชัน แต่ข้อมูลทิศด้านลาดที่ได้จะมีค่าเป็นมุมที่ทำกับทิศเหนือตามเข็มนาฬิกา (Azimuth) ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0-360 องศา ค่าดังกล่าวไม่สามารถนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ร่วมกับสังคมพืชได้เนื่องจากเป็น nominal data จึงทำการคำนวณปรับแก้ค่ามุมใหม่ให้มีความสัมพันธ์กับทิศทางของดวงอาทิตย์ และทิศทางลมมรสุมตามแนวตะวันออก-ตกโดยใช้สูตร (ตารางที่ 9)

$$\text{Aspect}_{\text{adjust}} = \left|\sin(\text{Aspect})\right| \times 100$$

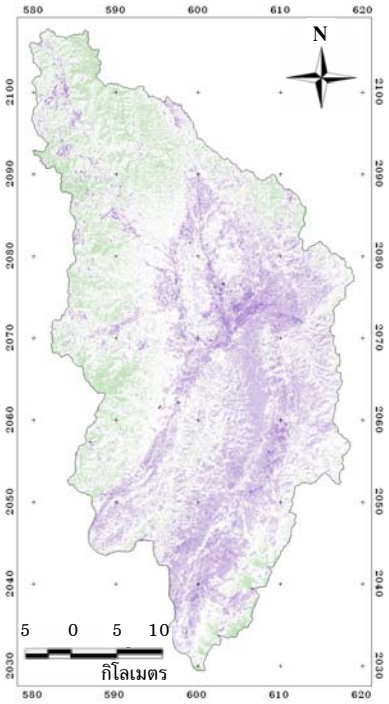
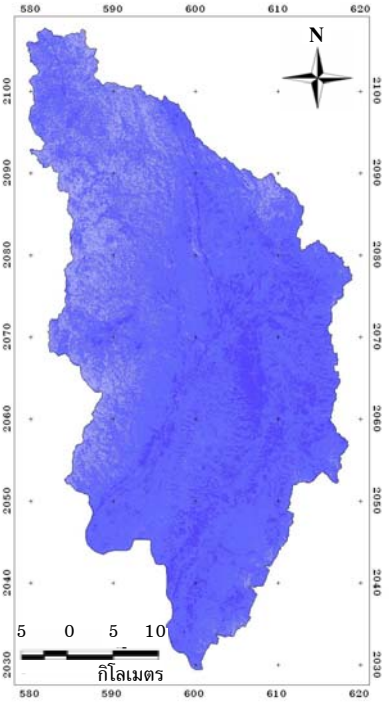
ตารางที่ 9 ข้อมูลพื้นฐานที่ใช้ในการจำแนกสังคมพืช

ชนิดข้อมูล	ลักษณะเชิงพื้นที่	สัญลักษณ์
1. ความลาดชันของพื้นที่		0-5 องศา 5-10 องศา 11-20 องศา 21-30 องศา > 31 องศา
2. ทิศด้านลาดของพื้นที่		0-90 องศา 90-180 องศา 180-270 องศา 270-360 องศา

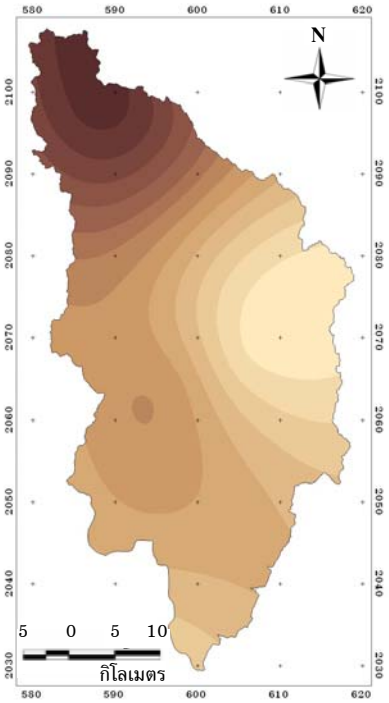
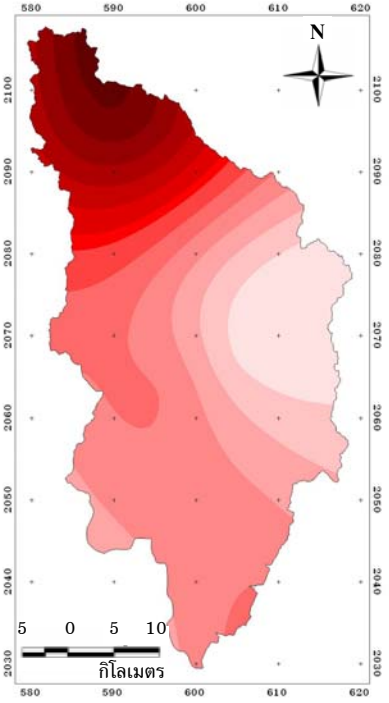
ตารางที่ 9 (ต่อ)

ชนิดข้อมูล	ลักษณะเชิงพื้นที่	สัญลักษณ์
3. ความสูงของพื้นที่		
4. ค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ		

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ชนิดข้อมูล	ลักษณะเชิงพื้นที่	สัญลักษณ์
5. ค่าดัชนีบ่งชี้แร่ธาตุเหล็ก		
6. ค่าดัชนีบ่งชี้แร่ธาตุดินเหนียว		

ตารางที่ 9 (ต่อ)

ชนิดข้อมูล	ลักษณะเชิงพื้นที่	สัญลักษณ์
7. ข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี		 63.5 วัน 185.5 วัน
8. ข้อมูลจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายปี		 1,056 มิลลิเมตร 1,432 มิลลิเมตร

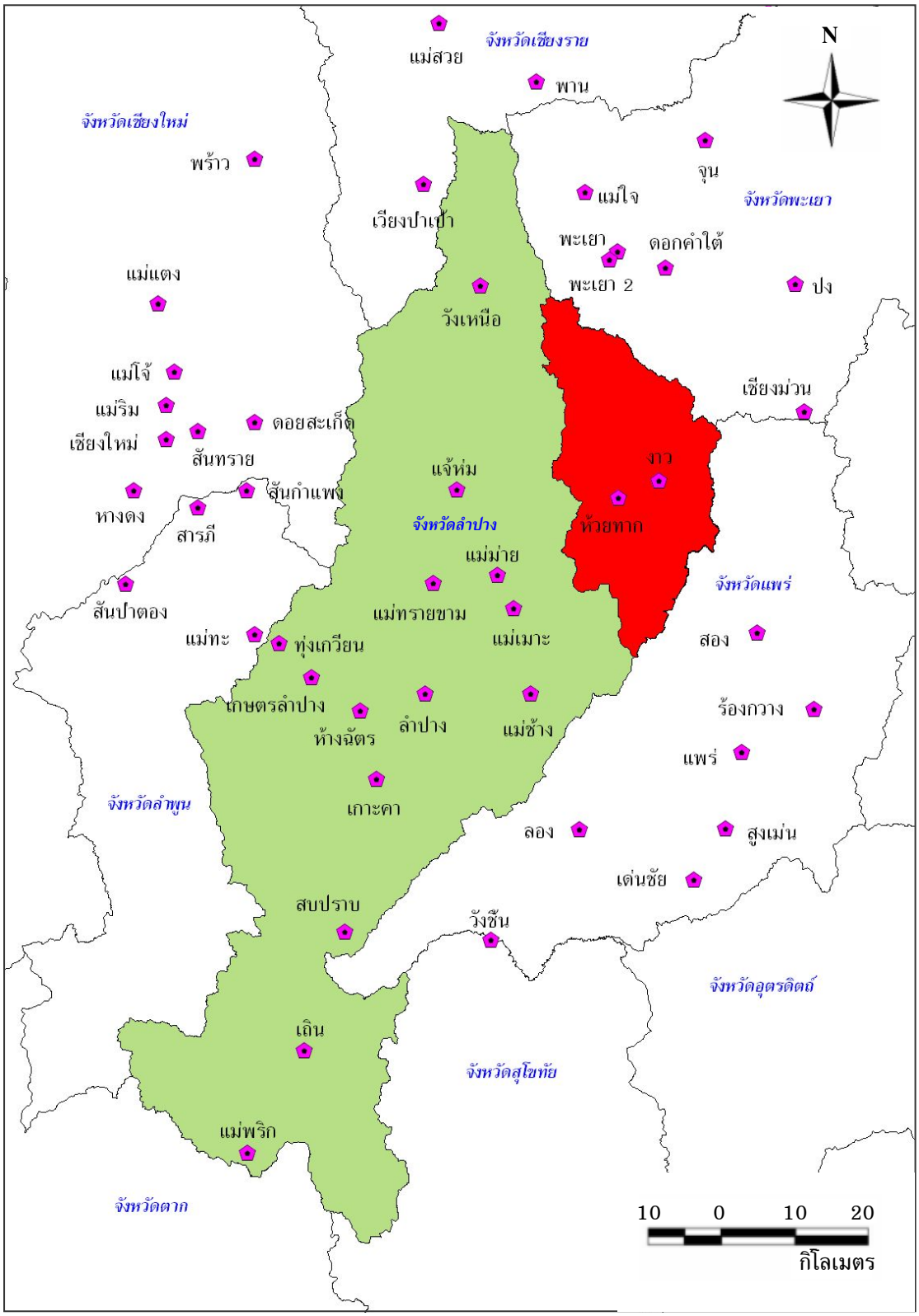
1.7 ข้อมูลปริมาณน้ำฝน (rainfall) นำเข้าจากข้อมูลปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี และจำนวนวันที่ฝนตกเฉลี่ยรายปี ในช่วงเวลาระหว่างปี พ.ศ. 2527-2546 จากสถานีอุตุนิยมวิทยา 46 สถานี รอบพื้นที่ศึกษา (ภาพที่ 6) แล้วคำนวณหาค่าระหว่างจุด (interpolation) เพื่อสร้างข้อมูลให้เป็นข้อมูลเชิงภาพ (ตารางที่ 9)

1.8 ข้อมูลชุดดิน ได้มาจากข้อมูลตัวเลขเชิงเส้นของกรมพัฒนาที่ดิน นำเข้าจากแผนที่มาตราส่วน 1:100,000 จัดการแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลเชิงภาพ และกำหนดค่าเป็นตัวเลขให้ชนิดดินแต่ละประเภท เนื่องจากข้อมูลชุดดินเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ

1.9 ข้อมูลทางธรณีวิทยา ได้มาจากแผนที่ธรณีวิทยาประเทศไทยเชิงตัวเลข ของกรมทรัพยากรธรณี นำเข้าจากแผนที่มาตราส่วน 1:250,000 จัดการแปลงให้อยู่ในรูปข้อมูลเชิงภาพ และกำหนดค่าเป็นตัวเลขให้ชนิดหินแต่ละประเภท เช่นเดียวกับข้อมูลชุดดิน

1.10 รวบรวมข้อมูลด้านสังคมพืชจากข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ศึกษาของโครงการศึกษาการเตรียมติดตั้งระบบการติดตามอย่างต่อเนื่องสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน (Preparatory Studies to Install a Continuous Monitoring System for the Sustainable Management of Thailand's Forest Resources) อำเภองาว จังหวัดลำปาง ประกอบด้วยค่าพิกัดที่ตั้งแปลงสำรวจ บัญชีรายชื่อพันธุ์ไม้ ค่าความสำคัญชองชนิดไม้ (IVI) จากแปลงวงกลมรัศมี 17.84 เมตร ขนาดพื้นที่ 0.1 เฮกตาร์ รวมทั้งสิ้น 666 แปลง เป็นป่าดิบแล้ง 39 แปลง ป่าผสมผลัดใบ 408 แปลง ป่าเต็งรัง 115 แปลง สวนป่า 16 แปลง และพื้นที่ไม่ใช่ป่า 88 แปลง ตัดข้อมูลออกให้เหลือเพียง 150 แปลง ภายในพื้นที่ศึกษา อย่างเป็นระบบแบบแถวเว้นแถวและสดมภ์เว้นสดมภ์ เพื่อลดขนาดข้อมูล (ภาพที่ 7)

1.11 วิเคราะห์สังคมพืชในแปลงที่สำรวจ เพื่อจัดแบ่งชั้นสังคมพืชที่ปรากฏ โดยคำนวณหาความหนาแน่น (density) ความความเด่น (dominant) ความหนาแน่นสัมพัทธ์ ความเด่นสัมพัทธ์ และดัชนีความสำคัญ (Importance Value Index; IVI) นำข้อมูลชนิดพันธุ์ จุดสำรวจ และค่าดัชนีความสำคัญ มาวิเคราะห์การจัดแบ่งสังคมพืชโดยโปรแกรม PC-ORD โดยใช้สูตรการคำนวณในการหาค่าความแตกต่างของสังคมพืช (dissimilarity) ของ Sorensen และหลักในการรวมกลุ่มของ Ward ดังนี้



ภาพที่ 6 สถานีอุตุนิยมวิทยา

$$\text{Dissimilarity} = \left(\frac{2W}{(A+B)}\right) \times 100$$

เมื่อ W = ผลรวมของค่าดัชนีความสำคัญของชนิดพันธุ์ (IVI) ที่ปรากฏทั้งสองสังคม

A = ผลรวมของค่าดัชนีความสำคัญของชนิดพันธุ์ (IVI) ทุกชนิดที่ปรากฏในหมู่ไม้หรือสังคม A

B = ผลรวมของค่าดัชนีความสำคัญของชนิดพันธุ์ (IVI) ทุกชนิดที่ปรากฏในหมู่ไม้หรือสังคม B

ค่าดัชนีความสำคัญ เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงความสำคัญ หรือค่าแสดงออกรวมเมื่อเทียบกันระหว่างชนิดพันธุ์ ณ สังคมเดียวกัน โดยมีค่ารวมเท่ากับ 300 คำนวณได้จากสูตร

$$\text{IVI} = \text{RF+RDo+RD}$$

ค่าความถี่สัมพัทธ์ (frequency relationship: RF) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{RF} = \frac{\text{ความถี่ของชนิดพันธุ์}}{\text{ความถี่ทั้งหมด}} \times 100$$

ค่าความเด่นสัมพัทธ์ (dominance relationship: RDo) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{RDo} = \frac{\text{ความหนาแน่นของชนิดพันธุ์}}{\text{ความหนาแน่นทั้งหมด}} \times 100$$

ค่าความหนาแน่น (density relationship: RD) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{RD} = \frac{\text{ความหนาเด่นของชนิดพันธุ์}}{\text{พื้นที่หน้าตัดรวมของทุกชนิด}} \times 100$$

ค่าความถี่ (frequency, F) เป็นค่าการบ่งชี้ความสามารถในการกระจายพันธุ์ตามพื้นที่ที่เปลี่ยนแปลง คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าความถี่ (F)} = \frac{\text{จำนวนแปลงที่ชนิดพันธุ์ปรากฏ}}{\text{จำนวนแปลงตัวอย่างทั้งหมด}}$$

ค่าความเด่น (dominance: Do) เป็นค่าที่บ่งชี้ความสามารถในการยึดครองพื้นที่ คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าความเด่น (Do)} = \frac{\text{พื้นที่หน้าตัดรวมของชนิดพันธุ์}}{\text{พื้นที่ที่ทำการสำรวจ}}$$

ค่าความหนาแน่น (density: D) เป็นค่าที่บ่งชี้ความสามารถชนิดพันธุ์ในการยึดครองพื้นที่และการตอบสนองต่อพื้นที่นั้น ๆ คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าความหนาแน่น (D)} = \frac{\text{จำนวนต้นทั้งหมดของชนิดพันธุ์}}{\text{พื้นที่แปลงตัวอย่าง}}$$

ในการศึกษาครั้งนี้ ไม่นำค่าความถี่มาใช้ในการคำนวณค่าดัชนีความสำคัญของชนิดพันธุ์ เนื่องจากการวางแปลงสำรวจข้อมูลแต่ละแปลงไม่ได้แบ่งเป็นแปลงย่อย ดังนั้น ค่าดัชนีความสำคัญรวมจึงมี 200

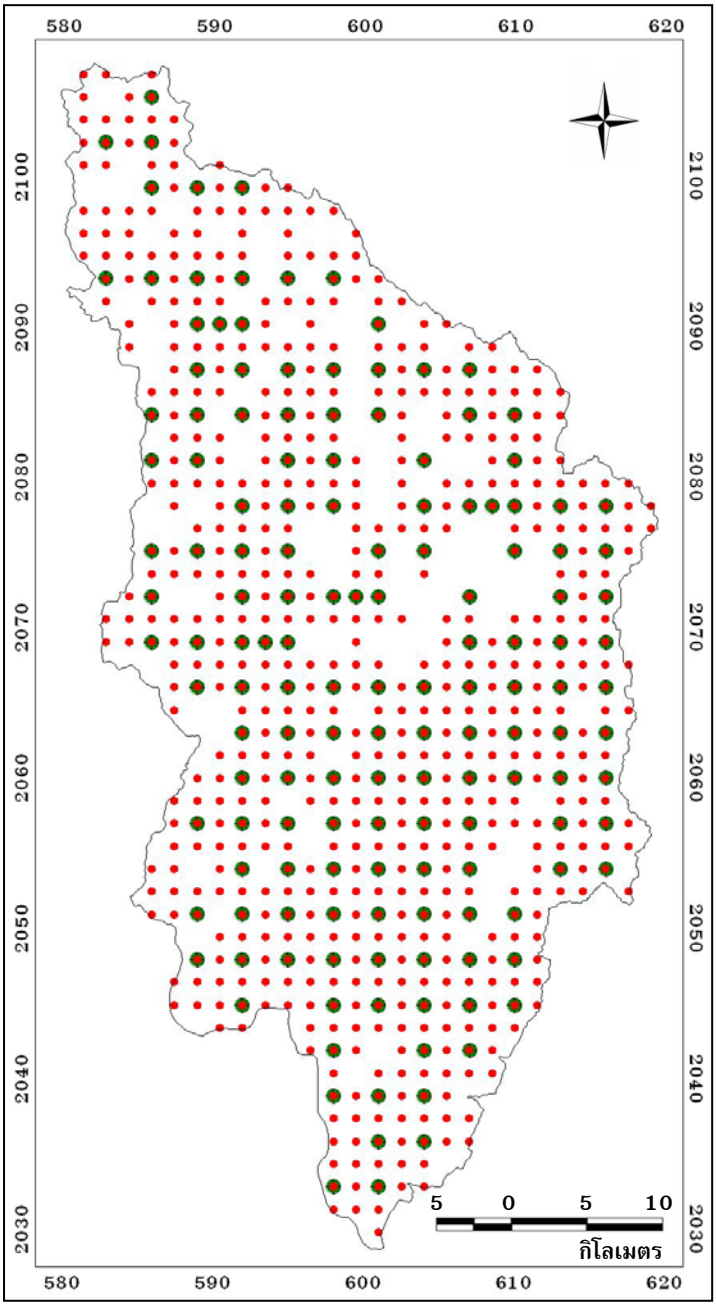
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูล

2.1 นำข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อ 1.4 มาใช้ในการจัดทำแผนที่พืชพรรณฉบับร่าง และตรวจสอบความถูกต้องในการจำแนก โดยอ้างอิงกับข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ศึกษาของโครงการศึกษาการเตรียมติดตั้งระบบการติดตามอย่างต่อเนื่องสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน นำข้อมูลมาสร้างเป็นตารางเมตริกความผิดพลาด (contingency table) และประเมินความถูกต้องของการจำแนก (assessment of classification accuracy) สิ่งปกคลุมดินด้วยการใช้สูตร ดังนี้

$$\text{ค่าความถูกของผู้ผลิต} = \frac{\text{จำนวนจุดภาพที่ได้รับการจัดกลุ่มที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน}}{\text{ผลรวมของจุดภาพในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลอ้างอิง}} \times 100$$

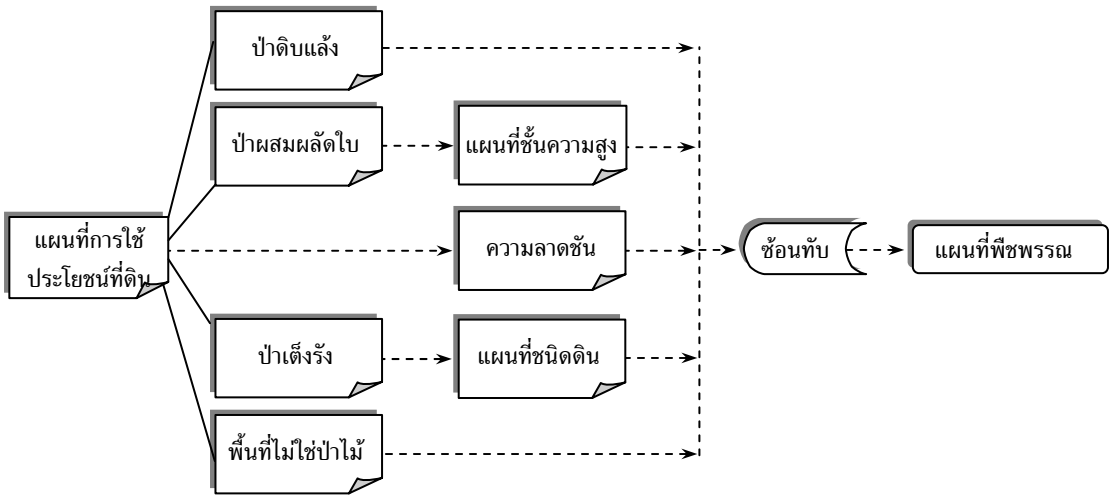
$$\text{ค่าความถูกต้องของผู้ใช้} = \frac{\text{จำนวนจุดภาพที่ได้รับการจัดกลุ่มที่ถูกต้องในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดิน}}{\text{ผลรวมของจุดภาพในแต่ละประเภทการใช้ประโยชน์ที่ดินของข้อมูลที่ต้องการประเมิน}} \times 100$$

$$\text{ค่าความถูกต้องโดยรวม} = \frac{\text{ผลรวมของจุดภาพที่ได้รับการจัดกลุ่มถูกต้อง}}{\text{จำนวนจุดภาพที่เลือกมาทดสอบทั้งหมด}} \times 100$$



ภาพที่ 7 ที่ตั้งแปลงตัวอย่าง

2.2 จำแนกข้อมูลการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อ 2.1 ในระดับย่อยโดยใช้ปัจจัยแวดล้อมทางด้านธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศ ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินในระดับย่อย

2.2.1 จำแนกสังคมป่าผสมผลัดใบ โดยจัดข้อมูลระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลเป็น 3 ชั้น ภายใต้ระบบภูมิสารสนเทศ ชั้นที่ 1 ระดับความสูงน้อยกว่า 500 เมตร ชั้นที่ 2 ระดับความสูงมากกว่า 500 เมตร ขึ้นไป จัดข้อมูลความลาดชัน เป็น 2 ระดับ ภายใต้ระบบภูมิสารสนเทศ ชั้นที่ 1 ระดับความลาดชัน 0- 30 องศา ชั้นที่ 2 ระดับความลาดชันมากกว่า 30 องศา ทดสอบความแตกต่างทางสถิติของสังคมพืชในระดับความสูงที่ต่างกัน

2.2.2 จำแนกสังคมป่าเต็งรัง โดยจัดข้อมูลชุดดินเป็น 2 ชั้น ภายใต้ระบบภูมิสารสนเทศ ชั้นที่ 1 ดินลึก ชั้นที่ 2 ดินตื้น

2.2.3 จำแนกพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้จากผลการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในข้อ 2 โดยใช้ค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI)

นำผลการวิเคราะห์จาก ค่าความแตกต่างของสังคมพืช (dissimilarity) และข้อมูลการสำรวจจากพื้นที่ศึกษา ในข้อ 1.11 มาใช้ประกอบการตัดสินใจเลือก training area เพื่อใช้ในการแปลตีความภาพถ่ายดาวเทียม

2.4 ทดสอบความแตกต่างทางสถิติ โดยตั้งสมมุติฐาน ดังตารางที่ 8

ตารางที่ 10 สมมุติฐานในการจำแนกสังคมพืชย่อย

สมมุติฐานที่	H_0	H_1
1	สังคมพืชในระดับความสูงที่ต่างกัน มีค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) ไม่แตกต่างกัน	สังคมพืชในระดับความสูงที่ต่างกัน มีค่าดัชนีความ แตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) แตกต่างกัน
2	สวนป่าและป่าผสมผลัดใบ มีค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) ไม่แตกต่างกัน	สวนป่าและป่าผสมผลัดใบ มีค่าดัชนีความ แตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) แตกต่างกัน

3. การจัดทำแผนที่พืชพรรณฉบับสมบูรณ์

นำผลจากการวิเคราะห์ในข้อ 2 มาซ้อนทับภายใต้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ และทำแผนที่พืชพรรณด้วยโปรแกรมประมวลผลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์

ผลและวิจารณ์

1. ปัจจัยแวดล้อม

1. ข้อมูลประกอบการจำแนกสังคมพืชของป่าสาธิตงาวที่ใช้เป็นปัจจัยในการจำแนกสังคมพืช โดยจัดเตรียมสำหรับการวิเคราะห์ ได้แก่ ข้อมูลชนิดสิ่งปกคลุมดิน ข้อมูลการสำรวจทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ศึกษาของโครงการศึกษาการเตรียมติดตั้งระบบการติดตามอย่างต่อเนื่องสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน ข้อมูลขอบเขตพื้นที่ป่าสาธิตงาว ข้อมูลความสูงของพื้นที่ ข้อมูลความลาดชัน ค่าความแตกต่างของพืชพรรณ และค่าความแตกต่างของสังคมพืช (dissimilarity)

ข้อมูลชั้นความสูง แบ่งเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นที่ 1 ชั้นความสูงน้อยกว่า 500 เมตร มีพื้นที่ 974.25 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 55.62 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ชั้นที่ 2 มากกว่า 500 เมตร มีพื้นที่ 37.03 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 2.11 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา (ตารางที่ 11)

ตารางที่ 11 ข้อมูลชั้นความสูง

ชั้นที่	ระดับความสูง (เมตร)	พื้นที่ (กม.^{2})	% พื้นที่ทั้งหมด
1	< 500	974.25	55.62
2	>= 500	777.44	44.38

ความลาดชัน ทางด้านป่าไม้นิยมแบ่งเป็น 4 ระดับ (อุทิศ, 2542) คือ ความลาดชันน้อย (0–10 องศา) ความลาดชันปานกลาง (11–20 องศา) ความลาดชันมาก (21–30 องศา) และความลาดชันมากมาก (มากกว่า 31 องศา) จากการศึกษาพบว่า พื้นที่ที่มีความลาดชันน้อยมีพื้นที่ 242.94 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 13.87 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ความลาดชันปานกลางมีพื้นที่ 551.43 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 31.48 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ความลาดชันมากมีพื้นที่ 323.51 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 18.47 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา และความลาดชันมากมากมีพื้นที่ 42.05 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 2.40 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา (ตารางที่ 12)

ตารางที่ 12 ข้อมูลความลาดชัน

ชั้นที่	ระดับความลาดชัน (องศา)	พื้นที่ (กม.^{2})	% พื้นที่ทั้งหมด
1	0-10	834.70	47.65
2	11-20	551.43	31.48
3	21-30	323.51	18.47
4	> 31	42.05	2.40

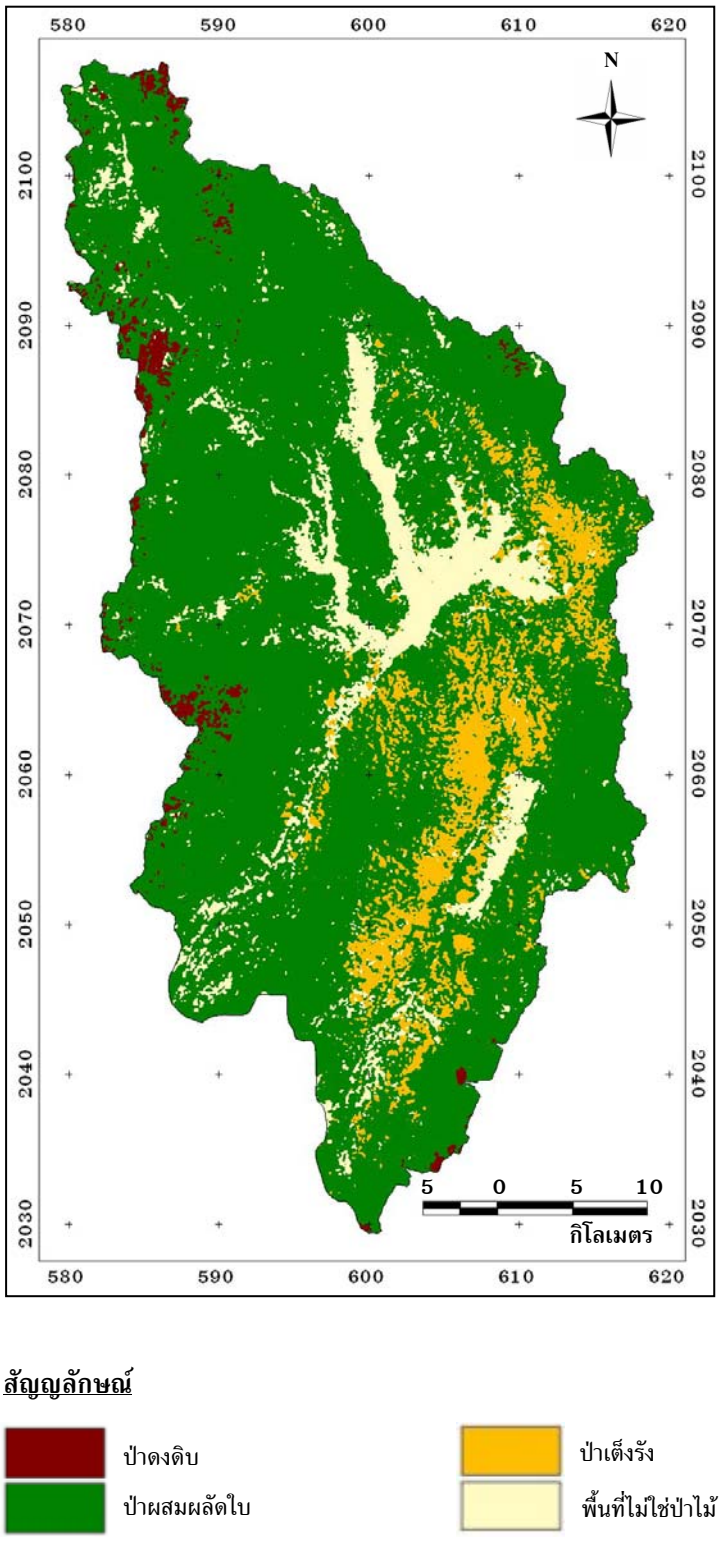
การจัดชั้นทิศด้านลาดในเบื้องต้น แบ่งตามอิทธิพลของลมมรสุมประจำถิ่นสำหรับป่าในเขตร้อน คือ ลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ โดย แบ่งความลาดชันเป็น 2 ชั้น ได้แก่ ชั้นที่ 1 ทิศตะวันตกเฉียงใต้ (180-270 องศาเหนือ) และชั้นที่ 2 เป็นทิศอื่นๆ จากการศึกษาพบว่า ชั้นที่ 1 มีพื้นที่ 441.53 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 25.22 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา และชั้นที่ 2 มีพื้นที่ 1,308.88 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 74.78 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา

การศึกษาทิศด้านลาด พบว่า พืชพรรณในพื้นที่ศึกษามีการกระจายในทั้ง 2 ชั้นของทิศด้านลาดที่ได้จัดแบ่งไว้ในเบื้องต้น จึงสามารถกล่าวได้ว่า ความชื้นจากลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้ ไม่ใช่ปัจจัยในการกำหนดการกระจายของพืชพรรณ ลักษณะของพื้นที่ศึกษาไม่มีเทือกเขาที่สูงมาก ดังนั้น ปริมาณความชื้นในทิศรับมรสุมและทิศด้านอื่น จึงไม่แตกต่างกันมาก ในการศึกษาครั้งนี้จึงไม่นำทิศด้านลาดมาประกอบการทำแผนที่พืชพรรณ

ชนิดดินที่นำมาใช้จำแนกประเภทสังคมพืช แบ่งเป็น 2 ชนิด ตามคุณสมบัติความลึกของดิน คือ ชั้นที่ 1 ดินลึก มีพื้นที่ 395.08 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 22.56 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ราบตามร่องหุบเขา ที่ราบเชิงเขา และพื้นที่ราบลุ่มริมลำน้ำ ชั้นที่ 2 ดินตื้น มีพื้นที่ 1,356.46 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 77.44 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ซึ่งมีลักษณะภูมิประเทศส่วนใหญ่เป็นภูเขา

2. แผนที่ชนิดป่าเบื้องต้น

ผลการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้น (ภาพที่ 9) สามารถจำแนกชนิดป่าออกเป็น 4 ประเภท คือ ป่าดงดิบ (evergreen forest) ป่าผสมผลัดใบ (mixed deciduous forest) ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) และพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า (non-forest) ดังนี้ (ตารางที่ 13)



ภาพที่ 9 แผนที่ชนิดป่าเบื้องต้นจากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม

1. ป่าดงดิบ มีพื้นที่ 57.68 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 3.3 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา พบบริเวณภูเขาที่มีความสูงตั้งแต่ 500 เมตร ขึ้นไป

2. ป่าผสมผลัดใบ มีพื้นที่ 1,198.85 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 68.5 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา พบบริเวณที่มีความสูงต่ำกว่า 1,100 เมตร ลงมา

3. ป่าเต็งรัง มีพื้นที่ 151.09 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 8.63 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่พบบริเวณตอนกลางและตอนล่างของพื้นที่

4. พื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ มีพื้นที่ 342.45 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 19.57 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่ศึกษา ส่วนใหญ่พบบริเวณที่ราบระหว่างหุบเขา ที่ราบเชิงเขา และบริเวณที่ราบลุ่มริมลำน้ำ ในการศึกษาครั้งนี้จะไม่นำพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้มาพิจารณา

ตารางที่ 13 ชนิดป่าจากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม

ชนิดป่า	จำนวนจุดภาพ	พื้นที่ (ตร. กม.)	% พื้นที่ทั้งหมด
ป่าดงดิบ	64,090	57.68	3.30
ป่าผสมผลัดใบ	1,332,051	1,198.85	68.50
ป่าเต็งรัง	167,875	151.09	8.63
พื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้	380,504	342.45	19.57
พื้นที่ทั้งหมด	1,944,520	1,750.07	100.00

ในการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ด้วยวิธี supervised classification โดยใช้กฎในการจัดกลุ่มแบบ maximum likelihood decision rule ซึ่งเป็นวิธีที่นิยมใช้ เพราะมีความถูกต้องสูงในการจัดกลุ่ม และนำค่าความแปรปรวนร่วม (covariance matrix) มาพิจารณาด้วย

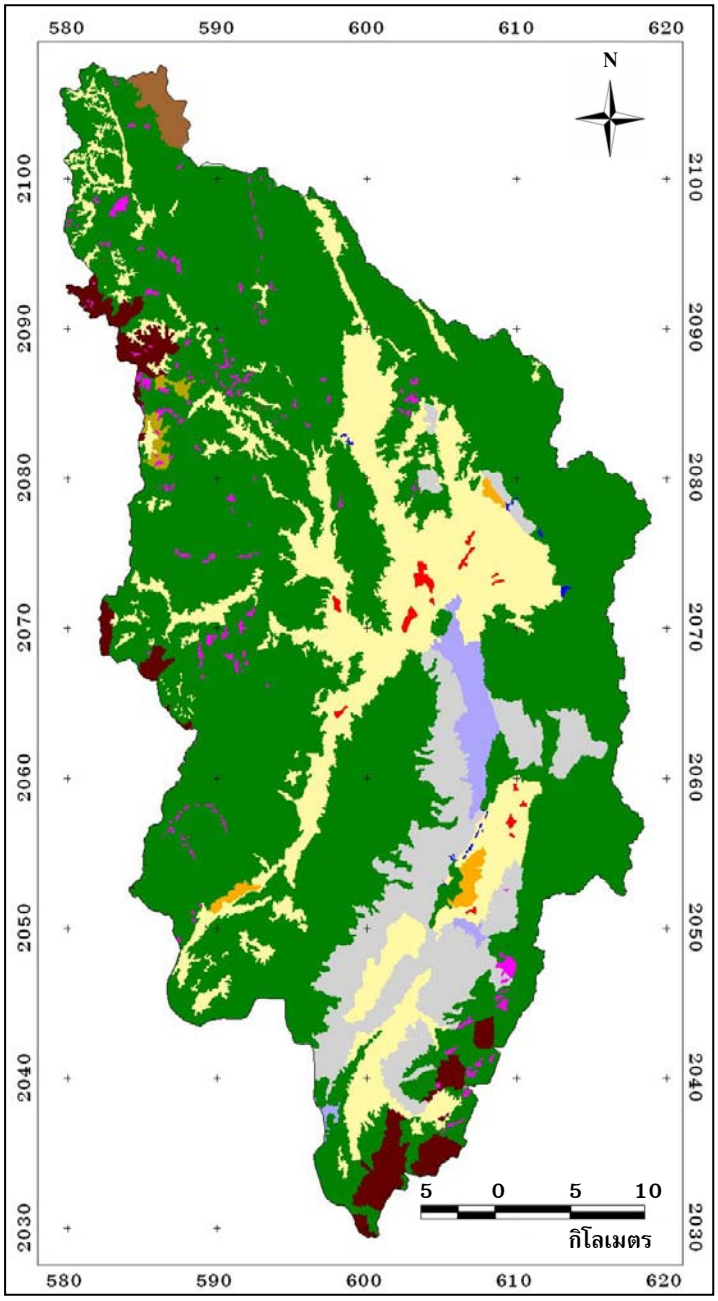
1. ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (ตารางที่ 14) โดยเปรียบเทียบผลการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมกับข้อมูลจากการสำรวจภาคสนามปี พ.ศ. 2546 จำนวน 451 จุด ผลที่ได้ให้ความถูกต้องโดยรวม 72.28 เปอร์เซ็นต์ สิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าผสมผลัดใบให้ความถูกต้องในการแปลสูงที่สุด 78.36 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าดงดิบ 60.00 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าเต็งรัง 50.98 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากป่าผสมผลัดใบครอบคลุมพื้นที่

ส่วนใหญ่ของพื้นที่ศึกษา เนื่องจากมีขนาดพื้นที่เล็ก ๆ กระจายอยู่ภายในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ ถูกดูดกลืนโดยอิทธิพลค่าการสะท้อนแสงของพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ ทำให้การจำแนกดังกล่าวข้างต้นผิดพลาดมากกว่าพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของกัมปนาท (2546) ได้ศึกษาการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยวิธี supervised classification โดยใช้กฎในการจัดกลุ่มแบบ maximum likelihood decision rule ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ ได้ค่าความถูกต้องโดยรวม 67.86 เปอร์เซ็นต์ โดยป่าผสมผลัดใบมีความถูกต้อง 46.45 เปอร์เซ็นต์ และป่าเต็งรังมีความถูกต้อง 66.47 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งพื้นที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นป่าดิบเขา และมีป่าเต็งรังและป่าผสมผลัดใบขึ้นอยู่ปะปนกัน

ตารางที่ 14 เมตริกความผิดพลาดการประเมินความถูกต้องการจำแนกสิ่งปกคลุมดินจากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมอ้างอิงกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม

		ข้อมูลการสำรวจภาคสนามปี พ.ศ. 2546					ความถูกต้อง (%)		
		ป่าดงดิบ	ป่าผสมผลัดใบ	ป่าเต็งรัง	พื้นที่อื่น ๆ	รวม	ผู้ผลิต	ผู้ใช้	รวม
ข้อมูลการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม	ป่าดงดิบ	**3**	1	1	0	5	60.00	8.82	72.28
	ป่าผสมผลัดใบ	30	**297**	52	0	379	78.36	89.73	
	ป่าเต็งรัง	0	25	**26**	0	51	50.98	30.23	
	พื้นที่อื่น ๆ	1	8	7	**0**	16	0.00	0.00	
	รวม	34	331	86	0	**451**			

2. ผลการประเมินความถูกต้องของการจำแนกสิ่งปกคลุมดินด้วยการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม (ตารางที่ 15) กับแผนที่จากการแปลตีความจากภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียม ปี พ.ศ. 2543 ในโครงการศึกษาการเตรียมติดตั้งระบบการติดตามอย่างต่อเนื่องสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน จำนวน 515 จุด ผลที่ได้ให้ความถูกต้องโดยรวม 66.99 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าผสมผลัดใบให้ความถูกต้องในการแปลสูงที่สุด 79.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าเต็งรัง 65.43 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าดงดิบ 40.00 เปอร์เซ็นต์



สัญญลักษณ์

- ป่าดงดิบชื้น
- ป่าดิบเขา
- ป่าผสมผลัดใบ
- ป่าเต็งรัง
- พื้นที่ปลูกสวนสัก
- ป่าฟื้นฟูตามธรรมชาติ
- พื้นที่เกษตรกรรม
- พื้นที่ชุมชน
- ป่าทุ่ง
- แหล่งน้ำ
- พื้นที่ทำไร่เลื่อนลอย

ภาพที่ 10 แผนที่ป่าไม้จากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม ปี พ.ศ. 2543
ที่มา: ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ กรมป่าไม้ (2543)

ตารางที่ 15 เมตริกความผิดพลาดการประเมินความถูกต้องการจำแนกสิ่งปกคลุมดินจากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมอ้างอิงกับข้อมูลจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2543

		ข้อมูลการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายภาพถ่ายจากดาวเทียม พ.ศ. 2543					ความถูกต้อง (เปอร์เซ็นต์)		
		ป่าดงดิบ	ป่าผสมผลัดใบ	ป่าเต็งรัง	พื้นที่อื่น ๆ	รวม	ผู้ผลิต	ผู้ใช้	รวม
ข้อมูลการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม	ป่าดงดิบ	4	19	1	10	34	40.00	11.76	66.99
	ป่าผสมผลัดใบ	6	238	26	61	331	79.33	71.90	
	ป่าเต็งรัง	0	30	53	3	86	65.43	61.63	
	พื้นที่อื่น ๆ	0	13	1	50	64	40.32	78.13	
	รวม	10	300	81	124	515			

3. ผลการประเมินความถูกต้องของแผนที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้จากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียม ปี พ.ศ. 2543 ด้วยสายตา (ภาพที่ 10) กับแผนที่จากการแปลตีความจากภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียม ปี พ.ศ. 2543 ในโครงการศึกษาการเตรียมติดตั้งระบบการติดตามอย่างต่อเนื่องสำหรับการจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างยั่งยืน จำนวน 515 จุด ผลที่ได้ให้ความถูกต้องโดยรวม 64.85 เปอร์เซ็นต์ แต่สำหรับสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าผสมผลัดใบให้ความถูกต้องในการแปลสูงที่สุด 86.33 เปอร์เซ็นต์ รองลงมาเป็นสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าเต็งรัง 43.21 เปอร์เซ็นต์ และสิ่งปกคลุมดินที่เป็นป่าดงดิบ 40.00 เปอร์เซ็นต์ (ตารางที่ 16)

ตารางที่ 16 เมตริกความผิดพลาดการประเมินความถูกต้องของแผนที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้อ้างอิงกับข้อมูลจากการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2543

		ข้อมูลการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายภาพถ่ายจากดาวเทียม พ.ศ. 2543					ความถูกต้อง (เปอร์เซ็นต์)		
		ป่าดงดิบ	ป่าผสมผลัดใบ	ป่าเต็งรัง	พื้นที่อื่น ๆ	รวม	ผู้ใช้	ผู้ผลิต	รวม
ข้อมูลแผนที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ ปี พ.ศ. 2543	ป่าดงดิบ	**4**	9	1	3	17	23.53	40.00	64.85
	ป่าผสมผลัดใบ	6	**259**	25	84	374	69.25	86.33	
	ป่าเต็งรัง	0	16	**35**	1	52	67.31	43.21	
	พื้นที่อื่น ๆ	0	16	20	**36**	72	50.00	29.03	
	รวม	10	300	81	124	**515**			

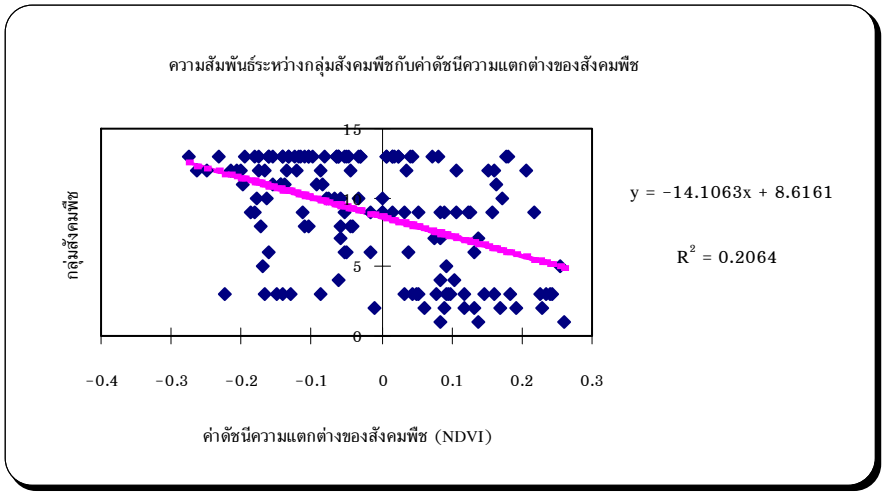
3. <u>แผนที่ชนิดป่าที่ได้จากปัจจัยแวดล้อม</u>

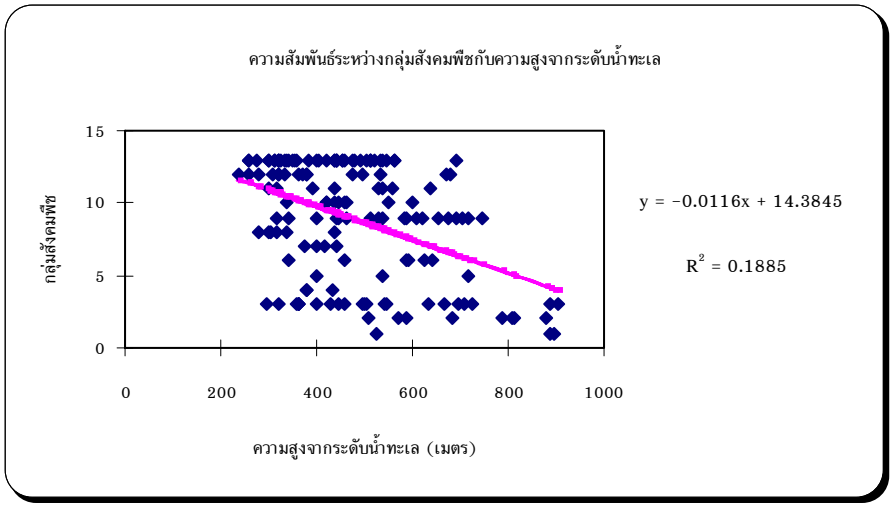
จำแนกสังคมพืชย่อยโดยใช้ปัจจัยแวดล้อมทางด้านธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศที่ได้มาจากการเตรียมข้อมูลเบื้องต้น นำมาหาความสัมพันธ์กับกลุ่มสังคมพืชจากการวิเคราะห์การจัดกลุ่มสังคมพืชโดยค่าความแตกต่างของสังคมพืชของ Sorensen ด้วยวิธี regression ดังภาพที่ 11 แล้วพิจารณาค่า R^2 เพื่อเลือกปัจจัยมาใช้ในการจำแนก จากการศึกษาพบว่าปัจจัยที่มีค่าความสัมพันธ์กับกลุ่มสังคมพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ข้อมูลชั้นความสูง และค่าดัชนีความแตกต่างความเป็นพืชพรรณ

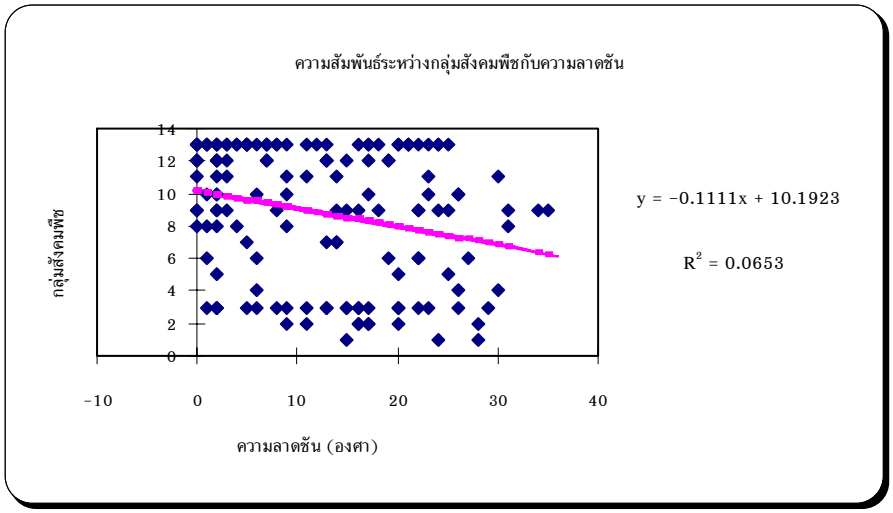
จากการศึกษาในพื้นที่พบว่าในพื้นที่ที่มีความลาดชันมากมาก มีลักษณะสังคมพืชเฉพาะ พืชพรรณที่ปรากฏแตกต่างจากพื้นที่ข้างเคียง ส่วนมากเป็นพวกไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม และไผ่ต่าง ๆ

จากการตรวจเอกสารพบว่า คุณสมบัติความลึกของดินมีอิทธิพลกับความสมบูรณ์ของป่าเต็งรัง ในการศึกษาครั้งนี้จึงนำปัจจัยความลึกของดินมาแบ่งเป็น 2 ชั้น คือ ชั้นดินตื้น และชั้นดินลึก

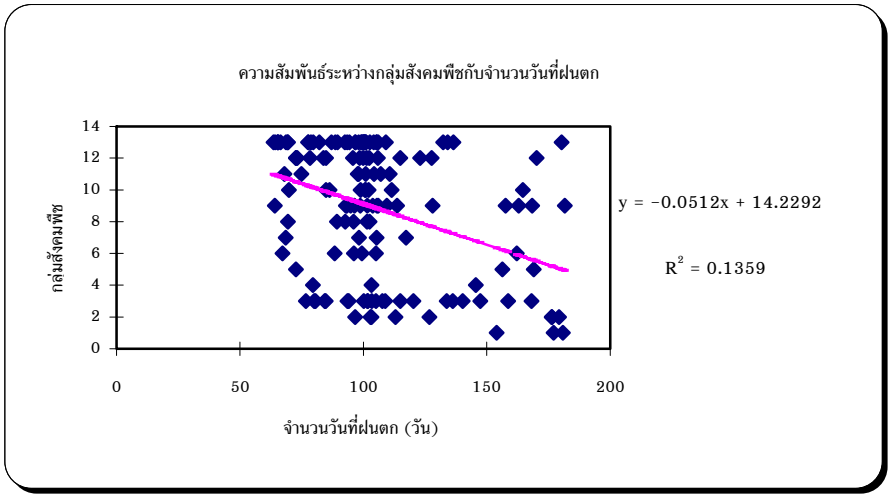
แผนที่ชนิดป่าที่ได้จากการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมเบื้องต้นนำมาจัดทำแผนที่สังคมพืชย่อยโดยนำปัจจัยชั้นข้อมูลความสูง ความลาดชัน ชนิดดิน และชนิดหิน มาซ้อนทับกับชั้นข้อมูลชนิดป่าไม้ ที่ได้จากการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ได้ชั้นข้อมูลป่าไม้ที่มีคุณสมบัติต่าง ๆ

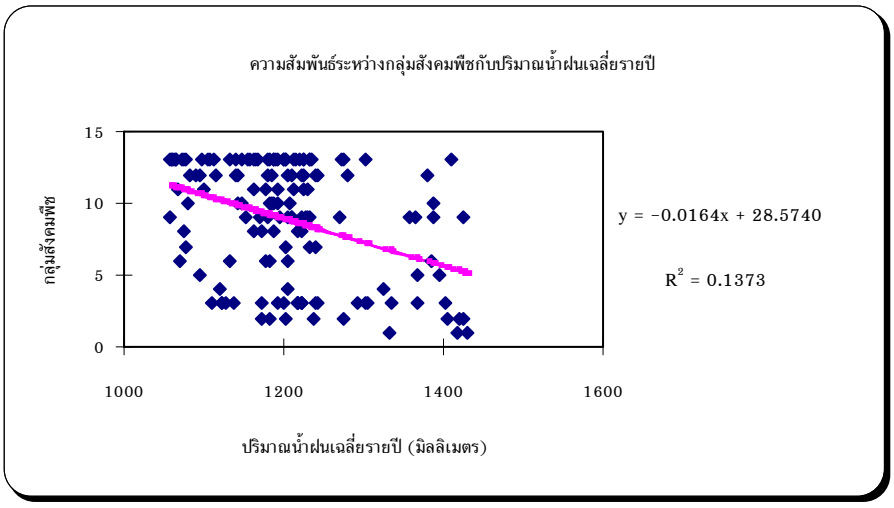


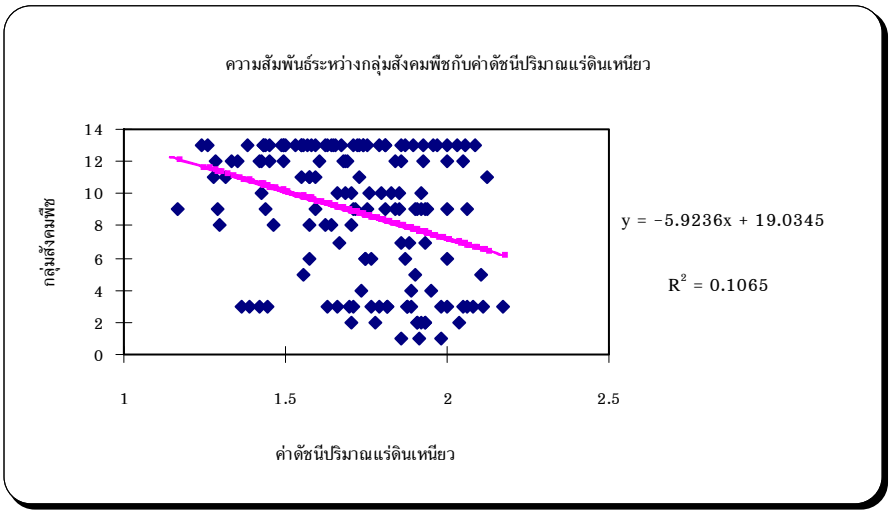




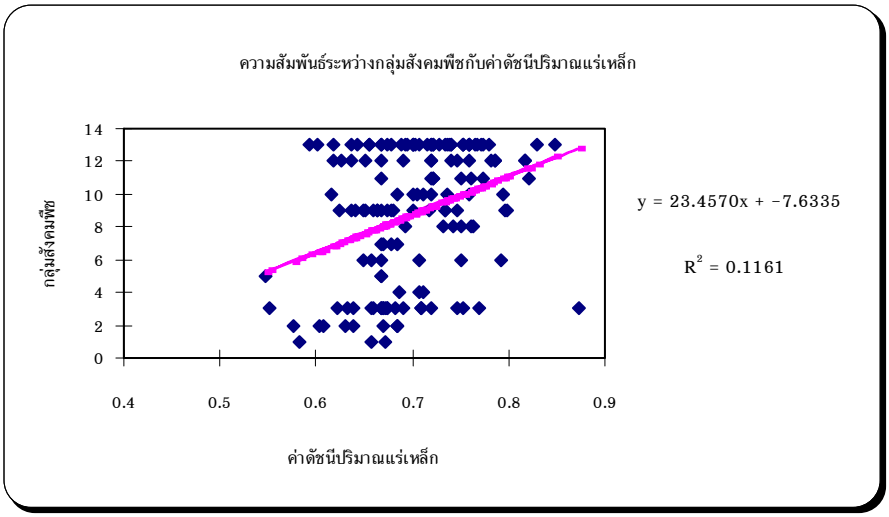
<u>ภาพที่ 11</u> ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสังคมพืชกับปัจจัยแวดล้อมด้านธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศ

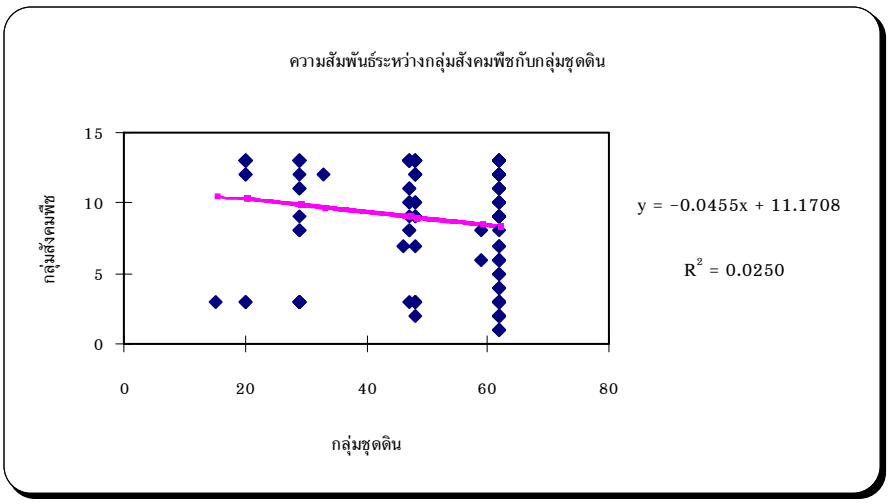

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสังคมพืชกับจำนวนวันที่ฝนตก
กลุ่มสังคมพืช
จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)
y = -0.0512x + 14.2292
R2 = 0.1359

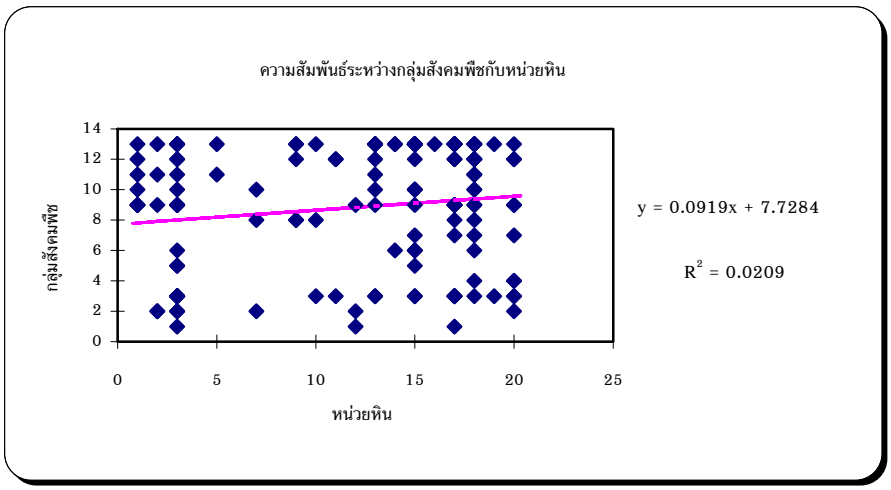

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสังคมพืชกับปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี
กลุ่มสังคมพืช
ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ยรายปี (มิลลิเมตร)
y = -0.0164x + 28.5740
R2 = 0.1373


ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสังคมพืชกับค่าดัชนีปริมาณแร่ดินเหนียว
กลุ่มสังคมพืช
ค่าดัชนีปริมาณแร่ดินเหนียว
y = -5.9236x + 19.0345
R2 = 0.1065

<u>ภาพที่ 11</u> (ต่อ)


ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสังคมพืชกับค่าดัชนีปริมาณแร่เหล็ก
กลุ่มสังคมพืช
ค่าดัชนีปริมาณแร่เหล็ก
y = 23.4570x + -7.6335
R2 = 0.1161

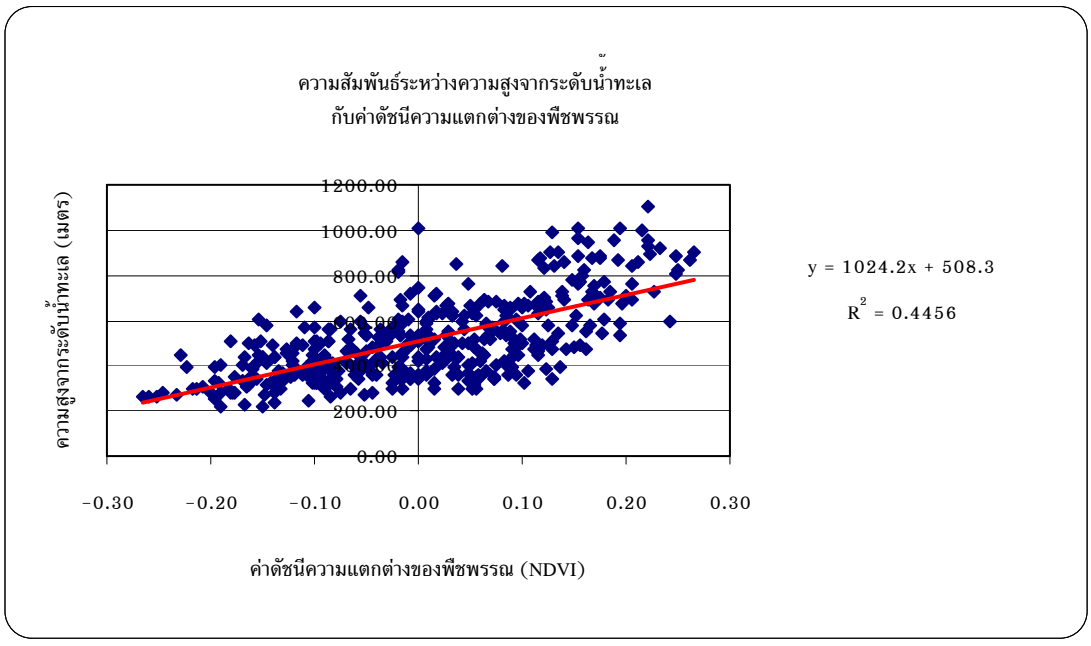

ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสังคมพืชกับกลุ่มชุดดิน
กลุ่มสังคมพืช
กลุ่มชุดดิน
y = -0.0455x + 11.1708
R2 = 0.0250


ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มสังคมพืชกับหน่วยหิน
กลุ่มสังคมพืช
หน่วยหิน
y = 0.0919x + 7.7284
R2 = 0.0209

ภาพที่ 11 (ต่อ)

3.1 การจำแนกสังคมป่าผสมผลัดใบ โดยใช้ระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลที่แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ความสูงน้อยกว่า 500 เมตร และความสูงตั้งแต่ 500 เมตร ขึ้นไป ผลการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างความสูงและค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) ปรากฏดังภาพที่ 12

ทดสอบความแตกต่างทางสถิติของสังคมพืชในระดับความสูงที่ต่างกัน ตามสมมุติฐานที่ 1 ในตารางที่ 10 ในการทดสอบเลือกการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Independence Samples T-Test เบื้องต้นทดสอบความแปรปรวนค่า NDVI ของประชากร 2 กลุ่ม สมมุติฐานหลักในการทดสอบคือค่าความแปรปรวนแตกต่างกัน โดยการทดสอบพบว่าปรากฏว่า ค่า NDVI จากพื้นที่ที่มีระดับความสูงต่างกันมีความแปรปรวนแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ดังนั้น ตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของค่า NDVI ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 7.662 (ภาพที่ 13) ซึ่งมีค่ามากกว่าค่า T จากตาราง (2.048) ดังนั้น ปฏิเสธสมมุติฐานหลัก สามารถสรุปผลการทดสอบทางสถิติว่าสังคมพืชในระดับความสูงที่ต่างกัน มีค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05



ภาพที่ 12 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงจากระดับน้ำทะเลกับค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ

Group Statistics

	ระดับความสูง	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่า NDVI	0-500 เมตร	10	.1195027	.03974192	.0125675
	> 500 เมตร	20	-.0756086	.09905535	.0221494

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ค่า NDVI	Equal variances assumed	9.336	.005	5.951	28	.000	.1951113	.03278518	.1279539	.2622687
	Equal variances not assumed			7.662	27.242	.000	.1951113	.02546645	.1428802	.2473424

ภาพที่ 13 การทดสอบทางสถิติค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณในพื้นที่ป่าผสมผลัดใบ

Group Statistics

	ชนิดป่า	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
ค่า NDVI	ป่าผสมฯ	22	-.039531	.0733894	.0156467
	สวนป่า	8	-.065133	.0425839	.0150557

Independent Samples Test

		Levene's Test for Equality of Variances		t-test for Equality of Means						
									95% Confidence Interval of the Difference	
		F	Sig.	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Std. Error Difference	Lower	Upper
ค่า NDVI	Equal variances assumed	1.991	.169	.925	28	.363	.025602	.0276736	-.0310850	.0822885
	Equal variances not assumed			1.179	21.807	.251	.025602	.0217139	-.0194532	.0706567

ภาพที่ 14 การทดสอบทางสถิติค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณในพื้นที่สวนป่าและป่าผสมผลัดใบ

3.2 การจำแนกพื้นที่สวนป่า จากผลการแปลตีความข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมในข้อ 2 ไม่สามารถจำแนกขอบเขตสวนป่าออกจากป่าผสมผลัดใบได้ชัดเจน จึงรวมสวนป่าเข้ากับป่าผสมผลัดใบ เหตุผลในการรวมพื้นที่ดังกล่าว คือ

1) ประเมิน signature ที่สร้างขึ้นบนภาพถ่ายจากดาวเทียม โดยใช้ข้อมูลค่าความแตกต่างของสังคมพืชและข้อมูลการสำรวจจากพื้นที่ศึกษาประกอบการตัดสินใจเป็นพื้นที่ตัวแทน ซึ่งพื้นที่ตัวแทนดังกล่าวเป็นค่าถ่วงน้ำหนักทางสถิติของ signature จึงมี pixel ที่ถูกจำแนกมีความแตกต่างกันภายในกลุ่มเดียวกัน ในการประเมินเลือกใช้ตารางเมตริกความผิดพลาด (contingency matrix) โดยกฎการตัดสินใจแบบ maximum likelihood ปรากฏผลดังตารางที่ 14

ตารางที่ 17 ผลการประเมิน signature พื้นที่ตัวแทนสวนป่าและป่าผสมผลัดใบ

signature	สวนป่า1	สวนป่า2	สวนป่า3	สวนป่า4	สวนป่า5	ป่าผสม1	ป่าผสม2	ป่าผสม3	ป่าผสม4	ป่าผสม5
สวนป่า1	***35.45***	27.36	0	0	0	37.19	0	0	0	0
สวนป่า2	2.59	***61.17***	0.08	0	0	36.17	0	0	0	0
สวนป่า3	0	1.17	***15.14***	0	0	83.09	0	0	0	0
สวนป่า4	0	0	0	***36.99***	0	0	63.01	0	0	0
สวนป่า5	0	0	0	0	***32.55***	67.45	0	0	0	0
ป่าผสม1	0.12	2.20	0.16	0	0.25	***97.27***	0	0	0	0
ป่าผสม2	0	0	0	6.01	0	0	***93.99***	0	0	0
ป่าผสม3	0	0	0	0	0	0	0	***78.64***	21.36	0
ป่าผสม4	0	0	0	0	0	0	0.18	15.15	***84.67***	0
ป่าผสม5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	***100***

จากผลการประเมิน signature พื้นที่ตัวแทนสวนป่าและป่าผสมผลัดใบ signature สวนป่า มีความถูกต้องโดยเฉลี่ยต่ำกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่ signature ป่าผสมผลัดใบมีความถูกต้องโดยเฉลี่ยสูงกว่า 80 เปอร์เซ็นต์

2) ทดสอบความแตกต่างทางสถิติค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณของสวนป่ากับป่าผสมผลัดใบ ตามสมมุติฐานที่ 2 ในตารางที่ 10 ในการทดสอบเลือกการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยแบบ Independence Samples T-Test เบื้องต้นทดสอบความแปรปรวนค่า NDVI ของประชากร 2 กลุ่ม สมมุติฐานหลักในการทดสอบคือค่าความแปรปรวนเท่ากัน โดยการทดสอบพบว่า ค่า NDVI จากพื้นที่ป่าผสมผลัดใบและพื้นที่สวนป่ามีความแปรปรวนแตกต่างกันที่ระดับนัยสำคัญ

0.05 ดังนั้น ตัวสถิติทดสอบค่าเฉลี่ยของค่า NDVI ทั้ง 2 กลุ่ม มีค่าเท่ากับ 0.925 (ภาพที่ 14) ซึ่งมีค่าน้อยกว่า ค่า T จากตาราง (2.048) ดังนั้น ยอมรับสมมุติฐานหลัก สามารถสรุปผลการทดสอบทางสถิติว่า สวนป่าและป่าผสมผลัดใบ มีค่าดัชนีความแตกต่างของพืชพรรณ (NDVI) ไม่แตกต่างกัน ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

3.3 การจำแนกสังคมป่าเต็งรัง ใช้คุณสมบัติความลึกของดิน

4. <u>แผนที่พืชพรรณ</u>

4.1 การวิเคราะห์การจัดกลุ่มสังคมพืช จำนวน 151 แปลง โดยใช้ความแตกต่างของสังคมพืชที่ระดับ 55 เปอร์เซ็นต์ สามารถแบ่งกลุ่มสังคมพืชได้ 13 กลุ่ม ดังนี้ (ภาพผนวกที่ 1)

กลุ่มที่ 1 พืชพรรณในกลุ่มนี้ ได้แก่ แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz) และ ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* Bl.) แปลงตัวอย่างที่มีพืชพรรณดังกล่าว คือ แปลงที่ 13, 109 และ 136 โดยทั้งสามแปลงมีความคล้ายคลึงกัน 91 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม พื้นที่แปลงที่ 13 และ 109 เป็นป่าผสมผลัดใบ ส่วนแปลงที่ 136 เป็นพื้นที่ไร่ร้าง ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวเคยมีสภาพเป็นป่าผสมผลัดใบที่ถูกบุกรุก มีพืชพรรณดั้งเดิมหลงเหลืออยู่

กลุ่มที่ 2 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata* Kurz) และตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.) นอกจากนี้ยังมี ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib) มะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.) และยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.) แปลงตัวอย่างที่มีพืชพรรณดังกล่าว คือ แปลงที่ 27, 45, 49, 256, 351, 723, 840 และ 858 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 66 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนามพื้นที่แปลงที่ 27, 256 และ 351 เป็นป่าดงดิบ แปลงที่ 45, 49, 723, 840 และ 858 เป็นป่าผสมผลัดใบ

กลุ่มที่ 3 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.) มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib) เติม (*Bischofia javanica* Bl.) กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.) เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre) นอกจากนี้ยังมี ขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Britt.) ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. f.) ส้านหิ่ง (*Dillenia parviflora* Griff.) สะแกแสง (*Cananga latifoli*a Finet & Gagnep.) ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz) เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl) แคทราย (*Stereospermum neuranthu*m Kurz) ยางปาย (*Dipterocarpus costatus* Gaertn. f.) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* Bl.)

สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.) ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre) สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.) มะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.) ตะคร้อ (*Schleichera oleos*a Merr.) ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness.) และรกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 25, 135, 173, 177, 212, 216, 220, 306, 312, 349, 405, 407, 451, 501, 597, 601, 627, 645, 681, 693, 761 และ 769 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 64 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนามพื้นที่แปลงที่ 25, 177, 220, 306, 312, 451, 501, 645, 693,และ 761 เป็นป่าผสมผลัดใบ แปลงที่ 597, 681 และ 769 เป็นป่าเต็งรัง แปลงที่ 135, 349 และ 627 เป็นพื้นที่ไร่ร้าง แปลงที่ 121 เป็นป่าดงดิบ แปลงที่ 405 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม แปลงที่ 173 เป็นพื้นที่ป่าปลูก ส่วนแปลงที่ 407 และ 216 เป็นพื้นที่อื่น ๆ

กลุ่มที่ 4 พืชพรรณในกลุ่มนี้ ได้แก่ ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz) สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.) และเติม (*Bischofia javanica* Bl.) แปลงตัวอย่างที่มีพืชพรรณดังกล่าว คือ แปลงที่ 175, 355 และ 507 โดยทั้งสามแปลงมีความคล้ายคลึงกัน 97.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนามพื้นที่แปลงที่ 13 และ 109 เป็นป่าผสมผลัดใบ ส่วนแปลงที่ 136 เป็นพื้นที่ไร่ร้าง ทั้งนี้พื้นที่ดังกล่าวเคยมีสภาพเป็นป่าผสมผลัดใบที่ถูกบุกรุก มีพืชพรรณดั้งเดิมหลงเหลืออยู่

กลุ่มที่ 5 พืชพรรณในกลุ่มนี้ ได้แก่ ยมหอม (*Toona ciliata* M. Roem.) เติม (*Bischofia javanica* Bl.) และตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.) แปลงตัวอย่างที่มีพืชพรรณดังกล่าว คือ แปลงที่ 99, 103 และ 559 โดยทั้งสามแปลงมีความคล้ายคลึงกัน 99.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนามพื้นที่แปลงที่ 99 เป็นป่าดงดิบ แปลงที่ 103 เป็นไร่ร้าง ส่วนแปลงที่ 559 ป่าผสมผลัดใบ

กลุ่มที่ 6 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.) เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl) และผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz) นอกจากนี้ยังมี เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz) สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.) รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre) ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.) และยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 185, 228, 320, 447, 683 และ 812 โดยแปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 79.5 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนามพื้นที่แปลงที่ 185, 228, 320, 447 และ 812 เป็นป่าผสมผลัดใบ แปลงที่ 682 ป่าเต็งรัง

กลุ่มที่ 7 พืชพรรณในกลุ่มนี้ ได้แก่ แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.) ยมหอม (*Toona ciliata* M. Roem.) ประดู่ (*Pterocarpus*

macrocarpus Kurz) ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz) และมะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 260, 545, 635 และ 515 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 93 เปอร์เซ็นต์ โดยทุกแปลงเป็นป่าผสมผลัดใบ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม

กลุ่มที่ 8 พืชพรรณในกลุ่มนี้ ได้แก่ เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) ขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Britt.) รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.) ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre) แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz) และสะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 411, 505, 547, 589, 685 และ 687 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 92 เปอร์เซ็นต์ โดยในกลุ่มนี้มีแปลงตัวอย่างกระจายอยู่ในหลายชนิดของพื้นที่เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม ได้แก่ แปลงที่ 411 และ 589 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม แปลงที่ 505 เป็นไร่ร้าง แปลงที่ 547 และ 685 เป็นป่าผสมผลัดใบ แปลงที่ 687 เป็นพื้นที่เหมืองแร่

กลุ่มที่ 9 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre) มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.) รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.) สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.) เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 47, 105, 107, 137, 183, 218, 226, 262, 415, 499, 543, 591, 692, 637, 677, 765, 775, 888 และ 890 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 62 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม เกือบทุกแปลงเป็นป่าผสมผลัดใบ ยกเว้นแปลงที่ 765 เป็นพื้นที่ไร่ร้าง

กลุ่มที่ 10 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 101, 222, 511, 551, 691, 804, 808, 810 และ 838 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 85 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม เกือบทุกแปลงเป็นป่าเต็งรัง ยกเว้นแปลงที่ 765 เป็นป่าผสมผลัดใบ

กลุ่มที่ 11 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 365, 397, 449, 555, 729, 733, 834 และ 876 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 83 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม แปลงที่ 555,

729, 733 และ 876 เป็นป่าเต็งรัง แปลงที่ 397, 449 และ 834 เป็นป่าผสมผลัดใบ แปลงที่ 365 เป็นพื้นที่ไร่ร้าง

กลุ่มที่ 12 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.) ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.) มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 118, 254, 304, 316, 406, 453, 497, 509, 553, 557, 595, 633, 731, 735, 737 และ 773 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 75 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม แปลงที่ 316, 509, 533, 595, 731, 735, 737 และ 773 เป็นป่าเต็งรัง แปลงที่ 304, 453, 497, 557 และ 633 เป็นป่าผสมผลัดใบ แปลงที่ 181 และ 254 เป็นพื้นที่ไร่ร้าง และแปลงที่ 406 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม

กลุ่มที่ 13 พืชพรรณในกลุ่มนี้ที่มีค่าดัชนีความสำคัญสูง ได้แก่ สัก (*Tectona grandis* Linn. f.) แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.) ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz) ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.) ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre) รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth) ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz) เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl) ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.) มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.) ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.) แปลงตัวอย่างในกลุ่มนี้ คือ แปลงที่ 143, 179, 214, 266, 270, 308, 314, 315, 318, 353, 359, 361, 367, 369, 401, 403, 417, 452, 461, 463, 465, 467, 503, 513, 549, 585, 587, 593, 599, 631, 639, 643, 679, 725, 727, 763, 767, 771, 800, 806, 854, 856 และ 874 แปลงตัวอย่างมีความคล้ายคลึงกัน 60 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับข้อมูลการสำรวจภาคสนาม แปลงที่ 143, 179, 266, 270, 318, 353, 359, 361, 367, 369, 401, 403, 417, 452, 461, 465, 467, 503, 513, 549, 585, 587, 599, 631, 639, 643, 679, 725, 727, 763, 767, 771, 800, 806, 856 และ 874 เป็นป่าผสมผลัดใบ แปลงที่ 214 และ 315 เป็นพื้นที่เกษตรกรรม แปลงที่ 308 เป็นถนน แปลงที่ 593 และ 854 เป็นป่าเต็งรัง แปลงที่ 314 เป็นพื้นที่ไร่ร้าง

4.2 จัดทำแผนที่พืชพรรณ โดยนำข้อมูลจากการวิเคราะห์มาซ้อนทับกัน แบ่งสังคมย่อยออกเป็น 6 กลุ่ม (ภาพที่ 15)

1. ป่าดงดิบ พบบริเวณตอนเหนือและทางตะวันตกของพื้นที่ศึกษาที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลตั้งแต่ 1,100 เมตรขึ้นไป พืชพรรณเด่น ได้แก่ กระบก กระพี้เขาควาย กางขี้มอด เก็ดแดง แคทราย แดง ตะคร้ำ ตะแบก ประดู่ ยมหอม มะค่าโมง ยางนา ยางเหียง มีพื้นที่ 57.68 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 3.3 เปอร์เซ็นต์

2. ป่าผสมผลัดใบระดับต่ำ พบบริเวณตอนกลางของพื้นที่ศึกษาที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลน้อยกว่า 500 เมตร พืชพรรณเด่น ได้แก่ แดง ประดู่ ตะคร้อ ตะแบกเปลือกบาง รกฟ้า ผ่าเสี้ยน เสลา ตีนนก มะเกลือเลือด ตะคร้ำ มีพื้นที่ 582.42 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 33.28 เปอร์เซ็นต์

3. ป่าผสมผลัดใบระดับสูง พบบริเวณตอนเหนือ ตะวันตก และทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษาที่มีระดับความสูงจากระดับน้ำทะเลมากกว่า 500 เมตร ขึ้นไป พืชพรรณเด่น ได้แก่ ตะแบกเปลือกบาง มะเกลือเลือด ตะคร้อ รกฟ้า แดง สมอพิเภกประดู่ มีพื้นที่ 579.45 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 33.11 เปอร์เซ็นต์

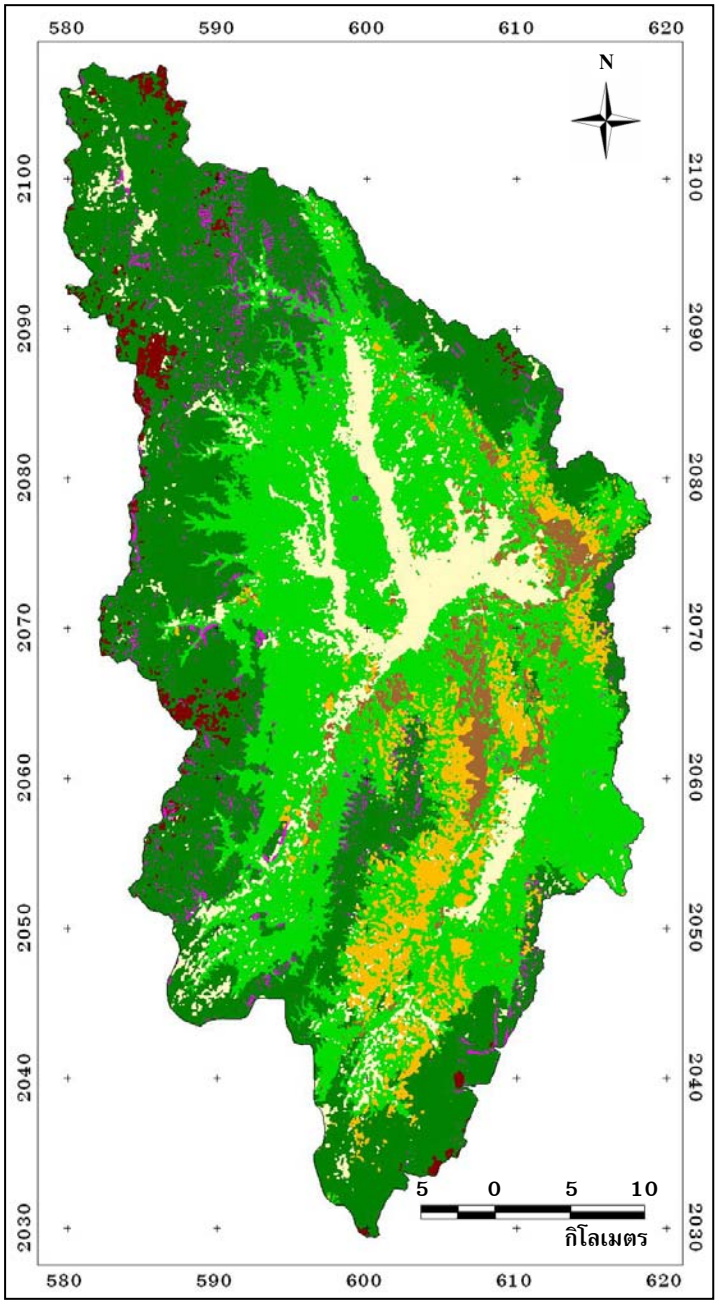
4. ป่าเขาหินปูน พบบริเวณพื้นที่ลาดชันมากกว่า 31 องศา ของพื้นศึกษา ซึ่งเป็นภูเขาหินปูน พืชพรรณเด่นส่วนมากเป็นพวกไม้ล้มลุก ไม้พุ่ม และไผ่ต่าง ๆ มีพื้นที่ 36.93 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 2.11 เปอร์เซ็นต์

5. ป่าเต็งรังแคระ พบบริเวณทางตอนใต้ของพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ 106.25 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 6.07 เปอร์เซ็นต์

6. ป่าเต็งรังสมบูรณ์ พบบริเวณทางตอนกลางของพื้นที่ศึกษา มีพื้นที่ 44.80 ตารางกิโลเมตร คิดเป็น 2.56 เปอร์เซ็นต์

4.3 การผสมผสานกลุ่มสังคมพืชกับแผนที่พืชพรรณ

เมื่อนำข้อมูลการสำรวจในภาคสนามมาทำการวิเคราะห์เพื่อการจัดจำแนกกลุ่ม พบว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่พืชพรรณที่ได้ ยังพบว่ากลุ่มสังคมพืชที่ปรากฏในแต่ละชนิดป่ามีความคล้ายคลึงกันน้อย ทั้งนี้ เนื่องจากข้อจำกัดของความละเอียดของข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม ทำให้ไม่สามารถบันทึกสิ่งปกคลุมดินได้ละเอียด หรือจำแนกสังคมย่อยที่มีความคล้ายคลึงกันมาก ๆ ได้



ภาพที่ 15 แผนที่พืชพรรณในพื้นที่ป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

1. สังคมพืชในพื้นที่ป่าสาธิตงาว จังหวัดลำปาง เป็นสังคมป่าเขตร้อน พรรณไม้เด่นเป็นไม้ใบกว้าง จัดเป็นระบบนิเวศระดับ ecoregoin แบบ Tropical and Subtropical Moist broadleaf Forest ในการศึกษาอิทธิพลปัจจัยแวดล้อมที่มีผลต่อการกระจายของสังคมพืชโดยภูมิสารสนเทศครั้งนี้ นำปัจจัยด้านภูมิประเทศที่ประกอบด้วย ความสูงจากระดับน้ำทะเล ความลาดชัน และทิศด้านลาด ส่วนการจำแนกระบบนิเวศระดับย่อยลงไป

2. การศึกษาในพื้นที่และการประมวลผลโดยภูมิสารสนเทศ ด้วยวิธี supervised classification โดยใช้กฎในการจัดกลุ่มแบบ maximum likelihood decision rule กำหนด training area เป็น 4 ประเภทหลัก ตามข้อมูลการสำรวจ พบว่า ป่าสาธิตงาว มีป่าดงดิบ ป่าผสมผลัดใบ ป่าเต็งรัง และพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ ประเมินความถูกต้องโดยรวมได้ 72.28 เปอร์เซ็นต์ โดยป่าดงดิบ ป่าผสมผลัดใบ และป่าเต็งรังมีความถูกต้อง 60.00 เปอร์เซ็นต์ 78.36 เปอร์เซ็นต์ และ 50.98 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการใช้ปัจจัยแวดล้อมทางธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศสามารถแบ่งสังคมย่อยออกเป็น 6 สังคมย่อย คือ ป่าดงดิบ ป่าผสมผลัดใบระดับต่ำ ป่าผสมผลัดใบระดับสูง ป่าเขาหินปูน ป่าเต็งรังแคระ และป่าเต็งรังสมบูรณ์

3. ผลที่ได้จากการศึกษาครั้งนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับแผนที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้ ที่ได้จากการแปลตีความการใช้ประโยชน์ที่ดินจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมด้วยสายตา เมื่อ ปี พ.ศ. 2543 พบว่า การจัดทำแผนที่ป่าไม้ของกรมป่าไม้พิจารณาเฉพาะลักษณะที่ปรากฏบนภาพถ่ายจากดาวเทียม ทำให้ข้อมูลที่ได้ขาดรายละเอียดของพืชพรรณ และสภาพภูมิประเทศ และต้องอาศัยผู้เชี่ยวชาญเฉพาะเป็นผู้ดำเนินการ ใช้ทรัพยากร บุคคล และเวลามาก สำหรับแผนที่พืชพรรณที่ได้จากการศึกษานี้ ดำเนินการโดยโปรแกรมการประมวลผล มีความถูกต้องที่ยอมรับได้ และได้นำปัจจัยแวดล้อมและสภาพภูมิประเทศ มาใช้ ทำให้มีรายละเอียดเกี่ยวกับพืชพรรณมากขึ้น

4. ในปัจจุบันประเทศไทยมีเพียงแผนที่ป่าไม้ที่ได้จากการแปลภาพถ่ายดาวเทียม แต่ยังไม่มีแผนที่พืชพรรณที่บ่งบอกถึงสถานภาพที่แท้จริงของป่าชนิดนั้น ๆ เนื่องจาก สังคมพืชมีการปรับเปลี่ยนตามสภาพของปัจจัยทางด้านภูมิประเทศ ดังนั้น การนำระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์มาใช้ในการศึกษาและการจัดการทรัพยากรป่าไม้ สามารถแสดงการกระจายของกลุ่มพืชพรรณตามอิทธิพลของปัจจัยแวดล้อมและสภาพภูมิประเทศ จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการวางแผนจัดการทรัพยากรป่าไม้อย่างมีประสิทธิภาพ

จากการศึกษา พบว่า ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เป็นเครื่องมือช่วยสร้างฐานข้อมูลปัจจัยแวดล้อม ประมวลการจัดทำแผนที่ และเป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการศึกษาทางด้านนิเวศวิทยา

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะเพื่อการประยุกต์ใช้

การศึกษาเพื่อปรับปรุงแผนที่สังคมพืชด้วยการแปลตีความจากข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมโดยใช้ปัจจัยแวดล้อมทางด้านธรณีสัณฐาน และสภาพภูมิประเทศ ในพื้นที่ป่าสาธิตงาว ซึ่งเป็นพื้นที่ที่ผ่านการสัมปทานทำไม้มาแล้ว พืชพรรณที่ปรากฏในปัจจุบันจึงอาจจะแตกต่างจากพื้นที่ป่าธรรมชาติในพื้นที่อื่น การนำหลักเกณฑ์จากการศึกษานี้ไปใช้ในพื้นที่อื่น อาจจะทำให้ผลที่ได้แตกต่างออกไป เนื่องจาก ปัจจัยแวดล้อมในแต่ละพื้นที่ไม่เหมือนกัน และอาจมีผลต่อปัจจัยอื่น ๆ ที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้น เพื่อให้การจำแนกมีความถูกต้องสูง ควรมีการศึกษาปัจจัยต่าง ๆให้ครอบคลุม

การเปรียบเทียบผลการแปลตีความภาพถ่ายจากดาวเทียมจากการศึกษากับข้อมูลการสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศและภาพถ่ายจากดาวเทียมปี พ.ศ. 2543 ได้ผลการเปรียบเทียบที่แตกต่างกันมาก เนื่องจาก การสำรวจด้วยภาพถ่ายทางอากาศได้ดำเนินมานานแล้ว และไม่มีข้อมูลใหม่มาปรับปรุงแผนที่อย่างต่อเนื่อง และภาพถ่ายจากดาวเทียมที่ใช้ในอดีตที่ผ่านมามีรายละเอียดปานกลาง ทำให้การจำแนกมีความถูกต้องไม่สูงนัก ในปัจจุบันการสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมได้พัฒนาการบันทึกรายละเอียดให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ดังนั้น ควรนำข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียมรายละเอียดสูง เช่น SPOT, IKONOS มาประยุกต์ใช้

2. ข้อเสนอแนะเพื่อการศึกษาวิจัยในอนาคต

ผลการจำแนกสังคมพืชจากการศึกษาครั้งนี้ ตั้งสมมุติฐานว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการจำแนก ได้แก่ ระดับความสูงของพื้นที่ ปริมาณน้ำฝน ชนิดดิน ชนิดหิน และค่าดัชนีต่าง ๆ แต่ปัจจัยที่มีผลต่อการกำหนดชนิดพืชพรรณ คือ ชนิดดิน ความชื้น ชนิดหิน ดังนั้น เพื่อให้ได้ความถูกต้องและมีรายละเอียดมากกว่านี้ ต้องเก็บข้อมูลด้านปัจจัยแวดล้อมให้ละเอียดขึ้น โดยเฉพาะข้อมูลดิน หิน และปริมาณน้ำฝน โดยเก็บข้อมูลตามชนิดพืชพรรณที่ปรากฏ เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาตั้งสมมุติฐานและกำหนดปัจจัยในการจำแนก จึงจะทำให้การจำแนกสังคมพืชมีความถูกต้องและรายละเอียดมากยิ่งขึ้น

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กัมปนาท ดีอุดมจันทร์. 2546. **การจำแนกการใช้ประโยชน์ที่ดินด้วยวิธีระบบผู้เชี่ยวชาญบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์**ป่าภูเขียว. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

โครงการพัฒนาป่าต้นแบบเพื่อการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืนในภูมิภาคเอเชีย. 2544. **ป่าสาธิตงาว ป่าต้นแบบในการจัดการป่าไม้อย่างยั่งยืน** กลุ่มพัฒนาการจัดการป่าไม้และป่าสาธิต, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้

เจิมศักดิ์ หัวเพชร. 2523. **Surveying**. โรงพิมพ์อักษรประเสริฐ, กรุงเทพฯ.

เชาวลิต ศิลปทอง. 2525. **การผันแปรของพืชที่อุทยานแห่งชาติเขาชะเมา-เขาวง ตามการเปลี่ยนแปลงของภูมิประเทศ.** วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ประมาณ เทพสงเคราะห์. 2541. **เทคนิคทางแผนที่และภาพถ่ายทางอากาศ.** มหาวิทยาลัยทักษิณ, จังหวัดสงขลา.

ประสพชัย นามลาพุทธา. 2536. การแปลตีความข้อมูลภาพจากดาวเทียมด้วยสายตา, น. 113-126. ใน กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม. **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม**. สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, กรุงเทพฯ.

สุพรรณ กาญจนสุธรรม. 2534. **ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์เพื่อการวางแผนพัฒนาการเกษตร.** กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ.

สุเพชร จิรขจรกุล. 2544. **เรียนรู้ระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ด้วย PC ARCVIEW**. โรงพิมพ์ศิริธรรมออฟเซ็ท, จังหวัดอุบลราชธานี.

สุรชัย รัตนเสริมพงศ์. 3536. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล, น. 41-59. ใน กองสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม, สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. **การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียม.** กระทรวงวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้ กรมป่าไม้. 2544. **รายงานความก้าวหน้าโครงการแผนที่ป่าไม้ระบบมาตรฐาน.** 65 หน้า.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ. 2540. **คำบรรยายเรื่องการสำรวจจากระยะไกล.** โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว, กรุงเทพฯ. 298 หน้า.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน). 2546. **คุณลักษณะดาวเทียม Landsat 7 ETM+.** แหล่งที่มา: http://www.gistda.or.th/landsat7/htm, วันที่ 19 สิงหาคม 2546.

วันชัย อรุณประภารัตน์ และ ยงยุทธ ไตรสุรัตน์. 2544. **คู่มือการใช้แผนที่ชั้นคุณภาพลุ่มน้ำ: การกำหนดชั้นคุณภาพลุ่มน้ำบริเวณลุ่มน้ำโขงตอนล่าง.** สำนักงานเลขาธิการคณะกรรมการแม่น้ำโขง.

อนุสรณ์ รังสิพานิช. 2545. **การประมาณค่าความหนาแน่นเรือนยอดของหมู่ไม้โดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายจากดาวเทียม บริเวณป่าสาธิตงาว อำเภองาว จังหวัดลำปาง.** ส่วนวิเคราะห์ทรัพยากรป่าไม้, สำนักวิชาการป่าไม้, กรมป่าไม้.

อุทิศ กุฎอินทร์. 2542. **นิเวศวิทยา : พื้นฐานเพื่อการป่าไม้.**ภาควิชาชีววิทยาป่าไม้ คณะวนศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

Burrough, P.A. and R.A. McDonnell. 1997. **Principles of Geographic Information Systems.** Oxford University Press, Oxford.

Cambell, J.B. 1996. **Introduction to Remote Sensing.** Taylor & Francis, London.

Dombois, D.M. and H. Ellenberg. 1974. **Aim and Method of Vegetation Ecology**. . John Wiley & Sons, Inc., New York.

Du Rietz, G.E. 1930. Vegetationsforchung auf Soziationsanalytischer Grundlage, pp. 219-234. In D. Mueller and H. Ellenberg. **Aim and Method of Vegetation Ecology.** John Wiley & Sons, Inc., New York.

ERDAS. 2002, **ERDAS Field Guide. 6th**, ed. ERDAS, Inc., Atlanta.

Forest Research Office, Royal Forest Department. 2000. **Technical Report No. 1 Data Base of Ngao Demonstration Forest.** 149 pages

Huggett, R.J. 2003. **Fundamentals of Geomorphology.** Routledge, London.

Joy, S.M., R.M. Reich and R.T. Reynolds. 2003. A non-parameter, supervised classification of vegetation types on the Kaibab National Forest using decision trees. **International Journal of Remote Sensing.** 24: 1835-1852.

Kershaw, K. A. 1973. **Quantitative and Dynamic Plant Ecology**. American Elsevier Publishing Company, New York.

Klinka, K. and V.J. Krajina. 1986. **Ecosystem of The University of British Columbia research Forest, Haney, B.C.** Faculty of Forestry, The University of British Columbia, Canada.

Kimmins, J.P. 1987. **Forest Ecology.** The University of British Columbia, Canada.

_____ J.P. 1997. **Forest Ecology: A Foundation for Sustainable Management.** 2nd, ed. Prenitic-Hall, Inc., California.

Klijn, F. 1994. Spatial nested ecosystems: guidelines for classification from a hierarchical perspective, pp. 85-116. In F. Klijn, ed. **Ecosystem Classification for Environmental Management.** Kluwer Academic Plublishers, Dordrecht, The Netherlands.

Kuchler, A.W. 1988. Ecological vegetation map and their interpretation, pp. 469-479. In A.W. Kuchler and I.S. Zonneveld, eds. **Vegetation Mapping.** Kluwer Academic Plublishers, Dordrecht, The Netherlands.

Lillesand, T.M. and R.W. Kiefer. 1994. **Remote Sensing and Image Interpretation.** John Wiley & Sons, Inc., New York.

Liu, J.Y., D.F. Zhuang, D. Luo and X. Ziao. 2003. Land-cover classification of Chaina: integrated analysis of AVHRR imagery and geophysical data. **International Journal of Remote Sensing.** 24: 2485-2500.

Robenso, A.H., L.M.Joel, M.C. Phyllip, A.J. Kimberg and G.C. Stephen. 1995. **Element of Cartography.** John Wiley & Sons, Inc., New York.

Mueller, D. and H. Ellenberg. 1974. **Aim and Method of Vegetation Ecology.** John Wiley & Sons, Inc., New York. Cited D.W. Shimwell. 1972. **The Description and Classification of Vegetation.** John Wiley & Sons, Inc., New York.

World Wildlife Fund. 2000. **A Poster Map: The Global 200 Ecoregions.** World Wildlife Fund, Inc., Washington, D.C.

Zonnoveld, I.S. 1988. The ITC Method of Mapping Natural and Semi-natural with Appendix at A. H. M. and W. V. Wijngarrden, pp. 401-426. In A. W. Kluchler and I. S. Zonneveld (eds.) **Vegetation Mapping**. Kluchler Academic Publisher, Dordrecht, The Natherlands.

ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 สถานีอุตุนิยมวิทยา

ลำดับ	สถานีอุตุนิยมวิทยา	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)	ลำดับ	สถานีอุตุนิยมวิทยา	ปริมาณน้ำฝน (มม.)	จำนวนวันที่ฝนตก (วัน)
1	แจ้ห่ม	1,135.78	93.2	25	ดอกคำใต้	1,075.00	78.8
2	แม่ทะ	892.11	62.9	26	จุน	1,076.80	73.4
3	งาว	1,090.80	72.8	27	แม่ใจ	1,275.40	105.8
4	ห้างฉัตร	959.82	92.4	28	เชียงมั่น	1,109.80	69.5
5	เถิน	1,072.33	68.0	29	พะเยา 2	1,125.60	115.1
6	เกาะคา	1,309.52	90.2	30	แม่ริม	881.50	60.3
7	สบปราบ	887.91	61.9	31	ดอยสะเก็ด	1,081.10	78.6
8	วังเหนือ	1,191.59	88.2	32	แม่แตง	1,074.80	86.7
9	แม่พริก	1,041.29	77.3	33	พร้าว	1,079.60	91.5
10	ห้วยทาก	1,222.49	102.9	34	สารภี	820.50	52.9
11	ทุ่งเกวียน	1,421.55	96.6	35	สันทราย	869.10	56.0
12	แม่มาย	1,035.58	63.4	36	หางดง	964.80	66.3
13	แม่เมาะ	1,128.76	79.2	37	สันป่าตอง	822.00	48.4
14	แม่ช้าง	1,011.98	72.4	38	สันกำแพง	846.40	58.8
15	แม่ทรายขาม	1,065.88	64.1	39	แม่โจ้	1,076.00	115.2
16	ลำปาง	1,040.97	109.8	40	เชียงใหม่	1,130.30	114.8
17	เกษตรลำปาง	1,123.10	116.4	41	ลอง	1,065.40	64.2
18	พาน	1,276.30	73.3	42	ร้องกวาง	1,107.20	66.9
19	เวียงป่าเป้า	1,069.80	69.7	43	สูงเม่น	1,000.40	75.1
20	แม่สวย	1,142.00	104.1	44	เด่นชัย	1,179.60	78.4
21	เทิง	1,653.80	78.2	45	สอง	1,183.60	93.4
22	พะเยา	897.40	54.3	46	วังชิ้น	1,493.90	99.3
23	ปง	1,192.40	112.7	47	แพร่	1,085.90	111.2
24	เชียงคำ	1,356.10	89.4				

ที่มา : กองภูมิอากาศ กรมอุตุนิยมวิทยา (2547)

ตารางผนวกที่ 2 ค่าดัชนีความสำคัญของชนิดพันธุ์ในแปลงตัวอย่าง

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง											
	13	25	27	45	47	49	99	101	103	105	107	109
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	120.59	86.78	-	-	-	-	-	-	-	-
กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.)	-	-	-	49.72	-	-	-	-	-	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	68.69	-	-	-	-	-	9.57	-	-	-	-
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.63	-
ขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Britt.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	17.68	-	-	-	-	-	-	17.84	-
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	200	11.16	79.41	-	-	-	-	-	-	-	-	94.97
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistul*a Linn.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.42	7.60	-
ตะคร้อ (*Schleichera oleos*a Merr.)	-	8.12	-	-	-	-	-	-	-	51.18	-	-
ตะคร้ำ (*Garuga pinnat*a Roxb.)	-	17.93	-	-	65.19	-	-	-	30.94	4.73	18.88	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	-	-	20.96	-	-	-	-	76.54	53.28	-
ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* Bl.)	-	-	-	32.68	-	-	-	-	-	-	-	105.03
ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.)	-	-	-	13.14	-	200	-	-	-	-	-	-
เติม (*Bischofia javanica* Bl.)	-	-	-	-	-	-	42.97	-	21.09	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	-	17.87	-	-	-	-	-	-	-	13.21	30.14	-
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	65.51	-	-	-	-	-	-	-	-	9.62	-
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	47.01	-	-	30.64	-	15.57	51.02	-
ยมหอม (*Toona ciliata* M. Roem.)	-	-	-	-	-	-	157.03	-	147.97	-	-	-
ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)	-	-	-	-	-	-	-	159.79	-	9.43	-	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	-	10.72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.)	-	-	-	-	66.85	-	-	-	-	-	-	-
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	15.63	-	-
ส้านหิ่ง (*Dillenia parviflora* Griff.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5.99	-
อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.28	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง									
	135	136	137	143	173	175	177	179	181	183
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	29.05	-	-	-	-	-	-	12.24
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	-	16.44	-	-	-	-	16.32	-	8.78
ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	9.41
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	-	97.73	-	-	-	-	-	-	-	-
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.)	-	-	34.47	13.36	-	-	-	-	-	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	-	-	-	-	-	-	-	23.45	53.49	30.80
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	-	-	-	49.09	-	-	-	-	-	8.02
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	121.08	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	56.92	-	27.50	-	-	8.36	-	62.32
ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* Bl.)	43.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เติม (*Bischofia javanica* Bl.)	35.91	-	-	-	-	28.44	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	-	-	-	-	25.08	-	-	-	127.22	-
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	-	-	-	-	141.75	-	-	-	8.61
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	-	15.09	-	-	-	-	-	-	24.15
มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.85
ยมหอม (*Toona ciliata* M. Roem.)	-	-	6.52	-	-	-	-	-	-	-
ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus* Gaertn. f.)	-	-	17.18	-	-	-	200	-	-	-
ยางปาย (*Dipterocarpus costatus* Gaertn. f.)	-	-	-	-	147.42	-	-	-	-	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	-	-	-	-	-	-	-	-	16.25	-
สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.)	-	-	-	-	-	29.81	-	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	-	102.27	-	137.56	-	-	-	151.87	3.03	24.81
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	24.31	-	-	-	-	-	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง														
	185	212	214	216	218	220	222	226	228	254	256	260	262	266	270
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	-	-	35.42	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.)	-	-	-	-	-	-	3.97	22.24	-	-	-	-	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	21.32	-	-	-	-	-	6.42	-	-	-	-	-	-	-	4.14
ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	13.32	-	21.36
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.15
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	55.52	-	-	-	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	41.57	-	-	-	-	-	-	42.62	44.55	-	-	150.88	20.59	3.51	16.22
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	77.91	-	-	-	-	-	1.87	31.27	84.40	-	-	-	61.33	-	17.14
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	-	-	-	122.53	-	-	-	-	-	-	-	-	-	25.89	-
ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	19.62	-	-	144.48	-	-	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	-	-	76.73	-	-	-	-	-	-	-	13.51	-	-
เติม (*Bischofia javanica* Bl.)	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	-	-	-	-	-	-	85.42	-	10.39	166.12	-	19.87	13.12	11.40	-
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	37.09	-	-	-	-	-	-	-	5.53	-	-	19.10	-	-	28.74
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	68.03	-	-	41.04	-	-	-	10.14	43.72	-	-
ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)	-	-	-	-	-	-	101.09	-	-	-	-	-	-	-	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	-	-	-	-	-	-	1.23	43.21	9.19	-	-	-	17.72	-	-
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	16.68	3.51	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	16.13	-	200	-	19.83	-	-	-	12.23	33.88	-	-	-	155.70	97.21
ส้านหิ่ง (*Dillenia parviflora* Griff.)	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	5.97	-	-	77.47	-	-	-	-	33.71	-	-	-	-	-	12.05
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง														
	304	306	308	312	314	315	316	318	320	349	351	353	355	359	361
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	112	-	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	31.36	-	64.31	-	-	-	-	-	29.64	-	-	-	-	-
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	-	-	-	-	-	-	-	11.82	-	-	-	-	-	-	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	71.85	67.83	-	46.30	7.73	-	-	-	-	-	-	-	-	19.28	-
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	-	-	-	-	-	-	-	15.08	115.40	-	-	85.85	-	9.48	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	-	-	6.13	-	-	92.83	-	30.82	-	43.39	-	-	-
ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.)	-	-	-	-	-	-	29.56	-	-	-	-	-	-	-	73.10
เติม (*Bischofia javanica* Bl.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	139.54	-	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	115.94	36.25	41.25	27.51	7.58	-	143.91	-	-	-	-	-	-	21.60	-
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	11.33	200	8.40	-
มะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.)	-	-	-	31.93	-	-	-	-	-	-	38.70	-	-	-	-
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	12.21	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.80	-
มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib)	-	-	-	29.95	-	-	-	-	-	-	49.30	-	-	-	-
ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)	-	-	-	-	-	-	26.54	-	-	-	-	-	-	-	-
สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.)	-	64.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	-	-	158.75	-	100.72	200	-	80.27	-	-	-	59.43	-	120.44	126.90
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	-	-	77.84	-	-	-	84.60	-	-	-	-	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง														
	365	367	369	397	401	403	405	406	407	411	415	417	447	449	451
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.)	42.34	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	22.96	-	-	-	-
ขี้เหล็ก (*Cassia siamea* Britt.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200
ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	40.19	-	-	-	-
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31.11	-	64.40	-	-
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	24.30	-	-	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	14.51	74.43	-	-	-	89.22	-	-	-	-	-	6.37	37.67	10.18	-
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	-	9.08	-	-	25.10	-	-	-	29.34	-	-	13.69	32.57	21.22	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	-	-	5.66	-	-	-	-	-	32.79	-	-	-	-
ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.51	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	18.75	-	-	71.66	5.74	27.26	-	200	-	-	8.07	-	-	24.06	-
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	18.76	-	-	6.11	-	-	-	-	-	-	23.36	65.37	-	-
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	18.41	-	-	-	-	-	-	-	-	22.38	-	-	-	-
มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib)	-	-	-	-	-	-	-	-	77.16	-	-	-	-	-	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	100.99	-	-	128.34	48.67	-	-	-	-	37.98	-	-	-	99.16	-
สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.)	9.01	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	69.65	-	-	-
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	7.02	-	-	-	-	-	-	-	93.50	-	-	-	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	-	79.33	200	-	108.72	83.52	-	-	-	29.22	-	45.95	-	45.38	-
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	7.38	-	-	-	-	-	-	-	-	132.80	-	16.68	-	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง														
	452	453	461	463	465	467	497	499	501	503	505	507	509	511	513
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	31.12	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	42.10	-	-
กระพี้เขาควาย (*Millettia leucantha* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	19.13	-	-	-	-	-	-	-
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.)	-	-	-	-	-	-	-	14.64	-	-	-	-	-	-	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	68.56	28.76	30.66	-	34.35	105.05	-	42.72	-	43.73	-	-	-	-	23.55
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	-	-	12.38	-	16.39	-	-	19.13	-	-	-	-	-	-	7.00
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	-	-	-	-	-	-	-	-	71.94	-	-	-	-	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	31.84	45.57	21.71	-	25.16	-	-	88.62	-	-	-	-	-	-	19.30
ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* Bl.)	-	-	16.89	-	-	-	-	-	42.98	-	-	-	-	-	-
ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.)	-	-	17.09	13.14	15.80	-	-	-	-	-	-	-	-	33.38	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	-	84.47	7.69	31.33	-	-	200	-	85.08	16.76	-	-	136.37	27.97	59.04
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	10.08	-	-	-	-	-	-	-	6.05	-	200	-	-	-
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	27.36	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	138.65	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	40.61	-	-	17.63	-	-	-	-	-	-	-	-	21.53	-	8.08
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	-	-	13.34	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	58.99	-	80.25	95.83	80.94	94.95	-	15.76	-	133.46	-	-	-	-	61.25
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	21.78
อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall.)	-	-	-	42.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง														
	515	543	545	547	549	551	553	555	557	559	585	587	589	591	593
กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.)	-	-	-	-	-	-	48.33	7.76	-	-	-	-	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	-	-	-	-	25.28	-	-	-	-	-	3.79	-	-	7.01
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	-	-	-	-	-	21.01	-	-	-	-	-	-	-	-	5.33
ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	-	13.48	19.78	-	-	-	-	-	-	-	-
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	24.63	-	-	-	-	-	-	-
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.)	-	-	-	-	-	5.95	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	150.62	21.84	127.28	40.21	36.57	-	-	-	-	-	44.64	-	81.97	-	5.95
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	49.38	-	-	-	6.98	-	38.34	-	79.98	-	-	-	-	-	19.84
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	-	-	72.72	4.02	8.83	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	63.04	-	7.43	-	-	-	-	-	-	-	-	-	170.26	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	-	-	-	4.31	38.13	30.32	59.08	41.07	87.46	-	-	16.44	-	15.20	6.85
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	38.29	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7.54	6.50
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	35.27	-	-	-	-	34.46	-	-	-	-	-	-	-	55.55
ยมหอม (*Toona ciliata* M. Roem.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	200	-	-	-	-	-
ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)	-	-	-	-	-	91.23	-	-	-	-	-	-	-	-	6.02
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	-	-	-	-	-	6.46	-	79.83	-	-	-	-	-	-	18.59
สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz.)	-	-	-	-	-	6.26	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.)	-	41.56	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	6.99	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	-	-	-	31.26	109.49	-	-	-	32.56	-	155.36	179.77	-	-	62.01
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	-	112.77	-	-	-	-	-	-	-	-	118.03	-	-
อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall.)	-	-	-	-	-	-	-	46.71	-	-	-	-	-	-	6.36
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง														
	595	597	599	601	627	629	631	633	635	637	639	643	645	677	679
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	-	-	-	17.67	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.)	-	-	3.19	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	-	-	123.03	-	-	8.71	-	-	-	-	-	-	-	-
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	-	89.40	28.10	-	136.12	-	-	-	-	-	-	-	-	22.56	-
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	3.86	1.93	13.94	-	-
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.)	-	-	-	-	34.73	-	-	-	-	9.06	-	7.34	7.59	25.15	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	-	-	-	-	-	-	-	23.38	116.42	-	5.18	2.52	-	12.54	-
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	-	-	-	-	-	-	15.79	-	17.24	47.01	5.27	9.44	-	-	-
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	-	-	3.71	37.21	-	-	-	-	44.84	-	-	-	43.62	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	-	-	-	64.04	8.71	-	-	18.91	22.10	-	-	92.67	-
ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* Bl.)	-	24.03	-	-	-	-	-	7.41	-	-	-	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	171.21	32.22	45.61	-	-	-	22.26	133.69	-	-	3.08	17.74	32.63	-	65.79
ผ่าเสี้ยน (Vitex canescens Kurz)	-	42.15	4.10	-	29.15	-	-	-	-	-	32.50	57.26	19.33	-	42.52
มะเกลือ (*Diospyros mollis* Griff.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.26	-	19.83
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	9.64	-	-	-	-	43.80	-	-	-	34.98	8.37	-	-	36.02	-
มะค่าโมง (Afzelia xylocarpa Craib)	-	-	-	39.76	-	51.58	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ยมหอม (*Toona ciliata* M. Roem.)	-	-	-	-	-	-	-	-	21.50	-	-	-	-	-	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	61.88	-	-	-	-	-
สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz.)	10.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.)	-	-	-	-	-	22.92	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	-	-	-	-	-	-	10.52	14.96	-	-	-	2.37	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	8.66	12.21	115.29	-	-	-	83.09	20.56	-	28.16	116.86	101.40	-	11.07	71.86
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	-	-	-	-	50.93	-	-	-	-	-	74.63	-	-
อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa* Wall.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.78	-	-	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

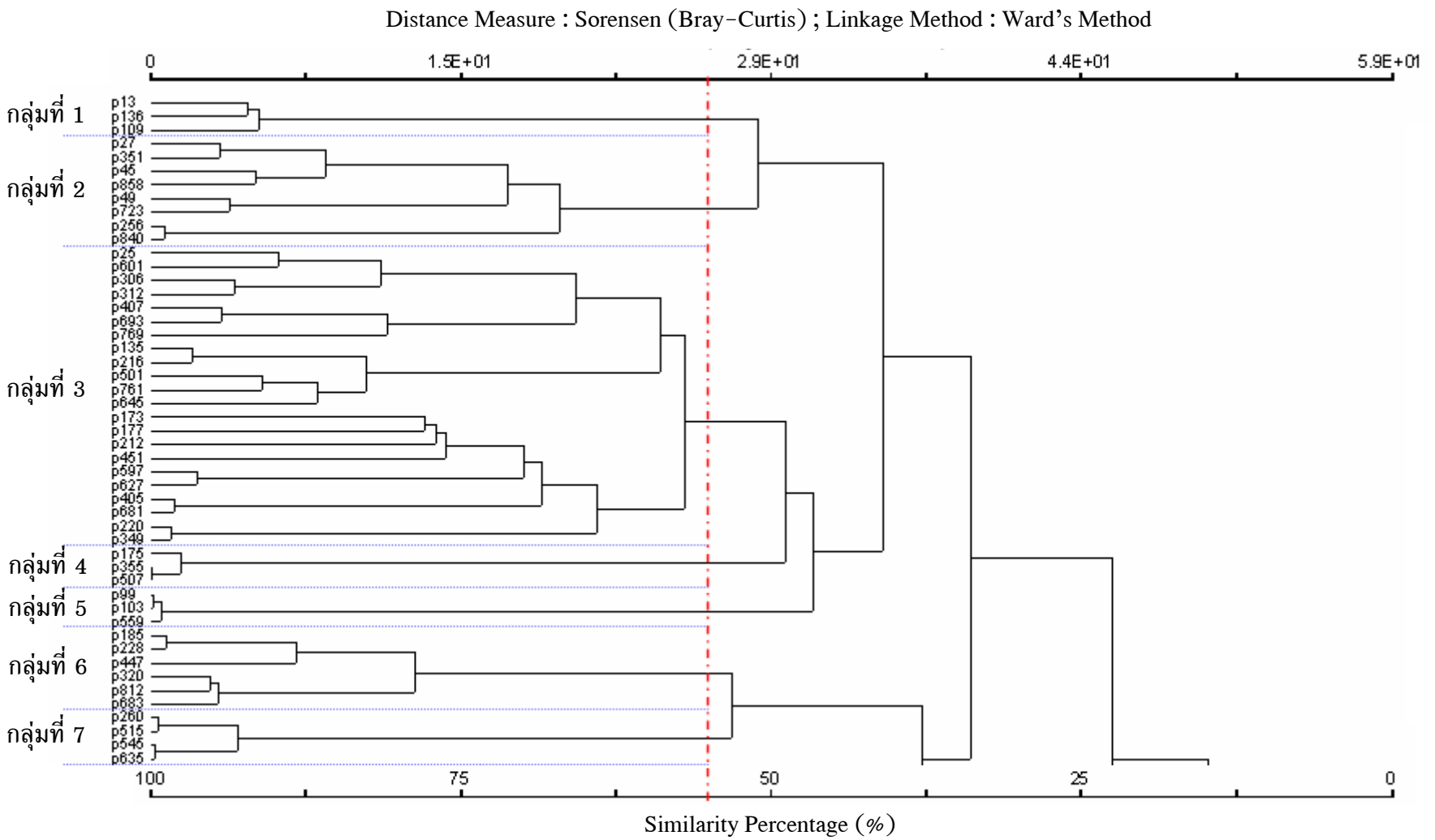
ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง												
	681	683	685	687	691	693	723	725	727	729	731	733	735
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	-	-	-	-	57.72	-	-	-	-	-	-
กระพี้เขาควาย (*Dalbergia cultrata* Grah. ex Benth.)	137.59	-	-	-	-	-	-	2.27	-	27.50	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	-	2.66	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ขี้เหล็ก (Cassia siamea Britt.)	-	-	-	59.25	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulosa* Pierre ex Laness.)	25.30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	-	-	-	17.61	-	25.73	-	-	1.23	-	-	19.53	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	-	-	-	-	-	-	-	-	13.25	-	-	-	-
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	-	113.63	-	-	-	-	-	9.93	10.03	-	-	-	52.73
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	-	-	-	-	-	64.58	-	-	-	-	-	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	15.40	-	-	-	-	2.18	-	-	-	-	-
ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.)	-	21.18	-	-	-	-	105.81	-	-	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	37.11	-	-	-	21.25	-	-	60.89	54.50	21.10	117.25	9.15	147.27
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	-	5.76	-	-	-	-	-	1.63	-	-	-	-
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	-	27.95	-	-	-	-	-	-	-	-	5.73	-
มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib)	-	-	-	-	-	21.48	-	-	-	-	-	-	-
ยางนา (*Dipterocarpus alatus* Roxb.)	-	-	-	-	-	-	36.47	-	-	-	-	-	-
ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76.40	-
ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)	-	16.69	-	-	88.07	-	-	-	-	-	17.21	-	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	-	48.50	-	-	90.68	-	-	-	-	151.40	65.54	73.42	-
สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	4.55	-
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	-	-	12.65	-	-	88.21	-	7.25	2.42	-	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	-	-	-	-	-	-	-	117.48	116.94	-	-	2.97	-
ส้านหิ่ง (*Dillenia parviflora* Griff.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	8.24	-
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	135.57	123.13	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

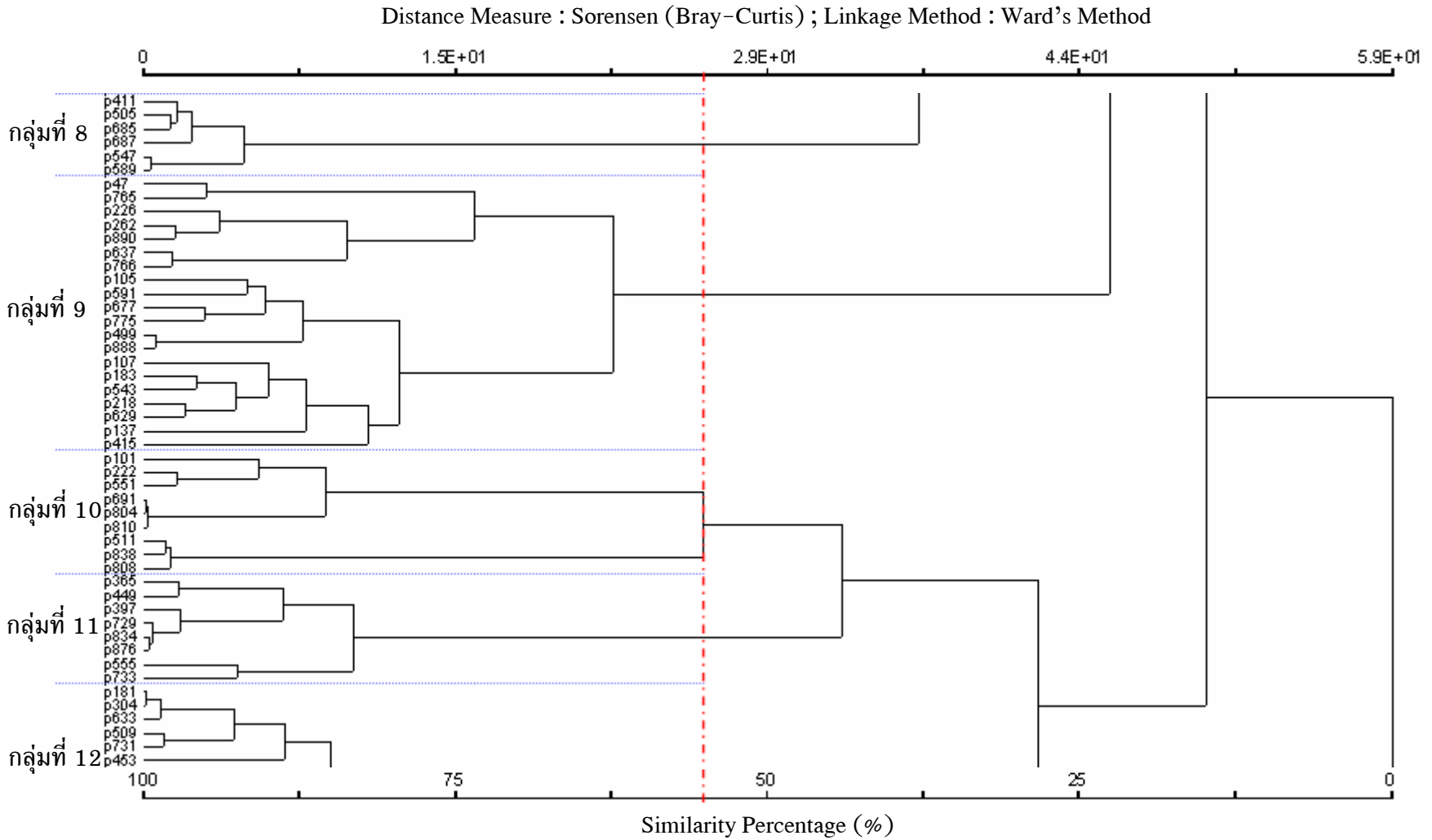
ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง														
	737	761	763	765	766	767	769	771	773	775	800	804	806	808	810
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	7.99	-	-	-	-	-	-	-	6.68	-	-	-	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	27.79	-	-	-	-
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	-	62.86	-	-	-	-	-	-	3.51	-	-	15.87	-	14.04	8.13
ขี้อ้าย (*Terminalia nigrovenulos*a Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2.38	-	-	-	-	-
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	14.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistula* Linn.)	-	-	-	-	-	-	-	3.55	-	-	-	-	-	-	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	-	-	22.49	-	-	-	-	10.13	-	15.31	-	-	14.11	-	-
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	11.41	-	-	-	11.79	71.85	-	9.53	-	2.21	70.23	-	45.81	-	-
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	-	53.55	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	51.60	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	8.67	-	45.11	6.14	-	-	-	86.30	-	-	-	-	-
ติ้วเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense* Bl.)	-	-	-	44.49	-	6.16	-	66.37	-	-	-	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus* Kurz)	78.12	40.22	48.84	-	-	-	-	2.63	186.75	7.62	-	5.60	-	7.37	14.73
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	5.50	-	-	-	-	6.40	-	19.42	-	-	-	-	-	-	-
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	25.11	-	29.12	69.90	21.23	-	-	-	-	13.10	-	-	-	-	-
มะค่าโมง (*Afzelia xylocarpa* Craib)	-	-	16.96	-	-	-	200	-	-	-	-	-	-	-	-
ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)	8.27	-	-	-	-	-	-	-	3.06	-	-	-	-	128.61	27.47
ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	100.15	-	49.98	79.57
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	5.98	-	-	-	102.26	6.92	-	-	-	-	-	78.38	-	-	70.10
สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz.)	2.90	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สมอพิเภก (*Terminalia bellerica* Roxb.)	5.30	-	-	85.61	-	6.49	-	-	-	-	-	-	-	-	-
สะแกแสง (*Cananga latifolia* Finet & Gagnep.)	-	-	17.62	-	-	-	-	-	-	3.63	-	-	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	27.39	43.38	56.31	-	19.61	96.03	-	88.37	-	1.94	101.98	-	88.48	-	-
ส้านหิ่ง (*Dillenia parviflora* Griff.)	7.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67.52	-	-	-	-	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200

ตารางผนวกที่ 2 (ต่อ)

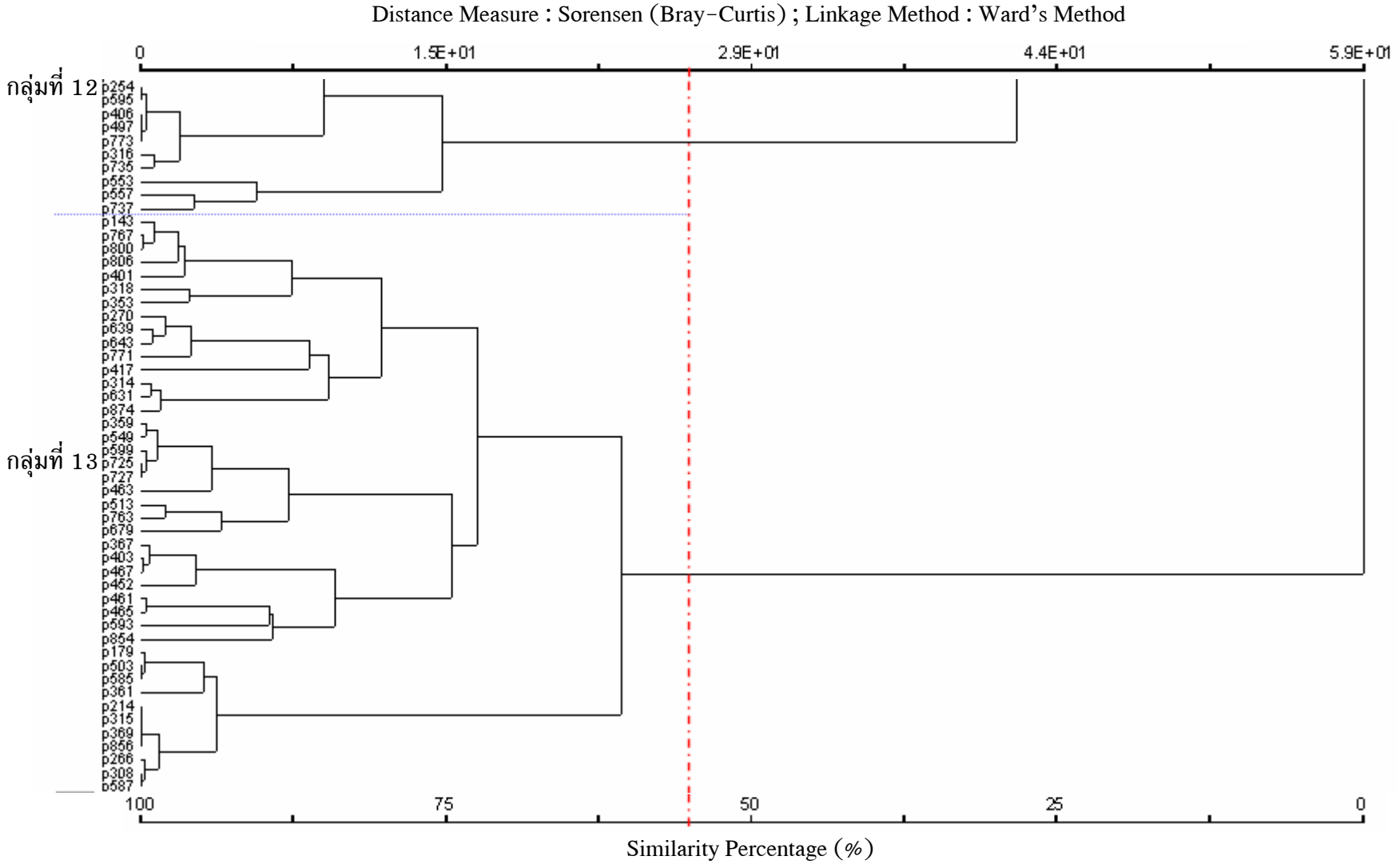
ชนิดพันธุ์	แปลงตัวอย่าง										
	812	834	838	840	854	856	858	874	876	888	890
กระบก (*Irvingia malayana* Oliv. ex A. Benn.)	-	-	-	56.66	-	-	81.53	-	-	-	-
กางขี้มอด (*Albizia odoratissima* Benth.)	82.64	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เก็ดแดง (*Dalbergia dongnaiensis* Pierre)	-	-	-	-	11.93	-	-	-	-	-	22.04
แคทราย (*Stereospermum neuranthum* Kurz)	-	-	18.26	-	-	-	-	11.36	-	-	-
ชัยพฤกษ์ (*Cassia fistul*a Linn.)	-	-	-	-	-	-	-	4.45	-	14.00	-
แดง (*Xylia xylocarpa* Taub.)	-	-	-	-	21.34	-	51.62	25.81	-	61.07	27.29
ตะคร้อ (*Schleichera oleosa* Merr.)	117.36	-	-	-	-	-	-	5.38	-	22.91	36.70
ตะคร้ำ (*Garuga pinnata* Roxb.)	-	-	-	-	12.94	-	-	10.65	-	-	-
ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata* Kurz)	-	-	-	143.34	-	-	-	-	-	-	-
ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana* Pierre)	-	-	-	-	-	-	-	9.14	43.21	57.22	20.24
ตีนนก (*Vitex pinnata* Linn.)	-	-	-	-	44.25	-	17.23	-	-	-	-
ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpu*s Kurz)	-	-	-	-	15.23	-	-	-	-	12.32	-
ผ่าเสี้ยน (*Vitex canescens* Kurz)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10.34	-
มะเกลือเลือด (*Terminalia corticosa* Pierre ex Laness.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	76.10
ยางพลวง (*Dipterocarpus tuberculatus* Roxb.)	-	-	140.64	-	-	-	-	-	-	-	-
ยางเหียง (*Dipterocarpus obtusifolius* Teijsm. ex Miq.)	-	-	8.56	-	-	-	49.61	-	-	-	-
รกฟ้า (*Terminalia alata* Heyne ex Roth)	-	200	25.42	-	9.60	-	-	-	156.79	-	17.63
สมอไทย (*Terminalia chebula* Retz.)	-	-	7.12	-	27.94	-	-	-	-	-	-
สัก (*Tectona grandis* Linn. f.)	-	-	-	-	56.78	200	-	93.84	-	11.28	-
ส้านหิ่ง (*Dillenia parviflora* Griff.)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
เสลา (*Lagerstroemia tomentosa* Presl)	-	-	-	-	-	-	-	39.37	-	10.86	-
ผลรวม	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200



<u>ภาพผนวกที่ 1</u> แผนภาพ dendrogram แสดงผลที่ได้จากการจัดกลุ่มสังคมพืชด้วยวิธีการรวมกลุ่มของ Ward โดยใช้ค่าความแตกต่างของ Sorensen



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)



ภาพผนวกที่ 1 (ต่อ)