



Automatic Trash with Internet of Things Technology

Sathira Chaichanaglang, Kritsana Panyapoon,
Peeraporn Domrongjit and Monrada Sirimongkol

EasyChair preprints are intended for rapid dissemination of research results and are integrated with the rest of EasyChair.

August 30, 2022

ถังขยะอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต

ทุกสรรพสิ่ง

AUTOMATIC TRASH WITH INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

สธิระ ชัยชนะกลาง¹ กฤษณ ปัญญะปุ่น¹

พีรพร ดำรงจิตร¹ และมนรดา สิริมงคล¹

¹สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และ

เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2 ถนนนางลิ้นจี่ แขวงทุ่งมหาเมฆเขตสาทร

กรุงเทพฯ 10120

sathera.ch@mail.rmutk.ac.th,

605021000415@mail.rmutk.ac.th,

605021001272@mail.rmutk.ac.th,

monrada.s@mail.rmutk.ac.th

บทคัดย่อ

ถังขยะอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง (Internet Of Things : IOT) มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปัญหามลภาวะในสิ่งแวดล้อมที่ทำให้เกิดมลพิษจากปริมาณขยะที่เพิ่มมากขึ้น โดยผู้จัดทำได้พัฒนาถังขยะอัตโนมัติที่สามารถทำการบีบอัดขยะได้ และสามารถแสดงผลค่าปริมาณของอุณหภูมิ ความชื้น และควัน บนโปรแกรมประยุกต์บลิงค์ (Blynk Application) ตลอดทั้งแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมประยุกต์ไลน์ (Line Notify) เมื่อมีปริมาณความจุอุณหภูมิ และควันไฟ เกินค่าที่กำหนด การทำงานของถังขยะอัตโนมัติทำการรับค่าปริมาณของขยะ อุณหภูมิ ความชื้น แก๊ส และ ควัน จาก โมดูล เซ็นเซอร์ (Sensor Module) มาแสดงผลผ่านหน้าจอแอลซีดี (LCD Display) และแสดงค่าบนโปรแกรมประยุกต์บลิงค์ และแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมประยุกต์ไลน์เมื่อค่าเกินกำหนด การบีบอัดขยะใช้มอเตอร์แกนชักรควบคุมด้วยไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) และบอร์ดอาร์ดูโน (Arduino Board) โดยใช้โปรแกรมที่พัฒนาขึ้นทำหน้าที่ควบคุมการทำงานและการเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ เข้าด้วยกันกับโหนดเอ็มซียู (NodeMCU) ส่งค่าไปยังโปรแกรมประยุกต์บลิงค์และแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมประยุกต์ไลน์ ผลการทดสอบถังขยะอัตโนมัติ โดยทำการบีบอัดขยะ การเปิดปิดช่องฝา การตรวจสอบค่าปริมาณขยะ อุณหภูมิ ความชื้น และควัน การแสดงผลบน

หน้าจอแอลซีดีและบนโปรแกรมประยุกต์บลิงค์ และการแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมประยุกต์ไลน์ ทดสอบการทำงานจำนวน 100 ครั้งมีความถูกต้องโดยเฉลี่ยคิดเป็นร้อยละ 98.5

คำสำคัญ ถังขยะอัตโนมัติ อินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ระบบแจ้งเตือน อาร์ดูโน โหนดเอ็มซียู และเซ็นเซอร์

Abstract

Automatic trash with Internet of Things technology are intended to reduce environmental pollution from the increasing amount of waste. By the author have developed an automated trash bin that can compress and can display moisture and smoke content on the Blynk application, as well as through programmable alerts in LINE Notification. When there is a capacity, regulation and smoke set by the operation of the trash bin, it will receive the amount of waste smoke from the module and display it via the LCD screen and show the management program. Throughout the notification through the program. By compressing the waste, using the motor axis, controlled by by the microcontroller and Arduino board, using a developed program that controls the operation and connects the device with a NodeMCU, sends the values to the cleaning program and alerts them through the program. Automatic trash test results by compressed garbage. Monitors the amount of waste, temperature, humidity, gas, smoke on the LCD screen and on the blinked application, as well as the alarm via the LINE application. The tests were performed 100 times with an average accuracy of 98.5 %

Keywords: Automatic Trash, Internet of Thing, Notification System, Arduino, NodeMCU, Sensor Module

1. บทนำ

ขยะเป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจากการอุปโภคและบริโภคของประชากรในแต่ละชุมชน ทั้งในส่วนปริมาณที่มีจำนวนมากและการสะสมทิ้งทำให้เกิดของเสียที่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและทำให้เกิดมลพิษ การจัดการจัดเก็บขยะเป็น

วิธีการหนึ่งในกระบวนการแก้ไขปัญหา หากมีการจัดเก็บที่ดี จัดเก็บได้ปริมาณที่มากขึ้นในแต่ละครั้ง และสามารถจัดเก็บได้ตามรอบเวลาที่กำหนด ขยะจึงถูกนำไปกำจัดได้ เช่น การฝังกลบเพื่อการย่อยสลาย หรือการเผากำจัด

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีและอุปกรณ์ดิจิทัลอิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัยและน่าสนใจ เช่น เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ที่เชื่อมต่อประสานการทำงานระหว่างไมโครคอนโทรลเลอร์ โหนดเอ็มซียู โมดูลเซ็นเซอร์ และโปรแกรมประยุกต์การแจ้งเตือนผ่านโปรแกรมไลน์ โปรแกรมประยุกต์บังคับที่ใช้ในการเก็บค่าพารามิเตอร์ที่วัดได้จากโมดูลเซ็นเซอร์เพื่อนำมาแสดงผล ผู้จัดทำได้นำเทคโนโลยีดังกล่าวมาประยุกต์ใช้งานร่วมกัน โดยพัฒนาเป็นถังขยะอัตโนมัติ เพื่อจัดการจัดเก็บขยะที่ทำให้มลภาวะในสภาพแวดล้อมด้านขยะลดน้อยลง

1.1 วัตถุประสงค์

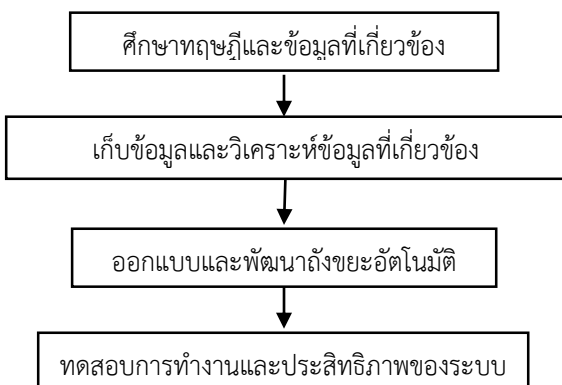
1) เพื่อพัฒนาต้นแบบถังขยะอัตโนมัติ และใช้แอปพลิเคชัน ในการเก็บค่า การแสดงค่า การติดตามแจ้งเตือนในการจัดการจัดเก็บขยะ

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1) พื้นที่ที่ใช้ในการทดสอบ สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

2) โครงการที่พัฒนาขึ้นด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตทุกสรรพสิ่ง ในการเปิดและปิดช่องทิ้งขยะได้อัตโนมัติ การบีบอัดขยะ การติดตามการแจ้งเตือน การตรวจนับและแสดงผลค่าปริมาณของขยะ อุณหภูมิ ความชื้น แก๊สและควัน

1.3 กรอบแนวคิดของโครงการ



ภาพที่ 1 กรอบแนวความคิดของโครงการ

2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการพัฒนาดังขยะอัตโนมัติมีดังนี้

ทิพานัน พงษ์สุวรรณ และคณะ [1] ได้ทำการวิจัยเรื่อง ระบบติดตามถังขยะอัจฉริยะ โดยเป็นระบบที่ใช้ในการจัดการปัญหาขยะที่เติมก่อนกำหนดและมีกลิ่นเหม็น ด้วยการแจ้งเตือนไปยังส่วนกลางทำให้ทราบถึงปริมาณขยะที่ใกล้จะเต็มและขยะมีกลิ่นเหม็น การตรวจสอบตำแหน่งของถังขยะที่เต็มแล้วถูกวางไว้จุดใดเป็นการแก้ปัญหาจากที่กล่าวมาข้างต้น โดยการใช้เซ็นเซอร์แสงอินฟราเรดติดตั้งภายในถังขยะ เพื่อวัดปริมาณขยะในถัง และนำเซ็นเซอร์วัดคุณภาพอากาศเพื่อตรวจสอบกลิ่นเหม็นที่ออกมาจากขยะจากนั้นจะส่งตำแหน่งของถังขยะ โดยใช้ระบบนำทาง (Global Positioning System : GPS) ค่าของข้อมูลด้านปริมาณและกลิ่นของขยะถูกอ่านค่าและส่งผ่านทางอุปกรณ์ตรวจนับแล้วนำส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่าย (Server) โดยมีระบบรายงานแจ้งเตือนทั้งทางเว็บ และแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อบริหารจัดการและแก้ไขปัญหาขยะในห้องสมุด

ปัญญาพล ไทยปิยะ [2] ได้ทำการวิจัยเรื่อง การพัฒนาต้นแบบถังขยะอัจฉริยะเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และสร้างเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบกรอบแนวคิดการทำงานของต้นแบบถังขยะอัจฉริยะ โดยผู้วิจัยเน้นกลุ่มเป้าหมายผู้ใช้งานไปที่ศูนย์การเรียนรู้การจัดการขยะชุมชนและกลุ่มผู้รับซื้อขยะ เพื่อให้ผู้ใช้งานเกิดการเรียนรู้ถึงการคัดแยกขยะประเภทรีไซเคิลที่มีลักษณะการใช้ประโยชน์ใกล้เคียงกัน แต่มีราคาซื้อขายที่แตกต่างกัน ได้แก่ บรรจุกัมภ์ ประเภทกระป๋องเคลือบดินบุก และบรรจุกัมภ์ประเภทกระป๋องอะลูมิเนียม ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการสร้างเศรษฐกิจในครัวเรือนอย่างสร้างสรรค์ โดยผู้วิจัยทำการออกแบบต้นแบบถังขยะอัจฉริยะ โดยคำนึงถึงความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ โดยเลือกใช้วัสดุเป็นพลาสติกประเภทพอลิเอทิลีนความหนาแน่นสูง (High Density Polyethylene : HDPE) จากการออกแบบ พัฒนาด้านถังขยะอัจฉริยะและทำการทดสอบประสิทธิภาพของต้นแบบมีความถูกต้องในการคัดแยกขยะรีไซเคิลประเภทกระป๋องโลหะบรรจุกัมภ์ร้อยละ 92.17 ความพึงพอใจของผู้ใช้งานในชุมชนอยู่ในระดับมาก รุจิรัตน์ ชาวทองกลาง และกนกวรรณ สี่พุยเดช [3] ได้จัดทำงานวิจัยเรื่องระบบควบคุมการเปิด-ปิด ถังขยะ

อัตโนมัติด้วยการตรวจจับความเคลื่อนไหว (Control System On-Off Auto TrashPower by Motion Sensor) มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างและออกแบบการควบคุมการเปิด-ปิดฝาถังขยะ เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความสะดวกสบายและทันสมัย ผู้วิจัยได้เสนอการทำถังขยะในรูปแบบของการใช้ระบบเซนเซอร์ ซึ่งสามารถควบคุมการเปิด-ปิดถังขยะอัตโนมัติได้ทุกเหตุการณ์ โดยมีการทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงาน ด้วยระบบตรวจจับความเคลื่อนไหว โดยใช้ PWM (Pulse Width Modulation) สร้างสัญญาณพัลส์แบบสแควร์เวฟที่สามารถปรับเปลี่ยนรอบการทำงาน (Duty Cycle) นำไปควบคุมอุปกรณ์กับมอเตอร์ เพื่อควบคุมการทำงานของระบบเซนเซอร์ตรวจจับความเคลื่อนไหวให้ฝาถังขยะสามารถเปิด-ปิดได้อัตโนมัติ

อานนท์ เนตรของ และธิดิมา นริศเนตร [4] ได้จัดงานวิจัยเรื่อง ถังขยะอัจฉริยะ โดยผู้จัดทำได้กล่าวว่า เนื่องจากในปัจจุบันโลกมีจำนวนประชากรที่เพิ่มขึ้นทำให้ในแต่ละพื้นที่ที่มีปริมาณขยะเพิ่มขึ้น ขยะที่เกิดขึ้นในชุมชนมาจากครัวเรือน ร้านค้า และสถานที่ของชุมชน ขยะดังกล่าวนี้ส่งผลให้เกิดปัญหาโดยสามารถแยกได้เป็น 2 ด้านหลัก คือ ด้านกายภาพได้แก่ ปัญหาปริมาณขยะที่สะสมเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเพิ่มความยุ่งยากในการกำจัด ส่งผลให้เกิดปัญหากลิ่นเหม็นรบกวน เป็นต้นเหตุของปัญหาทางด้านมลพิษ ได้แก่ การเกิดปัญหาก๊าซมีเทนที่เป็นต้นเหตุทำให้เกิดโลกร้อน รวมไปถึงปัญหาการเกิดไดออกซิน (Dioxins) ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็ง ทางคณะผู้วิจัยได้จัดทำถังขยะอัจฉริยะแจ้งเตือนผ่านเว็บไซต์ที่สามารถเปิด-ปิด ช่องทิ้งขยะได้อัตโนมัติ เพื่อช่วยลดการสัมผัสเชื้อโรคและสิ่งปนเปื้อน และช่วยให้เจ้าหน้าที่ทำการเก็บขยะทราบถึงสถานะเชิงปริมาณของขยะภายในถังว่าถึงใดสามารถที่จะนำรถบรรทุกขยะเก็บเอาไปทิ้งได้ โดยไม่ต้องรอให้ปริมาณขยะล้นออกมาด้านนอก ส่วนถังขยะที่มีปริมาณขยะน้อยยังไม่มีการจัดเก็บ ทำให้เจ้าหน้าที่ไม่เสียเวลาในการขับรถวนไปมาเก็บขยะตามชุมชน ซึ่งไม่ทำให้เกิดปัญหาการติดตามชอกชอยบริเวณชุมชน ทำให้การทำงานในแต่ละครั้งสะดวกรวดเร็ว ไม่เสียเวลาในการทำงาน ไม่สูญเสียเชื้อเพลิงในการขับรถ ทำให้การจัดเก็บขยะมีประสิทธิภาพมากขึ้น

3. วิธีการดำเนินการ

วิธีการดำเนินการของโครงการ แบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาถังขยะอัตโนมัติ ดังนี้

1) อาร์ดูอโน (Arduino) เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่นำมาใช้งานร่วมกับอุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบ โดยมีภาษาซีพลัสพลัสเป็นโปรแกรมที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมควบคุม

2) โหนดเอ็มซียู (NodeMCU) เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ที่สามารถเชื่อมต่อเครือข่ายไร้สาย (“Wireless fidelity : Wi-Fi”) ได้ นำมาใช้พัฒนาถังขยะให้สามารถเชื่อมต่อได้ทุกที่ด้วยเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง

3) สวิตชิง เพาเวอร์ ซัพพลาย (Switching Power Supply) เป็นแหล่งจ่ายไฟตรง คงค่าแรงดัน โดยเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับแรงดันสูง ให้เป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันต่ำ เพื่อใช้เป็นแหล่งจ่ายแรงดันไฟฟ้าให้กับระบบ

4) จอแสดงผลแอลซีดี (LCD Display) เป็นจอภาพที่นำมาใช้แสดงค่าสถานะต่าง ๆ โดยทำการติดตั้งไว้บนถังขยะ

5) มอเตอร์ ไลน์ฟิวเจอร์ (Motor Driver) เป็นอุปกรณ์ขับการหมุนของมอเตอร์

6) เซอร์โว มอเตอร์ (Servo Motor) เป็นมอเตอร์ที่สามารถควบคุมทิศทางและตำแหน่งมุมในการหมุน ความเร็ว และแรงบิด

7) มอเตอร์แกนชัก (Linear Actuator) เป็นมอเตอร์ที่เคลื่อนที่เชิงเส้น ขับเคลื่อนด้วยพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง ที่นำมาใช้งานทดแทนระบบไฮดรอลิกและระบบนิวเมติก

8) เซนเซอร์อัลตราโซนิค (Ultrasonic Sensors) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดระยะทางด้วยแสง ตำแหน่งเริ่มต้นเริ่มจากหัววัดของเซนเซอร์ถึงพื้นผิวสัมผัส นำมาใช้ในการวัดค่าปริมาณขยะ

9) เซนเซอร์อุณหภูมิและความชื้น (Sensor Temperature and Humidity) เป็น โมดูลเซนเซอร์สำหรับการตรวจจับวัดค่าอุณหภูมิและความชื้นในอากาศ

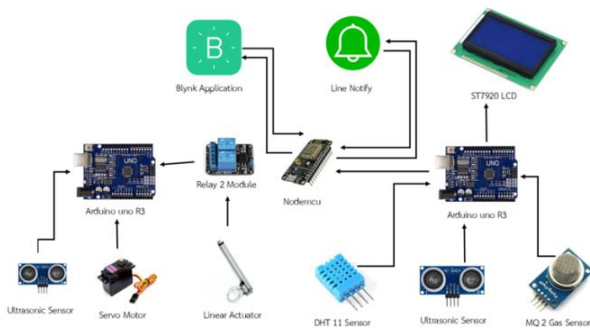
10) โมดูลเซนเซอร์แก๊ส (Gas Sensor Module) ใช้ในการตรวจจับวัดแก๊สไวไฟ กลุ่มแอลพีจี มีเทน แอลกอฮอล์ โพรเพน ไฮโดรเจน และควันไฟที่เกิดจากการเผาไหม้

11) โปรแกรมประยุกต์บลิงค์ (Blynk Application) เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการเก็บค่าและแสดงค่าปริมาณจากอุปกรณ์ตรวจจับ โดยการส่งค่าผ่านทางโหนดเอ็มซียู

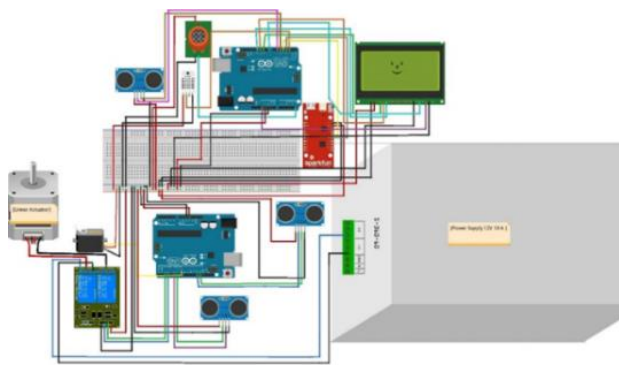
12) โปรแกรมประยุกต์ไลน์ (Line Notify Application) เป็นโปรแกรมประยุกต์ที่มีบริการด้านการส่งข้อมูลมัลติมีเดีย และมีบริการการแจ้งเตือนทางข้อความผ่านช่องทางการเชื่อมต่อด้วยเอพีไอ (Application Programming Interface : API)

3.2 ออกแบบถังขยะอัตโนมัติ

จากการศึกษาและวิเคราะห์การทำงาน การออกแบบ โครงสร้างและองค์ประกอบ มีสถาปัตยกรรมของระบบ และการเชื่อมต่ออุปกรณ์โดยมีรายละเอียดดังนี้



ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมของระบบถังขยะอัตโนมัติ



ภาพที่ 3 การเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์ของระบบถังขยะอัตโนมัติ

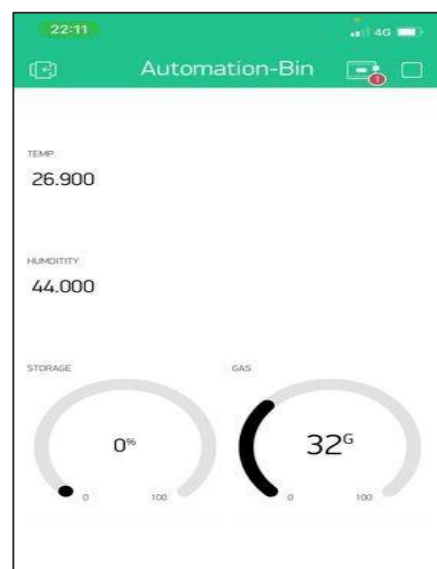
4. ผลการดำเนินงาน

ผู้พัฒนาได้จัดทำถังขยะ โดยมีขนาด กว้าง 50 ซม. ยาว 50 ซม. และสูง 100 ซม. ที่ทำงานโดยการอ่านค่าจากโมดูล

เซ็นเซอร์ อัลตราโซนิก อุณหภูมิ ความชื้น แก๊ส และควัน มาประมวลผลที่แผงวงจรไมโครคอนโทรลเลอร์ อาร์ดุยโน ซึ่งเป็นแผงวงจรหลักในการควบคุมการทำงานของระบบและ ส่งค่า ไปยังหน้าจอแอลซีดีเพื่อ ทำแสดงผลบนถังขยะ การส่งค่าไปยัง โปรแกรมประยุกต์บลิงค์เพื่อทำการเก็บค่าและ แสดงผลบนเว็บไซต์ การแจ้งเตือนติดตามผ่านทางโปรแกรมประยุกต์ไลน์เมื่อมีค่าปริมาณเกินกำหนด



ภาพที่ 4 ถังขยะอัตโนมัติ



ภาพที่ 5 ค่าปริมาณอุณหภูมิ ความชื้น ปริมาณขยะ แก๊ส และควัน บนโปรแกรมประยุกต์บลิงค์



ภาพที่ 6 การแจ้งเตือนบนโปรแกรมประยุกต์ไลน์

5. สรุปผลโครงการและข้อมูลเสนอแนะ

จากการทดสอบถังขยะอัตโนมัติ สรุปได้ว่าถังขยะอัตโนมัติสามารถตรวจจับค่าปริมาณขยะ อุณหภูมิ ความชื้น แก๊สและควัน ได้ สามารถเปิดและปิดฝาถังได้โดยอัตโนมัติ และมีการแสดงผลและแจ้งเตือนได้ การบีบอัดขยะสามารถบีบอัดขยะพลาสติก กล่องโฟม กระจังอลูมิเนียม และกระดาษได้ ส่วนขยะจำพวกขวดแก้ว ไม่สามารถกดได้เนื่องจากขยะเป็นของแข็ง และแรงบีบอัดของมอเตอร์แกนชักไม่เพียงพอ ทำให้มีข้อจำกัดในการบีบอัดขยะที่มีลักษณะแข็ง

5.1 ข้อจำกัดของโครงการ

- 1) ถังขยะอัตโนมัติสามารถบีบอัดขยะได้ดีกับขยะที่มีลักษณะไม่เป็นของแข็ง
- 2) ถังขยะอัตโนมัติใช้แหล่งจ่ายกระแสไฟฟ้าจากไฟฟ้ากระแสสลับแปลงเป็นไฟฟ้ากระแสตรง ไม่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงภายในเครื่อง ทำให้เมื่อระบบไฟฟ้ากระแสสลับขัดข้องจะไม่สามารถทำงานได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรปรับมอเตอร์แกนชักให้มีแรงอัดที่มากขึ้น เพื่อให้ถังขยะอัตโนมัติสามารถบีบอัดขยะที่มีลักษณะเป็นของแข็งได้และได้ปริมาณขยะที่มากขึ้น
- 2) ควรระบุประเภทของขยะที่เหมาะสมในการใช้งาน เพื่อให้การบีบอัดขยะทำได้ดีขึ้น
- 3) ควรเพิ่มแหล่งจากไฟฟ้ากระแสตรง เช่น แบตเตอรี่ หรือแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงจากโซลาร์เซลล์ เพื่อให้มีแหล่งจ่ายไฟฟ้าสำรอง

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] ทิพานัน พงษ์สุวรรณ และคณะ (2562). ระบบติดตามถังขยะอัจฉริยะ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : <https://pulinet.oas.psu.ac.th/index.php/journal/article/view/361/361> (วันที่สืบค้น 10 สิงหาคม 2563).
- [2] ปัญญาผล ไทยปิยะ (2560). การพัฒนาต้นแบบถังขยะอัจฉริยะ เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และสรรเสริญกิจสร้างสรรค์ภายใต้แผนงานวิจัย การพัฒนาระบบบริหารจัดการขยะเพิ่มสุขภาวะและเศรษฐกิจแบบสร้างสรรค์ [ออนไลน์]. สืบค้นจาก <https://info.uru.ac.th/lrdcenter/file/get/php4gxhY01553229712.pdf> (วันที่สืบค้น 20 มีนาคม 2563).
- [3] รุจิรัตน์ ชาวทองกลาง และกนกวรรณ สีพุยเดช (2560). ระบบเปิด - ปิดถังขยะอัตโนมัติด้วยเซนเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหว [ออนไลน์]. สืบค้นจาก : http://sv.mtc.ac.th/inno/files/merged_1.pdf (วันที่สืบค้น 11 สิงหาคม 2563).
- [4] อานนท์ เนตรของ และชิตินา นริศเนตร (2560). ถังขยะอัจฉริยะ Intelligent Trash [ออนไลน์] สืบค้นจาก : <https://fit.ssru.ac.th/useruploads/files/20190619/cac2f3d92ec41a2e0a13c6faef5aef0a28a365.pdf> (วันที่สืบค้น 25 กันยายน 2563).