

Received: 26 เม.ย. 2567

Revised: 5 ส.ค. 2567

Accepted: 7 ส.ค. 2567

การพัฒนาแบบสแกนใบหน้าในการบริหารงานทรัพยากรบุคคล : กรณีศึกษา บริษัท ดูดี อินดีด จำกัด

The Development of Facial Recognition Time Attendance System
in Human Resource Management : A Case Study of Dudee Indeed Corporation

เอกรินทร์ แสงยอ¹, ศุภชัย รอดฤทธิ¹, ภาณุวัฒน์ เมฆะ¹, พยุงศักดิ์ เกษมสำราญ¹ และ
กิตติกร หาญตระกูล^{1*}

¹ สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้ เชียงใหม่ 50290 ประเทศไทย

Akarin Sangyor¹, Supachai Rodrit¹, Panuwat Mekha¹, Payungsak Kasemsumran¹ and
Kittikorn Hantrakul^{1*}

¹ Computer Science Department, Faculty of Science, Maejo University, Chaingmai,
Thailand, 50290

*Corresponding author: kittikor@mju.ac.th

Abstract

This research has developed a facial recognition system for human resource management, specifically for scanning employee faces to check in and out of work. The system applies face detection and face recognition techniques to identify employees. The system captures images through a Webcam/USB Camera and compares them with the database to verify identities. This developed system will be integrated as a feature in the company's Human Resource Management (HRM) system, addressing the shortcomings of the existing check-in/check-out process.

The objectives of this research are: 1) To apply facial recognition technology for employee check-in and check-out, 2) To test the efficiency of the developed facial recognition system, and 3) To study user satisfaction with the facial recognition system for employee check-in and check-out. The target group for this research includes two machine learning experts and 32 employees. The research tools consist of an expert quality assessment and a user satisfaction survey.

The research findings are as follows: 1) The developed system effectively reduces the problems of the existing process and enhances the convenience of employee check-in/check-out, 2) The performance evaluation of the system,

measured by the accuracy of employee face identification, shows an accuracy rate of 97.8% and a specificity rate of 82.6%, demonstrating its reliability and applicability in real-world scenarios, 3) The satisfaction assessment results from the sample groups, divided into machine learning experts and employees, show that the system's quality is rated at a high level by experts ($\bar{x} = 4.10$, S.D. = 0.42) and that employees' satisfaction with the system is at the highest level ($\bar{x} = 4.56$, S.D. = 0.57).

Keywords: Human Resource Management System; LINE Official Account; LINE Notification; LINE Chatbot; Artificial Intelligence; Face Detection; Face Recognition; Facial Scan Check-In/Out

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาระบบสแกนใบหน้าในการบริหารงานทรัพยากรบุคคล สำหรับใช้เพื่อสแกนใบหน้าเช็คชื่อเข้า-ออกงานของพนักงาน โดยนำเทคนิคการตรวจจับใบหน้า (Face Detection) และการจดจำใบหน้า (Face Recognition) มาประยุกต์ใช้ในการระบุตัวตนของพนักงาน โดยระบบจะนำภาพที่ได้จากการตรวจจับใบหน้าของพนักงานผ่านกล้อง Webcam/USB Camera ไปเปรียบเทียบกับใบหน้าในฐานข้อมูลเพื่อระบุตัวตนของใบหน้านั้น โดยระบบที่พัฒนาขึ้นจะนำมาเป็นฟีเจอร์หนึ่งในระบบบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล (HRM) ของบริษัท ซึ่งจะเป็นฟีเจอร์ที่มาเสริมช่วยแก้ปัญหาของระบบการเข้า-ออกงานเดิมของบริษัท

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า เพื่อเช็คชื่อเวลาเข้า-ออกงานของพนักงาน 2) ทดสอบประสิทธิภาพของระบบสแกนใบหน้าที่ได้พัฒนาขึ้น 3) ศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสแกนใบหน้าเพื่อเช็คชื่อเวลาเข้า-ออกงานของพนักงาน กลุ่มเป้าหมายของการวิจัยครั้งนี้คือ ผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning จำนวน 2 คน และพนักงานจำนวน 32 คน เครื่องมือการวิจัย ได้แก่ แบบประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ และแบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการวิจัยพบว่า 1) ได้ระบบจัดการข้อมูลใบหน้าของพนักงาน ดูการเข้าออกงานแบบเรียลไทม์ ดูประวัติการเข้า-ออกงานของพนักงาน สแกนใบหน้าเข้า-ออกงานของพนักงาน และมีการแจ้งเตือนการเข้า-ออกงานของพนักงานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ 2) ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ โดยวัดความแม่นยำของการจำแนกใบหน้าพนักงานพบว่า ระบบมีค่าความถูกต้องแม่นยำ (Accuracy) คิดเป็น 97.8% และมีค่าความเฉพาะเจาะจง (Specificity) คิดเป็น 82.6% ทำให้มีความน่าเชื่อถือและสร้างความเชื่อมั่นในการนำไปใช้งานจริง 3) ผลการประเมินความพึงพอใจจากกลุ่มตัวอย่างแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning พบว่าระบบมีคุณภาพอยู่ในระดับ มาก

($\bar{X}$ = 4.10, S.D. = 0.42) และผลการประเมินความพึงพอใจในกลุ่มของพนักงานที่มีต่อระบบพบว่า พนักงานมีความพึงพอใจและยอมรับระบบอยู่ในระดับ มากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.56, S.D. = 0.57)

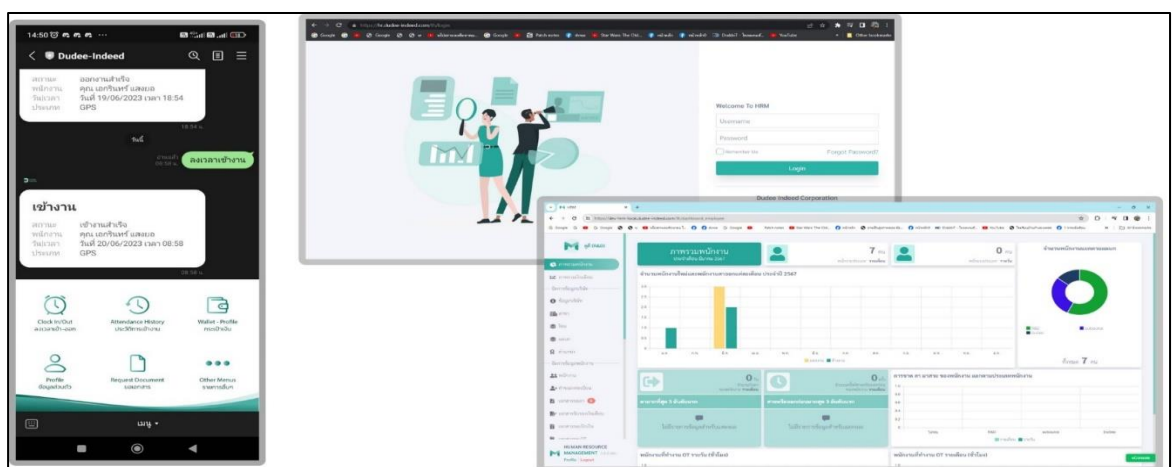
คำสำคัญ: ระบบบริหารทรัพยากรบุคคล; บัญชีทางการไลน์; แจ้งเตือนไลน์; ไลน์แชทบอท; ปัญญาประดิษฐ์; ตรวจจับใบหน้า; จดจำใบหน้า; สแกนใบหน้าเข้า-ออกงาน

1. บทนำ

เนื่องด้วยปัจจุบันทางบริษัทมีระบบบริหารจัดการทรัพยากรบุคคล (HRM : Human Resource Management) โดยตัวระบบจะเป็นในรูปแบบของเว็บไซต์ที่มีการเชื่อมต่อกับระบบ LINE มีการสร้าง Account และเก็บข้อมูลส่วนตัวของพนักงาน โดยพนักงานสามารถเข้าสู่ระบบได้ผ่านทาง เว็บไซต์หรือ LINE ที่พนักงานได้ทำการเชื่อมกับตัว LINE OA ของทางบริษัท ฟีเจอร์ที่พนักงานสามารถใช้งานกับระบบ HRM ได้ เช่น เข้า-ออกงาน ประวัติการเข้างาน กระเป๋าเงิน ข้อมูลส่วนตัว ขอเอกสาร (เอกสารขอลา เอกสารรับรองเงินเดือน เอกสารขอเบิกเงินล่วงหน้า เอกสารแจ้งปัญหา และเอกสาร OT) และรายการอื่น ๆ (ประวัติเอกสารการลา ประวัติรายการเงินเดือน ประวัติรายการเบิกเงินล่วงหน้า ประวัติรายการแจ้งปัญหา และประวัติ OT) แต่ในส่วนของฟีเจอร์ที่มีอยู่แล้ว ในส่วนของฟีเจอร์เข้า-ออกงาน โดยการทำงานของฟีเจอร์จะเป็นดังนี้ พนักงานสามารถกดปุ่มเข้า-ออกงานได้ เวลาที่ทำการกดปุ่มเข้า-ออกงานก็จะมี LINE Webhook แจ้งเข้าไปยัง LINE ให้พนักงานได้ทราบว่าได้เข้า-ออกงานแล้ว โดยการกดปุ่มเข้างานสามารถกดได้ตั้งแต่เวลา 07:00 – 11:00 น. (แต่หากกดปุ่มเข้างานหลังเวลา 09:15 จะนับเป็นสถานะเข้างานสาย) และสามารถกดปุ่มออกงานได้ตั้งแต่เวลา 16:00 – 20:00 น. (แต่หากกดปุ่มก่อนเวลา 18:00 จะนับเป็นสถานะออกงานก่อนเวลา) หลังจากกดปุ่มเข้า-ออกงานแล้วจะทราบได้อย่างไรว่าพนักงานคนนั้นได้เข้า-ออกงานในขณะที่ตัวพนักงานคนนั้นได้อยู่ที่บริษัทจริง ๆ คำตอบก็คือ “ระบุจากพิกัดที่พนักงานอยู่” โดยจะใช้สิ่งที่เรียกว่า “Map Polygon” ในการคำนวณ โดยจะทำการรับพิกัดจากอุปกรณ์ของผู้ใช้แล้วเอามาคำนวณดูว่าพิกัดของอุปกรณ์นั้นอยู่ในบริเวณใกล้เคียงกับพิกัดที่ตั้งของบริษัทหรือไม่ (จะมีการคำนวณและระบุขอบเขตพื้นที่บริเวณโดยรอบของบริษัทเอาไว้ ไม่ได้ระบุให้ต้องอยู่แค่ในอาคารของบริษัทถึงจะลงเวลาเข้า-ออกงานได้ สมมติหากอยู่ตรงข้ามบริษัท หรืออีก 400 เมตรจะถึงบริษัท แล้วพิกัดของผู้ใช้อยู่ในขอบเขตของบริษัทที่ได้คำนวณเอาไว้ ก็สามารถเข้า-ออกงานได้) แต่ฟีเจอร์การเข้า-ออกงานที่กล่าวไปข้างต้นนั้นมีปัญหาอยู่ บางครั้งพนักงานเมื่อมาถึงบริษัทแล้วลืมว่าต้องกดเข้า-ออกงานในตัวระบบ HRM ทำให้เข้างานสายหรือในบางกรณีอาจจะลืมจนผ่านไปอีกวันแล้ว ทำให้ขาดงานวันนั้นไป (นี่เป็นแค่กรณีตัวอย่างของปัญหาของฟีเจอร์นี้เท่านั้น เพราะจริง ๆ แล้วจะมี HR ทำการ Monitor ในส่วนของการเข้า-ออกงานของพนักงานทุกวัน หากพนักงานคนไหนลืม HR ก็จะแจ้งไปยังพนักงานให้กดเข้า-ออกงานด้วย) แต่

ตามที่กล่าวไปจะเห็นว่าการเข้า-ออกงานของระบบ HRM นั้นจะเป็นภาระในส่วนของตัวพนักงาน ที่ต้องตระหนักตลอดเวลาว่าต้องกดเข้า-ออกงานทุก ๆ ครั้ง ทำให้พนักงานขาดความคล่องตัว และในบางวันหากสภาพอากาศไม่ดีทำให้ตัว GPS ระบุพิกัดได้ไม่แม่นยำ แล้วเกิดพิกัดของผู้ใช้ไปโผล่ที่อื่นที่ไม่ได้อยู่ในบริเวณที่ตั้งของบริษัท ก็อาจทำให้การกดเข้า-ออกงานมีข้อผิดพลาดได้ จึงได้สนใจที่จะหาเทคนิคหรือเทคโนโลยีใหม่ ๆ ที่เข้ามาช่วยแก้ปัญหาและข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นในระบบงานเดิม

ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงได้มีแนวคิดในการพัฒนาระบบสแกนใบหน้าเพิ่มเข้ามา โดยใช้พื้นฐานเป็นเว็บแอปพลิเคชันแล้วทำการเชื่อมต่อเข้ากับระบบ HRM ที่มีอยู่เดิมแล้ว โดยจะให้พนักงานสามารถสแกนใบหน้าได้ผ่าน Webcam ที่บริษัทได้ติดตั้งไว้ เวลาที่พนักงานเดินเข้าประตูบริษัทมา จะมีการตั้งกล้อง Webcam และในอนาคตจะใช้กล้องวงจรปิดแบบไอพี (IP Camera) แทนที่กล้อง Webcam แบบเดิม ใ้ให้พนักงานสแกนเข้า-ออกงาน เพื่ออำนวยความสะดวกให้กับพนักงานในการเข้า-ออกงาน โดยทำให้ได้ระบบการเข้า-ออกงาน ที่สามารถระบุตัวตนของพนักงานในการเข้า-ออกงานได้อย่างถูกต้อง สะดวกและรวดเร็ว โดยใช้เทคโนโลยีในปัจจุบันมาช่วยในการแก้ไขปัญหา เพื่อช่วยลดปัญหาจากการเข้า-ออกงานของพนักงานในระบบเดิม ดังที่กล่าวไปก่อนหน้านี้ และเนื่องด้วยราคาของตัวฮาร์ดแวร์และระบบสแกนใบหน้ามีต้นทุนที่สูงและราคาแพง จึงได้มีการพัฒนาระบบขึ้นมาเอง



รูปที่ 1 ระบบ HRM ของบริษัท ดูดี อินดีด จำกัด

2. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการวิจัยพัฒนาระบบสแกนใบหน้าในการบริหารงานทรัพยากรบุคคล : กรณีศึกษาบริษัท ดูดี อินดีด จำกัด จึงได้มีการนำงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำระบบจดจำใบหน้ามาเป็นแนวทางในการวิจัยดังนี้

ในงานวิจัยของแสงเดือน โปธา (2564) งานวิจัยนี้ได้พัฒนาเครื่องมือบันทึกชื่อและเวลาเข้าชั้นเรียนของนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า โดยนำเทคนิคการตรวจจับใบหน้า (Face Detection)

และการรู้จำใบหน้า (Face Recognition) มาประยุกต์ใช้ในการระบุตัวตนของนักศึกษา โดยระบบจะนำภาพที่ได้จากการตรวจจับใบหน้าผ่านกล้อง USB camera ไปเปรียบเทียบกับใบหน้าในฐานข้อมูลเพื่อระบุตัวตนของใบหน้านั้น ในขั้นตอน Face Detection จะใช้เทคนิค Haar-like feature และขั้นตอนการ training จะใช้วิธี Adaboost เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับให้มีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น ด้วยการใช้ตัวจำแนกแบบ Cascading Classifiers ในส่วนของการรู้จำใบหน้าที่เป็นกระบวนการนำภาพที่ตรวจจับได้จากขั้นตอนการตรวจจับใบหน้าแล้วนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้าเพื่อระบุว่าใบหน้าที่ตรวจจับได้ตรงกับบุคคลใด จะเลือกใช้อัลกอริทึมการรู้จำใบหน้าคือ Principal Component Analysis (PCA) เครื่องมือที่พัฒนาขึ้นมีค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำที่ 54.7% และมีค่าเปอร์เซ็นต์ความมั่นใจในการจำแนกใบหน้าที่ 34.43%

อาทิตย์ ศรีแก้ว และอภิรดี อัมพะสิริ (2553) งานวิจัยนี้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาโครงสร้างระบบการตรวจจับหน้าคนด้วยโครงข่าย ART เพื่อให้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์กับงานด้านอื่น ๆ ได้ต่อไป ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นประกอบด้วยการคัดแยกสีผิวมนุษย์ออกจากสิ่งแวดล้อมโดยโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่กลับ และการตรวจจับตำแหน่งของหน้าคนในภาพโดยโครงข่าย ART โดยใช้ไอเกนเวกเตอร์ที่ได้จากหลักการวิเคราะห์องค์ประกอบมาเป็นอินพุตของโครงข่าย โดยใช้การค้นหาแบบ GA ในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดของค่าพารามิเตอร์ของระบบ โดยค่าผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับระบบที่สุด คือ 0.851 ซึ่งทำให้ระบบสามารถจำแนกภาพที่มีใบหน้าบุคคลได้ถูกต้องสูงถึง 98.86% และค่าพารามิเตอร์ที่ 0.802 จะทำให้ระบบสามารถจำแนกภาพที่ไม่มีใบหน้าบุคคลได้ถูกต้องสูงถึง 96.57%

เจริญ รุ่งกลิ่น, ศุภกร โพธิ์รุักษ์ และณัฐพล ผลระย้า (2564) งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนาระบบเปิดประตูด้วยการจดจำใบหน้า ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้กับเครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็กที่เรียกว่า Raspberry Pi โดยเชื่อมต่อกับกล้อง Camera Module และกลอนประตูไฟฟ้า Solenoid Door Lock เพื่อเพิ่มความปลอดภัยของบ้านให้มากขึ้น ระบบนี้ใช้กลอนประตูไฟฟ้าที่ทำงานตามชุดคำสั่งแทนการใช้กุญแจ ซึ่งช่วยลดโอกาสในการโดนปลอมกุญแจ นอกจากนี้ยังช่วยลดความเสี่ยงในการติดเชื้อโรคจากการสัมผัสตามรูปแบบชีวิตวิถีใหม่ได้เป็นอย่างดี โดยผลลัพธ์ความแม่นยำในการจำแนกใบหน้าของตัวระบบอยู่ที่ 76% โดยมีความแม่นยำในการตรวจจับภาพใบหน้าจากผู้ทดสอบ 19 คน จากจำนวนทั้งหมด 25 คน อีก 6 คนมีความคลาดเคลื่อน เนื่องมาจากจุดยืนที่ใช้ในการสแกนใบหน้า หากมีระยะห่างเกิน 50 เซนติเมตร และสภาพแวดล้อมแสงไม่เพียงพออาจทำให้บางระบบไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ ทางผู้วิจัยจึงได้กำหนดจุดยืนสำหรับสแกนใบหน้าในระยะห่างไม่เกิน 50 เซนติเมตร และปรับแสงสว่างของตัวกล้องหรือเปลี่ยนสภาพแวดล้อมที่แสงเหมาะสมเพียงพอ ปรากฏว่าระบบสามารถตรวจจับใบหน้าได้ครบทุกคน ทำให้สรุปได้ว่าระยะการยืน

ของผู้สแกน และสภาพแสงเป็นปัจจัยที่สำคัญในการทดสอบระบบ

อะดาว น้อยวี (2564) งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้าเพื่อบันทึกเวลาเข้าออกของพนักงาน เมื่อนักวิจัยได้ทำการปรับปรุงกระบวนการสแกนนิ้ว โดยการศึกษาสภาพการบันทึกเวลาทำงานจริงที่เกิดขึ้นในปัจจุบันของพนักงาน พบว่าพนักงานใช้ระยะเวลานานในการบันทึกเวลาเข้าออกปฏิบัติงาน จากปัญหาดังกล่าวจึงได้ใช้แผนผังก้างปลา (Fish Bone Diagram) วิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พบว่าปัญหาที่ต้องเร่งแก้ไขเป็นอันดับแรกคือ การปรับปรุงขั้นตอนกระบวนการบันทึกเวลาเข้าออกพนักงานที่มีความซับซ้อนและยุ่งยาก โดยทำการศึกษาจากแผนภูมิกระบวนการไหลของกิจกรรม (Activity Process Flow Chart) แล้วจึงนำการลดความสูญเสียด้วยหลักการ ECRS มาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการบันทึกเวลาแบบสแกนใบหน้า จากการเปรียบเทียบเวลารอคอยการสแกนนิ้ว (ก่อนปรับปรุง) และการสแกนใบหน้า (หลังการปรับปรุงงาน) พบว่าระยะเวลาเฉลี่ยในการบันทึกเวลาเข้าออกพนักงานแบบเดิมโดยใช้วิธีการสแกนนิ้ว (ก่อนปรับปรุง) มีระยะเวลาเฉลี่ยอยู่ที่ 33 นาที 22 วินาที เมื่อปรับปรุงบันทึกเวลาเข้าออกพนักงานเป็นแบบสแกนใบหน้าแล้ว (หลังการปรับปรุงงาน) ใช้ระยะเวลาเพียง 1 นาที 23 วินาที ซึ่งสามารถลดเวลาในการบันทึกเวลาเข้าออกพนักงานเฉลี่ยได้ 32 นาที 1 วินาที คิดเป็นการลดเวลาถึง 96.64% โดยนักวิจัยได้ประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการสแกนใบหน้าผ่านกล้อง CCTV โดยใช้เทคนิค Harr like และ Eigen Face recognition ในการตรวจสอบเพื่อจับใบหน้า จากผลการศึกษาพบว่าวิธี Eigenface recognition มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 92.15 และวิธี Fisher face recognition มีค่าเฉลี่ยการรู้จำใบหน้าคิดเป็นร้อยละ 91.21 ตามลำดับ นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบด้วยกล้อง CCTV ในปัจจัยที่กำหนดพบว่า ในตำแหน่งมุม 45 องศาถึง 95.53% และการทดลองค่าของแสง, ระยะโฟกัส, ขนาดของภาพ, อัตราส่วนของภาพและแนวของภาพมีประสิทธิภาพความถูกต้องสูงด้วยเช่นกัน โดยสามารถตรวจจับใบหน้าของพนักงานที่สวมหมวกหรือแว่นได้ โดยมีค่าเฉลี่ยรวมร้อยละ 95.25

3. วัตถุประสงค์ในการวิจัย

- 1) เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า เพื่อเช็คชื่อเวลาเข้า-ออกงานของพนักงาน
- 2) เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของระบบสแกนใบหน้าที่ได้พัฒนาขึ้น
- 3) เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสแกนใบหน้าเพื่อเช็คชื่อเวลาเข้า-ออกงานของพนักงาน

4. วิธีดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยประยุกต์ที่ใช้หลักการวงจรการพัฒนาระบบ (Software Development Life Cycle : SDCL) ในการพัฒนาระบบ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 กำหนดปัญหาและศึกษาความเป็นไปได้

ทำการศึกษาและรวบรวมข้อมูลระบบงานเดิมและปัญหาจากระบบงานที่มีอยู่เดิม โดยสอบถามจากพนักงาน เจ้าหน้าที่ของบริษัท และศึกษาจากเอกสารการพัฒนาระบบ

4.2 ศึกษาขอบเขตของระบบ

การพัฒนาระบบสแกนใบหน้าเข้า-ออกงานเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบริหารทรัพยากรบุคคล ทางผู้วิจัยได้ทำการแบ่งส่วนของระบบที่จะพัฒนาออกได้เป็นดังนี้

1. พัฒนาส่วนของระบบปัญญาประดิษฐ์ที่จะใช้ในการทำระบบสแกนใบหน้า โดยใช้ Tensorflow.js ในการพัฒนา (มีส่วนของระบบจดจำใบหน้า และระบุตัวตนจากใบหน้าเข้า-ออกงาน)
2. พัฒนาส่วนของ Web Application ที่จะใช้ร่วมกับระบบสแกนใบหน้าที่ทำไว้แล้ว (Front-End : หน้าเว็บไซต์ที่จะแสดงผลและติดต่อกับผู้ใช้ และ Back-End : Database ที่เก็บข้อมูล และ API ที่เอาไว้ให้ Front-End สามารถเชื่อมต่อข้อมูลได้)
3. พัฒนาในส่วนของ Line Chatbot และ Line Notify ที่ใช้สำหรับแจ้งเตือนพนักงานเวลาทำการสแกนใบหน้าเข้า-ออกงาน (ระบบเดิมของบริษัทมีอยู่แล้ว อาจจะเป็นการหาวิธีที่จะประยุกต์ใช้ร่วมกับระบบสแกนใบหน้าที่พัฒนาขึ้นมา)
4. ทำการเชื่อมต่อระบบสแกนใบหน้าเข้ากับระบบ HRM ของบริษัท
5. ทดสอบและแก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาดต่าง ๆ ที่ตรวจพบเพื่อให้ระบบมีความสมบูรณ์มากที่สุด

โดยระบบนี้จะแบ่งขอบเขตของผู้ใช้งานออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

1. เจ้าหน้าที่ฝ่ายทรัพยากรบุคคล (HR) มีขอบเขตดังนี้
 - 1.1 สามารถล็อกอินเข้าสู่ระบบและออกจากระบบได้ (Login & Logout)
 - 1.2 สามารถจัดการใบหน้าที่ของพนักงานได้
 - 1.2.1 สามารถเพิ่มข้อมูลใบหน้าของพนักงานได้
 - 1.2.2 สามารถแก้ไขข้อมูลใบหน้าของพนักงานได้
 - 1.2.3 สามารถลบข้อมูลใบหน้าของพนักงานได้
 - 1.3 สามารถดูการเข้า-ออกงานของพนักงานแบบเรียลไทม์ได้
2. พนักงาน (Employees) มีขอบเขตดังนี้
 - 2.1 สามารถสแกนหน้าเข้า-ออกงานได้

2.2 ดูบันทึกประวัติการเข้า-ออกงานแบบเรียลไทม์ได้

2.3 ดูแจ้งเตือนการเข้า-ออกงานผ่านไลน์ได้

3. ผู้มาเยือน (Visitors) มีขอบเขตดังนี้

3.1 สามารถสแกนหน้าในระบบเช็คชื่อเข้า-ออกงานได้ (แต่จะเป็นการลง Log เอาไว้ โดยจะมีการบันทึกจับภาพใบหน้าของคนที่ไม่ใช่พนักงานที่เข้ามาในสำนักงาน รวมถึงบันทึกวันเวลาที่ได้เข้ามาในสำนักงานด้วย)

4.3 วิเคราะห์และการออกแบบระบบ

1. การวิเคราะห์และออกแบบการทำงานของระบบ

เป็นการวิเคราะห์เพื่อให้เห็น Flow การทำงานภายในของระบบว่ามีกระบวนการอะไรบ้าง โดยจะประกอบไปด้วย Phase แต่ละ Phase ดังนี้

Phase 1 : Data Gathering

เป็นกระบวนการแรกสุดของระบบ โดยจะเป็นกระบวนการที่ HR ทำการรวบรวมข้อมูลใบหน้า โดยเป็นภาพถ่ายจากอุปกรณ์ต่างๆ หรือรูปภาพของใบหน้าพนักงานแล้วทำการนำเข้าสู่ระบบเพื่อส่งต่อไปให้ระบบทำการจดจำใบหน้าต่อไป

Phase 2 : Train Recognizer

เป็นกระบวนการที่นำรูปภาพใบหน้าที่ได้จาก Phase 1 ทำการเข้าสู่กระบวนการจดจำใบข้อมูลใบหน้า โดยผ่านตัวโมเดลและตัวคอร์ในการประมวลผลโมเดล AI ด้วย Tensorflow.js โดยใช้โมเดลของ ResNet-34 เพื่อคำนวณค่าข้อมูล Face Descriptor ของใบหน้าพนักงาน และเมื่อได้ค่าข้อมูลของใบหน้าที่ทำการจดจำแล้วก็ทำการบันทึกลงฐานข้อมูล

Phase 3 : Scan Attendance

เมื่อมีข้อมูลใบหน้าของพนักงานอยู่บนฐานข้อมูลแล้ว เวลาที่พนักงานทำการสแกนใบหน้าผ่านกล้องเว็บแคม/กล้องวงจรปิดแบบไอพี ที่เชื่อมต่ออยู่กับเครื่อง Server หรือ Mini PC ตัวระบบจะทำการประมวลผลข้อมูลใบหน้าของพนักงานที่ได้รับเข้ามาจากการสแกนด้วย Tensorflow.js

Phase 4 : Recognition

โดยข้อมูลใบหน้าของพนักงานที่สแกนได้จาก Phase 3 จะนำมาทำการเปรียบเทียบใบหน้าของพนักงานที่สแกน ณ ขณะนั้น เทียบกับข้อมูลใบหน้าบนฐานข้อมูลว่ามีข้อมูลใบหน้าของพนักงานคนนั้น ๆ อยู่หรือไม่หากมีก็จะทำการลงเวลาเข้า-ออกงานบนฐานข้อมูล และหากไม่มีข้อมูลใบหน้าของพนักงานคนนั้น ๆ ที่ทำการสแกนอยู่บนฐานข้อมูล ก็จะเท่ากับว่าเป็นคนแปลกหน้าที่เข้ามาในบริษัท ระบบก็จะทำการแคปใบหน้าของคน ๆ นั้นเอาไว้ แล้วทำการบันทึกภาพใบหน้า รวมถึงวันเวลาที่เข้ามาในบริษัทลงบนฐานข้อมูล

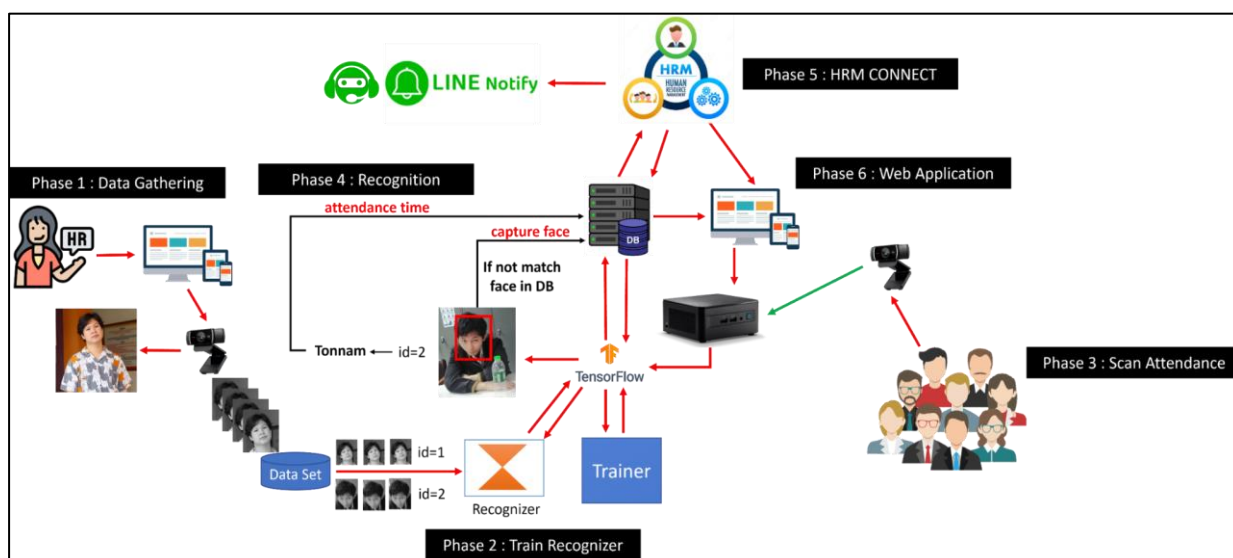
Phase 5 : HRM CONNECT

เป็นส่วนของการเชื่อมต่อตัวระบบสแกนใบหน้าเข้า-ออกงาน เข้ากับระบบ HRM หลักของบริษัท โดยเมื่อมีการสแกนหน้าเข้า-ออกงานของพนักงานก็จะส่งข้อมูลไปยังระบบ HRM เพื่อให้ระบบ HRM ทำการแจ้งเตือนไปยังไลน์ของพนักงาน หรือถ้าหากมีการตรวจจับคนแปลกหน้าได้ก็จะทำการส่งรูปใบหน้าคนแปลกหน้าที่แคป รวมถึงวันเวลาที่เข้ามาในบริษัทไปยังผู้บริหารหรือคนอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการดูแลสำนักงานได้อีกด้วย

Phase 6 : Web Application

เป็นส่วนประสานการใช้งาน (User Interface) สำหรับแสดงผลให้กับผู้ใช้ทั้งพนักงาน ฝ่ายบริหารทรัพยากรบุคคลหรือ HR สำหรับใช้งานระบบสแกนใบหน้าเข้า-ออกงานตาม Use Case Diagram ที่ได้อธิบายเอาไว้ เช่น การแก้ไขข้อมูลใบหน้าพนักงาน ดูการเข้าออกการเข้า-ออกงานแบบเรียลไทม์ เป็นต้น โดยหน้า UI นี้จะเป็นระบบส่วนย่อยที่อยู่ในระบบหลักอย่าง HRM เปรียบเสมือนระบบ Plug-in

จากกระบวนการของทั้ง 6 Phase ทำให้สามารถออกแบบแผนภาพแสดงการทำงานของระบบได้ดังรูปที่ 2



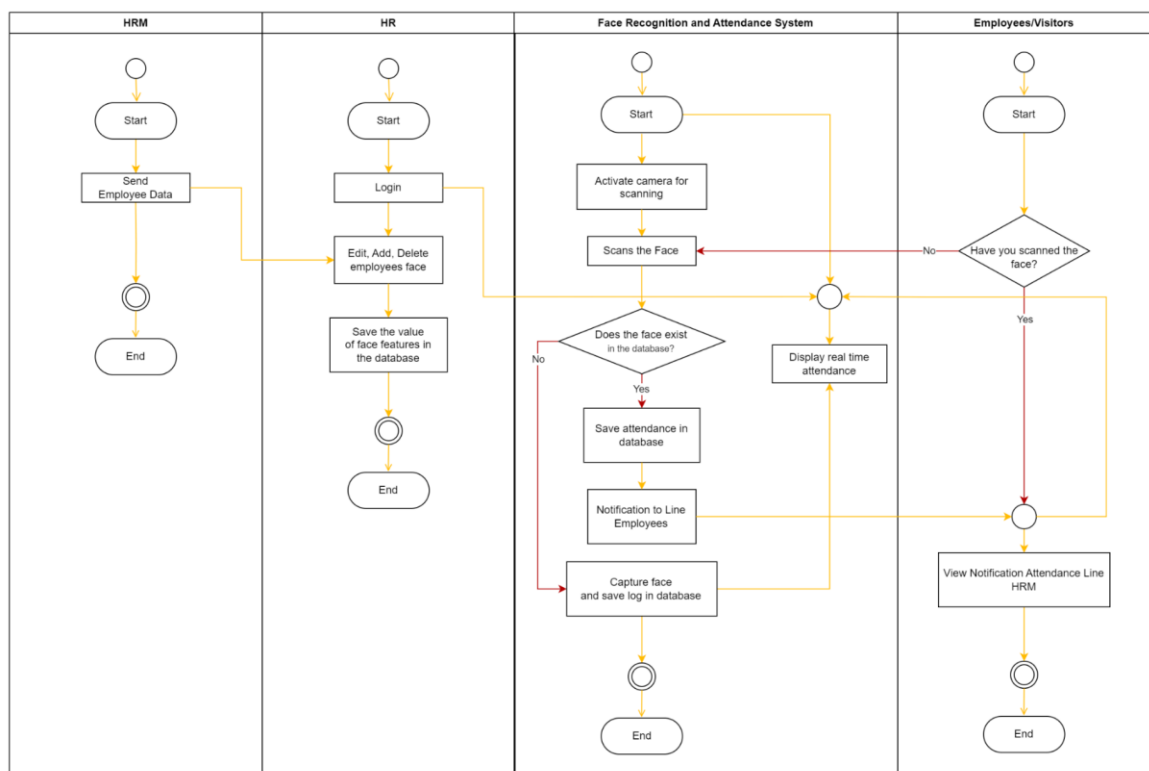
รูปที่ 2 แผนภาพแสดงการทำงานของระบบ (System Flow Diagram)

2. การวิเคราะห์และออกแบบแผนการทำงานของระบบงานใหม่

จากการวิเคราะห์ระบบงานเดิมทำให้ทราบถึงปัญหาจากระบบงานเดิม นั่นคือในส่วนของการเข้า-ออกงานของพนักงาน ในระบบ HRM ของบริษัท ทางผู้จัดทำจึงได้ทำการพัฒนาระบบสแกนใบหน้าเพื่อใช้ในการเข้า-ออกงานของพนักงานเพิ่มขึ้นมา โดยจะเป็นระบบที่ทำการ

เพิ่มเข้าไปให้กับระบบ HRM เดิม เป็นในลักษณะของ Feature เสริมเข้าไป หรือที่เรียกว่า Plug and Play ซึ่งจะเป็นระบบที่ช่วยในการแก้ปัญหาของระบบการเข้าออก/งานเดิมของบริษัท โดยยังคงระบบตัวเดิมเอาไว้เพื่อให้พนักงานสามารถกดเข้า-ออกงานด้วยตัวเองได้ แต่มีระบบสแกนหน้าเสริมเพิ่มเข้ามาให้พนักงานสามารถเข้า-ออกงานได้สะดวกมากยิ่งขึ้น โดยไม่ต้องเป็นคนกดเข้า-ออกงานด้วยตัวเอง

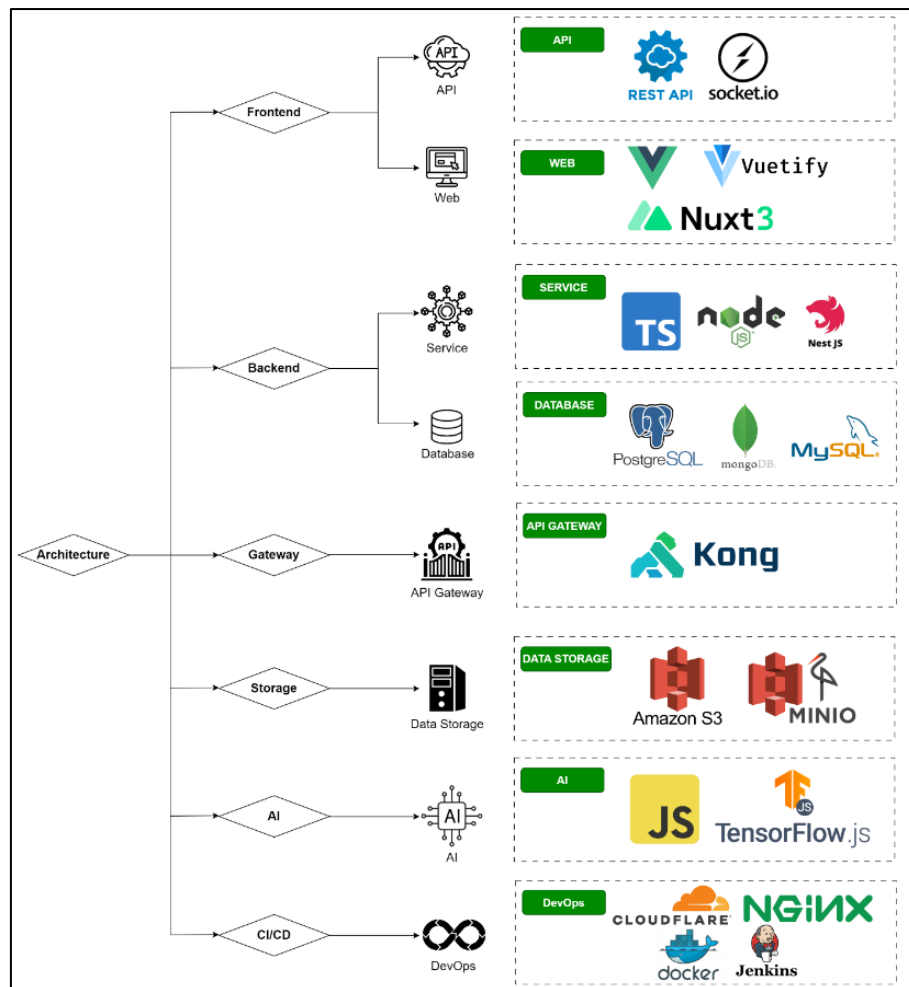
จากการวิเคราะห์ระบบงานใหม่ทำได้ขั้นตอนการดำเนินงานใหม่ของระบบสแกนใบหน้าเข้า-ออกงานของพนักงานที่จะทำการเพิ่มเข้าไปในระบบ HRM โดยจะมีลักษณะการดำเนินงานดังนี้ ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพลำดับขั้นตอนการทำงาน (Workflow) ของระบบสแกนใบหน้าเข้า-ออกงานของพนักงานที่จะทำการเพิ่มเข้าไปในระบบ HRM

3. การวิเคราะห์และออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบ

การวิเคราะห์และออกแบบสถาปัตยกรรมของระบบเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นการกำหนดโครงสร้างและรูปแบบของระบบเทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบโดยรวม โดยแบ่งแยกย่อยออกเป็น ส่วน ๆ ดังรูปที่ 4

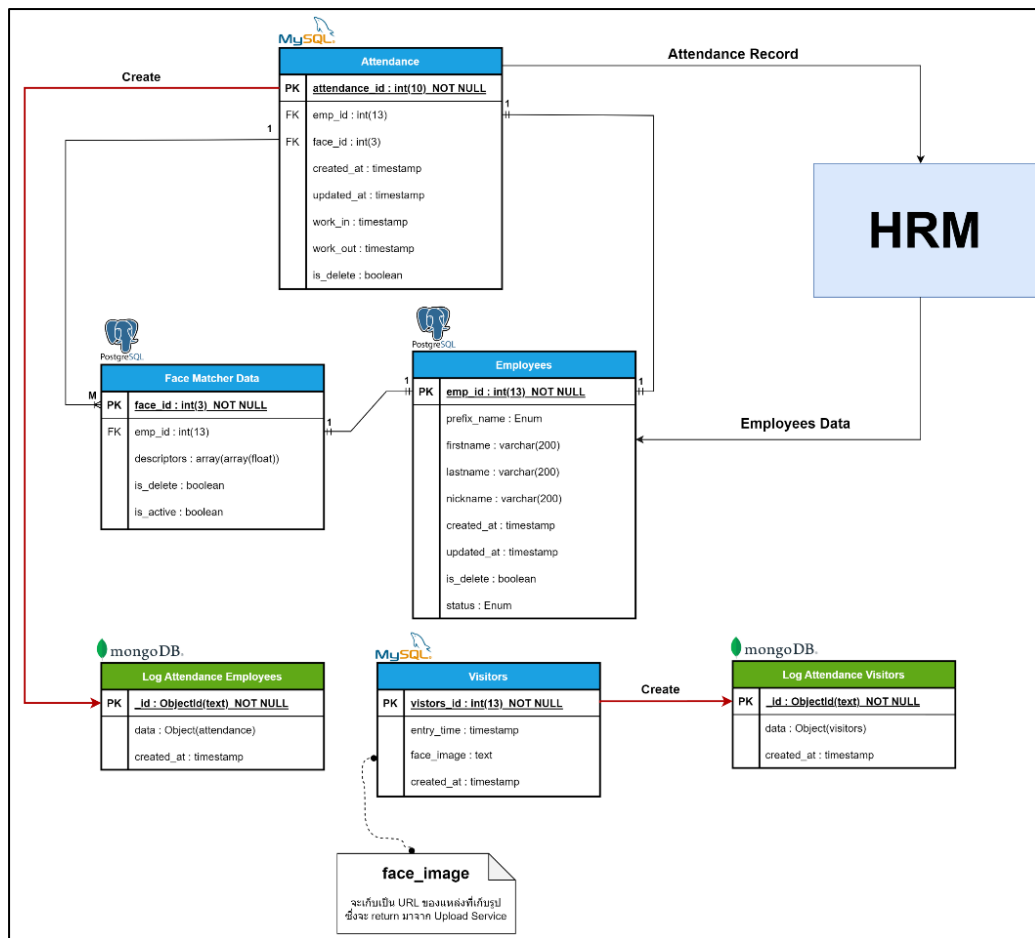


รูปที่ 4 แผนภาพสถาปัตยกรรมของระบบ (Architecture System Diagram)

4. การวิเคราะห์และออกแบบฐานข้อมูล

เป็นกระบวนการที่ใช้ในการวิเคราะห์ความต้องการของระบบฐานข้อมูล และออกแบบโครงสร้างของฐานข้อมูลให้เหมาะสมกับความต้องการดังกล่าว โดยมุ่งเน้นการกำหนดโครงสร้างข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลในฐานข้อมูลเพื่อให้สามารถเก็บรักษาข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีประสิทธิภาพในการดึงข้อมูล การแก้ไข และการลบข้อมูล โดยใช้แผนภาพ ER Diagram

ER Diagram ช่วยให้ผู้ออกแบบระบบฐานข้อมูลสามารถเข้าใจและออกแบบโครงสร้างข้อมูลและความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลได้ง่ายขึ้น เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการกำหนดความสัมพันธ์ ตัวแปรและโครงสร้างข้อมูลภายในฐานข้อมูล อีกทั้งยังช่วยในการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลและกำหนดโครงสร้างที่สอดคล้องกับความต้องการของระบบด้วย

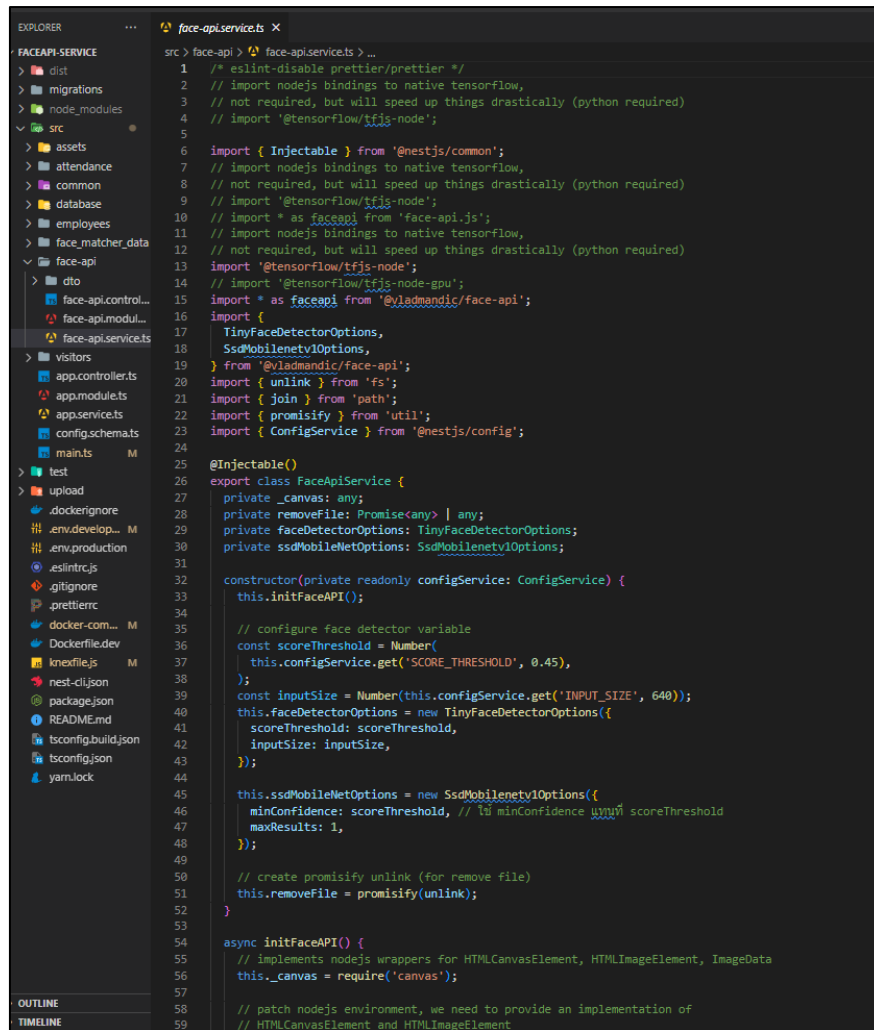


รูปที่ 5 แผนภาพ ER Diagram

(กล่องสีฟ้า HRM คือระบบ HRM ของบริษัทที่ทำการดึงข้อมูลพนักงานของบริษัทและบันทึกข้อมูลการเข้า-ออกงานไปยังระบบ HRM)

4.4 การพัฒนาระบบ

ขั้นตอนการพัฒนาระบบด้วยการเขียนโปรแกรม โดยระบบงานมีลักษณะเป็นเว็บแอปพลิเคชัน พัฒนาโดยใช้ภาษา JavaScript และ TypeScript ผ่านโปรแกรม Visual Studio Code (VS Code) โดยใช้เฟรมเวิร์ค NestJs ในการพัฒนาระบบหลังบ้าน และใช้เฟรมเวิร์ค Vue3 ในการพัฒนาระบบหน้าบ้าน และมีการใช้ Tensorflow.js เป็นตัวคอร์หลักในการประมวลผล AI หรือปัญญาประดิษฐ์ ทั้งในระบบหน้าบ้านและหลังบ้าน และมีการใช้ Postgres, MySQL และ MongoDB เป็นระบบฐานข้อมูล โดยฟีเจอร์การทำงานหลัก ๆ ของระบบได้แก่ จัดการข้อมูลใบหน้าของพนักงาน การเข้าออกงานแบบเรียลไทม์ ดูประวัติการเข้า-ออกงานของพนักงาน สแกนใบหน้าเข้า-ออกงานของพนักงาน และมีการแจ้งเตือนการเข้า-ออกงานของพนักงานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์



รูปที่ 6 ตัวอย่างโค้ดที่เขียนในการใช้พัฒนาระบบ

4.5 การติดตั้งระบบ

3.5.1 การติดตั้งระบบสแกนใบหน้าเข้า-ออกงาน : กรณีศึกษา บริษัท ดุติ อินสิต จำกัด

3.5.2 ออกแบบและสร้างแบบประเมินประสิทธิภาพของระบบ และแบบประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ

3.5.3 ประเมินประสิทธิภาพของระบบด้วย Confusion Matrix

3.5.4 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจากผู้เชี่ยวชาญ Machine Learning จำนวน 2 คน

3.5.5 ประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบจากพนักงานจำนวน 32 คน

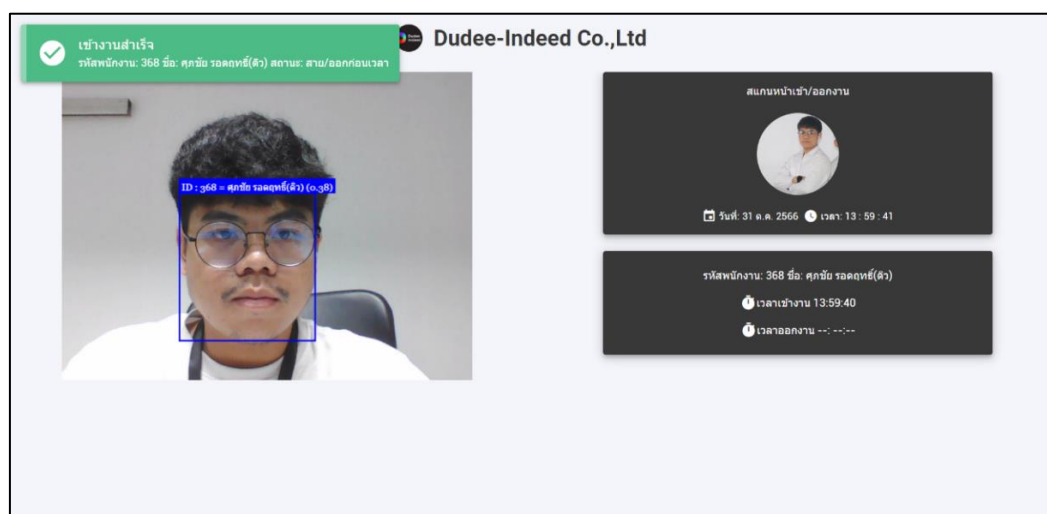
4.6 การบำรุงรักษา

นำข้อคิดเห็นจากผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบและผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบ มาปรับปรุงเพื่อให้ระบบใช้งานได้ง่ายและมีประสิทธิภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น

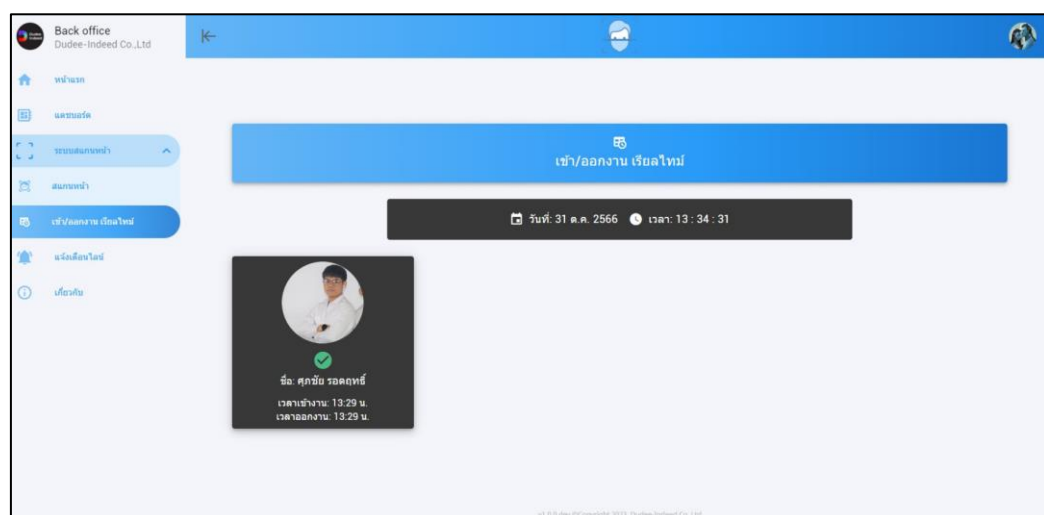
5. ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบสแกนใบหน้าในการบริหารงานทรัพยากรบุคคล : กรณีศึกษา บริษัท ดูดี อินดิท จำกัด มีรายละเอียดดังนี้

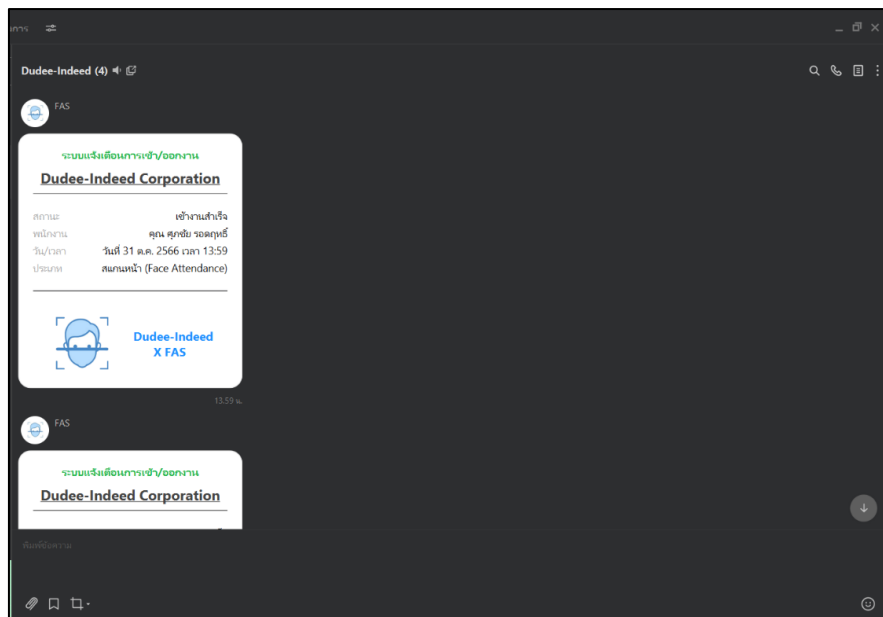
5.1 ผลการพัฒนาและการทดลองใช้ระบบ



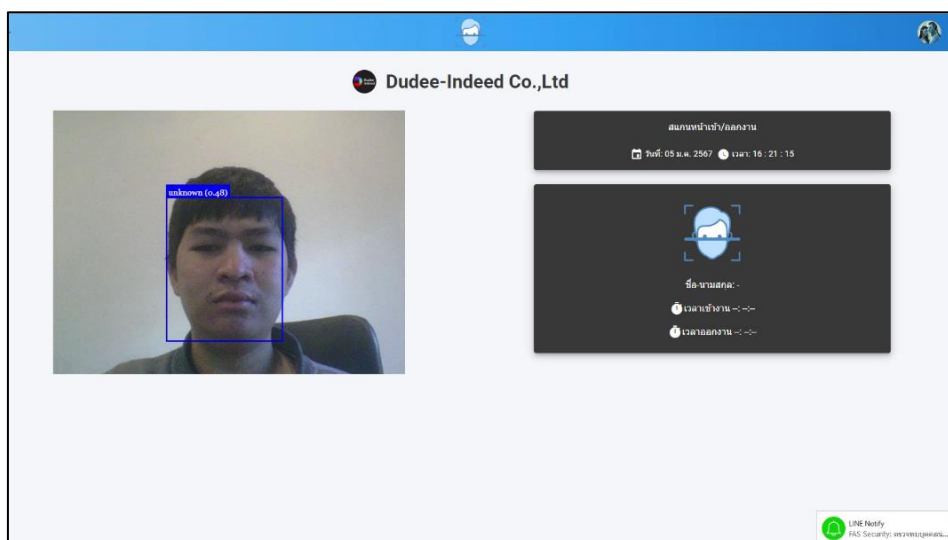
รูปที่ 7 แสดงหน้าการสแกนหน้าเช็คชื่อเข้า-ออกงาน



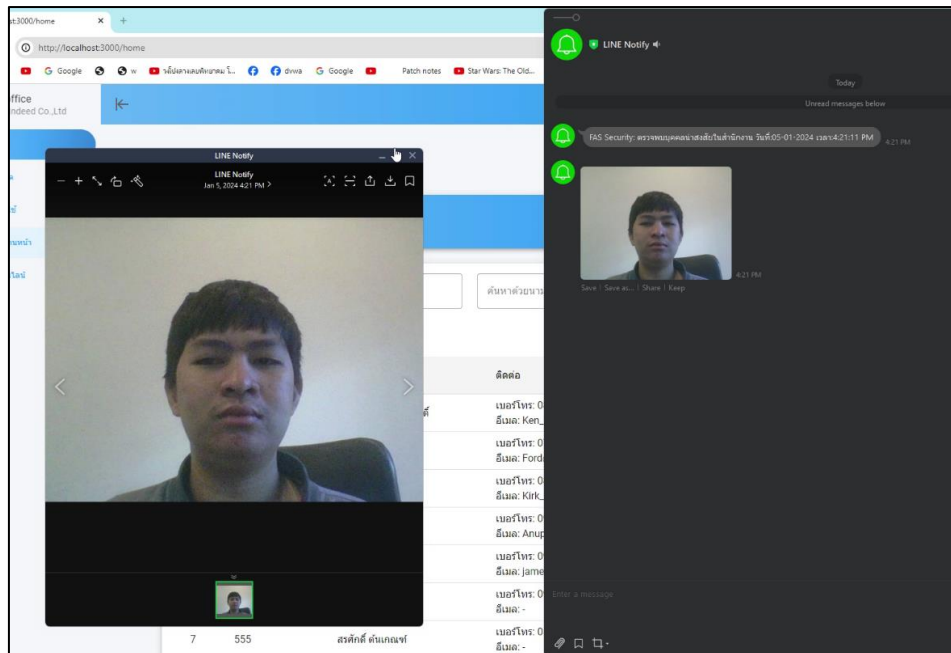
รูปที่ 8 แสดงหน้าการเข้า-ออกงานของพนักงานแบบเรียลไทม์



รูปที่ 9 แสดงหน้าการแจ้งเตือนเข้า-ออกงานผ่านไลน์ของพนักงาน



รูปที่ 10 แสดงการสแกนหน้าเข้า-ออกงานโดยไม่มีข้อมูลใบหน้าอยู่บนฐานข้อมูล
(ผู้มาเยือน/คนแปลกหน้า)



รูปที่ 11 แสดงหน้าจอแจ้งเตือนคนแปลกหน้าที่เข้ามาในสำนักงานผ่านไลน์

5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพของระบบ

ผลการวิจัยในด้านการทดสอบประสิทธิภาพ โดยใช้วิธีการทดสอบความแม่นยำในการระบุตัวตนเพื่อเช็คชื่อเข้า-ออกงานของระบบด้วย Confusion Matrix โดยสามารถประเมินผลได้ดังนี้

ทำการออกแบบการทดสอบความแม่นยำในการระบุตัวตนเพื่อเช็คชื่อเข้า-ออกงานด้วย Confusion Matrix โดยจะสนใจที่จำนวนพนักงานที่ระบบทำการจำแนกใบหน้าได้ถูกต้อง ดังนั้นแล้วจะสามารถแยก class ที่สนใจได้ดังนี้ (Positive: จำนวนพนักงานที่ระบบจำแนกใบหน้าได้ถูกต้อง และ Negative: จำนวนที่ระบบจำแนกได้ถูกต้องว่าไม่มีใบหน้า) ดังนั้นแล้ว TP, TN, FP และ FN จะอธิบายได้ดังนี้

- True Positive (TP)= ระบบจำแนกใบหน้าได้ถูกต้อง และบุคคลที่ทำการจำแนกนั้นมีใบหน้าอยู่บนระบบจริง ๆ
- True Negative (TN)= ระบบจำแนกได้ถูกต้องว่าไม่มีใบหน้า และบุคคลที่ทำการจำแนกไม่มีใบหน้าในระบบจริง ๆ
- False Positive (FP)= ระบบจำแนกว่าบุคคลนั้น ๆ ไม่มีใบหน้าบนระบบ แต่บุคคลนั้น ๆ มีใบหน้าเป็นพนักงานอยู่บนระบบ
- False Negative (FN)= ระบบจำแนกว่ามีใบหน้าในระบบ แต่บุคคลนั้น ๆ ไม่มีใบหน้าบนระบบ

		Prediction	
		มีใบหน้า	ไม่มีใบหน้า
Actual	มีใบหน้า	246 (TP)	4 (FP)
	ไม่มีใบหน้า	2 (FN)	19 (TN)

ตารางที่ 1 ตาราง Confusion Matrix

จำนวนทดสอบ (N) ของการระบุตัวตนเพื่อเช็คชื่อเข้า-ออกงานของระบบคือ 271 ครั้ง ของพนักงานที่มีใบหน้าอยู่บนระบบฐานข้อมูลคนละ 5 รูปภาพใบหน้า ประกอบด้วย ภาพหน้ามุมตรง หน้ามุมเงยขึ้น หน้ามุมก้มลง หน้ามุมหันซ้าย และหน้ามุมหันขวา (จากพนักงานทั้งหมด 32 คน โดยแบ่งเป็น 25 คนที่มีใบหน้าในระบบ คนละ 10 ครั้ง และ 7 คนที่ไม่มีใบหน้าในระบบ คนละ 3 ครั้ง) โดยประกอบไปด้วย 246 ครั้งที่ระบบระบุตัวตนได้ถูกต้อง (True Positives), 4 ครั้งที่ระบบระบุตัวตนผิดพลาด (False Positives), 2 ครั้งที่ระบบตรวจจับคนที่ไม่มีใบหน้าเป็นมีใบหน้า (False Negatives) และ 19 ครั้งที่ระบบตรวจจับคนที่ไม่มีใบหน้าได้ถูกต้อง (True Negatives) ตามตาราง Confusion Matrix ที่ให้มาด้วยในการทดสอบ หรือ $N = TP + FP + FN + TN = 246 + 4 + 2 + 19 = 271$ ครั้ง



รูปที่ 12 ตัวอย่างรูปภาพใบหน้าของบุคคลทั้ง 5 มุมมองที่เก็บอยู่บนฐานข้อมูล

หลังจากที่ได้ข้อมูลความถี่ (หน่วย: จำนวนครั้งที่ทำการสแกนใบหน้า) ที่ใส่ในตารางแล้วเพื่อนำมาใช้ในการวัดแม่นยำในการระบุตัวตนเพื่อเช็คชื่อเข้า-ออกงาน สามารถคำนวณโดยใช้ค่าสถิติที่เรียกว่า Classification Metrics ซึ่งมี 4 ตัวที่นิยมใช้กันคือ Overall Accuracy, Precision, Recall และ F1 score

- Overall Accuracy คือค่าความแม่นยำ (ถูกต้อง) โดยรวมของโมเดล โดยใช้สูตร คือ

$$\begin{aligned}\text{Overall Accuracy} &= (TP + TN) / N \\ &= (246 + 19) / (246 + 4 + 2 + 19) \\ &= 0.978 \text{ หรือ } 97.8\%\end{aligned}$$

หากรู้ค่า Accuracy จะสามารถคำนวณ error rate ได้ทันทีด้วยสูตร $1 - \text{Overall Accuracy}$
= error rate ซึ่งจะได้ค่าเท่ากับ 0.022 หรือมี error rate ประมาณ 2.2%

- Precision คือบอกว่าจากผลที่โมเดลทำนายเป็น Positive ทั้งหมด โมเดลทาย Positive ถูกจริง ๆ เท่าไหร่ โดยใช้สูตร คือ

$$\begin{aligned}\text{Precision} &= TP / (TP + FP) \rightarrow \text{ตัวหารคือ Total Positives} \\ &= 246 / (246 + 4) \\ &= 0.984 \text{ หรือ } 98.4\%\end{aligned}$$

- Recall คือค่าที่บอกว่าโมเดลเจอ Actual Positive Class ที่สนใจมากหรือน้อยเพียงใด ในทางสถิติเรียกว่า “Sensitivity” โดยใช้สูตร คือ

$$\begin{aligned}\text{Recall} &= TP / (TP + FN) \\ &= 246 / (246 + 2) \\ &= 0.992 \text{ หรือ } 99.2\%\end{aligned}$$

- F1-Score คือการหาค่าเฉลี่ยของ Precision และ Recall เป็น Metric เดียวไว้วัดผลโมเดลได้เลย เพราะมันรวม Precision และ Recall ไว้ในการคำนวณแล้ว โดยใช้สูตร คือ

$$\begin{aligned}\text{F1 Score} &= 2 * (\text{Precision} * \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall}) \\ &= 2 * (0.984 * 0.992) / (0.984 + 0.992) \\ &= 0.988 \text{ หรือ } 98.8\%\end{aligned}$$

จากการใช้ Confusion Matrix ร่วมกับการคำนวณสถิติในการหาค่าเพื่อวัดผลประสิทธิภาพของตัวระบบสามารถจำแนกได้ดังนี้

- Overall Accuracy เป็นการวัดความแม่นยำโดยรวมของโมเดล โดยพิจารณาจากทั้ง True Positive (TP) และ False Negative (FN) แต่อาจไม่เหมาะสมกับบางสถานการณ์ เช่น กรณีที่ระบบมีแนวโน้มที่จะทำนายผิดพลาดว่าผู้ใช้งานคือบุคคลที่มีใบหน้า (False Positive) มากกว่าการทำนายผิดพลาดว่าผู้ใช้งานไม่ใช่บุคคลที่ไม่มีใบหน้า (False Negative)
- ในกรณีที่อยากทราบว่า ระบบจำแนกบุคคลได้แม่นยำแค่ไหน คือ จำแนกใบหน้าของพนักงานได้ถูกต้อง จากการทำนายทั้งหมดต้องใช้ Precision (สนใจ TP)
- ในกรณีที่อยากทราบว่า ระบบสามารถจำแนกใบหน้าได้ถูกต้องแค่ไหน จากการจำแนกที่มีใบหน้าทั้งหมด ต้องใช้ Recall
- แต่ในกรณีที่ต้องการหาประสิทธิภาพของระบบในการทำนายนี้ ที่ต้องมีทั้งการทายถูกต้องว่าบุคคลที่ทำนายนั้นไม่มีใบหน้าจริง ๆ และในขณะเดียวกันก็ต้องตรวจจับบุคคลที่มีใบหน้าได้ด้วย ก็ต้องเลือกใช้ F1 score ก็คือ เป็นค่าเฉลี่ยของทั้ง Precision และ Recall

ตารางที่ 2 ตารางสรุป Confusion Matrix

Measure		Calculated Value
Error rate	ERR	0.022 หรือ 2.2%
Accuracy	ACC	0.978 หรือ 97.8%
Sensitivity True positive rate Recall	SN TPR REC	0.992 หรือ 99.2%
Specificity True negative rate	SP TNR	0.826 หรือ 82.6%
Precision Positive predictive value	PREC PPV	0.984 หรือ 98.4%
F1-Score	F1	0.988 หรือ 98.8%
False positive rate	FPR	0.174 หรือ 17.4%

สูตรคำนวณที่ใช้

1. Error rate (ERR)

$$ERR = (FP+FN)/(TP+TN+FN+FP)$$

2. Accuracy (ACC)

$$ACC = (TP+TN)/(TP+TN+FN+FP)$$

3. Sensitivity/True positive rate/Recall (SN/TPR/REC)

$$SN = TP/(TP+FN)$$

4. Specificity/True negative rate (SP/TNR)

$$SP = TN/(TN+FP)$$

5. Precision/Positive predictive value (PREC/PPV)

$$PREC = TP/(TP+FP)$$

6. F1-Score (F1)

$$F1 = 2*(PREC*SN)/(PREC+SN)$$

7. False positive rate (FPR)

$$FPR = FP/(TN+FP) \text{ หรือ } FPR = 1 - \text{Specificity}$$

จากตารางสรุป Confusion Matrix สามารถสรุปค่าการคำนวณต่าง ๆ ได้ดังนี้

1. Error rate: ค่า Error rate ยิ่งต่ำหมายความว่าตัวระบบมีโอกาสจำแนกใบหน้าผิดได้น้อย
2. Accuracy: ค่า Accuracy สูงหมายความว่าตัวระบบมีประสิทธิภาพในการจำแนกใบหน้าโดยรวมค่อนข้างดี ทั้งกรณี มีใบหน้า และไม่มีใบหน้า
3. Sensitivity (ความสามารถในการตรวจจับคนที่มีใบหน้า): ค่า Sensitivity สูงแสดงว่าระบบมีความสามารถในการตรวจจับบุคคลที่มีใบหน้า และบุคคลนั้น ๆ มีใบหน้าอยู่ในระบบจริง ๆ ได้ดี
4. Specificity (ความสามารถในการตรวจจับคนที่ไม่ใช่ใบหน้า): ค่า Specificity สูงแสดงว่าระบบมีความสามารถในการตรวจจับบุคคลที่ไม่ใช่ใบหน้า และบุคคลนั้น ๆ ไม่มีใบหน้าอยู่ในระบบจริง ๆ ได้ดี
5. Precision (ความแม่นยำของการจำแนกคนที่มีใบหน้า): ค่า Precision สูงแสดงว่าตัวระบบมีความแม่นยำในระดับบุคคล ในกรณีที่มิใช่ใบหน้าได้ค่อนข้างสูง
6. F1-Score (ค่า F1): เป็นค่าความสมดุลระหว่าง Precision และ Recall ซึ่งหมายความว่าหากค่า F1 มีค่าสูง ทั้ง Precision และ Recall มีค่าสูงพร้อมกัน จะทำให้ F1 Score มีค่าที่สมดุลกันระหว่างทั้ง 2 ค่า สามารถนำมาวัดประสิทธิภาพความแม่นยำของตัวระบบได้เลย (ไม่ต้องเลือกระหว่าง Precision หรือ Recall เพราะเฉลี่ยให้แล้ว)

7. False positive rate: ค่า False positive rate ยิ่งต่ำแสดงว่าระบบมีความน่าเชื่อถือในการป้องกันการจำแนกบุคคลว่ามีใบหน้า ในขณะที่จริง ๆ แล้วไม่มีใบหน้าอยู่บนระบบ (สรุปก็คือ หาก False positive rate ยิ่งเยอะ แสดงว่าระบบจะมีโอกาสทำนายว่าบุคคลนั้น ๆ มีใบหน้าที่จริง ๆ ที่จริง ๆ แล้วบุคคลนั้นไม่มีใบหน้าอยู่บนระบบได้เยอะ ซึ่งถือว่าส่งผลกระทบต่อความแม่นยำและความถูกต้องในการเช็คชื่อเข้า-ออกงานของพนักงานเป็นอย่างมาก ดังนั้นค่าตัวนี้หากยิ่งต่ำยิ่งดี)

วิดีโอตัวอย่างการทดสอบระบบ (หมายเหตุ : วิดีโอที่ทดสอบนี้เป็นตัวระบบในระหว่างการพัฒนาเท่านั้น ไม่ใช่ตัวระบบที่นำไปใช้จริงและผ่านการทดสอบตาม Confusion Matrix เนื่องจากพนักงานที่ช่วยในการทดสอบระบบที่นำไปใช้งานจริงไม่ประสงค์ให้มีการอัดวิดีโอการทดสอบระบบและนำไปเผยแพร่ ดังนั้นบุคคลที่ปรากฏในวิดีโอเป็นทางผู้วิจัยและเพื่อนๆ ของผู้วิจัยที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทดสอบระบบและได้ขออนุญาตในการนำตัวอย่างการทดสอบระบบมาเผยแพร่)

- Video การทดสอบการสแกนใบหน้าเข้า-ออกงาน (มีข้อมูลใบหน้านระบบ)
Link : https://youtu.be/KLP38_qLEFg
- Video ทดสอบการสแกนใบหน้ากรณีที่ไม่มีข้อมูลใบหน้านระบบ (คนแปลกหน้า/ผู้มาเยือน)
Link : <https://youtu.be/6Q0CvB32zmk>

5.3 ผลการประเมินความพึงพอใจ

การประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้งานระบบ ผู้วิจัยได้แบ่งประเภทของผู้ใช้งานเป็น 2 ประเภท คือ ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning จำนวน 2 คน และประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของพนักงาน จำนวน 32 คน โดยให้ผู้ประเมินได้ทดสอบใช้งานระบบ แล้วตอบแบบสอบถาม ซึ่งเป็นคำถามลักษณะแบบให้เลือกตอบ แบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ประกอบด้วย มากที่สุด มาก ปานกลาง น้อย และน้อยที่สุด เกณฑ์การให้คะแนนในแบบสอบถามมี 5 ระดับ ดังนี้

5	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
4	หมายถึง	พึงพอใจมาก
3	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
2	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
1	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนนวัดระดับความพึงพอใจ (แปลผล) จากการคำนวณอันตรภาคชั้นโดยใช้

$$\begin{aligned}\text{สูตร} &= (\text{คะแนนสูงสุด} - \text{คะแนนต่ำสุด}) / \text{จำนวนระดับ} \\ \text{แทนค่า} &= (5-1)/5 \\ &= 0.80\end{aligned}$$

ได้เกณฑ์ 5 ระดับ ดังนี้

4.21 - 5.00	หมายถึง	พึงพอใจมากที่สุด
3.41 - 4.20	หมายถึง	พึงพอใจมาก
2.61 - 3.40	หมายถึง	พึงพอใจปานกลาง
1.81 - 2.60	หมายถึง	พึงพอใจน้อย
1.00 - 1.80	หมายถึง	พึงพอใจน้อยที่สุด

5.3.1 ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning

ในการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 คน โดยให้ทดลองใช้งานระบบ และทำแบบสอบถามประเมินความพึงพอใจ 5 ด้าน ประกอบด้วยความเร็วในการประมวลผลและตอบสนอง ระบบมีความทันสมัย ระบบมีความแม่นยำในการเปรียบเทียบใบหน้า ระบบแจ้งเตือนมีความเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งานได้เป็นอย่างดี และความเสถียรของระบบเมื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยแสดงค่าเฉลี่ย $\bar{X}$ ผลที่ได้จากการประเมินดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	ความหมาย
ระบบมีความรวดเร็วในการประมวลผลและตอบสนอง	4.00	0.00	มาก
ระบบมีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.50	0.71	มากที่สุด
ระบบมีความแม่นยำในการเปรียบเทียบใบหน้า	4.00	0.00	มาก
ระบบแจ้งเตือนมีความเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งานได้เป็นอย่างดี	4.50	0.71	มากที่สุด
ความเสถียรของระบบเมื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน	3.50	0.71	มาก
รวม	4.10	0.42	มาก

จากตารางที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning โดยพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าความเสถียรของระบบเมื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 3.50 และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ระบบมีความปลอดภัยในการใช้งานและระบบแจ้งเตือนมีความเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งานได้เป็นอย่างดี ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.50 ภาพรวมความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning มีค่าเฉลี่ย 4.10 อยู่ในระดับมาก

5.3.2 ประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของพนักงาน

ในการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานของพนักงาน โดยใช้กลุ่มตัวอย่าง 32 คน โดยให้ทดลองใช้งานระบบ และทำแบบสอบถามประเมินความพอใจ 5 ด้าน ประกอบด้วยความเร็วในการประมวลผลและตอบสนอง ระบบมีความทันสมัย ระบบมีความแม่นยำในการเปรียบเทียบใบหน้า ระบบแจ้งเตือนมีความเร็วในการตอบสนองต่อการใช้งานได้เป็นอย่างดี และความเสถียรของระบบเมื่อใช้งานในสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน โดยแสดงค่าเฉลี่ย $\bar{x}$ ผลที่ได้จากการประเมินดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของพนักงาน

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		
	ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$)	S.D.	ความหมาย
ระบบมีความรวดเร็วในการทำงาน	4.53	0.62	มากที่สุด
ระบบมีความทันสมัย	4.78	0.49	มากที่สุด
ระบบมีความแม่นยำในการเปรียบเทียบใบหน้า	4.31	0.69	มากที่สุด
ความสะดวกในการสแกนใบหน้าเช็คอินเข้า-ออกงาน	4.84	0.37	มากที่สุด
ความเหมาะสมในการนำมาใช้ในสภาพแวดล้อมจริง	4.34	0.65	มากที่สุด
รวม	4.56	0.57	มากที่สุด

จากตารางที่ 4 ผลการประเมินความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของพนักงาน โดยพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่าระบบมีความแม่นยำในการเปรียบเทียบใบหน้า มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ 4.31 และรายการประเมินที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความสะดวกในการสแกนใบหน้าเช็คอินเข้า-ออกงาน ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.84 ภาพรวมความพึงพอใจต่อการใช้งานระบบของพนักงาน มีค่าเฉลี่ย 4.56 อยู่ในระดับมากที่สุด

6. สรุปผลการวิจัย

1. จากการวิจัยพัฒนาระบบสแกนใบหน้าในการบริหารงานทรัพยากรบุคคล : กรณีศึกษา บริษัท ดุติ อินดิส จำกัด โดยระบบงานมีลักษณะเป็นเว็บแอปพลิเคชัน พัฒนาโดยใช้ภาษาไทป์สคริปต์ (TypeScript) และ จาวาสคริปต์ (JavaScript) โดยใช้เฟรมเวิร์คเนสต์เจเอส (NestJS) ในการพัฒนาระบบหลังบ้าน และใช้เฟรมเวิร์ควิว 3 (Vue 3) ในการพัฒนาระบบหน้าบ้าน และมีการใช้เทนเซอร์โฟลวดีทเจเอส (Tensorflow.js) เป็นตัวคอร์หลักในการประมวลผลเอไอหรือปัญญาประดิษฐ์ ทั้งในระบบหน้าบ้านและหลังบ้าน และมีการใช้โพสกรีส (Postgres) มายเอสคิวแอล (MySQL) และมองโกดีบี (MongoDB) เป็นระบบฐานข้อมูล โดยฟีเจอร์การทำงานหลัก ๆ ของระบบได้แก่ จัดการข้อมูลใบหน้าของพนักงาน ดูการเข้าออกงานแบบเรียลไทม์ ดูประวัติการเข้า-ออกงานของพนักงาน สแกนใบหน้าเข้า-ออกงานของพนักงาน และมีการแจ้งเตือนการเข้า-ออกงานของพนักงานผ่านทางแอปพลิเคชันไลน์ การดำเนินการวิจัยใช้หลักการพัฒนาระบบสารสนเทศตามวงจรการพัฒนาระบบ

(Software Development Life Cycle : SDLC) โดยมีกระบวนการทั้งหมด 6 ขั้นตอนในการวิเคราะห์และออกแบบระบบตามวงจรการพัฒนา ระบบ ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นช่วยลดปัญหาของระบบงานเดิมและเพิ่มความสะดวกในการเช็คชื่อเข้า-ออกงานให้กับพนักงานได้เป็นอย่างดี

2. ผลการทดสอบประสิทธิภาพของตัวระบบ ผ่านการทดสอบความแม่นยำในการระบุตัวตนเพื่อเช็คชื่อเข้า-ออกงานด้วยตาราง Confusion Matrix โดยให้พนักงานจำนวน 32 คนเป็นผู้ทดสอบ (แบ่งเป็น 25 คนที่มีใบหน้าบนระบบ ทำการสแกนใบหน้าคนละ 10 ครั้ง รวมเป็น 250 ครั้ง และอีก 7 คนที่เหลือเป็นคนที่ไม่มีใบหน้าบนระบบ ทำการสแกนใบหน้าคนละ 3 ครั้ง รวมเป็น 21 ครั้ง) รวมเป็นการทดสอบการสแกนใบหน้าทั้งหมด 271 ครั้ง และจำแนกเป็นค่าตาม class ได้ดังนี้ True Positive อยู่ที่ 246 ครั้ง True Negative อยู่ที่ 19 ครั้ง False Positive อยู่ที่ 4 ครั้ง และ False Negative อยู่ที่ 2 ครั้ง หลังจากทำการคำนวณค่าสถิติจากตาราง Confusion Matrix ทำให้ได้ค่าความถูกต้อง (Accuracy) คิดเป็นร้อยละ 97.8 โดยที่ค่าความเฉพาะเจาะจง (Specificity) คิดเป็นร้อยละ 82.6 นอกจากนี้ True Positive Rate และ Precision มีค่าค่อนข้างสูง ทำให้มีความน่าเชื่อถือและสร้างความเชื่อมั่นในการนำไปใช้งานในระดับสูง จากผลการทดสอบนั้นได้ผลลัพธ์ที่ดีและเป็นประโยชน์อย่างมากในการสร้างความมั่นใจให้กับบริษัทเพื่อนำระบบไปใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงของบริษัท

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบ แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ ผู้เชี่ยวชาญด้าน Machine Learning จำนวน 2 คน พบว่าอยู่ในเกณฑ์ระดับมาก มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.10 และกลุ่มผู้ใช้ที่เป็นพนักงาน จำนวน 32 คน พบว่าอยู่ในเกณฑ์ระดับมากที่สุด มีค่าเฉลี่ยโดยรวมเท่ากับ 4.56

7. ข้อเสนอแนะ

จากการดำเนินงานวิจัยที่ผ่านมาและผลที่ได้ทำให้เกิดแนวคิดและข้อเสนอแนะในการดำเนินงานวิจัยต่อไปในอนาคต ดังต่อไปนี้

1. ระบบของงานนี้ยังสามารถใช้ใบหน้าจากรูปภาพบนมือถือหรือรูปถ่ายมาใช้ในการตรวจจับใบหน้าได้อยู่ ดังนั้นจึงควรเพิ่มระบบตรวจสอบความถูกต้องใบหน้าเพื่อป้องกันการสแกนเข้า-ออกงานด้วยการตรวจจับใบหน้าปลอมจากรูปภาพหรือการใส่หน้ากากก่อนทำการอนุญาตให้สแกนได้ (อาจมีการใช้กระบวนการหรือโมเดลที่สามารถใช้ในการตรวจจับใบหน้าปลอมได้เพิ่มเข้ามา)

2. เนื่องจากระบบนี้ใช้ Model ที่เก่าตั้งแต่ปี 2020 (Resnet-34) และ TensorFlow core เวอร์ชันเก่า ปัจจุบัน Google ได้ทำการพัฒนา Project MediaPipe ที่มี Model Machine Learning หลากหลายที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในต่าง ๆ ด้วยกัน เช่น Object Detection, Image Classification, Image Segmentation, Face Detection และอื่น ๆ โดยทั้งหมดเป็น

Model ที่พัฒนาขึ้นโดย Google ซึ่งยังสามารถนำไปใช้งานกับการ Custom Transfer Model ตามความต้องการของผู้ใช้ได้ นอกจากนี้ Project MediaPipe ยังถูกออกแบบมาเพื่อรองรับทุกรูปแบบของอุปกรณ์ทั้ง Desktop, Mobile และ Web Application ผู้ใช้สามารถนำโค้ดตัวอย่างในการใช้งาน Machine Learning บนแต่ละอุปกรณ์ (Android, iOS, Python, Web) สามารถไปศึกษาเพิ่มเติมได้ที่ : <https://developers.google.com/mediapipe>

3. ปัจจุบันระบบที่ใช้อยู่ในลักษณะของ Webcam ที่ต่อเข้ากับ Mini PC เป็น Station สำหรับใช้ในการเช็คชื่อเข้า-ออกงาน ซึ่งบริโภคน้ำไฟของฮาร์ดแวร์ และไฟฟ้าที่ค่อนข้างมาก จึงมีอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้แทนได้นั้นคือกล้องวงจรปิดแบบไอพี (IP Camera) โดยการ Streaming ผ่านสัญญาณ RTSP ของกล้องมาแปลงเป็นสัญญาณภาพเพื่อที่สามารถนำโมเดล AI มาใช้ในการ Detect ในหลากหลายรูปแบบการใช้งานได้ ซึ่ง Manage ได้ง่ายและมีความยืดหยุ่นในการจัดการที่มากกว่า (ปัจจุบันบริษัทกำลังทำการศึกษา Proof of Concept วิธีการนี้อยู่ : วิดีโอตัวอย่าง => link: <https://youtu.be/Dc9oCq5gmR4>)

8. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัทดุติ อินติต จำกัด ที่ได้ให้โอกาสในการฝึกงานและสหกิจศึกษาและให้การสนับสนุนสถานที่วิจัยในการพัฒนา ทดสอบ รวมถึงนำระบบมาใช้งานจริงในบริษัท และให้ความรู้คำแนะนำในการพัฒนาตัวระบบให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี นอกจากนี้ขอขอบคุณ คณาจารย์และบุคลากรสาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้เชียงใหม่ ที่ให้คำแนะนำปรึกษาและคอยช่วยเหลือตลอดมาจนเสร็จสิ้นงานวิจัยนี้

9. เอกสารอ้างอิง

เจริญ รุ่งกลิ่น และคณะ. (2564). การพัฒนาระบบเปิดประตูด้วยระบบจดจำใบหน้า.

วารสาร การประชุมหาที่ใหญ่วิชาการระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 12. 12(121): 1646-1659.

แสงเดือน โปธา. (2564). การพัฒนาเครื่องมือช่วยเช็คชื่อนักศึกษาเข้าชั้นเรียนด้วยเทคนิคการ

ตรวจจับใบหน้าโดยใช้ Raspberry Pi. (วิทยานิพนธ์ ปริญญา วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า)). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อะดาว น่องวี. (2564). การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า เพื่อบันทึกเวลาเข้าออกงานของพนักงาน. (วิทยานิพนธ์ ปริญญา วศ.ม. (การจัดการทางวิศวกรรม)). มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต.

อาทิตย์ ศรีแก้ว และอภิรดี อัมพะะสิริ. (2553). **เทคนิคการตรวจจับใบหน้าคนด้วยโครงข่าย ART**

แบบดัดแปลง. (วิทยานิพนธ์ ปริญญา วศ.บ. (วิศวกรรมไฟฟ้า)). มหาวิทยาลัยสุรนารี.

Aara fat Islam. (2566). **Top 10 Object Detection Models in 2023!**. ค้นจาก

<https://medium.com/thelatestai/top-10-object-detection-models-in-2023-235acbc7d8b0>

Athiwat. (2020). **Deep Learning คืออะไร.** ค้นจาก

<https://medium.com/machines-school/deep-learning-คืออะไร-785e16d01773>

Aoo Pattana-anurak. (2566). **Deep learning คืออะไร ?.**

ค้นจาก <https://thaiconfig.com/artificial-intelligence-ai/what-is-deep-learning/>

Aoo Pattana-anurak. (2566). **TensorFlow คืออะไร?**

ค้นจาก <https://thaiconfig.com/artificial-intelligence-ai/what-is-tensorflow/>

AWS. (ม.ป.ป.). **นิลรัลเน็ตเวิร์กคืออะไร.**

ค้นจาก <https://aws.amazon.com/th/what-is/neural-network/>

Cheah Wen. (2564). **Implement a Face Recognition Attendance System with**

face-api.js — Part I. ค้นจาก <https://medium.com/analytics-vidhya/implement-a-face-recognition-attendance-system-with-face-api-js-part-i-2d16f32cfe47>

Cheah Wen. (2564). **Implement a Face Recognition Attendance System with**

face-api.js — Part II. ค้นจาก <https://medium.com/analytics-vidhya/implement-a-face-recognition-attendance-system-with-face-api-js-part-ii-4854639ee4c7>

Kasidis Satangmongkol. (ม.ป.ป.). **Confusion Matrix คืออะไร พร้อมวิธีคำนวณค่าสถิติต่างๆ.**

ค้นจาก <https://datarockie.com/blog/confusion-matrix-explained/>

idealphase. (2560). **Socket.io 101.**

ค้นจาก <https://medium.com/@idealphase/socket-io-101-47f93c33af2f>

Jirat Boonphun. (2564). **Object Detection สำหรับรูปภาพเบื้องต้น.** ค้นจาก

<https://jirat-boonphun.medium.com/object-detection-สำหรับรูปภาพเบื้องต้น-47e4fb98b5e6>

Mandala AI. (2566). **Artificial intelligence (AI) คืออะไร ? เครื่องมือไหนบ้างที่ใช้.** ค้นจาก

<https://www.mandalasystem.com/blog/th/297/What-is-artificial-intelligence-AI>

- Mr.P L. (2562). **Deep Learning แบบฉบับคนสามัญชน EP1:Neural Network History**. ค้นจาก <https://medium.com/mmp-li/deep-learning-แบบฉบับคนสามัญชน-ep-1-neural-network-history-f7789236a9a3>
- Mr.P L. (2563). **Transfer Learning in NLP**.
ค้นจาก <https://medium.com/airesearch-in-th/transfer-learning-in-nlp-bdafc90664e4>
- Nattapon Sirikamonnet. (2560). **มาลอง LINE Notify กันเถอะ (พื้นฐาน)**. ค้นจาก <https://medium.com/@nattaponsirikamonnet/มาลอง-line-notify-กันเถอะ-พื้นฐาน-65a7fc83d97f>
- Nattapon Sirikamonnet. (2561). **สร้าง LINE BOT กันเถอะ (push message)**. ค้นจาก <https://medium.com/@nattaponsirikamonnet/สร้าง-line-bot-กันเถอะ-push-message-a4566f65a3d2>
- Nattapon Sirikamonnet. (2561). **สร้าง LINE BOT กันเถอะ (เริ่มต้น + reply message)**. ค้นจาก <https://medium.com/@nattaponsirikamonnet/สร้าง-bot-ด้วย-line-messaging-api-d7de644ac892>
- Natthawat Phongchit. (2561). **Convolutional Neural Network (CNN) คืออะไร**. ค้นจาก <https://medium.com/@natthawatphongchit/มาลองดูวิธีการคิดของ-cnn-กัน-e3f5d73eebaa>
- Otterlord. (2564). **Learn Socket.io - Real-time Chat App**. ค้นจาก <https://medium.com/@otterlord/learn-socket-io-real-time-chat-app-f99162c5a0a9>
- Pagon Gatchalee. (2562). **Confusion Matrix เครื่องมือสำคัญในการประเมินผลลัพธ์ของการทำนายใน Machine learning**. ค้นจาก <https://medium.com/@pagongatchalee/confusion-matrix-เครื่องมือสำคัญในการประเมินผลลัพธ์ของการทำนาย-ในmachine-learning-fba6e3f9508c>
- patda9. (2562). **ลองใช้ Tensorflow.js — Part 1**. ค้นจาก <https://medium.com/@patdanai.duangwaropas/ลองใช้-tensorflow-js-part-1-b1c1c4c055e8>
- Phuri Chalermkiatsakul. (2561). **Supervised Learning คืออะไร? ทำงานยังไง?**. ค้นจาก <https://phuri.medium.com/supervised-learning-คืออะไร-ทำงานยังไง-1c0e411a40a2>
- Surapong Kanoktipsatharporn. (2563). **MobileNet คืออะไร สอน TensorFlow.js สร้าง Image Classification จำแนกรูปภาพ จาก MobileNet โมเดลสำเร็จรูป – tfjs ep.7**. ค้นจาก

<https://www.bualabs.com/archives/3439/tensorflow-js-tutorial-build-image-classification-javascript-mobilenet-pretrained-model-tfjs-ep-7/>

Surapong Kanoktipsatharporn. (2563). **Transfer Learning คืออะไร สอน Transfer Learning จากโมเดล MobileNet JSON ไป Retrain เทรนต่อ ภาพจากกล้อง Webcam ด้วย TensorFlow.js – tfjs ep.10.** ค้นจาก

<https://www.bualabs.com/archives/3439/tensorflow-js-tutorial-build-image-classification-javascript-mobilenet-pretrained-model-tfjs-ep-7/>

Tejas Sawant และคณะ. (ม.ป.ป.). **Smart Attendance System using Face-recognition and Arduino.** ค้นจาก

<https://drive.google.com/file/d/1YtPKrVsUuxOmGb7wJTPrh8pPNTgO-HYU/view>