

ถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม An Automatic Prototype Segregation Waste Bin with YOLOv8 Algorithm

วรินทร์ นวลทิม^{1*} ผดุงเกรียติ ยศ² อมรรัตน์ คำบุญ¹ และ สายัญ พุทธลา³

Warinthorn Nualtim^{1*} Phadoongkiand Yod¹ Amonrat Khambun² and Sayan Puttala³

^{1*}สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

²สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

³สาขาวิชาเทคโนโลยีสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพฯ 10600

^{1*}Program of Computer Electronic, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10600

²Program of Technology Computer Electronic, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10600

³Program of Health Technology, Faculty of Science and Technology,
Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok, 10600

*Corresponding author E-mail: nwarinthornatom@gmail.com

Received 2 May 2025, Accepted 20 June 2025, Published 22 June 2025

บทคัดย่อ

ขยะจำนวนมากที่ต้องการรีไซเคิล เช่น ขวด และกระป๋องจะถูกทิ้งรวมกันในถังขยะ การคัดแยกขยะที่ใช้เซ็นเซอร์จะมีข้อจำกัดเมื่อขยะเกิดการเสียรูปทรงทำให้ผลการคัดแยกไม่แม่นยำ งานวิจัยนี้นำเสนอถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธีการ YOLOv8 อัลกอริทึม เป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องด้วยชุดข้อมูลการฝึกฝนการเรียนรู้ของภาพ และใช้สถาปัตยกรรมเครือข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันเลเยอร์ ที่สามารถแยกคุณลักษณะเด่นหลายระดับจากภาพที่รับเข้ามาสำหรับการตรวจหาวัตถุ การสร้างกรอบขอบเขตที่สามารถใช้งานคะแนนความเชื่อถือของวัตถุ การประมวลผลและจำแนกประเภทของขยะใช้บอร์ดราสเบอรี่พาย รุ่น 5 ซึ่งควบคุมการทำงานบอร์ดโทรศัพท์ รุ่น L298N จ่ายกระแสไฟฟ้าให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนขยะลงถึง ส่วนระบบการแจ้งเตือนจะส่งข้อความแบบ SMS มาที่โทรศัพท์ของผู้ดูแลเมื่อขยะถึงจุดที่กำหนด โดยรับค่าจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04 ถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม มีการทดสอบคัดแยกขยะ 4 ประเภท ค่าเฉลี่ยความถูกต้องของขวด และกระป๋องรูปทรงปกติอยู่ที่ 86.7% และ 96.7% สำหรับขวด และกระป๋องที่ผิดรูปมีค่าเฉลี่ย ความถูกต้องที่ 70.0% และ 86.7% ตามลำดับ ผลการทดสอบขวด และกระป๋องรูปทรงปกติพบว่าผลลัพธ์ดีกว่าขวด และกระป๋องเสียรูปทรง เนื่องจากขวดและกระป๋องที่มีรูปร่างปกติจะมีรายละเอียดคำอธิบายของขยะอย่างครบถ้วนในกล่องขอบเขต ซึ่งทำให้ถังขยะสามารถแยกขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่อย่างไรก็ตามถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม มีการคัดแยกที่มีศักยภาพที่ดี

คำสำคัญ: ถังคัดแยกขยะต้นแบบ การเรียนรู้ของเครื่อง ราสเบอรี่พายรุ่น 5

ABSTRACT

Large amounts of waste that need to be recycled, such as bottles and cans, are thrown together in bins. The segregation of waste using a sensor has limitations when waste is deformed, causing inaccurate results. This research proposes an automatic prototype waste segregation bin with YOLOv8 algorithm. It is a machine learning method using training dataset of images, and applies a convolutional layer neural network architecture to extract multi-level features from input images for object detection. To create a bounding box that can use a confidence score for an object. The processing and classification of waste uses the Raspberry Pi board model 5, which controls the operation of the board drive model L298N. It supplies electricity to the stepper motor, which rotates the waste into the bin. The notification system will send an SMS message to the attendant's phone when the trash reaches a set point by receiving values from the ultrasonic sensor model HC-RS04. An automatic prototype waste segregation bin with YOLOv8 algorithm has test cases for four types of segregating waste. The average accuracy of bottles and cans with normal shape was 86.7% and 96.7%. For deformed bottles and cans, the average accuracy was 70.0% and 86.7%, respectively. The results of bottles and cans with normal shape were found to be better than deformed bottles and cans. Because bottles and cans with normal shape have complete details of annotations of waste in the bounding box, which enables the trash bin to segregate waste efficiently. However, an automatic prototype waste segregation bin with YOLOv8 algorithm has a good potential to segregate waste.

Keywords: Prototype waste segregation bin, Machine learning, Raspberry pi model 5

บทนำ

ประเทศไทยมีขยะพลาสติกประมาณร้อยละ 12 ของปริมาณขยะที่เกิดขึ้นทั้งหมด หรือประมาณปีละ 2 ล้านตัน มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ประมาณปีละ 0.5 ล้านตัน และส่วนที่เหลือ 1.5 ล้านตัน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นพลาสติกแบบใช้ครั้งเดียว (Single-use plastics) เช่น ถ้วยร้อน ถ้วยเย็น ถ้วยหิ้ว แก้วพลาสติก หลอดพลาสติก กล่องโฟมบรรจุอาหาร ไม่มีการนำกลับไปใช้ประโยชน์ใหม่ โดยส่วนใหญ่จะถูกทิ้งเป็นขยะมูลฝอยในปริมาณ และสัดส่วนที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง (ทัศนธร, 2563) โดยเฉพาะขยะแห่งจำเป็นต้องแยกเป็นหมวดหมู่เพื่อให้แน่ใจว่ามีการดำเนินการตามขั้นตอนที่ถูกต้องในการบำบัดและแปรรูปขยะ ซึ่งจะนำไปสู่อัตราการรีไซเคิลโดยรวมที่เพิ่มขึ้น และลดผลกระทบจากการฝังกลบ ตัวอย่างเช่น พลาสติก โลหะ และแก้ว ขยะแห่งจำนวนมากที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ เพื่อสร้างสินค้าหรือพลังงานใหม่ได้ ในช่วงหลายปีที่ผ่านมา มีการทำการวิจัยมากมายเพื่อคิดค้นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ และเกิดประสิทธิผลในการแยกขยะอย่างเหมาะสมซึ่งผลิตขึ้นในอัตราที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจะช่วยลดความต้องการพลาสติกได้หากเราต้องการใช้ประโยชน์จากพลาสติกอย่างเต็มที่ จำเป็นต้องส่งเสริมทางเลือกในการจัดการขยะที่ยั่งยืนที่สุดส่งเสริมการรีไซเคิล ใช้การกู้คืนพลังงานเป็นทางเลือกเสริม และจำกัดการทิ้งขยะพลาสติกในหลุมฝังกลบ (Geyer et al., 2017)

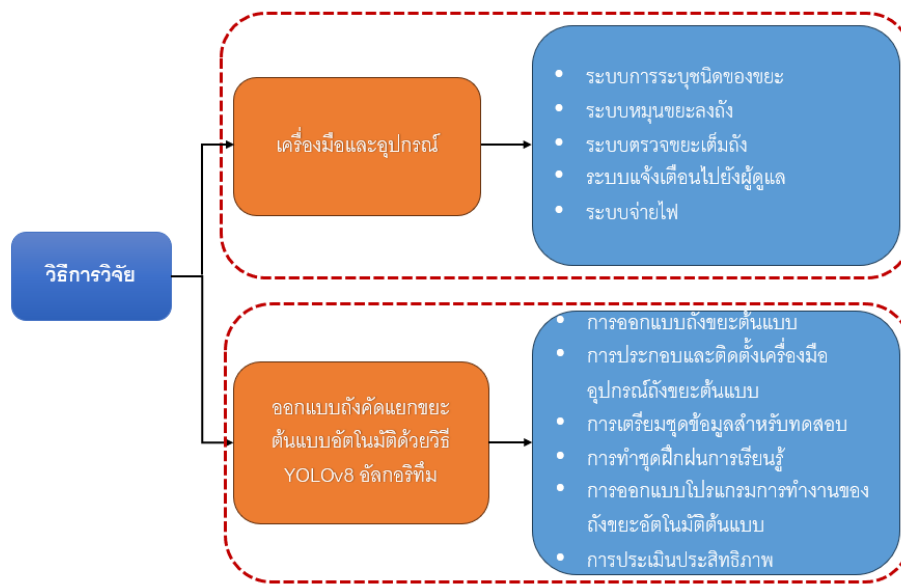
ในกระบวนการรีไซเคิลใหม่นั้นจะทำให้การย่อยสลายประเภทนั้น ๆ ให้อยู่ในสภาพที่ถูกแปรรูปเป็นรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งจะทำให้ได้ก็ต่อเมื่อขยะแต่ละประเภทนั้นไม่ปะปนรวมกัน จะต้องอยู่ในหมวดหมู่ของขยะประเภทนั้น ๆ ซึ่งปัจจุบันก็เลยมีปัญหาเรื่องการคัดแยกประเภทขยะ โดยการคัดแยกขยะในปัจจุบันส่วนมากตามสถานที่จะมีแต่ถังขยะตามจำนวนที่แยกซึ่งยังไม่ตอบโจทย์มากนักเพราะว่าเกิดการปะปนของขยะรีไซเคิลแต่ละประเภท ซึ่งอาจจะเกิดจากบุคคลที่ทิ้งขยะนั้นอาจจะรีบร้อนหรือสับสนกับสัญลักษณ์ที่บ่งบอกถึงขยะประเภทนั้น ๆ ก็ทำให้เกิดการปะปนของขยะรีไซเคิล โดยปัจจุบันได้มีเทคโนโลยีหลายวิธีได้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง วิธีการคัดแยกขยะรีไซเคิลนั้นเป็นเรื่องสำคัญจำเป็นต้องพัฒนาในการนำไปใช้ประโยชน์

จากงานวิจัยเครื่องคัดแยกขวดอัตโนมัติ เพื่อใช้งานในการคัดแยกขยะที่ปะปนรวมกันมีขวดพลาสติก ขวดแก้ว และกระป๋อง สามารถช่วยอำนวยความสะดวกในการคัดแยกขยะเพื่อนำไปรีไซเคิล โดยตัวเครื่องจะทำการคัดแยกขวดพลาสติก ขวดแก้ว และกระป๋อง โดยใช้โหลดเซลล์ และโฟโตอิเล็กทริกเซ็นเซอร์ใช้ในการตรวจจับวัตถุ และแยกกระป๋องน้ำอัดลมที่เป็นโลหะ โดยใช้ฟลักซ์มิติเซ็นเซอร์ตรวจจับโลหะกระป๋อง จากนั้นแสดงผลจำนวนขวดที่คัดแยกแต่ละประเภทด้วยจอ LCD ข้อดีของงานวิจัยนี้ตัวเครื่องสามารถทำงานได้ตามขอบเขต แต่ข้อเสียเมื่อกระป๋องเกิดการเสียรูปร่างไปจากเดิมทำให้ฟลักซ์มิติเซ็นเซอร์ ตรวจจับโลหะประเภทกระป๋องไม่พบ (นวฤกษ์ และคณะ, 2563) จากการสำรวจการนำขยะมาใช้ใหม่ เพื่อให้แน่ใจว่าได้ใช้ขั้นตอนที่เหมาะสมในการบำบัดและแปรรูปขยะ ซึ่งนำไปสู่อัตราการรีไซเคิลที่เพิ่มขึ้น และลดผลกระทบจากการฝังกลบ โดยมีขยะประเภทกระดาษ พลาสติก โลหะ และ แก้ว ได้นำเสนอระบบการคัดแยกขยะที่จำเป็นต้องคัดแยกเป็นหมวดหมู่จากขยะหลากหลายประเภทด้วยวิธีการตรวจหาวัตถุจากการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) โดยใช้โมเดล YOLOv5 (You Only Look Once version 5) ร่วมกับแกนกลทำการคัดแยกถังขยะ ระบบสามารถแยกขยะประเภทต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องโดยส่วนใหญ่เป็นขยะกระดาษ พลาสติก โลหะ และ แก้ว โดยเฉพาะกระดาษที่เปลี่ยนรูปไปจากเดิมสามารถตรวจจับได้ เพราะมีลักษณะไม่ซับซ้อน (Lahoti et al., 2024) เนื่องจากการพัฒนาการตรวจหาวัตถุจากการเรียนรู้ของเครื่องมีการพัฒนาให้มีความแม่นยำมากขึ้นที่จะต้องจำกัดขยะที่มีปริมาณมากขึ้น ระบบอัจฉริยะจึงอาจเป็นแนวทางปฏิบัติในการจัดการขยะอย่างมีประสิทธิภาพ จากงานวิจัยของ Dattawade, et al. (2022) ได้นำเสนอโมเดลระบบอัจฉริยะที่ใช้ อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง และราสเบอร์รี่พาย (Raspberry pi) รุ่น 3B โดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องด้วยโมเดล YOLO อัลกอริทึม โดยระบบจะมีการตรวจจับวัตถุ และแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน การทำงานเมื่อกล้องรับภาพขยะที่เข้ามาโดยจะมีบอร์ดราสเบอร์รี่พายประมวลผลด้วย Open CV ที่จะตรวจจับ และทำนายวัตถุ โดยจะมีแขนหุ่นยนต์จับวัตถุ และรวบรวมลงถังขยะ ซึ่งมีเซ็นเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04 ตรวจจับระยะห่างของขยะ เมื่อถึงระยะเต็มก็จะส่งแจ้งเตือนไปยังรถเก็บขยะที่ใกล้ที่สุด และจากการสำรวจการจำแนกขยะอย่างถูกต้อง และมีประสิทธิภาพจึงกลายเป็นงานที่สำคัญ เนื่องจากการให้ความสำคัญกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมมากขึ้น ซึ่งการขาดแคลนทรัพยากร และโครงสร้างพื้นฐานในประเทศกำลังพัฒนา และความจำเป็นในการคัดแยกขยะอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะผลกระทบของหุ่นยนต์และการเรียนรู้ของเครื่องส่งผลกระทบต่อการจัดการขยะในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา ในงานวิจัยนี้แนะนำแขนหุ่นยนต์สำหรับการคัดแยกขยะอย่างมีประสิทธิภาพร่วมกับ YOLOv8 อัลกอริทึม โดยแบ่งขยะออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ กระดาษ พลาสติก โลหะ และ ขยะย่อยสลาย โดยกำหนดมุมข้อต่อในการเคลื่อนย้ายของแขนหุ่นยนต์ไปยังตำแหน่งที่ต้องการ โดยใช้กลศาสตร์ผกผันที่มี สเต็ปเปอร์มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงที่ข้อต่อของแขนหุ่นยนต์แต่ละข้อทำการเคลื่อนที่ ซึ่งผลลัพธ์ของ YOLOv8 อัลกอริทึม มีประสิทธิภาพในการตรวจจับ และจำแนกขยะได้แม่นยำ (Paudel et al., 2024)

จากการศึกษางานวิจัยการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธี YOLO อัลกอริทึม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติให้ได้ตามวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม เพื่อที่จะช่วยเหลือในเรื่องการคัดแยกขยะ และความเป็นระเบียบของชุมชนที่อยู่ในรูปถังขยะ โดยมีการคัดแยกขยะ 2 ประเภท คือ ขวด และกระป๋องที่รูปทรงปกติ โดยเพิ่มขวด และกระป๋องที่เสียรูปทรง (บุบ) มาทำการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้ของเครื่องที่นำวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทั้งหมดของงานวิจัยได้ประกอบด้วยขั้นตอนดังนี้

วิธีการวิจัย

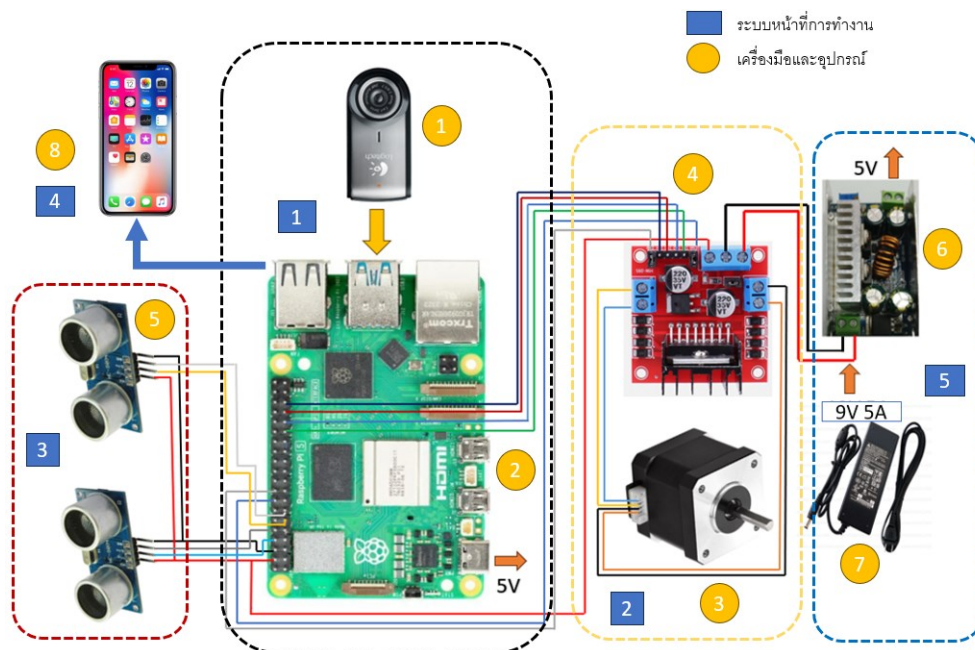
ในงานวิจัยนี้มีแนวคิดการดำเนินงานวิจัยของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม ซึ่งมีแนวคิดในการออกแบบให้สามารถนำไปใช้ในการคัดแยกขยะด้วยการเรียนรู้ของเครื่องที่มีการพัฒนานำโมเดล YOLOv8 อัลกอริทึม มาทำการจำแนกประเภทขยะจากการศึกษาวิจัยที่มีก่อนหน้านี้เพื่อให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ และเป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน โดยที่ถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม สามารถใช้งานได้ง่าย และงานวิจัยนี้มีประโยชน์ต่อการนำไปวางแผนในการลดปริมาณคาร์บอนฟุตพริ้นท์ต่อไปในอนาคต ซึ่งได้ดำเนินการออกแบบขั้นตอนการดำเนินงานวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังภาพที่ 1 ดังนี้



ภาพที่ 1 ภาพรวมวิธีการวิจัย

1. เครื่องมือและอุปกรณ์

การออกแบบการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ จากภาพที่ 2 คือการเขียนวงจรไฟฟ้า ซึ่งเป็นการออกแบบโดยใช้อุปกรณ์จริง เช่น สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) รุ่น 5 เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการออกแบบวงจรไฟฟ้า โดยวงจรไฟฟ้าที่ออกแบบจะประกอบด้วยระบบหน้าที่ทำงาน 1) ระบบการระบุชนิดของขยะ 2) ระบบหมุนขยะลงถัง 3) ระบบตรวจขยะเต็มถัง 4) ระบบแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล และ 5) ระบบจ่ายไฟ โดยจะมีเครื่องมือและอุปกรณ์ดังนี้



ภาพที่ 2 การออกแบบวงจรไฟฟ้าของงานวิจัย

หมายเลข 1 กล้องเว็บแคม รุ่น C905 Logitech

หมายเลข 2 บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) รุ่น 5 RAM 2 GB ความเร็ว 2.4 GHz ทำหน้าที่ประมวลผลภาพและการใช้งานของถังขยะ

หมายเลข 3 สเต็ปเปอร์มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ 1.68 แอมป์ สเต็ปมูม 1.8 องศา

หมายเลข 4 บอร์ดไดรฟ์ รุ่น L298N ทำหน้าที่จ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับสเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนขยะลงถึง

หมายเลข 5 เซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04

หมายเลข 6 บอร์ดเร็กกูเรเตอร์ 1-36 โวลต์ 3 แอมป์

หมายเลข 7 หม้อแปลงไฟฟ้า 9 โวลต์ 5 แอมป์

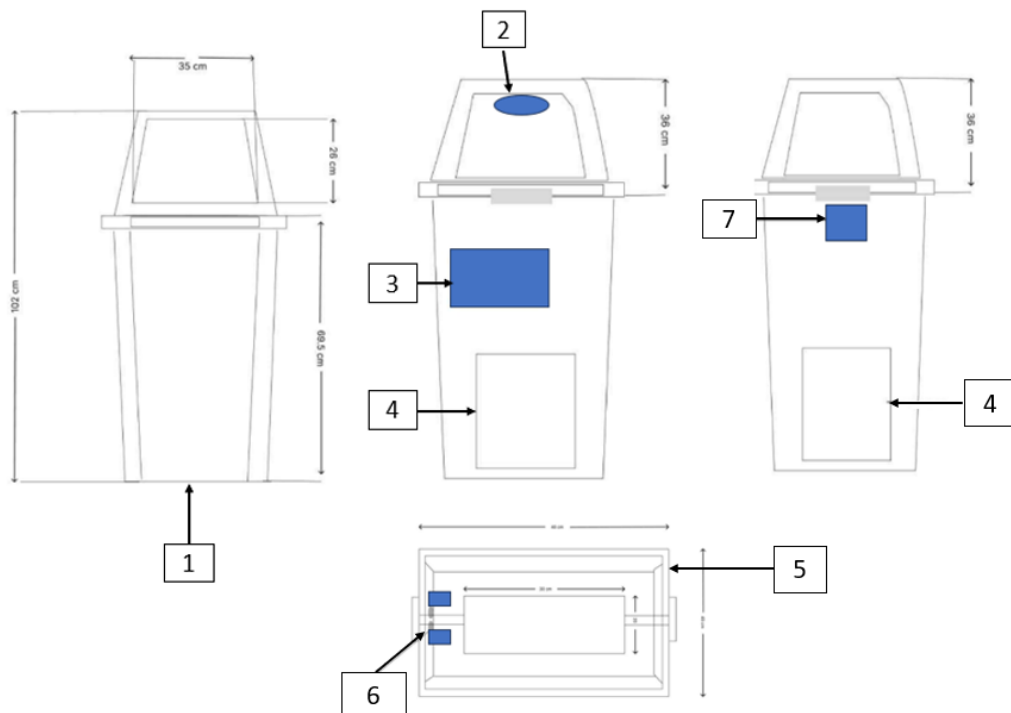
หมายเลข 8 ระบบแจ้งเตือนไปยังผู้ดูแล

2. การออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

การออกแบบการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ จากการเขียนวงจรไฟฟ้าภาพที่ 1 ได้ทำการออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม เพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ในงานวิจัย ซึ่งจะมีรายละเอียดอธิบายประกอบโดยสามารถอธิบายตามลำดับขั้นตอนได้ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบ

แนวคิดการออกแบบของงานวิจัยนี้ โดยมุ่งเน้นในรูปแบบถังขยะที่เป็นต้นแบบ โดยที่เครื่องมือและอุปกรณ์สามารถหาได้ ซึ่งนำมาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ตามวัตถุประสงค์ โดยขอบเขตของงานวิจัยนี้ใช้สามารถนำมาใช้ตามอาคาร และลดการคัดแยกขยะ ซึ่งได้มีการศึกษาจากงานวิจัยของ (Wahyutama and Hwang, 2022) ได้ทำการออกแบบภาพ 2 มิติจากถังขยะทั่วไปมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 3 โครงสร้างถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

หมายเลข 1 ถังขยะมีขนาดสูง 1.02 เมตร กว้าง 0.4 เมตร ยาว 0.40 เมตร ซึ่งได้นำถังขยะขนาด 120 ลิตร มาทำการประกอบติดตั้งอุปกรณ์ที่เหมาะสมเพื่อนำไปใช้ตามอาคาร

หมายเลข 2 ทำการติดตั้งกล้องเว็บแคม รุ่น C905 Logitech

หมายเลข 3 กล้องใส่วงจรรวม กว้าง 5 นิ้ว ยาว 7.5 นิ้ว และสูง 2.5 นิ้ว

หมายเลข 4 ทำช่องนำขยะออกทั้งด้านหน้าและด้านหลัง

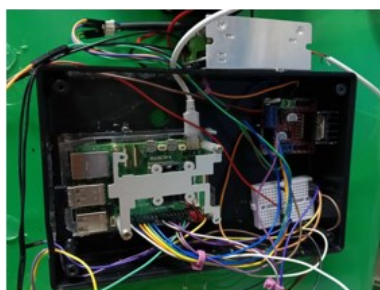
หมายเลข 5 การติดตั้งถาดรองรับขยะด้านบนสำหรับคัดแยกขยะลงถัง

หมายเลข 6 เซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04

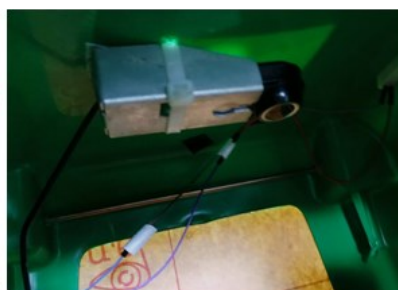
หมายเลข 7 สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

ขั้นตอนที่ 2 การประกอบและติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ถังคัดแยกขยะ

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาการออกแบบถังคัดแยกขยะต้นแบบดังภาพที่ 3 และได้ทำการประกอบถังคัดแยกขยะที่ใช้อุปกรณ์สำหรับงานวิจัยให้เกิดประโยชน์ในการใช้งานของการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม ที่สามารถนำไปใช้ตามอาคาร โดยทำการประกอบอุปกรณ์ดังภาพที่ 4



(ก)



(ข)



(ค)



(ง)



(จ)



(ฉ)

ภาพที่ 4 การประกอบเครื่องมือ และอุปกรณ์ของถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบ (ก) การประกอบกล่องวงจรรวม

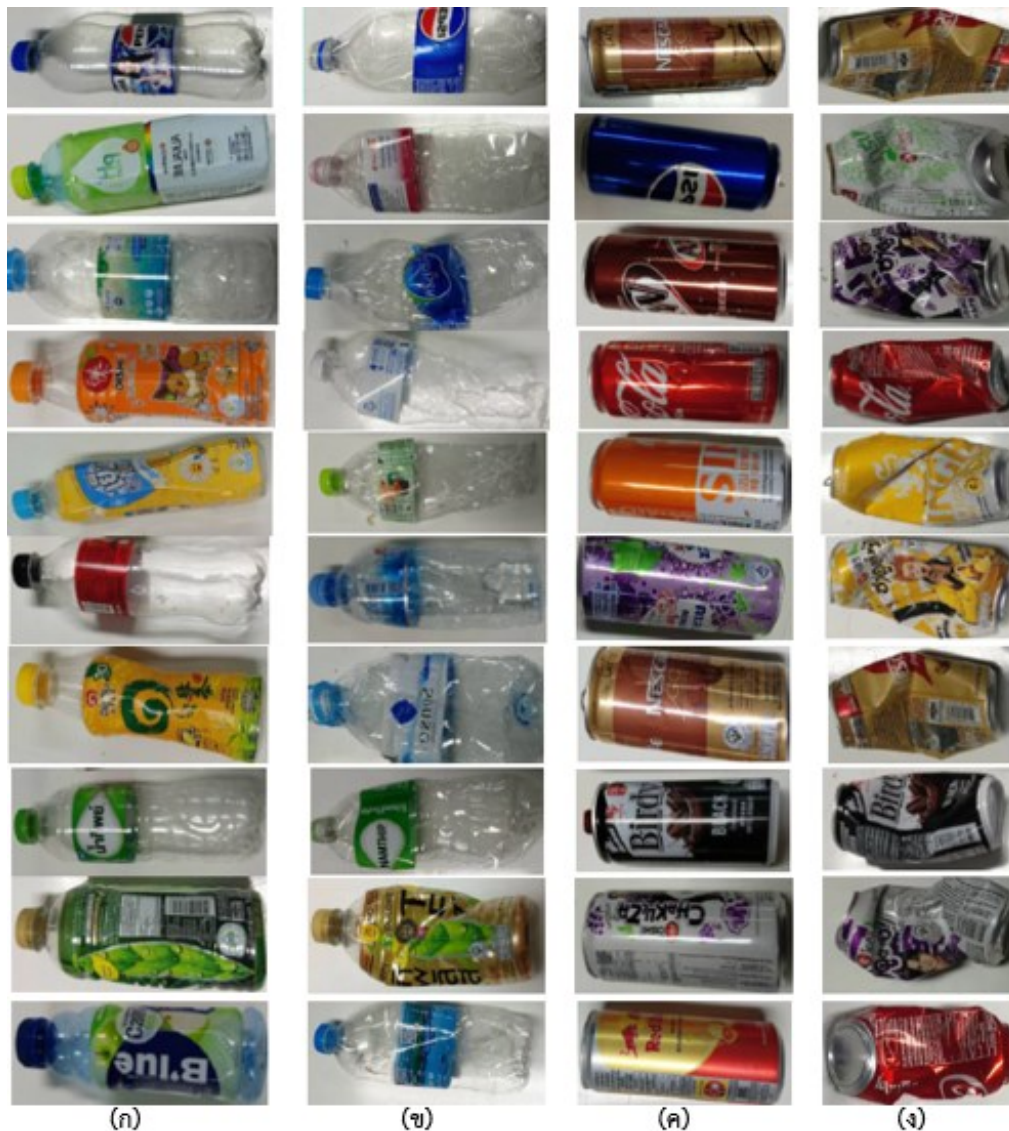
(ข) การติดตั้งกล้องเว็บแคม รุ่น C905 Logitech (ค) ช่องรับขยะ (ง) การติดตั้งถาดรองรับขยะและเซนเซอร์

อัลตราโซนิก สำหรับแจ้งเตือนขยะเต็ม (จ) การติดตั้งสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง

และ (ฉ) ถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบเสร็จสมบูรณ์

ขั้นตอนที่ 3 การเตรียมชุดข้อมูลสำหรับทดสอบ

ในขั้นตอนเตรียมชุดข้อมูลได้ทำการนำขวด และกระป๋องที่มีการใช้แล้วในมหาวิทยาลัย ซึ่งจะใช้ในการทดสอบคัดแยกขยะด้วยถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบ โดยได้นำน้ำดื่มชนิดขวดพลาสติก 10 ชนิด และเครื่องดื่มแบบกระป๋อง 10 ชนิด ที่มีการใช้ในมหาวิทยาลัยซึ่งทั้ง 2 แบบมีรูปร่างปกติ และเสียรูปทรง (บุบ) ซึ่งขวดบุบ และกระป๋องบุบ นำมาทดสอบอาจจะมี การนำมาชนิดเดียวกัน ซึ่งเป็นการทดสอบเฉพาะการหาประสิทธิภาพการคัดแยก และนำไปพัฒนาประยุกต์ใช้งานให้เกิดประโยชน์ต่อไป โดยมีรายละเอียดดังภาพที่ 5 ดังนี้



ภาพที่ 5 การเตรียมชุดข้อมูลขยะอย่างละ 10 ชนิด (ก) ขวด (ข) ขวดบุบ (ค) กระป๋อง และ (ง) กระป๋องบุบ

ขั้นตอนที่ 4 การทำชุดฝึกฝนการเรียนรู้

เริ่มต้นการทำชุดฝึกฝนการเรียนรู้ ต้องทำการอธิบายประกอบว่าในภาพคือวัตถุอะไร (Annotation) ก่อนซึ่งสามารถเข้าไปที่เว็บไซต์ (Roboflow Inc, 2024) ขั้นตอนนี้ได้ทำการศึกษาจาก (Computer Vision Datasets, 2023) ซึ่งเป็นการทำคุณภาพของข้อมูลที่มีความสำคัญต่อการสร้างแบบจำลองคอมพิวเตอร์ในการมองวัตถุ ที่มีคำอธิบายระบุภาพว่าคือภาพอะไร และให้มีภาพมีความแม่นยำมากขึ้นถ้ามีคำอธิบายระบุภาพมีการผิดพลาดน้อย โมเดลที่นำไปใช้ก็จะทำงานได้ดีขึ้นตามลำดับ เพราะฉะนั้นในการที่จะให้ภาพมีคำอธิบายระบุได้ถูกต้องก็ต้องมีการเตรียมข้อมูลที่ค่อนข้างพอเพียงที่สามารถทำนายข้อมูลขยะได้ถูกต้องและแม่นยำ การทำภาพข้อมูลในการทดสอบมีทั้งในรูปแบบภาพนิ่ง และภาพวิดีโอซึ่งมีการทำภาพที่การอธิบายระบุชื่อภาพ และมีการขยายภาพเพิ่มขึ้นได้ทั้งหมด 1136 ภาพ ที่จะนำไปใช้ในการฝึกฝนการเรียนรู้เพื่อการจำแนกวัตถุแต่ละชนิด ดังแสดงตัวอย่างภาพบางส่วนตามภาพที่ 6



ภาพที่ 6 ชุดข้อมูลที่มีการอธิบายประกอบชื่อวัตถุเตรียมทำการฝึกฝนการเรียนรู้

จากภาพที่ 6 อธิบายได้ว่าภาพที่ผ่านการอธิบายประกอบชื่อวัตถุของแต่ละภาพเสร็จแล้วพร้อมที่จะทำการฝึกฝนการเรียนรู้ ต่อจากนั้นนำข้อมูลที่ได้นำไปทำชุดข้อมูลฝึกฝนการเรียนรู้ (Training Datasets) ที่เว็บไซต์ (GitHub Inc, 2025) เป็นการเริ่มต้นการเรียนรู้ของเครื่อง เป็นการให้บริการคลาวด์ฟรีที่ให้ผู้ใช้งานเขียนและรันโปรแกรมได้สะดวก และเร็วกว่าการทำงานบนเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป โดยใช้โปรแกรมไพธอนผ่านเว็บเบราว์เซอร์ โดยไม่ต้องติดตั้งซอฟต์แวร์อื่นใดบนเครื่องคอมพิวเตอร์ของตนเองข้อมูลที่นำไปทำฝึกฝนการเรียนรู้ทำงาน Google Colab จะมีการทำงานด้วยโครงข่ายแบบคอนโวลูชัน เป็นโครงข่ายประสาทเทียมที่จำลองการมองเห็นที่ย่อย ๆ และนำกลุ่มของพื้นที่ย่อยๆ มาผสานกันเพื่อดูว่าสิ่งที่เห็นอยู่เรียกว่าอะไร (Convolutional Neural Network) โดยใช้ภาพที่ใช้ในการฝึกฝนการเรียนรู้ใช้ขนาด 224 พิกเซลเพื่อให้เหมาะสมการทำงานของบอร์ดราสเบอร์รี่พาย รุ่น 5 (Raspberry Pi, 2018) ที่สามารถประมวลผลภาพได้เร็วขึ้น โดยภาพที่นำไปฝึกฝนการเรียนรู้จะประกอบด้วย Test Train และ valid ซึ่งแต่ละส่วนจะประกอบด้วย Image และ Label โดยที่ Image ซึ่งเป็นภาพจะมีรายละเอียดของข้อมูลวัตถุ และกระป๋อง ที่บอกระบุตำแหน่งรูปร่างของวัตถุ และกระป๋องที่เรียกว่า (Bounding Box Format) จะเก็บเป็นตัวเลขไว้ใน Label ซึ่งจะประกอบไปด้วยตัวเลข 5 รูปแบบคือ 1) Class_id 2) ค่ากึ่งกลางแนวแกน X 3) ค่ากึ่งกลางแนวแกน Y 4) ความกว้างของกรอบวัตถุ และ 5) ความสูงของกรอบวัตถุ ซึ่งค่าที่ได้จะอยู่ระหว่าง 0 และ 1 ที่เรียกว่า normalization (Seth and Sivagami, 2025) ซึ่งมีรายละเอียดตามภาพที่ 7 และการฝึกฝนการเรียนรู้เมื่อทำเสร็จจะได้ไฟล์ชุดข้อมูลที่สามารถนำไปใช้กับการตรวจหาวัตถุหรือขยะของระบบ โดยที่สามารถตรวจสอบความถูกต้องเบื้องต้นจากการฝึกฝนการเรียนรู้ดังภาพที่ 8

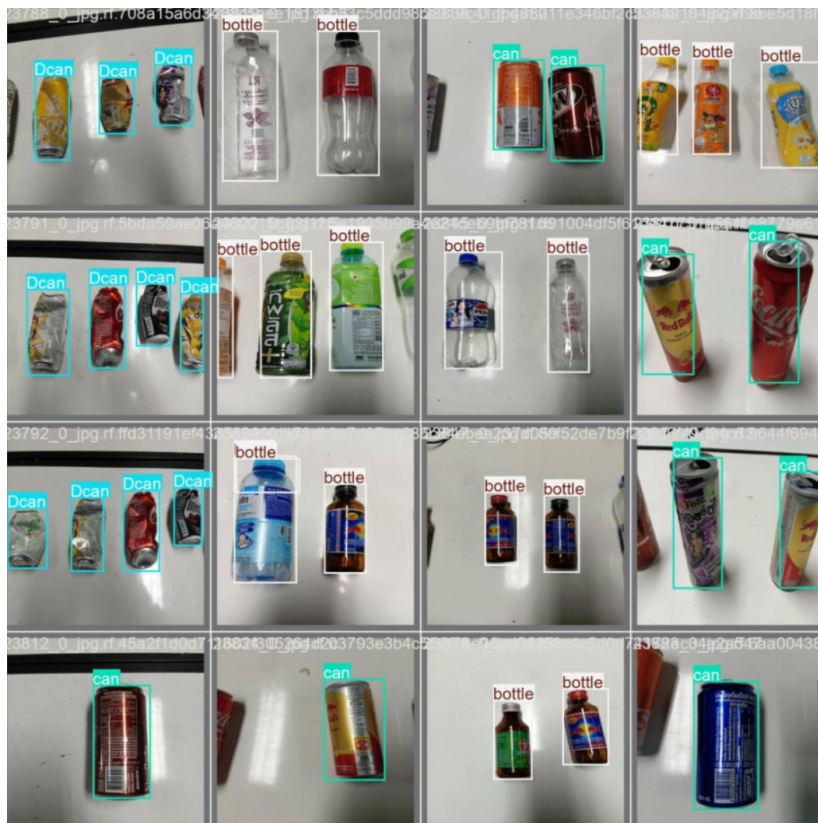


(ก)

3 0.3015625 0.484375 0.26015625 0.4953125
3 0.7046875 0.50859375 0.24296875 0.4984375

(ข)

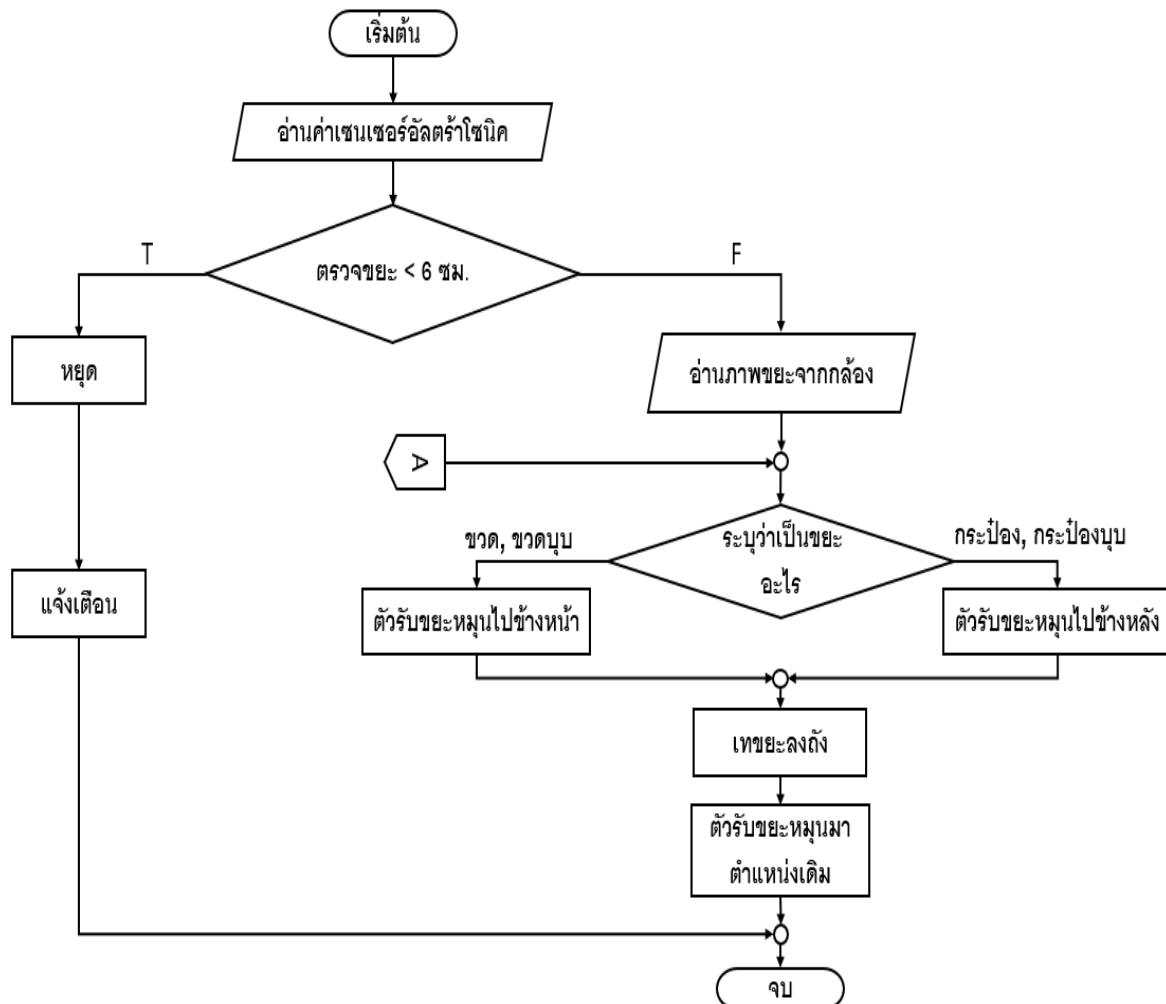
ภาพที่ 7 การอธิบายประกอบว่าในภาพคือวัตถุอะไร (ก) ตัวอย่างภาพข้อมูลขยะ
และ (ข) ตัวอย่างรูปแบบข้อมูลการอธิบายภาพสำหรับ YOLOv8



ภาพที่ 8 การอธิบายภาพวัตถุเบื้องต้นจากการทำฝึกฝนการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 5 ออกแบบโปรแกรมการทำงานของถังขยะอัตโนมัติต้นแบบ

การออกแบบโปรแกรมการทำงานของถังคัดแยกขยะต้นแบบ ได้ทำการออกแบบโดยแสดงเป็นแผนภาพดังภาพที่ 9 ซึ่งอธิบายได้ว่าถ้าขยะที่อยู่ในถังยังไม่ถึงระยะที่เซนเซอร์อัลตราโซนิกของระบบตรวจถังขยะเต็มตามที่ตั้งไว้ ก็มีการรับภาพขยะที่ใส่เข้ามาทางช่องด้านบน ซึ่งมีกล้องเว็บแคมเป็นตัวรับข้อมูลแล้วส่งให้บอร์ดราสเบอรี่พาย ที่เป็นระบบการระบุชนิดของขยะ ทำการประมวลผลภาพในการตรวจหาวัตถุหรือขยะว่าเป็นชนิดของขวด กระป๋องที่มีรูปทรงปกติ และขวดกระป๋องเสียรูปทรง (บับ) ซึ่งถ้าทำนายว่าเป็นขวด และขวดบับก็จะสั่งให้ระบบหมุนขยะ โดยมีสเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้า กระแสตรงหมุนไปด้านหน้า และถ้าทำนายว่าเป็นกระป๋อง และกระป๋องบับ ก็จะสั่งให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนไปด้านหลัง โดยการทำงานของเครื่องมือและอุปกรณ์ทั้งหมดจะมีระบบจ่ายไฟ 9 โวลต์ 5 แอมป์ การเรียนรู้ของเครื่องซึ่งมีการทำงานโดยใช้โมเดล YOLOv8 (Sohan et al., 2024) ที่มีการประยุกต์ทั้งทางด้านหุ่นยนต์ ทางแพทย์ ระบบเฝ้าระวัง และยานพาหนะอัตโนมัติ โดยที่ YOLOv8 เป็นที่นิยมทำการตรวจหาวัตถุ (Object Detection) ซึ่งเวอร์ชันนี้มีการพัฒนาด้วยโมเดล Ultralytics ที่นำเสนอคุณลักษณะใหม่ และการปรับปรุงเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพความยืดหยุ่น และประสิทธิภาพที่รองรับงานด้านตรวจหาวัตถุ ด้านการมองอย่างเต็มรูปแบบด้วยโปรแกรมไพธอน สถาปัตยกรรมของ YOLOv8 อัลกอริทึม จะประกอบด้วย 2 หลักใหญ่ๆ คือ โครงข่ายประสาทเทียมที่ซับซ้อนแบบคอนโวลูชัน ประกอบด้วยเลเยอร์คอนโวลูชันหลายเลเยอร์ที่จัดวางในลักษณะต่อเนื่องกันเพื่อดึงคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องจากภาพอินพุตทั้งหมด 53 คอนโวลูชันเลเยอร์



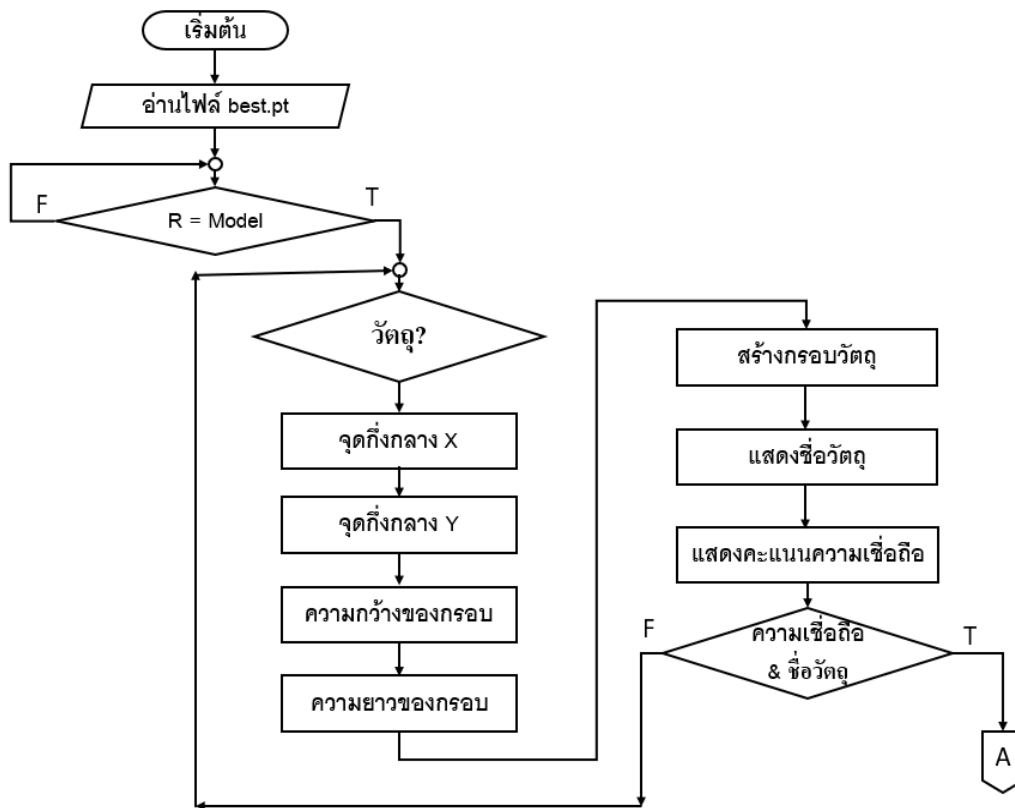
ภาพที่ 9 ภาพการทำงานของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

โดยจะแยกคุณลักษณะเด่นหลายระดับจากภาพที่รับเข้ามาจะเรียกว่า (Backbone) ต่อจากนั้นก็จะมีฟังก์ชันรับผิดชอบในการสร้างการทำนายขั้นสุดท้าย รวมถึงการสร้างกรอบวัตถุ คะแนนความเชื่อมั่นของวัตถุ และป้ายชื่อวัตถุจากคุณลักษณะเด่นที่ปรับแต่งแล้วจะเรียกว่า (Head) โดยที่ส่วนนี้ถูกสร้างให้สามารถถอดออกได้ ซึ่งหมายความว่าส่วนนี้จะจัดการคะแนนความเชื่อใจของวัตถุแต่ละชนิด การจำแนกประเภทในลักษณะที่เป็นอิสระ ซึ่งทั้งสองใช้เครือข่ายประสาทเทียม (Convolutional Neural Network) โมเดล YOLOv8 อัลกอริทึมมีความโดดเด่นในด้านความเร็ว และความแม่นยำในขณะที่ยังคงเป็นการออกแบบที่กะทัดรัดซึ่งเหมาะกับการใช้งานที่แตกต่างกัน และปรับให้เข้ากับฮาร์ดแวร์ต่างๆ ได้ง่ายซึ่งนำมาใช้กับบอร์ดราสเบอร์รี่พายทำการประมวลผลได้สะดวก และสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย ขั้นตอนการคัดแยกขยะที่แสดงภาพลำดับการรับขยะ ทำการประมวลผลขยะว่าชนิดอะไร และหมุนตัวรับขยะทำการเทขยะลงถัง เมื่อเทขยะเสร็จก็ทำการหมุนกลับมาที่ตำแหน่งเดิมดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 ลำดับการทำงานของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม

จากภาพที่ 11 ซึ่งรูปแบบการอธิบายภาพวัตถุสำหรับ YOLOv8 จะเป็นการแผนภาพที่มีการทำงานในการสร้างกรอบวัตถุและป้ายชื่อวัตถุ เริ่มแรกทำการอ่านไฟล์ best.pt ที่มีข้อมูลของขยะหรือวัตถุที่ได้จากการฝึกฝนการเรียนรู้ ซึ่งจะไม่มีเดลของวัตถุในที่นี่ประกอบด้วย ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ โดยที่ต้องสร้างกรอบของวัตถุแต่ละชนิด ซึ่งเริ่มจากด้านบนซ้ายของกรอบวัตถุด้วยการหา ค่ากึ่งกลาง X ค่ากึ่งกลาง Y ความกว้างของกรอบวัตถุ และความสูงของกรอบวัตถุ เปรียบเทียบกับข้อมูลที่ได้จากการทำฝึกฝนการเรียนรู้ที่อยู่ในไฟล์ best.pt โดยขั้นตอนนี้เมื่อข้อมูลตรงกันก็สร้างกรอบสี่เหลี่ยมพร้อมแสดงชื่อวัตถุที่ต้องการทราบ และคะแนนความเชื่อใจของวัตถุแต่ละชนิด ก็จะสามารถนำไปใช้งานสั่งควบคุมให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงหมุนนำขยะลงถัง โดยทั้งหมดจะมีการประมวลผลภาพขยะส่งต่อจากจุด A ไปที่แผนภาพของจุด A ของภาพที่ 9 ก่อนหมุนขยะลงถัง



ภาพที่ 11 แผนภาพการอธิบายภาพวัตถุสำหรับ YOLOv8

ขั้นตอนที่ 6 ผลประเมินประสิทธิภาพ

จากการทดสอบการทำนายขยะแต่ละชนิด ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบประเมินประสิทธิภาพการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทำการคัดแยกขยะรูปทรงปกติ และเสียรูปทรงในลักษณะบับ คือ ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ซึ่งได้นำชุดข้อมูลขยะอย่างละ 10 ชนิดที่มีในมหาวิทยาลัย ซึ่งได้จากการทดลองหาความสัมพันธ์การประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธีการเรียนรู้ของเครื่อง จากข้อมูลเมทริกซ์ความสับสน (Confusion Matrix) ในการทดสอบขวด กระป๋องรูปทรงปกติ และ ขวดบับ กระป๋องบับ จากการทำนายโมเดลที่สร้างขึ้นคำนวณจากสูตร 1-4 โดยผลการทดสอบภาพที่ 12 หมายเลข 1 และ 2 เป็นการทดสอบขวดรูปทรงปกติ และกระป๋องรูปทรงปกติ ในการประเมินประสิทธิภาพขั้นต้น ผลปรากฏว่าดัง (ตารางที่ 1) โดยมีคะแนน F1 Score ของกระป๋องสูงกว่าขวด ซึ่งมาจากภาพรวมความแม่นยำ (Overall Accuracy) ที่มีค่าสูงถึง 0.9 ทำให้ผลลัพธ์ดีกว่า และผลการทดสอบภาพที่ 13 หมายเลข 1 และ 2 เป็นการทดสอบขวดบับ และกระป๋องบับ ในการประเมินประสิทธิภาพขั้นต้น ผลปรากฏว่าดังตารางที่ 1 โดยมีคะแนน F1 Score ของกระป๋องบับ สูงกว่าขวดบับ ซึ่งมาจากภาพรวมความแม่นยำ (Overall Accuracy) ที่มีค่าสูงถึง 0.9 ทำให้ผลลัพธ์ดีกว่า เพราะฉะนั้นคะแนน F1 Score มีช่วงระหว่าง 0 ถึง 1 โดย 0 หมายถึงผลลัพธ์ที่ต่ำที่สุด และ 1 หมายถึงผลลัพธ์ที่ไม่มีที่ติ (เอ็นคอร์ต, 2025)

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (1)$$

$$Overall Accuracy = \frac{TP + TN}{N} \quad (2)$$

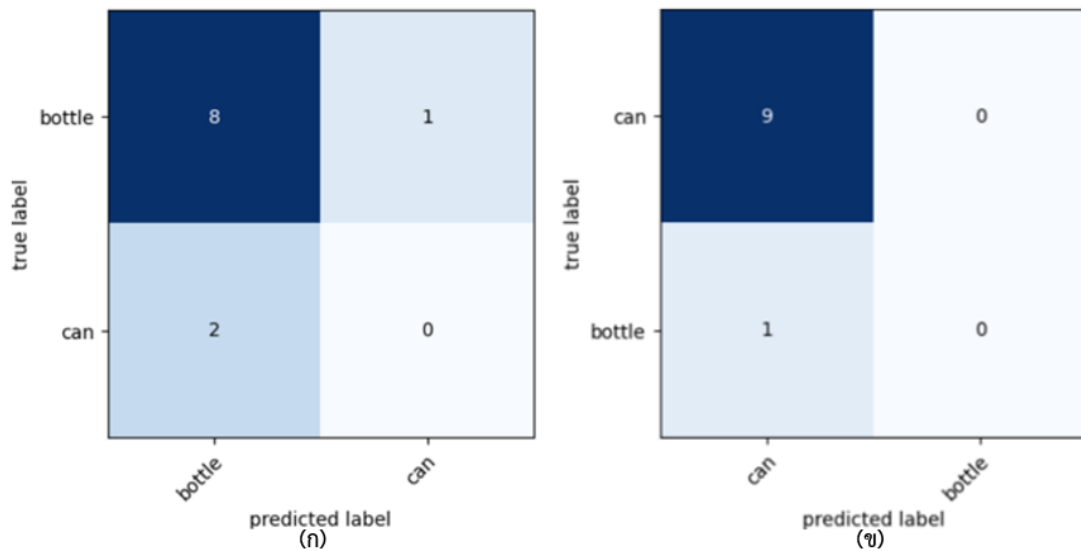
$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

$$F1\ Score = 2 * \frac{(Precision * Recall)}{(Precision + Recall)} \quad (4)$$

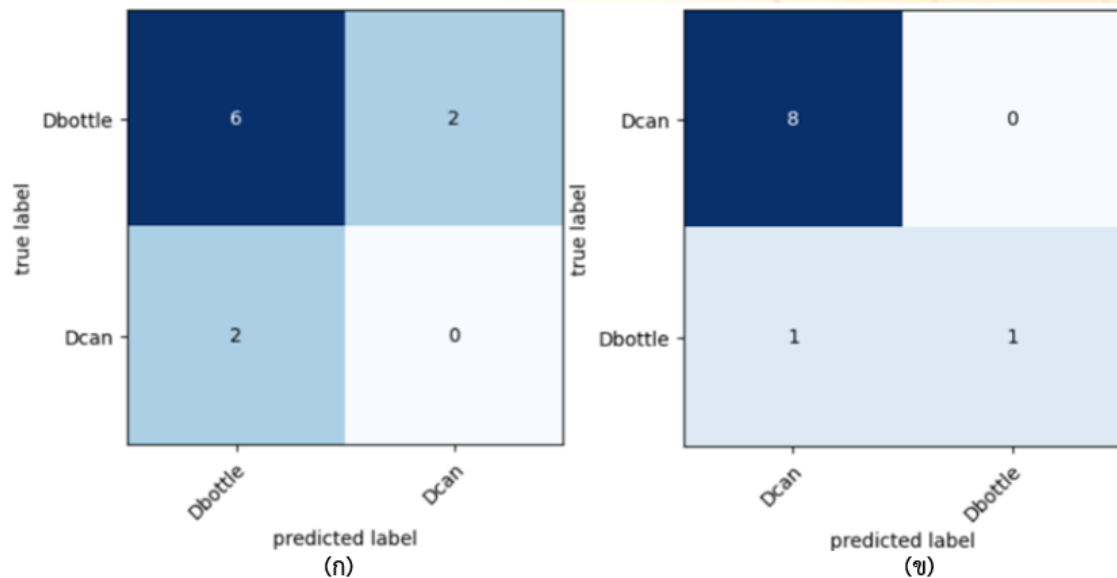
เมื่อ TP = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ได้อย่างถูกต้องว่าเป็นบวก
 FP = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ได้อย่างแม่นยำว่าเป็นผลลัพธ์เชิงลบ
 TN = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ผิดพลาดว่าเป็นบวก ทั้งที่จริงแล้วกลับเป็นลบ
 FN = เหตุการณ์ที่คาดการณ์ผิดพลาดว่าเป็นลบ ทั้งที่จริงแล้วกลับเป็นบวก
 N = จำนวนเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นทั้งหมด

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพ

รายการประเมิน ประสิทธิภาพ	Overall Accuracy	Error	Precision	Recall	F1 Score	ผล ประเมิน
1. ขวด	0.73	0.27	0.89	0.8	0.84	ดี
2. กระป๋อง	0.9	0.1	1	0.9	0.95	ดีมาก
3. ขวดบุบ	0.6	0.4	0.75	0.75	0.75	ยอมรับ
4. กระป๋องบุบ	0.9	0.1	1	0.89	0.94	ดีมาก



ภาพที่ 12 การแสดง Confusion Metrics ประเมินประสิทธิภาพ (ก) ขวดปกติ และ (ข) กระป๋องปกติ



ภาพที่ 13 การแสดง Confusion Metrics ประเมินประสิทธิภาพ (ก) ขวดบับ และ (ข) กระป๋องบับ

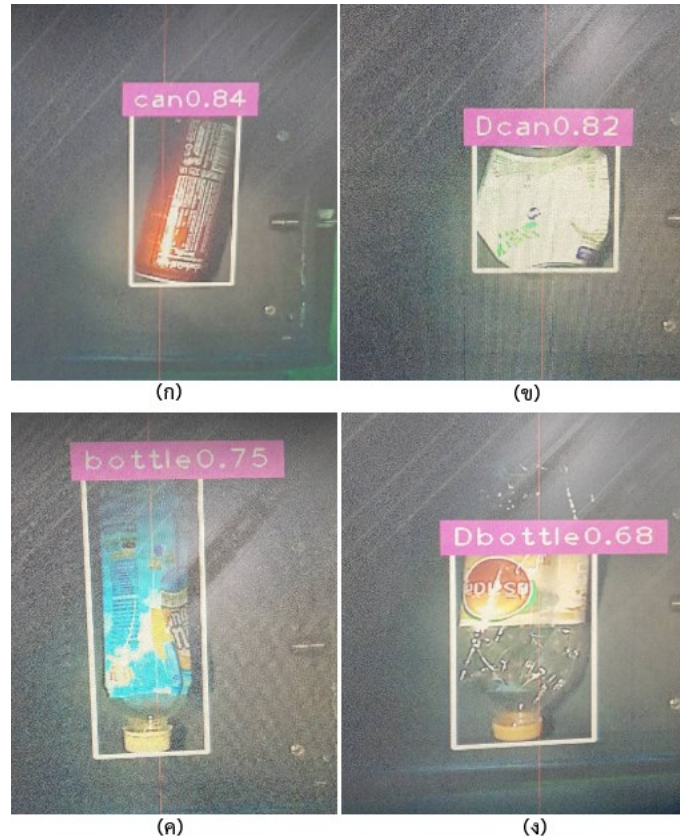
ผลการวิจัย และวิจารณ์ผลการวิจัย

จากการทดลองถึงขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม ผลการทดลองงานวิจัยโดยเป็นการทำทดสอบประสิทธิภาพเพื่อตรวจสอบว่างานวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ และเป็นการทดสอบประสิทธิภาพของงานวิจัยโดยมีผลการทดสอบที่นำภาพข้อมูลจากภาพที่ 5 ทำการทดสอบการคัดแยกขยะและระบบแจ้งเตือน ตามขั้นตอนดังนี้ ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทำการคัดแยกขยะรูปทรงปกติ และเสียรูปทรงในลักษณะบับ คือ ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ซึ่งได้นำชุดข้อมูลขยะอย่างละ 10 ชนิดที่มีในมหาวิทยาลัยที่นำมาทดสอบ โดยขวดจะเป็นขวดพลาสติก และกระป๋องเครื่องดื่มทำการทดสอบความถูกต้องทั้งหมด 3 ครั้ง ครั้งละ 10 ชนิด และนำมาหาค่าเฉลี่ยความถูกต้องของ ขวด และ กระป๋องปกติ เปรียบเทียบกับ ขวดบับ และกระป๋องบับ ซึ่งผลลัพธ์ในการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะดังตารางที่ 2 โดยทำการคัดแยก ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ได้ผลลัพธ์ 86.7% 96.7 70.0% และ 73.3% ตามลำดับซึ่งคิดความถูกต้องแม่นยำที่ได้ผลลัพธ์ตามซึ่งมีการทดลองตามข้อมูล (Dattawade et al., 2022)

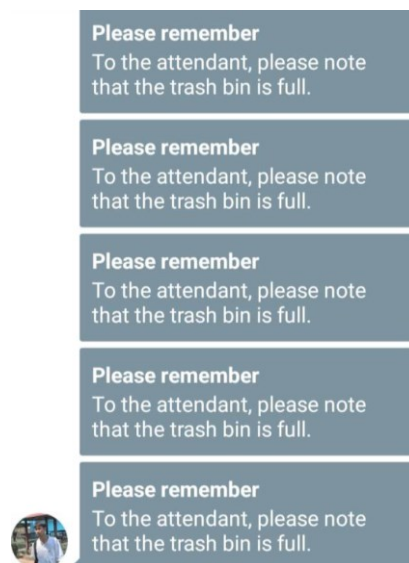
การทดสอบการคัดแยกขยะและระบบแจ้งเตือน

ในงานวิจัยนี้มีการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม โดยทำการคัดแยกขยะรูปทรงสำหรับขวด และกระป๋องรูปทรงปกติมีค่าเฉลี่ยความถูกต้องมากกว่า 85% ที่สามารถยอมรับค่าในการทดสอบ (Dattawade et al., 2022) ส่วนขวดบับ และกระป๋องบับ ที่เสียรูปทรงทำการทดสอบความถูกต้องทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยความถูกต้อง โดยผลลัพธ์ในการทดสอบมีค่าน้อยกว่า 85% เพราะเป็นการทดสอบโดยใช้การเรียนรู้ของเครื่องในลักษณะที่ขยะเสียรูปทรงต่างไปจากเดิมซึ่งอาจนำไปสู่การฝึกฝนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่ำ (Qirui et al., 2024) แต่ก็สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ดีในกรณีที่วัตถุมีรูปทรงที่ปกติ เนื่องจากสภาวะของขยะหรือวัตถุที่อยู่ในถังขยะทั่วไปอาจมีรูปร่างที่ไม่มีการเปลี่ยนรูปทรงต่างจากเดิมมากนัก ในการทิ้งขยะทั่วไปตามสถานที่ต่างๆ การทดสอบการแยกขยะจะมีการอธิบายป้ายชื่อของขยะด้านบนและคะแนนความเชื่อถือ โดยทำการทดสอบ 4 แบบของการคัดแยกขยะดังแสดงภาพที่ 14 และการทดสอบการแจ้งเตือนเมื่อขยะในถังถึงจุดที่ตั้งไว้โดยรับค่าจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก จะมีการแจ้งเตือนโดยส่งข้อความไปยังผู้ดูแลโดยใช้การเชื่อมต่อจากระบบของ (Pushbullet, 2020) ที่เป็นการประสานการประยุกต์ใช้โปรแกรม (Application Programming Interface: API) ที่สามารถให้บริการที่สะดวกและรวดเร็ว โดยที่บริการไม่มีค่าใช้จ่ายแทนการส่งข้อความทางไลน์ (LINE Application) ที่มีการปิดบริการให้ใช้งาน ซึ่งจะมีการทดสอบแจ้งเตือนของช่องเก็บขยะ 2 ช่อง

ดังแสดงภาพที่ 3 โดยที่ช่องด้านหน้าจะเก็บกระป๋อง และ กระป๋องบุบ ส่วนช่องด้านหลังจะเก็บขวด และขวดบุบ โดยได้แสดงข้อความตัวอย่างการแจ้งเตือนตามภาพที่ 15



ภาพที่ 14 ตัวอย่างการทดสอบการคัดแยกขยะ (ก) กระป๋อง (ข) กระป๋องบุบ (ค) ขวด และ (ง) ขวดบุบ



ภาพที่ 15 ตัวอย่างการทดสอบการแจ้งเตือนขยะเต็ม

ตารางที่ 2 การทดลองประสิทธิภาพและความถูกต้องของการคัดแยกขยะ

รายการ	ทดสอบความถูกต้อง ครั้งที่ 1 (%)	ทดสอบความถูกต้อง ครั้งที่ 2 (%)	ทดสอบความถูกต้อง ครั้งที่ 3 (%)	ค่าเฉลี่ยความถูกต้อง (%)
1. ขวด	90	90	80	86.7
2. กระป๋อง	100	90	100	96.7
3. ขวดบับ	80	60	60	70.0
4. กระป๋องบับ	90	90	80	86.7

จากผลการวิจัยของถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม เพื่อการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานได้มีการอภิปรายดังนี้ จากการทดสอบการคัดแยกขยะ ซึ่งจะมีการทดสอบหาประสิทธิภาพความถูกต้องทั้งหมด 3 ครั้ง และหาค่าเฉลี่ยความถูกต้องในการคัดแยกขยะ โดยผลลัพธ์ในการทดสอบ ขวด กระป๋อง ขวดบับ และกระป๋องบับ ได้ผลลัพธ์ 86.7% 96.7% 70.0% และ 86.7% ตามลำดับ สำหรับขวด และกระป๋องรูปทรงปกติมีค่ามากกว่า 85% เนื่องจากการเรียนรู้ของเครื่องที่ใช้การฝึกฝนการเรียนรู้ข้อมูลรูปทรงที่มีรูปร่างปกติ มีการทำคำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุของแต่ละชนิด (Annotation) ที่มีรายละเอียดของพิกเซลในกรอบขอบเขตวัตถุครบสมบูรณ์ทำให้ผลลัพธ์มีค่าถูกต้องที่แม่นยำ ในกรณีการทดสอบขวดบับ และกระป๋องบับ (เสียรูปทรง) มีผลลัพธ์ต่ำกว่า 85% โดยเฉพาะขวดบับที่มีผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยถูกต้อง 70.0% เพราะว่าขวดมีรูปแบบที่ซับซ้อนมากการกระป๋อง ทำให้การทดสอบประสิทธิภาพความถูกต้องของการคัดแยกขยะ มีการทำรายละเอียดของการทำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุ (Annotation) มีเนื้อหาพิกเซลในกรอบขอบเขตน้อยไม่สมบูรณ์ ซึ่งหมายความว่าเนื้อหาข้อมูลที่มีประสิทธิภาพของการอธิบายประกอบป้ายชื่อต่ำกว่าปกติ ซึ่งอาจนำไปสู่การฝึกฝนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้ผลลัพธ์มีการคัดแยกต่ำกว่า ขวด และกระป๋องรูปทรงปกติ

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ทำการตรวจหารูปทรงขยะโดยใช้ YOLOv8 อัลกอริทึม ด้วยชุดข้อมูลการฝึกฝนการเรียนรู้ โดยใช้ภาพทั้งหมด 1136 ภาพ ขนาดภาพใช้ในการฝึกฝนการเรียนรู้ 224 พิกเซล ที่สามารถรองรับการประมวลผลด้วยบอร์ดราสเบอรี่พาย รุ่น 5 และควบคุมการทำงานบอร์ดโทรศัพท์ รุ่น L298N จ่ายกระแสไฟฟ้าให้สเต็ปเปอร์มอเตอร์หมุนขยะลงถัง ส่วนระบบการแจ้งเตือนแบบ SMS ที่สามารถนำมาใช้แทนการแจ้งเตือนทางไลน์ที่มีการเลิกใช้แล้วโดยใช้ API ของ Pushbullet แจ้งเตือนมาที่โทรศัพท์ของผู้ดูแล เมื่อขยะถึงจุดที่กำหนดโดยรับค่าจากเซนเซอร์อัลตราโซนิก รุ่น HC-RS04 ถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึมมีประสิทธิภาพได้ดี ในการทดสอบการคัดแยกขยะขวด กับกระป๋องที่มีรูปทรงปกติ และในกรณีทดสอบขยะขวด กับกระป๋องที่เสียรูปทรง (บับ) โดยผลทดสอบได้ผลลัพธ์ 86.7% 96.7% 70.0% และ 86.7% ตามลำดับ ซึ่งขวด และ กระป๋องรูปทรงปกติใช้การฝึกฝนการเรียนรู้ข้อมูลรูปทรงปกติมีการทำคำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุของแต่ละชนิดครบสมบูรณ์ทำให้ผลลัพธ์มากกว่า 85% โดยเทียบตาม (Dattawade et al., 2022) ส่วนขวดบับ และกระป๋องบับ หรือเสียรูปทรง ใช้การฝึกฝนการเรียนรู้ข้อมูลรูปทรงที่ไม่ครบสมบูรณ์ ทำให้รายละเอียดของการทำอธิบายประกอบป้ายชื่อวัตถุมีเนื้อหาพิกเซลในกรอบขอบเขตน้อยไม่สมบูรณ์ ซึ่งอาจนำไปสู่การเรียนรู้ที่ได้ผลลัพธ์ต่ำโดยเทียบตาม (Qirui et al., 2024)

การนำเสนอถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบด้วยการเรียนรู้ของเครื่อง ประสบความสำเร็จในการออกแบบและสร้างถังคัดแยกขยะอัตโนมัติต้นแบบ ที่สำหรับใช้ในสถานที่อาคาร เพื่อช่วยการคัดแยกขยะที่เหมาะสมตามสถานการณ์

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้การคัดแยกขยะด้วยการเรียนรู้ของภาพ ที่มีการพัฒนาระบบในขั้นต่อไป คือ พัฒนาระบบให้รองรับการทำงานของวัตถุให้มีประสิทธิภาพการคัดแยกให้ดีขึ้น เช่นการปรับปรุงเสริมชุดข้อมูลให้มีหลากหลาย การใช้ชุดข้อมูลที่มีคุณภาพ การเพิ่มความแม่นยำและทนทานในการตรวจหาวัตถุ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ สาขาวิชาคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ และสาขาวิชาเทคโนโลยีสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา กรุงเทพมหานคร ได้อนุญาตให้ข้อมูลสถานที่การทำงานวิจัย รวมถึงการปรึกษาข้อมูลในการพัฒนาระบบเพื่อนำไปใช้งานได้จริง

เอกสารอ้างอิง

- ทัศนธร ภูมิฤทธิ์. (2565). **ขยะพลาสติก**. ค้นจาก <https://www.onep.go.th/ขยะพลาสติก/>.
- นวกฤษ ภัตติศิริ, ภูริต ทองสลับ, ภาณุศักดิ์ ญาณปัญญา, วรายุทธ แท่นสอน, ณัฏฐดิษฐ์ พิระพิฤกษ์ และปฎิมากร อ่อนศรี. (2563). **เครื่องคัดแยกขวดอัตโนมัติ**. ค้นจาก <https://elecschool.navy.mi.th/pro/doc63/01.pdf>.
- ENCORD BLOG. (2023). **F1 Score in Machine Learning**. Retrieved from <https://encord.com/blog/f1-score-in-machine-learning/>.
- Dattawade, R. S., Havlakar, P., PR V., Khanum, U., and Segu, R. G. (2022). SMART WASTE SEGREGATION USING MACHINE LEARNING AND IOT TECHNIQUES. **International Research Journal of Modernization in Technology and Science**, 4(7), 1051-1057. Retrieved from https://www.irjmets.com/uploadedfiles/paper//issue_7_july_2022/27781/final/fin_irjmets1657461174.pdf
- Geyer, R., Jambeck, J. R., and Law, K. L. (2017). Production use, and fate of all plastics ever made. **Science Advances**, 3(7), pp. 1-5. Retrieved from file:///C:/Users/nwari/Downloads/Production_use_and_fate_of_all_plastics_ever_made%20(1).pdf
- GitHub. (2025). **Colab**. Retrieved from https://colab.research.google.com/?utm_source=scs-index.
- Roboflow. (2024). **roboflow**. Retrieved from <https://app.roboflow.com/login>.
- James Gallagher. (2023). How to Identify Mislabeled Images in Computer Vision Datasets. **Roboflow Blog**. Retrieved from <https://blog.roboflow.com/identify-mislabeled-images-computer-vision/>
- Lahoti, J., Sn, J., Krishna, M. V., Prasad, M., BS, R., Mysore, N., and Nayak, J. S. (2024). Multi-class waste segregation using computer vision and robotic arm. **PeerJ Computer Science**, 10(1), 1-20. doi: 10.7717/peerj-cs.1957
- Paudel, P., Shrestha, S., Shrestha, S., Gurung, S., and Adhikari, S. (2024). Automated waste sorting with delta arm and yolov8 detection. **Journal of Artificial Intelligence and Capsule Networks**, 6(3), 299-315. doi: 10.36548/jaicn.2024.3.004
- Pushbullet. (2020). **Pushbullet API**. Retrieved from <https://www.pushbullet.com/>.
- Raspberry Pi. (2025). **Raspberry Pi 5**. Retrieved from <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi5/>.
- Qirui, Z., Dandan, L., and Kang, A. (2024). ESE-YOLOv8: A Novel Object Detection Algorithm for Safety Belt Detection during Working at Heights. **Entropy**, 26(7), 591-604.
- Seth, Y., and Sivagami, M. (2025). Enhanced yolov8 object detection model for construction worker safety using image transformations. **IEEE Access**, 13(1), 10582-10594.

- Sohan, M., Ram, T. S., and Chirra, R. V. C. (2024). A review on yolov8 and its advancements. in **Data Intelligence and Cognitive Informatics** (pp.529-545), I. J. Jacob, S. Piramuthu, and P. Falkowski-Gilski, Eds. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Wahyutama, A. B., and Hwang, M. (2022). Yolo-based object detection for separate collection of recyclables and capacity monitoring of trash bins. **Electronics**, 11(9), 1323-1338.