

Received: Apr 20, 2025

Revised: Jun 28, 2026

Accepted: Jun 29, 2026

การพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัยผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

DEVELOPMENT OF A FACE DETECTION SYSTEM FOR SUSPECT ALERT VIA CLOUD COMPUTING USING INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

จิรวินญ์ ดีเจริญชิตพงศ์¹ พลวัฒน์ ต่อดระกุล² โกเมศ ศุภักธัญญาภิ³ดุสิตา ปานสุวรรณ⁴ ลัดดา เทียนงาม⁵^{1,2,3,4,5} คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล, มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพJirawin Deecharoenchitpong¹, Ponlawat Tortrakul², Komes Supakthanyakit³,Dusita Pansuwan⁴, Ladda Tianngam⁵^{1,2,3,4,5} Faculty of Information Technology and Digital Innovation, North Bangkok University

Corresponding author: * ponlawat.to@northbkk.ac.th

บทคัดย่อ

การพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีวัตถุประสงค์ ดังนี้ 1) เพื่อพัฒนาระบบแจ้งเตือนผู้ต้องสงสัย 2) เพื่อพัฒนาระบบจัดเก็บบันทึกข้อมูลบุคคลต้องสงสัยไว้บนระบบ Cloud และ 3) เพื่อให้ระบบส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเจ้าของบ้านผ่านระบบ Line Notify หากตรวจพบบุคคลต้องสงสัย สำหรับการพัฒนาระบบนี้ มีการใช้อุปกรณ์ Raspberry Pi 3 Model B+ มาใช้สำหรับการประมวลผล รวมทั้งควบคุมระบบ และใช้กล้องเว็บแคม Full HD Auto Focus Webcam A881 สำหรับถ่ายภาพบุคคลที่ต้องสงสัย ในการทำงานของระบบตรวจจับใบหน้า ระบบจะทำการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่เข้ามาในขอบเขตพื้นที่การทำงานของระบบ และส่งภาพใบหน้าบุคคลไปยัง Raspberry Pi เพื่อประมวลผลภาพเพื่อใช้สำหรับหาบุคคลที่ต้องสงสัย สำหรับภาษาที่ใช้สำหรับพัฒนาระบบนี้ได้ใช้ภาษา Python และใช้ Thonny Python IDE เป็นเครื่องมือสำหรับการพัฒนาและเขียนชุดคำสั่งเพื่อใช้สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ

ในการประเมินประสิทธิภาพได้ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลผ่านแบบสอบถามและแบบประเมิน โดยมีกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน และผู้ใช้งานทั่วไป จำนวน 50 คน ที่อาศัยอยู่ในหมู่บ้านในชุมชนเขตสายไหม กรุงเทพมหานคร ซึ่งได้มาโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย หลังจากที่ได้พัฒนาระบบขึ้นมาเสร็จเรียบร้อยแล้ว ได้มีการประเมินประสิทธิภาพของต้นแบบ พบว่าผลการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของโมเดลมีความแม่นยำสูง โดยมีค่าความแม่นยำโดยรวม (Accuracy) เท่ากับ 98.74%, ค่าความแม่นยำในการทำนายผล (Precision) เท่ากับ 98.61% และค่าความครอบคลุมในการตรวจจับ (Recall) เท่ากับ 98.52% นอกจากนี้ ผลจากการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบจากความคิดเห็นของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.61 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.58 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก และสรุปผลทดสอบหาความพึงพอใจของกลุ่มผู้ใช้งาน ได้ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) เท่ากับ 4.57 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เท่ากับ 0.60 ซึ่งอยู่ในระดับดีมากเช่นเดียวกัน สรุปผลการหาประสิทธิภาพของต้นแบบที่ได้พัฒนาขึ้น ได้ว่าระบบมีความแม่นยำสูง มีการตอบสนองต่อการใช้งานจริง และเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของการพัฒนาระบบอย่างสมบูรณ์

คำสำคัญ : อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง, ไมโครคอนโทรลเลอร์, คลาวด์คอมพิวติ้ง

Abstract

This research presents the Development of a Face Detection System for Suspect Alert via Cloud Computing Using Internet of Things Technology (IoT). The objectives of this study were: (1) to develop a suspicious person notification system, (2) to develop a cloud-based storage system for recording suspicious person information,

and (3) to enable the system to send real-time notification messages to homeowners via Line Notify whenever a suspicious person is detected.

The proposed system was implemented using a Raspberry Pi 3 Model B+ as the central processing and control unit, together with a Full HD Auto Focus Webcam A881 for image acquisition. During system operation, facial images of individuals entering the monitoring area are captured and transmitted to the Raspberry Pi for image processing and facial recognition. The system was developed in Python, using the Thonny Python IDE as the development environment.

The system performance was evaluated through questionnaires and performance assessments involving three experts and fifty general users residing in Sai Mai District, Bangkok, selected through simple random sampling. Experimental results demonstrated that the developed facial recognition model achieved high predictive performance, with an overall accuracy of 98.74%, a precision of 98.61%, and a recall of 98.52%. Furthermore, the experts' evaluation indicated a mean score of 4.61 (S.D. = 0.58), representing a very high level of system performance. Similarly, the user satisfaction assessment yielded a mean score of 4.57 (S.D. = 0.60), also corresponding to a very high level of satisfaction. The findings indicate that the proposed system provides highly accurate facial recognition, effectively supports real-time monitoring and notification, and successfully fulfills all research objectives.

Keywords : Internet of Things, Microcontroller, Cloud Computing

บทนำ

การรักษาความปลอดภัยในปัจจุบันนิยมใช้กล้องวิดีโอวงจรปิด เพื่อใช้สำหรับการบันทึกภาพเหตุการณ์ต่าง ๆ ในบริเวณหน้าบ้าน อีกทั้งภาพที่บันทึกไว้ยังสามารถใช้เป็นหลักฐานในติดตามตัวผู้ร้ายที่กระทำความผิด ปัจจุบันกล้องวงจรปิดยังมีการพัฒนาซอฟต์แวร์บนโทรศัพท์สมาร์ทโฟนเพื่อใช้สำหรับติดตามและดูภาพเหตุการณ์ย้อนหลังได้ บางครั้งหากมีความผิดปกติเกิดขึ้น เช่น มีบุคคลที่ไม่ใช่ผู้ต้องสงสัยเดินผ่านบริเวณที่ได้ติดตั้งกล้องวงจรปิดไว้หน้าบ้าน ทำให้มีการแจ้งเตือนส่งไปยังโทรศัพท์สมาร์ทโฟน จึงทำให้เกิดปัญหาการแจ้งเตือนที่ผิดพลาด เนื่องจากบุคคลที่เดินผ่านบริเวณกล้องวงจรปิดอาจจะเป็นเจ้าของบ้าน หรือผู้ที่พักอาศัยอยู่ในบ้าน ซึ่งเหตุการณ์นี้เกิดขึ้นได้ หากมีการเปิดระบบให้แจ้งเตือนผ่านทางสมาร์ทโฟนไว้ อาจเกิดขึ้นได้ในกรณีที่มีการตรวจพบการเคลื่อนไหวไม่ว่าจะเป็นสัตว์เลี้ยงหรือคนเดินผ่านก็ตาม เมื่อมีเหตุการณ์ผิดปกติเกิดขึ้นในบริเวณบ้าน เจ้าของบ้านจะไม่สามารถรู้ได้ว่าเกิดจากอะไร เช่น ขงมีค่าสูญหาย หรือเกิดอุบัติเหตุที่ไม่คาดคิดขึ้น โดยปกติทั่วไปแล้วสำหรับบ้านที่มีกล้องวงจรปิดตั้งไว้แล้วจะต้องมาทำการเปิดภาพวิดีโอที่กล้องวงจรปิดบันทึกภาพไว้ย้อนหลัง ซึ่งจะทำให้เสียเวลา และอาจจะเกิดข้อมูลสูญหายทำให้ยากต่อการติดตาม ปัจจุบันความปลอดภัยของอาคารที่อยู่อาศัยมีความสำคัญอย่างมาก เพราะมีปัญหาเหตุการณ์ต่าง ๆ เกิดขึ้นมากมายในสังคม จากสถิติของสำนักงานตำรวจแห่งชาติ รับแจ้งรับแจ้งเหตุอาชญากรรมเกี่ยวกับทรัพย์ ปี พ.ศ. 2564 มีจำนวนคดีที่รับแจ้ง 52,331 คดี และเมื่อเปรียบเทียบกับปี 2565 มีจำนวนคดี 57,226 เพิ่มขึ้นร้อยละ 9.35 จบได้แล้ว 11,142 คดี ยังจับไม่ได้ 2,905 คดี (สำนักงานตำรวจแห่งชาติ, 2564)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้พัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและสามารถแจ้งเตือนผู้ต้องสงสัยผ่านทางระบบ Line Notify เพื่อใช้ในการตรวจสอบติดตามและเก็บข้อมูลของบุคคลต้องสงสัย รวมทั้งสามารถนำไปประยุกต์ในการแจ้งเตือนในงานด้านอื่น ๆ ได้ต่อไป

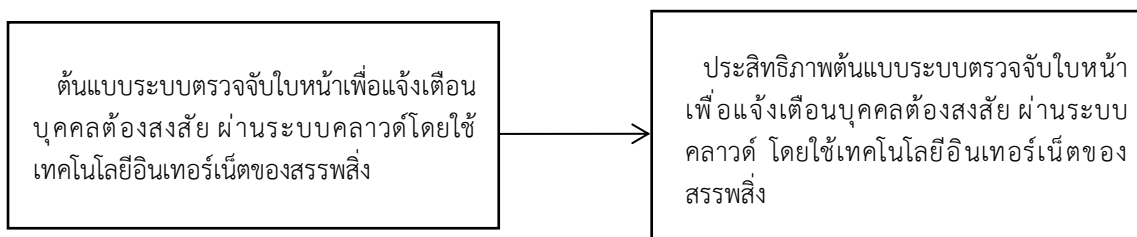
วัตถุประสงค์

1. เพื่อพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
2. เพื่อพัฒนาระบบให้สามารถจัดเก็บข้อมูลบุคคลต้องสงสัยบนระบบ Cloud
3. เพื่อให้สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังเจ้าของบ้านผ่านทาง Line Notify ได้

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ระบบสามารถตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัยผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง
2. สามารถตรวจสอบและค้นหาข้อมูลบุคคลต้องสงสัยบนระบบ Cloud
3. เจ้าของบ้านได้รับการแจ้งเตือนในกรณีมีบุคคลต้องสงสัยผ่านทางระบบ Line Notify

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. **กำหนดปัญหา (Problem Definition)** ผู้วิจัยได้ทำการค้นคว้าหาข้อมูลต่าง ๆ ตามเว็บไซต์ และการศึกษา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการติดตั้งกล้องวงจรปิด ระบบรักษาความปลอดภัยในปัจจุบัน รวมทั้งศึกษาค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและ การใช้งานของระบบรักษาความปลอดภัย ศึกษาประโยชน์ของระบบกล้องวงจรปิดการวัดประสิทธิภาพของระบบแจ้งเตือน การนำภาพจากกล้องวงจรปิดไปเปิดใช้งานภายหลัง ปัญหาอุปกรณ์และข้อบกพร่องในการบันทึกภาพ การตรวจสอบภาพ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นย้อนหลัง ปัญหาแจ้งเตือนในเวลาที่เกิดเหตุการณ์ โดยได้มีการเก็บรวบรวมปัญหาและข้อมูลเพื่อนำไป วิเคราะห์ต่อไป

2. **การวิเคราะห์ (Analysis)** จากปัญหาที่ได้กำหนดขึ้นหลังจากการที่ได้ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น ผู้วิจัยได้นำข้อมูลที่ได้ เก็บรวบรวมทั้งหมดและได้นำมาวิเคราะห์ข้อมูลเสร็จเรียบร้อยแล้ว พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นทั้งหมด ควรจะต้องมีการพัฒนา ต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้า เพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย และบันทึกภาพผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ต ของสรรพสิ่ง มาใช้เพื่อสนับสนุนด้านความปลอดภัย และมีการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการจัดเก็บข้อมูล เข้ามาเสริม ประสิทธิภาพในการทำงานของระบบเพื่อใช้เป็นพยานหลักฐานในการดำเนินคดีตามกระบวนการยุติธรรม

3. **การออกแบบ (Design)** ผู้วิจัยได้มีการเขียน Use Case Diagram และ Class Diagram และมีการใช้โปรแกรม เขียนโปรแกรมคำสั่งโดยใช้ภาษา Python

4. **การพัฒนา (Development)** ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบระบบโดยการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้งานกล้องวงจร ปิดให้มากขึ้น เพื่อพัฒนาระบบเพื่อให้กล้องวงจรปิดสามารถทำงานตามที่ได้ทำการออกแบบ โดยได้มีการใช้ Raspberry Pi และ Line Application ให้สามารถทำงานร่วมกับระบบที่ได้พัฒนาและออกให้สามารถทำงานร่วมกันได้ พัฒนาให้มีระบบการ แจ้งเตือนไปยังผู้ใช้ได้ กรณีที่เกิดเหตุการณ์ที่ไม่คาดคิดขึ้น ทำให้ผู้ใช้สามารถนำข้อมูลที่ถูกจัดเก็บบนระบบคลาวด์นำไปใช้เป็น หลักฐานประกอบในการแจ้งความเพื่อดำเนินคดีต่อไป

5. การทดสอบ (Testing) หลังจากการพัฒนา การทดสอบการทำงานของระบบว่าสามารถรองรับการใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่ โดยจะทำการทดสอบระบบเพื่อให้แน่ใจว่าระบบที่ได้พัฒนามานั้น มีความถูกต้อง และมีความสมบูรณ์

6. การติดตั้ง (Implementation) มีการนำต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัยผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง เพื่อนำไปติดตั้งและนำไปใช้ในบ้าน โดยมีการจำลองเหตุการณ์และสมมติเหตุการณ์ขึ้นมา เพื่อทดสอบระบบว่าสามารถใช้งานได้อย่างจริงตามที่ได้ออกแบบและพัฒนาขึ้นมา

7. การบำรุงรักษา (Maintenance) การบำรุงรักษาโดยการปรับปรุงให้สามารถเข้ากับเทคโนโลยีที่เปลี่ยนแปลงในอนาคต เช่น การ Update เวอร์ชันระบบปฏิบัติการ Raspbian ให้เป็นปัจจุบัน

8. จัดทำคู่มือการใช้งาน (User Manual) จัดทำคู่มือการใช้งานบนระบบ Raspbian เพื่อจะได้ใช้งานระบบอย่างมีประสิทธิภาพ สมบูรณ์เพื่อให้มีความง่ายต่อการใช้งาน และใช้สำหรับเพื่อแก้ปัญหาเบื้องต้น

การพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและบันทึกภาพโดยใช้เทคโนโลยีไอโอทีได้มีการศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องรวมทั้งเทคโนโลยีการสื่อสารและอุปกรณ์ต่าง ๆ ดังนี้

1. ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller)

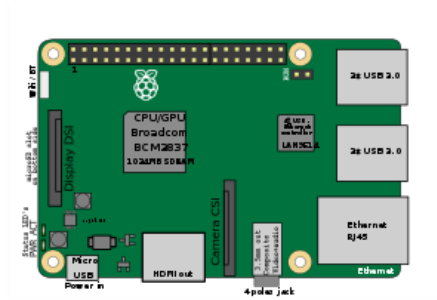
ไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) คือ อุปกรณ์ควบคุมขนาดเล็ก ซึ่งบรรจุความสามารถที่คล้ายคลึงกับระบบคอมพิวเตอร์ มีการรวมฟังก์ชันขององค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมและการประมวลผลในระบบอิเล็กทรอนิกส์ โดยในไมโครคอนโทรลเลอร์ได้รวมเอาซีพียู หน่วยความจำ และพอร์ต ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียวกัน สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบควบคุมการทำงานของเครื่องใช้ไฟฟ้าทั่วไป ระบบควบคุมการทำงานของรถยนต์ (ทันพงษ์ ภูรักษา :

โครงสร้างโดยทั่วไป ของไมโครคอนโทรลเลอร์นั้น สามารถแบ่งออกมาได้เป็นส่วนใหญ่ ๆ ดังต่อไปนี้

- ก) หน่วยประมวลผลกลางหรือซีพียู (CPU : Central Processing Unit)
- ข) หน่วยความจำ (Memory)
- ค) ส่วนติดต่อกับอุปกรณ์ภายนอก หรือพอร์ต (Port)
- ง) ช่องทางเดินของสัญญาณ หรือบัส (BUS)
- จ) วงจรกำเนิดสัญญาณนาฬิกา

2. ราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi)

เป็นชุดของขนาดเล็กคอมพิวเตอร์เครื่องเดียวที่คณะกรรมการการพัฒนาในสหราชอาณาจักรโดย Pi มูลนิธิราสเบอร์รี่ร่วมกับ Broadcom ในช่วงต้นของโครงการ Raspberry Pi มีวัตถุประสงค์เพื่อใช้สำหรับการส่งเสริมการเรียนรู้การเขียนโปรแกรมพื้นฐานวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ในโรงเรียนและในประเทศกำลังพัฒนา ต่อมาโมเดลราสเบอร์รี่พายมีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ยังได้รับความนิยมในการใช้เป็นเครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนตัวหรือโน้ตบุ๊กที่เกี่ยวข้องกับอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (IoT) ระบบควบคุมอุปกรณ์ หรือการสร้างโปรเจกต์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานทางอิเล็กทรอนิกส์และโปรแกรมมิ่งต่าง ๆ ราสเบอร์รี่พาย ใช้ Raspbian เป็นระบบปฏิบัติการที่พัฒนามาบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการ Linux และมีการปรับแต่งให้เหมาะสมกับโปรเจกต์ที่ใช้ Raspberry Pi โดยเฉพาะ Raspbian มีอินเตอร์เฟซกราฟิกที่ใช้งานง่ายและเป็นมิตรต่อผู้ใช้ มีโปรแกรมแบบกราฟิกและคำสั่งเป็นมาตรฐานของ Linux ทำให้เหมาะสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาการใช้ระบบปฏิบัติการ Linux หรือทำโปรเจกต์ที่เกี่ยวข้องกับการโปรแกรมมิ่งและอิเล็กทรอนิกส์ด้วย Raspberry Pi. (วิกิพีเดีย, 2563)



ภาพที่ 2 Raspberry Pi 3 (วิกิพีเดีย, 2563)

3. กล้องวงจรปิด Closed Circuit Television

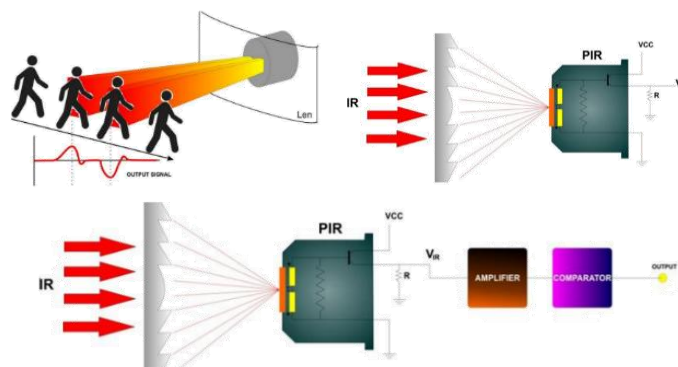
CCTV เป็นคำย่อของ “Closed Circuit Television” มีความหมายตรงตัวว่า โทรทัศน์วงจรปิด หรือเรียกระบบกล้องวงจรปิด ในการทำงานนั้นจะมีการใช้กล้องถ่ายวิดีโอแบบที่มีหลายรูปทรงติดตั้งไว้ตามจุดต่าง ๆ และส่งสัญญาณไปยังสถานที่ส่วนตัวที่ไม่เหมือนการออกอากาศทีวี เช่น ส่งภาพไปยังห้องทำงานของเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย หรือส่งภาพไปยังห้องนอนหรือห้องทำงานของเจ้าของบ้านหรือเจ้าของกิจการ (Agi, 2561)



ภาพที่ 3 กล้อง Logitech HD Webcam B525 (bestreview, 2564)

4. เซนเซอร์ (Sensor)

เซนเซอร์ (Sensor) คือ ชุดอุปกรณ์ วงจร หรือระบบที่ทำหน้าที่ตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติ หรือลักษณะของสิ่งต่าง ๆ โดยรอบวัตถุเป้าหมาย และนำข้อมูลจำนวนมาก (Big Data) ที่ได้จากการตรวจวัด เข้าสู่กระบวนการแจกแจงและวิเคราะห์พฤติกรรมของการเปลี่ยนแปลง ประมวลผลเป็นองค์ความรู้และปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence) ให้มนุษย์สามารถนำองค์ความรู้มาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพลดขั้นตอนของกระบวนการทำงาน (ชัยนรินทร์ อินทร์แก้ว และคณะ, 2560)



ภาพที่ 4 หลักการทำงานของ PIR (ชัยนรินทร์ อินทร์แก้ว และคณะ, 2560)

5. อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง (Internet of Things: IoT)

การที่อุปกรณ์ต่าง ๆ สิ่งต่าง ๆ ได้ถูกเชื่อมโยงทุกอย่างสู่โลกอินเทอร์เน็ต ทำให้มนุษย์สามารถสั่งการควบคุมการใช้งานอุปกรณ์ต่าง ๆ ผ่านทางเครือข่ายอินเทอร์เน็ต เช่น การสั่งการเปิด-ปิดไฟฟ้าภายในบ้านด้วยการเชื่อมต่ออุปกรณ์ควบคุม เช่น มือถือ ผ่านทางอินเทอร์เน็ต หรือเครื่องมือสื่อสารต่าง ๆ เครื่องมือทางการแพทย์ อาคาร บ้านเรือน เครื่องใช้ใน ชีวิตประจำวันต่าง ๆ ผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตการทำงานของ IoT นั้นต้องเรียกว่า เป็น Ecosystem เลย์ทีเดียว เพราะหากขาดส่วนใดส่วนหนึ่งไปก็จะเกิดความบกพร่องได้ ซึ่งองค์ประกอบของ IoT ปัจจุบัน ประกอบด้วย

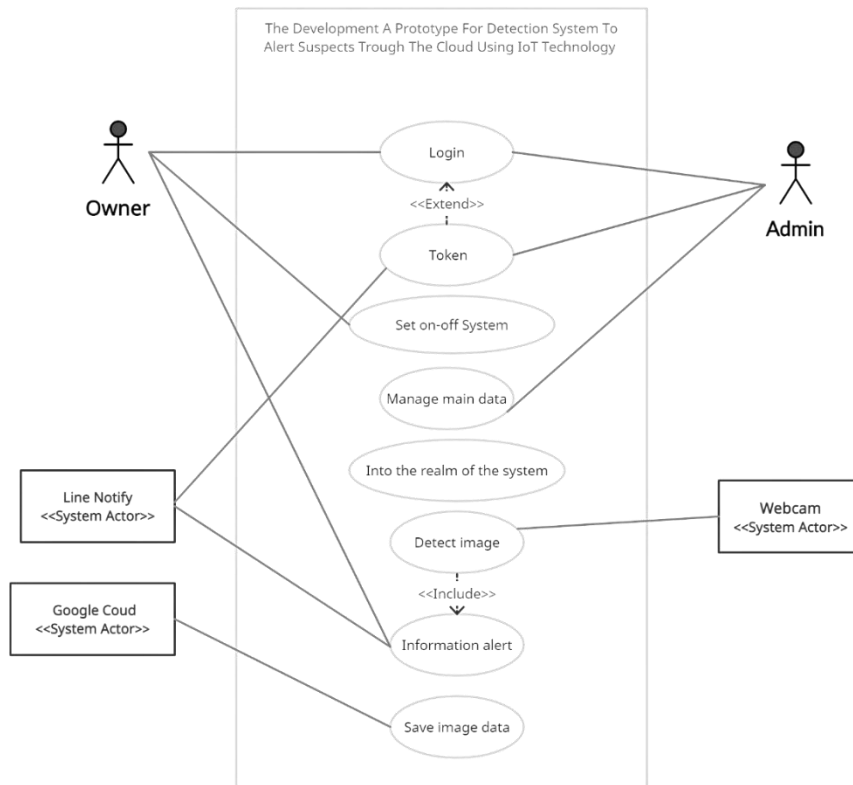
ก) Smart Device อุปกรณ์ที่มีหน้าที่เฉพาะ เป็นจุดเริ่มต้นที่ตอบโจทย์การใช้ IoT โดยจำเป็นต้องมีส่วนประกอบอย่าง Microprocessor และ Communication Device ติดตั้งอยู่ภายในเพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข้อมูลที่ Smart Device ส่งมอบไปยังระบบคลาวด์ โดยไม่เพียงแต่ข้อมูลตามหน้าที่เท่านั้น แต่ยังรวมถึงสภาพของอุปกรณ์ด้วย ผู้ใช้จึงไม่ต้องเดินทางมาตรวจสอบอุปกรณ์ด้วยตัวเองเป็นประจำ

ข) Cloud Computing หรือ Wireless Network สื่อกลางรับส่งข้อมูลจาก Smart Device ไปยังผู้ใช้ ซึ่งมีทั้งการส่งข้อมูลผ่านระบบ Wireless ไปยังผู้ใช้ เพื่อนำข้อมูลไปประมวลผลและส่งไปยังเครื่อง Server ซึ่งข้อมูลจำเป็นจะต้องจัดเก็บในรูปแบบโครงสร้างที่ดีเพื่อส่งผ่านไปยังระบบ Cloud Computer ที่สามารถรองรับการใช้งาน Smart Device จำนวนมากกว่า และระยะทางไกลกว่า รวมถึงอาจมีการติดตั้งระบบแปลงการแสดงผลข้อมูลให้เหมาะกับผู้ใช้ในส่วนนี้ได้ (Pranshu Dhingra, 2019)



ภาพที่ 5 Internet Of Thing (aisdc, 2562)

ในการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งและบันทึกภาพโดยใช้เทคโนโลยีคลาวด์ ได้มีการวิเคราะห์ระบบโดยใช้เครื่องมือวิเคราะห์ระบบเชิงวัตถุ ได้แก่ Use Case Diagram มีรายละเอียดดังภาพที่ 6

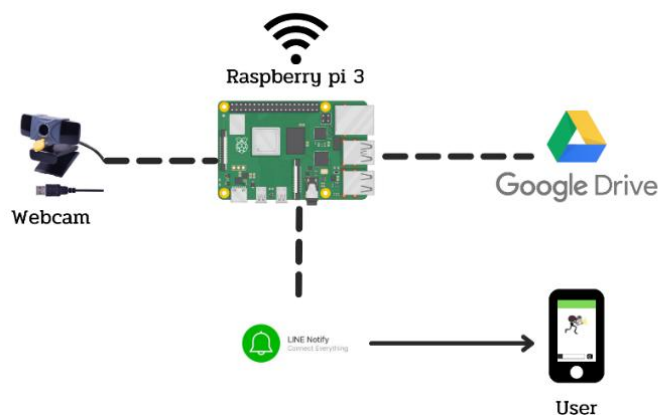


ภาพที่ 6 แสดง Use Case Diagram การพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

จากภาพที่ 6 มี Actor อยู่ภายในระบบ 2 ตัวได้แก่ Owner Admin และ Admin โดย Owner มีความสามารถดังนี้ เข้าสู่ระบบแอปพลิเคชันไลน์ และรับการแจ้งเตือนผ่านทางแอปพลิเคชัน ส่วน Admin มีความสามารถคือเข้าสู่ระบบ จัดการ Token กับแอปพลิเคชัน Line และจัดการข้อมูล ซึ่งจะต้องทำการ Login ก่อนถึงจะร้องขอ Token ได้

ระบบจะประกอบด้วย System Actor อยู่ 3 ตัว ได้แก่ Line Notify, Webcam และ Google Cloud โดย Line Notify มีความสามารถในการแจ้งเตือนไปยัง Owner ส่วน Webcam จะตรวจจับใบหน้าของผู้ต้องสงสัย และ Google Cloud จะใช้สำหรับในการบันทึกข้อมูล

การพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง มีรูปแบบแผนภาพการเชื่อมต่ออุปกรณ์ ดังต่อไปนี้



ภาพที่ 7 แสดงแผนภาพการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีไอโอที

การทดสอบความถูกต้องของระบบเพื่อประเมินประสิทธิภาพของการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีไอโอที แบ่งออกเป็นสองส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 การหาประสิทธิภาพของระบบ การทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ในการทำงานของระบบได้มีการใช้ OpenCV Haar Cascades ที่เป็นชุดข้อมูลที่บรรจุข้อมูลโมเดลที่ได้ทำการฝึกในการตรวจจับวัตถุ สำหรับการตรวจจับใบหน้า ตา หรือรอยยิ้ม โดยใช้ OpenCV ที่เป็นไฟล์ XML ประกอบด้วยข้อมูล ขนาด และตำแหน่งที่ใช้ในการตรวจจับที่เกี่ยวกับการฝึกโมเดล โดยทางผู้วิจัยได้นำมาปรับแต่งให้ระบบสามารถตรวจจับวัตถุที่ต้องการ ให้มีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำ

ชุดข้อมูลสำหรับใช้ในการสอนและทดสอบ ประกอบด้วย 4 คอลัมน์ จำนวน 5,720 แถว โดยจัดเก็บข้อมูลที่มีการจำนวนใบหน้าที่มีคุณลักษณะจำนวน 200 รายการที่แตกต่างกัน ข้อมูลใบหน้าที่ใช้สำหรับการทดสอบจำนวน 715 ใบหน้า haarcascade_frontalface_default.xml: ตรวจจับใบหน้า โดยใช้ Haar Cascade Classifier เพื่อการตรวจจับวัตถุในภาพ ขั้นตอนและวิธีการทดสอบโมเดลจะประกอบด้วยขั้นตอนต่อไปนี้:

1. การเตรียมข้อมูลสำหรับการฝึกโมเดล ในการแบ่งข้อมูลออกเป็นชุดฝึก (Training Set) และชุดทดสอบ (Testing Set) ข้อมูลจะถูกใช้สำหรับการฝึกโมเดล 80% ของข้อมูล เพื่อให้โมเดลมีความแม่นยำ

ข้อมูลที่เหลือ 20% จะถูกใช้สำหรับทดสอบความแม่นยำของโมเดล

2. การเตรียมข้อมูลสำหรับการฝึกโมเดล สำหรับชุดข้อมูลที่เตรียมไว้สำหรับการฝึกโมเดล โดยใช้เทคนิคใช้วิธี AdaBoost (Adaptive Boosting) ซึ่งเป็นวิธีการเรียนรู้แบบจำลองจำนวนหนึ่งสำหรับการปรับปรุงโมเดลที่ใช้ในการตรวจจับแบบแคสเคด (Cascade) แบบต่อเนื่อง โดยมีการแบ่งข้อมูลออกเป็นดังนี้

3. ภาพฝึกใบหน้า (Face Training Images)

1) เซ็ตของภาพฝึกที่มีใบหน้าที่ถูกป้ายกำกับและมีขนาดที่ถูกปรับให้อยู่ในขนาด 130x100 พิกเซล

2) ภาพฝึกใบหน้านี้อาจจะถูกลำเลียงเข้าในกระบวนการฝึกของ AdaBoost เพื่อสร้างตัวตรวจที่สามารถจำแนกใบหน้าให้ได้อย่างแม่นยำ

4. ภาพที่ไม่ใช่ใบหน้า (Non-Face Training Images)

1) เซ็ตของภาพที่ไม่ใช่ใบหน้าซึ่งอาจเป็นภาพต่าง ๆ ที่ไม่มีใบหน้า หรืออาจเป็นพื้นที่ที่ไม่ใช่ใบหน้าในภาพที่มีใบหน้า

2) ภาพที่ไม่ใช่ใบหน้านี้อาจจะถูกลำเลียงเข้าในกระบวนการฝึกของ AdaBoost เพื่อให้ตัวตรวจสามารถจำแนกภาพที่ไม่ใช่ใบหน้าได้อย่างถูกต้อง

โดยในกระบวนการฝึก AdaBoost จะทำการเลือกลักษณะเฉพาะ (Features Selection) และนำเข้าลักษณะเหล่านั้นเข้าในตัวอย่าง และจะปรับน้ำหนัก (Weighting) ของตัวอย่างแต่ละตัวเพื่อให้การให้ความสำคัญที่เหมาะสมต่อการฝึกตัวตรวจ ทั้งในกรณีของภาพใบหน้าและภาพที่ไม่ใช่ใบหน้า และจะฝึกตัวตรวจใหม่ โดยใช้ตัวอย่างเหล่านี้ซ้ำเพื่อสร้างตัวตรวจที่มีความแม่นยำมากขึ้นในการจำแนกภาพใหม่ และกระบวนการนี้จะทำซ้ำไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ตัวตรวจที่มีประสิทธิภาพและความแม่นยำสูงสุด

ผลการดำเนินงาน

ระบบแจ้งเตือนผู้ต้องสงสัยผ่านทางไลน์ด้วยการพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัยผ่านระบบคลาวด์โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง โดยระบบจะทำการบันทึกใบหน้าผู้ที่เข้ามาในขอบเขตการทำงานของระบบโดยอัตโนมัติ เมื่อมีผู้ต้องสงสัยเข้ามาในขอบเขตของระบบกล้องเว็บแคม ระบบจะทำการตรวจจับใบหน้าของผู้ต้องสงสัยพร้อมประมวลผลกับชุดข้อมูลการเปรียบเทียบที่มีอยู่ หากตรงกับชุดข้อมูลก็จะส่งการแจ้งเตือนไปยังไลน์ของผู้ใช้ แต่จะไม่มี การบันทึกภาพลงไปในโฟลเดอร์ และในขั้นตอนนี้จะไม่ได้มีการสำรองข้อมูลลงบน Google Drive หากข้อมูลไม่ตรงกับชุดข้อมูลที่มีอยู่ ระบบก็จะทำการส่งการแจ้งเตือนไปยังไลน์ของผู้ใช้ มีการบันทึกภาพลงไปในโฟลเดอร์ จากนั้นก็จะทำการสำรองข้อมูลลงบน Google Drive

1. ทดสอบโมเดล ในการทดสอบโมเดลจะมีการใช้ชุดข้อมูลทดสอบที่เตรียมไว้ เพื่อวัดความแม่นยำและประสิทธิภาพของโมเดล โดยมีการวัดผลลัพธ์ตามเกณฑ์ประเมินที่กำหนด

2. ปรับปรุงและประเมินโมเดล ในการทดสอบโมเดลทางผู้วิจัยได้มีการทดสอบความถูกต้องของโมเดล หากพบว่าประสิทธิภาพของโมเดลไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด จะทำการปรับค่าพารามิเตอร์และจะปรับแก้ไขโครงสร้างของโมเดลเพิ่มเติม เพื่อทำการทดสอบโมเดลใหม่ เพื่อให้แน่ใจว่าเมื่อมีการปรับปรุงแล้วมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

3. การปรับเพื่อนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมจริง โดยมีการนำระบบที่พัฒนาเสร็จแล้วนำไปติดตั้งเพื่อทำการโมเดลได้พัฒนาและปรับปรุงแล้วแล้ว โดยการทดสอบในสภาพแวดล้อมจริง ไม่ว่าจะเป็นตำแหน่งที่ติดตั้ง บริเวณที่ติดตั้งว่ามีความเหมาะสมและตรวจสอบว่ามีปัญหาอีกอาจเกิดขึ้นได้หลังจากที่ทำการติดตั้งไว้หรือไม่

เมื่อได้ทำการติดตั้งตามขั้นตอนและทดสอบโมเดลทั่วแล้ว ได้มีการปรับแต่งและการทดสอบโมเดลว่าสามารถจำแนกตามลักษณะการตรวจจับใบหน้าได้ถูกต้อง และการแจ้งเตือนว่ามีการส่งข้อมูลถูกต้องตามที่ได้ออกแบบไว้หรือไม่เพื่อให้การทำงานของระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สรุปผลการดำเนินงาน

การวิจัยนี้สรุปได้ว่า การพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัยผ่านระบบคลาวด์โดยใช้เทคโนโลยี IoT สามารถทำงานได้ตามที่ออกแบบ ระบบได้ใช้ Raspberry Pi 3 Model B+ ร่วมกับกล้อง Webcam ตรวจจับใบหน้าและประมวลผล หากตรงกับฐานข้อมูลจะส่งการแจ้งเตือนผ่าน Line Notify หากไม่ตรงจะบันทึกภาพและอัปโหลดขึ้น Google Drive เพื่อเก็บหลักฐาน ผลการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน มีค่าเฉลี่ยรวม 4.61 (S.D. 0.58) อยู่ในระดับดีมาก ด้านที่ได้ผลการประเมินสูงสุดได้แก่ ความสามารถในการออกแบบระบบ ความถูกต้องของการประมวลผล ความเหมาะสมของฮาร์ดแวร์ และการนำไปใช้จริง ส่วนผู้ใช้งานทั่วไป 50 คน มีค่าเฉลี่ยรวม 4.57 (S.D. 0.60) อยู่ในระดับดีมาก โดยพึงพอใจด้านความสะดวก ความถูกต้อง และความเหมาะสมของการเก็บและสำรองข้อมูล ผลการทดสอบความถูกต้องของระบบโดยผู้เชี่ยวชาญพบว่ามีความถูกต้องและความแม่นยำมากกว่า 93% ในทุกหัวข้อ โดยประเด็นเรื่องของการแจ้งเตือนผ่าน Line มีความถูกต้องสูงสุดที่ 98.67%

อภิปรายผล

การพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัยผ่านระบบคลาวด์โดยใช้เทคโนโลยี IoT นี้ จะทำการแจ้งเตือนในทันทีเมื่อมีบุคคลต้องสงสัย ซึ่งช่วยลดระยะเวลาในการตอบสนองและเพิ่มความแม่นยำของการตรวจจับบุคคลต้องสงสัยได้ทันที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Zhang et al., 2025) รวมทั้งการออกแบบที่ใช้อุปกรณ์ Raspberry Pi สำหรับใช้ประมวลผลยังช่วยสนับสนุนแนวทางของการประมวลผลอุปกรณ์ IoT ของเซ็นเซอร์ได้ทันทีจะทำให้ลด Latency ในการส่งข้อมูลและการส่งข้อมูลไปประมวลผลที่ศูนย์กลางซึ่งจะเป็นการช่วยความเร็วอีกทั้งยังเพิ่มความปลอดภัยในระบบ IoT ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Medich, 2021)

จากผลการประเมินของผู้ใช้และผู้เชี่ยวชาญมีผลการประเมินระบบอยู่ในระดับ ดีมาก แสดงถึงประสิทธิภาพใช้งานที่ดีและระบบที่มีความน่าเชื่อถือ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Mazhar et al. 2023) ที่มีการพัฒนาและออกแบบระบบการรักษาความปลอดภัยให้สามารถใช้งานได้ง่ายและมีการจัดเก็บข้อมูลที่เหมาะสม ขณะเดียวกัน ผลทดสอบความถูกต้องของระบบที่สูงกว่า 93% ในทุกหัวข้อ และมีผลการประเมินสูงสุดถึง 98.67% ในประเด็นเรื่องของการแจ้งเตือนผ่าน Line ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Chaichana, 2023) ที่มีการนำเทคโนโลยีการประมวลผลภาพกับการเชื่อมต่อระบบเครือข่ายที่สามารถเพิ่มความแม่นยำและความรวดเร็วในการตอบสนองของระบบเผื่อระวังได้อย่างมีประสิทธิภาพ

โดยสรุป ระบบที่พัฒนานี้มีความแม่นยำสูง ใช้งานง่าย และสามารถปรับใช้ในสถานการณ์จริงได้หลากหลาย เช่น การเฝ้าระวังพื้นที่สำคัญ การรักษาความปลอดภัยในสถานศึกษา หรือการติดตั้งในหน่วยงานต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางวิจัยล่าสุดเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ IoT ในด้านการรักษาความปลอดภัยสาธารณะ

ข้อเสนอแนะ

จากการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง ควรใช้ Raspberry Pi 4 ขึ้นไป ซึ่งมีความเร็วของการประมวลผล และหน่วยความจำที่มากกว่า จะส่งผลให้การทำงานของระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ส่วนของ Webcam ถ้าใช้ Webcam ที่สามารถหมุนกล้องตามผู้บุกรุกที่เข้ามาในขอบเขตของกล้อง ก็จะส่งผลให้ประสิทธิภาพของภาพที่ออกมาได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ผู้พัฒนาที่จะนำงานส่วนนี้ไปต่อยอดต้องคำนึงถึงด้านอุปกรณ์ หรือการออกแบบฮาร์ดแวร์อิเล็กทรอนิกส์ ให้มีความทนทานต่อการใช้งานมากยิ่งขึ้น ดังนั้น ควรคำนึงถึงต้นทุนในการทำการวิจัยในส่วนนี้ด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยความอนุเคราะห์ความช่วยเหลือจากคณาจารย์หลายท่าน ในสาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและนวัตกรรมดิจิทัล มหาวิทยาลัยนอร์ทกรุงเทพ ที่กรุณาให้ความรู้ ให้คำแนะนำ กับผู้วิจัยทางผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งใจในความอนุเคราะห์ของคณาจารย์ทุกท่านที่ให้ความช่วยเหลือตลอดมาจนคณะผู้จัดทำประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และคณะผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ด้วย

ขอขอบคุณทีมวิจัยได้แก่ คุณนครินทร์ ยิ่งยง และคุณศุภกร นุ่มสารพัฒน์ ได้ช่วยเลือกในการเก็บข้อมูลในการวิจัย และทีมติดตั้งและช่วยในการพัฒนาต้นแบบที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนช่วยปรับปรุงและแก้ไขปัญหาและข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเสียสละอย่างดียิ่ง อีกทั้งยังคอยสนับสนุน และส่งเสริมในการวิจัยนี้ พร้อมทั้งให้กำลังใจกับคณะผู้วิจัยด้วยดีมาตลอด จนทำให้ผู้วิจัยประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ และขอกราบขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญที่ได้ให้คำแนะนำสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นประโยชน์ให้กับคณะผู้วิจัยเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการแก้ไขปรับปรุงแก้ไขจนเกิดความสมบูรณ์ของการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจจับใบหน้าเพื่อแจ้งเตือนบุคคลต้องสงสัย ผ่านระบบคลาวด์ โดยใช้เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่งได้อย่างสมบูรณ์แบบ

ผู้วิจัยได้พัฒนาต้นแบบเพื่อนำไปใช้ประโยชน์ต่อไปในอนาคต จึงขอมอบส่วนดีทั้งหมดนี้ ให้แก่เหล่าคณาจารย์ ที่ได้ประสิทธิประสาทวิชาจนทำให้ผลการดำเนินงานสำเร็จลง เป็นประโยชน์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง และขอมอบความกตัญญูกตเวทิตาคุณ แก่บิดา มารดา และผู้มีพระคุณทุกท่าน รวมถึงเพื่อน ๆ พี่ ๆ ที่ให้การช่วยเหลือ สนับสนุน และให้คำแนะนำกับคณะผู้วิจัย ทั้งยังเป็นผู้ที่คอยให้กำลังใจด้วยดีเสมอมา และให้โอกาสในการศึกษาอันมีค่าให้แก่คณะผู้วิจัย ส่งผลให้การจัดทำวิจัยเรื่องนี้สำเร็จลงไปได้ด้วยดีตามวัตถุประสงค์

เอกสารอ้างอิง

- agi. (2561, 18 มิถุนายน). กล้องวงจรปิดเพื่อการป้องกันและปราบปรามอาชญากรรมในเมืองพิษณุโลก. สืบค้นจาก https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/isPDF/2561/geo_2561_032_FullPaper.pdf
- bestreview. (2563, 3 สิงหาคม). รีวิวกล้องเว็บแคม Web camera สำหรับ PC ที่ให้ภาพคมชัดที่สุดปี 2021. สืบค้นจาก <https://bestreview.asia/best-webcams-pc>
- Chaichana, K. (2023). *Design and implementation of an IoT-based surveillance system using Raspberry Pi*. ACM. <https://doi.org/10.1145/3599609.3599638>
- Mazhar, T., Shafique, M., & Khan, I. (2023). Analysis of IoT security challenges and its solutions. *Sensors*, 23(7), 3548. <https://doi.org/10.3390/s23073548>
- Medich, J. (2021, January 25). *Edge computing is about to solve the IoT's biggest problems*. Wired. Retrieved from <https://www.wired.com/story/edge-computing-iot>
- Zhang, H., Zhang, R., & Sun, J. (2025). Developing real-time IoT-based public safety alert and emergency response systems. *Scientific Reports*, 15, 29056. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-13465-7>

ชัยนรินทร์ อินทร์แก้ว, และคณะ. (2564, 3 มีนาคม). เซ็นเซอร์. สืบค้นจาก <https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-pir-motion-sensor-sensor/>

ทันพงษ์ ภูรักษ์. (2562, 2 กรกฎาคม). ความรู้เกี่ยวกับไมโครคอนโทรลเลอร์เบื้องต้น. สืบค้นจาก http://www.sbt.ac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf

ราสเบอร์รี่ พาย. (2563, 5 กุมภาพันธ์). ไมโครคอนโทรลเลอร์. สืบค้นจาก <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/>

สำนักงานตำรวจแห่งชาติ. (2564, 8 สิงหาคม). รับแจ้งเหตุความผิดเกี่ยวกับทรัพย์. สืบค้นจาก <https://www.thaipoliceonline.com>

Translated Thai References

agi. (2018, June 18). *Closed-circuit television (CCTV) for crime prevention and suppression in Phitsanulok City*. https://www.agi.nu.ac.th/nred/Document/isPDF/2561/geo_2561_032_FullPaper.pdf

BestReview. (2020, August 3). *Review of the best web cameras for PC with the sharpest image quality in 2021*. <https://bestreview.asia/best-webcams-pc>

Inkaew, C., et al. (2021, March 3). *Sensor*. ThaiEasyElec Blog. <https://blog.thaieasyelec.com/getting-started-pir-motion-sensor-sensor/>

Phurak, T. (2019, July 2). *Basic knowledge of microcontrollers*. http://www.sbtac.th/new/sites/default/files/TNP_Unit_1.pdf

Raspberry Pi. (2020, February 5). *Microcontrollers*. <https://www.raspberrypi.com/documentation/microcontrollers/>

Royal Thai Police. (2021, August 8). *Reporting property-related offenses*. <https://www.thaipoliceonline.com>