

# การประยุกต์ใช้อากาศยานไร้คนขับติดตามการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์

## Application of unmanned aerial vehicles to track the growth of Napier grass

นิวัตร ภุมิพันธ์<sup>1\*</sup>, กฤษณากรณ์ ว่องไว<sup>1</sup>, และณัฐพงศ์ บุตรธนู<sup>1</sup>

Niwat Bhumiphan<sup>1\*</sup>, Kritsakorn Wongwai<sup>1</sup>, and Nuttapong Bootthanu<sup>1</sup>

<sup>1</sup>คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ตำบลสามพร้าว อำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี ประเทศไทย 41000

<sup>1</sup>Faculty of Technology, Udon Thani Rajabhat University, Sam Phrao Subdistrict, Mueang district, Udon Thani Province, Thailand, 4100

\*Corresponding author: niwat.bh@udru.ac.th

<https://doi.org/10.55674/snrjiti.v2i1.247808>

Received: 2 Dec 2022

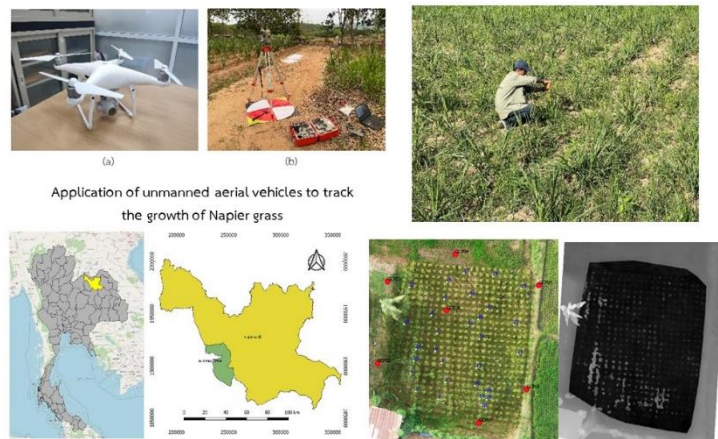
Revised: 21 Dec 2022

Accepted: 29 Dec 2022

Available online: 1 Jan 2023

### บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อติดตามการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ช่วงต่อแรก โดยใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับในแปลงทดลอง พื้นที่ศึกษาตั้งอยู่ที่ตำบลหนองอ้อ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี โดยถ่ายภาพทางอากาศที่ความสูงในการบิน 30 60 และ 90 เมตร ประมวลผลข้อมูลของภาพผ่าน WebOEM



ทำการสุ่มตัวอย่างเพื่อรวบรวมข้อมูลจากแปลงทดลอง ค่าการประมาณความสูงของหญ้าเนเปียร์ที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับ พบว่าความสูงในการบินที่เหมาะสมที่สุด คือ 90 เมตร มีค่า  $R^2$  คือ 0.77 และมีค่า RMSE เท่ากับ 0.40 และประมาณความสูงของหญ้าเนเปียร์และค่าการสะท้อนแสงด้วยแบบจำลองเชิงเส้นทั่วไป พบว่าความสูงในการบินที่เหมาะสมที่สุด คือ 60 เมตร ค่าที่เหมาะสมที่สุดมีค่า  $R^2$  คือ 0.77 และมีค่า RMSE เท่ากับ 0.18 จากผลการศึกษพบว่าอากาศยานไร้คนขับสามารถใช้ติดตามการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ที่ความสูงของการบินที่เหมาะสม คือ 90 เมตรให้ค่า  $R^2$  เท่ากับการวิเคราะห์ด้วยค่าการสะท้อนแสงซึ่งเป็นวิธีที่ยากกว่า สามารถใช้เป็นแนวทางในการประมาณความสูงของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ในพื้นที่ขนาดใหญ่ได้

**คำสำคัญ:** อากาศยานไร้คนขับ, การประมาณความสูง, แบบจำลองระดับสูงเชิงเลข, การจำลองความสูงของภูมิประเทศ, หญ้าเนเปียร์

## Abstract

The objective of this study was to monitor the growth of Napier grass variety Pakchong 1 during the first stump. Using aerial photographs from the unmanned aerial vehicle in the experimental plot. The study area is located at Nongon Sub-district, Nong Wua So District, Udon Thani Province. By taking aerial photographs at flying heights of 30, 60 and 90 meters. Process image data with WebOEM. Sampling was performed to collect data from experimental plots. Napier grass elevation estimates obtained from aerial photographs from unmanned aerial vehicles. The height of the flight the most suitable is 90 meters, the most determination coefficient  $R^2$  of 0.77 and an RMSE of 0.40 and estimated Napier grass height and reflectivity using a General Linear Model (GLM). It was found that the optimal flight altitude was 60 m. The optimal value had an  $R^2$  of 0.77 and an RMSE of 0.18. The results showed that the unmanned aerial vehicle could be used to monitor the growth of Pak Chong 1 Napier grass at an optimal flight height of 90 meters. The  $R^2$  value is equal to the reflectance analysis, which is a more complicated method. It can be used as a guideline for estimating the height of Napier grass in a large area.

**Keywords:** UAV, height estimation, Digital Elevation Model, Digital Terrain Model, Napier grass

© 2023 Faculty of Industrial Technology reserved

## 1. บทนำ

หญ้าเนเปียร์ (*Pennisetum purpureum*) เป็นพืชที่มีคุณค่าทางอาหารสูงและสัตว์ชอบกิน สามารถให้สัตว์กินทั้งแบบหญ้าสดและแบบหมัก และยังเป็นพืชพลังงานชนิดหนึ่งที่มีความสนใจ หญ้าเนเปียร์สามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ได้ดี [1] นอกจากนี้ยังเป็นหญ้าที่ปลูกง่าย เจริญเติบโตเร็วแตกกอดี มีใบดกหนา ให้ผลผลิตตลอดทั้งปี [2] สามารถขึ้นได้ดีในดินหลายชนิด ตั้งแต่ดินทรายจนถึงดินเหนียว ทนแล้ง ทนสนองต่อน้ำ และปุ๋ยดี สำหรับหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 มีลักษณะลำต้นและทรงต้นตั้งตรงลำต้นอ่อนนุ่ม มีใบเกิดสลับข้างกัน มีลำต้นสูง 2 ถึง 4 เมตร [3] ปัจจัยที่มีผลต่อการงอกประกอบด้วยน้ำ อุณหภูมิ ออกซิเจน พันธุ์ที่ใช้ปลูก สภาพของท่อนพันธุ์และสภาพแวดล้อม ด้านปัจจัยภายนอกที่เหมาะสมต่อการงอก เช่น แสงแดดพอประมาณ ได้รับน้ำน้อยแต่บ่อยครั้ง ความชื้นเป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุด ซึ่งการปลูกหญ้าโดยใช้ท่อนพันธุ์จะต้องให้น้ำอย่างต่อเนื่องอย่างน้อย 7 วัน จึงจะทำให้ท่อนพันธุ์งอกได้ [4] การงอกของท่อนพันธุ์หญ้านอกจากในเรื่องของความชื้นภายนอกแล้ว ความชื้นภายในของท่อนพันธุ์ก็เป็นอีกปัจจัยที่มีผลต่อการงอก

การตรวจติดตามการเจริญเติบโตของพืชเป็นอีกปัญหาหนึ่งที่เกษตรกรพบเนื่องจากการปลูกหญ้าเนเปียร์เป็นเกษตรแปลงใหญ่ ตลอดการเพาะปลูกนับตั้งแต่เริ่มปลูกจนถึงการเก็บเกี่ยว ต้องใช้ระยะเวลา แรงงาน และงบประมาณสูงมากโดยเฉพาะพื้นที่ปลูกที่มีขนาดใหญ่ [5] อีกทั้งยังไม่สามารถตรวจติดตามทั่วทั้งพื้นที่ได้ ดังนั้น

เทคโนโลยีการสำรวจด้วยอากาศยานไร้คนขับจึงเป็นทางเลือกที่เหมาะสม เพราะเป็นวิธีการที่ ช่วยลดระยะเวลา แรงงาน และให้ข้อมูลรายละเอียดเชิงพื้นที่สูงในการสำรวจ [6] อากาศยานไร้คนขับ (UAVs) ประเมินการวิเคราะห์ ภายในความแปรปรวนเชิงพื้นที่สำหรับการจัดการความแม่นยำทางการเกษตรเนื่องจากภาพจาก UAVs ให้ผลลัพธ์ ได้อย่างรวดเร็วในช่วงเวลาวิกฤตของการเจริญเติบโตของพืช [7] อากาศยานไร้คนขับ (UAVs) ถูกนำมาใช้ตรวจจับ ระยะไกลที่มีความสูงต่ำ ความละเอียดสูง มีความคล่องตัว น้ำหนักเบาและต้นทุนต่ำ [8]

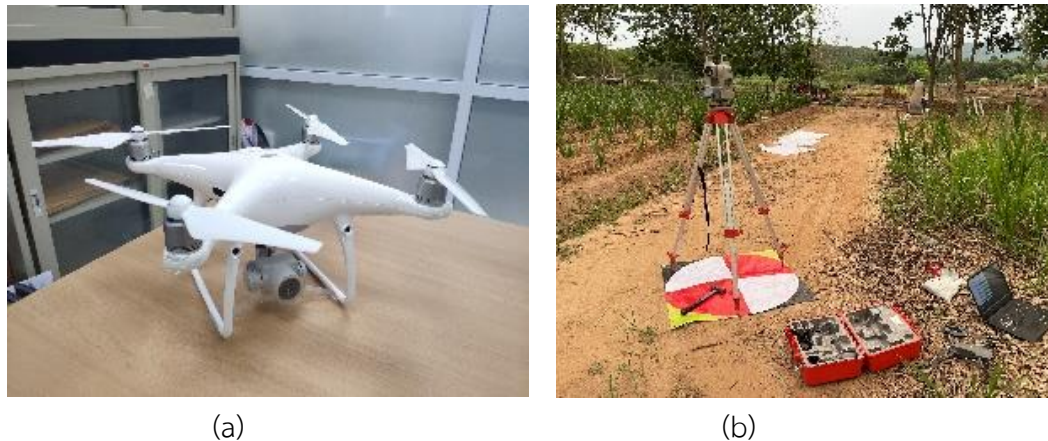
รายงานการศึกษาพบว่า ความแม่นยำของ UAVs ได้ถูกนำมาใช้ในงานเกษตร เช่น การตรวจวัดความสูงพืช [9-11] การตรวจจับโรคพืช [12, 13] การทำนายผลผลิต [14, 15] ติดตามการเจริญเติบโต [16] ภาพถ่าย UAV- RGB ได้ถูกนำมาสร้างแผนที่ของอ้อยซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ  $R^2 = 0.90$  ค่า RMSE = 5.04 [6] ใช้วิธี OBIA ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ  $R^2 = 0.97$  [17] นำภาพถ่าย UAV-RGB โดยใช้แบบจำลอง Random Forest จำแนกพืชในไร่อ้อย ซึ่งวิธีการแก้ปัญหานี้ให้ความแม่นยำโดยรวม 82% และค่าสัมประสิทธิ์คัปปา 0.73 [18] ตรวจสอบความสูงของพืชโดยใช้ภาพถ่าย UAV-RGB ส่งผลให้การประมาณการความสูงและมวลชีวภาพของพืชได้ อย่างละเอียดและแม่นยำ  $R^2$  มีค่าตั้งแต่ 0.87 ถึง 0.97 [9] ดัชนีพืชพรรณและความสูงของพืชโดยใช้ภาพถ่าย UAV-RGB ในการทำนายผลผลิตข้าวโพด [19] microUAV ที่ติดตั้งด้วยเครื่องสแกนเลเซอร์เพื่อวัดความสูงของพืช [11] ประเมินมวลชีวภาพของข้าวบาร์เลย์โดยใช้ความสูงของพืชที่ได้จากภาพถ่าย UAV [20] ประมาณค่าชีวมวล และปริมาณไนโตรเจนที่อยู่ในใบอ้อยโดยใช้ LiDAR และภาพถ่ายจากกล้อง Multispectral ที่ติดตั้งบนอากาศยาน ไร้คนขับ ผลการศึกษาพบว่ากล้อง Multispectral ให้ผลการประมาณค่าที่ดีที่สุด  $R^2 = 0.57$  และ LiDAR ให้ผล การประมาณค่า  $R^2 = 0.52$  [21] และยังพบว่า SLAM LiDAR ให้ผลการประมาณค่า  $R^2 = 0.971$  และ Multispectral RedEdge ให้ผลการประมาณค่า  $R^2 = 0.993$  [22]

จากการศึกษาผ่านมามีพบว่าอากาศยานไร้คนขับสามารถนำมาใช้ติดตามความบกพร่องของการเจริญเติบโต ของพืชในเกษตรแปลงใหญ่ได้ ดังนั้นการศึกษานี้จึงจะนำอากาศยานไร้คนขับมาประยุกต์ใช้ในการติดตามการ เจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ช่วงต่อแรก ด้วยสร้างแบบจำลองเชิงเส้นอย่างง่าย โดยใช้ค่าดัชนีพืช ที่ได้จากค่าสะท้อนแสงและความสูงจากข้อมูลภาพถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับที่ความสูงในการบิน 30 60 และ 90 เมตร เพื่อหาความสูงที่เหมาะสม และทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลองโดยใช้ RMSE และ  $R^2$  ซึ่งจะ ทำให้ข้อมูลนั้นมีค่าความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น

## 2. วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการวิจัย

### 2.1 วัสดุ อุปกรณ์

อุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยประกอบไปด้วย โดรนรุ่น Phantom 4 pro พร้อมกล้องถ่ายภาพ RGB เป้าควบคุมภาคพื้นดินไวน์ลีสี่ขาแดง ขนาด 1x1 เมตร และกล้องสำรวจประมวลผลรวม Sokkia power set 4100 ดังแสดงในภาพที่ 1

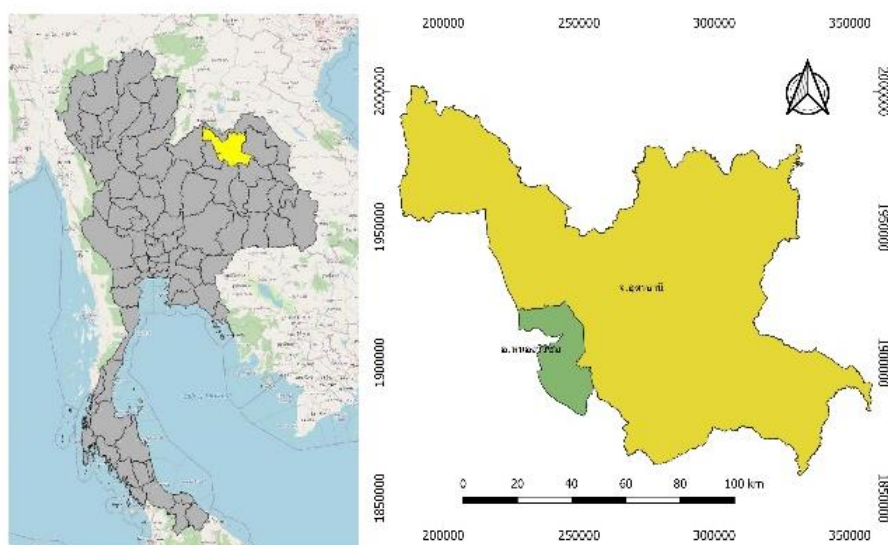


ภาพที่ 1 (a) โดรนรุ่น Phantom 4 pro (b) เป้าผ้าไวโอลีสีขาวแดงและกล้องประมวลผลรวม

## 2.2 วิธีการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าได้ดำเนินการปลูกหญ้าเนเปียร์ในพื้นที่ ตำบลหนองอ้อ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี ตั้งอยู่ ละติจูด  $17^{\circ}11'05.1''N$  ลองจิจูด  $102^{\circ}34'19.2''E$  ดังแสดงในภาพที่ 2 มีลักษณะภูมิประเทศเป็นพื้นที่ราบลุ่ม อากาศจึงค่อนข้างร้อนอบอ้าวในฤดูร้อน และในฤดูหนาวก็ค่อนข้างหนาวเย็น โดยฤดูฝน เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคม - ตุลาคม ของทุกปี เริ่มมีฝนตกชุก ตั้งแต่เดือนเมษายนจนถึงเดือนตุลาคม โดยมีปริมาณน้ำฝนสูงสุดในเดือนตุลาคม และมีปริมาณน้ำฝนเฉลี่ย 1,129 มม./ปี (กรมอุตุนิยมวิทยา กระทรวงเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร)

การเก็บข้อมูลภาคพื้นดินใช้กล้องสำรวจประมวลผลรวม Sokkia power set 4100 เพื่อเก็บค่าพิกัดจุดคุมภาคพื้นดิน (GCPs) และจุดพิกัดตัวอย่างเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ในข้อมูลภาพถ่าย [23] เก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ โดยทำการวางแผนการบินด้วย Application PIX4D กำหนดความ



ภาพที่ 2 พื้นที่ศึกษา ตำบลหนองอ้อ อำเภอหนองวัวซอ จังหวัดอุดรธานี



สูงของการบิน เท่ากับ 30 60 และ 90 เมตร ทำการถ่ายภาพให้มีระยะซ้อนด้านหน้า 80% และระยะซ้อนด้านข้าง 60% โดยจะทำการเก็บข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ และวัดความสูงของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ที่อายุ 19 37 52 72 และ 92 วัน ดังแสดงในภาพที่ 3 ประมวลผลภาพทางอากาศ โดยใช้ WebOEM สร้างแผนที่ภาพออร์โท (Orthophoto map) แสดงในภาพที่ 4

หญ้าที่ใช้ปลูกเป็นพันธุ์ปากช่อง 1 ใช้ระยะการปลูก 1x1 เมตรต่อหลุมๆ ละ 3 ท่อน จำนวน 400 หลุม พื้นที่แปลงทดลอง 1 งาน ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างให้กระจายทั่วแปลงทดลอง วัดความสูงของต้นหญ้าเนเปียร์ โดยให้มีขนาดคลื่นทั่วทั้งแปลงทดลองจำนวน 160 หลุม จากนั้นสุ่มเก็บตัวอย่างโดยการตัดต้นหญ้าเนเปียร์ จำนวน 10 หลุม เพื่อทำการชั่งน้ำหนักสด ทุกๆ 2 สัปดาห์ ให้เป็นวันเดียวกันกับข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

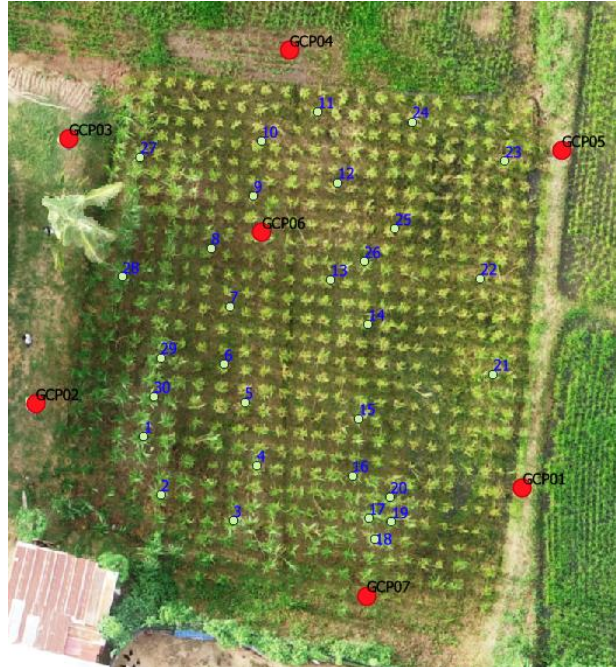


ภาพที่ 3 การสุ่มเก็บตัวอย่างให้กระจายทั่วแปลงทดลอง

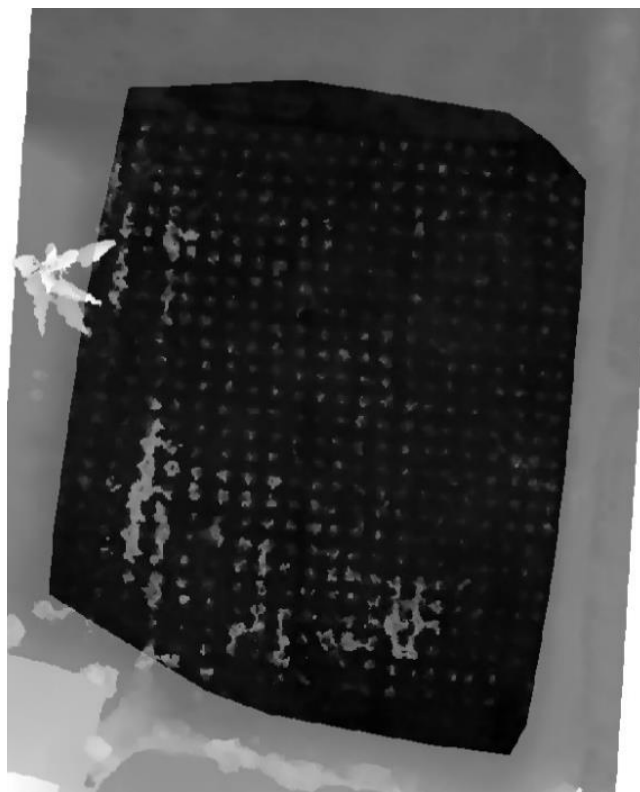
### 3. การวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายทางอากาศ

ภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับจะถูกมาปรับแก้ด้วยค่าพิกัดจุดควบคุมภาคพื้นดิน (GCPs) จำนวน 7 จุด ทำให้ภาพมีความถูกต้องก่อนที่จะทำการประมวลผลโดยสร้างเป็นแผนที่ภาพออร์โท (Orthophoto map) ดังแสดงในภาพที่ 4 ที่ระยะความสูง 30 60 และ 90 เมตร และสร้างแผนที่ความสูง (Digital Elevation Model ; DEM) การคำนวณความสูงของต้นหญ้าเนเปียร์ ที่ได้จากภาพถ่ายทางอากาศที่ได้จากการบินโดยอากาศยานไร้คนขับ โดยจะสร้างแบบจำลองความสูงของต้นหญ้าเนเปียร์ (Digital Surface Model; DSM) และสร้างแบบจำลองความสูงของพื้นดิน (Digital Terrain Model; DTM) ดังแสดงในภาพที่ 5 ซึ่งจะสามารถหาความสูงของต้นหญ้าเนเปียร์ [23] นำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงที่ได้จากวัดในแปลงทดลอง จากนั้นวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วย สหสัมพันธ์ (Correlation) ระหว่างความสูงของ

หญ้าเนเปียร์ จากค่าสะท้อนแสงช่วงคลื่น RGB, r g b, ค่าดัชนีพืช และความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ นำข้อมูลที่สัมพันธ์กันมากที่สุดมาสร้างแบบจำลองเพื่อหาค่าความสูงของหญ้าเนเปียร์ ดังแสดงในภาพที่ 6



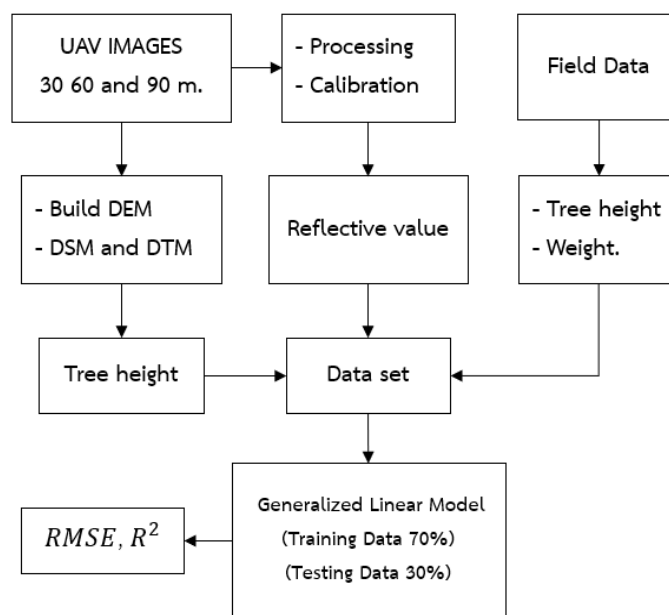
ภาพที่ 4 แผนที่ภาพออร์โท (Orthophoto map)



ภาพที่ 5 Digital Elevation Model (DEM)

#### 4. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

วิเคราะห์ข้อมูลความสูงจากภาพอากาศยานไร้คนขับนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกับข้อมูลความสูงในแปลงทดลอง ผลที่ได้พบว่ามีค่าความถูกต้องที่เหมาะสมที่ความสูง 90 เมตรดังแสดงในภาพที่ 7 และหญ้าเนเปียร์อายุ 92 วัน ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.77 และ RMSE เท่ากับ 0.40 ดังแสดงในตารางที่ 1 และในตารางที่ 2 จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนแสงช่วงคลื่น RGB, r g b, ค่าดัชนีพืช และความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ (Huav.) สามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของข้อมูลด้วยสหสัมพันธ์ (Correlation; R) โดยแสดงเป็นค่าสัมประสิทธิ์ R ตั้งแต่ -1 ถึง 1 หากค่า R มีค่าเข้าใกล้ -1 แสดงว่าตัวแปร มีความสัมพันธ์เชิงลบและมีความสัมพันธ์มาก ในกรณีเดียวกันหากค่า R ค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์เชิงบวกและมีความสัมพันธ์มากเช่นกัน แต่ถ้า R มีค่าเข้าใกล้ 0 แสดงว่าตัวแปรมีความสัมพันธ์กันน้อยหรือไม่มีความสัมพันธ์ ดังแสดงในภาพที่ 8



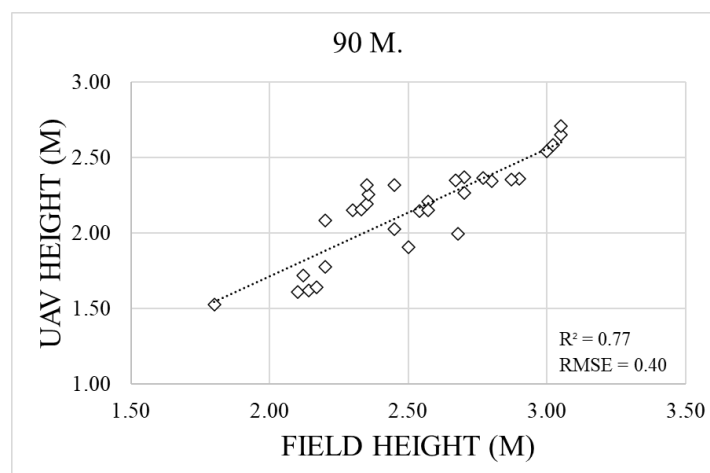
ภาพที่ 6 ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายจาก UAVs

ตารางที่ 1 ค่า  $R^2$  ของผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสูงที่ได้จากแปลงทดลองและจากอากาศยานไร้คนขับ

Napier age.	UAV Height		
	(30 m.)	(60 m.)	(90 m.)
19 Day	0.42	0.33	0.29
37 Day	0.54	0.50	0.43
52 Day	0.63	0.62	0.60
72 Day	0.65	0.65	0.62
92 Day	0.73	0.71	0.77

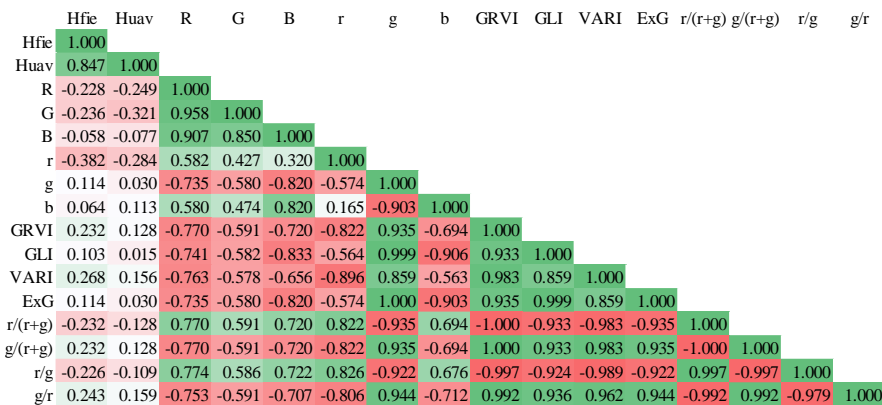
ตารางที่ 2 ค่า RMSE ของผลการวิเคราะห์ข้อมูลความสูงที่ได้จากแปลงทดลองและจากอากาศยานไร้คนขับ

Napier age.	UAV Height		
	(30 m.)	(60 m.)	(90 m.)
19 Day	0.05	0.06	0.06
37 Day	0.54	0.24	0.26
52 Day	0.27	0.24	0.26
72 Day	0.58	0.48	0.40
92 Day	0.39	0.50	0.40



ภาพที่ 7 เปรียบเทียบกับข้อมูลสนามกับความสูงจากภาพอากาศยานไร้คนขับของหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 92 วัน





ภาพที่ 8 Correlation Heatmap

ผลการประมาณความสูงของหย้าเนเปียร์ ด้วยวิธี General Linear Model (GLM) ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนแสงช่วงคลื่น RGB, r g b, ค่าดัชนีพืช และความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับของแต่ละครั้ง ทำการตรวจสอบความแตกต่างทางสถิติในระดับนัยสำคัญที่ 0.05 พบว่าความถูกต้องที่เหมาะสมที่สุดอยู่ที่ความสูง 60 เมตร ดังแสดงในภาพที่ 9 และหย้าเนเปียร์อายุ 92 วัน ค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.77 และ RMSE เท่ากับ 0.18 ดังแสดงในตารางที่ 3 และในตารางที่ 4

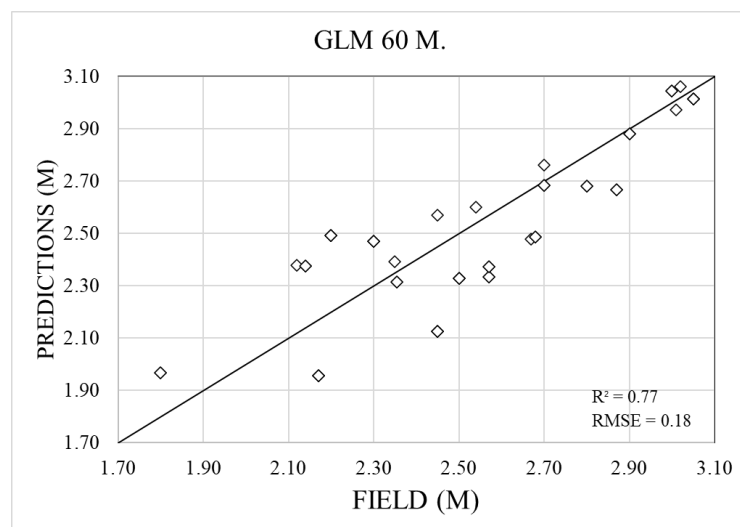
ตารางที่ 3 ค่า  $R^2$  ของผลการเคราะห์ข้อมูลความสูงที่ได้จาก GLM

Napier age.	UAV Height		
	(30 m.)	(60 m.)	(90 m.)
19 Day	0.17	0.32	0.41
37 Day	0.52	0.52	0.23
52 Day	0.53	0.45	0.50
72 Day	0.55	0.49	0.67
92 Day	0.72	0.77	0.67

ตารางที่ 4 ค่า RMSE ของผลการเคราะห์ข้อมูลความสูงที่ได้จาก GLM

Napier age.	UAV Height		
	(30 m.)	(60 m.)	(90 m.)
19 Day	0.04	0.06	0.05
37 Day	0.11	0.10	0.14
52 Day	0.53	0.05	0.06
72 Day	0.13	0.14	0.14
92 Day	0.72	0.18	0.16

จากการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อหาความสูงที่เหมาะสมในการติดตามการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ช่วงต่อแรก พบว่าที่ระยะความสูง 90 เมตร เป็นค่าความสูงที่เหมาะสมที่สุดและประเมินประสิทธิภาพด้วย GLM จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าสะท้อนแสงช่วงคลื่น RGB, r g b, ค่าดัชนีพืชและความสูงที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับให้ค่าความสูงที่เหมาะสมที่ระยะความสูง 60 เมตร โดยมีค่า  $R^2$  เท่ากันที่ 0.77 และค่า RMSE ต่างกันเล็กน้อย



ภาพที่ 9 เปรียบเทียบกับข้อมูลสนามกับ GLM ของหญ้าเนเปียร์ที่อายุ 92 วัน

## 5. ผลการศึกษาและอภิปรายผล

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาการบินถ่ายภาพด้วยอากาศยานไร้คนขับเพื่อหาความสูงที่เหมาะสม และหาความสามารถของค่าการสะท้อนแสงในแต่ละช่วงคลื่นที่ได้จากกล้องถ่ายภาพของอากาศยานไร้คนขับในการติดตามการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ช่วงต่อแรก ทำการประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง GLM ที่ระยะความสูงของการบิน เท่ากับ 30 60 และ 90 เมตร จากผลการศึกษาพบว่าอากาศยานไร้คนขับสามารถใช้ติดตามการเจริญเติบโตของหญ้าเนเปียร์พันธุ์ปากช่อง 1 ที่ความสูงของการบินที่เหมาะสมคือ 90 เมตร จากประเมินประสิทธิภาพของแบบจำลอง GLM พบว่าความสูงของการบินที่เหมาะสมคือ 60 เมตร ซึ่งให้ค่า  $R^2$  ที่เท่ากัน ซึ่งเป็นระยะความสูงที่ให้ค่า GSD สูงทำให้ระยะพื้นที่ต่อพิกเซลมีความเหมาะสมกับระยะการปลูก 1x1 เมตรต่อหลุมๆ เนื่องจากการเก็บข้อมูลตั้งแต่เริ่มการเพาะปลูกซึ่งอยู่ในช่วงต่อแรกของการเจริญเติบโต หากเพิ่มข้อมูลที่หลายช่วงอายุการเจริญเติบโตและข้อมูลการเก็บเกี่ยวอาจจะส่งผลให้มีความถูกต้องที่แม่นยำมากยิ่งขึ้น [24] เหตุผลอีกหนึ่งประการที่ผู้วิจัยเลือกใช้แบบจำลอง GLM เนื่องจากมีความง่ายต่อการนำไปพัฒนาในรูปแบบ On-site หากต้องการความเฝ้าและแม่นยำสูงควรใช้กล้องที่มีช่วงคลื่นตรวจวัด

แบบ Hyperspectral [25] และวิเคราะห์อัลกอริทึมด้วยแบบจำลองซับซ้อน [22] ซึ่งจะทำให้การประเมินประสิทธิภาพมีความถูกต้องและแม่นยำมากขึ้น

## 6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณณัฐนันท์ วรรณศิริ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี ที่ได้สนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ และกรมชลประทาน กรมพัฒนาที่ดิน กรมอุตุนิยมวิทยา ที่ให้การสนับสนุนข้อมูลต่างๆ ในการใช้การวิจัยครั้งนี้

## 7. เอกสารอ้างอิง

1. สายัณห์ ทัดศรี, พืชอาหารสัตว์เขตร้อน. 2547, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
2. Rengsirikul, K., et al., *Biomass yield, chemical composition and potential ethanol yields of 8 cultivars of napiergrass (Pennisetum purpureum Schumach.) harvested 3-monthly in central Thailand*. 2013.
3. กรมพลังงาน. หญ้าเนเปียร์พืชพลังงานสีเขียว 2556; Available from: Retrieved from <https://webkc.dede.go.th/testmax/node/152>.
4. สายัณห์ ทัดศรี, หญ้าอาหารสัตว์และหญ้าพื้นเมืองในประเทศไทย. 2548, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
5. Chu, T., et al., *Assessing lodging severity over an experimental maize (Zea mays L.) field using UAS images*. Remote Sensing, 2017. 9(9): p. 923.
6. Luna, I. and A. Lobo, *Mapping crop planting quality in sugarcane from UAV imagery: A pilot study in Nicaragua*. Remote Sensing, 2016. 8(6): p. 500.
7. Na, S.-I., C.-W. Park, and K.-D. Lee, *Application of highland kimchi cabbage status map for growth monitoring based on unmanned aerial vehicle*. Korean Journal of Soil Science and Fertilizer, 2016. 49(5): p. 469-479.
8. Garcia-Ruiz, F., et al., *Comparison of two aerial imaging platforms for identification of Huanglongbing-infected citrus trees*. Computers and Electronics in Agriculture, 2013. 91: p. 106-115.
9. Moeckel, T., et al., *Estimation of vegetable crop parameter by multi-temporal UAV-borne images*. Remote Sensing, 2018. 10(5): p. 805.
10. Holman, F.H., et al., *High throughput field phenotyping of wheat plant height and growth rate in field plot trials using UAV based remote sensing*. Remote Sensing, 2016. 8(12): p. 1031.

11. Anthony, D., et al. *On crop height estimation with UAVs*. in 2014 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems. 2014. IEEE.
12. อัครพล ไชยนา and ศิवा แก้วปลั่ง, การตรวจจับโรคใบด่างในไร่นาสำปะหลังโดยใช้การสำรวจระยะไกลด้วยอากาศยานไร้คนขับ. เกษตร 2563. 48(ฉบับพิเศษ 1): p. 291-298
13. Kerkech, M., A. Hafiane, and R. Canals, *Deep leaning approach with colorimetric spaces and vegetation indices for vine diseases detection in UAV images*. Computers and electronics in agriculture, 2018. 155: p. 237-243.
14. Maimaitijiang, M., et al., *Soybean yield prediction from UAV using multimodal data fusion and deep learning*. Remote sensing of environment, 2020. 237: p. 111599.
15. Yang, Q., et al., *Deep convolutional neural networks for rice grain yield estimation at the ripening stage using UAV-based remotely sensed images*. Field Crops Research, 2019. 235: p. 142-153.
16. ศิवा แก้วปลั่ง, การประเมินการใช้ภาพถ่ายทางอากาศจากอากาศยานไร้คนขับสำหรับการประมาณค่าชีวมวลเหนือพื้นดินของต้นหม่อน. เกษตร, 2561. 46(ฉบับพิเศษ 1): p. 381-387.
17. de Souza, C.H.W., et al., *Mapping skips in sugarcane fields using object-based analysis of unmanned aerial vehicle (UAV) images*. Computers and Electronics in Agriculture, 2017. 143: p. 49-56.
18. Yano, I.H., et al., *Identification of weeds in sugarcane fields through images taken by UAV and Random Forest classifier*. IFAC-PapersOnLine, 2016. 49(16): p. 415-420.
19. Geipel, J., J. Link, and W. Claupein, *Combined spectral and spatial modeling of corn yield based on aerial images and crop surface models acquired with an unmanned aircraft system*. Remote sensing, 2014. 6(11): p. 10335-10355.
20. Bendig, J., et al., *Estimating biomass of barley using crop surface models (CSMs) derived from UAV-based RGB imaging*. Remote sensing, 2014. 6(11): p. 10395-10412.
21. Shendryk, Y., et al., *Fine-scale prediction of biomass and leaf nitrogen content in sugarcane using UAV LiDAR and multispectral imaging*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2020. 92: p. 102177.
22. Sofonia, J., et al., *Monitoring sugarcane growth response to varying nitrogen application rates: A comparison of UAV SLAM LiDAR and photogrammetry*. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 2019. 82: p. 101878.
23. Wardana, K.P.W. and S. Subiyanto, *ANALISIS TINGGI TANAMAN PADI MENGGUNAKAN MODEL 3D HASIL PEMOTRETAN UAV DENGAN PENGUKURAN LAPANGAN*. Jurnal Geodesi Undip, 2019. 8(1): p. 378-387.

24. Guo, Y., et al., *Scaling effects on chlorophyll content estimations with RGB camera mounted on a UAV platform using machine-learning methods*. Sensors, 2020. 20(18): p. 5130.
25. Han, L., et al., *Modeling maize above-ground biomass based on machine learning approaches using UAV remote-sensing data*. Plant methods, 2019. 15(1): p. 1-19.