

การประเมินความสอดคล้องของข้อมูลภาพถ่ายรายละเอียดสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับ และภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของข้าว

พุฒิพงศ์ ณะวงศ์¹ และ ภูมิพัฒน์ อุณบาน^{2*}

Evaluation consistency of high-resolution image derived from UAV and Sentinel-2 images for monitoring growth of rice

Putthipong Tanawong¹ and Phummipat Oonban^{2*}

¹Geographic Information Science, School of Information and Communication Technology, University of Phayao, Phayao, 56000

²Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA), 120 The Government Complex, Lak Si, Bangkok 10210

* Corresponding author: phummipat.oo@hotmail.com

Received; December 9, 2022; Revised: December 28, 2022; Accepted: December 29, 2022

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของต้นข้าวในพื้นที่ศึกษาด้วยภาพถ่ายรายละเอียดสูงจากอากาศยานไร้คนขับร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ใช้งานผ่านแพลตฟอร์ม GEE และคำนวณดัชนีพืชพรรณ ได้แก่ Excess Green (ExG), Visible Difference Vegetation Indices (VDVI), Green-Red Vegetation Indices (GRVI) และ Normalized Differential Vegetation Indices (NDVI) เพื่อประเมินความสอดคล้องของดัชนีพืชพรรณด้วยการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย (Simple Linear Regression) และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ระหว่างดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากเซ็นเซอร์เดียวกัน และระหว่างเซ็นเซอร์ ผลลัพธ์พบว่ากราฟชีพลัษณ์พืชพรรณจากทั้งสองเซ็นเซอร์มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ สอดคล้องกับการเจริญเติบโตของต้นข้าวจนถึงตำแหน่งที่มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดและลดลงเป็นลำดับ เนื่องจากความเขียวของใบข้าวที่ลดลงเมื่อใกล้ฤดูกาลเก็บเกี่ยว นอกจากนี้ยังพบว่ากราฟชีพลัษณ์ พืชพรรณที่ได้รับจากดาวเทียม Sentinel-2 มีความไม่คงที่เนื่องจากอุปสรรคด้านสภาพอากาศ (เมฆปกคลุมเหนือพื้นที่ศึกษา) ในด้านความสอดคล้องของดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากเซ็นเซอร์เดียวกันพบว่ามีทิศทางความสัมพันธ์เป็นบวกทั้งหมดและมีความสอดคล้องกันระดับสูง แตกต่างจากความสอดคล้องของดัชนีพืชพรรณแบบข้ามเซ็นเซอร์ (UAV และดาวเทียม) พบว่าดัชนีพืชพรรณบางชนิดมีความสอดคล้องกันระดับต่ำ อย่างไรก็ตามการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสามารถประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับร่วมกับดัชนีพืชพรรณทั้ง 3 ชนิดเพื่อติดตามการเจริญเติบโตของข้าวได้

คำสำคัญ: ดัชนีพืชพรรณ, กราฟชีพลัษณ์พืชพรรณ, อากาศยานไร้คนขับ

¹ ภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา จังหวัดพะเยา 56000

² สำนักงานพัฒนาเทคโนโลยีอวกาศและภูมิสารสนเทศ (สทอ.) 120 ศูนย์ราชการ หลักลี กรุงเทพมหานคร 10210

Abstract

The purposes of this study were to monitor the growth of rice in the study area using high-resolution images derived from unmanned aerial vehicle (UAV) and Sentinel-2 Image with GEE and to calculate the vegetation indices including Excess Green (ExG), Visible Difference Vegetation Indices (VDVI), Green-Red Vegetation Indices (GRVI) and Normalized Differential Vegetation Indices (NDVI) in order to evaluate the consistency of vegetation Indices with simple linear regression and correlation coefficient between vegetation Indices derived the same sensor and cross sensor. The results showed that the vegetation phenology from both sensors tended to increase related to the growth of rice to the peak maximum greenness of rice and decrease since reduced greenness when harvest season. In addition, vegetation phenology derived from sentinel-2 fluctuated since weather barriers effects (cloud cover). In terms of vegetation Indices conformity derived from the same sensor, it illustrated the positive relations and high consistency which different from cross sensor (UAV and satellite) that some of vegetation Indices had low consistency. However, the findings indicated that UAV could be applied in conjunction with three vegetation indices to monitoring growth of rice.

Keyword: Vegetation Indices, Vegetation Phenology, Unmanned Aerial Vehicle

บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักและเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยรวมถึงเป็นพืชที่มีการเพาะปลูกมากที่สุดในอาเซียน มีผลผลิตรวมมากถึง 120 ล้านตันข้าวสาร (สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงสิงคโปร์, สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงมะนิลา, 2562) ที่ผ่านมานโยบายของรัฐบาลผลักดันให้เกิดความร่วมมือระหว่างหน่วยงานทำให้ข้าวของไทยมีคุณภาพและมีมาตรฐานพร้อมเข้าสู่ตลาด ซึ่งสอดคล้องกับเป้าหมายโครงการภายใต้ยุทธศาสตร์ข้าวไทยด้านการผลิตปี 2563-2567 (กรมการข้าว, 2564) ด้วยเหตุนี้ประเทศจึงต้องมีการวิจัยและพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันต่อไป จากการทบทวนวรรณกรรมที่ผ่านมา มีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรับรู้ระยะไกล (Remote Sensing) ร่วมกับศาสตร์เชิงพื้นที่เพื่อเฝ้าติดตามการเปลี่ยนแปลงของพื้นที่ปลูกข้าวโดยเฉพาะการใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียมแบบอาศัยพลังงานแสงอาทิตย์ (Passive Satellite) ด้วยการปรับเน้นภาพเพื่อพิจารณาจากค่าดัชนีพืชพรรณ (Vegetation Indices) อีกทั้งเทคโนโลยีในปัจจุบันเกิดการพัฒนาก้าวกระโดดส่งผลให้เกิดการสำรวจระยะไกลด้วยอากาศยานไร้คนขับ (UAV) ที่มีประสิทธิภาพด้านความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) ประกอบกับจังหวัดพะเยาก็เป็นอีกหนึ่งแหล่งปลูกข้าวของประเทศ และได้รับการขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (GI) “ข้าวหอมมะลิพะเยา” (ประกาศโฆษณาการขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์, 2565) มีการเพาะปลูกมากโดยเฉพาะบริเวณสองฝั่งลำน้ำอิงซึ่งเป็นแม่น้ำสายสำคัญของลุ่มน้ำโขงเหนือที่มีน้ำเพียงพอดตลอดทั้งปี การศึกษาครั้งนี้จึงมีจุดมุ่งหมายทดลองใช้ข้อมูลจากการสำรวจด้วย UAV แบบต้นทุนต่ำประเมินร่วมกับภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับเพิ่มศักยภาพด้านการเกษตรและสามารถนำไปสู่การเกษตรแบบแม่นยำสูง (Precision Agriculture) สนับสนุนการตัดสินใจเชิงพื้นที่และนโยบายต่อไป

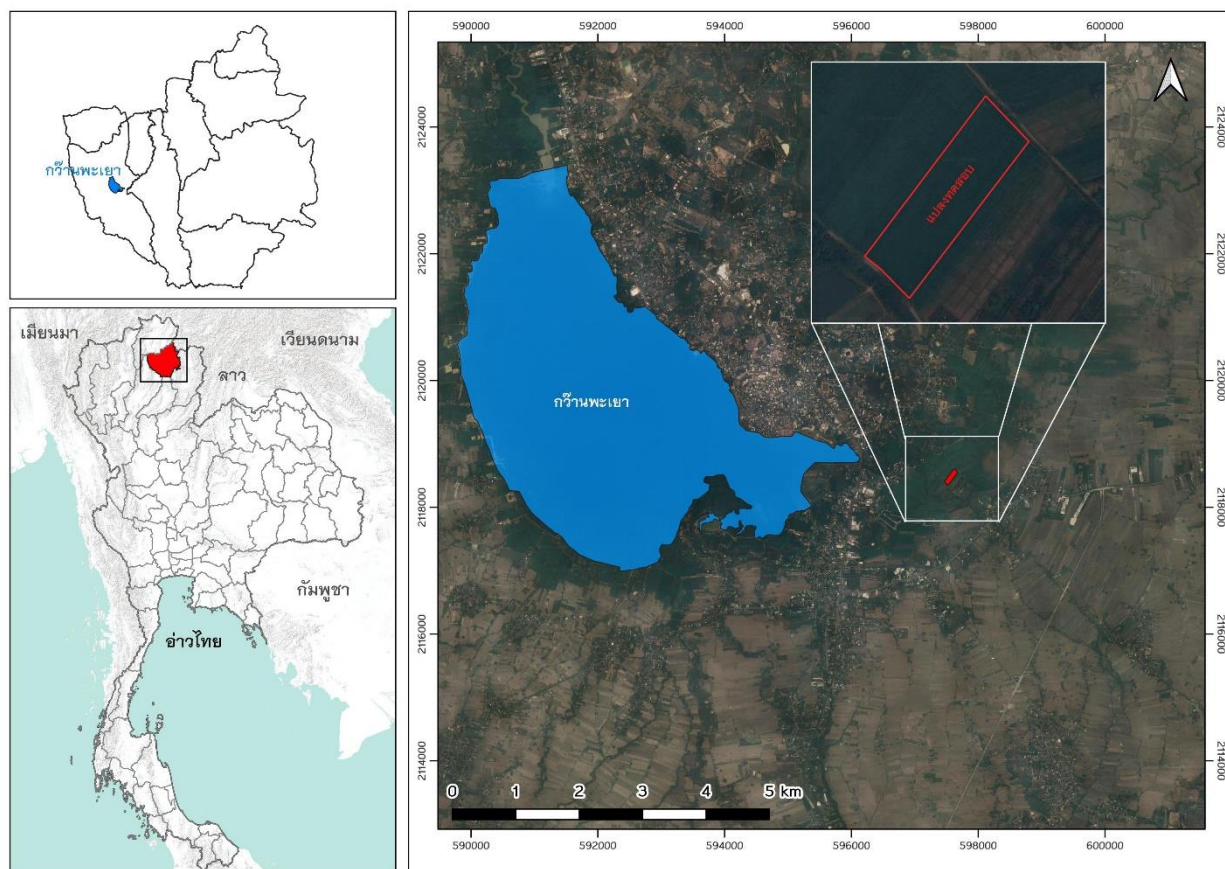
วัตถุประสงค์

1. ศึกษาการเจริญเติบโตของต้นข้าวที่ได้รับจากภาพถ่ายรายละเอียดสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับ และภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2

2. ประเมินความสอดคล้องของชุดข้อมูลด้วยค่าการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่าย

พื้นที่ศึกษา

แปลงทดสอบพื้นที่ศึกษาอยู่บริเวณจุดปลายน้ำของกว๊านพะเยาแหล่งเก็บน้ำที่อยู่ในพื้นที่ลุ่มน้ำอิงตอนบน (หนึ่งในลุ่มน้ำสำคัญของลุ่มน้ำโขงเหนือ) ทำให้บริเวณดังกล่าวมีน้ำเพียงพอตลอดทั้งปีสำหรับการเพาะปลูก สังกัดจากกลุ่มสิ่เขียวเข้มบริเวณดังกล่าวเป็นพื้นที่เพาะปลูกข้าวนอกฤดูการแตกต่างจากบริเวณโดยรอบที่ไม่มีการเพาะปลูกเนื่องจากไม่มีน้ำเพียงพอสำหรับการเพาะปลูก



รูปที่ 1 พื้นที่ศึกษา

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการศึกษา

การศึกษาค้างนี้ประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับ หรือ UAV ยี่ห้อ DJI รุ่น Phantom 4 Pro V2.0 มีเซ็นเซอร์รับภาพแบบ Complementary Metal Oxide Semiconductor (CMOS) ขนาด 1 นิ้ว ความละเอียด 20 ล้านพิกเซล และบันทึกภาพในช่วงคลื่นตามมองเห็นประกอบไปด้วย ช่วงคลื่นสีแดง (Red), ช่วงคลื่นสีเขียว (Green) และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (Blue)



รูปที่ 2 อากาศยานไร้คนขับ หรือ Unmanned Aerial Vehicle: UAV

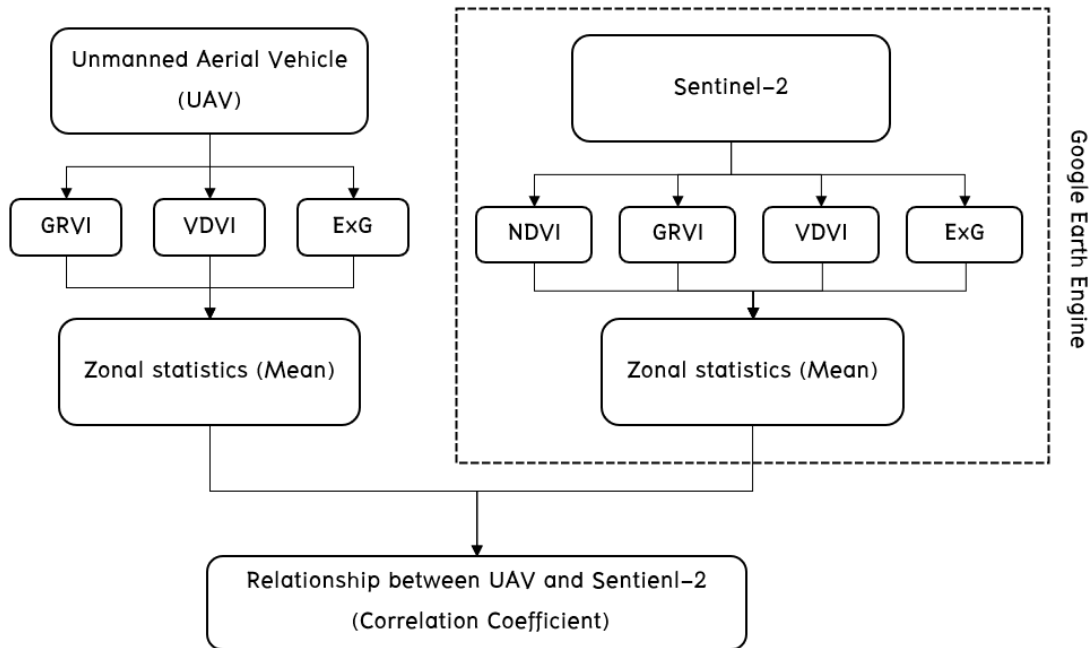
ดาวเทียม Sentinel-2 เป็นดาวเทียมสังเกตการณ์โลก (Earth Observation) ที่ถูกพัฒนาขึ้นภายใต้โครงการ Copernicus Programme และการดูแลขององค์การอวกาศยุโรป หรือ อีเอสเอ (European Space Agency, ESA) Sentinel-2 เป็นดาวเทียมที่มีเซ็นเซอร์รับภาพแบบหลายช่วงคลื่น (Multispectral) ประกอบไปด้วยดาวเทียม Sentinel-2A และ 2B เข้าสู่วงโคจรเมื่อวันที่ 23 มิถุนายน 2558 และ 7 มีนาคม 2560 ตามลำดับ (European Space Agency, (n.d.). Sentinel-2 operations) การศึกษาค้างนี้ประยุกต์ใช้แพลตฟอร์ม Google Earth Engine (GEE) สืบค้นชุดข้อมูลจาก Sentinel-2A ประกอบไปด้วยข้อมูล Top-of-Atmosphere Reflectance (TOA) และ Surface Reflectance (SR) แต่เนื่องจากข้อมูล TOA เป็นข้อมูล Level-1C (การสะท้อนแสงเหนือชั้นบรรยากาศ) ที่มีผลต่อละอองลอยในอากาศ ดังนั้นการศึกษาค้างนี้จึงเลือกใช้ข้อมูล SR โดยเรียกใช้เฉพาะช่วงคลื่นสีแดง (Band 4), สีเขียว (Band 3), สีน้ำเงิน (Band 2) และอินฟราเรดใกล้ (Band 8) มีความละเอียดของจุดภาพ (Spatial Resolution) ที่ระดับ 10 เมตร



รูปที่ 3 ดาวเทียม Sentinel-2

ที่มา: European Space Agency (2022)

การศึกษานี้เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายรายละเอียดสูงจาก UAV ด้วยดัชนีพืชพรรณประเภทช่วงคลื่นตามมองเห็น (RGB) จำนวน 3 ดัชนี ได้แก่ ExG, VDVI และ GRVI จากนั้นจึงใช้วิธีการคำนวณค่าทางสถิติ (Zonal Statistics) โดยพิจารณาเฉพาะค่าเฉลี่ยของจุดภาพภายในแปลงทดสอบ เพื่อใช้เป็นตัวแทนการเจริญเติบโตของต้นข้าวในพื้นที่ศึกษา ขณะเดียวกันสืบค้นเรียกใช้ข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 และสร้างดัชนีพืชพรรณจำนวน 4 ดัชนี ได้แก่ ExG, VDVI, GRVI และ ExG แล้วคำนวณค่าเฉลี่ยของจุดภาพภายในแปลงทดสอบเพื่อใช้เป็นตัวแทนการเจริญเติบโตของต้นข้าวในพื้นที่ศึกษาเช่นเดียวกับวิธีการวิเคราะห์ด้วยภาพถ่ายจาก UAV จากนั้นนำข้อมูลทั้งสองชุดประเมินความสอดคล้องกันด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มีรายละเอียดดังนี้



รูปที่ 4 กรอบแนวคิด

การวางแผนบินและการประมวลผลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ

การศึกษานี้วางแผนการบิน (Flight Planning) เหนือพื้นที่เพาะปลูกข้าวนาปรังผ่านแอปพลิเคชัน DroneDeploy เพื่อบันทึกภาพถ่ายรายละเอียดสูงแบบช่วงคลื่นที่ตามองเห็น ประกอบไปด้วย ช่วงคลื่นสีแดง ช่วงคลื่นสีเขียว และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน กำหนดพารามิเตอร์ที่ระดับความสูงบิน (Altitude) 50 เมตร ส่วนซ้อนของภาพ (Overlap) 80% ส่วนเกยของภาพ (Sidelap) 70% และผลิตเป็นแผนที่ภาพถ่ายออร์โธ (Ortho photo map) ด้วยระบบประมวลผลบนคลาวด์ของ DroneDeploy (www.dronedeploy.com) เริ่มบันทึกข้อมูลตั้งแต่วันที่ 27 กุมภาพันธ์ ถึง 8 มิถุนายน 2565 จำนวน 10 ครั้ง

ตารางที่ 1 การกำหนดพารามิเตอร์บินสำรวจและวันที่สำรวจ

No.	Date	Altitude (m.)	Sensor	Overlap (%)	Sidelap (%)
1	27/02/2565				
2	11/03/2565				
3	20/03/2565				
4	30/03/2565				
5	09/04/2565	50	CMOS 1 inch	80	70
6	20/04/2565				
7	29/04/2565				
8	09/05/2565				
9	19/05/2565				
10	08/06/2565				

การสืบค้นและคำนวณดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2

การศึกษาดังนี้ใช้ภาพถ่ายดาวเทียมแบบหลายช่วงคลื่นจากดาวเทียม Sentinel-2 ในคอลเลคชัน “COPERNICUS/S2_SR_HARMONIZED” โดยการประยุกต์ใช้แพลตฟอร์มประมวลผลเชิงพื้นที่บนคลาวด์ GEE (ภาษาจาวาสคริปต์) ระหว่างวันที่ 27 กุมภาพันธ์ ถึง 8 มิถุนายน 2565 บริเวณพื้นที่ปลูกข้าวในพื้นที่ศึกษา

การคำนวณดัชนีพืชพรรณและการหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพ

ภาพถ่ายที่ได้รับจาก UAV และดาวเทียม Sentinel-2 จะถูกประมวลผลเพื่อสร้างดัชนีพืชพรรณแบบใช้ช่วงคลื่นที่ตามองเห็น (RGB) จากการทบทวนวรรณกรรมการศึกษาของ Soesanto et al., (2022) แสดงให้เห็นถึงการประยุกต์ใช้ UAV เพื่อติดตามลักษณะความเป็นพืชพรรณประกอบไปด้วยดัชนี Normalized Difference Vegetation Indices (NDVI), Excessive Green Indices (ExG), Excessive Green Red Indices (ExGR), Visible Band Difference Vegetation Indices (VDVI), Visible Atmospherically Resistant Indices (VARI), และ Green Ratio Vegetation Indices (GRVI) และการศึกษาของ Kalisperakis et al., (2015) ที่ประยุกต์ใช้ UAV เพื่อประมาณค่าดัชนีพื้นที่ผิวใบของไร่ถั่วด้วยดัชนี Green-Red Vegetation Indices (GRVI) นอกจากนี้การศึกษาของ ปริญญ์ จันทวร และคณะ (2564) แสดงให้เห็นถึงความสอดคล้องระหว่างดัชนีพืชพรรณแบบ RGB กับดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอร์มัลไลซ์ (NDVI) ที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์มากกว่า 0.8 ขึ้นไป ประกอบไปด้วยดัชนี ExG, VDVI, และ GRVI เป็นที่มาของการศึกษาดังนี้เลือกใช้ดัชนีพืชพรรณทั้งสามชนิดสำหรับการคำนวณดัชนีพืชพรรณภาพถ่ายที่ได้รับจาก UAV และสำหรับภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 จะเพิ่มการคำนวณดัชนีพืชพรรณ NDVI เข้ามาร่วมด้วยโดยมีรายละเอียดดังนี้

ดัชนี Excessive Green (ExG) เป็นดัชนีที่แสดงให้เห็นถึงความเขียวของข้าว โดยการคำนวณจากภาพถ่ายแบบช่วงคลื่นที่ตามองเห็นประกอบไปด้วย ช่วงคลื่นสีแดง ช่วงคลื่นสีเขียวและช่วงคลื่นสีน้ำเงิน สามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก Woebbecke et al., (1995)

$$ExG = 2 \times (\sum G - \sum R - \sum B) \quad (\text{สมการที่ 1})$$

โดยที่ $\sum R$ หมายถึงผลรวมของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามมองเห็นสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินแล้วหารด้วยช่วงคลื่นสีแดง $((R/(R + G + B))$, $\sum G$ หมายถึงผลรวมของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามมองเห็นสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินหารด้วยช่วงคลื่นสีเขียว $((G/(R + G + B))$ และ $\sum B$ หมายถึงผลรวมของค่าการสะท้อนช่วงคลื่นตามมองเห็นสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินหารด้วยช่วงคลื่นสีน้ำเงิน $((B/(R + G + B))$

ดัชนี Visible Difference Vegetation Indices (VDVI) เป็นดัชนีผลต่างพีชพรรณแบบใช้ช่วงคลื่นที่ตามมองเห็น โดยที่ประยุกต์ใช้ช่วงคลื่นสีเขียว (G) ทดแทนช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) ร่วมกับการใช้ผลรวมของช่วงคลื่นสีแดง (R) และช่วงคลื่นสีน้ำเงิน (B) เพื่อทดแทนช่วงคลื่นสีแดง (R) และนำช่วงคลื่นสีเขียวมาคูณเข้าเข้ากับค่าคงที่ แล้วทำสัดส่วนซึ่งกันและกันสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก (Zhou et al., 2021))

$$VDVI = \frac{2 \times G - (R+B)}{2 \times G + (R+B)} \quad (\text{สมการที่ 2})$$

โดยที่ **R** หมายถึงผลรวมของค่าการสะท้อนช่วงตามมองเห็นคลื่นสีแดงและสีน้ำเงิน **B** หมายถึงค่าการสะท้อนช่วงตามมองเห็นคลื่นสีน้ำเงิน และ **G** หมายถึงค่าการสะท้อนช่วงตามมองเห็นคลื่นสีเขียว

ดัชนี Green-Red Vegetation Indices (GRVI) เป็นดัชนีที่สามารถแสดงถึงค่าความเป็นพีชพรรณ โดยการคำนวณจากภาพถ่ายแบบช่วงคลื่นตามมองเห็นประกอบไปด้วย ช่วงคลื่นสีแดงและช่วงคลื่นสีเขียว โดยการนำสัดส่วนกันระหว่างผลต่างของช่วงคลื่นสีแดงและสีเขียวสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้ (ดัดแปลงจาก Tucker, C. J., (1979))

$$GRVI = \frac{(G-R)}{(G+R)} \quad (\text{สมการที่ 3})$$

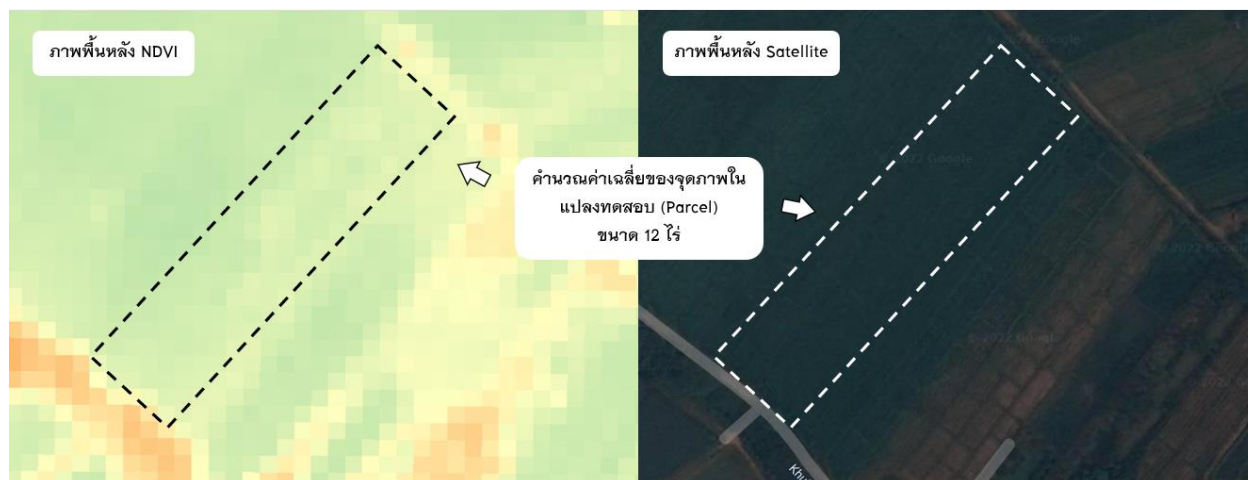
โดยที่ **R** หมายถึงค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดง และ **G** หมายถึงค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีเขียว

ดัชนี Normalized Differential Vegetation Indices (NDVI) ดัชนีพีชพรรณที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายโดยการนำสัดส่วนของค่าการสะท้อนในช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ (NIR) และช่วงคลื่นสีแดง (R)

$$NDVI = \frac{(NIR-R)}{(NIR+R)} \quad (\text{สมการที่ 4})$$

โดยที่ **NIR** หมายถึงค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นอินฟราเรดใกล้ และ **R** หมายถึงค่าการสะท้อนของช่วงคลื่นสีแดง

จากนั้นนำภาพที่ผ่านการสร้างดัชนีพีชพรรณมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพภายในแปลงทดสอบเพื่อใช้เป็นตัวแทนการเจริญเติบโตของต้นข้าว ณ ช่วงเวลานั้น ๆ เพื่อแสดงผลเป็นกราฟเส้นสามารถพิจารณาแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงของต้นข้าวได้ตลอดฤดูกาลเพาะปลูก

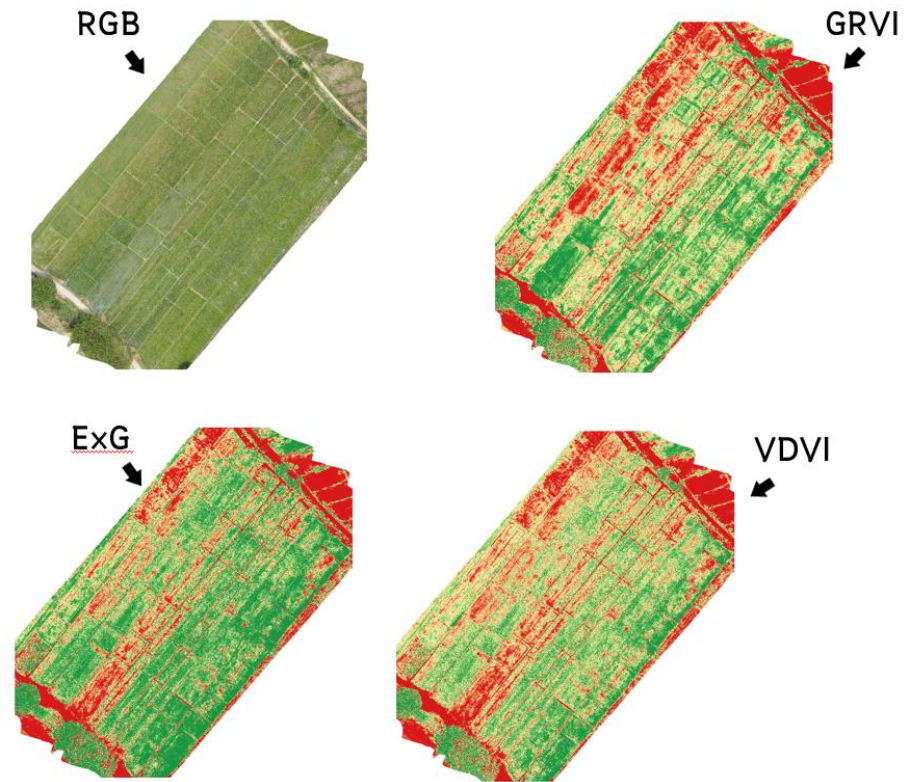


รูปที่ 5 การคำนวณค่าเฉลี่ยรอบแปลงทดสอบ

ผลการศึกษา

ผลการคำนวณดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากอากาศยานไร้คนขับ

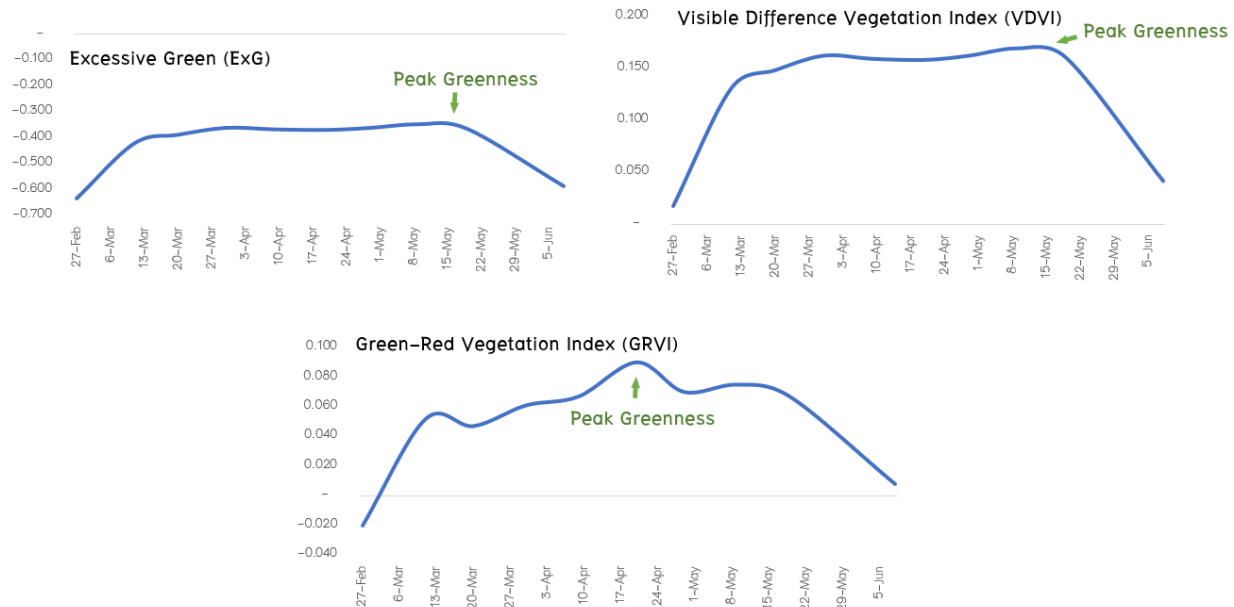
การคำนวณดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายรายละเอียดสูงด้วยอากาศยานไร้คนขับประกอบไปด้วยดัชนี ExG, VDVI, และ GRVI พบว่า พบว่ากราฟสีพลักษณ์พืชพรรณมีแนวโน้มสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันและเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ โดยดัชนี ExG มีค่าสูงสุด (Max), ค่าต่ำสุด (Min) และค่าเฉลี่ย (Average) เท่ากับ -0.345 , -0.633 , และ -0.418 ตามลำดับ ดัชนี VDVI เท่ากับ 0.169 , 0.018 , และ 0.131 ตามลำดับ ดัชนี GRVI เท่ากับ 0.090 , -0.020 , และ 0.052 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าดัชนี GRVI มีค่าสูงสุด (Peak Greenness) ในวันที่ 20 เมษายน 2565 แตกต่างจากดัชนี ExG และ VDVI ที่มีค่าสูงสุดในวันที่ 9 พฤษภาคม 2565 (ข้าวอายุประมาณ 70 วัน)



รูปที่ 6 ผลการคำนวณดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายระยะเฉียดสูงด้วย UAV

ตารางที่ 2 ค่าการสะท้อนจากอากาศยานไร้คนขับ

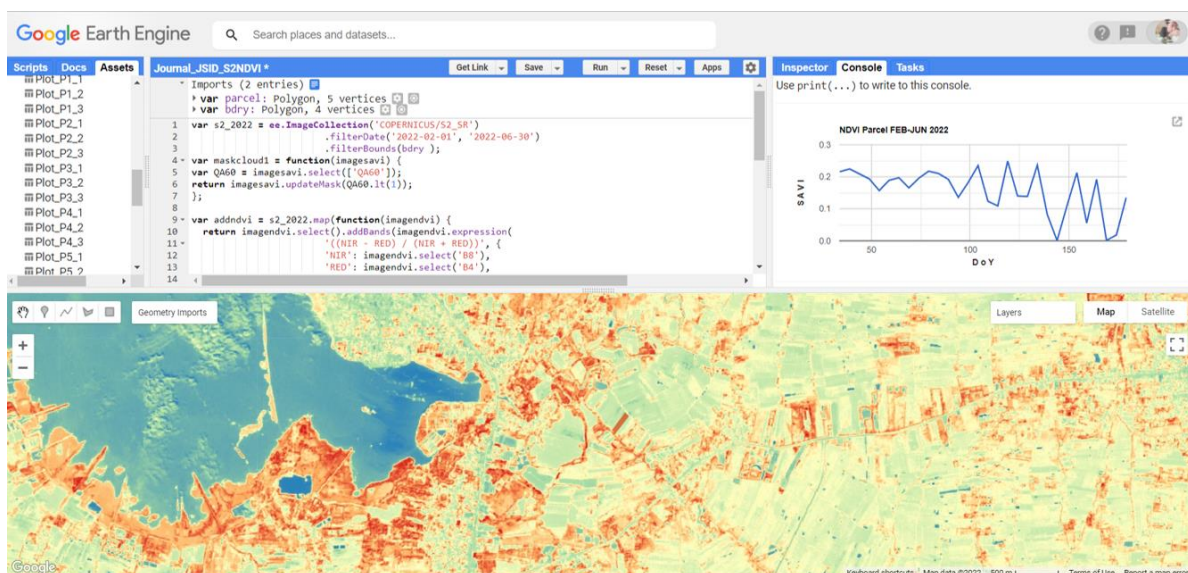
Date	GRVI	EXG	VDVI
27-Feb	- 0.020	- 0.633	0.018
11-Mar	0.052	- 0.419	0.131
20-Mar	0.047	- 0.386	0.148
30-Mar	0.061	- 0.359	0.162
9-Apr	0.067	- 0.365	0.159
20-Apr	0.090	- 0.367	0.158
29-Apr	0.070	- 0.359	0.162
9-May	0.075	- 0.345	0.169
19-May	0.067	- 0.363	0.160
8-Jun	0.008	- 0.585	0.042



รูปที่ 7 กราฟชี้พลักษณ์พืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายระยะเฉียดสูงด้วย UAV

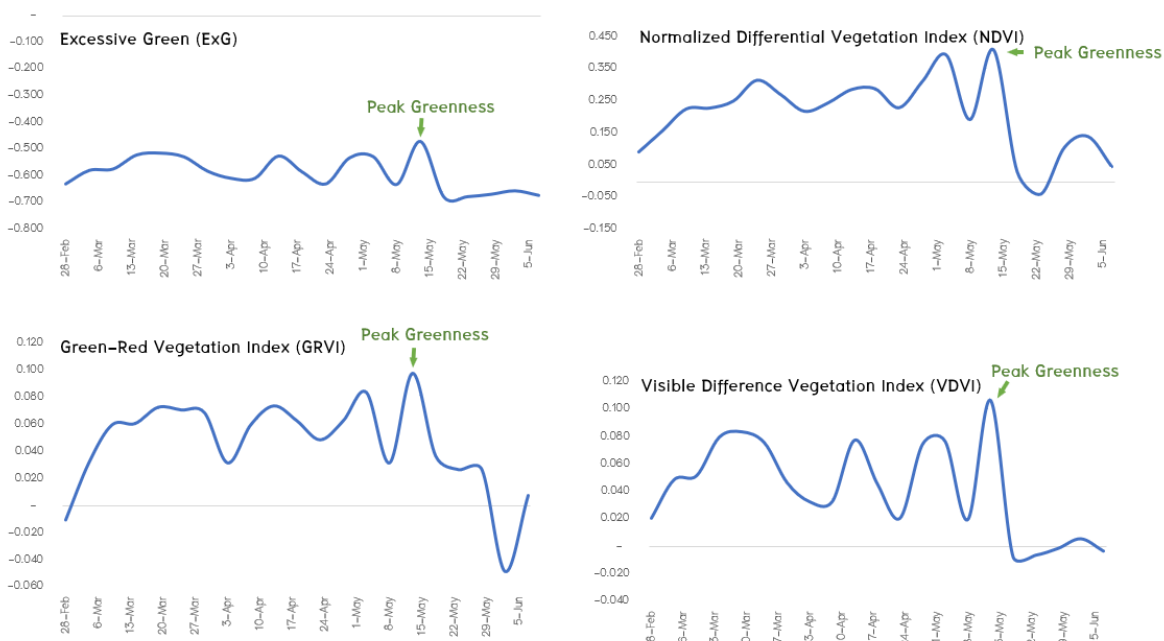
ผลการคำนวณดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียม

การศึกษาดังนี้สืบค้นและเรียกใช้ภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ด้วยแพลตฟอร์ม GEE และคำนวณดัชนีพืชพรรณทั้ง 4 ดัชนี (GRVI VDMI ExG และ NDVI) จากนั้นจึงคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพภายในแปลงทดสอบ (ข้าวนาปรัง) เพื่อใช้เป็นตัวแทนการเจริญเติบโตของต้นข้าวภายในแปลงทดสอบ



รูปที่ 8 ตัวอย่างการประมวลผลด้วยแพลตฟอร์ม GEE

เมื่อพิจารณาจากกราฟที่ใช้แสดงลักษณะชีพลักษณ์พืชพรรณของข้าวทั้ง 4 ดัชนี พบว่ามีแนวโน้มสอดคล้องไปในทิศทางเดียวกันและเพิ่มขึ้นเป็นลำดับ โดยที่ดัชนี ExG มีค่าสูงสุด ค่าต่ำสุดและค่าเฉลี่ย (Average) เท่ากับ -0.469 , -0.679 และ -0.590 ตามลำดับ ดัชนี VDI เท่ากับ 0.107 , -0.007 และ 0.042 ตามลำดับ ดัชนี GRVI เท่ากับ 0.098 , -0.048 , และ 0.211 ตามลำดับ และดัชนี NDVI เท่ากับ 0.412 , -0.039 , และ 0.211 ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าทุกดัชนีมีค่าสูงสุด ในวันที่ 13 พฤษภาคม 2565 เช่นเดียวกัน ข้าวอายุประมาณ 80-100 วัน อย่างไรก็ตามพบว่ากราฟชีพลักษณ์ยังมีความไม่สม่ำเสมอ (เหวี่ยง) ซึ่งเป็นค่ารบกวนที่ได้รับจากผลกระทบด้านสภาพอากาศโดยเฉพาะเมฆที่ปกคลุมบริเวณพื้นที่ศึกษา (Cloud Noise) และส่งผลให้ค่าจากดัชนีพืชพรรณมีค่าต่ำ



รูปที่ 9 กราฟชีพลักษณ์พืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียม

ผลการทดสอบความสัมพันธ์

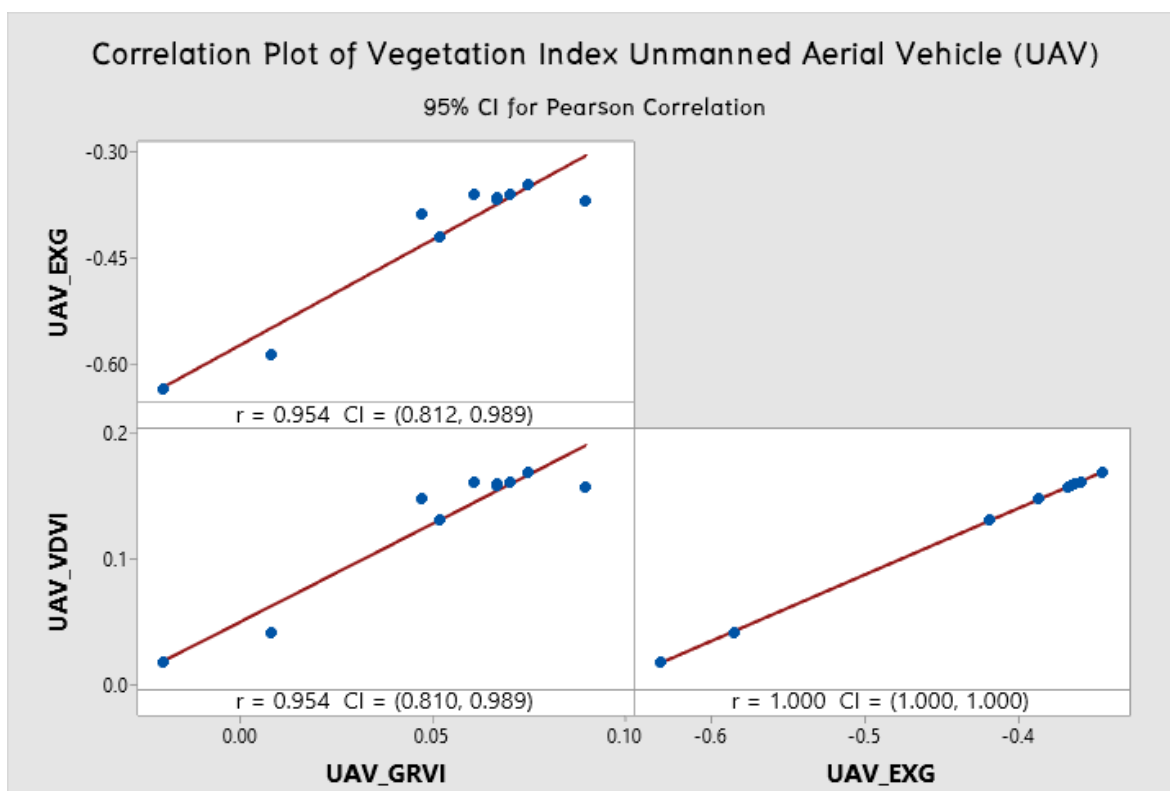
ภาพดัชนีพืชพรรณจากการประมวลผลด้วยข้อมูลทั้งสองชุด (UAV และดาวเทียม) ถูกทดสอบความแปรปรวน และทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและพิจารณาจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ โดยแยกทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากเซ็นเซอร์เดียวกัน และความสัมพันธ์ของดัชนีพืชพรรณระหว่างเซ็นเซอร์ มีรายละเอียดดังนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณจากอากาศยานไร้คนขับ

ดัชนีพืชพรรณจากการประมวลผลภาพถ่ายรายละเอียดสูงด้วย UAV ถูกนำมาทดสอบด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายระหว่างดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจาก UAV ด้วยกันผลลัพธ์พบว่าทุกดัชนีมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทิศทางบวกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.954 ถึง 1.000

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบเชิงคู่ของดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายระยะเี่ยดสูงด้วย UAV

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
UAV_EXG	UAV_GRVI	0.954	(0.812, 0.989)	0.000
UAV_VDVI	UAV_GRVI	0.954	(0.810, 0.989)	0.000
UAV_VDVI	UAV_EXG	1.000	(1.000, 1.000)	0.000



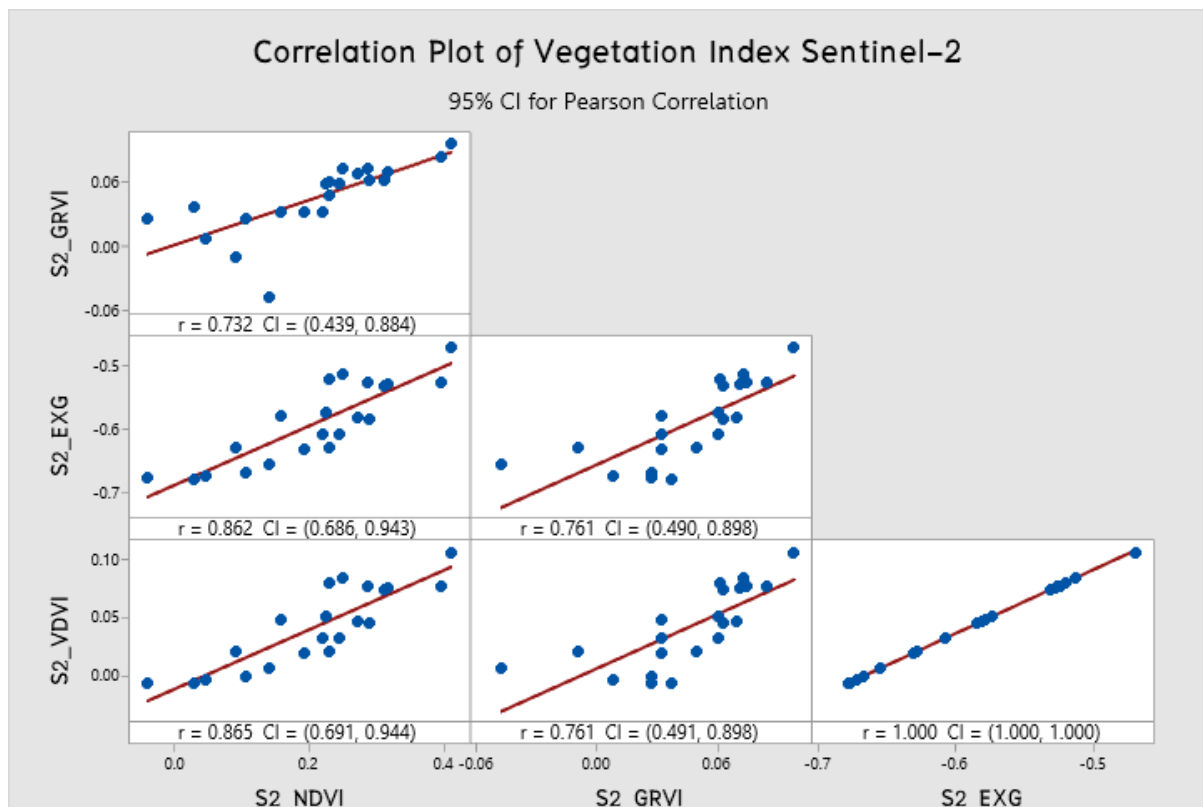
รูปที่ 10 แผนภาพเมทริกซ์ของดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายระยะเี่ยดสูงด้วย UAV

ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม

ดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากการประมวลผลด้วยภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ถูกนำมาทดสอบด้วยสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายระหว่างดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียมด้วยกัน ผลลัพธ์พบว่าทุกดัชนีมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทิศทางบวกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.732 ถึง 1.000

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบเชิงคู่ของดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
S2_GRVI	S2_NDVI	0.732	(0.439, 0.884)	0.000
S2_EXG	S2_NDVI	0.862	(0.686, 0.943)	0.000
S2_VDVI	S2_NDVI	0.865	(0.691, 0.944)	0.000
S2_EXG	S2_GRVI	0.761	(0.490, 0.898)	0.000
S2_VDVI	S2_GRVI	0.761	(0.491, 0.898)	0.000
S2_VDVI	S2_EXG	1.000	(1.000, 1.000)	0.000



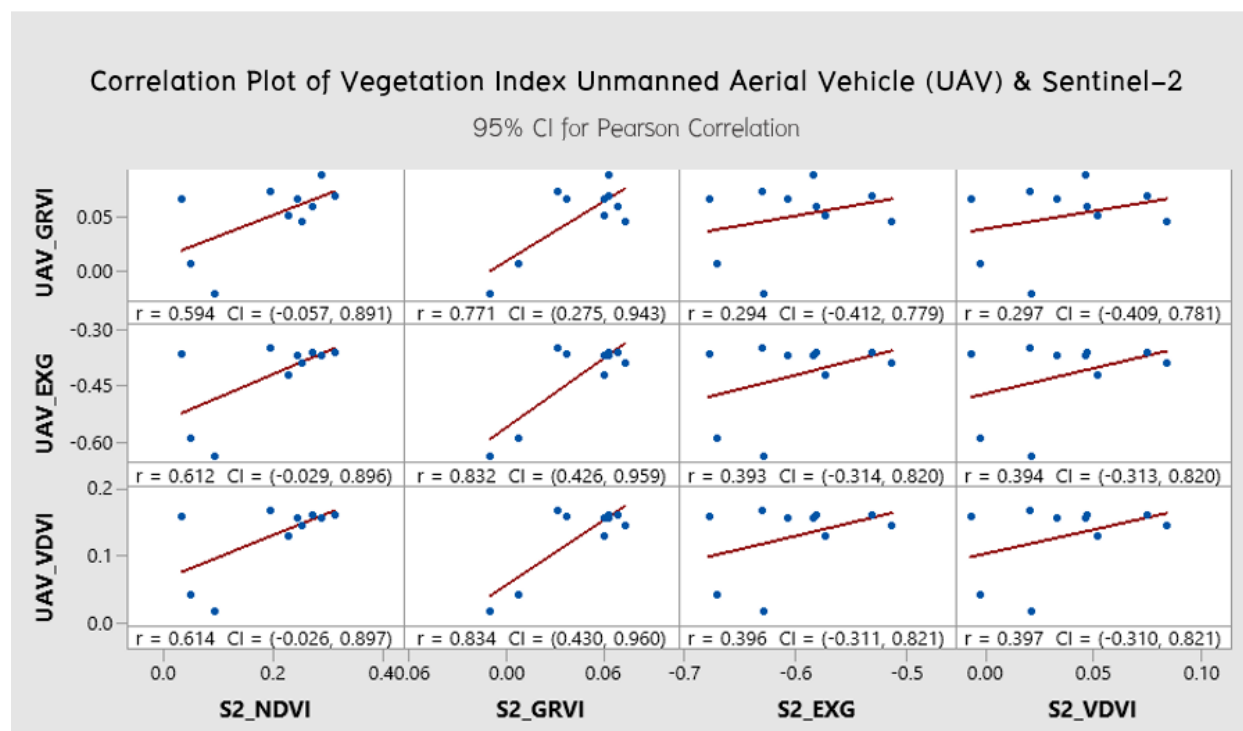
รูปที่ 11 แผนภาพเมทริกซ์ของดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2

ความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณข้ามเซนเซอร์

ดัชนีพืชพรรณจากการประมวลผลภาพถ่ายรายละเอียดสูงด้วย UAV และดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากดาวเทียม Sentinel-2 ถูกนำมาทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยสมการการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายผลลัพธ์พบว่าทุกดัชนีมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทิศทางบวกมีค่าอยู่ระหว่าง 0.294 ถึง 0.834

ตารางที่ 5 เปรียบเทียบเชิงคู่ของดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายระยะเฉียดสูงด้วย UAV และดาวเทียม Sentinel-2

Sample 1	Sample 2	Correlation	95% CI for ρ	P-Value
UAV_GRVI	S2_NDVI	0.594	(-0.057, 0.891)	0.07
UAV_GRVI	S2_GRVI	0.771	(0.275, 0.943)	0.01
UAV_GRVI	S2_EXG	0.294	(-0.412, 0.779)	0.41
UAV_GRVI	S2_VDVI	0.297	(-0.409, 0.781)	0.40
UAV_EXG	S2_NDVI	0.612	(-0.029, 0.896)	0.06
UAV_EXG	S2_GRVI	0.832	(0.426, 0.959)	0.00
UAV_EXG	S2_EXG	0.393	(-0.314, 0.820)	0.26
UAV_EXG	S2_VDVI	0.394	(-0.313, 0.820)	0.26
UAV_VDVI	S2_GRVI	0.834	(0.430, 0.960)	0.00
UAV_VDVI	S2_NDVI	0.614	(-0.026, 0.897)	0.06
UAV_VDVI	S2_EXG	0.396	(-0.311, 0.821)	0.26
UAV_VDVI	S2_VDVI	0.397	(-0.310, 0.821)	0.26



รูปที่ 12 แผนภาพเมทริกซ์ของดัชนีพืชพรรณจากภาพถ่ายระยะเฉียดสูงด้วย UAV และดาวเทียม Sentinel-2

สรุปและอภิปรายผล

การศึกษาครั้งนี้เสนอวิธีติดตามรูปแบบการเจริญเติบโตของข้าวด้วยการประยุกต์ใช้ UAV และข้อมูลภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 ผ่านการประมวลผลข้อมูลบนคลาวด์ด้วยแพลตฟอร์ม GEE แล้วสร้างดัชนีพืชพรรณพร้อมทั้งคำนวณหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพภายในแปลงทดสอบเพื่อใช้เป็นตัวแทนการเจริญเติบโตของข้าว ณ ช่วงเวลานั้น ๆ และนำมาพล็อตกราฟบนเส้นเวลา ผลลัพธ์ที่ได้เรียกว่ากราฟชีพลักษณะพืชพรรณ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงทางพฤกษศาสตร์ของต้นข้าวเมื่อพิจารณากราฟที่ได้รับจากภาพถ่ายระยะเลียดสูงด้วย UAV พบว่าทั้ง 3 ดัชนี (ExG, VDMI, และ GRVI) มีความสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของข้าวโดยมีการเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนถึงจุดที่มีการเจริญเติบโตสูงที่สุด แล้วจึงลดต่ำตามค่าความเขียวของใบข้าวที่จะลดลงเมื่อเข้าใกล้ฤดูการเก็บเกี่ยวคล้ายคลึงกับการศึกษาของ Soontranon et al., (2017) ; Soontranon et al., (2015) ในด้านกราฟชีพลักษณะพืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียม Sentinel-2 (ExG, VDMI, GRVI และ NDVI) พบว่าคล้ายคลึงกับกราฟชีพลักษณะพืชพรรณที่ได้รับจาก UAV กราฟมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นลำดับจนถึงจุดที่มีการเจริญเติบโตสูงที่สุดก่อนจะลดต่ำลงตามค่าความเขียวของข้าวเมื่อใกล้ถึงฤดูการเก็บเกี่ยวเช่นเดียวกัน อย่างไรก็ตามสังเกตว่ากราฟชีพลักษณะพืชพรรณที่ได้รับจากภาพถ่ายดาวเทียมพบอุปสรรคด้านสภาพอากาศที่ไม่สามารถหลีกเลี่ยงผลกระทบจากเมฆปกคลุมเหนือพื้นที่ศึกษา และส่งผลให้ค่าดัชนีพืชพรรณมีค่าต่ำ ภายหลังจากการทดสอบความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นอย่างง่ายและพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ พบว่าการเปรียบเทียบเชิงคู่ของดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากระบบเซ็นเซอร์เดียวกัน จะส่งผลให้ทิศทางความสอดคล้องของข้อมูลอยู่ในระดับสูง แต่หากทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวรับสัญญาณ (UAV กับ ดาวเทียม) ส่งผลให้บางดัชนีพืชพรรณมีค่าความสอดคล้องต่ำลงเนื่องจากความละเอียดของจุดภาพที่แตกต่างกัน (รายละเอียดดังตารางที่ 5) ดัชนีพืชพรรณจาก UAV ที่ผ่านการทดสอบความสอดคล้องกับดาวเทียมแล้วทั้ง 3 ดัชนี มีค่าความสอดคล้องกับดัชนี GRVI จากดาวเทียมในระดับสูง และรองลงมาเป็น การสอดคล้องกับดัชนี NDVI จากดาวเทียม นอกจากนี้ยังพบว่าดัชนีพืชพรรณที่คำนวณด้วยภาพถ่ายจาก UAV แสดงให้เห็นถึงรูปแบบและรายละเอียดของพื้นที่ชัดเจนกว่าภาพถ่ายจากดาวเทียม Sentinel-2 เนื่องจากมีความละเอียดเชิงพื้นที่สูงกว่าและไม่ได้รับผลกระทบจากชั้นบรรยากาศคล้ายคลึงกับผลลัพธ์จากการศึกษาของ Mangewa et al., (2022)

การศึกษาครั้งนี้มุ่งเน้นเสนอแนวทางและทดสอบการประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณแบบ RGB ด้วยภาพถ่ายจาก UAV ทดสอบร่วมกับดัชนีพืชพรรณที่ได้รับจากดาวเทียม Sentinel-2 ดัชนีพืชพรรณจาก UAV ทั้ง 3 ชนิด สามารถใช้ติดตามการเจริญเติบโตของต้นข้าวได้โดยใช้ค่าเฉลี่ยของจุดภาพในแปลงทดสอบเพื่อสร้างกราฟชีพลักษณะพืชพรรณ ซึ่งมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับพิจารณาลักษณะทางกายภาพที่มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลา นอกจากนี้ยังสามารถใช้ติดตามการเจริญเติบโตของข้าวได้เช่นเดียวกับภาพถ่ายดาวเทียม สอดคล้องกับการศึกษาของ [7] ในกรณีที่พบอุปสรรคด้านสภาพอากาศจากภาพถ่ายดาวเทียมระบบ Optical ยังสามารถประยุกต์ใช้ UAV (ต้นทุนต่ำ) แบบช่วงคลื่นตามองเห็นเพื่อติดตามการเจริญเติบโตของข้าวได้ในอนาคต อย่างไรก็ตามข้อมูลภาพถ่ายที่ได้รับจากดาวเทียม Sentinel-2 สามารถติดตามและตรวจสอบลักษณะของพื้นที่ครอบคลุมเป็นบริเวณกว้างด้วยการถ่ายภาพเพียงครั้งเดียว แต่มีข้อจำกัดด้านขนาดของจุดภาพที่มีความละเอียดมากที่สุด 10 เมตร และอุปสรรคด้านสภาพอากาศโดยเฉพาะเมฆที่ปกคลุมเหนือพื้นที่ศึกษาแตกต่างจาก UAV ที่มีความละเอียดจุดภาพระดับเซนติเมตรแต่อาจตามมาด้วยการปะปนกันของข้อมูลพื้นผิว ยกตัวอย่างเช่น พื้นดิน เกาของทรงพุ่ม วัชพืช หรือแม้กระทั่งคันนา ซึ่งจะส่งผลให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์ไม่มีความเป็นเนื้อเดียวกัน (Non-Homogeneous) และไม่สามารถบินถ่ายภาพเป็นบริเวณกว้างได้

แนวทางสำหรับการศึกษาค้นคว้าต่อไปควรให้ความสำคัญถึงขนาดจุดภาพ ความสูงบิน และช่วงเวลาในการสำรวจเพื่อป้องกันให้เกิดค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุด รวมถึงเพิ่มความน่าเชื่อถือของข้อมูลด้วยการสำรวจภาคพื้นดิน (ดัชนีพื้นที่ผิวใบ ขนาดของทรงพุ่ม และระดับความสูงของต้นข้าว) นอกจากนี้สามารถประยุกต์ใช้แนวทางการศึกษากับข้อมูลดาวเทียมในระบบ Active ส่งสัญญาณกระทบมายังพื้นโลกและสะท้อนกลับไปยังข้อดีของดาวเทียมระบบดังกล่าวจะไม่ได้มีปัญหาอุปสรรคด้านสภาพอากาศ (สัญญาณสามารถทะลุทะลวงเมฆได้) แต่จะมีการตีความค่าการสะท้อนที่แตกต่างออกไปจากระบบ Passive

กิตติกรรมประกาศ

ผู้ศึกษาขอขอบพระคุณอาจารย์ที่ปรึกษา และคณาจารย์สาขาวิชาภูมิสารสนเทศศาสตร์ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร มหาวิทยาลัยพะเยา ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิของวารสารวิชาการเพื่อการพัฒนานวัตกรรมเชิงพื้นที่ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะแนวทางการปรับปรุงเพื่อเผยแพร่ผลงานนี้ให้เป็นประโยชน์ในวงวิชาการและการพัฒนาเชิงพื้นที่ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- กรมการข้าว. (2564). *โครงการภายใต้ยุทธศาสตร์ข้าวไทย 2563-2567*.
- ประกาศโฆษณาการรับขึ้นทะเบียนสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์. (2565). *กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพาณิชย์* (เล่ม 63 เลขที่ประกาศ 186, น. 1-4).
- ปริญญาตร์ จุนถาวร, กฤษณาน อินทร์ตัน และ นิรันดร์คอน ไสยะวง. (2564). การเปรียบเทียบดัชนีพืชพรรณ RGB กับดัชนีพืชพรรณผลต่างแบบนอัมโลส ด้วยข้อมูลจากอากาศยานไร้คนขับ กรณีศึกษาข้าวแปลงเล็ก. *การประชุมวิชาการ (Proceedings) ทรัพยากรธรรมชาติสารสนเทศภูมิศาสตร์ และสิ่งแวดล้อม ครั้งที่ 5 (NatGen 5th)*, วันที่ 6 – 7 พฤษภาคม 2564 (น. 50-59). คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.
- สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงสิงคโปร์/ สำนักงานส่งเสริมการค้าในต่างประเทศ ณ กรุงมะนิลา. (2562). *ภาพรวมตลาดข้าวในอาเซียน*. สืบค้นจาก https://www.ditp.go.th/contents_attach/564288/564288.pdf
- สืบค้นจาก https://www.esa.int/Enabling_Support/Operations/Sentinel-2_operations
- European Space Agency. (2022). *Sentinel-2 operations*.
- Kalisperakis, I., Stentoumis, C., Grammatikopoulos, L., & Karantzalos, K. (2015). Leaf area index estimation in vineyards from UAV hyperspectral data, 2D image mosaics and 3D canopy surface models. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(1), 299.
- Mangewa, L. J., Ndakidemi, P. A., Alward, R. D., Kija, H. K., Bukombe, J. K., Nasolwa, E. R., & Munishi, L. K. (2022). Comparative Assessment of UAV and Sentinel-2 NDVI and GNDVI for Preliminary Diagnosis of Habitat Conditions in Burunge Wildlife Management Area, Tanzania. *Earth*, 3(3), 769-787.
- Soesanto, O., Idris, M., & Hastomo, H. D. (2022). Segmentasi vegetasi lahan basah berbasis modified-camera drone. In *Prosiding Seminar Nasional Lingkungan Lahan Basah*. 7(1), 259-266.

- Soontranon, N., Lawawirojwong, S., Jitkajornwanich, K., Srestasathiern, P., & Rakwatin, P. (2017). *A comparison of ground and satellite based phenologies for monitoring rice field*. Bangkok: Geo-Informatics and Space Technology Development Agency (GISTDA).
- Soontranon, N., Srestasathiern, P., & Rakwatin, P. (2015, June). Rice crop calendar based on phenology analysis from time-series images. In *2015 12th International Conference on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI-CON)* (pp. 1–5). IEEE.
- Tucker, C. J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote sensing of Environment*, 8(2), 127–150.
- Woebbecke, D. M., Meyer, G. E., Von Bargen, K., & Mortensen, D. A. (1995). Shape features for identifying young weeds using image analysis. *Transactions of the ASAE*, 38(1), 271–281.
- Zhou, H., Fu, L., Sharma, R. P., Lei, Y., & Guo, J. (2021). A hybrid approach of combining random forest with texture analysis and VDVI for desert vegetation mapping Based on UAV RGB Data. *Remote Sensing*, 13(10), 1891.