

ระบบกลอนประตูอัจฉริยะด้วยการรู้จำใบหน้า

Smart Door Lock System using Face Recognition

ณัฐชา สกุนา¹ กฤษณะ ธรรมนิตยกุล² และวีรวรรณ จันทะทรัพย์³

^{1,2,3} สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

1381 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร

E-mail: natcha-s@rmutp.ac.th¹, krisana-t@rmutp.ac.th² and veerawan.j@rmutp.ac.th³

บทคัดย่อ

ไบโอเมตริกซ์ คือ ข้อมูลทางชีวภาพทั้งในส่วนข้อมูลทางกายภาพและข้อมูลทางพฤติกรรมที่ใช้ในการวัดและวิเคราะห์ตัวบุคคล เทคโนโลยีทางไบโอเมตริกซ์ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในงานระบุตัวตน งานควบคุมการเข้าถึง งานรักษาความปลอดภัย และอื่นๆ โดยมีหลักการพื้นฐานที่ว่าข้อมูลทางชีวภาพของมนุษย์ทั้งด้านกายภาพและด้านพฤติกรรมเป็นลักษณะเฉพาะที่สามารถระบุตัวตนได้อย่างแท้จริง โครงการนี้นำเสนอระบบรักษาความปลอดภัยโดยใช้บอร์ดราสเบอรี่พายในการประมวลผลควบคุมการปลดล็อกกลอนประตูด้วยการรู้จำใบหน้า ผลลัพธ์ของงานวิจัยนี้ คือ การเชื่อมต่อวงจรควบคุมการปลดล็อกกลอนประตูด้วยการรู้จำใบหน้าของผู้ที่ได้รับอนุญาต จำนวน 3 ราย ซึ่งผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพความถูกต้องของการปลดล็อกกลอนประตูด้วยการรู้จำใบหน้าถูกต้องร้อยละ 83.33

คำสำคัญ: ไบโอเมตริกซ์, การรู้จำใบหน้า, บอร์ดราสเบอรี่พาย

Abstract

Biometric is the measurement and analysis of people's unique physical and behavioral characteristics. This technology is mainly used for identification, access control, security and etc. The basic premise of biometric authentication is that every person can be accurately identified by human intrinsic physical or behavioral traits. This research proposed a face recognition security system using Raspberry Pi which can be controlled to the smart door lock system. The result of this research is then connected to the relay for unlocking the door with three persons authorized. The experiment showed that the effectiveness of the proposed system around 83.33% of face recognition accuracy.

Keywords: Biometric, Facial Recognition, Raspberry Pi Board

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ หรือเทคโนโลยีทางชีวภาพ (Biometrics Technology) เป็นหนึ่งในห้าของเทคโนโลยีที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับงานด้านรักษาความปลอดภัยในงานระบุตัวตน (Identification) ยืนยันตัวตน (Authentication) หรือพิสูจน์ตัวตน (Verification) อย่างไรก็ตามระบบรักษาความปลอดภัยที่ประยุกต์เทคโนโลยีชีวภาพในแต่ละประเภทนั้นมีรูปแบบ ขั้นตอน และเครื่องมืออุปกรณ์ที่แตกต่างกันไป อาทิ เครื่องสแกนลายนิ้วมือ เครื่องสแกนลายม่านตา อุปกรณ์สังเคราะห์และเข้ารหัสเสียง เป็นต้น โดยตัวอย่างระบบงานด้านการรักษาความปลอดภัยที่นำเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์มาประยุกต์ใช้ อาทิ ระบบการควบคุมเข้า-ออกอาคาร หรือสถานที่สำคัญ ระบบบันทึกเวลาการทำงาน ระบบเข้าใช้งานเครื่องคอมพิวเตอร์และระบบเครือข่าย ระบบพิสูจน์ตัวตนกับงานทะเบียนราษฎร์ หรืองานด้านอาชญากรรม เป็นต้น ซึ่งจะเห็นได้ว่าเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์เป็นที่นิยมและได้รับการยอมรับอย่างมากในปัจจุบัน อย่างไรก็ตามฮาร์ดแวร์และซอฟต์แวร์ของเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ที่มีจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ในปัจจุบันมีราคาค่อนข้างสูง

ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงได้ศึกษาและพัฒนาระบบรักษาความปลอดภัยด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ภายใต้แนวคิดการพัฒนาอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ต้นทุนต่ำ โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อพัฒนาระบบกลอนประตูอัจฉริยะด้วยการรู้จำใบหน้า โดยใช้อุปกรณ์รับภาพใบหน้าด้วยกล้องดิจิทัลเว็บแคม ประมวลผลการทำงานบนบอร์ดสมองกลแบบฝังตัวด้วยบอร์ดราสเบอรี่พาย และพัฒนาอัลกอริทึมสำหรับการรู้จำใบหน้าแบบออนไลน์ด้วยภาษาไพธอน

สำหรับการเรียบเรียงบทความจะเป็นดังนี้ ในหัวข้อที่ 2 อธิบายหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คือ เทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ การดึงคุณลักษณะเด่นของใบหน้า คำวัดประสิทธิภาพต่างๆ หัวข้อที่ 3 อธิบายถึงอุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย ในหัวข้อที่ 4 ผลการวิจัย หัวข้อที่ 5 สรุปผลการวิจัย และหัวข้อสุดท้ายคือกรรมประกาศ

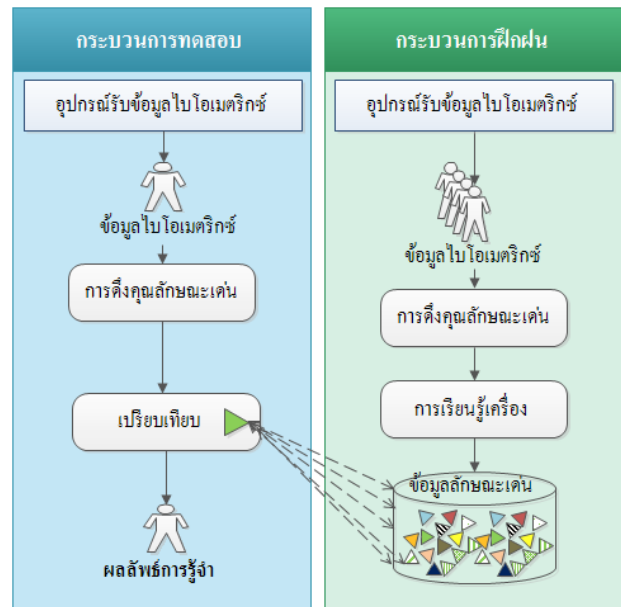
2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ (Biometrics Technology)

ไบโอเมตริกซ์เป็นเทคโนโลยีชีวภาพที่ผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีทางด้านชีวภาพและการแพทย์ กับเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน ว่าด้วยการตรวจวัดคุณลักษณะเฉพาะของบุคคลเพื่อระบุตัวตน โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภทหลักๆ คือ ลักษณะทางกายภาพ (Physiological Biometrics) และลักษณะทางพฤติกรรม (Behavioral Biometrics) ในการระบุตัวตนโดยคุณลักษณะทางกายภาพ อาทิ ลายนิ้วมือ (Fingerprint) ลักษณะใบหน้า (Facial) ลักษณะของมือ (Hand Geometry) ลักษณะใบหู (Ear Shape) ไอริส (Iris) และเรตินา (Retina) ภายในดวงตา และ กลิ่น (Human Scent) เป็นต้น สำหรับลักษณะทางพฤติกรรมที่นิยมใช้ได้แก่ ลักษณะการพิมพ์ (Keystroke Dynamics) การเดิน (Gait) และเสียง (Voice) [1] เป็นต้น

หลักการทำงานของระบบไบโอเมตริกซ์เป็นแบบกระบวนการรู้จำรูปแบบ (Pattern Recognition) ซึ่งประกอบด้วย 2 ส่วน คือ กระบวนการฝึกฝนระบบ (Training Process) และกระบวนการทดสอบการรู้จำ (Testing Process) โดยกระบวนการทำงานเริ่มต้นจากกระบวนการฝึกฝนระบบซึ่งเป็นกระบวนการลงทะเบียนข้อมูล กล่าวคือ อุปกรณ์ตรวจจับ (Sensor) ประเภทต่างๆ รับข้อมูลทางไบโอเมตริกซ์ของผู้ลงทะเบียน หรือผู้ที่ได้รับอนุญาตในระบบงานต่างๆ และสัญญาณข้อมูลเหล่านั้นจะถูกส่งเข้าสู่กระบวนการดึงคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction) ผลลัพธ์ที่ได้ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปแบบของเวกเตอร์คุณลักษณะเด่น (Feature Vector) ของลักษณะไบโอเมตริกซ์ของแต่ละบุคคล และสามารถนำไปใช้ในการระบุตัวตนได้ จากนั้นเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นที่หาได้จะถูกส่งต่อไปยังกระบวนการเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning) [2] เพื่อเพิ่มความแม่นยำในการระบุตัวตนมากยิ่งขึ้น ตัวอย่างอัลกอริทึมเรียนรู้เครื่อง อาทิ โครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network; ANN) ขั้นตอนวิธีทางพันธุกรรม (Genetic Algorithm; GA) และทฤษฎีการตัดสินใจของเบย์เซียน (Bayesian Decision Theory) เป็นต้น เมื่อระบบเรียนรู้รูปแบบข้อมูลเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นได้แล้วจะได้ผลลัพธ์เป็นโมเดลการเรียนรู้ (Model) และเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นดังกล่าวจะถูกนำไปเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลเพื่อใช้เปรียบเทียบกับข้อมูลคุณลักษณะเด่นที่ได้จากกระบวนการทดสอบการรู้จำต่อไป

สำหรับกระบวนการทดสอบการรู้จำมีขั้นตอนการทำงานเช่นเดียวกันกับกระบวนการฝึกฝนระบบ แต่จะไม่นำเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นที่หาได้ไปเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้แต่นำเข้าสู่โมเดลการเรียนรู้เพื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลคุณลักษณะเด่นในฐานข้อมูล จนได้ผลลัพธ์การรู้จำโครงสร้างขั้นตอนการทำงานแสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 โครงสร้างกระบวนการทางไบโอเมตริกซ์

2.2 การดึงคุณลักษณะเด่นของใบหน้า

การได้ซึ่งคุณลักษณะเฉพาะของใบหน้าเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับระบบการรู้จำใบหน้านั้น มีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 รับสัญญาณข้อมูลภาพใบหน้าจากอุปกรณ์ตรวจจับสัญญาณภาพใบหน้า โดยทั่วไปคืออุปกรณ์กล้องดิจิทัลนั่นเอง

ขั้นตอนที่ 2 ดำเนินการปรับปรุงคุณภาพข้อมูลภาพดิจิทัล อาทิ การแปลงภาพเป็นภาพสีระดับเทา (Gray Image Transformation) การกำจัดสัญญาณรบกวนที่ไม่พึงประสงค์ (Reduce Noise) เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจจับบริเวณใบหน้า (Face Detection) เป็นขั้นตอนในการกำหนดบริเวณพื้นที่ของใบหน้า ซึ่งมีนักวิจัยนำเสนอวิธีการต่างๆ อาทิ การใช้แบบจำลองการจับบริเวณสีผิว (Skin Color Model) การใช้แม่แบบใบหน้าที่ทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ (Geometric Facial Template) และการใช้ตัวตรวจจับ (Detector for Detection Image) โดยตัวตรวจจับ Haar Like Feature ของ Viola-Jones [3] เป็นตัวตรวจจับใบหน้าที่ได้รับความนิยมและใช้งานอย่างแพร่หลาย

ขั้นตอนที่ 3 ดึงคุณลักษณะเด่นของใบหน้า เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะเด่นของใบหน้า เพื่อป้อนเข้าสู่ขั้นตอนการรู้จำซึ่งมีอยู่ด้วยกันหลายวิธี อาทิ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis; PCA) [4] วิธีการวิเคราะห์จำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear Discriminate Analysis; LDA) วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ (Independent Component Analysis; ICA) [4] และวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักแบบเคอร์เนล (Kernel PCA; KPCA) นอกจากนี้ยังมีนักวิจัยนำเสนอเทคนิควิธีการสกัดคุณลักษณะเด่นของใบหน้าด้วยวิธีใช้แบบจำลอง (Model-base) ทั้ง แบบ 2 มิติ และ 3 มิติอีกด้วย

2.3 การวัดประสิทธิภาพการรู้จำใบหน้า

ประสิทธิภาพการรู้จำพิจารณาจากค่าประสิทธิภาพต่างๆ ดังนี้

1) ค่าอัตราคลาดเคลื่อนที่ยอมรับ (False Acceptance Rate; FAR) เป็นค่าวัดประสิทธิภาพของระบบในการยอมให้บุคคลที่ไม่ได้รับอนุญาตผ่านเข้าสู่ระบบ สูตรคำนวณนิยามดังสมการที่ (1)

$$FAR = \frac{\text{Number of False Acceptances}}{\text{Number of Identification Attempts}} \quad (1)$$

2) ค่าอัตราการปฏิเสธที่ผิดพลาด (False Reject Rate; FRR) เป็นค่าวัดประสิทธิภาพที่ระบบปฏิเสธบุคคลที่ได้รับอนุญาตเข้าสู่ระบบ สูตรการคำนวณค่า FRR นิยามดังสมการที่ (2)

$$FRR = \frac{\text{Number of False Rejections}}{\text{Number of Identification Attempts}} \quad (2)$$

3) ร้อยละของความสามารถในการระบุตัวบุคคลถูกต้อง (Percentage Recognition; PR) สูตรการคำนวณนิยามดังสมการที่ (3)

$$PR = \frac{TR}{TR + FR} \times 100 \quad (3)$$

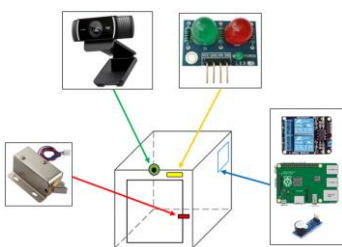
เมื่อ TR คือ จำนวนการรู้จำบุคคลถูกต้อง

FR คือ จำนวนการรู้จำบุคคลผิดพลาด

3. อุปกรณ์และวิธีการดำเนินงานวิจัย

3.1 อุปกรณ์

การดำเนินงานวิจัยในครั้งนี้ คณะผู้วิจัยพัฒนาชุดอุปกรณ์กลอนประตูไฟฟ้าภายใต้แนวคิดต้นทุนต่ำ โดยใช้อุปกรณ์รับสัญญาณภาพดิจิทัลด้วยกล้องเว็บแคมยี่ห้อ Logitech รุ่น C270 ภาพที่ใช้มีขนาด 640x480 พิกเซล เชื่อมต่อกับบอร์ดราสเบอร์รี่พาย 3 รุ่น B หน่วยประมวลผล ARMv8 Quad-Core ที่ความเร็วในการประมวลผล 1.2 GHz มีหน่วยความจำ 1 GB. พัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาไพธอนรุ่น 3 ร่วมกับไลบรารี OpenCV3 และนำผลการรู้จำไปควบคุมการปลดล๊อคกลอนประตูไฟฟ้า แบบจำลองชุดอุปกรณ์กลอนประตูต้นแบบแสดงรูปที่ 2



รูปที่ 2 แบบจำลองระบบกลอนประตูอัจฉริยะด้วยการรู้จำใบหน้า

3.2 วิธีการดำเนินงานวิจัย

วิธีการดำเนินงานวิจัยนี้มีวิธีการดำเนินงานวิจัยตามขั้นตอนตามหลักการเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ข้างต้น มีรายละเอียดดังนี้

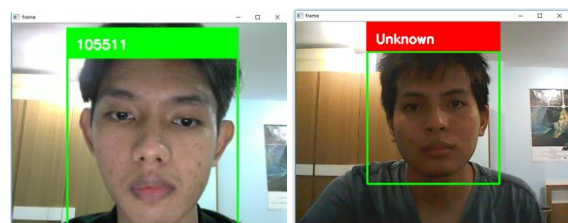
ขั้นตอนที่ 1 รับข้อมูลภาพใบหน้าจากอุปกรณ์ที่ได้พัฒนาขึ้น

ขั้นตอนที่ 2 ปรับปรุงคุณภาพภาพใบหน้า (Face Enhancement) ด้วยตัวกรองภาพตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian Filtering) เพื่อทำให้ภาพราบเรียบขึ้น และลดสัญญาณรบกวนต่างๆ

ขั้นตอนที่ 3 ตรวจจับใบหน้าด้วยตัวตรวจจับ Haar Like Feature ของ Viola-Jones หลักการโดยใช้ฮาร์เวฟเลต (Haar Wavelet) เป็นเวฟเลตแม่ซึ่งมีลักษณะเป็นฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง (Discrete Function) เพื่อใช้ในการกำหนดรูปแบบตัวตรวจหาคุณลักษณะบนใบหน้าบุคคลจากภาพนำเข้าที่ทำการแบ่งออกเป็นภาพย่อย (Sub-Window) และภาพย่อยที่แบ่งได้เป็นภาพนำเข้าของกระบวนการคำนวณหาคุณลักษณะบนใบหน้า (Feature Extraction) ด้วยการคำนวณแบบอินทิกรัลภาพ (Integral Image) โดยทำการตรวจหาหลายๆ รอบ โดยแต่ละรอบจะใช้ขนาดของตัวตรวจหาแตกต่างกัน จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้จากอินทิกรัลภาพเข้าสู่กระบวนการเรียนรู้แบบเอดาบูส (Adaboost) และนำผลลัพธ์มาจัดเรียงกลุ่มเพื่อหาคำตอบด้วยเทคนิคการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเนื่อง Cascaded Classifier [3]

ขั้นตอนที่ 4 ดึงคุณลักษณะเฉพาะของใบหน้าด้วยวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (PCA) โดยข้อมูลใบหน้าที่ตรวจพบจะถูกส่งไปวิเคราะห์องค์ประกอบด้วยวิธี Eigenface จนได้ผลลัพธ์ คือ ชุดเวกเตอร์คุณลักษณะเด่นของใบหน้าเพื่อระบุตัวตน โดยกระบวนการสร้างชุดเวกเตอร์ไอเกน (Eigenvector) นั้นคำนวณได้จากวิธีการทางสถิติจากเมทริกซ์ความแปรปรวน (Covariance Matrix) [5] ซึ่งชุดเวกเตอร์ไอเกนที่คำนวณได้จะถูกจัดเก็บไว้เป็นฐานข้อมูลสำหรับกระบวนการทดสอบการรู้จำ

ขั้นตอนที่ 5 รู้จำใบหน้า โดยระบบนำคุณลักษณะเด่นของใบหน้าทดสอบไปทำนาย (Prediction) กับข้อมูลคุณลักษณะเด่นของใบหน้าบุคคลที่ได้เก็บไว้ในฐานข้อมูล ถ้าข้อมูลที่ส่งมาใกล้เคียงกับข้อมูลของบุคคลใดในฐานข้อมูลมากที่สุด ก็จะนำไปพิจารณาควบคุมกลอนประตูไฟฟ้า ตัวอย่างภาพผลลัพธ์การรู้จำใบหน้าแสดงดังรูปที่ 3



(ก) ตรวจพบบุคคลที่มีสิทธิ์

(ข) ตรวจพบบุคคลที่ไม่มีสิทธิ์

รูปที่ 3 ตัวอย่างผลลัพธ์การรู้จำใบหน้า

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร.พระนคร ครั้งที่ 4
Proceedings of the 4th RMUTP Conference on Engineering and Technology

ขั้นตอนที่ 6 นำผลการรู้จำควบคุมการปลดล๊อคกลอนประตูไฟฟ้า โดยระบบจะแจ้งเตือนสถานะด้วยหลอดแอลอีดี (LED) และเสียง (Voice) โดยแสดงสถานะไฟสีเขียว และเสียงแจ้งเตือนดัง 2 ครั้ง พร้อมปลดล๊อคกลอนประตูไฟฟ้า เมื่อระบบตรวจพบใบหน้าบุคคลที่ได้สิทธิ์ปลดล๊อคกลอนประตู และแสดงสถานะไฟสีแดง พร้อมเสียงแจ้งเตือนดังยาวนาน 3 วินาที เมื่อพบใบหน้าบุคคลที่ไม่ได้รับสิทธิ์

4. ผลการวิจัย

ในหัวข้อนี้กล่าวถึงการทดลองปลดล๊อคกลอนประตูไฟฟ้า ด้วยการรู้จำใบหน้า โดยใช้ชุดอุปกรณ์แบบจำลองประตูไฟฟ้าที่ใช้หน่วยประมวลผลสมองกลแบบฝังตัวที่ทำงานเชื่อมต่อกับโมดูลกล้องที่ได้พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้ ดำเนินการฝึกสอนใบหน้าผู้มีสิทธิ์ปลดล๊อคกลอนประตูจำนวน 3 ราย ๆ ละ 30 ใบหน้า เพื่อเก็บเป็นฐานข้อมูลรู้จำใบหน้า และดำเนินการทดสอบประสิทธิภาพการปลดล๊อคกลอนประตูกับผู้ทดสอบจำนวน 30 ราย ซึ่งประกอบด้วยผู้มีสิทธิ์ปลดล๊อค 3 ราย และผู้ไม่มีสิทธิ์ปลดล๊อค 27 ราย ทดสอบการรู้จำใบหน้ารายละ 6 ครั้ง รวมทั้งสิ้น 180 ครั้ง ผลการทดสอบประสิทธิภาพการปลดล๊อคกลอนประตูไฟฟ้า พบว่ามีค่าประสิทธิภาพ PR=83.33 ค่าประสิทธิภาพ FRR=0.02 และค่า FAR= 0.00 รายละเอียดผลการทดสอบแสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพระบบการรู้จำใบหน้า

คุณสมบัติผู้ทดสอบ	ผลการปลดล๊อคประตูไฟฟ้า	
	ผ่าน	ไม่ผ่าน
บุคคลผู้มีสิทธิ์	15	3
บุคคลผู้ไม่มีสิทธิ์	-	162

5. สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้พัฒนาชุดอุปกรณ์แบบจำลองกลอนประตูไฟฟ้า ภายใต้แนวคิดพัฒนาฮาร์ดแวร์ต้นทุนต่ำ ร่วมกับเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ โดยการปลดล๊อคประตูไฟฟ้าด้วยการรู้จำใบหน้า ผลการวิจัยพบว่าระบบที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพสูงในการรู้จำใบหน้า อย่างไรก็ตามการทดลองพบปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพการรู้จำ ประกอบด้วย สภาพแสง ระยะห่างของใบหน้ากับกล้อง ซึ่งในการทดลองครั้งนี้กำหนดให้มีระยะห่าง 45 เซนติเมตร มุมตำแหน่งของใบหน้า หรือการเอียงของใบหน้า และการสวมใส่แว่นตา เป็นต้น ซึ่งปัจจัยเหล่านี้อาจแก้ไขได้ด้วยการเพิ่มอัลกอริทึมการเรียนรู้เครื่องเพื่อช่วยให้การรู้จำมีความแม่นยำมากขึ้น นอกจากนี้จำนวนผู้ทดสอบในส่วนผู้ได้รับอนุญาตปลดล๊อคประตูมีจำนวนน้อย ทั้งนี้ก็เนื่องจากการเลือกใช้บัตรอาสาสมัครเพียงรุ่น 3 ในการประมวลผลมีข้อจำกัดในเรื่องความเร็ว และหน่วยความจำนั่นเอง

6. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยดี ด้วยคำแนะนำและสนับสนุนของอาจารย์ ดร.วิวรรณ จันทะทรัพย์ และอาจารย์ศิริชัย สารมนัส ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษางานโครงการนี้ และคณะผู้วิจัยขอขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำงานวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สุภกานต์ พิมลธเรศ, “เทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์บนโครงข่ายประสาทเทียม,” วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย, ปีที่ 30, ฉบับที่ 1, หน้า 90-103, มกราคม-มีนาคม 2553.
- [2] S. Z. Li and A. K. Jain, Handbook of Face Recognition, Springer, New York, NY, USA, 2004.
- [3] P. Viola and M. Jones, “Rapid object detection using a boosted cascade of simple features,” in Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511–518, December 2001.
- [4] B. A. Draper, and et. al., “Recognizing faces with PCA and ICA,” in Computer Vision and Image Understanding, vol. 91, no. 1-2, pp. 115–137, 2003.
- [5] M.üge Çarıkçı and Figen Özen, “A Face Recognition System Based on Eigenfaces Method,” in Procedia Technology, vol. 1, pp.118-123, 2012.



ฉัฐชา สกุลณา

นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



กฤษณะ ธรรมนิตยกุล

นักศึกษาสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร



วิวรรณ จันทะทรัพย์

อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
งานวิจัยที่สนใจ เทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์