

การพัฒนาระบบคัดกรองโควิด-19 ก่อนเข้าสถานที่ทำงาน ด้วยโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก

DEVELOPMENT OF COVID-19 SCREENING SYSTEM FOR ENTERING THE WORKPLACE USING DEEP NEURAL NETWORK

พิสุทธิ์ นุ่มเกลี้ยง, กัลยา คำหาล้า, เอกลักษณ์ สุมณพันธ์*

Pisut Numkleung, Kalya Kamlao, Ekkalak Sumonphan*

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เขตพื้นที่ตาก อ.เมือง จ.ตาก ประเทศไทย 63000

Engineering Faculty, Rajamangala University of Technology Lanna Tak Campus, Muang, Tak, Thailand, 63000

*Corresponding author e-mail: ekkalak@rmutl.ac.th

วันที่เข้ารับระบบ 9 มีนาคม 2566

วันที่แก้ไขบทความ 23 เมษายน 2566

วันที่ตอบรับบทความ 29 เมษายน 2566

บทคัดย่อ

การคัดกรองบุคคลเข้าสถานที่ทำงานเพื่อยับยั้งการแพร่กระจายเชื้อโควิด-19 สิ่งสำคัญคือ การตรวจสอบการสวมหน้ากากอนามัย ระดับอุณหภูมิในร่างกายปกติ และต้องล้างมือด้วยเจลแอลกอฮอล์ ก่อนเข้าพื้นที่ทำงาน งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดนำเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการตรวจสอบเบื้องต้น ด้วยการตรวจเช็คการสวมหน้ากากอนามัยด้วยการประมวลผลภาพ โดยใช้หลักการโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก แล้วประมวลผลด้วยบอร์ตรัสเบอร์รี่พาย แจ้งเตือนด้วยเสียงพูด และมีการตรวจเช็คอุณหภูมิผ่านเซนเซอร์วัดอุณหภูมิแบบไร้สาย โดยมีการแสดงผลผ่านจอแอลซีดี เมื่อผ่านการตรวจสอบการสวมหน้ากากอนามัยแล้ว ระบบจะแจ้งให้ผู้รับบริการทำการรับเจลแอลกอฮอล์ที่มีอัลตราโซนิกเซนเซอร์ตรวจจับฝ่ามือ เพื่อสั่งการเซอร์โวมอเตอร์ทำการจ่ายเจลแอลกอฮอล์ เมื่อผู้ให้บริการผ่านการคัดกรอง จากนั้นเช่นกันจะทำการเปิดทางให้เข้าใช้บริการ ผลการทดสอบอัลกอริทึมบนคอมพิวเตอร์ในการตรวจพบหน้ากากอนามัย ค่าความถูกต้องสูงสุดอยู่ที่ 97.2% สำหรับการวัดประสิทธิภาพของระบบคัดกรองบุคคลเข้าสถานที่ทำงานอยู่ที่ 21.54 วินาทีต่อบุคคล พบว่าระบบสามารถนำไปใช้งานคัดกรองบุคคลเข้าสถานที่ทำงานได้จริง

คำสำคัญ: โควิด-19, การตรวจจับหน้ากากอนามัย, โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก

Abstract

People entering the workplace should be screened for COVID-19 by having their masks checked, their body temperatures taken, and their hand hygiene kept with alcohol gel. In order to detect mask wearing, this study applied image processing and a deep learning neural network using a Raspberry Pi board as a technology for preliminary assessments. A wireless temperature sensor and spoken instructions were also used to display the body temperature on an LCD panel. When someone passed the mask-wearing inspection, the system alerted them to use the gel dispenser, which was turned on by a servo motor instruction and a palm detecting ultrasonic sensor. The gate barrier would open to provide entrance to the service once the screening was complete. The computer algorithm used in this study achieved a 97.2% accuracy rate in detecting masks. The effectiveness of the workplace screening system was 21.54 seconds per person. It was found that the system could be used to screen people entering the workplace.

Keywords: Covid-19, Face mask detection, Deep neural network

1. บทนำ

สถานการณ์โรคระบาดโควิด-19 เป็นภัยคุกคามส่งผลกระทบต่อวิถีชีวิตความเป็นอยู่ของทุกคนในประเทศไทยและทั่วโลก การแพร่ระบาดของโรคโควิด-19 (สยามพร และคณะ, 2563) โดยนักวิจัยได้ประเมินความรุนแรงมากขึ้นอย่างต่อเนื่องเพราะการแพร่กระจายของโรคเกิดขึ้นได้ง่ายจากคนสู่คน มีประชากรอีกหลายคนที่ยังไม่ได้เข้ารับการตรวจหาเชื้อ นั่นหมายความว่าอาจจะมีผู้ติดเชื้อบางรายอาจไม่แสดงอาการของโรค จึงทำให้ต้องมีการเฝ้าระวังตนเองและผู้คนรอบข้าง วิธีป้องกันการแพร่ระบาดของโควิด-19 คือ ล้างมือบ่อยๆ โดยใช้สบู่ และน้ำ หรือเจลล้างมือที่มีส่วนผสมหลักเป็นแอลกอฮอล์ การรักษาระยะห่างที่ปลอดภัยจากผู้ที่มีอาการหรืออาจมีเชื้อไวรัสเมื่อเว้นระยะห่างไม่ได้ การไม่สัมผัสตา จมูกหรือปาก ปิดจมูก และปากด้วยข้อพับด้านใน ข้อศอกหรือกระดาดขากระหม่อมไอหรือจาม เก็บตัวอยู่บ้านเมื่อรู้สึกไม่สบาย และหากมีไข้และหายใจลำบากโปรดไปพบแพทย์

ปัจจุบันมีงานวิจัยการประมวลผลภาพโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกหลายด้าน ยกตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายผ่านสมาร์ทโฟนโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก (ณัฐวดี และคณะ, 2563) เป็นการใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกคอนโวลูชันที่มีโครงสร้าง MobileNet ผ่านไลบรารี Tensorflow เพื่อทำการวิเคราะห์ภาพถ่ายธนบัตรปลอม แต่ระบบดังกล่าวจำเป็นต้องถ่ายภาพแล้วนำมาประมวลผล ไม่สามารถประมวลผลได้ในเวลาจริง งานวิจัยการ

ปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทแบบคอนโวลูชัน โดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ (พิมพา, 2562) ทำการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันด้วยการสร้างภาพเทียมช่วยให้ประสิทธิภาพการจำแนกภาพแม่นยำขึ้น ในการตรวจจับการสวมหน้ากากอนามัยจากภาพเคลื่อนไหวผ่านกล้องวิดีโอในช่วงเวลาจริง (Rizki & Esmeralda, 2021) ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน จำเป็นต้องใช้อัลกอริทึม RetinaFace เพื่อระบุส่วนใบหน้าจากภาพเข้าสู่การคัดแยกการสวมหน้ากากด้วย CNN ต่อไป ในการประมวลผลโครงข่ายประสาทเทียมด้วยโครงสร้างแบบ MobileNet V2 ส่งผลให้สามารถประมวลผลบนอุปกรณ์ขนาดเล็กที่มีหน่วยประมวลผลจำกัดได้ (ราเมศวร และคณะ, 2564) ได้ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกแบบคอนโวลูชันที่มีโครงสร้างแบบ MobileNet V2 ตรวจจับภาพการสวมหน้ากากอนามัย โดยออกแบบชุดเรียนรู้ระบบจากภาพจำนวน 3,835 ภาพ ได้รับความแม่นยำที่ 96.0% (Shivam *et al.*, 2021) และ (Vatsal & Dhruvi, 2021) ได้พัฒนาระบบการตรวจจับภาพหน้ากากอนามัยในช่วงเวลาจริงด้วย MobileNet V2 โดยแปลงภาพสี RGB เป็นภาพสีระดับเทา (Grayscale) ให้มีขนาด 224x224 พิกเซล จากนั้นเข้าสู่การคอนโวลูชันเพื่อสกัดลักษณะเด่นของภาพด้วย MobileNet V2 จากนั้นทำการวัดความแม่นยำของชุดฝึกสอนระบบอยู่ที่ 98.5% และชุดทดสอบระบบอยู่ที่ 99% (Trvambak *et al.*, 2022) ได้ประยุกต์ใช้โครงสร้าง MobileNet V2 ร่วมกับภาษาไพทอนและไลบรารี TensorFlow เพื่อพัฒนาชุดเรียนรู้ข้อมูลฝึกสอนและตรวจจับผู้สวมใส่หน้ากากอนามัย ผลจากการวัดประสิทธิภาพเทียบกับโมเดล VGG 16 ชุดเรียนรู้ทดสอบจาก MobileNet V2 ให้ความแม่นยำมากกว่า (Albertus & Raymond, 2022) พัฒนาระบบตรวจจับใบหน้าผู้สวมใส่หน้ากากอนามัยแบบอัตโนมัติ โดยเปรียบเทียบประสิทธิภาพโครงสร้างประสาทเทียมโมเดล MobileNet V2 กับ Densenet 121 พบว่า MobileNet V2 มีประสิทธิภาพด้านความแม่นยำและเวลาในการประมวลผลที่เร็วกว่า เพื่อให้การประมวลผลตรวจจับใบหน้าผู้สวมใส่หน้ากากอนามัย สามารถต่อยอดนำผลการตรวจจับมาใช้เป็นระบบคัดกรองผู้เข้าสถานที่ในอาคาร (Sufia *et al.*, 2022) ทำการตรวจจับหน้ากากอนามัยจากกลุ่มข้อมูลภาพ 2 ชุด 3834 และ 11800 ภาพ พบว่าโมเดล MobileNet V2 ให้ค่าความแม่นยำกว่า VGG-19 ในทุกกลุ่มข้อมูลภาพ (Shabir *et al.*, 2021) ได้ทำการพัฒนาระบบคัดกรองการแพร่กระจายเชื้อไวรัสโควิด ติดตั้งด้านประตูทางเข้าเพื่อคัดกรองผู้สวมหน้ากากอนามัยและวัดอุณหภูมิแบบไร้การสัมผัส ขั้นตอนการตรวจจับหน้ากากอนามัยได้ใช้โมเดล VGG-16 และ MobileNetV2 ซึ่งให้ค่าความแม่นยำสูงสุดของการทดลอง และระบบยังสามารถเชื่อมข้อมูลไร้สายด้วยหลักการอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่งเพื่อเก็บข้อมูลผู้ที่ไม่ผ่านการคัดกรอง เพื่อใช้วางแผนการคัดกรอง แต่เนื่องจากการแพร่กระจายเชื้อส่วนหนึ่งจะเกิดจากเชื้อที่ติดมากับบริเวณฝ่ามือ งานวิจัยนี้ไม่ได้กล่าวถึงการรับเจลแอลกอฮอล์ที่ฝ่ามือเพื่อฆ่าเชื้อก่อนผ่านจุดคัดกรอง (Pavan *et al.*, 2021) ได้พัฒนาระบบตรวจจับการสวมใส่หน้ากากอนามัยด้วยโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชัน เพื่อที่จะผ่านประตูอัจฉริยะ

ควบคุมลอจิกการทำงานผ่าน IFTTT และ ThinkSpeak รายงานผลจำนวนผู้สวมใส่หน้ากากบนสมาร์ทโฟนด้วยหลักการของอินเทอร์เน็ตในทุกสรรพสิ่ง นอกจากการสวมใส่หน้ากากอนามัยแล้ว บริเวณฝ่ามือเป็นส่วนที่สัมผัสเชื้อโรคโดยตรง (อนุชา และ นตาคม, 2564) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องจ่ายเจลแอลกอฮอล์แบบอัตโนมัติไร้การสัมผัส ตัวเครื่องมีความสูง 1 เมตร ตรวจจับฝ่ามือที่ยื่นมาเข้ามาด้วยอินฟราเรดเซนเซอร์ และใช้ดีซีเกียร์บีบขนาดเล็กทำหน้าที่ดูดจ่ายเจลแอลกอฮอล์ แต่การคัดกรองจากอุณหภูมิในร่างกายบุคคลที่ต้องน้อยกว่า 37.5 °C ถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญเพื่อคัดกรองผู้ที่ไม่มีไข้เข้าไปภายในสถานที่ดังกล่าวได้

จากกรอบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งหมดที่ทำการศึกษา ได้เล็งเห็นความสำคัญทางเทคโนโลยีในการตรวจเช็คการสวมหน้ากากอนามัยผ่านกล้องของตัวเครื่อง โดยมีการแสดงการตรวจจับใบหน้าผ่านจอแอลซีดี แจ้งเตือนด้วยเสียงพูดเมื่อพบผู้ที่สวมหน้ากากอนามัย และมีการตรวจเช็คอุณหภูมิผ่านเซนเซอร์ โดยมีการแสดงผลผ่านจอแอลซีดี แล้วให้ผู้ทำการรับเจลแอลกอฮอล์ ในช่องรับเจลแอลกอฮอล์ที่มีเซนเซอร์ตรวจจับ เมื่อผู้ใช้บริการผ่านการคัดกรอง จากนั้นแขนก็จะทำการเปิดทางให้เข้าใช้บริการแต่ถ้าไม่สวมหน้ากากอนามัย ระบบจะมีการแจ้งเตือนด้วยเสียงพูดเพื่อให้ผู้จะเข้าใช้บริการสวมหน้ากากอนามัย และระบบจะหยุดส่งเสียงแจ้งเตือนจนกว่าผู้ใช้บริการจะสวมใส่หน้ากากอนามัย หรือออกจากกล้องตรวจจับ ถ้าอุณหภูมิของผู้ใช้มีค่ามากกว่า 37.5 °C ระบบจะส่งเสียงเตือนผู้ใช้บริการที่ไม่ผ่านการคัดกรอง แขนก็จะไม่เปิดทางให้เข้าใช้งานพื้นที่ จึงทำให้การเฝ้าระวังโรคทำได้สะดวกสบายมากยิ่งขึ้น และลดความเสี่ยงของการติดเชื้อจากโรคระบาด

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

2.1 เพื่อพัฒนาและหาประสิทธิภาพของระบบตรวจจับการสวมหน้ากากอนามัยแบบช่วงเวลาจริง (Real time)

2.2 เพื่อสร้างชุดคัดกรองผู้สวมหน้ากากอนามัย ร่วมกับวัดอุณหภูมิร่างกายอยู่ในเกณฑ์ปกติ และต้องกดเจลล้างมือแอลกอฮอล์ก่อนเข้าพื้นที่ทำงาน

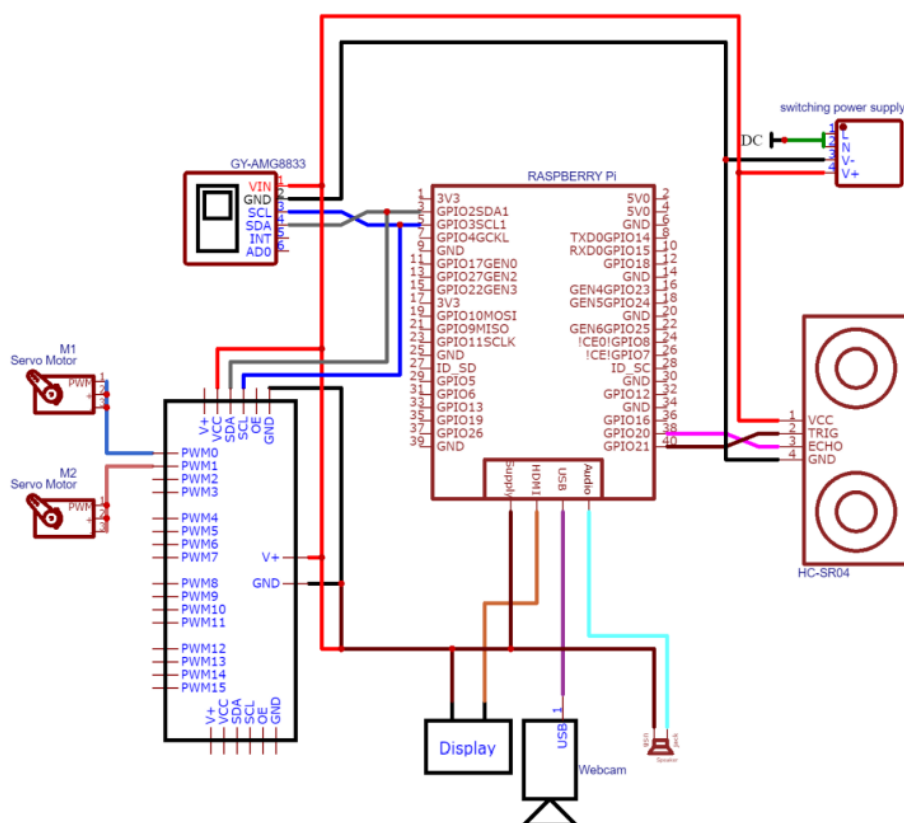
3. วิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 เครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการเตรียมข้อมูลภาพและประมวลผลฝึกสอนโมเดล

คอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดล โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ใช้จะเป็นระบบปฏิบัติการ window 10 64-bit หน่วยประมวลผลกลาง (CPU) Acer NITRO5 AN515-51 Intel(R) Core(TM) i5-7300HQ 2.50 GHz การ์ดจอ (VGA) Intel(R) HD Graphics 630 8261 MB แรม (RAM) 16 GB

3.2 การออกแบบวงจรและการเชื่อมต่อชุดฮาร์ดแวร์

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบระบบคัทรองผู้สวมหน้ากากอนามัย ทำงานร่วมกับชุดกดเจล แอลกอฮอล์ล้างมือที่มีแขนกันทางผ่านเข้าออก หน่วยประมวลผลหลักจะใช้บอร์ดราสเบอร์รี่พาย V4 โมเดล B ต่อร่วมกับอัลตราโซนิกเซนเซอร์ HC-SR04 เพื่อตรวจจับฝ่ามือสำหรับชุดกดเจลล้างมือ ผ่านกลไกการขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ขับเคลื่อนสัญญาณ PWM ด้วยบอร์ด PCA9685 ในการอ่านค่าอุณหภูมิร่างกายแบบไร้สัมผัสได้เลือกใช้เซนเซอร์ GY-AMG8833 ที่มีการเชื่อมต่อแบบ I2C การแสดงผลภาพการประมวลผลตรวจจับใบหน้าได้ใช้หน้าจอ LCD เชื่อมต่อผ่านพอร์ต HDMI ส่วนของการส่งเสียงเตือนการสวมใส่หน้ากากอนามัยผ่านลำโพงที่เชื่อมต่อกับพอร์ต Audio และกล้อง Web Camera ความละเอียด 1920x1080 พิกเซล สำหรับวงจรการเชื่อมต่อฮาร์ดแวร์ทั้งหมดแสดงตามภาพที่ 1



ภาพที่ 1 การเชื่อมต่ออุปกรณ์เซนเซอร์และบอร์ดขับเคลื่อนเซอร์โวมอเตอร์ กับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย V4 โมเดล B

3.3 ซอฟต์แวร์สำหรับการโปรแกรม

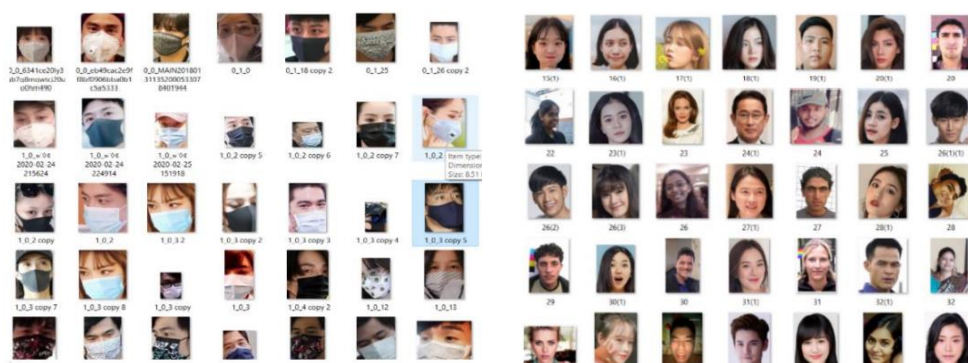
เพื่อทำการโปรแกรมการตรวจจับการสวมหน้ากากอนามัย ได้ใช้ภาษาไพทอน (Python) ทำการโปรแกรมบนบอร์ดราสเบอร์รี่พาย โลบารี่ประมวลผลภาพด้วย OpenCV ร่วมกับโลบารี่ TensorFlow ที่ใช้ในการเรียนรู้เชิงลึก สำหรับการฝึกสอนชุดภาพผู้สวมใส่หน้ากากอนามัยได้เลือกใช้

โครงสร้าง MobileNet V2 ที่เป็นโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกสำหรับประมวลผลบนอุปกรณ์พกพาที่มีหน่วยประมวลผลขนาดเล็ก

3.4 การเตรียมชุดข้อมูลภาพการสวมใส่หน้ากากอนามัย

3.4.1 ขั้นตอนการเตรียมรูปภาพสวมหน้ากากอนามัยกับไม่สวมหน้ากากอนามัย

ขั้นตอนนี้เพื่อใช้ฝึกสอนโมเดลจากข้อมูลรูปภาพ 1) Kaggle dataset (Rizki *et al.*, 2021) จำนวน 2000 ภาพ 2) Social media จำนวน 1000 ภาพ 3) การถ่ายจากโทรศัพท์ (ได้รับอนุญาตจากเจ้าของภาพ) จำนวน 500 ภาพ และ 4) รูปตามสื่อวิดีโอทดสอบ จำนวน 500 ภาพ รวมทั้งหมด จำนวน 4,000 ภาพ แสดงตัวอย่างตามภาพที่ 2 (ก) และ (ข) โดยทำการแบ่งรูปเพื่อฝึกสอนโมเดลและทดสอบ ดังตารางที่ 1 ลักษณะภาพจะเป็นหน้าบุคคลที่ไม่มีการเพิ่มมิติข้อมูลภาพ โดยข้อมูลภาพก่อนนำไปเข้าส่วนประมวลผลการฝึกสอนระบบนั้นประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน (Shivam *et al.*, 2021) 1) จากขนาดภาพที่มีความแตกต่างกันจะมีการปรับขนาดให้เป็น 224×224 พิกเซล 2) จากภาพที่ทำการปรับขนาดจะถูกคัดแยกเป็นผลลัพธ์ของการสกัดคุณลักษณะเด่นในรูปตัวเลขเก็บค่าในรูปแบบอาร์เรย์รูปแบบ 2 มิติ 3) นำค่าอาร์เรย์ที่ได้ไปใช้ประมวลผลบนหลักการถ่ายโอนการเรียนรู้ (Transfer learning) ด้วย MobileNet V2 เป็นโมเดลตั้งต้นที่ผ่านการฝึกสอนกับชุดข้อมูลขนาดใหญ่ นำมาใช้ฝึกสอนต่อกับชุดข้อมูลที่มีจำนวน 2 คลาส 4) ขั้นตอนสุดท้ายทำการระบุชื่อคลาสจำนวน 2 คลาสที่แสดงถึงการสวมและไม่สวมหน้ากากอนามัย



(ก) สวมหน้ากากอนามัย

(ข) ไม่สวมหน้ากากอนามัย

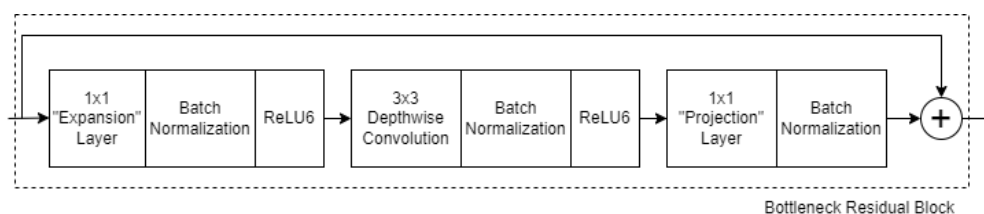
ภาพที่ 2 ตัวอย่างกลุ่มภาพใบหน้าที่สวมและไม่สวมหน้ากากอนามัยที่ใช้ในงานวิจัย

ตารางที่ 1 ชุดข้อมูลรูปภาพสำหรับออกแบบทดสอบระบบฝึกสอน

ประเภท	จำนวนรูป		
	ฝึกสอน	ทดสอบ	รวม
สวมใส่หน้ากากอนามัย	1,500	500	2,000
ไม่สวมใส่หน้ากากอนามัย	1,500	500	2,000
รวม	3,000	1,000	4,000

3.4.2 หลักการทำงานแบบจำลองการฝึกสอนและทดสอบโมเดล

หลักการทำงานในส่วนของการฝึกสอนโมเดล (Training data) บนคอมพิวเตอร์ เพื่อหาโมเดลที่ดีที่สุดในการนำไปใช้งานบนระบบ โดยเป็นการฝึกสอนโมเดลเพื่อจำแนกการสวมใส่หน้ากากอนามัย โดยนำรูปไปเข้ากระบวนการของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน และคัดแยกลักษณะเด่นจากใบหน้าที่สวมหน้ากากอนามัย และใบหน้าที่ไม่สวมหน้ากากอนามัยด้วย MobileNet V2 ตามภาพที่ 3 โครงสร้างเลเยอร์ของโมเดล MobileNet V2 ทำให้จำนวนมิติลดลงในเลเยอร์นี้ เรียกว่าเลเยอร์การฉายภาพ (Projection layer) ซึ่งแสดงข้อมูลที่มีจำนวนมิติสูงไปยังเทนเซอร์ที่มีจำนวนมิติต่ำกว่ามาก



ภาพที่ 3 โครงสร้างเลเยอร์โมเดล MobileNet V2

(Matthijs, 2018)

จากชุดข้อมูลภาพสี RGB ที่ได้จากกล้องจะถูกปรับให้เป็นภาพสีระดับเทา (Grayscale) ขนาด 224x224 พิกเซล จากนั้นหาค่าเฉลี่ยแบบ CNN ด้วย Kernel ขนาด 7x7 พิกเซล ผ่านการคอนโวลูชันตามสมการที่ (1)

$$M(i,j) = \sum_m \sum_n I(i+m, n+j)K(m,n) \quad (1)$$

โดยที่ $M(i,j)$ คือ ผลลัพธ์เมทริกซ์ของการทำคอนโวลูชัน
 I คือ ภาพอินพุต



K คือ เคนัล

m, n คือ จำนวนแถวและหลักของภาพ

จากสมการที่ (1) ขนาดเมทริกซ์ภาพเมื่อผ่านการคอนโวลูชันแล้วจะมีขนาด 32×32 จากนั้นทำการปรับให้อยู่ในอาร์เรย์ขนาด 1024×1 (ราเม และคณะ, 2564) เมื่อได้ผ่านกระบวนการของโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เพื่อจำแนกการสวมใส่หน้ากากอนามัย จะได้คลาส (Class) 2 คลาส ได้แก่ สวมใส่หน้ากากอนามัย 2,000 รูป ไม่สวมใส่หน้ากากอนามัย 2,000 รูป รวมรูปทั้งหมดที่ใช้ 4,000 รูป โดยรูปที่ใช้ในการทดสอบจะแบ่งรูปแบบ 25% Cross validation แบ่งเป็นรูปที่ใช้ในการฝึกสอนโมเดล (Training) 75% โดยแบ่งชุดข้อมูลรูปแต่ละคลาสเท่าๆ กันเป็นจำนวน 3,000 รูป และแบ่งเป็นรูปที่ใช้ในการทดสอบโมเดล (Validation test) 25% โดยแบ่งชุดข้อมูลรูปแต่ละคลาสเท่าๆ กันเป็นจำนวน 1,000 รูป จากนั้นจะนำรูปไปใช้ในการฝึกสอนโมเดลด้วยกระบวนการโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ซึ่งแต่ละการทดสอบจะใช้จำนวนข้อมูลรูปเท่ากัน แต่จะมีการปรับเปลี่ยนจำนวนรอบ (Epoch) อ้างอิงจำนวนรอบทดสอบที่มีความแม่นยำจำนวน 20 รอบ (Shivam *et al.*, 2021) เนื่องจากการทดลองรอบที่ 20 จากการอ่านค่า Learning curve อยู่ในเกณฑ์ที่ดีไม่ว่าจะเป็นค่าความผิดพลาดหรือความแม่นยำ นอกจากนี้ในงานวิจัยนี้ได้ทดสอบจำนวน 50 รอบเพื่อหาผลลัพธ์เพิ่มเติมในด้านความแม่นยำและเวลาที่ใช้ในการฝึกสอนระบบ

สำหรับการทดสอบโมเดลเพื่อหาค่าความถูกต้องในการสวมหน้ากากอนามัย ใช้หลักการทดสอบแบบ 25% Cross validation โดยแบ่งรูปภาพออกเป็น 4 ชุด ตามตารางที่ 2 ประกอบด้วยรูปชุดฝึกสอน (Training data) จำนวน 3 ชุด และรูปชุดทดสอบ (Testing data) จำนวน 1 ชุด มีโมเดลโครงสร้าง MobileNet V2 เป็นตัวตั้งต้นในการทดสอบ

ตารางที่ 2 การแบ่งภาพในการทดสอบด้วยหลักการ 25% Cross validation

ครั้งที่	ชุดภาพที่ใช้ฝึกสอน	ชุดภาพที่ใช้ทดสอบ	จำนวนรอบในการฝึกสอน (Epoch)
1	2, 3, 4	1	20 และ 50
2	1, 3, 4	2	20 และ 50
3	1, 2, 4	3	20 และ 50
4	1, 2, 3	4	20 และ 50

การทดสอบโมเดลจำนวน 2 ครั้ง เพื่อหาค่าความถูกต้องของโมเดลในการจำแนกการสวมใส่หน้ากากอนามัยที่นำชุดข้อมูลรูปที่ใช้ฝึกสอนดังตารางที่ 2 มาฝึกสอนโมเดลด้วยกระบวนการโครงข่าย

ประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ใช้โมเดลตั้งต้น คือ MobileNet V2 มีโครงสร้างของโมเดลตั้งต้นแบบการเชื่อมโยงแบบสมบูรณ์ (Fully connected layer) จำนวน 3 ชั้น โดยชั้นที่หนึ่ง จะทำการสร้างโหนดประมวลผลจำนวน 128 โหนด ชั้นที่สองจะทำการสร้างโหนดประมวลผลจำนวน 32 โหนด และชั้นที่สามจะทำการสร้างโหนดประมวลผลจำนวน 2 โหนด เป็นชั้นสุดท้ายเพื่อรวมข้อมูลเข้าหากันแล้วทำการจำแนกชนิดของข้อมูล (Classification) โดยแต่ละรอบการทดสอบจะกำหนดค่า อัตราการเรียนรู้ (Learning rate) เป็น 0.0001 เนื่องจากชั้นแรกของโครงข่ายประสาทเทียมคอนโวลูชันจะเป็นเรื่องพื้นฐาน เช่น เส้นตั้ง นอน หรือทแยง ส่วนประกอบพื้นฐานเหล่านี้ต้องการค่าอัตราการเรียนรู้ที่ต่ำสำหรับจำนวนรอบในการฝึกสอนเลือก (Epoch) 20 รอบ และ 50 รอบ เพื่อทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ จากนั้นทำการบันทึกผลค่าความถูกต้องในการฝึกสอน (Train accuracy) และค่าความผิดพลาดในการฝึกสอน (Train loss) จากการทดสอบการฝึกสอนโมเดลตั้งต้น แสดงดังตารางที่ 3 จากนั้นจะนำโมเดลไปทดสอบด้วยการจำแนกการสวมใส่หน้ากากอนามัยจากแต่ละชุดข้อมูลรูป เพื่อหาความถูกต้องในการแยกการสวมหน้ากากอนามัย

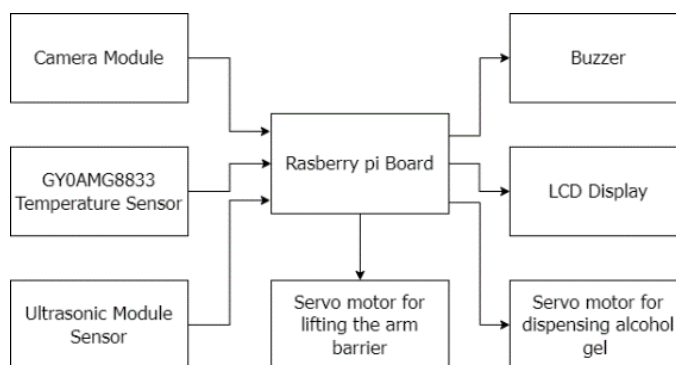
3.5 ภาพรวมกระบวนการทำงาน 4 ขั้นตอน

1) การตรวจจับหน้ากากอนามัย จะทำการใช้โมดูลกล้องตรวจจับใบหน้า แล้วทำการส่งข้อมูลภาพไปประมวลผลตรวจเช็คการสวมหน้ากากอนามัยที่บอร์ดราสเบอร์รี่พาย (Raspberry Pi) โดยใช้หลักการเรียนรู้แบบเชิงลึก (Deep learning) ตรวจจับหน้ากากอนามัย แล้วทำการแสดงผลการตรวจจับใบหน้าผ่านจอแอลซีดี เมื่อพบบุคคลที่สวมหน้ากากอนามัย หรือพบบุคคลที่ไม่สวมหน้ากากอนามัย จะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียงผ่านลำโพง ดังภาพที่ 4 (ก)

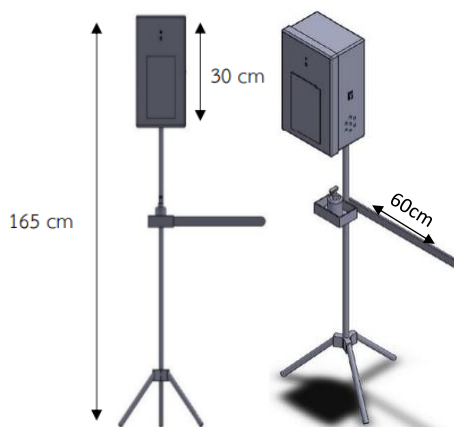
2) การตรวจวัดค่าอุณหภูมิร่างกายจะใช้เซ็นเซอร์ GY-AMG8833 เมื่อระบบรับข้อมูลมาแล้วทำการแสดงผลค่าอุณหภูมิผ่านจอแอลซีดี โดยมีข้อกำหนดถ้าตรวจพบอุณหภูมิเกิน 37.5 องศาเซลเซียส จะทำการแจ้งเตือนด้วยเสียงผ่านทางลำโพง ดังภาพที่ 4 (ก)

3) การจ่ายเจลแอลกอฮอล์ จะใช้เซ็นเซอร์ HC-SR04 ในการตรวจจับฝ่ามือ แล้วส่งข้อมูลไปที่บอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อทำการบังคับให้เซอร์โวมอเตอร์ (Servo motor) ทำการจ่ายเจลแอลกอฮอล์ ดังภาพที่ 4 (ก)

4) แขนกั้นที่ใช้ในการคัดกรองบุคคล ยาว 60 cm ตามภาพ 4 (ข) เมื่อทำการจ่ายเจลล้างมือแล้ว ระบบจะทำการส่งข้อมูลไปที่บอร์ดราสเบอร์รี่พาย เพื่อทำการขับเซอร์โวมอเตอร์ (Motor) ให้ทำการยกแขนกั้นอนุญาตให้ผ่านเข้าไปได้ ขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปแบบรหัสคำสั่งเทียม (Pseudo code) ตามภาพ 4 (ข)



(ก) ต่อเซนเซอร์ร่วมกับหน่วยประมวลผลหลัก



```
if mask_wearing then
    if body_temperature < 37.5 then
        voice alert to get alcohol gel
        if get_alcohol_gel then
            open the door
        end
    end
end
```

(ข) ขนาดชุดแขนกลและรหัสเทียมการเปิดแขนกล

ภาพที่ 4 ลำดับการเชื่อมต่อข้อมูลและขนาดชุดฮาร์ดแวร์ค้ดกรองผู้สวมหน้ากากอนามัย

4. ผลการวิจัย

ในการทดสอบจะแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน คือ การทดลองฝึกสอนโมเดลและการทดสอบความถูกต้องในการจำแนกการสวมใส่หน้ากากอนามัย โดยการทดลองการฝึกสอนโมเดลจะเป็นการเตรียมชุดภาพข้อมูลฝึกสอน จากการค้นหาภาพจาก Kaggle dataset และตามสื่อวิดีโอต่างๆ เพื่อนำไปใช้ในการฝึกสอนโมเดลด้วยกระบวนการโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน ซึ่งแต่ละการทดสอบจะใช้จำนวนข้อมูลรูปเท่ากัน โดยมีโมเดลตั้งต้นคือ MobileNet V2

4.1 ผลการทดสอบฝึกสอนโมเดล

ขั้นตอนนี้เป็น การนำข้อมูลรูปเข้าสู่กระบวนการโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน เพื่อทดสอบความสามารถในการแยกชนิดรูป เพื่อให้ทราบถึงปัญหาต่างๆ และเพื่อหาโมเดลที่ดีที่สุดในการใช้งาน โดยแต่ละการทดสอบจะใช้การทดสอบแบบ 25% Cross Validation แบ่งรูปออกเป็น 4 ชุด โดยแบ่งเป็นรูปที่ใช้ในการฝึกสอน (Training data) จำนวน 3 ชุด และรูปที่ใช้ในการทดสอบ (Testing data) จำนวน 1 ชุด ซึ่งแต่ละการทดสอบจะมีการสลับข้อมูลรูปที่ใช้ในการฝึกสอน และ

ทดสอบทีละชุดในการฝึกสอนโมเดล โดยแสดงผลการฝึกสอนโมเดลเป็นเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 จะสังเกตได้ว่าโมเดลที่ให้ค่าความถูกต้องในการระบุการสวมใส่หน้ากากอนามัย โดยโมเดลที่ใช้คือ MobileNet V2 ค่า Epoch 50 รอบ เนื่องจากการทดลองที่ 20 รอบ (Shivam *et al.*, 2021) พบว่าค่า Learning curve อยู่ในเกณฑ์ที่ Loss error มีค่าต่ำและ Accuracy มีค่าสูง เพื่อให้เห็นถึงขีดจำกัดของระบบจึงออกแบบการทดลองที่ 50 รอบเพิ่มเติม เพื่อประเมินเวลาที่ใช้ฝึกสอนและประสิทธิภาพการเรียนรู้ของระบบ สำหรับการทดสอบที่ได้ค่าแม่นยำในการคัดแยกภาพสูงสุดคือข้อมูลภาพ ชุดที่ 3 ในการทดสอบ (ใช้ข้อมูลชุดที่ 1, 2 และ 4 ในการฝึกสอน) ซึ่งให้ค่าความถูกต้องในการฝึกสอน 97.2% สาเหตุที่การทดลองในชุดที่ 3 มีค่าแม่นยำมากกว่า เนื่องจากชุดข้อมูลภาพฝึกสอน 1, 2 และ 4 มีส่วนของรูปภาพที่ใบหน้าไม่ชัดเจน การสวมใส่หมวกหรือผ้าพันปิดหน้าในระดับต่ำ นอกจากนี้ยังพบภาพฝึกสอนที่มีโพกัสภาพเบลอและมีฉากหลังลวดลายที่ซับซ้อนประกอบรวมอยู่ ดังนั้นการวัดประสิทธิภาพของระบบคัดกรองผู้เข้าสถานที่ทำงานจะใช้ชุดฝึกสอนโมเดลที่ 1, 2 และ 4 ในการทดสอบระบบต่อไป

ตารางที่ 3 ค่าความถูกต้องของชุดข้อมูลภาพที่ใช้ในการฝึกสอนระบบ

ค่า Epoch (รอบ)	ค่าความถูกต้องของข้อมูลภาพที่ใช้ทดสอบ (%)				เวลาในการฝึกสอนโมเดล (ชั่วโมง)
	ชุดที่ 1	ชุดที่ 2	ชุดที่ 3	ชุดที่ 4	
20	91.3	89.1	93.1	92.5	10
50	96.4	94.4	97.2	95.8	16

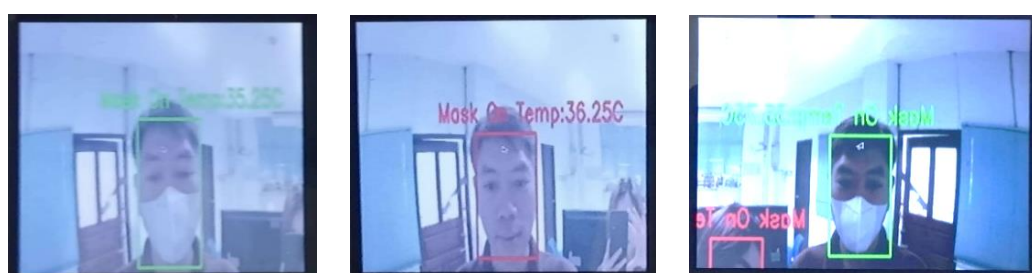
4.2 การทดสอบระยะในการตรวจจับที่ดีที่สุด

การทดสอบความถูกต้องการตรวจจับใบหน้าผู้ใช้งาน 1 คน ทดลองหาค่าเฉลี่ย 10 ครั้งต่อการทดลองในแต่ละระยะการตรวจจับ แปลค่าเป็นอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ แสดงตามภาพที่ 5 (ก) ถึง (ค) ในระยะการตรวจจับที่ดีที่สุด และหาค่าความคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่น้อยที่สุด แสดงผลการทดสอบ ดังตารางที่ 4 โดยผลการทดลองในตารางที่ 4 ทำการวัดอุณหภูมิในร่างกายจากเซนเซอร์เทียบกับการวัดอุณหภูมิด้วยเครื่องมือมาตรฐาน งานวิจัยนี้ได้ใช้เครื่องวัดอุณหภูมิ Infrared แบบดิจิตอลรุ่น GP-200plus ค่าความถูกต้อง ± 0.2 °C มาเป็นตัวเปรียบเทียบค่า ผลการทดลองพบว่าเมื่อผู้ตรวจวัดยืนอยู่หน้ากล้องห่างที่ระยะ 0.5 m ตามภาพที่ 5 (ก) ให้ค่าความคลาดเคลื่อนของอุณหภูมิน้อยที่สุด เนื่องจากตัวเซนเซอร์ GY-AMG8833 ที่เลือกใช้ในงานวิจัยสามารถวัดอุณหภูมิร่างกายได้ภายในระยะ 0.7 m และค่าความแม่นยำในระยะ 0.5 m จากผลการทดลองเมื่อยืนระยะห่างจากหน้า

อุปกรณ์ตรวจวัดมากขึ้นจะพบค่าคลาดเคลื่อนอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง และในระยะที่มากกว่า 1.4 m จะไม่สามารถอ่านค่าอุณหภูมิในร่างกายได้ กรณีที่ไม่สวมหน้ากากอนามัยแม้ผู้ตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายปกติระบบจะแปลผลเป็นไม่อนุญาตเข้าพื้นที่ ตามภาพที่ 5 (ข) และกรณีที่ผู้ตรวจวัดอยู่หน้ากล้องมากกว่า 1 คนระบบจะไม่สามารถประมวลผลได้ ตามภาพที่ 5 (ค) เนื่องจากการออกแบบตรวจสอบผู้ใช้บริการที่มีช่องรับเจลแอลกอฮอล์ และทางเข้าแขนกันเพียง 1 คนเท่านั้น

ตารางที่ 4 ทดสอบระยะการตรวจวัดอุณหภูมิที่ดีที่สุดเพื่อกำหนดจุดมาร์คเกอร์ที่เหมาะสมในการยืน

ครั้งที่	ระยะในการตรวจจับใบหน้า (m)	อุณหภูมิมาตรฐาน (°C)	ค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่วัดได้ (°C)	ค่าความคลาดเคลื่อน (%)
1	0.5	36.4	36.1	0.82
2	0.6	36.5	35.8	1.92
3	0.7	35.9	34.7	3.34
4	0.8	35.7	33.3	6.72
5	0.9	36.4	33.15	8.93
6	1.0	36.5	33.1	9.31
7	1.1	35.8	32.7	8.66
8	1.2	36.5	32.6	10.68
9	1.3	36.6	30.75	15.98
10	1.4	35.9	-	-



(ก) อุณหภูมิ < 37.5 °C (ข) ผู้ใช้บริการไม่สวมใส่หน้ากาก (ค) ตรวจพบบุคคลเกิน 1 บุคคล
ภาพที่ 5 ตรวจจับใบหน้าในระยะห่าง 0.5 m เพื่ออ่านค่าอุณหภูมิในร่างกายแสดงผลบนจอแอลซีดี

4.3 การทดลองประสิทธิภาพด้านเวลาที่ใช้ในการประมวลผลการคัดกรองเข้าสถานที่ทำงาน

ในการวัดประสิทธิภาพด้านการใช้งานจริง ได้รับความอนุเคราะห์จาก หจก.พีบีเอ็นเอโอโตเมชัน แอนด์ เซอร์วิส เพื่อทดลองติดตั้งชุดอุปกรณ์บริเวณหน้าประตูทางเข้าพื้นที่การทำงาน โดยมีพนักงานจำนวน 5 คน ยืนเรียงแถวต่อกันทำการสวมหน้ากากอนามัยสีพื้น ขาว ดำ เขียว และฟ้า เพื่อทดสอบการทำงานของระบบได้ผลการทดลองตามตารางที่ 5 การทดลองจับเวลาได้ใช้แอปพลิเคชันจับเวลาบนสมาร์ตโฟนระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ทำการจับเวลาที่แต่ละคนเริ่มจับเวลาตั้งแต่นั่งอยู่จุดมาร์คเกอร์ที่ระยะ 0.5 m ห่างจากหน้าต่างกล้อง ผลการตรวจจับแจ้งว่าสวมหน้ากากอนามัย และแจ้งให้ยืนมารับเจลแอลกอฮอล์ที่จุดติดตั้งเซนเซอร์ที่ออกแบบไว้ แชนกันยกขึ้น แล้วเดินผ่านจึงกดหยุดเวลาแล้วทำการบันทึกผล จากผลการทดลองพบว่าเกิดช่วงเวลาระบบประมวลผลเวลาต่อคนแบบสะสมช่วงเวลา สังเกตจากคนที่ 1 ใช้เวลาน้อยที่สุด และคนที่ 5 ใช้เวลาประมวลผลมากที่สุด เนื่องจากช่วงรอยต่อของการประมวลผลคนต่อคนต้องรอระบบหน่วยเวลาแชนกันและรีเซตระบบกลับมาทำงานยังโปรเซสเริ่มต้นของการตรวจจับหน้ากากอนามัย และอาจเกิดค่าการหน่วงเวลาจากผู้ใช้งานที่ยืนมือไปปรับค่าเจลแอลกอฮอล์ ณ ตำแหน่งที่ติดตั้งเซนเซอร์ที่ซ้ำ โดยรวมถ้านำไปใช้งานในระบบอุตสาหกรรมที่มีจำนวนพนักงานมากอาจเกิดปัญหาเรื่องเวลาเข้าใช้งานแบบสะสมติดปัญหาในรูปแบบคอขวดได้ จึงอาจจะเหมาะกับองค์กรขนาดเล็กที่มีพนักงาน 5-10 คนเท่านั้น

ตารางที่ 5 ทดลองระบบคัดกรองสวมหน้ากากอนามัยเข้าพื้นที่ทำงานภายใน หจก.พีบีเอ็นเอโอโตเมชัน

คนที่ทำการทดลอง	ผลการอนุมัติเข้าพื้นที่	เวลาในการประมวลผล (วินาที)
คนที่ 1 หน้ากากอนามัยสีพื้นขาว	อนุมัติ (✓)	18.27
คนที่ 2 หน้ากากอนามัยสีพื้นดำ	อนุมัติ (✓)	20.32
คนที่ 3 หน้ากากอนามัยสีพื้นเขียว	อนุมัติ (✓)	21.18
คนที่ 4 หน้ากากอนามัยสีพื้นดำ	อนุมัติ (✓)	22.41
คนที่ 5 หน้ากากอนามัยสีพื้นฟ้า	อนุมัติ (✓)	25.39
ค่าเฉลี่ยเวลาที่ใช้ในการคัดกรองเข้าพื้นที่ทำงาน		21.51

4.4 การทดสอบตรวจจับฝ่ามือเพื่อทำการจ่ายเจลแอลกอฮอล์ล้างมือ และทดสอบแชนกันยกเปิดทางเข้าพื้นที่

การทดสอบความถูกต้องของตรวจจับฝ่ามือเพื่อทำการจ่ายเจลล้างมือแบบไร้สัมผัส เมื่อตรวจจับฝ่ามือด้วยอัลตราโซนิกเซนเซอร์ ตามภาพที่ 6 (ก) และ (ข) แล้วจึงสามารถจ่ายเจลล้างมือได้ นอกจากนี้ยังได้ทำการทดสอบแชนกัน ภาพที่ 6 (ค) เพื่อหาค่าความถูกต้องของแชนกันเมื่อตรวจจับ

การสวมหน้ากากอนามัย อุณหภูมิร่างกายไม่เกิน 37.5 องศาเซลเซียส ตรวจจับฝ่ามือเพื่อจ่ายเจลล้างมือแล้วแขนกั้นยกขึ้นได้อย่างถูกต้อง ได้ทำการทดสอบ 10 ครั้ง โดยสรุปมีค่าความถูกต้อง 100% ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากการทำงานของอัลตราโซนิกเซ็นเซอร์มีหลักการทำงานตรวจจับระยะที่แน่นอน และแขนกั้นควบคุมด้วยเซอร์โวมอเตอร์จะยกขึ้นหลักจากที่ชุดจ่ายเจลแอลกอฮอล์ทำงานแล้ว ขั้นตอนตรงนี้ระบบสามารถทำงานได้อย่างถูกต้องทุกครั้ง



(ก) ยืนทดสอบหน้าชุดคัดกรอง (ข) จุดติดตั้งอัลตราโซนิกจ่ายเจลล้างมือ (ค) แขนกั้นยกเข้าพื้นที่
ภาพที่ 6 การติดตั้งเซ็นเซอร์ตรวจจับฝ่ามือและแขนกั้นยก

5. อภิปรายผล

จากระบบคัดกรองผู้สวมหน้ากากอนามัยที่ทำการออกแบบสามารถนำผลการวิเคราะห์ จากโครงข่ายประสาทเทียมการเรียนรู้เชิงลึก ที่มีโครงสร้างโมเดลแบบ MobileNet V2 มาทำการทดสอบ ภาพผู้สวมหรือไม่สวมหน้ากาก ทำงานบนบอร์ดราสเบอรี่พาย V.4 B มาตัดสินใจร่วมกับการวัดอุณหภูมิในร่างกายด้วย GY-AMG8833 ผู้ที่มีอุณหภูมิน้อยกว่า 37.5 °C ร่วมกับการสวมหน้ากาก ระบบจะแจ้งให้ยื่นฝ่ามือรับเจลแอลกอฮอล์ล้างมือในจุดที่กำหนด ซึ่งในทุกขั้นตอนจะมีเสียงพูดผ่านลำโพงจากระบบที่ออกแบบประกอบการทำงาน จากผลการทดสอบชุดเรียนรู้จากคลังข้อมูลภาพจากสื่ออินเทอร์เน็ตต่างๆ จำนวน 4,000 ภาพ พบว่าให้ค่าความแม่นยำที่ 97.2% ระบบสามารถนำไปใช้งานคัดกรองบุคคลเข้าสถานที่เพื่อป้องกันการแพร่เชื้อ Covid-19 ได้ ส่วนปัจจัยที่ส่งผลให้ระบบมีความแม่นยำเนื่องจากเป็นชุดไลบรารีโครงข่ายประสาทเทียมโมเดล MobileNet V2 ที่ได้รับการพัฒนาจาก Google และมีนักวิจัยปรับปรุงแก้ไขอัลกอริทึมอย่างต่อเนื่อง ในการออกแบบจำนวนรอบทดลอง (Epoch) 50 รอบ พบว่าให้ค่าความแม่นยำการฝึกสอนโมเดลไม่เกิดปัญหาของการที่โมเดลไม่สามารถเรียนรู้ได้ (Underfit) หรือโมเดลมีการเรียนรู้ที่มากเกินไป (Overfit) ที่มีการเรียนรู้จาก Noise หรือค่าคลาดเคลื่อนจากชุดข้อมูลทดสอบรวมไปด้วย แต่ทั้งนี้พบว่าต้องแลกมากับเวลาที่ให้ระบบเรียนรู้ข้อมูลจากชุดฝึกสอนที่นานขึ้น สำหรับการวัดอุณหภูมิในร่างกายได้ใช้เซ็นเซอร์ไร้สัมผัส GY-AMG8833 โดยผู้ตรวจวัดยืนห่างจากเซ็นเซอร์ที่ระยะ 0.5m เพื่อให้อุณหภูมิของการตรวจวัดแม่นยำ

ที่สุด และการยื่นที่ระยะห่างออกไปจะมีค่าคลาดเคลื่อนจากอุณหภูมิในร่างกายจริง จนถึงระยะที่ 1.4m ตัวเซนเซอร์จะไม่สามารถวัดอุณหภูมิได้ ในส่วนของการทำงานเช่นกันไม่พบปัญหาจากการใช้งานเนื่องจากเป็นส่วนของการรับค่าลอจิกจากบอร์ดราสเบอร์รี่พายโดยตรงที่ผ่านการประมวลผลการสวมใส่หน้ากากอนามัย อุณหภูมิในร่างกายน้อยกว่า 37.5 องศา และรับเจลฆ่าเชื้อแอลกอฮอล์ที่ฝ่ามือเรียบร้อยแล้ว จากระบบที่ออกแบบสามารถนำไปใช้ในการคัดกรองผู้เข้าสถานที่ทำงานเพื่อยับยั้งการกระจายเชื้อ Covid-19 ได้จริง

6. ข้อเสนอแนะในการพัฒนา

เพื่อเพิ่มความแม่นยำของชุดคัดกรอง ควรเพิ่มเติมตัวอย่างของหน้ากากอนามัยในรูปแบบใสหรือสีผิวเนื้อ เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการตรวจจับ สามารถบันทึกค่าสถิติของการตรวจจับเพื่อใช้ประเมินระบบเพื่อกำหนดนโยบายการคัดกรองบุคคลเข้าพื้นที่ทำงาน การออกแบบแจ้งเตือนเมื่อปริมาณแอลกอฮอล์ต่ำกว่าที่กำหนด ในการลดระยะเวลาทำงานของเช่นกัน สามารถปรับช่องทางกันแถวเรียงบังคับให้ผู้เข้าตรวจวัดยืนเรียงแถวตรง กำหนดจุดระยะของการยื่นต่อจุดที่เหมาะสม อันจะช่วยลดระยะเวลาการทำงานของระบบโดยรวมที่ใช้อยู่เช่นกันลดเวลาการทำงานลงได้

7. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ หจก.พีบีเอ็นโอโตเมชันแอนด์เซอร์วิส อ.เมือง จ.ตาก ให้ความอนุเคราะห์ ในการติดตั้งอุปกรณ์ทดลองเข้าพื้นที่ทำงาน ห้องวิจัยประมวลผลภาพร่วมกับระบบสมองกลฝังตัว ศูนย์วิจัยนวัตกรรมปัญญาประดิษฐ์ มทร.ล้านนา ตาก

8. เอกสารอ้างอิง

- ณัฐวดี หงส์บุญมี, และคณิน ประทุมทอง. (2563). ระบบวิเคราะห์ธนบัตรปลอมด้วยภาพถ่ายผ่านสมาร์ตโฟนโดยใช้เทคนิคการเรียนรู้เชิงลึก. *Journal of Information Science and Technology*, 10(2), 90-100.
- พิมพา ชีวาประกอบกิจ. (2562). การปรับปรุงประสิทธิภาพในการจำแนกภาพด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชันโดยใช้เทคนิคการเพิ่มภาพ. *Journal of Engineering and Technology*, 7(1), 59 – 64.
- รามณรงค์ ตัวรักษา, อำนวย ดีฤทธิ, ธนรัตน์ ยอดดำเนิน และภูมินทร์ ต้นอุดม. (2564, กุมภาพันธ์). การตรวจจับการสวมหน้ากากอนามัยโดยประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึกและโครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน. รายงานสืบเนื่องการประชุมวิชาการระดับชาติ ครั้งที่ 1, มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, 671-680.

- สยมพร ศิรินาวิน. (2563). “โควิด-19” ความรู้สู่ปัญญา พัฒนาการปฏิบัติ. นนทบุรี: บริษัท โอเอส พรินติ้ง เฮาส์ จำกัด.
- อนุชา ดีผาง, และนิติคม อริยพิมพ์. (2564). การออกแบบและสร้างเครื่องจ่ายเจลแอลกอฮอล์แบบอัตโนมัติ. *วารสารวิจัยและนวัตกรรมการอาชีวศึกษา*, 5(1), 120 – 126.
- Albertus, J. S., & Raymond, E. S. (2022). Automatic Face Mask Detection Based on MobileNet V2 and Densenet 121 Models. *ICIC International*, 16(4), 433-440.
- Pavan, N. A., Janardhan, G., Deepak, S., & Pujith, S. P. (2021). Smart Door/COVID-19 Face Mask Detection. *International Journal of Innovation Technology and Exploring Engineering*, 10.
- Rizki, P. S., & Esmeralda, C. D. (2021, September). **Face Mask Detection using Convolutional Neural Network**. IC2IE, International Conference on Computer and Information Engineering 4th, Depok, Indonesia.
- Shabir, H., Yang, Y., Muhammad, A., Akmal, K., Rukshanda, R., Junaid, A. W., & Weiyan, H. (2021). IoT and Deep Learning Based Approach for Rapid Screening and Face Mask Detection for Infection Spread Control of COVID-19. *Applied Sciences*, 11(8). 3495.
- Shivam, S., Shikhar, M., & Chitra, N. (2021). Face Mask Detection using Mobilenet Technique. *Journal of Computer Applications*. 183(13)ม 36-40.
- Sufia, J. B. S. A., Hu, N., Timothy, T. V. Y., Hau, L. T., Vik, T. G., & Dong, T. C. (2022, January). Face Mask Detection Using Deep Learning. *Proceedings of the International Conference on Computer, Information Technology and Intelligent Computing*, Coimbatore, India.
- Trvambak, H., Santhosh, K., & Chakradhara, R. (2022). Real Time Face Mask Detection Using MobileNet V2. *Journal of Emerging Technologies and Innovative Research*, 10(6), c85-c87.
- Vatsal, P., & Dhruvi, P. (2021). Face Mask Recognition Using MobileNet V2. *International Journal of Scientific Research in Computer Science, Engineering and Information Technology*, 26, 35-42. Doi: 10.32628/CSEIT1217519