

ต้นแบบเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ

A Prototype of Reverse Vending Machine for Garbage Bank Project

เอกรินทร์ วัฒนกุลเลิศสกุล¹ วณษา สินจันทร² สุระเจตน์ อ่อนฤทธิ์³
Egkarin Watanyulertsakul¹ Vanasa Sinchangreed² Surajate On-rit³

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
Program in Computer Technology, Faculty of Industrial Technology, Ubon Ratchathani Rajabhat University

¹egkarin.w@ubru.ac.th

²vanasa.s@ubru.ac.th

³surajate.o@ubru.ac.th

รับต้นฉบับ: 12 พฤษภาคม 2562; รับบทความฉบับแก้ไข: 19 พฤษภาคม 2562; ตอรับบทความ: 21 พฤษภาคม 2562

เผยแพร่ออนไลน์: 28 มิถุนายน 2562

บทคัดย่อ

ในปัจจุบันขวดน้ำพลาสติกและกระป๋องอะลูมิเนียมเป็นบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการอุปโภคบริโภคที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ หากไม่มีกระบวนการคัดแยกที่เหมาะสมอาจกลายเป็นขยะมูลฝอยที่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นอย่างมาก วิธีการลดมลพิษจากขยะดังกล่าว เช่น การนำมาใช้ใหม่หรือนำมาประยุกต์ใช้ซ้ำที่เรียกว่า การรีไซเคิลจึงเป็นแนวทางในการปรับเปลี่ยนขยะที่มีมูลค่าและสามารถเพิ่มเป็นรายได้ได้อีกทางหนึ่ง คณะผู้วิจัยจึงได้คิดหาวิธีแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้น โดยได้ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลเพื่อพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ เพื่อส่งเสริมกิจกรรมธนาคารขยะและปลูกจิตสำนึกที่ดีของคนในชุมชนในการช่วยป้องกันการเกิดปัญหาขยะที่ทาลายสิ่งแวดล้อมได้

ผลการทดลองพบว่าเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ มีความสามารถในการคัดแยกประเภทของกระป๋องขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ กระป๋องเหล็กและขวดพลาสติกได้ โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยโดยรวมถูกต้องร้อยละ 99.60 และประสิทธิภาพในการบีบอัดสามารถลดขนาดของบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทได้คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 54.33

คำสำคัญ: ขยะมูลฝอย, เครื่องรับซื้อ, กระป๋อง, ขวดน้ำดื่ม

Abstract

In the present, plastic bottles and aluminum cans are used in packaging consumption volume increasing. If there are no appropriate separation process could become a solid waste pollution that affects the environment very seriously. How to reduce air pollution from the waste, such as reuse, or applied repeatedly called recycling, so as to modify the value of the waste, and can increase revenue. The research team therefore found ways to solve the problem by studying and collecting information to develop the reverse vending machine for garbage bank projects for support activities and raise awareness of good people in the community to help prevent the waste problem that destroyed the environment.

The results of the research showed that the reverse vending machine for garbage bank project. Provides the ability to separate the types of cans, small, medium, large, steel cans and plastic bottles. Separation by taking the average overall was 99.60 percent thought efficiency in compression can reduce the size of packaging, all types, representing 54.33 percent average.

Keywords: Garbage, Reverse Vending Machine, Cans, Water Bottles.

1) บทนำ

ปัญหาสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันเริ่มส่งผลกระทบต่อชีวิตความเป็นอยู่เพิ่มมากขึ้น หลายหน่วยงานวางแผนนโยบายด้านการดูแลและรักษาสังแวดล้อมเป็นสิ่งสำคัญควบคู่กับนโยบายหลักของการพัฒนาองค์กร สิ่งสำคัญที่เป็นจุดเริ่มต้นที่ดีในการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมคือการปลูกฝังสุขลักษณะนิสัยในการใช้ชีวิตให้สอดคล้องกับแนวคิดการรักษาสิ่งแวดล้อมจะทำให้สามารถพัฒนาสิ่งแวดล้อมได้อย่างยั่งยืน ประกอบกับวิถีการดำรงชีวิตของผู้คนในปัจจุบันมีความปรับเปลี่ยนไปตามความเจริญเติบโตและการพัฒนาทางเศรษฐกิจและเทคโนโลยี รูปแบบการอุปโภคบริโภคของประชากรจึงเปลี่ยนแปลงไป ส่วนหนึ่งในนวัตกรรมวัสดุที่ช่วยเพิ่มมูลค่าให้สินค้าและยังเป็นการถนอมอาหารคือการบรรจุในกระป๋องหรือขวดพลาสติก เพื่อให้ผู้บริโภคสะดวกสบายต่อการใช้งานและง่ายต่อการลำเลียงขนส่ง

สาเหตุที่ทำให้ปริมาณขยะมูลฝอยมีจำนวนมากขึ้นในแต่ละวันส่วนหนึ่งมีสาเหตุมาจากการให้ความสำคัญกับรูปลักษณ์และความสะดวกสบายในการบริโภคแบบทิ้งๆ ขว้างๆ ในลักษณะการใช้ครั้งเดียวทำให้มีวัสดุที่ยังมีประโยชน์ปะปนมากับขยะมูลฝอย และยากต่อการหาวิธีที่เหมาะสมในการจัดการได้ [1] วัสดุที่ใช้ในการผลิตบรรจุภัณฑ์เหล่านี้จึงมีความแข็งแรงทนทานสูงแต่สามารถจะนำกลับมารีไซเคิลเพื่อใช้งานใหม่ได้ ซึ่งจากการสำรวจบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทพบว่าวัสดุ

บรรจุภัณฑ์ประเภทอะลูมิเนียมมีอัตราการรีไซเคิลสูงที่สุดถึงร้อยละ 99.98 รองลงมาคือเหล็กและโลหะร้อยละ 99.81 กระดาษร้อยละ 75.22 แก้วร้อยละ 75.06 และพลาสติกร้อยละ 50.53 ตามลำดับ [2]-[3]

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาส่งเสริมระบบการคัดแยกขยะต้นทางที่เป็นบรรจุภัณฑ์ประเภทอะลูมิเนียม กระป๋องเหล็ก และขวดน้ำดื่มพลาสติก ซึ่งเป็นขยะรีไซเคิลที่มีมูลค่าและปริมาณการใช้งานสูงสุดของขยะมูลฝอยทั้งหมด โดยประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสื่อสารอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) ในรูปแบบของระบบการคัดแยก

2) วิจัยดำเนินการวิจัย

การดำเนินงานเพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติสำหรับโครงการธนาคารขยะที่มีประสิทธิภาพเหมาะสมต่อการใช้งานในชุมชนมีขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

2.1) ศึกษาข้อมูลเบื้องต้นเพื่อใช้ในการออกแบบ

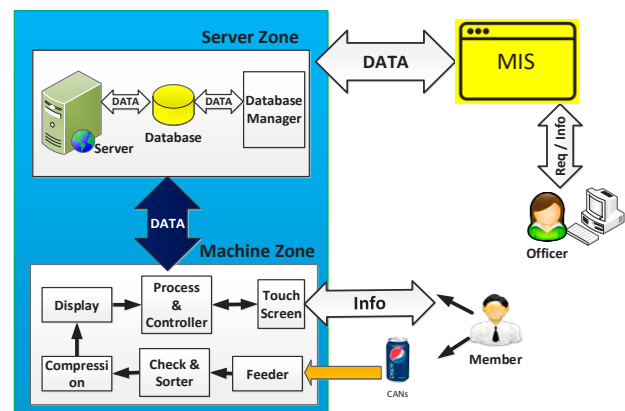
โดยในขั้นต้นผู้วิจัยได้จัดประชุมทีมงานและทำความเข้าใจถึงขอบข่ายเนื้อหาและเป้าหมายของงานร่วมกันเพื่อแบ่งที่นักวิจัยลงพื้นที่ในการจัดเก็บข้อมูลในชุมชนต้นแบบธนาคารขยะในเขตความรับผิดชอบของสำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมจังหวัดอุบลราชธานี แล้วทำการศึกษาค้นคว้าและรวบรวมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ระบบธนาคารขยะ และระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการระบบธนาคารขยะ จากเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ประกอบด้วย การพัฒนาเฟรมเวิร์คเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์สำหรับการนำไปใช้กับถังขยะรีไซเคิลมาตรฐาน [4] กระบวนการอัดรีดขยะพลาสติกเพื่อนำพลาสติกกลับมาผลิตใช้ใหม่ [5] ตู้รีไซเคิล-ตู้รับคืนขยะรีไซเคิลอัตโนมัติ [6] เป็นต้น

2.2) การออกแบบและพัฒนาระบบเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติสำหรับโครงการธนาคารขยะ

จากการศึกษาแนวคิดและรูปแบบการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล พบว่า ส่วนใหญ่เครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลจะแยกการรับซื้อตามประเภทบรรจุภัณฑ์ เช่น เครื่องรับซื้อกระป๋อง และเครื่องรับซื้อขวด PET เป็นต้น ปัญหาของการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลที่พบคือ 1) เป็นระบบแลกคืนเงินสด ซึ่งไม่สอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภค เช่น กระป๋องอะลูมิเนียม 2 กระป๋องสามารถแลกเงินได้ 1 บาท หรือขวดพลาสติก 3 ขวด แลกเงินได้ 1 บาท ประกอบกับราคาในการแลกซื้อไม่ได้สอดคล้องต่อการรับซื้อของแหล่งรับซื้อที่แท้จริง 2) การถูกปลอมแปลงจากการใช้รหัสบาร์โค้ดเครื่องรับซื้อส่วนใหญ่ใช้รหัสบาร์โค้ดในการตรวจพิสูจน์ประเภทของบรรจุภัณฑ์ จึงเกิดการปลอมแปลงได้ง่าย เช่น การสแกนบาร์โค้ดด้วยผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่ง แต่ใส่บรรจุภัณฑ์ชนิดอื่นเข้ามาในตัวเครื่อง ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนและปลอมปนของขยะที่รับซื้อ เกิดความสูญเสียเวลาที่ใช้ในการคัดแยกภายหลัง หรือส่งผลทำให้เครื่องคัดแยก, บดย่อย และบีบอัดเสียหายได้ 3) เครื่องรับซื้อที่มีข้อจำกัดของการรับซื้อเนื่องจากประเภทของบรรจุภัณฑ์จะต้องมีข้อมูลผลิตภัณฑ์ต่างๆ ใน

ระบบฐานข้อมูลก่อนจึงจะสามารถดำเนินการรับซื้อได้ 4) ต้นทุนเครื่องที่พัฒนามีราคาสูงไม่เหมาะสมกับการส่งเสริมในเชิงพาณิชย์

การพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติสำหรับโครงการธนาคารขยะจึงมีการออกแบบเพื่อแก้ปัญหาของเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์ที่มีในอดีตเพื่อให้ระบบมีความสอดคล้องกับพฤติกรรมผู้บริโภคบริโภคและการทำงานในชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืน โดยมีส่วนประกอบในการทำงาน 3 ส่วนคือ 1) เครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์ 2) ระบบเครือข่ายและแม่ข่าย และ 3) ระบบสารสนเทศ นำหลักการเขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์แบบบอร์ตเดียวให้สามารถควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ติดต่อกับเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่ายฐานข้อมูล (Database Server) โดยระบบจะรับกระป๋องเครื่องดื่มบรรจุภัณฑ์จากผู้ใช้งานแล้วทำการตรวจสอบขนาดและราคาจากระบบฐานข้อมูลเพื่อคำนวณเป็นมูลค่าการรับซื้อ และตรวจสอบประเภทของผลิตภัณฑ์ด้วยเซ็นเซอร์เพื่อป้องกันการปลอมแปลง รวมถึงสามารถเพิ่มข้อมูลบรรจุภัณฑ์ใหม่ในฐานข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในอนาคตต่อไปได้ โดยผู้ให้บริการสามารถบันทึกข้อมูลผู้ใช้งานที่ได้จากหมายเลขโทรศัพท์และจัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลในเครื่องคอมพิวเตอร์แม่ข่าย ส่วนบรรจุภัณฑ์เครื่องดื่มที่รับเข้ามาในระบบนั้นจะถูกบีบอัดก่อนคัดแยกตามชนิดวัสดุที่ใช้ในการผลิต และลำเรียงจัดเก็บลงภาชนะโดยมีระบบสารสนเทศ (Management Information System) ทำหน้าที่ในการบริหารจัดการข้อมูลโดยมีเจ้าหน้าที่เป็นผู้สร้างข้อมูลผลิตภัณฑ์ กำหนดราคาการรับซื้อ ข้อมูลการขาย และการจัดพิมพ์รายงาน รวมถึงการเบิกจ่ายเงินเมื่อผู้ใช้งานประสงค์จะเบิกถอนเงินกรณีที่เหมาะสมครบตามเกณฑ์ตามที่โครงการธนาคารขยะได้กำหนดไว้



รูปที่ 1: โครงสร้างระบบเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

2.2.1) การพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

ออกแบบโครงสร้างเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติโดยใช้ข้อมูลที่สำรวจได้และข้อมูลจากการสรุปผลการสืบค้นจากแหล่งข้อมูลต่างๆ แล้วดำเนินการวางแผน ออกแบบ และปรับปรุงให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยจัดเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ ที่สำคัญที่จะต้องเป็นส่วนประกอบและเกี่ยวข้องกับการพัฒนาเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ แล้วดำเนินการติดตั้งประกอบตามโครงสร้างที่ออกแบบไว้ จากนั้นออกแบบโปรแกรมระบบควบคุมการทำงานเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ และทดสอบการทำงาน

อุปกรณ์ทั้งในส่วนเครื่องจักรกล เช่น เซอร์ ชูตแสดงผล และระบบควบคุมการทำงาน เพื่อประเมินหาประสิทธิภาพการใช้งาน และติดตั้งทดสอบการใช้งานในชุมชนตัวอย่างโครงการธนาคารขยะ

กลไกการตรวจรับของเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ ประกอบด้วยอุปกรณ์และเซ็นเซอร์ที่ใช้ในการตรวจรับบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลเข้ามาในระบบนั้น ประกอบด้วยส่วนประกอบต่าง ๆ ดังนี้

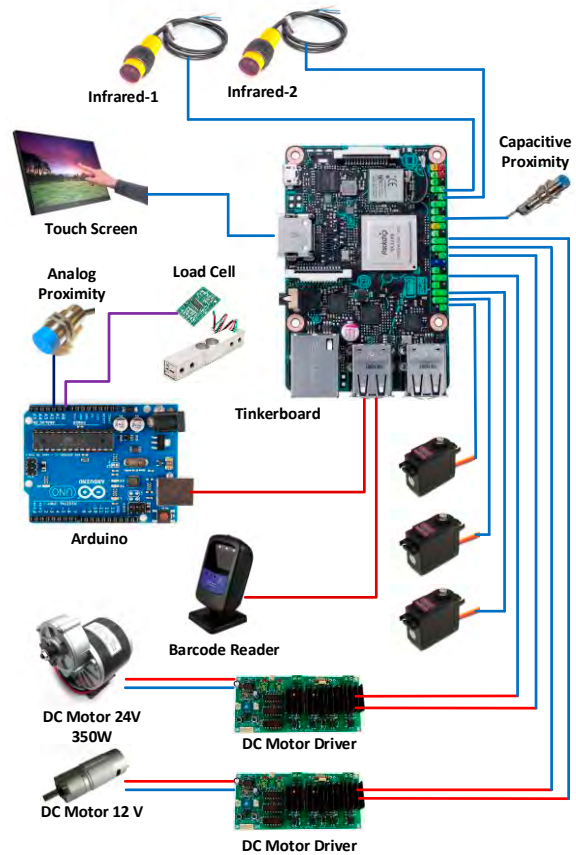
1. ชุดควบคุมการเปิดปิดฝารับเข้า ส่วนนี้จะถูกควบคุมและสั่งการจากส่วนสื่อสารผ่านผู้ใช้ โดยจะถูกสั่งเปิดปิดอย่างอัตโนมัติตามลำดับขั้นตอนของสื่อสารผ่านผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้งานยื่นกระป๋องหรือขวดน้ำดื่มเข้าไปในเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

2. ชุดตรวจจับวัตถุ ทำหน้าที่ในการวิเคราะห์วัตถุที่เข้ามาในตัวเครื่อง เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาความผิดปกติของวัตถุที่ใส่เข้ามาในเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ ในส่วนนี้มีเซ็นเซอร์ที่ใช้ใช้ในการตรวจจับ 3 แบบ ประกอบด้วย 1) อินฟราเรดเซ็นเซอร์ จำนวน 2 ตัว สำหรับทำหน้าที่ตรวจจับวัตถุที่เคลื่อนที่เข้ามาในสายพานลำเลียง และสำหรับตรวจจับตำแหน่งก้านชกที่ทำหน้าที่บีบอัดกระป๋องอลูมิเนียมและขวดน้ำพลาสติก 2) Analog Inductive Proximity Sensor คือ อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุที่เป็นโลหะใช้สำหรับคัดแยกประเภทวัสดุที่เป็นเหล็ก และ อะลูมิเนียม 3) Capacitive Proximity Sensor คือ อุปกรณ์ตรวจจับวัตถุประเภทโลหะใช้สำหรับตรวจจับขวดน้ำที่เป็นบรรจุภัณฑ์ชนิดพลาสติกที่เข้ามาในระบบ

3. ชุดอ่านรหัสบาร์โค้ด ทำหน้าที่ในการอ่านรหัสเพื่อตรวจสอบวัสดุในฐานข้อมูลโดยจะนำมาวิเคราะห์ควบคู่กับผลที่ได้จากตัวตรวจจับวัตถุด้วยพรีอิกซ์มิตีสเซ็นเซอร์เพื่อตัดสินใจในการรับบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลที่ใส่เข้ามาในตัวเครื่อง

4. ชุดตรวจวัดน้ำหนัก เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการตรวจสอบและป้องกันอุปกรณ์ชำรุดจากน้ำหนักของวัตถุที่ใส่เข้ามาในเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ หากมีน้ำหนักมากเกินไปที่กำหนดไว้ คือ 30 กรัม เครื่องจะไม่รับวัตถุนั้น ผู้ใช้บริการอาจจะต้องเทน้ำในภาชนะนั้นให้หมดหรือทำให้มีปริมาณน้ำคงเหลือในขวดน้อยที่สุด

5. ชุดควบคุมสายพานลำเลียงบรรจุภัณฑ์ ประกอบด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 12 V ความเร็วรอบ 1000 rpm ทำหน้าที่ควบคุมการลำเลียงบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลที่ผ่านการตรวจสอบจากขั้นตอนที่ 2 - 4 แล้ว ลำเลียงเข้าไปภายในเครื่องเพื่อเข้าสู่กระบวนการถัดไป



รูปที่ 2: วงจรเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลอัตโนมัติ

6. ชุดบีบอัดกระป๋อง/ขวดน้ำดื่ม ประกอบด้วยมอเตอร์เกียร์ขนาด 24V 350W และก้านชกทำหน้าที่ในการบีบอัดกระป๋องหรือขวดน้ำดื่มเพื่อให้มีขนาดเล็กลง ง่ายต่อการจัดเก็บ โดยหากตรวจพบว่าเป็นกระป๋องเหล็กจะสั่งการให้มอเตอร์คัดแยกบังคับให้กระป๋องเหล็กนั้นหล่นไปในช่องจัดเก็บโดยไม่มีการบีบอัด

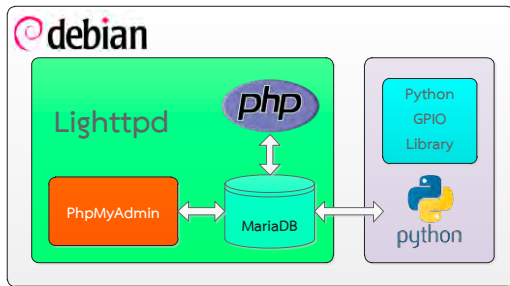
7. ส่วนคัดแยกบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ทำหน้าที่ด้วยการใช้กลไกบังคับการไหลของกระป๋องหรือขวดน้ำดื่มด้วยอุปกรณ์มอเตอร์และบานพับต่าง ๆ บังคับทิศทางให้บรรจุภัณฑ์รีไซเคิลไหลไปในทิศทางเพื่อให้สามารถจัดเก็บลงในภาชนะที่เตรียมไว้ได้อย่างถูกต้อง

2.2.2) การพัฒนาโปรแกรมส่วนเครื่องแม่ข่าย

สำหรับการพัฒนาโปรแกรมในส่วนเครื่องแม่ข่ายที่ใช้ในการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัยได้เลือกใช้คอมพิวเตอร์บอร์ดเดี่ยว Thinker Board ทำหน้าที่เป็นเครื่องแม่ข่ายที่ติดตั้งระบบปฏิบัติการ เดเบียน (Debian Operating System) ซึ่งเป็นระบบปฏิบัติการลินุกซ์ดิสทริบิวชัน โดยการออกแบบส่วนของการให้บริการเครื่องแม่ข่ายในงานวิจัยนี้จะใช้งานบริการซอฟต์แวร์ 2 รูปแบบคือส่วนที่เป็นบริการเว็บ และส่วนที่ทำหน้าที่ในการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

1. โปรแกรมส่วนบริการเว็บ จะเลือกใช้ Lighttpd เพื่อทำหน้าที่เป็นเว็บเซิร์ฟเวอร์เนื่องจากมีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้งานทรัพยากรต่างของเครื่องแม่ข่ายที่มีอยู่อย่างจำกัด รองรับการใช้งานโปรแกรมภาษา PHP เวอร์ชัน 7 และฐานข้อมูล MariaDB โดยมีโปรแกรม PhpMyAdmin สำหรับผู้ดูแลระบบใช้อำนวยความสะดวกในการจัดการฐานข้อมูล

2. โปรแกรมส่วนควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์ เลือกใช้ภาษาไพธอนที่มีความสามารถในการใช้งานควบคุมอุปกรณ์ด้านฮาร์ดแวร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพสามารถพัฒนาได้ภายใต้การทำงานของระบบปฏิบัติการเดเบียนได้เป็นอย่างดี โดยการควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์จะใช้พอร์ตควบคุมการเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายนอกที่เรียกว่า GPIO (General Purpose Input Output) โดยจะต้องติดตั้งผ่านโปรแกรมไลบรารีที่เรียกว่า Python GPIO Library เพื่อให้ภาษาไพธอนสามารถสื่อสารและควบคุมการใช้งาน GPIO ได้

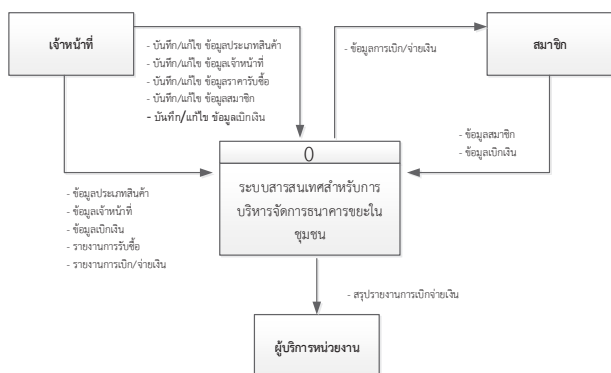


รูปที่ 3: โครงสร้างโปรแกรมส่วนเครื่องแม่ข่าย

2.2.3) การออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการธนาคารขยะ

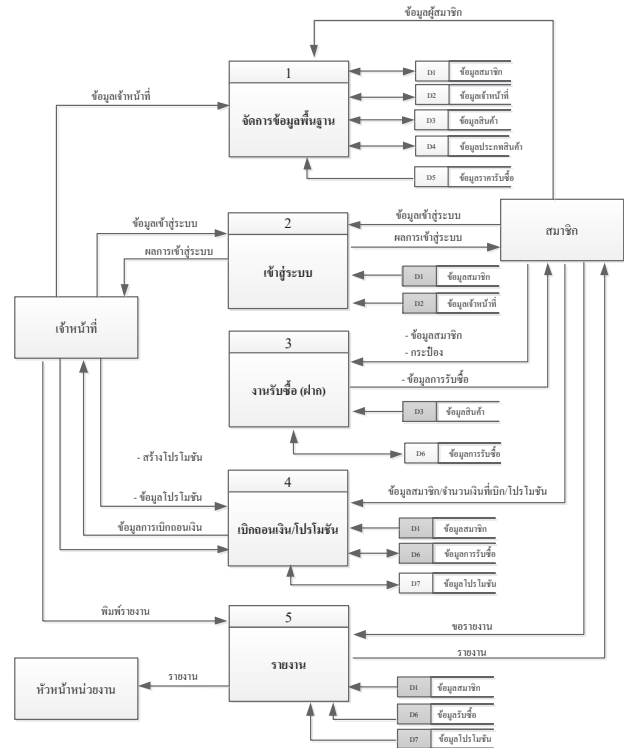
จากการสำรวจและเก็บข้อมูลจากชุมชนธนาคารขยะในจังหวัดอุบลราชธานี สามารถรวบรวมข้อสรุปที่ได้มาใช้ในการออกแบบฐานข้อมูลและระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการธนาคารขยะในชุมชนได้ดังนี้

1. คอนเท็กซ์ไดอะแกรม เส้นทางการไหลของข้อมูลในระบบสารสนเทศสำหรับการบริหารจัดการธนาคารขยะ



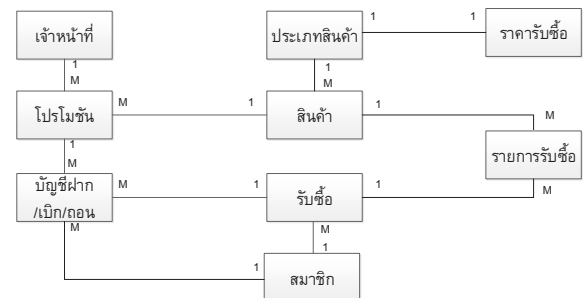
รูปที่ 4: Context Diagram ระบบการบริหารจัดการธนาคารขยะ

2. แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1 (DFD Level 1) ประกอบด้วย 6 โพรเซส ดังรูปที่ 5



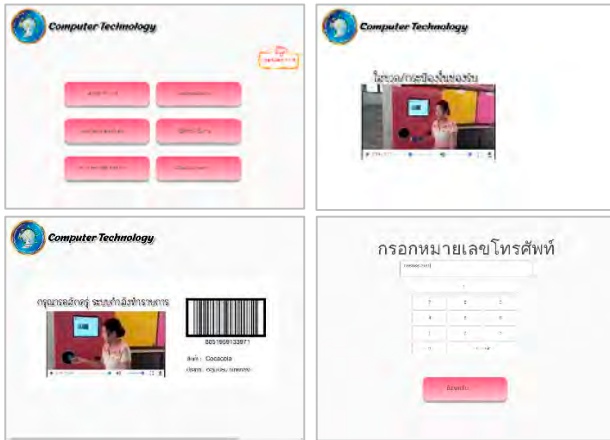
รูปที่ 5: แผนภาพกระแสข้อมูลระดับ 1

3. E-R โมเดลระบบงาน



รูปที่ 6: E-R โมเดลระบบสารสนเทศ

4. ส่วนต่อประสานกับผู้ใช้ ในกระบวนการนี้เป็นกระบวนการสร้างสื่อโต้ตอบผู้ใช้งาน เป็นส่วนที่พัฒนาและออกแบบโดยมีการทำงานของภาษา PHP เพื่อการแสดงผลหน้าจอโดยผู้ใช้งานสามารถใช้การสัมผัสที่หน้าจอเพื่อโต้ตอบ เน้นการสื่อสารผ่านทางรูปภาพ เสียง และภาพเคลื่อนไหว โดยจะควบคุมการทำงานร่วมกับภาษาไพธอนที่ใช้สำหรับการควบคุมอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และระบบกลไกต่าง ๆ ทั้งหมดภายในเครื่องรับซื้อหรือเครื่องคัดแยกอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนการควบคุมอุปกรณ์กลไกที่สัมพันธ์กับการโต้ตอบของผู้ใช้ผ่านทางหน้าจอสัมผัส ซึ่งได้มีการจัดแบ่งส่วนขอบเขตของหน้าจอเป็น 2 ส่วน คือ ด้านซ้ายจอภาพใช้สำหรับแสดงสื่อภาพนิ่ง และภาพเคลื่อนไหวที่สัมพันธ์กับกิจกรรมที่กำลังดำเนินการอยู่ ส่วนด้านขวาของจอจะเป็นเมนูปุ่มโต้ตอบการใช้งานกับผู้ใช้



รูปที่ 7: ตัวอย่างหน้าจอส่วนต่อประสานกับผู้ใช้

2.2.4) การออกแบบโปรแกรมส่วนควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

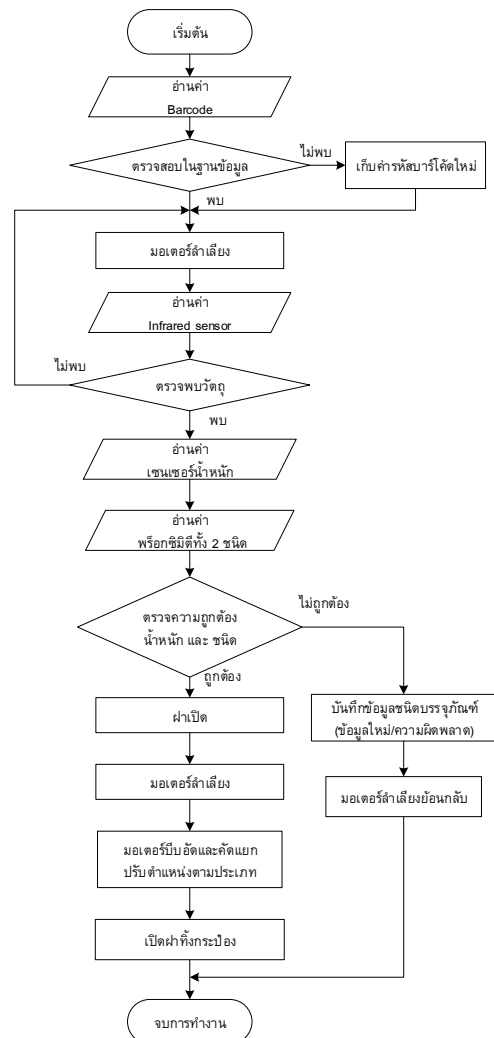
ส่วนการควบคุมฮาร์ดแวร์จะเป็นส่วนที่ทำงานสอดคล้องกับการทำงานของส่วนต่อประสานผู้ใช้ โดยมีหน้าที่หลักคือควบคุมการทำงานของชุดรับบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลเข้าสู่ระบบ โดยเริ่มต้นจากการอ่านค่าจากบาร์โค้ดของบรรจุภัณฑ์แล้วทำการสืบค้นในระบบฐานข้อมูล ภายในคอมพิวเตอร์ส่วนตัว หากพบว่าเป็นข้อมูลเดิมที่มีอยู่แล้วจะทำการลำเลียงเข้าสู่ส่วนตรวจสอบประเภทวัตถุ ในกรณีที่ไม่พบข้อมูลในระบบฐานข้อมูลระบบจะทำการบันทึกข้อมูลใหม่เพื่อใช้ในการพิจารณานำเข้าสู่ฐานข้อมูลต่อไปในอนาคต แล้วลำเลียงเข้าสู่ส่วนตรวจสอบประเภทวัตถุต่อไป การลำเลียงบรรจุภัณฑ์เข้าไปในระบบจะใช้สายพานลำเลียงที่ขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง โดยมีอินฟราเรดเซ็นเซอร์ตรวจจับวัตถุที่เข้ามาเมื่อตรวจพบจะหยุดการลำเลียงของสายพานแล้วเข้าสู่ขั้นตอนการตรวจเช็คน้ำหนักเพื่อป้องกันความเสียหายจากน้ำที่อยู่ภายใน หรือการใส่วัตถุที่ไม่ถูกต้อง โดยจะมีเซ็นเซอร์ตรวจวัดน้ำหนักติดตั้งอยู่ใต้สายพานลำเลียง พร้อมการอ่านค่าจากเซ็นเซอร์พรีอิกซิมิตีเซ็นเซอร์เพื่อตรวจสอบประเภทของวัสดุของบรรจุภัณฑ์ โดยหากชนิดของบรรจุภัณฑ์ไม่ตรงกับข้อมูลที่มีในฐานข้อมูลที่ได้จากการสแกนบาร์โค้ดหรือน้ำหนักวัตถุที่เข้ามามีค่าสูงกว่า 30 กรัม จะบันทึกเป็นข้อผิดพลาดพร้อมแจ้งเตือนในระบบแล้วลำเลียงวัตถุนั้นคืนกลับไปยังผู้ใช้งาน ส่วนบรรจุภัณฑ์ที่ตรวจสอบถูกต้องจะเปิดฝาช่องรับเข้าแล้วลำเลียงเข้ามาหย่อนลงในช่องเตรียมการบีบอัด บานพับคัดแยกประเภทจะหมุนไปยังตำแหน่งที่พร้อมสำหรับการคัดแยกให้บรรจุภัณฑ์รีไซเคิลหล่นลงในช่องจัดเก็บอย่างถูกต้องต่อไป



รูปที่ 8: ตำแหน่งบานพับคัดแยกสำหรับบรรจุภัณฑ์แต่ละแบบ

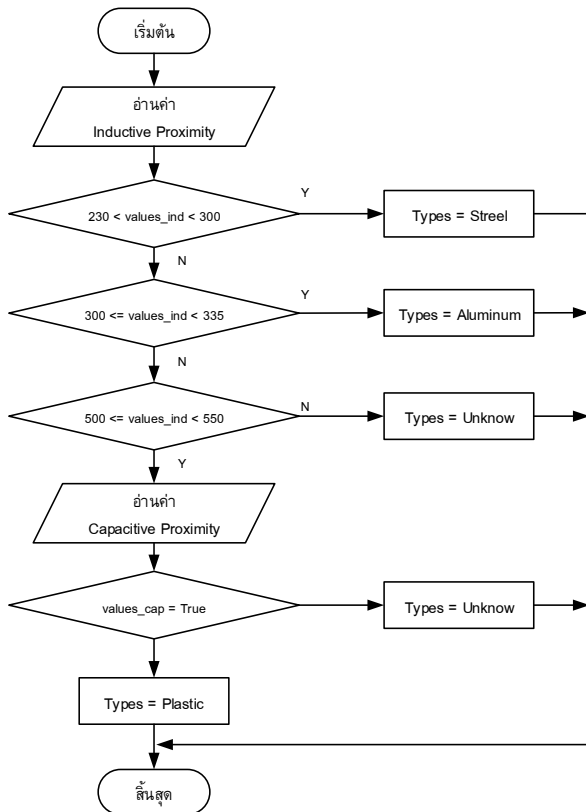
บรรจุภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการบีบอัดแล้วจะวางอยู่บนด้านของฝาถังกระป๋องซึ่งควบคุมด้วยเซอร์โวมอเตอร์ทำหน้าที่ในการปิดกั้นบรรจุภัณฑ์ที่เข้ามาในระบบและเตรียมให้บรรจุภัณฑ์อยู่ในตำแหน่งที่

เหมาะสมต่อการทำงานของช่องบีบอัด โดยหลังจากบีบอัดเสร็จสิ้นแล้วฝาถังซึ่งมีลักษณะคล้ายถาดรองที่ส่วนพื้นด้านล่างของช่องรับบรรจุภัณฑ์จะเคลื่อนที่ออกทำให้บรรจุภัณฑ์ที่ผ่านกระบวนการบีบอัดแล้วหล่นลงไปใต้ช่องเก็บด้านล่าง โดยหล่นไปตามทิศทางที่บานพับคัดแยกปรับตำแหน่งไว้รอ ดังรูปที่ 3 ซึ่งการทำงานระบบทั้งหมดในภาพรวมสามารถอธิบายได้ด้วยผังการทำงานดังรูป



รูปที่ 9: ผังการทำงานส่วนควบคุมอุปกรณ์ฮาร์ดแวร์

โดยค่าที่ตรวจจับได้จากพรีอิกซิมิตีเซ็นเซอร์ชนิด Inductive จะอยู่ในรูปแบบแอนาล็อก (มีค่าอยู่ระหว่าง 0-1023) ส่วนค่าที่ได้จากพรีอิกซิมิตีเซ็นเซอร์ชนิด Capacitive จะอยู่ในรูปแบบข้อมูลบูลีนหรือดิจิทัล (ค่าเท่ากับ 0 หรือ 1) สามารถแสดงรายละเอียดขั้นตอนการตรวจสอบได้ด้วยผังการทำงาน ดังรูป



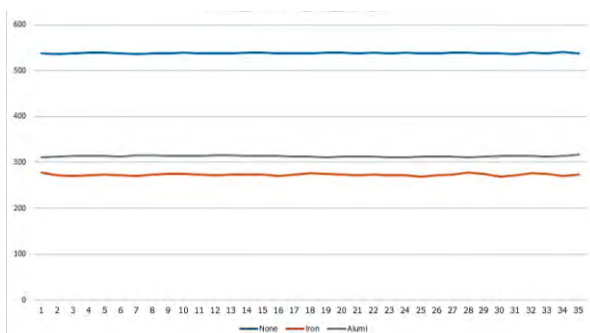
รูปที่ 10: ผังการทำงานการตรวจสอบประเภทวัตถุ

3) ผลการทดลองและอภิปรายผล

ในการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องรับข้อมูลประเภทวัตถุรีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ ได้ทำการแบ่งส่วนการทดลองออกเป็น 3 กลุ่ม โดยสามารถแยกผลการทดลองออกตามประเภทของการทดสอบได้ดังนี้

3.1) การทดลองวัดประสิทธิภาพการคัดแยกจากฟร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์แบบ Inductive

จากการทดสอบการทำงานของอุปกรณ์เซ็นเซอร์โดยรับค่าจากบอร์ดอาดุยโน้ที่ทำหน้าที่เป็นตัวแปลงสัญญาณแอนะล็อกที่ได้รับจากฟร็อกซิมีตีแบบ Inductive พบว่าค่าการตอบสนองต่อวัตถุรีไซเคิลที่มีโลหะเป็นส่วนประกอบ คือ กระป๋องเหล็กและกระป๋องอะลูมิเนียมมีความแตกต่างของข้อมูลที่ได้รับอย่างมีนัยสำคัญ ดังรูปที่ 11



รูปที่ 11: ค่าที่อ่านจากฟร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์แบบ Inductive

จากรูปที่ 11 เป็นการเปรียบเทียบค่าตัวอย่างของกระป๋องที่อ่านได้จากกระป๋องอะลูมิเนียม กระป๋องเหล็ก และกรณีไม่มีวัตถุใด สามารถอธิบายแยกได้ 3 กรณีดังนี้

1. เมื่อทดสอบโดยใช้กระป๋องอะลูมิเนียมที่มีขนาดแตกต่างกัน จำนวน 10 กระป๋อง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 50 – 60 mm และมีความสูงตั้งแต่ 115 – 170 mm พบว่าข้อมูลที่ได้จากบอร์ดอาดุยโน้มีค่าการตอบสนองในช่วง 295-335 จาก 1024 ระดับ
2. เมื่อทดสอบโดยใช้กระป๋องเหล็กที่มีขนาดแตกต่างกัน จำนวน 10 กระป๋อง ซึ่งมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 50 – 60 mm และมีความสูงตั้งแต่ 95 - 130 mm พบว่าข้อมูลที่ได้จากบอร์ดอาดุยโน้มีค่าการตอบสนองในช่วง 233-304 จาก 1024 ระดับ
3. เมื่อทดสอบกับวัตถุที่เป็นโลหะต่างๆ เช่น แก้ว กระดาษ พลาสติก และไม่มีวัตถุใดๆ เลย จำนวน 10 รายการ พบว่าข้อมูลที่ได้จากบอร์ดอาดุยโน้มีค่าการตอบสนองในช่วง 527-544 จาก 1024 ระดับ

3.2) การทดลองวัดประสิทธิภาพการคัดแยกจากฟร็อกซิมีตีเซ็นเซอร์แบบ Capacitive

จากการทดลอง พบว่า เซ็นเซอร์ชนิด Capacitive มีการตอบสนองต่อโลหะ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม ด้วยเช่นกัน ดังนั้นในการทดลองจึงใช้ผลการตรวจจากเซ็นเซอร์ฟร็อกซิมีตีที่เป็นทั้งแบบชนิด Inductive และ Capacitive ในการเปรียบเทียบ พบว่าสามารถใช้ Inductive Proximity Sensor สำหรับแยกประเภทกระป๋องเหล็กและอะลูมิเนียมออกจากกัน ส่วน Capacitive Proximity Sensor จะใช้สำหรับเพื่อตรวจจับขวดน้ำดื่มพลาสติกเมื่อ Inductive Proximity โดยผลการตรวจจับที่ได้จากเซ็นเซอร์ทั้ง 2 ชนิด เมื่อตรวจพบวัตถุแต่ละประเภท

ตารางที่ 1: ค่าการตรวจจับวัตถุรีไซเคิล

ประเภท	ค่าที่ตรวจจับได้จากเซ็นเซอร์	
	Inductive (0 - 1023)	Capacitive (Logic)
กระป๋องอะลูมิเนียม	295 - 335	จริง
กระป๋องเหล็ก	233 - 304	จริง
ขวดน้ำดื่มพลาสติก	530 - 545	จริง
ไม่มีวัตถุใด	527 - 544	เท็จ

3.3) การทดลองบีบอัดกระป๋อง

จากการทดลองการบีบอัดเบื้องต้นพบว่ามอเตอร์ที่ใช้ในการติดตั้งชนิดไฟฟ้ากระแสตรง ขนาด 24V 350W ไม่มีความสามารถในการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมและขวดน้ำพลาสติกได้เพียงแต่มีระดับของการยุบตัวเล็กน้อย จึงทดลองทำการเพิ่มแรงบิด (Torque) ให้กับมอเตอร์โดยเพิ่มชุดเฟืองขนาด 20 และ 100 ฟัน เพื่อเพิ่มอัตราทด 1 : 5 โดยยึดติดที่แกนมอเตอร์ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการ [7]

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_1}{z_2} \quad (1)$$

เมื่อ i คือ อัตราเฟืองทด

n_1 คือ จำนวนรอบของเฟืองขับ

n_2 คือ จำนวนรอบของเฟืองตาม

z_1 คือ จำนวนฟันเฟืองขับ

z_2 คือ จำนวนฟันเฟืองตาม



รูปที่ 12: เฟืองขับ 20 : 100 ฟัน

หลังปรับปรุงโครงสร้างส่วนบีบอัดแล้ว พบว่า สามารถทำการบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียมและขวดพลาสติกได้ โดยรวบรวมอะลูมิเนียมขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ และขวดน้ำพลาสติกขนาดความจุ 450-600 มิลลิลิตร จำนวนอย่างละ 30 ชิ้น ทำการบีบอัด และบันทึกเป็นผลการทดลองมีผลการทดลองดังนี้

ตารางที่ 2: ผลการทดลองการบีบอัดบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล

ประเภท	เส้นผ่านศูนย์กลาง (ซม.)	ความสูงก่อนบีบอัด (ซม.)	ความสูงเฉลี่ยหลังบีบอัด (ซม.)	ค่าเฉลี่ยการบีบอัด (ร้อยละ)
อะลูมิเนียม	6.00	11.50	5.12	55.52
อะลูมิเนียม	5.00	13.00	5.11	60.72
อะลูมิเนียม	5.00	14.50	5.11	64.75
อะลูมิเนียม	6.00	17.00	5.12	69.88
พลาสติก	6.40	24.20	16.90	30.24



ก) ก่อนบีบอัดกระป๋อง



ข) หลังบีบอัดกระป๋อง

รูปที่ 13: การบีบอัดกระป๋องอะลูมิเนียม



ก) ก่อนบีบอัดขวดพลาสติก



ข) หลังบีบอัดขวดพลาสติก

รูปที่ 14: การบีบอัดขวดพลาสติก

3.4) การทดลองคัดแยกประเภทบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล

การทดลองการคัดแยกประเภทบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลด้วยฟร็อกซิเมตริเซ็นเซอร์ ชนิด Inductive และ Capacitive สามารถคัดแยกประเภทของบรรจุภัณฑ์ได้ทั้ง 5 ขนาด ซึ่งประกอบด้วย กระป๋องเหล็ก ขวดพลาสติก และกระป๋องอะลูมิเนียม 3 ขนาด (1. ขนาดเล็ก มีความสูง 11.50 ซม. 2. ขนาดกลาง มีความสูง 13.00-14.50 ซม. และ 3. ขนาดใหญ่ มีความสูง 17 ซม.) และสามารถคัดแยกตามประเภทของวัสดุ คือ เหล็ก อะลูมิเนียม และขวดพลาสติก ได้อย่างถูกต้อง สำหรับข้อมูลขนาดของอะลูมิเนียมจะใช้ข้อมูลที่สแกนได้จากรหัสบาร์โค้ดเพื่อสืบค้นข้อมูลที่ได้จัดเก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ได้บันทึกไว้ในส่วนระบบการบริหารจัดการธนาคารขยะ ซึ่งผลการทดลองคัดแยกบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ได้จัดแบ่งกลุ่มบรรจุภัณฑ์ออกเป็น 2 กลุ่มการทดลอง ประกอบด้วยข้อมูลบรรจุภัณฑ์ที่มีในฐานข้อมูลระบบและจำนวนอย่างละ 25 ชิ้น และบรรจุภัณฑ์ที่ไม่เคยได้จัดเก็บในฐานข้อมูลจำนวน 25 ชิ้น รวมเป็นจำนวนทดสอบบรรจุภัณฑ์ขนาดละ 50 ชิ้น มีผลการคัดแยกแสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3: ผลการทดลองคัดแยกบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล

	จำนวนทดสอบ	คัดแยกถูกต้อง	ร้อยละ
เหล็ก	50.00	50.00	100.00
อะลูมิเนียมเล็ก	50.00	50.00	100.00
อะลูมิเนียมกลาง	50.00	50.00	100.00
อะลูมิเนียมใหญ่	50.00	50.00	100.00
ขวดพลาสติก	50.00	49.00	98.00
เฉลี่ย	50.00	49.80	99.60

4) สรุป

ผลการทดลองพบว่าเครื่องรับซื้อบรรจุภัณฑ์รีไซเคิลสำหรับโครงการธนาคารขยะ มีความสามารถในการคัดแยกประเภทของกระป๋องขนาดเล็ก ขนาดกลาง ขนาดใหญ่ กระป๋องเหล็กและขวดพลาสติกได้ สามารถคัดแยกได้โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยของการคัดแยกได้ถูกต้องคิดได้ร้อยละ 99.60 ประสิทธิภาพในการบีบอัดสามารถลดขนาดของบรรจุภัณฑ์ทุกประเภทได้คิดเป็นค่าเฉลี่ยร้อยละ 54.33

ส่วนผลการคัดแยกที่พบจากการทำงานผิดพลาดนั้นเกิดการอ่านค่าจากตัวเซ็นเซอร์ชนิด Capacitive ที่ไม่สามารถตรวจพบขวดพลาสติก

ในส่วนกลุ่มทดลองที่ไม่มีอยู่ในฐานข้อมูลมาก่อน จากข้อสังเกตที่พบได้
คือ เป็นขวดน้ำดื่มพลาสติกที่มีขนาดบางและนุ่ม

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย
ราชภัฏอุบลราชธานี ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอุปกรณ์ในการทดลองและ
จัดทำงานวิจัยนี้ และงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณโดย
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี ประจำปีงบประมาณ 2561

REFERENCES

- [1] K. Rujiwichit, *Research recycling rate to study the development of sustainable and appropriate waste management system for Thailand Phase 1*. Bangkok: Thammasat University, 2014.
- [2] P. Chanthuma, "Success Factors in the Recycling Bank of Kham Ngnang Ruay in Kham Nam Saep Sub-district, Warinchamrap District, Ubon Ratchathani Province," *Area Based Development Research Journal*, Vol. 6, No. 5, pp. 94-105, 2014.
- [3] Office of the National Economic and Social Development Board, *The national development strategy according to the 12th National Economic and Social Development Plan*. Bangkok: Office of the National Economic and Social Development, 2016.
- [4] R. Tomari, A. A. Kadir, W. N. W. Zakaria, M. F. Zakaria, M. H. A. Wahab, and M. H. Jabbar, "Development of Reverse Vending Machine (RVM) Framework for Implementation to a Standard Recycle Bin," *Procedia Computer Science*, vol. 105, pp. 75–80, Jan. 2017.
- [5] D. Maunkhaw., et al., "Extrusion Process of Plasiic Wate for Pplastic Recycling," presented at the Academic conference Sustainable Rural Development 2012 Local Community Foundations for the development of the ASEAN Economic Community", Khon Kaen University, Khonkaen, 2012, p 391-396.
- [6] Refun Corporate. "Refun Machine." [Online]. Available: <http://refun.com/refun-machine>. [Accessed: 12-Oct-2017].
- [7] J. F. Hall. and D. Chen, "Dynamic Optimization of Drivetrain Gear Ratio to Maximize Wind Turbine Power Generation—Part 1: System Model and Control Framework," *Journal of dynamic systems, measurement, and control*, Vol. 135 No. 1, 2013.