



สวทช.
NSTDA



ถังขยะอัจฉริยะ (Smart Waste Bins)

เสนอ

มูลนิธิเทคโนโลยีสารสนเทศตามพระราชดำริสมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ สยามบรมราชกุมารี
และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)
ประจำปีการศึกษา 2567

โดย

นางสาวอาทิตย์ยา คำภาลา	ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5/3
นางสาวฐิตาพร แซ่เต็น	ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 5/3
นายกฤษดา พันธะศรี	ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4/3

ครูที่ปรึกษา

นางกัลยาณี ดั่งสุวรรณ
นางดวงพร สุจันทร์

โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 56 จังหวัดน่าน
สังกัดสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ
สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญ

การจัดการขยะเป็นองค์ประกอบสำคัญของการใช้ชีวิตในเมืองอย่างยั่งยืน ปริมาณขยะที่เพิ่มขึ้นที่เกิดจากกิจกรรมของมนุษย์พร้อมกับความซับซ้อนของวัสดุเหลือใช้ที่ทันสมัยสำหรับระบบการจัดการขยะแบบดั้งเดิม ระบบเหล่านี้ไม่เพียงพอ แต่ต้องรวบรวมและคัดแยกของเสียอย่างมีประสิทธิภาพ แต่ยังคงต้องตรวจสอบให้แน่ใจว่าวัสดุถูกนำกลับมาใช้ใหม่รีไซเคิลหรือบำบัดเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมให้มากที่สุด การเพิ่มปัญญาประดิษฐ์ (AI) ในกระบวนการจัดการของเสียมีศักยภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพลดต้นทุนและปรับปรุงความยั่งยืนได้อย่างมาก

AI สามารถใช้ในขั้นตอนต่าง ๆ ของการจัดการขยะ รวมถึงการรวบรวมการคัดแยก การแปรรูปและการรีไซเคิล ระบบอัจฉริยะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพเส้นทางสำหรับรถเก็บขยะใช้อัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องเพื่อระบุและคัดแยกวัสดุเหลือใช้ประเภทต่างๆ และแม้แต่คาดการณ์รูปแบบการสร้างขยะเพื่อจัดสรรทรัพยากรได้ดีขึ้น ด้วยการใช้ประโยชน์จากความสามารถของ AI

ปัญหาขยะมูลฝอยในโรงเรียนถือเป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมที่สำคัญที่เกิดขึ้นจากน้ำมือนักเรียนซึ่งมีปัญหาก็เกี่ยวข้องกันในหลายแง่มุม ไม่ว่าจะเป็นพฤติกรรมมารยาทและการแยกขยะจากต้นทาง โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 56 จังหวัดน่าน สังกัดสำนักบริหารงานการศึกษาพิเศษ เป็นโรงเรียนประจำกินนอน จึงส่งผลให้มีปริมาณขยะเป็นจำนวนมากและการคัดแยกขยะยังไม่ประสบความสำเร็จ จึงต้องปลูกฝังวิถีการดำเนินชีวิตที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมให้กับนักเรียน จึงมีแนวคิดที่จะให้นักเรียนลดปริมาณขยะที่เกิดขึ้นในแต่ละวันลง โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากการปฏิบัติจริง ฝึกการคัดแยกขยะที่สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ใหม่ได้ วิธีการนี้นอกจากจะช่วยลดปริมาณขยะที่ต้องนำไปกำจัดได้แล้ว ยังเป็นการฝึกทักษะการทำงานให้กับนักเรียน และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งของอีกด้วย แต่เนื่องจากถังขยะที่มีอยู่นั้นไม่มีลักษณะโดดเด่นอะไรที่จูงใจให้นักเรียนทิ้งขยะลงในถังขยะได้ถูกประเภท คณะผู้จัดทำจึงมีแนวคิดในการพัฒนานวัตกรรมที่เป็นระบบอัจฉริยะด้วยบอร์ดเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว Arduino มีการใส่ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้าไป นำเทคโนโลยีการจดจำรูปภาพ (image recognition) เพื่อช่วยในการแยกประเภทขยะ เพื่อให้เกิดการทิ้งขยะแต่ละประเภทลงในถังที่ถูกต้องมาใช้เป็นเครื่องมือในการควบคุมระบบคัดแยกขยะอัตโนมัติ ภายใต้โครงการถังขยะอัจฉริยะ (Smart Waste Bins) ที่จะดึงดูดความสนใจให้กับนักเรียนในการนำขยะมาทิ้งลงถังได้ถูกประเภท

2. วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อใช้บอร์ดเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว Arduino ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และนำเทคโนโลยีการจดจำรูปภาพ (image recognition) ในการสร้างถังขยะเปิด-ปิดอัตโนมัติ
- เพื่อปลูกฝังให้นักเรียนแยกขยะได้ถูกประเภท

3. ขอบเขตการวิจัย

ถังขยะจะคัดแยกวัสดุได้เพียง 4 ประเภทเท่านั้น คือ กระป๋อง กระดาษ ขวดน้ำ และขยะทั่วไป ซึ่งถังขยะนี้ยังเป็นเพียงแบบจำลองเท่านั้น

3.1 นิยามเชิงปฏิบัติการ

- บอร์ด Arduino เป็นไมโครคอนโทรลเลอร์ ที่สามารถอ่านอินพุตจากตัวตรวจจับแสง, ใช้นิ้วกดบนปุ่ม หรือส่งข้อความไปยัง Twitter และเปลี่ยนเป็นเอาต์พุตเปิดใช้งานมอเตอร์, เปิดไฟ LED หรือเผยแพร่ข้อมูลไปยังระบบอินเทอร์เน็ตได้อีกด้วย ซึ่งผู้ใช้งานสามารถควบคุมบอร์ดว่าต้องทำอะไร โดยส่งชุดคำสั่งไปยังไมโครคอนโทรลเลอร์บนบอร์ด ซึ่งต้องใช้ภาษา Arduino ซึ่งมีคำสั่งเพิ่มขึ้นมาเพื่อเขียนในรูปแบบภาษา C++ และใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE เป็นหลักในการประมวลผล

3.2 เนื้อหา

3.2.1 การออกแบบระบบ ศึกษาการทำงานของเซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3.2.2 การเขียนโปรแกรมให้สามารถทำงานได้โดยควบคุมระบบการทำงานผ่านบอร์ด Arduino และการใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE

3.3 ตัวแปร

3.3.1 ตัวแปรต้น

- บอร์ด Arduino และการใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีการจดจำรูปภาพ (image recognition) เซ็นเซอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้วงจรไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3.3.2 ตัวแปรตาม

- ถึงขยะสามารถ เปิด-ปิด ตามประเภทขยะได้โดยอัตโนมัติ
- แสดงการแจ้งเตือนเมื่อมีขยะเต็มถังโดยอัตโนมัติ

3.4. กลุ่มเป้าหมาย

- นักเรียน โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 56 จังหวัดน่าน

3.5. สถานที่

- โรงเรียนราชประชานุเคราะห์ 56 จังหวัดน่าน

3.6. ระยะเวลา

- ปีการศึกษา 2567

บทที่ 2 ทวนวรรณกรรม

การจัดทำโครงงาน **ถังขยะอัจฉริยะ : Smart Waste Bins** คณะผู้ศึกษาได้ค้นคว้า รวบรวม ข้อมูลจากเอกสารที่เกี่ยวข้องและจากเว็บไซต์บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ตเพื่อใช้เป็นแนวทางในการจัดทำโครงงาน ดังนี้

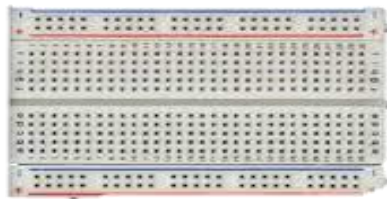
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำหรับ Hardware ที่ใช้ในการพัฒนาจะประกอบไปด้วย

1. **Arduino uno** เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรเลอร์ตระกูล AVR ที่มีการพัฒนาแบบ Open Source คือมีการเปิดเผยข้อมูลทั้งด้าน Hardware และ Software ตัว บอร์ด Arduino ถูกออกแบบมาให้ใช้งานได้ง่าย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับผู้เริ่มต้นศึกษา



2. **โปรโตบอร์ด (protoboard)** เป็นอุปกรณ์ที่จะช่วยให้สามารถเชื่อมต่อวงจรเพื่อทดลองง่ายขึ้น ลักษณะของบอร์ดจะเป็นพลาสติกมีรูจำนวนมาก ภายใต้รูเหล่านั้นจะมีการเชื่อมต่อถึงกันอย่างมีรูปแบบ เมื่อนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มาเสียบ จะทำให้พลังงานไฟฟ้าสามารถไหลจากอุปกรณ์หนึ่งไปยังอุปกรณ์หนึ่งได้ ผ่านรูที่มีการเชื่อมต่อกันด้านล่าง พื้นที่การเชื่อมต่อกันของโปรโตบอร์ด



3. **เซอร์โวมอเตอร์ Servo Motor** เป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมเครื่องจักรกล หรือระบบการทำงานนั้นๆ ให้เป็นไปตามความต้องการ เช่น ควบคุมความเร็ว (Speed) , ควบคุมแรงบิด (Torque) , ควบคุมแรงตำแหน่ง (Position) โดยให้ผลลัพธ์ตามความต้องการที่มีความแม่นยำสูง เซอร์โวมอเตอร์(ส่วนใหญ่) ใช้แรงดันไฟฟ้า 5V และมีองศาการหมุนที่ 0 ถึงประมาณ 200 องศา (ยกเว้นมีการดัดแปลงให้หมุน 360 องศา)



4. **สายต่อจัมเปอร์ (Jumpers)** คือสายไฟที่มีหัวเสียบกับเข้ากับบอร์ดทดลอง บอร์ด Arduino Nodemcu ใช้สำหรับเสียบหรือต่อวงจรเชื่อมต่อวงจร ให้วงจรเชื่อมต่อเข้าหากัน เพื่อนำสัญญาณหรือแรงดันป้อนไปยังบอร์ด Arduino



5. **เว็บแคม (Webcam) หรือ ชื่อเรียกเต็มๆว่า Web Camera** คือกล้องที่สามารถส่งสัญญาณภาพผ่านคอมพิวเตอร์ที่กำลังใช้งานไปยังแอปพลิเคชันหรือเว็บเบราว์เซอร์ เพื่อให้อีกฝ่ายสามารถมองเห็น เหมือนเป็นการสนทนาต่อหน้าโดยที่ไม่ได้อยู่สถานที่เดียวกัน นอกจากการใช้งานในด้านการสื่อสารแล้ว ยังสามารถนำมาปรับใช้ในเรื่องของความปลอดภัยอื่น ๆ ได้ด้วย



6. **Infrared Sensor / เซ็นเซอร์อินฟราเรด** คือ อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ปล่อยสัญญาณออกมา เพื่อให้รับรู้สภาพแวดล้อม เซ็นเซอร์อินฟราเรด สามารถวัดความร้อนของวัตถุและตรวจจับการเคลื่อนไหวได้



7. **Buzzer module 5V โมดูล ลำโพง Buzzer For Arduino** โมดูล Buzzer หรือ โมดูล ส่งเสียง ใช้สร้างวงจรเตือนได้ ใช้ไฟเลี้ยง 3.3 - 5V ใช้ TR เบอร์ 9012 ในการขยายสัญญาณ โดยจะส่งเสียงร้องเมื่อมีการจ่ายไฟเข้าที่ขา I/O สามารถนำไปใช้โปรเจกต์ Arduino ได้อย่างหลากหลาย ทั้ง อุปกรณ์กันขโมย หรือ อุปกรณ์แจ้งเตือนต่างๆ



8. **LED Super bright 5mm/ไดโอดเปล่งแสง LED (light emitting diode)** เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำและทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง โดยเมื่อมีการฉีดอิเล็กตรอนหรือกระแสไฟฟ้าเข้าไปในตัวแอลอีดีแล้ว อิเล็กตรอนเหล่านั้นก็จะมีพลังงานลดลง โดยการปลดปล่อยแสงหรืออนุภาคโฟตอนออกมา โดยปรากฏการณ์นี้ในทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า อิเล็กโทรลูมิเนสเซนซ์ (electroluminescence)

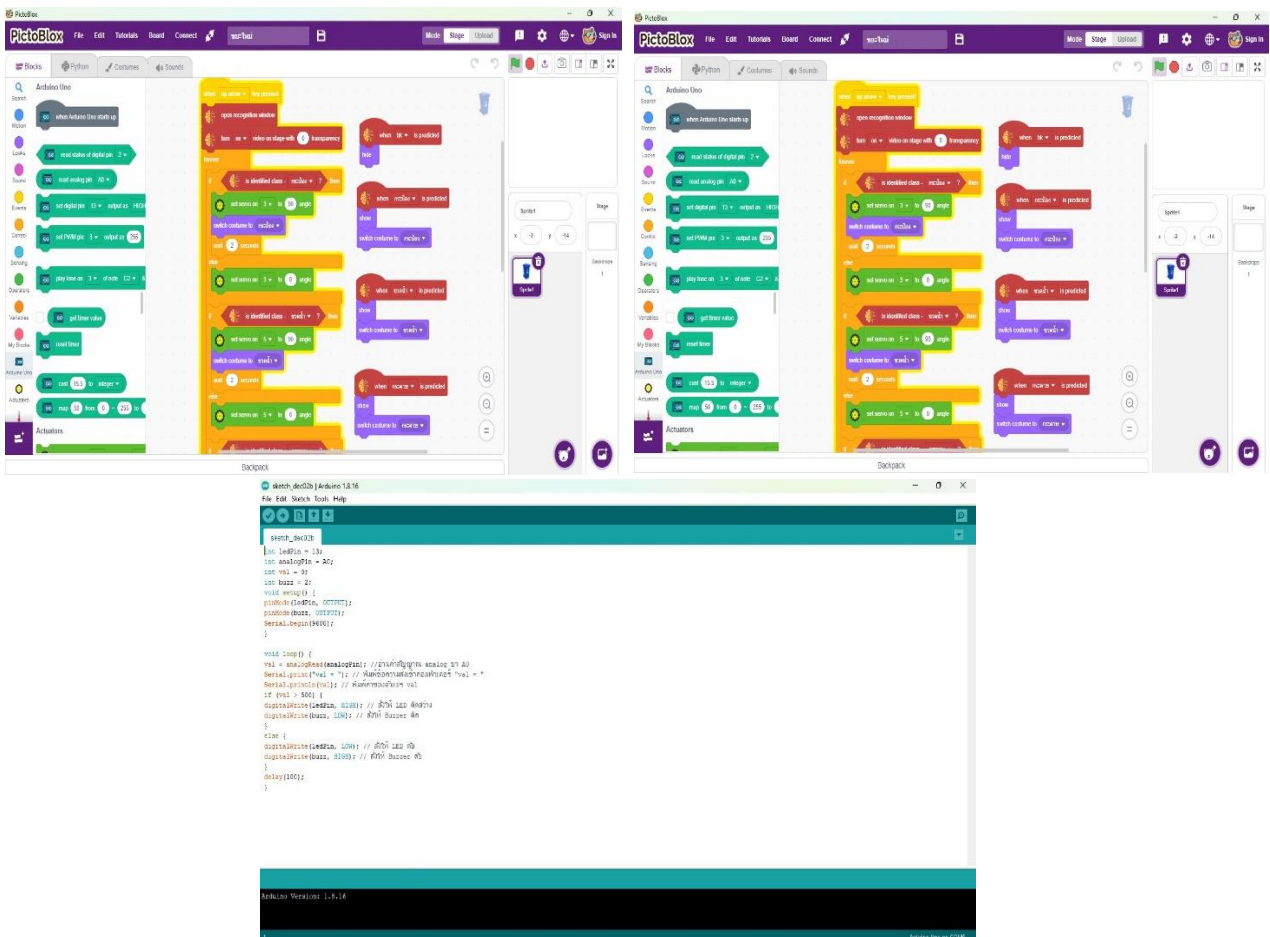


บทที่ 3

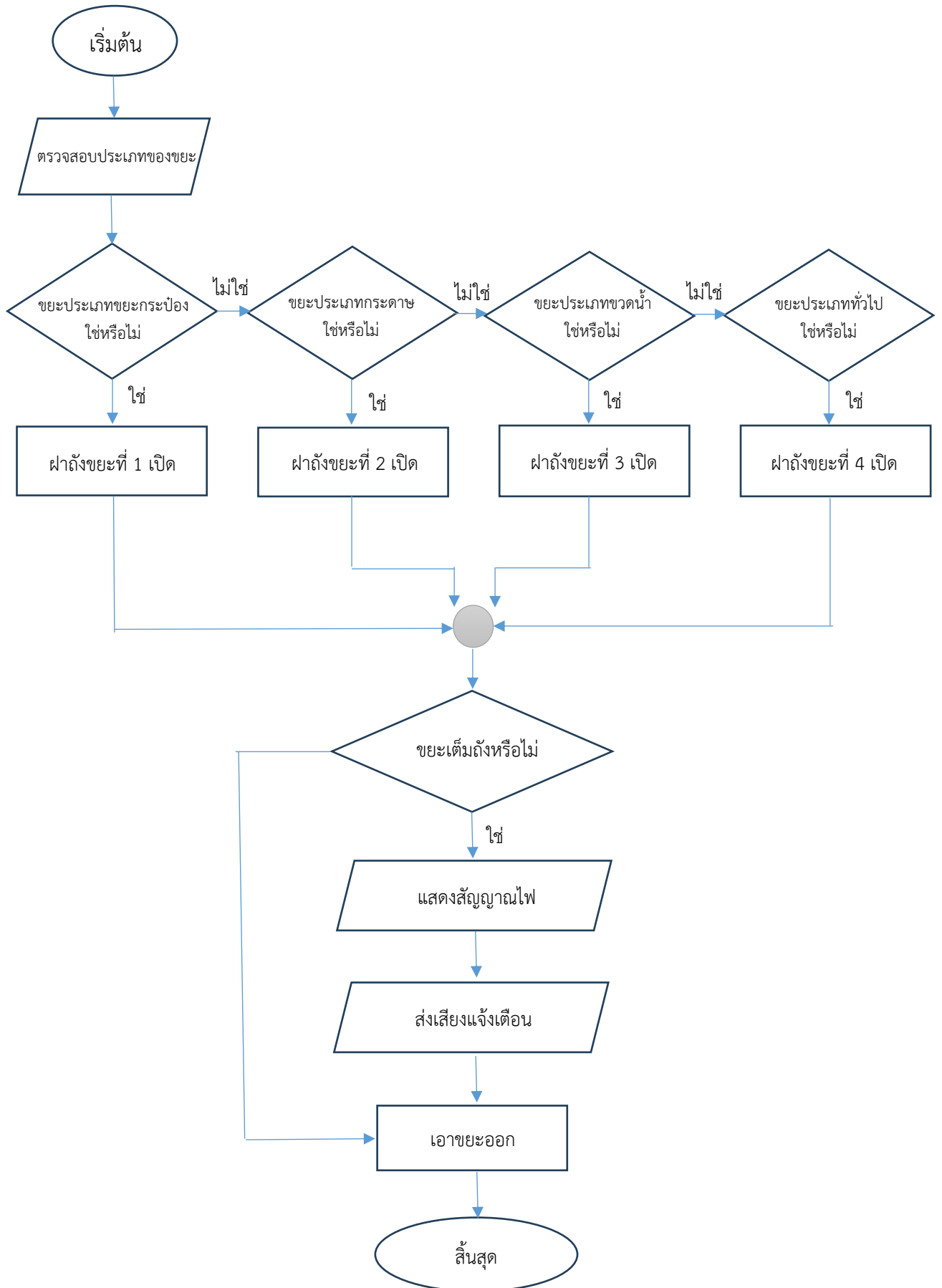
วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีดำเนินงาน

1. ออกแบบรูปแบบถังขยะแต่ละประเภท ดังนี้ 1. ถังที่ 1 ขยะประเภทกระป๋อง 2. ถังที่ 2 ขยะประเภทกระดาษ 3. ถังที่ 3 ขยะประเภทขวดน้ำ 4. ถังที่ 4 ขยะประเภทขยะทั่วไป
2. ติดตั้งกล้องเว็บแคม (Webcam) / เซอร์โวมอเตอร์ Servo Motor / เซ็นเซอร์อินฟราเรด / ไดโอดเปล่งแสง LED / Buzzer module 5V
3. เขียนโปรแกรมให้สามารถทำงานได้โดยควบคุมระบบการทำงานผ่านบอร์ด Arduino และการใช้ซอฟต์แวร์ Arduino IDE ,Servo Motor และมีการใส่ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้าไปเพื่อช่วยส่งเสริมการทดสอบการคัดแยกประเภทขยะ ร่วมกับเทคโนโลยีการจดจำรูปภาพ (image recognition) และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์อื่นๆ
4. ตรวจสอบการทำงานของชุดคำสั่งและหาข้อผิดพลาด

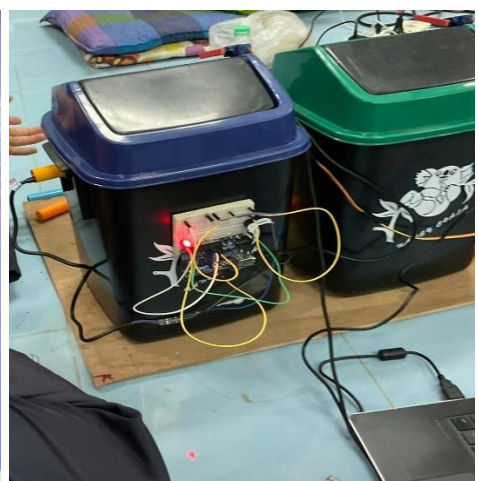


ผังการทำงานของถังขยะอัจฉริยะ



- ขั้นตอนการทำงาน คือ กล้องเว็บแคม (Webcam) จะเก็บภาพขยะประเภทต่างๆ มาวิเคราะห์ ทำให้สามารถตรวจจับและแยกความแตกต่างของ สี รูปร่าง บรรจุภัณฑ์ของขยะประเภทต่างๆ ได้อย่างถูกต้องและแม่นยำกว่าการแยกขยะของมนุษย์ และ AI ยังสามารถเรียนรู้บรรจุภัณฑ์ที่มีรูปร่างต่างๆ เพื่อให้คัดแยกได้อย่างง่ายดายยิ่งขึ้นด้วย

- วิธีการใช้งานก็คือ ทำการสแกนขยะ โดยใช้กล้องเว็บแคม (Webcam) เพื่อดูว่าขยะที่ถืออยู่ในมือนั้นเป็นประเภทใด เมื่อโปรแกรมประมวลผลแล้วจะส่งข้อมูลไปยังบอร์ด Arduino uno คำสั่งที่เขียนในบอร์ด Arduino จะไปทำให้เซอร์โวมอเตอร์ Servo Motor เปิด-ปิด ถังขยะตามประเภทขยะ (ตามคำสั่ง) อัตโนมัติ โดยสัญญาณที่สั่งให้ Servo ทำงานเป็นสัญญาณ PWM (Pulse Width Modulation) ภายใน Servo จะมีตัวอ่านและประมวลผลค่าความกว้างของสัญญาณพัลส์ที่ส่งเข้ามาเพื่อแปลค่าเป็นตำแหน่งองศาที่ต้องการให้ Motor หมุนเคลื่อนที่ไปยังตำแหน่งนั้นเพื่อเปิดถังขยะ (ถังขยะจะปิดอัตโนมัติเมื่อถังขยะเสร็จ) จากนั้นเซ็นเซอร์อินฟราเรดภายในถังขยะจะตรวจวัดปริมาณขยะที่อยู่ในถัง เมื่อขยะขึ้นมาถึงระดับที่กำหนดเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจพบว่าถังขยะเต็มแล้ว ไดโอดเปล่งแสง LED จะแจ้งเตือน และ Buzzer module 5V จะส่งเสียงแจ้งเตือนเพื่อนำขยะที่เต็มออกจากถังขยะ



บทที่ 4 ผลการวิจัย

ผลการทดลอง

การทดสอบระบบและทดสอบการทำงานโดยแบ่งออกเป็น 5 การทดลอง คือ การทดลองตรวจจับของกล้องเว็บแคม (Webcam) ร่วมกับปัญญาประดิษฐ์ (AI) และเทคโนโลยีการจดจำรูปภาพ (image recognition), การทดลองสัญญาณเข้า Servo จากคำสั่งที่เขียนในบอร์ด Arduino uno, การทดลองตรวจจับวัตถุแล้วเปิด - ปิดอัตโนมัติ, การทดลองตรวจวัดปริมาณขยะที่อยู่ในถัง, การทดลองการแสดงผลสัญญาณไฟและการทดลองการส่งเสียงแจ้งเตือน จากการทดลองระบบอัตโนมัติดังกล่าวข้างต้น พบว่าวงจรทำงานเป็นไปตามหลักการ

หลักการทำงานของถังขยะอัจฉริยะ

การทำงานของระบบถังขยะอัจฉริยะ แบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกัน คือ

ส่วนที่ 1 ระบบเปิด - ปิด อัตโนมัติ

หลักการทำงาน คือ เมื่อมีคนที่ต้องการทิ้งขยะเดินเข้ามา นำขยะแสกนกับกล้องเว็บแคม (Webcam) เมื่อกำลังตรวจจับวัตถุเซอร์โวมอเตอร์ (Servo Motor) จะทำงานดังนี้

- ถ้าขยะเป็นกระป๋อง เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนเปิดฝาถังขยะที่ 1
- ถ้าขยะเป็นกระดาษ เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนเปิดฝาถังขยะที่ 2
- ถ้าขยะเป็นขวดน้ำ เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนเปิดฝาถังขยะที่ 3
- ถ้าขยะเป็นขยะทั่วไป เซอร์โวมอเตอร์จะหมุนเปิดฝาถังขยะที่ 4

เมื่อทิ้งขยะลงถังแล้วฝาถังขยะจะปิดลง

ส่วนที่ 2 ระบบตรวจสอบว่าถังขยะเต็มหรือไม่

หลักการทำงาน คือ มีการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดภายในถังขยะ คอยตรวจวัดปริมาณขยะที่อยู่ในถัง เมื่อขยะขึ้นมาถึงระดับที่กำหนด เซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจพบว่าถังขยะเต็มแล้ว ไดโอดเปล่งแสง LED จะแจ้งเตือน และ Buzzer module 5V จะส่งเสียงแจ้งเตือนเพื่อให้นำขยะที่เต็มออกจากถังขยะ

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

อภิปรายผล

โครงการนี้เป็นระบบเปิด-ปิดของกลไกให้ตรวจจับประเภทขยะที่กำหนด โดยทำการควบคุมสั่งการด้วยตัวควบคุม Arduino uno และควบคุมการเปิด-ปิดด้วย Servo โดยจ่ายไฟ 5 Vdc ให้กับตัวควบคุมในการทำงานตามลำดับ โดยมีการเขียนโปรแกรมสั่งการการทำงาน ของระบบตามความต้องการ Servo สามารถทำงานได้โดยรับสัญญาณจาก Arduino uno ที่ส่งข้อมูลตามคำสั่งที่เขียนไว้ให้เปิดปิดตามคำสั่งของระบบตามต้องการ ซึ่งโครงการนี้ได้มีการใส่ปัญญาประดิษฐ์ (AI) เข้าไปเพื่อช่วยส่งเสริมการทดสอบการคัดแยกประเภทขยะ ร่วมกับเทคโนโลยีการจดจำรูปภาพ (image recognition) ร่วมด้วย และมีการติดตั้งเซ็นเซอร์อินฟราเรดภายในถังขยะคอยตรวจวัดปริมาณขยะที่อยู่ในถัง เมื่อขยะขึ้นมาถึงระดับที่กำหนดเซ็นเซอร์อินฟราเรดตรวจพบว่าถังขยะเต็มแล้ว ไดโอดเปล่งแสง LED จะแจ้งเตือน และ Buzzer module 5V จะส่งเสียงแจ้งเตือนเพื่อนำขยะที่เต็มออกจากถังขยะ พบว่าระบบสามารถทำงานได้ตามหลักการ แต่ยังไม่สมบูรณ์แบบ 100 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปมีผลต่อการทำงานของระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI) เทคโนโลยีการจดจำรูปภาพ (image recognition)

ปัญหาและอุปสรรคในการทดลอง

1. ถังขยะอัจฉริยะนี้ยังเป็นเพียงแบบจำลอง ทำให้ไม่สามารถคัดแยกขยะได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งยังสามารถคัดแยกขยะได้เพียง 4 ประเภทเท่านั้น คือ กระจัง ขวดน้ำ กระจัง และขยะทั่วไป
2. ถังขยะเปิด-ปิดอัตโนมัติด้วย Servo จากคำสั่งที่เขียนในบอร์ด Arduino uno จะต้องใช้ Servo ติดไว้ตรงขอบฝาถัง ซึ่งจะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเทถังขยะ และอาจทำให้วงจรการทำงานต่าง ๆ เสียหาย ต้องแก้ปัญหาโดยการใส่ถังขยะด้านในไว้แล้ว เราสามารถนำขยะไปทิ้งได้เลย
3. ถังขยะเปิด-ปิดอัตโนมัตินี้ถ้าถังขยะมีขนาดใหญ่ขึ้น การแก้ปัญหาใช้เซอร์โวที่ใหญ่ขึ้น แรงขึ้น

ข้อเสนอแนะ

1. ถ้าจะนำถังขยะไปใช้งานจริงต้องมีการพัฒนาให้มีความสามารถป้องกันน้ำ ความชื้นได้ เพื่ออุปกรณ์ของเราจะได้ไม่เสียหาย
2. ควรพัฒนาและปรับปรุงชิ้นงานให้เป็นถังขยะที่ใช้ในชีวิตประจำวันได้จริง และเพิ่มชนิดของขยะที่คัดแยกให้มากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

“ปัญหาการกำจัดขยะตองจัดการเชิง บูรณาการ”. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา

https://www.gotoknow.org/posts/6049_69

<http://arduino.cc/en/reference/servo> <http://ebldc.com/?p=48>

<http://www.pololu.com/blog/13/gettin-all-up-in-your-servos>

<http://learn.parallax.com/KickStart/900-00008> <https://www.sparkfun.com/tutorials/283>