

การวิเคราะห์เปรียบเทียบการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม EO-1 ALI และ Hyperion สำหรับประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพารา

Comparative Analysis of EO-1 ALI and Hyperion Data for estimate Leaf area index of Rubber plantation

ศิวา แก้วปลั่ง^{1*} และ ชัยโชค ไวกาษา²

¹ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ จังหวัดขอนแก่น 40000

²อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมสำรวจ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้ทำการเปรียบเทียบการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพาราโดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล กับแบบมัลติสเปกตรัล เลือกทดสอบด้วยการใช้ดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) มาหาความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง โพลีโนเมียลกำลังสอง ลอการิทึม เอกโพเนนเชียลและฟังก์ชันเลขยกกำลัง เพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพารา ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมจาก Hyperion และ ALI ทำการเก็บข้อมูลสนาม 68 ชุดข้อมูล แบ่งข้อมูล ออกเป็น 2 ส่วนเท่าๆกัน คือ ข้อมูลในการสร้างแบบจำลอง และข้อมูลในการทดสอบแบบจำลอง ผลการศึกษาพบว่า การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพาราด้วยฟังก์ชันเลขยกกำลัง ให้ค่า R^2 สูงสุด ทั้งภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion และ ALI ในกรณีภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion ได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.738 (RMSE = $0.089 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) และ 0.624 (RMSE = $0.119 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) ในกรณีของชุดข้อมูลในการสร้างแบบจำลองและชุดข้อมูลทดสอบ ตามลำดับ ในส่วนภาพถ่าย ALI ได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.582 (RMSE = $0.165 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) และ 0.482 (RMSE = $0.280 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) ในกรณีของชุดข้อมูลในการสร้างแบบจำลองและชุดข้อมูลทดสอบ ตามลำดับ ซึ่งจากผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพาราโดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกลแบบไฮเปอร์สเปกตรัล ให้ผลที่ดีกว่าแบบมัลติสเปกตรัล

Abstract

In this paper, the ability to estimate the rubber plantation's leaf area index (LAI) of hyperspectral remote sensing with Hyperion satellite and multispectral remote sensing with Advance Land Image (ALI) satellite were compared. LAI was estimated by NDVI. Many mathematical models such as Linear, polynomial, Logarithm, Exponential and Power functions were used to determine the correlation between NDVI and LAI from field survey. Sixty eight LAI data from field survey was divided half for calibration and half for evaluation data sets. From many mathematical models, the power function give maximum R^2 both Hyperion and ALI, Hyperion give $R^2 = 0.738$ (RMSE = $0.089 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) and $R^2 = 0.624$ (RMSE = $0.119 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) for calibration and evaluation datasets respectively and $R^2 = 0.582$ (RMSE = $0.165 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) and $R^2 = 0.482$ (RMSE = $0.280 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$) for ALI. The result shows hyperspectral remote sensing is suitable to estimate LAI of rubber plantation than multispectral remote sensing

คำสำคัญ : ไฮเปอร์สเปกตรัล มัลติสเปกตรัล ยางพารา ดัชนีพื้นที่ผิวใบ

Keywords : Hyperspectral , Multispectral , Rubber plantation , Leaf area index

*ผู้นิพนธ์ประสานงานไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ siwakaewplang@yahoo.com โทร. 08 1547 5825

1. บทนำ

ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ (Leaf Area Index: LAI) คือ พารามิเตอร์ที่กำหนดขนาดทรงพุ่ม คิดเป็นครึ่งหนึ่งของพื้นที่ใบทั้งหมดทางด้านสี่เหลี่ยมต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ของที่ดิน (Haboudane et al., 2004) มีความสำคัญอย่างยิ่งในการวิเคราะห์ความสามารถในการให้ผลผลิตและกระบวนการผลิตของป่า ดัชนีพื้นที่ผิวใบเป็นข้อมูลสำคัญในแบบจำลองระบบนิเวศน์ แบบจำลองการเจริญเติบโตของพืช และแบบจำลองผลผลิต (Oleson and Bonan., 2000; van den Hurk et al., 2003) มีการนำข้อมูลดัชนีพื้นที่ผิวใบ ที่ได้จากข้อมูลการรับรู้จากระยะไกลไปใช้ประมาณชีวมวล และผลผลิต (Dente et al., 2008; Fang et al., 2008; Guérif & Duke, 2000; Prevot et al., 2003; Maas, 1988; Boegh et al., 2004; Dente et al., 2008)

การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบโดยตรงจากการสำรวจภาคสนามต้องใช้แรงงานและเวลาในการทำงานมาก จึงไม่เหมาะสมสำหรับการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบสำหรับพื้นที่ขนาดใหญ่ เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลเป็นทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสม โดยเฉพาะกับพื้นที่ขนาดใหญ่ เพราะเป็นวิธีการที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ลดระยะเวลาและแรงงานในการสำรวจ (Jensen and Binford, 2004; Jongschaap, 2006; Fang et al., 2003) กว่า 20 ปีที่ผ่านมา ดัชนีพืชพรรณต่างๆ ที่ได้มาจากการสำรวจระยะไกลแบบหลายช่วงคลื่น ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการประมาณตัวแปรของพืชผลทางการเกษตร รวมทั้งดัชนีพื้นที่ผิวใบด้วย รายงานการศึกษาของ Haboudane et al. (2002, 2004) พบว่า การบูรณาการดัชนีพืชพรรณจากเทคนิคการสำรวจระยะไกลแบบไฮเพอร์สเปกตรัม สามารถประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของพืชผลทางการเกษตรได้อย่างแม่นยำ และผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ดัชนีพืชพรรณที่ได้มาจากการรับรู้ระยะไกล มีความสำคัญในการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ

จากการตรวจสอบเอกสารพบว่า เทคนิคการสำรวจจากระยะไกลแบบไฮเพอร์สเปกตรัมให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ผิวใบหรือค่าตัวแปรทางชีววิทยาอื่นๆของพืช กับค่าดัชนีพืชพรรณดีกว่าผลที่ได้จากการใช้การสำรวจระยะไกลแบบหลายช่วงคลื่น (Lee, 2004; Mutanga and Skidmore, 2004; Pu et al., 2005; Thenkabail et al., 2004) เนื่องจากเทคนิคการสำรวจระยะไกลแบบไฮเพอร์สเปกตรัมมีจำนวนช่วงคลื่นที่มากกว่า เทคนิคการสำรวจระยะไกลแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral Remote Sensing)

จากการตรวจสอบเอกสารรายงานวิจัยการศึกษายางพาราด้วยการสำรวจจากระยะไกล Suratman et al. (2004) พบว่าช่วงคลื่น near infrared และ ช่วงคลื่น mid infrared ของข้อมูล Landsat TM มีความสัมพันธ์ที่ตรงระหว่างอายุและปริมาตรของไม้ยางพาราในมาเลเซีย พร้อมพัฒนาแบบจำลองการถดถอย (Regression Model) สำหรับใช้ในการประมาณปริมาตรและอายุไม้ยางพารา และ Suratman et al. (2005) ได้นำแบบจำลองการถดถอยแบบโลจิสติก (Logistic regression modeling) มาใช้ทำนายพื้นที่ปลูกยางพาราจากข้อมูลดาวเทียม Landsat TM. Monkolsawat et al. (2012) ทำการประมาณพื้นที่แปลงปลูกยางพาราในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ของประเทศไทย โดยการผสมผสานข้อมูลดาวเทียม SPOT THEOS และข้อมูลทางกายภาพของพื้นที่ศึกษา และ Chen et al. (2012) ได้ทำการพัฒนาแบบจำลองสำหรับประมาณอายุต้นยางพารา จากข้อมูล Landsat TM ในพื้นที่เกิดพายุไต้ฝุ่นและอากาศหนาวบริเวณเกาะ Hainan ประเทศจีน โดยอาศัยค่าดัชนีพืชพรรณจาก red และ infrared bands (band 3–5 และ 7) และ tasseled cap components พร้อมพัฒนาแบบจำลองสำหรับประมาณอายุของแปลงปลูกยางพาราโดยเทคนิคการวิเคราะห์การถดถอยแบบหลายตัวแปร (multivariate regression analysis techniques) เจษฎาและคณะ (2008) ทำการประเมินดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพาราโดยใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-5 ด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณกับค่าเฉลี่ยของดัชนีพื้นที่ใบ และจากรายงานการวิจัย ศิวาและชัยโชค (2013) ทำการประเมินการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม EO-1 Hyperion สำหรับประมาณดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพาราโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ผิวใบและดัชนีพืชพรรณ ด้วยฟังก์ชันคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง

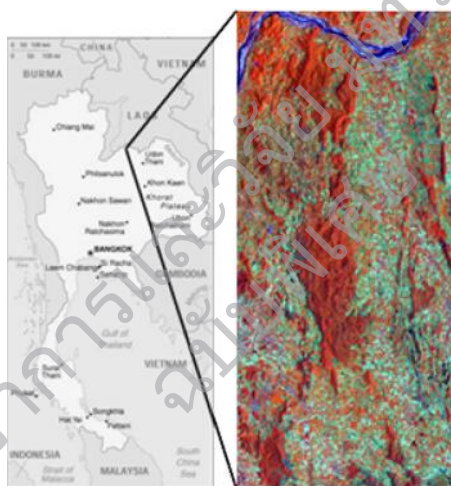
ซึ่งจากรายงานการศึกษาดังกล่าวข้างต้น พบว่าในอดีตที่ผ่านมาได้มีการนำการสำรวจข้อมูลจากระยะไกลเกี่ยวกับยางพาราไม่มากนัก ในงานวิจัยครั้งนี้จะทำการประเมินการประมาณดัชนีพื้นที่ผิวใบ ด้วยดัชนีพืชพรรณจากค่า

ขอบแดง โดยเลือกใช้ข้อมูลชนิดไฮเพอร์สเปกตรัม และข้อมูลชนิดมัลติสเปกตรัม ที่บันทึกข้อมูลบริเวณ อำเภอเชียงคาน จ.เลย และแบบจำลองที่เลือกใช้ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพื้นที่ผิวใบและดัชนีพืชพรรณ ด้วยฟังก์ชันคณิตศาสตร์แบบเส้นตรง โพลีโนเมียลกำลังสอง ลอการิทึม เอกโพเนนเชียลและฟังก์ชันเลขยกกำลัง โดยเลือกใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI โดยทุกแบบจำลองจะถูกตรวจสอบด้วยข้อมูลภาคสนามที่เป็นอิสระ เพื่อรายงานค่าความถูกต้องของการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบในรูปแบบของค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE)

2. วิธีการศึกษา

2.1 พื้นที่ศึกษา

พื้นที่ศึกษาครอบคลุมเขต ตำบลธาตุ อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย อยู่ที่พิกัด $18^{\circ}01'12.70''$ เหนือ และ $101^{\circ}53'15.53''$ ตะวันออก ดังแสดงในรูปที่ 1 มีลักษณะพื้นที่เป็นพื้นที่ภูเขา มีเทือกเขาเป็นจำนวนมาก มีลักษณะเป็นลูกคลื่นลอนลาดถึงลาดชัน พื้นที่ส่วนใหญ่เป็นพื้นที่ป่าไม้ ที่เป็นพื้นที่ป่าสงวนแห่งชาติที่เสื่อมโทรม มีการใช้ประโยชน์ที่ดินเพื่อการเกษตรหลายรูปแบบ เช่น ปลูกข้าว ทำไร่ ทำสวน ปลูกยางพารา และ ทำเกษตรกรรมอย่างอื่นๆ โดยมีพื้นที่ปลูกยางพาราที่อยู่ในรูปบริษัทและเกษตรกรรายย่อยรวมกันมากกว่า 25,000 ไร่



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษาดำบลปากชม ตำบลชมเจริญ ตำบลธาตุ อำเภอปากชม จังหวัดเลย

2.2 ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมที่ใช้ศึกษา

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ข้อมูลดาวเทียม EO1-Hyperion path 129 row 48 บันทึกเมื่อวันที่ 20 ธันวาคม 2009 โดยมี Spatial resolution 30x30 m. ทำการปรับแก้ geometrically corrected ให้มีค่าพิกัดในระบบอ้างอิง UTM Zone 47N WGS 1984 ใช้จุดควบคุมพื้นดิน (ground control points) 58 จุด กระจายทั้งภาพ เช่น ทางแยก ถนนสะพาน และสถานที่สำคัญอื่นๆ ที่ระบุได้อย่างชัดเจน และคำนวณความคลาดเคลื่อน (RMSE) ต้องน้อยกว่า 0.5 จุดภาพ (pixel) หรือ 15 เมตร ทำการ Resampling โดยใช้ Nearest neighbour และไม่มี การปรับแก้ radiometric correction ใช้แผนที่ L7018 มาตราส่วน 1:50,000 จากกรมแผนที่ทหารในการอ้างอิง

โดยภาพถ่ายดาวเทียมระบบ ALI เป็นภาพถ่ายดาวเทียมระบบมัลติสเปกตรัล ชนิดหนึ่งที่ได้จากกล้องถ่ายภาพ ALI ที่ติดตั้งบนดาวเทียม EO-1 และทำการบันทึกสัญญาณใน 10 band ในช่วงคลื่นไม่ต่อเนื่องกัน ในเวลาและสถานที่เดียวกันกับกล้องถ่ายภาพ Hyperion และภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion เป็นข้อมูลไฮเพอร์สเปกตรัล ชนิดหนึ่งทำการบันทึกข้อมูลและจัดเก็บเป็นช่วงคลื่นที่แคบๆติดต่อเนื่องกันไปหลายร้อยช่วง ภาพถ่ายดาวเทียมระบบ

Hyperion เป็นข้อมูลที่ได้จากกล้องถ่ายภาพ Hyperion ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม EO-1 ของประเทศสหรัฐอเมริกา นิยมเรียกชื่อว่าภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Hyperion โดยภาพมีลักษณะครอบคลุมพื้นที่เป็นแถบยาวครอบคลุมพื้นที่ประมาณ 7,500 ตารางกิโลเมตร ทำการบันทึกข้อมูลที่มีความกว้างช่วงคลื่น 10 nm ใน 1 band ต่อเนื่องติดต่อกันไปตั้งแต่ 356 -2578 nm จำนวนทั้งหมด 242 band และโคจรกลับมาถ่ายภาพซ้ำที่เดิมทุกๆ 16 วัน

2.3 วิธีการเก็บข้อมูลในภาคสนาม

ทำการเก็บข้อมูลสนามในระหว่างวันที่ 10-15 ธันวาคม 2552 โดยแปลงปลูกยางพาราที่เลือก สำหรับการสุ่มตัวอย่าง ซึ่งครอบคลุมโดยเกษตรกรรายย่อย และบริษัทภาคเอกชน ประกอบด้วยช่วงอายุยาง 5 - 25 ปี พื้นที่แปลงปลูกยางที่เลือกวางแปลงตัวอย่างมีขนาดไม่น้อยกว่า 5 ไร่ ในการเก็บข้อมูลจะใช้ขนาดแปลงตัวอย่างขนาดพื้นที่ 15x15 ตารางเมตร โดยอาศัยการสุ่มตัวอย่างอย่างเป็นระบบ และต้องมีต้นยางพาราอย่างน้อย 10 ต้น ต่อ แปลงตัวอย่าง และค่าเฉลี่ยของต้นยางพารานี้จะถูกใช้เพื่อแสดงแปลงตัวอย่าง ในแปลงตัวอย่างทั้งหมดจะวัดค่ารัศมีของเรือนยอดของต้นยางพาราโดยวัดจากด้านที่ยาวที่สุดจากลำต้นจนถึงวงขอบเรือนยอดของทุกต้นในแปลง และทำการบันทึกค่าเฉลี่ยของตำแหน่งแปลงปลูกโดยใช้เครื่องกำหนดตำแหน่งบนพื้นโลก (GPS) ดังแสดงในรูปที่ 2

โดยการคำนวณดัชนีพื้นที่ผิวใบของแต่ละแปลงศึกษาสามารถคำนวณตามสมการที่ 1 และ 2 และแสดงจำนวนต้นยางพาราและผลการสำรวจภาคสนามของค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของแปลงตัวอย่างทั้ง 68 แปลง

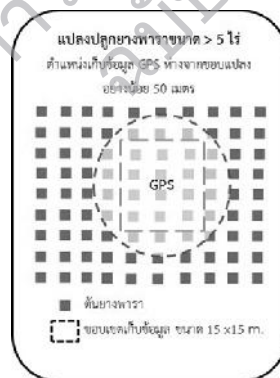
$$LAI = \sum_{i=1}^n (L.A._i) / Area \quad (1)$$

$$L.A. = \pi R^2 \quad (2)$$

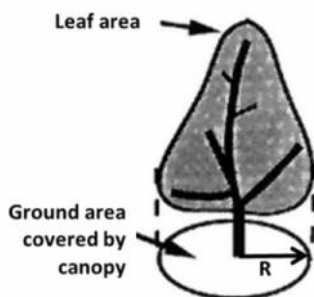
เมื่อ $\sum_{i=1}^n (L.A._i)$ คือ ผลรวมของค่าพื้นที่ผิวใบของต้นไม้ทุกต้นในแปลง

$Area$ คือ พื้นที่ของแปลงตัวอย่างขนาด 15 x 15 ตารางเมตร

R คือ รัศมีของเรือนยอดต้นไม้วัดจากด้านที่ยาวที่สุดจากลำต้นจนถึงวงขอบเรือนยอด ดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 การเก็บพิกัดและข้อมูลต้นยางพาราภายในแปลงปลูกยางพารา



รูปที่ 3 แสดงการวัดคาร์คัมของเรือนยอดต้นไม้ (R)

2.4 การประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจากดัชนีพืชพรรณ

Rouse et al.(1974) ได้พัฒนาค่าดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)) ซึ่งเป็นค่าดัชนีพืชพรรณที่นำมาประยุกต์ใช้กันอย่างกว้างขวาง (Jensen, 2007) สำหรับใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงการเจริญเติบโตของพืชตามฤดูกาลและการเปลี่ยนแปลงระหว่างฤดูกาล ติดตามรูปแบบชีพลักษ์ของพืชและประเมินค่าความยาวของช่วงเวลาของฤดูกาลการเจริญเติบโตของพืชและช่วงเวลาเก็บเกี่ยว (dry-down periods) (Huete and Liu, 1994) โดยใช้ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) และช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) ในการคำนวณ

ในการศึกษาครั้งนี้ทำการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจากดัชนีพืชพรรณ Normalized Difference Vegetation Index ตามสมการที่ 3 และ 4 และนำมาหาความสัมพันธ์กับค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ได้จากการสำรวจภาคสนามในรูปความสัมพันธ์ของฟังก์ชันแบบเส้นตรง โพลีโนเมียลกำลังสอง ลอการิทึม เอกโพเนนเชียลและฟังก์ชันเลขยกกำลัง

$$NDVI_{705} = (R_{750} - R_{705}) / (R_{750} + R_{705}) \quad (3)$$

เมื่อ R_{750} คือ ค่าการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 750 nm สำหรับข้อมูลภาพดาวเทียม Hyperion
 R_{705} คือ ค่าการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 705 nm สำหรับข้อมูลภาพดาวเทียม Hyperion

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R) \quad (4)$$

เมื่อ NIR คือ ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (Near Infrared) (Band 4)
สำหรับข้อมูลภาพดาวเทียม ALI
R คือ ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นแสงสีแดง (Red) (Band 3)
สำหรับข้อมูลภาพดาวเทียม ALI

ข้อมูลดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ได้จากการสำรวจภาคสนามรวมทั้ง 68 แปลงตัวอย่าง ที่มีปริมาณข้อมูลสนามที่เพียงพอต่อการประมาณดัชนีพื้นที่ผิวใบ (Haboudane et al., 2004) จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มเท่าๆกัน คือกลุ่มข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลอง (Calibration Data Sets) จำนวน 34 แปลงตัวอย่าง และกลุ่มข้อมูลในการทดสอบแบบจำลอง (Evaluation Data Sets) จำนวน 30 แปลงตัวอย่าง และทำการประเมินความน่าเชื่อถือ ทางสถิติของแบบจำลอง โดยใช้ค่ารากที่สองของค่าคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE) ซึ่งเป็นค่าสถิติที่ใช้วัดความแม่นยำของการประมาณ ตามสมการที่ 5

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2} \quad (5)$$

เมื่อ y_i คือ ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ได้จากการแบบจำลอง
 $\hat{y}_i$ คือ ค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ได้จากการสำรวจในสนาม

ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion และ ALI จะถูกนำมาคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ของจุดภาพที่มีค่าพิกัดทางภูมิศาสตร์ตรงกันกับค่าพิกัดภูมิศาสตร์ของแปลงตัวอย่าง จากนั้นนำค่าดัชนีพืชพรรณที่ได้มาหาความสัมพันธ์ด้วยแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยฟังก์ชันแบบเส้นตรง โพลีโนเมียลกำลังสอง ลอการิทึม เอกโพเนนเชียล และฟังก์ชันเลขยกกำลัง เพื่อใช้ประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ โดยแต่ละแบบจำลองจะถูกคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of determination, R^2) เพื่อบ่งบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบกับดัชนีพืชพรรณ และคำนวณค่า RMSE เพื่อใช้วัดความแม่นยำของการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ

ผลการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยกำหนดให้ผลการสำรวจภาคสนามของค่า LAI จากชุดข้อมูลสร้างแบบจำลอง (Calibration Data Sets) เป็น Dependent variable (Y) และ ดัชนีพืชพรรณ (NDVI) เป็น Independent Variable (X) ด้วยฟังก์ชันเส้นตรง โพลีโนเมียลกำลังสอง ลอการิทึม เอกโพเนนเชียลและฟังก์ชันเลขยกกำลัง โดยกรณีข้อมูล Hyperion ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.695 – 0.738 ผลของการทดสอบแบบจำลอง (Evaluation Data Sets) ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.605 – 0.624 และค่า RMSE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.116 – 0.122 $m^2 m^{-2}$ ในขณะที่กรณีข้อมูล ALI ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.527 – 0.582 ผลของการทดสอบแบบจำลอง (Evaluation Data Sets) ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.445 – 0.482 และค่า RMSE มีค่าอยู่ระหว่าง 0.280 – 0.315 $m^2 m^{-2}$ ดังตารางที่ 1–2 และรูปที่ 4–5

ตารางที่ 1 สรุปผลการทดลองการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจากดัชนีพืช NDVI ที่ได้จากข้อมูล Hyperion

ฟังก์ชัน	Calibration Data Sets (Model, n=30)		Evaluation Data Sets (Testing, n=30)	
	R^2	RMSE ($m^2 m^{-2}$)	R^2	RMSE ($m^2 m^{-2}$)
เลขยกกำลัง	0.738	0.089	0.624	0.119
เส้นตรง	0.703	0.095	0.609	0.120
ลอการิทึม	0.710	0.092	0.614	0.122
โพลีโนเมียลกำลังสอง	0.701	0.099	0.616	0.115
เอกโพเนนเชียล	0.695	0.109	0.605	0.116

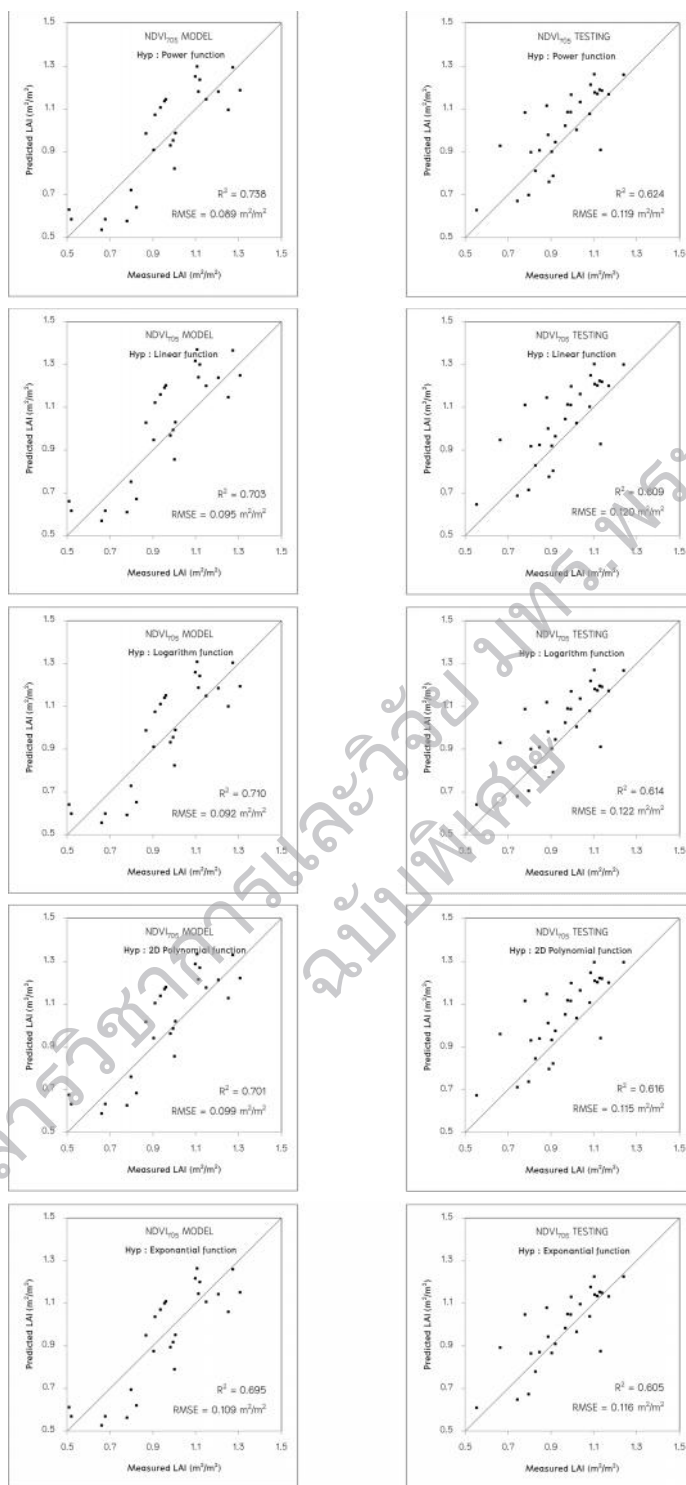
ตารางที่ 2 สรุปผลการทดลองการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจากดัชนีพืช NDVI ที่ได้จากข้อมูล ALI

ฟังก์ชัน	Calibration Data Sets (Model , n=30)		Evaluation Data Sets (Testing , n=30)	
	R ²	RMSE (m ² m ⁻²)	R ²	RMSE (m ² m ⁻²)
เลขยกกำลัง	0.582	0.165	0.482	0.280
เส้นตรง	0.527	0.168	0.457	0.282
ลอการิทึม	0.555	0.185	0.452	0.282
โพลีโนเมียลกำลังสอง	0.531	0.178	0.456	0.292
เอกโพเนนเชียล	0.528	0.218	0.445	0.315

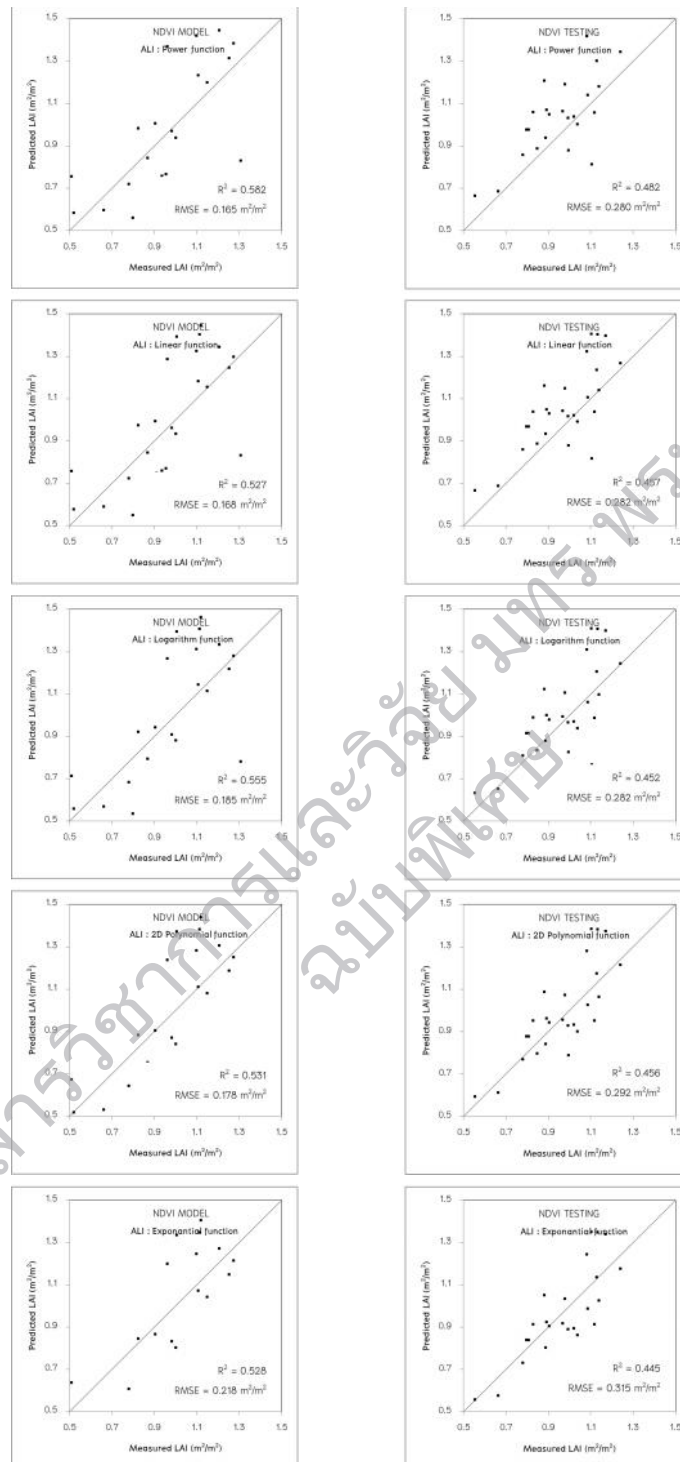
3. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

จากผลการวิจัยพบว่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่ใช้ในการศึกษา มีความสัมพันธ์ที่ดีในการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ (LAI) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานการวิจัยของ Sims and Gamon (2002) และ Wu et al. (2010) จากผลการศึกษาพบว่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพารา ที่ทำการประมาณโดยใช้การสำรวจระยะไกลแบบไฮเพอร์สเปกตรัม ให้ผลการประมาณค่าได้ดีกว่า ใช้การสำรวจระยะไกลแบบมัลติสเปกตรัม (Lee, 2004; Mutanga and Skidmore, 2004; Pu et al., 2005; Thenkabail et al., 2004) แต่อย่างไรก็ตาม มีลักษณะบางอย่าง ที่จำเป็นต้องคำนึงถึงในการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจากการสำรวจระยะไกล ประการแรก คือ ข้อมูลแบบไฮเพอร์สเปกตรัมแบ่งช่วงคลื่นออกเป็นช่วงแคบๆ ทำให้การสำรวจช่วงคลื่นมีลักษณะต่อเนื่อง ใช้จำแนกการเปลี่ยนแปลงของพืชจากลักษณะเฉพาะของการสะท้อนแสง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลแบบไฮเพอร์สเปกตรัม มีความไวต่อสิ่งรบกวน เช่น ลักษณะกิ่งก้านสาขาและลำต้น (Kucharik et al., 1998) ซึ่งสามารถอธิบายว่ารายงานการวิจัยบางส่วนระบุว่าไม่มีความแตกต่างกันจากการประมาณตัวแปรทางกายภาพโดยใช้การสำรวจแบบมัลติสเปกตรัลและไฮเพอร์สเปกตรัม จากดัชนีพืชพรรณ (Broge and Mortensen, 2002) ประการที่สอง การประยุกต์ใช้การสำรวจระยะไกล ความถูกต้องของการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจะขึ้นอยู่กับทางเลือกใช้ดัชนีพืชพรรณให้เหมาะสมกับ สายพันธุ์ และความสมบูรณ์ของพืช ประการที่สาม การวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าเราสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณที่ได้จากข้อมูลแบบไฮเพอร์สเปกตรัม ประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพาราในสนามได้อย่างดี อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ที่ได้เป็นชุดข้อมูลตัวอย่าง ควรจะมีการทำวิจัยเพิ่มเติมเพื่อประเมินการประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบจากดัชนีพืชพรรณชนิดอื่นและวิธีการเก็บตัวอย่างข้อมูลดัชนีพื้นที่ผิวใบในสนามด้วยวิธีอื่นๆประกอบ

วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร ฉบับพิเศษ
การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5



รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ตรวจวัดได้จริง (Measured LAI) กับค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ทำนายได้ (Predicted LAI) จากชุดข้อมูลใช้สร้างแบบจำลอง (Model) และการทดสอบแบบจำลอง (Testing) จากข้อมูล Hyperion



รูปที่ 5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ตรวจวัดได้จริง (Measured LAI) กับค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบที่ทำนายได้ (Predicted LAI) จากชุดข้อมูลใช้สร้างแบบจำลอง (Model) และการทดสอบแบบจำลอง (Testing) จากข้อมูล ALI

4. สรุป

ผลการวิจัยได้ทำการประเมินการใช้ดัชนีพืชพรรณ NDVI เพื่อเปรียบเทียบในการใช้ประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบ (LAI) ของยางพารา โดยใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion และ ALI จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่า ดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพาราที่ใช้ข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม Hyperion สามารถประมาณได้ถูกต้องโดยได้ค่า RMSE อยู่ระหว่าง $0.116 - 0.122 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ และข้อมูลจากภาพถ่ายดาวเทียม ALI ได้ค่า RMSE อยู่ระหว่าง $0.280 - 0.315 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$

5. เอกสารอ้างอิง

- เจษฎา โสภารัตน์ , สายันท์ สดุดี และ เซวณ ยงเฉลิมชัย. 2008. การประยุกต์ใช้ภาพถ่ายดาวเทียม SPOT-5 เพื่อประเมินดัชนีพื้นที่ใบของยางพารา กรณีศึกษา อำเภอนาหม่อม จังหวัดสงขลา. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย, 9(3), 35-46
- คิลา แก้วปลั่ง และ ชัยโชค ไวกาษา. 2013. การประเมินการใช้ข้อมูลจากดาวเทียม EO-1 Hyperion สำหรับประมาณดัชนีพื้นที่ผิวใบของยางพารา. วารสารสมาคมสำรวจข้อมูลระยะไกลและสารสนเทศภูมิศาสตร์แห่งประเทศไทย, 14(1), 17-25
- Boegh, E., Thorsen, M., Butts, M.B., Hansen, S., Christiansen, J.S., Abrahamsen, P., Hasager, C.B., Jensen, N.O., Van Der Keur, P., Refsgaard, J.C., Schelde, K., Soegaard, H. and Thomsen, A. 2004. Incorporating remote sensing data in physically based distributed agro-hydrological modelling. *Journal of Hydrology*, 287(1-4), 279–299.
- Broge, N.H. and Leblanc, E. 2001. Comparing prediction power and stability of broadband and hyperspectral vegetation indices for estimation of green leaf area index and canopy chlorophyll density. *Remote Sensing of Environment*, 76(2), 156–172.
- Broge, N.H. and Mortensen, J.V. 2002. Deriving green crop area index and canopy chlorophyll density of winter wheat from spectral reflectance data. *Remote Sensing of Environment*, 81(1), 45–57.
- Chen, B., Cao, J., Wang, J., Wu, Z., Tao, Z., Chea, J., Yang, C. and Xie, G. 2012. Estimation of rubber stand age in typhoon and chilling injury afflicted area with Landsat TM data: A case study in Hainan Island, China. *Forest Ecology and Management*, 274(1), 222–230.
- Dente, L., Satalino, G., Mattia, F. and Rinaldi, M. 2008. Assimilation of leaf area index derived from ASAR and MERIS data into CERES-Wheat model to map wheat yield. *Remote Sensing of Environment*, 112(4), 1395–1407.
- Fang, H., Liang, S., Hoogenboom, G., Teasdale, J., and Cavigelli, M. 2008. Corn-yield estimation through assimilation of remotely sensed data into the CSM-CERES-Maize model. *International Journal of Remote Sensing*, 29(10), 3011–3032.
- Fang, H.L., Liang, S.L. and Kuusk, A. 2003. Retrieving leaf area index using a genetic algorithm with a canopy radiative transfer model. *Remote Sensing of Environment*, 85(3), 257–270.
- Guérif, M. and Duke, C. L. 2000. Adjustment procedures of a crop model to the site specific characteristics of soil and crop using remote sensing data assimilation. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 81(1), 57–69.

- Haboudane, D., Miller, J.R., Tremblay, N., Zarco-Tejada, P.J. and Dextraze, L. 2002. **Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content**. *Remote Sensing of Environment*, 81(2-3), 416–426.
- Haboudane, D., Miller, J.R., Pattey, E., Zarco-Tejada, P.J. and Strachan, I. 2004. **Hyperspectral vegetation indices and novel algorithms for predicting green LAI of crop canopies: modeling and validation in the context of precision agriculture**. *Remote Sensing of Environment*, 90(3), 337–352.
- Jensen, R.R. and Binford, M.W. 2004. **Measurement and comparison of Leaf Area Index estimators derived from satellite remote sensing techniques**. *International Journal of Remote Sensing*, 25(20), 4251–4265.
- Jongschaap, Raymond E.E. 2006. **Run-time calibration of simulation models by integrating remote sensing estimates of leaf area index and canopy nitrogen**. *European Journal of Agronomy*, 24(4), 316–324.
- Kucharik, C.J., Norman, J.M. and Gower, S.T. 1998. **Measurements of branch area and adjusting leaf area index indirect measurements**. *Agricultural and Forest Meteorology*, 91(1-2), 69–88.
- Lee, K. 2004. **Hyperspectral versus multispectral data for estimating leaf area index in four different biomes**. *Remote Sensing of Environment*, 91(3-4), 508–520.
- Maas, S.J. 1988. **Using satellite data to improve model estimates of crop yield**. *Agronomy Journal*, 80(4), 655–662.
- Monkolsawat, C. and Putklang, W. 2012. **An approach for Estimating area of rubber plantation: Integrating satellite and physical data over the Northeast Thailand**. Retrieved February 10, 2012, from <http://www.a-a-r-s.org/acrs/proceeding/ACRS2010/Papers/Oral%20Presentation/TS36-1.pdf>
- Mutanga, O., and Skidmore, A.K. 2004. **Narrow band vegetation indices overcome the saturation problem in biomass estimation**. *International Journal of Remote Sensing*, 25(19), 3999–4014.
- Oleson, K. W. and Bonan, G. B. 2000. **The effects of remotely sensed plant functional type and leaf area index on simulations of boreal forest surface fluxes by the NCAR land surface model**. *Journal of Hydrometeorology*, 1(5), 431–446.
- Prevot, L., Chauki, H., Troufleau, D., Weiss, M., Baret, F. and Brisson, N. 2003. **Assimilating optical and radar data into the STICS crop model for wheat**. *Agronomie*, 23(4), 297–303.
- Pu, R. and Gong, P. 2004. **Wavelet transform applied to EO-1 hyperspectral data for forest LAI and crown closure mapping**. *Remote Sensing of Environment*, 91(2), 212–224.
- Pu, R., Yu, Q., Gong, P. and Biging, G.S. 2005. **EO-1 Hyperion, ALI and Landsat 7 ETM+ data comparison for estimating forest crown closure and leaf area index**. *International Journal of Remote Sensing*, 26(3), 457–474.

- Sims, D.A. and Gamon, J.A. 2002. **Relationships between leaf pigment content and spectral reflectance across a wide range of species, leaf structures and developmental stages.** Remote Sensing of Environment, 81(2-3), 337-354.
- Suratman M.N., Bull G.Q., Leckie D.G., Lemay V.M., Marshall P.L., and Mispan M.R. 2004. **Prediction models for estimating the area, volume, and age of rubber (Hevea brasiliensis) plantations in Malaysia using Landsat TM data.** International Forestry Review, 6(1), 1-12.
- Suratman, N.M., V.M, LeMay, G.Q. Bull, D.G.Leckie, N. Walsworth and P.L. Marshall. 2005. **Logistic regression modeling of thematic mapper data for rubber (Hevea brasiliensis) area mapping,** Science Letters, 2(1), 79-84.
- Thenkabail, P.S., Enclona, E.A., Ashton, M.S., Legg,C., and De Dieu, M.J. 2004. **Hyperion, IKONOS, ALI, and ETM+ sensors in the study of African rainforests.** Remote Sensing of Environment, 90(1), 23-43
- Van den Hurk, B. J. J.M., Viterbo, P. and Los, S. O. 2003. **Impact of leaf area index seasonality on the annual land surface evaporation in a global circulation model.** Journal of Geophysical Research, 108(6), 4191-4199
- Wu, C., Han, X., Niu,Z. and Dong, J. 2010. **An evaluation of EO-1 hyperspectral Hyperion data for chlorophyll content and leaf area index estimation.** International Journal of Remote Sensing, 31(4), 1079-1086