การพัฒนาระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มด้วยเทคนิคการวิเคราะห์ภาพจากอากาศยานไร้คนขับ

Development of oil palm tree's quality estimation by using image processing techniques from an unmanned aerial vehicle

ชลธิศา รัตนชู[1], ยรรยง สุรัตน์[1], พรรณเพ็ญ ถาวรประสิทธิ์[2], ฮาบิบ บิณอะฮมัด[1] และ ฮัสซัน ดาโอะ[1*]

Chonthisa Rattanachu[1], Yanyong Surat[1], Phanpen Thavornprasit[2], Habib Bin-ahmad[1] and Hassan Dao[1*]

Received: 2 May 2023; **Revised**: 17 July 2023; **Accepted**: 23 August 2023

บทคัดย่อ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญในประเทศไทย โดยเฉพาะในภาคอุตสาหกรรม เนื่องจากผลผลิตจากปาล์มน้ำมันเป็นส่วนประกอบที่สำคัญในอุตสาหกรรมการผลิตต่าง ๆ จึงทำให้เกษตรกรนิยมปลูกปาล์มน้ำมันมากขึ้น เนื่องจากเป็นพืชที่เหมาะสมกับสภาพอากาศร้อนชื้น ให้ผลผลิตที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ตลอดทั้งปี สร้างรายได้เป็นจำนวนมากให้กับเกษตรกรและมีทุนสนับสนุนจากภาครัฐ แต่ในขณะเดียวกันการตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มในพื้นที่หลายไร่ อาจสร้างความลำบากให้กับเกษตรกร งานวิจัยนี้จัดทำขึ้นเพื่อสร้างระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มภายในสวนปาล์ม เพื่อช่วยเหลือเกษตรกรให้สามารถดูแลต้นปาล์มได้อย่างสะดวกยิ่งขึ้น ระบบใช้อากาศยานไร้คนขับสำหรับถ่ายภาพต้นปาล์มที่มีปริมาณมากจากมุมมองภาพด้านบน จากนั้นนำภาพไปใช้ในการวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของต้นปาล์ม ด้วยการประยุกต์ใช้ดัชนี VARI (Visual Atmospheric Resistance Index) โดยข้อมูลภาพเหล่านั้นจะถูกประมวลผลด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพดิจิทัล และทำการคำนวนดัชนี VARI จากภาพ ระบบสามารถแยกคุณภาพของต้นปาล์มได้สี่ระดับ เพื่อให้เกษตรกรสามารถตรวจสอบต้นปาล์มที่มีความเสียหายภายในสวนปาล์ม ที่อาจจะเกิดจากปัญหาสภาพอากาศและสารอาหารเป็นต้น จากผลการทดสอบพบว่าระบบตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มมีความถูกต้อง 91.18%

คำสำคัญ: ต้นปาล์ม, การตรวจสอบคุณภาพ, ดัชนี VARI, การประมวลผลภาพดิจิทัล

Abstract

Oil palm is an important crop in Thailand, valuable particularly in industry. Oil palm is an important component in various manufacturing industries. As a result, farmers are producing increasing amounts of palm oil. The palm oil plant suitable is suitable for hot and humid climates and the product can be harvested throughout the year. It is a plant that generates a lot of income for farmers and the government has funds to support cultivation. However, monitoring the health of palm trees over large areas can be difficult for farmers. This research aims to create a monitoring system for the health of palm trees within the palm plantation and to help farmers to monitor palm trees more conveniently. The system used unmanned aerial vehicles to capture a large area of palm trees from above. The images were then used to analyze the health of palm trees with index VARI (Visual Atmospheric Resistance Index). The images were subjected to digital image processing technique and then the VARI index was calculated.The system could be distin-

[1] *สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อ.เมือง จ.นราธิวาส 96000*

[2] *สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อ.เมือง จ.นราธิวาส 96000*

[1] *Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, Thailand, 96000*

[2] *Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, Thailand, 96000*

** Corresponding author: hassan@pnu.ac.th*

guish four levels of palm quality used to inspect damaged palm trees within the palm plantation. The damage may have been caused by weather and nutrient problems, etc. The experimental results showed that the palm oil monitoring system had an accuracy about 91.18%.

Keywords: Oil palm trees, quality analysis, VARI index, digital image processing

บทนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมากในยุคนี้ เนื่องจากมีบทบาทสำคัญในธุรกิจน้ำมันพืชเพื่อการบริโภคในครัวเรือน และยังเป็นวัตถุดิบสำคัญในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอีกหลายอุตสาหกรรม เช่น สบู่ นมข้นหวาน เนยเทียม บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป เครื่องสำอาง เป็นต้น นอกจากนี้ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการผลิตไบโอดีเซลซึ่งใช้ผลปาล์มน้ำมันเป็นวัตถุดิบเพื่อนำมาใช้เป็นพลังงานทดแทน พื้นที่ภาคใต้และภาคตะวันออกของประเทศไทยมีสภาพอากาศที่เหมาะสมเพื่อการปลูกปาล์มน้ำมันเพราะเป็นพื้นที่ที่มีฝนตกชุก

ในจังหวัดนราธิวาสมีพืชเศรษฐกิจหลักที่สำคัญอยู่ 4 ชนิดด้วยกัน ได้แก่ ยางพารา ข้าว ปาล์มน้ำมัน และ มะพร้าว ซึ่งเกษตรกรในจังหวัดนราธิวาส ก็หันมาปลูกปาล์มน้ำมันเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากปาล์มน้ำมันเป็นพืชที่ให้ผลผลิตทั้งปี และเมื่อปลูกแล้วจะได้รับผลผลิตตั้งแต่ปีที่ 3 ของการปลูก เป็นต้นไปจนถึงอายุ 20 ปี (กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2564) เนื่องจากการปลูกปาล์มน้ำมัน มักจะปลูกพื้นที่ที่มีหลายไร่เพื่อสามารถปลูกได้หลาย ๆ ต้นเพื่อการันตีผลผลิตและคุ้มทุน จึงทำให้การตรวจความสมบูรณ์ของต้นปาล์มแต่ละต้นนั้นค่อนข้างลำบากและเสียเวลาเป็นอย่างมาก เนื่องจากเกษตรกรจำเป็นต้องเดินตรวจทีละต้นเพื่อตรวจความผิดปกติที่เกิดขึ้น ปัจจุบันมีการนำภาพถ่ายจากดาวเทียมมาวิเคราะห์ความสมบูรณ์ของพืชต่าง ๆ ด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ คำนวณด้วยโปรแกรมประเภทจัดการข้อมูล GIS (geographic information system) (สุจิตรา, 2561) ซึ่งการใช้โปรแกรมดังกล่าว เหมาะสมกับการพื้นที่การเกษตรที่มีขนาดใหญ่มาก ๆ เช่น ระดับภาค หรือประเทศ และภาพที่ได้จากดาวเทียมมีความละเอียดน้อย แต่ด้วยการตรวจสอบสุขภาพของต้นปาล์มในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาในพื้นที่ขนาดเล็ก และวิเคราะห์เป็นรายต้นเท่านั้น

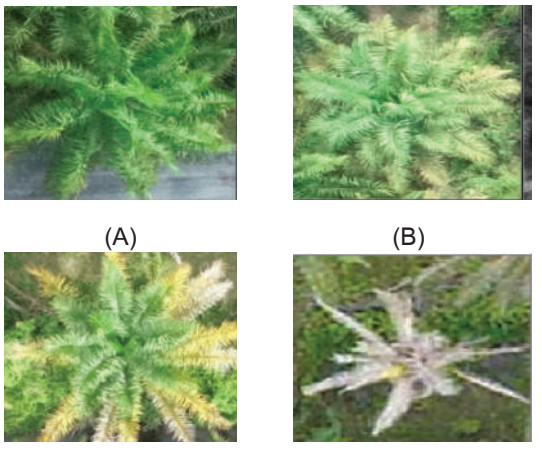
ดังนั้น ในงานวิจัยนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มรายต้น ที่สามารถแบ่งได้ 4 ระดับ จึงเหมาะสำหรับการนำภาพถ่ายมุมสูงที่ถ่ายจากอากาศยานไร้คนขับ (unmanned aerial vehicle) ที่มีข้อดี คือ ภาพมีความละเอียดสูง เป็นภาพแบบเรียลไทม์ สามารถบินไปยังตำแหน่งที่ต้องการได้ และไม่มีเมฆปรากฏบนภาพ ผู้วิจัยจะนำภาพมาประมวลผลด้วยอัลกอริทึมที่ผู้วิจัยได้กำหนดขึ้นมา ด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (image processing) ด้วยไลบรารี่ OpenCV มาประยุกต์ในการตรวจความสมบูรณ์ของต้นปาล์มในสวนปาล์ม

พื้นที่สวนปาล์มสำหรับการศึกษาการตรวจความสมบูรณ์ของต้นปาล์มของงานวิจัยนี้ จะใช้บริเวณสวนปาล์มของคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ตั้งตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส เนื่องจากเป็นพื้นที่ภายในมหาวิทยาลัย ดังแสดงเป็นภาพมุมสูง ดัง Figure 1 (A) ซึ่งต้นปาล์มในพื้นที่ศึกษาจะมีอายุประมาณ 10 ปี ดัง Figure 1 (B) ลักษณะของต้นปาล์มที่มีความสมบูรณ์ลักษณะทั่วไปจะเป็นไม้ยืนต้น มีลำต้นและใบเลี้ยงเดี่ยว ที่มีสีเขียวทั้งต้น เมื่อมองจากมุมสูง ดัง Figure 2 ซึ่ง Figure 2 (A) แสดงถึงความสมบูรณ์และไม่มีโรค ผู้วิจัยทำการตรวจจับลักษณะของต้นปาล์มแล้วนำมาวิเคราะห์ความสมบูรณ์ แบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับต้นปาล์มที่มีความสมบูรณ์ดี ลักษณะปรากฏดัง Figure 2 (A) ระดับความสมบูรณ์ปานกลางที่มีลักษณะดัง Figure 2 (B) ระดับต้นปาล์มที่มีความทรุดโทรมดัง Figure 2 (C) และระดับต้นปาล์มที่มีแย่ดัง Figure 2 (D) โดยใช้ภาพมุมสูงมาทำการวิเคราะห์ ซึ่งภาพต้นปาล์มน้ำมันที่ไม่มีความสมบูรณ์ ใบจะมีสีน้ำตาล เพื่อให้เกษตรกรแก้ปัญหาของโรคนั้นได้ต่อไป ซึ่งโรคที่ปาล์มน้ำมันที่พบ เช่น โรคใบไหม้ โรคลำต้นเน่า หนอนหน้าแมว และปัญหาด้านวัชพืช เมื่อเกษตรกรพบเจอต้นที่เป็นโรคใบไหม้ จำเป็นต้องนำต้นดังกล่าวมาแยกออกจากต้นอื่น ๆ และเผาทำลาย (นพพร ชุบทอง และคณะ, 2558)

(A)

(B)

Figure 1 The palm plantation area that will be used for testing from Google Maps.



(A) (B)

(C) (D)

Figure 2 Image of palm health at different levels.

Figure 3 A bird's-eye view of a multi-level palm grove at 30 – 70 meters from the ground when taken with an unmanned aerial vehicle.

การทดลอง

อุปกรณ์การทดลอง

ผู้วิจัยใช้ภาพในมุมสูงของสวนปาล์มที่ถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับที่บินอยู่ที่ความสูง ตั้งแต่ 30 - 70 เมตร จากระดับพื้นดินในพื้นที่สวนปาล์มที่มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ดัง Figure 3 การถ่ายภาพใช้กล้องที่ติดอยู่ดั้งเดิมกับอากาศยานไร้คนขับรุ่น DJI Phantom Pro 4 V2 ซึ่งเป็นกล้องย่าน RGB นำภาพที่ถ่ายมานำไปประมวลผลในโปรแกรมภาษาซีพลัสพลัสด้วยโปรแกรม Visual Studio Code 2020 ที่มีไลบรารี่ OpenCV 4.2.0

การตรวจสอบความสมบูรณ์ของพืชพรรณ

การประเมินความสมบูรณ์ของต้นปาล์ม โดยใช้ภาพถ่ายสามารถทำได้โดย การตรวจหาค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI (normalized difference vegetation index) ซึ่งเป็นดัชนีที่ใช้กันมากในปัจจุบัน มีหลักการคือ ใช้ค่าการสะท้อนในช่วงแบนด์สีแดงหรือช่วงที่ตามองเห็นแสงสีแดง และการสะท้อนในช่วงอินฟาเรดใกล้ Near Infared NIR มาคำนวณตามสมการที่ (1) โดยปกติพืชที่มีความสมบูรณ์ (ใบสีเขียวสด) จะมีค่า NIR สูงกว่าค่า Red มาก และพืชที่ไม่มีความสมบูรณ์ (ใบสีน้ำตาล) จะมีค่า NIR ที่มีค่าใกล้เคียงกับ Red

ปัจจุบันได้มีการนำค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI มาใช้กันอย่างหลากหลาย เช่น งานวิจัย ได้วิเคราะห์สุขภาพของต้นปาล์มด้วยการพิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างดัชนีพืชพรรณ NDVI กับธาตุอาหารในดินของสวนปาล์ม ได้แก่ ธาตุอาหารไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม โดยใช้ภาพดาวเทียมในการวิจัยโดยสร้างแบบจำลองการถดถอยระหว่างสภาพต้นปาล์มน้ำมันและธาตุอาหารในดินเพื่อกำหนดความสมบูรณ์

ของต้นปาล์ม (Faradina *et al*., 2020)

งานวิจัยใช้ภาพถ่ายดาวเทียมเพื่อตรวจสอบความเขียวขจีหรือความสมบูรณ์ของพืชพรรณ โดยพิจารณาค่าอินฟาเรดใกล้ (NIR) จากสเปกตรัมแม่เหล็กไฟฟ้า ร่วมกับค่า PH และธาตุอาหารในดินได้แก่ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม มาสร้างความสัมพันธ์กับข้อมูลที่รับรู้ระยะไกล (Faradina *et al*., 2016)

งานวิจัยตรวจสอบพื้นที่เพาะปลูกต้นปาล์มจากภาพถ่ายดาวเทียม ด้วยการใช้ดัชนี NDVI และ SAVI เพื่อวิเคราะห์สุขภาพของต้นปาล์ม โดยใช้ความสัมพันธ์สมการการถดถอยระหว่างค่าความสมบูรณ์ของพืชพรรณจากค่าดัชนี NDVI ค่าปริมาณไนโตรเจนจากการวิเคราะห์ค่าดัชนี SAVI และค่าอุณหภูมิ เพื่อให้เกษตรกรรายย่อย ในการติดตามสถานะสุขภาพของต้นปาล์ม (Andrew *et al*., 2019)

งานวิจัยตรวจสอบการเจริญเติบโตของต้นปาล์ม เพื่อหาบริเวณที่ไม่มีการเจริญเติบโต หรือเติบโตน้อยกว่าบริเวณอื่นโดยใช้ภาพจากอากาศยานไร้คนขับ โดยใช้ค่าดัชนี NDVI และดัชนี NDRE ที่จะต้องใช้ค่าสีในย่านสีแดง(red) สีเขียว (green) สีน้ำเงิน (blue) อินฟาเรด (NIIR) และของสีแดง (REDGE) เพื่อวิเคราะห์ภาพให้ได้บริเวณที่มีคลอโรฟิลล์ต่ำ ซึ่งจะหมายถึงปริมาณไนโตรเจนต่ำ ความสมบูรณ์ของพืชต่ำ และได้ทำการเปรียบเทียบค่าดัชนี NDVI และดัชนี NDRE พบว่า ดัชนี NDRE มีความเหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ค่าปริมาณคลอโรฟิลล์ เพื่อให้เกษตรกรได้ทราบพื้นที่ที่มีพืชพันธ์ที่เติบโตได้ไม่เต็มที่ ที่จำเป็นต้องมีการบำรุงรักษา (Boris & Hideo, 2019)

ซึ่งค่าดัชนี NDVI สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$NDVI = (NIR-Red) / (NIR+Red) \quad (1)$$

เมื่อ NDVI คือ ดัชนีพืชพรรณโดยวิธี Normalized Difference Vegetation Index

NIR คือ ช่วงคลื่นใต้แดงใกล้หรืออินฟราเรดใกล้

RED คือ ช่วงคลื่นที่ตามองเห็นแสงสีแดง

จากสมการ (1) จะได้ผลลัพธ์ที่มีค่า ระหว่าง -1 ถึง 1 ซึ่งเป็นช่วงที่แสดงถึงความสมบูรณ์ของพืชพรรณที่มีคุณภาพแย่ที่สุดถึงช่วงดีที่สุด สามารถแปลผลได้ว่า ค่า -1 ถึง 0 คือไม่มีพืชพรรณใบเขียวในพื้นที่ที่พิจารณา อาจเป็นพื้นผิวน้ำ หิน เป็นต้น ค่า 0.1 ถึง 0.2 หมายถึงเป็นที่ดินเปล่าไร้สิ่งปกคลุม ค่า 0.2 ถึง 1 เป็นพื้นที่ของพืชปกคลุม ซึ่งค่า 0.8 ถึง 1 หมายถึงพืชพรรณใบเขียวมีความหนาแน่นในพื้นที่ เป็นต้น หรือแบ่งช่วงความหมายตามพื้นที่วิจัย

แต่เนื่องจากการใช้ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI ที่จำเป็นต้องนำค่า NIR มาคำนวณ จำเป็นต้องใช้กล้องอินฟาเรดที่มีราคาสูง ผู้วิจัยจึงได้ประยุกต์ใช้ค่าดัชนี VARI (visible atmospherically resistant index) ซึ่งคำนวณค่าสีในช่วงคลื่นสีแดง สีเขียว สีน้ำเงิน (RGB) ที่ได้จากกล้องอากาศยานไร้คนขับทั่วไปหรือกล้องจากอากาศยานไร้คนขับที่มีราคาถูกกว่ากล้องอินฟาเรดช่วงคลื่นสั้น และการใช้กล้องอากาศยานไร้คนขับจะมีความสะดวกในการถ่ายภาพสวนปาล์มจากมุมสูง ซึ่งเป็นการเก็บรายละเอียดได้ในบริเวณกว้าง ซึ่งค่า VARI เป็นการประยุกต์ใช้มาจากค่าดัชนีพืชพรรณ ที่มีผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับค่าดัชนี NDVI (Tom & Paul, 2017) ซึ่งในบางงานวิจัยก็ใช้ค่าดัชนี VARI ในการประเมินความสมบูรณ์ของพืช แต่จะใช้คาดการณ์ในบางกรณีเท่านั้น

งานวิจัย (Medina *et al*., 2020) ได้พัฒนาแผนที่สุขภาพของต้นปาล์มน้ำมันโดยใช้ภาพจากอากาศยานไร้คนขับ โดยสร้างจุดคลาวด์บนแผนที่ต้นปาล์มด้วยโมเดล DSM (digital surface model) และใช้ภาพแบบออร์โธโฟโต้ คือ ภาพถ่ายทางอากาศที่ผ่านกระบวนการปรับแก้ความคลาดเคลื่อนจากการเอียง ของกล้องถ่ายภาพอากาศและความแตกต่างของความสูง หรือเรียกว่าภาพถ่ายแนวดิ่งจริง ที่มีต้นปาล์มเพื่อสร้างจุดเป็นแบบเวกเตอร์ และคำนวณค่า VARI ให้กับแต่ละพิกเซลเพื่อเป็นการตรวจสอบสุขภาพของต้นปาล์ม ได้ 4 สถานะ ได้แก่ ต้องตรวจสอบ สุขภาพกำลังแย่ สุขภาพปานกลาง และสุขภาพดี

ซึ่งค่าดัชนี VARI สามารถคำนวณได้ดังสมการต่อไปนี้

$$VARI = (G-R) / (G+R-B) \quad (2)$$

เมื่อ G คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีเขียว

R คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีแดง

B คือ ค่าสะท้อนพลังงานในช่วงคลื่นสีน้ำเงิน

การระบุคุณภาพของต้นปาล์มด้วยค่าดัชนี VARI นั้นจะแยกเป็นช่วงคุณภาพนั้นก็คือ ต้นปาล์มที่มีคุณภาพที่แย่ที่สุดจนถึงค่าที่มีคุณภาพดีที่สุด ซึ่งจะอยู่ในช่วง -1 ถึง 1 เช่นเดียวกับผลลัพธ์การคำนวณของค่าดัชนี NDVI

วิธีดำเนินการวิจัย สามารถนำเสนอขั้นตอนได้ตามแผนภาพดัง Figure 4 โดยผู้วิจัยจะใช้ภาพในมุมสูงของสวนปาล์มที่ถ่ายโดยอากาศยานไร้คนขับที่บินอยู่ที่ความสูง ตั้งแต่ 30 - 70 เมตรจากระดับพื้นดินในพื้นที่สวนปาล์มที่มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ การถ่ายภาพใช้กล้องที่ติดอยู่ดั้งเดิมกับอากาศยานไร้คนขับรุ่น DJI Phantom Pro 4 V2 ซึ่งเป็นกล้องย่าน RGB ที่ตั้งค่าความละเอียดของภาพ 1,280 x 720 พิกเซล นำภาพที่ถ่ายมานำไปประมวลผลในโปรแกรมภาษาซีพลัสพลัส ด้วยโปรแกรม Visual Studio Code 2020 ที่มีไลบรารี่ OpenCV 4.2.0 สำหรับงานประมวลผลภาพซึ่งพัฒนาโดย

บริษัทอินเทล โดยมาการโหลดภาพเข้ามาในโปรแกรม เข้าสู่กระบวนการ Pre-Processing การเลือกต้นปาล์มที่ต้องการตรวจสอบ การแยกช่องสี RGB การตัดพื้นหลัง การคำนวณดรรชนีพืชพรรณ VARI และการหาค่าเฉลี่ยของ VARI

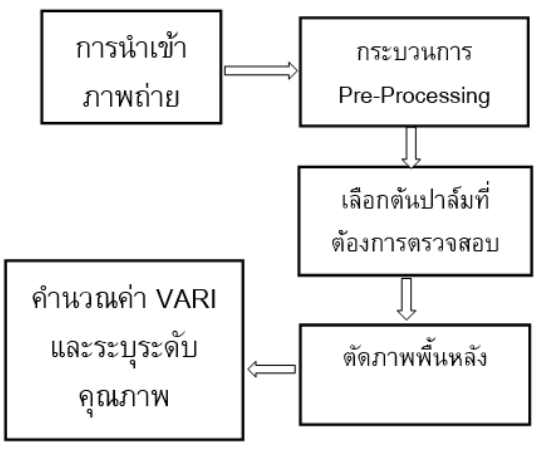


Figure 4 The diagram showing research methodology.

จากร Figure 4 กระบวนการเริ่มต้นจะต้องนำเข้าถ่ายภาพสวนต้นปาล์มในมุมสูงในโปรแกรม จากนั้นจะเป็นขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพของภาพ(pre-processing) เบื้องต้นเพื่อลดสัญญาณภาพรบกวน จากนั้นทำการเลือกต้นปาล์มที่จะนำไปตรวจสอบ ซึ่งจะต้องทำด้วยวิธี Region of Interest โดยที่จะต้องครอบคลุมทั้งต้นปาล์มและให้พอดีกับปลายก้านใบของปาล์ม หลังจากนั้นโปรแกรมจะทำการตัดภาพอัตโนมัติเพื่อนำภาพนั้นไปประมวลผล ดัง Figure 5 จากนั้นโปรแกรมจะตัดพื้นหลังโดยการกำหนดส่วนที่เป็นเฉพาะบริเวณต้นปาล์มเพื่อไปคำนวณค่าเฉลี่ย VARI

จากนั้นภาพต้นปาล์มที่ได้มาจากขั้นตอนก่อนหน้านี้จะถูกนำมาแยกช่องสี เนื่องจากเดิมนั้นเป็นภาพ RGB เมื่อแยกช่องสีจะได้ทั้งหมดสามช่องสีนั้นก็คือ ช่องสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน นำไปคำนวนค่าดัชนี VARI ของแต่ละจุดสี ตามสมการที่ 2

Figure 5 Choosing the palm oil tree to examine.

จากนั้น การคำนวณค่าเฉลี่ย VARI เพื่อนำค่าเฉลี่ยนี้ใช้ในการแยกคุณภาพของต้นปาล์ม โดยการคำนวนจะใช้สูตรหาค่าเฉลี่ยดังสมการที่ 3

$$VARI_{avg} = \frac{sum\ of\ VARI\ values}{Total\ number\ of\ pixel} \quad (3)$$

โดยที่ $VARI_{avg}$ คือ ค่าVARI เฉลี่ย, sum of VARI values คือผลรวมของค่า VARI แต่ละพิกเซลในภาพต้นปาล์มที่เลือกทั้งหมด และ Total number of pixel คือจำนวนพิกเซลทั้งหมดในภาพต้นปาล์มที่เลือก

และขั้นตอนสุดท้ายจะต้องการระบุคุณภาพของต้นปาล์มนั้นจะแยกเป็น 4 ระดับ นั้นก็คือ ต้นปาล์มที่มีคุณภาพดี ปานกลาง ทรุดโทรม และแย่ โดยที่สามารถจำแนกคุณภาพของต้นปาล์มได้จาก

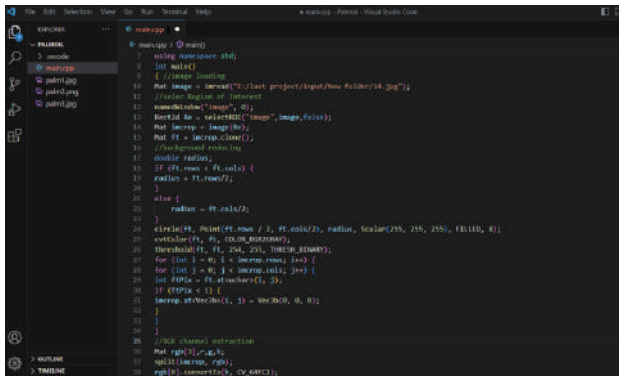
1) ต้นปาล์มที่มีคุณภาพดี คือค่าดัชนี VARI ที่มากกว่า 0.268167

2) ต้นปาล์มที่มีคุณภาพปานกลาง คือ ค่าดัชนี VARI ที่มีค่าระหว่าง 0.268167 และ 0.15065

3) ต้นปาล์มที่มีคุณภาพทรุดโทรม คือ ค่าดัชนี VARI ที่มีค่าระหว่าง 0.15065 และ 0.069949

4) ต้นปาล์มที่มีคุณภาพแย่ คือ ค่าดัชนี VARI ที่มีค่าน้อยกว่า 0.069949 เช่นเดียวกับงานวิจัย (Medina *et al*., 2020)

Figure 6 แสดงตัวอย่างการรันโปรแกรม โดยรูปที่ 6 (A) แสดงตัวอย่างการเขียนโค้ดโปรแกรม และร Figure 6 (B) แสดงผลการรันโปรแกรมที่ประกอบด้วย ภาพนำเข้า กระบวนการเลือกต้นปาล์มที่ต้องการตรวจสอบ ภาพ VARI ค่าเฉลี่ยดัชนีVARI และผลการแปลข้อมูล จำแนกคุณภาพต้นปาล์มที่มีคุณภาพแย่และมีสีแดงแจ้งเตือนผู้ใช้งาน



(A)

(B)

Figure 6 The result of running code.

ผลการทดลองและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาการประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณเพื่อการตรวจสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มภายในสวนปาล์ม โดยนำภาพถ่ายที่ได้มาจากอากาศยานไร้คนขับ นำมาประมวลผลในโปรแกรมที่ได้พัฒนาไว้ เมื่อเริ่มการดำเนินงานโปรแกรมจะให้ระบุต้นปาล์มที่ต้องการตรวจสอบ แล้วหาค่าเฉลี่ย VARI เพื่อตรวจสอบความระดับสุขภาพของต้นปาล์มว่ามีสุขภาพดี ปานกลาง ทรุดโทรม หรือแย่ และทำการตรวจสอบความถูกต้อง

ซึ่งตัวอย่างผลการทดสอบแสดงดัง Table 1 ซึ่งจะประกอบไป ตัวอย่างผลการทดสอบจากภาพถ่ายต้นปาล์มจากมุมสูงจำนวน 12 ตัวอย่างต้นปาล์ม จากภาพถ่ายในตำแหน่งที่แตกต่างกัน โดยมีคอลัมน์ที่ 1 แสดงภาพอินพุตที่ได้จากอากาศยานไร้คนขับ คอลัมน์ที่ 2 คือ ต้นปาล์มที่เลือกทดสอบหาความสมบูรณ์ของดัชนีพืชพรรณ คอลัมน์ที่ 3 คือภาพที่คำนวณค่าพิกเซลด้วยสมการ หาค่าดัชนี VARI จากนั้นนำค่าดัชนี VARI ในแต่ละพิกเซลมาหาค่าเฉลี่ยจากทุกพิกเซลทั่วทั้งภาพ และทำการระบุค่าสุขภาพของต้นปาล์ม

จากตัวอย่างผลการทดสอบใน Table 1 ผลการทดสอบจะประกอบด้วยต้นปาล์มที่มีสุขภาพดี จำนวน 2 ตัวอย่าง ต้นปาล์มที่มีสุขภาพปานกลางจำนวน 5 ตัวอย่าง ต้นปาล์มที่มีสุขภาพทรุดโทรม 1 ตัวอย่าง และต้นปาล์มที่มีสุขภาพแย่จำนวน 4 ตัวอย่าง ซึ่งต้นปาล์มที่มีสุขภาพดี คือ ต้นปาล์มตัวอย่างที่ 6 และ 9 ที่มีลักษณะเป็นสีเขียวทั้งต้น ต้นปาล์มที่มีสุขภาพปานกลาง คือ ต้นปาล์มตัวอย่างที่ 4,5,10,11 และ 12 ที่มีลักษณะเป็นสีเขียวและส่วนปลายของใบเป็นสีน้ำเหลือง หรือสีน้ำตาล เล็กน้อย ต้นปาล์มที่มีสุขภาพทรุดโทรม คือ ต้นปาล์มตัวอย่างที่ 3 ที่มีลักษณะเป็นสีเขียวและส่วนปลายของใบเป็นสีน้ำเหลือง หรือสีน้ำตาล ค่อนข้างมาก และต้นปาล์มที่มีสุขภาพแย่ คือ ต้นปาล์มตัวอย่างที่ 1,2,7 และ 8 ที่มีลักษณะใบเป็นสีน้ำตาลหรือสีเหลืองเป็นส่วนมาก มีสีเขียวเพียงเล็กน้อย

จากผลการทดสอบความแม่นยำของระบบที่ความสูง 40 เมตร และค่าความสว่างที่แตกต่างกัน พบว่าการสุ่มเลือกต้นปาล์ม 34 ต้น มีคลาดเคลื่อน 3 ต้นจากทั้งหมด คิดเป็นร้อยละ 8.82% และมีความแม่นยำ 91.18% จะเห็นได้ว่า การคำนวณต้นปาล์มโดยใช้ VARI จะมีความแม่นยำที่ดี

นอกจากนี้ยังมีการทดสอบความแม่นยำของระบบ ที่ระดับความสูงที่แตกต่างกัน เพื่อเปรียบเทียบค่าดัชนี VARI ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไรบ้าง ดัง Table 2 จาก Table 2 แสดงตัวอย่างผลการทดสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มด้วยการประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณ ที่ระดับความสูงที่แตกต่างกัน ได้แก่ ที่ความสูง 30, 40 และ 60 เมตร และทำการเลือกต้นปาล์มตัวอย่างที่ต้องการหาค่าดัชนี VARI จำนวน 4 ต้น ต้นที่1และ2 มีสุขภาพปานกลาง ต้นที่ 3 และ4 มีสุขภาพดี ตามหมายเลขที่ได้ระบุไว้ในภาพ ซึ่งผลที่ได้ ผลค่าดัชนี VARI ต้นปาล์มจะมีค่าน้อยลงเมื่อเมื่อมุมมองของกล้องมีระยะสูงขึ้น ดังตัวอย่าง ต้นปาล์ม ต้นที่ 1 ที่ระยะความสูง 30 เมตร มีค่าดัชนี VARI 0.2025 ที่ระยะความสูง 40 เมตร มีค่าดัชนี VARI 0.1918 และที่ระยะความสูง 60 เมตร มีค่าดัชนี VARI 0.1887 เนื่องจาก เมื่อมีระยะความสูงมากขึ้นรายละเอียดของภาพลดลงและมีความไม่ชัดเจนมากขึ้น ทำให้ค่าสีในพิกเซลของภาพไม่ชัดเจน ทำให้มีผลต่อค่าดัชนี VARI และผลความถูกต้องพบว่า ต้นที่ 1 และ 2 ต้นปาล์มสุขภาพปานกลาง ให้ค่าความถูกต้องทั้ง 3 ระดับ แต่ต้นที่ 3 และ 4 ต้นปาล์มมีสุขภาพดี ที่ความสูง 30 เมตร แปลผลค่าดัชนี VARI มีความถูกต้อง แต่ที่ความสูง 40 และ 60 เมตร แปลผลค่าดัชนี VARI มีความไม่ถูกต้อง จากการทดลอง เป็นการตรวจสอบผลของVARI เฉลี่ยกับระดับความสูงภาพ โดยจะทดลองในระดับความสูงที่ต่างกันสามระดับนั้นก็คือ 30 40 60 เมตร ซึ่งจะใช้ต้นปาล์มต้นเดียวกัน 4 ต้นแล้วจึงนำมาคำนวนค่า VARI ดัง Figure 7

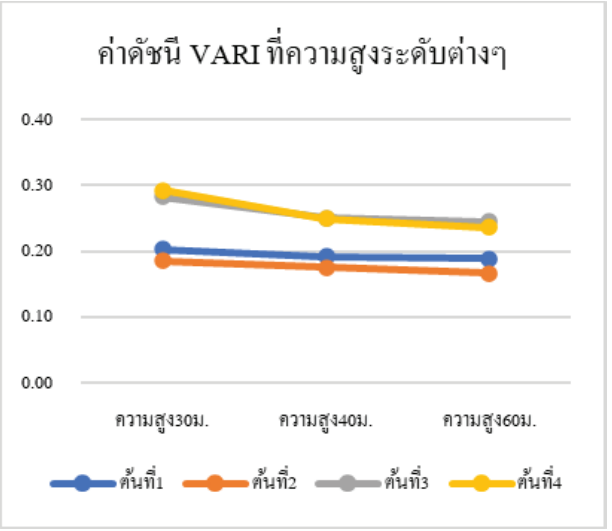


Figure 7 The graphs show the relationship between a height of camera and VARI of palm trees.

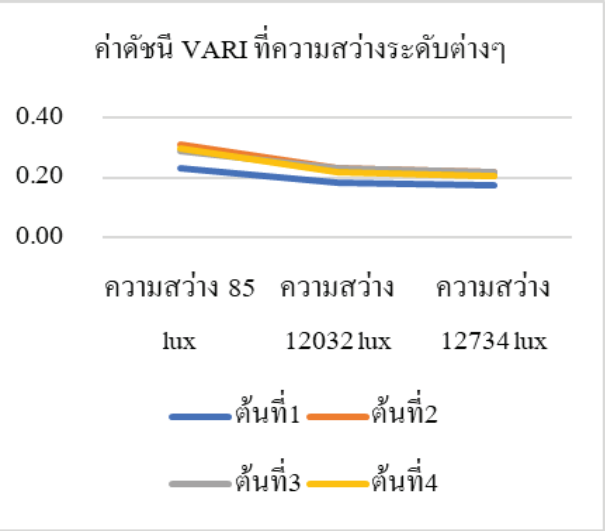


Figure 8 The graphs show the relationship between a brightness and VARI of palm trees.

Table 1 The examples of palm oil tree's quality from using the VARI index application.

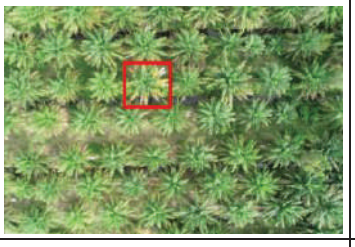
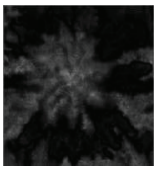
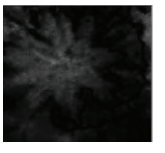
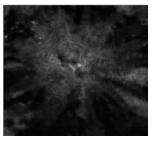
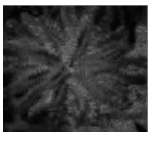
Input image	Input image	Selected tree	VARI	Quality	VARI Average	Correctness
1				Poor	0.06188	√
2				Poor	0.05874	√
3				Dilapidated	0.14536	√
4				Intermediate	0.209475	√
5				Intermediate	0.184105	√

Table 1 The examples of palm oil tree's quality from using the VARI index application. (Continue)

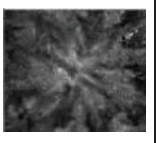
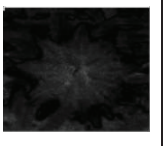
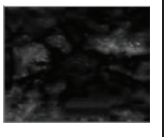
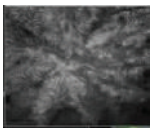
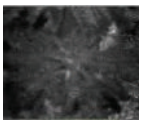
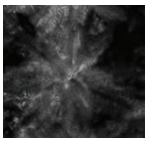
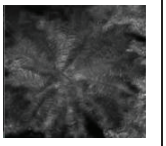
Palm tree	Input image	Selected tree	VARI	Quality	VARI Average	Correctness
6				Good	0.288817	√
7				Poor	0.0526196	√
8				Poor	0.0466304	√
9				Good	0.3233	√
10				Interme diate	0.225365	√
11				Interme diate	0.197352	√
12				Interme diate	0.248375	√

Table 2 The examples of palm oil health from using the VARI index application at difference level of height above ground.

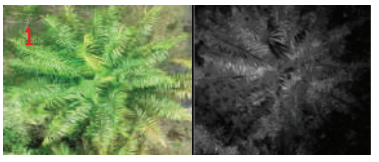
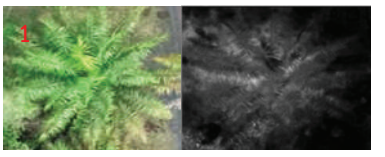
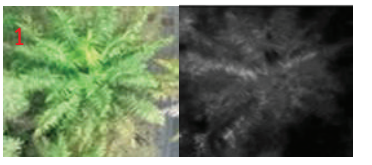
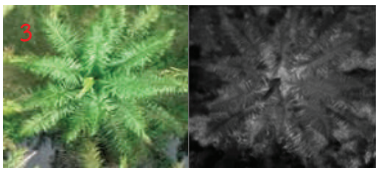
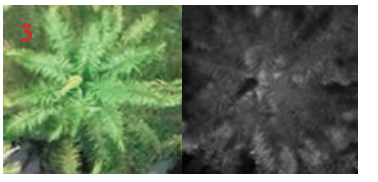
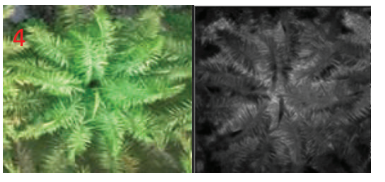
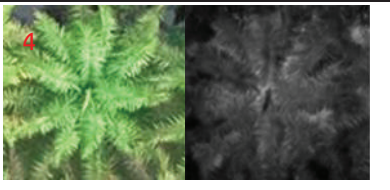
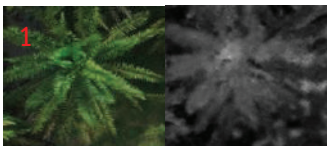
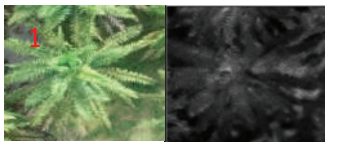
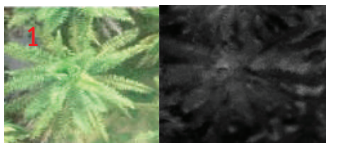
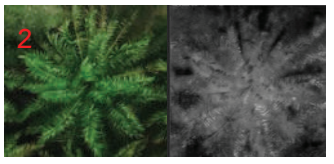
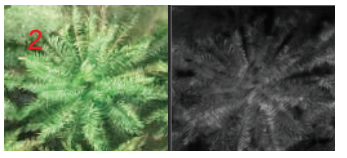
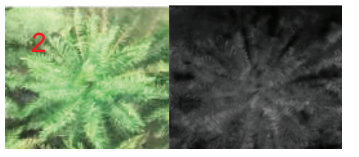
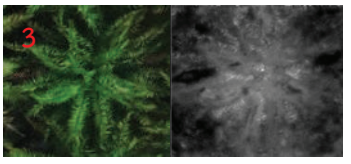
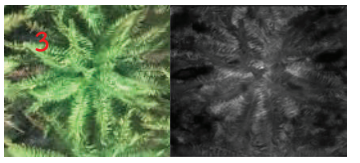
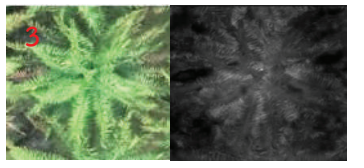
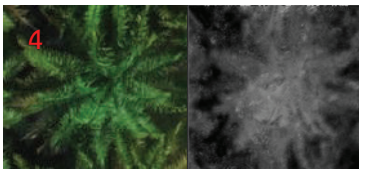
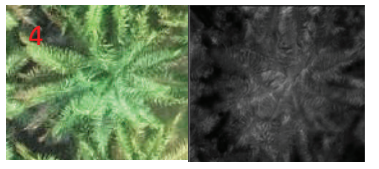
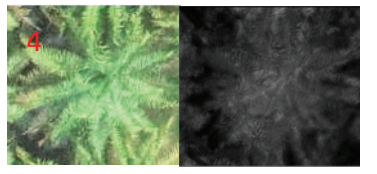
Height 30 meters	Height 40 meters	Height 60 meters
 VARI=0.202544 Correct	 VARI=0.191861 Correct	 VARI=0.18872 Correct
VARI=0.184669 Correct	VARI=0.175068 Correct	VARI=0.16576 Correct
VARI=0.28248 Correct	 VARI=0.250019 Incorrect	 VARI=0.244466 Incorrect
VARI=0.291983 Correct	 VARI=0.249136 Incorrect	 VARI=0.23551 Incorrect

Table 3 The examples of palm oil health from using the VARI index application at difference brightness level.

Brightness of 85 lux	Brightness of 12032 lux	Brightness of 12734 lux
 VARI=0.232832 Correct	 VARI=0.182372 Correct	 VARI=0.172104 Correct
 VARI=0.311393 Incorrect	 VARI=0.231212 Correct	 VARI=0.218147 Correct
 VARI=0.287523 Incorrect	 VARI=0.232111 Correct	 VARI=0.216175 Correct
 VARI=0.2971 Incorrect	 VARI=0.216961 Correct	 VARI=0.204409 Correct

นอกจากนี้ แสดงตัวอย่างผลการทดสอบความสมบูรณ์ของต้นปาล์มด้วยการประยุกต์ใช้ดัชนีพืชพรรณ ที่ระดับความเข้มของแสงสว่าง (Illuminance) หรือลักซ์ ที่ระดับต่างๆ และต้นปาล์มต้นเดียวกัน ว่ามีผลต่อค่าดัชนี VARI หรือไม่ ตาม Table 3 ได้ทำการทดสอบในช่วงเวลาที่แตกต่างกัน ที่มีความสว่างน้อยในช่วงเวลาเช้ามืดหรือก่อนค่ำ ที่ความสว่าง 85 ลักซ์ ความสว่างปานกลาง ช่วงสายของวัน ที่ค่าความสว่าง 12032 ลักซ์ และทดสอบที่ความสว่างมาก เช่น ในช่วงเที่ยง ที่ความสว่าง 12734 ลักซ์ จากตัวอย่างต้นปาล์มที่เลือกเป็นต้นเดียวกัน ค่าดัชนี VARI ที่คำนวณได้จากโปรแกรมต้นที่ 1 พบว่า ที่ความสว่างน้อย มีค่าดัชนี VARI 0.2328 ที่ความสว่างปานกลาง มีค่าดัชนี VARI 0.1823 และที่ความสว่างน้อย มีค่าดัชนี VARI 0.1721 และเมื่อสังเกตค่าดัชนี VARI ต้นปาล์มต้นที่ 2 ความสว่างน้อย มีค่าดัชนี VARI 0.3113 ที่ความสว่างปานกลาง มีค่าดัชนี VARI 0.2312 และที่ความสว่างน้อยมีค่าดัชนี VARI 0.2181 จะเห็นได้ว่าค่าความสว่างมากขึ้น จะทำให้ค่าดัชนี VARI ลดลง ทั้ง 4 ตัวอย่างต้นปาล์ม เนื่องจากภาพที่มีความสว่างมากขึ้น ความคมชัดของภาพจะน้อยลง ดัง Figure 8 และเมื่อพิจารณาค่าความถูกต้องของการแปลผลค่า VARI ซึ่งต้นปาล์มทั้ง 4 ต้นมีสุขภาพปานกลาง พบว่า ต้นที่ 1 มีความถูกต้องที่ความสว่างทุกระดับ แต่ต้นที่ 2-4 ที่ค่าความสว่าง 85 ลักซ์ มีค่าไม่ถูกต้อง แต่ค่าความสว่าง 12032 และ 12734 ลักซ์ มีความถูกต้อง

สรุป

งานวิจัยการประยุกต์ดัชนีพืชพรรณเพื่อการวิเคราะห์สวนปาล์มโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ (Image Processing) ได้สร้างโปรแกรม เพื่อทำการวิเคราะห์สวนปาล์มให้ได้ทราบถึงคุณภาพของต้นปาล์มนั้นๆ จะใช้ชุดข้อมูลจากภาพที่ถ่ายจริงจากสวนปาล์มคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ จำนวนต้นปาล์มที่ทำการศึกษา 34 ต้น ทดสอบความแม่นยำของระบบที่ความสูง 40 เมตร และค่าความสว่างที่แตกต่างกัน ทำการทดสอบ พบว่าระบบมีความแม่นยำ 91.18% และทดสอบที่ระดับความสูงของอากาศยานไร้คนขับที่แตกต่างกัน สรุปได้ว่าค่าดัชนี VARI ต้นปาล์มจะมีค่าน้อยลงเมื่อเมื่อมุมมองของกล้องมีระยะสูงขึ้น และเมื่อทดสอบที่ความสว่างแตกต่างกัน สรุปได้ว่าค่าความสว่างมากขึ้น จะทำให้ค่าดัชนี VARI ลดลง อาจทำให้การแปลผลผิดพลาดได้ และที่ความสว่างน้อย จะทำให้ค่าดัชนี VARI เพิ่มขึ้น อาจจะทำให้การแปลผลเกิดความผิดพลาดได้เช่นกัน ดังนั้นควรตั้งค่าตำแหน่งความสูงของอากาศยานไร้คนขับและความสว่างให้เหมาะสมเพื่อให้ได้ภาพที่มีรายละเอียดชัดเจน ดังนั้นระบบสามารถใช้เทคนิคการประมวลผลจากค่า VARI เพื่อตรวจสอบว่าต้นปาล์มนั้นมีคุณภาพที่ดีหรือไม่ โดยเกษตรกรสามารถนำไปใช้เพื่อเก็บข้อมูลเชิงสถิติคุณภาพต้นปาล์มเบื้องต้นภายในสวนปาล์ม และสามารถนำไปประกอบกับการดูแลสวนปาล์มเพื่อเพิ่มผลผลิตจากปาล์มมากขึ้นได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อุปกรณ์ และงบประมาณ สำหรับการดำเนินการวิจัย และขอขอบคุณบุคคลอื่นๆ ซึ่งมีส่วนเกี่ยวข้องในการวิจัยที่ไม่ได้เอ่ยนามไว้ ณ ที่นี้ ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

กรมพัฒนาที่ดินกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2564). *แนวทางการส่งเสริมการเกษตรที่เหมาะสมตามฐานข้อมูลแผนที่เกษตรเชิงรุก AGRI-MAP จังหวัดนราธิวาส*. https://www.ldd.go.th/Agri-Map/Data/S/nwt.pdf

นพพร ชุบทอง, สุวิสา พัฒนเกียรติ, พัฒนา สุขประเสริฐ, รุจีพัชร บุญจริง. (2558). การยอมรับเทคโนโลยีการปลูกปาล์มน้ำมันของเกษตรกร อ้าเภอหนองเสือ จังหวัดปทุมธานี. *วารสารวิจัยและพัฒนา วไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์, 10*(3), 53-63.

สุจิตรา เจริญหิรัญยิ่งยศ. (2561). ความสัมพันธ์ที่ดีที่สุดระหว่างดัชนีพืชพรรณกับผลผลิตปาล์มน้ำมัน จากทะลายผลสดด้วยภาพถ่ายดาวเทียมแลนด์แซท 8. *วารสารสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 21*, 235-247.

Andrew, F.W., & S.A.A. S. (2019). Oil palm plantation from satellite image. *IOP conference series earth and environmental science*.

Boris, B., & Hideo, H. (2019). Comparison of NDVI and NDRE indices to detect differences in vegetation and chlorophyll content. *International Conference on Applied Science, Technology and Engineering* (pp. 20-29).

Faradina, M., Aina, L.E., & Sharifah, N.B. (2016), Detecting nutrients deficiencies of oil palm trees using remotely sensed data, *IOP conference series earth and environmental science.*

Faradina, M., Nur, N.R., & Rosnan, Md, A.M. (2020), Healthiness of oil palm plantation towards sustainability of environment. *Malaysian Journal of Sustainable Environment, 7*(1), 21-36.

Tom, M., & Paul, H. (2017). Comparing RGB-Based vegetation indices with NDVI For drone based agricultural sensing. *Agribotix, 8*(4), 2592-2601.