

การพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที

Developing a recyclable waste sorting system with IoT technology

ธานีล ม่วงพูล¹ และ วริยา เย็นเปิง^{2*}

Thanin Muangpool¹ และ Variya Yenpoeng^{2*}

สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์¹ และสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์^{2*} มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม

Program of Computer Technology¹ and Program of Industrial Art^{2*} Nakhon Pathom Rajabhat University

Variya1234@webmail.npru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที 2) ทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น และ 3) ศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ ตามแนวคิดการยอมรับเทคโนโลยี กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ ชั้นปีที่ 3 คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที 2) แบบประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ และ 3) แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่าง สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

คำสำคัญ: คัดแยกขยะ, รีไซเคิล, เทคโนโลยีไอโอที

ABSTRACT

The purposes of this research were 1) to develop a recyclable waste sorting system with IoT technology, 2) to test the efficiency of the developed system, and 3) to study user acceptance according to the concept of technology acceptance sampling. The target group was third-year students in Industrial Arts at the Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University. The research tools were: 1) a recycling waste sorting system with IoT technology, 2) an expert evaluation form, and 3) a technology acceptance questionnaire. The statistics used in the research were mean and standard deviation.

The research results showed that 1) a recycling waste sorting system with IoT technology can control the opening and closing of garbage bins, sorting metal and plastic bottles, informing users of the amount of garbage received, and showing the coordinates of the trash cans through the LINE application 2) the result of 10 rounds of system performance testing found that the system can open-close the garbage bin as well as sorting the types of metals and plastic, along with specifying the number and accurately focusing on the mobile phone. The evaluation results from all 6 experts were at a high level, and 3) the study of user acceptance according to the technology acceptance concept from the sample group was found to be at a high level.

Keywords: Waste sorting, Recycling, IOT technology

บทนำ

โลกของเรามีจำนวนประชากรเพิ่มมากขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งส่งผลให้ในแต่ละพื้นที่ที่มีปริมาณขยะเพิ่มขึ้น กรมควบคุมมลพิษระบุว่าในปี 2563 ปัญหา “ขยะ” ของประเทศไทยมีความรุนแรงขึ้นโดยเฉพาะปัญหาขยะตกค้างในสภาพแวดล้อม มีขยะที่ไม่ได้รับการกำจัดอย่างถูกต้องประมาณ 7.88 ล้านตันหรือคิดเป็นร้อยละ 31 [1] การทิ้งขยะในแต่วันมีของเหลือทิ้งที่เกิดจากการอุปโภคและบริโภคเป็นจำนวนมาก ซึ่งในแต่ละพื้นที่ของประเทศไทยก็มีการกำจัดขยะที่แตกต่างกันออกไป เช่นการฝังกลบ การเผา แต่ละวิธีล้วนส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทั้งสิ้น ขยะที่เกิดขึ้นมาส่วนใหญ่ไม่ได้รับการคัดแยกก่อนทิ้งและไม่เข้าใจเรื่องของการทิ้งขยะแต่ละประเภทโดยสามารถแยกประเภทของขยะได้เป็น 2 ประเภท คือ ประเภทกายภาพ และประเภทที่ก่อให้เกิดมลพิษ เนื่องจากในปัจจุบันยังมีการเก็บขยะยังไม่ประสิทธิภาพ ถึงขยะบางถังอาจจะล้นถึงก่อให้เกิดความสกปรกและไม่น่ามอง [2] ปัจจุบันมีการวิจัยมีงานวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาเครื่องแยกขยะอัจฉริยะขึ้นเพื่อเป็นการปลูกฝังให้เด็กรุ่นใหม่ตระหนักถึงการคัดแยกขยะแต่ละประเภท [3] โดยมีการนำงานวิจัยที่นำเทคโนโลยีมาพัฒนาเรื่องขยะโดยออกแบบถังขยะอัจฉริยะแจ้งเตือนผ่านเว็บไซต์ที่สามารถเปิด-ปิดฝาถังแบบอัตโนมัติ [4] ทั้งนี้ในประเทศไทยก็มีการพัฒนาเครื่องคัดแยกขยะเป็นจำนวนมากโดยอาศัยสัญญาณเซนเซอร์วัดค่าน้ำหนักและเซนเซอร์ตรวจจับโลหะเพื่อแยกขวดพลาสติก ขวดแก้วและกระป๋อง [5] จะเห็นได้ว่าอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things : IoT) หรืออุปกรณ์ไอโอทีถูกนำมาประยุกต์ใช้งานหลากหลายด้าน ทั้งการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า การตรวจวัดค่าต่าง ๆ จากสิ่งแวดล้อมและอื่น ๆ อีกมากมาย อุปกรณ์ไอโอทีนั้นมีอยู่มากมายหลายประเภท เพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ที่ให้ความสะดวกมีความทันสมัย เพื่อเป็นแรงจูงใจให้ผู้คนหันมาดูแลสิ่งแวดล้อมและรักษาความสะอาดมากยิ่งขึ้น [6] จากข้อมูลข้างต้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที เพื่อเป็นการพัฒนาคุณภาพชีวิตตามแนววิถีใหม่และเพิ่มประสิทธิภาพในการป้องกันการแพร่ระบาดของเชื้อโรคและเพื่อเป็นแนวทางในการลดปัญหาการจับต้องและสัมผัสขยะโดยตรง

1. วัตถุประสงค์การวิจัย

- 1.1 เพื่อพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที
- 1.2 เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบที่ได้พัฒนาขึ้น
- 1.3 เพื่อศึกษาการยอมรับของผู้ใช้ ตามแนวทางการยอมรับเทคโนโลยี

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 องค์ความรู้ที่เกี่ยวข้อง

Internet of Things (IoT) หมายถึง การที่นำสิ่งต่าง ๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์ในชีวิตประจำวันมาเชื่อมต่อกัน สื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการ ควบคุมการทำงาน และใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านระบบอินเทอร์เน็ตได้ IoT มีการนำมาใช้งานในด้านต่าง ๆ อย่างหลากหลาย ไม่ว่าจะเป็นระบบบ้านอัจฉริยะ (Smart Home) กระดานดำอัจฉริยะ (Smart Blackboard) ที่ใช้ในการเรียนการสอน อุปกรณ์ทางการแพทย์ รวมไปถึงระบบขนาดใหญ่อย่างเมืองอัจฉริยะ (Smart City) ที่มีการติดตั้งเซนเซอร์ไว้ทั่วทั้งเมือง ในการพัฒนาอุปกรณ์ IoT จะใช้บอร์ด IoT ซึ่งเป็นบอร์ดขนาดเล็กประกอบด้วยขา I/O ซึ่งเป็นขาสำหรับการใช้งานเป็นอินพุตและเอาต์พุต Arduino Mega 2560 เป็นบอร์ด IoT ชนิดหนึ่งเชื่อมต่อกับโมดูล ESP32 เพื่อให้สามารถเชื่อมต่อ Wi-Fi ได้มีพอร์ต Micro USB สำหรับจ่ายไฟและอัปโหลดโปรแกรม [7]

ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นอุปกรณ์ประเภทสารกึ่งตัวนำที่ได้รับรวบรวมฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ มีโครงสร้างคล้ายคลึงกับคอมพิวเตอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยรับข้อมูลและโปรแกรมประมวลผล หน่วยความจำ หน่วย

แสดงผล ซึ่งส่วนประกอบเหล่านี้มีความสมบูรณ์ในตัว มีขนาดเล็ก และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมได้หลายภาษา เพื่อคุมการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ ได้ [8]

Proximity เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่เป็นเซนเซอร์ สามารถทำงานโดยไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงานหรือวัตถุภายนอก ลักษณะการทำงานอาจจะส่งหรือรับพลังงานรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เช่น สนามแม่เหล็ก สนามไฟฟ้า แสง เสียง สัญญาณลม เป็นต้น การนำเซนเซอร์ไปใช้งานส่วนใหญ่จะใช้กับงานตรวจจับ ตำแหน่ง ระดับ ขนาด และรูปร่าง นอกจากนี้ยังสามารถส่งสัญญาณไปให้ตัวนับสำหรับการนับจำนวนชิ้นงานได้อีกด้วย ตัวอย่าง proximity ได้แก่ Inductive Proximity Sensor, Capacitive Sensor, Photoelectric Switch เป็นต้น [9]

โมดูลวัดระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic Distance Measuring Module) ถูกออกแบบสำหรับการตรวจวัดระยะทาง การตรวจค้นหาวัตถุ หรือการควบคุมการเคลื่อนที่เพื่อหลบสิ่งกีดขวาง ฯลฯ โดยมีหลักการทำงาน คือ ใช้การจับเวลาในการเดินทางของคลื่นจากภาคส่งที่ไปตกกระทบยังวัตถุ แล้วสะท้อนคลื่นกลับมายังภาครับ แล้วนำเวลาที่ได้ออกมาคำนวณ เพื่อเปลี่ยนเวลาเป็นระยะทาง โดยมีช่วงเวลาที่สัมพันธ์กับระยะทางที่คลื่นสะท้อนวัตถุกลับมา [10]

Line Notify คือการบริการที่สามารถได้รับข้อความแจ้งเตือนจากเว็บเซอร์วิสต่าง ๆ ที่สนใจได้ หลังเสร็จสิ้นการเชื่อมต่อกับทางเว็บเซอร์วิส ผู้ใช้บริการจะได้รับการแจ้งเตือนจากบัญชี ทางการของ “LINE Notify” ผู้ใช้บริการสามารถเชื่อมต่อกับบริการที่หลากหลาย และยังสามารถรับการแจ้งเตือนทางกลุ่มได้อีกด้วย การบริการหลัก ๆ ที่สามารถเชื่อมต่อ ได้แก่ GitHub, IFTTT หรือ Mackerel เป็นต้น [11]

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

พิพัฒน์ ศุภรงค์ดำรงชัย [11] ศึกษาเรื่องการออกแบบและสร้างถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที เพื่อพัฒนากลังขยะให้มีความทันสมัย สามารถนำไปปรับใช้งานได้ตามสถานที่ต่าง ๆ ได้จริง โดยการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับระยะทางด้วยคลื่นอัลตราโซนิก โหนดเอ็มชียู ESP8266 และไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino UNO R3 เป็นตัวประมวลผล แจ้งเตือนไปยังสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ (Line Notify) ผลการทดสอบพบว่าถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอทีสามารถเปิดฝาถังขยะได้อัตโนมัติในระยะเวลาที่กำหนดไว้ สามารถแสดงปริมาณขยะในถังขยะด้วยหลอด LED และส่งสัญญาณแจ้งเตือนปริมาณขยะไปยังสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้

ทิพานัน พงษ์สุวรรณ และคณะ [12] ได้พัฒนาระบบติดตามถังขยะอัจฉริยะ เพื่อแก้ปัญหาขยะที่เต็มก่อนกำหนดและส่งกลิ่นเหม็น โดยการติดตั้งระบบให้มีการแจ้งเตือนไปยังส่วนกลางทราบถึงปริมาณขยะในถังที่ใกล้จะเต็มแล้ว และตรวจสอบว่าขายนั้นถูกวางไว้จุดใด ทั้งผู้วิจัยได้ใช้เซนเซอร์แสงอินฟราเรดติดตั้งจุดต่าง ๆ เพื่อวัดปริมาณขยะในถัง ใช้เซนเซอร์วัดคุณภาพอากาศเพื่อตรวจสอบกลิ่นเหม็นที่ออกมาจากขยะ จะส่งตำแหน่งของถังขยะโดยใช้ระบบนำทาง (GPS) ข้อมูลปริมาณและกลิ่นของขยะผ่านทางอุปกรณ์ตรวจจับแล้วนำส่งข้อมูลไปยังเครื่องแม่ข่าย (Server) และมีระบบรายงานแจ้งเตือนทั้งทางเว็บและแอปพลิเคชันบนมือถือ เพื่อบริหารจัดการและแก้ไขปัญหาขยะในห้องสมุด

ณิชนันท์ ธัญพรศิริพันธ์ และชุดิธารัฐ อุตะมะสิริเสนี. [13] ได้พัฒนาต้นแบบระบบถังขยะไอโอทีและระบบจัดเก็บข้อมูลการทิ้งขยะแบบออนไลน์ของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา เป็นการพัฒนาด้านแบบระบบถังขยะไอโอทีและจัดเก็บสถิติข้อมูลการทิ้งขยะแบบออนไลน์ของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา ในการออกแบบถังขยะสำหรับทิ้งขยะ 4 ประเภทได้แก่ ขยะรีไซเคิล ขยะอินทรีย์ ขยะอันตราย และขยะทั่วไป ติดตั้งระบบ sensor เพื่อเล่นเสียงแนะนำการทิ้งขยะและระบบเก็บข้อมูลในการทิ้งขยะ โดยแยกเป็นประเภทของขยะทั้ง 4 ประเภทตามชนิดของถัง มีการจัดเก็บข้อมูลการทิ้งขยะแยกตามประเภทของถังขยะ ช่วงเวลาในการทิ้ง แสดงผลแบบ dashboard ผ่าน cloud server การทดสอบระบบ sensor ที่ใช้เก็บข้อมูลปริมาณและช่วงเวลาในการทิ้งขยะทำการทดสอบ พบว่าสามารถแสดงผลจัดเก็บบน cloud server ได้ถูกต้องร้อยละ 100

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เครื่องมือการวิจัย

- 1.1 ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที
- 1.2 แบบประเมินประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ เป็นแบบประเมินแบบมาตราส่วน 5 ระดับ
- 1.3 แบบสอบถามการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่าง เป็นแบบสอบถามแบบมาตราส่วน 5 ระดับ

2. ประชากรและกลุ่มเป้าหมาย

- 2.1 ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ นักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จำนวน 110 คน
- 2.2 กลุ่มตัวอย่าง คัดเลือกจากประชากรด้วยวิธีการแบบเจาะจง (Purposive sampling) เป็นนักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิจัย ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 33 คน

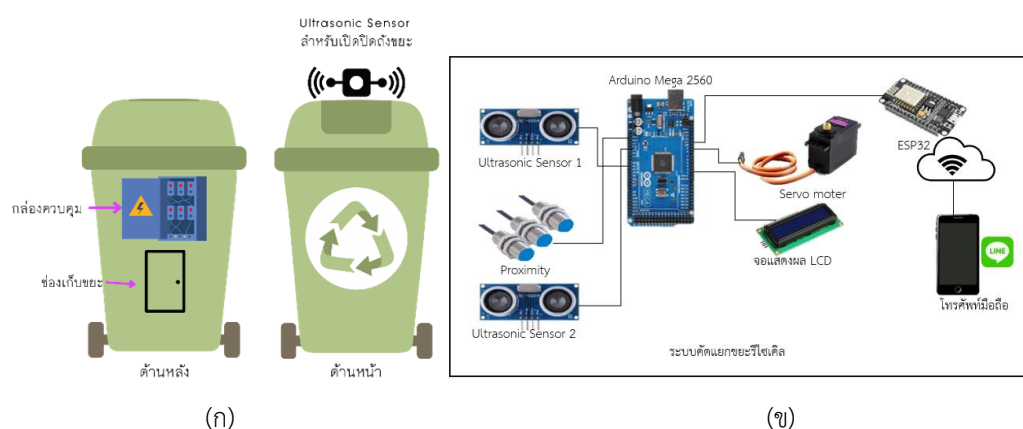
3. ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษาปัญหาที่พบ ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา องค์ความรู้ต่าง ๆ ในการพัฒนาระบบควบคุมและเซนเซอร์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที จากเอกสารวิชาการ งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.2 ออกแบบโครงสร้างของระบบควบคุมและการหาประสิทธิภาพการทำงานของระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที คณะของผู้วิจัยได้แบ่งโครงสร้างที่ได้ศึกษามาออกเป็น 2 ส่วนคือ

1) ส่วนของโครงสร้างถังขยะเป็นถังขยะพลาสติกสำเร็จรูปขนาด 240 ลิตร มีล้อเลื่อน 2 ล้อ ฝาสามารถเปิดได้ 2 ช่องทาง โดยทีมผู้วิจัยได้ดำเนินการติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกบนฝาท่อถังขยะเพื่อตรวจจับวัตถุในระยะ 10 เซนติเมตรแล้วสั่งให้เปิด-ปิดฝาท่อ และภายในถังขยะเพื่อแยกขวดพลาสติก ติดตั้ง Proximity เพื่อแยกโลหะ ในส่วนของกล่องควบคุมใช้ Arduino Mega 2560 และ ESP32 ในการควบคุมพร้อมส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือผ่านโปรแกรมไลน์แอปพลิเคชัน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1 (ก)

2) ส่วนของระบบควบคุมคณะผู้วิจัยได้แบ่งการควบคุมออกเป็น 3 ส่วนคือ ตรวจจับวัตถุ คัดแยกวัตถุ แจ้งเตือน ดังแสดงไว้ในภาพที่ 1 (ข)



ภาพที่ 1 การออกแบบโครงสร้างและระบบควบคุม

3.3 การพัฒนาและการหาประสิทธิภาพของระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

1) ดำเนินการสั่งซื้อวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อนำมาประกอบเป็นโครงสร้างของถังขยะตามที่ได้ออกแบบไว้ในภาพที่ 1 (ข)

2) ส่วนของระบบควบคุมและการสั่งงาน คณะผู้วิจัยใช้ บอร์ด Arduino Mega 2560 ในการควบคุมและเชื่อมต่อกับเซนเซอร์ต่าง ๆ ด้วยภาษา C ดังภาพที่ 1 (ข)

3.4 การทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพ

1) คณะผู้วิจัยได้นำระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 6 ท่านโดยแบ่งเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านคอมพิวเตอร์ 3 ท่าน ผู้เชี่ยวชาญทางด้านไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ 3 ท่าน ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมและทดสอบการแจ้งเตือนของระบบผ่านไลน์แอปพลิเคชัน และนำไปหาค่าทางสถิติต่อไป

2) นำระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที มาทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพโดยการทดสอบกับขยะชนิดพลาสติก จำนวน 5 ชิ้น และขยะชนิดโลหะ จำนวน 5 ชิ้น เพื่อทดสอบความแม่นยำในการคัดแยกการแจ้งเตือนจำนวนและพิกัดของถังขยะ พร้อมทั้งบันทึกผลการดำเนินงานเพื่อนำไปวิเคราะห์ข้อมูลต่อไป

3.5 ในการทดลองใช้งานคณะผู้วิจัยได้นำระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ให้นักศึกษาสาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชาวิจัย ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 33 คน ได้ทดลองใช้เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อเก็บข้อมูลทางด้านการคิดเห็นและการยอมรับของนักศึกษาที่เป็นกลุ่มตัวอย่างตามแนวคิดของทฤษฎีการยอมรับเทคโนโลยี (The Technology Acceptance Model-TAM) และนำผลที่ได้ไปหาค่าทางสถิติต่อไป

4. สถิติที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยนำผลที่ได้เทียบกับเกณฑ์การประเมิน ดังนี้ [14]

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.51 – 5.00 หมายความว่า ระดับมากที่สุด

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.51 – 4.50 หมายความว่า ระดับมาก

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.51 – 3.50 หมายความว่า ระดับปานกลาง

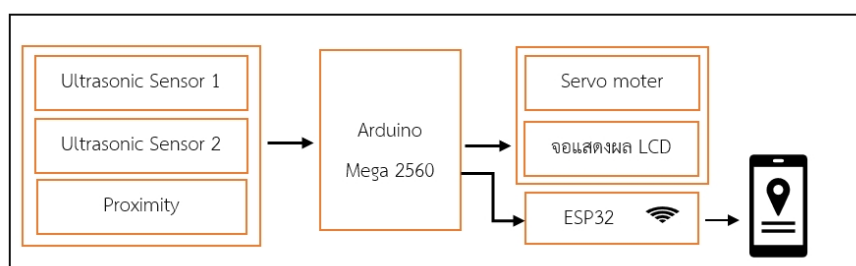
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.51 – 2.50 หมายความว่า ระดับน้อย

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 1.01 – 1.50 หมายความว่า ระดับน้อยที่สุด

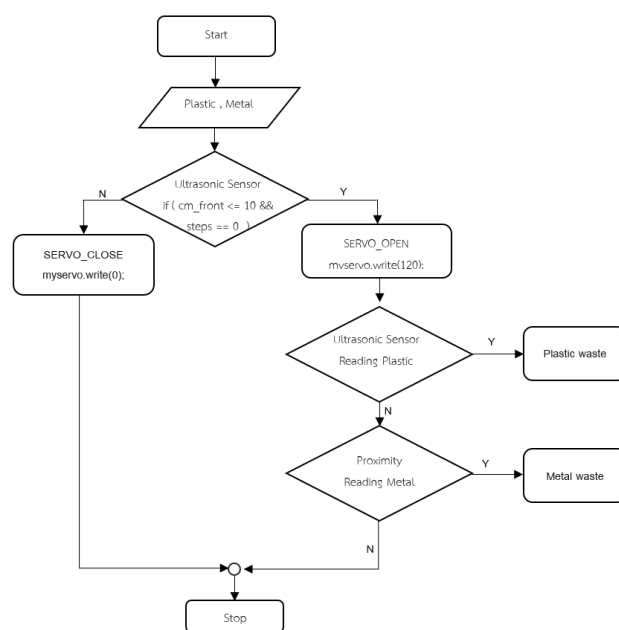
ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที

ผู้วิจัยได้ดำเนินการพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ตามขั้นตอนการวิจัยในระยะที่ 1 โดยนำข้อมูลจากการศึกษา และวิเคราะห์ มาจัดทำระบบถังขยะอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีไอโอทีและเครื่องมือของกิจกรรม แสดงดังภาพที่ 2



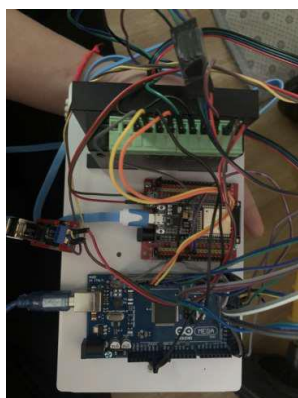
(ก)



(ข)

ภาพที่ 2 การพัฒนาระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที

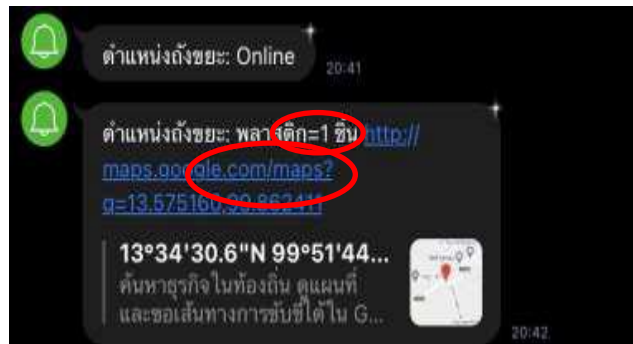
จากภาพที่ 2 ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ประกอบด้วยระบบการตรวจจับวัตถุและระบบการประมวลผลรายงานงานผล ควบคุมการสั่งงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล Arduino เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ต่าง ๆ เมื่อตรวจพบขยะจำพวกโลหะจะแยกไว้ถังเก็บที่ 1 เมื่อตรวจพบขยะจำพวกพลาสติกจะแยกเก็บไว้ถังเก็บที่ 2 จากนั้นจะส่งสัญญาณเพื่อรายงานผลเป็นจำนวนของขยะทั้งสองชนิดรวมกันพร้อมกับระบุตำแหน่งที่ตั้งถังขยะให้ทราบผ่านแอปพลิเคชันไลน์ ตามภาพที่ 2 (ก) การทำงานของระบบจะเป็นตามแผนภาพที่ 2 (ข) เมื่อโลหะหรือพลาสติกเข้าใกล้ Ultrasonic Sensor ในระยะ 10 เซนติเมตรฝาถังจะเปิดขึ้น โดยที่ Ultrasonic Sensor และ Proximity ทำหน้าที่แยกแยะระหว่างโลหะ กับพลาสติกถึงที่กำหนด ซึ่งผลของการพัฒนาระบบถังขยะอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีไอโอที ได้แสดงไว้ในภาพที่ 3



(ก) การต่อ Arduino เชื่อมต่อกับเซนเซอร์ต่าง ๆ



(ข) การติดตั้งถังขยะทดลองใช้งาน



(ค) การรายงานผลผ่านไลน์แอปพลิเคชัน

คำสั่งควบคุมการทำงานของระบบ	ขั้นตอนการทำงาน
1. if (disA < 10 && disA != 0) {	1. ตรวจสอบเมื่อมีโลหะ หรือพลาสติกเข้าใกล้ระยะ 10 เซนติเมตร
2. myservo.write(SERVO_OPEN); Serial.println("เปิดฝาถัง");	2. ฝาถังขยะจะเปิด เมื่อมีโลหะ หรือพลาสติกเข้าใกล้ระยะ 10 เซนติเมตร
3. myservo.write(SERVO_CLOSE); Serial.println("ปิดฝาถัง");	3. ฝาถังขยะปิดเมื่อรับขยะเรียบร้อยแล้ว, ปิดเมื่อโลหะ หรือพลาสติก ไม่ได้อยู่ในระยะที่กำหนด
4. if (digitalRead(prox1) == LOW digitalRead(prox2) == LOW digitalRead(prox3) == LOW) { check2 = 1; } else { check2 = 0; }	4. แยกประเภทโลหะ หรือ พลาสติก
5. if (id == 1) { LINE.Notify("โลหะ=" + String(count) + " ชิ้น http://maps.google.com/maps?q=" + String(latitude, 6) + "," + String(longitude, 6); Serial.println("โลหะ Line Notify "); delay(2000); }	5. แสดงประเภทของขยะที่เข้าถึง จำนวนขยะทั้งหมดในถังและที่ทำการแจ้งเตือนผ่านแอปพลิเคชัน

(ง) ตัวอย่างคำสั่งควบคุมการทำงานของระบบ

ภาพที่ 3 ผลการพัฒนาบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที

ภาพที่ 3 เป็นการแสดงคำสั่งในการควบคุมระบบการทำงานโดยที่เซนเซอร์จะตรวจจับโลหะ หรือพลาสติก ในระยะ 10 เซนติเมตร แต่ถ้าอยู่ห่างเกินกว่า 10 เซนติเมตรถังขยะจะไม่เปิดการทำงาน เมื่อรับโลหะ หรือพลาสติก เข้าในถังขยะก็จะถูกตรวจสอบด้วย Ultrasonic Sensor ที่ติดภายในถังจะทำให้แยกขวดพลาสติก Proximity ทำหน้าที่แยกขวดโลหะ ระบบจำทำการรวมจำนวนของโลหะและพลาสติกที่รับเข้าส่งสัญญาณแจ้งเตือนไปยัง แอปพลิเคชันไลน์ พร้อมกับแจ้งพิกัดของถังขยะใบนั้นให้ทราบ

2. ผลการหาประสิทธิภาพของระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที

2.1 ผลของการประเมินประสิทธิภาพของระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที จากผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 6 ท่าน ได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมและทดสอบการแจ้งเตือนผ่านไลน์แอปพลิเคชัน ผลการประเมินดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1. การวิเคราะห์และออกแบบระบบ	4.00	0.00	ระดับมาก
2. ระบบการทำงานสะดวกต่อการใช้งาน	4.17	0.37	ระดับมาก
3. ความแม่นยำในการแสดงผลบนแอปพลิเคชันไลน์	4.67	0.47	ระดับมากที่สุด
4. ความแม่นยำในการรายงานผลจำนวนของวัตถุ	4.33	0.47	ระดับมาก
5. ความแม่นยำในการรายงานสถานที่ติดตั้งถังขยะ	4.50	0.50	ระดับมาก
6. ความแม่นยำในการคัดแยกขยะ	4.50	0.50	ระดับมาก
7. อุปกรณ์ มีความเหมาะสมกับการใช้งาน	4.67	0.52	ระดับมากที่สุด
8. ง่ายต่อการบำรุงรักษา	4.83	0.41	ระดับมากที่สุด
9. ความปลอดภัยในการใช้งานของระบบในภาพรวม	4.67	0.52	ระดับมากที่สุด
โดยรวม	4.50	0.50	ระดับมาก

จากตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที พบว่า ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่านโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.50$, S.D. = 0.50)

2.2 ผลของการทดสอบการทำงานของการทำงานของเครื่องคัดแยกขยะโลหะและพลาสติก พร้อมกับรายงานผลจำนวนขยะ ทั้ง 2 ชนิด และรายงานสถานที่ตั้งถังขยะ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลของการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกขยะโลหะและพลาสติก พร้อมกับรายงานผลจำนวนขยะ ทั้ง 2 ชนิด และรายงานสถานที่ตั้งถังขยะ

ครั้งที่	ชนิดของขยะ		จำนวน	ระบุสถานที่ตั้ง
	โลหะ	พลาสติก		
1	✓		1	ถูกต้อง
2		✓	2	ถูกต้อง
3	✓		3	ถูกต้อง
4		✓	4	ถูกต้อง
5	✓		5	ถูกต้อง
6		✓	6	ถูกต้อง
7	✓		7	ถูกต้อง
8		✓	8	ถูกต้อง
9	✓		9	ถูกต้อง
10		✓	10	ถูกต้อง

จากตารางที่ 2 ผลของการทดสอบการทำงานของเครื่องคัดแยกขยะโลหะและพลาสติก พร้อมกับรายงานผลจำนวนขยะทั้ง 2 ชนิด และรายงานสถานที่ตั้งถังขยะ พบว่าการทดสอบทั้ง 10 ครั้งระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องแม่นยำ คิดเป็นร้อยละ 100 ของการทดสอบ

3. ผลการทดลองใช้ระบบควบคุม

ผู้วิจัยดำเนินการทดลองใช้ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ที่พัฒนาขึ้น กับนักศึกษา สาขาวิชาอุตสาหกรรมศิลป์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่ลงทะเบียนเรียนวิชา

วิจัย ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2565 จำนวน 33 คน จากนั้นนำผลการเรียนรู้มาวิเคราะห์ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน เทียบกับเกณฑ์และสรุปผล แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที

รายการ	$\bar{X}$	SD.	ระดับความคิดเห็น
1.ด้านการใช้งาน	4.37	0.68	ระดับมาก
1.1. ระบบสามารถใช้งานได้ง่าย	4.36	0.74	ระดับมาก
1.2 มีความสะดวกในการใช้งาน	4.33	0.65	ระดับมาก
1.3 ขั้นตอนของการใช้งานไม่ยุ่งยากซับซ้อน	4.27	0.72	ระดับมาก
1.4 สามารถบำรุงรักษาได้ง่าย	4.55	0.62	ระดับมาก
1.5 ระบบมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน	4.33	0.69	ระดับมาก
2.ด้านประโยชน์ที่นำไปใช้งาน	4.48	0.67	ระดับมาก
2.1 โครงสร้างมีความเหมาะสมสามารถนำไปเป็นต้นแบบพัฒนา งานอื่น ๆ ได้	4.48	0.67	ระดับมาก
2.2 อุปกรณ์สามารถนำไปใช้งานในชีวิตประจำวันได้	4.48	0.67	ระดับมาก
2.3 ลดการติดเชื่อจากการสัมผัสขยะ	4.52	0.57	ระดับมากที่สุด
2.4 ทุนเวลาในการแยกขยะ	4.48	0.67	ระดับมาก
2.5 ประโยชน์โดยรวมที่มีต่อการใช้งาน	4.45	0.62	ระดับมาก
ภาพรวมเฉลี่ย	4.43	0.65	ระดับมาก

จากตารางที่ 3 ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างที่ได้ทดลองใช้ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที พบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.43$, S.D. = 0.65) ส่วนด้านการใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.37$, S.D. = 0.68)และด้านประโยชน์ที่นำไปใช้งานอยู่ในระดับมาก ($\bar{X} = 4.48$, S.D. = 0.67)

อภิปรายผลการวิจัย

1. ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที ประกอบด้วยองค์ประกอบ 2 ส่วน คือ 1) ส่วนของโครงสร้าง 2) ระบบควบคุม การทำงานประกอบด้วยโปรแกรมควบคุมทำหน้าที่ในการสั่งการให้ระบบควบคุมเปิด-ปิดถังขยะ คัดแยกระหว่างขวดโลหะและขวดพลาสติกพร้อมทั้งบอกจำนวนขยะที่รับเข้าและแสดงพิกัดของถังขยะ นั้นแสดงว่าระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอทีเป็นระบบที่มีประโยชน์ต่อชุมชน สามารถคัดแยกขยะรีไซเคิลคัดแยกระหว่างขวดพลาสติกและขวดโลหะ ทำให้ชุมชนหรือผู้ที่ต้องการนำไปใช้งานนำขยะรีไซเคิลไปขายได้ โดยไม่ต้องมีการคัดแยกอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ยังบอกจำนวนขยะในถังแต่ละถัง และบอกตำแหน่งของถังขยะเพื่อให้ผู้ใช้ได้ทราบถึงจำนวนขยะได้ สอดคล้องกับ พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย [11] ได้ศึกษาการออกแบบและสร้างถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที ให้มีความทันสมัย ถังขยะสามารถเปิดฝาทิ้งได้อัตโนมัติในระยะทางที่กำหนด แสดงปริมาณขยะในถังขยะด้วยหลอด LED และส่งสัญญาณแจ้งเตือนปริมาณขยะไปยังสมาร์ตโฟนผ่านแอปพลิเคชันไลน์ได้

2. ผลของการประเมินประสิทธิภาพของระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 6 ท่านได้ทำการทดสอบประสิทธิภาพของระบบควบคุมและทดสอบการแจ้งเตือนของระบบไลน์แอปพลิเคชัน ผลการประเมินอยู่ในระดับมาก จึงสอดคล้องกับ ทิพานัน พงษ์สุวรรณ และคณะ [12] ได้พัฒนาระบบถังขยะอัจฉริยะ เพื่อแก้ปัญหาขยะที่เต็มก่อนกำหนดและส่งกลิ่นเหม็น โดยการติดตั้งระบบให้มีการแจ้งเตือนไปยังส่วนกลางทราบถึงปริมาณขยะในถังที่ใกล้จะเต็มแล้ว และตรวจสอบว่าขยะนั้นถูกวางไว้จุดใด เพื่อบริหารจัดการและแก้ไขปัญหาขยะในท้องสมุด

3. ผลการยอมรับเทคโนโลยีของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้ระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลด้วยเทคโนโลยีไอโอที พบว่าการยอมรับโดยรวมอยู่ในระดับมาก อาจจะเป็นเพราะว่าระบบคัดแยกขยะรีไซเคิลสามารถแยกแยะขยะได้ถูกต้อง นอกจากนี้ยังสามารถบอกจำนวนขยะ และตำแหน่งของถังขยะผ่านแอปพลิเคชันไลน์ สอดคล้องกับงานวิจัยของ วุฒิชัย พรพชรพงศ์ และภัทราวัลย์ คำปลิว [9] ที่ได้พัฒนาระบบแจ้งเตือนอัคคีภัยโดยใช้ภาพถ่ายความร้อนและภาพเหตุการณ์จริงแบบประหยัด ซึ่งได้นำระบบไปทดลองใช้และสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ผลการประเมินโดยรวมอยู่ในระดับมากเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้จะมีการนำผลการวิจัยไปใช้ ควรมีการควบคุมและป้องกันไม่ให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ติดอยู่กับกล่อง พังเสียหายให้มีการตั้งอุปกรณ์ให้แน่นหนาและป้องกันการรั่วซึมของน้ำเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

การวิจัยในครั้งต่อไปควรพัฒนาให้ถังขยะสามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยการควบคุมผ่านแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อช่วยในการขนย้ายขยะ แต่ผู้วิจัยยังไม่ได้ดำเนินการในการวิจัยครั้งนี้จึงแนะนำให้มีการวิจัยในครั้งต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมควบคุมมลพิษ. (2560). คู่มือแนวทางการลดและคัดแยกขยะ เบื้องต้นการลดและใช้ประโยชน์ขยะมูลฝอย. กรุงเทพฯ: กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [2] กรุงเทพมหานคร. (2563). ประเทศไทย 2563: สถานการณ์ขยะในไทย. สืบค้นจาก <https://www.bangkokbiznews.com/news/detail/863554>
- [3] จิตราภา วุฒิกรวิภาค และธัญพล โต๊ะชา. (2560). ถังขยะอัจฉริยะ. (วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง.
- [4] อานนท์ เนตรยง และ จิตมา นริศเนตร. (2562). ถังขยะอัจฉริยะ. ใน การประชุมวิชาการสำหรับนักศึกษาในระดับชาติ ครั้งที่ 2 (น.128-133). กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา.
- [5] คนสรณ์ ผิวบาง, ศรีณยู พรหมยุทธนา, และการตรัตน์ ขำดำ. (2562). เครื่องคัดแยกขวดอัตโนมัติ. (ปริญญาพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). นครราชสีมา: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [6] นิตคม อริยพิมพ์ และอนุชา ดีผาง. (2564). อุปกรณ์ควบคุมการทำงานมอเตอร์ไฟฟ้าผ่านแอปพลิเคชัน. วารสารวิจัยและนวัตกรรม การอาชีวศึกษา, 5(1), 128-137.
- [7] รุจกา สติราษฎร์, พัลลภา มิตรสงเคราะห์ และอานวย วิษณุลาส. (2564). การพัฒนาต้นแบบระบบการตรวจสอบการเข้าเรียนโดยใช้ IoT และ RFID. วารสารวิชาการ “การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม”, 8(2), 34-47.
- [8] ธาณิน ม่วงพูล และอวยชัย อินทรสมบัติ. (2560). การพัฒนาระบบระบายความร้อนด้วยท่อทำความเย็นแบบท่อทองแดงร่วมกับไมโครคอนโทรลเลอร์. วารสารวิชาการ “การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม”, 4(2), 47-56.
- [9] กระวี ตรีอำรรค, เทวรัตน์ ตรีอำรรค, กิตติรัตน์ รุ่งรัตนอุบล และอนุสรณ์ ดิตตารัมย์. (2562). รายงานผลการวิจัย การพัฒนาเครื่องจักรกึ่งอัตโนมัติสำหรับการคว้านเมล็ดและเปลือกเปลือกเงาะเพื่อการแปรรูปผลผลิตระดับวิสาหกิจชุมชน. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [10] อัษฎายุทธ น้อยผล และ นพดล มณีรัตน์. (2560). เครื่องคัดแยกโลหะโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก. วารสารวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, 34(2), 16-22.
- [11] พิพัฒน์ ดุรงค์ดำรงชัย. (2565). ถังขยะอัตโนมัติระบบไอโอที. วารสารวิจัยและนวัตกรรม การอาชีวศึกษา, 6(1), 31-42.
- [12] ทิพานัน พงษ์สุวรรณ, อนุพงษ์ ดิตะ และกานันต์ อุทัยบาล. (2562). ระบบติดตามถังขยะอัจฉริยะ. PULINET Journal, 6(2), 41-50.
- [13] ณิชนันท์ ธัญพรทิพย์ และชุตินันท์ อุดมศิริเสนี. (2564). การพัฒนาต้นแบบระบบถังขยะไอโอทีและระบบจัดเก็บข้อมูลการทิ้งขยะแบบออนไลน์ของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ, 7(1), 54-62.
- [14] บุญจรัส วสุริย์, สันญา วรรคิต และธานิน ม่วงพูล. (2565). ต้นแบบเตาเผาขยะติดเชื้อด้วยเทคนิคแก๊สซิฟิเคชัน. วารสารวิชาการ การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ, 8(1), 90-102.
- [15] วุฒิชัย พรพชรพงศ์ และภัทราวัลย์ คำปลิว. (2565). ระบบแจ้งเตือนอัคคีภัยโดยใช้ภาพถ่ายความร้อนและภาพเหตุการณ์จริงแบบประหยัด. วารสารวิชาการ “การจัดการเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม”, 9(1), 73-82.