



โครงการ เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะ เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

Smart Waste Management System for a Sustainable Environment

จัดทำโดย

นายสันติ	เลาหาง
นายคัมภีรภาพ	คำชนะ
นายณัฐวัฒน์	กะรัตหลวง

อาจารย์ที่ปรึกษา

นายวีระพงศ์ กล้าแข็ง

นายศราวุฒิ ทิคำมูล

โรงเรียนอมก๋อยวิทยาคม อำเภออมก๋อย จังหวัดเชียงใหม่
สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงใหม่

ชื่อโครงการ	เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน
ชื่อนักเรียน	นายคัมภีรภาพ คำชนะ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 E-mail : kumperapap101kx@gmail.com นายสันติ เลาหาง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 E-mail : santilaehang@gmail.com นายณัฐวัฒน์ กะรัตหลวง ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 E-mail : nattawat021250@gmail.com
ชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา	นายวีระพงศ์ กล้าแข็ง วิชาเอก คอมพิวเตอร์ E-mail : kruweerapong@gmail.com นายศราวุฒิ ทิคำมูล วิชาเอก คอมพิวเตอร์ E-mail : digitol.sarawut@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจัดการขยะอัจฉริยะที่สามารถแยกและบีบอัดขยะได้ 3 ประเภท ได้แก่ กล่องนม ขวดน้ำพลาสติก และกระป๋องเครื่องดื่ม พร้อมระบบสะสมคะแนนสำหรับนักเรียน 2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องในการลดปริมาณขยะหลังการบีบอัด เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะทำงานโดยใช้ระบบสมองกลฝังตัวควบคุมด้วยบอร์ด ESP32 ร่วมกับ Arduino บุรณาการร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ผ่านโปรแกรม PictoBlox ในการประมวลผลภาพเพื่อจำแนกประเภทขยะ ผลการวิจัยพบว่า 1) ระบบปัญญาประดิษฐ์สามารถจำแนกประเภทขยะได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 94.00 2) กลไกการบีบอัดขยะสามารถลดปริมาณขยะลงได้เฉลี่ยร้อยละ 58.33 โดยเฉพาะกระป๋องโลหะที่สามารถลดปริมาตรได้สูงสุดถึงร้อยละ 70.00 และมีความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับ "มากที่สุด" (ค่าเฉลี่ย = 4.65, S.D. = 0.51) ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่าการผสมผสานเทคโนโลยีอัตโนมัติเข้ากับมาตรการสร้างแรงจูงใจทางจิตวิทยา สามารถช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะที่ต้นทางและส่งเสริมพฤติกรรมการแยกขยะภายในสถานศึกษาได้อย่างยั่งยืน

คำสำคัญ : ถังขยะอัจฉริยะ, การคัดแยกขยะอัตโนมัติ, การลดปริมาณขยะ

Keywords : Smart Waste Bin, Automatic Waste Separation, Waste Volume Reduction

บทนำ

ในปัจจุบันปัญหาขยะมูลฝอยนับเป็นวิกฤตการณ์สำคัญที่ส่งผลกระทบในวงกว้าง ทั้งต่อระบบนิเวศและคุณภาพชีวิตของประชาชน สาเหตุสำคัญประการหนึ่งเกิดจากการขาดการคัดแยกขยะที่ต้นทางและการบริหารจัดการที่ไม่เพียงพอต่อปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้น (ปริญญฤทธิ์ ภูคำมี และคณะ, 2567) โดยเฉพาะอย่างยิ่งภายในสถานศึกษาขนาดใหญ่ที่มีจำนวนนักเรียนและบุคลากรเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดขยะปริมาณมหาศาลในแต่ละวัน จากสถิติพบว่าองค์ประกอบหลักของขยะในโรงเรียนได้แก่ กล่องนม ขวดน้ำพลาสติก และกระป๋องเครื่องดื่ม ซึ่งหากขาดระบบบริหารจัดการที่มีประสิทธิภาพ จะนำไปสู่ปัญหาขยะตกค้างสะสม การแพร่กระจายของเชื้อโรค การสูญเสียพื้นที่ใช้สอยภายในโรงเรียนโดยเปล่าประโยชน์ รวมถึงเป็นการเพิ่มภาระและค่าใช้จ่ายในการกำจัดขยะในระยะยาว (นฤนาท ยืนยง และพิชานาถ เงินดีเจริญ, 2565: 281)

แนวทางการแก้ไขปัญหาที่ยั่งยืนจำเป็นต้องอาศัยการบูรณาการระหว่างมาตรการทางเทคโนโลยีและการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมนุษย์ ซึ่งโรงเรียนถือเป็นจุดเริ่มต้นที่สำคัญที่สุดในการปลูกฝังจิตสำนึกด้านสิ่งแวดล้อมแก่เยาวชน จากการศึกษาพบว่า การสร้างแรงจูงใจและมีกฎเกณฑ์ที่ชัดเจน สามารถส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมในการคัดแยกขยะได้อย่างมีประสิทธิภาพ (เยาวรีย์ เสริมอมรรักษ์ และ กนกกร ตัลยารักษ์, 2565) ในขณะเดียวกัน ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) และระบบสมองกลฝังตัว ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะ โดยสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจจับและคัดแยกขยะอัตโนมัติที่มีความแม่นยำสูง ลดความผิดพลาดและภาระงานของบุคลากรในสถานศึกษา และช่วยให้กระบวนการรีไซเคิลมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น (วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล, 2568)

จากสภาพปัญหาและจำนวนนักเรียนที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ปริมาณขยะรีไซเคิลมีแนวโน้มสูงเกินกว่าที่ระบบการจัดการแบบเดิมจะรองรับได้ คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดจัดทำโครงการ "เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะเพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน" เพื่อเป็นนวัตกรรมต้นแบบในการแก้ไขปัญหาขยะภายในโรงเรียน โดยมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องที่สามารถคัดแยกและบีบอัดขยะรีไซเคิล 3 ประเภทหลัก ได้แก่ กล่องนม ขวดน้ำ และกระป๋อง เพื่อลดปริมาตรขยะให้สอดคล้องกับพื้นที่จัดเก็บที่จำกัด ผสมผสานกับการพัฒนาระบบสะสมคะแนน (Reward System) เพื่อสร้างแรงจูงใจเชิงบวกให้นักเรียนเกิดพฤติกรรมการแยกขยะที่ถูกต้องด้วยความสมัครใจ อันจะเป็นโมเดลการจัดการขยะในสถานศึกษาที่มีจำนวนนักเรียนหนาแน่นอย่างครบวงจร และนำไปสู่การพัฒนาโรงเรียนสีเขียว (Green School) ที่ยั่งยืนในอนาคต

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อออกแบบและพัฒนาเครื่องจัดการขยะอัจฉริยะที่สามารถแยกและบีบอัดขยะได้ 3 ประเภท ได้แก่ กล่องนม ขวดน้ำพลาสติก และกระป๋องเครื่องดื่ม พร้อมระบบสะสมคะแนนสำหรับนักเรียน
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเครื่องในการลดปริมาณขยะหลังการบีบอัด

ขอบเขตการวิจัย

1. ขอบเขตด้านเนื้อหา

การวิจัยมุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาเครื่องจัดการขยะอัจฉริยะที่สามารถแยกและบีบอัดขยะแบบอัตโนมัติ โดยด้านฮาร์ดแวร์ออกแบบให้รองรับขยะประเภทกล่องนม, ขวดพลาสติก และกระป๋องอูมิเนียม พร้อมระบบบีบอัดที่ควบคุมด้วยบอร์ดสมองกล ESP32 และ Arduino ส่วนด้านซอฟต์แวร์ใช้เทคโนโลยีประมวลผลภาพเพื่อคัดแยกวัสดุอย่างแม่นยำ และเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลด้วย Google Sheet สำหรับบันทึกคะแนนสะสมของนักเรียน เพื่อส่งเสริมกิจกรรมสาธารณะประโยชน์ และการแยกขยะอย่างยั่งยืน

2. ขอบเขตด้านกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายในการวิจัย คือ นักเรียนในสถานศึกษาที่เข้าร่วมการทดลองใช้เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะ โดยเป็นการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

3. ขอบเขตด้านระยะเวลา

ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการ คือ ระหว่าง เดือนกันยายน 2568 ถึง เดือนมกราคม 2569

4. ขอบเขตด้านสถานที่

การดำเนินการภายในสถานศึกษา ซึ่งเป็นพื้นที่ทดลองใช้งานเครื่องจัดการขยะอัจฉริยะ

5. ขอบเขตด้านตัวแปร

ตัวแปรต้น คือ เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะต้นแบบ

ตัวแปรตาม คือ ประสิทธิภาพความแม่นยำในการคัดแยกขยะ ประสิทธิภาพในการลดปริมาณขยะ และ ความพึงพอใจและพฤติกรรมการคัดแยกขยะของกลุ่มตัวอย่าง

ตัวแปรควบคุม คือ ขนาดและรูปร่างของขยะตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ, สภาพแสงสว่างในจุดติดตั้ง

การทบทวนวรรณกรรม

ในการจัดทำโครงการ “เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะ เพื่อสิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน” คณะผู้จัดทำได้ศึกษาค้นคว้าวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบและพัฒนาระบบ โดยแบ่งออกเป็นส่วนตัวต่าง ๆ ดังนี้

1. เทคโนโลยีระบบสมองกลฝังตัวและปัญญาประดิษฐ์ การนำเทคโนโลยีมาช่วยในการคัดแยกขยะเป็นแนวทางที่ได้รับความนิยมอย่างมากในปัจจุบัน วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล (2568) ได้นำเสนอการพัฒนาถังขยะอัตโนมัติที่ใช้บอร์ดสมองกลฝังตัว ร่วมกับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในการประมวลผลภาพเพื่อจำแนกประเภทขยะ ซึ่งผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า AI สามารถเรียนรู้และจำแนกขยะประเภทต่าง ๆ ได้อย่างแม่นยำ ช่วยลดความผิดพลาดของมนุษย์ (Human Error) และเพิ่มความสะดวกสบายให้แก่ผู้ใช้งาน ในขณะเดียวกัน วรินทร์ นวลทิม และคณะ (2568) ได้ศึกษาการใช้อัลกอริทึม YOLOv8 ซึ่งเป็นโมเดลการตรวจจับวัตถุที่มีความเร็วสูง มาใช้ในถังคัดแยกขยะต้นแบบ พบว่าระบบสามารถตรวจจับขยะประเภทขวดและกระป๋องได้ดีแม้ในสภาพที่ขยะมีการบดหรือเสียรูปทรง ข้อมูลเหล่านี้ยืนยันได้ว่าการใช้เซนเซอร์และกล้องร่วมกับบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ (เช่น Arduino หรือ Raspberry Pi) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสำหรับโครงการนี้

2. หลักการทำงานของกลไกการบีบอัดและลดปริมาตรขยะ การลดปริมาตรขยะเป็นขั้นตอนสำคัญที่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการขนย้ายและจัดเก็บ ชลิตล อินยาศรี และคณะ (2568) ได้นำเสนอการออกแบบระบบถังขยะที่มีกลไกทางกลศาสตร์ เช่น การใช้พื้นเอียงและแผ่นกระดกในการแยกและจัดระเบียบขยะก่อนเข้าสู่กระบวนการจัดเก็บ ซึ่งช่วยลดพื้นที่ว่างในถังขยะได้ การประยุกต์ใช้ระบบมอเตอร์แกนชักหรือระบบไฮดรอลิกขนาดเล็กในการบีบอัดขวดพลาสติกและกระป๋องจะช่วยให้สามารถรองรับปริมาณขยะได้มากกว่าถังขยะทั่วไปถึง 2-3 เท่า ในขนาดความจุที่เท่ากัน

3. ระบบสารสนเทศเพื่อการบริหารจัดการขยะ การบริหารจัดการข้อมูลขยะอย่างเป็นระบบช่วยให้ติดตามผลและวางแผนการจัดการได้ดียิ่งขึ้น เนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ และคณะ (2563) ได้พัฒนาระบบบริหารจัดการขยะชุมชนอัจฉริยะที่ทำงานคล้ายระบบธนาคารขยะ โดยมีการบันทึกข้อมูลสมาชิก จำนวนขยะ และคำนวณเป็นมูลค่าหรือคะแนนสะสม ผ่านระบบฐานข้อมูล ซึ่งช่วยให้ผู้ใช้งานเห็นผลตอบแทนที่เป็นรูปธรรม อันเป็นต้นแบบสำคัญในการพัฒนาระบบสะสมคะแนนของโครงการ เพื่อเชื่อมโยงการทิ้งขยะเข้ากับระบบรางวัล

วิธีดำเนินการวิจัย

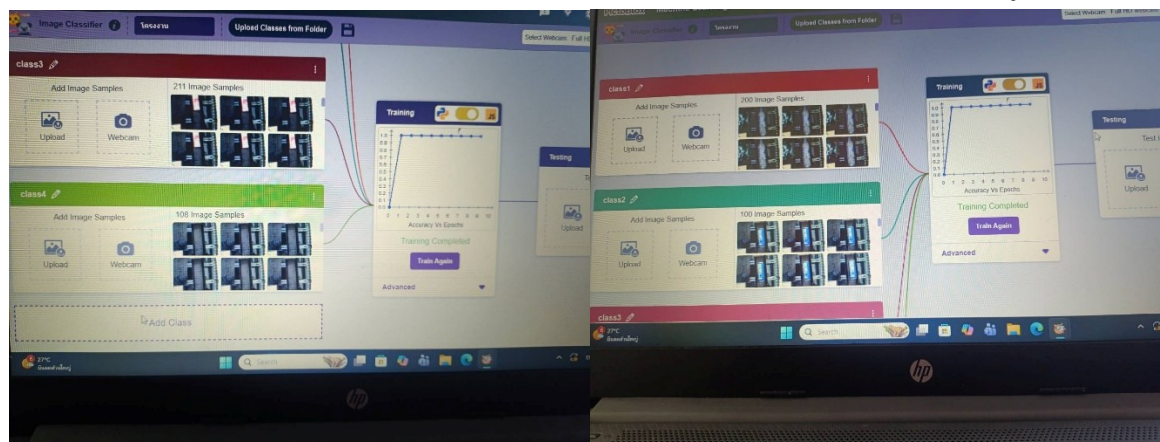
1. วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1.1 ส่วนฮาร์ดแวร์ 1) บอร์ดสมองกล ESP32 และ Arduino 2) กล้องสำหรับเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์ เพื่อรับภาพเข้าสู่โปรแกรม 3) เซนเซอร์อัลตราโซนิก สำหรับวัดระยะห่างของแท่นทิ้ง 4) มอเตอร์แบบซิงโครนัส และ มอเตอร์แกนชักสำหรับขับเคลื่อนกลไกการบีบอัด 5) คอมพิวเตอร์สำหรับประมวลผล

1.2 ส่วนซอฟต์แวร์ 1) โปรแกรม PictoBlox ใช้สำหรับเขียนโค้ดคำสั่งแบบ Block-based และสร้างโมเดลปัญญาประดิษฐ์ (AI) 2) Arduino IDE

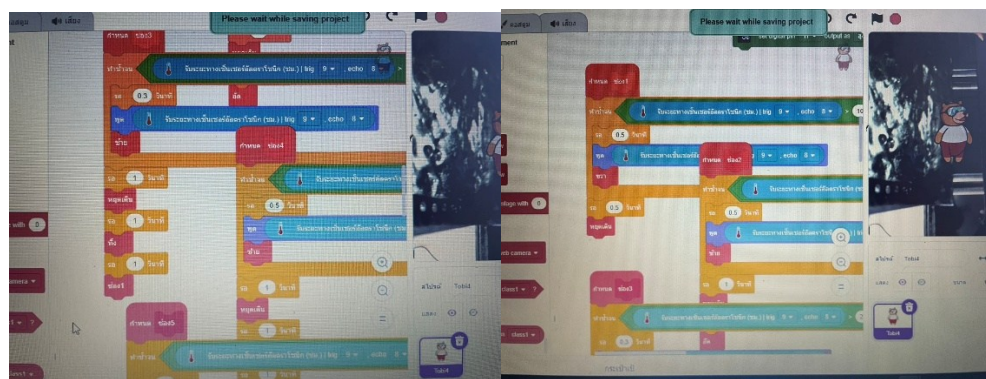
2. ขั้นตอนการดำเนินงาน

2.1 การเตรียมข้อมูลสำหรับสอนปัญญาประดิษฐ์ เนื่องจากระบบต้องสามารถแยกขยะได้ 3 ประเภท คณะผู้จัดทำจึงดำเนินการเทรน AI ผ่านพีเจเจอร์ Machine Learning ใน PictoBlox ดังนี้ 1) สร้างคลาสกำหนดหมวดหมู่ข้อมูลภาพเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ ขวดพลาสติก, กระป๋อง, กล่องนม และไม่มีวัตถุ 2) เก็บรวบรวมภาพ ใช้กล้องถ่ายภาพขยะแต่ละประเภทต่าง ๆ และสภาพแสงที่แตกต่างกัน เพื่อเป็นฐานข้อมูล 3) การสอนโมเดลสั่งประมวลผลให้ระบบเรียนรู้ภาพแต่ละประเภท จนได้ค่าความแม่นยำและค่าความสูญเสียที่ยอมรับได้ 4) การทดสอบโมเดล นำวัตถุจริงมาทดสอบเพื่อตรวจสอบว่าโปรแกรมสามารถทำนายผลได้ถูกต้องหรือไม่



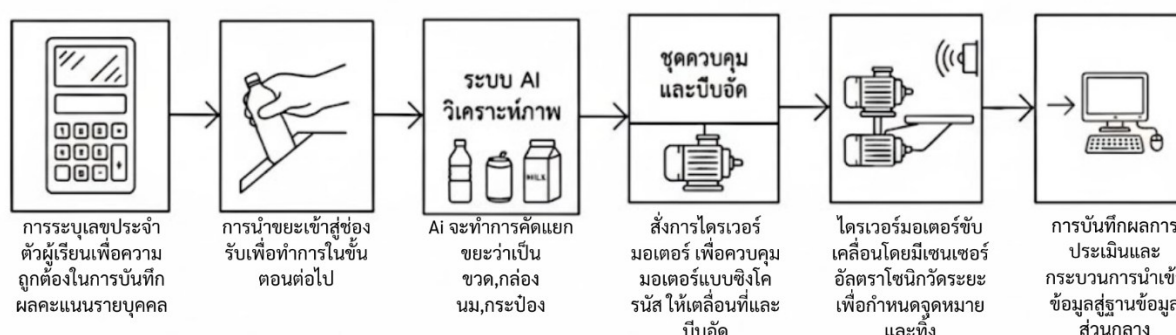
ภาพที่ 1 การสอนโมเดลสั่งประมวลผลให้ระบบเรียนรู้ภาพแต่ละประเภท

2.2 การพัฒนาเครื่องคัดแยกขยะอัจฉริยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ พัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นรองรับขยะให้หยุดในตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำ โดยใช้ PictoBlox เขียนคำสั่งเงื่อนไขดังนี้ 1) ติดตั้งเซนเซอร์ ติดตั้งเซนเซอร์อัลตราโซนิกไว้ที่ตำแหน่งอ้างอิงของโครงสร้าง เพื่อวัดระยะห่างจากแท่นเคลื่อนที่ 2) เขียนคำสั่งควบคุม อ่านค่าระยะทางจากเซนเซอร์อัลตราโซนิกตลอดเวลา (สร้างเงื่อนไขว่า “ถ้า (If) ระยะทางน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าที่กำหนดให้สั่งมอเตอร์หยุดหมุนทันที” เพื่อให้แท่นหยุดตรงกับช่องรับขยะที่ต้องการแยกพอดี)



ภาพที่ 2 พัฒนาระบบควบคุมการเคลื่อนที่ของแท่นรองรับขยะให้หยุดในตำแหน่งที่ถูกต้องแม่นยำโดยใช้ PictoBlox

2.3 การบูรณาการระบบและเขียนโปรแกรมหลัก นำส่วนของ AI และระบบเซนเซอร์มาทำงานร่วมกันใน PictoBlox โดยมีลำดับการทำงาน ดังนี้



ภาพที่ 3 แผนภาพกระบวนการคัดแยกขยะอัตโนมัติด้วยระบบ AI

3. การทดสอบประสิทธิภาพ

3.1 ทดสอบความแม่นยำของ AI ทดลองนำขยะ 3 ประเภทผ่านกลิ้ง จำนวน 50 ครั้ง บันทึกผลความถูกต้องในการทำนาย

3.2 ทดสอบระบบหยุดอัตโนมัติ ทดสอบการเคลื่อนที่ของแท่นทิ้งขยะว่าสามารถหยุดตามระยะที่เซนเซอร์วัดได้แม่นยำหรือไม่ มีความคลาดเคลื่อนกี่เซนติเมตร

3.3 ทดสอบการทำงานร่วมกัน ทดสอบระบบรวมทั้งหมดตั้งแต่การจำแนก การแยก การบีบอัด และการนับคะแนน

ผลการวิจัย

1. ผลการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะ เครื่องจัดการขยะอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น โดยใช้ซอฟต์แวร์ PictoBlox และเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ดังตาราง

ลำดับ	ประเภทขยะ	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
1.	ขวดน้ำพลาสติก	96.00
2.	กระป๋องโลหะ	94.00
3.	กล่องนม	92.00
ค่าเฉลี่ยรวม		94.00

ตารางที่ 1 สถิติการพัฒนาและทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกขยะ

2. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาตรขยะ จากการทดสอบระบบบีบอัดด้วยกลไกมอเตอร์แกนชัก มีค่าเฉลี่ยการลดปริมาตร (Volume Reduction Ratio) อยู่ที่ร้อยละ 58.33 ดังตาราง

ลำดับ	ประเภทขยะ	ความถูกต้อง (ร้อยละ)
1.	ขวดน้ำพลาสติก	60.00
2.	กระป๋องโลหะ	70.00
3.	กล่องนม	45.00
ค่าเฉลี่ยรวม		58.33

ตารางที่ 2 สถิติการประสิทธิภาพการลดปริมาตรขยะ

3. ผลการพัฒนาระบบสะสมคะแนนและความพึงพอใจของผู้ใช้งาน มีความพึงพอใจดังตาราง

รายการประเมิน	($\bar{x}$)	(S.D.)	ความพึงพอใจ
1. ความถูกต้องแม่นยำของการบันทึกคะแนน	4.75	0.45	มากที่สุด
2. ความสะดวกและง่ายต่อการใช้งานระบบ	4.70	0.48	มากที่สุด
3. ประโยชน์ของระบบสะสมคะแนนในการจูงใจ	4.65	0.50	มากที่สุด
4. ความสะดวกในการตรวจสอบข้อมูลคะแนนย้อนหลัง	4.60	0.55	มากที่สุด
5. ความรวดเร็วในการประมวลผลและอัปเดตข้อมูล	4.55	0.58	มากที่สุด
ค่าเฉลี่ยรวม	4.65	0.51	มากที่สุด

ตารางที่ 3 สถิติความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพของระบบคัดแยกขยะด้วยปัญญาประดิษฐ์ ผลการทดลองพบว่าระบบสามารถคัดแยกขยะ 3 ประเภท (ขวดน้ำ, กระป๋อง, กล่องนม) ได้ถูกต้องแม่นยำสูงถึงร้อยละ 94.00 ซึ่งเป็นผลมาจากการเลือกใช้เทคโนโลยีผ่านโปรแกรม PictoBlox ช่วยให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ลักษณะทางกายภาพของวัตถุได้อย่างละเอียด ทั้งรูปร่าง สี และพื้นผิว แตกต่างจากการใช้เซนเซอร์ตรวจจับโลหะหรือพลาสติกแบบดั้งเดิมที่มักเกิดความผิดพลาดเมื่อวัสดุมีความใกล้เคียงกัน ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับงานวิจัยของ **วดีนาถ วรรณสวัสดิ์กุล (2568)** ที่ได้พัฒนาถังขยะอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยี AI และพบว่าการใช้การประมวลผลภาพ ช่วยให้แยกประเภทขยะรีไซเคิลและขยะทั่วไปได้แม่นยำกว่ามนุษย์คัดแยก นอกจากนี้ การที่ระบบยังสามารถจำแนกขยะได้แม้ว่าขยะจะมีสภาพบุบหรือเสียรูปร่างเล็กน้อย ยังสอดคล้องกับข้อค้นพบของ **วรินทร์ นวลทิม และคณะ (2568)** ที่ระบุว่า อัลกอริทึมการตรวจจับวัตถุสมัยใหม่ มีประสิทธิภาพสูงในการจัดการกับขยะที่มีความหลากหลายทางรูปร่าง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เครื่องต้นแบบนี้สามารถนำไปใช้งานจริงในโรงเรียนได้ในด้านระบบบีบอัด พบว่าสามารถลดปริมาตรของขยะได้มากกว่าร้อยละ 50 ซึ่งสอดคล้องกับหลักทฤษฎีแรงบีบอัด และช่วยเพิ่มพื้นที่ภายในถังขยะ ทำให้สามารถรองรับปริมาณขยะได้มากขึ้น อย่างไรก็ตาม ในช่วงเริ่มต้นของการพัฒนาพบปัญหาเกี่ยวกับความแข็งแรงของโครงสร้างและกำลังของมอเตอร์ ซึ่งต้องมีการปรับปรุงและทดสอบหลายครั้งก่อนจะได้ต้นแบบสมบูรณ์

2. ประสิทธิภาพของกลไกการบีบอัดและการลดปริมาตร ในส่วนของการลดปริมาตรขยะ พบว่าเครื่องสามารถลดพื้นที่ของขยะลงได้เฉลี่ยร้อยละ 58.33 โดยเฉพาะกระป๋องอลูมิเนียมและขวดพลาสติก PET ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นและมีอากาศภายในมาก การใช้มอเตอร์เกียร์ที่มีแรงบิดสูง ช่วยให้สามารถทำลายโครงสร้างความแข็งแรงของขวดและกระป๋องได้ ผลการทดลองนี้สนับสนุนแนวคิดของ **ชลิศล อินยาศรี และคณะ (2568)** ที่เสนอว่าการจัดการขยะในระดับครัวเรือนหรือชุมชนควรมีระบบลดขนาดเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดเก็บและขนย้าย ซึ่งผลลัพธ์จากโครงการงานแสดงให้เห็นว่า การลดปริมาตรขยะช่วยยืดระยะเวลาในการเปลี่ยนถุงขยะ และลดภาระงานของบุคลากรทำความสะอาดในโรงเรียนได้อย่างเป็นรูปธรรม

3. ผลของระบบจุดจูงใจต่อพฤติกรรมแยกขยะ ระดับความพึงพอใจของผู้ใช้งานที่อยู่ในระดับมากที่สุด โดยนักเรียนกลุ่มตัวอย่างให้ความเห็นว่าระบบที่เหมาะสมจะเน้นทำให้การทิ้งขยะมีความสนุกและท้าทาย ปรากฏการณ์นี้สอดคล้องกับทฤษฎีการเสริมแรงและงานวิจัยของ **เยาวรีย์ เสริมอมรรักษ์ และ กนกกร ตัลยารักษ์ (2565)** ที่ศึกษาถอดบทเรียนจากประเทศเกาหลีใต้ พบว่ามาตรการที่ชัดเจนและการสร้างแรงจูงใจ (Incentive) เป็นกุญแจสำคัญในการเปลี่ยนพฤติกรรมประชาชน นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ **เนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ และคณะ (2563)** ที่พบว่าระบบธนาคารขยะที่มีการบันทึกข้อมูลและผลตอบแทน ช่วยกระตุ้นให้ชุมชนเห็นคุณค่าของขยะ และให้ความร่วมมือในการคัดแยกมากขึ้น ดังนั้น ระบบที่พัฒนาขึ้นจึงไม่ได้เป็นเพียงเครื่องจักร แต่เป็นเครื่องมือในการปลูกฝังจิตสำนึกรักษ์สิ่งแวดล้อมที่ยั่งยืน

ข้อเสนอแนะ

ควรพัฒนากระบวนการทำงาน ให้สามารถบีบอัดขยะทั้ง 3 ประเภท (ขวดน้ำ, กระจปอง, กล่องนม) ให้มีความคล่องตัวและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์บางอย่าง เช่น มอเตอร์ไลเนียร์" (Linear Motor) ใช้ในการเคลื่อนตัวของแท่นรับขยะ และใช้ระบบนิวแมติกส์ ในการบีบอัดขยะ

เอกสารอ้างอิง

- ชลิตล อินยาศรี, ปองพล รักการงาน, กังสตาล สกุลพงษ์มาลี, ดวงฤดี ชูตระกูล, ชลาลัย วงเวียน, & อลงกรณ์ ฉัตรเมืองปัก. (2568). การเพิ่มประสิทธิภาพการจัดการขยะภายในครัวเรือนด้วยระบบถังขยะแยกประเภทแบบอัตโนมัติ. *วารสารข่าวงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย*, 11(2), 115-122.
- นฤนาท ยืนยง และพิชานาถ เงินดีเจริญ. (2565). การมีส่วนร่วมของประชาชนในการ จัดการขยะมูลฝอยของตำบลสาพะเนียง อำเภอโนนแดง จังหวัดนครราชสีมา. *วารสารวิชาการและวิจัย มหาวิทยาลัยภาคตะวันออกเฉียงเหนือ*, 12(2), 281.
- เนาวรัตน์ ปิ่นอำนาจ, อุทัยวรรณ แก้วตะคุ, & จักรพันธ์ จันทรเชียว. (2563). การบริหารจัดการขยะชุมชนด้วยระบบอัจฉริยะ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการสิ่งแวดล้อมของชุมชน. *วารสารวิชาการ สถาบันวิทยาการจัดการแห่งแปซิฟิก*, 6(1), 209-218.
- ปริญญฤทธิ์ ภูคำมี, ราชานนท์ สนิทรักษ์, นัทธวัฒน์ การาสี, มงคล จันทรุ่งเรือง, & โชติ บดีรัฐ. (2567). แนวทางการจัดการขยะมูลฝอยในชุมชน. *วารสารวิชาการ มจร บุรีรัมย์*, 9(3), 382-395.
- เยาวรีย์ เสริมอมรรักษ์, & กนกกร ตัลยารักษ์. (2565). มาตรการการจัดการขยะมูลฝอยของประเทศเกาหลีใต้ที่ส่งผลต่อพฤติกรรมจัดการขยะมูลฝอยของประชาชน. *วารสารมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่*, 4(1), 81-100.
- วดียาถ วรรณสวัสดิ์กุล. (2568). ถังขยะอัตโนมัติด้วยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์. *วารสารวิศวกรรมและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยกาฬสินธุ์*, 3(2), 1-15.
- วรินทร์ นวลทิม, ผดุงเกียรติ ยศ, อมรัตน์ คำบุญ, & สายัญ พุทธลา. (2568). ถังคัดแยกขยะต้นแบบอัตโนมัติด้วยวิธี YOLOv8 อัลกอริทึม. *วารสารวิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย*, 5(1), 66-83.