

ชื่อโครงการ การจัดทำฐานข้อมูลค่าการสะท้อนแสงลายเซ็นเชิงคลื่น (spectral signature)
 ของพืชเศรษฐกิจในรอบปี

ผู้วิจัย ทศนัศว์ รัตนแก้ว

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีการสำรวจระยะไกลในปัจจุบันมีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว ทำให้สามารถได้รับการยอมรับอย่างกว้างขวางถึงศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพและความน่าเชื่อถือในการตรวจสอบและติดตามการเจริญเติบโตของพืช โดยโครงการนี้มีวัตถุประสงค์ 1. สร้างฐานข้อมูลการสำรวจระยะไกลในรอบปีของพืชเศรษฐกิจจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม 2. ศึกษารูปแบบการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสะท้อนแสงในรอบปี 3. ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับลักษณะข้อมูลการเจริญเติบโตที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม โดยใช้ข้อมูลการสำรวจระยะไกลจากดาวเทียม Sentinel 2 ที่มีการคำนวณดัชนีพืชพรรณ เช่น Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) และ Normalized Difference Infrared Index (NDII) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด ของประเทศไทย ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด ยางพารา และปาล์มน้ำมัน ผลการวิจัยพบว่าการสะท้อนแสงของพืชแต่ละชนิดมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปีและสอดคล้องกับข้อมูลการเติบโต เช่น ความสูง ความกว้างของทรงพุ่ม ขนาดลำต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ ดังนั้นข้อมูลการสำรวจระยะไกลจึงมีศักยภาพในการเจริญเติบโตของพืชเศรษฐกิจเขตร้อนทั้ง 5 ชนิดและการติดตามสุขภาพของพืช และพบว่าภาพถ่ายดาวเทียมในบางเดือนสามารถนำมาใช้สร้างแบบจำลองการประเมินการเจริญเติบโตบางอย่างของพืชได้ เช่น ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดลำต้น และ ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ โดยประสิทธิภาพของโมเดลขึ้นอยู่กับชนิดของดัชนีพืชพรรณที่นำมาใช้

ABSTRACT

Nowadays, a rapid advancement of remote sensing technology has led to widespread recognition of its potential to improve the efficiency and reliability of crops inspection and monitoring. The objectives of this project are 1. To create a database of annual remote sensing data of economic crops from satellite imagery, 2. To study the cultivation patterns of economic crops based on annual changes in reflectance values. 3. To study the relationship between spectral signatures and growth characteristics obtained from field surveys. The remote sensing data from Sentinel 2 were calculated vegetation indices such as Normalized Difference Vegetation Index (NDVI), Green Normalized Difference Vegetation Index (GNDVI) and Normalized Difference Infrared Index (NDII) to study the correlation with crops growth parameters of five economic crops of Thailand such as sugarcane, cassava, pineapple, oil palm, and pararubber. The results show that spectral reflectance of each crop change all year round and synchronized with growth data such as height, canopy width, stem size, and leaves chlorophyll content. Therefore, the remote sensing data has a potential for the 5 economic tropical crops growth and health monitoring. The satellite imagery from some month can be used to create crop growth assessment models including height, canopy width, and stem size and leaves chlorophylls content. In addition, the effectiveness of the model depends on the type of vegetation index used.

คำนำ

การใช้เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลซึ่งการได้มาของข้อมูลที่ได้จากการเก็บรวบรวมค่าการสะท้อนแสงของวัตถุต่าง ๆ บนพื้นโลกมีความสำคัญมากในการบริหารจัดการและปรับปรุงงานด้านเกษตรกรรมและธุรกิจเกษตรในประเทศไทย โดยในปัจจุบันเทคโนโลยีสำรวจระยะไกลได้มีก้าวหน้าอย่างมีนัยสำคัญ โดยเฉพาะในภาพถ่ายดาวเทียมและอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ที่มีการพัฒนารายละเอียดภาพ (spatial resolution) สูงขึ้น และสามารถจัดเก็บข้อมูลได้ในหลายช่วงคลื่น (spectral resolution) ทำให้สามารถเลือกใช้ช่วงคลื่นที่เหมาะสมต่อการศึกษาด้านต่าง ๆ ได้มากขึ้น ข้อมูลจากเทคโนโลยีสำรวจระยะไกลเป็นข้อมูลเทคโนโลยีภูมิสารสนเทศในรูปแบบดิจิทัลที่สำคัญสำหรับการติดตามด้านสิ่งแวดล้อมและพืชผล เนื่องจากมีคุณภาพสูง สามารถวิเคราะห์ได้ตามช่วงเวลา และเป็นปัจจัยพื้นฐานสำคัญสำหรับการจัดทำและปรับปรุงฐานข้อมูลแผนที่สภาพการใช้ที่ดินทั่วทั้งประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยมีพื้นที่ประมาณ 321 ล้านไร่ โดยมีพื้นที่สำหรับการเกษตรประมาณ 138 ล้านไร่ หรือ 43 เปอร์เซ็นต์ของเนื้อที่ประเทศ โดยภาคเกษตรมีบทบาทสำคัญในเศรษฐกิจ โดยรายได้จากภาคเกษตรคิดเป็น 6 เปอร์เซ็นต์ของผลิตภัณฑ์มวลรวมของประเทศ และมีการจ้างงานถึงเกือบ 1 ใน 3 ของกำลังแรงงานพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยมีความสำคัญในการส่งออกและที่ลำดับต้นของโลก เช่นอ้อยที่เป็นผู้ส่งออกน้ำตาลอันดับที่ 2 ของโลก มันสำปะหลังที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์และผลิตภัณฑ์อื่น ๆ สับปะรดที่มีส่วนสำคัญในอุตสาหกรรมอาหาร ยางพาราและปาล์มน้ำมันที่มีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมต่างๆ ทำให้เกษตรกรไทยได้รับรายได้จากการผลิตพืชเหล่านี้ เทคโนโลยีสำรวจระยะไกลเข้ามามีบทบาทสำคัญในการจัดการด้านเกษตรกรรมและธุรกิจเกษตร ซึ่งช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถติดตามและบริหารจัดการการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยความสามารถของเทคโนโลยีสำรวจระยะไกลในการวิเคราะห์และตรวจสอบข้อมูลทางการเกษตร ประเทศไทยสามารถพัฒนาและสร้างความมั่นคง

ทางรายได้ให้กับเกษตรกรและภาคธุรกิจเกษตรได้มากขึ้น และเป็นประโยชน์ทั้งในด้านการบริหารจัดการ การศึกษา จัดทำข้อมูลการสำรวจระยะไกลเพื่อช่วยในการวิเคราะห์และตรวจสอบพื้นที่ปลูกและการเจริญเติบโตของพืชที่สำคัญ ในเศรษฐกิจไทย ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด ยางพารา และปาล์มน้ำมัน จะทำให้ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพ ในการบริหารจัดการพืชดังกล่าวได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อเกษตรกรที่จะสามารถเพิ่มรายได้จากการจัดการที่ดีขึ้น ภาครัฐและเอกชนจะสามารถบริหารจัดการพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจดังกล่าว ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. คัดเลือกพื้นที่ดำเนินการ โดยคัดเลือกลุ่มน้ำย่อยที่มีพื้นที่ปลูกพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด ยางพารา และปาล์มน้ำมัน เป็นหลัก
2. รวบรวมฐานข้อมูลแผนที่เชิงเลข และข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับการปลูกพืชเศรษฐกิจทั้ง 5 ชนิด
3. คัดเลือกแปลงศึกษาในลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษาเพื่อใช้เป็นแปลงข้อมูลอ้างอิงสำหรับการศึกษาค่าลายเซ็นต์เชิงคลื่นและการเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของพืชที่เปลี่ยนแปลงในรอบปี โดยมีขั้นตอนดังนี้
 - 3.1 คัดเลือกแปลงข้อมูลอ้างอิง โดยสุ่มคัดเลือกแปลงตัวอย่างแบบมีระบบ (systematic sampling) ตามชนิดพืชให้กระจายทั่วลุ่มน้ำย่อยที่ทำการศึกษา
 - 3.2 คัดเลือกแปลงข้อมูลอ้างอิง (reference plots) ของพืชแต่ละชนิดแบบจำเพาะเจาะจง (purposive sampling) โดยพิจารณาเลือกแปลงที่มีขนาด 10 – 50 ไร่
4. รวบรวมข้อมูลและเตรียมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel 2 ชนิด COPERNICUS/S2 บริเวณลุ่มน้ำลำภาชี โดยการคำนวณค่าดัชนีพืชพรรณ 3 ชนิด ได้แก่ ดัชนี NDVI ดัชนี GNDVI และ ดัชนี NDII ผ่าน <https://code.earthengine.google.com/> ซึ่งค่าที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยรายเดือนของทุกเดือนในปีที่ศึกษา

ตารางที่ 1 ดัชนีพืชพรรณชนิดต่างๆ

ลำดับ	ดัชนีพืชพรรณ	สูตร	อ้างอิง
1	NDVI	$(NIR - red) / (NIR + red)$	Rouse <i>et al.</i> , 1974
2	GNDVI	$(NIR - Green) / (NIR + Green)$	Gitelson <i>et al.</i> , 1996
3	NDII	$(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$	Hunt and Rock, 1989

5. เก็บข้อมูลภาคสนาม ทำการสำรวจและเก็บข้อมูลพืชในแปลงข้อมูลอ้างอิง ได้แก่ ความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดลำต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์ โดยใช้เครื่องวัดคลอโรฟิลล์ SPAD-502 บริษัท Konica Minolta โดยการสุ่มเก็บข้อมูลพืชในแปลงข้อมูลอ้างอิงทำการวัดจากพืช 5 ต้นต่อแปลงเพื่อหาค่าเฉลี่ย โดยต้นที่สุ่มจะเลือกต้นที่มีการเจริญเติบโตที่ใกล้เคียงกันทั้งแปลงและสุ่มเก็บหลายจุดให้กระจายทั่วทั้งแปลง
6. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลค่าการสะท้อนแสงกับข้อมูลภาคสนาม โดยใช้สมการถดถอย (regression model) โดยพิจารณาค่าความสัมพันธ์จากค่า p-value และ r-square โดยใช้โปรแกรม SAPSS ประมวลผลทางสถิติ

ผลการทดลองและวิจารณ์

การสร้างฐานข้อมูลเพื่อศึกษารูปแบบการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสะท้อนแสงในรอบปี พบว่า ค่าสะท้อนแสงของพืชทั้ง 5 ชนิดมีความแตกต่างกันและมีการเปลี่ยนแปลงตลอดทั้งปี และการใช้สมการถดถอยศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับลักษณะชีพลักษณ์ของพืชพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด พบว่า ดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 ดัชนี มีความสัมพันธ์กับลักษณะชีพลักษณ์ ทั้งด้านความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดลำต้น และปริมาณ

คลอโรฟิลล์ในใบของพืช ทั้งนี้ชนิดของสมการและช่วงเวลาของข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ส่งผลต่อค่า r^2 และ p-value ของแบบจำลองที่ได้ ซึ่งส่วนใหญ่พบว่าการนำดัชนีพืชพรรณหลายชนิดมาสร้างสมการแบบ multiple linear regression จะทำให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับลักษณะชีพลักษณ์เพิ่มสูงขึ้น โดยความสัมพันธ์สูงสุดในแต่ละ ซึ่งแบบจำลองที่ได้สามารถนำไปใช้ในการประมาณค่าการเจริญเติบโตและสุขภาพของพืชทั้ง 5 ชนิด ได้ต่อไป ซึ่งรายละเอียดผลการศึกษา มีดังนี้

1. อ้อย ค่าการสะท้อนแสงมีการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจนในแต่ละช่วงของปี โดยช่วงที่มีเก็บเกี่ยวเสร็จแล้ว และรอเพื่อออกขึ้นมาใหม่หรือปลูกใหม่ (กุมภาพันธ์-มีนาคม) ค่าดัชนีพืชพรรณจะมีค่าต่ำที่สุด และเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องเมื่ออ้อยเริ่มออก (เมษายน-พฤษภาคม) จนถึงระยะเจริญเติบโต (มิถุนายน-กันยายน) ดัชนีพืชพรรณสูงสุดเมื่อใกล้เก็บเกี่ยว (ตุลาคม-พฤศจิกายน) แล้วลดลงในช่วงที่มีการเก็บเกี่ยว (ธันวาคม-มกราคม) และต่ำสุดอีกครั้งเมื่อเก็บเกี่ยวเสร็จแล้วเป็นวัฏจักรของแต่ละปี แต่อย่างไรก็ตามค่าทางชีพลักษณ์ต่างๆ และค่าการสะท้อนแสงของอ้อยมีความแปรปรวนมากในช่วงเดือนมกราคม-เดือนมีนาคม เนื่องจากอ้อยบางแปลงถูกเก็บเกี่ยวแล้วแต่บางแปลงยังไม่เก็บเกี่ยว การเปลี่ยนแปลงของค่าทางชีพลักษณ์ต่างๆ และค่าการสะท้อนแสงของอ้อยมีรูปแบบที่ชัดเจนทั้งนี้เกิดจากการปลูกอ้อยมีช่วงการเพาะปลูกที่ชัดเจน เนื่องจากต้องเป็นไปตามกำหนดเวลาของโรงงานที่มีการเปิดรับซื้อเป็นช่วงเวลา ดังนั้นจึงสามารถนำค่าการสะท้อนแสงมาใช้ในการศึกษาวัฏจักรการปลูกอ้อย และจำแนกพื้นที่อ้อยที่งอกใหม่ ยืนต้น เก็บเกี่ยว และรอออกใหม่ ซึ่งความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีพลักษณ์ของอ้อยในแต่ละปี แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีพลักษณ์ของอ้อยในแต่ละปี

ปี	ลุ่มน้ำย่อยลำภาชี			ลุ่มน้ำย่อยคลองหลวง		
	เดือน	สมการ	r ²	เดือน	สมการ	r ²
ความสูง						
2564	เม.ย.	H = -223.418 + 910.228GNDVI - 29.836NDII	0.61**	ก.ย.	H = 192.649 + 290.256NDII	0.43*
2565	ก.พ.	H = 270.387 + 49.330NDVI + 1224.933NDII	0.47**	มี.ค.	H = -9.455 + 358.269NDVI -41.646NDII	0.56**
2566	มี.ค.	H = 19.507 + 930.483NDVI + 800.599NDII	0.65**	มิ.ย.	H = 124.581 -506.648NDVI +548.658GNDVI + 227.280NDII	0.75**
ความกว้างทรงพุ่ม						
2564	-	-	-	พ.ค.	W = 82.432 + 53.421NDVI + 136.621NDII	0.49**
2565	ก.พ.	W = 64.923 + 343.714NDVI + 301.348NDII	0.60**	เม.ย.	W = 7.773 -48.975NDVI + 40.975GNDVI + 453.045NDII	0.56**
2566	ก.ย.	W =194.598 -131.087NDVI	0.44**	มิ.ย.	W = 133.899 -277.437NDVI + 312.377GNDVI + 141.206NDII	0.73**
ขนาดลำต้น						
2564	-	-	-	พ.ค.	SZ = 3.203 + 2.967NDVI + 6.170NDII	0.52**
2565	-	-	-	ต.ค.	SZ = 1.253 + 0.622NDVI + 4.855GNDVI	0.33**
2566	-	-	-	-	-	-
ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ						
2564	เม.ย.	CHLO = 56.871 + 131.087NDVI - 209.544GNDVI -35.863NDIII	0.75**	ส.ค.	CHLO = 38.792 + 31.250NDII	0.47**

2565	-	-	-	มี.ค.	$CHLO = 27.664 + 50.645GNDVI$	0.34**
2566	-	-	-	มี.ย.	$CHLO = 32.325 - 19.958NDVI + 42.991GNDVI + 5.648NDII$	0.62*

หมายเหตุ * หมายถึง $p < 0.05$ มีโอกาสน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ที่แบบจำลองเกิดข้อผิดพลาด

** หมายถึง $p < 0.01$ มีโอกาสน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ที่แบบจำลองเกิดข้อผิดพลาด

1.2 มันท่ำน้ำปะหลัง พบว่าช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เดือนเมษายน เป็นช่วงที่ค่าดัชนีพืชพรรณในแปลงปลูกมันท่ำน้ำปะหลังมีค่าต่ำสุด ซึ่งเกิดจากในช่วงนี้เกษตรกรส่วนใหญ่ยังไม่มีการปักชำท่อนพันธุ์มันท่ำน้ำปะหลัง หรือมีการปักชำท่อนพันธุ์มันท่ำน้ำปะหลังแต่มันท่ำน้ำปะหลังยังไม่งอก ทำให้ค่าดัชนีพืชพรรณในช่วงนี้มีลักษณะเช่นเดียวกับการสะท้อนแสงหรือดัชนีพืชพรรณของดิน ค่าดัชนีพืชพรรณเริ่มเพิ่มขึ้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-เดือนพฤษภาคมเนื่องจากช่วงนี้ยังมีต้นมันท่ำน้ำปะหลังซึ่งกำลังเจริญเติบโตอยู่ในแปลง และเริ่มค่าดัชนีพืชพรรณลดตั้งแต่เดือนธันวาคม-เดือนมกราคมเนื่องจากเกษตรกรเริ่มเก็บเกี่ยว และลดต่ำสุดในเดือนกุมภาพันธ์เนื่องจากมันท่ำน้ำปะหลังถูกเก็บเกี่ยวหมดแล้ว ซึ่งความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีวลักษณะของมันท่ำน้ำปะหลังในแต่ละปีแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีวลักษณะของมันท่ำน้ำปะหลังในแต่ละปี

ปี	ลุ่มน้ำย่อยลำภาชี			ลุ่มน้ำย่อยคลองหลวง		
	เดือน	สมการ	r^2	เดือน	สมการ	r^2
ความสูง						
2564	-	-	-	ก.ย.	$H = -402.443 + 768.175NDVI + 101.832GNDVI$	0.54**
2565	-	-	-	มี.ค.	$H = 156.137 - 336.411NDII$	0.28**
2566	มี.ย.	$H = -10.886 + 61.360NDVI + 248.342GNDVI + 161.524NDII$	0.46**	มี.ค.	$H = -55.573 + 445.814NDVI + 172.247GNDVI + 134.866NDII$	0.79**
ความกว้างทรงพุ่ม						
2564	ธ.ค.	$W = -58.607 + 344.490GNDVI - 115.757NDII$	0.46**	ก.ย.	$W = 14.860 + 96.559NDVI + 123.781NDII$	0.74**
2565	ม.ค.	$W = -65.159 + 216.072NDVI + 439.681GNDVI$	0.47**	มี.ค.	$W = -7.255 + 152.079NDVI + 88.336GNDVI$	0.76**
2566	มี.ย.	$W = 34.796 + 603.498NDVI - 491.880GNDVI - 148.226NDII$	0.57**	มี.ค.	$W = 25.707 + 83.987NDVI + 66.456GNDVI + 46.871NDII$	0.54**
ขนาดลำต้น						
2564	เม.ย.	$SZ = -0.267 + 5.250NDVI$	0.44**	ธ.ค.	$SZ = 0.983 - 3.084NDVI + 3.659GNDVI + 4.842NDII$	0.40**
2565	-	-	-	ก.ค.	$SZ = -0.387 + 3.811NDVI + 1.845GNDVI$	0.72**
2566	ก.ค.	$SZ = -0.076 + 3.825NDVI$	0.48**	มี.ค.	$SZ = -0.044 + 3.603NDVI + 1.544GNDVI + 0.987NDII$	0.50**
ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ						
2564	-	-	-	-	-	-
2565	-	-	-	มี.ย.	$CHLO = 58.364 - 32.586NDVI$	0.31**
2566	ก.ย.	$CHLO = 27.409 + 62.755GNDVI$	0.70**	มี.ค.	$CHLO = 37.153 + 27.288NDVI + 4.258GNDVI + 8.477NDII$	0.65**

หมายเหตุ ** หมายถึง $p < 0.01$ มีโอกาสน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ที่แบบจำลองเกิดข้อผิดพลาด

1.3 สับปะรด เมื่อเปรียบเทียบค่าการสะท้อนแสงหรือดัชนีพืชพรรณเฉลี่ย 5 ปีในแต่ละเดือนของสับปะรดกับค่าดัชนีพืชพรรณของเฉลี่ย 5 ปี ในแต่ละเดือนอ้อยและมันสำปะหลัง พบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณของสับปะรดมีแนวโน้มสูงกว่า คือ ค่า NDVI อยู่ในช่วง 0.365-0.560 ค่า GNDVI อยู่ในช่วง 0.350-0.471 ค่า NDII อยู่ในช่วง 0.063-0.197 และพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณของสับปะรดมีแนวโน้มสูงในเดือนที่มีฝนตกมากและต่ำในเดือนที่มีฝนตกน้อยเช่นเดียวกันกับปริมาณคลอโรฟิลล์ ดังนั้นจึงอาจมีแนวโน้มว่าค่าดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 ชนิดอาจมีศักยภาพในการประมาณค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ใบสับปะรด และใช้คาดการณ์ภาวะขาดน้ำและความต้องการน้ำของสับปะรดได้ การใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยเฉพาะ Sentinel 2 ซึ่งสามารถให้ข้อมูลได้ทุก 10 วัน โดยการหาค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ 5 ปี รายเดือน ของแปลงข้อมูลอ้างอิงสามารถนำมาศึกษาวงจรการเจริญเติบโตของสับปะรดได้เช่นเดียวกับการศึกษาในอ้อยและมันสำปะหลัง ค่าเฉลี่ยดัชนีพืชพรรณ 5 ปี รายเดือน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ช่วง คือ ช่วงเดือนกุมภาพันธ์-เดือนเมษายน เป็นช่วงที่ค่าดัชนีพืชพรรณในแปลงปลูกสับปะรดมีค่าต่ำ ค่าเฉลี่ยดัชนี NDVI อยู่ในช่วง 0.365-0.374 ค่าเฉลี่ยดัชนี GNDVI อยู่ในช่วง 0.350-0.364 ค่าเฉลี่ยดัชนี NDII อยู่ในช่วง 0.063-0.071 เนื่องจากช่วงนี้เป็นช่วงฤดูแล้ง และเป็นช่วงที่เกษตรกรเก็บเกี่ยวร่อนฝักเพื่อให้สับปะรดเจริญเติบโตต่อไป หรือรื้อแปลงเพื่อปลูกใหม่ และช่วงเดือนพฤษภาคม-เดือนมกราคม เป็นช่วงที่ค่าดัชนีพืชพรรณในแปลงปลูกสับปะรดมีค่าสูง ค่าเฉลี่ยดัชนี NDVI อยู่ในช่วง 0.417-0.560 ค่าเฉลี่ยดัชนี GNDVI อยู่ในช่วง 0.376-0.471 ค่าเฉลี่ยดัชนี NDII อยู่ในช่วง 0.105-0.197 ซึ่งสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงของค่าคลอโรฟิลล์ในใบในแต่ละเดือน ซึ่งความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีวฟิสิกส์ของสับปะรดในแต่ละปี แสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีวฟิสิกส์ของสับปะรดในแต่ละปี

ปี	ลุ่มน้ำย่อยลำภาชี			ลุ่มน้ำย่อยคลองหลวง		
	เดือน	สมการ	r ²	เดือน	สมการ	r ²
ความสูง						
2564	ธ.ค.	$H = -6.231 + 103.587NDVI + 22.435NDII$	0.49**	ส.ค.	$H = -14.381 + 107.865NDVI + 84.108GNDVI$	0.68*
2565	ก.พ.	$H = 46.733 + 104.034NDII$	0.57**	ม.ค.	$H = 47.634 + 349.591NDVI - 328.243GNDVI + 17.488NDII$	0.58**
2566	ก.ค.	$H = 73.381 - 53.024NDVI - 29.606GNDVI - 22.734NDII$	0.56*	ส.ค.	$H = -30.795 - 172.743NDVI + 425.012GNDVI + 14.915NDII$	0.67**
ความกว้างทรงพุ่ม						
2564	พ.ค.	$W = 43.302 + 14.822GNDVI + 93.349NDII$	0.43**	พ.ค.	$W = 127.770 - 61.712NDVI - 109.046GNDVI$	0.60*
2565	เม.ย.	$W = -8.439 + 140.712NDVI + 118.825GNDVI - 41.792NDII$	0.48*	ม.ค.	$W = 19.144 + 390.892NDVI - 268.330GNDVI - 46.522NDII$	0.81**
2566	-	-	-	ส.ค.	$W = -57.923 - 258.945NDVI + 658.340GNDVI$	0.74**
ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ						
2564	ก.ค.	$CHLO = 109.338 - 97.203NDVI$	0.38**	-	-	-
2565	ก.พ.	$CHLO = 56.850 - 124.543NDVI + 102.652GNDVI + 90.633NDII$	0.43*	-	-	-
2566	ธ.ค.	$CHLO = 30.850 + 72.856GNDVI$	0.41**	ส.ค.	$CHLO = 32.486 + 44.735NDVI + 13.769GNDVI + 47.611NDII$	0.55*

หมายเหตุ * หมายถึง p < 0.05 มีโอกาสน้อยกว่า 5 เปอร์เซ็นต์ที่แบบจำลองเกิดข้อผิดพลาด

** หมายถึง p < 0.01 มีโอกาสน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ที่แบบจำลองเกิดข้อผิดพลาด

1.4 ยางพารา ค่าดัชนีพืชพรรณของยางพาราในช่วงเดือนมกราคม-เดือนมิถุนายนจะมีค่าเฉลี่ยของดัชนี NDM มีค่าต่ำ โดยอยู่ในช่วง 0.436-0.540 และสอดคล้องกับค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบที่มีค่าต่ำกว่าในช่วงอื่นๆ เนื่องจากเป็นช่วงฤดูแล้ง ใบยางพารามีการเปลี่ยนสี และร่วง ค่าดัชนีพืชพรรณของยางพาราค่อยๆเพิ่มสูงขึ้นตั้งแต่เดือนพฤษภาคม-เดือนพฤษภาคม ซึ่งเป็นช่วงที่มีฝนตกยางพารามีการผลิใบใหม่ ใบและต้นของยางพาราเจริญเติบโตได้ดีเนื่องจากมีน้ำเพียงพอ และใบมีการสะสมคลอโรฟิลล์สูง โดยดัชนี NDM มีค่าอยู่ในช่วง 0.536-0.678 แต่ในเดือนสิงหาคมค่าเฉลี่ย 5 ปี ของดัชนี NDM ลดลงและน้อยอาจเกิดจากปริมาณฝนลดลงในช่วงเดือนมิถุนายน-เดือนสิงหาคมซึ่งส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ยางพาราได้รับอาจทำให้ส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโตของยางพาราในช่วงนั้น เนื่องจากยางพาราเป็นไม้ยืนต้นแต่มีวัฏจักรการเจริญเติบโต สอดคล้องกับฤดูกาลและปริมาณน้ำที่ได้รับเช่นเดียวกับสัปดาห์ผลการศึกษาที่ได้อาจมีศักยภาพในการประมาณค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ใบ และใช้คาดการณ์ภาวะขาดน้ำและความต้องการน้ำของยางพาราได้ นอกจากนี้ยังพบว่าค่าดัชนีพืชพรรณของยางพาราสูงกว่าอ้อย มันสำปะหลัง และสับปะรด ซึ่งความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีวฟิสิกส์ของยางพาราในแต่ละปี แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ความสัมพันธ์สูงสุดระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับค่าทางชีวฟิสิกส์ของยางพาราในแต่ละปี

ปี	ลุ่มน้ำย่อยลำภาชี			ลุ่มน้ำย่อยคลองหลวง		
	เดือน	สมการ	r ²	เดือน	สมการ	r ²
ความสูง						
2564	เม.ย.	$H = 932.41e^{2.7978NDII}$	0.64**	เม.ย.	$H = 382.595 + 1035.323NDVI + 70.241GNDVI + 1933.167NDII$	0.28**
2565	มี.ค.	$H = 9695.4GNDVI^{1.7486}$	0.43**	มี.ค.	$H = -17.878 + 1271.153NDVI + 1968.876GNDVI + 3716.948NDII$	0.34**
2566	เม.ย.	$H = 1914.179 + 3478.520NDVI - 6061.918GNDVI + 5096.662NDII$	0.40**	เม.ย.	$H = 584.046 + 1625.316NDVI + 2368.925GNDVI + 2992.900NDII$	0.79**
ความกว้างทรงพุ่ม						
2564	เม.ย.	$W = 456.97e^{2.1234NDII}$	0.58**	เม.ย.	$W = 144.093 + 559.844NDVI + 405.947GNDVI + 160.288NDII$	0.34**
2565	มี.ค.	$W = 463.89e^{2.4051NDII}$	0.34**	มี.ค.	$W = 161.532 + 732.263NDVI + 432.353GNDVI + 1117.480NDII$	0.43**
2566	เม.ย.	$W = 1309.2NDVI^{0.6185}$	0.36**	เม.ย.	$W = 411.806 + 598.446NDVI + 749.956GNDVI + 1023.525NDII$	0.59**
ขนาดลำต้น						
2564	เม.ย.	$SZ = 56.824 - 258.560NDVI + 246.777GNDVI + 132.052NDII$	0.48**	เม.ย.	$SZ = 13.930 + 38.923NDVI + 14.214GNDVI + 38.079NDII$	0.33**
2565	มี.ค.	$SZ = 112.61GNDVI + 17.316$	0.27**	มี.ค.	$SZ = 1.069 + 55.326NDVI + 63.460GNDVI + 55.384NDII$	0.38**
2566	เม.ย.	$SZ = 36.239 - 14.868NDVI + 81.316GNDVI + 31.636NDII$	0.49**	เม.ย.	$SZ = 25.458 + 44.231NDVI + 66.522GNDVI + 72.683NDII$	0.63**
ปริมาณคลอโรฟิลล์ในใบ						
2564	พ.ย.	$CHLO = 34.424 - 12.529NDVI + 56.203GNDVI + 36.385NDII$	0.81**	พ.ย.	$CHLO = 55.476 - 28.143NDVI + 45.837GNDVI - 37.117NDII$	0.61**
2565	ม.ค.	$CHLO = 104.43NDII + 40.424$	0.52**	ม.ค.	$CHLO = 33.940 + 8.640NDVI + 1.250GNDVI + 72.015NDII$	0.48*

2564	ธ.ค.	$CHLO = 43.201 + 3.824NDVI + 29.457GNDVI + 21.444NDII$	0.53**	ธ.ค.	$CHLO = 85.579 - 11.070NDVI - 8.920GNDVI - 10.220NDII$	0.53**
2565	ก.พ.	$CHLO = 64.424 - 78.008NDVI + 116.943GNDVI + 17.131NDII$	0.59**	เม.ย.	$CHLO = 57.078 + 9.144NDVI + 22.731GNDVI + 25.886NDII$	0.55**
2566	พ.ค.	$CHLO = 35.718 - 140.649NDVI + 247.959GNDVI + 37.816NDII$	0.85**	เม.ย.	$CHLO = 61.466 + 13.966NDVI + 12.831GNDVI + 22.031NDII$	0.68**

หมายเหตุ ** หมายถึง $p < 0.01$ มีโอกาสน้อยกว่า 1 เปอร์เซ็นต์ที่แบบจำลองเกิดข้อผิดพลาด

สรุปผลการศึกษา

1. การสร้างฐานข้อมูลการสำรวจระยะไกลในรอบปีของพืชเศรษฐกิจจากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมโดยใช้กูเกิล เอิร์ธเอนจินในการรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมและจัดเตรียมภาพโดยการโมเสก (mosiac) ทำให้ได้ภาพถ่ายรายเดือนซึ่งสามารถใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงชีพลักษณ์รายปีของพืชทั้ง 5 ชนิดได้ และสามารถใช้เป็นฐานข้อมูลสำหรับการทำปฏิทินการปลูกพืชในแต่ละท้องถิ่น เพื่อใช้ศึกษาเวลาปลูกและเวลาเก็บเกี่ยวพืชเศรษฐกิจ ทำให้ทราบปริมาณพื้นที่ปลูกและประมาณการณ์เนื้อที่เก็บเกี่ยวได้ต่อไป

2. ดัชนีพืชพรรณมีการเปลี่ยนแปลงตามช่วงเวลาสอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงทางชีพลักษณ์ เช่น ความสูงและความกว้างทรงพุ่ม ซึ่งลักษณะของแต่ละปีคล้ายกันทำให้สามารถนำมาพิจารณาความสมบูรณ์ของต้นพืชในแต่ละปี เช่น ปีที่สภาพอากาศไม่เหมาะสมเช่นฝนตกน้อย ต้นพืชเจริญเติบโตไม่ดี ค่าดัชนีพืชพรรณ เช่น NDVI และ GNDVI จะต่ำกว่าปีที่สภาพอากาศเหมาะสมเป็นต้น

3. ดัชนีพืชพรรณมีศักยภาพในการใช้สร้างแบบจำลองเพื่อประเมินการเจริญเติบโตที่ต่างกัน และสามารถใช้อุณหภูมิภาพถ่ายดาวเทียมมาทำแบบจำลองได้เพียงบางเดือน ดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 ชนิด มีศักยภาพสำหรับการทำแบบจำลองสำหรับประเมินความสูง ความกว้างทรงพุ่ม ขนาดลำต้น และปริมาณคลอโรฟิลล์

ข้อเสนอแนะ

1. การจัดทำฐานข้อมูลการสำรวจระยะไกลในรอบปีของพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด ยางพารา และปาล์มน้ำมัน จากข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม ทั้ง 12 เดือน สามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน การศึกษาการเจริญเติบโตของพืช ทำให้ภาครัฐและเอกชนสามารถใช้ในการวางแผนการใช้ที่ดิน การบริหารจัดการแปลงปลูกและผลผลิต รวมทั้งการกำหนดราคาที่เป็นธรรมสำหรับเกษตรกรจากการประมาณการผลผลิตล่วงหน้าจากการใช้ค่าลายเซ็นต์เชิงคลื่นในการคาดการณ์ปริมาณพื้นที่ปลูกพื้นที่เก็บเกี่ยว ช่วงเก็บเกี่ยว และผลผลิตที่คาดว่าจะเก็บเกี่ยวได้ นอกจากนี้ฐานข้อมูลดังกล่าวสามารถใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับงานวิจัยโดยเฉพาะงานวิจัยด้านเกษตรแบบแม่นยำ เนื่องจากสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการติดตามการเจริญเติบโตของพืชในพื้นที่กว้าง ใช้เวลาน้อย ประหยัดค่าใช้จ่าย และประมวลผลได้อย่างรวดเร็วทำให้เหมาะกับการให้คำแนะนำแก่เกษตรกรและผู้ประกอบการแบบรายงานผลได้ทันที (realtime) ใช้ในการพัฒนาแบบจำลองการวิเคราะห์สภาพการใช้ที่ดิน โดยเฉพาะพืชเศรษฐกิจ

2. สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานในการผลิตนวัตกรรม วางแผนการใช้ที่ดิน หรือส่งเสริมการใช้เทคโนโลยีที่สอดคล้องกับและสามารถแก้ปัญหาของพื้นที่ได้ จากการจัดทำ spectral signature library สำหรับพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง สับปะรด ยางพารา และปาล์มน้ำมัน ในรอบปี ซึ่งค่า spectral signature จะมีการเปลี่ยนแปลงในรอบปี โดยขึ้นอยู่กับอายุ สุขภาพ และการจัดการ เช่น ปุ๋ย การระบาดของโรคแมลง ดังนั้นผู้วิจัยและผู้ใช้ประโยชน์ด้านรีโมทเซนซิงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ต่อไปงานวิจัยนี้ได้ศึกษากระบวนการและจัดทำแบบจำลอง

เพื่อใช้ในการจำแนกพื้นที่และคาดการณ์ผลผลิตพืชเศรษฐกิจ 5 ชนิด จากข้อมูลรีโมทเซนซิง ซึ่งการใช้แบบจำลองช่วยให้ผู้บริหาร นักวิชาการ หรือนักวางแผน นำไปใช้ในการวางแผนการผลิตและการตลาดได้ต่อไป

3. การจัดทำแบบจำลองรูปแบบการเพาะปลูกพืชเศรษฐกิจจากการเปลี่ยนแปลงของค่าสะท้อนแสงในรอบปี จากการประยุกต์ใช้ข้อมูลรีโมทเซนซิงซึ่งเก็บข้อมูลได้ครอบคลุมในบริเวณกว้าง ทำให้ทราบความสัมพันธ์ระหว่างลายเซ็นเชิงคลื่นกับลักษณะข้อมูลการเจริญเติบโตที่ได้จากการสำรวจภาคสนาม ซึ่งใช้สำหรับการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการจำแนกประเภทการใช้ที่ดิน การศึกษาการเจริญเติบโตของพืชจะช่วยให้ภาครัฐ นักวางแผน หรือนักการตลาด นำไปใช้ในการวางแผนการผลิตและการตลาดซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเกษตรกรได้โดยตรง เช่น การกำหนดราคาที่เป็นธรรม การให้ความช่วยเหลือเมื่อเกิดภัยธรรมชาติ

เอกสารอ้างอิง

สถาบันวิจัยพืชสวน. 2560. **การจัดการการผลิตสับปะรดคุณภาพ**. สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 184 หน้า.

Azizan, F. A., I. S. Astuti, M. I. Aditya, T. R. Febbiyanti, A. Williams, A. Young, and A. A. Aziz. 2021. **Using Multi-Temporal Satellite Data to Analyse Phenological Responses of Rubber (*Hevea brasiliensis*) to Climatic Variations in South Sumatra, Indonesia**. Remote Sensing. Available source: <https://www.mdpi.com/2072-4292/13/15/2932>, April 10, 2022.

Chen, Y., L. Feng, J. Mo, W. Mo, M. Ding, and Z. Liu. 2020. **Identification of Sugarcane with NDVI Time Series Based on HJ-1 CCD and MODIS Fusion**. Journal of the Indian Society of Remote Sensing. Vol. 48(2) p. 249–262.

Gitelson, A.A., Y.J. Kaufman and M.N. Merzlyak.1996. **Use of a green channel in remote sensing of global vegetation from EOS-MODIS**. Remote Sensing of Environment 58(3): 289-298.

Hunt, E. R. Jr. and Rock, B. N.1989. **Detection of changes in leaf water content using near- and middle-infrared reflectances**. Remote Sens. Environ., 30, 43–54, Available source: doi:10.1016/0034-4257(89)90046-1, April 10, 2022.

Rouse, J.W., R.H. Haas, J.A. Schell, and D.W. Deering.1974. **Monitoring vegetation systems in the Great Plains with ERTS**. In: S.C. Freden, E.P. Mercanti, and M. Becker (eds) Third Earth Resources Technology Satellite–1 Symposium. Volume I: Technical Presentations, NASA SP-351, NASA, Washington, D.C., pp. 309-317.

Scarpore, F.V. n.d. **Sugarcane Phenology Phases**. Available source: https://www.researchgate.net/figure/Sugarcane-phenological-phases-relative-to-crop-development_fig4_304315524, December 1, 2021.

Simms, É. L. and H. Ward. 2013. **Multisensor NDVI-Based Monitoring of the Tundra-Taiga Interface (Mealy Mountains, Labrador, Canada. Remote Sensing.** Available souse: www.mdpi.com/journal/remotesensing, December 21, 2022.