บทที่ 3
วิธีดำเนินการศึกษา

การจัดทำโครงงานทางวิศวกรรม เรื่อง เครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม คณะผู้จัดทำมีขั้นตอนการดำเนินงาน 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 การประดิษฐ์เครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

วัสดุอุปกรณ์

1. โครงสร้างตู้ตัวเครื่อง (ไม้อัดและอะคริลิก) ขนาด กว้าง 120 x ยาว 100 x สูง 160 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 1 ตู้
2. ช่องหยอดขวดทรงกลม ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 16 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 1 ช่อง
3. ชุดสายพานลำเลียงพร้อมมอเตอร์ขับเคลื่อน ขนาด กว้าง 15 x ยาว 80 x สูง 15 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 1 ชุด
4. ถังรองรับขยะคัดแยก (PET และ อะลูมิเนียม) ขนาด กว้าง 55 x ยาว 80 x สูง 75 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 2 ถัง
5. บอร์ดประมวลผลปัญญาประดิษฐ์ (Raspberry Pi 4) ขนาด กว้าง 5.6 x ยาว 8.5 x สูง 1.7 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 1 บอร์ด
6. กล้องตรวจจับภาพความละเอียดสูง (HD Camera) ขนาด กว้าง 3.5 x ยาว 9.0 x สูง 3.0 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 1 ตัว
7. เซนเซอร์ตรวจจับวัตถุอินฟราเรด ขนาด กว้าง 1.4 x ยาว 3.2 x สูง 0.8 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 2 ชิ้น
8. มอเตอร์เซอร์โวคัดแยกทิศทาง ขนาด กว้าง 2.0 x ยาว 4.1 x สูง 4.3 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 2 ตัว
9. จอแสดงผลระบบสัมผัส (Touchscreen Display 7 นิ้ว) ขนาด กว้าง 10.5 x ยาว 16.5 x สูง 1.2 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 1 ชุด
10. สวิตชิ่งเพาเวอร์ซัพพลายขนาด กว้าง 9.8 x ยาว 15.9 x สูง 3.8 หน่วยเซนติเมตร จำนวน 1 ชุด

วิธีดำเนินการ

1. การออกแบบและประกอบโครงตู้ สร้างตู้ทรงสี่เหลี่ยมขนาด 120 x 100 x 160 เซนติเมตร โดยติดตั้งหน้าจอสัมผัสไว้ที่แผงหน้าตู้ด้านบน และเจาะช่องหยอดขวดทรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 16 เซนติเมตร ไว้บริเวณตรงกลาง
2. การติดตั้งระบบสายพานและกลไกคัดแยก ติดตั้งชุดสายพานลำเลียงตรงแนวช่องหยอดขวด ครอบด้วยอุโมงค์ตรวจจับภาพ และติดตั้งบานพับเซอร์โวมอเตอร์เพื่อปัดขวดลงถังแยกขยะ 2 ช่องด้านล่าง (ถังขวด PET และถังอะลูมิเนียม)
3. การติดตั้งระบบวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เชื่อมต่อบอร์ด Raspberry Pi เข้ากับกล้อง AI, เซนเซอร์ IR, มอเตอร์สายพาน, มอเตอร์เซอร์โว, หน้าจอสัมผัส และระบบจ่ายไฟเพาเวอร์ซัพพลาย

4. การพัฒนาระบบ AI และโปรแกรมสะสมแต้ม 1) ฝึกสอนโมเดล AI ให้สามารถจำแนกประเภทขวดพลาสติก PET, ขวด/กระป๋องอะลูมิเนียม และขยะแปลกปลอม 2) เขียนโปรแกรมคำนวณแต้มสะสม (ขวด PET ได้ 10 แต้ม / อะลูมิเนียม ได้ 20 แต้ม) 3) ตั้งเงื่อนไขสั่งให้สายพานหมุนย้อนกลับเพื่อส่งคืนขยะให้แก่ผู้ใช้ทันทีหากตรวจพบว่าเป็นขยะที่ไม่ถูกต้อง 4) เชื่อมต่อระบบ Wi-Fi เพื่ออัปเดตคะแนนสะสมเข้าสู่บัญชีผู้ใช้บนฐานข้อมูลออนไลน์แบบเรียลไทม์

5. การทดสอบและปรับปรุงเบื้องต้น ทดลองหยอดขวดจริงเพื่อปรับความเร็วสายพาน ความแม่นยำของ AI และระบบการให้แต้มสะสม ให้พร้อมสำหรับการใช้งานจริง

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

1. ขั้นตอนการทดสอบระบบภายในและการปรับจูนโดยคณะผู้จัดทำ คณะผู้จัดทำดำเนินการตรวจสอบความพร้อมของระบบฮาร์ดแวร์และวงจรไฟฟ้าพื้นฐาน ได้แก่ การจ่ายพลังงานไฟฟ้าผ่านสวิตซ์เปิด-ปิด การทำงานของเซนเซอร์อินฟราเรด (IR Sensor) กล้องตรวจจับภาพระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI Vision) การขับเคลื่อนของมอเตอร์เซอร์โว และการแสดงผลบนหน้าจอสัมผัส จากนั้นดำเนินการทดสอบการคัดแยกบรรจุภัณฑ์เพื่อบันทึกผลลงในตารางทดสอบ โดยมีการทดสอบแบบเดี่ยว ซึ่งทดสอบหย่อนขวดพลาสติกใส PET สัดส่วน 100% และทดสอบหย่อนกระป๋องอะลูมิเนียม สัดส่วน 100% เพื่อตรวจวัดอัตราความแม่นยำสูงสุดของระบบ และการทดสอบแบบคละและบรรจุภัณฑ์นอกขอบเขต ซึ่งทดสอบหย่อนบรรจุภัณฑ์คละประเภท รวมถึงวัตถุที่ไม่รองรับ เช่น ขวดแก้ว เพื่อตรวจสอบการปฏิเสธวัตถุและระบบความปลอดภัย พร้อมบันทึกข้อผิดพลาดเพื่อดำเนินการปรับจูนพารามิเตอร์ของระบบก่อนนำไปใช้จริง

2. การทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับชิ้นงานอื่นที่มีอยู่แล้ว คณะผู้จัดทำนำเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม ไปทดลองใช้งานเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพ เช่น ความแม่นยำในการคัดแยก ระยะเวลาในการประมวลผล และอัตราการคัดแยกขยะปนเปื้อน กับถังขยะแยกประเภทแบบเดิมที่มีอยู่แล้วในโรงเรียน รวมถึงเปรียบเทียบปริมาณขวดรีไซเคิลที่สามารถรวบรวมได้จริงต่อวัน ซึ่งข้อมูลจากการทดสอบเปรียบเทียบนี้จะนำไปจัดทำเป็นตารางที่ 1 ในบทที่ 4

3. การนำไปทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่างในโรงเรียน คณะผู้จัดทำนำเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม ไปทดลองใช้งานจริงกับกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งก็คือนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน และบุคลากรในโรงเรียนสรรพวิทยาคม โดยให้นักเรียนนำขวดพลาสติกและขวดอะลูมิเนียมมาทดลองทิ้งผ่านเครื่องในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. รวมระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 2 ถึง 4 สัปดาห์ (ตั้งแต่วันที่ 15 กรกฎาคม พ.ศ. 2569 ถึง วันที่ 30 พฤศจิกายน พ.ศ. 2569) จากนั้นทำการเก็บข้อมูลจำนวนขวดที่คัดแยกได้ ประเมินความแม่นยำของระบบเอไอ ความเร็วของสายพาน และตรวจสอบความถูกต้องของจำนวนแต้มสะสมตลอดระยะเวลาการทดลอง เพื่อนำไปจัดทำเป็นตารางที่ 2 ในบทที่ 4

ขั้นตอนที่ 3 การศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน ที่มีต่อเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

1. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ คณะผู้จัดทำได้ศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับองค์ประกอบของความพึงพอใจ และวิธีการวัดทัศนคติ เพื่อนำมากำหนดกรอบแนวคิดในการประเมินผล

2. วิธีการสร้างเครื่องมือวัดความพึงพอใจ ทางคณะผู้จัดทำได้สร้าง Google Forms เพื่อนำมาเป็นเครื่องมือวัดความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม ให้แก่นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน โรงเรียนสรรพวิทยาคม โดยกำหนดให้ค่าเฉลี่ยมี 5 ระดับ แบบมาตราส่วนประมาณค่าเฉลี่ยตามวิธีของลิเคอร์ท (Likert) ดังนี้ ระดับคะแนนเฉลี่ย ระดับความคิดเห็น

4.50 – 5.00 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

3.50 – 4.49 หมายถึง พึงพอใจมาก

2.50 – 3.49 หมายถึง พึงพอใจปานกลาง

1.50 – 2.49 หมายถึง พึงพอใจน้อย

1.00 – 1.49 หมายถึง พึงพอใจน้อยที่สุด

กำหนดเกณฑ์ในการพิจารณาความพึงพอใจเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้มโดยใช้เกณฑ์ $\overline{x} \geq 3.50$, S.D. < 1.00 โดยคำนวณจากสูตร

1. ค่าเฉลี่ย (Mean, $\overline{x}$)

$$\bar{x} = \frac{\sum x_i}{n}$$

เมื่อ

$\overline{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยระดับความพึงพอใจที่มีต่อเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

x_i คือ คะแนนระดับความพึงพอใจของผู้ตอบแบบประเมินแต่ละคน

n คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด (100 คน)

$\sum$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

2. ค่าส่วนความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation, S.D.)

$$(S.D.) = \sqrt{\frac{\sum(x_i - \bar{x})^{-2}}{(n-1)}}$$

$S.D.$ คือ ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความพึงพอใจ

x_i คือ คะแนนของผู้ตอบแบบประเมินแต่ละคน

$\bar{x}$ คือ ค่าเฉลี่ยของคะแนนความพึงพอใจ

n คือ จำนวนผู้ตอบแบบประเมินทั้งหมด (100 คน)