



สวทศ
NSTDA



โครงการ

Trash to Coin: ผู้รับแลกขยะรีไซเคิลเพื่อความยั่งยืน

จัดทำโดย

นายธรรศ บุนนาค

นายณฐนนท์ รัชต์ธวัชทิพย์

นายเอตม์สร่า ยუნางกูร

ครูที่ปรึกษา

นายอรรถพล หล่อพันธุ์

นายอาจอง มุขเงิน

โรงเรียนจิตรลดา

สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการศึกษาเอกชน

จังหวัดกรุงเทพมหานคร

รายงานฉบับสมบูรณ์

Trash to Coin: ตู้รับแลกขยะรีไซเคิลเพื่อความยั่งยืน

1. ชื่อโครงการ (Project Title)

(ภาษาไทย) Trash to Coin: ตู้รับแลกขยะรีไซเคิลเพื่อความยั่งยืน

(ภาษาอังกฤษ) Trash to Coin: A sustainable recycling exchange machine.

2. ชื่อคณะผู้ทำโครงการ (Investigators)

2.1 นายธรรศ บุนนาค	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	อีเมล 06334@cds.ac.th
2.2 นายณฐนนท์ รัชต์ธรรพ์ทิพย์	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	อีเมล 07162@cds.ac.th
2.3 นายเอตม์สรา ยუნางกูร	นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	อีเมล 07920@cds.ac.th
2.4 นายอรรถพล หล่อพันธุ์	ครูที่ปรึกษา	อีเมล atthaphon.lor@cds.ac.th
2.5 นายอาจอง มุขเงิน	ครูที่ปรึกษา	อีเมล art-ong.muk@cds.ac.th
โรงเรียนจิตรลดา		

3. บทคัดย่อ (Abstract)

โครงการ Trash to Coin: ตู้รับแลกขยะรีไซเคิลเพื่อความยั่งยืนมีวัตถุประสงค์ดังนี้ 1) เพื่อสร้างตู้รับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบที่รองรับการคัดแยกขยะได้ 4 ประเภท 2) เพื่อจำแนกประเภทขยะรีไซเคิลโดยใช้เทคโนโลยี AI (Image Classification) และ 3) เพื่อพัฒนาระบบ Web Application ที่สามารถสร้างแรงจูงใจในการคัดแยกขยะให้กับผู้ใช้ได้ ผลการดำเนินงานพบว่า ตู้รับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบที่สร้างขึ้นมีระบบกลไกที่ควบคุมด้วยบอร์ด KidBright uAI ร่วมกับ IKB-1 และ Servo Motor จำนวน 3 ตัว สามารถคัดแยกขยะลงถัง 4 ประเภทได้จริง ด้านประสิทธิภาพโมเดล AI จากการใช้โมเดล ResNet-18 ประมวลผลแบบ Edge Computing บนบอร์ด KidBright uAI ให้ความแม่นยำสูงถึง 97% การพัฒนา Web Application ใช้การเชื่อมต่อผ่าน NETPIE 2020 และเมื่อผสมผสานเข้ากับแนวคิด Gamification ได้แก่การสะสมเหรียญและเล่นเกม พบว่าช่วยสร้างแรงจูงใจให้ผู้ใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ของโครงการ

4. คำสำคัญ (Keywords)

การจำแนกภาพด้วย AI (AI Image Classification), เว็บแอปพลิเคชัน (Web Application), ขยะรีไซเคิล (Recyclable waste)

5. บทนำ (Introduction)

ขยะรีไซเคิลถือเป็นทรัพยากรที่มีค่าหากได้รับการจัดการอย่างถูกวิธี แต่ปัญหาที่พบคือขยะเหล่านี้มักถูกทิ้งปะปนกับขยะประเภทอื่น ทำให้ยากต่อการนำกลับมาใช้ใหม่ สาเหตุสำคัญประการหนึ่งคือความยุ่งยากในการคัดแยกขยะและการขาดแรงจูงใจที่เพียงพอสำหรับคนทั่วไป

ปัจจุบันเทคโนโลยี AI (Image Classification) ใช้ในการจำแนกวัตถุได้อย่างแม่นยำ ซึ่งอุปกรณ์ Kidbright uAI ที่วิจัยและพัฒนาโดยศูนย์เทคโนโลยีอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์แห่งชาติ (เนคเทค) มีความสามารถแบบ edge computing สามารถประมวลผลภาพและจัดการข้อมูลได้ภายในตัว รวมถึงเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT และ device อื่นผ่าน platform NETPIE 2020 นอกจากนี้ เทคโนโลยี Web Application ทำให้สามารถพัฒนา User Interface ที่เชื่อมต่อกับ Kidbright uAI ได้

คณะผู้จัดทำจึงได้เห็นความสามารถของเทคโนโลยีดังกล่าว นำมาใช้ในการคัดแยกประเภทขยะรีไซเคิล และผสมผสานกับแนวคิด Gamification (การใช้กลไกเกม) ที่จะช่วยเปลี่ยนพฤติกรรมในการแยกขยะที่น่าเบื่อให้เป็นเรื่องสนุกและได้รับความรู้ไปพร้อมกัน โครงการ "Trash to Coin" จึงถูกพัฒนาขึ้นเพื่อเป็นต้นแบบของนวัตกรรมที่ช่วยคัดแยกขยะรีไซเคิลอัตโนมัติ พร้อมทั้งสร้างระบบสะสมแต้มและให้ความรู้แก่ผู้ใช้งานไปพร้อมกัน เพื่อส่งเสริมความยั่งยืนด้านสิ่งแวดล้อมและสร้างความรับผิดชอบต่อสังคม

6. วัตถุประสงค์ของโครงการ (Purpose/Objective)

1. เพื่อสร้างตู้รับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบที่รองรับการคัดแยกขยะได้ 4 ประเภท
2. เพื่อจำแนกประเภทขยะรีไซเคิลโดยใช้เทคโนโลยี AI (Image Classification)
3. เพื่อพัฒนาระบบ Web Application ที่สามารถสร้างแรงจูงใจในการคัดแยกขยะให้กับผู้ใช้ได้

7. ขอบเขตการวิจัย (Scope of Research)

A. ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

- บอร์ดควบคุมหลัก KidBright μ AI Board ร่วมกับ IKB-1 Extension Board
- Servo Motor ในการควบคุมกลไกการคัดแยกขยะ

B. ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์และระบบ

- พัฒนาโมเดล AI ด้วย KidBright μ AI IDE โดยใช้อัลกอริทึม ResNet-18
- พัฒนา Web Application ด้วย HTML5, CSS3, และ JavaScript (ES6+)

- ใช้แพลตฟอร์ม NETPIE 2020 เป็นตัวกลางในการส่งข้อมูลแบบ IoT (MQTT Protocol) ไปยัง Web Application

C. ขอบเขตด้านข้อมูล (Data)

1. ประเภทขยะที่ศึกษาและเทรนโมเดลมี 4 ประเภท ได้แก่ 1. ขวดพลาสติก 2. กระป๋องอลูมิเนียม 3. แก้วพลาสติก 4. แก้วกระดาษ (และประเภทพื้นหลัง)

8. การทบทวนวรรณกรรม (Literature Review)

ในการพัฒนาโครงงานนี้ ผู้จัดทำได้ศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- การเรียนรู้เชิงลึก (Deep Learning) และ ResNet-18 ศึกษาการทำงานของ Convolutional Neural Networks (CNN) โดยเลือกใช้สถาปัตยกรรม ResNet-18 ซึ่งมีความเหมาะสมกับการประมวลผลบนอุปกรณ์ Embedded System อย่าง KidBright μ AI เนื่องจากมีความแม่นยำสูงและใช้ทรัพยากรไม่มากนักเกินไป
- อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things - IoT) ศึกษาโปรโตคอล MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) ซึ่งเป็นมาตรฐานการสื่อสารของอุปกรณ์ IoT ที่มีขนาดเล็ก ใช้แบนด์วิดท์น้อย และรองรับการทำงานแบบ Publish/Subscribe ผ่าน WebSocket เพื่อเชื่อมต่อกับ Web Browser
- จิตวิทยาพฤติกรรมและ Gamification ศึกษาแนวคิดการให้รางวัล (Reward System) เพื่อปรับเปลี่ยนพฤติกรรมมนุษย์ โดยการนำระบบแต้ม (Points) และการตอบคำถาม (Quiz) มากระตุ้นให้ผู้ใช้เกิดความสนใจและจดจำวิธีการแยกขยะได้ดียิ่งขึ้น

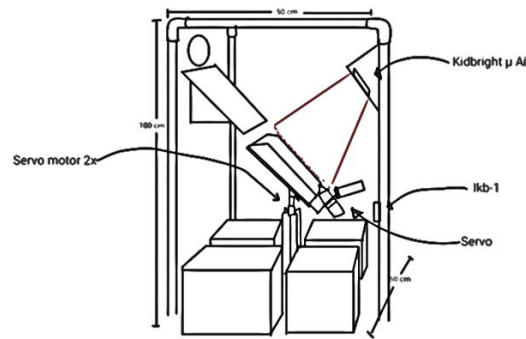
9. วิธีดำเนินการวิจัย (Methodology)

การดำเนินงานแบ่งออกเป็น 4 ส่วนหลัก ได้แก่ การสร้างตัวรับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบ การพัฒนาส่วน

ปัญญาประดิษฐ์ การพัฒนาระบบ IoT และการพัฒนา Web Application

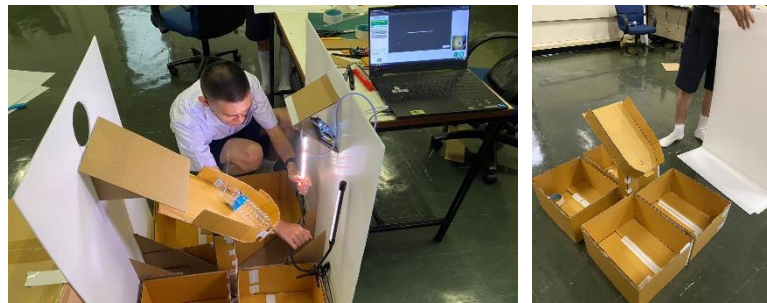
9.1 การสร้างตัวรับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบ (Prototype Development)

1. ออกออกแบบและกำหนดขนาดของตู้ กำหนดสัดส่วนให้มีความกว้าง 50 ยาว 50 และสูง 100 เซนติเมตร ติดตั้งบอร์ด KidBright μ AI ไว้ที่บริเวณด้านบน ส่วนกลไกคัดแยกติดตั้ง Servo Motor จำนวน 3 ตัว เชื่อมต่อกับถาดรับขยะบริเวณกึ่งกลางของตู้ และจัดวางกล่องสำหรับรองรับขยะจำนวน 4 กล่อง เพื่อแยกประเภทขยะที่ผ่านการคัดกรองแล้ว



ภาพ 1 แสดงการออกแบบตู้ต้นแบบ

2. สร้างตู้ตามที่ได้ออกแบบไว้ เตรียมวัสดุและโครงสร้าง ใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาแต่มีความแข็งแรงเพียงพอ (พีวีเจร์บอร์ด และกระดาษลัง) ทำการติดตั้งบอร์ด **KidBright uAI** และบอร์ดขยาย **IKB-1** ในตำแหน่งที่กำหนดไว้ และติดตั้งหลอดไฟ LED เพิ่มความสว่างภายในตู้



ภาพ 2 แสดงการสร้างตู้ต้นแบบ

3. นำบอร์ด KidBright μAI, IKB-1 Extension Board และ Servo Motor มาเชื่อมต่อกับตู้ และทดลองใช้



ภาพ 3 แสดงการทดสอบตู้ต้นแบบ

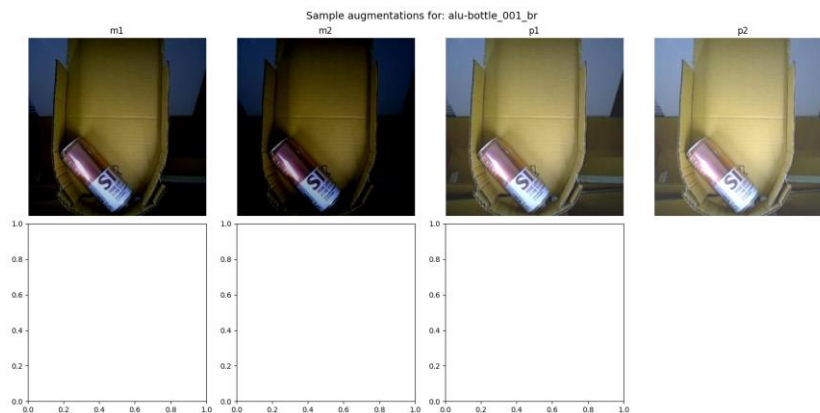
9.2 การพัฒนาโมเดล AI (AI Model Development)

1. การรวบรวมข้อมูล (Data Collection) ทำการถ่ายภาพขยะรีไซเคิลทั้ง 4 ประเภท (ขวดพลาสติก, กระป๋อง, แก้วพลาสติก, แก้วกระดาษ) และภาพพื้นหลัง (Background) ในมุมมองต่าง ๆ



ภาพ 4 แสดงการถ่ายภาพขยะรีไซเคิลทั้ง 4 ประเภท

2. การเตรียมข้อมูล (Data Preprocessing) นำภาพเข้าสู่กระบวนการ Data Augmentation เพื่อเพิ่มจำนวนและความหลากหลายของข้อมูล เช่น การปรับแสง การหมุนภาพ เพื่อให้โมเดลมีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมจริง

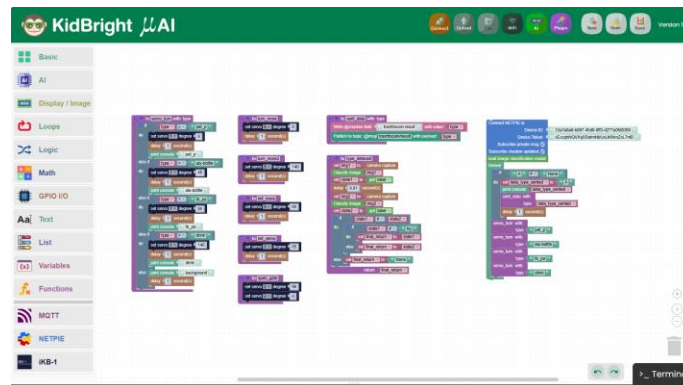


ภาพ 5 แสดงตัวอย่างการทำ Data Augmentation

3. การเทรนโมเดล (Training) เทรนโมเดลบน KidBright μ AI IDE

9.3 การพัฒนาระบบควบคุมและ IoT (Control System & IoT)

1. การเขียนโปรแกรมควบคุม ใช้ KidBright μ AI IDE เขียนโปรแกรมแบบ Block-based เพื่อควบคุมการรับภาพจากกล้องและส่งต่อให้โมเดล AI ประมวลผล



ภาพ 6 แสดงโปรแกรมที่ใช้ควบคุม KidBright μ AI

2. การเชื่อมต่อ NETPIE ตั้งค่า MQTT Connect โดยระบุ Host, Client ID, Token และ Secret ที่ได้จาก NETPIE 2020 Platform

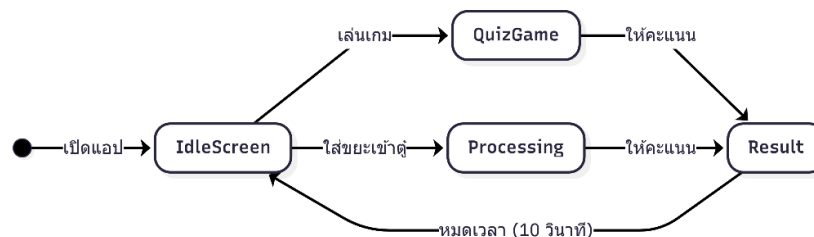
```
config.js > ...
1  const NETPIE_CONFIG = {
2    broker: "broker.netpie.io",
3    port: 443,
4    clientId: "cba548cb-371e-4859-85e6-e45d124d3bf6",
5    username: "fBcKwENwMuYJvCNxiEEKfEj1hwm7nX8W",
6    password: "nW7WFb8tccCPoY9DxKm9CP6yuYgLP8fu",
7    topic: "@msg/trashtocoin/result",
8  };
9
```

ภาพ 7 แสดงการตั้งค่า MQTT Connect

3. การส่งข้อมูล (Publishing) เมื่อ AI ตรวจจับขยะได้ จะทำการส่งข้อมูลประเภทขยะไปยัง Topic @msg/trashtocoin/result และอัปเดต Shadow home.trashtype เพื่อบันทึกสถานะ

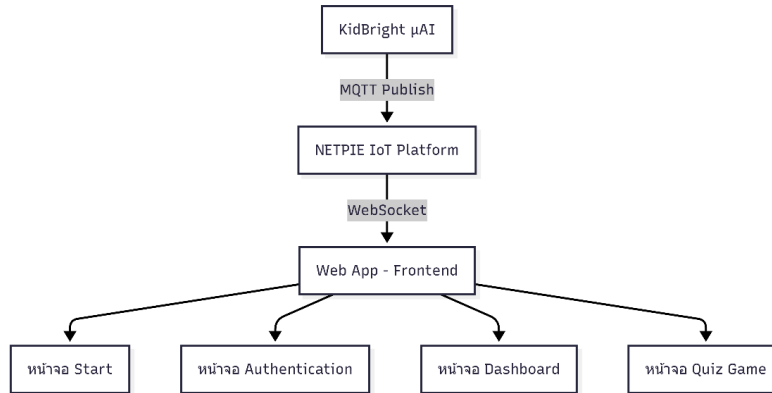
9.4 การพัฒนาเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application Development)

1. โครงสร้างระบบ ออกแบบ Web App ให้เชื่อมต่อกับ NETPIE ผ่าน WebSocket เพื่อรับค่า
2. User Interface (UI) พัฒนาด้วย HTML5 และ CSS3 โดยออกแบบหน้าจอหลัก ๆ ดังนี้
 - Idle Screen หน้าจอรอรับขยะ
 - Processing หน้าจอแสดงผลขณะ AI กำลังประมวลผล
 - Quiz Mode หน้าจอเกมตอบคำถามชิงรางวัล



ภาพ 8 แสดงลำดับหน้าจอต่างที่ผู้ใช้งานเจอ

3. Logic การทำงาน ใช้ JavaScript (ES6+) และไลบรารี Paho MQTT ในการรับค่าจาก KidBright เมื่อได้รับข้อมูลประเภทขยะ ระบบจะสุ่มคำถามที่เกี่ยวข้องขึ้นมาให้ผู้ใช้เล่นทันที



ภาพ 9 แสดงลำดับการส่งข้อมูลจาก KidBright มายัง Web App

10. ผลการวิจัย (Findings/ Results)

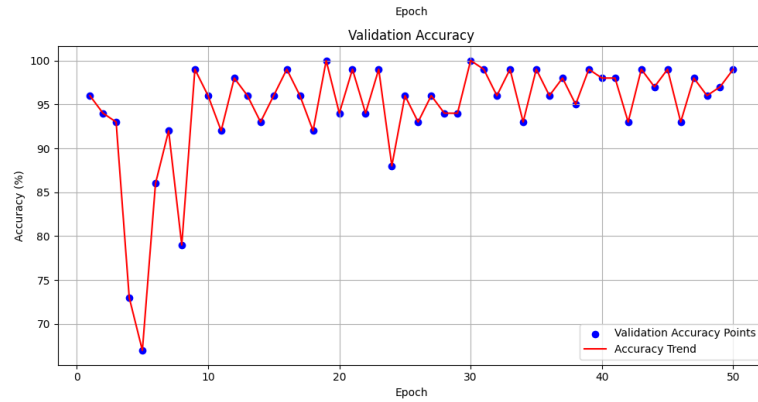
จากการทดลองและพัฒนาโครงงาน Trash to Coin ได้ผลลัพธ์ดังนี้

10.1 ผลการสร้างตู้รับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบ

ตาราง 1 แสดงรายละเอียดของตู้

รายการ	รายละเอียด
ขนาด	กว้าง 50 x ยาว 50 x สูง 100 เซนติเมตร
จำนวนถังแยกขยะ	กล่องแยกขยะภายในจำนวน 4 กล่อง
ระบบแกนหมุนและกดรับ	Servo 3 จำนวนตัวเชื่อมต่อกับกดรับขยะ
ส่วนควบคุม	KidBright μAI
ระบบจ่ายไฟ	IKB-1 Extension Board
ไฟส่องสว่าง	หลอด LED จำนวน 1 ชุด

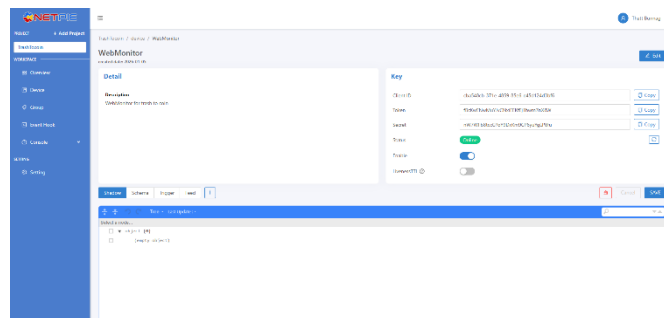
10.2 ผลการทำงานของระบบ AI โมเดล AI ที่ผ่านการเทรนด้วยสถาปัตยกรรม ResNet-18 สามารถจำแนกประเภทขยะที่กำหนดได้ โดยมีค่าความแม่นยำ 97 % (Validation Accuracy) อยู่ในเกณฑ์ที่สามารถนำไปใช้งานได้จริง โมเดลสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างขวดพลาสติกและกระป๋องอลูมิเนียมได้เมื่อวางในตำแหน่งที่กำหนด



ภาพ 10 แสดงความแม่นยำของโมเดล AI ระหว่างการ Train

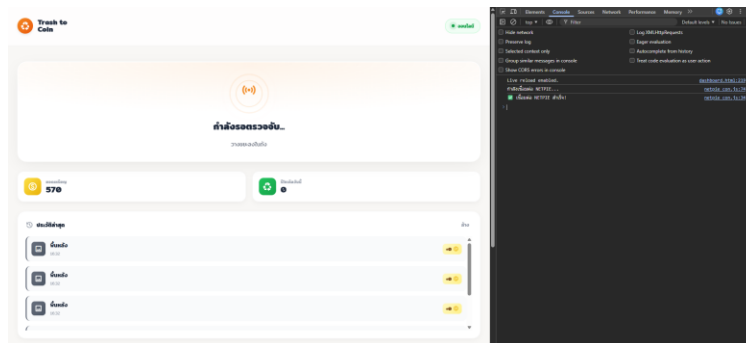
10.3 ผลการพัฒนาระบบ Web Application μAI และ Web Application

2. การเชื่อมต่อระบบ IoT กับ Web Application ระบบสามารถเชื่อมต่อระหว่างบอร์ด KidBright μAI และ Web Application ผ่าน NETPIE 2020 ได้อย่างสมบูรณ์ สถานะอุปกรณ์บน NETPIE Dashboard แสดงสถานะ "Online" ทั้งฝั่งบอร์ดควบคุม (cerivergame) และฝั่งหน้าจอแสดงผล (WebMonitor)



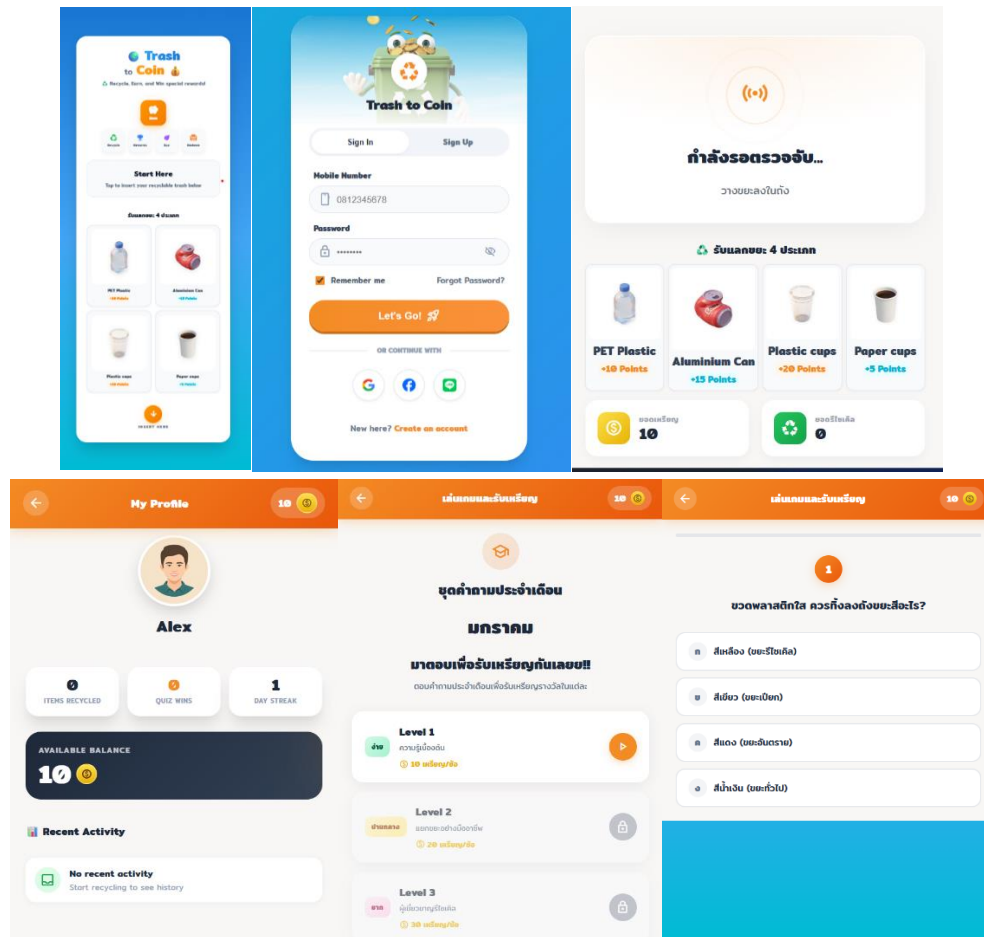
ภาพ 11 แสดงสถานะของ NETPIE Dashboard

- Web Application สามารถรับข้อความ Trigger จากบอร์ดได้ทันทีที่ตรวจพบขยะ และแสดงผลผ่าน Console ได้อย่างถูกต้อง



ภาพ 12 แสดงสถานะของ Web Application Dashboard

- ส่วนติดต่อผู้ใช้งาน มีระบบสมัครสมาชิก ทั้งขยะแลกเหรียญ เล่นเกมสะสมเหรียญ โดยระบบทั้งหมดสามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบไว้



ภาพ 13 แสดงตัวอย่างส่วนติดต่อผู้ใช้งาน Web Application

11. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย (Conclusion and Discussion)

ผลการสร้างตู้รับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบ พบว่า ตู้รับแลกขยะรีไซเคิลต้นแบบที่สร้างขึ้นมีขนาด กว้าง 50 ยาว 50 และ สูง 100 เซนติเมตร มีกล่องสำหรับแยกขยะ 4 ประเภท ใช้บอร์ด KidBright uAI และ IKB-1 Extension Board เป็นส่วนควบคุม และใช้ Servo Motor จำนวน 3 ตัวทำงานตามกลไกเพื่อหมุนและปล่อยขยะลงในกล่องสำหรับแยกขยะแต่ละประเภท

ผลการจำแนกประเภทขยะรีไซเคิล พบว่า โมเดล AI สามารถจำแนกประเภทขยะรีไซเคิลที่กำหนดได้ โดยมีความแม่นยำอยู่ที่ 97 % (Validation Accuracy) โมเดล AI สามารถจำแนกวัตถุที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน เช่น ขวดพลาสติกและกระป๋องอะลูมิเนียมได้อย่างถูกต้องภายใต้เงื่อนไขการใช้งานที่กำหนด โดยมีบอร์ด KidBright uAI เป็นตัวประมวลผลหลัก เนื่องจากบอร์ด KidBright uAI มีคุณสมบัติเป็นที่มีหน่วยประมวลผลความเร็วสูง มี

แรมและหน่วยความจำที่มากพอสำหรับรองรับการประมวลผลแบบ Edge Computing รองรับ Wi-Fi และมีกล้องภายในตัวอุปกรณ์ อีกทั้งยังรองรับการเขียนโปรแกรมแบบ Code Block ผ่านทาง KidBright uAI IDE ซึ่งรองรับการทำงานของระบบ AI โมเดลสถาปัตยกรรม ResNet-18 จึงทำให้ที่รุ่นนี้ โมเดล AI มีประสิทธิภาพการจำแนกประเภทขยะอยู่ในระดับสูง

ผลการพัฒนาระบบ Web Application พบว่า Web Application ที่พัฒนาขึ้นสามารถทำงานได้อย่างสมบูรณ์ ด้วยการพัฒนา Web Application บน Platform สมัยใหม่ที่มีส่วนติดต่อผู้ใช้งานสวยงามและทันสมัย ทำให้เข้าถึงผู้ใช้ในทุกกลุ่มได้ง่ายขึ้น โดยประสานการทำงานระหว่างอุปกรณ์ KidBright uAI ผ่านแพลตฟอร์ม NETPIE 2020 ได้ โดยมีระบบสมาชิก การสะสมเหรียญ และการเล่นเกม เมื่อนำมาใช้ควบคู่กับแนวคิด Gamification ทำให้เกิดแรงจูงใจในการแลกขยะเพิ่มมากยิ่งขึ้น ซึ่งตรงตามความต้องการของโครงการ

12. ข้อเสนอแนะ (Suggestions)

จากการดำเนินงาน ผู้จัดทำมีข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนาต่อยอดดังนี้

1. การปรับปรุงฮาร์ดแวร์ ควรมีการติดตั้งเซนเซอร์เพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบว่าขยะตกลงถึงเรียบร้อยแล้ว หรือปรับปรุงระบบ Servo Motor ให้มีความแม่นยำในการหมุนและรับน้ำหนักได้มากขึ้น หากนำไปใช้กับถังขยะขนาดใหญ่
2. การพัฒนา AI เพิ่มจำนวนข้อมูล Dataset ให้ครอบคลุมยี่ห้อสินค้าหรือสภาพขยะที่บิดเบี้ยวเสียหาย เพื่อให้โมเดลมีความฉลาดมากขึ้น
3. การขยายผล นำเครื่องต้นแบบไปติดตั้งทดลองใช้งานจริงในโรงอาหารหรือจุดทิ้งขยะของโรงเรียน เพื่อเก็บข้อมูลความพึงพอใจและปัญหาจากการใช้งานจริง (User Feedback)

13. เอกสารอ้างอิง (References)

1. KidBright. (n.d.). *KidBright μ AI User Manual*.
2. NECTEC. (2020). *NETPIE 2020 Documentation*. Retrieved from <https://netpie.io>
3. He, K., Zhang, X., Ren, S., & Sun, J. (2016). *Deep Residual Learning for Image Recognition*. arXiv preprint arXiv:1512.03385.
4. Paho MQTT. (n.d.). *Eclipse Paho JavaScript Client*. Retrieved from <https://www.eclipse.org/paho/>