FEAT JOURNAL
FARM ENGINEERING AND AUTOMATION TECHNOLOGY JOURNAL
วารสารวิศวกรรมฟาร์มและเทคโนโลยีการควบคุมอัตโนมัติ

การพัฒนาระบบวัดขนาดเม็ดอาหารสัตว์เลี้ยงแบบ 3 มิติอย่างง่าย ด้วยกล้อง Intel RealSense และ ไลบรารี Streamlit

A Simple 3D Pet Food Pellet Measurement Application based on Intel RealSense and Streamlit

วิชิต เรือนชัย, สุรศักดิ์ บุญร่วม, ไพศาล ทวีสุข, อิทธิชัย อึ้งวัฒนศิริกุล, เจตรินทร์ ศรีอาราม และ ชัชชล เปรมชัยสวัสดิ์[1)*]

Wichit Ruanchai, Surasak Boonruam, Paisarn Thaveesuk, Ittichai Oungwattanasirikul, Chettarin Sriarram and Shutchon Premchaisawatt[1)*]

[1)] สาขาวิชาเทคโนโลยีระบบการผลิตอัตโนมัติ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

[1)] Department of Automated Manufacturing System Technology, Faculty of Technical Education, Rajamangala University of Technology Isan, Khon Kaen Campus

Received: 12 November 2025
Revised: 5 December 2025
Accepted: 11 December 2025
Available online: 26 December 2025

บทคัดย่อ

การควบคุมคุณภาพขนาดเม็ดอาหารสัตว์เลี้ยงเป็นปัจจัยสำคัญในกระบวนการผลิต ซึ่งในปัจจุบันกระบวนการตรวจสอบส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาแรงงานมนุษย์ ส่งผลให้เกิดความล่าช้าหรือมีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูง และไม่สามารถตรวจสอบแบบเรียลไทม์ได้ งานวิจัยนี้จึงนำเสนอการพัฒนาระบบวัดขนาดเม็ดอาหารสัตว์เลี้ยงแบบ 3 มิติอัตโนมัติ เพื่อทดแทนกระบวนการตรวจสอบด้วยแรงงานมนุษย์ โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) ด้วยเทคนิค Thresholding และ Contour Detection ร่วมกับกล้องวัดระยะ (Depth Camera) รุ่น Intel RealSense D435i ทำให้สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งความกว้าง ความยาว และความหนาของ

เม็ดอาหาร ระบบนี้ถูกพัฒนาเป็นเว็บแอปพลิเคชันโดยใช้ไลบรารี Streamlit เพื่อให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงผลการวิเคราะห์ได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว ผลการทดสอบเปรียบเทียบกับเวอร์เนียคาลิปเปอร์ ในเม็ดอาหาร 3 รูปแบบ พบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำเฉลี่ย 93.55% ของความกว้าง 93.93% ของความยาว และ 93.62% ของความหนา ซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วกว่าการวัดด้วยแรงงานคน ระบบนี้จึงแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการเป็นเครื่องมือควบคุมคุณภาพที่มีประสิทธิภาพสำหรับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เลี้ยงด้วยการพัฒนาระบบที่ง่าย

คำสำคัญ: ประมวลผลภาพ วัดขนาดเม็ดอาหารสัตว์เลี้ยง กล้องวัดระยะ Streamlit เม็ดอาหารสัตว์เลี้ยง

Abstract

Quality control of pet food pellet size is a critical factor in the manufacturing process. Currently, most inspections rely on manual labor, which leads to delays, high error rates, and the inability to perform real-time monitoring. This research proposes an automated 3D pet food pellet measurement system to replace manual inspection. The system applies image processing techniques, specifically thresholding and contour detection, utilizing an Intel RealSense D435i depth camera to analyze width, length, and thickness. To ensure convenient and fast access to the results, the system was developed as a web application using the Streamlit library. Experimental results comparing the system with a vernier caliper across three pellet shapes showed average accuracies of 93.55% for width, 93.93% for length, and 93.62% for thickness. This process is significantly faster than manual measurement. Consequently, this system demonstrates potential as an effective and simple-to-develop quality control tool for the pet food industry.

Keywords: Image processing: pellet size measurement: Depth camera: Streamlit: pet food pellet

*ติดต่อ: shutchon.pr@rmuti.ac.th

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบัน อุตสาหกรรมการผลิตจำเป็นต้องเผชิญกับความท้าทายหลากหลายมิติ ไม่ว่าจะเป็นต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นหรือสภาวะการขาดแคลนแรงงานทักษะ (Skill Labor Shortage) หรือความต้องการของตลาดที่มีความผันผวนและเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว ปัจจัยเหล่านี้ได้ผลักดันให้ผู้ประกอบการต้องนำเทคโนโลยีอัตโนมัติ (Automation Technology) เข้ามาประยุกต์ใช้ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิต ลดความคลาดเคลื่อนจากมนุษย์ (Human Error) และเพิ่มขีดความสามารถในการตอบสนองต่อตลาดให้ทันท่วงที

โดยเฉพาะอย่างยิ่งในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เลี้ยงของประเทศไทย ซึ่งมีการเติบโตอย่างก้าวกระโดดและ

มีบทบาทสำคัญในฐานะผู้ส่งออกรายใหญ่อันดับ 4 ของโลกในปี 2567 [1] หนึ่งในความท้าทายสำคัญที่ยังคงพบในกระบวนการผลิต คือ การควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้มีความสม่ำเสมอ (Quality Control) โดยเฉพาะการควบคุมขนาดเม็ดอาหาร (Pellet Size) ซึ่งเป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพสินค้าและความพึงพอใจของผู้บริโภค

การที่ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะไม่ตรงตามมาตรฐานที่กำหนดไว้ ไม่ว่าจะเป็นด้านขนาด สี หรือการปนเปื้อน อาจนำไปสู่การร้องเรียนจากลูกค้าและการส่งคืนสินค้า ซึ่งกระทบต่อข้อกำหนดในระบบมาตรฐานสากล ISO 9001:2015 [2] และส่งผลเสียต่อชื่อเสียงและความน่าเชื่อถือของอุตสาหกรรมไทยในเวทีโลก อย่างไรก็ตาม กระบวนการตรวจสอบในโรงงานส่วนใหญ่ยังคงพึ่งพาการตรวจสอบด้วยสายตาโดยแรงงานมนุษย์ (Manual Inspection) ซึ่งเป็นกระบวนการที่ล่าช้าและมีโอกาสเกิดความผิดพลาดสูง (Error-Prone) และไม่สามารถทำการตรวจสอบแบบเรียลไทม์ (Real-time) ได้ การตรวจสอบเป็นช่วงเวลา (Periodic Inspection) ไม่สามารถให้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) ได้ทันที ทำให้เกิดความเสี่ยงในการผลิตสินค้าที่ไม่ได้คุณภาพเป็นปริมาณมากก่อนที่จะมีการตรวจพบและแก้ไข

เพื่อแก้ไขปัญหาและก้าวข้ามข้อจำกัดดังกล่าว งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) ร่วมกับกล้องวัดระยะ (Depth Camera) ในการพัฒนาระบบวัดขนาดเม็ดอาหารสัตว์เลี้ยง ที่สามารถวิเคราะห์ได้ทั้งความกว้าง ความยาว และความหนาของเม็ดอาหาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบอัตโนมัติที่มีประสิทธิภาพมาทดแทนกระบวนการตรวจสอบด้วยแรงงานมนุษย์ นอกจากนี้ งานวิจัยได้เลือกใช้ Streamlit ซึ่งเป็นไลบรารี Python แบบโอเพนซอร์สในการพัฒนาส่วนต่อประสานกับผู้ใช้งาน (User Interface) ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน เนื่องจากมีจุดเด่นด้านการพัฒนาที่รวดเร็วและ ใช้งานง่าย ไม่ซับซ้อน และช่วยให้ผู้ใช้งานสามารถเข้าถึงผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างสะดวกและมีประสิทธิภาพ [3]

2. การทบทวนวรรณกรรม

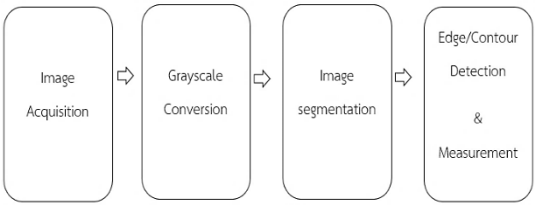
การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพ (Image Processing) เพื่องานตรวจสอบคุณภาพเชิงอุตสาหกรรม (Industrial Quality Control) โดยเฉพาะการวัดขนาดและรูปร่างของผลิตภัณฑ์ ได้รับความสนใจอย่างต่อเนื่องในแวดวงวิชาการ การวัดขนาดวัตถุด้วยเทคโนโลยีกล้อง Depth Camera ได้รับความสนใจอย่างมากในงานวิจัยหลายสาขา เช่น [4] อุตสาหกรรมเหล็กและเกษตรกรรม โดยระบบการมองเห็น 3D ถูกนำมาใช้วัดขนาดของเม็ดเหล็ก (pellet) บนสายพานลำเลียง ซึ่งใช้กล้อง 3D ร่วมกับอัลกอริทึม segmentation และ sphere fitting เพื่อให้ได้ค่าการกระจายขนาดที่แม่นยำ สำหรับในงานเภสัชกรรม [5] เทคโนโลยี CAMSIZER 3D สามารถวัดขนาดเม็ดยาและ granule ในช่วง 20 μm ถึง 30 mm โดยใช้กล้องความละเอียดสูงถึง 9 MP ในการวิเคราะห์รูปร่าง 3D จากหลายมุมมองพร้อมกัน ด้านการวัดขนาดผลไม้ [6] กล้อง RGB-D เช่น Azure Kinect DK ถูกนำมาใช้ประมาณขนาดและน้ำหนักแอปเปิลในสภาพภาคสนาม โดยใช้ทฤษฎี thin lens ร่วมกับ allometric modeling ซึ่งให้ค่าความแม่นยำสูง ($R^2 > 0.942$, RMSE < 16 g) อย่างไรก็ตาม ประสิทธิภาพของกล้อง RGB-D จะลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

เมื่อความเข้มแสงโดยรอบสูงเกิน 2000 lux [7] แต่ปัญหานี้สามารถลดลงได้เมื่อวัดในระยะใกล้

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการวัดขนาดอาหารสัตว์เลี้ยง ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องโดยตรง เช่น งานของ Ljungqvist และคณะ [8] ที่ได้พัฒนาระบบวิเคราะห์ภาพสำหรับตรวจสอบขนาดเม็ดอาหาร (Feed Pellet) ในกระบวนการผลิตภาคอุตสาหกรรม โดยใช้เทคนิคการแปลงภาพเป็น Grayscale และการดำเนินการทางสัณฐานวิทยา (Morphological Operations) เพื่อสกัดค่าแกนหลัก (Major Axis) และแกนรอง (Minor Axis) ของเม็ดอาหาร ซึ่งมีการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับค่าที่วัดได้จากเวอร์เนียคาลิปเปอร์ ดังรูปที่ 1 เช่นเดียวกับที่ดำเนินการในงานวิจัยนี้

อย่างไรก็ตาม หนึ่งในความท้าทายสำคัญของระบบวิชันซิสเต็ม (Vision System) คือการจัดการกับวัตถุที่อยู่ซ้อนทับกัน (Overlapping Objects) ซึ่งงานวิจัยของ Wang และคณะ [9] ได้นำเสนอแนวทางแก้ไขปัญหานี้ในการวัดขนาดเม็ดแร่เหล็ก โดยประยุกต์ใช้อัลกอริทึม Marker-Controlled Watershed ร่วมกับการแบ่งส่วนภาพแบบ Gaussian Mixture Model (GMM) เพื่อจำแนกเม็ดที่ซ้อนทับกันออกจากกันก่อนดำเนินการวัดขนาด

นอกเหนือจากปัจจัยด้านอัลกอริทึมแล้ว สภาวะแวดล้อมในการถ่ายภาพ โดยเฉพาะการควบคุมแสง (Lighting Control) ยังเป็นองค์ประกอบที่มีนัยสำคัญอย่างยิ่งต่อความแม่นยำของระบบ งานวิจัยหลายชิ้นในบริบทของประเทศไทยได้ตระหนักถึงความสำคัญนี้ เช่น งานของ สันติภาพ สัตย์ธรรมรังษี และ อรอุมา พร้าโมต [10] ที่ใช้ระบบไฟ LED สีขาว 4 ดวง เพื่อลดการเกิดเงาในการจำแนกขนาดแก้วมังกร สอดคล้องกับงานของ สิรวิชญ์ เดชอธิรัชช์ [11] ที่ใช้ไฟ LED สีขาวอุณหภูมิสี 6500K เพื่อสร้างสภาวะแสงที่คงที่ในการทำนายความสุกของผลอะโวคาโด และงานของนคินทร พัฒนชัย และคณะ [12] ที่ทำการศึกษาเปรียบเทียบผลกระทบของการถ่ายภาพยางแผ่นใน 3 สภาวะแสงที่แตกต่างกัน



รูปที่ 1 แสดงขั้นตอนของการประมวลผลภาพ

ในขณะที่งานวิจัยส่วนใหญ่ [10-13] ยังคงพึ่งพาการใช้กล้อง 2 มิติ ซึ่งมีข้อจำกัดโดยธรรมชาติในการวัดค่าความหนาหรือการเก็บข้อมูลเชิง 3 มิติ งานวิจัยนี้จึงเลือกใช้กล้องวัดระยะ (Depth Camera) รุ่น Intel RealSense D435i เพื่อก้าวข้ามข้อจำกัดดังกล่าว ซึ่งเทคโนโลยีนี้มีงานวิจัยรองรับการใช้งานเพื่อวัดขนาดวัตถุ 3 มิติแบบเรียลไทม์ เช่น งานของ Wang และคณะ [14] ที่พัฒนาระบบวัดขนาดวัตถุ 3 มิติ โดยใช้กล้อง RealSense ร่วมกับไลบรารี OpenCV และ pyrealsense2 ซึ่งเป็นกลุ่มเครื่องมือเดียวกันกับที่ใช้ในงานวิจัยนี้ โดยเทคโนโลยีกล้อง RealSense อาศัยหลักการ Stereovision ร่วมกับโปรเจคเตอร์อินฟราเรด (IR Projector) ในการสร้างข้อมูลความลึก (Depth Image)

สุดท้าย ในด้านการนำเสนอผลลัพธ์และการโต้ตอบกับผู้ใช้งาน งานวิจัยนี้ได้เลือกใช้ Streamlit ในการสร้างเว็บแอปพลิเคชัน ซึ่งสอดคล้องกับแนวโน้มการประยุกต์ใช้ Streamlit ในงานวิจัยทางวิทยาศาสตร์และการแพทย์ เพื่อพัฒนาเครื่องมือที่เน้น

"ความสามารถในการใช้งานทางคลินิกและความสะดวกในการเข้าถึง" (clinical usability and ease of access) สำหรับการแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลหรือแบบจำลองปัญญาประดิษฐ์ที่มีความซับซ้อน [3]

3. วิธีการวิจัย

วัตถุประสงค์ของการวิจัยนี้ เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบการวัดที่พัฒนาขึ้นเมื่อเทียบกับวิธีการตรวจสอบแบบเดิม โดยใช้เวอร์เนีย

3.1. ขั้นตอนการทดลอง

พัฒนา Application เพื่อวัดขนาดของเม็ดอาหารสัตว์เลี้ยงด้วยการใช้โปรแกรม ทำงานร่วมกับ กล้องแบบระยะ(Depth Camera) แล้วนำมาเปรียบเทียบกับผลการวัดของมนุษย์ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1.1. ข้อมูลภาพจากกล้องที่ถูกป้อนเข้าสู่ระบบประมวลผลภาพ (Input)

3.1.2. ระบบใช้เทคนิค Thresholding และ Contour Detection เพื่อแยกขอบวัตถุ

3.1.3. ระบบคำนวณขนาดวัตถุจากจำนวนพิกเซลแล้วแปลงเป็นหน่วยจริง (mm) โดยความหนาคำนวณจากระยะจากกล้องถึงพื้นลบด้วยระยะจากกล้องถึงวัตถุ

3.1.4. นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับค่าจริงจากเครื่องมือ เพื่อประเมินผลความถูกต้อง

ซึ่งการเปรียบทำซ้ำ 3 ครั้ง แต่ละครั้งวัดแต่ละรูปแบบของอาหารแต่ละลักษณะจำนวนแบบละ 20 เม็ด (ทรงเหลี่ยม ทรงปลา ทรงหอยเชลล์) รวมเป็นครั้งละ 60 เม็ด จึงมีตัวอย่างทดลองทั้งหมด 180 เม็ด ซึ่งมีการวางจัดเรียงเป็นแถวและจัดระยะห่าง

3.2. อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1. ถาดพื้นหลังตัดกับวัตถุ และ หลอดไฟ LED 11 watt จำนวน 4 หลอด

3.2.2. กล้อง Depth Cameraรุ่น RealSense D435i ยี่ห้อ Intel พร้อมขาตั้ง

3.2.3. คอมพิวเตอร์ควบคุมสำหรับรับภาพและประมวลผล OS: Window 10, Intel i-7, RAM 8GB

3.2.4. เวอร์เนียวัดขนาด สำหรับวัดเทียบผลที่ได้จากกล้อง Depth Camera

3.2.5. Software PyCharm ในการประมวลผล

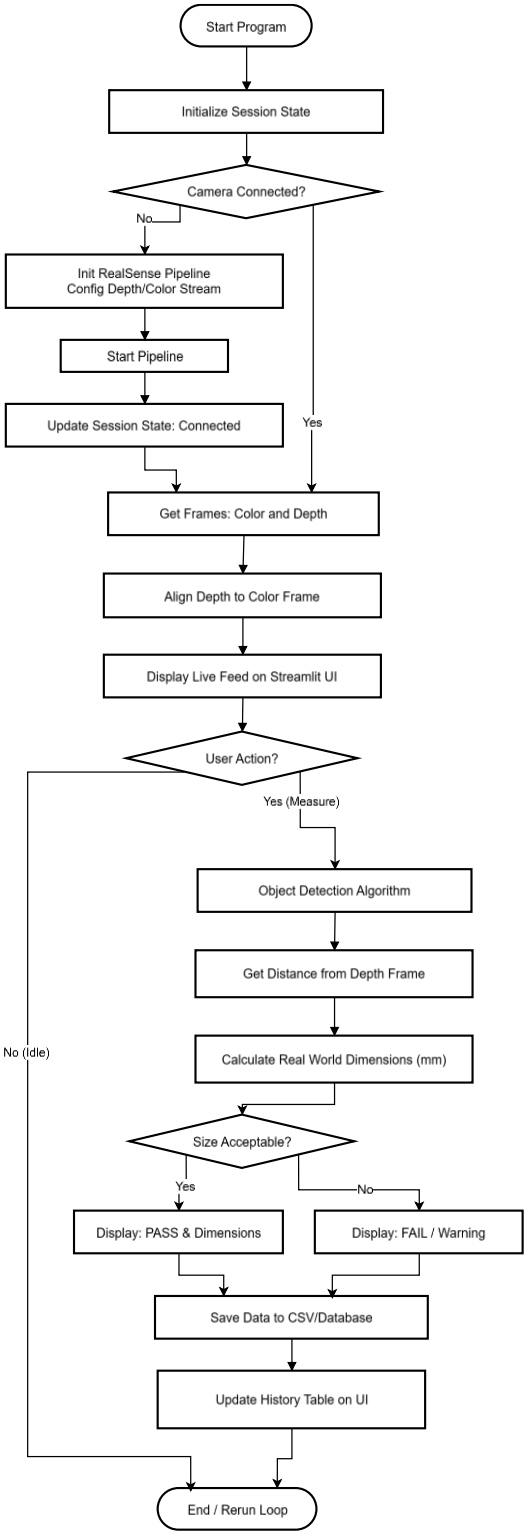
3.2.6. อาหารแมว/สุนัข รูปร่างต่างๆ 3 แบบ

รูปที่ 2 อุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

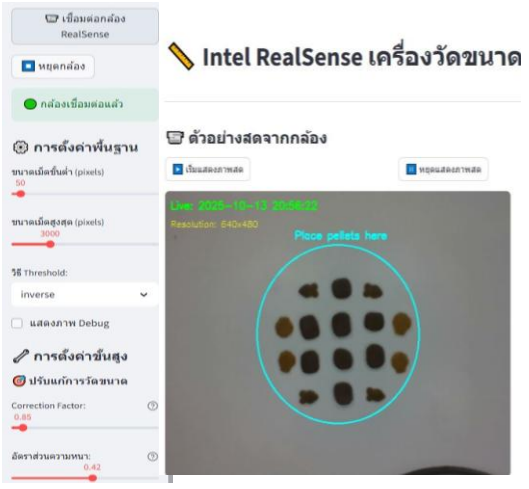
3.3. การออกแบบซอฟต์แวร์

การออกแบบซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์นั้น จะใช้ Streamlit เป็น UI แบบ เวปแอปพลิเคชัน สำหรับเชื่อมต่อกับผู้ใช้งาน ซึ่งหลักการทำงานทั้งหมดมีทำงานตาม Flowchart ดังรูปที่ 3 โดยออกแบบ ดังนี้

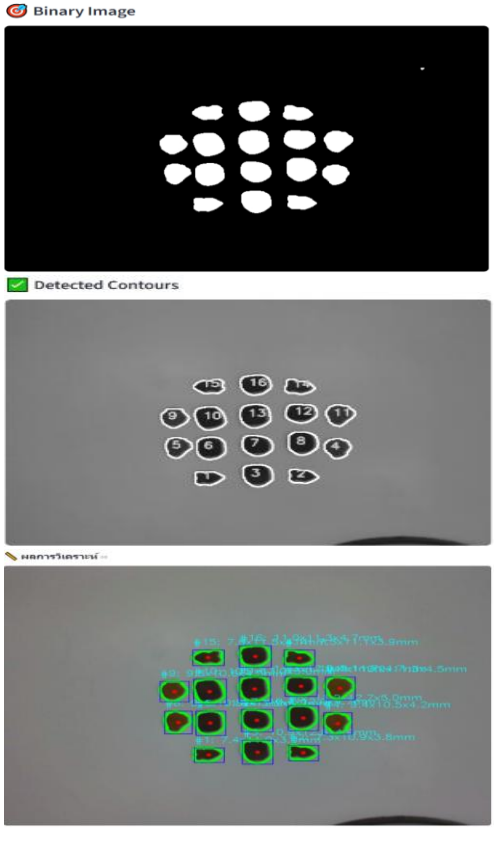
3.3.1. ด้าน side bar มีปุ่มสำหรับใช้ในการเชื่อมต่อกล้อง มีส่วนของ slider bar สำหรับปรับ Calibration Factor มีส่วนของ slider bar ของจำนวน เม็ดอาหาร Minimum และ Maximum ที่สามารถวัดได้



รูปที่ 3 Flowchart การทำงานของ Software



รูปที่ 4 side bar และ Preview ภาพก่อนการวัดขนาด



รูปที่ 5 ตัวอย่าง Grayscale, Detect Contours และผลการวิเคราะห์

3.3.2. มีปุ่มในการ Preview แบบ Realtime เพื่อให้สามารถวางเม็ดอาหารให้อยู่ในขอบเขตที่กล้องสามารถวัดได้ ดังรูปที่ 4

3.3.3. หน้าต่างแสดงผล จะมีภาพจริงที่วัดมาได้ มีรูปที่เป็น Grayscale มีภาพ contour ของเม็ดอาหาร และ มีภาพผลวิเคราะห์สุดท้ายที่ระบุ ขนาด และลำดับของเม็ดอาหาร ดังรูปที่ 5

3.3.4. แสดงผลข้อมูลการวัดล่าสุด ประกอบด้วยข้อมูล ลำดับที่ของเม็ดอาหารที่วัดคือ ความกว้าง ความยาว ความหนา และแสดงระยะห่างของกล้องกับเม็ดอาหารแต่ละเม็ดและพื้นที่ของแต่ละเม็ด ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1
ตัวอย่างข้อมูลการวัด

วันเวลา	เม็ดที่	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)	ระยะห่าง (mm)
13/10/2025 8:22	1	7.21	10.87	3.8	189
13/10/2025 8:22	2	7.56	10.85	3.87	189
13/10/2025 8:22	3	10.84	12.01	4.8	187
13/10/2025 8:22	4	9.16	10.84	4.2	188
13/10/2025 8:22	5	10.28	11.73	4.62	187

3.4. ตัวอย่าง Python Library ที่ใช้ในการพัฒนา

3.4.1. Library ที่ต้องนำเข้า ดังรูปที่ 6

```python
import streamlit as st
import pyrealsense2 as rs
import numpy as np
import cv2
import pandas as pd
from datetime import datetime
```

รูปที่ 6 library ที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรม

ซึ่ง Streamlit เป็นLibrary สำหรับ UI เวปแอปพลิเคชัน pyrealsense2 เป็นLibrary สำหรับ ติดต่อกล้อง Intel Realsense D435i numpy เป็นLibrary สำหรับข้อมูล array คำนวณ matrix cv2 เป็นLibrary สำหรับประมวลผลภาพ(Image Processing) pandas เป็น Library สำหรับตารางข้อมูล และ export ข้อมูล และ datetime เป็นLibrary สำหรับ timestamp

3.4.2. Code บางส่วนในการ เชื่อมต่อกล้อง ดังรูปที่ 7 ซึ่งใช้ในการเชื่อมต่อกล้องกับโปรแกรมเพื่อวัดขนาดเมล็ดอาหาร

3.4.3. Code บางส่วนที่ใช้ในการวัดขนาดของเม็ดอาหาร โดยใช้ opencv ดังรูปที่ 8

```python
st.sidebar.header("การควบคุม")
if st.sidebar.button("เชื่อมต่อกล้อง RealSense"):
   with st.spinner("กำลังเชื่อมต่อกล้อง..."):
       camera = RealSenseCamera()
       if camera.initialize():
           st.session_state.camera = camera
           st.session_state.camera_connected = True
           st.success("เชื่อมต่อกล้องสำเร็จ!")
       else:
           st.error("ไม่สามารถเชื่อมต่อกล้องได้")

if st.sidebar.button("หยุดกล้อง") and
st.session_state.camera_connected:
   if hasattr(st.session_state, 'camera'):
       st.session_state.camera.stop()
   st.session_state.camera_connected = False
   st.success("หยุดกล้องแล้ว")

if st.session_state.camera_connected:
   st.sidebar.success("กล้องเชื่อมต่อแล้ว")
else:
   st.sidebar.error("กล้องไม่ได้เชื่อมต่อ")
st.sidebar.markdown("---")
```

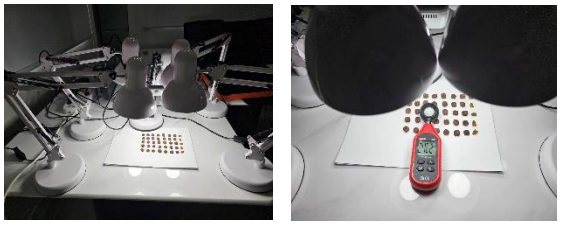
รูปที่ 7 ตัวอย่างโค้ดสำหรับเชื่อมต่อกล้อง Intel RealSense D435i เพื่อเริ่มต้นการรับข้อมูลภาพ

```
# Find all contours
cnts, _ = cv2.findContours(edged.copy(),
cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)

# Iterate over contours
for c in cnts:
    # Filter small contours (noise)
    if cv2.contourArea(c) < 100:
        continue

    # Get rotated bounding box and dimensions
    # rect = ((center_x, center_y), (width, height),
angle)
    rect = cv2.minAreaRect(c)
```

รูปที่ 8 ตัวอย่างโค้ดสำหรับตรวจจับขอบวัตถุและคำนวณขนาดเม็ดอาหารโดยใช้ OpenCV

3.5 การออกโครงสร้างแบบอุปกรณ์

ติดตั้งโคมไฟ 4 ชุด 11 Watt โดย ปรับระดับให้ได้ความเข้มแสง 2,500 lux และวางกล้อง Intel RealSense ไว้ตรงกลางกล้อง มีระยะห่างจากพื้นฉาก 200 mm ดังรูปที่ 9



รูปที่ 9 การติดตั้งอุปกรณ์

การคำนวณจาก datasheet ได้ใช้ focal length เท่ากับ 615 mm และ correction factor เท่ากับ 0.85 จะได้ pixel ต่อระยะคือ 0.276 mm/pixel จากสมการที่ (1)

$$\text{pixeltomm} = \frac{(\text{dept}h_m\text{m} \times 1000)}{\text{foca}l_\text{length}} \times \text{correction_factor} \quad (1)$$

4. ผลการวิจัย

ทำการเปรียบเทียบข้อมูลระหว่าง แรงงานคนวัด เทียบกับ เครื่องวัด จากการทดสอบใช้กล้องในการวัดขนาดอาหาร โดยใช้เม็ดอาหารที่มีความแตกต่างกัน 3 รูปแบบ เทียบกับแรงงานคนวัดขนาด ดังแสดงในตารางที่ 2 แสดงความถูกต้องของการวัดด้วยกล้องจากซอฟต์แวร์ที่พัฒนาเทียบกับ เวอร์เนียคาลิเปอร์ที่ผ่านการสอบเทียบมาแล้ว โดยมีสมการหาค่า ดังนี้

สมการหาค่าความคลาดเคลื่อน

$$\text{Error} = \text{Actual} - \text{Measure} \quad (2)$$

สมการหาค่าเปอร์เซ็นต์ของความผิดพลาด (error)

$$\text{Error\%} = \frac{\text{Actual} - \text{Measure}}{\text{Actual}} \times 100 \quad (3)$$

สมการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง

$$\text{Accuracy\%} = 100 - \text{Error\%} \quad (4)$$

ตารางที่ 2
แสดงค่าข้อมูลการวัดด้วยซอฟต์แวร์ที่พัฒนา

วันเวลา	เม็ดที่	ความกว้าง (mm)	ความยาว (mm)	ความหนา (mm)	ระยะห่าง (mm)
13/10/2025 8:22	1	7.21	10.87	3.8	189
13/10/2025 8:22	2	7.56	10.85	3.87	189
13/10/2025 8:22	3	10.84	12.01	4.8	187
13/10/2025 8:22	4	9.16	10.84	4.2	188
13/10/2025 8:22	5	10.28	11.73	4.62	187
13/10/2025 8:22	6	9.66	11.12	4.36	189
13/10/2025 8:22	7	10.96	12.5	4.93	186
13/10/2025 8:22	8	10.73	12.45	4.87	187
13/10/2025 8:22	9	10.08	11.64	4.56	186
13/10/2025 8:22	10	9.91	10.32	4.25	189

ตารางที่ 3
แสดงค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยของการวัดด้วยซอฟต์แวร์เทียบกับ เวอร์เนียคาลิเปอร์

ลักษณะเม็ด		ความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (mm)		
		ความกว้าง	ความยาว	ความหนา
ทรงเหลี่ยม		-0.585	-0.8075	-0.295
ทรงปลา		-0.38	-0.9125	-0.0475
ทรงหอยเชลล์		-0.8625	-0.5525	-0.235
รวมคลาดเคลื่อนเฉลี่ย		-0.609	-0.7575	-0.1925

เมื่อได้ผลที่วัดจากซอฟต์แวร์จะนำมาเปรียบเทียบกับการวัดด้วยเวอร์เนียซึ่งจะเปรียบเทียบความคลาดเคลื่อนดังตารางที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบซอฟต์แวร์ที่สร้างมีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยต่ำกว่า 1 mm ในทุกลักษณะการวัดค่าและในทุกทรงของเม็ด และทำให้ทราบว่าแต่ละทรงมีจุดวัดที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนสูงต่างกัน และเมื่อใช้สมการที่ (3) และ (4) เพื่อคำนวณค่าเปอร์เซนต์ความถูกต้องในการวัดของแต่ละประเภทการวัดและแต่ละรูปทรงจะได้ผลลัพธ์ ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4
แสดงค่าเปอร์เซนต์ความถูกต้อง ของการวัดด้วยซอฟต์แวร์เทียบกับ เวอร์เนียคาลิเปอร์

ลักษณะเม็ด		% ความถูกต้อง		
		ความกว้าง	ความยาว	ความหนา
ทรงเหลี่ยม		92.14	95.54	94.00
ทรงปลา		95.18	92.35	95.62
ทรงหอยเชลล์		93.33	93.90	91.25
%ความถูกต้องเฉลี่ย		93.55	93.93	93.62

5. การอภิปรายผล

จากการทดสอบระบบซอฟต์แวร์ที่นำเสนอพบว่าสามารถทำงานได้จริง โดยมีประสิทธิภาพโดยรวม ที่มีค่าเฉลี่ยความถูกต้องรวมของทั้ง 3 มิติ (กว้าง, ยาว, หนา) อยู่ในเกณฑ์ที่ใกล้เคียงกันมาก คือ ประมาณ 93.55% - 93.93% นี่แสดงให้เห็นว่าแม้ค่าจะวัดได้เล็กกว่าจริง (จากตารางที่ 3) แต่สัดส่วนความผิดพลาดนั้นค่อนข้างคงที่และเชื่อถือได้

ประสิทธิภาพจำแนกตามรูปทรง ทรงปลามีความแม่นยำในด้าน “ความหนา” สูงที่สุดถึง 95.62% แต่มีความแม่นยำด้าน “ความยาว” ต่ำที่สุดในกลุ่ม (92.35%) อาจเป็นเพราะรูปทรงปลามีความโค้งมนที่หางหรือหัว ทำให้ซอฟต์แวร์ระบุจุดปลายสุดได้ยากกว่าทรงเหลี่ยมมีความสมดุลของความแม่นยำดีที่สุด (ค่าเฉลี่ยเกาะกลุ่มกันดี) เนื่องจากรูปทรงเรขาคณิตที่ชัดเจนทำให้ Edge Detection ทำงานได้ง่าย แต่คะแนนด้านความกว้างยังมีค่าน้อยที่สุด ส่วนทรงหอยเชลล์เป็นทรงอยากที่สุดสำหรับการวัดด้วยซอฟต์แวร์ไม่มีคะแนนด้านไหนสูงเป็นพิเศษจำเป็นต้องหาอัลกอริทึมมอื่นๆ และการปรับแสงเงา มาช่วยในการวัดขนาดเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ทีดีกว่านี้ อีกข้อสังเกตหนึ่งเรื่องระบบมี Bias ในลักษณะ Underestimation (วัดได้ค่าน้อยกว่าจริงประมาณ 0.2 - 0.7 mm) แทบในทุกๆ การวัด ซึ่งเป็นช่องว่างให้สามารถพัฒนาต่อยอดในอนาคตได้อีก

6. สรุป

จากการใช้โปรแกรมวัดขนาดเม็ดอาหารของสัตว์เลี้ยงที่ถูกพัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้ และสามารถวัดขนาดได้หลายชนิด รูปแบบขึ้นอยู่กับความคมชัดของภาพที่ได้ ซึ่งในกรณีที่ภาพต้นแบบคมชัดโปรแกรมจะ

สามารถประมวลผล คือ วัดขนาด ความกว้าง ความยาว ความหนา และ มีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง 93.55% ของความกว้าง 93.93% ของความยาว และ 93.62% ของความหนา เมื่อเทียบกับการวัดขนาดด้วยแรงงานคนได้อย่างรวดเร็วกว่า เนื่องจากขั้นตอนที่น้อยกว่าการวัดด้วยแรงงานคน แต่ยังมีข้อจำกัด คือ การต้องเตรียมอุปกรณ์และการจัดวางทำให้ทำงานได้ช้ากว่าอุปกรณ์เกรดอุตสาหกรรม จึงเป็นแนวทางสำหรับการวัดเบื้องต้น

7. งานวิจัยในอนาคต

สำหรับงานวิจัยในอนาคต ทีมงานวิจัยอาจจะมุ่งเน้นการเปลี่ยนไปใช้อัลกอริทึม Deep Learning เช่น Instance Segmentation เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการวัดรูปทรงที่ซับซ้อนและแก้ปัญหาวัตถุซ้อนทับ พร้อมทั้งปรับปรุงระบบแสงสว่างเพื่อลดเงา นอกจากนี้ ควรพัฒนาระบบให้สามารถทดสอบบนสายพานลำเลียงแบบเคลื่อนที่ (Dynamic Test) และขยายขีดความสามารถในการตรวจสอบคุณภาพด้านอื่นๆ เช่น สี หรือการปนเปื้อน เพื่อนำไปสู่การบูรณาการกับระบบคัดแยกอัตโนมัติ (Automated Sorting)

8. เอกสารอ้างอิง

[1] เกศินี ศศิธร. แนวโน้มอุตสาหกรรมอาหารสัตว์เลี้ยงไทย. ศูนย์วิจัยกสิกรไทย. 2567;4:1–3.

[2] Bravi L, Murmura F, Santos G. The ISO 9001:2015 quality management system standard: companies' drivers, benefits and barriers to its implementation. Qual Innov Prosper. 2019;23(2):65–7.

[3] Buga R, et al. Streamlit application and deep learning model for brain metastasis monitoring after Gamma Knife treatment. Biomedicines. 2025;13(2):423.

[4] Xin G, et al. Error analysis of green pellet size distribution measurement on conveyor belt. ISIJ Int. 2024.

[5] Microtrac. CAMSIZER 3D [product datasheet]. 2023.

[6] Miranda JC, et al. Assessing automatic data processing algorithms for RGB-D imaging-based apple fruit size and weight prediction. Comput Electron Agric. 2023.

[7] Gené-Mola J, et al. Assessing the performance of RGB-D sensors for 3D fruit crop canopy characterization. Sensors. 2020.

[8] Ljungqvist MG, Nielsen ME, Ersbøll BK, Frosch S. Image analysis of pellet size for a control system in industrial feed production. PLoS One. 2011;6(10):e26492.

[9] Ma W, Wang L, Jiang T, Yang A, Zhang Y. Overlapping pellet size detection method based on marker watershed and GMM image segmentation. Metals. 2023;13(2):327.

[10] สันติภาพ สัตย์ธรรมรังษี, อรอุมา พร้าโมต. การจำแนกขนาดแก้วมังกรสายพันธุ์ขาวเวียดนามด้วยภาพถ่ายโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน. วารสารวิจัยและพัฒนาวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์. 2567;19(1):18–9.

[11] สิรวิชญ์ เดชอธิรัชช์. การทำนายระดับความสุกของผลอะโวคาโดด้วยวิธีการประมวลผลภาพ [วิทยานิพนธ์]. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี; 2566.

[12] นคินทร พัฒนชัย, สัน นามตะคุ, ศศิน เทียนดี. การจำแนกคุณภาพยางแผ่นโดยใช้การประมวลผลภาพและการจัดกลุ่มแบบเคมีน. วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย. 2568;20(2):166–7.

[13] Hoang ML. Object size measurement and camera distance evaluation for electronic components using fixed-position camera. Sanderman Publishing House. 2023;2(1):1–2.

[14] Ji X, Wang M, Wang W, Liu Q. Enhancing small object detection for HCI: BRA-YOLO algorithm with RealSense 3D trajectory tracking. Franklin Open. 2025;100325.