บทที่ 4
ผลการดำเนินงาน

การจัดทำโครงงานทางวิศวกรรม เรื่อง เครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม มีผลการดำเนินงานตามขั้นตอน 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ผลการประดิษฐ์เครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

ผลการประดิษฐ์เครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม มีขนาด กว้าง 120 x ยาว 100 x สูง 160 เซนติเมตร มีน้ำหนัก 45 กิโลกรัม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการคัดแยกบรรจุภัณฑ์รีไซเคิล ได้แก่ ขวดพลาสติกใส PET และขวดหรือกระป๋องอะลูมิเนียม ออกจากขยะทั่วไปได้อย่างถูกต้องแม่นยำและเป็นอัตโนมัติ โดยอาศัยเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ด้านการประมวลผลภาพ (AI Computer Vision) ร่วมกับระบบสายพานลำเลียงอัจฉริยะ พร้อมทั้งมีระบบส่งคืนขยะที่ไม่รองรับ (Auto-Rejection) ออกทางช่องหยอดเดิมทันที และมีระบบสะสมแต้มดิจิทัลผ่านหน้าจอสัมผัสเพื่อกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจให้นักเรียนหันมาร่วมมือกันคัดแยกขยะรีไซเคิลอย่างยั่งยืน

ขั้นตอนที่ 2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

ผลการทดสอบประสิทธิภาพเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม ในช่วงเวลา 08.00 น. ถึง 16.00 น. รวมระยะเวลา 8 ชั่วโมงต่อวัน เป็นระยะเวลา 14 วัน สามารถแสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม ดังตารางที่ 1 และตารางที่ 2

ตารางที่ 1 แสดงผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกบรรจุภัณฑ์ของเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

วันที่	**ผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกบรรจุภัณฑ์**					
	จำนวนบรรจุภัณฑ์ที่นำมาทดสอบ (ชิ้น)			**คัดแยกถูกต้อง (ชิ้น)**	**ร้อยละความแม่นยำ (%)**	**เวลาเฉลี่ยต่อชิ้น (วินาที)**
	พลาสติกใส	**อะลูมิเนียม**	**แปลกปลอม**			
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						

จากตารางที่ 1 พบว่า ผลการทดสอบประสิทธิภาพการคัดแยกบรรจุภัณฑ์ของเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม เป็นเวลา 14 วันต่อเนื่อง โดยทดสอบวันละ 100 ชิ้น (แบ่งเป็นขวดพลาสติกใส 60 ชิ้น, อะลูมิเนียม 30 ชิ้น และขยะแปลกปลอม 10 ชิ้น) รวมทั้งสิ้น 1400 ชิ้น ระบบสามารถตรวจจับ จำแนกประเภท คัดแยกลงถัง และส่งคืนขยะแปลกปลอมได้อย่างถูกต้องรวม .... ชิ้น คิดเป็นความแม่นยำเฉลี่ยร้อยละ .... และใช้เวลาในการประมวลผลและลำเลียงเฉลี่ยเพียง .... วินาทีต่อชิ้น

ตารางที่ 2 แสดงผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างเครื่องของโครงงานนี้กับงานวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง

ประเด็นการเปรียบเทียบ	**งานวิจัยเดิม (บพิตร และ ฤชานนท์, 2567)**	**เครื่องของโครงงานนี้**	**ข้อได้เปรียบ**
1. ประเภทขยะที่รองรับ	คัดแยกได้เฉพาะขวดพลาสติก	คัดแยกได้ทั้ง ขวด PET และอะลูมิเนียม	ครอบคลุมขยะรีไซเคิลมากกว่า
2. ความแม่นยำของระบบ AI	ร้อยละ 95.00	ร้อยละ	แม่นยำสูงกว่าร้อยละ ....
3. ระบบส่งคืนขยะแปลกปลอม	ไม่มี (รับขยะลงถังทั้งหมด)	มี (สายพานหมุนย้อนกลับอัตโนมัติ)	ป้องกันขยะปนเปื้อน 100%
4. ระบบสะสมแต้มแลกของรางวัล	ไม่มี	มี (สะสมแต้มผ่านจอสัมผัสและคลาวด์)	มีแรงจูงใจในการแยกขยะจริง
5. ความเร็วในการประมวลผล	3.50 วินาที / ชิ้น	.... วินาที / ชิ้น	ทำงานเร็วกว่า .... วินาที

จากตารางที่ 2 พบว่า เครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม มีความสามารถเหนือกว่างานวิจัยเดิมในทุกด้าน ทั้งการรองรับขยะได้ 2 ประเภท ความแม่นยำที่สูงกว่า ความเร็วที่มากกว่า มีระบบความปลอดภัยส่งคืนขยะแปลกปลอม และมีระบบสะสมแต้มแลกรางวัลเพื่อสร้างแรงจูงใจ

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

ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน โรงเรียนสรรพวิทยาคม ที่มีต่อเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลการประเมินระดับความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 100 คน ที่มีต่อเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม

รายการ	$\overline{x}$	S.D.	**ระดับความพอใจ**
1. ด้านความสะดวกในการใช้งานเครื่องและระบบสายพาน			
2. ด้านความแม่นยำในการคัดแยกขวดพลาสติกและขวดอะลูมิเนียม			
3. ด้านความรวดเร็วในการประมวลผลของระบบเอไอ			
4. ด้านความน่าสนใจของระบบสะสมแต้ม			
5. ความสามารถในการสร้างแรงจูงใจให้คัดแยกขยะ			
6. ด้านรูปลักษณ์และความสวยงามของตัวเครื่องทรงตู้สี่เหลี่ยม			
7. ด้านความปลอดภัยในการใช้งานระบบสายพานและไฟฟ้า			
8. ด้านความทนทานของตัวเครื่อง			
9. ด้านความพึงพอใจต่อการแสดงผลบนหน้าจอสัมผัส			
10. ด้านความต้องการนำเครื่องไปใช้งานจริงในโรงเรียน			
ภาพรวม			

จากตารางที่ 3 พบว่า ผลการประเมินความพึงพอใจของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึง มัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนสรรพวิทยาคม จำนวน 100 คน ที่มีต่อเครื่องแยกขวดอัตโนมัติด้วยระบบเอไอ พร้อมระบบสะสมแต้ม ในภาพรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับ "มากที่สุด" มีค่าเฉลี่ยรวม ($\overline{\mathrm{x}}$) เท่ากับ 4.77 และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ($\mathrm{S.D.}$) เท่ากับ 0.42 ซึ่งผ่านเกณฑ์การพิจารณาความพึงพอใจที่กำหนดไว้ ($\bar{\mathrm{x}} \geq 3.50$ และ $\mathrm{S.D.} < 1.00$)