

โครงการเลขที่ วศ.คพ. P804-2/2565

เรื่อง

ระบบการยืนยันตัวตนด้วยการใช้ภาพใบหน้าเพื่อเข้าสู่สถานที่ด้วยการใช้กล้องวิดีโอการเรียนรู้
ของเครื่องแบบต่อเนื่อง

โดย

นายนฤสรณ์ กันจินะ รหัส 620612153

โครงการนี้

เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปีการศึกษา 2565

PROJECT No. CPE P804-2/2565

**Facial authentication system for building access using adaptive machine
learning technique**

Naruson Kanchina 620612153

**A Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Bachelor of Engineering
Department of Computer Engineering
Faculty of Engineering
Chiang Mai University
2022**

หัวข้อโครงการ : ระบบการยืนยันตัวตนด้วยการใช้ภาพใบหน้าเพื่อเข้าสู่สถานที่ด้วยการใช้กล้องวิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบต่อเนื่อง
: Facial authentication system for building access using adaptive machine learning technique

โดย : นายนฤศรัณ กันจินะ รหัส 620612153

ภาควิชา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. ภานุสรา แซ่บประเสริฐ

ปริญญา : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

สาขา : วิศวกรรมคอมพิวเตอร์

ปีการศึกษา : 2565

ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ได้อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (สาขาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์)

..... หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
(รศ.ดร. สันติ พิทักษ์กิจนุกร)

คณะกรรมการสอบโครงการ

..... ประธานกรรมการ
(ผศ.ดร. ภานุสรา แซ่บประเสริฐ)

..... กรรมการ
(ผศ.ดร. กำพล วรดิษฐ์)

..... กรรมการ
(อ.ดร. ณัฐนันท์ พรมสุข)

หัวข้อโครงการ	: ระบบการยืนยันตัวตนด้วยการใช้ภาพใบหน้าเพื่อเข้าสู่สถานที่ด้วยการใช้กล้องวิธีการเรียนรู้ของเครื่องแบบต่อเนื่อง
	: Facial authentication system for building access using adaptive machine learning technique
โดย	: นายนฤศรณ์ กันจินะ รหัส 620612153
ภาควิชา	: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	: ผศ.ดร. ภานุสกร แซ่บประเสริฐ
ปริญญา	: วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขา	: วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
ปีการศึกษา	: 2565

บทคัดย่อ

เจียนบทคัดย่อของโครงการที่นี่

การเขียนรายงานเป็นส่วนหนึ่งของการทำโครงการวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ เพื่อทบทวนทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง อธิบายขั้นตอนวิธีแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม และวิเคราะห์และสรุปผลการทดลองอุปกรณ์ และระบบต่าง ๆ อย่างไร ก็ได้ การสร้างรูปเล่ารายงานให้ถูกต้องและน่าสนใจ เป็นขั้นตอนที่ยุ่งยาก แม้ว่าจะมีต้นแบบสำหรับใช้ในโปรแกรม Microsoft Word แล้วก็ตาม แต่นักศึกษาส่วนใหญ่ยังคงค้นพบว่าการใช้งานมีความซับซ้อน และเกิดความผิดพลาดในการจัดรูปแบบ กำหนดเลขหัวข้อ และสร้างสารบัญอยู่ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์จึงได้จัดทำต้นแบบรูปเล่ารายงานโดยใช้ระบบจัดเตรียมเอกสาร \LaTeX เพื่อช่วยให้นักศึกษาเขียนรายงานได้อย่างสะดวกและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

Project Title : Facial authentication system for building access using adaptive machine learning technique

Name : Naruson Kanchina 620612153

Department : Computer Engineering

Project Advisor : Asst. Prof. Paskorn Champrasert, Ph.D.

Degree : Bachelor of Engineering

Program : Computer Engineering

Academic Year : 2022

ABSTRACT

The abstract would be placed here. It usually does not exceed 350 words long (not counting the heading), and must not take up more than one (1) page (even if fewer than 350 words long).

Make sure your abstract sits inside the `abstract` environment.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้จะไม่สำเร็จลุล่วงลงได้ ถ้าไม่ได้รับความกรุณาจาก ผศ.ดร.ภาสกร แข่นประเสริฐ ออาจารย์ที่ปรึกษา ที่ได้สละเวลาให้ความช่วยเหลือทั้งให้คำแนะนำ ให้ความรู้และแนวคิดต่าง ๆ รวมถึง อ.ดร. ณัฐนันท์ พรหมสุข และ ผศ.ดร.กำพล วรดิษฐ์ ที่ให้คำปรึกษาจนทำให้โครงการเล่มนี้เสร็จ สมบูรณ์ไปได้

ขอบคุณห้องวิจัย OASYS ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำโครงการ สนับสนุนอุปกรณ์ต่าง ๆ และ ขอบคุณ นาย กมลพัฒน์ สุนทรพงษ์ ที่ เคยให้ความช่วยเหลือในการทำโครงการมาโดยตลอด

ขอบคุณทาง ITSC ที่ได้ให้ใช้เซิร์ฟเวอร์ และขอบคุณเพื่อน ๆ ที่ให้กำลังใจรวมถึงคำแนะนำที่ดีตลอด การทำโครงการที่ผ่านมา รวมทั้งขอขอบพระคุณอีกหลาย ๆ ท่านที่ไม่ได้เอียนามมา ณ ที่นี่ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือตลอดมา หากหนังสือโครงการเล่มนี้มีข้อผิดพลาดประการใด กระผมขอน้อมรับด้วยความยินดี

นายณัฐรัตน์ กันจินะ

12 ธันวาคม 2565

สารบัญ

บทคัดย่อ	๑
Abstract	๑
กิตติกรรมประกาศ	๑
สารบัญ	๑
สารบัญรูป	๑
สารบัญตาราง	๑
1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.3 ขอบเขตของโครงการ	1
1.3.1 ขอบเขตด้านhardtแวร์	1
1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์	2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ	2
1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้	2
1.5.1 เทคโนโลยีด้านhardtแวร์	2
1.5.2 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์	2
1.6 แผนการดำเนินงาน	3
1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ	5
1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม	5
2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1 MediaPipe Holistic	6
2.2 RESTful API	6
2.3 Image Processing	7
2.3.1 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement and Restoration)	7
2.3.2 การบีบอัดข้อมูลภาพ (Image compression)	7
2.4 การส่งข้อมูลโดยใช้โปรโตคอลอเขซทีพี (HyperText Transfer Protocol: HTTP)	8
2.5 Raspberry Pi	8
2.6 Opensource Computer Vision (OpenCV)	9
2.7 Deep Learning	9
2.8 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User Interface: GUI)	10
2.9 Tkinter	10
2.10 OpenFace (Open-source Face Recognition)	11
2.11 ความรู้ตามหลักสูตรชีวถุกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ	12
2.11.1 Logic and Digital Circuits และ Microprocessor and Interfacing	12
2.11.2 Digital Image Processing	12
2.11.3 Deep Learning	12
2.11.4 CPE Lab	12
2.12 ความรู้นอกหลักสูตรชีวถุกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ	12
3 โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน	13
3.1 ภาพรวมโครงสร้างและการทำงานของระบบ	13
3.1.1 โมดูลกล้อง (Camera Module)	14
3.1.2 การส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์	14

3.1.3 การแสดงผลการระบุตัวตน	14
3.1.4 เซิร์ฟเวอร์ (Server)	15
3.1.5 การระบุตัวตน	15
3.1.6 การจัดเก็บรูปภาพใบหน้า	16
3.1.7 การเรียนรู้รูปภาพ	16
3.1.8 การตรวจสอบรหัสระบุตัวตน	17
4 การทดลองและผลลัพธ์	18
4.1 ความแม่นยำของการตรวจจับใบหน้า	18
4.2 ความแม่นยำของการระบุตัวตนด้วยใบหน้าในแต่ละวัน	19
4.3 เวลาในการประมวลผลรูปภาพใบหน้า	19
4.4 ความพึงพอใจของการทดลอง	20
5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ	21
5.1 สรุปผล	21
5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข	21
5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ	21
บรรณานุกรม	22
ก อุปกรณ์ต้นแบบและการแสดงผลบนหน้าจอ	24
ก.1 รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับภาพใบหน้าและรับคำสั่งยืนยัน	24
ก.2 รูปภาพการแสดงผลบนหน้าจอ	26
ข คู่มือการใช้งานระบบ	27
ข.1 คู่มือการติดตั้งโปรแกรมเพื่อตรวจจับใบหน้าบน Raspberry Pi	27
ข.1.1 คู่มือการติดตั้ง OpenCV บน Raspberry Pi	27
ข.1.2 คู่มือการติดตั้ง TensorFlow lite บน Raspberry Pi	27
ข.1.3 คู่มือการติดตั้ง Mediapipe library บน Raspberry Pi	27
ข.1.4 คู่มือการติดตั้ง Tkinter library บน Raspberry Pi	28
ข.2 คู่มือการติดตั้งโปรแกรมเพื่อระบบตัวตนบน Server	28
ข.2.1 คู่มือการติดตั้ง Python บน Windows	28
ข.2.2 คู่มือการติดตั้ง Flask framework	28
ข.2.3 คู่มือการติดตั้ง OpenCV บน Windows	28
ข.2.4 คู่มือการติดตั้ง Scikit learn บน Windows	28
ข.3 คู่มือการใช้งานการตรวจจับใบหน้า	29
ข.4 คู่มือการใช้งานการระบุตัวตนด้วยใบหน้า	29
ประวัติผู้เขียน	31

สารบัญรูป

2.1	ผังการทำงานของ RESTful API	7
2.2	ความแตกต่างของการบีบอัดข้อมูล	8
2.3	โปรโตคอล HTTP	8
2.4	โครงสร้าง Deep Learning	9
2.5	Deep Learning ที่มีหลาย Hidden layer	10
2.6	การทำงานของ OpenFace	12
3.1	ภาพรวมของระบบ	13
3.2	ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในมอดูลกล้อง (Camera Module)	14
3.3	แสดงผลลัพธ์การระบุตัวตน	15
3.4	แผนภาพแสดงการจัดเก็บรูปภาพใบหน้า	16
3.5	แสดงผลลัพธ์การกรองรหัส เมื่อผลลัพธ์ถูกต้อง	17
3.6	แสดงผลลัพธ์การกรองรหัส เมื่อผลลัพธ์ไม่ถูกต้อง	17
4.1	กราฟแสดงความแม่นยำของการตรวจจับใบหน้า	18
4.2	กราฟแสดงความแม่นยำของการระบุตัวตนในแต่ละวัน	19
4.3	กราฟแสดงเวลาในการประมวลผลของระบบในแต่ละวัน	20
4.4	กราฟแสดงความพึงพอใจของผู้ทดลอง	20
ก.1	อุปกรณ์ตรวจจับใบหน้า และแสดงผลและรับผล	24
ก.2	กล้องที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าบุคคล	24
ก.3	ปุ่มกดให้ค้นหาความถูกต้อง	25
ก.4	ภายในมอดูลการตรวจจับใบหน้า และแสดงผล	25
ก.5	การเชื่อมต่อ Raspberry Pi	25
ก.6	หน้า GUI เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน	26
ก.7	หน้า GUI เมื่อผลลัพธ์การระบุตัวตนผิด	26
ข.1	หน้า GUI เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน	29
ข.2	หน้า Terminal เมื่อโปรแกรมระบุตัวตนด้วยใบหน้าเริ่มทำงาน	30

ສາරບໍ່ຢູ່ທາງ

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

การยืนยันตัวตนในการเข้าสถานที่หลายรูปแบบ เช่น การแสดงลายนิ้วมือ การใช้บัตรประจำตัว การระบุเอกสารลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุ (Radio Frequency Identification: RFID) และอื่น ๆ อีกมาก many ในปัจจุบัน มีสถานการณ์โควิด-19 ยังมีการแพร่ระบาด ทำให้ผู้คนไม่สามารถพบปะระหว่างพนักงานต้อนรับกับผู้ที่เข้าสถานที่ ทำให้การยืนยันตัวตนในการเข้าสถานที่โดยใช้รูปถ่ายใบหน้าจะช่วยลดการแพร่ระบาดของเชื้อโรค และมีความสะดวกในการใช้งานไม่ต่างกับการยืนยันตัวตนแบบอื่น อีกทั้ง เมื่อใบหน้าของบุคคลมีการเปลี่ยนแปลงตลอดในทุกวัน เช่น มีหนวด ไม่มีหนวด ผอมสัน ผอมยาว ใส่เสื้อ ไม่ใส่เสื้อ เป็นต้น มีผลทำให้การระบุตัวตนด้วยการใช้ภาพใบหน้าจะเกิดความผิดพลาด เกิดเป็นที่มาของการนำรูปภาพใบหน้าที่ได้รับเข้ามาใหม่ ในแต่ละครั้งของการระบุตัวตนนั้น ไปทำการเรียนรู้ใบหน้าใหม่ ทำให้ระบบสามารถจดจำภาพใบหน้าใหม่ที่มีการเปลี่ยนแปลง และความแม่นยำในการระบุตัวตนจะสูงขึ้นเมื่อมีจำนวนรูปภาพใบหน้าที่เก็บไว้มากขึ้น และหลายครั้งของการระบุตัวตนนี้ ไปทำการเรียนรู้ใบหน้าใหม่ ทำให้ระบบสามารถจดจำภาพใบหน้าใหม่ที่มีความแม่นยำที่ต่ำกว่าค่าที่กำหนดก็จะมีการใช้รหัสในการระบุตัวตน เพื่อเข้ามาช่วยในการยืนยันตัวตนให้มีความปลอดภัยมากยิ่งขึ้น

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- เพื่อพัฒนาระบบตรวจจับใบหน้านุษย์ให้มีความแม่นยำที่สูง
- เพื่อให้ระบบมีความเหมาะสมของอุปกรณ์ที่ติดตั้ง
- เพื่อให้ระบบสามารถนำไปใช้งานได้จริง

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โดยระบบตรวจจับใบหน้าจะทำการติดตั้งหน้าทางเข้าห้องกลุ่มวิจัยทฤษฎีและการประยุกต์ใช้การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในระบบทางวิศวกรรม (OASYS Research Group Optimization Theory and Applications for Engineering SYStems Research Group: OASYS) และปรับให้มีความแม่นยำมากที่สุดให้ยังคงความพึงพอใจของผู้ใช้งานได้

1.3.1 ขอบเขตด้านฮาร์ดแวร์

- ระบบจะสามารถค้นหาใบหน้าได้จะต้องมีพื้นที่ที่มีแสงสว่างเพียงพอ
- พื้นที่ที่ทำการติดตั้งต้องมีสัญญาณอินเทอร์เน็ตทั้งไร้สายหรือผ่านสายแลน (ข่ายงานบริเวณเฉพาะที่)

3. พื้นที่ที่ทำการติดตั้งต้องไม่มีผู้คนพลุกพล่าน
4. โปรแกรมการเรียนรู้ของเครื่องที่ไม่เกินกำลังด้านฮาร์ดแวร์ของเซิร์ฟเวอร์ที่ใช้เรียนรู้แบบจำลอง (model)

1.3.2 ขอบเขตด้านซอฟต์แวร์

1. สามารถจัดเก็บข้อมูลและรูปภาพใบหน้าได้
2. สามารถที่จะเรียนรู้รูปภาพใหม่ ที่เข้ามายัดเก็บได้
3. ระบบใช้เวลาในการตรวจจับใบหน้า ส่งภาพไปยังเซิร์ฟเวอร์ ระบุตัวตน และส่งผลลัพธ์กลับมาแสดงจะให้เวลาไม่เกิน 20 วินาที

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับ

1. ผู้ที่เข้าสู่สถานที่ล็อกความเสี่ยงที่จะได้รับเชื่อโรค
2. ระบบสามารถที่จะระบุตัวตนในเวลาที่น้อย ทำให้ยังคงความสะดวกในการเข้าสู่สถานที่ได้ไม่ต่างจาก การเข้าสู่สถานที่รูปแบบอื่น ๆ
3. ระบบสามารถส่งต่อสัญญาณหรือข้อมูลไปยังส่วนอื่น ๆ ได้ เช่น บอกทางไปห้องทำงาน เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ในห้องทำงาน บอกตารางงานของบุคคลนั้น และจดจำเวลาเข้างานหรือออกงาน เป็นต้น

1.5 เทคโนโลยีและเครื่องมือที่ใช้

1.5.1 เทคโนโลยีด้านฮาร์ดแวร์

1. คอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก (Raspberry Pi 4 Model B)
2. กล้องเว็บแคมส์ที่ใช้การเชื่อมต่อผ่านช่องยูเอสบี (บัสคอมพิวเตอร์) (webcam)
3. จอภาพ (monitor)
4. แป้นแป้นอักษร (keyboard)
5. เครื่องบริการ (server)

1.5.2 เทคโนโลยีด้านซอฟต์แวร์

1. Python : ภาษาที่ใช้ในการค้นหาภาพใบหน้าบุคคล การส่งรูปภาพใบหน้า การทำเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับรับรูปภาพ
2. OpenCV : ไลบรารี (Library) ใช้ในการค้นหาใบหน้าบุคคลแบบเรียลไทม์ และใช้ในการระบุตัวตน
3. TensorFlow : ไลบรารี (Library) สำหรับการเรียนรู้รูปภาพใบหน้าอุปกรณ์เป็นโมเดลโดยสามารถใช้งานได้ดีกับภาษา Python
4. Tkinter : ไลบรารี (Library) สำหรับการพัฒนา (Graphical User Interface: GUI) ที่ใช้ภาษา Python

5. Open Face : โมเดลที่ใช้ในการระบุต้นหน้าบุคคล
6. MediaPipe : ไลบรารี (Library) ของ (Machine Learning: ML) หรือ (Deep Learning: DL) ที่พัฒนาโดย Google ใช้ในการตรวจจับใบหน้าบุคคล
7. Flask Framework : เป็นโครงสร้างของ Restful API ที่ใช้ในการทำเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่รับรูปภาพโดยเป็นภาษาไพธอน (Python) ทำให้สามารถเรียกใช้งาน OpenCV หรือ TensorFlow เมื่อรับรูปภาพสำเร็จและส่งผลลัพธ์
8. Rest API : ใช้ในการสร้างเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับรับรูปภาพบนเซิร์ฟเวอร์
9. Application Programming Interface : ใช้ในการส่งรูปภาพผ่านเอชทีทีพี (HyperText Transfer Protocol: HTTP)
10. Virtual Studio Code : ใช้ในการพัฒนาการค้นหาใบหน้าแบบเรียลไทม์และทำเว็บเซิร์ฟเวอร์สำหรับรับรูปภาพ

1.6 แผนการดำเนินงาน

ขั้นตอน การดำเนินงาน	บ.ค. 2564	ม.ค. 2565	ก.พ. 2565	มี.ค. 2565	เม.ย. 2565	พ.ค. 2565	มิ.ย. 2565	ก.ค. 2565	ส.ค. 2565	ก.ย. 2565	ต.ค. 2565	พ.ย. 2565	ธ.ค. 2565	ม.ค. 2566	ก.พ. 2566	มี.ค. 2566
ศึกษา และ การตรวจ จับ ใบหน้า และ การ ทำงาน บน raspbian os และการบีบอัดไฟล์ รูปภาพ																
ศึกษา และทดลอง การ ส่ง รูปภาพ ผ่าน RESTful API และ Python Flask framework และเทคนิค การปรับรูปภาพ																

ขั้น ตอน การ ดำเนินงาน	ธ.ค. 2564	ม.ค. 2565	ก.พ. 2565	มี.ค. 2565	เม.ย. 2565	พ.ค. 2565	มิ.ย. 2565	ก.ค. 2565	ส.ค. 2565	ก.ย. 2565	ต.ค. 2565	พ.ย. 2565	ธ.ค. 2566	ก.พ. 2566	มี.ค. 2566
ศึกษา และทดลอง การ ทำงาน ของ DNN และ การ เรียนรู้ภาพใบหน้า บุคคล หรือ Train model															
เก็บ ข้อมูล รูปภาพ ใบหน้า ผู้ใช้งาน ห้องวิจัย OASYS และ ออกรูปแบบ ให้ ระบบ สามารถ ตรวจจับใบหน้าได้ ดีขึ้น และส่งภาพ ใบหน้าเร็วขึ้น															
ติดตั้ง และทดสอบ ระบบ และออกแบบ- แบบ และ พัฒนา โมเดล การ เรียนรู้ ภาพใบหน้าบุคคล บนเซิร์ฟเวอร์ และ การส่งผลลัพธ์															
ออกแบบ และ พัฒนา GUI ตอบ รับ ผลลัพธ์ ส่ง ผลลัพธ์ ไป ยัง เซิร์ฟเวอร์ และ เซิร์ฟเวอร์ จัดการ กับผลลัพธ์ที่ได้รับ ^{กลับมา}															

ขั้น ตอน การ ดำเนินงาน	ธ.ค. 2564	ม.ค. 2565	ก.พ. 2565	มี.ค. 2565	เม.ย. 2565	พ.ค. 2565	มิ.ย. 2565	ก.ค. 2565	ส.ค. 2565	ก.ย. 2565	ต.ค. 2565	พ.ย. 2565	ธ.ค. 2566	ก.พ. 2566	มี.ค. 2566
ทดสอบ ทั้ง ระบบ ปรับปรุง ระบบ และ ปรับ แต่ง ระบบให้มีประสิทธิภาพขึ้น															
เขียน รายงาน สรุป ผลการทำงาน															

1.7 บทบาทและความรับผิดชอบ

รับผิดชอบทุกส่วนของโครงการนี้ โดยที่ต้องใช้ความรู้ด้าน Computer vision, Web service, Storage, Rest API, Machine Learning และพัฒนาการเรียนรู้รูปภาพใบหน้า

1.8 ผลกระทบด้านสังคม สุขภาพ ความปลอดภัย กฎหมาย และวัฒนธรรม

สามารถช่วยลดการแพร่ระบาดของเชื้อโควิด-19 ของพนักงานในสถานที่ มีการเก็บรูปภาพบุคคลที่เข้าสถานที่ โดยเมื่อมีเหตุการณ์ก่อการร้ายที่บันทึกมาใช้เป็นหลักฐานได้โดยรูปภาพใบหน้านั้นจะไม่อนุญาตให้ผู้อื่นนำไปใช้ได้ จะสามารถใช้ได้ต่อเมื่อมีการขออนุญาตเรียบร้อยซึ่งจะไม่ขัดกับกฎหมาย รูปภาพที่ส่งไปให้เชิร์ฟเวอร์นั้นมี การเข้ารหัสเพื่อป้องกันการโจกรรมได้ เมื่อยืนยันตัวตนสำเร็จก็สามารถนำข้อมูลหรือสัญญาไปยังระบบอื่น ๆ ได้ เช่นระบบบันทึกการเข้างาน ระบบบอกทางไปยังห้องทำงาน เป็นต้น ทำให้เป็นอีกช่องทางในการยืนยัน ตัวตนเพื่อเข้าสู่สถานที่

บทที่ 2

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทำโครงการ เริ่มต้นด้วยการศึกษาค้นคว้า ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง หรือ งานวิจัย/โครงการ ที่เคยมีผู้นำเสนอไว้ แล้ว ซึ่งเนื้อหาในบทนี้ก็จะเกี่ยวกับการอธิบายถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับโครงการ เพื่อให้ผู้อ่านเข้าใจเนื้อหาในบท ถัดไปได้ง่ายขึ้น เนื้อหาในบทนี้จะแบ่งออกเป็นดังนี้

2.1 MediaPipe Holistic

อัลกอริทึมในการตรวจจับการเคลื่อนไหวของท่าทาง ใบหน้า และมือได้แบบเรียลไทม์ และสามารถที่จะรองรับอุปกรณ์ ทำให้เป็นวิธีการตรวจจับใบหน้าที่มีประสิทธิภาพ จุดเด่นหลักของ MediaPipe คือความรวดเร็วของการประมวลผลรูปภาพแบบเรียลไทม์ ซึ่งการใช้งานส่วนใหญ่นิยมใช้กับ OpenCV ที่ใช้ภาษาไพธอน (Python) [7] โดยแอปพลิเคชันที่ MediaPipe สามารถทำได้มีดังนี้

1. การตรวจจับใบหน้า
2. การตรวจจับท่วงท่า
3. การตรวจจับสิ่งของ
4. การตรวจจับเส้นผมบนหัว
5. การตรวจจับท่าทางของมือ

ซึ่งในโครงการนี้เลือกที่จะเอาการตรวจจับใบหน้ามาใช้งาน

2.2 RESTful API

เป็นแนวทางในการสร้างเว็บเซอร์วิส (Web Service) โดยเรียกใช้ผ่านทางเมธอด GET POST PUT และ DELETE โดย RESTful จะอยู่บนพื้นฐานของเกณฑ์วิธีขึ้นส่งข้อความหลายมิติ (Hypertext Transfer Protocol: HTTP) โดยผู้รับบริการ (Client) จะส่ง คำขอ (Request) ไปยังรหัสสีบดันข้อมูลซึ่งระบุแหล่งที่อยู่ของทรัพยากรที่ต้องการ (Uniform Resource Locator: URI) ที่กำหนด และรับ Response กลับมาเป็น Payload ในรูปแบบของ (HyperText Markup Language: HTML), (Document Markup Language: XML), (JavaScript Object Notation: JSON) หรือรูปแบบ (format) อื่น ๆ [6] ซึ่งในโครงการนี้จะใช้ Payload แบบ JSON โดย RESTful API จะประกอบไปด้วย

- Client - ผู้ที่เข้ามาเป็น Request resource
- Server - ผู้ที่ให้บริการ Resource



รูปที่ 2.1: ผังการทำงานของ RESTful API

2.3 Image Processing

เป็นกระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพให้เป็นข้อมูลในแบบดิจิทัล โดยใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการทั้งในเชิงคุณภาพและปริมาณ (ขนาด รูปร่าง) [3] โดยกระบวนการจัดการและวิเคราะห์รูปภาพที่ใช้ในโครงงานนี้ มีดังนี้

2.3.1 การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image Enhancement and Restoration)

การปรับปรุงคุณภาพของภาพเป็นการปรับปรุงหรือซ่อมแซมให้ข้อมูลภาพที่มีอยู่นั้นมี คุณภาพดีขึ้น เช่น ภาพที่ได้มาอาจมีความคมชัด (Contrast) น้อยหรือเบลอ ไม่คมชัด เราสามารถปรับภาพให้คมชัดได้ด้วยเทคนิค เช่น การปรับค่าความคมชัด (Contrast Enhancement) หรือการปรับเน้นเส้นขอบภาพ (Edge Enhancement) หรือในกรณีที่ภาพที่มี อยู่มีความไม่สมบูรณ์ เช่น มีสัญญาณรบกวน (Noise) เราสามารถใช้เทคนิค การกรองสัญญาณภาพ (Image Filtering) เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนได้

2.3.2 การบีบอัดข้อมูลภาพ (Image compression)

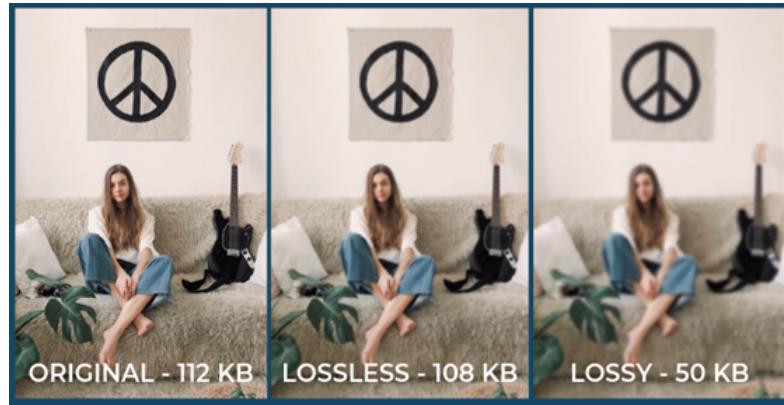
1. การบีบอัดแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดข้อมูล (Lossless compression)

ค่าความสว่างของแต่ละจุดภาพจะยังคงอยู่เหมือนเดิมทุกประการ หรือไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของแต่ละจุดภาพ ซึ่งการบีบอัดวิธีนี้จะอาศัยเทคนิคการจัดเก็บข้อมูลเชิงเลขในการลดขนาดของข้อมูล

2. การบีบอัดแบบสูญเสียรายละเอียดข้อมูล (Lossy compression)

วิธีการนี้จะมีการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างของจุดภาพนั้นหมายความว่า วิธีการนี้ไม่เหมาะสมสำหรับข้อมูลภาพที่ต้องมีการจำแนกข้อมูล (Classification)

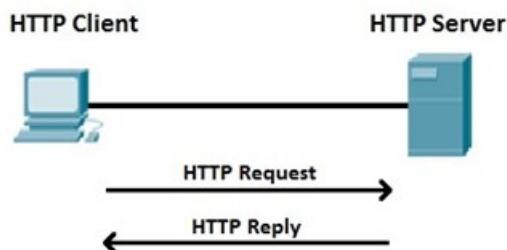
โดยในโครงงานนี้จะใช้การใช้การบีบอัดรูปภาพแบบไม่มีการสูญเสียรายละเอียดข้อมูล (Lossless compression)



รูปที่ 2.2: ความแตกต่างของการบีบอัดข้อมูล

2.4 การส่งข้อมูลโดยใช้โปรโตคอลเอชทีพี (HyperText Transfer Protocol: HTTP)

เป็นโปรโตคอลที่ใช้งานในด้านเว็บไซต์และในระบบอินเทอร์เน็ต สามารถสื่อสารกับข้ามแพลตฟอร์มมักรู้จักนิยมใช้งาน HTTP เนื่องจากเป็นโปรโตคอลมาตรฐานที่มีมาให้ใช้งานในทุกวากาชา และทุกอุปกรณ์ที่เชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ พื้นฐานของ HTTP มาจากโปรโตคอล (Transmission Control Protocol: TCP) ที่มีการใช้เพื่อรับ-ส่งข้อมูลในรูปแบบตามมาตรฐาน และใช้พอร์ต 80 เป็นค่าเริ่มต้น โดยผู้รับบริการ (HTTP Client) จะส่งข้อมูลผ่านคำสั่งการร้องขอแบบ POST เป็นคำสั่งที่ให้ส่งข้อมูลโดยแฟ้มข้อมูลไปกับเลขที่อยู่ไอพี (IP address) และใช้ร้องขอข้อมูลจากผู้ให้บริการ (HTTP Server) [8] ดังรูป



รูปที่ 2.3: โปรโตคอล HTTP

2.5 Raspberry Pi

เครื่องคอมพิวเตอร์ขนาดเล็ก มีคุณสมบัติดีน คือ ติดต่อ และความคุ้มอุปกรณ์วิเล็กทรอนิกส์ได้โดยใน Raspberry Pi ได้รวมเอาซีพียู (CPU) หน่วยความจำ (Memory) และพอร์ต (Port) ซึ่งเป็นส่วนประกอบหลักสำคัญของระบบคอมพิวเตอร์เข้าไว้ด้วยกัน โดยทำการบรรจุเข้าไว้ในตัวถังเดียว กัน และสามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านพอร์ตแลนหรือผ่านเครือข่าย [10] เช่น ระบบแลนไร้สาย (WiFi) ในโครงงานนี้ได้เลือกใช้ Raspberry Pi มาเป็นอุปกรณ์ในการรับรูปภาพและค้นห้าใบหน้าในรูปภาพแบบเรียลไทม์ ส่งรูปภาพไป

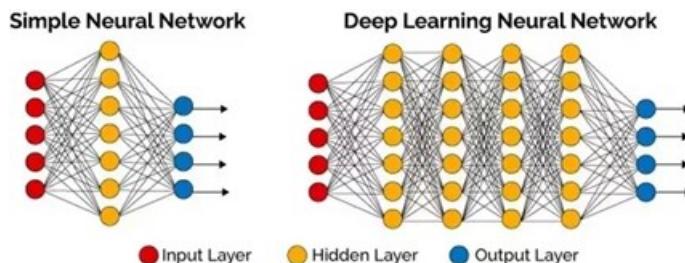
ยังเชิร์ฟเวอร์ รองรับผลลัพธ์กลับมาแสดงผล ซึ่งใช้พลังงานกระเส้าไฟฟ้าไม่เกิน 2 แอม培ร์ในสภาวะการทำงานปกติ และสามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตผ่านระบบแลนรีสาย (Wi-Fi) เพื่อในการรับส่งข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์

2.6 Opensource Computer Vision (OpenCV)

ไลบรารีโอเพ่นซอร์สที่นิยมสำหรับการประมวลผลภาพขั้นพื้นฐาน เช่น การเบลอภาพ การลดเสียง การเพิ่มคุณภาพของภาพ เพิ่มคุณภาพของวิดีโอ การรู้จำวัตถุต่าง ๆ ในภาพ หรือ การตรวจจับใบหน้าหรือวัตถุต่าง ๆ ในภาพและวิดีโอด้วย ปัจจุบัน (ปี 2022) OpenCV ได้พัฒนามาจนถึงรุ่นที่ 4 โดยในโครงการนี้ได้เลือก OpenCV มาใช้ในการปรับแต่งรูป การตรวจจับใบหน้าแบบเรียลไทม์ และการระบุตัวตน [4]

2.7 Deep Learning

ศาสตร์แขนงหนึ่งของการเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning: ML) ที่เลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Neurons) โดยนำระบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) มาซ้อนกันหลายชั้น (Layer) และทำการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งข้อมูล ดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการตรวจจับรูปแบบ (Pattern) หรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล (Classify the Data) ดังนั้นความสามารถของมันในอนาคตอาจจะเหนือมนุษย์ เนื่องจากสามารถเพิ่มพลังประมวลผลได้ไม่จำกัด ซึ่ง (Deep Learning: DL) คือโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Network: ANN) ที่มีชั้นภายใน (Hidden layer) หลายชั้น เพื่อความสามารถในการคิดที่มากกว่าปกติ และสะท้อนสมองคนได้ดีขึ้น [5]



รูปที่ 2.4: โครงสร้าง Deep Learning

จะเห็นว่ามี 3 ส่วนคือ ชั้นรับข้อมูล (Input layer) ชั้นภายใน (Hidden layer) และชั้นแสดงผล (Output layer)

1. ชั้นรับข้อมูล (Input layer) เป็นจุดเริ่มต้นของการทำงานสำหรับ ANN จะทำหน้าที่ส่งข้อมูลไปยังแต่ละจุดต่อ (Node) ของชั้น (Layer)
2. ชั้นภายใน (Hidden layer) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ส่งต่อข้อมูลไปยังชั้นแสดงผล (Output Layer) โดยแต่ละครั้งที่ข้อมูลการฝึกอบรม(Training Data) ผ่านชั้น (Layer) นี้ไป แต่ละจุดต่อ (Node) จะค่อย ๆ ปรับน้ำหนัก (Weight) ให้เข้ากับข้อมูล (Data) มากขึ้นหรือถ้าอธิบายแบบเป็นทางการ Hidden Layer จะพยายามกักเก็บความซับซ้อนของชั้น (Layer) อื่น ๆ โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติ (Feature) ของข้อมูล (Data)

3. ชั้นแสดงผล (Output layer) เป็นส่วนที่จะแสดงผล (Output) ซึ่งจำนวนจุดต่อ (Node) ในชั้นแสดงผล (Output layer) จะขึ้นอยู่กับจำนวนประเภท (Class) ในข้อมูล (Data) อย่างเช่นจะสร้าง ANN เพื่อจำแนกหมวดหมู่ เช่น ก็ต้องมีจุดต่อแสดงผล (Output Node) 2 จุด และเมื่อใช้กับปัญหาการถดถอย (Regression Problems) ก็ต้องมี 1 จุดต่อ (Node) เท่านั้น เพราะหมายความว่า (Predict) แค่ตัวเลข

DL มีชั้นภายใน (Hidden layer) หลายชั้นทำให้มันสามารถคำนวณอะไรที่ซับซ้อนได้ และสามารถใช้เทคนิคต่าง ๆ ได้มากขึ้น และคิดอย่างเป็นขั้น เป็นตอนได้ดังรูป



รูปที่ 2.5: Deep Learning ที่มีหลาย Hidden layer

2.8 ส่วนต่อประสานกราฟิกกับผู้ใช้ (Graphical User Interface: GUI)

การติดต่อกับผู้ใช้โดยใช้ภาษาสัญลักษณ์ เป็นการออกแบบส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ให้มีการโต้ตอบกับผู้ใช้ โดยการใช้สัญลักษณ์ (Icon) รูปภาพ และสัญลักษณ์อื่น เพื่อแทนลักษณะต่าง ๆ ของโปรแกรม แทนที่ผู้ใช้จะพิมพ์คำสั่งต่าง ๆ ในการทำงาน ช่วยทำให้ผู้ใช้งานสามารถทำงานได้ง่าย และรวดเร็วขึ้น ไม่ต้องจดจำคำสั่งต่าง ๆ ของโปรแกรม เป็นวิธีการให้ความสะดวกแก่ผู้ใช้คอมพิวเตอร์ ให้ติดต่อสื่อสารกับระบบโดยผ่านทางภาพ เช่น ใช้มาสก์คลิปเลือกสัญลักษณ์ (Icon) แทนการพิมพ์คำสั่งดังแต่ก่อน โดยเฉพาะในบางโปรแกรมที่มีคำสั่งจำนวนมาก ซึ่งทำให้ไม่ต้องพิมพ์คำสั่งต่าง ๆ ทางแป้นพิมพ์ ช่วยทำให้เกิดความรวดเร็วในการทำงาน และไม่ต้องเสียเวลาในการเรียนรู้และจำคำสั่งที่ต้องการมากนัก เพียงดูจากไอคอนที่ปรากฏในโปรแกรมก็สามารถใช้งานได้ทันที [9]

2.9 Tkinter

Tkinter หรือ Tk เป็นโมดูลที่พัฒนามาจาก Tk GUI Toolkit ซึ่งทำงานอยู่บนระบบปฏิบัติการยูนิฟอร์ม ก่อน Python (Python) ได้เลือกมอดูลนี้ในการพัฒนากราฟิกบน Python (Python) เป็นหลัก ประกอบไปด้วย

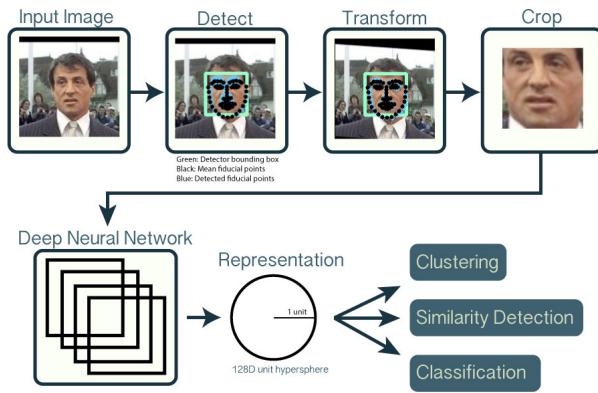
3 ส่วนที่สำคัญคือ วิดเจ็ต (Widgets) การจัดการรูปทรงเรขาคณิตให้กับวิดเจ็ต (Geometry management) และ การจัดการกับเหตุการณ์ต่าง ๆ (Event Handling) [2] ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. **วิดเจ็ต (Widgets)** คือ สิ่งต่าง ๆ หรือเรียกว่า อ็อปเจ็กต์ (Object) ที่ประกอบอยู่บนจอภาพ เช่น ปุ่ม (Button) ตัวหนังสือ (Label) เฟรม (Frame) กล่องเลือก (Checkbox) วิวตันไม้ (Tree views) แท็บเลื่อน (Scrollbars) และกล่องข้อความ (Text areas) เป็นต้น
2. **การจัดการรูปทรงเรขาคณิตให้กับวิดเจ็ต (Geometry management)** คือ การวางวิดเจ็ต (Widgets) ลงบนเฟรม (Frame) นั้นจะต้องกำหนดตำแหน่งในการวาง โดยอาศัยศาสตร์ทางด้านเรขาคณิตเข้าช่วย เพื่อให้วิดเจ็ต (Widgets) ที่วางอยู่ในตำแหน่งที่เหมาะสม ซึ่ง Python มี 3 เมธอดในการจัดการเกี่ยวกับเรขาคณิตของวิดเจ็ต (Widgets) ประกอบไปด้วยเมธอด pack(), grid() และ place()
3. **การจัดการกับเหตุการณ์ต่าง ๆ (Event Handling)** คือ เหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ผู้ใช้งานกระทำการกับวิดเจ็ต (Widgets) บน GUI เช่น การกดปุ่ม การกดปุ่มใด ๆ บนแป้นพิมพ์ การเคลื่อนเมาส์ การปรับขนาดของหน้าต่างวินโดว์ เป็นต้น เหตุการณ์ต่าง ๆ เหล่านี้จะถูกจัดการโดย Tk ซึ่งเรียกว่าวนรอบเหตุการณ์ (Event loop) โดยจะทำงานร่วมกับระบบปฏิบัติการโดยตรง เช่น เมื่อเคลื่อนเมาส์ไปยังปุ่มจะส่งผลให้ปุ่มดังกล่าวจะเปลี่ยนสี และเมื่อเคลื่อนเมาส์ออกจากปุ่มจะทำให้สีของปุ่มกลับไปเป็นสีเดิม เป็นต้น

2.10 OpenFace (Open-source Face Recognition)

โมดูลที่ใช้ในการระบุตัวตนด้วยรูปภาพใบหน้าของมนุษย์ที่ทำงานร่วมกับ DNN และเป็นโมดูลแบบโอเพนซอร์ส [1] โดยมีหลักการทำงาน ดังนี้

1. ตรวจจับใบหน้าด้วยโมเดลที่ผ่านการฝึกอบรมล่วงหน้า
2. แปลงใบหน้าสำหรับโครงข่ายประสาทเทียม ทำงานร่วมกับ OpenCV เพื่อทำให้ดวงตา และริมฝีปากล่างปรากฏในตำแหน่งเดียวกัน และสัมพันในแต่ละภาพ
3. ใช้โครงข่ายประสาทเทียมเชิงลึก (DNN) เพื่อแสดงหรือฝังใบหน้าบนหน่วยไซเบอร์สเปียร์ 128 มิติ การฝังเป็นการแสดงความแตกต่างสำหรับใบหน้าของครึ่งตัว ซึ่งแตกต่างจากใบหน้าอื่น ๆ การฝังนี้ทำให้เห็นคุณสมบัติที่ต่างกันมากขึ้นระหว่างใบหน้าสองใบหน้า ซึ่งทำให้ทราบว่าใบหน้านั้นไม่ใช่คนเดียวกันหรือเป็นคนคนเดียวกัน คุณสมบัตินี้ทำให้การจัดกลุ่ม การตรวจจับความคล้ายคลึงกัน และการจัดหมวดหมู่ทำได้ง่ายกว่าเทคนิคการจำจำใบหน้าอื่น ๆ โดยที่ระยะห่างแบบยุคลิดระหว่างคุณลักษณะต่าง ๆ ไม่มีความหมาย
4. ใช้เทคนิคการจัดกลุ่ม หรือการจัดหมวดหมู่ที่สนใจกับคุณสมบัติต่าง ๆ เพื่อทำงานการจัดจำของใบหน้าบุคคล



รูปที่ 2.6: การทำงานของ OpenFace

2.11 ความรู้ตามหลักสูตรชี้งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ

2.11.1 Logic and Digital Circuits และ Microprocessor and Interfacing

ใช้ความรู้จากสิ่งวิชานี้ในการออกแบบระบบการทำงานของอุปกรณ์ของโครงสร้างชั้นงานในแต่ละส่วน และการเขียนโปรแกรมเพื่อควบคุมการทำงานของอุปกรณ์

2.11.2 Digital Image Processing

ใช้ความรู้จากสิ่งวิชานี้ในการออกแบบการบีบอัดรูปภาพ การจัดเก็บรูปภาพ การทำให้รูปภาพมีคุณภาพที่ดีขึ้น เพื่อให้ความแม่นยำของการทำงานやすูงขึ้น

2.11.3 Deep Learning

เรียนรู้โครงสร้าง และการทำงานของ Neuron Network เพื่อหาโมเดลการรีบุตตันที่เหมาะสมกับงาน

2.11.4 CPE Lab

ใช้ในการทำ Web service และออกแบบ GUI

2.12 ความรู้นอกหลักสูตรชี้งถูกนำมาใช้หรือบูรณาการในโครงการ

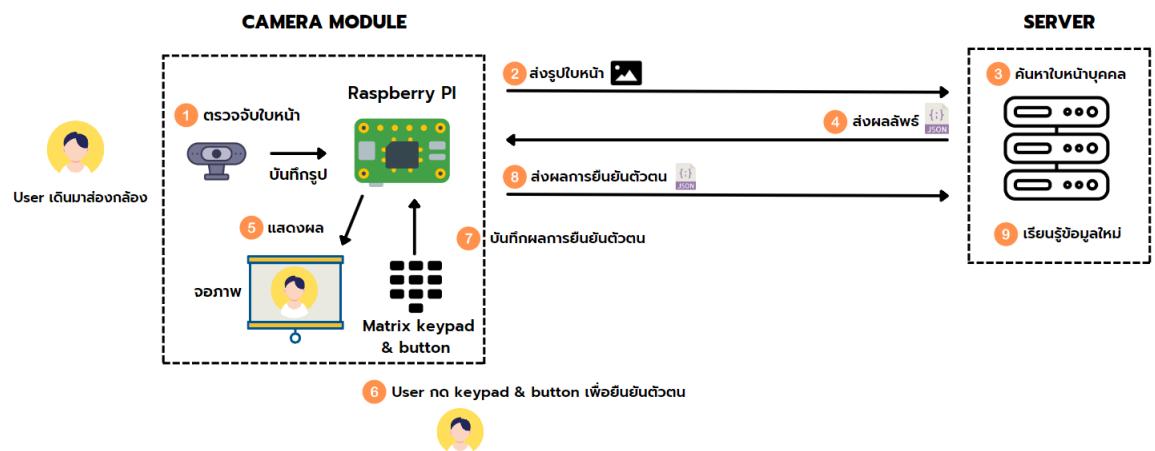
- การใช้งาน Raspbian OS ของ Raspberry Pi
- การตั้งค่ากล้องให้กับ Raspberry Pi และระบบ GPIO ของ Raspberry Pi เพื่อติดตั้งชุดระบบายความร้อน

บทที่ 3

โครงสร้างและขั้นตอนการทำงาน

ในบทนี้จะกล่าวถึงโครงสร้างของระบบในภาพรวม ขั้นตอนการทำงานของระบบ อุปกรณ์ หน้าที่ของอุปกรณ์ กลไกการต่าง ๆ และซอฟต์แวร์ที่ใช้ในระบบ โดยขั้นตอนการทำงานจะมี 9 ขั้นตอน โดยจะแบ่งระบบออก เป็นเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือส่วนของมอดูลกล้อง และเซิร์ฟเวอร์

3.1 ภาพรวมโครงสร้างและการทำงานของระบบ

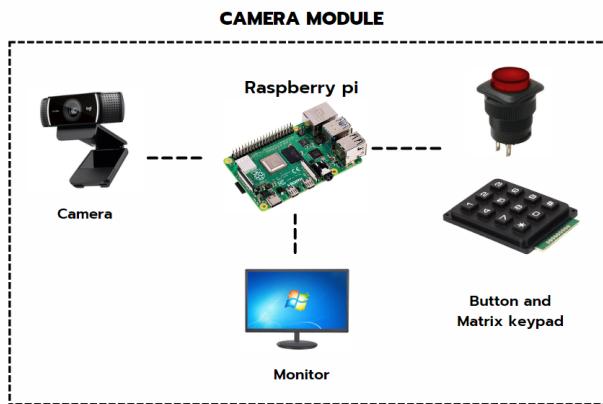


รูปที่ 3.1: ภาพรวมของระบบ

ขั้นตอนการทำงานของระบบมีดังนี้

- เมื่อผู้ใช้งานเดินมาส่องกล้องแล้วมอดูลกล้องจะทำการตรวจจับใบหน้า
- บันทึกและส่งรูปภาพใบหน้าไปยังเซิร์ฟเวอร์ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลภาพกราฟิกส์สีเครื่อข่ายใช้ได้หลายระบบ (Portable Network Graphics: PNG) ผ่านโปรโตคอลเชิงทีทีพี (HTTP)
- เซิร์ฟเวอร์รับรูปภาพแล้วบันทึกรูปภาพเพื่อนำไประบุตัวตนของรูปภาพกับแบบจำลอง (model)
- เซิร์ฟเวอร์ส่งผลลัพธ์ของการระบุตัวตนกลับไปยังมอดูลกล้อง (Camera module) ในรูปแบบแฟ้มข้อมูลเจชัน (JSON)
- แสดงผลการระบุตัวตนทางหน้าจอ
- ผู้ใช้งานกดແປ່ນພິເສດ (Matrix keypad) หรือ ປຸ່ມກົດເພື່ອຢືນຢັນຕົວຕາມ
- บันทึกผลการກົດຢືນຢັນຕົວຕາມ
- ส่งผลการຢືນຢັນຕົວຕາມไปยังเซิร์ฟเวอร์
- นำรูปภาพใบหน้าที่มีการຢືນຢັນຕົວຕາມไปจัดเก็บในฐานข้อมูลของบุคคนั้น ๆ และจึงทำการเรียนรู้รูปภาพใบหน้าที่ได้รับเข้ามาใหม่ในเวลาลางคืน หรือช่วงเวลาที่มีผู้ใช้งานน้อย

3.1.1 มอดูลกล้อง (Camera Module)



รูปที่ 3.2: ส่วนประกอบต่าง ๆ ที่ใช้ในมอดูลกล้อง (Camera Module)

อุปกรณ์ที่ใช้ในมอดูลกล้องสำหรับการตรวจจับใบหน้ามีดังนี้

1. Raspberry Pi 4 Model B : แพลตฟอร์มที่ใช้ในการค้นหาใบหน้าบุคคล ซึ่งคุณสมบัติที่จำเป็นได้แก่ มีขนาดเล็ก สามารถส่งข้อมูลผ่านเครือข่ายไร้สายไวไฟ (WI-FI) หรือผ่านเครือข่ายที่ใช้สาย (LAN) สามารถอ่านข้อมูลภาพจากกล้องถ่ายภาพ และส่งรูปภาพไปยังเซิร์ฟเวอร์และรอรับผลลัพธ์ และส่งผลลัพธ์จากปุ่มกลับไปยังเซิร์ฟเวอร์
2. Camera : กล้องเว็บแคมที่มีใช้มาการส่งภาพใบหน้าไปยัง Raspberry Pi
3. Monitor : หน้าจอแสดงผลที่ใช้ในการแสดงผลลัพธ์ของการระบุตัวตน
4. Button และ Matrix keypad : ใช้ในการรับการให้คำแนะนำการแสดงผลลัพธ์และแก้ไขความผิดพลาด

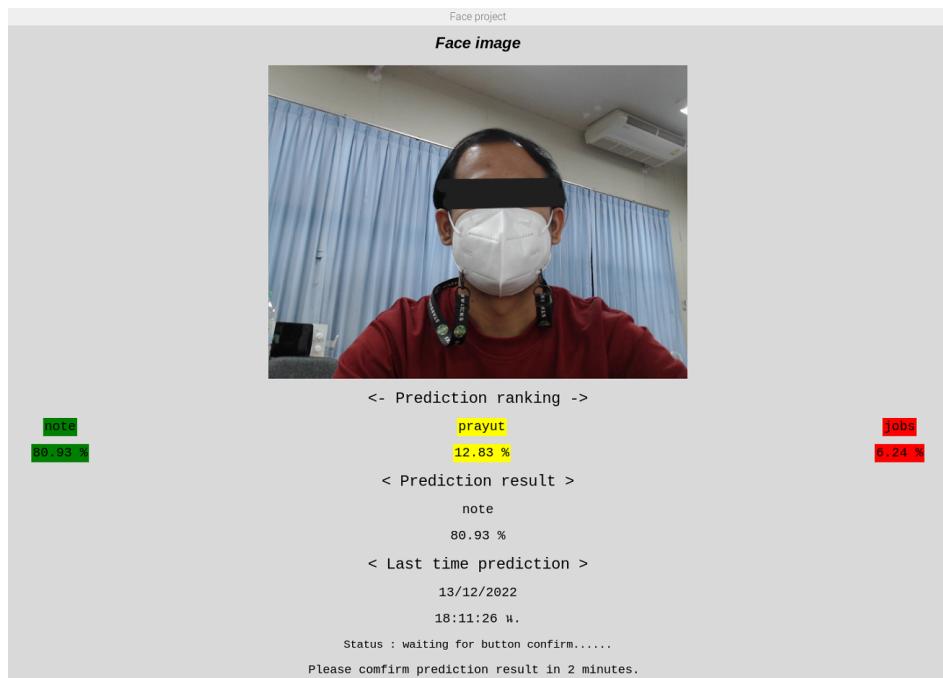
3.1.2 การส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์

การส่งรูปภาพจากมอดูลกล้องไปยังเซิร์ฟเวอร์นั้นในมอดูลกล้องใช้คำสั่ง ภาษาไพธอน (Python) ในการใช้สั่งคำสั่งของระบบ (System) คือเคิร์ล (Client for URLs: cURL) ในการส่งรูปภาพผ่าน HTTP ไปยังเซิร์ฟเวอร์ที่เป็น (RESTful Web Services: RWS) ผ่านเลขที่อยู่ไอพี (IP Address) ของเซิร์ฟเวอร์ โดย RWS นั้นใช้ Flask Framework ในการสร้างเนื่องจาก Flask Framework นั้นใช้ภาษาไพธอน (Python) ในการเขียนทำให้มีความสะดวกในการเรียก OpenCV มาใช้งาน

3.1.3 การแสดงผลการระบุตัวตน

การแสดงผลทางหน้าจอที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โดยรับข้อมูลมาจากเซิร์ฟเวอร์ที่ส่งข้อมูลบุคคลที่มีความใกล้เคียงจำนวน 5 คน แต่จะต้องมีความใกล้เคียงกับรายชื่อในฐานข้อมูลมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์จะส่งผลลัพธ์ได้ แต่ถ้าไม่มีความใกล้เคียงมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์จะแสดงผลว่า “ไม่รู้จัก” โดยเซิร์ฟเวอร์ส่งข้อมูลในรูปแบบ JSON กลับมาให้ Raspberry Pi แบบการสนอง (Response) เมื่อรับข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์จะ

นำไปแสดงผลที่หน้าจอ และเมื่อผู้ใช้งานยืนยันตัวตนแล้วนั้นจะส่งผลการยืนยันตัวตนกลับไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการย้ายรูปภาพใบหน้าไปยังที่จัดเก็บตามรายชื่อในฐานข้อมูล



รูปที่ 3.3: แสดงผลลัพธ์การระบุตัวตน

3.1.4 เซิร์ฟเวอร์ (Server)

ทำหน้าที่ในการเป็นเว็บเซอร์วิส (Web service) ในการรับรูปภาพเพื่อนำรูปภาพมาระบุตัวตนโดยใช้ OpenCV เพื่อบอกว่ารูปภาพใบหน้าที่ได้รับเข้ามามีความใกล้เคียงกับบุคคลในฐานข้อมูล โดยแบบจำลอง (model) ที่ใช้ในการระบุตัวตนนั้นมาจากการเรียนรู้รูปภาพใบหน้าจากที่จัดเก็บ (Storage) จนได้แบบจำลอง (model) ไปใช้งานในการระบุตัวตน และเมื่อ OpenCV บอกผลลัพธ์ได้แล้วจึงทำการส่งการตอบสนอง (Response) กลับไปยังมอเดลกล้อง และทำการรอรับข้อมูลการยืนยันตัวตนเพื่อนำรูปภาพที่ได้รับเข้ามาใหม่นั้นย้ายไปยังตำแหน่งที่จัดเก็บของบุคคลนั้น ๆ ในเวลากลางคืนหรือเวลาที่มีผู้ใช้งานน้อยของทุก วัน เซิร์ฟเวอร์จะทำการสั่ง OpenFace เรียนรู้รูปภาพใหม่ และนำแบบจำลอง (model) ใหม่ไปใช้งาน โดยเซิร์ฟเวอร์จะมีความต้องการด้านฮาร์ดแวร์คือต้องมีความจุมากกว่า 1 เ特拉ไบต์ (Terabyte) หน่วยความจำขนาด 16 กิกะไบต์ (Gigabyte) ในการประมวลผล

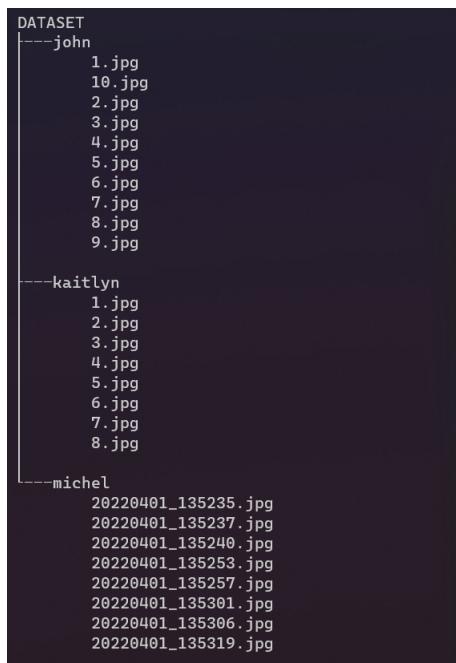
3.1.5 การระบุตัวตน

การระบุตัวตนจะใช้ภาพถ่ายใบหน้าที่ได้รับมาจากมอเดลกล้องใช้ OpenFace ในการระบุตัวตนโดยรับตัวแบบจำลอง (model) ที่ใช้ในการทำนายรูปภาพใบหน้าว่ามีความใกล้เคียงมากกับบุคคลในฐานข้อมูล และทำการคัดกรองรูปภาพที่มีความใกล้เคียงกับฐานข้อมูลมากกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ จึงจะส่งข้อมูลไปให้เซิร์ฟเวอร์ทำการส่งผลลัพธ์การระบุตัวตนกลับไปยังมอเดลกล้อง แต่เมื่อไม่มีรูปภาพใบหน้าที่มีความใกล้เคียงกับฐานข้อมูลมาก-

กว่า 80 เปอร์เซ็นต์จะส่งไปบอกเชิร์ฟเวอร์ เพื่อให้เชิร์ฟเวอร์ทำการส่งผลลัพธ์กลับไปยังมือถือกล้องว่า “ไม่รู้จัก”

3.1.6 การจัดเก็บรูปภาพใบหน้า

จัดเก็บรูปภาพใบหน้าลงในที่เก็บข้อมูลในเครื่อง (Local storage) บนเชิร์ฟเวอร์โดยแบ่งเป็นแฟ้มข้อมูล (Folder) ในแต่ละแฟ้มก็จะเป็นรายชื่อของบุคคลที่ลงทะเบียนหรือเป็นผู้ที่ใช้งานห้อง โดยเมื่อได้รับรหัสการยืนยันตัวตนในกรณีที่ความแม่นยำการระบุตัวตนน้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์จากการระบุตัวตนจะทำการเทียบหัสที่ได้รับเข้ามากับรหัสที่จัดเก็บบนฐานข้อมูล เมื่อผลลัพธ์การเทียบมีความถูกต้องจะย้ายรูปภาพไปยังแฟ้มของบุคคลนั้น แต่ถ้าผลลัพธ์การเทียบไม่ถูกต้อง จะย้ายรูปภาพไปยังแฟ้มของอื่น ๆ เพื่อให้ผู้ดูแลมาทำการเทียบด้วยตัวเอง



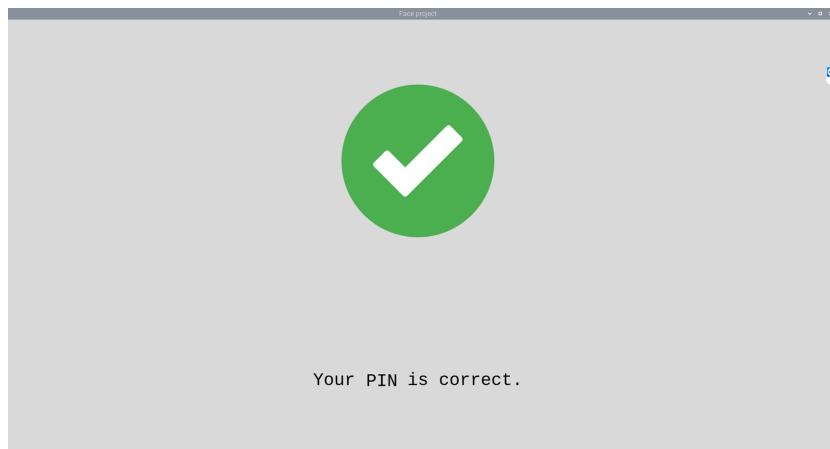
รูปที่ 3.4: แผนภาพแสดงการจัดเก็บรูปภาพใบหน้า

3.1.7 การเรียนรู้รูปภาพ

ใช้ OpenFace ในการเรียนรู้รูปภาพ โดย OpenFace นั้นใช้ภาษาไพธอน (Python) ในการเขียนโปรแกรมเพื่อเรียนรู้รูปภาพใบหน้า เริ่มจากการนำรูปภาพของบุคคลที่บันทึกไว้ในที่จัดเก็บ (Storage) และรายชื่อของบุคคลที่มีรูปภาพใบหน้าในที่จัดเก็บ (Storage) แล้วทำการเรียนรู้ด้วย OpenFace จะได้แบบจำลองการเรียนรู้เพื่อนำไปใช้ในการระบุตัวตนของบุคคล โดยขั้นตอนการเรียนรู้จะใช้เวลาขึ้นอยู่กับจำนวนของรูปภาพที่จัดเก็บไว้และใช้ทรัพยากรในการเรียนรู้รูปภาพใบหน้าที่สูงจึงน่า OpenFace ไปทำการเรียนรู้ที่เชิร์ฟเวอร์

3.1.8 การตรวจสอบรหัสระบุตนตน

การแสดงผลทางหน้าจอที่เชื่อมต่อกับ Raspberry Pi โดยรับข้อมูลรหัสยืนยันตัวตนจากผู้ใช้งานที่กรอกรหัสยืนยันตัวตนทาง Keypad เป็นเลขจำนวน 6 หลัก และส่งข้อมูลไปยังเซิร์ฟเวอร์เพื่อทำการตรวจสอบรหัสกับฐานข้อมูล และจะส่งผลลัพธ์การตรวจเช็คกลับไปยังมอถือกล้อง โดยเซิร์ฟเวอร์ส่งข้อมูลในรูปแบบ JSON กลับมาให้ Raspberry Pi แบบการสนอง (Response) เมื่อรับข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์จะนำไปแสดงผลที่หน้าจอ



รูปที่ 3.5: แสดงผลลัพธ์การกรอกรหัส เมื่อผลลัพธ์ถูกต้อง



รูปที่ 3.6: แสดงผลลัพธ์การกรอกรหัส เมื่อผลลัพธ์ไม่ถูกต้อง

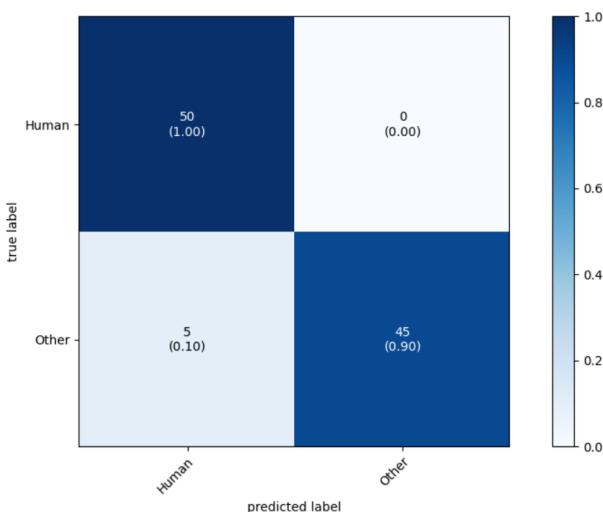
บทที่ 4

การทดลองและผลลัพธ์

ในบทนี้จะทดสอบระบบการยืนยันตัวตนด้วยการใช้ภาพใบหน้า โดยมีผู้ทดลอง 5 คน ทำการทดลองเป็นเวลา 5 วันเพื่อคุณภาพการทดลองในแต่ละวัน ได้แก่ ความแม่นยำของการระบุตัวตนด้วยใบหน้า เวลาในการตรวจจับใบหน้าตลอดถึงการแสดงผล และความพึงพอใจของผู้ทดลองต่อระบบ

4.1 ความแม่นยำของการตรวจจับใบหน้า

การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบเพื่อวัดผลความแม่นยำในการตรวจจับภาพใบหน้าบุคคล โดยมีรูปภาพใบหน้าบุคคลจำนวน 50 รูป และรูปภาพสตูว์จำนวน 50 รูป ทำการทดลองกับแบบจำลองการตรวจจับใบหน้าบุคคล ได้ผลลัพธ์ดังกราฟด้านล่าง



รูปที่ 4.1: กราฟแสดงความแม่นยำของการตรวจจับใบหน้า

จากกราฟจะสามารถคำนวณความแม่นยำได้ดังสูตร

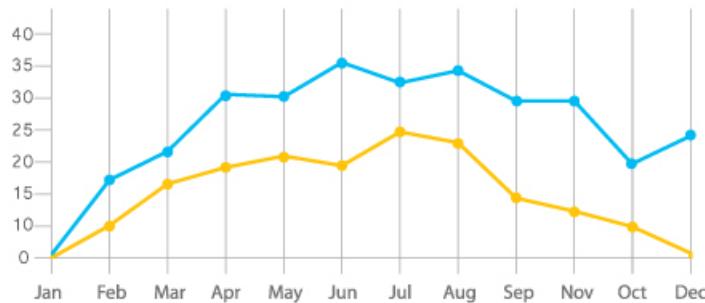
$$Precision = \frac{TruePositive}{TruePositive + FalsePositive} = \frac{50}{50 + 0} = 1.0 \quad (4.1)$$

$$Accuracy = \frac{TruePositive + TrueNegative}{Positive + Negative} = \frac{50 + 45}{50 + 50} = 0.95 \quad (4.2)$$

$$F1Score = \frac{2 \cdot TruePositive}{2 \cdot TruePositive + FalsePositive + FalseNegative} = \frac{2 \cdot 50}{2 \cdot 50 + 0 + 5} = 0.9524 \quad (4.3)$$

4.2 ความแม่นยำของการระบุตัวตนด้วยใบหน้าในแต่ละวัน

การทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบเพื่อวัดผลความแม่นยำในการระบุตัวตนมีความแม่นยำมีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงตามจำนวนวันที่ตรวจจับภาพใบหน้าบุคคล โดยจะบันทึกความแม่นยำหลังจากการทำนายผลรูปภาพใบหน้าบุคคลทุกครั้งที่มีการตรวจจับภาพใบหน้าบุคคลและนำรูปภาพใบหน้าบุคคลไปแสดงผลยังหน้าจอ

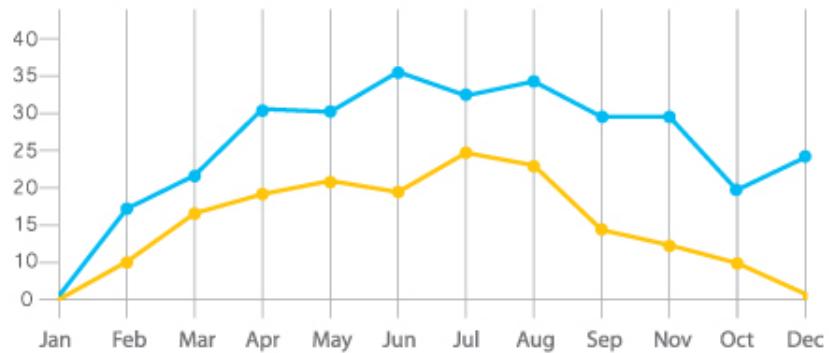


รูปที่ 4.2: กราฟแสดงความแม่นยำของการระบุตัวตนในแต่ละวัน

จากราฟจะเห็นได้ว่าความแม่นยำเมื่อเวลาในการจัดเก็บข้อมูลนั้นมากขึ้นก็จะทำให้ความแม่นยำสูงขึ้นแต่จะมีจุดที่ความแม่นยำสูงที่สุดและลดลงเรื่อยๆเนื่องจาก ข้อมูลรูปภาพใบหน้ามีจำนวนที่เกินไปทำให้ความแม่นยำนั้นจะไม่สูงไปกว่าจัดนี้อีกแล้ว

4.3 เวลาในการประมวลผลรูปภาพใบหน้า

การทดสอบต่อไปนี้เป็นการทดสอบเพื่อวัดเวลาในการประมวลผลรูปภาพใบหน้าตลอดจนระบุตัวตนที่ออกแบบนั้น มีเวลาที่มากหรือน้อยเพียงใดจากการบันทึกผลที่ Raspberry Pi โดยจะเปรียบเทียบที่วัดได้ในครั้งที่มีการตรวจจับภาพใบหน้า เปรียบเทียบกับเวลาที่ใช้ในการแสดงผล

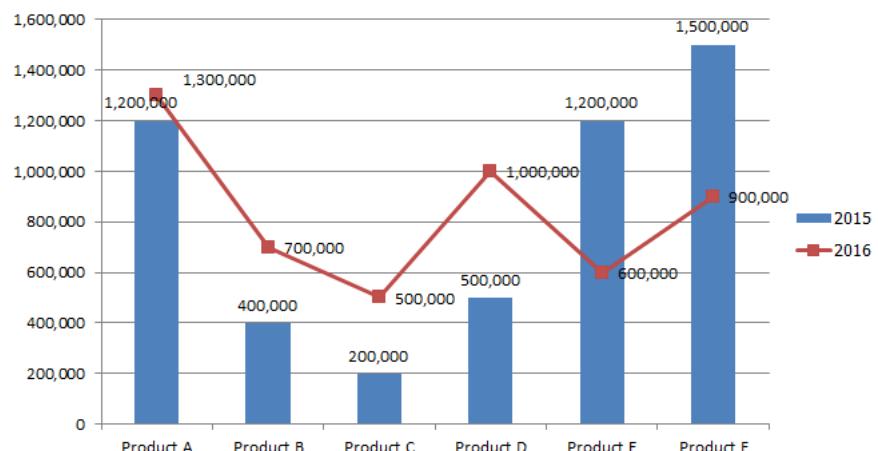


รูปที่ 4.3: กราฟแสดงเวลาในการประเมินผลของระบบในแต่ละวัน

จากการจะเห็นได้ว่าเวลาในการประเมินผลรูปภาพใบหน้า ส่งรูปภาพไปยังเซิร์ฟเวอร์ การระบุตัวตน และการส่งผลลัพธ์กลับมาแสดงผลในหน้าจอันนั้นมีเวลาเฉลี่ย มิลลิวินาที

4.4 ความพึงพอใจของการทดลอง

จากการทดลองที่ห้องวิจัย OASYS ได้ทำการบันทึกความพึงพอใจของผู้ทดลองต่อระบบระบุตัวตนด้วยรูปภาพใบหน้าบุคคลที่ โดยจะได้ผลสรุปดังนี้



รูปที่ 4.4: กราฟแสดงความพึงพอใจของผู้ทดลอง

บทที่ 5

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผล

นศ. ควรสรุปถึงข้อจำกัดของระบบในด้านต่างๆ ที่ระบบมีในเนื้อหาส่วนนี้ด้วย

5.2 ปัญหาที่พบและแนวทางการแก้ไข

ในการทำโครงการนี้ พบร่วมกับปัญหาหลักๆ ดังนี้

5.3 ข้อเสนอแนะและแนวทางการพัฒนาต่อ

ข้อเสนอแนะเพื่อพัฒนาโครงการนี้ต่อไป มีดังนี้

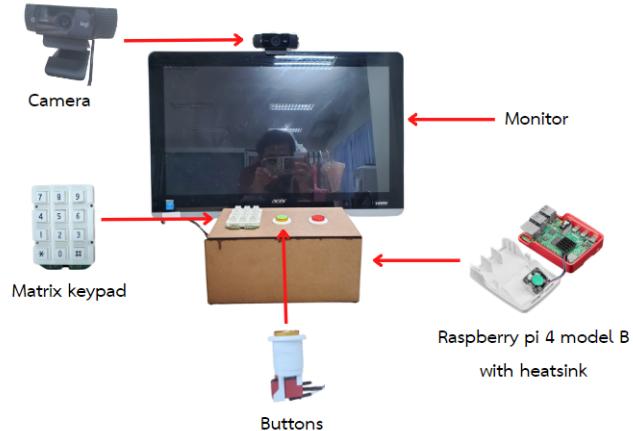
บรรณานุกรม

- [1] Brandon Amos, Bartosz Ludwiczuk, and Mahadev Satyanarayanan. Openface: A general-purpose face recognition library with mobile applications. Technical report, CMU-CS-16-118, CMU School of Computer Science, 2016.
- [2] Digitalschool.club. พื้นฐานการใช้โมดูล tkinter สำหรับ graphical user interface. <http://www.digitalschool.club/elearningcom/elearning/python/lesson9/index.php>, เมษายน 2560. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 28 พฤษภาคม 2565].
- [3] Navapat Jesadapatrakul. Image Processing. <https://medium.com/tni-university/image-processing-981c65c26289>, ตุลาคม 2562. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 24 ธันวาคม 2564].
- [4] Nuttakan Chuntra. OpenCV คืออะไร? <https://medium.com/@nut.ch40/opencv-คืออะไร-8771e2a4c414>, ธันวาคม 2561. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 5 ธันวาคม 2564].
- [5] phusitsom | zerohika. พื้นฐาน deep learning (ทฤษฎี): Intro. <https://phusitsom.medium.com/พื้นฐาน-deep-learning-ทฤษฎี-intro-7479d961cfef>, เมษายน 2563. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 10 กุมภาพันธ์ 2565].
- [6] Sakul Montha. Rest กับ restful api ต่างกันนะรู้ยัง. <https://iamgique.medium.com/restful-api-กับ-rest-api-ต่างกันนะรู้ยัง-2c70c42990e3>, มกราคม 2562. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 18 มกราคม 2565].
- [7] Sertis. Mediapipe holistic อุปกรณ์ที่สามารถจับการเคลื่อนไหวของใบหน้า มือ และท่าทาง ได้ในเวลาเดียวกัน. <https://sertiscorp.medium.com/mediapipe-holistic-อุปกรณ์ที่สามารถจับการเคลื่อนไหวของใบหน้า-มือ-และท่าทางได้ในเวลาเดียวกัน-e1185469e111>, มกราคม 2564. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 1 ธันวาคม 2565].
- [8] Tanabodin Kamol. Basic http. <https://medium.com/icreativesystems/basic-http-3a2b05e5aa19>, พฤษภาคม 2562. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 10 ธันวาคม 2564].
- [9] Wikipedia contributors. Graphical user interface — Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Graphical_user_interface&oldid=1122648120, ธันวาคม 2565. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม 2565].
- [10] Wikipedia contributors. Raspberry pi — Wikipedia, the free encyclopedia. https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Raspberry_Pi&oldid=1126331603, ธันวาคม 2565. [ออนไลน์; สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม 2565].

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์ต้นแบบและการแสดงผลบนหน้าจอ

ก.1 รูปอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับภาพใบหน้าและรับคำสั่งยืนยัน



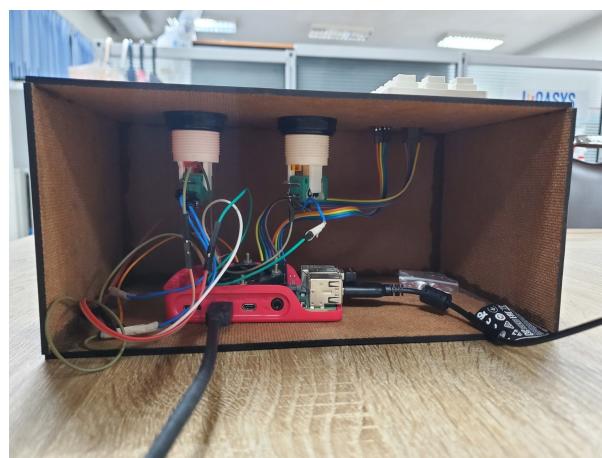
รูปที่ ก.1: อุปกรณ์ตรวจจับใบหน้า แสดงผลและรับผล



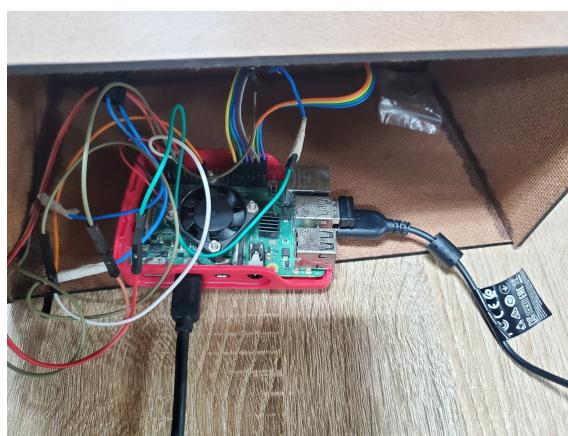
รูปที่ ก.2: กล้องที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าบุคคล



รูปที่ ก.3: ปุ่มกดให้คะแนนความถูกต้อง



รูปที่ ก.4: ภายในมอดูลการตรวจจับใบหน้า และแสดงผล



รูปที่ ก.5: การเชื่อมต่อ Raspberry Pi

ก.2 รูปภาพการแสดงผลบนหน้าจอ



รูปที่ ก.6: หน้า GUI เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน



รูปที่ ก.7: หน้า GUI เมื่อผลลัพธ์การระบุตัวตนผิด

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้งานระบบ

โปรแกรมของโครงการนี้สามารถดาวน์โหลดได้จาก https://www.example.com/test_ทดสอบ_url ให้ระบบปฏิบัติการของ Raspberry Pi คือ Raspbian buster และให้ระบบปฏิบัติการของ Windows คือ Windows 10

ข.1 คู่มือการติดตั้งโปรแกรมเพื่อตรวจสอบใบหน้าบน Raspberry Pi

ข.1.1 คู่มือการติดตั้ง OpenCV บน Raspberry Pi

1. เปิด Termenal
2. พิมพ์คำสั่ง `sudo git clone https://github.com/freedomwebtech/raspbianlegacy.git`
3. พิมพ์คำสั่ง `cd raspbianlegacy`
4. พิมพ์คำสั่ง `sudo chmod 775 install.sh`
5. พิมพ์คำสั่ง `sudo ./install.sh` จากนั้นรอนานกว่าจะเสร็จ ใช้เวลาประมาณ 2 ชั่วโมง
6. เมื่อทำการติดตั้งเสร็จแล้วให้ทดลองใช้คำสั่ง `python3`
7. แล้วพิมพ์ `import cv2`
8. แล้วพิมพ์ `cv2.__version__` หากติดตั้งสำเร็จจะแสดงเลข `version`

ข.1.2 คู่มือการติดตั้ง TensorFlow lite บน Raspberry Pi

1. เปิด Termenal
2. พิมพ์คำสั่ง `sudo git clone https://github.com/freedomwebtech/raspbianlegacy.git`
3. พิมพ์คำสั่ง `cd raspbianlegacy`
4. พิมพ์คำสั่ง `sudo chmod 775 tensorflow-lite.sh`
5. พิมพ์คำสั่ง `sudo ./tensorflow-lite.sh` จากนั้นรอนานกว่าจะเสร็จ
6. เมื่อทำการติดตั้งเสร็จแล้วให้ทดลองใช้คำสั่ง `pip show tensorflow` หากติดตั้งสำเร็จจะแสดงข้อมูลของ tensorflow

ข.1.3 คู่มือการติดตั้ง Mediapipe library บน Raspberry Pi

1. เปิด Termenal
2. พิมพ์คำสั่ง `sudo apt update`
3. พิมพ์คำสั่ง `sudo pip3 install mediapipe-rpi4` จากนั้นรอนานกว่าจะเสร็จ

ข.1.4 คู่มือการติดตั้ง Tkinter library บน Raspberry Pi

1. เปิด Termenal
2. พิมพ์คำสั่ง sudo apt update
3. พิมพ์คำสั่ง sudo pip3 install tk จากนั้นรอนานกว่าจะเสร็จ

ข.2 คู่มือการติดตั้งโปรแกรมเพื่อระบุตัวตนใบหน้าบน Server

ข.2.1 คู่มือการติดตั้ง Python บน Windows

1. ไปยังเว็บไซต์ <https://www.python.org/downloads/> เพื่อดาวน์โหลดตัว setup ของ Python
2. เปิดไฟล์ setup
3. คลิก Install Now รอจนติดตั้งเสร็จ จากนั้นสามารถปิดหน้าต่างการ setup ได้
4. เมื่อติดตั้ง Python เสร็จแล้ว ให้ทดลองตรวจสอบว่า Python นั้นติดตั้งสำเร็จ โดยการเปิด cmd หรือ powershell และใช้คำสั่ง python -V จะแสดง version ของ Python ที่ทำการติดตั้ง

ข.2.2 คู่มือการติดตั้ง Flask framework

1. เปิด cmd หรือ powershell หรือ windows terminal
2. พิมพ์คำสั่ง pip install Flask รอจนติดตั้งเสร็จ

ข.2.3 คู่มือการติดตั้ง OpenCV บน Windows

1. เปิด cmd หรือ powershell หรือ windows terminal
2. พิมพ์คำสั่ง pip install opencv-python รอจนติดตั้งเสร็จ
3. เมื่อทำการติดตั้งเสร็จแล้วให้ทดลองใช้คำสั่ง python
4. แล้วพิมพ์ import cv2
5. แล้วพิมพ์ cv2.__version__ หากติดตั้งสำเร็จจะแสดงเลข version

ข.2.4 คู่มือการติดตั้ง Scikit learn บน Windows

1. เปิด cmd หรือ powershell หรือ windows terminal
2. พิมพ์คำสั่ง pip install scikit-learn รอจนติดตั้งเสร็จ

ข.3 คู่มือการใช้งานการตรวจจับใบหน้า

1. เปิด Termenal
2. พิมพ์คำสั่ง git clone <https://github.com/freedomwebtech/raspbianlegacy.git>
3. หลังจากนั้นพิมพ์คำสั่ง cd face detection
4. เปิดไฟล์ request_response.py
5. แก้ url ให้เป็นเลข IP Address ของ server รับรูปภาพ
6. พิมพ์คำสั่ง python main_ui.py

หลังจากพิมพ์คำสั่ง python main_ui.py จะแสดงหน้าตา UI ดังรูป

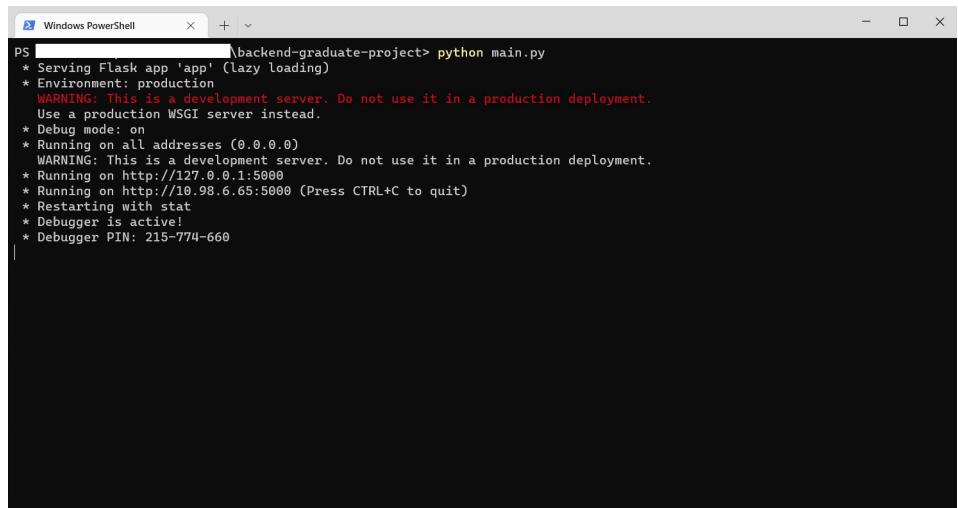


รูปที่ ข.1: หน้า GUI เมื่อโปรแกรมเริ่มทำงาน

ข.4 คู่มือการใช้งานการระบุตัวตนด้วยใบหน้า

1. เปิด cmd หรือ powershell หรือ windows terminal
2. พิมพ์คำสั่ง git clone <https://github.com/protonnote/backend-graduate-project.git>
3. หลังจากนั้นพิมพ์คำสั่ง cd backend-graduate-project
4. หลังจากนั้นเปิดไฟล์ app.py เพื่อแก้ที่จัดเก็บรูปภาพ (UPLOAD_FOLDER) ตามเส้นทาง (path) ที่อยู่ปัจจุบันให้ถูกต้องแล้วบันทึก
5. พิมพ์คำสั่ง python main.py

หลังจากพิมพ์คำสั่ง python main.py จะแสดงหน้าตา Termenal ดังรูป



```
PS C:\Users\...\backend-graduate-project> python main.py
* Serving Flask app 'app' (lazy loading)
* Environment: production
WARNING: This is a development server. Do not use it in a production deployment.
Use a production WSGI server instead.
* Debug mode: on
* Running on all addresses (0.0.0.0)
WARNING: This is a development server. Do not use it in a production deployment.
* Running on http://127.0.0.1:5000
* Running on http://10.98.6.65:5000 (Press CTRL+C to quit)
* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 215-774-660
```

รูปที่ ข.2: หน้า Terminal เมื่อโปรแกรมระบุตัวตนด้วยใบหน้าเริ่มทำงาน

ประวัติผู้เขียน



ชื่อ-นามสกุล : นาย นฤสรณ์ กันจินะ

ระดับการศึกษา : ปริญญาตรี สาขา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ ภาควิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

E-mail : naruson.kan@outlook.com

กิจกรรมที่เคยเข้าร่วม

- สมาชิกทีม OASYS Data Analytics ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2563
- ร่วมฝึกงานที่สำนักบริการเทคโนโลยีสารสนเทศ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ (Information Technology Service Center, Chiang Mai University)