

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การค้นหาใบหน้ามนุษย์โดยใช้ฮาร์ฟิเจอร์ที่คำนวณจากภาพที่ผ่านการกรองสีผิว

FACE DETECTION USING HAAR FEATURE EXTRACTED FROM  
SKIN TONE FILTERED IMAGES



T110470



เลขหมู่.....  
เลขทะเบียน **110470**  
วัน,เดือน,ปี. - 2 พ.ย. 2553

b.....  
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม  
คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
พ.ศ. 2553

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**FACE DETECTION USING HAAR FEATURE EXTRACTED FROM  
SKIN TONE FILTERED IMAGES**



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

**2010**

**KMITL-2010-EN-M-010-072**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



**COPYRIGHT 2010**

**FACULTY OF ENGINEERING**

**KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG**

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การค้นหาใบหน้ามนุษย์โดยใช้ฮาร์ฟีเจอร์ที่คำนวณจากภาพที่ผ่านการกรองสีผิว  
Thesis Title Face Detection using Haar Feature Extracted from Skin Tone Filtered Images  
นักศึกษา นายมานพ วรรณดี  
รหัสประจำตัว 50060916  
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต  
สาขาวิชา วิศวกรรมโทรคมนาคม  
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี  
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2010-EN-M-010-072

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.จิรัสสุดา โภษียากรณ์	
ดร.ตุลยา ลิมปิติ	
รศ.จิระศักดิ์ ชาญวุฒิชรรณ	
รศ.ดร.สุวิพล สิริชีวกาศ	
รศ.ดร.ยุทธพงษ์ รังสรรค์เสรี	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันพฤหัสบดีที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2553 เวลา 12.00-14.00 น.

สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 3 ห้องประชุม 2

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 29 เมษายน พ.ศ. 2553

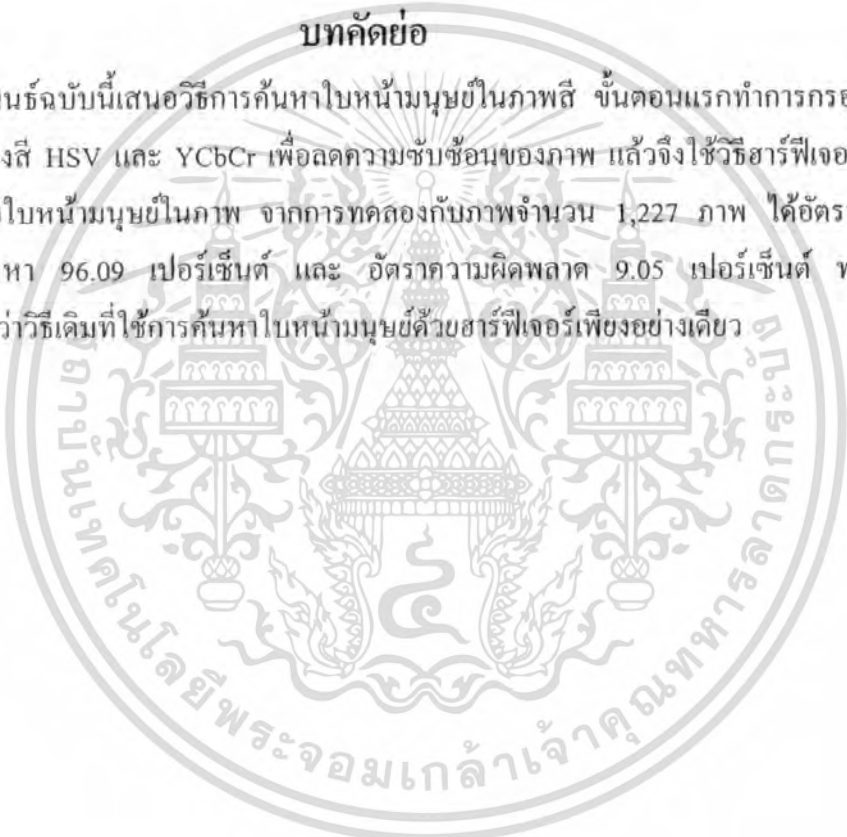
สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.  
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์  
วันที่ 31 เดือน..... พ.ศ. 53  
ลงชื่อ.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรรมใดทางส่วน อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การค้นหาใบหน้ามนุษย์โดยใช้ฮาร์ฟิเจอร์ที่คำนวณจากภาพ ที่ผ่านการกรองสีผิว
นักศึกษา	นายมานพ วรรณดี
รหัสนักศึกษา	50060916
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.บุษยพงษ์ ริงสรรค์เสรี

### บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เสนอวิธีการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสี ขั้นตอนแรกทำการกรองสีผิว โดยใช้แบบจำลองสี HSV และ YCbCr เพื่อลดความซับซ้อนของภาพ แล้วจึงใช้วิธีฮาร์ฟิเจอร์ เพื่อระบุตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ในภาพ จากการทดลองกับภาพจำนวน 1,227 ภาพ ได้อัตราความถูกต้องในการค้นหา 96.09 เปอร์เซ็นต์ และ อัตราความผิดพลาด 9.05 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีเดิมที่ใช้การค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยฮาร์ฟิเจอร์เพียงอย่างเดียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<b>Thesis Title</b>	Face Detection Using Haar Feature Extracted from Skin Tone Filtered Images
<b>Student</b>	Mr. Manop Vandee
<b>Student ID.</b>	50060916
<b>Degree</b>	Master of Engineering
<b>Program</b>	Telecommunications Engineering
<b>Year</b>	2010
<b>Thesis Advisor</b>	Assoc. Prof. Dr. Yuttapong Rangsanseri

### ABSTRACT

This thesis proposes a method for face detection in color images. To reduce the complexity of the image, a skin tone filter is first applied to detect skin color using the HSV and YCbCr color models. The Haar feature method is then used to detect the face positions in the image. The algorithm was tested on 1,227 images. The detection rate is 96.09% while the false positive rate is 9.01%. It was found that our method improves the performance of the conventional Haar feature method.

# กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำและคำปรึกษาจาก รศ.ดร. ยุทธพงษ์ รั้งสรรค์เสรี ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ข้าพเจ้ารู้สึกทราบบ้างซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่าน และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณคณาจารย์สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุก ๆ ท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในสาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

ขอขอบคุณบัณฑิตศึกษาและบัณฑิตวิทยาลัย คณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความช่วยเหลือในเรื่องต่างๆ

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบแต่ผู้มีพระคุณทุกท่าน



# สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของกรรศึกษา.....	1
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย.....	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	4
2.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image).....	4
2.2 ประเภทของภาพ (Image Type).....	6
2.2.1 ภาพแบบระดับสีเทา (Intensity image or Gray scale image).....	6
2.2.2 ภาพสี (Color Image).....	6
2.2.3 ภาพขาวดำ (Binary Image).....	7
2.2.4 ภาพแบบดัชนี (Index Image).....	8
2.3 แบบจำลองสี (Color Model).....	8
2.3.1 แบบจำลองสี RGB.....	8
2.3.2 แบบจำลองสี HSV.....	9
2.3.3 แบบจำลอง YCbCr.....	10
2.4 การแปลงแบบจำลองสี (Color Model Conversion).....	11
2.4.1 RGB เป็น Gray Scale.....	11
2.4.2 RGB เป็น HSV.....	11
2.4.3 RGB เป็น YCbCr.....	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงแก้ไข และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
2.5 ฮิสโตแกรมของภาพ (Image Histogram).....	12
2.6 การปรับปรุงภาพแบบการปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization).....	13
2.7 เทคนิคและวิธีการที่ใช้ในการค้นหาใบหน้ามนุษย์.....	14
2.8 งานวิจัยด้านการค้นหาใบหน้ามนุษย์.....	15
2.9 งานวิจัยและแนวความคิดที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้.....	17
2.10 การวัดประสิทธิภาพ.....	19
<b>บทที่ 3 การค้นหาใบหน้ามนุษย์โดยใช้ฮาร์ฟิเจอร์ที่คำนวณจากภาพที่ผ่านการกรองสีผิว.....</b>	<b>20</b>
3.1 เทคนิคการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์.....	20
3.1.1 ฮาร์ฟิเจอร์ (Haar Feature).....	20
3.1.2 อินทิกรัลอิมเมจ (Integral Image).....	22
3.1.3 การเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning).....	24
3.1.4 Cascade ของ Classifiers.....	26
3.1.5 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์.....	27
3.2 เทคนิคการกรองสีผิวมนุษย์.....	28
3.2.1 การวิเคราะห์หาค่าที่เป็นสีผิวมนุษย์.....	28
3.2.2 การสร้างตัวกรองสีผิวมนุษย์.....	33
3.3 เทคนิคที่นำเสนอโดยใช้วิธีฮาร์ฟิเจอร์ร่วมกับการกรองสีผิวมนุษย์.....	34
<b>บทที่ 4 ผลการทดลอง.....</b>	<b>35</b>
4.1 ผลการทดลองกรองสีผิวมนุษย์.....	35
4.1.1 การกำหนดบริเวณที่ไม่ใช่สีผิวให้เป็นศูนย์หรือสีดำ.....	35
4.1.2 การหาค่าช่วงที่เป็นสีผิวที่เหมาะสมสำหรับการค้นหาใบหน้ามนุษย์ที่นำเสนอ.....	36
4.2 ผลการทดลองของการค้นหาใบหน้ามนุษย์.....	40
4.2.1 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพอินเตอร์เน็ต.....	40
4.2.2 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ FACES.....	42
4.2.2 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ GT.....	43

**บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....** 46

ไม่อาจรับประกันได้ว่างานวิจัยนี้จะส่งผลดีหรือเสียแก่ใครก็ตามที่ได้อ่านงานวิจัยนี้ และไม่แนะนำให้ใช้ในงานวิจัยอื่นโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของลิขสิทธิ์ และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม.....	47
ภาคผนวก.....	49
ภาคผนวก ก. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	50
ประวัติผู้เขียน.....	56



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญตาราง

ตารางที่

หน้า

4.1 ผลการทดลองของการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสี.....45



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ภาพแบบ Gray scale.....	6
2.2 ภาพสีแบบ RGB.....	7
2.3 ภาพแบบไบนารี หรือ ภาพขาวดำ.....	7
2.4 ภาพแบบดัชนี.....	8
2.5 แบบจำลองสี RGB.....	9
2.6 แบบจำลองสี HSV.....	10
2.7 แบบจำลอง YCbCr.....	10
2.8 ฮิสโตแกรมของภาพ.....	12
2.9 การปรับปรุงภาพแบบการปรับเท่าฮิสโตแกรม.....	13
2.10 การใช้โครงข่ายประสาทเทียมค้นหาใบหน้ามนุษย์ของ H. Rowley [6].....	15
2.11 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสีของ Anil K. Jain [1].....	16
2.12 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีการกรองสีผิวร่วมกับวิธีฟอว์ทเวกเตอร์ แมชชีนของ P. Palasutikul, P. Sooraksa และ A. Lasakul [9].....	17
2.13 ขั้นตอนการทำงานของระบบค้นหาใบหน้าด้วยวิธี Haar Feature.....	18
2.14 ผลลัพธ์ของการค้นหาใบหน้ามนุษย์ (ก) การค้นหาด้วยวิธี Haar Feature เพียงอย่างเดียว (ข) การค้นหาด้วยวิธี Haar Feature ของ V. Srisuwatn และ S. Pumrintr [14].....	18
3.1 ลักษณะของ Haar Wavelet.....	20
3.2 Haar Feature รูปแบบต่างๆ ใช้สำหรับเปรียบเทียบกับลักษณะแบบต่างๆ.....	21
3.3 ตัวอย่างการใช้ Haar Feature ตรวจจับลักษณะบนใบหน้ามนุษย์.....	21
3.4 Integral Image ที่ตำแหน่ง (x, y).....	23
3.5 การรวมค่าพิกเซลในสี่เหลี่ยม D.....	23
3.6 ตัวอย่างการหาผลรวมของ Haar Feature ใน sub-window.....	24
3.7 อัลกอริทึมของ AdaBoost สำหรับการเรียนรู้ Classifier ในแต่ละรอบของการ Boosting จะทำ การเลือกหนึ่ง Feature จาก 180,000 Feature ที่อาจเกิดขึ้นได้.....	25
3.8 ตัวอย่างการทำงานของ AdaBoost.....	26
3.9 การทำงานของ Cascade Classifier.....	26
3.10 ผลลัพธ์ของการค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์.....	28
3.11 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าสีผิวมนุษย์.....	29
3.12 ฮิสโตแกรมของภาพ (ก) ค่า H (ข) ค่า Cb และ (ค) ค่า Cr.....	30

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.13 ช่วงที่เป็นสีผิวมนุษย์ของค่า H.....	31
3.14 ช่วงที่เป็นสีผิวมนุษย์ของค่า Cb.....	31
3.15 ช่วงที่เป็นสีผิวมนุษย์ของค่า Cr.....	32
3.16 ขั้นตอนการกรองสีผิวมนุษย์.....	33
3.17 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสีที่นำเสนอ.....	34
4.1 ผลการทดลองค้นหาใบหน้าในภาพที่กำหนดบริเวณสีผิวให้เป็นสีขาว และ สีดำ (ก) ภาพที่กำหนดให้เป็นสีขาว (ข) ภาพที่กำหนดให้เป็นสีดำ.....	35
4.2 ผลการทดลองนำภาพที่ผ่านการกรองสีผิวในช่วงสีผิวต่างๆทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์ (ก) เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองสีผิวที่มีช่วงกว้าง (ข) เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองสีผิวที่มีช่วงแคบ (ค) เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองสีผิวที่เหมาะสม.....	36
4.3 ผลการทดลองกรองสีผิวมนุษย์ของบุคคลคนเดียวกันแต่ถ่ายในสถานะแสงที่แตกต่างกัน (ก) เป็นภาพที่ถูกถ่ายในสถานะที่มีแสงส่องเข้าบริเวณใบหน้า (ข) เป็นภาพที่ถูกถ่ายในสถานะแสงปกติ.....	37
4.4 ตัวอย่างสีส โคนแกรมของภาพใบหน้าที่มีแสงสว่างส่องตรงบริเวณใบหน้า.....	38
4.5 ผลการทดลองการกรองสีผิวมนุษย์.....	39
4.6 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพอินเตอร์เน็ต (ก) วีรฮาร์พีเจอร์ (ข) วีรที่นำเสนอ.....	40
4.7 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ FACES (ก) วีรฮาร์พีเจอร์ (ข) วีรที่นำเสนอ.....	42
4.8 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ GT (ก) วีรฮาร์พีเจอร์ (ข) วีรที่นำเสนอ.....	44

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันงานวิจัยเกี่ยวกับทางด้านการค้นหาตำแหน่งใบหน้ามนุษย์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิทัล (Digital Camera) ระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ระบบรักษาความปลอดภัย (Security System) นอกจากนี้รูปใบหน้าที่ค้นหาได้ยังสามารถนำไปใช้กับระบบรู้จำใบหน้ามนุษย์ (Face Recognition) เพื่อระบุตัวบุคคล เป็นต้น ซึ่งระบบเหล่านี้ต้องการขั้นตอนการค้นหาใบหน้าที่มีประสิทธิภาพ ถ้าขั้นตอนการค้นหาใบหน้าที่มีประสิทธิภาพมากเท่าไรก็จะทำให้ระบบเหล่านี้มีประสิทธิภาพมากขึ้นไปด้วยเท่านั้น

เทคนิคและวิธีการค้นหาใบหน้ามนุษย์จึงได้ถูกนำเสนอไว้ด้วยกันหลายวิธี เช่น การแยกสีผิวมนุษย์ออกจากพื้นหลัง (Skin Color Segmentation) [1], [2], [3], [4], [5] การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) [6] การใช้วิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) [7], [8], [9], [10], [11] และวิธีฮาร์ฟิเจอร์ (Haar Feature) [12], [13], [14] ซึ่งเป็นวิธีทางสถิติที่สามารถแยกแยะใบหน้ามนุษย์ โดยการเปรียบเทียบภาพใบหน้าที่กับลักษณะของ Haar Feature เป็นต้น วิธีนี้มีประสิทธิภาพและมีความเร็วในการค้นหาใบหน้าแต่ก็มีความผิดพลาดที่เกิดขึ้นได้สองลักษณะ "ได้แก่ ภาพที่ได้จากการค้นหาแต่ไม่มีใบหน้าที่อยู่จริงในภาพ (False Positive) และ ภาพที่มีใบหน้าที่อยู่จริงในภาพแต่ค้นหาไม่ได้ (False Negative)

ประโยชน์ที่เห็นได้ชัดในงานวิจัยทางด้านการค้นหาใบหน้ามนุษย์ดังกล่าวมาแล้ว รวมถึงปัจจุบันเทคโนโลยีได้พัฒนาเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว เช่น ความต้องการของข้อมูลข่าวสารเกี่ยวกับรูปภาพหรือภาพถ่ายที่ถ่ายด้วยกล้องถ่ายภาพดิจิทัลรวมทั้งกล้องวงจรปิดต่างๆที่ใช้ในระบบรักษาความปลอดภัยในปัจจุบันจะเป็นภาพสี (Color Image) ดังนั้นงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้จึงได้นำเสนอการค้นหาใบหน้ามนุษย์ โดยเน้นไปที่ภาพสีร่วมกับวิธีการของฮาร์ฟิเจอร์ (Haar Feature) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและแก้ไขปัญหาดังกล่าวของวิธีฮาร์ฟิเจอร์ โดยแบ่งขั้นตอนใหญ่ๆ ได้ดังนี้ ขั้นตอนแรกคือนำภาพที่จะทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์นั้นมาทำการแยกแยะสีผิวมนุษย์ออกจากพื้นหลังก่อน จากนั้นเพื่อให้ระบบมีความซับซ้อนในการค้นหา ในขั้นตอนนี้จึงได้มีการนำตัวกรองสีผิวที่มีความคงทนต่อสภาพแสงและสามารถใช้กับสีผิวได้หลายชนชาติมาใช้ โดยนำแบบจำลองสี HSV ร่วมกับ YCbCr มาสร้างตัวกรองสีผิว จากนั้นนำไปเข้าสู่ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์ จากกระบวนการทั้งสองมาผสมผสานกันเพื่อสร้างระบบการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสี ซึ่งพบว่าสามารถแก้ปัญหา False Negative และ False Positive ได้เป็นอย่างดีและให้ผลด้านความถูกต้องสูงกว่าใช้วิธีฮาร์ฟิเจอร์เพียงอย่างเดียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มุ่งหวังเพื่อศึกษาระบบการค้นหาใบหน้ามนุษย์และ เสนอวิธีการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาให้ดีขึ้น จากวิธีฮาร์ฟเจอร์ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่ง แต่มักมีความผิดพลาดเกิดขึ้นซึ่งทำให้ประสิทธิภาพลดลง วิทยานิพนธ์นี้จึงนำเสนอขั้นตอนเพื่อแก้ปัญหาทั้งสองอย่างของวิธีฮาร์ฟเจอร์

## 1.3 สมมติฐานของการศึกษา

ข้อด้อยของฮาร์ฟเจอร์คือ มีความผิดพลาด False Positive มากซึ่งทำให้ประสิทธิภาพในการค้นหาใบหน้ามนุษย์ลดลง เนื่องจากวิธีฮาร์ฟเจอร์เป็นวิธีที่ใช้การเปรียบเทียบใบหน้ามนุษย์กับลักษณะของ Haar Feature จากฐานข้อมูลที่ฝึกให้จดจำลักษณะ Haar Feature ของใบหน้ามนุษย์ และ ไม่ใช่ใบหน้ามนุษย์เอาไว้แล้ว ซึ่งถ้าตำแหน่งใดจุดบนภาพที่ทำการค้นหาตรงกับ Haar Feature ที่ถูกกำหนดไว้แล้วก็จะเป็นส่วนหนึ่งของใบหน้าที่ค้นหาได้ ซึ่งเป็นเหตุทำให้เกิดความผิดพลาด False Positive ขึ้น โดยมักเกิดจากพื้นหลังของภาพหรือตำแหน่งต่างๆที่ไม่ใช่ใบหน้ามนุษย์บนภาพไปตรงกับ Haar Feature ที่กำหนดไว้ทำให้บริเวณดังกล่าวถูกระบุให้เป็นใบหน้ามนุษย์ที่ค้นหาได้ แต่ก็สามารถลดความผิดพลาด False Positive ได้โดยการเพิ่มเงื่อนไข Haar Feature เข้าไปหลายๆแต่ก็จะทำให้เกิดความผิดพลาด False Negative ขึ้นมากตามไปด้วย เนื่องจากใบหน้ามนุษย์ที่มีอยู่บนภาพไม่สามารถผ่านเงื่อนไขที่มีมากขึ้น จะเห็นได้ว่า False Positive จะแปรผกผันตรงกันข้ามกับ False Negative ดังนั้นถ้า False Positive ลดลง ก็จะทำให้ความถูกต้องลดลงไปด้วย

การแก้ปัญหาข้างต้นนี้ที่ได้กล่าวมานั้นจึงเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้เราได้ศึกษาหาวิธีที่จะแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เราจึงได้ศึกษาวิจัยวิธีการต่างๆโดยใช้การกรองสีผิวมนุษย์เพื่อลดความซับซ้อนของพื้นหลังออกไป ซึ่งจะทำให้ข้อมูลที่ทำการพิจารณาแคบลงเหลือแค่บริเวณที่เป็นสีผิวมนุษย์เท่านั้น ในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะใช้แบบจำลองสี HSV ร่วมกับ YCbCr ในการสร้างอัลกอริทึมของตัวกรองสีผิวมนุษย์

## 1.4 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

จากปัญหาการค้นหาใบหน้ามนุษย์ดังที่กล่าวมาแล้ว เราจึงมีแนวคิดดังนี้คือ หาวิธีที่เข้ามาเพิ่มในระบบการค้นหาที่ซับซ้อนน้อยที่สุดเพื่อไม่ให้ประสิทธิภาพด้านอื่นๆลดลงไปด้วย เช่น ความซับซ้อนของระบบจะต้องไม่ซับซ้อนมากเกินไป และ เวลาที่ในการค้นหาจะต้องไม่เพิ่มขึ้นมากนักหรือใช้เวลาในการค้นหาน้อยลง เป็นต้น และจะต้องสามารถลดปัญหาความผิดพลาดทั้งสองอย่าง (False Negative และ False Positive) ได้พร้อมๆกัน โดยไม่ให้อย่างหนึ่งลดและอีกอย่างเพิ่มขึ้นเราจึงได้เสนอทฤษฎีเกี่ยวกับการวิเคราะห์สี (Color Analysis) เป็นวิธีที่เกี่ยวข้องกับการเอกสารถือเป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แยะแยะสีต่างๆในภาพ ซึ่งเราจะใช้เพื่อแยกแยะสีผิวมนุษย์ที่ส่วนใหญ่จะแตกต่างจากสีอื่นๆในภาพ ซึ่งวิธีนี้เรียกว่า วิธีการกรองสีผิวมนุษย์ (Human Skin Tone Filter) โดยนำมาใช้ร่วมกับระบบการค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟเฟเจอร์ โดยมีขั้นตอนดังนี้เราจะนำภาพที่ต้องการค้นหาใบหน้ามนุษย์มาผ่านการกรองสีผิวมนุษย์ก่อนแล้วค่อยนำไปเข้ากระบวนการค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟเฟเจอร์ โดยลักษณะเด่นของวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้คือ การใช้ตัวกรองสีผิวมนุษย์ที่ทนต่อแสงในสถานะต่างๆ และสามารถกรองสีผิวออกจากพื้นหลังได้ดี วิทยานิพนธ์เล่มนี้จะใช้แบบจำลองสี HSV ร่วมกับ YCbCr ในการสร้างขั้นตอนวิธีการกรองสีผิวมนุษย์ และได้แสดงผลของการค้นหาใบหน้าเพื่อเปรียบเทียบวิธีการที่นำเสนอกับวิธีฮาร์ฟเฟเจอร์เพียงอย่างเดียว

## 1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการกรองสีผิวมนุษย์ สำหรับการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟเฟเจอร์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสี โดยใช้โปรแกรม MATLAB จำลองขั้นตอนการกรองสีผิว ภาพที่ได้จากการกรองสีผิวก็จะนำไปทำการค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟเฟเจอร์ และนำผลที่ได้ไปเปรียบเทียบกับวิธีฮาร์ฟเฟเจอร์ที่ค้นหาจากภาพที่ยังไม่ได้ผ่านการกรองสีผิว ซึ่งภาพที่ใช้เป็นภาพถ่ายที่เป็นภาพสีเท่านั้น ภาพใบหน้ามนุษย์ที่ค้นหาตำแหน่งได้มีลักษณะดังนี้

1.5.1 ภาพใบหน้ามนุษย์ที่ไม่มีสิ่งกีดขวางบนใบหน้า เช่น ผ้าคลุมหน้า หน้ากาก และมีสีที่ไม่ใช่สีผิวมนุษย์ระบอบบนใบหน้าเป็นต้น

1.5.2 ภาพใบหน้าที่ผ่านมาการกรองสีผิวออกมาแล้วจะต้องเหลือรายละเอียดของใบหน้าจะต้องไม่หายไปมากนัก เช่น หน้าผาก แแนวจมูก แก้ม เป็นต้น

1.5.3 ความละเอียดของใบหน้ามนุษย์ต้องมีขนาดทางด้านกว้างและสูง ไม่น้อยกว่า 24x24 พิกเซล

## 1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 5 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความจำเป็นของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ สมมติฐาน ทฤษฎีที่ใช้ ขอบเขตของงานวิจัย และขั้นตอนของการศึกษา

บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย รวมถึงเทคนิคอื่นๆ ที่ใช้ในการค้นหาใบหน้ามนุษย์

บทที่ 3 กล่าวถึงการค้นหาใบหน้ามนุษย์โดยใช้ฮาร์ฟเฟเจอร์ที่คำนวณจากภาพที่ผ่านมาการกรองสีผิวมนุษย์

บทที่ 4 กล่าวถึงผลการทดลองต่างๆ

บทที่ 5 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) จะเกี่ยวกับการแปลงข้อมูลภาพให้อยู่ในรูปแบบข้อมูลดิจิทัล (Digital Format) ซึ่งสามารถที่จะนำเอาข้อมูลนี้จัดผ่านกระบวนการต่างๆด้วยดิจิทัลคอมพิวเตอร์ได้ ในระบบของดิจิทัลอินพุตและเอาต์พุตของระบบจะอยู่ในรูปแบบดิจิทัลเท่านั้น

#### 2.1 ภาพดิจิทัล (Digital Image)

วัตถุที่มีอยู่ตามธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้นมีรูปร่างที่แตกต่างกันไปทั้งที่เป็นรูปทรงเรขาคณิตและไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต ในศาสตร์ของการประมวลผลภาพนั้นการกำหนดขอบเขตของภาพทุกภาพให้อยู่ในรูปสี่เหลี่ยม (Rectangular Image Model) เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุด เนื่องจากทำให้การอ่านภาพการจัดเก็บข้อมูลภาพในหน่วยความจำและการแสดงภาพออกทางอุปกรณ์ต่างๆ เป็นไปได้โดยมีประสิทธิภาพ

ในการแปลงภาพให้เป็นสัญญาณดิจิทัลนั้นระบบจะนำรูปที่รับเข้ามาไปคำนวณ โดยกระบวนการ Sampling และ Quantization และส่งข้อมูลออกมาในรูปแบบดิจิทัลคอมพิวเตอร์จะเก็บข้อมูลภาพลงหน่วยความจำ โดยการจองหน่วยความจำภายในเครื่องในรูปแบบของอาร์เรย์ โดยค่าในแต่ละช่องของอาร์เรย์แสดงถึงคุณสมบัติต่างๆของรูปที่พิกเซลนั้นๆ และ ตำแหน่งของช่องอาร์เรย์ก็เป็นตัวกำหนดตำแหน่งของพิกเซลภายในภาพด้วย

สมมติให้  $I(x,y)$  เป็นตัวแปรแบบอาร์เรย์ขนาด  $M \times N$  ( $M$  แถว และ  $N$  คอลัมน์) ที่ใช้เก็บภาพขนาด  $M \times N$  จุด (จำนวน  $M$  จุดในแนวนอน และ  $N$  จุดในแนวตั้ง) ถ้าในกรณีที่เป็นภาพระดับสีเทา (Grey Level) ขนาด 8 บิต จะมีค่าสี หรือ ค่าความสว่างเท่ากับ  $2^8$  หรือเท่ากับ 256 ระดับ คือตั้งแต่ ระดับ 0 (พิกเซลเป็นสีดำ) จนถึง 255 (พิกเซลจะเป็นสีขาว) บางครั้งค่าความสว่างอาจมีความหมายถึงระดับความละเอียดของภาพ (Image Resolution) ตัวอย่างเช่น ค่าสีของจุดภาพในแถวที่ 2 คอลัมน์ที่ 3 จะตรงกับค่าของ  $I(2,3)$  จะเห็นว่าเราใช้ตำแหน่งของจุดภาพทั้งสองแกน  $(x,y)$  เป็นตัวชี้ค่าข้อมูลในอาร์เรย์ ดังแสดงในสมการที่ 2.1

$$I = \begin{bmatrix} I(1,1) & I(1,2) & I(1,3) & I(1,4) & \dots & I(1,N) \\ I(2,1) & I(2,2) & I(2,3) & I(2,4) & \dots & I(2,N) \\ I(3,1) & I(3,2) & I(3,3) & I(3,4) & \dots & I(3,N) \\ I(4,1) & I(4,2) & I(4,3) & I(4,4) & \dots & I(4,N) \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ I(M,1) & I(M,2) & I(M,3) & I(M,4) & \dots & I(M,N) \end{bmatrix}_{M \times N} \quad (2.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากการใช้หน่วยความจำเพื่อการเก็บภาพในลักษณะที่กล่าวมาเนื้อที่ในการเก็บภาพสามารถคำนวณได้จาก  $M \times N \times g$  เมื่อ  $g$  เป็นจำนวนเต็มแทนจำนวนบิตของข้อมูลในแต่ละพิกเซล ตัวอย่างถ้า  $g$  มีค่าเท่ากับ 8 บิตเราจะสามารถเก็บความแตกต่างของระดับสีที่เป็นไปสูงสุด 256 ระดับ ค่า  $M$  และ  $N$  จะเป็นตัวบอกถึงความละเอียดของภาพ สำหรับคอมพิวเตอร์ทั่วไปในระบบ VGA (Video Graphic Array) จะมีขนาด 640x480, 800x600 และ 1024x768 พิกเซล เป็นต้น การกำหนดความละเอียดจะขึ้นอยู่กับงานที่จะใช้ในงานบางอย่างใช้ความละเอียดแค่ 30 x 50 พิกเซล ก็พอแล้วแต่ในงานบางชนิดใช้ความละเอียดถึง 1000 x 1000 พิกเซล ก็ยังไม่พอ ปกติแล้วในการเก็บข้อมูลภาพโดยเครื่องมือต่างๆ จะเก็บตามมาตรฐานของโทรทัศน์ซึ่งมีอัตราส่วน  $x$  ต่อ  $y$  เท่ากับ 4:3 สำหรับเครื่องมือเก็บข้อมูลภาพที่ไม่เป็นไปตามอัตราส่วน 4:3 เมื่อนำภาพนี้ไปแสดงในจอภาพมาตรฐานจะทำให้ภาพที่แสดงนั้นมีขนาดของจุดภาพไม่เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส เช่น ในบางระบบอาจใช้ความละเอียดในการแสดงเท่ากับ 640 x 512 ซึ่งจะทำให้ขนาดของพิกเซลที่ได้มีขนาดของด้านกว้างมีความยาวมากกว่าด้านสูง ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้เป็นหัวข้อที่ต้องสนใจสำหรับการเขียนโปรแกรมทางด้านกราฟิกและการจัดการข้อมูล จำนวนสีสูงสุดที่เป็นไปได้ของแต่ละพิกเซลขึ้นอยู่กับจำนวนบิตที่ใช้เมื่อมีการกำหนดให้ขนาดของบิตต่อพิกเซลมากขึ้น จะทำให้จำนวนของสีมากขึ้นด้วย ตัวอย่างเช่น

$$1 \text{ บิต} = 2^1 = 2 \text{ สี}$$

$$2 \text{ บิต} = 2^2 = 4 \text{ สี}$$

$$4 \text{ บิต} = 2^4 = 16 \text{ สี}$$

$$8 \text{ บิต} = 2^8 = 256 \text{ สี}$$

$$16 \text{ บิต} = 2^{16} = 65536 \text{ สี เป็นต้น}$$

สำหรับการแสดงข้อมูลภาพที่มีขนาด 1 บิต และ 8 บิต นั้นจะมีการทำงานที่ละเอียดถี่ถ้วนเนื่องจากหน่วยประมวลผลจะไม่สามารถจัดการกับข้อมูลที่เป็นบิตเดี่ยวๆ ได้ ดังนั้นในการแสดงข้อมูลออกทางจอภาพตัวโปรเซสเซอร์จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลทั้ง 8 บิต (1 Byte) ส่งให้กับจอภาพซึ่งในกรณีพิกเซลมีขนาด 1 บิต เมื่อโปรเซสเซอร์จะทำงานกับบิตแรกที่ต้องการแล้วก็จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ทันที โดยที่ไม่เกี่ยวกับข้อมูลอีก 7 บิตที่เหลือส่วนในกรณีพิกเซลที่มีขนาด 8 บิต โปรเซสเซอร์จะทำการก๊อปปี้ข้อมูลชุดใหม่ก็ต่อเมื่อโปรเซสเซอร์ทำงานกับทุกบิตแล้ว ตัวอย่างสำหรับระบบที่มีความละเอียดเท่ากับ 800x600 พิกเซล และมีขนาด 16 บิตต่อพิกเซล จะสามารถแสดงสีได้ทั้งหมด 65536 ระดับ และต้องใช้เนื้อที่ในการเก็บเท่ากับ 800x600x16 บิต เป็นต้น

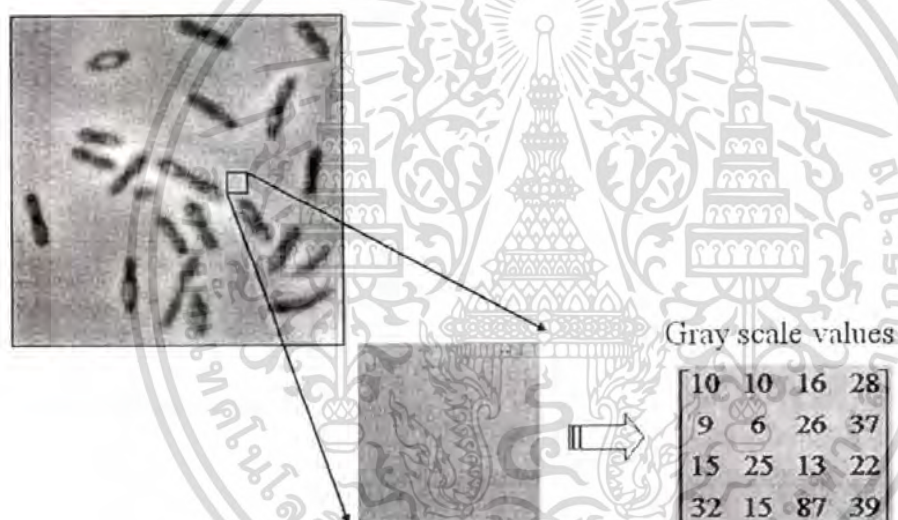
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 ประเภทของภาพ (Image Type)

โดยทั่วไปเราสามารถแบ่งประเภทของภาพดิจิทัลตามคุณสมบัติของสีออกเป็น 4 ประเภทดังนี้

### 2.2.1 ภาพแบบระดับสีเทา (Intensity image or Gray scale image)

ลักษณะของภาพชนิดนี้ในแต่ละพิกเซลจะมีค่าความเข้มของแสงในแต่ละระดับที่แตกต่างกันไปตั้งแต่สีขาวไปยังสีดำ เราสามารถกำหนดระดับความเข้มของแสงนั้นได้โดยใช้ค่าระดับสีเทา (Gray scale หรือ Gray level) ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.1 โดยปกติทั่วไปภาพแบบระดับสีเทาจะมีความละเอียด (Resolution) เท่ากับ 8 บิต ซึ่งภาพจะมีค่าระดับความเข้มแสงของสีดำเท่ากับ 0 ส่วนค่าระดับความเข้มแสงของสีขาวจะมีค่าเท่ากับ 255

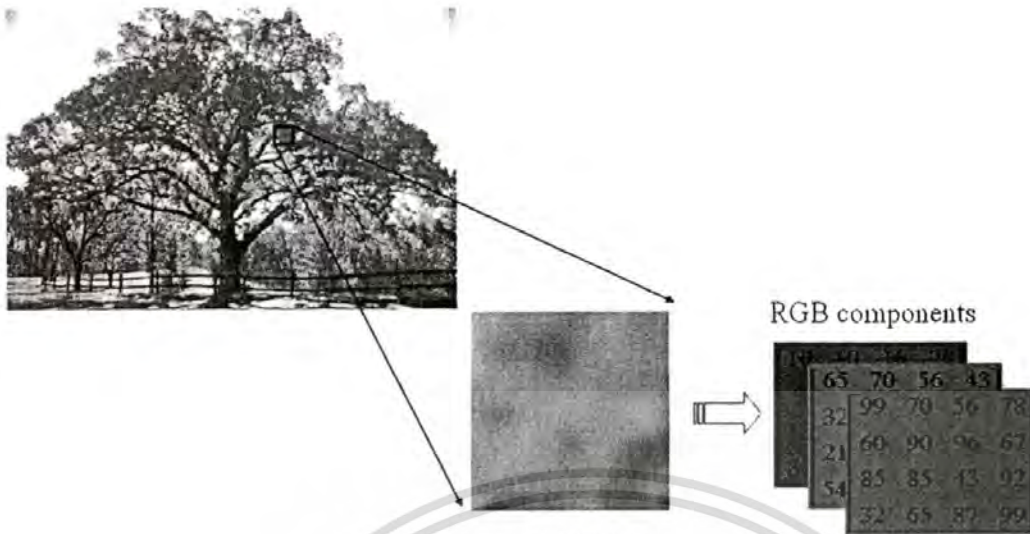


รูปที่ 2.1 ภาพแบบ Gray scale

### 2.2.2 ภาพสี (Color Image)

ภาพชนิดนี้ แต่ละพิกเซลของภาพจะเก็บค่าระดับความเข้มของแต่ละแถบแสงของแม่สีหลัก 3 สีที่ซ้อนกันคือสีแดง (Red) สีเขียว (Green) สีน้ำเงิน (Blue) ซึ่งในแต่ละพิกเซลนั้นๆ ก็จะได้แสดงผลของค่าสีของแต่ละพิกเซลตามระดับความเข้มในแต่ละแถบแสงนั้น ดังรูปที่ 3.2

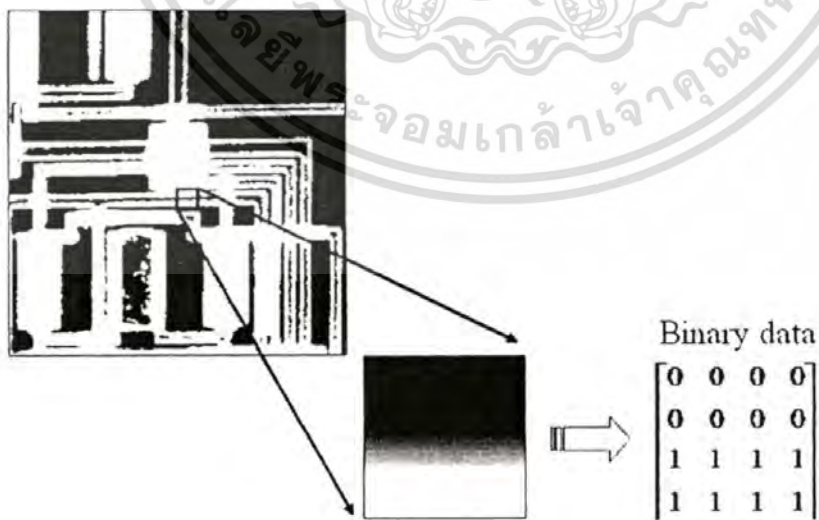
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 ภาพสีแบบ RGB

### 2.2.3 ภาพขาวดำ (Binary Image)

ลักษณะของภาพขาวดำคือในแต่ละพิกเซลจะแสดงด้วยค่าแบบไบนารี (Binary) คือมี 1 บิต ซึ่งประกอบไปด้วยค่า 1 และ 0 โดยที่ 1 หมายถึงจุดภาพสีขาว และ 0 หมายถึงจุดภาพสีดำ ภาพประเภทนี้เหมาะสำหรับภาพที่เกี่ยวกับตัวอักษร (Text) ภาพลายนิ้วมือ (Finger Print) เป็นต้น รูปที่ 2.3 เป็นตัวอย่างแสดงภาพแบบไบนารี

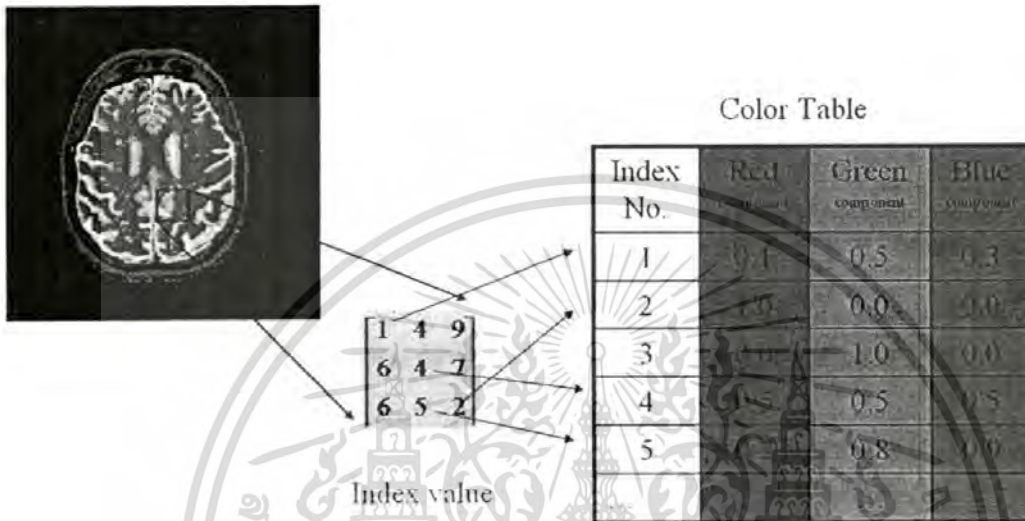


รูปที่ 2.3 ภาพแบบไบนารี หรือ ภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.2.4 ภาพแบบดัชนี (Index Image)

ภาพประเภทนี้ในแต่ละพิกเซลของภาพจะเก็บค่าดัชนี (Index Number) ซึ่งเป็นตัวเลขจำนวนเต็มซึ่งจะถูกนำค่าดัชนีดังกล่าวไปเทียบกับ ตารางสี (Color Table) ซึ่งเป็นตารางแสดงค่าแสงสีแดง เขียว และน้ำเงิน ซึ่งค่าดัชนีนี้จะเป็นตัวชี้ให้เห็นว่าภาพในตำแหน่งพิกเซลนั้นๆ มีค่าอัตราส่วนของแม่แสง 3 สีในอัตราส่วนอะไร ดังรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 ภาพแบบดัชนี

### 2.3 แบบจำลองสี (Color Model)

เนื่องจากรูปแบบสีจริงที่มองเห็นในธรรมชาติจะประกอบด้วยช่วงความยาวคลื่นต่างๆ มากมาย ซึ่งไม่สามารถนำมาจัดเก็บบนสื่อเก็บข้อมูลได้โดยตรง ดังนั้นเพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงได้เกิดแนวคิดที่จะสร้างแบบจำลองสีขึ้นมาสำหรับใช้งานในด้านต่างๆ โดยแบบจำลองสีที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้มี 3 แบบจำลองสีด้วยกันดังนี้

#### 2.3.1 แบบจำลองสี RGB

แบบจำลองสี RGB เป็นระบบสีที่เกิดจากการรวมกันของแสง สีแดง เขียว และน้ำเงิน โดยมีการรวมกันแบบ Additive ซึ่งโดยปกติจะนำไปใช้ในจอภาพแบบ CRT (Cathode Ray Tube) ในการใช้งานระบบสี RGB ยังมีการสร้างมาตรฐานที่แตกต่างกันออกไปที่นิยมใช้งานได้แต่ RGBCIE และ RGBNTSC

- ระบบสีแบบ RGB ของ CIE เป็นระบบสีที่พัฒนาขึ้นโดย CIE (Commission International Eclairage) ซึ่งอ้างอิงสีด้วยสีแดงที่ 700 nm สีเขียวเท่ากับ 546.1 nm และสีน้ำเงิน

435.8 nm เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ระบบสีแบบ RGB ของ NTSC เป็นระบบที่พัฒนาโดย NTSC (National Television System Committee) เพื่อใช้สำหรับการแสดงภาพของจอภาพแบบ CRT เป็นมาตรฐานสำหรับผู้ผลิตแบบ CRT ให้มีลักษณะเดียวกัน

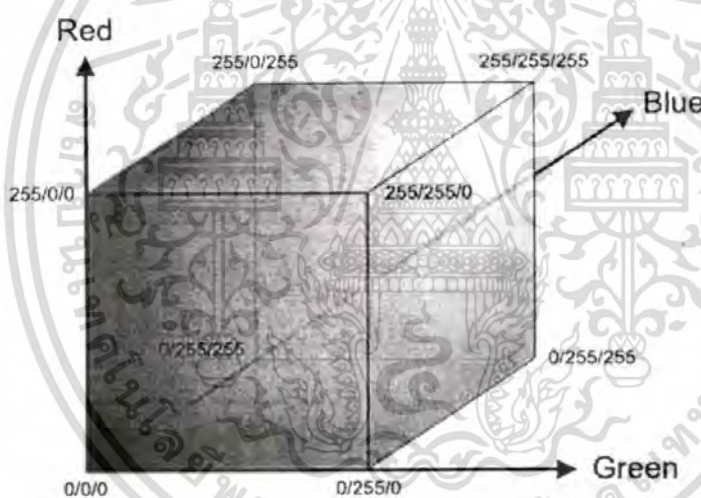
ถ้าแต่ละแม่สีเป็นขนาด 8 บิต รวมทั้งหมด เท่ากับ 24 บิต ซึ่งสามารถสร้างสีใหม่ได้ถึง  $256 \times 256 \times 256$  เท่ากับ 16,777,216 สี ถ้าพิกเซลเป็นภาพสีขนาด 24 บิต จะอ่านค่าอิมเมจดิจิทัลในรูปแบบเมตริก 2 มิติ ขนาด  $M \times N$  เหมือนกับในสมการที่ (2.1) แต่ค่า  $I(x,y)$  จะอยู่ในช่วงที่ประกอบด้วย

R ระดับ 0 จนถึง 255 ( $0 \leq R \leq 255$ )

G ระดับ 0 จนถึง 255 ( $0 \leq G \leq 255$ )

B ระดับ 0 จนถึง 255 ( $0 \leq B \leq 255$ )

แบบจำลองของสี RGB จะแสดงได้ดังรูปที่ 2.5

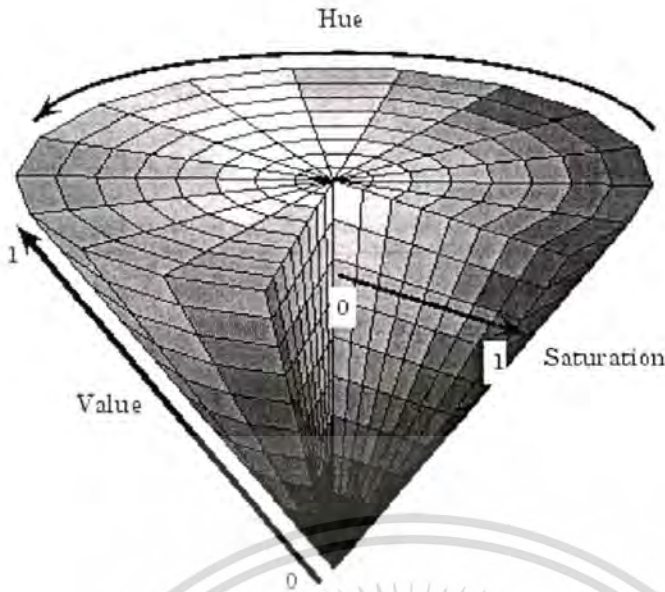


รูปที่ 2.5 แบบจำลองสี RGB

### 2.3.2 แบบจำลองสี HSV

HSV (Hue-Saturation-Value) เป็นแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นสำหรับใช้งานทางด้านศิลปะบนระบบคอมพิวเตอร์ โดยเกิดจากแนวความคิดของนักจิตรกรซึ่งมีองค์ประกอบของสีดังนี้ Hue เป็นค่าที่บ่งบอกถึงความเป็นสีจริงที่ใช้ในการวาดภาพซึ่งเกิดจากการนำแม่สีแดง เขียว และน้ำเงิน มาผสมกัน Saturation เป็นค่าความอิ่มตัวของค่า Hue ส่วน Value คือค่าความสว่างของภาพ แบบจำลองสี HSV แสดงได้ดังรูปที่ 2.6

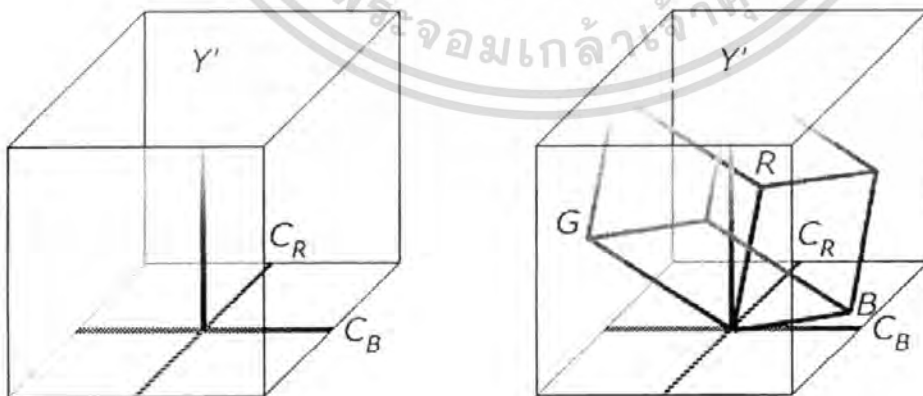
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แบบจำลองสี HSV

### 2.3.3 แบบจำลอง YCbCr

YCbCr เป็นแบบจำลองสีที่ไม่ยึดติดกับอุปกรณ์ใดๆ ถูกนำมาใช้กับภาพวิดีโอจนบางครั้งถูกเรียกว่าเป็นแบบจำลองสีของภาพวิดีโอ ซึ่งประกอบไปด้วย Y เป็นค่าของความสว่าง เกิดจากการหาค่าเฉลี่ยของแม่สีทั้งสามสีคือ แดง เขียว และ น้ำเงิน Cr เป็นค่าองค์ประกอบของสีแดง เกิดจากการนำแม่สีแดงมาลบกับค่าเฉลี่ยของแม่สีทั้งสามและ Cb คือค่าองค์ประกอบของสีน้ำเงิน เกิดจากการนำแม่สีน้ำเงินมาลบกับค่าเฉลี่ยของแม่สีทั้งสาม แบบจำลอง YCbCr แสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แบบจำลอง YCbCr

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5 ฮิสโตแกรมของภาพ (Image Histogram)

Histogram คือ มาตรฐานที่ใช้ในการบอกการกระจายของค่าระดับเทาในภาพทั้งภาพ ซึ่งการวิเคราะห์จาก Histogram นี้จะ ได้ผลออกมาเป็นกราฟแท่งที่บอกความสว่างในแต่ละช่วงของภาพ โดยที่แกนนอนคือระดับความเข้ม (Gray Level) และแกนตั้งคือความถี่ของค่าความเข้มนั้นๆ (Number of Pixels) ตัวอย่างเช่น รูปที่ 2.8 (ก) จะเป็นภาพ RGB ปกติ เมื่อทำการเปลี่ยนเป็นภาพระดับเทา (Gray Level) และพล็อตเป็นกราฟ Histogram จะกลายเป็น รูปที่ 2.8 (ข)

$$h_i = \frac{n_i}{MN} \quad \text{สำหรับ } 0 \leq i \leq 255 \quad (2.5)$$

จากสมการที่ (2.5) เมื่อ  $h_i$  เป็นฮิสโตแกรมของภาพ  $n_i$  คือจำนวนของจุดภาพ และ  $i$  คือระดับความเข้มของจุดภาพ ฮิสโตแกรมของภาพสามารถคำนวณได้จากค่าร้อยละของจำนวนจุดภาพที่มีความเข้มระดับต่างๆเทียบกับจำนวนจุดภาพทั้งหมด (กว้าง  $M$  จุดภาพ และยาว  $N$  จุดภาพ) ซึ่งรูปที่ 2.8 (ข) จะเห็นได้ว่าเมื่อทำการพล็อตกราฟออกมาแล้ว ในบริเวณช่วงแท่งกราฟช่วงแรกจะมีปริมาณความเข้มสูง และมีจำนวนมากเนื่องจากเป็นบริเวณสีของท้องฟ้าที่มีความทึบของสีฟ้า และถัดมาเป็นช่วงของภูเขาที่มีพื้นที่มาก แต่ความเข้มของระดับเทาน้อยกว่าช่วงของท้องฟ้า และสุดท้ายช่วงของพื้นที่ที่มีระดับความสว่างและพื้นที่ค่อนข้างน้อยจึงมีปริมาณแท่งน้อยกว่าทั้งสองกลุ่ม



(ก)



(ข)

รูปที่ 2.8 ฮิสโตแกรมของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

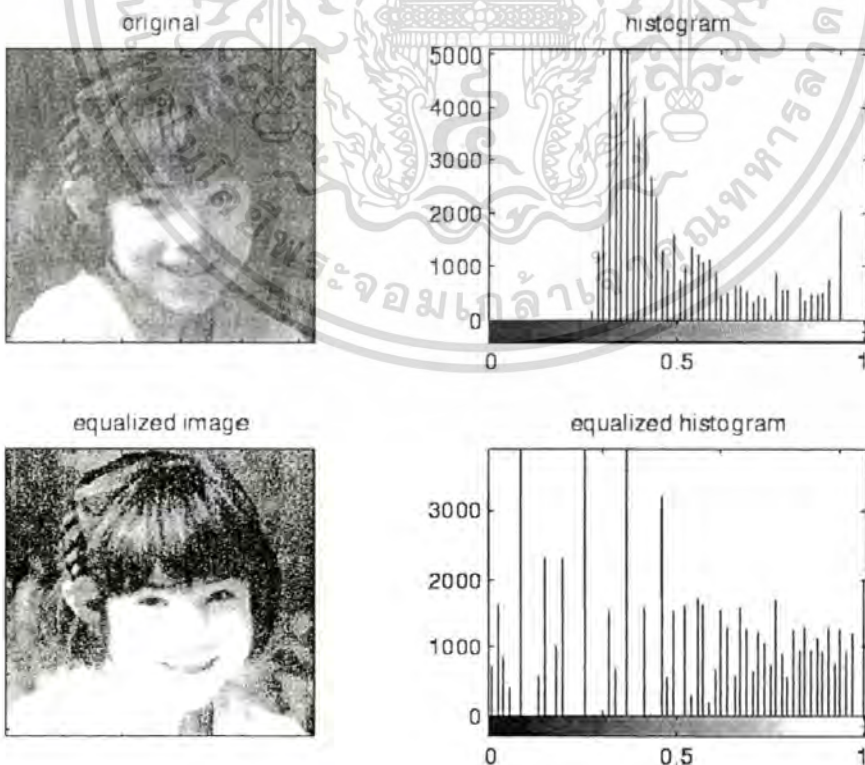
## 2.6 การปรับปรุงภาพแบบการปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization)

การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization) เป็นการปรับปรุงความสว่างและความคมชัดของภาพเพื่อให้ข่าวสารในภาพปรากฏเด่นชัดขึ้น โดยปรับลักษณะการกระจายของกราฟให้มีลักษณะเหมือนการกระจายแบบสม่ำเสมอ (Uniform) มากขึ้น การปรับปรุงนี้ไม่มีการลดหรือเพิ่มจำนวนจุดภาพแต่เป็นการปรับค่าความเข้มของจุดภาพทั้งหมดใหม่ค่าความเข้มใหม่ของจุดภาพเหล่านี้คำนวณได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

$$b_k = G_{\max} \sum_{i=0}^k h_i \quad \text{สำหรับ } 0 \leq k \leq G_{\max} \quad (2.6)$$

$$\text{โดยที่ } h_i = \frac{n_i}{MN} \quad \text{สำหรับ } 0 \leq i \leq G_{\max}$$

ในที่นี้  $b_k$  คือค่าความเข้มใหม่ของจุดภาพหลังปรับปรุงฮิสโตแกรมแล้ว  $G_{\max}$  คือค่าความเข้มสูงสุดของภาพ  $n_i$  คือจำนวนจุดภาพที่มีความเข้มระดับ  $i$  ซึ่ง  $M$  และ  $N$  คือจำนวนแถวและคอลัมน์ของภาพที่กำลังพิจารณา รูปที่ 2.9 แสดงให้เห็นว่าภาพที่ปรับปรุงคุณภาพโดยใช้วิธีนี้แล้วให้รายละเอียดมากขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารรูปที่ 2.9 การปรับปรุงภาพแบบการปรับเท่าฮิสโตแกรม [22] นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 เทคนิคและวิธีการที่ใช้ในการค้นหาใบหน้ามนุษย์

มีงานวิจัยจำนวนมากที่ได้เสนอวิธีการและเทคนิคต่างๆที่ใช้ในระบบการค้นหาใบหน้ามนุษย์ไว้ด้วยกันหลายวิธี ได้แก่ Neural Networks, Machine Learning, Geometrical Modeling, Template Matching, Hough Transform, Feature-Based Method และ Color Analysis เป็นต้น

- โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) คือโมเดลทางคณิตศาสตร์ สำหรับประมวลผลสารสนเทศด้วยการคำนวณแบบคอนเนกชันนิสต์ (Connectionist) เพื่อจำลองการทำงานของโครงข่ายประสาทในสมองมนุษย์ ด้วยวัตถุประสงค์ที่สร้างเครื่องมือซึ่งมีความสามารถในการเรียนรู้การจดจำแบบรูป (Pattern Recognition) และการอุปมาความรู้ (Knowledge Deduction) เช่นเดียวกับความสามารถที่มีในสมองมนุษย์ แนวคิดเริ่มต้นของเทคนิคนี้ได้มาจากการศึกษาข่ายงานไฟฟ้าชีวภาพ (Bioelectric Network) ในสมอง ซึ่งประกอบด้วย เซลล์ประสาท หรือ “นิวรอน” (Neurons) และ จุดประสาท (Synapses) แต่ละเซลล์ประสาทประกอบด้วยปลายในการรับกระแสประสาท เรียกว่า “เดนไดรต์” (Dendrite) ซึ่งเป็น Input และปลายในการส่งกระแสประสาทเรียกว่า “แอกซอน” (Axon) ซึ่งเป็นเหมือน Output ของเซลล์ เซลล์เหล่านี้ทำงานด้วยปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี เมื่อมีการกระตุ้นด้วยสิ่งรบกวนหรือกระตุ้นด้วยเซลล์ด้วยกัน กระแสประสาทจะวิ่งผ่านเดนไดรต์เข้าสู่ไมกเลียสซึ่งจะเป็นตัวตัดสินใจว่าต้องกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อหรือไม่ ถ้ากระแสประสาทแรงพอ นิวเคลียสก็จะกระตุ้นเซลล์อื่นๆ ต่อไปผ่านทางแอกซอนของมัน เช่นในงานวิจัย [6]

- การเรียนรู้ของเครื่อง (Machine Learning) เป็นเทคนิควิธีเพื่อให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้หรือจดจำรูปแบบต่างๆ โดยเน้นที่วิธีการเพื่อสร้างโปรแกรมคอมพิวเตอร์จากการวิเคราะห์ชุดข้อมูล การเรียนรู้ของเครื่องจึงเกี่ยวข้องกับอย่างมากกับสถิติศาสตร์ วิธีที่ใช้ก็ได้แก่ AdaBoots และ ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine) เป็นต้น ดังเช่นในงานวิจัย [7], [8], [9], [10], [11], [12], [13], [14]

- Geometrical Modeling คือ การใช้รูปทรงเรขาคณิตในการจำแนกวัตถุต่างๆ เช่น การจำแนกใบหน้ามนุษย์ โดยใบหน้าจะต้องมีลักษณะคล้ายรูปวงรี เป็นต้น เช่นในงานวิจัย [17], [18]

- Template Matching คือ การค้นหาวัดดูในภาพ โดยเปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ วิธีนี้ส่วนใหญ่มักจะกำหนดรูปแบบของใบหน้ามาตรฐาน หรือรูปแบบของลักษณะเด่นบนใบหน้ามาก่อนแล้ว (ส่วนใหญ่เป็นภาพถ่ายหน้าตรง) จากนั้นจึงตรวจหาบริเวณใดในภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับใบหน้ามาตรฐานมากที่สุด แบ่งออกได้สองแบบคือ Predefined Template (Template จะมีลักษณะตายตัว ไม่เปลี่ยนแปลง) และ Deformable Template (Template จะสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างและขนาดได้) เช่นในงานวิจัย [16]

- Hough Transform เป็นวิธีการที่ใช้ในการรู้จำวัตถุในรูปแบบต่างๆ เช่น เส้น วงกลม วงรี

โดยสมการที่ใช้ในการหาเส้นตรง (Straight Line Hough Transform) คือ  $x \cos \theta + y \sin \theta = r$  เมื่อ  $r$  คือระยะจากจุดศูนย์กลางถึงเส้นตรง และ  $\theta$  คือมุมระหว่าง  $r$  กับแนวแกน  $x$  เมื่อกำหนดจุดของไมวากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

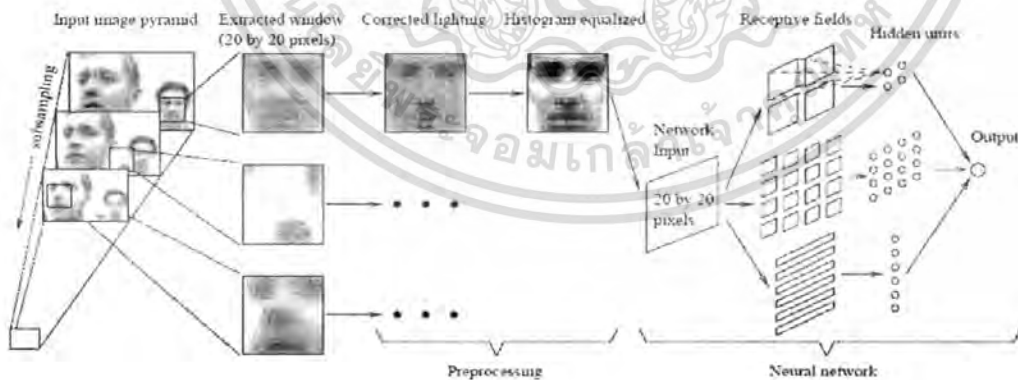
ค่า  $r$  และ  $\theta$  สำหรับทุกๆ ค่า  $x$  และ  $y$  ที่เป็นไปได้แล้วจะได้เป็นภาพในรูปของฮัฟสเปซ (Hough Space) โดยในฮัฟสเปซจะสามารถระบุค่าที่เป็นค่าสูงสุด (Local Maxima) ที่มีอยู่ได้ ซึ่งจุดนั้นจะเป็นจุดที่เส้นตรงอยู่บนันเอง หากต้องการหาเส้นโค้ง (Circular Hough Transform) สามารถค้นหารูปที่มีลักษณะเป็นวงกลม โดยใช้สมการ  $(x - c_x)^2 - (y - c_y)^2 = r^2$  เช่นในงานวิจัย [1]

- Feature-Based Method วิธีนี้จะเป็นการตรวจหาลักษณะเด่นบนใบหน้าก่อน ว่าลักษณะเด่นดังกล่าวอยู่ที่ตำแหน่งใด มีรูปร่างและขนาดเท่าใด รวมไปถึงความสัมพันธ์ของแต่ละลักษณะเด่น เช่น ตำแหน่ง ขนาด รูปร่าง ระยะห่างของแต่ละลักษณะเด่น ตัวอย่าง Feature ได้แก่ Haar-like Feature เป็นต้น เช่นในงานวิจัย [12], [13], [14]

- Color Analysis เป็นการนำเอาข้อมูลสีมาวิเคราะห์เพื่อหาลักษณะเด่น เช่น สีผิวมนุษย์ เพราะสีผิวของใบหน้ามนุษย์จะแตกต่างจากส่วนอื่นๆ ในภาพอย่างชัดเจน เทคนิค ได้แก่ การกรองสีผิว (Skin Tone Filter) เพื่อตัดสีอื่นที่ไม่ใช่สีผิวมนุษย์ออกและ การแยกแยะสี (Color Segmentation) เพื่อแยกแยะสีต่างๆ ในภาพที่เป็นโทนเดียวกันออกเป็นส่วนๆ เป็นต้น ดังเช่นในงานวิจัย [1], [2], [3], [4], [5], [9], [10], [11], [14], [16]

## 2.8 งานวิจัยด้านการค้นหาใบหน้ามนุษย์

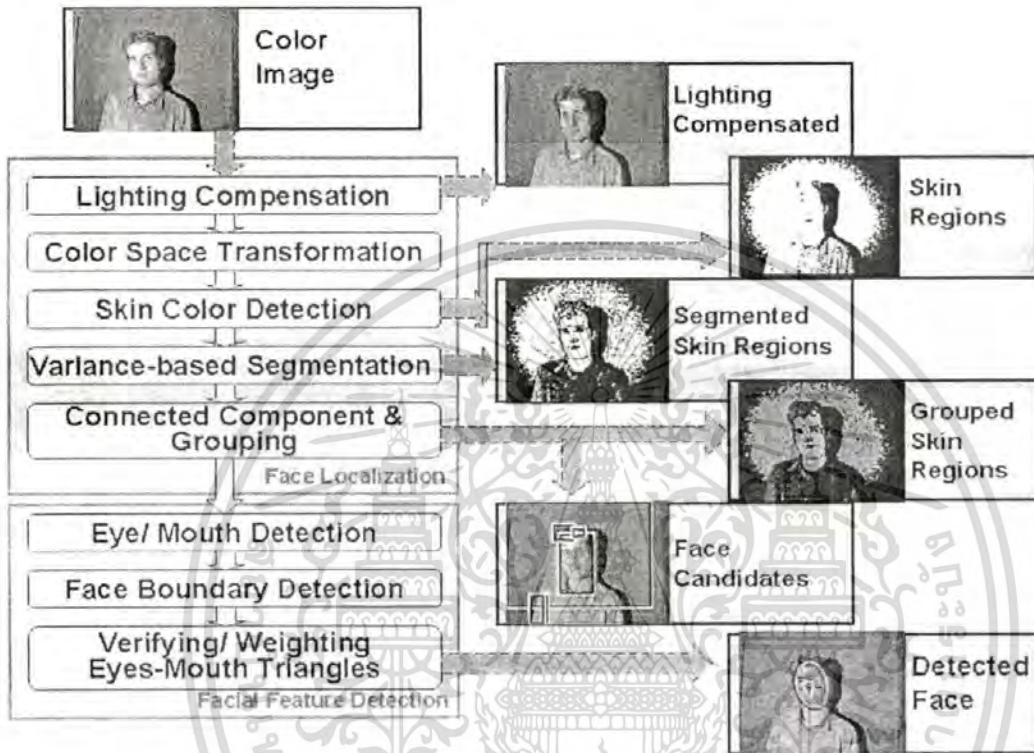
- งานวิจัยของ H. Rowley [6] ใช้วิธีการนำตัวอย่างของใบหน้ามนุษย์ และ ไม่ใช่ใบหน้ามนุษย์ มาทำการเรียนรู้ (Training) โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์ต่างๆ แล้วเก็บไว้เป็นข้อมูลทางสถิติ หรือสร้างเป็นเงื่อนไขในการแยกแยะภาพทั้งสองกลุ่มโดยใช้เทคนิค โครงข่ายประสาทเทียม (Neural Networks) ดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 การใช้โครงข่ายประสาทเทียมค้นหาใบหน้ามนุษย์ของ H. Rowley [6]

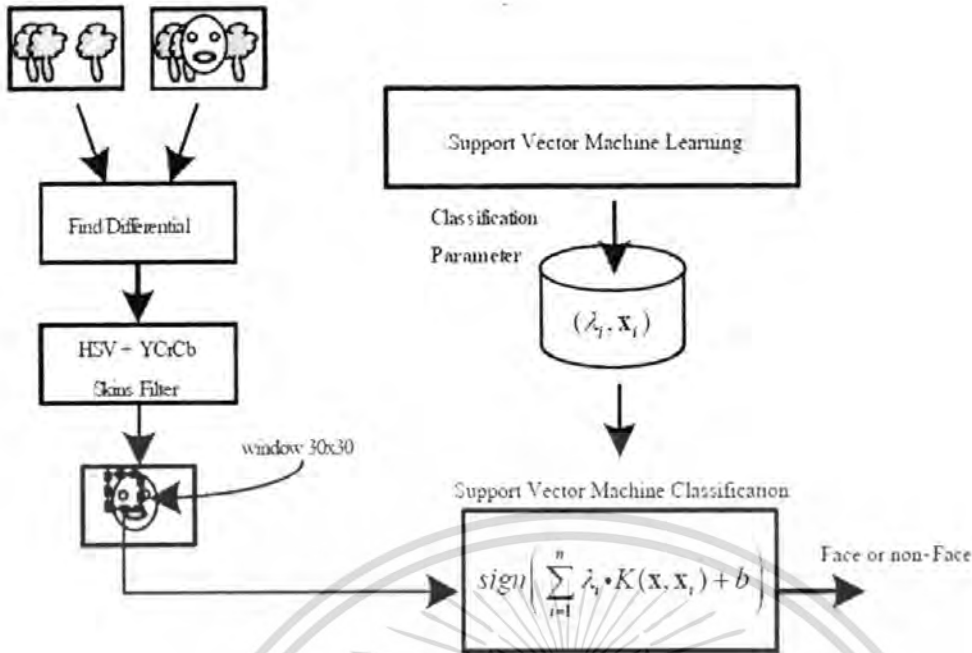
-งานวิจัยของ Anil K. Jain [1] ใช้วิธี Color Analysis แบ่งโทนสีที่มีความใกล้เคียงกัน ออกเป็นกลุ่มๆ โดยเรียกกลุ่มสีเหล่านั้นว่า Face Candidates โดยใช้เทคนิค Lighting Compensation และ Skin Color Detection จากนั้นนำ Face Candidates ที่ได้มาทำการวิเคราะห์หาไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องค์ประกอบต่างๆที่เป็นใบหน้ามนุษย์ เช่น ตา 2 ตา และ ปาก 1 ปาก ถ้า Face Candidates ดังกล่าวมีองค์ประกอบของใบหน้าครบก็จะถูกกำหนดให้เป็นตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์นั่นเอง จากนั้นก็หาขอบของใบหน้าแล้วสร้างกรอบเชื่อมโยงตำแหน่งตาและปากบริเวณที่เป็นใบหน้า ด้วย Hough Transform ดังแสดงในรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสีของ Anil K. Jain [1]

-งานวิจัยของ P. Palasutikul, P. Sooraksa และ A. Lasakul [9] ได้เสนอการค้นหาใบหน้าในภาพสีโดยนำเทคนิคการกรองสีผิวมนุษย์เพื่อแยกสีผิวออกจากพื้นหลังก่อนแล้วจึงนำไประบุตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน ดังแสดงในรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีการกรองสีผิวร่วมกับวิธีซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีนของ P. Palasutikul, P. Sooraksa และ A. Lasakul [9]

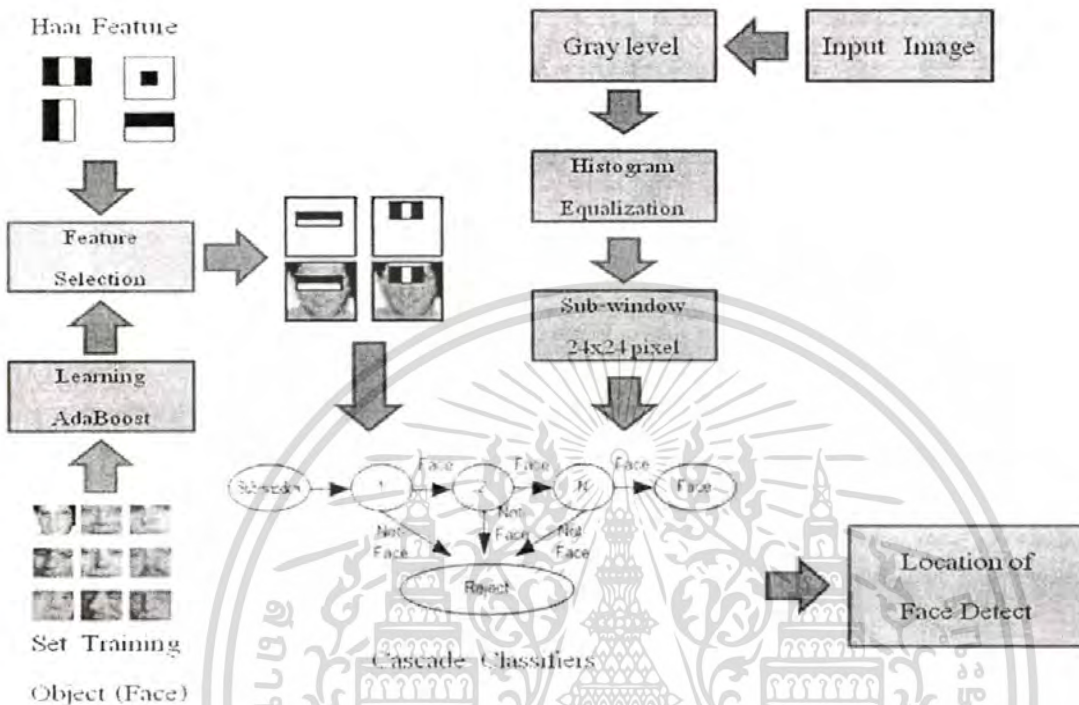
## 2.9 งานวิจัยและแนวความคิดที่มีความเกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

งานวิจัยของ Viola และ Jones [12], [13] เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้อย่างมาก ซึ่งได้เสนอขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพ โดยใช้เทคนิค Machine Learning วิธีของ Adaboost โดยฝึกให้จดจำลักษณะ Haar Feature ที่เป็นใบหน้ามนุษย์เอาไว้ เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับลักษณะของ Haar Feature ที่มีอยู่ในภาพ เป็นต้น รูปที่ 2.13 เป็นตัวอย่างขั้นตอนการทำงานของระบบการค้นหาใบหน้า ทฤษฎีและหลักการต่างๆจะขออธิบายในบทต่อไป

จากการศึกษาพบว่างานวิจัยดังกล่าวเป็นระบบการค้นหาใบหน้ามนุษย์ที่มีความเร็วในการค้นหาสูงเนื่องจากไม่ได้กระทำต่อจุดพิกเซลโดยตรง และมีประสิทธิภาพที่ดีวิธีหนึ่ง แต่มักเกิดปัญหาดังที่กล่าวมาแล้วในหัวข้อที่ 1.3 ข้างต้น ซึ่งก็มีงานวิจัยที่เสนอวิธีเพื่อแก้ปัญหา เช่น ในงานวิจัย [14] ได้เสนอวิธีการกรองสีผิวมนุษย์เข้ามาช่วย โดยมีวิธีการดังนี้ ทำการค้นหาใบหน้าด้วยวิธี Haar Feature ตามปกติก่อน เมื่อค้นหาเสร็จแล้วก็จะได้ตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ที่มีทั้งสองกรณีคือ ตำแหน่งหน้าที่ค้นหาได้มีใบหน้าอยู่จริงในภาพ และ ตำแหน่งใบหน้าที่ค้นหาได้ไม่มีใบหน้าอยู่จริงในภาพ จากนั้นนำบริเวณของตำแหน่งดังกล่าวไปทำการกรองสีผิวมนุษย์ ซึ่งจะได้ว่าถ้าตำแหน่งที่ค้นหาได้นั้นมีสีผิวมนุษย์อยู่ก็ถือว่าเป็นใบหน้ามนุษย์ แต่ถ้าตำแหน่งที่ค้นหาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นั้นไม่มีสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่ไม่ใช่ใบหน้ามนุษย์ก็จะตัดตำแหน่งที่ค้นหาได้ดังกล่าวทิ้งไปเหลือเฉพาะตำแหน่งที่มีสี่เหลี่ยมผืนผ้า ผลลัพธ์ของการค้นหาแสดงในรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.13 ขั้นตอนการทำงานของระบบค้นหาใบหน้าด้วยวิธี Haar Feature



รูปที่ 2.14 ผลลัพธ์ของการค้นหาใบหน้ามนุษย์ (ก) การค้นหาด้วยวิธี Haar Feature เพียงอย่างเดียว

(ข) การค้นหาด้วยวิธี Haar Feature ของ V. Srisuwratn และ S. Pumrintr [14]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากงานวิจัยดังกล่าวสามารถแก้ไขปัญหาได้ในระดับหนึ่งคือ แก้ปัญหาความผิดพลาด False Positive เพียงอย่างเดียว ซึ่งจะไม่สามารถแก้ปัญหา False Negative ได้ด้วย ดังนั้นเราจึงมีแนวคิดเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวให้ได้ทั้งสองกรณีดังนี้คือ จากการค้นหาใบหน้าด้วยวิธี Haar Feature ก่อนแล้วนำมาทำการกรองสีผิว เปลี่ยนเป็นภาพผ่านการกรองสีผิวก่อนแล้วค่อยนำไปค้นหาใบหน้าด้วยวิธี Haar Feature ย่อมจะให้ประสิทธิภาพดีกว่า โดยสามารถค้นหาใบหน้าได้ถูกต้องเพิ่มมากขึ้น และลดความผิดพลาด False Negative และ False Positive ได้พร้อมๆกันอย่างแน่นอน

## 2.10 การวัดประสิทธิภาพ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยประสิทธิภาพพิจารณาจากค่า Detection Rate (DR) คือค่าความถูกต้องของการค้นหาใบหน้า ซึ่งเป็นอัตราส่วนของจำนวนใบหน้าที่ค้นหาได้ถูกต้องในภาพต่อจำนวนใบหน้าทั้งหมดที่มีอยู่จริงในภาพเขียน ได้ดังสมการที่ (2.7)

$$DR = \frac{\text{จำนวนใบหน้าที่ค้นหาได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนใบหน้าที่มีอยู่จริงในภาพ}} \times 100\% \quad (2.7)$$

นอกจากนี้เรายังต้องพิจารณาค่าความผิดพลาดในการค้นหาที่เกิดจากการค้นหาใบหน้ามนุษย์ได้แต่ไม่มีใบหน้าที่อยู่จริงในภาพ เรียกว่า False Positive (FP) ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนของจำนวนใบหน้าที่ค้นหาได้แต่ไม่มีใบหน้าที่อยู่จริงต่อจำนวนใบหน้าที่ค้นหาได้ทั้งหมดเขียนได้ดังสมการที่ (2.8)

$$FP = \frac{\text{จำนวนใบหน้าที่ค้นหาได้แต่ไม่มีใบหน้าที่อยู่จริงในภาพ}}{\text{จำนวนใบหน้าที่ค้นหาได้ทั้งหมด}} \times 100\% \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### บทที่ 3

## การค้นหใบหน้ามนุษย์โดยใช้ฮาร์ฟี่เจอร์ที่คำนวณจากภาพ ที่ผ่านการกรองสีผิว

ในวิทยานิพนธ์นี้ได้เสนอเทคนิคในการการค้นหใบหน้ามนุษย์ในภาพสี โดยใช้วิธีฮาร์ฟี่เจอร์ที่เจอร์ค้นหาตำแหน่งใบหน้าจากภาพที่นำมาผ่านกระบวนการกรองสีผิวมนุษย์ สามารถอธิบายเทคนิคที่นำเสนอ แยกเป็นสามส่วนหลักๆ ดังนี้

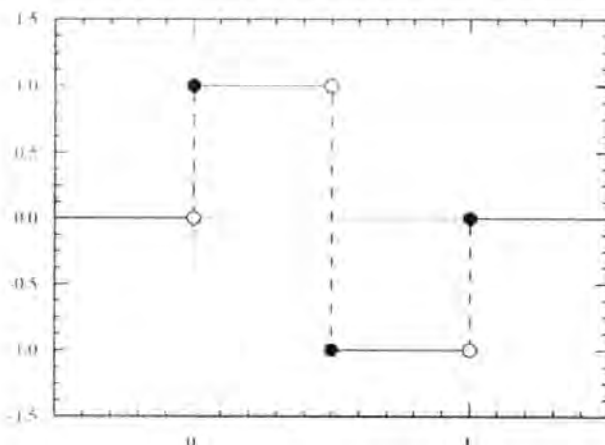
- เทคนิคการค้นหใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟี่เจอร์
- เทคนิคการกรองสีผิวมนุษย์
- เทคนิคที่นำเสนอโดยการนำทั้งสองวิธีมาใช้ร่วมกัน

### 3.1 เทคนิคการค้นหใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟี่เจอร์

การค้นหใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟี่เจอร์ เราได้ใช้โปรแกรมภาษา C/C++ ซึ่งเขียนขึ้นตามอัลกอริทึมของ P.Viola และ M. Jones [11], [12] หรือเรียกง่าย ๆ ว่ากระบวนการ Viola – Jones การค้นหา Object ในภาพ โดยใช้เทคนิคและแนวคิดดังนี้

#### 3.1.1 ฮาร์ฟี่เจอร์ (Haar Feature)

รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากทั่วไปเรียกว่า Haar Feature หรือ Haar-like Feature มีลักษณะคล้ายคลึงกับฟังก์ชันพื้นฐานใน Haar Wavelets ซึ่งเป็น Wavelet พื้นฐาน มีลักษณะเป็น Discrete Function โดย Wavelet แบบนี้มีข้อด้อยคือ ไม่มีความต่อเนื่องของฟังก์ชัน ดังรูปที่ 3.1 โดยใช้ความแตกต่างของระดับสัญญาณ

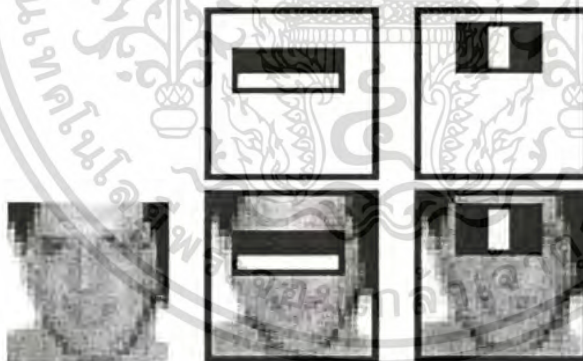


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 3.1 ลักษณะของ Haar Wavelet  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วน Haar like-Features ตามวิธีของ Viola และ Jones [12], [13] เป็นวิธีการตรวจจับและตีความวัตถุภายในภาพ โดยการสร้าง Feature ที่แสดงถึงผลต่างระหว่างพื้นที่ส่วน สีขาว และส่วนที่เป็นสีดำ ซึ่ง Haar Feature สามารถเปลี่ยนแปลงขนาด และตำแหน่งได้ ใช้สำหรับการตรวจจับลักษณะของ Object บนภาพแบบต่างๆ ที่ต้องการค้นหาพบว่าใน sub-window ขนาด 24x24 จุดภาพ สามารถมี Haar Feature มากถึง 180,000 รูปแบบ ตัวอย่างของ Haar Feature ต่างๆ ที่อยู่บน sub-window แสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 Haar Feature รูปแบบต่างๆ ใช้สำหรับเปรียบเทียบกับลักษณะแบบต่างๆ



รูปที่ 3.3 ตัวอย่างการใช้ Haar Feature ตรวจจับลักษณะบนใบหน้ามนุษย์

ในรูปที่ 3.3 เป็นผลลัพธ์เบื้องต้นสำหรับการค้นหาใบหน้าโดยการตีความหมายลักษณะบนใบหน้าที่มีความคล้ายคลึงกับสีเหลี่ยม Haar Feature จากรูปจะเห็นได้ว่า Haar Feature แรกจะตรงกับใบหน้าที่บริเวณเขตพื้นที่แก้มซึ่งจะสว่างกว่าเขตดวงตาและ Haar Feature ที่สองแนวจมูกสว่างกว่าดวงตาทั้งสองข้าง เป็นต้น ซึ่งการเลือก Haar Feature จะถูกเลือกโดย AdaBoost ซึ่งจะกล่าวในหัวข้อต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การหาสีที่เชื่อม Feature นั้นจะหาได้จากผลต่างของผลรวมของจุดภาพที่เป็นระดับสีเทาในสีที่เชื่อมสีขาว และสีดำเขียนได้ดังสมการที่ (3.1)

$$f(X) = \text{sum}_{\text{gray level}}(\text{Rect}(x, y, w, h))_{\text{Black}} - \text{sum}_{\text{gray level}}(\text{Rect}(x, y, w, h))_{\text{White}} \quad (3.1)$$

เมื่อ  $f(X)$  คือ ฮาร์ฟิเจอร์ และ  $X$  คือ sub-window

$\text{sum}_{\text{gray level}}(\text{Rect}(x, y, w, h))_{\text{Black}}$  คือ ผลรวมของจุดภาพระดับสีเทาในสีที่เชื่อมสีดำ

$\text{sum}_{\text{gray level}}(\text{Rect}(x, y, w, h))_{\text{White}}$  คือ ผลรวมของจุดภาพระดับสีเทาในสีที่เชื่อมสีขาว

### 3.1.2 อินทิกรัลอิมเมจ (Integral Image)

ในการคำนวณหาสีที่เชื่อมฮาร์ฟิเจอร์ได้อย่างรวดเร็วนั้น Viola และ Jones [12], [13] ได้ใช้เทคนิคที่เรียกว่า Integral Image โดยทั่วไปแล้ว Integrating นั้นก็คือการรวมของหน่วยที่มีขนาดเล็กเข้าด้วยกัน ซึ่งในกรณีนี้หน่วยที่มีขนาดเล็กก็คือพิกเซลนั่นเอง การรวมค่าแต่ละพิกเซลก็คือผลรวมของพิกเซลทั้งหมดที่อยู่เหนือกว่าพิกเซลนั้น เริ่มที่ซ้ายบนสุดของภาพแล้วลากไปตามขวางทางขวาและลงล่าง รูปทั้งหมดสามารถนำไปรวมกับตัวดำเนินการน้อยๆที่กระทำต่อพิกเซลได้แสดงในรูปที่ 3.4 เป็น Integral Image ที่ตำแหน่ง  $(x, y)$  ซึ่งรวมค่าของพิกเซลทั้งหมดอยู่ในสีที่เชื่อมสีดำ ซึ่งตำแหน่งของ Integral Image ที่  $(x, y)$  หาได้จากสมการที่ (3.2)

$$H(x, y) = \sum_{x' \leq x, y' \leq y} I(x', y') \quad (3.2)$$

เมื่อ  $H(x, y)$  คือ Integral Image

$I(x, y)$  คือ ภาพต้นฉบับ

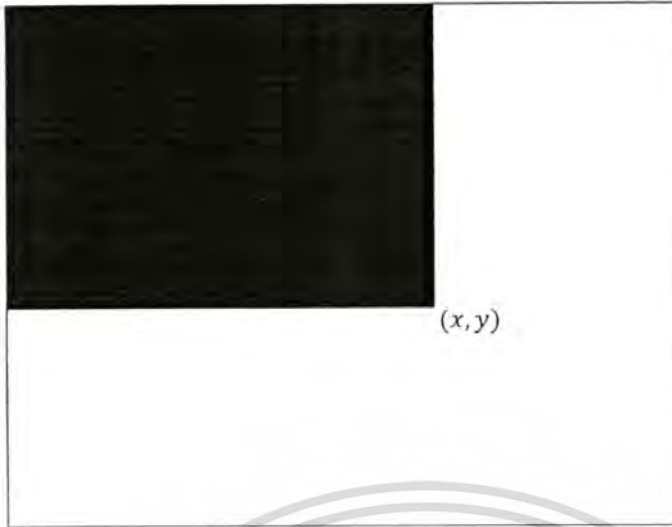
จากสมการที่ (3.3) และ (3.4) ต่อไปนี้ใช้สำหรับคำนวณหา Integral Image ใน One pass บนภาพต้นฉบับ

$$S(x, y) = S(x, y - 1) + I(x, y) \quad (3.3)$$

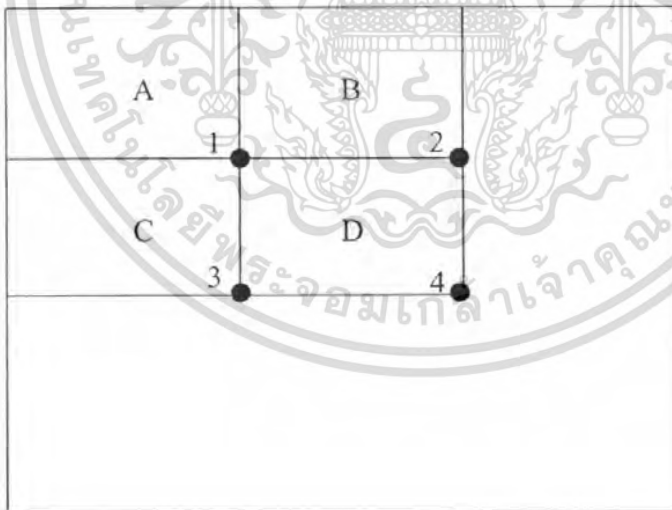
$$H(x, y) = H(x - 1, y) + S(x, y) \quad (3.4)$$

เมื่อ  $S(x, y)$  คือ ผลรวมของพิกเซลที่เพิ่มขึ้นในด้าน Row และ  $S(x, -1) = 0$ ,  $H(-1, y) = 0$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 3.4 Integral Image ที่ตำแหน่ง  $(x, y)$ 

ดังนั้นเราสามารถที่จะหา Integral Image ได้ทุกตำแหน่งในพื้นที่ภาพ เช่นตัวอย่าง ดังต่อไปนี้ จากรูปที่ 3.5 สมมติว่าสี่เหลี่ยมใหญ่เป็น sub-window และให้สี่เหลี่ยม D เป็น Haar Feature อันหนึ่งที่อยู่ใน sub-window นั้น ถ้าต้องการหา Integral Image ในสี่เหลี่ยม D สามารถหา ได้ดังนี้



รูปที่ 3.5 การรวมค่าพิกเซลในสี่เหลี่ยม D

จากรูปที่ 3.5 เมื่อ ตำแหน่งที่ 1 คือ ผลรวมของจุดภาพในสี่เหลี่ยม [A] ตำแหน่งที่ 2 คือ ผลรวมของจุดภาพในสี่เหลี่ยม [A+B] ตำแหน่งที่ 3 คือ ผลรวมของจุดภาพในสี่เหลี่ยม [A+C] ตำแหน่งที่ 4 คือ ผลรวมของจุดภาพในสี่เหลี่ยม [A+B+C+D] ดังนั้นจะได้ผลรวมในสี่เหลี่ยม [D] คือ  $[A+B+C+D] + [A] - [A+B] - [A+C]$  หรือเขียนได้ดังสมการที่ (3.5)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

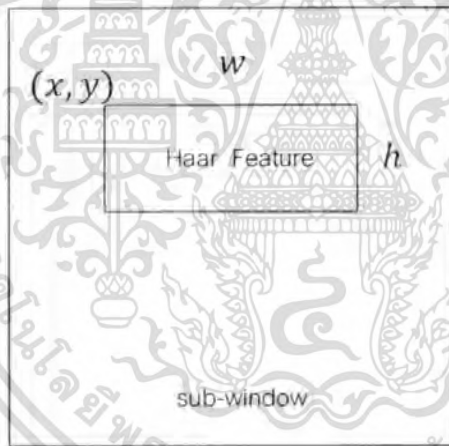
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$[D] = 4 + 1 - 2 - 3 \quad (3.5)$$

จากสมการที่ (3.5) ผลรวมของจุดภาพระดับสีเทาในสี่เหลี่ยมใดๆนำมาเขียนใหม่จะได้สมการที่ (3.6) ถ้าให้สี่เหลี่ยมใดๆเป็นดังรูปที่ 3.6 ซึ่งเปรียบเหมือน Haar Feature อันหนึ่งที่อยู่ใน sub-window โดยมีความกว้างและความสูงของสี่เหลี่ยม

$$\begin{aligned} \text{sum}_{gray\ level}(Rect(x, y, w, h)) &= I(x-1, y-1) + I(x+w-1, y+h-1) \\ &\quad - I(x-1, y+h-1) - I(x+w-1, y-1) \end{aligned} \quad (3.6)$$

เมื่อ  $\text{sum}_{gray\ level}(Rect(x, y, w, h))$  คือ ผลรวมของจุดภาพระดับสีเทาในสี่เหลี่ยมใดๆ  $(x, y)$  คือตำแหน่งพิกัดมุมบนซ้ายของสี่เหลี่ยมใดๆ  $w$  คือ ความกว้างของสี่เหลี่ยมใดๆ  $h$  คือ ความสูงของสี่เหลี่ยมใดๆ



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการหาผลรวมของ Haar Feature ใน sub-window

### 3.1.3 การเรียนรู้เครื่อง (Machine Learning)

การทำให้ระบบเรียนรู้ และจดจำลักษณะของ Haar Feature เพื่อแยกแยะว่า “ใช่” หรือ “ไม่ใช่” ใบหน้ามนุษย์นั้น Viola และ Jones ได้นำเอาวิธี AdaBoost หรือ Adaptive Boosting ในงานวิจัยของ Freund และ Schapire ในปี 1995 [15] เป็นความสำเร็จอันยิ่งใหญ่ของทฤษฎีการเรียนรู้เชิงคำนวณ ซึ่งจัดเป็นแขนงหนึ่งในวิทยาการคอมพิวเตอร์เชิงทฤษฎี AdaBoost เป็นวิธีที่ใช้ในการ boost ประสิทธิภาพของ weak classifier โดยการปรับน้ำหนักของตัวอย่างที่ใช้ในการ train classifier เหล่านั้น โดยตัวอย่างใดที่ถูกต้องหน้าทำได้คืออยู่แล้วก็ลดน้ำหนักลง ไปเพิ่มน้ำหนักให้ตัวอย่างที่ “ยาก” สำหรับกฎก่อนๆ มาคิดแปลงเพื่อใช้ในงานวิจัยของตนเองได้ดังสมการที่ (3.7) ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ส่วนในรูปที่ 3.7 เป็นอัลกอริทึมของ AdaBoost ที่ Viola และ Jones นำมาดัดแปลง ส่วนรูปที่ 3.8 เป็นตัวอย่างการทำงานของ AdaBoost

$$h_j(x) = \begin{cases} 1 & \text{if } p_j f_j(x) < p_j \theta_j \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.7)$$

เมื่อ  $h_j(x)$  คือ weak classifier

$f_j(x)$  คือ สี่เหลี่ยมฮาร์ฟิเจอร์

$p_j$  คือ polarity ที่บ่งบอกถึงความไม่เท่ากัน

$\theta_j$  คือ ค่า Threshold ของการค้นหา

$x$  คือ sub-window ขนาด 24x24 พิกเซล

- Given example images  $(x_1, y_1), \dots, (x_n, y_n)$  where  $y_i = 0, 1$  for negative and positive examples respectively.
- Initialize weights  $w_{1,i} = \frac{1}{2m} - \frac{1}{2l}$  for  $y_i = 0, 1$  respectively, where  $m$  and  $l$  are the number of negatives and positives respectively.
- For  $l = 1, \dots, L$

1. Normalize the weights.

$$w_{l,i} = \frac{w_{l-1,i}}{\sum_{j=1}^n w_{l-1,j}}$$

so that  $w_l$  is a probability distribution.

2. For each feature,  $j$ , train a classifier  $h_j$  which is restricted to using a single feature. The error is evaluated with respect to  $w_l$ ,  $\epsilon_j = \sum_i w_i |h_j(x_i) - y_i|$ .
3. Choose the classifier,  $h_l$ , with the lowest error  $\epsilon_l$ .
4. Update the weights:

$$w_{l+1,i} = w_{l,i} \beta_i^{1-\epsilon_i}$$

where  $\epsilon_i = 0$  if example  $x_i$  is classified correctly,  $\epsilon_i = 1$  otherwise, and  $\beta_i = \frac{e^{-\epsilon_i}}{1 - \epsilon_i}$ .

- The final strong classifier is:

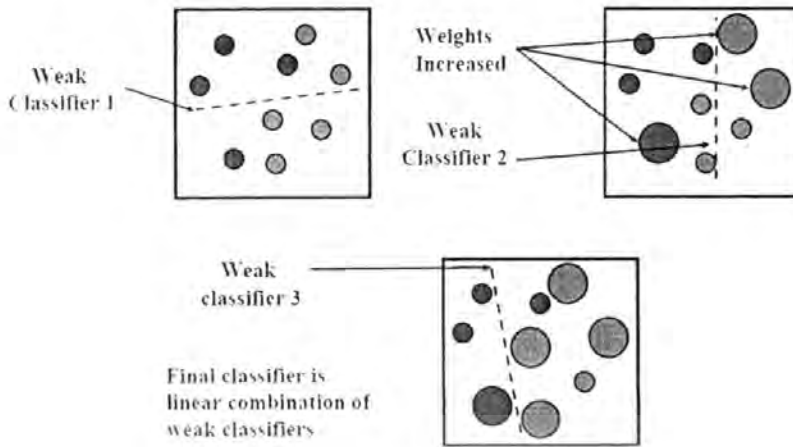
$$h(x) = \begin{cases} 1 & \sum_{t=1}^T \alpha_t h_t(x) \geq \frac{1}{2} \sum_{t=1}^T \alpha_t \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

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

รูปที่ 3.7 อัลกอริทึมของ AdaBoost สำหรับการเรียนรู้ Classifier ในแต่ละรอบของการ Boosting

จะทำการเลือกหนึ่ง Feature จาก 180,000 Feature ที่อาจเกิดขึ้นได้ [12]

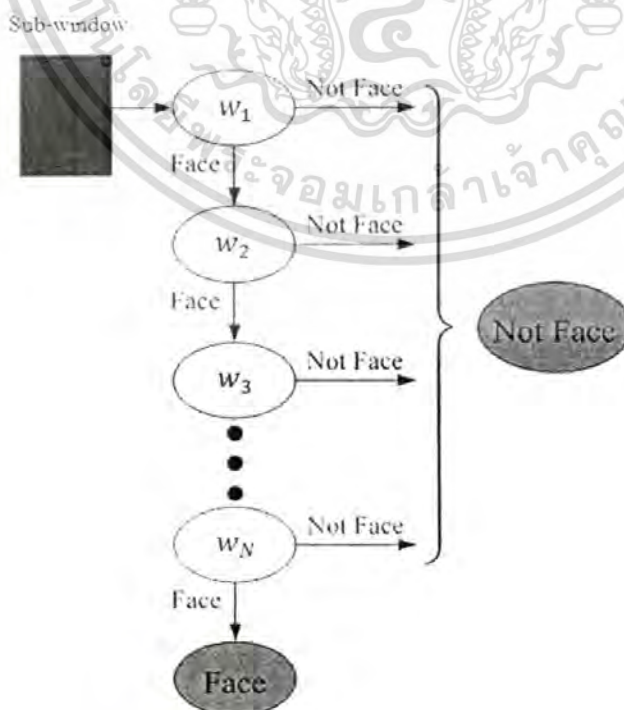
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการทำงานของ AdaBoost

### 3.1.4 Cascade ของ Classifiers

เป็นกระบวนการตีความหมายของภาพ หรือ แยกแยะวัตถุที่ต้องการ โดยการแบ่งประเภทของภาพตามลักษณะภายในภาพ โดยเริ่มต้นจากการตัดส่วนของ sub-window ที่เป็น Negative หรือภาพที่ไม่มีวัตถุที่เราต้องการค้นหาออกไปก่อนแล้วจากนั้นค่อยใช้ส่วนที่เป็น Positive วิจารณ์ภายในภาพหากไม่เจอลักษณะที่ตรงกันก็จะเปลี่ยนลักษณะการตรวจจับภายใน sub-window หากเจอลักษณะที่ตรงกัน ก็จะเปลี่ยนลักษณะในการตรวจจับ ทำเช่นนี้จนครบ จะได้ว่ารูปที่ 3.9 สามารถบอกได้ว่าภาพดังกล่าวเป็นภาพอะไรจากลักษณะต่างๆภายในภาพ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.9 การทำงานของ Cascade Classifier  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.9 มีความสามารถในการแยก classifiers ของพื้นที่ภาพ แต่ละ Filter คือ Weak Classifiers ที่มี Haar Feature 1 อัน ถ้า Threshold แต่ละ Weak Classifiers จะถูกตั้งค่าให้ sub-window สามารถที่จะผ่านได้ทุกอัน ในระหว่างการทำงานถ้า sub-window ไม่สามารถผ่าน Weak Classifiers อันใดอันหนึ่งไปได้ sub-window นั้นจะถูกจัดเป็น “non face” ทันที และถ้า sub-window สามารถผ่าน Weak Classifiers ที่เป็นลูกโซ่ได้ทุกอันใน sub-window นั้นจะถูกจัดเป็น “face” และเรียก Weak Classifiers ลูกโซ่นั้นว่า Cascade คำสั่งของ Weak Classifiers จะถูกกำหนดโดยค่าน้ำหนักที่ AdaBoost กำหนด Weak Classifiers ที่มีค่าน้ำหนักที่มากกว่าจะถูกเรียกใช้ก่อนเพื่อจำกัดบริเวณ non face ที่เป็นไปได้

### 3.1.5 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์

- ภาพที่รับเข้ามา เป็นได้ทั้งภาพระดับสีเทาและภาพสีจากนั้นจะแปลงภาพที่รับเข้ามาให้เป็นภาพระดับสีเทา

- นำภาพสีเทามาทำการปรับปรุงภาพด้วยวิธี Histogram Equalization เพื่อกระจายให้แต่ละระดับสีเทามีจำนวนพิกเซลใกล้เคียงกัน ทำให้เกิดการกระจายของฮิสโตแกรม ซึ่งก็คือลักษณะความคมชัดและระดับความสว่างของภาพ ซึ่งไม่มีผลต่อการแบ่งแยกใบหน้ามนุษย์

- นำภาพที่ปรับปรุงแล้วไปทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์ โดยการแบ่งภาพออกเป็นส่วนที่เรียกว่า Sub-Window และทำการค้นหาลักษณะของ Haar Feature โดยใช้ Integral Image แล้วนำไปเปรียบเทียบกับลักษณะของ Haar Feature ที่ถูกกำหนดโดย AdaBoost และจัดระดับการเปรียบเทียบให้เป็นระบบที่เรียกว่า Cascaded Classifier ซึ่งเปรียบเทียบเหมือนตัวกรองที่เป็นลูกโซ่ไว้คอยคัดแยก Haar Feature ที่ผ่านเข้ามา ถ้า sub-window ผ่านเข้ามา มี Haar Feature ที่ตรงกับ Haar Feature ที่กำหนดไว้ทั้งหมดถือว่าเป็นใบหน้ามนุษย์นั่นเอง แต่ถ้าไม่ตรงกับ Haar Feature อันใดอันหนึ่งก็ถือว่าไม่ใช่ใบหน้ามนุษย์ก็จะถูกคัดออกทันที

ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาใบหน้ามนุษย์ก็คือ ตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวัตถุที่ถูกพิจารณาว่าเป็นใบหน้ามนุษย์ จากนั้นก็สร้างกรอบล้อมรอบบริเวณตำแหน่งที่ระบุว่าเป็นใบหน้ามนุษย์ไว้อย่างชัดเจน ดังแสดงในรูปที่ 3.10 ผลลัพธ์ก็คือกรอบสีแดงที่สร้างขึ้นมาจากภาพ ซึ่งหมายถึงตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ที่ค้นหาได้นั่นเอง จากรูปจะเห็นได้ว่ามีทั้งใบหน้าที่จริงที่ค้นหาได้ถูกต้อง เรียกว่า Correct Detection ส่วนใบหน้าที่ค้นหาไม่ได้ เรียกว่า False Negative และใบหน้าที่ค้นหาได้แต่ไม่มีใบหน้าที่อยู่จริงในภาพนั้นเรียกว่า False Positive ซึ่งได้อธิบายเพื่อให้เห็นได้ชัดเจนไว้ในรูป เป็นต้น



รูปที่ 3.10 ผลลัพธ์ของการค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟเจอร์

### 3.2 เทคนิคการกรองสีผิวมนุษย์

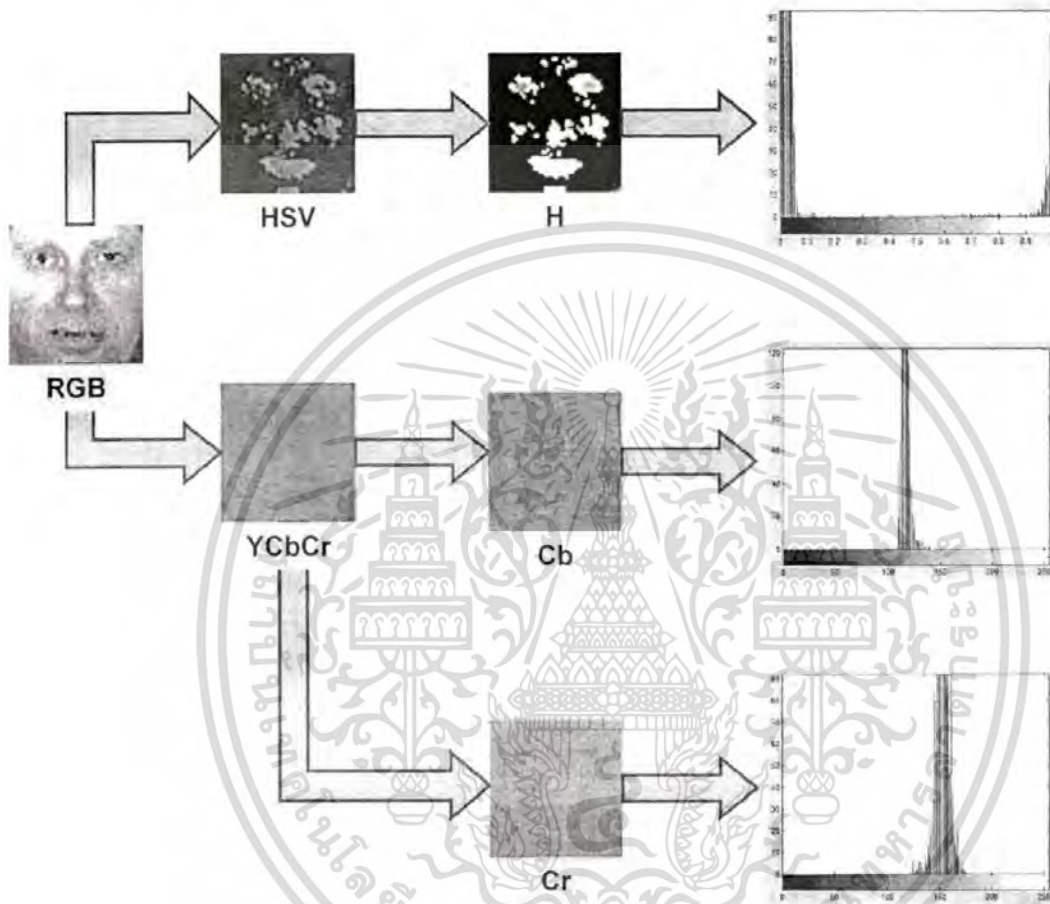
การสร้างตัวกรองสีผิวมนุษย์ในวิทยานิพนธ์นี้ได้นำแบบจำลอง HSV (Hue-Saturation-Value) ซึ่งประกอบด้วยสามองค์ประกอบคือ Hue (H) เป็นค่าที่บอกถึงความเป็นสีจริงซึ่งเกิดจากการนำแม่สีแดง เขียว และ น้ำเงิน มาผสมกัน Saturation (S) เป็นค่าความอิ่มตัวของ Hue และ Value (V) เป็นค่าความสว่างของภาพ มาใช้ร่วมกับแบบจำลอง YCbCr โดย Y เป็นค่าของความสว่าง เกิดจากการหาค่าเฉลี่ยของข้อมูลสี RGB ส่วน Cr และ Cb คือค่าองค์ประกอบของสีแดงและ สีน้ำเงิน โดย Cr เกิดจากการนำแม่สีแดงมาลบกับค่าเฉลี่ยของแม่สีทั้งสามสี และ Cb เกิดจากการนำแม่สีน้ำเงินมาลบกับค่าเฉลี่ยของแม่สีทั้งสามสี เช่นเดียวกับ Cr ซึ่งเราพบว่าแบบจำลองทั้งสองแบบมีประสิทธิภาพในการกรองสีผิวที่ดี โดยที่องค์ประกอบที่แสดงถึงความสว่างอยู่ด้วย ได้แก่ V ในแบบจำลอง HSV และ Y ในแบบจำลอง YCbCr ซึ่งไม่มีผลต่อการกรองสีผิวมนุษย์ ในงานวิจัยนี้เราได้นำแบบจำลองทั้งสองมาใช้ร่วมกัน โดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หาช่วงที่เป็นสีผิวมนุษย์จากนั้นสร้างตัวกรองจากช่วงสีที่วิเคราะห์ได้เป็นค่าที่ใช้สำหรับตัดสินใจว่าจุดภาพที่ผ่านเข้ามานั้นเป็นสีผิวมนุษย์หรือไม่ ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

#### 3.2.1 การวิเคราะห์หาค่าที่เป็นสีผิวมนุษย์

จากพื้นฐานของสีแต่ละพิทเชลจะประกอบด้วยองค์ประกอบของสีต่างๆผสมกันอยู่ เช่น ในแบบจำลองสี RGB ก็จะมีสี แดง เขียว และน้ำเงิน ผสมกันในแบบจำลองสี HSV ก็จะประกอบไปด้วยค่าสี(Hue) ค่าความอิ่มตัวของสี (Saturation) และค่าความสว่าง (Value) และในแบบจำลองสี YCbCr จะประกอบไปด้วยค่าความสว่าง (Y) ค่าองค์ประกอบของสีน้ำเงิน (Cb) และค่า

องค์ประกอบของสีแดง (Cr) เป็นต้น ซึ่งในแต่ละพิทเชลของแต่ละแบบจำลองก็จะมีค่าต่างๆที่ไม่วากرنิดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีเหตุเปลี่ยนแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

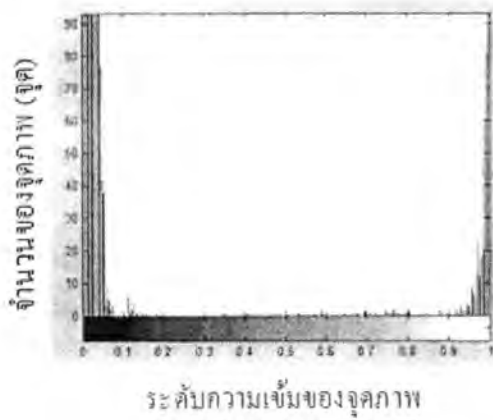
แตกต่างกันไปตามส่วนผสมของค่าสีต่างๆ จากคุณลักษณะดังกล่าวเราสามารถนำมาวิเคราะห์สีต่างๆในภาพได้ โดยเราจะใช้ฮิสโตแกรมของภาพในการวิเคราะห์เพื่อหาช่วงสีในภาพที่เป็นสีผิวของมนุษย์จากนั้นจึงนำไปสร้างตัวกรองขึ้นมาเพื่อกรองให้เหลือแต่สีผิวมนุษย์ออกมา ซึ่งขั้นตอนในการวิเคราะห์ก็มีดังนี้



รูปที่ 3.11 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าสีผิวมนุษย์

ขั้นตอนการวิเคราะห์สีผิวของงานวิจัยในวิทยานิพนธ์นี้ ได้นำตัวอย่างข้อมูลสีผิวบริเวณใบหน้าของมนุษย์ชนชาติต่างๆที่มีโทนสีผิวแตกต่างกันไปได้แก่ สีผิวโทนสีเหลือง สีผิวโทนสีขาว สีผิวโทนสีดำ ที่เป็นแบบจำลอง RGB จากนั้นนำมาทำการทดลองตามขั้นตอนในรูปที่ 3.11 โดยทำการแปลงภาพจาก RGB ให้อยู่ในรูปแบบจำลอง HSV และ YCbCr จากสมการที่ (2.3) และ (2.4) เลือกพิจารณาเฉพาะค่า H, Cb และ Cr โดยตัด V, Y และ S ออก ซึ่งเป็นค่าความสว่าง และค่าความอิ่มตัวของสีซึ่งไม่มีผลต่อการกรองสีผิวมนุษย์จากนั้นนำข้อมูลดังกล่าวมาสร้างกราฟฮิสโตแกรม และวิเคราะห์หาช่วงค่าสีว่าอยู่ในช่วงใด โดย H ค่าระดับความเข้มของภาพจะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 1 ส่วน Cb และ Cr จะอยู่ระหว่าง 0 ถึง 255 ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.12

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

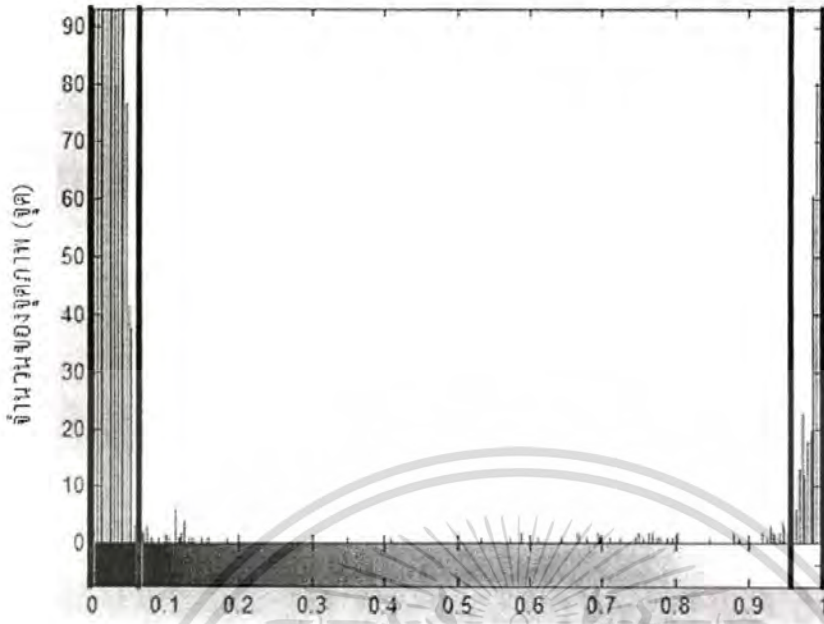


(ข)

(ค)

รูปที่ 3.12 ฮิสโตแกรมของภาพ (ก) ค่า H (ข) ค่า Cb และ (ค) ค่า Cr

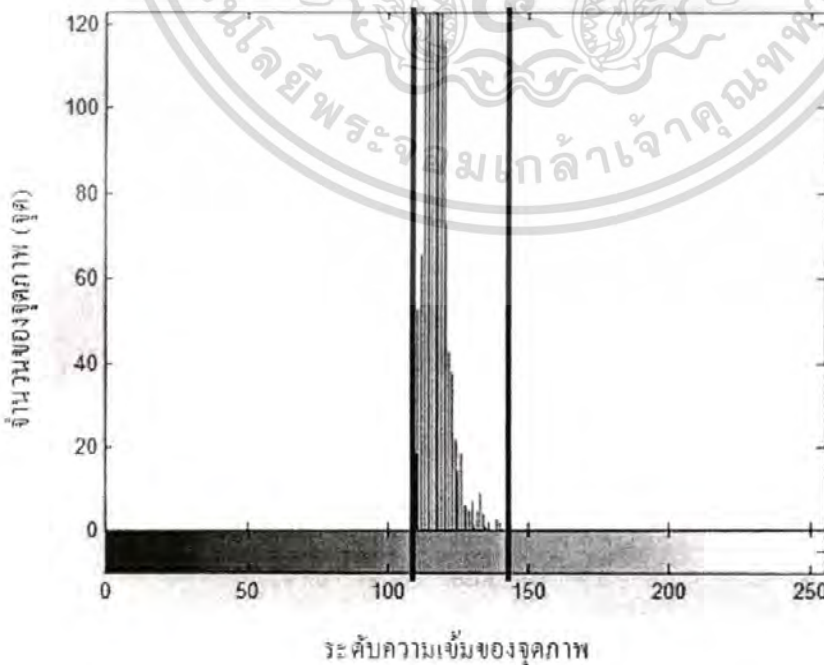
การพิจารณาค่าช่วงสีผิวมนุษย์จากกราฟฮิสโตแกรมของค่า H, Cb และ Cr จากทฤษฎีของฮิสโตแกรม องค์ประกอบของกราฟจะประกอบไปด้วยแกนตั้งหมายถึงจำนวนของจุดภาพ แกนนอนหมายถึงระดับความเข้มของจุดภาพ จุดที่เราพิจารณาก็คือความหนาแน่นของจำนวนจุดภาพที่เกิดขึ้นว่าอยู่ในช่วงของระดับความเข้มของจุดภาพระหว่างเท่าไรถึงเท่าไร ดังแสดงในตัวอย่างตามรูปที่ 3.13 กราฟฮิสโตแกรมของ H จะเห็นได้ว่าจำนวนของจุดภาพที่หนาแน่นมีอยู่สองช่วงก็คือ อยู่ประมาณระหว่าง 0 ถึง 0.07 และ 0.96 ถึง 1 ดังนั้นก็จะได้ช่วงสีผิวมนุษย์ของค่า H คือ 0 ถึง 0.07 และ 0.96 ถึง 1 เป็นต้น



ระดับความเข้มของจุดภาพ

รูปที่ 3.13 ช่วงที่เป็นสี่ผิวนูนของค่า H

ส่วนในรูปที่ 3.14 เป็นตัวอย่างการพิจารณากราฟฮิสโตแกรมเพื่อหาช่วงที่เป็นสี่ผิวนูนของค่า  $C_b$  เมื่อพิจารณาก็จะพบว่าจำนวนจุดภาพที่หนาแน่นนั้นจะอยู่ประมาณระหว่าง 110 ถึง 140 ดังนั้นจะได้ช่วงที่เป็นสี่ผิวนูนของค่า  $C_b$  คือ 110 ถึง 140 เป็นต้น

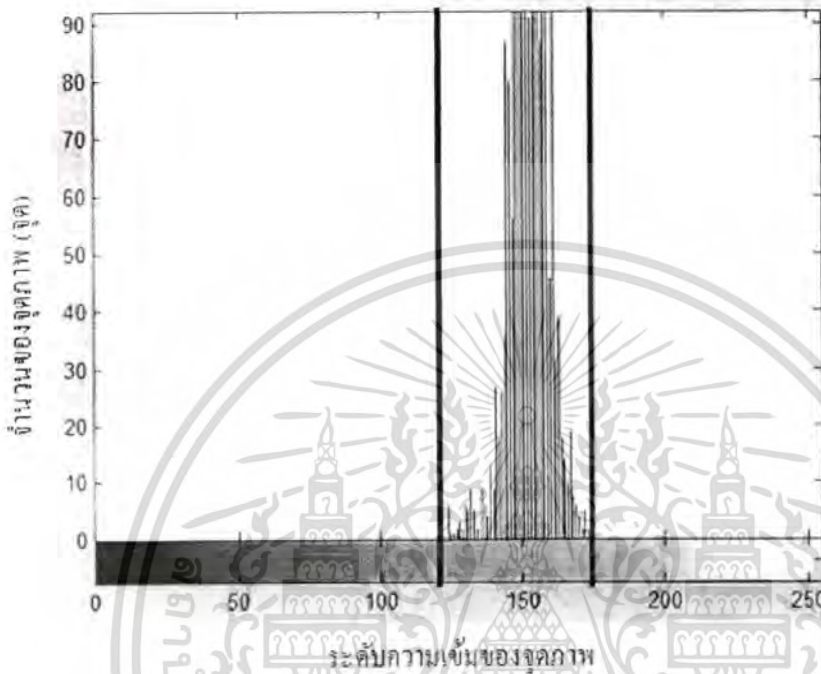


ระดับความเข้มของจุดภาพ

รูปที่ 3.14 ช่วงที่เป็นสี่ผิวนูนของค่า  $C_b$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อใช้ภายในเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในรูปที่ 3.15 เป็นตัวอย่างการพิจารณากราฟฮิสโตแกรมเพื่อหาช่วงที่เป็นสปีควมมนุษย์ของค่า Cr เมื่อพิจารณาก็จะพบว่าจำนวนจุดภาพที่หนาแน่นนั้นจะอยู่ประมาณระหว่าง 120 ถึง 175 ดังนั้นจะได้ช่วงที่เป็นสปีควมมนุษย์ของค่า Cr คือ 120 ถึง 175 เป็นต้น



รูปที่ 3.15 ช่วงที่เป็นสปีควมมนุษย์ของค่า Cr

จากการทดลองกับข้อมูลภาพตัวอย่างสี่ควมบริเวณใบหน้าของสปีควมมนุษย์ใน โทนสีต่างๆที่ใช้ในการทดลองสามารถวิเคราะห์หาช่วงที่เป็นสปีควได้ดังนี้ ค่า H จะมีอยู่สองช่วง คือในช่วง 0 ถึง 0.1 และ 0.8 ถึง 1 ส่วน Cb จะอยู่ในช่วง 60 ถึง 135 และ Cr จะอยู่ในช่วง 120 ถึง 180 เมื่อได้ช่วงสปีควมนุษย์ที่ต้องการแล้วจะนำไปสร้างตัวกรองสปีควคือ โดยสร้างจากเงื่อนไขของช่วงสปีควมนุษย์ซึ่งเขียนได้ตามสมการที่ (3.8)

$$H < 0.1 \text{ OR } H > 0.8$$

$$60 < Cb < 140$$

$$120 < Cr < 180$$

(3.8)

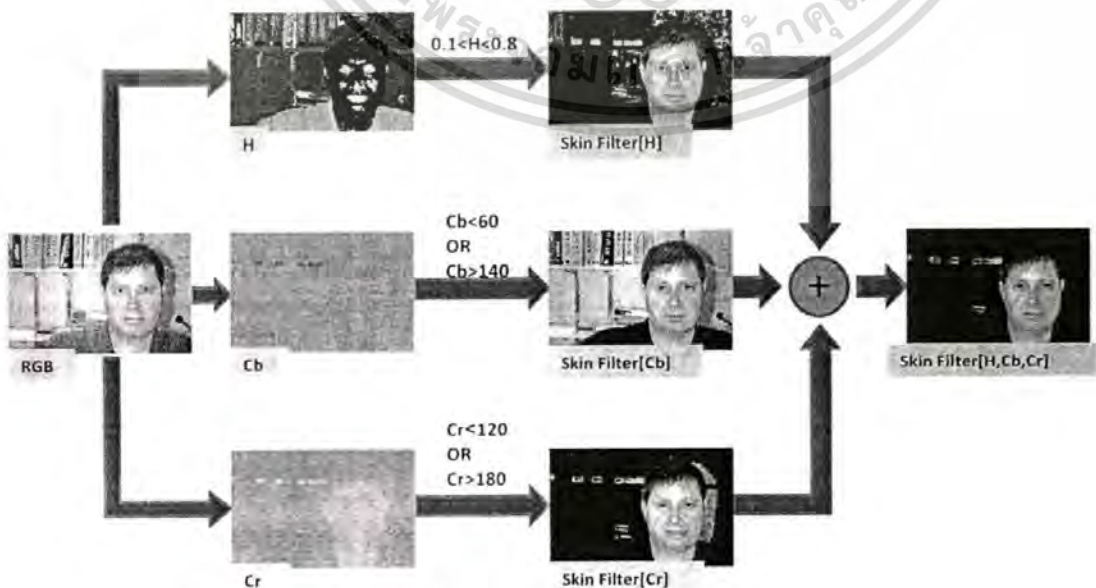
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.2 การสร้างตัวกรองสีผิวมนุษย์

จากขั้นตอนข้างต้นเมื่อวิเคราะห์หาช่วงที่เป็นสีผิวมนุษย์ได้แล้วจะนำมาสร้างตัวกรองสีผิว เพื่อ แยกแยะสีผิวมนุษย์จากพื้นหลัง ได้ดังแสดงในรูปที่ 3.16 โดยนำภาพที่อยู่ในแบบจำลองสี RGB มาแปลงให้อยู่ในรูปแบบจำลองสี HSV และ YCbCr แล้วแยกองค์ประกอบของสีต่างๆออกวิเคราะห์เฉพาะ H, Cb และ Cr ข้อมูลภาพก็จะเหลือเฉพาะค่าสีขององค์ประกอบสีนั้น จากนั้นนำไปผ่านตัวกรองสีผิวของเราตามเงื่อนไขของเราตามสมการที่ (3.8) ซึ่งกำหนดไว้ว่าข้อมูลภาพใดๆที่ไม่อยู่ในช่วงสีผิวของเราถือว่าไม่ใช่สีผิวมนุษย์ สามารถเขียนสมการแยกสีผิวมนุษย์ได้ดังสมการที่ (3.9) โดยแสดงค่าสีที่ที่อยู่ในช่วงสีผิวนั้นให้เป็นสีผิวมนุษย์และจะแสดงสีนั้นตามเดิม ส่วนที่ไม่อยู่ในช่วงสีผิวมนุษย์จะกำหนดให้เป็น 0 หรือให้เป็นสีดำนั่นเอง ซึ่งเป็นภาพที่ผ่านการกรองสีผิวมนุษย์ของวิทยานิพนธ์นี้

$$P_{RGB}(x,y) = \begin{cases} 0 & \text{if } 0.1 < I_H(x,y) < 0.8 \\ & \text{OR } I_{Cb}(x,y) < 60 \text{ OR } I_{Cb}(x,y) > 140 \\ & \text{OR } I_{Cr}(x,y) < 120 \text{ OR } I_{Cr}(x,y) > 180 \\ I_{RGB}(x,y) & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.9)$$

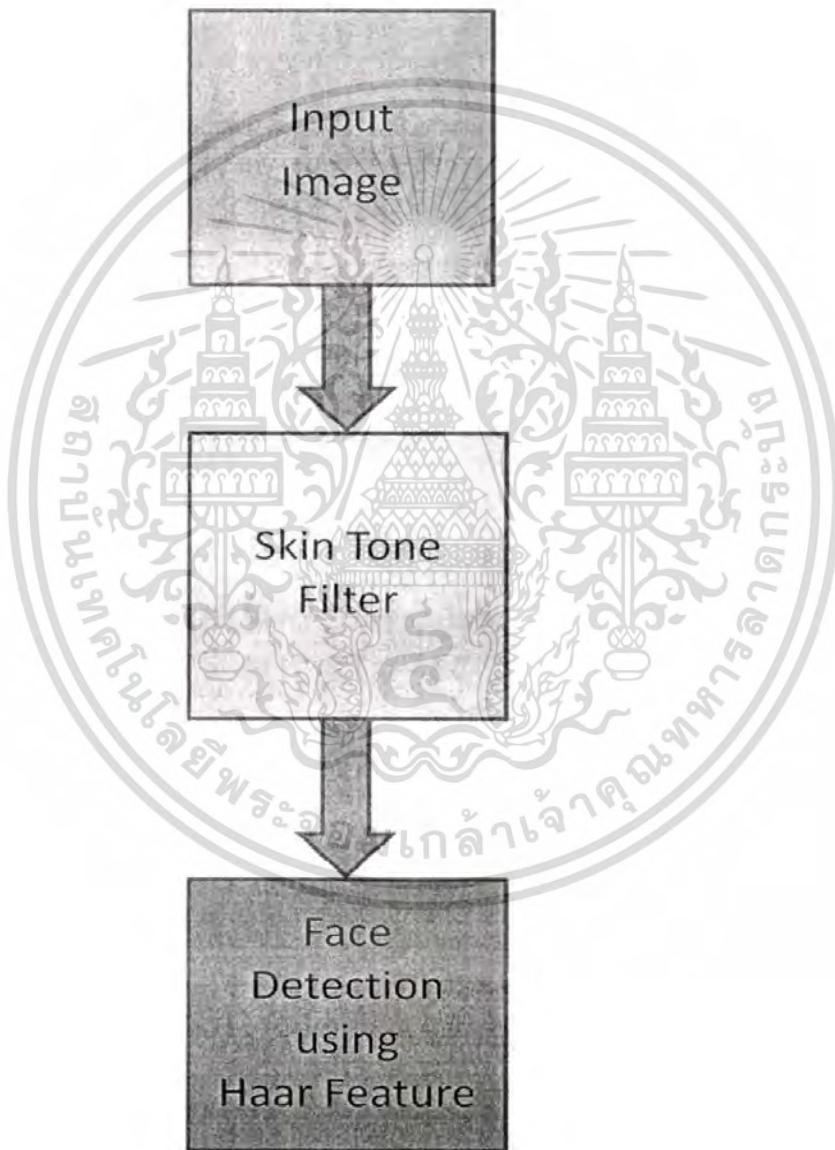
- เมื่อ  $P_{RGB}(x,y)$  คือค่าสี RGB บนตำแหน่งพิกัด  $(x,y)$  ของภาพที่ผ่านการกรองสีผิวมนุษย์  
 $I_{RGB}(x,y)$  คือค่าสี RGB บนตำแหน่งพิกัด  $(x,y)$  ของภาพที่จะทำการกรองสีผิวมนุษย์  
 $I_H(x,y)$  คือค่าสี H บนตำแหน่งพิกัด  $(x,y)$  ของภาพที่จะทำการกรองสีผิวมนุษย์  
 $I_{Cb}(x,y)$  คือค่าสี Cb บนตำแหน่งพิกัด  $(x,y)$  ของภาพที่จะทำการกรองสีผิวมนุษย์  
 $I_{Cr}(x,y)$  คือค่าสี Cr บนตำแหน่งพิกัด  $(x,y)$  ของภาพที่จะทำการกรองสีผิวมนุษย์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 3.16 ขั้นตอนการกรองสีผิวมนุษย์  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.3 เทคนิคที่นำเสนอโดยใช้วิธีฮาร์ฟิเจอร์ร่วมกับการกรองสีผิวมนุษย์

วิธีการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการใช้เทคนิคฮาร์ฟิเจอร์ร่วมกับเทคนิคการกรองสีผิวมนุษย์ โดยขั้นตอนแรกนำภาพมาทำการกรองสีผิวมนุษย์ก่อน เพื่อแยกบริเวณที่เป็นสีผิวมนุษย์ออกจากพื้นหลัง จากนั้นนำภาพที่ผ่านกระบวนการกรองสีผิวมนุษย์เสร็จแล้ว เข้าสู่ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์โดยใช้เทคนิคฮาร์ฟิเจอร์ ดังแสดงในรูปที่ 3.17



รูปที่ 3.17 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสีที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลการทดลองกรองสีผิวมนุษย์

ในขั้นตอนการกรองสีผิวนั้นเป็นส่วนสำคัญมากสำหรับงานวิจัยนี้ จึงจำเป็นต้องพิจารณาองค์ประกอบต่างๆเกี่ยวกับการกรองสีผิวดังนี้

##### 4.1.1 การกำหนดบริเวณที่ไม่ใช่สีผิวให้เป็นศูนย์หรือสีดำ

การกำหนดพิกเซลที่ไม่ใช่สีผิวให้เป็น "0" หรือสีดำ นั้นเราได้พิจารณาจากลักษณะของฮาร์ฟิเจอร์ที่ใช้ ดูในรูปที่ 3.3 จะเห็นได้ว่าฮาร์ฟิเจอร์แรกจะตรงกับใบหน้าบริเวณเขตพื้นที่แก้มซึ่งจะสว่างกว่าเขตดวงตาและ ฮาร์ฟิเจอร์ที่สองแนวจมูกสว่างกว่าดวงตาทั้งสองข้าง ดังนั้นถ้ากำหนดให้บริเวณที่ไม่ใช่สีผิวเป็นสีขาวก็จะทำให้ผิดเงื่อนไขที่กำหนดไว้ทำให้ไม่สามารถค้นหาใบหน้าได้ถูกต้อง เพราะว่าภาพเมื่อผ่านการกรองสีผิวบริเวณดวงตาจะหายไปบางส่วนเนื่องจากไม่อยู่ในช่วงที่เป็นสีผิวมนุษย์ ดังนั้นจึงต้องกำหนดบริเวณที่ไม่ใช่สีผิวให้เป็นศูนย์ ซึ่งใกล้เคียงกับเงื่อนไขฮาร์ฟิเจอร์มากที่สุด จึงได้ทำการทดลอง โดยให้ภาพหนึ่งกำหนดบริเวณที่ไม่ใช่สีผิวเป็นสีขาว และ อีกอันกำหนดให้เป็นสีดำ แล้ว นำ ไปค้นหาใบหน้าตามวิธีที่นำเสนอ ผลที่ได้แสดงในรูปที่ 4.1 จะเห็นได้ว่ารูป (ก) เป็นภาพที่กำหนดบริเวณที่ไม่ใช่สีผิวให้เป็นสีขาวซึ่งไม่สามารถค้นหาใบหน้าในภาพได้ ส่วนรูป (ข) เป็นภาพที่กำหนดบริเวณที่ไม่ใช่สีผิวให้เป็นสีดำ ซึ่งสามารถค้นหาใบหน้าได้ถูกต้อง



รูปที่ 4.1 ผลการทดลองค้นหาใบหน้าในภาพที่กำหนดบริเวณสีผิวให้เป็นสีขาว และ สีดำ

(ก) ภาพที่กำหนดให้เป็นสีขาว (ข) ภาพที่กำหนดให้เป็นสีดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 การหาค่าช่วงที่เป็นสีผิวที่เหมาะสมสำหรับการค้นหาใบหน้ามนุษย์ที่นำเสนอ

จากเทคนิคการกรองสีผิวที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น จะใช้ช่วงสีผิวเป็นเงื่อนไขในการกรอง ดังนั้นจึงต้องพิจารณาถึงช่วงสีผิวที่เหมาะสมด้วย ซึ่งค่าช่วงสีผิวที่เหมาะสมคือ ช่วงสีผิวที่นำไปสร้างตัวกรองสีผิวมนุษย์แล้วสามารถนำไปทำการค้นหาใบหน้าได้ถูกต้องมากที่สุด เหตุผลที่ต้องเลือกค่าช่วงสีผิวที่เหมาะสมดังอธิบายได้ในรูปที่ 4.2 ซึ่งได้ทำการทดลองดังนี้ ถ้าเราเลือกช่วงสีผิวที่กว้างเกินไปก็จะกรองสีผิวได้น้อยทำให้แยกแยะสีผิวออกจากพื้นหลังไม่หมด ซึ่งอาจทำให้ความผิดพลาด False Positive ยังไม่หมดไปหรือเกิดใหม่ได้ ดังรูปที่ 4.2(ก) และ ถ้าเลือกช่วงสีผิวที่มีช่วงแคบมากเกินไปก็จะทำให้บริเวณสีผิวหายไปมากเกินไปอาจทำให้ไม่สามารถค้นหาใบหน้าได้ ซึ่งจะทำให้เกิด False Negative ได้ดังรูปที่ 4.2(ข) ในรูปที่ 4.2(ค) เป็นภาพที่ผ่านการกรองสีผิวอย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถทำให้ค้นหาใบหน้าได้อย่างถูกต้อง



รูปที่ 4.2 ผลการทดลองนำภาพที่ผ่านการกรองสีผิวในช่วงสีผิวต่างๆทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์

(ก) เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองสีผิวที่มีช่วงกว้าง

(ข) เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองสีผิวที่มีช่วงแคบ

(ค) เป็นภาพที่ผ่านตัวกรองสีผิวที่เหมาะสม

จากการทดลองกับภาพทั้งหมดจากข้อมูลภาพอินเตอร์เน็ตค่าช่วงสีผิวมนุษย์ที่เหมาะสมในการสร้างตัวกรองได้ดังนี้

$$H < 0.1 \text{ OR } H > 0.8$$

$$60 < Cb < 125 \tag{4.1}$$

$$128 < Cr < 177$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

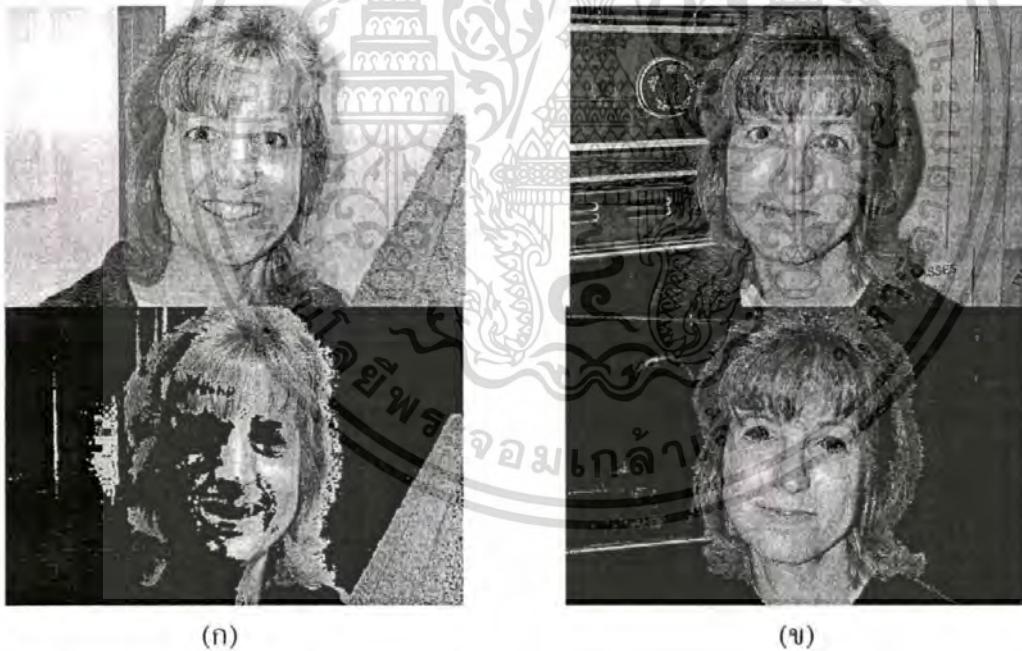
ส่วนการทดลองกับฐานข้อมูล FACES [20] และ GT [21] ค่าช่วงสีผิวที่เหมาะสม ได้ดังนี้

$$H < 0.1 \text{ OR } H > 0.8$$

$$60 < Cb < 140 \quad (4.2)$$

$$128 < Cr < 177$$

จากการทดลองพบว่า มีภาพบางภาพ เช่น ในรูปที่ 4.3(ก) ที่ไม่สามารถใช้ช่วงค่าสีผิวดังกล่าวได้ในการกรองสีผิวได้ เมื่อพิจารณา โดยนำภาพบริเวณที่เป็นสีผิวตรงใบหน้าไปทำการหาฮิสโตแกรมของภาพ ดังแสดงในรูปที่ 4.4 พบว่าช่วงที่เป็นสีผิวมนุษย์ของค่า H นั้นอยู่ในช่วงน้อยกว่า 0.1 และ มากกว่า 0.6 จากการสังเกตพบว่าสาเหตุที่นั่นเกิดจากภาพดังกล่าวถูกถ่ายในสถานะที่มีแสงส่องเข้าบริเวณใบหน้า จะเห็นได้ดังแสดงในรูปที่ 4.3 ซึ่งใช้ตัวกรองจากช่วงสีผิวมนุษย์ตามสมการที่ (4.2)

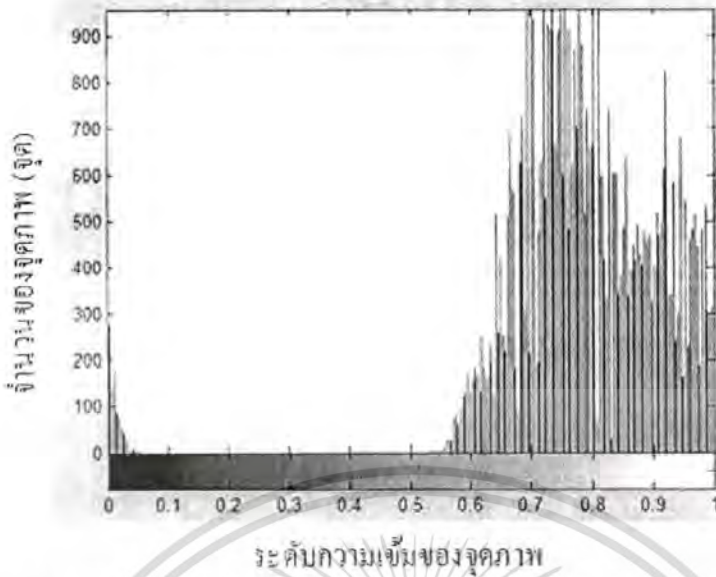


รูปที่ 4.3 ผลการทดลองกรองสีผิวมนุษย์ของบุคคลคนเดียวกันแต่ถ่ายในสถานะแสงที่แตกต่างกัน

(ก) เป็นภาพที่ถูกถ่ายในสถานะที่มีแสงส่องเข้าบริเวณใบหน้า

(ข) เป็นภาพที่ถูกถ่ายในสถานะแสงปกติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างฮิสโตแกรมของภาพใบหน้าที่มีแสงสว่างส่องตรงบริเวณใบหน้า

จากปัญหาดังกล่าวเพื่อให้ได้ช่วงสีผิวมนุษย์ที่มีความเหมาะสมกับภาพต่างๆทั้งหมด จึงได้สร้างตัวกรองที่สามารถปรับเปลี่ยนช่วงค่าสีผิวได้ ดังสมการที่ (4.3)

$$\begin{aligned}
 &H < 0.1 \text{ OR } H > a && \text{เมื่อ } 0.6 \leq a \leq 0.8 \\
 &60 < Cb < b && \text{เมื่อ } 120 \leq b \leq 140 \\
 &128 < Cr < 177
 \end{aligned} \tag{4.3}$$

จากสมการที่ (4.3) สามารถปรับค่า  $a$  และ  $b$  ตามความเหมาะสมของแต่ละภาพ เพื่อตัดพื้นหลัง และให้เหลือรายละเอียดของใบหน้ามากที่สุด โดยค่า  $a$  มีผลกับภาพที่อยู่ในสภาวะแสงสว่างที่ไม่สม่ำเสมออันคงที่ได้กล่าวมาแล้ว และ ค่า  $b$  มีผลสำหรับการปรับช่วงสีผิวให้ช่วงแคบหรือกว้าง ถ้า  $b$  มีค่าน้อยช่วงสีผิวก็จะแคบทำให้บริเวณที่เป็นสีผิวผ่านได้น้อย ถ้า  $b$  มากช่วงสีผิวก็จะกว้างทำให้บริเวณที่เป็นสีผิวผ่านได้มาก การปรับก็ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมกับภาพ โดยให้สามารถครอบคลุมให้ได้มากที่สุด เช่น ในการกรองสีผิวมนุษย์ในฐานข้อมูลอินเตอร์เน็ตค่า  $a$  จะอยู่ที่ 0.8 และค่า  $b$  อยู่ที่ 125 ซึ่งเหมาะสมและครอบคลุมกับภาพทั้งหมดในฐานข้อมูลอินเตอร์เน็ต ส่วนการกรองสีผิวมนุษย์ในฐานข้อมูล FACES และ GT ส่วนใหญ่ ค่า  $a$  จะอยู่ที่ 0.8 และค่า  $b$  อยู่ที่ 140 เป็นต้น ส่วนบางภาพที่ใช้ร่วมกับภาพอื่นไม่ได้ก็จะใช้การปรับค่าเพื่อให้ได้ตามความเหมาะสม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการทดลองจากการนำตัวกรองสีผิวมนุษย์ที่นำเสนอมาใช้แสดงได้ดังรูปที่ 4.5 โดยเปรียบเทียบตัวกรองสีผิวที่ใช้แบบจำลอง HSV เพียงอย่างเดียวกับตัวกรองที่ใช้ HSV ร่วมกับ YCbCr เพื่อให้เห็นถึงความแตกต่างว่าวิธีที่นำเสนอสามารถกรองสีผิวมนุษย์ได้ดีกว่าการใช้แบบจำลองสี HSV เพียงอย่างเดียว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไร่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อสาธารณะโดยไม่ได้รับอนุญาตจากเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดลองของการค้นหาใบหน้ามนุษย์

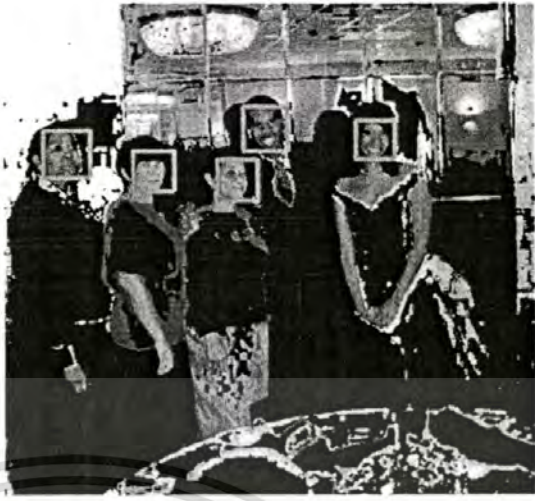
สำหรับการทดลองในบทความนี้ใช้ภาพสีทั้งหมดสามชุด ชุดแรกจากอินเทอร์เน็ตจำนวน 30 รูป ในรูปภาพมีจำนวนใบหน้าตั้งแต่ 2 ถึง 38 ใบหน้ารวมทั้งหมด 234 ใบหน้า ชุดที่สองจากฐานข้อมูล FACES จำนวน 447 รูป ขนาดภาพ 896 x 592 พิกเซล และชุดสุดท้ายจากฐานข้อมูล GT จำนวน 750 รูป ขนาดภาพ 640 x 480 พิกเซล โดยทำการทดลองเปรียบเทียบกันสองวิธี คือ การค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์เพียงอย่างเดียว กับ การค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์ค้นหาใบหน้าจากภาพที่ผ่านการกรองสีผิวมนุษย์ โดยกำหนดค่า  $a$  เท่ากับ 0.8 และ  $b$  เท่ากับ 140 ผลการทดลองมีดังนี้

### 4.2.1 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพอินเทอร์เน็ต

ข้อมูลภาพอินเทอร์เน็ตเป็นภาพถ่ายของบุคคลทั่วไปที่นำมาเผยแพร่ทางอินเทอร์เน็ตในเว็บไซต์ต่างๆ ถือได้ว่าเป็นภาพที่มีความหลากหลายมาก เนื่องจากกล้องที่ใช้ถ่ายที่แตกต่างกันและคนถ่ายก็คนละคนกันรวมถึงสถานที่สภาพแวดล้อมต่างๆ และบุคคลที่อยู่ในภาพก็แตกต่างกัน จึงเป็นข้อมูลภาพที่เหมาะสมสำหรับการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าระบบการค้นหาใบหน้าที่นำเสนอนี้สามารถค้นหาใบหน้ากับภาพที่มีความหลากหลายและอุปกรณ์การถ่ายภาพที่แตกต่างกัน รวมทั้งการค้นหาใบหน้ามนุษย์ที่มีหลายใบหน้าที่ในภาพ เป็นต้น ซึ่งจากการทดลองพบว่าการค้นหาใบหน้าที่นำเสนอนี้สามารถทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีความถูกต้อง (DR) สูงถึง 91.03% และความผิดพลาด False Positive (FP) เท่ากับ 11.25% ในรูปที่ 4.6 เป็นผลลัพธ์ของการค้นหาใบหน้ามนุษย์บางส่วน แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการค้นหาใบหน้าที่มีความถูกต้องเพิ่มขึ้นและความผิดพลาดลดลง



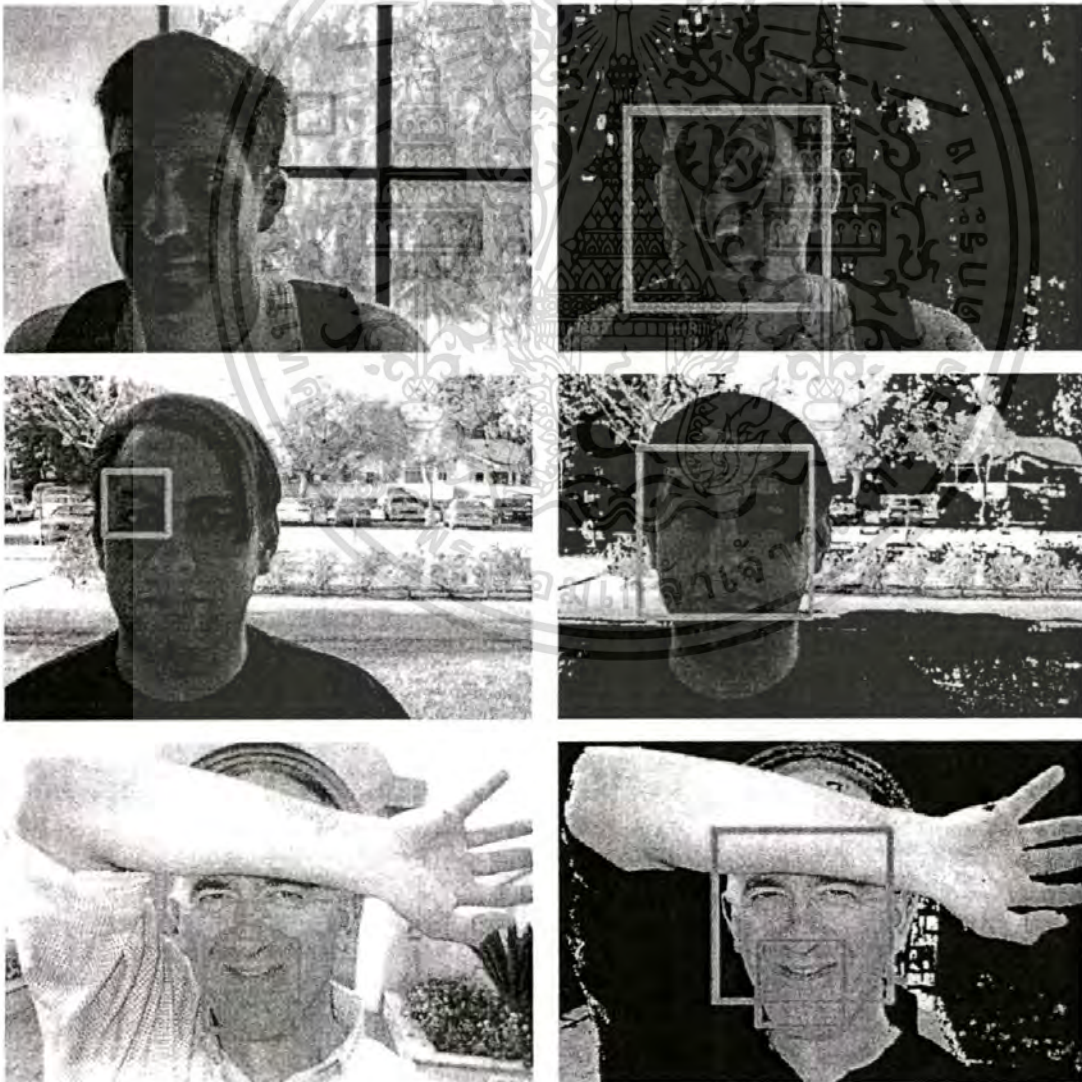
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
รูปที่ 4.6 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพอินเทอร์เน็ต (ก) วิธีฮาร์ฟิเจอร์ (ข) วิธีที่นำเสนอ



เอกสารนี้เป็นเอกสาร(ก)งวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่(ข)ญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดรูปที่ 4.6 (ต่อ) ละต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรุณาไปใช้

#### 4.2.2 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ FACES

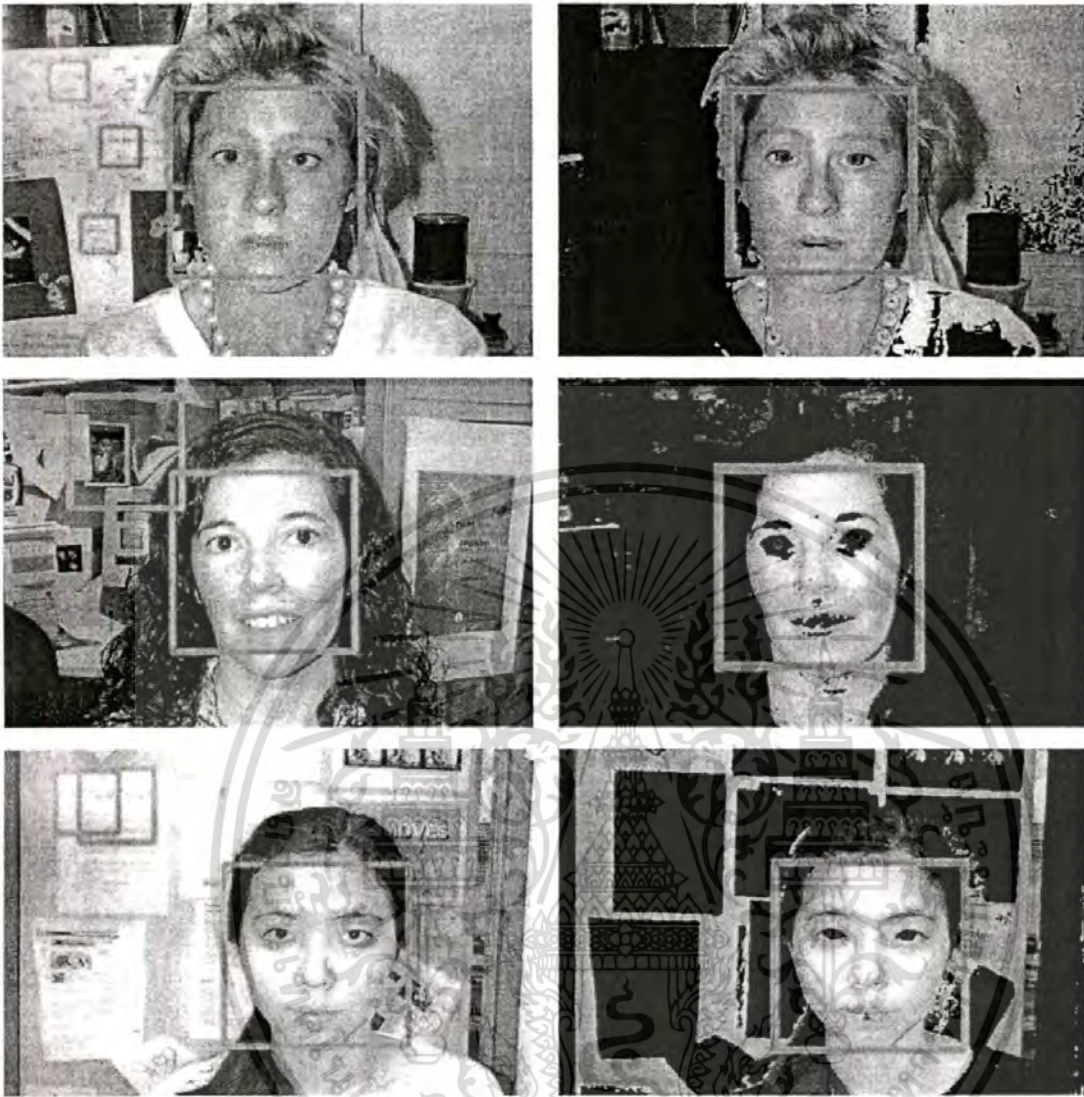
ข้อมูลภาพ FACES เป็นภาพถ่ายของบุคคลจำนวน 28 คน ในภาพถ่ายจะมีบุคคลแค่คนเดียวในภาพ โดยจะถูกถ่ายภาพบนพื้นหลังตามสถานที่ต่างๆและสภาวะแสงที่แตกต่างกัน เช่น ถ่ายในสถานที่ที่มีแสงสว่างน้อย สถานที่ที่มีแสงปกติ และ ในสภาวะที่มีแสงสว่างมาก เป็นต้น ภาพจากฐานข้อมูลนี้เหมาะสำหรับการทดลอง เพื่อพิสูจน์ว่าระบบการค้นหาใบหน้าที่น่าเสนอนี้สามารถใช้กับภาพที่มีสภาวะความแตกต่างของแสงสว่างได้หรือไม่ จากการทดลองพบว่าระบบที่น่าเสนอนี้สามารถค้นหาใบหน้ามนุษย์ในสภาวะความแตกต่างของแสงสว่างได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องมากขึ้นกว่าวิธีวิธีฮาร์ฟิเจอร์เพียงอย่างเดียว โดยมีความถูกต้อง (DR) สูงถึง 99.77 % และ ความผิดพลาด False Positive (FP) แค่ 6.49% ในรูปที่ 4.7 เป็นผลการทดลองในการค้นหาใบหน้ามนุษย์บางส่วน แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการค้นหาที่มีความถูกต้องและลดความผิดพลาดในการค้นหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ



(ก)

(ข)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 รูปที่ 4.7 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ FACES (ก) วิธีฮาร์ฟิเจอร์ (ข) วิธีที่น่าเสนอ  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.7 (ต่อ)

#### 4.2.3 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ GT

ข้อมูลภาพ GT เป็นภาพถ่ายของบุคคลแต่ละคนเดียวในภาพ โดยจะถูกถ่ายบนที่มีพื้นหลังคล้ายกันแต่มีลักษณะของสีผิวมนุษย์ของแต่ละคนแตกต่างกัน ภาพจากฐานข้อมูลนี้เหมาะสำหรับการทดลอง เพื่อพิสูจน์ว่าระบบการค้นหาใบหน้าที่น่าเสนอนี้สามารถใช้กับมนุษย์ชนชาติต่างๆ ที่มีสีผิวแตกต่างกันไป เช่น คนผิวดำ คนผิวขาว คนผิวเหลือง เป็นต้น จากการทดลองพบว่าระบบที่น่าเสนอนี้สามารถค้นหาใบหน้ามนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและมีความถูกต้องมากขึ้นกว่าใช้วิธีฮาร์ฟิเจอร์เพียงอย่างเดียว โดยมีความถูกต้อง(DR) สูงถึง 97.46 % และ ความผิดพลาด False Positive (FP) เท่ากับ 9.42% ในรูปที่ 4.8 เป็นผลการทดลองในการค้นหาใบหน้ามนุษย์บางส่วน แสดงให้เห็นถึงผลลัพธ์ของการค้นหาที่มีความถูกต้องและลดความผิดพลาดในการค้นหาได้อย่างมีประสิทธิภาพ

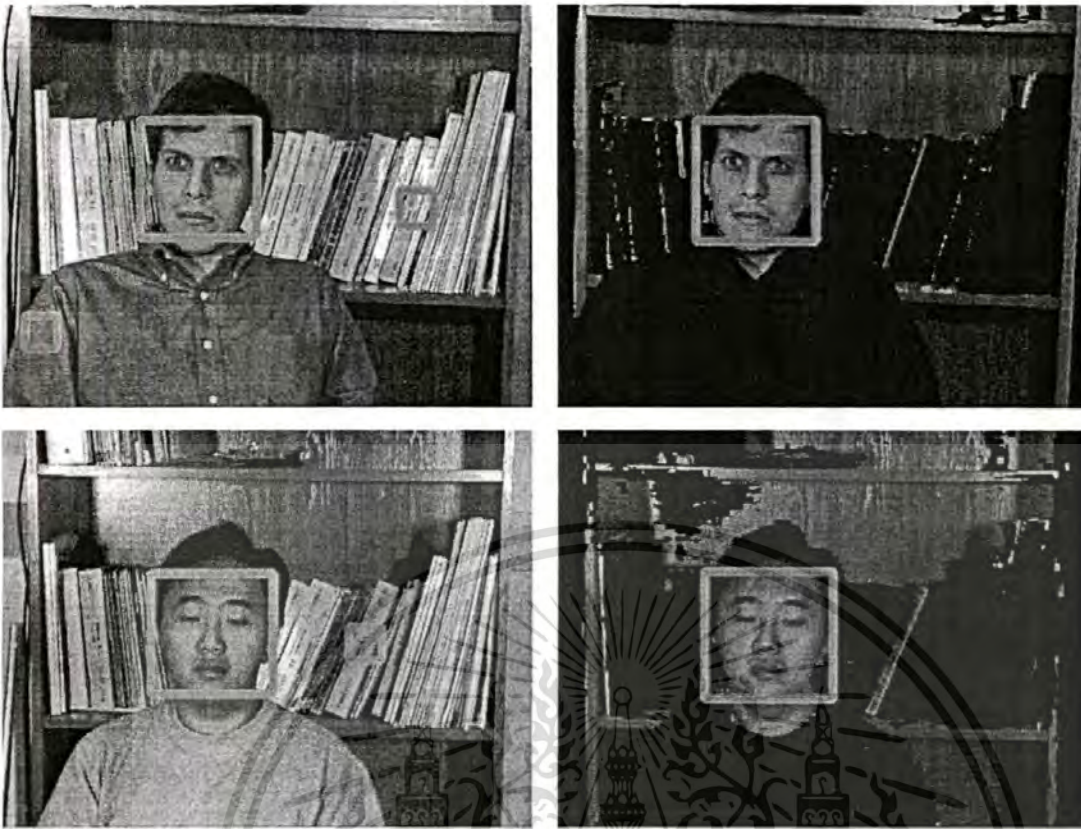
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

(ข)

รูปที่ 4.8 ผลการทดลองกับข้อมูลภาพ GT (ก) วิธียาร์ฟิเจอร์ (ข) วิธี่ที่นำเสนอ  
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(ก)

รูปที่ 4.8 (ต่อ)

(ข)

ตารางที่ 4.1 ผลการทดลองของการค้นหาใบหน้ามนุษย์

Method	Haar Feature			Skin Tone Filter + Haar Feature		
	Internet	Faces	GT	Internet	Faces	GT
DR (%)	87.60	98.89	96.13	91.03	99.77	97.46
FP (%)	26.79	24.24	15.16	11.25	6.49	9.42

DR: Detection Rate, FP: False Positive

จากผลการทดลองด้วยข้อมูลภาพทั้งหมด โดยนำทั้งสองวิธีมาเปรียบเทียบกัน ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 4.1 จะเห็นว่าวิธีฮาร์ฟีเจอร์เพียงอย่างเดียวที่ค้นหาใบหน้ากับข้อมูลภาพจากอินเทอร์เน็ต มีค่า DR เท่ากับ 87.60% และวิธีที่นำเสนอได้เท่ากับ 91.03% พบว่ามีความถูกต้องเพิ่มขึ้นถึง 3.43% ส่วนค่าความผิดพลาด FP จากข้อมูลภาพจากอินเทอร์เน็ต จะเห็นว่าค่า FP ของวิธีฮาร์ฟีเจอร์เพียงอย่างเดียวเท่ากับ 26.79% ลดลงเหลือ 11.25% ในวิธีที่นำเสนอ ซึ่งลดลงถึง 15.54% และในส่วนของภาพจากฐานข้อมูล FACES และ GT ซึ่งเป็นภาพที่มีใบหน้าอยู่ในภาพใบหน้าเดียว ทำให้การค้นหาที่มีความถูกต้องสูงอยู่แล้ว ซึ่งมีค่า DR เพิ่มขึ้น 0.88% และ 1.33%, ค่า FP ลดลง 17.75% และ 5.74% ตามลำดับ จึงทำให้ไม่เห็นความแตกต่างมากเมื่อเทียบกับข้อมูลภาพจากอินเทอร์เน็ตที่มีใบหน้าอยู่ในภาพหลายใบหน้า ซึ่งผลที่ได้จะเห็นได้ชัดเจนกว่าะโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

การค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟเจอรเป็นวิธีหนึ่งที่มีประสิทธิภาพวิธีหนึ่งในปัจจุบัน และมีความเร็วในการค้นหา เนื่องจากวิธีฮาร์ฟเจอรนี้ใช้วิธีการกระทำกับข้อมูลภาพเป็นกลุ่ม ซึ่งไม่ได้ทำกับพิกเซลโดยตรง ในการค้นหาฮาร์ฟเจอรในภาพโดยใช้อินทริกรัดอิมเมจ แล้วยกนำไปเปรียบเทียบกับฮาร์ฟเจอรที่จดจำไว้แล้วจาก AdaBoost ที่กำหนดค่าการตัดสินใจไว้อย่างชัดเจน ซึ่งจะจัดระดับการเปรียบเทียบที่เป็นระบบด้วย Cascade Classifiers เพื่อการคัดแยกฮาร์ฟเจอรอย่างมีประสิทธิภาพ

ตำแหน่งภาพที่ค้นหาได้นั้นอาจเป็นได้ทั้งสองอย่างคือ ตำแหน่งใบหน้าที่ค้นหาได้นั้นมีใบหน้าจริงในภาพ และตำแหน่งใบหน้าที่ค้นหาได้นั้นไม่มีใบหน้าจริงอยู่ในภาพ ซึ่งระบบการค้นหาด้วยวิธีฮาร์ฟเจอรนั้นถูกกำหนดค่าให้เหมาะสมในการค้นหา โดยให้มีค่าความผิดพลาด False Positive และ False Negative ที่พอรับได้ ซึ่งค่าความผิดพลาดสองค่านี้จะแปรผกผัน คือถ้า False Positive ลด False Negative ก็จะมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าการเพิ่มหรือลดเงื่อนไขของฮาร์ฟเจอรเข้าไปในระบบ ส่งผลให้สมรรถนะของระบบลดลง

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสีโดยใช้วิธีฮาร์ฟเจอรที่ค้นหาจากภาพที่ผ่านการกรองสีผิว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาใบหน้า ซึ่งทำการทดลองได้ดังนี้ นำภาพมาผ่านกระบวนการกรองสีผิวมนุษย์ โดยใช้แบบจำลองสี HSV และ YCbCr แล้วนำภาพที่ผ่านกระบวนการกรองสีผิวแล้ว เข้าสู่กระบวนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วย วิธีฮาร์ฟเจอร เพื่อระบุตำแหน่งของใบหน้า จากการทดลองกับข้อมูลภาพทั้งหมด 1,227 ภาพ ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ฮาร์ฟเจอรเพียงอย่างเดียว ได้ความถูกต้อง (DR) เฉลี่ยสูงถึง 96.09% และค่าผิดพลาดในการค้นหาใบหน้า (FP) ลดลงเหลือ 9.05% หรือ มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น 1.89% และ ความผิดพลาดในการค้นหาลดลง 13.01% สามารถสรุปได้ว่าวิธีที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้สามารถค้นหาใบหน้ามนุษย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยสามารถใช้ได้กับมนุษย์ชนชาติต่างๆ รวมทั้งในสภาวะที่มีแสงสว่างที่แตกต่างกัน และสามารถค้นหาใบหน้าได้หลายใบหน้าในภาพซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าการใช้วิธีฮาร์ฟเจอรเพียงอย่างเดียว

วิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้เป็นเทคนิคหนึ่งเท่านั้นที่ช่วยในการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบการค้นหาใบหน้ามนุษย์ให้กับวิธีฮาร์ฟเจอร แต่ก็อาจจะมีเทคนิคและวิธีการอื่นอีกที่น่าสนใจ และสามารถที่จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นไม่ว่าจะเทคนิคของการหาลูกประกอบของใบหน้ามนุษย์ เช่น ตา จมูก ปาก เป็นต้น ซึ่งเมื่อนำวิธีการต่างๆ มาใช้ร่วมกันก็จะทำให้ระบบมีประสิทธิภาพที่ดีมากยิ่งขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- [1] Anil K. Jain, "**Face Detection in Color Images**", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, May 2002.
- [2] S. Kr. Singh<sup>1</sup>, D. S. Chauhan, M. Vatsa and R. Singh, "**A Robust Skin Color Based Face Detection Algorithm**", Tamkang Journal of Science and Engineering, Vol. 6, No. 4, pp. 227-234, 2003.
- [3] R. Hassanpour, A. Shahbahrami and S. Wong, "**Adaptive Gaussian Mixture Model for Skin Color Segmentation**", Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 31, July 2008.
- [4] D. Zhang, B. Wu, J. Sun, Q. Liao, "**A Face Detection Method Based on Skin Color Model**", Proceedings of the 11th Joint Conference on Information Sciences, Published by Atlantis Press, 2008.
- [5] T. M. Mahmoud, "**A New Fast Skin Color Detection Technique**", Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol.33, pp. 518-522, September 2008.
- [6] H. Rowley, S. Baluja and T. Kanade, "**Neural Network-Based Face Detection**", Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 203-208, June 1996.
- [7] E. Osuna, R. Freund, and F. Girosi, "**Training Support Vector Machines: an Application to Face Detection**", Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 130-136, June 1997.
- [8] H. Sahbi, D. Geman and N. Boujemaa, "**Face Detection Using Coarse-To-Fine Support Vector Classifiers**", IEEE ICIP, pp. III - 925- III - 928, 2002.
- [9] P. Palasutikul, P. Sooraksa, and A. Lasakul, "**Real-time Face Detection on Color Images by Support Vector Machine**", FIRA Robot World Congress, Seoul, Korea, pp. 427-430, 26-29 May 2002.
- [10] K. Limpitikeat, W. Kurutach and S. Srisuk, "**Human Face Detection from Color Images using Skin Filter and SVM**", Proceedings of EECON-24, Thailand, pp.1356-1361, 22-23 November 2001.
- [11] L. Duan, G. Cui, W. Gao and H. Zhang, "**Adult Image Detection Method Base-on Skin Color Model and Support Vector Machine**", ACCV2002, The 5<sup>th</sup> Asian Conference on

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
Computer Vision, Melbourne, Australia, 23-25 January 2002.  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งยังมีให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] P. Viola and M. Jones, “**Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features**”, Proceedings of IEEE conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Hawaii, Vol. 1, pp.511-518, 2001.
- [13] P. Viola, M. Jones, “**Robust Real-Time Face Detection**”, International Journal of Computer Vision 57(2), pp.137–154, 2004.
- [14] V. Srisuwatn, S. Pumrintr, “**A Vision Module Algorithm for Human Face Detection**”, Proceedings of EECON-31, Thailand, pp.1165-1168, 29-31 October 2008.
- [15] Freund, Y. and Schapire, “**A decision-theoretic generalization of on-line learning and an application to boosting**”, In Computational Learning Theory: Eurocolt 95, Springer-Verlag, pp. 23–37, 1995.
- [16] W. Tao, B. Jia-Jun and C. Chun, “**A Color Based Face Detection System Using Multiple Templates**”, Journal of Zhejiang University SCIENCE Vol.4, No.2, pp. 162-165, Mar.-Apr 2003.
- [17] S-H. Jeng, H. Y. M. Liao and C. C. Han, “**Facial Feature Detection Using Geometrical Face Model: An Efficient Approach**”, Pattern Recognition, Vol.31, No.3, pp. 273-282, 1998.
- [18] S. Md. Tareeq, R. Parveen, L. J. Rozario and Md. A. A. Bhuiyan, “**Robust Face Detection Using Genetic Algorithm**”, Asian Network for Scientific Information, Information Technology Journal, Vol. 6, No. 1, pp. 142-147, 2007.
- [19] Intel Corporation, “Open Source Computer Vision Library”, [www.intel.com/technology/computing/opencv](http://www.intel.com/technology/computing/opencv).
- [20] California Institute of Technology, “Frontal Face Dataset”, [www.vision.caltech.edu/html-files/archive.html](http://www.vision.caltech.edu/html-files/archive.html).
- [21] Georgia Institute of Technology, “Georgia Tech Database”, [www.anefian.com/face\\_reco.html](http://www.anefian.com/face_reco.html).
- [22] Histogram Equalization, [http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL\\_COPIES/OWENS/LECT5/node3.html](http://homepages.inf.ed.ac.uk/rbf/CVonline/LOCAL_COPIES/OWENS/LECT5/node3.html)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ก.

- 1, M. Vandee, Y. Rangsanseri, "Face Detection Using Haar Feature Extracted from Skin Filtered Images", Proceedings of Electrical Engineering Conference (EECON-32), Tawaravadee Resort Hotel, Prachinburi, Thailand, pp.1015-1018, 28-30 October 2009.



# PROCEEDINGS VOL. 2

CM - Communication  
EL - Electronics  
DS - Digital Signal Processing  
PH - Photonics  
GN - General Engineering and Science  
BE - Biomedical Engineering



การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ ๓๒

๒๘-๓๐ ตุลาคม ๒๕๕๒ โรงแรมทวาราวดี รีสอร์ท จ.ปราจีนบุรี

32<sup>nd</sup> Electrical Engineering Conference

28-30 October 2009 Tawaravadee Resort Hotel, Prochinburi, Thailand



จัดการประชุมโดย ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า  
หลักสูตรวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชา  
เทคโนโลยีการจัดการระบบสารสนเทศ  
และภาควิชาวิศวกรรมชีวการแพทย์  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# การค้นหามัน้ำมนุษย์โดยใช้ฮาร์ที่คำนวณจากภาพที่ผ่านการกรองสีผิว Face Detection Using Haar Feature Extracted from Skin Filtered Images

ยานพ วรณดี และ สุทธพรม วิงสรรคศิริ  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520  
E-mail: svandee102@hotmail.com, rangsamsri@yahoo.com

### บทคัดย่อ

บทความนี้เสนอวิธีการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสี ขั้นตอนแรกทำการกรองสีผิว โดยใช้แบบจำลองสี HSV และ YCbCr เพื่อลดความซับซ้อนของภาพ แล้วจึงใช้วิธีการที่เจอวี เพื่อระบุตำแหน่งของใบหน้ามนุษย์ในภาพ จากการทดลองกับภาพจำนวน 1,227 ภาพ ได้อัตราความถูกต้องในการค้นหา 97.43 เปอร์เซ็นต์ และ อัตราความผิดพลาด 7.11 เปอร์เซ็นต์ พบว่ามีประสิทธิภาพดีกว่าวิธีการที่ใช้การค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยฮาร์ที่เจอวีเพียงอย่างเดียว

คำสำคัญ: การค้นหาใบหน้า, ฮาร์ที่เจอวี, แบบจำลองสี HSV, แบบจำลองสี YCbCr, การกรองสีผิว

### Abstract

This paper proposes a method for face detection in color images. To remove the complexity of the image, a skin filter is first applied by using the HSV and YCbCr color models. The Haar feature method is then used to detect the face position in the image. The algorithm was tested on 1,227 images, the Detection Rate obtained is 97.43% while the False Positive is 7.11%. It was found that the performance of our method is improved comparing to the conventional Haar feature method.

Keywords: Face Detection, Haar Feature, YCbCr color model, HSV color model, Skin Filter

### 1. บทนำ

ปัจจุบันงานวิจัยด้านการค้นหาใบหน้ามนุษย์ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งานอย่างกว้างขวาง เช่น กล้องถ่ายภาพดิจิทัล ระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ ระบบรักษาความปลอดภัย นอกจากนี้รูปใบหน้าที่ใช้ค้นหาได้อาจนำมาใช้กับระบบระบุจำใบหน้ามนุษย์ เป็นต้น ซึ่งระบบเหล่านี้ต้องการขั้นตอนการค้นหาใบหน้าที่มี

ประสิทธิภาพ ถ้าขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามีประสิทธิภาพเท่าไรก็จะทำให้ระบบเหล่านั้นมีประสิทธิภาพมากขึ้นไปด้วยเท่านั้น มีงานวิจัยจำนวนมากได้นำเสนอเทคนิคและวิธีการค้นหาใบหน้าไว้ด้วยกันหลายวิธี เช่น การแยกสีผิวมนุษย์ออกจากพื้นหลัง (Skin Color Segmentation) ใน [1], [2] การใช้ระบบโครงข่ายประสาทเทียม (Neural Network) [3] การใช้วิธีการเวกเตอร์คสนับสนุน (Support Vector Machine) [4] และวิธีการที่เจอวี (Haar Feature) [5] ซึ่งเป็นวิธีทางสถิติที่สามารถแยกและค้นหาใบหน้ามนุษย์โดยการเปรียบเทียบภาพใบหน้ากับลักษณะของ Haar Feature เป็นต้น วิธีนี้มีประสิทธิภาพ และ มีความเร็วในการค้นหา แต่มักมีความผิดพลาดที่ค่อนข้างได้สูงถึงณณะ 10% ภาพที่ได้จากการค้นหาแต่ไม่มีใบหน้าอยู่จริงในภาพ และ ภาพที่มีใบหน้าอยู่จริงในภาพแต่ค้นหาไม่ได้ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยเกี่ยวกับนำฮาร์ที่เจอวีร่วมกับวิธีอื่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาใบหน้าให้ดีขึ้น เช่น วิธีการแยกสีผิวมนุษย์ร่วมกับวิธีการหาค่าความคล้ายคลึงแบบซิมซิม [6], [7] เป็นวิธีการที่แยกแยะสีผิวออกจากพื้นหลังเพื่อลดความซับซ้อนของภาพแล้วจึงใช้วิธีการที่เจอวีร่วมกับวิธีการแยกสีผิว [8] เพื่อแก้ปัญหาค่าความผิดพลาดจากการค้นหาภาพใบหน้ามนุษย์ได้แต่ไม่มีใบหน้าอยู่จริงในภาพเพียงอย่างเดียว

บทความนี้จึงนำเสนอขั้นตอนการกรองสีผิวเข้ามาช่วยเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพให้กับการค้นหาใบหน้ามนุษย์ และแก้ปัญหาทั้งสองอย่างของวิธี Haar Feature โดยนำวิธีการกรองสีผิวก่อนโดยใช้แบบจำลองสี HSV และ YCbCr ในการนำตัวกรองสีผิว แล้วนำไปค้นหาใบหน้าด้วยวิธี Haar Feature ซึ่งผลการทดลองพบว่าให้ผลลัพธ์ทางด้านความถูกต้อง (DR) เพิ่มขึ้น และ ความผิดพลาดในการค้นหา (FP) ลดลง

### 2. ขั้นตอนและวิธีการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสี

ในบทความนี้ใช้เสนอขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในภาพสี โดยแบ่งออกเป็นสองขั้นตอน ขั้นตอนแรกทำการกรองสีผิวมนุษย์ออกจากพื้นหลัง โดยใช้แบบจำลองสี HSV และ YCbCr เสร็จแล้วจึงนำภาพที่ผ่านการกรองสีผิวแล้วไปทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์ในขั้นตอนที่สอง โดยใช้วิธี Haar Feature ใน OpenCV Library [9] เพื่อระบุตำแหน่งของใบหน้า ซึ่งมีรายละเอียดของขั้นตอนทั้งสองดังต่อไปนี้

DS 007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1 ขั้นตอนการกรองสีผิวมนุษย์

การสร้างตัวกรองสีผิวมนุษย์ในบทความนี้ได้นำแบบจำลอง HSV (Hue-Saturation-Value) ซึ่งประกอบด้วยสามองค์ประกอบคือ Hue (H) เป็นค่าที่บอกถึง วนเป็นสีจริงซึ่งเกิดจากการนำเมสซีแดง เขียว และ น้ำเงิน มาผสมกัน Saturation (S) เป็นค่าความอิ่มตัวของ Hue และ Value (V) เป็นค่าความสว่างของภาพ มาใช้ร่วมกับแบบจำลอง YCbCr โดย Y เป็นค่าของความสว่าง เกิดจากการหักล้างสีของข้อมูลสี RGB ส่วน Cb และ Cr คือค่าองค์ประกอบของสีแดง และ สีน้ำเงิน โดย Cr เกิดจากการนำเมสซีแดงมาลบกับค่าเฉลี่ยของเมสซีทั้งสามสี และ Cb เกิดจากการนำเมสซีนีเงินมาลบกับค่าเฉลี่ยของเมสซีทั้งสามสี เช่นเดียวกับ Cr ซึ่งเราพบว่าแบบจำลองทั้งชุดแบบมีประสิทธิภาพในการกรองสีผิวได้ดี โดยที่เมื่อประกอบกับเทคนิคของความสว่างด้วย ได้แก่ V ในแบบจำลอง HSV และ Y ในแบบจำลอง YCbCr ไม่มีผลต่อการกรองสีผิวมนุษย์ ในงานวิจัยเราได้นำแบบจำลองทั้งสองมาใช้ร่วมกัน เพื่อแยกสีผิวมนุษย์ ออกจากพื้นหลังก่อนที่จะนำไปทำการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยตัวตรวจจับ ขั้นตอนในการกรองสีผิวมนุษย์ มีดังนี้

นำภาพสีที่เป็นแบบจำลอง RGB มาเปลี่ยนให้อยู่ในแบบจำลอง HSV โดยมีค่าในช่วง (0 ถึง 1) และ YCbCr จะมีค่าในช่วง (0 ถึง 255) โดยใช้สมการที่ (1) และ (2)

RGB แปลงเป็น HSV

$$H = \begin{cases} \frac{G - B}{MAX - MIN} / 6, & \text{if } R = MAX \\ 2 - \frac{B - R}{MAX - MIN} / 6, & \text{if } G = MAX \\ 4 - \frac{R - G}{MAX - MIN} / 6, & \text{if } B = MAX \end{cases}$$

$$S = \frac{MAX - MIN}{MAX}$$

$$V = \frac{MAX}{255}$$

โดยที่ MAX คือ ค่าสูงสุดในแต่ละค่า (RGB) MIN คือ ค่าต่ำสุดในแต่ละค่า (RGB)

RGB แปลงเป็น YCbCr

$$Y = 16 + (0.257 * R + 0.504 * G + 0.098 * B) \quad (2)$$

$$Cb = 128 + (0.439 * R - 0.482 * G - 0.291 * B)$$

$$Cr = 128 + (0.439 * R - 0.368 * G - 0.071 * B)$$

จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยเลือกเอาเฉพาะค่า H, Cb และ Cr โดยตัด V, Y และ S ออก ซึ่งเป็นค่าความสว่าง และ ค่าความอิ่มตัวของสี ซึ่งไม่มีผลต่อการกรองสีผิวมนุษย์ โดยเลือกช่วงค่าที่เป็นสีผิวของมนุษย์ที่เหมาะสม ซึ่งเขียนเป็นสมการ ได้ดังนี้

$$H \leq a \text{ AND } H \geq 0.8 \quad \text{เมื่อ } 0.1 \leq a \leq 0.2$$

$$\text{OR}$$

$$60 \leq Cb \leq b \quad \text{เมื่อ } 120 \leq b \leq 140$$

$$\text{OR}$$

$$120 \leq Cr \leq 177$$

จากสมการที่ (3) สามารถปรับค่า a และ b ตามความเหมาะสมของแต่ละภาพ เพื่อตัดพื้นหลัง และ ให้เหลือรายละเอียดของใบหน้ามากที่สุด โดยค่า a มีผลกับภาพพื้นหลังที่เป็นโทนสีเหลืองที่ใกล้เคียงกับโทนสีผิวมนุษย์ ซึ่งค่า a มากจุดภาพที่เป็นโทนสีเหลืองก็จะผ่านได้มากค่า a น้อยก็จะผ่านได้น้อย และ ค่า b มีผลกับสีผิวมนุษย์ที่เป็นโทนสีแดง ซึ่งค่า b มากจุดภาพที่เป็นโทนสีแดงก็จะผ่านได้มาก ค่า b น้อยก็จะผ่านได้น้อย นำไปทำตัวกรองสีผิวมนุษย์ โดยจุดภาพที่ไม่เป็น 0 ของการทดลองของวงจรกรองสีผิว แสดงดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างการกรองสีผิว (ก) ภาพที่ยังไม่ผ่านตัวกรอง (ข) ภาพที่ผ่านตัวกรองสีผิวแล้ว

2.2 ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์

ขั้นตอนการค้นหาใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์ เราได้ใช้โปรแกรมภาษา C++ (เรียกใช้ OpenCV Library ของ Intel Corporation) ซึ่งเขียนขึ้นโดยนักวิจัยของ P. Viola และ M. Jones (5) หรือ เรียกว่าตัวตรวจจับ Viola - Jones กรณีที่หา Object ในภาพมีขนาดดังนี้

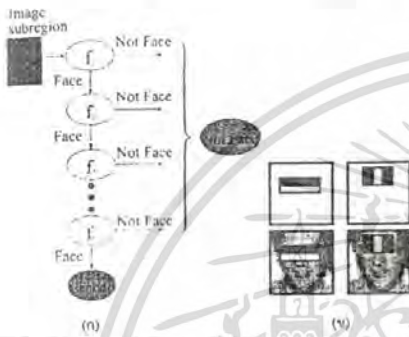


รูปที่ 2 ตัวอย่างของฮาร์ฟิเจอร์

รูปสี่เหลี่ยมมุมฉากทั่วไปเรียกว่า ฮาร์ฟิเจอร์ (Haar Feature) หรือ Haar-like Feature ใช้สำหรับเปรียบเทียบกับ Object ต่างๆ ในภาพ ดังแสดงตัวอย่างในรูปที่ 2 แล้วทำการอินทิเกรตอิมเมจ (Integral Image) เพื่อทำ Feature Detection ได้อย่างรวดเร็ว จากนั้นให้เครื่องเรียนรู้ (Machine learning) ด้วยวิธี AdaBoost โดยจะจดจำ Haar Feature ของใบหน้ามนุษย์ และ Haar Feature ที่ไม่ใช่ใบหน้ามนุษย์เอาไว้ เพื่อนำไปตัดสินใจว่า ใช่ หรือ ไม่ใช่ใบหน้ามนุษย์ โดยแบ่งหมวดหมู่ระดับชั้น (Classifiers Cascade) เพื่อเปรียบเทียบและตัดสินใจ - นั้นบริเวณใดในภาพไม่ผ่านเงื่อนไขที่ตั้งค่าไว้ ก็จะถูกลดสีให้เป็น Not-face

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กันที่ แต่ด้วยวิธีวนโคจรภาพนั้นสามารถผ่าน Classifiers Cascade ได้ทั้งหมดก็จะถูก ตัดสินว่าเป็นใบหน้ามนุษย์ ซึ่งก็คือผลลัพธ์ในการค้นหา ใบหน้านั่นเอง ในรูปที่ 3 คือ Classifiers Cascade ที่คล้ายกับ filter ถูกใช้ ซึ่งจำนวนของ Classifiers Cascade ขึ้นอยู่กับกา Training สำหรับ Haar Feature ที่ Viola และ Jones เหยิกใช้มีสองแบบที่ใช้เป็นเงื่อนไขในการพิจารณาเกี่ยวกับใบหน้า ก็คือเงื่อนไขวงแคบที่เน้นจะสว่างกว่าเขต ดวงตา และ เงื่อนไขที่สองจะเน้นสว่างกว่าดวงตา



รูปที่ 3 วิธีค้นหาใบหน้ามนุษย์ของ Viola-Jones (N) Classifiers Cascade (ข) สารที่หยุดที่ติดกัน

ผลลัพธ์ที่ได้จากการค้นหาใบหน้ามนุษย์คือ ค่าแห่งจุดศูนย์กลางของวัตถุที่ถูกพิจารณาว่าเป็นใบหน้ามนุษย์ จากนั้นก็สร้างกรอบล้อมรอบบริเวณที่เจอซึ่งระบุไว้บนใบหน้ามนุษย์ที่รู้จักจริง

2.3 การวัดประสิทธิภาพ

บทความนี้เสนอวิธีเพื่อเห็นประสิทธิภาพให้กับการค้นหา ใบหน้ามนุษย์ด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์ที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยประสิทธิภาพ ที่เราได้จากค่า Detection Rate (DR) คือความถูกต้องของการค้นหา ใบหน้า ซึ่งเป็นอัตราส่วนของจำนวนใบหน้าที่ถูกค้นหาได้ถูกต้องในภาพ ต่อจำนวนใบหน้าทั้งหมดที่มีอยู่จริงในภาพเขียนได้ดังสมการที่ (4)

$$DR = \frac{\text{จำนวนใบหน้าที่ถูกค้นหาได้ถูกต้อง}}{\text{จำนวนใบหน้าทั้งหมดที่เจอ}} \times 100\% \quad (4)$$

นอกจากนี้เรายังต้องพิจารณาค่าความผิดพลาดในการค้นหา ที่เกิดจากการค้นหาใบหน้ามนุษย์ได้แต่ไม่มีใบหน้าอยู่จริงในภาพ เรียกว่า False Positive (FP) ซึ่งหาได้จากอัตราส่วนของจำนวนใบหน้าที่ถูกค้นหาได้ แต่ไม่มีใบหน้าอยู่จริงต่อจำนวน ใบหน้าที่ถูกค้นหาได้ทั้งหมดเขียนได้ดัง สมการที่ (5)

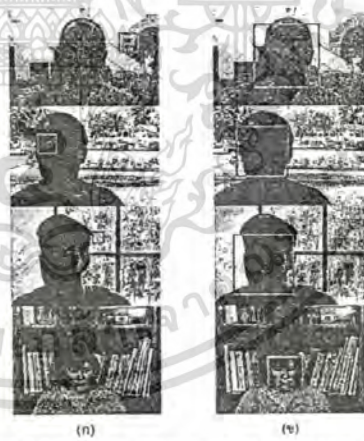
$$FP = \frac{\text{จำนวนใบหน้าที่ถูกค้นหาได้แต่ไม่มีใบหน้าอยู่จริง}}{\text{จำนวนใบหน้าที่ถูกค้นหาได้ทั้งหมด}} \times 100\% \quad (5)$$

3. ผลการทดลอง

สำหรับการทดลองในบทความนี้ใช้ภาพที่ทั้งหมดจากชุด ชุดแรกจากอินเตอร์เน็ตจำนวน 30 รูป ในรูปภาพมีจำนวนใบหน้าตั้งแต่ 2 ถึง 22 ใบหน้ารวมทั้งหมด 183 ใบหน้า ชุดที่สองจากฐานข้อมูล FACES [10] จำนวน 447 รูป ขนาดภาพ 896 x 592 พิกเซล เป็นภาพถ่ายบนพื้น หลังที่แตกต่างกัน และชุดสุดท้ายจากฐานข้อมูล GT [11] จำนวน 750 รูป ขนาดภาพ 640 x 480 พิกเซล เป็นภาพถ่ายที่มีพื้นหลังคล้ายกับแต่มี ลักษณะของศีรษะมนุษย์ที่แตกต่างกัน โดยทั้งสองฐานข้อมูลมีใบหน้า มนุษย์ในภาพที่มองหน้าเดียว ซึ่งทำการทดสอบเปรียบเทียบกับสองวิธี คือ การค้นหาใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์เพียงอย่างเดียว กับ การค้นหา ใบหน้าด้วยวิธีฮาร์ฟิเจอร์ค้นหาใบหน้าจากภาพที่ผ่านการกรองแล้ว โดย ใช้ Training Classifiers Cascade จำนวน 24 stage ผลการทดลองมีดังนี้



รูปที่ 4 ตัวอย่างผลการทดลองกับภาพจากอินเตอร์เน็ต (ก) วิธีฮาร์ฟิเจอร์ (ข) วิธีที่นำเสนอ



รูปที่ 5 ตัวอย่างผลการทดลองกับภาพจากฐานข้อมูล FACES และ GT (ก) วิธีฮาร์ฟิเจอร์ (ข) วิธีที่นำเสนอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างแรกเป็นผลกรทคองกับภาพจากอินเตอร์เน็ตแสดงในรูปที่ 4 โดยในรูป (ก) เป็นผลลัพธ์ของกรค้นหาค้นหาใบหน้าด้วยวิธีเฟรเซอร์พีเอชอาร์พีเอชอาร์พีเอชอาร์ แต่อย่างไรก็ตามก็พบความผิดพลาด (FP) ที่เกิดขึ้นส่วนในรูป (ข) เป็นผลลัพธ์ของวิธีที่นำเสนอ แสดงให้เห็นถึงการค้นหาก็มีความถูกต้อง (DR) เพิ่มขึ้น โดยสามารถค้นหาใบหน้าใหม่เพิ่มขึ้นได้อีกหนึ่งหน้า และความผิดพลาดในการค้นหา (FP) ลดลง

ในรูปที่ 5 เป็นผลลัพธ์ในการค้นหาใบหน้าจากภาพวงวนในการทดลองกับฐานข้อมูล FACES และ GT. ดูจากรูปจะเห็นได้ว่ารูป (ก) มีการค้นหาผิดพลาด และไม่สามารถค้นหาใบหน้าได้เลย ซึ่งเป็นการค้นหาด้วยวิธีเฟรเซอร์พีเอชอาร์พีเอชอาร์ ส่วนรูป (ข) เป็นวิธีที่นำเสนอ ซึ่งสามารถค้นหาใบหน้าได้ถูกต้อง

นอกจากนั้นเมื่อเรานำผลทดลองด้วยข้อมูลภาพทั้งหมดแล้วคำนวณค่าประสิทธิภาพจากข้อที่ 2.3 ของทั้งสองวิธีที่เปรียบเทียบกันเกี่ยวกับ ผลที่ได้ แสดงในตารางที่ 1 จะเห็นว่าวิธีแรกที่มีใบหน้าใหม่กับข้อมูลภาพจากอินเตอร์เน็ต มีค่า DR เท่ากับ 87.98% และวิธีที่สองเท่ากับ 95.08% พบว่ามีความถูกต้องเพิ่มขึ้นถึง 7.1% ส่วนค่าความผิดพลาด FP จากข้อมูลภาพจากอินเตอร์เน็ต จะเพิ่มขึ้นจาก 1% ไปเป็น 2.1% ส่วนค่าความผิดพลาด FP จากข้อมูลภาพจากอินเตอร์เน็ต จะเพิ่มขึ้นจาก 25.46% ลดลงเหลือ 5.43% ในวิธีที่สอง ซึ่งลดลงถึง 20.03% และในส่วนของภาพจากฐานข้อมูล FACES และ GT ซึ่งเป็นภาพที่มีใบหน้าอยู่ในภาพใบหน้าเดียว ทำให้การค้นหาหาใบหน้าถูกต้องตรงตัวแล้ว ซึ่งมีค่า DR เพิ่มขึ้น 3.64% และ 1.33% ค่า FP ลดลง 17.34% และ 5.74% พบว่าสิ่งที่ไม่ดีเกี่ยวกับความผิดพลาดมากเมื่อเทียบกับข้อมูลภาพจากอินเตอร์เน็ตที่มีใบหน้าอยู่ในภาพหลายใบหน้า ซึ่งผลที่ได้จะเห็นได้ชัดในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองของกรค้นหาค้นหาใบหน้าในภาพ

Method	Hair Feature			Skin Filter + Hair Feature		
	Internet	Faces	GT	Internet	Faces	GT
DR (%)	87.98	98.89	96.13	95.08	99.77	97.46
FP (%)	25.46	24.24	15.16	5.43	6.49	9.42

4. สรุปผลการทดลอง

บทความนี้เป็นกรณีศึกษาของการค้นหาใบหน้าบนฐานข้อมูลภาพใช้โดยวิธีเฟรเซอร์พีเอชอาร์ที่ค้นหาค้นหาภาพที่มีบางทรงของสีผิว เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการค้นหาใบหน้า โดยแยกขั้นตอนการทดลองได้สองขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนแรกคือ กระบวนการกรองสีผิวบนรูปโดยใช้แบบจำลองสี HSV และ YCbCr ขั้นตอนที่สองนำรูปภาพที่มีบางกระบวนการกรองสีผิวแล้ว เข้าสู่กระบวนการค้นหาใบหน้าบนข้อมูลภาพวิธีเฟรเซอร์พีเอชอาร์ที่ค้นหาค้นหาใบหน้า จากกรทดลองกับข้อมูลภาพทั้งหมด 1227 ภาพ ผลลัพธ์ที่ได้เมื่อเปรียบเทียบกับกรใช้วิธีเฟรเซอร์พีเอชอาร์อย่างเดียว ได้ความถูกต้อง (DR) เพิ่มขึ้นถึง 97.43% และค่าผิดพลาดในการค้นหาใบหน้า (FP) ลดลงเหลือ 7.11% หรือ มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น 3.1% และ ความผิดพลาดในการค้นหาลดลง 14.51%

เอกสารอ้างอิง

- [1] A.K. Jain, "Face Detection in Color Images", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 5, May 2002.
- [2] R. Hassanpour, A. Shabbabrami and S. Wong, "Adaptive Gaussian Mixture Model for Skin Color Segmentation", Proceedings of World Academy of Science, Engineering and Technology, Vol. 31, July 2008.
- [3] H. Rowley, S. Baluja and T. Kanade, "Neural Network-Based Face Detection", Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 203-208, June 1996.
- [4] E. Osuna, R. Freund, and F. Girosi, "Training Support Vector Machines: an Application to Face Detection", Proceedings of the IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, pp. 130-136, June 1997.
- [5] P. Viola and M. Jones, "Rapid Object Detection using a Boosted Cascade of Simple Features", Proceedings of IEEE conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Hawaii, Vol. 1, pp. 511-518, 2001.
- [6] P. Palasukul, P. Soorakul, and A. Laasakul, "Realtime Face Detection on Color Images by Support Vector Machine", FIRS, Robot World Congress, Seoul, Korea, pp. 427-430, 26-29 Nov 2002.
- [7] K. Limpitkiet, W. Kurutach and S. Srirot, "Human Face Detection from Color Images using Skin Filter and SVM", Proceedings of EECON-24, Thailand, pp.1356-1361, 22-23 November 2001.
- [8] V. Srivastava, S. Purnima, "A Vision Module Algorithm for Human Face Detection", Proceedings of EECON-31, Thailand, pp.1165-1168, 29-31 October 2008.
- [9] Intel Corporation, "Open Source Computer Vision Library", www.intel.com/technology/computing/opencv.
- [10] California Institute of Technology, "Frontal Face Dataset", www.vision.caltech.edu/html-files/archive.html.
- [11] Georgia Institute of Technology, "Georgia Tech Database", www.anefian.com/face\_revo.html.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

นายมานพ วรรณดี เกิดเมื่อวันที่ 12 ธันวาคม พ.ศ.2526 ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม ภาควิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2550



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้