



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรป่าไม้)
ปริญญา

การจัดการทรัพยากรป่าไม้

การจัดการป่าไม้

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การจำแนกชนิดป่าโดยใช้ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล
ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย

Forest Types Classification Using the Hyperspectral Data
in Phluang Wildlife Sanctuary, Loei Province

นามผู้วิจัย นางสาวสุพิศตรา นามทอง

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิระภาส คุณรัตนศิริ, Dr.rer.net.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภารัตน์, D.Agr.)

หัวหน้าภาควิชา

(รองศาสตราจารย์วิพัทธ์ จินตนา, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การจำแนกชนิดป่าโดยใช้ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง
จังหวัดเลย

Forest Types Classification Using the Hyperspectral Data in Phuluang Wildlife Sanctuary,
Loei Province

โดย

นางสาวสุพิศตรา นามทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (การจัดการทรัพยากรป่าไม้)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สุพิศตรา นาคมทอง 2557: การจำแนกชนิดป่าโดยใช้ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล
ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
(การจัดการทรัพยากรป่าไม้) สาขาการจัดการทรัพยากรป่าไม้ ภาควิชาการจัดการป่าไม้
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีระภาส คุณรัตนสิริ, Dr.rer.net.
69 หน้า

การจำแนกชนิดป่าโดยใช้ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า
ภูหลวง จังหวัดเลย มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการสะท้อนของช่วงคลื่นและจัดทำสเปกตรัล
ไลบรารี ของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง พร้อมทั้งจัดทำระบบ
ฐานข้อมูลและแผนที่ชนิดป่า ในการจำแนกชนิดป่าจะใช้ค่าจากพื้นที่ตัวแทนหรือค่าสเปกตรัม
อ้างอิงจากการลงพื้นที่จริงมาเป็นข้อมูล เพื่อนำไปใช้ในการจำแนกด้วยวิธี spectral angle mapper

ผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชในแต่ละชนิดป่า มีการ
สะท้อนพลังงานต่ำในช่วงที่ตามองเห็น และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้พืชจะสะท้อนพลังงานสูง จาก
การจัดทำสเปกตรัลไลบรารีพบว่า ลักษณะของลายเส้นช่วงคลื่นที่ขึ้นลงแตกต่างกันตามช่วงความ
ยาวคลื่นจะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณ และค่าการสะท้อน
พลังงานที่แท้จริงของป่าดิบเขา เท่ากับ 0.059 ถึง 0.344 ป่าดิบแล้ง เท่ากับ 0.121 ถึง 0.324 ป่าสนเขา
เท่ากับ 0.078 ถึง 0.250 ป่าเบญจพรรณ เท่ากับ 0.133 ถึง 0.511 และป่าเต็งรัง เท่ากับ 0.078 ถึง 0.329

ผลการจำแนกชนิดป่าจากข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล สามารถจำแนกป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง
ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีความถูกต้องร้อยละ 82 73 60 70 และ 70 ตามลำดับ โดยมี
ค่าความถูกต้องรวมของทุกชนิดป่าเท่ากับร้อยละ 80 ค่าดัชนีแคปปา เท่ากับ 0.76

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

Supittra Nathomtong 2014: Forest Types Classification Using the Hyperspectral Data in Phluang Wildlife Sanctuary, Loei Province. Master of Science (Forest Resource Management), Major Filed: Forest Resource Management, Department of Forest Management. Thesis Advisor: Assistant Professor Weeraphart Khunrattanasiri, Dr.rer.nat. 69 pages.

The main objectives of this study entitled “Forest Types Classification Using the Hyperspectral Data in Phluang Wildlife Sanctuary, Loei Province” are to study on spectral reflectance characteristics, to produce spectral library of each forest type such as hill evergreen forest, dry evergreen forest, pine forest, mixed deciduous forest and dry dipterocarp forest and to produce forest map and database. The reference spectrum each forest in the study area have been collected by using spectrometer. Then the forest classification were calculated from the field data by using the spectral angle mapper method.

The study reveals that there is low spectral reflectance value from vegetation for the visible range band. For near infrared band (NIR) shows that there is high spectral reflectance value. The spectrum library of each forest type have been produces from the different of spectral signature.

The range of spectral reflectance, or signature, of hill evergreen forest, pine forest, dry evergreen forest, mixed deciduous forest and dry dipterocarp forest are 0.0590-0.3441, 0.1212-0.3247, 0.0781-0.2505, 0.1330-0.5111 and 0.0786-0.3293. The accuracy of forest classification by using hyperspectbral image for hill evergreen forest, dry evergreen forest, pine forest, mixed deciduous forest and dry dipterocarp forest are 82 73 60 70 and 70 percentage. The overall accuracy is 80 percentage with Kappa index is 0.76.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิระภาส คุณรัตนสิริ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์วันชัย อรุณประภรณ์ กรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมที่ให้คำปรึกษาในการเรียน การค้นคว้าวิจัย ตลอดจนการตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์จนกระทั่งเสร็จสมบูรณ์ และกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ประสงค์ สงวนธรรม ประธานการสอบ รองศาสตราจารย์สุวิทย์ อ่องสมหวัง ผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ที่ให้ความกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ภาควิชาการจัดการป่าไม้ทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน และมอบความรู้อันเป็นประโยชน์อย่างยิ่งในการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป และขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ภาควิชาการจัดการป่าไม้ทุกท่าน เจ้าหน้าที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวงทุกท่านที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล คุณสุกัญท์ พึ่งกุล และพี่ เพื่อน น้อง ทุกคน ที่ให้ความช่วยเหลือและคำแนะนำต่างๆ

ด้วยความดีหรือประโยชน์อันใดเนื่องจากวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ขอมอบแต่บิดา มารดา ที่ได้อบรมและให้กำลังใจผู้วิจัยมาตลอดในทุกเรื่อง

สุพิศตรา นาคมทอง
มิถุนายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	3
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	24
อุปกรณ์	24
วิธีการ	25
ผลและวิจารณ์	29
ผล	29
วิจารณ์	58
สรุปและข้อเสนอแนะ	59
สรุป	59
ข้อเสนอแนะ	60
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	61
ภาคผนวก	64
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	69

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ถ่ายภาพ	13
2 จุดควบคุมภาคพื้นดิน และค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพหลายช่วงคลื่น	30
3 จุดควบคุมภาคพื้นดิน และค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพไฮเปอร์สเปกตรัล	31
4 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบเขา	35
5 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบแล้ง	38
6 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าสนเขา	41
7 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเบญจพรรณ	44
8 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเต็งรัง	47
9 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของแต่ละชนิดป่า	49
10 เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน ความถูกต้องรวมและความผิดพลาดในการจำแนกชนิดป่า	52
ตารางผนวกที่	
1 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติของข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลที่เป็นค่าหลักเลขของภาพต้นฉบับ และค่าที่แปลงเป็นค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริง	65

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กระบวนการพื้นฐานของ spectrometers	7
2	ลักษณะช่วงคลื่นในรูปแบบสามมิติ	8
3	การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชจากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล	9
4	ลักษณะของรูปโค้ง (spectral plot)	11
5	การสะท้อนแสงของวัตถุที่ผสมกัน 3 ชนิด	12
6	แผนที่ทำยถุพระรชกฤชฎีกา	15
7	ขั้นตอนการแปลงค่าหลักเลข (digital number) ไปเป็นค่าการสะท้อนพลังงานบนพื้นผิวโลกที่แท้จริง (reflectance)	26
8	ขั้นตอนการดำเนินงาน	28
9	จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพหลายช่วงคลื่น	30
10	จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพไฮเปอร์สเปกตรัล	31
11	ภาพไฮเปอร์สเปกตรัลผสมสีเท็จ (BGR) แถบความถี่ที่ 570 650 และ 670 นาโนเมตร	33
12	(1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบเขา (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง	35
13	ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าดิบเขา	36
14	(1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบแล้ง (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง	38
15	ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าดิบแล้ง	39
16	(1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าสนเขา (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง	41
17	ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าสนเขา	42
18	(1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเบญจพรรณ (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง	44
19	ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าเบญจพรรณ	45
20	(1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเต็งรัง (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง	47
21	ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าเต็งรัง	48
22	สเปกตรัมไลบรารีของป่าแต่ละชนิด	50
23	ผลการจำแนกชนิดป่าโดยใช้วิธี spectral angle mapper จากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล	51
24	จุดตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกชนิดป่า	54
25	แผนที่ชนิดป่าบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย	56

การจำแนกชนิดป่าโดยใช้ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลในพื้นที่ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย

Forest Types Classification Using the Hyperspectral Data in Phuluang Wildlife Sanctuary, Loei Province

คำนำ

ประเทศไทยตั้งอยู่ในภูมิภาคเขตร้อน มีเทือกเขาสูงตามภูมิภาคต่างๆ ที่ก่อให้เกิดความแตกต่างของลมฟ้าอากาศเฉพาะแหล่ง นอกจากนี้ยังมีความแตกต่างของสภาพดินหินและภูมิประเทศ เหล่านี้เป็นปัจจัยร่วมที่ก่อให้เกิดความหลากหลายทางชีวภาพในอัตราสูง ได้แก่ ความหลากหลายทางระบบนิเวศหรือถิ่นที่อยู่ หรือชนิดป่าที่หลากหลาย (habitat diversity) ความหลากหลายของชนิด (species diversity) ตลอดจนความหลากหลายทางพันธุกรรม (genetic diversity) (ธวัชชัย, 2555) จากการรายงานผลการแปลตีความภาพถ่ายทางอากาศปี พ.ศ. 2504 ประเทศไทยมีพื้นที่ป่าปกคลุมร้อยละ 53.33 (กรมป่าไม้, 2551) แต่ปัจจุบันนี้ป่าไม้มีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่อง อันเป็นผลมาจากการบุกรุกเข้าครอบครองพื้นที่ป่าไม้เพื่อทำการเกษตร รวมถึงการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศอย่างรวดเร็ว จนในปี พ.ศ. 2551 พบว่าพื้นที่ป่าไม้ปัจจุบันเหลือเพียงร้อยละ 33.44 ของเนื้อที่ประเทศ (กรมป่าไม้, 2551) พื้นที่ป่าที่พบส่วนใหญ่อยู่ในพื้นที่เขตป่าอนุรักษ์ ได้แก่ อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า และพื้นที่ต้นน้ำลำธาร ซึ่งพื้นที่ป่าเหล่านี้มีความสำคัญอย่างยิ่งที่จะอำนวยประโยชน์ทางตรงและทางอ้อมอย่างกว้างขวางให้แก่สิ่งมีชีวิต

การบริหารจัดการทรัพยากรป่าไม้จำเป็นต้องมีข้อมูลสภาพชนิดป่าต่างๆ ในรูปแบบแผนที่ที่เป็นปัจจุบัน สามารถนำข้อมูลดังกล่าวไปประกอบการปฏิบัติงานและใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรป่าไม้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้โดยเฉพาะกับพื้นที่ขนาดใหญ่ เพราะเป็นวิธีที่รวดเร็ว มีความถูกต้องสูงและทันต่อการเปลี่ยนแปลงของทรัพยากรป่าไม้ในปัจจุบัน วิธีการจำแนกชนิดป่าส่วนใหญ่ใช้การจำแนกจากภาพหลายช่วงคลื่น (multispectral image) และมีความถูกต้องจากการจำแนกสูง อย่างไรก็ตามมีการศึกษาวิจัยในการจำแนกชนิดป่าที่ไม่ประสบความสำเร็จไปเสียหมด เนื่องจากปัญหาและอุปสรรคต่างๆ เช่น ปัญหาสัญญาณพื้นหลัง ปัญหาผลกระทบจากชั้นบรรยากาศ เป็นต้น

เพื่อที่จะแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้นำภาพไฮเปอร์สเปกตรัล (hyperspectral image) มาใช้ในการจำแนกชนิดป่า เนื่องจากภาพไฮเปอร์สเปกตรัลมีจำนวนแถบความถี่ที่มากกว่าภาพหลายช่วงคลื่นซึ่งจะมีประโยชน์ทำให้การสำรวจช่วงคลื่นมีความต่อเนื่อง และคุณลักษณะของข้อมูลภาพที่ได้แสดงการจัดเก็บข้อมูลในรูปแบบ 3 มิติ (spectral image cube) สามารถนำมาใช้ตรวจจับวัตถุหรือองค์ประกอบของพืชที่ไม่สามารถแยกแยะได้ด้วยภาพหลายช่วงคลื่น ทำให้สามารถวิเคราะห์หาความแตกต่างของพืชพรรณได้ ในการจำแนกชนิดป่าได้ทำการศึกษาบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรป่าไม้และทรัพยากรสัตว์ป่าที่มีคุณค่า เพื่อให้ป่าอำนวยการประโยชน์อย่างยั่งยืนและการอนุรักษ์เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้น ในการวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นและจัดทำสเปกตรัลไลบรารีจากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล เพื่อจำแนกป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง พร้อมทั้งจัดทำระบบฐานข้อมูลและแผนที่ชนิดป่าโดยใช้ภาพไฮเปอร์สเปกตรัล จากดาวเทียม HJ-1A

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นและจัดทำสเปกตรัลไลบรารี (spectral library) จากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล ของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง
2. เพื่อจำแนกป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย
3. เพื่อจัดทำระบบฐานข้อมูลและแผนที่ชนิดป่าจากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย

การตรวจเอกสาร

การจำแนกชนิดป่าโดยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย ได้ตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องดังนี้

ส่วนที่ 1 ชนิดของป่าไม้ในประเทศไทย

ส่วนที่ 2 การรับรู้ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

ส่วนที่ 3 ดาวเทียม HJ -1A

ส่วนที่ 4 พื้นที่ศึกษาบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย

ชนิดของป่าไม้ในประเทศไทย

รัชชชัย (2555) ได้กำหนดปัจจัยที่มีอิทธิพลก่อให้เกิดป่าและสังคมพืชชนิดต่างๆ ในประเทศไทย สรุปได้ดังนี้

1. ลมฟ้าอากาศ (climatic) โดยเฉพาะฤดูกาลและปริมาณของฝนเฉลี่ยรายปีตลอดจนการกระจายของฝนในแต่ละปี เนื่องจากประเทศไทยตั้งอยู่ในแนวเขตที่มีการแบ่งแยกฤดูกาลระหว่างฤดูฝนและฤดูแล้งชัดเจน ได้แก่ พื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ ภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,050-1,470 มิลลิเมตร ส่วนใหญ่ฝนตกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงเดือนตุลาคม ป่าส่วนใหญ่ของพื้นที่ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือเป็นป่าชนิดที่ผลัดใบ (deciduous forest) ในฤดูแล้งแทบทั้งสิ้น ได้แก่ ป่าเบญจพรรณหรือป่าผสมผลัดใบและป่าเต็งรัง ยกเว้นบริเวณพื้นที่หุบเขาที่ชุ่มชื้น พื้นที่ริมลำธาร แม่น้ำ ซึ่งมีความชุ่มชื้นตลอดปีป่าที่ขึ้นอยู่จะเปลี่ยนสภาพไปเป็นป่าชนิดที่ไม่ผลัดใบ (evergreen forest) ได้แก่ ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest)

พื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกเฉียงเหนือมีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีประมาณ 1,760-3,140 มิลลิเมตร ในเขตจังหวัดระนอง และจังหวัดตราด บางปีปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีสูงถึง 4,000 มิลลิเมตร ป่าส่วนใหญ่จะเป็นป่าที่ไม่ผลัดใบ (evergreen forest) บริเวณที่มีฝนตกชุกและมีช่วงฤดูแล้งที่ค่อนข้างสั้นหรือเกือบจะไม่มีฤดูกาลที่แบ่งแยกเป็นฤดูแล้งและฤดูฝนที่ชัดเจนจะมีไม้ผลัดใบ (deciduous tree) ขึ้นแทรกกระจายในหมู่ไม้ไม่ผลัดใบ (evergreen tree) ป่าประเภทนี้จึงมีลักษณะ

โครงสร้างคล้ายป่าดิบแล้งของภาคอื่นๆ แต่จะแตกต่างกันบ้างในองค์ประกอบชนิดพรรณไม้ กล่าวได้ว่า ลมฟ้าอากาศเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดที่ก่อให้เกิดป่าชนิดต่างๆ ในประเทศไทย

2. ชนิดของดินหิน (edaphic) บริเวณที่มีดินลึกอุดมสมบูรณ์ เก็บความชุ่มชื้นไว้ได้มากหรือน้อยตลอดปีจะเป็นปัจจัยกำหนดชนิดป่าที่ขึ้นอยู่แตกต่างกันไปได้อย่างมาก จากป่าบนพื้นที่มีดินชั้นไม่สมบูรณ์ แห้งแล้งและไม่สามารถเก็บความชุ่มชื้นในดินไว้ในฤดูแล้งได้ ในท้องถิ่นที่มีฤดูฝนและฤดูแล้งแยกกันชัดเจนป่าส่วนใหญ่จะเป็นประเภทป่าผลัดใบ ในบริเวณนี้หากพื้นที่มีดินดีค่อนข้างอุดมสมบูรณ์ก็จะเป็นป่าผลัดใบผสมหรือป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest) โดยเฉพาะถ้าเป็นดินที่สลายมาจากหินปูน (limestone) มักจะพบไม้สักขึ้นเป็นกลุ่มๆ หนาแน่น ส่วนในดินที่ตื้นหรือดินปนทราย ดินปนลูกรัง มักจะเป็นป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest) พื้นที่ตามชายฝั่งทะเลมีน้ำทะเลท่วมถึงเป็นดินเลนจะพบป่าโกงกางหรือป่าชายเลน (mangrove forest) ส่วนพื้นที่ริมฝั่งแม่น้ำที่ในฤดูฝนน้ำจะล้นตลิ่งท่วมขังอยู่บ้าง ป่าจะเป็นชนิดป่าบึงน้ำจืดหรือป่าบึงป่าทาม (freshwater swamp forest) บางพื้นที่ที่มีการขังของน้ำจืดอย่างถาวรและมีการทับถมของซากอินทรีย์วัตถุที่ไม่ค่อยผุสลาย ป่าจะมีลักษณะเป็นป่าพรุ (peat swamp forest)

3. ความสูงเหนือระดับน้ำทะเลปานกลาง (elevation) มีความสัมพันธ์โดยตรงกับอุณหภูมิ (temperature) และความชุ่มชื้นในอากาศ (atmospheric humidity) ภูเขาในเขตร้อนจะมีอุณหภูมิเฉลี่ยลดลง โดยเฉลี่ย 0.4 - 0.7 องศาเซลเซียส ต่อระดับความสูงที่เพิ่มขึ้น 100 เมตร อุณหภูมิเฉลี่ยยิ่งลดลงมากบนภูเขาสูงประกอบกับความชื้นที่มีมากขึ้นจากเมฆ หมอก ที่มักจะปกคลุมสันเขาและยอดเขาที่สูงเกินกว่า 1,000 เมตร ตั้งแต่ระดับความสูงประมาณ 1,900 - 2,565 เมตร จะอยู่ในแนวเขตปกคลุมของเมฆ หมอกเกือบตลอดทั้งปี บางครั้งเรียกป่าในเขตนี้ว่า ป่าเมฆ หรือ cloud forest ป่าส่วนใหญ่จะเป็นประเภทป่าไม่ผลัดใบ ประกอบด้วยพรรณไม้เขตอบอุ่น (temperate) และพรรณไม้เขตภูเขา (montane) จำนวนมาก ภูเขาบางแห่งมียอดเขาและสันเขาเปิดโล่งประกอบด้วยหินก้อนใหญ่มากกว่าชั้นดิน จะมีพรรณไม้ในเขตอบอุ่นปกคลุมเป็นหย่อมเล็กๆ ตามซอกหิน ดุคล้ายสังคมพืชกลุ่มอัลไพน์ (subalpine vegetation) เช่น บริเวณสันเขาและยอดเขาระดับ 1,900 - 2,180 เมตร บนดอยเชียงดาว จังหวัดเชียงใหม่

4. ชีวปัจจัย (biotic) ได้แก่ ป่าที่เกิดจากมนุษย์ที่ก่อให้เกิดผลกระทบทางตรงและทางอ้อม ไฟป่าที่เกิดขึ้นประจำปีในช่วงฤดูแล้งทำให้เกิดป่าผสมผลัดใบหรือป่าเบญจพรรณและป่าเต็งรังขึ้น การเลี้ยงสัตว์ในป่าและการแผ้วถางป่าทำให้ป่าธรรมชาติดั้งเดิมเปลี่ยนสภาพเป็นป่ารุ่นหรือป่าเหล่า

(secondary growth) อันทำให้เกิดความสับสนในการระบุสังคมพืชประเภทนี้ที่จัดเป็นสังคมพืชในช่วงระยะทดแทน (successional stage)

ประเทศไทยประกอบด้วยป่าชนิดต่างๆ หลายชนิด จำแนกออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ป่าไม่ผลัดใบ (evergreen forest) และป่าผลัดใบ (deciduous forest)

1. ป่าไม่ผลัดใบ (evergreen forest) ป่าประเภทนี้มีเรือนยอดที่ดูเขียวชอุ่มตลอดปี เนื่องจากต้นไม้แทบทั้งหมดที่ขึ้นเป็นประเภทไม่ผลัดใบ เช่น ป่าดิบชื้น แต่จะพบไม้ต้นผลัดใบขึ้นแทรกในชั้นเรือนยอดที่เขียวชอุ่มอยู่บ้าง ขึ้นอยู่กับดินฟ้าอากาศและความชุ่มชื้นในดิน พื้นที่ที่มีความชุ่มชื้นไม่สม่ำเสมอตลอดปีหรือมีช่วงฤดูแล้งนานจะพบไม้ต้นผลัดใบขึ้นปะปนกระจายอยู่ในชั้นเรือนยอดมากขึ้น เช่น ป่าดิบแล้ง แต่เรือนยอดของป่าดิบแล้งยังคงปรากฏเป็นสีเขียวต่อเนื่องตลอดทั้งปี

2. ป่าผลัดใบ (deciduous forest) ป่าผลัดใบเป็นป่าไม้ที่ผลัดใบตามฤดูกาล (seasonal) พบทั่วไปในช่วงฤดูแล้งยาวนานชัดเจนต้นไม้ในป่าประเภทนี้จะผลัดใบร่วงลงสู่พื้นดิน และเตรียมผลิใบอ่อนขึ้นมาใหม่เมื่อถึงต้นฤดูฝนหรือเมื่อป่ามีความชุ่มชื้นมากขึ้น พืชพรรณในป่าผลัดใบส่วนใหญ่เป็นพรรณไม้ผลัดใบแทบทั้งสิ้น ป่าประเภทนี้มักจะเกิดไฟป่าได้ง่ายและเกิดขึ้นแทบทุกปี จะพบป่าผลัดใบขึ้นทั่วไปบนที่ราบเชิงเขาและบนภูเขาสูงที่ไม่เกินระดับ 1,000 เมตร

การรับรู้ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล

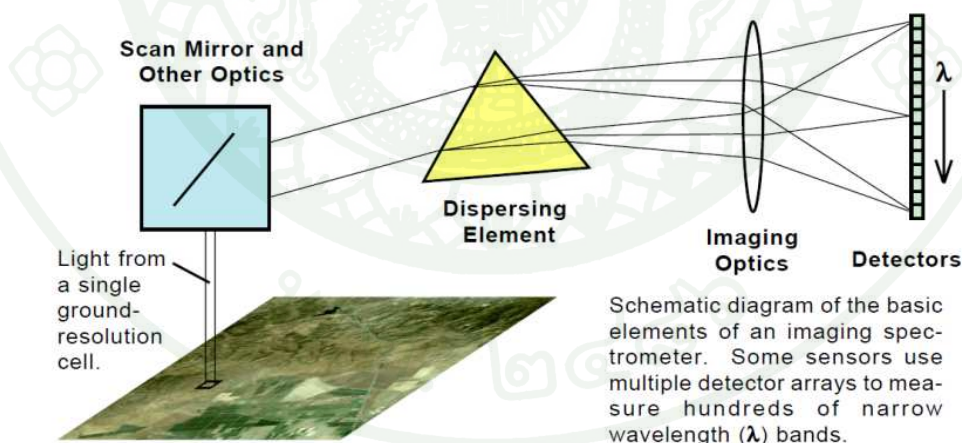
สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (2552) กล่าวว่า การรับรู้ระยะไกลเป็นวิทยาศาสตร์และศิลปะของการได้มาซึ่งข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ และปรากฏการณ์บนพื้นโลกจากเครื่องรับรู้ (sensor) โดยปราศจากการเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย Lillesand *et al.* (1979) ก็ได้กล่าวไว้ในทำนองเดียวกันว่าการรับรู้ข้อมูลระยะไกลเป็นวิทยาศาสตร์และศิลปศาสตร์ของการได้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ หรือปรากฏการณ์ต่างๆ ตลอดจนการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับโดยอุปกรณ์ที่ไม่ต้องสัมผัสสิ่งต่างๆ และ Randall and Smith (2012) ได้กล่าวไว้ว่า การรับรู้ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลเป็นการใช้เทคโนโลยี spectroscopy เพื่อตรวจจับภาพจากพื้นผิวโลก

จากคำจำกัดความและความหมายข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า การรับรู้ระยะไกลเป็นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีซึ่งได้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุ พื้นที่ จากอุปกรณ์บันทึกข้อมูล โดยปราศจาก

การเข้าไปสัมผัสวัตถุเป้าหมาย ข้อมูลการรับรู้ระยะไกลสามารถนำมาศึกษาวิเคราะห์โดยอาศัยพลังงานที่สะท้อนหรือแผ่ออกจากวัตถุซึ่งวัตถุแต่ละชนิดมีลักษณะการสะท้อนแสงที่แตกต่างกัน

การรับรู้ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัลมีคุณลักษณะของการรับรู้ข้อมูลจากระยะไกลโดยใช้เครื่องกวาดภาพที่มีความละเอียดเชิงช่วงคลื่นสูง (hyper spectral sensor) หรือ imaging spectrometer โดยเครื่องจะแบ่งการตรวจวัดออกเป็นแถบความถี่เล็กๆ จำนวนมากในช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ถึงช่วงคลื่นอินฟราเรด ซึ่งจะตรวจวัดพร้อมๆ กัน โดยจำนวนแถบความถี่ที่พบจะอยู่ตั้งแต่ระดับประมาณ 50-200 แถบความถี่ขึ้นไป

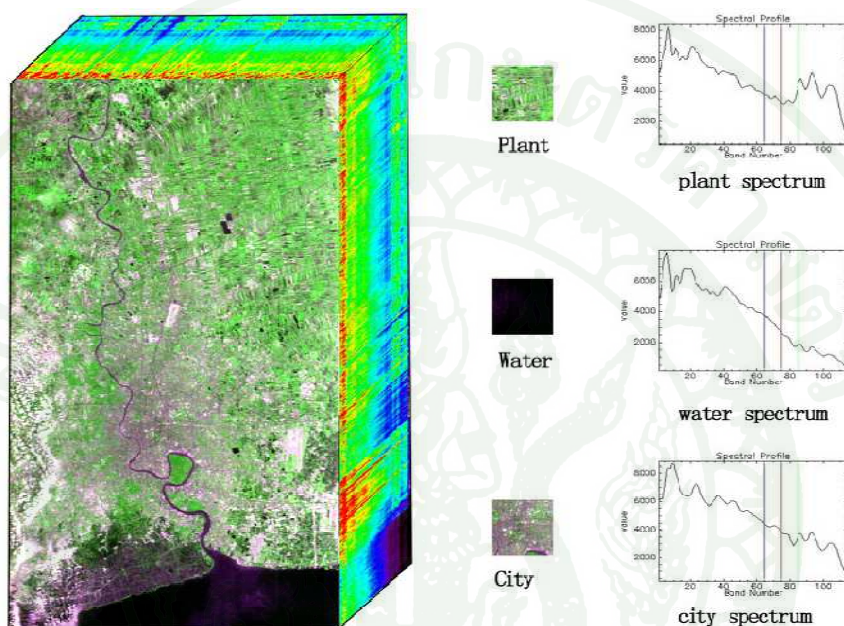
ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลเป็นข้อมูลภาพที่ได้จากการถ่ายภาพจากอุปกรณ์ที่เรียกว่า spectrometers ซึ่งเป็นเครื่องมือวัดแสงชนิดหนึ่งที่ใช้ในการตรวจวัดคุณสมบัติเฉพาะของแสงซึ่งจะนำไปใช้ในกระบวนการวิเคราะห์ และ spectroscopy คือการศึกษาลักษณะของแสงที่ถูกปล่อยออกมาจากการสะท้อนของวัตถุและการผันแปรของพลังงานจากความยาวคลื่นซึ่งแสงที่ได้จากการสะท้อนของวัตถุบนพื้นผิวโลกจะถูกปริซึมและเลนส์หักเหแสงออกเป็นส่วนๆ และในแต่ละส่วนจะถูกบันทึกด้วยเครื่องวัด (detectors) (Randall and Smith, 2012) ดังภาพประกอบที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการพื้นฐานของ spectrometers

ที่มา: Randall and Smith (2012)

ลักษณะช่วงคลื่นของภาพไฮเปอร์สเปกตรัลจะมีรูปแบบเป็นสามมิติ (hyperspectral cube) ที่อยู่บนแกน x แกน y และแกน z ซึ่งจะแสดงลักษณะที่แตกต่างกันในมิติต่างๆ ทั้งคุณสมบัติเชิงคลื่นและคุณสมบัติเชิงพื้นที่ที่สามารถนำค่าลักษณะการสะท้อนของช่วงคลื่นจากรูปแบบสามมิติมาใช้ประกอบในการวิเคราะห์ข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลได้ (Marcus *et. al.*, 2007)

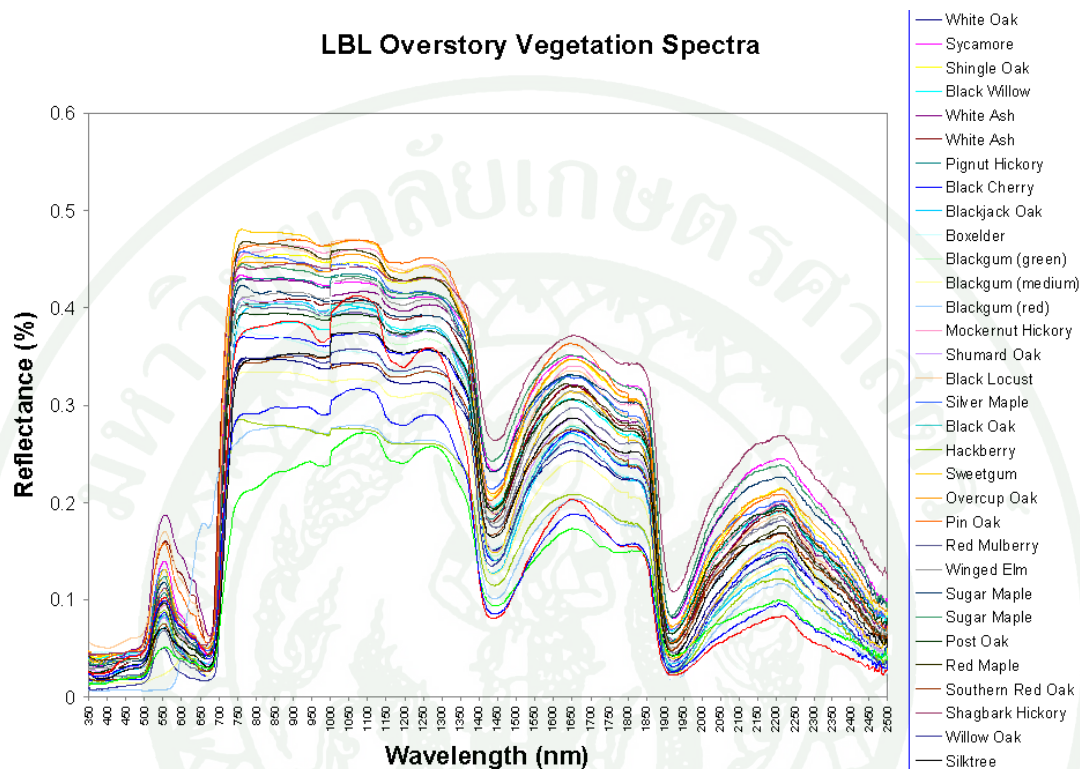


ภาพที่ 2 ลักษณะช่วงคลื่นในรูปแบบสามมิติ

ที่มา: สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)

การสะท้อนช่วงคลื่นของพืช (spectral reflectance of vegetation) พืชในช่วงคลื่นแสงที่ตามองเห็น (visible light) คลอโรฟิลล์ของใบพืชดูดกลืนพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 0.45 และ 0.65 ไมโครเมตร สะท้อนพลังงานในช่วงความยาวคลื่น 0.5 ไมโครเมตร ตาของมนุษย์จึงเห็นใบพืชสีเขียว เพราะใบพืชดูดกลืนแสงสีน้ำเงินและสีแดง และสะท้อนสีเขียว ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (0.7-1.3 ไมโครเมตร) ใบพืชสะท้อนพลังงานสูงประมาณร้อยละ 50 การสะท้อนพลังงานของใบพืชที่ความยาวคลื่นในช่วงอินฟราเรดใกล้ ขึ้นอยู่กับโครงสร้างภายในของใบพืชและน้ำในใบพืชแตกต่างกันไปตามชนิดของพืชทำให้สามารถจำแนกชนิดของพืชได้ แม้ว่าการสะท้อนพลังงานของใบพืชในช่วงคลื่นแสงสว่างจะใกล้เคียงกัน ในทำนองเดียวกันการสะท้อนพลังงานที่ความยาวคลื่นอินฟราเรดใกล้ของพืชที่มีอาการผิดปกติทางใบจะแตกต่างไปจากการสะท้อนที่ความยาวคลื่น

เดียวกันของพืชที่สมบูรณ์ ดังนั้นระบบการรับรู้ข้อมูลระยะไกลที่บันทึกค่าการสะท้อนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้สามารถสำรวจอาการผิดปกติของพืชได้ (สุรัชย์, 2536)



ภาพที่ 3 การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชจากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล

ที่มา: Norbert (2012)

การสะท้อนช่วงคลื่นของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ได้แก่

1. ลักษณะใบ พืชที่มีใบหนากว้าง เช่น ใบต้นสัก สามารถสะท้อนพลังงานได้มากกว่าพืชที่มีใบแคบ เรียวเล็ก เช่น ใบต้นไผ่ ใบสน เป็นต้น

2. ลักษณะของทรงพุ่มต้นไม้ (canopy) ค่าการสะท้อนในคลื่นอินฟราเรดใกล้จะยิ่งเพิ่มสูงขึ้นถ้าจำนวนชั้นของใบพืชมากขึ้น โดยมีค่าสูงสุดเมื่อมีชั้นใบ 8 ชั้น

3. ปริมาณน้ำในใบพืช พืชที่มีปริมาณน้ำในใบมากจะมีค่าการสะท้อนต่ำกว่าพืชที่มีปริมาณน้ำในใบน้อยกว่า เนื่องจากน้ำเป็นตัวที่ทำให้เกิดการดูดกลืนไม่ว่าจะไปแทรกอยู่ในวัตถุใด ลักษณะนี้จะสัมพันธ์มากกับอายุของใบพืช

4. วัชของใบพืช มีความสัมพันธ์มากกับปริมาณน้ำในใบพืช ใบพืชวัยอ่อนจะมีปริมาณน้ำมากกว่าใบพืชที่มีอายุมากขึ้น ยิ่งวัชพืชผ่านวัชเจริญเติบโตไปแล้วจะยังมีปริมาณน้ำลดลงทำให้ค่าการสะท้อนสูงขึ้น แต่ยังคงมีลักษณะเส้นกราฟในรูปแบบเดียวกัน

5. สีของใบพืช หรือรงควัตถุที่อยู่ในใบพืช มีผลทำให้ค่าการสะท้อนแตกต่างกัน ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ใบพืชสีเขียวมีค่าการสะท้อนมากที่สุด รองลงมาเป็น ใบพืชสีแดง ใบพืชสีม่วง ส่วนใบพืชสีขาวหรือใบพืชที่ไม่มีรงควัตถุ จะสะท้อนต่ำที่สุด

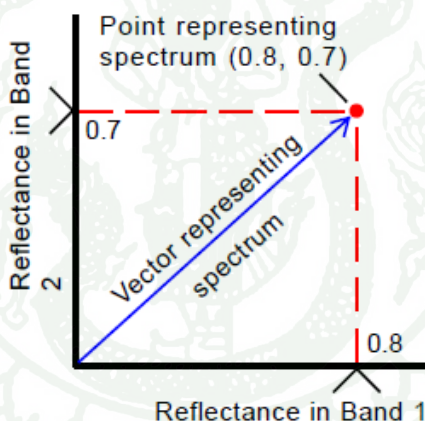
6. เงาม ใบพืชที่อยู่ใต้ร่มเงาหรืออยู่ด้านหลังเขา จะมีค่าการสะท้อนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับใบพืชที่ได้รับแสงเต็มที่ เพราะเงามีลักษณะคล้ายกับน้ำ คือ เมื่อไปแทรกอยู่กับวัตถุใด จะส่งผลให้มีการดูดกลืนพลังงานเพิ่มขึ้น

7. โรคภัย ผลกระทบจากมลภาวะ และสภาพพืชวัยแก่ ทำให้การเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงักและค่าการสะท้อนจะเปลี่ยนไปด้วย โดยยังมีการสะท้อนในคลื่นอินฟราเรดสูงกว่ากลุ่มคลื่นตามองเห็นแต่ไม่ใช่ค่าการสะท้อนสูงสุดที่คลื่นอินฟราเรดใกล้ดังเช่น ใบพืชปกติ ค่าการสะท้อนสูงสุดจะเลื่อนไปอยู่ที่คลื่นอินฟราเรดคลื่นสั้นแทนเนื่องจากการเจริญเติบโตของพืชหยุดชะงักมีผลให้ปริมาณน้ำในใบพืชลดลง (ศุทธิณี, 2549)

Marcus *et al.* (2007) ได้กล่าวว่าสเปกตรัลไลบรารี (spectral libraries) จะได้จากค่าการสะท้อนของวัตถุที่เป็นธรรมชาติและวัตถุที่มนุษย์สร้างขึ้น ใช้เป็นฐานข้อมูลในการอ้างอิงของภาพหลายช่วงคลื่น สำหรับการประยุกต์ใช้กับพืชพบว่าพืชที่มีความหลากหลายมากจะยิ่งทำให้มีสเปกตรัลไลบรารีมากแตกต่างกันออกไป และได้มีนักวิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลสเปกตรัลไลบรารีของวัตถุชนิดต่างๆ ไว้ในฐานข้อมูลที่มีการอ้างอิงหลายแหล่ง เช่น ASTER และ GSGS สามารถที่จะนำสเปกตรัลไลบรารีมาเปรียบเทียบกับสเปกตรัลไลบรารีของข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัล เพื่อทำการวิเคราะห์จำแนกวัตถุชนิดต่างๆ

การนำค่าการสะท้อนแสงของภาพไฮเปอร์สเปกตรัลมาเขียนในรูปลักษณะของรูปโค้ง (spectral plot) แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน (สเปกตรัลไลบรารี) ที่มีการสำรวจไว้แล้วของวัตถุที่สะท้อนแสงบนโลก แต่จะใช้ได้กับบริเวณที่มีวัตถุไม่กี่ชนิดเมื่อเปรียบเทียบกับภาพไฮเปอร์สเปกตรัลซึ่งครอบคลุมพื้นที่บริเวณกว้างไกลและมีวัตถุจำนวนมากอยู่ในพื้นที่ที่สนใจ

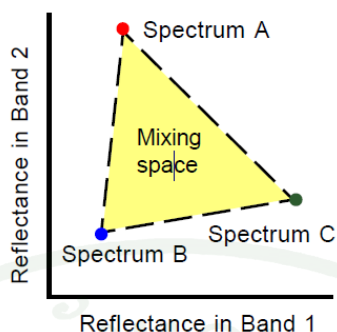
วัตถุชนิดเดียวกันมีการสะท้อนแสงที่แตกต่างกันดังแสดงในภาพที่ 4 คือ ในแถบความถี่ที่ 1 วัตถุมีการสะท้อนแสงที่ 0.8 ในขณะที่แถบความถี่ที่ 2 เป็นวัตถุเดียวกันมีการสะท้อนแสงที่ 0.7 นั่นคือ แถบความถี่ที่ 1 วัตถุจะมีการสะท้อนแสงหรือภาพที่ออกมาจะสว่างมากกว่าการสะท้อนแสงที่วัตถุเดียวกันที่แถบความถี่ที่ 2 ในความเป็นจริงในการมองเห็นเราไม่สามารถเขียนรูปโค้งการสะท้อนแสงได้เกินสามแกนแต่ในทางคณิตศาสตร์เราสามารถเขียนได้มากกว่าสามแกนทำให้สามารถจำแนกวัตถุได้ดีกว่า



ภาพที่ 4 ลักษณะของรูปโค้ง (spectral plot)

ที่มา: Randall and Smith (2012)

การสะท้อนแสงของวัตถุที่มากกว่า 1 ชนิดเป็นลักษณะการสะท้อนแสงที่ผสมกันระหว่างวัตถุหรือเรียกว่า endmember spectral ดังแสดงในภาพที่ 5 เส้นประสีดำเรียกว่า mixing line เป็นเส้นที่เชื่อมโยงระหว่างวัตถุ 2 ชนิด บริเวณพื้นที่สี่เหลี่ยมเรียกว่า mixing space เป็นพื้นที่ที่แสดงการสะท้อนแสงของวัตถุที่ผสมกันมากกว่า 2 ชนิด (ในภาพเป็นวัตถุ 3 ชนิด) มุมของรูปเหลี่ยม (จุด A B และ C) หรือ endmember เป็นการสะท้อนแสงของวัตถุเดียว ดังนั้นจึงเป็นการง่ายในการจำแนกวัตถุที่สนใจ (ในรูปแสดงว่าในบริเวณที่สนใจมีวัตถุ 3 ชนิดคือ A B และ C รวมอยู่ด้วยกัน)



ภาพที่ 5 การสะท้อนแสงของวัตถุที่ผสมกัน 3 ชนิด

ที่มา: Randall and Smith (2012)

การวิเคราะห์ผลลัพธ์หลังการจำแนกประเภทข้อมูล

สรุคใจ (2550) กล่าวว่า การประเมินความถูกต้องของการจำแนกประเภทข้อมูลจากดาวเทียมต้องทำการเปรียบเทียบผลที่ได้จากการจำแนกประเภทสิ่งปกคลุมดินบนภาพดาวเทียมกับข้อมูลอ้างอิงแล้วนำผลของการเปรียบเทียบไปสร้างตารางเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrix) เพื่อที่จะประเมินความถูกต้องของการจำแนก

Russell and Kass (1999) ได้กล่าวว่า การวิเคราะห์ค่าดัชนีแคปปา (kappa index) เป็นวิธีการประเมินความถูกต้องที่ใช้กำหนดค่าทางสถิติจากตารางเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrix) ที่แตกต่างกันซึ่งวิเคราะห์ด้วยสมการดังนี้

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

โดย k = จำนวนแถว (row) และแนว (column) ในตารางเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน

n = จำนวนที่สังเกตทั้งหมด

n_{ii} = ค่าสังเกตในแถว (row i) และแนว (column i)

n_{i+} = จำนวนขอบเขตทั้งหมดของแถว (row i)

n_{+i} = จำนวนขอบเขตทั้งหมดของแนว (column i)

ดาวเทียม HJ-1A

1. ประวัติความเป็นมา

ดาวเทียม HJ-1A (Huan Jing) หรือเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า ดาวเทียมอเนกประสงค์ขนาดเล็ก เป็นความร่วมมือระหว่างรัฐบาลไทย (โดยกระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร) และ รัฐบาลจีน ในการร่วมมือกันสร้างดาวเทียมอเนกประสงค์ขนาดเล็ก (small multi-mission satellite) เรียกกันสั้นๆ ว่า SMMS เพื่อใช้ในเรื่องการเฝ้าระวังภัยพิบัติและสำรวจโลก มีการติดตั้งสถานีรับสัญญาณดาวเทียมภาคพื้นดินที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เพื่อรับและประมวลผลภาพถ่ายดาวเทียม โดยมีสัญญาณภาพถ่ายจากกล้อง CCD และกล้อง hyper spectral ภาพถ่ายดาวเทียมสามารถนำไปใช้ในงานสำรวจทรัพยากรธรรมชาติ ด้านการวางแผนการเกษตร และด้านการเตือนภัยพิบัติต่างๆ ซึ่งคณะวิศวกรรมศาสตร์เป็นศูนย์จัดการและประยุกต์ใช้งานข้อมูลดาวเทียม สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ไปใช้ประโยชน์โดยไม่คิดมูลค่า

ตารางที่ 1 คุณสมบัติของอุปกรณ์ถ่ายภาพ

ระบบบันทึกภาพ	แถบความถี่	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	ความละเอียดช่วงคลื่น (เมตร)	ความกว้างของ แนวบันทึกภาพ (กิโลเมตร)
CCD	1	0.43-0.52	30	700
	2	0.52-0.60	30	
	3	0.63-0.69	30	
	4	0.76-0.90	30	
hyperspectral	-	0.45-0.95 (115 แถบความถี่)	100	50

ที่มา: สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์ (2554)

2. ผลกระทบภาพถ่ายดาวเทียม

2.1 ภาพไฮเปอร์สเปกตรัล (hyperspectral image) เป็นภาพถ่ายที่มีความละเอียดเชิงคลื่นสูงประมาณ 4 นาโนเมตร จึงสามารถนำไปใช้ในการแยกแยะชนิดของวัตถุจากการสะท้อนในแต่ละช่วงคลื่นที่แตกต่างกัน โดยมีจำนวน 115 แถบความถี่ ความละเอียดจุดภาพ 100 เมตร ภาพที่ได้จะเป็นภาพที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและการปรับแก้เชิงเรขาคณิตในระดับที่ 2 แล้ว

2.2 ภาพหลายช่วงคลื่น (multispectral image) เป็นภาพถ่ายที่ประกอบไปด้วย 4 แถบความถี่ แบ่งเป็นย่านที่ตามองเห็นได้ 3 ช่วงคลื่น คือ สีน้ำเงิน สีเขียว สีแดง และอินฟราเรด 1 ช่วงคลื่น มีความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร ภาพที่ได้จะเป็นภาพที่ผ่านการปรับแก้เชิงคลื่นและการปรับแก้เชิงเรขาคณิตในระดับที่ 2 แล้ว (สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์, 2554)

พื้นที่ศึกษาบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย

ข้อมูลพื้นฐานเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ประวัติการจัดตั้งเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

ภูหลวงมีความหมายว่าภูเขาที่สูงใหญ่ หรือมีความหมายถึงภูเขาของพระเจ้าแผ่นดิน ซึ่งนับเป็นสิริมงคลนามที่บรรพบุรุษได้ตั้งชื่อไว้จากการยกตัวของพื้นผิวโลก และดินส่วนที่อ่อนนุ่มพัดพาลงสู่พื้นที่ส่วนต่ำคงเหลือหินซึ่งเป็นโครงสร้างที่แข็งไว้เป็นภูเขา เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวงได้รับการจัดตั้งเป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าในราชกิจจานุเบกษา เล่มที่ 914 ตอนที่ 216 เมื่อวันที่ 18 ธันวาคม 2517 มีเนื้อที่ประมาณ 848 ตารางกิโลเมตรหรือประมาณ 530,000 ไร่ ตั้งอยู่ในท้องที่อำเภอวังสะพุง อำเภอภูเรือ อำเภอด่านซ้าย และอำเภอภูหลวง จังหวัดเลย ต่อมาในปี พ.ศ.2534 ได้มีการตราพระราชกฤษฎีกาขึ้นมาใหม่ซึ่งเรียกว่า “พระราชกฤษฎีกากำหนดบริเวณที่ดินป่าภูหลวง ในท้องที่ตำบลปลาบ่า ตำบลท่าศาลา อำเภอภูเรือ ตำบลโพนสูง ตำบลวังยาว ตำบลอีปุม อำเภอด่านซ้าย ตำบลหนองงิ้ว ตำบลเขาหลวง ตำบลทรายขาว อำเภอวังสะพุง และตำบลภูหอ ตำบลเลยวังไสย์ กิ่งอำเภอภูหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า พ.ศ.2534”

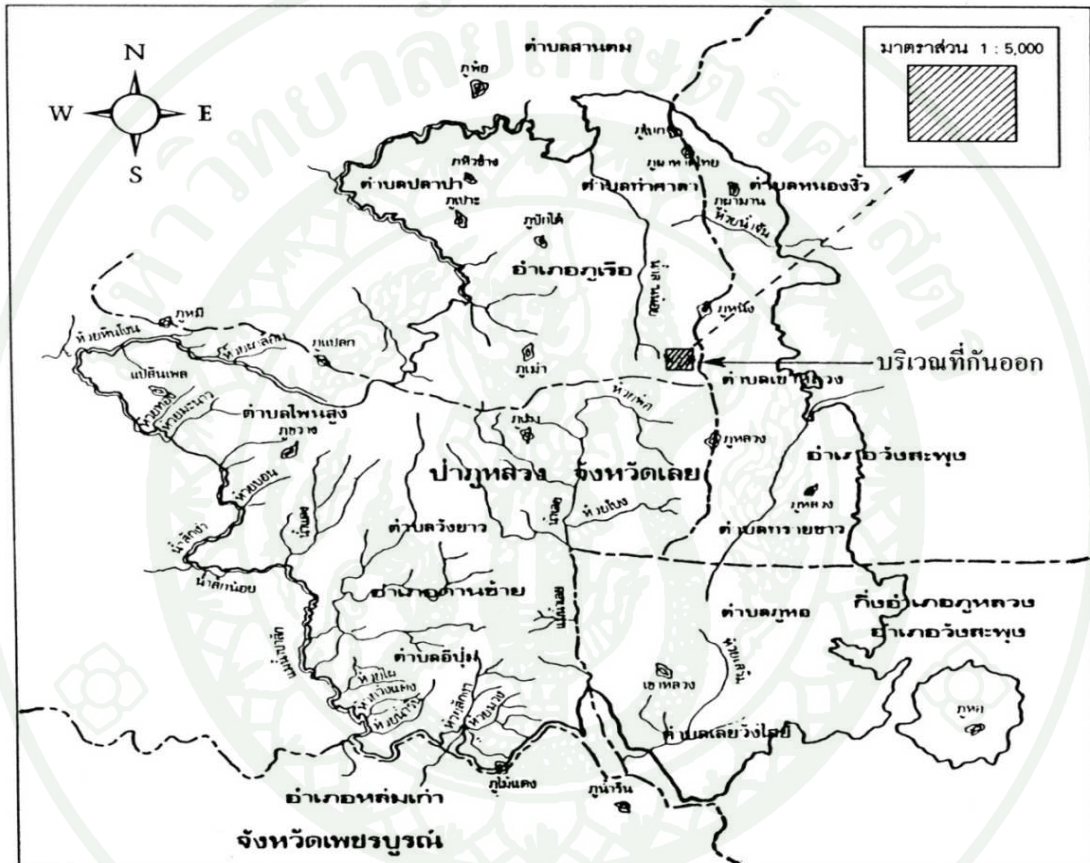
แผนที่ท้ายพระราชกฤษฎีกา

กำหนดบริเวณที่ดินป่าภูหลวง ในท้องที่ตำบลปลาบ่า ตำบลท่าศาลา อำเภอภูเรือ ตำบลโพนสูง ตำบลวังยาว ตำบลลือมุ่ม อำเภอคำน้อชัย ตำบลหนองงิ้ว ตำบลเขาลอง ตำบลเขาทราย อำเภอวังสะพุง และตำบลภูหอ ตำบลเลยวังไสย์ กิ่งอำเภอภูหลวง อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย ให้เป็นเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า

พ.ศ. ๒๕๓๔

เนื้อที่ประมาณ 560,593 ไร่
มาตราส่วน 1 : 250,000

เมตร 5,000 0 5 10 15 กิโลเมตร



เครื่องหมาย

- | | | | |
|--|---------------------------|--|-------------|
| | แนวเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า | | เขตอำเภอ |
| | บริเวณที่กันออก | | แม่น้ำ ห้วย |
| | เขตจังหวัด | | ภูเขา |

นายประทีป แดงสกุล
ผู้อำนวยการกองอนุรักษ์สัตว์ป่า

นายไพโรจน์ สุวรรณภรณ์
อธิบดีกรมป่าไม้

ภาพที่ 6 แผนที่ท้ายพระราชกฤษฎีกา

ที่มา: สำนักงานจัดทำแผนแม่บทและการจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า (2540)

2. ที่ตั้งและอาณาเขต

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง ตั้งอยู่ในท้องที่จังหวัดเลย อยู่ระหว่างเส้นรุ้งที่ 17 องศา 3 ลิปดา ถึง 17 องศา 24 ลิปดา เหนือและเส้นแวงที่ 101 องศา 16 ลิปดา ถึง 101 องศา 21 ลิปดา ตะวันออก

ทิศเหนือ	ติดตำบลท่าศาลา อำเภอภูเรือ จังหวัดเลย
ทิศใต้	ติดตำบลเลยวังไสย์ อำเภอภูหลวง จังหวัดเลย และตำบลศิลา อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์
ทิศตะวันออก	ติดตำบลหนองจิว ตำบลเขาหลวง ตำบลทรายขาว อำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย
ทิศตะวันตก	ติดอำเภอด่านซ้าย จังหวัดเลย และตำบลศิลา อำเภอหล่มเก่า จังหวัดเพชรบูรณ์

3. ลักษณะภูมิประเทศ

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง มีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาใหญ่ แนวเขตเริ่มจากระดับความสูงประมาณ 400 เมตร จนถึงความสูงประมาณ 1,571 เมตร เทือกเขาด้านตะวันออกมีลักษณะเป็นภูเขาสูงใหญ่ที่มีราบบนหลังเขาที่ระดับความสูง 1,200-1,500 เมตร เทือกเขาด้านตะวันตกเป็นภูเขาสูงเล็กๆ ตั้งชันสลับซับซ้อนเป็นลูกคลื่นระดับความสูง 600-800 เมตร ภูเขาทิศตะวันออกเป็นหน้าผาสูงชันลาดลงสู่ทิศตะวันตก เป็นต้นกำเนิดของแม่น้ำเลยและแม่น้ำป่าสัก

4. ลักษณะทางธรณี

ลักษณะทางธรณีวิทยาของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวงมีโครงสร้างทางธรณีวิทยาเป็นแบบกระทะหงาย (Syncline) ในแนวเหนือ-ใต้ และในหลายพื้นที่ประกอบด้วยเขาหินและหินโคล่

5. ลักษณะภูมิอากาศ

ลักษณะภูมิอากาศของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง อยู่ภายใต้อิทธิพลของลมมรสุมตะวันออกเฉียงเหนือเนื่องจากพื้นที่อยู่ห่างไกลชายฝั่งทะเลค่อนข้างมากจึงทำให้อากาศเป็นแบบกึ่งร้อน และสภาพพื้นที่

เป็นภูเขาและที่ราบสูงจึงมีช่วงความหนาวเย็นยาวนานกว่าพื้นที่ราบของภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยทั่วไป

5.1 อุณหภูมิ ค่าเฉลี่ยอุณหภูมิตลอดปี เท่ากับ 27.1 องศาเซลเซียส สำหรับค่าอุณหภูมิสูงสุดเฉลี่ยรายเดือนเท่ากับ 38.2 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ และอุณหภูมิต่ำสุดเฉลี่ย 16.0 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในช่วงเดือนมกราคม

5.2 สภาพฝน ตกชุกจะยาวนานกว่าช่วงอื่นๆ ซึ่งมีช่วงยาวนานถึง 6 เดือน โดยครอบคลุมตั้งแต่เดือนพฤษภาคม จนถึงเดือนตุลาคม ซึ่งค่าน้ำฝนที่ตกในช่วงนี้จะมีปริมาณสูงในแต่ละเดือนจะมีค่าไม่ต่ำกว่า 100 มิลลิเมตร

6. ทรัพยากรป่าไม้

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวงปกคลุมไปด้วยผืนป่าที่อุดมสมบูรณ์ มีสภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาใหญ่ เริ่มระดับความสูงตั้งแต่ประมาณ 220 เมตร ไปจนถึงยอดเขาสูงสุดที่ระดับความสูง 1,571 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง สังคมพืชที่พบประกอบไปด้วย 6 ชนิดป่า คือ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง เป็นต้น ถือได้ว่าเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวงจัดเป็นแหล่งรวมของความหลากหลายทางระบบนิเวศและความหลากหลายด้านชนิดพืชที่สำคัญของประเทศ ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

6.1 ป่าดิบเขา (hill evergreen forest)

พบกระจายอยู่ในพื้นที่ตั้งแต่ระดับความสูง 800-1,570 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เนื่องจากพบในพื้นที่สูงทำให้สภาพอากาศค่อนข้างเย็นตลอดทั้งปี และมีเมฆปกคลุมบ่อยครั้ง พิจารณาจากองค์ประกอบพรรณไม้ในสังคมพืช สามารถแบ่งป่าดิบเขาออกเป็น 2 ชนิดย่อย คือ

6.1.1 ป่าดิบเขาระดับต่ำ (lower hill evergreen forest) พบขึ้นกระจายอยู่ที่ความสูง 800-1,300 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง ลักษณะ โครงสร้างทางด้านตั้งของสังคมพืชมีความต่อเนื่องกันของเรือนยอดตั้งแต่ระดับพื้นดิน ไปจนถึงเรือนยอดสูงสุด สามารถแบ่งได้ 3 ชั้น เรือนยอด ดังนี้

เรือนยอดชั้นบนมีความสูงถึง 25 เมตร บางบริเวณอาจสูงถึง 30 เมตร ตามต้นไม้ใหญ่มักมีมอส (moss) ไลเคน (lichen) และพืชในกลุ่มเฟิร์น (fern) เกาะอึ่งอิงอยู่มาก พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) ก่อข้าว (*Castanopsis inermis*) ก่อหมวก (*Quercus oidocarpa*) ก่อหนู (*Quercus brandisiana*) ก่อแดง (*Quercus kingiana*) ตะเคียนเต่า (*Balakata baccata*) สนแพง (*Calocedrus macrolepis*) สามพันปี (*Dacrydium elatum*) กว้ามแดง (*Acer calcaratum*) เต็ม (*Bischofia javensis*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) ค่าหุด (*Engelhardtia serrata*) สะตุก (*Altingia exceisa*) และจำปาเขา (*Michelia* sp.)

เรือนยอดชั้นรอง มีความสูงถึง 15 เมตร พรรณไม้ในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น ข่าต้น (*Cinnamomum ilicioides*) ตองแตบ (*Macaranga denticulate*) อบเชย (*Cinnamomum iners*) ตะไคร้ต้น (*Litsea cubeba*) และหว้า (*Syzygium* sp.)

เรือนยอดชั้นล่างรวมถึงระดับพื้นป่า ส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่มในวงศ์เข็ม (Rubiaceae) วงศ์ส้ม (Rutaceae) พืชกลุ่มเฟิร์น กลุ่มไกล่เคียงเฟิร์น พืชวงศ์ขิงข่า (Zingiberaceae) พืชวงศ์กก (Cyperaceae) และบางบริเวณพบไผ่ (bamboo) พืชที่พบเช่น เศย (*Pandanus* sp.)

6.1.2 ป่าดิบเขาระดับสูง (upper hill evergreen forest) พบที่ระดับความสูงเกิน 1,300 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง บริเวณที่ราบบนสันเขาหินก่อนข้างต้น มีกรวดทรายปะปน พรรณไม้ที่ขึ้นส่วนใหญ่มีลำต้นเตี้ยแคระ เรือนยอดสูงไม่เกิน 13 เมตร จำแนกชั้นเรือนยอดได้เป็น 2 ชั้นเรือนยอดคือ

เรือนยอดชั้นบน ปกติมีความสูงของชั้นเรือนยอดอยู่ที่ 3-5 เมตร แต่บางบริเวณที่คิดลึกกว่าอาจมีความสูงได้ถึง 7 เมตร มีไม้เพียงบางต้นที่สูงได้ถึง 13 เมตร ตามลำต้นและกิ่งมีไลเคน พืชในกลุ่มเฟิร์น และกล้วยไม้ เกาะอิงอาศัยหนาแน่น พรรณไม้ที่พบในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น ก่อคำ (*Lothocarpus recurvatus*) ประทัดคอย (*Agapetes parishii*) ทะโล้ (*Shima wallichii*) กุหลาบขาว (*Rhododendron ludwigianum*) กุหลาบแดง (*Rhododendron arboretum*) หัวหวาน (*Vaccinium sprengelii*) ไม้แดง (*Ternstroemia gymnanthera*) และเมี่ยงอาม (*Camellia oleifera*) เป็นต้น ไม้พื้นล่างเป็นพืช กลุ่มเฟิร์น และกลุ่มไกล่เคียงเฟิร์น พืชวงศ์ขิงข่า (Zingiberaceae) พืชวงศ์กก (Cyperaceae) และพืชวงศ์หญ้า (Gramineae)

6.2 ป่าดิบแล้ง (dry evergreen forest)

พบกระจายบริเวณที่ราบลุ่มริมน้ำและตามหุบเขาที่มีความชื้นในดินสูงและดินที่พบส่วนใหญ่มีชั้นหน้าดินค่อนข้างลึก มีความอุดมสมบูรณ์สูง พบตั้งแต่ระดับความสูง 300-800 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง โครงสร้างสังคมพืชเป็นเรือนยอดปิด มีความหนาแน่นของเรือนยอดสูง ต้นไม้มีความสูงได้ถึง 30 เมตร จำแนกได้ 3 ชั้นเรือนยอด และมีพรรณไม้เด่นในแต่ละชั้นเรือนยอด ดังนี้

เรือนยอดชั้นบน มีความสูงประมาณ 25-30 เมตร พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) ยางปาย (*Dipterocarpus costatus*) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) กระจับปักษ์ (*Anisoptera costata*) ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata*) ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana*) มะมือ (*Choerospondias axillaris*) และกระบก (*Irvingia malayana*) เป็นต้น

เรือนยอดชั้นรอง มีความสูง 15-20 เมตร พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้จะมีไม้วงศ์ก่อ (Fagaceae) เข้ามาปะปน เช่น ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) ก่อน้ำ (*Lithocarpus thomsonii*) ก่อหม่น (*Lithocarpus grandifolius*) และมีไม้วงศ์อื่นๆ ที่สำคัญ เช่น เลือดแรด (*Knema globularia*) ส้าน (*Dillenia obovata*) พะวา (*Garcinia speciosa*) ชะมวง (*Garcinia cowa*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) แซะ (*Callerya atropurpurea*) ส้มกบ (*Hymenodictyon orixense*) ลำไยป่า (*Paranephelium xestophyllum*) กัลปพฤกษ์ (*Cassia bakeriana*) และราชพฤกษ์ (*Cassia fistula*) เป็นต้น

เรือนยอดชั้นล่าง มีความสูงไม่เกิน 15 เมตร พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่ม ต้นไม้ที่ขึ้นกระจายห่างๆ พรรณไม้เด่น เช่น มะไฟป่า (*Baccaurea ramiflora*) ตังหน (*Calophyllum calaba*) แดงน้ำ (*Glochidion lanceolarium*) ส้มขี้หนู (*Micromelum minutum*) ชมพู่ป่า (*Syzygium megacarpum*) ตะโก (*Diospyros hasseltii*) มะเฒ่าควาย (*Antidesma velutinosum*) และมะเฒ่าไขปลา (*Antidesma ghaesembilla*) เป็นต้น

เรือนยอดระดับพื้นป่า สภาพโดยทั่วไปค่อนข้างโล่ง พืชที่พบส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ขิงข่า (Zingiberaceae) เช่น หลาว (*Alpinia oxymitra*) ข่าคม (*Alpinia zerumbet*) บางบริเวณที่แสง

ต้องถึง พบพืชกลุ่มเฟิร์น และกลุ่มไถ่เลี้ยงเฟิร์น ชนิดต่างๆ เช่น หญ้ารังไก่ (*Selaginella involuta*)
ข้าหลวงหลังลาย (*Asplenium nidus*) และกูดหางค่าง (*Bolbitis heteroclite*) เป็นต้น

6.3 ป่าสนเขา (pine forest)

พบป่าชนิดนี้บนที่ราบบนหลังเขากระจายอยู่ทั่วไปเป็นกลุ่มๆ ส่วนใหญ่พบได้ตั้งแต่ระดับ 1,200 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง เป็นต้นไป มีเรือนยอดเปิดโล่ง ปริมาณแสงส่องสว่างผ่านเรือนยอดโดยเฉลี่ยมีค่าสูงมาก เนื่องจากไม้เด่นในระดับชั้นเรือนยอดมีเพียงสองชนิด คือ สนสามใบ (*Pinus kesiya*) และสนสองใบ (*Pinus merkusii*) ที่พบขึ้นกระจายอยู่ห่างๆ และโครงสร้างทางด้านตั้งแบ่งได้ 2 ชั้นเรือนยอดอย่างชัดเจน คือ

เรือนยอดชั้นบน มีความสูงถึง 25 เมตร ดินเป็นดินร่วนปนทราย หรือบางบริเวณเป็นหินโผล่ พรรณไม้ที่ขึ้นเป็นไม้สนเพียงอย่างเดียวไม่มีไม้อื่นปะปน เช่น สนสามใบและสนสองใบ พบว่าการปรากฏของสนในชั้นเรือนยอดนี้เป็นไปได้ใน 3 ลักษณะ คือ บางพื้นที่เป็นสนสามใบเพียงชนิดเดียว เช่น บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าโหล่นเต้ หรือบางพื้นที่ที่มีสนสองใบขึ้นกระจายปะปนกับสนสามใบ แต่พบปะปนในอัตราส่วนที่น้อย พบบริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าโหล่นเต้ และพื้นที่ที่มีสนสองใบเพียงอย่างเดียว พบเป็นกลุ่มเล็กๆ ในบริเวณดินค่อนข้างลึก และในบางพื้นที่ที่มีดินตื้น ชั้นเรือนยอดนี้พบไม้สนมีลำต้นสูงเพียง 10-15 เมตร ไม้ที่ขึ้นเป็นสนสามใบ

เรือนยอดชั้นล่างและระดับพื้นป่า ลักษณะการปรากฏของพรรณไม้ในเรือนยอดชั้นนี้เป็นไปใน 2 ลักษณะ คือ ไม้ยืนต้นขนาดเล็กเป็นไม้เด่น มีลักษณะโครงสร้างคล้ายป่าดิบเขา ระดับสูงคือ พรรณไม้มีลักษณะเตี้ยแคระ สูงไม่เกิน 7 เมตร ขึ้นเป็นกอๆ เช่น ก่อดำ (*Lithocarpus recurvatus*) ประทัดคอย (*Agapetes parishii*) กุหลาบขาว (*Rhododendron ludwigianum*) กุหลาบแดง (*Rhododendron arboretum*) หัวแหวน (*Vaccinium sprengelii*) ไถ่แดง (*Ternstroemia gymnanthere*) และเมี่ยงอาม (*Camellia oleifera*) เป็นต้น และพื้นที่ทุ่งหญ้าโล่งส่วนใหญ่ในระดับพื้นป่าเป็นพืชวงศ์หญ้า (Gramineae) กก (Cyperaceae) และไม้พุ่ม เช่น เอนอ้า (*Osbeckia* sp.) กล้วยไม้ล้มลุกอื่นๆ เช่น หญ้าข้าวก่า (*Burmania disticha*) และหญ้าดอกเหลือง (*Xyris tuberosa*) เป็นต้น

6.4 ป่าเบญจพรรณ (mixed deciduous forest)

พบป่าชนิดนี้กระจายอยู่ทั่วไปทางด้านทิศตะวันออกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง พบกระจายที่ระดับความสูง 400-700 เมตร จากระดับน้ำทะเลปานกลาง โครงสร้างป่ามีลักษณะเป็นเรือนยอดเปิด โดยสามารถจำแนกชั้นเรือนยอดได้ค่อนข้างชัดเจน เป็น 3 ชั้นเรือนยอด โดยมีรายละเอียดดังนี้

เรือนยอดชั้นบน มีความสูงถึง 30 เมตร ไม้เด่นในเรือนยอดชั้นนี้ส่วนใหญ่เป็นไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่น ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) แดง (*Xylia xylocarpa*) ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) กระจับปี่ (*Irvingia malayana*) ตีนนก (*Vitex pinnata*) ตะแบกใหญ่ (*Lagerstroemia calyculata*) สมอพิเภก (*Terminalia bellirica*) และตะเคียนหนู (*Anogeissus acuminata*) เป็นต้น

เรือนยอดชั้นรอง มีความสูงถึง 20 เมตร ไม้เด่นในเรือนยอดนี้ เช่น ส้าน (*Dillenia obovata*) ฉนวน (*Dalbergia nigrescens*) อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) กาสามปึก (*Vitex peduncularis*) กระจับปี่ (*Careya sphaerica*) และมะเกลือ (*Diospyros mollis*) เป็นต้น ในชั้นเรือนยอดนี้มีไม้ไผ่ชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นที่พบ เช่น ไผ่บง (*Bambusa nutans*) และไผ่ซาง (*Bambusa membranacea*) เป็นต้น

เรือนยอดชั้นพื้นล่าง มีความสูงระหว่าง 5-10 เมตร ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น มะเมีตี (*Antidesma montanum*) ตั้ว (*Cratoxylum formosum*) เปล้าหลวง (*Croton roxburghii*) มะกั้ง (*Dioecrescia erythroclada*) และหมักม่อ (*Rothmannia wittii*) เป็นต้น

6.5 ป่าเต็งรัง (dry dipterocarp forest)

พบป่าชนิดนี้กระจายอยู่ไม่มากนักในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง บริเวณน้ำไคร้ พบกระจายได้ไม่เกิน 800 เมตร โครงสร้างสังคมพืชเป็นเรือนยอดเปิด และสามารถจำแนกโครงสร้างด้านตั้งออกได้ชัดเจน ดังนี้

เรือนยอดชั้นบน มีความสูงถึง 25 เมตร ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น เต็ง (*Shorea obtusa*) รัง (*Shorea siamensis*) เทียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) ติวเกลี้ยง (*Cratoxylum cochinchinense*) สมอไทย (*Terminalia chebula*) และกระบก (*Irvingia malayana*) เป็นต้น

เรือนยอดชั้นรอง มีความสูงประมาณ 13 เมตร ไม้เด่น เช่น มะขามป้อม (*Phyllanthus ebblica*) เหมือดโลด (*Aporosa villosa*) คับเต่าตัน (*Diospyros ehretioides*) ผักหวาน (*Melientha suavis*) และช้าน้ำ (*Ochna integerrima*) เป็นต้น

เรือนยอดชั้นล่างและระดับพื้นป่า มีความสูงของต้นไม้ไม่เกิน 5 เมตร ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เป็นพืชในวงศ์หญ้า (Gramineae) และไม้ล้มลุกในวงศ์ถั่ว (Leguminosae) รวมถึงไม้ล้มลุกอื่นๆ เช่น เลา (*Saccharum spontaneum*) เพ็ก (*Vietnamosasa pusilla*) ถั่วผี (*Cajanus crassus*) และหิ้ง (*Crotalaria bracteata*) เป็นต้น

7. ทรัพยากรสัตว์ป่า

พื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง มีสัตว์ป่ามากมายหลายชนิด เช่น ช้าง (*Elephas maximus*) มีมากที่สุดประมาณ 300 เชือก กระต๊อง (*Bos gaurus*) กวาง (*Cervus unicolor*) เก้ง (*Muntiacus muntjak*) เลียงผา (*Capricornis sumatraensis*) เสือโคร่ง (*Panthera tigris*) เสือดาว (*Panthera pardus*) หมิวาย (*Ursus thibetanus*) ค่าง (*Trachypithecus spp.*) ชะนี (*Hylobates spp.*) กระเจง (*Tragulus napu*) อีเห็น (*Paradoxurus hermaphrodites*) ชะมด (*Moschidae spp.*) นกยูง (*Pavo muticus*) ไก่ป่า (*Gallus gallus*) ไก่ฟ้า (*Lophura erythrophthalma*) และนกที่สวยงามอีกหลายชนิดรวมทั้งเต่าปูลู (*Platysternon megacephalum*) เป็นเต่าพันธุ์ประจำถิ่นที่หายากชนิดหนึ่งของประเทศไทย (สำนักงานจัดทำแผนแม่บทและการจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า, 2540)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

David *et al.* (2003) ได้ทำการศึกษาการจำแนกประเภทป่าโดยใช้ข้อมูลภาพ hyperion และ ALI ที่มีระบบบันทึกข้อมูลความละเอียดเชิงคลื่นสูง ในการจำแนกชนิดป่าได้ทำการเปรียบเทียบภาพ hyperion, ALI และภาพจากดาวเทียม landsat-7 ในพื้นที่ลุ่มน้ำวิกตอเรีย โดยได้ทำการจำแนกป่า douglas-fir, hemlock, western red cedar, lodgepole pine, และ red alder ซึ่งมีความถูกต้องจาก

การจำแนกของภาพ hyperion ร้อยละ 90 ALI ร้อยละ 84.8 และ landsat-7 ร้อยละ 75.0 จากการศึกษาพบว่าการรับรู้ระยะไกลจากข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลมีความถูกต้องมากกว่าข้อมูลที่ได้จากดาวเทียม landsat-7 และข้อมูลภาพ hyperion และ ALI มีความเหมาะสมในการจำแนกชนิดป่าทางตะวันออกเฉียงเหนือของมหาสมุทรแปซิฟิกมากกว่าภาพถ่ายดาวเทียม landsat-7

Hasmadi *et al.* (2010) ได้ทำการศึกษาการวิเคราะห์การสะท้อนแสงของเรือนยอดในการจัดทำแผนที่ชนิดต้นไม้ในป่าดิบชื้น บริเวณป่าอนุรักษ์กุนัง รัฐกลันตัน ประเทศมาเลเซีย โดยใช้ภาพไฮเปอร์สเปกตรัลจากการติดอุปกรณ์ถ่ายภาพไว้กับเครื่องบิน NOMAD GAF-27 ซึ่งมีช่วงคลื่นจำนวน 288 แถบความถี่ ความละเอียดจุดภาพ 1 เมตร โดยใช้วิธีการจำแนกแบบ spectral angle mapping สามารถจำแนกชนิดพืชในป่าดิบชื้นได้ 8 ชนิด

Muhammad and Stuart (2011) ได้ใช้ภาพไฮเปอร์สเปกตรัลเพื่อจัดทำแผนที่พันธุ์ไม้ในป่าชายเลน รวมทั้งสำรวจพื้นที่และองค์ประกอบอื่นๆ พบว่าสามารถที่จะแยกความแตกต่างของชนิดพืชป่าชายเลนได้ การวิจัยครั้งนี้ใช้การเปรียบเทียบระหว่างวิธี pixel-based และ object-based ร่วมกับภาพไฮเปอร์สเปกตรัล บริเวณปากแม่น้ำบิสเบน พื้นที่ทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐ ควีนส์แลนด์ ประเทศออสเตรเลีย โดยมีวิธีการในการจำแนก 3 วิธีการ คือวิธี spectral angle mapper (SAM), linearspectral unmixing (LSU) ใช้ร่วมกับวิธี pixel-based และ multi-scale segmentation ใช้ร่วมกับวิธี object-based image analysis (OBIA) ผลการศึกษาพบว่าสามารถจำแนกชนิดพืชออกเป็น 9 ชนิด และเป็นพืชป่าชายเลน 3 ชนิดคือ *Avicennia marina*, *Rhizophora stylosa*, และ *Ceriops australis* จากการตรวจสอบความถูกต้องพบว่าวิธี SAM มีความถูกต้องร้อยละ 69 ค่าแคปปาเท่ากับ 0.57 วิธี LSU มีความถูกต้องร้อยละ 56 ค่าแคปปาเท่ากับ 0.41 และวิธี OBIA มีความถูกต้องร้อยละ 76 ค่าแคปปาเท่ากับ 0.67 ใช้การจัดเรียงข้อมูลแบบ nearest neighbor ซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุดเพื่อจัดทำแผนที่ชนิดป่าชายเลนและสภาพแวดล้อมที่อยู่ใกล้เคียง

Schull *et al.* (2010) ได้ศึกษาความสามารถของภาพไฮเปอร์สเปกตรัล ในการจำแนกชนิดป่า โดยใช้ค่าที่ได้จากการสะท้อนของเรือนยอดที่แตกต่างกัน ซึ่งได้นำข้อมูลไฮเปอร์สเปกตรัลมาสร้างเป็นโครงสร้างสามมิติเพื่อทำการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการติดอุปกรณ์ spectrometer ไว้บนเครื่องบินและใช้ภาพที่ได้จากดาวเทียม airborne visible infrared imaging spectrometer (AVIRIS) ในพื้นที่นิวอิงแลนด์ ประเทศสหรัฐอเมริกา วิเคราะห์หาโครงสร้างของเรือนยอดที่มีช่วงคลื่นที่แตกต่างกันในระดับจุดภาพ และนำค่าจุดภาพมาทำการหาค่าเฉลี่ยและหาอัตราส่วนความน่าจะเป็นพบที่สามารถจำแนกชนิดป่าได้

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ข้อมูลภาพจากดาวเทียม HJ-1A ระบบบันทึกภาพสีแบบไฮเปอร์สเปกตรัล (hyperspectral) จำนวน 115 แถบความถี่ ความละเอียดจุดภาพ 100 เมตร บันทึกภาพเมื่อวันที่ 17 มกราคม 2556 ครอบคลุมพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย
2. ข้อมูลภาพจากดาวเทียม HJ-1A ระบบบันทึกภาพสีแบบหลายช่วงคลื่น (multispectral) จำนวน 4 แถบความถี่ ความละเอียดจุดภาพ 30 เมตร บันทึกภาพเมื่อวันที่ 21 มกราคม 2556 ครอบคลุมพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย
3. แผนที่ภูมิประเทศมาตราส่วน 1:50,000 ลำดับชุด L7018 ของกรมแผนที่ทหาร ระวัง 5243 I 52432 II 52433 III และ 5243 IV
4. เครื่องคอมพิวเตอร์
5. โปรแกรมการประมวลผลข้อมูลการรับรู้ระยะไกลและระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์
6. เครื่องกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global Positioning System: GPS)
7. กล้องถ่ายภาพระบบดิจิทัล

วิธีการ

1. การจัดเตรียมข้อมูล (pre processing)

เลือกภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม HJ-1A ที่บันทึกภาพสีแบบไฮเปอร์สเปกตรัลและภาพหลายช่วงคลื่น ครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย นำมาใช้ในการศึกษาโดยมีขั้นตอนในการเตรียมความพร้อมของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (geometric correction) ของภาพไฮเปอร์สเปกตรัลทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงของลักษณะภูมิประเทศที่เกิดจากการบันทึกและการหมุนของโลก ข้อมูลจะได้รับการแก้ไขให้อยู่ตำแหน่งถูกต้องและสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลกตามระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ ทำการปรับแก้ให้เป็นไปตามระบบ universal transverse mercator (UTM) และพื้นหลักฐานทางราบ (horizontal datum) ในระบบ world geodetic system 1984 (WGS 1984) โดยใช้อ้างอิงกับภาพหลายช่วงคลื่นจากดาวเทียม HJ-1A กำหนดพิกัดของจุดภาพที่เห็นเด่นชัด โดยใช้สมการ polynomial ลำดับที่สอง กำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (ground control points : GCP)

สมการ polynomial ลำดับที่สอง (Nagi and Eiman, 2008)

$$p(x, y) = a_1 + a_2x + a_3y + a_4x^2 + a_5xy + a_6y^2$$

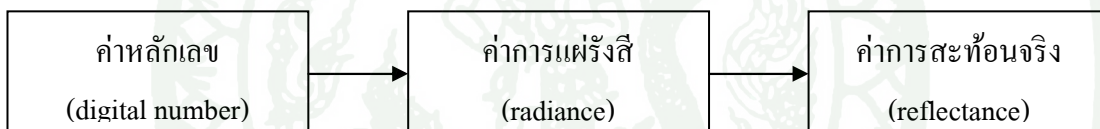
เมื่อ p = การปรับแก้ตำแหน่งของภาพ
 a = ค่าสัมประสิทธิ์
 x, y = ตำแหน่งจุดภาพ

1.2 การปรับแก้เชิงคลื่น (radiometric correction) เป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของค่าระดับสีเทาซึ่งเกิดจากความแตกต่างระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกจากวัตถุหรือสะท้อนกลับจากวัตถุ กับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้โดยอุปกรณ์บันทึกบนดาวเทียมจากวัตถุชนิดเดียวกัน ซึ่งจะแตกต่างกันเนื่องมาจากปัจจัยเกี่ยวกับมุมทิศ มุมยกของดวงอาทิตย์ สภาพบรรยากาศ เช่น หมอก และการตอบสนองของเครื่องวัด

การแปลงค่าหลักเลข (digital number: DN) ของภาพไฮเปอร์สเปกตรัลไปเป็นค่าการสะท้อนพลังงานบนพื้นผิวโลกที่แท้จริง (reflectance) โดยนำค่าที่ได้จากข้อมูล metadata ของแต่ละช่วงคลื่นมาทำการแทนค่าลงในสมการซึ่งมีรูปแบบสมการดังต่อไปนี้ (คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, ม.ป.ป.)

$$\rho_{TOA}^k = \pi L_{TOA}^k / E_s^k \cos \theta d/d_0$$

- เมื่อ
- ρ_{TOA}^k = ค่าการสะท้อนพลังงานบนพื้นผิวโลกที่แท้จริง (reflectance)
 - L_{TOA}^k = ค่าการแผ่รังสีเชิงช่วงคลื่น (spectral radiance) (W/(m².sr. μm))
 - d/d_0 = ค่าระยะห่างระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์
 - E_s^k = ค่าการแผ่รังสีของดวงอาทิตย์
 - θ = อัตราส่วนของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ต่อระยะทางเฉลี่ย



ภาพที่ 7 ขั้นตอนการแปลงค่าหลักเลข (digital number) ไปเป็นค่าการสะท้อนพลังงานบนพื้นผิวโลกที่แท้จริง (reflectance)

2. การวิเคราะห์ข้อมูล (processing)

2.1 การกำหนดค่าสเปกตรัมอ้างอิง (endmember) เพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการประมวลผลโดยการเลือกด้วยตัวเอง (manual) เป็นการเลือกจากพื้นที่ตัวแทนจำนวนชนิดป่าละ 10 ตัวอย่าง จากป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย มาใช้ในการอ้างอิง

2.2 ศึกษาการสะท้อนช่วงคลื่นและจัดทำสเปกตรัลไลบรารี (spectral library) จากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล ของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ซึ่งเป็นข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะการสะท้อนของแต่ละช่วงคลื่นกับค่าการสะท้อนพลังงานจากพื้นผิวโลกที่แท้จริง โดยเลือกสเปกตรัลไลบรารี ของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มาทำการวิเคราะห์

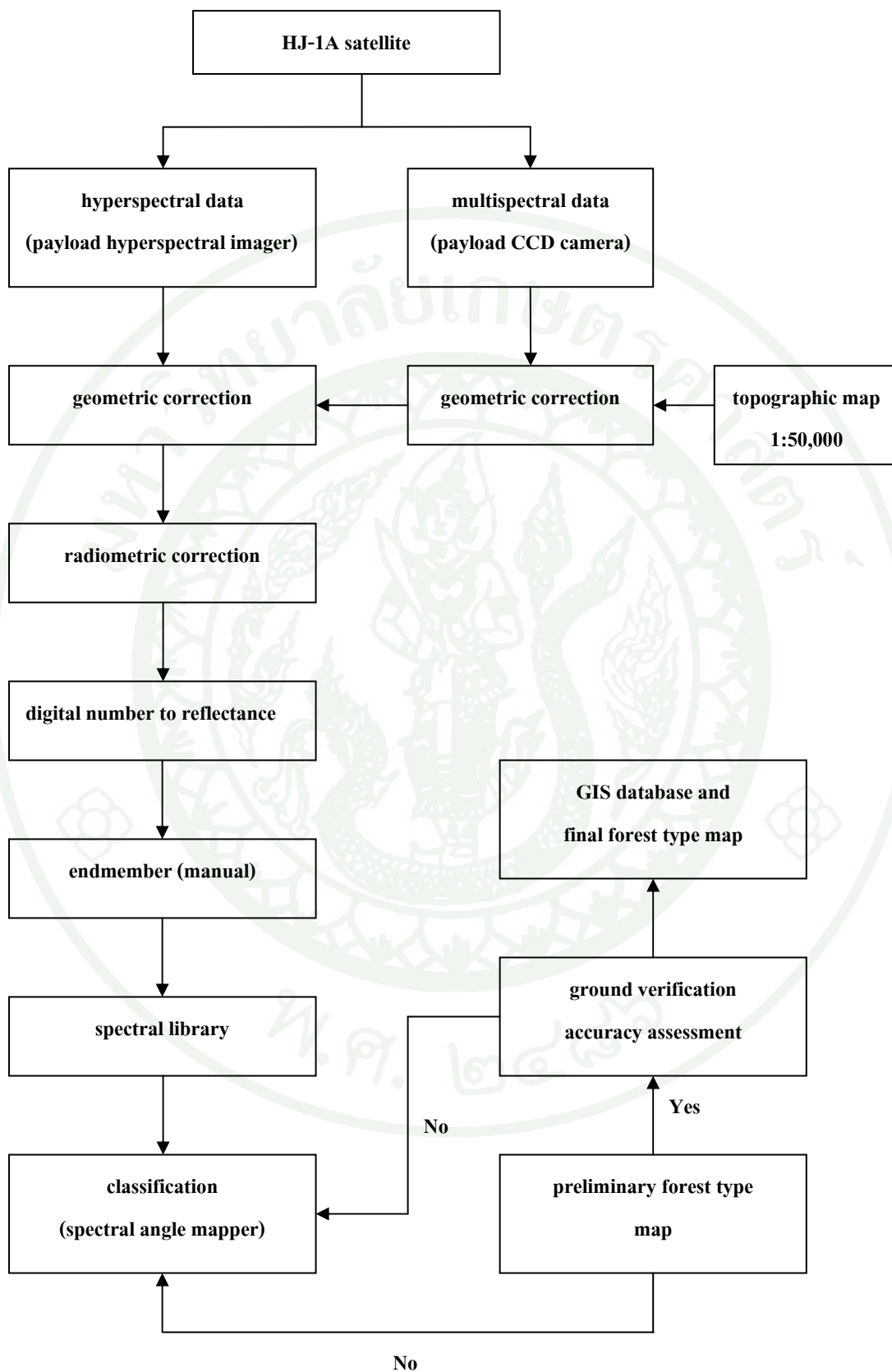
2.3 การจำแนกชนิดป่า ได้จำแนกออกเป็นพื้นที่ป่าและพื้นที่ไม่ใช่ป่า โดยพื้นที่ป่าจะแบ่งการจำแนกออกเป็น ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ใช้วิธีการจำแนกแบบ spectral angle mapper ในการจำแนกจะทำการเปรียบเทียบค่ามุมของสเปกตรัม เมื่อเวกเตอร์ของจุดภาพไม่ทราบชนิดสิ่งปกคลุมดินเทียบกับแต่ละเวกเตอร์อ้างอิง ค่ามุมของสเปกตรัมที่เทียบกับเวกเตอร์อ้างอิงใดที่มีค่าน้อยที่สุด จุดภาพดังกล่าวจะเป็นสมาชิกของกลุ่มชนิดเวกเตอร์อ้างอิงนั้น

3. กระบวนการหลังการวิเคราะห์ข้อมูล (post processing)

วิธีการตรวจสอบความถูกต้องจากการจำแนกพื้นที่ป่า ได้แก่ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และพื้นที่ไม่ใช่ป่า ในการสำรวจภาคสนามจะนำข้อมูลดาวเทียมเชื่อมต่อกับระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (GPS) ช่วยในการบอกตำแหน่งพื้นที่ป่าไม้ และแสดงลักษณะพื้นที่จริงกับภาพดาวเทียม

นำเสนอรายงานการประเมินความถูกต้องของการจำแนก (classification accuracy assessment) ในรูปแบบของการสร้างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน (error matrix) และใช้วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีแคปปา (kappa index)

4. จัดทำระบบฐานข้อมูลและแผนที่ชนิดป่าจากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย



ภาพที่ 8 ขั้นตอนการดำเนินงาน

ผลและวิจารณ์

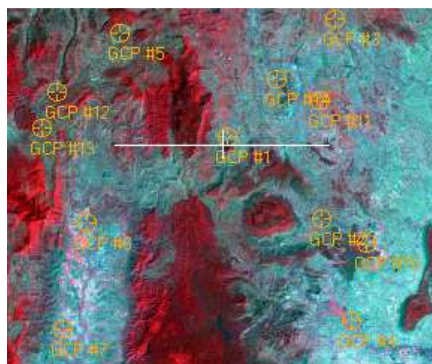
ผล

1. การจัดการข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม

เลือกภาพถ่ายดาวเทียมจากดาวเทียม HJ-1A ที่บันทึกภาพแบบไฮเปอร์สเปกตรัลและแบบหลายช่วงคลื่น ครอบคลุมพื้นที่บริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง นำมาใช้ในการศึกษา โดยมีขั้นตอนในการเตรียมความพร้อมของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมดังรายละเอียดต่อไปนี้

1.1 การปรับแก้เชิงเรขาคณิต (geometric correction)

การปรับแก้เชิงเรขาคณิตของข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่มีความคลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงของลักษณะภูมิประเทศ ข้อมูลจะได้รับการแก้ไขให้อยู่ตำแหน่งถูกต้องและสอดคล้องกับตำแหน่งบนผิวโลกตามระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ ทำการปรับแก้ให้เป็นไปตามระบบ universal transverse mercator (UTM) และพื้นหลักฐานทางราบ ในระบบ world geodetic system 1984 (WGS 1984) โดยการใช้แผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศของกรมแผนที่ทหาร ลำดับชุด L7018 มาตรฐาน 1 : 50,000 เป็นข้อมูลอ้างอิงพิกัดทางภูมิศาสตร์ และกำหนดตำแหน่งพิกัดของจุดภาพให้เข้ากับระบบพิกัดทางภูมิศาสตร์ของแผนที่ภูมิประเทศ และเลือกจุดควบคุมภาคพื้นดิน ground control point (GCP) ที่มีลักษณะเด่นมองเห็นได้ชัดเจนทั้งในแผนที่แสดงลักษณะภูมิประเทศ และภาพถ่ายดาวเทียม รวมทั้งหมด 15 จุด (ภาพที่ 9) โดยใช้สมการ polynomial ลำดับที่สองซึ่งเป็นสมการที่เหมาะสมให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (root mean square error) เท่ากับ 0.90 จุดภาพ (ตารางที่ 2) ใช้การสุ่มตัวอย่างซ้ำ (resampling) แบบ nearest neighbor กำหนดขนาดจุดภาพใหม่เป็น 30 x 30 เมตร สำหรับภาพไฮเปอร์สเปกตรัลมีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 100 เมตร ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่น้อยมาก จึงใช้ภาพหลายช่วงคลื่นจากดาวเทียม HJ-1A มีความละเอียดของจุดภาพเท่ากับ 30 เมตร ทำการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพไฮเปอร์สเปกตรัล โดยใช้สมการ polynomial ลำดับที่สองกำหนดจุดควบคุมภาคพื้นดินทั้งหมด 15 จุด (ภาพที่ 10) สมการที่เหมาะสมให้ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 0.88 จุดภาพ (ตารางที่ 3) ใช้การสุ่มตัวอย่างซ้ำแบบ nearest neighbor กำหนดขนาดจุดภาพใหม่เป็น 100 x 100 เมตร



ภาพหลายช่วงคลื่น



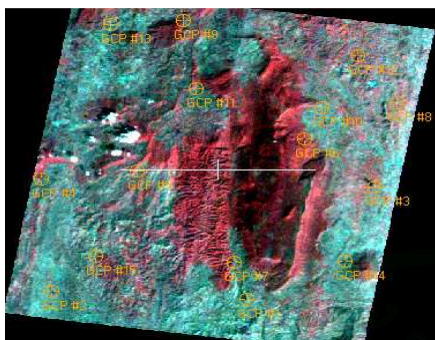
แผนที่ภูมิประเทศ

ภาพที่ 9 จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพหลายช่วงคลื่น

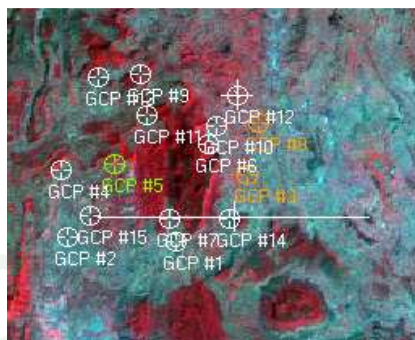
ตารางที่ 2 จุดควบคุมภาคพื้นดิน และค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพหลายช่วงคลื่น

point ID	X input (image)	Y input (image)	X reference (image)	Y reference (image)	X residual	Y residual	RMS error
GCP 1	781064.02	1893602.52	781134.75	1896431.02	-0.62	-0.56	0.83
GCP 2	810364.58	1866792.14	810409.94	1869619.61	-0.27	-0.84	0.89
GCP 3	814739.91	1931816.24	814785.36	1934678.61	-0.64	0.90	1.10
GCP 4	819841.50	1833715.75	819890.09	1836539.13	-0.26	0.46	0.53
GCP 5	747563.49	1927308.74	747559.11	1930152.29	-0.73	-0.87	1.14
GCP 6	737257.93	1865659.07	737263.36	1868457.36	-0.77	0.15	0.79
GCP 7	729475.90	1831082.22	729529.63	1833856.72	0.27	-0.09	0.28
GCP 8	752639.08	1953729.77	752668.70	1956595.99	-0.33	-0.31	0.45
GCP 9	835429.45	1955981.32	835443.89	1958861.63	-0.37	-0.78	0.86
GCP 10	787403.18	1960748.91	787518.19	1963624.63	0.87	0.68	1.10
GCP 11	810298.46	1905436.91	810336.16	1908283.50	-0.05	0.86	0.87
GCP 12	727931.25	1908130.23	727838.27	1910957.25	-0.27	0.37	0.46
GCP 13	723165.67	1896587.62	723056.70	1899404.74	1.07	0.30	1.11
GCP 14	796389.72	1912230.85	796455.83	1915075.44	1.53	-0.10	1.53
GCP 15	824645.73	1859013.37	824644.21	1861846.37	0.60	-0.17	0.62

หมายเหตุ : root mean square error = 0.90



ภาพไฮเปอร์สเปกตรัล



ภาพหลายช่วงคลื่น

ภาพที่ 10 จุดควบคุมภาคพื้นดินที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพไฮเปอร์สเปกตรัล

ตารางที่ 3 จุดควบคุมภาคพื้นดิน และค่าความคลาดเคลื่อนที่ใช้ในการปรับแก้เชิงเรขาคณิตของภาพไฮเปอร์สเปกตรัล

point ID	X input (image)	Y input (image)	X reference (image)	Y reference (image)	X residual	Y residual	RMS error
GCP 1	765030.56	1887255.23	765164.85	1887350.80	-0.97	0.32	1.02
GCP 2	738565.08	1888589.21	738523.10	1888583.96	0.60	0.71	0.93
GCP 3	782457.92	1904937.11	782556.74	1904865.98	-0.13	0.33	0.36
GCP 4	737060.74	1906084.03	736944.54	1905842.25	-0.37	-0.52	0.64
GCP 5	750112.23	1907384.86	750146.46	1907325.88	-0.24	-0.92	0.95
GCP 6	772958.19	1912435.79	773078.75	1912474.49	0.26	0.33	0.43
GCP 7	763369.58	1893149.80	763501.74	1893211.29	0.01	-0.19	0.19
GCP 8	785458.14	1917994.13	785534.65	1918012.51	0.02	0.87	0.87
GCP 9	756416.78	1930989.97	756415.40	1931074.16	0.72	-0.21	0.75
GCP 10	775252.89	1917240.16	775363.79	1917309.56	0.42	0.84	0.94
GCP 11	758156.57	1920335.35	758211.78	1920366.60	0.06	0.76	0.76
GCP 12	780109.47	1925389.41	780194.26	1925537.94	-0.78	-1.75	1.92
GCP 13	746510.91	1930282.61	746409.08	1930189.21	-0.35	0.45	0.57
GCP 14	778412.94	1893290.51	778527.62	1893239.02	0.72	-0.81	1.09
GCP 15	744412.85	1894091.23	744425.81	1894074.82	0.02	-0.22	0.22

หมายเหตุ : root mean square error = 0.88

1.2 การปรับแก้เชิงคลื่น (radiometric correction)

เป็นการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนของค่าระดับสีเทาซึ่งเกิดจากความแตกต่างระหว่างพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่เปล่งออกจากวัตถุหรือสะท้อนกลับจากวัตถุ กับพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าที่วัดได้โดยอุปกรณ์บันทึกบนดาวเทียมจากวัตถุชนิดเดียวกัน ซึ่งจะแตกต่างกันเนื่องมาจากปัจจัยเกี่ยวกับมุมทิศ มุมยกของดวงอาทิตย์ สภาพบรรยากาศ เช่น หมอก และการตอบสนองของเครื่องวัด

การแปลงค่าหลักเลข (digital number: DN) ไปเป็นค่าการสะท้อนพลังงานจากผิวโลกที่แท้จริง (reflectance) พบว่า ภาพดาวเทียมที่ได้รับการแปลงค่าจะมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ทางสถิติของภาพ เนื่องมาจากค่าการสะท้อนจริงที่ได้จากพื้นผิวโลกเป็นค่าของพลังงานที่สะท้อนออกจากผิวของวัตถุ ซึ่งไม่สามารถกำหนดช่วงของค่าพลังงานได้แน่นอน เนื่องจากลักษณะทางกายภาพของพื้นผิววัตถุไม่เหมือนกัน กล่าวคือมีการสะท้อน การส่งผ่าน และการดูดซับพลังงานที่แตกต่างกัน เมื่อนำข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลที่ผ่านการแปลงค่าเลขหลักไปเป็นค่าการสะท้อนพลังงานจากผิวโลกที่แท้จริง ได้ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติ (ตารางภาคผนวกที่ 3)

2. ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นและจัดทำสเปกตรัลไลบรารี (spectral library)

2.1 ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่น

พลังงานแม่เหล็กแม่เหล็กไฟฟ้าที่ตกกระทบพื้นผิววัตถุบนพื้นโลกจะเกิดการสะท้อนกลับของพลังงาน เนื่องจากระบบบันทึกข้อมูลจะบันทึกพลังงานที่สะท้อนมาจากวัตถุเพื่อศึกษาและจำแนกประเภทของวัตถุ การสะท้อนช่วงคลื่นของวัตถุแต่ละประเภทสามารถแสดงความสัมพันธ์ร่วมกับความยาวคลื่นได้ ลักษณะของลายเซ็นเชิงคลื่น (spectral signature curve) ของวัตถุแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน ทำให้สามารถแยกประเภทของวัตถุต่างๆ ได้

ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง รวมถึงการใช้ประโยชน์ที่ดินประเภทอื่นดังแสดงในภาพที่ 11

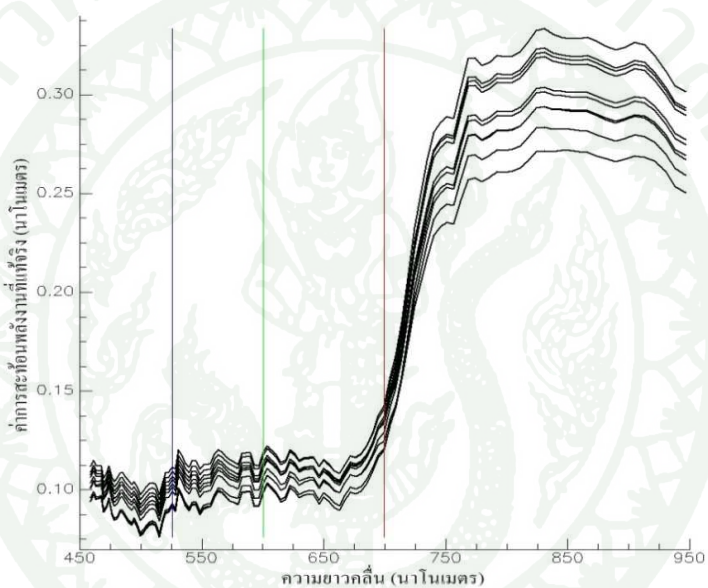
ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีการกำหนดพื้นที่ตัวแทนเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่น โดยใช้ค่าการสะท้อนพลังงานจากผิวโลกที่แท้จริงของการสะท้อนช่วงความยาวคลื่น 450 ถึง 950 นาโนเมตร และการสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (blue) ช่วงคลื่นสีเขียว (green) ช่วงคลื่นสีแดง (red) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (near infrared) โดยจะอธิบายเป็นค่าน้อยที่สุด (minimum) ค่ามากที่สุด (maximum) ค่าเฉลี่ย (average) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation)

2.1.1 ป่าดิบเขา พบกระจายอยู่ในพื้นที่ตั้งแต่ระดับความสูง 800-1,570 เมตร สภาพเรือนยอดแน่นทึบ มีไม้พื้นล่างหนาแน่น องค์กรประกอบพรรณไม้ในสังคมพืช สามารถแบ่งป่าดิบเขาออกเป็น 2 ชนิดย่อย คือ ป่าดิบเขาระดับต่ำ เรือนยอดชั้นบนมีความสูงถึง 25 เมตร ตามต้นไม้ใหญ่มักมีมอส ไลเคน และพืชในกลุ่มเฟิร์น เกาะอ้างอิงอยู่มาก พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) ก่อใบเลื่อม (*Castanopsis tribuloides*) ก่อข้าว (*Castanopsis inermis*) ก่อหมวก (*Quercus oidocarpa*) และก่อหนูน (*Quercus brandisiana*) และป่าดิบเขา ระดับสูง พบบริเวณที่ราบบนสันเขาหินก่อนข้างต้น มีกรวดทรายปะปน พรรณไม้ที่ขึ้นส่วนใหญ่มีลำต้นเตี้ยแคระ เรือนยอดสูงไม่เกิน 13 เมตร ตามลำต้นและกิ่งมีไลเคน พืชในกลุ่มเฟิร์น และกล้วยไม้เกาะอิงอาศัยหนาแน่น พรรณไม้ที่พบในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น ก่อดำ (*Lothocarpus recurvatus*) ประทัดคอย (*Agapetes parishii*) ทะโล้ (*Schima wallichii*) กุหลาบขาว (*Rhododendron ludwigianum*) และกุหลาบแดง (*Rhododendron arboretum*)

เมื่อพิจารณาการสะท้อนช่วงคลื่นของป่าดิบเขาแล้วจะพบว่าช่วงคลื่นสีน้ำเงิน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.059 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็น พืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำ เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะมีผลต่อการดูดกลืนพลังงานมาก และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุดเท่ากับ 0.344 ใบพืชจะสะท้อนพลังงานสูง เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืชสามารถตอบสนองพลังงานที่มากกระทบในช่วงความยาวคลื่นนี้ได้ และการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ ลักษณะของทรงพุ่มต้นไม้ (canopy) ค่าการสะท้อนในคลื่นอินฟราเรดใกล้จะยิ่งเพิ่มสูงขึ้นถ้าจำนวนชั้นของใบพืชมากขึ้น ดังตารางที่ 4 และภาพที่ 12 และตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทน ดังภาพที่ 13

ตารางที่ 4 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบเขา

ช่วงคลื่น	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สีน้ำเงิน (blue)	0.059	0.128	0.090	0.001
สีเขียว (green)	0.069	0.128	0.098	0.000
สีแดง (red)	0.070	0.167	0.104	0.001
อินฟราเรดใกล้ (near infrared)	0.120	0.344	0.262	0.002

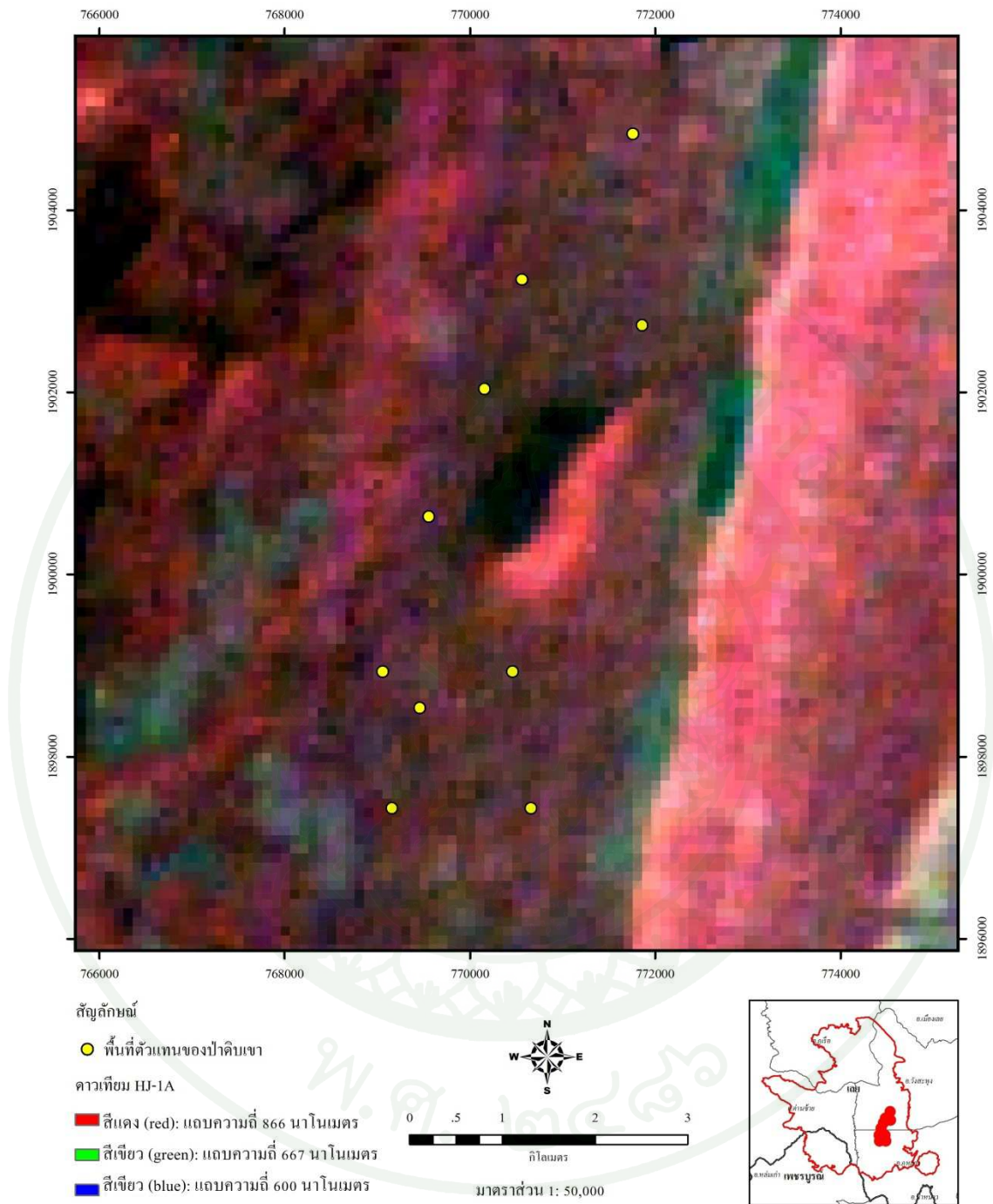


(1)



(2)

ภาพที่ 12 (1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบเขา (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง



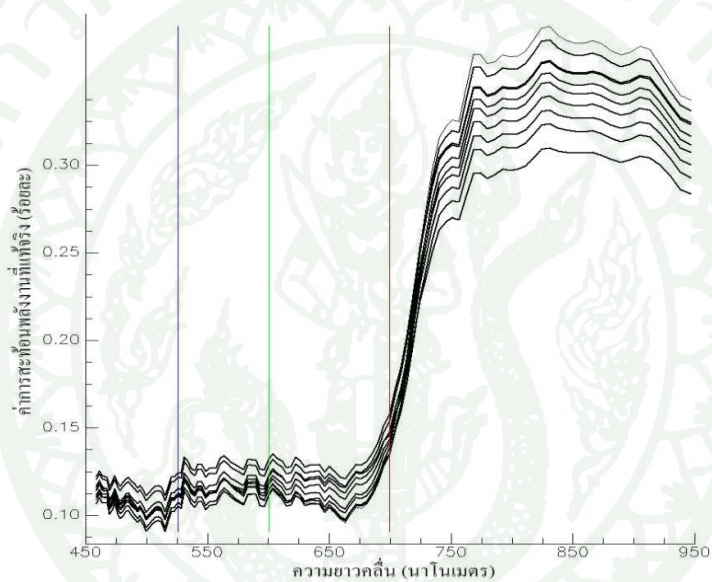
ภาพที่ 13 ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าดิบเขา

2.1.3 ป่าดิบแล้ง พบกระจายบริเวณที่ราบลุ่มริมน้ำและตามหุบเขาที่มีความชื้นในดินสูงและดินที่พบส่วนใหญ่มีชั้นหน้าดินค่อนข้างลึก มีความอุดมสมบูรณ์สูง พบตั้งแต่ระดับความสูง 300-800 เมตร โครงสร้างสังคมพืชเป็นเรือนยอดปิด มีความหนาแน่นของเรือนยอดสูง ต้นไม้มีความสูงถึง 30 เมตร เรือนยอดชั้นบน มีความสูงประมาณ 25-30 เมตร พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) ยางปาย (*Dipterocarpus costatus*) ตะเคียนทอง (*Hopea odorata*) ตะเคียนหิน (*Hopea ferrea*) กระจับปาย (*Anisoptera costata*) ตะแบกแดง (*Lagerstroemia calyculata*) ตะแบกเปลือกบาง (*Lagerstroemia duperreana*) มะมือ (*Choerospondias axillaris*) และกระบก (*Irvingia malayana*) เป็นต้น เรือนยอดชั้นรอง มีความสูง 15-20 เมตร พรรณไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้จะมีไม้วงศ์ก่อ (Fagaceae) เข้ามาปะปน เช่น ก่อเดือย (*Castanopsis acuminatissima*) ก่อน้ำ (*Lithocarpus thomsonii*) ก่อหม่น (*Lithocarpus grandifolius*) และมีไม้วงศ์อื่นๆ ที่สำคัญ เช่น เลือดแรด (*Knema globularia*) ส้าน (*Dillenia obovata*) พะวา (*Garcinia speciosa*) ชะมวง (*Garcinia cowa*) และทะเลใต้ (*Schima wallichii*) เรือนยอดชั้นล่าง มีความสูงไม่เกิน 15 เมตร พรรณพืชส่วนใหญ่เป็นไม้พุ่ม ต้นไม้ที่ขึ้นกระจายต่างๆ พรรณไม้เด่น เช่น มะไฟป่า (*Baccaurea ramiflora*) ตังหน (*Calophyllum calaba*) และแดงน้ำ (*Glochidion lanceolarium*) เรือนยอดระดับพื้นป่า สภาพโดยทั่วไปค่อนข้างโล่ง พืชที่พบส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ขิงข่า (Zingiberaceae) เช่น หลาว (*Alpinia oxymitra*) และข่าคม (*Alpinia zerumbet*)

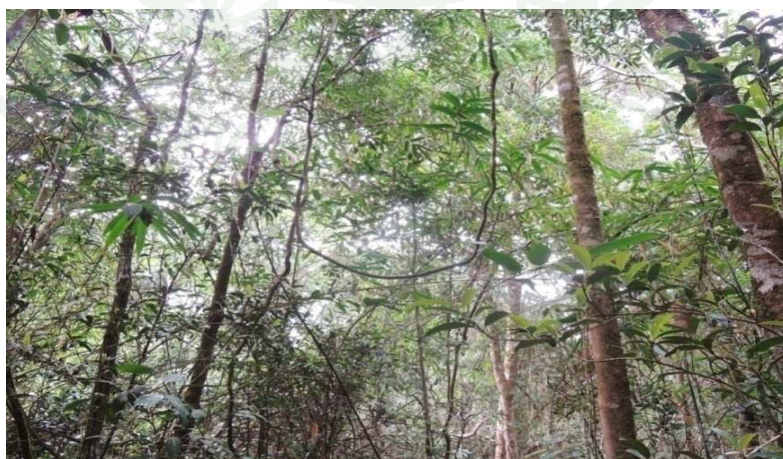
เมื่อพิจารณาการสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงิน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.081 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็น พืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำ เนื่องจากกลไกการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดใกล้ การสะท้อนพลังงานมาก และช่วงคลื่นอินฟราเรดไกล มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.401 พืชมีการสะท้อนพลังงานในระดับสูง เนื่องจากกลไกการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดใกล้ที่พืชสามารถตอบสนองพลังงานที่มากกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ดี การสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ช่วยในการจำแนกชนิดป่าจากลักษณะโครงสร้างภายในของใบพืชและลักษณะการปกคลุมของเรือนยอดที่แตกต่างกัน ดังตารางที่ 5 และภาพที่ 14 และตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทน ดังภาพที่ 15

ตารางที่ 5 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบแล้ง

ช่วงคลื่น	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สีน้ำเงิน (blue)	0.081	0.121	0.113	0.001
สีเขียว (green)	0.092	0.144	0.121	0.001
สีแดง (red)	0.085	0.161	0.118	0.000
อินฟราเรดใกล้ (near infrared)	0.121	0.401	0.320	0.003

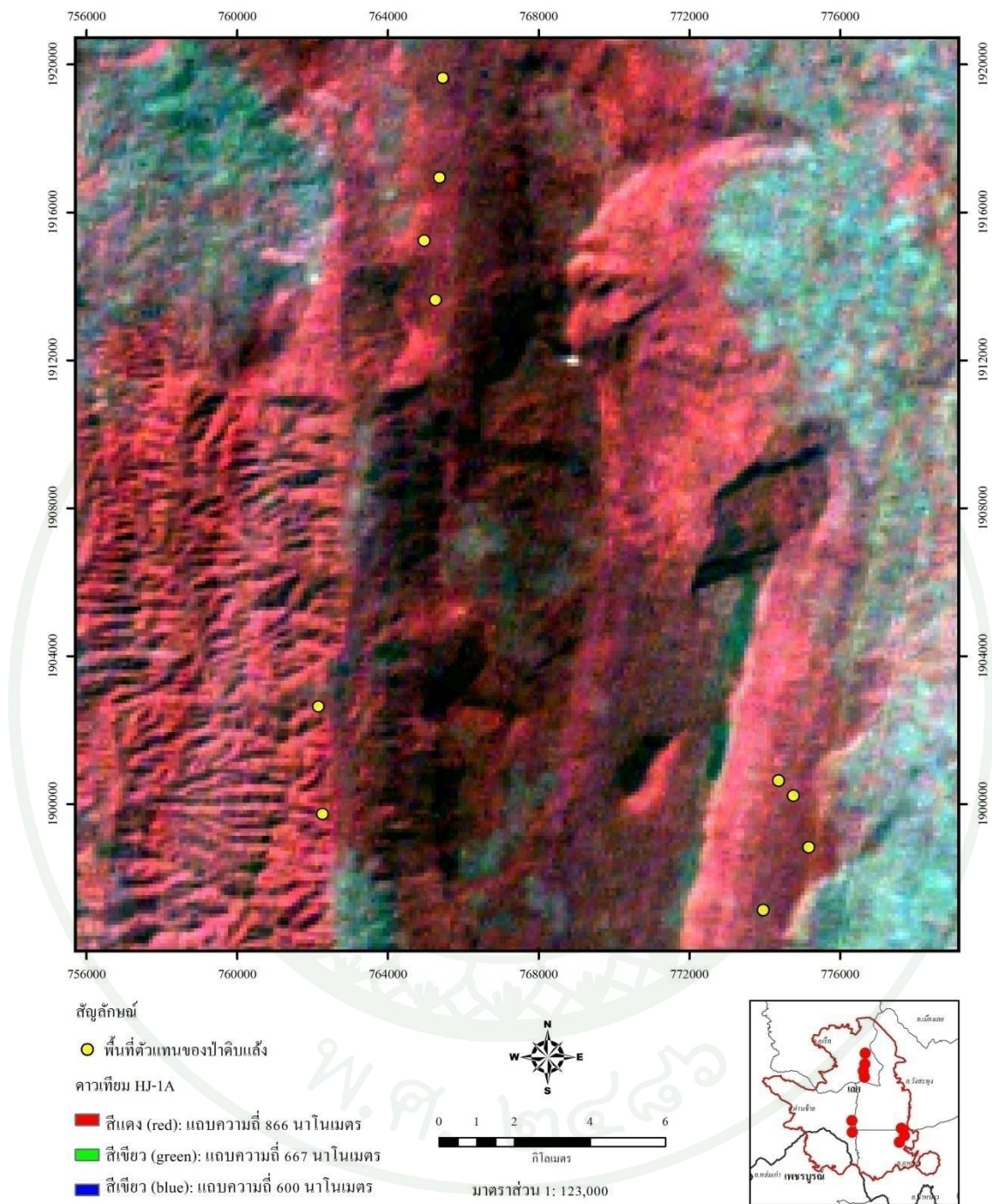


(1)



(2)

ภาพที่ 14 (1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบแล้ง (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง



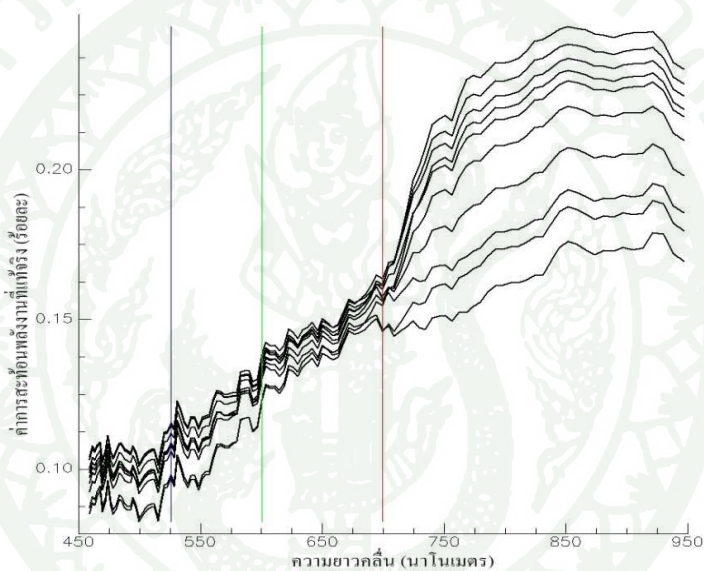
ภาพที่ 15 ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าดิบแล้ง

2.1.3 ป่าสนเขา พบบนที่ราบบนหลังเขากระจายอยู่ทั่วไปเป็นกลุ่มๆ ส่วนใหญ่พบได้ตั้งแต่ระดับ 1,200 เมตร มีเรือนยอดเปิดโล่ง ปริมาณแสงส่องสว่างผ่านเรือนยอดโดยเฉลี่ยมีค่าสูงมาก เนื่องจากไม้เด่นในระดับชั้นเรือนยอดมีเพียงสองชนิด คือ สนสามใบ (*Pinus kesiya*) และสนสองใบ (*Pinus merkusii*) ที่พบขึ้นกระจายอยู่ห่างๆ เรือนยอดชั้นบนมีความสูงถึง 25 เมตร ดินเป็นดินร่วนปนทราย หรือบางบริเวณเป็นหินโผล่ พรรณไม้ที่ขึ้นเป็นไม้สนเพียงอย่างเดียวไม่มีไม้อื่นปะปน เช่น สนสามใบและสนสองใบ พบว่าการปรากฏของสนในชั้นเรือนยอดนี้ขึ้นไปได้ใน 3 ลักษณะ คือ บางพื้นที่เป็นสนสามใบเพียงชนิดเดียว เช่น บริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าโหล่นแต่ หรือบางพื้นที่มีสนสองใบขึ้นกระจายปะปนกับสนสามใบ แต่พบปะปนในอัตราส่วนที่น้อย พบบริเวณหน่วยพิทักษ์ป่าโหล่นแต่ และพื้นที่ที่มีสนสองใบเพียงอย่างเดียว พบเป็นกลุ่มเล็กๆ ในบริเวณดินค่อนข้างลึก และในบางพื้นที่ที่มีดินตื้น ชั้นเรือนยอดนี้พบไม้สนมีลำต้นสูงเพียง 10-15 เมตร ไม้ที่ขึ้นเป็นสนสามใบเรือนยอดชั้นล่างและระดับพื้นป่า ลักษณะการปรากฏของพรรณไม้ในเรือนยอดชั้นนี้เป็นไป 2 ลักษณะ คือ ไม้ยืนต้นขนาดเล็กเป็นไม้เด่น มีลักษณะโครงสร้างคล้ายป่าดิบเขา ระดับสูงคือ พรรณไม้มีลักษณะเตี้ยแคระ สูงไม่เกิน 7 เมตร ขึ้นเป็นกอๆ เช่น ก่อคำ (*Lithocarpus recurvatus*) ประทัดคอย (*Agapetes parishii*) กุหลาบขาว (*Rhododendron ludwigianum*) และกุหลาบแดง (*Rhododendron arboretum*) และพื้นที่ทุ่งหญ้าโล่งส่วนใหญ่ในระดับพื้นป่าเป็นพืชวงศ์หญ้า (Gramineae) กก (Cyperaceae) และไม้พุ่ม เช่น เอนอ้า (*Osbeckia* sp.) กล้วยไม้ล้มลุกอื่นๆ เช่น หญ้าข้าวก่ำ (*Burmania disticha*) และหญ้าดอกเหลือง (*Xyris tuberosa*) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาการสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงิน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.078 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็น พืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำ เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะมีผลต่อการดูดกลืนพลังงานมาก และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.250 พืชมีการสะท้อนพลังงานระดับสูง เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืชสามารถตอบสนองพลังงานที่มาตกกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ดี และการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชขึ้นอยู่กับลักษณะใบพืชที่มีใบแคบ เรียวเล็ก เช่น ใบสน สามารถสะท้อนพลังงานได้น้อยกว่าพืชที่มีใบหนากว้าง ดังตารางที่ 6 และภาพที่ 16 และตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนดังภาพที่ 17

ตารางที่ 6 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าสนเขา

ช่วงคลื่น	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สีน้ำเงิน (blue)	0.078	0.110	0.103	0.001
สีเขียว (green)	0.088	0.144	0.119	0.001
สีแดง (red)	0.119	0.178	0.147	0.001
อินฟราเรดใกล้ (near infrared)	0.138	0.250	0.204	0.005

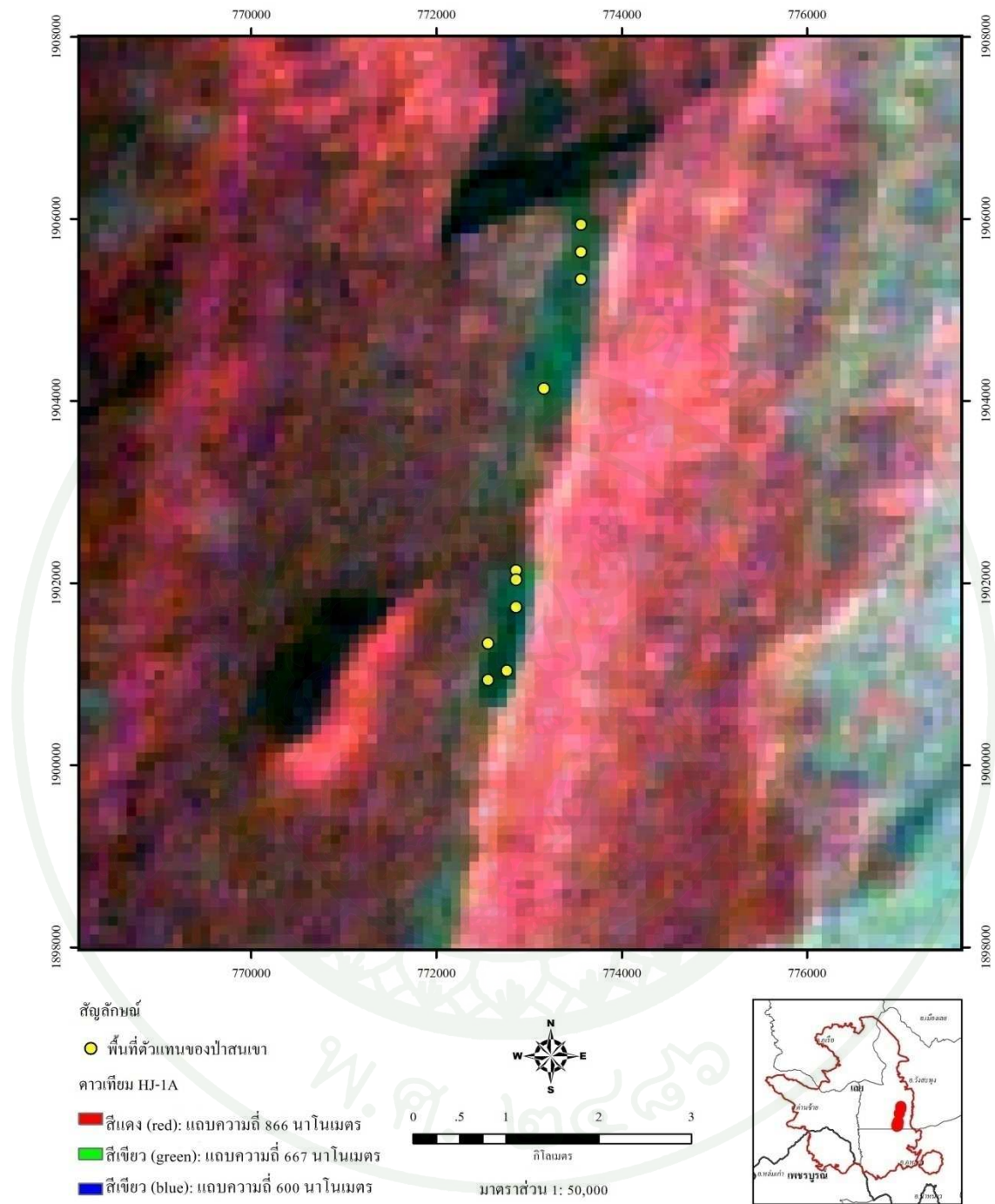


(1)



(2)

ภาพที่ 16 (1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าสนเขา (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง



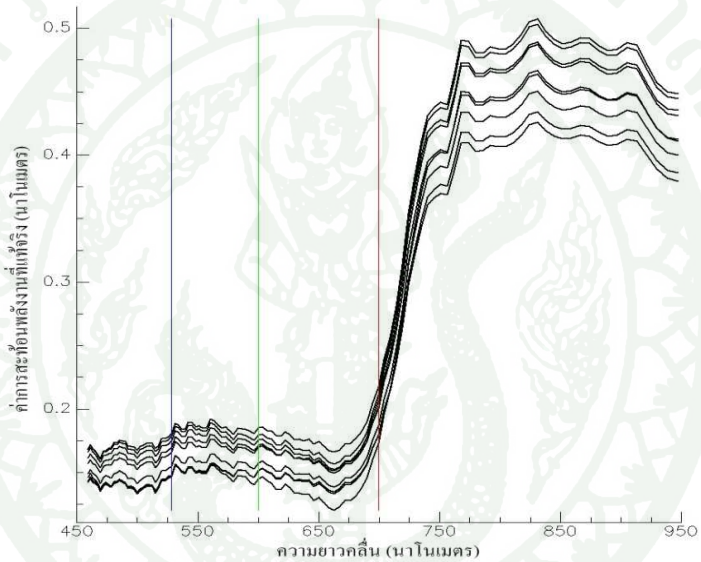
ภาพที่ 17 ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าสนเขา

2.1.4 ป่าเบญจพรรณ พบกระจายอยู่ทั่วไปทางด้านทิศตะวันออกของเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง พบกระจายที่ระดับความสูง 400-700 เมตร โครงสร้างป่ามีลักษณะเป็นเรือนยอดเปิด โดยสามารถจำแนกชั้นเรือนยอดได้ค่อนข้างชัดเจน เรือนยอดชั้นบน มีความสูงถึง 30 เมตร ไม้เด่นในเรือนยอดชั้นนี้ส่วนใหญ่เป็น ไม้ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ เช่น ประดู่ (*Pterocarpus macrocarpus*) มะค่าโมง (*Azelia xylocarpa*) แดง (*Xylocarpus xylocarpa*) ยางแดง (*Dipterocarpus turbinatus*) และ กระบาก (*Irvingia malayana*) เรือนยอดชั้นรอง มีความสูงถึง 20 เมตร ไม้เด่นในเรือนยอดนี้ เช่น ส้าน (*Dillenia obovata*) ฉนวน (*Dalbergia nigrescens*) อินทนิลบก (*Lagerstroemia macrocarpa*) กาสามปึก (*Vitex peduncularis*) กระโดน (*Careya sphaerica*) และมะเกลือ (*Diospyros mollis*) ในชั้นเรือนยอดนี้มีไม้ไผ่ ชนิดต่างๆ ขึ้นอยู่อย่างหนาแน่นที่พบ เช่น ไผ่บง (*Bambusa nutans*) และ ไผ่ซาง (*Bambusa membranacea*) เป็นต้น เรือนยอดชั้นพื้นล่าง มีความสูงระหว่าง 5-10 เมตร ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น มะเมี๊ยะ (*Antidesma montanum*) ติ้ว (*Cratoxylum formosum*) เปล้าหลวง (*Croton roxburghii*) มะกั้ง (*Dioecrescia erythroclada*) และหมักม้อ (*Rothmannia wittii*) เป็นต้น

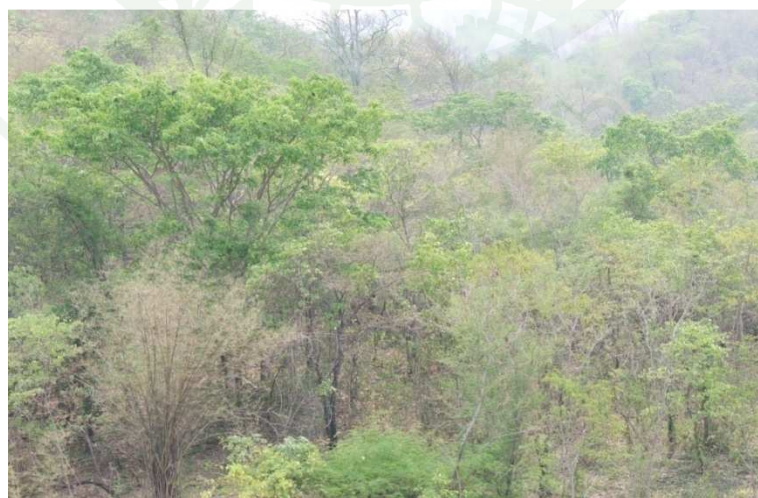
เมื่อพิจารณาการสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงิน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.133 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่เรามองเห็น พืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำ เนื่องจากคลอโรฟิลล์จะมีผลต่อการดูดกลืนพลังงานมาก และช่วงคลื่นอินฟราเรดไกล มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.511 พืชมีการสะท้อนพลังงานในระดับสูง เนื่องจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืชสามารถตอบสนองพลังงานที่มาตกกระทบได้ดี และการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ วัชของใบพืช มีความสัมพันธ์มากกับปริมาณน้ำในใบพืช ใบพืชที่ชื้นจะมีปริมาณน้ำมากกว่าใบพืชที่มีอายุมากขึ้น ยิ่งวัชพืชผ่านวัชเจริญเติบโตไปแล้วจะยังมีปริมาณน้ำลดลงทำให้ค่าการสะท้อนสูงขึ้น ดังตารางที่ 7 และภาพที่ 18 และตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนดังภาพที่ 19

ตารางที่ 7 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเบญจพรรณ

ช่วงคลื่น	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สีน้ำเงิน (blue)	0.133	0.167	0.158	0.001
สีเขียว (green)	0.146	0.200	0.171	0.001
สีแดง (red)	0.133	0.213	0.166	0.001
อินฟราเรดใกล้ (near infrared)	0.181	0.511	0.402	0.005

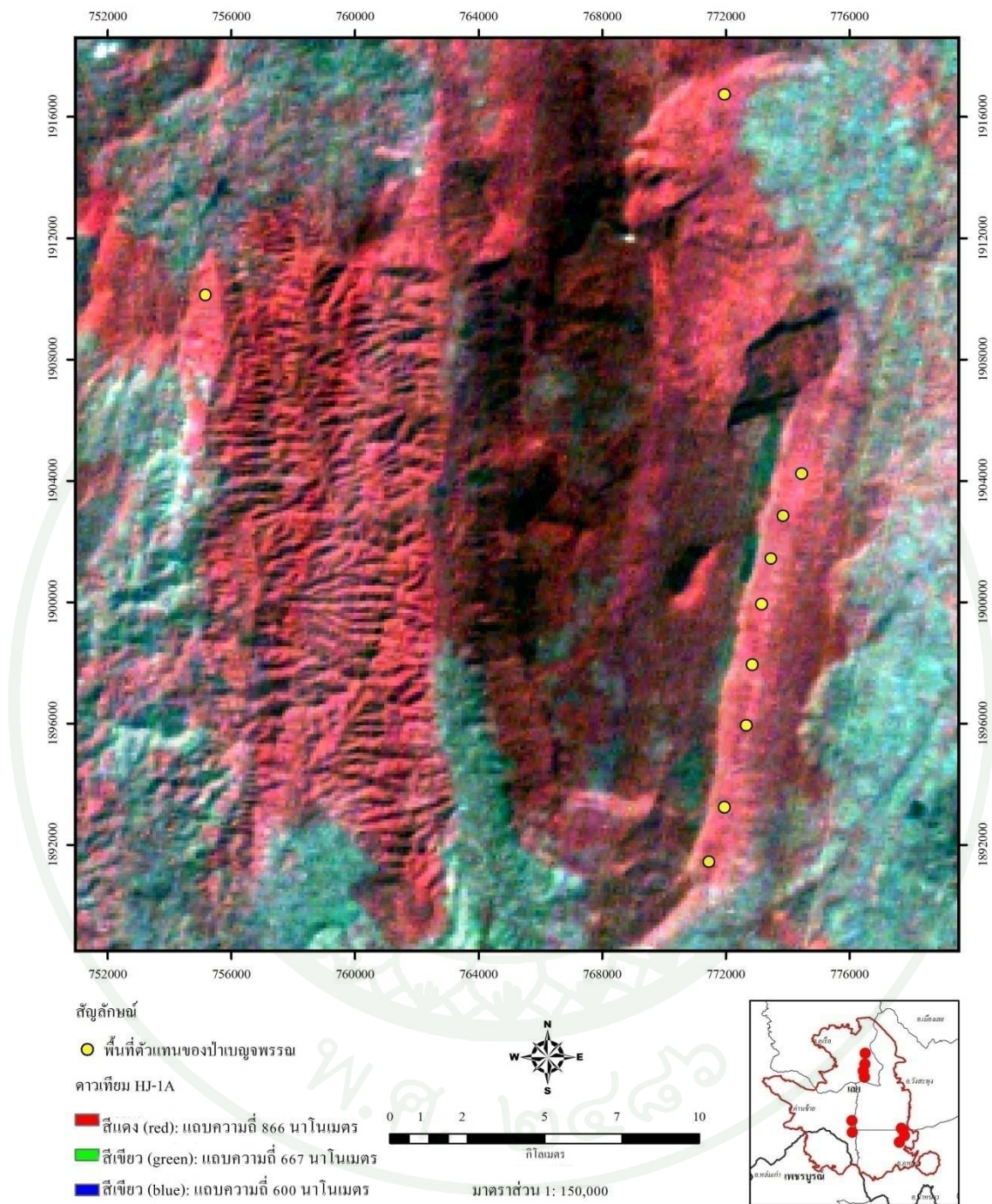


(1)



(2)

ภาพที่ 18 (1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเบญจพรรณ (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง



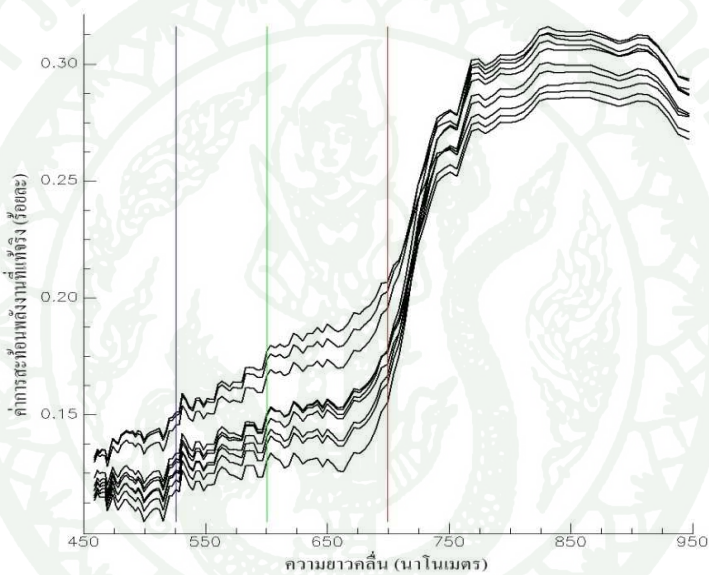
ภาพที่ 19 ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าเบญจพรรณ

2.1.5 ป่าเต็งรัง พบกระจายอยู่ไม่มากนักในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง บริเวณน้ำไคร้ พบ กระจายได้ไม่เกิน 800 เมตร โครงสร้างสังคมพืชเป็นเรือนยอดเปิด และสามารถจำแนกโครงสร้างด้านตั้งออกได้ชัดเจน เรือนยอดชั้นบน มีความสูงถึง 25 เมตร ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เช่น เต็ง (*Shorea obtuse*) รัง (*Shorea siamensis*) เหียง (*Dipterocarpus obtusifolius*) ติวเกลี้ยง (*Cratogeomys cochinchinense*) สมอไทย (*Terminalia chebula*) และกระบก (*Irvingia malayana*) เป็นต้น เรือนยอดชั้นรอง มีความสูงประมาณ 13 เมตร ไม้เด่น เช่น มะขามป้อม (*Phyllanthus ebblica*) เหมือดโหล (*Aporosa villosa*) ตับเต่าตัน (*Diospyros ehretioides*) ผักหวาน (*Melientha suavis*) และช้าน้ำ (*Ochna integerrima*) เป็นต้น เรือนยอดชั้นล่างและระดับพื้นป่า มีความสูงของต้นไม้ไม่เกิน 5 เมตร ไม้เด่นในชั้นเรือนยอดนี้ เป็นพืชในวงศ์หญ้า (Gramineae) และ ไม้ล้มลุกในวงศ์ถั่ว (Leguminosae) รวมถึง ไม้ล้มลุกอื่นๆ เช่น เลา (*Saccharum spontaneum*) เฟ็ก (*Vietnamosasa pusilla*) ถั่วผี (*Cajanus crassus*) และหิ้ง (*Crotalaria bracteata*) เป็นต้น

เมื่อพิจารณาการสะท้อนช่วงคลื่นสีน้ำเงิน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 0.078 ซึ่งเป็นช่วงคลื่นที่ตามองเห็น พืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำ เนื่องจากกลอโรฟิลล์จะมีผลต่อการดูดกลืนพลังงานมาก และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 0.329 พืชมีการสะท้อนพลังงานระดับสูง เนื่องจากกลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืชสามารถตอบสนองพลังงานที่มาตกกระทบได้ดี และการสะท้อนช่วงคลื่นของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่นๆ ได้แก่ สีของใบพืช หรือรงควัตถุที่อยู่ในใบพืช มีผลทำให้ค่าการสะท้อนแตกต่างกัน ในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ใบพืชสีเขียวมีค่าการสะท้อนมากที่สุด รองลงมาเป็นใบพืชสีแดง ใบพืชสีม่วง ส่วนใบพืชสีขาวหรือใบพืชที่ไม่มีรงควัตถุ จะสะท้อนต่ำที่สุด และใบพืชที่อยู่ใต้น้ำหรืออยู่ด้านหลังเขา จะมีค่าการสะท้อนลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับใบพืชที่ได้รับแสงเต็มที่ เพราะเงามีลักษณะคล้ายกับน้ำ คือ เมื่อไปแทรกอยู่กับวัตถุใด จะส่งผลให้มีการดูดกลืนพลังงานเพิ่มขึ้น ดังตารางที่ 8 และภาพที่ 20 และตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทน ดังภาพที่ 21

ตารางที่ 8 ค่าสถิติของการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเต็งรัง

ช่วงคลื่น	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
สีน้ำเงิน (blue)	0.078	0.136	0.120	0.002
สีเขียว (green)	0.089	0.172	0.137	0.001
สีแดง (red)	0.110	0.208	0.160	0.001
อินฟราเรดใกล้ (near infrared)	0.133	0.329	0.247	0.002

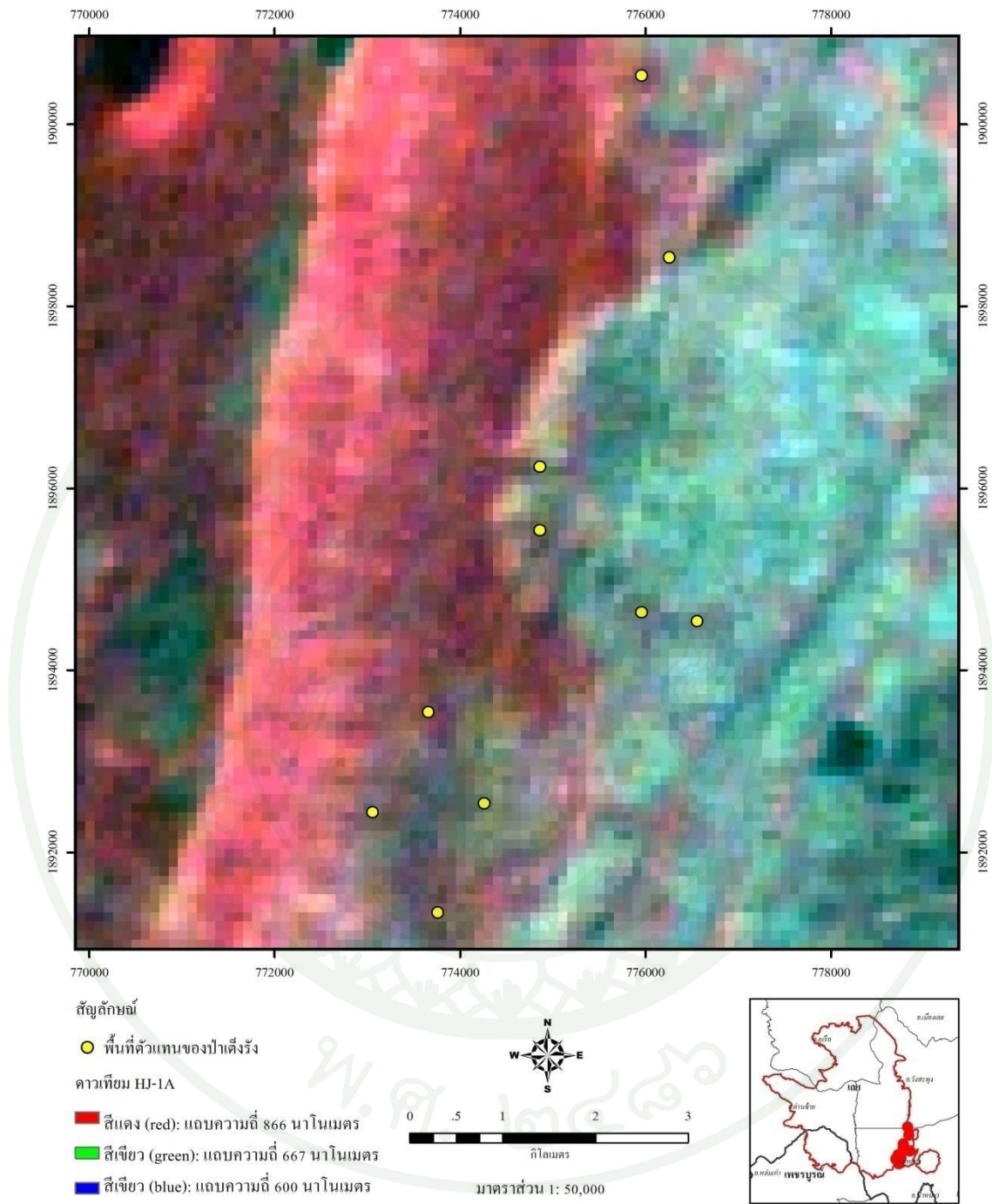


(1)



(2)

ภาพที่ 20 (1) ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าเต็งรัง (2) ภาพถ่ายภูมิประเทศจริง



ภาพที่ 21 ตำแหน่งค่าการสะท้อนช่วงคลื่นจากพื้นที่ตัวแทนของป่าเต็งรัง

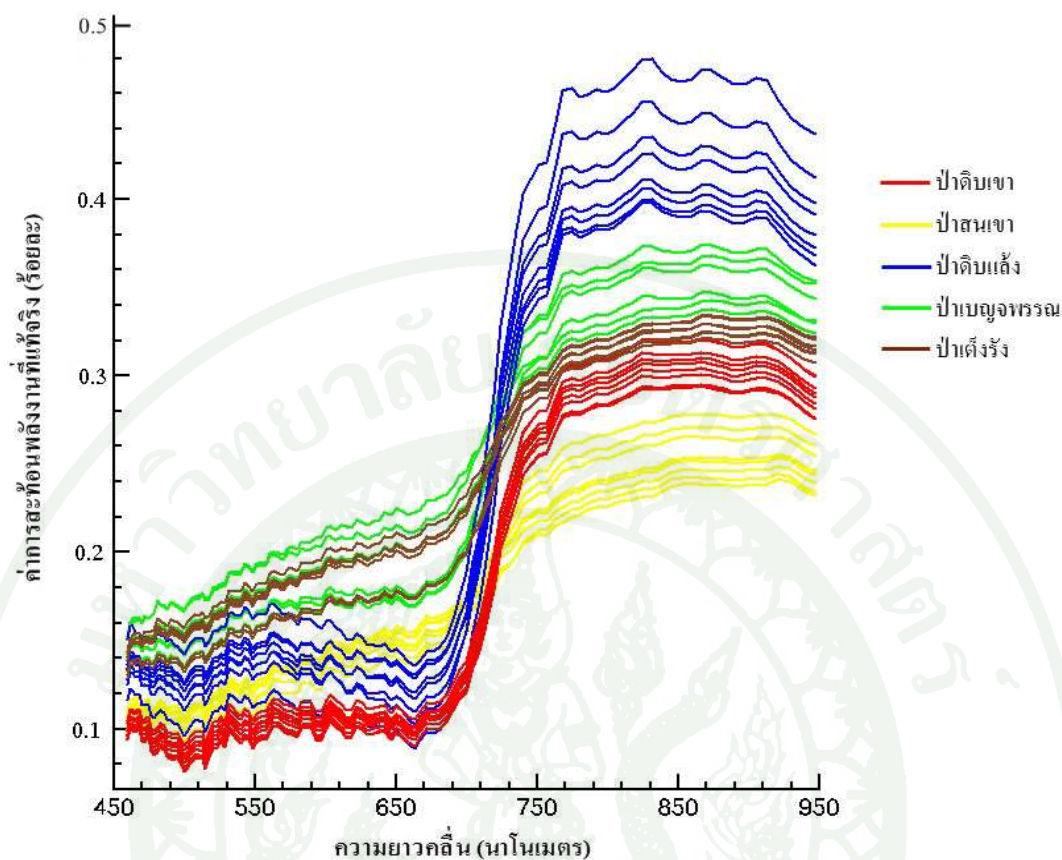
2.2 สเปกตรัลไลบรารี

ในการจำแนกชนิดป่าจำเป็นต้องมีการกำหนดพื้นที่หรือค่าสเปกตรัมอ้างอิงเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการประมวลผลโดยจะเลือกจากข้อมูลการลงพื้นที่ที่ทราบอยู่แล้วว่าเป็นพื้นที่ศึกษา มีชนิดป่าอยู่ 5 ชนิด คือ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง เมื่อพิจารณา ลักษณะการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าแต่ละชนิด ได้ผลดังตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าแต่ละชนิด

ชนิดป่า	ค่าการสะท้อน
ป่าดิบเขา	0.059 – 0.344
ป่าดิบแล้ง	0.121 – 0.324
ป่าสนเขา	0.078 – 0.250
ป่าเบญจพรรณ	0.133 – 0.511
ป่าเต็งรัง	0.078 – 0.329

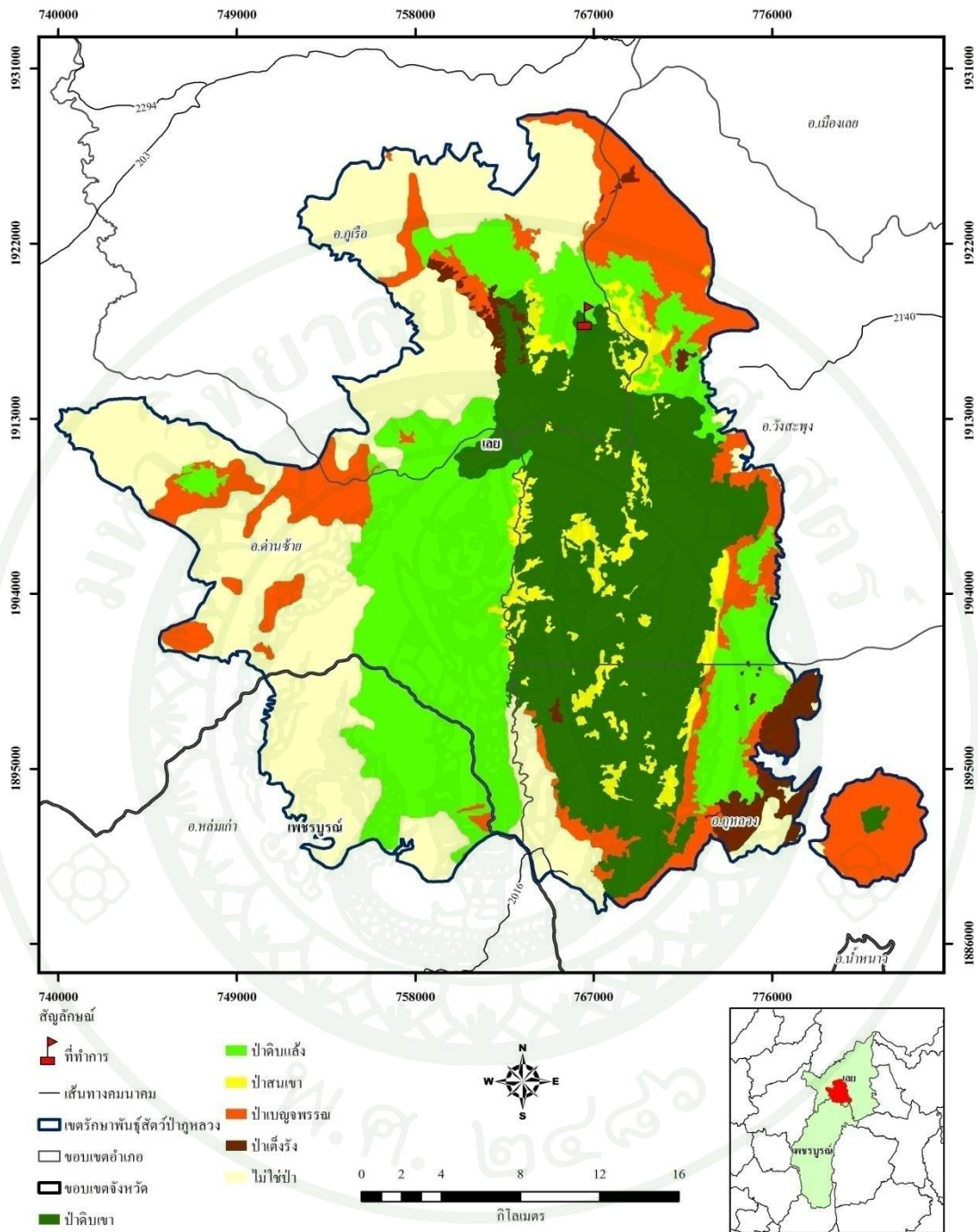
เมื่อนำลักษณะการสะท้อนพลังงานของแต่ละชนิดป่ามาจัดทำสเปกตรัลไลบรารีพบว่า ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง มีสเปกตรัลไลบรารีที่แตกต่างกัน ได้ผลดังภาพที่ 22



ภาพที่ 22 สเปกตรัมโลบรารี ของป่าแต่ละชนิด

3. การจำแนกชนิดป่า

การจำแนกชนิดป่าจากภาพไฮเปอร์สเปกตรัลโดยใช้วิธีการ spectral angle mapper ซึ่งการจำแนกจะทำการเปรียบเทียบค่ามุมสเปกตรัม เมื่อเวกเตอร์ของจุดภาพไม่ทราบชนิดของสิ่งปกคลุมดินเทียบกับแต่ละเวกเตอร์อ้างอิง ค่ามุมของสเปกตรัมที่เทียบกับเวกเตอร์อ้างอิงใดที่มีค่าน้อยที่สุด จุดภาพดังกล่าวจะเป็นสมาชิกของกลุ่มชนิดเวกเตอร์อ้างอิงนั้น โดยทำการควบคุมการแปลภาพให้ครอบคลุมลักษณะการใช้ที่ดินและสิ่งปกคลุมดินทุกประเภทที่พบในพื้นที่ศึกษา เพื่อตีความว่าวัตถุที่พบเป็นประเภทใด ในการศึกษาครั้งนี้ได้กำหนดประเภทข้อมูล ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ ได้แก่ พื้นที่ป่า และพื้นที่ไม่ใช่ป่าไม้ โดยพื้นที่ป่าได้จำแนกชนิดป่าออกเป็น ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง ผลการศึกษาดังแสดงในภาพที่ 23



ภาพที่ 23 ผลการจำแนกชนิดป่าโดยใช้วิธี spectral angle mapper จากภาพไฮเปอร์สเปกตรัล

ผลการสำรวจความถูกต้องจากข้อมูลการสำรวจภาคสนามเพื่อให้ทราบความถูกต้องของการจำแนกชนิดป่า โดยเลือกสุ่มตรวจทั้งหมด 200 จุด แบ่งเป็นป่าดิบเขาจำนวน 45 จุด ป่าดิบแล้งจำนวน 30 จุด ป่าสนเขาจำนวน 5 จุด ป่าเบญจพรรณจำนวน 30 จุด ป่าเต็งรังจำนวน 10 จุด และไม้ไผ่ป่าจำนวน 80 จุด และสร้างเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน ความถูกต้องรวมและความผิดพลาด (ตารางที่ 10)

ตารางที่ 10 เมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน ความถูกต้องรวมและความผิดพลาดในการจำแนกชนิดป่า

ประเภทการใช้ที่ดิน ตามสภาพจริง	ผลที่ได้จากการจำแนกชนิดป่า						รวม	ความ ผิดพลาด (ร้อยละ)	ความ ถูกต้อง (ร้อยละ)
	1	2	3	4	5	6			
1. ป่าดิบเขา	37	3	4	1			45	18	82
2. ป่าดิบแล้ง	4	22		1		3	30	28	73
3. ป่าสนเขา			3	2			5	40	60
4. ป่าเบญจพรรณ				21	4	5	30	30	70
5. ป่าเต็งรัง				1	7	2	10	30	70
6. ไม้ไผ่ป่า				6	4	70	80	10	90
รวม	41	25	9	29	18	78	200	ความถูกต้องรวม (ร้อยละ)	
ความผิดพลาด (ร้อยละ)								160/200 = 80	
	9	10	80	27	80	9			

ผลที่ได้การวิเคราะห์ความถูกต้องของการจำแนกชนิดป่าจากซ้ำให้เห็นถึงระดับความถูกต้องโดยใช้วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีแคปปา ซึ่งค่าที่ได้จากหากเข้าใกล้ 1 จะมีค่าความถูกต้องในการจำแนกสูง

$$\hat{K} = \frac{[(200 \times 160) - 6600]}{[(200^2) - 6600]} = 0.76$$

จากการตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกชนิดป่าจากภาพถ่ายเปอร์สเปกตรัลจะรายงานเมทริกซ์ความคลาดเคลื่อน และความถูกต้องรวมของการจำแนกชนิดป่า รวมทั้งความผิดพลาดในการจำแนก พบว่า ป่าดิบเขาจำแนกได้ถูกต้อง 37 จุด จำแนกผิดพลาด 8 จุด โดยจำแนกเป็นป่าดิบแล้ง 3 จุด ป่าสนเขา 4 จุด และป่าเบญจพรรณ 1 จุด มีความถูกต้องจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 82 ความผิดพลาดจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 18

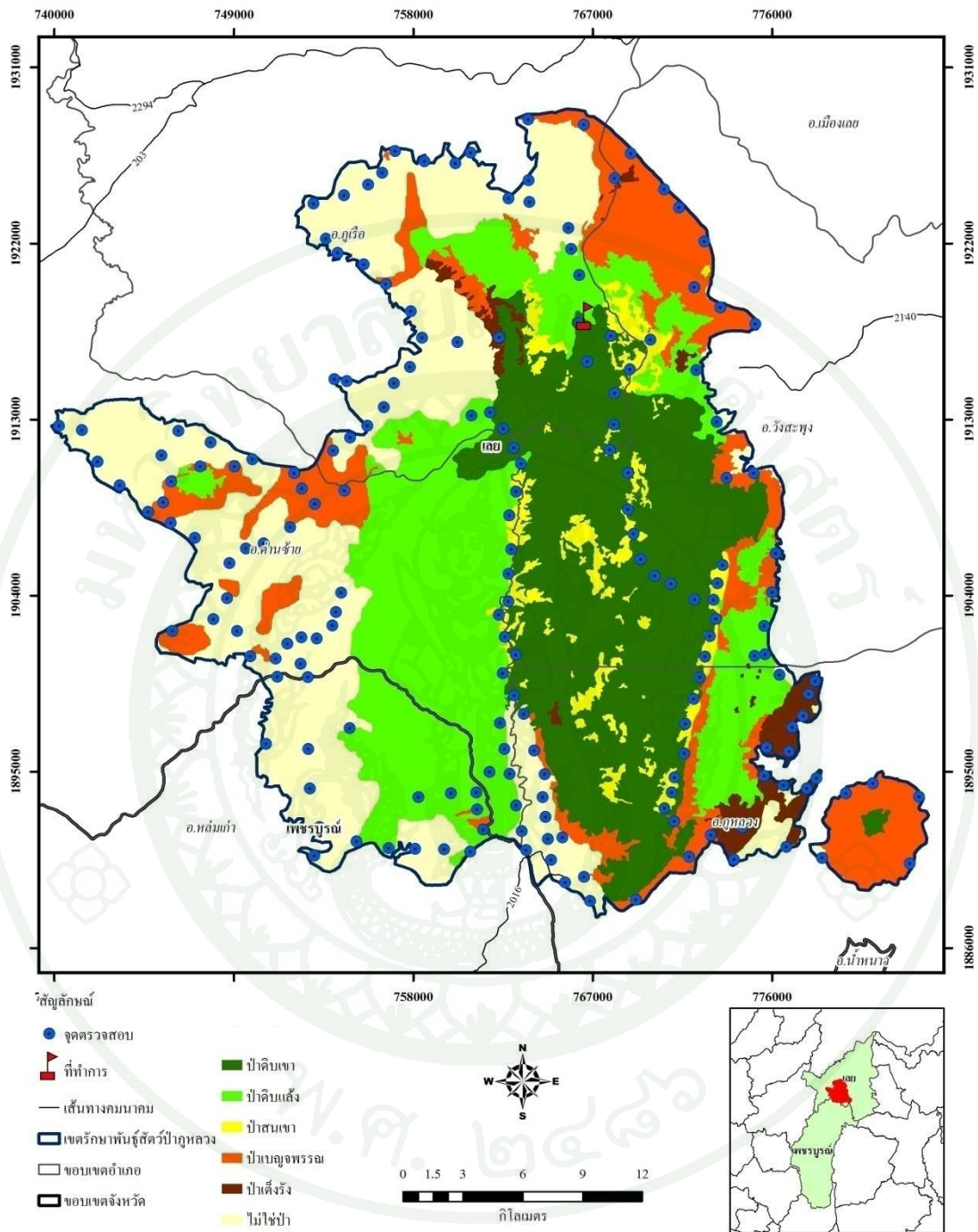
ป่าดิบแล้งจำแนกได้ถูกต้อง 22 จุด จำแนกผิดพลาด 8 จุด โดยจำแนกเป็นป่าดิบเขา 4 จุด ป่าเบญจพรรณ 1 จุด และไม่ใช่ป่า 3 จุด มีความถูกต้องจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 73 ความผิดพลาดจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 28

ป่าสนเขาจำแนกได้ถูกต้อง 3 จุด จำแนกผิดพลาด 2 จุด โดยจำแนกเป็นป่าเบญจพรรณ 2 จุด มีความถูกต้องจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 60 ความผิดพลาดจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 40

ป่าเบญจพรรณจำแนกได้ถูกต้อง 21 จุด จำแนกผิดพลาด 9 จุด โดยจำแนกเป็นป่าเต็งรัง 4 จุด และไม่ใช่อื่น 5 จุด มีความถูกต้องจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 70 ความผิดพลาดจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 30

ป่าเต็งรังจำแนกได้ถูกต้อง 7 จุด จำแนกผิดพลาด 3 จุด โดยจำแนกเป็น ป่าเบญจพรรณ 1 จุด และไม่ใช่อื่น 2 จุด มีความถูกต้องจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 70 ความผิดพลาดจากการจำแนกเท่ากับร้อยละ 30

ความถูกต้องรวมทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 80 โดยมีความผิดพลาดในการจำแนกทั้งหมดเท่ากับร้อยละ 20 และความถูกต้องโดยใช้วิธีวิเคราะห์ค่าดัชนีแคปปาเท่ากับ 0.76

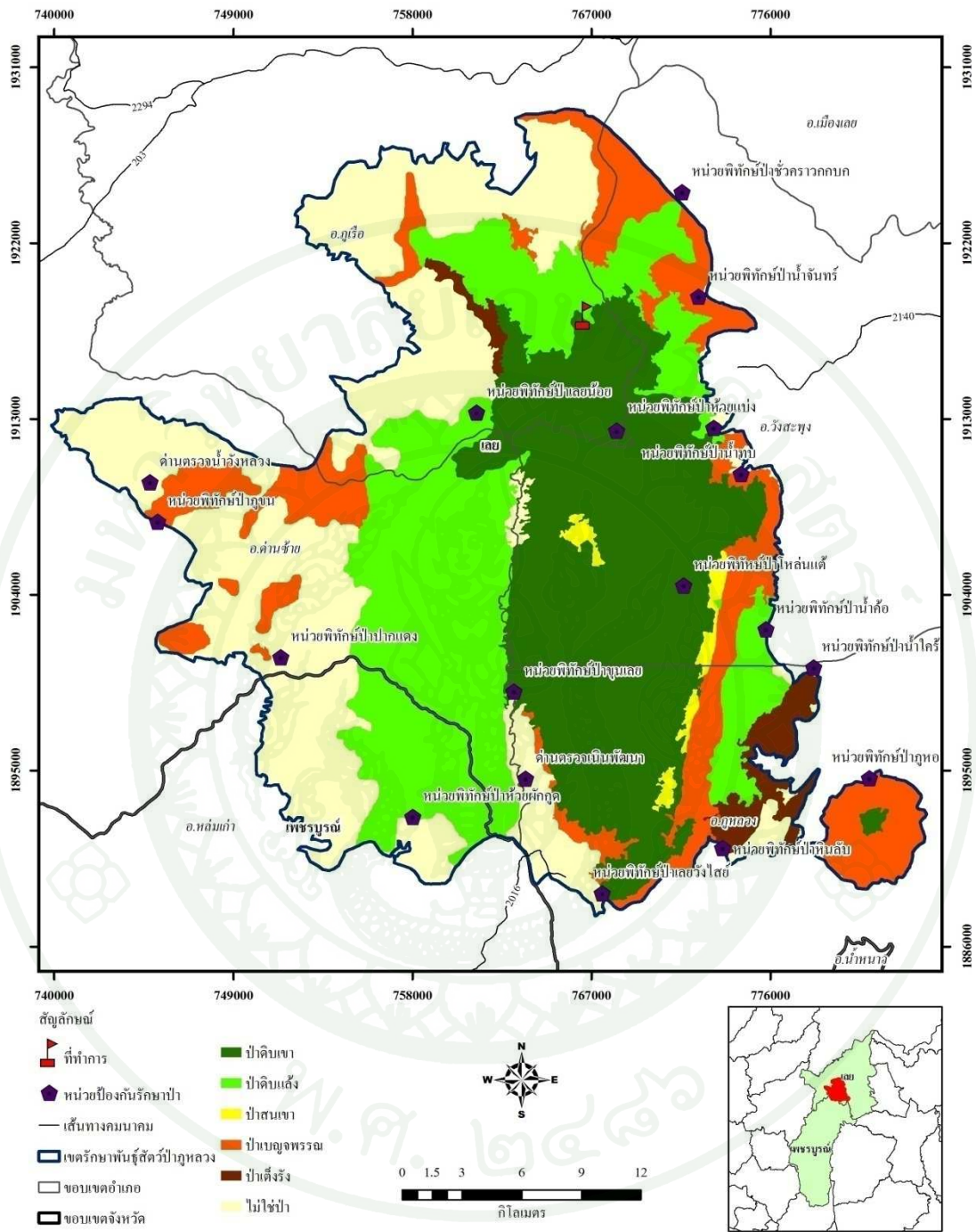


ภาพที่ 24 จุดตรวจสอบความถูกต้องของการจำแนกชนิดป่า

2.4 แผนที่ชนิดป่าและระบบฐานข้อมูล

ดำเนินการแก้ไขขอบเขตพื้นที่ชนิดป่าส่วนที่คลาดเคลื่อนจากสภาพพื้นที่จริง (polygon editing) โดยใช้โปรแกรมประมวลผลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์และใช้การตีความด้วยสายตา (visual interpretation) และจัดทำแผนที่ป่าไม้ขั้นสุดท้ายที่แสดงขอบเขตพื้นที่ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และไม้ไผ่ป่า โดยตรวจเช็คผลจากการออกสำรวจในภาคสนาม

การจัดทำและพัฒนาฐานข้อมูลพื้นที่ป่าไม้ จะดำเนินการจัดทำให้อยู่ในรูปแบบของฐานข้อมูลระบบสารสนเทศภูมิศาสตร์ (GIS database) ประกอบด้วยชั้นข้อมูล (data layer) ที่สำคัญคือ ชั้นข้อมูลขอบเขตพื้นที่ ป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ ป่าเต็งรัง และไม้ไผ่ป่า ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล (digital file) เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการจัดการได้อย่างมีประสิทธิภาพ



ภาพที่ 25 แผนที่ชนิดป่าบริเวณเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย

พื้นที่ป่าที่ได้จากการประมวลผล มีจำนวนทั้งสิ้น 644.56 ตารางกิโลเมตร หรือคิดเป็น ร้อยละ 72.29 ของพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย ที่มีพื้นที่ 917 ตารางกิโลเมตร โดยผลการจำแนกชนิดป่าส่วนใหญ่มากกว่า ร้อยละ 27.06 เป็นป่าดิบเขา มีเนื้อที่ 248.15 ตารางกิโลเมตร ป่าดิบแล้ง ร้อยละ 25.34 มีเนื้อที่ 232.38 ตารางกิโลเมตร ป่าเบญจพรรณ ร้อยละ 14.45 มีเนื้อที่ 132.52 ตารางกิโลเมตร ป่าเต็งรัง ร้อยละ 2.52 มีเนื้อที่ 23.16 ตารางกิโลเมตร ป่าสนเขา ร้อยละ 0.90 มีเนื้อที่ 8.34 ตารางกิโลเมตร และพื้นที่ที่ไม่ใช่ป่า ร้อยละ 29.70 มีเนื้อที่ 272.43 ตารางกิโลเมตร



วิจารณ์

ลักษณะการสะท้อนพลังงานของพืช พบว่าพืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำในช่วงคลื่นสายตามองเห็น โดยจะดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นที่ 450 ถึง 650 นาโนเมตร เนื่องมาจากคลอโรฟิลล์จะมีอิทธิพลต่อการดูดกลืนพลังงานมาก แต่พืชจะสะท้อนพลังงานออกมาในช่วงคลื่น 0.5 ไมครอน จึงทำให้เรามองเห็นใบของพืชเป็นสีเขียว เนื่องจากช่วงคลื่นสีแดงและน้ำเงินถูกคลอโรฟิลล์ดูดซับพลังงานเอาไว้ ถ้าใบพืชมีอาการผิดปกติ เช่น เป็นโรคเหี่ยวเฉา หรือแห้ง จะทำให้คลอโรฟิลล์ลดลง ผลให้ความสามารถในการดูดซับพลังงานในช่วงคลื่นสีแดงและสีน้ำเงินลดลง และมีการสะท้อนคลื่นสีแดงสูงขึ้น จึงทำให้มองเห็นใบพืชเหล่านั้นเป็นสีเหลืองหรือสีน้ำตาล และในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ ในช่วงคลื่นที่ 750 ถึง 1,300 นาโนเมตร ใบพืชจะสะท้อนพลังงานสูงประมาณร้อยละ 50 ของพลังงานที่ตกกระทบ พลังงานอีกร้อยละ 40 จะถูกส่งผ่าน ขณะที่ใบพืชจะดูดซับพลังงานในช่วงคลื่นนี้เพียงร้อยละ 5 เท่านั้น การสะท้อนพลังงานในระดับสูงของช่วงคลื่นนี้ เนื่องมาจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืชสามารถตอบสนองพลังงานที่มาจากกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ (จริญธร, 2556) สามารถนำไปช่วยในการจำแนกชนิดป่าได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในของใบพืชแต่ละชนิดมีการสะท้อนที่แตกต่างกันในช่วงคลื่นนี้

นอกจากโครงสร้างของใบพืชแล้วจำนวนความหนาแน่นของใบพืชยังมีอิทธิพลต่อการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณ อย่างเช่น สังกมพืชป่าดิบเขาที่มีสภาพเรือนยอดแน่นที่บมีไม้พื้นล่างหนาแน่น ป่าดิบแล้งมีเรือนยอดที่แน่นที่บเหมือนป่าดิบเขาแต่จะมีความแตกต่างที่ในป่าดิบแล้งจะมีไม้ต้นผลัดใบขึ้นกระจัดกระจายอยู่ ป่าสนเขาเป็นพื้นที่เปิดโล่งพบสนสองใบและสนสามใบขึ้นเป็นกลุ่มแทรกด้วยไม้ต้นจำนวนน้อย มีพืชพื้นล่างจำพวกหญ้าขึ้นหนาแน่น ป่าเบญจพรรณมีลักษณะเป็นป่าโปร่งประกอบด้วยไม้ต้นขนาดต่างๆ ปะปนกันมีไม้ขึ้นเป็นกอสูงกระจัดกระจาย และป่าเต็งรังมีลักษณะเป็นป่าโปร่งประกอบด้วยไม้ต้นไม้ขึ้นห่างๆ พื้นล่างมีหญ้าและไม้เฟี้ยกขึ้นหนาแน่น ซึ่งสอดคล้องกับ พัฒนา (2536) ได้กล่าวไว้ว่า ความหนาแน่นของพืชพรรณจะมีผลต่อการสะท้อนพลังงาน โดยบริเวณใดมีความหนาแน่นของพืชพรรณน้อย ก็จะมีปริมาณการสะท้อนพลังงานน้อย ในทางกลับกันถ้าบริเวณนั้นมีความหนาแน่นของพืชพรรณมาก การส่งผ่านพลังงานระหว่างใบแต่ละชั้นจะทำให้มีการสะท้อนกลับอีกชั้นหนึ่ง เป็นผลให้ปริมาณการสะท้อนพลังงานมีมากขึ้น

สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

การศึกษาการจำแนกชนิดป่าโดยภาพไฮเปอร์สเปกตรัล ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย สรุปผลได้ดังนี้

ลักษณะการสะท้อนช่วงคลื่นของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง จากภาพไฮเปอร์สเปกตรัลในช่วงความยาวคลื่น 450 ถึง 950 นาโนเมตร จากการศึกษาพบว่าพืชมีการสะท้อนพลังงานต่ำในช่วงที่ตามองเห็น โดยจะดูดกลืนพลังงานในช่วงคลื่นที่ 450 ถึง 650 นาโนเมตร เนื่องมาจากคลอโรฟิลล์จะมีอิทธิพลต่อการดูดกลืนพลังงานมาก และในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ใบพืชจะสะท้อนพลังงานสูง เนื่องมาจากคลอโรฟิลล์ที่มีอยู่ในใบพืชสามารถตอบสนองพลังงานที่มากกระทบในช่วงคลื่นนี้ได้ดี สามารถนำไปช่วยในการจำแนกชนิดป่าได้ เนื่องจากโครงสร้างภายในของใบพืชแต่ละชนิดมีการสะท้อนที่แตกต่างกันในช่วงคลื่นนี้ นอกจากนี้โครงสร้างของใบพืชแล้วจำนวนความหนาแน่นของใบพืชยังมีอิทธิพลต่อการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณ และความหนาแน่นของพืชพรรณจะมีผลต่อการสะท้อนพลังงาน โดยบริเวณใดมีความหนาแน่นของพืชพรรณน้อย ก็จะมีปริมาณการสะท้อนพลังงานน้อย ในทางกลับกันถ้าบริเวณนั้นมีความหนาแน่นของพืชพรรณมาก การส่งผ่านพลังงานระหว่างใบแต่ละชั้นจะทำให้มีการสะท้อนกลับอีกชั้นหนึ่ง เป็นผลให้ปริมาณการสะท้อนพลังงานมีมากขึ้น

การจัดทำสเปกตรัลไลบรารีของป่าดิบเขา ป่าดิบแล้ง ป่าสนเขา ป่าเบญจพรรณ และป่าเต็งรัง จากภาพไฮเปอร์สเปกตรัลที่ความยาวคลื่น 450 ถึง 950 นาโนเมตร พบว่าค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าชนิดต่างๆ สามารถแสดงความสัมพันธ์กับความยาวคลื่นได้ ลักษณะของสเปกตรัมไลบรารีที่ขึ้นลงแตกต่างกันออกไปตามช่วงความยาวคลื่นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่มีผลต่อการสะท้อนพลังงานของพืชพรรณ จึงทำให้สามารถจำแนกชนิดป่าได้ และความสัมพันธ์ของช่วงคลื่นและลักษณะการสะท้อนพลังงานที่แท้จริงของป่าดิบเขามีค่าการสะท้อนเท่ากับ 0.059 ถึง 0.344 ป่าดิบแล้ง 0.121 ถึง 0.324 ป่าสนเขา 0.078 ถึง 0.250 ป่าเบญจพรรณ 0.133 ถึง 0.511 และป่าเต็งรัง 0.078 ถึง 0.329

ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ความถูกต้องของการจำแนกชนิดป่าพบว่าป่าดิบเขามีความถูกต้องร้อยละ 82 ป่าดิบแล้งมีความถูกต้องร้อยละ 73 ป่าสนเขามีความถูกต้องร้อยละ 60 ป่าเบญจพรรณมีความถูกต้องร้อยละ 70 และ ป่าเต็งรังมีความถูกต้องร้อยละ 70 โดยมีค่าความถูกต้องรวมของทุกชนิดป่าเท่ากับร้อยละ 80 ค่าดัชนีแคปปา เท่ากับ 0.76

ข้อเสนอแนะ

1. การวิเคราะห์ภาพดาวเทียมต้องดำเนินการเก็บข้อมูลภาคสนามในช่วงเวลาเดียวกันกับการบันทึกภาพดาวเทียมที่จะนำมาใช้ เพื่อให้การจำแนกประเภทข้อมูลมีความถูกต้องสูง
2. การกำหนดพื้นที่ตัวแทนของแต่ละชนิดป่า ต้องเลือกพื้นที่ที่มีความน่าเชื่อถือมาใช้ในการอ้างอิง

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กรมป่าไม้. 2551. สถิติการป่าไม้ ปี 2551. กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ม.ป.ป. คู่มือการใช้งานซอฟต์แวร์ประมวลผลข้อมูลดาวเทียม RSWARE รุ่นที่ 1. โครงการประยุกต์ใช้ประโยชน์จากดาวเทียมอเนกประสงค์ขนาดเล็ก กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร, กรุงเทพฯ.

จรัญชร บุญญาภาพ. 2546. การสำรวจข้อมูลจากระยะไกล. คณะเกษตรศาสตร์ ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ธวัชชัย สันติสุข. 2555. ป่าของประเทศไทย. สำนักหอพรรณไม้ กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช, กรุงเทพฯ.

พัฒนา ราชวงศ์. 2536. การสำรวจข้อมูลระยะไกล. เอกสารประกอบการสอน คณะมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

ศุทธิณี คนตรี. 2549. ความรู้พื้นฐานด้านการสำรวจระยะไกล. เอกสารประกอบการสอน ภาควิชาภูมิศาสตร์ คณะสังคมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สรศักดิ์ กลิ่นดาว. 2550. การสำรวจจากระยะไกล: การประมวลผลภาพเชิงเลขเบื้องต้น. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, กรุงเทพฯ.

สถานีรับสัญญาณดาวเทียมจุฬารักษ์. 2554. ดาวเทียมอเนกประสงค์ขนาดเล็ก (Small Multi-Mission Satellite; SMMS). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.

สุรัชย์ รัตนเสริมพงศ์. 2536. หลักการเบื้องต้นของเทคโนโลยีการสำรวจข้อมูลระยะไกล. น. 89-112. การสำรวจทรัพยากรธรรมชาติด้วยดาวเทียมกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม, กรุงเทพฯ.

สำนักงานโครงการจัดทำแผนแม่บทและการจัดการพื้นที่อุทยานแห่งชาติ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่า.
2540. ข้อมูลพื้นฐานแผนแม่บทการจัดการพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูหลวง จังหวัดเลย.
กรมป่าไม้, กรุงเทพฯ.

สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ. 2552. หลักการพื้นฐานเทคโนโลยีภูมิ
สารสนเทศ. สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (องค์การมหาชน)
กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, กรุงเทพฯ

David G. Goodenough, Andrew Dyk, K. Olaf Niemann, Jay S. Pearlman, Hao Chen,
Tian Han, Matthew Murdoch, and Chris West. 2003. Processing hyperion and ALI for
forest classification. **IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing** 44: 1321-
1331.

Hasmadi, I. Mohd; Kamaruzaman, J.; Hidayah and M. A. Nurul. 2010. Analysis of crown
spectral characteristic and tree species mapping of tropical forest using hyperspectral
imaging. **Academic Journal** 22 (1): 67.

Marcus Borengasser, William S. Hungate, and Russell Watkins. 2007. **Hyperspectral
Remote Sensing: Principles and Applications**. CRC Press Taylor & Francis Group
Boca Raton London, New York.

Muhammad Kamal and Stuart Phinn. 2011. Hyperspectral data for mangrove species
mapping: A comparison of pixel-based and object-based approach. **Remote Sens** 3:
2222 -2242.

Nagi Zomrawi Mohammed and Eiman Eisa Ahmed Elhaj. 2008. The effect of polynomial order
on georeferencing remote sensing images. **Internation Journal of Engineering and
Innovative Technology (IJEIT)** 2 (8): 2277-3754.

Norbert Benecke. 2012. **Earth Observation and Monitoring of Mining Areas - State of the Art and Future Challenges**. Source: <http://www.impactmin.eu/downloads/lulea/004.pdf>, November 27-28, 2012.

Lillesand, T.M. and R.W. Kieter. 1979. **Remote Sensing and Image Interpretation**. John Wiley and Sons, New York.

Randall, B. and Smith. 2012. **Introduction to Hyperspectral Imaging**. Lincoln, Nebraska.

Russell Congalton and Kass Green. 1999. **Assessing the Accuracy of Remotely Sensed Data : Principles and Practices**. Lewis publishers Boca Raton, New York.

Schull M.A., Knyazikhin Y., Xu L., Samanta A., Carmona P.L., Lepine L., Jenkins J.P., Ganguly S. and R.B. Myneni. 2010. Cnopy spectral invariants, part 2: Application to classification of forest type from hyperspectral data. **Elsevier** 112: 736-750.



ภาคผนวก

ตารางผนวกที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ทางสถิติของข้อมูลภาพไฮเปอร์สเปกตรัลที่เป็นค่าหลักเลข
ของภาพต้นฉบับ และค่าที่แปลงเป็นค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริง

แถบ ความถี่	ค่าหลักเลข				ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริง			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
1	0	43355	4870.00	3116.30	0	1.134	0.085	0.088
2	0	43171	4813.10	3086.83	0	1.140	0.089	0.088
3	0	42115	4934.36	3152.07	0	1.163	0.087	0.089
4	0	44076	5333.15	3551.48	0	1.171	0.089	0.088
5	0	48432	5625.06	3849.02	0	1.126	0.090	0.084
6	0	46694	5472.50	3568.35	0	1.203	0.083	0.090
7	0	43137	4968.54	3229.50	0	1.288	0.085	0.096
8	0	40166	4513.00	2930.90	0	1.255	0.090	0.092
9	0	38170	4337.90	2733.79	0	1.410	0.082	0.105
10	0	37319	4307.03	2696.38	0	1.461	0.079	0.109
11	0	36395	4247.92	2652.63	0	1.529	0.080	0.114
12	0	34749	4001.31	2499.22	0	1.468	0.084	0.109
13	0	33467	3751.46	2340.28	0	1.501	0.083	0.112
14	0	33564	3737.61	2332.03	0	1.544	0.081	0.115
15	0	34404	3890.94	2425.58	0	1.601	0.079	0.119
16	0	35046	4012.87	2502.83	0	1.584	0.078	0.117
17	0	35439	4027.04	2515.01	0	1.559	0.081	0.114
18	0	34729	3885.73	2427.19	0	1.616	0.078	0.118
19	0	32885	3667.67	2289.50	0	1.638	0.073	0.120
20	0	32115	3610.33	2252.59	0	1.665	0.075	0.122
21	0	32468	3655.94	2281.80	0	1.637	0.077	0.120
22	0	33229	3728.24	2324.93	0	1.619	0.078	0.119
23	0	33664	3793.04	2364.08	0	1.616	0.079	0.119
24	0	33363	3749.76	2338.18	0	1.650	0.078	0.121
25	0	31490	3530.21	2203.45	0	1.679	0.073	0.123
26	0	30313	3373.32	2106.37	0	1.592	0.080	0.116
27	0	30740	3404.28	2125.47	0	1.599	0.085	0.117
28	0	31317	3465.41	2163.85	0	1.598	0.085	0.117
29	0	31117	3444.00	2150.09	0	1.580	0.088	0.115

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แถบ ความถี่	ค่าหลักเลข				ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริง			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
30	0	30979	3443.82	2148.86	0	1.650	0.086	0.121
31	0	31019	3435.02	2142.26	0	1.606	0.096	0.117
32	0	31765	3471.61	2165.54	0	1.637	0.092	0.120
33	0	31951	3489.72	2177.40	0	1.655	0.088	0.122
34	0	31771	3488.32	2176.84	0	1.685	0.085	0.124
35	0	32196	3482.32	2174.15	0	1.729	0.088	0.128
36	0	32204	3478.01	2170.47	0	1.729	0.088	0.127
37	0	31357	3429.73	2141.08	0	1.765	0.084	0.130
38	0	31193	3410.60	2130.91	0	1.759	0.087	0.129
39	0	30827	3378.76	2113.73	0	1.721	0.088	0.125
40	0	30580	3326.68	2082.83	0	1.718	0.088	0.125
41	0	31107	3336.37	2089.98	0	1.765	0.093	0.128
42	0	31641	3375.53	2115.81	0	1.705	0.097	0.123
43	0	31354	3348.57	2100.72	0	1.686	0.097	0.120
44	0	31219	3326.27	2089.46	0	1.694	0.096	0.120
45	0	31543	3350.85	2108.10	0	1.775	0.094	0.126
46	0	31967	3372.16	2125.12	0	1.767	0.095	0.124
47	0	32441	3356.94	2119.98	0	1.771	0.094	0.123
48	0	32693	3308.17	2093.46	0	1.772	0.101	0.122
49	0	31595	3159.67	2001.21	0	1.766	0.102	0.122
50	0	29736	2983.79	1889.84	0	1.754	0.102	0.121
51	0	28941	2921.97	1851.55	0	1.881	0.096	0.130
52	0	29338	2952.88	1873.87	0	1.883	0.096	0.129
53	0	29550	2972.44	1890.82	0	1.873	0.105	0.126
54	0	29542	2966.99	1891.02	0	1.827	0.109	0.122
55	0	29348	2938.92	1875.13	0	1.840	0.108	0.122
56	0	28854	2865.11	1829.79	0	1.913	0.107	0.127
57	0	28415	2800.65	1792.13	0	1.954	0.104	0.129
58	0	28579	2793.52	1791.50	0	1.943	0.106	0.127
59	0	28450	2774.94	1782.41	0	1.916	0.112	0.125

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แถบ ความถี่	ค่าหลักเลข				ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริง			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
60	0	27671	2712.42	1744.64	0	1.914	0.110	0.124
61	0	27374	2666.42	1718.19	0	1.924	0.108	0.124
62	0	27749	2666.00	1722.28	0	1.949	0.110	0.125
63	0	28241	2666.79	1726.19	0	1.928	0.112	0.123
64	0	28300	2641.94	1712.18	0	1.978	0.112	0.126
65	0	27774	2576.18	1672.54	0	2.017	0.108	0.128
66	0	27125	2495.78	1624.68	0	2.015	0.113	0.127
67	0	26709	2432.46	1587.05	0	2.010	0.111	0.126
68	0	27007	2448.35	1600.05	0	2.022	0.109	0.126
69	0	27495	2503.33	1638.45	0	2.064	0.109	0.128
70	0	27386	2509.43	1644.01	0	2.006	0.113	0.124
71	0	27063	2471.18	1619.37	0	2.016	0.118	0.124
72	0	26844	2465.34	1614.50	0	2.028	0.117	0.125
73	0	26138	2434.27	1591.53	0	2.060	0.118	0.128
74	0	23981	2253.51	1469.18	0	2.045	0.120	0.128
75	0	22243	2134.16	1384.03	0	2.027	0.124	0.129
76	0	23071	2263.31	1456.87	0	2.072	0.127	0.135
77	0	24631	2525.50	1611.36	0	2.093	0.126	0.141
78	0	25180	2745.11	1735.90	0	2.088	0.133	0.146
79	0	25825	2939.04	1844.96	0	2.053	0.135	0.150
80	0	23850	2805.69	1750.76	0	2.018	0.143	0.154
81	0	20900	2542.13	1575.29	0	1.919	0.154	0.156
82	0	19481	2495.72	1538.34	0	1.860	0.166	0.163
83	0	20854	2845.20	1748.71	0	1.818	0.172	0.169
84	0	22574	3289.27	2018.93	0	1.807	0.178	0.177
85	0	24278	3727.01	2286.87	0	1.765	0.187	0.179
86	0	25046	3996.01	2452.75	0	1.711	0.190	0.177
87	0	25029	4074.47	2503.93	0	1.692	0.191	0.177
88	0	19887	3245.79	1997.09	0	1.662	0.190	0.175
89	0	15489	2546.34	1565.56	0	1.658	0.198	0.181

ตารางผนวกที่ 1 (ต่อ)

แถบ ความถี่	ค่าหลักเลข				ค่าการสะท้อนพลังงานที่แท้จริง			
	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	ค่าเบี่ยงเบน มาตรฐาน
90	0	17640	2975.31	1829.07	0	1.686	0.204	0.191
91	0	22881	3918.29	2408.90	0	1.686	0.205	0.190
92	0	23785	4108.81	2526.51	0	1.656	0.205	0.185
93	0	23098	3986.06	2451.12	0	1.641	0.208	0.183
94	0	22298	3835.39	2358.62	0	1.647	0.210	0.184
95	0	21982	3777.50	2323.26	0	1.640	0.210	0.183
96	0	21665	3699.32	2275.90	0	1.637	0.211	0.182
97	0	19719	3318.85	2042.82	0	1.643	0.212	0.184
98	0	17578	2926.15	1801.62	0	1.646	0.214	0.186
99	0	17070	2857.71	1759.24	0	1.667	0.217	0.189
100	0	18425	3141.08	1932.40	0	1.697	0.217	0.192
101	0	19825	3451.31	2121.97	0	1.660	0.219	0.185
102	0	20319	3601.62	2214.04	0	1.628	0.222	0.180
103	0	20044	3610.25	2219.72	0	1.618	0.223	0.177
104	0	19951	3641.97	2239.28	0	1.638	0.222	0.179
105	0	20068	3696.91	2272.60	0	1.672	0.221	0.183
106	0	19995	3692.89	2269.74	0	1.697	0.219	0.185
107	0	19779	3631.69	2232.35	0	1.690	0.219	0.182
108	0	17830	3223.22	1982.10	0	1.679	0.218	0.181
109	0	14933	2629.99	1617.99	0	1.665	0.219	0.180
110	0	12832	2181.60	1342.48	0	1.679	0.220	0.182
111	0	12751	2104.88	1296.12	0	1.683	0.220	0.182
112	0	11962	1880.92	1161.42	0	1.623	0.221	0.172
113	0	9137	1331.04	825.24	0	1.580	0.218	0.165
114	0	5953	789.17	491.75	0	1.604	0.211	0.167
115	0	4955	640.67	400.37	0	1.657	0.208	0.171

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล	นางสาวสุพิศตรา นามทอง
วัน เดือน ปี เกิด	วันที่ 5 พฤศจิกายน 2531
สถานที่เกิด	จังหวัดกาฬสินธุ์
ประวัติการศึกษา	วท. บ. (วนศาสตร์)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักภูมิสารสนเทศ กรมป่าไม้
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ทุนส่วนตัว

