

การเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างาน
ด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน

ณัฐรีพรรณ นิทรยุสกุลโชติ

TNI

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
บัณฑิตวิทยาลัย สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ
สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น
ปีการศึกษา 2563

COMPARISON OF TECHNIQUE FOR FACE RECOGNITION BASED ON
ATTENDANCE SYSTEM WITH TEMPERATURE DETECTION
VIA THERMAL CAMERA

Nuttareepan Nittayoosakulchot

TNI

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Information Technology

Graduate School

Thai-Nichi Institute of Technology

Academic Year 2020

หัวข้อวิทยานิพนธ์

การเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับ
ระบบบันทึกเวลาทำงานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน

โดย

ณัฐรีพรรณ นิตยกุลโชติ

สาขาวิชา

เทคโนโลยีสารสนเทศ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฟอร์ดินันด์ โจ จอห์น โจเซฟ

บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น อนุมัติให้บัณฑิตวิทยาลัยนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. พิชิต สุขเจริญพงษ์)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปรีศนา มัชฌิมา)

..... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. อรรถพล หมนัสกุล)

..... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตติพร เลิศรัตน์เดชากุล)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เฟอร์ดินันด์ โจ จอห์น โจเซฟ)

ณัฐรีพรรณ นิทรยุสกุลโชติ : การเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน. อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพอร์ดิน โจ จอห์น โจเซฟ, 58 หน้า.

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจจับอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนซึ่งจะทำการเปรียบเทียบเทคนิค Local Binary Pattern Histogram (LBPH) recognition และ เทคนิค HOG & Linear SVM ในการจดจำใบหน้า เพื่อหาเวลาที่ใช้ในการประมวลผลและความแม่นยำที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน รวมทั้งแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการบันทึกเวลางานของพนักงานโดยใช้ระบบจดจำใบหน้าและตรวจจับอุณหภูมิร่างกายที่พัฒนาขึ้น ให้ความสะดวก รวดเร็ว และสามารถดูข้อมูลได้แบบทันที (Real time) จากการหาผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการจดจำใบหน้า โดยเปรียบเทียบการใช้เทคนิค LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM เป็นระยะเวลา 1 เดือนกับพนักงานทั้งหมด 20 คนของบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด พบว่าค่าเฉลี่ยความแม่นยำของเทคนิค HOG & Linear SVM มีผลลัพธ์ดีกว่าโดยค่าเฉลี่ยมีความแม่นยำที่อยู่ที่ 81.85 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เทคนิค LBPH มีความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 72.61 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำในการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค HOG & Linear SVM มีความแม่นยำสูงกว่าเทคนิค LBPH ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลการจดจำใบหน้า โดยเปรียบเทียบการใช้เทคนิค LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM พบว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลของเทคนิค LBPH มีผลลัพธ์ดีกว่าโดยค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลที่อยู่ที่ 0.26 วินาที ในขณะที่เทคนิค HOG & Linear SVM มีระยะเวลาในการประมวลผลเฉลี่ยอยู่ที่ 0.54 วินาที ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยกว่าเทคนิค HOG & Linear SVM ทั้งนี้ผู้วิจัยได้เลือกเทคนิค LBPH มาใช้สำหรับระบบบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจจับอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนของบริษัท เนื่องจากมีข้อดีด้านเวลาที่ใช้ในการประมวลผล ซึ่งเหมาะสมกับบริบทในการทำงานของพนักงานที่ต้องบันทึกเวลางานให้ตรงเวลา และถูกต้อง ส่วนในเรื่องของความแม่นยำในการจดจำใบหน้าสำหรับเทคนิค LBPH ยังถือว่าอยู่ในการที่ยอมรับได้เมื่อเทียบกับเวลาที่ใช้ในการประมวลผลด้านการบันทึกเวลาทำงานของพนักงาน

NUTTAREEPAN NITTAYOOSAKULCHOT : COMPARISON OF TECHNIQUE
FOR FACE RECOGNITION BASED ON ATTENDANCE SYSTEM WITH
TEMPERATURE DETECTION VIA THERMAL CAMERA. ADVISOR : ASST.
PROF. DR. FERDIN JOE JOHN JOSEPH, 58 PP.

This research is to develop an employee record system with temperature sensing and facial recognition by thermal imaging camera, which will compare the Local Binary Pattern Histogram (LBPH) recognition technique and the HOG & Linear SVM technique in Face recognition to determine the optimal processing time and precision for use with thermal imaging cameras. From finding results, mean, face recognition accuracy by comparing the one-month LBPH technique and the HOG & LINEAR SVM technique with 20 employees of Lega Corporation, it found that the HOG & LINEAR SVM technique's accuracy performed better, with an accuracy of 81.85 percent on average. The average accuracy of the LBPH at 72.61 percent showed that the face recognition accuracy with HOG & LINEAR SVM technique was higher than that of LBPH technique. By comparing the use of the LBPH technique and the HOG & LINEAR SVM technique and the mean processing time of the LBPH technique, the results were better, with the mean processing time being 0.26 s while the HOG & LINEAR SVM technique the average result was 0.54 s, indicating that the face recognition technique using LBPH technique took less processing time than HOG & LINEAR SVM technique. The researcher has chosen the LBPH technique for employee record systems with temperature sensing and facial recognition with the company's thermal imaging camera. Due to the advantages of processing time and tolerance to light intensity changes, which is appropriate for employees who have to record their work on time, honest, and correct for the face recognition accuracy for the LBPH technique, it is still acceptable compared to the time it takes to process timekeeping for employees.

Graduate School

Field of Study Information Technology

Academic Year 2020

Student's Signature.....

Advisor's Signature.....

กิตติกรรมประกาศ

การทำวิทยานิพนธ์นี้จะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีนั้น ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เพอร์ดิน โจ จอห์น โจเซฟ และดร. ศรายุทธ นนท์ศิริ ที่ได้สละเวลาในการให้คำแนะนำ คำปรึกษา การสนับสนุน รวมถึงตรวจสอบข้อบกพร่องทุกขั้นตอนของการทำวิทยานิพนธ์ และขอขอบคุณ พนักงานบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด ที่ให้ความร่วมมือในการทดลองระบบที่ได้ออกแบบเพื่อใช้ในการเก็บข้อมูล รวมทั้งขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บัณฑิตวิทยาลัยของสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น ที่ให้คำแนะนำในส่วนของการจัดทำและตรวจสอบเล่มวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์และประสบความสำเร็จไปด้วยดี

ทั้งนี้ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณคณะกรรมการสอบทุกท่าน ได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปริศนา มัชฌิมา รองศาสตราจารย์ ดร.อรรณพ หมั่นสกุล และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติพร เลิศรัตน์เดชากุล ที่ได้กรุณาให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และช่วยตรวจสอบข้อบกพร่องของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จและเหนือสิ่งอื่นใดผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดาของผู้วิจัยที่คอยให้กำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้านอย่างที่สุดเสมอมา

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะเกิดประโยชน์ต่อผู้ที่มีความสนใจสามารถนำไปต่อยอด องค์ความรู้เพื่อประยุกต์ใช้งานอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อให้เกิดคุณค่าและสามารถใช้งานได้จริง

ณัฐริพรรณ นิตยสกุลโชติ

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญรูป	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
1.1 สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2 แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	6
2.1.1 ทฤษฎีระบบปัญญาประดิษฐ์	6
2.1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning)	9
2.1.3 เทคนิคการรู้จำใบหน้า	12
2.1.4 เทคโนโลยีจดจำใบหน้า (Face Recognition)	16
2.1.5 ทฤษฎีกล้องถ่ายภาพความร้อน	17
2.1.6 เทคโนโลยีโปรโตคอลที่รับส่งข้อมูล.....	19
2.1.7 เทคนิค Deep Learning.....	22
2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
3 วิธีการดำเนินงาน	28
3.1 ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลปัญหาของงานวิจัย	30
3.2 ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาข้อมูลและเทคโนโลยีที่นำมาใช้	30

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	3.3 ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง	32
	3.4 ขั้นตอนที่ 4 วิธีการทดสอบ.....	39
	3.5 ขั้นตอนที่ 5 การสรุปผลการวิจัย	40
4	ผลการวิจัย.....	41
	4.1 แสดงผลลัพธ์การวิจัย	41
	4.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	45
5	บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ	49
	5.1 สรุปผลการวิจัย.....	49
	5.2 อภิปรายผลวิจัย.....	49
	5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย.....	50
	บรรณานุกรม.....	51
	ภาคผนวก.....	56
	ประวัติย่อผู้วิจัย	58

TNI

TAHITI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
3.1 แผนการดำเนินงานวิจัย	29
4.1 ผลการวิจัยสำหรับเทคนิค LBPH สำหรับบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการ ตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำ ใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน	41
4.2 ผลการวิจัยสำหรับเทคนิค DLIB สำหรับบันทึกการทำงานของพนักงานด้วย การตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำ ใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน	43
4.3 การเปรียบเทียบเทคนิค LBPH และ เทคนิค DLIB ในด้านเวลาในการประมวลผล และความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน	48

TNI

THAI

NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

สารบัญรูป

รูป	หน้า
2.1 แสดงมุมมองแบบสองมิติ เพื่ออธิบายความหมายของคำว่า "อัจฉริยะ"	7
2.2 Turing Test	8
2.3 Learning Agent	12
2.4 แสดงขั้นตอนการเก็บภาพเรียนรู้.....	14
2.5 หลักการทำงานของระบบสแกนใบหน้า	17
2.6 การทำงานของ Windows Media Services	21
2.7 การทำงานของ Real Server	21
2.8 แสดงการสรุปผลการตรวจจับใบหน้าด้วยอัลกอริทึม Haar-Like features.....	24
2.9 สรุปผลความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าด้วยอัลกอริทึม LBPH.....	25
3.1 Harr-like feature.....	31
3.2 กรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบบันทึกการทำงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและ การจดจำใบหน้า.....	32
3.3 Flowchart การเตรียมข้อมูลและบันทึกข้อมูลตั้งต้นของพนักงาน	33
3.4 หน้าจอแสดงการป้อนข้อมูลของพนักงาน	34
3.5 ตัวอย่างภาษา Python ในการเข้ารหัสใบหน้า	35
3.6 Flowchart การตรวจวัดอุณหภูมิและการประมวลผลการจดจำใบหน้า.....	36
3.7 ตัวอย่างหน้าจอการตรวจวัดอุณหภูมิและประมวลผลการจดจำใบหน้า	37
3.8 Flowchart แสดงการบันทึกข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบันทึกการทำงาน	38
4.1 กราฟแสดงข้อมูลความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH	42
4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH	43
4.3 กราฟแสดงข้อมูลความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค DLIB	44
4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค DLIB	45
4.5 กรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบบันทึกการทำงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิ และการจดจำใบหน้า	46
4.6 กราฟเปรียบเทียบเทคนิค LBPH และ เทคนิค DLIB ในด้านความแม่นยำ	48
4.7 กราฟเปรียบเทียบเทคนิค LBPH และ เทคนิค DLIB ในด้านเวลาในการประมวลผล ..	48

บทที่ 1

บทนำ

1.1 สภาวะความเป็นมา แนวทางเหตุผล และปัญหา

การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (novel coronavirus 2019, 2019-nCoV) [1] ที่ก่อโรคปอดอักเสบ (pneumonia) ในเมืองอู่ฮั่น (Wuhan) มณฑลหูเป่ย์ (Hubei) ประเทศจีน เริ่มจากช่วงปลายปี ค.ศ. 2019 จนถึงปัจจุบัน ในช่วงแรกคาดว่า เป็นการติดเชื้อจากสัตว์สู่คน เมื่อมีข่าวการระบาดนี้ ทั่วโลกก็เฝ้าระวังอย่างใกล้ชิด เพราะมีประสบการณ์มาจากโรคทางเดินหายใจร้ายแรงที่เกิดจากไวรัสโคโรนา ได้แก่ โรคซาร์ (severe acute respiratory syndrome, SARS) ที่ระบาดในช่วงปี ค.ศ. 2002-2003 ซึ่งมีสาเหตุจากไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ SARS-CoV ที่เป็นไวรัสโคโรนาข้ามสปีชีส์จากค้างคาวผ่าน civet cat (ชะมด) มาติดเชื้อในคน โดยเริ่มระบาดจากประเทศจีนและกระจายไปทั่วโลก มีผู้ติดเชื้อกว่าแปดพันคน อัตราการตายร้อยละ 10 และเพิ่มเป็นร้อยละ 50 ในผู้สูงอายุ ต่อมาในปีค.ศ. 2012-2014 ก็มีการระบาดของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ ชื่อ Middle East respiratory syndrome coronavirus (MERS-CoV) ที่เป็นไวรัสโคโรนาข้ามสปีชีส์จากค้างคาวผ่านอูฐมาติดเชื้อในคน เริ่มจากผู้ป่วยในประเทศซาอุดีอาระเบีย มีผู้ติดเชื้อรวม 1,733 คน อัตราการตายร้อยละ 36

สำหรับประเทศไทย [2] พบผู้ป่วยหญิงจากเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน ติดเชื้อโควิด-19 ในไทยคนแรกกระทรวงสาธารณสุขของไทยประกาศเมื่อวันที่ 12 ม.ค. 2563 ว่าพบนักท่องเที่ยวหญิงวัย 61 ปี สัญชาติจีน ซึ่งมีภูมิลำเนาอยู่ที่เมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน ติดเชื้อโควิด-19 นับว่าเป็นการพบผู้ติดเชื้อคนแรกนอกประเทศจีน และจากข้อมูลของกระทรวงสาธารณสุข พบว่านับตั้งแต่มีรายงานพบผู้ติดเชื้อชาวจีนคนแรกที่เดินทางมาจากเมืองอู่ฮั่นในวันที่ 12 ม.ค. 2563 เป็นต้นมานั้น ช่วงระหว่างวันที่ 12-31 ม.ค. ยังพบว่ามีผู้ป่วยชาวจีนจากเมืองอู่ฮั่น รวม 16 คน แบ่งเป็นในพื้นที่กรุงเทพมหานคร 13 คน จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ ชลบุรี และภูเก็ต จังหวัดละ 1 คน จนเมื่อวันที่ 25 มีนาคม 2563 รัฐบาลไทยได้ประกาศสถานการณ์ฉุกเฉินในทุกเขตท้องที่ทั่วราชอาณาจักร จึงทำให้ประชาชนต้องปรับเปลี่ยนวิถีชีวิต การทำงาน ความเป็นอยู่ ในรูปแบบ New Normal ซึ่งเกิดจากคำแนะนำในการป้องกันการติดเชื้อและแพร่เชื้อ การจ่ายให้ผู้อื่นมาถือปฏิบัติในชีวิตประจำวัน ไม่ว่าจะเป็นการ ล้างมือเมื่อเหมาะสม หลีกเลี่ยงการสัมผัสและการเดินทางที่ไม่จำเป็น เว้นระยะห่างทางสังคม (Social Distance) สวมหน้ากากอนามัยในที่สาธารณะ และตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายตามสถานที่ต่าง ๆ หากบุคคลใดที่มีอุณหภูมิเกินค่ามาตรฐานที่อาจมีความเสี่ยงในการเป็นไข้ นั่นคือการที่ร่างกายมีอุณหภูมิมากกว่า 37.5 องศาเซลเซียส ถือว่าบุคคลนั้นมีความเสี่ยงในการได้รับหรือกำลังแพร่เชื้อไวรัสได้

จากเหตุการณ์การระบาดดังกล่าว การสวมหน้ากากอนามัยตลอดเวลาในที่สาธารณะ และการตรวจวัดอุณหภูมิของร่างกายก่อนเข้าใช้บริการในสถานที่ต่าง ๆ จึงถือว่ามีผลอย่างมากในการป้องกันการแพร่ระบาด วิธีการตรวจวัดอุณหภูมิในร่างกายสามารถทำได้หลากหลายวิธี ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่นำมาใช้งาน เช่น พรอทวัดไข้ เทอร์โมมิเตอร์วัดอุณหภูมิ เครื่องวัดไข้ดิจิทัล เครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายอินฟราเรด หรือกล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นต้น การเลือกใช้งานจะขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสถานที่ต่าง ๆ แต่สิ่งที่ยังคงต้องคำนึงถึงระหว่างการตรวจวัดอุณหภูมินั้นคือระยะห่างทางสังคมที่จะต้องเว้นระยะให้เหมาะสมอยู่เสมอ

ในศตวรรษที่ 21 ถือว่าเป็นยุคเทคโนโลยีสารสนเทศ ความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่ทำให้ข้อมูล ข่าวสาร ความรู้ ในศาสตร์และแขนงต่าง ๆ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางตั้งแต่ระดับบุคคลทั่วไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม สังคมและเศรษฐกิจ เช่น การนำระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI: Artificial Intelligence) มาประยุกต์ใช้กับระบบบันทึกการเข้างานของพนักงานด้วยการจดจำใบหน้าซึ่งเป็นการนำเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้ามาประยุกต์ใช้เข้ากับการบริหารงานบุคคล จากแนวคิดของ ดร.ชิตนันท บวรณชัย และทีมนักวิจัย [3] ศูนย์วิจัยความเป็นเลิศด้านการวิเคราะห์สารปริมาณน้อยและไบโอเซนเซอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่พัฒนาเครื่องวัดอุณหภูมิระยะใกล้ด้วยแสงอินฟราเรด โดยทีมวิจัยมีความสามารถในการพัฒนาอุปกรณ์เซ็นเซอร์ขนาดกะทัดรัดที่สามารถใช้งานนอกสถานที่ได้ ผนวกกับองค์ความรู้และความเชี่ยวชาญด้านเทคโนโลยีขั้นรูปสามมิติ ตลอดจนการนำอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์มารวมไว้ในอุปกรณ์ขนาดเล็ก โดยเครื่องมีขั้นตอนการใช้งาน คือ ผู้ที่ต้องการวัดอุณหภูมิสามารถเดินเข้าหาตัวเครื่องด้วยตนเอง โดยทิ้งระยะประมาณ 2 – 4 เซนติเมตร เพื่อให้เซ็นเซอร์ของเครื่องทำงานโดยส่งสัญญาณไปยังเทอร์โมมิเตอร์วัดไข้ อินฟราเรด และผู้วัดอุณหภูมิสามารถอ่านค่าอุณหภูมิร่างกายได้ด้วยตัวเอง เครื่องรูปแบบแรกนี้ได้นำไปใช้จริงที่โรงพยาบาลสงขลานครินทร์แล้ว ซึ่งได้ผลออกมาดี ลดจำนวนบุคลากรทางการแพทย์ที่ต้องมายืนตรวจวัดอุณหภูมิซึ่งถือว่าเป็นหน้าที่ที่เสี่ยงต่อการติดเชื้อได้ง่าย

และจากการศึกษางานวิจัยของวิดา ยะไวทย์ และคณะ [4] ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสำหรับระบบลงทะเบียนการเข้าปฏิบัติงาน โดยพัฒนาโปรแกรมจดจำใบหน้าเพื่อระบุตัวบุคคลโดยใช้การจดจำใบหน้า ซึ่งผู้ใช้จะต้องทำการกรอกข้อมูลและถ่ายภาพใบหน้าในส่วนของการใช้งานครั้งแรกก่อนจึงจะสามารถลงชื่อปฏิบัติงานได้ แล้วทำการถ่ายภาพให้อยู่ในลักษณะหน้าตรง โดยใช้การจดจำใบหน้าที่พัฒนาขึ้น และได้นำไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างคือนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิทยาการคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมาจำนวน 20 คน พบว่าการนำแอปพลิเคชันที่พัฒนาเสร็จเรียบร้อยแล้วไปทดสอบและดูผลลัพธ์ของการทดสอบคือ แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสำหรับลงทะเบียนการเข้าปฏิบัติงานโดยใช้การจดจำใบหน้า ซึ่งการใช้งานแอปพลิเคชันจะต้องทำการกรอกข้อมูลและถ่ายภาพใบหน้าในส่วนของการใช้งานครั้งแรกก่อนจึงจะสามารถลงชื่อปฏิบัติงานได้ แล้วทำการถ่ายภาพโดยให้อยู่

ในลักษณะหน้าตรงเพื่อระบบจะตรวจจับใบหน้าได้ แล้วทำการกดยถ่ายภาพโดยจะต้องกดถ่ายภาพ 5 ครั้ง ส่วนการลงชื่อปฏิบัติงานจะต้องทำเช่นเดียวกันคืออยู่ในลักษณะหน้าตรงเพื่อจะตรวจจับใบหน้าได้แล้วกดปุ่มสแกน รอให้ข้อมูลแสดงออกมาทางหน้าจอ ตรวจสอบข้อมูลแล้วทำการกดบันทึกเพื่อบันทึกเวลาที่เข้าปฏิบัติงานลงในฐานข้อมูล ซึ่งพบว่าแอปพลิเคชันสามารถจดจำใบหน้าได้แม่นยำ 100% จากตัวอย่างการศึกษาข้างต้น จะเห็นอีกข้อสรุปหนึ่งว่าแอปพลิเคชันนี้ต้องใช้ภาพถ่ายใบหน้าจำนวนมากแต่มีการเก็บไฟล์รูปภาพไปหน้าลงใน S.D. Card ภายในโทรศัพท์มือถือ จึงทำให้สิ้นเปลืองเนื้อที่ในการจัดเก็บไฟล์รูปภาพ

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเล็งเห็นความสำคัญของการนำเทคโนโลยีด้านการตรวจวัดอุณหภูมิมาช่วยในการจดจำใบหน้า มาพัฒนาระบบบันทึกการทำงานของพนักงาน เพื่อช่วยให้ระบบบันทึกการทำงานของสำนักงานหรือบริษัทให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ไม่ยุ่งยากซับซ้อน จึงกล่าวได้ว่า "การเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน" จะช่วยให้การจัดการและการบริหารงานสะดวกต่อการค้นหาข้อมูลและตรวจสอบสถิติการลงเวลาของพนักงานเป็นการช่วยลดปัญหาข้อผิดพลาดและล่าช้า ข้อมูลมีความแม่นยำสูงในการระบุตัวตนของพนักงาน อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลและประมวลผล เชื่อถือได้และสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่น ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไป รวมถึงยังสามารถดำเนินการในช่วงวิกฤติที่มีการระบาดของไวรัสโคโรนาซึ่งถือเป็นประเด็นสำคัญในปัจจุบัน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อพัฒนาระบบบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ให้มีความสะดวก รวดเร็ว และสามารถดูข้อมูลได้แบบทันที (Real time) เพื่อนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านการบริหารงานอื่น ๆ ได้

1.2.2 เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้าในด้านการเวลาในการประมวลผลและความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 ศึกษาภาพรวม/ทฤษฎี/การทำงาน ของเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้าและการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย

1.3.2 เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้าที่จะนำมาใช้ในการพัฒนาระบบได้แก่ เทคนิค Local Binary Patterns Histogram (LBPH) recognition และ เทคนิค Deep Learning Model

1.3.3 เพื่อแสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพการบันทึกเวลางานของพนักงานโดยใช้ระบบจดจำใบหน้าและตรวจวัดอุณหภูมิร่างกายที่พัฒนาขึ้น

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้รูปแบบ (Framework) การบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการจดจำใบหน้าและตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย

1.4.2 ได้ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้า เพื่อที่สามารถเลือกเทคนิคที่เหมาะสมในการประยุกต์ใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อนได้

1.5 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.5.1 ระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI: Artificial Intelligence) คือ เครื่องจักร(machine) ที่มีฟังก์ชันที่มีความสามารถในการทำความเข้าใจ เรียนรู้องค์ความรู้ต่างๆ อาทิเช่น การรับรู้ การเรียนรู้ การให้เหตุผล และการแก้ปัญหาต่างๆ เครื่องจักรที่มีความสามารถเหล่านี้ก็ถือว่าเป็นปัญญาประดิษฐ์ (AI: Artificial Intelligence)

1.5.2 ไวรัสโคโรนา คือโรคที่มีสาเหตุจากเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ซึ่งพบเป็นครั้งแรกในเมืองอู่ฮั่น ประเทศจีน มีชื่อว่า โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 หรือ โควิด-19 (COVID-19) – ‘CO’ มาจากคำว่า Corona, ‘VI’ มาจาก Virus, และ ‘D’ มาจาก Disease ที่แปลว่า ‘โรค’ ไวรัสโควิด-19 เป็นไวรัสชนิดใหม่ซึ่งมีความเชื่อมโยงกับตระกูลของไวรัสที่เป็นต้นเหตุของโรคซาร์ส (Severe Acute Respiratory Syndrome – SARS) หรือโรคทางเดินหายใจเฉียบพลันรุนแรง รวมทั้งโรคหัดธรรมดาบางประเภท

1.5.3 เทคโนโลยีตรวจจับใบหน้า (Face detection camera) คือ ระบบวิเคราะห์ใบหน้าถือว่าเป็นหนึ่งในระบบที่ใช้ในการพิสูจน์ยืนยันตัวตนบุคคลโดยใช้คุณลักษณะจำเพาะทางสรีระ โดยระบบรู้จำใบหน้าจะทำงานโดยการเปรียบเทียบใบหน้าจากภาพถ่ายดิจิทัลหรือภาพจากกล้องวิดีโอของบุคคลที่เราสนใจกับฐานข้อมูลใบหน้าที่มีอยู่ และเมื่อเปรียบเทียบเสร็จก็จะแสดงผลใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูลที่มีใบหน้าเหมือนกับภาพที่นำมาเปรียบเทียบออกมา

1.5.4 การตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย เป็นวิธีการที่ใช้ตรวจหาอาการเบื้องต้นของโรคโควิด-19 อย่างไรก็ดีตาม เครื่องมืออุปกรณ์ทางการแพทย์ที่ใช้ตรวจวัดอุณหภูมิของร่างกาย ผู้ใช้ต้องรู้หลักการในการทำงานของเครื่อง เพื่อให้สามารถตรวจวัดได้มาตรฐาน เทียบตรง และมีประสิทธิภาพ

1.5.5 Local Binary Patterns Histogram (LBPH) Recognition เป็นเทคนิคการระบุตัวตนโดยอาศัย Local Binary Patterns (LBP) ที่เป็นเทคนิคสำหรับการแยกแยะรูปแบบลักษณะพิเศษในรูปภาพ โดยนำค่า LBP ที่คำนวณได้ในแต่ละพิกเซลมาทำ Histogram สำหรับ

การระบุลักษณะพิเศษในใบหน้า แบ่งการทำงาน เป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการประมวลผลก่อนและขั้นตอนทดสอบ ขั้นตอนการประมวลผลก่อน เริ่มจากการแปลงชุดภาพข้อมูลสำหรับการรู้จำแต่ละฟิสิกเซลเป็นค่า LBP

1.5.6 **Deep Learning Model** คือวิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติด้วยการ เลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Neurons) โดยนำระบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) มาซ้อนกันหลายชั้น (Layer) และทำการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่างซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการตรวจจบบรูปแบบ (Pattern) หรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล (Classify the Data)



บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง และได้นำเสนอตามหัวข้อต่อไปนี้

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีระบบปัญญาประดิษฐ์

2.1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้

2.1.3 เทคนิคการรู้จำใบหน้า

2.1.4 เทคโนโลยีจดจำใบหน้า

2.1.5 ทฤษฎีกล้องถ่ายภาพความร้อน

2.1.6 เทคโนโลยีโปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูล

2.1.7 เทคนิค Deep Learning

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ทฤษฎีระบบปัญญาประดิษฐ์

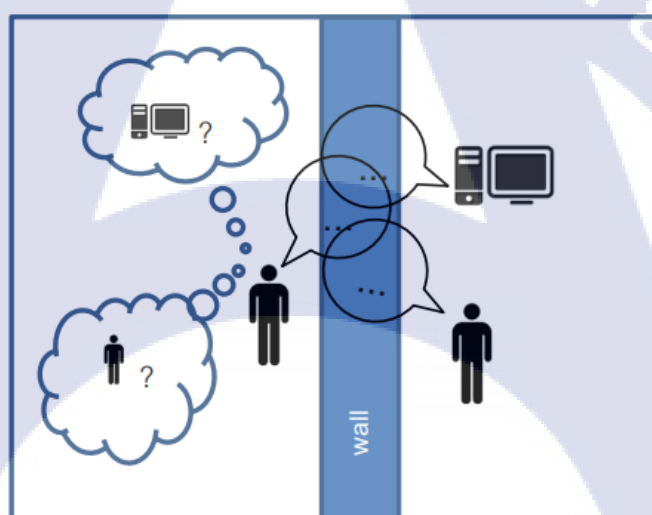
ปัญญาประดิษฐ์ (Artificial Intelligence : AI) [5] ประกอบด้วยคำ 2 คำคือ Artificial (แปลว่าของเทียมของที่สร้างขึ้นมา) กับ Intelligence (แปลว่า อัจฉริยะ) ดังนั้นเมื่อนำสองคำนี้มารวมกันก็จะแปลได้ว่า ความอัจฉริยะเทียมที่สร้างขึ้น ซึ่งหมายถึงความอัจฉริยะที่ไม่ได้มีมาแต่กำเนิด หรือติดตัวมาตั้งแต่เกิด สำหรับปัญญาประดิษฐ์เป็นสาขาที่เกิดขึ้นในปีค.ศ. 1995 โดยมี John McCarthy ซึ่งเป็นหนึ่งในผู้บุกเบิกทางด้านนี้ และได้ให้คำจำกัดความอย่างหยาบ ๆ และเป็นคำนิยามแรกของ AI ดังนี้ “The Goal of AI is to Develop Machines That Behave as Though They were Intelligent” สำหรับวัตถุประสงค์ของปัญญาประดิษฐ์คือการพัฒนาเครื่องกลที่มีพฤติกรรมที่บ่งบอกว่าเครื่องกลเหล่านั้นมีความเป็นอัจฉริยะได้ อย่างไรก็ตามจากคำนิยามของ J. McCarthy [6] นั้นยังไม่เพียงพอสำหรับการให้นิยามของ AI เนื่องจาก AI มีวัตถุประสงค์อีกอย่างหนึ่งคือ การแก้ปัญหาที่มีความซับซ้อน คำนิยามที่น่าสนใจคำนิยามหนึ่งคือจากคำนิยามของ E. Rich และ K. Knight [7] ซึ่งให้ไว้ดังนี้ “Artificial Intelligence is the Study of How to Make Computers do Things at Which, At the Moment, People are Better.” จากคำนิยามของ Elaine Rich จะเห็นว่าเป็นการชี้ให้เห็นอย่างชัดเจนถึงสิ่งที่นักวิจัยทางสาขา AI กำลังทำอยู่ในระยะเวลา 50 ปี ที่ผ่านมา และจะยังมีความทันสมัยแม้กระทั่งปีค.ศ. 2050 ก็ตาม สำหรับงาน

บางงานเช่นการประมวลผลคำนวณค่าต่าง ๆ แล้วคอมพิวเตอร์จะทำงานได้เร็วกว่ามนุษย์มาก เช่น เมื่อคน ๆ หนึ่งเดินเข้าไปในห้องที่ไม่คุ้นเคยหรือไม่เคยเข้ามาก่อน คน ๆ นั้นจะสามารถจดจำสภาพแวดล้อมต่าง ๆ ภายในห้องดังกล่าวได้เพียงเสี้ยววินาทีเท่านั้นก็จะสามารถตัดสินใจเลือกจะทำสิ่งใดต่อไปจากสภาพแวดล้อมปัจจุบันที่สังเกตได้ในขณะนั้น ซึ่งงานดังกล่าวนี้ไม่สามารถทำได้โดยเครื่องคอมพิวเตอร์ทั่วไป แต่จะเป็นงานสำหรับ AI อย่างเช่น Autonomous Robots เท่านั้น อย่างไรก็ตามหากให้นิยามตามที่ Rich เซนจะเห็นได้ว่า AI จะไม่สามารถสร้างระบบอัจฉริยะที่สามารถให้เหตุผลและแสดงการกระทำอย่างมนุษย์ได้ (Human Reasoning and Intelligent Action) เนื่องจากการสร้างระบบอัจฉริยะแบบนี้จะต้องอาศัยหลักการที่เรียกว่า Neuroscience ซึ่งเป็นหลักการที่สำคัญอย่างยิ่งใน AI นอกจากนี้ S. Russell and P. Norvig [8] ได้ให้ความสำคัญกับคำว่า “อัจฉริยะ (Intelligence)” แสดงให้เห็นว่าคำนิยามต่าง ๆ เหล่านี้สามารถถูกแบ่งประเด็นที่สำคัญออกเป็นสามประเด็นด้วยกันคือ กระบวนการคิด (Thought Processes) การใช้เหตุผล (Reasoning) และพฤติกรรมหรือการกระทำที่แสดงออก (Behaviors) เมื่อนำประเด็นของกระบวนการคิด การใช้เหตุผล และการกระทำแล้วสามารถพิจารณาเป็นมุมมองในแบบสองมิติ เพื่อใช้อธิบายความหมายของคำว่า “อัจฉริยะ” ได้ดังรูปที่ 2.1 นั่นคือการที่จะตัดสินใจว่าคอมพิวเตอร์มีความเป็นอัจฉริยะได้ก็ต่อเมื่อมีคุณสมบัติครบทั้งสองมิติคือทั้งในส่วนของการคิดและการกระทำได้ดังรายละเอียดต่อไปนี้

	เหมือนมนุษย์ (Like Human)	อย่างมีเหตุมีผล (Rationally)
การคิด (Think)	วิทยาศาสตร์เชิงปัญญา (Cognitive Science)	กฎหมายของความคิด (Laws Of Thought)
การกระทำ (Act)	การทดสอบแบบทัวริง (Turing Test)	เอเจนต์ที่กระทำอย่างมีเหตุมีผล (Rational Agents)

รูปที่ 2.1 แสดงมุมมองแบบสองมิติ เพื่ออธิบายความหมายของคำว่า “อัจฉริยะ”

พฤติกรรมหรือการกระทำเหมือนมนุษย์ (Acting Humanly) สิ่งหนึ่งที่จะบอกว่าเครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องนั้น(หรือระบบคอมพิวเตอร์ระบบหนึ่ง) มีความอัจฉริยะหรือไม่ นั่นคือการที่คอมพิวเตอร์สามารถแสดงพฤติกรรมหรือการกระทำได้เหมือนมนุษย์ โดยการทดสอบว่าคอมพิวเตอร์สามารถกระทำเหมือนมนุษย์ได้หรือไม่ นั้นอาศัยการทดสอบที่เรียกว่าแบบทดสอบทัวริง ซึ่งถูกเสนอโดย D. Poole, A. Mackworth, และ R. Goebel [9] เมื่อปี ค.ศ. 1950 สำหรับวิธีการทดสอบนี้จะให้ฝ่ายหนึ่งคือมนุษย์สนทนาโต้ตอบกับอีกฝ่ายหนึ่งคือมนุษย์ และเครื่องคอมพิวเตอร์โดยไม่ให้ทั้งสองฝ่ายมองเห็นกัน รูปแบบการสนทนาอาจจะเป็นการพูดคุยหรือการพิมพ์ข้อความโต้ตอบกันระหว่างคู่สนทนา หากคู่สนทนาไม่สามารถแยกแยะได้ว่าอีกฝ่ายที่โต้ตอบมานั้นเป็นคอมพิวเตอร์หรือเป็นมนุษย์ก็ถือว่าเครื่องคอมพิวเตอร์นั้นผ่านการทดสอบของทัวริง ซึ่งหมายความว่าคอมพิวเตอร์มีความอัจฉริยะเนื่องจากสามารถเลียนแบบมนุษย์ ดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Turing Test

อย่างไรก็ตามเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถผ่านการทดสอบแบบทัวริง คอมพิวเตอร์จำเป็นต้องมีความสามารถในด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- (1) การประมวลผลภาษาธรรมชาติ (Natural Language Processing) คือการที่คอมพิวเตอร์สามารถสื่อสารโดยใช้ภาษาอังกฤษในการโต้ตอบได้
- (2) การแทนความรู้ (Knowledge Representation) คือการที่คอมพิวเตอร์สามารถจัดเก็บความรู้ต่าง ๆ ที่ได้รับมา
- (3) การใช้เหตุผลอย่างอัตโนมัติ (Automated Reasoning) คือการที่คอมพิวเตอร์สามารถใช้ความรู้ที่จัดเก็บไว้เพื่อการตอบคำถามหรือการให้คำแนะนำเพื่อข้อสรุปใหม่

(4) การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) คือการที่คอมพิวเตอร์สามารถปรับตัวหรือดัดแปลงตัวเองเมื่อเผชิญกับสถานการณ์ใหม่ที่ไม่เคยพบเห็นมาก่อน หรือสามารถตรวจสอบและคาดการณ์สถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เกิดขึ้นได้

(5) คอมพิวเตอร์วิทัศน์ (Computer Vision) คือการที่คอมพิวเตอร์สามารถประมวลผลภาพ เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจภาพ หรือแยกแยะวัตถุต่าง ๆ ได้

(6) วิทยาการหุ่นยนต์ (Robotics) คือการที่คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้สิ่งแวดล้อมรอบตัวและตอบสนองได้สามารถเคลื่อนไหวในลักษณะเลื่อนหรือหมุน สามารถเคลื่อนที่ได้ตามพิกัดที่กำหนด เป็นต้น

2.1.2 ทฤษฎีการเรียนรู้ (Learning)

การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) จะหมายถึงเครื่องคอมพิวเตอร์ ซึ่งการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้ได้นั้นจะใช้หลักการหรือทฤษฎีการเรียนรู้ที่เลียนแบบเทคนิคการเรียนรู้ของคนหรือสัตว์นั่นเอง การเรียนรู้โดยให้ความสำคัญว่าหากคอมพิวเตอร์มีการเปลี่ยนแปลง (Changes) นั้นหมายถึงคอมพิวเตอร์มีการเรียนรู้ได้ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้อาจเป็นการเปลี่ยนแปลงในรูปแบบต่าง ๆ ของคอมพิวเตอร์ เช่น การเปลี่ยนแปลงของโครงสร้าง การเปลี่ยนแปลงของโปรแกรม หรือการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล เป็นต้น ซึ่งการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ เหล่านี้จะมีผลต่อประสิทธิภาพที่ดีขึ้นในการทำงานของคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามไม่ใช่ว่าการเปลี่ยนแปลงทุกรูปแบบจะหมายถึงการเกิดการเรียนรู้ เช่นระบบฐานข้อมูล การเพิ่มข้อมูล (Insertion) ก็ถือเป็นการเปลี่ยนแปลงแต่ไม่ใช่การเปลี่ยนแปลงที่ทำให้เกิดการเรียนรู้ ของคอมพิวเตอร์ อย่างไรก็ตามประสิทธิภาพที่ดีขึ้นของระบบจดจำเสียง เมื่อผ่านการได้ยินเสียงบุคคลเดิมซ้ำ ๆ กันหลาย ๆ ครั้ง จะถือว่าคอมพิวเตอร์ (ในหมายถึงระบบจดจำเสียง) เกิดการเรียนรู้ โดยทั่วไปแล้วการเปลี่ยนแปลงที่เกิดจากการเรียนรู้นั้นจะหมายถึงการเปลี่ยนในงาน (Tasks) ทางปัญญาประดิษฐ์เช่นงานที่เกี่ยวกับการจดจำ (Recognition) การวินิจฉัย (Diagnosis) การวางแผน (Planning) การควบคุมหุ่นยนต์ (Robotic Control) การทำนาย (Prediction) เป็นต้น การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นจากการเรียนรู้อาจจะทำให้ระบบเดิมที่มีอยู่มีประสิทธิภาพการทำงานที่ดีขึ้น หรืออาจทำให้เกิดการสร้างระบบใหม่ขึ้นมาก็ได้

T. M. Mitchell [10] ได้นิยามความหมายของการเรียนรู้อย่างกว้าง ๆ ไว้ว่า การที่จะกล่าวว่าคอมพิวเตอร์มีการเรียนรู้ได้นั้นก็ต่อเมื่อคอมพิวเตอร์สามารถทำงานเดิม ๆ หรืองานแบบเดียวกันได้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นในการทำงานครั้งถัด ๆ ไป สำหรับคำนิยามที่มีความละเอียดมากยิ่งขึ้นกล่าวไว้ดังนี้ “A computer program is said to learn from experience E with respect to some class of tasks T and performance measure P, if its performance at tasks in T, as measured by P, improves with experience E.”

จากคำนิยามข้างต้นในที่นี้จะเน้นไปที่การเรียนรู้ของเครื่องคอมพิวเตอร์ตัวอย่าง เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับเล่นเกมส้อมากฮอส (Checkers) หากโปรแกรมดังกล่าวมีความสามารถในการเรียนรู้ นั่นหมายความว่า โปรแกรมจะต้องสามารถทำให้ประสิทธิภาพของการเล่นเกมในแต่ละครั้งมีการพัฒนาที่ดีขึ้นเรื่อย ๆ โดยการวัดประสิทธิภาพในที่นี้ก็คือความสามารถที่โปรแกรมสามารถชนะการแข่งขันในการเล่นแต่ละครั้งได้ ซึ่งการที่จะชนะเกมส้อมากฮอสในการเล่นแต่ละครั้งได้นั้น โปรแกรมจะต้องมีการเรียนรู้ จากการเดินหมากในรูปแบบต่าง ๆ ในแต่ละครั้ง ซึ่งเป็นลักษณะการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการเล่นนั่นเองและเมื่อเรียนรู้ แล้วความรู้ ที่ได้จากการเรียนจะถูกเก็บไว้ในฐานความรู้ด้วยรูปแบบการแทนความรู้ อย่างใดอย่างหนึ่ง เช่น กฎ ฟังก์ชัน เป็นต้น โดยทั่วไปแล้วเราสามารถเขียนรูปแบบของปัญหาสำหรับการเรียนรู้ให้อยู่ในรูปของการกำหนดลักษณะที่สำคัญ (Feature) 3 ลักษณะคือ 1) ชนิดของงาน (The Class of Tasks) 2) ตัววัดประสิทธิภาพของงาน (The Measure of Performance to be Improved) และ 3) แหล่งที่มาของประสบการณ์ (The Source Of Experience)

สาเหตุที่ทำให้เครื่องสามารถเรียนรู้ได้ มีหลายเหตุผลที่พยายามทำให้คอมพิวเตอร์เกิดการเรียนรู้ซึ่งเหตุผลสำคัญที่สุดคือการพยายามทำให้คอมพิวเตอร์สามารถมีกลไกการเรียนรู้ได้เหมือนกับสิ่งมีชีวิตอย่างมนุษย์และสัตว์มากที่สุด นอกจากนี้ยังมีเหตุผลอื่น ๆ คือ

(1) งานบางประเภทไม่สามารถออกแบบวิธีการแก้ปัญหาหรืออัลกอริทึมที่ดีได้ในช่วงของการออกแบบโปรแกรมหรือระบบ แต่จะสามารถหาวิธีการที่ดีขึ้นเมื่อระบบได้พบปัญหาหรือกรณีตัวอย่างต่าง ๆ ที่ถูกนำมาประมวลผลกับวิธีการดังกล่าว นั่นหมายความว่าระบบสามารถรับข้อมูลนำเข้า (Input) และสามารถแสดงผลลัพธ์ (Output) ของข้อมูลนำเข้าดังกล่าวได้ อย่างไรก็ตามจะไม่สามารถระบุถึงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ที่ต้องการได้ ดังนั้นควรจะออกแบบวิธีการแก้ปัญหาที่คอมพิวเตอร์สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างภายในเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องและสอดคล้องกับข้อมูลนำเข้าจำนวนมากของระบบ รวมถึงสามารถกำหนดความสัมพันธ์ ฟังก์ชัน หรือข้อจำกัดระหว่างข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์เพื่อใช้ในการประมาณการหรือทำนายผลลัพธ์ที่น่าจะไปได้เมื่อมีตัวอย่างข้อมูลนำเข้าใหม่

(2) อาจจะเป็นไปได้ที่มีความสัมพันธ์และความเกี่ยวข้องที่สำคัญของข้อมูลถูกซ่อนท่ามกลางกลุ่มของข้อมูลจำนวนมากมหาศาล ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่องในการสกัดความสัมพันธ์เหล่านี้ออกมา ตัวอย่างเช่น Data Mining

(3) บ่อยครั้งที่ผู้ออกแบบระบบหรือคอมพิวเตอร์ได้ออกแบบให้ระบบไม่สามารถทำงานดีเท่าที่คาดหวังไว้ เนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ระบบหรือคอมพิวเตอร์ทำงานอยู่นั้นอาจจะไม่สมบูรณ์ซึ่งหมายถึงลักษณะสภาพแวดล้อมบางประการไม่ได้ถูกกำหนดไว้ในช่วงของการออกแบบ จึงจำเป็นต้องใช้หลักการการเรียนรู้ของเครื่องซึ่งสามารถใช้สำหรับพัฒนาในการออกแบบเครื่องที่เป็นอยู่ให้ดีขึ้นเมื่ออยู่ในสภาพแวดล้อมที่เป็นจริงและไม่สมบูรณ์ได้

(4) ความรู้เกี่ยวกับงานหนึ่งอาจจะมีจำนวนมากมายจนเกินกว่าที่มนุษย์ผู้ออกแบบระบบสำหรับการทำงานดังกล่าวจะกำหนดให้ครอบคลุมความรู้ทุกประการได้ในขณะทำการสร้างหรือเขียนโปรแกรม (Coding) อย่างไรก็ตามคอมพิวเตอร์ที่สามารถเรียนรู้ได้จะเรียนรู้ความรู้ที่ละเอียดที่ละเอียดจนสามารถสกัดเอาประเด็นที่ต้องการออกมาได้มากกว่าที่มนุษย์ทำการเขียนหรือกำหนดให้

(5) ในสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา คอมพิวเตอร์ที่สามารถปรับเปลี่ยนไปตามสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไปจะช่วยลดความจำเป็นในการออกแบบระบบใหม่ได้

(6) ในโลกแห่งความเป็นจริงนั้นการค้นพบสิ่งใหม่ๆ ของมนุษย์เกิดขึ้นได้ตลอดเวลา การเกิดคำศัพท์ใหม่ ๆ การเกิดเหตุการณ์ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยเกิดขึ้นมาก่อน ลักษณะเหล่านี้จำเป็นอย่างยิ่งที่จะออกแบบระบบหรือคอมพิวเตอร์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งระบบงานทางด้านปัญญาประดิษฐ์ที่มีการพัฒนาและวิจัระบบในสาขาดังกล่าวอย่างต่อเนื่องตลอดมา ดังนั้นหลักการการเรียนรู้ของเครื่องสามารถทำให้ระบบรู้จักหรือจัดการกับสิ่งใหม่ๆ เหล่านี้ได้เป็นอย่างดี

องค์ประกอบการเรียนรู้ของเครื่อง จากส่วนประกอบหลัก 4 ส่วนประกอบสำหรับการเรียนรู้ของเครื่องและสามารถแสดงเป็นแผนภาพสถาปัตยกรรมของระบบการเรียนรู้ของเครื่องสำหรับ Learning Agent ดังรูปที่ 2.3

(1) Performance Element หรือ Performance System คือตัวดำเนินการหรือตัวกระทำการ หรือระบบดำเนินการหรือระบบกระทำการ เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ดังนี้

a) แก้ปัญหาที่มีอยู่ในขณะนั้นโดยใช้สมมุติฐานที่ได้จากการเรียนรู้ของ Learning Element (หรือเรียกว่า Generalizer หรือ Learner ก็ได้)

b) รับข้อมูลนำเข้าที่ไม่เคยเจอมาก่อน (Unseen Percepts) และประมวลผลภายใต้สมมุติฐานที่ได้จากการเรียนรู้เพื่อให้ผลลัพธ์ออกมา

(2) Critic เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ดังนี้

a) แจ้งส่วน Learning Element ให้ทราบว่าของผลตอบกลับหรือข้อเสนอแนะของการกระทำตามผลลัพธ์ที่ได้จาก 1(b) นั้นประสบผลสำเร็จหรือไม่โดยการจะบอกว่าสำเร็จหรือล้มเหลวนั้น ส่วนของ Critic จะทำการเปรียบเทียบผลที่เกิดขึ้นกับ Standard Performance ที่กำหนดไว้

b) จัดเตรียมข้อมูลฝึกฝนสำหรับ Learning Element

(3) Learning Element เป็นส่วนที่ปรับปรุงการทำงานของส่วน Performance Element ให้ดีขึ้น โดยมีทำหน้าที่ ดังนี้

a) นำเข้าข้อมูลต่าง ๆ ดังนี้ ข้อมูลฝึกฝนจาก 2(b) องค์ความรู้ที่เกี่ยวกับ Performance Element และ ผลตอบกลับหรือข้อเสนอแนะจากส่วน Critic เพื่อที่จะกำหนดว่าจะทำการปรับปรุงอย่างไร

b) ผลลัพธ์ที่ได้คือสมมุติฐาน (Hypothesis หรือ Learned Hypothesis หรือ ก็คือ Learned Approximation of the Target Function นั้นเอง)

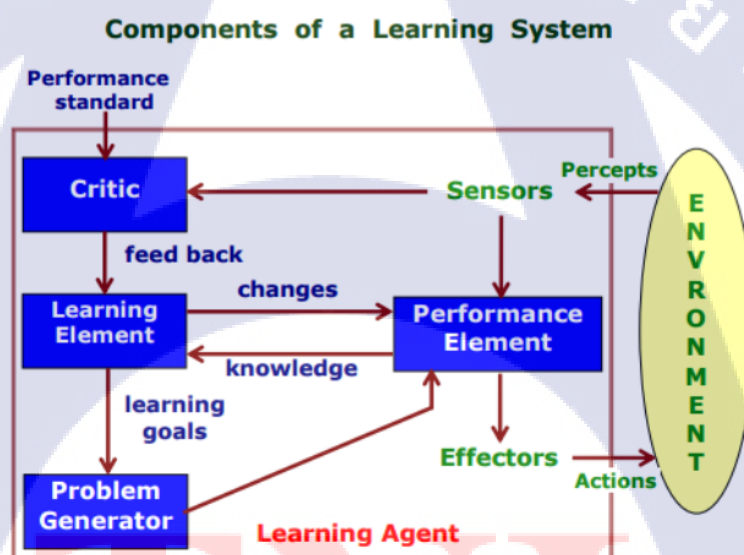
(4) Experiment Generator หรือ Problem Generator เป็นส่วนที่แนะนำปัญหาหรือการกระทำต่าง ๆ ที่ใช้สร้างตัวอย่างหรือประสบการณ์ (Problems or Actions) เพื่อจะนำมาใช้ในการฝึกฝนในระบบการเรียนรู้ต่อไป นั่นคือส่วนประกอบนี้จะทำหน้าที่ดังนี้

a) นำเข้าข้อมูลสมมุติฐานที่ได้จาก 3(b)

b) ผลลัพธ์ที่ได้คือปัญหาใหม่ที่ส่วนของ Performance System จะต้องค้นหาคำตอบหรือวิธีการแก้ปัญหาใหม่นั้น

ตัวอย่าง Learning Agent ของ Russell and Norvig คือเอเจนต์ที่สามารถเรียนรู้ได้ โดยองค์ประกอบหลักของ Learning Agent ในส่วนของระบบการเรียนรู้แสดงดังรูปที่

2.3



รูปที่ 2.3 Learning Agent

2.1.3 เทคนิคการรู้จำใบหน้า

เทคนิคการรู้จำใบหน้าเป็นเทคโนโลยีส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ ที่ทำการจดจำลักษณะใบหน้าของบุคคลโดยนำข้อมูลรูปภาพมาทำการหาลักษณะพิเศษ แล้วบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล จากนั้นทำการระบุตัวบุคคลได้จากการประมวลผลเปรียบเทียบกับข้อมูลใบหน้าของบุคคลที่บันทึกไว้ในฐานข้อมูล โดยตัวอย่างเทคนิคการรู้จำใบหน้าที่ใช้ในปัจจุบันและจะกล่าวถึงคือ เทคนิคของ Eigenface recognition เทคนิค Fisherface Recognition และเทคนิค Local Binary Patterns Histogram (LBPH)

(1) เทคนิค Eigenfaces recognition [11] เป็นอัลกอริทึมหนึ่งที่ใช้ในการรู้จำใบหน้าและการระบุตัวบุคคล ซึ่งมีพื้นฐานอยู่บนหลักการของการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) โดยจะแทนภาพใบหน้าด้วยสมการเชิงเส้นของเวกเตอร์ที่ตั้งฉากกัน โดยการหา Eigen Vector ของเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance Matrix) จากรูปภาพในฐานข้อมูลทั้งหมด โดยนำภาพในฐานข้อมูลแต่ละภาพมาเก็บข้อมูลแบบเวกเตอร์แล้วจึงนำมาหาเวกเตอร์ค่าเฉลี่ยของภาพ ซึ่งภาพใบหน้าที่ต้องการทำเป็นแบบจำลองต้องเป็นระดับเทา (Gray Level) เนื่องจากใช้หน่วยความจำในการเก็บข้อมูลน้อยกว่าภาพสีเทาให้ประหยัดหน่วยความจำ เมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลของภาพสีเทาให้ภาพระดับ Gray Level ใช้เวลาในการประมวลผลที่เร็วกว่า ภาพสี จึงต้องทำการแปลงภาพที่ใช้เป็นภาพรูปแบบสีเทา อีกทั้งยังใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) ของข้อมูลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่นิยมใช้เพื่อลดขนาดเมทริกซ์ของตัวแปรให้เล็กลงหรือใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล แบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนการประมวลผลก่อน (Preprocess) และขั้นตอนทดสอบ (Test) ขั้นตอนการประมวลผลก่อนเป็นการนำชุดภาพ ข้อมูลสำหรับการรู้จำมาทำการหาลักษณะเด่นในภาพเริ่มจากการกำหนดให้ $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ เป็นเซตของชุดภาพข้อมูลที่มีสมาชิกจำนวน n ตัว โดยสมาชิก x_i แทนเวกเตอร์ขนาด $p \times q$ ซึ่งแปลงมาจากข้อมูล รูปภาพขนาด $p \times q$ พิกเซลภาพที่ i จากนั้นคำนวณหาค่าเฉลี่ย μ ของสมาชิกในเซต X ด้วยสมการที่ (2)

$$\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (1)$$

แล้วนำค่าเฉลี่ย μ มาคำนวณ หาเมทริกซ์ความแปรปรวนร่วม (Covariance matrix) S Eigenvalue λ_i และ Eigenvector v_i ด้วยสมการที่ (2) และ (3) ตามลำดับ ดังนี้

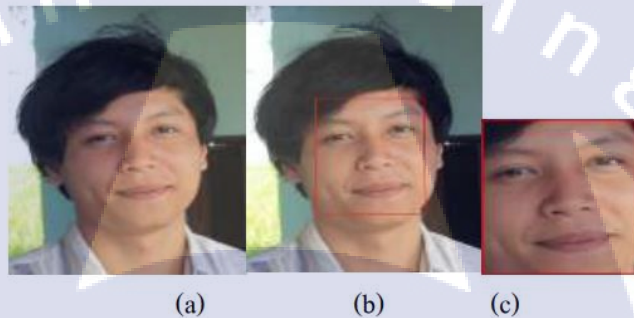
$$S = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \mu)(x_i - \mu)^T \quad (2)$$

$$Sv_i = \lambda_i v_i \quad (3)$$

จากนั้นเลือก Eigenvector ที่มีค่า Eigenvalue มากที่สุด k ลำดับแรกเป็นสมาชิกเซต $W = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$ แทนเซตของลักษณะเด่นในภาพจำนวน k ตำแหน่งสุดท้ายคำนวณหาค่า Eigenface y ของรูปภาพ x แต่ละรูปภาพโดยใช้ข้อมูลในเซต W ดังสมการที่ (4)

$$y = W^T(x - \mu) \quad (4)$$

สำหรับขั้นตอนการทดสอบในเทคนิค Eigenface recognition กระทำโดยการหาค่า Eigenface ของรูปภาพที่ต้องการทดสอบด้วยสมการที่ (4) โดยพารามิเตอร์ในเซต W และค่าเฉลี่ย μ เป็นค่าเดียวกันกับที่ได้จากขั้นตอนการประมวลผลก่อน จากนั้นคำนวณระยะทางแบบยูคลิด (Euclidean Distance) ระหว่างค่า Eigenface ของภาพสำหรับฝึกทุกภาพ และภาพที่ต้องการทดสอบ โดยค่าระยะทางที่น้อยกว่าแสดงถึงความคล้ายกันที่มากกว่าของใบหน้าในภาพคำอธิบายของหลักการ Eigenface สามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วนตามขั้นตอนการเรียนรู้และขั้นตอนรู้จำ ดังรูปที่ 2.4 ดังนี้



รูปที่ 2.4 แสดงขั้นตอนการเก็บภาพเรียนรู้ (a) ภาพใบหน้า (Enroll image) (b) ภาพในขั้นตอน Face Detection (c) ภาพที่ผ่านกระบวนการ Normalization

(2) เทคนิค Fisherfaces recognition [12] เป็นเทคนิคที่ใช้การวิเคราะห์จำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear discriminate analysis) เพิ่มเติมเข้ามาจาก Eigenfaces recognition เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกข้อมูล ในกรณีที่ไม่สามารถหาลักษณะเด่นในภาพได้ครบถ้วน แบ่งการทำงาน เป็น 2 ขั้นตอนเช่นเดียวกับ Eigenfaces recognition คือ ขั้นตอนการประมวลผลก่อนและขั้นตอนทดสอบ

ขั้นตอนการประมวลผลก่อน เป็นการนำชุดภาพข้อมูลสำหรับการรู้จำมาทำการแบ่งกลุ่มก่อนหาลักษณะเด่น โดยภาพที่มาจากบุคคลเดียวกันให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน จากนั้นคำนวณค่าการกระจายตัวระหว่างกลุ่ม S_B และค่าการกระจายตัวภายในกลุ่ม S_W ด้วยสมการ (5) และสมการ (6) ตามลำดับ

$$S_B = \sum_{i=1}^c N_i (\mu_i - \mu)(\mu_i - \mu)^T \quad (5)$$

$$S_W = \sum_{i=1}^c \sum_{x_j \in X_i} (x_j - \mu_i)(x_j - \mu_i)^T \quad (6)$$

โดย c คือจำนวนกลุ่ม N_i คือจำนวนภาพของข้อมูลกลุ่ม i μ_i คือค่าเฉลี่ยของข้อมูลกลุ่ม i μ คือค่าเฉลี่ยของทุกข้อมูล และ x_j คือเวกเตอร์ขนาด $p \times q$ ที่อยู่ในกลุ่ม i จากนั้นคำนวณหาเมตริกซ์ที่ประกอบด้วย Orthonormal basis ที่มีค่าลักษณะเฉพาะที่มากที่สุด W_{opt} ด้วยสมการ (7)

$$W_{opt} = \arg \max_W \frac{|W^T S_B W|}{|W^T S_W W|} \quad (7)$$

จากนั้นทำการคำนวณหาค่า Fisherface y ของรูปภาพ x แต่ละรูปภาพด้วยสมการที่ (4) โดยเปลี่ยนจากเซต W เป็น W_{opt}

สำหรับขั้นตอนการทดสอบในเทคนิค Fisherface recognition กระทำเหมือนกับการทดสอบใน Eigenface recognition โดยการเปรียบเทียบค่าระยะทางแบบยุคลิดระหว่างค่า Fisherface ของภาพสำหรับฝึกทุกภาพและภาพที่ต้องการทดสอบ

(3) เทคนิค Local Binary Patterns Histogram (LBPH) recognition [13] เป็นเทคนิคการระบุตัวตนโดยอาศัย Local Binary Patterns ที่เป็นเทคนิคสำหรับการแยกแยะรูปแบบลักษณะพิเศษในรูปภาพ โดยนำค่า LBP ที่คำนวณได้ในแต่ละพิกเซลมาทำ Histogram สำหรับการระบุลักษณะพิเศษในใบหน้า แบ่งการทำงาน เป็น 2 ขั้นตอนเช่นเดียวกับ Eigenfaces recognition คือ ขั้นตอนการประมวลผลก่อนและขั้นตอนทดสอบ ขั้นตอนการประมวลผลก่อน เริ่มจากการแปลงชุดภาพข้อมูลสำหรับการรู้จำแต่ละพิกเซลเป็นค่า LBP ด้วยสมการที่ (8)

$$LBP(x_c, y_c) = \sum_{p=0}^{P-1} 2^p f(i_p - i_c) \quad (8)$$

เมื่อ (x_c, y_c) แทนตำแหน่งพิกเซลที่สนใจ มีค่าเท่ากับ i_c i_p แทนค่าในพิกเซลรอบข้างพิกเซลที่สนใจ (x_p, y_p) มีจำนวนทั้งหมด P จุด โดยหาตำแหน่งของพิกเซลรอบข้างที่มีรัศมีเท่ากับ R ได้ด้วยสมการที่ (9)

$$\begin{aligned}x_p &= x_c + R \cos \frac{2\pi p}{P} \\y_p &= y_c - R \cos \frac{2\pi p}{P}\end{aligned}\quad (9)$$

และ $f(x)$ แทนฟังก์ชันดังแสดงในสมการที่ (10)

$$f(x) = \begin{cases} 0, & x \geq 0 \\ 1, & x < 0 \end{cases} \quad (10)$$

จากนั้นทำการแบ่งรูปภาพเป็นส่วน ๆ โดยแต่ละส่วนมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่ขนาดเท่ากันแล้วจึงคำนวณค่า histogram ของแต่ละพื้นที่ที่แบ่งไว้

สำหรับขั้นตอนการทดสอบในเทคนิค Local Binary Patterns recognition กระทำโดยนำภาพที่จะทดสอบมาคำนวณค่า LBP แล้วแบ่งรูปภาพเป็นส่วน ๆ พร้อมคำนวณค่า Histogram ของแต่ละพื้นที่ที่แบ่งไว้ จากนั้นคำนวณ Chi-square ระหว่างภาพที่จะทดสอบกับภาพสำหรับฝึกทุกภาพ

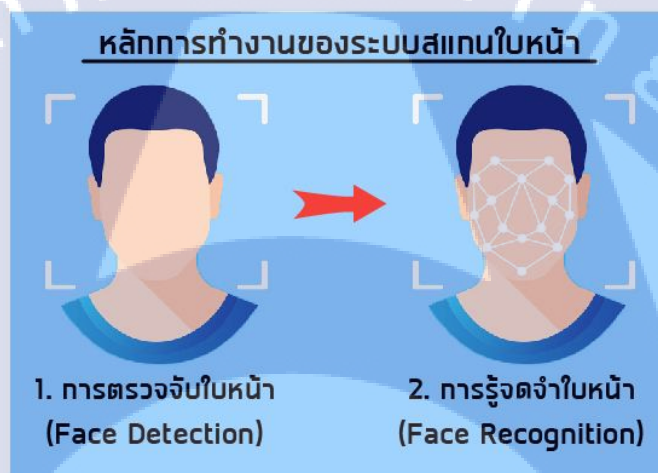
2.1.4 เทคโนโลยีจดจำใบหน้า (Face Recognition)

เทคโนโลยีจดจำใบหน้า [14] ถูกสร้างขึ้นมาเพื่อเรียนรู้และจดจำโครงสร้างใบหน้าของมนุษย์ แล้วนำข้อมูลใบหน้าที่จดจำหรือตรวจจับได้ส่งไปให้ระบบ เพื่อนำไปใช้วิเคราะห์หรือประมวลผลในการทำงานในส่วนขั้นตอนอื่นๆ อีกต่อไป ซึ่งเทคโนโลยีที่นำระบบการเรียนรู้จดจำใบหน้า ไปใช้งานมากที่สุดคือ เทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับระบบความปลอดภัย ไม่ว่าจะเป็น ระบบ Access Control ระบบกล้องวงจรปิด หรือ ระบบรักษาความปลอดภัยในมือถือ โดยหลักการทำงานของ Face Recognition คือ การสร้างโมเดลการอ้างอิง ที่เรียกว่า "faceprint" ขึ้นมา โดยระบบจะวิเคราะห์จากลักษณะเฉพาะต่างๆ บนใบหน้า เช่น โครงหน้า ความกว้างของจมูก ระยะห่างระหว่างตาทั้งสองข้าง ขนาดของโหนกแก้ม ความลึกของเบ้าตา รวมถึงพื้นผิวบนใบหน้า (Facial Texture) เป็นต้น จากนั้น ระบบจะทำการสร้างจุดเชื่อมโยงบนใบหน้า (Nodal Points) เพื่อเปรียบเทียบกับรูปภาพที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูล (Data Base) ทั้งในลักษณะภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว เพื่อความแม่นยำในการระบุตัวตนของผู้ที่ต้องเข้าสู่กระบวนการตรวจสอบ

Face Recognition [15] กับ ระบบสแกนใบหน้า หลายๆ คนมักจะเข้าใจว่าระบบสแกนใบหน้าที่ใช้เทคโนโลยี Face Recognition นั้นเป็นระบบตัวเดียวกัน ดังนั้นจึงจะขออธิบายการทำงานของระบบสแกนใบหน้าที่ต่างกันก่อน ซึ่งมีหลักการทำงานอยู่ 2 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การตรวจจับใบหน้า (Face Detection) คือกระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพหรือวิดีโอ จากนั้นก็จะทำการประมวลผลภาพใบหน้าที่ได้สำหรับขั้นตอนถัดไปเพื่อให้ภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้ง่ายต่อการจำแนก

(2) การรู้จำใบหน้า (Face Recognition) คือกระบวนการที่ได้นำภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้และประมวลผลแล้วจากขั้นตอนการตรวจจับใบหน้า มาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้าเพื่อระบุว่าใบหน้าที่ตรวจจับได้ตรงกับบุคคลใด แล้วจึงนำผลลัพธ์ที่ได้ส่งไปให้ระบบหรือโปรแกรมเพื่อประมวลผลอื่นๆ ต่อไป ดังนั้นเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า หรือ Face Recognition เป็นเพียงแค่ส่วนหนึ่งของระบบสแกนใบหน้าที่นำเทคโนโลยีตรวจจับใบหน้าเข้ามาช่วยด้วย จนเกิดเป็นเทคโนโลยี AI อัจฉริยะที่สามารถวิเคราะห์และจดจำใบหน้าของเรานั้นได้



รูปที่ 2.5 หลักการทำงานของระบบสแกนใบหน้า

ประโยชน์ของเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า (Face Recognition) ดังที่กล่าวข้างต้นระบบที่นำเทคโนโลยี Face Recognition มาใช้มากที่สุดคือระบบรักษาความปลอดภัยอย่างระบบ Access Control ที่ใช้อุปกรณ์สแกนใบหน้าควบคุมการเปิดปิดประตู และนอกจากนี้ยังสามารถนำไปใช้งานร่วมกับระบบลงเวลาได้ด้วย อย่างโรงเรียนแห่งหนึ่งที่ใช้ระบบสแกนใบหน้าในการลงเวลาเข้าออกโรงเรียนของนักเรียน แทนการสแกนบัตรหรือเช็คชื่อแบบปกติ นอกจากนี้ในวิกฤตการณ์ COVID-19 ที่ประเทศจีน ก็ได้มีนำเทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า มาใช้สร้างเครื่องวัดอุณหภูมิร่างกายด้วยภาพถ่ายความร้อน (Thermal Imager) มาใช้ในการคัดกรองผู้มีโอกาสติดเชื้อ ซึ่งช่วยให้ไม่ต้องเข้าใกล้หรือสัมผัสตัวกับ ผู้คนเหล่านั้น ทำให้ลดโอกาสการติดเชื้อ COVID-19 และมีความแม่นยำในการระบุหน้าคนสูง

2.1.5 ทฤษฎีกล้องถ่ายภาพความร้อน

กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Image camera, TI - camera หรือ Thermography) [16] เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิที่ผิวของวัตถุ ซึ่งเป็นการวัดอุณหภูมิแบบไม่สัมผัสและไม่ทำลายวัตถุและเป็นการวัดอุณหภูมิแบบพื้นที่ส่วนประกอบสำคัญของกล้องถ่ายภาพความร้อน ประกอบด้วย เลนส์ (Lens) เซนเซอร์ชนิดอินฟราเรด (Infrared sensor) หรือตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรด (Infrared detector) ส่วนแสดงผล (Display) และวงจรอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic circuit) โดยมีหลักการในการดำเนินการของอุปกรณ์ดังนี้

อุปกรณ์ตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรดจะทำหน้าที่รับรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกจากวัตถุผ่านเลนส์ของอุปกรณ์ แล้วแปลงรังสีอินฟราเรดที่ตรวจจับได้ให้กลายเป็นสัญญาณทางไฟฟ้า โดยรังสีอินฟราเรดที่ตัวอุปกรณ์ตรวจจับรับไปนั้นจะได้เป็นค่ารังสีที่วัตถุเป้าหมายแผ่ออกมารวมกับรังสีที่แผ่จากวัตถุอื่นหรือจากสภาพแวดล้อมที่สะท้อนออกจากผิวของวัตถุเป้าหมาย จากนั้นวงจรอิเล็กทรอนิกส์จะดำเนินการทำหน้าที่แปลงข้อมูลที่ได้รับมาไปแสดงผล ซึ่งสามารถแสดงผลออกมาเป็นรูปแบบกราฟ ตัวเลข สีหรือแสดงผลทั้ง 3 แบบ สำหรับกล้องถ่ายภาพความร้อนประกอบด้วยเซนเซอร์ชนิดอินฟราเรดอยู่ภายในเป็นจำนวนหลายตัว แต่ละอุปกรณ์จะแสดงผลแตกต่างกันตามอุณหภูมิของบริเวณนั้น ๆ โดยที่พบเห็นได้ทั่วไป สีแดงหมายถึงบริเวณที่มีอุณหภูมิสูงและสีน้ำเงินหมายถึงบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ หรือสีที่มีโทนสว่างแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิสูง และโทนสีมืดแสดงผลของบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำ ผลของแต่ละจุดที่ได้จากเซนเซอร์แต่ละตัว เมื่อนำมารวมกันจะประกอบขึ้นเป็นภาพ เรียกว่า "ภาพถ่ายความร้อน(Thermal Image)" ซึ่งการแปลงรังสีอินฟราเรดที่เซนเซอร์ตรวจจับได้ให้อยู่ในหน่วยของอุณหภูมิอาศัยกฎของพลังค์(Planck's Law) และ กฎของสเตฟาน (Stefan-Boltzmann's Law) ลักษณะการทำงานของไพโรมิเตอร์ชนิดอินฟราเรด

ในทางทฤษฎีกล้องถ่ายภาพความร้อนมีย่านการวัดอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิสูงกว่าศูนย์องศาสมบูรณ์ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติช่วงการใช้งานของเครื่องมือวัดขึ้นอยู่กับเทคโนโลยีที่ใช้ในการสร้างอุปกรณ์ รวมถึงช่วงความยาวคลื่นที่ผู้ผลิตเลือกใช้ ปัจจุบันกล้องถ่ายภาพความร้อนบางรุ่นสามารถวัดอุณหภูมิได้ต่ำถึง -20°C ค่าความถูกต้องของอุณหภูมิที่วัดได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนขึ้นอยู่กับชนิดและลักษณะพื้นผิวของวัตถุเป้าหมายหรือวัตถุที่ต้องการวัดอุณหภูมิ ระยะห่างระหว่างเครื่องมือวัดและวัตถุ เป้าหมาย และคุณลักษณะเฉพาะของเครื่องมือวัดนั้น ๆ รายละเอียดของปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าความถูกต้อง มีดังนี้

(1) ค่าความสามารถในการแผ่รังสีของวัตถุ (Emissivity, ϵ) การแปลผลพลังงานความร้อนที่ได้จากการตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรดของวัตถุเป็นอุณหภูมิที่ถูกต้องจำเป็นต้องการหนดค่า ϵ ของวัตถุที่เหมาะสม เพื่อให้ค่าอุณหภูมิของวัตถุที่วัดได้มีค่าใกล้เคียง

กับค่าที่แท้จริง นอกจากนี้เครื่องมือวัดอุณหภูมิชนิดอินฟราเรดที่ดีควรมีฟังก์ชันใช้งานที่สามารถปรับค่า ε ให้เหมาะสมกับชนิดและลักษณะพื้นผิวของวัตถุได้

(2) ค่าการสะท้อนรังสีของผิววัตถุ (Reflection, Gref) เนื่องจากตัวตรวจจับรังสีอินฟราเรดที่ติดตั้งภายในเครื่องมือวัดไม่ได้รับเฉพาะรังสีอินฟราเรดที่เกิดจากตัววัตถุเป้าหมายเท่านั้นแต่ยังรับรังสีที่สะท้อนมาจากวัตถุอื่นด้วย ทำให้ค่าอุณหภูมิที่วัดได้เกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นเพื่อให้รังสีอินฟราเรดที่เซ็นเซอร์รับไปเป็นรังสีที่เกิดจากวัตถุจริงเท่านั้น จึงต้องบ่อนค่าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมหรือวัตถุอื่นที่แผ่รังสีมากระทบกับวัตถุเป้าหมายให้กับเครื่องมือวัดด้วยเพื่อนำอุณหภูมิดังกล่าวไปใช้ในการชดเชยค่าการสะท้อน ซึ่งค่าที่อ่านได้จากเครื่องมือวัดจะมีความถูกต้องมากยิ่งขึ้น

(3) ระยะห่างระหว่างวัตถุกับเครื่องมือวัดค่าความผิดพลาดของไพโรมิเตอร์ชนิดอาศัยการเปลี่ยนแปลงการแผ่รังสีของวัตถุ อาจเกิดจากการเคลื่อนที่ของรังสีผ่านตัวกลาง เช่น อากาศที่มีไอน้ำ ก๊าซหรือฝุ่นละอองกระจายอยู่ เป็นต้น

2.1.6 เทคโนโลยีโปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูล

ปัจจุบันนี้สื่อผสม (Multimedia) [17] นำมาใช้ในงานนำเสนอในหลายรูปแบบและเป็นที่นิยมสำหรับคนทั่ว ๆ ไป เนื่องจากสามารถเข้าใจได้ง่ายและดีกว่าการใช้สื่ออักษรภาพ หรือเสียง ซึ่งเป็นทางเลือกในการเลือกชมอย่างใดอย่างหนึ่งเพียงอย่างเดียวเพราะประสิทธิภาพการเข้าถึงผู้รับชมจำนวนมากได้โดยมีการนำเสนอเพียงครั้งเดียว ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหาสำหรับผู้รับชมการนำเสนอที่มีจำนวนมาก ๆ ในการรับชม ทั้งนี้การใช้สื่อผสมประเภทวีดิโอเพื่อใช้ในการนำเสนอผ่านเว็บเบราว์เซอร์ในระบบอินเทอร์เน็ต ซึ่งเป็นระบบเน็ตเวิร์กที่มีการนำมาประยุกต์ใช้มากที่สุดอย่างหนึ่งในปัจจุบัน

สำหรับวิธีการส่งข้อมูลออกดีโอและวีดิโอผ่านเว็บเบราว์เซอร์มีอยู่ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ 1) การใช้เว็บเซิร์ฟเวอร์ในการนำข้อมูลส่งไปยังโปรแกรมที่ใช้นำเสนอสื่อเหล่านั้น ๆ และ 2) คือการใช้สตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์ซึ่งจะใช้เซิร์ฟเวอร์โดยเฉพาะในการให้บริการข้อมูล ออกดีโอและวีดิโอ ซึ่งถ้าเปรียบเทียบก่อนหน้านี้นี้คือการนำเสนอสื่อออกดีโอและวีดิโอบนเว็บเบราว์เซอร์จะการใช้การ download-and-play ซึ่งข้อเสียของวิธีนี้คือการที่จะชมสื่อเหล่านั้น ๆ ได้นั้น จะต้องทำการดาวน์โหลดข้อมูลทั้งหมดมาก่อนจึงจะสามารถเล่นได้ ซึ่งถึงแม้จะเป็นสื่อขนาดเล็กเพียง 30 วินาทีก็ตาม อาจจะต้องใช้เวลาดาวน์โหลด ถึง 20 นาทีก่อนที่จะสามารถนำมาใช้ฟังต่อชั่วโมงได้

แต่ปัจจุบันการชมออกดีโอและวีดิโอจากสตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์ จะแตกต่างออกไป โดยที่สตรีมมิ่งมีเดียไฟล์จะเริ่มเกือบจะเล่นในทันที ซึ่งระหว่างที่ข้อมูลกำลังถูกส่ง ผู้ชมสามารถรับฟังต่อชั่วโมงของสื่อเหล่านั้น ๆ ได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องรอให้ดาวน์โหลดข้อมูลทั้งหมดก่อน ไม่ว่าสื่อเหล่านั้นจะมีขนาด 30 วินาทีหรือมากกว่าก็ตาม โดยมีบัฟเฟอร์เป็นตัวช่วยในขณะที่การนำเสนอข้อมูลออกดีโอและวีดิโอผ่านระบบอินเทอร์เน็ตซึ่งกำลังเป็นที่นิยมอย่างมากใน

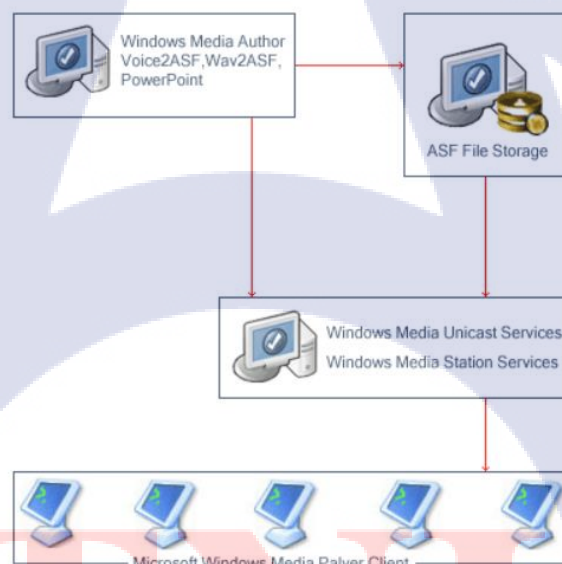
ปัจจุบัน อีกทั้งวิธีการนำเสนอได้ถูกนำมาพัฒนาโดยวิธีการส่งแบบแรกคือการใช้เว็บเซิร์ฟเวอร์ในการให้บริการ และ วิธีการที่สองคือการใช้สตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์ในการให้บริการ ซึ่งในแต่ละวิธีก็จะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป จึงต้องมีการพิจารณาเลือกใช้วิธีที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงสุดกับการใช้งานที่ต้องการ

(1) Streaming with Web Server การใช้งานมัลติมีเดียไฟล์บนเว็บเซิร์ฟเวอร์ เริ่มจากการแปลงออดิโอและวิดีโอให้อยู่ในรูปแบบสื่อที่เหมาะสมสำหรับการส่งข้อมูลบนอินเทอร์เน็ตโดยพิจารณาจากแบนด์วิดท์ เช่น 28.8, 33.6, 56.6 kilobits per second สำหรับโมเด็มทั่วไปจะทำการอัปโหลดแฟ้มมัลติมีเดียไปยังเว็บเซิร์ฟเวอร์และสร้างเว็บเพจที่ระบุ URL ของแฟ้มมัลติมีเดียนั้นๆ เมื่อมีการเรียกใช้งานแฟ้มมัลติมีเดีย client-side player จะทำงานและเริ่มดาวน์โหลดแฟ้มมัลติมีเดีย เมื่อแฟ้มทั้งหมดดาวน์โหลดเสร็จสิ้นแล้วจึงทำการเล่นไฟล์นั้นๆ การส่งข้อมูลเว็บเซิร์ฟเวอร์ใช้การติดต่อผ่าน Hypertext Transport Protocol (HTTP) เพื่อใช้ในการติดต่อระหว่างเซิร์ฟเวอร์และไคลเอนต์ซึ่ง HTTP จะควบคุม Transmission Control Protocol (TCP) ซึ่งจะจัดการเกี่ยวกับการส่งข้อมูลทั้งหมดเป้าหมายของ TCP คือการเพิ่มระดับการส่งข้อมูลให้อยู่ในระดับสูงสุดโดยที่ยังมีความถูกต้องในข้อมูลนั้นๆ โดยใช้อัลกอริทึม ที่เรียกว่า slow start โดยในตอนต้น TCP จะทำการส่งข้อมูลจำนวนน้อยๆ และค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนปลายทางแจ้งมาว่าแพ็กเก็ตมีการสูญหาย TCP จะถือว่าปริมาณการส่งข้อมูลที่สมบูรณ์ก่อนแพ็กเก็ตมีการสูญหายคือค่าการส่งข้อมูลสูงสุดและจะใช้ค่านั้นในการส่งข้อมูลต่อไป

(2) Streaming with Streaming Media Server การใช้งาน ขั้นตอนเบื้องต้นของการเตรียมแฟ้มมัลติมีเดีย จะเหมือนกับการเตรียมสำหรับใช้บนเว็บเซิร์ฟเวอร์แต่จะแตกต่างกันตรงที่ว่าแฟ้มที่ได้จะอัปโหลดไปยังสตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์ ซึ่งสตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์ และเว็บเซิร์ฟเวอร์อาจจะอยู่บนเครื่องเซิร์ฟเวอร์ที่ให้บริการอาจเป็นตัวเดียวกันก็ได้ เมื่อแฟ้มมัลติมีเดียถูกเรียกใช้งานเว็บเบราว์เซอร์จะส่งไฟล์ขนาดเล็กที่เรียกว่าเมตะไฟล์ไปยัง Client Player ซึ่งในเมตะไฟล์นี้จะระบุปลายทางไปยังสตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์หลังจากนั้น Client Player จะติดต่อกับสตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์โดยตรงโดยไม่ผ่านเว็บเบราว์เซอร์อีก การส่งข้อมูลถึงแม้ว่าสตรีมมิ่งมีเดียเซิร์ฟเวอร์สามารถที่จะใช้ โพรโตคอล HTTP หรือ TCP เหมือนกับเว็บเซิร์ฟเวอร์ได้ หรือสามารถใช้ โพรโตคอลอื่นๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพได้ ยกตัวอย่างเช่น โพรโตคอล User Datagram Protocol (UDP) ที่มีจุดเด่นที่ในด้านความเร็ว มีขนาดเล็ก และไม่มี การส่งข้อมูลซ้ำหรือคำนวณอัตราการส่งข้อมูล ซึ่งโพรโตคอลนี้เหมาะสำหรับการส่งข้อมูลแบบทันที ซึ่งข้อมูลที่เกิดหรือสูญหายบางส่วน ทำให้ประสิทธิภาพช้าลงจะถูกละความสนใจไป นอกเหนือจากนี้อาจจะมีการใช้งานโพรโตคอลเฉพาะสำหรับการ สตรีมมิ่งมีเดียเลยก็ได้เช่น Real time Streaming Protocol จุดเด่นในการใช้เว็บเซิร์ฟเวอร์คือการใช้ทรัพยากรที่มีอยู่แล้วในการนำเสนอได้ทันที แต่งานที่เพิ่มให้แก่เว็บเซิร์ฟเวอร์อาจทำให้บริการของเว็บเซิร์ฟเวอร์ที่มีอยู่เดิมทำงานได้ประสิทธิภาพต่ำลง

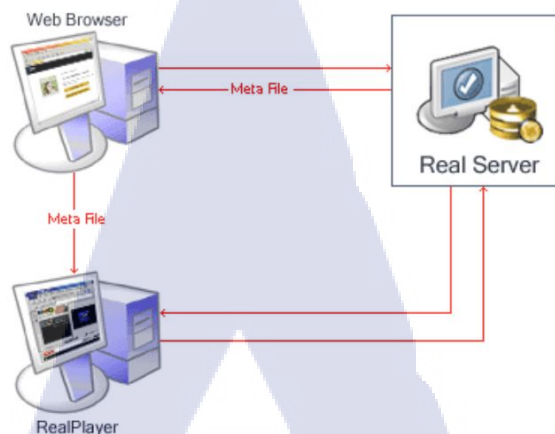
(3) Streaming Media Server Software ปัจจุบันซอฟต์แวร์สำหรับให้บริการสตรีมมิ่งมีเดียจะมาจาก 2 บริษัทใหญ่คือ Microsoft Corporation และ RealNetworks Inc. Microsoft Corporation มีซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวกับการสตรีมมิ่งมีเดียหลายตัว แต่ละตัวมักจะมีจุดเด่นในการใช้งานต่างกันเช่น Microsoft Media Service ที่จะใช้ได้ดีในอินเทอร์เน็ตหรือ NetShow Theater ที่ต้องการคลื่นความถี่สูงและเหมาะกับอินเทอร์เน็ตอย่างไรก็ตามซอฟต์แวร์ของ Microsoft มักจะสนับสนุนเฉพาะ win32 platform เท่านั้น RealNetworks Inc. ซอฟต์แวร์: ซอฟต์แวร์จะแบ่งเป็นการทำงานแต่ละด้านเช่น Streaming Audio / Streaming Video และซอฟต์แวร์จะแบ่งขีดความสามารถการใช้งานผ่าน license ที่ได้ขอซื้อใช้งานซอฟต์แวร์จะสนับสนุนแพลตฟอร์มที่มีเกือบทั้งหมดเช่น Unix, Solaris เป็นต้น

(4) Windows Media Services: เป็นซอฟต์แวร์ที่ให้บริการสื่อมัลติมีเดียผ่านอินเทอร์เน็ตโดยการทำงานของ Windows Media Services ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 การทำงานของ Windows Media Services

(5) Real Server เป็นซอฟต์แวร์อีกตัวหนึ่งที่เป็นที่นิยมใช้ในการเผยแพร่สื่อมัลติมีเดียในระบบเน็ตเวิร์คทั้งอินเทอร์เน็ตและอินทราเน็ต โดยมีการทำงานของ Real Server ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การทำงานของ Real Server

Real Time Streaming Protocol(RTSP) [18] เป็นโปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูลมัลติมีเดียระหว่างเซิร์ฟเวอร์กับคอมพิวเตอร์ปลายทาง ซึ่งจะทำให้การรับส่งข้อมูลต่อเนื่องผ่านอินเทอร์เน็ต โดยตัวเซิร์ฟเวอร์ด้านผู้ส่งสามารถส่งข้อมูลไปให้ผู้รับปลายทางเพียงคนเดียว หรือจะส่งไปให้ผู้รับหลายๆ คนในลักษณะเป็นกลุ่มก็ได้ ซึ่ง RTSP ถูกกำหนดให้เป็นโปรโตคอลที่นำไปใช้ใน อินเทอร์เน็ตโดย Internet Engineering Task Force (IETF) RTSP เป็นการกำหนดมาตรฐานโปรโตคอลที่สำคัญมากในการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียผ่านอินเทอร์เน็ต เนื่องจากการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียในแบบต่อเนื่องนั้นจะมีส่วนต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันถึง 3 ส่วน คือ เซิร์ฟเวอร์ที่เก็บข้อมูล , Encoder ที่ใช้เข้ารหัสข้อมูล และผู้รับหรือ Player ตัวเข้ารหัสข้อมูลหรือ Encoder นั้นจะต้องเข้ารหัสข้อมูลมัลติมีเดียเก็บลงในไฟล์โดยมีฟอร์แมตที่เซิร์ฟเวอร์ที่เรียกใช้งานได้อัและเมื่อเซิร์ฟเวอร์ต้องการส่งข้อมูลนี้ไปให้ผู้รับ ก็จะต้องใช้โปรโตคอลรับส่งข้อมูลอย่างต่อเนื่องที่ผู้รับเข้าใจ และสามารถรับข้อมูลได้อย่างถูกต้อง จากนั้นเมื่อได้รับข้อมูลมาแล้วก็ต้อง ถอดรหัสข้อมูลออกแสดงผลได้ โดยใช้มาตรฐานเดียวกันกับตัวเข้ารหัส การทำงานทั้งหมดจึงผูกกันซึ่ง RTSP จะอยู่ในส่วนโปรโตคอลที่ใช้รับส่งข้อมูลจากเซิร์ฟเวอร์ไปให้ผู้รับนั่นเอง แม้ว่า RTSP จะมีความสำคัญในการรับส่งข้อมูลมัลติมีเดียผ่านอินเทอร์เน็ตก็ตาม แต่ก็ไม่ใช่สิ่งเดียวที่ทำให้การรับส่ง ข้อมูลสมบูรณ์ได้ เรายังต้องการฟอร์แมตมาตรฐานของไฟล์ที่ใช้เก็บข้อมูลมัลติมีเดียอีกด้วย เช่น Active Streaming Format (ASF) ของไมโครซอฟต์ , QuickTime หรืออื่นๆ เพื่อเก็บข้อมูล รวมถึงมาตรฐาน การเข้ารหัสข้อมูล เช่น MPEG สำหรับใช้เข้ารหัสข้อมูลมัลติมีเดียเก็บลงไฟล์อีกด้วย

2.1.7 เทคนิค Deep Learning

Deep Learning [19] คือวิธีการเรียนรู้แบบอัตโนมัติด้วยการเลียนแบบการทำงานของโครงข่ายประสาทของมนุษย์ (Neurons) โดยนำระบบโครงข่ายประสาท (Neural Network) มาซ้อนกัน หลายชั้น (Layer) และทำการเรียนรู้ข้อมูลตัวอย่าง ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในการตรวจจ็รูปแบบ (Pattern) หรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล (Classify the Data) โดยทั่วไประบบโครงข่ายประสาทจะเรียนรู้ได้เพียงไม่กี่ชั้น เนื่องจากยังไม่มีข้อมูลสอน (Training Data) หรือความสามารถด้านคอมพิวเตอร์ยังไม่สูงพอ อย่างไรก็ตามในช่วงหลายปีมานี้เทคโนโลยีได้มีการพัฒนามากขึ้นจึงทำให้มีข้อมูลชั้นของโครงข่ายได้ง่ายขึ้นและมากขึ้น ยิ่งมีซ้อนกันหลายชั้นโครงข่ายก็ยิ่งมีความซับซ้อนและลึกขึ้น จึงเป็นที่มาของคำว่า Deep Learning ตามรูปแบบของ Machine Learning โดยทั่วไป เมื่อมีข้อมูลดิบเข้ามามีการประมวลโดยอัตโนมัติ แต่จะต้องอาศัยความรู้เฉพาะทาง (Domain Knowledge) สำหรับคุณลักษณะในการจัดหมวดหมู่ข้อมูลบางประเภท (Hand-Craft Features) แต่ถ้าเป็น Deep Learning จะรับข้อมูลดิบเข้าทันที และทำการประมวลอัตโนมัติเพื่อหาข้อมูลตัวอย่างที่จำเป็นในการตรวจจ็ รูปแบบหรือจัดหมวดหมู่ข้อมูล ความสามารถในการเรียนรู้ คุณลักษณะอัตโนมัติทำให้ Deep Learning เป็นประโยชน์อย่างยิ่ง สำหรับการใช้งานในสถานการณ์ต่าง ๆ สิ่งท้าทายที่ยังต้องเผชิญ คือการหาโครงข่ายระบบประสาทที่เหมาะสมและการค้นหาตัวแปรที่มีผลต่อสมรรถนะในการสอน (Training Performance) ของโครงข่ายยังคงเป็นเรื่องยากที่จะรู้ได้ว่า Deep Learning สามารถเรียนรู้คุณลักษณะใดบ้าง นอกจากนี้ Deep Learning ยังมีลักษณะไม่ต่างจาก Machine Learning นั่นคือยังไม่สามารถจัดการข้อมูลรับเข้าที่มีความละเอียดเฉพาะทาง (Carefully Crafted Input) จึงอาจทำให้โมเดลเกิดการอนุมานผิดพลาด (Wrong Inferences)

2.2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ซึ่งได้มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องอยู่หลายงานวิจัยดังต่อไปนี้

ปฏิวัติ อิงคสันตติกุล [20] ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้จัดทำวิจัยขึ้นเพื่อพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าบุคคลซึ่ง ประกอบไปด้วยการค้นหาตำแหน่งของภาพใบหน้าและการรู้จำภาพหน้าตรงการค้นหาตำแหน่งใบหน้าทำโดยค้นหาโครงหน้าด้วยการใช้วงรีไปวัดความคล้ายกับโครงหน้าของภาพใบหน้าที่การค้นหาตำแหน่งตาตำแหน่งการปรับค่าความสว่างของภาพจนกระทั่งบริเวณกลางๆของภาพใบหน้าเหลือแต่ภาพจุดของตาจากนั้นจึงใช้ค่ามาตรฐานสำหรับใบหน้าคนเพื่อคำนวณตำแหน่งของจมูก และปากต่อไป ส่วนการรู้จำภาพใบหน้าได้ใช้ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากโครงหน้าและตำแหน่งของตาตำแหน่งปากและจมูกนำไปเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของภาพใบหน้า

และการวิเคราะห์ฟาสฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มเพื่อให้สามารถจำแนกได้ว่าใบหน้านั้นๆมีอยู่ในฐานข้อมูลเดิมหรือไม่

กฤติกา ศรีพงศ์สุข ณัฏฐา ปัญญาพุนตระกูล และธนาวุฒิ โชติชนาภิบาล [21] ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เป็นงานวิจัยที่จัดทำขึ้นมาเพื่อใช้รู้จำใบหน้าบุคคลที่ทำงานบนคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคลที่มีกล้องเว็บแคม เทคนิคการรู้จำที่ใช้ในระบบนี้คือเทคนิค Eigen face ซึ่งการทำงานของระบบสามารถแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือขั้นตอนการเรียนรู้ ซึ่งจะนำภาพใบหน้าของบุคคลที่ต้องการจะรู้จำมาทำการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักและขั้นตอนการรู้จำ ซึ่งจะวิเคราะห์ภาพใบหน้าทดสอบของบุคคลหนึ่งๆเพื่อหาว่าตรงกับภาพใบหน้าใดที่ได้เก็บไว้ในขั้นตอนการเรียนรู้หรือไม่

พิชญา จตุรวัฒน์, ภาสินี พงศ์มานะวุฒิและ มานพ พันธโคกกรวด [22] ได้ศึกษา งานวิจัยเรื่อง “การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยการตรวจจับและรู้จำใบหน้า” โดยใช้เทคโนโลยี WebRTC ซึ่งเทคโนโลยีนี้ใช้ในการสนับสนุนการสื่อสารระหว่างเว็บเบราว์เซอร์ในลักษณะเรียลไทม์ (Real-time communication) ซึ่งมีการดำเนินงานแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ การเก็บรวบรวมภาพเพื่อสร้างฐานข้อมูลรูปภาพ และผลลัพธ์ของการใช้ระบบบันทึกเวลาเรียนโดยการตรวจจับและรู้จำใบหน้า ในการเก็บรวบรวมภาพโดยใช้ระบบรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันนั้น ทำให้สามารถเก็บรวบรวมภาพใบหน้าของผู้ใช้ทั้งหมด 148 คน โดยแต่ละคนที่มีจำนวนประมาณ 8-11 ภาพ ความละเอียดระดับ VGA สำหรับการประเมินภาพและเตรียมภาพเพื่อนำไปสร้างฐานข้อมูลนั้นพบว่า การตรวจหาใบหน้าโดยใช้ Haar-like features นั้นมีความแม่นยำถึงร้อยละ 76.2 ของภาพทั้งหมด ดังรูปที่ 2.8

	จำนวนภาพ	ร้อยละ (%)
ภาพทั้งหมดที่รวบรวม	1,628	100
ภาพที่ตรวจจับใบหน้าได้	1,249	76.72
ภาพที่ใช้งานไม่ได้	379	23.28

รูปที่ 2.8 แสดงการสรุปผลการตรวจจับใบหน้าด้วยอัลกอริธึม Haar-Like features

โดยมีการทดสอบประสิทธิภาพการรู้จำใบหน้าเพื่อบันทึกเวลาเรียนโดยใช้อัลกอริธึม LBPH ใน OpenCV จำนวน 8 ครั้งด้วยชุดภาพของนักเรียนที่แตกต่างกัน ซึ่งเก็บรวบรวมมา

จากการเข้าชั้นเรียนในแต่ละสัปดาห์ ทำให้ได้ภาพที่มีความแตกต่างกัน รวมถึงแสงเงาและสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันด้วย ผลปรากฏว่าระบบสามารถทำงานดี แต่ค่าเฉลี่ยของอัตราการเรียนรู้ อยู่ที่ร้อยละ 48.18 จากการทดสอบ 8 ครั้ง ดังรูปที่ 2.9

ครั้งที่	ภาพทั้งหมด	รู้จำถูกต้อง	ร้อยละ (%)
1	70	43	61.43
2	120	54	45
3	118	56	47.46
4	118	50	42.37
5	115	55	47.82
6	121	45	37.19
7	112	50	44.64
8	42	25	59.52
ค่าเฉลี่ยความแม่นยำ (%)			48.18

รูปที่ 2.9 สรุปผลความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าด้วยอัลกอริธึม LBPH

การพัฒนาระบบบันทึกการเข้าเรียนโดยใช้การตรวจจับและรู้จำใบหน้าในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน ผสมผสานกับเทคโนโลยี WebRTC สำหรับการบันทึกการเข้าร่วมชั้นเรียนของนักเรียนโดยการจับภาพของพวกเขาและเก็บไว้ในโฟลเดอร์ที่แยกต่างหากสำหรับนักเรียนแต่ละคนวิธีการนี้จะช่วยให้การสร้างฐานข้อมูลภาพของนักศึกษาได้ง่ายขึ้น ในส่วนของขั้นตอนที่สองคือการพัฒนาระบบการบันทึกเวลาเรียนโดยการตรวจจับใบหน้า ใช้ Haar-like features เป็นขั้นตอนวิธีการตรวจจับใบหน้าและใช้อัลกอริธึม LBPH เป็นโมดูลสำหรับการรู้จำใบหน้า ซึ่งระบบที่ได้พัฒนามาสามารถทำงานได้ดีในการสร้างฐานข้อมูลภาพของนักเรียน หนึ่งความถูกต้องของการตรวจจับและรู้จำใบหน้าที่ยังคงมีระดับไม่สูงมากนักเนื่องจากการศึกษาเบื้องต้นเท่านั้น แม้จะไม่บรรลุวัตถุประสงค์ในการช่วยอำนวยความสะดวกแก่ผู้สอน อย่างไรก็ตามวิธีการนี้สามารถจูงใจนักเรียนได้ โดยการเปิดปิดระบบเป็นเวลานั้นสามารถช่วยกระตุ้นให้นักเรียนมาเข้าเรียนได้เป็นอย่างดี

S. Chintalapati and M.V. Raghunadh [23] พัฒนาระบบสำหรับตรวจเช็คนักศึกษาที่เข้าเรียนโดยใช้เทคนิครู้จำใบหน้าในการระบุตัวตน และส่งสรุปผลการเข้าเรียนไปยังอีเมลของอาจารย์ประจำวิชาเมื่อจบคาบเรียน การทำงานของระบบเริ่มต้นโดยการนำภาพจากกล้องแต่ละ

เฟรมมาทำการแปลงภาพให้เป็นระดับสีเขียวดำ เพื่อนำไปตรวจหาใบหน้าภายในภาพเมื่อได้รูปภาพใบหน้าจะจำไปผ่านกระบวนการ Histogram equalization และปรับขนาดรูปภาพให้มีขนาด 100x100 พิกเซล ซึ่งรูปภาพดังกล่าวจะถูกนำไปใช้ในกระบวนการจัดกลุ่มเพื่อใช้ในการระบุตัวตนโดยในระบบมีเทคนิครู้จำใบหน้า Eigenfaces recognition, Fisherface recognition และ Local Binary Patterns Histogram recognition ให้เลือกใช้โดยผลการทดลองใช้งานระบบพบว่าเทคนิค Fisherface recognition มีความถูกต้องที่สุดทั้งการระบุตัวบุคคลด้วยภาพนิ่งและวิดีโอ ซึ่งมีความถูกต้องที่ 95% และ 78% ตามลำดับ งานวิจัยนี้มีปัญหาเรื่องความถูกต้องเมื่อนำไปใช้ในห้องที่มีปริมาณแสงไม่เท่ากันกับในภาพสำหรับการรู้จำและยังไม่มีระบบสำหรับการแก้ไขผลการระบุตัวตน เนื่องจากการส่งผลสรุปไปทางอีเมลเมื่อจบคาบเรียนเท่านั้น

Y.Kawaguchi, T.Shoji, W.Lin, K. Kakusho and M.Minoh [24] พัฒนาระบบตรวจสอบนักศึกษาเข้าเรียนด้วยเทคนิคการรู้จำใบหน้า เช่นกัน งานวิจัยนี้มุ่งเป้าหมายที่การพัฒนาแบบที่สามารถตรวจสอบนักศึกษาระหว่างที่กำลังเรียนในห้องเรียน โดยติดตั้งกล้อง 2 ตัวไว้ที่เพดานและหน้าห้องเรียน ภาพที่ได้มาจากกล้องที่ติดตั้งบนเพดานนำมาใช้ในการระบุตำแหน่งที่นักเรียนนั่งอยู่ในห้องกล้องที่ติดตั้งหน้าห้องนำข้อมูลตำแหน่งที่นักเรียนนั่งมาวิเคราะห์เพื่อปรับตำแหน่งและมุมกล้องไปหานักศึกษาคนนั้น และเมื่อนักศึกษามองมาที่หน้าห้องจะทำการบันทึกภาพนั้นมาใช้ในการระบุตัวตนต่อไป โดยในการระบุตัวตนได้นำเทคนิค Eigenface recognition มาใช้งาน งานวิจัยนี้มีปัญหาด้านการนำไปใช้งานเนื่องจากการติดตั้งระบบกล้อง 2 ตัว ในห้องเรียนทุกห้องซึ่งงบประมาณที่สูง อีกทั้งยังขาดความถูกต้องเนื่องจากการนั่งบดบังมุมกล้องของนักศึกษาคนที่นั่งข้างหน้าด้วยเช่นกัน

M.Phankokkrud and P.Jaturawat [25] ได้นำเสนองานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบเกี่ยวกับแสง และปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลกระทบกับความแม่นยำในการระบุตัวตนงานวิจัยที่กล่าวถึงการทดสอบประสิทธิภาพของการส่งสัญญาณข้อมูลสำหรับการตรวจจับและระบุตัวตนโดยใช้ Haar cascades ในการตรวจจับใบหน้าซึ่งได้ทดลองไว้ว่าสามารถตรวจจับใบหน้าในสภาพแวดล้อมที่มีแสงน้อยได้ จากข้อมูลในงานวิจัยดังกล่าวทำให้ทราบว่า Haar cascade สามารถตรวจจับใบหน้าได้แม้กระทั่งในสถานที่ที่มีแสงน้อยและเหมาะที่นำมาประยุกต์ใช้ในงานวิจัยนี้ นอกจากนี้นงานวิจัยดังกล่าวได้พัฒนาระบบที่ใช้ในการยืนยันตัวตนผ่านระบบเว็บแอปพลิเคชันซึ่งสะดวกและสามารถนำไปใช้ในห้องเรียนต่าง ๆ ได้ง่าย เพียงแต่ระบบที่พัฒนาจำเป็นต้องมีการเชื่อมต่อกับเครือข่ายตลอดเวลาเพื่อยืนยันตัวตน จึงมีข้อจำกัดในการนำไปใช้งานภายในห้องเรียนที่สัญญาณอินเทอร์เน็ตไม่ครอบคลุม

จากตัวอย่างงานวิจัยข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดในการทำงานวิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยใช้เทคนิค Haar cascade ในการตรวจสอบใบหน้า เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความถูกต้องสูงและใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างน้อย และเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้า

LBPH recognition กับ เทคนิค HOG & Linear SVM เพื่อค้นหาเทคนิคที่ดีที่สุด และเหมาะสม สำหรับการเลือกใช้เทคนิคกับการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อนซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของ วิจัยเรื่อง การเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้อง ถ่ายภาพความร้อน ผู้วิจัยได้ดำเนินการทั้งหมด 3 ส่วน ได้แก่ 1) ส่วนตรวจจับใบหน้า 2) ส่วน ประมวลผลรู้จำใบหน้า 3) ส่วนบันทึกข้อมูลและตรวจสอบการเข้าทำงานของพนักงานและส่วน แสดงผล



บทที่ 3

วิธีการดำเนินงาน

จากการศึกษางานวิจัย แนวคิด และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ผู้ศึกษาได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยมีขั้นตอนการดำเนินงาน ดังนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลปัญหาของงานวิจัย
- ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาข้อมูลและเทคโนโลยีที่นำมาใช้
- ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง
- ขั้นตอนที่ 4 วิเคราะห์ผลการทดลอง
- ขั้นตอนที่ 5 การสรุปผลการวิจัย

โดยแผนการดำเนินงานวิจัยมีทั้งหมด 3 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นตอนเบื้องต้น เป็นขั้นตอนของการวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในปัจจุบันเพื่อนำมาใช้ในการหาหัวข้องานวิจัย ผู้วิจัยได้สืบค้นข้อมูล ศึกษาภาพรวม/ทฤษฎี/การทำงาน ของเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้าและการตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย รวมถึงศึกษาเทคนิคที่ดีที่สุดของระบบจดจำใบหน้าและตรวจวัดอุณหภูมิร่างกาย

(2) ขั้นตอนการดำเนินการ เป็นขั้นตอนในการออกแบบกรอบแนวคิดในการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน การศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้อง รวมถึงการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อหาทฤษฎีพื้นฐานสำหรับการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน และดำเนินการพัฒนาระบบบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิ และการจดจำใบหน้าตามเทคนิคที่เลือกไว้

(3) ขั้นตอนการสรุป เป็นขั้นตอนสุดท้ายในการทำงานวิจัยการสรุปผลงานวิจัยทั้งหมดที่ได้ทำมาในทั้งขั้นตอนเบื้องต้นและขั้นตอนการดำเนินการ ทั้งสองขั้นตอนข้างต้นเพื่อนำไปเขียนรูปเล่มวิทยานิพนธ์และบทความวิชาการ

3.1 ขั้นตอนที่ 1 การวิเคราะห์ข้อมูลปัญหาของงานวิจัย

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ปัจจุบันเกี่ยวกับโรคระบาด COVID-19 และในปัจจุบันมีการนำระบบปัญญาประดิษฐ์ (AI: Artificial Intelligence) มาประยุกต์ใช้ได้อย่างกว้างขวางตั้งแต่ระดับบุคคลทั่วไปจนถึงระดับอุตสาหกรรม สังคมและเศรษฐกิจ ประกอบกับทางหน่วยงานต้นสังกัดได้เล็งเห็นความสำคัญในการนำเทคโนโลยีด้าน AI มาใช้สำหรับการตรวจวัดอุณหภูมิร่วมกับการจดจำใบหน้าเพื่อบันทึกการทำงานของพนักงาน ซึ่งจะช่วยให้ระบบบันทึกการทำงานของสำนักงานหรือบริษัทให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น ไม่ยุ่งยาก ซับซ้อน รวมถึงช่วยให้การจัดการและการบริหารงานสะดวกต่อการค้นหาข้อมูลและตรวจสอบ สถิติการลงเวลาของพนักงานเป็นการช่วยลดปัญหาข้อผิดพลาดและล่าช้า ข้อมูลมีความแม่นยำสูงในการระบุตัวตนของพนักงาน อีกทั้งยังเพิ่มประสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลและประมวลผล เชื่อถือได้และสามารถนำข้อมูลไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่น ๆ เพื่อเป็นประโยชน์ต่อไป รวมถึงยังสามารถดำเนินการในช่วงวิกฤติที่มีการระบาดของไวรัสโคโรนาซึ่งถือว่าเป็นประเด็นสำคัญในปัจจุบัน

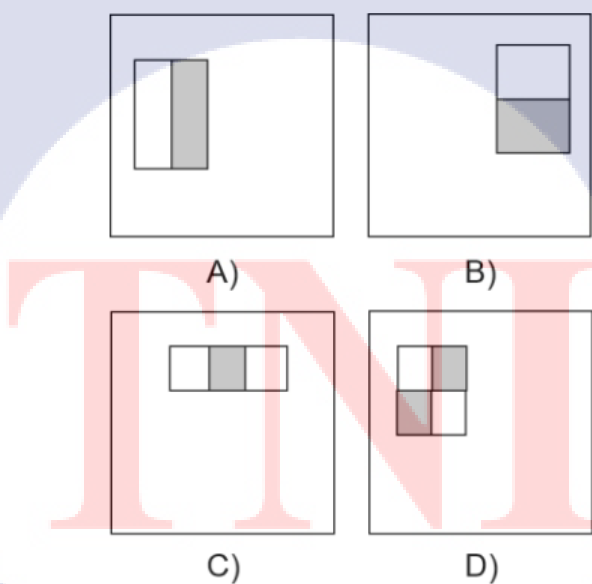
จากการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นรวมถึงแนวทางในการแก้ไขปัญหา ทำให้ผู้วิจัยปรึกษา และเสนอหัวข้อกับอาจารย์ที่ปรึกษาที่จะเลือกที่จะเลือกทำงานวิจัยใน "หัวข้อการเปรียบเทียบ เทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน"

3.2 ขั้นตอนที่ 2 การศึกษาข้อมูลและเทคโนโลยีที่นำมาใช้

ผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับเทคนิคการรู้จำใบหน้าเป็นเทคโนโลยีส่วนหนึ่งของเทคโนโลยีปัญญาประดิษฐ์ (AI) ที่ทำการจดจำลักษณะใบหน้าของบุคคล โดยเทคนิคการรู้จำใบหน้าที่นิยมใช้ในปัจจุบัน ได้แก่ เทคนิค Local Binary Patterns Histogram (LBPH) recognition และ เทคนิค HOG & Linear SVM ซึ่งจากการศึกษางานวิจัยของสองเทคนิค มีขั้นตอนการทำงานดังนี้ 1) เทคนิค Eigenfaces recognition ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal component analysis) ของข้อมูลเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพที่นิยมใช้เพื่อลดขนาด เมทริกซ์ของตัวแปรให้เล็กลงหรือใช้หาความสัมพันธ์ของข้อมูล 2) เทคนิค Fisherface recognition ใช้การวิเคราะห์จำแนกประเภทเชิงเส้น (Linear discriminate analysis) เพิ่มเติมเข้ามาจาก Eigenfaces recognition เพื่อเพิ่มความถูกต้องในการจำแนกข้อมูลในกรณีที่ไม่สามารถหาลักษณะเด่นในภาพได้ครบถ้วน และ 3) เทคนิค Local Binary Patterns Histograms (LBPH) เป็นเทคนิคการระบุตัวตนโดยอาศัย Local Binary Patterns (LBP) ที่เป็นเทคนิคสำหรับการแยกแยะรูปแบบลักษณะพิเศษในรูปภาพ โดยนำค่า LBP ที่คำนวณได้ในแต่ละพิกเซลมาทำ Histogram สำหรับการระบุลักษณะพิเศษในใบหน้าของทั้งสามเทคนิคจะเหมือนกัน คือจะแบ่งการทำงานเป็น 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการประมวลผลก่อน (Preprocess) และขั้นตอนทดสอบ (Test)

จากการที่ได้ศึกษางานวิจัยพบว่าการทดสอบประสิทธิภาพการระบุตัวตนของทั้งสามเทคนิคในสภาพแวดล้อมที่ต่างกันเรื่องแสงความละเอียดของภาพ และสัญญาณรบกวนในวิดีโอพบว่า LBPH recognition ให้ค่าความถูกต้องที่มากที่สุด เนื่องจากวิธีการรู้จำใบหน้าของ LBPH recognition เป็นการนำ binary pattern ของชุดข้อมูลฝึกสอนแต่ละรูปภาพมาเปรียบเทียบกับ binary pattern ของรูปภาพที่ทดสอบต่างจากสองเทคนิคที่เหลือที่ทำการหาลักษณะเด่นที่มีจากทุกรูปภาพ (ทุกรูปภาพการหันหน้า) ของแต่ละคนในชุดข้อมูลฝึกสอนก่อนนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะเด่นที่หาได้จากรูปภาพทดสอบ จึงทำให้ LBPH recognition มีความแม่นยำมากกว่าในกรณีที่รูปภาพสำหรับฝึกสอนและรูปภาพสำหรับทดสอบเป็นรูปภาพจากมุมมอง (การหันหน้า) ที่แตกต่างกันทุกภาพ

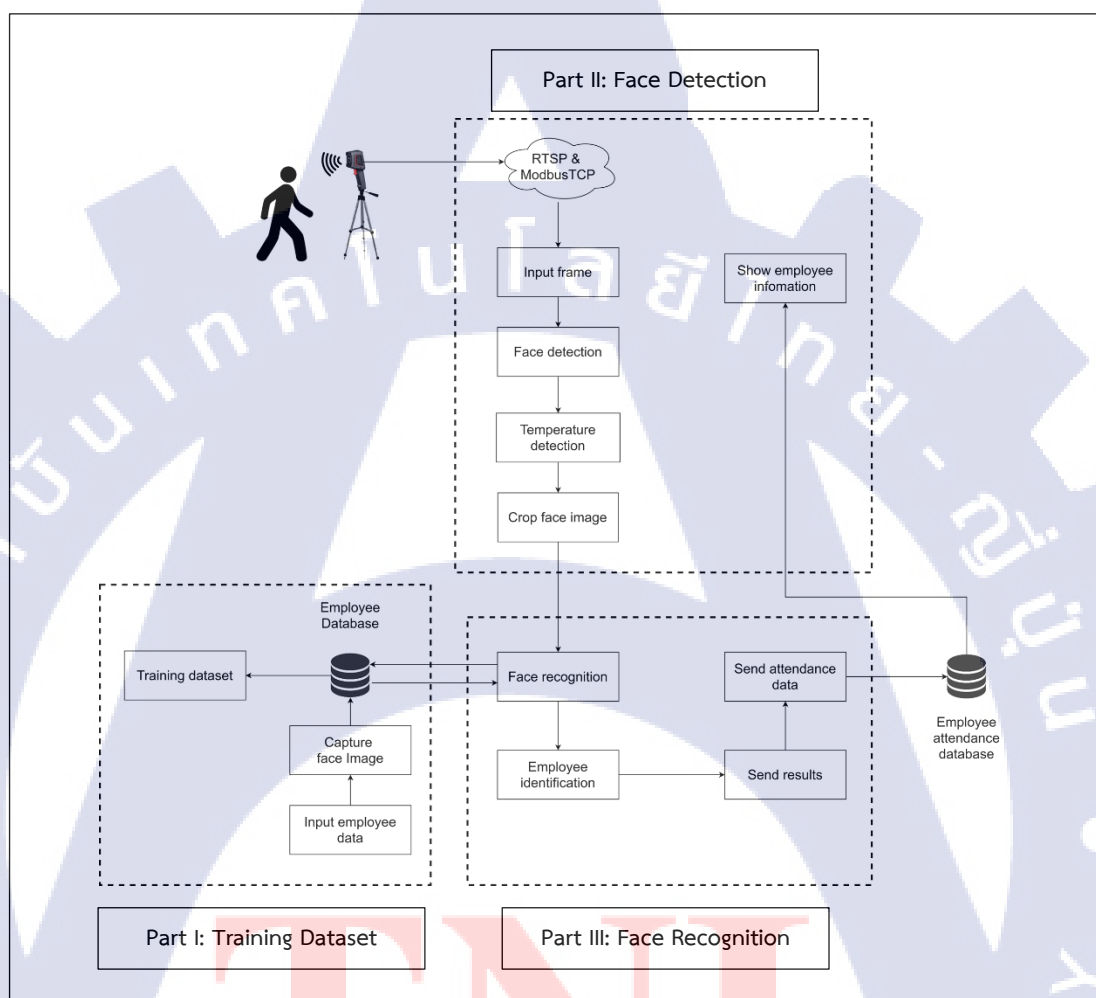
ซึ่งจากผลจากงานวิจัยนี้ การเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ในส่วนของเทคนิคการรู้จำใบหน้าได้นำเทคนิค LBPH recognition มาใช้เนื่องจากให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด และส่วนของเทคนิคการตรวจจับใบหน้า ใช้เทคนิค Harr cascades ซึ่งเป็นเทคนิคที่มีความเร็วและความถูกต้องในการตรวจจับใบหน้าสูงเมื่อเปรียบเทียบกับเทคนิคการตรวจจับใบหน้าแบบดั้งเดิม โดยแนวคิดของเทคนิคนี้คือทำการตรวจสอบหากกลุ่มพิกเซลบนภาพที่มีค่าใกล้เคียงกับ Harr-like feature เพื่อตัดสินใจว่ากลุ่มพิกเซลนั้นเป็นใบหน้าบุคคลหรือไม่ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 Harr-like feature

3.3 ขั้นตอนที่ 3 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง

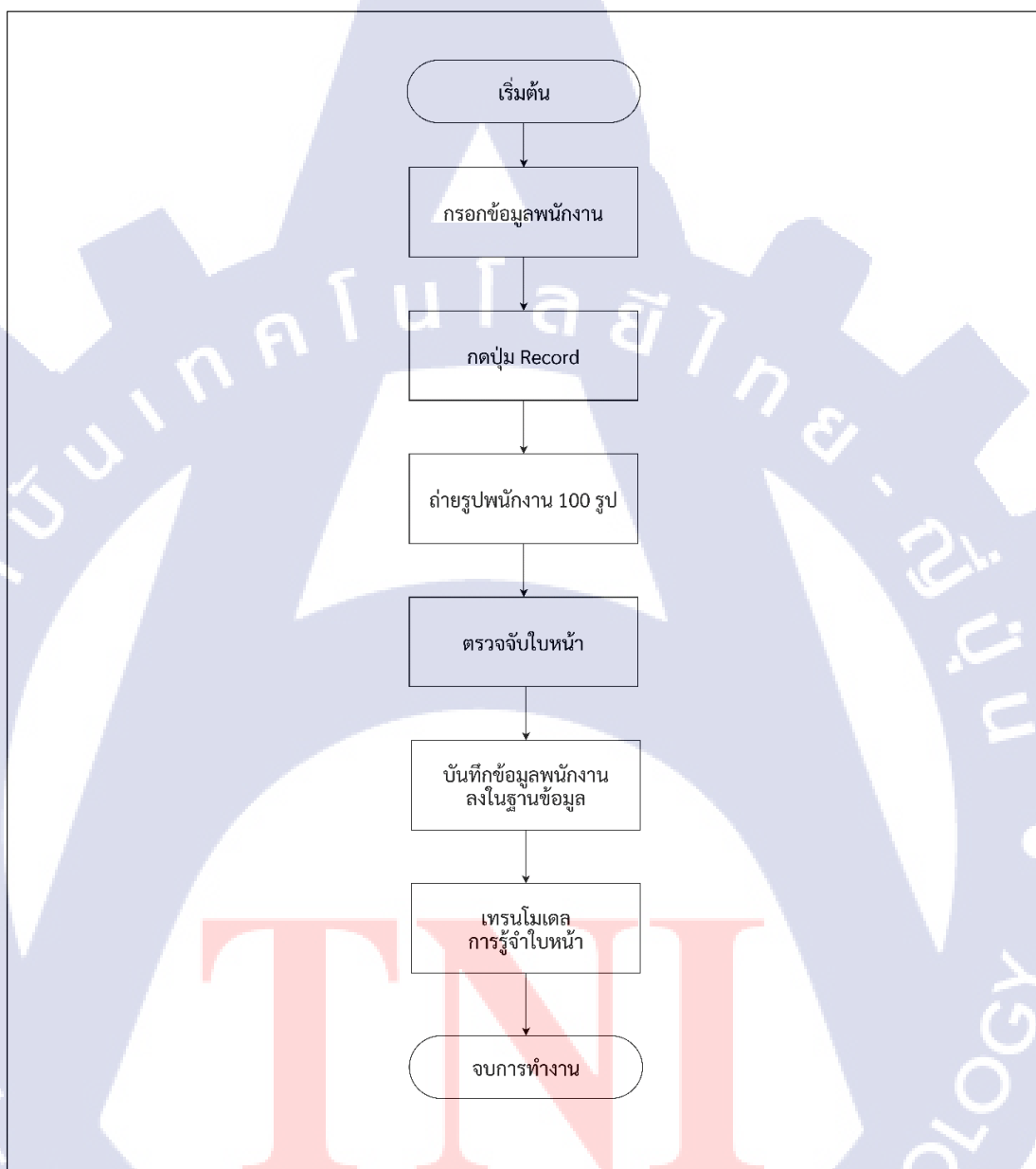
จากการศึกษาข้อมูลและเทคโนโลยีที่นำมาใช้ ผู้วิจัยได้ออกแบบกรอบแนวคิดของการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 กรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบบันทึกการทำงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้า

จากกรอบแนวคิดของงานวิจัย ผู้วิจัยได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้เพื่อการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยระบบมีการแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนดังนี้

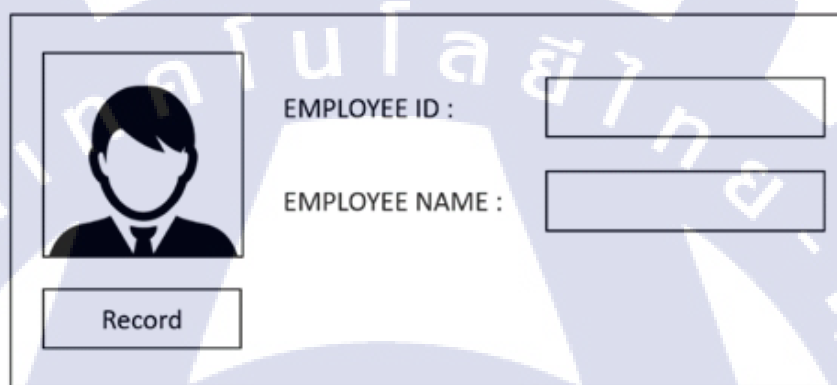
ส่วนที่ 1 เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการบันทึกข้อมูลตั้งต้นของพนักงานแต่ละคน โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับพนักงานจากบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำนวน 25 คน ซึ่งจะมีหลักการทำงานตาม Flowchart ในรูปที่ 3.3 ดังนี้



รูปที่ 3.3 Flowchart การเตรียมข้อมูลและบันทึกข้อมูลตั้งต้นของพนักงาน

จากรูปที่ 3.3 แสดง Flowchart การทำงานขั้นตอนการบันทึกข้อมูลตั้งต้นของพนักงานสามารถอธิบายเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

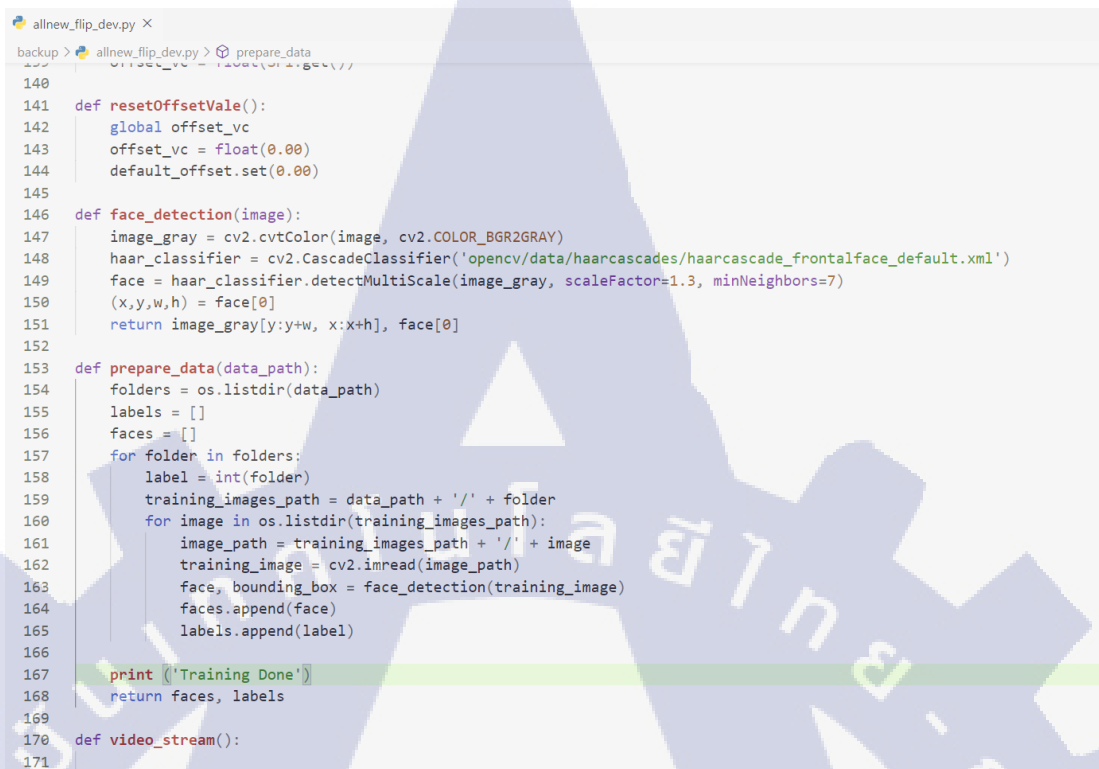
1. บ้อนข้อมูลรหัสและชื่อพนักงานที่ต้องการเพิ่มข้อมูล (Part I : Training Data set) โดยเมื่อกรอกข้อมูลพนักงานเรียบร้อยแล้ว จะคลิกที่ปุ่ม Record เพื่อทำการถ่ายจำนวน 5 ภาพต่อพนักงาน 1 คน งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกรูปภาพจำนวน 1 จนถึง 5 รูป เพื่อแทนพนักงาน 1 คน เพื่อหาจำนวนรูปภาพที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกบุคคล ซึ่งแต่ละรูปภาพประกอบด้วย รูปใบหน้าตรง รูปหันหน้าซ้าย 15 องศา รูปหันหน้าขวา 15 องศา รูปก้มหน้า และรูปเงยหน้า ตามลำดับ ตามรูปที่ 3.4 ดังนี้



The image shows a web form interface for recording employee information. On the left, there is a placeholder for a profile picture (a silhouette of a person in a suit) and a button labeled 'Record'. To the right of the picture placeholder, there are two input fields: 'EMPLOYEE ID :' and 'EMPLOYEE NAME :'. The form is set against a background with a large gear watermark and the text 'THAI-NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY'.

รูปที่ 3.4 หน้าจอแสดงการบ้อนข้อมูลของพนักงาน

2. ตรวจจับใบหน้าจากภาพถ่ายและเข้าสู่กระบวนการเทรนโมเดลจดจำใบหน้า ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้ภาษา Python ในการดำเนินการ ตามตัวอย่างรูปที่ 3.5 ดังนี้ (ตัวอย่างภาษา Python ในการเข้ารหัสใบหน้า)



```

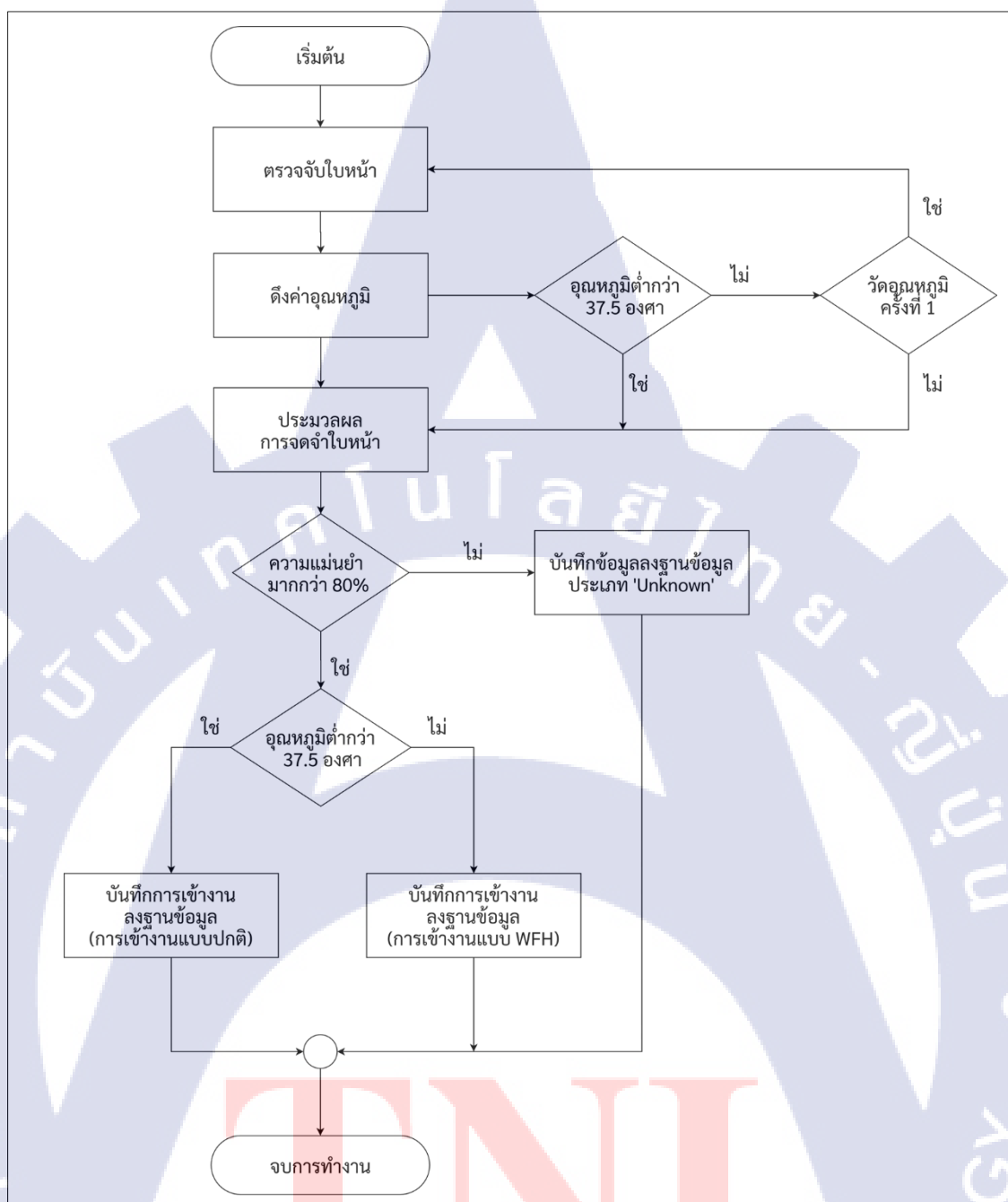
allnew_flip_dev.py X
backup > allnew_flip_dev.py > prepare_data
140
141 def resetOffsetVale():
142     global offset_vc
143     offset_vc = float(0.00)
144     default_offset.set(0.00)
145
146 def face_detection(image):
147     image_gray = cv2.cvtColor(image, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
148     haar_classifier = cv2.CascadeClassifier('opencv/data/haarcascades/haarcascade_frontalface_default.xml')
149     face = haar_classifier.detectMultiScale(image_gray, scaleFactor=1.3, minNeighbors=7)
150     (x,y,w,h) = face[0]
151     return image_gray[y:y+w, x:x+h], face[0]
152
153 def prepare_data(data_path):
154     folders = os.listdir(data_path)
155     labels = []
156     faces = []
157     for folder in folders:
158         label = int(folder)
159         training_images_path = data_path + '/' + folder
160         for image in os.listdir(training_images_path):
161             image_path = training_images_path + '/' + image
162             training_image = cv2.imread(image_path)
163             face, bounding_box = face_detection(training_image)
164             faces.append(face)
165             labels.append(label)
166
167     print ('Training Done')
168     return faces, labels
169
170 def video_stream():
171

```

รูปที่ 3.5 ตัวอย่างภาษา Python ในการเข้ารหัสใบหน้า

3. เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเข้ารหัสใบหน้าแล้ว จะบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในฐานข้อมูล เพื่อเตรียมข้อมูลเข้าสู่กระบวนการตรวจจับใบหน้า

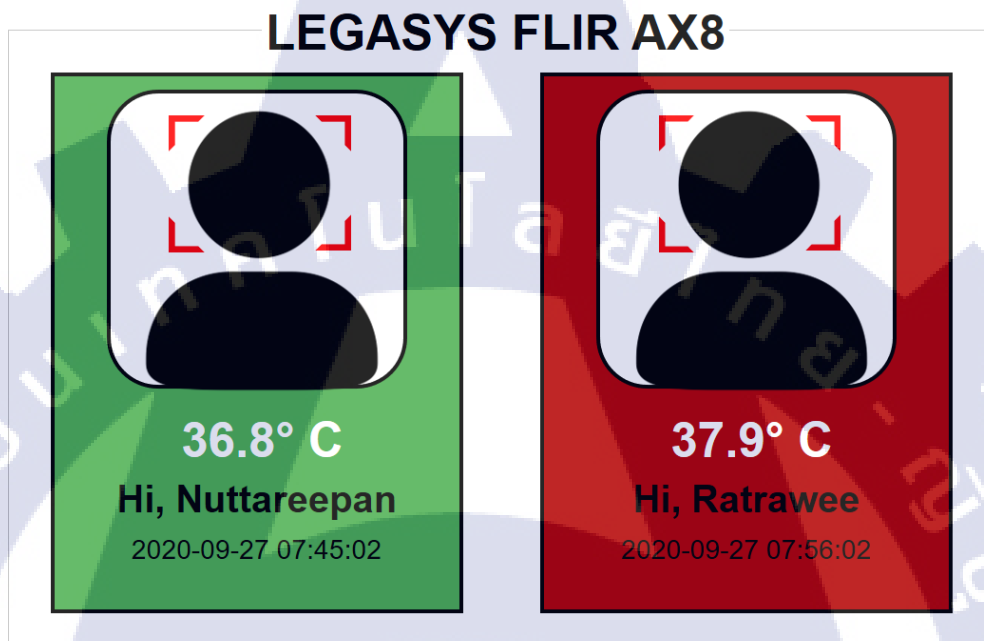
ส่วนที่ 2 การออกแบบขั้นตอนการตรวจวัดอุณหภูมิและการประมวลผลการจดจำใบหน้า (Part II: Face Detection) งานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิค Haar cascade ในการตรวจสอบเนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความถูกต้องสูงและใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างน้อย จึงเหมาะกับการตรวจจับใบหน้าคนแบบเรียลไทม์ เมื่อระบบตรวจสอบพบหน้าคนจะขึ้นกรอบสี่เหลี่ยม โดยระบบที่พัฒนาสามารถตรวจจับใบหน้าได้หลายคนในเวลาเดียวกัน และในการติดตั้งระบบจริงผู้วิจัยติดตั้งกล้องถ่ายภาพความร้อน พร้อมหน้าจอสำหรับตรวจสอบผลการตรวจวัดอุณหภูมิ และการประมวลผลความรู้จำไว้บริเวณประตูทางเข้าออกของบริษัทเป็นระยะเวลา 1 เดือน ซึ่งมีการทำงานตาม Flowchart ในรูปที่ 3.6 ดังนี้



รูปที่ 3.6 Flowchart การตรวจวัดอุณหภูมิและการประมวลผลการจดจำใบหน้า

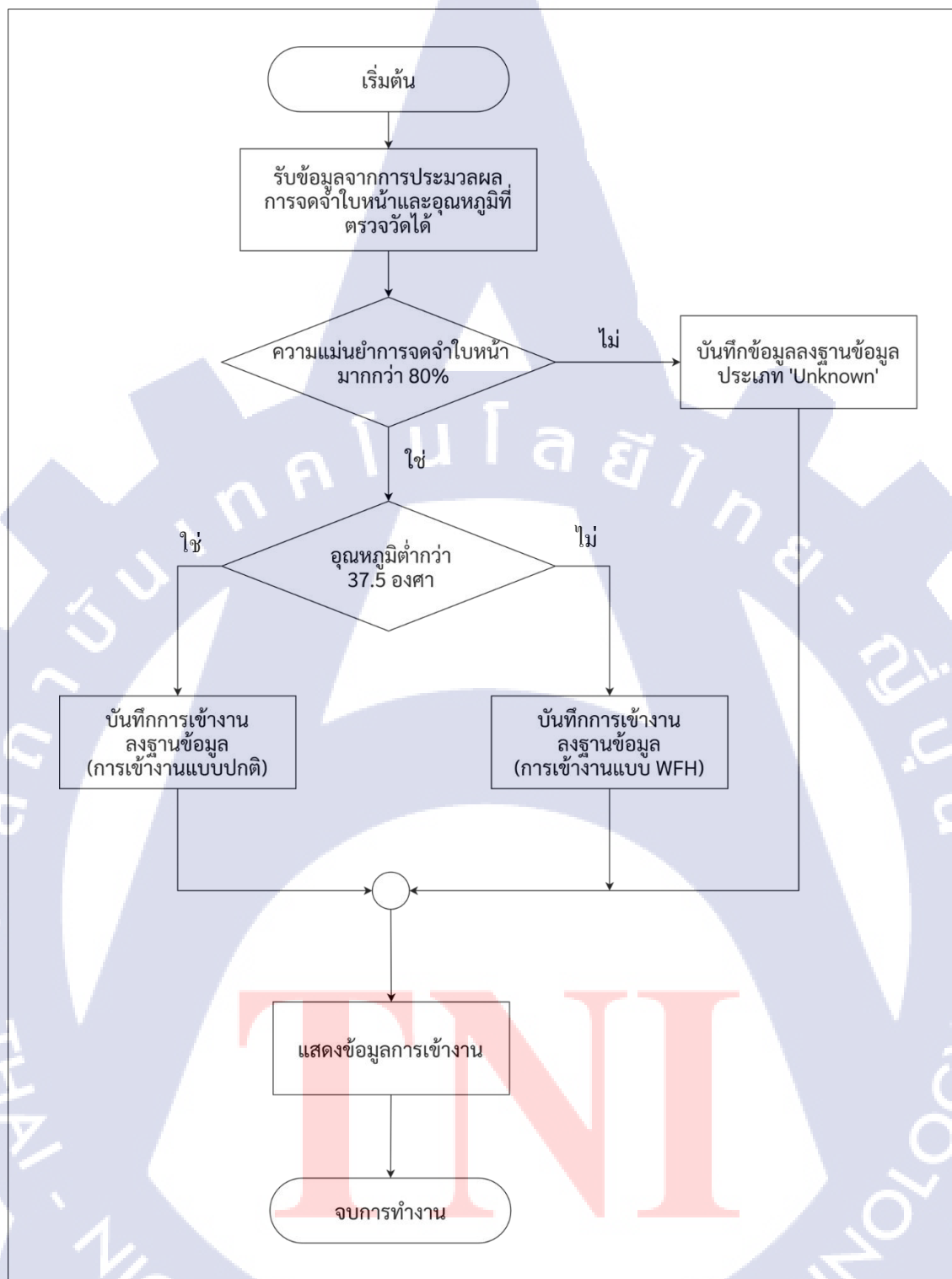
จากรูปที่ 3.6 การตรวจวัดอุณหภูมิและการประมวลผลการจดจำใบหน้า สามารถอธิบายเป็นได้ดังนี้ เริ่มจากการตรวจจับใบหน้าแล้ว อ่านค่าอุณหภูมิบริเวณใบหน้า จากนั้นประมวลผลจดจำใบหน้า ตรวจสอบความแม่นยำในการจดจำใบหน้า ตรวจสอบอุณหภูมิ และบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของกล้องถ่ายภาพ

ความร้อน และกระบวนการการจดจำใบหน้า จึงได้ทำการพัฒนาพัฒนาสคริปต์ด้วยภาษา Python สำหรับสื่อสารกับ Thermal Camera ,ดึงค่าอุณหภูมิผ่าน Protocol ModbusTCP ของ ตัวกล้อง, ทำการถ่ายทอดภาพจากกล้อง Thermal Camera ในรูปแบบ Visual Image ด้วย Protocol RTSP และประมวลผลการจดจำใบหน้าจากฐานข้อมูลตั้งต้น ดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ตัวอย่างหน้าจอการตรวจวัดอุณหภูมิและประมวลผลการจดจำใบหน้า

ส่วนที่ 3 การบันทึกข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบันทึกการเข้างานและการแสดงผล ข้อมูลการทำงานของพนักงาน สำหรับการบันทึกข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบันทึกการเข้างาน ข้อมูลจะถูกเก็บเป็นรูปแบบ CSV โดยจะจัดเก็บข้อมูล ซึ่งจะแสดงตาม Flowchart ในรูปที่ 3.8 ดังนี้



รูปที่ 3.8 Flowchart แสดงการบันทึกข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบันทึกการเข้างาน

สำหรับการเชื่อมต่ออุปกรณ์ที่ใช้งานกับระบบบันทึกเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยการใช้งานทั้งระบบจะมีอุปกรณ์ต่อพ่วงดังต่อไปนี้

1. กล้องถ่ายภาพความร้อน
2. Gigabit PoE Injector
3. Ethernet cable M12 to RJ45
4. Ethernet cable
5. Jetson nano
6. Monitor & HDMI Cable

ขั้นตอนแรกทำการเชื่อมต่อกล้องถ่ายภาพความร้อนกับ Gigabit PoE ด้วย Ethernet cable M12 to RJ45 หลังจากนั้นทำการเชื่อมต่อระหว่าง Gigabit PoE และ Jetson nano ด้วย Ethernet cable และนำ HDMI Cable ต่อเข้ากับ Jetson nano และ Monitor เพื่อทำการแสดงภาพจากระบบเมื่อทำการเสียบปลั๊กไฟสำหรับทุกอุปกรณ์เป็นที่เรียบร้อยแล้ว ระบบจะทำการเริ่มการใช้งานโดยอัตโนมัติ ทั้งนี้ผู้ใช้งานสามารถที่จะทำการจัดวางอุปกรณ์ในตำแหน่งที่เหมาะสม โดยสิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือระยะห่างที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับหน้าบุคคลและระยะที่สามารถตรวจจับอุณหภูมิได้อย่างถูกต้อง

3.4 ขั้นตอนที่ 4 วิธีการทดสอบ

จากขั้นตอนที่ 3 ออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยน่าจะมีวิธีการทดสอบโดยเริ่มทดสอบจากพนักงานในบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำนวน 20 คน โดยเริ่มต้นจากการเตรียมข้อมูลของพนักงานทั้งหมด 20 คน โดยให้เริ่มถ่ายรูปพนักงานแต่ละคนจำนวน 20 คนภาพหนึ่ง คนละ 100 ภาพ ได้รูปภาพใบหน้าทั้งหมด 2,000 รูปภาพ จากนั้นทำการทดสอบด้วยการแบ่งข้อมูลเป็น 2 ชุด ประกอบด้วยชุดข้อมูลฝึกสอน (Training dataset) และชุดข้อมูลทดสอบ (Testing dataset) และทำการเลือกข้อมูลจำนวน 80 ภาพสำหรับการจำแนกบุคคลซึ่งถือนำไปใช้เป็นชุดข้อมูลฝึกสอน และข้อมูลจำนวน 20 ภาพที่เหลือจากชุดข้อมูลฝึกสอนจะถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลชุดทดสอบ และทำการบันทึกรายละเอียดของพนักงานแต่ละคนลงในฐานข้อมูลของพนักงาน

จากนั้นได้ทำการทดสอบโดยให้พนักงานเดินผ่านบริเวณที่ติดตั้งกล้องถ่ายภาพความร้อน ซึ่งเป็นการทดสอบการจดจำใบหน้าและบันทึกการเข้าออกของพนักงานพร้อมกันตรวจวัดอุณหภูมิของพนักงานแต่ละคนเพื่อทดสอบการทำงานตามขอบเขตที่ผู้วิจัยได้กำหนดไว้

เมื่อพนักงานแต่ละคนผ่านการตรวจสอบความแม่นยำของการจดจำใบหน้าและตรวจวัดอุณหภูมิเรียบร้อยแล้วก็จะแสดงผลการทำงานของพนักงานแต่ละคนผ่านโปรแกรม MS-Excel เพื่อให้พนักงานสามารถตรวจสอบข้อมูลการทำงานของตนเองได้

3.5 ขั้นตอนที่ 5 การสรุปผลการวิจัย

การสรุปผลการวิจัย ผู้วิจัยจะกล่าวถึง การสรุปผลที่ได้จากการทดลองบันทึกการทำงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้า เป็นระยะเวลา 1 เดือน พร้อมทั้งแสดงผลพร้อมทั้งการการทำงานของโปรแกรมและการบันทึกข้อมูลของระบบ



บทที่ 4

ผลการวิจัย

จากการศึกษาแนวคิด ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นความรู้สำหรับการศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยได้เก็บผลการทดลองนำข้อมูลที่ได้รับมาสรุป และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพิ่มเติม ดังนี้

4.1 แสดงผลการวิจัยของเทคนิคการจดจำใบหน้าในการประเมินผลและความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน

จากการพัฒนาระบบบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ได้ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการจดจำใบหน้าสำหรับใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน ด้วยเทคนิค LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM เพื่อทำการเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้า โดยใช้เวลาทดลองระบบที่ได้ออกแบบร่วมกับกล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นระยะเวลา 1 เดือน (20 วันทำการ) ในการเก็บข้อมูลเพื่อให้มีความแม่นยำ ทดสอบความเร็วและความปลอดภัยในการตรวจจับใบหน้าและประเมินผลการจดจำใบหน้า โดยทดลองใช้ทั้งสองเทคนิคกับพนักงานทั้งหมด 20 คน และทำการเก็บข้อมูลลงในไฟล์ CSV เพื่อนำมาประเมินผลให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง แม่นยำและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านการบริหารงานอื่น ๆ ได้ ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ผลการวิจัยสำหรับเทคนิค LBPH สำหรับบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำ ใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน

ชื่อพนักงาน	ค่าเฉลี่ยความแม่นยำต่อเดือน	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาประมวลผลต่อเดือน
Amonrat	73.74	0.25
Chatree	73.51	0.26
Chonticha	72.34	0.31
Jandee	70.37	0.27
Jariya	73.09	0.26
Jetsada	71.99	0.26
Mahattaya	72.87	0.26
Nuttareepan	71.20	0.27
Panot	72.15	0.25

ตารางที่ 4.1 ผลการวิจัยสำหรับเทคนิค LBPH สำหรับบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการ
ตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำ ใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน(ต่อ)

ชื่อพนักงาน	ค่าเฉลี่ยความแม่นยำต่อเดือน	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาประมวลผลต่อเดือน
Phetlada	72.76	0.25
Ple	71.93	0.24
Sanchai	70.89	0.25
Saowapa	73.97	0.23
Siriyaphorn	74.66	0.29
Suphattra	73.53	0.25
Suthasinee	73.45	0.23
Tanasan	70.77	0.28
Walirrat	73.17	0.29
Warunee	73.77	0.23
Yutika	71.97	0.24
Grand Total	72.61	0.26

จากตารางที่ 4.1 ผลลัพธ์การทดลองด้วยการเก็บข้อมูลความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH โดยผลการทดลองพบว่าค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 70-85 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถแสดงได้ตามกราฟในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงข้อมูลความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH

และในรูปที่ 4.2 จะแสดงผลลัพธ์การทดลองด้วยการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการประมวลผลการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH โดยผลการทดลองพบว่าการประมวลผลใช้ระยะเวลาอยู่ในช่วง 0.1-0.4 วินาทีต่อการประมวลผลใบหน้า 1 ครั้ง



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH

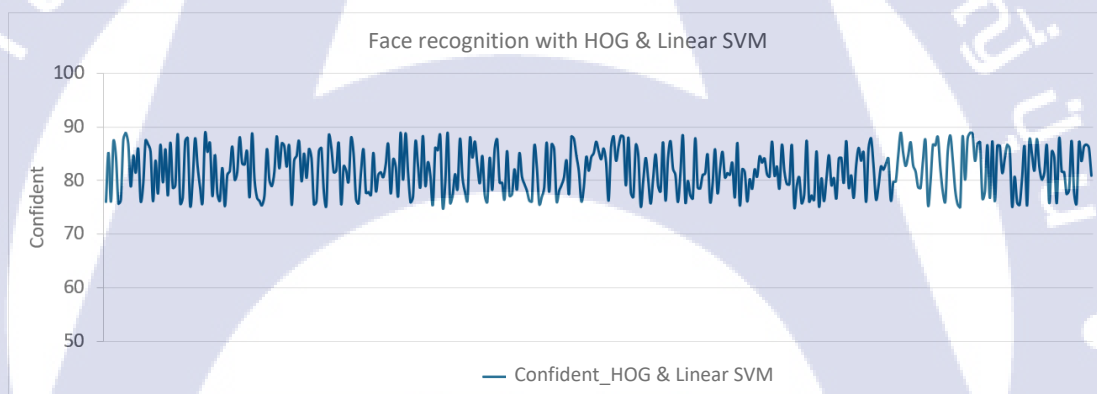
ตารางที่ 4.2 ผลการวิจัยสำหรับเทคนิค HOG & Linear SVM สำหรับบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำ ใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน

ชื่อพนักงาน	ค่าเฉลี่ยความแม่นยำต่อเดือน	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาประมวลผลต่อเดือน
Amonrat	83.51	0.54
Chatree	80.46	0.54
Chonticha	81.84	0.54
Jandee	80.29	0.53
Jariya	81.54	0.54
Jetsada	82.41	0.54
Mahattaya	81.93	0.54
Nuttareepan	82.19	0.55
Panot	81.24	0.53
Phetlada	82.07	0.54
Ple	81.25	0.54
Sanchai	82.34	0.53
Saowapa	82.23	0.54
Siriyaphorn	80.88	0.54
Suphattra	81.67	0.54
Suthasinee	83.24	0.54

ตารางที่ 4.2 ผลการวิจัยสำหรับเทคนิค HOG & Linear SVM สำหรับบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำ ใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน (ต่อ)

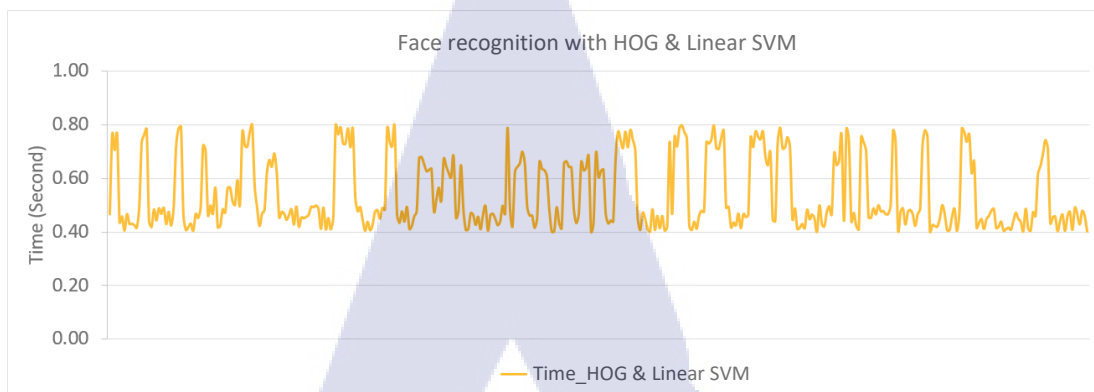
ชื่อพนักงาน	ค่าเฉลี่ยความแม่นยำต่อเดือน	ค่าเฉลี่ยระยะเวลาประมวลผลต่อเดือน
Tanasan	81.20	0.55
Walinrat	82.47	0.52
Warunee	81.77	0.53
Yutika	82.54	0.54
Grand Total	81.85	0.54

จากตารางที่ 4.2 ผลลัพธ์การทดลองด้วยการเก็บข้อมูลความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค HOG & Linear SVM โดยผลการทดลองพบว่าค่าความแม่นยำอยู่ในช่วง 75-90 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถแสดงได้ดังกราฟในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงข้อมูลความแม่นยำการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค HOG & Linear SVM

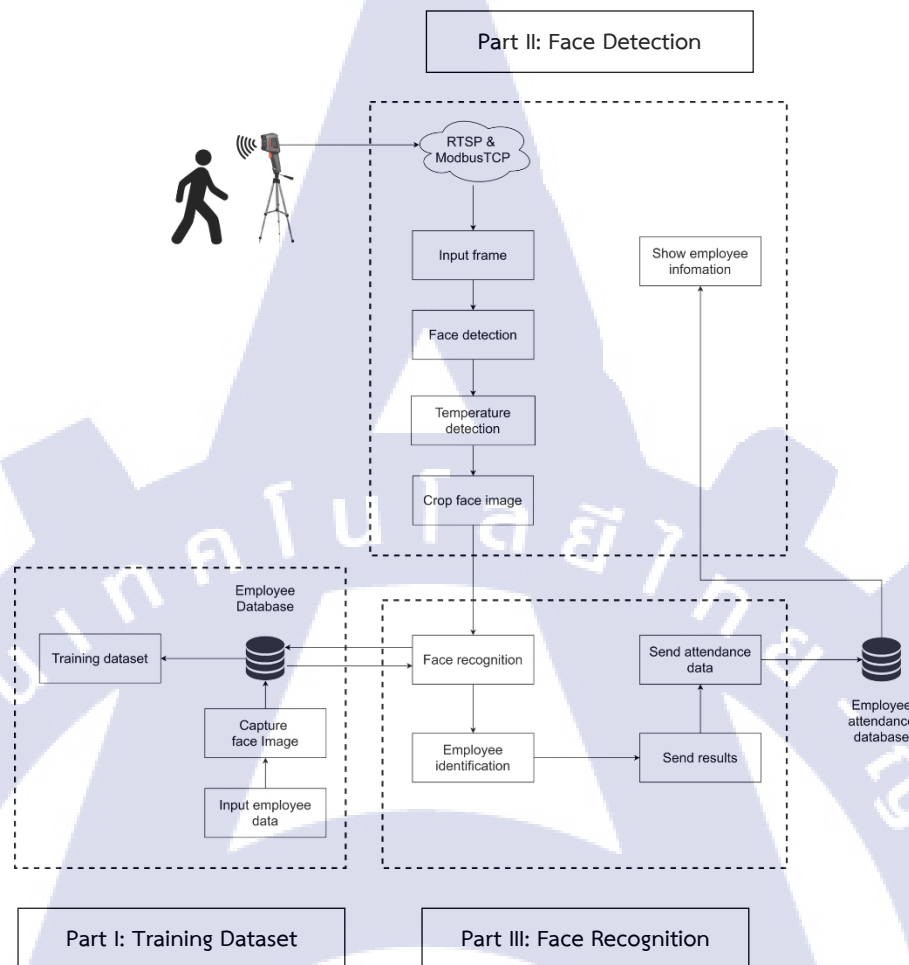
ผลลัพธ์การทดลองด้วยการเก็บข้อมูลระยะเวลาในการประมวลผลการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค HOG & Linear SVM โดยผลการทดลองพบว่าการประมวลผลใช้ระยะเวลาอยู่ในช่วง 0.4-0.8 วินาทีต่อการประมวลผลใบหน้า 1 ครั้ง ดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค HOG & Linear SVM

4.2 ผลการวิเคราะห์และเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน

การวิเคราะห์ผล หรือการออกแบบกรอบแนวคิดกรอบแนวคิดของการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยระบบมีการแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการบันทึกข้อมูลตั้งต้นของพนักงานแต่ละคน (Part I: Training Dataset) ส่วนที่ 2 การออกแบบขั้นตอนการตรวจวัดอุณหภูมิและการตรวจจับใบหน้า (Part II: Face Detection) และส่วนที่ 3 การบันทึกข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบันทึกการเข้างานและการแสดงผลข้อมูลการทำงาน of พนักงาน (Part III: Face Recognition) ซึ่งแต่ละโมดูลมีขั้นตอนการทำงาน และรายละเอียดในการทำงานที่แตกต่างกัน ดังแสดงผลในรูปที่ 4.5 มีรายละเอียดแต่ละโมดูล ดังนี้



รูปที่ 4.5 กรอบแนวคิดในการพัฒนาระบบบันทึกการทำงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้า

ส่วนที่ 1 เป็นขั้นตอนการเตรียมข้อมูลและการบันทึกข้อมูลตั้งต้นของพนักงานแต่ละคน (Part I: Training Dataset) โดยผู้วิจัยได้ทำการทดสอบกับพนักงานจากบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำนวน 20 คน โดยทำการป้อนข้อมูลรหัสและชื่อพนักงานที่ต้องการเพิ่มข้อมูล โดยเมื่อกรอกข้อมูลพนักงานเรียบร้อยแล้ว จะคลิกที่ปุ่ม **Record** เพื่อทำการถ่ายจำนวน 5 ภาพต่อพนักงาน 1 คน งานวิจัยนี้ได้ทำการเลือกรูปภาพจำนวน 1 จนถึง 5 รูป เพื่อแทนพนักงาน 1 คน เพื่อหาจำนวนรูปภาพที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกบุคคล ซึ่งแต่ละรูปภาพประกอบด้วย รูปใบหน้าตรง รูปหันหน้าซ้าย 15 องศา รูปหันหน้าขวา 15 องศา รูปก้มหน้า และรูปเงยหน้า ตามลำดับ จากนั้นได้ทำตรวจจับใบหน้าจากภาพถ่ายและเข้าสู่กระบวนการเทรนโมเดลจดจำใบหน้า ทั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้ภาษา Python ในการดำเนินการ เมื่อเสร็จสิ้นกระบวนการเข้ารหัส

ใบหน้าแล้ว จะบันทึกข้อมูลทั้งหมดลงในฐานข้อมูล เพื่อเตรียมข้อมูลเข้าสู่กระบวนการตรวจจับใบหน้า

ส่วนที่ 2 การออกแบบขั้นตอนการตรวจวัดอุณหภูมิและการตรวจจับใบหน้า (Part II: Face Detection) กระบวนการค้นหาใบหน้าของบุคคลจากภาพ จากนั้นก็จะทำการประมวลผลภาพใบหน้าที่ได้สำหรับขั้นตอนถัดไปเพื่อให้ภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้ง่ายต่อการจำแนก โดยใช้เทคนิค Haar cascade เนื่องจากเป็นเทคนิคที่มีความถูกต้องสูงและใช้เวลาในการประมวลผลค่อนข้างน้อย จึงเหมาะกับการตรวจจับใบหน้าคนแบบเรียลไทม์ เมื่อระบบตรวจสอบพบหน้าคนจะขึ้นกรอบสี่เหลี่ยม โดยระบบที่พัฒนาสามารถตรวจจับใบหน้าได้หลายคนในเวลาเดียวกัน และในการติดตั้งกล้องถ่ายภาพความร้อน พร้อมหน้าจอสำหรับตรวจสอบผลการตรวจวัดอุณหภูมิ และการประมวลผลรู้จำไว้บริเวณประตูทางเข้าออกของบริษัทเป็นระยะเวลา 1 เดือน การตรวจวัดอุณหภูมิและการประมวลผลการจดจำใบหน้า จะเริ่มจากการตรวจจับใบหน้าแล้วอ่านค่าอุณหภูมิบริเวณใบหน้า จากนั้นประมวลผลจดจำใบหน้า ตรวจสอบความแม่นยำในการจดจำใบหน้า ตรวจสอบอุณหภูมิ และบันทึกข้อมูลลงฐานข้อมูล ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับกระบวนการทำงานของกล้องถ่ายภาพความร้อน และกระบวนการการจดจำใบหน้า จึงได้ทำการพัฒนาพัฒนาสคริปต์ด้วยภาษา Python สำหรับสื่อสารกับ Thermal Camera, ดึงค่าอุณหภูมิผ่าน Protocol ModbusTCP ของตัวกล้อง, ทำการถ่ายทอดภาพจากกล้อง Thermal Camera ในรูปแบบ Visual Image ด้วย Protocol RTSP และประมวลผลการจดจำใบหน้าจากฐานข้อมูลตั้งต้น

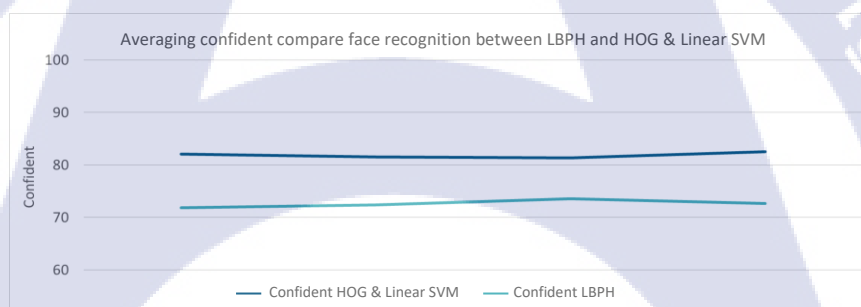
ส่วนที่ 3 การบันทึกข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบันทึกการเข้างานและการแสดงผลข้อมูลการทำงานของพนักงาน (Part III: Face Recognition) คือกระบวนการที่นำภาพใบหน้าที่ตรวจจับได้มาประมวลผลและนำมาเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลของใบหน้าเพื่อระบุว่าใบหน้าที่ตรวจจับได้ตรงกับบุคคลใด โดยระบบจะทำการวิเคราะห์ใบหน้าที่ถูกตรวจจับในขณะที่เดินผ่านกล้องและทำการเปรียบเทียบกับภาพในฐานข้อมูลที่มีอยู่ สำหรับการบันทึกข้อมูลเพื่อเชื่อมต่อกับระบบบันทึกการเข้างาน ข้อมูลจะถูกเก็บเป็นรูปแบบ CSV โดยจะจัดเก็บข้อมูล

จากพัฒนาระบบบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ซึ่งผลการวิจัยสำหรับเทคนิค LBPH และ เทคนิค HOG & Linear SVM ในด้านเวลาในการประมวลผลและความแม่นยำ ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้าในด้านการเวลาในการประมวลผลและความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน ดังตารางที่ 4.3 และ กราฟในรูปที่ 4.6 และ รูปที่ 4.7 ดังนี้

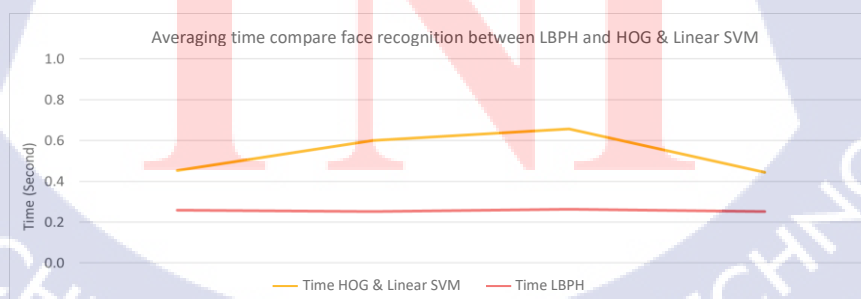
ตารางที่ 4.3 การเปรียบเทียบเทคนิค LBPH และ เทคนิค HOG & Linear SVM ด้านเวลา
การประมวลผลและความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน

Data Amount	HOG & Linear SVM		LBPH	
	Confident	Time	Confident	Time
100	82.06	0.45	71.85	0.26
200	81.52	0.60	72.42	0.25
300	81.37	0.66	73.55	0.26
400	82.49	0.45	72.67	0.25
Average	81.86	0.54	72.63	0.26

กราฟแสดงการเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้าในด้านเวลาในการประมวลผลและความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน เทคนิค LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM



รูปที่ 4.6 กราฟเปรียบเทียบเทคนิค LBPH และ เทคนิค HOG & Linear SVM ในด้านความแม่นยำ



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบเทคนิค LBPH และ เทคนิค HOG & Linear SVM ในด้านเวลาในการประมวลผล

บทที่ 5

บทสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยเรื่องการเปรียบเทียบเทคนิคจดจำใบหน้าเพื่อใช้งานกับระบบบันทึกเวลาเข้างานด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ซึ่งการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ตามบทที่ 1 ได้นำเสนอข้อสรุปตามลำดับดังนี้

- 5.1 สรุปผลการวิจัย
- 5.2 อภิปรายผลวิจัย
- 5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาระบบการบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน เมื่อเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้าในการประมวลผลและความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน ซึ่งพิจารณาจากสองเทคนิคที่นำเสนอข้างต้น พบว่า เทคนิคของ LBPH เมื่อนำมาใช้ร่วมกับกล้องถ่ายภาพความร้อน ทำให้ระบบมีความสะดวก รวดเร็วและปลอดภัย ได้ข้อมูลที่ต้องการ แม่นยำ พนักงานสามารถตรวจสอบข้อมูลได้แบบทันที (Real Time) ระบบมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นและสะดวกต่อการค้นหาข้อมูลและตรวจสอบสถิติการลงเวลา เป็นการช่วยลดปัญหาข้อผิดพลาดและล่าช้า อีกทั้งยังได้ช่วยแก้ปัญหาของปริมาณเอกสารที่เพิ่มปริมาณขึ้น [26] อีกทั้งอัลกอริธึม LBPH จะมีข้อดีในเรื่องของการทนต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มแสงได้ดีและเป็นอัลกอริธึมที่มีความแม่นยำสูงสุด [27] ซึ่งงานวิจัยนี้ถือว่าเทคนิค LBPH เป็นอัลกอริธึมที่มีความแม่นยำในเกณฑ์ที่รับได้เมื่อเปรียบเทียบกับระยะเวลาในการประมวลผลที่ดีที่สุด

5.2 อภิปรายผลวิจัย

การพัฒนาระบบบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ได้ศึกษาและเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทคนิคการจดจำใบหน้าสำหรับใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อน ด้วยเทคนิค LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM เพื่อทำการเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้า โดยใช้เวลาดทดลองระบบที่ได้ออกแบบร่วมกับกล้องถ่ายภาพความร้อนเป็นระยะเวลา 1 เดือน(20 วันทำการ) ในการเก็บข้อมูลเพื่อให้มีความแม่นยำ ทดสอบความเร็วและความปลอดภัยในการตรวจจับใบหน้าและประมวลผลการจดจำใบหน้า โดยทดลองใช้ทั้งสองเทคนิคกับพนักงานทั้งหมด 20 คน และทำ

การเก็บข้อมูลลงในไฟล์ CSV เพื่อนำมาประมวลผลให้ได้ข้อมูลที่ต้องการ แม่นยำและนำข้อมูลไปใช้ประโยชน์ในด้านการบริหารงานอื่น ๆ

จากการทดลองหาผลลัพธ์ค่าเฉลี่ยความแม่นยำในการจดจำใบหน้า โดยเปรียบเทียบการใช้เทคนิค LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM เป็นระยะเวลา 1 เดือนกับพนักงานทั้งหมด 20 คนของบริษัท เลกะ คอร์ปอเรชั่น จำกัด พบว่าค่าเฉลี่ยความแม่นยำของเทคนิค HOG & Linear SVM มีผลลัพธ์ดีกว่าโดยค่าเฉลี่ยมีความแม่นยำที่อยู่ที่ 81.85 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่เทคนิค LBPH มีความแม่นยำเฉลี่ยอยู่ที่ 72.61 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าความแม่นยำในการจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค HOG & Linear SVM มีความแม่นยำสูงกว่าเทคนิค LBPH ทั้งนี้ค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลการจดจำใบหน้า โดยเปรียบเทียบการใช้เทคนิค LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM จากการทดลองพบว่าค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลของเทคนิค LBPH มีผลลัพธ์ดีกว่าโดยค่าเฉลี่ยระยะเวลาในการประมวลผลอยู่ที่ 0.26 วินาที ในขณะที่เทคนิค HOG & Linear SVM มีระยะเวลาในการประมวลผลเฉลี่ยอยู่ที่ 0.54 วินาทีแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคจดจำใบหน้าด้วยเทคนิค LBPH ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยกว่าเทคนิค HOG & Linear SVM และจากการศึกษางานวิจัยเรื่องพัฒนาระบบตรวจสอบนักศึกษาเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้าที่มีความถูกต้องสูง [28] โดยได้ทำการทดลองตรวจสอบหาวิธีการรู้จำใบหน้าที่มีความถูกต้องสูงที่สุด เพื่อนำไปใช้ในระบบที่พัฒนา ซึ่งจากการทดลองความสามารถของระบบพบว่า LBPH recognition มีความถูกต้องในการระบุตัวตนสูงถึง 94.21 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังได้พัฒนาวิธีการแสดงผลการตรวจสอบแบบเรียลไทม์บนเว็บแอปพลิเคชันเพื่อให้ นักศึกษาสามารถตรวจสอบและแจ้งแก้ไขในกรณีที่มีผลการตรวจสอบผิดพลาด

5.3 ข้อเสนอแนะงานวิจัย

งานวิจัยนี้ได้มีการเปรียบเทียบเทคนิคการจดจำใบหน้าในด้านการเวลาในการประมวลผลและความแม่นยำที่เหมาะสมสำหรับการใช้งานกับกล้องถ่ายภาพความร้อนด้วยกัน 2 เทคนิคคือ เทคนิคของ LBPH และเทคนิค HOG & Linear SVM เพื่อนำมาพัฒนาระบบการบันทึกการทำงานของพนักงานด้วยการตรวจวัดอุณหภูมิและการจดจำใบหน้าด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน อัลกอริธึม LBPH จะมีข้อดีคือในด้านความเวลาที่ใช้ในการประมวลผลและการทนต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มแสง แต่ถ้าในกรณีที่แสงเข้ามาในตำแหน่งที่ต่าง ๆ กัน จะมีผลต่อความแม่นยำของการรู้จำใบหน้าซึ่งจะทำให้ความแม่นยำมีความลดลง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องพัฒนาระบบการสร้างฐานข้อมูลภาพ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของอัลกอริธึมและสามารถนำไปใช้งานในสภาพแวดล้อมจริงมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป

จากผลการทดสอบงานวิจัยนี้ สามารถนำไปปรับปรุงและต่อยอดได้หลายวิธีการ เช่น การปรับกระบวนการสร้างฐานข้อมูลรูปภาพ เพื่อให้ได้รูปภาพที่มีจำนวนมากขึ้นและมีความหลากหลายครอบคลุม รวมถึงมีการเปรียบเทียบในหลาย ๆ อัลกอริธึมและค้นหาอัลกอริธึมที่

เหมาะสมกับลักษณะระบบที่พัฒนาและปรับเปลี่ยนลักษณะการพัฒนาโมดูลรู้จำใบหน้า ให้สามารถได้แม่นยำขึ้นเพื่อควบคุมและลดผลกระทบเมื่อนำระบบไปใช้งานจริงต่อไปในอนาคต

เนื่องจากงานวิจัยในครั้งนี้ได้ทำการทดลองกับกล้องถ่ายภาพความร้อนยี่ห้อ FLIR รุ่น AX8 ซึ่งเป็นกล้องถ่ายภาพความร้อนราคาไม่สูงมาก ใช้งานง่าย มีโปรโตคอลในการเชื่อมต่อสำหรับการพัฒนาระบบร่วมกับภาษา Python คุณสมบัติของอุปกรณ์มีค่าความละเอียดอยู่ที่ 640 x 480 Pixel และมีค่า Frame rate อยู่ที่ 9 FPS ดังนั้นด้วยคุณสมบัติของตัวอุปกรณ์อาจทำให้การประมวลผลทางด้าน Image Processing ไม่สามารถประมวลผลได้ดีเมื่อเทียบประสิทธิภาพการทำงานกับกล้องถ่ายภาพทั่วไปตามท้องตลาดที่มีค่าความละเอียดและค่า Frame rate สูง จึงทำให้เมื่อนำเทคนิคทางด้าน Face detection และ Face recognition มาประมวลผลร่วมกับกล้องถ่ายภาพความร้อนได้เลือกมานั้น อาจส่งผลให้การประมวลผลได้ผลลัพธ์ที่เหมาะสมกับการใช้งานแบบเจาะจงเฉพาะรุ่น ซึ่งหากทำการเลือกใช้งานกล้องถ่ายภาพความร้อนรุ่นอื่นที่มีค่าความละเอียด และค่า Frame rate ที่เพิ่มมากขึ้น เทคนิคที่เหมาะสมในการใช้งานอาจแตกต่างกันออกไป ดังนั้นเพื่อค้นหาเทคนิคที่เหมาะสมสำหรับอุปกรณ์รุ่นอื่นควรที่จะทำการเปรียบเทียบเทคนิค เพื่อค้นหาประสิทธิภาพทางด้านระยะเวลาในการประมวลผลและค่าความแม่นยำเพิ่มเติมเพื่อตรวจสอบดูผลลัพธ์ที่เหมาะสมและอยู่ในเกณฑ์ที่ผู้รับได้ และสำหรับเทคนิคที่ได้ทำการเปรียบเทียบในงานวิจัยครั้งนี้ หากผู้ใช้งานต้องการระบบที่ประมวลผลได้อย่างรวดเร็ว และค่าความแม่นยำอยู่ในเกณฑ์ที่รับได้สามารถเลือกพิจารณาใช้เทคนิค LBPH ในการพัฒนาระบบได้อ้างอิงผลลัพธ์จากงานวิจัยที่ได้ทำการเปรียบเทียบในข้างต้น แต่หากต้องการค่าความแม่นยำในระดับสูงโดยไม่ได้เจาะจงในด้านระยะเวลาในการประมวลผลก็สามารถที่จะเลือกนำเทคนิค HOG & Linear SVM มาใช้งานพัฒนาร่วมกับระบบได้ซึ่งการเลือกใช้เทคนิคนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการนำระบบไปใช้งาน

TNI

THAI - NICHI INSTITUTE OF TECHNOLOGY

บรรณานุกรม

TNI

บรรณานุกรม

- [1] ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล, “ไวรัสโคโรนา สายพันธุ์ใหม่ 2019 (Novel Coronavirus 2019, 2019-nCoV),” [Online]. Available: https://www.si.mahidol.ac.th/siriraj_online/thai_version/Health_detail.asp?id=1410. [Accessed: 9 กันยายน 2562].
- [2] จิราภรณ์ ศรีแจ่ม, “วันที่ไทยรู้จัก COVID-19,” [Online]. Available: <https://news.thaipbs.or.th/content/290347>. [Accessed: 9 กันยายน 2562].
- [3] ชิตนนท์ บุรณชัย และทีมนักวิจัย, “การสร้างเครื่องวัดอุณหภูมิระยะใกล้ด้วยแสงอินฟราเรด ช่วยแพทย์ที่ราบอุณหภูมิร่างกายผู้ป่วย COVID-19 ผ่านระบบออนไลน์,” [Online]. Available: <https://www.psu.ac.th/th/node/9544>. [Accessed: 12 กันยายน 2562].
- [4] วิดา ยะไทย์ และ คณะ, “แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสำหรับระบบลงเวลาการเข้าปฏิบัติงานโดยใช้การจดจำใบหน้า,” วารสารโครงการนิตยสารคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 29-36, มกราคม – มิถุนายน 2561.
- [5] จารุณี ดวงสุวรรณ, “เอกสารประกอบการสอน ปัญหาประดิษฐ์ 1,” หาดใหญ่, สงขลา : คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2559.
- [6] J. McCarthy, “*Defending AI Research: A Collection of Essays and Reviews*,” Chicago, USA: Center for the Study of Language and Information distributed by Cambridge University Press, 1996.
- [7] E. Rich and K. Knight, “*Artificial Intelligence*,” New Delhi, India: McGraw Hill companies Inc., 2006.
- [8] S. Russell and P. Norvig, “*Artificial Intelligence: A Modern Approach*,” California, USA: Prentice Hall, 2020.
- [9] D. Poole, A. Mackworth, and R. Goebel, “*Computational Intelligence: A Logical Approach*,” Oxford, England: Oxford University Press, 1998.
- [10] T. M. Mitchell, “*Machine Learning*,” New York, NY, USA: McGraw-Hill, Inc., 1997.
- [11] M. Turk, and P. Alex, “Eigenfaces for recognition,” *Journal of Cognitive Neuroscience*, vol.3, no.1, pp.71-86, January 1991.
- [12] P. N. Belhumeur, P. H. Joao and J.K. David, “Eigenfaces vs. Fisherfaces: recognition using class specific linear projection,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.19, no.7, pp.711-720, July 1997.
- [13] T. Ahonen, A. Hadid, and M. Pietikinen, “Face Description with Local Binary Patterns: Application to Face Recognition,” *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol.28, no.12, pp.2037-2041, December 2006.

- [14] Klongthomtech, “เทคโนโลยีการรู้จำใบหน้า (Face Recognition),” [Online]. Available: <https://klongthomtech.maggang.com/face-recognition>. [Accessed: 11 กันยายน 2562].
- [15] บริษัท เอเอสดี ดิสทริบิวชั่น จำกัด, “เทคโนโลยีระบบตรวจจับใบหน้า (Face detection camera) คืออะไร,” [Online]. Available: <http://asd.co.th>. [Accessed: 11 กันยายน 2562].
- [16] Aballtechno, “กล้องถ่ายภาพความร้อน Thermal Imaging Camera,” [Online]. Available: <http://www.research-system.siam.edu/images/coop/>. [Accessed: 11 กันยายน 2562].
- [17] จักรกฤษณ์ แร่ทอง, “Real Server Protocols Real Time Streaming Protocol (RTSP),” [Online]. Available: <https://www.moe.go.th/moe/upload/itnews/htmlfiles/9410-5534.html>. [Accessed: 15 กันยายน 2562].
- [18] ศิวดล ขัติยะ และคณะ, “RTSP (Real Time Streaming Protocol),” [Online]. Available: <https://sites.google.com/a/email.kmutnb.ac.th/protocols-wireshark-traffic-project/rtsp>. [Accessed: 15 กันยายน 2562].
- [19] Divya Sheel, “Deep Learning คืออะไร,” [Online]. Available: <https://new.abb.com/news/detail/58004/deep-learning>. [Accessed: 26 กันยายน 2562].
- [20] ปฏิวัติ อิงคสันตติกุล, “การพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าบุคคล,” วิทยานิพนธ์, วท.บ. (ฟิสิกส์ประยุกต์), มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 2549.
- [21] กฤติกา ศรีพงศ์สุข ภูัญญา ปัญญาพุนตระกูล และธนาวุฒิ โชติชนาภิบาล, “การพัฒนาระบบรู้จำใบหน้าบุคคล,” โครงการงาน วศ.บ.(วิศวกรรมคอมพิวเตอร์), มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, กรุงเทพฯ, 2553.
- [22] พิษญา จตุรวัฒน์, ภาสินี พงศ์มานะวุฒิและ มานพ พันธุ์โคกกรวด, “การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยการตรวจจับและรู้จำใบหน้า,” วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศลาดกระบัง, vol. 5, no1, pp.1-11, August, 2017.
- [23] S. Chintalapati and M. V. Raghunadh, “Automated attendance management system based on face recognition algorithms,” *Computational Intelligence and Computing Research*, ICCIC, Chennai, India, December 15-17, 2016, pp.1-5.
- [24] Y.Kawaguchi et al., “Face recognition-based lecture attendance system,” *The 3rd AEARU Workshop on Network Education*, Department of Intelligence Science and Technology, Graduate School of Informatics, Kyoto University, December 5-6, 2005, pp.70-75.

- [25] M. Phankokkrud, and P. Jaturawat, "An evaluation of technical study and performance for real-time face detection using web real-time communication," *2015 International Conference on Computer, Communications, and Control Technology (I4CT)*, Imperial Kuching Hotel, Kuching, Sarawak, Malaysia, April 21-23, 2015, pp. 264-268.
- [26] วิยดา ยะไวทย์ และคณะ, "แอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือสำหรับระบบลงเวลาการเข้าปฏิบัติงานโดยใช้การจดจำใบหน้า," *วารสารวิชาการการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ*, ปีที่ 4, ฉบับที่ 1, หน้า 29-36, มกราคม-มิถุนายน 2561.
- [27] พิชญ์ จตุรวัฒน์และคณะ, "การพัฒนาระบบบันทึกเวลาเรียนด้วยการตรวจจับและรู้จำใบหน้า," *วารสารเทคโนโลยีสารสนเทศลาดกระบัง*, ปีที่ 5, ฉบับที่ 1, หน้า 1-11, เดือน สิงหาคม 2560.
- [28] เกรียงศักดิ์ ตรีประพิน และคณะ, "การพัฒนาระบบตรวจสอบนักศึกษาเข้าเรียนด้วยวิธีการรู้จำใบหน้า," *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, ปีที่ 20, ฉบับที่ 2, หน้า 1-13, พฤษภาคม – สิงหาคม 2561.

ภาคผนวก

การตีพิมพ์ผลงานวิจัย

TNI

