

รูปแบบแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะตรวจจับบุคคลด้วยเทคโนโลยีรู้จำใบหน้า ในงานรักษาความปลอดภัยภายในสถานศึกษา

ไตรเบศร์ บุนนาค^{1*}, สุรชาติ บัวชุม^{1*} และลัณกร มุกดาสนิท¹

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีธุรกิจดิจิทัล คณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

*6651600014@chandra.ac.th, *surachart.b@chandra.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบพัฒนาและประเมินประสิทธิภาพแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะสำหรับงานรักษาความปลอดภัยในสถานศึกษา โดยใช้เทคโนโลยีรู้จำใบหน้า (Face Recognition) และเสริมฟังก์ชันการสรุปจำนวนบุคลากรในช่วงเวลาที่กำหนด รวมถึงการตรวจจับและบันทึกข้อมูลเบื้องต้นของบุคคลที่ไม่อยู่ในระบบ งานวิจัยดำเนินการภายใต้แนวทางการวิจัยและพัฒนา (R&D Research) โดยเน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่เดิมและควบคุมต้นทุนการลงทุน ผลการประเมินประสิทธิภาพในภาพรวมพบว่า ระบบมีความแม่นยำในการตรวจจับใบหน้า 91.4% ความรวดเร็วในการแจ้งเตือนภายใน 2-3 วินาทีต่อเหตุการณ์ ความสามารถในการสรุปจำนวนบุคลากรมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่เกิน 5% และความถูกต้องในการบันทึกข้อมูลบุคคลแปลกหน้าอยู่ที่ 88% นอกจากนี้ ความพึงพอใจของผู้ใช้อยู่ในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.41 จาก 5) งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการรักษาความปลอดภัยภายในสถานศึกษาอย่างมีนัยสำคัญ เครื่องมือวิจัยที่ใช้ ได้แก่ ระบบกล้องอัจฉริยะร่วมกับซอฟต์แวร์ i-PRO Configuration Tool และ VI Monitor โดยใช้กล้อง i-PRO WV-S2136L ทำการเก็บข้อมูลใบหน้าของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน เพื่อประเมินค่าความแม่นยำในการรู้จำใบหน้าและทดสอบระบบในสถานการณ์จริงในบริเวณคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

คำสำคัญ: กล้องอัจฉริยะ เทคโนโลยีรู้จำใบหน้า ความปลอดภัย การตรวจจับบุคคล ระบบวิเคราะห์บุคคล

Smart camera platform model detects people with facial recognition technology in security work in educational institutions

Traibet Bunnak^{1*}, Surachart Buachum^{1*} and Lawankorn Mookdarsanit¹

¹Digital Business Technology, Faculty of Management Science, Chandrakasem Rajabhat University

*6651600014@chandra.ac.th, *surachart.b@chandra.ac.th

Abstract

This research aims to design, develop, and evaluate the efficiency of an intelligent camera platform for security work in educational institutions using face recognition technology. The research tools include an AI-powered smart camera integrated with i-PRO Configuration Tool and VI Monitor. The prototype was tested with a sample group of 50 individuals to evaluate face recognition accuracy and real-world performance. The system achieved 91.4% accuracy in face recognition, detected unknown individuals within 2–3 seconds, and summarized personnel counts with a deviation under 5%. The user satisfaction level was high (mean = 4.41 out of 5). This research demonstrates the application of AI-based facial recognition technology to enhance campus security significantly.

Keywords: Smart Camera, Face Recognition Technology, Security, Person Detection, People Analysis System

1. บทนำ

ในยุคปัจจุบัน สถานศึกษาทุกระดับต้องเผชิญกับความท้าทายด้านความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการควบคุมการเข้า-ออกพื้นที่ การตรวจสอบบุคคลภายนอก และการตอบสนองต่อเหตุการณ์ผิดปกติที่อาจส่งผลกระทบต่อชีวิตและทรัพย์สินของนักศึกษา อาจารย์ และบุคลากร การนำเทคโนโลยีดิจิทัลมาใช้จึงเป็นทางเลือกสำคัญในการเสริมสร้างระบบรักษาความปลอดภัยให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น โดยเฉพาะเทคโนโลยีรู้จำใบหน้า (Face Recognition Technology) ที่ทำงานร่วมกับกล้องวงจรปิดอัจฉริยะ (AI Camera) ซึ่งสามารถตรวจจับ ระบุตัวตน และแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ได้อย่างแม่นยำ ลดการพึ่งพาการเฝ้าระวังโดยเจ้าหน้าที่เพียงลำพัง

จากแนวโน้มการใช้งานระบบกล้องอัจฉริยะในบริบทต่าง ๆ เช่น สนามบิน โรงพยาบาล และสถานที่ราชการ พบว่าการวิเคราะห์ภาพแบบ Edge AI และ Video Analytics สามารถช่วยลดภาระของระบบเครือข่าย และเพิ่มความเร็วในการประมวลผลได้อย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตาม การออกแบบระบบรักษาความปลอดภัยในบริบทของสถานศึกษายังต้องคำนึงถึงข้อจำกัดด้านงบประมาณ บุคลากร และการปกป้องข้อมูลส่วนบุคคล การเลือกใช้เทคโนโลยีฮาร์ดแวร์-ซอฟต์แวร์ที่เหมาะสมจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะที่สามารถตรวจจับบุคคลด้วยเทคโนโลยีรู้จำใบหน้าอย่างแม่นยำ พร้อมความสามารถในการจำแนกประเภทบุคคล นับจำนวน และแจ้งเตือนเมื่อพบผู้ที่ไม่อยู่ในระบบ โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ควบคู่กับการประเมินประสิทธิภาพของระบบต้นแบบใน

สภาพแวดล้อมจริง เพื่อพัฒนาแนวทางในการยกระดับความปลอดภัยภายในสถานศึกษาให้ตอบโจทย์ยุคดิจิทัลอย่างมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1) เพื่อออกแบบและพัฒนาแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะสำหรับตรวจจับและระบุตัวบุคคลด้วยเทคโนโลยีรู้จำใบหน้าในบริบทของสถานศึกษา
- 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น ทั้งในด้านความแม่นยำในการตรวจจับ ความรวดเร็วในการแจ้งเตือน และความพึงพอใจของผู้ใช้งาน

3. ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นการพัฒนาและประเมินผลแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะที่มีความสามารถในการตรวจจับ วิเคราะห์ และจัดการข้อมูลใบหน้าโดยใช้เทคโนโลยีรู้จำใบหน้า (Face Recognition Technology) สำหรับการเสริมสร้างความปลอดภัยในสถานศึกษา โดยกำหนดขอบเขตไว้ ดังนี้

ขอบเขตด้านเนื้อหา

- 1) การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) ระบบสามารถตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่ปรากฏในมุมมองของกล้องได้แบบเรียลไทม์ โดยอาศัยเทคนิคปัญญาประดิษฐ์ (AI) เพื่อวิเคราะห์ภาพและระบุตำแหน่งใบหน้าอย่างแม่นยำ ทั้งในสภาพแสงปกติและแสงน้อย
- 2) การนับจำนวนบุคคล (People Counting) ระบบมีความสามารถในการนับจำนวนบุคคลที่เคลื่อนผ่านกล้องในช่วงเวลาต่าง ๆ เพื่อวิเคราะห์ความหนาแน่นของบุคลากรในพื้นที่ เช่น ทางเข้าอาคารหรือพื้นที่เฉพาะ ซึ่งเป็นข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการจัดการความปลอดภัยและการบริหารพื้นที่
- 3) การจัดเก็บข้อมูลใบหน้า (Face Data Storage) ข้อมูลใบหน้าที่ตรวจพบจะถูกจัดเก็บในรูปแบบ Snapshot พร้อมระบุวัน-เวลา และตำแหน่งกล้องที่ตรวจจับ โดยระบบจัดการข้อมูลจะคำนึงถึงความปลอดภัยและความเป็นส่วนตัวตามหลัก Data Privacy
- 4) การจำแนกประเภทบุคคล (Face Classification) ระบบสามารถจำแนกใบหน้าออกเป็นกลุ่ม เช่น นักศึกษา อาจารย์ เจ้าหน้าที่ หรือบุคคลภายนอก โดยอาศัย Machine Learning เพื่อช่วยในการควบคุมสิทธิ์การเข้า-ออกพื้นที่ และแจ้งเตือนกรณีพบบุคคลที่ไม่ใช่ผู้มีสิทธิ์
- 5) การรู้จำและจับคู่ใบหน้า (Face Recognition and Matching) ระบบจะทำการเปรียบเทียบใบหน้าที่ตรวจพบกับฐานข้อมูลภายใน เพื่อยืนยันตัวตนของบุคคลที่ได้รับอนุญาต ซึ่งเป็นฟังก์ชันสำคัญในการควบคุมการเข้า-ออกของบุคลากรอย่างปลอดภัย
- 6) การวิเคราะห์ลักษณะการแต่งกายเบื้องต้น (Clothing Detection – Optional)
เพื่อเสริมความสามารถในการจำแนกบุคคล ระบบสามารถตรวจสอบลักษณะการแต่งกาย เช่น สีของเสื้อผ้า การสวมเครื่องแบบ หรือการแต่งกายผิดปกติ ซึ่งอาจใช้เป็นเงื่อนไขร่วมในการประเมินความปลอดภัยของบุคคลที่ปรากฏในพื้นที่

ขอบเขตด้านการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบส่วนหลัง (Back-end) และระบบส่วนหน้า (Front-end) ที่ทำงานร่วมกันอย่างบูรณาการเพื่อรองรับการตรวจจับ วิเคราะห์ และจัดการข้อมูลบุคคลภายในสถานศึกษา

1) ระบบ Back-end ประกอบด้วยการเชื่อมต่อกล้องอัจฉริยะ i-PRO กับซอฟต์แวร์ i-PRO Configuration Tool เพื่อกำหนดค่าการตรวจจับใบหน้าแบบเรียลไทม์ ระบบสามารถจัดเก็บภาพใบหน้าพร้อมวัน-เวลาและตำแหน่งกล้องลงในฐานข้อมูล SQLite/MySQL และรองรับการเปรียบเทียบข้อมูลกับฐานข้อมูลบุคคลภายใน โดยใช้ VI Monitor เป็นตัวกลางในการบริหารจัดการภาพ การแสดงผล และการแจ้งเตือนอัตโนมัติเมื่อตรวจพบบุคคลที่ไม่อยู่ในระบบ

2) ระบบ Front-end เน้นฟังก์ชันการค้นหา ตรวจสอบ และเรียกดูข้อมูลบุคคลผ่านภาพใบหน้าที่จับได้จากกล้อง AI โดยผู้ใช้งานสามารถค้นหาบุคคลย้อนหลัง ตรวจสอบประวัติการเข้า-ออก และรับการแจ้งเตือนแบบทันทีเมื่อพบบุคคลที่ไม่ตรงกับฐานข้อมูล ระบบแสดงข้อมูลผู้ใช้งานผ่านอินเทอร์เฟซ VI Monitor ที่ใช้งานได้ง่าย รองรับการจัดกลุ่มสิทธิ์ผู้ใช้งาน เช่น เจ้าหน้าที่ไอที เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย และผู้บริหารสถานศึกษา โดยจัดเก็บภาพไว้เพื่อใช้ตรวจสอบภายหลังและการใช้งานของแต่ละฟังก์ชันของผู้ใช้งานแบ่งออกตาม ตารางที่ 1

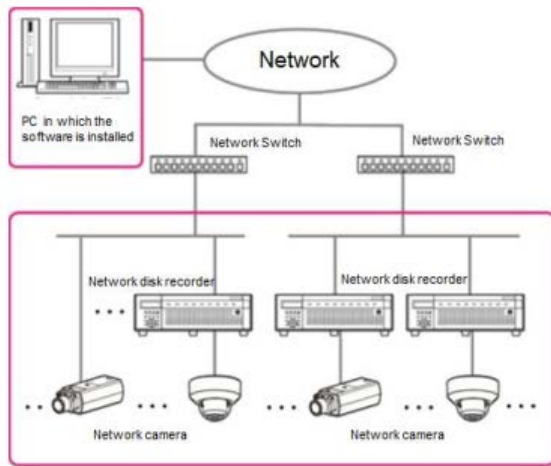
ตารางที่ 1 กลุ่มผู้ใช้งานและฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง

กลุ่มผู้ใช้งาน	หน้าที่และการใช้งาน	ฟังก์ชันที่เกี่ยวข้อง
1. เจ้าหน้าที่ไอที	- ดูแลระบบฐานข้อมูลใบหน้า - ตั้งค่าการตรวจจับและการแจ้งเตือน - เพิ่ม/ลบบุคคลจากระบบ	- การบริหารฐานข้อมูลใบหน้า - การตั้งค่าการแจ้งเตือน - ตรวจสอบประวัติบุคคลที่ไม่รู้จัก
2. เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย	- เผื่อระวังภาพกล้องแบบเรียลไทม์ - ตรวจสอบการแจ้งเตือน - ติดตามความเคลื่อนไหวของบุคคลที่ไม่รู้จัก	- รับการแจ้งเตือนทันที - ตรวจสอบภาพย้อนหลัง - แจ้งผู้บริหารหรือประสานงานหน่วยงาน
3. ผู้บริหารสถานศึกษา	- รับรายงานประจำวัน/สัปดาห์เกี่ยวกับเหตุการณ์ - ตัดสินใจในการปรับนโยบายความปลอดภัย	- เข้าถึงสถิติการตรวจพบ - รับรายงานการแจ้งเตือน - ตรวจสอบภาพรวมระบบ

ขอบเขตด้านเครื่องมือที่ใช้พัฒนา

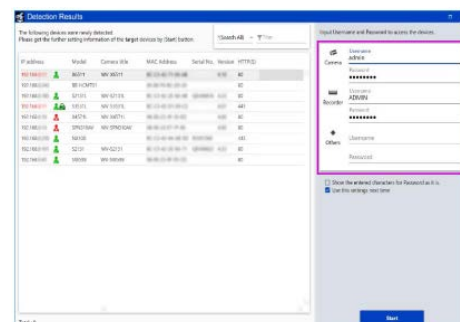
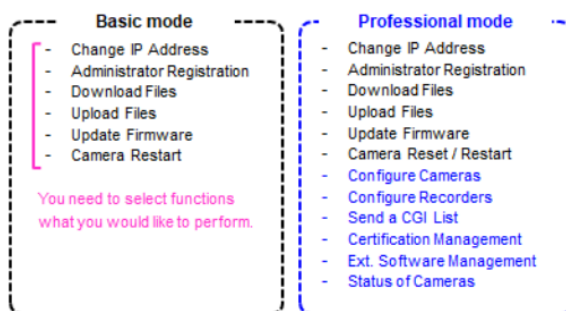
การพัฒนาแบบแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะในงานวิจัยนี้อาศัยการผสมผสานการทำงานระหว่างฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์เฉพาะทางที่รองรับเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ เพื่อให้สามารถตรวจจับ วิเคราะห์ และจัดการข้อมูลใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนี้

- 1) ด้านฮาร์ดแวร์ ใช้กล้องอัจฉริยะ i-PRO รุ่น WV-S2136L ซึ่งรองรับ Edge AI ในตัว สามารถตรวจจับใบหน้า นับจำนวน และจำแนกบุคคลได้แบบเรียลไทม์ โดยไม่ต้องพึ่งพาการประมวลผลจากคอมพิวเตอร์แม่ข่ายกลาง ช่วยลดภาระของเครือข่ายและเพิ่มความเร็วในการประมวลผล



ภาพที่ 1 แผนผังการกำหนดค่าระบบ และ กล้องอัจฉริยะ i-PRO รุ่น WV-S2136L

- ด้านซอฟต์แวร์ ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก ได้แก่ i-PRO Configuration Tool สำหรับกำหนดค่าการทำงานของกล้อง เช่น การตั้งค่าการตรวจจับใบหน้า การกำหนดพื้นที่ที่ตรวจจับ และการเชื่อมต่อระบบเครือข่าย อีกส่วน คือ โปรแกรม VI Monitor ทำหน้าที่แสดงภาพจากกล้องแบบเรียลไทม์ จัดเก็บภาพใบหน้า ตรวจสอบการเข้า-ออกของบุคคล ค้นหาข้อมูลย้อนหลัง และแจ้งเตือนกรณีพบผู้ที่ไม่อยู่ในระบบ โดยผู้วิจัยได้ทำการตั้งค่าและปรับแต่งโมดูลการรู้จำใบหน้า รวมถึงพัฒนาและทดลองการใช้งานระบบฐานข้อมูล การเชื่อมโยงระบบการแจ้งเตือนอัตโนมัติ และการประเมินประสิทธิภาพในสถานการณ์จริง



ภาพที่ 2 โหมดการทำงานของซอฟต์แวร์ i-PRO Configuration Tool และ โปรแกรม i-PRO Configuration Tool

ขอบเขตประชากรและกลุ่มทดลอง

ในการประเมินผลระบบแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้น ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มประชากรทดลองที่มีความเกี่ยวข้องกับระบบรักษาความปลอดภัยในบริบทของสถานศึกษา โดยจำแนกเป็น 3 กลุ่มหลัก จำนวน 30 คน เพื่อสร้างฐานข้อมูลเริ่มต้นสำหรับการทดสอบรู้จำใบหน้า โดยภาพใบหน้าที่จัดเก็บในฐานข้อมูลจะมีความละเอียดมาตรฐานที่ 1080x1080 พิกเซล เพื่อให้มั่นใจว่ามีรายละเอียดเพียงพอสำหรับการวิเคราะห์ของ AI

ได้แก่

- ผู้บริหารและเจ้าหน้าที่ IT ซึ่งมีบทบาทสำคัญในการบริหารจัดการระบบและโครงสร้างพื้นฐานด้านเทคโนโลยีของคณะ 5 คน
- เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย ซึ่งเป็นผู้ใช้งานระบบโดยตรงในการตรวจสอบการเข้า-ออกและเฝ้าระวังบุคคลในพื้นที่ 5 คน

3) นักศึกษา ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักที่ระบบใช้ในการตรวจจับและวิเคราะห์ข้อมูลใบหน้าในชีวิตประจำวัน 20 คน กลุ่มทดลองทั้ง 3 กลุ่มนี้มีบทบาทครอบคลุมทั้งด้านการใช้งานจริง (operation) การจัดการระบบ (administration) และการเป็นกลุ่มตัวอย่างในการประเมินความแม่นยำของระบบ ทั้งนี้ ข้อมูลจากกลุ่มทดลองยังถูกนำมาใช้ในการประเมินระดับความพึงพอใจ และการทดสอบการทำงานของระบบในสถานการณ์จริง เพื่อให้ผลการวิจัยสะท้อนประสิทธิภาพของระบบอย่างรอบด้านและสอดคล้องกับการใช้งานจริงภายในสถานศึกษา

ขอบเขตด้านสถานที่

พื้นที่ดำเนินการวิจัยและติดตั้งระบบต้นแบบ คือ บริเวณทางเข้าอาคารคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม ซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีการเข้า-ออกของนักศึกษาและบุคลากรอย่างต่อเนื่อง โดยเหมาะสมกับการทดลองใช้งานระบบกล้องอัจฉริยะในบริบทจริง ทั้งในด้านการตรวจจับบุคคล การวิเคราะห์พฤติกรรมการเคลื่อนไหว และการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ โดยที่ พื้นที่ดังกล่าวได้รับการคัดเลือกโดยพิจารณาจากความเหมาะสมของโครงสร้างอาคาร ทิศทางการเคลื่อนที่ของผู้ใช้งาน และความสามารถในการติดตั้งกล้องให้ครอบคลุมมุมมองที่จำเป็นสำหรับการวิเคราะห์เชิงเทคนิคและการทดสอบระบบอย่างมีประสิทธิภาพ

4. การทบทวนวรรณกรรม

การพัฒนาแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะที่สามารถตรวจจับบุคคลด้วยเทคโนโลยีรู้จำใบหน้าในงานรักษาความปลอดภัยภายในสถานศึกษา จำเป็นต้องอาศัยความเข้าใจเชิงลึกเกี่ยวกับองค์ประกอบด้านเทคโนโลยี ประสิทธิภาพของระบบ และแนวทางการออกแบบที่เหมาะสมกับบริบทของการใช้งานจริง โดยเฉพาะในสภาพแวดล้อมของสถานศึกษาที่มีข้อจำกัดทั้งด้านงบประมาณ บุคลากร และความจำเป็นในการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคล การทบทวนวรรณกรรมในส่วนนี้จึงมุ่งเน้นการรวบรวมองค์ความรู้จากงานวิจัยและแนวปฏิบัติที่เกี่ยวข้องใน 5 ประเด็นสำคัญ ได้แก่ เทคโนโลยีรู้จำใบหน้าและโมเดลขั้นสูง ระบบกล้องอัจฉริยะและ Edge AI การประยุกต์ใช้ในบริบทสถานศึกษา ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ และแนวทางการออกแบบแพลตฟอร์มเพื่อการใช้งานที่มีประสิทธิภาพและปลอดภัย

เทคโนโลยีรู้จำใบหน้าและการพัฒนาโมเดลขั้นสูง

เทคโนโลยีรู้จำใบหน้า (Face Recognition Technology: FRT) ได้พัฒนาอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบลึก (Deep Convolutional Neural Networks) ในการแยกแยะลักษณะใบหน้าอย่างแม่นยำ โมเดลสำคัญที่ได้รับความนิยม เช่น VGG-Face (Parkhi et al., 2015)[8], FaceNet (Schroff et al., 2015)[9] และ ArcFace (Deng et al., 2019)[2] ล้วนสามารถเพิ่มความแม่นยำของระบบรู้จำใบหน้าได้อย่างมีนัยสำคัญ แม้ในสภาพแวดล้อมที่มีมุมกล้องหรือแสงที่ไม่สม่ำเสมอ งานวิจัยฉบับนี้ได้นำแนวคิดดังกล่าวมาใช้เป็นฐานในการพัฒนาโมดูลรู้จำใบหน้า เพื่อยกระดับความแม่นยำของระบบรักษาความปลอดภัยในสถานศึกษาให้ตอบสนองต่อบริบทจริงได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในงานวิจัยนี้ ได้นำแนวคิดจากโมเดลเหล่านี้มาใช้ในการตั้งค่าโมดูลการเรียนรู้ของกล้อง AI เพื่อให้ระบบสามารถจดจำใบหน้าได้แม่นยำ ภายใต้สภาพแวดล้อมของสถานศึกษาไทย

ระบบกล้องอัจฉริยะและการวิเคราะห์วิดีโอด้วย Edge AI

ในยุคของการขับเคลื่อนเมืองอัจฉริยะ ระบบกล้องอัจฉริยะ (Smart CCTV) ที่ใช้เทคโนโลยี Edge AI และ Video Analytics มีบทบาทสำคัญในการตรวจจับ ตรวจสอบ และวิเคราะห์ข้อมูลแบบเรียลไทม์โดยไม่พึ่งเซิร์ฟเวอร์ส่วนกลาง การทำงานแบบ Edge ช่วยลดภาระของระบบเครือข่ายและเพิ่มความเร็วในการประมวลผล (Li et al., 2023; Nguyen et al., 2020)[6] ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้กล้อง AI รุ่น i-PRO ที่มีความสามารถในการประมวลผลข้อมูลภาพในตัวกล้อง ร่วมกับ

ซอฟต์แวร์ที่รองรับการวิเคราะห์ภาพได้ทันที ช่วยให้การตรวจจับใบหน้าและบุคคลแปลกหน้าเกิดขึ้นอย่างแม่นยำและรวดเร็ว
ในบริบทสถานศึกษา

ประโยชน์และข้อพึงระวังในการใช้เทคโนโลยีรู้จำใบหน้าในสถานศึกษา

การนำเทคโนโลยีรู้จำใบหน้ามาใช้ในสถานศึกษาให้ผลลัพธ์ที่น่าสนใจในด้านการลดภาระงานของเจ้าหน้าที่และเพิ่มความปลอดภัย (Zhao et al., 2022)[12] อย่างไรก็ตาม การประยุกต์ใช้ในพื้นที่ที่มีความอ่อนไหว เช่น โรงเรียน จำเป็นต้องพิจารณาประเด็นด้านจริยธรรมและการคุ้มครองข้อมูลส่วนบุคคลอย่างรอบคอบ (Liu et al., 2021; European Commission, 2021)[5]งานวิจัยนี้จึงออกแบบระบบให้สามารถเก็บข้อมูลภาพได้อย่างเป็นระบบและปลอดภัย พร้อมทั้งรองรับแนวทางการจัดเก็บข้อมูลแบบไม่ละเมิดสิทธิส่วนบุคคล โดยอิงแนวทางจาก GDPR และแนวปฏิบัติในสหภาพยุโรป

ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบรู้จำใบหน้าที่สภาพแวดล้อมจริง รวมถึงคุณสมบัติของกล้อง เช่น ความละเอียดของภาพ (2MP), frame rate ที่ 30fps และการควบคุมแสงในพื้นที่ติดตั้ง ซึ่งมีผลต่อความแม่นยำของระบบ โดยมีการควบคุมแสงด้วยการเลือกจุดติดตั้ง ที่มีแสงธรรมชาติเพียงพอและไม่ย้อนแสง เพื่อให้ระบบทำงานได้อย่างเสถียร

การใช้งานเทคโนโลยีรู้จำใบหน้าที่สภาพแวดล้อมจริง เช่น โรงเรียนในประเทศไทย ต้องเผชิญกับปัจจัยแวดล้อมหลายประการ เช่น สภาพแสง มุมกล้อง ความหลากหลายทางกายภาพของบุคคล และการสวมหน้ากากอนามัย ซึ่งล้วนส่งผลต่อความแม่นยำของระบบ (Adjabi et al., 2020)[1] แนวทางที่มีประสิทธิภาพ เช่น การฝึกโมเดลด้วยข้อมูลที่หลากหลาย การใช้เทคโนโลยี 3D หรือการปรับแต่งระบบให้สอดคล้องกับบริบทเฉพาะล้วนเป็นองค์ประกอบสำคัญ งานวิจัยฉบับนี้จึงให้ความสำคัญกับการตั้งค่ากล้อง การเลือกมุมมอง และการทดสอบในสถานการณ์จริง เพื่อให้ระบบมีความแม่นยำสูงสุดในสภาพแวดล้อมของสถานศึกษาไทย

การออกแบบแพลตฟอร์มและการบูรณาการระบบตรวจจับบุคคล

การออกแบบแพลตฟอร์มตรวจจับบุคคลในบริบทจริงต้องผสมผสานองค์ประกอบหลากหลาย ทั้งฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ อินเทอร์เน็ตเพชผู้ใช้ ระบบฐานข้อมูล และระบบแจ้งเตือน Tan et al. (2021)[10] ชี้ให้เห็นว่าประสบการณ์ผู้ใช้ (UX) ที่ดีเป็นปัจจัยสำคัญในการยอมรับและใช้งานระบบอย่างต่อเนื่อง ขณะที่ OpenCV และระบบแจ้งเตือนเช่น LINE Notify สามารถเสริมศักยภาพการติดตามและวิเคราะห์ข้อมูลได้อย่างครอบคลุม งานวิจัยนี้จึงออกแบบให้ระบบสามารถบริหารจัดการข้อมูลผู้ใช้ แสดงภาพและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ พร้อมรองรับการขยายระบบในอนาคตได้อย่างยืดหยุ่นและยั่งยืน

งานวิจัยนี้จึงออกแบบให้ระบบสามารถบริหารจัดการข้อมูลผู้ใช้ แสดงภาพและแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์ พร้อมรองรับการขยายระบบในอนาคตได้อย่างยืดหยุ่นและยั่งยืน ซึ่งการเปรียบเทียบประเด็นสำคัญจากวรรณกรรมกับงานวิจัยฉบับนี้ได้สรุปไว้ในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยก่อนหน้า

ประเด็นการทบทวนวรรณกรรม	สาระสำคัญจากวรรณกรรม	ความเชื่อมโยงกับงานวิจัย
เทคโนโลยีรู้จำใบหน้าและโมเดลขั้นสูง	VGG-Face, FaceNet, ArcFace ใช้ Deep Learning เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกใบหน้าที่สภาพแวดล้อมต่าง ๆ	ใช้เป็นฐานแนวคิดในการเลือกและพัฒนาโมเดลรู้จำใบหน้าของกล้อง AI
ระบบกล้องอัจฉริยะและ Edge AI	การวิเคราะห์ภาพผ่านกล้องอัจฉริยะแบบ Edge ช่วยลดภาระเครือข่ายและตอบสนองแบบเรียลไทม์ (Li et al., 2023; Nguyen et al., 2020)[6]	พัฒนาระบบด้วยกล้อง i-PRO ที่รองรับ Edge AI และเชื่อมต่อกับ VI Monitor เพื่อการแจ้งเตือนทันที

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบระหว่างงานวิจัยก่อนหน้า (ต่อ)

ประเด็นการทบทวนวรรณกรรม	สาระสำคัญจากวรรณกรรม	ความเชื่อมโยงกับงานวิจัย
การใช้เทคโนโลยีรู้จำใบหน้าในสถานศึกษา	มีข้อดีในด้านความปลอดภัย แต่ต้องคำนึงถึงความเป็นส่วนตัวและจริยธรรม (Zhao et al., 2022; European Commission, 2021)[12]	ระบบถูกออกแบบให้เก็บข้อมูลอย่างเป็นระบบ พร้อมแนวปฏิบัติด้าน Data Privacy
ปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ	ความแม่นยำลดลงจากแสง มุมกล้อง และการแต่งกาย (Adjabi et al., 2020)[1] แนะนำการฝึกด้วยข้อมูลหลากหลายและปรับมุมกล้อง	ผู้วิจัยกำหนดตำแหน่งกล้องและค่าการทำงานให้เหมาะสมกับบริบทสถานศึกษาไทย
การออกแบบแพลตฟอร์มและการบูรณาการระบบ	UX ที่ดี ช่วยให้ระบบยอมรับได้มากขึ้น (Tan et al., 2021)[10] ควรมีการแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่าน LINE, Email	ออกแบบอินเทอร์เฟซใช้งานง่าย รองรับการแจ้งเตือนทันที และการค้นหาข้อมูลย้อนหลังแบบมีประสิทธิภาพ

5. วิธีการดำเนินการวิจัย

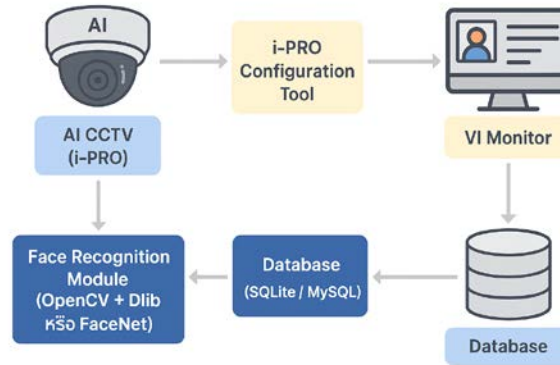
การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา (Research and Development: R&D) ประกอบด้วยขั้นตอนหลักดังนี้

ขั้นตอนการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของสถานศึกษา

ในขั้นตอนแรกผู้วิจัยได้ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในสถานศึกษาเพื่อศึกษาความต้องการปัญหาและข้อจำกัดที่เกี่ยวข้องกับระบบรักษาความปลอดภัยภายในโรงเรียนโดยใช้การสัมภาษณ์เชิงลึก (In-depth Interview) ทำการสัมภาษณ์ผู้บริหารระดับสูงของสถานศึกษา เช่น ผู้อำนวยการ รองผู้อำนวยการฝ่ายอาคารสถานที่ และหัวหน้างานเทคโนโลยีสารสนเทศ รวมถึงเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย เพื่อให้เข้าใจภาพรวมของการบริหารความปลอดภัยและข้อจำกัดที่มีอยู่ และใช้แบบสอบถาม (Questionnaire) แจกแบบสอบถามให้กับเจ้าหน้าที่ IT ครูผู้รับผิดชอบงานเทคโนโลยี และเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย โดยแบบสอบถามประกอบด้วย 3 หมวด ได้แก่ ปัญหาด้านระบบกล้องวงจรปิด ปัจจุบัน ความคาดหวังต่อระบบกล้องอัจฉริยะที่ใช้ AI ตรวจจับใบหน้า และ ความสะดวกในการใช้งานและข้อจำกัดด้านงบประมาณ สํารวจข้อมูลกับผู้บริหาร 3 คน ท่าน ระดับรองผู้อำนวยการสำนักวิทยบริการและเทคโนโลยีสารสนเทศ หัวหน้าฝ่ายอาคารสถานที่ และ หัวหน้าฝ่ายรักษาความปลอดภัย เจ้าหน้าที่ผู้รับผิดชอบด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 2 คน เจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย 3 คน ที่ประจำหน้าประตูมหาวิทยาลัยและเวรยามกลางคืนประจำอาคารคณะ และ อาจารย์ด้านเทคโนโลยี 2 คน อาจารย์ประจำวิชา/งานเทคโนโลยีสารสนเทศ

ขั้นตอนการออกแบบระบบต้นแบบและการตั้งค่าพื้นฐาน

การออกแบบระบบต้นแบบในการวิจัยนี้ใช้ กล้อง AI CCTV ยี่ห้อ i-PRO เป็นฮาร์ดแวร์หลัก โดยมีการกำหนดค่าและตั้งค่าการทำงานผ่าน i-PRO Configuration Tool ซึ่งสามารถตั้งค่ารูปแบบการตรวจจับ วิเคราะห์ใบหน้า และการแจ้งเตือนได้อย่างยืดหยุ่นตามต้นแบบการทำงานของระบบแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะ ดังภาพที่ 3

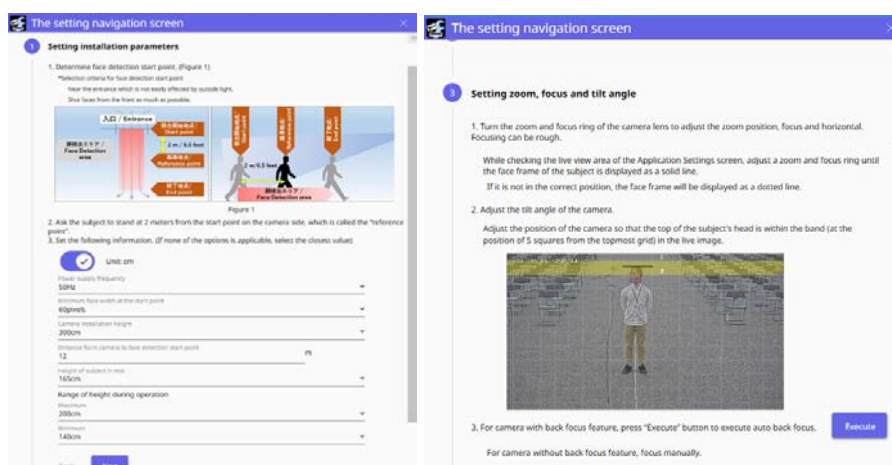


ภาพที่ 3 ต้นแบบการทำงานของระบบแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะ

การเพิ่มข้อมูลบุคลากรที่ต้องการลงทะเบียนในระบบ (Face Registration) ผู้ดูแลระบบ (เจ้าหน้าที่ไอที) จะดำเนินการผ่านโปรแกรม VI Monitor ซึ่งเชื่อมต่อกับฐานข้อมูลใบหน้าโดยตรง กระบวนการประกอบด้วย

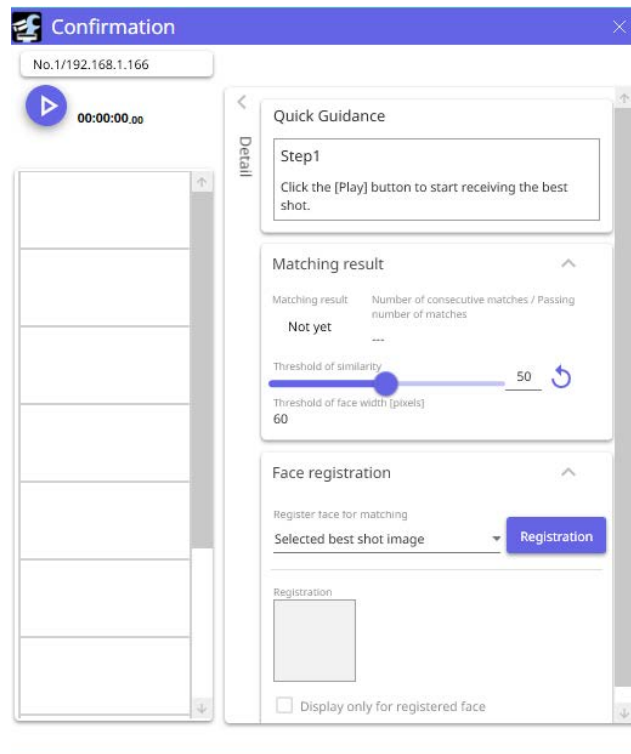
1. การบันทึกภาพ บุคลากรที่ต้องการลงทะเบียนจะต้องทำการบันทึกภาพใบหน้าผ่านกล้อง i-PRO ที่ติดตั้งไว้ ระบบจะแนะนำให้บุคคลนั้นมองตรงไปยังกล้อง และเปลี่ยนองศาใบหน้าเล็กน้อย (เช่น หันซ้าย-ขวา, ก้ม-เงย) เพื่อให้ได้ภาพในมุมที่หลากหลาย
2. การคัดเลือกภาพ ระบบจะทำการจับภาพที่ดีที่สุด (Best Shot) จำนวน 5-10 ภาพโดยอัตโนมัติ เพื่อใช้เป็นข้อมูลอ้างอิงสำหรับการ Training
3. การยืนยันและบันทึกข้อมูล เจ้าหน้าที่จะทำการยืนยันภาพและกรอกข้อมูลระบุตัวตน เช่น ชื่อ, รหัสประจำตัว, และสังกัด ก่อนบันทึกลงในฐานข้อมูลกลาง การใช้ภาพหลายภาพจากมุมที่ต่างกัันนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสอนให้โมเดล AI ของกล้องสามารถรู้จำใบหน้าของบุคคลนั้นได้อย่างแม่นยำ แม้ในสภาพแวดล้อมจริงที่มีการเคลื่อนไหวหรือมุมมองที่เปลี่ยนไป

มีการตั้งค่าพารามิเตอร์พื้นฐานของกล้อง เช่น ระยะการตรวจจับ ความสูงในการติดตั้ง และช่วงความสูงของบุคคล เป้าหมาย ตามตัวอย่างในภาพที่ 4



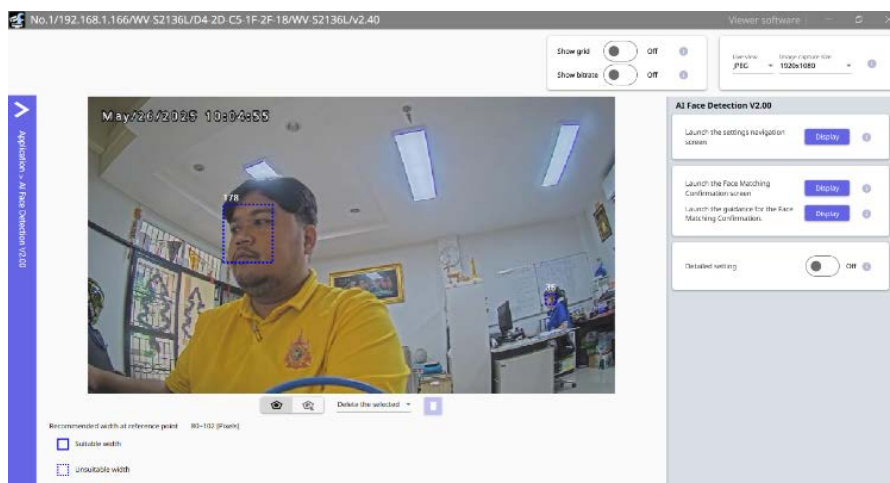
ภาพที่ 4 ตั้งค่าพารามิเตอร์ของกล้อง AI Camera

จากนั้นระบบจะนำภาพที่ได้รับจากกล้อง มาผ่านโมดูลการรู้จำใบหน้าผ่านโปรแกรม i-PRO Configuration Tool โดยการปรับการตั้งค่าโมดูล แบ่งเป็น 3 แบบ เพื่อใช้เปรียบเทียบประสิทธิภาพของโมดูลและเพื่อตรวจจับและเปรียบเทียบใบหน้ากับฐานข้อมูลที่จัดเก็บไว้ใน MySQL ซึ่งเป็นฐานข้อมูลของคอมพิวเตอร์ที่ติดตั้งในการเก็บข้อมูล



ภาพที่ 5 ตั้งค่าโมดูลการรู้จำใบหน้าของกล้อง AI Camera

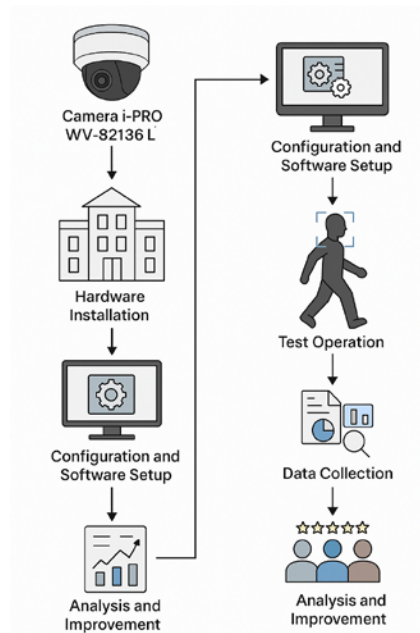
หลังจากตั้งค่าพื้นฐานแล้ว จะเข้าสู่การตั้งค่าโมดูลรู้จำใบหน้า ซึ่งผู้ใช้สามารถปรับค่าความคล้ายคลึง (Threshold of similarity) เพื่อกำหนดความเข้มงวดในการเปรียบเทียบใบหน้าได้ ดังภาพที่ 5 และเมื่อเปิดใช้งานฟังก์ชันดังกล่าว ระบบจะแสดงกรอบสี่เหลี่ยมรอบใบหน้าที่ตรวจพบ ดังที่แสดงในภาพที่ 6



ภาพที่ 6 หน้าต่างของฟังก์ชันการรู้จำใบหน้าของกล้อง AI Camera

ขั้นตอนการติดตั้งระบบในพื้นที่ทดลองและประเมินผล

การดำเนินงานวิจัยในขั้นตอนนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อติดตั้งระบบกล้องอัจฉริยะที่พัฒนาแล้วในพื้นที่จริงของสถานศึกษา และทำการประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบ โดยมีการสำรวจพื้นที่ติดตั้งเพื่อคัดเลือกพื้นที่นาร่อง บริเวณทางเข้าอาคารคณะวิทยาการจัดการ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม สำรวจจุดติดตั้งกล้องให้ครอบคลุมมุมมองกล้อง การควบคุมแสง และทิศทางการเดินของบุคลากร/นักศึกษา วางแผนการเดินสายไฟและการเชื่อมต่อเครือข่าย ทดสอบการทำงานของระบบตามภาพที่ 7



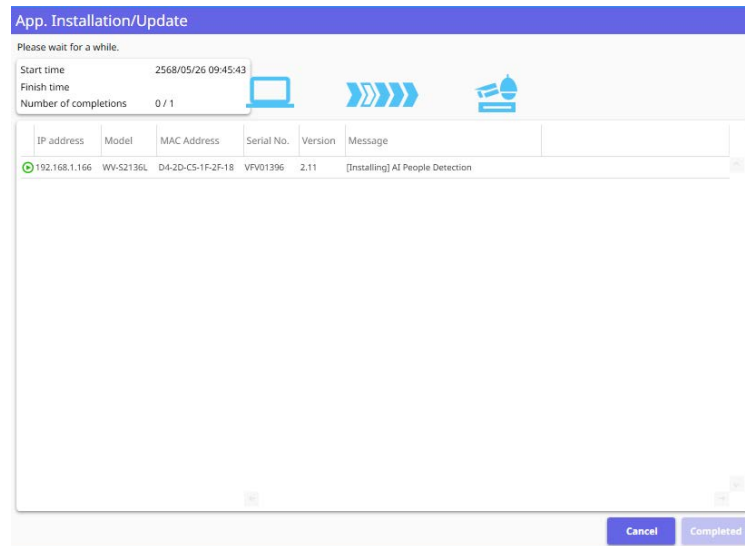
ภาพที่ 7 ขั้นตอนสำหรับงานรักษาความปลอดภัยในสถานศึกษาโดยใช้เทคโนโลยีรู้จำใบหน้าผ่านกล้อง AI

โดยมีการติดตั้งกล้องอัจฉริยะ i-PRO รุ่น WV-S2136L ตามภาพที่ 8 ตามจุดที่กำหนด เชื่อมต่อกล้องเข้ากับระบบเครือข่ายของคณะวิทยาการจัดการ ผ่านสวิตช์ PoE หรือ เราท์เตอร์กลาง



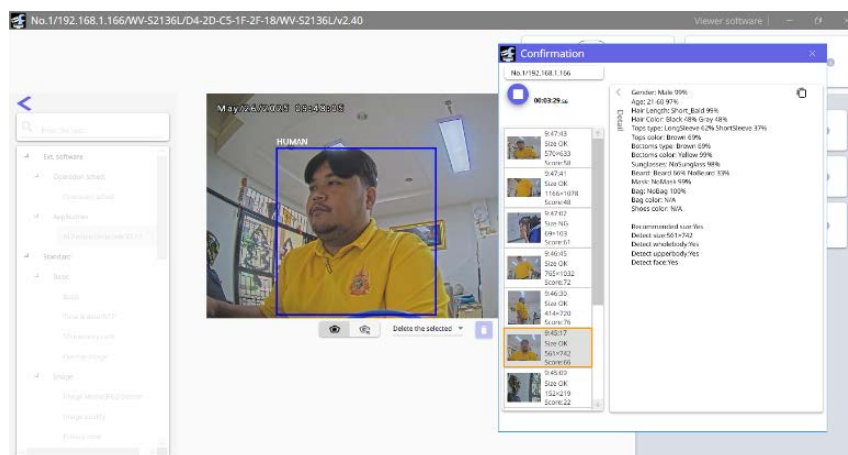
ภาพที่ 8 กล้องอัจฉริยะ i-PRO รุ่น WV-S2136L

การกำหนดค่าและเชื่อมโยงระบบซอฟต์แวร์โดยใช้ โปรแกรม i-PRO Configuration Tool เพื่อกำหนดค่าการทำงานของกล้อง เช่น ความละเอียด, การตรวจจับใบหน้า, การส่งข้อมูล เชื่อมต่อกล้องกับ โปรแกรม VI Monitor เพื่อบริหารจัดการกล้อง การจับภาพ และแสดงผลแบบเรียลไทม์ ตั้งค่าระบบฐานข้อมูล SQLite/MySQL เพื่อเก็บภาพใบหน้าที่จับได้ พร้อมข้อมูลเวลาและสถานที่ เชื่อมต่อกับระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่าน VI Monitor เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนเมื่อมีบุคคลที่ไม่ได้อยู่ในระบบปรากฏเชื่อมต่อกับระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติผ่าน VI Monitor เพื่อส่งข้อความแจ้งเตือนเมื่อมีบุคคลที่ไม่ได้อยู่ในระบบปรากฏ ซึ่งซอฟต์แวร์จะแสดงสถานะการติดตั้งแอปพลิเคชัน AI ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 โปรแกรม i-PRO Configuration Tool เพื่อกำหนดค่าการทำงานของกล้อง

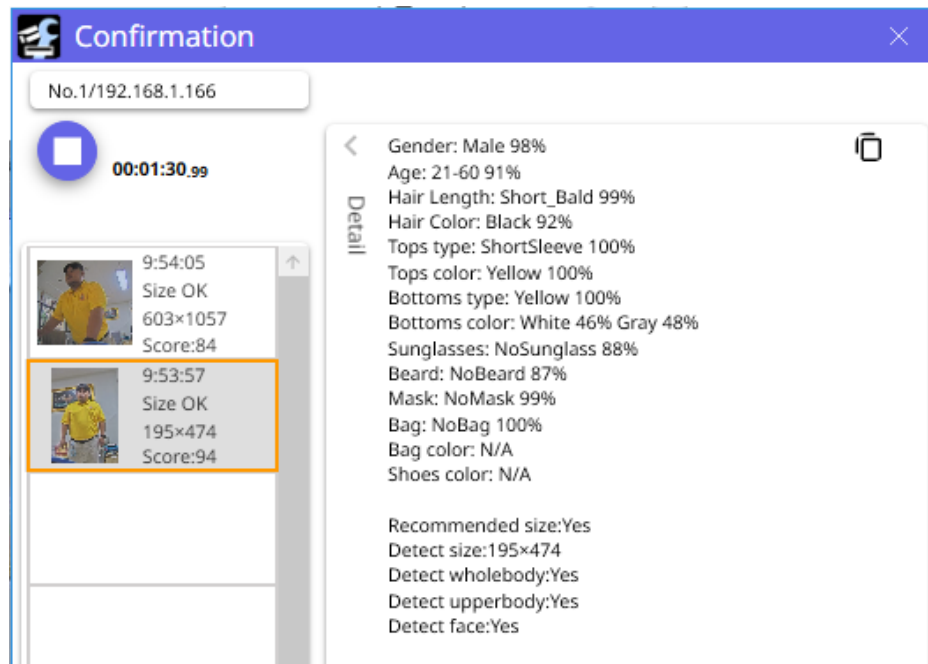
การทดลองใช้งานระบบได้ให้บุคลากรที่ลงทะเบียนในระบบเดินผ่านกล้อง เพื่อทดสอบการจับใบหน้า ความแม่นยำ และเวลาตอบสนอง ทดสอบกับบุคคลที่ไม่มีข้อมูลในฐาน เพื่อทดสอบการแจ้งเตือนอัตโนมัติและการระบุบุคคลแปลกปลอมซึ่งระบบจะทำการเปรียบเทียบภาพที่ลงทะเบียนกับใบหน้าจริงตามตัวอย่างในภาพที่ 10



ภาพที่ 10 การทดสอบจับคู่ภาพที่เหมือนกันภาพที่ลงทะเบียนกับใบหน้าจริง

การเก็บข้อมูลและประเมินผล ประเมินจาก 2 ส่วน ได้แก่ ด้านเทคนิค ประกอบด้วย ความแม่นยำในการรู้จำ ความเร็ว การประมวลผล ความถูกต้องในการนับจำนวน และ ด้านผู้ใช้งาน ได้แก่ ความพึงพอใจของเจ้าหน้าที่ ผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย โดยบันทึกผลการทำงานของระบบตลอดระยะเวลาใช้งานจริง 7-14 วัน

การทดลองใช้งานระบบได้ให้บุคลากรและนักศึกษาที่ลงทะเบียนไว้ในระบบทั้ง 30 คน เดินผ่านกล้องในสถานการณ์จำลองต่าง ๆ (เช่น เดินคนเดียว, เดินเป็นกลุ่ม, สวมแว่น, สวมหน้ากากอนามัย) เพื่อทดสอบความแม่นยำ นอกจากนี้ ยังมีกลุ่มอาสาสมัครที่ไม่ได้ลงทะเบียนอีก 10 คน เข้าร่วมการทดสอบเพื่อประเมินฟังก์ชันการตรวจจับบุคคลแปลกหน้าโดยเฉพาะความหลากหลายของกลุ่มตัวอย่างนี้ทำให้สามารถประเมินประสิทธิภาพของระบบได้อย่างครอบคลุม



ภาพที่ 11 ตัวอย่างผลลัพธ์จากโมดูล AI ของกล้องที่แสดงการวิเคราะห์คุณลักษณะต่างๆ ของบุคคล เช่น เพศ, อายุ, การแต่งกาย และค่าเปอร์เซ็นต์ความมั่นใจ (Confidence Score)

และการดำเนินการส่วนสุดท้าย ได้แก่ การวิเคราะห์ข้อมูลสถิติเชิงปริมาณจากการประมวลผล และวิเคราะห์ผลจากแบบสอบถาม และข้อเสนอแนะจากผู้ใช้งาน ปรับปรุงระบบให้มีความแม่นยำและเหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษาไทยโดยจะนำเสนอผลการดำเนินงานในหัวข้อถัดไป ดังตัวอย่างการวิเคราะห์คุณลักษณะที่แสดงในภาพที่ 11 ซึ่งค่าความแม่นยำ (Precision) และค่าความระลึก (Recall) จากการทดสอบทั้งหมดได้ถูกรวบรวมไว้ในตารางที่ 3

6. ผลการวิจัย (Results)

ผลการศึกษาและวิเคราะห์ความต้องการของสถานศึกษา ได้ข้อสรุปคุณสมบัติความต้องการของระบบที่สอดคล้องกับบริบทจริงในสถานศึกษา ได้แก่ ต้องสามารถระบุตัวบุคคลแบบเรียลไทม์ แจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์มือถือของเจ้าหน้าที่ ใช้งานง่ายโดยไม่ต้องมีทักษะ IT สูง และ งบประมาณจำกัด จึงต้องพัฒนาให้รองรับกับกล้องเดิมหรือกล้อง IP มาตรฐาน

ในส่วนการขั้นตอนการออกแบบระบบต้นแบบและการตั้งค่าพื้นฐาน ได้เชื่อมต่อเข้าสู่ โปรแกรม VI Monitor ซึ่งเป็นซอฟต์แวร์สำหรับจัดการระบบกล้อง i-PRO เพื่อออกแบบตัวแบบการเรียนรู้ผ่านซอฟต์แวร์ดังกล่าว รวมทั้งการตั้งค่าแสดงผลข้อมูลเชิงวิเคราะห์ AI ในรูปแบบเรียลไทม์ การตรวจสอบย้อนหลัง การแจ้งเตือน และการจัดการผู้ใช้งาน จากนั้น จึง

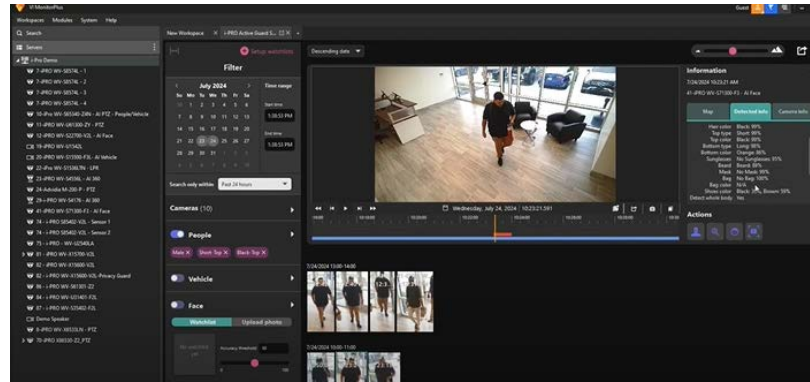
ดำเนินการส่วนการทดลองและประเมินประสิทธิภาพระบบ โดยเปรียบเทียบการตั้งค่า 3 รูปแบบ (Setup) เพื่อหาแนวทางที่เหมาะสมที่สุด ดังนี้:

- AI Camera (i-PRO) เป็นการตั้งค่าหลักของงานวิจัยนี้ โดยใช้ความสามารถในการประมวลผล Edge AI ภายในตัวกล้อง i-PRO WV-S2136L โดยตรง ร่วมกับซอฟต์แวร์ VI Monitor
- Setup A เป็นการทดลองโดยใช้กล้อง i-PRO ตัวเดียวกัน แต่ปิดฟังก์ชัน Edge AI แล้วส่งสตรีมภาพไปประมวลผลบนเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้โมเดลพื้นฐานจากไลบรารี OpenCV (อัลกอริทึม Haar Cascades) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพกับการประมวลผลบนกล้องโดยตรง
- Setup B และ C เป็นการตั้งค่าที่ใช้กล้อง IP Camera ทั่วไปที่ไม่มีฟังก์ชัน AI เพื่อจำลองระบบเดิม โดยเชื่อมต่อกับเซิร์ฟเวอร์เดียวกัน แต่ทดสอบภายใต้เงื่อนไขแสงที่แตกต่างกัน (Setup B ในสภาพแสงปกติ, Setup C ในสภาพแสงน้อย) เพื่อประเมินข้อจำกัดของระบบที่ไม่ใช่ Edge AI ผลการทดลองเปรียบเทียบประสิทธิภาพการตรวจจับและจำแนกลักษณะบุคคลด้วยกล้องอัจฉริยะแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลประสิทธิภาพการตรวจจับและจำแนกลักษณะบุคคลด้วยกล้องอัจฉริยะ (AI Camera)

คุณลักษณะที่ตรวจจับ	AI Camera (i-PRO)	Setup A	Setup B	Setup C
เพศ (Precision / Recall)	90% / 89%	82% / 75%	41% / 68%	61% / 61%
อายุ (Precision / Recall)	76% / 80%	66% / -	- / -	0% / 0%
ใบหน้า	96% / 98%	84% / 89%	- / -	- / -
ทรงผม	92% / 96%	- / -	- / -	- / -
สีผม	85% / 91%	- / -	33% / 46%	- / -
แว่นกันแดด	98% / 94%	84% / 75%	- / -	- / -
หมวดเครา	92% / 85%	- / -	- / -	- / -
ประเภทชุดส่วนบน	95% / 97%	100% / 99%	- / -	- / -
สีชุดส่วนบน	84% / 88%	82% / 91%	52% / 65%	59% / 66%
ประเภทชุดส่วนล่าง	95% / 99%	100% / 98%	- / -	- / -
สีชุดส่วนล่าง	85% / 88%	86% / 80%	49% / 72%	61% / 66%
หมวก	94% / 96%	98% / 86%	- / -	- / -
กระเป๋า	94% / 92%	82% / 69%	91% / 84%	- / -
สีกระเป๋า	90% / 94%	- / -	- / -	- / -
สีรองเท้า	74% / 76%	- / -	- / -	- / -
ความเร็วในการตรวจจับ	2 วินาที	3 วินาที	4 วินาที	4 วินาที
อัตราความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวน	4.5%	4%	8%	9%
การตรวจจับบุคคลที่ไม่อยู่ในระบบ	88%	89%	77%	78%

ผลการแจ้งเตือนบุคคลที่ไม่อยู่ในระบบ ระบบสามารถตรวจจับบุคคลที่ไม่มีในฐานข้อมูลได้ โดยใช้เวลาน้อยกว่า 3 วินาที หลังบุคคลปรากฏบนหน้าจอกล้อง และมีการแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ผ่าน VI Monitor ได้แบบเรียลไทม์พร้อมภาพหน้าบุคคลและเวลาที่เกิดเหตุ ดังตัวอย่างการแจ้งเตือนในภาพที่ 12



ภาพที่ 12 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม VI Monitor แสดงการแจ้งเตือนแบบเรียลไทม์เมื่อตรวจพบบุคคลที่ไม่รู้จัก (Unknown Person) พร้อมข้อมูลภาพและเวลาเกิดเหตุ

สรุปผลการติดตั้งและทำงานของระบบต้นแบบจากการติดตั้งระบบต้นแบบในพื้นที่ทดลอง พบว่า ระบบสามารถเชื่อมต่อและรับส่งข้อมูลจาก กล้อง i-PRO WV-S2136L ไปยังโปรแกรม VI Monitor ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีผลการรู้จำใบหน้า (Face Recognition) สามารถตรวจจับและรู้จำใบหน้าผู้ที่ลงทะเบียนไว้ในฐานข้อมูลได้แม่นยำ เฉลี่ย 91.4% กรณี มีการใส่หน้ากากอนามัยหรือเปลี่ยนแปลงทรงผม ความแม่นยำลดลงเล็กน้อยแต่ยังคงอยู่ในระดับที่ยอมรับได้เฉลี่ยที่ 86.3% ผลการแจ้งเตือนบุคคลที่ไม่อยู่ในระบบ สามารถตรวจจับบุคคลที่ไม่มีในฐานข้อมูลได้ โดยใช้เวลาน้อยกว่า 3 วินาที หลังบุคคลปรากฏบนหน้าจอกล้อง และมีการแจ้งเตือนไปยังเจ้าหน้าที่ผ่าน VI monitor ได้แบบเรียลไทม์พร้อมภาพหน้าบุคคลและเวลาที่เกิดเหตุ ความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวนบุคคล ระบบมีความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวนนักเรียนและบุคลากรในช่วงเวลาเร่งด่วนไม่เกิน ± 2 คน/รอบการเข้า-ออกปัจจัยที่ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อน ได้แก่ การเดินแทรกพร้อมกัน และการบดบังกล้องจากวัตถุอื่น

การประเมินจากผู้ใช้งานจากแบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้ระบบ จำนวน 10 คน แบ่งเป็นผู้บริหาร เจ้าหน้าที่ IT และเจ้าหน้าที่รักษาความปลอดภัย ได้ผลตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินจากผู้ใช้งานระบบ

ด้านที่ประเมิน	ค่าเฉลี่ย (เต็ม 5)	ความเห็นโดยรวม
ความแม่นยำในการรู้จำใบหน้า	4.53	อยู่ในระดับดีมาก
ความเร็วในการแจ้งเตือน	4.47	อยู่ในระดับดีมาก
ความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวน	4.23	อยู่ในระดับดี
การตรวจจับบุคคลที่ไม่อยู่ในระบบ	4.60	อยู่ในระดับดีมาก
ภาพรวมของระบบ	4.50	อยู่ในระดับดีมาก

จากตาราง 4 ด้านความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวนอยู่ในเกณฑ์ความพึงพอใจระดับดีส่วนการประเมินด้านอื่น ๆ อยู่ในระดับดีมากทั้งหมด

7. อภิปรายผล (Discussion)

จากผลการวิจัยพบว่า แพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะที่พัฒนาขึ้นสามารถตรวจจับและจำแนกลักษณะบุคคลได้อย่างแม่นยำ โดยเฉพาะการตรวจจับใบหน้าซึ่งมีค่า Precision เฉลี่ยสูงถึง 91.4% และสามารถแจ้งเตือนบุคคลที่ไม่อยู่ในระบบได้ภายในเวลาไม่เกิน 3 วินาที ความรวดเร็วนี้เป็นผลโดยตรงจากสถาปัตยกรรมแบบ Edge AI ที่ใช้ แม้ว่าฐานข้อมูลที่ใช้ทดสอบ

จะมีจำนวน Record ของบุคคลที่ลงทะเบียนอยู่ 30 คน แต่การประมวลผลหลัก เช่น การตรวจจับใบหน้า, การสกัดค่าคุณลักษณะ (Feature Extraction) และการเปรียบเทียบเบื้องต้น เกิดขึ้นที่ตัวกล้องโดยตรง ทำให้ลดภาระการส่งข้อมูลวิดีโอไปยังเซิร์ฟเวอร์กลางได้อย่างมหาศาล ระบบจะส่งเพียงข้อมูล metadata ขนาดเล็กและภาพ Snapshot ไปยัง VI Monitor เพื่อยืนยันและแจ้งเตือนเท่านั้น จึงทำให้การตอบสนองรวดเร็วและไม่ขึ้นอยู่กับขนาดของฐานข้อมูลที่เพิ่มขึ้นในอนาคตมากนัก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงศักยภาพในการขยายระบบ (Scalability) ได้เป็นอย่างดี เมื่อเปรียบเทียบกับการตั้งค่าระบบในแต่ละแบบ (Setup A, B, C) พบว่า การใช้ i-PRO Configuration Tool เป็นแนวทางที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุด ตอกย้ำถึงศักยภาพของเทคโนโลยี Edge AI ที่ประมวลผลภายในกล้องโดยตรง อย่างไรก็ตาม ยังมีข้อจำกัดที่ต้องพัฒนาเพิ่มเติม ได้แก่ ความแม่นยำที่ลดลงเมื่อมีการสวมหน้ากากอนามัย หรือมีสิ่งกีดขวาง ซึ่งส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนในการนับจำนวน

8. สรุปผลการวิจัย (Conclusion)

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จในการออกแบบและพัฒนาแพลตฟอร์มกล้องอัจฉริยะสำหรับสถานศึกษา โดยใช้เทคโนโลยีรู้จำใบหน้า ร่วมกับการประมวลผลแบบ Edge AI เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับบุคคลในบริบทจริง ระบบสามารถแยกแยะบุคคล แจ้งเตือน และจัดเก็บข้อมูลได้อย่างแม่นยำในเวลารวดเร็ว มีอัตราความคลาดเคลื่อนต่ำ และมีระดับความพึงพอใจจากผู้ใช้งานในระดับมาก (ค่าเฉลี่ย 4.50 จาก 5) จากผลการประเมินประสิทธิภาพและการใช้งานจริง สามารถสรุปได้ว่า แพลตฟอร์มนี้มีศักยภาพในการประยุกต์ใช้ในโรงเรียนหรือหน่วยงานอื่นที่ต้องการระบบรักษาความปลอดภัยอัจฉริยะ ด้วยต้นทุนที่เหมาะสมและความสามารถในการปรับขยายในอนาคต ทั้งในด้านการบูรณาการข้อมูล การเพิ่มประสิทธิภาพของโมเดล AI และการพัฒนาระบบแจ้งเตือนอัตโนมัติแบบครบวงจร

9. เอกสารอ้างอิง (References)

- [1] Ahmed, S., Ali, M., & Farooq, M. (2019). Face recognition under varying conditions: A comparative study. *International Journal of Computer Applications*, 177(7), 10–15.
- [2] Deng, J., Guo, J., Xue, N., & Zafeiriou, S. (2019). ArcFace: Additive angular margin loss for deep face recognition. In *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 4690–4699).
- [3] European Commission. (2021). *Proposal for a regulation laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)*.
- [4] Kumar, A., & Kim, J. H. (2020). Environmental adaptations for facial recognition under unconstrained settings. *Pattern Recognition Letters*, 138, 319–326.
- [5] Li, X., Wang, L., & Zhao, Y. (2023). Real-time face recognition system based on deep learning in smart surveillance. *IEEE Access*, 11, 11224–11235
- [6] Liu, Y., Zhang, H., & Wei, M. (2021). Facial recognition-based access control system in higher education: Benefits and challenges. *Education and Information Technologies*, 26(6), 6971–6989.
- [7] Nguyen, H. T., Le, T. H., & Tran, D. N. (2020). Real-time human detection and tracking using edge AI and IoT. *Journal of Real-Time Image Processing*, 17(6), 2041–2053.
- [8] Parkhi, O. M., Vedaldi, A., & Zisserman, A. (2015). Deep face recognition. In *Proceedings of the British Machine Vision Conference* (pp. 1–12).



- [9] Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. In *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition* (pp. 815–823).
- [10] Tan, L., Chen, H., & Yang, Y. (2021). User-centered design of intelligent surveillance systems: A UX study. *Journal of Ambient Intelligence and Humanized Computing*, 12(4), 4567–4579.
- [11] Wang, Y., Zhao, L., & Li, Z. (2022). Smart video analytics system for public surveillance integrated with edge computing. *Sensors*, 22(12), 4445.
- [12] Zhao, Q., Huang, C., & Chen, M. (2022). AI-powered surveillance system for education institutions: Challenges and opportunities. *Computers & Security*, 117, 102669.