



## การพัฒนาเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก

### Development of Automatic Conveyor-Belt Insect Pests Inspection Machine for Cut Orchids Flowers

ปริญญวัฒน์ อยู่ทองอินทร์<sup>1\*</sup>, อนุชิต ฉ่ำสิงห์<sup>1</sup>, จิรวาส์ เจียรตระกูล<sup>1</sup>, พุทธินันท์ จารุวัฒน์<sup>1</sup>, ปรีชา อานันท์รัตนกุล<sup>1</sup>, พงษ์วี นามวงศ์<sup>1</sup>, อานนท์ สายคำฟู<sup>1</sup>, พุทธิชาติ ปุญวัฒน์<sup>2</sup>, ศรีจันทรจ ศรีจันตรา<sup>2</sup>, ศุภร อ่างบุญพงษ์<sup>1</sup>, สุรชาติ ระย้าทอง<sup>1</sup>, ณัฐสิทธิ์ อยู่เย็น<sup>1</sup>

Parinyawat Yoothongin<sup>1\*</sup>, Anuchit Chamsing<sup>1</sup>, Jirawat Chiatrakul<sup>1</sup>, Puttinun Jarruwat<sup>1</sup>, Preecha ananrattanakul<sup>1</sup>, Pongrawee Namwong<sup>1</sup>, Arnon Saicomfu<sup>1</sup>, Pruetthichat Punyawattoe<sup>2</sup>, Srijumnun Srijuntra<sup>2</sup>, Kochathorn Angboonpong<sup>1</sup>, Surachat Rayathong<sup>1</sup>, Nuthasit Youyen<sup>1</sup>

<sup>1</sup> สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

<sup>2</sup> สำนักวิจัยพัฒนาการอารักขาพืช กรมวิชาการเกษตร ลาดยาว จตุจักร กรุงเทพฯ 10900

<sup>1</sup> Agricultural Engineering Research Institute, Department of Agriculture, Lat Yao, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

<sup>2</sup> Plant Protection Research and Development Office, Department of Agriculture, Chatuchak, Bangkok, 10900, Thailand

\*Corresponding author: Tel: +66-8-6773-2912, Fax: +66-2-940-5791, E-mail: [yparinyawat@gmail.com](mailto:yparinyawat@gmail.com)

#### บทคัดย่อ

ช่อกกล้วยไม้ตัดดอกที่จะส่งออกไปต่างประเทศต้องมีการตรวจสอบป้องกันแมลงศัตรูพืช โดยเฉพาะหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ และเพลี้ยไฟ การตรวจสอบดังกล่าวเป็นงานที่ต้องใช้ความชำนาญ แต่การทำงานติดต่อกันเป็นเวลานานส่งผลให้เกิดความเหนื่อยล้า และประสิทธิภาพในการตรวจสอบลดลง งานวิจัยนี้จึงพัฒนาต้นแบบเครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติที่ทำงานโดยใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ โดยลำเลียงช่อกกล้วยไม้ด้วยสายพานลำเลียงเข้าไปยังห้องถ่ายภาพ และถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพสีหลายตัวในหลายมุมมองที่แตกต่างกัน ใช้โครงข่ายประสาทเทียมชนิดคอนโวลูชันเพื่อจำแนกหมวดหมู่ภาพ ซึ่งประกอบด้วยหมวดหมู่ภาพของหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เพลี้ยไฟ และการไม่พบแมลง จากการทดสอบการจำแนกหมวดหมู่ของแมลง พบว่า มีประสิทธิภาพในการจำแนกชนิดของแมลง ดังนี้ หนอนกระทู้ผัก 78.6% บั่วกล้วยไม้ 68.0% เพลี้ยไฟ 39.8% ไม่พบแมลง 39.1% โดยความคลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นมาจากการที่แมลงบางชนิด เช่น บั่วกล้วยไม้หรือเพลี้ยไฟ เป็นแมลงที่มีขนาดเล็กมาก ทำให้ภาพของกล้วยไม้ที่มีแมลงปะปนและภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปนคล้ายคลึงกัน แบบจำลองจึงแยกแยะผลได้ไม่ดี ค่าความแม่นยำของเครื่องยังไม่เหมาะกับการนำไปใช้งานในเชิงอุตสาหกรรม ดังนั้นจึงต้องพัฒนาแบบจำลองให้สามารถตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ที่มีขนาดเล็กให้แม่นยำมากขึ้นในอนาคต

คำสำคัญ: กล้วยไม้ตัดดอก, แมลงศัตรูพืชกล้วยไม้, ระบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติ, โครงข่ายประสาทเทียมชนิดคอนโวลูชัน

#### Abstract

Exported cut orchids inflorescences need to be inspected to prevent infestation, especially from common cutworms, orchid midges and cotton thrips. Such an inspection task requires specialized skills; prolonged inspection nevertheless results in fatigue and hence lower inspection efficiency. An automatic conveyor-belt inspection

Received: August 04, 2022

Revised: September 02, 2022

Accepted: September 03, 2022

Available online: January 14, 2023

machine employing image processing technology was therefore developed in the present research. Orchids inflorescences were transported into the photography chamber via a conveyor belt; photos were taken using several cameras installed at several angles. Image data were analyzed via convolutional neural network (CNN) to classify images into those consisting of common cutworms, orchid midges, cotton thrips and those with no insect pests. Based on the classification results, the image classification efficiencies were 78.6% for common cutworms, 68.0% for orchid midges, 39.8% for cotton thrips and 39.1% for non-pest images. Classification errors were due to the excessively smaller sizes of insects, especially in the cases of orchid midges and cotton thrips. These resulted in images with and without insect pests were similar and not distinguishable by the model. Classification accuracy of the machine was not yet at a level suitable for industrial use. The model must be further developed to allow detection of small insect pests with higher accuracy.

Keywords: Orchid cut flower, Orchids Insect pests, Automatic conveyor belts, Convolutional neural network

## 1 บทนำ

ประเทศไทยเป็นผู้ผลิตและส่งออกกล้วยไม้ตัดดอกเขตร้อน (tropical orchid) ที่สำคัญของโลก โดยมีแหล่งผลิตในจังหวัด นครปฐม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร ราชบุรี และนนทบุรี

มีคู่ค้าที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา อิตาลี สาธารณรัฐประชาชนจีน และอินเดีย โดยในปี 2564 มีการส่งออกทั้งสิ้น 38,795 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 69.79 ล้านบาทสหรัฐ (สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม, 2565) ปัญหาของการส่งออกกล้วยไม้ของประเทศไทย คือการตรวจพบศัตรูพืชที่กักกันในสินค้า สำหรับศัตรูกล้วยไม้ที่สำคัญ ได้แก่ เพลี้ยไฟ บั๊กกล้วยไม้ หนอนกระทู้ผัก และหอยทาก เป็นต้น ในการส่งออกกล้วยไม้ไปต่างประเทศ กรมวิชาการเกษตรได้ กำหนดให้กล้วยไม้ต้องผ่านการรมสารเมทิลโบรไมด์และมี ใบรับรองปลอดศัตรูพืช (phytosanitary certificate หรือ PC) กำกับไปกับสินค้ากล้วยไม้ตัดดอก (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ขั้นตอนก่อนที่จะได้รับการรับรองปลอดศัตรูพืชนั้น จะมีการตรวจสอบว่ามีแมลงศัตรูกล้วยไม้ติดไปกับสินค้าหรือไม่ โดยการตรวจสอบจะอาศัยการตรวจพินิจด้วยสายตาของนักวิชาการ ความแม่นยำในการตรวจจำเป็นต้องอาศัยทักษะ และความชำนาญของนักวิชาการเป็นหลัก ถึงแม้ว่านักวิชาการเหล่านี้จะมีความรู้และประสบการณ์ในการตรวจก็ตาม แต่เนื่องจากมีจำนวนมาก กล้วยไม้ส่งออกเป็นจำนวนมาก ทำให้ผู้ตรวจต้องปฏิบัติงานติดต่อกันเป็นเวลานาน เกิดความเมื่อยอ่อนล้า ซึ่งจะส่งผลต่อประสิทธิภาพในการตรวจได้ หนึ่งในวิธีการปัจจุบันที่ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการนำมาใช้ทดแทนกระบวนการตรวจสอบ ในลักษณะของการแยกแยะด้วยสายตาตามมนุษย์คือ เทคนิคการประมวลผลภาพ (image processing) เช่น การนำไปใช้ในการ

ประเมินสภาพของต้นกล้วยไม้เพื่อวิเคราะห์การให้สารสารเคมีแบบแม่นยำ (เกรียงไกรและคณะ, 2559) หรือการตรวจสอบความหนาแน่นของแมลงด้วยการใช้กับดักล่อแมลงเพื่อประกอบการตัดสินใจในการฉีดพ่นยา (Wang et al., 2021)

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ คือการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชในกล้วยไม้ตัดดอก ด้วยวิธี CNN (convolutional neural network) จากข้อมูลภาพสี (RGB) บนสายพานลำเลียงอัตโนมัติ ที่ประยุกต์มาจากระบบสายพานสำหรับการคัดแยกสีวัตถุ ที่ได้ทำการออกแบบชุดทดลองที่นำข้อมูลจากเซ็นเซอร์คัดแยกสีมาใช้ในการคัดแยกสีวัตถุบนสายพานลำเลียง (สุนทรและคณะ, 2561) ซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพ และความแม่นยำของการตรวจสอบและคัดแยกแมลงศัตรูพืชที่กล้วยไม้ และแก้ปัญหาการใช้แรงงานคนในการตรวจสอบ ในกระบวนการของการตรวจสอบก่อนการบรรจุหีบห่อในโรงคัดบรรจุก่อนการส่งออก และการช่วยในการตรวจสอบสินค้านำเข้า เป็นการพัฒนาที่สอดคล้องกับนโยบายเทคโนโลยีเกษตร 4.0 ของรัฐบาล ที่เป็นการนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้ตลอดห่วงโซ่การผลิต จนกระทั่งจำหน่ายหรือส่งออก รวมถึงเป็นเรื่องที่จะมีบทบาทสำคัญในการสนับสนุนการพัฒนาประเทศต่อไปในอนาคต

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 ซ็อกกล้วยไม้สกุลหวายที่นำมาทำการเก็บข้อมูล

ซ็อกกล้วยไม้สกุลหวายที่มีแมลงปะปนอยู่ทุกซอกจำนวน 134 ตัวอย่างที่ผ่านการตรวจสอบมาด้วยสายตา แบ่งเป็นซอกกล้วยไม้ที่มีหนอนกระทู้ผักจำนวน 40 ตัวอย่าง บั๊กกล้วยไม้จำนวน 54 ตัวอย่าง และเพลี้ยไฟจำนวน 40 ตัวอย่าง

## 2.2 ห้องสำหรับการถ่ายภาพแมลง (photography chamber)

การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในส่วนของห้องสำหรับการถ่ายภาพแมลง โดยจะมีลักษณะเป็นห้องทรงสี่เหลี่ยมที่ประกอบไปด้วยผนัง 3 ด้าน ลักษณะของตัวอักษร 'U' กลับหัว โดยมีความยาว 1,200 mm. สูง 400 mm. และมีความกว้างจากขอบด้านใน 370 mm. เพื่อให้สามารถประกอบร่วมกับสายพานความกว้างขนาด 350 mm. ตัวโครงห้องถ่ายภาพของเครื่องต้นแบบฯ ประกอบขึ้นมาจากอลูมิเนียมโพรไฟล์ (aluminum profile) และทำการกันผนังทั้ง 3 ด้านเพื่อลดผลกระทบจากแสงภายนอกที่ส่องเข้ามา มีการติดตั้งหลอดไฟแสงสว่างภายในห้องถ่ายภาพเพื่อให้ภายในห้องถ่ายภาพนั้นมีความสว่างคงที่ตลอดเวลา และทำการติดตั้งกล้องจำนวน 2 ตัวไว้ที่บริเวณมุมด้านบนของห้องถ่ายภาพในตำแหน่งที่มุมตรงข้ามกันสำหรับนำภาพจากกล้องทั้งสองไปใช้กับโปรแกรมตรวจจับต่อไป

ในส่วนของ การออกแบบและสร้างต้นแบบห้องถ่ายภาพนั้น มีจุดประสงค์เพื่อที่จะทำการควบคุมสภาวะแวดล้อมหรือปริมาณแสงให้คงที่ ลดการรบกวนของแสงจากปัจจัยภายนอก มีการกำหนดตำแหน่งกล้องถ่ายภาพ และมุมของการถ่ายภาพ เพื่อให้ภาพที่ถ่ายออกมาขึ้นอยู่กับมุมมองแบบเดียวกัน มีขนาดของวัตถุที่ใกล้เคียงกันจากการยึดตำแหน่งของกล้องไว้ให้คงที่ และมีระดับของแสงที่เท่ากันในทุกครั้งของการถ่ายภาพที่ 3,200 Lux (วัดจากตำแหน่งที่ทำการถ่ายภาพ) ดังแสดงใน Figure 1



Figure 1 Sample images from light box

### 2.3 ชุดอุปกรณ์สายพานลำเลียงอัตโนมัติ

ในส่วนของสายพานลำเลียงจะใช้สำหรับการลำเลียงช่อกล้วยไม้เข้าไปยังห้องถ่ายภาพ เป็นสายพานหน้ากว้าง 350 mm. ยาว 1500 mm. สูง 750 mm. ดังแสดงใน Figure 2 ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์แบบที่สามารถหยุดการเคลื่อนที่ได้ เพื่อให้ชุดสายพานสามารถหยุดเคลื่อนสำหรับทำการถ่ายภาพกล้วยไม้ที่เลื่อนเข้ามาในห้องถ่ายภาพได้

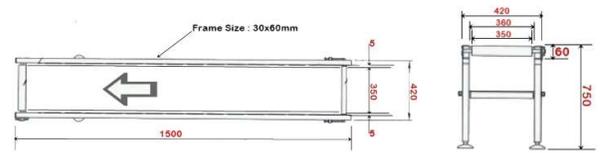


Figure 2 Sketch of conveyor belt

ชุดสายพานลำเลียงจะถูกนำไปประกอบรวมกับห้องถ่ายภาพสำหรับกระบวนการถ่ายภาพแมลงศัตรูกล้วยไม้ ผนังด้านข้างตำแหน่งเหนือสายพานจะมีการติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุไว้ดังแสดงใน Figure 3 เมื่อช่อกล้วยไม้ถูกลำเลียงมาถึงตำแหน่งของเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ สายพานก็จะหยุดเคลื่อนที่เพื่อทำการบันทึกภาพกล้วยไม้ด้วยกล้องภายในห้องถ่ายภาพ แล้วนำภาพที่ได้มาทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมการประมวลผลภาพที่พัฒนาเพื่อการตรวจจับศัตรูกล้วยไม้ต่อไป

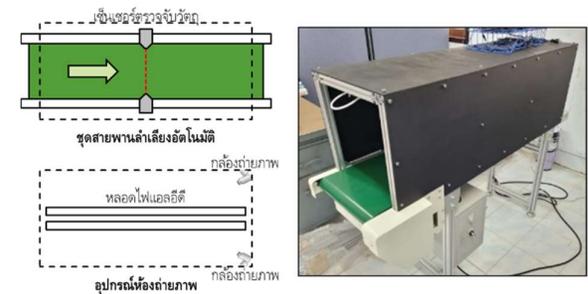


Figure 3 Conveyor belt with photography chamber

## 2.4 การเตรียมตัวอย่างสำหรับการสร้างโปรแกรมตรวจจับแมลง

ข้อมูลภาพที่มาจากห้องถ่ายภาพ เป็นภาพที่ได้มาจากกล้องยี่ห้อ Basler รุ่น acA2500 โดยเป็นภาพสี (RGB) ขนาด 5 MP (5MP, 2590 pixel \* 1942 pixel) ถ่ายด้วยเลนส์ขนาด 25 mm. ที่รูรับแสง 1.4 (F1.4) ภาพของช่อกล้วยไม้ที่นำมาใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองแบ่งออกเป็น 4 หมวด ได้แก่ช่อกล้วยไม้ที่มีหนอนกระพุ่มัก บัวกล้วยไม้ หรือเปลี้ยไฟปะปนอยู่ และภาพของกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนอยู่ โดยเมื่อช่อกล้วยไม้เลื่อนมาตามสายพานจนกระทั่งเซ็นเซอร์ตรวจเจอช่อกล้วยไม้ก็จะหยุดสายพานเพื่อทำการถ่ายภาพเก็บข้อมูล

ข้อมูลภาพที่นำมาใช้กับกระบวนการสร้างแบบจำลองและขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง ช่อกล้วยไม้แต่ละช่อจะถูกนำมาถ่ายภาพซ้ำด้วยลักษณะการวางช่อกล้วยไม้ที่แตกต่างกัน แล้วนำมาทำการแยกหมวดหมู่ของแต่ละภาพตามชนิดของแมลงที่ปะปนอยู่ภายในช่อกล้วยไม้ โดยข้อมูลที่เก็บรวบรวมมีจำนวนทั้งหมด 1,272 ภาพ แบ่งออกเป็นภาพของหนอนกระพุ่มักจำนวน 262 ภาพ ภาพของบัวกล้วยไม้จำนวน

209 ภาพ ภาพของเปลือยไฟจำนวน 480 ภาพ และภาพกล้วยไม้ที่ไม่มีแมลงปะปนจำนวน 321 ภาพ

### 2.5 แบบจำลองสำหรับตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้

แบบจำลองสำหรับตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ถูกพัฒนาขึ้นมาด้วยโปรแกรม Matlab เวอร์ชัน R2020a โดยเป็นการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดคอนโวลูชัน (convolutional neural network, CNN) ด้วยวิธีคัดแยกหมวดหมู่ของภาพ (classification) ร่วมกับการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย (image segmentation) ทั้งนี้เนื่องจากภาพถ่ายจากกล้องถ่ายภาพโดยตรง คอมพิวเตอร์ต้องใช้ทรัพยากรมากในการประมวลผล และการนำภาพมาย่อขนาดก่อนนำมาประมวลผลจะทำให้รายละเอียดเล็ก ๆ ในภาพขาดหายไป ดังนั้นภาพที่นำมาใช้ในการประมวลผลจึงถูกแบ่งย่อยออกเป็นภาพขนาดเล็กจำนวนหลายภาพ เพื่อให้ได้ภาพที่นำไปประมวลผลนั้นมีขนาดเล็กกว่าโดยที่ไม่มีรายละเอียดของภาพและรายละเอียดของภาพไม่ขาดหายไป แล้วนำไปให้แบบจำลองทำการประมวลผลว่า แต่ละส่วนของภาพนั้นจัดอยู่ในหมวดหมู่ใด โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับแบ่งออกเป็น 4 หมวดหมู่ ได้แก่ หนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เปลือยไฟ และภาพที่ไม่พบแมลง ข้อมูลที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองตรวจสอบเป็นภาพขนาด 324\*324 pixel (จากภาพขนาด 5184\*3888 pixel) และทำการแยกหมวดหมู่ของภาพย่อยที่แบ่งออกมาด้วยการประเมินจากสายตาผู้เชี่ยวชาญ โดยแบ่งเป็นภาพหนอนกระทู้ผักจำนวน 435 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 237 ภาพ เปลือยไฟจำนวน 187 ภาพ และภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ

เนื่องจากภาพในแต่ละหมวดหมู่ของแมลงทั้งสามนั้นมีปริมาณที่แตกต่างกับจำนวนภาพที่ไม่พบแมลงเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้แบบจำลองจะจำแนกภาพส่วนใหญ่เป็นหมวดหมู่ภาพพื้นหลัง และไม่สามารถจำแนกภาพในหมวดหมู่อื่นได้ จึงได้ทำการปรับปรุงประสิทธิภาพของแบบจำลองด้วยการเพิ่มจำนวนภาพในหมวดหมู่ของแมลงทั้งสามด้วยการสร้างภาพเพิ่มเติมขึ้นมาจากข้อมูลภาพเดิม (data augmentation) ด้วยวิธีการเลื่อนขนาน (translation) เพื่อให้ได้ภาพแมลงในลักษณะเดิมแต่อยู่ในตำแหน่งภาพที่แตกต่างออกไป ดังแสดงใน Figure 4 โดยภาพที่ได้หลังจากกระบวนการเพิ่มข้อมูล แบ่งออกเป็นภาพหนอนกระทู้ผักจำนวน 2,595 ภาพ บั่วกล้วยไม้จำนวน 1,507 ภาพ เปลือยไฟจำนวน 1,231 ภาพ และภาพที่ไม่พบแมลงจำนวน 5,691 ภาพ



Figure 4 Sample image from augmentation with translation method

ภาพกล้วยไม้ในหลังจากการกระบวนการเพิ่มข้อมูลนั้นจะถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกจะถูกใช้ในกระบวนการสร้างแบบจำลองจำแนกหมวดหมู่เพื่อทำการสร้างแบบจำลองขึ้นมา และส่วนที่สองจะถูกใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองเพื่อทดสอบความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ของแบบจำลองด้วยข้อมูลที่ไม่เคยถูกสอนมาก่อน โดยภาพที่ได้มาในแต่ละหมวดหมู่ภาพนั้น 80% ของจำนวนภาพจะถูกแบ่งมาเพื่อใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองและอีก 20% ที่เหลือจะถูกนำไปใช้ในขั้นตอนของการทดสอบแบบจำลอง

### 3 ผลและวิจารณ์

จากผลการทดสอบพบว่าความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่ก่อนทำการเพิ่มข้อมูลแยกตามชนิดของแมลงคือ หนอนกระทู้ผัก 44.83% บั่วกล้วยไม้ 10.64% เปลือยไฟ 24.32% และภาพที่ไม่พบแมลง 97.01% แต่หลังจากผ่านกระบวนการเพิ่มข้อมูลเรียบร้อยแล้วแบบจำลองจะมีความถูกต้องแม่นยำในการทำงานที่สูงขึ้นเมื่อเทียบกับแบบจำลองจำแนกหมวดหมู่ก่อนที่จะทำการเพิ่มข้อมูลเข้ามา โดยมีความแม่นยำเพิ่มขึ้นแยกตามหมวดหมู่เป็น หนอนกระทู้ผัก 83.82% บั่วกล้วยไม้ 79.07% เปลือยไฟ 59.76% และการไม่พบแมลง 86.99% ดังแสดงใน Table 1

การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองการจำแนกหมวดหมู่จะเป็นการทดสอบทดสอบซ้ำจำนวน 10 ครั้ง โดยจะทำการสุ่มภาพจำนวน 1,000 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับกระบวนการสร้างแบบจำลองและสุ่มภาพจำนวน 200 ภาพในแต่ละหมวดหมู่สำหรับขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองดังแสดงใน Table 2 พบว่าแบบจำลองมีความแม่นยำเฉลี่ยในการจำแนกหมวดหมู่อยู่ที่ 81.6% สำหรับหนอนกระทู้ผัก 88.1% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 64.6% สำหรับเปลือยไฟ และ 78.9% สำหรับภาพที่ไม่พบแมลง

Table 1 Splitted image classification accuracy before and after augmentation

Category	Before	After
	Augmentation (Correct image / Total image)	Augmentation (Correct image / Total image)
Cutworm	44.83% (39/87)	83.82% (435/519)
Midge	10.64% (5/47)	79.07% (238/301)
Thrips	24.32% (9/37)	59.76% (147/246)
Non-Pest Detected	97.01% (1104/1138)	86.99% (990/1138)

Table 2 Testing result of splitted image classification

Category	Average Accuracy	Standard Derivation
Cutworm	81.6%	0.081
Midge	88.1%	0.073
Thrips	64.6%	0.106
Non-Pest Detected	78.9%	0.082

การทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ นั้น จะเป็นการนำแบบจำลองจำแนกหมวดหมู่มาทำการทดสอบการตรวจจับกับภาพที่ได้มาจากห้องถ่ายภาพจริง โดยทำการสุ่มภาพออกมาหมวดหมู่ละ 200 ภาพสำหรับนำมาใช้ในขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพ

ภาพที่นำมาทำการทดสอบแต่ละภาพจะถูกแบ่งออกเป็น 12 ภาพย่อย และนำแบบจำลองจำแนกหมวดหมู่ทั้ง 10 แบบจำลองที่มาจากขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองจำแนกหมวดหมู่ก่อนหน้านี้ มาทำการจำแนกหมวดหมู่ของภาพย่อยแต่ละภาพ ถ้าหากว่าในหมู่ภาพย่อยที่แยกออกมานั้นมีภาพใดภาพหนึ่งที่ถูกระบุว่าเป็นแมลงหนึ่งในสามชนิดนี้ ก็ถือว่าไม่ชื่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า 'ตรวจพบแมลง' ส่วนภาพของช่อกล้วยไม้ที่ภาพย่อยทุกภาพถูกจำแนกหมวดหมู่เป็น 'ไม่พบแมลง' ช่อกล้วยไม้ชื่อนั้นก็จะถูกประเมินว่า 'ตรวจไม่พบแมลง' ผลการทดสอบการตรวจสอบแมลงภายในห้องถ่ายภาพพบว่ามีความแม่นยำในการทำงานอยู่ที่ 78.6% สำหรับหนอนกระทู้ผัก 68.0% สำหรับบั่วกล้วยไม้ 39.8% สำหรับเพลี้ยไฟ และ 39.1% สำหรับภาพที่ไม่มีแมลง ดังแสดงใน Table 3

Table 3 Testing result of automatic conveyor belts insect pests screening machines

Category	Average Accuracy	Standard Derivation
Cutworm	78.6%	0.104
Midge	68.0%	0.049
Thrips	39.8%	0.110
Non-Pest Detected	39.1%	0.043

จากผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลองสำหรับตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ นั้นพบว่าความแม่นยำของแบบจำลองนั้นขึ้นอยู่กับขนาดของตัวแมลงด้วย ทำให้แบบจำลองมีความแม่นยำในการตรวจสอบหนอนกระทู้ผักสูงที่สุดเนื่องจากเป็นแมลงที่มีขนาดใหญ่ที่สุด และมีความแม่นยำในการตรวจจับเพลี้ยไฟต่ำที่สุดเนื่องจากเป็นแมลงที่มีขนาดเล็กที่สุด โดยความสามารถในการตรวจจับนั้นไม่สูงมากเนื่องจากปัจจัยต่างๆ เช่น มุมมองในการถ่ายภาพ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับ การตรวจจับและจำแนกชนิดโดยตรง ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพแบบเดียวกันบนกับดักล่อแมลง เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของการตรวจจับเพลี้ยไฟนั้น วิธีการถ่ายภาพจากหลายมุมมองมีความแม่นยำอยู่ที่ 39.8% ส่วนวิธีการตรวจจับบนกับดักล่อแมลงมีความแม่นยำอยู่ที่ 91.23% (Wang et al., 2021)

#### 4 สรุป

มีความเป็นไปได้ที่จะนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอก โดยการใช้ภาพที่บันทึกด้วยกล้องถ่ายภาพสีที่ถ่ายจาก 2 มุมที่แตกต่างกันภายในห้องถ่ายภาพ ช่อกล้วยไม้จะไม่ถูกลำเลียงเข้ามายังห้องถ่ายภาพด้วยสายพานลำเลียง และหยุดเคลื่อนที่เพื่อทำการบันทึกภาพในห้องถ่ายภาพที่มีการป้องกันแสงจากภายนอก และควบคุมแสงสว่างในห้องให้คงที่ได้

แต่เนื่องจากข้อมูลภาพของแมลงที่นำมาทำการสร้างแบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียมชนิดคอนโวลูชันนั้นยังไม่มากพอที่จะสร้างแบบจำลองให้มีความแม่นยำได้ จึงต้องมีขั้นตอนการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อย และขั้นตอนการการเพิ่มข้อมูลที่ใช้ในขั้นตอนการสร้างแบบจำลองซึ่งจะเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกหมวดหมู่แมลงจาก 44.83%, 10.64%, 24.32% และ 97.01% เป็น 83.82%, 79.07%, 59.76% และ 86.99% สำหรับหนอนกระทู้ผัก บั่วกล้วยไม้ เพลี้ยไฟ และการไม่พบแมลงตามลำดับ และจากการนำแบบจำลองสำหรับจำแนกหมวดหมู่ไปทดสอบ

การทำงานร่วมกับระบบสายพานลำเลียงพบว่าประสิทธิภาพในการตรวจสอบแยกตามชนิดของแมลงคือหนอนกระทู้ผัก 78.6% บั่วกล้วยไม้ 68.0% เพลี้ยไฟเท่ากับ 39.8% ไม่พบแมลง 39.1% ตามลำดับ ด้วยระยะเวลาในการทำงานของเครื่องตรวจสอบที่ 12 วินาทีต่อข้อแบ่ง โดยประกอบไปด้วยระยะเวลาในการลำเลียงข้อกล้วยไม้ 9 s และระยะเวลาในการประมวลผล 3 s ซึ่งใกล้เคียงกับระยะเวลาในการตรวจสอบด้วยแรงงานคนที่ใช้เวลาประมาณ 12 – 15 วินาทีต่อข้อ

ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นในการตรวจสอบ เกิดจากการที่แมลงบางชนิดเช่นบั่วกล้วยไม้หรือเพลี้ยไฟเป็นแมลงที่มีขนาดเล็ก รวมไปถึงการที่ตัวของแมลงไปอยู่ในจุดที่กล้องไม่สามารถบันทึกภาพได้อย่างเช่นบริเวณด้านหลังของใบที่ซ้อนกัน หรือด้านในของกลีบดอกที่ไม่ได้หันเข้ามาหากกล้อง ส่งผลให้ถ่ายภาพติดตัวแมลงได้ยาก ดังนั้นการกำหนดค่าปัจจัยต่าง ๆ ภายในห้องถ่ายภาพ เช่น ความสว่าง ความไวชัตเตอร์ สมดุลแสงขาว หรือระยะโฟกัสให้มีความเหมาะสมจะส่งผลให้แบบจำลองสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อกล้วยไม้และแมลงได้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การพัฒนาการตรวจสอบแมลงศัตรูพืชด้วยการสังเกตปัจจัยอื่น ๆ เช่น อาการที่ถูกทำลายก็อาจเป็นอีกแนวทางที่เพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับแมลงศัตรูพืชได้

เครื่องตรวจสอบแมลงศัตรูพืชสำหรับกล้วยไม้ตัดดอกแบบสายพานลำเลียงอัตโนมัติที่ใช้วิธีการวิเคราะห์ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมชนิดคอนโวลูชันนั้นยังมีความแม่นยำในการตรวจสอบไม่มากพอที่จะนำไปใช้งานในเชิงอุตสาหกรรมได้ การพัฒนาระบบการถ่ายภาพให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น รวมไปถึงการพัฒนาแบบจำลองให้สามารถการตรวจจับแมลงศัตรูกล้วยไม้ที่มีขนาดเล็ก และมีความแม่นยำในการตรวจสอบที่สูงขึ้นได้ก็จะเป็นการพัฒนาเทคโนโลยีในการตรวจสอบแมลงศัตรูกล้วยไม้เพื่อให้สามารถนำไปใช้งานต่อไปได้ในอนาคต

## 5 เอกสารอ้างอิง

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

เกรียงไกร แซมสีม่วง, เกียรติศักดิ์ แสงประดิษฐ์, อภิรัฐ ปันทอง. 2559. การพัฒนาระบบตรวจสอบโรคกล้วยไม้ควบคุมระยะไกลร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อควบคุมการให้สารเคมีแบบแม่นยำสำหรับโรงเรือนมาตรฐาน. วารสาร

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ปีที่ 22 ฉบับที่ 1 ประจำปี 2559, 7-20.

สุนทร ก้องสินธุ์, อนุชิต สิงห์จันทร์, สมนึก คำนัย, ณัฐวิรัช สุขสง. 2561. การออกแบบชุดทดลองคัดแยกสีอัตโนมัติบนระบบสายพานลำเลียงโดยโมดูลแยกสีอัตโนมัติ. วารสารวิจัยและนวัตกรรม สถาบันการอาชีวศึกษากรุงเทพมหานคร ปีที่ 1 ฉบับที่ 2, 56-68.

สำนักส่งเสริมการค้าสินค้าเกษตรและอุตสาหกรรม กรมส่งเสริมการค้าระหว่างประเทศ. 2565. สินค้ากล้วยไม้. แหล่งข้อมูล: [https://ditp.go.th/ditp\\_web61/article\\_sub\\_view.php?filename=contents\\_attach/792005/792005.pdf&title=792005&cate=743&d=0](https://ditp.go.th/ditp_web61/article_sub_view.php?filename=contents_attach/792005/792005.pdf&title=792005&cate=743&d=0). เข้าถึงเมื่อ 23 สิงหาคม 2565.

Wang, D., Wang, Y., Li, M., Yang, X., Wu, J., & Li, W. 2021. Using an Improved YOLOv4 Deep Learning Network for Accurate Detection of Whitefly and Thrips on Sticky Trap Images. Transactions of the ASABE, 64(3), 919-927.