

การประยุกต์ใช้งานโอเพ่นซีวีไพธอนสำหรับการระบุตัวตน

APPLICATION OF THE OPENCV-PYTHON FOR IDENTIFIER STATEMENT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

KMITL-2019-EN-M-060-133

การประยุกต์ใช้งานโอเพ่นซีวีไพธอนสำหรับการระบุตัวตน

APPLICATION OF THE OPENCV-PYTHON FOR IDENTIFIER STATEMENT



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2562

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL-2019-EN-M-060-133

APPLICATION OF THE OPENCV-PYTHON FOR IDENTIFIER STATEMENT



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INSTRUMENTATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2019

KMITL-2019-EN-M-060-133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2019

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การประยุกต์ใช้งานโอเพ่นซีวีไพธอนสำหรับการระบุตัวตน
นักศึกษา	นายศุภกร มุขมา
รหัสประจำตัว	59601081
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมการวัดคุม
พ.ศ.	2562
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	รศ.ดร.วิศรุต ศรีรัตน์

บทคัดย่อ

การลงบันทึกเวลาเข้าทำงานเป็นหนึ่งในกระบวนการที่สำคัญทั้งบริษัท ห้างร้าน หรือองค์กรที่มีขนาดเล็กและใหญ่จำเป็นต้องใช้งานด้วยกันทั้งนั้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอประสิทธิภาพของโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นมาและมุ่งความสนใจไปที่ผลลัพธ์ของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าสำหรับขั้นตอนต่าง ๆ ในการทดลอง เพื่อที่จะลดระยะเวลาที่ใช้ในการตรวจจับใบหน้าและเพื่อให้โปรแกรมมีความน่าเชื่อถือในแต่ละกระบวนการนั้น งานวิจัยมีจุดประสงค์ในการนำเสนอทางเลือกที่จะแก้ปัญหาดังกล่าวด้วยการประยุกต์ใช้การประมวลผลภาพถ่ายร่วมกับอัลกอริทึมของ Viola และ Jones ภายใต้การสร้างฐานข้อมูลของพนักงาน วิธีการใหม่ถูกเรียกว่าการสร้างฐานข้อมูลแบบไดนามิกส์ กล่าวคือการจัดสร้างฐานข้อมูลโดยภาพเคลื่อนไหวที่ถูกบันทึกเฉพาะใบหน้าของบุคคลตามรูปแบบที่กำหนดไว้ ภาพเคลื่อนไหวดังกล่าวจะถูกแยกออกเป็นรูปภาพตามองศาการจัดวางใบหน้าในมุมที่แตกต่างกันตามใบหน้าที่เคลื่อนไหวและรูปภาพดังกล่าวจะถูกบันทึกลงในไฟล์เตอร์ของบุคคลนั้น การทดลองถูกเปรียบเทียบผลลัพธ์กับการเก็บข้อมูลแบบเดิมเพื่อที่จะตรวจสอบและจำแนกผลลัพธ์ของการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดต่าง ๆ เช่น การปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกายและการทดสอบที่ระยะแตกต่างกัน กระบวนการที่นำเสนอไม่เพียงแต่ทำให้ประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าดีขึ้นในแง่มุมมองการสร้างฐานข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลเพียงเท่านั้น แต่ยังป้องกันการทุจริตที่สามารถเกิดขึ้นได้เมื่อเทียบกับการบวนการแบบดั้งเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	APPLICATION OF THE OPENCV-PYTHON FOR IDENTIFIER STATEMENT
Student	Mr.Suppakorn Mukma
Student ID.	59601081
Degree	Master of Engineering
Program	Instrumentation Engineering
Year	2019
Thesis Advisor	Asst.Prof.Dr.Narin Tammarugwattana
Thesis Co-advisor	Assoc.Prof.Dr.Witsarut Sriratana

ABSTRACT

Work attendance is one of the processes that either large or small companies need to be involved with. This research presents the efficiency of the developed program and focuses on the result of detection and recognition in any experiments. To reduce the time-consuming and improve the reliability of such a process, this work proposes an alternative solution by applying the combinations of image processing and the Viola-Jones algorithm on the facial-employee database. The new method is called dynamic database collection that is database creation by using a video that records only personal face as defined patterns. Besides, the video was split images in different angles into individual own folders. The experiments were compared with the previous method of database creation. To investigate and distinguish the experimental results under defined conditions such as the hiding face and several distances for testing. The facial detection and recognition system shows a high accuracy of over 90%. The proposed process not only improves the efficiency of detection and recognition in terms of data-collecting and data-analyzing but also possibly prevents the cheating of appearance compared to the old-fashion processes.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีนั้นมาจากความเมตตากรุณาที่ได้รับคำแนะนำและความช่วยเหลือต่าง ๆ จากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ทั้งสองท่านคือ ผศ.ดร.นรินทร์ ธรรมารักษ์วัฒน์ และ รศ.ดร.วิศรุต ศรีรัตน์นะ ซึ่งได้ให้การควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิดตลอดจนให้คำแนะนำในทุกภาคส่วนของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้จัดทำมีความรู้สึกซาบซึ้งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้ อีกทั้งขอขอบคุณคณะอาจารย์ทุกท่านที่ตั้งใจสั่งสอนและได้นำความรู้มาประยุกต์ใช้กับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุมที่ได้สละเวลาอันมีค่ามาทดสอบผลลัพธ์ของโปรแกรมที่ผู้จัดทำได้จัดทำขึ้นมา ตลอดจนห้องปฏิบัติการเซนเซอร์และทรานสดิวเซอร์ หลักสูตรวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังที่ให้สถานที่ในการศึกษาวิจัย และสนับสนุนอุปกรณ์ในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ท้ายสุดนี้ผู้จัดทำขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา รวมถึงผู้สนับสนุนทั้งทุนทรัพย์ กำลังกาย กำลังใจ และเวลาอันมีค่ามหาศาล ที่ทุ่มเทมาโดยตลอดจนสั่งสมมาเป็นความรู้และได้จัดทำวิทยานิพนธ์เล่มนี้จนสำเร็จ

นายศุภกร มุขมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	II
กิตติกรรมประกาศ	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ	3
1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทบทวนวรรณกรรม.....	4
2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	5
2.2.1 ภาษาไพธอน (Python Language).....	5
2.2.2 ไลบรารี OpenCV	7
2.2.3 หลักการการตรวจจับใบหน้า.....	8
2.2.4 หลักการการจดจำใบหน้า.....	15
2.2.5 ความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับใบหน้า	16
บทที่ 3 การออกแบบระบบ และการประมวลผล.....	19
3.1 การออกแบบระบบ.....	19
3.1.1 การออกแบบการสร้างฐานข้อมูลรูปภาพ	19
3.1.2 การออกแบบการทดลอง	23
3.1.3 ส่วนอุปกรณ์และส่วนชุดคำสั่ง (Hardware and software)	26
3.2 การประมวลผล.....	27
3.2.1 การเทรนนิ่งโปรแกรม.....	28
3.2.2 การประมวลผลการตรวจจับและการจดจำใบหน้า	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง.....	31
4.1 ผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้า	31
4.1.1 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากการจัดวางใบหน้าในองศา	31
ที่แตกต่างกัน	
4.1.2 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่และไม่อยู่.....	37
ในฐานข้อมูล	
4.1.3 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้า.....	39
4.1.3.1 การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังใบหน้า	40
ด้วยเครื่องแต่งกาย	
4.1.3.1 การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังใบหน้า	43
ด้วยอุปกรณ์ทดสอบ	
4.1.4 การทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกัน	50
4.2 อภิปรายผลการทดลอง.....	63
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ.....	65
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	65
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	66
เอกสารอ้างอิง	67
ภาคผนวก.....	69
ประวัติผู้เขียน.....	83

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงมาตรฐานเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน.....	18
3.1 แสดงวินาทีที่ใบหน้าของผู้ทดสอบเคลื่อนที่ไปตามองศาการจัตวางใบหน้าที่แตกต่างกัน.....	21
สำหรับการบันทึกภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำไปสร้างฐานข้อมูล	
3.2 เอกสารแสดงคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา Dell รุ่น Inspiron 5558.....	26
3.3 เอกสารแสดงคุณสมบัติของกล้องเว็บแคม.....	27
4.1 แสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่จากตำแหน่งการจัตวางใบหน้าที่ในองศา 33	
ที่ต่างกันสำหรับบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้การสร้าง	
ฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.2 แสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่จากตำแหน่งการจัตวางใบหน้าที่ในองศา 34	
ที่ต่างกันสำหรับบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้การสร้าง	
ฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.3 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่จากตำแหน่งการจัตวางใบหน้าที่ในองศาที่..... 35	
แตกต่างกันของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้ง 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง โดยใช้การสร้าง	
ฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.4 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่จากตำแหน่งการจัตวางใบหน้าที่ในองศาที่..... 36	
แตกต่างกันของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้ง 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง โดยใช้การสร้าง	
ฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.5 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ของบุคคลที่อยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล..... 38	
โดยใช้การเก็บข้อมูลแบบ Static database collection	
4.6 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ของบุคคลที่อยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล..... 39	
โดยใช้การเก็บข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.7 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้าง..... 41	
ฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.8 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้าง..... 41	
ฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.9 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้าง..... 42	
ฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.10 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้าง..... 42	
ฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.11 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์.....	46
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.12 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์.....	47
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.13 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์	48
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.14 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์	49
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.15 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูล	55
แบบ Static database collection	
4.16 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูล	57
แบบ Dynamic database collection	
4.17 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูล	59
แบบ Static database collection	
4.18 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูล	61
แบบ Dynamic database collection	

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ตัวอย่างการเขียนและวากยสัมพันธ์ของภาษาไพธอน	5
2.2 ตัวอย่างการอธิบายวิธีการแปลงรูปภาพเป็นภาษาคอมพิวเตอร์	8
2.3 แสดงตัวอย่างของภาพระดับสีเทาตั้งแต่สีขาวไปจนกระทั่งถึงสีดำ	9
2.4 แสดงตัวอย่างการแปลงรูปภาพภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา	9
2.5 แสดงตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haar-like.....	10
2.6 แสดงตัวอย่างการกำหนดคุณสมบัติบนใบหน้าด้วยการจำลองรูปแบบ Haar-like	10
2.7 แสดงวิธีการแปลงรูปภาพเดิมเป็น Integral image.....	12
2.8 แสดงการคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยม D ด้วยวิธีการรวมภาพแบบ Integral image	13
2.9 แสดงแผนภาพการอธิบายวิธีจำแนกภาพแบบต่อเรียง	15
2.10 แสดงการเปรียบเทียบรูปภาพใบหน้าผู้ทดสอบกับรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล.....	16
2.11 ตัวอย่างการทดสอบภายใต้การกำหนดมาตรฐานความเข้มแสงสว่างที่มีค่าระหว่าง 400 - 600 ลักซ์	18
3.1 แสดงการบันทึกภาพเคลื่อนไหวภายใต้เงื่อนไขฉากพื้นหลังสีขาวเพื่อกำหนดเป็น มาตรฐานสำหรับการเก็บข้อมูล	20
3.2 แสดงรูปแบบการเคลื่อนที่ของใบหน้าตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้.....	21
3.3 แสดงรูปภาพทั้งหมด 20 รูปที่ได้จากการแยกรูปภาพออกมาจากภาพเคลื่อนไหว	22
ตามองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน	
3.4 แสดงการบันทึกรูปภาพลงฐานข้อมูลในแฟ้มเอกสารที่ชื่อ sorted_output_image	23
3.5 แสดงเครื่องแต่งกายที่ใช้สำหรับการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้า	24
3.6 แสดงแผ่นพลาสติกที่ใช้สำหรับการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้า	24
3.7 แสดงภาพใบหน้าตามระยะห่างที่แตกต่างกันโดยใช้ตารางแบบกริดแสดงอัตราส่วน.....	25
ใบหน้าเมื่อเทียบกับภาพทั้งหมด	
3.8 แสดงภาพคอมพิวเตอร์กราฟิกที่ใช้สำหรับงานวิจัย	26
3.9 แสดงตัวอย่างการเทรนนิ่งโปรแกรมโดยภาพของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งสิ้น 400 รูป	28
3.10 แสดงแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของการทำงานของตรวจจับใบหน้า	29
4.1 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกัน	32
4.2 ผลการทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล	37
4.3 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยการสวมใส่เครื่องแต่งกาย	40
4.4 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณสันจมูก	43

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.5 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณหน้าผาก.....	43
4.6 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณหน้าคาง	44
4.7 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณดวงตาทั้ง 2 ข้าง ...	44
4.8 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณใบหน้าซีกขวา	45
4.9 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณใบหน้าซีกซ้าย.....	45
4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับ	46
เปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่ของการแบ่งพื้นที่บนใบหน้าที่แตกต่างกัน	
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับ	47
เปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่ของการแบ่งพื้นที่บนใบหน้าที่แตกต่างกัน	
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับ	48
เปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่ของการแบ่งพื้นที่บนใบหน้าที่แตกต่างกัน	
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับ	49
เปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่ของการแบ่งพื้นที่บนใบหน้าที่แตกต่างกัน	
โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.14 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ระยะ 1 เมตร	50
ที่มืองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน	
4.15 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ระยะ 2 เมตร	51
ที่มืองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน	
4.16 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ระยะ 3 เมตร	52
ที่มืองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน	
4.17 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ระยะ 4 เมตร	53
ที่มืองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน	
4.18 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ระยะ 5 เมตร	54
ที่มืองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน	
4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถตรวจจับได้เทียบกับ	56
องศาการจัดวางใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการตรวจจับใบหน้าเทียบกับ 56 ระยะห่างการทดสอบ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถตรวจจับได้เทียบกับ 58 องศาการจืดวางใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการตรวจจับใบหน้าเทียบกับ 58 ระยะห่างการทดสอบ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถจดจำได้เทียบกับ 60 องศาการจืดวางใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการจดจำใบหน้าเทียบกับ 60 ระยะห่างการทดสอบ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection	
4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถจดจำได้เทียบกับ 62 องศาการจืดวางใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	
4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการจดจำใบหน้าเทียบกับ 62 ระยะห่างการทดสอบ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection	

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในโลกยุคปัจจุบันภายหลังจากการปฏิวัติอุตสาหกรรมเมื่อราวศตวรรษที่ 18-19 การพัฒนาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีความรวดเร็วไปมาก เพียงเวลาไม่กี่ทศวรรษให้หลังมนุษยชาติมีการนำเอาหลักการทางวิทยาศาสตร์หรือหลักการทางธรรมชาติมาสร้างเป็นเทคโนโลยีที่ยึดโยงกับการใช้ชีวิตเพื่อความสะดวกสบายมากยิ่งขึ้น ปฏิเสธไม่ได้เลยว่าการใช้เทคโนโลยีชนิดเดียวกันอาจจะไม่ได้ตอบโจทย์ของความแตกต่างในการพัฒนาเทคโนโลยีมากนัก แต่การพัฒนาเทคโนโลยีชนิดเดียวกันให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นกลับกลายเป็นบันไดขั้นเล็ก ๆ ขั้นหนึ่งของการพัฒนาไปข้างหน้าได้ หรืออาจจะกล่าวอีกนัยยะหนึ่งว่าการแข่งขันในโลกยุคปัจจุบันไม่เพียงแต่การค้นคว้าวิจัยเพื่อที่จะหาเทคโนโลยีชนิดใหม่เท่านั้น แต่การนำเทคโนโลยีที่มีใช้อยู่ในปัจจุบันมาพัฒนาให้มีขีดความสามารถมากยิ่งขึ้นก็เป็นสิ่งหนึ่งที่ถูกนำมาใช้ในโลกยุคแห่งการแข่งขันสูงเช่นนี้ เพราะฉะนั้นแล้ววิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงมุ่งเน้นการนำเทคโนโลยีที่มีใช้แพร่หลายมากขึ้นนั่นคือการประมวลผลภาพ (Image processing) มาปรับปรุงพัฒนาและต่อยอดให้มีการประสิทธิภาพสูงขึ้น โดยมีเป้าหมายของความสำเร็จคือการลดเวลาการทำงานและการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของระบบ ดังจะเห็นได้ว่าเป้าหมายของความสำเร็จทั้ง 2 ประการนี้สอดคล้องกับมูลเหตุของการพัฒนาเทคโนโลยี กล่าวคือการตอบสนองต่อความต้องการในการใช้ชีวิตที่สะดวกสบายมากขึ้นนั่นเอง

กิจกรรมที่มีความเกี่ยวข้องกับฝ่ายทรัพยากรมนุษย์นั่นคือการลงบันทึกเวลาเข้าทำงาน เป็นหนึ่งในประเด็นที่ทั้งบริษัทขนาดเล็กหรือใหญ่ก็ให้ความสำคัญและต้องการความถูกต้องแม่นยำสูง วิธีการดั้งเดิมที่ถูกใช้กันอย่างแพร่หลายและปฏิเสธไม่ได้ว่าในปัจจุบันนี้ก็ยังมีบางแห่งใช้อยู่คือการลงบันทึกด้วยการลงลายมือชื่อหรือการเซ็นชื่อ การใช้การระบุเอกลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุ (RFID) การใช้ลายนิ้วมือในการลงบันทึกเวลา (Fingerprint) เทคโนโลยีการระบุเอกลักษณ์ด้วยคลื่นวิทยุเป็นวิธีหนึ่งที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย แต่อย่างที่หลายท่านทราบคือเพียงแคคุณเป็นผู้ถือบัตรอัจฉริยะ (Smart card) ระบบจะตรวจสอบจากสัญญาณคลื่นวิทยุเล็ก ๆ เพื่อยืนยันตัวบุคคล นั่นหมายความว่าไม่จำเป็นต้องเป็นเจ้าของบัตรก็สามารถใช้งานแทนผู้อื่นได้นั่นเอง [1-3] สำหรับเทคโนโลยีการตรวจจับลายนิ้วมือมีความใกล้เคียงกับวิธีที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอคือการใช้วิธีทางชีวภาพ (Biometrics) นั่นคือการใช้อัตลักษณ์ส่วนบุคคล แต่วิธีดังกล่าวต้องอาศัยการปรับปรุงคุณภาพค่อนข้างมากเพราะภาพลายนิ้วมือของมนุษย์มีขนาดเล็กและระยะเวลาในการตรวจจับก็ค่อนข้างสูงด้วยเช่นกัน [4-6] แม้ว่าวิธีการทั้งสองที่ได้กล่าวถึงเป็นวิธีที่ไม่ยุ่งยากและเป็นวิธีที่ประหยัด แต่ก็มีความไม่สะดวกสบายในหลายส่วนทั้งระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการตรวจสอบ ระยะเวลาในการรวบรวมข้อมูล ขนาดและ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ที่ต้องใช้ในการเก็บข้อมูลก็มีเพิ่มมากขึ้นตามจำนวนพนักงานและจำนวนวันที่ต้องการให้ข้อมูลนั้นถูกบันทึกเอาไว้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการหนึ่งของการประมวลผลภาพกล่าวคือการตรวจจับและการจดจำใบหน้าโดยได้พัฒนาการใช้งานด้วยภาษาไพธอน (Python) และไลบรารี OpenCV ร่วมกับอัลกอริทึมของ Viola และ Jones วิธีการนี้มีจุดเด่นกว่าวิธีอื่น ๆ ดังที่กล่าวมาคือการป้องกันการทุจริตจากการลงบันทึกเวลาแทนผู้อื่น และการลดเวลาการตรวจจับ ซึ่งแน่นอนว่าจุดเด่นทั้ง 2 ประการนี้เพียงพอต่อการพัฒนาต่อยอดจากที่มีอยู่เดิมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้า

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพและการสร้างฐานข้อมูลเพื่อนำมาประยุกต์ใช้กับการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของมนุษย์
2. เพื่อพัฒนาและออกแบบระบบการตรวจจับและการจดจำใบหน้าด้วยอุปกรณ์ที่มีราคาประหยัด ติดตั้งง่าย และมีการทำงานแบบทันที
3. เพื่อหาประสิทธิภาพและข้อจำกัดของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของโปรแกรมที่ได้รับการพัฒนาปรับปรุงแล้ว

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

การศึกษากการประมวลผลภาพสำหรับการตรวจจับและการจดจำใบหน้ามีขอบเขตของงานวิจัยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้า โดยให้ความสนใจไปที่การสร้างฐานข้อมูลของบุคคลเพื่อใช้เป็นรูปภาพต้นแบบสำหรับการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล ตลอดจนหาขีดความสามารถของอุปกรณ์และระบบที่ได้รับการปรับปรุงพัฒนาขึ้น โดยการศึกษาดังกล่าวได้เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการทดลองระหว่างการสร้างฐานข้อมูลแบบเดิมกับการสร้างฐานข้อมูลแบบใหม่ โดยแสดงในรูปแบบของตารางและกราฟเพื่อเปรียบเทียบความแตกต่าง

1.4 ขั้นตอนดำเนินงานวิจัย

1. ศึกษาการประมวลผลภาพถ่ายสำหรับการตรวจจับและการจดจำใบหน้า
2. ศึกษาการใช้งานภาษาไพธอนและไลบรารี OpenCV ร่วมกับอัลกอริทึม Viola และ Jones
3. ศึกษาการออกแบบระบบและการสร้างฐานข้อมูลให้มีความเหมาะสมมากที่สุด
4. ติดตั้งอุปกรณ์และซอฟต์แวร์ที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย ตามที่ได้ออกแบบไว้
5. ทำการทดลอง และแก้ไขข้อบกพร่องที่อาจจะนำไปสู่ความผิดพลาดของโปรแกรม
6. วิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

1. สามารถประยุกต์ใช้งานอุปกรณ์ที่สามารถหาได้โดยง่ายและมีราคาประหยัด ร่วมกับโปรแกรมที่ได้รับการทดสอบจนมีความน่าเชื่อถือที่สามารถยอมรับได้
2. สามารถนำความรู้และประสบการณ์ที่ได้รับจากการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ไปใช้ให้เกิดประโยชน์ด้วยการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพสำหรับการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของมนุษย์ภายใต้เงื่อนไข 3 ประการคือ อุปกรณ์และระบบที่มีราคาประหยัด ติดตั้งง่าย และมีการทำงานตามเวลาจริง

1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บท โดยในแต่ละบทมีเนื้อหาดังต่อไปนี้

- บทที่ 1 กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของการประมวลผลภาพ
- บทที่ 2 กล่าวถึงการทบทวนวรรณกรรม และทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย
- บทที่ 3 กล่าวถึงกระบวนการออกแบบ และการดำเนินงานตามขั้นตอนต่าง ๆ
- บทที่ 4 กล่าวถึงวิธีการทดลองและการวิเคราะห์ผลการตรวจจับและการจดจำใบหน้า
- บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาและพัฒนาต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การทบทวนวรรณกรรมและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการงานวิจัยชิ้นนี้จัดทำขึ้นจากการสืบค้นค่างานวิจัยที่มีจุดประสงค์ในการศึกษาและความสนใจในเรื่องที่ใกล้เคียงกัน บางงานวิจัยเป็นการนำหลักการที่เลือกใช้นิตเดียวกันแต่นำไปประยุกต์กับการใช้งานในรูปแบบอื่น โดยการศึกษาวิจัยดังกล่าวเพื่อใช้เป็นแนวทางสำหรับการประยุกต์งานวิจัยและเพื่อพัฒนาต่อยอดจากงานวิจัยที่มีอยู่เดิมให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้นด้วยการนำทฤษฎีหรือหลักการทางวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์ในส่วนของเทคโนโลยีการประมวลผลและวิเคราะห์ภาพถ่ายมาร่วมพัฒนา

2.1 ทบทวนวรรณกรรม

จากการศึกษาผลงานวิจัยต่าง ๆ ที่มีเนื้อหาของบทความใกล้เคียงกับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้ให้ความสนใจนั้นจะมุ่งไปที่งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการตรวจจับใบหน้าด้วยอัลกอริทึมของ Viola และ Jones โดยงานวิจัยดังกล่าวได้ศึกษาความสัมพันธ์ของความเร็วในการตรวจจับภาพใบหน้าด้วยการแยกภาพแบบหลายชั้น (Cascade classifier) และความแข็งแรงของระบบในการตรวจจับ โดยวิเคราะห์จากจำนวนรูปแบบลักษณะ (Number of feature) ทั้งสิ้นจำนวน 200 ลักษณะรูปแบบ ภายในบทความนี้จะขออนุญาตใช้คำทับศัพท์เป็นภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจง่ายในส่วนภาคทฤษฎี โดยงานวิจัยดังกล่าวแสดงความเร็วของการตรวจจับเทียบกับขนาดของข้อมูลนำเข้า [7-9] สำหรับงานวิจัยที่ได้ทำการวิเคราะห์ผลของการตรวจจับใบหน้าด้วยอัลกอริทึมนี้และงานวิจัยที่ได้นำอัลกอริทึมนี้ไปใช้ในระบบปฏิบัติการ Microsoft ผลลัพธ์ดังกล่าวมีดังนี้ การเลือกพารามิเตอร์สำหรับเงื่อนไขเฉพาะ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของผลลัพธ์การตรวจจับใบหน้าด้วยอัลกอริทึมนี้ การสำรวจผลลัพธ์ของการตรวจจับใบหน้าด้วยเทคนิคต่าง ๆ หนึ่งในนั้นคือการใช้อัลกอริทึมที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้นำเสนอ และส่วนสุดท้ายคือการวิเคราะห์ผลของการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมนี้ร่วมกับกล้องวงจรปิด (CCTV) ด้วยระบบชุดควบคุมการทำงานแบบฝังตัว (Embedded system) หมายถึงภาระหน้าที่การทำงานในส่วนการตรวจจับใบหน้าจะใช้ตัวประมวลผลภายในของกล้องวงจรปิดนั่นเอง [10-14] โดยงานวิจัยที่ทำการศึกษาทั้งหมดให้ความเห็นในเชิงบวกกับอัลกอริทึมที่เลือกนำมาประยุกต์ใช้และวิเคราะห์ ด้วยเหตุนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้ผลลัพธ์ของการศึกษาก่อนหน้าดังกล่าวมาสรุปและเลือกใช้อัลกอริทึมส่วนนี้สำหรับการตรวจจับใบหน้าของมนุษย์ และได้แก้ไขเพิ่มเติมความสามารถบางส่วนให้โปรแกรมมีประสิทธิภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น

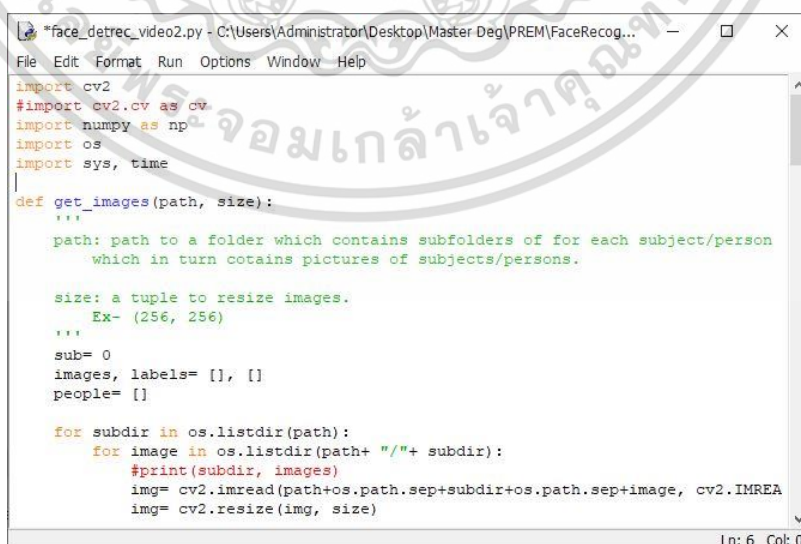
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงส่วนสำคัญทั้ง 5 ส่วนได้แก่ ภาษาที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมหรือภาษาไพธอน ไบรารีที่เลือกใช้งานหรือ OpenCV library หลักการการตรวจจับใบหน้า หลักการการจดจำใบหน้า และความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับ ตามลำดับ

2.2.1 ภาษาไพธอน (Python Language)

ภาษาไพธอนได้รับความสนใจและเป็นที่ยอมรับในปัจจุบันโดยผู้เขียนไม่จำเป็นต้องเป็นผู้มีความรู้ทางด้านภาษาคอมพิวเตอร์ก็สามารถเรียนรู้ความหมายและการนำไปประยุกต์ได้อย่างง่ายดายเนื่องจากภาษาไพธอนมีวากยสัมพันธ์ (Syntax) หรือโครงสร้างทางภาษามีความใกล้เคียงกับภาษาของมนุษย์ วากยสัมพันธ์เปรียบเทียบกับไวยากรณ์ของภาษาคอมพิวเตอร์ซึ่งมีความสำคัญสำหรับภาษาทุกภาษาในโลกไม่ว่าจะเป็นภาษาทางคอมพิวเตอร์ ภาษาที่ใช้สำหรับสื่อสารกันระหว่างมนุษย์ด้วยคำพูด หรือแม้กระทั่งภาษากายวากยสัมพันธ์ก็มีความสำคัญเช่นเดียวกัน ตัวอย่างเช่นการโบกมือลา ก็เป็นวากยสัมพันธ์หนึ่งที่แสดงระหว่างผู้ส่งสารและผู้รับสารทำความเข้าใจกันว่าจะต้องลาจากกัน ภายหลังจากนี้ โครงสร้างทางภาษาหรือวากยสัมพันธ์ของภาษาคอมพิวเตอร์คือกฎเกณฑ์สำหรับการสร้างประโยคคำสั่งขึ้นมาในแต่ละประโยค เพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้ถึงความต้องการของผู้เขียนโปรแกรม ในบางภาษาคอมพิวเตอร์บางภาษาอาจจะไม่ได้ให้ความหมาย กล่าวคือถ้าบุคคลที่ไม่เคยเรียนรู้การเขียนภาษาคอมพิวเตอร์ชนิดนั้น ๆ มาก่อนอาจจะไม่สามารถทำความเข้าใจได้ หรืออาจเรียกว่าอ่านภาษาคอมพิวเตอร์นั้นไม่ออก ดังแสดงในรูปที่ 2.1 ตัวอย่างการเขียนและวากยสัมพันธ์ของภาษาไพธอน จะเห็นได้ว่าค่าบางค่าสามารถเข้าใจได้ถ้าผู้เขียนสามารถแปลภาษาอังกฤษออก แต่การจะเขียนภาษาไพธอนเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเข้าใจได้ก็ยังคงจำเป็นต้องอาศัยความรู้ทางด้านวากยสัมพันธ์อีกด้วย



```
*face_detrec_video2.py - C:\Users\Administrator\Desktop\Master Deg\PREM\FaceRecog...
File Edit Format Run Options Window Help
import cv2
#import cv2.cv as cv
import numpy as np
import os
import sys, time
|
def get_images(path, size):
    ...
    path: path to a folder which contains subfolders of for each subject/person
        which in turn contains pictures of subjects/persons.

    size: a tuple to resize images.
        Ex- (256, 256)
    ...
    sub= 0
    images, labels= [], []
    people= []

    for subdir in os.listdir(path):
        for image in os.listdir(path+ "/" + subdir):
            #print(subdir, images)
            img= cv2.imread(path+os.path.sep+subdir+os.path.sep+image, cv2.IMREA
            img= cv2.resize(img, size)
Ln: 6 Col: 0
```

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างการเขียนและวากยสัมพันธ์ของภาษาไพธอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับภาษาไพธอนมีข้อดีอย่างที่บอกไว้เมื่อตอนต้นว่าเป็นภาษาที่ผู้เขียนไม่จำเป็นต้องมีความรู้ทางด้านภาษาคอมพิวเตอร์มาก่อนก็สามารถทำความเข้าใจได้ เพราะเนื่องจากภาษาไพธอนเป็นภาษาระดับสูง ผู้เขียนสามารถทำความเข้าใจได้ในขณะที่เขียนเพราะข้อความของคำสั่งต่าง ๆ จะอยู่ในรูปแบบภาษาอังกฤษ ในส่วนของการประมวลผลโปรแกรมจะประมวลผลแบบอินเทอร์พรีเตอร์ (Interpreter) คือวิธีการลำดับการประมวลผลแบบทีละบรรทัด อีกหนึ่งสิ่งที่สำคัญที่เลือกภาษาไพธอนมาใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เพราะเนื่องจากเป็นภาษาที่สามารถใช้ได้อิสระ (Open source) และมีนักพัฒนาโปรแกรมจากทั่วโลกร่วมกันนำภาษานี้ไปใช้อย่างแพร่หลายในปัจจุบัน สำหรับข้อดีหรือจุดเด่นที่สำคัญ ๆ ที่มีเหมาะสมสำหรับงานทางด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ของภาษาไพธอนมีดังนี้ [15-16]

1. ไพธอนสามารถถูกดำเนินการได้ภายใต้ระบบปฏิบัติการ (Operating system) ที่ค่อนข้างมาก ตัวอย่างเช่น Unix, Linux, Windows NT, และ Windows เป็นต้น
2. ไพธอนมีโครงสร้างของข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ได้ (Built-in object types) เช่น ลิสต์ (List), ดิกชันนารี (Dictionary), และ สตริง (String) เป็นต้น และยังมีเครื่องมือต่าง ๆ ที่ง่ายต่อการใช้งานและมีประสิทธิภาพในการทำงานสูง เช่น การเชื่อมต่อสตริง การเรียงข้อมูล และการประมวลผลเท็กซ์ไฟล์ (Text file) เป็นต้น ไม่เพียงเท่านั้นไพธอนยังสามารถทำการแทนค่าและการตรวจสอบเงื่อนไขของข้อความได้อีกด้วย
3. นักพัฒนาโปรแกรมจากหลากหลายประเทศทั่วโลกได้ร่วมกันสร้างและพัฒนาโมดูล (Module) เพื่อให้ง่ายต่อการนำไปใช้งานของผู้อื่น ตลอดจนเพื่อเป็นการรวบรวมฟังก์ชันที่ความใกล้เคียงกันเอาไว้ในโมดูลเดียวกัน ตัวอย่างโมดูลที่นักพัฒนาได้สร้างเอาไว้ เช่น Image, CORBA, ORBs, COM, XML เป็นต้น
4. การสร้างฐานข้อมูลหรือการรวบรวมข้อมูลเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์สามารถทำได้ง่ายเพราะเนื่องจากไพธอนมีฟังก์ชันการทำงานที่สนับสนุนโปรแกรมด้านการจัดการข้อมูลโดยเฉพาะ ตัวอย่างเช่น Sybase, MySQL, Oracle, ODBC, Informix, และอื่นๆ
5. ไพธอนมีฟังก์ชันมากมายเพื่อสนับสนุนการทำงานร่วมกับเทคโนโลยีด้านปัญญาประดิษฐ์ การเรียนรู้ของเครื่องจักร และวิทยาศาสตร์ข้อมูลที่กำลังได้รับความนิยมอยู่ในปัจจุบันนี้ ตัวอย่างเช่น TensorFlow, Keras, Caffe, Scikit-learn, และ Theano เป็นต้น
6. สำหรับนักพัฒนาการแก้ไขโค้ด (Code) เมื่อนำโค้ดเดิมไปรันบนระบบปฏิบัติการอื่นถือเป็นเรื่องที่ค่อนข้างยุ่งยากพอสมควร แต่ไพธอนมีอินเตอร์เฟซ Tkinter หรือตัวช่วยที่สนับสนุนการรันโปรแกรมบนระบบปฏิบัติการอื่นโดยไม่จำเป็นต้องแก้ไขโปรแกรม
7. ไพธอนได้รับการยอมรับจากบริษัทชั้นนำระดับโลกในการเลือกใช้โครงสร้างภาษานี้สำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ของตัวเอง ตัวอย่างบริษัทที่ใช้ไพธอนเช่น Google, Yahoo, YouTube, Mozilla, Dropbox, Microsoft, Quora, และ Spotify เป็นต้น

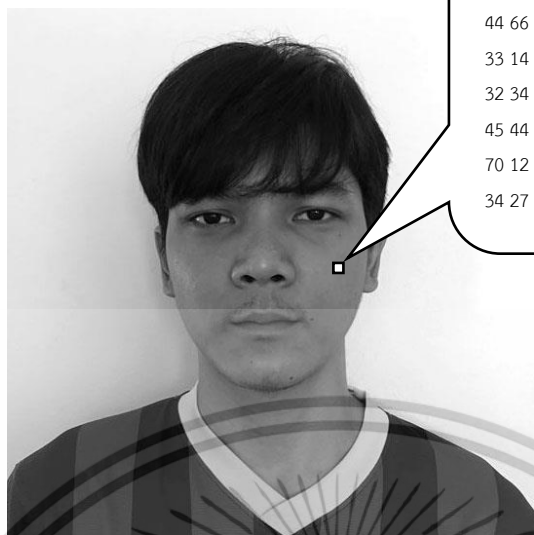
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2 ไลบรารี OpenCV

Open source computer vision หรือเรียกอย่างง่ายว่า OpenCV เป็นไลบรารีทางโปรแกรมที่ใช้สำหรับการเขียนโปรแกรมโดยรวบรวมฟังก์ชันต่าง ๆ ในด้านเทคโนโลยีการประมวลผลภาพถ่ายทางคอมพิวเตอร์ (Computer vision) โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อการแสดงผลภาพด้วยระบบเรียลไทม์ (Real-time system) ในรูปแบบของซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ซ (Open source) ซึ่งเป็นแหล่งรวมผลงานที่ได้รับสร้างสรรค์จากนักพัฒนาโปรแกรม โดยเปิดให้ใช้โดยไม่เสียค่าบริการเพื่อเปิดโอกาสให้ทางนักพัฒนาโปรแกรมรวมถึงผู้สนใจทั่วไปเข้าใช้บริการ ข้อดีของซอฟต์แวร์โอเพ่นซอร์ซคือจะทำให้เกิดการพัฒนาไปอย่างรวดเร็วและเป็นวงกว้าง นั้นหมายความว่าถ้าประสิทธิภาพของโปรแกรมง่ายต่อการใช้งานมากเท่าไรโปรแกรมก็จะยิ่งได้รับความนิยมเพิ่มตามไปด้วย

สำหรับส่วนโครงสร้างทางภาษาของ OpenCV ในช่วงแรกถูกพัฒนาด้วยภาษา C และภายหลังเวอร์ชัน 2.4.7 ได้มีการนำภาษา C++ เข้ามาพัฒนาร่วมกันเพื่อแก้ไขข้อบกพร่องบางประการ อีกทั้งไลบรารี OpenCV ยังสามารถรองรับการทำงานของภาษาระดับสูงอีกหลายชนิดด้วยกัน เช่น ภาษาไพธอน ภาษาจาวา (JAVA) และภาษาแมตแล็บ (MATLAB) สำหรับเทคโนโลยีการประมวลผลภาพคือการนำรูปภาพมาแปลงเป็นภาษาทางคอมพิวเตอร์เพื่อต้องการจัดการกับรูปภาพ โดยส่วนมากแล้วการแปลงรูปภาพจะถูกทำในระดับพิกเซล (Pixel) โดยแปลงรูปภาพดังกล่าวให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.2 แสดงการอธิบายวิธีการแปลงรูปภาพเป็นภาษาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ตัวเลขแทนความเข้มของระดับสีเทา นักพัฒนาจึงได้กำหนดคุณสมบัติพื้นฐานของการแปลงรูปภาพด้วยภาพระดับสีเทา (Gray scale image) เพื่อใช้เป็นมาตรฐานของการนำพิกเซลแต่ละพิกเซลมาเปรียบเทียบกับกันได้ โดยข้อมูลเชิงสัมพันธ์ดังกล่าวจะสามารถเปรียบเทียบกันได้โดยกำหนดค่าความเข้มของสีเป็นตัวเลขตามระดับความเข้มของสีขาวไปจนถึงสีดำ จึงเรียกรูปแบบการจำแนกภาพดังกล่าวนี้ว่าภาพระดับสีเทา ไม่เพียงแค่นั้นการประมวลผลภาพยังต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของรูปภาพด้วยวิธีการคณิตศาสตร์อีกมากมาย โดยหลักการและวิธีมีนักพัฒนาหลายท่านได้นำเสนอ ซึ่งในหลายวิธีนั้นที่สามารถใช้ได้ผลเป็นที่ประจักษ์ก็จะได้รับการยอมรับจากนักพัฒนาท่านอื่น และนำไปพัฒนาต่อยอดจนทำให้เทคโนโลยีการประมวลผลภาพมีการนำไปประยุกต์ใช้ในหลากหลายการใช้งาน สำหรับตัวอย่างการใช้งานที่มีอยู่ในปัจจุบันนั้นเช่น ระบบการจดจำใบ (Facial recognition system) ระบบประมาณระยะการเคลื่อนที่ (Ego-motion estimation system) ระบบการจดจำท่าทาง (Gesture recognition system) และ ระบบปฏิสัมพันธ์ระหว่างมนุษย์และคอมพิวเตอร์ (Human-computer interaction) เป็นต้น สำหรับวิธีการที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้ใช้คือการประมวลผลภาพด้วยอัลกอริทึมของ Viola และ Jones ซึ่งมีข้อดีคือความรวดเร็วในการตรวจจับใบหน้าโดยพิจารณาความเป็นไปได้ของใบหน้าด้วยการตรวจจับที่กรองส่วนที่ไม่ใช่ใบหน้าออก การกรองสิ่งที่ไม่ใช่จุดที่กำลังพิจารณาออกนั้น จะช่วยเพิ่มความรวดเร็วในการตรวจจับได้มากยิ่งขึ้นนั่นเอง [17]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



12 45 87 97 64 86 68 65 43 52
 44 66 78 94 37 75 76 37 42 12
 33 14 75 39 63 65 98 34 76 75
 32 34 56 66 78 89 89 99 76 43
 45 44 32 33 45 54 55 65 67 78
 70 12 32 30 54 54 32 19 98 77
 34 27 29 76 54 32 76 98 99 21

รูปที่ 2.2 ตัวอย่างการอธิบายวิธีการแปลงรูปภาพเป็นภาษาคอมพิวเตอร์

2.2.3 หลักการการตรวจจับใบหน้า

หลักการการตรวจจับใบหน้าด้วยเทคโนโลยีการประมวลผลภาพนั้นมีหลายอัลกอริทึมสำหรับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เลือกใช้อัลกอริทึมของ Viola และ Jones ซึ่งประกอบไปด้วย 5 กระบวนการดังนี้ การแปลงภาพนำเข้าเป็นภาพระดับสีเทา การจำลองรูปแบบฮาร์ซึ่งเป็นวิธีทางไบโอเมตริกซ์ การคำนวณรูปภาพด้วยวิธีการรวมภาพ การค้นหาแบบจำลองด้วยวิธี Adaboost และการรวมวิธีจำแนกภาพแบบต่อเรียงด้วยวิธี Cascade สำหรับการบรรยายในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะขออนุญาตใช้คำทับศัพท์เป็นภาษาอังกฤษเพื่อความเข้าใจในระดับสากล รายละเอียดของแต่ละวิธีการมีดังนี้ [18]

1. ภาพระดับสีเทา (Gray Scale Image)

รูปภาพสี RGB (Red-green-blue) หรือหมายถึงภาพสีที่เกิดการรวมแสงสีแดง แสงสีเขียวและแสงสีน้ำเงินเข้าด้วยกันจนกลายเป็นสีที่มีระดับความเข้มแตกต่างกัน การเปรียบเทียบรูปภาพสี RGB ที่มีระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกันนั้นเป็นเรื่องที่ค่อนข้างจะยุ่งยากในการจัดการและผลลัพธ์อาจมีประสิทธิภาพต่ำเนื่องจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ภาพที่มีสีต่างกัน เป็นต้น เพราะฉะนั้นวิธีการจัดการรูปภาพที่เป็นพื้นฐานของการนำรูปภาพไปวิเคราะห์จึงจำเป็นต้องถูกแปลงรูปภาพนั้นให้เป็นภาพระดับสีเทาเสียก่อน สำหรับภาพระดับสีเทาถือได้ว่าเป็นวิธีการสร้างมาตรฐานให้กับภาพนั้นด้วยการกำหนดค่าระดับความสว่างหรือความเข้มของระดับสีให้แตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวไปจนกระทั่งถึงสีดำ ระดับสีจะถูกแทนด้วยตัวเลขตั้งแต่ 0 – 255 ตามลำดับเพื่อที่จะสามารถนำพิกเซลแต่ละพิกเซลไปเปรียบเทียบค่าทางคณิตศาสตร์หรือสามารถนำไปคำนวณต่อเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของรูปภาพนั้น ซึ่งนั่นก็คือพื้นฐานของวิธีการประมวลผลภาพ สำหรับเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของภาพระดับสีเทาตั้งแต่สีขาวไปจนกระทั่งถึงสีดำ ซึ่งมีหน่วยความจำของแต่ละระดับสีอยู่ที่ 8 bits



รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างของภาพระดับสีเทาตั้งแต่สีขาวไปจนกระทั่งถึงสีดำ

โดยการแปลงรูปภาพ RGB ไปเป็นภาพระดับสีเทาสามารถอธิบายได้ด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

$$P = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (2.1)$$

เมื่อ P คือค่าระดับสีเทาของพิกเซลที่ต้องการทราบ
 R คือค่าสีแดงของพิกเซลนั้น
 G คือค่าสีเขียวของพิกเซลนั้น
 B คือค่าสีน้ำเงินของพิกเซลนั้น

สำหรับผลลัพธ์ของการนำรูปภาพจะทำให้จำนวนของพิกเซลในรูปภาพนั้นมีจำนวนเท่าเดิม แต่ค่าของระดับสีจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเข้มและชนิดสีของแต่ละพิกเซลนั้น ๆ รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการแปลงรูปภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา



(a) ภาพสี RGB

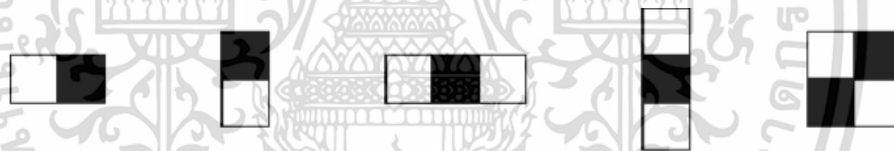
(b) ภาพระดับสีเทา

รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างการแปลงรูปภาพภาพสี RGB เป็นภาพระดับสีเทา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การจำลองรูปแบบคุณลักษณะฮาร์ (Haar-like Feature)

การจำลองรูปแบบคุณลักษณะฮาร์หรือ Haar-like feature คือกระบวนการที่สำคัญของอัลกอริทึมของ Viola และ Jones โดยการคุณสมบัติทางกายภาพของใบหน้ามนุษย์เพื่อกำหนดแบบจำลองที่จะใช้ตรวจสอบรูปภาพนำเข้าว่ารูปภาพนั้นมีใบหน้าของมนุษย์ปรากฏอยู่หรือไม่ ด้วยวิธีแบบไปโอเมตริกซ์ โดยดึงลักษณะเด่นของใบหน้ามนุษย์ออกมาเทียบกับแบบจำลองนั่นเอง ข้อดีของการจำลองรูปแบบ Haar-like คือจะช่วยลดปัญหาเรื่องการตกกระทบแสงบนใบหน้ามนุษย์ซึ่งอาจจะเป็นผลให้โปรแกรมอาจจะทำการคำนวณผิดพลาดไปได้ เพราะเนื่องจากการกำหนดคุณลักษณะดังกล่าวจะไม่คำนึงความเข้มแสงที่พิกเซลใด ๆ แต่จะกำหนดโซนในการพิจารณาเทียบกันระหว่างโซนที่มีความเข้มมากกว่าเทียบกับโซนที่มีความเข้มน้อยกว่า เพราะฉะนั้นแล้วไม่ว่าแสงจะกระทบมากหรือน้อยต่างกันแต่การจำลองรูปแบบ Haar-like จะยังคงสนใจแค่ว่าโซนใดมีพื้นที่เข้มมากหรือน้อยกว่ากันเพียงเท่านั้น รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haar-like สำหรับจุดประสงค์หลักของการจำลองรูปแบบ Haar-like ขึ้นมาเพื่อต้องเทียบระดับความเข้มแสงของอวัยวะบนใบหน้า ตัวอย่างเช่น บริเวณดวงตาทั้ง 2 ข้างจะมีโอกาสที่มีระดับความเข้มแสงมากกว่าบริเวณสันจมูก และบริเวณโหนกแก้มก็มีโอกาสที่มีระดับความเข้มแสงน้อยกว่าบริเวณดวงตาข้างนั้น ๆ เป็นต้น ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการกำหนดคุณสมบัติบนใบหน้าด้วยการจำลองรูปแบบ Haar-like



รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างการจำลองรูปแบบ Haar-like



(a)

(b)

รูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างการกำหนดคุณสมบัติบนใบหน้าด้วยการจำลองรูปแบบ Haar-like

(a) ความเข้มแสงบริเวณดวงตาทั้ง 2 ข้างมากกว่าสันจมูก

(b) ความเข้มแสงบริเวณโหนกแก้มน้อยกว่าดวงตาทั้ง 2 ข้าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการคำนวณทางคณิตศาสตร์ผลลัพธ์จะอยู่ในรูปของเลขเพียงตัวเดียวเพื่อความรวดเร็วในการนำไปวิเคราะห์ในขั้นตอนต่อไป โดยผลลัพธ์ของสี่เหลี่ยมสองชั้นของการจำลองรูปแบบ Haar-like จะถูกคำนวณจากผลรวมของบริเวณที่มีความเข้มแสงมาก (Black rectangulars) ลบกับผลรวมของบริเวณที่มีความเข้มแสงน้อย (White rectangulars) ส่วนผลลัพธ์ของสี่เหลี่ยมสามชั้นของการจำลองรูปแบบ Haar-like จะถูกคำนวณจากผลรวมของบริเวณสี่เหลี่ยมตรงกลางที่มีความเข้มแสงมากกว่าลบกับผลรวมของสี่เหลี่ยมที่มีความเข้มแสงน้อยทั้งสองข้าง และสำหรับผลลัพธ์ของสี่เหลี่ยมสี่ชั้นจะถูกคำนวณจากผลรวมของสี่เหลี่ยมคู่ตรงข้ามที่มีความเข้มแสงมากกว่าลบกับสี่เหลี่ยมคู่ตรงข้ามที่มีความเข้มแสงน้อยกว่า

วิธีการทางไปโอเมตริกซ์เป็นวิธีที่ใช้อัตลักษณ์ส่วนบุคคลที่ปรากฏอยู่บนใบหน้ามาใช้เพื่อจำแนกภาพนำเข้าว่ามีใบหน้าของบุคคลปรากฏอยู่ในภาพดังกล่าว ซึ่งโครงสร้างใบหน้าของมนุษย์นั้นมีรูปแบบของดวงตา หน้าที่ภาพ สันจมูก โหนกแก้ม ที่มีความคล้ายคลึงกันแต่แตกต่างกันโดยระยะของอวัยวะต่าง ๆ บนใบหน้า ซึ่งความแตกต่างของพื้นที่และระยะดังกล่าวนี้เองเป็นผลให้โปรแกรมสามารถเรียนรู้ความแตกต่างของใบหน้าบุคคลได้

3. การคำนวณด้วยวิธีการรวมภาพ (Integral Image)

หลังจากที่ภาพนำเข้าถูกแปลงจากรูปภาพ RGB ให้อยู่ในรูปของภาพระดับสีเทาโดยมีการกำหนดค่าความเข้มแสงของแต่ละพิกเซลด้วยค่าตั้งแต่ 0 – 255 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว แต่ก็ยังไม่เพียงพอต่อการนำรูปภาพนั้นวิเคราะห์ข้อมูล Viola และ Jones ได้นำเสนอวิธีการจัดการกับรูปภาพด้วยวิธี Integral image ข้อดีของกระบวนการนี้จะเพิ่มประสิทธิภาพการประมวลผลข้อมูลรูปภาพให้มีความรวดเร็วมากยิ่งขึ้น โดยการจำลองรูปแบบ Haar-like จะถูกคำนวณด้วยวิธีโดยการแบ่งรูปภาพออกเป็นรูปภาพย่อย (Sub-windows) โดยแต่ละรูปภาพย่อยจะประกอบไปด้วยพิกเซลหลายพิกเซลรูปภาพย่อยเหล่านั้นจะถูกคำนวณจากสมการทางคณิตศาสตร์ดังนี้

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

เมื่อ $ii(x, y)$ คือผลลัพธ์ของการคำนวณด้วยวิธีการรวมภาพ
 $i(x', y')$ คือค่าพิกเซลของรูปภาพเดิม

การคำนวณด้วยวิธีการรวมภาพเมื่อต้องการทราบผลลัพธ์ของการคำนวณด้วยวิธีการรวมภาพ Integral image สามารถคำนวณได้จากการนำค่าของพิกเซลใด ๆ ของรูปภาพเดิม $i(x, y)$ รวมกับค่าของพิกเซลทั้งหมดที่อยู่เหนือและอยู่ทางด้านซ้ายของตัวมันเอง ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงไว้ใน

รูปที่ 2.7 แสดงการแปลงรูปภาพเดิมเป็น Integral image การสะสมในแต่ละพิกเซลจะช่วยเรื่องการ
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำรูปภาพแบบ Integral image ไปวิเคราะห์ได้ง่ายขึ้นโดยใช้จุดอ้างอิงเพียงไม่กี่จุดก็สามารถทำการคำนวณพื้นที่หรือบริเวณที่เรากำลังสนใจอยู่ได้ การคำนวณดังกล่าวถูกนำไปประยุกต์เพื่อสอดคล้องกับการกำหนดการจำลองรูปแบบ Haar-like ในหัวข้อก่อนหน้านี้

1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1
1	1	1	1

1	2	3	4
2	4	6	8
3	6	9	12
4	8	12	16

(a) รูปภาพเดิม

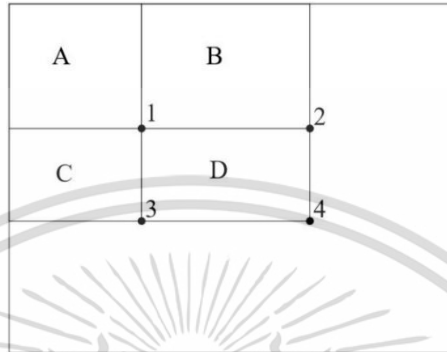
(b) Integral image

รูปที่ 2.7 แสดงวิธีการแปลงรูปภาพเดิมเป็น Integral image

สำหรับการอธิบายตัวอย่างการคำนวณพื้นที่ด้วยวิธี Integral image ถูกแสดงไว้ในรูปที่ 2.8 แสดงการคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยม D ด้วยวิธีการรวมภาพแบบ Integral image จุดอ้างอิงทั้ง 4 จุดคือ 1, 2, 3, และ 4 ตามลำดับ สำหรับค่าของ Integral image จุดที่ 1 คือผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A ค่าของ Integral image จุดที่ 2 คือผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A + B ค่าของ Integral image จุดที่ 3 คือผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A + C และค่าของ Integral image จุดที่ 4 คือผลรวมพิกเซลในบริเวณพื้นที่ A + B + C + D จากผลการคำนวณดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าผลลัพธ์การคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยม D สามารถคำนวณได้จาก $4 + 1 - (2 + 3)$ การคำนวณวิธีนี้อาจจะมีความยุ่งยากในช่วงแรกเพียงเท่านั้นแต่การนำข้อมูลปริมาณมากไปวิเคราะห์จะสามารถทำได้โดยง่ายและรวดเร็วกว่าวิธีดั้งเดิมมากเพราะเมื่ออยากทราบค่าของพื้นที่สี่เหลี่ยมใด ๆ ในรูปเพียงแค่ว่าจุดอ้างอิงทั้ง 4 จุดก็สามารถทำการคำนวณได้โดยง่าย ซึ่งต่างจากวิธีเดิมอย่างมากเพราะเมื่อต้องการทราบค่าพื้นที่สี่เหลี่ยมใด ๆ ในรูปภาพ โปรแกรมจำเป็นต้องรู้ค่าพิกเซลทั้งหมดที่อยู่ภายในพื้นที่สี่เหลี่ยมบริเวณที่ต้องการนั้นแล้วจึงนำทุกค่ามาบวกเข้าด้วยกัน ยังมีปริมาณพิกเซลมากเท่าไรการทำงานก็ต้องใช้เวลาประมวลผลมากขึ้นเท่านั้นและปริมาณความต้องการทราบพื้นที่สี่เหลี่ยมยิ่งมากขึ้นเท่าไร ภาระของการคำนวณยิ่งมากขึ้นอีกหลายเท่า

วิธีการนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้เพื่อเพิ่มความเร็วในการคำนวณพื้นที่ที่ต้องการสำหรับการหาอัตลักษณ์ส่วนบุคคลโดยใช้ Haar-like features ซึ่งวิธีการนี้สามารถกำหนดจุดต่าง ๆ ในรูปภาพเพียง 4 จุดก็สามารถคำนวณหาพื้นที่ที่ต้องการได้ เมื่อได้ค่าของพื้นที่ดังกล่าว 2 พื้นที่ ก็สามารถนำมาเปรียบเทียบกับได้ว่าพื้นที่บริเวณที่มีค่าความเข้มสูงกว่าโปรแกรมจะนิยามพื้นที่นั้นเป็น Black rectangles ส่วนพื้นที่ใดมีความเข้มน้อยกว่าโปรแกรมจะนิยามพื้นที่นั้นเป็น White เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

rectangulars โดยขั้นตอนนี้โปรแกรมยังไม่สามารถระบุได้ว่าพื้นที่ใดมีใบหน้าปรากฏอยู่ ซึ่งขั้นตอนดังกล่าวจะถูกกำหนดคุณลักษณะไว้ในขั้นตอน Adaboost learning สำหรับการค้นหาคุณลักษณะ Haar-like ที่กำหนดตามองค์ประกอบที่เลียนแบบการจัดวางตำแหน่งของอวัยวะทั้งหมดบนใบหน้ามนุษย์



รูปที่ 2.8 แสดงการคำนวณพื้นที่สี่เหลี่ยม D ด้วยวิธีการรวมภาพแบบ Integral image

4. การค้นหารูปแบบการจำลอง (Adaboost learning)

ขั้นตอนที่ได้กล่าวไปแล้วเป็นเพียงการจัดการกับรูปภาพโดยเปลี่ยนจากภาพสี RGB ไปเป็นภาพระดับสีเทา แล้วทำการกำหนดความเข้มด้วยตัวเลขต่าง ๆ ตามความเข้มของระดับสี ต่อจากนั้นนำภาพดังกล่าวไปแปลงอีกครั้งให้เป็น Integral image เพื่อให้โปรแกรมสามารถนำไปใช้ในการคำนวณและวิเคราะห์ผลเพียงเท่า อาจกล่าวได้ว่าเป็นขั้นตอนของการเตรียมข้อมูลต่าง ๆ ก่อนที่รูปภาพจะเข้าสู่กระบวนการการตรวจจับใบหน้า การหาคุณสมบัติ Haar-like ที่ปรากฏอยู่ในภาพด้วยขั้นตอนการค้นหาแบบการจำลองด้วย Adaptive boost learning หรือเรียกสั้น ๆ ว่า Adaboost ซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้ Viola และ Jones ได้พัฒนาและประยุกต์มาจากงานวิจัยของ Freund และ Schapire ที่ได้นำเสนองานวิจัยไว้ในปี 1996 โดยสมการทางคณิตศาสตร์ที่ใช้อธิบายการสร้าง Weak classifier และ Strong classifier มีดังนี้

$$h(x, f, p, \theta) = \begin{cases} 1 & \text{if } p(x) > p\theta \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.3)$$

เมื่อ x	คือรูปภาพย่อยมีที่ขนาด 24x24 พิกเซล
f	คือคุณลักษณะที่เลือกใช้ (Applied feature)
p	คือความเป็นขั้ว (Polarity)
θ	คือค่าขีดแบ่ง (Threshold)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adaboost learning เป็นหนึ่งในการเรียนรู้ของเครื่องจักร (Machine learning) โดยความสามารถหลักของวิธีการนี้คือการสร้างตัวจัดประเภทแข็ง (Strong classifier) จากการรวมตัวจัดการประเภทอ่อน (Weak classifier) หลาย ๆ ตัวเข้าไว้ด้วยกัน โดยการกำหนดค่าถ่วงน้ำหนักเพื่อเพิ่มความถูกต้องให้กับการจำแนก สำหรับการอธิบายเพื่อความเข้าใจที่ง่ายยิ่งขึ้นและเพื่อให้สัมพันธ์กับเนื้อหาก่อนหน้านี้ การสร้างตัว Weak classifier ที่มีประสิทธิภาพนั้นก็คือการกำหนดคุณลักษณะ Haar-like นั่นเอง เมื่อสามารถกำหนดคุณลักษณะ Haar-like เทียบกับภาพบนใบหน้าของมนุษย์ได้มากเท่าไร ก็สามารถสร้าง Weak classifier ได้มากเท่านั้น โดยสมการทางคณิตศาสตร์ที่แสดงถึงการสร้าง Strong classifier เป็นดังนี้

$$c(x) = \theta \left(\sum_t h_t(x) + b \right) \quad (2.4)$$

เมื่อ h คือตัวจัดการประเภทอ่อนใด ๆ
 b คือค่าคงที่ของการรวมเชิงเส้น

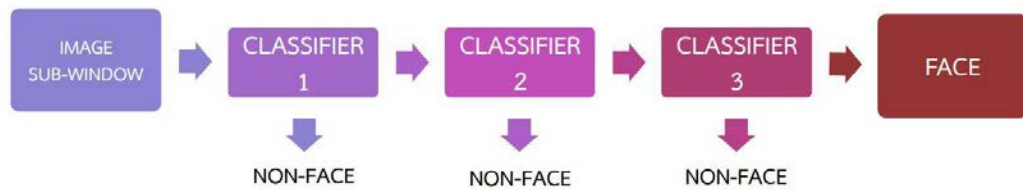
สมการที่ 2.4 แสดงการสร้าง Strong classifier จากการรวม Weak classifier หลายตัวเข้าไว้ด้วยกันซึ่งก็คือคุณลักษณะ Haar-like โดยสมการดังกล่าวได้มีการบวกค่าชดเชยซึ่งเป็นค่าคงที่ของการรวมเชิงเส้นเพื่อให้ได้ Strong classifier ที่มีความแม่นยำสูงขึ้นสำหรับการตรวจจับใบหน้ามนุษย์ โปรแกรมจะทำการตรวจสอบใบหน้าบุคคลที่อยู่ในภาพสำหรับการรวมตัวจัดการประเภทต่าง ๆ เข้าไว้ด้วยกัน ด้วยวิธีที่เรียกว่า “Cascade classifier”

5. วิธีจำแนกภาพแบบต่อเรียง (Cascade classifier)

วิธีจำแนกภาพแบบต่อเรียงคือการนำเอาคุณลักษณะต่อเรียงกันโดยหัวใจสำคัญของวิธีการนี้ไม่ใช่การหาใบหน้าที่มีโอกาสปรากฏอยู่ในรูปภาพย่อยนั้น ๆ แต่จุดประสงค์คือต้องการจำกัดพื้นที่ที่ไม่ใช่บริเวณใบหน้าออกนั่นเอง สำหรับจุดเด่นของวิธีการนี้คือจะแบ่งรูปภาพนำเข้าเป็นรูปภาพย่อยหลายรูปแล้วนำเข้าประมวลผลผ่านขั้นตอนการจำแนกภาพด้วยวิธี Cascade คือการนำ Haar-like มาต่อเรียงกันเพื่อกรองเอาเฉพาะบริเวณที่คาดว่าจะ เป็นใบหน้าของมนุษย์เท่านั้น กระบวนการนี้จะดำเนินไปเรื่อย ๆ ตั้งแต่มีรูปภาพนำเข้ามา โดยรูปภาพนำเข้ามาในที่นี้หมายถึงการนำรูปภาพที่กล้อง Webcam รับเข้ามาแสดงที่หน้าจอแสดงผลนั่นเอง ไม่เพียงเท่านั้นข้อดีหรือจุดเด่นทางอ้อมของการกระทำดังกล่าวคือรูปภาพย่อยไม่จำเป็นต้องถูกดำเนินการทุกขั้นตอนการกระบวนการ Cascade ถ้ารูปภาพย่อยนั้นถูกพิจารณาตั้งแต่ต้นแล้วว่าไม่มีภาพใบหน้าของมนุษย์ปรากฏอยู่ จุดเด่นดังกล่าวจะเพิ่มความเร็วในการประมวลผลเพราะโปรแกรมจะสามารถวินิจฉัยได้อย่างรวดเร็วว่ารูปภาพย่อยใดมีโอกาสที่จะพบใบหน้าที่จะส่งรูปภาพย่อยนั้นเข้าสู่กระบวนการต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนรูปภาพย่อยใดไม่มีโอกาสพบใบหน้ามนุษย์ก็จะทำการตัดพิกเซลเหล่านั้นออกไปเลยโดยไม่นำพิกเซลเหล่านั้นมาพิจารณาต่อ รูปที่ 2.9 แสดงแผนภาพการอธิบายวิธีจำแนกภาพแบบต่อเรียง



รูปที่ 2.9 แสดงแผนภาพการอธิบายวิธีจำแนกภาพแบบต่อเรียง

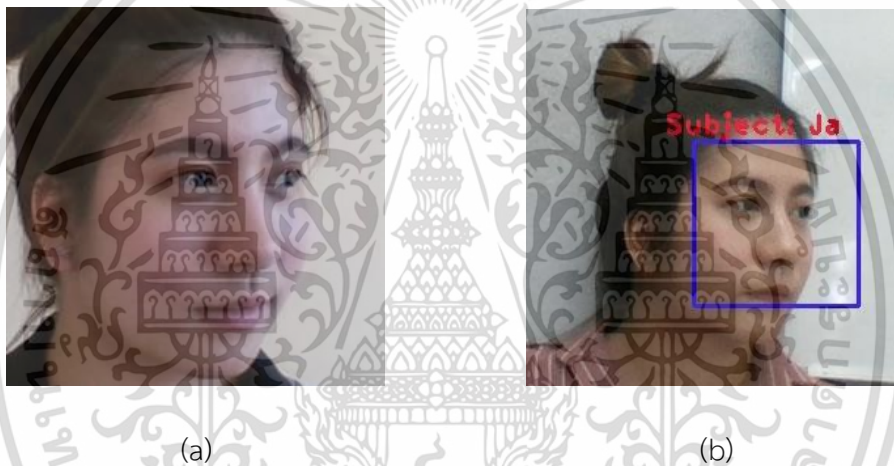
สำหรับกรณีที่ใช้วิธีจำแนกเพียง 1 ขั้นตอนอาจยอมรับความผิดพลาดเชิงบวก (False positives) ของการตรวจจับต่าง ๆ เพื่อที่จะลดอัตราความผิดพลาดเชิงบวกนั้น อย่างไรก็ตามสำหรับวิธีจำแนกเพียงขั้นตอนเดียวอาจจะไม่ได้มองว่ามันเป็นปัญหาเนื่องจากมีความผิดพลาดเชิงบวกที่ค่อนข้างมากหรือมองว่าเป็นปัญหาสำหรับการนำพวกมันออกไป ดังนั้น Viola และ Jones จึงกำหนดให้ความผิดพลาดเชิงบวกในขั้นตอนแรกนั้นสามารถที่จะยอมรับได้ เพราะฉะนั้นจำนวนของความผิดพลาดเชิงบวกในขั้นตอนการจำแนกในช่วงท้าย (Final staged classifier) จะถูกคาดหวังให้ มีค่าน้อยมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ โดยนิยามของความผิดพลาดเชิงบวกนั้นจะถูกบันทึกเป็นจำนวนครั้งเทียบกับการตรวจจับทั้งหมด และการบันทึกความผิดพลาดเชิงบวกจะนับเฉพาะผลลัพธ์ที่โปรแกรมแสดงค่าการตรวจจับว่าพบใบหน้า แต่ในความเป็นจริงแล้วรูปภาพนั้นไม่ใช่ใบหน้าของมนุษย์

2.2.4 หลักการการจดจำใบหน้า

หลักการการจดจำใบหน้าคือการเปรียบเทียบรูปภาพนำเข้า (Input image) กับรูปภาพในฐานข้อมูล (Database) ซึ่งจะถูกระงับหลังจากที่มีการตรวจจับใบหน้าได้แล้วเท่านั้น สำหรับวิธีการจดจำใบหน้าจะนำภาพที่ถูกตรวจจับได้ไปเปรียบเทียบกับรูปภาพในฐานข้อมูลที่ถูกแยกออกตามโพลเดอร์ต่าง ๆ ซึ่งแต่ละโพลเดอร์จะถูกกำหนดชื่อโพลเดอร์เป็นชื่อของบุคคลในภาพเพื่อนำไปแสดงบนกรอบสีน้ำเงินหลังจากที่มีการตรวจจับใบหน้าได้บนจอแสดงผล การจับคู่ (Matching) จะเลือกภาพที่มีใบหน้าใกล้เคียงกันมากที่สุดโดยไม่คำนึงถึงเปอร์เซ็นต์ของความคล้ายคลึงกัน หมายความว่าความการจับคู่ใบหน้าของรูปภาพนำเข้ามีความใกล้เคียงกับรูปภาพในฐานข้อมูลกับรูปภาพใด ๆ เพียงแค่ 10% ของใบหน้าทั้งหมด จอแสดงผลก็จะปรากฏชื่อของบุคคลที่ตรงกับฐานข้อมูลนั้น และถ้าหากสมมติว่าเมื่อทำการตรวจสอบบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลเมื่อมีใบหน้าปรากฏบนจอแสดงผล โปรแกรมสามารถทำการตรวจจับใบหน้าของบุคคลดังกล่าวได้และโปรแกรมจะทำการเปรียบเทียบ

หรือจัดคู่กับภาพในฐานข้อมูลทั้งหมด ถ้ารูปภาพดังกล่าวตรงกับรูปภาพใดในฐานข้อมูลก็จะปรากฏชื่อเอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่งวนเวียนสำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตเห็น ไปใช้ประโยชน์ด้านการศึกษา ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของบุคคลนั้นขึ้นมาบนหน้าจอแสดงผล ซึ่งชื่อนั้นเป็นชื่อที่มีอยู่ในฐานข้อมูลแต่อาจจะไม่ใช่ชื่อของบุคคลที่กำลังถูกทดสอบอยู่ได้ เพราะเนื่องจากบุคคลดังกล่าวเป็นบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลนั่นเอง รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบรูปภาพใบหน้าผู้ทดสอบกับรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล เพราะฉะนั้นหลักการจดจำใบหน้าจะถูกกระทำหลังจากที่มีการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่ปรากฏอยู่บนจอแสดงผลก่อนแล้วจึงนำภาพนั้นไปจับคู่กับรูปภาพในฐานข้อมูลซึ่งการดำเนินการดังกล่าวจะทำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ ในทุกเฟรมภาพที่มีรูปภาพใบหน้าบุคคลปรากฏอยู่ ซึ่งขั้นตอนหนึ่งที่สำคัญสำหรับการเรียนรู้การจดจำใบหน้าของโปรแกรมคือการสร้างฐานข้อมูลที่ต้องการ สิ่งสำคัญคือการตั้งชื่อโพลีเตอร์ของรูปภาพบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลไม่ควรมีความผิดพลาดเลยแม้แต่น้อย สำหรับงานวิจัยชิ้นนี้มีการตรวจสอบเพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดของผู้ทดสอบ (Human error)



รูปที่ 2.10 แสดงการเปรียบเทียบรูปภาพใบหน้าผู้ทดสอบกับรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูล

- (a) รูปใบหน้าหันขวา 60° ที่นำมาจากฐานข้อมูล
- (b) รูปใบหน้าหันขวา 60° ที่ได้จากการทดลอง

2.2.5 ความสว่างที่เหมาะสมสำหรับการตรวจจับใบหน้า

ความสว่างในการตรวจจับใบหน้าและการถ่ายภาพเพื่อนำไปเป็นรูปภาพในฐานข้อมูล ถือว่ามีความสำคัญมากเพราะเป็นปัจจัยหลักเมื่อภาพถูกแปลงเป็นภาพระดับสีเทาแล้ว ความแตกต่างของระดับสีอาจผิดเพี้ยนไปได้มากถ้าไม่มีการกำหนดค่าความสว่างให้เหมาะสมกับการตรวจจับใบหน้า ซึ่งความสว่างเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 380 – 780 นาโนเมตร เมื่อความยาวคลื่นแสงเปลี่ยนแปลงไปทำให้การรับรู้หรือประสาทตาสามารถแยกออกได้เป็นสีและระดับของความเข้มที่แตกต่างกัน สำหรับนิยามของความเข้มของแสงสว่างหมายถึงปริมาณแสงที่ตกกระทบวัตถุต่อพื้นที่มีหน่วยเป็นลูเมนต่อตารางเมตร ($Lumen/m^2$) โดยสามารถคำนวณหาค่าความเข้มแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดได้ดังนี้ [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$E = (LM.N.CU.MF)/A \quad (2.5)$$

เมื่อ	E	คือความเข้มของแสงสว่าง มีหน่วยเป็น ลักซ์
	LM	คือปริมาณความสว่างแสง มีหน่วยเป็น ลูเมน
	N	คือจำนวนหลอดไฟ
	MF	คือ Maintenance factor
	CU	คือค่าสัมประสิทธิ์การใช้ประโยชน์
	A	คือพื้นที่ มีหน่วยเป็น ตารางเมตร

แต่อย่างไรก็ตามการประเมินค่าความเข้มแสงสว่างจากแหล่งกำเนิดนั้นยังต้องพิจารณาจากปัจจัยภายนอกอื่น ๆ อีกหลายปัจจัยตัวอย่างเช่น ระยะทางจากแหล่งกำเนิดจนถึงพื้นที่ตกกระทบ สีของผนังห้องและเพดานฝ้า ชนิดของหลอดไฟ เป็นต้น ซึ่งการคำนวณหาอาจทำได้โดยยากและการใช้งานไม่มีความจำเป็นมากพอสำหรับการคำนวณหาค่าที่มีความแม่นยำนั้น เพราะฉะนั้นจึงได้มีการกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับการออกแบบในเชิงวิศวกรรมโดยวิทยานิพนธ์ฉบับนี้อ้างอิงจากมาตรฐานการจัดการความเข้มแสงสว่างในการทำงาน โดยกระทรวงแรงงานเป็นผู้กำหนดภายใต้กฎกระทรวงแรงงาน การกำหนดมาตรฐานในการบริหาร และจัดการด้านความปลอดภัย ชีวอนามัย และสภาพแวดล้อม ในการทำงานเกี่ยวกับความร้อน แสงสว่างและเสียง พ.ศ. 2549 รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการทดสอบภายใต้การกำหนดมาตรฐานความเข้มแสงสว่าง ซึ่งได้จัดทำเป็นตารางเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการความเข้มแสงสว่างที่เหมาะสม ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.1 แสดงมาตรฐานเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงได้เลือกการกำหนดมาตรฐานดังกล่าวเอามาเป็นแนวทางในการทำการทดสอบการตรวจจับและการจดจำใบหน้า

เนื้อหาบทนี้ได้แสดงถึงงานวิจัยทั้งหมดที่วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้คัดสรรเนื้อหาของงานวิจัยที่มีนักพัฒนาโปรแกรมและผู้สนใจได้ทำการศึกษาในทฤษฎีและหลักการที่มีความใกล้เคียงกัน บางงานวิจัยได้นำมาพัฒนาต่อยอดโดยเลือกเอาจุดเด่นของงานวิจัยนั้น ๆ มาประยุกต์ให้มีความเหมาะสมกับจุดประสงค์การใช้งานของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ดังแสดงไว้ในส่วนของการทบทวนวรรณกรรม สำหรับเนื้อหาที่อธิบายถึงจุดเด่นและการอ้างอิงไว้ในเอกสารแนบท้าย อีกส่วนที่สำคัญและถือเป็นหัวใจของการทำวิทยานิพนธ์ในเชิงวิศวกรรมคือการนำเสนอเนื้อหา ทฤษฎีและหลักการที่เลือกใช้เพื่ออ้างอิงผลลัพธ์ดังกล่าวว่ามีสาเหตุมาจากการนำทฤษฎีหรือหลักการมาประยุกต์ใช้อย่างไรให้เหมาะสม สำหรับการออกแบบและการประมวลผลข้อมูลจะได้นำเสนอและแสดงไว้ในบทถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.1 แสดงมาตรฐานเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงาน

ประเภทอุตสาหกรรม	อาคาร/พื้นที่	ค่าเฉลี่ยความเข้มแสง
งานสำนักงาน	ห้องคอมพิวเตอร์	
	- งานบันทึกข้อมูล	600
	- บริเวณที่แสดงข้อมูล (จอภาพหรือเครื่องพิมพ์)	600
	ห้องธุรการ	
	- งานพิมพ์ดีด การเขียน การอ่าน และการจัดเก็บเอกสารอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง	400
	- การทำงานที่สีของงานขึ้นงานกับสีของพื้นผิวกลมกลืนกัน	600

ดังนั้นจากตารางแสดงมาตรฐานเฉลี่ยความเข้มของแสงสว่าง ณ ที่ที่ให้ลูกจ้างคนใดคนหนึ่งทำงานนั้น ทางผู้จัดทำวิทยานิพนธ์จึงกำหนดให้มาตรฐานการตรวจจับควรมีค่าเข้มแสงสว่างอยู่ที่ 400 – 600 ลักซ์ ซึ่งค่าดังกล่าวเหมาะสมกับการตรวจจับใบหน้าและการถ่ายภาพเพื่อนำไปสร้างเป็นฐานข้อมูล



รูปที่ 2.11 ตัวอย่างการทดสอบภายใต้การกำหนดมาตรฐานความเข้มแสงสว่างที่มีค่าระหว่าง 400 - 600 ลักซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

การออกแบบระบบ และการประมวลผล

การดำเนินงานวิจัยในหัวข้อที่เกี่ยวกับการศึกษาประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าได้รับการออกแบบให้เหมาะสมกับการประยุกต์ใช้งานเพื่อการลงบันทึกเวลาการเข้าทำงานของพนักงานบริษัทซึ่งเป็นส่วนสำคัญและต้องการข้อมูลที่ผิดพลาดไม่ได้ กล่าวคือต้องการความแม่นยำของข้อมูลที่สูง อีกทั้งการเลือกใช้เทคโนโลยีการประมวลผลและวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายเป็นทางเลือกเพื่อการใช้งานที่รวดเร็วและต้องการป้องกันการทุจริตจากการลงบันทึกเวลาแทนผู้อื่น เพราะฉะนั้นการออกแบบจึงเป็นส่วนที่ควรให้ความสำคัญอย่างมากเพราะวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ต้องการนำเสนอส่วนที่ได้ปรับปรุงพัฒนาขึ้นเพื่อให้ความเหมาะสมกับการใช้งาน อีกทั้งผลลัพธ์ที่ได้ต้องมีความแม่นยำสูงและเป็นที่ยอมรับได้ สำหรับเนื้อหาของบทนี้จะกล่าวถึง 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือการออกแบบระบบ และการประมวลผลข้อมูล รายละเอียดทั้งหมดมีดังนี้

3.1 การออกแบบระบบ

เนื้อหาในส่วนของการออกแบบระบบจะประกอบไปด้วยการนำเสนอส่วนอุปกรณ์และชุดคำสั่งต่าง ๆ ที่ใช้ในงานวิจัยนี้ การออกแบบการสร้างฐานข้อมูลรูปภาพ และการออกแบบการทดลอง เพื่อบอกจุดประสงค์สำคัญของการทำงานของงานวิจัย

3.1.1 การออกแบบการสร้างฐานข้อมูลรูปภาพ

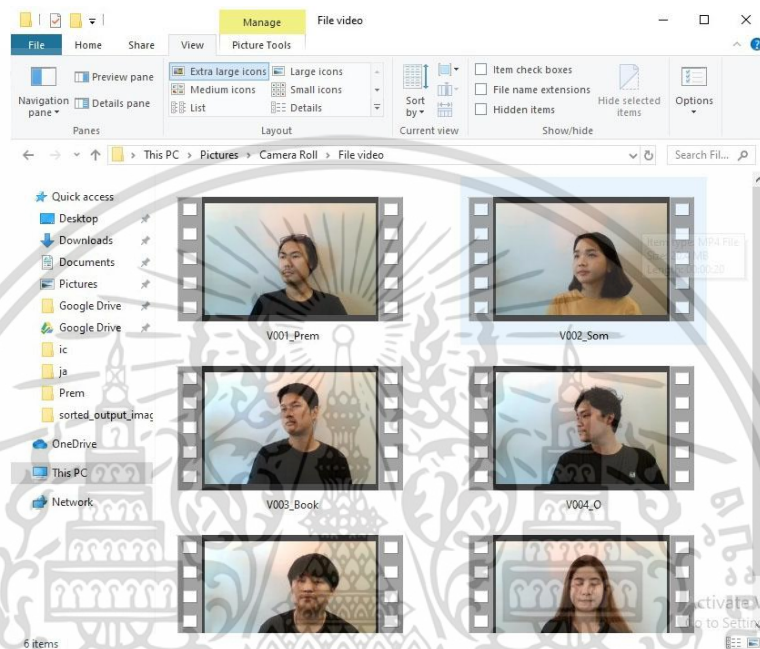
การสร้างฐานข้อมูลรูปภาพนี้ใช้สำหรับการจดจำใบหน้าของมนุษย์ โดยการออกแบบการเก็บข้อมูลนี้จะให้ผู้ทดสอบบันทึกภาพเคลื่อนไหว (Video) ตามการออกแบบที่ได้จัดเตรียมไว้แล้ว นำภาพเคลื่อนไหวดังกล่าวไปเข้าโปรแกรมการแยกภาพออกเพื่อให้ได้ตามองศาที่แตกต่างกัน หลังจากนั้นจึงนำไปแยกเป็นภาพบุคคลโดยกำหนดชื่อให้ตรงกับแฟ้มเอกสารหรือโฟลเดอร์ (Folders) เมื่อโปรแกรมอยู่ระหว่างการดำเนินการตรวจจับและการจดจำใบหน้าอยู่ โปรแกรมจะทำการตรวจจับใบหน้าแบบเรียลไทม์ (Real-time) และนำภาพดังกล่าวมาเปรียบเทียบกับรูปภาพในฐานข้อมูล การเปรียบเทียบนี้จะเป็นการจับคู่ภาพในฐานข้อมูลที่ใกล้เคียงกันมากที่สุดของภาพนำเข้า และจะนำชื่อของบุคคลตามแฟ้มข้อมูลออกไปแสดงผลทางหน้าจอแสดงผล สำหรับเนื้อหาในแต่ละส่วนจะอธิบายแยกตามหัวข้อด้านล่างนี้

1. พื้นหลังสำหรับการเก็บข้อมูล

เพื่อความแม่นยำสำหรับการจดจำใบหน้าการบันทึกภาพเคลื่อนไหวจะถูกบันทึกภายใต้เงื่อนไขที่ภาพพื้นหลังเป็นสีขาว รูปที่ 3.1 แสดงตัวอย่างการบันทึกภาพเคลื่อนไหวภายใต้เงื่อนไขฉากพื้นหลังสีขาวเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับการเก็บข้อมูล โดยการบันทึกภาพของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

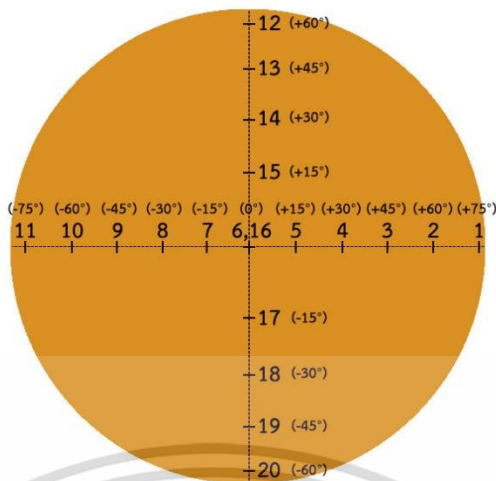
บุคคลที่อยู่ในฐานทั้งหมด 20 คน โดยกำหนดระยะห่างการตรวจจ็ระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องอยู่ที่ 1 เมตร โดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของภาพใบหน้าที่ปรากฏบนจอแสดงผลอยู่ที่ประมาณ 20% ของพื้นที่ทั้งหมด และอีก 80% เป็นพื้นที่ฉากหลัง สำหรับเหตุผลการจัดเก็บภาพเคลื่อนไหวโดยกำหนดฉากพื้นหลังเป็นสีขาวเพื่อลดภาระการทำงานของโปรแกรมและลดโอกาสความผิดพลาดเชิงบวกที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในขั้นตอนการจดจำใบหน้า



รูปที่ 3.1 แสดงการบันทึกภาพเคลื่อนไหวภายใต้เงื่อนไขฉากพื้นหลังสีขาวเพื่อกำหนดเป็นมาตรฐานสำหรับการเก็บข้อมูล

2. การบันทึกภาพเคลื่อนไหว

การออกแบบการบันทึกภาพเคลื่อนไหวกำหนดให้ผู้ทดสอบทำการบันทึกภาพเคลื่อนไหวเป็นเวลาทั้งหมด 20 วินาที โดยมีรูปแบบการเคลื่อนที่ของใบหน้าตามที่กำหนด รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบการเคลื่อนที่ของใบหน้าตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้ ดังแสดงไว้ในตารางที่ 3.1 แสดงวินาทีที่ใบหน้าของผู้ทดสอบเคลื่อนที่ไปตามองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยการบันทึกภาพของบุคคลที่อยู่ในฐานทั้งหมด 20 คน โดยกำหนดระยะห่างการตรวจจ็ระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องอยู่ที่ 1 เมตร โดยเมื่อคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของภาพใบหน้าที่ปรากฏบนจอแสดงผลอยู่ที่ประมาณ 20% ของพื้นที่ทั้งหมด และอีก 80% เป็นพื้นที่ฉากหลัง



รูปที่ 3.2 แสดงรูปแบบการเคลื่อนที่ของไวนาทีตามตำแหน่งที่ได้ออกแบบไว้

ตารางที่ 3.1 แสดงวินาทีที่ไวนาทีของผู้ทดสอบเคลื่อนที่ไปตามองศาการจัตวางไวนาทีแตกต่างกัน สำหรับการบันทึกภาพเคลื่อนไหวเพื่อนำไปสร้างฐานข้อมูล

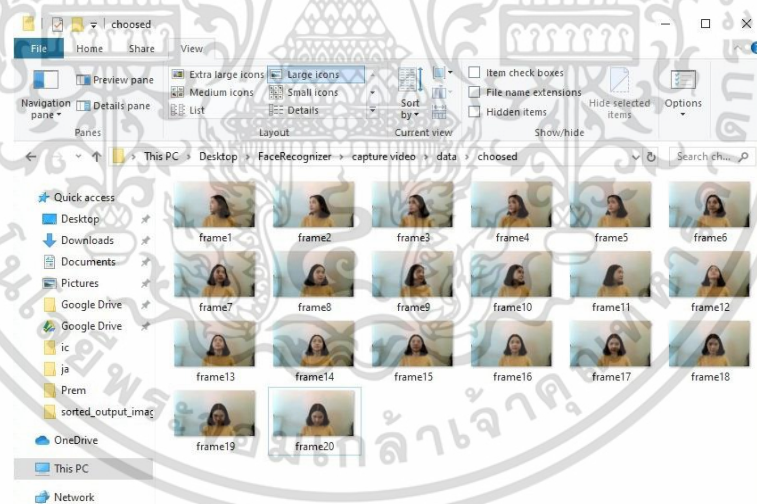
วินาที	องศาการจัตวางไวนาที	วินาที	องศาการจัตวางไวนาที
1	ไวนาทีหันขวา 15°	11	ไวนาทีหันซ้าย 75°
2	ไวนาทีหันขวา 30°	12	ไวนาทีเงย 60°
3	ไวนาทีหันขวา 45°	13	ไวนาทีเงย 45°
4	ไวนาทีหันขวา 60°	14	ไวนาทีเงย 30°
5	ไวนาทีหันขวา 75°	15	ไวนาทีเงย 15°
6	ไวนาทีตรง	16	ไวนาทีตรง
7	ไวนาทีหันซ้าย 15°	17	ไวนาทีก้ม 15°
8	ไวนาทีหันซ้าย 30°	18	ไวนาทีก้ม 30°
9	ไวนาทีหันซ้าย 45°	19	ไวนาทีก้ม 45°
10	ไวนาทีหันซ้าย 60°	20	ไวนาทีก้ม 60°

สำหรับสาเหตุของการสร้างฐานข้อมูลด้วยวิธีดังกล่าวนี้เพื่อการเปรียบเทียบกับผลลัพธ์ที่แสดงในรูปแบบของประสิทธิภาพรวมถึงค่าความผิดพลาดของโปรแกรมโดยเทียบกับการสร้างฐานข้อมูลแบบเดิมที่นักพัฒนาโปรแกรมยังไม่ได้ให้ความคิดเห็นหรือข้อเสนอแนะตรงจุดนี้ไว้ โดยการเก็บข้อมูลในรูปแบบเดิมมักจะทำในลักษณะสุ่มการเก็บข้อมูล กล่าวคือไม่มีการจัตวางองศาของไวนาทีที่ชัดเจน บางครั้งเกิดความซ้ำซ้อนของข้อมูลและเป็นสาเหตุในภาวะของการประมวลผลเป็นไปในทิศทางที่ใช้เวลานานขึ้นตามจำนวนรูปภาพที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมดของทุกคนรวมกัน เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ข้อมูลนี้เห็นเป็นลิขสิทธิ์ของสถาบันการศึกษา ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพราะฉะนั้นการสร้างฐานข้อมูลในลักษณะนี้ต้องการเว้นระยะห่างของใบหน้าทีละ 15° องศาในแต่ละ การเคลื่อนที่ไปของใบหน้าในทุกมุม โดยอาศัยข้อมูลทางกายภาพของมนุษย์ คือความสามารถในการ หันใบหน้าไปทางด้านซ้ายหรือขวามากสุดที่ $60^\circ - 80^\circ$ และความสามารถในการก้มหรือเงยมากที่สุดที่ $50^\circ - 70^\circ$ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกายภาพของแต่ละบุคคลเป็นสำคัญ แต่เพื่อการเก็บข้อมูลให้เป็นไปใน ทิศทางเดียวกันจึงออกแบบให้การเก็บข้อมูลของการหันใบหน้าไปทางซ้ายหรือขวามากสุดที่ 75° และการเก็บข้อมูลของการก้มหรือเงยมากที่สุดที่ 60° ตามลำดับ

3. การแยกรูปภาพออกจากภาพเคลื่อนไหว (Splitting Image)

การแยกรูปภาพออกมาจากภาพเคลื่อนไหวเป็นขั้นตอนหลังจากที่ได้รวบรวม ภาพเคลื่อนไหวจากผู้ทดสอบทุกคนเพื่อนำไปสร้างเป็นฐานข้อมูลรูปภาพโดยจะกำหนดให้โปรแกรม แยกรูปภาพออกจากภาพเคลื่อนไหวทุก ๆ 1 วินาทีดังที่ได้อธิบายไปในหัวข้อก่อนหน้านี้ รูปที่ 3.3 แสดงรูปภาพทั้งหมด 20 รูปที่ได้จากการแยกรูปภาพออกมาจากภาพเคลื่อนไหวตามองศาการจัดวาง ใบหน้าทั้งหมด 20 รูปแบบ สำหรับในส่วนของโปรแกรมการแยกรูปภาพออกจากภาพเคลื่อนไหวจะ ถูกบรรยายไว้ในหัวข้อส่วนชุดคำสั่ง โดยรูปภาพทั้งหมดมีขนาดทั้งหมด 246×246 พิกเซล มีความจุ ข้อมูลประมาณ 35 – 45 กิโลไบต์

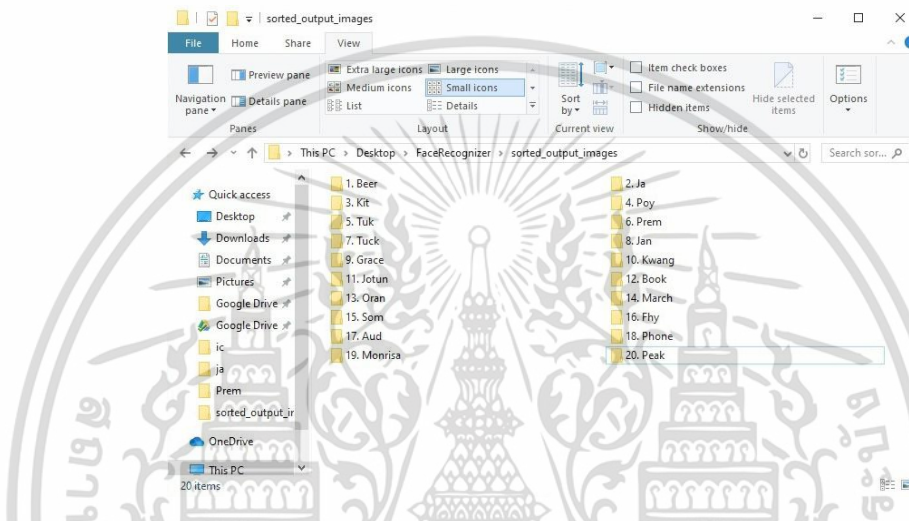


รูปที่ 3.3 แสดงรูปภาพทั้งหมด 20 รูปที่ได้จากการแยกรูปภาพออกมาจากภาพเคลื่อนไหวตามองศา การจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน

4. การบันทึกรูปภาพลงฐานข้อมูล

หลังจากที่ได้รูปภาพภายหลังจากการแยกออกมาจากภาพเคลื่อนไหวทั้ง 20 รูป ผู้ทำการทดลองจำเป็นต้องนำรูปทั้งหมดไปใส่ไว้ในแฟ้มเอกสารหรือโฟลเดอร์ที่แยกตามชื่อของผู้ ทดสอบแต่ละคน วิธีการนี้เปรียบได้กับการสอนให้โปรแกรมเพื่อการจดจำใบหน้าของแต่ละบุคคล เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สแกนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั่นเอง โดยเพิ่มเอกสารทั้งหมดอยู่ภายในแฟ้มเอกสารที่ชื่อ sorted_output_image ที่อยู่ในส่วนชุดคำสั่งของโปรแกรมหลัก รูปที่ 3.4 แสดงการบันทึกรูปภาพลงฐานข้อมูลในแฟ้มเอกสารที่ชื่อ sorted_output_image การบันทึกรูปภาพลงฐานข้อมูลยังไม่ใช่ส่วนที่โปรแกรมจะต้องเรียนรู้อัตลักษณ์ของใบหน้าแต่ละบุคคล แต่การทำงานดังกล่าวจะถูกดำเนินการในช่วงเริ่มต้นของโปรแกรมการตรวจจับและการจดจำใบหน้าซึ่งอาจจะใช้เวลาสักกระยะหนึ่งการที่หน้าตาของจอแสดงผลภาพจะปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ โดยผลลัพธ์ดังกล่าวจะแสดงค่าในหน่วยวินาทีของการเรียนรู้อัตลักษณ์ของบุคคลทั้งหมดที่อยู่ในฐานข้อมูล



รูปที่ 3.4 แสดงการบันทึกรูปภาพลงฐานข้อมูลในแฟ้มเอกสารที่ชื่อ sorted_output_image

3.1.2 การออกแบบการทดลอง

1. การทดลองเพื่อหาความน่าเชื่อถือของโปรแกรม

สำหรับการทดลองเพื่อหาความน่าเชื่อถือของโปรแกรมถูกดำเนินการเพื่อทดสอบตามสมมติฐานว่าความน่าเชื่อถือของโปรแกรมมีอย่างน้อยเพียงไรโดยอาศัยการวิเคราะห์จากประสิทธิภาพของการทำงานของโปรแกรมโดยออกแบบให้การทดลองภายใต้เงื่อนไขที่มีผู้ทดสอบเพียง 1 คนและทำการทดสอบในองค์การจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกันตามการเก็บข้อมูลในหัวข้อที่ผ่านมา โดยผลลัพธ์จะแสดงในรูปแบบของตารางและเปรียบเทียบการเก็บข้อมูลแบบเดิมว่ามีความแตกต่างของผลลัพธ์เป็นเท่าไร เมื่อการทดลองแรกได้ผลลัพธ์ตามที่ได้ตั้งสมมติฐานไว้จึงนำไปทดสอบกับอีกหนึ่งการทดลองคือการทดสอบการตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูล เพื่อทดสอบว่าโปรแกรมมีความคลาดเคลื่อนออกไปเท่าไรเมื่ออยู่ในสถานะที่เงื่อนไขการทดลองเปลี่ยนแปลงไปจากแบบแรก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับการปิดบังใบหน้า

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับการปิดบังใบหน้าทำการทดลอง 2 รูปแบบ คือการทดลองการปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกายที่มีโอกาสสวมใส่ปิดทับบริเวณใบหน้าได้ดังนี้ การสวมใส่แว่นสายตา การสวมใส่แว่นกันแดด การสวมใส่หมวกและการสวมใส่หน้ากากอนามัย โดยคิดเป็นการปิดบังใบหน้ารวมเมื่อเทียบกับพื้นที่ของใบหน้าทั้งหมดเป็น 10%, 30%, 30%, และ 50% ตามลำดับ โดยการทดลองถูกออกแบบให้ทำการทดลองภาพได้เงื่อนไขการทดสอบจำนวน 10 คน ฤลละ 2 ครั้ง รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่ถูกปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกาย ที่ระยะห่างระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องมีค่า 1 เมตร สำหรับการทดลองการปิดบังใบหน้าด้วยอุปกรณ์ทดสอบถูกดำเนินการภายใต้เงื่อนไขการปิดบังใบหน้าตามอวัยวะที่สำคัญบนใบหน้า โดยแต่ละส่วนจะถูกปิดบังเป็นเปอร์เซ็นต์โดยรวมของพื้นที่ใบหน้าทั้งหมด รูปที่ 3.6 แสดงรูปแผ่นพลาสติกที่ใช้สำหรับการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าด้วยอุปกรณ์ทดสอบ



รูปที่ 3.5 แสดงเครื่องแต่งกายที่ใช้สำหรับการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้า



รูปที่ 3.6 แสดงแผ่นพลาสติกที่ใช้สำหรับการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับระยะทาง

การทดลองเพื่อหาประสิทธิภาพที่ขึ้นกับระยะทางการตรวจสอบนั้นถูกกระทำภายใต้เงื่อนไขของระยะทางที่แตกต่างกัน 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร ตามลำดับ เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าในระยะต่าง ๆ โดยภาพใบหน้าที่ปรากฏในแต่ละระยะเมื่อเทียบกับพื้นที่ของจอแสดงผลทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 9.23%, 3.08%, 0.78%, 0.38%, และ 0.19% ตามลำดับ โดยนำเสนอเป็นภาพภายใต้ตารางแบบกริด (Grid) โดยการทดลองผู้ทดสอบจะถูกทดสอบภายใต้เงื่อนไขการจัดวางใบหน้าใบองศาที่แตกต่างกันสำหรับทุกระยะห่าง รูปที่ 3.7 แสดงภาพใบหน้าตามระยะห่างที่แตกต่างกันโดยใช้ตารางแบบกริดแสดงอัตราส่วนใบหน้าเมื่อเทียบกับภาพทั้งหมด โดยการทดลองทำการทดสอบผู้ทดสอบ 1 คน เพื่อทดสอบสมมติฐานว่าที่ระยะทางแตกต่างกันประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าย่อมแตกต่างกันด้วยเช่นกัน



รูปที่ 3.7 แสดงภาพใบหน้าตามระยะห่างที่แตกต่างกันโดยใช้ตารางแบบกริดแสดงอัตราส่วนใบหน้าเมื่อเทียบกับภาพทั้งหมด

- (a) ภาพใบหน้าในระยะ 1 เมตร คิดเป็นอัตราส่วนใบหน้าเท่ากับ 9.23%
- (b) ภาพใบหน้าในระยะ 2 เมตร คิดเป็นอัตราส่วนใบหน้าเท่ากับ 3.08%
- (c) ภาพใบหน้าในระยะ 3 เมตร คิดเป็นอัตราส่วนใบหน้าเท่ากับ 0.78%
- (d) ภาพใบหน้าในระยะ 4 เมตร คิดเป็นอัตราส่วนใบหน้าเท่ากับ 0.38%
- (e) ภาพใบหน้าในระยะ 5 เมตร คิดเป็นอัตราส่วนใบหน้าเท่ากับ 0.19%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.1.3 ส่วนอุปกรณ์และส่วนชุดคำสั่ง (Hardware and software)

1. ส่วนอุปกรณ์

เนื่องด้วยจุดประสงค์ของการพัฒนาระบบตรวจจับและการจดจำใบหน้ามีจุดมุ่งหมายที่จะดำเนินการตามขั้นตอนที่มีความประหยัดและอุปกรณ์นั้นสามารถติดตั้งได้ง่ายทั้งในแง่ของการติดตั้งอุปกรณ์และการติดตั้งโปรแกรม เพราะฉะนั้นแล้วจึงออกแบบให้ตัวโปรแกรมสามารถทำงานได้บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่มีกล้องเว็บแคมติดตั้งอยู่ภายในตัวเองเท่านั้นก็สามารถใช้งานโปรแกรมการตรวจจับและการจดจำใบหน้าได้แล้ว รูปที่ 3.8 แสดงภาพคอมพิวเตอร์พกพาที่ใช้สำหรับงานวิจัยนี้ ในส่วนของเอกสารแสดงคุณสมบัติ (Specification sheet) ของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่เลือกใช้นั้นคือ Dell รุ่น Inspiron 5558 ถูกแสดงไว้ในตารางที่ 3.2 เอกสารแสดงคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาที่ใช้งาน



รูปที่ 3.8 แสดงภาพคอมพิวเตอร์พกพาที่ใช้สำหรับงานวิจัย

ตารางที่ 3.2 เอกสารแสดงคุณสมบัติของเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา Dell รุ่น Inspiron 5558

Note book brand:	Dell		
Model:	Inspiron 5558-W560242TH		
CPU:	Intel Core i7-5500U (2.40 GHz, 4MB L3 Cache, up to 3.00 GHz)		
GPU:	NVIDIA GeForce 920M (4GB GDDR3)	Display:	15.6 Inches (1366x768) HD
Memory:	8 GB DDR3L	Storage:	1 TB 5400 RPM
Web Camera:	HD Webcam	OS Bundle:	Linpus Linux
Weight:	2.40 kg	Battery Type:	4-Cell Battery
Wireless LAN:	802.11b/g/n (1x1) Bluetooth(R) 4.0 combo	Connectivity:	- USB 2.0/3.0 Type-A/3.1 Type-A - HDMI

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนสำคัญอีกประการหนึ่งของอุปกรณ์ก็คือกล้อง Webcam ที่ติดมากับตัวคอมพิวเตอร์แบบพกพาชื่อ Dell รุ่น Inspiron 5558-W560242TH มีคุณสมบัติการทำงานของอุปกรณ์โดยได้สืบค้นจากเว็บไซต์ของผู้ผลิตดังแสดงในตารางที่ 3.3 แสดงคุณสมบัติของกล้องเว็บแคม ทั้งนี้การวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เห็นว่าคุณสมบัติดังกล่าวเพียงพอต่อการนำมาใช้งานเพื่อพัฒนาโปรแกรม โดยได้ทดลองการใช้งานเบื้องต้นโดยการถ่ายภาพเพื่อดูประสิทธิภาพของกล้องแล้ว

ตารางที่ 3.3 เอกสารแสดงคุณสมบัติของกล้องเว็บแคม

Resolution	
Still image:	0.92 megapixel
Video:	1280 x 720 (HD) at 30 fps (maximum)
Diagonal viewing angle:	74 degrees

2. ส่วนชุดคำสั่ง

สำหรับส่วนชุดคำสั่งเป็นการอธิบายถึงซอฟต์แวร์ที่ใช้ทั้งหมดสำหรับงานวิจัยในฉบับนี้ โดยไม่เกี่ยวข้องกับโปรแกรมที่สร้างขึ้นใหม่ เรียกได้ว่าเป็นส่วนสนับสนุนของงานวิจัยที่จะต้องนำซอฟต์แวร์เข้ามาติดตั้งเอาไว้ในเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา โดยซอฟต์แวร์ที่จำเป็นอื่น ๆ สำหรับการดำเนินการของโปรแกรมการตรวจจับและการจดจำใบหน้ามีดังนี้ การติดตั้งภาษาไพธอนบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ (Windows) การติดตั้งเครื่องมือสำหรับการเขียนโปรแกรมชื่อว่า Python IDLE (Integrated development environment) ซึ่งเครื่องมือนี้ได้รับการพัฒนามากจากทีมงานนักพัฒนาภาษาไพธอนโดยตรง การติดตั้งไลบรารี OpenCV ซึ่งเป็นการรวมฟังก์ชันการทำงานของงานด้าน Computer vision เอาไว้มากมาย

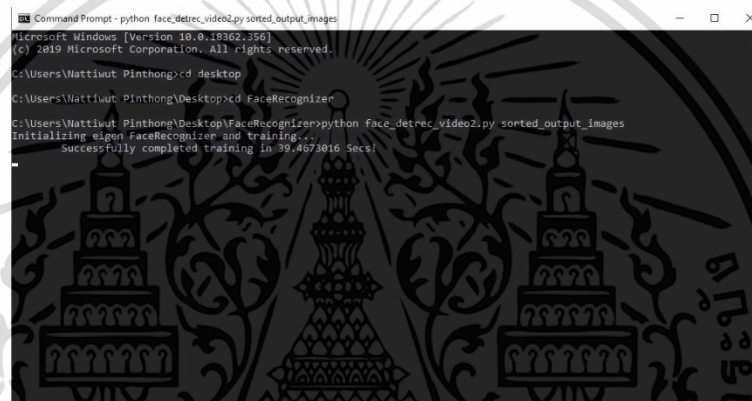
3.2 การประมวลผล

เนื้อหาในส่วนของการประมวลผลแสดงตัวอย่างของการเทรนนิ่งโปรแกรมให้เรียนรู้อัตลักษณ์ส่วนบุคคลโดยการสอนให้โปรแกรมเรียนรู้ใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลเพื่อใช้เป็นรูปแบบสำหรับการจดจำใบหน้า และในส่วนของการประมวลผลการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแสดงหลักการการทำงานพร้อมทั้งแผนภาพอธิบายลำดับขั้นตอนการทำงานของโปรแกรม (Flowchart) ที่ได้ถูกออกแบบไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ท่านผู้อ่านสามารถเข้าใจหลักการการทำงานของโปรแกรมได้โดยง่าย สำหรับโค้ดของโปรแกรมจะนำเสนอไว้ในส่วนของภาคผนวก โดยจะรวบรวมโค้ดของโปรแกรมทั้งหมดที่ใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2.1 การเทรนนิ่งโปรแกรม

การเทรนนิ่งโปรแกรมเป็นการนำรูปภาพที่ได้จากการแยกออกมาจากภาพเคลื่อนไหวของแต่ละบุคคลเรียบร้อยแล้ว นำมาใส่ไว้ในแฟ้มเอกสารแยกตามชื่อของแต่ละบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล โดยโปรแกรมจะได้รับการเทรนนิ่งในช่วงเริ่มต้นของการเรียกโปรแกรมหลักขึ้นมาใช้งาน และเริ่มต้นก่อนที่จะมีหน้าต่างของการแสดงผลภาพจากกล้องเว็บแคมปรากฏบนหน้าจอคอมพิวเตอร์ รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการเทรนนิ่งโปรแกรมโดยภาพของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งสิ้น 400 รูป โดยโปรแกรมจะทำการเทรนนิ่งทุกครั้งที่โปรแกรมหลักถูกเรียกใช้งาน สำหรับโปรแกรมหลักที่ใช้สำหรับการตรวจจับและการจดจำใบหน้ามีชื่อว่า face_detrec_video2.py ทั้งนี้ผลลัพธ์ของการเทรนนิ่งใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 39.47 วินาที



```

Microsoft Windows [Version 10.0.19362.356]
(c) 2019 Microsoft Corporation. All rights reserved.

C:\Users\Wattiwut\Pinthong>cd desktop
C:\Users\Wattiwut\Pinthong\Desktop>cd FaceRecognizer
C:\Users\Wattiwut\Pinthong\Desktop\FaceRecognizer>python face_detrec_video2.py sorted_output_images
Initializing eigen FaceRecognizer and training...
Successfully completed training in 39.4673816 Secs!
  
```

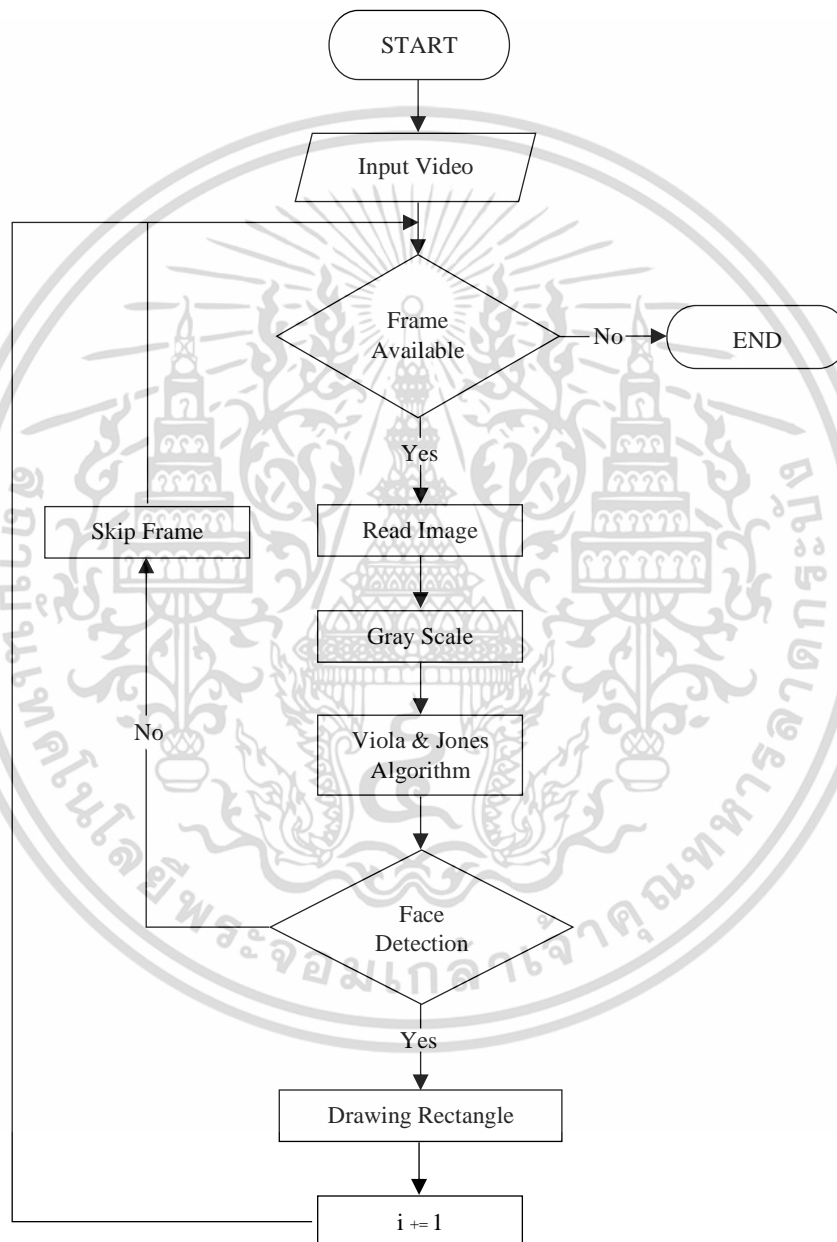
รูปที่ 3.9 แสดงตัวอย่างการเทรนนิ่งโปรแกรมโดยภาพของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งสิ้น 400 รูป

3.2.2 การประมวลผลการตรวจจับและการจดจำใบหน้า

การประมวลผลการตรวจจับการจดจำใบหน้าถูกดำเนินการด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพาด้วยกล้องเว็บแคมที่ติดมากับตัวเครื่อง ด้วยการประยุกต์ใช้อัลกอริทึมของ Viola และ Jones ที่หยิบยืมมาจากไลบรารี OpenCV และทำการปรับปรุงพัฒนาโปรแกรมบนพื้นฐานภาษาไพธอน โดยทำการหลังจากที่เรียกโปรแกรมหลักขึ้นมาแล้วนั้น โปรแกรมจะทำการเทรนนิ่งตัวเองด้วยรูปภาพของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้ง 20 คนๆละ 20 รูปภาพ รวมทั้งสิ้น 400 รูปภาพ โดยใช้ระยะเวลาสักครู่หนึ่งหลังสิ้นสุดการเทรนนิ่งโปรแกรมจะแสดงค่าระยะเวลาที่ใช้ทั้งหมดสำหรับการเทรนนิ่งและหน้าต่างของภาพเคลื่อนไหวที่นำเข้ามาจากกล้องเว็บแคมจะปรากฏขึ้นที่หน้าจอคอมพิวเตอร์โดยการตรวจสอบเฟรมรูปภาพที่นึกเข้ามา แล้วส่งเฟรมรูปภาพนั้นแปลงเป็นภาพระดับสีเทาเพื่อเริ่มต้นการตรวจจับใบหน้า โดยใช้หลักการของ Viola และ Jones อย่างที่ได้กล่าวไปในบทที่แล้ว เมื่อมีภาพใดก็ตามปรากฏอยู่หน้ากล้องโปรแกรมจะตัดสินใจว่าภายในภาพนั้นมีใบหน้าของมนุษย์หรือไม่ ถ้าโปรแกรมมีการตัดสินใจแล้วว่ามีความหมายของใบหน้ามนุษย์ปรากฏอยู่จะทำการวาดกรอบสีน้ำเงินครอบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บริเวณที่คาดว่าจะจะเป็นใบหน้าเอาไว้ ในขณะที่เดียวกันโปรแกรมจะนำรูปภาพนำเข้านั้นไปเทียบกับฐานข้อมูลว่าตรงกับใบหน้าในฐานข้อมูลของบุคคลใดมากที่สุด โดยโปรแกรมจะแสดงชื่อของบุคคลที่มีใบหน้าใกล้เคียงไว้ด้านบนของกรอบสีน้ำเงินที่ครอบใบหน้าไว้ด้วยตัวอักษรสีแดง โปรแกรมจะทำซ้ำอย่างนี้ไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้รับคำสั่งให้หยุด หรือให้ออกจากโปรแกรมดังกล่าวนี้ รูปที่ 3.10 แสดงแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของการทำงานของตรวจจับใบหน้า



รูปที่ 3.10 แสดงแผนภาพแสดงลำดับขั้นตอนการทำงานของการทำงานของตรวจจับใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การออกแบบระบบและการประมวลผลข้อมูลดังที่ได้อธิบายตามเนื้อหาด้านบนนี้ได้รับการออกแบบทั้งส่วนอุปกรณ์และส่วนชุดคำสั่ง อีกทั้งยังพัฒนาการสร้าฐานข้อมูลตามสมมติฐานเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจจับและการจดจำใบหน้าให้มีความน่าเชื่อถือเพิ่มมากขึ้น ตลอดจนการอธิบายถึงการประมวลผลข้อมูลเพื่อใช้เป็นแนวทางเดียวกันในการวิเคราะห์ผลข้อมูลดังกล่าวทั้งการเทรนนิ่งโปรแกรม การประมวลผลการตรวจจับและการจดจำใบหน้าตามลำดับ จึงได้ออกแบบวิธีการทดลองเพื่อที่จะตอบสนองต่อสมมติฐานดังกล่าว ในส่วนของผลลัพธ์การทดลองจะแสดงในบทต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง และอภิปรายผลการทดลอง

ในบทนี้กล่าวถึงผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้า โดยใช้กล้องเว็บแคมที่มีอยู่บนเครื่องคอมพิวเตอร์แบบพกพา (Built-in webcam) ร่วมกับไพธอนซึ่งเป็นภาษาทางคอมพิวเตอร์ โดยมีตัวอย่างการทดลองทั้งหมด 16 ตัวอย่างการทดลอง

4.1 ผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้า

การบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้าในแต่ละตัวอย่างการทดลองนั้นมีเงื่อนไขที่สำคัญคือ ในกรณีที่มีภาพใบหน้าของผู้ทดสอบปรากฏอยู่ในเฟรมภาพและโปรแกรมสามารถตรวจจับได้ภายในระยะเวลา 1 วินาที การทดสอบครั้งนั้นจะถูกบันทึกผลลัพธ์เป็นตรวจจับได้ ส่วนในกรณีที่มีภาพใบหน้าของผู้ทดสอบปรากฏอยู่ในเฟรมภาพ แต่โปรแกรมไม่สามารถตรวจจับได้ภายในระยะเวลา 1 วินาที การทดสอบครั้งนั้นจะถูกบันทึกผลลัพธ์ว่าตรวจจับไม่ได้ การกำหนดกรอบระยะเวลาดังกล่าวนี้ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นมาตรฐานของการตรวจจับใบหน้า

สำหรับการบันทึกผลการทดลองการหาประสิทธิภาพของการจดจำใบหน้าในแต่ละตัวอย่างการทดลองนั้นมีเงื่อนไขที่สำคัญคือ ในกรณีที่ภาพใบหน้าปรากฏอยู่ในเฟรมภาพแล้วถูกบันทึกผลลัพธ์ว่าตรวจจับได้ และผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้าสามารถระบุชื่อของผู้ทดสอบได้ถูกต้อง การทดสอบครั้งนั้นจะถูกบันทึกผลลัพธ์เป็นจดจำได้ ส่วนในกรณีที่ภาพใบหน้าปรากฏอยู่ในเฟรมภาพแล้วถูกบันทึกผลลัพธ์ว่าตรวจจับได้ แต่ผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้าไม่สามารถระบุชื่อของผู้ทดสอบได้อย่างถูกต้อง การทดสอบครั้งนั้นจะถูกบันทึกผลลัพธ์เป็นจดจำไม่ได้

4.1.1 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกัน

การตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันทั้งใบหน้าตรง ใบหน้าเอียงซ้าย-ขวา ใบหน้าหันซ้าย-ขวา และใบหน้าที่ก้ม-เงย เพื่อตรวจสอบความสามารถเบื้องต้นของโปรแกรมที่ถูกพัฒนาขึ้นว่าสามารถตรวจจับใบหน้าได้ตามกายภาพของศีรษะมนุษย์ที่สามารถเคลื่อนที่ไปได้โดยรอบ โดยการทดลองนี้ไม่คำนึงถึงผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้า การทดลองถูกแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ คือการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้ง 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง และการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันสำหรับบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง โดยแต่ละการทดลองถูกทดสอบตามการสรุบบัญชีข้อมูลคือ Static database collection และ

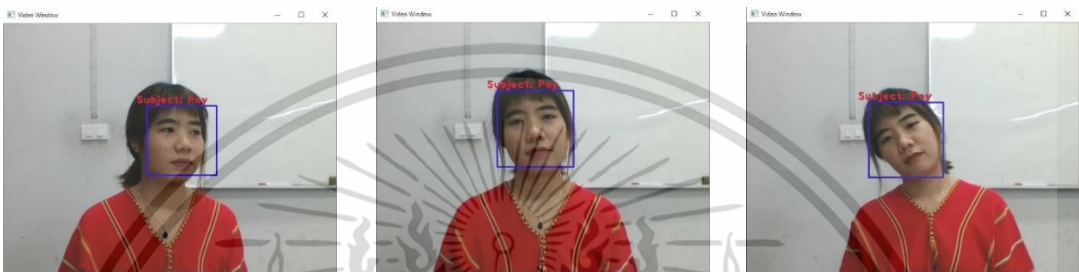
Dynamic database collection ซึ่งแต่ละการทดลองมีระยะห่างระหว่างผู้ทดสอบกับกล้อง 1 เมตร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ใบหน้าหันขวา 15°

(b) ใบหน้าหันขวา 45°

(c) ใบหน้าหันซ้าย 15°



(d) ใบหน้าหันซ้าย 45°

(e) ใบหน้าเอียงขวา 15°

(f) ใบหน้าเอียงขวา 45°



(g) ใบหน้าเอียงซ้าย 15°

(h) ใบหน้าเอียงซ้าย 45°

(i) ใบหน้าก้ม 15°



(j) ใบหน้าก้ม 45°

(k) ใบหน้าเงย 15°

(l) ใบหน้าเงย 45°

รูปที่ 4.1 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.1 แสดงตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่จากตำแหน่งการจัดวาง ใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมโดยใช้การสร้างฐานข้อมูล แบบ Static database collection และ Dynamic database collection โดยมีระยะทางระหว่าง กล้องถึงผู้ทดสอบห่างกัน 1 เมตร ทำการทดสอบบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง ผลลัพธ์การทดลองแสดงในตารางที่ 4.1 และตารางที่ 4.2 ตามลำดับ เพื่อหาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ด้วยการกำหนดเงื่อนไขการทดสอบโดยใช้บุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลเพียงคนเดียว และทำการทดสอบ บุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง ผลลัพธ์การทดลองแสดงในตารางที่ 4.3 และ ตารางที่ 4.4 ตามลำดับ เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบด้วยการกำหนดเงื่อนไขการทดสอบโดยใช้ บุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลหลายคน

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่จากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศา ที่แตกต่างกันสำหรับบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้การสร้าง ฐานข้อมูลแบบ Static database collection

องศาการจัดวาง ใบหน้า	ตรวจจับได้ (ครั้ง)	ตรวจจับไม่ได้ (ครั้ง)	ผลลัพธ์ของการตรวจจับ (%)
ใบหน้าที่ตรง	10	0	100.00
ใบหน้าที่หันขวา 15°	10	0	100.00
ใบหน้าที่หันขวา 45°	10	0	100.00
ใบหน้าที่หันซ้าย 15°	10	0	100.00
ใบหน้าที่หันซ้าย 45°	10	0	100.00
ใบหน้าที่เอียงขวา 15°	10	0	100.00
ใบหน้าที่เอียงขวา 45°	9	1	90.00
ใบหน้าที่เอียงซ้าย 15°	10	0	100.00
ใบหน้าที่เอียงซ้าย 45°	8	2	80.00
ใบหน้าที่ก้ม 15°	10	0	100.00
ใบหน้าที่ก้ม 45°	10	0	100.00
ใบหน้าที่เงย 15°	10	0	100.00
ใบหน้าที่เงย 45°	10	0	100.00
รวม	127	3	97.69
ความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ (%)	2.31		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.1 แสดงผลลัพธ์ของการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันทั้ง 13 มุม ของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection ผลลัพธ์ของความสามารถตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 97.69% และความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 2.31%

ตารางที่ 4.2 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันสำหรับบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

องศาการจัดวาง ใบหน้า	ตรวจจับได้ (ครั้ง)	ตรวจจับไม่ได้ (ครั้ง)	ผลลัพธ์ของการตรวจจับ (%)
ใบหน้าตรง	10	0	100.00
ใบหน้าหันขวา 15°	10	0	100.00
ใบหน้าหันขวา 45°	10	0	100.00
ใบหน้าหันซ้าย 15°	10	0	100.00
ใบหน้าหันซ้าย 45°	10	0	100.00
ใบหน้าเอียงขวา 15°	10	0	100.00
ใบหน้าเอียงขวา 45°	9	1	90.00
ใบหน้าเอียงซ้าย 15°	10	0	100.00
ใบหน้าเอียงซ้าย 45°	10	0	100.00
ใบหน้าก้ม 15°	10	0	100.00
ใบหน้าก้ม 45°	10	0	100.00
ใบหน้าเงย 15°	10	0	100.00
ใบหน้าเงย 45°	10	0	100.00
รวม	129	1	99.23
ความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ (%)	0.77		

ตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ของการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันทั้ง 13 มุม ของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection ผลลัพธ์ของความสามารถตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 99.23% และความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 0.77%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้ง 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

องศาการจัดวาง ใบหน้า	ตรวจจับได้ (ครั้ง)	ตรวจจับไม่ได้ (ครั้ง)	ผลลัพธ์ของการตรวจจับ (%)
ใบหน้าตรง	20	0	100.00
ใบหน้าหันขวา 15°	17	3	85.00
ใบหน้าหันขวา 45°	11	9	55.00
ใบหน้าหันซ้าย 15°	16	4	80.00
ใบหน้าหันซ้าย 45°	9	11	45.00
ใบหน้าเอียงขวา 15°	16	4	80.00
ใบหน้าเอียงขวา 45°	7	13	35.00
ใบหน้าเอียงซ้าย 15°	17	3	85.00
ใบหน้าเอียงซ้าย 45°	12	8	60.00
ใบหน้าที่ก้ม 15°	18	2	90.00
ใบหน้าที่ก้ม 45°	8	12	40.00
ใบหน้าที่เงย 15°	16	4	80.00
ใบหน้าที่เงย 45°	6	14	30.00
รวม	173	87	66.54
ความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ (%)			33.46

ตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์ของการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันทั้ง 13 มุมของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection ผลลัพธ์ของการรวมความสามารถในการตรวจจับได้ในทุกองศาการจัดวางใบหน้าที่มีค่าเท่ากับ 173 ครั้ง จากการทดสอบทั้งหมด 260 ครั้ง คิดเป็นผลลัพธ์ของความสามารถตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 66.54% และความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 33.46%

ตารางที่ 4.4 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้ง 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

องศาการจัดวาง ใบหน้า	ตรวจจับได้ (ครั้ง)	ตรวจจับไม่ได้ (ครั้ง)	ผลลัพธ์ของการตรวจจับ (%)
ใบหน้าตรง	20	0	100.00
ใบหน้าหันขวา 15°	19	1	95.00
ใบหน้าหันขวา 45°	18	2	90.00
ใบหน้าหันซ้าย 15°	19	1	95.00
ใบหน้าหันซ้าย 45°	17	3	85.00
ใบหน้าเอียงขวา 15°	18	2	90.00
ใบหน้าเอียงขวา 45°	17	3	85.00
ใบหน้าเอียงซ้าย 15°	19	1	95.00
ใบหน้าเอียงซ้าย 45°	18	2	90.00
ใบหน้าที่ก้ม 15°	20	0	100.00
ใบหน้าที่ก้ม 45°	19	1	95.00
ใบหน้าที่เงย 15°	19	1	95.00
ใบหน้าที่เงย 45°	17	3	85.00
รวม	240	20	92.31
ความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ (%)			7.69

ตารางที่ 4.4 แสดงผลลัพธ์ของการทดลองการตรวจจับใบหน้าจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าในองศาที่แตกต่างกันทั้ง 13 มุมของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10 คน ๆ ละ 2 ครั้ง โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection ผลลัพธ์ของการรวมความสามารถในการตรวจจับได้ในทุกองศาการจัดวางใบหน้าเท่ากับ 240 ครั้ง จากการทดสอบทั้งหมด 260 ครั้ง คิดเป็นผลลัพธ์ของความสามารถตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 92.31% และความผิดพลาดรวมของการตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เท่ากับ 7.69% เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection ผลลัพธ์ของความสามารถตรวจจับได้ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์เพิ่มขึ้น 38.73%

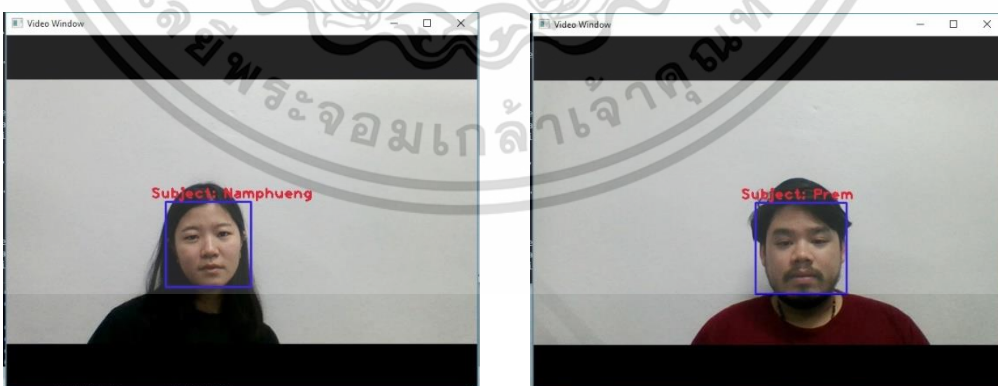
4.1.2 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล

การทดลองการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูล เพื่อหาประสิทธิภาพของการพัฒนารูปแบบการสร้างฐานข้อมูล โดยการทดลองบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลถูกทำการทดลอง 10 คน คนละ 2 ครั้งติดต่อกัน และการทดลองอีกรูปแบบหนึ่งถูกทดลองบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลสลับกันแบบหนึ่งต่อหนึ่งอย่างละ 10 คน ทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง การทดลองภายใต้การสร้างฐานที่แตกต่างกัน 2 รูปแบบคือ Static database collection และ Dynamic database collection โดยการบันทึกผลลัพธ์การทดลองของการตรวจจับใบหน้าจะบันทึกการทดสอบทั้งบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูล สำหรับการบันทึกผลลัพธ์การทดลองของการจดจำใบหน้าจะบันทึกเฉพาะการทดสอบใบหน้าที่อยู่ในฐานข้อมูลเท่านั้น



(a) บุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล ตัวอย่างที่ 1

(b) บุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล ตัวอย่างที่ 2



(c) บุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล ตัวอย่างที่ 1

(d) บุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล ตัวอย่างที่ 2

รูปที่ 4.2 ผลการทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 4.2 แสดงตัวอย่างผลการทดลองของการตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูล โดยใช้การเก็บข้อมูลแบบ Static database collection และ Dynamic database collection ทำการทดสอบใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 10 คน คนละ 2 ครั้ง สำหรับการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่มีเฉพาะใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล และทำการทดสอบใบหน้าบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 10 คน สลับกับบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูล 10 คน คนละ 1 ครั้ง สำหรับการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่มีการผสมกันของผู้ทดสอบที่อยู่ในฐานและไม่อยู่ในฐานข้อมูล โดยมีระยะทางระหว่างกล้องถึงผู้ทดสอบห่างกัน 1 เมตร และมีการจัดวางใบหน้าตรงไม่ปิดบังใบหน้า ทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง ผลลัพธ์การทดลองแสดงในตารางที่ 4.5 และ ตารางที่ 4.6 ตามลำดับ

ตารางที่ 4.5 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในและไม่อยู่ในฐานข้อมูล โดยใช้การเก็บข้อมูลแบบ Static database collection

การทดสอบครั้งที่	ผู้ทดสอบทั้ง 10 คน อยู่ในฐานข้อมูล (ครั้ง)		ผู้ทดสอบอยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล อย่างละ 10 คน (ครั้ง)		
	ตรวจจับได้	จดจำได้	ตรวจจับได้ (อยู่ในฐานข้อมูล)	ตรวจจับได้ (ไม่อยู่ฯ)	จดจำได้
1	20	18	10	9	9
2	20	19	10	10	8
3	19	17	10	10	9
4	18	17	10	10	9
5	20	19	9	10	8
รวม	97	90	49	49	43
ผลลัพธ์ของการตรวจจับ (%)		97.50	ผลลัพธ์ของการจดจำ (%)		91.10
ความผิดพลาดของการตรวจจับ (%)		2.50	ความผิดพลาดของการจดจำ (%)		8.90

ตารางที่ 4.5 แสดงผลลัพธ์การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูล ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง โดยการสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection โดยผลลัพธ์ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของการตรวจจับเท่ากับ 97.50% และผลลัพธ์ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของการจดจำใบหน้าเท่ากับ 91.10%

ตารางที่ 4.6 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล โดยการใช้การเก็บข้อมูลแบบ Dynamic database collection

การทดสอบครั้งที่	ผู้ทดสอบทั้ง 10 คน อยู่ในฐานข้อมูล (ครั้ง)		ผู้ทดสอบอยู่และไม่อยู่ในฐานข้อมูล อย่างละ 10 คน (ครั้ง)		
	ตรวจจับได้	จดจำได้	ตรวจจับได้ (อยู่ในฐานข้อมูล)	ตรวจจับได้ (ไม่อยู่ฯ)	จดจำได้
1	20	19	10	10	8
2	20	20	10	9	9
3	19	18	10	10	9
4	20	19	10	10	8
5	20	19	9	10	8
รวม	99	95	49	49	42
ผลลัพธ์ของการตรวจจับ (%)	98.50		ผลลัพธ์ของการจดจำ (%)		92.57
ความผิดพลาดของการตรวจจับ (%)	1.50		ความผิดพลาดของการจดจำ (%)		7.43

ตารางที่ 4.6 แสดงผลลัพธ์การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูล ทำการทดลองทั้งหมด 5 ครั้ง โดยการสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection โดยผลลัพธ์ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของการตรวจจับเท่ากับ 98.50% และผลลัพธ์ในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ของการจดจำใบหน้าเท่ากับ 92.57% เมื่อเทียบกับการสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection ประสิทธิภาพของการตรวจจับใบหน้าเพิ่มขึ้น 1.37% และประสิทธิภาพของการจดจำใบหน้าเพิ่มขึ้น 3.01%

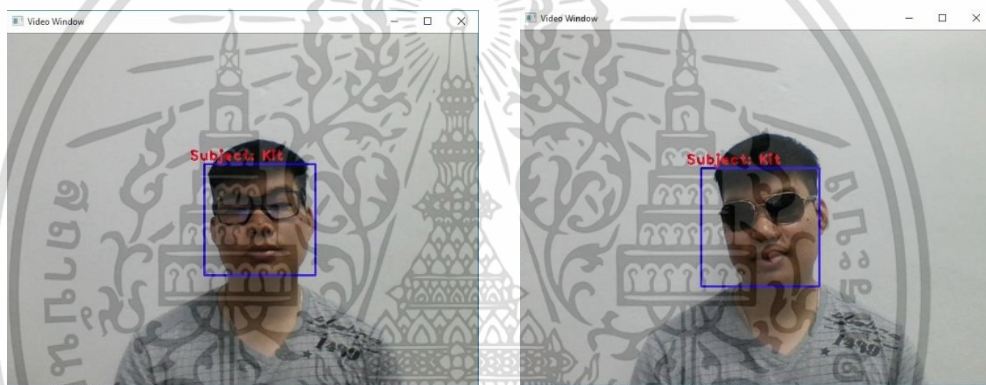
4.1.3 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้า

การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าถูกทำเพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมในการตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ ได้แก่ การปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกายและการปิดบังใบหน้าด้วยอุปกรณ์ทดสอบ โดยผู้ทดสอบจะถูกปิดบังใบหน้าด้วยอุปกรณ์ทดสอบที่ทำจากแผ่นพลาสติกสีดำโดยปิดบังใบหน้าแยกเป็นพื้นที่ต่าง ๆ ตามอวัยวะสำคัญบนใบหน้า แต่ละพื้นที่ที่ถูกปิดบังเป็นเปอร์เซ็นต์ของใบหน้ารวม ทั้งนี้การทดลองถูกเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยการใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection และ Dynamic database collection

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.1 การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกาย

การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกาย ประกอบไปด้วย การสวมใส่แว่นสายตา แว่นกันแดด หมวกและหน้ากากอนามัย โดยเครื่องแต่งกายแต่ละชนิดถูกนำมาสวมใส่ที่ละชนิดเพื่อทำการทดสอบ โดยเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าของเครื่องแต่งกายแต่ละชนิดเมื่อเทียบกับพื้นที่ใบหน้าทั้งหมดมีค่าเท่ากับ 10%, 30%, 20%, และ 50% สำหรับการสวมใส่แว่นตา การสวมใส่แว่นกันแดด การสวมใส่หมวกและการสวมใส่หน้ากากอนามัย ตามลำดับ รูปที่ 4.3 แสดงตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่สวมใส่เครื่องแต่งกาย โดยทดสอบบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมด 10 คน คนละ 2 ครั้ง ทำการทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ผลลัพธ์การทดลองแสดงในตารางที่ 4.7 - ตารางที่ 4.10 ตามลำดับ



(a) การใส่แว่นสายตา

(b) การใส่แว่นกันแดด



(c) การใส่หมวก

(d) การใส่หน้ากากอนามัย

รูปที่ 4.3 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยการสวมใส่เครื่องแต่งกาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

การทดสอบครั้งที่	แว่นสายตา	แว่นกันแดด	หมวก	หน้ากากอนามัย
1	15	7	18	14
2	17	12	19	15
3	15	8	18	13
4	14	8	17	16
5	18	10	18	14
รวม	79	45	90	72
ความผิดพลาด (%)	21.00	55.00	10.00	28.00

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยเครื่องแต่งกายโดยใช้การสร้างข้อมูลแบบ Static database collection โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตา แว่นกันแดด หมวกและหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 21.00%, 55.00%, 10.00%, และ 28.00% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.8 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

การทดสอบครั้งที่	แว่นสายตา	แว่นกันแดด	หมวก	หน้ากากอนามัย
1	16	15	18	16
2	15	17	19	18
3	17	17	19	16
4	16	16	18	15
5	17	17	17	16
รวม	81	82	91	81
ความผิดพลาด (%)	11.00	18.00	9.00	19.00

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยเครื่องแต่งกายโดยใช้การสร้างข้อมูลแบบ Dynamic database collection โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการตรวจจับใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตา แว่นกันแดด หมวกและหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 11.00%, 18.00%, 9.00%, และ 19.00% ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับการสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection ประสิทธิภาพในการตรวจจับใบหน้าที่เพิ่มขึ้น 17.13%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้เผยแพร่เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.9 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

การทดสอบครั้งที่	แว่นสายตา	แว่นกันแดด	หมวก	หน้ากากอนามัย
1	14	6	18	13
2	17	10	19	14
3	15	8	18	12
4	14	6	17	16
5	16	9	17	14
รวม	76	39	89	69
ความผิดพลาด (%)	3.80	13.33	2.22	4.17

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกายโดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการจดจำใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตา แว่นกันแดด หมวกและหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 3.80%, 13.33%, 2.22%, และ 4.17% ตามลำดับ

ตารางที่ 4.10 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกาย โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

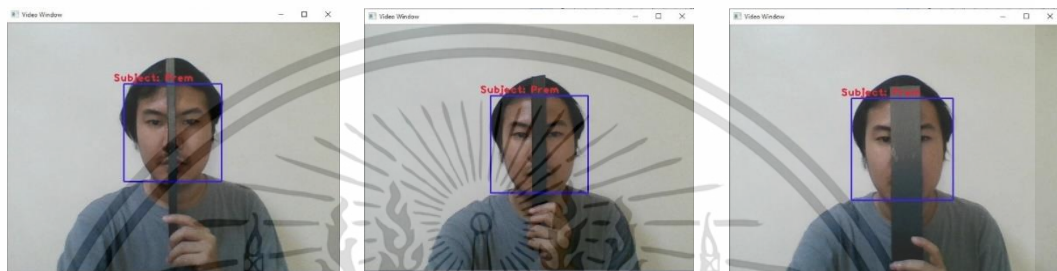
การทดสอบครั้งที่	แว่นสายตา	แว่นกันแดด	หมวก	หน้ากากอนามัย
1	16	15	17	15
2	15	15	19	18
3	17	17	19	16
4	15	14	18	14
5	16	16	16	15
รวม	79	77	89	78
ความผิดพลาด (%)	2.47	6.10	2.20	3.70

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกายโดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic data-base collection โดยเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของการจดจำใบหน้าที่สวมใส่แว่นสายตา แว่นกันแดด หมวกและหน้ากากอนามัยมีค่าเท่ากับ 2.47%, 6.10%, 2.20%, และ 3.70% ตามลำดับเมื่อเทียบกับการเก็บข้อมูลแบบ Static database collection มี

ประสิทธิภาพในการจดจำใบหน้าเพิ่มขึ้น 18.32% เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษานั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังใบหน้าด้วยอุปกรณ์ทดสอบ

รูปที่ 4.4 – รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าด้วยอุปกรณ์ทดสอบบริเวณสันจมูก หน้าผาก คาง ดวงตาทั้ง 2 ข้าง ในหน้าซีกซ้ายและใบหน้าซีกขวา ในแต่ละส่วนถูกทดสอบโดยการปิดบังในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ โดยทดสอบบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง การจัดวางใบหน้าตรง ระยะทางระหว่างผู้ทดสอบถึงกล้องห่างกัน 1 เมตร ผลลัพธ์การทดลองแสดงในตารางที่ 4.11 - ตารางที่ 4.14 ตามลำดับ

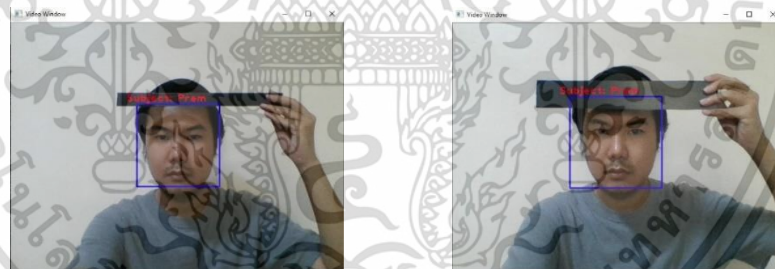


(a) ปิดบัง 10%

(b) ปิดบัง 20%

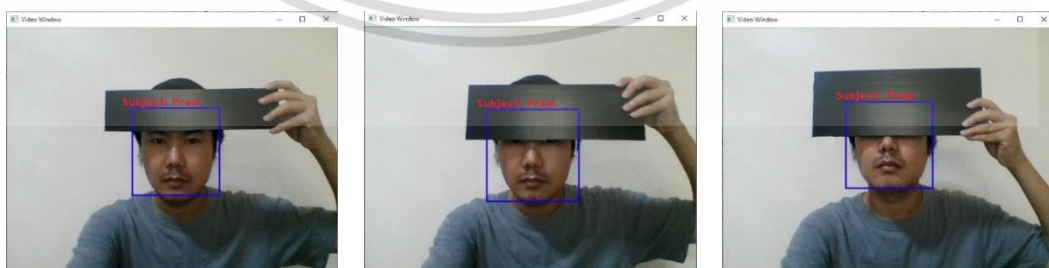
(c) ปิดบัง 30%

รูปที่ 4.4 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณสันจมูก



(a) ปิดบัง 10%

(b) ปิดบัง 20%



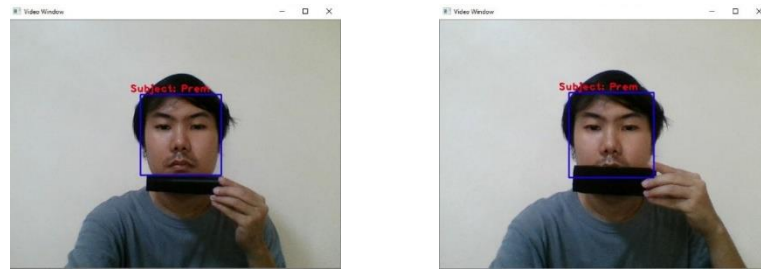
(c) ปิดบัง 30%

(d) ปิดบัง 40%

(e) ปิดบัง 50%

รูปที่ 4.5 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณหน้าผาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ปิดบัง 10%

(b) ปิดบัง 20%



(c) ปิดบัง 30%

(d) ปิดบัง 40%

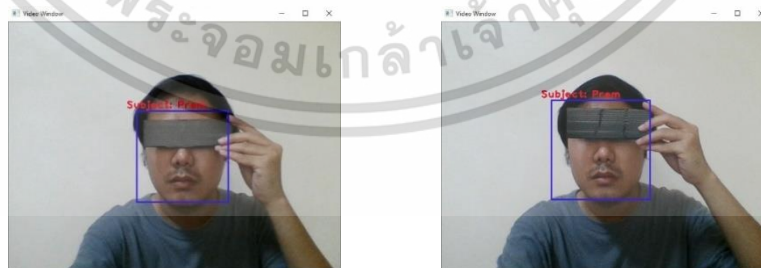
(e) ปิดบัง 50%

รูปที่ 4.6 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณคาง



(a) ปิดบัง 10%

(b) ปิดบัง 20%



(c) ปิดบัง 30%

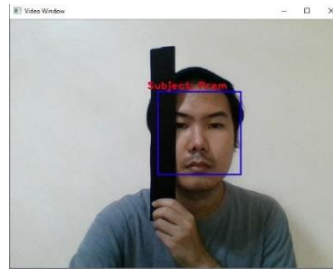
(d) ปิดบัง 40%

รูปที่ 4.7 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณดวงตาทั้ง 2 ข้าง

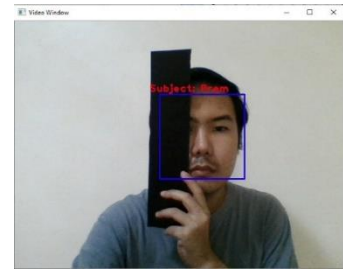
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



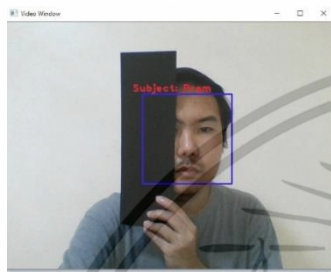
(a) ปิดบัง 10%



(b) ปิดบัง 20%



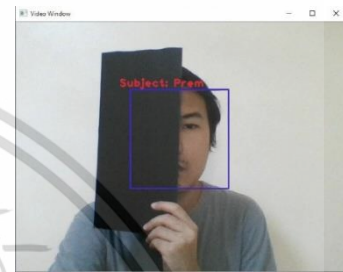
(c) ปิดบัง 30%



(d) ปิดบัง 40%



(e) ปิดบัง 50%



(f) ปิดบัง 60%

รูปที่ 4.8 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณใบหน้าชีกขวา



(a) ปิดบัง 10%



(b) ปิดบัง 20%



(c) ปิดบัง 30%



(d) ปิดบัง 40%



(e) ปิดบัง 50%



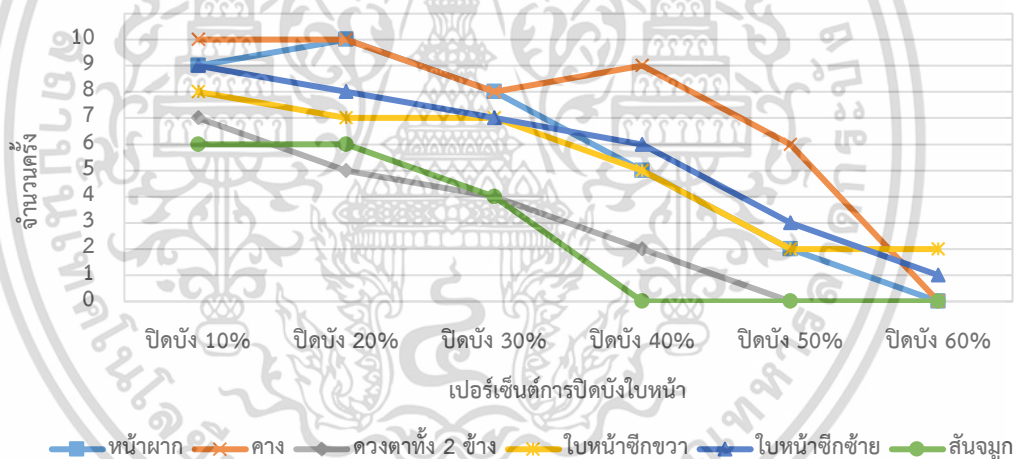
(f) ปิดบัง 60%

รูปที่ 4.9 ผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าบริเวณใบหน้าชีกซ้าย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

การแบ่งพื้นที่บนใบหน้า	ปิดบัง 10%	ปิดบัง 20%	ปิดบัง 30%	ปิดบัง 40%	ปิดบัง 50%	ปิดบัง 60%
หน้าผาก	9	10	8	5	2	-
คาง	10	10	8	9	6	-
ดวงตาทั้ง 2 ข้าง	7	5	4	2	-	-
ใบหน้าซีกขวา	8	7	7	5	2	2
ใบหน้าซีกซ้าย	9	8	7	6	3	1
สันจมูก	6	6	4	-	-	-
ผลลัพธ์การตรวจจับได้ (%)	81.67	76.67	63.33	45.00	21.67	5.00
ความผิดพลาด (%)	18.33	23.33	36.66	55.00	78.33	95.00



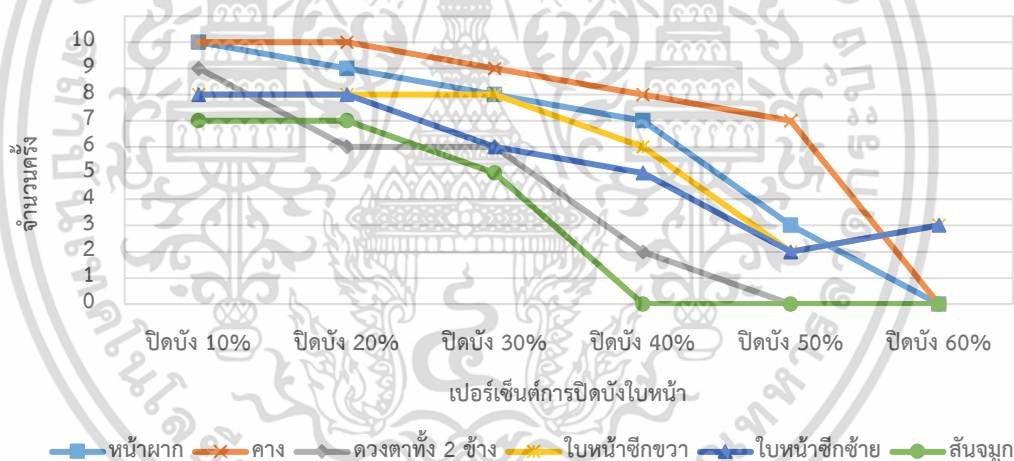
รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่ของการแบ่งพื้นที่บนใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ ผลลัพธ์การทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection มีค่าเท่ากับ 48.89% รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มของการตรวจจับได้ลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของการปิดบังใบหน้าที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

การแบ่งพื้นที่บนใบหน้า	ปิดบัง 10%	ปิดบัง 20%	ปิดบัง 30%	ปิดบัง 40%	ปิดบัง 50%	ปิดบัง 60%
หน้าผาก	10	9	8	7	3	-
คาง	10	10	9	8	7	-
ดวงตาทั้ง 2 ข้าง	9	6	6	2	-	-
ใบหน้าซีกขวา	8	8	8	6	2	3
ใบหน้าซีกซ้าย	8	8	6	5	2	3
สันจมูก	7	7	5	-	-	-
ผลลัพธ์การตรวจจับได้ (%)	86.67	80.00	70.00	46.67	23.33	10.00
ความผิดพลาด (%)	13.33	20.00	30.00	53.33	76.67	90.00



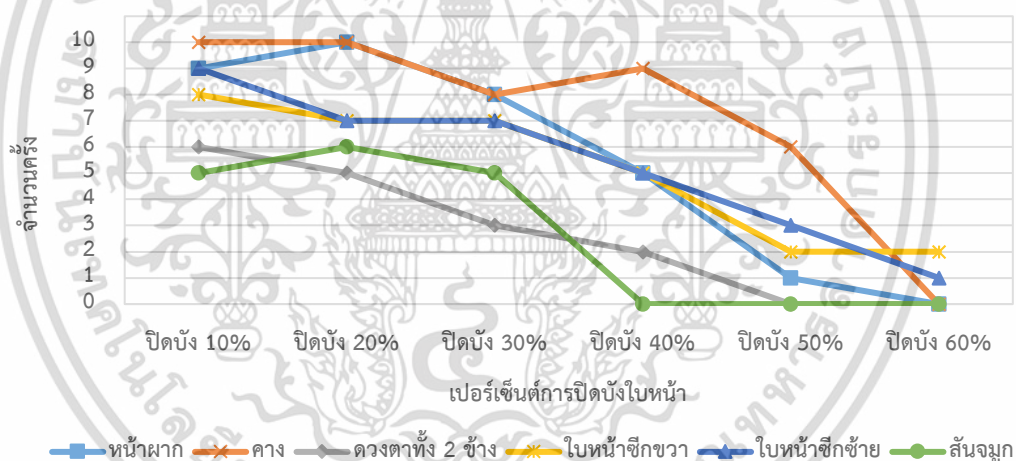
รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ ผลลัพธ์การทดลองการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection มีค่าเท่ากับ 52.78% รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มของการตรวจจับได้ลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของการปิดบังใบหน้าที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.13 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

การแบ่งพื้นที่บนใบหน้า	ปิดบัง 10%	ปิดบัง 20%	ปิดบัง 30%	ปิดบัง 40%	ปิดบัง 50%	ปิดบัง 60%
หน้าผาก	9	10	8	5	1	-
คาง	10	10	8	9	6	-
ดวงตาทั้ง 2 ข้าง	6	5	3	2	-	-
ใบหน้าซีกขวา	8	7	7	5	2	2
ใบหน้าซีกซ้าย	9	7	7	5	3	1
สันจมูก	5	6	4	-	-	-
ผลลัพธ์การจดจำได้ (%)	95.92	83.33	97.37	96.30	92.31	100.00
ความผิดพลาด (%)	4.08	16.67	2.63	3.70	7.69	0.00



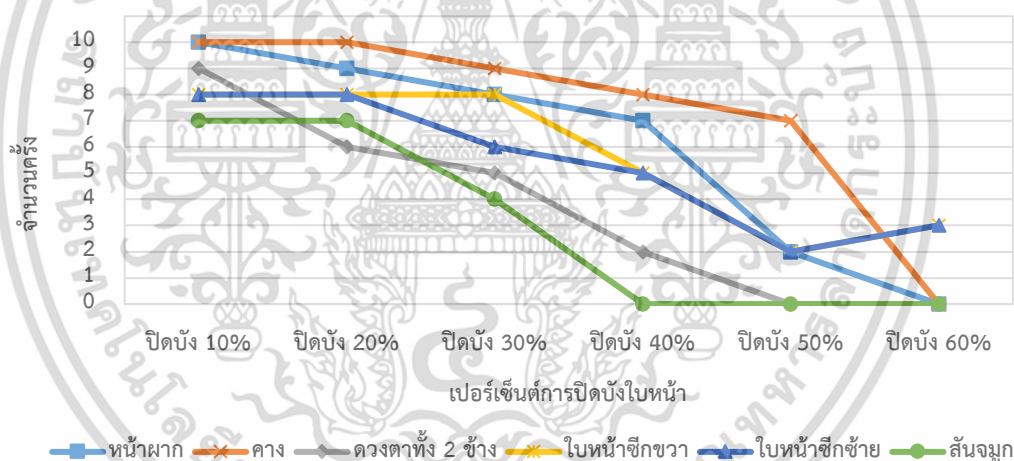
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าของการแบ่งพื้นที่บนใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

ตารางที่ 4.13 แสดงผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ ผลลัพธ์การทดลองการตรวจจับใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection มีค่าเท่ากับ 96.59% รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มของการตรวจจับได้ลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของการปิดบังใบหน้าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.14 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

การแบ่งพื้นที่บนใบหน้า	ปิดบัง 10%	ปิดบัง 20%	ปิดบัง 30%	ปิดบัง 40%	ปิดบัง 50%	ปิดบัง 60%
หน้าผาก	10	9	8	7	2	-
คาง	10	10	9	8	7	-
ดวงตาทั้ง 2 ข้าง	9	6	5	2	-	-
ใบหน้าซีกขวา	8	8	8	5	2	3
ใบหน้าซีกซ้าย	8	8	6	5	2	2
สันจมูก	7	7	3	-	-	-
ผลลัพธ์การจดจำได้ (%)	100.00	100.00	92.86	96.42	92.86	83.33
ความผิดพลาด (%)	0.00	0.00	7.14	3.57	7.14	16.67



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าของการแบ่งพื้นที่บนใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดลองการจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังโดยการแบ่งพื้นที่ใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์ ผลลัพธ์การทดลองการตรวจจับใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection มีค่าเท่ากับ 52.78% รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่แตกต่างกัน มีแนวโน้มของการตรวจจับได้ลดลงตามเปอร์เซ็นต์ของการปิดบังใบหน้าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

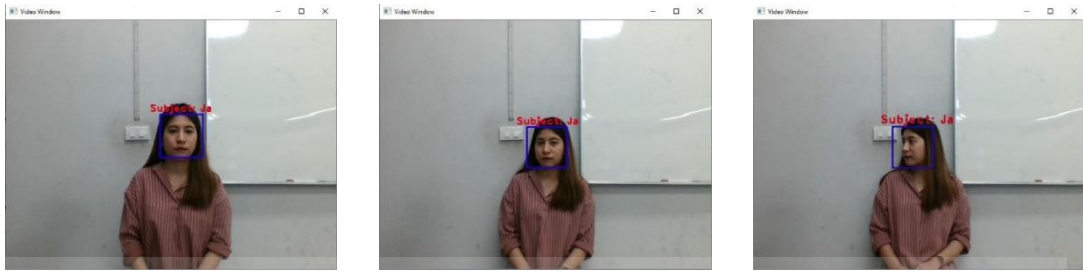
4.1.4 การทดลองการตรวจจับและจดจำใบหน้าในระยะห่างที่ต่างกัน

การทดลองนี้ต้องการหาประสิทธิภาพของโปรแกรมสำหรับการตรวจจับและการจดจำใบหน้าในระยะ 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร ตามลำดับ ใบหน้าของผู้ทดสอบจัดวางในองศาที่ต่างกัน แบบไม่ปิดบังใบหน้า โดยการทดลองแบ่งออกเป็น 4 รูปแบบ ได้แก่ การตรวจจับใบหน้าที่ระยะแตกต่างกันและการจดจำใบหน้าที่ระยะแตกต่างกัน ในแต่ละการทดลองถูกเปรียบเทียบผลลัพธ์โดยการใช้การสร้าฐานข้อมูลแบบ Static database collection และ Dynamic database collection



รูปที่ 4.14 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ระยะ 1 เมตร ที่เมืองศาการ จัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน

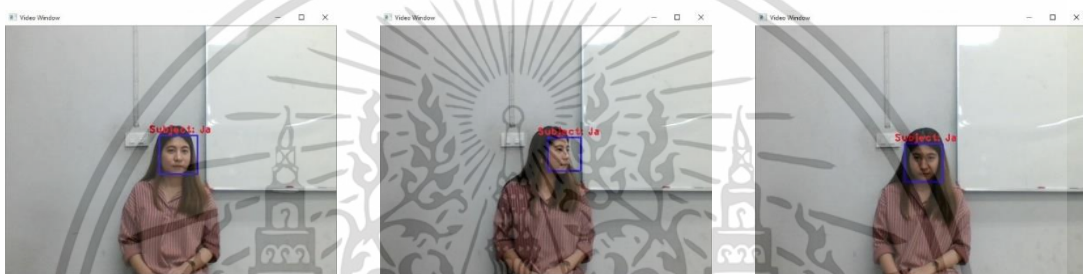
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ไบหน้าตรง

(b) ไบหน้าหันขวา 15°

(c) ไบหน้าหันขวา 75°



(d) ไบหน้าหันซ้าย 15°

(e) ไบหน้าหันซ้าย 75°

(f) ไบหน้าก้ม 15°



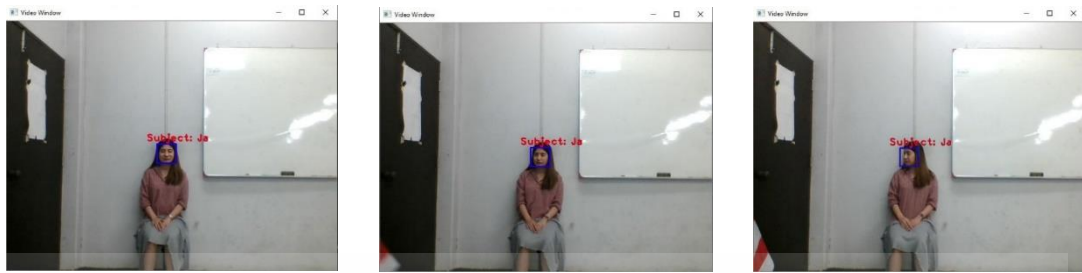
(g) ไบหน้าก้ม 60°

(h) ไบหน้าเงย 15°

(i) ไบหน้าเงย 60°

รูปที่ 4.15 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำไบหน้าที่ระยะ 2 เมตร ที่มีองศาการจัดวางไบหน้าที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ไบหน้าตรง

(b) ไบหน้าหันขวา 15°

(c) ไบหน้าหันขวา 75°



(d) ไบหน้าหันซ้าย 15°

(e) ไบหน้าหันซ้าย 75°

(f) ไบหน้าก้ม 15°



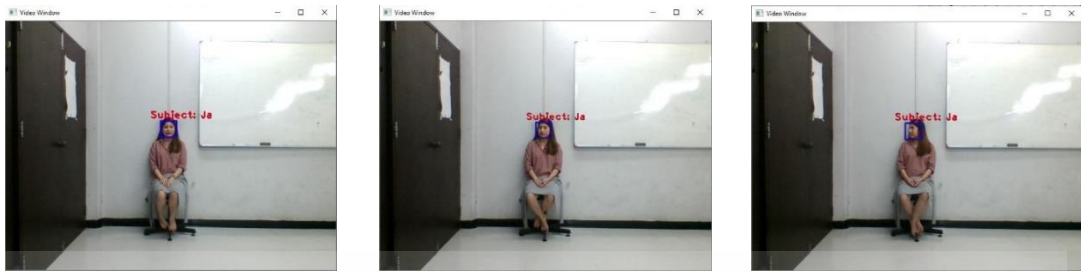
(g) ไบหน้าก้ม 60°

(h) ไบหน้าเงย 15°

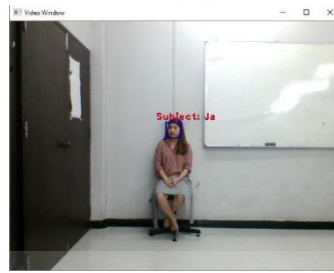
(i) ไบหน้าเงย 60°

รูปที่ 4.16 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำไบหน้าที่ระยะ 3 เมตร ที่มีองศาการจัดวางไบหน้าที่แตกต่างกัน

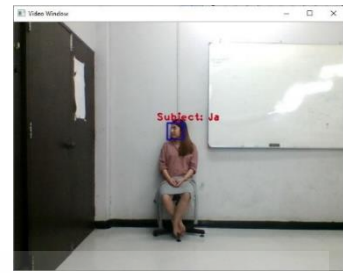
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



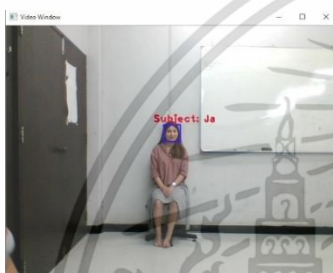
(a) ไบหน้าตรง



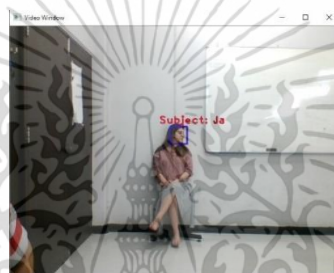
(b) ไบหน้าหันทขวา 15°



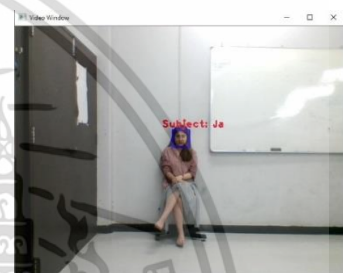
(c) ไบหน้าหันทขวา 75°



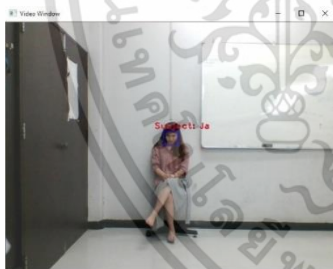
(d) ไบหน้าหันทซ้าย 15°



(e) ไบหน้าหันทซ้าย 75°



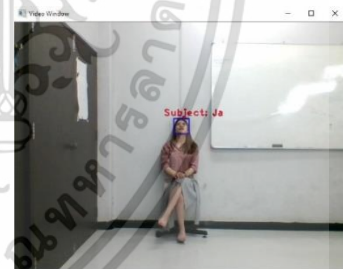
(f) ไบหน้าก้ม 15°



(g) ไบหน้าก้ม 60°



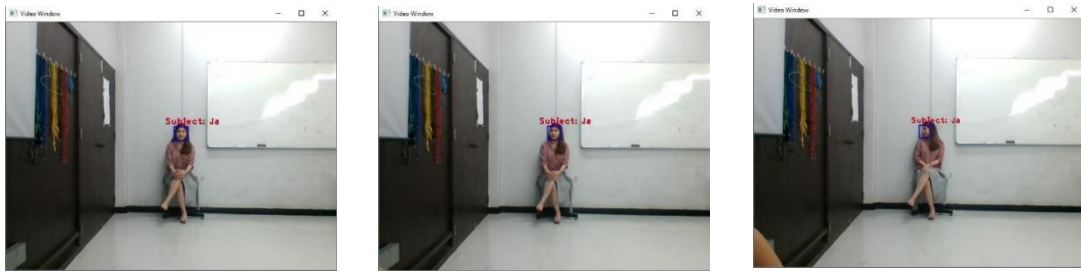
(h) ไบหน้าเงย 15°



(i) ไบหน้าเงย 60°

รูปที่ 4.17 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำไบหน้าที่ระยะ 4 เมตร ที่มีองศาการจัดวางไบหน้าที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) ไบหน้าตรง

(b) ไบหน้าหันขวา 15°

(c) ไบหน้าหันขวา 75°



(d) ไบหน้าหันซ้าย 15°

(e) ไบหน้าหันซ้าย 75°

(f) ไบหน้าก้ม 15°



(g) ไบหน้าก้ม 60°

(h) ไบหน้าเงย 15°

(i) ไบหน้าเงย 60°

รูปที่ 4.18 ตัวอย่างผลการทดลองการตรวจจับและการจดจำไบหน้าที่ระยะ 5 เมตร ที่มีองศาการจัดวางไบหน้าที่แตกต่างกัน

รูปที่ 4.14 – รูปที่ 4.18 แสดงรูปตัวอย่างการทดลองการตรวจจับไบหน้าที่ระยะ 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร ตามลำดับ โดยมีองศาการจัดวางไบหน้าที่แตกต่างกัน สำหรับการสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection และ Dynamic database collection โดยทำการทดสอบบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน จำนวน 10 ครั้ง ระยะทางระหว่างผู้ทดสอบถึงกล้องห่างกัน 1 เมตร ผลลัพธ์การทดลองแสดงในตารางที่ 4.15 – ตารางที่ 4.18 ตามลำดับ

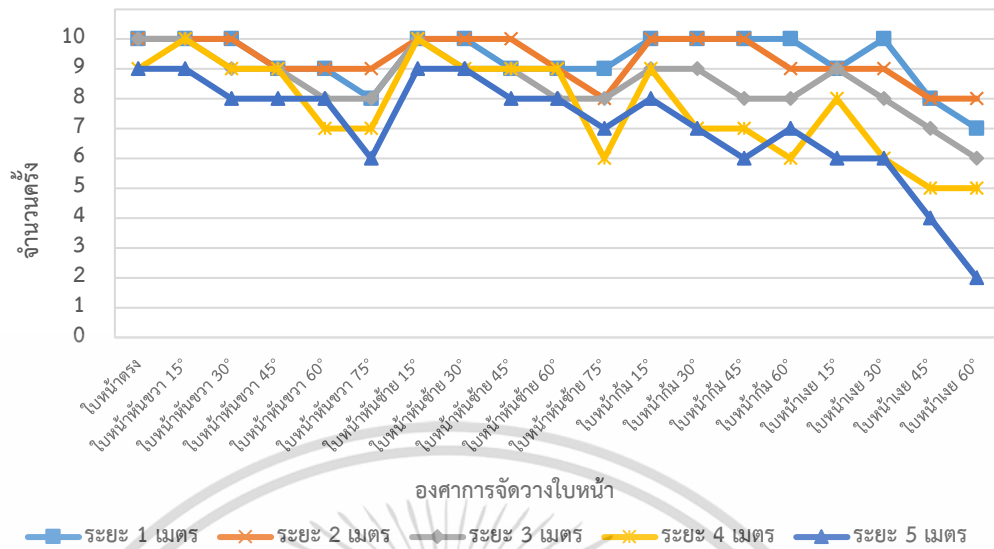
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.15 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

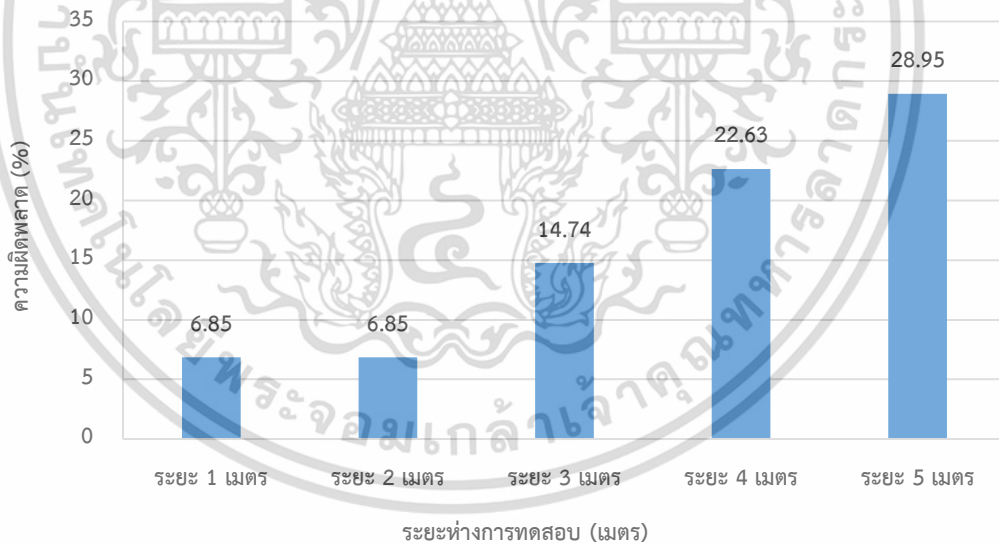
องศาการจัดวางใบหน้า	จำนวนของผลลัพธ์ที่ทดสอบได้ (ครั้ง)				
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
ใบหน้าตรง	10	10	10	9	9
ใบหน้าหันขวา 15°	10	10	10	10	9
ใบหน้าหันขวา 30°	10	10	9	9	8
ใบหน้าหันขวา 45°	9	9	9	9	8
ใบหน้าหันขวา 60°	9	9	8	7	8
ใบหน้าหันขวา 75°	8	9	8	7	6
ใบหน้าหันซ้าย 15°	10	10	10	10	9
ใบหน้าหันซ้าย 30°	10	10	9	9	9
ใบหน้าหันซ้าย 45°	9	10	9	9	8
ใบหน้าหันซ้าย 60°	9	9	8	9	8
ใบหน้าหันซ้าย 75°	9	8	8	6	7
ใบหน้าก้ม 15°	10	10	9	9	8
ใบหน้าก้ม 30°	10	10	9	7	7
ใบหน้าก้ม 45°	10	10	8	7	6
ใบหน้าก้ม 60°	10	9	8	6	7
ใบหน้าเงย 15°	9	9	9	8	6
ใบหน้าเงย 30°	10	9	8	6	6
ใบหน้าเงย 45°	8	8	7	5	4
ใบหน้าเงย 60°	7	8	6	5	2
รวม	177	177	162	147	135
ผลลัพธ์การตรวจจับได้ (%)	93.15	93.15	85.26	77.37	71.05
ความผิดพลาด (%)	6.85	6.85	14.74	22.63	28.95
ผลลัพธ์การตรวจจับรวม (%)	84.00				

ตารางที่ 15 แสดงผลลัพธ์การตรวจจับใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกันและมีองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection ที่ระยะ 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับรวม 84.00%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถตรวจจับได้เทียบกับองศาการจัดวางใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection



รูปที่ 4.20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการตรวจจับใบหน้าเทียบกับระยะทางการทดสอบ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

รูปที่ 19 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับองศาการจัดวางใบหน้า รูปที่ 20 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดของการตรวจจับเทียบกับระยะทดสอบ สำหรับการสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection

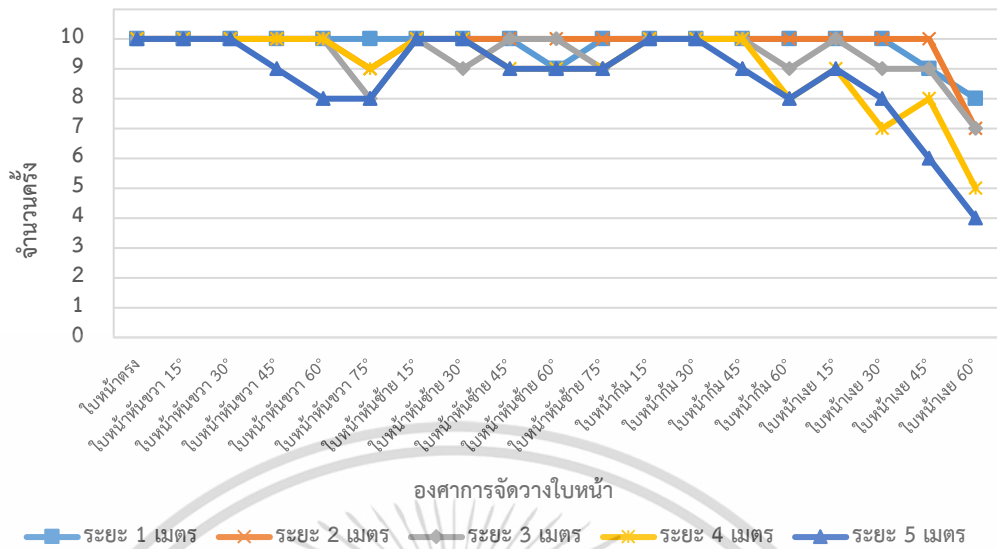
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.16 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

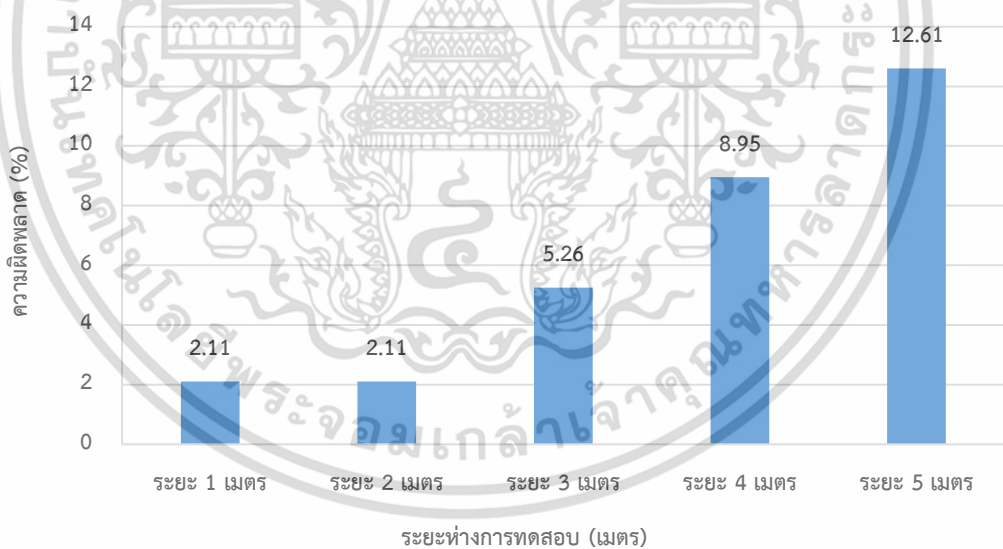
องศาการจัดวางใบหน้า	จำนวนครั้งของผลลัพธ์ที่ทดสอบได้				
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
ใบหน้าตรง	10	10	10	10	10
ใบหน้าหันขวา 15°	10	10	10	10	10
ใบหน้าหันขวา 30°	10	10	10	10	10
ใบหน้าหันขวา 45°	10	10	10	10	9
ใบหน้าหันขวา 60°	10	10	10	10	8
ใบหน้าหันขวา 75°	10	9	8	9	8
ใบหน้าหันซ้าย 15°	10	10	10	10	10
ใบหน้าหันซ้าย 30°	10	10	9	10	10
ใบหน้าหันซ้าย 45°	10	10	10	9	9
ใบหน้าหันซ้าย 60°	9	10	10	9	9
ใบหน้าหันซ้าย 75°	10	10	9	9	9
ใบหน้าก้ม 15°	10	10	10	10	10
ใบหน้าก้ม 30°	10	10	10	10	10
ใบหน้าก้ม 45°	10	10	10	10	9
ใบหน้าก้ม 60°	10	10	9	8	8
ใบหน้าเงย 15°	10	10	10	9	9
ใบหน้าเงย 30°	10	10	9	7	8
ใบหน้าเงย 45°	9	10	9	8	6
ใบหน้าเงย 60°	8	7	7	5	4
รวม	186	186	180	173	166
ผลลัพธ์การตรวจจับ (%)	97.89	97.89	94.74	91.05	87.39
ความผิดพลาด (%)	2.11	2.11	5.26	8.95	12.61
ผลลัพธ์การตรวจจับรวม (%)	93.79				

ตารางที่ 4.16 แสดงผลลัพธ์การตรวจจับใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกันและมีองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection ที่ระยะ 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับรวม 93.79%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถตรวจจับได้เทียบกับองศาการจัดวางใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection



รูปที่ 4.22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการตรวจจับใบหน้าเทียบกับระยะห่างการทดสอบ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

รูปที่ 21 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถตรวจจับได้เทียบกับองศาการจัดวางใบหน้า รูปที่ 22 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของค่าความผิดพลาดของการตรวจจับเทียบกับระยะทดสอบ สำหรับการสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

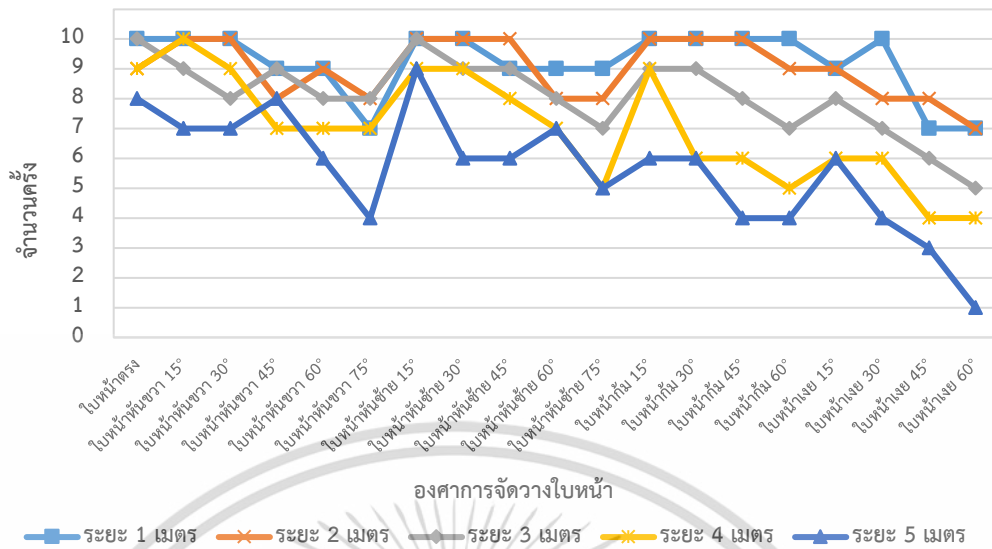
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.17 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้าง
ฐานข้อมูลแบบ Static database collection

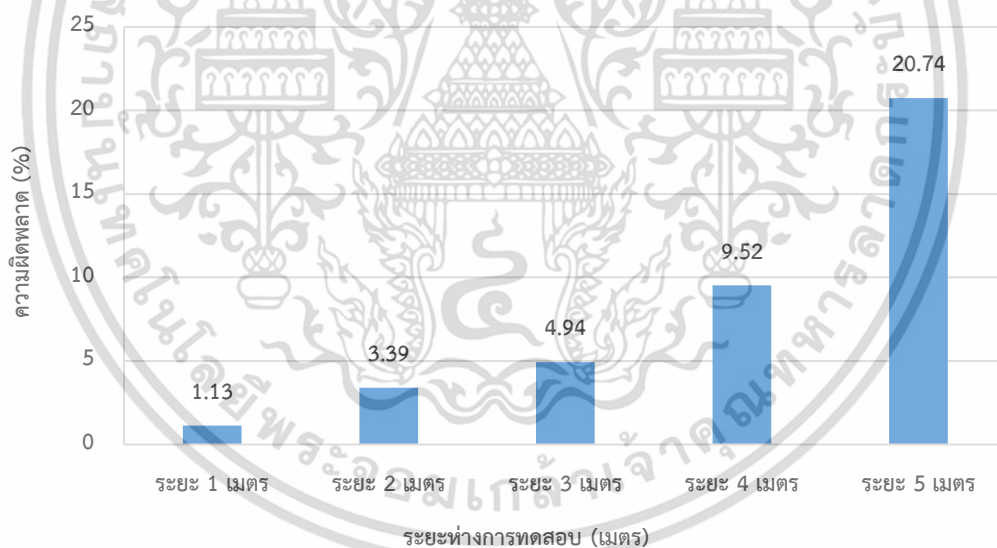
องศาการจัดวางใบหน้า	จำนวนครั้งของผลลัพธ์ที่ทดสอบได้				
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
ใบหน้าตรง	10	9	10	9	8
ใบหน้าหันขวา 15°	10	10	9	10	7
ใบหน้าหันขวา 30°	10	10	8	9	7
ใบหน้าหันขวา 45°	9	8	9	7	8
ใบหน้าหันขวา 60°	9	9	8	7	6
ใบหน้าหันขวา 75°	7	8	8	7	4
ใบหน้าหันซ้าย 15°	10	10	10	9	9
ใบหน้าหันซ้าย 30°	10	10	9	9	6
ใบหน้าหันซ้าย 45°	9	10	9	8	6
ใบหน้าหันซ้าย 60°	9	8	8	7	7
ใบหน้าหันซ้าย 75°	9	8	7	5	5
ใบหน้าที่้ม 15°	10	10	9	9	6
ใบหน้าที่้ม 30°	10	10	9	6	6
ใบหน้าที่้ม 45°	10	10	8	6	4
ใบหน้าที่้ม 60°	10	9	7	5	4
ใบหน้าเงย 15°	9	9	8	6	6
ใบหน้าเงย 30°	10	8	7	6	4
ใบหน้าเงย 45°	7	8	6	4	3
ใบหน้าเงย 60°	7	7	5	4	1
รวม	175	171	154	133	107
ผลลัพธ์การจดจำ(%)	98.87	96.61	95.06	90.48	79.26
ความผิดพลาด (%)	1.13	3.39	4.94	9.52	20.74
ผลลัพธ์การจดจำรวม (%)	92.73				

ตารางที่ 4.17 แสดงผลลัพธ์การจดจำใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกันและมีองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Static database collection ที่ระยะ 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร โดยผลลัพธ์ของการตรวจจบรวม 92.73%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถจดจำได้เทียบกับองค์การจัตวางใบหน้า โดยใช้การสร้งฐานข้อมูลแบบ Static database collection



รูปที่ 4.24 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการจดจำใบหน้าเทียบกับระยะห่างการทดสอบ โดยใช้การสร้งฐานข้อมูลแบบ Static database collection

รูปที่ 23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับองค์การจัตวางใบหน้าของการสร้งฐานข้อมูลแบบ Static database collection โดยการจัตวางใบหน้าเฉย 60° มีการเบี่ยงเบนมากที่สุด รูปที่ 24 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในรูปแบบกราฟแท่ง โดยความผิดพลาดจะแปรผันตรงกับระยะทางที่เพิ่มขึ้น

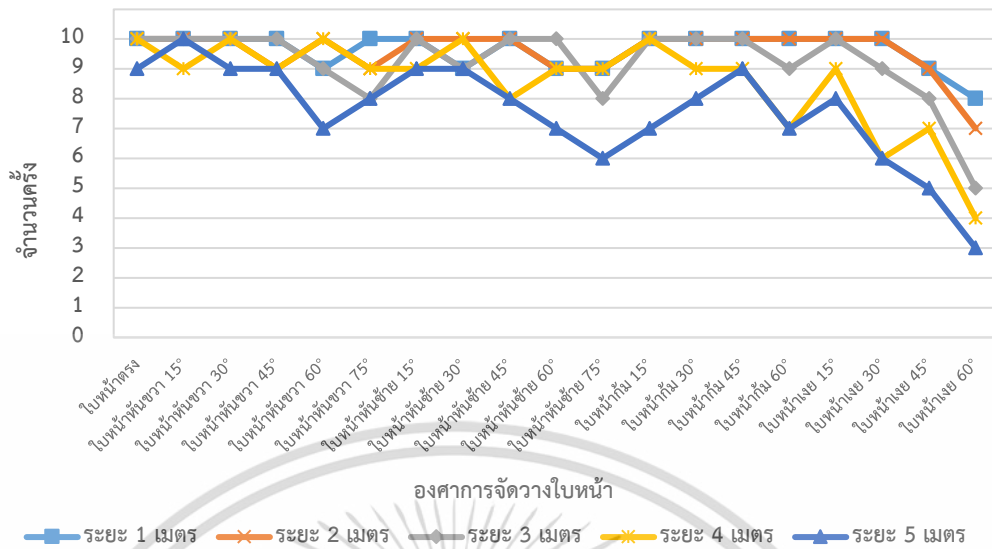
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.18 ผลการทดลองการจดจำใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

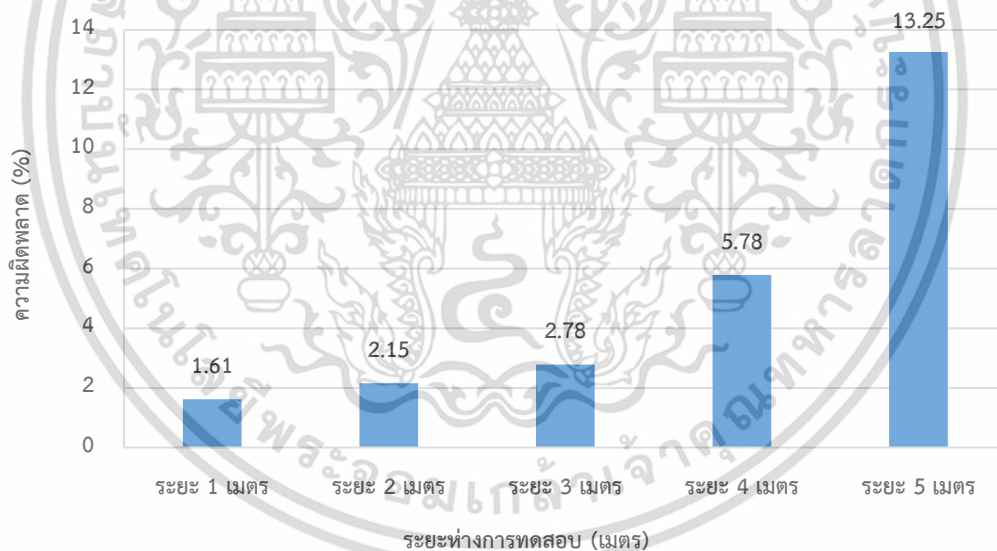
องศาการจัดวางใบหน้า	จำนวนครั้งของผลลัพธ์ที่ทดสอบได้				
	1 m	2 m	3 m	4 m	5 m
ใบหน้าตรง	10	10	10	10	9
ใบหน้าหันขวา 15°	10	10	10	9	10
ใบหน้าหันขวา 30°	10	10	10	10	9
ใบหน้าหันขวา 45°	10	9	10	9	9
ใบหน้าหันขวา 60°	9	10	9	10	7
ใบหน้าหันขวา 75°	10	9	8	9	8
ใบหน้าหันซ้าย 15°	10	10	10	9	9
ใบหน้าหันซ้าย 30°	9	10	9	10	9
ใบหน้าหันซ้าย 45°	10	10	10	8	8
ใบหน้าหันซ้าย 60°	9	9	10	9	7
ใบหน้าหันซ้าย 75°	9	9	8	9	6
ใบหน้าที่้ม 15°	10	10	10	10	7
ใบหน้าที่้ม 30°	10	10	10	9	8
ใบหน้าที่้ม 45°	10	10	10	9	9
ใบหน้าที่้ม 60°	10	10	9	7	7
ใบหน้าที่้ม 15°	10	10	10	9	8
ใบหน้าที่้ม 30°	10	10	9	6	6
ใบหน้าที่้ม 45°	9	9	8	7	5
ใบหน้าที่้ม 60°	8	7	5	4	3
รวม	183	182	175	163	144
ผลลัพธ์การจดจำ (%)	98.39	97.85	97.22	94.22	86.75
ความผิดพลาด (%)	1.61	2.15	2.78	5.78	13.25
ผลลัพธ์การจดจำรวม (%)	95.06				

ตารางที่ 18 แสดงผลลัพธ์การจดจำใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกันและมีองศาการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกัน โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection ที่ระยะ 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร โดยผลลัพธ์ของการตรวจจบรวม 95.06%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.25 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งของความสามารถจดจำได้เทียบกับองค์การจัตวางใบหน้า โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection



รูปที่ 4.26 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดการจดจำใบหน้าเทียบกับระยะห่างการทดสอบ โดยใช้การสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection

รูปที่ 25 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนครั้งที่สามารถจดจำได้เทียบกับองค์การจัตวางใบหน้าของการสร้างฐานข้อมูลแบบ Dynamic database collection โดยการจัตวางใบหน้าเลย 60° มีการเบี่ยงเบนมากที่สุด รูปที่ 26 แสดงเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดในรูปแบบกราฟแท่ง โดยความผิดพลาดจะแปรผันตรงกับระยะทางที่เพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 อภิปรายผลการทดลอง

การทดลองทั้ง 18 การทดลองมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของโปรแกรมการตรวจจับ และการจดจำใบหน้าเพื่อหาความแม่นยำ ตลอดจนความผิดพลาด โดยการทดลองแต่ละการทดลองมีจุดประสงค์ย่อยที่แตกต่างกันออกไป โดยจุดประสงค์ย่อยของแต่ละการทดลองตลอดจนประสิทธิภาพ จะถูกอภิปรายตามแต่ละย่อหน้าดังนี้

สำหรับการทดลองที่ 4.1.1 และ 4.1.2 การหาประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำ ใบหน้าถูกแบ่งออกเป็น 3 รูปแบบคือการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คน การตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 10 คน และการตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูลอย่างละ 10 คนโดยทำการทดลองสลับกันแบบหนึ่งต่อหนึ่ง สำหรับการทดลองแรกคือการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูล 1 คนมีจุดประสงค์เพื่อทดสอบความสามารถของอุปกรณ์และการทดสอบเพื่อหาความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ว่าการทดสอบ ภายใต้เงื่อนไขดังกล่าวโดยยังไม่พิจารณาปัจจัยภายนอกที่อาจจะมีบุคคลอื่นมาทดสอบ ผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นที่น่าพึงพอใจโดยผลลัพธ์มีค่าความผิดพลาดเพียง 0.77% เมื่ออุปกรณ์มีความน่าเชื่อถือในระดับหนึ่งแล้วจึงเปลี่ยนการทดลองโดยการนำบุคคลทั้ง 10 คนในฐานข้อมูลมาทำการทดสอบจุดประสงค์เพื่อหาความน่าเชื่อถือของใบหน้าที่แตกต่างกันแต่อยู่ในฐานข้อมูลทั้งหมดกับอีกอย่างหนึ่ง ก็คือการหาความสามารถในการทำซ้ำ (Repeatability) ของระบบ ผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นที่น่าพอใจเนื่องจากความผิดพลาดมีเพียง 7.69% ทั้งนี้การทดสอบถูกดำเนินการภายใต้เงื่อนไขที่ตรวจจับใบหน้า ที่ถูกจัดวางในองศาที่แตกต่างกัน เมื่อพิจารณาเพียงใบหน้าตรงค่าความแม่นยำมีค่า 100% สำหรับการทดลองสุดท้ายคือการตรวจจับและจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลและไม่อยู่ในฐานข้อมูลอย่างละ 10 คนโดยสลับกันทดสอบแบบหนึ่งต่อหนึ่ง จุดประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อต้องการหาความสามารถของระบบเมื่อเงื่อนไขการทดลองเปลี่ยนแปลงไป โดยผลลัพธ์เฉพาะการทดสอบใบหน้าตรงของการตรวจจับที่ค่าเท่ากับ 98.50% และผลลัพธ์การจดจำใบหน้ามีค่าเท่ากับ 92.57%

การทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าแบบปิดบังใบหน้าจุดประสงค์เพื่อหาความสามารถของโปรแกรมว่าเมื่อผู้ทดสอบถูกปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกาย และอุปกรณ์ทดสอบ แผ่นพลาสติกสีดำ โปรแกรมจะยังตรวจจับและจดจำใบหน้าได้หรือไม่ และมากน้อยเพียงใด โดยเงื่อนไขการทดลองถูกจัดให้การปิดบังใบหน้าเป็นเปอร์เซ็นต์สำหรับการทดลองโดยใช้อุปกรณ์ทดสอบ โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกายมีค่าความผิดพลาดสูงสุดที่ 19.00% สำหรับหน้ากากอนามัย และผลลัพธ์การจดจำใบหน้าที่ถูกปิดบังด้วยเครื่องแต่งกายมีค่าความผิดพลาดสูงสุดที่ 6.10% สำหรับการสวมใส่แว่นกันแดด ในส่วนของการทดสอบด้วยอุปกรณ์ทดสอบ นำเสนอด้วยเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำเนื่องจากในช่วงการปิดบังใบหน้าในระดับสูงบางพื้นที่โปรแกรมไม่สามารถตรวจจับใบหน้าได้ จึงนำเสนอด้วยค่าความแม่นยำของการตรวจจับสูงสุดที่ 86.67% และค่า

ความแม่นยำของการจดจำได้มีค่าสูงสุดที่ 100.00% ที่การปิดบังใบหน้า 10% และ 20% โดยผลลัพธ์ดังกล่าวจะมีค่าลดลงตามเปอร์เซ็นต์การปิดบังใบหน้าที่เพิ่มมากขึ้น

สำหรับการทดลองการตรวจจับและการจดจำใบหน้าในระยะห่างที่แตกต่างกันทำการทดลองภายใต้เงื่อนไขที่ผู้ทดสอบอยู่ห่างจากกล้องที่ระยะ 1, 2, 3, 4, และ 5 เมตร ตามลำดับ โดยจุดประสงค์ของการทดลองนี้เพื่อต้องการหาความสามารถของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าที่ระยะแตกต่างกันโดยทำการทดสอบใบหน้าที่วางตำแหน่งที่แตกต่างกันทั้ง 19 ตำแหน่งแล้วนำค่าของการตรวจจับได้ทั้ง 10 ครั้งมาหาผลลัพธ์รวมที่ระยะต่าง ๆ โดยผลลัพธ์ของการตรวจจับใบหน้าที่รวมที่ 93.79% และผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้าที่รวม 95.06% โดยผลลัพธ์ดังกล่าวเป็นที่น่าพึงพอใจสำหรับการทดสอบนี้

การอภิปรายผลการทดลองได้หยาบยกความสามารถออกมานำเสนอให้เห็นจุดเด่นของการทำงานของโปรแกรมที่งานวิจัยฉบับนี้เลือกใช้ใช้งาน โดยผลลัพธ์เป็นที่น่าพึงพอใจทั้งความน่าเชื่อถือของอุปกรณ์ ความสามารถในการทำซ้ำของระบบ และประสิทธิภาพการตรวจจับและการจดจำใบหน้าต่าง ๆ ที่ได้ถูกทดสอบตามเงื่อนไขที่แตกต่างกันดังที่ได้นำเสนอไปแล้ว เหตุผลทั้งหมดที่ได้กล่าวนี้จึงเป็นบทสรุปของการพัฒนาประสิทธิภาพของโปรแกรมโดยการออกแบบการสร้างฐานข้อมูลตามสมมติฐานในการเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของโปรแกรมและผลลัพธ์เป็นไปตามการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งเน้นการพัฒนาต่อยอดจากของเดิมในส่วนของการจัดเก็บรูปภาพต้นแบบของบุคคลแยกตามโพลเดออร์ของแต่ละบุคคลเพื่อใช้ในการเรียนรู้การจดจำใบหน้าของโปรแกรม จากเดิมที่มีการสร้างฐานข้อมูลด้วยการเก็บรูปภาพเพียง 4-5 รูปในมุมที่แตกต่างกันอย่างไร้รูปแบบ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการใหม่ของการเก็บรูปภาพด้วยวิธีการถ่ายภาพเคลื่อนไหวและให้ตัวโปรแกรมเป็นผู้จัดการวิธีการเก็บข้อมูลโดยการแยกรูปภาพออกมาจากภาพเคลื่อนไหว โดยภาพเคลื่อนไหวดังกล่าวต้องถูกกระทำภายใต้การจัดวางใบหน้าตามองศาต่าง ๆ ที่มีแบบแผน เพื่อลดทรัพยากรในการจัดเก็บและลดความซับซ้อนของรูปภาพที่อาจเกิดขึ้นได้ถ้าไม่มีการกำหนดรูปแบบที่ตายตัวในการถ่ายภาพเคลื่อนไหวนั้น โดยลำดับแรกของการทดสอบโปรแกรมใช้ภาพใบหน้าบุคคลเพียง 1 คนทำการทดสอบซ้ำเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องมือว่ามีความแม่นยำเท่าไร ผลลัพธ์ดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 99.23% และเมื่อเพิ่มจำนวนผู้ทดสอบเป็น 10 คน ทดสอบการตรวจจับใบหน้าของบุคคลที่อยู่ในฐานข้อมูลจากตำแหน่งการจัดวางใบหน้าที่แตกต่างกันโดยยังไม่คำนึงถึงผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้า ผลลัพธ์ดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 92.31% และเพื่อทดสอบประสิทธิภาพการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของบุคคลที่อยู่ฐานข้อมูลและไม่อยู่ฐานข้อมูลสลับกัน ผลลัพธ์ดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 98.50%

ไม่เพียงแต่การหาประสิทธิภาพของการตรวจจับเพียงนั้น การหาขีดความสามารถหรือข้อจำกัดบางประการของการปิดบังใบหน้าได้ถูกนำมาทดสอบด้วยอุปกรณ์ทดสอบคือแผ่นพลาสติกสีดำ โดยปิดบังใบหน้าแยกตามอวัยวะที่สำคัญบนใบหน้า และการสวมใส่เครื่องแต่งกายดังนี้ การสวมใส่แว่นสายตา แว่นกันแดด หมวกและหน้ากากอนามัย โดยเงื่อนไขคือสวมใส่เครื่องแต่งกายทีละชนิด ผลลัพธ์ของการทดสอบการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของทั้ง 2 วิธี แสดงในรูปแบบเปอร์เซ็นต์ค่าความผิดพลาด และแสดงให้เห็นว่าการปิดบังใบหน้าด้วยเครื่องแต่งกายดังนี้ การสวมใส่แว่นสายตา แว่นกันแดด หมวกและหน้ากากอนามัย มีค่าเท่ากับ 11.00%, 18.00%, 9.00%, และ 19.00% ตามลำดับ ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสอดคล้องกับความเป็นจริงคือการสวมใส่หน้ากากอนามัยเมื่อคิดการปิดบังใบหน้าประมาณ 50% ของพื้นที่ใบหน้าทั้งหมด ความผิดพลาดดังกล่าวมีค่าสูงที่สุดเนื่องจากการปิดบังใบหน้าสูงสุดนั่นเอง สำหรับการปิดบังใบหน้าด้วยอุปกรณ์ทดสอบด้วยแผ่นพลาสติกสีดำ โดยปิดบังใบหน้าแยกตามอวัยวะที่สำคัญบนใบหน้าโดยแบ่งเป็นเปอร์เซ็นต์ของการปิดบังเมื่อเทียบกับพื้นที่ทั้งหมดของใบหน้าดังนี้ ปิดบัง 10%, ปิดบัง 20%, ปิดบัง 30%, ปิดบัง 40%, ปิดบัง 50%, และ ปิดบัง 60% ประสิทธิภาพที่สามารถตรวจจับได้มีค่าเท่ากับ 86.67%, 80.00%, 70.00%, 46.67%,

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

23.33%, และ 10.00% ตามลำดับ ประสิทธิภาพที่สามารถจดจำได้มีค่าเท่ากับ 100.00%, 100.00%, 92.86%, 96.42%, 92.86%, และ 83.33% ตามลำดับ ดังจะเห็นได้จากผลลัพธ์ของการตรวจจับใบหน้ามีค่าลดลงเรื่อย ๆ ตามการปิดบังที่เพิ่มมากขึ้น หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการปิดบังใบหน้าส่งผลกระทบต่ออย่างรุนแรงกับการตรวจจับใบหน้า แต่การปิดบังดังกล่าวส่งผลกระทบต่อไม่มากนักกับการจดจำใบหน้าในกรณีที่การตรวจสอบครั้งนั้นสามารถตรวจจับใบหน้าได้แล้ว

สำหรับการทดลองกรณีสุดท้ายเป็นการทดลองหาประสิทธิภาพการตรวจจับและการจดจำใบหน้าของโปรแกรมเมื่อผู้ทดสอบถูกจัดระยะห่างระหว่างผู้ทดสอบกับกล้องที่ระยะแตกต่างกันอีกทั้งจัดวางใบหน้าที่องศาแตกต่างกันดังนี้ ระยะห่างที่ 1 เมตร, 2 เมตร, 3 เมตร, 4 เมตร, และ 5 เมตร ตามลำดับ ประสิทธิภาพของการตรวจจับได้มีค่าเท่ากับ 97.89%, 97.89%, 94.74%, 91.05%, และ 87.39% ตามลำดับ ประสิทธิภาพของการจดจำใบหน้าได้มีค่าเท่ากับ 98.39%, 97.85%, 97.22%, 94.22%, และ 86.75% ตามลำดับ ผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่าระยะทางมีผลต่อการตรวจจับใบหน้าแต่มีผลไม่เท่ากับการปิดบังใบหน้า โปรแกรมสามารถตรวจจับใบหน้าได้ดีและสามารถยอมรับได้โดยมีระยะห่างผลในการตรวจจับอยู่ที่ 1-3 เมตร โดยจะมีค่าความผิดพลาดไม่เกิด 5% ซึ่งผลลัพธ์ดังกล่าวสามารถยอมรับได้ ส่วนการจดจำใบหน้ามีผลค่อนข้างมากเมื่อมีระยะทางที่ไกลขึ้น โดยมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดอยู่ที่ 13.25% ที่ระยะ 5 เมตร ซึ่งสามารถสรุปได้ว่าระยะทางยังมีความไกลมากขึ้นเท่าไร ผลลัพธ์ของการตรวจจับยังสามารถตรวจจับได้ แต่ผลลัพธ์ของการตรวจจับนั้นอาจจะไม่สามารถระบุได้ถูกต้องว่าภายในขณะนั้นตรงกับฐานข้อมูลของบุคคลใด จึงทำให้ผลลัพธ์ของการจดจำใบหน้ามีค่าความผิดพลาดเพิ่มขึ้นตามระยะทาง

5.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัย

เนื่องจากการศึกษาวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายของการทดลองเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจจับและการจดจำใบหน้าโดยการพัฒนาโปรแกรมให้มีความเหมาะสมและการปรับปรุงระบบการจัดเก็บฐานข้อมูลของการเรียนรู้การจดจำได้ของโปรแกรม ผลลัพธ์ดังแสดงในบทที่ 4 ในส่วนของข้อเสนอแนะของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือการพัฒนาต่อยอดจากประสิทธิภาพที่ได้รับการปรับปรุงให้ดีขึ้นนี้ควรนำไปใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์เพื่อลดขนาดของตัวอุปกรณ์และในกรณีที่ต้องการจำนวนเครื่องมือวัดในปริมาณมากแต่ต้องคำนึงถึงขนาดของข้อมูลซึ่งมีผลต่อการประมวลผลของโปรแกรมและการใช้กล้องที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้นจะสามารถช่วยให้การตรวจจับมีความแม่นยำมากขึ้น ในส่วนของการใช้งานควรกำหนดปริมาณแสงให้มีค่าใกล้เคียงกับตอนเก็บรูปภาพในฐานข้อมูลเพราะเนื่องจากความเข้มแสงมีความสำคัญสำหรับการจดจำใบหน้า ถ้าไม่กำหนดความเข้มแสงในการนำไปใช้งานคาดว่าประสิทธิภาพจะคลาดเคลื่อนไปจากที่ได้ทำการทดลองไว้ การพัฒนาต่อยอดให้โปรแกรมสามารถตรวจจับและจดจำใบหน้าบุคคลในเวลากลางคืนหรือสถานที่ที่มีแสงน้อยด้วยการใช้เทคโนโลยีกล้องอินฟราเรดก็จะช่วยลดข้อด้อยของงานวิจัยชิ้นนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.N. Nambiar, "**RFID technology: A review of its applications,**" Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, vol. II, October 20-22, 2009, San Francisco, USA.
- [2] M. Kaur, M. Sandhu, N. Mohan and P. S. Sandhu, "**RFID Technology Principles, Advantages, Limitations & Its Applications,**" International Journal of Computer and Electrical Engineering, vol. 3, no. 1, February 2011.
- [3] K. Jung and S. Lee, "**A systematic review of RFID applications and diffusion,**" Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity 2015.
- [4] L.H. Thai and H.N. Tam, "**Fingerprint recognition using standardized fingerprint model,**" International Journal of Computer Science Issues, vol. 7(3), pp. 11-17, May 2010.
- [5] M.R. Lourde and D. Khosla, "**Fingerprint identification in biometric security systems,**" International Journal of Computer and Electrical Engineering, vol. 2, pp. 1793-8163, October 2010.
- [6] N. Teerabenjakul and K. Sirisantisamrid, "**Personal identification system using finger contours,**" International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology, August 21-24, 2013, Bangkok, Thailand.
- [7] P. Viola and M. Jones, "**Rapid object detection using a boosted cascade of simple features,**" IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511518, 2001.
- [8] Y.Q. Wang, "**An Analysis of the Viola-Jones Face Detection Algorithm,**" Image Processing On Line, pp. 128–148, 2014.
- [9] P. Viola and M. Jones, "**Robust real-time face detection,**" International Journal of Computer Vision, vol. 57(2), pp. 137–154, 2004.
- [10] A. D. Egorov, A. N. Shtanko and P. E. Minin, "**Selection of Viola–Jones Algorithm Parameters for Specific Conditions,**" Bulletin of the Lebedev Physics Institute, vol. 42, no. 8, pp. 244–248, 2015.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

- [11] J. Kaur and A. Sharma, "Performance Analysis of Face Detection by using Viola-Jones algorithm," International Journal of Computational Intelligence Research, vol. 13, no. 5, pp. 707-717, 2017.
- [12] N. Singla and S. Sharma, "Advanced survey on face detection techniques in image processing," International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology, vol. 2(1), Jan-March 2014.
- [13] M.K Dabhi and B.K Pancholi, "Face Detection System Based on Viola - Jones Algorithm," International Journal of Science and Research (IJSR), vol. 5 Issue 4, April 2016.
- [14] G.N.M.K. Raya, A.N. Jati, and R.E. Saputra, "Analysis realization of Viola-Jones method for face detection on CCTV camera based on embedded system," International Conference on Robotics, Biomimetics and Intelligent Computational Systems (Robionetics), August 23-25, 2017, Bali, Indonesia.
- [15] Suchart Kumane, "Programming Expert with Python," Bangkok, Thailand, January 2019.
- [16] Charles R. Severance. "Python for Everybody," Ann Arbor, MI, USA, September 2013.
- [17] Gary Bradski and Adrian Kaehler, "Learning OpenCV," O'Reilly Media, Sebastopol, California, USA, September 2008.
- [18] Ole Helvig Jensen, "Implementing the Viola-Jones Face Detection Algorithm," Kongens Lyngby, Denmark, September 2008.
- [19] กระทรวงแรงงาน, [Online]. Available: <http://www.ratchakitcha.soc.go.th/DATA/PDF/2549/00183246.PDF>. March 2006.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก
(รายการโปรแกรมที่ใช้ในงานวิจัย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. โปรแกรมการตรวจจับและการจดจำใบหน้า

```

import cv2
#import cv2.cv as cv
import numpy as np
import os
import sys, time
#import requests, facebook

def get_images(path, size):
    """
    path: path to a folder which contains subfolders of for each subject/person
          which in turn contains pictures of subjects/persons.
    size: a tuple to resize images.
          Ex- (256, 256)
    """
    sub= 0
    images, labels= [], []
    people= []
    for subdir in os.listdir(path):
        for image in os.listdir(path+ "/" + subdir):
            #print(subdir, images)
            img= cv2.imread(path+os.path.sep+subdir+os.path.sep+image,
cv2.IMREAD_GRAYSCALE)
            img= cv2.resize(img, size)
            images.append(np.asarray(img, dtype= np.uint8))
            labels.append(sub)
            #cv2.imshow("win", img)
            #cv2.waitKey(10)
        people.append(subdir)
        sub+= 1
    return [images, labels, people]

def detect_faces(image):
    """

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

Takes an image as input and returns an array of bounding box(es).
'''
frontal_face= cv2.CascadeClassifier("haarcascade_frontalface_default.xml")
bBoxes= frontal_face.detectMultiScale(image, scaleFactor=1.3, minNeighbors=4,
minSize=(30, 30), flags = cv2.CASCADE_SCALE_IMAGE)
#flags = cv2.CV_HAAR_SCALE_IMAGE)
return bBoxes
def train_model(path):
'''
Takes path to images and train a face recognition model
Returns trained model and people
'''
[images, labels, people]= get_images(sys.argv[1], (256, 256))
#print([images, labels])
labels= np.asarray(labels, dtype= np.int32)
# initializing eigen_model and training
print("Initializing eigen FaceRecognizer and training...")
stime= time.clock()
eigen_model= cv2.face.EigenFaceRecognizer_create()
eigen_model.train(images, labels)
print("\tSuccessfully completed training in "+ str(time.clock()- stime)+ " Secs!")
return [eigen_model, people]
def majority(mylist):
'''
Takes a list and returns an element which has highest frequency in the given list.
'''
myset= set(mylist)
ans= mylist[0]
ans_f= mylist.count(ans)
for i in myset:
    if mylist.count(i)> ans_f:
        ans= i

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

ans_f= mylist.count(i)
return ans
def post_on_facebook(intruder, counter, picture_name):
    # has a life time of 1 hr. So, no use even if you steal this
    token=
"CAACEdEose0cBAPr3Hjm3zudDaDg0CHZBbWj9TBKyBJH6NSXkNYT9nCqvMnp5rdjjBStMkt8aiicc
22tyZBs5wb8g4jZCg2wfoBQUc8C7p38VoZBQWRgbZAZCQ8MDjeBFZBxvs5Ex0X0QhKor3ZAJMZ
BvjWFXf0Rdd6LDdhuwvfZCeakRbM4kTyXbZCwHpXmsj6kX4bJ1ZA5JDMZBdLXJYeV9BlzM"
    url= "https://graph.facebook.com/me/feed"
    graph= facebook.GraphAPI(access_token= token)
    my_message1= "Surya is not in his room at present and "+ intruder+ " entered into his
room without permission."
    my_message2= "PS: This is automatically posted by 'intruder alert system' built by
Surya!\n"
    final_message= my_message1+"\n\n"+my_message2+ "\n"+ str(counter)
    #post on facebook using requests.
    # params= {"access_token": token, "message": final_message}
    # posted= requests.post(url, params)
    # if str(posted)== "<Response [200]>":
    #     print("\tSuccessfully posted on your timeline.")
    # else:
    #     print("\tPlease check your token and its permissions.")
    #     print("\tYou cannot post same message more than once in a single POST request.")
    #post on facebook using python GraphAPI
    graph.put_photo(image= open(picture_name), message= final_message)
if __name__ == "__main__":
    if len(sys.argv)!= 2:
        print("Wrong number of arguments! See the usage.\n")
        print("Usage: face_detrec_video.py <full/path/to/root/images/folder>")
        sys.exit()
    arg_one= sys.argv[1]
    eigen_model, people= train_model(arg_one)

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

#starts recording video from camera and detects & predict subjects
cap= cv2.VideoCapture(0)
counter= 0
last_20= [0 for i in range(20)]
final_5= []
box_text= "Subject: "
while(True):
    ret, frame= cap.read()
    gray_frame = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2GRAY)
    gray_frame = cv2.equalizeHist(gray_frame)
    bBoxes= detect_faces(gray_frame)
    for bBox in bBoxes:
        (p,q,r,s)= bBox
        cv2.rectangle(frame, (p,q), (p+r,q+s), (225,0,25), 2)
        crop_gray_frame= gray_frame[q:q+s, p:p+r]
        crop_gray_frame= cv2.resize(crop_gray_frame, (256, 256))
        [predicted_label, predicted_conf]=
eigen_model.predict(np.asarray(crop_gray_frame))
        last_20.append(predicted_label)
        last_20= last_20[1:]
        ""
        counter modulo x: changes value of final label for every x frames
        Use max_label or predicted_label as you wish to see in the output video.
        But, posting on facebook always use max_label as a parameter.
        ""
    cv2.putText(frame, box_text, (p-20, q-5), cv2.FONT_HERSHEY_PLAIN, 1.3, (25,0,225))
    if counter%10== 0:
        max_label= majority(last_20)
        #box_text= format("Subject: "+ people[max_label])
        box_text= format("Subject: "+ people[predicted_label])
        if counter == -20:

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

print("Will post on facebook timeline if this counter reaches to 5: "+
str(len(final_5)+ 1))

final_5.append(max_label)    #it always takes max_label into consideration
if len(final_5)== 5:
    final_label= majority(final_5)
    print("Intruder is "+ people[final_label])
    print("Posting on your facebook timeline...")
    picture_name= "frame.jpg"
    cv2.imwrite(picture_name, frame)
    post_on_facebook(people[final_label], counter, picture_name)
    final_5= []

cv2.imshow("Video Window", frame)
counter+= 1
if (cv2.waitKey(5) & 0xFF== 27):
    break
cv2.destroyAllWindows()

```

2. โปรแกรมการแยกรูปภาพออกจากภาพเคลื่อนไหว

```

import cv2
import numpy as np
import os
import time
# Playing video from file:
cap = cv2.VideoCapture('V001_Prem.mp4')
fps = cap.get(cv2.CAP_PROP_FPS)
print('fps: ' + str(fps))
try:
    if not os.path.exists('data'):
        os.makedirs('data')
except OSError:
    print ('Error: Creating directory of data')
currentFrame = 0

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

start_time = time.time()
dif_time = 1
start_frame = 0
while(True):
    # Capture frame-by-frame
    ret, frame = cap.read()
    # cap.set(cv2.CAP_PROP_FPS, fps*1000)
    start_frame = time.time()
    if ret:
        # Saves image of the current frame in jpg file
        if time.time() - start_time >= dif_time:
            name = './data/frame' + str(currentFrame) + '.jpg'
            print ('Creating..' + name)
            cv2.imwrite(name, frame)
            currentFrame += 1
            start_time = time.time()
            cv2.imshow('image',frame)
        if cv2.waitKey(1) & 0xFF == ord('q'):
            break
        while (time.time() - start_frame) < (1 / fps):
            pass
        # print(str(time.time() - start_frame))
# When everything done, release the capture
cap.release()
cv2.destroyAllWindows()

```


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ข
(ผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำวิทยานิพนธ์และได้รับการตีพิมพ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Conference Proceedings




iceast

2018

The 4th International Conference on Engineering,
Applied Sciences and Technology

"Exploring Innovative Solutions
for Smart Society"

Swissôtel Resort Phuket Patong Beach
Phuket, Thailand

July 4-7, 2018

iceast2018@kmitl.ac.th
www.iceast.org



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Application of the OpenCV-Python for Personal Identifier Statement

Witsarut Sriratana
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King mongkut's institute of
Technology Ladkrabang
(KMITL)
Bangkok, Thailand.
witsarut.sr@kmitl.ac.th

Suppakorn Mukma
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King mongkut's institute of
Technology Ladkrabang
(KMITL)
Bangkok, Thailand.
suppakorn.mukma@gmail.com

Narin Tammarugwattana
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King mongkut's institute of
Technology Ladkrabang
(KMITL)
Bangkok, Thailand.
narin.ta@kmitl.ac.th

Kaset Sirisantisamrid
Department of
Instrumentation and Control
Engineering
Faculty of Engineering,
King mongkut's institute of
Technology Ladkrabang
(KMITL)
Bangkok, Thailand.
kskaset@kmitl.ac.th

Abstract—Work attendance is one of the processes that either large or small companies need to be involved with. To reduce the time-consuming and improve the reliability of such process, this work proposes an alternative solution by applying the combinations of image processing and Viola Jones algorithm on the facial-employee database. The facial detection and recognition system shows the high accuracy over 90%. The proposed process not only improves the efficiency of the work attendance in term of data-collecting and data-analyzing but also possibly prevents the cheating of appearance compared to the old-fashion processes e.g. signing-paper or Radio Frequency Identification (RFID).

Keywords—personal identifier; viola & jones algorithm; openCV-python; facial detection

I. INTRODUCTION

Nowadays, the novel technologies have been applied to several everyday activities in order to improve accuracy, reduce time-consuming as well as provide better efficiency. The activity related to the human resources, especially the record of work attendance, is one of the crucial problems that either large or small companies need to deal with. The traditional ways famously used in recording the work attendance are signing-paper, time-stamping, scanning fingerprint or RFID [1-6]. Although the abovementioned methods are simple and cost effective, there are several inconveniences using such methods, i.e. the loss and damage of paper-based data collection, the complication in data analyzing as well as the reliance and trustworthiness of the processes. This article proposes an alternative method to identify employee by detection and recognition via the application developed by OpenCV-python together with Viola and Jones algorithm [7,8]. This application detects the employee's face and compares it with the individual facial database, then reports the identification of the employee. This method demonstrates not only the improvement in the process's reliability but also the efficiently cheating prevention. Moreover, this application also presents the economical implementation, easy installations as well as real-time detection.

II. PRINCIPLE OF VIOLA AND JONES ALGORITHM

The Viola and Jones algorithm is a well-known method using for highly effective and rapid real-time object detection [9-11]. The basic of this algorithm starts with the transformation of image to integral image and then separating into several patterns by Haar-like features. Moreover, AdaBoost and Cascade classifier techniques are used for feature selection and detecting enhancement, respectively [12-14].

A. Haar Feature Method

Haar Feature is a digital image method used in object recognition by analyzing the differences in level of pixels (i,j) of the images. The result presents the difference of the summation of similar pattern in the frame of $N \times N$ pixel image as presented in equation (1)

$$\sum_{1 \leq i \leq N} \sum_{1 \leq j \leq N} I(i,j) 1_{P(i,j) \text{ is white}} - \sum_{1 \leq i \leq N} \sum_{1 \leq j \leq N} I(i,j) 1_{P(i,j) \text{ is black}} \quad (1)$$

Where I and P are the original image and pattern, respectively. The sum of white pixel within white rectangular region is deleted with the sum of black pixels in black rectangular region. The input image needs to be square (24×24 pixels). All of features in this method are more than 160000 features and the pixel of the original image can be categorized by the features.

B. Integral Image Method

All the original images will be transformed to integral image by adding value of each pixel with the values of the top and left pixels. The results of integral image lead to the significant improvement of calculation time and accuracy as presented in equation (2)

$$\Pi(i,j) := \begin{cases} \sum_{1 \leq s \leq i} \sum_{1 \leq t \leq j} I(s,t), & 1 \leq i \leq N \text{ and } 1 \leq j \leq N \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

C. AdaBoost Classifier Method

AdaBoost is an abbreviation of “Adaptive Boosting” that famously used to improve the efficiency of the system by linking together several learning algorithms. The learning of AdaBoost is the protocol to search the group of pixels that contains the similar value comparing to the original image. The key idea of AdaBoost is to change weak classifier to become strong classifier by analyzing data set. The protocol starts with applying normal classification to observe the value of errors taken place. Then, adjusting weight in data set to continually classify until the strong model equipped with the highest accuracy is obtained.

D. Cascade Classifier Method

This type of classifier explains the method for manipulating images by cascading all sub-windows to reject the numbers of negative sub-windows or the areas that is not related to the part of human face. Therefore, all the positive sub-window or the areas expected to be the human face are protected for the image processing. The principle of this method is to collect several classifiers in the cascade in order to rapidly cut off the undesirable area. Therefore, the more complicating classifiers is applied, the lower value of false positive rate is obtained.

III. SYSTEM DESIGN AND CLASSIFICATION

A. Facial Recognition System

The processing of Facial Recognition System starts by importing Facial images and transformation from color to gray scale. The gray scale image is consequently analyzed by program to determine the Facial features, and stored in a database. The flowchart of the facial recognition is presented in Figure 1.

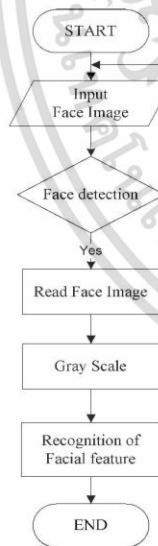


Fig. 1. Flowchart of face recognition program

1) Determination of Facial Boundary for Learning

The NxN-pixels square created by the program is used to determine the facial area. The square covers from the middle of forehead to chin and from the left ear to the right one as clearly shown in Figure 2.

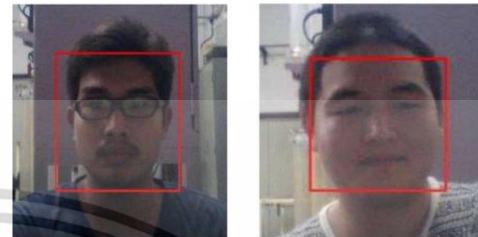


Fig. 2. Example of determination of facial boundary for learning

2) Image Processing for Individually Facial Recognition

To establish the individual facial database, it is necessary to design the make the program so that it is able to distinguish the differences in each face. By means of processing only the facial image, noticeable features on the face are recognized. It is worthwhile to mention that the image required for establishing database should take from the direct face under enough illumination in order that the image clearly contains the facial details as exemplified in Figure 3.

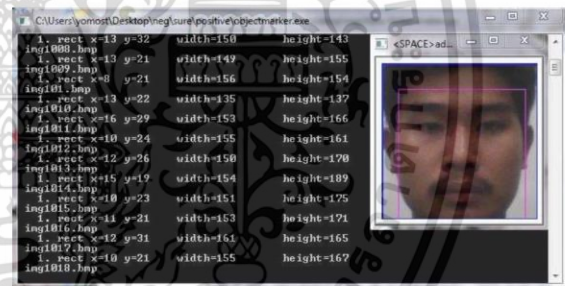


Fig. 3. Example of image processing for individually facial recognition

B. Facial Detection System

The facial detection system starts by importing necessary modules for programming and image processing. The loop “while” is employed to verify that the frame can use or not. In case of usable frame, the image transformation from color to gray scale is taken place. The gray scale image is consequently analyzed by Viola & Jones algorithm to determine the part of the human face in the considered image. If the program found the human face, the rectangular frame is created to cover the facial area and then restart again the looping protocol. The flowchart of the facial detection using Viola & Jones algorithm is presented in Figure 4.

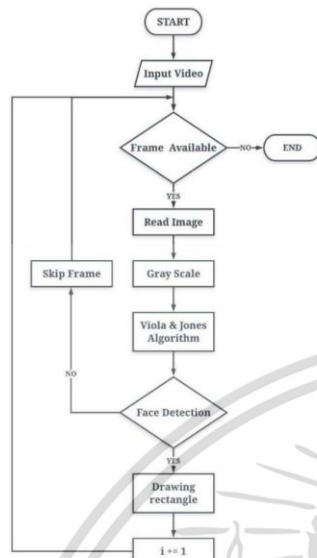


Fig. 4. Flowchart of face detection program

1) Facial Detection

Facial detection process starts from importing basic modules for programming and operating the camera. The input image is transform to gray-scale and then the square is generated on the facial domain. The image obtained from the camera and its gray-scale-converted image and Face detection are shown in Figure 5 (a),(b) and Figure 6.



(a) Image from Camera (b) Image gray scale
Fig. 5. Image from the camera(RGB) and convert to gray scale



Fig. 6. Image from face detection

IV. EXPERIMENT AND RESULTS

A. The Results of Facial Detection Experiment

The result of facial detection significantly depends on the face position during the detection. In Table I, the application presents the limit of detection with the tilting face (up and down) and turning face (left and right) less than 45° respected to the direct position. Over this limitation, the application cannot detect as shown in Figure 7(a), (b) and (c). Moreover, the covered face cannot be detected by the program as well.

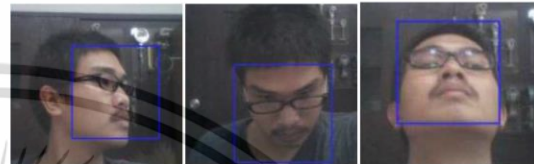


Fig. 7. Face facing , face down and face up

TABLE I. FACIAL DETECTION RESULT BASED ON FACE POSITION.

Face Position	Detected /Not Detected	Success Rate
Normal	Detected	100%
Face facing right (15°)	Detected	75%
Face facing right (45°)	Not Detected	0%
Face facing left (15°)	Detected	75%
Face facing left (45°)	Not Detected	0%
Face tilted right (15°)	Detected	75%
Face tilted right (45°)	Not Detected	0%
Face tilted left (15°)	Detected	75%
Face tilted left (45°)	Not Detected	0%
Face down (15°)	Detected	80%
Face down (45°)	Not Detected	0%
Face up (15°)	Detected	80%
Face up (45°)	Not Detected	0%

B. The Results of Personal Identifier Experiment

Figure 8 exhibits the results of Personal Identifier of two faces that only the first one is recorded in the database. It clearly demonstrates that the program detects by presenting the square only on the face enrolled in the database. The face that is not in the database is not detectable by the application. These results show the potential of the application to recognize the person by facial information.

The application evidently shows the ability of detection (presented by the red square) and Identifier (presented by the name) the person who is recorded the facial information in the database as shown in Figure 9.

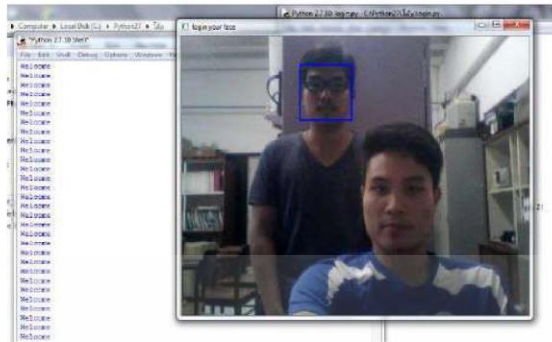


Fig. 8. Personal identifier : face detect and not detect.

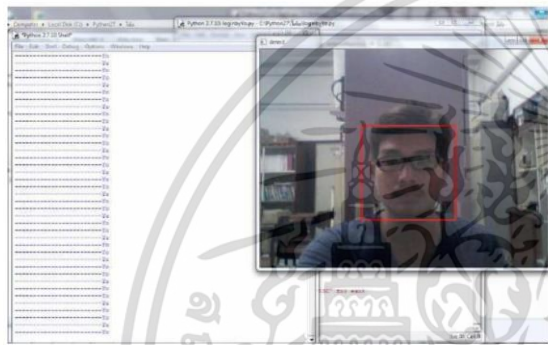


Fig. 9. Example of face detection match to database

To test the Personal Identifier (Facial Detection and Recognition System) for security application, The 20 facial images were used by separating them into 3 categories: all the images were registered in the database; all the images were not registered in the database, and the mixed images that some of them were enrolled in the database. To confirm the stability of the application, 5 experimental trials are conducted. The results are presented in Table II.

TABLE II. RESULTS OF EXPERIMENT.

Trial number	All images were registered in Database		All images were not registered in Database		Some images were registered in Database	
	Detected success	Recognize Success	Detected success	Recognize Success	Detected success	Recognize Success
1	19	18	18	18	19	19
2	18	17	19	19	18	18
3	18	18	19	18	18	18
4	18	18	18	18	19	18
5	19	18	18	18	18	18
Total	92	89	92	91	92	91
	Summary (%) detected Success		92.00		Summary (%) Recognize Success	
					90.33	

The results reveal that the Facial Detection and Recognition System has an accuracy as high as 90%. Moreover, most of the errors observed in this experiment result from the inappropriate images taking from the camera, e.g. bending down of the head in the image.

V. CONCLUSION

Personal Identifier System is developed by using Viola and Jones algorithm together with OpenCV library and Python programmed on Raspberry Pi controller board. The system effectively exhibits all expected objective points those are economical implementation, easy installations and real-time detection. By testing with 150 samples, the only 8-9 % of errors were found proving the high accuracy and efficiency of the system.

REFERENCES

- [1] A.N. Nambiar, "RFID technology: A review of its applications," Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science, vol. II, October 20-22, 2009, San Francisco, USA.
- [2] M. Kaur, M. Sandhu, N. Mohan and P. S. Sandhu, "RFID Technology Principles, Advantages, Limitations & Its Applications," International Journal of Computer and Electrical Engineering, vol. 3, no. 1, February 2011.
- [3] K. Jung and S. Lee, "A systematic review of RFID applications and diffusion," Journal of Open Innovation: Technology, Market and Complexity 2015.
- [4] L.H. Thai and H.N. Tam, "Fingerprint recognition using standardized fingerprint model," International Journal of Computer Science Issues, vol. 7(3), pp. 11-17, May 2010.
- [5] M.R. Lourde and D. Khosla, "Fingerprint identification in biometric security systems," International Journal of Computer and Electrical Engineering, vol. 2, pp. 1793-8163, October 2010.
- [6] N. Teerabenjakul and K. Sirisantisamrid, "Personal identification system using finger contours," International Conference on Engineering, Applied Sciences and Technology, August 21-24, 2013, Bangkok, Thailand.
- [7] P. Viola and M. Jones, "Rapid object detection using a boosted cascade of simple features," IEEE Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 511-518, 2001.
- [8] Y.Q. Wang, "An Analysis of the Viola-Jones Face Detection Algorithm," Image Processing On Line, pp. 128-148, 2014.
- [9] P. Viola and M. Jones, "Robust real-time face detection," International Journal of Computer Vision, vol. 57(2), pp. 137-154, 2004.
- [10] A. D. Egorov, A. N. Shtanko and P. E. Minin, "Selection of Viola-Jones Algorithm Parameters for Specific Conditions," Bulletin of the Lebedev Physics Institute, vol. 42, no. 8, pp. 244-248, 2015.
- [11] J. Kaur and A. Sharma, "Performance Analysis of Face Detection by using Viola-Jones algorithm," International Journal of Computational Intelligence Research, vol. 13, no. 5, pp. 707-717, 2017.
- [12] N. Singla and S. Sharma, "Advanced survey on face detection techniques in image processing," International Journal of Advanced Research in Computer Science & Technology, vol. 2(1), Jan-March 2014.
- [13] M.K Dabhi and B.K Pancholi, "Face Detection System Based on Viola - Jones Algorithm," International Journal of Science and Research (IJSR), vol. 5 Issue 4, April 2016.
- [14] G.N.M.K. Raya, A.N. Jati, and R.E. Saputra, "Analysis realization of Viola-Jones method for face detection on CCTV camera based on embedded system," International Conference on Robotics, Biomimetics and Intelligent Computational Systems (Robionetics), August 23-25, 2017, Bali, Indonesia.

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นายศุภกร มุขมา
วัน เดือน ปีเกิด	12 สิงหาคม 2536
ที่อยู่	149 ซอยสายไหม79 แขวงสายไหม เขตสายไหม กรุงเทพมหานคร 10220
ประวัติการศึกษา	2558 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการวัดคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ความสนใจและความ ชำนาญเฉพาะด้าน	1.) เทคโนโลยีประมวลผลภาพ 2.) การพัฒนาโปรแกรมด้วยภาษาไพธอน (Python) และ การประยุกต์ไลบรารี OpenCV ให้เหมาะสมกับความ ต้องการใช้งาน 3.) การใช้งานเครื่องมือวัดทางอุตสาหกรรม (field- instruments) ตัวควบคุม (controllers) และอุปกรณ์ ตัวสุดท้าย (final control element) ให้เหมาะสมกับ ความต้องการ

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวิทยานพนธ์เล่มนี้

- [1] Witsarut Sriratana, Suppakorn Mukma, Narin Tammarugwattana, and Kaset Sirisantamrid. "Application of the OpenCV-Python for Personal Identifier Statement" International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST) Year: 2018 Pages: 506 – 509

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้