

การพัฒนาเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะ

Smart Waste Compactor for Plastic Bottles and Cans

ชุตินา เกตุษา¹, ดิฐศิญาภัทร ฤกษ์ดี², ชูเกียรติ อัครเนตร³

¹⁻³สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล, มหาวิทยาลัยกรุงเทพสุวรรณภูมิ, chutima.k@bsu.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องบีบอัดขยะอัจฉริยะสำหรับขวดพลาสติกและกระป๋องอลูมิเนียม โดยมุ่งเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขยะและส่งเสริมการรีไซเคิลอย่างเป็นระบบ เครื่องต้นแบบที่พัฒนาขึ้นใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพร่วมกับกล้องและปัญญาประดิษฐ์ผ่านบอร์ด CorgiDude ซึ่งเป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูงที่สามารถรันโมเดล Machine Learning สำหรับการจำแนกประเภทของวัสดุ นอกจากนี้ยังติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุเพื่อช่วยให้สามารถแยกขวดพลาสติกออกจากกระป๋องอลูมิเนียมได้อย่างแม่นยำ ระบบจะรวบรวมข้อมูลจากเซ็นเซอร์ต่าง ๆ และประมวลผลร่วมกับโมเดลที่ได้รับการฝึกฝนมาอย่างเหมาะสม ก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการบีบอัดวัสดุ การทดลองใช้งานเครื่องต้นแบบในสถานการณ์จริง เช่น ศูนย์การค้าและโรงเรียน แสดงให้เห็นว่าเครื่องสามารถคัดแยกวัสดุได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีอัตราความแม่นยำในการจำแนกวัสดุสูงถึง 96.88% ซึ่งสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยและแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในภาคสนามจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

คำหลัก: คัดแยกขยะ รีไซเคิล การตรวจจับวัตถุ

Abstract

This research aims to develop a smart compactor for plastic bottles and aluminum cans, focusing on improving waste management efficiency and promoting systematic recycling. The prototype utilizes image recognition technology through an AI-enabled camera integrated with the CorgiDude board, a high-performance microcontroller capable of running mathematical models, computational algorithms, and machine learning models such as image classification. Additionally, object detection sensors are employed to enhance the accuracy of distinguishing between plastic bottles and aluminum cans. Data from various sensors are collected and processed using a well-trained model before entering the compression phase. Field testing of the prototype in environments such as shopping centers and schools demonstrated high classification performance, with an accuracy rate of 96.88%. These results align with the research objectives and highlight the machine's potential for practical deployment in real-world applications.

Keywords: Waste segregation, Recycling, Object Detection

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การจัดการขยะเป็นปัญหาที่ได้รับความสนใจมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วจากการบริโภคในชีวิตประจำวัน โดยเฉพาะขยะประเภทขวดน้ำพลาสติก กระป๋องอลูมิเนียม และขวดแก้ว ซึ่งพบได้บ่อยในพื้นที่สังคมเมือง ขยะเหล่านี้ส่วนใหญ่เกิดจากการบริโภคเครื่องดื่มในภาชนะต่าง ๆ ที่ไม่ได้ผ่านการคัดแยกอย่างถูกวิธี หากไม่มีการคัดแยกอย่างเหมาะสม ขยะเหล่านี้จะไม่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้เต็มที่ และจำเป็นต้องกำจัดด้วยวิธีที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การฝังกลบหรือการเผา ซึ่งทั้งสองวิธีนี้สามารถทำให้เกิดมลพิษในอากาศและสารพิษปนเปื้อนในดินและน้ำได้

การคัดแยกขวดน้ำพลาสติก กระป๋องอลูมิเนียมและขวดแก้ว ด้วยแรงงานมนุษย์นอกจากจะใช้เวลามากแล้ว ยังมีโอกาสเกิดข้อผิดพลาดสูง ทำให้ประสิทธิภาพในการรีไซเคิลลดลง การนำเครื่องคัดแยก ขวดน้ำพลาสติก กระป๋องอลูมิเนียมและขวดแก้ว อัจฉริยะเข้ามาใช้งานจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพและความแม่นยำในการคัดแยกขยะ ทั้งยังช่วยลดต้นทุนด้านแรงงานและเวลาที่ใช้ในการคัดแยกขยะ นอกจากนี้ เครื่องคัดแยกอัจฉริยะยังสามารถติดตั้งในสถานที่ต่าง ๆ เช่น สถานที่ทำงาน โรงเรียน ห้างสรรพสินค้า หรือที่พักอาศัย ทำให้การคัดแยกขยะเป็นเรื่องที่ง่ายและสะดวกมากยิ่งขึ้น

จากข้อมูลข้างต้น แสดงให้เห็นว่าการพัฒนาเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะสามารถเป็นแนวทางที่มีประสิทธิภาพในการจัดการกับปัญหาขยะ ซึ่งไม่เพียงแต่ช่วยแก้ไขปัญหาด้านการจัดการขยะ แต่ยังช่วยส่งเสริมการพัฒนาอย่างยั่งยืนในด้านสิ่งแวดล้อมและสังคม

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะ โดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้ด้วยเซ็นเซอร์และระบบอัตโนมัติ โดยการแยกขวดแก้วออกจากกระบวนการบีบอัด
2. เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะ โดยใช้เทคโนโลยีการรับรู้ด้วยเซ็นเซอร์และระบบอัตโนมัติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ช่วยในการประหยัดเวลาในการคัดแยกประเภทของขวดและมีพื้นที่ในการจัดเก็บขยะมากขึ้นจากการบีบอัด
2. เพื่อช่วยในการคัดแยกขวดและกระป๋องอย่างมีประสิทธิภาพ นำไปสู่กระบวนการจัดการขยะในลำดับขั้นถัดไปได้อย่างรวดเร็ว

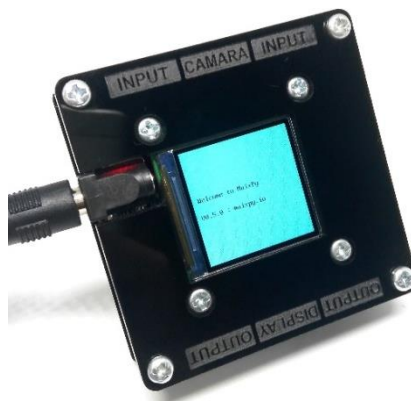
ขอบเขตการวิจัย

1. ผู้วิจัยใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ เช่น การใช้เซ็นเซอร์ (Infrared sensors, RFID) และ AI เพื่อจำแนกประเภทของขยะ (กระป๋องอลูมิเนียม, ขวดน้ำพลาสติก, และขวดแก้ว) ด้วยความแม่นยำ
2. สามารถทำการบีบอัดเพื่อให้ขยะที่มีขนาดใหญ่ลดขนาดลง (compression) ซึ่งจะช่วยประหยัดพื้นที่ในการจัดเก็บขยะ
3. ใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) เพื่อให้เครื่องสามารถส่งข้อมูลแจ้งเตือนสถานะของถังขยะไปยังแอปพลิเคชันออนไลน์ได้
4. เมื่อถังขยะเต็ม เครื่องสามารถทำการเปลี่ยนช่องจัดเก็บขยะไปยังช่องใหม่โดยอัตโนมัติ เพื่อให้การทำงานต่อเนื่อง

ทฤษฎี

1. CorgiDude (คอร์กี้ ดู๊ด)

CorgiDude คือบอร์ดพัฒนาไมโครคอนโทรลเลอร์ประสิทธิภาพสูงที่มีความสามารถในการนำโมเดลทางคณิตศาสตร์ วิทยาการคำนวณ หรือแม้กระทั่งโมเดลปัญญาประดิษฐ์ Machine Learning อย่างการจำแนกภาพ ค้นหาวัตถุ ค้นหาใบหน้า มาทำการประมวลผลที่บอร์ดได้อย่างรวดเร็ว สามารถเชื่อมต่อ กล้อง จอภาพแสดงผล หรือเซ็นเซอร์อื่นมาต่อและเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมและสั่งการได้อย่างมีประสิทธิภาพ สามารถเขียนโปรแกรมหลักด้วยภาษา Python (micropython) ที่ง่ายต่อการเรียนรู้ หรือเลือกพัฒนาด้วยภาษา C/C++



ภาพ 1 บอร์ด AI Corgi Dude

(ที่มา : <https://ml.in.th/th/product/corgidude/> สืบค้นวันที่ 13 กันยายน 2566)

2. infrared (IR) Sensor Module

การตรวจจับวัตถุผ่านด้วยอินฟราเรส Sensor Arduino ตรวจจับวัตถุผ่านด้วยอินฟราเรส ตัวนี้จะมีตัวรับตัวส่ง infrared ในตัว หลักการทำงานของ Sensor คือ Sensor จะส่ง สัญญาณ Infrared ออกไป เมื่อมีวัตถุมาบัง

สัญญาณ infrared จะถูกสะท้อนกลับไปยังตัวรับสัญญาณ infrared ของ Sensor แสดงว่ามีวัตถุอยู่ตรงหน้า สามารถปรับความไวได้ด้วยตัว R ปรับค่าได้ เหมาะกับการไปประยุกต์ใช้



ภาพ 2 infrared (IR) Sensor Module

(ที่มา : <https://www.hwlibre.com/th/l298n/> สืบค้นวันที่ 13 กันยายน 2566)

3. แอปพลิเคชันไลน์

ไลน์ (Line) หมายถึง แอปพลิเคชัน สำหรับการสนทนาบนอุปกรณ์ การสื่อสารภาพแบบ ต่าง ๆ เช่น สมาร์ทโฟน คอมพิวเตอร์ และ แท็บเล็ต (Tablet) ผู้ใช้สามารถสื่อสารด้วยการพิมพ์ข้อความ จากอุปกรณ์ การสื่อสาร จากอีกเครื่องหนึ่งไปสู่อีกเครื่องหนึ่ง ซึ่งไลน์ (Line) ได้รับการพัฒนาให้มีความสามารถหลากหลายเพื่อรองรับการใช้งานของผู้ใช้หลายๆ ด้านจุดเด่นที่ทำให้ ไลน์ (Line) แตกต่างกับแอปพลิเคชันสำหรับการสนทนาภาพแบบอื่นๆคือภาพแบบของ “สติ๊กเกอร์” (Sticker) ที่แสดงอารมณ์และความรู้สึกของผู้ใช้ที่หลากหลายเช่น สติ๊กเกอร์แสดงความรู้สึกขั้นพื้นฐาน สติ๊กเกอร์ตามเทศกาลและวันสำคัญสติ๊กเกอร์ของตราสินค้าต่าง ๆ สติ๊กเกอร์ การ์ตูนที่มีชื่อเสียง สนทนาด้วยเสียงสามารถโทรคุยผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (FREE VOICE CALLS) ส่งข้อความแบบวิดีโอและเสียง (SEND VIDEOS & VOICE MESSAGE) ปรับแต่งภาพวอลเปเปอร์ (CUSTOMIZABLE WALLPAPER)สนทนาแบบกลุ่ม (GROUP CHAT) สามารถใช้กระดานโพสต์ข้อความ (Timeline) ในการแบ่งปันข้อความ ภาพภาพ วิดีโอ และสติ๊กเกอร์ เพื่อแลกเปลี่ยนเรื่องราวต่างๆ กับเพื่อน เกมหลากหลายประเภท และสามารถเชิญเพื่อนใน Line มาร่วมสนุกด้วยกัน (LINE GAME) ที่มีส่วนตัวฉบับพกพาเพลิดเพลินกับซีรีส์และคลิปพิเศษ (LINE TV) ร้านขายสินค้าออนไลน์ในราคาพิเศษ เช่น เครื่องสำอางเสื้อผ้าแฟชั่น แกดเจ็ต ที่ฟัก ของแต่งบ้าน และอื่นๆ อีกมากมาย (LINE SHOP) อย่างไรก็ตามไลน์(LINE) ยังคงเป็นแอปพลิเคชันใหม่ในอุตสาหกรรม สมาร์ทโฟนที่เพิ่งเปิดให้บริการตั้งแต่ปี 2554 เป็นต้นมาถึงแม้ว่าจะมีจำนวนสมาชิกสูงและเติบโตอย่างต่อเนื่อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธานีล ม่วงพูล และวริยา เย็นเปิง (2565). การพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1)ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที 2) ทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น และ 3) ศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ ตามแนวคิดการยอมรับเทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษา สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เครื่องมือที่

ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ และ 3) แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที สามารถควบคุมการเปิด-ปิดถังขยะคัดแยกขวดโลหะ ขวดพลาสติกพร้อมทั้งบอกจำนวนขยะที่รับเข้าและแสดงพิกัดของถังขยะผ่านแอปพลิเคชันไลน์ 2) ผลของการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ จำนวน 10 รอบ พบว่า ระบบสามารถสั่งเปิด-ปิดถังขยะ พร้อมทั้งคัดแยกชนิดของโลหะ และพลาสติกได้พร้อมกับระบุจำนวน และพิกัดผ่านโทรศัพท์มือถือได้ถูกต้อง และผลการประเมินระบบจากผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่านอยู่ในระดับมาก และ 3) ผลของการศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ตามแนวคิด การยอมรับเทคโนโลยีจากกลุ่มตัวอย่างพบว่าอยู่ในระดับมาก

พิพัฒน์ ดรงค์ดำรงชัย. (2565). ศึกษาเรื่องการออกแบบและสร้างถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที เพื่อพัฒนากลังขยะให้มีความทันสมัย สามารถนำไปปรับใช้งานได้ตามสถานที่ต่าง ๆ ได้จริง โดยการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิกโหนดเอ็มซียู ESP8266 และไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เป็นตัวประมวลผล แจ้งเตือนไปยังสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notify)

ผลการทดสอบพบว่าถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีสามารถเปิดฝากลังขยะได้อัตโนมัติในระยะเวลาที่กำหนดไว้ สามารถแสดงปริมาณขยะในถังขยะด้วยหลอด LED และส่งสัญญาณแจ้งเตือนปริมาณขยะไปยังสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาและศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำ และกระป๋องออลูมิเนียมมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา ศึกษาข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับการจัดการขยะ การคัดแยกวัสดุรีไซเคิล และเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง เช่น ระบบเซ็นเซอร์ การประมวลผลภาพเบื้องต้น และระบบอัตโนมัติ ตลอดจนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดแยกขยะเพื่อกำหนดแนวทางการพัฒนาเครื่องต้นแบบ

2. ออกแบบและพัฒนาเครื่องต้นแบบ ทำการออกแบบระบบคัดแยกและบีบอัดขยะโดยใช้บอร์ดพัฒนา CorgiDude ร่วมกับกล้องสำหรับตรวจจับภาพ เซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุ และกลไกสำหรับบีบอัดขวดพลาสติกและกระป๋องออลูมิเนียม โดยเว้นการบีบอัดขวดแก้วเพื่อความปลอดภัย จากนั้นเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานและเชื่อมต่อระบบกับแอปพลิเคชันไลน์ผ่าน IoT

3. การทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ ทำการทดลองคัดแยกขยะด้วยเครื่องต้นแบบจำนวน 45 ครั้ง แบ่งเป็น ขวดน้ำพลาสติก 15 ครั้ง ขวดแก้ว 15 ครั้ง กระป๋องออลูมิเนียม 15 ครั้ง บันทึกผลการจำแนกประเภทและความถูกต้องของการคัดแยกในแต่ละครั้ง และตรวจสอบการทำงานของฟังก์ชันบีบอัด

4. วิเคราะห์ผลและสรุป

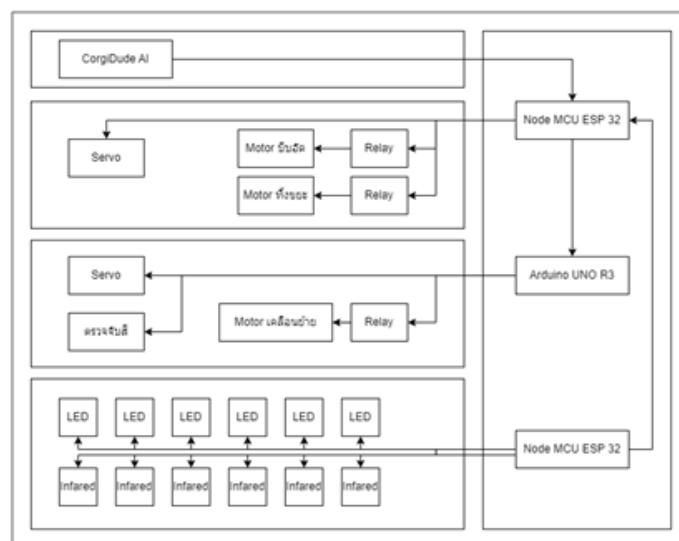
นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาคำนวณหาความแม่นยำ (Accuracy) ของระบบ และประเมินประสิทธิภาพโดยรวม พร้อมทั้งอภิปรายผล เปรียบเทียบกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และสรุปข้อเสนอแนะในการพัฒนาระบบเพิ่มเติม

ซึ่ง การศึกษาและวางแผนการทำงาน โดยมีการกำหนดจุดควบคุมต่างๆ ซึ่งจะเขียนเป็นผังการดำเนินงาน เพื่อที่จะได้เป็นกรอบการทำงาน เริ่มจากการศึกษาการทำงานของระบบอัตโนมัติ โดยแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 คือการออกแบบโปรแกรมควบคุมการทำงาน เมื่อทำการออกแบบเสร็จก็ทำการเขียนโปรแกรมควบคุมการทำงานและทำการทดสอบว่าเป็นไปตามเงื่อนไขที่ต้องการหรือไม่ หากไม่เป็นไปตามต้องการก็ทำการแก้ไขโปรแกรมใหม่ให้ได้ตามต้องการ

ส่วนที่ 2 คือการออกแบบ ฮาร์ดแวร์เมื่อทำการออกแบบเสร็จก็ทำการประกอบและทดสอบ หากไม่เป็นไปตามแผนที่ออกแบบไว้ให้ทำการแก้ไขจนกว่าจะได้ตามที่ออกแบบไว้ เมื่อได้ทำทั้งสองส่วนเรียบร้อยแล้ว ก็ถึงการทดสอบรวมระหว่าง โปรแกรมควบคุมการทำงานซอฟต์แวร์ และฮาร์ดแวร์ หากผลการทดสอบรวมไม่เป็นไปตามเงื่อนไข ก็ให้ทำการแก้ไขส่วนที่บกพร่องจนกว่าจะได้ตามต้องการ

การออกแบบด้านฮาร์ดแวร์



ภาพ 3 ผังการทำงานของถังขยะอัจฉริยะ

จากภาพ 3 แผนผังการทำงานของถังขยะอัจฉริยะนั้นมีหลักการทำงาน โดยแบ่งออกเป็นจำนวน 4 บอร์ด โดยมีลำดับการทำงานดังนี้

- ขั้นตรวจจับ ใช้ CorgiDude AI ทำหน้าที่ในการเป็นกล้องในการตรวจจับและประมวลผลว่า เป็นขยะชนิดใด เพื่อส่งค่าเหล่านั้นให้กับ Node MCU ESP32 ต่อไป
- ขั้นบีบอัด Node MCU ESP32 ทำหน้าที่รับค่าจาก CorgiDude AI ว่าเป็นชนิดใด และรับค่าจาก ชั้นจัดเก็บว่าถังขยะชนิดนั้นเต็มหรือไม่ หากเต็มจะทำการติ๊กกลับขยะออกมา หากไม่เต็มจะทำงานต่อไป โดยหากชนิด

ที่รับได้นั้นเป็นประเภท ขวดพลาสติกและกระป๋อง จะสั่งให้ Motor ทำการบีบอัด 1 ครั้ง หากไม่ใช่ชนิดข้างต้น คือ ขวดแก้ว จะไม่ทำการบีบอัด เมื่อทำตามเงื่อนไขตามชนิดของต้นเสร็จแล้วนั้น บอร์ดจะสั่งให้ Motor ทิ้งขยะ เปิดฝาเพื่อทิ้งขยะไปส่วนการเคลื่อนย้าย พร้อมกับส่งค่าให้ขึ้นต่อไป

- ขั้นตอนเคลื่อนย้าย Arduino UNO R3 เมื่อได้รับค่าจากเซ็นเซอร์บีบอัดแล้วนั้น บอร์ดจะสั่ง Motor เคลื่อนย้ายให้เคลื่อนย้ายโดยใช้สายพาน โดยระหว่างที่เคลื่อนย้ายนั้น เซ็นเซอร์ตรวจจับสีนั้นจะรับค่าสีจากเซ็นเซอร์จับได้ว่า เป็นขยะชนิดใดและทำการตรวจสอบตามมีเงื่อนไขดังนี้

เมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับสีนั้น ตรวจพบสีที่ตรงกับค่าที่ได้รับและขยะชนิดนั้นยังมีพื้นที่จัดเก็บ จะสั่งให้ Motor เคลื่อนย้ายนั้นหยุด และสั่งให้ Servo หมุนเพื่อทิ้งขยะตามชนิดเหล่านี้

- LED แสดงไฟสีแดง คือ ถึงชนิดนั้นคือจัดเก็บประเภทพลาสติก
- LED แสดงไฟสีเขียว คือ ถึงชนิดนั้นคือจัดเก็บประเภทแก้ว
- LED แสดงไฟสีน้ำเงิน คือ ถึงชนิดนั้นคือจัดเก็บประเภทกระป๋อง

หากเซ็นเซอร์ตรวจจับสีจากเงื่อนไขก่อนหน้านี้ปรากฏว่า ถึงขยะใบชนิดนั้นเต็ม จะเข้าสู่เงื่อนไขต่อไปเมื่อเซ็นเซอร์ตรวจจับสีนั้นตรวจพบสีที่ตรงกับค่าที่ได้รับแต่ขยะชนิดนั้นไม่มีพื้นที่ จัดเก็บ ให้ตรวจจับต่อไปจนว่าจะเจอ LED ที่แสดงไฟสีขาว และจะสั่งให้ Motorเคลื่อนย้ายนั้นหยุด จากนั้นทำการส่งค่าสีชนิดนั้น เข้าไปในเซ็นเซอร์รับสี เพื่อให้แสดงผลผ่าน LED ว่าเป็นถึงขยะ ชนิดนั้นที่ได้รับมา และสั่งให้ Servo หมุนเพื่อทิ้งขยะต่อไปเมื่อทำตามเงื่อนไขใดเงื่อนไขหนึ่ง เสร็จสิ้น motor เคลื่อนย้ายจะกลับไปจุดเริ่มต้นเพื่อรอขยะขึ้นต่อไป

- ขั้นตอนจัดเก็บ Node MCU ESP32 จะใช้ในการรับค่าสองค่า โดยค่าที่ได้รับจากเซ็นเซอร์ตรวจจับสี ว่าเป็นขยะชนิดใด และค่าที่ได้รับจาก เซ็นเซอร์อินฟราเรดในการตรวจสอบว่าถังสุดท้ายเต็มหรือไม่ หากถึงเต็มจะส่งค่าให้ Node MCU ESP32 ที่อยู่ชั้นบีบอัดว่าถึงขยะชนิดใดบ้างที่เต็ม พร้อมกับแจ้งเตือนให้กับผู้ดูแลผ่าน Line Notify ว่า ถึงขยะเต็ม

ผลการวิจัย

การทดสอบการทำงานของเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะ ว่าสามารถเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ซึ่งจะมีขั้นตอนในการทดสอบทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. จัดเตรียมขวดและกระป๋องอลูมิเนียมที่จะทำการทดสอบคัดแยก
2. เริ่มทำการทดสอบเครื่องแยกขวดและกระป๋องอลูมิเนียมอัจฉริยะ
3. ทำการจดบันทึกผลการทดสอบ

จากการเตรียมการข้างต้น ในขั้นตอนต่อไปคือ วิธีการทดสอบความถูกต้องและแม่นยำ เพื่อให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ต้องการ ทางคณะผู้จัดทำ จึงจะทำการทดสอบการทำงานของเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะ ขวดพลาสติก จำนวน 15 ครั้ง ขวดแก้ว จำนวน 15 ครั้ง และกระป๋องอลูมิเนียม จำนวน 15 ครั้ง โดย

ขวดจะมีหลายเป็นประเภทแต่ขนาดต้องไม่เกิน 1.5 ลิตร แล้วนำมาลงบันทึกผลการทดสอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ยความถูกต้องและความแม่นยำ

ผลทดสอบการจำแนกชนิดของขยะ ได้ผลสรุปดังนี้ ขวดพลาสติกที่ทำการทดสอบจำนวน 15 ครั้ง ตรวจพบความผิดพลาดจำนวน 0 ครั้ง ขวดแก้วที่ทำการทดสอบจำนวน 15 ครั้ง ตรวจพบความผิดพลาดจำนวน 2 ครั้ง และกระป๋องอลูมิเนียมที่ทำการทดสอบจำนวน 15 ครั้ง ตรวจพบความผิดพลาดจำนวน 0 ครั้ง ผลสรุปที่ได้คือระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกฟังก์ชัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 95.56 %

ทดสอบความแม่นยำของการระบุชนิดของขยะ

ขั้นตอนการทดสอบความแม่นยำของเครื่องบีบอัดขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะนั้น ทางคณะผู้จัดทำได้ใช้วิธีการถ่ายรูป แล้วนำมาเป็นข้อมูลภาพ เพื่อป้อนเข้าไปยังหน่วยความจำของกล้อง AI CorgiDude ไว้ใช้สำหรับการฝึกสอนกล้อง AI CorgiDude ซึ่งการแบ่งประเภทขยะ จะแบ่งออกเป็น 3 ประเภท โดยมีชื่อคลาสหรือประเภทภายในกล้อง AI CorgiDude ตามตารางดังนี้

ตาราง 1 ประเภทขยะตามหมวดหมู่การคัดแยก

ลำดับที่	ประเภทขยะ	ชื่อคลาส	ตัวอย่าง	จำนวนขวดที่ถ่าย
1	ขวดพลาสติก	Plastic		55 ขวด
2	ขวดแก้ว	Glass		55 ขวด
3	กระป๋องอลูมิเนียม	Metal		28 กระป๋อง

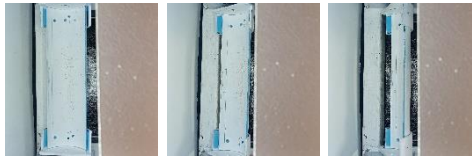
ตาราง 2 ตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ในการฝึกสอนกล้อง AI CorgiDude

ประเภท	ตัวอย่างรูปภาพ
ประเภท ขวดพลาสติก	
ประเภท ขวดแก้ว	

ประเภท กระป๋องอลูมิเนียม



ประเภท ภาพพื้นหลัง



จากการสังเกตตามตารางข้างต้นทั้ง 2 ตารางนั้น จะแสดงให้เห็นตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ในการฝึกสอนกล้อง AI CorgiDude ทั้งหมด 4 ประเภท คือ ประเภทขวดพลาสติก ประเภทขวดแก้ว ประเภทกระป๋องอลูมิเนียม และ ประเภทภาพพื้นหลัง ซึ่งที่ไม่ได้กล่าวถึงในตาราง 1 คือ ประเภทภาพพื้นหลัง เนื่องจากเพื่อให้กล้อง AI CorgiDude ทราบว่าหากตรวจพบขยะที่ไม่ตรงตามประเภทที่ได้ทำการฝึกสอนไว้ จะไม่สามารถนำไปใส่ในถังขยะตามประเภทที่ระบุเอาไว้ได้ แต่ถ้าหากไม่มีการระบุประเภทภาพพื้นหลังไว้แล้วนั้น เวลาตรวจจับผิดประเภท จะทำให้ระบบเกิดความสับสนเป็นอย่างมาก



ภาพ 4 การทดสอบการตรวจจับของประเภทขวดแก้ว ภาพ 5 การทดสอบการตรวจจับของประเภทขวดพลาสติก

เมื่อทำการฝึกสอนกล้อง AI CorgiDude โดยทำการติดตั้งตามโมเดลและคำสั่ง เป็นที่เรียบร้อยแล้ว จึงเริ่มทำการทดสอบความแม่นยำการระบุชนิดของขยะ ซึ่งผลการทดสอบที่ได้คือ ตามตารางดังนี้

ตาราง 3 ผลการทดสอบความแม่นยำของการระบุชนิดของขยะ

การทดสอบครั้งที่	ขวดพลาสติก	ขวดแก้ว	กระป๋องอลูมิเนียม
1	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓
7	✓	✓	✗
8	✓	✓	✓
9	✓	✓	✓
10	✓	✓	✗
11	✓	✓	✓
12	✓	✓	✓
13	✓	✓	✓
14	✓	✓	✓
15	✓	✓	✓

****หมายเหตุ****

- ✓ แทน การคัดแยกสำเร็จ
- ✗ แทน การคัดแยกไม่สำเร็จ

ทดสอบความถูกต้องของการเคลื่อนย้าย

ขั้นตอนการทดสอบความถูกต้องของการเคลื่อนย้าย คือ การทดสอบชุดรางเคลื่อนที่ โดยให้เซ็นเซอร์นั้นเป็นตัวตรวจสอบถังขยะที่ว่างและส่งสัญญาณตามประเภทของขยะ พร้อมทั้งสั่งให้ Servo ที่ถังขยะได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ โดยทางคณะผู้จัดทำ มีตารางสัญญาณแสดงไฟ LED พร้อมทั้งความหมาย ซึ่งสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภทตามตารางดังต่อไปนี้

ตาราง 4 เปรียบเทียบสี่สัญญาณพร้อมความหมาย

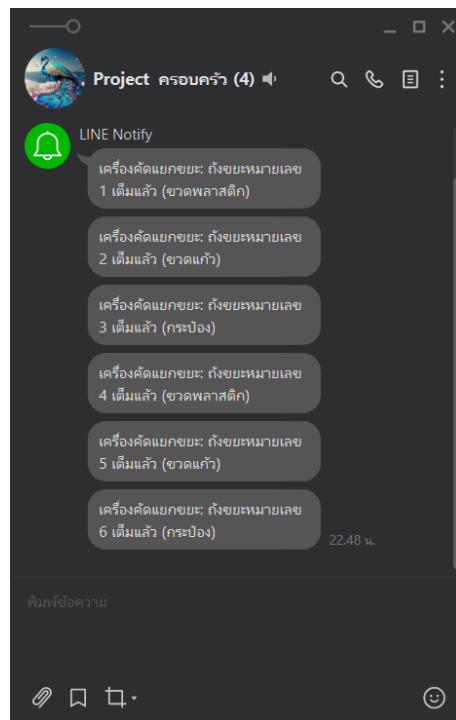
ลำดับ	สี่สัญญาณ	ความหมาย
1	สีแดง	ขาดพลาสติก
2	สีเขียว	ขาดแก้ว
3	สีน้ำเงิน	กระป๋อง
4	สีขาว	ถังว่าง

ตาราง 5 ความหมายของขยะแต่ละชนิด

ลำดับ	ขาดพลาสติก	ขาดแก้ว	กระป๋องอลูมิเนียม	หมายเหตุ
1	✓	✓	✓	ส่งสัญญาณไฟ
2	✓	✓	✓	
3	✓	✓	✓	
4	✓	✓	✓	
5	✓	✓	✓	
6	✓	✓	✓	
7	✓	✓	✗	
8	✓	✓	✓	
9	✓	✓	✓	
10	✓	✓	✗	
11	✓	✓	✓	
12	✓	✓	✓	
13	✓	✓	✓	
14	✓	✓	✓	
15	✓	✓	✓	

แสดงผลการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify

ขั้นตอนการสอบการแสดงผลการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify เมื่ออินฟราเรดได้รับสัญญาณแจ้งว่าถังขยะในแต่ละถังเต็มแล้วนั้น จะส่งข้อมูลให้กับผู้ดูแลผ่าน Line Notify เพื่อให้ผู้ดูแลรับทราบและทำการเปลี่ยนถุงใหม่



ภาพ 6 แจ้งเตือนถึงขยะเต็มด้วย Line Notify

ตาราง 6 ตรวจสอบความถูกต้องของการส่งข้อความแจ้งเตือน

ลำดับถึง	ขวดพลาสติก	ขวดแก้ว	กระป๋องอลูมิเนียม
1	✓	✓	✓
2	✓	✓	✓
3	✓	✓	✓
4	✓	✓	✓
5	✓	✓	✓
6	✓	✓	✓

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยที่ได้ สามารถสรุปผลวิจัยตามวัตถุประสงค์ได้ ดังนี้ ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า เครื่องคัดแยกขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถใช้งานได้จริง โดยประยุกต์ใช้บอร์ด CorgiDude ร่วมกับกล้องเซ็นเซอร์ และระบบควบคุมอัตโนมัติ พร้อมเชื่อมต่อกับแอปพลิเคชันไลน์และระบบ IoT ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ขวดพลาสติกที่ทำการทดสอบจำนวน 15 ครั้ง ตรวจพบความผิดพลาดจำนวน 0 ครั้ง ขวดแก้วที่ทำการทดสอบจำนวน 15 ครั้ง ตรวจพบความผิดพลาดจำนวน 2 ครั้ง และกระป๋องอลูมิเนียมที่ทำการทดสอบจำนวน 15 ครั้ง

ตรวจพบความผิดพลาดจำนวน 0 ครั้ง ผลสรุปที่ได้คือ ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกฟังก์ชัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ได้ 95.56 %

อภิปรายผล

จากผลการวิจัย สามารถอภิปรายผลดังนี้

จากผลการทดลองใช้งานเครื่องคัดแยกขยะขวดน้ำและกระป๋องอัจฉริยะ โดยแบ่งเป็น ขวดพลาสติก 15 ครั้ง ขวดแก้ว 15 ครั้ง และกระป๋องอลูมิเนียม 15 ครั้ง พบว่า เครื่องสามารถจำแนกขวดพลาสติกและกระป๋องอลูมิเนียมได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง (100%) ขณะที่การจำแนกขวดแก้วตรวจพบข้อผิดพลาดจำนวน 2 ครั้ง จากทั้งหมด 15 ครั้ง ส่งผลให้ค่าเฉลี่ยความถูกต้องรวมของระบบอยู่ที่ 95.56% ระบบมีประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทวัสดุหลักอย่างขวดพลาสติกและกระป๋องอลูมิเนียมได้อย่างแม่นยำ อย่างไรก็ตาม การจำแนกขวดแก้วยังมีข้อผิดพลาดบางส่วน ซึ่งอาจเกิดจากความคล้ายคลึงของรูปร่างหรือแสงสะท้อนจากผิววัสดุที่ส่งผลต่อการประมวลผลของกล้องและเซ็นเซอร์ ผลการวิจัยในครั้งนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ ธาณิล ม่วงพูล และคณะ (2565) เรื่อง การพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ซึ่งพบว่า ระบบสามารถคัดแยกขยะประเภทโลหะและพลาสติกได้อย่างถูกต้อง พร้อมแสดงข้อมูลผ่านอุปกรณ์มือถือได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งผลประโยชน์จากผู้เชี่ยวชาญยังจัดอยู่ในระดับ “มาก” แสดงถึงความเชื่อมั่นในแนวทางการใช้เทคโนโลยีอัตโนมัติและ IoT เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการขยะ จากผลที่ได้สามารถสรุปได้ว่า เครื่องคัดแยกขยะอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำและประสิทธิภาพสูงในเบื้องต้น และมีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในสถานการณ์จริง อย่างไรก็ตามควรมีการพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของการจำแนกวัสดุที่มีความซับซ้อน เช่น ขวดแก้ว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพโดยรวมของระบบให้สูงขึ้นในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะงานวิจัยที่จะนำไปใช้ประโยชน์

1. ผลจากการหาประสิทธิภาพของเครื่องคัดแยกและคัดอัด จะเห็นว่าจากการทดสอบมีความถูกต้องแม่นยำ ซึ่งผู้วิจัยจะนำเครื่องดังกล่าวไปมอบให้กับชุมชน โรงเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ทำการแยกขยะ และใช้ประกอบในการเรียนการสอน

ข้อเสนอแนะงานวิจัยในการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการศึกษาเกี่ยวกับผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการใช้เครื่องคัดแยกขยะในระยะยาว รวมถึงการประเมินประโยชน์ที่ได้รับจากการลดปริมาณขยะที่ไม่ได้รับการรีไซเคิล และการใช้วัสดุที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในกระบวนการผลิตเครื่อง เพื่อส่งเสริมความยั่งยืนและลดผลกระทบต่อธรรมชาติในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

ธานีล ม่วงพูล และวริยา เย็นเปิงคณะ. (2565). การพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที.

วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 8(2), 8-15.

พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย. (2565). การออกแบบและสร้างถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที. *วารสารวิจัยและนวัตกรรม*

การอาชีวศึกษา, 6(1), 31-42.