ระดับโครงการ

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

รายงานผลสัมฤทธิ์สำหรับทุนสนับสนุนงานพื้นฐาน (Fundamental Fund)

ปีงบประมาณ พ.ศ. 2564

หน่วยงาน กรมวิชาการเกษตร

รายงานโครงการวิจัย

วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

Research and Development of Automatic Conveyor Belts Insect Pests Screening Machines for Orchids Cut Flower

หัวหน้าโครงการวิจัย

นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์

Anuchit Chamsing

ปี 2564

กรมวิชาการเกษตร

บทสรุปผู้บริหาร

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกกล้วยไม้เขตร้อนที่สำคัญของโลก มีประเทศคู่ค้าที่สำคัญคือประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอมริกา อิตาลี จีน และอินเดีย ก่อนที่จะทำการส่งออกกล้วยไม้ไปยังประเทศปลายทางนั้น จำเป็นต้องมีการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชที่ปะปนอยู่กับกล้วยไม้เสียก่อน แต่เนื่องจากแมลงศัตรูพืชที่ปะปนไปกับกล้วยไม้นั้นมีขนาดที่เล็กและยากต่อการตรวจสอบ รวมไปถึงวิธีการตรวจสอบแมลงที่ปะปนไปกับกล้วยไม้ในปัจจุบันจะเป็นการตรวจสอบโดยการตรวจพินิจด้วยสายตาของนักวิชาการ การตรวจสอบโดยวิธีนี้นอกจากจะต้องใช้บุคลากรที่มีความเชี่ยวชาญในระดับสูงแล้ว การทำงานติดต่อกันเป็นระยะเวลานานก็อาจส่งผลให้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบนั้นลดลงได้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะวิจัยและพัฒนาเรื่องจักรสำหรับการตรวจสอบแมลงศัตรูกล้วยไม้อัตโนมัติ ด้วยการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) มาใช้ในการจำลองกระบวนการตรวจวิเคราะห์ด้วยสายตาของมนุษย์ ร่วมกันการใช้สายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติให้เกิดความต่อเนื่องในกระบสนการทำงาน เพื่อพัฒนาให้กระบวนการตรวจสอบมีประสิทธิภาพที่สูงขึ้น ลดการใช้แรงงานคน และลดโอกาสที่จะมีแมลงปะปนเข้าไปในกล้วยไม้ที่ทำทำการส่งออกไปยังประเทศปลายทาง จุดเด่นของการใช้งานเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัตินั้นคือสามารถทำการตรวจสอบแมลงที่ปะปนอยู่ในช่อกล้วยไม้ได้โดยที่ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้เชียวชาญเหมือนการตรวจสอบตามแบบปรกติ โดยผลลัพธ์ที่ได้เมื่อสิ้นสุดการวิจัยประกอบไปด้วยองค์ความรู้ในเรื่องของกระบวนการตรวจจับสำหรับนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับงานตรวจสอบอื่น และเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานล่าเลียงอัตโนมัติสำหรับนำไปช่วยเหลือในการตรวจสอบกล้วยไม้ตัดดอกก่อนการบรรจุเพื่อการส่งออก และการตรวจสอบสินค้ากล้วยไม้นำเข้า-ส่งออก ที่สถานีตรวจสอบคุณภาพสินค้า แต่ตัวเครื่องในปัจจุบันนั้นยังไม่พร้อมนำไปใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากความสามารถในการตรวจสอบของระบบนั้นแม่นยำมากพอ ราคาต้นทุนการผลิตที่ค่อยข้างสูง รวมถึงปัญหาการถูกตัดงบประมาณ และการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรน่าที่ทำให้ไม่สามารถทำการเดินทางไปเก็บข้อมูลมาทำการพัฒนาระบบได้ แต่คณะผู้วิจัยก็มีความพร้อมที่จะทำการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบและตัวเครื่องต่อไปในอนาคต

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ช่อกล้วยไม้ตัดดอกที่จะทำการส่งออกไปยังต่างประเทศจำเป็นต้องมีการตรวจสอบป้องกันการมีแมลงศัตรูพืชของกล้วยไม้ปะปนไปกับช่อกล้วยไม้ตัดดอก โดยเฉพาะหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เพลี้ยไฟ วิธีการตรวจสอบเป็นงานที่ต้องใช้ความชำนาญเพื่อดูว่ามีแมลงปะปนอยู่หรือไม่ แต่การทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้ประสิทธิภาพในการตรวจสอบลดลง จึงได้ทำการพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกมาเพื่อนำมาใช้ในกระบวนการตรวจสอบ การทำงานของเครื่องจะเป็นการลำเลียงกล้วยไม้ด้วยสายพานลำเลียงเข้าไปยังห้องถ่ายภาพและทำการถ่ายภาพในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน แล้วทำการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดคอนโวลูชั่น (Convolutional Neural Network, CNN) เพื่อแยกแยะหมวดหมู่ของภาพซึ่งประกอบไปด้วยหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เพลี้ยไฟ และไม่พบแมลง จากการทดสอบการจำแนกหมวดหมู่ของแมลงพบว่ามีประสิทธิภาพในการแยกตามชนิดของแมลงคือ หนอนกระทู้ผัก 78.6% บั่วกล้วยไม้ 68.0% เพลี้ยไฟเท่ากับ 39.8% ไม่พบแมลง 39.1% โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการตรวจสอบ เกิดจากการที่แมลงบางชนิดเช่นบั่วกล้วยไม้หรือเพลี้ยไฟเป็นแมลงที่มีขนาดที่เล็ก ทำให้ภาพของกล้วยไม่ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปนอยู่มีความคล้ายคลึงกัน ระบบตรวจจับจึงทำการแยกแยะระหว่างช่อกล้วยไม้ที่มีแมลงปะปนและช่อกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่ได้ยากมากขึ้น

คำสำคัญ: กล้วยไม้ตัดดอก, แมลงศัตรูพืชกล้วยไม้, ระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Exported orchids cut flower need to be inspected in order to prevent insect pests that might be mixed with orchids cut flower, especially common cutworm, orchid midge and cotton thrips. Specialist is required for inspection procedure but continuous working for a long time will decrease inspection efficiency. Hence, we develop an inspection machine that using image processing technology to be used in an inspection process. Comparing between multispectral camera, thermal camera and general cameras. We found that only a general camera is possible to use in this process by using multiple cameras to take a photo from difference views and analyze using neural network. The principle of machine is using conveyor to transport orchids into photography chamber and take a photo from difference views, then analyze with a convolutional neural network (CNN) to classify categories of images which consists of common cutworm, orchid midge, cotton thrips and non-pest image. For the testing result, the accuracy of image classification from each category is 78.6% for common cutworm, 68.0% for orchid midge, 39.8% for cotton thrips and 39.1% for non-pest image. Error from the inspection result was affected by the size of insects are too small such as orchid midge and cotton thrips that make similarity between pest image and non-pest image, so the inspection system has more difficult to classify between these images.

Key words: Orchid cut flower, Orchids Insect pests, Automatic conveyor belts

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะผู้ร่วมงานและเจ้าหน้าที่ทุกท่านของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทสรุปผู้บริหาร	2
บทคัดย่อ	3
Abstract	4
กิตติกรรมประกาศ	5
สารบัญ	6
สารบัญตาราง	7
สารบัญภาพ	8
สารบัญภาคผนวก	9
บทที่ 1 บทนำ	10
บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน	13
บทที่ 3 ผลการศึกษา	14
บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล	20
เอกสารอ้างอิง	21
ภาคผนวก	29

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญตาราง

ตาราง **หน้า**

ตารางที่ 1. ความแม่นยำของการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลและหลังทำการเพิ่มข้อมูล 22

ตารางที่ 2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่ 22

ตารางที่ 3.ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ 23

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาพ

ภาพ **หน้า**

ภาพที่ 1 แบบร่างของเครื่องต้นแบบ (Conceptual Design) 24

ภาพที่ 2 Thermal imaging camera 24

ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของระบบ NIR-HSI ประกอบไปด้วย กล้อง CCD [A], Spectrograph [B], แหล่งให้แสง (ทังสเตน-ฮาโลเจน 20 วัตต์) [C], ถาดเลื่อน (Translation state) [D], เลนส์กล้อง [E], คอมพิวเตอร์ [F] 25

ภาพที่ 4 ภาพความร้อนของดอกกล้วยไม้และหนอนกระทู้ระยะที่ 1 และ 2 25

ภาพที่ 5 ข้อมูลการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหนอนกระทู้ (แดง) และดอกกล้วยไม้ (เขียว,น้ำเงิน) 26

ภาพที่ 6 ผังการทำงานของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอก 26

ภาพที่ 7 ตัวอย่างภาพที่ได้จากห้องถ่ายภาพ 27

ภาพที่ 8 แบบร่างของชุดสายพานลำเลียง 27

ภาพที่ 9 ชุดสายพานลำเลียงที่ประกอบร่วมกับห้องถ่ายภาพ 27

ภาพที่ 10 ผลการตรวจจับที่ตรวจพบพื้นหลังเป็นแมลง 28

ภาพที่ 11 ภาพที่ได้จากกระบวนการเพิ่มข้อมูลด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (Translation) 28

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญภาคผนวก

ภาคผนวก **หน้า**

ภาคผนวก ก. การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ 30

ภาคผนวก ข. โค้ดโปรแกรม Matlab สำหรับการตรวจจับแมลงภายในภาพ 32

ภาคผนวก ค. โค้ดโปรแกรม Matlab สำหรับการสร้างแบบจำลองของระบบจำแนกหมวดหมู่ 34

ภาคผนวก ง. องค์ความรู้ใหม่ – กระบวนการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชแบบอัตโนมัติสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก 36

ภาคผนวก จ. ส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชส่าหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ 41

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 1 บทนำ

1. วิสัยทัศน์ และพันธกิจของหน่วยงาน

<u>วิสัยทัศน์</u>

กรมวิชาการเกษตรเป็นองค์กรที่เป็นเลิศด้านการวิจัยและพัฒนาด้านพืช เครื่องจักรกลการเกษตร และเป็นศูนย์กลางรับรองมาตรฐานสินค้าเกษตรด้านพืชในระดับสากล บนพื้นฐานการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม

<u>พันธกิจ</u>

1. สร้างและถ่ายทอดองค์ความรู้จากงานวิจัยด้านพืชและเครื่องจักรกลการเกษตร สู่กลุ่มเป้าหมาย
2. กำหนดและกำกับดูแลมาตรฐานระบบการผลิตและผลิตพันธุ์พืชและปัจจัยการผลิต พัฒนาระบบตรวจรับรองสินค้าการเกษตรด้านพืชให้เป็นที่ยอมรับในระดับสากล
3. อนุรักษ์และพัฒนาการใช้ประโยชน์จากความหลากหลายทางชีวภาพด้านพืช แมลง และจุลินทรีย์
4. กำกับ ดูแล และพัฒนากฎหมายที่กรมวิชาการเกษตรรับผิดชอบ

2. ยุทธศาสตร์ชาติที่สอดคล้องกับแผนปฏิบัติงานด้าน ววน. ของหน่วยงาน

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 1 ด้านความมั่นคง
เพื่อบริหารจัดการสภาวะแวดล้อมของประเทศให้มีความมั่นคง ปลอดภัย และมีความสงบเรียบร้อยในทุกระดับและทุกมิติ

☑ ยุทธศาสตร์ที่ 2 ด้านการสร้างความสามารถในการแข่งขัน
เน้นการยกระดับศักยภาพในหลากหลายมิติควบคู่กับการขยายโอกาสของประเทศไทยในเวทีโลก

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 3 ด้านพัฒนาและเสริมสร้างศักยภาพทรัพยากรมนุษย์
คนไทยในอนาคต มีความพร้อมทั้งกาย ใจ สติปัญญา มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 มีทักษะสื่อสารภาษาอังกฤษและภาษาที่ 3 และมีคุณธรรม

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 4 ด้านการสร้างโอกาสและความเสมอภาคทางสังคม
สร้างความเป็นธรรม และลดความเหลื่อมล้ำในทุกมิติ กระจายศูนย์กลางความเจริญทางเศรษฐกิจและสังคม เพิ่มโอกาสให้ทุกภาคส่วนเข้ามาเป็นกำลังของการพัฒนาประเทศในทุกระดับ

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 5 ด้านการสร้างการเติบโตบนคุณภาพชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
คำนึงถึงความยั่งยืนของฐานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมของประชาชนให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ผ่านมาตรการต่างๆ ที่มุ่งเน้นให้เกิดผลลัพธ์ต่อความยั่งยืน

❑ ยุทธศาสตร์ที่ 6 ด้านการปรับสมดุลและพัฒนาระบบการบริหารจัดการภาครัฐ
การปรับเปลี่ยนภาครัฐ ยึดหลัก “ภาครัฐของประชาชนเพื่อประชาชนและประโยชน์ส่วนรวม”

กรมวิชาการเกษตร

3. วงเงินงบประมาณกองทุน ววน. ที่ได้รับจัดสรรในปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และโปรดระบุแผนงาน/โครงการให้สอดคล้องกับโปรแกรมของแผน ววน.

โปรแกรมตามแผน ววน.	ชื่อแผนงานที่ได้รับอนุมัติ	งบประมาณ (บาท)
P10. ยกระดับความสามารถการแข่งขันและวางรากฐานทางเศรษฐกิจ	โครงการวิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ	**331,272**

4. รายละเอียดโครงการ

ที่มาและความสำคัญ/หลักการและเหตุผล

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกล้วยไม้ตัดดอกเขตร้อน (Tropical orchid) เป็นอันดับ 1 ของโลก โดยมีแหล่งผลิตที่สำคัญในจังหวัด นครปฐม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร ราชบุรี และนนทบุรี มีคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอมริกา อิตาลี จีน และอินเดีย โดยในปี 2559 มีการส่งออกทั้งสิ้น 46,375 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 72.66 ล้านเหรียญสหรัฐ (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2560) ปัญหาที่สำคัญปัญหาหนึ่งของส่งออกกล้วยไม้ของประเทศไทย คือการตรวจพบศัตรูพืชกักกันในสินค้า สำหรับศัตรูกล้วยไม้ที่สำคัญ ได้แก่ เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก และหอยทาก เป็นต้น ในการส่งออกกล้วยไม้ไปต่างประเทศ กรมวิชาการเกษตรได้กำหนดให้กล้วยไม้ต้องผ่านการรมสารเมทิลโบรไมด์และขอใบรับรองปลอดศัตรูพืช (Phytosanitary Certificate หรือ PC) กำกับไปกับสินค้ากล้วยไม้ตัดดอก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ขั้นตอนก่อนที่จะได้รับการรับรองปลอดศัตรูพืชนั้น จะมีการตรวจสอบว่ามีแมลงศัตรูกล้วยไม้ติดไปกับสินค้าหรือไม่ โดยการตรวจจะอาศัยการตรวจพินิจด้วยสายตาของนักวิชาการ ความแม่นยำในการตรวจจำเป็นต้องอาศัยทักษะ และความชำนาญของนักวิชาการเป็นหลัก ถึงแม้นักวิชาการเหล่านี้จะมีความรู้และประสบการณ์ในการตรวจก็ตาม แต่เนื่องจากมีจำนวนกล้วยไม้ส่งออกเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ตรวจต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานาน จึงทำให้ผู้ปฏิบัติงานเกิดความเมื่อยอ่อนล้า ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจได้ และยังพบปัญหาเรื่องของการตรวจสอบแมลงศัตรูกล้วยไม้ในส่วนของโรงคัดบรรจุกล้วยไม้

จากปัญหาดังกล่าว วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกฯ จึงเป็นการใช้เทคโนโลยีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำของการตรวจสอบ และคัดแยกแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการถ่ายภาพร่วมกับระบบสายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติ เพื่อแก้ปัญหาการใช้แรงงานคนในการตรวจสอบ ในกระบวนของการตรวจสอบก่อนการบรรจุหีบห่อในโรงคัดบรรจุ และการช่วยในการตรวจสอบ สำหรับสินค้านำเข้า -ส่งออก ซึ่งจะสอดคล้องกับนโยบายรัฐในเรื่องการผลิตพืชอย่างแม่นยำ (Precision Agriculture) ที่จะมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาประเทศต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการ

เพื่อพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกส่งออกต้นแบบสำหรับใช้ในการตรวจสอบกล้วยไม้ตัดดอกก่อนการบรรจุเพื่อการส่งออก และการตรวจสอบสินค้ากล้วยไม้นำเข้า-ส่งออก ที่สถานีตรวจสอบคุณภาพสินค้า ด้วยการประยุกต์ใช้การถ่ายภาพร่วมกับระบบสายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติ

ขอบเขตการศึกษา

1) ทำการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชในกล้วยไม้ตัดดอกสกุลหวายในโรงคัดบรรจุ
2) แมลงศัตรูพืชกล้วยไม้สำหรับการตรวจสอบได้แก่ เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ และหนอนกระทู้ผัก
3) ใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแบบหลายมุมมองที่แตกต่างกัน (Multi-camera) ในการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้

กรมวิชาการเกษตร

นิยามศัพท์

การประมวลผลภาพ (Image Processing) หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น ขนาด รูปร่าง และทิศทางการเคลื่อนของวัตถุในภาพ จากนั้นเราสามารถนำข้อมูลเชิงปริมาณเหล่านี้ไปวิเคราะห์ และสร้างเป็นระบบ เพื่อใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ ระบบคัดแยกเกรดหรือคุณภาพของพืชผลทางการเกษตร ระบบเหล่านี้จำเป็นต้องมีการประมวลผลภาพจำนวนมาก และเป็นกระบวนการที่ต้องทำซ้ำ ๆ กันในรูปแบบเดิมเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งงานในลักษณะเหล่านี้ หากให้มนุษย์วิเคราะห์เอง มักต้องใช้เวลามากและใช้แรงงานสูง ดังนั้นคอมพิวเตอร์จึงมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เหล่านี้แทน

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 2 วิธีการดำเนินงาน

โครงการวิจัย วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

เป็นการออกแบบและพัฒนาระบบการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอก โดยใช้เทคนิคการถ่ายภาพประมวลผลภาพ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ ในการคัดแยกดอกกล้วยไม้ที่แมลงศัตรูพืช และไม่พบออกจากกัน ซึ่งจะต้องมีการออกแบบระบบการควบคุมการทำงานการเปิด-ปิด การเปลี่ยนทิศทางของสายพานลำเลียงที่แม่นยำ และไม่สร้างความเสียหายให้กับดอกกล้วยไม้

1. ศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ลำเลียงแบบสายพานลำเลียงที่เกี่ยวข้อง และเทคนิคการประมวลผลภาพ และมีใช้งานในปัจจุบัน เช่นระบบสมองกลควบคุม ชนิดของกล้องถ่ายภาพที่ใช้ เป็นต้น เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบระบบสำหรับงานวิจัยนี้
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพของกล้วยไม้ตัดดอก สมบัติทางกายภาพของแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ (เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก) เพื่อเป็นข้อมูลสำหรับการออกแบบ ระบบการถ่ายภาพเพื่อแยกแยะดอกกล้วยไม้และแมลงศัตรูกล้วยไม้ และเพื่อเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับระบบลำเลียง ที่จะไม่ก่อให้เกิดความเสียหายกับดอกกล้วยไม้
3. ออกแบบและสร้างระบบการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชฯ ต้นแบบ ที่ประกอบไปด้วย ระบบการถ่ายภาพและประมวลผล และระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ ดังแสดงในภาพที่ 8 โดยทำการออกแบบชุดโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่จะรับผลการวิเคราะห์มาจากชุดระบบถ่ายภาพ และทำการประมวลผลต่อเพื่อควบคุมกลไกการทำงานของระบบสายพานลำเลียงต่อไป

หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติคือการจำลองการตรวจสอบช่อกล้วยไม้ตัดดอกด้วยสายตา เป็นการถ่ายภาพช่อกล้วยไม้ด้วยกล้องถ่ายภาพในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน (Multi-camera) แล้วจึงนำมาประมวลผลเพื่อตรวจสอบหาแมลงศัตรูพืชในช่อดอก

4. ทำการทดสอบการทำงานของเครื่องต้นแบบฯ โดยทำการทดสอบการทำงานของระบบด้วยการถ่ายภาพเปรียบเทียบกันระหว่างกล้องถ่ายภาพทั่วไป (RGB) และ กล้องแบบอินฟราเรด (IR, NIR) โดยดำเนินการทดลองถ่ายภาพในห้องปฏิบัติการ ซึ่งทั้ง 2 กรณี ไม่ว่าจะเจอ หรือไม่เจอแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ ในกระบวนการของการทดสอบนี้จะต้องมีการนำช่อกล้วยไม้มาผ่านการตรวจสอบด้วยสายตาของผู้เชี่ยวชาญในการสุ่มตรวจช่อกล้วยไม้อีกครั้ง เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบฯ เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขการทำงานของเครื่องต้นแบบฯ และช่อกล้วยไม้ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วหากพบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ จะถูกแยกออกไปจัดการตามมาตรฐานต่อไป
5. บันทึกผลการทดสอบที่ได้จากการทดสอบระบบตรวจสอบและคัดแยกฯ
   - 5.1 ความสามารถในตรวจสอบช่อกล้วยไม้ (ช่อ/ชั่วโมง)
   - 5.2 ประสิทธิภาพในการคัดแยกระหว่างช่อกล้วยไม้ที่พบ และไม่พบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ (%)
   - 5.3 การใช้พลังงานไฟฟ้า
6. สรุป และวิเคราะห์ผลการทดสอบ

3. การปรับแผนงบประมาณระหว่างปี

☑ ไม่มี ☐ มี ได้รับอนุมัติเมื่อวันที่..... (โปรดแสดงหลักฐานในภาคผนวก)

☐ เปลี่ยนแปลงงบประมาณ โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

☐ เปลี่ยนแปลงวัตถุประสงค์/ผลผลิต โปรดอธิบายการเปลี่ยนแปลง.....

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 3 ผลการศึกษา

3.1 ผลการดำเนินงานของโครงการ

1. ผลการศึกษาเกี่ยวกับอุปกรณ์ลำเลียงแบบสายพานลำเลียง และเทคนิคการประมวลผลภาพ และมีใช้งานในปัจจุบันที่เกี่ยวข้อง

1.1 การทดสอบกล้องสำหรับการถ่ายภาพแมลงศัตรูกล้วยไม้

ดำเนินการทดสอบเก็บข้อมูลถ่ายภาพเปรียบเทียบกันระหว่างกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป (Canon EOS 60D) กล้องตรวจจับความร้อน (Thermal Imaging Camera, HT-18, Hti, Dongguan Xintai Instrument Co., Ltd., Guangdong, China) และกล้องแบบมัลติสเปกตรัม (Multispectral Imaging Camera, VLNIR-CL-100-N17E, SPECIM SisuCHEMA, Spectral Imaging Ltd., Oulu, Finland)

การถ่ายภาพตัวอย่างหนอนกระทู้ระยะที่ 1 และ 2 ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน Thermal imaging camera Hti รุ่น HT-18 พบว่าเมื่อทดสอบถ่ายภาพตัวอย่างแมลงและดอกกล้วยไม้ไม่สามารถแยกความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างหนอนและดอกกล้วยไม้ได้ เนื่องจากความละเอียดของถาพถ่ายที่ได้จากกล้องมีขนาดเพียง 220x160 พิกเซลเท่านั้น

การถ่ายภาพตัวอย่างหนอนกระทู้ระยะที่ 1 และ 2 ด้วยกล้อง Hyper spectral camera ที่ช่วงความยาวคลื่น 900-1700 นาโนเมตร วัดค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) โดยรูปแบบการวัดแบบสะท้อน (Reflectance) พบว่าภาพถ่ายที่ได้จากกล้อง hyper spectral ที่แสดงผลแบบ RGG สามารถมองเห็น และตรวจจับภาพหนอนกระทู้ได้ แต่เมื่อประมวลผลเป็นภาพด้วยข้อมูลสเปกตรัมแล้วไม่สามารถแยกความแตกต่างได้ของค่าการดูดกลืนแสงระหว่างดอกกล้วยไม้และหนอนกระทู้ได้ และเมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลการดูดกลืนแสงที่ช่วงความยาวคลื่น 900-1700 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรม Evince พบว่าข้อมูลการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหนอนกระทู้ และดอกกล้วยไม่มีค่าไม่แตกต่างกัน ข้อมูลของตำแหน่งที่มีหนอนกระทู้ (เส้นสีแดง) ข้อมูลตำแหน่งของดอกกล้วยไม้ (เส้นสีเขียว,น้ำเงิน) กราฟค่าการดูดกลืนแสงมีลักษณะที่เหมือนกัน ซึ่งเป็นผลมาจากขนาดของตัวอย่างหนอนกระทู้ที่ใช้ในการทดสอบ (ระยะ 1,2) มีขนาดที่เล็กกว่าความละเอียด (pixel) ที่กล้องสามารถถ่ายภาพได้จึงทำให้ไม่สามารถแสดงความแตกต่างของค่าการดูดกลืนแสงได้

ผลการทดสอบเปรียบเทียบการมองเห็นแมลงของกล้องทั้งสามชนิด พบว่าการถ่ายภาพด้วยกล้องตรวจจับความร้อนและกล้องแบบมัลติสเปกตรัมนั้นไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างช่อกล้วยไม้และหนอนกระทู้ผักได้ และสันนิษฐานว่าเพลี้ยไฟและบั่วกล้วยไม้ซึ่งมีขนาดตัวที่เล็กกว่าความละเอียดของกล้องจะไม่สามารถแยกแยะความแตกต่างของค่าการดูดกลืนคลื่นแสงได้เช่นกัน ดังนั้นในทดสอบจึงเลือกใช้กล้องถ่ายภาพแบบทั่วไปมาใช้สำหรับกระบวนการถ่ายภาพแทน

2. การออกแบบและพัฒนาต้นแบบเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก

ต้นแบบเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติประกอบไปด้วย 2 ส่วนประกอบหลัก ได้แก่ส่วนของห้องถ่ายภาพและส่วนของสายพานลำเลียง หลักการทำงานเบื้องต้นของเครื่องจะเป็นการจำลองการตรวจสอบช่อกล้วยไม้ตัดดอกด้วยสายตา ด้วยการถ่ายภาพช่อกล้วยไม้ด้วยกล้องถ่ายภาพในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน (Multi-camera) โดยในการทดสอบจะใช้กล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป (RGB) แล้วนำมาประมวลผลเพื่อตรวจสอบหาแมลงศัตรูพืชในช่อดอก

2.1 การออกแบบห้องสำหรับการถ่ายภาพแมลง

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในส่วนของห้องสำหรับการถ่ายภาพแมลง โดยจะมีลักษณะเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมที่ประกอบไปด้วยผนัง 3 ด้าน ลักษณะของตัวอักษร ‘U’ กลับหัว โดยมีความยาว 500 มม. สูง 400 มม. และมีความกว้างจากขอบด้านใน 370 มม. เพื่อให้สามารถประกอบร่วมกับสายพานความกว้างขนาด 350 มม. ตัวโครงห้องถ่ายภาพของเครื่องต้นแบบฯ ประกอบขึ้นมาจากอลูมิเนียมโปรไฟล์ (Aluminum Profile) และทำการกั้นผนังทั้ง 3 ด้านเพื่อลดผลกระทบจากแสงภาพนอกที่เข้า

กรมวิชาการเกษตร

มา ติดตั้งหลอดไฟภายในห้องถ่ายภาพเพื่อให้ภายในห้องถ่ายภาพนั้นมีความสว่างที่อยู่ตลอดเวลา และทำการติดตั้งกล้องจำนวน 2 ตัวไว้ที่บริเวณมุมด้านบนของห้องถ่ายภาพในตำแหน่งที่มุมตรงข้ามกัน สำหรับนำภาพจากกล้องทั้งสองไปใช้กับโปรแกรมตรวจจับต่อไป

ในส่วนของการออกแบบและสร้างต้นแบบในส่วนของห้องถ่ายภาพนั้น มีจุดประสงค์เพื่อที่จะทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมหรือปริมาณแสงให้คงที่ ลดการรบกวนของแสงจากปัจจัยภายนอก โดยในต้นแบบห้องถ่ายภาพนี้จะเป็นการกำหนดตำแหน่ง มุมของการถ่ายภาพ และระดับของแสงในห้องถ่ายภาพให้คงที่ ภาพที่ถ่ายออกมานั้นอยู่ในมุมมองแบบเดียวกัน มีขนาดของวัตถุที่ใกล้เคียงกันจากการยึดตำแหน่งของกล้องไว้ให้คงที่ และมีระดับของแสงที่เท่า ๆ ในทุกครั้งของการถ่ายภาพ

2.2 การออกแบบชุดอุปกรณ์สายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ในส่วนของสายพานลำเลียงจะใช้สำหรับการลำเลียงช่อกล้วยไม้เข้าไปยังห้องถ่ายภาพ โดยเป็นสายพานหน้ากว้าง 350 มม. ยาว 1500 มม. สูง 750 มม. ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แบบที่สามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้เพื่อให้ชุดสายพานสามารถหยุดเคลื่อนเพื่อทำการถ่ายภาพกล้วยไม้ที่เลื่อนเข้ามาในห้องถ่ายภาพได้

ชุดสายพานลำเลียงจะถูกนำไปประกอบรวมกับห้องถ่ายภาพสำหรับกระบวนการถ่ายภาพแมลงศัตรูกล้วยไม้ ผนังด้านข้างตำแหน่งเหนือสายพานจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุไว้ เมื่อช่อกล้วยไม้ถูกลำเลียงมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ สายพานก็จะหยุดเคลื่อนที่เพื่อทำการบันทึกภาพกล้วยไม้ด้วยกล้องภายในห้องถ่ายภาพ และนำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมตรวจจับต่อไป

3. การพัฒนาโปรแกรมสำหรับการตรวจจับแมลงศัตรูพืช

3.1 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการสร้างโปรแกรมตรวจจับแมลง

ข้อมูลภาพที่มาจากห้องถ่ายภาพจะได้มาจากกล้องถ่ายภาพชนิดเป็นภาพสี (RGB) ขนาด 5 ล้านพิกเซล (5MP, 2590 px * 1942 px) ถ่ายด้วยเลนส์ขนาด 25 มม. ที่รูรับแสง 1.4 (F1.4) ภาพของช่อกล้วยไม้ที่นำมาใช้ในกระบวนการสอนระบบแบ่งออกเป็น 4 หมวด ได้แก่ช่อกล้วยไม้ที่มีหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ หรือเพลี้ยไฟปะปนอยู่ และภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่ โดยเมื่อช่อกล้วยไม้เลื่อนมาตามสายพานจนกระทั่งเซ็นเซอร์ตรวจเจอช่อกล้วยไม้ก็จะหยุดสายพานเพื่อทำการถ่ายภาพเก็บข้อมูล

ข้อมูลภาพที่ทำการเก็บข้อมูลมามีจำนวนทั้งหมด 1,272 ภาพ แบ่งออกเป็นภาพของหนอนกระทู้ผักจำนวน 262 ภาพ ภาพของบั่วกล้วยไม้จำนวน 209 ภาพ ภาพของเพลี้ยไฟจำนวน 480 ภาพ และภาพกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนจำนวน 321 ภาพ โดยภาพเหล่านี้จะถูกนำไปใช้ทั้งในกระบวนการสร้างแบบจำลองของระบบและขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบในขั้นตอนต่อไป

3.2 ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ด้วยการตรวจจับวัตถุ (Object Detection)

ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ในช่วงแรกนั้นถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยการใช้โปรแกรม Matlab R2020a. (MathWork; Co.; U.S.) โดยทำการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ด้วยการนำโครงข่ายประสาทชนิดคอนโวลูชันแบบพื้นที่ (Region-Based Convolutional Neural Networks, R-CNN) มาใช้ในการวิเคราะห์ตำแหน่งของแมลงที่อยู่ในภาพ

การทดสอบในเบื้องต้นพบว่าผลการตรวจจับนั้นไม่แม่นยำเท่าที่ควร เนื่องจากภาพของแมลงที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองของระบบนั้นมีจำนวนน้อยเกินไป ทำให้ระบบยังไม่สามารถแยกแยะตำแหน่งของแมลงในภาพได้ จึงได้ทำการเพิ่มข้อมูลภาพที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองของระบบด้วยภาพจากอินเตอร์เน็ต แล้วทำการสร้างระบบตรวจสอบขึ้นมาอีกครั้ง โดยผลการทดสอบของระบบตรวจสอบหลังการเพิ่มข้อมูลภาพบางส่วนจากอินเทอร์เน็ตพบว่า ระบบตรวจจับมีแนวโน้มที่จะตรวจ

กรมวิชาการเกษตร

พบแมลงได้แม่นยำมากขึ้น แต่ระบบก็จะมีแนวโน้มการตรวจที่ผิดพลาดในกรณีที่ระบบตรวจจับว่าภาพพื้นหลังเป็นแมลงที่มากขึ้นเช่นกัน

3.3 ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ด้วยการจำแนกหมวดหมู่ (Classification)

เนื่องจากวิธีการตรวจสอบแมลงศัตรูกล้วยไม้ที่นำมาใช้อยู่นั้นเป็นการตรวจจับวัตถุในภาพ (Object Detection) นั้นจะมีขั้นตอนการลดขนาดภาพลงเพื่อลดภาระในการประมวลผลของคอมพิวเตอร์ลง ทำให้วัตถุขนาดเล็กที่อยู่ในภาพที่มีขนาดใหญ่นั้นถูกตรวจพบได้ยากขึ้น ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้เปลี่ยนวิธีการตรวจจับแมลงจากวิธีการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) มาเป็นการใช้วิธีคัดแยกหมวดหมู่ของภาพ (Classification) ร่วมกับการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยแทน (Image Segmentation)

รูปภาพที่นำมาใช้กับระบบประมวลผลจะถูกแบ่งออกเป็นภาพขนาดเล็กจำนวนหลายภาพ เพื่อให้ภาพที่นำไปประมวลผลนั้นมีขนาดที่เล็กลงโดยที่ภาพต้นฉบับจะยังคงมีขนาดและความละเอียดเท่าเดิม แล้วนำไปให้ระบบทำการประมวลว่าแต่ละส่วนของภาพนั้นจัดอยู่ในหมวดหมู่ใด โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับออกเป็น 4 หมวดหมู่ ได้แก่เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก และภาพที่ไม่พบแมลง ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างระบบตรวจสอบเป็นภาพขนาด 324*324 พิกเซล (จากภาพขนาด 5184*3888 พิกเซล) แบ่งเป็นภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 435 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 237 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 187 ภาพ

เนื่องจากภาพในแต่ละหมวดของแมลงทั้งสามนั้นมีปริมาณที่แตกต่างกับจำนวนภาพที่ไม่พบแมลงเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้ระบบจะจำแนกภาพส่วนใหญ่เป็นหมวดภาพพื้นหลัง และไม่สามารถจำแนกภาพในหมวดหมู่อื่นได้ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบด้วยการเพิ่มจำนวนภาพในหมวดหมู่ของแมลงทั้งสามด้วยการสร้างภาพเพิ่มเติมขึ้นมาด้วยข้อมูลภาพเดิมที่มีอยู่ (Data Augmentation) ด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (Translation) เพื่อให้ได้ภาพแมลงในลักษณะเดิมแต่อยู่ในตำแหน่งภาพที่แตกต่างออกไป โดยภาพที่ได้หลังจากกระบวนการเพิ่มข้อมูลแบ่งออกเป็นภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 2,595 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 1,507 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 1,231 ภาพ

ภาพกล้วยไม้ในหลังจากการกระบวนการเพิ่มข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกใช้ในกระบวนการสอนเพื่อสร้างระบบจำแนกหมวดหมู่ขึ้นมา และส่วนที่สองจะถูกใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเพื่อทดสอบความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ของระบบด้วยข้อมูลที่ไม่เคยถูกสอนมาก่อน โดยในแต่ละหมวดจะแบ่งภาพมา 80% ของจำนวนภาพเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างระบบ และอีก 20% ที่เหลือจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการทดสอบระบบ จากผลการทดสอบพบว่าความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลแยกตามชนิดของแมลงคือ เพลี้ยไฟ 24.32% บั่วกล้วยไม้ 10.64% หนอนกระทู้ผัก 44.83% และไม่พบแมลง 97.01% ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการเพิ่มข้อมูลเรียบร้อยแล้วระบบจะมีความแม่นยำในการทำงานที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับระบบจำแนกหมวดหมู่ก่อนที่จะทำการเพิ่มข้อมูลเข้ามา โดยแยกตามหมวดหมู่คือ เพลี้ยไฟ 59.76% บั่วกล้วยไม้ 79.07% หนอนกระทู้ผัก 83.82% และไม่พบแมลง 86.99%

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่จะเป็นการทดสอบทดสอบซ้ำจำนวน 10 ครั้ง โดยจะทำการสุ่มภาพจำนวน 1,000 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับกระบวนการสอนระบบ และสุ่มภาพจำนวน 200 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าระบบมีความแม่นยำเฉลี่ยในการจำแนกหมวดหมู่อยู่ที่ 81.6% สำหรับเพลี้ยไฟ 88.1% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 64.6% สำหรับเพลี้ยไฟ และ 78.9% สำหรับภาพที่ไม่มีแมลง

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้นั้น จะเป็นการนำระบบจำแนกหมวดหมู่มาทำการทดสอบการตรวจจับกับภาพที่ได้มาจากห้องถ่ายภาพจริง จำนวน 1,263 ภาพ ประกอบไปด้วยภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 321 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 252 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 210 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 480 ภาพ และทำการสุ่มภาพออกมาหมวดหมู่ละ 200 ภาพสำหรับนำมาใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่นำมาทำการทดสอบแต่ละภาพจะถูกแบ่งออกเป็น 12 ภาพย่อย และนำระบบจำแนกหมวดหมู่ทั้ง 10 แบบจำลองที่มาจากขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่ก่อนหน้านี้ มาทำการจำแนกหมวดหมู่ของภาพย่อยแต่ละภาพ ถ้าหากว่าในหมู่ภาพย่อยที่แยกออกมานั้นมีภาพใดภาพหนึ่งที่ถูกจำแนกหมวดหมู่เป็นแมลงหนึ่งในสามชนิดนี้ กล้วยไม้ช่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า **'ตรวจพบแมลง'** ส่วนภาพของช่อกล้วยไม้ที่ภาพย่อยทุกภาพถูกจำแนกหมวดหมู่เป็น 'ไม่พบแมลง' ช่อกล้วยไม้ช่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า **'ตรวจไม่พบแมลง'** ผลการทดสอบการตรวจสอบแมลงภายในห้องถ่ายภาพพบว่ามีความแม่นยำในการทำงานอยู่ที่ 81.6% สำหรับเพลี้ยไฟ 88.1% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 64.6% สำหรับเพลี้ยไฟ และ 78.9% สำหรับภาพที่ไม่มีแมลง

โครงการที่ได้รับอนุมัติ	วัตถุประสงค์ของโครงการ	ผลการดำเนินงานที่เกิดขึ้นจริง
โครงการที่ 3 วิจัยและพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ ชื่อหัวหน้าโครงการ นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์	1. เพื่อพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกส่งออกต้นแบบสำหรับใช้ในการตรวจสอบกล้วยไม้ตัดดอกก่อนการบรรจุเพื่อการส่งออก และการตรวจสอบสินค้ากล้วยไม้นำเข้า-ส่งออก ที่สถานีตรวจสอบคุณภาพสินค้า ด้วยการประยุกต์ใช้การถ่ายภาพร่วมกับระบบสายพานลำเลียงแบบอัตโนมัติ	1. ทดสอบการถ่ายภาพด้วยกล้องและภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม กล้องตรวจจับความร้อน และกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไป พบว่ามีเพียงกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไปเท่านั้นที่สามารถมองเห็นความแตกต่างระหว่างตัวแมลงและช่อกล้วยไม้ได้ 2. พัฒนาโปรแกรมสำหรับการตรวจจับแมลงศัตรูพืชสำหรับใช้การวิเคราะห์แมลงภายในห้องถ่ายภาพด้วยวิธีคัดแยกหมวดหมู่ของภาพ (Classification) ร่วมกับการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย (Image Segmentation) 3. ออกแบบและพัฒนาต้นแบบเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก โดยมีส่วนประกอบ 2 ส่วนได้แก่ส่วนของห้องถ่ายภาพและส่วนของสายพานลำเลียง

กรมวิชาการเกษตร

3.2 ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง (Output)

ผลผลิตตามคำรับรอง	จำนวน	หน่วยนับ	ผลผลิตที่เกิดขึ้นจริง	จำนวน	หน่วยนับ	รายละเอียดผลผลิต (พร้อมแนบหลักฐาน)	เชิงคุณภาพ
1. องค์ความรู้	1	เรื่อง	องค์ความรู้	1	เรื่อง	กระบวนการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชแบบอัตโนมัติสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก" (ภาคผนวก ง.)	ข้อมูลเทคนิคและวิธีการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชแบบอัตโนมัติด้วยการประยุต์ใช้วิธีการแบ่งส่วนภาพร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้ร่วมกับพืชชนิดอื่น
2. การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาตินำเสนอแบบปากเปล่า	1	เรื่อง	การประชุมเผยแพร่ผลงาน/สัมมนาระดับชาตินำเสนอแบบปากเปล่า	1	เรื่อง	การพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ	อยู่ระหว่างรอเวทีสำหรับการนำเสนอผลงานวิจัย (นำส่งผลผลิตในปี 2565)
3. ต้นแบบเทคโนโลยีระดับอุตสาหกรรม	1	ต้นแบบ	ต้นแบบเทคโนโลยีระดับห้องปฏิบัติการ	1	ต้นแบบ	ต้นแบบเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ (https://www.doa.go.th/aeri/)	เครื่องต้นแบบมีความสามารถในการตรวจจับแมลงทั้งสามชนิด ได้แก่หนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เพลี้ยไฟ อยู่ที่ 78.6%, 68.0% และ 39.8% ตามลำดับ ด้วยการตรวจสอบที่ 300 ช่อต่อชั่วโมง

3.3 ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง (Outcome) (ถ้ามี)

ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลลัพธ์
ฐานข้อมูลและแบบจำลองวิจัย (Research databases and models)	2565
ผลิตภัณฑ์ใหม่ (New products)	2565

*ผลลัพธ์ : ผลสำเร็จที่เกิดจากการนำผลผลิต (Output)ไปต่อยอด การเปลี่ยนรูปของผลผลิตไปสู่รูปแบบที่ใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง หรือการเคลื่อนผลผลิตไปสู่กิจกรรมที่ต่อเนื่อง ซึ่งก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลง (Change) ที่ปรากฏชัด และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม

3.4 ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง (Impact) (ถ้ามี)

ผลกระทบที่เกิดขึ้นจริง	ปีที่เกิดผลกระทบ
ด้านเศรษฐกิจ :	
ด้านสังคม :	
ด้านสิ่งแวดล้อม :	

3.5 การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

วิธีการ/กระบวนการผลักดันงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ (โปรดแนบหลักฐานเชิงประจักษ์การนำผลงานไปใช้ประโยชน์)

.....

.....

ด้านนโยบาย โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

กรมวิชาการเกษตร

อย่างไร..... (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านสังคม โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านเศรษฐกิจ โดยใคร.....(ระบุใครเป็นผู้นำไปใช้).....

อย่างไร (ระบุผลที่เกิดจากการนำไปใช้ประโยชน์ก่อให้เกิดผลอย่างไร).....

ด้านวิชาการ โดย นักวิจัย หรือผู้ประกอบการ

อย่างไร.....สำหรับการนำข้อมูลไปใช้ในการวิจัยและการพัฒนาต่อยอด

กรมวิชาการเกษตร

บทที่ 4 สรุปผลและอภิปรายผล

4.1 สรุปผล

จากผลการทดสอบการถ่ายภาพด้วยกล้องและภาพถ่ายแบบมัลติสเปกตรัม กล้องตรวจจับความร้อน และกล้องถ่ายภาพแบบบทั่วไป พบว่ามีเพียงกล้องถ่ายภาพแบบทั่วไปเท่านั้นที่สามารถมองเห็นความแตกต่างระหว่างตัวแมลงและช่อกล้วยไม้ได้ จึงได้นำภาพจากกล้องถ่ายภาพทั่วไปมาใช้ในการสร้างและพัฒนาระบบตรวจจับต่อไป โดยผลการทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ของเครื่องต้นแบบฯ ด้วยวิธีการโครงข่ายโครงข่ายประสาทชนิดคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks, CNN) พบว่ามีประสิทธิภาพในการตรวจจับ แยกตามชนิดของแมลงคือ หนอนกระทู้ผัก 78.6% บั่วกล้วยไม้ 68.0% เพลี้ยไฟเท่ากับ 39.8% ไม่พบแมลง 39.1% ซึ่งมีประสิทธิภาการตรวจจับที่ดีขึ้นกว่าวิธีการโครงประสาทชนิดคอนโวลูชันแบบพื้นที่ (Region-Based Convolutional Neural Networks, R-CNN) แต่เครื่องต้นแบบยังมีข้อผิดพลาดของการตรวจจับ โดยความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการตรวจสอบ เกิดจากการที่แมลงบางชนิดเช่นบั่วกล้วยไม้หรือเพลี้ยไฟเป็นแมลงที่มีขนาดที่เล็ก ทำให้ภาพของกล้วยไม่ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปนอยู่มีความคล้ายคลึงกัน ระบบตรวจจับจึงทำการแยกแยะระหว่างช่อกล้วยไม้ที่มีแมลงปะปนและช่อกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่ได้ยากมากขึ้น

4.2 อภิปรายผล

จากผลทดสอบการตรวจจับแมลงด้วยการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ด้วยโครงประสาทชนิดคอนโวลูชันแบบพื้นที่ (Region-Based Convolutional Neural Networks, R-CNN) จะสามารถในการตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กได้ยาก และด้วยความคล้ายคลึงกันของภาพที่มีและไม่มีแมลงปะปน ส่งผลให้การตรวจจับของระบบเกิดการมองว่าภาพพื้นหลังว่าเป็นตัวของแมลงอยู่บ่อยครั้ง และทำให้กล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนถูกมองว่ามีแมลงปะปนอยู่อีกด้วย ทำให้การตรวจจับแมลงด้วยการจำแนกหมวดหมู่ (Classification) มาใช้กันการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย (Segmentation) มีความสามารถในการตรวจจับที่แม่นยำมากกว่าเนื่องจากเป็นการประมวลผลโดยที่ไม่ทำการลดขนาดหรือรายละเอียดของภาพ ทำให้ระบบสามารถตรวจจับแมลงได้แม่นยำขึ้นกว่าเดิม แต่ก็จะยังมีปัญหาในเรื่องของภาพของกล้วยไม่ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปนอยู่มีความคล้ายคลึงกันซึ่งส่งผลให้ระบบไม่สามารถตรวจจับได้ รวมไปถึงกรณีที่ตัวของแมลงไปอยู่ในจุดที่กล้องไม่สามารถบันทึกภาพได้อย่างเช่นด้านหลังของใบที่ซ้อนกัน ด้านในของกลีบดอกที่ไม่ได้หันเข้ามาหากล้อง ซึ่งเป็นจุดบอดที่ทำให้ระบบตรวจจับไม่สามารถตรวจพบแมลงได้อีกด้วย

ข้อเสนอแนะต่อผู้เกี่ยวข้องสำหรับการดำเนินงานในระยะต่อไป -

ปัญหาและอุปสรรคในการทำงาน -

กรมวิชาการเกษตร

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์เรื่องกำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: การปฏิบัติที่ดีสำหรับโรงคัดบรรจุดอกกล้วยไม้. ราชกิจจานุเบกษา เล่ม 126 ตอนพิเศษ 186ง วันที่ 28 ธันวาคม 2552

กันตภณ พลิ้วไธสง. 2557. เครื่องคัดแยกวัตถุอัตโนมัติตามสายพานลำเลียง: วารสารวิจัย ปีที่ 7 ฉบับที่ 1 มกราคม - มิถุนายน 2557.ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561, จาก http://old.rmutto.ac.th/fileupload/Wannasa%20Balsong61411Kantapon.pdf

กันตภณ พลิ้วไธสง. 2559. เครื่องคัดแยกสีอัตโนมัติบนระบบสายพานลำเลียงควบคุมด้วยอาดูโน: สมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทยในพระราชูปถัมภ์สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี. ค้นเมื่อ 15 เมษายน 2561, จาก http://apheit.siam.edu/jounal/science-22-1/02kantapon.pdf

กลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2554. แมลงศัตรูผัก เห็ด และไม้ดอก. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1.

กลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2558. การจัดการเพลี้ยไฟในสวนกล้วยไม้. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ.

กลุ่มบริหารศัตรูพืช. 2560. คู่มือการป้องกันกำจัดแมลงศัตรูพืชสำหรับการผลิตผักเพื่อการส่งออกกลุ่มสหภาพยุโรปฉบับปรับปรุงแก้ไข. สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 3.

เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์ และอภิรัฐ ปิ่นทอง. 2559. การพัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2559. (หน้า 7-20).

ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์. 2555. การศึกษาและพัฒนาการตรวจหาศัตรูกล้วยไม้ด้วยการประมวลผลภาพ ใน: รายงานความก้าวหน้ากรมวิชาการเกษตร ประจำปี 2555.

ศรีสุดา โท้ทอง. 2554. ผลของสารบางชนิดในการกำจัดเพลี้ยไฟในดอกกล้วยไม้. ค้นเมื่อ 25 เมษายน 2561 จาก https://thothongsri.blogspot.com/2012/06/thrips-palmi.html

ศูนย์บริหารจัดการเครือข่ายข้อมูลกล้วยไม้. ม.ป.ป. แมลงและไรศัตรูที่สำคัญและการป้องกันกำจัด. ค้นเมื่อ 25 เมษายน 2561 จาก http://orchidnet.doae.go.th/2555/home/technic_orchid.php?c=1&d=20&id=93

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2560. สินค้ากล้วยไม้.ค้นเมื่อ 15 มกราคม 2561, จาก http://www.ditp.go.th/content_attach/165775/165775.pdf

Chen, P., 1996. Quality evaluation technology for agricultural products. An Invited Paper presented in the International Conference of Agricultural Machinery Engineering, November 12–15, 1996, Seoul, Korea, pp. 11.

กรมวิชาการเกษตร

ตารางและภาพของโครงการวิจัย

ตารางของโครงการวิจัย

ตารางที่ 1 ความแม่นยำของการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลและหลังทำการเพิ่มข้อมูล

หมวดหมู่	ความแม่นยำของการจำแนก (ก่อนทำการเพิ่มข้อมูล)	ความแม่นยำของการจำแนก (หลังทำการเพิ่มข้อมูล)
เพลี้ยไฟ	24.32% (9/37)	59.76% 147/246
บั่วกล้วยไม้	10.64% (5/47)	79.07% 238/301
หนอนกระทู้ผัก	44.83% (39/87)	83.82% 435/519
ไม่พบแมลง	97.01% (1104/1138)	86.99% 990/1138

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่

ครั้งที่	หนอนกระทู้ผัก	บั่วกล้วยไม้	เพลี้ยไฟ	ไม่พบแมลง
1	77.5%	70.0%	67.0%	72.0%
2	62.0%	93.5%	66.5%	82.5%
3	92.0%	93.5%	79.0%	83.0%
4	83.5%	93.0%	67.5%	66.5%
5	87.0%	90.0%	41.5%	79.5%
6	77.5%	95.0%	56.5%	65.0%
7	79.0%	93.0%	56.0%	88.5%
8	91.5%	84.0%	73.0%	80.0%
9	84.5%	82.5%	76.5%	81.5%
10	81.0%	86.5%	62.5%	90.5%
ค่าเฉลี่ย	81.6%	88.1%	64.6%	78.9%
S.D.	0.081	0.073	0.106	0.082

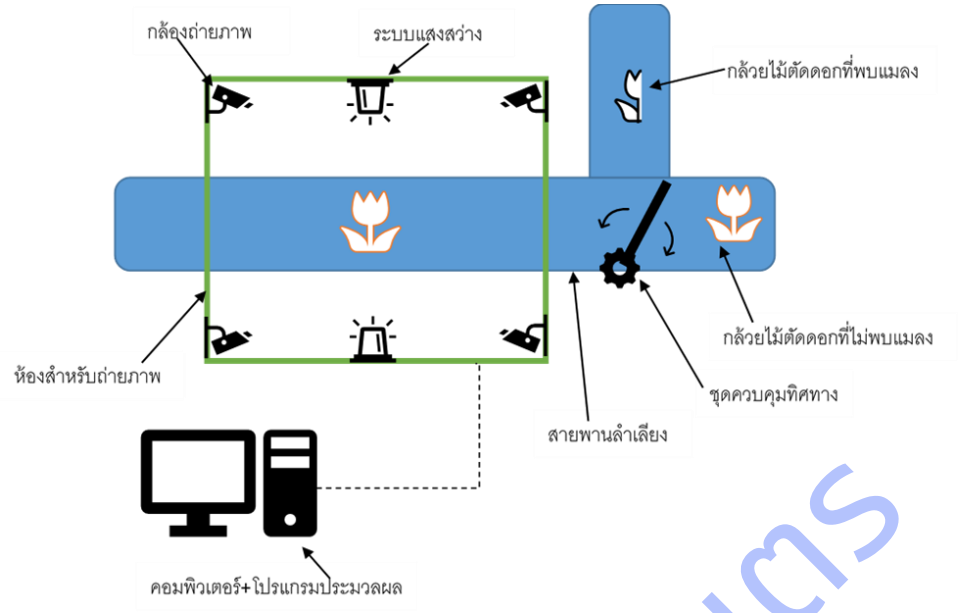
กรมวิชาการเกษตร

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ครั้งที่	หนอนกระทู้ผัก	บั่วกล้วยไม้	เพลี้ยไฟ	ไม่พบแมลง
1	56.0%	75.5%	40.5%	40.0%
2	74.0%	74.5%	38.0%	39.0%
3	82.5%	71.5%	41.0%	39.5%
4	88.5%	66.0%	46.5%	31.5%
5	81.5%	69.5%	36.0%	48.0%
6	92.5%	72.0%	17.5%	40.0%
7	87.5%	63.0%	31.0%	33.5%
8	77.0%	63.5%	38.5%	37.0%
9	66.5%	62.0%	63.0%	40.5%
10	80.0%	62.5%	45.5%	42.0%
ค่าเฉลี่ย	78.6%	68.0%	39.8%	39.1%
S.D.	0.104	0.049	0.110	0.043

กรมวิชาการเกษตร

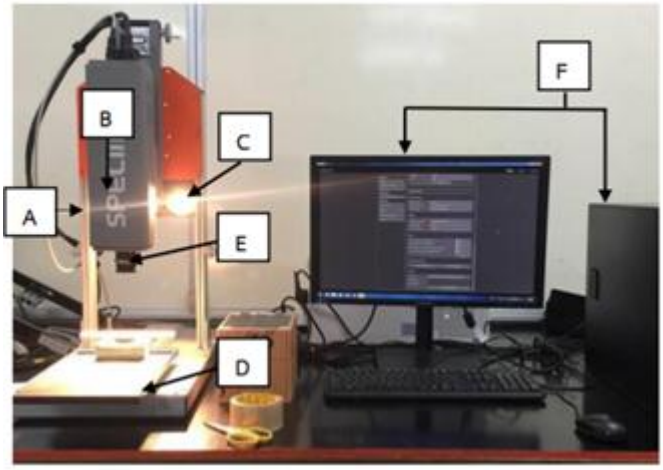
ภาพของโครงการวิจัย



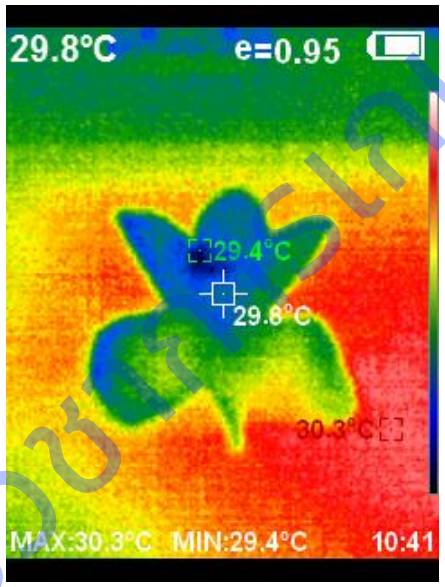
ภาพที่ 1 แบบร่างของเครื่องต้นแบบ (Conceptual Design)

ภาพที่ 2 Thermal imaging camera

กรมวิชาการเกษตร

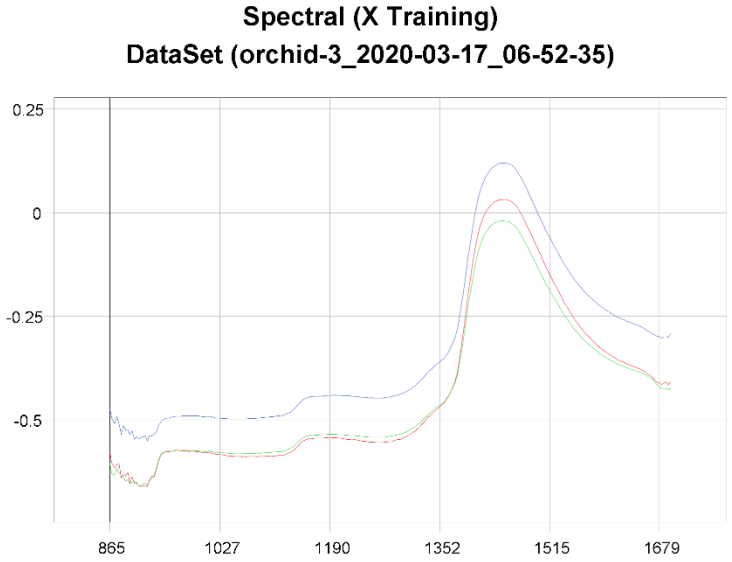


ภาพที่ 3 ส่วนประกอบของระบบ NIR-HSI ประกอบไปด้วย กล้อง CCD [A], Spectrograph [B], แหล่งให้แสง (ทังสเตน-ฮาโลเจน 20 วัตต์) [C], ถาดเลื่อน (Translation state) [D], เลนส์กล้อง [E], คอมพิวเตอร์ [F]

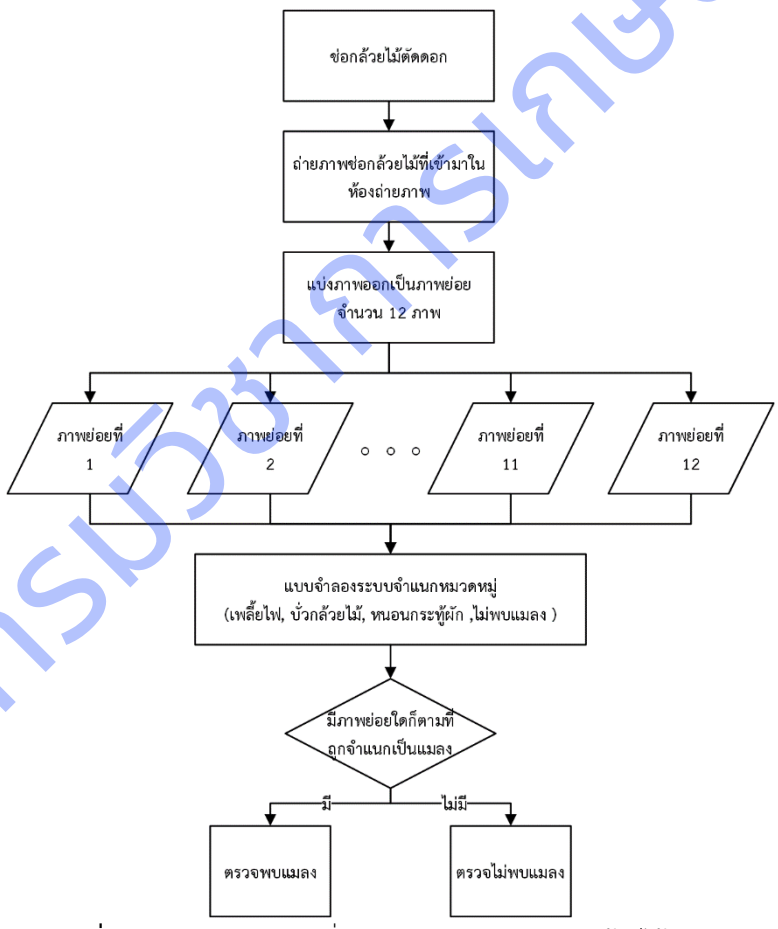


ภาพที่ 4 ภาพความร้อนของดอกกล้วยไม้และหนอนกระทู้ระยะที่ 1 และ 2

กรมวิชาการเกษตร



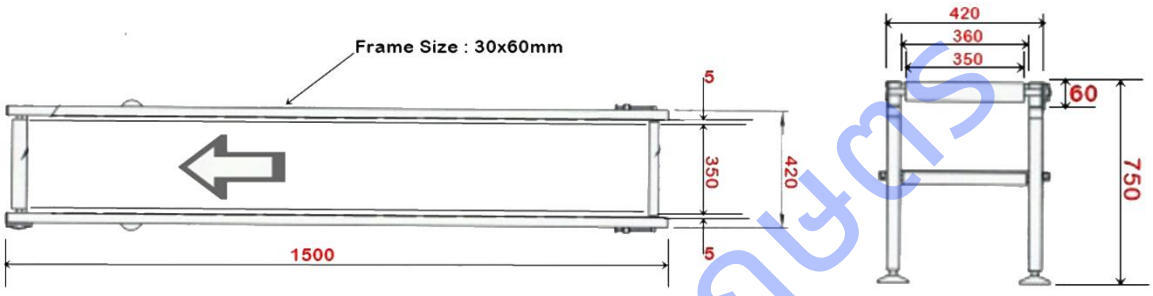
ภาพที่ 5 ข้อมูลการดูดกลืนแสงของตัวอย่างหนอนกระทู้ (แดง) และดอกกล้วยไม้ (เขียว,น้ำเงิน)



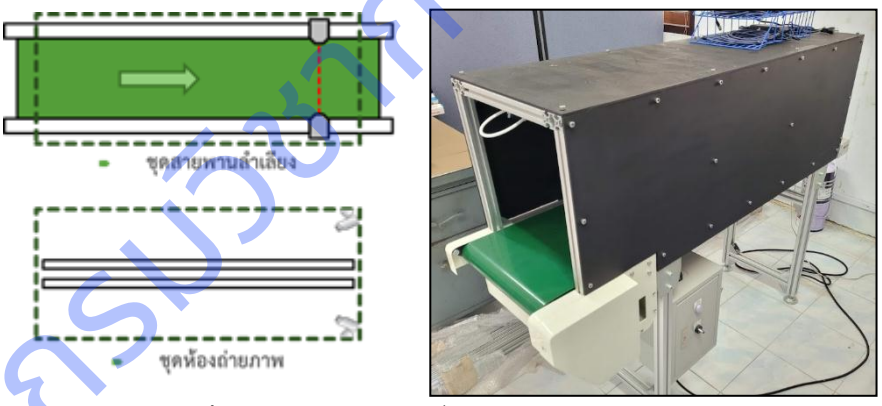
ภาพที่ 6 ผังการทำงานของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชกล้วยไม้ตัดดอก

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 7 ตัวอย่างภาพที่ได้จากห้องถ่ายภาพ

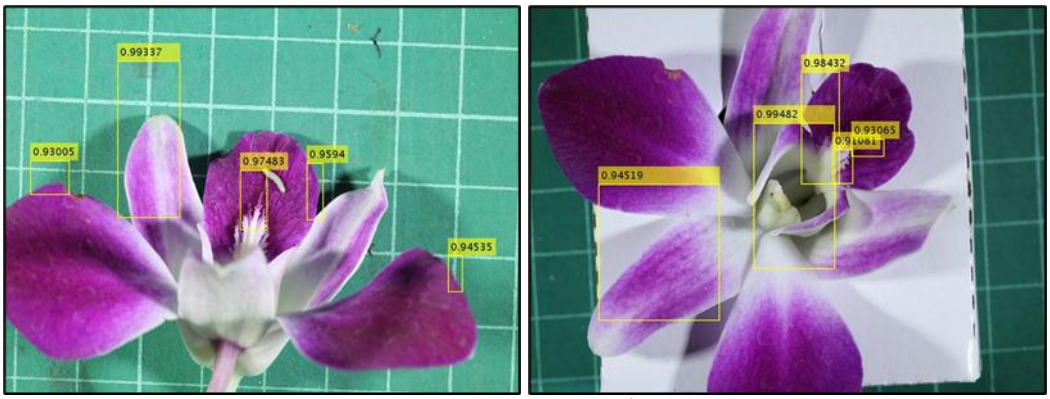


ภาพที่ 8 แบบร่างของชุดสายพานลำเลียง



ภาพที่ 9 ชุดสายพานลำเลียงที่ประกอบร่วมกับห้องถ่ายภาพ

กรมวิชาการเกษตร



ภาพที่ 10 ผลการตรวจจับที่ตรวจพบพื้นหลังเป็นแมลง

ภาพที่ 11 ภาพที่ได้จากกระบวนการเพิ่มข้อมูลด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (Translation)

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ก.

การวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์วิศวกรรมเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

<u>ต้นทุนคงที่ (Fixed Cost)</u>		
- ค่าเสื่อมราคาเครื่อง		
มูลค่าเครื่องกะเทาะเปลือกฯ (P)	140,000	บาท
อายุการใช้งาน (N)	10	ปี
มูลค่าเครื่องเมื่อหมดอายุการใช้งาน (L)	0	บาท
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาแบบเส้นตรง		
ต้นทุนค่าเสื่อมราคาของเครื่องฯ	= (P-L)/N	
	= (140,000 – 0)/10	บาท/ปี
	= 14,000	บาท/ปี
-ค่าเสียโอกาสเงินลงทุน ดอกเบี้ย 10% (i)		
ต้นทุนค่าเสียโอกาสเงินทุน	= [(P+L)/2] × i	
	= [(14,000+0)/2] × 0.1	บาท/ปี
	= 7,000	บาท/ปี
ดังนั้นต้นทุนคงที่รวม	= 7,000+14,000	บาท/ปี
	= 21,000	บาท/ปี
<u>ต้นทุนผันแปร (Variable Cost)</u>		
-ค่าจ้างแรงงาน		
แรงงาน 1 คน 300 บาท/คน เวลา 240 วัน		
ต้นทุนค่าแรงงาน	= 1×300×240	บาท/ปี
	= 72,000	บาท/ปี
-ค่าน้ำ	ไม่มีค่าใช้จ่าย	
-ค่าไฟฟ้า		
พลังงานไฟฟ้าขณะทำงาน 0.11 kW-h		
ทำงานวันละ 8 ชม.		
คิดค่าไฟฟ้าหน่วยละ 3.5 บาท		
ต้นทุนค่าไฟฟ้า	= 1.1×8×240×3.5	บาท/ปี
	= 739.20	บาท/ปี
-ค่าซ่อมบำรุง		
คิดคงที่เท่ากับร้อยละ 5	= 0.05 × 140,000	บาท/ปี
	= 7,000	บาท/ปี
-ต้นทุนผันแปรรวม	= 79,739.20	บาท/ปี
-ต้นทุนรวมทั้งหมด	= 100,739.20	บาท/ปี
ความสามารถในการทำงานของเครื่อง	= 300	ช่อ/ชม.
	= 576,000	ช่อ/ปี
-ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 576,000/ 100,739.2	

กรมวิชาการเกษตร

	= 0.175	บาท/ช่อ
<u>การคำนวณจุดคุ้มทุน</u>		
ราคาค่าจ้างแรงงานในการคัดแยก	= 500	บาท/วัน
	= 0.21	บาท/ช่อ
ต้นทุนค่าใช้จ่าย	= 0.175	บาท/ช่อ
มูลค่าเพิ่ม	= 0.035	บาท/กิโลกรัม
ปริมาณการทำงานใน 1 ปี	= 576,000	กิโลกรัม/ปี
จุดคุ้มทุนของการใช้เครื่อง	รายรับ = ต้นทุนค่าใช้จ่าย	
ดังนั้น	0.21×N = 0.175×576,000	
โดยที่ N คือปริมาณการผลิตที่จุดคุ้มทุน	= 483,548.16	ช่อ/ปี
มูลค่าเพิ่มในการทำงานของเครื่องฯ	= (576,000–N) ×0.035	บาท/ปี
	= 3,091.49	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = ราคาเครื่อง/มูลค่าเพิ่ม	= 140,000/3,091.49	ปี
	= 45.29 (545.43 เดือน)	ปี
อัตราผลตอบแทนเงินทุน	= (มูลค่าเพิ่มสุทธิ/มูลค่าเครื่อง)×100	%
	= (3,091/140,000) ×100	%
	= 2.21	%/ปี

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ข.

โค้ดโปรแกรม Matlab สำหรับการตรวจจับแมลงภายในภาพ

```
net = load([path to CNN model], "net");
testimg = imread([path to image]);
wBlock = 4;
hBlock = 3;
[h, w, d] = size(testimg);
sWidth = w/wBlock;
sHeight = h/hBlock;

res = [];
for hh = 1 : hBlock
        hFrom = (hh-1)*ceil(sHeight) + 1;
        hTo = hh*ceil(sHeight);
        if hTo > h
                hFrom = h - ceil(sHeight) + 1;
                hTo = h;
        end
        for ww = 1 : wBlock
                wFrom = (ww-1)*ceil(sWidth) + 1;
                wTo = ww*ceil(sWidth);
                if wTo > w
                        wFrom = w - ceil(sWidth) + 1;
                        wTo = w;
                end
                Image = testimg(hFrom : hTo, wFrom : wTo, :);
                rImage = imresize(Image, 0.5);
                [YPred,scores] = classify(net.net,rImage);
                if max(scores) > 0.9
                        res(hh,ww) = YPred;
                else
                        res(hh,ww) = 4;
                end
        end
end

detectionResult = "";
if any(res(:) == 1
```

กรมวิชาการเกษตร

```
        detectionResult = "Worm"
elseif any(res(:) == 2
        detectionResult = "Midge"
elseif any(res(:) == 3
        detectionResult = "Thrips"
elseif all(res(:) == 4)
        detectionResult = "Not Detect"
end
```

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ค.

โค้ดโปรแกรม Matlab สำหรับการสร้างแบบจำลองของระบบจำแนกหมวดหมู่

```
wDatasetPath = [path to worm dataset];
mDatasetPath = [path to midge orchid dataset];
tDatasetPath = [path to thrips orchid dataset];
bgDatasetPath = [path to no pest orchid dataset];

imdsW = shuffle(imageDatastore(wDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsW.Files(1001:length(imdsW.Files)) = '';
imdsM = shuffle(imageDatastore(mDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsM.Files(1001:length(imdsM.Files)) = '';
imdsT = shuffle(imageDatastore(tDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsT.Files(1001:length(imdsT.Files)) = '';
imdsBG = shuffle(imageDatastore(bgDatasetPath, ...
    'IncludeSubfolders',true,'LabelSource','foldernames'));
imdsBG.Files(1001:length(imdsBG.Files)) = '';

imdsTrain = imageDatastore(cat(1,imdsW.Files,imdsM.Files,imdsT.Files,imdsBG.Files));
imdsTrain.Labels = cat(1,imdsW.Labels,imdsM.Labels,imdsT.Labels,imdsBG.Labels);

conLayerSize = 3;

layers = [
    imageInputLayer([324 324 3])

    convolution2dLayer(conLayerSize,8,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer

    maxPooling2dLayer(2,'Stride',2)

    convolution2dLayer(conLayerSize,16,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer
```

กรมวิชาการเกษตร

```
    maxPooling2dLayer(2,'Stride',2)

    convolution2dLayer(conLayerSize,32,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer

    maxPooling2dLayer(2,'Stride',2)

    convolution2dLayer(conLayerSize,64,'Padding','same')
    batchNormalizationLayer
    reluLayer

    fullyConnectedLayer(4)
    softmaxLayer
    classificationLayer];

options = trainingOptions('sgdm', ...
    'InitialLearnRate',0.001, ...
    'MaxEpochs',8, ...
    'Shuffle','every-epoch', ...
    'ValidationData',imdsTrain, ...
    'ValidationFrequency',16, ...
    'Verbose',false, ...
    'Plots','training-progress');

net = trainNetwork(imdsTrain,layers,options);
```

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก ง.

องค์ความรู้ใหม่ – กระบวนการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชแบบอัตโนมัติสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก

กระบวนการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชแบบอัตโนมัติสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกเป็นการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียมมาใช้ร่วมกับภาพถ่ายจากห้องถ่ายภาพ เพื่อนำภาพที่ได้มาประมวลผลไปประมวลผลว่ามีแมลงปะปนอยู่ในช่อกล้วยไม้ที่ถ่ายภาพมาหรือไม่

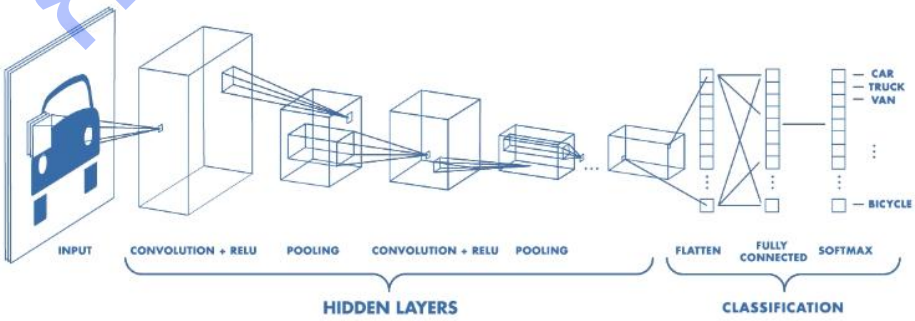
ภาพที่ถ่ายมาจะถูกนำมาประมวลผลด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks, CNN) ซึ่งเป็นประสาทเทียมสำหรับการประมวลผลภาพโดยเฉพาะ โดยการนำมาใช้งานสามารถทำได้ 2 รูปแบบหลัก ๆ ได้แก่การคัดแยกหมวดหมู่ของภาพ (Classification) และการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ระบบทั้งสองแบบนี้จะมีขั้นตอนในการสร้างที่คล้ายกัน แตกต่างกันที่ข้อมูลที่นำมาใช้ในขั้นตอนของการสร้างระบบเท่านั้น โดยระบบคัดแยกหมวดหมู่ของภาพจะเป็นการการระบุหมวดหมู่ของภาพแต่ละภาพก่อนที่นำมาใช้ในการสอนระบบ ส่วนระบบตรวจจับวัตถุจะมีการระบุขอบเขตหรือตำแหน่งของวัตถุในภาพร่วมกับการระบุหมวดหมู่ของวัตถุนั้น ๆ ทำให้การเตรียมข้อมูลที่นำมาใช้ในการสอนระบบของระบบตรวจจับวัตถุนั้นจะมีความยุ่งยากมากกว่าการเตรียมข้อมูลของระบบคัดแยกหมวดหมู่อยู่พอสมควร

การเตรียมตัวอย่างสำหรับการสร้างโปรแกรมตรวจจับแมลง

ภาพที่ถูกนำมาใช้เป็นข้อมูลในการสอนระบบของกระบวนการตรวจสอบแมลงจะมาจากการถ่ายภาพภายในห้องถ่ายภาพ เนื่องจากเป็นภาพที่อยู่ในสภาวะแวดล้อมที่ควบคุมความเข้มแสง ระยะโฟกัส และมุมกล้องที่อยู่ในระดับที่ใกล้เคียงกันทุกภาพ เพื่อให้ระบบตรวจจับสามารถแยกแยะความแตกต่างของแมลงแต่ละชิดได้ชัดเจนมากขึ้น โดยจะเป็นภาพสี (RGB) ขนาด 5 ล้านพิกเซล (5MP, 2590 px * 1942 px) ถ่ายด้วยเลนส์ขนาด 25 มม. ที่รูรับแสง 1.4 (F1.4) ภาพของช่อกล้วยไม้ที่นำมาใช้ในกระบวนการสอนระบบแบ่งออกเป็น 4 หมวด ได้แก่ช่อกล้วยไม้ที่มีหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ หรือเพลี้ยไฟปะปนอยู่ และภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่

การพัฒนาระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้

ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยการใช้โปรแกรม Matlab R2020a. (MathWork; Co.; U.S.) ด้วยวิธีการตรวจจับแมลงจากวิธีการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) จากการนำวิธีคัดแยกหมวดหมู่ของภาพ (Classification) มาร่วมกับการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย (Image Segmentation)



ภาพที่ 1 สถาปัตยกรรมของโครงข่ายประสาทชนิดคอนโวลูชัน (Convolutional Neural Networks, CNN)

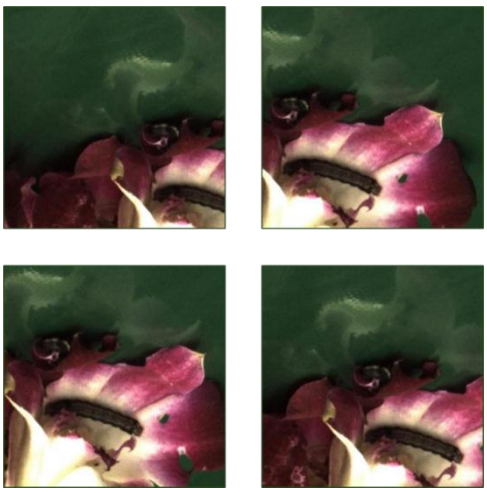
กรมวิชาการเกษตร

รูปภาพที่นำมาใช้กับระบบประมวลผลจะถูกแบ่งออกเป็นภาพขนาดเล็กจำนวนหลายภาพ เพื่อให้ภาพที่นำไปประมวลผลนั้นมีขนาดที่เล็กลงโดยที่ภาพต้นฉบับจะยังคงมีขนาดและความละเอียดเท่าเดิม แล้วนำไปให้ระบบทำการประมวลว่าแต่ละส่วนของภาพนั้นจัดอยู่ในหมวดหมู่ใด โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับออกเป็น 4 หมวดหมู่ ได้แก่เพลี้ยไฟ บั่วกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก และภาพที่ไม่พบแมลง

ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างระบบตรวจสอบเป็นภาพขนาด 324*324 พิกเซล (จากภาพขนาด 5184*3888 พิกเซล) แบ่งเป็นภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 435 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 237 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 187 ภาพ

ภาพที่ 2 ภาพที่ได้จากกระบวนการแบ่งภาพ (Image Segmentation)

เนื่องจากภาพในแต่ละหมวดของแมลงทั้งสามนั้นมีปริมาณที่แตกต่างกับจำนวนภาพที่ไม่พบแมลงเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้ระบบจะจำแนกภาพส่วนใหญ่เป็นหมวดภาพพื้นหลัง และไม่สามารถจำแนกภาพในหมวดหมู่อื่นได้ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบด้วยการเพิ่มจำนวนภาพในหมวดหมู่ของแมลงทั้งสามด้วยการสร้างภาพเพิ่มเติมขึ้นมาด้วยข้อมูลภาพเดิมที่มีอยู่ (Data Augmentation) ด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (Translation) เพื่อให้ได้ภาพแมลงในลักษณะเดิมแต่อยู่ในตำแหน่งภาพที่แตกต่างออกไป โดยภาพที่ได้หลังจากกระบวนการเพิ่มข้อมูลแบ่งออกเป็นภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 2,595 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 1,507 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 1,231 ภาพ



ภาพที่ 3 ภาพที่ได้จากกระบวนการเพิ่มข้อมูลด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (Translation)

กรมวิชาการเกษตร

ภาพกล้วยไม้ในหลังจากการกระบวนการเพิ่มข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกใช้ในกระบวนการสอนเพื่อสร้างระบบจำแนกหมวดหมู่ขึ้นมา และส่วนที่สองจะถูกใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบเพื่อทดสอบความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ของระบบด้วยข้อมูลที่ไม่เคยถูกสอนมาก่อน โดยในแต่ละหมวดจะแบ่งภาพมา 80% ของจำนวนภาพเพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างระบบ และอีก 20% ที่เหลือจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการทดสอบระบบ จากผลการทดสอบพบว่าความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลแยกตามชนิดของแมลงคือ เพลี้ยไฟ 24.32% บั่วกล้วยไม้ 10.64% หนอนกระทู้ผัก 44.83% และไม่พบแมลง 97.01% ซึ่งหลังจากผ่านกระบวนการเพิ่มข้อมูลเรียบร้อยแล้วระบบจะมีความแม่นยำในการทำงานที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับระบบจำแนกหมวดหมู่ก่อนที่จะทำการเพิ่มข้อมูลเข้ามา โดยแยกตามหมวดหมู่คือ เพลี้ยไฟ 59.76% บั่วกล้วยไม้ 79.07% หนอนกระทู้ผัก 83.82% และไม่พบแมลง 86.99% ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความแม่นยำของการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลและหลังทำการเพิ่มข้อมูล

หมวดหมู่	ความแม่นยำของการจำแนก (ก่อนทำการเพิ่มข้อมูล)	ความแม่นยำของการจำแนก (หลังทำการเพิ่มข้อมูล)
เพลี้ยไฟ	24.32% (9/37)	59.76% 147/246
บั่วกล้วยไม้	10.64% (5/47)	79.07% 238/301
หนอนกระทู้ผัก	44.83% (39/87)	83.82% 435/519
ไม่พบแมลง	97.01% (1104/1138)	86.99% 990/1138

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่จะเป็นการทดสอบทดสอบซ้ำจำนวน 10 ครั้ง โดยจะทำการสุ่มภาพจำนวน 1,000 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับกระบวนการสอนระบบ และสุ่มภาพจำนวน 200 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่าระบบมีความแม่นยำเฉลี่ยในการจำแนกหมวดหมู่อยู่ที่ 81.6% สำหรับเพลี้ยไฟ 88.1% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 64.6% สำหรับเพลี้ยไฟ และ 78.9% สำหรับภาพที่ไม่มีแมลง

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่

ครั้งที่	หนอนกระทู้ผัก	บั่วกล้วยไม้	เพลี้ยไฟ	ไม่พบแมลง
1	77.5%	70.0%	67.0%	72.0%
2	62.0%	93.5%	66.5%	82.5%
3	92.0%	93.5%	79.0%	83.0%
4	83.5%	93.0%	67.5%	66.5%
5	87.0%	90.0%	41.5%	79.5%
6	77.5%	95.0%	56.5%	65.0%
7	79.0%	93.0%	56.0%	88.5%
8	91.5%	84.0%	73.0%	80.0%
9	84.5%	82.5%	76.5%	81.5%
10	81.0%	86.5%	62.5%	90.5%
ค่าเฉลี่ย	**81.6%**	**88.1%**	**64.6%**	**78.9%**

กรมวิชาการเกษตร

S.D.	0.081	0.073	0.106	0.082

ในขั้นตอนของการตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้นั้นจะเป็นการนำระบบจำแนกหมวดหมู่มาใช้ร่วมกับการตัดแบ่งภาพ โดยภาพของช่อกล้วยไม้ที่ได้มาจากห้องถ่ายภาพจะถูกนำมาแบ่งออกเป็นภาพย่อยหลาย ๆ ภาพ และนำภาพย่อยที่ได้มาแต่ละภาพไปทำการคัดแยกหมวดหมู่เพื่อตรวจสอบหมวดหมู่ของภาพ โดยผลการทดสอบของระบบตรวจจับนี้จะจำแนกออกมาเป็น 2 หมวดหมู่เท่านั้น ได้แก่ช่อกล้วยไม้ที่ตรวจพบแมลง และช่อกล้วยไม้ที่ตรวจไม่พบแมลง ช่อกล้วยไม้ที่ถูกประเมินว่าตรวจพบแมลงก็จะถูกคัดแยกออกไป ส่วนช่อกล้วยไม้ที่ตรวจไม่พบแมลงก็จะถูกลำเลียงไปทำการบรรจุกล่องหรือดำเนินการในขั้นตอนต่อไป

การทดสอบประสิทธิภาพของระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้นั้น จะเป็นการนำระบบจำแนกหมวดหมู่มาทำการทดสอบการตรวจจับกับภาพที่ได้มาจากห้องถ่ายภาพจริง จำนวน 1,263 ภาพ ประกอบไปด้วยภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 321 ภาพ หนอนกระทู้ผักจำนวน 252 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 210 ภาพ และเพลี้ยไฟจำนวน 480 ภาพ และทำการสุ่มภาพออกมาหมวดหมู่ละ 200 ภาพสำหรับนำมาใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

ภาพที่นำมาทำการทดสอบแต่ละภาพจะถูกแบ่งออกเป็น 12 ภาพย่อย และนำระบบจำแนกหมวดหมู่ทั้ง 10 แบบจำลองที่มาจากขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของระบบจำแนกหมวดหมู่ก่อนหน้านี้ มาทำการจำแนกหมวดหมู่ของภาพย่อยแต่ละภาพ ถ้าหากว่าในหมู่ภาพย่อยที่แยกออกมานั้นมีภาพใดภาพหนึ่งที่ถูกจำแนกหมวดหมู่เป็นแมลงหนึ่งในสามชนิดนี้ กล้วยไม้ช่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า **‘ตรวจพบแมลง’** ส่วนภาพของช่อกล้วยไม้ที่ภาพย่อยทุกภาพถูกจำแนกหมวดหมู่เป็น ‘ไม่พบแมลง’ ช่อกล้วยไม้ช่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า **‘ตรวจไม่พบแมลง’** ผลการทดสอบการตรวจสอบแมลงภายในห้องถ่ายภาพพบว่ามีความแม่นยำในการทำงานอยู่ที่ 78.6% สำหรับหนอนกระทู้ผัก 68.0% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 39.8% สำหรับเพลี้ยไฟ และ 39.1% สำหรับภาพที่ไม่มีแมลง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ครั้งที่	หนอนกระทู้ผัก	บั่วกล้วยไม้	เพลี้ยไฟ	ไม่พบแมลง
1	56.0%	75.5%	40.5%	40.0%
2	74.0%	74.5%	38.0%	39.0%
3	82.5%	71.5%	41.0%	39.5%
4	88.5%	66.0%	46.5%	31.5%
5	81.5%	69.5%	36.0%	48.0%
6	92.5%	72.0%	17.5%	40.0%
7	87.5%	63.0%	31.0%	33.5%
8	77.0%	63.5%	38.5%	37.0%
9	66.5%	62.0%	63.0%	40.5%
10	80.0%	62.5%	45.5%	42.0%
ค่าเฉลี่ย	**78.6%**	**68.0%**	**39.8%**	**39.1%**
S.D.	0.104	0.049	0.110	0.043

กรมวิชาการเกษตร

อภิปรายผล

จากผลทดสอบการตรวจจับแมลงด้วยการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) ด้วยโครงประสาทชนิดคอนโวลูชันแบบพื้นที่ (Region-Based Convolutional Neural Networks, R-CNN) จะสามารถในการตรวจจับวัตถุที่มีขนาดเล็กได้ยาก และด้วยความคล้ายคลึงกันของภาพที่มีและไม่มีแมลงปะปน ส่งผลให้การตรวจจับของระบบเกิดการมองว่าภาพพื้นหลังว่าเป็นตัวของแมลงอยู่บ่อยครั้ง และทำให้กล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนถูกมองว่ามีแมลงปะปนอยู่อีกด้วย ทำให้การตรวจจับแมลงด้วยการจำแนกหมวดหมู่ (Classification) มาใช้กันการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย (Segmentation) มีความสามารถในการตรวจจับที่แม่นยำมากกว่าเนื่องจากเป็นการประมวลผลโดยที่ไม่ทำการลดขนาดหรือรายละเอียดของภาพ ทำให้ระบบสามารถตรวจจับแมลงได้แม่นยำขึ้นกว่าเดิม แต่ก็จะยังมีปัญหาในเรื่องของภาพของกล้วยไม่ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปนอยู่มีความคล้ายคลึงกันซึ่งส่งผลให้ระบบไม่สามารถตรวจจับได้ รวมไปถึงกรณีที่ตัวของแมลงไปอยู่ในจุดที่กล้องไม่สามารถบันทึกภาพได้อย่างเช่นด้านหลังของใบที่ซ้อนกัน ด้านในของกลีบดอกที่ไม่ได้หันเข้ามาหากล้อง ซึ่งเป็นจุดบอดที่ทำให้ระบบตรวจจับไม่สามารถตรวจพบแมลงได้อีกด้วย

กรมวิชาการเกษตร

ภาคผนวก จ.

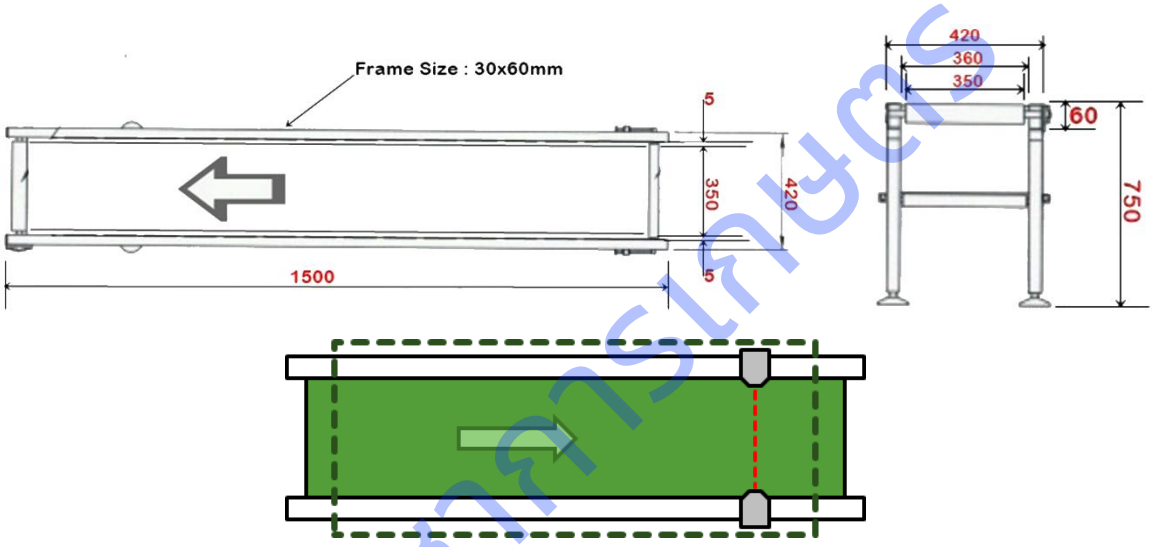
ส่วนประกอบของเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ดูรายละเอียดเพิ่มเติมได้ที่เว็บไซต์ของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร (https://www.doa.go.th/aeri/)

เครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติมีวัตถุประสงค์เพื่อสำหรับใช้ในการตรวจสอบกล้วยไม้ตัดดอกก่อนการบรรจุเพื่อการส่งออก และการตรวจสอบสินค้ากล้วยไม้นำเข้า-ส่งออก ที่สถานีตรวจสอบคุณภาพสินค้า โดยมีส่วนประกอบ ดังนี้

ชุดอุปกรณ์สายพานลำเลียง

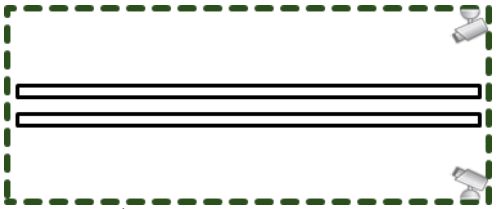
ชุดอุปกรณ์สายพานลำเลียง เป็นสายพานลำเลียงที่ติดเซ็นเซอร์สำหรับตรวจจับวัตถุเอาไว้ เมื่อมีช่อกล้วยไม้ถูกลำเลียงมาบริเวณเซ็นเซอร์ก็จะหยุดเพื่อทำการถ่ายภาพและประมวลผล



ภาพที่ 1 แบบร่างของชุดสายพานลำเลียง

ชุดห้องถ่ายภาพ

ห้องถ่ายภาพจะมีลักษณะเป็นกล่องที่ถูกติดตั้งครอบอยู่ด้านบนของสายพานลำเลียง ทำหน้าที่ควบคุมแสงและสภาวะแวดล้อมของการถ่ายภาพให้มีความไกล้เคียงกัน โดยภายในจะติดตั้งกล้องถ่ายภาพจำนวน 2 ตัวไว้ในบริเวณมุมของห้องถ่ายภาพ



ภาพที่ 2 แบบร่างของชุดห้องถ่ายภาพ

กรมวิชาการเกษตร

ภาพที่ 3 การติดจั้งอุปกรณ์ภายในห้องถ่ายภาพ

โปรแกรมระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้

ระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้นั้นถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยการใช้โปรแกรม Matlab R2020a. (MathWork; Co.; U.S.) ด้วยวิธีการตรวจจับแมลงจากวิธีการตรวจจับวัตถุ (Object Detection) จากการนำวิธีคัดแยกหมวดหมู่ของภาพ (Classification) มาร่วมกับการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย (Image Segmentation) โดยจะนำมาประมวลผลภาพที่ได้จากห้องถ่ายภาพเพื่อทำการวิเคราะห์ว่ากล้วยไม้ช่อนั้นมีแมลงปะปนอยู่หรือไม่

เครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

เครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติเป็นการทำงานร่วมกันของชุดสายพานลำเลียง ห้องถ่ายภาพ และโปรแกรมระบบตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้

ภาพที่ 4 เครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ตัวเครื่องในปัจจุบันนั้นยังไม่พร้อมนำไปใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากความสามารถในการตรวจสอบของระบบนั้นแม่นยำมากพอ ราคาต้นทุนการผลิตที่ค่อยข้างสูง รวมถึงปัญหาการถูกตัดงบประมาณ และการแพร่ระบาดของไวรัสโคโรน่าที่ทำให้ไม่สามารถทำการเดินทางไปเก็บข้อมูลมาทำการพัฒนาระบบได้ แต่แต่คณะผู้วิจัยก็มีความพร้อมที่จะทำการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบและตัวเครื่องต่อไปในอนาคต

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์