# ระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน

# FACE RECOGNITION FOR TIME ATTENDANCE SYSTEM

**คฤกพล ทิพสนธิ์**

**ฐิติมา ล้อมทอง**

**ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต**

**สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ปีการศึกษา 2565**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# FACE RECOGNITION FOR TIME ATTENDANCE SYSTEM

KARUEKKAPON THIPSON
THITIMA LOMTHONG

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
BACHELOR OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
SCHOOL OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LARDKABANG
ACADEMIC YEAR 2022

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2565**

**คณะวิศวกรรมศาสตร์**

**สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง**

**ใบรับรองปริญญานิพนธ์**

.....

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** ระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน
FACE RECOGNITION FOR TIME ATTENDANCE SYSTEM

**นักศึกษาผู้จัดทำ** นายคฤกพล ทิพสนธิ์ **รหัสนักศึกษา** 62010089
นางสาวฐิติมา ล้อมทอง **รหัสนักศึกษา** 62010235

**ปริญญา** วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

**สาขาวิชา** วิศวกรรมการวัดคุม

**ปีการศึกษา** 2565

| อาจารย์ผู้ควบคุมปริญญานิพนธ์ | ลายมือชื่อ |
|---|---|
| รศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ | |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**หัวข้อปริญญานิพนธ์** ระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน
FACE RECOGNITION FOR TIME ATTENDANCE SYSTEM

**นักศึกษาผู้จัดทำ** นายคฤกพล ทิพสนธิ์ รหัสนักศึกษา 62010089
นางสาวฐิติมา ล้อมทอง รหัสนักศึกษา 62010235
**อาจารย์ที่ปรึกษา** รศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ
**ปีการศึกษา** 2565

## บทคัดย่อ

ในปัจจุบันความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีมีส่วนช่วยในการอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวันมากขึ้น ปริญญานิพนธ์นี้จึงได้มีการนำเทคโนโลยีจดจำใบหน้า เพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงานด้วยการสแกนใบหน้าผ่านกล้องเว็บแคม ซึ่งการลงเวลาเข้าทำงานเป็นสิ่งที่ขาดไม่ได้และมีความสำคัญสำหรับการจัดการพนักงานอย่างเหมาะสม โดยระบบจะทำการตรวจจับใบหน้าของพนักงาน และมีการแสดงวันที่และเวลาขณะตรวจจับใบหน้า พร้อมระบุตัวตนของพนักงาน จากนั้นข้อมูลจะถูกส่งไปเก็บในฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์โดยอัตโนมัติ ส่งผลให้สามารถจ่ายเงินให้พนักงานได้อย่างถูกต้อง โดยปริญญานิพนธ์นี้จะนำเสนอการออกแบบระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน การฝึกฝนใบหน้าและการทดสอบใบหน้าบุคคลจากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 50 คน รวมถึงมีการทดลองหาประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้น โดยสนใจผลลัพธ์ของการตรวจจับและการจดจำใบหน้า เพื่อทำให้โปรแกรมมีความน่าเชื่อถือในแต่ละกระบวนการ โดยใช้ระยะการทดสอบระหว่างกล้องถึงผู้ทดสอบอยู่ที่ 0.6 เมตร จากผลการทดลองพบว่าการตรวจจับใบหน้าของผู้ทดลองสามารถระบุตัวตนได้ถูกต้อง 96.20 เปอร์เซ็นต์ และยังสามารถดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อส่งไปแสดงผลที่หน้าจอแสดงผลได้อย่างถูกต้องและสามารถส่งข้อมูลเวลาที่ทำการตรวจจับใบหน้าไปยังฐานข้อมูลของแต่ละบุคคลได้อย่างถูกต้อง แต่ในการใช้งานภาพใบหน้าในอิริยาบถของผู้ใช้งานต้องตรงกับภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล และระหว่างการตรวจจับใบหน้านั้นต้องมีแสงสว่างเพียงพอ เพื่อประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้าที่สูงขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | |
|---|---|
| **Thesis Title** | FACE RECOGNITION FOR TIME ATTENDANCE SYSTEM |
| **Authors** | Mr. Karuekkapon Thipson |
| | Ms. Thitima Lomthong |
| **Thesis advisor** | Assoc. Prof. Songchai Weerathaweemas |
| **Year** | 2022 |


## ABSTRACT

Nowadays, modern technical developments add to the convenience of daily life. In this thesis, face recognition technology has been used for attendance by scanning faces. Timely attendance is indispensable and important for managing employees properly. The system will detect the faces of employees. And the date and time are displayed while detecting faces. Along with identifying the identity of the employee the data will then be sent to the database and the time attendance data can be recorded in real time. Which the attendance data will be automatically included. As a result, being able to pay employees correctly. This thesis presents the design of a facial recognition system for time attendance. Face training and human face testing from a sample of 50 people, including an experiment to determine the effectiveness of the program that was developed, using the test distance of 0.6 m. between the camera and the tester. From the experimental results, it showed that the face detection of the tester can be accurately identified accounted for 96.20 percent and can also retrieve information from the database to be displayed correctly on the display screen correctly and can send information when detecting faces to the database of each person correctly. However, in order to use the facial image, the user's posture must match the image stored in the database, and during the detection of the face must be enough light. For higher face recognition efficiency.




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความอนุเคราะห์ของบุคคลหลายท่านที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่าง ๆ ซึ่งผู้มีพระคุณที่ผู้เขียนใคร่ขอกราบขอบพระคุณคือ รศ.ทรงชัย วีระทวีมาศ ที่กรุณารับเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ โดยให้คำปรึกษาให้ความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำในการแก้ปัญหาต่าง ๆ

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการแก้ปัญหาและให้ความรู้ต่าง ๆ ของปริญญานิพนธ์เล่มนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ที่คอยให้ความช่วยเหลือในการทำงาน และให้คำปรึกษาจนทำให้การทำวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าเป็นไปอย่างราบรื่น

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณบิดา และมารดา ที่เป็นกำลังใจ คอยดูแลห่วงใย และให้การสนับสนุนข้าพเจ้าทุก ๆ เรื่องและได้เป็นกำลังใจแก่ผู้เขียนเสมอมา อันเป็นแนวทางไปสู่ความสำเร็จของผู้เขียน สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นประโยชน์ให้กับผู้ที่สนใจและผู้ที่อยู่ในสายงานด้านวิศวกรรมการวัดคุมเพื่อเป็นแนวทางในการนำไปใช้งาน และพัฒนาในงานอุตสาหกรรมต่อไป

คณะผู้จัดทำ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

หน้า

**บทคัดย่อภาษาไทย.....I**

**บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II**

**กิตติกรรมประกาศ.....III**

**สารบัญ.....IV**

**สารบัญตาราง.....VIII**

**สารบัญรูป.....IX**

**บทที่ 1 บทนำ.....1**

1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์.....1

1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์.....2

1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....2

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....2

**บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง.....3**

2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้า.....3

2.1.1 Knowledge-Based Method.....3

2.1.2 Feature-Based Method.....3

2.1.3 Template Matching Method.....4

2.1.4 Appearance-based Method.....4

2.1.4.1 Haar Cascades.....5

2.1.4.2 Histogram of Oriented Gradient (HOG).....12

2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการจดจำใบหน้า.....14

2.2.1 Holistic Matching Method.....14



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


2.2.1.1 Eigenfaces Recognition ..... 14
2.2.1.2 Fisherfaces Recognition ..... 15
2.2.1.3 Local Binary Pattern Histograms (LBPH) Recognition ..... 16
2.2.2 Feature-Based Method ..... 17
2.2.3 Hybrid Method ..... 18
2.2.3.1 Convolutional Neural Network (CNNs) ..... 18
2.2.3.2 Deep Neural Network (DNNs) ..... 21
2.3 เครื่องมือที่ใช้ในพัฒนาโปรแกรมการตรวจจับและการจำแนกใบหน้า ..... 21
2.3.1 ภาษาไพทอน (Python) ..... 21
2.3.2 Open Source Computer Vision (OpenCV) ..... 23
2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับฐานข้อมูล ..... 23
2.4.1 ระบบฐานข้อมูล (Database System) ..... 23
2.4.2 องค์ประกอบของระบบฐานข้อมูล ..... 24
2.4.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hard Ware) ..... 24
2.4.2.2 ซอฟต์แวร์ (Soft Ware) ..... 24
2.4.2.3 ข้อมูล (Data) ..... 24
2.4.2.4 บุคลากร (Personnel) ..... 24
2.4.3 ความสำคัญของระบบฐานข้อมูล ..... 26
2.4.3.1 สามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้ ..... 26
2.4.3.2 หลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูลได้ ..... 26
2.4.3.3 สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้ ..... 26
2.4.3.4 สามารถรักษาความถูกต้องเชื่อถือได้ของข้อมูล ..... 26
2.4.3.5 สามารถกำหนดความเป็นมาตรฐานเดียวกันของข้อมูลได้ ..... 26
2.4.3.6 สามารถกำหนดระบบความปลอดภัยของข้อมูลได้ ..... 27
2.4.3.7 เกิดความเป็นอิสระของข้อมูล ..... 27




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


2.4.4 โครงสร้างของฐานข้อมูล ..... 27
2.4.4.1 ระดับภายนอก ..... 27
2.4.4.2 ระดับแนวคิด ..... 27
2.4.4.3 ระดับภายใน ..... 27
2.5 ทฤษฎีการส่งข้อมูล ..... 27
2.5.1 Firebase ..... 27
2.5.1.1 Cloud Firestore ..... 28
2.5.1.2 Authentication ..... 28
2.5.1.3 Hosting ..... 28
2.5.1.4 Realtime Data base ..... 28
2.5.2 การพัฒนา Firebase Realtime Database ..... 29
2.5.2.1 การติดตั้ง Firebase และ Realtime Database SDK ..... 29
2.5.2.2 การเขียนข้อมูล (Write) ..... 32
2.5.2.3 การอ่านข้อมูล (Read) ..... 38
2.5.2.4 การเปิดใช้งานโหมดออฟไลน์ (Offline) ..... 39
2.5.2.5 ความปลอดภัยและกฎ (Security & Rules) ..... 39
2.5.2.6 การปฏิบัติในการออกแบบโครงสร้างของข้อมูล ..... 40

**บทที่ 3 วิธีการดำเนินงาน ..... 41**

3.1 การออกแบบระบบจดจำใบหน้าเพื่อสำหรับลงเวลาการทำงาน ..... 41
3.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware) ..... 42
3.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software) ..... 44
3.1.3 การออกแบบการทดลอง ..... 44
3.1.3.1 การทดลองเพื่อหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง ..... 44




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

**หน้า**


3.1.3.2 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับการปิดบังใบหน้า ..... 44
3.1.3.3 การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าเพื่อลงเวลาทำงาน ..... 44
3.1.4 การออกแบบการทำงานของระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน .... 44
3.1.4.1 การฝึกฝนกลุ่มตัวอย่าง (Train Data Set) ..... 46
3.1.4.2 การทดสอบกลุ่มตัวอย่าง (Test Data Set) ..... 46
3.2 การออกแบบฐานข้อมูล ..... 47
3.2.1 ส่วนจัดการข้อมูลรูปภาพ ..... 48
3.2.2 ส่วนแสดงข้อมูลของพนักงาน ..... 48
3.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ..... 49

**บทที่ 4 ผลการทดลอง.....53**
4.1 ผลออกแบบและสร้างฐานข้อมูลตรวจสอบใบหน้าเพื่อใช้ในการลงเวลาทำงาน ..... 53
4.2 ผลออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน ..... 54
4.3 ผลการทดลองการหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง ..... 58
4.4 ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับการปิดบังใบหน้า ..... 58
4.4.1 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังใบหน้า ..... 59
4.5 ผลทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าเพื่อลงเวลาทำงาน ..... 60
4.6 ผลทดลองการอัพเดทเวลาลงทำงานในฐานข้อมูล ..... 64

**บทที่ 5 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....66**
5.1 สรุปผลการทดลอง ..... 66
5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข ..... 67
5.3 ข้อเสนอแนะ ..... 67

**บรรณานุกรม.....69**




เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

**ตารางที่** **หน้า**

3.1 ตารางแสดงเอกสารแสดงคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา ASUS ..... 43
3.2 ตารางแสดงเอกสารแสดงคุณสมบัติของกล้อง Webcam Imilab รุ่น CMSXJ22A ..... 43
4.1 ตารางแสดงผลการทดลองการหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง 1 คน จำนวน 5 ครั้ง..... 58
4.2 ตารางแสดงผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย..... 60
4.3 ตารางแสดงผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าเพื่อลงเวลาการทำงาน..... 62



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

**รูปที่** **หน้า**

2.1 แสดงรูปแบบของ Haar Like Features แบบต่าง ๆ .....5
2.2 แสดงตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haar-like.....6
2.3 แสดงตัวอย่างการคำนวณความเข้มในพื้นที่สี่เหลี่ยม D โดยวิธีการทั่วไป .....7
2.4 แสดงวิธีการแปลงรูปภาพจาก Original Image เป็น Integral Image .....8
2.5 แสดงตัวอย่างการคำนวณผลรวมความเข้มในพื้นที่สี่เหลี่ยม D โดยวิธี Integral image .....9
2.6 แสดงตัวอย่างของตัวจำแนกแบบแข็งแรงที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ด้วย Adaboost ..... 11
2.7 แสดงขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง ..... 12
2.8 แสดงการตรวจจับมนุษย์ด้วย Histogram of Oriented Gradient (HOG)..... 13
2.9 แสดงการตรวจจับเส้น (Edge Detection) ในแนวตั้ง และแนวนอน..... 13
2.10 แสดงแนวคิดของ Histogram of Oriented Gradient (HOG)..... 13
2.11 แสดงการทำงานของสถาปัตยกรรม Convolutional Neural Network..... 18
2.12 แสดงการทำงานของตัวกรองค่าภาพขาวดำและเมทริกซ์ชุดใหม่หรือฟีเจอร์แมพ ..... 19
2.13 แสดงการพูลลิ่งด้วยค่าสูงสุด (Max Pooling)..... 20
2.14 แสดงการเชื่อมต่อกันของแต่ละชั้นอย่างสมบูรณ์ (Fully Connected Layer)..... 20
2.15 แสดงขั้นตอนการสร้างโปรเจคใน Firebase..... 29
2.16 แสดงการกรอกชื่อโปรเจคที่ต้องการใน Firebase..... 29
2.17 แสดงหน้าแรกของการสร้างโปรเจค ..... 30
2.18 แสดงขั้นตอนการสร้าง Realtime Database..... 30
2.19 แสดงขั้นตอนการเลือกประเภทในการสร้างโปรเจค..... 31
2.20 แสดงขั้นตอนการเลือกโหมดการทำงาน..... 31
2.21 แสดงขั้นตอนการใช้ฟังก์ชัน Rules ในการทดสอบระบบ ..... 32
2.22 แสดงตัวอย่างการ SetValue..... 33
2.23 แสดงตัวอย่างการ Push()..... 34
2.24 แสดงตัวอย่างการเขียนข้อมูลทั้ง 2 Objects ..... 35
2.25 แสดงตัวอย่างการการอัปเดตข้อมูลบางส่วนทั้ง 2 Objects ..... 36



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป (ต่อ)

**รูปที่** **หน้า**

2.26 แสดงตัวอย่างการ Posts ..... 40
3.1 แสดงกระบวนการทำงานของระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน ..... 41
3.2 แสดงคอมพิวเตอร์พกพาที่ใช้สำหรับการสร้างระบบจดจำใบหน้า ..... 42
3.3 แสดงกล้อง Webcam 1080p Imilab รุ่น CMSXJ22A ..... 43
3.4 แสดงกระบวนการทำงานระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน ..... 45
3.5 แสดงกระบวนการทำงานการฝึกฝนกลุ่มตัวอย่าง (Train Data Set) ..... 46
3.6 แสดงกระบวนการทำงานการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง (Test Data Set) ..... 47
3.7 แสดงการใช้ Cloud Storage เป็นฐานข้อมูลในการเก็บรูปภาพ ..... 48
3.8 แสดงโครงสร้างของฐานข้อมูล ..... 49
3.9 แสดงภาพพื้นหลังของหน้าจอแสดงผล ..... 50
3.10 แสดงโหมดการทำงานแรกของหน้าจอแสดงผล ..... 50
3.11 แสดงโหมดการทำงานที่ 2 ของหน้าจอแสดงผล ..... 51
3.12 แสดงโหมดการทำงานที่ 3 ของหน้าจอแสดงผล ..... 51
3.13 แสดงโหมดการทำงานที่ 4 ของหน้าจอแสดงผล ..... 52
4.1 แสดงฐานข้อมูลพนักงานเมื่อรับเข้าจาก Firebase ..... 54
4.2 แสดงภาพหน้าจอแสดงผลขณะไม่มีผู้ใช้ ..... 54
4.3 แสดงภาพหน้าจอแสดงผลขณะกำลังทำการตรวจสอบใบหน้า ..... 55
4.4 แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อสามารถระบุตัวพนักงานได้ ..... 55
4.5 แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ..... 56
4.6 แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อพนักงานคนเดิมสแกนซ้ำ ..... 56
4.7 แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อบุคคลที่ไม่ได้อยู่ในฐานข้อมูลทำการสแกนใบหน้า ..... 57
4.8 แสดงผลการทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้าที่ถูกปิดปังด้วยการสวมใส่เครื่องแต่งกาย ..... 59
4.9 แสดงตัวอย่างผลการตรวจสอบการระบุตัวตนของผู้ทดสอบรหัส 000001 ..... 61
4.10 แสดงตัวอย่างผลการตรวจสอบการระบุตัวตนของผู้ทดสอบรหัส 000002 ..... 61
4.11 แสดงตัวอย่างผลการอัพเดทข้อมูลลงฐานข้อมูลของผู้ทดสอบรหัส 000001 ..... 64
4.12 แสดงตัวอย่างผลการอัพเดทข้อมูลลงฐานข้อมูลของผู้ทดสอบรหัส 000002 ..... 65



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ความสำคัญของปริญญานิพนธ์

ปัจจุบันเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทสำคัญในการเพิ่มประสิทธิภาพการดำเนินธุรกิจในทุกภาคส่วนขององค์กร โดยเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้านับเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีที่สำคัญเป็นการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของภาพใบหน้าของแต่ละบุคคล และได้มีการนำมาประยุกต์ใช้ในการรักษาความปลอดภัยสำหรับระบบปฏิบัติการต่าง ๆ ซึ่งโครงงานระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับการลงเวลาการทำงานเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการยืนยันตัวตนที่มีความแม่นยำ สร้างความสะดวกสบาย และใช้เวลาที่น้อยลงเมื่อเทียบกับลงเวลาการเข้างานด้วยวิธีอื่น ๆ เช่น การสแกนลายนิ้วมือ และการรูดบัตรเพื่อลงเวลาการทำงาน เป็นต้น ผู้จัดทำจึงได้นำเทคโนโลยีนี้มาใช้ร่วมกับกล้องเว็บแคมในการตรวจจับใบหน้าของมนุษย์โดยใช้ไลบรารี่ OpenCV ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพ โดยการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพทอนร่วมกับ Firebase ที่ใช้ในการสร้างฐานข้อมูลในการสร้างระบบตรวจจับและจดจำใบหน้านี้ขึ้น โดยมีหลักการทำงานคือ ในการจดจำใบหน้าจะถูกกระทำหลังจากที่มีการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่ปรากฏอยู่บนจอแสดงผลก่อน จากนั้นทำการตีกรอบรอบใบหน้าเพื่อระบุตำแหน่งของใบหน้า แล้ววิเคราะห์ใบหน้าออกมาเป็นรหัสของใบหน้า และส่งค่ารหัสใบหน้านี้ไปเปรียบเทียบกับรหัสของใบหน้าที่ถูกเก็บเอาไว้ในฐานข้อมูล ว่าใบหน้านั้นตรงกับใบหน้าไหนในฐานข้อมูล เมื่อตรวจจับได้ว่าเป็นใบหน้าของใคร ณ เวลานั้น ๆ จะทำการระบุตัวตนโดยการแสดงรูปภาพ ชื่อ และรหัสพนักงานของบุคคลนั้นที่หน้าจอแสดงผล จากนั้นระบบจะทำการลงบันทึกเวลาการทำงานของบุคคลนั้น และข้อมูลจะถูกบันทึกในระบบฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ ซึ่งในแต่ละเดือนจะมีการรีเซ็ตระบบการลงเวลาการทำงานของพนังงานแต่ละคนเพื่อส่งผลให้สามารถจ่ายเงินเดือนให้พนักงานได้อย่างถูกต้อง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของปริญญานิพนธ์

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาระบบตรวจจับและจดจำใบหน้าให้สามารถทำงานได้แบบเรียลไทม์
2. เพื่อสร้างระบบตรวจจับและจดจำใบหน้าที่สามารถตรวจจับใบหน้าเพื่อจับคู่ใบหน้ากับข้อมูลในฐานข้อมูลและสามารถส่งข้อมูลเวลาการลงเวลาการทำงานไปยังฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ
3. เพื่อประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้าในการลงเวลาทำงานของพนักงาน
4. เพื่อหาประสิทธิภาพและข้อจำกัดของการตรวจจับและจดจำใบหน้าของระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.3 ขอบเขตของปริญญานิพนธ์

1. เขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพทอนร่วมกับ Firebase ในการสร้างฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์ได้

2. สามารถระบุตัวตนจากการตรวจจับใบหน้าของพนักงานได้ตรงกับข้อมูลของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลอย่างมีประสิทธิภาพ

3. สามารถบันทึกข้อมูลการลงเวลาการทำงานด้วยการตรวจจับและจดจำใบหน้าได้

4. โปรแกรมสามารถตรวจจับใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

5. ใช้ระยะการทดสอบระหว่างกล้องถึงผู้ทดสอบอยู่ที่ 0.6 เมตร

## 1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1. ศึกษาการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพทอน

2. ศึกษาหลักการทำงานของระบบตรวจจับและจดจำใบหน้า

3. ศึกษาการใช้ Firebase ในการสร้างฐานข้อมูลเพื่อเก็บข้อมูลของพนักงาน

4. สร้างส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ให้สามารถแสดงข้อมูลรูปภาพ ชื่อ รหัสพนักงาน รวมถึงวันที่และเวลาขณะทำการสแกนใบหน้าเพื่อลงเวลาการทำงาน

5. ทดลองการหาประสิทธิภาพและข้อจำกัดของการตรวจจับและจดจำใบหน้าของระบบ

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดการสัมผัสทั้งทางตรงและทางอ้อมระหว่างการลงชื่อเข้าทำงานของพนักงานเพื่อหลีกเลี่ยงเชื้อไวรัสโคโรนา (COVID-19)

2. ช่วยลดเวลาและขั้นตอนในการลงชื่อเข้าทำงานของพนักงาน

3. สามารถเก็บข้อมูลทางสถิติในการลงเวลาการทำงานของพนักงานในบริษัทได้ ส่งผลให้สามารถจ่ายเงินให้พนักงานได้อย่างถูกต้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 2
# ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

## 2.1 ทฤษฎีที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้า

การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) คือ การค้นหาใบหน้าจากข้อมูลที่ได้รับมา เพื่อนำไปประมวลผลในขั้นตอนถัดไป โดยวิธีการพื้นฐานที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าในปัจจุบัน [1] สามารถจำแนกได้ดังนี้

### 2.1.1 Knowledge-Based Method

วิธีการนี้ใช้กฎเกณฑ์พื้นฐานความรู้ของมนุษย์ของส่วนประกอบสำคัญบนใบหน้า เช่น ในงานวิจัยของ Yang ในปี 1994 [2] และ งานวิจัยของ Kotropoulos และ Pitas ในปี 1997 [3] ได้ใช้กฎเกณฑ์ประกอบในการตัดสินใจ โดยที่สังเกตจากโปรไฟล์ (Profile) ความเข้มของพิกเซล (Pixel) ของภาพทั้งในแนวตั้ง และแนวนอน ซึ่งในรูปที่มีใบหน้าที่ประกอบด้วยลักษณะของดวงตา 2 ดวงอยู่ในตำแหน่งที่สมมาตรกันในแนวระนาบทั้งสองด้าน มีหนึ่งจมูก และหนึ่งปาก ซึ่งจุดสำคัญดังกล่าวจะมีความสัมพันธ์กันโดยใช้ระยะทางและตำแหน่งตามกฎเกณฑ์ที่ได้ตั้งไว้

ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ การหาข้อกำหนดเฉพาะเจาะจงเพื่อจำแนกใบหน้าของมนุษย์นั้นซึ่งทำได้ยาก เพราะถ้าหากกฎเกณฑ์นั้นระบุรายละเอียดมากเกินไปจะส่งผลให้การตรวจจับใบหน้าทำได้ยาก หรือถ้าเกณฑ์ของใบหน้านั้นรายละเอียดน้อยเกินไปก็จะทำให้การตรวจจับใบหน้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นได้ง่าย (จะตรวจจับสิ่งที่ไม่ใช่ใบหน้าด้วย) และนอกเหนือจากนั้นในการหากกฎเกณฑ์สำหรับการตรวจจับใบหน้าที่มีตำแหน่งทิศทางนอกเหนือไปจากใบหน้าตรงนั้นก็ยิ่งทำได้ยากและซับซ้อนมาก

### 2.1.2 Feature-Based Method

วิธีการนี้ใช้สำหรับการค้นหาลักษณะเด่น (Feature) ที่แตกต่างกันของแต่ละใบหน้าในการตรวจจับสมมุติฐานของวิธีดังกล่าวตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตของมนุษย์ซึ่งสามารถจดจำวัตถุใด ๆ ได้ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการจัดวางหรือสภาพแสงที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยจะต้องมีคุณลักษณะบางอย่างที่ไม่ขึ้นอยู่กับผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ในการตรวจหาลักษณะเด่นบนใบหน้ามีวิธีการอยู่หลายวิธีที่มีการนำเสนอ เช่น ในงานวิจัยของ Yow และ Cipolla ในปี 1998 [4] ลักษณะเด่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของขนคิ้ว ดวงตา จมูก ปาก และเส้นผม จะถูกดึง (Extract) ออกมา โดยการตรวจจับขอบ (Edge Detection) จากนั้นจึงใช้โมเดลทางสถิติในการอธิบายถึงความสัมพันธ์ และยืนยันการตรวจพบใบหน้า

ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ คุณลักษณะของใบหน้าสามารถคลาดเคลื่อนได้ง่ายจากแสง สัญญาณรบกวน (Noise) และการถูกบดบัง รวมถึงขอบของคุณลักษณะเด่นบนใบหน้าอาจจะตรวจพบได้ยากในบางกลุ่มใบหน้า นอกจากนี้แสงเงายังส่งผลกระทบต่อการตรวจจับขอบของวัตถุโดยตรง

### 2.1.3 Template Matching Method

วิธีการนี้ใช้แม่แบบมาตรฐาน (Standard Template) ของใบหน้า (ใบหน้าตรง) ที่ถูกกำหนดเองด้วยมือ (Manual) หรือกำหนดโดยฟังก์ชัน เช่น ในงานวิจัยของ Scassellati ในปี 1998 [5] ได้กำหนดแม่แบบของใบหน้าซึ่งประกอบด้วย 16 พื้นที่ และ 23 ความสัมพันธ์ใบหน้าที่รับเข้ามาจะนำมาหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation Value) กับใบหน้าที่เป็นรูปแบบมาตรฐาน (Standard Pattern) ในส่วนของโครงหน้า ดวงตา จมูก และปาก อย่างอิสระจากกัน การปรากฏอยู่ของใบหน้าในรูปภาพนั้นหาได้จากค่าสหสัมพันธ์เป็นหลัก วิธีการนี้มีข้อดีคือค่อนข้างทำได้ง่าย แต่ประสิทธิภาพการตรวจจับใบหน้ายังไม่ดีเท่าที่ควรซึ่งเกิดจากผลของขนาด ตำแหน่งการวาง และรูปทรงของใบหน้าที่แตกต่างจากแม่แบบมาตรฐาน

### 2.1.4 Appearance-based Method

วิธีการนี้จะใช้โมเดลที่ได้มาจากการเรียนรู้ของกลุ่มของรูปภาพตัวอย่าง ทั้งที่เป็นใบหน้าและไม่ใช่ใบหน้าโดยทั่วไปแล้ววิธีการนี้จะอยู่บนพื้นฐานของเทคนิคการวิเคราะห์ทางสถิติ และการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ซึ่งใช้ในการหาคุณลักษณะความสัมพันธ์ของรูปใบหน้า และรูปที่ไม่ใช่ใบหน้า คุณลักษณะที่ได้รับการเรียนรู้จะถูกจัดในรูปแบบของแบบจำลองการกระจาย (Distribution Models) หรือฟังก์ชันการจำแนก (Discriminant Functions) ในขณะเดียวกันการลดมิติ (Dimension Reduction) ก็ถูกนำมาใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคำนวณ และการตรวจจับใบหน้าอีกด้วย เช่น ในงานวิจัยของ Sung และ Pogio ในปี 1998 [6] ได้ประมาณฟังก์ชันความหนาแน่นของรูปแบบหน้า และไม่ใช่หน้าด้วยการใช้กลุ่มของเกาส์เซียน (Gaussian)

จากการศึกษาในเรื่องการตรวจจับใบหน้าในรอบทศวรรษที่ผ่านมาพบว่าวิธีการ Appearance-based แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพที่ดีกว่าวิธีการอื่น ๆ โดยเฉพาะงานวิจัยที่นำเสนอโดย Viola และ Jones ในปี 2001 [7-8] มีความสามารถที่จะตรวจจับใบหน้าได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ

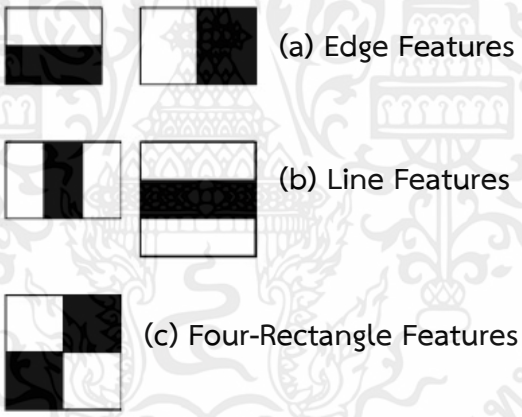
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

และสามารถนำไปใช้ได้งานได้จริง เช่น ใช้ในกล้องถ่ายรูปดิจิตอล และใช้ในซอฟต์แวร์จัดการรูปภาพ เป็นต้น

ปัจจุบันมีเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าโดยให้ผู้ใช้สามารถแก้ไข ดัดแปลง และเผยแพร่ (Open Source) อยู่หลายเครื่องมือ อาทิเช่น

**2.1.4.1 Haar Cascades**

การตรวจจับใบหน้าหรือวัตถุใช้ Haar Feature-Based Cascades เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพจากงานวิจัยที่นำเสนอโดย Paul Viola และ Michael J. Jones ในปี 2001 [8] เป็นแนวทางการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) จากการฝึกฝนรูปภาพเชิงบวก (รูปภาพที่มีใบหน้า) และรูปภาพเชิงลบ (รูปภาพที่ไม่มีใบหน้า) จำนวนมากเพื่อฝึกการแยกจากคุณลักษณะเด่น (Haar Like Features) โดยเทคนิคนี้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนดังรูปที่ 2.1




**รูปที่ 2.1** แสดงรูปแบบของ Haar Like Features แบบต่าง ๆ

หลักการพื้นฐานของเทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola Jones คือ การนำภาพที่ต้องการตรวจหาใบหน้ามาแบ่งเป็นภาพย่อย (Sub-Window) จากนั้นภาพย่อยดังกล่าวจะถูกพิจารณาเป็นภาพอินพุตของกระบวนการตรวจหาใบหน้า เทคนิคทั่วไปในการตรวจหาใบหน้าจะทำการปรับขนาดของภาพอินพุตแตกต่างกันหลาย ๆ ขนาด และใช้ตัวตรวจจับ (Detector) ที่มีขนาดคงที่ค้นหาวัตถุ ข้อเสียของการตรวจจับใบหน้าแบบนี้คือ ระยะเวลาในการคำนวณไม่คงที่ ดังนั้น Viola-Jones จึงเสนอเทคนิคการตรวจจับใบหน้,ใหม่ โดยใช้การจำลองรูปแบบ Haar-Like เป็นตัวตรวจจับ ทำการปรับขนาดของตัวตรวจจับแทนการปรับขนาดภาพอินพุต และใช้ตัวตรวจจับทำการตรวจจับใบหน้าหลาย ๆ

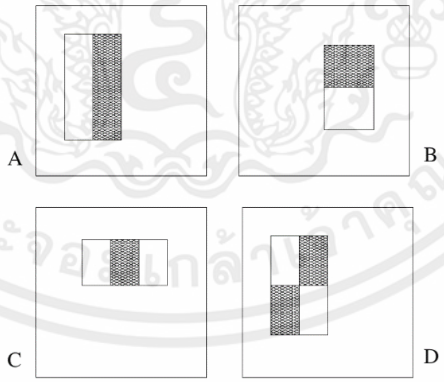
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบ โดยแต่ละรอบใช้ขนาดของตัวตรวจจับแตกต่างกัน ซึ่งเมื่อทำการเปรียบเทียบกับวิธีเดิมพบว่า เวลาที่ใช้ในการคำนวณไม่ได้แตกต่างกันมาก แต่ใช้เวลาในการคำนวณการตรวจจับภาพใบหน้าแต่ละรอบมีค่าคงที่ แม้ขนาดของตัวตรวจจับจะแตกต่างกันก็ตาม เทคนิคที่ Viola-Jones นำเสนอนี้จะทำการคำนวณการจำลองรูปแบบ Haar-Like ด้วย Integral Image ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

**1. ขั้นตอน Integral image**

ตัวอย่างของการจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ใช้ในเทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones แสดงในรูปที่ 2.2 โดยแต่ละลักษณะเด่นจะประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยม 2 ประเภทคือ ส่วนที่แรเงา และส่วนที่ไม่ได้แรเงา การหาค่าการจำลองรูปแบบ Haar-Like คือการหาผลต่างระหว่างความเข้มในส่วนที่แรเงากับส่วนที่ไม่ได้แรเงา จากนั้นนำผลลัพธ์ที่ได้ไปเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่ง (Threshold) กับขั้ว (Polarity) ที่ใช้ในการตัดสินใจว่าภาพที่รับเข้ามาควรถูกจัดให้เป็นบวก (ภาพใบหน้า) หรือเป็นลบ (ไม่ใช่ภาพใบหน้า) ผลลัพธ์ที่ได้จะถูกนำไปพิจารณาในขั้นตอนต่อไป

ตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Har-like ที่แสดงในรูปที่ 1 มี 3 แบบคือ การจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยมสองภาพหรือ Two Rectangle Feature (รูปที่ 2.2A และ 2.2B) การจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยมสามภาพ หรือ Three Rectangle Feature (รูปที่ 2.2C) และการจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ประกอบด้วยพื้นที่สี่เหลี่ยมสี่ภาพหรือ Four Rectangle Feature (รูปที่ 2.2D)




**รูปที่ 2.2** แสดงตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haar-like

ในรูปที่ 2.3 เป็นวิธีการทั่วไปในการหาค่าผลรวมความเข้มของพื้นที่สี่เหลี่ยมใด ๆ ในรูปภาพ สามารถเขียนแทนได้ด้วยสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

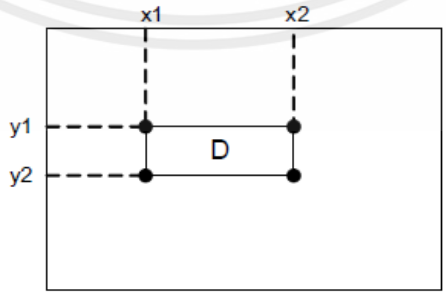
$$i_s(x_1, x_2, y_1, y_2) = \sum_{x=x_1}^{x_2} \sum_{y=y_1}^{y_2} i(x, y) \quad (2.1)$$

โดยที่ $i(x, y)$ แทนค่าความเข้มที่จุด $x$ และ $y$ ในรูปภาพ $i_s(x_1, x_2, y_1, y_2)$ แทนผลรวมความเข้มภายพื้นที่สี่เหลี่ยม โดยที่ $x_1$ $x_2$ $y_1$ และ $y_2$ เป็นพิกัดมุมทั้งสี่ของรูปสี่เหลี่ยม จากสมการที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าเวลาที่ใช้ในการคำนวณนั้นจะขึ้นอยู่กับขนาดของรูปสี่เหลี่ยม

ในการเพิ่มประสิทธิภาพ Viola และ Jones ได้เสนอให้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า Integral Image ในการคำนวณการจำลองรูปแบบ Haar-Like ข้อดีของกระบวนการนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลข้อมูลรูปภาพให้มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยการจำลองรูปแบบ Haar-Like จะถูกคำนวณด้วยวิธีโดยการแบ่งรูปภาพออกเป็นรูปภาพย่อย (Sub-Windows) โดยแต่ละรูปภาพย่อยจะประกอบไปด้วยพิกเซลหลายพิกเซลรูปภาพย่อยเหล่านั้นจะถูกคำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

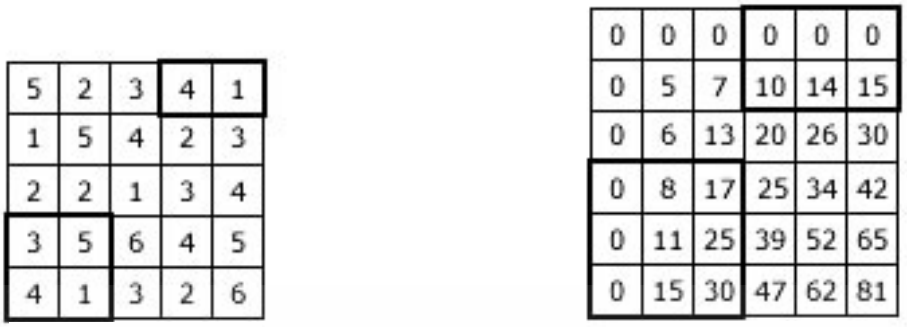
$$ii(x, y) = \sum_{x' \le x, y' \le y} i(x', y') \quad (2.2)$$

เมื่อ $ii(x, y)$ คือ ค่าของ Integral image ที่ตำแหน่งจุดที่ตำแหน่งจุด $(x, y)$ และ $i(x', y')$ คือ ค่าความเข้มในแต่ละพิกเซลของภาพต้นฉบับการคำนวณด้วยวิธีการรวมภาพเมื่อต้องการทราบผลลัพธ์ของการคำนวณด้วยวิธีการรวมภาพ Integral Image สามารถคำนวณได้จากการนำค่าของพิกเซลใด ๆ ของรูปภาพเดิม $i(x, y)$ รวมกับค่าของพิกเซลทั้งหมดที่อยู่เหนือและอยู่ทางด้านซ้ายของตัวมันเอง ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 แสดงการแปลงรูปภาพเดิมเป็น Integral Image การสะสมในแต่ละพิกเซลจะช่วยเรื่องการนำรูปภาพแบบ Integral Image ไปวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้นโดยใช้จุดอ้างอิงเพียงไม่กี่จุดก็สามารถทำการคำนวณพื้นที่หรือบริเวณที่เรากำลังสนใจอยู่ได้ การคำนวณดังกล่าวถูกนำไปประยุกต์เพื่อสอดรับกับการกำหนดการจำลองรูปแบบ Haar-Like




**รูปที่ 2.3** แสดงตัวอย่างการคำนวณความเข้มในพื้นที่สี่เหลี่ยม D โดยวิธีการทั่วไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 5 | 2 | 3 | 4 | 1 |
| 1 | 5 | 4 | 2 | 3 |
| 2 | 2 | 1 | 3 | 4 |
| 3 | 5 | 6 | 4 | 5 |
| 4 | 1 | 3 | 2 | 6 |

Original Image

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 5 | 7 | 10 | 14 | 15 |
| 0 | 6 | 13 | 20 | 26 | 30 |
| 0 | 8 | 17 | 25 | 34 | 42 |
| 0 | 11 | 25 | 39 | 52 | 65 |
| 0 | 15 | 30 | 47 | 62 | 81 |

Integral Image

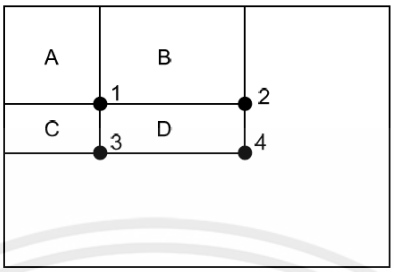
**รูปที่ 2.4** แสดงวิธีการแปลงรูปภาพจาก Original Image เป็น Integral Image

สำหรับการอธิบายตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ด้วยวิธี Integral Image ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.5 แสดงการคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยม D ด้วยวิธีการรวมภาพแบบ Integral Image จุดอ้างอิงทั้ง 4 จุดคือ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ สำหรับค่าของ Integral Image จุดที่ 1 คือผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A ค่าของ Integral Image จุดที่ 2 คือผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A + B ค่าของ Integral Image จุดที่ 3 คือผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A + C และค่าของ Integral Image จุดที่ 4 คือ ผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A + B + C + D จากผลการคำนวณดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์การคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยม D สามารถคำนวณได้จาก 4 + 1 - (2 + 3) การคำนวณวิธีนี้อาจจะมีความยุ่งยากในช่วงแรกเพียงเท่านั้นแต่การนำข้อมูลปริมาณมากไปวิเคราะห์จะสามารถทำได้โดยง่ายและรวดเร็วกว่าวิธีดั่งเดิมมากเพราะเมื่ออยากทราบคำของพื้นที่สี่เหลี่ยมใด 1 ในรูปเพียงแค่รู้จุดอ้างอิงทั้ง 4 จุดก็สามารถทำการคำนวณได้โดยง่าย ซึ่งต่างจากวิธีเดิมอย่างมากเพราะเมื่อต้องการทราบค่าพื้นที่สี่เหลี่ยมใด ๆ ในรูปภาพโปรแกรมจำเป็นต้องรู้คำพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมบริเวณที่ต้องการนั้นแล้วจึงนำทุกค่ามาบวกเข้าด้วยกัน ยิ่งมีปริมาณพิกเซลมากเท่าไหร่การทำงานก็ต้องใช้เวลาประมวลผลมากขึ้นเท่านั้นและปริมาณความต้องการทราบพื้นที่สี่เหลี่ยมยิ่งมากขึ้นเท่าไหร่ ภาระของการคำนวณยิ่งมากขึ้นอีกหลายเท่า

วิธีการนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการคำนวณพื้นที่ที่ต้องการสำหรับการหาอัตลักษณ์ส่วนบุคคล (Personal Identity) โดยการใช้ Haar-Like Features ซึ่งวิธีการนี้สามารถกำหนดจุดต่าง ๆ ในรูปภาพเพียง 4 จุดก็สามารถคำนวณหาพื้นที่ที่ต้องการได้ เมื่อได้ค่าของพื้นที่ดังกล่าว 2 พื้นที่ ก็สามารถนำมาเปรียบเทียบกับได้ว่าพื้นที่บริเวณที่มีค่าความเข้มสูงกว่าโปรแกรมจะนิยามพื้นที่นั้นเป็น Black Rectangulars ส่วนพื้นที่ใดมีความเข้มน้อยกว่าโปรแกรมจะนิยามพื้นที่นั้นเป็น White Rectangulars โดยขั้นตอนนี้โปรแกรมยังไม่สามารถระบุได้ว่าพื้นที่ใดมีใบหน้าปรากฏอยู่ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจะถูกกำหนดคุณลักษณะไว้ในขั้นตอน Adaboost learning สำหรับการค้นหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คุณลักษณะ Haar-Like ที่กำหนดตามองค์ประกอบที่เลียนแบบการจัดวางตำแหน่งของอวัยวะทั้งหมดบนใบหน้ามนุษย์




**รูปที่ 2.5** แสดงตัวอย่างการคำนวณผลรวมความเข้มในพื้นที่สี่เหลี่ยม D โดยวิธี Integral image

กำหนดให้การจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ได้หลังจากทำการเปรียบเทียบกับค่าขีดแบ่งเรียกว่า ตัวจำแนกแบบอ่อนแอ (Weak Classifier) เนื่องจากการจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ได้รับจะให้คำตอบที่ถูกต้องมากกว่าการเดาสุ่มเพียงเล็กน้อย ซึ่งการหาตัวจำแนกแบบอ่อนแอสามารถเขียนแทนด้วยสมการต่อไปนี้

$$h(x_i, f, p, \theta) = \begin{cases} 1 & if\ pf(x_i) < p\theta \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2.3)$$

เมื่อ $x$ คือ ภาพย่อยที่มีขนาดเท่ากับ 24 x 24 พิกเซล ส่วน $h(x, f, p, \theta)$ คือ ตัวจำแนกแบบอ่อนแอที่พิจารณาจากการจำลองรูปแบบ Haar-Like และ $f$ เทียบกับค่าขีดแบ่ง $(\theta)$ และ $(p)$ คือ ขั้วซึ่งเป็นตัวกำหนดทิศของสมการ

**2. ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วยวิธี Adaboost**

เทคนิคการตรวจจับใบหน้าของ Viola-Jones ในขั้นตอนนี้จะนำการจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ได้จากขั้นตอนแรกมาเข้ากระบวนการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) ที่เรียกว่า “Adaptive Boost” หรือ “Adaboost” ซึ่งกระบวนการนี้ใช้การเร่งหาตัวจำแนกแบบอ่อนแอและกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักที่ทำให้ค่าผิดพลาดน้อยที่สุดในแต่ละรอบของกระบวนการ เพื่อสร้างตัวจำแนกแบบแข็งแรง (Strong Classifier) ขั้นตอนการเรียนรู้ด้วย Adaboost มีดังต่อไปนี้

2.1 พิจารณาเลือกกลุ่มภาพตัวอย่างจำนวน $N$ ภาพเพื่อใช้ในเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างภาพสามารถเขียน ได้ดังสมการข้างล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$s = \{(x_i, z_i), i = 1,2\ldots, N\} \quad (2.4)$$

เมื่อ $x_i$ คือ ภาพตัวอย่างที่ $i$ และ $z_i$ คือ ค่าที่ระบุว่าภาพตัวอย่างเป็นภาพที่เป็นใบหน้าคน $(z_i = 1)$ หรือไม่ใช่ใบหน้าคน $(z_i = 0)$

2.2 กำหนดจำนวนตัวจำแนกแบบอ่อนแอมีค่าเท่ากับ $t = 1,2,\ldots,T$ รอบ

2.3 กำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเริ่มต้น $(w_{t,i})$ ตัวจำแนกแบบอ่อนแอตัวแรก (เมื่อ $t = 1$) มีค่าเท่ากับ $w_{1,i} = \frac{1}{2m}, \frac{1}{2l}$ สำหรับ $z_i = 2,1$ เมื่อ $m$ และ $l$ คือ จำนวนภาพที่เป็นใบหน้าและไม่ใช่ใบหน้าตามลำดับ

2.4 ขั้นตอนการพิจารณาตัวจำแนกแบบอ่อนแอทีละค่ามีดังต่อไปนี้

a. ทำการนอร์มัลไลซ์ (Normalize) ค่าถ่วงน้ำหนัก $w_{t,i} \approx \frac{w_{t,i}}{\sum_{j=1}^{n} w_{t,i}}$

b. ค้นหาตัวจำแนกแบบอ่อนแอที่ทำให้ค่าความผิดพลาด $\epsilon_t$ ต่ำที่สุดตามสมกาต่อไปนี้

$$\epsilon_t = min_{f,p,\theta} \sum_i w_i |h(x_i, f, p, \theta) - z_i| \quad (2.5)$$

c. กำหนดให้ $h_t(x) = h(x, f_t, p_t, \theta_t)$ เมื่อ $f_t, p_t$ และ $\theta_t$ คือค่าที่ทำให้ได้ค่าต่ำสุดของ $\epsilon_t$

d. จากนั้นทำการปรับปรุงค่าถ่วงน้ำหนักของแต่ละตัวอย่างใหม่มีค่าเท่ากับ $w_{t+1,i} w_{t,i} \beta_t^{1-e_t}$

เมื่อ $e_t = 0$ ถ้าตัวอย่าง $x_i$ ถูกคัดเลือกอย่างถูกต้อง และ $e_t = 1$ ในกรณีอื่น ๆ และค่า $B_t = \frac{\epsilon_t}{1-\varepsilon_t}$

2.5 ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้คือ ตัวจำแนกแบบแข็งแรงมีค่าเท่ากับ

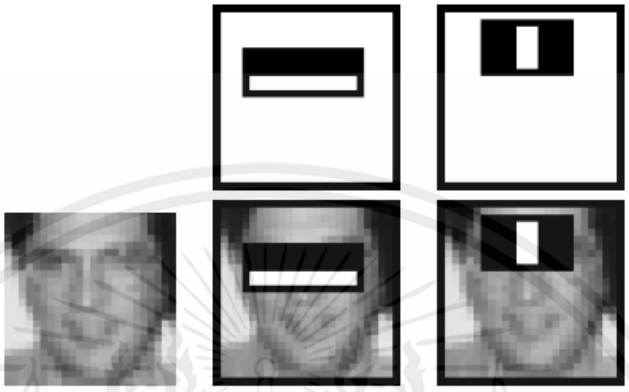
$$h(x) = \begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^{T} \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^{T} \alpha_t \\ 0 & otherwise \end{cases} \quad (2.6)$$

เมื่อ $\alpha_t = log \frac{1}{\beta_t}$

รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างของการจำลองรูปแบบ Haar-Like สองลำดับแรกที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ด้วยวิธี Adaboost จากรูปที่ 2.5 สังเกตเห็นว่าการจำลองรูปแบบ Haar-Like แรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นการจำลองรูปแบบ Haar-Like ที่ได้จากความแตกต่างบริเวณดวงตาซึ่งจะมืดกว่าบริเวณส่วนบนของโหนกแก้ม สำหรับการจำลองรูปแบบ Haar-Like ตัวที่สองได้จากความแตกต่างบริเวณดวงตาสองข้างซึ่งจะมืดกว่าบริเวณสันจมูก

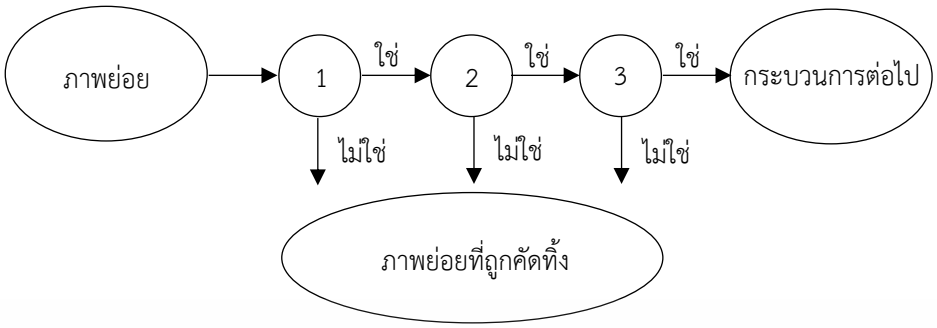


**รูปที่ 2.6** แสดงตัวอย่างของตัวจำแนกแบบแข็งแรงที่ได้จากกระบวนการเรียนรู้ด้วย Adaboost

**3. ขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง**

ขั้นตอนนี้เป็นเทคนิคที่ใช้ในการเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับให้มีความถูกต้อง และยังใช้เวลาในการคำนวณลดลงด้วย โดยแนวความคิดของขั้นตอนนี้ คือ การสร้างการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง (Cascaded Classifier) โดยเทคนิคนี้จะนำตัวจำแนก (Classifier) หลาย ๆ ตัวต่อกันเป็นลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.7 โดยที่ตัวจำแนกในลำดับต้น ๆ มักจะมีความซับซ้อนที่น้อยกว่า อาจสร้างมาจากตัวจำแนกแบบอ่อนแอไม่กี่ตัวเพื่อลดปริมาณการคำนวณและลดระดับของค่าแบ่งขีด (Threshold) ลงเพื่อเพิ่มลดการความผิดพลาดในการตรวจจับไม่พบใบหน้า ซึ่งภาพย่อยที่ถูกจัดประเภทเป็นไม่ใช่ใบหน้า (Non-Face) จะถูกทิ้งไปเป็นจำนวนมากในลำดับต้น ๆ ในทางตรงข้าม ถ้าภาพย่อยนั้นถูกจำแนกว่ามีโอกาสเป็นภาพใบหน้า จะถูกส่งต่อไปยังตัวจำแนกตัวถัดไปซึ่งมีความซับซ้อนสูงขึ้นตามลำดับ และกล่าวได้ว่ายิ่งมีจำนวนชั้นของตัวจำแนกมากเท่าใด โอกาสที่ภาพย่อยจะเป็นใบหน้าจะยิ่งมีมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



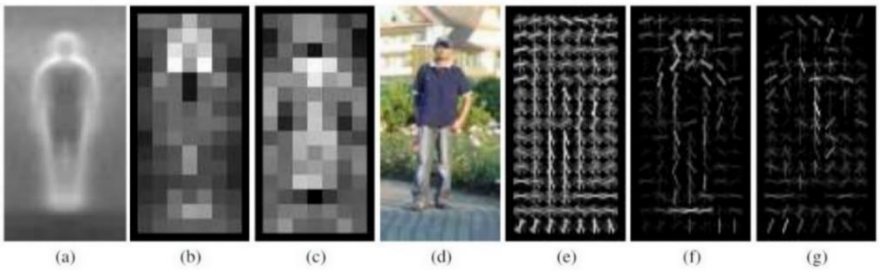

**รูปที่ 2.7** แสดงขั้นตอนการรวมตัวจำแนกกลุ่มแบบต่อเรียง

ข้อดีของวิธีนี้ คือ สามารถประมูลผลบนซีพียูได้แบบเรียลไทม์ และสามารถตรวจจับใบหน้าได้ดี สามารถตรวจจับใบหน้าได้อย่างรวดเร็ว สามารถเรียนรู้จากข้อมูลได้ง่ายและรวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ปริมาณข้อมูลมากเท่ากับเทคนิคอื่น ๆ ส่วนข้อเสีย คือ เพื่อให้ Haar Cascades ทำงานได้ดีในการตรวจจับวัตถุแบบเฉพาะเจาะจง อาจจำเป็นต้องปรับแต่งพารามิเตอร์ในขั้นตอนการฝึกอบรม ทำให้ต้องใช้เวลาในการปรับแต่งเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ต้องการ และไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้เมื่อมีบางสิ่งที่บดบังใบหน้า

### 2.1.4.2 Histogram of Oriented Gradient (HOG)

การตรวจจับวิธีนี้มาจากงานวิจัยที่นำเสนอโดย Dalal และ Tiggs ในปี 2005 ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้การแยกคุณลักษณะเฉพาะของใบหน้าโดยใช้วิธีหาขอบ (Edge Detection) และเงาของภาพนำภาพมาแบ่งเป็นภาพย่อยและทำการเปลี่ยนแปลงภาพขาวดำให้กลายเป็นทิศทางความเข้มของสี โดยแต่ละพิกเซลจะกลายเป็นลูกศรที่บอกทิศทางความเข้ม สามารถอธิบายขั้นตอนในการหาคุณลักษณะเฉพาะของภาพได้ดังรูปที่ 2.8 ตามลำดับดังนี้ (a) ภาพการไล่ระดับสีเฉลี่ยของชุดฝึกสอน (b) แต่ละพิกเซลแสดงค่าน้ำหนักที่เป็นบวกมากที่สุดของ Supported Vector Machine (SVM) ที่จุดศูนย์กลางของพิกเซลในแต่ละเซลล์ (c) แสดงภาพที่เป็นค่าน้ำหนักเชิงลบของ SVM (d) รูปภาพทดสอบ (e) อธิบายถึงการคำนวณ R-HOG (f,g) โดยอธิบายตามค่าน้ำหนักที่เป็นบวกและลบของ SVM ตามลำดับ การตรวจจับเส้น (Edge Detection) ในแนวตั้ง และแนวนอน เป็นดังรูปที่ 2.9 และ รูปที่ 2.10 คือ ภาพแสดงแนวคิดของ HOG [9]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 2.8** แสดงการตรวจจับมนุษย์ด้วย Histogram of Oriented Gradient (HOG)

**รูปที่ 2.9** แสดงการตรวจจับเส้น (Edge Detection) ในแนวตั้ง และแนวนอน

**รูปที่ 2.10** แสดงแนวคิดของ Histogram of Oriented Gradient (HOG) [10]

ข้อดีของวิธีนี้ คือ สามารถประมวลผลได้เร็วที่สุด มีโครงสร้างและขนาดโมเดลที่เล็กที่สุด สามารถจับภาพเฉพาะลักษณะของวัตถุได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยวิเคราะห์แนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงความเข้มของระดับสีและทิศทางของขอบในภาพ ซึ่งช่วยในการตรวจจับวัตถุและคุณสมบัติเฉพาะของวัตถุ ส่วนข้อเสีย คือ HOG มีความสามารถในการจับภาพที่มีลักษณะเฉพาะเป็นพื้นฐาน แต่หากภาพมีความซับซ้อนมาก หรือมีวัตถุที่มีรูปร่างหรือลักษณะที่ซับซ้อน เช่น วัตถุที่มีรูปแบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซับซ้อนหรือการเปลี่ยนแปลงที่มากของสี อาจทำให้ HOG ไม่สามารถจับภาพได้อย่างถูกต้องหรือมีประสิทธิภาพต่อเนื่อง และทำงานได้ไม่ดีเมื่อมีบางสิ่งมาบดบังใบหน้า

## 2.2 ทฤษฎีที่ใช้ในการจดจำใบหน้า

การจดจำใบหน้า (Face Recognition) คือ กระบวนการในการจดจำใบหน้า โดยนำรูปภาพที่ถูกตรวจจับได้ไปเปรียบเทียบกับใบหน้าในฐานข้อมูล พร้อมวิเคราะห์องค์ประกอบต่างๆ และเอกลักษณ์ของหน้า เช่น ตา จมูก คิ้ว ปาก โครงหน้าหรือแม้แต่ระยะห่างระหว่างอวัยวะต่าง ๆ บนใบหน้า เพื่อยืนยันว่าใบหน้าที่ตรวจจับได้ถูกต้องและตรงกับบุคคลนั้น ๆ โดยที่การเปรียบเทียบกับใบหน้าในฐานข้อมูล จากนั้นจะนำค่าที่ได้จากการแปลงเป็นรหัสใบหน้าไปเปรียบเทียบกับค่าในฐานข้อมูลที่มีค่าใกล้เคียงที่สุดเพื่อระบุว่าใบหน้าที่นำมาเปรียบเทียบเป็นใคร ซึ่งค่าตัวเลขนี้ไม่จำเป็นจะต้องเป็นค่าตัวเลขเดียวกันจึงจะเป็นบุคคลเดียวกัน เมื่อค่าตัวเลขมันมีความใกล้เคียงกัน ระบบจะสามารถรู้จำและตัดสินใจให้เป็นบุคคลเดียวกันได้ ถ้าหากสมมติว่าเมื่อทำการตรวจสอบบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลเมื่อมีใบหน้าปรากฏบนจอแสดงผลจะถูกระบุเป็น “Unknow” โดยวิธีการพื้นฐานที่ใช้ในการจดจำใบหน้าสามารถแบ่งกลุ่มได้เป็น 3 กลุ่ม จำแนกได้ดังนี้

### 2.2.1 Holistic Matching Method

ใช้ข้อมูลบริเวณที่เป็นใบหน้าทั้งหมดในการรู้จำใบหน้า เช่น การใช้ Eigenfaces จำแนกข้อมูลใบหน้าด้วยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor) ซึ่งวิธีนี้ไม่เหมาะกับการใช้ฐานข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ เพราะจะทำให้การทำงานช้าลงมาก นอกจากนี้ยังมีวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principle Component Analysis : PCA)

#### 2.2.1.1 Eigenfaces Recognition

วิธีการนี้ใช้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) ของข้อมูลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่นิยมใช้เพื่อลดขนาดเมทริกซ์ของตัวแปรให้เล็กลงหรือใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล แบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการประมวลผลก่อน (Preprocess) และขั้นตอนทดสอบ

ขั้นตอนการประมวลผลก่อนเป็นการนำชุดภาพข้อมูลสำหรับการรู้จำมาทำการหาลักษณะเด่นในภาพ เริ่มจากการกำหนดให้ $x = \{x_1, x_2, \ldots, x_n\}$ เป็นเซตของชุดภาพข้อมูลที่มีสมาชิก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จานวน $n$ ตัว โดยสมาชิก $x_i$ แทนเวกเตอร์ขนาด $p \times q$ ซึ่งแปลงมาจากข้อมูลรูปภาพขนาด $p \times q$ พิกเซล ภาพที่ $i$ จากนั้นคำนวณหาค่าเฉลี่ย $u$ ของสมาชิกในเซต $x$ ด้วยสมการที่ (2.7)

$$\mu = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i \tag{2.7}$$

แล้วนำค่าเฉลี่ย $u$ มาคำนวณหาเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) $s$ Eigenvalue และ $\lambda_i$ และ Eigenvector $v_i$ ด้วยสมการที่ (2.8) และ (2.9) ตามลำดับ

$$s = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - u)(x_i - u)^T \tag{2.8}$$

$$sv_i = \lambda_i v_i \tag{2.9}$$

จากนั้นเลือก Eigenvector ที่มีค่า Eigenvalue มากที่สุด $k$ ลำดับแรกเป็นสมาชิกเซต $w = \{v_1, v_2, \ldots, v_k\}$ แทนเซตของลักษณะเด่นในภาพจำนวน $k$ ตำแหน่ง สุดท้ายคำนวณหาค่า Eigenface $y$ ของรูปภาพ $x$ แต่ละรูปภาพโดยใช้ข้อมูลในเซต $w$ ดังสมการที่ (2.10)

$$y = w^T(x - u) \tag{2.10}$$

สำหรับขั้นตอนการทดสอบในเทคนิค Eigenface Recognition กระทำโดยการหาค่า Eigenface ของรูปภาพที่ต้องการทดสอบด้วยสมการที่ (2.10) โดยพารามิเตอร์ในเซต $w$ และค่าเฉลี่ย $u$ เป็นค่าเดียวกันกับที่หาได้จากขั้นตอนการประมวลผลก่อน จากนั้นคำนวณระยะทางแบบยุคลิด (Euclidean Distance) ระหว่างค่า Eigenface ของภาพสำหรับฝึกทุกภาพและภาพที่ต้องการทดสอบ โดยค่าระยะทางที่น้อยกว่าแสดงถึงความคล้ายกันที่มากกว่าของใบหน้าในภาพ [11]

#### 2.2.1.2 Fisherfaces Recognition

วิธีการนี้ใช้ในการวิเคราะห์จำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear Discriminate Analysis) เพิ่มเติมเข้ามาจาก Eigenfaces Recognition เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลในกรณีที่ไม่สามารถหาลักษณะเด่นในภาพได้ครบถ้วนแบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอนเช่นเดียวกันกับ Eigenfaces Recognition คือ ขั้นตอนการประมวลผลก่อนและขั้นตอนทดสอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนการประมวลผลก่อน เป็นการนำชุดภาพข้อมูลสำหรับการรู้จำมาทำการแบ่งกลุ่มก่อนหาลักษณะเด่น โดยภาพที่มาจากบุคคลเดียวกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จากนั้นคำนวณค่าการกระจายตัวระหว่างกลุ่ม $S_B$ และค่าการกระจายตัวภายในกลุ่ม $S_w$ ด้วยสมการ (2.11) และสมการ (2.12) ตามลำดับ

$$S_B = \sum_{i=1}^{c} N_i(u_i - u)(u_i - u)^T \tag{2.11}$$

$$S_w = \sum_{i=1}^{c} \sum_{x_j \in X_i} (u_i - u_j)(u_i - u_j)^T \tag{2.12}$$

โดย $c$ คือจำนวนกลุ่ม $N_i$ คือจำนวนภาพของข้อมูลกลุ่ม $i$ $u_i$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลกลุ่ม $i$ $u$ คือค่าเฉลี่ยของทุกข้อมูล และ $x_j$ คือเวกเตอร์ขนาด $p \times q$ ที่อยู่ในกลุ่ม $i$ จากนั้นคำนวณหาเมทริกซ์ที่ประกอบด้วย Orthonormal Basis ที่มีค่าลักษณะเฉพาะที่มากที่สุด $W_{opt}$ ด้วยสมการ (2.13)

$$W_{opt} = argmax_w \frac{|w^T s_B w|}{|w^T s_w w|} \tag{2.13}$$

จากนั้นทำการคำนวณหาค่า Fisherface $y$ ของรูปภาพ $x$ แต่ละรูปภาพด้วยสมการที่ (2.10) โดยเปลี่ยนจากเซต $W$ เป็น $W_{opt}$

สำหรับขั้นตอนการทดสอบในเทคนิค Fisherface Recognition กระทำเหมือนกับการทดสอบในEigenface Recognition โดยการเปรียบเทียบค่าระยะทางแบบยุคลิด ระหว่างค่า Fisherface ของภาพสำหรับฝึกทุกภาพและภาพที่ต้องการทดสอบ [12]

#### 2.2.1.3 Local Binary Pattern Histograms (LBPH) Recognition

วิธีการนี้เป็นเทคนิคการระบุตัวตนโดยอาศัย Local Binary Patten ที่เป็นเทคนิคสำหรับการแยกแยะรูปแบบลักษณะพิเศษในรูปภาพ โดยนำค่า LBP ที่คำนวณได้ในแต่ละพิกเซลมาทำ Histogram สำหรับการระบุลักษณะพิเศษในใบหน้า แบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอนเช่นเดียวกันกับ Eigenfaces Recognition คือ ขั้นตอนการประมวลผลก่อนและขั้นตอนทดสอบขั้นตอนการประมวลผลก่อน เริ่มจากการแปลงชุดภาพข้อมูลสำหรับการรู้จำแต่ละพิกเซลเป็นค่า LBP ด้วยสมการที่ (2.14)

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{p=1}^{P-1} 2^p (i_p - i_c) \tag{2.14}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ $(x_c, y_c)$ แทนตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ มีค่าเท่ากับ $i_p - i_c$ แทนค่าในพิกเซลรอบข้างพิกเซลที่สนใจ $(x_p, y_p)$ มีจำนวนทั้งหมด P จุด โดยหาตำแหน่งของพิกเซลรอบข้างที่มีรัศมีเท่ากับ R ได้ด้วยสมการที่ (2.15) และ (2.16)

$$x_p = x_c + Rcos\frac{2\pi p}{P} \tag{2.15}$$

$$y_p = y_c + Rcos\frac{2\pi p}{P} \tag{2.16}$$

และ $f(x)$ แทนฟังก์ชันดังแสดงในสมการที่ (2.17)

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0 \\ 1, & x < 0 \end{cases} \tag{2.17}$$

จากนั้นทำการแบ่งรูปภาพเป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ขนาดเท่ากันแล้วจึงคำนวณหาค่า histogram ของแต่ละพื้นที่ที่แบ่งไว้

สำหรับขั้นตอนการทดสอบในเทคนิค Local Binary Pattern Recognition กระทำโดยนำภาพที่จะทดสอบมาคำนวณค่า LBP แล้วแบ่งรูปภาพเป็นส่วน ๆ พร้อมคำนวณหาค่า Histogram ของแต่ละพื้นที่ที่แบ่งไว้ จากนั้นคำนวณหา Chi-Square ระหว่างภาพที่จะทดสอบกับภาพสำหรับฝึกทุกภาพ [13]

### 2.2.2 Feature-Based Method

วิธีการนี้ใช้สำหรับการค้นหาลักษณะเด่น (Feature) ที่แตกต่างกันของแต่ละใบหน้าในการตรวจจับสมมุติฐานของวิธีดังกล่าวตั้งอยู่บนพื้นฐานของการสังเกตของมนุษย์ซึ่งสามารถจดจำวัตถุใด ๆ ได้ไม่ว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งการจัดวางหรือสภาพแสงที่แตกต่างกัน เป็นต้น โดยจะต้องมีคุณลักษณะบางอย่างที่ไม่ขึ้นอยู่กับผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว ในการตรวจหาลักษณะเด่นบนใบหน้ามีวิธีการอยู่หลายวิธีที่มีการนำเสนอ เช่น ในงานวิจัยของ Yow และ Cipolla ในปี 1998 [4] ลักษณะเด่นของขนคิ้ว ดวงตา จมูก ปาก และเส้นผม จะถูกดึง (Extract) ออกมา โดยการตรวจจับขอบ (Edge Detection) จากนั้นจึงใช้โมเดลทางสถิติในการอธิบายถึงความสัมพันธ์ และยืนยันการตรวจพบใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

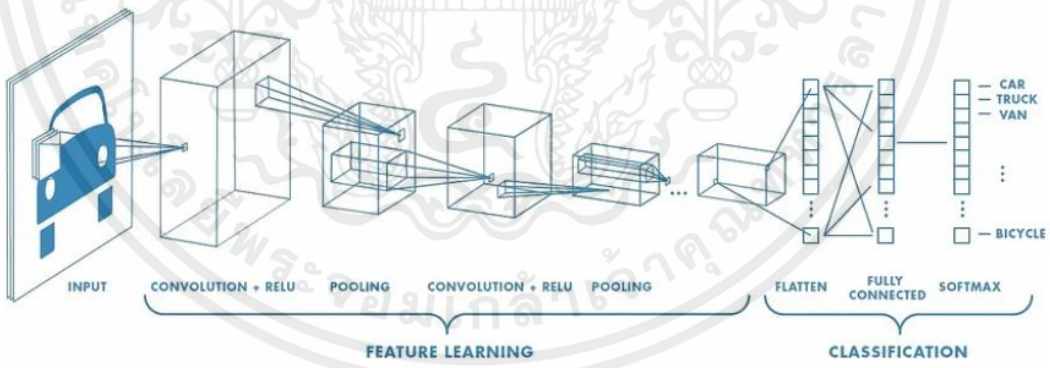
ข้อจำกัดของวิธีการนี้ คือ คุณลักษณะของใบหน้าสามารถคลาดเคลื่อนได้ง่ายจากแสง สัญญาณรบกวน (Noise) และการถูกบดบัง รวมถึงขอบของคุณลักษณะเด่นบนใบหน้าอาจจะตรวจพบได้ยากในบางกลุ่มใบหน้า นอกจากนี้แสงเงายังส่งผลกระทบต่อการตรวจจับขอบของวัตถุโดยตรง

### 2.2.3 Hybrid Method

ในปัจจุบันส่วนใหญ่ของเครื่องมือในการตรวจจับใบหน้ามักถูกพัฒนาคู่กับเครื่องมือการจดจำใบหน้า โดยวิธีการนี้เป็นการผสมผสานระหว่าง Feature Based Method และ Eigenfaces Recognition ซึ่งถูกพัฒนาบนพื้นฐานความรู้ของโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network) อาทิเช่น

#### 2.2.3.1 Convolutional Neural Network (CNNs)

โครงข่ายประสาทเทียมแบบคอนโวลูชัน (Convolution Neural Network; CNNs) เป็นโครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (Deep Neural Network) ที่ประกอบด้วยเซ็ตของตัวกรอง (Filter) ซึ่งตัวกรองเหล่านี้ จะใช้ทำ Convolution กับอินพุต และในระหว่างขั้นตอนการฝึกฝน (train neural network) ตัวกรองเหล่านี้ก็จะถูกปรับค่าเพื่อให้ได้ภาพที่เหมาะสมที่สุด โดยมีจุดประสงค์คือการหาลักษณะเด่นจากภาพ (Feature Extraction)




**รูปที่ 2.11** แสดงการทำงานของสถาปัตยกรรม Convolutional Neural Network

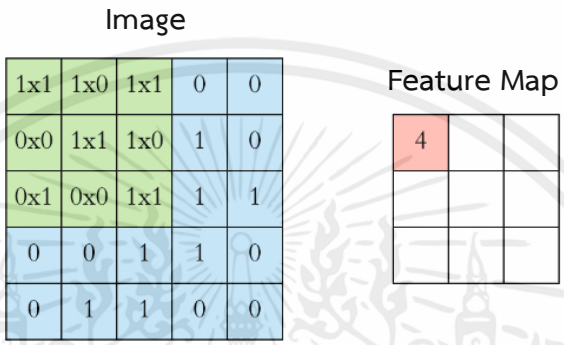
การทำงานของ Convolutional Neural Network (CNNs) จะมี 4 กระบวนการคือ

**1. ขั้นตอนการทำคอนโวลูชัน (Convolution)**

เป็นการระบุคุณลักษณะที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับภาพ โดยขั้นตอนนี้จะทำการสร้าง Siding Window (Filter) มาสแกนรูปภาพเพื่อแยกองค์ประกอบต่าง ๆ เช่น รูปทรงของเส้นขอบสี โดย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปกติภาพจะมีสีหลัก ๆ 3 สี คือ สีแดง สีน้ำเงิน และสีเขียว แบ่งเป็น 3 แชนแนล (Channel) ซึ่งแต่ละพิกเซล สามารถแทนค่าด้วยตัวเลขเพื่อบอกความเข้มของสีตั้งแต่ 0 - 255 ในการทำภาพขาวดำ จะใช้เพียง 1 แชนแนล สีดำแทนด้วยเลข 1 และสีขาวแทนด้วยเลข 0 จากนั้นจะใช้เป็นตัวกรอง จากรูปที่ 2.12 (เมทริกซ์สีเขียว ขนาด 3x3) ทำการ Convolution กับภาพขาวดำเพื่อเก็บค่าไว้ในเมทริกซ์ชุดใหม่ที่เรียกว่า Convolved Feature หรือฟีเจอร์แมพ (Feature Map)




**รูปที่ 2.12** แสดงการทำงานของตัวกรองค่าภาพขาวดำ และเมทริกซ์ชุดใหม่หรือฟีเจอร์แมพ (Feature Map)

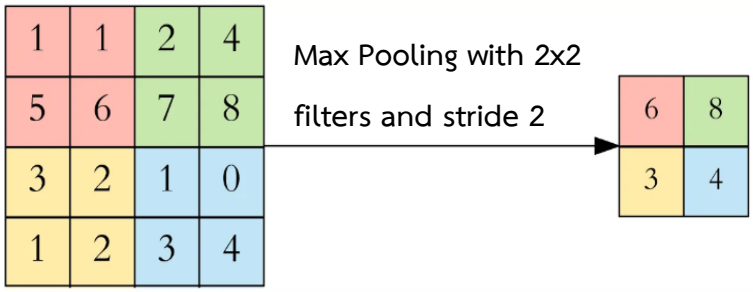
**2. ขั้นตอนการทำ Rectified Linear Unit (ReLU)**

เป็นการแปลงเมทริกซ์ของฟีเจอร์แมพจากขั้นตอนที่ 1 ให้อยู่ในรูปของลักษณะที่ไม่เป็นเป็นเชิงเส้น (Nonlinear) โดยการทำให้โครงข่ายประสาทเทียมทุกชนิดมีประสิทธิภาพ จำเป็นต้องมีความไม่เป็นเชิงเส้น ซึ่งจะช่วยแก้ปัญหาการไล่ระดับสีที่หายไป (Gradient Vanishing) โดยจะทำการแทนที่ค่าในพิกเซลที่เป็นลบด้วย 0 หลังจากทำ ReLU แล้วค่าที่ได้จะเป็นค่าบวกเท่านั้น โดยส่วนใหญ่นิยมใช้ Softmax Function เพื่อความง่ายในการคำนวณและประสิทธิภาพของผลลัพธ์

**3. ขั้นตอนการพูลลิ่ง (Pooling)**

เป็นการลดขนาดของฟีเจอร์แมพให้มีขนาดเล็กลง (ลดขนาดความกว้างและความสูง) ทำให้ข้อมูลที่จะส่งไปยังชั้นถัดไปทำให้มีขนาดเล็กลง ซึ่งจะเป็นการลดพารามิเตอร์ไปด้วย แต่ยังคงรักษารายละเอียดข้อมูลสำคัญของภาพไว้ การพูลลิ่งมีประโยชน์ในเรื่องความไวในการคำนวณ และแก้ปัญหา Overfitting การพูลลิ่งสามารถจำแนกเป็นประเภทต่าง ๆ ได้เช่น พูลลิ่งด้วยค่าสูงสุด (Max Pooling) ค่าเฉลี่ย (Mean Pooling) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.13 การพูลลิ่งด้วยค่าสูงสุด (Max Pooling)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

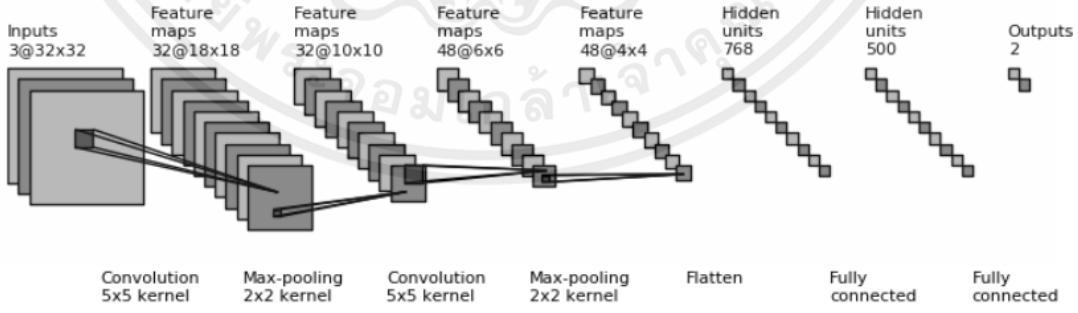



**รูปที่ 2.13** แสดงการพูลลิ่งด้วยค่าสูงสุด (Max Pooling)

จากรูปที่ 2.13 แสดงผลลัพธ์ของการพูลลิ่งด้วยค่าสูงสุดโดยใช้เมทริกซ์ตัวกรองขนาด 2x2 และช่วงเท่ากับ 2 โดยแต่ละสีคือตัวกรองที่แตกต่างกัน เนื่องจากทั้งขนาดตัวกรองและช่วงเท่ากับ 2 ทำให้เมทริกซ์ของตัวกรองไม่ทับซ้อนกัน [14]

**4. ขั้นตอนการเชื่อมต่อกันของแต่ละชั้นอย่างสมบูรณ์ (Fully Connected Layer)**

ในขั้นตอนนี้เป็นการทำซ้ำตั้งแต่ขั้นตอนของคอนโวลูชัน (Convolution) ถึงการพูลลิ่ง (Pooling) จนกว่าจะเกิดการเชื่อมต่อกันของแต่ละชั้นอย่างสมบูรณ์ (Fully Connected Layer) จุดประสงค์ของขั้นตอนนี้คือ เพื่อนำลักษณะเด่น ๆ ที่สำคัญของรูปที่ได้จากกระบวนการก่อนหน้ามาทำการสร้างเป็น Neural Network สำหรับการเรียนรู้และทำนายประเภทของรูปภาพโดยจะทำการคัดกรองรูปที่รับเข้ามาและจัดให้อยู่ในรูปของคลาส (Classes) และผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงค่าความมั่นใจ (Confident) ในการทำนายประเภทของรูปภาพดังตัวอย่างในรูปที่ 2.14




**รูปที่ 2.14** แสดงการเชื่อมต่อกันของแต่ละชั้นอย่างสมบูรณ์ (Fully Connected Layer) [14-15]

ข้อดีของวิธีนี้ คือ ถูกออกแบบมาเพื่อเรียนรู้ลักษณะของข้อมูลในรูปแบบที่เกี่ยวข้องกับภาพ สามารถเรียนรู้ใบหน้าลักษณะต่าง ๆ ได้ดี หากมีการถูกบนบดบังใบหน้ายังสามารถ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตรวจจับใบหน้าได้อย่างดี สามารถประมวลผลได้อย่างรวดเร็วบน GPU และสามารถจัดการข้อมูลขนาดใหญ่ได้อย่างมีประสิทธิภาพ เช่น ข้อมูลรูปภาพหรือวิดีโอ ส่วนข้อเสีย คือ การฝึกฝนโมเดลและการใช้งานหากใช้ซีพียูประมวลผลจะทำได้ช้ามาก

#### 2.2.3.2 Deep Neural Network (DNNs)

Deep Neural Network (DNNs) เป็นอัลกอริทึมการเรียนรู้ของเครื่องประเภทหนึ่งที่ได้รับแรงบันดาลใจจากโครงสร้างและหน้าที่ของสมองมนุษย์ ประกอบด้วยเซลล์ประสาทเทียมหลายชั้นที่สามารถเรียนรู้และดึงคุณสมบัติที่ซับซ้อนมากขึ้นจากข้อมูล DNNs เป็นโครงข่ายประสาทชนิดหนึ่งที่โดยทั่วไปมีมากกว่าสามเลเยอร์ เซลล์ประสาทแต่ละเซลล์ใน DNNs รับอินพุตจากเซลล์ประสาทหลายตัวในเลเยอร์ก่อนหน้า ประมวลผลอินพุตผ่านฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ แล้วส่งผ่านเอาต์พุตไปยังเซลล์ประสาทชั้นถัดไป ผลลัพธ์ของเซลล์ประสาทชั้นสุดท้ายคือการทำนายของเครือข่ายหรือการจำแนกประเภทของข้อมูลอินพุต การฝึกอบรม DNNs เกี่ยวข้องกับการป้อนชุดข้อมูลขนาดใหญ่ของตัวอย่างที่มีป้ายกำกับ จากนั้นจะมีการปรับน้ำหนักของเซลล์ประสาทผ่านกระบวนการปรับให้เหมาะสมเพื่อลดความแตกต่างระหว่างผลลัพธ์ที่คาดการณ์ไว้และผลลัพธ์จริง กระบวนการนี้มักจะทำโดยใช้เทคนิคที่เรียกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบแพร่ย้อนกลับ (Backpropagation)

ข้อดีของวิธีนี้ คือ สามารถประมูลผลบน CPU ได้แบบเรียลไทม์ สามารถเรียนรู้ใบหน้าลักษณะต่าง ๆ ได้ดี สามารถตรวจจับใบหน้าได้แม้ถูกบดบัง และสามารถเรียนรู้และสกัดลักษณะจากข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะมีความลึกของเลเยอร์ (layers) หลายชั้นที่มีการเชื่อมโยงกัน ทำให้สามารถจับความซับซ้อนและเรียนรู้ความเกี่ยวข้องที่ซับซ้อนในข้อมูลได้มากขึ้น ส่วนข้อเสีย คือ มีโครงสร้างที่ซับซ้อนและมีจำนวนพารามิเตอร์มากทำให้ต้องใช้เวลานานในการฝึกฝนโมเดล และใช้จำนวนข้อมูลในการเรียนรู้ค่อนข้างเยอะเพราะมีโครงสร้างเชิงสถาปัตยกรรมค่อนข้างใหญ่

## 2.3 เครื่องมือที่ใช้ในพัฒนาโปรแกรมการตรวจจับและการจำแนกใบหน้า

### 2.3.1 ภาษาไพทอน (Python)

ภาษาไพทอน คือชื่อภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมภาษาหนึ่ง ซึ่งถูกพัฒนาขึ้นโดยไม่ยึดติดกับแพลตฟอร์ม กล่าวคือสามารถรันภาษาไพทอนได้ทั้งบนระบบ Unix, Linux , Windows NT, Windows 2000, Windows XP หรือระบบ FreeBSD ซึ่งภาษานี้เป็น Open Source เหมือนอย่าง PHP ทำให้ผู้ใช้งานสามารถนำภาษาไพทอน มาพัฒนาโปรแกรมได้ฟรี โดยไม่เสียค่าใช้จ่าย และเนื่องจากเป็น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Open Source ทำให้ผู้ใช้งานสามารถเข้ามาช่วยกันพัฒนาให้ภาษาไพทอนมีความสามารถสูงขึ้น และใช้งานได้ครอบคลุมกับงานทุกลักษณะ สำหรับข้อดีของภาษาไพทอน คือมีความเหมาะสมสำหรับงานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ และจุดเด่นของภาษาไพทอน มีดังนี้

1) ภาษาไพทอนสามารถถูกดำเนินการได้ภายใต้ระบบปฏิบัติการ (Operating system) ที่ค่อนข้างใช้กันมากตัวอย่างเช่น Unix, Linux, Windows NT, และ Windows เป็นต้น

2) ภาษาไพทอนมีโครงสร้างของข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ได้ (Built-in object types) เช่น ลิสต์ (List), ดิกชันนารี (Dictionary) และ สตริง (String) เป็นต้น และยังมีเครื่องมือต่าง ๆ ที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง เช่น การเชื่อมต่อสตริง การเรียงข้อมูล และการประมวลเท็กซ์ไฟล์ (Text file) เป็นต้น และภาษาไพทอนยังสามารถทำการแทนคำและการตรวจสอบเงื่อนไขของข้อความได้

3) นักพัฒนาโปแกรมจากหลากหลายประเทศทั่วโลกได้ร่วมกันสร้างและพัฒนาโมดูล (Module) เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานของผู้อื่น ตลอดจนเพื่อเป็นการรวมรวมฟังก์ชันที่ความใกล้เคียงกันเอาไว้ในโมดูลเดียวกัน ตัวอย่างโมดูลที่นักพัฒนาได้สร้างเอาไว้ เช่น Image, CORBA, ORBs, COM และ XML เป็นต้น

4) การสร้างฐานข้อมูลหรือการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์สามารถทำได้ง่าย เนื่องจากภาษาไพทอนมีฟังก์ชันการทำงานที่สนับสนุนโปรแกรมด้านการจัดการข้อมูลโดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น Sybase, MySQL, Oracle, ODBC และ Informix เป็นต้น

5) ภาษาไพทอนมีฟังก์ชันมากมายเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่องจักรและวิทยาศาสตร์ โดยข้อมูลที่กำลังได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบันนี้ ตัวอย่างเช่น TensorFlow, Keras, Caffe, Scikit-learn และ Theano เป็นต้น

6) สำหรับนักพัฒนาการแก้ไขโค้ด (Code) เมื่อนำโค้ดเดิมไปรันบนระบบปฏิบัติการอื่น ถือเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยากพอสมควร แต่ภาษาไพทอนมีอินเตอร์เฟส (Interface) Tkinter หรือตัวช่วยที่สนับสนุนการรันโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการอื่นโดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขโปรแกรม

7) OpenCV ได้รับการยอมรับจากบริษัทชั้นนำระดับโลกในการเลือกใช้โครงสร้างภาษานี้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตัวเอง ตัวอย่างบริษัทที่ใช้ภาษาไพทอน เช่น Google, Yahoo, YouTube, Mozilla, Dropbox, Microsoft, Quora, และ Spotify เป็นต้น [16-17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.3.2 Open Source Computer Vision (OpenCV)

OpenCV เป็นไลบรารีสำหรับใช้งานเรื่องการประมวลภาพ (Image Processing) ซึ่งบางความสามารถของ OpenCV สามารถทำให้ภาพเบลอ หา Threshold และหา Histogram ของภาพได้แต่ความสามารถโดยส่วนใหญ่แล้วจะทำการค้นหาขอบภาพ การตรวจสอบการเคลื่อนไหวและการทำ Image Segmentation นอกจากนี้ OpenCV สามารถจัดการกับข้อมูลแบบวีดีโอได้ด้วย เนื่องจาก OpenCV เป็นชุดคำสั่งที่ไม่ได้เป็นตัวโปรแกรม เมื่อต้องการเรียกใช้งานจึงต้องเขียนโปรแกรมเพื่อเรียกคำสั่งเหล่านั้น ซึ่งภาษาที่นิยมเขียนคือภาษา C, C++, C# และภาษาไพทอน ซึ่ง OpenCV จะประกอบด้วยสองส่วนคือ โครงสร้างข้อมูล (Data Structure) ที่ใช้ในการเก็บข้อมูลต่าง เช่น รูปภาพ เมทริกซ์และพิกัดสำหรับอีกส่วนคือ อัลกอริทึม (Algorithm) ซึ่งจะใช้ในการประมวลผลต่าง ๆ โดยเฉพาะการประมวลทางรูปภาพ สำหรับใน OpenCV จะประกอบด้วยไลบรารีอยู่ 4 ส่วน ได้แก่

1) CXCORE เป็นฟังก์ชันเบื้องต้นที่ใช้จัดการเกี่ยวกับจุด ขนาด อาเรย์หน่วยความจำคำสั่งในการวาดภาพการประกาศตัวแปรภาพ เป็นต้น ตัวอย่างคำสั่งในการประกาศรูปภาพ คือ Iplimage, CvMat และ CvMatND

2) CV ใช้ประมวลผลและการวิเคราะห์รูปภาพ จะทำงานกับจุดภาพที่เป็นอาร์เรย์สองมิติ เช่น การหาขอบหรือมุม และการทำ Histogram

3) Machine Learning เป็นไลบรารีที่รวมคลาสและฟังก์ชันทางสถิติ การแยกคลาส และการแบ่งกลุ่มข้อมูล อัลกอริทึมที่ใช้จะเขียนด้วยภาษา C# แต่ละอัลกอริทึมจะมีคุณลักษณะเด่นแตกต่างกัน แต่ทั้งหมดจะใช้ CvStatModel ร่วมกัน

4) HighGu ใช้ในการดึงภาพ บันทึกภาพติดต่อกับกล้อง การสร้างหน้าต่างเพื่อแสดงภาพ รวมถึงการตรวจสอบเมาส์ [18]

## 2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับฐานข้อมูล

### 2.4.1 ระบบฐานข้อมูล (Database System)

ระบบฐานข้อมูล หมายถึง ระบบการรวบรวมฐานข้อมูลหลายฐานข้อมูล ที่มีความสัมพันธ์กัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเป็นการลดความซ้ำซ้อนของข้อมูล ภายในระบบฐานข้อมูลต้องมีส่วนของซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ในการเชื่อมโยงและจัดการฐานข้อมูล ด้วยวิธีและรูปแบบเหมาะสมเพื่อให้ผู้ใช้งาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามารถเก็บข้อมูล ดูแลรักษาความปลอดภัย และง่ายต่อการนำมาใช้งานซอฟต์แวร์ซึ่งเรียกว่า Database Management System (DBMS)

**2.4.2 องค์ประกอบของระบบฐานข้อมูล**

**2.4.2.1 ฮาร์ดแวร์ (Hard Ware)**

ในระบบฐานข้อมูลที่ มีประสิทธิภาพควรมีฮาร์ดแวร์ต่าง ๆ ที่พร้อมจะอำนวยความสะดวกในการบริหารระบบงานฐานข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพ ไม่ว่าจะเป็นความเร็วของหน่วยประมวลผล ขนาดของหน่วยความจำกลางอุปกรณ์นำเข้าและออกรายงาน รวมถึงหน่วยความจำสำรองที่รองรับการประมวลผลข้อมูลในระบบได้อย่างมีประสิทธิภาพ

**2.4.2.2 ซอฟต์แวร์ (Soft Ware)**

ระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System) คือ ซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่ในการจัดการฐานข้อมูลในเรื่องของการสร้างการปรับเปลี่ยนแก้ไขโครงสร้างการเรียกใช้การจัดทำรายงาน การควบคุม การดูแลรักษาความปลอดภัย โดยจะเป็นสื่อกลางระหว่างผู้ใช้กับโปรแกรมประยุกต์ต่าง ๆ ที่มีอยู่ในฐานข้อมูล

**2.4.2.3 ข้อมูล (Data)**

ข้อมูลที่ถูกเก็บอยู่ในฐานข้อมูล และมีความสัมพันธ์กันระหว่างข้อมูลในฐานข้อมูล มีการจัดเก็บรวบรวมข้อมูลให้เป็นศูนย์กลางข้อมูลอย่างเป็นระบบ ซึ่งข้อมูลเหล่านี้สามารถใช้ร่วมกันได้ ผู้ใช้ข้อมูลในระบบฐานข้อมูล จะมองภาพข้อมูลในลักษณะที่แตกต่างกัน

**2.4.2.4 บุคลากร (Personnel)**

บุคลากร หมายถึง บุคคลผู้ที่มีหน้าที่เข้ามาเกี่ยวข้องกับระบบฐานข้อมูล ตั้งแต่ขั้นตอนการวิเคราะห์ระบบจนกระทั่งถึงการใช้งานจริง ผู้ที่เกี่ยวข้องกับฐานข้อมูลจำแนกได้ 6 กลุ่ม ได้แก่

1) ผู้บริหารระบบ เป็นผู้ทำหน้าที่ติดตั้งตัวเครื่องคอมพิวเตอร์ ติดตั้งซอฟต์แวร์ระบบปฏิบัติการโปรแกรมระบบสารสนเทศที่ได้พัฒนาเสร็จแล้วหรือที่ได้จัดซื้อมา รวมทั้งติดตั้งซอฟต์แวร์ระบบจัดการฐานข้อมูล มีหน้าที่เพิ่มรายชื่อผู้มีสิทธิ์เป็นผู้บริหารฐานข้อมูลเข้าสู่ซอฟต์แวร์ระบบการจัดการฐานข้อมูลที่ได้ติดตั้งเอาไว้ นอกจากนี้ ผู้บริหารระบบยังทำหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับเครื่องคอมพิวเตอร์ที่เป็นเครื่องลูกข่ายด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) ผู้บริหารฐานข้อมูล เป็นผู้ทำหน้าที่บริหารฐานข้อมูล กำหนดสิทธิ์การเข้าถึงข้อมูลให้ผู้ใช้แต่ละคนหรือเป็นกลุ่มก็ได้ กำหนดสิทธิ์ให้ผู้ใช้คนใดหรือกลุ่มใดใช้คำสั่งใดได้บ้าง เช่น คำสั่งลบข้อมูล คำสั่งแก้ไขข้อมูลเป็นต้น นอกจากนี้ ยังมีหน้าที่บำรุงรักษาฐานข้อมูลให้มีเสถียรภาพ มีประสิทธิภาพสูง เช่น กรณีที่มีข้อมูลเป็นจำนวนมากจะทำให้การเข้าถึงข้อมูลช้า ผู้บริหารฐานข้อมูลจะต้องปรับแต่งฐานข้อมูลให้ระบบฐานข้อมูลทำงานได้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น เป็นต้น

3) ผู้ออกแบบฐานข้อมูล เป็นผู้ทำหน้าที่ออกแบบฐานข้อมูลให้ถูกต้องตามหลักการออกแบบฐานข้อมูล สิ่งที่ผู้ออกแบบระบบจะต้องคำนึงถึง ได้แก่ การไม่ให้มีข้อมูลซ้ำซ้อนกันหรือถ้ามีให้มีได้น้อยที่สุด ความสอดคล้องของข้อมูลจะต้องสอดคล้องกัน ข้อมูลไม่ขัดแย้งกัน และความถูกต้องสมบูรณ์ของข้อมูล ถ้าหากการออกแบบมีข้อผิดพลาด แม้ว่าโปรแกรมจะเขียนได้ถูกต้องดีเลิศ ก็จะส่งผลให้สารสนเทศที่ได้ไม่ถูกต้องตามไปด้วยผู้ใช้ไม่อยากใช้

4) นักวิเคราะห์และออกแบบระบบ ทำหน้าที่วิเคราะห์และออกแบบระบบให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ระบบ หรือผู้ว่าจ้าง นักวิเคราะห์ทำหน้าที่ประสานงานระหว่างผู้ใช้หรือผู้ว่าจ้างกับโปรแกรมเมอร์ หลังจากนั้นจึงเขียนกระบวนการทำงาน ผังงาน หรือไดอะแกรมประเภทต่าง ๆ ออกแบบการแสดงผลจอภาพ ออกแบบรายงาน และสิ่งต่าง ! ที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งให้โปรแกรมเมอร์เป็นผู้เขียนชุดคำสั่งต่อไป

5) โปรแกรมเมอร์ มีหน้าที่เขียนชุดคำสั่งตามที่ผู้ออกแบบฐานข้อมูลและนักวิเคราะห์ระบบได้กำหนดขึ้น โดยเลือกโปรแกรมภาษาที่สอดคล้องกับระบบฐานข้อมูลที่ต้องการ เมื่อเขียนชุดคำสั่งในแต่ละโมดูลจะต้องทดสอบการทำงานของโปรแกรมที่เขียนไม่ให้มีข้อผิดพลาด ถ้ามีข้อผิดพลาดจะต้องแก้ไขให้ถูกต้องก่อนที่จะนำไปใช้จริง

6) ผู้ใช้ระบบสารสนเทศ (end user) มีหน้าที่ใช้ระบบฐานข้อมูล หรือระบบสารสนเทศที่ได้พัฒนา หน้าที่ต่าง ๆ ของผู้ใช้ ได้แก่ ป้อนข้อมูลเข้าสู่ระบบ ปรับปรุง แก้ไข และสอบถามข้อมูลสารสนเทศที่ต้องการ บางครั้งผู้ใช้ที่มีความชำนาญมาก จะสามารถใช้คำสั่งเพื่อประมวลผลสารสนเทศได้ตามความต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.3 ความสำคัญของระบบฐานข้อมูล**

**2.4.3.1 สามารถลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้**

การเก็บข้อมูลชนิดเดียวกันไว้หลาย ๆ ที่ ทำให้เกิดความซ้ำซ้อน (Redundancy) ดังนั้นการนำข้อมูลมารวมเก็บไว้ในฐานข้อมูล จะช่วยลดปัญหาการเกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูลได้ โดยระบบจัดการฐานข้อมูล (Database Management System : DBMS) จะช่วยควบคุมความซ้ำซ้อนได้ เนื่องจากระบบจัดการฐานข้อมูล จะทราบได้ตลอดเวลาว่ามีข้อมูลซ้ำซ้อนกันอยู่ที่ใดบ้าง

**2.4.3.2 หลีกเลี่ยงความขัดแย้งของข้อมูลได้**

หากมีการเก็บข้อมูลชนิดเดียวกันไว้หลายที่และมีการปรับปรุงข้อมูลเดียวกันนี้ แต่ปรับปรุงไม่ครบทุกที่ที่มีข้อมูลเก็บอยู่ก็จะทำให้เกิดปัญหาข้อมูลชนิดเดียวกัน อาจมีค่าไม่เหมือนกันในแต่ละที่ที่เก็บข้อมูลอยู่ จึงก่อให้เกิดความขัดแย้งของข้อมูลขึ้น (Inconsistency)

**2.4.3.3 สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้**

ฐานข้อมูลจะเป็นการจัดเก็บข้อมูลรวมไว้ด้วยกัน ดังนั้นหากผู้ใช้ต้องการใช้ข้อมูลในฐานข้อมูลที่มาจากแฟ้มข้อมูลต่าง ๆ ก็จะทำได้โดยง่าย

**2.4.3.4 สามารถรักษาความถูกต้องเชื่อถือได้ของข้อมูล**

บางครั้งพบว่าการจัดเก็บข้อมูลในฐานข้อมูลอาจมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้น เช่น จากการที่ผู้ป้อนข้อมูลป้อนข้อมูลผิดพลาดคือป้อนจากตัวเลขหนึ่งไปเป็นอีกตัวเลขหนึ่ง โดยเฉพาะกรณีมีผู้ใช้หลายคนต้องใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูลร่วมกัน หากผู้ใช้คนใดคนหนึ่งแก้ไขข้อมูลผิดพลาดก็ทำให้ผู้อื่นได้รับผลกระทบตามไปด้วย ในระบบจัดการฐานข้อมูล (DBMS) จะสามารถใส่กฎเกณฑ์เพื่อควบคุมความผิดพลาดที่เกิดขึ้น

**2.4.3.5 สามารถกำหนดความเป็นมาตรฐานเดียวกันของข้อมูลได้**

การเก็บข้อมูลร่วมกันไว้ในฐานข้อมูลจะทำให้สามารถกำหนดมาตรฐานของข้อมูลได้รวมทั้งมาตรฐานต่าง ๆ ในการจัดเก็บข้อมูลให้เป็นไปในลักษณะเดียวกันได้ เช่น การกำหนดรูปแบบการเขียนวันที่ ในลักษณะ วัน/เดือน/ปี หรือ ปี/เดือน/วัน ทั้งนี้จะมีผู้ที่คอยบริหารฐานข้อมูลที่เราเรียกว่าผู้บริหารฐานข้อมูล (Database Administrator : DBA) เป็นผู้กำหนดมาตรฐานต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.4.3.6 สามารถกำหนดระบบความปลอดภัยของข้อมูลได้**

ระบบความปลอดภัยในที่นี้ เป็นการป้องกันไม่ให้ผู้ใช้ที่ไม่มีสิทธิมาใช้ หรือมาเห็นข้อมูลบางอย่างในระบบ ผู้บริหารฐานข้อมูลจะสามารถกำหนดระดับการเรียกใช้ข้อมูลของผู้ใช้แต่ละคนได้ตามความเหมาะสม

**2.4.3.7 เกิดความเป็นอิสระของข้อมูล**

ในระบบฐานข้อมูลจะมีตัวจัดการฐานข้อมูลที่ทำหน้าที่เป็นตัวเชื่อมโยงกับฐานข้อมูล โปรแกรมต่าง ๆ อาจไม่จำเป็นต้องมีโครงสร้างข้อมูลทุกครั้ง ดังนั้นการแก้ไขข้อมูลบางครั้ง จึงอาจกระทำเฉพาะกับโปรแกรมที่เรียกใช้ข้อมูลที่เปลี่ยนแปลงเท่านั้น ส่วนโปรแกรมที่ไม่ได้เรียกใช้ข้อมูลดังกล่าว ก็จะเป็นอิสระจากการเปลี่ยนแปลง

**2.4.4 โครงสร้างของฐานข้อมูล**

**2.4.4.1 ระดับภายนอก**

เป็นระดับการมองข้อมูลภายในฐานข้อมูลสำหรับผู้ใช้แต่ละคนข้อมูลที่เห็นอาจจะมากน้อยแตกต่างกันขึ้นอยู่กับสิทธิ์การเข้าใช้งานฐานข้อมูล

**2.4.4.2 ระดับแนวคิด**

เป็นระดับของการออกแบบฐานข้อมูล จะมองเห็นข้อมูลทั้งหมดในฐานข้อมูล

**2.4.4.3 ระดับภายใน**

เป็นระดับของการจัดเก็บข้อมูลด้วยโครงสร้างข้อมูลที่เหมาะสม ซึ่งโครงสร้างที่ใช้เก็บข้อมูลมีผลต่อความเร็วและประสิทธิภาพในการเข้าถึงข้อมูล การแบ่งโครงสร้างฐานข้อมูลออกเป็น 3 ระดับนี้ ทำให้เกิดความเป็นอิสระของข้อมูลเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไขโครงสร้างข้อมูลในระดับภายในหรือระดับแนวคิดจะไม่มีผลกระทบต่อโปรแกรมที่ผู้ใช้ใช้งานอยู่ในระดับภายนอก [19]

## 2.5 ทฤษฎีการส่งข้อมูล

**2.5.1 Firebase**

Firebase คือแพลตฟอร์มสำหรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือและเว็บไซต์ที่มีบริการเครื่องมือและบริการต่าง ๆ ที่ช่วยให้นักพัฒนาสามารถสร้างแอปพลิเคชันได้อย่างรวดเร็ว สามารถปรับใช้งานได้ตามความต้องการของแต่ละโปรเจค และยังรองรับการพัฒนาแอปพลิเคชันบนแพลตฟอร์มต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่น Android, iOS และเว็บไซต์ ซึ่งทำให้ Firebase เป็นตัวเลือกที่น่าสนใจสำหรับนักพัฒนาที่ต้องการพัฒนาแอปพลิเคชันในระบบสมัยใหม่ได้อย่างรวดเร็วและสะดวกสบาย ตัวอย่างบริการของ Firebase อาทิเช่น

**2.5.1.1 Cloud Firestore**

Cloud Firestore คือการจัดเก็บและซิงค์ข้อมูลระหว่างผู้ใช้และอุปกรณ์ โดยใช้ฐานข้อมูล NoSQL ที่โฮสต์บน Cloud Firestore ให้การซิงโครไนซ์แบบสดและการสนับสนุนออฟไลน์ พร้อมกับการสืบค้นข้อมูลที่มีประสิทธิภาพ การผสานรวมกับผลิตภัณฑ์ Firebase อื่น ๆ ช่วยให้สร้างแอพพลิเคชันแบบไร้เซิร์ฟเวอร์ได้อย่างแท้จริง

**2.5.1.2 Authentication**

Authentication เป็นบริการที่ใช้จัดการ Backend ให้ทั้งหมด เช่น การลงทะเบียน การเข้าสู่ระบบ และการรีเซ็ตรหัสผ่าน โดยจะมี SDK ให้ทั้ง Android, IOS และเว็บไซต์ เพื่อนำไปติดตั้งและใช้งาน ซึ่งรองรับการเข้าสู่ระบบหลากหลายรูปแบบทั้งจาก Social Network ยอดนิยม เช่น Google, Facebook และ Twitter เป็นต้น จากอีเมล์ และรหัสผ่านของผู้ใช้งาน หรือแบบไม่ระบุตัวตน (Anonymous)

**2.5.1.3 Hosting**

Hosting เป็นการลดความซับซ้อนของเว็บโฮสติ้งด้วยเครื่องมือที่สร้างขึ้นเฉพาะสำหรับเว็บแอพสมัยใหม่ เมื่ออัปโหลดเนื้อหาเว็บไซต์แล้ว จะส่งเนื้อหาเหล่านั้นไปยัง CDN ทั่วโลก โดยอัตโนมัติและมอบใบรับรอง SSL ฟรี เพื่อให้ผู้ใช้งานได้รับประสบการณ์ที่ปลอดภัยเชื่อถือได้และมีเวลาแฝงต่ำไม่ว่าจะอยู่ที่ใดก็ตาม

**2.5.1.4 Realtime Data base**

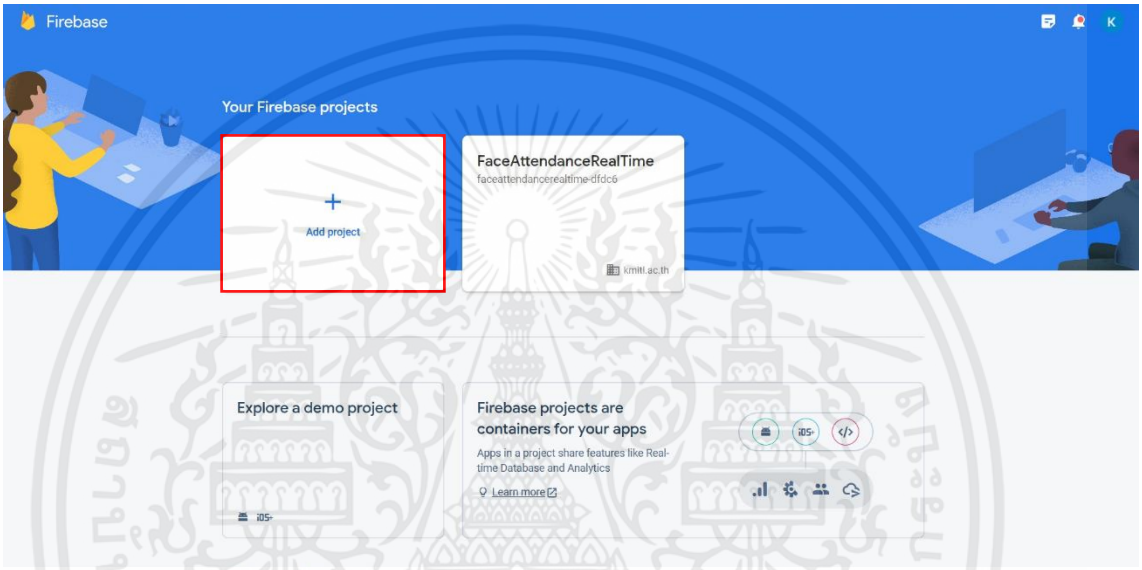
Realtime Database คือฐานข้อมูลดั้งเดิมของ Firebase เป็นโซลูชันที่มีประสิทธิภาพและมีเวลาแฝงต่ำสำหรับแอพพลิเคชันบนอุปกรณ์เคลื่อนที่ [20]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

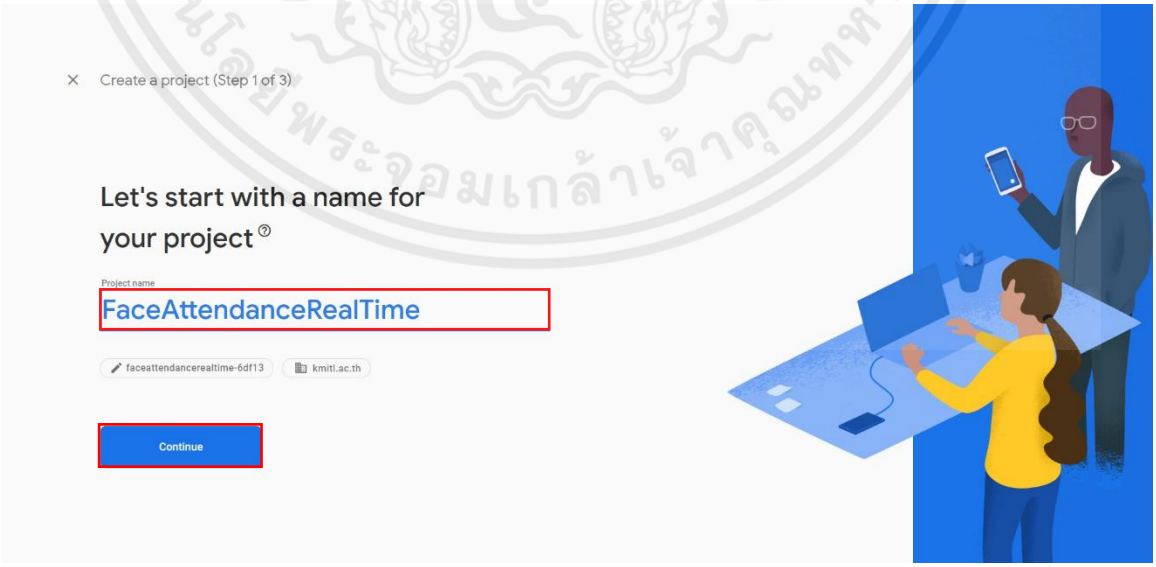
### 2.5.2 การพัฒนา Firebase Realtime Database

#### 2.5.2.1 การติดตั้ง Firebase และ Realtime Database SDK

1) เริ่มต้นโดยไปที่ Firebase Console เลือก Add project จากนั้นกรอกชื่อโปรเจคที่ต้องการ และกด Continue



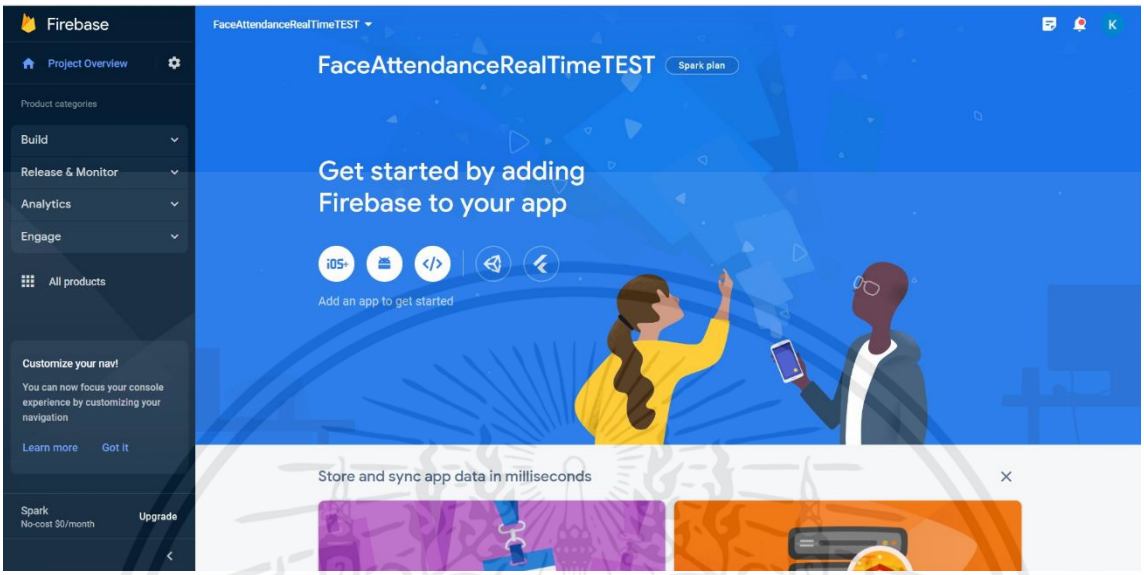

**รูปที่ 2.15** แสดงขั้นตอนการสร้างโปรเจคใน Firebase




**รูปที่ 2.16** แสดงการกรอกชื่อโปรเจคที่ต้องการใน Firebase

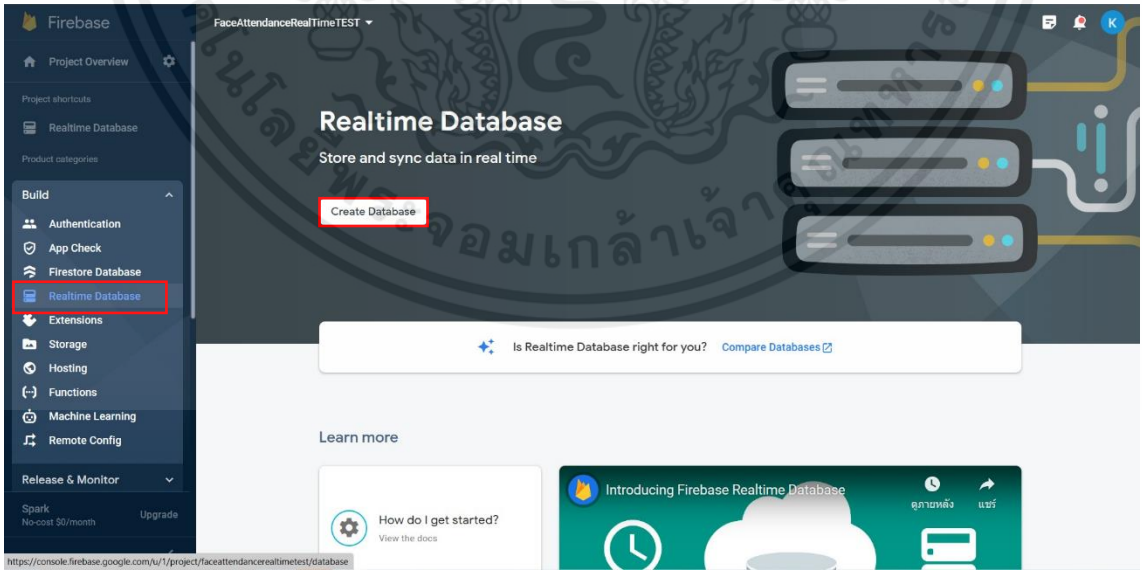
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) จากนั้นจะเข้าสู่หน้าแรกของการสร้างโปรเจค




**รูปที่ 2.17** แสดงหน้าแรกของการสร้างโปรเจค

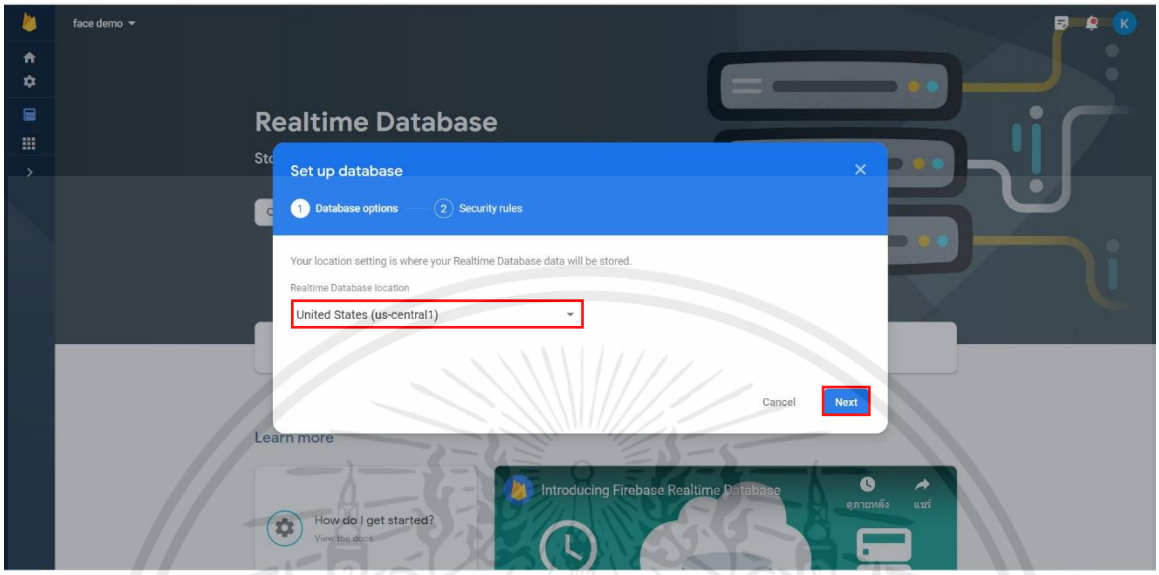
3) จากนั้นไปที่เมนู Build ทางด้านซ้ายมือ และเลือก Realtime Database จากนั้นกด Create Database




**รูปที่ 2.18** แสดงขั้นตอนการสร้าง Realtime Database

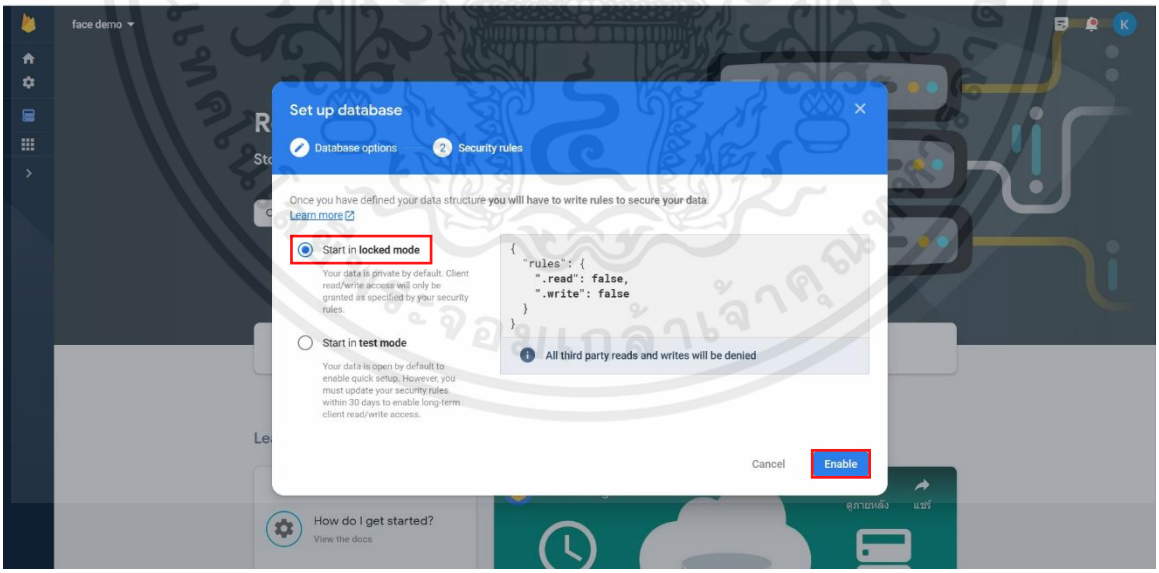
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4) เลือก United States (us-central1) และกด Next




**รูปที่ 2.19** แสดงขั้นตอนการเลือกประเทศในการสร้างโปรเจค

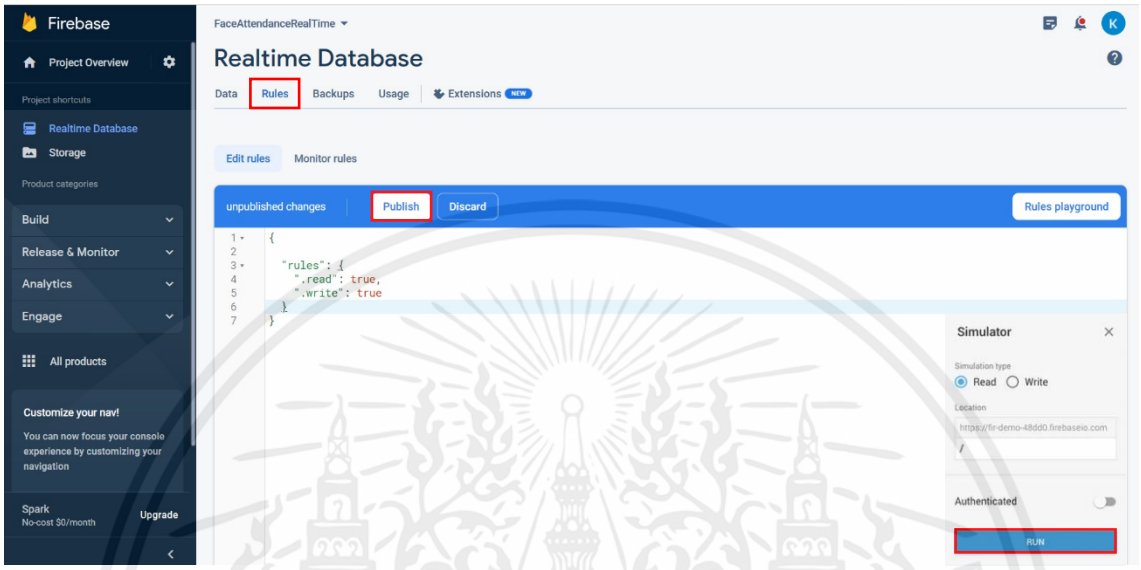
5) เลือก Start in locked mode และกด Enable




**รูปที่ 2.20** แสดงขั้นตอนการเลือกโหมดการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6) เลือก Rules โดยจะมี Simulator ให้ลองทดสอบ Rules ที่สร้างขึ้น จากนั้นตั้งค่าให้เป็น Public และกด RUN




**รูปที่ 2.21** แสดงขั้นตอนการใช้ฟังก์ชัน Rules ในการทดสอบระบบ

### 2.5.2.2 การเขียนข้อมูล (Write)

การเขียนข้อมูลจะเริ่มด้วยการประกาศตัวแปร Database Reference รับค่า Instance และอ้างถึง Path ที่ต้องการในฐานข้อมูล

**โปรแกรม 2.1** การประกาศตัวแปร Database Reference

```
DatabaseReference mRootRef =
FirebaseDatabase.getInstance().getReference() ;
```

จากนั้นก็อ้างอิงไปที่ Path ที่ต้องการจะจัดการข้อมูล ตัวอย่างคือ users และ messages

**โปรแกรม 2.2** การอ้างถึง Path ที่ต้องการในฐานข้อมูล ตัวอย่างคือ users และ messages

```
DatabaseReference mUsersRef = mRootRef.child("users") ;
DatabaseReference mMessagesRef = mRootRef.child("messages") ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเขียนข้อมูล การอัปเดต หรือลบข้อมูลใน Firebase Realtime Database จะรองรับค่าหลายประเภททั้ง String, Long, Double, Boolean, Map<String, Object> และ List<Object> โดยการเขียนข้อมูล จะมีด้วยกัน 4 รูปแบบดังนี้

1) setValue() เป็นการเขียนข้อมูล หรือการอัปเดตข้อมูลไปยัง path อ้างถึงได้ เช่น users/<user-id>/<username>

**โปรแกรม 2.3** การใช้คำสั่ง setValue()

```
mUsersRef.child("id-12345").setvalue("Jirawatee") ;
```

สามารถดูผลลัพธ์แบบเรียลไทม์ได้ที่ Firebase Console โดยไปที่เมนู Database แล้วเลือก tab แรก คือ ข้อมูลเราก็จะเห็นข้อมูลทั้งหมด

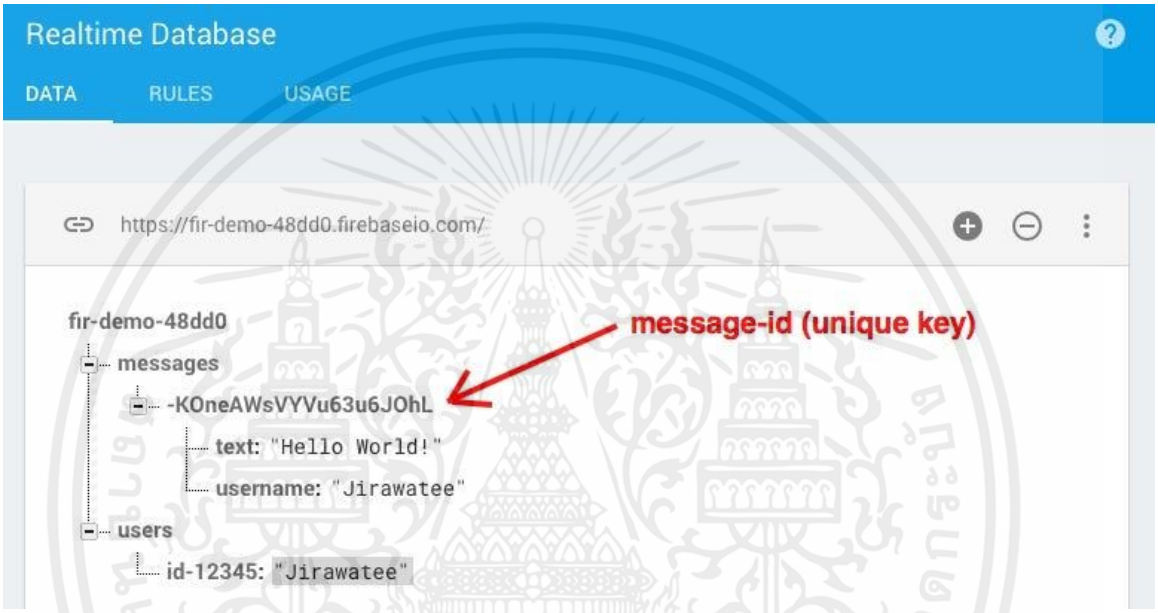
**รูปที่ 2.22** แสดงตัวอย่างการ SetValue

2) push() เป็นการเพิ่มชุดของข้อมูล ในที่นี้จะสร้าง model object ชื่อ FriendlyMessage ซึ่งจะบรรจุ text และ username ไว้ โดยการ push นั้น Firebase จะสร้าง unique key ของชุดข้อมูลนั้น ๆ เพื่อใช้อ้างอิงต่อไปได้ เช่น messages/<message-id>/<data-model>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โปรแกรม 2.4** การใช้คำสั่ง push()

```
FriendlyMessage friendlyMessage = new FriendlyMessage("Hello World!",
"Jirawatee") ;
mMessageRef.push().setvalue(friendlyMessage) ;
```




**รูปที่ 2.23** แสดงตัวอย่างการ Push()

3) updateChildren() เป็นการเขียนข้อมูล หรือการอัปเดตข้อมูลบางส่วน (บาง key) ตาม path ที่อ้างถึง โดยไม่ต้องทำการ replace ข้อมูลทั้งชุด และสามารถทำพร้อม ๆ กันได้หลาย object ตัวอย่างการสร้าง post ใหม่ขึ้นมา โดยจะเขียนข้อมูลไป 2 ที่คือ /user-messages/Jirawatee/$postid และ /messages/$postid

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**โปรแกรม 2.5** การใช้คำสั่ง updateChildren()

```
// push เป็นการ generate $postid ของ object ชื่อ posts ออกมาก่อนเพื่อใช้ใน
// /user-posts/$userid/$postid
String key = mMessagesRef.push().getkey() ;

HashMap<String, Object> postvalues = new HashMap<>() ;
postValues.put("username" , "Jirawatee") ;
postValues.put("text", "Hello World!");

Map<String, Object> childUpdates = new HashMap<>() ;
childUpdates.put("/messages/" + key, postvalues) ;
childUpdates.put("/user-messages/Jirawatee/" + key, postvalues) ;

rootRef.updateChildren(childUpdates) ;
```

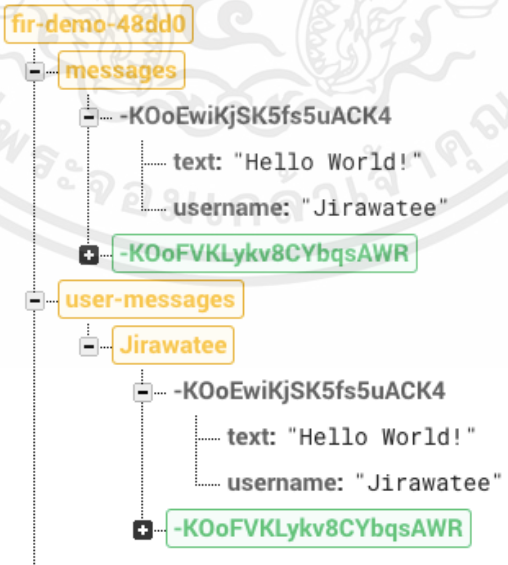
สีที่แสดงใน console จะบอกสถานะแตกต่างกันดังนี้

สีเหลือง: แสดงการอัพเดท

สีเขียว: แสดงการเพิ่ม

สีแดง: แสดงการลบ

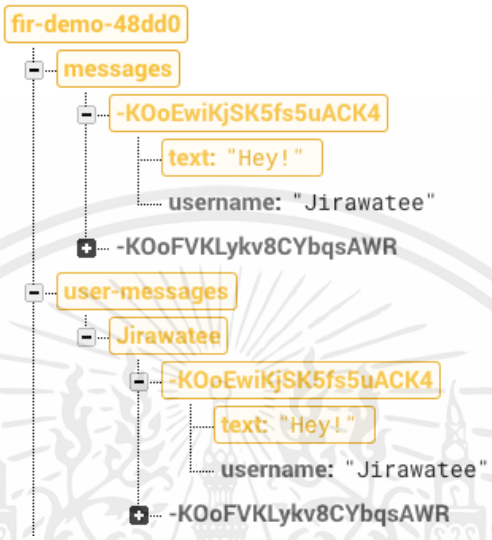
สีน้ำเงิน: แสดงการเคลื่อนย้าย




**รูปที่ 2.24** แสดงตัวอย่างการเขียนข้อมูลทั้ง 2 Objects

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่ต้องการอัพเดทข้อมูลบางส่วน ก็สามารถทำได้พร้อม ๆ กันได้ โดยจะต้องรู้ username และ message-id เป็นตัวระบุในแต่ละ object




**รูปที่ 2.25** แสดงตัวอย่างการการอัปเดตข้อมูลบางส่วนทั้ง 2 Objects

4) runTransaction() เป็นการอัพเดทข้อมูลที่มี Concurrent เยอะ ๆ ที่อาจเกิดชนกัน หรือเกิดข้อผิดพลาดได้

**โปรแกรม 2.6** การใช้คำสั่ง runTransaction()

```
postRef.runTransaction(new Transaction.Handler() {
        @Override
        public Transaction.Result doTransaction(MutableData mutable) {

                Post p = mutable.getvalue(Post.class) ;
                if (p == null) {
                        return Transaction.success(mutable) ; }
                if (p.stars.containskey(getuid())) {
                        // Unlike the post and remove self from likes
                        p.starCount = p.starCount – 1 ;
                        p.stars.remove(getuid()) ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
                } else {
                        // Like the post and add self to likes
                        p.starCount = p.starCount + 1 ;
                        p.stars.put(getuid(), true) ; }
                        // Set value and report transaction success
                        mutable.setvalue (p) ;
                        return Transaction.success(mutable) ; }

        @Override
        public void onComplete(DatabaseError databaseError, boolean b,
DataSnapshot dataSnapshot) {
                if (databaseError != null) {
                        databaseError.getmessage()
                Log.w(TAG,databaseError.getMessage()) ;
                } else {
                Log.d(TAG, "Transaction successful") ; }
        }
```

ในส่วนของการลบข้อมูลนั้น ให้เราระบุ path ที่เราต้องการจะลบ จากนั้นก็เรียกคำสั่ง removeValue() ตัวอย่างเช่น ต้องการลบข้อความทั้งหมดใน object ชื่อ messages

นอกจากนั้นเรายังสามารถลบข้อมูล ได้ด้วยการส่งค่า null ไปที่ setValue(null) และสามารถใช้ค่า null กับเทคนิค updateChildren() เพื่อลบข้อมูลหลาย ๆ object ได้ด้วย

**โปรแกรม 2.7** การลบข้อมูลโดยการใช้คำสั่ง setValue(null) และ updateChildren()

```
// ลบแบบ setValue()
mMessageRef.setValue(null) ;

// ลบแบบ updateChildren()
childUpdates.put("/messages/", null) ;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**2.5.2.3 การอ่านข้อมูล (Read)**

เริ่มด้วยการประกาศตัวแปร DatabaseReference รับค่า Instance และอ้างถึง path ที่เราต้องการในฐานข้อมูล

**โปรแกรม 2.8** การประกาศตัวแปร DatabaseReference

```
DatabaseReference mRootRef =
FirebaseDatabase.getInstance().getReference() ;
```

การอ่านข้อมูลใน Firebase Realtime Database จะมี 2 ประเภทแยกตาม Listener ดังนี้

1) ValueEventListener จะอ่านข้อมูลตั้งแต่เริ่ม และอ่านข้อมูลทุกครั้งที่มีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลทั้งหมดภายใต้ path ที่เราอ้างถึง วิธีการคือใช้ object ที่เราอ้างถึงมา addValueEventListener โดยจะมี callback 2 แบบ

1.1 onDataChange จะถูกเรียกตอนเริ่ม และถูกเรียกทุกครั้งที่ข้อมูลภายใต้ path ที่เราอ้างถึงมีการเปลี่ยนแปลง

1.2 onCancelled จะถูกเรียกเมื่อไม่สามารถอ่านข้อมูลจากฐานข้อมูลได้

**โปรแกรม 2.9** การใช้คำสั่ง ValueEventListener, onDataChange และ onCancelled

```
mRootRef.addValueEventListener(new ValueEventListener() {
        @Override
        public void onDataChange(DataSnapshot dataSnapshot) {
                String value = dataSnapshot.getValue(String.class) ;
                mTextView.setText(value) ; }
        @Override
        public void onCancelled(DatabaseError error) {
                mTextView.setText("Failed: " + databaseError.getMessage()) ; }
});
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อควรระวังของ ValueEventListener คือไม่ควรอ้างถึง root เนื่องจากมันจะคอยดูข้อมูลทั้งหมดของฐานข้อมูล ซึ่งมันอาจมีขนาดใหญ่ และเปลืองแบนด์วิธโดยใช่เหตุ เราจึงควรใช้วิธีนี้แบบเจาะจงเฉพาะ หรืออ่านข้อมูลทั้งหมดครั้งแรกแล้ว removeEventListener() ออก

2) ChildEventListener จะคอยรับข้อมูลจาก การเพิ่ม, การเปลี่ยนแปลง, การลบ และการย้ายเฉพาะของ child ที่เราอ้างถึง วิธีการคือใช้ object ที่เราอ้างถึงมา addChildEvent-Listener โดยจะมี callback 5 แบบ ดังนี้

2.1 onChildAdded() จะถูกเรียกเมื่อมีการเพิ่มชุดข้อมูลเข้ามาใน child

2.2 onChildChanged() จะถูกเรียกเมื่อข้อมูลใน child มีการเปลี่ยนแปลง

2.3 onChildRemoved() จะถูกเรียกเมื่อข้อมูลใน child ถูกลบ

2.4 onChildMoved() จะถูกเรียกเมื่อมีการเรียงลำดับของข้อมูลใน child เกิดขึ้น

2.5 onCancelled() จะถูกเรียกเมื่อโหลดข้อมูลจาก child ไม่สำเร็จ

**2.5.2.4 การเปิดใช้งานโหมดออฟไลน์ (Offline)**

ลักษณะการทำงานโหมดออฟไลน์ (Persistence Behavior) Firebase Realtime Database มีการจัดการเรื่องการเชื่อมต่อให้แล้ว เมื่อไม่สามารถเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ต หรืออยู่ในโหมดออฟไลน์ ทำให้ยังสามารถใช้งานแอพได้ โดย Firebase จะทำการบันทึกข้อมูลไว้ทุกการกระทำ และจะทำการซิงค์ข้อมูลให้อัตโนมัติเมื่อเรากลับเข้าสู่โหมดออนไลน์ แม้ว่าเราจะปิดแล้วเปิดแอพใหม่ก็ตาม

**โปรแกรม 2.10** การทำงานโหมดออฟไลน์ Firebase Realtime Database

```
FirebaseDatabase.getInstance().setPersistenceEnabled(true) ;
```

**2.5.2.5 ความปลอดภัยและกฎ (Security & Rules)**

Firebase Realtime Database Rules เป็นการกำหนดการเข้าถึงฐานข้อมูลทั้งการ read, write และการทำ index โดย Rules ทั้งหมดจะอยู่บน Firebase server แล้ว โดยสามารถปรับเปลี่ยนและมีผลทันทีได้ตลอดเวลา ซึ่งมีไวยากรณ์เป็น Javascript-like โดยจะแบ่ง Rules ออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

1) read คือ การอนุญาตให้อ่าน

2) write คือ การอนุญาตให้เขียน

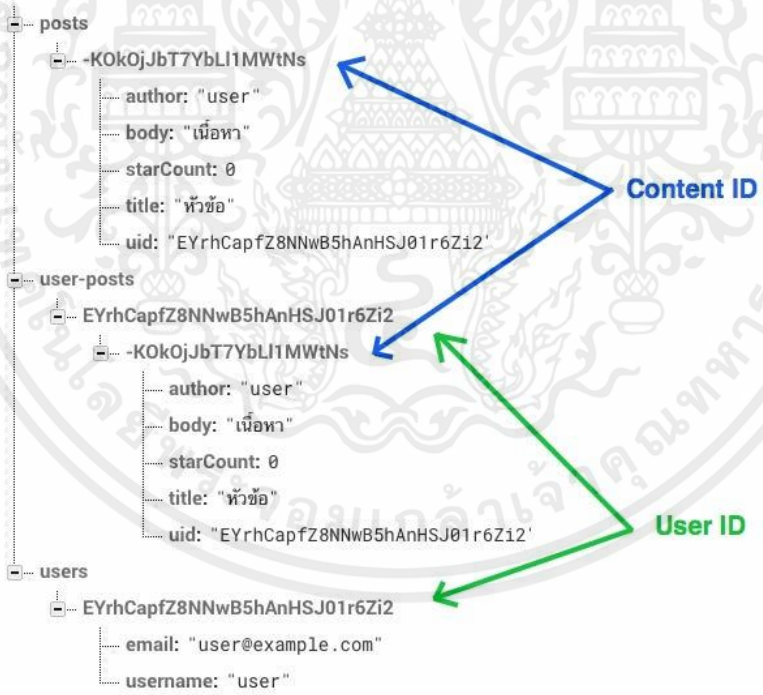
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3) validate คือ การตรวจสอบข้อมูลที่เข้ามา

4) indexOn คือ การทำ index เพื่อความรวดเร็วในการเรียงลำดับ และการถาม โดยการกำหนด Rules ต่าง ๆ ให้เข้าไปที่ Firebase Console เลือกโปรเจค จากนั้นเลือกเมนู Database แล้วเลือก tab ชื่อ Rules

### 2.5.2.6 การปฏิบัติในการออกแบบโครงสร้างของข้อมูล

ควรหลีกเลี่ยงการซ้อนกันของข้อมูลเพราะ Firebase Realtime Database อนุญาตให้ออกแบบข้อมูลซ้อนกันได้ไม่เกิน 32 ชั้น เพราะหากดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลที่มีข้อมูลซ้อนกันเยอะ เราอาจต้องดึงข้อมูลจำนวนมาก ทำให้เปลืองแบนด์วิธได้ ควรออกแบบโครงสร้างแบบ flat เพื่อขนาดข้อมูลที่เล็กและเร็วในการดึง ซึ่งประสิทธิภาพที่สูงกว่านั้นจะต้องแลกด้วยการไม่ทำ normalize ข้อมูลหรือเรียกว่า denormalize นั่นเอง โดยอเมื่อมีการอัพเดทหรือลบข้อมูลจะต้องทำให้ครบทุกตำแหน่งที่เพิ่มข้อมูลเหล่านั้นเข้าไปด้วย




**รูปที่ 2.26** แสดงตัวอย่างการ Posts [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 3
# วิธีการดำเนินงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการดำเนินงานสร้างระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงานของพนักงานบริษัท การที่ได้นำเอาเทคโนโลยีการประมวลผลและวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายมาใช้ ถือว่าเป็นทางเลือกที่รวดเร็วในการลงเวลาทำงานและป้องกันการทุจริตจากการลงเวลาแทนผู้อื่น สิ่งที่ผู้จัดทำมุ่งเน้นคือประสิทธิภาพด้านความแม่นยำของระบบ และความสะดวกรวดเร็ว ในการออกแบบตัวอุปกรณ์นั้น มุ่งเน้นการแสดงผลยืนยันตัวบุคคลให้มีความชัดเจน เข้าใจได้ง่าย จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทำให้ผู้วิจัยได้ทราบข้อมูลต่างๆ ที่มีประโยชน์และนำมาประยุกต์ใช้ได้กับการจัดทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ จากการศึกษาทางผู้จัดทำปริญญานิพนธ์ได้ทำการแบ่งขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังต่อไปนี้

3.1 การออกแบบระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน

3.2 การออกแบบฐานข้อมูล

3.3 การออกแบบส่วนแสดงผลข้อมูล

ในการจัดทำปริญญานิพนธ์ครั้งนี้ทางทีมผู้จัดทำได้มีการดำเนินในหลายขั้นตอนเริ่มตั้งแต่ขั้นตอนของการศึกษาข้อมูลในหัวข้อต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการปฏิบัติงาน รูปแบบการทำงานของระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน เป็นไปดังรูปที่ 3.1

**รูปที่ 3.1** แสดงกระบวนการทำงานของระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน

## 3.1 การออกแบบระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน

เป็นขั้นตอนการวางแผนและออกแบบกระบวนการการสร้างระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน เพื่อช่วยในการพัฒนาระบบที่เกี่ยวข้องทั้งหมด จากทฤษฎีที่ได้อธิบายในบทที่ 2 ในหัวข้อที่ 2.1 และ 2.2 ที่แสดงให้เห็นถึงโมเดลต่างๆที่นำมาใช้ในการตรวจจับและจดจำใบหน้าว่าแต่ละแบบมีข้อดี ข้อเสียแตกต่างกัน การเลือกโมเดลที่จะนำมาใช้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ของผู้พัฒนาว่าต้องการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพด้านใด ซึ่งจากการศึกษาการพัฒนาระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน พบว่าระบบนี้ต้องมีประสิทธิภาพทางด้านความแม่นยำในการลงเวลาทำงานเนื่องจากถ้าหากระบบลงเวลาทำการผิดจะเกิดปัญหาตามมาได้ เช่น ทำให้พนักงานไม่ได้ถูกลงเวลาทำงาน และอาจส่งผลถึงการจ่ายเงินเดือนที่ไม่ถูกต้อง เป็นต้น และประสิทธิภาพทางด้านความรวดเร็ว เพื่อลดเวลาในการลงเวลาทำงาน จากงานวิจัยของ Suwarno และ Kevin ในปี 2020 [22] ได้นำเสนอการวิเคราะห์อัลกอริทึมในการตรวจจับและจดจำใบหน้า ได้ทดสอบประสิทธิภาพในด้านความแม่นยำในการตรวจจับและจดจำใบหน้าของโมเดล Haar Cascades, HOG, CNNs, และ DNNs พบว่าประสิทธิภาพด้านความแม่นยำ โมเดลที่มีความแม่นยำมากที่สุด คือ DNNs, CNNs, HOG และ Haar Cascades ตามลำดับ และโมเดลที่มีความเร็วในการเรียนรู้มากที่สุด คือ HOG, CNNs, Haar Cascades และ DNNs ตามลำดับ ดังนั้นผู้จัดทำจึงเลือกใช้โมเดล Histogram of Oriented Gradient (HOG) มาใช้ในการตรวจจับ และใช้โมเดล Convolution Neural Network (CNNs) สำหรับจดจำใบหน้าในปริญญานิพนธ์นี้

ในการพัฒนาระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน ได้ออกแบบเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการพัฒนาระบบ ดังนี้

### 3.1.1 ฮาร์ดแวร์ (Hardware)

เนื่องด้วยจุดประสงค์ของการพัฒนาระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงานมีจุดมุ่งหมายที่จะดำเนินการตามขั้นตอนที่มีความประหยัดและอุปกรณ์นั้นสามารถติดตั้งได้ง่ายทั้งในแง่ของการติดตั้งอุปกรณ์และการติดตั้งโปรแกรม ผู้จัดทำจึงออกแบบตัวโปรแกรมให้สามารถทำงานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาร่วมกับกล้องเว็บแคมหรือจะเป็นกล้องเว็บแคมที่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องก็สามารถใช้งานโปรแกรมจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาทำงานได้แล้ว รูปที่ 3.2 แสดงภาพคอมพิวเตอร์ที่ใช้สำหรับการสร้างระบบจดจำใบหน้า คอมพิวเตอร์ที่เลือกใช้คือ ASUS รุ่น TUF Gaming FX505DT เอกสารแสดงคุณสมบัติ (Specification sheet) ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 เอกสารแสดงคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่ใช้งาน

**รูปที่ 3.2** แสดงคอมพิวเตอร์พกพาที่ใช้สำหรับการสร้างระบบจดจำใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 3.1** แสดงเอกสารแสดงคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา ASUS รุ่น TUF Gaming FX505DT

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Note book brand:** | | ASUS | |
| **Model:** | | TUF Gaming FX505DT-FX505DT | |
| **CPU:** | AMD Ryzen 7 3750H (2.30 GHz, 4 MB L3 Cache, up to 4.00 GHz) | | |
| **GPU:** | NVIDIA GeForce GTX 1650 (4GB GDDR5) | **Display:** | 15.6 inch (1920x1080) Full HD IPS 120Hz |
| **Memory:** | 8 GB DDR4 2400Mhz | **Storage:** | 512 GB SSD PCIe M.2 |
| **Web Camera:** | HD Camera | **OS Bundle:** | Windows 10 |
| **Weight:** | 2.2 kg | **Battery Type:** | 4-Cell Li-Poly |
| **Wireless LAN:** | 802.11ac+Bluetooth 4.2 | **Connectivity:** | - 2x USB 3.1 Type A<br>- HDMI |

ส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งของอุปกรณ์ก็คือกล้อง Webcam ที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบ รูปที่ 3.3 แสดงภาพกล้อง Webcam และเอกสารแสดงคุณสมบัติ (Specification sheet) ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 3.2

**รูปที่ 3.3** แสดงกล้อง Webcam 1080p Imilab รุ่น CMSXJ22A

**ตารางที่ 3.2** แสดงเอกสารแสดงคุณสมบัติของกล้อง Webcam Imilab รุ่น CMSXJ22A

| | |
|---|---|
| **Resolution** | |
| **Still image:** | 2 megapixel |
| **Video:** | FullHD (1920 x 1080) |
| **Viewing angle, horizontal** | 85 degrees |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.2 ซอฟต์แวร์ (Software)**

ซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการสร้างระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน เรียกได้ว่าเป็นส่วนสนับสนุนของปริญญานิพนธ์ที่จะต้องนำซอฟต์แวร์เข้ามาติดตั้งไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการสร้างและพัฒนาระบบ โดยซอฟต์แวร์ใช้มีดังนี้ Visual Studio Code เป็นเครื่องมือที่เอาไว้เขียนโปรแกรม และ Open Source Computer vision (OpenCV) เป็นไลบราลี่ ซึ่งจะรวมฟังก์ชั่นการทำงานของงานด้าน Computer vision เอาไว้มากมาย และ Firebase ที่เอาไว้สร้างฐานเก็บข้อมูลแบบเรียลไทม์

**3.1.3 การออกแบบการทดลอง**

**3.1.3.1 การทดลองเพื่อหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง**

การทดลองนี้ ทดลองเพื่อหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง เพื่อที่จะกำหนดระยะการยืนระหว่างทำการสแกน โดยจะแบ่งระยะทดสอบออกเป็น 5 ระยะ คือ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 เมตร เพื่อหาระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับจับภาพใบหน้าเพื่อให้มีความแม่นยำมากที่สุด

**3.1.3.2 การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับการปิดบังใบหน้า**

การทดลองนี้ จะทำการทดลองด้วยการสวมใส่เครื่องแต่งกายที่มีโอกาสสวมใส่ปิดทับบริเวณใบหน้า ได้แก่ แว่นสายตา และหน้ากากอนามัย เพื่อต้องการทราบว่าระบบจะสามารถตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลขณะสวมใส่เครื่องแต่งกายที่ปิดทับบริเวณใบหน้าได้หรือไม่ โดยการทดลองจะทำการทดสอบจำนวน 20 คน แต่ละคนจะทำการทดสอบจำนวน 2 ครั้ง

**3.1.3.3 การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าเพื่อลงเวลาทำงาน**

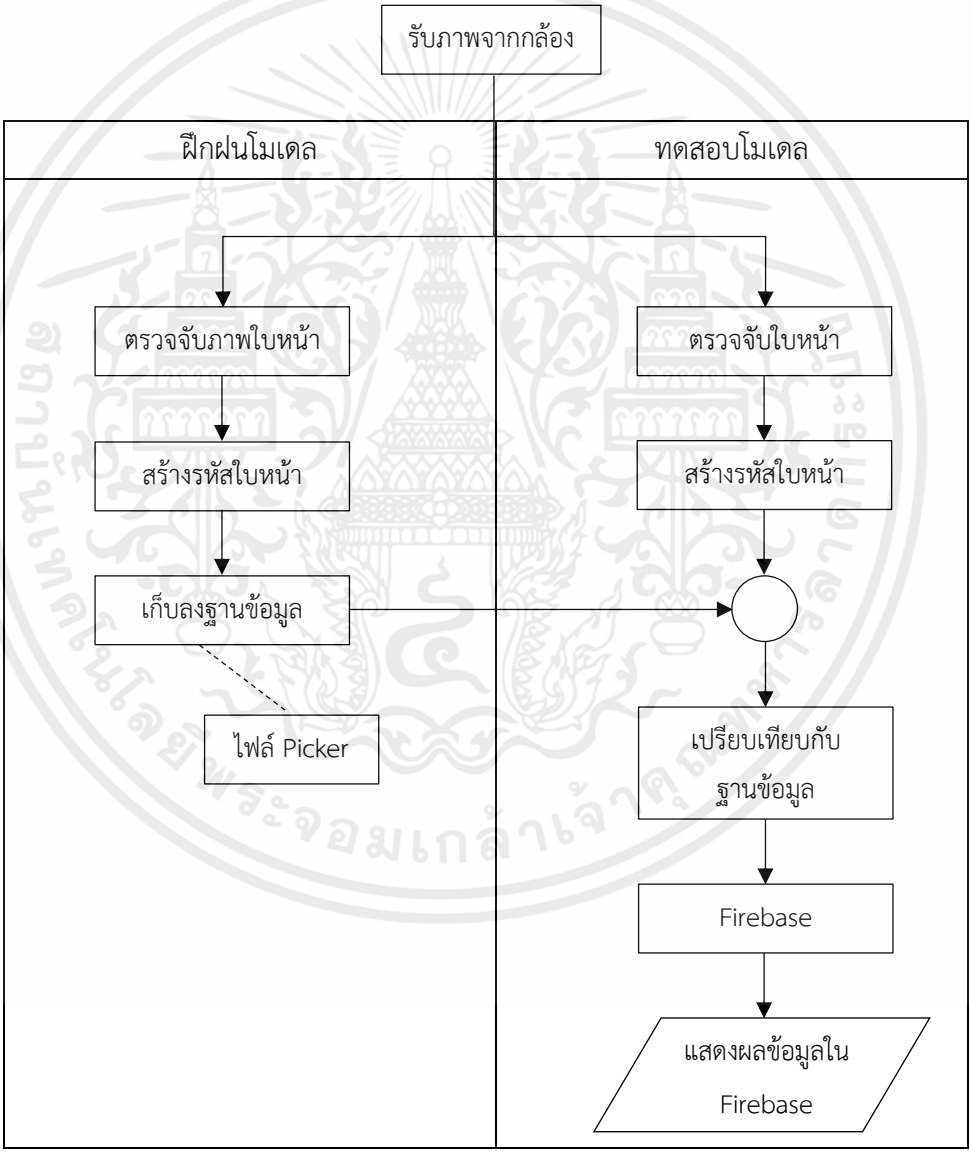
การทดลองนี้ เพื่อตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลว่าระบบจะสามารถทำการระบุบุคคลได้ถูกต้องหรือไม่ และสามารถอัพเดทข้อมูลเวลาที่ทำการสแกนใบหน้าลงไปฐานข้อมูลได้หรือไม่ โดยการทดลองจะทำการทดสอบจำนวน 50 คน แต่ละคนจะทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง

**3.1.4 การออกแบบการทำงานของระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน**

รูปแบบการทำงานของระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงานเป็นระบบที่ทำงานบนแพลตฟอร์มวินโดวส์ ทำงานร่วมกับกล้องเว็บแคมที่เชื่อมต่ออยู่คอมพิวเตอร์ การใช้งานจะเริ่มจากผู้ใช้งานทำการแสดงใบหน้าของตนเองต่อหน้ากล้อง กล้องจะทำการค้นหาและตรวจจับใบหน้า และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำการตีกรอบรอบใบหน้าเพื่อระบุตำแหน่งของใบหน้า แล้ววิเคราะห์ใบหน้าออกมาเป็นรหัสของใบหน้า และส่งค่ารหัสใบหน้านี้ไปเปรียบเทียบกับรหัสของใบหน้าที่ถูกเก็บเอาไว้ในฐานข้อมูล และส่งความยินยอมกลับมาเป็นรหัสพนักงาน ต่อจากนั้นค่าที่ส่งกลับมาเป็นรหัสพนักงานจะส่งต่อไปที่ Firebase พร้อมกับวันและเวลา ณ ขณะนั้น แล้วนำข้อมูลส่วนตัวของพนักงานคนนั้นออกมาแสดงบนหน้ากราฟฟิกของโปรแกรม ซึ่งเป็นไปดังรูปที่ 3.4 การทำงานของระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ ฝึกฝนกลุ่มตัวอย่าง (Train Data Set) และทดสอบกลุ่มตัวอย่าง (Test Data Set)

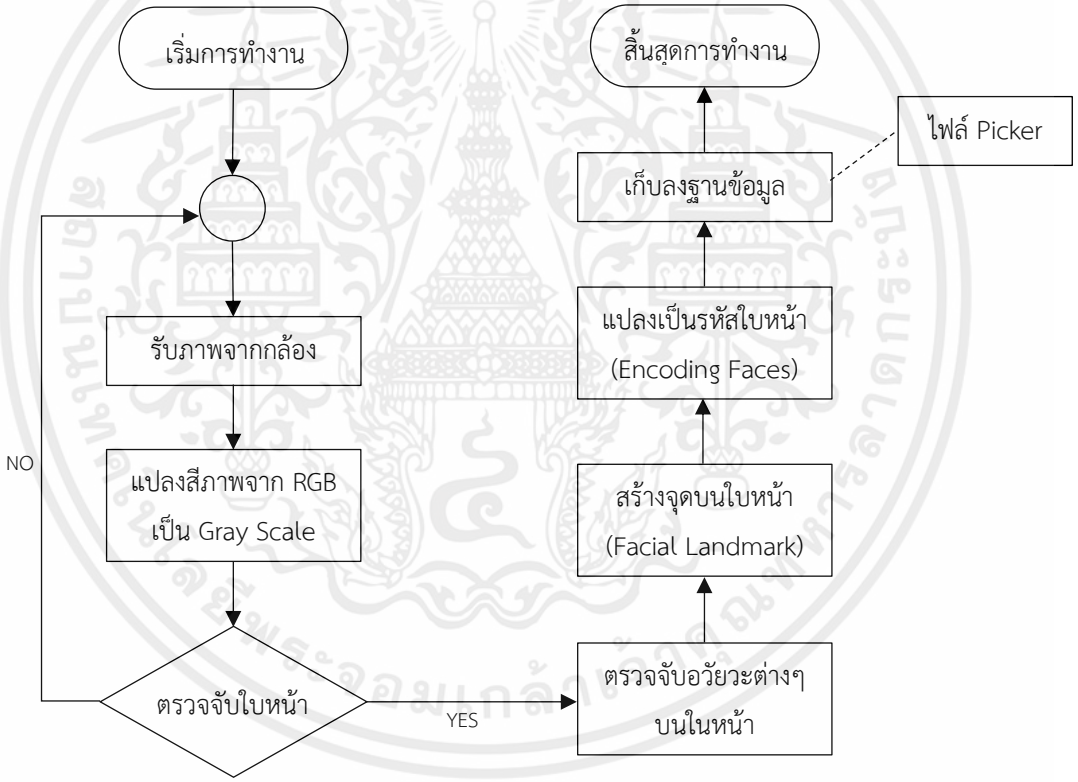



**รูปที่ 3.4** แสดงกระบวนการทำงานระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.1.4.1 การฝึกฝนกลุ่มตัวอย่าง (Train Data Set)**

เป็นการฝึกฝนใบหน้าบุคคลจากกลุ่มตัวอย่าง 50 คน เพื่อให้ระบบเรียนรู้ว่าบุคคลนั้นเป็นใคร โดยจะใช้วิธีการ Training a Convolution Neural Network (CNNs) โดยจะสร้างจุดสำคัญบนใบหน้า เช่น ตา คิ้ว จมูก ปาก รูปหน้า การสร้างจุดบนหน้าใบหน้า (Facial Landmark) จะสร้างจุด 128 จุดเฉพาะต่อ 1 ใบหน้า แล้วแปลงเป็นรหัสของใบหน้า (Encoding Faces) หลังจากนั้นค่าทั้ง 128 จุด จะถูกเก็บไว้ในไฟล์ Pickle เพื่อเก็บไว้เป็นฐานข้อมูล โดยค่าทั้ง 128 จุดนี้จะเป็นตัวชี้วัดความเหมือนหรือต่างกันของภาพใบหน้าระหว่างสองภาพ ว่าเป็นบุคคลเดียวกันหรือไม่ ซึ่งค่าตัวเลขนี้ไม่จำเป็นจะต้องเป็นค่าตัวเลขเดียวกันจึงจะเป็นบุคคลเดียวกัน เมื่อค่าตัวเลขมันมีความใกล้เคียงกัน ระบบจะสามารถรู้จำและตัดสินใจให้เป็นบุคคลเดียวกันได้



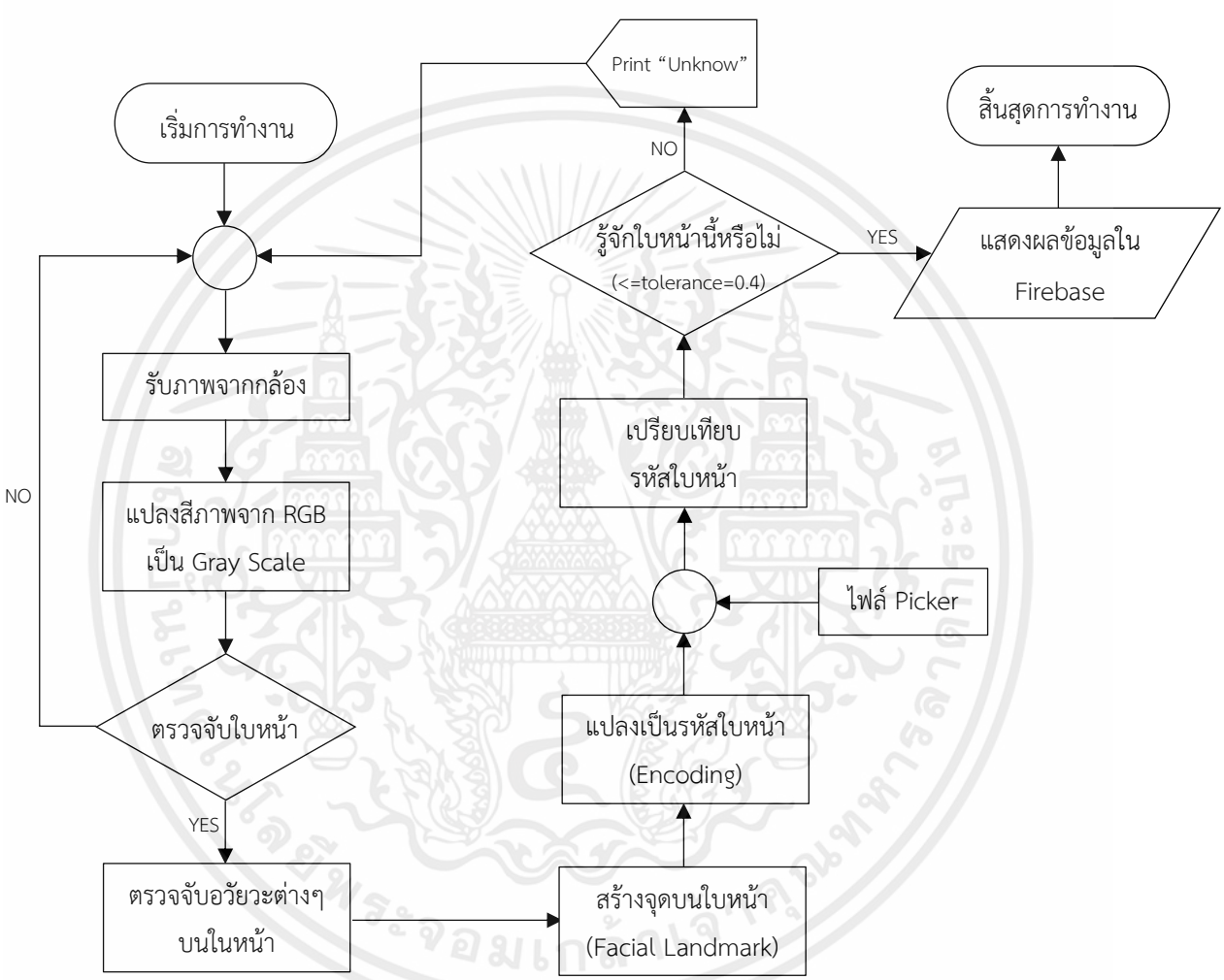

**รูปที่ 3.5** แสดงกระบวนการทำงานการฝึกฝนกลุ่มตัวอย่าง (Train Data Set)

**3.1.4.2 การทดสอบกลุ่มตัวอย่าง (Test Data Set)**

การทดสอบกลุ่มตัวอย่าง จะทำการค้นหาข้อมูลบุคคลในฐานข้อมูลที่ได้ผ่านขั้นตอนการสร้างจุดบนใบหน้า (Facial Landmark) แล้วทำการแปลงเป็นรหัสใบหน้า (Encoding Faces) โดยจะนำค่า 128 จุดที่ได้จากภาพใหม่ที่ต้องการให้ระบบยืนยันตัวบุคคลไปเปรียบเทียบกับค่าใน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ฐานข้อมูลที่มีค่าใกล้เคียงที่สุดเพื่อระบุว่าใบหน้าที่นำมาเปรียบเทียบเป็นใคร ซึ่งวัดจากการคำนวณระยะแบบ Euclidean Distance โดยเลือกผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยสุด ซึ่งหมายความว่ารหัสใบหน้าที่นำมาเปรียบเทียบมีความใกล้เคียงกับรหัสใบหน้าที่มีอยู่ในฐานข้อมูลมากที่สุดแต่ถ้าหากค่านั้นน้อยกว่าที่กำหนดไว้ (Tolerance = 0.4) จะระบุเป็น “Unknow”




**รูปที่ 3.6** แสดงกระบวนการทำงานการทดสอบกลุ่มตัวอย่าง (Test Data Set)

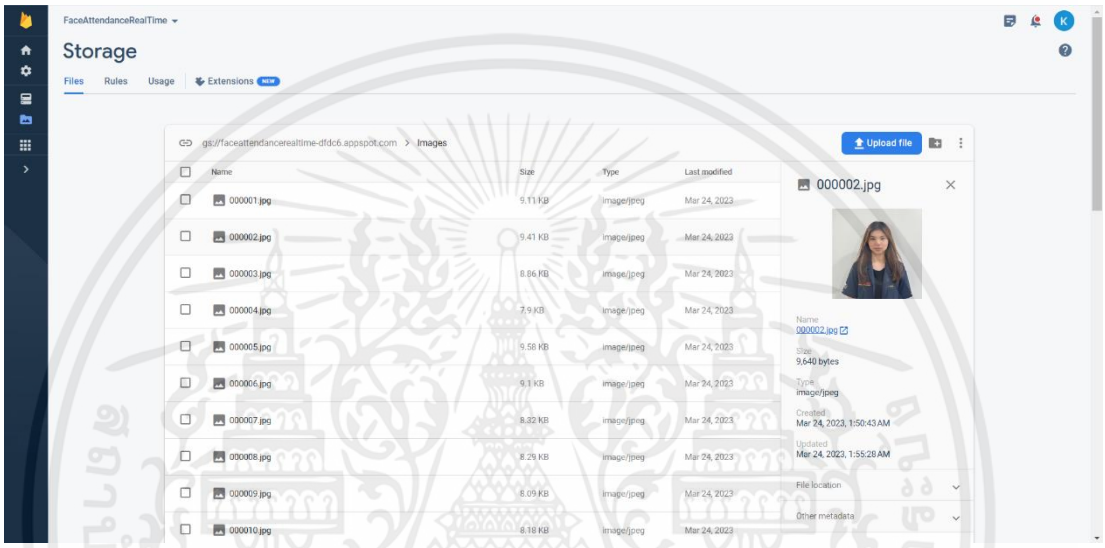
## 3.2 การออกแบบฐานข้อมูล

ในส่วนของการออกแบบฐานข้อมูลนั้นจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือส่วนจัดการข้อมูลรูป และส่วนแสดงข้อมูลของพนักงานทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.1 ส่วนจัดการข้อมูลรูปภาพ

การสร้างฐานข้อมูลรูปภาพที่ใช้สำหรับการจดจำใบหน้า ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบการเก็บข้อมูลภาพโดยการใช้ข้อมูลภาพจากไฟล์ภาพ 1 ภาพต่อคน เพื่อเก็บลงไปยังฐานข้อมูล โดยกำหนดชื่อไฟล์ภาพให้ตรงกับรหัสพนักงานของแต่ละคน ผู้จัดทำได้เลือกใช้ Cloud Storage ที่เป็นหนึ่งในบริการของ Firebase มาใช้เป็นฐานข้อมูลเก็บรูปภาพ

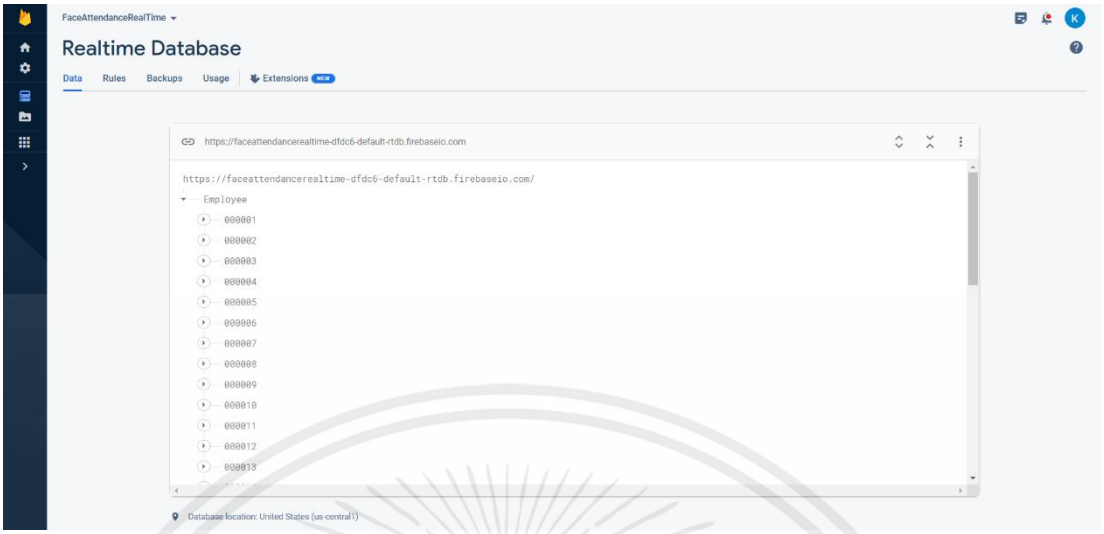



**รูปที่ 3.7** แสดงการใช้ Cloud Storage เป็นฐานข้อมูลในการเก็บรูปภาพ

### 3.2.2 ส่วนแสดงข้อมูลของพนักงาน

ส่วนแสดงข้อมูลของพนักงานเป็นส่วนที่เอาไว้สร้างฐานข้อมูล ทางผู้จัดทำได้เลือกใช้ Realtime Database เพื่อใช้ออกแบบสร้างโครงสร้างฐานข้อมูลที่จะใช้ในระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน ซึ่งข้อมูลของพนักงานแต่คนจะถูกจัดเก็บแยกตามรหัสของตัวเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.8** แสดงโครงสร้างของฐานข้อมูล

## 3.3 การออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

การออกแบบในส่วนติดต่อผู้ใช้งานจะเป็นส่วนที่ได้ทำการออกแบบหน้าจอแสดงผลของระบบเพื่อทำการแสดงผลข้อมูลต่างๆใน Firebase ซึ่งผู้จัดทำได้ทำการออกแบบหน้ากราฟฟิกให้แสดงรหัสพนักงาน ชื่อ ปีที่เริ่มทำงาน เวลา ณ ขณะสแกน และจำนวนครั้งที่ได้ทำการสแกน โดยหน้าจอแสดงผลจะมีโหมดการทำงานอยู่ 4 โหมด คือ

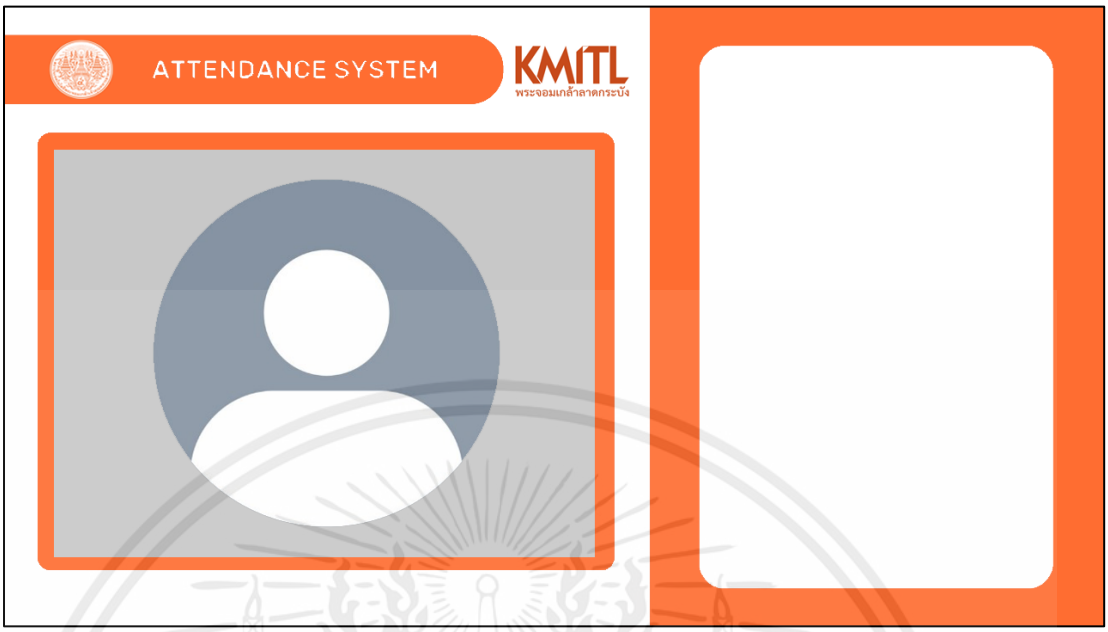
1) ACTIVE เป็นโหมดเพื่อบอกว่าขณะนี้โปรแกรมพร้อมใช้งาน

2) โหมดที่แสดงข้อมูลต่างๆของพนักงานหลังจากที่ทำการระบุตัวตนเสร็จสิ้น

3) MARKED เป็นโหมดเพื่อบอกว่าได้ทำการบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว

4) ALREDY MARKED เป็นโหมดป้องกันบุคคลเดิมทำการสแกนซ้ำ เมื่อมีบุคคลที่ทำการสแกนไปแล้วมาสแกนซ้ำจะไม่สามารถสแกนได้ ต้องรอครบกำหนดระยะที่ตั้งไว้ถึงจะสแกนได้อีกรอบ หลังจากทำการระบุตัวตนเสร็จสิ้นจะส่งผลการระบุตัวตนไปยังส่วนบันทึกข้อมูลเพื่อทำการอัพเดทเวลาเข้าทำงานแบบเรียลไทม์

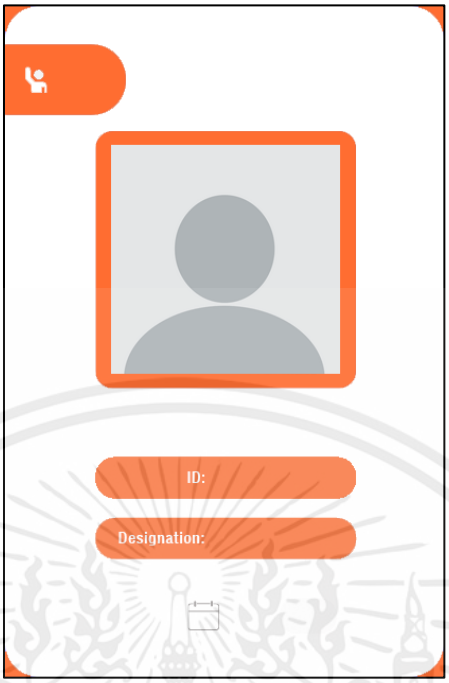
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.9** แสดงภาพพื้นหลังของหน้าจอแสดงผล

**รูปที่ 3.10** แสดงโหมดการทำงานแรกของหน้าจอแสดงผล

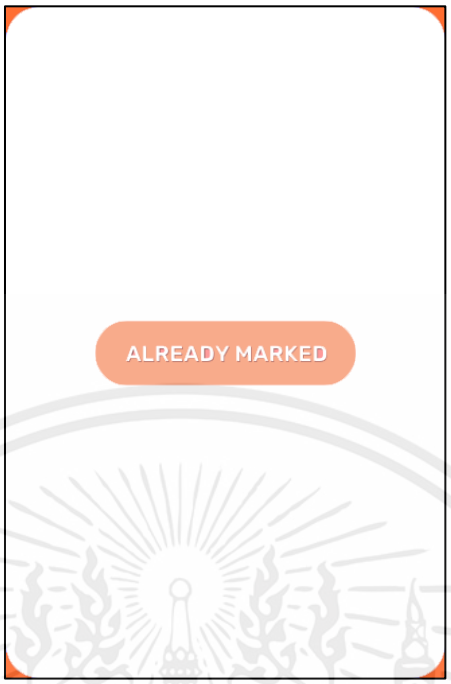
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.11** แสดงโหมดการทำงานที่ 2 ของหน้าจอแสดงผล

**รูปที่ 3.12** แสดงโหมดการทำงานที่ 3 ของหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 3.13** แสดงโหมดการทำงานที่ 4 ของหน้าจอแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 4
# ผลการทดลอง

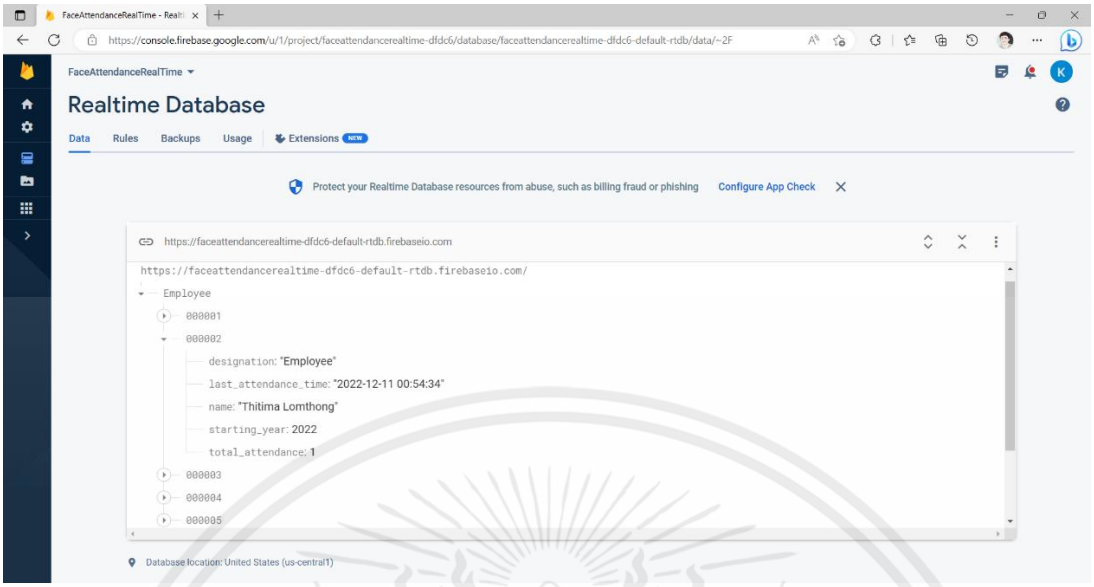
ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของโปรแกรมการตรวจจับและจดจำใบหน้า โดยใช้กล้องเว็บแคม ร่วมกับการเขียนโปรแกรมด้วยภาษาไพทอน ด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพออนไลน์

การบันทึกผลการทดลองในแต่ละตัวอย่างการทดลองนั้นมีเงื่อนไขที่สำคัญคือ ในกรณีที่ภาพใบหน้าปรากฏอยู่ในเฟรมภาพและโปรแกรมสามารถตรวจจับได้ภายในระยะเวลา 1 วินาที จะถูกบันทึกผลลัพธ์ว่าตรวจจับได้ และผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้าสามารถระบุชื่อของผู้ทดสอบได้ถูกต้อง การทดสอบครั้งนั้นจะถูกบันทึกผลลัพธ์เป็นจดจำได้ ในกรณีที่ภาพใบหน้าปรากฏอยู่ในเฟรมภาพแต่โปรแกรมไม่สามารถตรวจจับได้ภายในระยะเวลา 1 วินาที จะถูกบันทึกผลลัพธ์ว่าตรวจจับไม่ได้ ส่วนในกรณีที่ภาพใบหน้าปรากฏอยู่ในเฟรมภาพแล้วถูกบันทึกผลลัพธ์ว่าตรวจจับได้และผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้าไม่สามารถระบุชื่อของผู้ทดสอบได้อย่างถูกต้องการทดสอบครั้งนั้นจะถูกบันทึกผลลัพธ์เป็นจดจำไม่ได้ การกำหนดกรอบระยะเวลาดังกล่าวนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานของการตรวจจับใบหน้า โดยในแต่ละการทดลองจะกำหนดระยะห่างระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง 0.6 เมตร

## 4.1 ผลออกแบบและสร้างฐานข้อมูลตรวจสอบใบหน้าเพื่อใช้ในการลงเวลาทำงาน

ผลการสร้างฐานข้อมูลเพื่อใช้เก็บข้อมูลสำหรับระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงานจากโครงสร้างฐานข้อมูลที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งประกอบไปด้วย designation, last_attendance_time, name, starting_year และ total_attendance

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



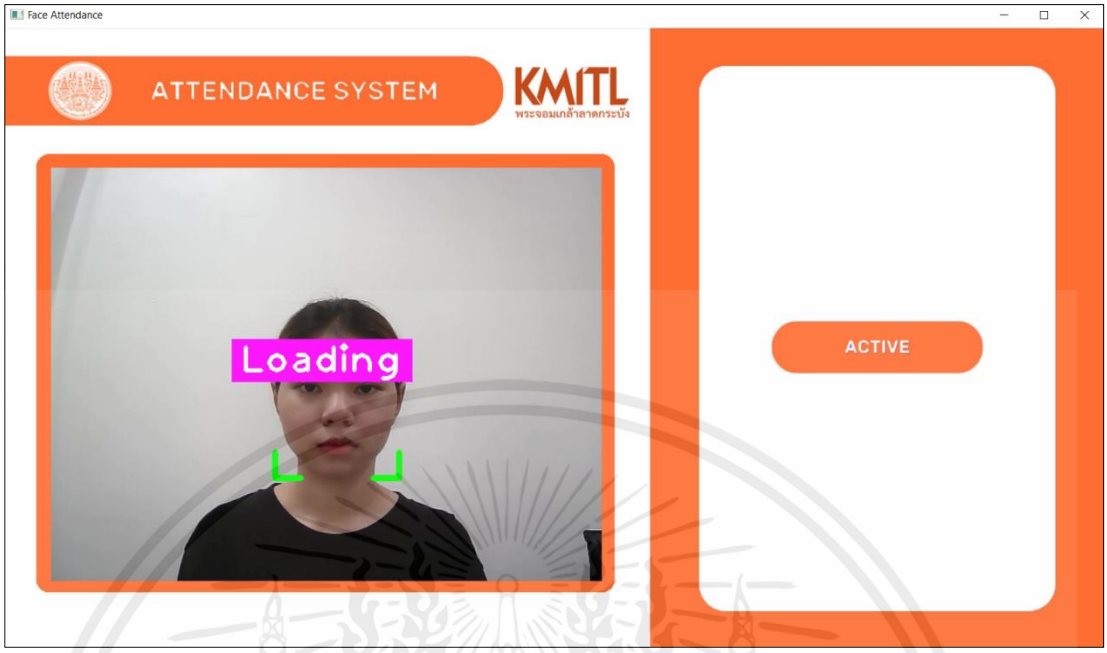

**รูปที่ 4.1** แสดงฐานข้อมูลพนักงานเมื่อรับเข้าจาก Firebase

## 4.2 ผลออกแบบส่วนติดต่อผู้ใช้งาน

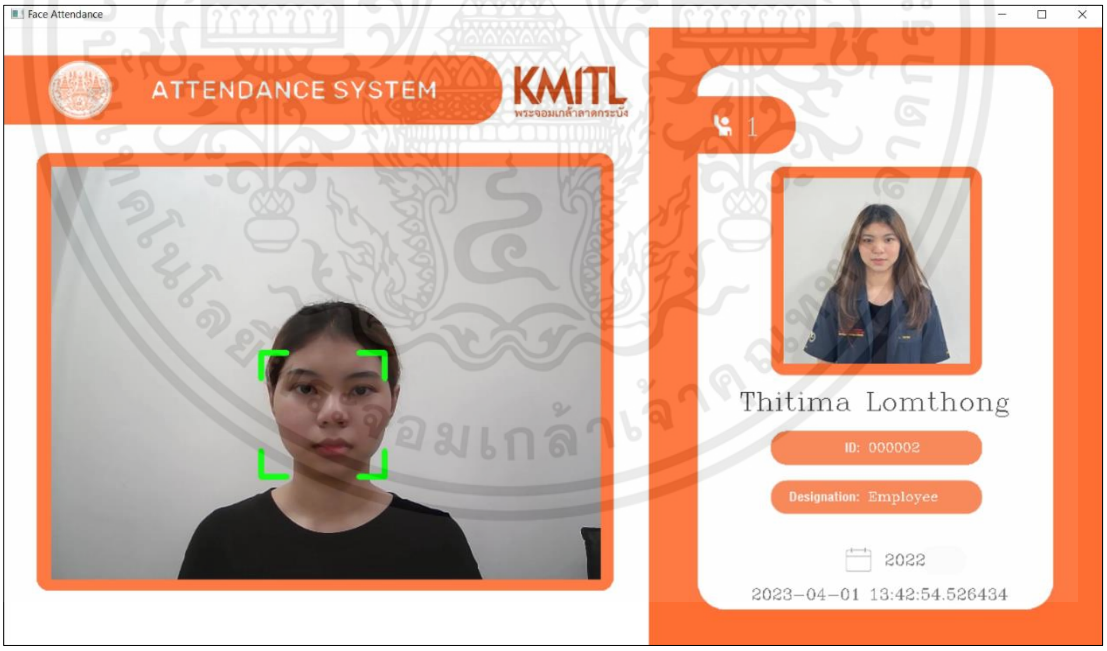
จากการออกแบบระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน ผู้จัดทำได้ทำการออกแบบหน้าจอแสดงผลเพื่อแสดงผลยืนยันของการระบุตัวตนหลังจากที่ได้ทำการสแกน เพื่อให้พนักงานสามารถเช็คความถูกต้องของผลระบุตัวตนได้

**รูปที่ 4.2** แสดงภาพหน้าจอแสดงผลขณะไม่มีผู้ใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

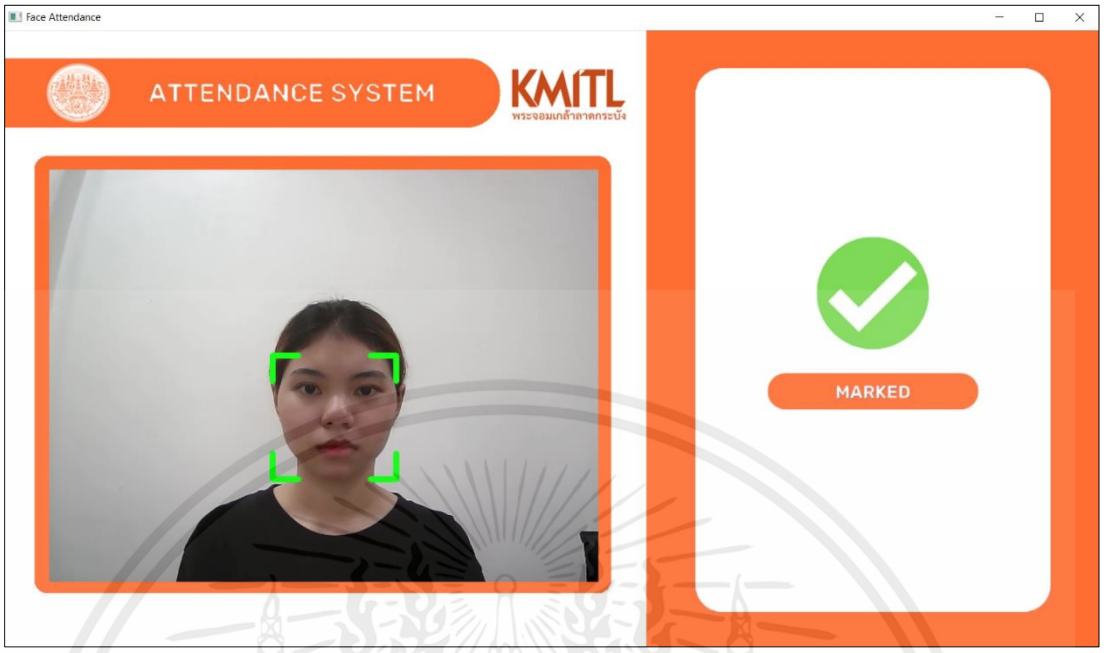



**รูปที่ 4.3** แสดงภาพหน้าจอแสดงผลขณะกำลังทำการตรวจสอบใบหน้า

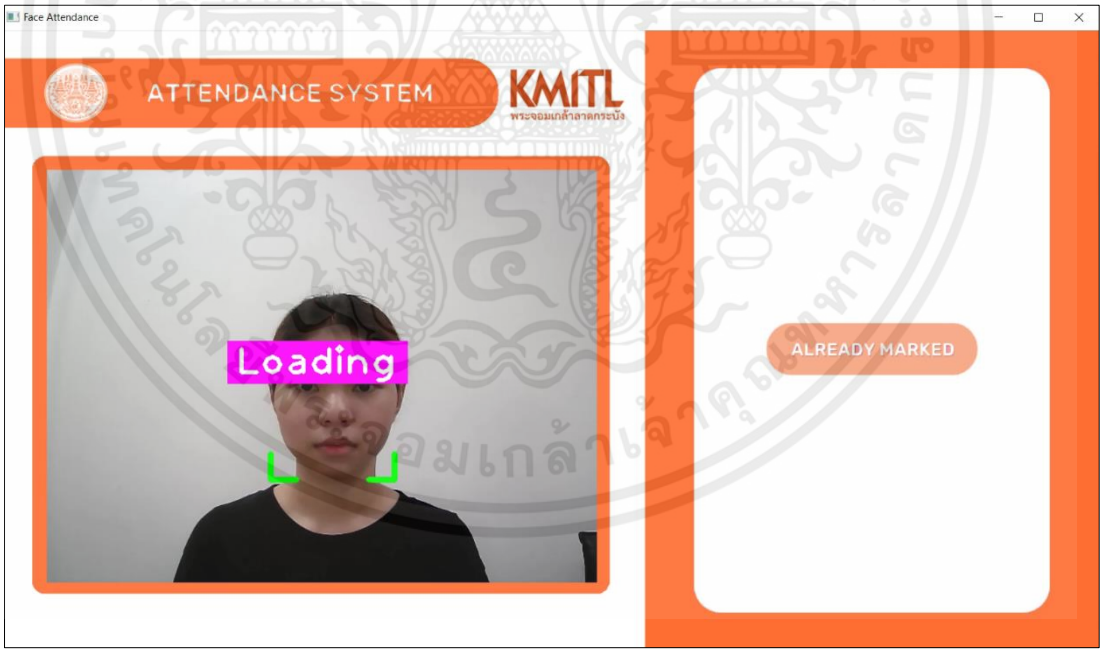



**รูปที่ 4.4** แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อสามารถระบุตัวพนักงานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

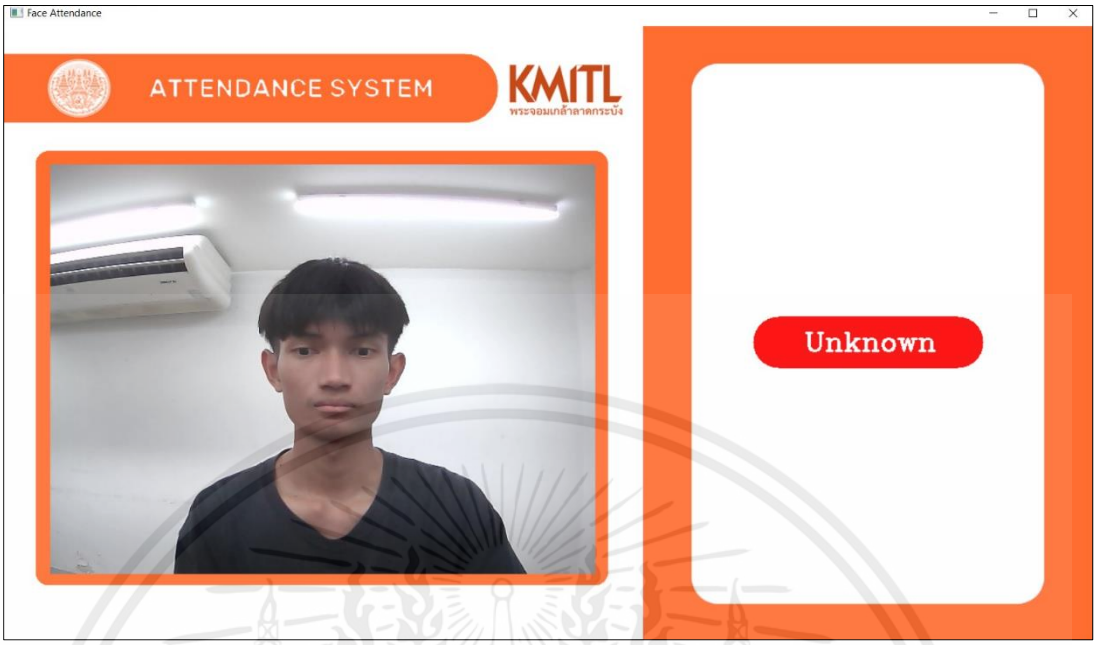



**รูปที่ 4.5** แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อบันทึกข้อมูลเรียบร้อยแล้ว




**รูปที่ 4.6** แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อพนักงานคนเดิมสแกนซ้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.7** แสดงภาพหน้าจอแสดงผลเมื่อบุคคลที่ไม่ได้อยู่ในฐานข้อมูลทำการสแกนใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.3 ผลการทดลองการหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง

การทดลองการหาระยะที่ใช้ในการทดสอบของการตรวจจับใบหน้า เป็นการกำหนดระยะการยืนเพื่อใช้เป็นจุดสำหรับทดสอบระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องโดยจะแบ่งระยะทดสอบออกเป็น 5 ระยะ คือ 0.3, 0.4, 0.5, 0.6 และ 0.7 เมตร ดังแสดงในตาราง

**ตารางที่ 4.1** แสดงผลการทดลองการหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง 1 คน จำนวน 5 ครั้ง

| ระยะทดสอบ (m) | เปอร์เซ็นต์ความคล้ายคลึง/ครั้งในการตรวจจับ (%) | | | | | ค่าเฉลี่ย (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | |
| 0.3 | 64.26 | 64.35 | 64.31 | 64.44 | 64.46 | 64.36 |
| 0.4 | 65.91 | 65.84 | 65.70 | 65.74 | 65.74 | 65.72 |
| 0.5 | 67.51 | 67.73 | 67.96 | 67.57 | 67.57 | 67.72 |
| 0.6 | 69.25 | 69.57 | 70.56 | 70.91 | 70.31 | 69.94 |
| 0.7 | 66.88 | 67.58 | 66.70 | 66.51 | 67.91 | 67.12 |

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์ของการทดลองการหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องโดยใช้บุคคล 1 คน ทำการทดลองจำนวน 5 ครั้ง พบว่าที่ระยะ 0.6 เมตร ค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำในการตรวจจับมีค่ามากที่สุด คือ 69.94% ดังนั้นระยะห่างที่ดีที่สุดในการกำหนดระยะห่างระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องคือ 0.6 เมตร

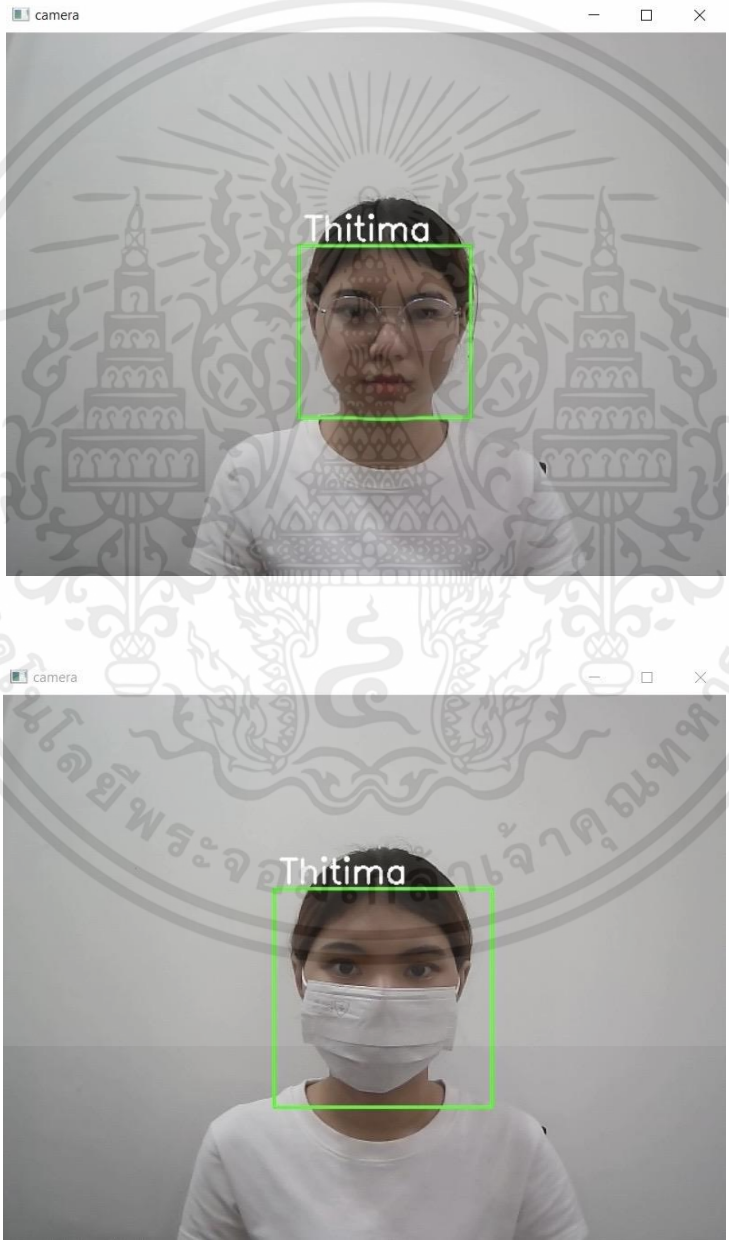
## 4.4 ผลการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับการปิดบังใบหน้า

หลังจากที่ได้ทำการทดลองหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องแล้ว ซึ่งได้รับผลการทดลองว่าระยะที่ควรกำหนดเป็นจุดยืนขณะทำการสแกนใบหน้าที่เหมาะสมที่สุดคือ 0.6 เมตร ซึ่งผู้จัดทำจะนำระยะนี้มาใช้กับการทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล โดยจะทำการทดลองด้วยปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 4.4.1 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกาย

การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกาย ประกอบไปด้วย การสวมใส่แว่นสายตา และหน้ากากอนามัย โดยเครื่องแต่งกายแต่ละชนิดถูกนำมาสวมใส่ทีละชนิดเพื่อทำการทดสอบ รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่สวมใส่เครื่องแต่งกาย โดยทดสอบบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10 คน คนละ 2 ครั้ง ทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ผลลัพธ์การทดลองแสดงในตารางที่ 4.2




**รูปที่ 4.8** แสดงผลการทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยการสวมใส่เครื่องแต่งกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.2** แสดงผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย

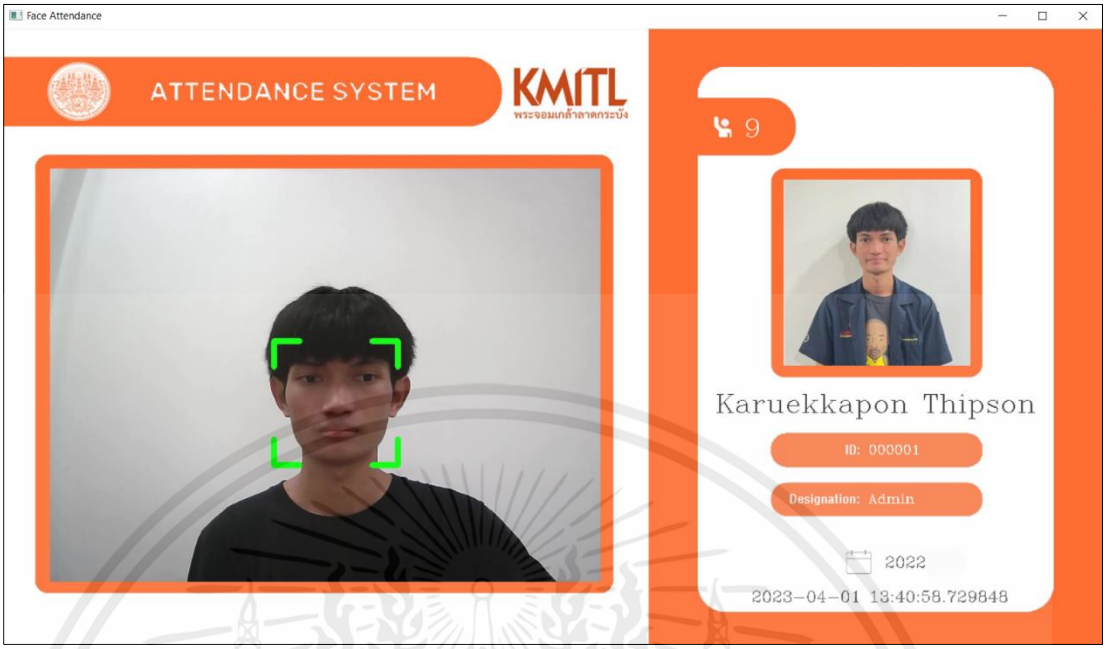
| การทดสอบครั้งที่ | แว่นสายตา | | หน้ากากอนามัย | |
|---|---|---|---|---|
| | ตรวจจับได้ | จดจำได้ | ตรวจจับได้ | จดจำได้ |
| 1 | 20 | 20 | 14 | 9 |
| 2 | 20 | 20 | 13 | 10 |
| 3 | 20 | 20 | 13 | 7 |
| 4 | 20 | 20 | 14 | 9 |
| 5 | 20 | 20 | 13 | 8 |
| รวม | 100 | 100 | 67 | 43 |
| ความผิดพลาด (%) | 0.00 | 0.00 | 33.00 | 35.82 |

จากตารางที่ 4.2 จะแสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยเครื่องแต่งกาย โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตา และหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 0.00% และ 33.00% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการจดจำใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตาและหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 0.00% และ 35.82% ตามลำดับ

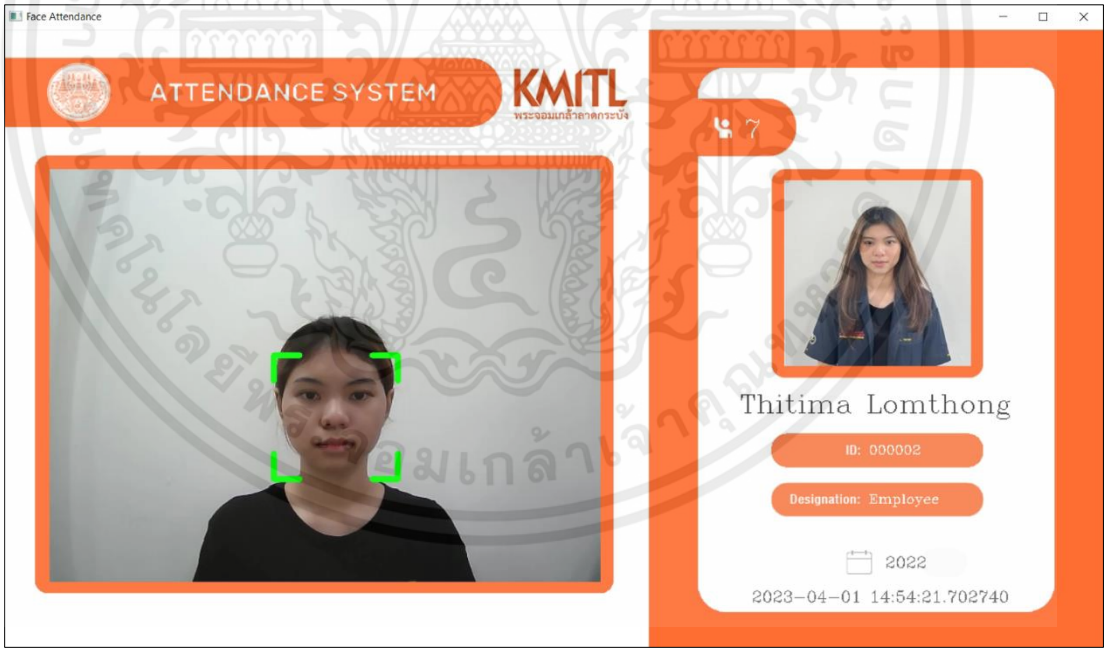
## 4.5 ผลทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าเพื่อลงเวลาทำงาน

การทดสอบระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงานของพนักงานบริษัท โดยจะทำการระบุตัวตนเพื่อลงเวลาโดยตรวจจับใบหน้าจากกล้องเว็บแคม จากนั้นให้แสดงข้อมูลบนหน้าจอแสดงผลเพื่อให้พนักงานสามารถสามารถตรวจสอบความถูกต้องของการระบุตัวตนสำหรับลงเวลาทำงาน ซึ่งใช้ข้อมูลใบหน้าและข้อมูลส่วนตัวที่ได้รับอนุญาตการใช้ข้อมูลจากผู้ให้การทดสอบทั้งหมด 50 คน แต่ละคนจะทำการทดสอบจำนวน 10 ครั้ง โดยมีเกณฑ์ที่กำหนดขึ้นได้แก่ การตรวจจับใบหน้า และการจดจำใบหน้า หากระบบสามารถค้นหาใบหน้าได้จะนำไปสู่การระบุตัวตนจากใบหน้า โดยมีการระบุตัวตนได้ถูกต้อง และระบุตัวตนไม่ถูกต้อง รูปที่ 4.8 และ 4.9 จะแสดงตัวอย่างของผลการตรวจสอบการระบุตัวตนของผู้ทดสอบรหัส 000001 และ 000002 ซึ่งผลการทดลองการระบุตัวตนจากใบหน้าของผู้ทดสอบเมื่อนำไปคิดเป็นร้อยละความถูกต้องของผลการระบุตัวตนถูกต้องกับการตรวจจับใบหน้าได้ ดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.9** แสดงตัวอย่างผลการตรวจสอบการระบุตัวตนของผู้ทดสอบรหัส 000001




**รูปที่ 4.10** แสดงตัวอย่างผลการตรวจสอบการระบุตัวตนของผู้ทดสอบรหัส 000002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**ตารางที่ 4.3** แสดงผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าเพื่อลงเวลาการทำงาน

| ลำดับ | รหัสพนักงาน | การตรวจจับใบหน้า | | การระบุตัวตนจากใบหน้า | | เปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (%) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ได้ | ไม่ได้ | ถูกต้อง | ไม่ถูกต้อง | |
| 1 | 000001 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 2 | 000002 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 3 | 000003 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 4 | 000004 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 5 | 000005 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 6 | 000006 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 7 | 000007 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 8 | 000008 | 10 | 0 | 8 | 2 | 80 |
| 9 | 000009 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 10 | 000010 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 11 | 000011 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 12 | 000012 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 13 | 000013 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 14 | 000014 | 10 | 0 | 9 | 1 | 90 |
| 15 | 000015 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 16 | 000016 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 17 | 000017 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 18 | 000018 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 19 | 000019 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 20 | 000020 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 21 | 000021 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 22 | 000022 | 10 | 0 | 8 | 2 | 80 |
| 23 | 000023 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 24 | 000024 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 25 | 000025 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 26 | 000026 | 10 | 0 | 8 | 2 | 80 |

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 27 | 000027 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 28 | 000028 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 29 | 000029 | 10 | 0 | 8 | 2 | 80 |
| 30 | 000030 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 31 | 000031 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 32 | 000032 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 33 | 000033 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 34 | 000034 | 10 | 0 | 9 | 1 | 90 |
| 35 | 000035 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 36 | 000036 | 10 | 0 | 7 | 3 | 70 |
| 37 | 000037 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 38 | 000038 | 10 | 0 | 8 | 2 | 80 |
| 39 | 000039 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 40 | 000040 | 10 | 0 | 7 | 3 | 70 |
| 41 | 000041 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 42 | 000042 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 43 | 000043 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 44 | 000044 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 45 | 000045 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 46 | 000046 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 47 | 000047 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 48 | 000048 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 49 | 000049 | 10 | 0 | 10 | 0 | 100 |
| 50 | 000050 | 10 | 0 | 9 | 1 | 90 |
| สรุปผล | | 500 | 0 | 481 | 19 | 96.20 |

จากตารางที่ 4.3 จะแสดงผลการทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้า จากการทดสอบบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 50 คน คนละ 10 ครั้ง รวม 500 ครั้ง จำนวนครั้งที่มีการตรวจจับใบหน้าได้ 500 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนในการทดสอบทั้งหมด การตรวจจับใบหน้าไม่ได้คิดเป็นร้อยละ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

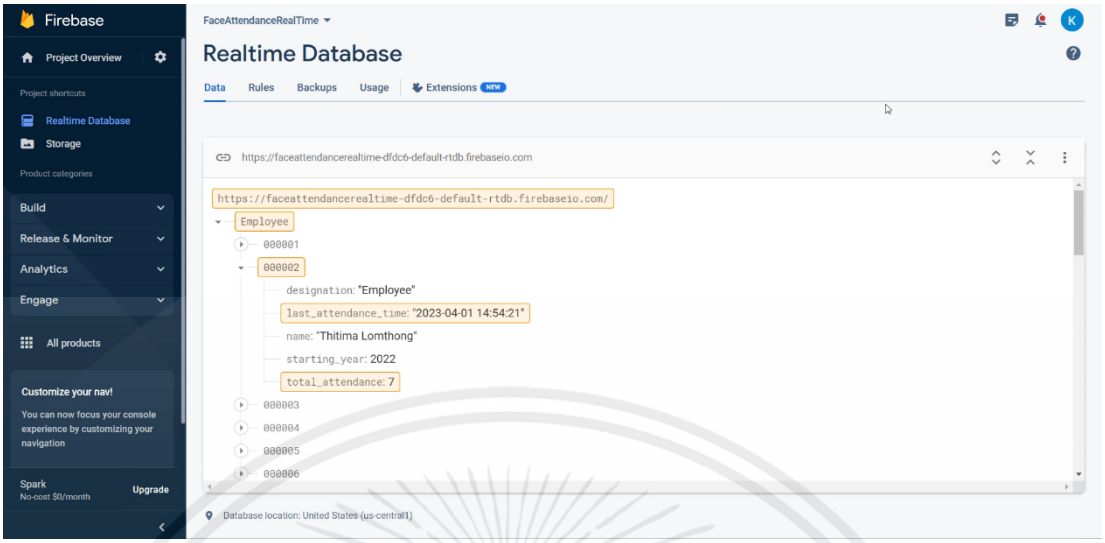
ของจำนวนในการทดสอบ และมีจำนวนการจดจำใบหน้าได้ 481 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 96.2 ของจำนวนในการทดสอบทั้งหมด ส่วนการระบุตัวตนจากใบหน้าไม่ได้คิดเป็นร้อยละ 3.8 ของจำนวนในการทดสอบ โดยผลลัพธ์ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของผลการระบุตัวตนกับการตรวจจับใบหน้าได้เท่ากับ 96.20 เปอร์เซ็นต์

## 4.6 ผลทดลองการอัพเดทเวลาลงทำงานในฐานข้อมูล

การทดสอบการอัพเดทเวลาลงทำงานในฐานข้อมูล หลังจากที่ระบบสามารถระบุตัวตนของพนักงานได้ถูกต้องจะทำการแสดงข้อมูลส่วนตัวและแสดงเวลาขณะทำการสแกนบนหน้าจอแสดงผล พร้อมกับส่งข้อมูลเวลาไปยังฐานข้อมูลเพื่อทำการอัพเดทและจากการทำการทดลองในส่วนของการอัพเดทเวลาลงฐานข้อมูลพบว่าสามารถอัพเดทเวลาสำหรับลงเวลาทำงานได้อย่างถูกต้อง

**รูปที่ 4.11** แสดงตัวอย่างผลการอัพเดทข้อมูลลงฐานข้อมูลของผู้ทดสอบรหัส 000001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




**รูปที่ 4.12** แสดงตัวอย่างผลการอัพเดทข้อมูลลงฐานข้อมูลของผู้ทดสอบรหัส 000002

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 5
# สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

ปริญญานิพนธ์นี้ได้ออกแบบระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงานของพนักงานบริษัท เพื่อช่วยลดเวลาและขั้นตอนในการลงชื่อเข้าทำงานของพนักงาน โดยผลการดำเดินงานสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

5.3 ข้อเสนอแนะ

## 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทำโครงงานเรื่องระบบจดจำใบหน้าเพื่อใช้สำหรับลงเวลาการทำงาน ซึ่งได้ทำการพัฒนาระบบจดจำใบหน้าและแสดงข้อมูลบุคคลเพื่อระบุตัวตนผ่านหน้าจอแสดงผล โดยใช้ภาษาไพทอนทำงานร่วมกับไลบารี่ OpenCV การทำงานของระบบจดจำใบหน้า จะทำการตรวจจับใบหน้าผ่านกล้องเว็บแคม เมื่อทำการตรวจจับใบหน้าที่ได้ทำการจดจำใบหน้าไว้แล้วจะแสดงเวลาที่ตรวจจับใบหน้าได้และระบุตัวตน เพื่อส่งข้อมูลการระบุตัวตนและเวลาที่ทำการตรวจจับไปยังฐานข้อมูลแบบเรียลไทม์

จากการทดลองการหาระยะระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง พบว่าระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับตรวจจับภาพใบหน้าได้แม่นยำมากที่สุดคือระยะ 0.6 เมตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 69.94% ระยะแม่นยำน้อยที่สุดคือระยะ 0.3 เมตร มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 64.36% ลำดับถัดมาทดสอบโปรแกรมเพื่อหาข้อจำกัดบางประการของการตรวจจับใบหน้าโดยการปิดบังใบหน้า ซึ่งถูกทดสอบด้วยการสวมใส่เครื่องแต่งกายดังนี้ การสวมใส่แว่นสายตา และหน้ากากอนามัย โดยเงื่อนไขคือสวมใส่เครื่องแต่งกายทีละชนิด โดยผลลัพธ์เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตา และหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 0.00% และ 33.00% ตามลำดับ และเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการจดจำใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตาและหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 0.00% และ 35.82% ตามลำดับผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับความเป็นจริงคือการสวมใส่หน้ากากอนามัยเมื่อคิดการปิดบังใบหน้าประมาณ 50% ของพื้นที่ใบหน้าทั้งหมด ความผิดพลาดดังกล่าวมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากมีการปิดบังใบหน้าสูงสุดนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดสอบระบบจดจำใบหน้าโดยการใช้คน 50 มาใช้งานระบบเป็นจำนวนคนละ 10 ครั้ง รวม 500 ครั้ง ได้ผลการทดสอบการตรวจจับใบหน้าของผู้ทดสอบ 500 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 100 ของจำนวนในการทดสอบทั้งหมด การตรวจจับใบไม่ได้คิดเป็นร้อยละ 0 ของจำนวนในการทดสอบ และมีจำนวนการจดจำใบหน้าได้ 481 ครั้ง คิดเป็นร้อยละ 96.2 ของจำนวนในการทดสอบทั้งหมด ส่วนการระบุตัวตนจากใบหน้าไม่ได้คิดเป็นร้อยละ 3.8 ของจำนวนในการทดสอบ โดยผลลัพธ์ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของผลการระบุตัวตนกับการตรวจจับใบหน้าได้เท่ากับ 96.20 เปอร์เซ็นต์ ในส่วนของหน้าจอแสดงผลสามารถสั่งการดึงข้อมูลจากฐานข้อมูลเพื่อส่งไปแสดงผลที่หน้าจอแสดงผลได้อย่างถูกต้องแม่นยำและสามารถส่งข้อมูลเวลาที่ทำการตรวจจับใบหน้าไปยังฐานข้อมูลของแต่ละบุคคลได้อย่างถูกต้อง

## 5.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

1) ผมบนศีรษะบริเวณหน้าผากและคิ้ว มีผลทำให้ประสิทธิภาพการตรวจจับภาพใบหน้าลดลง แก้ปัญหา โดยผู้ทดสอบต้องทำการเปิดผมบริเวณหน้าผากออกเพื่อให้กล้องสามารถจับใบหน้าได้

2) ในบางครั้งมีความผิดพลาดเกิดขึ้นจากการที่ผู้ทดสอบมีการขยับใบหน้ามากจนเกินไป โดยการใช้งานจะต้องนิ่งในระดับหนึ่ง

3) ผลลัพธ์ของระบบจดจำใบหน้ามีความแม่นยำลดลง ส่วนหนึ่งอาจเป็นผลมาจากสัญญาณรบกวน (noise) บนกล้องเว็บแคมซึ่งเกิดจากแสงจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์

4) ปัญหาการระบุบุคคลอาจเกิดความผิดพลาด เนื่องจากใบหน้าที่มีลักษณะคล้ายกันและจากภาพใบหน้าในอิริยาบถนั้นแตกต่างจากต้นแบบที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล ซึ่งการแก้ไขสามารถทำได้โดยการบันทึกภาพใบหน้าต้นแบบในอิริยาบถนั้น หลายๆ ภาพหรือหลายๆ ครั้ง

5) ระบบประมวลผลที่ใช้ในการทดสอบ มี GPU (Graphics Processing Unit) รองรับอัตราการประมวลผลภาพที่ต่ำ บางครั้งเกิดการสะดุดขณะที่มีการตรวจจับใบหน้า การเปลี่ยนการ์ดจอ หรือใช้ GPU เฉพาะที่มีอัตราการประมวลผลภาพที่สูงจึงเป็นสิ่งที่จำเป็น

## 5.3 ข้อเสนอแนะ

1) การใช้งานระบบตรวจจับและรู้จำใบหน้านั้น ภาพใบหน้าในอิริยาบถของผู้ใช้งานต้องตรงกับภาพที่เก็บไว้ในฐานข้อมูล และระหว่างการตรวจจับใบหน้านั้นต้องมีแสงสว่างเพียงพอ เพื่อประสิทธิภาพในการรู้จำใบหน้าที่สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) การใช้กล้องที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจะสามารถช่วยให้การตรวจจับมีความแม่นยำมากขึ้น

3) คอมพิวเตอร์ที่ใช้ควรเลือกใช้ GPU (Graphics Processing Unit) ที่มีอัตราประมวลผลภาพสูงอย่างน้อยไม่ต่ำกว่า 60 FPS: Frame Per Second เพื่อลดการหน่วงของเครื่องคอมพิวเตอร์ที่อาจเกิดขึ้นทำให้ผลของการตรวจจับภาพขาดหายระหว่างการใช้งานได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บรรณานุกรม


[1] M. H. Yang, D. J. Kriegman and N. Ahuja, “Detecting Faces in Images: A survey”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.24, No.1, pp. 34-58, 2002.

[2] G. Yang and T. S. Huang, “Human Face Detection in A Complex Back Ground”, Pattern Recognition, Vol.27, No.1, pp. 53-63, 1994.

[3] C. Kotropoulos and I. Pitas, “Rule-Based Face Detection in Frontal Views”, Proc. Int’l Conf. Acoustics, Speech and Signal Processing, Vol.4, pp. 2537-2540, 1997.

[4] K. C. Yow and R. Cipolla, “A Probabilistic Framework for Perceptual Grouping of Features for Human Face Detection”, Proc. Second Int’l Conf. Automatic Face and Gesture Recognition, pp. 16-21, 1996.

[5] B. Scassellati, “Eye Finding via Face Detection for a Foevated, Active Vision System”, Proc. 15th Nat’l Conf. Artificial Intelligence, 1998.

[6] K. K. Sung and T. Poggio, “Example-Based Learning for View-Based Human Face Detection”, IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol.20, No.1, pp. 39-51, 1998.

[7] P. Viola and M. Jones, “Rapid object detection using a Boosted cascade of simple features”, Proc. Int’l Conf. Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 1-9, 2001.

[8] P. Viola and M. Jones, “robust real-time face detection”, International Journal of Computer Vision, Vol.57, No.2, pp. 137-154, 2004.

[9] Dalal, N., and Triggs, B., “Histograms of Oriented Gradients for Human Detection”. 2005.

[10] Adam Geitgey, Machine Learning is Fun! Part 4: Modern Face Recognition with Deep Learning, 2016.

[11] Turk, M. and Alex, P., “Eigenfaces for Recognition”, Journal of cognitive neuroscience, pp. 71-86, 1991.


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

[12] Belhumeur P. N., João P. H. and David J. K., “Eigenfaces vs. Fisherfaces: Recognition using Class Specific Linear Projection”, IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence, pp. 711-720, 1997.

[13] Ahonen T., Abdenour H. and Matti P., “Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition”, IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, pp. 2037-2041, 2006.

[14] Arden Dertat, Applied Deep Learning, Part 4: “Convolutional Neural Networks", Nov 11, 2017. [Online] Available : https://bit.ly/2QCu72R

[15] Ujjwalkarn. (2016, August 11). An Intuitive Explanation of Convolutional Neural Networks
https://ujjwalkarn.me/2016/08/11/intuitiveexplanation-convnets/

[16] Suchart Kumanee, “Programming Expert with Python”, Bangkok, Thailand, 2019.

[17] Charles R. Severance, “Python for Everybody”, Ann Arbor, MI, USA, 2013.

[18] Gary Bradski and Adrian Kaehler, “Learning OpenCV”, O'Reilly Media, Sebastopol, California, USA, 2008.

[19] คณะรัฐศาสตร์, มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต, “ระบบฐานข้อมูลและการออกแบบฐานข้อมูลขั้นต้น”, 2557. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : http://www.polsci.tu.ac.th/nw_polsci/doc/temp/temp_qa2.pdf

[20] บริษัท โฟร์เอ็กซ์ตรีม จำกัด, “Firebase คืออะไร”, 2563. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://bit.ly/3HnCpVB

[21] Jirawatee, “รู้จัก Firebase Realtime Database ตั้งแต่ Zero จนเป็น Hero”, 2559. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา : https://bit.ly/2EC5yya

[22] Suwarno, & Kevin, “Analysis of Face Recognition Algorithm: Dlib and OpenCV”, Journal of Informatics and Telecommunication Engineering, 2020.

[23] เล่มปริญญานิพนธ์ เรื่อง ระบบจดจำใบหน้าและแสดงข้อมูลบุคคล

[24] เล่มปริญญานิพนธ์ เรื่อง การประยุกต์ใช้งานโอเพ่นซีวีไพธอนสำหรับการระบุตัวตน

[25] เล่มปริญญานิพนธ์ เรื่อง ระบบตรวจสอบรายชื่อการเข้าเรียนด้วยการสแกนใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้