

การพัฒนาซอฟต์แวร์เพื่อตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่ายโดยอัตโนมัติ

วิทยา บุญสุข^{1*}

Applying of Software for Automatic Seed Counting from Photographic Images

Witthaya Boonsuk^{1*}

¹ Department of Information Technology, Faculty of Management Sciences and Information Technology, Nakhon Phanom University, Nakhon Phanom, 48000

*Corresponding author: witthaya5773@gmail.com

Received: 8 July 2025; Revised: 16 November 2025; Accepted: 25 November 2025

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ในการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ในการตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่ายโดยอัตโนมัติ ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบที่ได้จากการประมวลผลภาพด้วยซอฟต์แวร์ที่พัฒนาใหม่จากกลุ่มภาพตัวอย่าง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 100 เมล็ด รวม 500 เมล็ด ในระดับมาตรฐานของภาพ 640x480 พิกเซล ความแม่นยำของกลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 85 % ความแม่นยำของกลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 95 % ความแม่นยำของกลุ่มที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 95 % ความแม่นยำของกลุ่มที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 95 % ความแม่นยำของกลุ่มที่ 5 มีค่าเฉลี่ย 95 % และความแม่นยำของค่าเฉลี่ยรวม 93 % วิธีการใช้ระบบต้องเพิ่มอุปกรณ์กล้องถ่ายภาพเชื่อมกับคอมพิวเตอร์แล้วทำการจับภาพโดยตรงจากกล้อง หรือนำภาพจากกล้องที่ถ่ายภาพทั่วไป สามารถนำมาประมวลผลกับซอฟต์แวร์ได้

ภาพรวมระบบที่พัฒนาถือว่ามีประสิทธิภาพ อยู่ในระดับดีมากแสดงว่าคุณภาพในการตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่าย ของซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นอยู่ ในระดับที่ค่อนข้างมีความเที่ยงตรงสูง และมีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้งานในการในการตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่ายต่อไป

คำสำคัญ: เมล็ดพืช, การกรอง, ภาพขาวดำ, ภาพ

Abstract

The objective of this research is to develop software for automatically counting seeds from photographic images. The system's performance was evaluated using image processing with the newly developed software on five sample image groups, each containing 100 seeds, totaling 500 seeds. The images used were in a standard resolution of 640x480 pixels. The accuracy of the system for each group was as follows: Group 1: 85% accuracy (average) Group 2: 95% accuracy (average) Group 3: 95% accuracy (average) Group 4: 95% accuracy (average) Group 5: 95% accuracy (average) Overall average accuracy: 93% To use the system, a camera must be connected to a computer to capture images directly, or pre-captured images from a standard camera can also be processed by the software.

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาการจัดการและเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยนครพนม จังหวัดนครพนม 48000

Overall, the developed system is considered highly efficient. The accuracy of the software in counting seeds from images is relatively high, making it suitable for practical applications in automatic seed counting from photographic images.

Keywords: Seed, Contours, Grayscale, Image

Introduction

ในปัจจุบันมีการนำระบบสารสนเทศเข้ามามีบทบาทใช้ในการทำงานมากขึ้น และมีบทบาทต่อการทำงานค่อนข้างจะสูงขึ้น ซึ่งมีส่วนจำเป็นอย่างมากในการดำเนินชีวิตในปัจจุบัน ตลอดจนการประยุกต์ในงานด้านอุตสาหกรรม เช่น การเกษตร อาหาร และการผลิต การตรวจนับจำนวนวัตถุดิบขนาดเล็ก เช่น เมล็ดถั่ว เมล็ดข้าวสาร หรือไข่ไก่ (Smith, et al., 2020) เป็นกระบวนการที่สำคัญและมีบทบาทสำคัญต่อการวางแผนและการบริหารจัดการ ทั้งในด้านคุณภาพ ปริมาณ และความสม่ำเสมอ อย่างไรก็ตาม การนับจำนวนวัตถุเหล่านี้ยังคงใช้วิธีการแบบดั้งเดิมที่ต้องพึ่งพามนุษย์ ซึ่งกระบวนการนี้มักมีข้อจำกัดในแง่ของเวลา ความแม่นยำ และความคุ้มค่า ในยุคของการพัฒนาด้านเทคโนโลยี โดยเฉพาะในด้านการประมวลผลภาพและปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence: AI) การนำซอฟต์แวร์และอัลกอริทึมมาช่วยในการนับจำนวนวัตถุจากภาพถ่ายได้รับความนิยมมากขึ้น การพัฒนาซอฟต์แวร์ดังกล่าวสามารถช่วยลดต้นทุน เพิ่มความเร็ว และเพิ่มความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนวัตถุอย่างมีประสิทธิภาพ (Zhang, et al., & He, D, 2020)

ในอุตสาหกรรมเกษตร การนับจำนวนวัตถุ เช่น เมล็ดพืชหรือผลผลิต เป็นกระบวนการที่สำคัญสำหรับการวิเคราะห์ผลผลิต การประเมินคุณภาพ และการวางแผนการเพาะปลูก ตัวอย่างเช่น การนับเมล็ดข้าวสารในปริมาณที่กำหนดเพื่อวิเคราะห์อัตราการผลิต (Wang, et al., 2021) หรือการนับจำนวนไข่ไก่ในฟาร์มเพื่อประเมินกำลังการผลิตของสัตว์เลี้ยง ข้อจำกัดของวิธีการตรวจนับวัตถุแบบดั้งเดิมที่ใช้ในปัจจุบัน เช่น การนับด้วยตาเปล่าหรือการใช้เครื่องมือกลไกแบบง่าย ๆ มีข้อจำกัดที่สำคัญ: 1) ไม่สามารถรองรับปริมาณงานที่มากได้ในเวลาอันสั้น 2) ขาดความยืดหยุ่นในการปรับใช้กับวัตถุดิบใหม่ 3) ไม่สามารถเก็บข้อมูลหรือผลลัพธ์เพื่อนำไปวิเคราะห์เพิ่มเติมได้

การวิจัยและพัฒนาซอฟต์แวร์สำหรับการนับจำนวนวัตถุจากภาพถ่าย เช่น เมล็ดถั่ว เมล็ดข้าวสาร หรือไข่ไก่ เป็นเรื่องที่มีความสำคัญและตอบโต้ความต้องการในยุคปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็นในแง่ของการลดต้นทุน เพิ่มความเร็ว หรือเพิ่มความแม่นยำของกระบวนการ นอกจากนี้ยังช่วยสร้างโอกาสใหม่ ๆ ในการวิเคราะห์ข้อมูลและการปรับปรุงกระบวนการในภาคอุตสาหกรรมต่าง ๆ ซึ่งเป็นก้าวสำคัญต่อการพัฒนาวัตกรรมการในอนาคต

Objective

1. เพื่อพัฒนาซอฟต์แวร์ตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่ายโดยอัตโนมัติ

Literature Review

การประมวลผลภาพ (Image Processing) และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นสาขาที่มีความเกี่ยวข้องกันอย่างลึกซึ้ง โดยมีเป้าหมายหลักคือการให้คอมพิวเตอร์สามารถ “เข้าใจ” และ “วิเคราะห์” ข้อมูลภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ การประมวลผลภาพมุ่งเน้นไปที่การปรับปรุงคุณภาพของภาพ การกรองสัญญาณรบกวน (Noise Reduction) การเพิ่มความคมชัด (Image Enhancement) การแบ่งส่วนภาพ (Segmentation) และการสกัดคุณลักษณะ (Feature Extraction) ซึ่งเป็นขั้นตอนสำคัญก่อนนำข้อมูลไปวิเคราะห์ในระบบการเรียนรู้ของเครื่อง

ทฤษฎีพื้นฐานของการประมวลผลภาพมีรากฐานมาจาก ทฤษฎีสัญญาณดิจิทัล (Digital Signal Theory) และการวิเคราะห์เชิงคณิตศาสตร์ เช่น การแปลงฟูเรียร์ (Fourier Transform) สำหรับการแยกความถี่ของภาพ และการแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) สำหรับการวิเคราะห์รายละเอียดของภาพในหลายระดับ การใช้เทคนิคเหล่านี้ช่วยให้สามารถดึงคุณสมบัติสำคัญของภาพออกมาเพื่อให้ Machine Learning นำไปใช้ในการจำแนกประเภทหรือระบุวัตถุได้อย่างแม่นยำ (Gonzalez, R., et al, 2018).

ในส่วนของ Machine Learning มีการนำอัลกอริทึมต่าง ๆ มาใช้ในการประมวลผลภาพ เช่น Support Vector Machine (SVM), K-Nearest Neighbors (KNN) และโดยเฉพาะอย่างยิ่ง Deep Learning ซึ่งเป็นการขยายแนวคิดของ Artificial Neural Networks (ANNs) ให้ลึกขึ้น (LeCun, Y., et., al, 2015). (Goodfellow, I., et, al, 2016). โดยเฉพาะสถาปัตยกรรม Convolutional Neural Networks (CNNs) ที่ออกแบบมาเฉพาะสำหรับการประมวลผลข้อมูลภาพ CNNs สามารถเรียนรู้รูปแบบเชิงพื้นที่ (Spatial Patterns) และคุณลักษณะของภาพในหลายระดับชั้นได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งทำให้เกิดความก้าวหน้าอย่างมากในด้านการรู้จำใบหน้า (Face Recognition), การตรวจจับวัตถุ (Object Detection), และการจำแนกภาพ (Image Classification)

การผสมผสานของ Image Processing และ Machine Learning จึงเป็นหัวใจสำคัญของระบบอัจฉริยะสมัยใหม่ เช่น ระบบกล้องวงจรปิดอัจฉริยะ, การแพทย์แม่นยำ (Precision Medicine) ผ่านการวิเคราะห์ภาพถ่ายทางการแพทย์ และระบบขับเคลื่อนอัตโนมัติ (Autonomous Vehicles) ซึ่งทั้งหมดอาศัยการประมวลผลภาพและการเรียนรู้เชิงลึกในการตัดสินใจอย่างแม่นยำและรวดเร็ว

งานวิจัยที่ใช้วิธี deep learning (segmentation models หรือ object detection เช่น YOLOv8) เพื่อแก้ปัญหาเมล็ดทับซ้อน, พื้นหลังไม่สม่ำเสมอ และตัวอย่างในภาคสนาม ซึ่งให้ความแม่นยำสูงขึ้นเมื่อเทียบกับเทคนิค threshold-based เดิม โดยเฉพาะบนภาพที่ซับซ้อนหรือความแปรผันสูงของเมล็ด/สภาพแสง (Santiago, H., et, al, 2025)

Methodology

การศึกษาปัญหา

เนื่องจากปัจจุบันโลกมีแนวโน้มที่จะนำระบบอัตโนมัติเข้ามาใช้งานและประยุกต์ใช้งานมากขึ้น แต่ยังคงขาดแคลนระบบประมวลผลอัตโนมัติ และระบบอัจฉริยะที่มีประสิทธิภาพและยังขาดความหลากหลายในการใช้งาน หรือประสิทธิภาพยังคงไม่เพียงพอมากนักสำหรับงานเชิงระบบ ที่มีความซับซ้อนมาก ๆ ซึ่งคุณสมบัติดังกล่าวยังต้องการพัฒนาอัลกอริทึมของระบบคัดแยกวัตถุให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น ในโลกแห่งการพัฒนา และจำเป็นต้องมีการพัฒนาและประยุกต์ใช้ระบบอัจฉริยะหรือระบบผู้เชี่ยวชาญในภาคเกษตรมากขึ้น เพื่อมาวิเคราะห์และปฏิบัติหน้าที่แทนมนุษย์ ซึ่งบุคคลที่ชำนาญเหล่านั้น มนุษย์อาจมีข้อจำกัดและต้องอาศัยความเชี่ยวชาญ ในการวิเคราะห์อย่างมาก จำเป็นต้องมีการประยุกต์ ใช้ระบบคัดแยกดังกล่าวในภาคเกษตร เพื่อความเป็นต่อและก้าวหน้าของเทคโนโลยีทางการคัดแยกทางการเกษตร เข้ามาประยุกต์ใช้ในองค์กรต่าง ๆ ซึ่งทำให้ลดต้นทุนในการจัดหาบุคลากร ที่มีความชำนาญการดังกล่าวเข้ามาทำงานช่วยให้ลดคนลดเวลาการคำนวณ และเกิดประสิทธิ ภาพในการเพิ่มผลผลิตให้กับเกษตรกรมากขึ้น

เครื่องมือและเทคโนโลยีที่ใช้

ฮาร์ดแวร์:

คอมพิวเตอร์ที่มี GPU, กล้องดิจิทัล ซอฟต์แวร์และไลบรารี: Visual C#, OpenCV, TensorFlow, NumPy

ขั้นตอนการพัฒนา

1) เก็บรวบรวมข้อมูล

– ถ่ายภาพเมล็ดถั่วในสภาวะแวดล้อมที่ต่างกัน

2) การประมวลผลภาพ

- ใช้เทคนิคการแปลงภาพเป็นขาวดำ การลดสัญญาณรบกวน และการแยกพื้นหลังออกจากเมล็ดถั่ว

3) การใช้การกรองและนับใช้ค่า CvInvoke.ContourArea เพื่อกรองเฉพาะรูปร่างที่มีพื้นที่มากพอ

- (ลดการตรวจจับจุดเล็ก ๆ ที่ไม่ใช่เมล็ดพืช)

4) การทดสอบและประเมินผล

- เปรียบเทียบผลการนับกับการนับโดยมนุษย์

การออกแบบและพัฒนาระบบ

1. Context Diagram ของระบบแสดงใน Figure 1

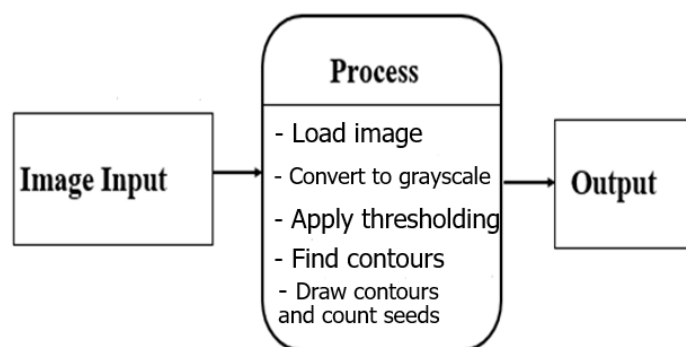


Figure 1 Overview of the context diagram of the system

จาก Figure 1 แสดงการทำงานของระบบ โดยระบบจะทำการรับข้อมูลภาพจากไฟล์ แล้วทำการส่งเข้าสู่ระบบ เพื่อทำการประมวลผลตรวจนับวัตถุหรือเมล็ดพืช ตามขั้นตอนที่มีการประมวลผลของระบบ และส่งออกรายงานผลลัพธ์

2. โครงสร้างของระบบแสดงใน Figure 2

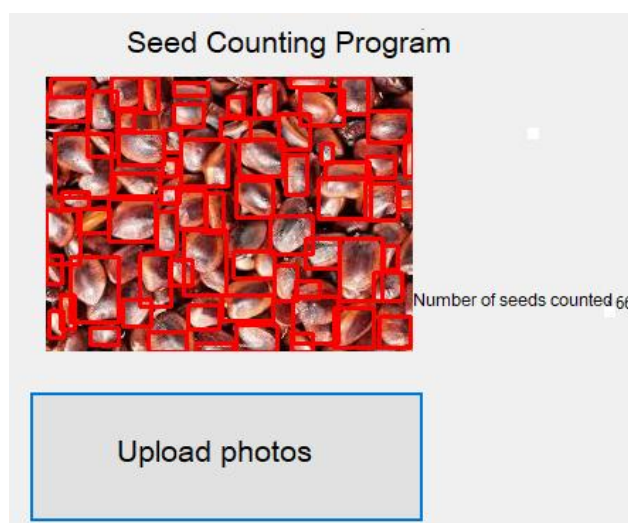


Figure 2 System structure

จาก Figure 2 โครงสร้างระบบจะประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ

1. Hardware ประกอบไปด้วย คอมพิวเตอร์และกล้องถ่ายภาพนิ่งความละเอียดสูง
2. Software คือระบบที่ผู้วิจัยได้ออกแบบและพัฒนา

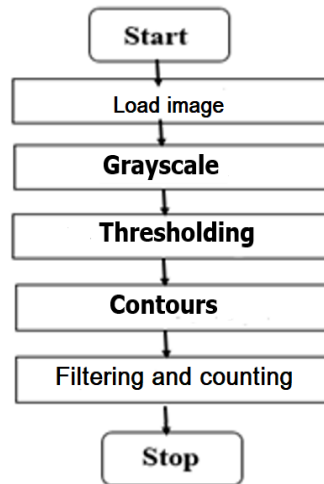


Figure 3 System processing

จาก Figure 3 ขั้นตอนของระบบมีรายละเอียดการทำงานดังนี้

1. (Image Input) การนำเข้าข้อมูลภาพซึ่งทำการเปิดจากแฟ้มภาพ
2. (Grayscale) ลดความซับซ้อนของภาพโดยแปลงเป็นภาพขาวดำ
3. (Thresholding) แปลงภาพเป็นแบบไบนารี (สีดำและสีขาว) โดยกำหนดค่า threshold.
4. การค้นหา(Contours) ใช้ CvInvoke.FindContours เพื่อตรวจจับรูปร่างในภาพ
5. การกรองและนับ ใช้ค่า CvInvoke.ContourArea เพื่อกรองเฉพาะรูปร่างที่มีพื้นที่มากพอ (ลดการตรวจจับจุดเล็ก ๆ ที่ไม่ใช่เมล็ดพืช) (Wang, et al., 2021), (Bradski, 2000)

3. รหัสเทียมหรือ (Coding) (Bradski, 2000), (Smith, et al., 2019)

```

private void CountSeeds(string imagePath)
{
    // Load image
    Image<Bgr, byte> image = new Image<Bgr, byte>(imagePath);
    // Convert to grayscale
    Image<Gray, byte> grayImage = image.Convert<Gray, byte>();
    // Apply thresholding
    Image<Gray, byte> binaryImage = grayImage.ThresholdBinary(new Gray(120), new Gray(255));
    // Find contours
    using (VectorOfVectorOfPoint contours = new VectorOfVectorOfPoint())
    {

```

```

CvInvoke.FindContours(binaryImage, contours, null, RetrType.External,
ChainApproxMethod.ChainApproxSimple); (Wang, et al., 2021)

// Draw contours and count seeds
int seedCount = 0;
foreach (var contour in contours.ToArrayOfArray())
{
    double area = CvInvoke.ContourArea(new VectorOfPoint(contour));
    if (area > 50) // Adjust threshold based on seed size
    {
        seedCount++;
        var boundingRect = CvInvoke.BoundingRectangle(new VectorOfPoint(contour));
        image.Draw(boundingRect, new Bgr(Color.Red), 2);
    }
}

// Display result
pictureBox.Image = image.ToBitmap();
lblResult.Text = $"จำนวนเมล็ดถั่วที่ตรวจพบ: {seedCount}";
}

```

4. การทดสอบระบบ

การวัดประสิทธิภาพของการค้นคืน (Munklang, 2012) สามารถทำได้โดยการใช้วิธี วัดค่าความแม่นยำ (Precision) ซึ่งเป็นการวัดความแม่นยำในการค้นหา(Contours) โดยใช้ CvInvoke.FindContours เพื่อตรวจจับรูปร่างในภาพในระบบโดยพิจารณาจาก จำนวนภาพที่ตรวจจับได้ เปรียบเทียบจากเมล็ดพืชที่มีอยู่จริง ที่ใช้เป็นข้อมูลทดสอบการนับได้ทั้งหมด(Unterkalmsteiner et al., 2023) แล้วนำมาคำนวณ แสดงดังสมการ

$$\text{Precision} = \frac{x_i - x_m}{x_m}$$

$$x_m = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

โดยที่ x_m คือ ค่าเฉลี่ยของการวัด

x_i คือ ค่าการวัดแต่ละครั้ง

Results

1. ผลการทดสอบเปรียบเทียบ หน้าจอการทำงาน (User Interface) แสดงใน Figure 4

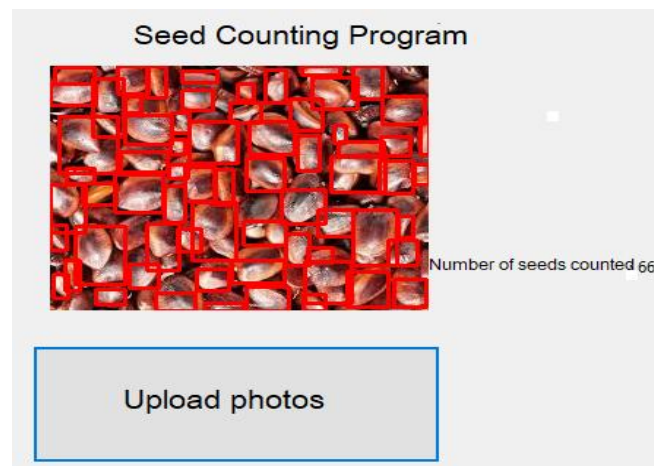


Figure 4 Prototype Screen

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบ

การประเมินหาประสิทธิภาพ ของระบบในการตรวจสอบค้นหา(Contours) ใช้ CvInvoke.FindContours เพื่อตรวจจับรูปร่างในภาพ กรณีทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างรูปภาพเมล็ดพืชต่าง ๆ แสดงค่าเฉลี่ยในเชิงปริมาณ และค่าเฉลี่ยในเชิงคุณภาพจากฐานข้อมูลรูปภาพเมล็ดพืชที่นำมาทดสอบ แบ่งเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ภาพ ภาพละ 20 เมล็ด รวมตัวอย่างกลุ่มละ 100 เมล็ด จากตัวอย่าง 5 กลุ่ม รวมทั้งหมด 500 เมล็ด (Thaweepol, 2012)

Test group	Figure 1	Figure 2	Figure 3	Figure 4	Figure 5
Rice					
Pumpkin					
Mung beans					
Red beans					
Black beans					

Figure 5 Group of test images

ที่มา: <https://morkeaw.net/organic-agriculture>

หลังจากที่ได้นำซอฟต์แวร์ ไปทดสอบตามวิธีการแบบ(Black Box) เรียบร้อยแล้วต่อไปจะเป็นการนำซอฟต์แวร์นี้ไปประเมิน เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบซอฟต์แวร์ และเป็นการทดสอบ เพื่อยอมรับระบบโดยผู้ใช้งาน (Acceptance Test by User)

ซึ่งกระบวนการประเมินระบบนี้ เป็นการประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพของผลงานทางระบบสารสนเทศ และซอฟต์แวร์ซึ่งจะแบ่งการประเมินระบบออกเป็น 4 ส่วนด้วยกันคือ

- 1) Function Requirement Test
- 2) Function Test
- 3) Usability Test
- 4) Security Test

แต่ในกรณีนี้ ต้องการทดสอบระบบหาประสิทธิภาพของระบบหรือซอฟต์แวร์อย่างเดียวก จึงเลือกใช้การวัดประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยใช้เกณฑ์ทดสอบทางประสิทธิภาพของการทำงานของซอฟต์แวร์คือ แบบทดสอบทาง (Function Test) ในการทดสอบ สำหรับการเตรียมข้อมูลที่ใช้โดยเป็นภาพดิจิทัลเมล็ดพืชทั่วไป ซึ่งในการทดลองนี้ได้ทดสอบข้อมูลภาพถ่ายเมล็ดพืช ซึ่งเป็นภาพที่มีนามสกุล *.jpg ทั้งหมดจากฐานข้อมูลรูปภาพที่นำมาทดสอบ แบ่งเป็น 5 กลุ่ม กลุ่มละ 5 ภาพ ภาพละ 20 เมล็ด รวมตัวอย่างกลุ่มละ 100 เมล็ด จากตัวอย่าง 5 กลุ่ม รวมทั้งหมด 500 เมล็ด

Table 1 Table comparing the efficiency of finding accuracy from 500 photos of the ripeness level of mangoes in all 5 groups

Types of seeds	Number of seeds (Actual count)	Number of seeds (counted by system)	Error (%)	Accuracy (%)
Rice	100	85	15 %	85 %
Pumpkin	100	95	5 %	95 %
Mung beans	100	95	5 %	95 %
Red beans	100	95	5 %	95 %
Black beans	100	95	5 %	95 %
Sun	500	465	7 %	93 %

จากตารางที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพ โดยการวัดค่าความแม่นยำ (Precision) ซึ่งเป็นการวัดความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่ายจากซอฟต์แวร์ต้นแบบที่พัฒนา และนำมาทดสอบกับภาพถ่ายตัวอย่าง กับจำนวนภาพที่นำมาทดสอบทั้งหมด โดยทดลองใช้ตัวอย่างทดสอบ 5 กลุ่มกลุ่มละ 100 เมล็ด เพื่อหาประสิทธิภาพการตรวจสอบความถูกต้อง จากการตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่าย ทั้ง 5 กลุ่ม โดยผลการวัดค่าความแม่นยำในการทดสอบมีดังนี้ ความแม่นยำของกลุ่มที่ 1 มีค่าเฉลี่ย 85% ความแม่นยำของกลุ่มที่ 2 มีค่าเฉลี่ย 95 % ความแม่นยำของกลุ่มที่ 3 มีค่าเฉลี่ย 95 % ความแม่นยำของกลุ่มที่ 4 มีค่าเฉลี่ย 95 % ความแม่นยำของกลุ่มที่ 5 มีค่าเฉลี่ย 95 % ค่าเฉลี่ยโดยรวม 93 % ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะของระบบ เพื่อความเที่ยงตรงของขั้นตอนวิธีการในการทำงานของโปรแกรมตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่ายที่ใช้ทดลองว่ามีความเหมาะสมหรือไม่เช่นความสว่าง หรือความเรียบร้อยของภาพ และพื้นหลังของภาพ

ควรเป็นสิ่งที่เข้มงวดจนความละเอียดของภาพข้อจำกัดอีกอย่างคือ ใช้ได้เฉพาะในเครื่องส่วนบุคคลทั่วไปเท่านั้น และต้องมีอุปกรณ์กล้องที่มีความละเอียดที่ได้มาตรฐานเพื่อความเที่ยงตรงในการใช้งาน ในกรณีรับข้อมูลผ่านกล้อง

Conclusion and Discussion

จากผลการวัดค่าความแม่นยำในการทดสอบระบบ เพื่อตรวจสอบความแม่นยำในการตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่าย ที่ได้จากการประมวลผลของระบบที่พัฒนาขึ้นใหม่ จากกลุ่มภาพตัวอย่าง 5 กลุ่ม กลุ่มละ 100 เมล็ดในระดับความละเอียดของภาพ 640x480 Pixel โดยความแม่นยำ มีค่าเฉลี่ยรวม 93 % ซึ่งถือว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับดีมาก แสดงว่าประสิทธิภาพในการตรวจนับจากกลุ่มภาพทดสอบทั้ง 5 กลุ่ม อยู่ในระดับที่ค่อนข้างเที่ยงตรง และมีความเหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ ใช้งานในการประมวลผลในการตรวจนับจำนวนเมล็ดพืชจากภาพถ่าย โดยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ โดยการวิเคราะห์หาขอบของภาพควรพัฒนาหาเทคนิคใหม่ ๆ เพิ่มขึ้นเพื่อความเที่ยงตรงในการใช้งาน และให้มีความสะดวกในการใช้งานในคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ซึ่งควรนำระบบที่พัฒนาไปทดสอบเปรียบเทียบกับระบบอื่น ๆ หรืองานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อหาความเที่ยงตรงของระบบที่พัฒนา ทำให้สามารถนำขั้นตอนวิธีการที่พัฒนาขึ้นใหม่ ไปประยุกต์ใช้งานให้เกิดประสิทธิภาพต่อไป

แต่วิธีที่ใช้เป็นวิธีพื้นฐานที่ซอฟต์แวร์ทั่วไปใช้ คือ Thresholding และ Contours (ImageJ, SeedCounter แบบคลาสสิก) ซึ่งเหมาะเมื่อพื้นหลังเรียบ แสงสม่ำเสมอ เมล็ดไม่ทับซ้อนกันมาก สามารถตั้งค่าได้เร็วและประมวลผลได้เร็ว (low compute). ข้อจำกัดชัดเจนคือความไวต่อแสงเงา พื้นผิวสีใกล้เคียง และการซ้อนกันของวัตถุ ทำให้เกิด under-/over-segmentation ได้ง่ายควรปรับไปใช้ แนวทางเชิงลึกจากงานวิจัย Deep Learning (detection/segmentation models เช่น YOLO, U-Net, custom CNNs เช่น SeedSeg) งานวิจัยใหม่ ๆ พัฒนาโมเดลที่เรียนรู้ “รูปร่าง-ลักษณะ” ของเมล็ดและแยกวัตถุแม้จะทับซ้อนหรือบนพื้นหลังซับซ้อน โมเดลพวกนี้มักให้ความแม่นยำสูงกว่าโดยเฉพาะกับภาพสนามจริง แต่อาศัยข้อมูลฝึก (labeled data) จำนวนมากและการตั้งค่าพารามิเตอร์/การเทรนที่ซับซ้อน นอกจากนี้ต้องการฮาร์ดแวร์ (GPU) สำหรับฝึกสอนหรือเร่งการประมวลผล ตัวอย่างงานที่พัฒนา SeedSeg หรือ YOLOv8-HD แสดงให้เห็นความแม่นยำและความเร็วที่ดีสำหรับการนับเมล็ดโดยอาศัยสถาปัตยกรรมสมัยใหม่

Acknowledgements

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจากคณบดี ทีมผู้บริหารคณะทุกท่านที่กรุณาให้การสนับสนุนทุนทำวิจัย คำแนะนำให้คำปรึกษา ตลอดจนสถานที่ทำวิจัย ห้องปฏิบัติการของคณะ ด้วยความเอาใจใส่อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยตระหนักถึง ความตั้งใจจริงและความทุ่มเทของผู้บริหารและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

References

- Bishop, C. M. (2006). *Pattern Recognition and Machine Learning*. Springer.
- Bradski, G. (2000). *The OpenCV library*. Dr. Dobbs' Journal: Software Tools for the Professional Programmer, 25(11), 120–125.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2018). *Digital Image Processing* (4th ed.). Pearson Education.
- Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). *Deep Learning*. MIT Press.
- LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep learning. *Nature*, 521(7553), 436–444.

- Munklang . Y (2012). *Image Retrieval using Feature Vec tors of Color Cluster*. King Mongkuts UniverSity of Technology Thonburi.Bangkok (Thailand). Graduate School. (in Thai)
- Pathare, P.B., U.L. Oparaand and F.A. Al-Said. (2013). Colour measurement and analysis in fresh and processed foods: A review. *Food and Bioprocess Technology*, 6, 36–60.
- Santiago Hernández, Vivian Zhong & Jennifer A. N. Brophy. (2025). SeedSeg: image-based transgenic seed counting for segregation analysis of T-DNA loci. *journal of Crop Science and Biotechnology*.
- Smith, J., et al. (2019). *Comparison of Edge Detection Techniques for Medical Imaging*. *Journal of Image Processing*, 35(2), 101–115.
- Smith, J., et al. (2020). Automatic Seed Counting Using Deep Learning. *Journal of Agricultural Engineering* ,45(3), 120–130.
- Thaweepol.N. (2012). *Accuracy and Precision*. Form <http://www.foodnetwork solution.com /wiki/word/4290/precision>. (in Thai)
- Trinderup, C.H. and Y.H.B. Kim. (2015). Fresh meat color evaluation using a structured light imaging system. *Food Research International*, 71, 100– 107.
- Unterkalmsteiner, M., Gorschek, T., Islam, A. K. M. M., Cheng, C. K., Permadi, R. B., & Feldt, R. (2023). *Evaluation and measurement of software process improvement A systematic literature review*. arXiv.
- Wang, L., et al. (2021). *Canny vs Laplacian: An Evaluation for Satellite Image Processing*. In *Proceedings of the International Conference on Computer Vision in Agriculture* (pp. 78–85).
- Wang, L., et al. (2021). *Image Processing Techniques for Seed Counting*. In *Proceedings of the International Conference on Image Analysis* (pp. 87–95).
- Zhang, Y., Wu, L., & He, D. (2020). Application of deep learning in agriculture: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 173, Article 105387.