

ตรวจจับบุคคลเพื่อควบคุมแสงไฟในบ้านอัจฉริยะ

พรปวีณ์ โสภณอรียนนท์¹ และ ศุภพล โคตรทม²

¹คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

²คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ

Emails: 63070111@it.kmitl.ac.th, 63070170@it.kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

เทคโนโลยีสมาร์ทโฮมกำลังได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้น บ้านอัจฉริยะช่วยให้ผู้คนใช้ชีวิตในบ้านได้อย่างสะดวกสบายโดยระบบจะควบคุมอุปกรณ์ภายในบ้าน เช่น การเปิด-ปิดอุณหภูมิ และระบบรักษาความปลอดภัย โครงการนี้สนใจควบคุมไฟในบ้านด้วยระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติโดยไม่ต้องใช้เซนเซอร์จับความเคลื่อนไหว โครงการนี้ใช้กล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ IoT เพื่อเปิด-ปิดไฟ โดยใช้การเรียนรู้เชิงลึกเพื่อประเมินการเคลื่อนไหวของผู้คน ระบบใช้กล้อง ESP32 เพื่อตรวจจับการเคลื่อนไหว และใช้ OpenCV เพื่อวิเคราะห์ท่าทางทั้งร่างกายหรือการเคลื่อนไหวของร่างกายของมนุษย์ และส่งข้อความเพื่อควบคุมการเปิดหรือปิดสวิตช์ไฟ นอกจากนี้ระบบยังสามารถระบุท่าทางทั้งร่างกายหรือการเคลื่อนไหวของร่างกายของบุคคลเพื่อปรับสีของแสงที่เปลี่ยนเป็นสีขาว สีขาวอมฟ้าหรือสีส้มได้

คำสำคัญ – การเรียนรู้เชิงลึก; คอมพิวเตอร์วิทัศน์; สมาร์ทไลต์; ไอโอที

1. บทนำ

ในปัจจุบันโลกของเทคโนโลยีได้รับการพัฒนาอย่างมากมายและรวดเร็ว เช่น ระบบปัญญาประดิษฐ์, การเรียนรู้ของเครื่องจักร, และไอโอที (IoT) ซึ่งประกอบกับวิถีชีวิตของคนในสมัยนี้ที่เร่งรีบและต้องการความสะดวกสบายอย่างรวดเร็ว การที่มนุษย์มักต้องการสิ่งที่สามารถตอบโต้และมีประสิทธิภาพเป็นเรื่องธรรมดา ในบ้านเราเครื่องใช้ไฟฟ้ามักจะเป็นสิ่งที่ใกล้ชิดและมีปัญหา เช่น เวลาเร่งรีบอาจจะลืมปิดไฟหรือเมื่อเรากลับมาบ้าน

เหนื่อย ๆ ก็อยากพักผ่อน แต่ไม่มีวิธีใดที่สามารถตรวจจับได้ว่าจะเปิด-ปิดไฟอย่างไร จึงทำให้เกิดความคิดริเริ่มในการพัฒนาเซนเซอร์ที่สามารถตรวจจับการเคลื่อนไหวและท่าทางต่างๆของผู้คน เช่น การอ่านหนังสือ การนอนหลับ หรือกิจกรรมอื่นๆ เพื่อให้สามารถเปิดไฟในกรณีที่มีคนอยู่ในบริเวณนั้น แต่เมื่อไม่มีคนอยู่ในบริเวณนั้น หลอดไฟจะปิด สามารถควบคุมสีของหลอดไฟให้เป็นไปตามอิริยาบถของผู้คนรวมทั้งสามารถสั่งให้หลอดไฟเปิด-ปิดตามที่ต้องการได้ โดยมีวัตถุประสงค์นี้ เพื่อศึกษาการประยุกต์ใช้ในการเรียนรู้ของ

เครื่องจักรควบคุมการเปิด-ปิดไฟฟ้าและเพื่อการเรียนรู้การใช้งานไลบรารีสำหรับการตรวจจับบุคคลและมีขอบเขตของโครงการงาน ดังนั้น การใช้ OpenCV และ YOLOv8 ในการตรวจจับท่าทางของผู้ใช้งานรวมถึงการจัดการและใช้งานผ่านทางเว็บไซต์ และการควบคุมหลอดไฟ (IoT) เพื่อกำหนดสีของแสงไฟตามท่าทางของผู้ใช้ โดยระบบสามารถทำงานในโหมด Auto และ Manual ได้ รวมถึงการใช้ Server 2 ประเภทคือ Node.js และ Flask ซึ่งได้ทำการทดลองเฉพาะในโมเดลท้องถิ่น

2. การทบทวนวรรณกรรม

2.1 เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 Python

เป็นภาษาโปรแกรมระดับสูงที่มีโครงสร้างและไวยากรณ์ไม่ซับซ้อน มีฟังก์ชันและไลบรารีมาตรฐานมากมาย เหมาะสำหรับการใช้งานในหลายสาขา เช่น คณิตศาสตร์ทางสถิติ และโปรแกรมคอมพิวเตอร์

2.1.2 Arduino IDE

เป็นเครื่องมือ Open source ชนิดหนึ่งที่ใช้ในการเขียนและอัปโหลดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino มีไลบรารีหลายตัวและรองรับการใช้งานบนหลายระบบปฏิบัติการ เช่น Linux, Window และ Mac

2.1.3 OpenCV

เป็นไลบรารีที่ใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อประมวลผลเชิงคอมพิวเตอร์ เช่น การสร้างภาพสามมิติ และการอ่านและเขียนรูป

2.1.4 Node.JS

เป็นแพลตฟอร์มและไลบรารีสำหรับฝั่งเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้ภาษา JavaScript เหมาะสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันแบบ Realtime และการใช้งานในด้าน IoT และเว็บเซิร์ฟเวอร์

2.1.5 simple_image_download

เป็นไลบรารีของ Python ที่ช่วยในการดาวน์โหลดรูปภาพจาก Google ได้ง่ายๆ โดยใช้คำคีย์เวิร์ด

2.1.6 Labelling

เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับกำหนด Label ให้กับวัตถุในรูปภาพเพื่อใช้เป็นข้อมูลในการเทรนโมเดล

2.1.7 YOLOv8

เป็นเทคโนโลยี Deep Learning ที่ใช้สำหรับตรวจจับวัตถุแบบ Real-Time มีความแม่นยำสูงและใช้งานง่ายด้วย Python ที่มี PyTorch เป็นเบื้องหลัง

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 อุปกรณ์ IOT ที่ใช้ภายในบ้าน

IOT หรือ Internet of Things เป็นเทคโนโลยีที่สามารถเชื่อมต่ออุปกรณ์ภายในบ้านผ่านทางระบบอินเทอร์เน็ตมีหลายประเภท ได้แก่ 1.Smart Home 2.Smart Grid 3.Smart Wearable 4.Smart City และ 5.Connected Car เพื่อเพิ่มความสะดวกสบายและเพิ่มประสิทธิภาพในชีวิตประจำวัน.

2.2.2 ประเภทของสีหลอดไฟที่เหมาะสม

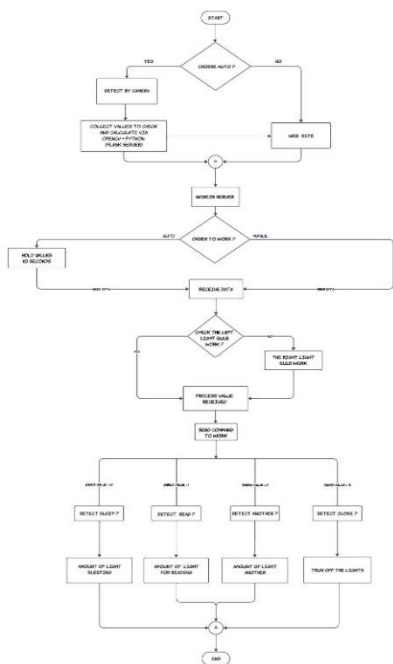
การเลือกสีของหลอดไฟมีความสำคัญตามสถานที่และการใช้งาน เช่น Warm White เหมาะสำหรับห้องนอน, Cool White เหมาะสำหรับห้องนั่งเล่น และ Day Light เหมาะสำหรับห้องทำงาน

2.2.3 Deep Learning

เป็นกระบวนการในการเรียนรู้ขั้นสูงในเชิงลึกที่ช่วยให้เทคโนโลยีสามารถทำความเข้าใจและประมวลผลข้อมูลได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เช่น ในการประมวลผลข้อมูลในการตรวจจับวัตถุโดยใช้ YOLOv8

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1 วิธีการดำเนินการ



รูปที่ 1 Flowchart โดยรวมของระบบ

เริ่มแรกด้วยการรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับอุปกรณ์ IOT และปัญหาที่มักพบบ่อยจากที่ทำการศึกษาค้นพบว่าประชาชนส่วนใหญ่มักมีปัญหาในการใช้สายตาเนื่องจากใช้มือถือหรือคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานและใช้สีของแสงไฟไม่เหมาะสมต่อ พฤติกรรมดังกล่าวซึ่งอาจทำให้เกิดผลเสียต่อสุขภาพได้จึงได้เลือกหัวข้อเรื่องการตรวจจับบุคคลเพื่อควบคุมไฟในบ้านอัจฉริยะ โดยใช้แบบอัตโนมัติและแบบผ่านทางหน้าเว็บไซต์เพราะโครงงานนี้ คือการให้อุปกรณ์ IOT ช่วยกำหนดสีของแสงไฟให้กับผู้ใช้งานเองตามอริยาบถของผู้ใช้งาน

3.2 ออกแบบอุปกรณ์ IOT ให้ปรับสีแสงไฟตามที่ต้องการ

การออกแบบที่เน้นหนักคือการตั้งค่าแสงสีของหลอดไฟในห้องนอนให้เหมาะสมกับการใช้งาน โดยใช้แสงสีขาวหรือ Day White สำหรับการทำงาน เช่น การอ่านหนังสือ และใช้หลอดไฟสีส้มหรือ Warm White เพื่อความสบายตาในขณะที่นอนหรืออาจใช้แสงสี Cool White ในห้องนั่งเล่น และปิดไฟเมื่อไม่ใช้งาน

3.3 ออกแบบแผนผังบ้าน

การออกแบบผังบ้านนั้นจะเป็นการออกแบบให้มีเพียง 1 ห้องนอนเท่านั้น เพื่อเป็นการง่ายต่อการทดสอบซึ่งเราได้ทำการก่อสร้างเองโดยมีการใช้ท่อ PVC ขนาดประมาณกว้าง 2 เมตร ยาว 3 เมตร และสูง 2 เมตร

3.4 คัดเลือกอุปกรณ์ที่ต้องใช้งาน

ในส่วนของอุปกรณ์ที่ต้องการใช้งานจะมี 2 ส่วนหลัก คือ ส่วนที่ใช้ในการสร้างตามโมเดลบ้านที่ได้ออกแบบไว้ และในส่วนการทำงานของอุปกรณ์โดยรวมของโครงงาน

3.4.1 อุปกรณ์ในโมเดลบ้าน

มีการนำท่อ PVC มาต่อขึ้นโครงโมเดลห้องนอน ท่อขนาด 3 เมตร จำนวน 4 ท่อนำมาใช้เป็นด้านยาว ท่อขนาด 2 เมตรนำมาใช้เป็นตัวกว้างและสูง ท่อขนาด 1 เมตรที่เหลือนำมาเชื่อมกับท่อ 2 ทางเพื่อมาใช้เป็นเสาค้ำยันเสาด้านยาว แต่ละมุมเชื่อมต่อด้วยท่อฉาก 2 ทาง ส่วนต่างที่คลาดเคลื่อนก็ทำการเลื่อยออก ขั้นตอนสุดท้ายใช้ผ้าคลุมสีดำคลุมโมเดลเพื่อป้องกันการทดสอบสีของหลอดไฟ

3.4.2 อุปกรณ์ในระบบ

มีทั้งหมด 20 อุปกรณ์ แบ่งเป็น 2 ฝั่ง ได้แก่ ฝั่งอุปกรณ์หลักและฝั่งอุปกรณ์เสริม ดังนี้

1. อุปกรณ์หลัก ได้แก่ Step Down Converter, Esp32-Devkitv1, Light Bulb, Wire, Web-Cam, Esp32-Camera, USB TTL, Relay Module และ Notebook
2. อุปกรณ์เสริม ได้แก่ ลวดตะกั่วบัดกรี, คีมปอกตัดสายไฟอัตโนมัติ, ปลั๊กไฟ, เครื่องเชื่อมบัดกรี, ตลับเมตร, ไขควง, เครื่องวัดแรงดันไฟฟ้าประเภท Multimeter Digital, สกรูเกลียวปหล่อ, ตู้ไฟฟ้าพลาสติก, เทปกาว และสายรัดเคเบิล

3.5 พัฒนา Project

3.5.1 หลักการทำงานของ การ Train Model by YOLOv8

การ Train Model ด้วย YOLOv8 เริ่มจากการติดตั้ง Libraries ที่จำเป็น และสร้าง Virtual Environment ด้วย Miniconda3 จากนั้นจึงสร้าง Folder สำหรับเก็บรูปภาพ Train และสำหรับการ Validation และทำการสร้าง Sub Folders 2 ตัว ชื่อ images และ labels สำหรับไว้ใช้สำหรับเก็บรูปภาพและลาเบล จากนั้นดาวน์โหลดรูปภาพที่ต้องการและคัดเลือกคุณภาพตามที่ต้องการ เมื่อทำการเตรียมข้อมูลแล้วก็ทำการ Train Model ด้วยการใช้ yolov8.pt จากที่ดาวน์โหลดใน Internet และสร้าง File.yaml เพื่อระบุ Path ในการ Train ซึ่งผลลัพธ์จากการ Train Model จะได้ Model ชื่อ best.pt ที่เราต้องการในการทำโครงงานออกมา

3.5.2 หลักการทำงานของ การส่งข้อมูลไปที่กล้อง

เมื่อกำลังเริ่มทำงานแล้วภาพจะถูกส่งไปยังตัว Opencv+Python ใน Flask Server เพื่อทำการประมวลผลและแสดงข้อมูลบนเว็บไซต์หลัง จากนั้นข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลจะถูก NodeJS Server เรียกข้อมูลเพื่อประมวลผลต่อไป

3.5.3 หลักการทำงานของ การสั่งเปิดหลอดไฟ

เมื่อค่าข้อมูลที่ได้ถูกทำการประมวลใน NodeJS Server แล้วจะทำการส่งค่าข้อมูลไปดำเนินการต่อที่ ESP32 DevkitV1 ทั้งนี้ ข้อมูลจะถูกประมวลผลอีกครั้งว่าเป็นการสั่งให้เปิดหลอดไฟทางด้านไหน

3.5.4 หลักการทำงานของ หน้า Web Site

การสั่งการหลอดไฟมีด้วยกัน 2 แบบ ได้แก่ แบบอัตโนมัติและแบบดำเนินการเอง เริ่มจากแบบแรก

เมื่อกล้องได้รับค่าข้อมูลจากกระบวน การกล้องแล้ว จะทำการส่งค่าข้อมูลสู่กระบวนการสั่งหลอดไฟต่อทันที ส่วนถ้าเป็นแบบหลังผู้ใช้งานต้องการกดปุ่มปิดแบบอัตโนมัติก่อนแล้วจะมีปุ่มให้ผู้ใช้งานกดเลือกเองว่าต้องการสีของหลอดไฟแบบไหนหรือปิดหลอดไฟทันที คล้ายกระบวนการของแบบแรกแต่จะไม่ผ่านกระบวนการกล้องแต่เข้าสู่กระบวนการสั่งหลอดไฟทันที

3.5.5 หลักการทำงานของการทำงานการสั่งสีหลอดไฟ

การเลือกสีของหลอดไฟตามอิริยาบถ มีกระบวนการดังนี้: เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบค่าที่ได้รับจากตัวเซิร์ฟเวอร์ NodeJS ว่าเป็น JSON File ถูกต้องตามเงื่อนไขหรือไม่ หากถูกต้องจะดำเนินการต่อ แต่ถ้าไม่ถูกต้องจะละทิ้งค่านั้นไปภายในอุปกรณ์จะมี List Standard สำหรับเก็บสถานะอิริยาบถทั้งหมด แยกเป็น Sleep (นอน), Read (อ่าน), Another (ทำอื่น), และ Close (ปิดไฟ) จากนั้นทำการแยกค่าที่ได้และประมวลผลต่อเมื่อตรวจสอบหลอดไฟว่าอยู่ทางฝั่งไหน จะทำการตรวจสอบสถานะโดยเปรียบเทียบกับ List Standard และนำค่าทั้งสองมาเปรียบเทียบกับหากเหมือนกันจะไม่ทำอะไร แต่ถ้าต่างกันจะนำค่าสถานะมาเปรียบเทียบกับ หลังจากนั้นจะทำการเปิดสีของหลอดไฟตามค่าที่ได้รับมาแล้วประมวลผลทั้งหมดเสร็จสิ้น

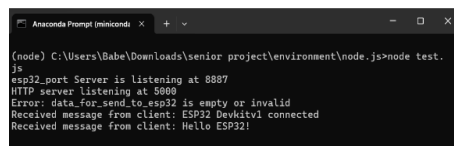
3.6 ทดสอบและปรับปรุง

ผลของการทดสอบในเบื้องต้น คือ Model ที่ทำการ Train สามารถ Classified มนุษย์ได้ว่ากำลังทำอะไรอยู่แม่นยำประมาณ 50-60 % และอุปกรณ์ทั้ง 2 ชนิด ได้แก่ Arduino ESP32 DOIT DEVKIT V1 และ ESP32 Camera + OV2640 สามารถติดต่อสื่อสารกับ Web Server เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างกันได้ และตัว Web Server ทั้ง Flask และ Node.JS ต่างสามารถที่จะติดต่อสื่อสารได้เป็นอย่างดี และในส่วนที่ต้องปรับปรุง คือ ตัว Model ที่ใช้ Predict นั้นจะต้องเพิ่ม Dataset เข้าไปให้มากขึ้นเพื่อลดการตรวจจับที่ผิดพลาดได้ดียิ่งขึ้น

4. ผลการทดลองเบื้องต้น

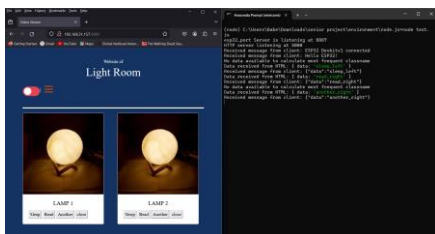
4.1 Index.ejs ที่ใช้สำหรับการเชื่อมต่อกับ Node.JS เพื่อส่งค่าไปยัง ESP32-Ddevkitv1 ในการเปิด-ปิดสีไฟ

การเชื่อมต่อกันระหว่าง Index.ejs กับ Node.JS เพื่อรับค่าที่ส่งจากหน้าเว็บในขั้นตอนนี้จะเป็นการจัดการเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นหลังจากกดปุ่มบนหน้าเว็บก็จะเกิดการส่งข้อมูลนั้นไปยัง Node.JS โดย Data received from HTML คือการแสดงผลข้อมูลที่รับค่าข้อมูลจากหน้าเว็บ และ Received message from client คือการแสดงผลว่าข้อมูลนั้นถูกส่งมาจาก Esp32-Devkitv1

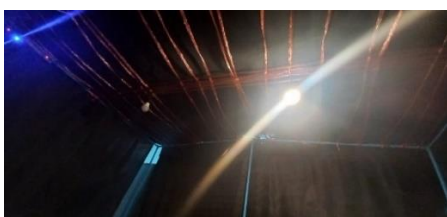


```
(node) C:\Users\Babe\Downloads\senior project\environment\node.js>node test.js
esp32_port Server is listening at 8887
HTTP server listening at 8080
Error: data_for_send_to_esp32 is empty or invalid
Received message from client: ESP32 Devkitv1 connected
Received message from client: Hello ESP32!
```

รูปที่ 5 รูปภาพ ESP32-Devkitv1 เชื่อมกับ Node.JS



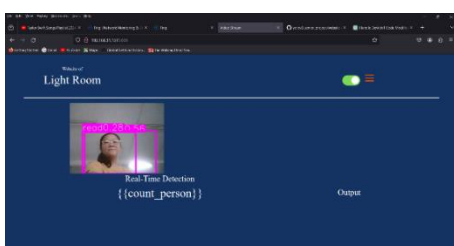
รูปที่ 6 รูปภาพแสดงผลลัพธ์



รูปที่ 7 รูปภาพแสดงผลลัพธ์ไฟ

4.2 Index.ejs สำหรับแสดงหน้า Web Site

การเชื่อมต่อกันระหว่าง Index.ejs กับ Flask เพื่อแสดงเฟรมวิดีโอที่ Predict บนหน้าเว็บ



รูปที่ 8 รูปภาพแสดงตัวอย่างการรันค่า

5. บทสรุป

5.1 ภาพรวมในการพัฒนา Project

เป็น Project ที่เกี่ยวกับเทคโนโลยี IOT ควบคู่กับการใช้ Deep Learning เพื่อตอบโจทย์การใช้ชีวิตประจำวันให้มีความสุขสบายมากยิ่งขึ้น ในส่วนของการออกแบบจะเป็นการ Detect อิริยาบถของมนุษย์ออกมา ก่อนโดยใช้การ Train Model และทำการเปิด-ปิดหลอดไฟพร้อมกับการปรับสีของแสงไฟตามการกระทำของมนุษย์ เพื่อช่วยในเรื่องการประหยัดเวลา เช่น ถ้ามนุษย์นั่งอ่านหนังสือก็ปรับเป็นแสงสำหรับการอ่านหนังสือ ถ้านอนก็ทำการปรับสีของแสงไฟเป็นสีส้มสำหรับการนอน ถ้าเป็นทำอื่นนอกเหนือจากนี้ก็จะปรับเป็นไฟสีนวลสำหรับห้องนั่งเล่น นอกเหนือจากอิริยาบถนี้ จะเป็นการปิดไฟห้องนอน

5.2 สรุปผลการดำเนินงาน

จากการ Train Model สามารถทำการ Classified มนุษย์ออกจากวัตถุอื่นได้ โดยเกิดความผิดพลาดน้อยสุด อีกทั้งสามารถทำให้อุปกรณ์ ESP32 Camera + OV2640 ส่งข้อมูลเฟรมรูปภาพที่ได้แบบเรียลไทม์ไปที่ Web Server ได้และ Web Server ก็สามารถส่งข้อความไปหา Arduino ESP32 DOIT DEVKIT V1 เพื่อแสดงว่าสามารถติดต่อกับ Web Server ได้ โดยการติดต่อกันทั้งหมดนั้นติดต่อกันโดยใช้ Wifi 2.4G ผ่าน WebSockets หรือตัว Stream ของตัวอุปกรณ์เอง

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

1. ปัญหาการ Train Model บนเครื่องคอม นั้นจะไปใช้ gpu on board บน cpu แทนจึงทำให้ช้า
2. ปัญหาเรื่องตอนทำการครอบรูปภาพที่จะเทรน ถ้ารูปที่ครอบทับซ้อนกันมาก จะทำให้ไม่สามารถใช้ไฟล์ best.pt ในการ Detect ได้
3. ปัญหาในด้านการแสดงผลบนเว็บไซต์หลังจากใช้ Flask ในการรันเพื่อให้หน้าเว็บสามารถส่งอินพุตจากผู้ไปประมวลผลได้และเก็บผลลัพธ์ได้แต่ไม่สามารถแสดงผลบนหน้าเว็บได้แม้จะทำการสร้าง Path เพื่อให้ Flask Server รู้ว่าเราจะมีการใช้ Path อื่นที่ไม่ใช่ Static ที่เป็นค่า Default
4. ปัญหาเวลารันไฟล์ Predict นานๆ บางครั้งจะเกิด Error
5. ปัญหาเรื่องสายไฟที่ใช้ในการอัปโหลดลงบอร์ดนั้นมีปัญหาทำให้ไม่สามารถอัปโหลดโค้ดได้ แต่ปัจจุบันเปลี่ยนสายไฟแล้วทำให้สามารถอัปโหลดโค้ดจากโปรแกรม Arduino IDE ได้ตามปกติ
6. ปัญหาเรื่องการเชื่อมต่อเพื่อส่งเฟรมรูปภาพจาก ESP32-CAM + OV2640 ไปที่ web serverแบบเรียลไทม์นั้นในตอนแรกไม่สามารถทำได้ แม้จะลองทำการทดลองหลายวิธี เช่น เปลี่ยนค่า 0 จากในตัวแปรจาก VideoCapture(0) เป็น VideoCapture("http://ip-camera:81/stream") หรือใช้ web socket ใน flask ก็ไม่สามารถใช้งานได้แม้จะติดตั้ง socketIO แต่สุดท้ายสามารถแก้ได้ด้วยการเปลี่ยน web server จาก Flask เป็น Node.JS และติดต่อกันด้วย web socket ก็ทำให้ทั้ง 2 อุปกรณ์ติดต่อกันได้
7. ปัญหาเรื่องของการส่ง JSON File จาก Web Server ไปยัง ESP32 DOITDEVKIT V1 ไม่สามารถ

ทำได้แม้จะติดตั้ง Library JSON แล้วทั้งใน VS Code และ ArduinoIDE

เอกสารอ้างอิง

- [1] ArduinoAll. "ESP32DOITNodeMCU ESP32 DEVKITV1ESP-32SNodeMCUESP WROOM-32 Wi-Fi and Bluetooth DualCoreESP-32ESP-32S ESP-32D." [Online]. Available: <https://www.allnewstep.com/>. 2015.
- [2] CETech. "CapacitiveFingerprintSensor/ScannerArduino Tutorial | ESP8266 DFRobot." [Online]. Available: <https://www.youtube.com/watch?v=Y87V001yMCK>. 2021.
- [3] Primusthai. "ข้อดีของการใช้รีเลย์ โมดูล(Relay Module)." [Online]. Available: <https://www.primusthai.com/primus/Knowledge/info?ID=353>. 2022.
- [4] AB-Maker. "USBTTLTUART คือ อะไร . [Online]. Available: <https://www.ab.in.th/category/29/sensormodule/usb-ttl-to-uart-rs232-rs485-obd-can-bus>. 1994.
- [5] ArduinoAll. "โมดูลเรกูเลเตอร์ LM2596 DC input voltage DC-DC step down adjustable power supply module." [Online]. Available : <https://www.allnewstep.com/product/145/>. 2015.
- [6] วุฒิพงศ์ ปัทมวิสุทธิ. "เครื่องมือวัดทาง

- ไฟฟ้าเบื้องต้น สำหรับ จป.”
[Online].Available : <https://www.ohswa.or.th/17877489/>. 2020.
- [7] Vijay Singh. “Motion Detection OpenCV Python.” [Online]. Available : <https://hackthedeveloper.com/motion-detection-opencv-python/>. 2021.
- [8] Support Thaieasyelec. “Home Alarm Systemระบบเตือนภัยภายในบ้านควบคุมโดยบอร์ด Arduino.” [Online]. Available : <https://blog.thaieasyelec.com/home-alarm-systems-control-by-arduino/>. 2023.
- [9] Andrey Germanov. “How to create YOLOv8-based object detection web service using Python, Julia, Node.js, JavaScript, Go and Rust.” [Online]. Available : <https://dev.to/andreygermanov/how-to-create-yolov8-based-object-detection-web-service-using-python-julia-nodejs-javascript-go-and-rust-4o8e/comments>. 2024.
- [10] Jakub Dobies. “simple-image-download 0.5.” [Online]. Available : <https://pypi.org/project/simple-image-download/>. 2022.
- [11] Bandyopadhyay. “A friendly guide to LabelImg [+open datasets, models, alternative tools].” [Online]. Available : <https://www.v7labs.com/blog/labelimg-guide#:~:text=LabelImg%20is%20a%20graphical%20image,September%2019%2C%202022.> 2023.
- [12] Muhammadshabrozshahab. “YOLO V8.” [Online]. Available : <https://learnopencv.com/train-yolov8-on-custom-dataset/>. 2023.
- [13] Warut. “Innovation : 5 เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) ที่ใช้บ่อยในชีวิตประจำวัน.” [Online]]. Available : <https://tedfund.Mhesi.go.th>. 2021
- [14] THAI ELECTRIC. “วิธีเลือกหลอดไฟ LED ให้เหมาะสมที่สุดกับห้องต่างๆในบ้าน.” [Online].Available : <https://www.thaielectricity.com>. 2023.
- [15] 108striplight. “ประเภทของแสงหลอดไฟ.” [Online]. Available : <http://www.108ledstriplexpert.com/Article/Detail/81670>. 2024.
- [16] Nessessence. “Deep learning คืออะไร ?.” [Online]. Available : <https://www.thaiprogrammer.org>. 2019