

ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและดัชนีพื้นที่ใบของไม้จันทร์ทองเทศ
ในเขตพื้นที่โครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่

Relationship of Vegetation Indices and Leaf Area Index of
Fraxinus griffithii C.B.Clarke. in The Royal Project Area, Chiang Mai Province

ภาติยะ พัฒนาศักดิ์* วาทีนี สวนผกา นิพนธ์ ตั้งธรรม และ วีระเกษตร สวนผกา

โครงการบัณฑิตศึกษาด้านการใช้ที่ดินและการจัดการทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เลขที่ 50 ถนนงามวงศ์วาน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900 E-mail: patiya_pat@hotmail.com

Patiya Pattanasak*, Watinee Suanpaga, Nipon Tangtham and Weerakaset Suanpaga

Sustainable Land Use and Natural Resource Management, Graduate school, Kasetsart University

50 Ngam Wong Wan Rd. Lat Yao, Chatuchak, Bangkok 10900, Thailand. E-mail: patiya_pat@hotmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ และดัชนีพื้นที่ใบ ดำเนินการศึกษาด้วยวิธี การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ จำนวน 13 สมการ จากภาพจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI การวิเคราะห์พื้นที่ใบวิเคราะห์ด้วยวิธี hemispherical photograph จากภาพถ่ายเร็นนอยดบริเวณแปลงตัวอย่างในงานวิจัยด้วยกล้องและเลนส์ตาปลา และวิเคราะห์พื้นที่ใบด้วยซอฟต์แวร์ สำหรับแปลงตัวอย่างเป็นแปลงปลูกไม้จันทร์ทองเทศ ใน 7 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง จำนวน 28 แปลง ได้แก่ ศูนย์หมอกจำผ่ม ศูนย์แก่นน้อย ศูนย์หนองเขียว ศูนย์ห้วยลึก ศูนย์หนองหอย สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ จังหวัดเชียงใหม่ ผลการศึกษาพบว่า ดัชนีพืชพรรณ NDVI, Ratio, Sqrt, TNDVI, NDWI, Brightness, Greenness, Wetness และ EVI มีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบ โดย NDWI มีความสัมพันธ์สูงสุดกับดัชนีพื้นที่ใบ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.623 ($r = 0.623, p \leq 0.01$) เมื่อทดสอบด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงและความสัมพันธ์จากสมการพหุนามพบว่าดัชนีพื้นที่ใบและ Greenness มีความสัมพันธ์สูงสุดในรูปแบบสมการพหุนามด้วยสัมประสิทธิ์การตัดสินใจร้อยละ 43.62 ($R^2 = 0.4362$)

คำสำคัญ: ไม้จันทร์ทองเทศ, ดัชนีพืชพรรณ, ดัชนีพื้นที่ใบ

Abstract

The objective of this research was to analyze the relationship of Vegetation Indices and Leaf Area Index (LAI). The methodology was held by analysis of 13 vegetation indices from LANDSAT 8 OLI satellite

Research Paper

Received 14 January 2017

*Corresponding author

Accepted 20 April 2017

image. Analysis of LAI with Hemispherical photographs from forest canopy in research tree plots by using full frame camera with fish eye lens, and then LAI was analyzed by software. The tree plots are *Fraxinus griffithii* C.B. Clarke. in 7 royal project stations from 28 plots including Mok Cham station, Kae Noi station, Nong Kiew station, Huy Luk station, Nong Hoy station, AngKang station and Pang Da station in Chiang Mai province. The result of this study found that Vegetation Indices which are NDVI, Ratio, Sqrt, TNDVI, NDWI, Brightness, Greenness, Wetness and EVI have relationship with LAI. NDWI and LAI showed the highest relationship with correlation coefficients 0.623 ($r = 0.623$, $p \leq 0.01$). Examination with linear and polynomial equations found that Greenness and LAI have the highest relationship by polynomial equation with coefficient of determination 43.62 ($R^2 = 0.4362$)

Keyword: *Fraxinus griffithii* C.B.Clarke., Vegetation indices, Leaf area index

1. บทนำ

ปัญหาการลดลงของพื้นที่ป่าไม้ ในบริเวณพื้นที่สูงของประเทศไทยได้มีสาเหตุหนึ่งมาจากการที่ประชาชนได้เข้าไปบุกรุกทำลายป่า เพื่อใช้เป็นพื้นที่เกษตรกรรมประกอบกับการเพิ่มขึ้นของประชากรบนพื้นที่สูงอย่างรวดเร็ว ทำให้ความต้องการใช้ประโยชน์จากไม้ในการดำรงชีวิตมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งการฟื้นฟูสภาพต้นน้ำลำธารที่ถูกทำลายจากการตัดไม้และการใช้พื้นที่เพื่อการเกษตรนั้น การปลูกสร้างสวนป่าเป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถฟื้นฟูพื้นที่ต้นน้ำลำธารได้ ปัจจุบันได้มีโครงการที่พยายามให้มีการปลูกป่าขึ้นทั้งทางภาครัฐและเอกชน โดยมูลนิธิโครงการหลวงเป็นอีกหน่วยงานหนึ่ง ที่ได้พยายามส่งเสริมการปลูกสวนป่าเพื่อฟื้นฟูต้นน้ำลำธาร จึงได้ส่งเสริมให้เกษตรกรในพื้นที่ได้มีการปลูกไม้ต่างถิ่นที่ได้คัดเลือกจากโครงการปลูกป่าบนพื้นที่สูง โดยได้นำพรรณไม้ป่าขึ้นดินและไม้ไผ่จากประเทศไต้หวันหลายชนิดมาทดลองปลูกโดยคำนึงถึงความเหมาะสมบนพื้นที่สูง การเจริญเติบโตรวดเร็วเหมาะสมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ รวมถึงนำมาใช้ทำฟืน ได้แก่ กระถินคอย (*Acacia confusa*) การบูร (*Cinnamomum camphora*) เมเปิ้ลหอม (*Liquidambar formosana*) เพาโลเนีย (*Paulownia taiwaniana*) และจันทร์ทองเทศ (*Fraxinus griffithii* C.B.Clarke.) [1]

จันทร์ทองเทศเป็นไม้ที่ทนทานต่อการขุดสีได้ดี เกษตรกรบนพื้นที่สูงนิยมปลูก เนื้อไม้เหมาะสำหรับทำเครื่องเรือน ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ได้แก่ ลำต้นมีเปลือกตรง เนื้อไม้สีขาวอมเหลือง เนื้อไม้ละเอียด มีความแข็งแรงสูง สามารถใช้โครงสร้างได้เป็นอย่างดี เนื้อไม้มีลวดลายสวย สามารถแปรรูปเป็นเฟอร์นิเจอร์ได้ นอกจากนี้ หากทำฟืนด้วยไม้จันทร์ทองเทศ จะได้ฟืนที่ให้ความร้อนสูง สำหรับใช้มีขนาดเล็กและไม่หนาแน่นมาก แสงสามารถลอดผ่านได้ จึงสามารถปลูกพืชได้ร่มเงาได้ เมื่อมีการตัดฟืนใช้ประโยชน์แล้วสามารถแตกหน่อได้ใหม่ และเลี้ยงเป็นลำต้นได้อีกโดยไม่ต้องเสียเวลาปลูกใหม่ สามารถเลือกลำต้นที่แตกมาใหม่ไว้ได้หลายต้น ใช้การตัดฟืนแบบหมุนเวียนได้ [2]

ในการวัดการเจริญเติบโตและผลผลิตของไม้จันทร์ทองเทศจะเป็นประโยชน์ต่อการส่งเสริมให้เกษตรกรบนพื้นที่สูงนำไม้ชนิดนี้ไปปลูกได้เป็นอย่างดี โดยทั่วไปการวัดค่าผลผลิตขั้นปฐมภูมิของระบบนิเวศป่ามักทำการวัดในรูปแบบของมวลชีวภาพเหนือพื้นดิน (Above ground biomass) ที่ประกอบด้วยมวลชีวภาพของแต่ละส่วน ได้แก่ ลำต้น กิ่ง ใบ และราก [3] ซึ่งดัชนีพื้นที่ใบ (Leaf Area Index; LAI) เป็นอัตราส่วนของพื้นที่ผิวใบต่อพื้นที่ผิวดิน มีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพและผลผลิตของพืช ทรงพุ่ม การซึมของน้ำฝนลงสู่ดิน การส่งผ่านพลังงาน การแลกเปลี่ยนน้ำและคาร์บอน ดังนั้นการศึกษาและการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ จึงมีความสำคัญต่อการติดตามและวิเคราะห์กระบวนการทางชีวภาพและสิ่งแวดล้อมในระบบนิเวศ

การศึกษาดัชนีพื้นที่ใบสามารถทำได้หลายวิธีทั้งทางตรงและทางอ้อม วิธีทางตรง (Direct technique) ได้แก่ Harvest technique เป็นวิธีการที่ทำลายใบหรือทำให้สูญเสียใบ สิ้นเปลืองเวลา แรงงานและค่าใช้จ่าย โดยการตัดส่วนใบเพื่อนำมาวัดขนาดของใบโดยตรง ส่วนการวัดทางอ้อม (Indirect technique) เช่น วิธี Hemispherical photograph เป็นการถ่ายภาพความแตกต่างระหว่างท้องฟ้าซึ่งเป็นสีขาวและส่วนอื่น ๆ ที่ถูกบดบังหรือส่วนอื่น ๆ ของเรือนยอดที่อยู่เหนือพื้นดินมีลักษณะเป็นสีดำ โดยภาพถ่ายที่ได้นำไปวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมในการคำนวณค่าต่าง ๆ ที่ต้องการ เช่น ดัชนีพื้นที่ใบ ความเข้มแสงสัมพัทธ์ และอีกวิธีหนึ่งคือวิธีการที่อาศัยความสัมพันธ์ของความเข้มแสงภายในเรือนยอดและดัชนีพื้นที่ใบมาใช้ในการคำนวณ ซึ่งวิธีการนี้จะไม่ทำให้สูญเสียใบ [4]

ในปัจจุบันการรับรู้ระยะไกลเข้ามามีบทบาท ในการลดการทำงานในภาคสนาม ให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความถูกต้องสูง ซึ่งการวิเคราะห์ด้วยดัชนีพืชพรรณ (Vegetation indices) เป็นการนำค่าการสะท้อนแสงของพืชที่อยู่ในรูปแบบการบันทึกภาพจากดาวเทียมสำรวจทรัพยากรตามช่วงคลื่น โดยนำแต่ละช่วงคลื่นที่พืชมีการสะท้อนแสงมากระทำในรูปแบบเชิงคณิตศาสตร์ในรูปแบบต่าง ๆ ดังนั้นการศึกษารั้วนี้จึงมุ่งการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ และดัชนีพื้นที่ใบของไม้จันทร์ทองเทศ และนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบจากภาพจากดาวเทียมที่มีการถ่ายภาพใกล้เคียงเวลาจริงในอนาคต ใช้ประมาณค่าได้อย่างสะดวก รวดเร็วและถูกต้อง โดยเฉพาะเมื่อใช้ในพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ และการเดินทางเข้าถึงลำบาก นอกจากนี้วิธีการนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อการจัดการด้านป่าไม้และทรัพยากรที่ดินอย่างยั่งยืนอีกด้วย

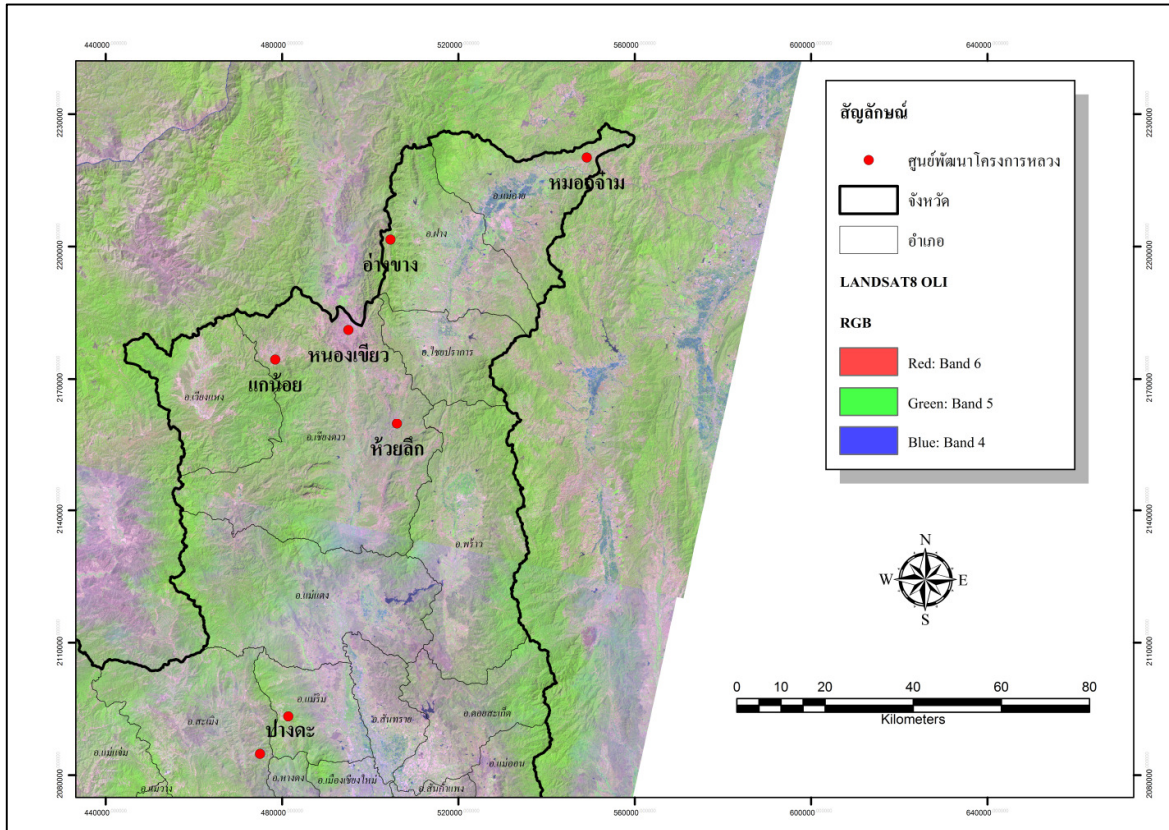
2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและดัชนีพื้นที่ใบของไม้จันทร์ทองเทศ ในเขตพื้นที่โครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่

3. พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษา ในการศึกษารั้วนี้ได้กำหนดพื้นที่ศึกษาได้แก่ ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงในจังหวัดเชียงใหม่ จำนวนทั้งสิ้น 7 ศูนย์ จาก 28 ศูนย์ โดยคัดเลือกจากพื้นที่ที่มีการปลูกไม้จันทร์ทองเทศ ได้แก่ สถานี

เกษตรหลวงอ่างขาง ศูนย์หนองเขียว ศูนย์หมอกจำม ศูนย์แกน้อย ศูนย์ห้วยลึก ศูนย์ หนองหอย และสถานีเกษตรหลวงปางดะ (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 ภาพจากดาวเทียม LANDSAT 8 OLI แบบสีผสมจริง (R-G-B: 6-5-4) แสดงพื้นที่ศึกษาศูนย์พัฒนาโครงการหลวง จำนวน 7 แห่ง ในจังหวัดเชียงใหม่

พื้นที่ศึกษา ตั้งอยู่ที่ความสูงตั้งแต่ 1,000 เมตร จากระดับทะเลปานกลาง ได้แก่ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ศูนย์หนองหอย และศูนย์แกน้อย นอกนั้นตั้งอยู่ที่ความสูงต่ำกว่า 1,000 เมตร มีอุณหภูมิเฉลี่ย 20 องศาเซลเซียส ปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,507 มิลลิเมตรต่อปี ประชากรในพื้นที่บนพื้นที่สูง เป็นชาวไทยภูเขา ส่วนบริเวณพื้นราบ เป็นกลุ่มชาวไทยภูเขาและคนไทยพื้นราบ

การปลูกไม้จันทร์ทองเทศของกลุ่มชาวไทยภูเขาบนพื้นที่สูง ได้แก่ สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และศูนย์แกน้อย ส่วนใหญ่จะปลูกในลักษณะสวนป่า เนื่องจากมีพื้นที่ลาดชัน ระยะเวลาปลูกจึงไม่สม่ำเสมอ ไม่มีการจัดการทั้งตัดสายขยายระยะและลิดกิ่ง มีเพียงการนำไม้ที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ไปใช้ในครัวเรือน ส่วนการปลูกไม้จันทร์ทองเทศของกลุ่มชาวไทยภูเขาบริเวณพื้นราบ ได้แก่ ศูนย์ หนองเขียว เป็นการปลูกในรูปแบบสวนป่า

แนวรั้ว และวนเกษตร ซึ่งเกษตรกรมีการตัดสางขยายระยะ และนำไม้มาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวาง เช่น เฝ้าฟันสำหรับใช้ในครัวเรือนและขาย การนำไม้มาซ่อมแซมบ้าน และสร้างคอกสัตว์ และยังสามารถขายต้นไม้ทั้งต้นได้อีกด้วย สำหรับศูนย์ฯ หมอกจ้าม เกษตรกรปลูกแบบสวนป่า โดยมีการนำไม้มาใช้ประโยชน์ในการซ่อมบ้าน ปลูกกระท่อม คอกสัตว์ ศูนย์ฯ หนองหอย เกษตรกรปลูกจำนวนน้อย และสถานีเกษตรหลวงปางดะ เป็นการปลูกเพื่อใช้ในการสาธิต และส่งเสริมให้เกษตรกรเริ่มปลูก จึงยังไม่เห็นผล

4. วิธีการศึกษา

4.1 การจัดเตรียมภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI

การจัดเตรียมภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI บันทึกภาพเมื่อเดือนมีนาคม 2558 โดยมีคุณสมบัติตามตารางที่ 1 [5] และมีวิธีการปรับแก้ภาพจากดาวเทียมดังต่อไปนี้

ตารางที่ 1 รายละเอียดดาวเทียม LANDSAT 8 OLI (Operational Land Imager) และ TIRS (Thermal Infrared Sensor)

แบนด์	ช่วงคลื่น	ขนาดจุดภาพ (เมตร)
1	0.43 – 0.45 (Coastal Aerosol)	30
2	0.45 – 0.51 (Blue)	30
3	0.53 – 0.59 (Green)	30
4	0.64 – 0.67 (Red)	30
5	0.85 – 0.88 (Near Infrared)	30
6	1.57 – 1.65 (SWIR1)	30
7	2.11 – 2.29 (SWIR2)	30
8	0.58 – 0.68 (Panchromatic)	15
9	1.36 – 1.38 (Cirrus)	30
10	10.60 – 11.19 (TIRS – 1)	100
11	11.50 – 12.51 (TIRS – 2)	100

4.1.1 การปรับแก้ความคลาดเคลื่อนเชิงเรขาคณิต (Geometric correction)

ใช้วิธีการปรับแก้แบบแผนที่สู่ภาพ (Image to map correction) [6] โดยใช้แผนที่ภูมิประเทศ L7018 เป็นข้อมูลภาพอ้างอิง ใช้สมการคำนวณปรับแก้เชิงเรขาคณิตแบบ second order polynomial กำหนดความคลาดเคลื่อน

เฉลี่ยไม่เกิน 1 จุดภาพ และเลือกใช้วิธีการในการปรับค่าแบบตำแหน่งใกล้ที่สุด (Nearest neighbour interpolation) และนำภาพจำนวน 2 ภาพ มาเชื่อมต่อ (Mosaic) เพื่อวิเคราะห์ต่อไป

4.1.2 การปรับแก้เชิงบรรยากาศ (Atmospheric correction)

การปรับแก้เชิงบรรยากาศ ใช้วิธีการแปลงค่าเลขหลัก (Digital number: DN) [7] เป็นค่าการสะท้อนจากผิวโลก (Reflectance) ประกอบไปด้วย 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนที่ 1 การแปลงค่าข้อมูลเลขหลัก(DN) เป็นค่าแผ่รังสีช่วงคลื่น (Radiance) โดยนำค่า gain และ bias ที่ได้จากข้อมูล Metadata ของข้อมูลภาพดาวเทียมในแต่ละช่วงคลื่น มาแทนค่าในสมการ

$$P\lambda' = M_p * Q_{cal} + A_p$$

โดยที่

$P\lambda'$ = TOA (Top of atmosphere) ค่าการสะท้อนจากผิวโลกโลกไม่ได้ปรับแก้มุมของดวงอาทิตย์

M_p = ค่า Gain จากข้อมูล Metadata ของแต่ละแบนด์

A_p = ค่า Offset ที่วัดได้จากระบบตรวจวัด จากข้อมูล Metadata ของแต่ละแบนด์

Q_{cal} = ค่าเลขหลัก (DN) ของภาพจากดาวเทียม

จากนั้น ในขั้นตอนที่ 2 ปรับแก้ค่าการสะท้อนจากผิวโลกด้วยมุมของดวงอาทิตย์ตามสมการ

$$\begin{aligned} P\lambda &= P\lambda' / \cos \theta_{SZ} \\ &= P\lambda' / \sin \theta_{SE} \end{aligned}$$

โดยที่

$P\lambda$ = TOA (Top of atmosphere) ค่าการสะท้อนจากผิวโลก

$P\lambda'$ = TOA (Top of atmosphere) ค่าการสะท้อนจากผิวโลกโดยไม่ได้ปรับแก้มุมของดวงอาทิตย์

θ_{SZ} = มุมของดวงอาทิตย์กระทำกับพื้นผิวโลก; $\theta_{SZ} = 90^\circ - \theta_{SE}$

θ_{SE} = มุมยกของดวงอาทิตย์จากข้อมูล Metadata ของภาพจากดาวเทียม [8]-[10]

4.2 การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณ

ดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices) เป็นเทคนิคแบบง่ายสำหรับใช้เพื่อศึกษาสถานที่เชิงปริมาณของปริมาณพืชพรรณ หรือ ความเป็นสีเขียว (Greenness) ในแต่ละจุดภาพของข้อมูลภาพ ดัชนีพืชพรรณจะเกี่ยวข้องกับ 2 ช่วงคลื่นหรือมากกว่า โดยในการศึกษาครั้งนี้ได้ใช้ดัชนีในรูปแบบต่าง ๆ [8] [10][11] ได้แก่

$$1) \text{ Ratio Vegetation Index (Ratio)} = \frac{NIR}{RED}$$

$$2) \text{ Difference Vegetation index (DVI)} = NIR - Red$$

$$3) \text{ Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)} = \frac{\text{NIR}-\text{RED}}{\text{NIR}+\text{RED}}$$

$$4) \text{ Soil Adjust Vegetation Index (SAVI)} = \frac{\text{NIR}-\text{R}}{\text{NIR}+\text{R}} (1 + L)$$

$$5) \text{ Square root} = \sqrt{\frac{\text{NIR}}{\text{RED}}}$$

$$6) \text{ Transformed Vegetation Index (TVI)} = \text{Sqrt} \left[\frac{\text{NIR}-\text{RED}}{\text{NIR}+\text{RED}} + 0.5 \right]$$

$$7) \text{ Normalized Difference Water Index (NDWI)} = \frac{\text{NIR}-\text{SWIR}}{\text{NIR}+\text{SWIR}}$$

$$8) \text{ Brightness} = 0.3029(\text{B2}) + 0.2787(\text{B3}) + 0.4733(\text{B4}) + 0.5599(\text{B5}) + 0.508(\text{B6}) + 0.1872(\text{B7})$$

$$9) \text{ Greenness} = -0.2941(\text{B2}) + -0.243(\text{B3}) + -0.5424(\text{B4}) + 0.7276(\text{B5}) + 0.508(\text{B6}) + -0.1608(\text{B7})$$

$$10) \text{ Wetness} = 0.1511(\text{B2}) + 0.1973(\text{B3}) + 0.3083(\text{B4}) + 0.3407(\text{B5}) + -0.7117(\text{B6}) + -0.4559(\text{B7})$$

$$11) \text{ The Perpendicular Vegetation Index (PVI)} = \frac{(\text{NIR} - a) \times (\text{R} + b)}{\sqrt{1 + a^2}}$$

เมื่อ ค่าของเส้นพื้นฐานของดิน (Soil base line) มีค่า a = 1 และ b = 0

$$12) \text{ Weight Difference Vegetation Index (WDVI)} = \text{NIR} - a \times \text{R}$$

เมื่อ ค่าของเส้นพื้นฐานของดิน (Soil base line) มีค่า a = 1

$$13) \text{ Enhanced Vegetation Index (EVI)} = G \times \frac{\text{NIR}-\text{RED}}{\text{NIR} + (C1 \times \text{R} - C2 \times \text{B}) + L}$$

โดยที่ G = ค่าระดับพลังงาน (2.5)

C1, C2 = ค่าฝุ่นละอองในชั้นบรรยากาศ (6, 7.5 ตามลำดับ)

L = ค่าปรับแก้สำหรับดิน (1)

4.3 การคำนวณดัชนีพื้นที่ป่า

การคำนวณดัชนีพื้นที่ป่าด้วยวิธี Hemispherical photograph มีวิธีการดังต่อไปนี้

4.3.1 ออกภาคสนาม เพื่อถ่ายภาพเรือนยอดไม้จันทร์ทองเทศ โดยการตั้งกล้องถ่ายภาพและเลนส์ตาปลา ถ่ายภาพบริเวณแปลงตัวอย่าง ขนาด 10x10 เมตร ที่มีระยะปลูก 2x2 เมตร ทั้งหมด จำนวน 28 แปลงใน 7 ศูนย์พัฒนาโครงการ จังหวัดเชียงใหม่

4.3.2 ถ่ายภาพบริเวณกึ่งกลางแปลงตัวอย่าง โดยการตั้งกล้องให้อยู่สูงจากพื้นดิน 1.30 เมตร ปรับระดับลูกน้ำจากไม้วัดระดับให้อยู่ในแนวระดับ กำหนดทิศเหนือและตำแหน่งถ่ายภาพจากระบบกำหนดตำแหน่งบนโลก (Global

Positioning System; GPS) และระบุทิศเหนือในการถ่ายภาพ และถ่ายภาพในช่วงเช้าหรือเย็น โดยหลีกเลี่ยงให้แสงอาทิตย์ส่องเข้ามาในภาพ

4.3.3 เก็บข้อมูลเชิงพื้นที่ที่ได้แก่ ความสูงจากระดับทะเลปานกลางและพิกัดภูมิศาสตร์ ด้วยจีพีเอส

4.3.4 วิเคราะห์ดัชนีพื้นที่ใบด้วยซอฟต์แวร์ Gap Light Analyzer [12] โดยโปรแกรมคำนวณค่าเรือนยอดและดัชนีพื้นที่เรือนยอดโดยอาศัยส่วนของท้องฟ้าและส่วนที่ไม่ใช่ท้องฟ้า โดยเลือกใช้ค่า Zenith (การวัดมุมของ Zenith และมุมของดวงอาทิตย์ มีค่า 90 องศา) โดยมุมของ Zenith มี 2 ลักษณะ ได้แก่ Zenith 4 ring และ Zenith 5 ring โดยในการวิจัยครั้งนี้เลือกใช้ Zenith 4 ring ซึ่งเหมาะสมกับดัชนีพื้นที่ใบหรือพื้นที่เรือนยอดของป่าเขตร้อนที่มุม Zenith ระหว่าง 0 – 60 องศา [4]

4.4 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและดัชนีพื้นที่ใบ

4.4.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและดัชนีพื้นที่ใบด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพียร์สัน (Pearson Product Moment Correlation Coefficient)

4.4.2 การทดสอบความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณที่มีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบด้วยแผนภาพการกระจาย (Scatter plot) และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ด้วยสมการเชิงเส้นและสมการพหุนาม

5. ผลการวิจัย

ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณ และดัชนีพื้นที่ใบของไม้จันทร์ทองเทศในเขตพื้นที่โครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ แสดงได้ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณของไม้จันทร์ทองเทศจากข้อมูลการรับรู้ระยะไกล

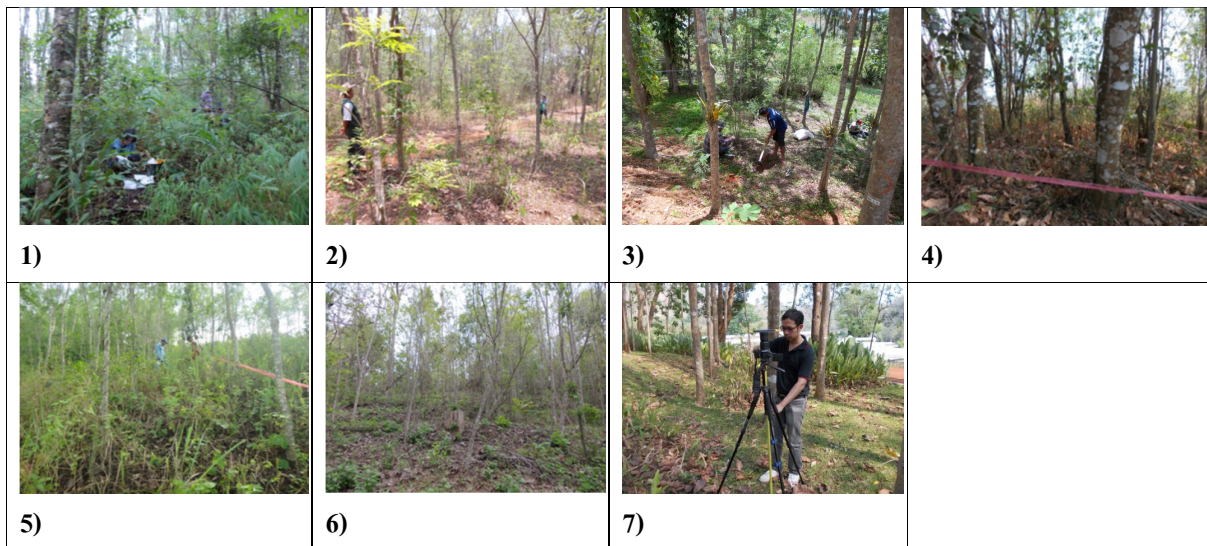
ในการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณภาพจากดาวจากเทียม LANDSAT 8 OLI จำนวนทั้งสิ้น 13 สมการ วิเคราะห์จากแปลงตัวอย่างจำนวน 28 แปลง โดยดัชนีพืชพรรณที่แสดงความเป็นพืช บริเวณที่มีค่าสูงได้แก่ แปลงตัวอย่างบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง เนื่องจากเป็นสถานที่ทดลองปลูกไม้ต่างถิ่นตั้งแต่ปี พ.ศ.2528 เป็นต้นมา ไม้จันทร์ทองเทศในแปลงตัวอย่างมีลำต้นใหญ่และสูง และมีใบปกคลุมพื้นดินมาก ส่วนค่าดัชนีพืชพรรณต่ำที่สุด ได้แก่ แปลงตัวอย่างสถานีเกษตรหลวงอ่างขางในแปลงที่เกษตรกรปลูกในชุมชน ส่วนศูนย์ฯ ห้วยลึกและสถานีเกษตรหลวงปางดะมีค่าดัชนีพืชพรรณไม่สูงเนื่องจากเป็นแปลงทดลองปลูก ดินไม่มีลำต้นและใบขนาดเล็ก ดังแสดงผลการวิเคราะห์ได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่าง ๆ

ตำแหน่ง	Ratio	DVI	NDVI	NDWI	SAVI	Sqrt	TVI	PVI	WDVI	Brightness	Greenness	Wetness	EVI
หนองหอย	0.21	3.90	0.59	0.42	1.97	1.03	0.12	0.10	2.62	-0.86	-2.28	-0.05	-0.05
อ่างขาง	0.24	5.16	0.67	0.42	2.27	1.08	0.17	0.17	2.02	-0.52	-1.08	-0.06	-0.06
อ่างขาง	0.27	5.36	0.69	0.45	2.31	1.09	0.19	0.19	2.09	-0.50	-1.14	-0.07	-0.07
อ่างขาง	0.14	3.36	0.54	0.28	1.83	1.02	0.10	0.10	1.74	-0.56	-0.89	-0.04	-0.04
อ่างขาง	0.21	5.01	0.67	0.39	2.24	1.08	0.15	0.15	1.70	-0.50	-0.70	-0.06	-0.06
หนองเขียว	0.21	3.48	0.55	0.36	1.87	1.02	0.15	0.15	2.87	-0.83	-1.77	-0.04	-0.04
ปางคะ	0.16	2.68	0.46	0.39	1.64	1.06	0.13	0.12	2.86	-0.92	-2.45	-0.06	-0.06
ปางคะ	0.17	3.57	0.56	0.43	1.89	1.05	0.14	0.13	2.93	-0.95	-2.47	-0.05	-0.05
หมอกจ้าม	0.26	4.63	0.64	0.44	2.15	1.06	0.19	0.19	2.67	-0.82	-1.23	-0.05	-0.05
หมอกจ้าม	0.30	5.07	0.43	0.48	2.25	1.08	0.10	0.10	2.86	-0.98	-1.64	-0.05	-0.05
หมอกจ้าม	0.21	3.07	0.50	0.34	1.75	1.00	0.15	0.15	3.36	-0.94	-2.34	-0.04	-0.04
หมอกจ้าม	0.19	2.98	0.50	0.33	1.73	1.00	0.14	0.14	3.37	-1.05	-2.15	-0.03	-0.04
ห้วยลึก	0.15	2.37	0.40	0.26	1.54	0.95	0.11	0.11	3.55	-1.12	-2.47	-0.02	-0.03
ห้วยลึก	0.21	3.65	0.56	0.36	1.91	1.03	0.15	0.16	2.38	-0.64	-1.53	-0.05	-0.02
แก่น้อย	0.23	4.05	0.60	0.39	2.01	1.05	0.16	0.15	2.47	-0.60	-1.70	-0.06	-0.05
แก่น้อย	0.17	2.75	0.47	0.29	1.94	1.04	0.12	0.12	2.83	-0.57	-2.26	-0.04	-0.06
แก่น้อย	0.17	4.08	0.60	0.33	2.02	1.05	0.12	0.12	1.82	-0.57	-0.89	-0.05	-0.04
แก่น้อย	0.18	4.21	0.62	0.34	2.05	1.06	0.12	0.12	1.81	-0.56	-0.88	-0.05	-0.06
อ่างขาง	0.24	5.48	0.69	0.42	2.34	1.09	0.16	0.17	1.85	-0.50	-0.86	-0.07	-0.05
อ่างขาง	0.20	6.49	0.65	0.37	2.16	1.07	0.14	0.14	1.73	-0.51	-0.76	-0.06	-0.05
อ่างขาง	0.22	4.35	0.63	0.38	2.08	1.06	0.15	0.15	2.14	-0.59	-1.19	-0.05	-0.07
อ่างขาง	0.30	6.35	0.72	0.49	2.22	1.07	0.18	0.18	2.09	-0.55	-1.06	-0.07	-0.06
อ่างขาง	0.21	4.95	0.66	0.38	2.23	1.08	0.15	0.15	1.78	-0.49	-0.88	-0.06	-0.05
อ่างขาง	0.18	2.89	0.48	0.32	1.70	0.99	0.13	0.13	3.14	-0.92	-0.88	-0.04	-0.07
อ่างขาง	0.11	1.83	0.29	0.19	1.35	0.89	0.07	0.08	3.72	-1.13	-2.23	-0.02	-0.06
หนองเขียว	0.15	2.72	0.46	0.28	1.65	0.98	0.10	0.11	2.78	-0.88	-3.03	-0.03	-0.04
หนองเขียว	-5.11	3.90	0.59	0.42	1.97	1.03	0.12	0.10	2.62	-0.86	-2.28	-0.05	-0.02
หนองเขียว	0.24	5.16	0.67	0.42	2.27	1.08	0.17	0.17	2.02	-0.52	-1.08	-0.06	-0.03

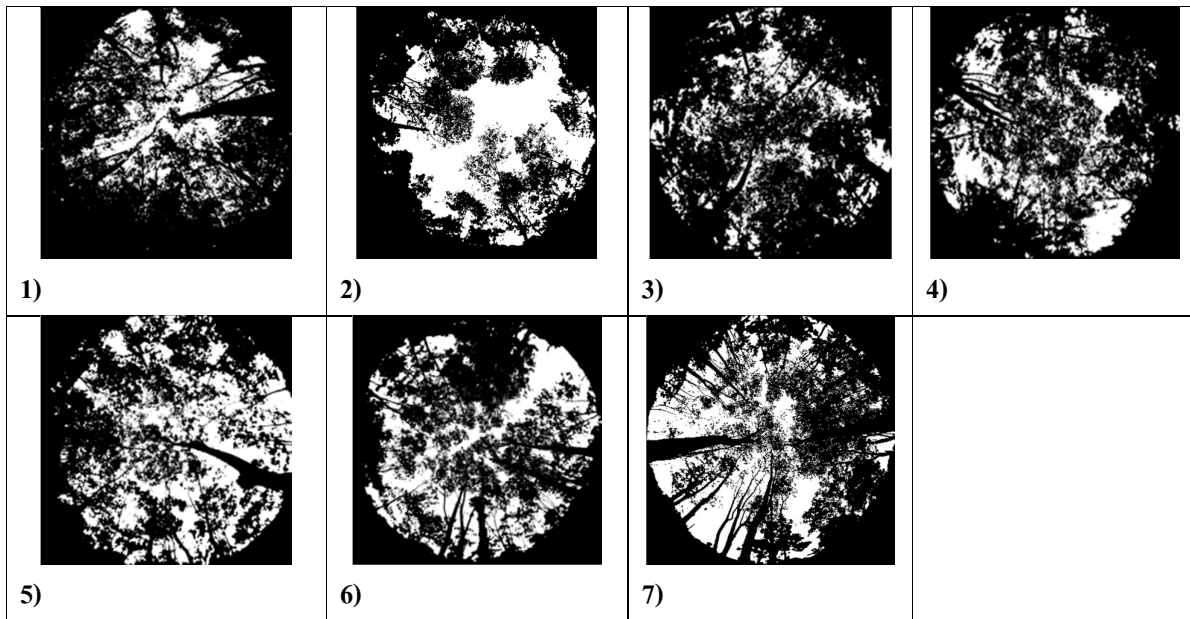
5.2 การวิเคราะห์ดัชนีพื้นที่ใบ

บริเวณแปลงตัวอย่าง จำนวน 28 แปลง ใน 7 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง แสดงรูปในบริเวณบางแปลง ตัวอย่างของแต่ละศูนย์ฯ ดังรูปที่ 2 และในแปลงตัวอย่างบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และศูนย์ฯ หนองหอย พื้นที่ที่มีความลาดชัน ไม่จันทร์ทองเทศมีขนาดใหญ่ ขณะที่แปลงตัวอย่างของศูนย์ฯ หนองเขียว ศูนย์ฯ แก่น้อย ศูนย์ฯ หมอกจ้าม ศูนย์ฯ ห้วยลึก และสถานีเกษตรหลวงปางดะ แปลงตัวอย่างอยู่บนพื้นราบ ดินไม่มีลำต้นและใบขนาดเล็ก



รูปที่ 2 แปลงตัวอย่าง (บางส่วน) ใน 7 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 1) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง 2) ศูนย์ฯ หนองเขียว 3) ศูนย์ฯ แก่น้อย 4) ศูนย์ฯ หนองหอย 5) ศูนย์ฯ หมอกจ้าม 6) ศูนย์ฯ ห้วยลึก และ 7) สถานีเกษตรหลวงปางดะ

ในการถ่ายภาพใช้กล้องและเลนส์ตาปลา ถ่ายเรือนยอดของต้นไม้ ในช่วงเวลาเช้าหรือเย็น และนำภาพของเรือนยอดในแต่ละแปลงตัวอย่างวิเคราะห์ด้วยซอฟต์แวร์ Gap Light Analyzer ซึ่งโปรแกรมคำนวณค่าเรือนยอดและดัชนีพื้นที่ที่เรือนยอดโดยอาศัยส่วนของท้องฟ้าและส่วนที่ไม่ใช่ท้องฟ้า ดังรูปที่ 3 ซึ่งพบว่าบริเวณแปลงตัวอย่างของสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และศูนย์ฯ แก่น้อย มีเรือนยอดที่หนาแน่น ส่วนแปลงตัวอย่างของศูนย์ฯ หนองเขียว มีเรือนยอดที่ไม่หนาแน่น เนื่องจากต้นไม้ถูกตัดสางขยายระยะ และมีการตัดไม้เพื่อนำไปใช้ประโยชน์จำนวนมาก ดังนั้นระยะของการปลูกจึงส่งผลต่อการวิเคราะห์ดัชนีพื้นที่ใบ



รูปที่ 3 การวิเคราะห์ดัชนีพื้นที่ใบของไม้จันทร์ทองเทศด้วยวิธี Hemispherical photographys ใน 7 ศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 1) สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง 2) ศูนย์ฯ หนองเขียว 3) ศูนย์ฯ แก่น้อย 4) ศูนย์ฯ หนองหอย 5) ศูนย์ฯ หมอกจ้าม 6) ศูนย์ฯ ห้วยลึก และ 7) สถานีเกษตรหลวงปางดะ

จากการวิเคราะห์ดัชนีพื้นที่ใบด้วยซอฟต์แวร์ Gap Light Analyzer ในแต่ละแปลงตัวอย่าง ซึ่งผลการวิเคราะห์พบว่า ค่าดัชนีพื้นที่ใบ (LAI) มีค่าระหว่าง 0.42–2.25 จำแนกตามแปลงตัวอย่าง แสดงผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์ดัชนีพื้นที่ใบด้วยซอฟต์แวร์ Gap Light Analyzer

ตำแหน่ง	LAI	ตำแหน่ง	LAI	ตำแหน่ง	LAI	ตำแหน่ง	LAI
1.หนองหอย	1.26	8. ปางดะ	0.74	15. แก่น้อย	1.67	22. อ่างขาง	1.54
2.อ่างขาง	1.43	9. หมอกจ้าม	1.49	16. แก่น้อย	1.24	23. อ่างขาง	1.46
3.อ่างขาง	2.25	10. หมอกจ้าม	0.92	17. แก่น้อย	1.02	24. อ่างขาง	1.15
4.อ่างขาง	0.89	11. หมอกจ้าม	1.01	18. แก่น้อย	0.98	25. อ่างขาง	1.80
5.อ่างขาง	2.14	12. หมอกจ้าม	1.02	19. อ่างขาง	1.25	26. หนองเขียว	0.42
6.หนองเขียว	1.40	13. ห้วยลึก	1.05	20. อ่างขาง	1.88	27. หนองเขียว	0.93
7.ปางดะ	1.10	14. ห้วยลึก	1.40	21. อ่างขาง	1.68	28. หนองเขียว	0.70

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 3 พบว่าดัชนีพื้นที่ใบที่มีค่าสูงสุดได้แก่ แปลงตัวอย่างที่ 3 สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง ค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 2.25 โดยที่ไม่จันทร์ทองเทศมีอายุ 30 ปี ความสูงของพื้นที่ 1,530 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 21.19 เซนติเมตร และความสูง 17 เมตร มีรูปแบบการปลูกแบบสวนป่า ระยะการปลูก 2x2 เมตร ขณะที่ดัชนีพื้นที่ใบที่มีค่าต่ำสุดได้แก่ แปลงตัวอย่างที่ 26 บริเวณศูนย์ฯ หนองเขียว ค่าดัชนีพื้นที่ใบเท่ากับ 0.42 โดยที่ไม่จันทร์ทองเทศมีอายุ 14 ปี ความสูงของพื้นที่ 781 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอก 14.32 เซนติเมตร และความสูง 13 เมตร รูปแบบการปลูกสวนป่า ระยะการปลูก 2x2 เมตร โดยมีการตัดไม้ไปใช้ประโยชน์ทำให้มีระยะระหว่างต้นไม้มีขนาด 4x4 เมตร

5.3 ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพื้นที่ใบและดัชนีพืชพรรณ

5.3.1 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพื้นที่ใบและดัชนีพืชพรรณประเภทต่าง ๆ ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson product moment correlation coefficient)

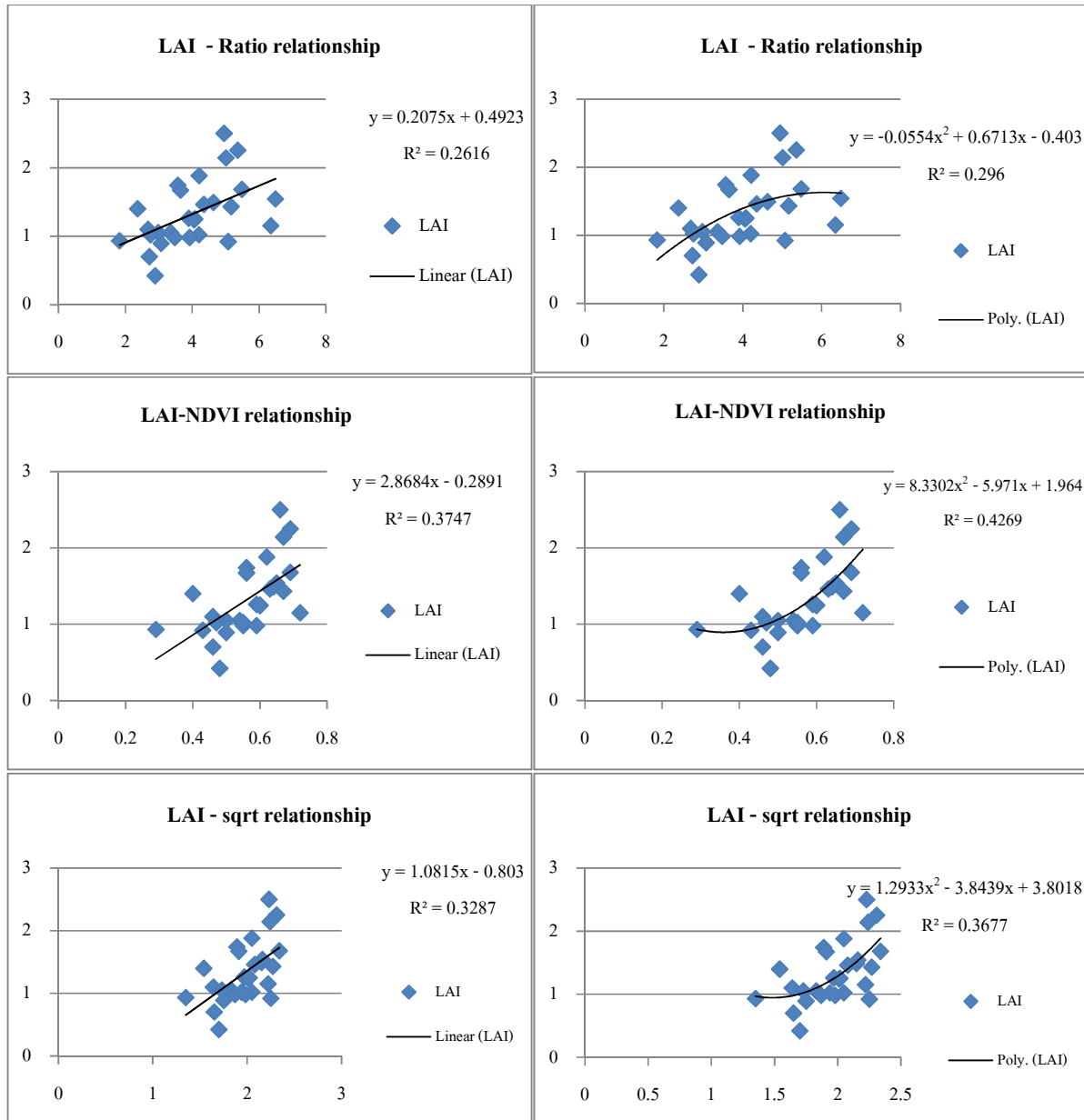
ความสัมพันธ์ของดัชนีพื้นที่ใบและดัชนีพืชพรรณประเภทต่าง ๆ พบความสัมพันธ์ได้แก่ LAI มีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันด้วยความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับ Ratio, Sqrt, TVI, Greenness และ NDWI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีความสัมพันธ์ในทิศทางเดียวกันด้วยความสัมพันธ์ในระดับต่ำกับ Wetness นอกเหนือจากนั้นยังมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความสัมพันธ์ในระดับปานกลางกับ NDVI, Brightness และ EVI อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ดังแสดงได้ดังตารางที่ 4

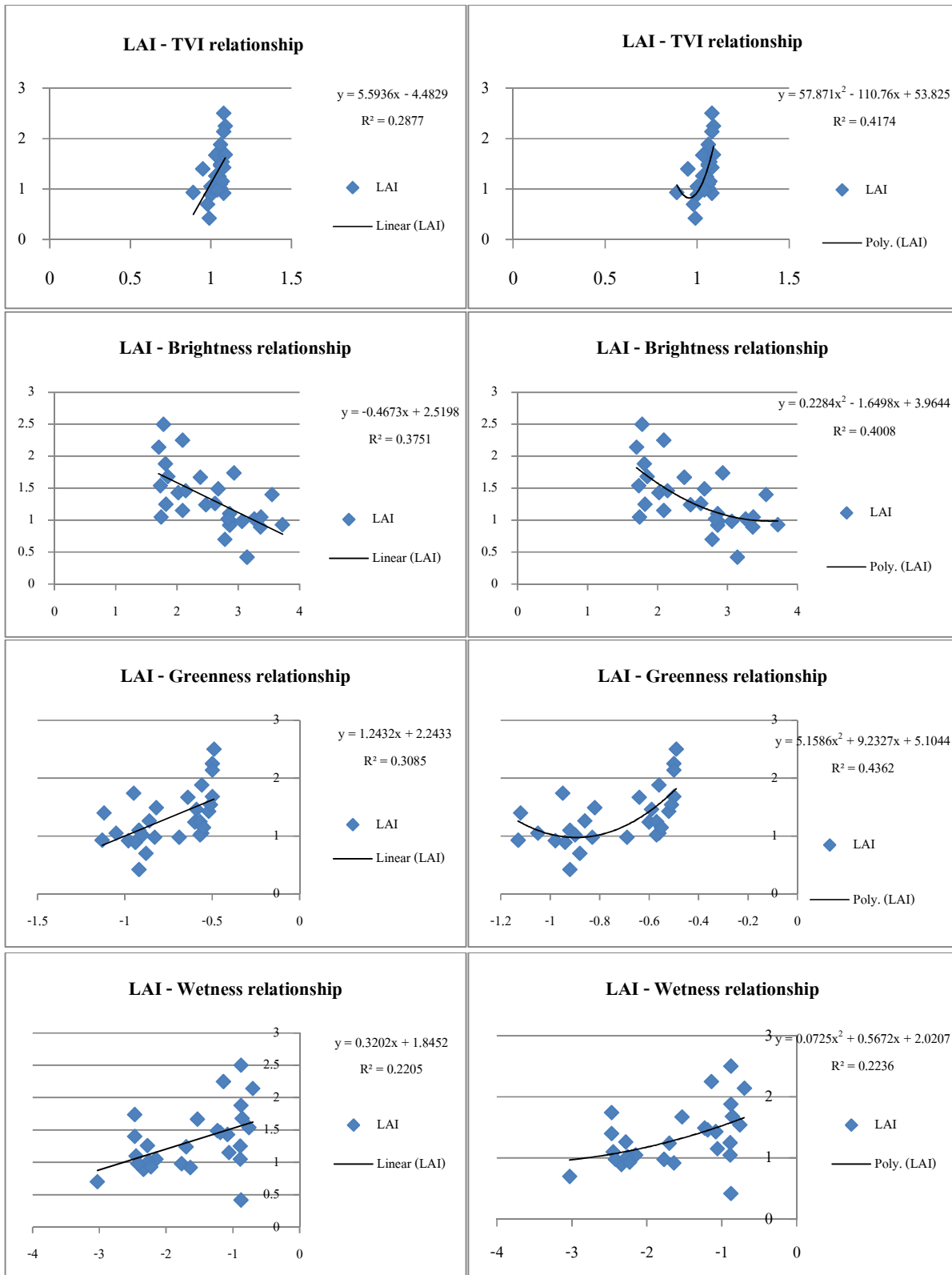
ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์ของดัชนีพื้นที่ใบและดัชนีพืชพรรณแบบต่าง ๆ

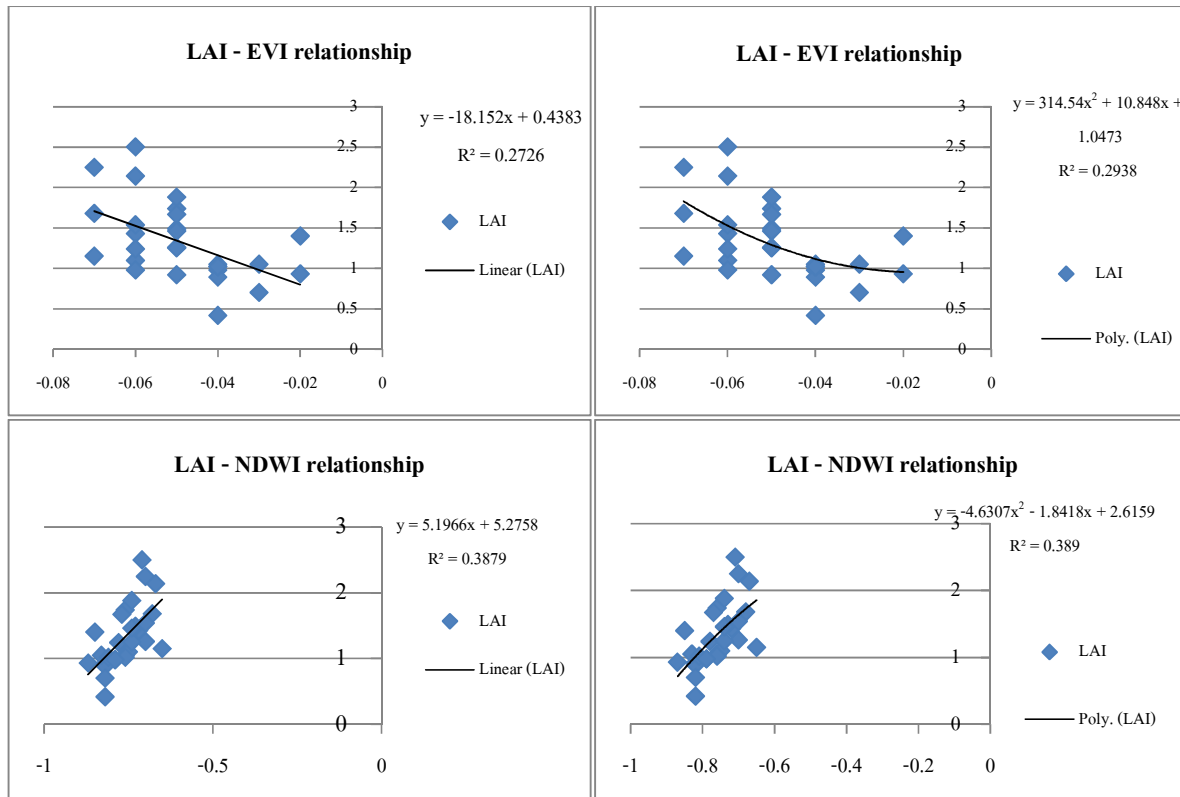
	LAI	Ratio	DVI	NDVI	SAVI	Sqrt	TVI	PVI	WDVI	Brightness	Greenness	Wetness	EVI	NDWI
LAI	1	.511**	-.045	-.612**	.308	.573**	.536**	.343	.334	-.612**	.555**	.470*	-.522**	.623**
Ratio		1	.191	.835**	.740**	.912**	.804**	.569**	.564**	-.711**	.678**	.670**	-.805**	.818**
DVI			1	.084	-.197	.185	-.033	.147	.298	-.143	.290	.394*	.076	.133
NDVI				1	.664**	.849**	.806**	.741**	.711**	-.782**	.808**	.649**	-.827**	.898**
SAVI					1	.773**	.813**	.710**	.633**	-.314	.312	.244	-.776**	.642
Sqrt						1	.911**	.613**	.598**	-.719**	.741**	.641**	-.814**	-.783**
TVI							1	.610**	.557**	-.698**	.699**	.526**	-.867**	.781**
PVI								1	.978**	-.233	.427*	.256	-.656**	.539**
WDVI									1	-.237	.444*	.288	-.609**	-.492**
Brightness										1	-.906**	-.790**	.692**	-.805
Greenness											1	.709**	-.735**	.741**
Wetness												1	-.534**	.625**
EVI													1	-.833**
NDWI														1

หมายเหตุ: ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 * มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.3.2 การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและดัชนีพื้นที่ใบในรูปแบบสมการเชิงเส้นและสมการพหุนาม
ความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและดัชนีพื้นที่ใบในรูปแบบสมการเชิงเส้นและสมการพหุนาม จำแนก
ตามการวิเคราะห์ด้วยสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน แสดงในรูปแบบสมการเชิงเส้นและสมการพหุนาม ดังรูป
ที่ 4







รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบและดัชนีพืชพรรณในรูปแบบต่าง ๆ

จากรูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบที่มีความสัมพันธ์สูงสุดกับดัชนีพืชพรรณแบบ Greenness ด้วยความสัมพันธ์แบบสมการพหุนาม ได้แก่ $LAI = 5.159(\text{Greenness})^2 + 9.233(\text{Greenness}) + 5.104$ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจร้อยละ 43.62 ($R^2 = 0.4362$) รองลงมาได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับดัชนีพืชพรรณแบบผลต่างนอร์มอลไลซ์ (NDVI) ด้วยความสัมพันธ์แบบสมการพหุนาม ได้แก่ $LAI = 8.330(\text{NDVI})^2 + 5.971(\text{NDVI}) + 1.964$ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจร้อยละ 42.69 ($R^2 = 42.69$)

6. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณและดัชนีพื้นที่ใบของไม้จันทน์ทองเทศในเขตพื้นที่โครงการหลวง จังหวัดเชียงใหม่ โดยดัชนีพื้นที่ใบมีความสัมพันธ์กับผลผลิตของพืชในรูปแบบมวลชีวภาพ โดยที่การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบมีความสำคัญต่อการติดตามการเปลี่ยนแปลงของพืช ดังนั้นการวิเคราะห์ดัชนีพื้นที่ใบจึงมีความสำคัญ ซึ่งการวิเคราะห์มีหลายวิธี เช่น การใช้เครื่องมือสำรวจดัชนีพื้นที่ใบ (LAI2000) แต่อุปกรณ์มีราคาแพงและไม่ยืดหยุ่นสำหรับต้นไม้ที่ไม่สูงมาก วิธีการอีกทางที่สามารถดำเนินการได้คือ การใช้ดัชนีพืชพรรณเป็น

การประมาณค่า ซึ่งจากการศึกษาของ Fan, Gao, Bruch and Bernhofer [13] พบว่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบ นอร์มอลไลซ์ สามารถประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบได้ดี และเหมาะสมกับต้นไม้ที่ไม่สูงมาก

การดำเนินงาน ได้แก่การวิเคราะห์ดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม LANDSAT 8 OLI การวิเคราะห์ ดัชนีพื้นที่ใบด้วยวิธี Hemispherical photographs และโปรแกรม Gap Light Analyzer ในแปลงตัวอย่าง 28 แปลง ในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง 7 แห่ง ได้แก่ ศูนย์ฯหมอกจำ่ม ศูนย์ฯ แก่น้อย ศูนย์ฯ หนองเจียว ศูนย์ฯ ห้วยลึก ศูนย์ฯ หนองหอย สถานีเกษตรหลวงอ่างขาง และสถานีเกษตรหลวงปางดะ

ผลการวิเคราะห์พบว่าดัชนีพื้นที่ใบที่มีค่าสูงจะพบบริเวณสถานีเกษตรหลวงอ่างขาง โดยที่ไม่จันทร์ทองเทศ มีอายุ เกิน 20 ปี ความสูงของพื้นที่สูงกว่า 1,000 เมตร ไม่จันทร์ทองเทศมีขนาดใหญ่และสูง รูปแบบการปลูกแบบ สวนป่า ระยะการปลูกขนาด 2x2 เมตร ขณะที่ดัชนีพื้นที่ใบที่มีค่าต่ำสุดได้แก่ บริเวณศูนย์ฯ หนองเจียว ไม่จันทร์ทองเทศ มีอายุ 14 ปี ความสูงของพื้นที่ต่ำกว่า 1,000 เมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเพียงอกเฉลี่ย 14 เซนติเมตร และความ สูง 13 เมตร รูปแบบการปลูกแบบสวนป่าและวนเกษตร ระยะการปลูกขนาด 2x2 เมตร พบมีการตัดกิ่ง การตัดสาข ขยายระยะ โดยเกษตรกรนำไม้ไปใช้ประโยชน์ ได้แก่ การเผาถ่าน ทำฟืน ใช้ไม้ซ่อมแซมบ้านเรือน ส่งผลให้ต้นไม้ ระยะที่ห่างกัน ดัชนีพื้นที่ใบจึงมีค่าน้อย

ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร พบว่า ดัชนีพืชพรรณ NDVI, Ratio, Sqrt, TNDVI, NDWI Brightness, Greenness, Wetness และ EVI มีความสัมพันธ์กับดัชนีพื้นที่ใบ โดย NDWI มีความสัมพันธ์สูงสุดกับ ดัชนีพื้นที่ใบ ด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.623 ($r = 0.623, p \leq 0.01$) เมื่อทดสอบด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้น และสมการพหุนามพบว่าดัชนีพื้นที่ใบและ Greenness มีความสัมพันธ์สูงสุดในรูปแบบสมการพหุนามด้วย สัมประสิทธิ์การตัดสินใจร้อยละ 43.62 ($R^2 = 0.4362$) รองลงมาได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ใบกับดัชนี พืชพรรณแบบผลต่างนอร์มอลไลซ์ (NDVI) ด้วยค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจร้อยละ 42.69 ($R^2 = 42.69$) ซึ่ง สอดคล้องกับการศึกษาของ Goswami, Gamon, Vargas and Tweedie [14] พบว่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบ นอร์มอลไลซ์ (NDVI) จะมีความสัมพันธ์กับมวลชีวภาพ ($R^2 = 0.83$) และดัชนีพื้นที่ใบ ($R^2 = 0.70$)

ดังนั้นดัชนีพืชพรรณ Greenness และ NDVI สามารถนำไปประเมินดัชนีพื้นที่ใบของไม้จันทร์ทองเทศได้ ซึ่งเป็นประโยชน์ในการติดตามการเติบโตของต้นไม้ โดยการจัดการสวนป่าของเกษตรกรในศูนย์พัฒนาโครงการหลวง มีผลต่อค่าดัชนีพื้นที่ใบ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป ควรจำแนกอายุของไม้จันทร์ทองเทศก่อนการวางแผน ตัวอย่าง และควรควบคุมการจัดการแปลงให้มีรูปแบบเดียวกันเพื่อให้ผลการวิเคราะห์มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- [1] B. Thaiutsa, “ Highland Reforestation Project A forestry Project of the Royal Project Foundation,”วารสาร การประชุมสัมมนาเยี่สิบปีโครงการป่าไม้ได้หัววัน/อ่างขาง, ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไอคอน พรินติ้ง, กรุงเทพฯ, 2553, หน้า 1 – 14.

- [2] กิตติศักดิ์ จินดาวงศ์. เงื่อนไขด้านนิเวศน์ ที่ดินและเศรษฐกิจที่มีผลต่อรูปแบบการปลูกป่าชาวบ้านและการใช้ประโยชน์เนื้อไม้ของเกษตรกรในพื้นที่ศูนย์พัฒนาโครงการหลวงหนองเขียว จังหวัดเชียงใหม่. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, 2553.
- [3] วิษณุ ดำรงสัจจิรี. การประยุกต์ใช้การสำรวจจากระยะไกลเพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ใบ และมวลชีวภาพของป่าที่อยู่เหนือพื้นดิน บริเวณอุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2544.
- [4] ชนิดา ทองฝาก. มวลชีวภาพและการกักเก็บคาร์บอนของไม้สัก ณ สวนทองป่าผามูมิ จังหวัดกาญจนบุรี. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2553.
- [5] สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ(องค์การมหาชน). *Landsat 8 Satellite*. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.gistda.or.th/main/en/node/93> [18 เมษายน 2559].
- [6] J.R. Jensen, "Introductory Digital Image Processing: A Remote Sensing Perspective," New Jersey: Prentice – Hall, 1996.
- [7] H. Kiyoshi. *DN to Reflectance*. [Online]. Available: http://www.rsgis.ait.ac.th/~honda/textbooks/advrs/DN2Reflectance_2p.pdf [December 13, 2016].
- [8] Anonymous. *Calculating the Vegetation Indices from Landsat8 image Using ArcGIS 10.1*. [Online]. Available: <http://grindgis.com/blog/vegetation-indices-arcgis> 13 [September 9, 2016].
- [9] U.S. Geological Survey. *Landsat 8 (L8) Data Users Handbook – Section 5*. [Online]. Available: <https://landsat.usgs.gov/landsat-8-l8-data-users-handbook-section-5> [December 21, 2016].
- [10] สุรเชษฐ์ ปิ่นแก้ว. การประมาณค่ามวลชีวภาพเหนือพื้นดินและดัชนีพื้นที่ผิวใบของป่าชายเลนโดยการใช้การสำรวจระยะไกล กรณีศึกษา อ่าวปากลือก จังหวัดภูเก็ต. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2557.
- [11] N. G. Silleos, T. K. Alexandridis, I. Z. Gitas and K. Perakis. *Vegetation Indices: Advanced Made in Biomass Estimation and Vegetation Monitoring in the Last 30 Years*. [Online]. Available: http://s3.amazonaws.com/academia.edu.documents/25475927/3_silleos.pdf?AWSAccessKeyId=AKIAJ56TQJRTWSMTNPEA&Expires=1482059247&Signature=vXsive%2B7D7Ih9y%2BsDtGnBpGpQ2A%3D&response-content-disposition=inline%3B%20filename%3DVegetation_indices_advances_made_in_biom.pdf [December 3, 2016].
- [12] Informer Technologies, Inc. *Gap light analyzer 2.0*, [Online]. Available: <http://gap-light-analyzer.software.informer.com/2.0/> [December 12, 2016].

- [13] L. Fan, Y. Gao, H. Bruck and Ch. Bernhofer. *Investigating the relationship between NDVI and LAI in semi – arid grassland in Inner Mongolia using in – situ measurement*. [Online]. Available: <http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00704-007-0369-2#page-1> [June 20, 2016].
- [14] S. Goswami, J.A. Gamon, S. Vargas and C.E. Tweedie. *Relationships of NDVI, Biomass and Leaf Area Index (LAI) for six key plant species in Barrow, Alaska*. [Online]. Available: <https://peerj.com/preprints/913.pdf> [June 20, 2016].