

# มอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม



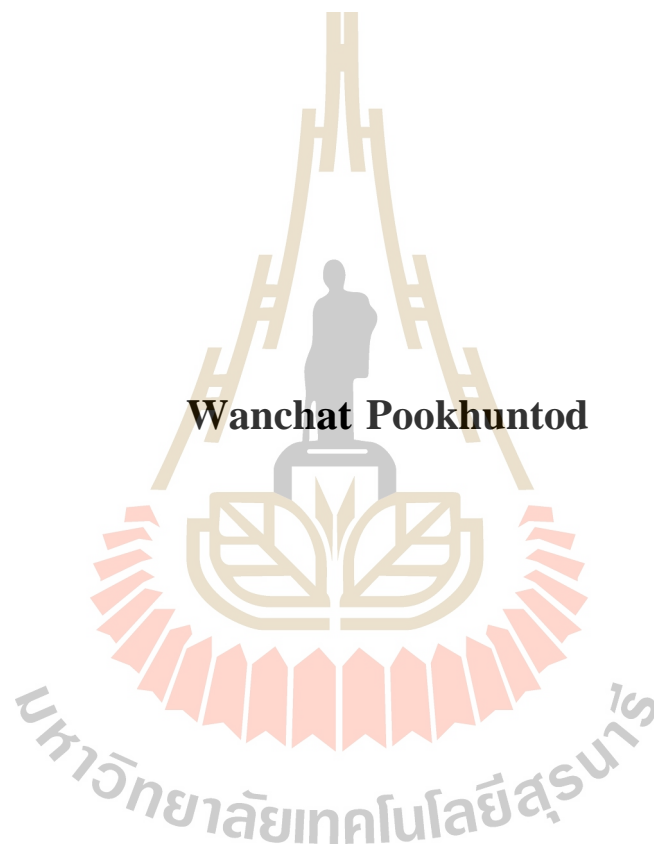
วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ปีการศึกษา 2561

**THE SOFTWARE MODULE FOR DETECTING  
RISK FACTORS CAUSING  
COMPUTER VISION SYNDROME**



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

**Suranaree University of Technology**

**Academic Year 2561**

# มอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา  
ตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์



(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริบุษย์ บุญครอง)

ประธานกรรมการ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชรา อังสกุล)

กรรมการ (อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์)



(อาจารย์ ดร.ธรรมศักดิ์ เชียรนิเวศน์)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



(ศาสตราจารย์ ดร.สันติ แม่นศิริ)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการและพัฒนาความเป็นสากล



(รองศาสตราจารย์ ดร.วีรพงษ์ พลนิกรกิจ)

คณบดีสำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม

วันฉัตร พุขุนทด : มอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิด โรคคอมพิวเตอร์  
วิชั่นซินโดรม (THE SOFTWARE MODULE FOR DETECTING RISK FACTORS  
CAUSING COMPUTER VISION SYNDROME)

อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธรา อังสกุล, 179 หน้า.

ในปัจจุบันอุปกรณ์สารสนเทศ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์แทบทุกกิจกรรม ตั้งแต่ตื่นนอนจนกระทั่งเข้านอน และการทำงานมากกว่าร้อยละ 96 ต้องอาศัยอุปกรณ์สารสนเทศในการทำงาน ทั้งนี้มนุษย์ได้ใช้ชีวิตอยู่กับอุปกรณ์สารสนเทศวันละหลาย ๆ ชั่วโมง โดยมีรายงานว่าผู้ใช้สมาร์ทโฟน เข้าใช้งานสมาร์ทโฟน เฉลี่ย 221 ครั้ง/วัน การใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ ได้ขยายตัวไปสู่กลุ่มผู้ใช้ ทุกเพศทุกวัย โดยสามารถกล่าวได้ว่า อุปกรณ์สารสนเทศได้กลายเป็นสิ่งเสพติดของมนุษย์ในปัจจุบัน

การใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศของคนในปัจจุบัน ทำให้เกิดผลกระทบต่อด้านสุขภาพทางตา ตามมา โดยร้อยละ 90 ของผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานเกิน 2 ชั่วโมงติดต่อกัน จะมีอาการปวดตา ปวดหัว ู้สึกไม่สบายตา เห็นภาพซ้อน เห็นภาพเบลอ โดยอาการเหล่านี้เรียกรวม ๆ ว่า อาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม และปัจจุบันผู้มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุก ๆ วัน มีการค้นพบผู้มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมทั่วโลกประมาณ 60 ล้านคน และในแต่ละปี จะมีผู้มีอาการเพิ่มขึ้นเป็นล้าน ๆ คน ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิด โรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมมีสาเหตุหลัก ๆ มาจากการใช้สรีระไม่เหมาะสมกับการใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ ได้แก่ กลุ่มปัจจัยที่มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้ กลุ่มปัจจัยทางกายภาพ และสภาพแวดล้อม

งานวิจัยที่ใช้วิทยาการคอมพิวเตอร์เพื่อป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมก่อนหน้านี้ ยังมีข้อบกพร่องอยู่ และยังไม่มิงานวิจัยใด ๆ ที่จะรวมเอาปัจจัยต่าง ๆ เข้าอยู่ด้วยกันได้อย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกายภาพและสภาพแวดล้อมยังไม่ถูกพิจารณา เพื่อใช้เป็นปัจจัยในการป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมของงานวิจัยก่อนหน้านี้

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงนำเสนอแนวคิดที่จะพัฒนามอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เพื่อเป็นแนวทางและทางเลือกในการป้องกันการเกิดอาการในกลุ่มโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยใช้หลักการของการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมขึ้น

พื้นฐาน มาพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์มอดูล โดยปัจจัยที่ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณา ได้แก่ กลุ่มพฤติกรรมของผู้ใช้ ประกอบด้วย ระยะเวลา การกระพริบตา มุมมอง ระยะห่าง และ กลุ่มกายภาพและสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย เพศ อายุ แสงจากสภาพแวดล้อม เพื่อให้ครอบคลุมสาเหตุของอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมทุกกลุ่มปัจจัย โดยการทำงานของระบบจะตรวจหาปัจจัยจากภาพที่ได้จากกล้องที่เชื่อมกับอุปกรณ์สารสนเทศ นำค่าที่ได้มาตรวจหาความเสี่ยง และแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบ

การทดสอบจะแบ่งเป็นการประเมินความถูกต้องและความสามารถในการใช้งานได้ ซึ่งผลการประเมินเป็นไปตามสมมุติฐาน โดยมีค่าความถูกต้องร้อยละ 90 ขึ้นไป และความสามารถในการใช้งานได้อยู่ในระดับดี



สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
ปีการศึกษา 2562

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

WANCHAT POOKHUNTOD : THE SOFTWARE MODULE FOR  
DETECTING RISK FACTORS CAUSING COMPUTER VISION  
SYNDROME. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. THARA ANGSKUN,  
Ph.D., 179 PP.

#### COMPUTER VISION SYNDROME/DETECTION/INFORMATION DEVICES

Currently, information devices, such as computers, smartphones, tablets, play a role in everyday life for almost every activity, from waking up to going to bed. More than 96 percent of work requires information devices. In fact, people spend several hours a day with information devices. Reports revealed that smartphone user access to smartphones with an average of 221 times a day. Information devices has users of all ages. It can be said that information devices have become an addiction to people today.

The use of information devices of people today resulting in eye issues. Ninety percent of computer users with more than 2 consecutive hours of computer usage has eye pain, headache, discomfort eyes, blurred vision. These symptoms are called the computer vision syndrome. Nowadays, people with computer vision syndrome have increased every day. There are about 60 million people with computer vision syndrome worldwide. Each year, there are millions of new people who have symptoms. Computer vision syndrome are mostly caused by physiology that is not suitable for the use of information devices. These factors can be divided into 2 groups, that is, a group of user behavior and a group of physical and environmental.

There are many existing research that uses computer science to prevent computer vision syndrome. Unfortunately, and there is no research that completely

incorporate all factors. Factors related to physical and environmental conditions have never been considered as factors for preventing computer vision syndrome in previous research.

Therefore, this research proposes an idea to develop a software module to detect factors causing computer vision syndrome. This work can be a guideline and alternative solution to prevent the occurrence of symptoms in computer vision syndrome. Principles of basic computer vision syndrome prevention are employed in the development of software module. Factors that is considered in this work are: user behavior factors, which consisting of time, blinking, angle gaze, distance and physical and environment factors, which consisting of gender, age and ambient light to cover all causes of computer vision syndrome. The module detect factors causing computer vision syndrome, find possible risk, and notify user using the image obtained from the camera connected to the information devices.

The evaluation is divided into two assessments of accuracy and usability. The evaluation results revealed that they are conform with the hypothesis with accuracy at least 90 per cent and the usability is at a good level

School of Information Technology

Academic Year 2018

Student's Signature

Advisor's Signature



## กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชรา อังสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. ศิริปรัชญ์ บุญครอง ประธานสอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. ชรรมศักดิ์ เขียรนิเวศน์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ขอขอบคุณคณาจารย์ บุคลากร และเพื่อนบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ขอขอบคุณสถาบันวิจัย สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ที่สนับสนุนทุนในการวิจัย ทำให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี

เหนืออื่นใด ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และทุกคนในครอบครัว ที่สนับสนุนและให้กำลังใจ ในทุกสิ่งทุกอย่าง

วันฉัตร พุขุนทด



มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



# สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อ (ภาษาไทย).....	ก
บทคัดย่อ (ภาษาอังกฤษ) .....	ค
กิตติกรรมประกาศ .....	จ
สารบัญ .....	ฉ
สารบัญตาราง .....	ฎ
สารบัญรูป .....	ฏ
<b>บทที่</b>	
<b>1 บทนำ .....</b>	<b>1</b>
1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย .....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย .....	8
1.3 สมมติฐานการวิจัย .....	8
1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น .....	8
1.5 ขอบเขตของการวิจัย .....	8
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ .....	9
1.6.1 ได้มอดูลซอฟต์แวร์ .....	9
1.6.2 ได้หลักการ .....	9
1.7 คำอธิบายศัพท์ .....	9
1.7.1 มอดูล .....	9
1.7.2 คอมพิวเตอร์วิชั่นซิน โดรม .....	9
1.7.3 ปัจจัย .....	9
1.7.4 อุปกรณ์สารสนเทศ .....	9
1.7.5 ภายไฟรอน .....	10
<b>2 ปรัชน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....</b>	<b>11</b>
2.1 คอมพิวเตอร์วิชั่นซิน โดรม .....	11
2.1.1 ลักษณะอาการและสาเหตุของคอมพิวเตอร์วิชั่นซิน โดรม .....	11

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.1.1.1	อาการเมื่อยล้า.....	13
2.1.1.2	ผิวของดวงตา .....	16
2.1.1.3	จอแสดงผล.....	18
2.1.2	การป้องกันอาการด้วยการปรับเวิร์กสเตชัน .....	19
2.1.2.1	แสงสว่าง.....	19
2.1.2.2	ตำแหน่งของจอ.....	20
2.1.2.3	การพักสายตาจากหน้าจอ .....	20
2.1.2.4	น้ำตาเทียม .....	20
2.1.2.5	การใช้แว่นสำหรับคอมพิวเตอร์.....	21
2.1.3	การป้องกันอาการและลดอาการตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง.....	21
2.2	การตรวจหาใบหน้า.....	22
2.2.1	ฮาร์ดแวร์.....	23
2.2.1.1	การสร้างเค้าโครงหน้า.....	23
2.2.1.2	ปริพันธ์ .....	24
2.2.1.3	ฟังก์ชันจำแนกการเรียนรู้ .....	25
2.2.1.4	คาสแคด .....	26
2.2.2	ซอฟต์แวร์.....	30
2.2.2.1	เกมมาบรรทัดฐาน.....	31
2.2.2.2	คำนวณการไล่ระดับสี .....	31
2.2.2.3	การโหวตถ่วงน้ำหนัก.....	33
2.2.2.4	บรรทัดฐานบล็อก .....	36
2.2.2.5	การคำนวณเวกเตอร์ .....	36
2.3	หลักการของซีเอ็นเอ็น .....	38
2.3.1	สถาปัตยกรรมซีเอ็นเอ็น .....	38
2.3.2	ชั้นของคอนโวลูชัน.....	42
2.3.2.1	มุมมอง .....	43
2.3.2.2	การเชื่อมต่อ.....	43

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.3.2.3	การเชื่อมต่อของเซลล์.....	43
2.3.2.4	การจกการเชิงพื้นที่.....	43
2.3.3	ชั้นเรลล .....	46
2.3.4	ชั้นการรวม .....	46
2.3.5	ชั้นเชื่อมเต็ม.....	47
2.4	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง .....	48
2.4.1	การตรวจหาการกระพริบตา.....	48
2.4.2	การตรวจหาระยะห่างและมูมมอ.....	50
2.4.3	การตรวจหาเวลา .....	51
2.5	กรอบแนวคิดการวิจัย.....	53
3	วิธีดำเนินการวิจัย.....	54
3.1	วิธีวิจัย .....	54
3.1.1	การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา.....	54
3.1.2	การออกแบบและพัฒนาโมดูลซอฟต์แวร์.....	57
3.1.2.1	การตรวจหาระยะเวลาในการเพ่งมอ.....	57
3.1.2.2	อัตราการกระพริบตาของผู้ใช้งาน.....	60
3.1.2.3	มูมมอหรือองศาในการเพ่งมอจออุปกรณ.....	61
3.1.2.4	การตรวจหาระยะห่างระหว่างดวงตาผู้กับหน้าจออุปกรณ.....	67
3.1.2.5	เพศของผู้ใช้งาน.....	71
3.1.2.6	ปัจจัยด้านอายุของผู้ใช้งาน.....	71
3.1.2.7	แสงบริเวณโดยรอบจออุปกรณ.....	72
3.2	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	72
3.2.1	กลุ่มตัวอย่างสำหรับทดสอบการทำงานของมอดูล.....	73
3.2.2	กลุ่มตัวอย่างสำหรับประเมินการทำงานของมอดูล.....	73
3.3	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	73
3.3.1	เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ.....	73

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.3.2	กลุ่มตัวอย่างสำหรับประเมินการทำงานของมอดูล .....	74
3.3.2	เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน .....	74
3.3.2.1	การประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการคำนวณหา ค่าความคาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย .....	74
3.3.2.2	การประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการคำนวณหาค่าสัมบูรณ์ของ เปอร์เซ็นต์ความคาดเคลื่อน .....	74
3.3.2.3	การประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการคำนวณหาค่ารากที่สอง ของความคาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย .....	75
3.3.2.4	แบบสอบถามการประเมินการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ .....	75
3.3.2.5	แบบสอบถามการประเมิน ความสามารถในการใช้งานได้ ของมอดูลซอฟต์แวร์ .....	76
3.4	การเก็บรวบรวมข้อมูล .....	78
3.4.1	แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ .....	78
3.4.2	ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมอดูล .....	79
3.4.3	ข้อมูลในการสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น .....	79
3.4.4	ข้อมูลจากแบบสอบถามการประเมินการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ .....	79
3.5	การวิเคราะห์ข้อมูล .....	79
3.5.1	ข้อมูลในการพัฒนาซอฟต์แวร์มอดูล .....	79
3.5.2	ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความถูกต้อง .....	79
3.5.3	ข้อมูลจากทดสอบการใช้งาน โมเดลโครงข่ายซีเอ็นเอ็น .....	79
3.5.4	ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจ .....	79
4	ผลการวิจัยและการอภิปรายผล .....	80
4.1	ผลการพัฒนาระบบ .....	80
4.1.1	ขั้นตอนการรับภาพ .....	83
4.1.2	ขั้นตอนการเตรียมการ .....	83
4.1.2.1	การคำนวณค่าของภาพขาวดำ .....	85
4.1.2.2	การคำนวณหาค่าตำแหน่งใบหน้า .....	87

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2.3 การคำนวณค่าตำแหน่งของดวงตา.....	89
4.1.3 ขั้นตอนการตรวจหาปัจจัย.....	92
4.1.3.1 การตรวจหาปัจจัยด้านเวลาที่ผู้ใช้มองจอ.....	82
4.1.3.2 การตรวจหาปัจจัยการกระพริบตา.....	93
4.1.3.3 การตรวจหาปัจจัยด้านมุมมอง.....	104
4.1.3.4 การตรวจหาปัจจัยด้านระยะห่างในการเพ่งมอง.....	108
4.1.3.5 การตรวจหาปัจจัยด้านเพศ.....	110
4.1.3.6 การตรวจหาปัจจัยด้านอายุของผู้ใช้งาน.....	114
4.1.3.7 การตรวจหาปัจจัยแสงโดยรอบอุปกรณ์.....	117
4.1.4 ขั้นตอนการแจ้งเตือน.....	119
4.2 ผลการทดสอบระบบมอดูลซอฟต์แวร์.....	123
4.2.1 การประเมินความถูกต้องของมอดูลซอฟต์แวร์.....	123
4.2.2 การประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์.....	132
4.2.3 การอภิปรายผล.....	135
<b>5 สรุปและข้อเสนอแนะ.....</b>	<b>138</b>
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	138
5.1.1 ความถูกต้องในการตรวจหาปัจจัยของโรค.....	139
5.1.2 ความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูล.....	140
5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย.....	140
5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย.....	140
5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป.....	140
รายการอ้างอิง.....	142
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ตัวอย่างแบบสอบถามการประเมินการใช้งาน ได้ของมอดูลซอฟต์แวร์.....	144
ภาคผนวก ข การใช้งานมอดูลซอฟต์แวร์.....	149

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ภาคผนวก ค การใช้งานมอดูลซอฟต์แวร์ .....	152
ประวัติผู้เขียน .....	156

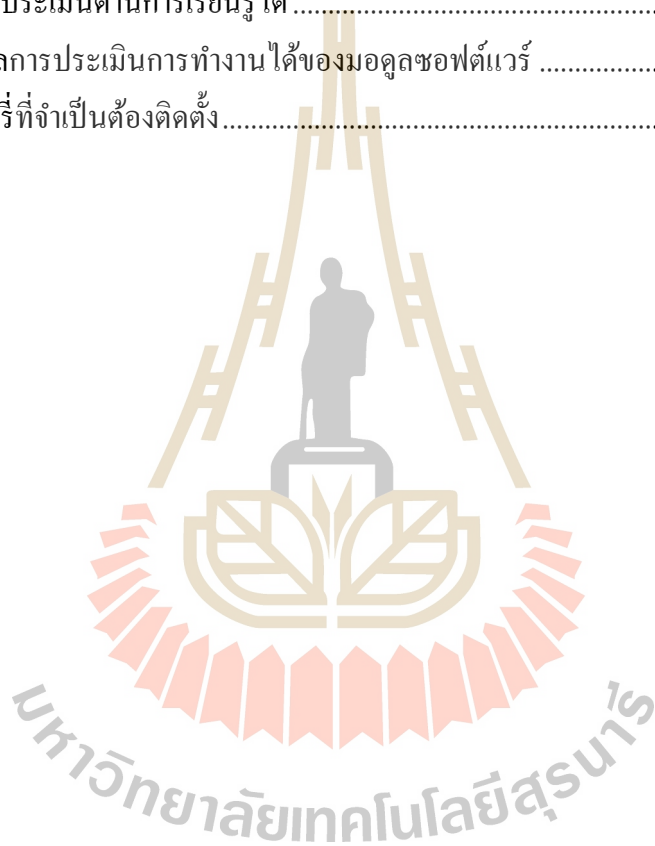


## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1	อาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซิน โครมตามปัจจัยทางพยาธิสรีรวิทยา.....2
1.2	ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซิน โครม.....3
2.1	กลุ่มอาการคอมพิวเตอร์ซิน โครมและการวินิจฉัยโรค ..... 12
2.2	แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้.....52
3.1	ความสอดคล้องของปัจจัยกลุ่มพฤติกรรม การป้องกันอาการ และมอดูล .....55
3.2	ความสอดคล้องของปัจจัยกลุ่มกายภาพและสภาพแวดล้อม การป้องกันอาการ และมอดูล.....55
3.3	แสดงตัวอย่างคำถามที่ได้จาก SUMI ..... 77
3.4	แสดงการตีความของคำถาม..... 78
4.1	แสดงรายละเอียดของชั้นในโครงข่าย CNN .....96
4.2	ผลการทดสอบการทำนายการหลับตาและลืมตา.....99
4.3	ผลการทดสอบการตรวจหาการกระพริบตาด้วยวิธีอีเออาร์และซีเอ็นเอ็น ..... 103
4.4	การใช้ทรัพยากรการตรวจหาการกระพริบตาด้วยวิธีอีเออาร์และซีเอ็นเอ็น ..... 104
4.5	แสดงรายละเอียดของชั้นในโครงข่าย CNN ในการตรวจหาเพศ ..... 111
4.6	แสดงรายละเอียดของชั้นในโครงข่าย CNN ในการตรวจหาอายุ..... 115
4.7	การเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมของแสงจากหน้าจอและแสง โดยรอบจอ ..... 122
4.8	ผลการทดสอบการตรวจหาการกระพริบตา..... 123
4.9	ผลการทดสอบการตรวจหามุมมองในการเพ่งมอง ..... 124
4.10	ผลการทดสอบการตรวจหาระยะห่าง..... 124
4.11	ผลการทดสอบการตรวจหาเพศจากตัวอย่างภาพนิ่ง..... 125
4.12	ผลการทดสอบการตรวจหาเพศจากตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว ..... 125
4.13	ผลการทดสอบการตรวจหาอายุจากตัวอย่างภาพนิ่ง..... 125
4.14	ผลการทดสอบการตรวจหาอายุจากตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว ..... 125
4.15	การเปรียบเทียบแสงในหน่วย lux และน้ำหนักรังสีของ array ในภาพ จากการทดสอบ..... 131
4.16	ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพ ..... 132

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.17 ผลการประเมินด้านผลกระทบ.....	133
4.18 ผลการประเมินด้านความช่วยเหลือ .....	133
4.19 ผลการประเมินด้านการควบคุม .....	134
4.20 ผลการประเมินด้านการเรียนรู้ได้.....	134
4.21 สรุปผลการประเมินการทำงานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ .....	135
ข.1 ไลบรารีที่จำเป็นต้องติดตั้ง.....	154





## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	ภาพตัดของดวงตามนุษย์..... 13
2.2	การปรับตาใกล้ไกล ..... 14
2.3	การเบนเข้า ..... 15
2.4	การเบน ..... 16
2.5	การจัดทำนั่งของผู้ใช้..... 21
2.6	(A) สี่เหลี่ยมสองรูปแนวตั้ง (B) สี่เหลี่ยมสองรูปแนวนอน (C) สี่เหลี่ยมสามรูป (D) สี่เหลี่ยมสี่รูป..... 24
2.7	ตัวอย่างการคำนวณภาพปริพันธ์..... 25
2.8	คุณสมบัติแรก ดวงตา และคุณสมบัติที่สอง สันจมูกที่เอ้าบัสต์เลือก ..... 26
2.9	โครงสร้างการตรวจสอบแคสเคด ..... 27
2.10	ภาพตัวอย่างในการฝึกคาสเคด..... 28
2.11	ฮาร์คาสแคดและขั้นตอนวิธีเอ้าบัสต์..... 29
2.12	การตรวจหาใบหน้า ..... 29
2.13	ภาพรวมของฮอก ..... 30
2.14	ตัวอย่างการปรับแกมมาของภาพ ..... 31
2.15	ตัวอย่างภาพการไล่ระดับสี..... 32
2.16	ตัวอย่างการแบ่งเซลล์..... 33
2.17	ตัวอย่างการไล่ระดับสี ที่อยู่บนเซลล์ ..... 34
2.18	ตัวอย่างการคำนวณโหวตถ่วงน้ำหนักลงในถึง ..... 35
2.19	ตัวอย่างฮิสโตแกรมที่อยู่บนเซลล์ ..... 35
2.20	ตัวอย่างการวางบล็อก ..... 36
2.21	ตัวอย่างการคำนวณค่าเวกเตอร์ภายในบล็อก ..... 37
2.22	ตัวอย่างภาพที่ได้จากการคำนวณฮอก ..... 37
2.23	การเปรียบเทียบ ซีเอ็นเอ็น..... 39
2.24	สถาปัตยกรรม Convolutional Neural Network ..... 41

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.25 ตัวอย่างการกระตุ้นเปิดใช้งานปริมาตรของข้อมูล .....	42
2.26 ตัวอย่างการเชื่อมต่อเซลล์ประสาทในคอนโวลูชัน .....	44
2.27 ตัวอย่างค่าส่งออกเชิงพื้นที่.....	45
2.28 ตัวอย่างการคำนวณคอนโวลูชัน .....	45
2.29 ตัวอย่างกระบวนการรีลู .....	46
2.30 ขั้นตอนการรวม (Pooling) โดยใช้การรวมสูงสุด (Max Pooling) .....	47
2.31 ตัวอย่างภาพที่ได้จากขั้นตอนการรวม (Pooling).....	48
2.32 ตัวอย่างข้อมูลส่งออกที่ได้จากขั้นเชื่อมเต็ม.....	48
2.33 กรอบแนวคิดในงานวิจัย.....	53
3.1 สถาปัตยกรรมการทำงานของมอดูล .....	58
3.2 การตรวจหาระยะเวลาการเพ่งมองจอของผู้ใช้งาน.....	58
3.3 การทำงานและแจ้งเตือนระยะเวลาการเพ่งมองจอของผู้ใช้งาน .....	59
3.4 การตรวจหาจุดรอบดวงตา.....	60
3.5 ตัวอย่างการกระพริบตาที่ใช้วิธีหาค่า EAR.....	60
3.6 ค่าอีเออาร์ที่ลดลงที่เปรียบเทียบกับเฟรมจากกล้อง .....	61
3.7 การหามุมมองในการเพ่งมองจออุปกรณ์.....	63
3.8 ตัวอย่างภาพที่ใช้สร้างสมการการคำนวณมุมมอง .....	63
3.9 ตัวอย่างมุมมองของกล้องที่มีหน่วยเป็นพิกเซล.....	64
3.10 ตัวอย่างแสดงการปรับตำแหน่งศูนย์กลางมุมมอง .....	64
3.11 ตัวอย่างสามเหลี่ยมจาก.....	66
3.12 ตัวอย่างการคำนวณการตรวจหามุมมองของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ .....	67
3.13 การหาระยะห่างระหว่างดวงตากับหน้าจออุปกรณ์ .....	67
3.14 การตรวจหาจุด A, B, C, D, G เพื่อแทนค่าเซนติเมตร .....	68
3.15 ตัวอย่างลักษณะจุดที่มีการบิดใบหน้าหรือเอียงศีรษะ .....	69
3.16 ตำแหน่ง B และ C ที่ได้จากตำแหน่งแนวนอนของตาซ้ายขวา ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยแนวตั้งของตาทั้งสองข้าง.....	69
3.17 การคำนวณหาค่าของมุม A.....	70

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.18 การคำนวณหาค่าน (AD) ที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร .....	70
3.19 ตัวอย่างการคำนวณหาระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ (AG) .....	70
3.20 วิธีการทำนายเพศผู้ใช้งาน .....	71
3.21 วิธีการทำนายอายุของผู้ใช้งาน .....	72
3.22 ขั้นตอนการตรวจหาแสงโดยรอบอุปกรณ์สารสนเทศ .....	72
4.1 ขั้นตอนการทำงานของมอดูล.....	81
4.2 ฟังก์ชันการทำงานของมอดูล.....	82
4.3 ตัวอย่างการรับภาพด้วยกล้อง.....	84
4.4 ตัวอย่างอาร์เรย์ของรูปภาพสี.....	85
4.5 ตัวอย่างอาร์เรย์ที่เก็บค่าภาพขาวดำ.....	86
4.6 แสดงตัวอย่างการตรวจหาใบหน้าโดยใช้ฟังก์ชันฮาร์กาสแคด .....	87
4.7 ตัวอย่างการตรวจหาใบหน้าและการตัดภาพเฉพาะส่วนของใบหน้า .....	88
4.8 แสดงวิธีทำงานของการตรวจหาคคุณลักษณะใบหน้าของไลบรารีดีลิบ .....	89
4.9 แสดงตัวอย่างการตรวจหาคคุณลักษณะ ใบหน้า 68 จุด ของไลบรารีดีลิบ .....	90
4.10 แสดงตัวอย่างตำแหน่งของดวงตาที่ได้จากไลบรารีดีลิบ.....	90
4.11 แสดงตำแหน่งจุดของดวงตาที่ต้องสกัดเพื่อตัดภาพดวงตา .....	91
4.12 การนับเวลาจากการตรวจพบใบหน้าต่อเฟรม .....	92
4.13 แสดงตัวอย่างการทำงานของตรวจหาเวลาในระบบของมอดูล.....	93
4.14 แสดงตัวอย่างสถานการณ์ล้มตาและหลับตาจากการคำนวณค่าอีเออาร์ .....	94
4.15 แสดงตัวอย่างเงื่อนไขการกระพริบตาด้วยการคำนวณค่าอีเออาร์.....	95
4.16 ขั้นตอนในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (CNN).....	96
4.17 ตัวอย่างการคำนวณค่าการสูญเสีย (loss).....	97
4.18 ผลลัพธ์การ train โมเดลการกระพริบตา.....	98
4.19 การทำนายที่ระบุตำแหน่งของดวงตาและการทำนายที่ไม่ระบุตำแหน่งของดวงตา.....	98
4.20 รูปภาพที่ใช้ทดสอบการทำนายการล้มตาระหว่างระบุตำแหน่งดวงตาและไม่ระบุ.....	100
4.21 รูปภาพที่ใช้ทดสอบการทำนายการหลับตาระหว่างระบุตำแหน่งดวงตาและไม่ระบุ.....	101
4.22 ตัวอย่างผลการทำนายด้วยวิธีการซีเอ็นเอ็นแบบระบุตำแหน่งดวงตา.....	101

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.23 ตัวอย่างผลการทำนายด้วยวิธีการซีเอ็นเอ็นแบบไม่ระบุตำแหน่งดวงตา.....	102
4.24 ตัวอย่างเงื่อนไขการกระพริบ .....	103
4.25 ผลการทดสอบในการกระพริบตา 20 ครั้ง ใน 1 นาที .....	103
4.26 ขั้นตอนในการตรวจหามุมมอง .....	105
4.27 ตัวอย่างภาพการคำนวณมุมมอง.....	105
4.28 ตัวอย่างการปรับตำแหน่งของฟิกเซล.....	106
4.29 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหามุมมอง (ชุดตำแหน่งมุมกล้อง 6 นิ้ว) .....	107
4.30 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหามุมมอง (ชุดตำแหน่งมุมกล้อง 6 นิ้ว) .....	107
4.31 ตัวอย่างการสร้างจุด A B C และ D.....	109
4.32 ตัวอย่างการคำนวณการตรวจหาระยะระหว่างดวงตาผู้ใช้และหน้าจออุปกรณ์ .....	110
4.33 การตัดภาพด้วยการเพิ่มขอบของภาพ .....	112
4.34 ผลลัพธ์ของการสร้างโมเดลโครงข่าย cnn เพื่อตรวจหาเพศ .....	113
4.35 ตัวอย่างการตรวจหาเพศของมอดูล .....	113
4.36 ผลลัพธ์ของการสร้างโมเดลโครงข่าย cnn เพื่อตรวจหาอายุ .....	116
4.37 ตัวอย่างการตรวจหาอายุของมอดูล .....	117
4.38 ตัวอย่างค่าน้ำหนักที่เก็บในนมพายของรูปภาพ.....	117
4.39 ตัวอย่างผลการตรวจหาค่าแสงโดยรอบของภาพ.....	118
4.40 ตัวอย่างเป็นการแจ้งเตือนบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10.....	119
4.41 ตัวอย่างป๊อปอัพสถานะแสดงเพศ .....	121
4.42 ตัวอย่างป๊อปอัพสถานะแสดงอายุ .....	122
4.43 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการทำนายเพศหญิง .....	127
4.44 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการทำนายเพศชาย .....	128
4.45 แสดงตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ทำนายช่วงอายุไม่เกิน 40 ปี .....	129
4.46 แสดงตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ทำนายช่วงอายุมากกว่า 40 ปี .....	130
4.47 แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าแสง ในหน่วย lux และ ค่าน้ำหนัก array ในภาพที่ได้จากการทดสอบ .....	131
ข.1 ตัวอย่างของการทำงานของมอดูลบนสภาพแวดล้อมของสมาร์ตโฟน 1.....	150

## สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
ข.2 ตัวอย่างของการทำงานของมอดูลบนสภาพแวดล้อมของสมาร์ตโฟน 2.....	151
ค.1 ตัวอย่างการเข้าใช้งานมอดูลของผู้ใช้ทั่วไป .....	153
ค.2 แสดงการจัดเก็บไฟล์ของมอดูลซอฟต์แวร์ .....	155



# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาการวิจัย

ในปัจจุบันอุปกรณ์สารสนเทศ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต ได้เข้ามามีบทบาทในการดำรงชีวิตของมนุษย์แทบทุกกิจกรรม ตั้งแต่ตื่นนอนจนกระทั่งเข้านอน (www.deloitte.co.uk, 2016) การทำงานมากกว่าร้อยละ 96 ต้องอาศัยอุปกรณ์สารสนเทศในการทำงาน (commerce.gov, 2011) ทั้งนี้มนุษย์ได้ใช้ชีวิตอยู่กับอุปกรณ์สารสนเทศวันละหลาย ๆ ชั่วโมง โดยมีรายงานว่าผู้ใช้สมาร์ทโฟน เข้าใช้งานสมาร์ทโฟน เฉลี่ย 221 ครั้ง/วัน หรือ 16 ชั่วโมง/วัน (Rosenfield, 2016) การใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ ได้ขยายตัวไปสู่กลุ่มผู้ใช้ ทุกเพศทุกวัย และขยายตัวอย่างต่อเนื่อง โดยที่เพศหญิงจะมีอัตราการเข้าใช้งานมากกว่าเพศชาย จำนวนผู้ใช้งานในกลุ่มวัยรุ่น มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเป็นอย่างมาก (ITU, 2017) สามารถกล่าวได้ว่า อุปกรณ์สารสนเทศได้เป็นสิ่งเสพติดของมนุษย์ไปแล้ว (Salehan & Negahban, 2013)

การใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ ตามลักษณะการใช้งานของคนในปัจจุบัน ทำให้เกิดผลกระทบตามมาหลายด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านสุขภาพทางตาของผู้ใช้งาน เนื่องจากอุปกรณ์สารสนเทศมีจอแสดงผลที่ใช้ในการติดต่อกับมนุษย์ ทำให้ดวงตาเป็นตัวกลางในการติดต่อสื่อสารหลักของคนกับอุปกรณ์สารสนเทศ เมื่อมีการเข้าใช้งานจะไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้ดวงตาได้เลย จากพฤติกรรมของผู้ใช้ในปัจจุบัน ได้มีการเข้าใช้งานในระยะเวลาอันมากขึ้น ทำให้ดวงตาทำงานหนักและส่งผลเสียแก่สุขภาพทางตาเป็นอย่างมาก จากการศึกษาพบว่าปัญหาสุขภาพทางตาเป็นปัญหาด้านสุขภาพที่พบบมากที่สุดในกลุ่มผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ (Thomson, 1998) โดยร้อยละ 90 ของผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานเกิน 2 ชั่วโมงติดต่อกัน จะมีอาการ ปวดตา ปวดหัว รู้สึกไม่สบายตา เห็นภาพซ้อน เห็นภาพเบลอ (Rosenfield, 2011) เบลล์มและคณะ (Blehm et al., 2005) กล่าวว่า ผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์มักจะมีปัญหาทางสายตา เช่น อาการปวดตาเมื่อยล้า ระคายเคืองตา ตาแดง และมองเห็นภาพซ้อน โดยอาการเหล่านี้เรียกรวม ๆ ว่า อาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม (Computer Vision Syndrome) (AOA, 1997)

ผู้มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมได้มีจำนวนเพิ่มขึ้นทุก ๆ วัน ตามจำนวนผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศที่เพิ่มขึ้น และยังมีการขยายกลุ่มผู้มีอาการไปทุกเพศ ทุกวัย ในปี พ.ศ. 2550 มี

การตรวจพบผู้ที่มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมทั่วโลกประมาณ 60 ล้านคน และมีจำนวนเพิ่มขึ้นทุก ๆ วัน โดยในแต่ละปี จะมีผู้มีอาการเพิ่มขึ้นเป็นล้าน ๆ คน (Sen & Richardson, 2007) โรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมไม่ได้ส่งผลเสียเพียงด้านสุขภาพ แต่ยังส่งผลเสียกับด้านเศรษฐกิจอีกด้วย โดยมีรายงานว่า ผู้ประกอบการในสหรัฐอเมริกาต้องเสียค่าใช้จ่ายในการรักษาอาการที่เกิดจากรโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ประมาณ 4,500-5,400 ล้านดอลลาร์ (Rosenfield, 2011)

โรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม(Computer Vision Syndrome) หรือ อาการความเครียดทางสายตาจากดิจิทัล (Digital Eye Strain) เป็นอาการเจ็บป่วยทางดวงตาที่มีสาเหตุมาจากการจ้องมองอุปกรณ์สารสนเทศ เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน โดยจะมีอาการ ปวดตา ปวดศีรษะ เห็นภาพซ้อน เห็นภาพเบลอ ปวดคอ ปวดหลัง (Rosenfield, 2016) ทั้งนี้อาการของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เป็นอาการที่เกี่ยวข้องกับพยาธิสรีรวิทยา (Pathophysiology) (Gowrisankaran & Sheedy, 2015) โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลไก ได้แก่ กล้ามเนื้อและกระดูก (Extra Ocular Mechanism), การมองเห็น (Accommodative Mechanism), และผิวของดวงตา (Ocular Surface Mechanism) ดังแสดงสรุปในตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 กลไกพยาธิสรีรวิทยาของอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม (Loh & Redd, 2008)

กลไก	อาการของกลไก
กล้ามเนื้อและกระดูก (Extra ocular)	เมื่อยคอ ปวดคอ ปวดไหล่ ปวดหัว ปวดหลัง
การมองเห็น (Accommodative)	เห็นภาพเบลอ เห็นภาพซ้อน สายตาวาว สายตาสั้น ตาโฟกัสช้า
ผิวของดวงตา (Ocular surface)	ผิวอักเสบ กระจกตา ตาแห้ง ตาแดง เกิดการไหม้ ปัญหาเกี่ยวกับเลนส์

คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมในกล้ามเนื้อและกระดูก (Extra ocular mechanism) เป็นกลไกที่เกี่ยวข้องกับการทำงานผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก จะมีอาการ เช่น คอตึง ปวดคอ ปวดไหล่ ปวดศีรษะ และปวดหลัง โดยมีสาเหตุมาจากการตำแหน่งของผู้ใช้ไม่เหมาะสมในการเพ่งมองจออุปกรณ์ คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมในการมองเห็น (Accommodative mechanism) เป็นกลไกที่เกี่ยวข้องกับการทำงานที่ผิดปกติในการมองเห็น จะมีอาการเห็นภาพเบลอ เห็นภาพซ้อน มีอาการสายตาสั้น สายตายาว และตามีการปรับเปลี่ยนโฟกัสช้า เป็นต้น โดยมีสาเหตุมาจากการที่ดวงตาต้องโฟกัสภาพตลอดเวลา ทำให้กล้ามเนื้อที่ควบคุมเลนส์ตาเกิดอาการเมื่อยล้า คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมบนผิวของดวงตา (Ocular surface mechanism) เป็นกลไกที่เกี่ยวข้องกับการทำงานที่ผิดปกติของพื้นผิวของดวงตา จะมีอาการ ผิวของเลนส์ดวงตาดึงขาด กระจกเงาตา ตาแห้ง ตาแดง เกิดการไหม้ มีปัญหาเกี่ยวกับเลนส์ดวงตา โดยมีสาเหตุหลักมาจากการกระพริบตาที่ลดลง ในขณะที่เพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ

ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมมีสาเหตุหลัก ๆ มาจากการใช้สรีระไม่เหมาะสมกับการใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ (Blehm et al., 2005) สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่มหลัก ๆ ดังแสดงในตารางที่ 1.2 ได้แก่ กลุ่มปัจจัยที่มาจากพฤติกรรมของผู้ใช้ และ ปัจจัยทางกายภาพและสภาพแวดล้อม

ตารางที่ 1.2 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

กลุ่มปัจจัย	ปัจจัย	อาการที่เกี่ยวข้องกับปัจจัย
พฤติกรรมผู้ใช้	เวลาในการใช้งาน	ตาเมื่อยล้า, ภาพซ้อน, ภาพเบลอ
	การกระพริบตา	ตาแห้ง, ตาแดง,
	ระยะห่าง	ตาเมื่อยล้า, ปวดคอ, ปวดไหล่, ปวดหลัง
	มูมมอง	ตาแห้ง, ตาเมื่อยล้า
ทางกายภาพและสภาพแวดล้อม	เพศ	ตาแห้ง, ตาเมื่อยล้า
	อายุ	ตาแห้ง, ตาเมื่อยล้า
	ปัญหาทางสายตา	ตาแห้ง, ตาเมื่อยล้า, ภาพซ้อน, ภาพเบลอ
	การได้รับสารที่มีผลกับดวงตา	ตาแห้ง
	แสงโดยรวม	ตาเมื่อยล้า
	แสงสะท้อน	ตาเมื่อยล้า, ภาพซ้อน, ภาพเบลอ
	ความคมชัดของจออุปกรณ์	ตาเมื่อยล้า



จากตารางที่ 1.2 ระยะเวลาในการใช้งานที่ยาวนาน ทำให้ดวงตาต้องเผชิญการมองเห็นที่ปรับเปลี่ยนตลอดเวลา เนื่องจากจอแสดงผลเป็นแสงที่กระพริบทำให้เกิดเป็นภาพในการมองเห็น เมื่อมีการกระพริบทุกครั้งดวงตาต้องปรับเปลี่ยนทุกครั้ง โดยธรรมชาติของดวงตาจะต้องโฟกัสให้เห็นชัดที่สุด เมื่อต้องโฟกัสความคมชัดตลอดเวลา ทำให้กล้ามเนื้อดวงตาทำงานหนัก มีอาการตาเมื่อยล้า และจะมีอาการประเภทการมองเห็นภาพเบลอ ภาพซ้อน ตามมา จากอาการเหล่านี้จัดอยู่ในอาการของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม การป้องกันปัจจัยดังกล่าว ทำได้ด้วยการพักการทำงานจากหน้าจอ โดยทุก 2 ชั่วโมงพัก 15 นาที หรือทำตามกฎ 20-20-20 ซึ่งเป็นวิธีป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมขั้นพื้นฐาน โดยทุก 20 นาทีพักการทำงานจากหน้าจอ 20 วินาที และมองออกไปข้างนอกประมาณ 20 ฟุต (Munshi, 2017)

การกระพริบตาที่ลดลง (Akinbinu, 2014) (Chu, Rosenfield, & Portello, 2014) และการกระพริบตาที่ไม่สมบูรณ์ (Rosenfield, 2011) ในขณะที่เพ่งมองจออุปกรณ์ เป็นปัจจัยที่ทำให้เกิดอาการตาแห้งเนื่องจากดวงตาต้องปรับหาความชัดเจนในการมองเห็นทำให้มีการกระพริบตาน้อยลง และยังขึ้นอยู่กับคุณภาพความคมชัดของจออุปกรณ์ ถ้าขาดความคมชัดการกระพริบตาจะลดลงมากขึ้น การกระพริบตาเป็นการเคลือบของเหลวในดวงตาให้เคลือบผิวของดวงตา เพื่อรักษาความชุ่มชื้นของเลนส์ตาอยู่ตลอดเวลา แต่เมื่อผู้ใช้ได้มองอุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์ทำให้อัตราการกระพริบตาน้อยลงกว่าปกติถึง ร้อยละ 60 โดยที่ผู้ใช้ไม่รู้ตัวเองว่าได้กระพริบตาลดลง ส่งผลให้ผิวของตาแห้งและอาจจะถึงขั้นอักเสบ ซึ่งอาการตาแห้งที่เกิดจากการจ้องมองจออุปกรณ์สารสนเทศเป็นอาการในกลุ่มโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ทั้งนี้อัตราการกระพริบตาที่เหมาะสมประมาณ 22 ครั้งต่อนาที

ระยะห่างระหว่างตากับหน้าจออุปกรณ์ เป็นปัจจัยที่มาจากการใช้งานที่ไม่เหมาะสม (Rempel, Willms, Anshel, Jaschinski, & Sheedy, 2007) เป็นปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น การมองเห็นที่ไม่ชัดจะทำให้เกิดอาการสายตาสั้นเมื่อยล้า เพราะดวงตาจะทำงานหนักในการปรับภาพหาความชัด เมื่อมีการใช้สายตาเพ่งมองจอจากระยะที่มองเห็นไม่ชัดเจนเป็นเวลานานทำให้เกิดการเมื่อยล้าขึ้น อย่างไรก็ตามระยะห่างของดวงตากับหน้าจอยังมีส่วนเกี่ยวข้องกับอาการของกล้ามเนื้อและกระดูก เนื่องจากการเพ่งมองจอเป็นเวลานานผู้ใช้งานจะต้องการระยะห่างที่ใกล้ขึ้น เพื่อที่จะทำให้การมองเห็นชัดขึ้น ผู้ใช้งานมีการงอหรือโน้มตัว ทำให้อยู่ในท่าทางที่ไม่เหมาะสมในการใช้งาน และจะส่งผลต่อกล้ามเนื้อและกระดูก เช่น อาการปวดต้นคอ ปวดหลัง ปวดไหล่ ระยะที่เหมาะสมกับการเพ่งมองอยู่ที่ประมาณ 50-80 เซนติเมตร

มูมมอง จัดเป็นปัจจัยทางพฤติกรรมหนึ่งซึ่งช่วยป้องกันอาการตาแห้งและอาการตาเมื่อยล้า (Izquierdo, Garcia, Buxo, & Izquierdo, 2004) การวางสายตาที่เหมาะสมในการใช้งานจะทำให้กล้ามเนื้อที่ควบคุมเลนส์ตาไม่ต้องทำงานหนักในเรื่องของการปรับความคมชัด ซึ่งการที่เลนส์ในตาปรับความชัดจนบ่อยครั้งจะเป็นสาเหตุของอาการตาเมื่อยล้า การที่วางสายตาทำมุมต่ำกับหน้าจอกอมพิวเตอร์ในองศาที่พอเหมาะ จะช่วยให้สารเหลวในดวงตาเคลือบผิวของดวงตาไว้ ซึ่งจะช่วยป้องกันอาการตาแห้งที่เกิดจากการจ้องมองอุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์ มูมมองที่เหมาะสมอยู่ที่ประมาณ 10-15 องศา

เพศ เป็นปัจจัยที่ก่อให้เกิดอาการตาแห้ง (Parihar et al., 2016) สาเหตุของอาการตาแห้งนี้มาจากต่อมที่สร้างของเหลวภายในดวงตา ปกติต่อมที่สร้างของเหลวของเพศชายและเพศหญิง จะสร้างของเหลวในปริมาณที่ไม่เท่ากัน โดยที่เพศหญิงจะมีปริมาณของเหลวในดวงตาน้อยกว่าเพศชาย ดังนั้นผู้หญิงจึงมีโอกาสเป็นอาการตาแห้งมากกว่าผู้ชาย

อายุ เป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับความคมชัดในการมอง ปัญหานี้มักจะเกิดกับกลุ่มผู้ใช้ที่อายุประมาณ 40 ปีขึ้นไป เพราะกลุ่มช่วงอายุนี้จะมีปัญหาเรื่องสายตาดูโดยธรรมชาติ การมองเห็นที่ขาดความชัดเจนจะส่งผลกับดวงตา เมื่อมีการมองเห็นที่ไม่ชัดเจน ดวงตาจะพยายามปรับความชัดอยู่ตลอดเวลาทำให้เกิดการเมื่อยล้า นอกจากนี้อายุยังเกี่ยวข้องกับอาการตาแห้ง (Rosenfield, 2011)

ปัจจัยเรื่องการมองเห็นที่มีอยู่แล้วของผู้ใช้และการได้รับสารที่มีผลต่อดวงตา (Blehm et al., 2005) เป็นปัจจัยที่ติดตัวอยู่กับผู้ใช้ ปัญหาการมองเห็นที่มีอยู่ก่อนจะมีผลต่อการมีอาการในกลุ่มโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมหลายอาการ เช่น สายตาสั้น สายตายาว จะมีผลต่อการมองจออุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์ในเรื่องความชัดเจน ซึ่งส่งผลต่ออาการตาเมื่อยล้า มองเห็นภาพเบลอภาพซ้อน และการได้รับยาอาจจะมีผลต่อต่อมของเหลวภายในตาซึ่งจะส่งผลเรื่องอาการตาแห้ง

แสงที่มาจากสภาพแวดล้อม เป็นแสงโดยรอบจออุปกรณ์อาจจะไปรบกวนการมองเห็นหน้าจอของผู้ใช้ ทำให้เกิดความลำบากในการมองและเกิดอาการตาเมื่อยล้า การแก้ไขควรปรับความสว่างและความคมชัดของหน้าจอเพื่อให้สมดุลกับแสงบริเวณโดยรอบและการมองเห็น (Loh & Redd, 2008)

ภาพสะท้อนบนหน้าจอ (Loh & Redd, 2008) เมื่อแสงตกกระทบบนหน้าจออุปกรณ์จะเกิดเป็นภาพซ้อนกันหลายภาพ ซึ่งจะสร้างความสับสนในการโฟกัสความชัดเจน เป็นการรบกวน

การทำงานเลนส์ตา ทำให้เลนส์ดวงตาทำงานหนัก ก่อให้เกิดอาการตาเมื่อยล้า และมีอาการเห็นภาพซ้อน ภาพเบลอ ตามมา

ความคมชัดของจอแสดงผล (Blehm et al., 2005) การมองเห็นที่ไม่ชัดจะส่งผลให้เป็นอาการตาเมื่อยล้า จอแสดงผลเป็นแสงที่กระพริบอยู่ตลอดเวลา ตาต้องปรับความชัดอยู่ตลอดเวลาในการมองจอแสดงผล ถ้าการกระพริบของแสงไม่มีคุณภาพหรือความชัดของหน้าจอมีน้อย จะทำให้ดวงตามีอาการเมื่อยล้า

ปัจจัยที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนี้ล้วนเป็นปัจจัยที่จะก่อให้เกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ถ้าเราสามารถปรับเปลี่ยนปัจจัยเหล่านี้ให้เหมาะสมได้ การเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมกับผู้ใช้งานอุปกรณ์ประเภทคอมพิวเตอร์อาจจะลดลง

ในอดีตที่ผ่านมา มีงานวิจัยทางด้านวิทยาการคอมพิวเตอร์ ที่จัดทำขึ้นเพื่อหาวิธีป้องกันการเกิดของโรค โดยงานที่มุ่งเน้นไปที่การป้องกันปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรค เช่น เจนนิเฟอร์ (Jennifer & Sharmila, 2017) นำเสนอวิธีการตรวจหาการกระพริบตาเพื่อป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยใช้กล้องเว็บแคมที่เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ ระบบจะบังคับให้ผู้ใช้ทำการกระพริบ 1 ครั้ง ใน 4 วินาที ซึ่งจะนับเฟรมจากกล้อง หากผู้ใช้ไม่ทำการกระพริบตาในช่วงที่ระบบกำหนด จะมีการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบ ฮาน (Han, 2012) นำเสนอการตรวจหาการกระพริบตาบนสมาร์ตโฟนเพื่อป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยใช้ขั้นตอนวิธีที่มีขนาดเบาและเร็ว สามารถจับการกระพริบตาได้แม้อุปกรณ์มีการเคลื่อนไหว โฮ (Ho, 2015) นำเสนอแอปพลิเคชันที่ป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมบนสมาร์ตโฟน โดยจะใช้การตรวจหาระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจอสมาร์ตโฟน ระบบจะใช้กล้องหน้าของสมาร์ตโฟนเป็นตัวตรวจหาระยะห่างของผู้ใช้ ในงานวิจัยนี้ยังมีการเชื่อมโยงกับการแจ้งเตือนที่ไม่คุกคามหรือเป็นมิตรกับผู้ใช้ ตามหลักการปฏิสัมพันธ์คอมพิวเตอร์กับมนุษย์ (HCI : Human Computer Interaction) โทดะ (Toda, Nakai, & Xinxin, 2015) นำเสนอระบบตรวจหาระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจอ และองศาของคอในการใช้คอมพิวเตอร์ โดยระบบจะใช้การเชื่อมต่อกับกล้องสองตัวคือกล้องหน้าคอมพิวเตอร์เพื่อจับระยะห่าง กล้องด้านข้างจับองศาของคอ และแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อมีการจัดศีรษะที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งาน วาสนิค (Wasnik & Jeyakumar, 2016) นำเสนอระบบตรวจหาระยะ มุมองศาและการเดินของศีรษะ เพื่อป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยจะมีตัวรับรู้ (Sensor) ติดไว้กับตัวผู้ใช้ การตรวจหาระยะจะใช้คลื่นอัลตราโซนิก (Ultrasonic) เป็นตัวรับรู้ระยะห่าง การตรวจหาศีรษะเพื่อดูความตึงเครียดโดยใช้พัลส์เซนเซอร์ (Pulse Sensor) ติดไว้กับผู้ใช้ การตรวจหามุมองศาใช้แอกเซ

โรมิเตอร์ (Accelerometer) โดยทั้งหมดจะเชื่อมกับ ไมโครคอนโทรลเลอร์อัลดีโย (Arduino) เมื่อผู้มีการใช้งานที่ไม่เหมาะสม ระบบจะแจ้งเตือนผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์หรือสมาร์ทโฟน จูเลียส (Julius & Mustapha, 2014) พัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อป้องกันการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมโดยมุ่งเน้นไปที่เครื่องคอมพิวเตอร์สำนักงาน ซึ่งใช้แนวทางของกฎ 20-20-20 โดยบังคับให้ผู้หยุดพักทุก 2 ชั่วโมงเป็นเวลา 5 นาที ด้วยการลือคหน้าจอ

ข้อบกพร่องที่พบได้จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ในงานวิจัยของเจนนิเฟอร์ (Jennifer & Sharmila, 2017) ถึงแม้มีความถูกต้องในการตรวจหาสถานการณ์ลึ้มตาและหลับตาอยู่ที่ 99.95% แต่การตีความของการกระพริบตายังไม่ชัดเจนบอกเพียงว่า ถ้ามีสถานะการลึ้มตาอยู่ในเฟรมที่ 96 ระบบจะมีข้อผิดพลาดแจ้งเตือน (จากบทความที่ปริทรรศน์ไม่ปรากฏตัวอย่างของข้อผิดพลาดในบทความ) ฮาน (Han, 2012) เน้นการตรวจหาและติดตามตำแหน่งของดวงตาในสมาร์ทโฟน เพื่อใช้ในการสร้างสถานะการกระพริบตา ไม่ได้มุ่งเน้นในการคำนวณอัตราการกระพริบตาของผู้ใช้งานของโฮ (Ho, 2015) ซึ่งวิธีการหาระยะห่างของโฮใช้การวัดขนาดของใบหน้าเปรียบเทียบเป็นระยะทางในสภาพแวดล้อมการทำงานของสมาร์ทโฟน ซึ่งในงานไม่ได้แสดงการทดสอบความถูกต้องของระยะที่ตรวจหาได้ งานของวาสนิก (Wasnik & Jeyakumar, 2016) ใช้คอนโทรลเลอร์เพื่อเป็นเซนเซอร์ในการตรวจหามุมมองและระยะห่าง ซึ่งจะมีการติดอุปกรณ์เซนเซอร์กับผู้ใช้งาน อุปกรณ์ที่ติดกับผู้ใช้งานอาจสร้างความรำคาญแก่ผู้ใช้ แอปพลิเคชันในการนับเวลาของจูเลียส (Julius & Mustapha, 2014) ใช้งานจากเวลาปกติที่แสดงสถานการณ์เปิดใช้งานคอมพิวเตอร์ ซึ่งเวลาในการเปิดคอมพิวเตอร์ไม่ได้บ่งบอกถึงการใช้งานที่แท้จริง

ทั้งนี้จะเห็นได้ว่างานวิจัยที่ได้ปริทรรศน์มา ได้แสดงข้อบกพร่องบ้างอย่างที่ได้อ้างไว้ข้างต้น และยังไม่มียานวิจัยใดๆ ที่จะรวมเอาปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมเข้ามาอยู่ด้วยกันได้อย่างสมบูรณ์ ทั้งนี้ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกายภาพและสภาพแวดล้อมยังไม่ถูกพิจารณาเพื่อใช้เป็นปัจจัยในการป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ทั้งที่ปัจจัยดังกล่าวเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเกิดคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม (Blehm et al., 2005)

ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนามอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เพื่อเป็นแนวทางและทางเลือกในการป้องกันการเกิดอาการในกลุ่มโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยใช้หลักการของการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมขั้นพื้นฐาน (Rosenfield, 2016) (Blehm et al., 2005) (Akinbinu, 2014) (Association, n.d.) มาพัฒนาเป็นซอฟต์แวร์มอดูล โดยปัจจัยที่ผู้วิจัยได้นำมาพิจารณา ได้แก่ กลุ่มพฤติกรรมของผู้ใช้

ประกอบด้วย ระยะเวลา การกระพริบตา มุมมอง ระยะห่าง และ กลุ่มกายภาพและสภาพแวดล้อม ประกอบด้วย เพศ อายุ แสงจากสภาพแวดล้อม เพื่อให้ครอบคลุมสาเหตุของอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมทุกกลุ่มปัจจัย แม้ว่ากลุ่มกายภาพและสภาพแวดล้อมจะไม่มีการศึกษาในงานก่อนหน้านี้ แต่กลุ่มปัจจัยดังกล่าว ส่งผลต่อการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมอย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ โดยจะเห็นได้จากงานวิจัยและบทความที่ปริทรรศน์เรื่องอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมก่อนหน้านี้ ซึ่งในงานวิจัยทั้งหมดแสดงให้เห็นว่า กลุ่มปัจจัยดังกล่าวมีผลต่อการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม (Blehm et al., 2005) (Sen & Richardson, 2007) (Rosenfield, 2011) (Rosenfield, 2016)

## 1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อออกแบบพัฒนามอดุลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ได้แก่ ปัจจัยด้านเวลาในการใช้งาน อัตราการกระพริบตา มุมมองของผู้ใช้ ระยะห่างของดวงตากับหน้าจอ เพศ ช่วงอายุ และ แสงโดยรอบอุปกรณ์ของผู้ใช้

## 1.3 สมมติฐานการวิจัย

มอดุลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ได้รับการประเมินความถูกต้องร้อยละ 90 ขึ้นไป และได้รับการประเมินความสามารถในการใช้งานได้ในระดับดีขึ้นไป

## 1.4 ข้อตกลงเบื้องต้น

อุปกรณ์สารสนเทศที่ใช้กับมอดุลซอฟต์แวร์ต้องสนับสนุนการทำงานในภาษาไพธอน หรือติดตั้งอินเทอร์เน็ตพร็อกซีของไพธอน และต้องมีการติดตั้งหรือเชื่อมต่อกับกล้องเว็บแคม

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

มอดุลซอฟต์แวร์ในงานวิจัยนี้ ช่วยตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยพิจารณาปัจจัย ได้แก่ ระยะเวลาในการใช้งานหรือเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ อัตราการกระพริบตาของผู้ใช้งาน ระยะระหว่างตาของผู้ใช้งานกับหน้าจออุปกรณ์สารสนเทศ มุมมองหรือองศาในการเพ่งมองจออุปกรณ์ เพศของผู้ใช้งาน อายุของผู้ใช้งาน และแสงบริเวณโดยรอบจออุปกรณ์สารสนเทศ โดยปัจจัยทั้งหมดได้พิจารณาความสอดคล้องกับความสามารถของระบบกับการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมขั้นพื้นฐาน และพิจารณาจากความสามารถในการตรวจหาคุณลักษณะของปัจจัยจากกล้องได้ โดยตำแหน่งของกล้องจะถูกติดตั้งบริเวณด้านบนของจออุปกรณ์ หลักการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมที่นำมาใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์มอดุล

ได้มาจากการทบทวนวรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง มอดูลจะถูกทดสอบความถูกต้อง และประเมินความสามารถในการใช้งานได้ โดยผู้ใช้อุปกรณ์สารสนเทศทั่วไป นอกจากนี้มอดูลในงานวิจัยนี้ ยังเป็นระบบที่ออกแบบมาเพื่อให้นักพัฒนาซอฟต์แวร์ท่านอื่นสามารถนำไปใช้งานต่อยอดกับระบบของตนเองได้ โดยใช้งานผ่านมอดูลแฟ้มเกจในภาษาไพธอน

## 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

### 1.6.1 ประโยชน์ทางตรง

ได้มอดูลซอฟต์แวร์สำหรับการตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมของผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ เช่น คอมพิวเตอร์ สมาร์ทโฟน แท็บเล็ต

### 1.6.2 ประโยชน์ทางอ้อม

ได้หลักการต่าง ๆ สำหรับการพัฒนาซอฟต์แวร์ในการตรวจหาปัจจัยเสี่ยงของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เช่น การคำนวณระยะห่างของดวงตากับหน้าจอ การคำนวณอัตราการกะพริบ ที่จะส่งผลกระทบต่อการใช้คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

## 1.7 คำอธิบายศัพท์

**1.7.1 มอดูลซอฟต์แวร์ (Module)** หมายถึง มอดูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นเพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

**1.7.2 คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม (Computer Vision Syndrome)** หมายถึง อาการเจ็บป่วยทางตา ที่มีสาเหตุมาจากการเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ โดยมีอาการ เช่น ปวดหัว ปวดตา ตาแดง ตาเมื่อยล้า เห็นภาพซ้อน ภาพเบลอ ปวดคอ ปวดหลัง

**1.7.3 ปัจจัย (Factors)** หมายถึง ปัจจัยที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยปัจจัยเหล่านั้นจะใช้ในการพิจารณาเพื่อนำไปพัฒนามอดูล

**1.7.4 การตรวจหา (Detection)** หมายถึงการตรวจหาคูณลักษณะต่าง ๆ ผ่านกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์สารสนเทศ

**1.7.5 อุปกรณ์สารสนเทศ (Information Devices)** หมายถึง อุปกรณ์รับและแสดงผลข้อมูล เช่น คอมพิวเตอร์ แท็บเล็ต สมาร์ทโฟน

1.7.6 ภาษาไพธอน (Python Language) หมายถึงภาษาโปรแกรมระดับสูงที่ สร้างโดย กิวโด ฟาน รอสซัม (Guido van Rossum) เป็นภาษาแบบอินเทอร์พรีเตอร์โปรแกรมมิ่ง (Interprete Programming Language) ไม่มีคอมไพเลอร์ ถูกเผยแพร่ครั้งแรกในปี 1991



## บทที่ 2

### ปริทัศน์วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนามอดูลซอฟต์แวร์ เพื่อตรวจจับปัจจัยเสี่ยงที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ด้วยวิธีตรวจจับใบหน้าและดวงตาของผู้ใช้จากกล้องเว็บแคม นำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรค และแนะนำให้ผู้ใช้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมที่เหมาะสมกับการใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ เพื่อหลีกเลี่ยงอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยงานวิจัยนี้มีส่วนเกี่ยวข้องกับหลักการและทฤษฎี ได้แก่ คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ปัจจัยที่เป็นสาเหตุของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม การตรวจจับใบหน้า หลักการของโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น (CNN : convolutional neural network) และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

สมาคมจักษุแพทย์สหรัฐอเมริกา (AOA : American Optometric Association) (AOA, 1997) ได้นิยาม การเจ็บป่วยทางสายตาที่เกี่ยวข้องกับการเพ่งมองจอคอมพิวเตอร์ เช่น อาการปวดตา สายตาเมื่อยล้า ตาแดง ตาแห้ง เห็นภาพซ้อน เห็นภาพเบลอ รวมถึงอาการปวดศีรษะ ปวดคอ ปวดไหล่ ปวดหลัง ไม่จำกัดเฉพาะอาการที่เกี่ยวข้องกับตา ให้เป็นโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม อาการของโรคจะมีหลากหลาย โดยสามารถแบ่งได้เป็น 3 พยาธิสรีรวิทยา (Pathophysiology) คือ กระบวนการ ขั้นตอน กลไก ที่ทำงานผิดปกติของเซลล์เนื้อเยื่อ หรืออวัยวะต่าง ๆ ซึ่งการทำงานที่ผิดปกตินี้ จะมีผลทำให้เกิดอาการ หรือภาวะผิดปกติต่าง ๆ อาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมจะมีความผิดปกติแบ่งได้เป็น 3 กลไก ได้แก่ กลไกการทำงานผิดปกติของกล้ามเนื้อและกระดูก (Extraocular mechanism) กลไกผิดปกติเกี่ยวกับการรับรู้การมองเห็น (Accommodative mechanism) กลไกผิดปกติเกี่ยวข้องกับผิวของดวงตา (Ocular surface mechanism) เป็นเรื่องแน่ชัดว่าการเพ่งมอง VDT (Video Display Terminal) เป็นเวลานาน ทำให้ผู้เพ่งมองเกิดอาการตาเมื่อยล้า (Asthenopia) มากกว่าร้อยละ 75 และมีการคาดการณ์ว่า ร้อยละ 90 ของผู้ใช้งานคอมพิวเตอร์เป็นเวลานานเกินวันละ 3 ชั่วโมง มีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม (Blehm et al., 2005)

##### 2.1.1 ลักษณะอาการและสาเหตุของคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

ลักษณะอาการและสาเหตุของคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม พิจารณาจากอาการโดยทั่วไปของผู้ที่มีอาการสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1



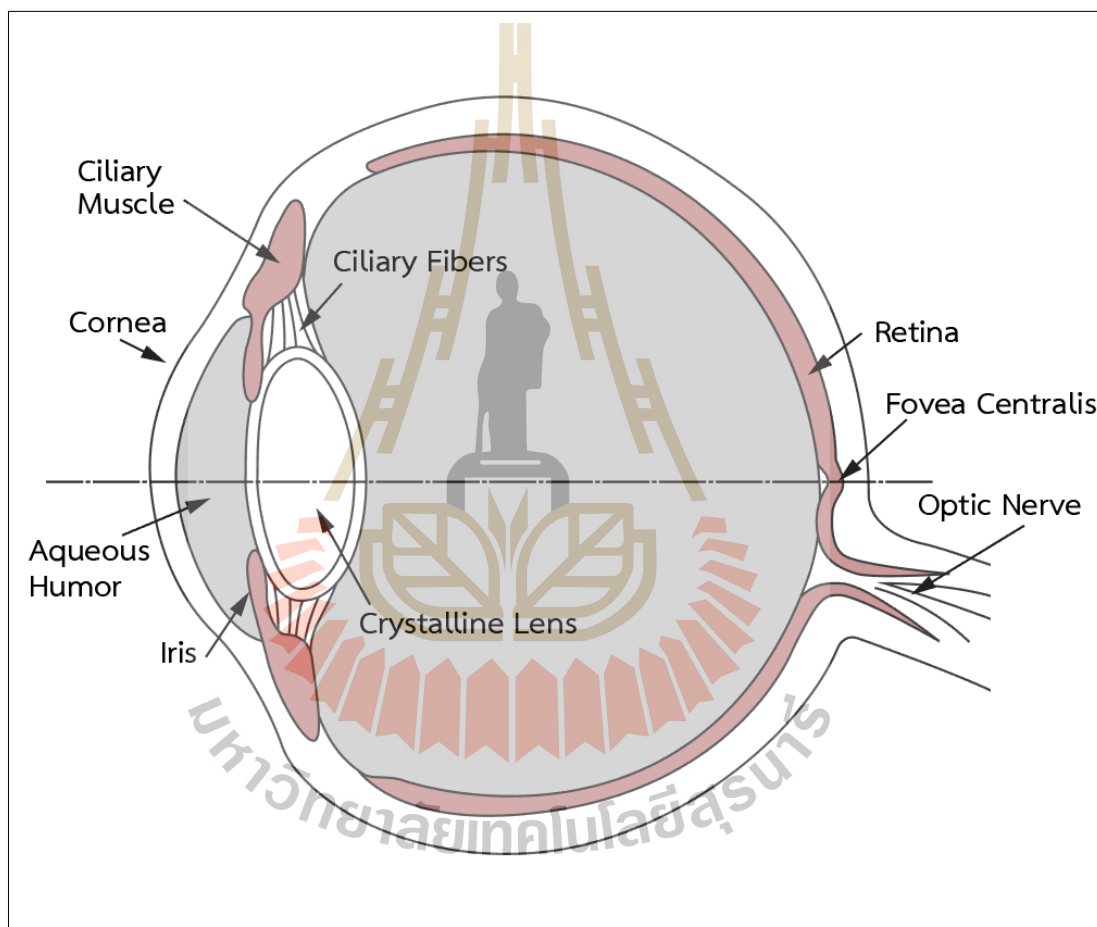
ตารางที่ 2.1 กลุ่มอาการคอมพิวเตอร์ซินโดรมและการวินิจฉัยโรค

ลักษณะอาการ	อาการ	การวินิจฉัยโรค
อาการเมื่อยล้า	ปวดตา แสบตา ตาเมื่อยล้า	การเห็นเป็นภาพเดียวด้วยสองตา (Binocular vision) การปรับตาดูใกล้ไกล (Accommodation)
เกี่ยวกับผิวของดวงตา	ตาแห้ง ตาและ ระคายเคืองตา เลนส์มีปัญหา	ผิวของดวงตาขาดความชุ่มชื้น (Surface Problem)
การมองเห็น	เห็นภาพเบลอ ปรับโฟกัสช้า เห็นภาพเบลอ สายตายาว	ภาวะกำลังหักเหแสงของตาผิดปกติ (Refractive error) การปรับตาดูใกล้ไกล (Accommodation) การเห็นเป็นภาพเดียวด้วยสองตา (Binocular vision)
อาการที่นอกเหนือจากอาการทางตา	ปวดคอ ปวดหลัง ปวดไหล่	การแก้ไขสายตาของผู้สูงอายุ (Presbyopia correction) ตำแหน่งหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Computer screen location)

### 2.1.1.1 อาการเมื่อยล้า (Asthenopia Symptoms) (Rosenfield, 2011)

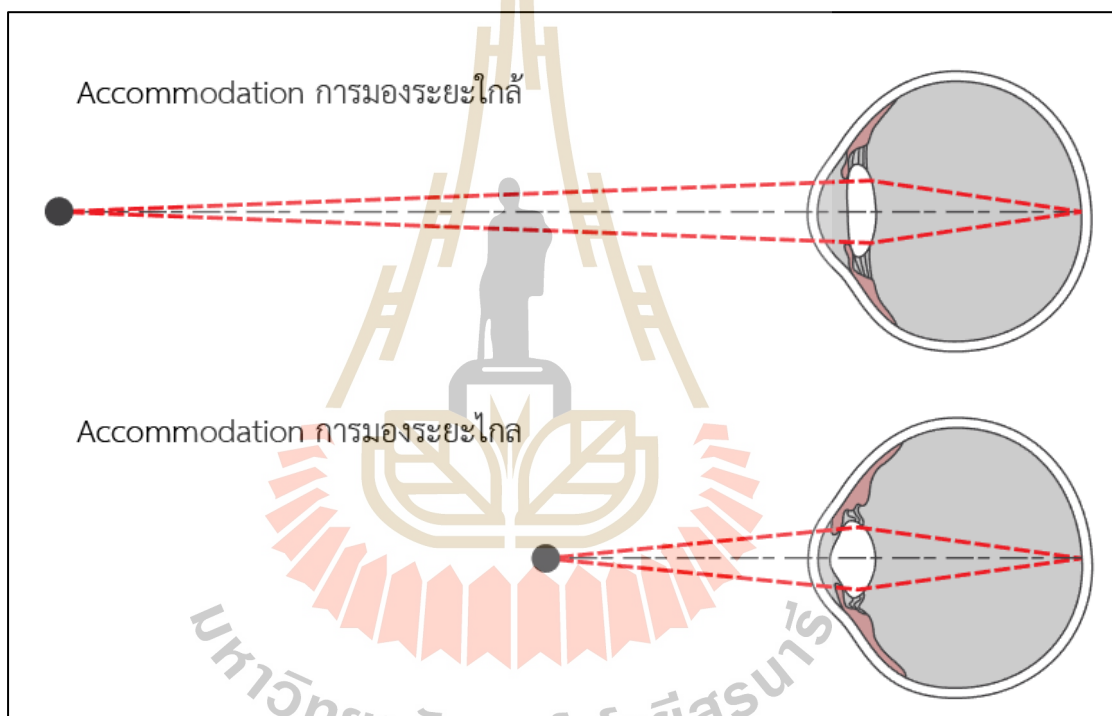
บุคคลหลายคนมีความผิดปกติของการมองเห็นขอบภาพ เช่น ปัญหาการปรับตาดูใกล้ไกล (Accommodation) หรือ การเห็นเป็นภาพเดียวด้วยสองตา (Binocular Vision) โดยความผิดปกตินี้ จะไม่เกิดอาการเมื่อมีการใช้เวลาในการเพ่งมองที่เหมาะสม อย่างไรก็ตาม การเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศเป็นเวลานานจะทำให้การเนื้อที่ควบคุมส่วนนั้นอ่อนกำลังการทำงานลง ซึ่งเป็นสาเหตุของอาการปวดตา ตาเมื่อยล้า

การปรับตาดูใกล้ไกล (Accommodation) เป็นการปรับโฟกัสในการมองเห็นภาพที่ชัดเจนของดวงตา การมองเห็นภาพที่ชัดเจนของมนุษย์จะต้องปรับการรับแสงที่ผ่านดวงตาบรรจบลงบนเรตินา (Retina) การที่จะให้แสงตกลงบนจุดนั้น จะต้องใช้เลนส์ในดวงตา (Crystalline Lens) ในการหักเหแสง โดยกล้ามเนื้อ (Ciliary Muscle) จะเกร็ง ใยที่ยึดอยู่ (Ciliary Fiber) เพื่อให้เลนส์ทำงานตามการโฟกัสในการมอง เลนส์จะปรับการรับภาพตามระยะทางในการโฟกัส ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ภาพตัดของดวงตามนุษย์ (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/eye.html>, 2005)

การเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ แล้วมีอาการตาพร่ามัว ไม่ว่าจะเป็นการมองในระยะใกล้หรือระยะไกล เป็นอาการที่เกี่ยวกับคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยมีสาเหตุจากการเมื่อยล้าของตา เนื่องจากการตอบสนองที่ไม่เหมาะสมกับการปรับตาดูใกล้ไกล ระหว่างการเพ่งมอง หรือความไม่สะดวกในการผ่อนคลายตามความต้องการของสายตา การมองในระยะไกลเป็นการผ่อนคลายความตึงเครียดของดวงตา การทำงานของเลนส์จะมีความโค้งมนน้อย กล้ามเนื้อโดยรอบจะผ่อนคลาย แต่ตรงข้ามกับการโฟกัสในระยะใกล้ที่ต้องการความโค้งของเลนส์ ทำให้กล้ามเนื้อโดยรอบทำการเกร็งเพื่อพยายามปรับเลนส์ให้โค้งมนทำให้มีการมองเห็นที่ชัดเจน ลักษณะการทำงานของ การปรับตาดูใกล้ไกลแสดงในรูปที่ 2.2

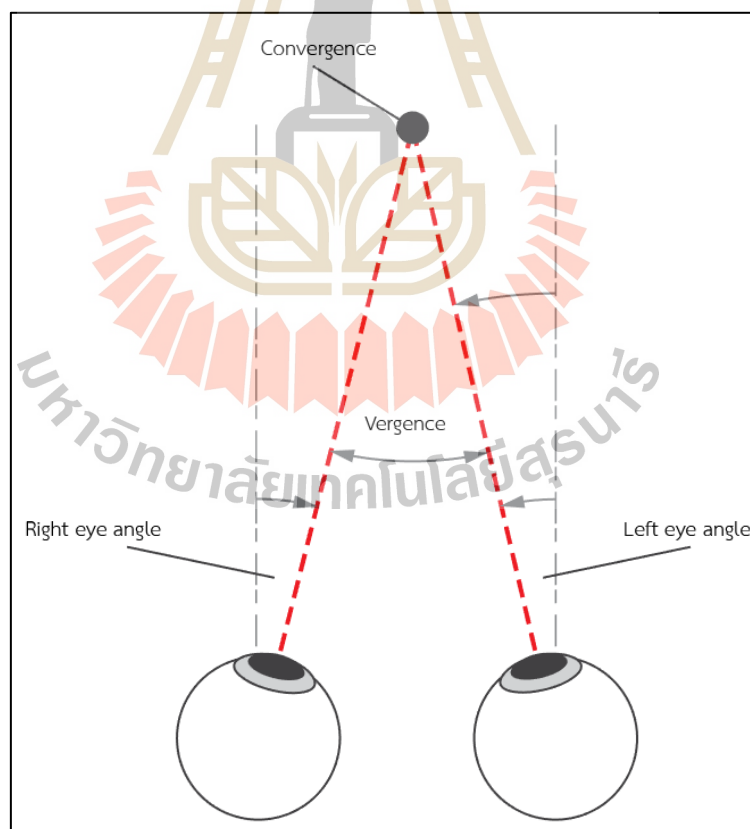


รูปที่ 2.2 การปรับตาดูใกล้ไกล(<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/eye.html>, 2005)

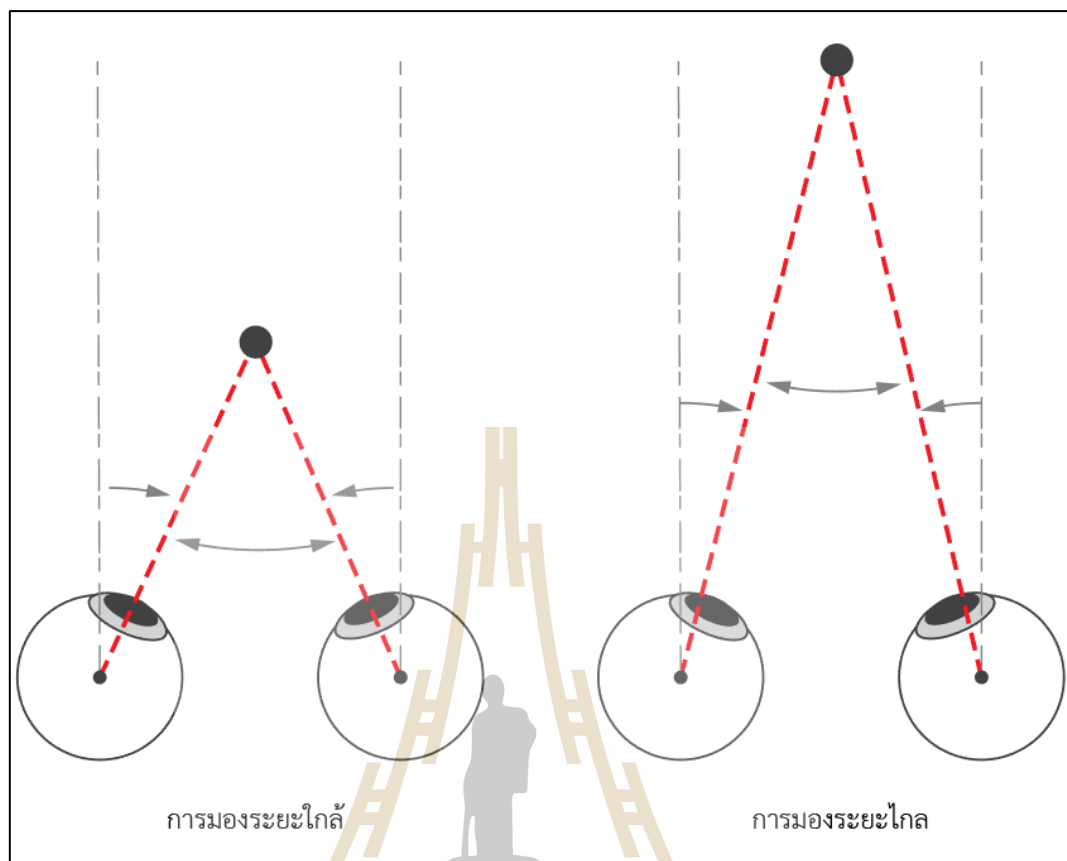
การเบนเข้า (Convergence) จากงานวิจัยมีตรวจสอบการตอบสนองการเบน (Vergence) ในระหว่างการทำงานกับจออุปกรณ์สารสนเทศ นักวิจัยหลายคนได้วัดพารามิเตอร์การเบนก่อนและหลังการใช้จออุปกรณ์ ตัวอย่างเช่น วัดต์เอต (Watten) วัดความเร็วในการเบนโดยวัดทั้งทิศบวกและลบ ของการทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน ได้สังเกตเห็นการลดลงอย่างมากของสองพารามิเตอร์ เยวและเทaylor (Yeow and Taylor) (Rosenfield, 2011) พบว่าความสามารถในการเบนตาเข้า (Near point of convergence : NPC) จะไม่เปลี่ยนแปลง ในการทำงานที่มีการพัก

สายตา นั้นหมายความว่า การเพ่งมองจ่ออุปกรณ์สารสนเทศลดความสามารถในการเบนเข้าแต่จะดีขึ้นเมื่อมีการพักที่เพียงพอ การเพ่งมองในระยะไกลจะมีมุมของ การเบนจะน้อย ตรงข้ามเมื่อมีการมองไกลที่ต้องการมุมการเบนที่มาก มุมที่เบี่ยงเบนจากแกนมากส่งผลให้มีอาการเมื่อยล้าขึ้น รูปที่ 2.3 แสดงตัวอย่างการเบนเข้า (Convergence) รูปที่ 2.4 แสดงการเบน (Vergence) ในการมองระยะใกล้และระยะไกล

โดยสรุปการเปลี่ยนแปลงการทำงานของ การปรับตาใกล้ไกล และการเบนเข้า จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้เพ่งมองจ่ออุปกรณ์ การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เป็นตัวบ่งชี้ถึงการมีอาการเมื่อยล้า ความเมื่อยล้าจะหายไปเมื่อมีการหยุดพักจากการเพ่งมอง มีการตั้งข้อสังเกตว่า การปรับตาใกล้ไกลเป็นปัจจัยที่จะพัฒนาไปสู่การมีสายตาสั้นในวัยสูงอายุ โดยการเพ่งมองจ่อจะส่งผลให้เกิดอาการสายตาสั้นชั่วคราวเพียงเล็กน้อย โดยเมื่อผู้ใช้มีอาการสายตาสั้นชั่วคราวมักจะมีอาการตาเมื่อยล้าตามมา แต่ผู้ใช้ที่มีสายตาสั้นชั่วคราวนี้จะเปลี่ยนแปลงไปสู่การมีสายตาสั้นแบบถาวรเพียงร้อยละ 32.5



รูปที่ 2.3 การเบนเข้า (Convergence) (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/eye.html>, 2005)



รูปที่ 2.4 การเบน (Vergence) ของการมองระยะใกล้และระยะไกล (<http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/eye.html>, 2005)

### 2.1.1.2 ผิวของดวงตา (Ocular Surface) (Blehm et al., 2005)

ผู้ใช้คอมพิวเตอร์มักมีปัญหาเกี่ยวกับผิวของดวงตา เช่น ตาแห้ง เกิดการไหม้ระคายเคือง หลังจากเพ็งมองจออุปกรณ์เป็นเวลานานติดต่อกัน ผิวของดวงตาอาจจะเกิดการคันความชุ่มชื้นให้ดวงตาเป็นสิ่งที่ขาดและเพื่อหล่อลื่นและแก้ไขพื้นผิวด้านหน้าของดวงตา อาการตาแห้งอาจเป็นสาเหตุหลักของการเมื่อยล้าของตา เช่น การมองจออุปกรณ์ จะมีอัตราการกระปริบตาลดลง การถูกสัมผัสจากภายนอกของผิวดวงตาจะเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการแห้งของผิวดวงตา ความแห้งที่เพิ่มขึ้นนำไปสู่อาการตาเมื่อยล้า ปัจจัยที่นำไปสู่อาการตาแห้งมีดังต่อไปนี้

1) ปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม กระเจกตามีความไวต่อการแห้งและยังไวต่อสารเคมี ความไม่สมดุลของปัจจัยแวดล้อมสำนักงาน รวมถึงอันตราย เช่น อากาศแห้ง พัดลมระบายอากาศ การสะสมไฟฟ้าสถิต ฝุ่นในกระดาศเครื่องพิมพ์เลเซอร์ เครื่องถ่ายเอกสาร พงหมึกและสารปนเปื้อนในอาคาร

2) การลดลงของอัตราการกะพริบ คนส่วนใหญ่มีกะพริบตาระหว่าง 10-15 ครั้งต่อนาที การศึกษาพบว่าอัตราการกะพริบจะลดลงเมื่อเพ่งมองจออุปกรณ์ โดยก่อให้เกิดการฉีกขาดฟิล์มผิวดวงตา และกระจกตาเกิดความตึง ส่งผลให้มีเกิดการตาแห้ง อัตราการกะพริบตาอาจลดลงถึงร้อยละ 60 และยังเป็นหนึ่งในพื้นฐานของพยาธิสรีรวิทยา

3) การเปิดตาเพิ่มขึ้น การอ่านข้อความบนกระดาษตามปกติ ขณะมองลงไปจะส่งผลให้เปลือกตาปกคลุมส่วนสำคัญของผิวหน้า ดวงตาจึงลดการระเหยของน้ำตา ในทางตรงกันข้ามผู้ใช้คอมพิวเตอร์มักจะคุ้นเคยกับการอ่านของตนในมุมมองแนวนอน ทำให้ดวงตาเปิดกว้าง และพื้นผิวที่เพิ่มขึ้นนี้จะส่งผลต่อการระเหยของของเหลวในตา

4) เพศ พบอาการตาแห้งในเพศหญิงมากกว่าเพศชาย การสำรวจความชุกของการเกิดอาการตาแห้งในหญิงและชายอายุมากกว่า 50 ปี ในสหรัฐอเมริกามีค่าร้อยละ 7.8 และ 4.3 ตามลำดับ เนื่องจากเพศหญิงต่อมในการผลิตของเหลวในตาน้อยกว่าเพศชาย

5) อายุ การผลิตน้ำตาลดลงตามอายุ แม้ว่าตาแห้งอาจเกิดขึ้นได้ทุกเพศทุกวัยทั้งชายและหญิง ผู้หญิงวัยหมดระดูหลังหมดประจำเดือนเป็นตัวแทนกลุ่มบุคคลที่ได้รับผลกระทบจากตาแห้งมากที่สุด

6) โรคทางระบบและโรคที่เกี่ยวข้องกับอาการตาแห้ง โรคที่เกี่ยวข้องจะส่งผลต่อการมีอาการตาแห้งในกลุ่มคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เช่น โรคปากแห้ง โรคข้ออักเสบ (รูมาตอยด์) และโรคภูมิแพ้หลายชนิดมีความสัมพันธ์กับตาแห้ง

7) การได้รับยา มียาหลายชนิดที่ทำให้เกิดอาการตาแห้ง มีการพบการเกิดอาการตาแห้งในผู้ที่เป็นโรคข้ออักเสบ โรคภูมิแพ้หรือไทรอยด์ นอกจากนี้ยังพบมากในบุคคลที่ใช้ยาต้านฮีสตามีน (Antihistamines) ยาลดความวิตกกังวล ซิมเสร่า

8) การใช้คอนแทคเลนส์ พบว่าการสวมใส่คอนแทคเลนส์ มีแนวโน้มอย่างมากที่จะได้รับความรู้สึกไม่สบายตา ความสบายตาขึ้นอยู่กับกลิ่นไหลของเลนส์กับดวงตา พื้นผิวของคอนแทคเลนส์ควรลื่นตามแนวตาและเปลือกตา และมีการเสียดสีน้อยที่สุด ถ้าผิวของดวงตาแห้งเลนส์จะแห้ง และเกาะติดกับเปลือกตาด้านบนระหว่างการกะพริบตา แรงเสียดสีจากตาแห้งทำให้เกิดความรู้สึกไม่สบายตา

9) ภาวะของตาผู้ใช้ ความผิดปกติของต่อมภายในดวงตา ทำให้อาจทำให้ตาแห้งได้ ความผิดปกติที่พบบ่อยที่สุดคือ เปลือกตาอักเสบ ส่งผลต่อต่อมไขมันที่ช่วยให้ชั้นไขมันของผิวรอบดวงตาหลังสารออกมา การขาดชั้นไขมันนี้ก่อให้เกิดการระเหยของน้ำในตาอย่างรวดเร็ว ทำให้ฟิล์มฉีกขาดทำให้รู้สึกไม่สบาย

10) เครื่องสำอาง การใช้ที่ไม่ดี จะไปขวางการปล่อยสาร Meibomian ของดวงตา ส่งผลให้เกิดการระเหยของน้ำอย่างรวดเร็ว จะทำให้ฟิล์มผิวดวงตาฉีกขาด

### 2.1.1.3 จอแสดงผล (Display) (Blehm et al., 2005)

1) คุณภาพของจอแสดงผล การแสดงผลที่ไม่ดีอาจก่อให้เกิดความรำคาญและไม่สบายตา มีรายงานว่า ประสิทธิภาพของภาพจะได้รับผลกระทบจากพารามิเตอร์การแสดงผล เช่น ขนาดตัวอักษร โครงสร้างและรูปแบบ ภาพที่สร้างขึ้นบนจอแสดงผลประกอบด้วยจุดสว่าง (Pixel) หรือเส้นแนวนอน (Raster) จำนวนมารวมกัน ซึ่งเบลอและไม่มีขอบคม การมีจุดหรือเส้นมากขึ้นบนจอภาพ ทำให้ภาพมีความคมชัดและชัดเจนยิ่งขึ้น เชื่อกันว่าตัวอักษรที่เบลอเพียงเล็กน้อย จะทำให้เกิดการปรับตาดูใกล้ไกลซ้ำๆ ทั้งนี้ความเมื่อยล้าจากการเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ มีความสัมพันธ์กับเวลาตอบสนองการค้นหาและการเคลื่อนไหวของดวงตา

2) ระยะทางและขนาดข้อความ หลายปัจจัยมีผลต่อการอ่านและความชัดเจนของตัวอักษรที่แสดงบนหน้าจอ คำที่มีตัวพิมพ์ใหญ่รวมกับตัวพิมพ์เล็กจะแปลความหมายได้ง่ายกว่าคำที่มีตัวพิมพ์ใหญ่ทั้งหมด ระยะห่างระหว่างตัวอักษรและเส้นจะมีผลต่อคุณภาพของการมองเห็นภาพ ควรให้พื้นที่อักขระอย่างน้อยครึ่งหนึ่งระหว่างคำ ช่องว่างอักขระหนึ่งบรรทัดให้ความคมชัดสูง และความสว่างเป็นสาเหตุที่พบได้บ่อยที่สุดของการมองเห็นอักษร ซึ่งมีการแนะนำให้ใช้ตัวอักษรที่มีดบนพื้นสว่าง อย่างไรก็ตามพื้นหลังที่มีด อาจทำให้เกิดความล้าของกล้ามเนื้อตามตาได้ อุปกรณ์สารสนเทศแบบพกพาที่ใช้ในปัจจุบัน มีหน้าจอขนาดเล็กกว่าคอมพิวเตอร์ ทำให้ขนาดของข้อความเล็กลงตามหน้าจอ จำเป็นต้องใช้ระยะทางในการเพ่งมองเพิ่มขึ้นเพื่อการมองเห็นที่ชัดเจน ซึ่งสิ่งนี้จำเป็นนี้จะเพิ่มภาระการทำงานของตา การปรับตาดูใกล้ไกล และการเบน โดยระยะในการเพ่งมองที่เหมาะสมกับสมาร์ตโฟน คือ 30 เซนติเมตร. คอมพิวเตอร์ตั้งโต๊ะ คือ ระยะ 60 ซม. การเพ่งมองจอเป็นเวลานาน ความชัดเจนจากระยะที่มองจะลดลง ทำให้ต้องลดระยะลงให้ตาใกล้กับหน้าจอมากขึ้น เพื่อการมองเห็นที่ชัดเจนขึ้น ระยะทางที่ใกล้ขึ้นนี้ทำให้ตามีความต้องการ การเบนเพิ่มขึ้น และการปรับตาดูใกล้ไกล ทำงานหนักขึ้น เมื่อผู้ใช้เพ่งมองจอเป็นเวลานานจะเกิดการเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อในดวงตา

2) แสงโดยรอบและแสงจ้าจากหน้าจอ สภาพแสงที่ไม่เหมาะสมกับพื้นที่การทำงานอาจส่งผลเสียต่อความสบายตาของผู้ใช้งาน แสงจากหน้าและแสงโดยรอบพื้นที่ทำงานเป็นต้นกำเนิดของแสงจ้าและภาพสะท้อน ปัญหาดังกล่าวเป็นจะรบกวนการมองเห็นของผู้ใช้และก่อให้เกิดความเมื่อยล้าของตา อย่างไรก็ตาม ความสว่างโดยรอบแสดงให้เห็นอย่างมีนัยสำคัญในการลดความกว้างของการปรับตาใกล้ไกล แสงจ้าจากหน้าจอ จะช่วยให้ผู้ใช้มองเห็นง่ายแต่ทางกลับกันจะสร้างความเมื่อยล้าให้กับดวงตา ภาพสะท้อนที่เกิดบนหน้าจอมีผลต่อการกระพริบตาที่ลดลง และมีผลต่อความถูกต้องในการตอบสนองการปรับตาใกล้ไกล การลดแสงสะท้อนทำได้ด้วยการติดตั้งตัวกรองแสงหน้าจอที่มีคุณภาพ และทำให้ความคมชัดเพิ่มขึ้น เนื่องจากแสงของพื้นหลังจะลดทอนลงได้มากกว่าตัวอักษร

3) อัตราการรีเฟรช (Refresh Rates) อัตราการรีเฟรชของหน้าจอ หมายถึงจำนวนครั้งต่อวินาที ที่หน้าจอสร้างภาพใหม่ หากอัตราการรีเฟรชช้าเกินไปการแสดงผลบนหน้าจออาจเกิดกะพริบ อัตราการรีเฟรชที่ต่ำมาก อาจทำให้เกิดอาการชัก และทำให้อัตราการกระพริบตาลดลง จอแสดงผลที่มีการรีเฟรชที่สูงจะช่วยลดอาการตาแดง

4) รังสี (Radiation) จอแสดงผลจะสร้างรังสีอัลตราไวโอเล็ตขึ้นมาเล็กน้อยแต่รังสีเอกซ์เป็นจำนวนมาก แต่ไม่มีงานวิจัยใดที่บ่งบอกว่ารังสีเหล่านี้มีผลกระทบต่อดวงตา

### 2.1.2 การป้องกันอาการด้วยการปรับเวิร์กสแตชัน (Blehm et al., 2005)

การป้องกันและการรักษาคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม มีวิธีการที่หลากหลายเนื่องจากปัญหาที่พบของผู้ใช้มีหลากหลาย เมื่อรักษาผู้ป่วยสิ่งสำคัญคือต้องพิจารณาการรักษาโดยรวมกับการปรับสตาเนชันในการใช้งานและพฤติกรรมของผู้ใช้งาน

#### 2.1.2.1 แสงสว่าง (Light)

พื้นที่การทำงานมีแสงที่เหมาะสม จะช่วยเพิ่มความสบายและประสิทธิภาพในการแสดงภาพ ขณะมีการลดลงของการมองเห็นภาพ และเกิดความเมื่อยล้า แสงในสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมจะช่วยการมองเห็นของผู้ใช้ โดยอาจจะปรับสภาพแวดล้อมการทำงานด้วยการลดหลอดไฟ ในพื้นที่ทำงานออกในบางส่วนออก แสงจากหน้าต่างที่มากเกินไปควรถูกกรองด้วยผ้าม่าน หากไม่สามารถหลีกเลี่ยงจุดสว่างที่สะท้อนบนหน้าจอได้ ย้ายที่ทำงานไปยังตำแหน่งที่ดีกว่าอาจช่วยได้ ประเภทของแหล่งกำเนิดแสง มีความสำคัญในการมองเห็น หลอดโซเดียมมีความสามารถในการทำงานสูงมากที่สุด หลอดไฟที่ให้แสงโทนอุ่น (แสงออกสีเหลือง



แดง) ทำให้ดวงตามีการมองเห็นที่ง่ายขึ้น ควรหลีกเลี่ยงหน้าจอที่มีแสงจ้า ตัวกรองป้องกันการลดแสงจ้าจะช่วยปรับความสบายในการมองเห็นจอ วิธีเหล่านี้เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการช่วยเรื่องความสบายตาในการเพ่งมองจอ

### 2.1.2.2 ตำแหน่งของจอ (Positioning) (Blehm et al., 2005)

ผู้ใช้คอมพิวเตอร์มักใช้ตำแหน่งการเพ่งมองหน้าจอไม่ถูกต้อง การวางท่าทางที่ไม่เหมาะสมจะทำให้เกิดการปวดหลัง ปวดคอและไหล่ ดังนั้นจึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องตรวจสอบระยะห่างของจอภาพและรักษาความสูงของจอภาพให้เหมาะสม การพยายามปรับปรุงการยศาสตร์ทางกายภาพของสถานงาน ช่วยเรื่องการเพื่อลดความไม่สะดวกของท่าทาง และปรับปรุงประสิทธิภาพการมองเห็น ดวงตาควรห่างจากหน้าจอ 50-70 เซนติเมตร เพื่อความสะดวกในการมองเห็นหน้าจอวางเป็นมุมห่าง 10 ถึง 20 องศา (ตรงกลางของหน้าจอ 12-15 เซนติเมตร) ระดับสายตาที่สูงกว่านี้ผู้ใช้มักเอียงศีรษะของตนทำให้กล้ามเนื้อคอหดตัว การปรับมุมจอภาพช่วยลดการของกล้ามเนื้อพิลัมผิวดา หน้าจอที่อยู่สูงกว่าระดับสายตาจะทำให้เกิดการปวดตามากขึ้นกว่าหน้าจอที่อยู่ระดับต่ำกว่าสายตา

### 2.1.2.3 การพักสายตาจากหน้าจอ (Work Breaks) (Blehm et al., 2005)

จากการวิจัยแสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการพักจากการทำงาน ประสิทธิภาพในการทำงานจะดีขึ้น สถาบันแห่งความปลอดภัยและอาชีวอนามัยแห่งชาติสหรัฐอเมริกา พบว่าช่วงพักสั้นและบ่อยครั้งแสดงให้เห็นถึงความรู้สึกไม่สบายของการทำงาน การเดินรอบสำนักงาน การเปลี่ยนทัศนียภาพและการผ่อนคลายที่เป็นไปได้ ช่วยยืดกล้ามเนื้อที่ตึงและเหนื่อยล้า การทำงานโดยไม่หยุดพัก จะเป็นอันตรายต่อตา การทำงานที่เพ่งมองจอติดต่อกันมากกว่า 4 ชั่วโมง จะมีอาการตาเมือถ้า การเพ่งมองจอเป็นเวลานาน ควรหยุดพักเป็นช่วง ๆ เพื่อฟื้นฟูและผ่อนคลายสายตา เพื่อป้องกันอาการปวดตา โดยทั่วไปพบว่าการมองไปที่วัตถุไกล ๆ ในเวลาเพียงเล็กน้อย ของการเพ่งมองคอมพิวเตอร์ช่วงสองชั่วโมง เพียงพอสำหรับการป้องกันความเมื่อยล้าของดวงตา

### 2.1.2.4 น้ำตาเทียม (Lubricating Drops) (Blehm et al., 2005)

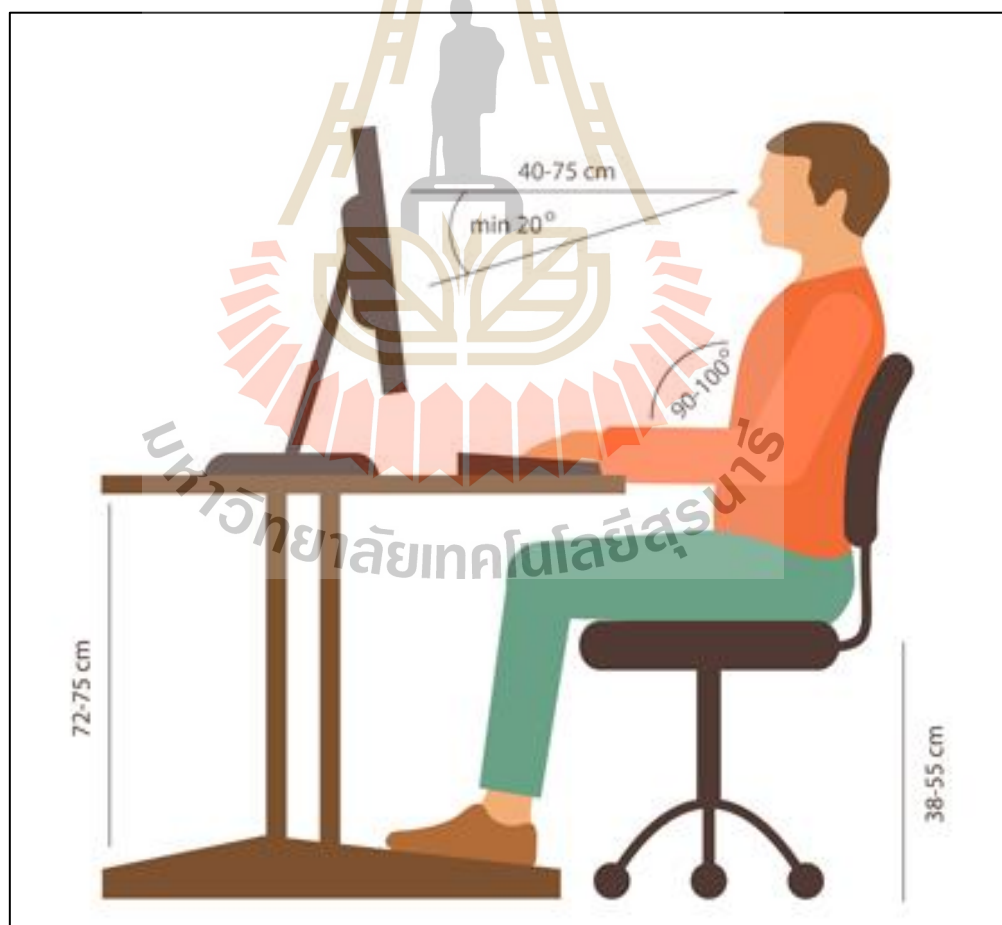
เป็นวิธีการที่ง่ายในการบำบัดและการรักษา เพื่อบรรเทาอาการตาแห้งเนื่องจากอัตราการกระพริบตาลดลง มีการศึกษาพบว่าผู้ใช้ยาหยอดตาด้วยตนเองส่วนใหญ่ไม่พอใจกับผลการรักษา แม้น้ำตาเทียมจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงอัตราการกระพริบตา แต่ได้ช่วยให้ช่วงเวลาระพริบตา และช่วงเวลาที่รู้สึกไม่สบายตาให้ดีขึ้น

### 2.1.2.5 การใช้แว่นสำหรับคอมพิวเตอร์ (Computer Eyeglasses) (Blehm et al., 2005)

ผู้ใช้ที่ใช้งานคอมพิวเตอร์เวลามากกว่าหนึ่งชั่วโมงต่อวันรวมทั้งผู้ใช้งานทั่วไปจะได้ประโยชน์จากการใช้แว่นตาคอมพิวเตอร์ รูปแบบแว่นที่ถูกต้องออกแบบมาสำหรับการมองที่ 40 เซนติเมตร ที่มุม 20 องศาโดยแว่นสำหรับเพ่งมองจอมือถือที่สร้างความสะดวกในการมองเห็น และแว่นที่ติดอุปกรณ์ที่ช่วยรักษาความชุ่มชื้นแก่ผิวของดวงตา

### 2.1.3 การป้องกันอาการและลดอาการตามปัจจัยที่เกี่ยวข้อง (Blehm et al., 2005)

ปัจจัยที่สำคัญบางอย่างในการป้องกัน หรือลดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม มีความเกี่ยวข้องกับอุปกรณ์สารสนเทศที่ผู้ใช้ได้ใช้งาน พฤติกรรมการใช้งาน ซึ่งรวมถึงสภาพแสง ความสบายของเก้าอี้ ตำแหน่งของจอภาพและการพักในการใช้งาน รูปที่ 2.5 แสดงการจัดท่าหน้่งในการใช้งานคอมพิวเตอร์ที่เหมาะสม ช่วยลดปัจจัยการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม



รูปที่ 2.5 การจัดท่าหน้่งของผู้ใช้([www.aoa.org/patients-and-public/caring-for-your-vision/protecting-your-vision/computer-vision-syndrome](http://www.aoa.org/patients-and-public/caring-for-your-vision/protecting-your-vision/computer-vision-syndrome))

1) ตำแหน่งของหน้าจอคอมพิวเตอร์ (Location of Computer Screen) คนส่วนใหญ่รู้สึกสบายใจในการดูคอมพิวเตอร์เมื่อดวงตาคำล้งมองต่ำ หน้าจอคอมพิวเตอร์ควรอยู่ที่ระดับความสูง 15 ถึง 20 องศาใต้ระดับสายตา (ประมาณ 10 หรือ 13 เซนติเมตร) วัดจากกึ่งกลางของหน้าจอและห่างจากดวงตา 50 ถึง 70 เซนติเมตร

2) การวางเอกสาร (Reference Materials) วัสดุเหล่านี้ควรอยู่เหนือเป็นพิมพ์และอยู่ใต้จอแสดงผล หากไม่สามารถทำได้ ก็สามารถใช้ที่วางเอกสารข้างจอภาพได้ เป้าหมายคือการจัดตำแหน่งเอกสารเพื่อให้ผู้ใช้ไม่ต้องขยับหัวเพื่อดูจากเอกสารไปยังหน้าจอ

3) แสง (Lighting) วางตำแหน่งหน้าจอคอมพิวเตอร์เพื่อหลีกเลี่ยงแสงจ้า โดยเฉพาะแสงเหนือศีรษะหรือหน้าต่าง ใช้ผ้าม่านกรองแสงและเปลี่ยนหลอดไฟของคอมพิวเตอร์ให้มีกำลังไฟต่ำ

4) หน้าจอป้องกันแสงสะท้อน (Anti-Glare Screens) หากไม่มีวิธีลดแสงจ้าจากแหล่งกำเนิดแสง อาจใช้ตัวกรองแสงสะท้อนหน้าจอ ตัวกรองเหล่านี้ลดปริมาณแสงที่สะท้อนจากหน้าจอ

5) ตำแหน่งที่นั่ง (Seating Position) เบาะควรพอดีกับร่างกาย ปรับความสูงของเก้าอี้เพื่อให้เท้าของผู้ใช้งานราบกับพื้น ถ้าเก้าอี้มีแขน ควรปรับเพื่อให้การสนับสนุนแขนในขณะที่มีกำลังพิมพ์ ข้อมือไม่ควรวางลงบนแป้นพิมพ์เมื่อพิมพ์

6) หยุดพักบ่อย (Rest Breaks) เพื่อป้องกันอาการปวดตา ควรพักบ่อยเมื่อใช้คอมพิวเตอร์เป็นเวลานาน พักสายตาเป็นเวลา 15 นาทีหลังจากใช้งานคอมพิวเตอร์ 2 ชั่วโมงต่อเนื่อง นอกจากนี้สำหรับการเพ่งคอมพิวเตอร์ทุกๆ 20 นาที ให้มองออกไปในระยะไกล 20 วินาทีเพื่อให้ดวงตามีโอกาสผ่อนคลาย

7) การกะพริบตา (Blinking) เพื่อลดโอกาสในการเกิดตาแห้ง เมื่อใช้คอมพิวเตอร์ให้พยายามกะพริบตาเป็นประจำ การกะพริบตาช่วยให้ผิวหน้าของดวงตาชุ่มชื้น

## 2.2 การตรวจหาใบหน้า (Face Detection)

เทคโนโลยีวิทยาการคอมพิวเตอร์ที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น (Computer Vision) และกระบวนการประมวลผลภาพ (Image Processing) ที่สามารถระบุใบหน้าของมนุษย์ได้ โดยวิเคราะห์จากภาพหรือวิดีโอที่บันทึกไว้ งานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการตรวจหาใบหน้าด้วย 2 หลักการ ดังนี้

### 2.2.1 ฮาร์แคสแคด (Haar Cascade)

พอล ไวโอล่าและไมเคิล โจนส์ (Paul Viola and Michael Jones) (Viola & Jones, 2001) ได้นำเสนอแนะการเรียนรู้ของเครื่อง (machine learning) ในการตรวจหาวัตถุ โดยใช้ฮาร์ (Haar feature-based) ในการจำแนกคุณลักษณะของวัตถุนั้น ๆ ซึ่งมีฟังก์ชันแคสแคด (cascade) ที่ได้รับการฝึกจากรูปภาพที่เป็นบวกและลบ เพื่อตรวจหาวัตถุ จุดเด่นของขั้นตอนวิธีนี้คือ ความเร็ว การทำงานแบบเวลาจริง การแยกภาพที่มีใบหน้าออกจากภาพที่ไม่มีใบหน้าในขั้นตอนแรกของการทำงาน โดยขั้นตอนวิธีการทำงานประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

#### 2.2.1.1 การสร้างเค้าโครงหน้า (Features)

จุดประสงค์ของฮาร์แคสแคดต้องการตรวจหาคุณลักษณะที่เรียบง่าย (รูปสี่เหลี่ยม) จึงใช้ฟังก์ชันฮาร์ (Haar) ในการสร้างรูปร่าง เนื่องจากการใช้ภาพที่มาจากจุดภาพของภาพโดยตรง มีความยากที่จะแยกคุณลักษณะในข้อมูลที่มีจำนวนจำกัดได้ รูปร่างที่เรียบง่ายจะทำงานได้เร็วกว่าจุดภาพที่มาจากภาพโดยตรง โดยสี่เหลี่ยมที่นำมาใช้จะมีจุดภาพอยู่ด้านในและไม่มีจุดภาพอยู่ด้านใน ความละเอียดพื้นฐานของการตรวจหาอยู่ที่  $24 \times 24$  และมีขนาดใหญ่มากกว่า 180,000 จุดภาพ โดยได้กำหนดร่างของรูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าเป็น 4 แบบ ดังแสดงในรูปที่ 2.6

1) รูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าสองรูป รูปร่างเหมือนกันอยู่ติดกันในแนวตั้ง แต่จุดภาพที่อยู่ด้านในไม่เหมือนกัน

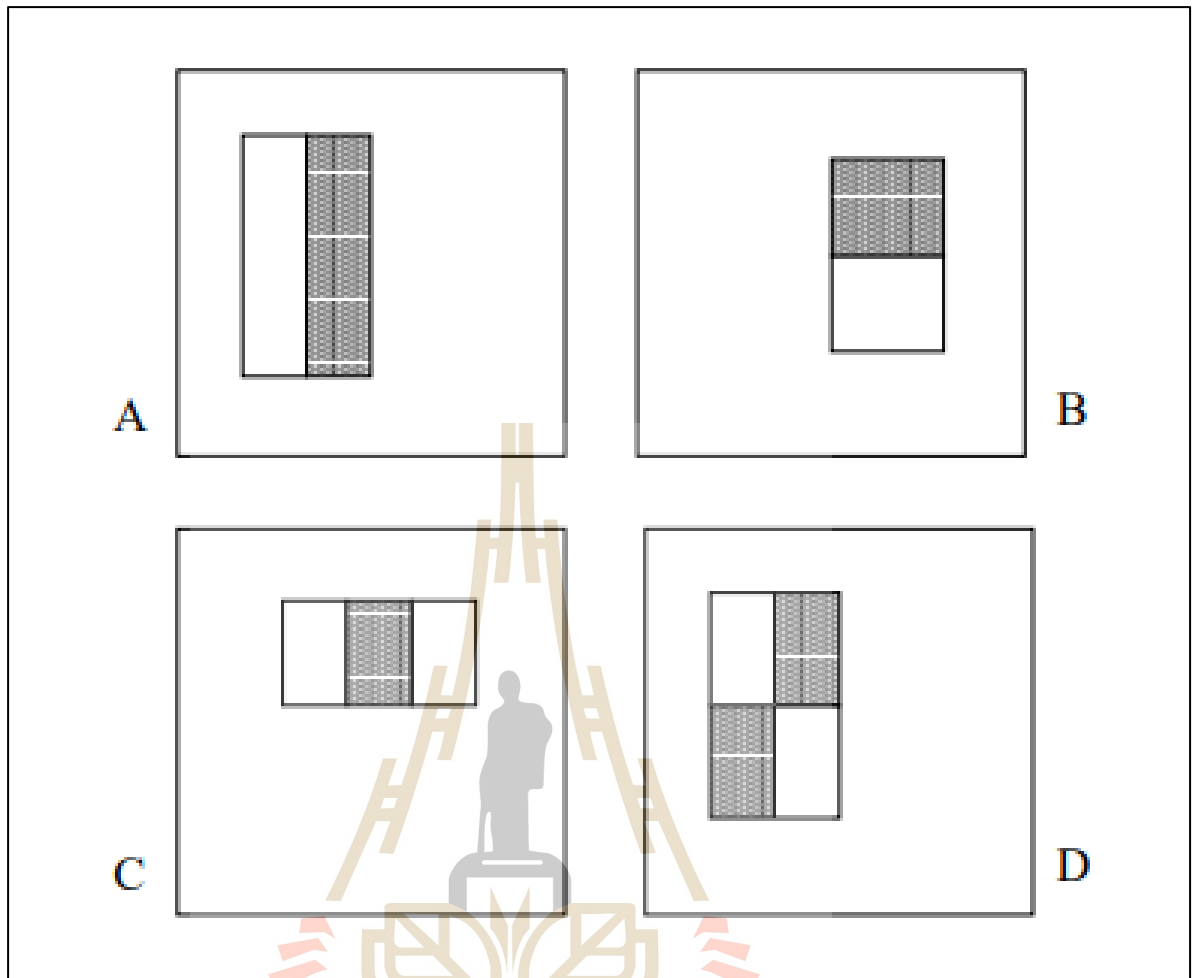
2) รูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าสองรูป รูปร่างเหมือนกันอยู่ติดกันในแนวนอน แต่จุดภาพอยู่ด้านในไม่เหมือนกัน

3) รูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าสามรูป รูปร่างเหมือนกันเรียงอยู่ติดกัน สี่เหลี่ยมตรงกลางมีจุดภาพ สี่เหลี่ยมด้านข้างทั้งข้างไม่มีจุดภาพ

4) รูปสี่เหลี่ยมพื้นผ้าสี่รูป เรียงติดกันเป็นสองแถว สี่เหลี่ยมจะมีจุดภาพที่เหมือนกันในแนวทแยง

#### 2.2.1.2 ปริพันธ์ (Integral)

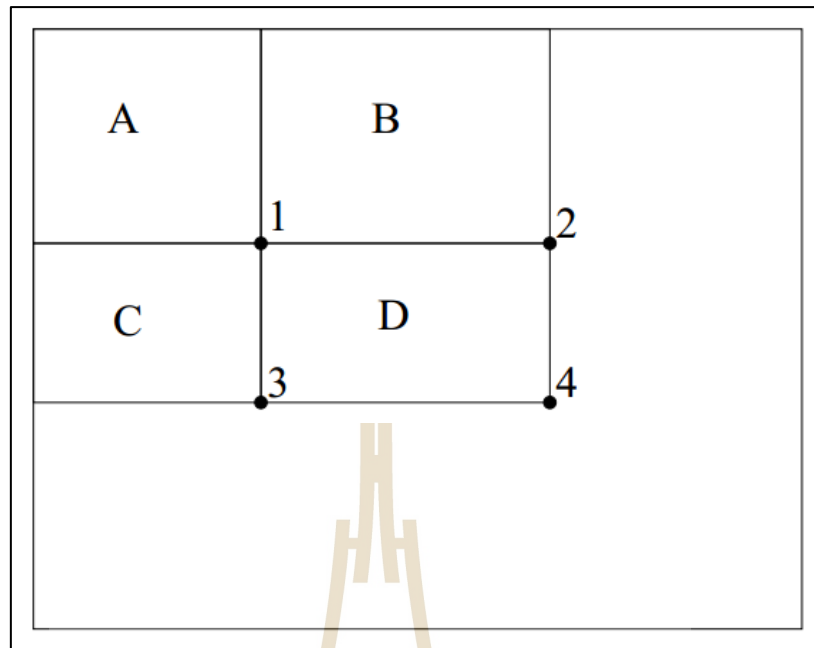
ลักษณะของสี่เหลี่ยมพื้นผ้าได้จากการคำนวณตัวแทนกลางของภาพ หรือที่เรียกว่าภาพปริพันธ์ (integral image) โดยที่ตำแหน่ง  $x, y$  นั้น ๆ เป็นผลรวมของจุดภาพด้านบนและด้านซ้ายของ  $x, y$  รวม ดังสมการที่ โดยที่  $i(x,y)$  คือที่อยู่ของภาพปริพันธ์ และ  $i(x,y)$  คือภาพต้นฉบับ สมการที่ 2.1 การคำนวณภาพปริพันธ์



รูปที่ 2.6 (A) สี่เหลี่ยมสองรูปแนวตั้ง (B) สี่เหลี่ยมสองรูปแนวนอน  
(C) สี่เหลี่ยมสามรูป (D) สี่เหลี่ยมสี่รูป (Viola & Jones, 2001)

$$I(x, y) = \sum_{\substack{0 \leq x \leq 1 \\ 0 \leq y \leq 1}} I(x', y') \quad (2.1)$$

การใช้ภาพปริพันธ์สี่เหลี่ยมใด ๆ สามารถคำนวณได้จากการอ้างอิงอาร์เรย์ที่อยู่ทั้งสี่มุมของรูปสี่เหลี่ยม ในรูปที่ 2.7 สี่เหลี่ยม D ได้จากการอ้างอิงแปดอาร์เรย์ เนื่องจากมีความเกี่ยวข้องกับสี่เหลี่ยมที่อยู่ติดกัน ซึ่งมีการอ้างอิงอยู่ 6 จุดอยู่แล้ว รูปสี่เหลี่ยมทั้งสี่ในภาพจะสามารถคำนวณได้จากการอ้างอิงทั้งหมด 9 อาร์เรย์ การหาค่าจุดภาพของสี่เหลี่ยม D ด้วยการหาจุดทั้งสี่ด้าน กำหนดให้ A เป็นจุดที่ 1 (ซ้ายบน), A + B เป็นจุดที่ 2 (ขวาบน), A + C จุดที่ 3 (ล่างซ้าย), และ A + B + C + D เป็นจุดที่ 4 (ขวาล่าง) สามารถหาค่าได้ดังนี้ ค่า D เท่ากับ  $4 + 1 - (2 + 3)$



รูปที่ 2.7 ตัวอย่างการคำนวณภาพปริพันธ์ (Viola & Jones, 2001)

### 2.2.1.3 ฟังก์ชันจำแนกการเรียนรู้ (Learning Classification Functions)

เมื่อได้ชุดคุณลักษณะและชุดสำหรับฝึกทั้งภาพเชิงบวกและเชิงลบ ใช้กระบวนการของการเรียนรู้ของเครื่อง เพื่อเรียนรู้ฟังก์ชันการจัดหมวดหมู่ ใดๆก็ตามรูปสี่เหลี่ยมที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาคุณลักษณะใบหน้ามีมากกว่า 180,000 รูป แม้ว่าการคำนวณคุณลักษณะนี้จะมีวิธีการคำนวณที่มีประสิทธิภาพ แต่จะสิ้นเปลืองทรัพยากรในการทำงาน ระบบนี้จึงใช้ขั้นตอนวิธีเอดาบัสต์ (AdaBoost Algorithm) เพื่อฝึกการจำแนกคุณลักษณะ ขั้นตอนวิธีนี้ถูกใช้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจำแนกประเภทแบบเรียบง่าย และมีการทำงานที่รวดเร็วมก (บางครั้งเรียกว่า ขั้นตอนวิธีการเรียนรู้แบบเปราะบาง (Weak Learning Algorithm)) จะใช้ขั้นตอนวิธีนี้เลือกรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ดีที่สุด แยกตัวอย่างบวกและลบ กำหนดฟังก์ชันการจำแนกเกณฑ์ลักษณะที่ดีที่สุด ตัวอย่างเช่น จำนวนตัวอย่างขั้นต่ำจะถูกจัดกลุ่มไม่ถูกต้อง ลักษณะที่อ่อนแอ  $w_i(x)$  ประกอบไปด้วยคุณสมบัติ  $f_i(x)$ , ค่าเริ่มต้น  $w_i$ , ความคล้ายคลึง  $\alpha_i$  และ  $b_i$  คือ หน้าต่างย่อย(คุณลักษณะใบหน้า) ในรูปภาพมีขนาด  $24 \times 24$  จุดภาพ ดังแสดงในสมการที่ 2.2

$$w_i(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } \alpha_i f_i(x) < \alpha_i b_i \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2.2)$$

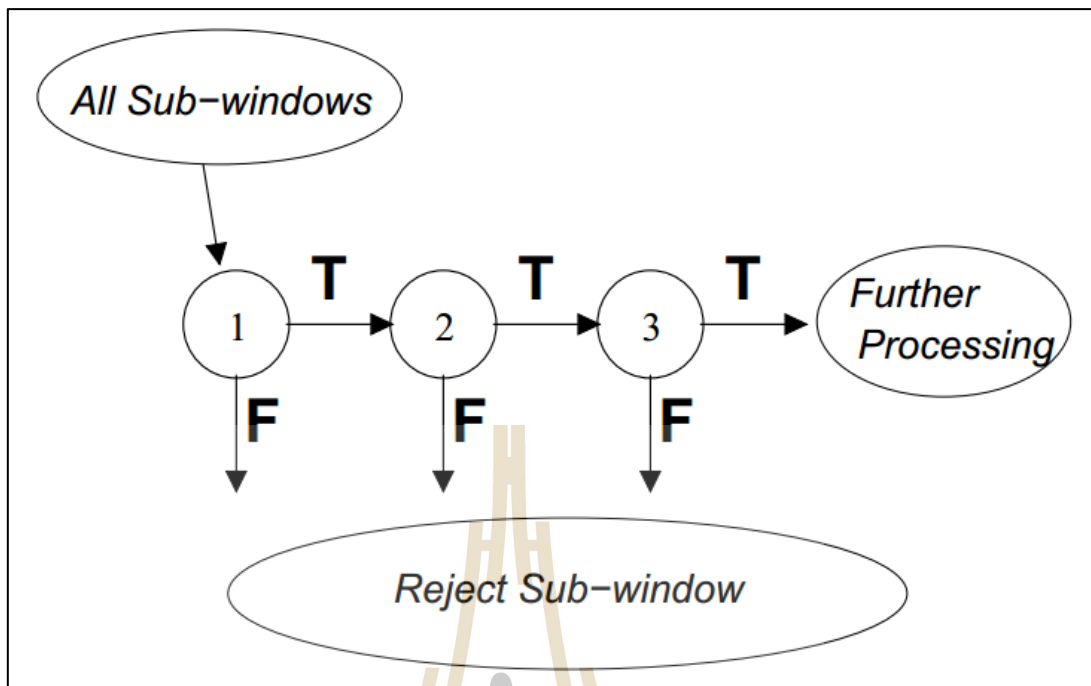
### 2.2.1.4 คาสแคด (Cascade)

การตรวจหาจากการฝึกเบื้องต้นมีความถูกต้องร้อยละ 95 จากรูป 200 คุณลักษณะ (Viola & Jones, 2001) แต่ใช้เวลามากกว่า 0.7 วินาที การตรวจหาใบหน้าที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้า เอดาบัสต์จะเริ่มต้นตรวจหาคุณลักษณะที่ง่ายที่สุดก่อน คุณลักษณะแรกที่ตรวจหาคือ บริเวณดวงตาโดยบริเวณนี้มักมีความมืดมากกว่าบริเวณจมูกและแก้ม คุณลักษณะดังกล่าวมีขนาดค่อนข้างใหญ่แล้วไม่ได้ส่งผลต่อขนาดและตำแหน่งของใบหน้า คุณลักษณะถัดไปที่ทำการตรวจหา คือ บริเวณสันจมูก ซึ่งมักจะสว่างกว่าดวงตา ดังแสดงในรูปที่ 2.8

วิธีการสร้างตัวจำแนกคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพต้องมีความแม่นยำและลดเวลาในการทำงาน ตัวจำแนกต้องมีความสามารถที่จะปฏิเสธคุณลักษณะในเชิงลบที่มีอยู่จำนวนมาก ในระหว่างที่ตรวจหาคุณลักษณะในเชิงบวก (เกณฑ์ของตัวจำแนกคุณลักษณะที่มีประสิทธิภาพสูง สามารถปรับเปลี่ยนเพื่อให้อัตราการปฏิเสธคุณลักษณะลบได้มากที่สุดหรือใกล้เคียงศูนย์) ก่อนที่จะมีการจำแนกคุณลักษณะที่มีความซับซ้อนมากขึ้นเพื่อให้ได้อัตราการผิดพลาดน้อยที่สุด รูปแบบโดยรวมของกระบวนการตรวจหานี้ คือ โครงสร้างต้นไม้ตัดสินใจเสื่อมสภาพ (Degenerate Decision Tree) ซึ่งจะเรียกว่า "คาสแคด (Cascade)" ดังแสดงในรูปที่ 2.9



รูปที่ 2.8 คุณสมบัติแรก ดวงตา และคุณสมบัตที่สอง สันจมูกที่เอดาบัสต์เลือก (Viola & Jones, 2001)



รูปที่ 2.9 โครงสร้างการตรวจสอบแคสเคด (Viola & Jones, 2001)

ในรูปที่ 2.9 ผลลัพธ์ที่เป็นบวกจากตัวจัดจำแนกคุณลักษณะชั้นแรกจะเรียกใช้การประเมินตัวจำแนกคุณลักษณะชั้นที่สอง ซึ่งได้ปรับอัตราการตรวจหาที่ละเอียดขึ้น ผลบวกจากตัวจำแนกคุณลักษณะชั้นที่สอง จะเรียกใช้งานตัวจำแนกคุณลักษณะที่สาม และขั้นถัดไปเรื่อย ๆ ผลลัพธ์เป็นลบที่ชั้นใด ๆ นำไปสู่การปฏิเสธการตรวจพบใบหน้า(หน้าต่างย่อย) ในทันที เมื่อการตรวจหาผ่านชั้นคุณลักษณะทั้งหมดจึงยืนยันผลลัพธ์ที่เป็นบวก(ใบหน้า)

ตัวจำแนกชั้นแรกช่วยลดจำนวนภาพที่เป็นลบจำนวนมาก ด้วยการประมวลผลที่น้อยมาก ชั้นที่ต่อไป จะจัดเชิงลบเพิ่มเติม แต่ใช้การคำนวณเพิ่มขึ้น หลังจากหลายขั้นตอนของการประมวลผลจำนวนของหน้าต่างย่อยได้รับการลบออกอย่างมาก ตัวจำแนกชั้นแรกมีเพียงสองคุณลักษณะ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 แต่มีอัตราการตรวจหาการเป็นลบเท็จได้ถึงร้อยละ 40 และยังใช้หน่วยการประมวลผลที่น้อยมาก โครงสร้างแคสเคด แสดงให้เห็นถึงความจริงที่ว่าภายในภาพ ๆ หนึ่ง ส่วนใหญ่จะครอบคลุมไปด้วยหน้าต่างย่อยที่เป็นลบ อย่างไรก็ตามตามทฤษฎีการพยายามที่จะปฏิเสธส่วนเชิงลบในระยะแรกให้มากที่สุด ในขณะที่หน้าต่างย่อยที่เป็นบวก จะทำการประเมินด้วยตัวจำแนกคุณลักษณะ ในชั้นของแคสเคด ซึ่งจะมีความละเอียดซับซ้อนเพิ่มขึ้น และขั้นต่อไปจะมีความซับซ้อนขึ้นเรื่อย ๆ ตาม จำนวนชั้น ยิ่งผ่านชั้นที่ลึกมากเวลาการทำงานก็จะเพิ่มมากขึ้นตามความลึก อย่างไรก็ตามความถูกต้องจะสูงขึ้นตามชั้น

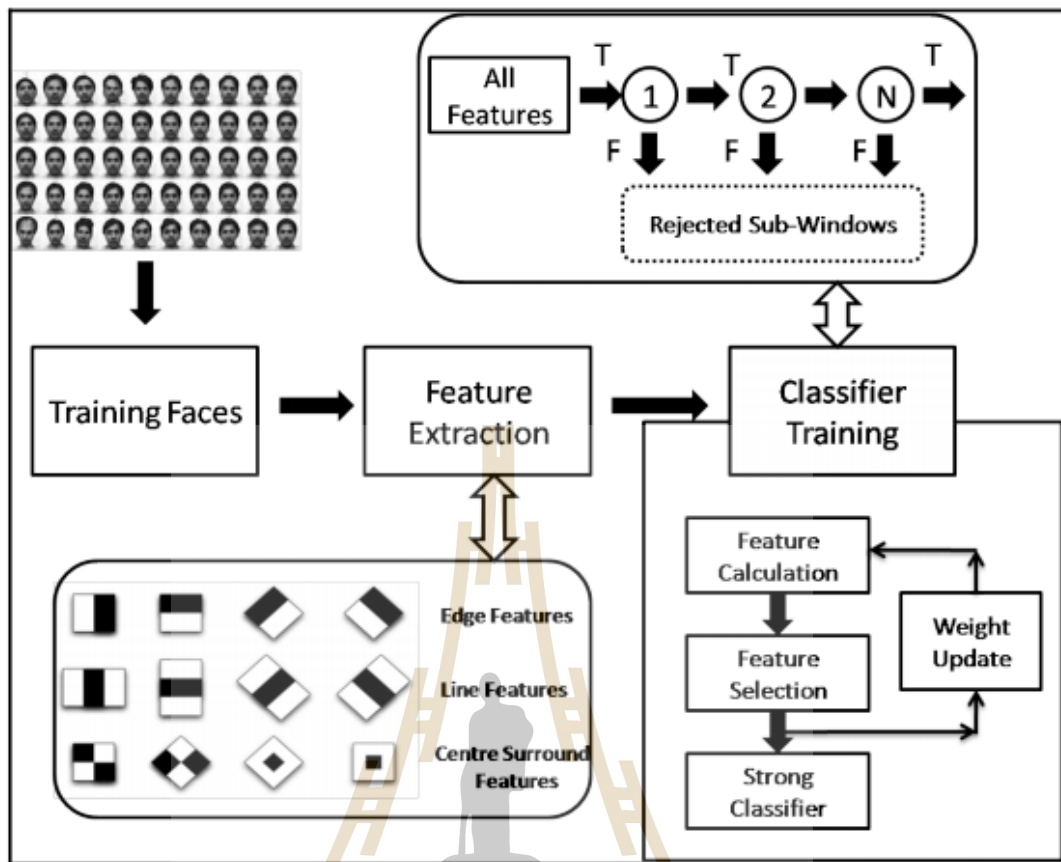


1) ขั้นตอนในการฝึกคลาสเซต มีความขัดแย้งกันของ อัตราการตรวจหาที่มีความถูกต้องสูงขึ้นจะต้องใช้เวลามากในการคำนวณ เพราะตัวจำแนก (Classifiers) จะมีคุณลักษณะที่มากขึ้น ดังนั้นกรอบในการฝึกคลาสเซต คือ ตัวจำแนก ต้องลดอัตราผลบวกที่ผิดพลาดและลดอัตราการตรวจหา นั่น มีการเลือกเป้าหมายเพื่อลดผลบวกผิดพลาดให้น้อยที่สุดและลดการตรวจหาให้มากที่สุด รูปที่ 2.10 แสดงภาพที่ใช้ฝึก

2) ผลลัพธ์ของการเรียนรู้ของเครื่องขึ้นการจำแนกคุณลักษณะในงานของไวโอล่าและโจนส์ มีจำนวนทั้งหมด 38 ชั้น จำนวนคุณลักษณะในห้าชั้นแรกคือ 1, 10, 25, 25 และ 50 คุณลักษณะตามลำดับ ชั้นถัด ๆ ไปจะมีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามความลึกของชั้น จำนวนคุณลักษณะทั้งหมดมี 6,061 ตัวจำแนกทั้งหมดในคลาสเซต ได้ใช้ใบหน้าในการฝึกทั้งหมด 4,916 การฝึกใบหน้า (รวมภาพสะท้อนของใบหน้า 9,832) และ ภาพที่ไม่ใช่ใบหน้า 10,000 ภาพ (ขนาด 24 x 24 จุดภาพ) (Viola & Jones, 2001) โดยใช้ในการฝึกด้วยขั้นตอนวิธีเอด้าบัสต์ รูปที่ 2.11 แสดงผังงานฮาร์คาสแคตและขั้นตอนวิธีเอด้าบัสต์ รูปที่ 2.12 ตัวอย่างการตรวจหาใบหน้าของไวโอล่า



รูปที่ 2.10 ภาพตัวอย่างในการฝึกคลาสเซต (Viola & Jones, 2001)



รูปที่ 2.11 ฮาร์กาสแคดและขั้นตอนวิธีเอด้าบัสต์(<https://hub.packtpub.com>, 2018)

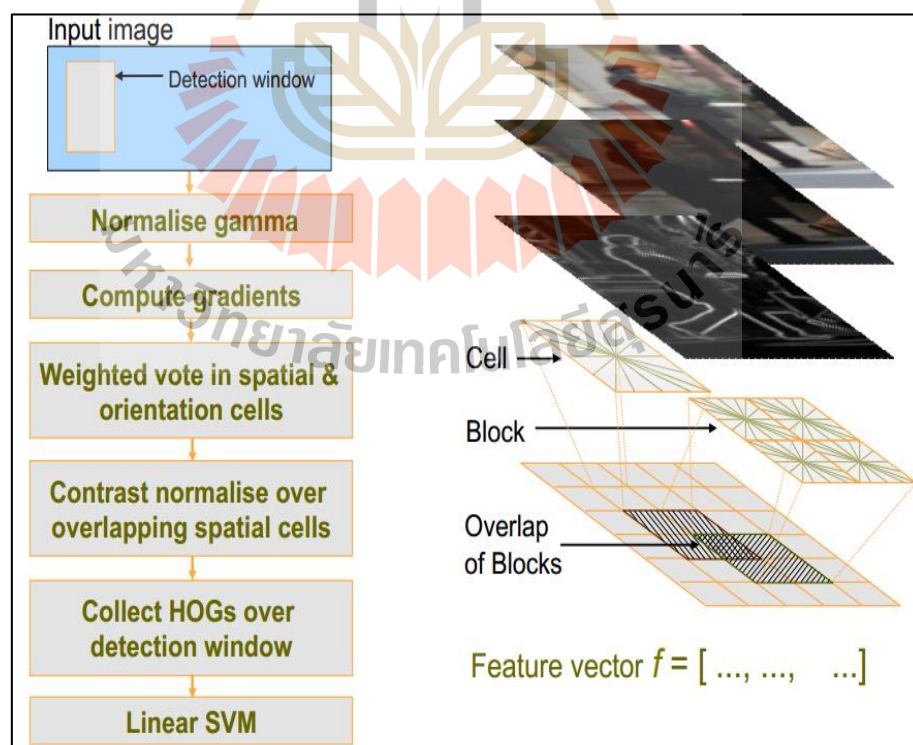


รูปที่ 2.12 การตรวจหาใบหน้า (Viola & Jones, 2001)

## 2.2.2 ฮอก (HOG: Histogram of Oriented Gradients)

ดาลาลและทริกส์ (Dalal & Triggs, 2005) ได้นำเสนอเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ในการมองเห็นและการประมวลผล ภาพเพื่อวัตถุประสงค์ในการตรวจหามนุษย์ โดยใช้การประเมินค่าฮิสโทแกรมของการไล่ระดับความเข้มของภาพในช่องที่เรียงต่อกัน โดยสมมติฐานว่าการปรากฏรูปร่างของวัตถุมักจะมีลักษณะค่อนข้างดี เมื่อมีการกระจายไล่ระดับความเข้มและควบคุมทิศทางของขอบ อย่างไรก็ตามวิธีการทำงานจะแบ่งภาพให้กลายเป็นพื้นที่ที่เล็กลงเป็นบล็อกเรียงต่อกันข้างใน บล็อกจะแบ่งเป็นพื้นที่ที่เล็กลงอีกที่เรียกว่าเซลล์ ในแต่ละเซลล์จะเก็บค่า 1 มิติ ของระดับความเข้มและแนวขอบ (ฮิสโทแกรม) ที่ปรากฏอยู่บนเซลล์บนพื้นที่นั้น ๆ และใช้ที่เก็บอยู่ในเซลล์ทั้งหมด เป็นตัวชี้วัดคุณลักษณะของภาพ และใช้กระบวนการเอชวีเอ็ม (SVM: Support Vector Machine) แยกแยะคุณลักษณะ เพื่อความสามารถในการตรวจหา

จุดเด่นฮอก ก็คือจะค้นหาลักษณะพิเศษของขอบวัตถุหรือของโครงสร้างวัตถุในพื้นที่ของรูปร่างวัตถุและบริเวณ โดยรอบ ด้วยการไล่ระดับความเข้มของแสงเงา และแทนค่าเป็นรูปทรงเรขาคณิตตามระดับของความเข้มและทิศทางของแสงเงา ขั้นตอนการทำงานของฮอก แสดงดังรูปที่ 2.13



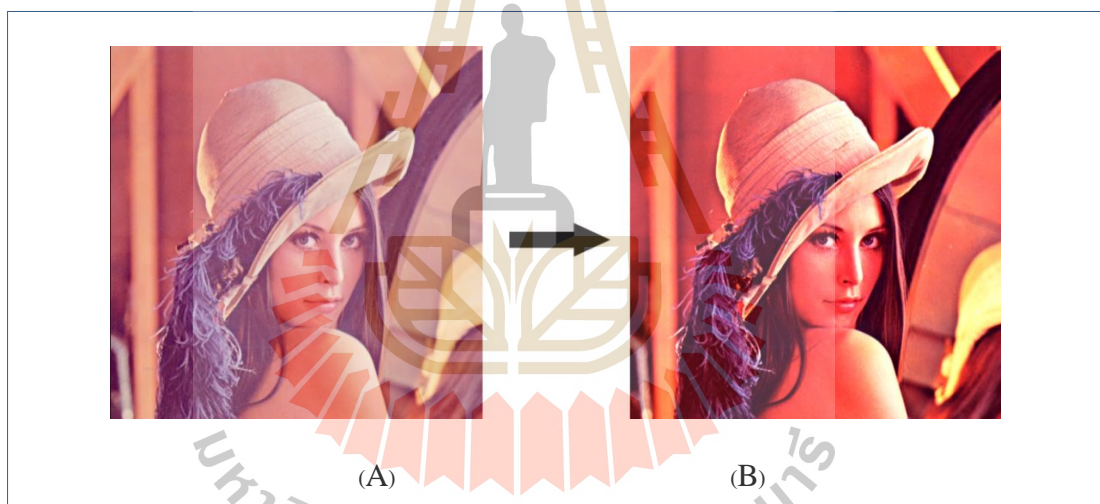
รูปที่ 2.13 ภาพรวมของฮอก (Dalal, 2005)

จากรูปที่ 2.13 การสกัดคุณลักษณะฮิสโทแกรม จะแยกภาพออกเป็นช่อง ๆ และเรียงซ้อนกันเป็นตาราง ค่าที่ได้นี้จะถูกในกระบวนการจำแนกเชิงเส้น(SVM) เพื่อจำแนกประเภทวัตถุที่ต้องการตรวจหาและสิ่งที่ไม่ใช่วัตถุที่ต้องการตรวจหา ซึ่งทั้งหมดทำงานเป็นชั้นคล้ายพีระมิด

ในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงถึงหลักการสร้างภาพ ด้วยการแบ่งขั้นตอนการทำงานเป็นดังนี้

### 2.2.2.1 แกมมาบรรทัดฐาน (Normalize gamma)

การปรับระดับความแกมมา ของรูปภาพที่เหมาะสมจะช่วยให้ผลลัพธ์ในการสกัดคุณลักษณะเพิ่มขึ้น การปรับภาพมากเกินไปจะส่งผลเสียต่อผลลัพธ์ เนื่องจากภาพจะขาดคุณลักษณะสำคัญไป ดังแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 ตัวอย่างการปรับแกมมาของภาพ (A) คือภาพต้นฉบับ (B) คือภาพปรับแต่งแล้ว

### 2.2.2.2 คำนวณการไล่ระดับสี

ประสิทธิภาพของเครื่องตรวจหาจะมีความอ่อนไหวมาก ต่อค่าการคำนวณการไล่ระดับสี รูปร่างหรือโครงสร้างที่เรียบง่ายที่สุดจะเป็นสิ่งที่ดีสุดต่อขั้นตอนนี้ ค่าที่ใช้ในการไล่สีที่ดีที่สุดคือ  $[-1, 0, 1]$  ภาพสีและภาพขาวดำได้ผลลัพธ์ไม่แตกต่างกันมาก ในการทำ สอกจำเป็นต้องทราบค่าเวกเตอร์ของการไล่ระดับสี สมการที่ 2.3, 2.4, 2.5 แสดงการคำนวณหาค่าเวกเตอร์ที่อยู่ในการไล่ระดับสี (Gradients), ขนาด (Magnitude) และ การปรับทิศทาง (Orientation) ตามลำดับ รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างภาพการไล่ระดับสี

$$\nabla \phi = \begin{bmatrix} \phi_x \\ \phi_y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\phi_x}{\rho} \\ \frac{\phi_y}{\rho} \end{bmatrix} \quad (2.3)$$

$$\rho = \sqrt{\phi_x^2 + \phi_y^2} \quad (2.4)$$

$$\theta = \arctan \frac{\phi_y}{\phi_x} \quad (2.5)$$

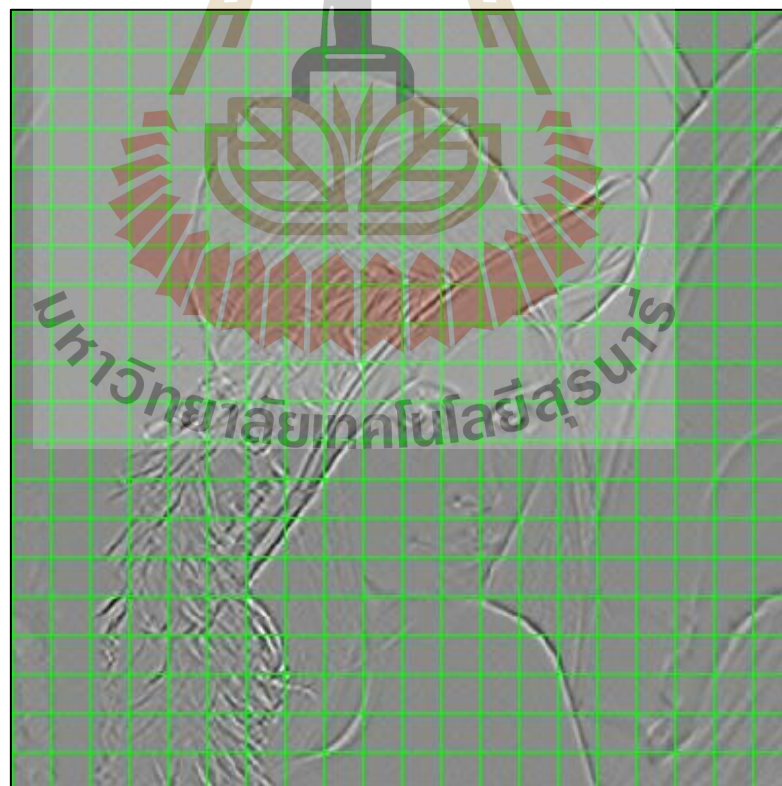


รูปที่ 2.15 ตัวอย่างภาพการไล่ระดับสี

### 2.2.2.3 การโหวตถ่วงน้ำหนัก

ขั้นตอนในการโหวต คือการนำค่าการไล่ระดับสี ที่ได้จากการคำนวณขั้นตอนก่อนหน้านี้ แบ่งเป็นส่วนแล้วนำค่าที่ได้ในการคำนวณ บรรจุลงในส่วนที่กำหนดไว้ เรียกว่า ถัง(Bin) แล้วโหวตแบบถ่วงน้ำหนักด้วยการแบ่งรูปภาพออกเป็นพื้นที่ขนาดเล็ก ที่เรียกว่าเซลล์ (Cell) ขนาด 6-8 จุดภาพ (Pixel) จะทำงานได้ดีที่สุด เมื่อได้เซลล์ที่กำหนด จะคำนวณหาค่า การไล่ระดับสีที่อยู่บนเซลล์นั้น ๆ แล้วสร้างเป็นฮิสโทแกรมที่บรรจุถึง 9 ไบ รูปที่ 2.16 แสดงตัวอย่างการแบ่งเซลล์

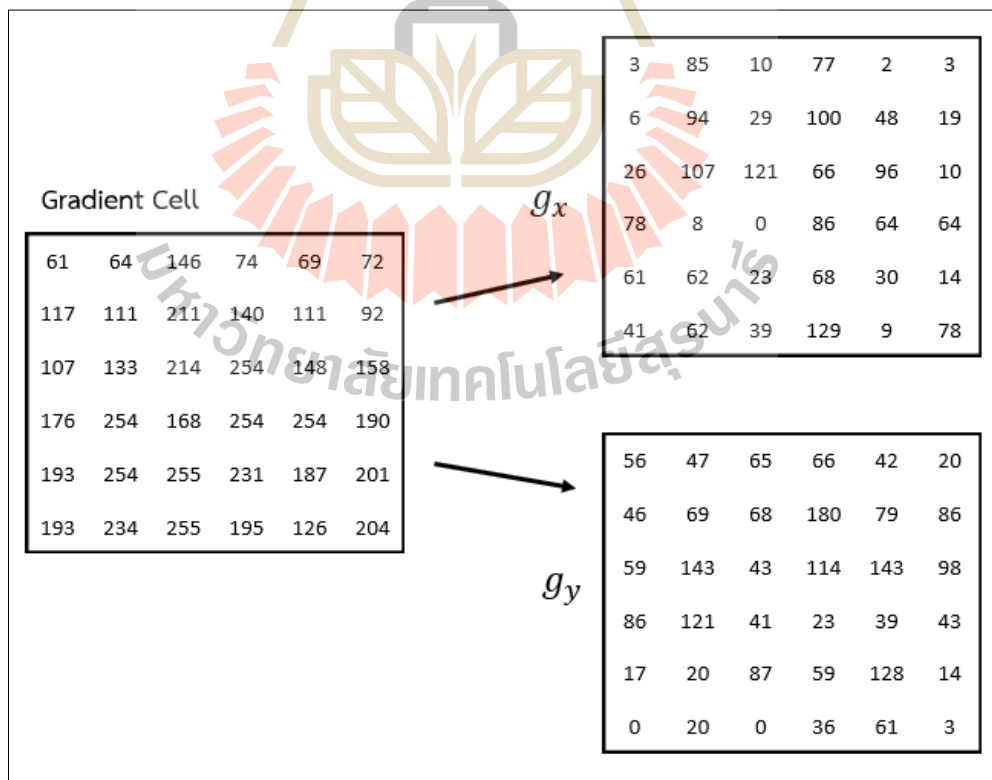
โดยกำหนดให้แกนแนวตั้งของฮิสโทแกรม เป็นค่า ขนาด (ขนาดของน้ำหนักความเข้ม ที่แตกต่างกันการไล่ระดับสี) คำนวณได้จากสมการที่ 2.4 แกนแนวนอนเป็นค่า ทิศทาง (ทิศทางในการเปลี่ยนแปลงความเข้มขึ้นของการไล่ระดับสี) คำนวณได้จากสมการที่ 2.5 รูปที่ 2.17 แสดงค่าการไล่ระดับสีที่ได้จากการคำนวณบนเซลล์โดยใช้สมการที่ 2.3 คำนวณหาค่า □□ และ □□



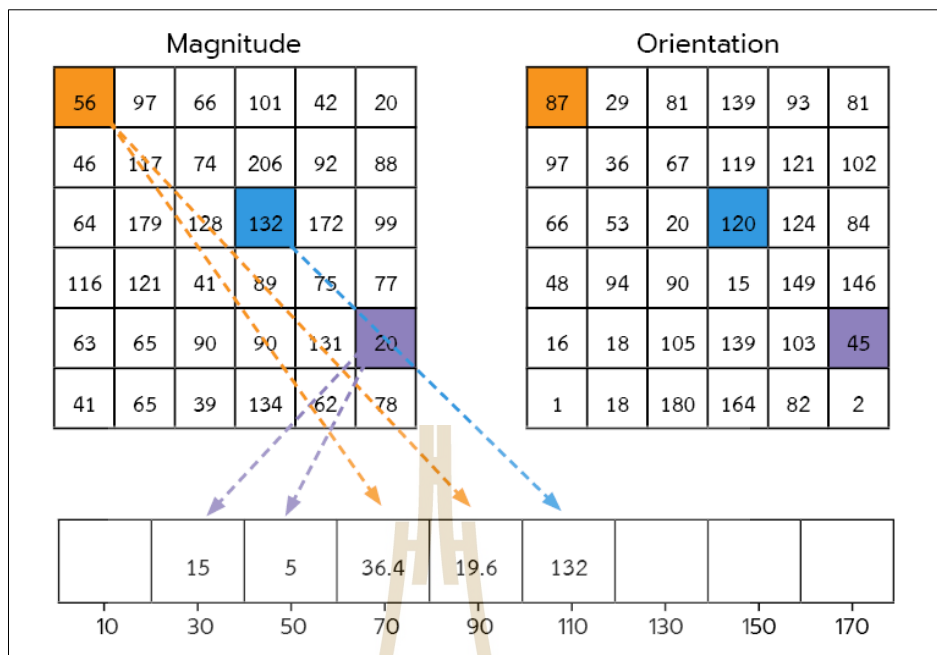
รูปที่ 2.16 ตัวอย่างการแบ่งเซลล์

ในการสร้างฮิสโทแกรม ต้องอาศัยขนาดของการปรับทิศทางเป็นตัวควบคุมทิศทางของถังที่ได้สร้างขึ้น มุมการไล่ระดับสี ที่มีระยะอยู่ในช่วง  $0-180^\circ$  ถูกเรียกว่า ไม่มีเครื่องหมาย (Unsigned), ระยะที่อยู่ในช่วง  $0-360^\circ$  เรียกว่า มีเครื่องหมาย (Signed) โดยการทั่วไปนิยมใช้ไม่มีเครื่องหมาย เพราะระยะมุมช่วง  $0-360^\circ$  จะมีลักษณะคล้ายการสะท้อนของไม่มีเครื่องหมาย และไม่มีกรณีค้นพบว่า การมีเครื่องหมายจะมีการทำงานที่ดีกว่า

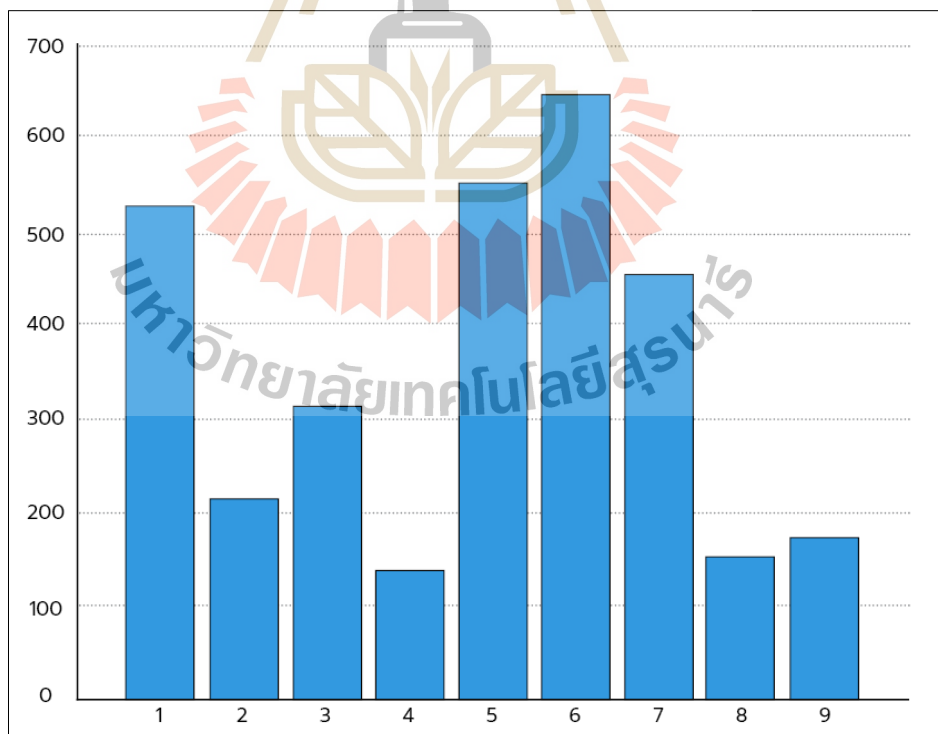
รูปที่ 2.16 การโหวตจะใช้ขนาดของทิศทางเป็นตัวกำหนดถังที่จะใส่ค่าขนาดในถังนั้น ๆ โดยถังทั้ง 9 แต่ละถังจะมีระยะถัง 20 เรียงลำดับไปตั้งแต่  $0-180^\circ$  ในตัวอย่างทิศทางเท่ากับ  $120^\circ$  ค่าขนาดเท่ากับ 132 จะถูกบรรจุลงในตำแหน่งถังที่ 6 และ ทิศทางเท่ากับ  $87^\circ$  ค่าความเข้ม 56 จะถูกแบ่งบรรจุลงในถังที่ 4 และ 5 ด้วยการแบ่งอัตราส่วนตามค่าที่เป็น เช่น ถังใบที่ 4 คือตำแหน่ง  $80^\circ$  และ ถังที่ 5 จะมีตำแหน่งที่เกินมา  $7^\circ$  เท่ากับ  $7/20$  ของความเข้ม 56 จะบรรจุลงในถังที่ 5 และ  $13/20$  ของความเข้ม 56 จะบรรจุลงในถังที่ 4 ดังตัวอย่างที่แสดง บรรจุความเข้มและทิศทางลงไปในถังทั้งหมดก็จะได้ฮิสโทแกรม ของเซลล์นั้น ๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.18 โดยที่ตัวอย่างของฮิสโทแกรมที่อยู่บนเซลล์แสดงในรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.17 ตัวอย่างการไล่ระดับสี ที่อยู่บนเซลล์



รูปที่ 2.18 ตัวอย่างการคำนวณไหลต่วางน้ำหนักลงในถัง

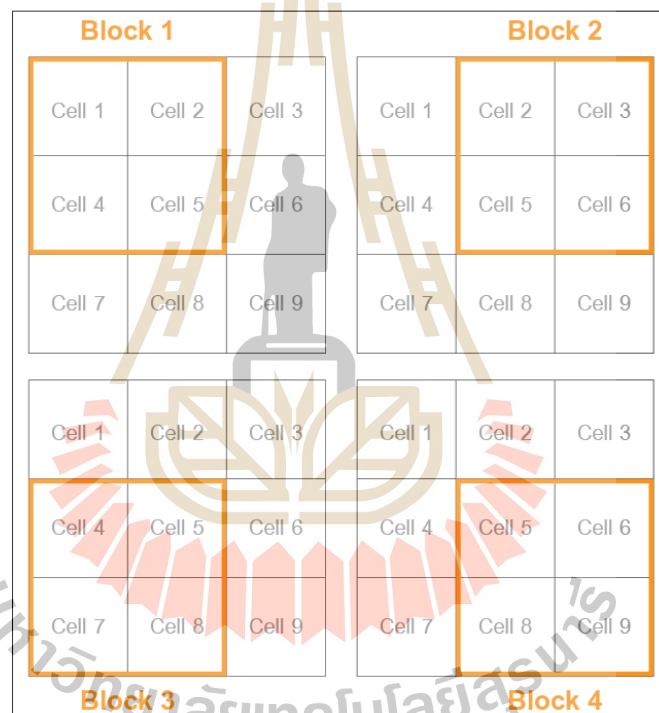


รูปที่ 2.19 ตัวอย่างฮิสโตแกรมที่อยู่บนเซลล์



### 2.2.2.4 บรรทัดฐานบล็อก (Block Normalization)

ขั้นตอนสร้างการซ้อนทับ (overlap) เป็นการปรับให้เกิดความชัดของขอบวัตถุโดยใช้วิธีการจัดการบริเวณพื้นที่ของเซลล์ ทำการจัดกลุ่มเซลล์ที่เรียงต่อกันเป็นพื้นที่ที่มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยใช้แทนพื้นที่นั้นว่าบล็อก (Block) แต่ละบล็อกจะรวมเซลล์ที่เรียงต่อกันเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่น  $2 \times 2$  หรือ  $3 \times 3$  ซึ่งจะเป็นขนาดที่มีความถูกต้องมากที่สุด แต่ละบล็อกที่เรียงในรูปภาพจะเรียงในลักษณะซ้อนทับกันบล็อกที่อยู่ก่อนหน้า การซ้อนทับจะสร้างผลลัพธ์ที่มีความถูกต้องเพิ่มมากขึ้น การวางของบล็อกแสดงในรูปที่ 2.20 บล็อกที่ 1 จะมีเซลล์ที่ 1, 2, 4, 5 และบล็อกที่ 2 จะมีเซลล์ที่ 2, 3, 5, 6 ซึ่งเซลล์ที่ 2 และ 5 จะอยู่ในการคำนวณทั้งสองบล็อก (overlap)



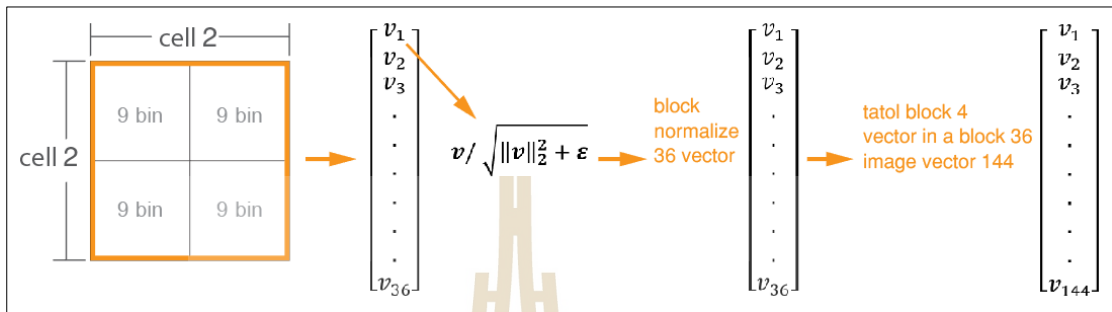
รูปที่ 2.20 ตัวอย่างการวางบล็อก

### 2.2.2.5 การคำนวณเวกเตอร์

การคำนวณเวกเตอร์ที่อยู่ในบล็อกจะสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 2.6 L1-norm และ สมการที่ 2.7 L2-norm อย่างไรก็ตามค่าของผลลัพธ์จะไม่แตกต่างกันมาก โดยส่วนมากค่า L2-norm จะเป็นที่นิยมใช้กันทั่วไป จากรูปที่ 2.21 บล็อกจะประกอบด้วย 4 เซลล์ หรือมีถึงทั้งหมด 36 เวกเตอร์ คำนวณด้วยสมการที่ 9 (L2-norm) ทั้งรูปภาพมีจำนวน 4 บล็อก ค่าเวกเตอร์ของรูปภาพจึงเท่ากับ 144 ค่า

$$\square \leftarrow \sqrt{\frac{\square}{\|\square\|_{\square} + \square}} \tag{2.6}$$

$$\square \leftarrow \frac{\square}{\sqrt{\|\square\|_{\square} + \square}} \tag{2.7}$$



รูปที่ 2.21 ตัวอย่างการคำนวณค่าเวกเตอร์ภายในบล็อก

รูปภาพที่ได้จากระบวนการฮอก แสดงในรูปที่ 2.22 ซึ่งเมื่อได้ค่าเวกเตอร์จากระบวนการดังกล่าวแล้ว นำไปสร้างการจำแนก (Classification) ด้วยการเรียนรู้ของเครื่องด้วยแบบ เอสวีเอ็ม (SVM: Support Vector Machine) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เหมาะสมและรองรับค่าที่ได้จากฮอกได้ดีที่สุด



รูปที่ 2.22 ตัวอย่างภาพที่ได้จากการคำนวณฮอก

## 2.3 หลักการของโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น

ซีเอ็นเอ็น (CNN : Convolutional Neural Network) ([vision.stanford.edu](http://vision.stanford.edu)) มีความคล้ายคลึงกับโครงข่ายประสาทเทียมทั่วไป โดยประกอบด้วยเซลล์ประสาทที่มีน้ำหนักและการเบี่ยงเบนที่เรียนรู้ได้ เซลล์ประสาทแต่ละตัวได้รับปัจจัยจากข้อมูลที่ป้อนเข้า และเลือกดำเนินการตามจุดในรูปแบบไม่เชิงเส้น (Non-Linearity) สถาปัตยกรรมซีเอ็นเอ็นช่วยให้สามารถเข้ารหัสรูปภาพเพื่อหาคุณสมบัติบางอย่างได้ดี เช่น ทำให้ฟังก์ชันการส่งต่อมีประสิทธิภาพในการใช้งานมากขึ้น และลดจำนวนพารามิเตอร์ในโครงข่ายลงอย่างมาก โดยงานวิจัยนี้ได้นำเทคโนโลยีซีเอ็นเอ็น มาใช้ในการตรวจหาปัจจัยด้านเพศและอายุของผู้ใช้งานของภาพที่ได้จากกล้องเว็บแคม เพื่อนำไปเข้าเกณฑ์การป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

### 2.3.1 สถาปัตยกรรมซีเอ็นเอ็น

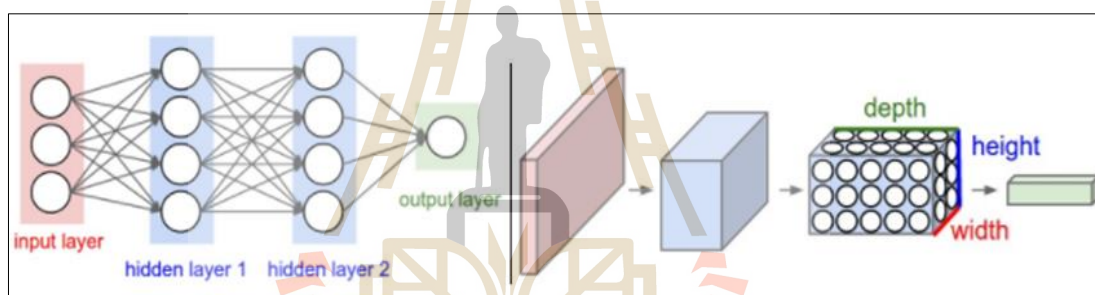
โครงข่ายประสาท (Neural Networks) ได้รับข้อมูลนำเข้า แล้วแปลงเป็นชั้นข้อมูลคุณลักษณะ ซึ่งจะประกอบด้วยชุดเซลล์ประสาท โดยแต่ละเซลล์จะเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาทในชั้นก่อนหน้า โดยเซลล์ประสาทที่อยู่ในชั้นเดียวกันจะทำงานอย่างเป็นอิสระ ชั้นเชื่อมต่อสุดท้าย เรียกว่า "ชั้นส่งออก (Output Layer)" ซึ่งจะจำแนกและแสดงเป็นค่าคะแนนของสิ่งนั้น

โดยที่โครงข่ายประสาทเทียมแบบปกติ (Regular Neural Network) จะมีการใช้ทรัพยากรมากในการจำแนกรูปภาพ เนื่องจากใช้กระบวนการในการเชื่อมต่อแบบเต็มพื้นที่รูปภาพ ตัวอย่างเช่น รูปภาพนำเข้าที่มีขนาด  $32 \times 32 \times 3$  (กว้าง 32 สูง 32 และมีช่องสี 3 สี) การเชื่อมต่อเซลล์แบบเชื่อมต่อเต็ม (Fully-connected) ของชั้นซ่อน (Hidden-layer) แรก ในโครงข่ายประสาทเทียมแบบปกติ จะมีขนาด  $32 \times 32 \times 3 = 3072$  น้ำหนักจำนวนนี้ดูเหมือนจะไม่มาก แต่ถ้าโครงสร้างของการเชื่อมต่อเต็มมีขนาดใหญ่ขึ้น เช่น ภาพที่มีขนาด  $200 \times 200 \times 3$  ซึ่งจะมีเซลล์ประสาทที่มีน้ำหนักขนาด  $200 \times 200 \times 3 = 120,000$  และยังคงมีการเพิ่มขึ้นของพารามิเตอร์ตามมา โดยจะเห็นได้ว่าการเชื่อมต่อแบบเต็มพื้นที่รูปภาพบนโครงข่ายประสาทเทียมแบบปกติ จะมีการใช้ทรัพยากรที่มากซึ่งอาจนำไปสู่การเกิดโอเวอร์ฟิต

ซีเอ็นเอ็นจะจำแนกภาพประหยัดทรัพยากรมากกว่าโครงข่ายประสาทเทียมแบบปกติ ([vision.stanford.edu](http://vision.stanford.edu)) โดยจะมีค่าปริมาตรเซลล์ประสาทเป็นรูปแบบสามมิติ (3D) โดยใช้ประโยชน์จากความจริงของข้อมูลนำเข้าที่เป็นรูปภาพ และจำกัดโครงสร้างสถาปัตยกรรมไว้อย่างสมเหตุสมผล ชั้นของซีเอ็นเอ็น มีเซลล์ประสาทที่เป็นรูปแบบ 3 มิติ คือความกว้าง ความสูง และความลึก (ลึกหมายถึงมิติที่สามของปริมาณการเปิดใช้งาน (Activations)) ซึ่งสามารถใช้อ้างอิงถึงในชั้นโครงข่ายทั้งหมดได้

ซึ่งไม่ใช่ความลึกของเครือข่ายประสาทเทียม) ตัวอย่างเช่น ภาพนำเข้า มีการเปิดใช้งานของข้อมูลขนาด  $32 \times 32 \times 3$  (ความกว้างความสูงและความลึกตามลำดับ) เซลล์ประสาทในชั้นจะเชื่อมต่อกับบริเวณพื้นที่เล็ก ๆ ของชั้นก่อนหน้า แทนที่จะเป็นเชื่อมต่อเซลล์เต็มบริเวณรูปภาพ และชั้นสุดท้ายจะมีขนาด  $1 \times 1 \times 10$  เนื่องจากในตอนท้ายของสถาปัตยกรรมซีเอ็นเอ็น จะลดภาพทั้งหมดลงในเวกเตอร์เดียวของชั้นคะแนน (Class Score) ซึ่งจัดอยู่ในมิติความลึก

รูปที่ 2.23 ซ้าย แสดงเครือข่ายประสาทเทียมปกติ 3 ชั้น รูปขวาแสดง ซีเอ็นเอ็นซึ่งเซลล์ประสาทให้เป็นสามมิติ (ความกว้าง, ความสูง, ความลึก) ตามที่เห็นในทุก ๆ ชั้นของซีเอ็นเอ็น จะแปลงปริมาณนำเข้าเป็นค่าสามมิติ และส่งค่าการเปิดใช้งานเป็นค่าสามมิติออกไป ในตัวอย่างนี้ชั้นข้อมูลสีแดงจะเก็บภาพเข้ามา ความกว้างและความสูงจะเป็นขนาดของภาพ มิติความลึกคือการเปิดใช้งาน



รูปที่ 2.23 การเปรียบเทียบ ซีเอ็นเอ็น

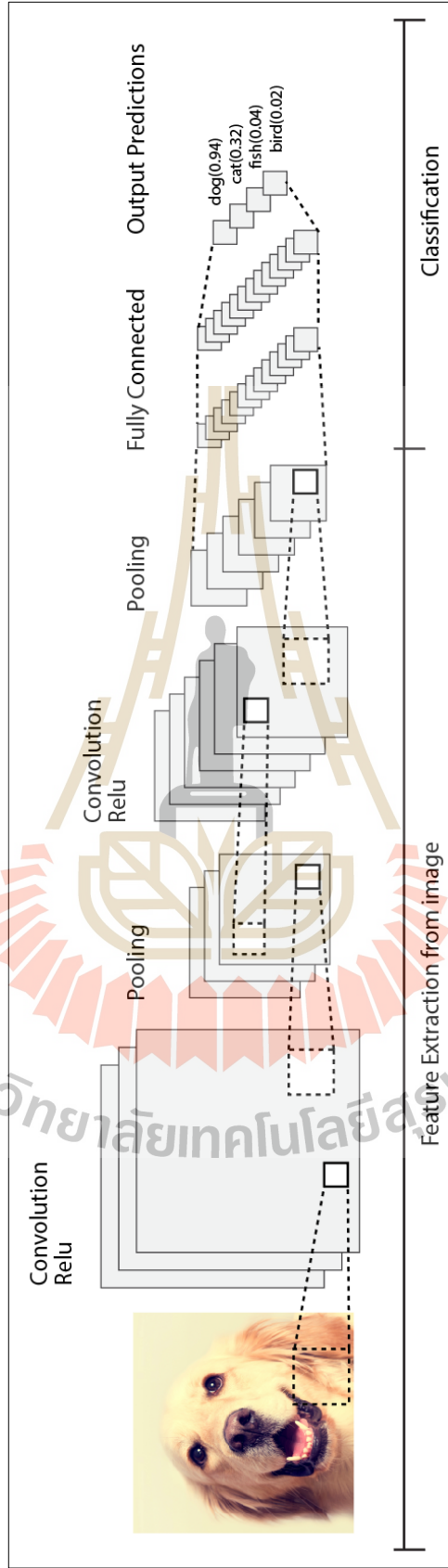
คำอธิบายข้างต้นซีเอ็นเอ็น คือลำดับของชั้น และทุก ๆ ชั้นของ ซีเอ็นเอ็นสามารถแปลงโหนดหนึ่งไปยังอีกทางหนึ่งผ่านฟังก์ชันอนุพันธ์ โดยใช้ชั้นหลัก 3 ชั้น ในสร้างสถาปัตยกรรม ซีเอ็นเอ็น ได้แก่ ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional Layer), ชั้นโพลลิง (Pooling Layer) และเชื่อมเต็ม (Fully-Connected Layer) โดยสามารถจัดการทำงานได้ดังนี้ [ INPUT - CONV - RELU - POOL - FC ]

- ข้อมูลนำเข้า (INPUT) จะเก็บค่าจุดภาพดิบของรูปภาพ เช่น ภาพขนาด  $[32 \times 32 \times 3]$  คือ กว้าง 32 สูง 32 และ 3 สี R, G, B
- ชั้นคอนโวลูชัน (Convolutional layer : CONV) จะคำนวณข้อมูลส่งออกของเซลล์ประสาทที่เชื่อมต่อกับพื้นที่ท้องถิ่นในข้อมูลนำเข้า โดยแต่ละเครื่องจะ

ค่าน้ำหนัก (weights) จากพื้นที่เล็ก ๆ บนรูปภาพที่เชื่อมต่อกับข้อมูลที่เข้ามา ซึ่งอาจทำให้ปริมาตรข้อมูลเปลี่ยนแปลง เช่น  $[32 \times 32 \times 12]$  เมื่อมีการใช้ตัวกรอง (filters) 12 ตัว

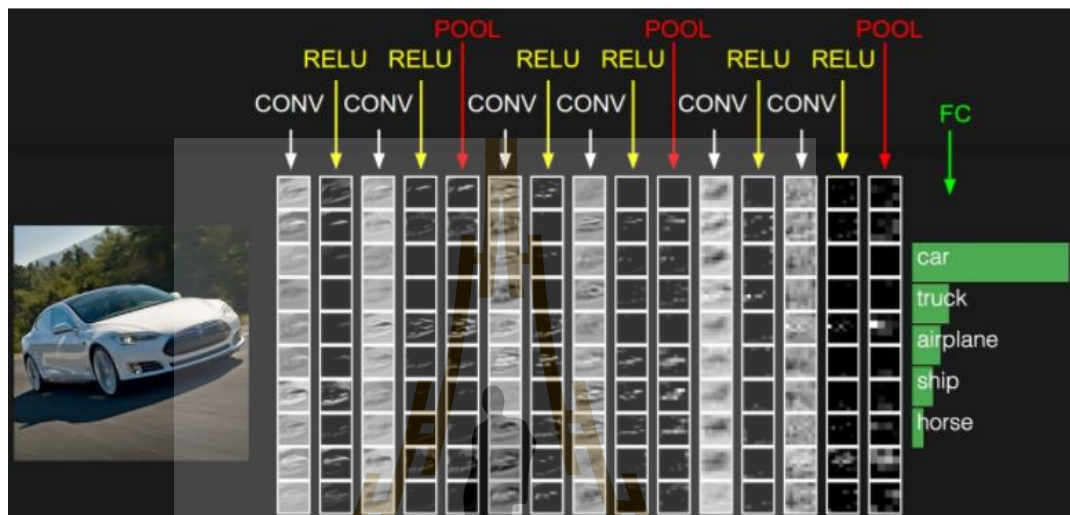
- ชั้นอาร์อีแอลยู (RELU layer) จะใช้ฟังก์ชันการเปิดใช้งานอีลิเมนต์ไวส์ (elementwise) เช่น การกำหนดเส้นขีดแบ่ง เช่น  $\square \square \square (0, \square)$  ที่ศูนย์ ปล่อยให้ขนาดของปริมาตรไม่เปลี่ยนแปลง  $[32 \times 32 \times 12]$
- ชั้นพูล (POOL layer) จะดำเนินการการสุ่มตัวอย่างตามมิติข้อมูลเชิงพื้นที่ (ความกว้าง, ความสูง) ส่งผลต่อการมีปริมาตรเช่น  $[16 \times 16 \times 12]$
- ชั้นเชื่อมต่อเต็ม (Fully-connected layer) จะคำนวณคะแนนในชั้น เช่น มีขนาด  $[1 \times 1 \times 10]$  สอดคล้องกับคะแนนของชั้น 10 หมวดหมู่ แต่ละเซลล์ประสาทในชั้นนี้จะเชื่อมต่อกับตัวเลขทั้งหมดในโครงข่ายข้อมูลก่อนหน้า

ตัวอย่างการทำงานของซีเอ็นเอ็น ดังแสดงในรูปที่ 2.24 โครงสร้างจะมีการจำแนก 4 ประเภท สุนัข แมว ปลา และ นก เมื่อมีการนำข้อมูลภาพเข้าไปในโครงสร้าง ซีเอ็นเอ็นทำนายภาพเป็นคะแนนในการจำแนกตามประเภท โดยการทำงานจะเชื่อมต่อทีละชั้น ๆ ด้วยวิธีนี้ ซีเอ็นเอ็นจะแปลงตามชั้นภาพต้นฉบับจากค่าจุดภาพเดิมของภาพไปเป็นคะแนนในชั้นสุดท้ายชั้นคอนโวลูจะเปลี่ยนแปลงข้อมูล และกระตุ้นการเปิดใช้งานปริมาตร (น้ำหนักและการเบี่ยงเบน) ในทางกลับกัน ชั้นอาร์อีแอลยู/พูล จะใช้ข้อมูลที่คงที่ ชั้นอาร์อีแอลยู/พูล จะได้รับการฝึกด้วยการไล่ระดับสีเพื่อให้คะแนน การคำนวณคะแนนจะสอดคล้องกับป้ายที่กำหนดในชุดของการฝึกในแต่ละภาพ



รูปที่ 2.24 สถาปัตยกรรม Convolutional Neural Network

ตัวอย่างการเปิดใช้งานสถาปัตยกรรมซีเอ็นเอ็น ในรูปที่ 2.25 (ซ้าย) การเก็บค่าจุดภาพภาพดิบ และ (ด้านขวา) ชั้นสุดท้ายเป็นค่าคะแนนของแต่ละการจำแนก จะมี 5 ประเภทแล้ว แสดงตามป้าย (Label) ของแต่ละการจำแนก (กลาง) ค่าการเปิดใช้งานแต่ละส่วนตามเส้นทางการประมวลผลจะแสดงเป็นคอลัมน์เป็นแถว



รูปที่ 2.25 ตัวอย่างการกระตุ้นเปิดใช้งานปริมาตรของข้อมูล

### 2.3.2 ชั้นของคอนโวลูชัน (Convolution layer)

พารามิเตอร์ของชั้นคอนโวลูชันที่เรียนรู้ได้ ทุกตัวมีขนาดเล็กตามพื้นที่ (ความกว้างและความสูง) แต่ขยายผ่านความลึกเต็มปริมาตรข้อมูลอินพุต ตัวอย่างเช่น ตัวกรองทั่วไปในชั้น ซีเอ็นเอ็นที่หนึ่ง อาจมีขนาด  $5 \times 5 \times 3$  (ความกว้าง 5 ความสูง 5 จุดภาพและ 3 ช่องสี) ในระหว่างการส่งผ่านจะมีการเลื่อนตัวกรองแต่ละตัว ไปทั่วความกว้างและความสูงของปริมาตรรูปภาพที่นำเข้า และได้สร้างการคำนวณในระหว่างที่ตัวกรองผ่านจุดนั้น ๆ ในขณะที่เลื่อนตัวกรองผ่านความกว้างและความสูงของภาพ จะมีการสร้างแผนที่การเปิดใช้งานแบบ 2 มิติ ซึ่งจะมีการตอบสนองกับตัวกรองนั้นในทุกตำแหน่งเชิงพื้นที่ ตามปกติแล้วเครือข่ายจะเรียนรู้ตัวกรองที่เปิดใช้งานเมื่อมีการพบคุณลักษณะบางอย่าง เช่น ชั้นฟิลเตอร์แรกตรวจหาแนวของขอบหรือคราบสีของรูป ชั้นฟิลเตอร์ที่สูง ๆ ขึ้นไปจะตรวจหาหลายละเอียดที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น เช่น รูปรั้วหรือวงล้อ ในแต่ละชั้นของซีเอ็นเอ็น จะมีชุดตัวกรองอยู่และแต่ละชุดจะสร้างแผนที่การเปิดใช้งานรูปแบบ 2 มิติ แล้วจะดำเนินการสุ่มแผนที่การเปิดใช้งานเหล่านี้ตามมิติความลึกเพื่อสร้างค่าส่งออกไปยังชั้นต่อไป

### 2.3.2.1 มุมมอง

ทุกรายการในค่าข้อมูลสามมิติที่ส่งออกไป สามารถตีความได้ว่าเป็นผลลัพธ์ของเซลล์ประสาทที่มองเฉพาะพื้นที่ขนาดเล็กในรูปภาพ และเซลล์ประสาทด้านซ้ายและขวาใช้ช่องพารามิเตอร์ร่วมกัน (เนื่องจากการใช้ตัวกรองเดียวกัน)

### 2.3.2.2 การเชื่อมต่อ

เมื่อต้องรับมือกับปัจจัยการผลิตที่มีมิติสูงเช่น ภาพที่มีขนาดใหญ่ เป็นไปได้ยากที่จะเชื่อมต่อเซลล์กับภาพทั้งหมด แต่จะใช้การเชื่อมต่อเซลล์กับเฉพาะพื้นที่ของค่าข้อมูลในภาพ ขอบเขตของการเชื่อมต่อนี้คือ (Hyperparameter) ที่เรียกว่าสนามรับเซลล์ประสาท (Receptive Field) โดยจะมีค่าเทียบเท่ากับขนาดของตัวกรอง ขอบเขตของการเชื่อมต่อตามแกนความลึกจะมีค่าเท่ากับความลึกของค่าข้อมูลภาพ

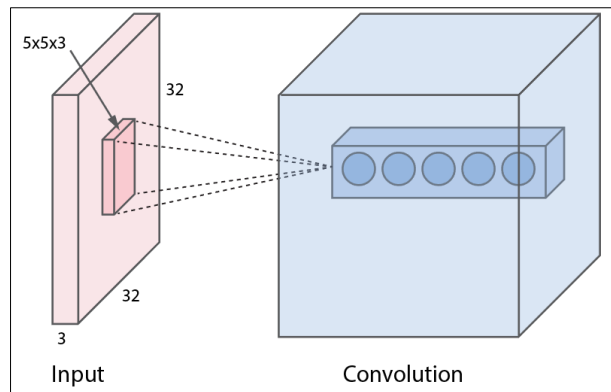
### 2.3.2.3 การเชื่อมต่อของเซลล์

การเชื่อมต่อในซีเอ็นเอ็นจะเป็นไปตามแนวความลึก หนึ่งเซลล์ประสาทของการเชื่อมต่อเฉพาะพื้นที่ (Convolutional) จะเชื่อมต่อเฉพาะพื้นที่เท่านั้น แต่จะมีหลายเซลล์เพื่อที่จะครอบคลุมพื้นที่ของรูปภาพทั้งหมด และเซลล์จะเชื่อมต่อตามความลึกในรูปที่ 2.26 ปริมาตรข้อมูลเข้ามีขนาด  $32 \times 32 \times 3$  ใช้รีเซปทีฟฟิลด์ (Receptive Field) ในการรับค่าเท่ากับ  $5 \times 5$  ดังนั้นแต่ละเซลล์นำเข้าจะอยู่ในพื้นที่ขนาด  $5 \times 5 \times 3$  และจะมีน้ำหนักเท่ากับ  $5 \times 5 \times 3 = 75$  (+1 ค่าเบี่ยงเบน) ขอบเขตของการเชื่อมต่อตามแกนความลึกต้องเป็น 3 เนื่องจากค่าความลึกของปริมาตรการเชื่อมต่อของข้อมูลเข้า

### 2.3.2.4 การจัดการเชิงพื้นที่

การจัดการจำนวนเซลล์ประสาทที่มีอยู่ในปริมาตรส่งออกและการจัดเรียงเซลล์ โดยจะมีไฮเปอร์พารามิเตอร์ (Hyperparameters) สามตัวที่ช่วยควบคุมส่วนนี้ ได้แก่ ความลึก (Depth), การก้าวข้าม (Stride) และการเติมศูนย์ (Zero Padding)





รูปที่ 2.26 ตัวอย่างการเชื่อมต่อเซลล์ประสาทในคอนโวลูชัน (Convolution)

1) ความลึก (Depth) จะสอดคล้องกับจำนวนตัวกรองที่ต้องการใช้ในการเรียนรู้ เพื่อที่จะค้นหาสิ่งที่แตกต่างกันในข้อมูล ตัวอย่างเช่น ถ้าชั้นแรกใช้ข้อมูลดิบของรูปภาพ อย่างไรก็ตามเซลล์ประสาทอาจกระตุ้นหรือเปิดใช้งานตามมิติความลึก ที่แตกต่างกันไป เช่น การหาขอบของรูปร่าง ลักษณะสี โดยจะอ้างถึงชุดเซลล์ประสาททั้งหมดที่มองหาพื้นที่เดียวกันของข้อมูลเข้าเป็นคอลัมน์เชิงลึก (Fibre)

2) การก้าวข้าม (Stride) ช่วงในการเลื่อนตัวกรอง เมื่อการก้าวข้ามเท่ากับ 1 แล้วจะทำการย้ายตัวกรองหนึ่งจุดภาพในแต่ละครั้ง เมื่อการก้าวข้ามเป็น 2 ตัวกรองข้ามจุดภาพแรกและจะไปวางลง 2 จุดภาพในแต่ละครั้ง ในขณะที่ตัวกรองเลื่อนไปรอบ ๆ ภาพ จะมีการสร้างค่านำออกในพื้นที่นั้น ๆ

3) การเติมศูนย์ (Zero Padding) การใส่ค่าศูนย์ที่ขอบของรูปภาพ ขนาดของช่องว่างเป็นศูนย์นี้ คือ ไฮเปอร์พารามิเตอร์ (Hyperparameter) โดยการเติมศูนย์จะช่วยให้การควบคุมขนาดพื้นที่ของรูปภาพที่นำเข้ามา ทำให้ข้อมูลนำเข้าและข้อมูลส่งออกมีความกว้างและความสูงที่เท่ากัน

การคำนวณค่าส่งออกเชิงพื้นที่ (Spatial Output) ทำได้โดยสมการที่ 2.8 คำนวณค่านำเข้า (W) ขนาดของสนามเซลล์ (F) การก้าวข้าม (stride (S)) และการเติมศูนย์ (Zero Padding (P)) ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2.27 ซึ่งมีค่า  $F = 3$ ,  $W = 5$  และ  $P = 1$ , (ซ้าย)  $S = 1$  เท่ากับ  $((5 - 3 + 2) / 1) + 1 = 5$ , (กลาง)  $S = 2$  เท่ากับ  $((5 - 3 + 2) / 2) + 1 = 3$  สังเกตว่าก้าว  $S = 3$ , (ขวา) น้ำหนักของเซลล์ประสาท  $[1, 0, -1]$  และความเบี่ยงเบนเป็นศูนย์ รูปที่ 2.28 แสดงตัวอย่างการคำนวณคอนโวลูชันที่ส่งออก



### 2.3.3 ชั้นเรลู่ (ReLU: Rectified Linear Unit)

คือการสร้างคุณลักษณะจากคุณลักษณะที่นำเข้า (Input Feature Map) โดยได้จากชั้นคอนโวลิวชัน เนื่องจากข้อมูลในความเป็นจริงส่วนมากจะมีค่าไม่เป็นเชิงเส้น การดำเนินการเพิ่มเติมด้วยฟังก์ชันเรลู่ จึงถูกนำมาใช้ในชั้นคอนโวลิวชัน ซึ่งเรลู่ เป็นฟังก์ชันที่ใช้ดำเนินการสร้างค่าไม่เป็นเชิงเส้น และเป็นองค์ประกอบที่ใช้งานได้ดีกับค่าจุดภาพ ใช้วิธีการแทนที่จุดภาพที่มีค่าเป็นลบในแผนที่คุณลักษณะ (Feature Map) ด้วยศูนย์ ค่าที่ได้จากกระบวนการนี้เรียกว่า “Rectified Feature Map” ในขั้นตอนการสร้างไม่เชิงเส้น สามารถใช้ในฟังก์ชันอื่นในการสร้างได้ เรลู่จะเป็นที่นิยมและใช้งานได้ดี รูปที่ 2.29 แสดงตัวอย่างผลลัพธ์ที่ได้จากฟังก์ชันเรลู่



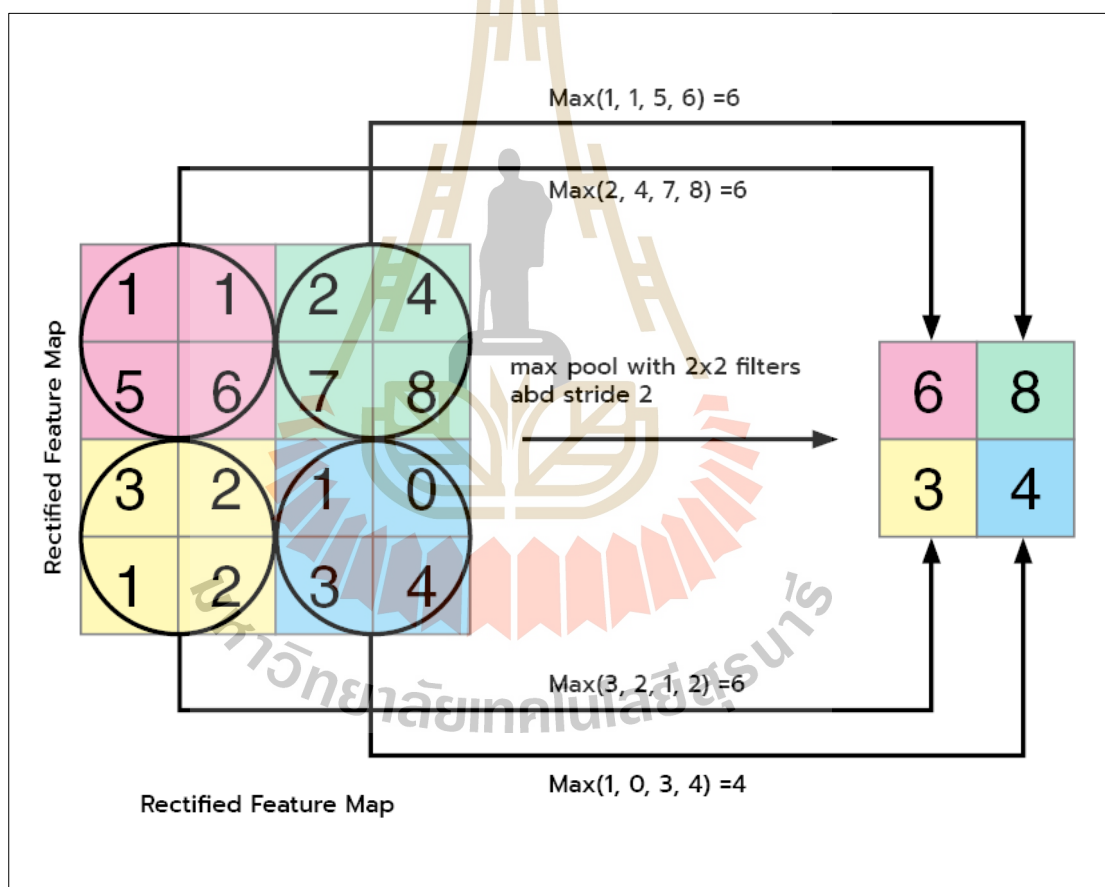
รูปที่ 2.29 ตัวอย่างกระบวนการเรลู่ (ReLU)

### 2.3.4 ชั้นการรวม (Pool Layer)

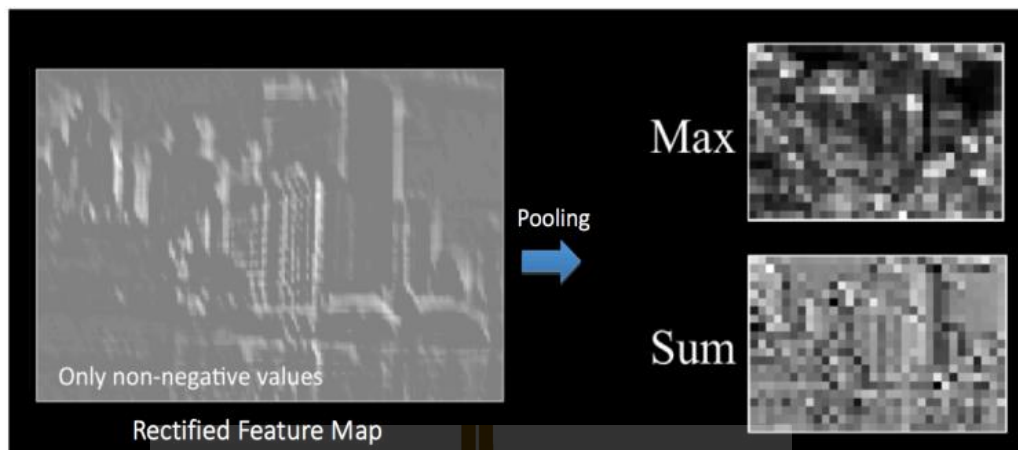
การรวมเชิงพื้นที่ (Spatial Pooling) (Sub-Sampling หรือ Down-Sampling) จะลดมิติ (Dimensionality) ของแต่ละแผนที่คุณลักษณะ (Feature Map) แต่จะเก็บข้อมูลสำคัญไว้ การรวมเชิงพื้นที่อาจมีวิธีแตกต่างกันไป เช่น ค่าสูงสุด ค่าเฉลี่ย ค่าผลรวม ฯลฯ โดยการรวม (Pooling) เป็นการลดขนาดเชิงพื้นที่ของข้อมูลนำเข้าลง ทำให้มิติข้อมูลมีขนาดเล็กลง พารามิเตอร์และการคำนวณในเครือข่ายจะลดจำนวนลง แต่อย่างไรก็ตามข้อมูลจะไม่เกิดการบิดเบือน และช่วยให้เข้าถึงรูปภาพที่นำเข้ามาทั่วทุกรายละเอียด แผนที่คุณลักษณะที่ได้จะมีจำนวนเท่ากับข้อมูลนำเข้าที่รับมาจากชั้นคอนโวลิวชัน ในรูปที่ 2.30 แสดงขั้นตอนการใช้การรวมสูงสุด (Max Pooling) โดยกำหนดขอบเขตของพื้นที่  $2 \times 2$  ใช้การก้าวข้าม (Stride)=2 แต่อย่างไรก็ตามการคำนวณค่าเชิงพื้นที่ที่สามารถคำนวณได้หลายวิธี เช่น ค่าเฉลี่ย (Average Pooling) หรือผลรวม (Sum Pooling) รูปที่ 2.31 แสดงตัวอย่างภาพที่ได้จากขั้นตอนการรวม (Pooling) เชิงพื้นที่

### 2.3.5 ชั้นเชื่อมต่อเต็ม (Fully Connected Layer)

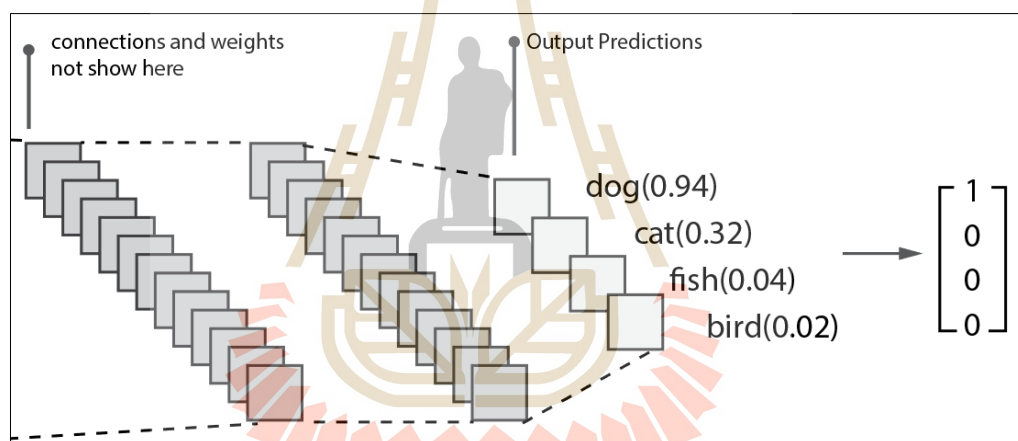
การเชื่อมต่อเต็ม (Fully Connected) หมายถึงเซลล์ประสาททุกตัวในชั้นก่อนหน้าเชื่อมต่อกับเซลล์ประสาททุกตัวในชั้นถัดไป โดยที่ข้อมูลส่งออกจากชั้นคอนโวลูชัน และการรวมแสดงถึงคุณลักษณะระดับสูงของรูปภาพที่นำเข้ามา จุดประสงค์ของชั้นเชื่อมต่อเต็ม (Fully Connected) คือนำคุณลักษณะเหล่านั้นมาใช้ในการจำแนกประเภทของรูปภาพลงในคลาสต่างๆ โดยใช้ชุดข้อมูลการฝึกความน่าจะเป็นของข้อมูลส่งออก จะใช้ฟังก์ชันซอฟต์แมกซ์ (Softmax) ในการชี้วัด ตัวอย่างการจำแนกประเภทภาพ ดังแสดงในรูปที่ 2.32 ซึ่งเครือข่ายในตัวอย่างกำหนดความน่าจะเป็นเป็น 4 ประเภทโดยซอฟต์แมกซ์ จะให้ค่าใกล้เคียง 1 ที่สุดเป็นจริง ในตัวอย่างความน่าจะเป็นเท่ากับ  $[1, 0, 0, 0]$



รูปที่ 2.30 ขั้นตอนการรวม (Pooling) โดยใช้การรวมสูงสุด (Max Pooling)



รูปที่ 2.31 ตัวอย่างภาพที่ได้จากขั้นตอนการรวม (Pooling)



รูปที่ 2.32 ตัวอย่างข้อมูลส่งออกที่ได้จากชั้นเชื่อมต่อ

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.4.1 การตรวจหาปัจจัยด้านการกระพริบตา เพื่อป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เจนนิเฟอร์ (Jennifer & Sharmila, 2017) นำเสนอสถาปัตยกรรมที่ประกอบด้วย การตรวจหาดวงตาด้วยการแปลงภาพจุดภาพเป็นฐานสองและใช้งานแบบเวลาจริง ได้นำหลักการการตรวจหาขอบแค่นี้ (Canny Edge Detector), การไล่เฉดของรูป (Gradient of Image), (Laplacian of Gaussian) มาใช้เพื่อให้เกิดความเร็วและความถูกต้องของระบบยิ่งขึ้น แนวคิดพื้นฐานของขั้นตอนวิธีเป็นการเลื่อนหน้าต่างไปทั่วทั้งภาพและประเมินรูปแบบใบหน้า หน้าต่างจะทำหน้าที่จำกัดพื้นที่ในการตรวจหาการกระพริบตา ซึ่งภาพนำเข้าที่ได้จากกล้องจะถูกแปลงเป็นภาพฐาน

สอง (O's และ I's) และใช้การคำนวณค่าจุดภาพในการระบุสถานะการกระพริบตา และแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อมีสถานะการกระพริบตาที่ไม่เหมาะสม โดยคำนวณเวลาจากเฟรมของกล้อง ขั้นตอนวิธีนี้มีค่าความถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 99.95 แต่ความถูกต้องที่ได้รับนี้เป็นค่าของสถานะการลืมตาและหลับตาเท่านั้น เพราะงานวิจัยดังกล่าวบอกเพียงว่า ถ้าผู้ใช้มีสถานะลืมตาอยู่ในเฟรมที่ 96 จะทำการแจ้งให้ผู้ใช้ทราบ (จากบทความที่ปริทรรศน์ไม่ปรากฏตัวอย่างการแจ้งเตือน)

ฮาน (Han, 2012) นำเสนอขั้นตอนวิธีในการตรวจหาการกระพริบตาที่ลดลงของผู้ใช้งานสมาร์ทโฟน และแจ้งเตือนเมื่อมีค่าเฉลี่ยการกระพริบตานั้นน้อยกว่าเกณฑ์ การกระพริบตาทั่วไปจะคำนวณอัตรากระพริบตาทุกยี่สิบนาที่เมื่อมีค่าน้อยกว่าเกณฑ์จะแจ้งให้ผู้ใช้งานพักสายตา โดยจะเน้นเรื่องความเร็ว ความถูกต้อง และการใช้ทรัพยากรที่ประหยัด ระบบจะใช้วิธีการค้นหาบริเวณดวงตาโดยตรงแทนที่จะค้นหาใบหน้าก่อน โดยจะแบ่งส่วนการค้นหาเป็นสามส่วน ส่วนแรกจะค้นหาในพื้นที่ ที่คาดการณ์ไว้จากลักษณะการวางของสมาร์ทโฟน ส่วนที่สองและสาม คือพื้นที่ต่อ ๆ มา เมื่อค้นหาบริเวณดวงตาได้จะนำไปตีความ ด้วยสถานะการมีอยู่ของการตรวจหาดวงตา การหายไป และการมีอีกครั้ง จะเป็นค่าของการกระพริบตา เมื่อได้อัตราการกระพริบตาแล้วจะคำนวณการกระพริบตาที่ไม่เหมาะสมและแจ้งเตือนให้ผู้ใช้พักสายตา ขั้นตอนวิธีนี้ช่วยลดเวลาการตรวจหาการกระพริบตาจากขั้นตอนวิธีที่มีอยู่ร้อยละ 7.33

โจชิ (Joshi, Kadethankar, & Patwardhan, 2017) นำเสนอระบบการตรวจหาการกระพริบตาเพื่อป้องกัน โรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยใช้วิธีการสร้างรูปปริพันธ์ จากการตรวจหาใบหน้าและดวงตาดำด้วยขั้นตอนวิธีแฮร์แคสเคด (Haar Cascade) เพื่อให้ทราบตำแหน่งของบริเวณดวงตา เพื่อจะสร้างภาพของดวงตาจากรูปภาพหลัก และนำภาพที่ได้ไปจำแนกคุณลักษณะการกระพริบตาดำด้วยขั้นตอนวิธีเซิร์ฟ (SURF) และการตรวจหามุมของฮาร์ริส (Harris Corner Detector) เนื่องจากการตรวจหาการกระพริบตาต้องเผชิญกับการเคลื่อนไหวของใบหน้า ซึ่งเซิร์ฟจะใช้ตรวจหากับวัตถุที่มีการเคลื่อนไหวได้ดี มีความรวดเร็วและถูกต้อง อย่างไรก็ตามความถูกต้องที่ได้ ยังไม่เพียงพอต่อการตรวจหาการกระพริบตา เนื่องจากมีแนวโน้มที่จะตรวจหาคุณสมบัติแม้กระทั่งมีปิดตาอยู่ เพื่อลดการตรวจหาที่เป็นเท็จ จึงได้นำใช้ขั้นตอนวิธีการตรวจหามุมของฮาร์ริสมาใช้ด้วยขั้นตอนวิธีของฮาร์ริสได้รับการพิสูจน์แล้วว่ามีความมีประสิทธิภาพในการตรวจหา เนื่องจากการปิดตาจะมีจำนวนมุมที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากการปรับของคิ้วเป็นแนวตั้ง โดยกรณีการกระพริบตาที่เกิดขึ้น ความยาวของอาร์เรย์คุณลักษณะในเซิร์ฟจะลดลงอย่างฉับพลัน แต่ตรงกันข้ามความยาวของอาร์เรย์ในฮาร์ริสจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ในส่วนของความแตกต่างระหว่างความยาวของอาร์เรย์ทั้งสอง

เป็นค่าของการกระพริบตา วิธีการตรวจหาการกระพริบตานี้ทำให้การเคลื่อนไหวของศีรษะไม่มีผล เนื่องจากการใช้ เซิร์ฟและมีประสิทธิภาพมากขึ้นเนื่องจากการใช้งานร่วมกับฮาร์ริส จากการทดสอบการตรวจหาภาพตัวอย่าง 2,000 รูป ได้ค่าความถูกต้องร้อยละ 97 แต่อย่างไรก็ตามค่าที่ได้รับ เป็นการทดสอบจากภาพสถานะการลืมตาและหลับตา ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวไม่ได้แสดงการทดสอบการตรวจหาการกระพริบตาแต่อย่างใด

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้การตรวจหาการกระพริบตาที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ โดยใช้วิธีการคำนวณจากจุดศูนย์กลางบริเวณรอบดวงตาโดยตรงด้วยฟังก์ชันการหาค่า EAR (Soukupova, 2016) และวิธีการของโครงข่ายประสาทเทียม (CNN) เพื่อเปรียบเทียบหาวิธีสร้างการตรวจหาอัตราการกระพริบตาที่ดีที่สุด โดยการทดสอบการตรวจหาการกระพริบตาด้วยผู้ใช้งานจริง

#### 2.4.2 การตรวจหาปัจจัยระยะห่างและมุมมอง เพื่อป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

โฮ (Ho, 2015) นำเสนอการตรวจหาระยะห่างสายตา กับสมาร์ตโฟน และแจ้งเตือนผู้ใช้เมื่อผู้ใช้มีระยะห่างที่ไม่เหมาะสมกับการเพ่งมอง ระบบใช้การคำนวณระยะด้วยการวัดขนาดใบหน้าในระหว่างใช้งานเปรียบเทียบกับขนาดใบหน้าที่อยู่ในระยะของความเหมาะสม โดยระยะห่างเท่ากับระยะที่เหมาะสม คุณขนาดของใบหน้าขณะใช้งานหารด้วยใบหน้าที่อยู่ในระยะที่เหมาะสม เมื่อได้ค่าระยะห่างจะเปรียบเทียบกับระยะที่เหมาะสม ถ้าน้อยกว่าจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบ การที่ระบบไม่เจอใบหน้าของผู้ใช้ จะถือว่าผู้ใช้มีระยะที่ใกล้เกินไปและจะทำการแจ้งเตือน โดยที่การเตือนจะเป็นรูปแบบที่ไม่คุกคามผู้ใช้ เช่น ขอบจอกระพริบ หรือข้อความแจ้งเตือน

โทดะ (Toda et al., 2015) นำเสนอการตรวจหาระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจอคอมพิวเตอร์และการงอคอในการเพ่งมองจอ การตรวจหาระยะห่าง ใช้กล้องที่อยู่หน้าจอคอมพิวเตอร์ การคำนวณด้วยประมาณค่าขนาดพื้นที่ของกรอบตรวจหาใบหน้า ด้วยการแยกใบหน้าออกจากสิ่งรอบข้าง โดยที่จะมีความผิดพลาดร้อยละ 2.40 ถึง 9.42 การงอของคอตรวจหาด้วยการใช้กล้องที่อยู่ด้านข้าง คำนวณองศาด้วยการเปลี่ยนแปลงของจุด 2 จุดที่กำหนดไว้

วาสนิก (Wasnik & Jeyakumar, 2016) นำเสนอการตรวจหาสาเหตุของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมด้วยเซนเซอร์ โดยใช้คลื่นอัลตราโซนิค (Ultrasonic) ตรวจหาระยะห่างติดตั้งอยู่กับบริเวณหน้าจอคอมพิวเตอร์ มาตราวัดความเร่ง (Accelerometer) ตรวจหาองศาการมองติดตั้งบนเหนือหน้าจอ และตัวรับรูชีพจร (Pulse sensors) ตรวจหาการเต้นของชีพจร ติดตั้งที่ปลายนิ้วและบริเวณศีรษะเหนือหู ระบบจะทำงานผ่านไมโครคอนโทรลเลอร์ (Microcontroller) เชื่อมโยง

กับระบบคลาวด์ และแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้มีพฤติกรรมที่อาจส่งผลต่อการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมผ่านโทรศัพท์มือถือด้วยเอสเอ็มเอส

งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้การตรวจหาระยะห่างและมุมที่แตกต่างจากงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ โดยจับภาพจากกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ด้วยกล้องเพียงตัวเดียว โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์คอนโทรลเลอร์ หรืออุปกรณ์เสริมต่าง ๆ และใช้การคำนวณระยะและมุมจากฟังก์ชันการหาค่าสามเหลี่ยม (ตรีโกณมิติ) ซึ่งเป็นหลักการที่ได้การยอมรับในการหาค่าระยะทางและมุมมองสา งานวิจัยนี้ เน้นความเป็นมิตรกับผู้ใช้งาน โคนจะไม่ติดตั้งอุปกรณ์ใด ๆ กับตัวผู้ใช้งาน เพื่อลดภาระและไม่สร้างการรบกวนผู้ใช้งาน อย่างไรก็ตาม ทั้งหลักการของวิธีการตรวจหาระยะห่าง และขีดหลักการปฏิสัมพันธ์ของมนุษย์และคอมพิวเตอร์ แสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของงานวิจัยนี้และงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้

#### 2.4.3 การตรวจปัจจัยด้านเวลาการใช้งาน เพื่อป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

จูเลียส (Julius & Mustapha, 2014) นำเสนอแอปพลิเคชันที่ป้องกันการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ด้วยการจำกัดเวลาในการใช้งานคอมพิวเตอร์ ด้วยการอ้างอิงหลักการป้องกันโรคขั้นพื้นฐาน เพื่อให้ผู้ใช้งานพักการทำงานจากหน้าจอที่ต่อเนื่องเป็นเวลานาน งานวิจัยนี้จะเน้นไปที่กลุ่มผู้ใช้งานในสำนักงาน ภาพรวมของระบบจะบังคับให้ผู้ใช้หยุดการทำงานจากหน้าจอคอมพิวเตอร์ 5 นาที หลังจากทำงานผ่านไป 2 ชั่วโมง ระบบจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้รู้ว่าก่อนเป็นช่วง ๆ ก่อนจะทำถึงเวลาพักหน้าจอ โดยจะแจ้งเตือนครั้งแรกในนาทีที่ 105 ครั้งที่สองนาทีที่ 110 ครั้งที่สามนาทีที่ 115 และจะทำการล๊อคหน้าจอในนาทีที่ 120 หน้าจอจะสลับลง มีการแจ้งเตือนด้วย ป๊อปอัพ และนับถอยหลังเวลาในการพักเบรก มีฟังก์ชันในการเล่นเพลงเพื่อผ่อนคลาย

งานวิจัยนี้ เลือกใช้การตรวจหาระยะเวลาของผู้ใช้จากการเพ่งมองจออุปกรณ์ โดยตีความการมองจอของผู้ใช้ด้วยการที่กล้องตรวจหาดวงตาของผู้ใช้เจอ เพื่อให้ทราบเวลาที่แท้จริงของการเพ่งมองจอให้มากที่สุด เนื่องจากงานวิจัยที่ได้กล่าวไว้ก่อนหน้านี้ เป็นการนับเวลาการใช้งานจากการเปิดคอมพิวเตอร์ ซึ่งบ่อยครั้งการเปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ไว้ไม่ได้บ่งบอกว่า ผู้ใช้งานทำการเพ่งมองจออุปกรณ์อยู่ อย่างไรก็ตามการที่ต้องพักการทำงานจากหน้าจอ ทั้งที่ไม่ใช่เวลาที่ควรพักสายตา บางครั้งเวลาที่สูญเสียไปจากกรณีดังกล่าว อาจสร้างความรำคาญและความไม่สบายใจแก่ผู้ใช้งาน เพื่อไม่สร้างความรำคาญและเป็นมิตรแก่ผู้ใช้งานให้มากที่สุด จำเป็นต้องรู้เวลาในการเพ่งมองจอของผู้ใช้ให้ใกล้เคียงกับเวลาที่ผู้ใช้เพ่งมองมากที่สุด



การเปรียบเทียบงานวิจัยของผู้วิจัยกับงานวิจัยที่ใช้วิทยาการคอมพิวเตอร์ในการป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมที่กล่าวไว้ข้างต้น สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

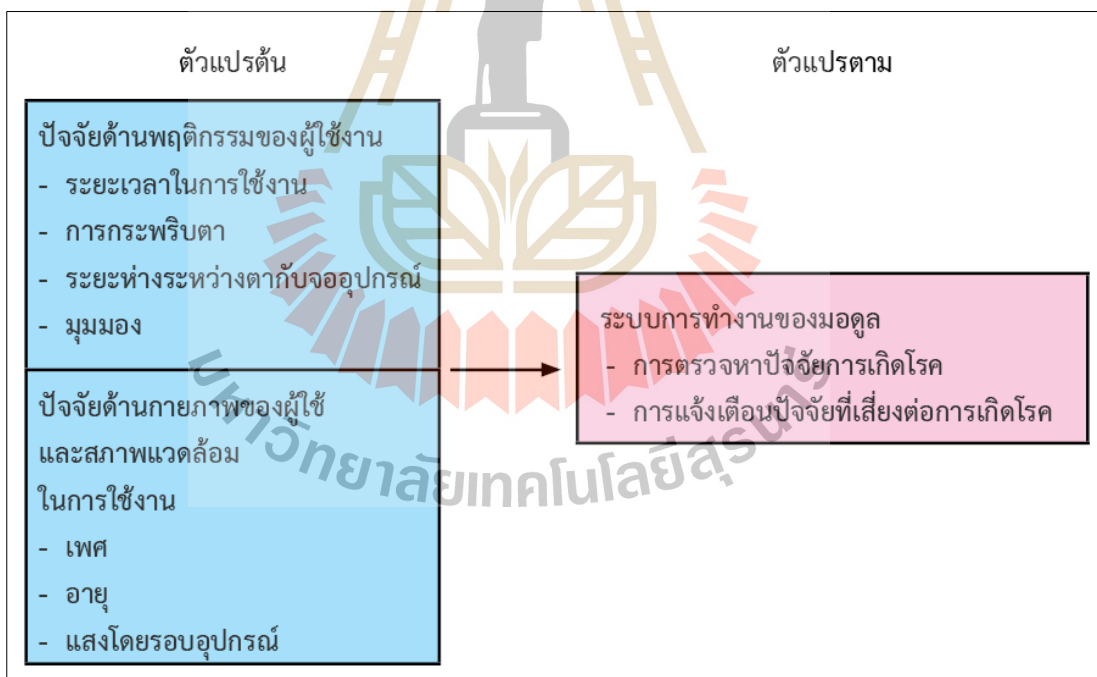
ผู้วิจัย	ปัจจัย							อุปกรณ์		เอชซีไอ	
	การกระพริบ	ระยะห่าง	มุมมอง	เวลา	อายุ	เพศ	แสงโดยรอบ	คอมพิวเตอร์	สมาร์ทโฟน	การแจ้งเตือน	ไม่เพิ่มภาระ
เจนนิเฟอร์	✓										✓
ฮาน	✓								✓		✓
โจชิ	✓										✓
โฮ		✓							✓	✓	✓
โทดะ		✓	✓					✓			
แวนนิก		✓	✓					✓		✓	
จูเลียส				✓				✓		✓	
งานวิจัยนี้	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

ตารางที่ 2.2 แสดงการเปรียบเทียบงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้ โดยจะแยกเป็นสามสิ่ง ได้แก่ ปัจจัยที่ทำการตรวจหา อุปกรณ์และการแจ้งเตือน งานวิจัยนี้เป็นการตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมทั้งหมดเจ็ดปัจจัย ได้แก่ การกระพริบตา ระยะห่างระหว่างตากับผู้ใช้น้ำจออุปกรณ์ มุมองศาในการเพ่งมอง เวลาในการใช้งาน อายุ เพศ แสงโดยรอบอุปกรณ์ เนื่องจากปัจจัยเหล่านี้บางปัจจัยมีความเกี่ยวข้องกัน เช่น การกระพริบตามีความเกี่ยวข้องกับเพศ เพราะสารเหลวในตาของเพศหญิงและชายมีความต่างกัน อุปกรณ์ที่ทำงานร่วมกับระบบในงานนี้จะครอบคลุมคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์ประเภทสมาร์ทโฟน เพื่อความหลากหลายในการใช้งาน มีการแจ้งเตือนที่เหมาะสม ไม่สร้างความรำคาญหรือเพิ่มภาระแก่ผู้ใช้ คำนึงถึงหลักการปฏิสัมพันธ์ระหว่างคอมพิวเตอร์กับมนุษย์ (HCI)

## 2.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

การทำงานของมอดูลจะตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ด้วยกล้องเว็บแคมที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์สารสนเทศของผู้ใช้ และทำการวิเคราะห์ปัจจัยด้วยแนวทางการป้องกันโรคขั้นพื้นฐาน เมื่อผู้ใช้งานมีการใช้งานที่เป็นความเสี่ยงต่อการมีอาการของโรค ระบบจะทำการแจ้งเตือน เพื่อให้ผู้ใช้งานปรับพฤติกรรมการใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศให้เหมาะสม ไกลจากความเสี่ยงต่อการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

การวิเคราะห์ปัจจัยเพื่อนำมาพัฒนาซอฟต์แวร์มอดูล ได้พิจารณาความสอดคล้องของปัจจัยที่เป็นสาเหตุการเกิดโรค การป้องกันการเกิดอาการของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม และความสามารถของระบบการทำงานมอดูล ผู้วิจัยได้แยกวิเคราะห์ความสอดคล้องของปัจจัยเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มปัจจัยด้านพฤติกรรมของผู้ใช้งานและกลุ่มปัจจัยด้านกายภาพของผู้ใช้และสภาพแวดล้อมในการใช้งานดังแสดงในรูปที่ 2.33



รูปที่ 2.33 กรอบแนวคิดในงานวิจัย

## บทที่ 3

### วิธีดำเนินการวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึง วิธีวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การสร้างและหาประสิทธิภาพของเครื่องมือ การเก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล โดยมีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 วิธีวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงประยุกต์ (Applied Research) โดยประยุกต์ใช้วงจรการพัฒนาซอฟต์แวร์เอสดีแอลซี (SDLC: System Development Life Cycle) ในการพัฒนามอดูลซอฟต์แวร์

##### 3.1.1 การศึกษาและวิเคราะห์ปัญหา

การวิเคราะห์ปัจจัยที่นำมาพัฒนามอดูล จะพิจารณาความสอดคล้องของปัจจัยที่เป็นสาเหตุการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม การป้องกันการเกิดอาการของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมและความสามารถของระบบการทำงานมอดูล ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และ ตารางที่ 3.2 แสดงความสอดคล้องของปัจจัยกับการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม และความสามารถของระบบมอดูล ประกอบไปด้วย 7 ปัจจัยที่จะนำมาพิจารณาในการพัฒนามอดูล ได้แก่ การกระพริบตา ระยะห่างระหว่างตากับจออุปกรณ์ ระยะเวลาในการเพ่งมองจอ มุมมองในการเพ่งมองจออุปกรณ์ เพศ อายุ และแสงโดยรอบ

ระยะเวลาในการใช้งานเป็นสาเหตุของอาการตาเมื่อยล้า เห็นภาพซ้อน เห็นภาพเบลอ ปวดหัว การเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศเป็นเวลานานโดยไม่ได้พักทำให้ดวงตาทำงานหนัก ทำให้มีอาการดังกล่าวข้างต้น วิธีการป้องกัน คือ การพักสายตาจากหน้าจอเพื่อหลีกเลี่ยงการทำงานของดวงตาที่มากเกินไป ข้อปฏิบัติเพื่อลดการเกิดอาการที่มีสาเหตุมาจากปัจจัยเกี่ยวกับเวลาควรพักสายตาจากหน้าจออุปกรณ์สารสนเทศ 15 นาที หลังจากทำงาน 2 ชั่วโมง หรือทำตามกฎ 20-20-20 โดย 20 นาทีของการทำงาน ให้พักสายตา 20 วินาที และมองออกไปข้างนอกประมาณ 20 ฟุต ความสอดคล้องกับมอดูล คือ มอดูลจะทำการตรวจหาเวลาเมื่อผู้ใช้ได้มองจออุปกรณ์สารสนเทศ ด้วยการตรวจหาใบหน้าและดวงตาของผู้ใช้งานขณะทำงาน และคำนวณเวลาที่ผู้ใช้มองจอ เมื่อผู้ใช้งานเพ่งมองจอเป็นเวลานานเกินกว่าหลักการป้องกันระบบจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้งานทราบ เพื่อให้ผู้ใช้งานปรับพฤติกรรมตามหลักการป้องกันการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

ตารางที่ 3.1 ความสอดคล้องของปัจจัยกลุ่มพฤติกรรม การป้องกันอาการ และมอดูล

ปัจจัย	อาการ	การป้องกัน	มอดูล
ระยะเวลาในการใช้งาน	ตาเมื่อยล้า, ภาพซ้อน, ภาพเบลอ, ปวดหัว	2 ชั่วโมงพักสายตาจากหน้าจอ 15 นาที (Rosenfield, 2011)	ตรวจหาเวลา
การกระพริบตา	ตาแห้ง, ตาแดง	กระพริบตาอย่างน้อย 20-24 ครั้ง/นาที (Akinbinu, 2014)	ตรวจหา อัตราการกระพริบตา
ระยะห่างระหว่างตากับจออุปกรณ์	ตาเมื่อยล้า, ปวดคอ, ปวดไหล่, ปวดหลัง	50-70 cm (คอมพิวเตอร์) ~30 cm (สมาร์ตโฟน) ระยะที่เหมาะสม (Rosenfield, 2016)	ตรวจหาการระยะห่าง
มุมมอง	ตาแห้ง, ตาเมื่อยล้า	มุมมอง 10-15° เป็นมุมที่เหมาะสมในการเพ่งมอง (Association, n.d.)	ตรวจหามุม

ตารางที่ 3.2 ความสอดคล้องของปัจจัยกลุ่มกายภาพและสภาพแวดล้อม การป้องกันอาการ และมอดูล

ปัจจัย	อาการ	การป้องกัน	มอดูล
เพศ	ตาแห้ง, ตาเมื่อยล้า	ผู้หญิงต้องกระพริบตา มากกว่าผู้ชาย (Blehm, 2005)	ตรวจหาเพศ
อายุ	ตาแห้ง, ตาเมื่อยล้า	ปรับการมองเห็นที่เหมาะสม (Blehm, 2005)	ตรวจหาอายุ
แสงโดยรอบอุปกรณ์	ตาเมื่อยล้า	ปรับแสงจอให้เหมาะกับสภาพแวดล้อม (Akinbinu, 2014)	ตรวจหาแสงโดยรอบ

การกระพริบตาเป็นสาเหตุหลักของอาการตาแห้ง ตาแดง เมื่อผู้ใช้ได้ใช้อุปกรณ์สารสนเทศ จะมีการกระพริบตาลดลง โดยที่ผู้ใช้ไม่รู้ตัว เมื่อมีการกระพริบตาน้อยลง ของเหลวที่เคลือบผิวดวงตาจะแห้ง ผิวของดวงตาจึงแห้งจนถึงขั้นอักเสบ การหลีกเลี่ยงอาการที่เกี่ยวข้องกับปัจจัยนี้ คือ ต้องรักษาอัตราการกระพริบตาปกติ การกระพริบตาโดยทั่วไปจะอยู่ที่ 20-24 ครั้งต่อนาที ความสอดคล้องของมอดูล คือ มอดูลจะตรวจหาและนับการกระพริบตาของผู้ใช้งานขณะใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ เมื่อผู้ใช้มีอัตราการกระพริบตาน้อยกว่าหลักการป้องกัน มอดูลจะแจ้งให้ผู้ใช้ทราบเพื่อปรับพฤติกรรมให้เหมาะสม เพื่อลดปัจจัยการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

มูมมองหรือมูมองศาในการเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ มูมมองช่วยลดอาการตาแห้ง และการเพ่งมองจอในมูมที่เหมาะสมช่วยป้องกันอาการตาเมื่อยล้า ดวงตาจะมีการสร้างของเหลวเพื่อเคลือบผิวของดวงตาเพื่อรักษาความชุ่มชื้นของผิวดวงตาไว้ การมองจอในมูมต่ำจะทำให้ของเหลวในตาไหลเคลือบผิวของตาไว้ มูมมองที่เหมาะสมจะทำให้ดวงตาไม่ทำงานหนักจึงช่วยลดอาการตาเมื่อยล้า ความสอดคล้องของมอดูล คือ มอดูลจะตรวจหา มูมมองของผู้ใช้ในระหว่างใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ เมื่อผู้ใช้มีมูมมองที่ไม่เหมาะกับการใช้งาน จะแจ้งเตือนถึงความไม่เหมาะสม เพื่อให้ผู้ใช้งานปรับเปลี่ยนมูมมองที่เหมาะสม เพื่อลดปัจจัยการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

ระยะห่างระหว่างตาของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์สารสนเทศ เป็นสาเหตุทำให้เกิดอาการ ตาเมื่อยล้า ปวดคอ ปวดไหล่ และปวดหลัง ระยะห่างในการเพ่งมองเกี่ยวข้องกับการมองเห็นที่เหมาะสม เมื่อมีการมองเห็นที่ไม่ชัดเจนดวงตาจะทำงานหนัก เพื่อโฟกัสความคมชัด ทำให้มีอาการเมื่อยล้าเกิดขึ้น และพฤติกรรมส่วนมากของมนุษย์เมื่อมีการมองเห็นที่ไม่ชัดจะพยายามโน้มตัวเพื่อปรับเปลี่ยนตำแหน่งให้ตัวเองมีการมองเห็นที่ดีขึ้น จึงส่งผลต่อการจัดทำทางที่ไม่เหมาะกับการใช้งานอุปกรณ์ ทำให้เกิดอาการด้านกล้ามเนื้อและกระดูก วิธีการหลีกเลี่ยงการเกิดอาการเหล่านี้ได้แก่ การจัดระยะห่างในการใช้งานที่เหมาะสม โดยระยะที่เหมาะสมกับการใช้งาน คือ 50-70 เซนติเมตร(คอมพิวเตอร์) ~30 เซนติเมตร(สมาร์ทโฟน) ความสอดคล้องกับมอดูล คือ มอดูลจะทำการตรวจหาระยะห่างของตาผู้ใช้กับจออุปกรณ์สารสนเทศ เมื่อผู้ใช้มีระยะห่างที่ไม่เป็นไปตามเกณฑ์การป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม มอดูลจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบถึงความไม่เหมาะสมในการใช้งาน เพื่อให้ผู้ใช้ปรับระยะการมองเห็นที่เหมาะสมในการป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

เพศเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่ออาการตาแห้ง เพราะธรรมชาติผู้หญิงจะสร้างของเหลวในดวงตาน้อยกว่าผู้ชาย ทำให้ผู้หญิงมักจะมีอาการตาแห้งได้ง่ายกว่าผู้ชาย การที่จะช่วยในเรื่องอาการตาแห้งเบื้องต้นจะใช้การกระพริบตาที่เป็นการเคลือบของเหลวเคลือบดวงตาเพื่อรักษาความชุ่มชื้น ความสอดคล้องของมอดูล คือ มอดูลจะตรวจหาเพศของผู้ใช้จากกล้อง แล้วนำไปสร้างเงื่อนไขรวมกับปัจจัยการกระพริบตาของผู้ใช้ เพื่อให้ตรวจหาการกระพริบตาที่เหมาะสม

อายุเป็นปัจจัยในเรื่องปัญหาการมองเห็น โดยส่วนใหญ่ผู้ที่มีอายุ 40 ปีขึ้นไปมักมีปัญหาทางสายตา ที่เรียกว่า สายตาผู้สูงอายุ เป็นอาการมองเห็นเกี่ยวกับความคมชัด การมองเห็นที่ไม่ชัดเจนจะส่งผลทำให้ดวงตาทำงานหนัก ทำให้มีอาการตาเมื่อยล้าได้ง่าย ความสอดคล้องของมอดูล คือ มอดูลที่พัฒนาขึ้นจะช่วยตรวจหาอายุของผู้ใช้จากกล้องที่เชื่อมกับอุปกรณ์ของผู้ใช้ แล้วนำไปสร้างการแสดงผลที่เหมาะสมกับช่วงอายุของผู้ใช้ เช่น ช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไป มีปัญหาเรื่องการมองเห็นที่ชัดเจน ระบบสามารถปรับเปลี่ยนให้การแสดงผลที่เหมาะสมกับผู้ใช้งาน

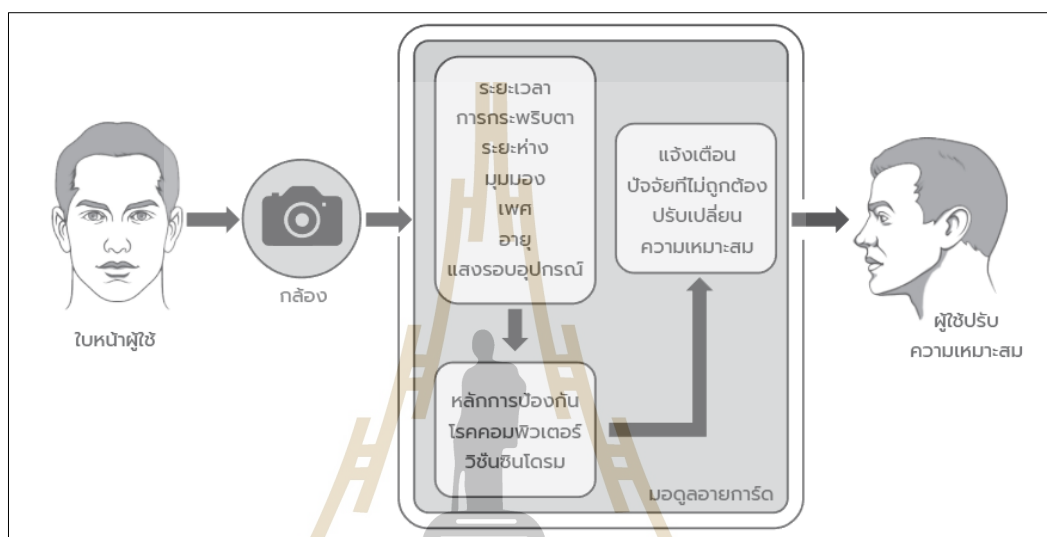
แสงบริเวณรอบจออุปกรณ์ แสงโดยรอบจะสร้างการรบกวนแก่การเพ่งมองจออุปกรณ์ ทำให้เกิดอาการตาเมื่อยล้า การแก้ไขด้วยการปรับความสว่างหน้าจอให้สมดุลกับแสงบริเวณโดยรอบ ความสอดคล้องของมอดูล คือ มอดูลตรวจหาแสงโดยรอบและปรับความสว่างของหน้าจอให้เหมาะสมกับแสงบริเวณโดยรอบ ทำให้ผู้ใช้งานเพ่งมองหน้าจอด้วยความสบายตา

### 3.1.2 การออกแบบและพัฒนาโมดูลซอฟต์แวร์

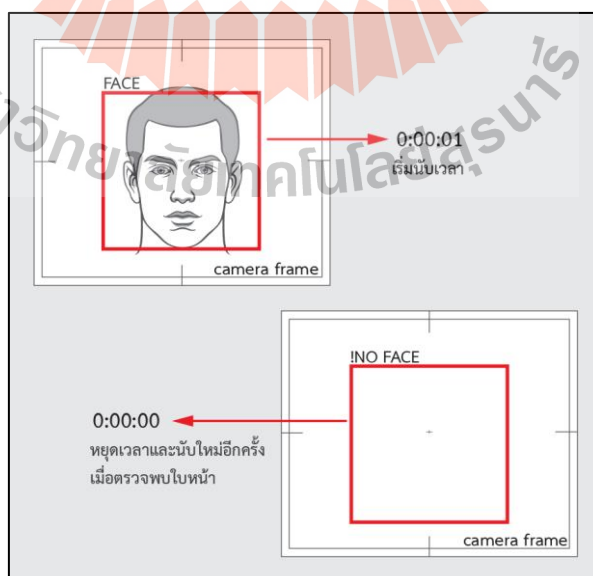
โมดูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น ทำงานโดยไม่เพิ่มงานแก่ผู้ใช้ เช่น การคลิก หรือกรอกข้อความ และไม่ใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ติดกับร่างกายผู้ใช้งาน มอดูลจะตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมด้วยกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์สารสนเทศของผู้ใช้ โดยปัจจุบันอุปกรณ์สารสนเทศส่วนมากจะมีการเชื่อมต่อกับกล้องอยู่แล้ว มอดูลจะทำการตรวจหาใบหน้าและดวงตาของผู้ใช้ แล้วนำมาวิเคราะห์หาปัจจัยที่มีโอกาสทำให้ผู้ใช้งานมีอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม รูปที่ 3.1 แสดงสถาปัตยกรรมการทำงานของมอดูล

**3.1.2.1 การตรวจหาระยะเวลาในการเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศของผู้ใช้งาน**  
ใช้วิธีการตรวจหาใบหน้าและดวงตาของผู้ใช้งาน โดยที่อายุการ์ดจะเริ่มต้นนับเวลาเมื่อกำลังตรวจหาว่าผู้ใช้เพ่งมองจอ แต่เมื่อผู้ใช้หยุดการมองจอเวลาจะเริ่มต้นนับใหม่ และจะมีการทดช่วงเวลาที่ผู้ใช้หายไปจากหน้าจอไม่ถึง 5 วินาที จะไม่ตีความว่าผู้ใช้ไม่ได้มองจอ และเวลาจะไม่เริ่มนับใหม่ เมื่อตรวจหาระยะเวลาในการเพ่งมองจอของผู้ใช้แล้ว จะนำมาวิเคราะห์กับหลักการการป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยมอดูลจะแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้งานเพ่งมองจอติดต่อกัน

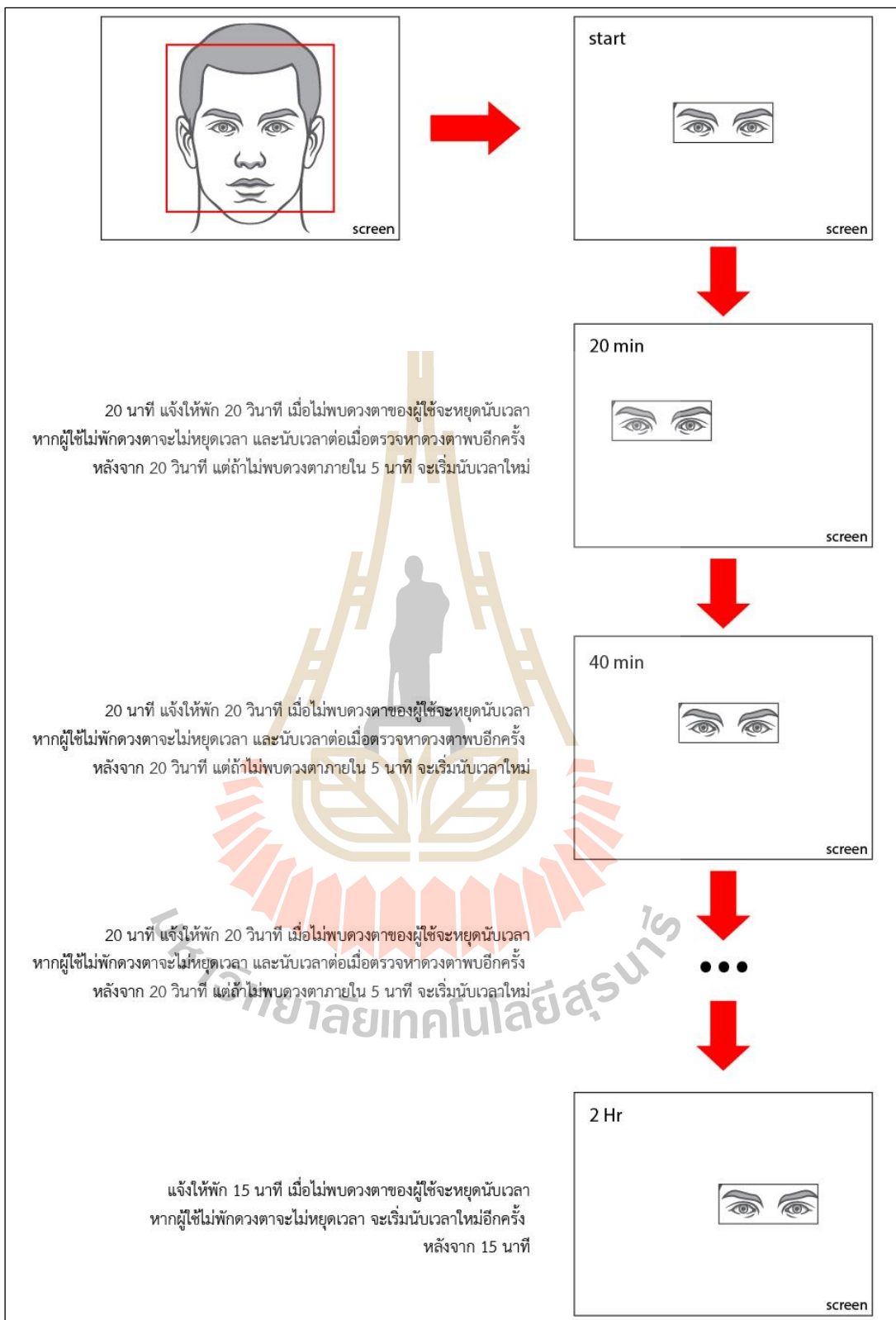
นานเกินสองชั่วโมง ตามหลักการป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมเบื้องต้น และแจ้งเตือนทุก 20 นาที ตามกฎ 20-20-20 วิธีการพัฒนาการตรวจหาปัจจัยระยะเวลาการเพ่งมอง ใช้ไลบรารีโอเพ่นซีวี (OpenCV) (Bradski, 2000) มาช่วยในการทำงานมอดูล และใช้โมเดลฮาร์ (HAAR) เพื่อค้นหาใบหน้าของผู้ใช้งาน จากกล้องที่เชื่อมกับอุปกรณ์สารสนเทศ แล้วนำไปคำนวณหาค่าระยะเวลาที่ผู้ใช้งานเพ่งมองจออุปกรณ์ ดังแสดงในรูปที่ 3.2 และ รูปที่ 3.3



รูปที่ 3.1 สถาปัตยกรรมการทำงานของมอดูล



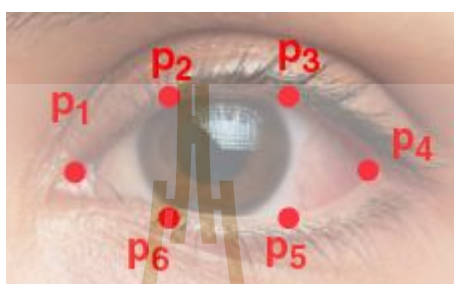
รูปที่ 3.2 การตรวจหาระยะเวลาการเพ่งมองจอของผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.3 การทำงานและแจ้งเตือนระยะเวลาการเพ่งมองจอของผู้ใช้งาน



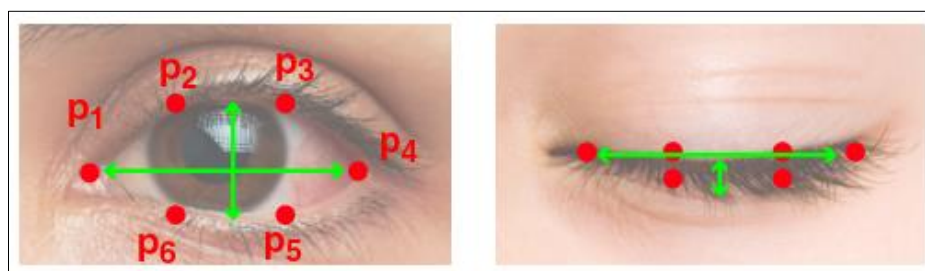
3.1.2.2 อัตราการกระพริบตาของผู้ใช้งาน ใช้วิธีการหาค่าอีเออาร์ (EAR: Eye Aspect Ratio) (Soukupova, 2016) เป็นการหาค่าการลดลงของจุดบริเวณรอบดวงตา ด้วยการตรวจหาจุดบริเวณรอบดวงตาทั้งสองข้างของผู้ใช้ โดยจะตรวจหาจุด 6 จุดบริเวณรอบตาของผู้ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.4 เมื่อทราบตำแหน่งของจุดบริเวณรอบตาแล้ว จะนำจุดเหล่านั้นไปคำนวณดังสมการที่ 3.1 เพื่อหาค่าอีเออาร์



รูปที่ 3.4 การตรวจหาจุดรอบดวงตา

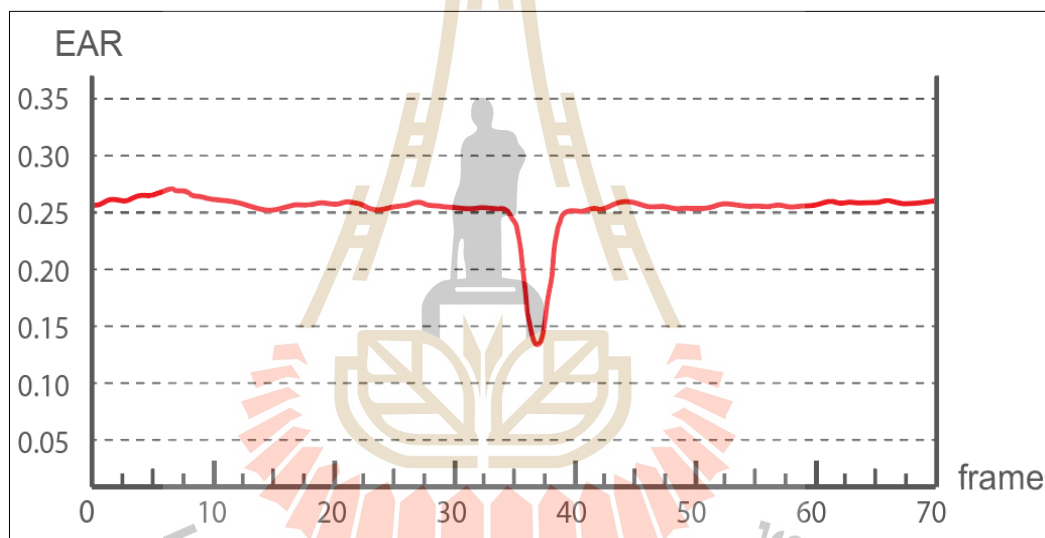
$$EAR = \frac{||P2 - P6|| + ||P3 - P5||}{2||P1 - P4||} \quad (3.1)$$

ในสมการที่ 3.1 ค่าอีเออาร์มีค่าเท่ากับระยะห่างระหว่าง  $P_2$  ถึง  $P_6$  บวกด้วยระยะห่างระหว่าง  $P_3$  ถึง  $P_5$  หารด้วย  $P_1$  ถึง  $P_4$  อย่างไรก็ตาม สมการนี้แสดงให้เห็นการคำนวณหาช่องว่างระหว่างขอบเปลือกตาด้านบนกับขอบเปลือกตาล่าง เมื่อค่าอีเออาร์มีค่าปกติจะมีความหมายว่าผู้ใช้ลืมตาอยู่ แต่ถ้ามีการลดลงต่ำกว่าปกติจะมีความหมายว่าผู้ใช้หลับตา เมื่อลืมตาอีกครั้งจะเป็นการกระพริบตา ในงานวิจัยนี้จะกำหนดการลืมตาอีกครั้งภายใน 20 วินาที รูปที่ 3.5 แสดงตัวอย่างการกระพริบตาที่ใช้วิธีหาค่า EAR



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการกระพริบตาที่ใช้วิธีหาค่า EAR

การตรวจหาการพริบตาเป็นการตรวจหาแบบเวลาจริง (Real Time) ที่ใช้กล้องในการตรวจหา จึงคำนวณเวลาการหลับตากับเฟรมของกล้อง ดังแสดงในรูปที่ 3.6 ดังนั้นการกระพริบตาจะต้องมีค่าอีเออาร์ลดลงกว่าค่าที่กำหนดไว้ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดค่าอีเออาร์ที่ 0.25 (ความเหมาะสมของการกำหนดค่าดังกล่าว ขึ้นอยู่กับอุปกรณ์ที่ใช้งาน ซึ่งค่าดังกล่าวในงานนี้เป็นค่าที่ใช้ได้ดีในคอมพิวเตอร์สำหรับการพัฒนาระบบในงานวิจัยนี้) และเป็นเวลานานมากกว่าเวลาที่กำหนด ซึ่งได้กำหนดเวลาไว้ที่ 2.5 เฟรม ตัวอย่างเช่นถ้าหากค่าอีเออาร์ลดลงน้อยกว่า 0.25 แต่เวลาน้อยกว่า 2.5 เฟรม จะไม่นับว่าเป็นการกระพริบตาและถ้ามีการลดลงน้อยกว่าค่าที่กำหนดเป็นเวลานานเกิน 480 เฟรม (20 วินาที) ระบบจะตีความว่าผู้ใช้ทำการพักสายตา และสถานการณ์นับจำนวนการกระพริบตาจะเริ่มนับใหม่อีกครั้งเมื่อตรวจพบการลืมตา



รูปที่ 3.6 ค่าอีเออาร์ที่ลดลงที่เปรียบเทียบกับเฟรมจากกล้อง

เมื่อได้ค่าของอัตราการกระพริบตาแล้วนำไปเข้าเกณฑ์การป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม กล่าวคือ ผู้ใช้จะต้องมีการกระพริบตา 1 ครั้ง ใน 3 วินาที หรือ 20 ครั้ง ต่อ นาที (Rosenfield, 2016) เมื่อผู้ใช้กระพริบตาน้อยกว่าเกณฑ์ มอดูลจะแจ้งเตือนหรือสร้างเหตุการณ์อื่น ๆ เพื่อให้ผู้ใช้ทราบ

### 3.1.2.3 มุมมองหรือองศาในการเพ่งมองจออุปกรณ์

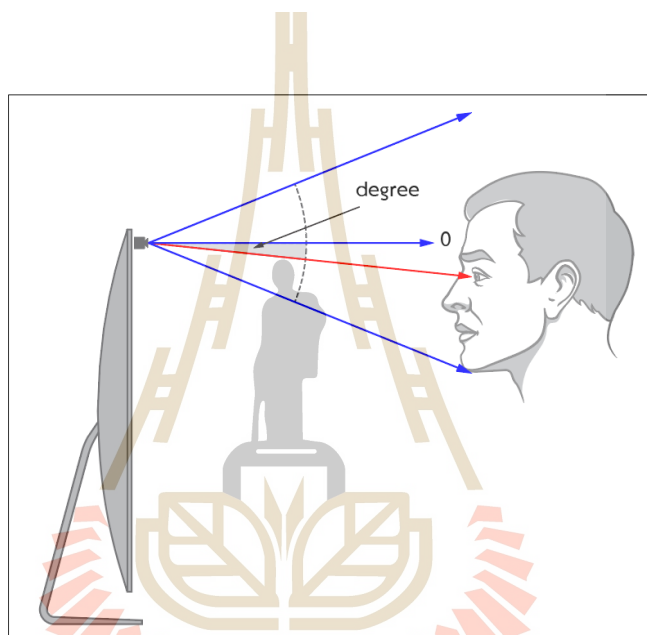
ใช้การตรวจหาตำแหน่งของดวงตามาช่วยการหามุม โดยวัดมุมของดวงตากับกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ด้วยวิธีการตรวจดวงตาของผู้ใช้ เมื่อตรวจหาเจอค่าดวงตาของ

ผู้ใช้นำมาสร้างเงื่อนไขการทำมุมกับกล้อง โดยการสร้างเส้นสมมุติ ตัวอย่างการตรวจหามุมมองแสดงในรูปที่ 3.7 โดยสมการการคำนวณเส้นสมมุติ สร้างจากรูปที่ 3.8 ในรูปแสดงมุมมองของกล้องที่รับภาพขนาด 640 x 480 พิกเซล ในระยะทาง 193.7 เซนติเมตร ซึ่งมุมมองของกล้องสามารถมองเห็นวัตถุสูง 91.44 เซนติเมตร โดยแบ่งเป็นมุมหางและมุมคว่ำ โดยจะวัดจากกึ่งกลางของมุมมองกล้อง จะได้ความสูงในการมองเห็นเท่ากับ 45.72 เซนติเมตร กำหนดให้ W คือกล้องรับภาพ X คือจุดสูงสุดที่กล้องมองเห็นได้ Y คือจุดต่ำสุดที่กล้องมองเห็นได้ Z คือจุดกึ่งกลางของกล้อง โดยค่าดังกล่าวได้วัดจากมุมมองของกล้องจริง และการสร้างแบบจำลองมุมมองของกล้องจากโปรแกรมสร้างภาพสามมิติ อย่างไรก็ตามขนาดของภาพที่รับจากกล้องมีหน่วยเป็นพิกเซล ดังแสดงในรูปที่ 3.9 ความสูงที่กล้องมองเห็นได้ในระยะ 193.7 เซนติเมตร มีขนาด 480 พิกเซล สามารถแบ่งเป็นมุมหางและมุมคว่ำ โดยแบ่งจากกึ่งกลางของมุมมองกล้องจะได้ขนาด 240 พิกเซล ดังนั้นการคำนวณค่าความสูงที่กล้องมองเห็นได้ที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร จำเป็นต้องเปรียบเทียบอัตราส่วนของหน่วยเซนติเมตรและพิกเซล สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.2 เส้นจากกึ่งกลางกล้องถึงจุดที่มองเห็นสูงสุด (□□) เท่ากับ ค่าความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมหางที่มีหน่วยเป็นพิกเซล (□□□□) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 240หารด้วยค่าความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมหางที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (□□□□) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45.72

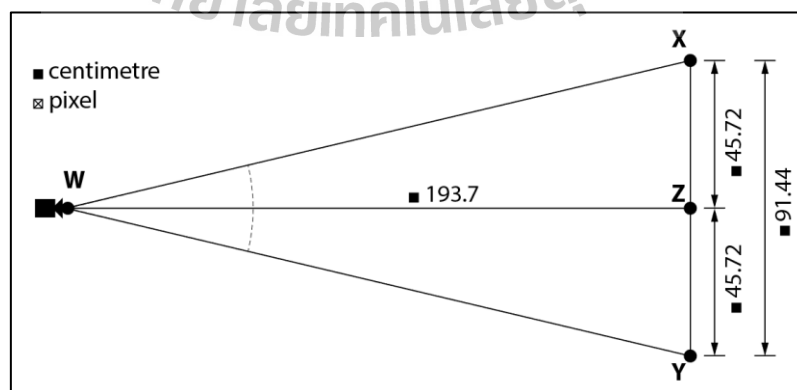
แต่อย่างไรก็ตาม การตรวจหามุมมองในขอบเขตของงานวิจัยนี้ ติดตั้งกล้องบนหน้าจออุปกรณ์ ซึ่งการคำนวณมุมมองในเบื้องต้นเป็นการคำนวณมุมของกล้องที่มองเห็นได้ แต่จุดประสงค์ในการตรวจหามุมมองเพื่อป้องกันอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เป็นการตรวจหามุมระหว่างหน้าจอกับดวงตา เพื่อให้ตรงจุดประสงค์ในการวิจัย ผู้วิจัยใช้วิธีการชดเชยตำแหน่งจุดศูนย์กลางในแนวตั้งของกล้อง ให้อยู่ตรงกึ่งกลางในแนวตั้งของจออุปกรณ์ ตัวอย่างการชดเชยจุดศูนย์กลางของกล้อง แสดงในรูปที่ 3.10 จากรูปตัวอย่างได้ทำการชดตำแหน่งกล้อง โดยกำหนดให้ M คือตำแหน่งที่ทำการชดตำแหน่งกล้อง W คือตำแหน่งที่ตั้งกล้อง X คือจุดสูงสุดที่กล้องมองเห็นได้ Y คือจุดต่ำสุดที่กล้องมองเห็นได้ Z คือกึ่งกลางของมุมมอง เมื่อมีการชดตำแหน่งมุมกล้อง กึ่งกลางของมุมมอง (Z) จะเปลี่ยนตาม โดยจะมีค่าในแนวตั้งเท่ากับตำแหน่งที่ทำการชดกล้อง (M) ซึ่งการชดเชยตำแหน่งของกล้อง จะไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงในการรับภาพ โดยสังเกตได้จากตำแหน่งของ X และ Y จะคงที่ และกล้องรับภาพยังติดตั้งในตำแหน่งเดิม

ดังนั้นการคำนวณความสูงที่กล้องมองเห็นได้ จำเป็นต้องเพิ่มตัวแปรในการคำนวณ สมการที่ 3.3 แสดงการคำนวณความสูงที่กล้องมองเห็นได้เมื่อมีการชดเชยตำแหน่งกล้อง กำหนดให้ □ คือระยะของตำแหน่งที่ต้องการชดกล้อง มีหน่วยเป็นนิ้ว (Inches) (เพื่อความสะดวก

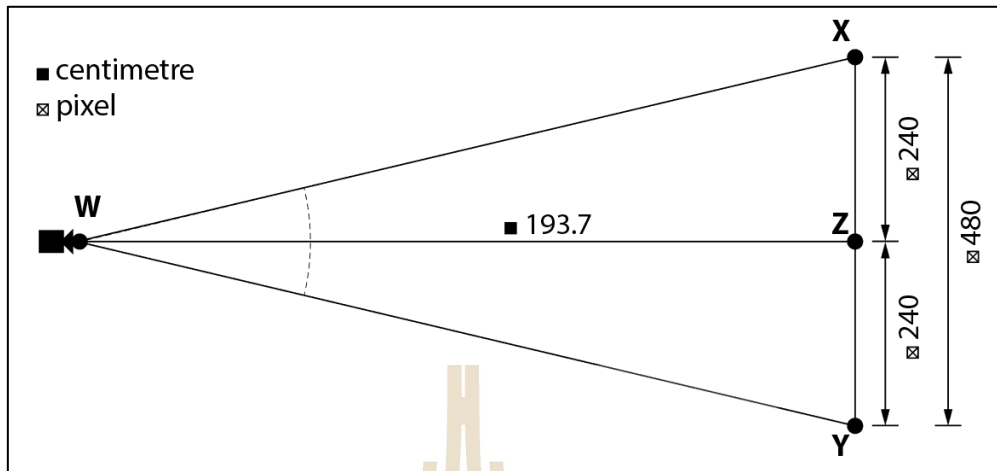
ในการใช้งานเพราะหน้าจออุปกรณ์สารสนเทศส่วนมากจะมีหน่วยเป็นนิ้ว) □□ คืออัตราส่วนของการชดกล้องที่เปรียบเทียบหน่วยนิ้วกับพิกเซลที่มูกกล้องมองเห็น มีค่าเท่ากับ 13.33 (ความสูงที่กล้องมองเห็นในหน่วย มีค่าเท่ากับ 18 นิ้ว และค่าพิกเซลเท่ากับ 240 พิกเซล) และ □□ คืออัตราส่วนของการชดกล้องที่เปรียบเทียบหน่วยนิ้วกับเซนติเมตรที่มูกกล้องมองเห็น มีค่าเท่ากับ 2.54 (1 นิ้วมีค่าเท่ากับ 2.54 เซนติเมตร) โดยค่า □□ เท่ากับค่าความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมมอง ที่มีหน่วยเป็นพิกเซล (□□□□) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 240 บวกด้วยผลคูณของ □□ และ □ หรือด้วยค่าความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมมองที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (□□□□) ซึ่งมีค่าเท่ากับ 45.72 บวกด้วยผลคูณของ □□ และ □



รูปที่ 3.7 การหาองศามุมมองในการเพ่งมองจออุปกรณ์



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างภาพที่ใช้สร้างสมการการคำนวณมุมมอง



รูปที่ 3.9 ตัวอย่างมุมมองของกล้องที่มีหน่วยเป็นพิกเซล

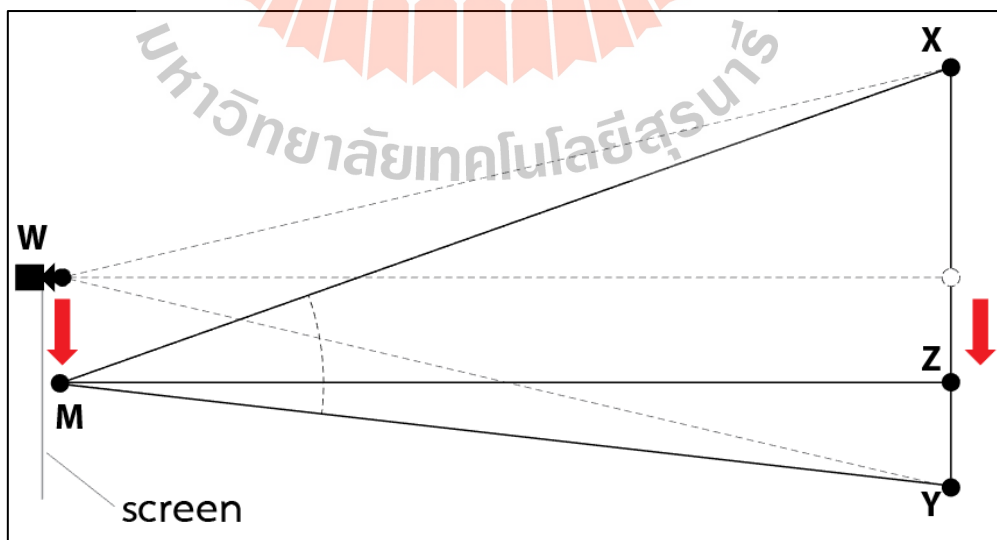
$$\frac{\square\square}{\square\square} = \frac{\square\square\square\square}{\square\square\square\square}$$

(3.2)

□□ = เส้นจากกึ่งกลางกล้องถึงจุดที่มองเห็นสูงสุด

□□□□ = 45.72 (ความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมมองที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร)

□□□□ = 240 (ความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมมองที่มีหน่วยเป็นพิกเซล)



รูปที่ 3.10 ตัวอย่างแสดงการปรับตำแหน่งศูนย์กลางมุมมองกล้อง

$$\overline{OO} = \frac{OO_{OO} + (OO(O))}{OO_{OO} + (OO(O))} \quad (3.3)$$

- $\overline{OO}$  = เส้นจากกึ่งกลางกล้องถึงจุดที่มองเห็นสูงสุด
- $OO_{OO}$  = 45.72 (ความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมมองที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร)
- $OO_{OO}$  = 240 (ความสูงที่มองเห็นวัตถุในมุมมองที่มีหน่วยเป็นฟิสิกเซล)
- $OO$  = ค่าในการชดเชยตำแหน่งของกล้องมีค่าเป็นหน่วยนิ้ว
- $OO$  = 13.33 (อัตราส่วนการชดกล้องหน่วยเป็นฟิสิกเซล)
- $OO$  = 2.54 (อัตราส่วนการชดกล้องหน่วยเป็นเซนติเมตร)

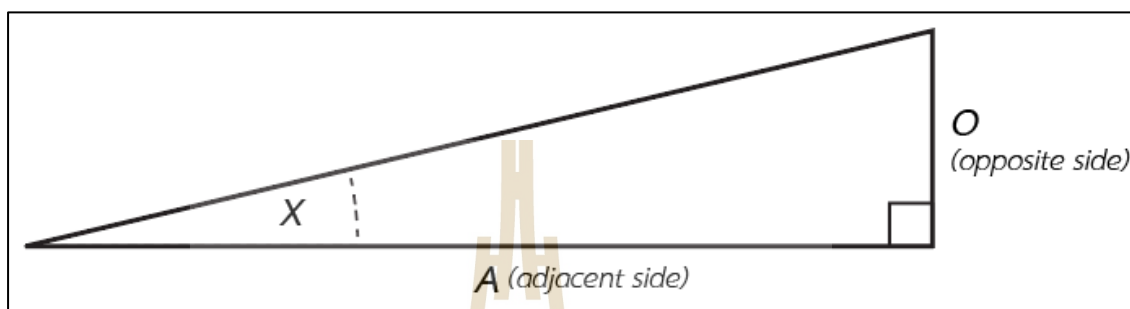
เมื่อได้ค่าการเปรียบเทียบความสูงที่มองเห็นวัตถุตามสัดส่วนแล้ว นำไปคำนวณหามุม ด้วยวิธีการหาค่าสามเหลี่ยมมุมฉากแสดงในสมการที่ 3.4 มุม (X) เท่ากับ  $\arctan$  ของด้านตรงข้ามมุม (O) หารด้วยด้านประชิดมุม (A) รูปที่ 3.11 แสดงตัวอย่างสามเหลี่ยมฉาก

ดังนั้นการคำนวณหามุมของวัตถุที่ได้จากภาพของกล้องในระยะ 193.7 ซม. สามารถคำนวณได้โดย มุม (X) มุมกล้อง เท่ากับ  $\arctan$  คูณด้วย (O) ด้านตรงข้ามมุมหรือความสูงจากกึ่งกลางมุมมองถึงจุดสูงสุดที่กล้องมองเห็นได้ (45.72 ซม.) หารด้วย (A) ด้านประชิดมุมหรือระยะที่มองเห็นวัตถุ (193.70 ซม.)

อย่างไรก็ตามการตรวจหามุมมองของผู้ใช้ในงานวิจัยนี้ เป็นการตรวจหามุมของดวงตาที่หน้าจอ ดังนั้นจำเป็นต้องหาค่าความสูงระหว่างดวงตาและกึ่งกลางของจอ ซึ่งสามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.5 โดยกำหนดให้ความสูงของดวงตาเป็นค่า  $OO$  (หน่วยเซนติเมตร) ซึ่งค่าดังกล่าว คำนวณได้จากตำแหน่งของดวงตาที่ตรวจหาได้จากภาพที่รับจากกล้อง โดยกำหนดให้เป็นค่า  $OO$  (หน่วยฟิสิกเซล) หารด้วย  $OO$  ซึ่งเป็นค่าความสูงจากกึ่งกลางกล้องถึงจุดสูงสุด หรือ ค่าของ  $\overline{OO}$  ในสมการที่ 3.3

จากการเปรียบเทียบวิธีการหาค่ามุมสามเหลี่ยมมุมฉากและการคำนวณค่าความสูงของดวงตาที่ได้จากการตรวจหา สามารถสร้างสมการสำหรับคำนวณการตรวจหามุมมองของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ได้ดังสมการที่ 3.6 กำหนด  $OO_{OO}$  เป็นมุมมองของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์  $OO$  เป็นความสูงของดวงตาที่ตรวจหาได้ที่มีหน่วยเซนติเมตร  $OO$  เป็นระยะห่างที่ใช้ในการคำนวณมุม โดยมีค่าเท่ากับ 193.7 ซม. เป็นระยะทางที่กำหนดขอบเขตไว้ แสดงดังรูปที่ 3.8) ในรูปที่ 3.12 แสดงตัวอย่างการคำนวณการตรวจหามุมมองของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์

อย่างไรก็ตามการตรวจหาดวงตาจะมีทั้งด้านซ้ายและด้านขวา ตำแหน่งในการหามุมมองจะต้องเฉลี่ยด้วยตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้าง เมื่อทราบค่าของมุมมองแล้วจึงนำค่าที่ได้ไปเข้าเงื่อนไขการป้องกันโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม เมื่อปัจจัยที่ตรวจหาไม่เป็นไปตามเงื่อนไขจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบ



รูปที่ 3.11 ตัวอย่างสามเหลี่ยมฉาก

$$\square = \arctan\left(\frac{\square}{\square}\right) \quad (3.4)$$

$$\square \square = \frac{\square \square}{\square} \quad (3.5)$$

$\square \square$  = ความสูงของดวงตาที่ตรวจหาได้ (เช่นติเมตร)

$\square \square$  = ความสูงของดวงตาที่ตรวจหาได้ด้วยภาพจากกล้อง (พิกเซล)

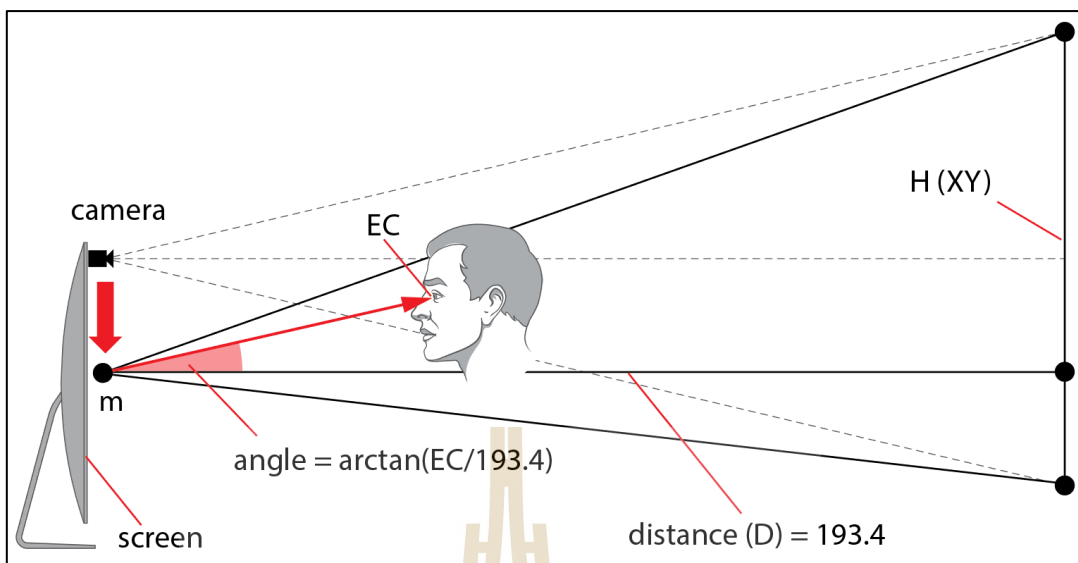
$\square$  = ความสูงที่กล้องมองเห็นได้ หรือ ค่า  $\square \square$  ในสมการที่ 3.3

$$\square \square \square \square = \arctan\left(\frac{\square \square}{\square}\right) \quad (3.6)$$

$\square \square \square \square$  = มุมมองของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์

$\square \square$  = ความสูงของดวงตาที่ตรวจหาได้ (เช่นติเมตร)

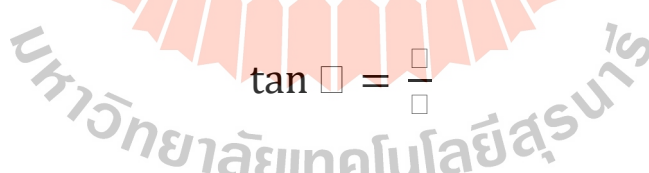
$\square$  = 193.4 (ขอบเขตของระยะห่างที่ใช้ในการคำนวณมุม หน่วยเซนติเมตร)



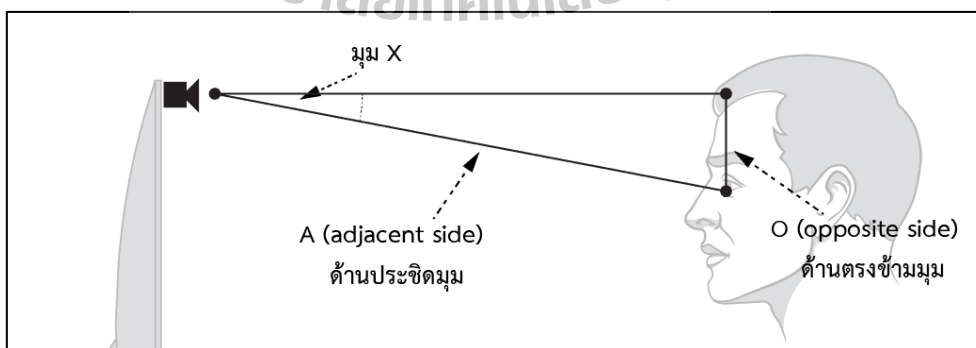
รูปที่ 3.12 ตัวอย่างการคำนวณการตรวจหามุมมองของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์

3.1.2.4 การตรวจหาระยะห่างระหว่างดวงตาผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ จะใช้วิธีการตรวจหาค่าไบหน้าและดวงตาของผู้ใช้ เพื่อนำไปหาค่าของสามเหลี่ยมด้วยสมการที่ 3.7 โดยตัวแปร A คือ ด้านประชิดมุม ตัวแปร O คือ ด้านตรงข้ามมุม โดยกำหนดให้เส้นตรงข้ามมุม มีจุดเริ่มต้นตั้งแต่จุดที่ดวงตาทำมุมฉากกับเส้นศูนย์กลาง จนถึงตำแหน่งที่ดวงตาอยู่ในขณะนั้นแล้วแปลงค่าจุดภาพ (Pixel) เป็นเซนติเมตร ทั้งนี้ของสามเหลี่ยมได้จากการตรวจหาปัจจัยมุมมองในการเพ่งมองจอ

รูปที่ 3.13 แสดงการหาระยะห่างระหว่างดวงตาผู้ใช้งานและหน้าจออุปกรณ์สารสนเทศ

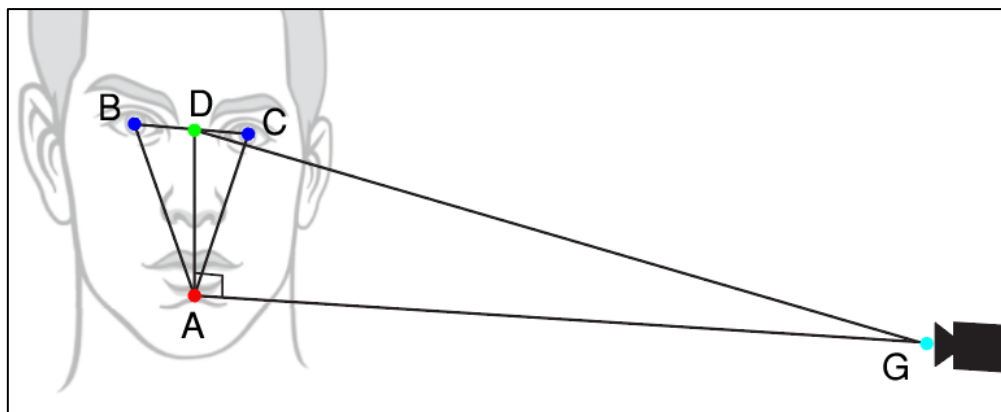


$$\tan \square = \frac{\square}{\square} \tag{3.7}$$



รูปที่ 3.13 การหาระยะห่างระหว่างดวงตา กับหน้าจออุปกรณ์



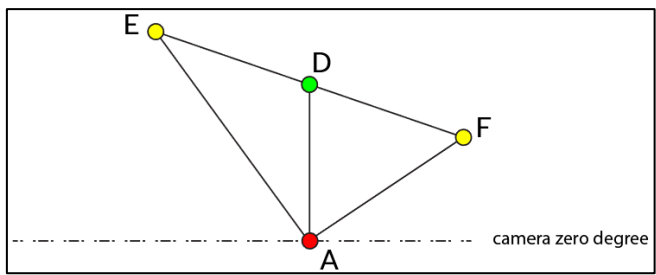


รูปที่ 3.14 การตรวจหาจุด A, B, C, D, G เพื่อแทนค่าเซนติเมตร

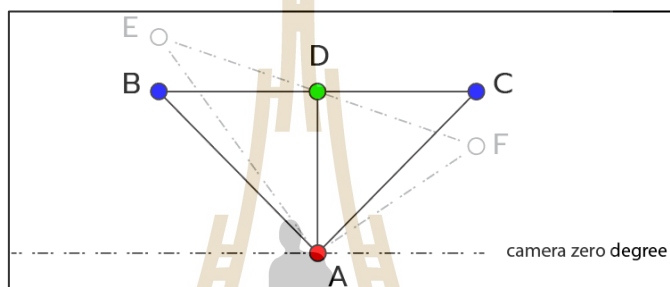
การคำนวณค่าจากมุมมองของกล้องเป็นระยะห่างหน่วยเป็นเซนติเมตร ใช้การคำนวณจุดคุณลักษณะบนใบหน้าที่สร้างขึ้นใหม่โดยอ้างอิงจากโมเดล SVM : face landmark 68 shape\_predictor\_68\_face\_landmarks ในไลบรารี Dlib (King, 2009) จุดที่สร้างขึ้นได้แก่ A B C และ D ดังแสดงในรูปที่ 3.14 ในรูป G คือตำแหน่งของกล้องที่ยึดกับหน้าจอ ระยะของผู้ใช้กับหน้าจอเท่ากับ  $\overline{AG}$  เมื่อเปรียบเทียบการหาระยะห่างข้างต้นกับฟังก์ชันการหาพื้นที่สามเหลี่ยม จำเป็นต้องทราบมุมของ G (ได้จากการตรวจหาปัจจัยด้านมุมมอง) และด้าน  $\overline{AD}$  ที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร (ในการตรวจหาระยะของผู้ใช้ในงานนี้ ต้องการตรวจหาระยะที่มีหน่วยเซนติเมตร)

ด้าน  $\overline{AD}$  คำนวณได้จากรูปสามเหลี่ยมที่เกิดจากจุด A B C และ D อย่างไรก็ตามการตรวจหาจุดคุณลักษณะในสภาพการจริงจุดจะเกิดการบิดเอียงจากแกนที่ตั้งฉากกับมุมมองกล้อง เนื่องจากการบิดหน้าหรือเอียงคอของผู้ใช้งาน ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.15 E คือตำแหน่งของตาซ้าย F คือตำแหน่งของตาขวา D คือค่าเฉลี่ยในแนวนอนและแนวตั้งของตาทั้งสองข้าง A คือแนวนอนของ D และ มุมศูนย์กลางของมุมมอง ดังนั้นการแก้ปัญหาการบิดของจุดจะใช้ค่าเฉลี่ยในแนวตั้งของตาทั้งสองข้าง ซึ่งจะได้จุด B (ตำแหน่งแนวนอนของตาขวาและค่าเฉลี่ยแนวตั้งของตาทั้งสองข้าง) และ C (ตำแหน่งแนวนอนของตาซ้ายและค่าเฉลี่ยแนวตั้งของตาทั้งสองข้าง) ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 3.16

เมื่อได้รูปสามเหลี่ยมมุมฉากแล้ว นำมาคำนวณหาค่ามุม  $\widehat{BAD}$  ตามสมการที่ 3.3 การหามุมสามเหลี่ยม ซึ่งจะได้  $\widehat{BAD}$  เท่ากับ  $\square\square\square\square$  ของค่าพิททาโกรัสของ  $\overline{BD}$  หารด้วย ค่าพิททาโกรัสของ  $\overline{AD}$  รูปที่ 3.17 แสดงการคำนวณ  $\widehat{BAD}$



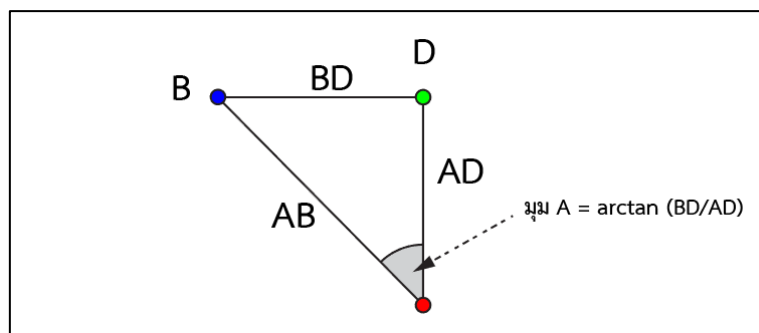
รูปที่ 3.15 ตัวอย่างลักษณะจุดที่มีการบิดใบหน้าหรือเอียงศีรษะ



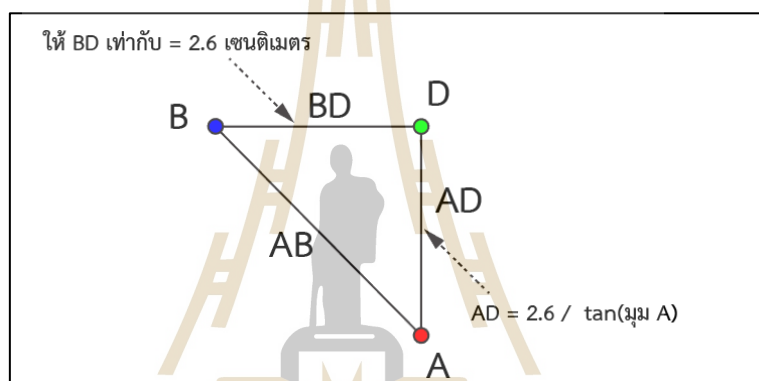
รูปที่ 3.16 ตำแหน่ง B และ C ที่ได้จากตำแหน่งแนวนอนของตาซ้ายขวา ตามลำดับ และค่าเฉลี่ยแนวตั้งของตาทั้งสองข้าง

เมื่อได้ค่าของ  $\widehat{BAC}$  แล้ว เพื่อให้ได้ค่าของ  $\overline{AD}$  ที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ทำการกำหนด  $\overline{BD}$  ให้เป็นค่าคงที่มีค่าเท่ากับ  $\sim 2.6$  (ค่าประมาณระยะระหว่างดวงตากับกึ่งกลางของดวงตาทั้งสองข้าง ซึ่งได้จากการทดลองวัดระยะ โดยค่าดังกล่าวได้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด อย่างไรก็ตามค่าดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม แนวความคิดนี้ได้ประยุกต์จาก วิธีการวัดระยะทางแบบ ทัชโอมิตรี (Tachometry) เป็นวิธีการหาระยะทางที่ใช้ในการสำรวจแผนที่ โดยจะใช้กล้องส่อง (Theodolite) และไม้ระดับ (Subtense Bar) หากำมุมและระดับความสูง เพื่อใช้ในการคำนวณระยะทาง เมื่อแทนค่าของ  $\overline{BD}$  นำไปคำนวณด้วยสมการที่ 3.5 กำหนดให้  $\overline{AD}$  เท่ากับ  $\overline{BD}$  ( $\sim 2.6$ ) หารด้วยค่า  $\square\square\square$  ของ  $\widehat{BAD}$  รูปที่ 3.18 แสดงตัวอย่างการคำนวณค่า  $\overline{AD}$  ที่เป็นมีหน่วยเป็นเซนติเมตร

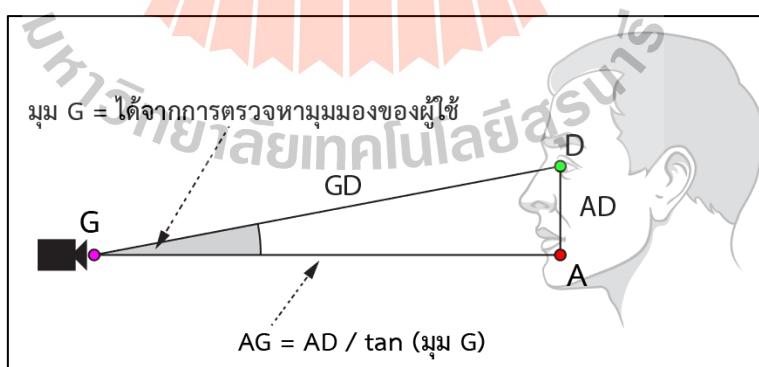
การหาระยะระหว่างดวงตาผู้ใช้กับจออุปกรณ์ในงานวิจัยนี้เป็นการหาค่าของด้าน  $\overline{AG}$  ด้วยสมการที่ 3.5 ดังนั้น  $\overline{AG}$  หรือระยะห่างของผู้ใช้เท่ากับ  $\overline{AD}$  หารด้วยค่า  $\square\square\square$  ของมุม  $\widehat{G}$  (เป็นค่าที่ได้จากการตรวจหามุมมองของผู้ใช้) รูปที่ 3.19 แสดงตัวอย่างการคำนวณหาระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์



รูปที่ 3.17 การคำนวณหาค่าของมุม A



รูปที่ 3.18 การคำนวณหาด้าน  $\overline{AD}$  ที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร



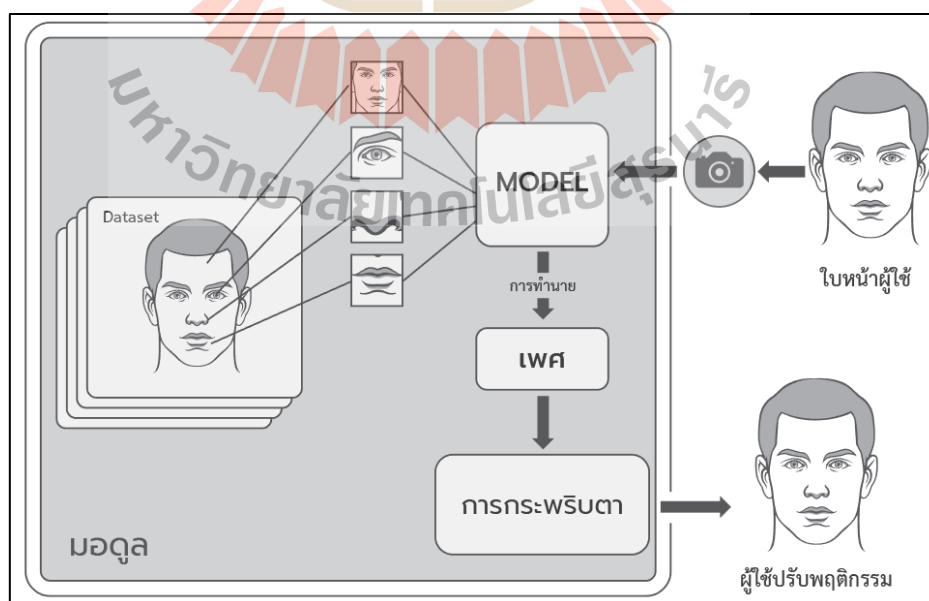
รูปที่ 3.19 ตัวอย่างการคำนวณหาระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ ( $\overline{AG}$ )

ระยะที่ได้จากการตรวจหาจะวัดด้วยเครื่องมือตรวจวัดและทดสอบด้วยกลุ่มตัวอย่าง เมื่อได้ระยะห่างระหว่างตากับหน้าจอแล้วนำมาวิเคราะห์กับกฎการป้องกันโรค

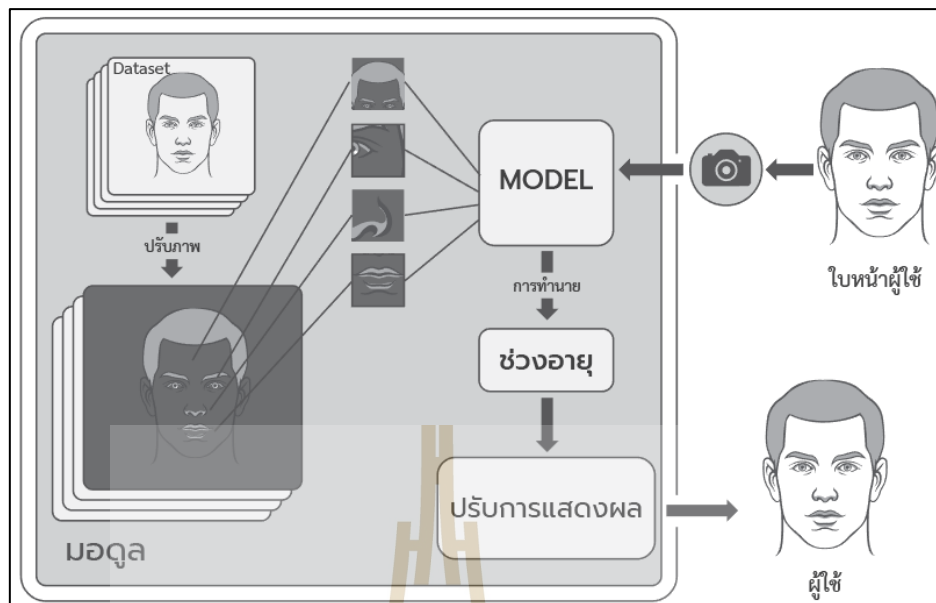
คอมพิวเตอร์วิชั่นซินโครมขั้นพื้นฐาน โดยมอดูลจะแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบเมื่อผู้ใช้มีระยะการเพ่งมองไม่เหมาะสม คือผู้ใช้มีตำแหน่งอยู่นอกระยะ 50-70 เซนติเมตร (Rosenfield, 2016)

**3.1.2.5 เพศของผู้ใช้งาน** เนื่องจากการทำงานของมอดูลในงานวิจัยนี้ใช้การตรวจหาปัจจัยจากใบหน้าของผู้ใช้งานด้วยกล้อง เมื่อผู้ใช้เปิดใช้งานอุปกรณ์มอดูลจะทราบเพศของผู้ใช้จากกล้อง ดังนั้นขั้นตอนการจำแนกเพศในงานวิจัยนี้จึงใช้กระบวนการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น (CNN : Convolutional Neural Network) มาช่วยในการหาคุณลักษณะของเพศ ซึ่งโครงข่ายซีเอ็นเอ็นมีความเหมาะสมในการทำงานกับรูปภาพ โดยจะวิเคราะห์คุณลักษณะของพื้นที่ย่อยที่เชื่อมกับพื้นที่ทั้งหมดของรูปภาพ ทำให้ไม่เปลืองทรัพยากรในการค้นหาคุณลักษณะและสร้างเป็นโมเดลจำแนกเพศชายและหญิง เพื่อทำนายเพศของผู้ใช้งาน ดังแสดงในรูปที่ 3.20 เมื่อระบบรู้เพศของผู้ใช้ สามารถนำไปเชื่อมโยงกับหลักการป้องกันในปัจจัยกระพริบตา เนื่องจากเพศหญิงจะมีการตาแห้งได้ง่ายกว่าเพศชาย (Blehm et al., 2005) ดังนั้นการกระพริบตาที่เพิ่มขึ้นในเพศหญิงสามารถสร้างความชุ่มชื้นให้ผิวของดวงตาและป้องกันอาการตาแห้งได้

**3.1.2.6 ปัจจัยด้านอายุของผู้ใช้งาน** ใช้วิธีการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น (CNN) เพื่อหาคุณลักษณะของช่วงอายุ โดยสร้างเป็นโมเดลเพื่อทำนายช่วงอายุจากใบหน้าของผู้ใช้ เมื่อมอดูลซอฟต์แวร์ได้ค่าช่วงอายุของผู้ใช้แล้ว จะนำไปวิเคราะห์เพื่อปรับเปลี่ยนการแสดงผลของหน้าจอ วิธีการทำนายอายุแสดงในรูปที่ 3.21

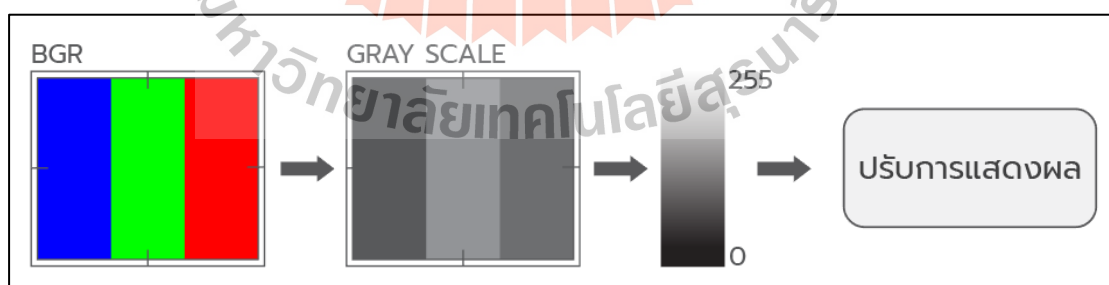


รูปที่ 3.20 วิธีการทำนายเพศผู้ใช้งาน



รูปที่ 3.21 วิธีการทำนายอายุของผู้ใช้งาน

3.1.2.7 แสงบริเวณโดยรอบจออุปกรณ์ ใช้วิธีเก็บภาพบริเวณหน้าจออุปกรณ์จากกล้อง แล้วแปลงค่าสีน้ำเงิน เขียว และแดง (BGR) เป็น โทนสีขาวดำ (Gray Scale) กำหนดให้มีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 โดย 0 คือค่าแสงที่เข้มที่สุดและ 255 เป็นค่าสว่างที่สุด เมื่อได้ค่าความสว่างแล้วนำไปวิเคราะห์ความเหมาะสม ในการเฟรมมองที่ไม่รบกวนผู้ใช้ มอดูลทำการปรับแสงของหน้าจอให้เหมาะสมกับแสงสภาพแวดล้อม รูปที่ 3.22 แสดงขั้นตอนการตรวจหาปริมาณแสงรอบอุปกรณ์



รูปที่ 3.22 ขั้นตอนการตรวจหาแสงโดยรอบอุปกรณ์สารสนเทศ

## 3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้กลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง และแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มตัวอย่างสำหรับทดสอบการทำงานของมอดูล และกลุ่มตัวอย่างสำหรับประเมินมอดูล

### 3.2.1 กลุ่มตัวอย่างสำหรับทดสอบการทำงานของมอดูล

ทาโร ยามาเน่ (Yamane, 1973) ได้กล่าวว่าขนาดกลุ่มประชากรอินฟินิตี้ (Infinity) หากต้องการความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 90 จะต้องใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน งานวิจัยนี้จะสุ่มกลุ่มตัวอย่างจากผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศทั่วไป 100 คน เพื่อทดสอบความถูกต้องในการทำงานของมอดูล จะประกอบไปด้วยการตรวจหาอัตราการกระพริบตา ระยะห่างระหว่างตากับจออุปกรณ์ มุมมองในการเพ่งมอง ทำนายเพศ ทำนายช่วงอายุ

### 3.2.2 กลุ่มตัวอย่างสำหรับประเมินการทำงานของมอดูล

กลุ่มตัวอย่างสำหรับประเมินการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ ได้สุ่มกลุ่มตัวอย่าง 100 คน ซึ่งเป็นผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศทั่วไป ทาโร ยามาเน่ (Yamane, 1973) กล่าวว่าขนาดของกลุ่มประชากรในขนาดอินฟินิตี้ (Infinity) หากต้องการความเชื่อมั่นเท่ากับร้อยละ 90 จะต้องใช้ขนาดกลุ่มตัวอย่าง 100 คน งานวิจัยนี้จึงได้ใช้กลุ่มจำนวน 100 คน เพื่อประเมินการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์

## 3.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ประกอบไปด้วยเครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาซอฟต์แวร์มอดูลและเครื่องมือสำหรับประเมินในประเมินมอดูล

### 3.3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการพัฒนาระบบ

- 1) ด้านฮาร์ดแวร์:
  - คอมพิวเตอร์ หน่วยประมวลผลกลางอินเทล 1.9 กิกะเฮิร์ต หน่วยความจำ 4 กิกะไบต์ การ์ดจอ 2 กิกะเฮิร์ต ฮาร์ดดิสก์เก็บข้อมูล 500 กิกะไบต์
  - สมาร์ทโฟน หน่วยประมวลผลกลาง 1.6 กิกะเฮิร์ต หน่วยความจำ 2 กิกะไบต์ พื้นที่จัดเก็บข้อมูล 16 กิกะไบต์
  - กล้องเว็บแคม ลอจitech ซี170
- 2) ด้านซอฟต์แวร์
  - ระบบปฏิบัติการ ลินุกซ์ อูบุนตุ 16.04, วินโดวส์ 10, แอนดรอยด์ 6
  - ไพธอน อินเทอร์พรีเตอร์ 3.5.2
  - เจ็ดเบรน ไพชาร์ม ไอคิอี โปรเพชันแนท 2017.3.3
  - ไลบรารี โอเพ่นซีวี, ดีไลบ์, คีราส, เทนเซอร์โฟล

### 3.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมิน

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีและความสามารถในการใช้งานซอฟต์แวร์มอดูล มีดังนี้

#### 3.3.2.1 การประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย

ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย (MAE : Mean Absolute Error ) หรือ (MAD : Mean Absolut Deviation) เป็นการวัดค่าขนาดความคลาดเคลื่อนโดยรวม ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดมีขนาดน้อยแสดงถึงความแม่นยำที่มาก สมการในการคำนวณค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ยแสดงในสมการที่ 3.6

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |x_i - \hat{x}_i| \quad (3.6)$$

โดยที่  $MAE$  คือ ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย  
 $n$  คือ ค่าจำนวนข้อมูลที่ใช้  
 $x_i$  คือ ค่าความจริงใน  $i$  ใด ๆ  
 $\hat{x}_i$  คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ใน  $i$  ใด ๆ

#### 3.3.2.2 การประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการคำนวณค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน

ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน (MAPE : Mean Absolut Percentage Error ) เป็นการแปลงค่าความคลาดเคลื่อนให้อยู่ในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดมีขนาดน้อยแสดงถึงความแม่นยำที่มาก สมการในการคำนวณค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนแสดงในสมการที่ 3.7

$$MAPE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| 100 * \frac{x_i - \hat{x}_i}{x_i} \right| \quad (3.7)$$

โดยที่  $MAPE$  คือ ค่าสัมบูรณ์ของเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน  
 $n$  คือ ค่าจำนวนข้อมูลที่ใช้  
 $x_i$  คือ ค่าความจริงใน  $i$  ใด ๆ  
 $\hat{x}_i$  คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ใน  $i$  ใด ๆ

### 3.3.2.3 การประเมินความถูกต้องด้วยวิธีการคำนวณค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย

ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (RMSE : Root Mean Squared Error) เป็นการวัดขนาดความคลาดเคลื่อนแบบมาตรฐาน ซึ่งค่าที่ได้จากการวัดมีขนาดน้อยแสดงถึงความแม่นยำที่มาก สมการในการคำนวณค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองแสดงในสมการที่ 3.8

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2} \quad (3.8)$$

โดยที่  $RMSE$  คือ ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย  
 $n$  คือ ค่าจำนวนข้อมูลที่ใช้  
 $y_i$  คือ ค่าความจริงใน  $i$  ใด ๆ  
 $\hat{y}_i$  คือ ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ใน  $i$  ใด ๆ

### 3.3.2.4 การประเมินความถูกต้องด้วยการสร้างกราฟความสัมพันธ์เชิงเส้น คำนวณค่าสหสัมพันธ์ และการคำนวณค่า R-Squared

ความสัมพันธ์เชิงเส้น (Linear relationship) คือ ปริมาณของที่มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกัน สามารถนำมาเขียนเป็นคู่อันดับ  $(x, y)$  สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.9 คือค่าจำนวนหนึ่งแทนที่ในแนวตั้ง  $y$  คือค่าจำนวนหนึ่งแทนที่ในแนวนอน  $a$  คือความชัน  $b$  จุดตัดของจำนวนนั้น ๆ

$$y = ax + b \quad (3.9)$$

ค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เป็นการดูทิศทางความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร 2 ตัว โดยมี Correlation Coefficient ( $r$ ) หรือ ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เป็นตัวบ่งชี้ถึงความสัมพันธ์ ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์จะมีค่าอยู่ระหว่าง -1.0 ถึง +1.0 ซึ่งหากมีค่าใกล้ 1.0 นั้นหมายความว่าตัวแปรทั้งสองตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างมากในเชิงตรงกันข้าม หากมีค่าใกล้ +1.0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองมีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมาก และหากมีค่าเป็น 0 นั้นหมายความว่า ตัวแปรทั้งสองตัวไม่มีความสัมพันธ์ต่อกัน คำนวณได้จากสมการที่ 3.10

$$r = \frac{\sum (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (3.10)$$



ค่า R-Squared คือการวัดทางสถิติว่าข้อมูลอยู่ใกล้กับเส้นการถดถอยที่เหมาะสมหรือไม่ สามารถคำนวณได้จากสมการที่ 3.11 R-Squared เท่ากับความผันแปรที่สามารถอธิบายได้หารด้วยความผันแปรทั้งหมด (Explained variation / Total Variation) R-Squared จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ถ้าค่าเป็น 0 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลที่ได้มานั้น ไม่สามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนอง ถ้าค่าเป็น 1 แสดงให้เห็นว่า ข้อมูลที่ได้มานั้น สามารถอธิบายความผันแปรของค่าตัวแปรตอบสนองได้เป็นอย่างดี

$$R^2 = \frac{\text{Explained variation}}{\text{Total variation}} \quad (3.11)$$

### 3.3.2.5 แบบสอบถามการประเมิน ความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์

แบบสอบถามการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ จะสอบถามเมื่อผู้เข้าประเมินได้ทดลองใช้งานมอดูลแล้ว คำถามทั้งหมดในแบบสอบถามจะขึ้นอยู่กับแนวคิดในการวัดการใช้งานได้ของซอฟต์แวร์หรือเรียกว่า ซุมิ (SUMI) (Kirakowski and Corbett, 2006) ซึ่งซุมิเป็นแบบสอบถามสำหรับการประเมินหาส่วนการทำงานได้ คำถามได้รับการพัฒนาเป็นเครื่องมือในการวัดการรับรู้ของผู้ใช้ที่เกี่ยวกับการใช้งานซอฟต์แวร์ ซุมิประกอบด้วยคำถามมาตรฐาน 50 ข้อที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับการวัดเชิงปริมาณในมุมมองของผู้ใช้ รูปแบบคำตอบประกอบด้วย "ตกลง" "ไม่ตัดสินใจ" และ "ไม่เห็นด้วย"

Kirakowski และ Corbett อธิบายหัวข้อของการวัดที่แบ่งออกเป็น 5 เกณฑ์ (10 รายการต่อเกณฑ์) ดังนี้

- 1) ประสิทธิภาพ (Efficiency) หมายถึงผู้ใช้รู้สึกว่าระบบช่วยให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพ และประหยัด
- 2) ผลกระทบ (Affect) เป็นศัพท์ทางจิตวิทยาสำหรับความรู้สึกทางอารมณ์ หมายถึงความรู้สึกของผู้ใช้ที่ได้รับการกระตุ้นอย่างน่าพอใจหรือตรงกันข้าม ซึ่งเป็นผลมาจากการโต้ตอบกับซอฟต์แวร์

3) ความช่วยเหลือ (Helpfulness) ความช่วยเหลือหมายถึงการวัดระดับความเป็นไปได้ที่ซอฟต์แวร์จะอธิบายตัวเอง และความเหมาะสมของระบบความช่วยเหลือ

4) การควบคุม (Control) การควบคุมจะใช้เพื่อวัดระดับความรู้สึกลึกของผู้ใช้ในการควบคุมซอฟต์แวร์

5) การเรียนรู้ได้ (Learnability) วัดเวลาและความพยายามในการเรียนรู้การจัดการซอฟต์แวร์จากมุมมองของผู้ใช้

แบบสอบถาม SUMI เป็นคำถามสั้น ๆ และสะดวกในการทำความเข้าใจ นอกจากนี้คำถาม 50 ข้อ มีการเปลี่ยนแปลงตามเกณฑ์และผสมระหว่างคำถามเชิงบวกและลบ เพื่อลดความอคติของผู้ตอบ ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างคำถามที่ได้ของ SUMI การตีความคำถามแต่ละข้อมีความแตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.3 แสดงตัวอย่างคำถามที่ได้จาก SUMI

ข้อ	คำถาม	ประเภทคำถาม	เกณฑ์
1	ระบบนี้มีการตอบสนองที่ช้าเกินไป	□	1
2	คุณจะแนะนำระบบนี้ให้กับคนรู้จัก	+	2
3	คำแนะนำและการแจ้งเตือนในระบบนี้ มีประโยชน์ต่อคุณ	+	3
4	ในบางครั้งระบบหยุดการทำงานโดยไม่คาดคิด	□	4
5	การเรียนรู้ที่จะใช้งานระบบนี้ในครั้งแรก เต็มไปด้วยปัญหา	□	5
6	บางครั้งในการใช้งาน คุณไม่ทราบว่าต้องทำอะไรต่อ	□	1
7	คุณรู้สึกสนุกและมีส่วนร่วมในขณะที่ใช้ระบบนี้	+	2
□	□	□	□
50	คุณต้องการความช่วยเหลือหลายครั้งเมื่อใช้ระบบนี้	□	5

\* ประเภทคำถาม: (+) = คำถามที่เป็นบวก (-) = คำถามเชิงลบ

\*\* เกณฑ์ที่ใช้: 1 = ประสิทธิภาพ 2 = ผลกระทบ 3 = ความช่วยเหลือ 4 = การควบคุม และ 5 = ความสามารถในการเรียนรู้

แบบสอบถามการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ จะสอบถามเมื่อผู้เข้าประเมินได้ทดลองใช้งานมอดูลแล้ว คำถามทั้งหมดในแบบสอบถามจะขึ้นอยู่กับแนวคิดในการวัดการใช้งานได้ของซอฟต์แวร์หรือเรียกว่า ซุมิ (SUMI) (Kirakowski & Corbett, 2006) ซึ่งซุมิ เป็นแบบสอบถาม

สำหรับการประเมินหาส่วนการทำงานได้ คำถามได้รับการพัฒนาเป็นเครื่องมือในการวัดการรับรู้ของผู้ใช้ที่เกี่ยวกับการใช้งานซอฟต์แวร์ ซุมิประกอบด้วยคำถามมาตรฐาน 50 ข้อที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับการวัดเชิงปริมาณในมุมมองของผู้ใช้ รูปแบบคำตอบประกอบด้วย "ตกลง" "ไม่ตัดสินใจ" และ "ไม่เห็นด้วย"

ตารางที่ 3.4 แสดงการตีความของคำถาม

ประเภทคำถาม	การตีความคำถามแต่ละประเภท		
	เห็นด้วย	ไม่แน่ใจ	ไม่เห็นด้วย
เชิงบวก (+)	3	2	1
เชิงลบ (□)	1	2	3

$$\frac{\text{ระดับคะแนนสูงสุด} - \text{ระดับคะแนนต่ำสุด}}{\text{ระดับคะแนนทุกค่า}}$$

(3.12)

$$\frac{3 - 1}{3} = 0.66$$

ตารางที่ 3.4 แสดงการตีความคำถามเชิงบวกและลบที่มีค่าระหว่าง 1 - 3 และใช้สมการที่ 3.12 แบ่งระดับการใช้งานแบ่งออกเป็น 3 ระดับคือ ดี ปกติ และไม่ดี โดยค่าที่ค่าที่ใช้แบ่งระดับเท่ากับ 0.66 จากการคำนวณข้างต้นระดับความสามารถในการใช้งานได้ของระบบ สามารถกำหนดได้ดังนี้

2.34 – 3.00	=	ดี (Good)
1.67 – 2.33	=	ปกติ (Fair)
1.00 – 1.66	=	ไม่ดี (Poor)

### 3.4 การเก็บรวบรวมข้อมูล

#### 3.4.1 แหล่งข้อมูลทุติยภูมิ

รวบรวมข้อมูลจากงานวิจัยและวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง เช่น หนังสือ ฐานข้อมูลออนไลน์ เว็บไซต์ เพื่อนำไปใช้สร้างมอดูล

#### 3.4.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมอดูล

เก็บจากผู้เข้าทดสอบความถูกต้องในการทำงานของมอดูล โดยเป็นผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศเป็นประจำ จำนวน 100 คน

#### 3.4.3 ข้อมูลในการสอนและทดสอบโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น

รวบรวมจากภาพข้อมูลที่เป็น โครงการ Open Source สำหรับใช้สอนเครื่องเพื่อสร้างเป็นโมเดลและทดสอบการใช้งานได้ของโมเดล สำหรับการตรวจหาการกระพริบตา เพศ และ ช่วงอายุ

#### 3.4.4 ข้อมูลจากแบบสอบถามการประเมินการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์

โดยเก็บรวบรวมจากผู้เข้าร่วมประเมินมอดูลซอฟต์แวร์ 100 คน โดยเป็นผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศทั่วไป

### 3.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

#### 3.5.1 ข้อมูลในการพัฒนาซอฟต์แวร์มอดูล

โดยจะเป็นจำพวกข้อมูลเกี่ยวกับอาคารคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมและการป้องกัน เก็บรวบรวมจากเอกสารทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

#### 3.5.2 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบความถูกต้อง

เพื่อประเมินความถูกต้องของระบบการทำงานของมอดูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

#### 3.5.3 ข้อมูลจากทดสอบการใช้งานโมเดลโครงข่ายซีเอ็นเอ็น

ใช้ประเมินความถูกต้องของโมเดลโครงข่ายซีเอ็นเอ็น ในระบบการทำงานของมอดูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

#### 3.5.4 ข้อมูลจากแบบสอบถามความพึงพอใจ

ใช้ประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้นในงานวิจัยนี้

## บทที่ 4

### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ในบทนี้จะแบ่งหัวข้อออกเป็นสองหัวข้อหลัก ประกอบไปด้วย ผลการพัฒนาระบบและผลการประเมินระบบ ดังต่อไปนี้

#### 4.1 ผลการพัฒนาระบบ

4.1.1 ขั้นตอนการรับภาพจากกล้อง

4.1.2 ขั้นตอนการเตรียมการเพื่อตรวจหาปัจจัย

4.1.3 ขั้นตอนตรวจหาปัจจัยปัจจัยการเกิดโรค

- เวลาในการทำงาน
- การกระพริบตา
- มุมมอง
- ระยะห่างของผู้ใช้กับหน้าจอ
- เพศ
- อายุ
- แสงจากหน้าจอ

4.1.4 ขั้นตอนการแจ้งเตือนผู้ใช้

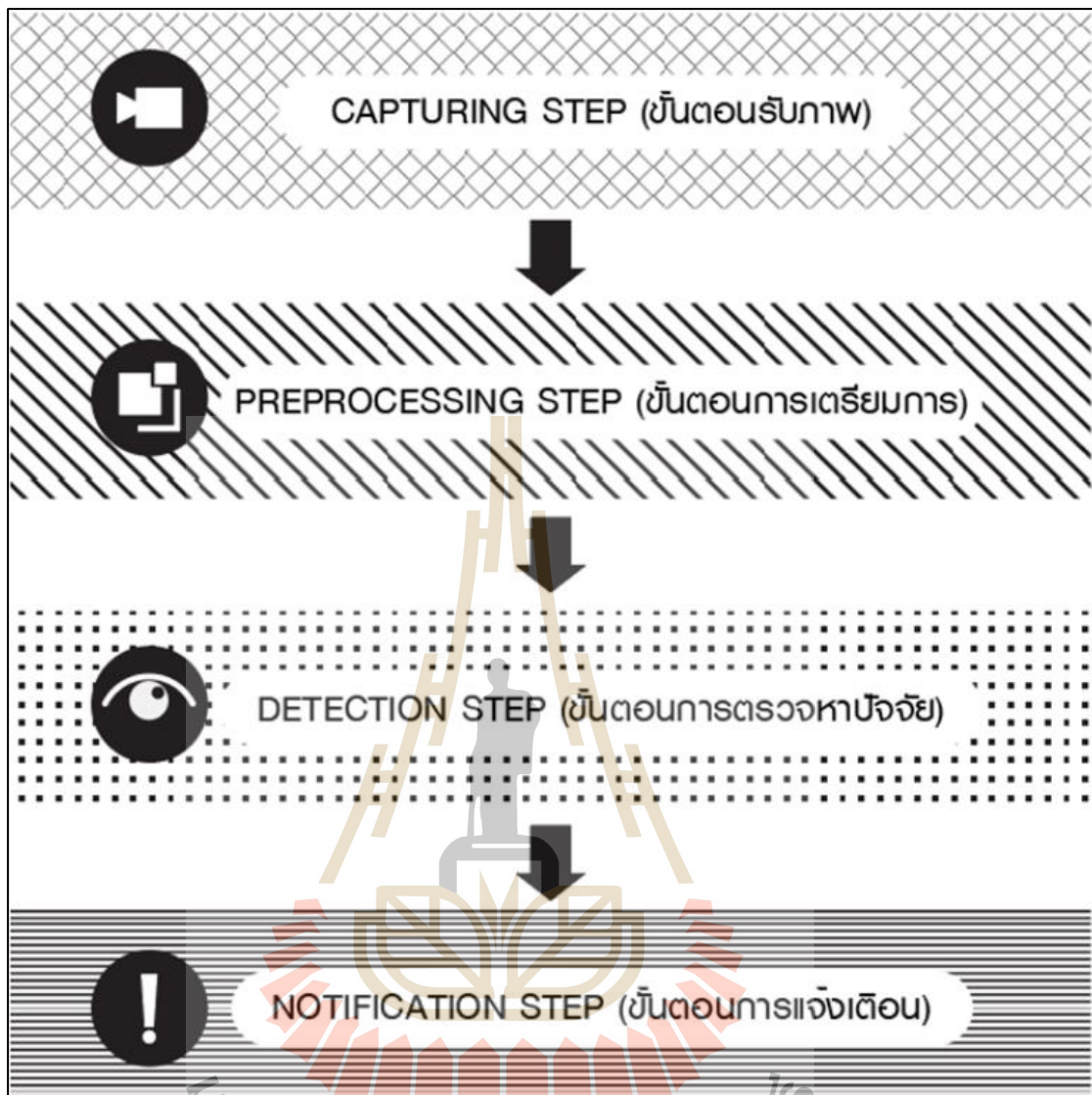
#### 4.2 ผลการประเมินระบบ

4.2.1 ความถูกต้องในการตรวจหาปัจจัยการเกิดโรค

4.2.2 การใช้งานได้ของผู้ใช้งาน

#### 4.1 ผลการพัฒนาระบบ

การพัฒนาระบบจะใช้ภาษาไพธอนในการพัฒนาเป็นหลัก ซึ่งเป็นภาษาที่ง่ายในการทำงาน และสะดวกในการนำไปพัฒนาต่อยอด เพื่อให้ครอบคลุมอุปกรณ์สารสนเทศที่หลากหลาย การทำงานของระบบจะประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนการทำงาน ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ประกอบด้วย ขั้นตอนการรับภาพ (Capturing Step) ขั้นตอนการเตรียมการ(Preprocessing Step) ขั้นตอนการตรวจหาปัจจัย (Detection Step) และขั้นตอนการแจ้งเตือน (Notification Step)



รูปที่ 4.1 ขั้นตอนการทำงานของมอดูล

รูปที่ 4.1 ชั้นบนสุดของรูปคือขั้นตอนการรับภาพซึ่งรับภาพจากกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ เพื่อนำภาพส่งต่อไปในขั้นตอนการเตรียมการ ขั้นตอนการเตรียมการ จัดการภาพที่ได้รับให้พร้อม สำหรับการตรวจหาปัจจัยแล้วส่งภาพต่อไปในขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการตรวจหาปัจจัยโดยขั้นตอนการตรวจหาปัจจัยจะมีหน้าที่ในการตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยจะประกอบด้วย 7 ปัจจัย ได้แก่ เวลาในการใช้งานของผู้ใช้ มุมมองในการเพ่งมองจออุปกรณ์ ระยะห่างของตากับหน้าจอในการเพ่งมองอุปกรณ์ อัตราการกระพริบระหว่างการเพ่งมองจออุปกรณ์ เพศของผู้ใช้ซึ่งมีผลต่อของเหลวในดวงตาที่เป็นสาเหตุของอาการตาแห้ง ช่วงอายุที่มีผลต่อการมองเห็น โดยกลุ่มที่ปัญหาเรื่องนี้จะพบบ่อยจะเป็นกลุ่มของผู้สูงอายุ (กลุ่มอายุ 40 ปีขึ้นไป) และ



#### 4.1.1 ขั้นตอนการรับภาพ (Capturing Step)

การรับภาพเป็นส่วนการทำงานแรกของระบบและเป็นส่วนสำคัญของมอดูล โดยเมื่อเปิดใช้งานมอดูล ระบบจะเปิดกล้องเพื่อตรวจสอบอัตราเฟรม (Frame Rate) ซึ่งมีหน่วยเป็นเฟรมต่อวินาที (Fps : Frame Per Second) ที่กล้องสามารถจับภาพได้ ระบบจำเป็นต้องตรวจสอบจำนวนเฟรมที่ได้จากกล้อง เนื่องจากจำนวนเฟรมของภาพต่อวินาที ที่ได้รับจากกล้อง จะแตกต่างกันไปตามความสามารถของอุปกรณ์นั้น ๆ โดยจะเปิดกล้องให้ทำงานจำนวน 100 เฟรม และปิดกล้อง นำเวลาที่กล้องทำงานมาหาค่าเฉลี่ยกับเฟรมที่ได้เปิดใช้งาน โดยคำนวณได้จากสมการที่ 4.1

$$\square\square\square = \frac{100}{(\square - \square)} \quad (4.1)$$

$\square\square\square$  = อัตราเฟรม (จำนวนเฟรมต่อวินาที)

$\square$  = เวลาที่ปิดการใช้งานกล้อง

$\square$  = เวลาที่เริ่มเปิดใช้งานกล้อง

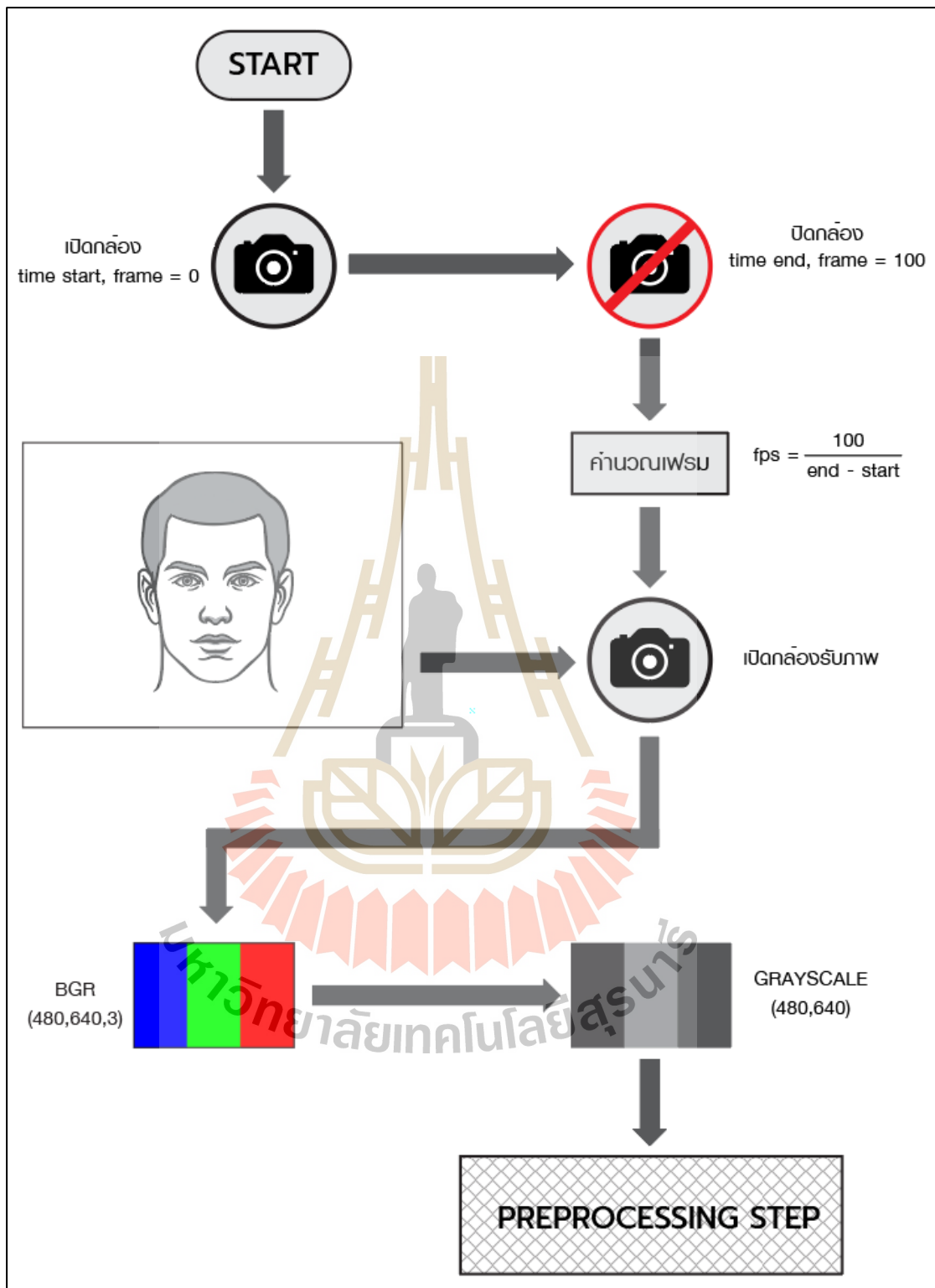
100 = จำนวนเฟรมที่เป็นใช้งาน

ค่าของอัตราเฟรม จะนำมาใช้เป็นหน่วยเวลาของระบบ หลังจากการตรวจสอบอัตราเฟรมแล้ว ระบบจะเปิดกล้องอีกครั้ง เพื่อจับภาพเข้าสู่ระบบ ภาพที่ได้รับเข้ามามีค่าเป็นภาพสีในรูปแบบบีจีอาร์ (BGR : Blue Green Red) โดยใช้ไลบรารีโอเพ่นซีวี (OpenCV Library) ช่วยในการทำงานของการรับภาพ ขนาดในการรับภาพเบื้องต้นในคอมพิวเตอร์จะส่งค่าภาพขนาด 640 x 480 px (480, 640, 3) และในสมาร์ตโฟนส่งภาพขนาด 360 x 240 px (360, 240, 3) เมื่อได้ภาพดิบที่ได้จากกล้อง (Raw Image) ภาพที่ได้รับจะถูกแยกค่าที่ได้ออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกทำการแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำ (Gray Scale) เพื่อวิเคราะห์หาค่าแสงโดยรอบ และใช้ในการตรวจหาคุณลักษณะของใบหน้า และดวงตา เพื่อนำไปวิเคราะห์หาหมมมอง ระยะห่าง การกระพริบตา เวลาในการใช้งาน ส่วนที่สองภาพสีเอาไว้สำหรับตรวจหาคุณลักษณะของเพศและอายุ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 4.3

#### 4.1.2 ขั้นตอนการเตรียมการเพื่อตรวจหาปัจจัย (Preprocessing Step)

ก่อนการตรวจหาปัจจัยการเกิดโรค ระบบจำเป็นต้องเตรียมข้อมูลเพื่อการคำนวณปัจจัยทั้ง 7 ปัจจัย ซึ่งจะมีวิธีการคำนวณหาที่แตกต่างกันไปตามคุณลักษณะของปัจจัยนั้น ๆ โดยสามารถสรุปวิธีการหลัก ๆ ที่นำมาใช้ในตรวจหาปัจจัยในงานวิจัยนี้ ได้แก่ การตรวจหาใบหน้า ด้วยฮาร์แคสเคด (Haar Cascade) การตรวจหาคุณลักษณะใบหน้า 68 จุด (Facial landmark) การเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีซีเอ็นเอ็น (CNN: Convolutional Neural Network )



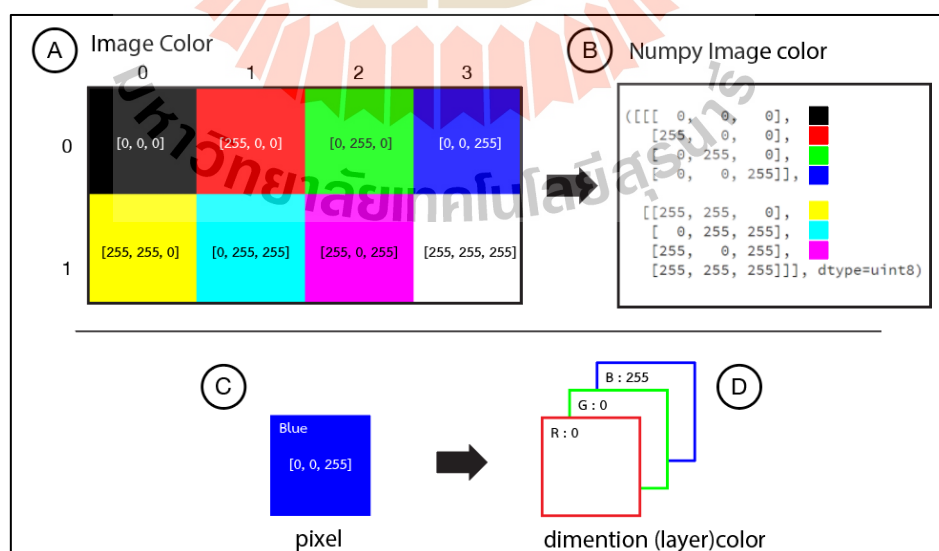


รูปที่ 4.3 ตัวอย่างการรับภาพด้วยกล้อง

การทำงานของเตรียมการจะรับภาพที่เป็นสีและภาพขาวดำจากขั้นตอนการรับภาพ โดยภาพขาวดำจะนำไปใช้คำนวณหาค่าความสว่างและความมืดของภาพ และใช้ตรวจหาใบหน้า ภาพสีจะนำไปใช้ในขั้นตอนการสร้างการเรียนรู้ของเครื่องด้วยวิธีซีเอ็นเอ็น (CNN : Convolution Neural Networks)

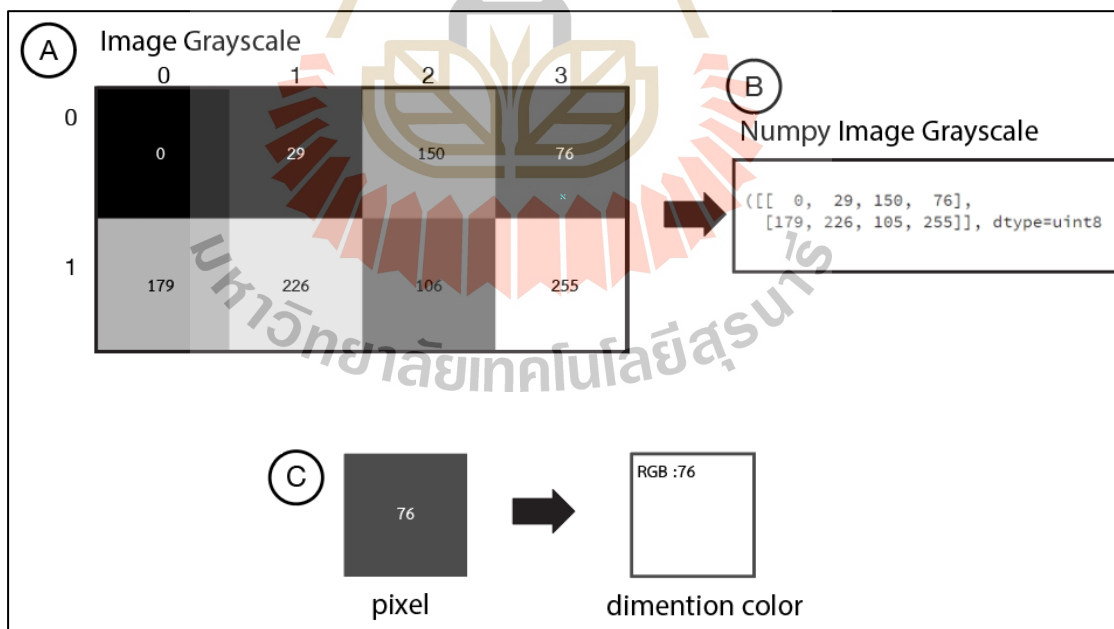
#### 4.1.2.1 การคำนวณค่าของภาพขาวดำ

การคำนวณค่าของภาพขาวดำจะคำนวณจากค่าสีในนามพายอาร์เรย์ (Numpy Array) หรือ (Nddarray) ของรูปภาพ โดยนามพายอาร์เรย์ที่ได้จากภาพจะเก็บเป็นตัวแปรรูปแบบ Uint8 (Unsigned Int 8 Bits) ซึ่งเป็นค่าของสีในภาพ ซึ่งจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 255 ในรูปภาพที่เป็นภาพสี แต่ละภาพจะมีค่าของสีสามค่า ได้แก่ สีแดง (R : Red) สีเขียว (G : Green) สีน้ำเงิน (B : Blue) ตามลักษณะแม่สีของแสง ซึ่งสีเหล่านี้จะวางซ้อนกันทำให้เกิดสีต่าง ๆ ตัวอย่างอาร์เรย์ของรูปภาพสีแสดงในรูปที่ 4.4 ในรูปตัวอย่าง A คือรูปภาพสี (Image Color) มีขนาด 8 พิกเซล กว้าง 4 สูง 2 มี 3 มิติ (ชั้นสี) เช่น พิกเซลตำแหน่งแถวที่ศูนย์คอลัมน์ที่ศูนย์มีค่าสี (0, 0, 0) พิกเซลแถวที่ศูนย์คอลัมน์ที่สามมีค่าสี (0, 0, 255) พิกเซลแถวที่หนึ่งคอลัมน์ที่สองมีค่าสี (255, 0, 255) B คือ นามพายอาร์เรย์ของรูปภาพ จะมีสองแถวสีคอดั้มตามขนาดของภาพและในอาร์เรย์แต่ละตัวจะเก็บค่า uint8 ที่เป็นค่าสีของรูปภาพ C คือพิกเซลที่มีค่าสี (0, 0, 255) D คือชั้นสีหรือมิติของซี ซึ่งมีค่าเป็นสีแดงเท่ากับ 0 สีเขียวเท่ากับ 0 และสีน้ำเงินเท่ากับ 255 อย่างไรก็ตามในการคำนวณแสงสว่างจะคำนวณค่าน้ำหนักขาวกับดำจำเป็นต้องแปลงรูปภาพสีให้เป็นภาพขาวดำหรืออาร์เรย์สองมิติ



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างอาร์เรย์ของรูปภาพสี

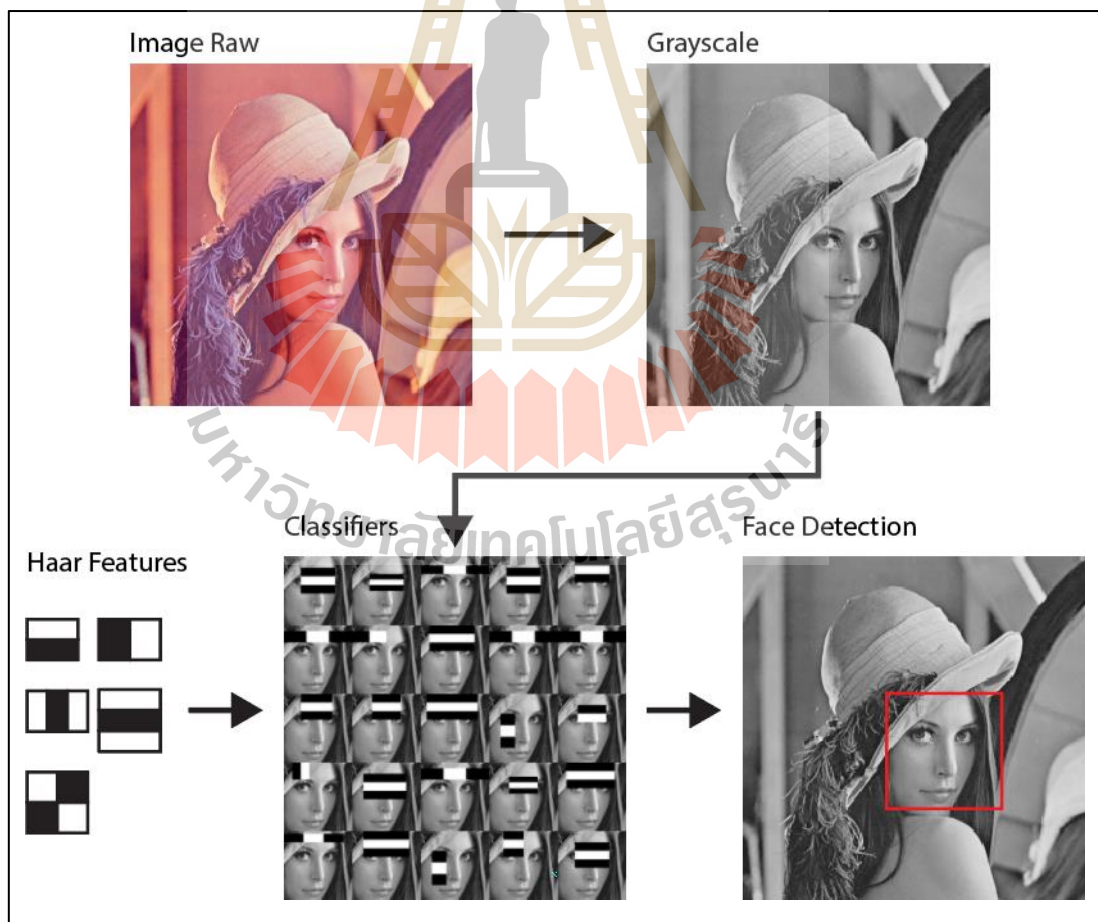
การคำนวณสีขาวดำของภาพจะคำนวณด้วยการแปลงอาร์เรย์สามมิติเป็นอาร์เรย์สองมิติเพื่อให้ค่าสีเป็นอาร์เรย์ที่เก็บค่าเฉพาะสีขาวยกกับสีดำ รูปที่ 4.5 ตัวอย่างอาร์เรย์ที่เก็บค่าภาพขาวดำ ในรูป A คือรูปภาพจาก A ของรูป 4.4 ในรูปที่ 4.5 ซึ่งค่าสีจะมีเพียงค่าเดียวหรือชั้นของสีเพียงชั้นเดียวพิกเซลตำแหน่งแถวที่ศูนย์คอลัมน์ที่ศูนย์มีค่าสี (0) พิกเซลแถวที่ศูนย์คอลัมน์ที่สามมีค่าสี (150) พิกเซลแถวที่หนึ่งคอลัมน์ที่สองมีค่าสี (106) B คืออาร์เรย์ของภาพจะเห็นว่าตัวแปรที่เก็บอยู่ภายในลดลงเหลือเพียง 8 ตัวแปร ประกอบไปด้วย 2 แถว 4 คอลัมน์ ตามขนาดหรือจำนวนพิกเซลของรูปภาพ อาร์เรย์หรือมิติที่อยู่ภายในตัวแปรของพิกเซลจะไม่มี ซึ่งจะเก็บค่าเพียงค่าเดียว C เป็นค่าพิกเซลของ C ในรูปที่ 4.4 ที่ถูกแปลงเป็นรูปภาพขาวดำ จะเห็นว่าค่าของสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงินจะเป็นค่าเดียวกันหมด เนื่องจากไม่ตัวแปรที่แยกออกเป็นชั้นของสี ทำให้แสดงได้เพียงน้ำหนักของสีขาวยกกับสีดำเท่านั้น โดยการแปลงรูปภาพในลักษณะขาวดำหรือเกรย์สเกล (Grayscale) ในมอดูลซอฟต์แวร์ของงานวิจัยนี้ ได้ใช้ฟังก์ชันในไลบรารีโอเพ่นซีวี (OpenCV) ที่ชื่อ `cvtColor` และใช้ค่าของ `COLOR_BGR2GRAY` เพื่อแปลงรูปภาพในแบบ เกรย์สเกล (Grayscale) ภาพขาวดำหรือนัมพายอาร์เรย์ (Nddarray) ที่ได้จากขั้นตอนเบื้องต้น จะนำไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อคำนวณน้ำหนักเนื่องจากความสว่างและความมืด จะสามารถแสดงออกมาได้จากค่าสีขาวและดำของรูปภาพ เพื่อตรวจหาปัจจัยของแสงในสภาพแวดล้อม ที่อยู่รอบบริเวณหน้าจออุปกรณ์สารสนเทศของผู้ใช้ และวิเคราะห์ประเมินความเสี่ยงในขั้นการทำงานต่อไป



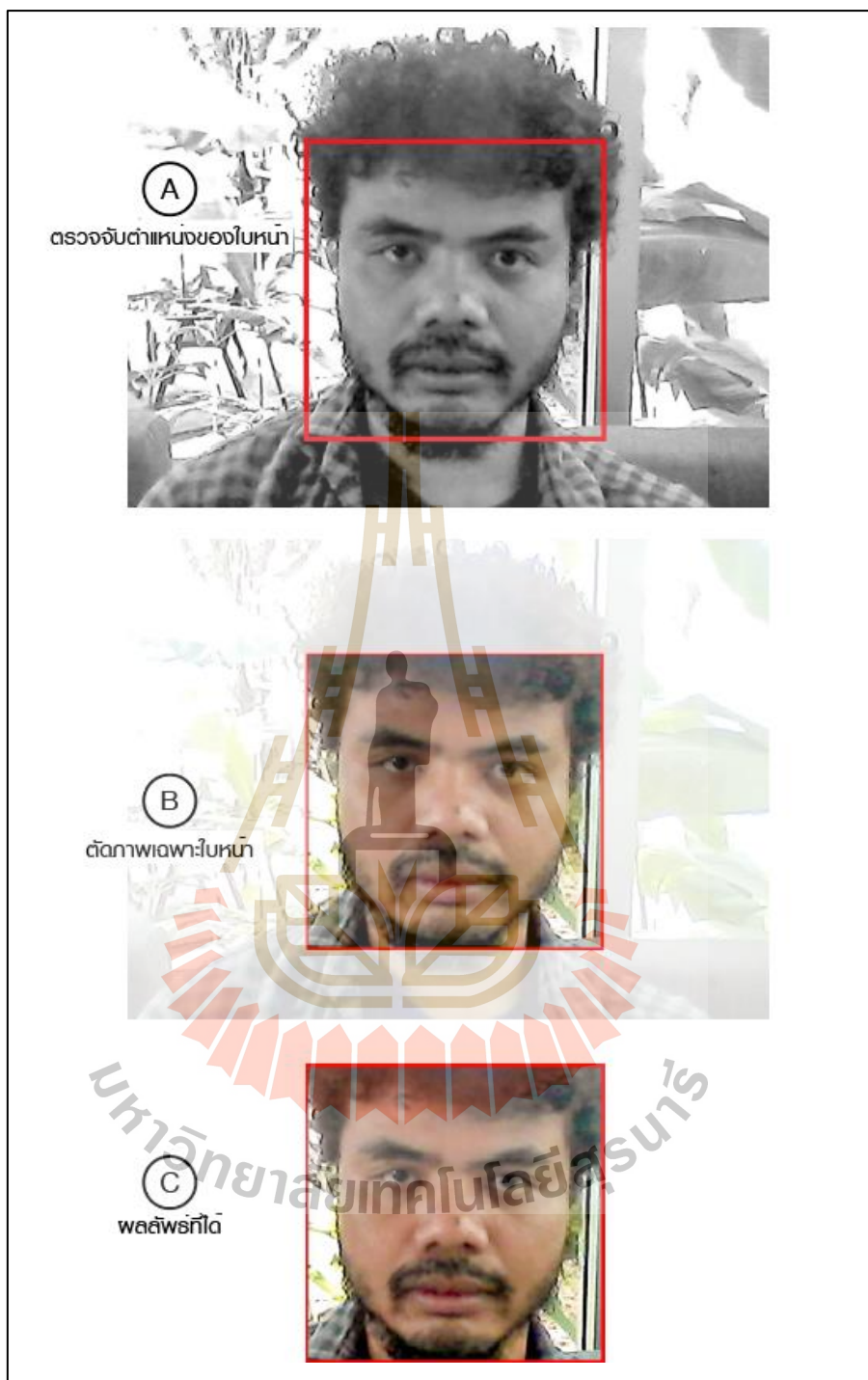
รูปที่ 4.5 ตัวอย่างอาร์เรย์ที่เก็บค่าภาพขาวดำ

#### 4.1.2.2 การคำนวณหาตำแหน่งใบหน้า

การตรวจหาหน้าใบหน้าในมอดูลซอฟต์แวร์ในงานวิจัยนี้ได้ใช้ฟังก์ชันฮาร์แคสแคด (Haar Cascade) ช่วยตรวจหาคุณลักษณะของใบหน้าของผู้ใช้งาน วิธีการของฮาร์แคสแคดจะเลื่อนหน้าต่างการตรวจหาไปทั่วโครงสร้างของรูปภาพเพื่อทำการเปรียบเทียบกับคุณลักษณะของฮาร์ที่ใช้ในการจำแนกคุณลักษณะ โดยจะตรวจสอบเป็นชั้น ๆ ตามความง่ายไปหายาก จากคุณลักษณะที่มีความละเอียดน้อย ๆ เข้าใจง่ายไปจนถึงรายละเอียดที่มากขึ้นและยาก บริเวณที่ไม่ผ่านเงื่อนไขของคุณลักษณะจะถูกกำจัดโดยทันที โดยไม่ต้องตรวจสอบในชั้นคุณลักษณะถัดไป หน้าต่างการตรวจหาจะไม่ทำการตรวจสอบบริเวณนั้น และจะเลื่อนไปตำแหน่งถัดไป รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการตรวจหาใบหน้าโดยใช้ฟังก์ชันฮาร์แคสแคด มอดูลซอฟต์แวร์ในงานวิจัยนี้จะจับภาพที่ได้จากกล้องในชั้นการรับภาพ เมื่อทราบตำแหน่งที่อยู่ของใบหน้าจะทำการตัดภาพเฉพาะใบหน้าออกจากภาพดิบที่ได้รับมาเพื่อใช้ในขั้นตอนของการเรียนรู้ของเครื่อง รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างการตรวจจับใบหน้าและการตัดภาพเฉพาะส่วนของใบหน้า



รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการตรวจหาใบหน้าโดยใช้ฟังก์ชันฮาร์แคสแคด

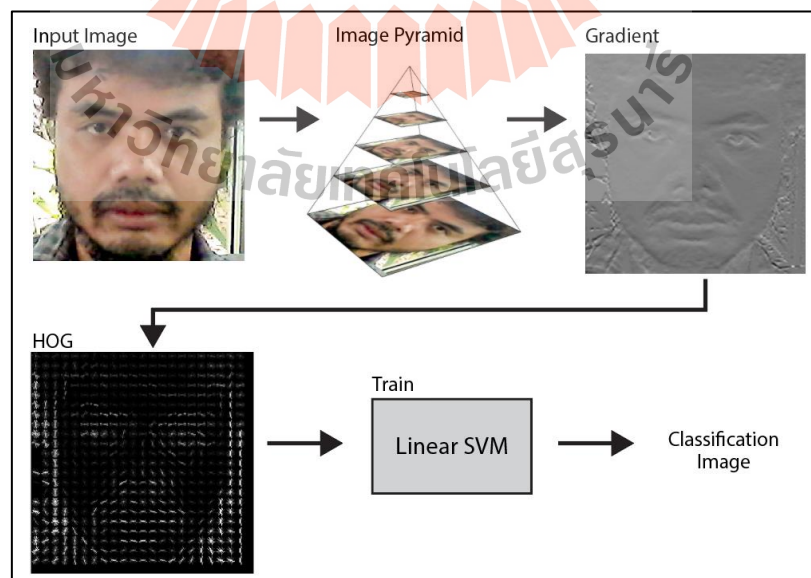


รูปที่ 4.7 ตัวอย่างการตรวจหาใบหน้าและการตัดภาพเฉพาะส่วนของใบหน้า

ตัวอย่างการตรวจหาใบหน้าและการตัดภาพเฉพาะส่วนของใบหน้า ในรูปที่ 4.7 A คือผลการตรวจหาตำแหน่งใบหน้าจากภาพขาวดำด้วยฟังก์ชันฮาร์ B ลักษณะการตัดภาพใบหน้า C แสดงภาพจากการตัดเอาเฉพาะใบหน้าจากภาพดิบที่ได้รับจากชั้นการรับภาพ

#### 4.1.2.3 การคำนวณค่าตำแหน่งของดวงตา

หลังจากที่ตรวจหาใบหน้าแล้วระบบจะตรวจหาตำแหน่งของดวงตา เพื่อใช้ในการตรวจหาปัจจัยการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ได้แก่ ปัจจัยมุมมองของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ ระยะห่างระหว่างดวงตาผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ ปัจจัยด้านอัตราการกระพริบตาของผู้ใช้ในระหว่างการเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ การตรวจหาดังกล่าวในงานวิจัยนี้ได้ใช้ไลบรารีดีลิบ (Dlib Facial Landmark) มาช่วยในการตรวจหา ซึ่งไลบรารีดีลิบเป็นการตรวจหาคุณลักษณะของใบหน้า โดยใช้หลักการของฮอก (HOG: Histogram of Oriented Gradients) ในการสร้างคุณลักษณะของรูปภาพ และจำแนกคุณลักษณะด้วยกระบวนการการเรียนรู้ของเครื่องแบบเชิงเส้น (Linear) แบบพีรามิด (Image Pyramid) โดยจะเลื่อนหน้าต่างการตรวจหาภาพไปทั่วโครงสร้างของรูปภาพ และสร้างเป็นโมเดลเอสวีเอ็ม (SVM : Support Vector Machine) โดยโมเดลจะนำไปใช้ในการตรวจหาตำแหน่งของอวัยวะต่าง ๆ บนใบหน้า เช่น ตา ปาก จมูก คิ้ว คาง โดยระบุเป็นตำแหน่งต่าง ๆ ทั่วบริเวณใบหน้ารวมทั้งหมด 68 จุด ในงานวิจัยนี้จะใช้การตรวจหาคุณลักษณะใบหน้า 68 จุด (Shape Predictor 68 Face Landmarks) และฟังก์ชันในไลบรารีดีลิบในการตรวจหาตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้าง รูปที่ 4.8 แสดงวิธีการทำงานในการตรวจหาคุณลักษณะใบหน้าของไลบรารีดีลิบ รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างภาพที่ตรวจหาคุณลักษณะใบหน้า 68 จุด จากไลบรารีดีลิบ ซึ่งจะแสดงตำแหน่งต่าง ๆ ของอวัยวะบนใบหน้า เช่น ดวงตาขวาจะเป็นตำแหน่งของจุดที่ 36 ถึง 41 โดยเรียงลำดับตามเข็มนาฬิกา ในรูปที่ 4.10 แสดงตำแหน่งของดวงตาที่ได้จากการตรวจหาที่ได้จากไลบรารีดีลิบ



รูปที่ 4.8 แสดงวิธีทำงานของการตรวจหาคุณลักษณะใบหน้าของไลบรารีดีลิบ

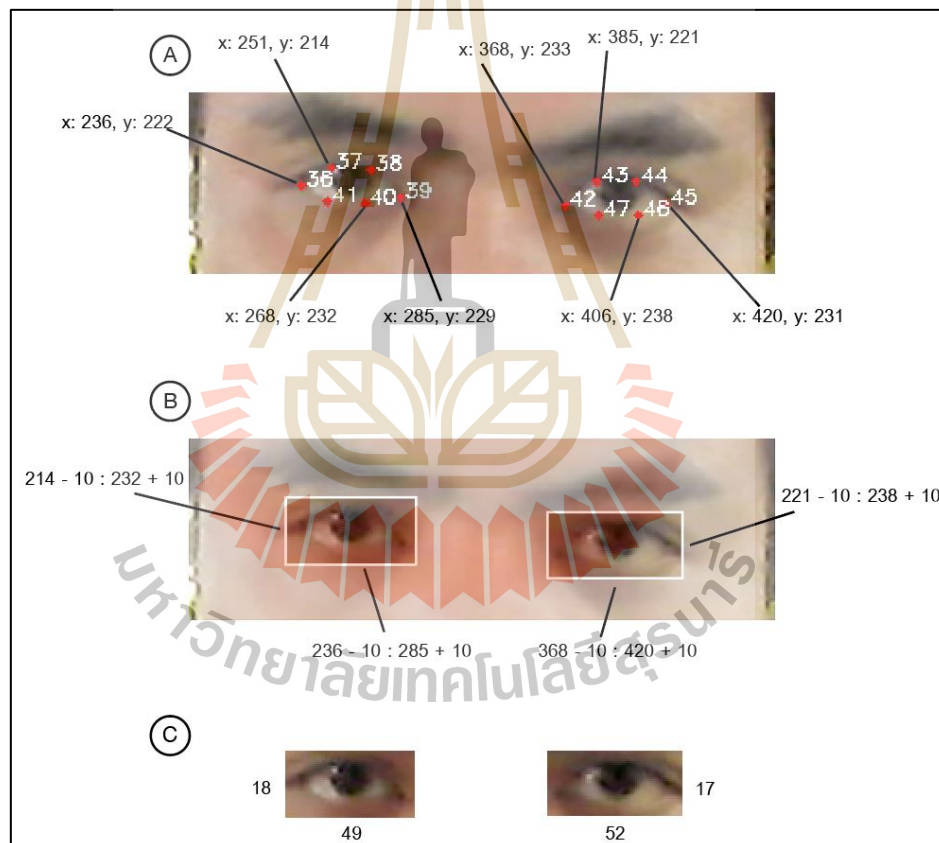


รูปที่ 4.9 แสดงตัวอย่างการตรวจหาคุณลักษณะใบหน้า 68 จุด ของไลบรารีดีลิบ



รูปที่ 4.10 แสดงตัวอย่างตำแหน่งของดวงตาที่ได้จากไลบรารีดีลิบ

เมื่อได้ตำแหน่งของดวงตาจากขั้นตอนข้างต้น มอดูลจะตัดรูปภาพเฉพาะ ดวงตาเพื่อใช้ในการสร้างการเรียนรู้ของเครื่องในรูปแบบเครือข่ายประสาทเทียม (Convolutional Neural Network) ในส่วนการตรวจหาการกระพริบตา ซึ่งจะได้กล่าวในขั้นตอนของการตรวจหา การกระพริบตา การตัดภาพดวงตา จะสกัดตำแหน่งจุดที่ได้จากการตรวจหาของไลบรารีดีลิบ ดัง แสดงในรูปที่ 4.11 ซึ่งแสดงตำแหน่งจุดของดวงตาที่ต้องสกัดเพื่อตัดภาพดวงตา โดยดวงตาด้านขวา แนวตั้งเริ่มตัดตั้งแต่ค่า y ของจุดที่ 37 ถึง ค่า y ของจุดที่ 40 แนวนอนเริ่มตัดตั้งแต่ ค่า x ของจุดที่ 36 ถึง ค่า x ของจุดที่ 39 ดวงตาด้านซ้ายแนวตั้งเริ่มตัดตั้งแต่ค่า y ของจุดที่ 43 ถึง ค่า y ของจุดที่ 46 แนวนอนเริ่มตัดภาพตั้งแต่ ค่า x ของจุดที่ 42 ถึง ค่า x ของจุดที่ 45 โดยค่าเริ่มต้นทุกค่าจะลบด้วย 10 พิกเซล และค่าสิ้นสุดจะบวกด้วย 10 พิกเซล เพื่อให้กรอบภาพทุกรายละเอียดของดวงตา



รูปที่ 4.11 แสดงตำแหน่งจุดของดวงตาที่ต้องสกัดเพื่อตัดภาพดวงตา

ตัวอย่างในรูปที่ 4.11 A คือตำแหน่งจุดของดวงตาที่ได้จากการตรวจหา ดวงตาจากไลบรารีดีลิบ B คือการแสดงรูปภาพที่จะต้องออกจากภาพหลัก C ผลลัพธ์ของภาพ ดวงตาที่ได้

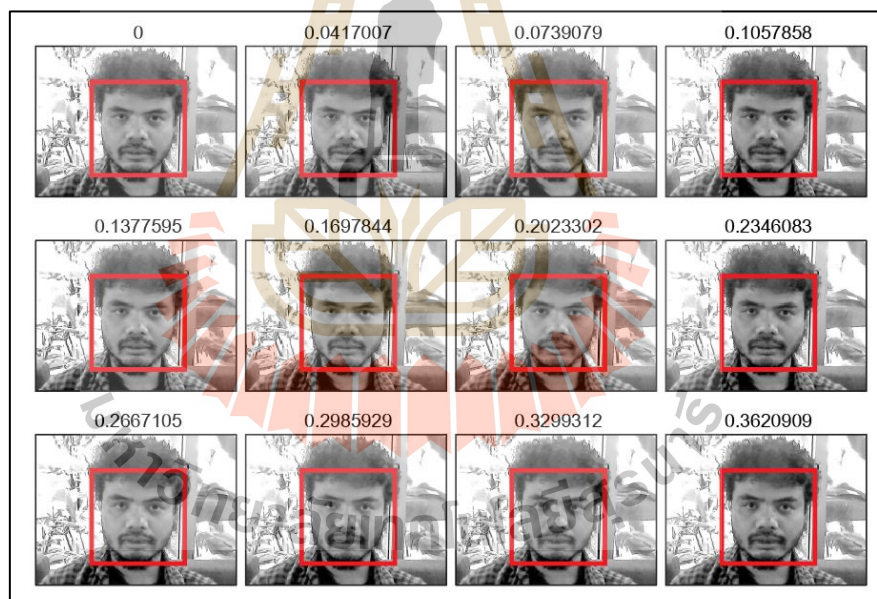
#### 4.1.3 ขั้นตอนการตรวจหาปัจจัย (Detection Step)



จากขั้นตอนการเตรียมรูปภาพได้นำมาใช้ในการคำนวณหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม อันประกอบไปด้วย 7 ปัจจัยที่เป็นสาเหตุ ได้แก่ ปัจจัยด้านเวลาในการทำงาน ปัจจัยด้านการกระพริบตา ปัจจัยด้านมุมมอง ปัจจัยด้านระยะห่างในการเพ่งมอง ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับเพศ ปัจจัยด้านอายุของผู้ใช้งาน ปัจจัยแสงโดยรอบอุปกรณ์

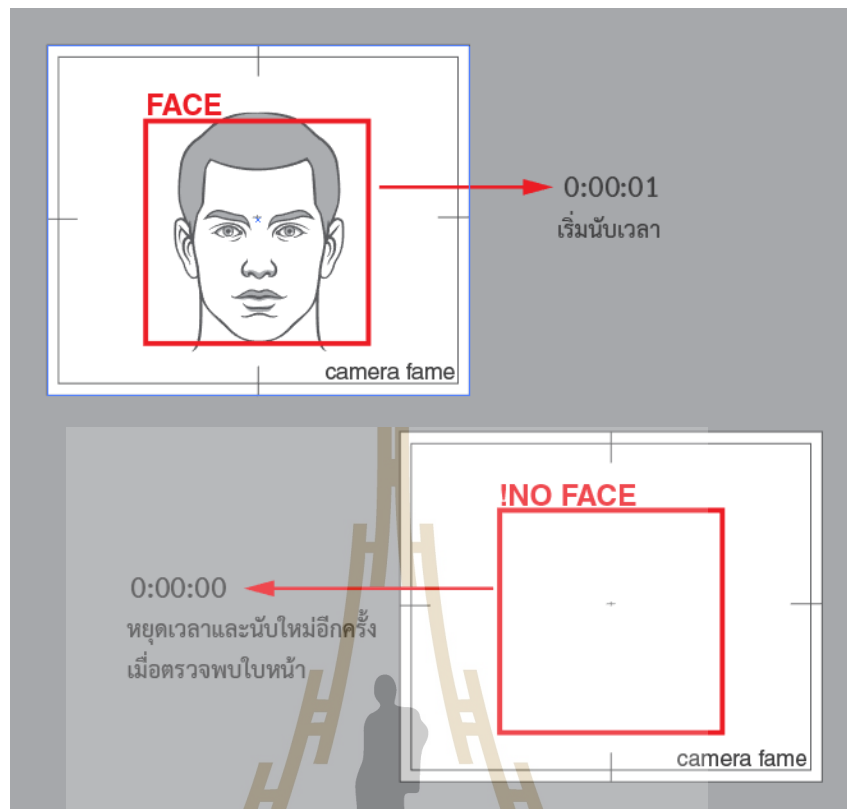
#### 4.1.3.1 การตรวจหาปัจจัยด้านเวลาที่ผู้ชมมองจอ (Time Detection)

ในการตรวจหาจะคำนวณเวลาการเพ่งมองจออุปกรณ์ของผู้ใช้เฉพาะเมื่อผู้ชมมองจอ โดยตีความการเพ่งมองจอ คือ การที่กล้องรับภาพมองเห็นใบหน้าผู้ใช้ วิธีการตรวจหาใบหน้าของระบบ ได้กล่าวถึงไว้ในขั้นตอนการเตรียมภาพ (Preprocess Step) การนับเวลาการใช้งานของผู้ใช้ จะเริ่มนับเวลาเมื่อระบบตรวจพบใบหน้าของผู้ใช้จากภาพในเฟรม เวลาจะหยุดนับเมื่อไม่พบใบหน้าของผู้ใช้ในภาพ และจะเริ่มนับเวลาการเพ่งมองใหม่อีกครั้ง เมื่อไม่พบใบหน้าผู้ใช้นานเกิน 5 วินาที ตัวอย่างการนับเวลาจากการตรวจพบใบหน้าต่อเฟรมแสดงดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 การนับเวลาจากการตรวจพบใบหน้าต่อเฟรม

ในตัวอย่างรูปที่ 4.12 แสดงเวลาที่ตรวจพบใบหน้าต่อเฟรมในการรับภาพ โดยในตัวอย่างตัวพบใบหน้าของผู้ใช้ทั้งหมด 12 เฟรม และเวลาที่ตรวจพบตั้งแต่เฟรมแรกถึงเฟรมสุดท้ายเท่ากับ ~ 0.36 วินาที รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างการทำงานของตรวจหาเวลาในระบบของมอดูล



รูปที่ 4.13 แสดงตัวอย่างการทำงานของตรวจหาเวลาในระบบของมอดูล

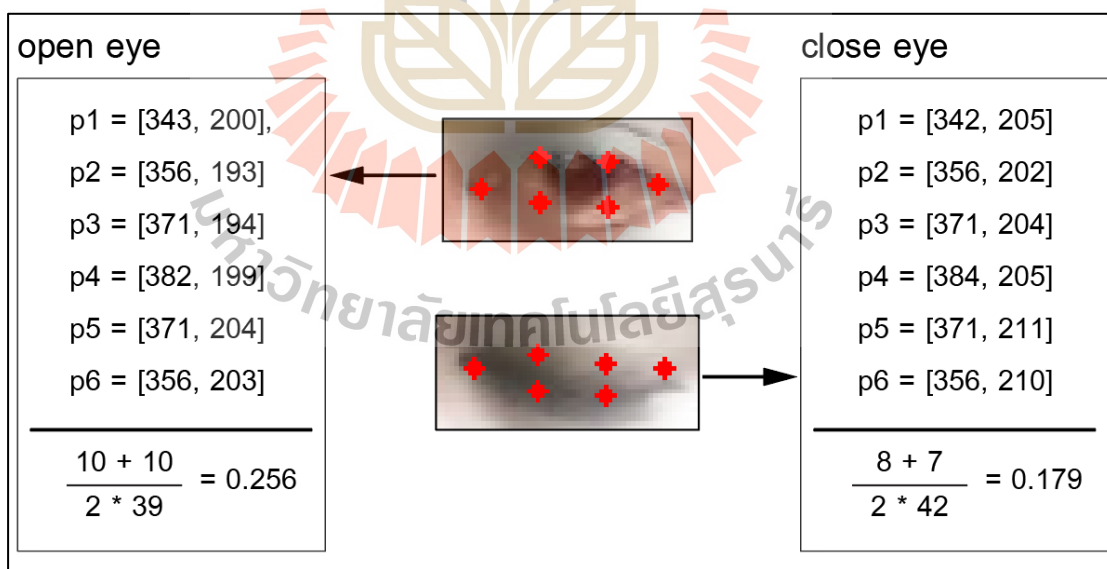
#### 4.1.3.2 การตรวจหาปัจจัยการกระพริบตา (Blinking Detection)

งานวิจัยนี้ได้ทดลองการตรวจหาอัตราการกระพริบสองวิธี ได้แก่ การคำนวณค่าอีเออาร์ (EAR : Eye Aspect Ratio) (Soukupova, 2016) และการตรวจหาการลืมตาและหลับตาด้วยการเรียนรู้เชิงลึกแบบโครงข่ายประสาทเทียม (CNN : Convolutional Neural Network) วิธีการคำนวณค่าอีเออาร์ได้กล่าวไว้ในบทที่ 3 ในหัวข้อที่ 3.1.2 การออกแบบและพัฒนาโมดูลซอฟต์แวร์ วิธีการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น ไว้ในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.3 หลักการซีเอ็นเอ็น ทั้งนี้การตรวจหาปัจจัยการกระพริบตาจะเปรียบเทียบการใช้งาน ของทั้งสองวิธี

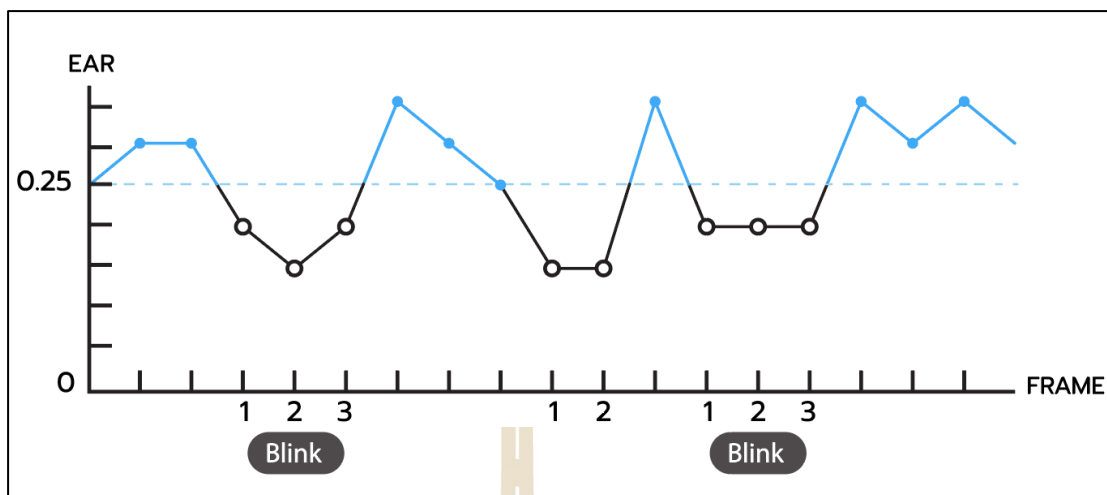
1) การตรวจหาอัตราการกระพริบตาด้วยการคำนวณค่าอีเออาร์ วิธีการนี้จะใช้ตำแหน่งของจุดรอบดวงตาทั้งสองข้างที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมการ การหาค่าอีเออาร์จะคำนวณจากจุดทั้ง 6 จุด รอบดวงตา โดยใช้สมการที่ 3.1 ค่าอีเออาร์เท่ากับระยะห่างระหว่าง  $\square_2$  ถึง  $\square_6$  บวกด้วยระยะห่างระหว่าง  $\square_3$  ถึง  $\square_5$ หารด้วย  $\square_1$  ถึง  $\square_4$  อย่างไรก็ตาม การคำนวณนี้คือการหาช่องว่างระหว่างขอบตาบนกับขอบตาล่าง ดีความได้ว่า การลืมตาคือค่าอีเออาร์ปกติหรือค่าคงที่

เพราะปกติมนุษย์จะลืมตาเพื่อใช้ดำเนินการต่าง ๆ แต่เมื่อมีการหลับตาระยะห่างของขอบตากับขอบตาล่างจะลดลงต่ำกว่าปกติ กล่าวได้ว่าการลืมตาคือค่าอีเออาร์ปกติ การหลับตาคือค่าอีเออาร์ที่ลดลงต่ำกว่าปกติ ในมอดูลนี้กำหนดค่าปกติหรือค่าอีเออาร์ในการลืมตาเท่ากับ 2.5 ดังนั้นสถานะหลับตาจะต้องลดลงต่ำกว่าที่กำหนด รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างสถานะการลืมตาและหลับตาจากการคำนวณค่าอีเออาร์ ในตัวอย่างอีเออาร์ในการลืมตาเท่ากับ ~0.256 และค่าอีเออาร์ในการหลับตาเท่ากับ ~0.179

อย่างไรก็ตามค่าอีเออาร์บอกได้เพียงสถานะลืมตาและหลับตาเท่านั้น จำเป็นต้องสร้างเงื่อนไขเพื่อบอกสถานการณ์การกระพริบตา การกระพริบตาคือการหลับตาเพียงชั่วขณะหนึ่งและกลับมาลืมตาอีกครั้ง ดังนั้นเงื่อนไขการกระพริบตาในส่วนของการทำงานอัตราการกระพริบตาคือการคำนวณค่าอีเออาร์ในมอดูลนี้คือ ค่าอีเออาร์ที่ลดลง 0.25 และใช้เวลานานกว่า 2.5 เฟรมของภาพที่ได้จากกล้องในการรับภาพ แต่ไม่เกิน 480 เฟรม ซึ่งถ้าผ่านเงื่อนไขดังกล่าวระบบจะตีความว่าเป็นการกระพริบตา รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างเงื่อนไขการกระพริบตาคือการคำนวณค่าอีเออาร์ จากตัวอย่างจะเห็นว่าค่าอีเออาร์ลดลงอยู่สามช่วง แต่ผ่านเงื่อนไขแค่สอง อีกหนึ่งมีค่าอีเออาร์ลดลงจริงแต่ใช้เวลาไม่ถึง 2.5 เฟรม ระบบจึงไม่ตีความว่าเป็นการกระพริบตา



รูปที่ 4.14 แสดงตัวอย่างสถานการณ์ลืมตาและหลับตาจากการคำนวณค่าอีเออาร์

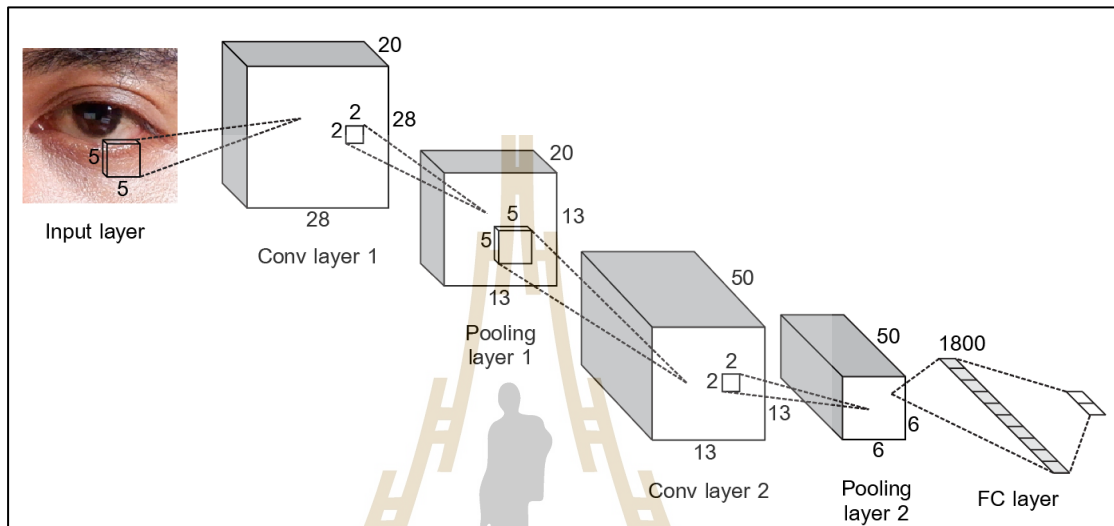


รูปที่ 4.15 แสดงตัวอย่างเงื่อนไขการกระพริบตาด้วยการคำนวณค่าอีเออาร์

2) การตรวจหาอัตราการกระพริบตาด้วยโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น (CNN: Convolutional Neural Network) วิธีการนี้จะให้โครงข่ายจำแนกคุณลักษณะของการลืมตาและการหลับตา และนำมาสร้างเงื่อนไขการกระพริบตา จากเฟรมภาพที่ได้รับจากกล้อง ขั้นตอนในการสร้างโครงข่ายดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4.16

ในตัวอย่าง Conv Layer 1 รับภาพจากชั้นอินพุต ดำเนินการขั้นตอน Convolutional สร้างภาพคุณลักษณะขนาด  $28 \times 28 \times 20$  ด้วย Filter ขนาด  $5 \times 5$  เปิดการใช้งาน Activation Layer 1 (Relu ) และส่งในชั้นถัดไป Pooling Layer 1 รับภาพเข้ามาดำเนินการขั้นตอน Max Pooling โดยใช้ช่องการคำนวณขนาด  $2 \times 2$  เลื่อนจากซ้ายไปขวาและจากบนลงล่าง ครั้งละ 2 พิกเซล ซึ่งจะได้ภาพขนาด  $13 \times 13$  พิกเซล และดำเนินการส่งต่อภาพไปยังชั้นถัดไป ชั้น Conv Layer 2 รับภาพเข้ามาดำเนินการตามวิธี Convolutional ด้วย Filter ขนาด  $5 \times 5$  ในแต่ละภาพขนาด  $13 \times 13 \times 50$  และใช้งาน Activation Layer 2 (Relu) ส่งภาพต่อไปที่ชั้นถัดไป Pooling Layer 2 ซึ่งจะดำเนินขั้นตอน Max Pooling ด้วยช่องการคำนวณขนาด  $2 \times 2$  เลื่อนไปทั่วภาพครั้งละ 2 พิกเซล จะได้ภาพขนาด  $6 \times 6$  พิกเซล และส่งต่อไปชั้นถัดไป FC layer กำหนดการเชื่อมต่อกับคุณลักษณะ (Dense) เท่ากับ 512 และใช้งาน Activation Layer 3 (Relu) อีกครั้ง ลดการเชื่อมต่อกับคุณลักษณะ (Dense 2) เหลือ 2 ตามคุณลักษณะ (Class) ที่เราต้องการ ดำเนินการขั้นตอน Softmax เพื่อสร้างเป็นโมเดลในการตรวจหาคุณลักษณะของวัตถุในภาพ รายละเอียดของชั้นในโครงข่ายแสดงในตารางที่ 4.1

การสร้างโมเดลใช้ข้อมูลในการสอนเครื่อง (Train) ประกอบด้วยรูปภาพ 2 ชุด ได้แก่ รูปภาพที่แสดงสถานะการลืมตา (Song, 2014) ด้านซ้ายและขวารวม 2,462 ภาพ รูปภาพที่แสดงสถานะการหลับตาหลับตาด้านซ้ายและขวารวม 2,382 ภาพ โดยที่ข้อมูลทั้ง 2 ไม่ได้แยกเพศและอายุ



รูปที่ 4.16 ขั้นตอนในการสร้างโครงข่ายประสาทเทียม (CNN)

ตารางที่ 4.1 แสดงรายละเอียดของชั้นในโครงข่าย CNN

Layer	Output shape	Parameter
Convolution 1	(28, 28, 20)	1520
Activation 1	(28, 28, 20)	0
Pooling 1	(13, 13, 20)	0
Convolution 2	(13, 13, 50)	25050
Activation 2	(13, 13, 50)	0
Pooling 2	(6, 6, 50)	0
Flatten	1800	0
Dense 1	512	900500
Activation 3	512	0
Dense 2	2	1002
Activation 4	2	0

เตรียมข้อมูลสำหรับการสอน (Preprocess) แปลงภาพเป็นข้อมูล เก็บไว้ในในรายการที่เตรียมสำหรับการสอน จะสกัดชื่อ (Label) ของภาพจาก โพลเดอร์ที่เก็บภาพ โดยให้สถานการณ์ลืมตาเท่ากับ 1 และให้สถานการณ์หลับตาเท่ากับ 0 แบ่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบร้อยละ 25 ของข้อมูลที่ใช้สอนเครื่อง และทำการปรับข้อมูลภาพ (Image Processing)

การสอนเครื่อง (Train) เบื้องต้นทำการ Train 100 รอบ (Epoch) และเลือกใช้ Epoch ที่มีค่าการทดสอบความสูญเสีย (Validation Loss) ที่ดีที่สุด เนื่องจากค่าดังกล่าวเป็นค่า ที่วัดประสิทธิภาพของโมเดลด้วยการทดสอบจากข้อมูลที่ใช้ทดสอบ ดังได้กล่าวไว้ข้างต้น ค่าความสูญเสีย (Validation Loss) ของโมเดลโครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น (CNN) ในงานวิจัยนี้ทั้งหมดเลือกใช้ ได้จากการคำนวณความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย (MSE : Mean Squared Error) (Goodfellow, 2016) ของน้ำหนักการทำนายหรือคะแนนการทำนายในแต่ละภาพ แสดงในสมการที่ 4.2 กำหนดให้  $\hat{y}$  คือค่าการทำนาย  $y$  ค่าที่แท้จริง  $C$  คือจำนวนคุณลักษณะที่จำแนก (Class) ตัวอย่างการคำนวณแสดงในรูปที่ 4.17 ในตัวอย่างเป็นการทำนายภาพการหลับตา จำนวนการจำแนกคุณลักษณะเท่ากับ 2 (หลับตาและลืมตา) ดังนั้นการหลับตามีค่าเท่ากับ 1 และ ค่าการลืมตาเท่ากับ 0 ผลลัพธ์การทำนายคือการหลับตา และมีคะแนนหรือค่าน้ำหนักในจำแนกคุณลักษณะ (Softmax) เท่ากับ [0.7, 0.3]

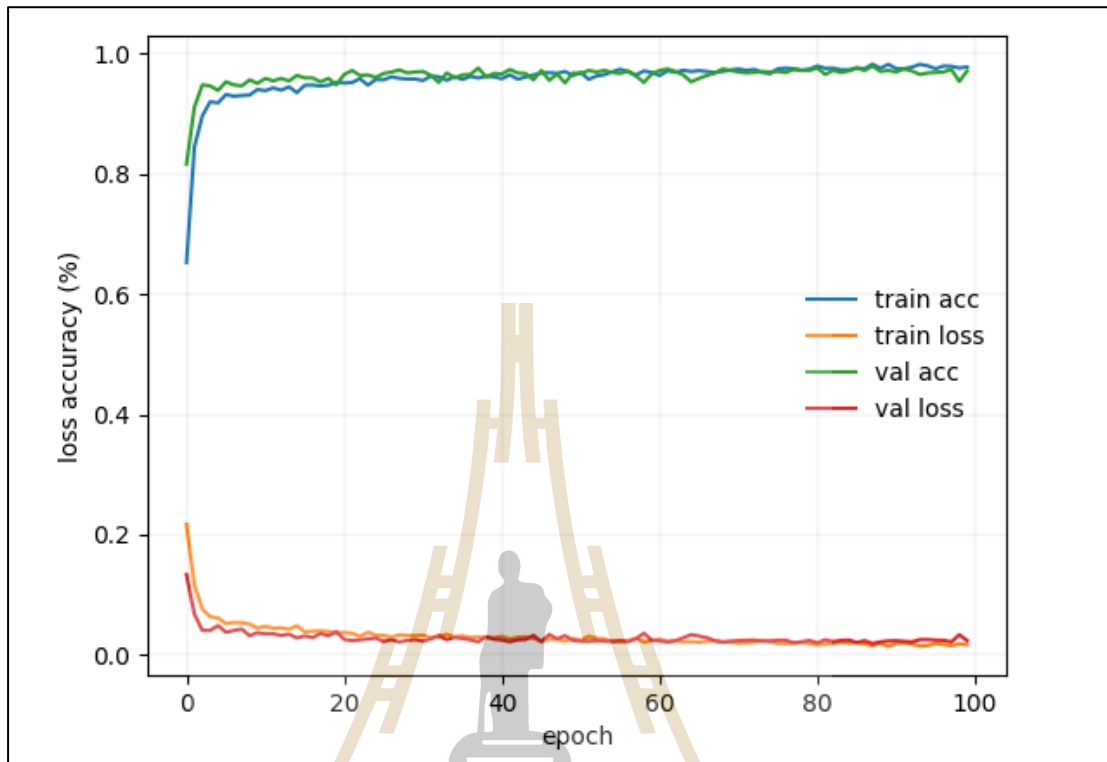
$$L = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - y_i)^2 \quad (4.2)$$

closed eye	open eye
$(0.7 - 1)^2$	$(0.3 - 0)^2$
$\frac{(0.7 - 1)^2 + (0.3 - 0)^2}{2} = 0.135$	

รูปที่ 4.17 ตัวอย่างการคำนวณค่าการสูญเสีย (Loss)

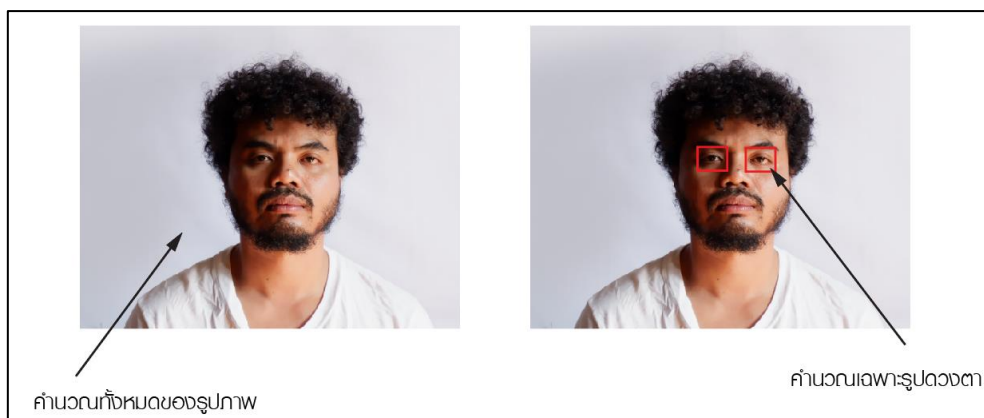
ผลลัพธ์ของโมเดลโครงข่าย CNN เพื่อตรวจหาการกระพริบตาแสดงในรูปที่ 4.18 การสอน (Train) 100 รอบ (Epoch) รอบที่ 88 มีค่าการทดสอบความสูญเสีย (Validation Loss) ดีที่สุด มีค่าเท่ากับเท่ากับ 0.0189 ค่าทดสอบความถูกต้อง (Validation Accuracy) เท่ากับ 0.

9794 ค่าความสูญเสีย (Train Loss) เท่ากับ 0.0154 และ ความถูกต้อง (Train Accuracy) เท่ากับ 0.9826



รูปที่ 4.18 ผลลัพธ์การ Train โมเดลการกระพริบตา

อย่างไรก็ตามแม้มีค่าความสูญเสียที่ดี แต่เพื่อจะให้การตรวจหาการกระพริบมีความแม่นยำมากขึ้น ผู้วิจัยได้นำค่าตำแหน่งของดวงตา จากขั้นตอนการเตรียมการ ในหัวข้อ 4.1.2.3 มาใช้ในการทำนายการกระพริบตา โดยที่การกระพริบตาจะทำการทำนายเฉพาะรูปภาพที่เป็นคุณลักษณะของดวงตาเท่านั้น เพื่อลดขั้นตอนการคำนวณที่ต้องเลื่อนไปทั่วรูปภาพ ตัวอย่างการทำนายดังกล่าวแสดงในรูปที่ 4.19



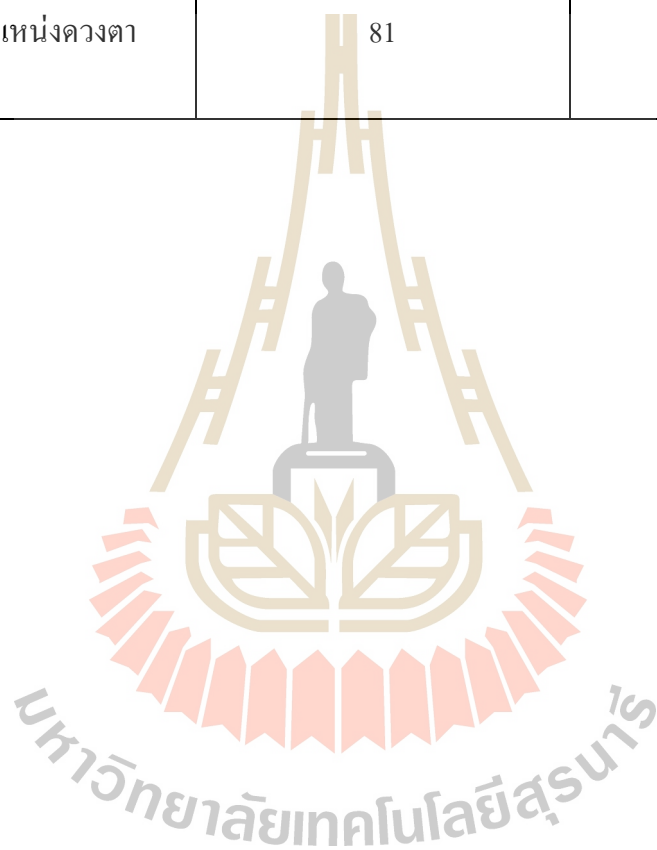
**รูปที่ 4.19** การทำนายที่ระบุตำแหน่งของดวงตา และการทำนายที่ไม่ระบุตำแหน่งของดวงตา

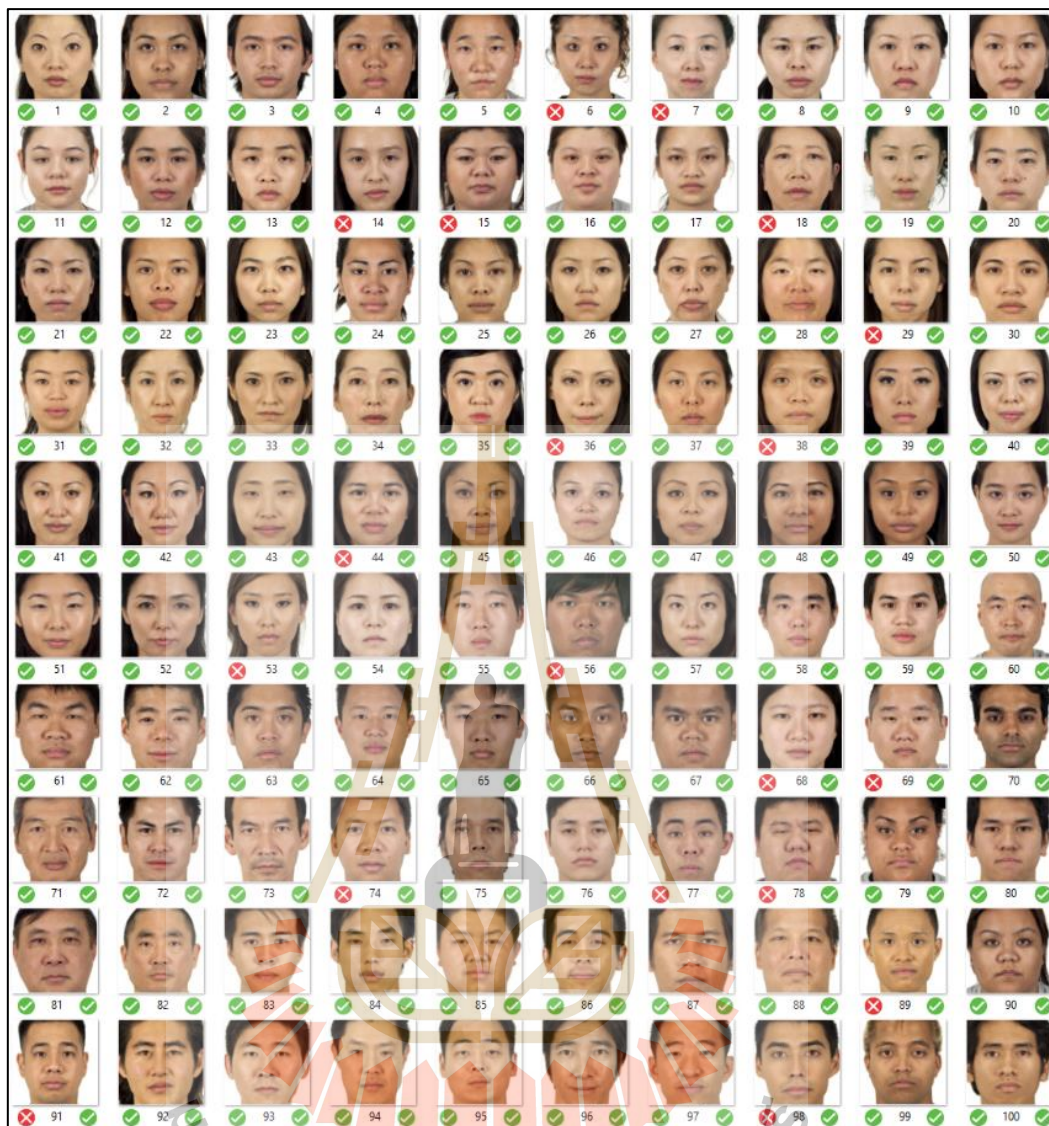
ในตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการทำนายลักษณะการหลับตาและลืมตา ระหว่างการระบุตำแหน่งของดวงตา และการไม่ระบุตำแหน่งดวงตา โดยทดสอบด้วยรูปภาพการลืมตา 100 รูป โดยมีขนาดที่หลากหลาย ตั้งแต่ 240 x 240 พิกเซล ถึง 420 x 420 พิกเซล การหลับตา 100 รูป ขนาดของรูปมีขนาดหลากหลาย ตั้งแต่ 110 x 110 พิกเซล ถึง 420 x 420 พิกเซล การระบุตำแหน่งดวงตาทำนายภาพที่มีลักษณะการลืมตาถูกร้อยละ 100 และทำนายลักษณะการหลับตาถูกร้อยละ 98 ส่วนการไม่ระบุตำแหน่งดวงตา ทำนายภาพที่มีลักษณะการลืมตาถูกร้อยละ 81 และทำนายลักษณะการหลับตาถูกร้อยละ 62 โดยจะเห็นว่า การระบุตำแหน่งของดวงตาสามารถทำนายการลืมตา แม่นยำว่าการไม่ระบุตำแหน่งดวงตา ร้อยละ 19 และการหลับตา ร้อยละ 36 ซึ่งเป็นจำนวนที่สูงมาก ตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ทดสอบการทำนายการลืมตาแสดงในรูปที่ 4.20 โดยจะแสดงรูปที่ใช้ทำนาย 100 รูป ในแต่ละรูปแสดงผลการทำนาย โดยได้รูปด้านขวาแสดงผลการทำนายของการไม่ระบุตำแหน่งดวงตา และได้รูปด้านซ้ายแสดงผลการทำนายของการระบุตำแหน่งดวงตา ตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ทดสอบการทำนายการหลับตาแสดงในรูปที่ 4.21 โดยจะแสดงรูปที่ใช้ทำนาย 100 รูป ในแต่ละรูปแสดงผลการทำนาย โดยได้รูปด้านขวาแสดงผลการทำนายของการไม่ระบุตำแหน่งดวงตา และได้รูปด้านซ้ายแสดงผลการทำนายของการระบุตำแหน่งดวงตา รูปที่ 4.22 ตัวอย่างผลการทำนายด้วยวิธีการซีเอ็นเอ็นแบบระบุตำแหน่งดวงตา รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลการทำนายด้วยวิธีการซีเอ็นเอ็นแบบไม่ระบุตำแหน่งดวงตา

**ตารางที่ 4.2** ผลการทดสอบการทำนายการหลับตาและลืมตา



วิธีการ	ภาพลึ้มตา / ถูกต้อง (%)	ภาพหลับตา / ถูกต้อง (%)
ระบุตำแหน่งดวงตา	100	98
ไม่ระบุตำแหน่งดวงตา	81	62





รูปที่ 4.20 รูปภาพที่ใช้ทดสอบการทำนายการลืมตา ระหว่างระบุและไม่ระบุตำแหน่งดวงตา (Ma, 2015)



รูปที่ 4.21 ผลการทดสอบการทำนายการหลับตา ระหว่างระบุและไม่ระบุตำแหน่งดวงตา (Song, 2014)



รูปที่ 4.22 ตัวอย่างผลการทำนายด้วยวิธีการซีเอ็นเอ็นแบบระบุตำแหน่งดวงตา

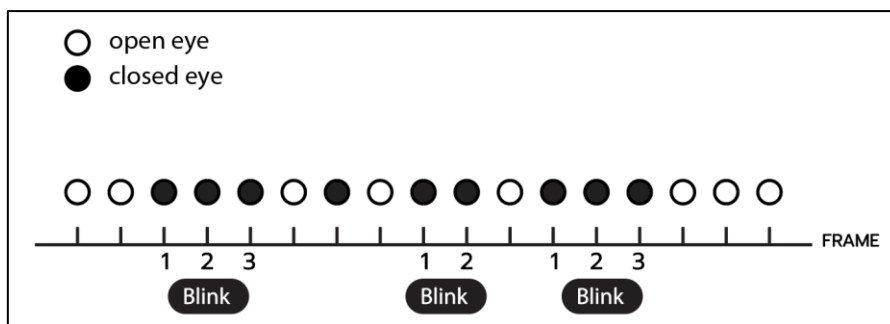


รูปที่ 4.23 ตัวอย่างผลการทำนายด้วยวิธีการซีเอ็นเอ็นแบบไม่ระบุตำแหน่งดวงตา

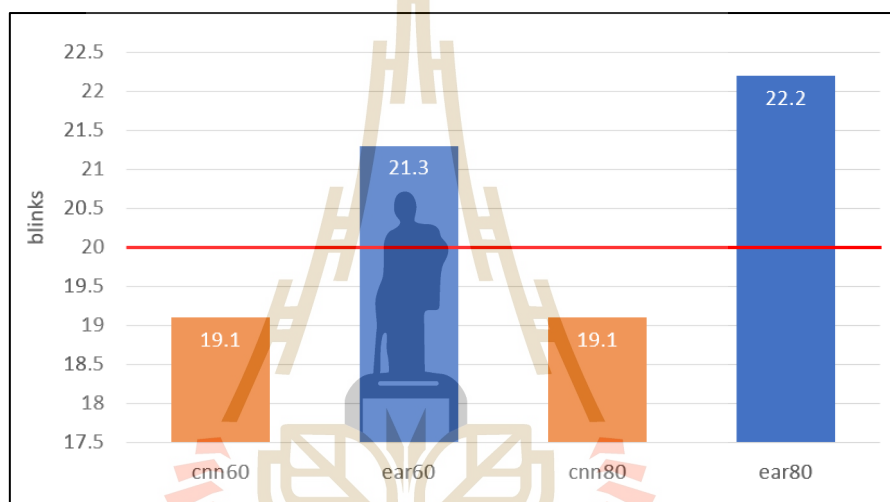
อย่างไรก็ตามการทำนายสามารถแสดงได้เพียงสถานะการลืมตาและหลับตาเท่านั้น การกระพริบตาต้องอาศัยเงื่อนไขเพื่อบอกสถานะการกระพริบตา ซึ่งเงื่อนไขดังกล่าวคล้ายกับเงื่อนไขในส่วนการตรวจหากระพริบด้วยการคำนวณอีเอนอาร์ กำหนดให้การกระพริบตาคือการหลับตาดูติดต่อกัน 2 เฟรมแต่ไม่เกิน 480 เฟรม เมื่อผ่านเงื่อนไขระบบจะตีความการกระพริบตา ตัวอย่างแสดงในรูปที่ 4.24 โดยจะเห็นว่า การกระพริบตาถือการที่มีค่าหลับตาตั้งแต่สองเฟรมขึ้นไป ค่าการหลับตาน้อยกว่าจะไม่ใช้การกระพริบตา

เมื่อได้การตรวจหาการกระพริบตาทั้งสองวิธี เพื่อการแนะนำการตรวจหาที่ดีที่สุด ผู้วิจัยได้ใช้การทดสอบการตรวจหาของทั้งสองวิธีกับผู้เข้าร่วมทดสอบ และเปรียบเทียบการใช้งาน โดยการวัดความถูกต้องในการตรวจหา เปรียบเทียบทรัพยากรที่ใช้ และสอบถามคำแนะนำจากผู้ทดสอบ โดยกำหนดให้ผู้ทดสอบเพ่งมองจอในระยะห่าง 60 และ 80 เซนติเมตร จาหน้าจออุปกรณ์ และทำการกระพริบตาทุก 3 วินาที ในเวลา 1 นาที รวมการกระพริบตาทั้งหมด 20 ครั้ง โดยหน้าจอที่ผู้ใช้มองจะแสดงการนับเวลาให้ทราบถึงวินาทีที่ผู้ทดสอบต้องกระพริบตา มีผู้เข้าทดสอบ 15 คน

ผลการทดสอบการกระพริบตา 20 ครั้ง ใน 1 นาที แสดงดังรูปที่ 4.25 จะเห็นว่าวิธีการคำนวณค่าอีเอนอาร์ตรวจหาการกระพริบตา ระยะ 60 ซม. มีค่าเฉลี่ยตรวจหาพบ 21.3 ครั้ง มากกว่าการกระพริบตาจริง 1.3 ครั้ง ระยะ 80 ซม. มีค่าเฉลี่ยตรวจหาพบ 22.3 ครั้ง มากกว่าการกระพริบตาจริง 2.2 ครั้ง การประเมินความคาดเคลื่อนแสดงในตารางที่ 4.3 และ การเปรียบเทียบการใช้ทรัพยากรแสดงในตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.24 ตัวอย่างเงื่อนไขการกะพริบ



รูปที่ 4.25 ผลการทดสอบในการกะพริบตา 20 ครั้ง ใน 1 นาที (3 วินาที/ครั้ง)

ตารางที่ 4.3 ผลการทดสอบการตรวจหาการกะพริบตาด้วยวิธีอีเออาร์และซีเอ็นเอ็น

MAESURE	EAR 60 cm	EAR 80 cm	CNN 60 cm	CNN 80 cm
MAE	1.70	2.20	0.90	0.95
MSE	4.10	6.40	1.30	1.70
RMSE	2.02	2.53	1.14	1.30
MAPE	8.50	11.00	4.50	4.50

การทดสอบความคาดเคลื่อนสามารถอธิบายได้ว่า การตรวจหาการกะพริบด้วยวิธีซีเอ็นเอ็น มีความถูกต้องมากกว่าวิธีการคำนวณค่าอีเออาร์ และระยะเวลาเฟรมมอที่ทดลองไม่ได้ส่งผลกับการตรวจหา ผู้เข้าทดสอบยังอธิบายด้วยว่าวิธีการดังกล่าวสามารถตรวจหา

กระพริบตาที่ไม่ขัดต่อธรรมชาติของการกระพริบตา แต่วิธีการคำนวณค่าอีเออาร์จะต้องหลับตา สนิทระบบถึงสามารถตรวจหาการกระพริบตาได้ ซึ่งเป็นวิธีการที่ขัดกับการกระพริบตาโดยธรรมชาติ แต่วิธีการซีเอ็นเอ็นจะใช้ทรัพยากรที่มากกว่าการคำนวณค่าอีเออาร์ ดังแสดงในตารางที่ 4.3 แต่อย่างไรก็ตาม ทรัพยากรที่วิธีดังกล่าวใช้ไปนั้น ไม่ได้ส่งผลกระทบต่อกับงานวิจัยนี้มากนัก ผู้วิจัยจึงเลือกใช้การตรวจหาการกระพริบตาด้วยวิธีซีเอ็นเอ็น เป็นการตรวจหาการกระพริบตาใน มอดุลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

ตารางที่ 4.4 การใช้ทรัพยากรการตรวจหาการกระพริบตาด้วยวิธีอีเออาร์และซีเอ็นเอ็น

USAGE	EAR	CNN
CPU	18%	27%
Memory	113 mb	203 mb

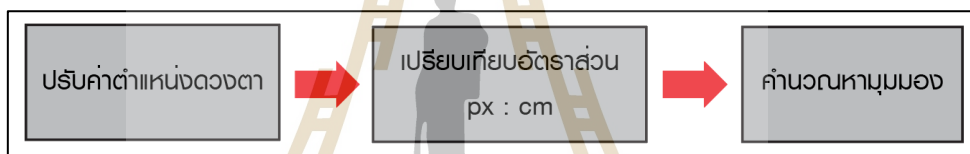
\*OS windows 10, cpu 3.10GHz, ram 6GBytes

#### 4.1.3.3 การตรวจหาปัจจัยด้านมุมมอง (Angle Factor)

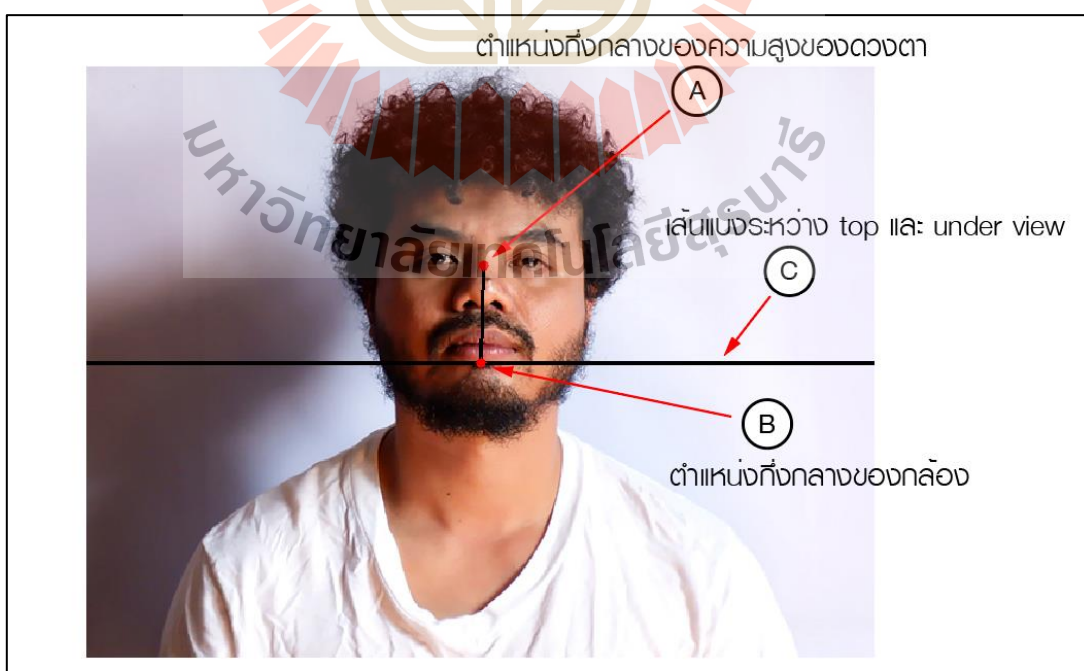
ขั้นตอนการตรวจหามุมมองการใช้งานของอุปกรณ์ แสดงในรูปที่ 4.26 โดยจะเริ่มจากการปรับค่าตำแหน่งของดวงตา เปรียบเทียบอัตราส่วนระหว่างพิกเซลและเซนติเมตร และคำนวณหามุมมองของการเพ่งมอง โดยใช้หลักการในบทที่ 3 หัวข้อ 3.1.2.3 มุมมองหรือองศา ในการเพ่งมองจออุปกรณ์ และใช้ตำแหน่งของดวงตาในขั้นตอนของการเตรียมการ หลักการคำนวณมุมการมอง จะคำนวณจากการมองเห็นของกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ ด้วยวิธีการสร้างเส้น สมมติซึ่งคำนวณด้วยจากมุมมองของกล้องขนาด 4 : 3 (640x480) ที่การมองเห็นระยะ 100 เซนติเมตร กล้องสามารถมองเห็นวัตถุมีขนาดสูงที่ 91.44 เซนติเมตร โดยวัดจากสถานการณ์จริง และการสร้างแบบจำลองมุมมองของกล้องจากโปรแกรมสร้างภาพสามมิติ โดยแบ่งเป็นมุมหางย และมุมคว่ำ โดยจะวัดจากเส้นที่ขนานกับกล้องหรือเส้น  $0^\circ$  ซึ่งจะได้ความสูงในการมองเห็นเท่ากับ 45.72 เซนติเมตร เนื่องจากการตรวจหาวัตถุที่ได้จากภาพของกล้องมีค่าเป็นพิกเซล ดังนั้นต้องคำนวณอัตราส่วนของค่าความสูงที่เป็นเซนติเมตรกับค่าความสูงที่เป็นพิกเซล และทำการชดค่าของ มุมกล้องให้เห็นเป็นมุมของหน้าจอ ซึ่งการคำนวณต่าง ๆ ของการตรวจหามุมมองได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้อแล้ว

ตัวอย่างการคำนวณมุมมองแสดงในรูปที่ 4.27 ในภาพ A คือตำแหน่งกึ่งกลางของดวงตาที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมการ ในภาพตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 161 B คือจุดกึ่งกลางของกล้องในการคำนวณส่วนนี้ให้มีค่าเท่ากับ 0 C คือเส้นแบ่งของด้านบนและด้านล่างของมุมกล้อง ในการคำนวณให้เป็นเส้น  $0^\circ$  อย่างไรก็ตามก่อนการคำนวณจะต้องปรับค่าตำแหน่งของ

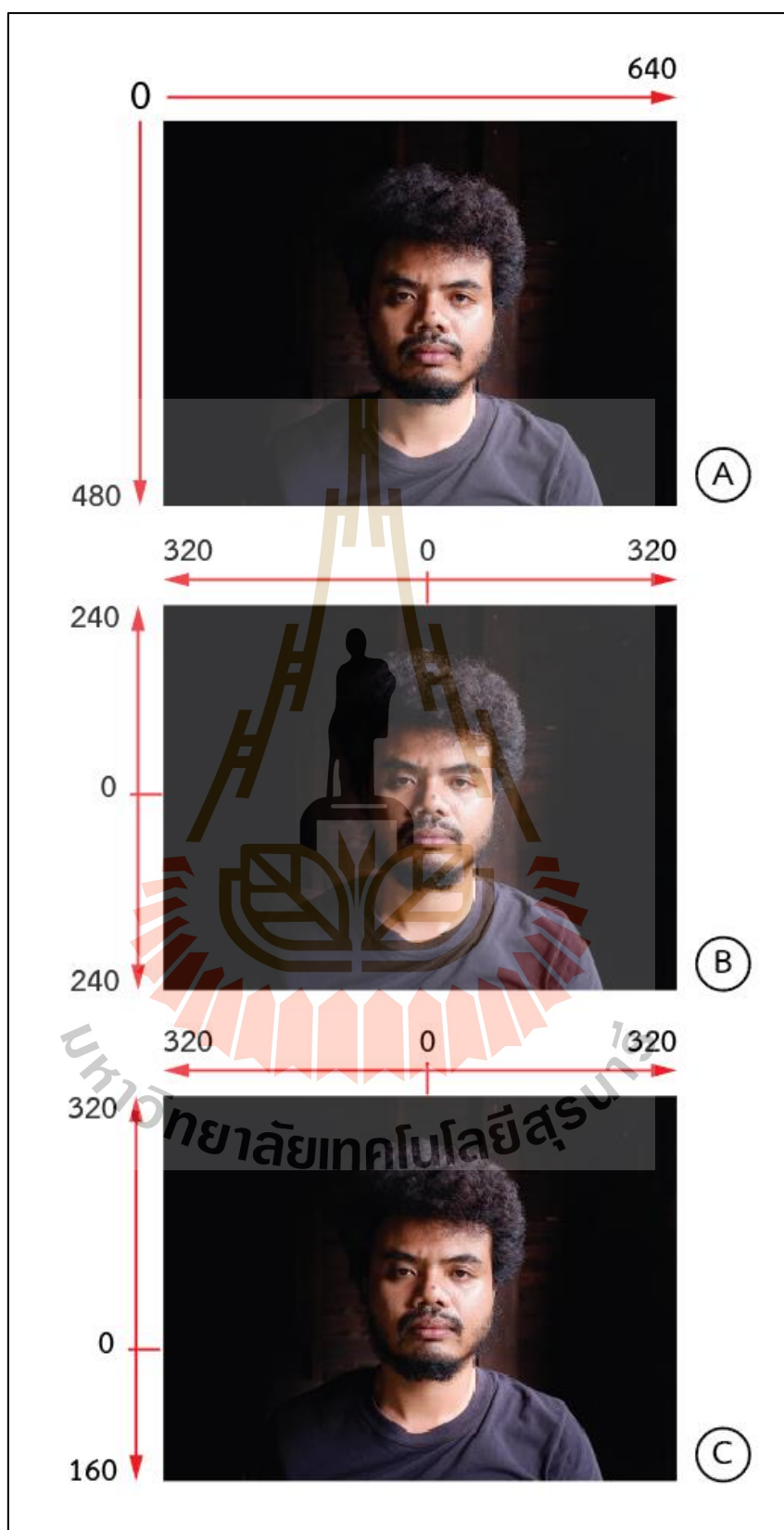
พิกเซล จากปกติภาพทั่วไปจะนับค่าเริ่มต้นที่มุมบนด้านขวา เปลี่ยนมานับค่าเริ่มต้นที่กึ่งกลางของภาพ หรือจุดศูนย์กลางของกล้อง เนื่องจากการคำนวณมุมมองจะแทนค่าจุดกึ่งกลางของกล้องเป็นเส้นศูนย์องศา อย่างไรก็ตามการปรับตำแหน่งเบื้องต้นเป็นการทำให้มุมกล้องทำมุมกับดวงตา ดังได้กล่าวไว้ในข้อ 3.1.2.3 ดังนั้นจำเป็นต้องปรับมุมกล้องให้อยู่กึ่งกลางของจอ เส้นศูนย์องศาจึงเปลี่ยนตาม ดังแสดงในรูปที่ 4.28 A คือภาพที่ยังไม่ได้ปรับตำแหน่ง มีขนาด 640 x 480 พิกเซล ตำแหน่งเริ่มต้นของดวงตาในภาพมีค่าเท่ากับ 222 พิกเซล B คือภาพปรับมุมกล้องให้ทำมุมกับดวงตา เส้นศูนย์องศาเท่ากับ 240 พิกเซล ดวงตาในตำแหน่ง 18 พิกเซล ในมุมมองลง C คือการชดเชยมุมกล้อง (6 นิ้ว) ค่ามุมได้จากสมการที่ 3.3 . ในตัวอย่างเส้นศูนย์องศาเปลี่ยนเป็น 320 พิกเซล ดวงตาในตำแหน่ง ~98 พิกเซล ในมุมมองลง หลังจากปรับตำแหน่งของมุมกล้องกับดวงตาแล้ว นำไปคำนวณหาอัตราส่วนระหว่างเซนติเมตรและพิกเซลด้วยสมการที่ 3.5 ในตัวอย่างได้ค่าเท่ากับ 18.66 หลังจากนั้นนำค่าที่ได้มาคำนวณหามุมมองจากสมการที่ 3.6 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหามุมมองแสดงในรูปที่ 4.29 และ รูปที่ 4.30 ผลการตรวจหามุมที่ได้ชุดตำแหน่งมุมกล้อง



รูปที่ 4.26 ขั้นตอนในการตรวจหามุมมอง

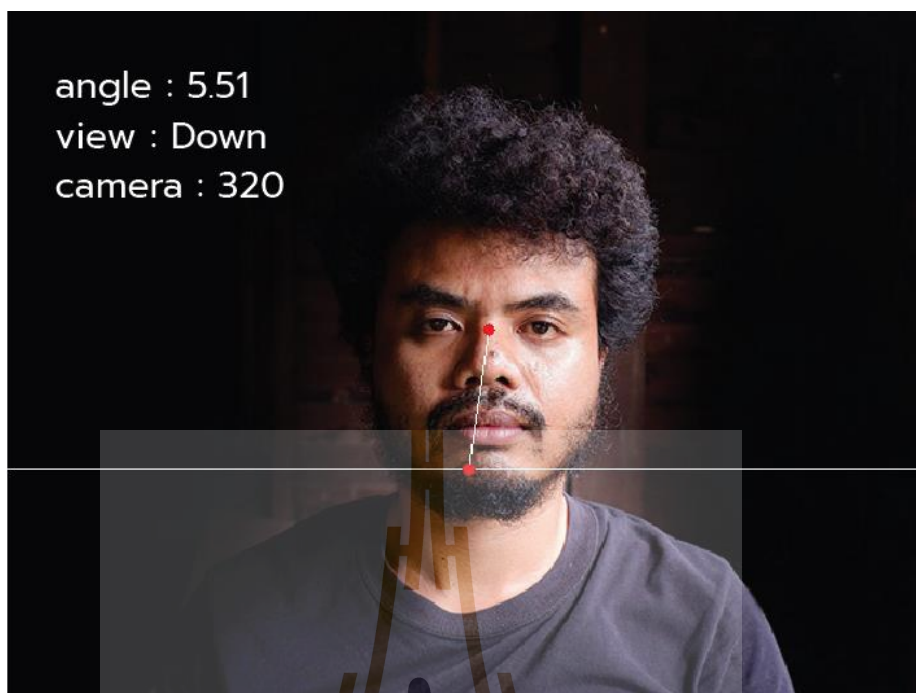


รูปที่ 4.27 ตัวอย่างภาพการคำนวณมุมมอง



รูปที่ 4.28 ตัวอย่างการปรับตำแหน่งของฟิกเชล





รูปที่ 4.29 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหามุมมอง (ชดตำแหน่งมุมกล้อง 6 นิ้ว)



รูปที่ 4.30 ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหามุมมอง (ไม่ได้ชดมุมกล้อง)

#### 4.1.3.4 การตรวจหาปัจจัยด้านระยะห่างในการเฟรมมอง (Distance Factor)

ในส่วนนี้ใช้การคำนวณในบทที่ 3 หัวข้อที่ 3.1.2.4 การตรวจหาระยะห่างระหว่างดวงตาผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ ซึ่งเป็นการคำนวณระยะของจุด A B C D และ G โดยแบ่งเป็นขั้นตอนดังนี้

- 1) สร้าง จุด A B C และ D
- 2) คำนวณมุม A
- 3) คำนวณระยะห่างของ A และ D ให้เป็นเซนติเมตร
- 4) คำนวณระยะห่างของ A และ G

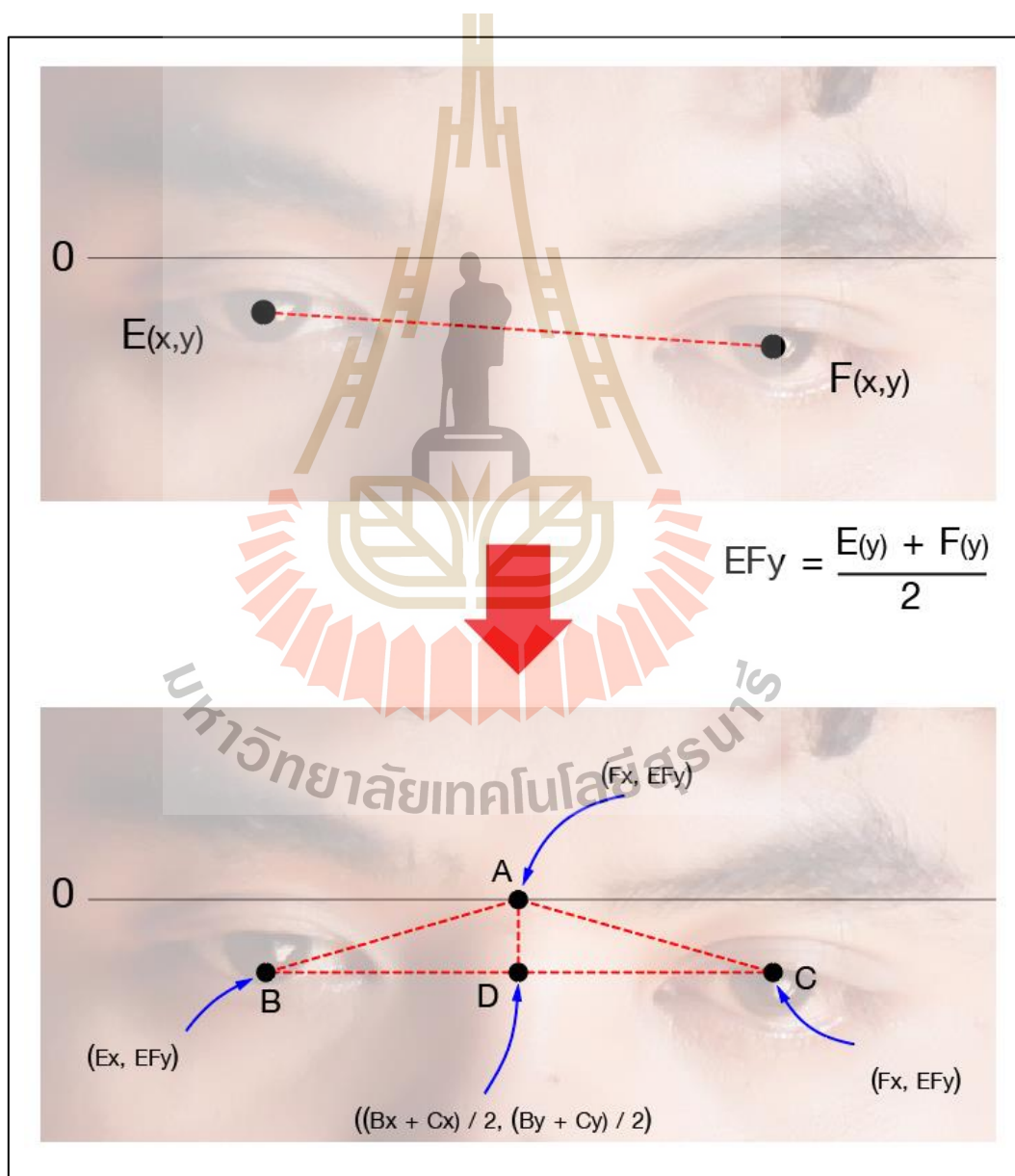
ขั้นตอนในการคำนวณจะทำตามลำดับตามหัวข้อ ภาพตัวอย่างตำแหน่งของจุดแสดงในรูปที่ 3.13

1) การสร้างจุด B C และ D จากตำแหน่งของดวงตาที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมการทำการคำนวณหาจุดกึ่งกลางของดวงตาทั้งสองข้าง ให้จุดกึ่งกลางของดวงตาขวาเท่ากับ E และดวงตาซ้ายเท่ากับ F คำนวณค่าเฉลี่ยระยะห่างของ E และ F ในแนวตั้ง ให้จุดดังกล่าวเท่ากับ EFy การคำนวณจุด B ให้ตำแหน่งแนวนอนเท่ากับแนวนอนของ E และตำแหน่งในแนวตั้งเท่ากับ EFy การคำนวณจุด C ให้ตำแหน่งแนวนอนเท่ากับแนวนอนของ F และตำแหน่งในแนวตั้งเท่ากับ EFy การคำนวณจุด D ให้ตำแหน่งแนวนอนเท่ากับค่าเฉลี่ยระยะห่างของ B และ C ในแนวนอน และตำแหน่งในแนวตั้งเท่ากับ EFY ในแนวตั้ง การคำนวณจุด A ให้แนวนอนเท่ากับแนวนอนของ D และแนวตั้งเท่ากับจุดศูนย์กลางของกล้อง รูปที่ 4.31 แสดงตัวอย่างการสร้างจุด A B C และ D

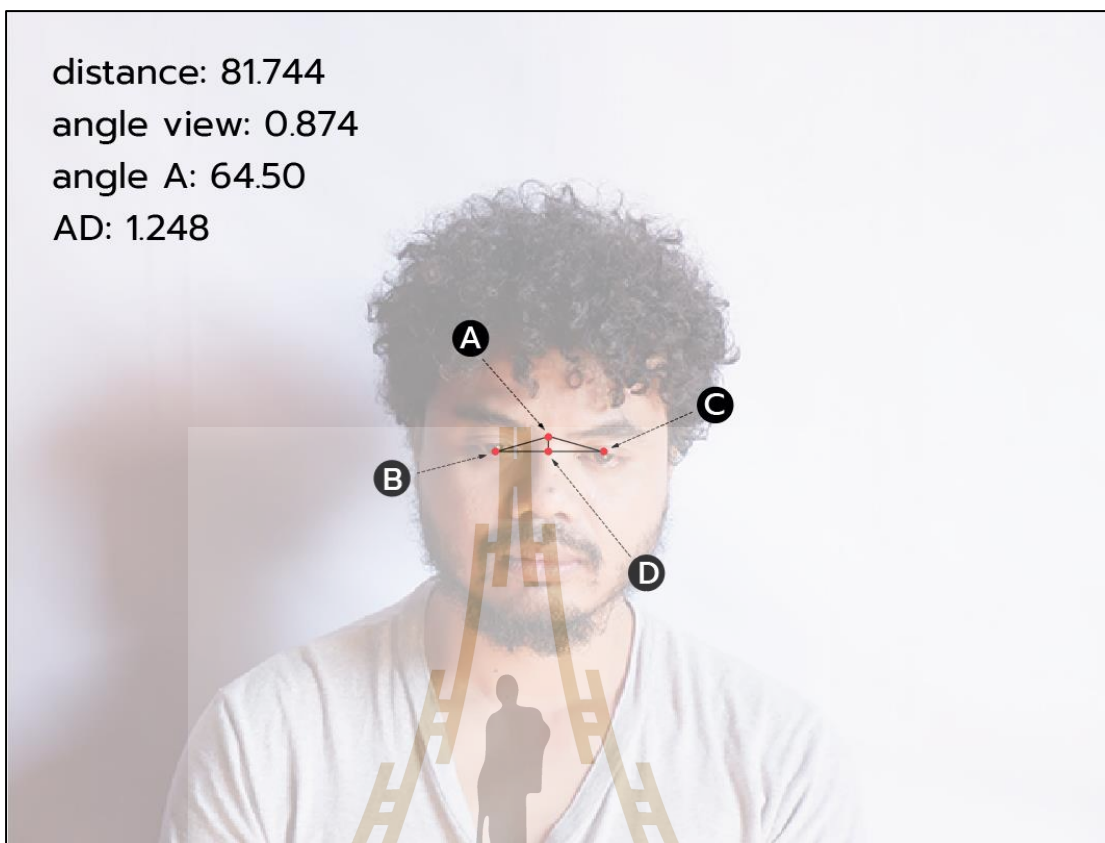
2) การคำนวณมุม A โดยใช้สมการที่ 3.4 การหามุมของสามเหลี่ยมมุมฉาก ซึ่งจะเท่ากับ  $\square\square\square\square\square$  ของระยะห่างของ B และ D หาด้วย ระยะห่างของ A และ D

3) การคำนวณระยะห่างของ A และ D ให้เป็นเซนติเมตร เนื่องจากการคำนวณค่าต่าง ๆ ในขั้นตอนที่ผ่านมาอยู่ในรูปแบบของพิกเซล การตรวจหาระยะของดวงตากับหน้าจอ (ระยะห่างของ A และ G) ต้องการได้ผลลัพธ์ที่มีหน่วยเป็นเซนติเมตร ดังนั้นในส่วนนี้จะทำการคำนวณค่าพิกเซลให้เป็นเซนติเมตร โดยการแทนระยะห่างของ B และ D เท่ากับ 2.6 เซนติเมตร (เป็นค่าที่ทำการทดลองแล้วได้ผลดีที่สุด ซึ่งค่าดังกล่าวสามารถปรับเปลี่ยนได้ตามความเหมาะสม) และใช้สมการที่ 3.7 คำนวณหาระยะห่างของ A และ D ในหน่วยเซนติเมตร ซึ่งจะเท่ากับ 2.6 หาด้วยค่า  $\square\square\square$  ของมุม A

4) การคำนวณระยะห่างของ A และ G หรือระยะห่างของดวงตาของผู้ใช้กับหน้าจอ การคำนวณใช้สมการที่ 3.7 ซึ่งจะเท่ากับระยะห่าง AD หาด้วยค่า  $\square\square\square$  ของมุม G (มุมมองของดวงตาผู้ใช้กับหน้าจอ) เพื่อความสะดวกในการคำนวณ ผู้วิจัยได้ใช้ค่าจากการตรวจปัจจัยด้านมุมมองที่ได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ตัวอย่างการคำนวณการตรวจหาระยะระหว่างดวงตาผู้ใช้และหน้าจออุปกรณ์แสดงในรูปที่ 4.32 ซึ่งในตัวอย่างตรวจหาระยะได้เท่ากับ ~81.744 เซนติเมตร มุมมองของดวงตากับจอเท่ากับ ~0.874° มุมของจุด A เท่ากับ ~64.50° ระยะห่างของ A และ D เท่ากับ ~1.248 เซนติเมตร



รูปที่ 4.31 ตัวอย่างการสร้างจุด A B C และ D



รูปที่ 4.32 ตัวอย่างการคำนวณการตรวจหาระยะระหว่างดวงตาผู้ใช้และหน้าจออุปกรณ์

#### 4.1.3.5 การตรวจหาปัจจัยด้านเพศ (Gender Factor)

ปัจจัยเรื่องเพศของผู้ใช้มีผลกระทบต่ออาการตาแห้ง เนื่องจากเพศหญิงจะมีความเสี่ยงต่อการตาแห้งมากกว่าเพศชาย อันสืบเนื่องจากสารเหลวในดวงตาที่มีน้อยกว่าเพศชาย ดังนั้นการกระพริบเพื่อให้สารเรื่องปกคลุมดวงตาอยู่ตลอดจึงเป็นสิ่งที่ควรปฏิบัติในการเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ งานวิจัยนี้จึงตีความการกระพริบตาของเพศหญิงที่เพิ่มมากกว่าเพศชายจะสามารถช่วยแก้ปัญหาเรื่องอาการตาแห้งที่จะก่อตัวได้ง่าย การตรวจหาเพศในงานวิจัยนี้จะตรวจหาเพศจากใบหน้าของผู้ใช้งาน เพื่อลดขั้นตอนการกรอกข้อความ หรือการคลิกเมาท์เพื่อระบุตัวตนเพศที่สามารถตรวจหาพบจะนำไปใช้ในขั้นตอนการกระพริบตา เพื่อกำหนดจำนวนการกระพริบตาต่อนาทีของแต่ละบุคคล

กระบวนการสร้างการตรวจหาเพศในงานวิจัยนี้ ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบซีเอ็นเอ็น (CNN: Convolution Neural Network) คุณลักษณะของรูปภาพใบหน้าที่ได้รับจากกล้องที่เชื่อมอยู่กับอุปกรณ์สารสนเทศของผู้ใช้ ภาพที่ถูกนำมาใช้ในขั้นตอนนี้

จะเป็นรูปภาพตัดเฉพาะใบหน้าที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมการ (Preprocessing Step) ขั้นตอนดังกล่าวได้อธิบายไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ในหัวข้อที่ 4.1.2.2 โดยขั้นตอนการตรวจหาเพศจากรูปภาพใบหน้าที่มีขั้นตอนต่อไปนี้

1) สร้างโครงข่ายประสาทเทียม (CNN) เป็นการสร้างโมเดลเพื่อใช้จำแนกเพศของผู้ใช้จากรูปภาพใบหน้า โครงสร้างของโครงข่ายประกอบด้วยชั้นอินพุต (Input Layer) โดยจะส่งข้อมูลของภาพไปในชั้นถัดไป ดำเนินการขั้นคอนโวลูชัน (Convolution 1) สร้างภาพขนาด  $28 \times 28 \times 20$  จากฟิลเตอร์ขนาด  $5 \times 5$  เปิดใช้งาน Relu (Activation 1) ส่งภาพต่อไปในชั้นถัดไป ชั้นพลูลิง (Pooling 1) รับภาพเข้ามาดำเนินการขั้นตอน Max Pooling ด้วยช่องการคำนวณ  $2 \times 2$  โดยจะเลื่อนครั้งละ 2 พิกเซลไปทั่วทั้งภาพได้ภาพขนาด ได้ภาพขนาด  $13 \times 13 \times 20$  ส่งต่อข้อมูลไปชั้นถัดไป สร้างขั้นคอนโวลูชัน (Convolution 2) จากภาพที่ได้รับโดยใช้ฟิลเตอร์ขนาด  $5 \times 5$  สร้างภาพขนาด  $13 \times 13 \times 50$  เปิดใช้งาน Relu (Activation 2) ส่งภาพไปในชั้นถัดไป ดำเนินการขั้นตอน Max Pooling (Pooling 2) ด้วยช่องการคำนวณ  $2 \times 2$  โดยจะเลื่อนครั้งละ 2 พิกเซลไปทั่วทั้งภาพได้ภาพขนาด ได้ภาพขนาด  $6 \times 6 \times 50$  ส่งต่อภาพไปในชั้นถัดไป ในชั้น FC Layer ทำการ Flatten คุณลักษณะ ใช้ Dense 500 เปิดใช้ Relu (Activation 3) ดำเนินขั้นตอน Softmax และสร้างเป็นโมเดล ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดของโครงข่ายที่สร้างขึ้น

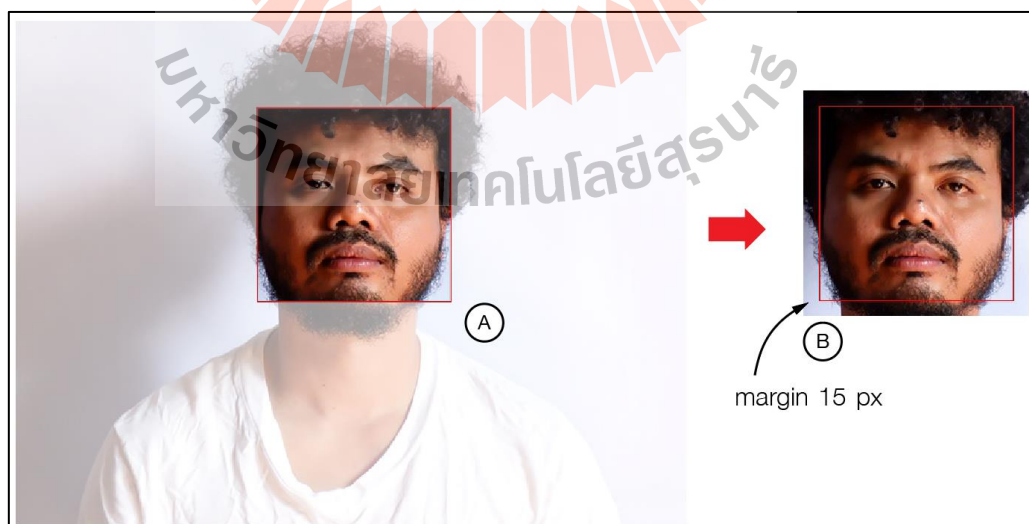
ตารางที่ 4.5 แสดงรายละเอียดของชั้นในโครงข่าย CNN ในการตรวจหาเพศ

Layer	Output shape	Parameter
Convolution 1	(28, 28, 20)	1520
Activation 1	(28, 28, 20)	0
Pooling 1	(13, 13, 20)	0
Convolution 2	(13, 13, 50)	25050
Activation 2	(13, 13, 50)	0
Pooling 2	(6, 6, 50)	0
Flatten	1800	0
Dense 1	500	900500
Activation 3	500	0
Dense 2	2	1002
Activation 4	2	0

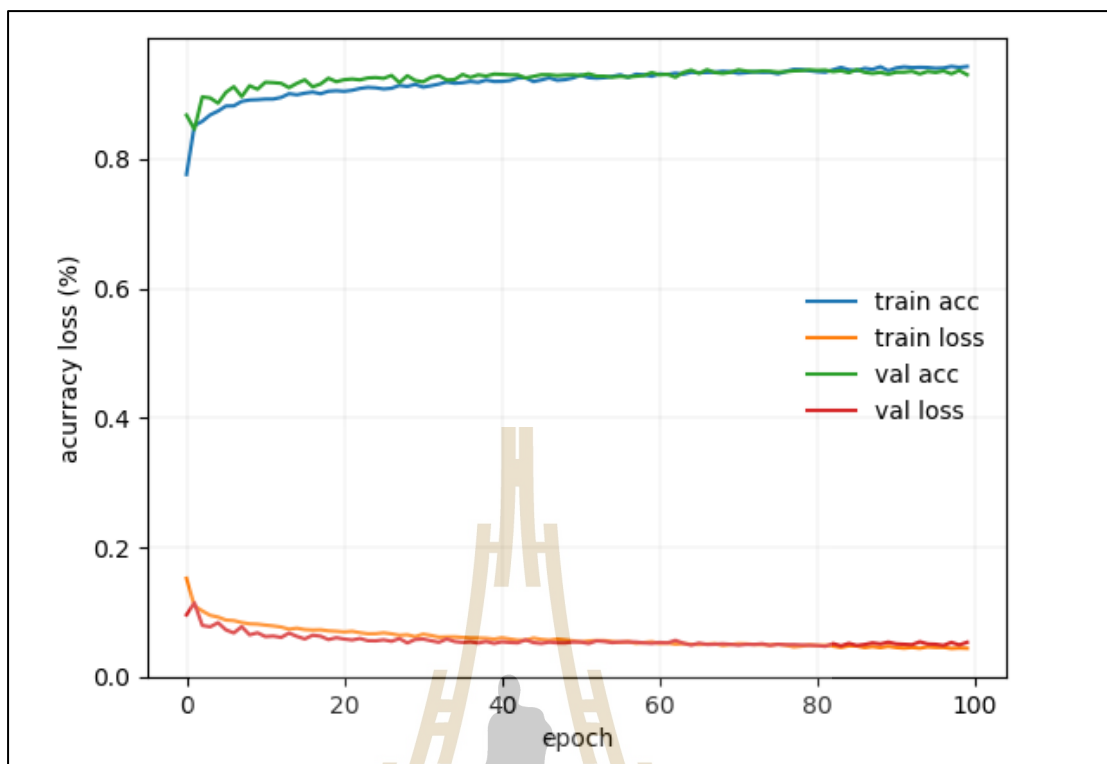
2) ขั้นตอนการเตรียมภาพสำหรับการสอน ผู้วิจัยใช้รูปข้อมูลสองชุดได้แก่ รูปใบหน้าของผู้ชายและหญิง (Zhang, 2017) มีอายุตั้งแต่ 5 ขวบ ถึง 80 ปี จำนวน 11,039 ภาพ และจำนวน 9,750 ภาพ ตามลำดับ จะดำเนินการตัดภาพเฉพาะใบหน้าด้วยฟังก์ชันฮาร์แคสแคด (Harr Cascade) โดยกำหนดเส้นขอบออกด้านละ 15 พิกเซล เพื่อป้องกันคุณลักษณะบางอย่างขาดหาย รูปที่ 4.33 แสดงการตัดภาพ A เป็นการระบุตำแหน่งใบหน้าของฟังก์ชันฮาร์แคสแคด B การตัดภาพ โดยการเพิ่มขอบจากตำแหน่งของฮาร์ โดยภาพที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่าที่ฟังก์ชันฮาร์ตรวจหาได้

3) ขั้นตอนดำเนินการสอนเครื่อง (Train) แปลงภาพเป็นข้อมูล เก็บไว้ในในรายการที่เตรียมสำหรับการสอน จะสกัดชื่อ (Label) ของภาพจากโฟลเดอร์ที่เก็บภาพ โดยให้เพศหญิงเท่ากับ 1 และเพศชายเท่ากับ 0 แบ่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง ร้อยละ 25 ของข้อมูลที่ใช้สอนเครื่อง และทำการปรับข้อมูลภาพ (Image Processing)

ผลลัพธ์ที่ได้ในสร้างโมเดลการตรวจหาเพศ แสดงในรูปที่ 4.34 ทำการสอน 100 รอบ (Epoch) รอบที่มีค่าการทดสอบความสูญเสียดีที่สุดคือ Epoch 82 ค่าความสูญเสียของการตรวจสอบ (Validation Loss) เท่ากับ 0.0475 ความถูกต้องของการตรวจสอบ (Validation Accuracy) เท่ากับ 0.9375 ความสูญเสีย (Train Loss) เท่ากับ 0.0491 และความถูกต้อง (Train Accuracy) เท่ากับ 0.9341 อย่างไรก็ตามขั้นตอนที่ได้กล่าวมาเป็นขั้นตอนในการสร้างโมเดลหรือสร้างโครงข่ายในการตรวจหาเพศเท่านั้น ซึ่งการทำนายเพศจากรูปภาพจะอยู่ในขั้นตอนถัดไป



รูปที่ 4.33 การตัดภาพด้วยการเพิ่มขอบของภาพ



รูปที่ 4.34 ผลลัพธ์ของการสร้างโมเดลโครงข่าย ซีเอ็นเอ็น (CNN) เพื่อตรวจหาเพศ



รูปที่ 4.35 ตัวอย่างการตรวจหาเพศของมอดูล

4) การตรวจหาเพศ นำโมเดลที่สร้างจากการเรียนของเครื่องจากขั้นตอนก่อนหน้านี้มาใช้ในการตรวจหาเพศ โดยรูปภาพที่ใช้จะได้รับจากขั้นตอนเตรียมการซึ่งได้ตัดรูปภาพเฉพาะใบหน้าหรือระบุตำแหน่งของใบหน้าไว้ ซึ่งการตรวจหาจะทำการตรวจหาในบริเวณที่ได้ระบุตำแหน่งไว้ การตรวจหาคคุณสมบัติเป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการซีเอ็นเอ็น ด้วยการเลื่อนหน้าต่างการคำนวณไปตามแนวนอนจากขวาไปซ้าย และจากบนลงล่างตามลักษณะของโครงข่ายซีเอ็นเอ็น เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปภาพเพื่อทำนายเพศของใบหน้าจากรูปภาพ นั้น ๆ รูปที่ 4.35 แสดงตัวอย่างการตรวจหาเพศของมอดูล ในค่าตัวอย่างผลการทำนายมีค่าเป็นเพศชาย 100%

#### 4.1.3.6 การตรวจหาปัจจัยด้านอายุของผู้ใช้งาน (Age Factor)

อายุเป็นปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการมองเห็น เนื่องจากโดยธรรมชาติมนุษย์มีอายุมากขึ้นหรือวัยสูงอายุ (กลุ่มอายุ 40 ปีขึ้นไป) จะมีการมองเห็นที่ลดลง เนื่องจากความเสื่อมสภาพของดวงตา อันเรียกว่าอาการสายตาสั้นหรือสายตายาว โดยจะมีการสายตาสั้นเป็นหลัก การอ่านข้อความต่าง ๆ ต้องการขนาดของตัวอักษรเพิ่มขึ้น การมองเห็นที่ไม่คมชัดนี้จะมีผลอย่างมากต่อการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม อย่างไรก็ตามการปรับเปลี่ยนการมองเห็นที่เหมาะสมจะช่วยป้องกันอาการนี้ได้ ดังนั้นการตรวจหาปัจจัยด้านอายุในระหว่างผู้ใช้งานเพียงมองจออุปกรณ์สารสนเทศมีจุดประสงค์เพื่อจะแนะนำและปรับเปลี่ยนการแสดงผลหน้าจอให้เหมาะสมกับอายุผู้ใช้งาน การตรวจหาอายุของผู้ใช้ของมอดูลในงานวิจัยนี้ จะตรวจหาอายุผู้ใช้งานจากภาพที่ได้จากกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์ เพื่อลดภาระของผู้ใช้งาน เช่น การกรอกข้อมูล การคลิกเมาท์ ขั้นตอนในการตรวจหาปัจจัยด้านอายุ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) สร้างโครงข่ายประสาทเทียม (CNN) เป็นการสร้างโมเดลเพื่อใช้จำแนกอายุของผู้ใช้จากรูปภาพใบหน้า โครงสร้างของโครงข่ายประกอบด้วยชั้นอินพุต (Input Layer) โดยจะส่งข้อมูลของภาพไปในชั้นถัดไป ดำเนินการชั้นคอนโวลูชัน (Convolution 1) สร้างภาพขนาด  $28 \times 28 \times 20$  จากฟิลเตอร์ขนาด  $5 \times 5$  เปิดใช้งาน Relu (Activation 1) ส่งภาพต่อไปในชั้นถัดไป ชั้นพูลลิง (Pooling 1) รับภาพเข้ามาดำเนินการขั้นตอน Max Pooling ด้วยช่องการคำนวณ  $2 \times 2$  โดยจะเลื่อนครั้งละ 2 พิกเซลไปทั่วทั้งภาพได้ภาพขนาด  $13 \times 13 \times 20$  ส่งต่อข้อมูลไปชั้นถัดไป สร้างชั้นคอนโวลูชัน (Convolution 2) จากภาพที่ได้รับโดยใช้ฟิลเตอร์ขนาด  $5 \times 5$  สร้างภาพขนาด  $13 \times 13 \times 50$  เปิดใช้งาน Relu (Activation 2) ส่งภาพไปในชั้นถัดไป ดำเนินการขั้นตอน Max Pooling (Pooling 2) ด้วยช่องการคำนวณ  $2 \times 2$  โดยจะเลื่อนครั้งละ 2 พิกเซลไปทั่ว



ทั้งภาพได้ภาพขนาด ได้ภาพขนาด  $6 \times 6 \times 50$  ส่งต่อภาพไปในชั้นถัดไป ในชั้น FC Layer ทำการ Flatten คุณลักษณะ ใช้ Dense 500 เปิดใช้ Relu (Activation 3) ดำเนินขั้นตอน Softmax และสร้างเป็นโมเดล ตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดของโครงข่ายที่สร้างขึ้น

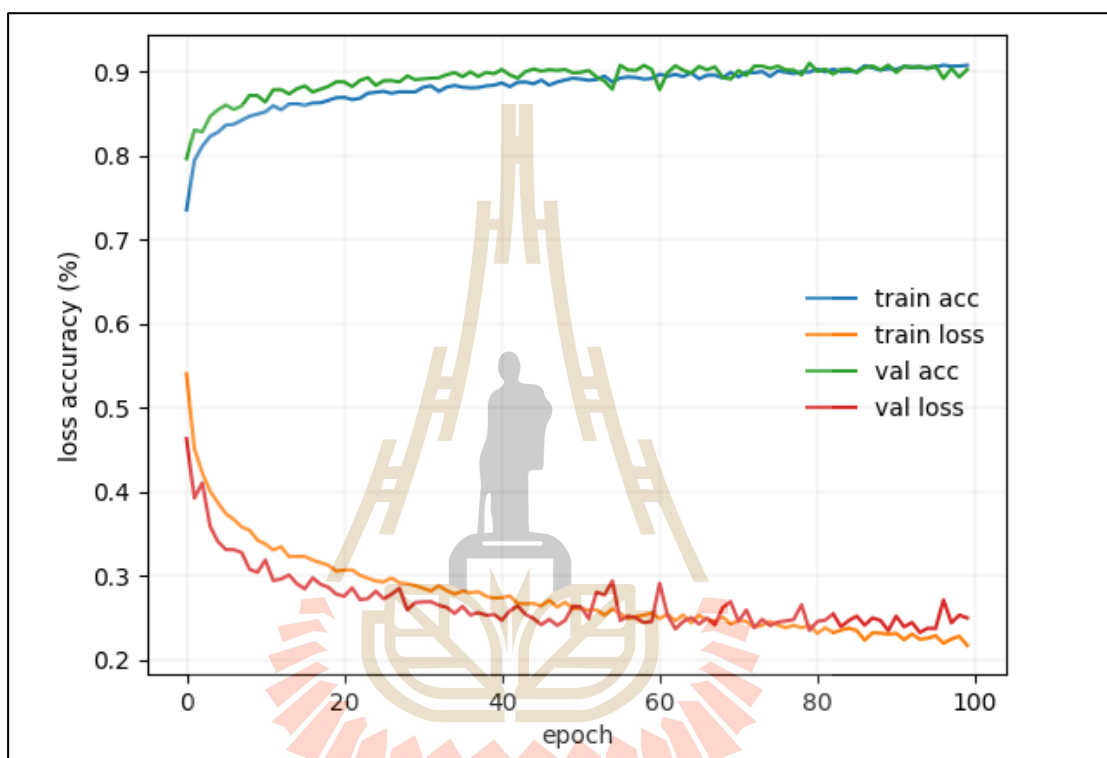
ตารางที่ 4.6 แสดงรายละเอียดของชั้นในโครงข่าย CNN ในการตรวจหาอายุ

Layer	Output shape	Parameter
Convolution 1	(28, 28, 20)	1520
Activation 1	(28, 28, 20)	0
Pooling 1	(13, 13, 20)	0
Convolution 2	(13, 13, 50)	25050
Activation 2	(13, 13, 50)	0
Pooling 2	(6, 6, 50)	0
Flatten	1800	0
Dense 1	500	900500
Activation 3	500	0
Dense 2	2	1002
Activation 4	2	0

2) ขั้นตอนเตรียมภาพสำหรับการสอน ผู้วิจัยใช้รูปข้อมูลสองชุดได้แก่ รูปใบของผู้มีอายุตั้งแต่ 40 ถึง 80 ปี (Over 40) จำนวน 7,134 ภาพ และรูปใบหน้าของผู้มีอายุตั้งแต่ 1 ขวบ ถึง 39 ปี (Under 40) จำนวน 16,737 ภาพ จะดำเนินการตัดภาพเฉพาะใบหน้าด้วยฟังก์ชันฮาร์คาสแคด (Harr Cascade) โดยกำหนดเส้นขอบออกด้านละ 15 พิกเซล เพื่อป้องกันคุณลักษณะบางอย่างขาดหาย รูปที่ 4.29 แสดงการตัดภาพ A เป็นการระบุตำแหน่งใบหน้าที่ของฟังก์ชันฮาร์คาสแคด B การตัดภาพโดยการเพิ่มขอบจากตำแหน่งของฮาร์ โดยภาพที่ได้จะมีขนาดใหญ่กว่าที่ฟังก์ชันฮาร์ตรวจหาได้

3) ขั้นตอนดำเนินการสอนเครื่อง (Train) แปลงภาพเป็นข้อมูล เก็บไว้ในในรายการที่เตรียมสำหรับการสอน จะสกัดชื่อ (Label) ของภาพจากโฟลเดอร์ที่เก็บภาพ โดยให้วัยสูงอายุเท่ากับ 1 และกลุ่มไม่ใช่วัยสูงอายุเท่ากับ 0 แบ่งข้อมูลที่ใช้ในการตรวจสอบความถูกต้อง ร้อยละ 25 ของข้อมูลที่ใช้สอนเครื่อง และทำการปรับข้อมูลภาพ (Image Processing)

ผลลัพธ์ของการสร้างโครงข่ายเพื่อตรวจหาอายุแสดงในรูปที่ 4.36 การสอนทั้งหมด 100 รอบ รอบที่มีค่าการทดสอบความสูญเสียที่ดีที่สุดคือรอบที่ 94 ค่าการทดสอบความสูญเสีย (Validation Loss) มีค่า 0.2231 ค่าทดสอบความถูกต้อง (Validation Accuracy) เท่ากับ 0.9061 ค่าความสูญเสีย (Train Loss) เท่ากับ 0.2251 และ ค่าความถูกต้อง (Train Accuracy) เท่ากับ 0.9053



รูปที่ 4.36 ผลลัพธ์ของการสร้างโมเดลโครงข่ายซีเอ็นเอ็น (CNN) เพื่อตรวจหาอายุ

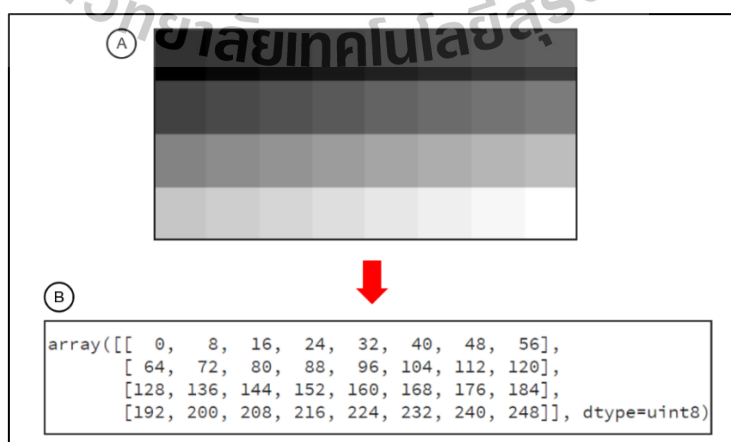
4) การตรวจช่วงหาอายุ นำโมเดลที่สร้างจากการเรียนของเครื่องจากขั้นตอนก่อนหน้ามาใช้ในการตรวจหาอายุ โดยรูปภาพที่ใช้จะได้รับจากขั้นตอนเตรียมการซึ่งได้ตัดรูปภาพเฉพาะใบหน้าหรือระบุตำแหน่งของใบหน้าไว้ ซึ่งการตรวจหาจะทำการตรวจหาในบริเวณที่ได้ที่การระบุตำแหน่งไว้ การตรวจหาค้นสมบัติเป็นไปตามขั้นตอนของกระบวนการซีเอ็นเอ็น ด้วยการเลื่อนหน้าต่างการคำนวณไปตามแนวนอนจากขวาไปซ้าย และจากบนลงล่างตามลักษณะของโครงข่ายซีเอ็นเอ็น เพื่อวิเคราะห์คุณลักษณะของรูปภาพเพื่อทำนายอายุของใบหน้าจากรูปภาพนั้น ๆ รูปที่ 4.37 แสดงตัวอย่างการตรวจหาอายุของมอคู



รูปที่ 4.37 ตัวอย่างการตรวจหาอายุของมอดูล

#### 4.1.3.7 การตรวจหาปัจจัยแสงโดยรอบอุปกรณ์ (Ambient Light Factor)

ใช้การคำนวณค่าขาวดำในรูปภาพที่ได้จากขั้นตอนการเตรียมการภาพ (Preprocess Step) เนื่องจากค่าขาวดำจะแสดงถึงความมืดและความสว่าง ตัวอย่างเช่น ถ้าแสงสว่างมีน้อยภาพที่จับได้จะมีสีดำมากกว่าสีขาว ในงานวิจัยนี้จะแทนค่าน้ำหนักสีที่มากเป็นค่าความสว่าง โดยน้ำหนักที่มากที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 255 และค่าน้ำหนักสีที่น้อยเป็นความมืด อย่างไรก็ตามค่าที่น้อยที่สุดจะมีค่าเท่ากับ 0 ค่าน้ำหนักเป็นค่าตัวแปรที่เก็บอยู่ในนัมพายอาร์เรย์ (Numpy Array) ของรูปภาพที่ได้กล่าวไว้ในขั้นตอนการเตรียมการ รูปที่ 4.38 แสดงตัวอย่างค่าน้ำหนักของสีที่เก็บในนัมพายของรูปภาพ



รูปที่ 4.38 ตัวอย่างค่าน้ำหนักที่เก็บในนัมพายของรูปภาพ

ในตัวอย่างรูปที่ 4.39 A คือภาพขาวดำที่มีมีขนาดรวม 32 พิกเซล ประกอบด้วย แนวนอน 8 พิกเซล และ แนวตั้ง 4 พิกเซล B คือ นัมพายที่เก็บค่าของรูปภาพ มีขนาด 8 แถว 4 คอลัมน์ และภายในเก็บค่าของน้ำหนักสีของรูปภาพ โดยค่าที่ค่าที่สุดมีน้ำหนักเท่ากับ 0

ดังที่ได้กล่าวไว้ข้างต้นการหาค่าความสว่างของรูปภาพจะคำนวณหา ค่าเฉลี่ยของน้ำหนักสีทั้งหมดของรูปภาพ เพื่อบอกถึงสถานะของแสงโดยรอบอุปกรณ์ของผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยของค่าน้ำหนักสีที่อยู่ในนัมพาย (Numpy Array) ของรูปภาพ ค่าเฉลี่ยที่ได้จากการคำนวณของแสงถึงความสว่างหรือแสงบริเวณ โดยรอบ รูปที่ 4.39 ตัวอย่างผลการตรวจหาค่าแสงโดยรอบของภาพ ซึ่งค่าที่ได้จากรูปตัวอย่างมีค่าเท่ากับ 171.26 เมื่อได้ค่าของแสง ในขั้นตอนนี้จะส่งต่อไปในขั้นตอนการแจ้งเตือน (Notification Step) เพื่อทำการปรับเปลี่ยนแสงของหน้าจออุปกรณ์ของผู้ใช้

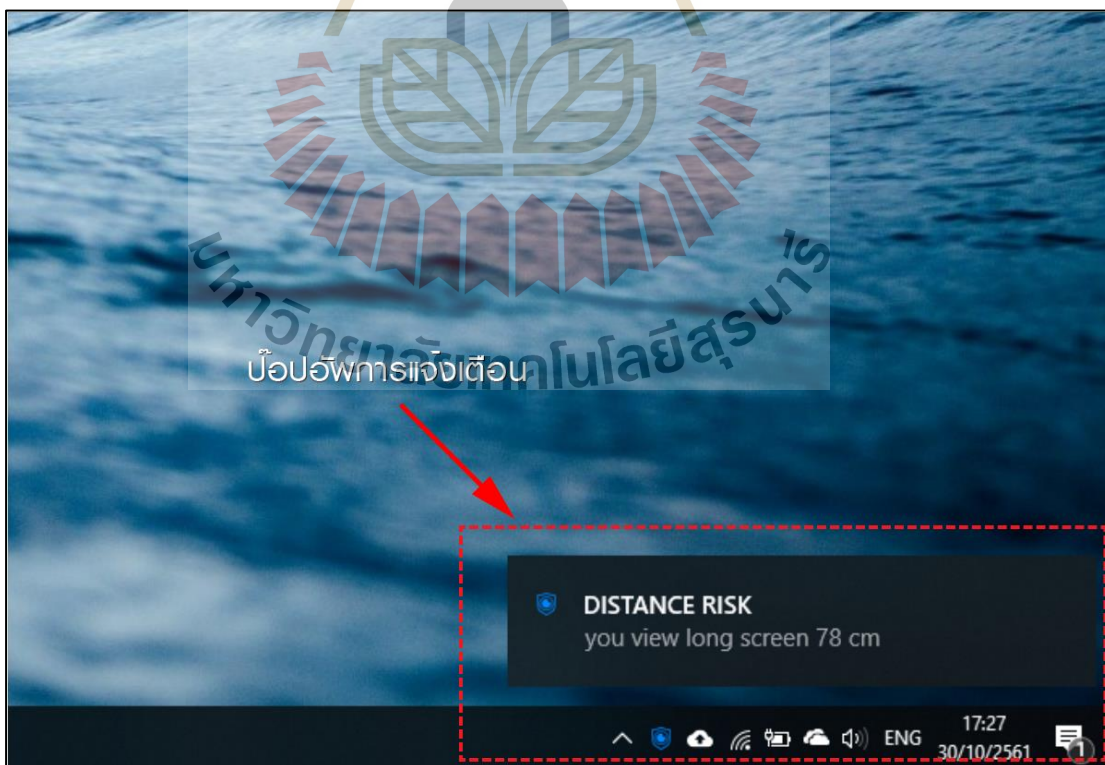


รูปที่ 4.39 ตัวอย่างผลการตรวจหาค่าแสงโดยรอบของภาพ

#### 4.1.4 ขั้นตอนการแจ้งเตือน (Notification Step)

เป็นขั้นตอนสุดท้ายของการทำงานของมอดูลซอฟต์แวร์เพื่อการตรวจหาปัจจัยเสี่ยงของโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม การทำงานในขั้นตอนนี้จะรับค่าจากขั้นตอนการตรวจหาปัจจัยทั้งหมด 7 ค่า เพื่อสร้างการแจ้งเตือน ปรับการแจ้งเตือน และปรับเปลี่ยนการมองเห็นที่เหมาะสมกับผู้ใช้งาน การทำงานในขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแจ้งเตือน 4 ปัจจัย การปรับเปลี่ยนการแจ้งเตือน 1 ปัจจัย และการปรับเปลี่ยนการมองเห็น 2 ปัจจัย

1) การแจ้งเตือน มี 4 ปัจจัย ได้แก่ เวลาการใช้งาน อัตราการกระพริบตา มุมมองในการเพ่งมองของผู้ใช้ และ ระยะห่างระหว่างดวงตาและจออุปกรณ์สารสนเทศ การแจ้งเตือนจะอยู่ในรูปแบบป๊อปอัพบนพื้นฐานของระบบปฏิบัติการนั้น ๆ ซึ่งการแจ้งเตือนเหล่านั้นจะมีเสียงในการแจ้งเตือนด้วยเพื่อบอกถึงสถานะ ตัวอย่างการแจ้งเตือนแสดงในรูปที่ 4.40 ซึ่งในตัวอย่างเป็นการแจ้งเตือนบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 (Windows 10) ในป๊อปอัพจะมีรายละเอียดของปัจจัยในการแจ้งของผู้ใช้งาน หลักการในการแจ้งเตือนและเวลาในการแสดงการแจ้งเตือนในแต่ละปัจจัยจะแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม ดังนี้



รูปที่ 4.40 ตัวอย่างเป็นการแจ้งเตือนบนระบบปฏิบัติการวินโดวส์ 10 (Windows 10)

การแจ้งเตือนปัจจัยเรื่องเวลาการใช้งาน ตามหลักการป้องกันควรวัดสายตาทุก 20 นาที เป็นเวลา 20 วินาที และควรวัดสายตาทุก 2 ชั่วโมง เป็นเวลา 15 นาที โดยระบบจะแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้งานใช้งานนานติดต่อกันทุก ๆ 20 นาที แจ้งเตือนให้ผู้พัก 20 นาที ระหว่างที่ผู้ใช้พักสายตาในช่วง 20 วินาทีระบบจะหยุดนับเวลาในการเพ่งมองหากไม่พบการเพ่งมองของผู้ใช้ และจะนับเวลาต่อเมื่อพบดวงตาอีกครั้ง หากไม่พบดวงตาเกิน 5 นาที ระบบจะเริ่มนับเวลาการเพ่งมองอีกครั้ง และ การแจ้งการเพ่งมองทุก ๆ 2 ชั่วโมง จะแจ้งเตือนให้พัก 15 นาที เมื่อไม่พบดวงตาของผู้ใช้ จะหยุดนับเวลา หากผู้ใช้ไม่พักเวลาจะไม่หยุด และจะเริ่มนับเวลาใหม่อีกครั้งหลังจากมีการพัก 15 นาที

การแจ้งเตือนปัจจัยเรื่องอัตราการกระพริบตา ตามหลักการป้องกันการเกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศควรกระพริบตาระหว่างการเพ่งมองจออุปกรณ์อย่างน้อย 21 ครั้งต่อนาที การแจ้งเตือนเรื่องอัตราการกระพริบตาในของระบบ จะคำนวณอัตราการกระพริบต่อนาที และแจ้งเตือนเมื่อผู้ใช้งานมีอัตราการกระพริบตาน้อยกว่า 20 ครั้งต่อนาที เฉลี่ยเท่ากับ 3 วินาทีต่อ 1 ครั้ง แต่เมื่อผู้ใช้เป็นผู้หญิงระบบจะปรับการแจ้งเตือนเป็นอย่างน้อย 30 ครั้งต่อนาทีหรือ 2 วินาทีต่อ 1 ครั้ง

การแจ้งเตือนปัจจัยเรื่องมุมมองในการเพ่งมองจออุปกรณ์ ตามหลักการมุมมองที่เหมาะสมในการใช้คือมุมที่มองลงประมาณ 10 – 15° การแจ้งเตือนจะคำนวณทุก 4 วินาที เมื่อผู้ใช้งานมีการใช้งานที่นอกเนื่องจากหลักการของการป้องกันโรค ระบบจะทำการแจ้งเตือน

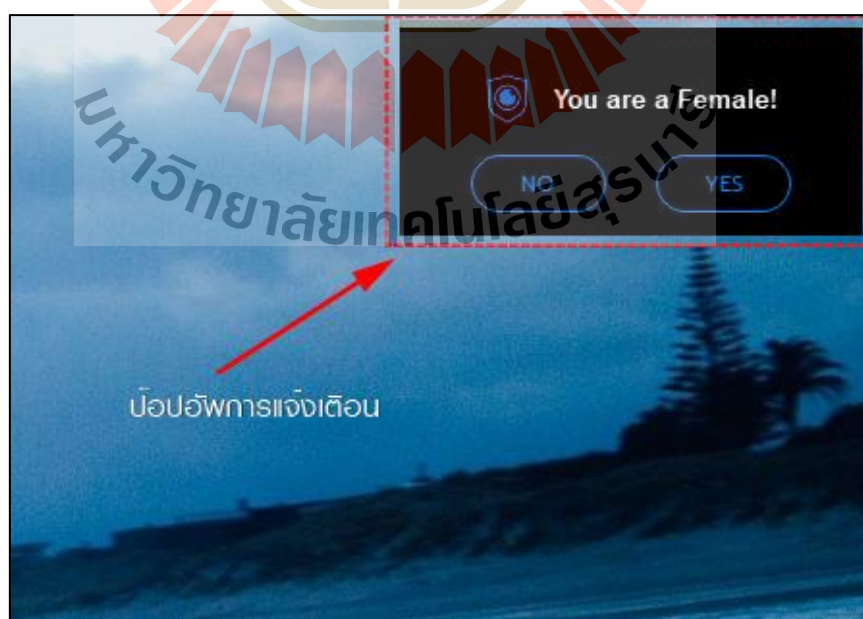
การแจ้งเตือนปัจจัยเรื่องระยะห่างระหว่างดวงตากับหน้าจออุปกรณ์ ตามหลักการป้องกันการป้องกันโรค ผู้ใช้ควรมีระยะห่างจากหน้าจอประมาณ 50 – 70 เซนติเมตรในคอมพิวเตอร์ และประมาณ 30 เซนติเมตร ในอุปกรณ์ประเภทสมาร์ตโฟน การแจ้งเตือนจะคำนวณทุก 2 วินาที เมื่อผู้ใช้งานมีระยะห่างที่ไม่เหมาะสม ระบบจะทำการแจ้งเตือน

2) การปรับเปลี่ยนการแจ้งเตือน คือตัวแปรเรื่องเพศที่ได้จากการตรวจหาเพศ ที่ไปเปลี่ยนแปลงจำนวนของขั้นต่ำในการคำนวณจำนวนการกระพริบต่อนาที ในการแจ้งเตือนการกระพริบ ตามที่ได้กล่าวในข้างต้น เพศเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อการเสี่ยงของอาการตาแห้ง เพื่อลดอาการตาแห้งจากสาเหตุดังกล่าว จำเป็นต้องมีการกระพริบตาเพิ่มมากขึ้น เพื่อให้สารเหลวในดวงตาเคลือบผิวของลูกตาไว้ ทำให้เกิดความชุ่มชื้นตลอดเวลา ดังนั้นขั้นต่ำของการคำนวณการแจ้งเตือน

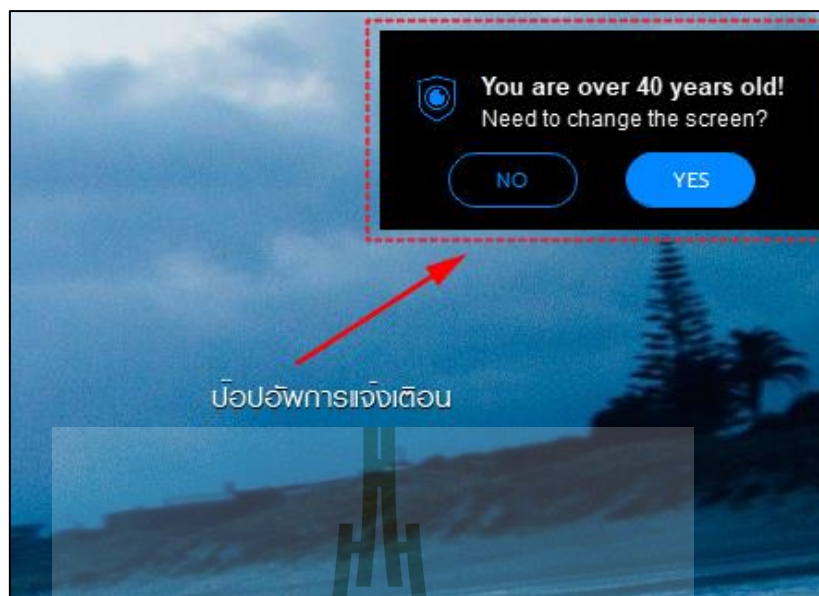
การกระพริบตาจะเปลี่ยนแปลงจาก 20 ครั้งต่อนาที เป็น 30 ครั้งต่อนาที เมื่อผู้ใช้เป็นผู้หญิง แต่อย่างไรก็ตามการทำนายเรื่องเพศมีความละเอียดอ่อน ระบบจึงมีป๊อปอัพสถานะแสดงเพศของผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้ไม่ทำการแก้ไขระบบภายใน 5 วินาที ระบบจะตีความการทำนายเป็นการทำนายที่ถูกต้อง และดำเนินการในขั้นการปรับเปลี่ยนการแจ้งเตือนการกระพริบตา ตัวอย่างป๊อปอัพสถานะแสดงเพศ แสดงในรูปที่ 3.41

3) การปรับเปลี่ยนการมองเห็น จะประกอบไปด้วยปัจจัยเรื่องของอายุและปัจจัยในเรื่องของแสงโดยรอบ ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

อายุเกี่ยวข้องกับการมองเห็นที่ไม่ชัดเจนโดยส่วนใหญ่จะเป็นกลุ่มผู้สูงอายุ การปรับเปลี่ยนนี้จะปรับขนาดการแสดงผลของหน้าจอให้ใหญ่ขึ้น โดยการทดลองในระบบปฏิบัติการวินโดวส์ สูงอายุส่วนใหญ่มีความต้องการการแสดงผลขนาด 125 เปอร์เซ็นต์ การปรับหน้าจอจะดำเนินการเมื่อระบบตรวจพบว่าผู้ใช้งานเป็นกลุ่มผู้สูงอายุ อย่างไรก็ตามการทำนายเรื่องอายุและการมองเห็นที่เหมาะสมแก่บุคคลนั้น ๆ เป็นเรื่องละเอียดอ่อน ระบบจึงมีป๊อปอัพแสดงสถานะอายุของผู้ใช้และความต้องการในการปรับขนาดหน้าจอของผู้ใช้รับรู้ เมื่อผู้ใช้ไม่ทำการแก้ไขระบบภายใน 5 วินาที ระบบจะตีความการทำนายเป็นการทำนายที่ถูกต้อง และดำเนินการในขั้นการปรับเปลี่ยนการแสดงผล ตัวอย่างป๊อปอัพสถานะแสดงอายุ แสดงในรูปที่ 3.42



รูปที่ 3.41 ตัวอย่างป๊อปอัพสถานะแสดงเพศ



รูปที่ 3.42 ตัวอย่างป๊อปอัพสถานะแสดงอายุ

การปรับเปลี่ยนที่เกิดจากปัจจัยของแสงโดยรอบ ซึ่งแสงในสภาวะแวดล้อมที่ไม่เหมาะสมกับการเพ่งมองจอ จะก่อให้เกิดทำงานของกล้ามเนื้อภายในดวงตาค้นขึ้น โดยจะมีอาการที่แสดงออกง่าย ๆ เช่น การเพ่งมองจอที่มีแสงจ้าในที่มืด หรือการมองจอในที่สว่างจ้าแต่หน้าจอสลัว สิ่งเหล่านี้จะก่อให้เกิดอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมได้ง่าย ดังนั้นการปรับเปลี่ยนที่รับค่าจากการตรวจหาปัจจัยเรื่องแสงจะทำการปรับความสว่างของหน้าจอให้เหมาะสมกับการมองเห็น ซึ่งการปรับเปลี่ยนดังกล่าวจะปรับไปตามสภาพแสงของหน้าจอ ในตารางที่ 4.7 แสดงจากการผลการเปรียบเทียบความเหมาะสมในการเพ่งมองของแสงจากหน้าจอกับแสงโดยรอบจอ

ตารางที่ 4.7 การเปรียบเทียบค่าที่เหมาะสมของแสงจากหน้าจอและแสงโดยรอบจอ

แสงโดยรอบ	ความสว่างของหน้าจอ
200 - 255	100
140 - 200	90
100 - 140	80
60 - 100	70
50 - 60	60
40 - 50	50
30 - 40	40
0 - 40	30



## 4.2 ผลการทดสอบระบบมอดูลซอฟต์แวร์

การทดสอบการทำงานของมอดูลซอฟต์แวร์จะมีการประเมิน 2 ด้าน ได้แก่การประเมินความถูกต้อง และการประเมินการใช้งานได้ของระบบ

### 4.2.1 การประเมินความถูกต้องของมอดูลซอฟต์แวร์

การประเมินความถูกต้องในการตรวจหาปัจจัย ประกอบด้วย การตรวจหาอัตรา การกระพริบตา การตรวจหาหมุมมอง การตรวจหาระยะห่างของดวงตา การตรวจหาเพศของผู้ใช้ และการตรวจหาอายุของผู้ใช้

1) การประเมินความถูกต้องของการตรวจหาอัตราการกระพริบตา จะดำเนินการให้ผู้ทดสอบทำการกระพริบตาระหว่างการเพ่งมองจออุปกรณ์สารสนเทศ 1 ครั้งต่อ 3 วินาที (20 ครั้งต่อ 1 นาที) ในระยะห่าง 60 และ 80 เซนติเมตร โดยจอที่ผู้ใช้เพ่งมอง จะมีแอปพลิเคชันนับถอยหลังการกระพริบ เพื่อให้ผู้ทดสอบกระพริบตาได้ถูกต้องตามเวลาในการทดสอบ ผู้เข้าทดสอบ 100 คน ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.7 การกระพริบตาในระยะ 60 ซม. มีค่า MAE (ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย) เท่ากับ 1.04 MAPE (ค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 5.20 และ RMSE (ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย) เท่ากับ 1.30 การกระพริบตาในระยะ 80 ซม. มีค่า MAE (ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย) เท่ากับ 0.96 MAPE (ค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 4.80 และ RMSE (ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย) เท่ากับ 1.26 ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาการกระพริบตา

ตารางที่ 4.8 ผลการทดสอบการตรวจหาการกระพริบตา

MAESURE	Blink 60 cm	Blink 80 cm
MAE	1.04	0.96
MAPE	5.20	4.80
RMSE	1.30	1.26

2) การประเมินความถูกต้องในการตรวจหาหมุมมองในการเพ่งมองหน้าจ่ออุปกรณ์ ดำเนินการโดยให้ผู้เข้าทดสอบเพ่งมองจออุปกรณ์ในมุม  $\sim 10^\circ$  ของการมองลง ผู้เข้าทดสอบ 100 คน ตรวจหาหมุมมองคนละ 100 ครั้ง (เฟรม) ผลจากการทดสอบได้ค่า MAE (ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย) เท่ากับ 0.33 MAPE (ค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 3.30 และ

RMSE (ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย) เท่ากับ 0.40 ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการตรวจหาหม่อมองในการเพ่งมอง

ตารางที่ 4.9 ผลการทดสอบการตรวจหาหม่อมองในการเพ่งมอง

MAESURE	Angle 10°
MAE	0.33
MAPE	3.30
RMSE	0.40

3) การประเมินความถูกต้องในการตรวจหาระยะห่างระหว่างดวงตากับหน้าจอ ดำเนินการโดยเข้าผู้เข้าทดสอบเพ่งมองจออุปกรณ์ในระยะ 60 และ 80 ซม. ผู้เข้าทดสอบ 100 คน ตรวจหาระยะห่างคนละ 100 ครั้ง (เฟรม) ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 4.8 ระยะ 60 ซม. มีค่า MAE (ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย) เท่ากับ 1.49 MAPE (ค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 2.48 และ RMSE (ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย) เท่ากับ 1.72 การตรวจหาในระยะ 80 ซม. มีค่า MAE (ค่าความคลาดเคลื่อนสัมบูรณ์เฉลี่ย) เท่ากับ 1.49 MAPE (ค่าสัมบูรณ์เปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.86 และ RMSE (ค่ารากที่สองของความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ย) เท่ากับ 1.72 ตารางที่ 4.10 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาระยะห่าง

ตารางที่ 4.10 ผลการทดสอบการตรวจหาระยะห่าง

MEASURE	Distance 60 cm	Distance 80 cm
MAE	1.49	1.49
MAPE	2.48	1.86
RMSE	1.72	1.72

4) การทดสอบการตรวจหาเพศ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำนายเพศจากชุดรูปภาพผู้หญิงจำนวน 2,432 ภาพ ทำนายผิดพลาด 43 ภาพ และทำนายชุดรูปภาพผู้ชายจำนวน 2,772 ภาพ ทำนายผิดพลาด 3 ภาพ โดยจะเห็นได้ว่าการทำนายเพศของผู้ชายมีความถูกต้องกว่าผู้หญิงอยู่อย่างมาก ซึ่งอาจเป็นเพราะกลุ่มตัวอย่างของรูปภาพผู้ชายที่ได้สุ่มด้วยวิธีการ Shuffle Random เป็นภาพที่มีคุณลักษณะที่ง่ายต่อการจำแนกเพศ อย่างไรก็ตามการทดสอบการตรวจหาเพศทั้งหมด 5,209 ภาพ ได้ Accuracy เท่ากับ 99.11 ตารางที่ 4.11 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาเพศจาก

ภาพนิ่ง รูปที่ 4.43 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการทำนายเพศหญิง รูปที่ 4.44 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการทำนายเพศชาย อย่างไรก็ตามการตรวจหาในมอดูลซอฟต์แวร์เพื่อการตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมเป็นการทำงานแบบเรียลไทม์ (Real Time) ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบตรวจหาเพศจากภาพเคลื่อนไหวด้วยการสุ่มติดตั้งกล้องตามที่สาธารณะ และตรวจหาจากวิดีโอตามเครือข่ายออนไลน์ต่าง ๆ ได้แก่ Youtube Twitter Facebook และ Instagram จำนวน 100 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นชาย 49 และหญิง 51 ตามสัดส่วนประชากรผู้ที่มีสัญชาติไทย และมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้าน (ระบบสถิติทางการทะเบียน กระทรวงมหาดไทย, 2560) การทดสอบจะให้ค่าการตรวจหาในเฟรมที่ 60 ของตัวอย่างที่ตรวจหา ตารางที่ 4.12 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาเพศจากตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว ระบบทำนายเพศชายผิด 2 ครั้ง ทำนายเพศหญิงผิด 4 ครั้ง ได้ Accuracy เท่ากับ 94 ตารางที่ 4.9 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาเพศจากภาพเคลื่อนไหว อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า คุณภาพของรูปภาพที่ตรวจหาเพศส่งผลต่อการทำนายโดยเปรียบเทียบจากผลการทำนายของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว

5) การทดสอบการตรวจหาช่วงอายุ ผู้วิจัยได้ทำการทดสอบการทำนายอายุจากชุดรูปภาพของกลุ่มอายุ 6 ถึง 40 ปี จำนวน 4,184 ภาพ ทำนายผิดพลาด 233 ภาพ และทำนายชุดรูปภาพกลุ่มอายุตั้งแต่ 41 ถึง 80 จำนวน 1,785 ภาพ ทำนายผิดพลาด 154 ภาพ รวมการทดสอบการตรวจหาช่วงอายุจากภาพนิ่งทั้งหมด 5,969 ภาพ ได้ค่า Accuracy เท่ากับ 93.68 ผลการทดสอบการตรวจหาช่วงอายุแสดงในตารางที่ 4.13 รูปที่ 4.45 และ รูปที่ 4.46 แสดงตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ทำนายช่วงอายุไม่เกิน 40 ปี (Under 40) และกลุ่มช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไป (Over 40) ตามลำดับ อย่างไรก็ตามการตรวจหาในมอดูลซอฟต์แวร์เพื่อการตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมเป็นการทำงานแบบเรียลไทม์ (Real Time) ผู้วิจัยจึงได้ทดสอบตรวจหาเพศจากภาพเคลื่อนไหวด้วยการสุ่มติดตั้งกล้องตามที่สาธารณะ และตรวจหาจากวิดีโอตามเครือข่ายออนไลน์ต่าง ๆ ได้แก่ Youtube Twitter Facebook และ Instagram จำนวน 100 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นอายุ 40 ปี 53 ตัวอย่าง และอายุมากกว่า 40 ปี 47 ตัวอย่าง ตามสัดส่วนประชากรผู้ที่มีสัญชาติไทย และมีชื่ออยู่ในทะเบียนบ้าน (ระบบสถิติทางการทะเบียน กระทรวงมหาดไทย, 2560) การทดสอบจะให้ค่าการตรวจหาในเฟรมที่ 60 ของตัวอย่างที่ตรวจหา ตารางที่ 4.14 แสดงผลการทดสอบการตรวจหาช่วงอายุจากตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว ระบบทำนายช่วงอายุไม่เกิน 40 ปี 9 ครั้ง ทำนายช่วงอายุ 40 ปีขึ้นไป ผิด 7 ครั้ง ได้ค่า Accuracy เท่ากับ 84 อย่างไรก็ตามจากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่า คุณภาพของรูปภาพที่ตรวจหาส่งผลต่อการทำนาย โดยเปรียบเทียบจากผลการทำนายของภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว

6) การประเมินความถูกต้องของปัจจัยของแสงโดยรอบอุปกรณ์ ใช้การเปรียบเทียบค่าแสงที่ตรวจหาได้จากมอดูลซอฟต์แวร์และค่าแสงที่จากเครื่องตรวจวัดแสงในหน่วยของ Lux โดยการสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้น ประเมินด้วยการหาค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) และ วิเคราะห์การถดถอยด้วยการหาค่า R-Squared โดยข้อมูลที่ใช้หาความสัมพันธ์ได้แก่ ค่าของแสงที่ได้จากการตรวจวัดในหน่วยของ Lux และค่าแสงที่ได้จากมอดูลซอฟต์แวร์ในงานวิจัยหน่วยเป็นค่าเฉลี่ยของ Array ที่อยู่ภายในภาพ วิธีทดลองได้ทำการวัดแสงด้วยเครื่องมือตรวจวัดแสง ตรงบริเวณตรวจหาแสงของมอดูลซอฟต์แวร์ โดยใช้การสุ่มพื้นที่ที่ตรวจหาค่าแสงนั้น ๆ และนำค่าที่ได้ทั้งสองค่า มาประเมินด้วยวิธี ที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ตารางที่ 4.15 แสดงผลการทดสอบ และ ภาพที่ 4.47 แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการประเมินการสร้างความสัมพันธ์เชิงเส้น โดยมีค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) เท่ากับ 0.9927 R-Squared มีค่าเท่ากับ 0.9855

ตารางที่ 4.11 ผลการทดสอบการตรวจหาเพศจากตัวอย่างภาพนิ่ง

รูปตัวอย่าง	ถูกต้อง (ภาพ)	ผิดพลาด (ภาพ)	ถูกต้อง (%)	ผิดพลาด (%)
ชาย	2769	3	99.89	0.11
หญิง	2389	43	98.23	1.77

ตารางที่ 4.12 ผลการทดสอบการตรวจหาเพศจากตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว

รูปตัวอย่าง	ถูกต้อง (ภาพ)	ผิดพลาด (ภาพ)	ถูกต้อง (%)	ผิดพลาด (%)
ชาย	47	2	95.92	4.08
หญิง	47	4	92.16	7.84

ตารางที่ 4.13 ผลการทดสอบการตรวจหาอายุจากตัวอย่างภาพนิ่ง

รูปตัวอย่าง	ถูกต้อง (ภาพ)	ผิดพลาด (ภาพ)	ถูกต้อง (%)	ผิดพลาด (%)
ไม่เกิน 40 ปี	3961	223	94.67	5.33
40 ปีขึ้นไป	1631	154	91.37	8.63

ตารางที่ 4.14 ผลการทดสอบการตรวจหาอายุจากตัวอย่างภาพเคลื่อนไหว

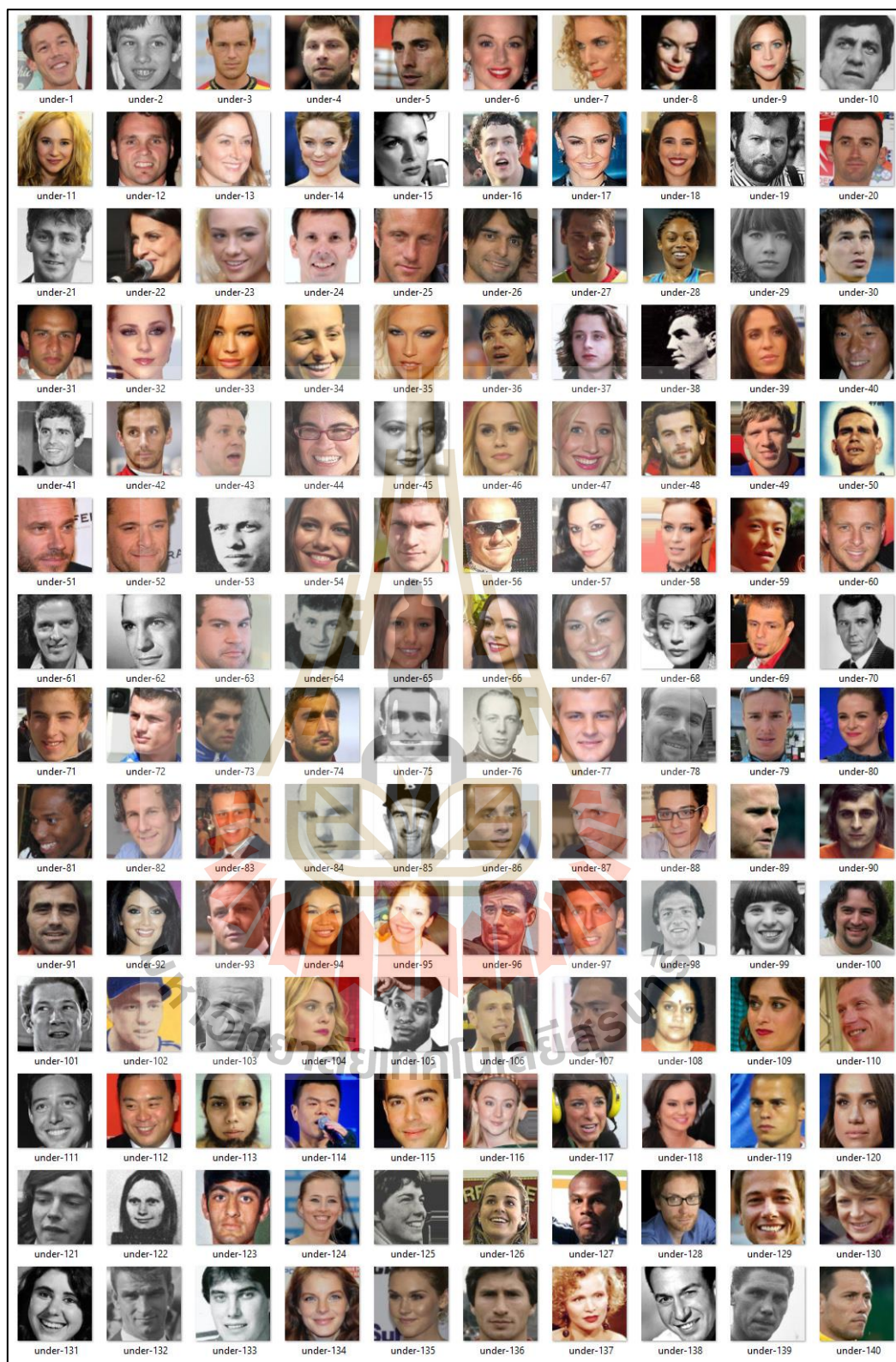
รูปตัวอย่าง	ถูกต้อง (ภาพ)	ผิดพลาด (ภาพ)	ถูกต้อง (%)	ผิดพลาด (%)
ไม่เกิน 40 ปี	44	9	83.02	16.98
40 ปีขึ้นไป	40	7	85.11	14.89



รูปที่ 4.43 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการทำนายเพศหญิง (Rasmus, 2015) (Zhang, 2017)



รูปที่ 4.44 แสดงภาพตัวอย่างที่ใช้ทดสอบการทำนายเพศชาย (Rasmus, 2015) (Zhang, 2017)



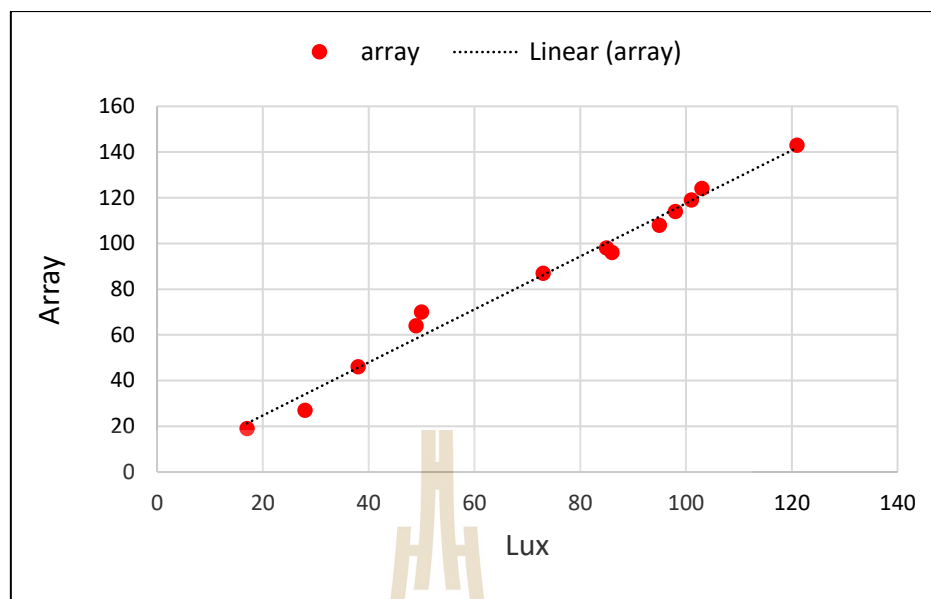
รูปที่ 4.45 แสดงตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ทำนายช่วงอายุไม่เกิน 40 ปี

(Rasmus, 2015) (Zhang, 2017)



รูปที่ 4.46 แสดงตัวอย่างรูปภาพที่ใช้ทำนายช่วงอายุมากกว่า 40 ปี  
(Rasmus, 2015) (Zhang, 2017)





รูปที่ 4.47 แสดงความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างค่าแสงหน่วย Lux และ ค่าน้ำหนัก Array ในภาพ ที่ได้จากการทดสอบ

ตารางที่ 4.15 การเปรียบเทียบแสงในหน่วย Lux และน้ำหนักของ Array ในภาพ จากการทดสอบ

Lux	Array
17	19
28	27
38	46
49	64
50	70
73	87
85	98
86	96
95	108
98	114
101	119
103	124
121	143

#### 4.2.2 การประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์

ในการประเมินนี้ใช้การตั้งคำถามแก่ผู้ใช้งานโดยสอบถามจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศทั่วไป 100 คน แบบสอบถามที่ใช้เป็นแบบสอบถามวัดการใช้งานซอฟต์แวร์แบบ SUMI (Kirakowski & Corbett, 1993) SUMI เป็นแบบสอบถามสำหรับการประเมินการใช้งานห้าส่วน ที่ได้รับการพัฒนาเป็นหลักการวัดการรับรู้ของผู้ใช้เกี่ยวกับการใช้งานซอฟต์แวร์ ประกอบด้วยคำถามมาตรฐาน 50 ข้อ ที่ได้รับการยอมรับในระดับสากลสำหรับการวัดเชิงปริมาณในมุมมองของผู้ใช้ และคำถามจะมีทั้งแง่บวกและแง่ลบ รูปแบบคำตอบประกอบด้วย "ตกลง", "ไม่ตัดสินใจ" และ "ไม่เห็นด้วย" ผลของแบบสอบถามการประเมินแต่ละด้านแสดงในตารางที่ 4.15 ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพ (Efficiency) ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินด้านผลกระทบ (Affect) ตารางที่ 4.17 ผลการประเมินด้านความช่วยเหลือ (Helpfulness) ตารางที่ 4.18 ผลการประเมินด้านการควบคุม (Control) และตารางที่ 4.19 ผลการประเมินด้านการเรียนรู้ได้ (Learnability)

ตารางที่ 4.16 ผลการประเมินด้านประสิทธิภาพ (Efficiency)

ข้อ	คำถาม	(+ / -)	คะแนน
1	ระบบนี้มีการตอบสนองที่ช้าเกินไป	-	253
2	บางครั้งในการใช้งาน คุณไม่ทราบว่าต้องทำอะไรต่อ	-	202
3	บางครั้งคุณสงสัยว่าคุณใช้งานระบบได้อย่างถูกต้องหรือไม่	-	211
4	ระบบนี้ส่งผลกระทบต่อการทำงานแบบเดิมของคุณในปัจจุบัน	-	234
5	คุณคิดว่าการทำงานของระบบนี้ไม่สอดคล้องกัน	-	252
6	คุณสามารถทำในสิ่งที่ต้องการได้อย่างตรงไปตรงมา	+	255
7	ระบบสามารถทำงานได้ตรงกับความต้องการของคุณ	+	259
8	มีขั้นตอนมากเกินไปในการทำงานบางอย่าง	-	254
9	ระบบไม่สามารถทำบางสิ่งบางอย่างที่คุณคาดหวังได้	-	221
10	ในบางครั้ง ระบบนี้แสดงอาการบางอย่างที่คุณไม่เข้าใจ	-	207

ตารางที่ 4.17 ผลการประเมินด้านผลกระทบ (Affect)

ข้อ	คำถาม	(+ / -)	คะแนน
1	คุณจะแนะนำระบบนี้ให้กับคนรู้จัก	+	227
2	คุณรู้สึกสนุกและมีส่วนร่วมในขณะที่ใช้ระบบนี้	+	265
3	การใช้งานระบบนี้เป็นที่น่าพอใจ	+	283
4	การทำงานของระบบนี้ช่วยกระตุ้นความสนใจให้กับคุณ	+	284
5	คุณคิดว่าคุณไม่ชอบที่จะใช้ระบบนี้ทุกวัน	-	228
6	การใช้ระบบนี้เป็นที่น่าผิดหวัง	-	227
7	บางช่วงเวลาที่ใช้ระบบนี้ คุณค่อนข้างเครียด	-	200
8	คุณคิดว่าระบบนี้ทำให้คุณรู้สึกปวดหัวในบางครั้ง	-	238
9	สิ่งที่ระบบนำเสนอมีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก	+	281
10	การใช้งานระบบนี้เป็นที่น่าอึดอัดใจอย่างมาก	-	251

ตารางที่ 4.18 ผลการประเมินด้านความช่วยเหลือ (Helpfulness)

ข้อ	คำถาม	(+ / -)	คะแนน
1	คำแนะนำและการแจ้งเตือนในระบบนี้ มีประโยชน์ต่อคุณ	-	282
2	คุณพบว่าข้อมูลช่วยเหลือที่ระบบแสดง ไม่มีประโยชน์อย่างมาก	+	244
3	รูปแบบการแสดงผลมีความชัดเจนและเข้าใจได้	+	268
4	ระบบแสดงผลข้อมูลไม่เพียงพอกับความต้องการ	-	217
5	คุณมีความเข้าใจและใช้ระบบตามข้อมูลที่ระบบจัดหาไว้ให้	+	243
6	ระบบนี้ช่วยให้คุณเอาชนะปัญหาบางอย่างได้	+	280
7	โครงสร้างของเมนูหรือหัวข้อรายการจัดเรียงได้อย่างสมเหตุสมผล	+	239
8	ข้อความแจ้งเตือนเพื่อป้องกันข้อผิดพลาด มีไม่เพียงพอ	-	199
9	ข้อมูลให้ความช่วยเหลือมีคุณภาพและกระจายอยู่ทั่วทั้งระบบ	+	265
10	เป็นเรื่องง่ายที่จะเห็นวิธีการหรือตัวเลือกในการใช้งานแต่ละขั้นตอนได้อย่างรวดเร็ว	+	227

ตารางที่ 4.19 ผลการประเมินด้านการควบคุม (Control)

ข้อ	คำถาม	(+ / -)	คะแนน
1	ในบางครั้งระบบหยุดการทำงานโดยไม่คาดคิด	-	213
2	เป็นเรื่องยากที่จะเริ่มต้นใหม่ หากระบบนี้หยุดการทำงาน	-	219
3	คุณจะรู้สึกปลอดภัยมากขึ้น ถ้าในการใช้งานระบบ ไม่ต้องใช้คำสั่งอะไรมาก	+	275
4	คุณเข้าใจในคำสั่งของระบบ	+	240
5	ระบบนี้ทำให้คุณรู้สึกอึดอัดใจเมื่อคุณต้องการทำบางสิ่งบางอย่างที่ไม่ปกติ	-	225
6	ระบบนี้มีความรวดเร็วเพียงพอในการประมวลผล	+	278
7	ในการใช้งานระบบ คุณไม่จำเป็นต้องพิมพ์ข้อความจำนวนมาก	+	293
8	ระบบนี้ทำให้คุณได้รับสิ่งที่ต้องการโดยง่าย	+	252
9	เป็นเรื่องง่ายที่จะสลับหน้าจอการทำงานไปยังส่วนอื่นของระบบ	+	247
10	การนำเข้าและการแสดงผลข้อมูลในระบบเป็นเรื่องยาก	-	228

ตารางที่ 4.20 ผลการประเมินด้านการเรียนรู้ได้ (Learnability)

ข้อ	คำถาม	(+ / -)	คะแนน
1	การเรียนรู้ที่จะใช้งานระบบนี้ในครั้งแรก เต็มไปด้วยปัญหา	-	222
2	ต้องใช้เวลานานเกินไปที่จะเรียนรู้การใช้งานระบบ	-	235
3	คำแนะนำประกอบการใช้งานระบบมีเนื้อหามากเกินไป	-	258
4	คุณมักจะยึดติดอยู่กับอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่คุณรู้จักคืออยู่แล้ว	-	177
5	มีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องอ่าน ก่อนที่คุณจะใช้ระบบนี้เป็น	-	210
6	บางครั้งคุณต้องกลับไปดูคำแนะนำ	-	174
7	การเรียนรู้วิธีใช้งานฟังก์ชันทำงานต่าง ๆ ของระบบเป็นเรื่องยาก	-	224
8	คุณไม่ได้เรียนรู้ทุกสิ่งทุกอย่างที่นำเสนอในระบบนี้	-	189
9	เป็นเรื่องง่ายที่คุณจะลืมวิธีการใช้งานระบบนี้	-	213
10	คุณต้องการความช่วยเหลือหลายครั้งเมื่อใช้ระบบนี้	-	204

สรุปผลการประเมินแสดงในตารางที่ 4.20 จากเกณฑ์วัดระดับการใช้งาน ผลลัพธ์การประเมินด้านประสิทธิภาพมีค่าเท่ากับ 2.33 อยู่ในระดับดี ด้านผลกระทบเท่ากับ 2.58 อยู่ในระดับดี ด้านความช่วยเหลือเท่ากับ 2.46 อยู่ในระดับดี ด้านการควบคุมเท่ากับ 2.75 อยู่ในระดับดี และด้านการเรียนรู้ได้เท่ากับ 2.12 อยู่ในระดับธรรมดา

ตารางที่ 4.21 สรุปผลการประเมินการทำงานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์

ด้านการประเมิน	ผลการประเมิน
ประสิทธิภาพ (Efficiency)	2.35 (Good)
ผลกระทบ (Affect)	2.58 (Good)
ความช่วยเหลือ (Helpfulness)	2.46 (Good)
การควบคุม (Control)	2.75 (Good)
การเรียนรู้ได้ (Learnability)	2.12 (Fair)

#### 4.2.3 การอภิปรายผล

มอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม พัฒนาขึ้นเพื่อลดปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพทางตาของผู้ใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ การตรวจหาปัจจัยเสี่ยงจำเป็นต้องมีความแม่นยำ และสามารถใช้งานกับชีวิตประจำวันได้จริง ซึ่งผลการทดสอบในขั้นตอนการประเมินสามารถอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

1) ความถูกต้องของการตรวจหาปัจจัยในด้านอัตราการกระพริบตาของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยได้ใช้วิธีการสร้างโครงข่ายซีเอ็นเอ็น (CNN : Convolution Neural Networks) ในการตรวจหาสถานะการกระพริบตา การทดสอบตรวจหาการกระพริบตา 2 ระยะ ได้แก่ 60 ซม. และ 80 ซม. ตรวจหาการกระพริบตา 20 ครั้ง การกระพริบตาในระยะ 60 ซม. มีค่า MAE (ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.04 MSE (ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง) เท่ากับ 1.70 RMSE (ค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.30 MAPE (ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนร้อยละ) เท่ากับ 5.20 การกระพริบตาในระยะ 80 ซม. มีค่า MAE (ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 0.96 MSE (ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนกำลังสอง) เท่ากับ 1.60 RMSE (ค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคลาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.26

MAPE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนร้อยละ) เท่ากับ 4.80 สามารถสรุปได้ว่าในจำนวนการกระพริบตา 20 ครั้ง มีการตรวจหาที่ผิดพลาด 1 ครั้ง หรือมีความถูกต้องในการตรวจหาร้อยละ 95 ระยะ 80 ซม. มีความถูกต้องมากกว่าระยะ 60 ซม.

2) ความถูกต้องในการตรวจหามุมมองในการเพ่งมองจอของผู้ใช้ ทำการทดสอบ ในมุม  $\sim 10^\circ$  ของการมองลง ผลจากการทดสอบ ได้ค่า MAE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อน) เท่ากับ 0.33 MSE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนกำลังสอง) เท่ากับ 0.16 RMSE (ค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคาดเคลื่อน) เท่ากับ 0.40 MAPE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนร้อยละ) เท่ากับ 3.30 แสดงให้เห็นว่าการตรวจหาการกระพริบตาที่มีความผิดพลาดในแต่ละครั้ง ไม่ถึง  $0.5^\circ$

3) ความถูกต้องในการตรวจหาระยะห่างระหว่างดวงตากับหน้าจอ ทดสอบใน ระยะ 60 ซม. และ 80 ซม. โดยผลการทดสอบ ระยะ 60 ซม. มีค่า MAE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.49 MSE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนกำลังสอง) เท่ากับ 2.98 RMSE (ค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.72 MAPE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนร้อยละ) เท่ากับ 2.48 การตรวจหา ในระยะ 80 ซม. มีค่า MAE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.49 MSE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อน กำลังสอง) เท่ากับ 2.97 RMSE (ค่าเฉลี่ยรากที่สองของความคาดเคลื่อน) เท่ากับ 1.72 MAPE (ค่าเฉลี่ยความคาดเคลื่อนร้อยละ) เท่ากับ 1.86 แสดงให้เห็นว่าในการตรวจหาระยะในแต่ละระยะ จะ มีความผิดพลาด ไม่ถึง 2 ซม. ซึ่งระยะที่ใกล้และไกลของหน้าจอกับผู้ใช้ ไม่มีผลกระทบต่อ การตรวจหา

4) ความถูกต้องในการตรวจหาเพศของผู้ใช้งาน ทำการทดสอบด้วยการตรวจหา จากภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ได้ความถูกต้องร้อยละ 97.5 และ 91 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณภาพของรูปภาพ การเคลื่อนไหว และทิศทางของใบหน้า ส่งผลต่อการตรวจหาเพศ โดยอธิบาย ได้จากความถูกต้องที่ลดลงเมื่อมีการตรวจหาเพศในภาพเคลื่อนไหว

5) ความถูกต้องในการตรวจหาช่วงอายุของผู้ใช้งาน ทำการทดสอบด้วยการ ตรวจหาจากภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ได้ความถูกต้องร้อยละ 95.5 และ 88 ตามลำดับ ซึ่งแสดงให้เห็นว่า คุณภาพของรูปภาพ การเคลื่อนไหว และทิศทางของใบหน้า ส่งผลต่อการตรวจหาช่วงอายุ โดยอธิบายได้จากความถูกต้องที่ลดลงเมื่อมีการตรวจหาช่วงอายุในภาพเคลื่อนไหว

6) ความถูกต้องในการตรวจหาแสงโดยรอบอุปกรณ์ ทำการประเมินด้วยการหาค่า สัมพันธ์ (Correlation) และ R-Squared จากผลการประเมินในการทดสอบ ค่าสหสัมพันธ์

เท่ากับ 0.9927 R-Squared มีค่าเท่ากับ 0.9855 ซึ่งแสดงให้เห็นว่า การตรวจหาแสงโดยรอบของมอดูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น มีความสัมพันธ์เกี่ยวข้องกับเครื่องตรวจวัดแสงในหน่วย Lux ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า การตรวจหาแสงโดยรอบของระบบการทำงานในมอดูลมีความสามารถในการตรวจหาแสงได้จริง โดยอธิบายได้จากค่าสหสัมพันธ์ และ ค่า R-Squared ที่อยู่ในระดับสูง

7) ผลของการประเมินการใช้งานได้ ด้านประสิทธิภาพอยู่ระดับดี ด้านผลกระทบอยู่ในระดับดี ด้านความช่วยเหลืออยู่ในระดับดี ด้านการควบคุมอยู่ในระดับดี และด้านการเรียนรู้ได้อยู่ในระดับพอใช้ คะแนนการประเมินในด้านการควบคุมได้คะแนนสูงที่สุด และด้านการเรียนรู้การใช้งานได้มีคะแนนต่ำสุด อย่างไรก็ตามผลการประเมินการใช้งานแสดงให้เห็นว่ามอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมมีความสามารถในการใช้งานได้จริง

## บทที่ 5

### สรุปและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนาโมดูลซอฟต์แวร์ที่ตรวจหาปัจจัยเสี่ยงของสาเหตุการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม โดยตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุอันได้แก่ เวลาในการใช้งานอุปกรณ์สารสนเทศ อัตราการกระพริบตา มุมมองในการเพ่งมอง ระยะห่างระหว่างดวงตา ผู้ใช้กับหน้าจอ เพศของผู้ใช้งาน ช่วงอายุของผู้ใช้งาน และแสงโดยรอบอุปกรณ์ เมื่อตรวจเจอความเสี่ยงจะทำการแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบและปรับเปลี่ยนปัจจัยให้เหมาะสม

ในขั้นตอนการศึกษาข้อมูล ได้ศึกษาสาเหตุของการเกิดโรคและวิธีการป้องกันขั้นพื้นฐานจากงานวิจัยก่อนหน้า และได้มีการสอบถามผู้มีความรู้ด้านจักษุ

เทคโนโลยีที่ได้นำมาใช้ในการพัฒนาโมดูลประกอบด้วย เทคโนโลยีการตรวจหาใบหน้าด้วยฮาร์แคสแคด (Haar Cascade) จากไลบรารีโอเพ่นซีวี (OpenCV) การจำแนกคุณลักษณะ 68 จุดของใบหน้าด้วยการจำแนกเชิงเส้นจากฮอก (HOG : Histogram of Oriented Gradients) จากไลบรารีดีลิบ (Dlib) สร้างโครงข่ายประสาทเทียมซีเอ็นเอ็นด้วยไลบรารีคีราส (Keras) โดยใช้เทนเซอร์โฟลว์ (Tensorflow) ในการคำนวณโครงข่าย โมดูลซอฟต์แวร์พัฒนาภายใต้ภาษาไพธอน (Python) เป็นหลัก เพื่อความง่ายในการใช้งาน และสะดวกแก่นักพัฒนาที่จะนำโมดูลซอฟต์แวร์นี้ไปพัฒนาต่อยอด โดยสามารถเรียกใช้งานผ่านโมดูลในภาษาไพธอน

การทำงานของโมดูลแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การรับภาพ การเตรียมการ การตรวจหาปัจจัย และการแจ้งเตือน การรับภาพทำการจับภาพจากกล้องที่ติดกับอุปกรณ์สารสนเทศ คำนวณเวลาของเฟรมส่งภาพไปในขั้นตอนถัดไป การเตรียมการรับภาพเข้ามาแปลงภาพเป็นขาวดำ ตรวจหาใบหน้า ตัดภาพเฉพาะใบหน้า ตรวจหาดวงตา ตัดภาพเฉพาะดวงตา และส่งภาพไปขั้นตอนต่อไป ขั้นตอนการตรวจหาปัจจัยแยกการตรวจหาตามปัจจัย โดยใช้วิธีการที่เหมาะสมกับการตรวจหาในปัจจัยนั้น ๆ การตรวจหาเวลาใช้การตรวจหาใบหน้าในการนับเวลาการเพ่งมองจอของผู้ใช้ การตรวจหาการกระพริบตาใช้วิธีการสร้างโครงข่ายประสาทเทียมเพื่อจำแนกคุณลักษณะภาพการลืมตาและหลับตา การตรวจหามุมมองในการเพ่งมองจอของผู้ใช้ ผู้วิจัยได้ใช้การตรวจหาคุณลักษณะของ



ใบหน้า 68 จุด ช่วยในการระบุตำแหน่งของดวงตา และนำวิธีการคำนวณสามเหลี่ยม (ตรีโกณมิติ) มาใช้ในการคำนวณ การตรวจหาระยะห่างระหว่างดวงตาของผู้ใช้กับหน้าจออุปกรณ์ใช้วิธีคล้ายกับการตรวจหามุม โดยใช้การตรวจหาคุณลักษณะของใบหน้า 68 จุด ระบุตำแหน่งของดวงตา นำวิธีการคำนวณค่าสามเหลี่ยม (ตรีโกณมิติ) มาใช้ในการคำนวณ การตรวจหาเพศใช้โครงข่ายประสาทเทียมช่วยในการจำแนกคุณลักษณะของเพศจากรูปภาพ การตรวจหาช่วงอายุใช้วิธีการเดียวกับการตรวจหาเพศ การตรวจหาแสงโดยรอบ ใช้การคำนวณค่าเฉลี่ยของความมืดและความสว่างจากค่าขาวดำของภาพ ขั้นตอนในการแจ้งเตือนแบ่งออกเป็นการแจ้งเตือน 4 ปัจจัย ประกอบด้วย เตือนเวลาที่ ไม่เหมาะสม เตือนอัตราการกระพริบตาที่ไม่เหมาะสม เตือนมุมมองที่ไม่เหมาะสม และเตือนระยะห่างที่ไม่เหมาะสม การปรับเปลี่ยนการแจ้งเตือน 1 ปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยเรื่องเพศที่จะไปปรับเปลี่ยนจำนวนในการคำนวณอัตราการกระพริบ การปรับเปลี่ยนการมองเห็น 2 ปัจจัย ประกอบด้วยปัจจัยด้านช่วงอายุ ระบบจะปรับขนาดของการแสดงผลให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเมื่อผู้ใช้อยู่ในช่วงอายุสูงวัย ปัจจัยด้านแสงโดยรอบ จะปรับความสว่างของหน้าจอให้เหมาะสมกับสภาพแวดล้อม งานวิจัยนี้ทำการประเมินเป็น 2 อย่าง ได้แก่ ประเมินความถูกต้อง และ ประเมินการใช้งานได้

สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

### 5.1.1 ความถูกต้องในการตรวจหาปัจจัยของโรค

ทำการทดสอบประเมินความถูกต้องในการตรวจหาปัจจัยทั้งหมด 5 ปัจจัย ได้แก่ อัตราการกระพริบตา มุมมอง ระยะห่าง เพศ และ ช่วงอายุ ปัจจัยอัตราการกระพริบตา ทดสอบตรวจหาการกระพริบตา 2 ระยะ ได้แก่ 60 ชม. และ 80 ชม. ตรวจหาการกระพริบตา 20 ครั้ง ผลการทดสอบสรุปได้ว่าในจำนวนการกระพริบตา 20 ครั้ง มีการตรวจหาที่ผิดพลาด 1 ครั้ง หรือมีความถูกต้องในการตรวจหาร้อยละ 95 โดยระยะ 80 ชม. มีความถูกต้องมากกว่าระยะ 60 ชม. ปัจจัยมุมมองทำการทดสอบในมุม  $\sim 10^\circ$  ของการมองลง ผลจากการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการตรวจหาการกระพริบตามีความผิดพลาดในแต่ละครั้ง ไม่ถึง  $0.5^\circ$  ปัจจัยระยะห่างระหว่างดวงตาผู้ใช้และหน้าจอ ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าการตรวจหาระยะในแต่ละระยะ จะมีความผิดพลาด ไม่ถึง 2 ซม. ซึ่งระยะที่ใกล้และไกลของหน้าจอกับผู้ใช้ไม่มีผลกระทบต่อการศึกษา ปัจจัยเพศทำการทดสอบด้วยการตรวจหาปัจจัยจากภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ได้ Accuracy เท่ากับ 99.11 และ 94 ตามลำดับ ปัจจัยของช่วงอายุของผู้ใช้ ทำการทดสอบด้วยการตรวจหาจากภาพนิ่งและภาพเคลื่อนไหว ได้ค่า Accuracy เท่ากับ 93.68 และ 84 ตามลำดับ ความถูกต้องในการตรวจหาแสงโดยรอบอุปกรณ์ประเมินด้วยความสัมพันธ์เชิงเส้นกับค่าแสงในหน่วย Lux มีค่าสัมพัทธ์

(Correlation) และ R-Squared เท่ากับ 0.9927 และ 0.9855 ตามลำดับ สามารถอธิบายได้ว่าการตรวจหาแสงของระบบการทำงานในมอดูลมีความสามารถในการวัดค่าของแสงได้จริง

### 5.1.2 ความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูล

โดยประเมินจากแบบสอบถาม SUMI ในคำถามแบ่งส่วนการประเมินเป็น 5 ด้าน และให้ความสามารถในการใช้งานได้เป็นระดับ ได้ผลลัพธ์การประเมินดังนี้ ด้านประสิทธิภาพอยู่ระดับดี ด้านผลกระทบอยู่ในระดับดี ด้านความช่วยเหลืออยู่ในระดับดี ด้านการควบคุมอยู่ในระดับดี ด้านการเรียนรู้ได้อยู่ในระดับธรรมดา จากผลการประเมินแสดงให้เห็นว่ามอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมมีความสามารถในการใช้งานได้จริง

## 5.2 ข้อจำกัดของการวิจัย

การตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม จะต้องมีการเชื่อมต่อกับอุปกรณ์รับภาพหรือกล้อง อุปกรณ์ประเภทสมาร์ตโฟนมีมุมมองที่หลากหลาย การตรวจหาปัจจัยด้านมุมมองและระยะห่าง บางครั้งทำงานได้ไม่เสถียร เนื่องจากสาเหตุดังกล่าว การตรวจหาเพศและอายุเป็นเรื่องละเอียดอ่อน ระบบจึงต้องมีการแสดงสถานะเพื่อให้ผู้ใช้ตอบรับการตรวจหา อย่างไรก็ตามการตรวจหาปัจจัยการเกิดโรคจากกล้องที่เชื่อมต่อกับอุปกรณ์นั้น ข้อจำกัดในการตรวจหานี้ก็ขึ้นกับการรับภาพที่ได้จากกล้อง สภาพที่รับภาพที่ไม่ชัดเจนหรือความสว่างไม่เพียงพอส่งผลต่อการตรวจหาปัจจัย

## 5.3 การประยุกต์ผลการวิจัย

มอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ผู้ใช้งานทั่วไปสามารถนำไปใช้กับอุปกรณ์สารสนเทศของตนเพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรค เพื่อให้ผู้ใช้ปรับพฤติกรรมการใช้งานที่เหมาะสมมีความเสี่ยงจากอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมน้อยลง นักพัฒนาสามารถนำมอดูลซอฟต์แวร์ไปใช้พัฒนาต่อยอดได้ โดยเรียกใช้ผ่านไลบรารีหรือมอดูลในภาษาไพธอน วิธีการและหลักการในการคำนวณการตรวจหาปัจจัยในงานวิจัยนี้ สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการคำนวณการตรวจหาวัตถุอื่น ๆ ได้

## 5.4 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในการตรวจหาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมจากภาพใบหน้า และดวงตานั้น จำเป็นต้องมีกล้องรับภาพและทรัพยากรในการประมวลผลอยู่ในระดับกลางขึ้นไป

เพราะสิ่งเหล่านี้จะส่งผลต่อความคาดเคลื่อนในการตรวจหา ดังนั้นการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาคุณลักษณะของภาพต้องมีอุปกรณ์ที่ใช้งานที่เหมาะสม งานวิจัยนี้ได้ใช้ไลบรารีต่าง ๆ มาช่วยพัฒนามอดูลซอฟต์แวร์ แต่การประยุกต์ใช้ไลบรารีอาจไม่ครอบคลุมการทำงานที่ผู้วิจัยต้องการทั้งหมด จำเป็นต้องพิจารณาการประยุกต์งานในส่วนนี้ให้ดี เพราะจะส่งผลต่อผลลัพธ์ที่ผู้วิจัยต้องการหรือเกิดการใช้ทรัพยากรมากเกินไป และนำไปสู่การโอเวอร์โหลดของอุปกรณ์ รูปภาพที่นำมาใช้ในการสร้างการจำแนกคุณลักษณะต้องมีขนาดและความคมชัดที่ดี จึงจะสามารถสร้างการจำแนกคุณลักษณะที่ดีได้

งานวิจัยในอนาคตมอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม พิจารณาปัจจัยที่เป็นสาเหตุของโรคจากการการตรวจหาทางใบหน้าเท่านั้น อย่างไรก็ตามภาพของใบหน้าสามารถวิเคราะห์การเกิดของอาการอื่น ๆ นอกเหนือจากอาการคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ซึ่งสาเหตุเหล่านั้นที่สามารถตรวจหาได้จากใบหน้า จะนำมาใช้พิจารณาในงานวิจัยในอนาคต



## รายการอ้างอิง

- Akinbinu, T. R., and Mashalla, Y. J. (2014). Impact of Computer Technology on Health: Coomputer Vision Syndrome(CVS). **Academic journals** 5(3): 20-30.
- American Optometric Association. (1997). **The Effects of Computer Use on Eye Health and Vision**. [online]. Available: <https://www.aoa.org/Documents/optometrists/effects-of-computer-use.pdf>
- American Optometric Association. (2018). **Computer Vision Syndrome**. [online]. Available: <https://www.aoa.org/patients-and-public/caring-for-your-vision/protecting-your-vision/computer-vision-syndrome>
- Blehm, C., Vishnu, S., Khattak, A., Mitra, S., and Yee, R. W. (2005). Computer Vision Syndrome: A Review. **Survey of Ophthalmology** 50(3): 253-262.
- Bradski, G.. (2000). The OpenCV Library. **Dr. Dobb's Journal of Software Tools**
- Chu, C. A., Rosenfield, M., and Portello, J. K. (2014). Blink patterns: reading from a computer screen versus hard copy. **Optom Vis Sci.** 91(3): 297-302.
- Dalal, N., and Triggs, B. (2005). Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. In **Proceeding of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05)** (pp. 886-893)
- Department of physics and astronomy georgia state university. (2005). **Cross section of human eye** [online]. Available: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/vision/eye.html>
- Goodfellow, I., Bengio Y., and Courville, A. (2016). **Deep Learning**.
- Gowrisankaran, S., and Sheedy, J. E. (2015). Computer vision syndrome: A review. **Work** 52(2): 303-314.
- ITU. (2017). **ICT Facts and Figures 2017** [online]. Available: <https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/pages/facts/default.aspx>
- Izquierdo, J. C., Garcia, M., Buxo, C., and Izquierdo, N. J. (2004). Factors leading to the Computer Vision Syndrome: an issue at the contemporary workplace. **Bol Asoc Med P R** 96(2): 103-110.

- Jennifer, J. S., and Sharmila, T. S. (2017). Edge based eye-blink detection for computer vision syndrome. In **Proceeding of the 2017 International Conference on Computer, Communication and Signal Processing (ICCCSP)**.
- Joshi, A. D., Kadethankar, A. A., and Patwardhan, V. P. (2017). Eye blinking detection for the detection of computer vision syndrome. In **Proceeding of the 2017 Innovations in Power and Advanced Computing Technologies**
- Julius, N., and Mustapha, E. E. (2014). Take-A-Break Notification: An ergonomic application. In **Proceeding of the 6th International Conference on Information Technology and Multimedia**.
- King, D. E. (2009). Dlib-ml: A Machine Learning Toolkit. **J. Mach. Learn. Res.** 10: 1755-1758.
- Kirakowski, J. and Corbett, M. (2006). SUMI: the Software Usability Measurement Inventory. **British Journal of Educational Technology** (Vol. 24)
- Loh, K. Y., and Redd, S. C. (2008). Understanding and Preventing Computer Vision Syndrome. **Malaysian Family Physician : the Official Journal of the Academy of Family Physicians of Malaysia** 3(3):128-130.
- Ma, Correll, and Wittenbrink. (2015). The Chicago Face Database: A Free Stimulus Set of Faces and Norming Data. **Behavior Research Methods** 47: 1122-1135.
- Munshi, Sunil, V., Ashley, D. M., Sushma. (2017). Computer vision syndrome A common cause of unexplained visual symptoms in the modern era. **International Journal of Clinical Practice** 71(7): 12962-n/a.
- Nielsen, J. (1993). Usability Engineering: Morgan Kaufmann Publishers Inc.
- Parihar, J. K. S., Jain, V. K., Chaturvedi, P., Kaushik, J., Jain, G., and Parihar, A. K. S. (2016). Computer and visual display terminals (VDT) vision syndrome (CVDTs). **Medical Journal, Armed Forces India** 72(3): 270-276.
- Rempel, D., Willms, K., Anshel, J., Jaschinski, W., and Sheedy, J. (2007). The effects of visual display distance on eye accommodation, head posture, and vision and neck symptoms. **Hum Factors** 49(5): 830-838.

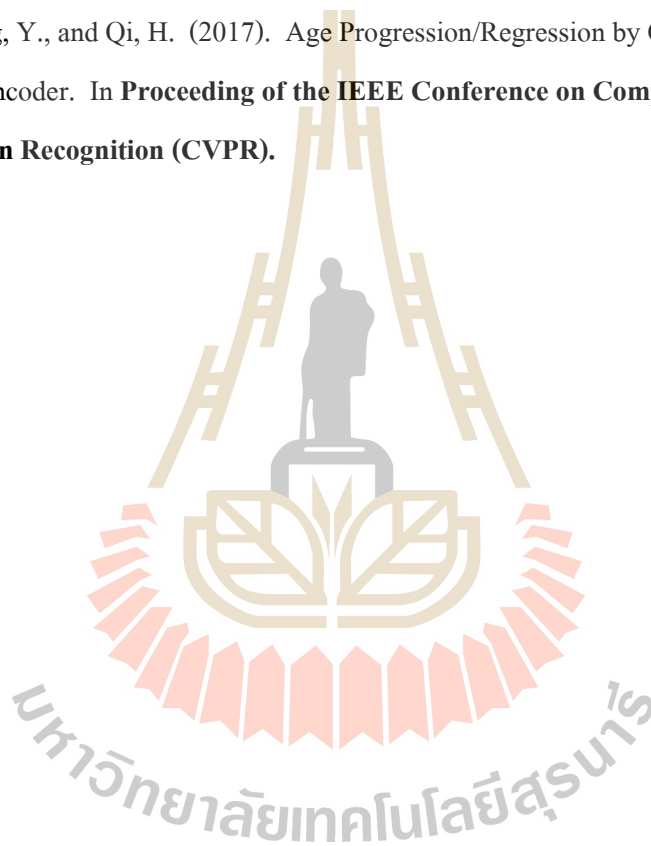
- Rasmus, R., Radu T., and Luc, V. G. (2015). DEX: Deep EXpectation of apparent age from a single image. In **Proceeding of the IEEE International Conference on Computer Vision Workshops (ICCVW)**
- Rosenfield, M. (2011). Computer vision syndrome: a review of ocular causes and potential treatments. **Ophthalmic and Physiological Optics** 31(5): 502-515.
- Rosenfield, M. (2016). Computer vision syndrome (a.k.a. digital eye strain). **Optometry in Practice** 2016 17(1): 1-10.
- Salehan, M., and Negahban, A. (2013). Social networking on smartphones: When mobile phones become addictive. **Computers in Human Behavior** 29(6): 2632-2639.
- Sen, A., and Richardson, S. (2007). A study of computer-related upper limb discomfort and Computer vision syndrome. **Journal of Human Ergology** 36(2): 45-50.
- Song, F., Tan, X., Liu, X., and Chen, S. (2014). **Eyes Closeness Detection from Still Images with Multi-scale Histograms of Principal Oriented Gradients**. [online]. Available: <http://parnec.nuaa.edu.cn/xtan/data/ClosedEyeDatabases.html>
- Soukupov, T., and Cech, J. (2016). Real-Time Eye Blink Detection using Facial Landmarks. In **Proceeding of the 21st Computer Vision Winter Workshop**. Rimske Toplice, Slovenia.
- Stanford Vision Lab. (2016). **Convolutional Neural Networks for Visual Recognition**. [online]. Available: <http://vision.stanford.edu/>
- Thomson, W. D. (1998). Eye problems and visual display terminals the facts and the fallacies. **Ophthalmic and Physiological Optics** 18(2): 111-119.
- Toda, T., Nakai, M., and Xinxin, L. (2015). A close face-distance warning system for straightend neck prevention. In **Proceeding of the IECON 2015 - 41st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society**.
- United States Department of Commerce. (2011). **Fact Sheet: Digital Literacy**. [online]. Available: <https://2010-2014.commerce.gov/news/fact-sheets/2011/05/13/fact-sheet-digital-literacy.html>
- Viola, P., and Jones, M. (2001). Rapid object detection using a boosted cascade of simple features. **2001 In Proceeding of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition**.

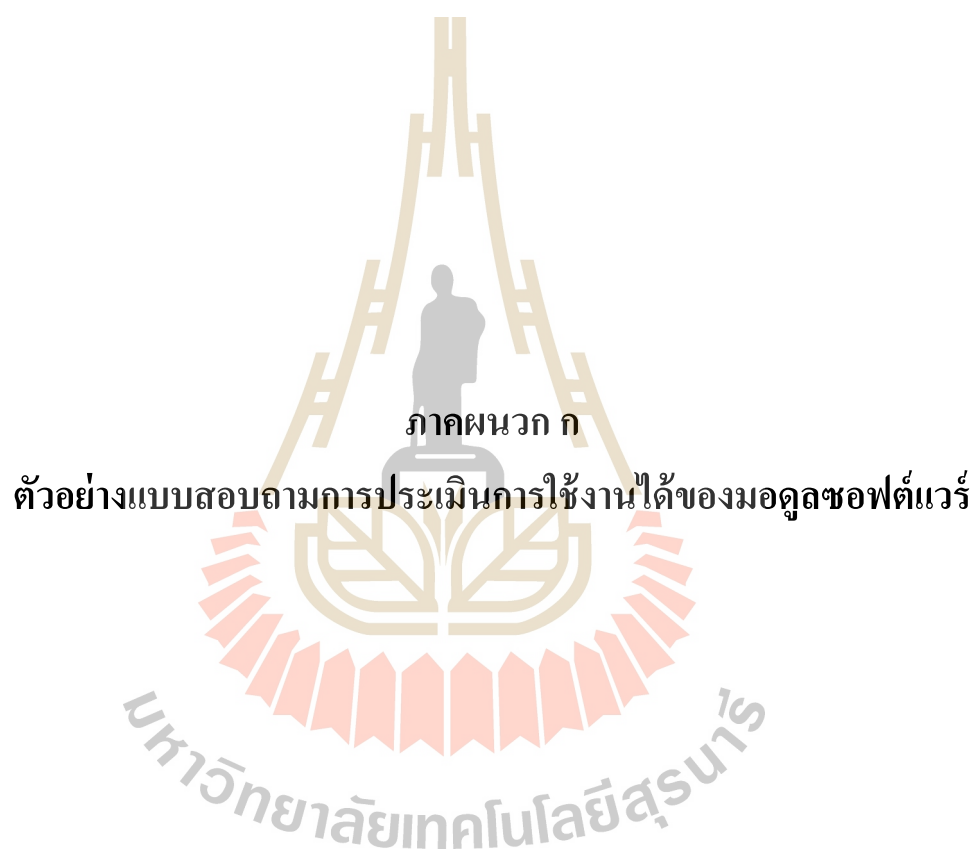
Wasnik, P., and Jeyakumar, A. (2016). Monitoring stress level parameters of frequent computer users. **ICCSP**.

www.deloitte.co.uk. (2016). **There's no place like phone Global Mobile Consumer Survey 2016: UK Cut**. [online]. Available: <http://www.deloitte.co.uk/mobileuk2016/better-living/>

Yamane, T. (1973). **Statistics: An Introductory Analysis**. (Vols. 3). Harper and Row, New York.

Zhang, Z. Song, Y., and Qi, H. (2017). Age Progression/Regression by Conditional Adversarial Autoencoder. In **Proceeding of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)**.





ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแบบสอบถามการประเมินการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์



## แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

การใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม

แบบสอบถามนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาในหลักสูตรปริญญาโทบริหารเทคโนโลยีสารสนเทศ สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี เรื่อง มอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม (The software module for detecting risk factors causing computer vision syndrome) โดยงานวิจัยดังกล่าวได้พัฒนา มอดูลซอฟต์แวร์ ชื่อ “Eyeguard” ซึ่งมีความสามารถในการตรวจจับปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม ได้แก่ ปัจจัยด้านเวลา การกระพริบตา มุมมอง ระยะห่าง เพศ อายุ และ แสงในสภาพแวดล้อม และแจ้งเตือนให้ผู้ใช้ทราบถึงความไม่เหมาะสมในการทำงาน

โดยข้อมูลทั้งหมดที่ท่านตอบแบบสอบถามในครั้งนี้ จะถูกนำไปใช้เพื่อประโยชน์ในเชิงวิชาการและจะถูกเก็บไว้เป็นความลับโดยไม่มีผลกระทบใด ๆ ต่อท่าน

ขอขอบพระคุณทุกท่านที่สละเวลาในการตอบแบบสอบถามในครั้งนี้

นายวันฉัตร พูนทนต์  
สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศ  
สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

### คำชี้แจง

แบบสอบถามฉบับนี้มีทั้งหมด 4 หน้า แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ส่วนที่ 2 การประเมินความสามารถในการทำงานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ Eyeguard

### ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องว่าง  หน้าข้อความที่ตรงกับข้อมูลของท่าน

1. เพศ  ชาย  หญิง
2. อายุ  ต่ำกว่า 16 ปี  16 – 25 ปี  26 – 35 ปี  
 36 – 45 ปี  46 ปีขึ้นไป

## 3. ระดับการศึกษา

ประถมศึกษา       มัธยมศึกษาตอนต้น       มัธยมศึกษาตอนปลาย /

ปวช.

อนุปริญญา / ปวส.       ปริญญาตรี       ปริญญาโท

ปริญญาเอก       อื่น ๆ โปรด

ระบุ .....

### ส่วนที่ 2 การประเมินความสามารถในการใช้งานได้ของมอดูลซอฟต์แวร์ Eyeguard

คำชี้แจง พิจารณาข้อความในแต่ละข้อ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ในช่องระดับความคิดเห็นที่ตรงกับ  
ความเห็นของท่านมากที่สุด โดยคำถามแบ่งเป็น 5 ส่วน ๆ ละ 10 ข้อ รวม 50 ข้อ

ข้อที่	ข้อความพิจารณา	ระดับความคิดเห็น		
		เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
1	ระบบนี้มีการตอบสนองที่ช้าเกินไป			
2	คุณจะแนะนำระบบนี้ให้กับคนอื่นอีก			
3	คำแนะนำและการแจ้งเตือนในระบบนี้ มีประโยชน์ต่อคุณ			
4	ในบางครั้งระบบหยุดการทำงานโดยไม่คาดคิด			
5	การเรียนรู้ที่จะใช้งานระบบนี้ในครั้งแรก เต็มไปด้วยปัญหา			
6	บางครั้งในการใช้งาน คุณไม่ทราบว่าจะต้องทำอะไรต่อ			
7	คุณรู้สึกสนุกและมีส่วนร่วมในขณะที่ใช้ระบบนี้			
8	คุณพบว่าข้อมูลช่วยเหลือที่ระบบแสดง ไม่มีประโยชน์อย่างมาก			
9	เป็นเรื่องยากที่จะเริ่มต้นใหม่ หากระบบนี้หยุดการทำงาน			
10	ต้องใช้เวลาอันยาวนานเกินไปที่จะเรียนรู้การใช้งานระบบ			
11	บางครั้งคุณสงสัยว่า คุณใช้งานระบบได้อย่างถูกต้องหรือไม่			
12	การใช้งานระบบนี้เป็นที่น่าพอใจ			
13	รูปแบบการแสดงผลข้อมูลมีความชัดเจนและเข้าใจได้			
14	คุณจะรู้สึกปลอดภัยมากขึ้น ถ้าในการใช้งานระบบ "ไม่ต้องใช้คำสั่งอะไรมาก			
15	คำแนะนำประกอบการใช้งานระบบมีเนื้อหามากเกินไป			

ข้อที่	ข้อความพิจารณา	ระดับความคิดเห็น		
		เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
16	ระบบนี้ส่งผลกระทบต่อการทำงานแบบเดิมของคุณในปัจจุบัน			
17	การทำงานของระบบนี้ช่วยกระตุ้นความสนใจให้กับคุณ			
18	ระบบแสดงข้อมูลไม่เพียงพอกับความต้องการ			
19	คุณเข้าใจในคำสั่งของระบบ			
20	คุณมักจะยึดติดอยู่กับอุปกรณ์หรือเครื่องมือที่คุณรู้จักคืออยู่แล้ว			
21	คุณคิดว่าการทำงานของระบบนี้ไม่สอดคล้องกัน			
22	คุณคิดว่า你不ชอบที่จะใช้ระบบนี้ทุกวัน			
23	คุณมีความเข้าใจและใช้ระบบตามข้อมูลที่ระบบจัดหาไว้ให้			
24	ระบบนี้ทำให้คุณรู้สึกอึดอัดใจเมื่อคุณต้องการทำบางสิ่งบางอย่าง			
25	มีข้อมูลจำนวนมากที่ต้องอ่าน ก่อนที่คุณจะใช้ระบบนี้เป็น			
26	คุณสามารถทำในสิ่งที่ต้องการได้อย่างตรงไปตรงมา			
27	การใช้ระบบนี้เป็นที่น่าผิดหวัง			
28	ระบบนี้ช่วยให้คุณเอาชนะปัญหาบางอย่างได้			
29	ระบบนี้มีความรวดเร็วเพียงพอในการประมวลผล			
30	บางครั้งคุณต้องกลับไปดูคำแนะนำ			
31	ระบบสามารถทำงานได้ตรงกับความต้องการของคุณ			
32	บางช่วงเวลาที่ใช้ระบบนี้ คุณค่อนข้างเครียด			
33	โครงสร้างของเมนูหรือหัวข้อรายการจัดเรียงได้สมเหตุสมผล			
34	ในการใช้งานระบบ คุณไม่จำเป็นต้องพิมพ์ข้อความจำนวนมาก			
35	การเรียนรู้ฟังก์ชันการทำงานต่าง ๆ ของระบบเป็นเรื่องยาก			
36	มีขั้นตอนมากเกินไปในการทำงานบางอย่าง			
37	คุณคิดว่าระบบนี้ทำให้คุณรู้สึกปวดหัวในบางครั้ง			
38	ข้อความแจ้งเตือนเพื่อป้องกันข้อผิดพลาด มีไม่เพียงพอ			
39	ระบบนี้ทำให้คุณได้รับสิ่งที่ต้องการโดยง่าย			

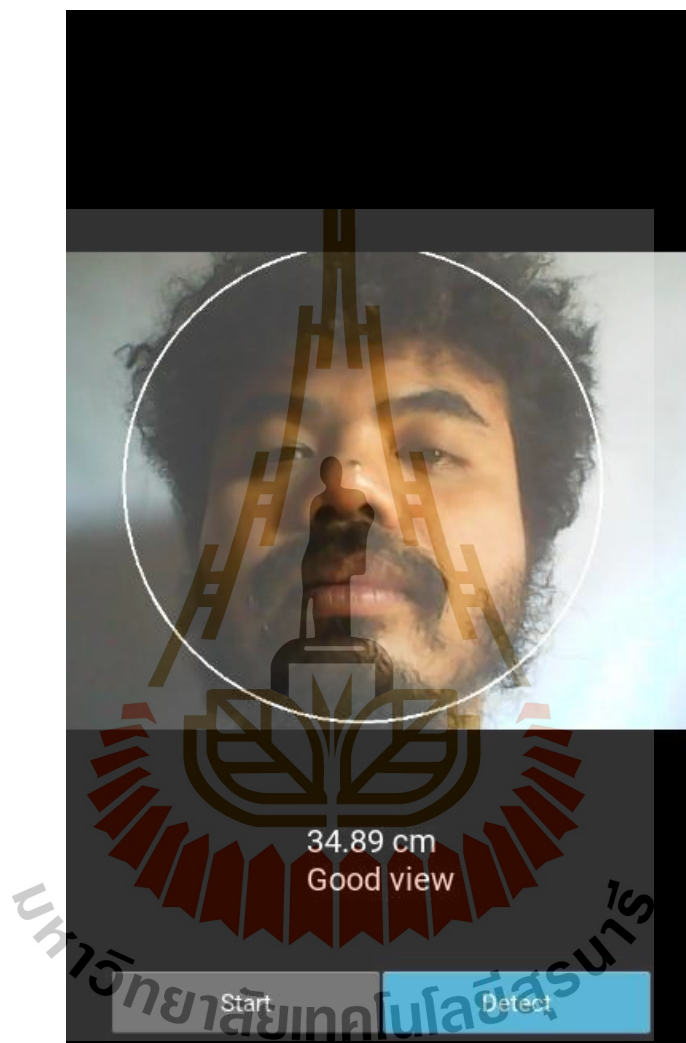
ข้อที่	ข้อความพิจารณา	ระดับความคิดเห็น		
		เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
40	คุณไม่ได้เรียนรู้ทุกสิ่งทุกอย่างที่น่าเสนอในระบบนี้			
41	ระบบไม่สามารถทำบางสิ่งบางอย่างที่คุณคาดหวังได้			
42	สิ่งทีระบบนำเสนอมีความน่าสนใจเป็นอย่างมาก			
43	ข้อมูลให้ความช่วยเหลือมีคุณภาพและกระจายอยู่ทั่วทั้งระบบ			
44	เป็นเรื่องง่ายที่จะสลับหน้าจอการทำงานไปยังส่วนอื่นของระบบ			
45	เป็นเรื่องง่ายที่คุณจะลืมนวิธีการใช้งานระบบนี้			
46	ในบางครั้ง ระบบนี้แสดงอาการบางอย่างที่คุณไม่เข้าใจ			
47	การใช้งานระบบนี้เป็นที่น่าอึดอัดใจอย่างมาก			
48	เป็นเรื่องง่ายที่จะเห็นวิธีการหรือตัวเลือกในการใช้งานแต่ละขั้นตอนได้อย่างรวดเร็ว			
49	การนำเข้าและการแสดงผลข้อมูลในระบบเป็นเรื่องยาก			
50	คุณต้องการความช่วยเหลือหลายครั้งเมื่อใช้ระบบนี้			

The logo of Sakon Nakhon Rajabhat University is a large, stylized emblem. It features a central figure of a person standing on a pedestal, surrounded by a circular border with a scalloped edge. The entire logo is rendered in a light, semi-transparent gold or beige color.

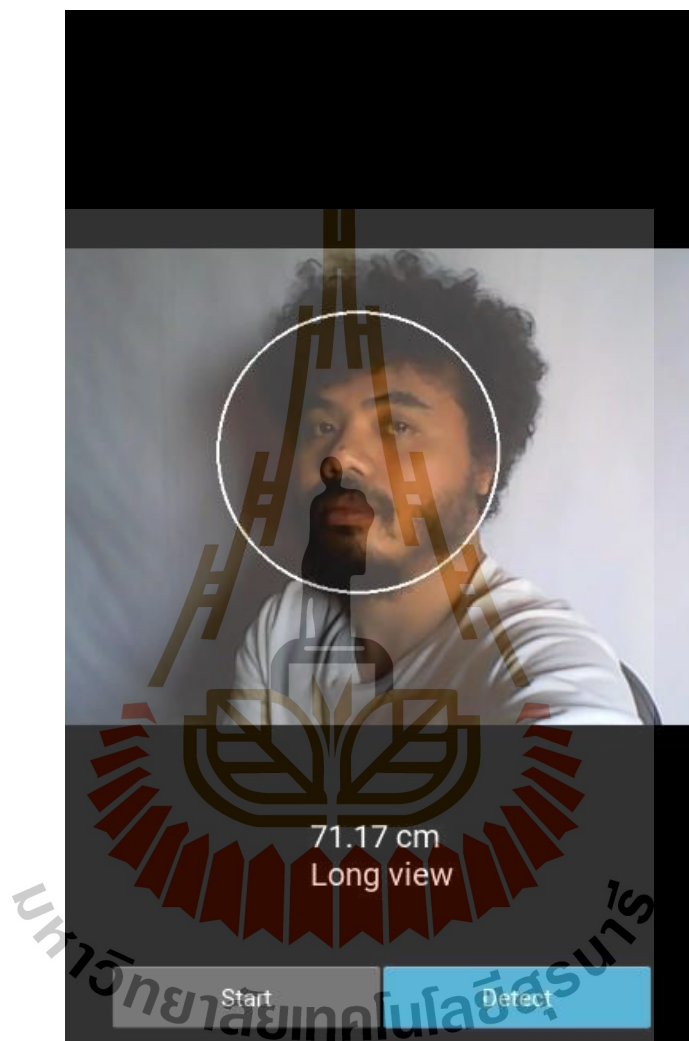
ภาคผนวก ข

ตัวอย่างการใช้มัลแวร์ในการตรวจหาปัจจัยการเกิด  
โรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรม บนสภาพแวดล้อมของอุปกรณ์สมาร์ทโฟน

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



รูปที่ ข.1 ตัวอย่างของการทำงานของมอดูลบนสภาพแวดล้อมของสมาร์ทโฟน 1



รูปที่ ข.2 ตัวอย่างของการทำงานของมอดูลบนสภาพแวดล้อมของสมาร์ทโฟน 2



ภาคผนวก ค

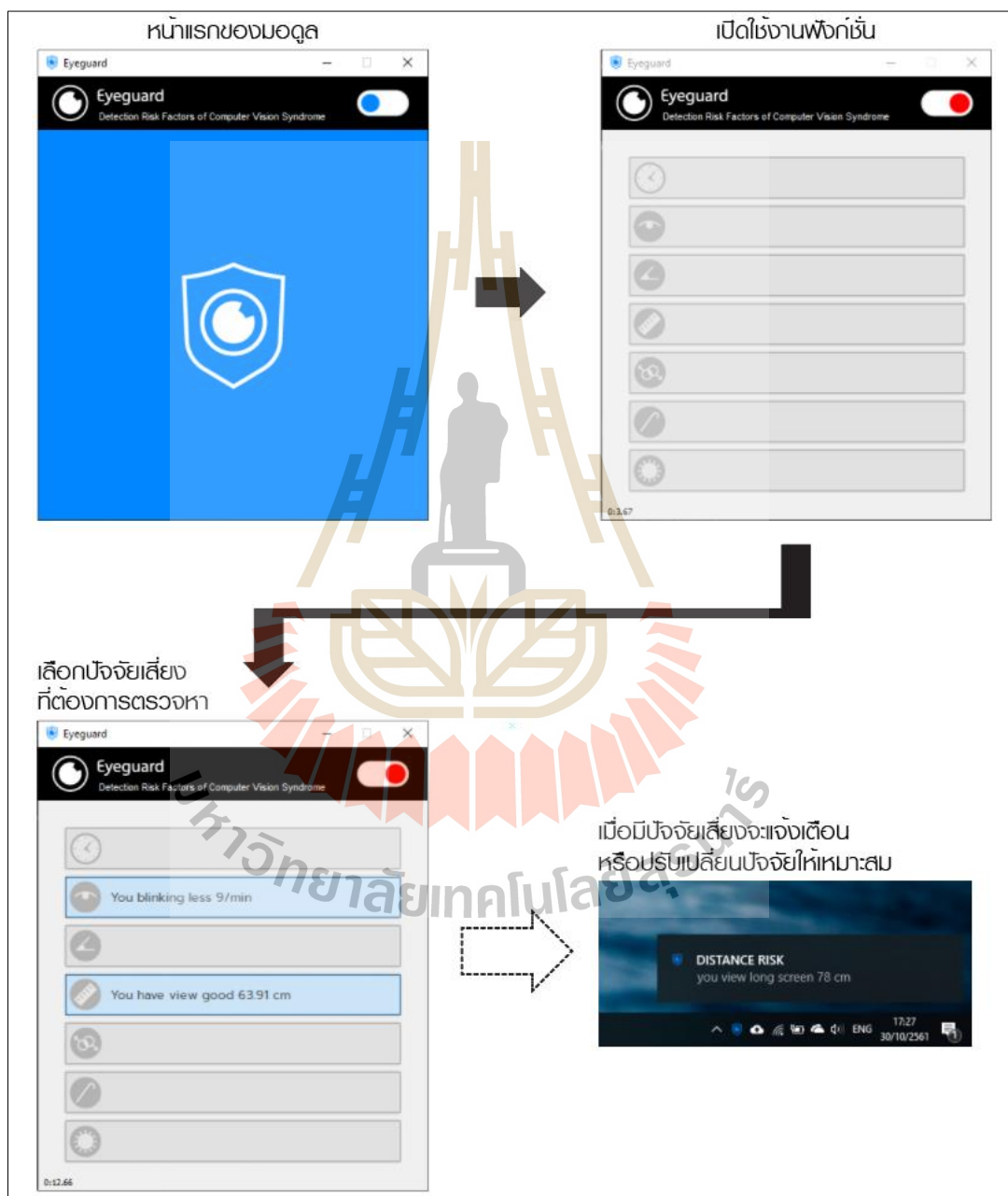
การใช้งานมอดูลซอฟต์แวร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี



## 1. วิธีการใช้งานของผู้ใช้งานทั่วไป (User Guide)

การใช้งานสำหรับผู้ใช้งานหรือการเข้าใช้งานมอดูลซอฟต์แวร์ ในส่วนของอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ คัดตั้งตามการใช้งานในแต่ละระบบปฏิบัติการ เข้าใช้งานมอดูลผ่านส่วนติดต่อ (GUI : Graphic User Interface) ผู้ใช้งานสามารถเลือกการใช้งานได้ตามปัจจัยที่ต้องการตรวจหา



รูปที่ ก.1 ตัวอย่างการเข้าใช้งานมอดูลของผู้ใช้ทั่วไป

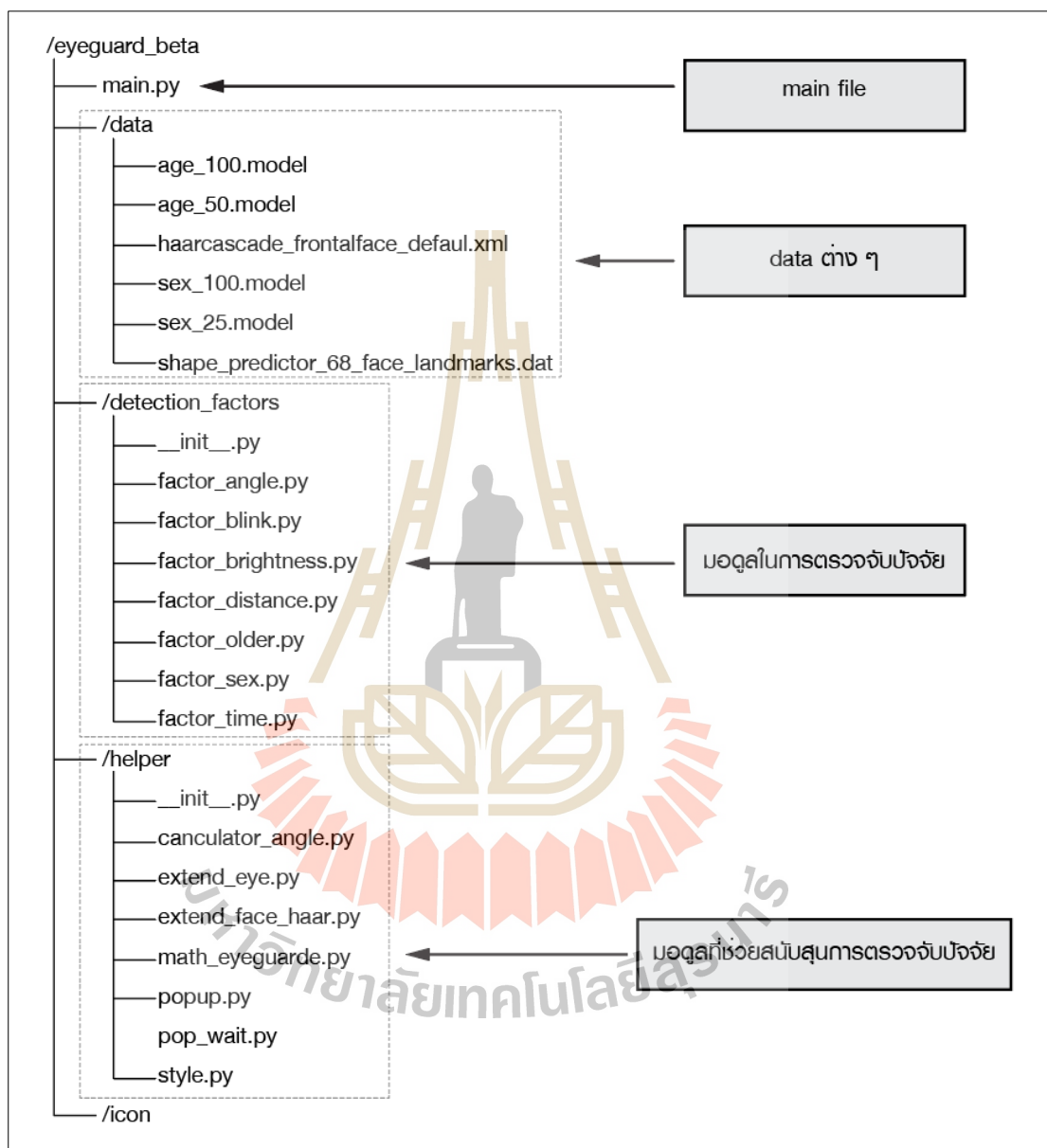
ตัวอย่างการใช้งานมอดูลซอฟต์แวร์เพื่อตรวจหาปัจจัยเสี่ยงการเกิดโรคคอมพิวเตอร์วิชั่นซินโดรมแสดงในรูปที่ ก.1

## 2. วิธีการใช้งานสำหรับนักพัฒนา (Developer Guide)

นักพัฒนาสามารถใช้งานใช้ผ่านมอดูลหรือไลบรารีในภาษาไพธอน เริ่มต้นจากการติดตั้งอินเทอร์เน็ตไพธอน ติดตั้งไลบรารีที่จำเป็นสำหรับมอดูล ไลบรารีที่สำคัญจำเป็นที่ต้องติดตั้งแสดงในตารางที่ ข.1 โดยมอดูลซอฟต์แวร์ที่พัฒนาขึ้น แยกเก็บไว้เป็นในโฟลเดอร์ต่าง ๆ ในแต่ละโฟลเดอร์เก็บไฟล์ที่แตกต่างกันไปตามหน้าที่ ซึ่งในแต่ละไฟล์จะประกอบไปด้วยคลาสการคำนวณต่าง ๆ โดยที่ผู้พัฒนาสามารถเข้าถึงคุณสมบัติของคลาสนั้น ๆ และสามารถนำไปใช้ในการพัฒนาต่อได้ รูปที่ ข.1 แสดงการจัดเก็บไฟล์ของมอดูลซอฟต์แวร์ ซึ่งในรูปแบบตัวอย่างมอดูลจัดเก็บในโฟลเดอร์ที่ชื่อ eyeguard\_beta ข้างในชั้นแรกประกอบไปด้วยไฟล์ main.py ทำหน้าที่เป็นตัวหลักในการทำงานของทุกมอดูล โฟลเดอร์ data จัดเก็บโมเดลต่าง ๆ ที่ช่วยในการตรวจหาปัจจัย โฟลเดอร์ detection\_factors จัดเก็บไฟล์ในการคำนวณหาปัจจัย ซึ่งเป็นส่วนที่สำคัญที่สุดในมอดูล โฟลเดอร์ helper จัดเก็บไฟล์อื่น ๆ ที่ช่วยในการทำงานของมอดูล โฟลเดอร์ icon จัดเก็บไฟล์กราฟฟิกต่าง ๆ ที่ใช้ในการสร้างจิวไอ (GUI) ในมอดูล

ตารางที่ ค.1 ไลบรารีที่จำเป็นต้องติดตั้ง

ไลบรารี library(module) ที่จำเป็นต้องติดตั้ง
dlib
imutils
Keras
Kivy
numpy
opencv-contrib-python
opencv-python
PyQt5
scipy
tensorflow



รูปที่ ก.2 แสดงการจัดเก็บไฟล์ของมอดูลซอฟต์แวร์

## ประวัติผู้เขียน

นายวันฉัตร พุขุนทด เกิดวันที่ 5 พฤษภาคม พ.ศ. 2524 ณ จังหวัดนครราชสีมา สำเร็จการศึกษา  
หลักสูตร ศิลปกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาทัศนศิลป์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย  
ปัจจุบันเป็นศิลปินนักออกแบบอิสระ และกำลังศึกษาอยู่ที่หลักสูตร วิทยาการสารสนเทศมหาบัณฑิต  
สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศ สำนักวิชาเทคโนโลยีสังคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี จังหวัด  
นครราชสีมา

