

A IoT demonstration kit waste separation education for middle school

อัญญณณิ ภัทรานนท์¹, ขวณนท มะโน¹, ภาณุพล โขลนกระโทก¹ และ ปิโยรส ขอนดอก^{2*}

¹สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ, 10520, ประเทศไทย

²โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์และพัฒนศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน จังหวัดนครปฐม 73140 ประเทศไทย

* Corresponding author. E-mail address: feduprkh@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันทั่วโลกกำลังเผชิญหน้ากับปัญหาปริมาณขยะที่มีเพิ่มมากขึ้น การนำขยะมารีไซเคิลและการกำจัดขยะอันตรายอย่างถูกวิธีคือกระบวนการพื้นฐานที่ได้รับการยอมรับว่าเป็นการบรรเทาปัญหานี้ การให้ความรู้เรื่องการแยกขยะเป็นสิ่งสำคัญเนื่องจากมันคือขั้นตอนเริ่มต้นในการแก้ไขปัญหา วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือการสร้างชุดสาธิตการเรียนรู้สำหรับการเรียนการสอนเรื่องการแยกขยะที่ได้รับการออกแบบมาเพื่ออำนวยความสะดวกและสร้างความเข้าใจในเรื่องการแยกขยะ การปลูกฝังความรู้เกี่ยวกับการแยกขยะและการส่งเสริมใช้เทคโนโลยีให้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นเป็นสิ่งสำคัญ ชุดสาธิตการเรียนรู้นี้ควบคุมโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 ดำเนินการผ่านการเชื่อมต่อด้วยเทคโนโลยี RFID ชุดสาธิตการเรียนรู้มีศักยภาพในการจัดเก็บข้อมูลโดยการเชื่อมต่อเครือข่ายคลาวด์และแสดงผลทางเสียงผ่านลำโพงที่ถูกติดตั้งไว้ภายใน ขยะถูกจำแนกออกเป็นสี่ประเภทที่แตกต่างกัน ได้แก่ ขยะทั่วไป ขยะอินทรีย์ ขยะรีไซเคิล และขยะอันตราย โดยใช้การตรวจจับขยะแต่ละประเภท ชุดสาธิตการเรียนรู้เหมาะสำหรับการเรียนการสอนที่มีวัตถุประสงค์เพิ่มประสิทธิภาพของการศึกษาและการเรียนรู้เรื่องการแยกขยะที่ทำให้เข้าใจได้ง่าย

คำสำคัญ: การศึกษา, การแยกขยะ, อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ESP32

Abstract

Currently, the whole world is confronted with an increasing problem of waste issues, with adopting methods of reusing, recycling, and properly disposing of hazardous waste recognized as basic processes to mitigate this problem. Waste separation education is crucial because it is the initial step to solving this issue. The objective of the study was to create an instructional demonstration kit for education that has been designed to facilitate waste separation, as educating middle school students with knowledge on waste separation and technology is crucial. The ESP32 microcontroller operates through an interface with RFID technology, enabling the demonstration kit to possess the capacity to store data utilizing a cloud network and activate the sound output through the built-in speaker to present the sorted

results. The waste has been classified into four distinct categories: general waste, organic waste, recyclable waste, and hazardous waste, each represented by graphic cards. The demonstration learning set is suitable for educational purposes as it enhances the effectiveness of teaching and learning waste separation while easily understandable.

Keywords: education, waste separation, IoT, ESP32

1. บทนำ

ปัจจุบันขยะมูลฝอยมีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในทุกปีเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมอุปโภคบริโภคของประชากร, การซื้อขายสินค้าทางออนไลน์ การกระตุ้นเศรษฐกิจและการขยายตัวทางด้านอุตสาหกรรม ปริมาณขยะมูลฝอยของประเทศไทยในปีพ.ศ. 2567 มีจำนวน 27.20 ล้านตันซึ่งมีปริมาณเพิ่มขึ้นจากปีพ.ศ. 2566 เท่ากับ 0.25 ล้านตัน ขยะมูลฝอยเกิดขึ้นเฉลี่ย 74,529 ตัน/วัน[1] การจัดการกับขยะเหล่านี้ควรเริ่มจากการลดปริมาณขยะ ณ แหล่งกำเนิด และการนำกลับมาใช้ซ้ำซึ่งขยะที่ไม่ถูกนำกลับมาใช้ซ้ำจะถูกนำไปกำจัด ณ แหล่งกำจัดขยะ ทั้งต้องใช้พลังงานจำนวนมาก และใช้งบประมาณสูง การแยกขยะก่อนนำมาทิ้งจะเป็นการลดปริมาณขยะ อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนสำคัญของการกำจัดขยะที่จะถูกส่งไปยังโรงคัดแยกขยะเพื่อนำไปกำจัดในวิธีที่เหมาะสม การให้ความรู้เรื่องการแยกขยะควรเริ่มปลูกฝังตั้งแต่เด็ก เพื่อให้ได้รับความรู้เรื่องการแยกขยะและสามารถแยกขยะให้ถูกประเภทได้ด้วยตนเอง การสอนที่มีประสิทธิภาพควรเลือกใช้รูปแบบการสอนที่เหมาะสมทั้งกับผู้เรียนและเรื่องที่สอน การวิจัยทางการศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาผลลัพธ์ที่ดีที่สุดสำหรับการเรียนการสอน การวิจัยทางการศึกษาคือการทำวิจัยเพื่อค้นคว้าหาความรู้และความเป็นจริงอย่างเป็นระบบโดยการนำข้อมูลสารสนเทศมาวิเคราะห์[2] ซึ่งมีเนื้อหาการวิจัยจะเกี่ยวข้องกับการศึกษาในหลายด้าน เช่น ด้านบริหารงาน ด้านการจัดการเรียนรู้ ด้านการพัฒนาผู้เรียน เป็นต้น [3] การสอนเรื่องการแยกขยะในชั้นเรียนด้วยบทเรียนจากหนังสือและสื่อจากคลิปวิดีโอเป็นการให้ความรู้ในรูปแบบการบรรยายไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริง การลงมือปฏิบัติจริงสามารถทำให้เข้าใจเนื้อหาและจดจำได้นานกว่าการเรียนแบบบรรยายในห้องเรียน[4] ผลงานวิจัยการจัดการเรียนรู้เชิงลึก (active learning) โดยใช้เกมและการแสดงละครให้ความรู้เรื่องการแยกขยะให้แก่ผู้เรียนระดับประถมศึกษา รวมไปถึงการจัดอบรมให้กับตัวแทนนักเรียน[5] เป็นการส่งเสริมพฤติกรรมแยกขยะและสร้างจิตสำนึกการ

ทั้งขยะให้ถูกวิธีซึ่งผู้เรียนยังขาดการคิดเพื่อแก้ไขปัญหาเพื่อลงมือปฏิบัติจริงได้ด้วยตนเอง การสอนโดยใช้ทักษะเพิ่มเติมคือการรูปแบบของการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงมากกว่าการท่องจำ ซึ่งประกอบด้วย 4 สาขาวิชา คือวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์[6] ผลงานการวิจัยการใช้ทักษะเพิ่มเติมมาพัฒนากระบวนการจัดการเรียนรู้นักศึกษาระดับบัณฑิตพบว่าผู้เรียนมีทักษะความคิดเป็นระบบสูงขึ้น[7] อีกทั้งมีผลงานวิจัยการจัดการเรียนรู้แบบห้าขั้นตอน (GPAS 5 steps) ร่วมกับการนำเกมมาใช้เป็นกิจกรรมในการสอนเรื่องการแยกขยะให้กับผู้เรียนระดับประถมศึกษาส่งผลให้ผู้เรียนมีทักษะความคิดที่ดีขึ้น[8] การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตประสาทรสรพสิ่ง (Internet of Things) ร่วมกับการเรียนการสอนเพื่อสามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ต่าง ๆ และง่ายต่อการเก็บข้อมูล ผลงานการวิจัยการนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตมาประยุกต์ใช้กับการศึกษารูปแบบฐานการทำทาย (Challenge-Based Learning) ส่งผลให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมเพิ่มมากขึ้นและการทำงานร่วมกันกับเพื่อนในชั้นเรียนได้ดีขึ้น[9]

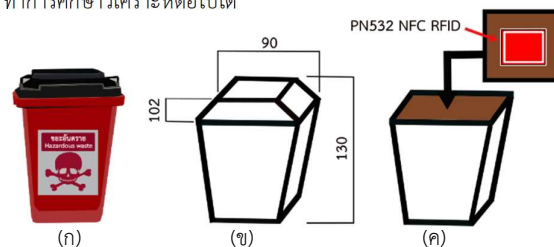
การวิจัยเกี่ยวกับถังขยะอัตโนมัติมีการทำการวิจัยอย่างแพร่หลายงานวิจัยเรื่องการแยกขยะมีการประดิษฐ์ถังขยะที่สามารถเปิด-ปิดอัตโนมัติโดยจำลองถังขยะที่สามารถตรวจจับประเภทของขยะและใช้เสียงในการแจ้งประเภทของขยะ[12] ซึ่งไม่มีการเก็บข้อมูลผ่านอินเทอร์เน็ตจึงไม่สะดวกต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์ มีงานวิจัยเกี่ยวกับถังขยะโดยนำพรีอิกซ์มิติเซ็นเซอร์มาใช้ในการบอกระดับปริมาณขยะในถังและตำแหน่งที่ตั้งของถังขยะใช้อินเทอร์เน็ตในการขับเคลื่อนการทำงานของระบบ[10] แต่ถังขยะไม่สามารถแยกประเภทขยะได้ อีกทั้งมีผลงานวิจัยถังขยะที่สามารถเก็บข้อมูลในรูปแบบออนไลน์โดยนำเซ็นเซอร์ตรวจจับการเคลื่อนไหวและใช้ข้อมูลแนะนำการทิ้งขยะให้ถูกต้องด้วยเสียง[11] เป็นข้อมูลการแนะนำตัวอย่างของขยะเท่านั้นไม่สามารถสร้างความเข้าใจในการแยกขยะได้ทั้งหมด

งานวิจัยนี้เป็นการจัดทำชุดสาธิตการเรียนรู้เรื่องการแยกขยะสำหรับผู้เรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้เทคนิคการรับส่งข้อมูลผ่านทางสัญญาณความถี่ของคลื่นวิทยุ RFID (Radio Frequency Identification) ชุดสาธิตการเรียนรู้นี้ทำการจำลองถังขยะทั้งสี่ประเภท และจำลองขยะด้วยการถ่ายภาพที่ติดตั้งแท็ก NFC (Near Field Communication) RFID ซึ่งทำการส่งข้อมูลด้วยคลื่นความถี่วิทยุระยะใกล้ ควบคุมระบบโดยใช้โปรแกรม Arduino IDE บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ ESP32 สามารถเก็บข้อมูลได้ทันทีโดยการเชื่อมต่อระบบอินเทอร์เน็ตไร้สาย ส่งข้อมูลไปเก็บบนเครือข่ายคลาวด์จึงสะดวกต่อการนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อประเมินผลการเรียนรู้ของเด็ก ระบบมีการแสดงผลผ่านทางเสียงและหน้าจocomพิวเตอร์ ชุดสาธิตการเรียนรู้นี้ผู้เรียนสามารถทำการทดลองได้ด้วยตนเอง หรือครูผู้สอนสามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์ประกอบการสอนได้

2. การออกแบบระบบ

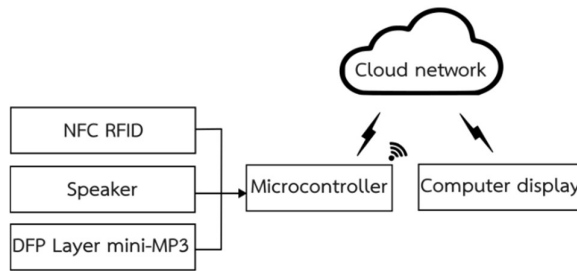
ชุดสาธิตการเรียนรู้การแยกขยะโดยใช้เทคนิคการส่งผ่านข้อมูลด้วยคลื่นวิทยุในระยะใกล้ NFC RFID ใช้คลื่นความถี่ 13.56 เมกะเฮิร์ตซ์ ใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสตรงขนาด 5 โวลต์ ใช้อุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายส่งสัญญาณผ่านคลื่นวิทยุความถี่ 2.4 กิกะเฮิร์ตซ์ ด้วยอัตราความเร็ว 300 ล้านบิตต่อวินาที การดำเนินงานของชุดสาธิตการเรียนรู้การแยกขยะนี้แบ่งเป็นสามส่วน ส่วนแรกคือส่วนของการออกแบบถังขยะ และโมเดลขยะ โดยทำการจำลองถังขยะทำมาจากวัสดุพลาสติกมีขนาด 90 x 102 x 130 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 1 ฝาถังสามารถเปิดปิดได้ ใช้สีตามประเภทของขยะแบ่งเป็น 4 ประเภท คือ ถังขยะทั่วไปถังถังสีน้ำเงิน, ถังขยะอินทรีย์ ถังถังสีเขียว, ถังขยะรีไซเคิลถังถังสีเทา และ ถังขยะอันตรายถังถังสีแดง จำลองขยะด้วยการดัดรูปภาพขนาด 36 x 45 มิลลิเมตร จำนวน 40 แผ่น แบ่งเป็นประเภทละ 10 แผ่น โดยแต่ละแผ่นจะถูกระบุข้อมูลประเภทขยะที่ถูกต้องไว้ภายในแท็ก NFC RFID ที่ถูกนำไปติดตั้งไว้บนการดัดรูปภาพ การดำเนินงานส่วนที่สองคือส่วนของการประมวลผล ชุดการเรียนรู้นี้ควบคุมการวัดโดยใช้ โปรแกรม Arduino IDE บอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่เชื่อมต่อไปยังโมดูล PN532 NFC RFID จำนวน 4 ตัว ที่มีหน้าที่เป็นตัวอ่านรับ-ส่งข้อมูลซึ่งโมดูลนี้ถูกติดตั้งไว้บริเวณปากถังขยะ ดังแสดงในรูปที่ 4 ส่วนสุดท้ายส่วนของการแสดงผลชุดการเรียนรู้สามารถส่งข้อมูลผ่านอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สายเพื่อนำข้อมูลไปเก็บรวบรวมบนเครือข่ายคลาวด์ ข้อมูลสามารถแสดงผลผ่านหน้าจocomพิวเตอร์และแสดงผลด้วยเสียงจากไฟล์เสียงที่ถูกบันทึกไว้ใน SD card ผ่านลำโพงที่ควบคุมโดย DF Player mini-MP3 ดังแสดงในรูปที่ 2

ขั้นตอนการทำงานของชุดการเรียนรู้การแยกขยะเริ่มต้นโดยการนำการดัดรูปภาพที่ถูกติดตั้งแท็ก NFC RFID ที่ได้รับการระบุข้อมูลไว้แล้วไปสัมผัสบริเวณปากถังขยะเพียงหนึ่งประเภท โดยที่ภายในถังขยะได้ติดตั้งโมดูลPN532 NFC RFID ไว้เช่นเดียวกัน ระบบทำการตรวจวัดความถูกต้องของประเภทของขยะโดยการส่งข้อมูลไปประมวลผลไปยังบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ หากถูกประเภทจะมีการแจ้งเป็นเสียงว่าถังถูก และบอกประเภทของขยะที่ถูกต้องตามรูปของขยะ หรือหากผิดประเภทจะมีการแจ้งเป็นเสียงว่า ไม่ถูก พร้อมบอกประเภทของขยะที่ถูกต้อง จากนั้นส่งข้อมูลไปเก็บไว้บนเครือข่ายคลาวด์ผ่านทางอินเทอร์เน็ตและนำข้อมูลไปแสดงผลผ่านหน้าจocomพิวเตอร์เพื่อบันทึกข้อมูลและสามารถนำไปทำการศึกษวิเคราะห์ต่อไปได้



รูปที่ 1 การออกแบบถังขยะของชุดสาธิตการเรียนรู้

(ก)ถังขยะอันตราย (ข)ขนาดของถัง (ค)การติดตั้งโมดูลPN532 NFC RFID



รูปที่ 2 ไดอะแกรมขั้นตอนการวัดโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์

3. การทดลอง

การทดลองเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของชุดสาธิตการเรียนรู้การแยกขยะโดยการทดสอบความแม่นยำและถูกต้องของการเก็บข้อมูล แบ่งออกเป็น 3 ส่วน

3.1 การทดสอบการเก็บข้อมูลบนเครือข่ายคลาวด์

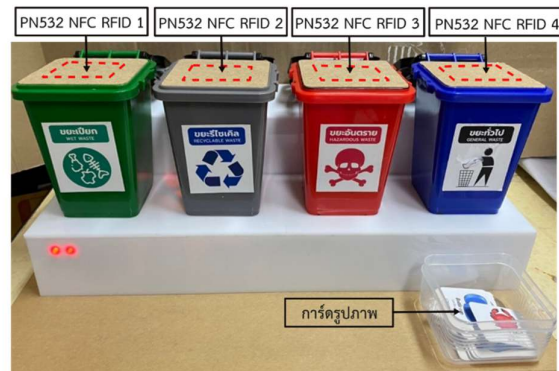
การเก็บข้อมูลของชุดสาธิตการเรียนรู้ควบคุมการวัดโดยบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ สามารถเชื่อมต่อสัญญาณ Wi-Fi เข้ากับอุปกรณ์เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตไร้สาย ทำการบันทึกข้อมูลในรูปแบบออนไลน์ด้วย Google Sheets แสดงตารางข้อมูลของถังขยะทั้ง 4 ประเภท พร้อมทั้งระบุจำนวนขยะทั้งหมดที่ได้ทำการทดสอบเพื่อหาความถูกต้องในการเก็บข้อมูลดังแสดงในรูปที่ 3 ทดสอบโดยนำการถ่ายภาพจำนวน 8 แผ่น ที่ถูกระบุข้อมูลประเภทขยะที่แตกต่างกันทำการทดสอบกับถังขยะประเภทขยะอันตราย

Hazardous waste data				
Time stamp	Type of waste	Separate into the correct type	Total (correct type)	Total of waste
9/27/2024 20:18:41	Wet	0	0	1
9/27/2024 20:18:46	Hazardous	1	1	2
9/27/2024 20:18:53	Hazardous	1	2	3
9/27/2024 20:21:15	Recyclable	0	2	4
9/27/2024 20:21:19	Hazardous	1	3	5
9/27/2024 20:21:22	Recyclable	0	3	6
9/27/2024 20:21:28	Hazardous	1	4	7
9/27/2024 20:21:31	Wet	0	4	8

รูปที่ 3 การบันทึกข้อมูลของชุดการเรียนรู้การแยกขยะ

3.2 การทดสอบระยะห่างที่เครื่องสามารถรับข้อมูลได้

ทดสอบระยะห่างในการรับ-ส่งข้อมูลที่เครื่องสามารถอ่านข้อมูลได้ผ่านคลื่นวิทยุความถี่ต่ำจากแท็ก NFC RFID ที่ถูกติดตั้งไว้บนการถ่ายภาพมายังโมดูล PN532 NFC RFID ซึ่งถูกติดตั้งไว้บริเวณปากถังขยะ โดยนำการถ่ายภาพมาสัมผัสบริเวณปากถังขยะเครื่องทำการอ่านข้อมูลที่ระบุประเภทขยะและส่งข้อมูลไปวิเคราะห์ การทดสอบระยะห่างใน 2 แนวการเคลื่อนที่



รูปที่ 4 การเตรียมชุดสาธิตการเรียนรู้เพื่อทำการทดสอบ

3.2.1 ระยะห่างที่เครื่องสามารถอ่านได้ในแนวดิ่ง

การทดสอบระยะห่างระหว่างแผ่นการถ่ายภาพกับบริเวณปากของถังขยะที่ชุดสาธิตการเรียนรู้สามารถอ่านข้อมูลได้ในแนวดิ่งโดยเครื่องมือวัดเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์มีความละเอียด 0.02 มิลลิเมตร

3.2.2 ระยะห่างที่เครื่องสามารถอ่านได้ในแนวราบ

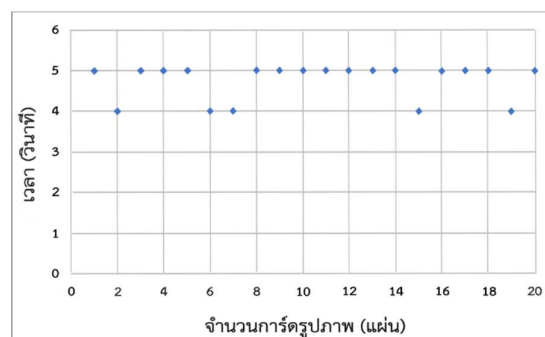
การทดสอบความสามารถในการอ่านข้อมูลจากแผ่นการถ่ายภาพโดยนำแผ่นการถ่ายภาพวางลงบนปากของถังขยะทำการเคลื่อนที่ในแนวราบตำแหน่งตรงกลางและตำแหน่งมุมทั้งสี่ของปากถังขยะ

3.3 การทดสอบระยะเวลาของการรับข้อมูลเครื่อง

การตรวจสอบประเภทขยะของชุดการเรียนรู้คือการนำการถ่ายภาพที่มีแท็ก NFC RFID ไปสัมผัสบริเวณปากของถังขยะถูกติดตั้งโมดูล PN532 NFC RFID เพื่อทำการอ่านข้อมูลและนำผลไปวิเคราะห์ โดยการทดสอบใช้การถ่ายภาพทั้งสี่ประเภทรวมเป็นจำนวน 20 แผ่น การทดสอบระยะเวลาในการอ่านค่าของชุดสาธิตการเรียนรู้แบ่งเป็น 2 กรณี

3.3.1 การเปลี่ยนแผ่นการถ่ายภาพขยะในการทดสอบ

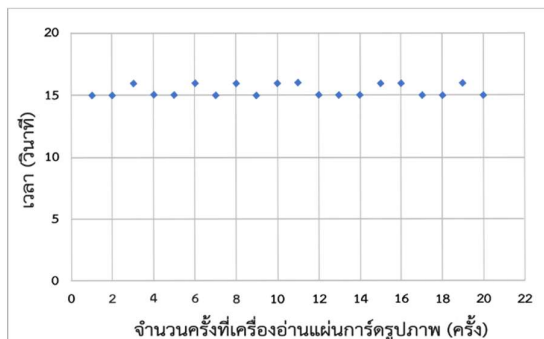
การทดสอบระยะเวลาในการอ่านข้อมูลของโมดูล PN532 NFC RFID โดยใช้การถ่ายภาพขยะจำนวน 20 แผ่นกับถังขยะหนึ่งประเภท



รูปที่ 5 การเปลี่ยนแผ่นการ์ดในการทดสอบ

3.3.2 การวางผังการตรวจภาพขณะแผ่นเดิม

การทดสอบระยะเวลาในการอ่านข้อมูลของโมดูล PN532 NFC RFID โดยใช้การตรวจภาพขณะเพียงหนึ่งแผ่นวางข้ามถึงขณะประเภทเดียว



รูปที่ 6 การวางผังการตรวจภาพขณะแผ่นเดิม

4. อภิปรายผล

ในส่วนแรกการทดสอบการเก็บข้อมูลบนเครือข่ายคลาวด์ระบบสามารถบันทึกข้อมูลในรูปแบบตารางระบุวันที่และเวลา ประเภทของขยะ จำนวนขยะที่ทิ้งถูกตามประเภทของถังขยะ ผลรวมขยะที่ทิ้งถูกทั้งหมด และจำนวนขยะที่นำมาทดลองทำการคัดแยกทั้งหมด ส่วนที่สองของการทดสอบเพื่อหาระยะเวลาห่างระหว่างแผ่นการตรวจภาพกับบริเวณปากของถังขยะที่เครื่องสามารถอ่านค่าได้ โดยทำการทดสอบทั้งในแนวตั้งและในแนวราบ ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลจากการทดสอบระยะห่างในแนวตั้ง เครื่องสามารถอ่านค่าได้ในระยะห่าง 0 – 20 มิลลิเมตร การทดสอบระยะห่างในแนวราบเครื่องสามารถอ่านค่าได้บริเวณตำแหน่งตรงกลางและบริเวณมุมทั้งสองของปากถังขยะ

ตารางที่ 1 ความสามารถของเครื่องในการทดสอบระยะห่างในแนวตั้ง

ความสามารถของเครื่อง	ระยะห่างในแนวตั้ง (มิลลิเมตร)																					
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
เครื่องสามารถอ่านค่าได้	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
เครื่องไม่สามารถอ่านค่าได้																						/

ส่วนที่สามการทดสอบประสิทธิภาพในการอ่านค่าของเครื่องโดยการเปลี่ยนแผ่นการ์ดในการทดสอบโดยใช้การตรวจภาพขณะทั้งสี่ประเภทจำนวน 20 แผ่น ไม่ซ้ำแผ่นเดิมดังรูปที่ 5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาที่เครื่องสามารถอ่านค่าได้กับจำนวนครั้งของการเปลี่ยนการตรวจภาพแผ่นใหม่ในการทดสอบ เครื่องสามารถทำการอ่านค่าจากการตรวจภาพแผ่นใหม่ได้โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยเป็นเวลา 4.75 วินาที การทดสอบประสิทธิภาพในการอ่านค่าของเครื่องโดยการวางผังการตรวจภาพเดิมซ้ำดังรูปที่ 6 เครื่องสามารถทำการอ่านค่าจากการตรวจภาพแผ่นเดิมได้โดยคิดเป็นค่าเฉลี่ยเป็นเวลา 15.40 วินาที โดยระยะเวลาการอ่านค่าทั้งสองกรณีเป็นการใส่โค้ดของโปรแกรมเพื่อป้องกันการวางผังการตรวจภาพ

5. สรุปผล

ชุดสาธิตการเรียนรู้เรื่องการแยกขยะโดยใช้เทคโนโลยี Radio Frequency Identification เป็นอุปกรณ์ที่นำไปใช้ประกอบการเรียนการสอนเรื่องการแยกขยะเพื่อให้นักเรียนสามารถแยกขยะได้ด้วยตนเอง ระยะห่างในการอ่านข้อมูลระหว่างปากถังขยะกับแผ่นการตรวจภาพ ระยะในแนวตั้งคือ 0 - 20 มิลลิเมตร สามารถอ่านค่าในแนวราบได้ทั้งในตำแหน่งตรงกลางและมุมทั้งสองของบริเวณปากถังขยะ เวลาในการอ่านข้อมูลจากการตรวจภาพแผ่นใหม่ 4.75 วินาที และเวลาจากการอ่านข้อมูลจากการตรวจภาพแผ่นเดิม 15.40 วินาที ชุดสาธิตการเรียนรู้นี้ผู้เรียนสามารถลงมือปฏิบัติจริงและใช้กระบวนการทางเทคโนโลยีช่วยในการเรียนรู้ และง่ายต่อการเก็บข้อมูลนำไปวิเคราะห์ การนำไปพัฒนาต่อไปในอนาคตโดยการเพิ่มจำนวนตัวอย่างขยะให้มากขึ้นเพื่อเพิ่มความเข้าใจให้ครอบคลุมขยะใช้จริงในชีวิตประจำวัน

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาณุพล โขลกกระโทก อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ที่ช่วยให้คำปรึกษาคำแนะนำในการทำวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ปิยรส ขอนดอก อาจารย์ประจำโรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ฯ ที่ให้การปรึกษาการทำวิจัยด้านการศึกษา ขอขอบคุณคุณชนนท์ มะโน นักวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ สจล. ที่ให้คำปรึกษาในด้านการทดสอบในงานวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้การสนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] กองจัดการกากของเสียและสารอันตราย กรมควบคุมมลพิษ กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, “รายงานสถานการณ์สถานที่กำจัดขยะมูลฝอยชุมชนของประเทศไทยปีพ.ศ.2567,” [Online]. Available: <https://www.pcd.go.th/Publication/35729/>, 2567
- [2] J.H. McMillan and J.F. Wergin, “Understanding and evaluating educational research,” 3rd ed Upper- Sanddle River New Jersey Pearson Education Inc., 2006
- [3] มณีนุชา สุราษ, “การวิจัยทางการศึกษา,” ตำราการวิจัยประกอบการสอนรายวิชาการวิจัยทางการศึกษา (Educational Research) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี, 2559
- [4] Anthony Korwin and Ronald Jones, “Do Hands-On, Technology-Based Activities Enhance Learning by Reinforcing Cognitive Knowledge and Retention?,” Journal of technology education volume 1 No. 2, 1990
- [5] รวมพร กะราลัย และคณะ, “การสร้างพฤติกรรมการคัดแยกขยะอย่างยั่งยืนด้วยแนวทางการจัดการเรียนรู้เชิงรุก (Active learning)

- สำหรับนักเรียนชั้นประถมศึกษากรณีศึกษาโรงเรียนสวนลุมพินีเขต
ปทุมวัน,” วารสารสิ่งแวดล้อมไทย ปีที่ 28 ฉบับที่ 1 (2567), 2567
- [6] สำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและ
นวัตกรรมแห่งชาติ (สอวช.), “มารู้จัก ทักษะ STEM มีติดตัวทำไม?
สำคัญแค่ไหนต่อการพัฒนาประเทศ?,” [Online]. Available:
<https://www.nxpo.or.th/th/8880>, 2021
- [7] วิชญพร อ่อนปุย, “การพัฒนาแบบแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้
ตามแนวคิดSTEM Education เพื่อส่งเสริมทักษะการคิดเชิงระบบ
ของนักศึกษาสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์,” KKU RESEARCH
JOURNAL OF HUMANITIES AND SOCIAL SCIENCES
(GRADUATE STUDIES) Vol. 7 NO. 3 (2019), 2562
- [8] ดารณ วีระพันธ์ และ กมลมาศ วงษ์ใหญ่, “ผลการจัดกิจกรรมด้วย
บอร์ดเกม เรื่อง คัด-คัด-แยก ร่วมกับกระบวนการ GPAS 5 Step
เพื่อส่งเสริมทักษะกระบวนการคิด,” วารสารบัณฑิตศึกษา
มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์ ปีที่ 18
ฉบับที่ 2 (2024), 2567
- [9] Renato Perotto Machado et al., “IoT Educational
Framework Case Study: Devices as Things for Hands-on
Collaboration,” Journal of Engineering Education
Transformations, Volume No. 37, 2024
- [10] คมสันต์ พิทยาภรณ์ และคณะ, “การสร้างอุปกรณ์การสอนการคัด
แยกขยะด้วยเทคโนโลยีRFID สำหรับนักเรียนชั้น ประถมศึกษา,”
Journal of Energy and Environment Technology 2021, 2564,
หน้า 98-105
- [11] Shrey Patel et al., “IoT-Enabled Smart Waste Management
using Renewable Energy,” Procedia Computer Science
Volume 259, 2025, pp. 1973–1982.
- [12] ณิชนันท์ อัญพรศิริพันธ์ และ ชุตติธารัฐ อุตมะสิริเสน, “การพัฒนา
ต้นแบบระบบถังขยะไอโอทีและระบบจัดเก็บข้อมูลการทิ้งขยะแบบ
ออนไลน์ของนักเรียนในโรงเรียนระดับประถมศึกษา,” วารสาร
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ ปีที่ 7 ฉบับที่ 1
(2021), 2564



ประวัติผู้เขียนบทความ

อัญญณีย์ ภัทรานนท์

นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง