



การพัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคประมวลผลภาพถ่ายเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน

Development of a Remote Control System for Orchid Diseases Monitoring Using Image Processing Technique for Precision Application of Chemicals in Standard Greenhouses

เกรียงไกร แซมสีม่วง^{1*}, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์¹, อภิรัฐ ปิ่นทอง¹

Grianggai Samseemoung^{1*}, Kriattisak Sangpradit¹, Apirat Pinthong¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, ปทุมธานี, 12110

¹Agricultural engineering, Faculty of engineering, Rajamangala University of technology thanyaburi, Pathumthani, 12110

* Corresponding author: Tel: +6 6 -8 -9641-7532 or +6 6 -8 -2798-8098, Fax: +6 6 -2-549-3581, E-mail: kkriankkai@hotmail.com or grianggai.s@en.rmutt.ac.th

บทคัดย่อ

ระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่ายที่พัฒนาขึ้น สามารถตรวจวัดและประเมินผลการระบาดของโรคพืชเพื่อป้องกันผลผลิตลดลงได้เป็นอย่างดี ข้อมูลภาพถ่ายจะถูกประมวลผลด้วยโปรแกรมที่ออกแบบไว้ในโปรแกรม MATLAB เพื่อควบคุมระบบการฉีดพ่นสารเคมีให้สัมพันธ์กับความหนาแน่นของโรคพืชที่ตรวจวัดได้ โดยกล้องสามารถบันทึกตำแหน่ง และค่าการสะท้อนแสงแบบใกล้ช่วงคลื่นอินฟราเรดที่ 800 nm และช่วงคลื่นสีแดงที่ 650 nm ส่งผลให้การจำแนกกล้วยไม้ที่สัมพันธ์กับที่เป็นโรค และการระบุตำแหน่งของโรคใบปื้นเหลือง โรคใบจุดดำ โรคแอนแทรคโนสนั้น สามารถทำได้ อย่างแม่นยำ จากนั้นจึงเปรียบเทียบผลที่ได้จากระบบกับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ภาคพื้นดิน และทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ออกมา ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI และ GNDVI จะแปรผันตามระดับคลอโรฟิลล์ โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ระหว่าง 0.985 ถึง 0.992 ดังนั้น $R^2=0.985-0.992$ สำหรับกล้วยไม้สมบูรณ์, $R^2=0.984-0.998$ สำหรับกล้วยไม้เกิดโรค ตามลำดับ และกล้องถ่ายภาพแบบ Web CAM ซึ่งมีราคาต่ำ จะให้ค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายที่ดีที่สุด ที่ระดับความสูง 1.2 m เมื่อเทียบกับการใช้กล้องชนิดอื่น กล้องถ่ายภาพแบบ Digital camera ซึ่งมีราคาปานกลาง ที่ระดับความสูง 1-1.2 m ส่วนกล้องถ่ายภาพแบบ NIR camera ซึ่งมีราคาสูงมาก ที่ระดับความสูง 1.6 m ขึ้นไป และพบว่าโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายที่พัฒนาขึ้นนั้น มีคุณภาพที่สามารถยอมรับได้เมื่อทำการสอบเทียบกับการตรวจวัดด้วยคน

คำสำคัญ: ระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล, ดัชนีพืชพรรณ, การประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล, กล้อง Web CAM, กล้องถ่ายภาพดิจิทัล, กล้องถ่ายภาพใกล้ช่วงคลื่นอินฟราเรด

Abstract

The orchids disease monitoring system with crop image processing technique developed could measure and evaluate the plant disease infestation in order to prevent a decrease in yield as well. Image data were processed by a program coding in MATLAB program. The chemical injection systems were controlled related to the density of the plant disease detected. The acquired low altitude remote sensing images were positioned and processed to estimate vegetative-indices with MATLAB program (Red=650 nm and NIR=800 nm band center) and thereby detecting diseases in orchids plants. Then good correlations and clear cluster range were obtained in characteristic plots of NDVI and GNDVI against chlorophyll content, the chlorophyll content values ($\mu\text{mol m}^{-2}$)

according to statistical analysis showed significant differences among clusters for healthy orchids ($R^2=0.985-0.992$), for infested orchid ($R^2=0.984-0.998$), respectively. The camera Web CAM model which is lower price, the accuracy in image processing, take the best at an altitude of 1.2 meters, and Digital camera which is medium price, take the best at an altitude of 1-1.2 meters. The NIR camera which is higher price, take the best at an altitude of 1.6 meters or more. The image processing software based on LARS images created provided satisfactory results comparing with a manual measurement.

Keywords: The orchids disease monitoring system, vegetation index, digital image processing, web CAM, digital camera, NIR camera

1 บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งเพาะปลูกกล้วยไม้เมืองร้อนที่สำคัญ โดยเฉพาะกล้วยไม้สกุลหวายเนื่องจากมีสภาพภูมิอากาศ คือ อุณหภูมิ 25-33°C และความชื้นสัมพัทธ์ 75-80% ซึ่งประเทศไทยเป็นผู้ผลิต และส่งออกกล้วยไม้สกุลหวายมากที่สุด โดยแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญจะอยู่ที่ กรุงเทพมหานคร นนทบุรี นครปฐม สมุทรสาคร ราชบุรี พระนครศรีอยุธยา และปทุมธานี ตามลำดับ ในอดีตที่ผ่านมาการขยายพื้นที่เพาะปลูกยังทำได้ค่อนข้างจำกัด เนื่องจากเกษตรกรที่เข้ามาปลูกกล้วยไม้นั้น จะต้องมีความรู้ความชำนาญมากในการเพาะปลูก ประกอบกับปัจจัยด้านการผลิตมีราคาต้นทุนที่สูงขึ้น เช่น ปุ๋ยและยา ทำให้เกษตรกรไม่มีเงินลงทุนในการดูแลบำรุงรักษา จึงทำให้กล้วยไม้มีคุณภาพไม่ได้มาตรฐาน ด้วยเหตุนี้ทำให้มีการส่งออกได้เพียงร้อยละ 40 ของผลผลิตทั้งหมดเท่านั้น อย่างไรก็ตามกล้วยไม้ยังคงเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจโดยมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มขึ้นของตลาดใหม่ แถบตะวันออกกลาง และจีน โดยทุกวันนี้พบว่าเกษตรกรผู้ปลูกกล้วยไม้ในประเทศไทยทั้งหมดประมาณ 3,000 กว่าราย ครอบคลุมพื้นที่ปลูกประมาณ 20,000 ไร่ ทำให้มีการส่งออกเพิ่มมากขึ้นเป็นอันดับ 2 รองจากเนเธอร์แลนด์เท่านั้น และก่อให้เกิดรายได้จากการส่งออกทั้งกลุ่มไม้ตัดดอก และต้น อยู่ที่ประมาณ 3,000 กว่าล้านบาท ทั้งนี้ธุรกิจการเพาะเลี้ยงกล้วยไม้สามารถสร้างรายได้นำเงินเข้าสู่ประเทศได้เป็นจำนวนมาก และการส่งออกกล้วยไม้ของไทยยังคงมีแนวโน้มเติบโตอย่างต่อเนื่อง ขณะที่การผลิตกล้วยไม้ในทุกวันนี้ยังคงเผชิญกับปัจจัยเสี่ยงอย่างเดิมอยู่หลายประการด้วยกัน อาทิเช่น ปัญหาด้านต้นทุนการผลิต และต้นทุนค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้น ปัญหาด้านโรคและแมลงศัตรูพืช และปัญหาด้านขาดการควบคุมคุณภาพของกล้วยไม้เพื่อการส่งออก (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2555)

จากปัญหาดังกล่าวงานวิจัยนี้จึงมุ่งเสนอวิธีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีความแม่นยำทางการเกษตร ร่วมกับเทคนิคการ

ประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัล เพื่อเข้ามาช่วยในการพัฒนาระบบการจัดการ และการบำรุงรักษากล้วยไม้สกุลหวาย โดยมุ่งเป้าหมายไปยังการบริหารจัดการการใช้สารเคมี และยาปราบศัตรูพืช ในปริมาณที่เหมาะสม มีความแม่นยำสูง ทนต่อเหตุการณ์ และสามารถตรวจวัดเฝ้าระวังการระบาดของโรคกล้วยไม้ในโรงเรือนปลูกมาตรฐานได้ (เกรียงไกรและเกียรติศักดิ์, 2557a) ซึ่งส่วนใหญ่ในโรงเรือนปลูกกล้วยไม้มาตรฐานจะเกิดโรคใบจุด หรือโรคใบช้ำกลาก (Leaf Spot) ที่เกิดจากเชื้อรา *Phyllostictina pyriformis* Cash & Watson, โรคใบจุดดำ (Black spot) ที่เกิดจากเชื้อรา *Alternaria alternate* และ *Drechslera spp.*, โรคแอนแทรคโนส (Anthracnose) ที่เกิดจากเชื้อรา *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc., โรคโคนเน่าแห้ง หรือโรคเหี่ยว (Fusarium foot rot, Wilt) ที่เกิดจากเชื้อรา *Fusarium oxysporum* Fmoniliforme, โรคเน่าและ (Soft rot) ที่เกิดจากเชื้อแบคทีเรีย *Erwinia carotovora* (Jones), โรคใบปื้นเหลือง ที่เกิดจากเชื้อรา *Pseudocercospora dendrobii* และโรคเน่าแห้ง สาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Sclerotium rolfsii* เป็นต้น (กรมวิชาการเกษตร, 2550) โดยโรคเหล่านี้สามารถที่จะระบุตำแหน่งบริเวณที่เกิดโรค แล้วทำการฉีดสารเคมีในปริมาณที่เหมาะสม แม่นยำ ซึ่งจะเกี่ยวข้องโดยตรงในด้านของการลดต้นทุนการผลิต การป้องกันความเสียหายแบบพันท่วงที่ (Samseemoung et al., 2012) และสุดท้ายแล้วเป็นการเพิ่มผลผลิตต่อพื้นที่ปลูกให้มีปริมาณสูงขึ้น ในการออกแบบ และสร้างระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่าย เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมการใช้ระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ในโรงเรือนมาตรฐาน พร้อมทั้งระบบอัลกอริทึมของซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่ายมุมมองสูงนั้น พบว่าเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิต และยังมีข้อดีแก่เกษตรกรเจ้าของโรงเรือนทั้งเป็นการลด

เวลาและต้นทุนการประกอบการลง ได้ข้อมูลภาพถ่ายมุมสูงที่มีความทันต่อเหตุการณ์ หรือสถานการณ์ของการระบาดของโรคพืชในโรงเรือนนั้นๆ โดยภาพโคดอะแกรมรายละเอียดของระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่าย เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ในโรงเรือนมาตรฐานที่จะทำการออกแบบและสร้าง ดังรูปที่ 1 โดยจะมีหลักการทำงานเริ่มจากภาพถ่ายที่ได้มาจากระบบถ่ายภาพมุมสูงเคลื่อนที่บนรางที่ทำการออกแบบไว้ (เกรียงไกรและเกียรติศักดิ์, 2557b) เหนือแนวแปลงปลูกในโรงเรือนมาตรฐาน พร้อมระบบควบคุมการถ่ายภาพแบบระยะไกล แบบติดตั้งบนระบบเคลื่อนที่ ที่ความสูงประมาณสองเมตร ระยะทางมากกว่า 10 m จากนั้นนำภาพมุมสูงที่ได้นำเข้าสู่ระบบซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่าย จากนั้นทำการรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลที่ได้ไปออกแบบระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ในระบบโรงเรือนมาตรฐาน โดยเฉพาะข้อมูลด้านค่าการกระจายตัวของโรคพืชในพื้นที่ปลูก โดยผลสัมฤทธิ์ของงานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการการใช้สารเคมียาปราบศัตรูพืช และลดความเสียหายที่เกิดจากการระบาดของโรคพืชในระบบโรงเรือนมาตรฐานแบบทันสมัย โดยที่ผลสัมฤทธิ์ของงานวิจัยนี้ พบว่า เกษตรกรเจ้าของระบบโรงเรือนมาตรฐานจะได้ทราบและเข้าถึงข้อมูลตัวแปรต่างๆ ในพื้นที่แปลงปลูกของตนเอง ที่ส่งผลกระทบต่อต้นทุนการผลิต และปริมาณผลผลิต โดยข้อมูลพื้นฐานและตัวแปรต่างๆ นั้น จะหมายถึง ข้อมูลอัตราการใช้ปุ๋ยเคมี ข้อมูลการกระจายตัวของโรคพืชในช่วงเวลาที่เกิดการระบาดแบบทันที และข้อมูลสภาพความอุดมสมบูรณ์บนแปลงปลูกนั้นๆ ดังนั้นจะเห็นได้ชัดว่า ข้อมูลพื้นฐานเหล่านี้มีบทบาทที่สำคัญมากในการกำหนดทิศทางปริมาณของผลผลิตที่ได้ต่อโรงเรือนต่อปี และทิศทางการควบคุมค่าใช้จ่ายในการลงทุน โดยงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะทำการออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่าย เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมการใช้สารเคมีและยาปราบศัตรูพืชในโรงเรือนมาตรฐาน จากนั้นทำการออกแบบระบบอัลกอริทึม และพัฒนาชุดคำสั่งเฉพาะสำหรับการประมวลผลภาพถ่ายมุมสูง สุดท้ายทำการออกแบบระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ (Variable Rate Technology, VRT) แบบอัตโนมัติ

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การออกแบบ และสร้างระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ด้วยเทคนิคประมวลผลภาพถ่าย

2.1.1 การออกแบบ และสร้างระบบถ่ายภาพมุมสูงเคลื่อนที่บนรางเหนือแนวแปลงปลูกในโรงเรือนมาตรฐานควบคุมการถ่ายภาพระยะไกลแบบติดตั้งบนชุดคันแบบ

ทำการค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับระบบถ่ายภาพทางอากาศ ได้แก่ ชนิดของกล้องถ่ายภาพมุมสูง ระบบของเลนส์ วิธีการติดตั้งกล้องถ่ายภาพ แนวทางในการลดการสั่นสะเทือนระบบกดชัตเตอร์ถ่ายภาพระยะไกล อุปกรณ์วัดความสูง และข้อมูลอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง (Samseemoung et al., 2011) โดยระบบรางที่ออกแบบจะมีความสูงของรางประมาณ 2 m ความกว้าง 0.5 m และมีความยาว 10 m ดังรูปที่ 2 โดยข้อมูลเซนเซอร์ที่ใช้ ได้แก่ กล้อง Web CAM รุ่น Vimicro USB 2.0 UVC PC Camera Image size resolution: -2.0 to 6.0 Mpixels ผลิตจาก SWIFT-TECH ELECTRONICS Co. Ltd. กล้องดิจิทัล Digital camera (R-G-B) Image size resolution: 1280x 1024 ผลิตจาก Canon Co. Ltd. กล้องดิจิทัลแบบ Near Infrared (NIR) camera ADC (G-R-NIR) Image size resolution: 1280x 1024 (1.3 Mpixels) ผลิตจาก Tetracam Inc. และชุด Gear Motor Oriental AC Magnetic Motor 2RK6GN-AM w/2GN60K Gear Head ผลิตจาก ORIENTAL MOTOR CO., LTD. ตามลำดับ



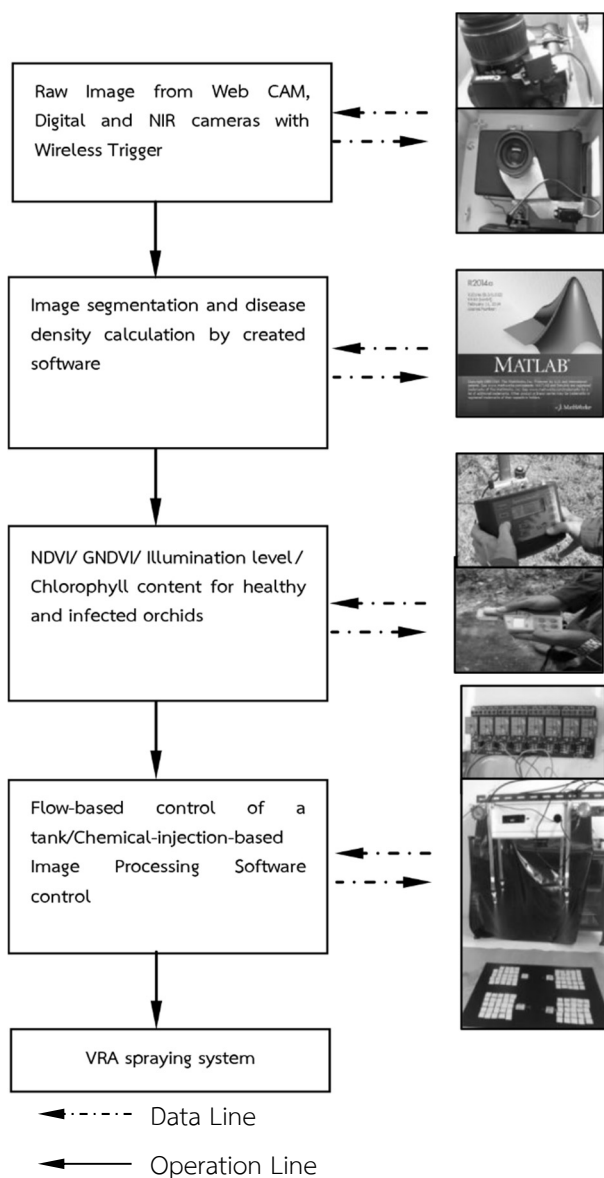


Figure 1 Instrumentation and overall procedural configuration. VRA spraying system that is a flow-based control system of application rate.

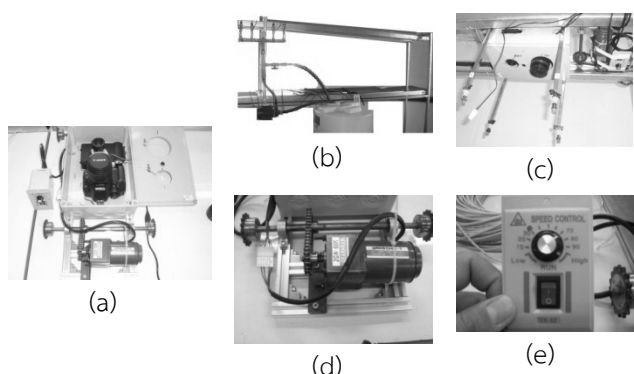


Figure 2 Specifications of the sensors. (a) Image data acquisition system with Web CAM, Digital and NIR cameras; (b) A double row bar with carrier control; (c)

A direct chemical injection; (d) Gear motor; (e) Adapter 220 VAC to 24 VDC 5A.

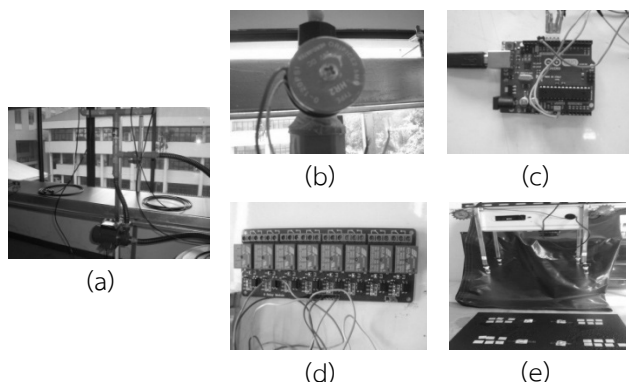


Figure 3 Variable rate chemical injection systems. (a) Water pump; (b) Solenoid valve; (c) Microcontroller Board; (d) 8 Relay Module; (e) Nozzle.

2.1.2 การออกแบบ และสร้างชุดต้นแบบระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ (Variable Rate Technology, VRT) แบบอัตโนมัติ

ทำการออกแบบสร้างชุดต้นแบบระบบหัวฉีด ซึ่งจะใช้น้ำของแขนบูม ความกว้าง 0.5 m และมีความยาว 0.5 m จำนวนหัวฉีด 4 หัวฉีด และขนาดแรงดันของชุดปั๊ม ที่ 1 bar อัตราการฉีดพ่น 0.02, 0.06, 0.11 liter/minute ทำการต่อเข้ากับชุดควบคุมปริมาณการฉีดต่อรอบการทำงาน ให้ครอบคลุมพื้นที่การทำงาน จากนั้นทำการออกแบบระบบอัลกอริทึมควบคุมปริมาณการฉีดต่อรอบการทำงาน โดยระบบอัลกอริทึมนี้จะออกแบบบนพื้นฐานของอัตราส่วนความหนาแน่นของโรคพืชเป็นจำนวนพิกเซล (Pixel) ต่อพื้นที่ (Pixel x Pixel) สุดท้ายจะเป็นการทดสอบระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ แบบอัตโนมัติ ภายหลังจากออกแบบ สร้างต้นแบบทดสอบ Pre-test และปรับปรุงจนได้แบบที่ดีที่สุดแล้ว จึงทำการทดสอบจริง โดยคำนึงถึงตัวแปรที่มีผลต่อการทำงานของระบบฯ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าอัตราส่วนความหนาแน่นของโรคพืชต่อพื้นที่ กับปริมาณการฉีดของชุดควบคุม ความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงในการถ่ายภาพ กับปริมาณการฉีดของชุดควบคุม โดยข้อมูลเซนเซอร์ที่ใช้ ดังรูปที่ 3 ได้แก่ ชุดโซลินอยด์ วาล์ว ผลิตจาก Green Water - Atlantis Technology (Thailand) Co.,Ltd. ชุดหัวฉีด ผลิตจาก บริษัท ซูเปอร์โปรดักส์ จำกัด ชุดปั๊มไฟฟ้า ผลิตจาก LEE SAE IMPORT (1975) LIMITED ชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ Microcontroller Board ผลิตจาก Shenzhen Shanhai Technology Ltd. และ ชุด 8 Relay Module ผลิตจาก Arduitrionics CO., Ltd ตามลำดับ

หลักการการทำงานของชุดต้นแบบระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ แบบอัตโนมัติ ดังรูปที่ 4 โดยจะเริ่มจากภาพถ่ายดิจิทัลของกล้วยไม้ที่เริ่มเกิดโรค ถ่ายที่ความสูงเหมาะสม จากกล้องดิจิทัลแบบ Digital camera (R-G-B) และกล้องดิจิทัลแบบ NIR camera (G-R-NIR) โดยเมื่อทำการโหลดภาพถ่ายเข้าสู่ซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่าย ที่ทำงานบนโปรแกรม MATLAB ชุดคำสั่งวิเคราะห์ภาพถ่ายเฉพาะที่ได้ทำการออกแบบไว้จะเริ่มทำการประมวลผลภาพถ่ายออกมาเป็นจำนวนค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของโรคพืชที่เกิดขึ้นที่สามารถทำการตรวจวัดได้ จากนั้นจำนวนค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นดังกล่าวจะถูกแปรเปลี่ยนเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการฉีดสารเคมีไปยังตำแหน่งบริเวณที่เกิดโรคแบบทันที โดยลำดับการทำงานจะถูกควบคุมให้เป็นอัตโนมัติด้วยชุดไมโครคอนโทรลเลอร์ (Arduino Uno R3)

2.2 การออกแบบพัฒนาระบบชุดคำสั่งเฉพาะสำหรับการประมวลผลภาพถ่ายมุมสูง และการประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 การออกแบบ และพัฒนาระบบชุดคำสั่งเฉพาะสำหรับการประมวลผลภาพถ่ายมุมสูง

ทำการค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอัลกอริทึม ของระบบชุดคำสั่งเฉพาะในการประมวลผลภาพถ่าย ได้แก่ ลักษณะของภาษาที่ใช้ในการเขียนชุดคำสั่งเฉพาะ ลักษณะของอัลกอริทึมที่เหมาะสมกับงาน เทคนิคต่างๆ ที่ใช้ในการแยกวัตถุที่สนใจออกจากพื้น Background โดยชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้นจะทำการดึงข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องดิจิทัลแบบ Digital camera (R-G-B) และกล้องดิจิทัลแบบ NIR camera (G-R-NIR) โดยที่ผู้ใช้สามารถที่จะทำการ เลือกข้อมูลภาพได้ โดยชุดคำสั่งที่พัฒนาขึ้น จะทำการตรวจสอบความหนาแน่นของโรคกล้วยไม้โดยวิธีการแบ่งพื้นที่ออกเป็น 4 ส่วนย่อยๆ (4 sub images) จากนั้นทำการตรวจจับสีเหลืองและสีน้ำตาลของใบกล้วยไม้เพื่อหาจำนวนค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นต่อพื้นที่ และทำการประมวลผลภาพรวมถึงการแสดงผลออกทางหน้าต่างของโปรแกรม เพื่อแจ้งให้ระบบทราบถึงข้อมูลสีเหลืองและสีน้ำตาลของใบกล้วยไม้ที่ทำการตรวจจับ จากนั้น จะทำการเปลี่ยนแม่แบบสีจากภาพสีเป็นภาพโทนขาวดำ และทำการแปรเปลี่ยนเป็นช่วงเวลาที่ใช้ในการฉีดสารเคมีไปยังตำแหน่งบริเวณที่เกิดโรค ด้วยการเปิดปิดโซลินอยด์วาล์วของหัวฉีด และสุดท้ายทำการบันทึกข้อมูลรูปภาพที่กระทำการประมวลผลแล้วลงฮาร์ดดิสก์ได้ (Gray image, Bimodal image) ดังรูปที่ 5 และ 6 ตามลำดับ

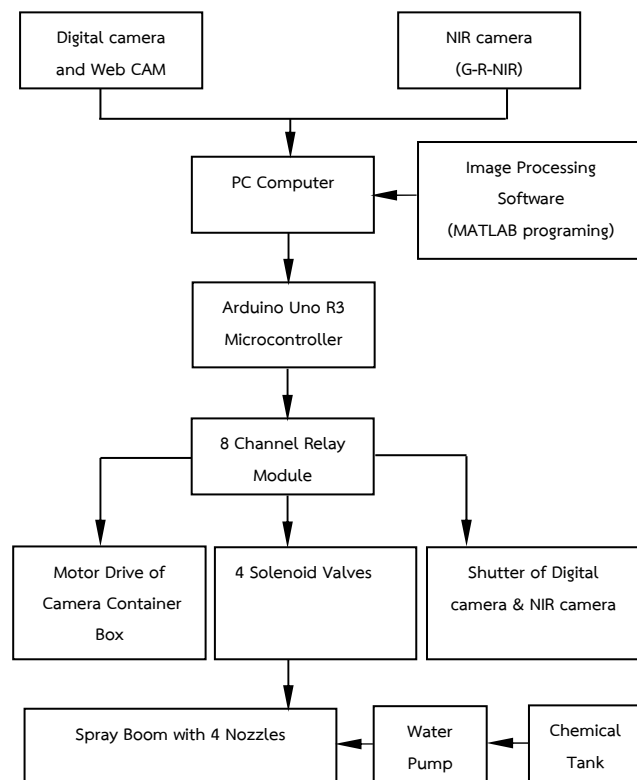


Figure 4 Variable rate spraying system with an automatic direct chemical injection.

2.2.2 การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ และค่าคลอโรฟิลล์

ค่าดัชนีพืชพรรณ (Normalized difference vegetation index, NDVI) คือค่าดัชนีการสะท้อนแสง นิยมนำมาใช้ในงานวิจัยทางการเกษตรทั่วไป (Sammseemoung et al., 2011) สามารถหาค่าได้จากสมการที่ 1

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_R}{\rho_{NIR} + \rho_R} \quad (1)$$

โดยที่ ρ_{NIR} หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด 800 nm และ ρ_R หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีแดง 650 nm

ค่าคลอโรฟิลล์ (Chlorophyll content, Chl ($\mu\text{mol m}^{-2}$)) ดังแสดงในสมการที่ 2 จะใช้พิจารณาถึงความสัมพันธ์กันของกล้วยไม้สกุลหวายที่เกิดโรค โดยที่พืชที่เริ่มเกิดโรคจะมีค่าการสะท้อนแสงที่ลดลงและมีความเข้มข้นของคลอโรฟิลล์ที่ต่ำ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ทำการวัดค่านี้คือ Minolta SPAD 502 Meter, Spectrum Technology Inc., USA

$$\text{Chl } (\mu\text{mol m}^{-2}) = 10^{M^{0.265}} \quad (2)$$

โดยที่ ค่า M จะหมายถึง ปริมาณคลอโรฟิลล์ของใบพืชที่เครื่องวัดอ่านได้ จะเป็นตัวเลขดิจิทัล และค่า Chl หมายถึง ปริมาณความเข้มข้นของค่าคลอโรฟิลล์ (มีหน่วยเป็น $\mu\text{mol m}^{-2}$)

ค่าของ Green normalized difference vegetation index (GNDVI) ที่ใช้งานวิจัยนี้จะหมายถึง ค่าคลอโรฟิลล์ ที่หามาจากค่าการสะท้อนแสงที่ใบพืช เมื่อพืชนั้นมีอายุการเจริญเติบโตไม่เท่ากัน สามารถคำนวณได้ดังสมการที่ 3 (Samseemoung et al., 2011)

$$\text{GNDVI} = \frac{\rho_{\text{NIR}} - \rho_{\text{G}}}{\rho_{\text{NIR}} + \rho_{\text{G}}} \quad (3)$$

โดยที่ ρ_{NIR} จะหมายถึง ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรด และ ρ_{G} หมายถึง ค่าการสะท้อนแสงในช่วงคลื่นสีเขียว

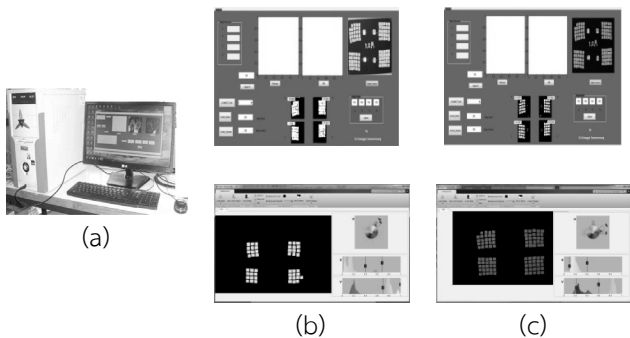


Figure 5 Image processing software. (a) Operating system; (b) Yellow thresholding; (c) Brown thresholding.

2.2.3 การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของระบบถ่ายภาพ (Height, m) กับค่าเปอร์เซ็นต์โรคพืชที่สามารถทำการตรวจจับได้

ทำการศึกษาวิจัยถึงค่าระดับความสูงและชนิดของกล้องถ่ายภาพที่เหมาะสม ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์โรคกล้วยไม้สกุลหวายได้ใกล้เคียงกับค่าความเป็นจริงมากที่สุด โดยทำการทดลองที่ความสูงทั้งหมด 4 ระดับดังนี้ 1 m, 1.2 m, 1.4 m และ 1.6 m ตามลำดับ ซึ่งกล้องถ่ายภาพที่ใช้แบ่งออกเป็น 3 ชนิด ดังนี้ กล้อง Web CAM กล้องดิจิทัลแบบ Digital camera (R-G-B) และกล้องดิจิทัลแบบ NIR camera (G-R-NIR)

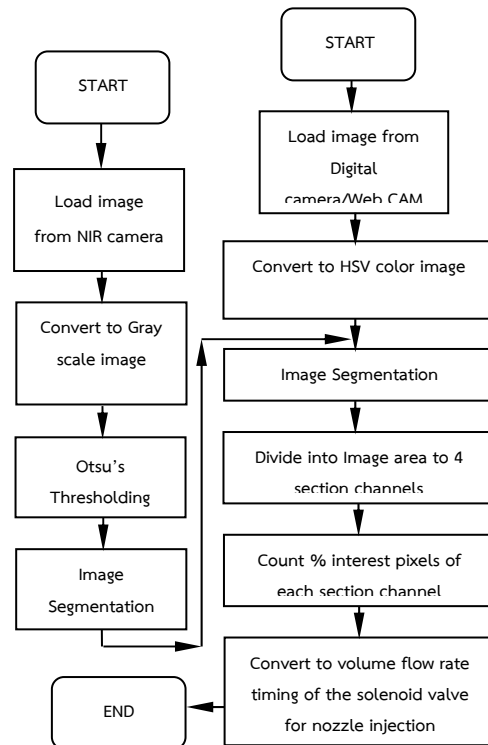


Figure 6 Created image processing software proceduring.

2.2.4 การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง (Height, cm) กับค่าการกระจายตัวของสารเคมี

ทำการศึกษาวิจัยถึงค่าระดับความสูงที่เหมาะสมในการฉีดสารเคมี ที่ปริมาณการฉีด 20 ml, 60 ml และ 100 ml ตามลำดับ ไปยังบริเวณที่เกิดโรค โดยทำการทดสอบที่ 4 ระดับความสูงของตำแหน่งที่ติดตั้งหัวฉีด คือ 25 cm, 35 cm, 45 cm และ 55 cm ตามลำดับ เพื่อวัดค่าการกระจายตัวของสารเคมีที่เกิดขึ้น

2.3 การสอบเทียบข้อมูลที่ได้จากระบบที่ออกแบบไว้กับข้อมูลที่เก็บได้จากการตรวจวัดด้วยคน

สำหรับการสอบเทียบการประมวลผลภาพถ่าย จะทำการสอบเทียบระบบถ่ายภาพมุมสูงของกล้องทั้ง 3 ประเภท ได้แก่ กล้อง Web CAM กล้อง Digital camera และสุดท้ายกล้องแบบ NIR camera โดยการกำหนดกรอบมาตรฐานขนาดความ กว้าง x ยาว เท่ากับ 65 cm x 50 cm ต่อจากนั้น ทำการกำหนดแผ่นตัวอย่างค่าสีที่ใช้เป็นตัวแทนของกลุ่มโรคในกล้วยไม้ ได้แก่ กลุ่มสีเหลือง และกลุ่มสีน้ำตาล โดยที่แผ่นตัวอย่างนี้จะมีขนาดความ กว้างxยาว เท่ากับ 2.54 cm x 2.54 cm แผ่นตัวอย่างกลุ่มค่าสีนี้จะถูกกำหนดในการทดลองในอัตราที่แตกต่างกันดังนี้ 5% (24 ชิ้น), 10% (48 ชิ้น), 15% (72 ชิ้น) และ 20% (97 ชิ้น) ที่

ความสูงที่แตกต่างกัน ที่ระดับ 1 m, 1.2 m, 1.4 m และ 1.6 m ตามลำดับ โดยจะแบ่งเป็นการสอบเทียบระหว่างข้อมูลที่ได้จากระบบต้นแบบกับการตรวจวัดด้วยสายตาคน และการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสว่างที่แปรผันตามระยะเวลาในหนึ่งวัน Illumination Levels ตามลำดับ

2.4 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ผลการทดลองเพื่อหาปัจจัยที่เหมาะสมของระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกลโดยใช้วิธีการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของปัจจัยในการทดสอบที่มีผลต่อความแม่นยำในการระบุตำแหน่งของการให้สารเคมีในกล้วยไม้ที่เกิดโรคด้วยวิธีการของ Duncan's multiple range test ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS

2.5 การเตรียมโรงเรือนทดสอบ

โรงเรือนทดสอบนี้ตั้งอยู่ที่พิกัด (Latitude 14.14 °N) และ (Longitude 101.48 °E) การทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ได้มาจากการประมวลผลภาพถ่าย และชุดควบคุมอัตราการฉีดพ่น จะอ้างอิงจากค่าพารามิเตอร์ดังนี้

ที่ความดัน 0.5 บาร์ พบว่า จะมีค่า Volume flow rate เท่ากับ 0.1 ลิตรต่อนาที

ที่ความดัน 1.0 บาร์ พบว่า จะมีค่า Volume flow rate เท่ากับ 0.11 ลิตรต่อนาที

ที่ความดัน 1.5 บาร์ พบว่า จะมีค่า Volume flow rate เท่ากับ 0.13 ลิตรต่อนาที

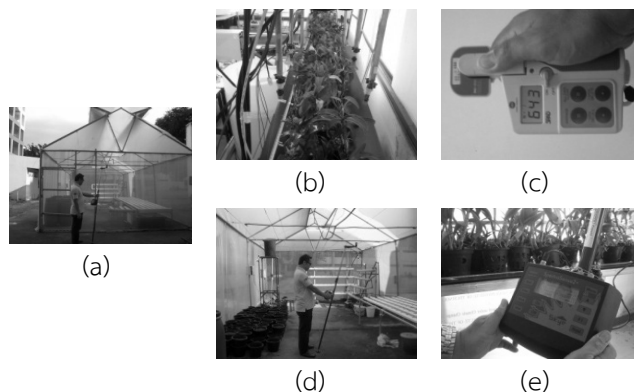


Figure 7 Experimental set up and field preparation, (a) Greenhouse; (b) Orchids plant material; (c) Minolta SPAD 502 Meter; (d) Illumination level set up; (e) SKR 1800 illumination sensor measured.

3 ผลและวิจารณ์

3.1 การสอบเทียบข้อมูลที่ได้จากระบบที่ออกแบบไว้กับข้อมูลที่เก็บได้จากการตรวจวัดด้วยคน

คุณภาพที่สามารถทำการยอมรับได้ของการสอบเทียบการประมวลผลภาพถ่ายทางอากาศ ที่มีลักษณะที่แตกต่างกันของระดับความสูงที่ระดับ 1 m, 1.2 m, 1.4 m และ 1.6 m ตามลำดับ ค่าความหนาแน่นของแผ่นตัวอย่างกลุ่มค่าสีที่ 5% (24 ขึ้น), 10% (48 ขึ้น), 15% (72 ขึ้น) และ 20% (97 ขึ้น) ตามลำดับ และชนิดของกล้อง Web CAM กล้อง Digital camera และสุดท้ายกล้องแบบ NIR camera ที่แตกต่างกัน ข้อมูลที่ได้แสดงดังรูปที่ 8-10

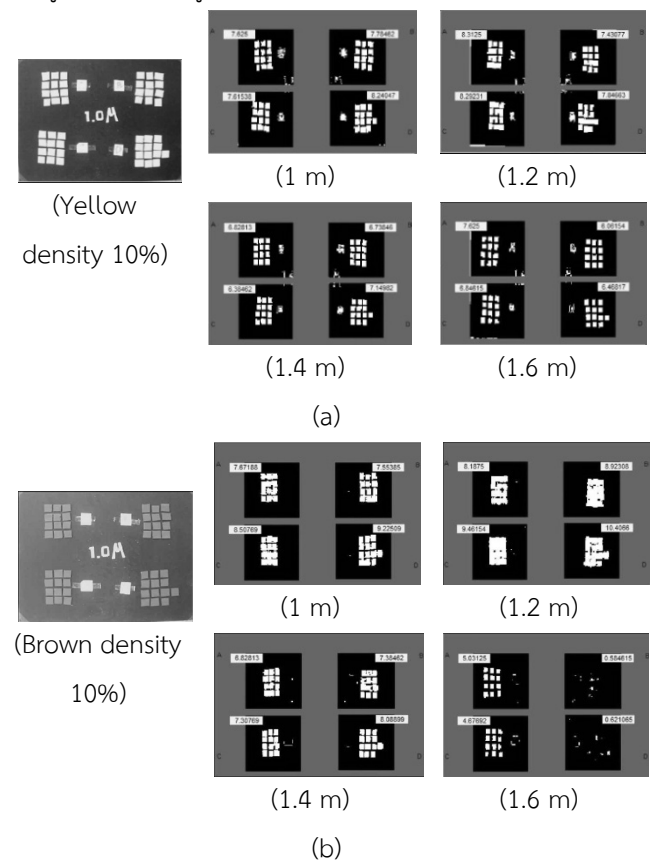


Figure 8 Image processing calibration from Web CAM, (a) Yellow density 10% image segmented with difference height; (b) Brown density 10% image segmented with difference height.

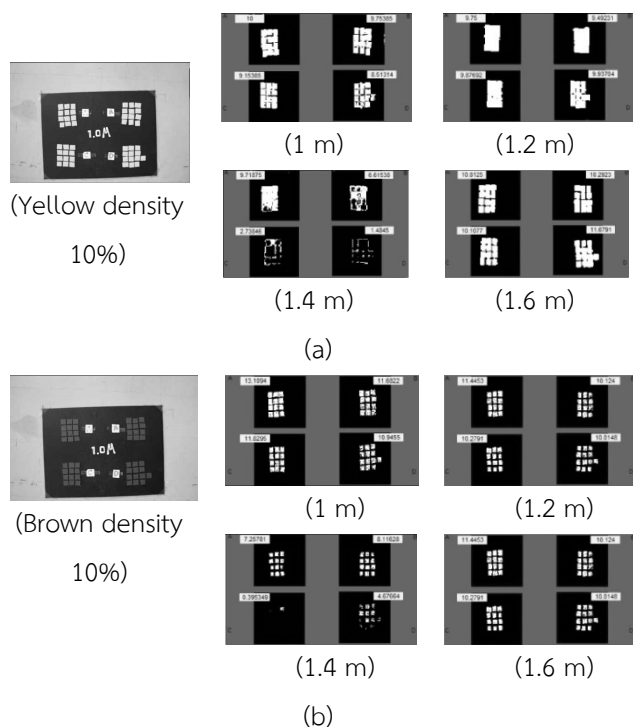


Figure 9 Image processing calibration from Digital camera, (a) Yellow density 10% image segmented with difference height; (b) Brown density 10% image segmented with difference height.

จากการทดลองทำการสอบเทียบข้อมูลค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ได้จากการออกแบบชุดคำสั่งเฉพาะในการประมวลผลภาพถ่ายของแผ่นตัวอย่างค่าเฉลี่ยสีเหลืองและสีน้ำตาล ตามลำดับ ซึ่งค่าเฉลี่ยทั้งสองนี้ จะถูกใช้เป็นตัวแทนของค่าสีของกล้วยไม้สกุลหวายที่เกิดโรคระบาดขึ้นในโรงเรือนมาตรฐาน โดยการสอบเทียบข้อมูลจะทำการสอบเทียบที่ระดับความสูงที่แตกต่างกันของระบบถ่ายภาพแบบควบคุมระยะไกลที่ระดับ 1 m, 1.2 m, 1.4 m และ 1.6 m ตามลำดับ และที่ความหนาแน่นของแผ่นตัวอย่างแตกต่างกันที่ 5%, 10%, 15% และ 20% ตามลำดับ พบว่าค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ทุกระดับความสูงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยกล้องถ่ายภาพแบบ Web CAM ซึ่งมีราคาถูกมาก จะมีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลดีที่สุดที่ระดับความสูง 1.2 m ในส่วนของกล้องถ่ายภาพแบบ Digital camera ซึ่งมีราคาปานกลาง พบว่ามีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลดีที่สุดที่ระดับความสูง 1 m และ 1.2 m ตามลำดับ สุดท้ายกล้องถ่ายภาพแบบ NIR camera ซึ่งมีราคาสูงมาก พบว่ามีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลดีที่สุดที่ระดับความสูงของระบบฯ ที่ 1.6 m ขึ้นไป ดังข้อมูลแสดงในตารางที่ 1-8

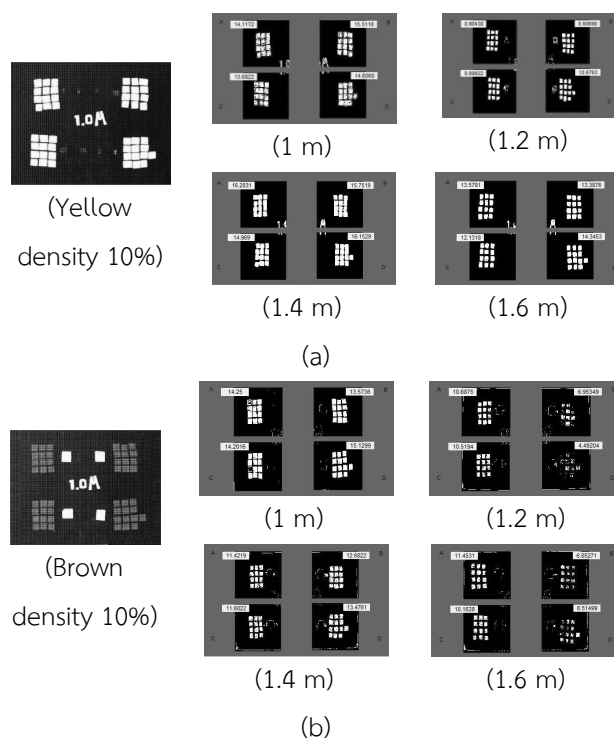


Figure 10 Image processing calibration from NIR camera, (a) Yellow density 10% image segmented with difference height; (b) Brown density 10% image segmented with difference height.

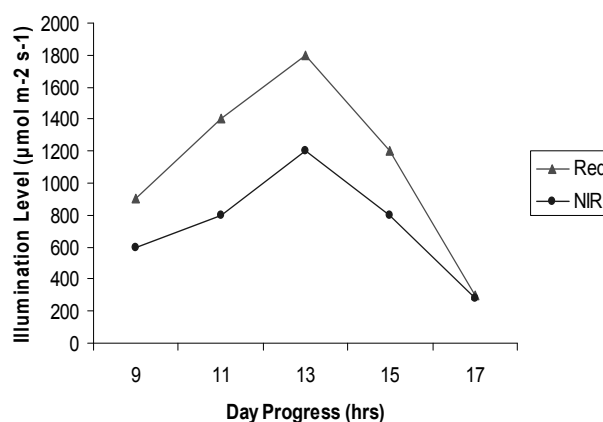


Figure 11 Summary of illumination level (SKR 1800) with day progress (hrs.) results.

Table 1 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with yellow sample density 5%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1. Manual observation	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a
2. Web CAM	2.835 ^a	4.490 ^{bc}	4.093 ^b	4.253 ^b

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
3. Digital camera	5.080 ^{cd}	5.023 ^{cd}	4.698 ^{bc}	5.715 ^d
4. NIR camera	9.083 ^f	5.523 ^d	8.515 ^f	6.745 ^e

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 2 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with yellow sample density 10%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1. Manual observation	10 ^a	10 ^a	10 ^a	10 ^a
2. Web CAM	7.813 ^b	7.968 ^b	6.770 ^a	6.748 ^a
3. Digital camera	9.353 ^{cd}	9.760 ^d	8.633 ^{bc}	10.718 ^e
4. NIR camera	14.475 ^f	9.610 ^d	15.765 ^g	10.250 ^{de}

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 3 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with yellow sample density 15%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1. Manual observation	15 ^a	15 ^a	15 ^a	15 ^a
2. Web CAM	10.918 ^c	14.433 ^{ef}	9.408 ^b	8.515 ^a
3. Digital camera	14.430 ^{ef}	14.843 ^f	13.605 ^{de}	16.183 ^g
4. NIR camera	19.388 ^h	13.278 ^d	23.705 ⁱ	16.738 ^g

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 4 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with yellow sample density 20%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1. Manual observation	20 ^a	20 ^a	20 ^a	20 ^a
2. Web CAM	14.043 ^c	18.755 ^{de}	11.943 ^b	10.780 ^a
3. Digital camera	18.785 ^{de}	19.890 ^{ef}	17.658 ^d	21.113 ^g
4. NIR camera	22.503 ^h	18.363 ^d	31.073 ⁱ	20.220 ^{fg}

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 5 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with Brown sample density 5%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1. Manual observation	5 ^a	5 ^a	5 ^a	5 ^a
2. Web CAM	4.753 ^{bc}	4.788 ^{bc}	4.128 ^{ab}	3.763 ^a
3. Digital camera	6.495 ^e	6.283 ^e	4.538 ^{abc}	4.478 ^{abc}
4. NIR camera	6.145 ^{de}	5.265 ^{cd}	6.438 ^e	5.273 ^{cd}

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 6 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with Brown sample density 10%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1. Manual observation	10 ^a	10 ^a	10 ^a	10 ^a
2. Web CAM	8.235 ^{bc}	9.240 ^{cd}	7.395 ^{ab}	8.475 ^{bc}

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
3.Digital camera	11.893 ^f	10.460 ^{de}	6.355 ^a	7.380 ^{ab}
4. NIR camera	14.285 ^s	9.908 ^{de}	12.063 ^f	10.993 ^{ef}

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 7 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with Brown sample density 15%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1.Manual observation	15 ^a	15 ^a	15 ^a	15 ^a
2. Web CAM	11.093 ^b	12.890 ^{bc}	8.883 ^a	12.435 ^b
3. Digital camera	16.950 ^{ef}	15.093 ^{de}	14.390 ^{cd}	17.900 ^f
4. NIR camera	17.565 ^f	15.225 ^{de}	16.468 ^{ef}	16.230 ^{def}

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 8 Correlation between the difference of image data acquisition and height levels (m) with Brown sample density 20%.

Type of image acquisition system	Altitude levels (m)			
	1	1.2	1.4	1.6
1.Manual observation	20 ^a	20 ^a	20 ^a	20 ^a
2. Web CAM	14.058 ^{bc}	19.055 ^f	11.898 ^{ab}	11.430 ^a
3.Digital camera	19.450 ^f	18.735 ^{ef}	15.353 ^{cd}	16.580 ^{de}
4. NIR camera	20.090 ^f	19.823 ^f	22.580 ^s	19.973 ^f

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

3.2 การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยค่าดัชนีพืชพรรณ และค่าคลอโรฟิลล์

สำหรับกล้วยไม้สกุลหวายที่สมบูรณ์ จะพบว่า ค่าดัชนีพืชพรรณ NDVI นั้น จะมีความสัมพันธ์กับระดับค่าคลอโรฟิลล์ในความสัมพันธ์ทางบวก ดังนี้ $R^2=0.992$ สำหรับกล้วยไม้สกุลหวาย (สมบูรณ์), $R^2=0.998$ สำหรับกล้วยไม้สกุลหวาย (เกิดโรค) ต่อมา ค่าดัชนีพืชพรรณ GNDVI ของกล้วยไม้สกุลหวาย แบบสมบูรณ์ และแบบเกิดโรค แสดงความสัมพันธ์แบบแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นกับค่าคลอโรฟิลล์ ดังรูปที่ 12 ด้วยค่า $R^2= 0.985$ และ 0.984 ตามลำดับ ในด้านการเปรียบเทียบกันระหว่าง ค่าคลอโรฟิลล์ ($\mu\text{mol m}^{-2}$) กับค่าดัชนีพืชพรรณแบบ NDVI และแบบ GNDVI ที่ได้จากระบบที่ออกแบบไว้นั้น พบว่ามีค่าที่น่าเชื่อถือสูงโดยจะอยู่ในช่วงตั้งแต่ 493-959 $\mu\text{mol m}^{-2}$ สำหรับกล้วยไม้สกุลหวาย (สมบูรณ์), 75-380 $\mu\text{mol m}^{-2}$ สำหรับกล้วยไม้สกุลหวาย (เกิดโรค), 450-1000 $\mu\text{mol m}^{-2}$ สำหรับกล้วยไม้สกุลหวาย (สมบูรณ์), 101-400 $\mu\text{mol m}^{-2}$ สำหรับกล้วยไม้สกุลหวาย (เกิดโรค) ตามลำดับ

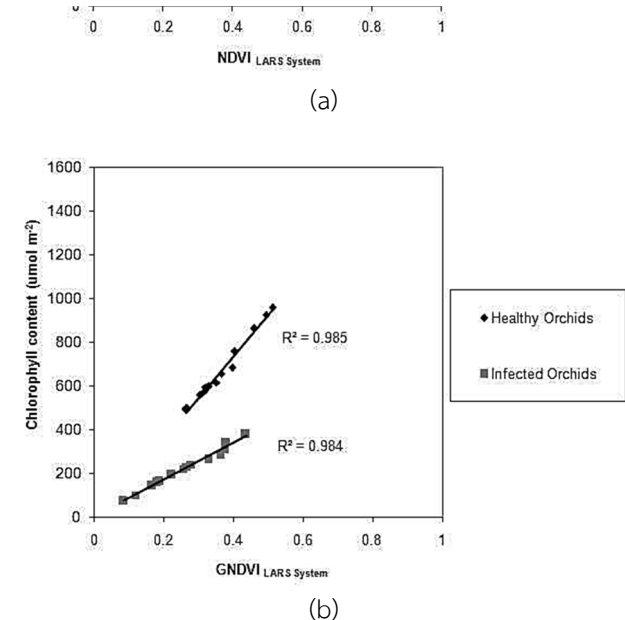


Figure 12 Correlation between leaves chlorophyll content estimated from leaf reflectance values and reflectance indices NDVI for healthy and infested orchid's plantation.

3.3 การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างระดับความสูงของระบบถ่ายภาพ (Height, m) กับค่าเปอร์เซ็นต์โรคพืชที่สามารถทำการตรวจจับได้

จากผลการทดลองพบว่าภาพถ่ายดิจิทัลที่ได้จากกล้องถ่ายภาพแบบ Web CAM และกล้องถ่ายภาพแบบ Digital camera จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์โรคพืชที่ความหนาแน่น 5% และ

10% ที่ตรวจจับได้จากซอฟต์แวร์ชุดคำสั่งเฉพาะที่ออกแบบไว้ ดีที่สุด ที่ระดับความสูงประมาณ 1-1.2 m ส่วนที่ค่าเปอร์เซ็นต์โรคพืชที่ความหนาแน่น 15% และ 20% ระดับความสูงที่เหมาะสมที่สุดของกล้องถ่ายภาพแบบ Web CAM และกล้องถ่ายภาพแบบ Digital camera คือที่ระดับ 1.2 m และในส่วนของกล้องถ่ายภาพแบบ NIR camera ระดับความสูงในการทำงานที่เหมาะสมที่สุดคือ 1.6 m

3.4 การประเมินผลพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้อง ด้วยการทดสอบหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าความสูง (Height) กับระยะการกระจายตัวของสารเคมี

จากการทดลองพบว่าระดับความสูงมีผลต่อระยะการกระจายตัวของสารเคมีที่ฉีดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยที่ระดับความสูงเพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าการกระจายตัวมีค่าเพิ่มมากขึ้น ซึ่งที่ระดับความสูง 0.25 m พบว่าจะมีความแม่นยำในการฉีดมากที่สุดทำให้ไม่เกิดการสูญเสียสารเคมีที่ใช้

Table 9 Correlation between height levels (m) and chemicals and pesticides scatterable distance (m) at pressure 1 bar and volume flow rate 0.02 liter/minute.

No.	Height levels (m)	Chemicals and pesticides scatterable distance (m)
1	0.25	0.220 ^a
2	0.35	0.235 ^b
3	0.45	0.255 ^c
4	0.55	0.280 ^d

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 10 Correlation between height levels (m) and chemicals and pesticides scatterable distance (m) at pressure 1 bar and volume flow rate 0.06 liter/minute.

No.	Height levels (m)	Chemicals and pesticides scatterable distance (m)
1	0.25	0.325 ^a
2	0.35	0.360 ^b
3	0.45	0.375 ^b
4	0.55	0.467 ^c

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

Table 11 Correlation between height levels (m) and chemicals and pesticides scatterable distance (m) at pressure 1 bar and volume flow rate 0.11 liter/minute.

No.	Height levels (m)	Chemicals and pesticides scatterable distance (m)
1	0.25	0.530 ^a
2	0.35	0.635 ^b
3	0.45	0.722 ^c
4	0.55	0.817 ^d

Means in a column followed by the same character are not significantly different at 0.05 significant level according to Duncan's Multiple Range Test.

3.5 การจัดทำข้อมูลแผนที่ประยุกต์ทางการเกษตร

แผนที่ประยุกต์ทางการเกษตรที่จัดทำขึ้นมานี้จะประกอบไปด้วย ข้อมูลของพิกัดตำแหน่งบนพื้นผิวโลกประมาณ 24 จุด และข้อมูลจำนวนค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของโรคกล้วยไม้ซึ่งแทนด้วยเฉดสีเหลืองและสีน้ำตาลนั้น ที่ได้จากกล้องดิจิตอลทั้งสามประเภทที่ระดับความสูงบนรางวิ่งเหนือแปลงปลูก 1 m ขั้นตอนการสร้างแผนที่ทางการเกษตรนั้น จะเริ่มจากการนำภาพถ่ายมุมสูงแต่ละเฟรมภาพที่ได้ทำการแบ่งกริดพื้นที่ระยะห่าง 65 cm x 50 cm นำมาต่อกันเป็นภาพใหญ่ จากนั้นที่แต่ละกริดหรือบริเวณใกล้เคียงจะต้องทำการประมวลผลภาพเพื่อคำนวณหาค่าเปอร์เซ็นต์ความหนาแน่นของโรคกล้วยไม้ จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดเข้าสู่โปรแกรม ArcView GIS เพื่อทำการสร้างออกมาเป็นแผนที่ทางการเกษตร ดังรูปที่ 13-15 โดยแผนที่จะบ่งบอกถึงหนาแน่นของโรคกล้วยไม้ ตำแหน่งของการเจริญเติบโตที่ไม่ดีในแปลงปลูก บริเวณที่ขาดธาตุอาหาร น้ำ และบริเวณที่เกิดโรค ตามลำดับ

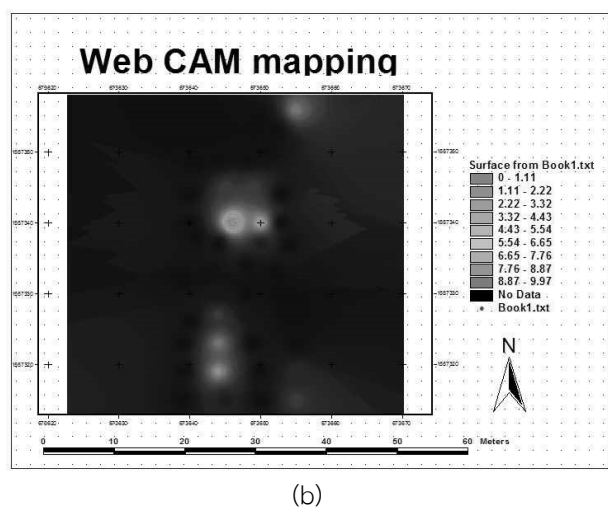
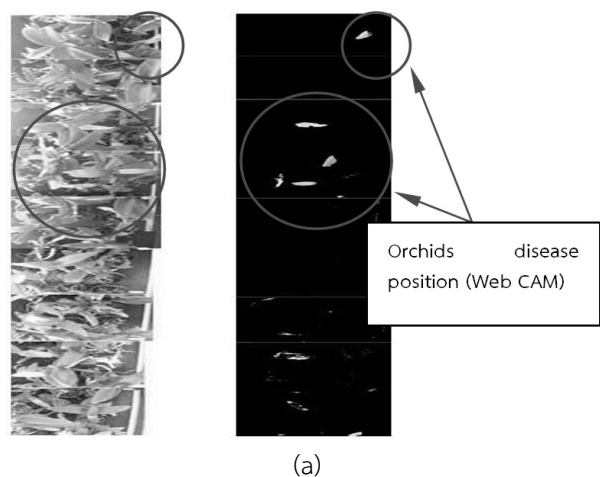


Figure 13 GIS application maps for crop status monitoring and herbicide application for healthy and infested orchids plantation: (a) Orchids disease position from Web CAM; (b) GIS application maps.

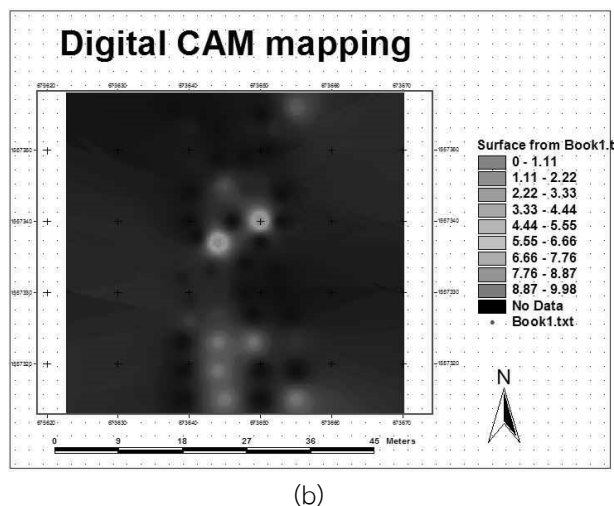
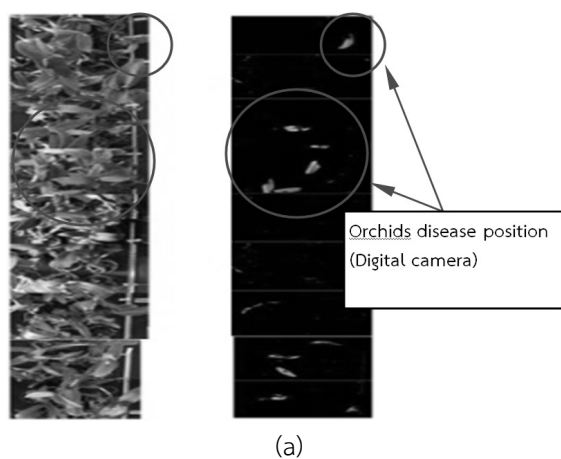


Figure 14 GIS application maps for crop status monitoring and herbicide application for healthy and infested orchids plantation: (a) Orchids disease position from Digital camera; (b) GIS application maps.

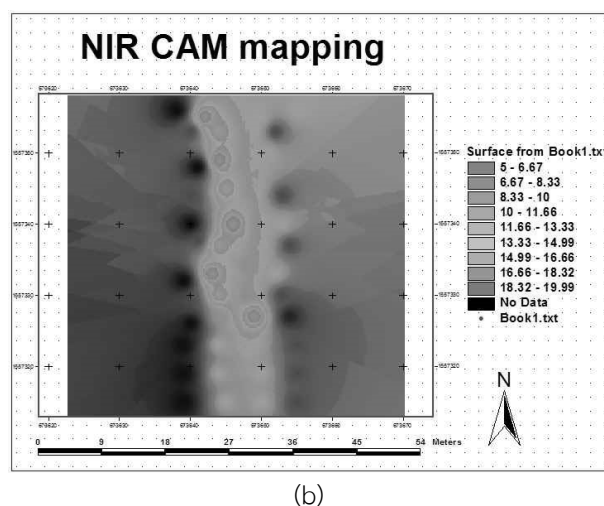
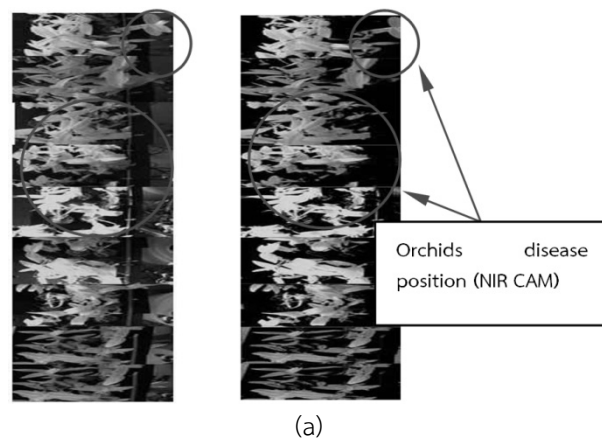


Figure 15 GIS application maps for crop status monitoring and herbicide application for healthy and infested orchids plantation: (a) Orchids disease position from NIR camera; (b) GIS application maps.

4 สรุป

จากผลการทดสอบที่ได้ในงานวิจัยนี้ พบว่าระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่าย เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ ในโรงเรือนมาตรฐาน ด้วยกล้อง Web CAM และกล้องดิจิทัลแบบ Digital camera และแบบ NIR camera ที่พัฒนาขึ้นมา สามารถถ่ายภาพมุมสูงที่มีความคมชัด ทันต่อเหตุการณ์ มีความเหมาะสมที่จะตรวจวัดประเมินผล และเฝ้าระวังการระบาดของโรคกล้วยไม้สกุลหวายในแปลงปลูกได้เป็นอย่างดี โดยกล้องถ่ายภาพมุมสูงจะทำการถ่ายภาพกล้วยไม้ที่ระดับความสูง 1 m แบบต่อเนื่อง จึงส่งผลให้การจำแนกกล้วยไม้สกุลหวายว่าสมบูรณ์หรือไม่นั้นสามารถกระทำได้อย่างแม่นยำ จากนั้นได้มีการเปรียบเทียบผลที่ได้จากระบบที่ออกแบบไว้กับเครื่องมือวัดมาตรฐานที่ภาคพื้นดิน ทำการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อหาค่าความสัมพันธ์ออกมา ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะสร้างความเชื่อมั่นได้ว่าผลที่ออกมาสามารถที่จะจำแนกกล้วยไม้ที่เป็นโรค กับกล้วยไม้สมบูรณ์ ได้อย่างถูกต้อง โรคใบจุด หรือโรคใบช้ำคลาก โรคใบจุดดำ โรคแอนแทรคโนส โรคโคนเน่าแห้ง หรือโรคเหี่ยว โรคเน่าและ โรคใบป็นเหลือง และโรคเน่าแห้งเหล่านี้สามารถที่จะทำการระบุตำแหน่ง และจำแนกออกมาในพื้นที่แปลงปลูกได้โดยวิธีการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณจากค่าการสะท้อนแสงที่ใบพืชในช่วงคลื่นใกล้อินฟราเรดที่ 800 nm และในช่วงคลื่นสีแดงที่ 650 nm และทำการตรวจสอบค่าความแม่นยำกับอุปกรณ์เครื่องมือวัดมาตรฐานอีกครั้งหนึ่ง จึงทำให้การประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์หาค่าดัชนีพืชพรรณนั้น มีค่าความเชื่อมั่นสูง

โดยกล้องถ่ายภาพแบบ Web CAM ซึ่งมีราคาถูกมาก จะมีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ระดับความสูง 1.2 m ในส่วนของกล้องถ่ายภาพแบบ Digital camera ซึ่งมีราคาปานกลาง พบว่ามีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ระดับความสูง 1 m และ 1.2 m ตามลำดับ สุดท้ายกล้องถ่ายภาพแบบ NIR camera ซึ่งมีราคาสูงกว่า พบว่ามีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ระดับความสูงของระบบฯ ที่ 1.6 m ขึ้นไป

จากรูปความสัมพันธ์ระหว่างค่าดัชนีพืชพรรณของกล้วยไม้แบบค่า NDVI และแบบค่า GNDVI ที่ได้จากระบบที่ออกแบบไว้กับระดับค่าคลอโรฟิลล์ที่วัดได้จากเครื่องมือวัดมาตรฐาน พบว่ามีแนวโน้มค่า R^2 แบบความสัมพันธ์ทางบวกของกล้วยไม้สกุลหวายแบบสมบูรณ์ และแบบเกิดโรค โดยอยู่ในช่วง 0.985-0.992 และ 0.984-0.998 ตามลำดับ

ในส่วนของคุณภาพของระบบที่ยอมรับได้จากซอฟต์แวร์ประมวลผลภาพถ่ายที่พัฒนาขึ้น เมื่อทำการเปรียบเทียบกับการสอบเทียบแล้ว พบว่ามีค่าที่สามารถยอมรับได้ โดยทำการสอบเทียบข้อมูลจะทำการสอบเทียบที่ระดับความสูงที่ต่างกันของระบบถ่ายภาพแบบควบคุมระยะไกลที่ระดับ 1 m, 1.2 m, 1.4 m และ 1.6 m และที่ความหนาแน่นของแผ่นตัวอย่างแตกต่างกันที่ 5%, 10%, 15% และ 20% ตามลำดับ ซึ่งกล้องถ่ายภาพแบบ Web CAM ซึ่งมีราคาถูกมาก จะมีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ระดับความสูง 1.2 m ในส่วนของกล้องถ่ายภาพแบบ Digital camera ซึ่งมีราคาปานกลาง จะมีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ระดับความสูง 1 m และ 1.2 m ตามลำดับ สุดท้ายกล้องถ่ายภาพแบบ NIR camera ซึ่งมีราคาแพงมาก จะมีค่าความแม่นยำในการประมวลผลภาพถ่ายดิจิทัลที่ระดับความสูงของระบบฯ ที่ 1.6 m ขึ้นไป

5 ข้อเสนอแนะหรือแนวคิงานวิจัย

งานวิจัยนี้สามารถที่จะเป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อใช้ในการต่อยอดในการนำเอาเทคโนโลยีระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้แบบควบคุมระยะไกล ร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพถ่าย เข้ามาประยุกต์ใช้ในการเพิ่มความแม่นยำในการควบคุมระบบฉีดพ่นสารเคมีแบบแปรผันอัตราได้ หรือปริมาณปุ๋ยน้ำ ในโรงเรือนมาตรฐานได้ และที่ระดับความสูง 1-1.2 m ผู้วิจัยท่านอื่นสามารถที่จะนำกล้องแบบ Web CAM มาประยุกต์ใช้แทนกล้องที่มีราคาสูงได้

6 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ทำการวิจัย ขอขอบคุณ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) โครงการวิจัย-เงินงบประมาณ พ.ศ. 2557 โดยได้รับทุนอุดหนุนวิจัยจาก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จังหวัดปทุมธานี ที่สนับสนุนเงินงบประมาณ อุปกรณ์บุคลากร และสถานที่ ในการเตรียมการทดสอบงานวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งความเห็นในรายงานผลการวิจัยเป็นของผู้รับทุน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรีไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป

7 เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2555. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร ปี 2555. แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th>. เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2557.

กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2550. เอกสาร

วิชาการกล้วยไม้ ปี 2550. แหล่งข้อมูล: <http://www.library.moac.go.th>. เข้าถึงเมื่อ 9 พฤศจิกายน 2557.

เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. 2557a. การออกแบบและสร้างเครื่องหยอดเมล็ดพันธุ์ผักคะน้าประสิทธิภาพสูงสำหรับการเพาะกล้า. วารสารวิชาการเกษตร 32(2), 178-187.

เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์. 2557b. การพัฒนาระบบถ่ายภาพทางอากาศระยะไกลแบบติดตั้งบนเฮลิคอปเตอร์บังคับวิทยุสำหรับการเฝ้าระวังการระบาดของโรคพืชในพื้นที่ปลูกพืชมันสำปะหลัง. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย 20(1), 1-9.

Samseemoung, G., Hemantha P. W.Jayasuriya and Peeyush Soni. 2011. Oil palm pest infestation monitoring and evaluation by helicopter-mounted low altitude remote sensing platform, Journal of Applied Remote Sensing 5(1), 053540.

Samseemoung, G., Peeyush Soni, Hemantha P. W.Jayasuriya and Vilas M. Salokhe. 2012. Application of low altitude remote sensing (LARS) platform for monitoring crop growth and weed infestation in a soybean plantation, Journal of Precision Agriculture 13, 611-627.