

วิธีการตรวจหาใบหน้าโดยอาศัยโครงสร้างที่เป็นองค์ประกอบของใบหน้า

FACE DETECTION USING STRUCTURE OF FACIAL COMPONENTS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL-2008-SC-M-002-825

วิธีการตรวจหาใบหน้าโดยอาศัยโครงสร้างที่เป็นองค์ประกอบของใบหน้า

FACE DETECTION USING STRUCTURE OF FACIAL COMPONENTS



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-SC-M-002-325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FACE DETECTION USING STRUCTURE OF FACIAL COMPONENTS



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF SCIENCE IN COMPUTER SCIENCE

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

KMITL-2008-SC-M-002-325

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัณฑิตวิทยาลัย
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ วิธีการตรวจหาใบหน้าโดยอาศัยโครงสร้างที่เป็นองค์ประกอบของใบหน้า
Face Detection using Structure of Facial Components
ชื่อนักศึกษา นายสุเมธ รัตนจันทร์
รหัสประจำตัว 47063701
ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิทยาการคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.นवलสวาท หิรัญสกลวงศ์

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.วีระ	บุญจริง
ดร.นवलสวาท	หิรัญสกลวงศ์
ผศ.ดร.จิรพร	วีระพันธุ์
ดร.ชาคริต	วัชรโรภาส

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ 21 พฤษภาคม 2551 เวลา 17.00 น. เป็นต้นไป

สถานที่สอบ ณ อาคารจุฬารามณ์วิทยาลัย 1 ห้อง 217

บัณฑิตวิทยาลัยรับรองแล้ว

(รศ.ดร.รวีวรรณ ชินะตระกูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่.....๑๘.....เดือน.....พฤษภาคม.....พ.ศ.๒๕๕๑.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	วิธีการตรวจหาใบหน้าโดยอาศัย โครงสร้างที่เป็นองค์ประกอบของใบหน้า
นักศึกษา	นายสุเมธ รัตนจันทร์
รหัสประจำตัว	47063701
ปริญญา	วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิทยาการคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร. นवलสวาท หิรัญสกุลวงศ์

บทคัดย่อ

การตรวจหาใบหน้ามีความสำคัญและเป็นส่วนที่จำเป็นยิ่งสำหรับระบบการรู้จำใบหน้า ซึ่งสามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบการยืนยันบุคคล ระบบรักษาความปลอดภัย หรือระบบติดต่อกับผู้ใช้ เป็นต้น งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง ซึ่งขั้นตอนวิธีของงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการตรวจหาบริเวณผิวหนังทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในภาพ หลังจากนั้นจึงทำการตรวจหาตำแหน่งของดวงตา ที่ปรากฏอยู่แต่ละเลเบลที่เป็นบริเวณผิวหนังที่อยู่ในภาพ แล้วจึงใช้การคำนวณหาตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ในทุกเลเบลที่เป็นบริเวณผิวหนังที่ตรวจพบว่ามีดวงตาเพื่อใช้เป็นตำแหน่งในการอ้างอิงสำหรับหาบริเวณพื้นที่ที่เป็นส่วนของใบหน้า สุดท้ายเป็นการหาตำแหน่งของใบหน้าโดยใช้จุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตของใบหน้าที่ปรากฏในภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การหาตำแหน่งและขอบเขตของใบหน้าจากภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นบริเวณพื้นที่ของใบหน้าโดยไม่มีส่วนของลำคอ, แขน, หัวไหล่หรือส่วนของผิวหนังส่วนอื่นติดมากับภาพที่เป็นผลลัพธ์ด้วย โดยจะสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้จริงกับระบบการรู้จำใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผลลัพธ์ของการทดลองกับข้อมูลภาพทั้งหมด 635 ภาพ แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่นำเสนอนี้สามารถตรวจหาใบหน้าได้ถูกต้อง 98.24% จากข้อมูลภาพที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้

Thesis	Face Detection Using Structure of Facial Components
Student	Mr. Sumeth Rat-ta-najun
Student ID	47063701
Degree	Master of Science
Program	Computer Science
Year	2008
Thesis Advisor	Dr. Nualsawat Hiransakolwong

ABSTRACT

Face detection is very important for automatic face recognition. Face recognition is used to develop authentication, security system or user interfaces etc. This research proposes the face detection by finding skin regions and centroid of face areas. First detect regions which are likely to contain human skin in the image, and then find the locality of eyes in each labeled. Second, centroid is calculated in all skin labeled. Finally finding scope of the face by centroid and skin regions. This research addresses the position and boundary of the face by reducing unwanted part in the result of face detection. The results of precise face detection can be used to apply for face recognition with high performance. On the 635 pictures of face dataset, the experimental results showed that the face detection of this proposed method detects face correctly 98,24% from these datasets.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์นี้มีอาจจะสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี หากมิได้รับคำแนะนำ คำชี้แจง ความรู้ และความเอาใจใส่จาก ดร.นवलสวาท หิรัญสกุลวงศ์ ผู้เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งท่านได้สละเวลาให้กับข้าพเจ้าอย่างเต็มที่ จึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วีระ บุญจริง ผศ.ดร.จิรพร วีระพันธุ์ และดร.ชาคริต วัชโรภาส คณะกรรมการสอบหัวข้อ และ โครงร่างวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำตลอดจนข้อชี้แนะจนในที่สุดทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และพี่ๆ ที่สนับสนุนให้ได้เรียนในระดับที่ได้ตั้งใจ อีกทั้งยังได้ดูแลเรื่องค่าใช้จ่ายต่างๆ ระหว่างศึกษาเป็นอย่างดีอีกด้วย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ ร่วมรุ่นอันได้แก่ นายอัสวิน นิ่มกร นายองอาจ คูศรี นายทศนัย ชุ่มวิฒนะ นายอภิวัฒน์ เสริมศรี นายโยชิน เทียนดี นายมารุต ณ พัทลุง นายพลิชฐ์ สติกาญจน์ และพี่ๆ และน้องๆ ทุกคนที่ให้คำปรึกษา และช่วยอำนวยความสะดวกในด้านต่างๆ

สำหรับคุณงามความดีและประโยชน์อันใดที่เกิดขึ้นจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบให้กับบิดา มารดา อาจารย์ทุกท่านซึ่งเป็นที่เคารพยกย่อง ตลอดจนญาติพี่น้อง และเพื่อนๆ ทุกคน

สุเมธ รัตนจันทร์

พฤษภาคม 2551

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 ขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินงานวิจัย.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ.....	4
2.1.1 รูปภาพดิจิทัล.....	4
2.1.2 ฮิสโทแกรม.....	4
2.1.3 เทอร์สโอด.....	5
2.1.4 มอโฟโลยี.....	6
2.1.5 การปรับปรุงรูปภาพ.....	13
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	16
2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาผิวหนัง.....	16
2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาใบหน้า.....	16
2.3 ขั้นตอนวิธีของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	20
2.3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี.....	20
2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาดวงตาของมนุษย์.....	26

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

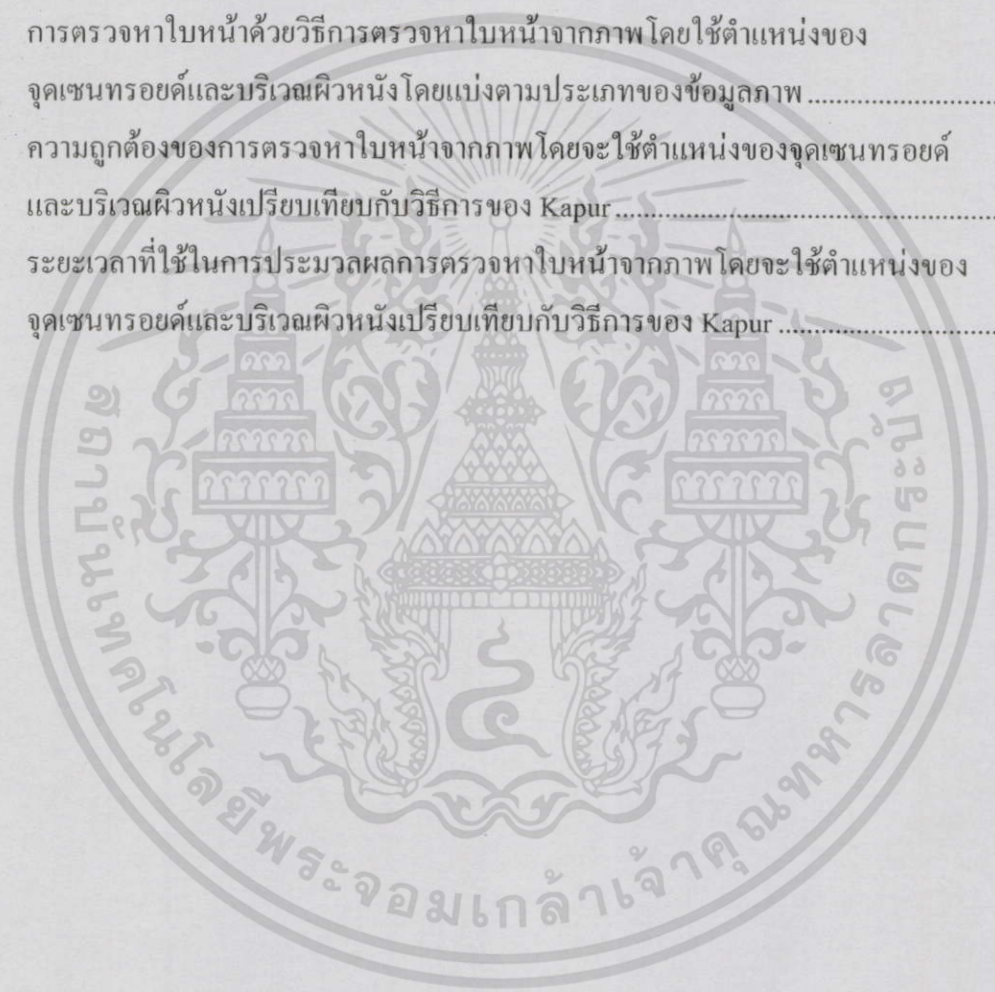
	หน้า
บทที่ 3 การตรวจหาใบหน้าโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง.....	32
3.1 การตรวจหาบริเวณผิวหนัง.....	33
3.1.1 การเตรียมภาพเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีสัน, ความอึมตัวของสีและลายผิว จากภาพใบหน้า.....	33
3.1.2 การวิเคราะห์ค่าสีสันและความอึมตัวของสีด้วยการปรับปรุงค่าและสมการจาก งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาผิวหนัง.....	34
3.1.3 การหาภาพบริเวณผิวหนังจากข้อมูลที่ได้ออกมาจากขั้นตอนที่ 3.1.2	36
3.2 การตรวจหาตำแหน่งของดวงตา.....	37
3.2.1 การกรองส่วนของบริเวณผิวในแต่ละเลเบล.....	37
3.2.2 การปรับเทียบค่าฮิสโทแกรม	38
3.2.3 การประมาณค่า T_0	39
3.2.4 การคำนวณหาตำแหน่งของตาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์.....	41
3.3 การหาจุดเซนทรอยด์จากตำแหน่งของดวงตา	41
3.4 การหาใบหน้าโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง	44
บทที่ 4 การทดลองและผลการทดลอง	46
4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง	46
4.2 การจัดประสิทธิภาพของระบบการตรวจหาใบหน้าของมนุษย์	46
4.3 ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลอง.....	47
4.3.1 ข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล	47
4.3.2 ข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับการทดลอง.....	48
4.4 ภาพตัวอย่างของผลการทดลอง	49
4.4.1 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรง.....	49
4.4.2 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรงยิ้มหรือหัวเราะ	50
4.4.3 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าเอียงซ้าย-ขวา หันซ้าย-ขวาและภาพถ่ายหน้าในมุมก้มหรือมุมเงย	50
4.4.4 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีสิ่งปิดบังใบหน้า.....	51
4.4.5 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีหนวดหรือเคราบนใบหน้า.....	52
4.4.6 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายสวมหมวกและมีผ้าโพกหรือคลุมหัว.....	52

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
4.4.7 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายบุคคลในภาพมากกว่า 1 คน.....	53
4.5 ผลการทดลอง.....	53
4.5.1 ความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้า.....	53
4.5.2 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลการทดลอง	54
4.5.3 ผลการทดลองแบ่งตามประเภทของข้อมูลภาพ	55
4.6 ผลการเปรียบเทียบของการทดลอง.....	56
4.6.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้า.....	56
4.6.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล.....	58
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	59
5.1 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง	59
5.2 แนวทางการพัฒนางานวิจัย	61
เอกสารอ้างอิง	62
ประวัติผู้ทำวิจัย	64

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
3.1	ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากที่หาค่าลายผิวจากขั้นตอนที่ 3.1.2..... 35
3.2	ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากที่หาค่าสีส้นและความอืดตัวของสีจากขั้นตอนที่ 3.1.2..... 35
4.1	ความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยใช้ ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง..... 53
4.2	เวลาที่ใช้ในการประมวลผลการทดลอง..... 54
4.3	การตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของ จุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง โดยแบ่งตามประเภทของข้อมูลภาพ..... 55
4.4	ความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ และบริเวณผิวหนังเปรียบเทียบกับวิธีการของ Kapur..... 57
4.5	ระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของ จุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังเปรียบเทียบกับวิธีการของ Kapur..... 58



สารบัญญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 ฮิสโทแกรมของภาพสเกลสีเทา (Grayscale).....	5
2.2 การแปลงภาพสเกลสีเทารูป (A) เป็นภาพลักษณะฐานสองรูป (B) โดยการใช้เทรสโฮล.....	6
2.3 (A)เซต A (B)คุณสมบัติการเลื่อนขนานของเซต A ด้วย $x = (x_1, x_2)$ (C)เซต B (D) คุณสมบัติการสะท้อนของเซต B (E)เซต A และคุณสมบัติส่วนเติมเต็มของเซต A (F)คุณสมบัติความแตกต่างของเซต A-B	7
2.4 (A)เซต A (B)สตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (C)ผลลัพธ์ของกระบวนการ ไคเลชัน A ด้วยสตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (D)สตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูป สี่เหลี่ยมผืนผ้า (E)ผลลัพธ์ของกระบวนการไคเลชัน A ด้วยสตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูป สี่เหลี่ยมผืนผ้า	9
2.5 (A)เซต A (B)สตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (C)ผลลัพธ์ของกระบวนการ อีโรชัน A ด้วยสตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (D)สตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (E)ผลลัพธ์ของกระบวนการอีโรชัน A ด้วยสตรีคเจอร์ริง อิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า.....	10
2.6 (A)เซต A (B)กระบวนการอีโรชัน A ด้วยสตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์รูปวงกลม (C)ภาพผลลัพธ์ของกระบวนการอีโรชัน (D)กระบวนการไคเลชัน (E)ภาพผลลัพธ์ของ กระบวนการไคเลชันหรือกระบวนการโอเพนนิ่ง (F)กระบวนการไคเลชัน (G)ภาพผลลัพธ์ของกระบวนการไคเลชัน (H)กระบวนการอีโรชัน (I)ภาพผลลัพธ์ของ กระบวนการอีโรชันหรือกระบวนการโคลสซิง.....	11
2.7 การประยุกต์ใช้มอไฟโลยีกำจัดสัญญาณภาพรบกวน (A)ภาพวัตถุรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า สัญญาณภาพรบกวนและสตรีคเจอร์ริงอิลีเมนต์ B รูปวงกลม (B)ภาพผลลัพธ์กระบวน การอีโรชัน (C)ภาพผลลัพธ์กระบวนการ โอเพนนิ่ง (D)ภาพผลลัพธ์กระบวนการ ไคเลชันจากรูป 2.7C (E)ภาพผลลัพธ์กระบวนการ โคลสซิง.....	12
2.8 (A)ภาพต้นฉบับ (B)ภาพที่ผ่านการทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชัน (C)ฮิสโทแกรมของรูป(A) (D)ฮิสโทแกรมของรูป (B) ที่ผ่านการทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชัน	13
2.9 การทำเอเวอร์เรจฟิลเตอร์.....	14
2.10 (A)ภาพต้นฉบับ (B)ภาพที่ผ่านการทำเอเวอร์เรจฟิลเตอร์	14
2.11 (A)ภาพต้นฉบับ (B)ภาพที่ผ่านการทำมีเดียฟิลเตอร์	15
2.12 การกรองข้อมูลภาพด้วยวิธีคอนโวลูชัน.....	16
2.13 การใช้ภาพโมเสกตรวจหาใบหน้าตามหลักการของ Yang และ Huang.....	17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
2.14 การตรวจหาบริเวณตาทั้งสองข้างและปากจากงานวิจัยของ Chow และ Li.....	18
2.15 คีฟอรัมเมเบิลเทมเพลตจากงานวิจัยของ Huang และ Chen	19
2.16 การใช้โครงข่ายประสาทเทียมตรวจหาใบหน้ามนุษย์จากงานวิจัยของ Rowley.....	19
2.17 ขั้นตอนวิธีของกระบวนการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี	20
2.18 ภาพต้นฉบับ.....	21
2.19 ภาพที่ผ่านขั้นตอนการหาค่าของภาพแปลงลายผิว.....	22
2.20 (A)ภาพที่ผ่านขั้นตอนการแปลงค่าสีสีัน (B)ภาพที่ผ่านขั้นตอนการแปลง ค่าความเข้มตัวของสี	23
2.21 ภาพบริเวณผิวหนังที่ได้หลังจากการกรองขั้นตอนสุดท้าย	24
2.22 (A)ส่วนของผิวหนังที่แปลงเป็นรูปแบบสเกลสีเทา (B)ภาพพอดซีฟิเลเบล ซึ่งเป็นส่วนของผิวหนังที่ผ่านกระบวนการทำเทรส โอล.....	24
2.23 ภาพเนกาทีฟโอลหลังจากผ่านกระบวนการโคลสซิง.....	25
2.24 ผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าจากภาพสีจากงานวิจัยของ Kapur.....	25
2.25 (A)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมก่อนทำการปรับเรียบ (B)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมหลังทำการปรับเรียบ.....	27
2.26 การตรวจหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าเริ่มต้น T_0 แล้วทำการแบ่งส่วน ออกมา (A)เป็นภาพต้นแบบ (B)ถึง(E)เป็นภาพที่ทำการแบ่งส่วนด้วย ค่าเทรส โอลจาก 0.12 ถึง 0.30 โดยทำการเพิ่มค่าเทรส โอลขึ้นทีละ 0.06 และ ภาพ (F)เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการหาตำแหน่งของดวงตา	29
2.27 ผลลัพธ์ของการหาตำแหน่งของตาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ จากงานวิจัยของ Tao และ Kwan	31
3.1 ขั้นตอนการตรวจหาใบหน้าโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง	33
3.2 (A)ภาพต้นแบบ (B)ภาพที่ผ่านการตัดเฉพาะส่วนของใบหน้า.....	34
3.3 (A)ภาพต้นแบบจากงานวิจัยของ Kapur (B)ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแทนค่าที่ วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.2	36
3.4 ภาพผลลัพธ์ของพื้นที่ผิวหนังที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.3	36
3.5 ภาพผลลัพธ์ของการกรองส่วนของบริเวณผิว.....	38
3.6 (A)ภาพสเกลสีเทาก่อนการทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชัน (B)ภาพสเกลสีเทาหลังการทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชัน	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.7 (A)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมก่อนทำการปรับเรียบ (B)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมหลังทำการปรับเรียบ	39
3.8 การหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าเริ่มต้น T_0 แล้วทำการแบ่งส่วนออกมา (A) เป็นภาพค้นแบบ (B) ถึง (D) เป็นภาพที่ทำการแบ่งส่วนด้วยค่าเทรโซล จาก 0.059 ถึง 0.099 โดยทำการเพิ่มค่าเทรโซลทีละ 0.02	40
3.9 ผลลัพธ์ของการหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์	41
3.10 การหาจุดเซนทรอยด์จากตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้าง	43
3.11 การนับจำนวนของบริเวณที่เป็นผิวหนัง	44
3.12 ผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าจากตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง	45
4.1 ตัวอย่างภาพของผู้ชายที่ได้จาก The IMM Face Database	47
4.2 ตัวอย่างภาพของผู้หญิงที่ได้จาก The IMM Face Database	48
4.3 ตัวอย่างภาพที่ได้จาก Labeled Faces in the Wild ที่นำมาใช้ในการทดลอง	48
4.4 ตัวอย่างภาพที่ได้จากภาพถ่ายต่างๆ ไปที่นำมาใช้ในการทดลอง	49
4.5 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรง	49
4.6 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรงยิ้มหรือหัวเราะ	50
4.7 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าเอียงซ้าย-ขวา หันซ้าย-ขวาและภาพถ่ายหน้าในมุมก้มหรือมุมเงย	50
4.8 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีสิ่งปิดบังใบหน้า	51
4.9 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีหวดหรือเคราบนใบหน้า	52
4.10 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายสวมหมวกและมีผ้าโพกหรือคลุมหัว	52
4.11 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายบุคคลในภาพมากกว่า 1 คน	53
4.12 ภาพที่ใช้ระยะเวลาการประมวลผลน้อยที่สุดและผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้า	54
4.13 ภาพที่ใช้ระยะเวลาการประมวลผลมากที่สุดและผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้า	55
4.14 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาใบหน้าที่ได้จากงานวิจัยของ Kapur (ซ้าย) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ และบริเวณผิวหนัง (ขวา)	57
5.1 ตัวอย่างของภาพที่ไม่สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ (A)ภาพใบหน้าที่มีสิ่งบดบัง (B)ภาพที่มีแสงเงามากเกินไป (C)ภาพที่มีแสงสว่างมากเกินไป	60
5.2 ตัวอย่างของภาพที่ไม่สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ (A)ภาพที่ผ่านการ ตกแต่งสี (B)ภาพที่มีสีและตำแหน่งของฉากคล้ายกับภาพที่มีใบหน้า	61

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การตรวจหาใบหน้า [15] เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบการมองเห็นของคอมพิวเตอร์ (Computer Vision) ซึ่งเราสามารถนำผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าไปเป็นข้อมูลเข้าของระบบการรู้จำใบหน้า (Face Recognition) โดยจะสามารถประยุกต์ใช้งานได้หลากหลาย อาทิ การตรวจสอบภาพวีดีโอวงจรปิด, ระบบงานรักษาความปลอดภัยหรือการติดตามค้นหาตัวบุคคล เป็นต้น ทั้งนี้เนื่องจากใบหน้าของแต่ละบุคคลมีลักษณะเฉพาะที่แตกต่างกันออกไปของแต่ละบุคคล ยกตัวอย่างเช่นคิ้ว, ดวงตา, จมูก, ปาก รวมไปถึงขนาดและรูปทรงของใบหน้า

สำหรับระบบการตรวจหาใบหน้าจากภาพสีนั้นส่วนมากจะอาศัยการตรวจหาเอาเฉพาะส่วนของบริเวณผิวหนังมาทำการพิจารณาภาพใบหน้าซึ่งจะทำให้มีปัญหาส่วนของผลลัพธ์ที่ออกมาโดยบ่อยครั้งที่ผลลัพธ์ที่ออกมาได้ส่วนเกินอื่นๆ ออกมาด้วยไม่ว่าจะเป็นร่างกายส่วนต่างๆ หรือบริเวณที่มีส่วนของสีคล้ายกับผิวหนัง Kapur [10, 11] จึงได้นำเสนอการตรวจหาใบหน้าจากภาพสีซึ่งอาศัยการประมวลผลภาพด้วยการทำเทรชโฮลด์ (Threshold) และมอร์โฟโลยี (Morphology) เพิ่มเข้ามาเพื่อช่วยในการคัดแยกเอาส่วนเกินที่ไม่ใช่ภาพใบหน้าออกจากผลลัพธ์ แต่ก็ยังคงพบกับปัญหาในเรื่องของขอบเขตของภาพใบหน้าที่ใหญ่จะได้ส่วนของลำคอ, โหลหรือแขนปรากฏอยู่กับภาพใบหน้าที่เป็นผลลัพธ์หรือได้ขอบเขตของภาพที่มีขนาดใหญ่กว่าบริเวณใบหน้าซึ่งทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งของใบหน้าที่แน่นอนได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอขั้นตอนวิธีการตรวจหาภาพใบหน้า โดยเริ่มทำการสกัดเอาส่วนของบริเวณผิวหนังออกมา แล้วเพิ่มการหาวงตาที่เป็นองค์ประกอบของใบหน้าเพื่อใช้สำหรับการหาจุดเซนทรอยด์ (Centriod) สำหรับนำไปอ้างอิงหาตำแหน่งและขอบเขตของใบหน้า โดยจะนำมาพิจารณาร่วมกับบริเวณผิวหนังที่ได้จากการตรวจหาออกมาก่อนหน้านี้แล้ว ซึ่งทำให้สามารถตรวจหาตำแหน่งและขอบเขตของบริเวณใบหน้าที่ถูกดึงจากภาพสีออกมาได้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา

งานวิจัยนี้จะเป็นการพัฒนาขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้าของมนุษย์จากภาพสี ซึ่งจากงานวิจัยนี้จะหาตำแหน่งของดวงตาเพื่อนำมาใช้สำหรับการหาจุดเซนทรอยด์แล้วนำไปใช้เป็นจุดอ้างอิงร่วมกับบริเวณผิวที่ได้ตรวจหาออกมาในขั้นตอนก่อนหน้า ซึ่งจะเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการหาตำแหน่งและขอบเขตของใบหน้า โดยจะเป็นการลดส่วนเกินต่างๆ ที่ไม่ใช่ภาพใบหน้าออกจากภาพผลลัพธ์

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

วิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยใช้การตรวจหาบริเวณผิวหนัง และทำการตรวจหาตำแหน่งของดวงตาเพื่อใช้คำนวณตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ ซึ่งจะนำมาใช้หาตำแหน่งและขอบเขตของใบหน้าร่วมกับบริเวณผิวหน้าที่ได้มาเพื่อทำให้ผลลัพธ์ของภาพใบหน้าที่ได้ไม่มีส่วนเกินต่างๆ ที่ไม่ใช่ใบหน้า และสามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าให้ได้มากกว่า 95%

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยนี้มีรายละเอียดคือ

- 1) เป็นการตรวจหาใบหน้าของมนุษย์จากภาพสี โดยแต่ละใบหน้าที่ปรากฏอยู่ในแต่ละภาพอาจมีขนาดหรือตำแหน่งที่แตกต่างกันไป และหมุนจากแนวระนาบไปไม่เกิน 30 องศา
- 2) ใบหน้าที่ปรากฏอยู่ในแต่ละภาพอาจหันหน้าไปทางซ้ายหรือขวาก็ได้แต่จะไม่หันเกิน 30 องศา
- 3) ใบหน้าที่ปรากฏอยู่ในแต่ละภาพต้องมีความกว้างและความยาวไม่น้อยไปกว่า 50×50 จุดภาพ
- 4) ภาพที่นำมาใช้ในการพิจารณาจะต้องไม่มีแสงและเงามากจนเกินไป และต้องไม่มีการแก้ไขตกแต่งสีสันของภาพมากเกินไป
- 5) ภาพที่นำมาพิจารณาจะต้องมีความกว้างและความยาวของภาพไม่เกิน 250×250 จุดภาพ
- 6) งานวิจัยนี้จะใช้เครื่องมือในการประมวลผลภาพด้วยโปรแกรม Matlab รุ่น 6.5 ในการพัฒนา

1.5 ขั้นตอนการศึกษาและดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีขั้นตอนการศึกษาและการดำเนินการวิจัย ดังนี้

- 1) ศึกษาขั้นตอนวิธีในการประมวลผลภาพ (Image Processing)
- 2) ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาใบหน้า, การแยกองค์ประกอบที่ปรากฏอยู่บนใบหน้า
- 3) ทำการตั้งสมมุติฐาน โดยคาดว่าวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังในการประมวลผลจะสามารถช่วยให้ผลลัพธ์ที่ได้ของภาพใบหน้าที่ได้ไม่มีส่วนเกินต่างๆ ที่ไม่ใช่ใบหน้า
- 4) นำเสนอวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพสีโดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง
- 5) พัฒนาโปรแกรมจากวิธีที่ได้นำเสนอ
- 6) วิเคราะห์ผลการทดลอง
- 7) สรุปผลการทดลองพร้อมเสนอแนวทางการพัฒนางานวิจัย
- 8) เขียนวิทยานิพนธ์

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

งานวิจัยนี้มีประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการตรวจหาใบหน้าโดยใช้การหาพื้นที่ของผิวหนังและการแยกองค์ประกอบของใบหน้า ดังนี้

- 1) สามารถตรวจหาตำแหน่งและขอบเขตของภาพใบหน้าได้อย่างถูกต้อง
- 2) นำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีอื่น
- 3) นำมาใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาไปเป็นระบบรู้จำใบหน้า ระบบรักษาความปลอดภัย ระบบตรวจสอบภาพวงจรปิดและอื่นๆ เพื่อเป็นประโยชน์ในการจำแนกตัวบุคคล

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การประมวลผลภาพเป็นการนำเอาภาพมาประมวลผลคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้คอมพิวเตอร์รู้ว่าภาพนั้นคือภาพอะไรหรือมีสิ่งที่น่าสนใจอยู่ในภาพหรือไม่ โดยที่ไม่ต้องใช้สายตาของคนมาช่วยตัดสินใจ การคิดคำนวณนั้นมีอยู่ด้วยกันหลากหลายวิธีซึ่งแต่ละวิธีก็มีประโยชน์แตกต่างกันไป ไม่ว่าจะเป็นการนำเอาสีแต่ละจุดภาพ (Pixel) มาคิดคำนวณระดับสี, การคิดคำนวณเป็นบริเวณหลายๆ จุดรวมๆ กัน เช่น การดูรอยรอย, ลายผิว (Texture), การวิเคราะห์หารูปร่างและการวิเคราะห์แบบอื่นๆ เพื่อหาทำอะไรบางอย่างที่ช่วยให้เราเข้าใจได้ว่าภาพนั้นๆ มีลักษณะอย่างไร ซึ่งจะนำไปสู่การตัดสินใจได้ว่าเป็นสิ่งที่กำลังค้นหาหรือสนใจอยู่หรือไม่ โดยในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆ ของการประมวลผลภาพที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยดังต่อไปนี้

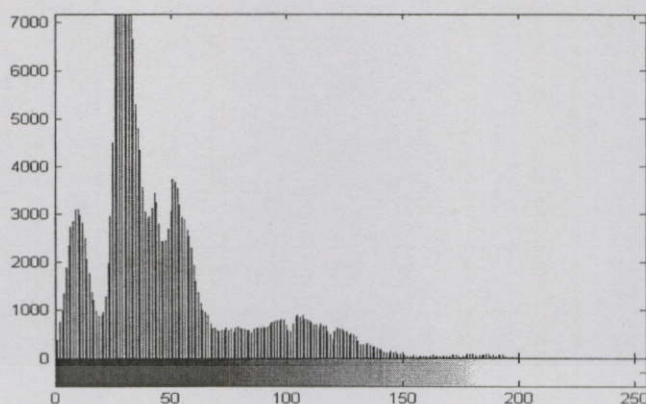
2.1 ทฤษฎีเบื้องต้นของการประมวลผลภาพ

2.1.1 รูปภาพดิจิทัล (Digital Image)

รูปภาพดิจิทัลนั้นสามารถนิยามได้ด้วยฟังก์ชัน 2 มิติ $f(x, y)$ โดยที่ x และ y เป็นจุดใดๆ บนระนาบ และค่าของ f ที่จุด (x, y) ใดๆ ก็คือค่าของระดับความเข้มของสีหรือระดับสีเทาที่จุดนั้นๆ ถ้าค่า x, y และ f ทั้งหมดนี้เป็นค่าที่จำกัด เราจะเรียกภาพนี้ว่ารูปภาพดิจิทัล จะเรียกจุด (x, y) ใดๆ ว่าจุดภาพหรือ Pixel นั้นเอง

2.1.2 ฮิสโทแกรม (Histogram)

ฮิสโทแกรมเป็นกราฟที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความถี่ของการมีค่าความเข้มสีกับความเข้มสีนั้นๆ ค่าความถี่ของระดับความเข้มของแต่ละพิคเซลที่เกิดขึ้นจะแสดงที่แกน y ส่วนค่าระดับความเข้มที่มีอยู่จะแสดงที่แกน x ซึ่งข้อมูลนี้จะแสดงถึงการกระจายข้อมูลของความเข้มในภาพนั่นเอง ฮิสโทแกรมสามารถนำมาใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์ลักษณะบางประการของรูปภาพเชิงตัวเลขได้ เช่น นำมาใช้พิจารณาการกระจายตัวของความเข้มแสงในภาพ



รูปที่ 2.1 ฮิสโทแกรมของภาพสเกลสีเทา (Grayscale)

รูปร่างของฮิสโทแกรมสามารถบอกลักษณะบางประการของภาพได้ เช่น หากฮิสโทแกรมมีลักษณะแคบ ก็จะมีแนวโน้มการขาดการแยกแยะความผิดพลาดของสี, ค่าความเปรียบต่าง (Contrast) หรือใช้ฮิสโทแกรมสำหรับการกำหนดเทรชโวลด์ ซึ่งจะเป็นการเปลี่ยนภาพสเกลสีเทาให้เป็นภาพลักษณะฐานสอง (Binary Image) หรือเพื่อปรับปรุงคุณภาพของภาพสเกลสีเทา

2.1.3 เทรชโวลด์ (Threshold)

ผลลัพธ์ของการทำเทรชโวลด์กับภาพจะได้ภาพที่เป็นภาพลักษณะฐานสอง ซึ่งเป็นภาพที่ประกอบด้วยความเข้มที่เป็น 0 และ 1 ในการกำหนดเทรชโวลด์นั้นสามารถจะกำหนดให้เป็นค่าคงที่ก็ได้ ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ก็คือจุดภาพที่มีค่าความเข้มน้อยกว่าค่าเทรชโวลด์ โดยจะถูกทำให้มีค่าความเข้มเท่ากับ 0 ซึ่งจะกลายเป็นสีดำ ส่วนจุดภาพที่มีค่าความเข้มมากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโวลด์ก็จะถูกทำให้มีค่าความเข้มเท่ากับ 1 ซึ่งจะกลายเป็นสีขาว

$$\begin{aligned}
 V_{out}(x, y) &= 0 \quad \text{เมื่อ } V_{in}(x, y) \text{ น้อยกว่าค่าเทรชโวลด์} \\
 \text{หรือ} &= 1 \quad \text{เมื่อ } V_{in}(x, y) \text{ มากกว่าหรือเท่ากับค่าเทรชโวลด์}
 \end{aligned}
 \tag{2.1}$$

เมื่อ $V_{out}(x, y)$ คือ ค่าความเข้มของภาพหลังจากทำเทรชโวลด์ที่ตำแหน่ง x, y

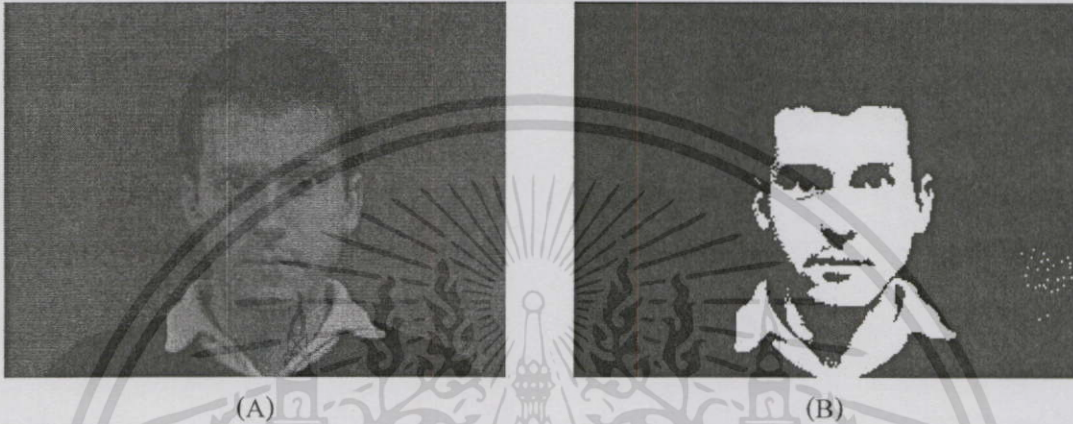
$V_{in}(x, y)$ คือ ค่าความเข้มของภาพที่เป็นภาพนำเข้าที่ตำแหน่ง x, y

ในกรณีที่ต้องการแยกวัตถุที่มีมากกว่าหนึ่งวัตถุในภาพออกจากสีพื้น จำเป็นจะต้องใช้ค่าเทรชโวลด์มากกว่าหนึ่งค่า โดยนอกจากจะกำหนดค่าเทรชโวลด์ให้เป็นค่าคงที่แล้วยังสามารถที่จะคำนวณได้อย่างอัตโนมัติ ซึ่งเป็นการคำนวณโดยจะอาศัยจากข้อมูลจากภาพที่จะทำเทรชโวลด์ได้โดยตรงซึ่งสามารถทำการคำนวณได้จากสมการดังต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$T = k * s(x, y) + v(x, y) \quad (2.2)$$

เมื่อ $s(x, y)$ คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของระดับความเข้มในแต่ละจุดภาพของรูป
 $v(x, y)$ คือ ค่าเฉลี่ยของระดับความเข้มในแต่ละจุดภาพของรูป
 k คือ ค่าคงที่ที่นำไปคูณในสมการ



รูปที่ 2.2 การแปลงภาพสเกลสีเทา (A) เป็นภาพลักษณะฐานสองรูป (B) โดยการใช้เทรชโฮล

2.1.4 มอโฟโลยี (Morphology)

มอโฟโลยีเป็นวิธีการประมวลผลภาพในรูปแบบเซตอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งใช้อธิบายส่วนประกอบต่างๆ ของภาพ เช่น รูปร่าง, ขอบภาพ, ส่วนโครงหลัก (Skeleton) และมักถูกนำไปใช้ทั้งในขั้นตอนก่อนและหลังกระบวนการต่างๆ เช่น การกรอง, การทำภาพให้บาง (Thinning) การตัดส่วนเกินของภาพ (Pruning) และการกำจัดสัญญาณรบกวน เป็นต้น ซึ่งการประมวลผลภาพแบบมอโฟโลยีนี้จะมีอยู่ด้วยกันหลายคุณสมบัติโดยจะสามารถอธิบายเป็นสมการทางคณิตศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

กำหนดให้ A และ B เป็นเซตในระนาบสองมิติ Z^2 โดยที่ $a = (a_1, a_2)$ และ $b = (b_1, b_2)$ ตามลำดับ โดยจะสามารถทำการอธิบายคุณสมบัติของการเลื่อนขนาน (Translation) ของเซต A ด้วย $x = (x_1, x_2)$ เขียนแทนด้วย $(A)_x$ ได้ดังนี้

$$(A)_x = \{c \mid c = a + x, \text{ for } a \in A\} \quad (2.3)$$

คุณสมบัติการสะท้อน (Reflection) ของเซต B เขียนแทนด้วย \hat{B} คือ

$$\hat{B} = \{x \mid x = -b, \text{ for } b \in B\} \quad (2.4)$$

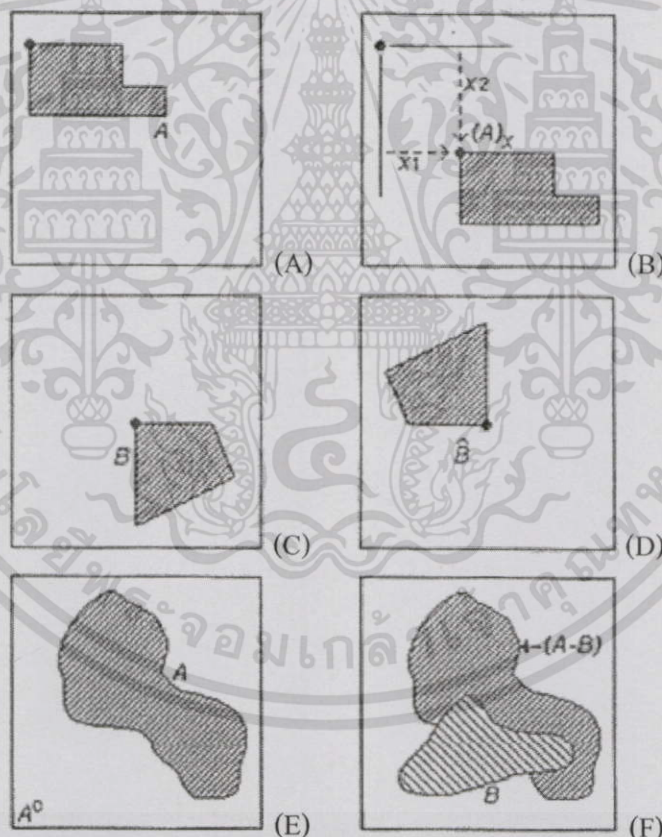
คุณสมบัติส่วนเติมเต็ม (Complement) ของเซต A คือ

$$A^c = \{x | x \notin A\} \quad (2.5)$$

คุณสมบัติความแตกต่าง (Difference) ระหว่างเซต A กับ B เขียนแทนด้วย $A-B$ คือ

$$A-B = \{x | x \in A, x \notin B\} = A \cap B^c \quad (2.6)$$

รูปที่ 2.3 อธิบายคุณสมบัติต่างๆ ตามทฤษฎีการประมวลผลภาพแบบมอโฟโลยีรูปที่ 2.3A และ 2.3B แสดงคุณสมบัติการเลื่อนขนานของเซต A ด้วย $x = (x_1, x_2)$ ซึ่งจะเห็นได้ว่าเซต A จะมีรูปร่างดั้งเดิม แต่ย้ายตำแหน่งไปตามพิกัด $x = (x_1, x_2)$ รูปที่ 2.3C และ 2.3D แสดงคุณสมบัติการสะท้อนของเซต B รูปที่ 2.3E เป็นคุณสมบัติส่วนเติมเต็มของเซต A และรูปที่ 2.3F แสดงคุณสมบัติความแตกต่างของเซต A ในรูปที่ 2.3E กับเซต B



รูปที่ 2.3 (A)เซต A (B)คุณสมบัติการเลื่อนขนานของเซต A ด้วย $x = (x_1, x_2)$

(C)เซต B (D)คุณสมบัติการสะท้อนของเซต B

(E)เซต A และคุณสมบัติส่วนเติมเต็มของเซต A

(F)คุณสมบัติความแตกต่างของเซต $A-B$ [7]

2.1.4.1 ไคเลชัน (Dilation)

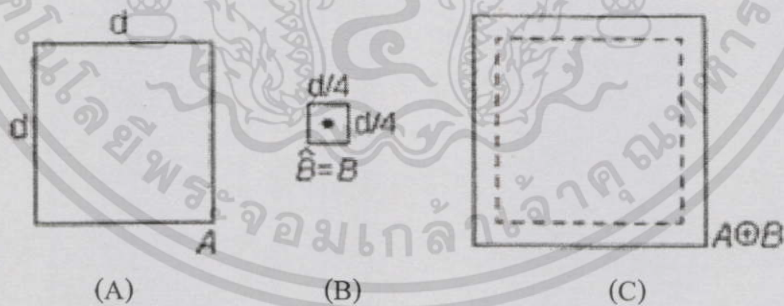
กำหนดให้เซต A และ B เป็นเซตใน Z^2 และ \emptyset กำหนดแทนเซตว่าง
กระบวนการไคเลชัน A ด้วย B เขียนแทนด้วย $A \oplus B$ คือ

$$A \oplus B = \{x | (B)_x \cap A \neq \emptyset\} \quad (2.7)$$

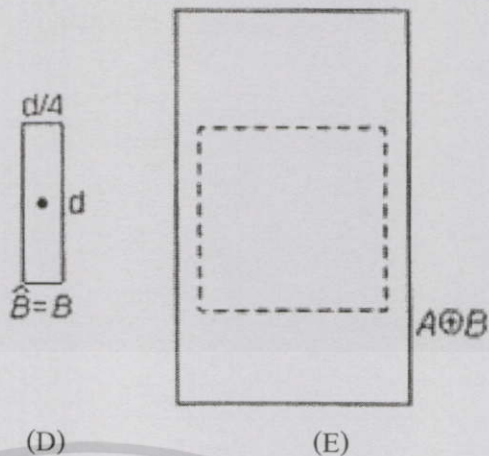
กระบวนการไคเลชันอธิบายได้ดังนี้ ถ้าดับแรกเซต B หรือสตรัคเจอร์ริงอิติเมนต์
(Structuring element) จะถูกดำเนินการด้วยคุณสมบัติการสะท้อนกลับและคุณสมบัติการเลื่อน
ขนานด้วย x สำหรับกระบวนการไคเลชัน A ด้วย B ก็คือทุกๆ ตำแหน่ง x ที่เคลื่อนที่ผ่าน โดยที่มี \bar{B}
กับ A ซ้อนทับกันอยู่นั่นเอง หรืออาจเขียนเป็นสมการในรูปของเซตได้อีกแบบ คือ

$$A \oplus B = \{x | [(B)_x \cap A] \subseteq A\} \quad (2.8)$$

รูปที่ 2.4A และ 2.4B จะแสดงเซต A รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสและเซต B หรือสตรัคเจอร์ริงอิติเมนต์รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาดเล็ก (ในกรณีนี้จะเห็นได้ว่า B และ \hat{B} จะมีรูปร่างเหมือนกัน)
เส้นประในรูป 2.4C คือขอบเขตเดิมของเซต A ส่วนเส้นทึบคือขอบเขตใหม่ของ $A \oplus B$ ผลลัพธ์ที่
ได้จากกระบวนการไคเลชัน A ด้วย B หรือทุกๆ จุดของเซต B ที่เคลื่อนที่ผ่านด้วย x และทับซ้อนกับ
เซต A ส่วนรูป 2.4D และ 2.4E เป็นสตรัคเจอร์ริงอิติเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและผลลัพธ์ที่ได้ของ
กระบวนการไคเลชัน A ด้วย B นี้



รูปที่ 2.4 (A)เซต A (B)สตรัคเจอร์ริงอิติเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (C)ผลลัพธ์ของ
กระบวนการไคเลชัน A ด้วยสตรัคเจอร์ริงอิติเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส [7]



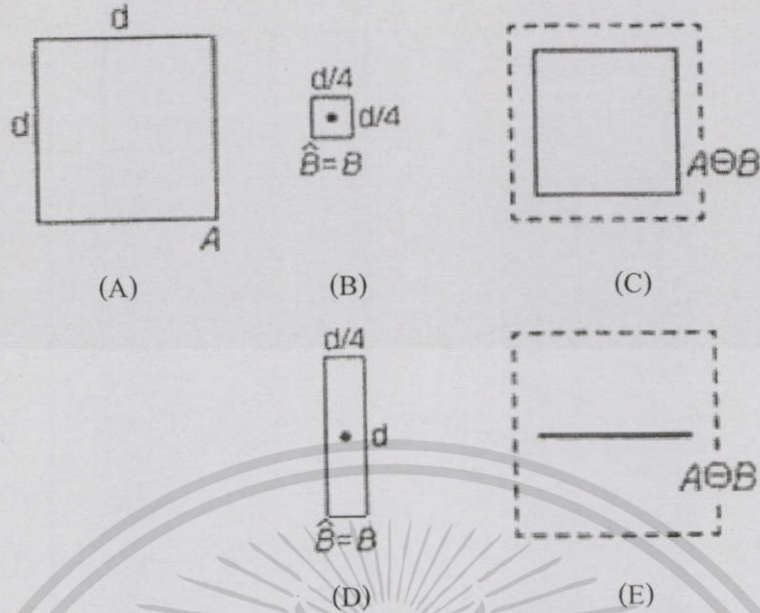
รูปที่ 2.4(ต่อ) (D) สตริกเจอร์อิติเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (E) ผลลัพธ์ของกระบวนการไคเลชัน A ด้วยสตริกเจอร์อิติเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า [7]

2.1.4.2 อีโรชัน (Erosion)

กำหนดให้เซต A และ B เป็นเซตใน Z^2 และ \emptyset กำหนดแทนเซตว่าง กระบวนการอีโรชัน A ด้วย B เขียนแทนด้วย $A \ominus B$ คือ

$$A \ominus B = \{x | (B)_x \subseteq A\} \tag{2.9}$$

กระบวนการอีโรชัน A ด้วย B คือเซตของทุกๆ ตำแหน่ง x ซึ่งเซต B เคลื่อนที่ผ่านและอยู่ในขอบเขตของ A ดังเช่นรูปที่ 2.5A แทนเซต A และ 2.5B แทนสตริกเจอร์อิติเมนต์ B มีลักษณะเหมือนกับรูปที่ 2.4 เส้นประในรูปที่ 2.5C คือขอบเขตเดิมของเซต A ส่วนเส้นทึบคือขอบเขตใหม่ของผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการอีโรชัน A ด้วย B หรือทุกๆ จุดที่จุดศูนย์กลางของเซต B เคลื่อนที่ผ่านและซ้อนทับกับเซต A ส่วนรูปที่ 2.5D และ 2.5E เป็นสตริกเจอร์อิติเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าและผลลัพธ์ที่ได้จากกระบวนการอีโรชัน A ด้วย B นี้ ซึ่งจะเห็นได้ว่าผลลัพธ์ที่ได้เหลือเพียงเส้นตรงเท่านั้น



รูปที่ 2.5 (A)เซต A (B)สตรัคเจอร์อิงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (C)ผลลัพธ์ของ
 กระบวนการอีโรชัน A ด้วยสตรัคเจอร์อิงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
 (D)สตรัคเจอร์อิงอิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า (E)ผลลัพธ์ของกระบวนการอีโร
 ชัน A ด้วยสตรัคเจอร์ อิลีเมนต์ B รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า [7]

2.1.4.3 โอเพนนิ่งและโคลสซิง (Opening and Closing)

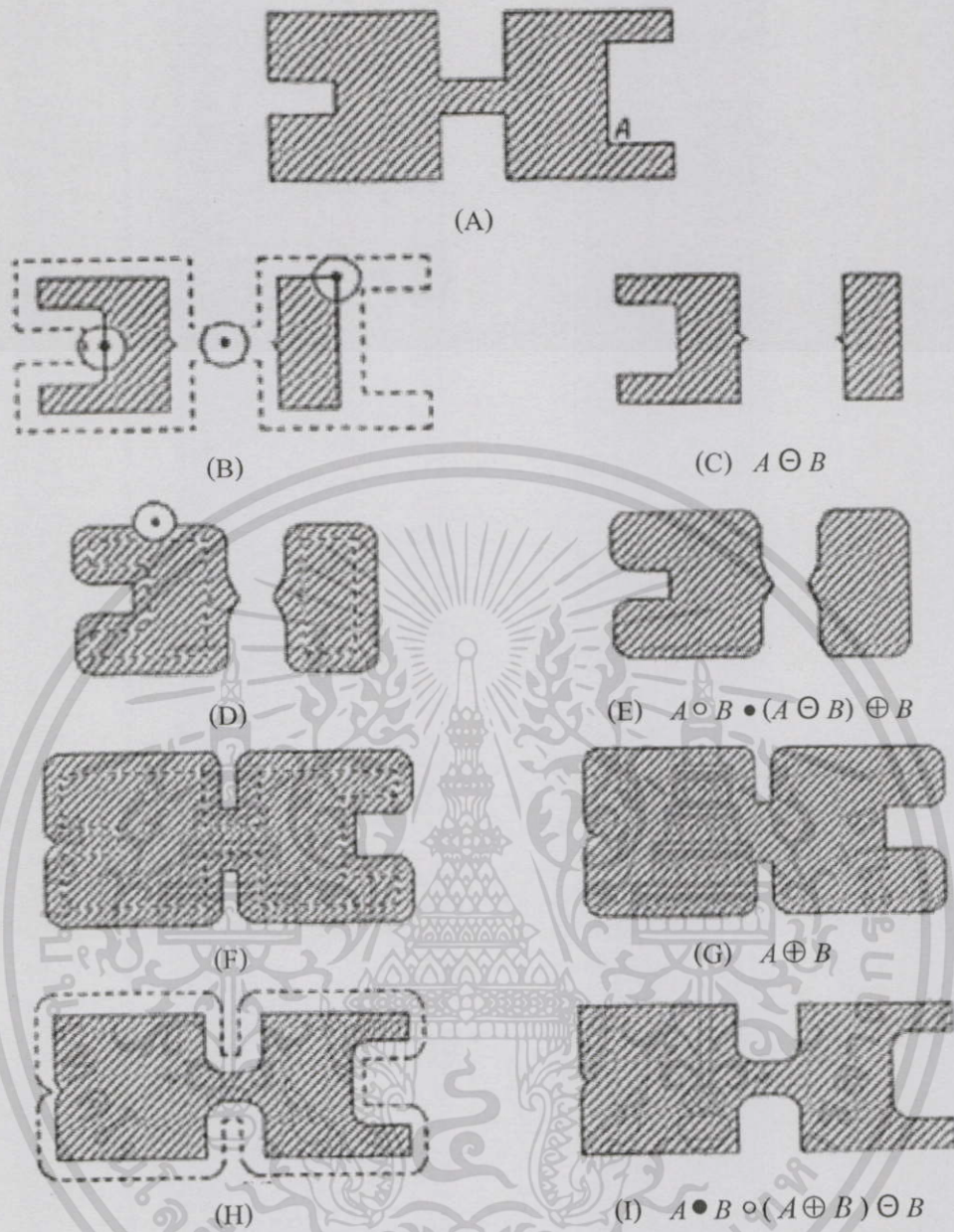
จากหัวข้อที่ผ่านมาสรุปได้ว่า กระบวนการไคเลชันคือการเพิ่มขยายพื้นที่ภาพ และ
 กระบวนการอีโรชันคือการตัดลดพื้นที่ภาพนั่นเอง ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงกระบวนการ โอเพนนิ่ง
 และ โคลสซิง ซึ่งเป็นสองกระบวนการที่นำหลักการของการ ไคเลชันและการอีโรชันมาประยุกต์ใช้
 โดยกระบวนการ โอเพนนิ่งจะทำให้ขอบมุมของภาพที่ขึ้นออกมาราบเรียบมากขึ้นและกำจัดส่วน
 เชื่อมต่อที่เล็กและบางของภาพออกไป กระบวนการ โคลสซิงทำให้ขอบมุมของภาพราบเรียบ
 เช่นกัน แต่จะตรงข้ามกับกระบวนการ โอเพนนิ่งกล่าวคือกระบวนการ โคลสซิงนั้นจะถมพื้นที่ใน
 ช่องว่างที่เล็กและแคบให้เต็ม

กระบวนการ โอเพนนิ่ง A ด้วย B เขียนแทนด้วย $A \circ B$ คือ

$$A \circ B = (A \ominus B) \oplus B \tag{2.10}$$

กระบวนการ โคลสซิง A ด้วย B เขียนแทนด้วย $A \bullet B$ คือ

$$A \bullet B = (A \oplus B) \ominus B \tag{2.11}$$

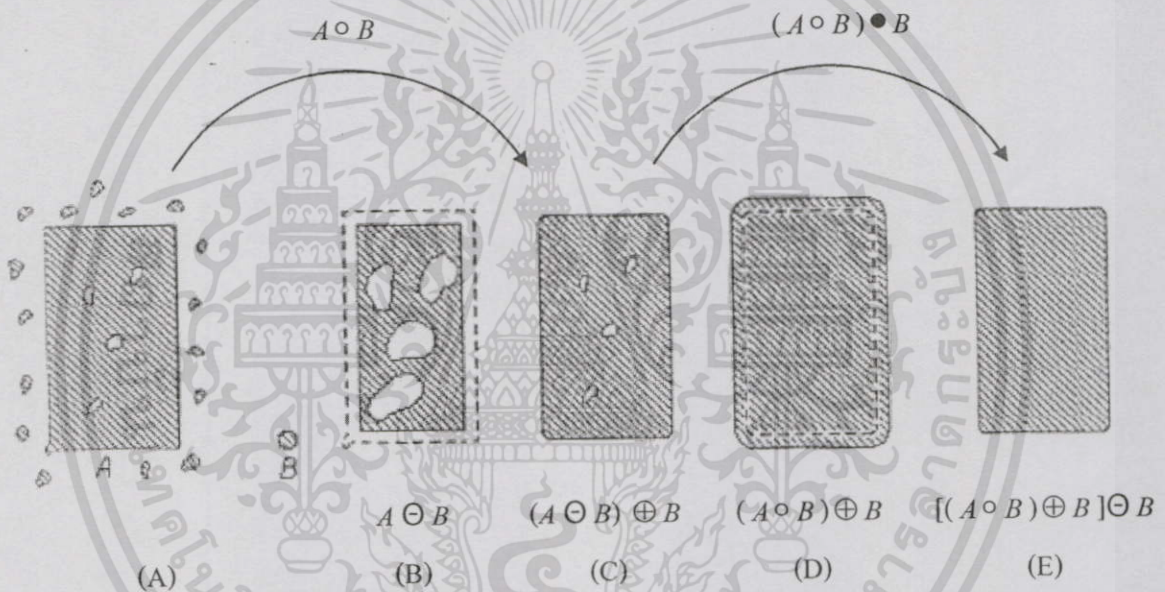


รูปที่ 2.6 (A)เซต A (B)กระบวนกำรอีโรชัน A ด้วยสตรักเจอร์ริงอิตีเมนท์ รูปวงกลม (C)ภาพผลัดพัธ์ของกระบวนกำรอีโรชัน (D)กระบวนกำรไคเลชัน (E)ภาพผลัดพัธ์ของกระบวนกำรไคเลชันหรือกระบวนกำรโอเพนนิ่ง (F)กระบวนกำรไคเลชัน (G)ภาพผลัดพัธ์ของกระบวนกำรไคเลชัน (H)กระบวนกำรอีโรชัน (I)ภาพผลัดพัธ์ของกระบวนกำรอีโรชัน หรือกระบวนกำรโคลสซิง [7]

รูปที่ 2.6A จะเป็นตัวอย่างของกระบวนกำร โอเพนนิ่งและ โคลสซิงเซต A ด้วย สตรักเจอร์ริง อิตีเมนท์รูปวงกลม โดยในรูปที่ 2.6B จะแสดงทุกๆ ตำแหน่งรอบเซต A ที่สตรักเจอร์ริง อิตีเมนท์รูปวงกลมทำกระบวนกำรอีโรชันและเมื่อเสร็จจึ้นแล้วจะเห็นได้ว่าบริเวณเชื่อมต้อแคบๆ

ตรงกลางจะถูกกำจัดออกไปดังรูปที่ 2.6C เนื่องจากความกว้างของบริเวณนั้นน้อยกว่าความกว้างของสตรัคเจอร์ริงอิตีเมนท์นั่นเอง รูปที่ 2.6D เป็นการนำภาพที่ผ่านกระบวนการอีโรชันแล้วมาทำกระบวนการไคเลชันอีกครั้ง รูปที่ 2.6E ก็คือผลลัพธ์ของกระบวนการโอเพนนิ่งนั่นเอง และเช่นเดียวกันรูปที่ 2.6F ถึง 2.6I แสดงกระบวนการโคลสซิงเซต A ด้วยสตรัคเจอร์ริงอิตีเมนท์รูปวงกลมภาพผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้ออกมาจะเห็นได้ว่าบริเวณช่องว่างแคบๆ ทางด้านซ้ายถูกถมจนเต็ม อันเนื่องมาจากบริเวณช่องว่างนั้นแคบกว่าความกว้างของสตรัคเจอร์ริงอิตีเมนท์นั่นเอง

กล่าวคือกระบวนการ โอเพนนิ่ง A ด้วย B จะได้มาจากกระบวนการอีโรชัน A ด้วย B แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้มาทำกระบวนการไคเลชันอีกครั้งหนึ่ง เช่นเดียวกับกระบวนการโคลสซิง A ด้วย B ก็ได้มาจากกระบวนการไคเลชัน A ด้วย B แล้วนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำกระบวนการอีโรชันอีกครั้งนั่นเอง



รูปที่ 2.7 การประยุกต์ใช้มอโฟโลยีกำจัดสัญญาณรบกวน (A)ภาพวัตถุรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสัญญาณรบกวนและสตรัคเจอร์ริงอิตีเมนท์ B รูปวงกลม (B)ภาพผลลัพธ์กระบวนการอีโรชัน (C)ภาพผลลัพธ์กระบวนการโอเพนนิ่ง (D)ภาพผลลัพธ์กระบวนการไคเลชันจากรูป 2.7C (E)ภาพผลลัพธ์กระบวนการโคลสซิง [7]

รูปที่ 2.7 เป็นตัวอย่างการใช้มอโฟโลยีกำจัดสัญญาณรบกวนในภาพลักษณะพื้นฐานสองโดยภาพ 2.7A คือภาพวัตถุรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าสี่เหลี่ยมบนพื้นฉากสีขาวและสัญญาณรบกวนทั้งในและนอกบริเวณวัตถุเอง (เซต A ประกอบด้วยวัตถุสี่เหลี่ยม สัญญาณรบกวนสี่เหลี่ยมบนพื้นฉากสีขาวภายนอกวัตถุกับสีขาวในพื้นที่วัตถุสี่เหลี่ยม) และสตรัคเจอร์ริงอิตีเมนท์ B รูปวงกลม ในขั้นแรกจะทำกระบวนการอีโรชัน A ด้วย B ดังในรูปที่ 2.7B แล้วทำกระบวนการไคเลชันภาพผลลัพธ์ดังกล่าว

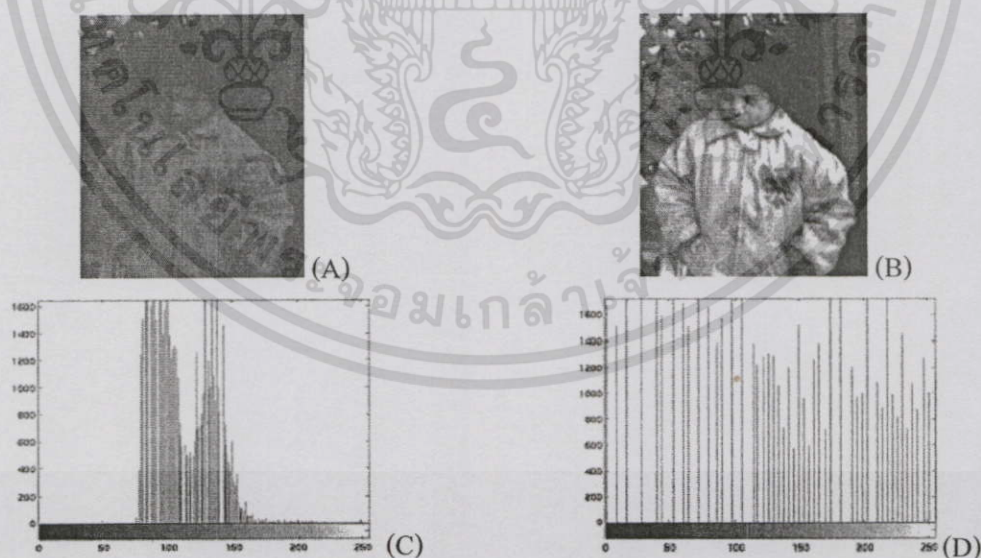
ด้วยสตรีกเจอร์ริงอัสิเมนที่เดียวกัน ดังภาพ 2.7C ซึ่งเป็นผลลัพธ์ของกระบวนการโอเพนนิ่ง A ด้วย B จะเห็นได้ว่าสัญญาณภาพรบกวนภายในวัตถุยังคงเหมือนเดิมแต่สัญญาณภาพรบกวนภายนอกวัตถุถูกกำจัดออกไป เนื่องมาจากสตรีกเจอร์ริงอัสิเมนที่รูปร่างกลมมีขนาดใหญ่กว่าขนาดของสัญญาณภาพรบกวนนั่นเอง จากนั้นนำภาพผลลัพธ์จากรูปที่ 2.7C มาทำกระบวนการโคเลชันและการอีโรชันดังรูปที่ 2.7D และ 2.7E ตามลำดับ ซึ่งรูปที่ 2.7E ก็คือภาพผลลัพธ์ของกระบวนการ โคลสซิงนั่นเอง ภาพผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้ออกมาจะพบว่าสัญญาณภาพรบกวนภายในวัตถุถูกกำจัดออกไป

2.1.5 การปรับปรุงรูปภาพ (Image Enhancement)

วัตถุประสงค์หลักในการปรับปรุงรูปภาพก็คือการประมวลผลภาพให้ภาพที่ได้ออกมาใหม่นั้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้มากขึ้น ซึ่งการปรับปรุงรูปภาพนี้ไม่มีรูปแบบที่แน่นอนที่จะบอก่วาวิธีใดดีที่สุด ทั้งนี้การจะตัดสินใจว่าควรใช้วิธีใดจึงขึ้นอยู่กับว่าจะนำภาพไปใช้ทำอะไรในโปรแกรมประยุกต์นั้นๆ

2.1.5.1 ฮิสโทแกรมอีควอลไลเซชัน (Histogram Equalization)

ฮิสโทแกรมอีควอลไลเซชันนี้จะช่วยกระจายฮิสโทแกรมของภาพที่นำเข้ามาประมวลผลภาพ ซึ่งจะทำให้ระดับผลลัพธ์ที่ได้ออกมานั้นกระจายระดับของความเข้มของสีอยู่ในช่วงที่กว้างขึ้น



รูปที่ 2.8 (A)ภาพต้นฉบับ (B)ภาพที่ผ่านการทำฮิสโทแกรมอีควอลไลเซชัน

(C)ฮิสโทแกรมของรูป (A)

(D)ฮิสโทแกรมของรูป (B) ที่ผ่านการทำฮิสโทแกรมอีควอลไลเซชัน [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

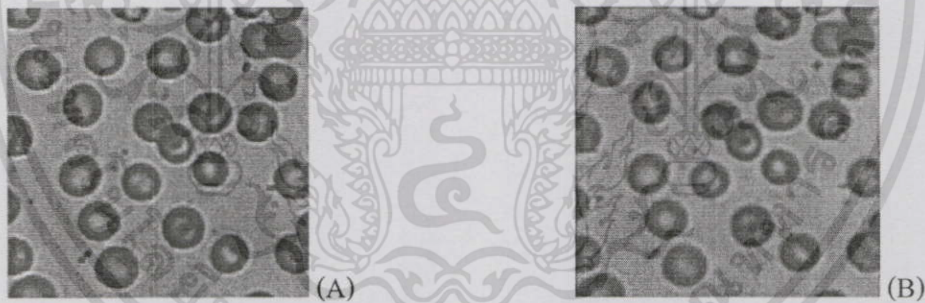
2.1.5.2 เอเวอเรจฟิลเตอร์ (Averaging Filters)

ใช้สำหรับการลบสัญญาณรบกวนออกหรือสำหรับทำให้ภาพเบลอ โดยผลลัพธ์ที่ได้จากการใช้เอเวอเรจฟิลเตอร์ในแต่ละจุดก็คือค่าเฉลี่ยของจุดภาพทุกจุดภาพที่อยู่ในฟิลเตอร์ช่วงนั้นๆ เช่น การใช้ฟิลเตอร์ขนาด 3×3 ดังรูปที่ 2.9

4	7	2	38	21
9	5	3	7	15
8	12	46	11	4
31	78	0	44	61

รูปที่ 2.9 การทำเอเวอเรจฟิลเตอร์

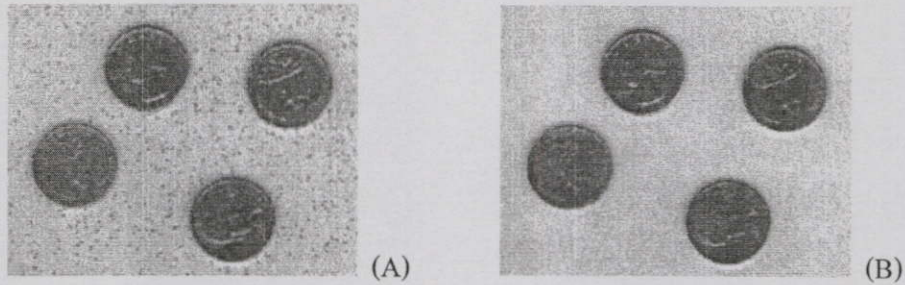
จากรูปที่ 2.9 ฟิลเตอร์ขนาด 3×3 จะแสดงเป็นเส้นสีดำทึบ โดยในการทำเอเวอเรจฟิลเตอร์จะทำการหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพทุกจุดภาพที่อยู่ภายในฟิลเตอร์แล้วจึงนำไปแทนที่ค่าของจุดภาพที่อยู่กึ่งกลางของฟิลเตอร์ (กรณีนี้คือตำแหน่งที่ถูกแรเงา) จะได้ค่าที่จุดกึ่งกลางเป็น $(4+7+2+9+5+3+8+12+46)/9 = 10.67$



รูปที่ 2.10 (A)ภาพต้นฉบับ (B)ภาพที่ผ่านการทำเอเวอเรจฟิลเตอร์ [7]

2.1.5.3 มีเดียฟิลเตอร์ (Median Filters)

ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำมีเดียฟิลเตอร์ก็คือการแทนที่ค่าในจุดภาพทั้งหมดที่ฟิลเตอร์ครอบอยู่ด้วยค่ามัธยฐานนั่นเองจากรูปที่ 2.9 ถ้าจะทำการประมวลผลกับภาพด้วยมีเดียฟิลเตอร์จะสามารถทำได้โดยเรียงค่าจากน้อยไปมากนั่นก็คือ 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 12 และ 46 เพราะฉะนั้นจะได้ค่ามัธยฐานก็คือ 7 ภาพที่ใช้มีเดียฟิลเตอร์แสดงตัวอย่างตามรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 (A)ภาพต้นฉบับ (B)ภาพที่ผ่านการทำมีเดียฟิลเตอร์ [7]

2.1.5.4 คอนโวลูชัน (Convolution)

วิธีการกรองข้อมูลภาพที่กล่าวมาส่วนใหญ่อาศัยหลักการหาค่าเฉลี่ย โดยอาจเป็นการหาค่าเฉลี่ยของจุดภาพบริเวณที่อยู่รอบๆ จุดภาพที่เราสนใจ เนื่องจากการหาค่าเฉลี่ยเป็นการลดการเปลี่ยนแปลงของข้อมูล หากเราต้องการเน้นการเปลี่ยนแปลงของระดับความเข้มของจุดภาพต่างๆ ภายในภาพให้เด่นชัดขึ้น วิธีที่สามารถนำมาใช้ได้คือการคอนโวลูชัน

ในการประมวลผลภาพการคอนโวลูชันคือการกระทำกันระหว่างเทมเพลตกับภาพ โดยที่เทมเพลตคือเมตริกซ์ขนาด $m \times n$ ของชุดตัวเลขที่จะนำไปซ้อนทับภาพที่ตำแหน่งต่างๆ เพื่อหาผลลัพธ์ของการคอนโวลูชันถ้ากำหนดให้เทมเพลต $T(x,y)$ เป็นเทมเพลตขนาด $m \times n$ และภาพ $I(X,Y)$ มีขนาด $M \times N$ การคอนโวลูชันระหว่างเทมเพลตกับภาพสามารถแสดงได้ดังสมการต่อไปนี้

$$I'(X,Y) = T \times I = \sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} T(i,j) \cdot I(X-i, Y-j) \quad (2.12)$$

เมื่อ	i	คือ	ค่าของแถวของรูปภาพ
	j	คือ	ค่าของหลักของรูปภาพ
	m	คือ	ความกว้างของเทมเพลต
	n	คือ	ความยาวของเทมเพลต
	$I'(X,Y)$	คือ	ภาพผลลัพธ์จากการคอนโวลูชัน

การคอนโวลูชันสำหรับการประมวลผลภาพนั้นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ในหลายลักษณะเช่นกรองสัญญาณภาพ, การหาขอบภาพ (Edge Detection) หรือการหารูปทรงของวัตถุในภาพ เป็นต้น โดยทั่วไปในการคอนโวลูชันนั้นจะไม่ยอมให้มีการเลื่อนเทมเพลตออกนอกขอบเขตของภาพ ดังนั้นถ้าเทมเพลตมีขนาดใหญ่กว่า 1×1 ภาพผลลัพธ์จะมีขนาดเล็กกว่าภาพต้นฉบับเสมอ ตัวอย่างเช่น การคอนโวลูชันระหว่างภาพขนาด 4×5 กับเทมเพลตขนาด 2×2 ที่ จะแสดงในรูปที่ 2.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{array}{|c|c|} \hline 1 & 0 \\ \hline 0 & 1 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 1 & 1 & 3 & 3 & 4 \\ \hline 1 & 1 & 4 & 4 & 3 \\ \hline 2 & 1 & 3 & 3 & 3 \\ \hline 1 & 1 & 1 & 4 & 4 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|c|c|c|} \hline 2 & 5 & 7 & 6 & * \\ \hline 2 & 4 & 7 & 7 & * \\ \hline 3 & 2 & 7 & 7 & * \\ \hline * & * & * & * & * \\ \hline \end{array}$$

รูปที่ 2.12 การกรองข้อมูลภาพด้วยวิธีคอนโวลูชัน

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาผิวหน้า

ในปี ค.ศ. 1999 Forsyth และ Fleck [2, 3, 4] ได้นำเสนองานวิจัยที่ทำการค้นหาภาพเปลือยของมนุษย์ในภาพถ่าย โดยใช้วิธีการหาคุณสมบัติของสีและลายผิว เพื่อเป็นการตรวจหาบริเวณส่วนที่เป็นบริเวณผิวหน้าของมนุษย์ แล้วจึงนำบริเวณผิวหน้าเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์โครงสร้างของมนุษย์ในทางเรขาคณิต และหาความสัมพันธ์กันของโครงสร้างแต่ละส่วนเพื่อนำมาเป็นข้อสรุปในการวิเคราะห์ว่าเป็นภาพเปลือยของมนุษย์ จึงเป็นงานวิจัยแนวทางใหม่ในการวิเคราะห์วัตถุ ซึ่งได้มาจากการร่วมตัวกันของสีและลายผิวและลักษณะเฉพาะทางเรขาคณิตของแต่ละบุคคล

2.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาใบหน้า

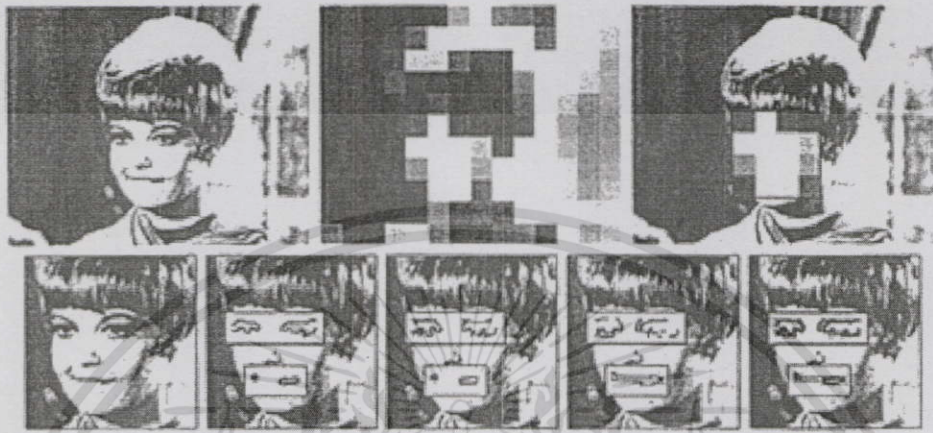
ในปี ค.ศ. 2002 Yang, Kriegman และ Ahuja [15] ได้นำเสนอถึงผลสำรวจที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยการตรวจหาใบหน้าและได้ทำการแยกกลุ่มของงานวิจัยโดยใช้เทคนิคต่างๆ ในการตรวจหาใบหน้าซึ่งสามารถแบ่งได้เป็น 4 แบบ คือ

1. ฐานความรู้ (Knowledge-based method)

จากพื้นฐานที่ทราบมาก่อนแล้วว่า ภายในบริเวณใบหน้าจะประกอบไปด้วยลักษณะเด่นอันได้แก่ คิ้ว ดวงตาทั้งสองข้าง จมูก ปาก และส่วนประกอบอื่นๆ ทำให้สามารถกำหนดเงื่อนไขเพื่อตรวจหาบริเวณที่คาดว่าจะเป็ใบหน้าที่ปรากฏอยู่ในภาพได้ เมื่อได้บริเวณที่คาดว่าจะเป็ใบหน้าแล้ว จึงทำการตรวจสอบอีกครั้งว่าบริเวณดังกล่าวเป็นใบหน้าที่ถูกต้องหรือไม่

งานวิจัยของ Yang และ Huang [8] การใช้ภาพโมเสกที่มีขนาดความละเอียดแตกต่างกันพิจารณาหาบริเวณที่คาดว่าเป็นใบหน้า จากนั้นใช้วิธีการหาขอบภาพของดวงตาและปาก หากมีขอบภาพแนวนอนปรากฏอยู่บริเวณดวงตาและปากที่กำหนด ก็จะพิจารณาว่าเป็นบริเวณใบหน้า วิธีการนี้ต้องกำหนดพื้นที่บริเวณดวงตาและปากและสามารถตรวจหาใบหน้าที่มีขนาดและรูปร่าง

แตกต่างกันได้ไม่มากนัก ซึ่งหากใบหน้าไม่ตั้งฉากกับแนวระนาบหรือมีผลของแสงเงาเข้ามาเกี่ยวข้องจะทำให้ประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้าลดลง โดยอัตราส่วนของการตรวจหาใบหน้าของงานวิจัยนี้ให้อัตราการตรวจพบใบหน้าอยู่ที่ 83%



รูปที่ 2.13 การใช้ภาพโมเสกตรวจหาใบหน้าตามหลักการของ Yang และ Huang [8]

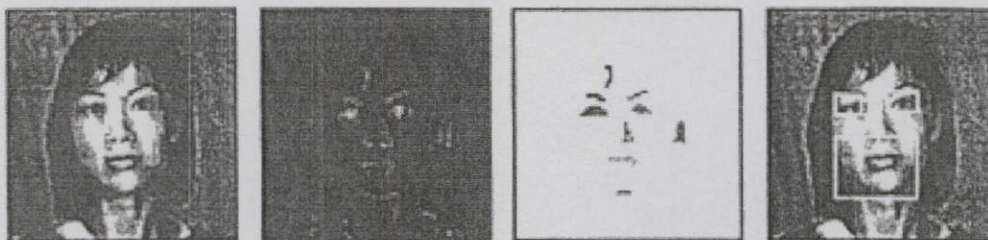
2. วิธีฐานลักษณะ (Feature-based method)

วิธีการนี้จะตรวจหาลักษณะเด่นที่ปรากฏอยู่บนใบหน้าก่อนเป็นอันดับแรก ว่าลักษณะเด่นดังกล่าวอยู่ที่ตำแหน่งใด มีรูปร่างขนาดเท่าใด รวมไปถึงความสัมพันธ์ของแต่ละลักษณะเด่น เช่น ตำแหน่ง ขนาด รูปร่าง และระยะห่างของแต่ละลักษณะเด่น เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีส่วนประกอบอื่นๆ ที่ใช้ตรวจหาใบหน้าได้อีกด้วย เช่น สีผิวหรือลายผิวเพราะทั้งสีผิวและลายผิวของใบหน้ามนุษย์จะแตกต่างจากส่วนอื่นๆ ในภาพอย่างชัดเจน วิธีการนี้สามารถตรวจหาใบหน้าที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกัน และภาพที่มีแสงเงามากได้ดีกว่าวิธีการแรก

งานวิจัยของ Chow และ Li [5] อาศัยหลักการมอโฟโลยีแบบ โอเพนนิ่ง ค้นหาบริเวณที่มีความเข้มของระดับสีมากกว่าบริเวณข้างเคียง ซึ่งก็คือบริเวณของลักษณะเด่น อาทิเช่น ตาทั้งสองข้าง จมูกและปาก ที่ปรากฏอยู่บนใบหน้านั่นเอง จากนั้นพิจารณาขนาด ความกว้างความยาว ระดับสีเทา จุดศูนย์กลาง ตำแหน่งและระยะห่างของแต่ละส่วนประกอบว่าบริเวณใดน่าจะเป็นบริเวณตาทั้งสองข้างและปาก วิธีนี้ใช้ได้ดีกับเฉพาะภาพที่มีการถ่ายแล้วระดับความเข้มของสีบริเวณจุดที่สำคัญเช่น ตา ปาก หรือจมูก มีค่าระดับความเข้มของสีมากกว่าบริเวณข้างเคียงเท่านั้น โดยอัตราส่วนของการตรวจหาใบหน้าของงานวิจัยนี้ให้อัตราการตรวจพบใบหน้าอยู่ที่ 96%

81395

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 การตรวจหาบริเวณตาทั้งสองข้างและปากจากงานวิจัยของ Chow และ Li [5]

3. วิธีจับคู่เทมเพลต (Template matching method)

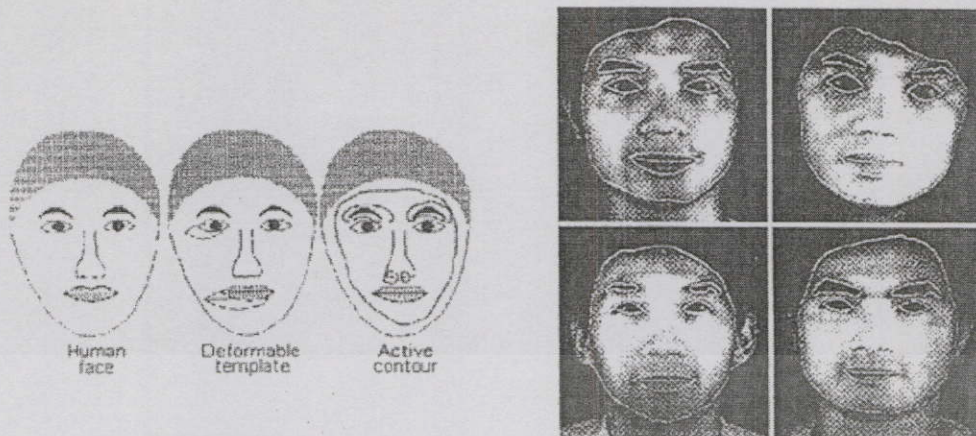
วิธีการนี้ส่วนใหญ่มักจะกำหนดรูปแบบของใบหน้ามาตรฐาน หรือรูปแบบของลักษณะเด่นบนใบหน้ามาก่อนแล้ว (ส่วนใหญ่เป็นภาพถ่ายหน้าตรง) จากนั้นจึงตรวจหาว่าบริเวณใดในภาพมีลักษณะใกล้เคียงกับใบหน้ามาตรฐานมากที่สุด แบ่งออกเป็น 2 แบบคือ

3.1 กำหนดเทมเพลตล่วงหน้า (Predefined template)

เป็นวิธีการที่ไม่ซับซ้อน และนำไปประยุกต์ใช้งานได้ง่าย อาจจะเป็นเทมเพลตของแต่ละลักษณะเด่น อาทิเช่น ดวงตา จมูก ปาก ลักษณะขอบภาพใบหน้า หรือบริเวณใบหน้าทั้งหมด ซึ่ง เทมเพลตจะมีลักษณะตายตัว ไม่เปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามหากใบหน้าที่ตรวจหา มีขนาดและรูปร่างที่แตกต่างไปจากเทมเพลตที่กำหนด หรือใบหน้าไม่ตั้งฉากกับแนวระนาบ ก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้าลดลง

3.2 ดีฟอร์มเมเบิลเทมเพลต (Deformable template)

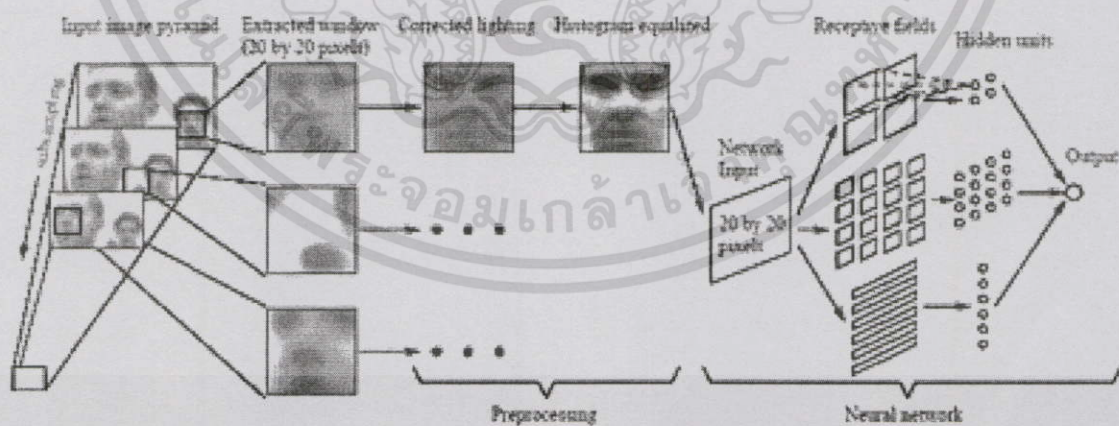
เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้า ที่มีขนาดและรูปร่างแตกต่างกันออกไป เทมเพลตที่ใช้ในวิธีการนี้จะสามารถแปรเปลี่ยนรูปร่างและขนาดได้ โดยลักษณะขอบภาพ ค่าระดับสีเทา และส่วนประกอบอื่นๆ ของแต่ละลักษณะเด่น เช่น ตา และปาก จะถ่ายทอดออกมาในรูปของสมการฟังก์ชันพลังงาน (Energy function) หากบริเวณใดในภาพมีลักษณะใกล้เคียงกับ เทมเพลตที่แปรเปลี่ยนได้มากที่สุดก็จะมีค่าของฟังก์ชันพลังงานน้อยที่สุดนั่นเอง อย่างไรก็ตามหากไม่สามารถสร้างสมการของเทมเพลตที่แปรเปลี่ยนได้ให้ใกล้เคียงกับลักษณะเด่นที่ต้องการก็จะมีผลต่อประสิทธิภาพของการตรวจหาใบหน้า



รูปที่ 2.15 ดีฟอร์มเมเบิลเทมเพลตจากงานวิจัยของ Huang และ Chen [1]

4. วิธีฐานสภาพปรากฏ (Appearance-based method)

วิธีจับคู่เทมเพลตที่กล่าวไปแล้วนั้นรูปแบบของใบหน้าจะถูกกำหนดไว้ก่อนแล้วแต่สำหรับวิธีฐานสภาพปรากฏนี้ รูปแบบของใบหน้าที่กำหนดจะได้มาจากข้อมูลทางสถิติและการเรียนรู้จากภาพใบหน้าโดยตรง นั่นคือนำภาพบริเวณใบหน้าและภาพบริเวณที่ไม่ใช่ใบหน้ามาเรียนรู้แล้วเก็บไว้เป็นข้อมูลทางสถิติหรือสร้างเป็นข้อกำหนดในการแยกแยะภาพทั้งสองกลุ่มออกจากกัน เทคนิคที่น่าสนใจซึ่งถูกนำมาใช้กับวิธีการนี้มีหลากหลาย ตัวอย่างเช่น โครงข่ายประสาทเทียม [13] ฮิดเดนมาคอฟโมเดลหรือซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (SVM) เป็นต้น สำหรับอัตราส่วนของการตรวจหาใบหน้าของงานวิจัยของ Rowley ที่เป็นการใช้โครงข่ายประสาทเทียมตรวจหาใบหน้ามนุษย์ให้อัตราการตรวจพบใบหน้าอยู่ที่ 92.5%



รูปที่ 2.16 การใช้โครงข่ายประสาทเทียมตรวจหาใบหน้ามนุษย์จากงานวิจัยของ Rowley [13]

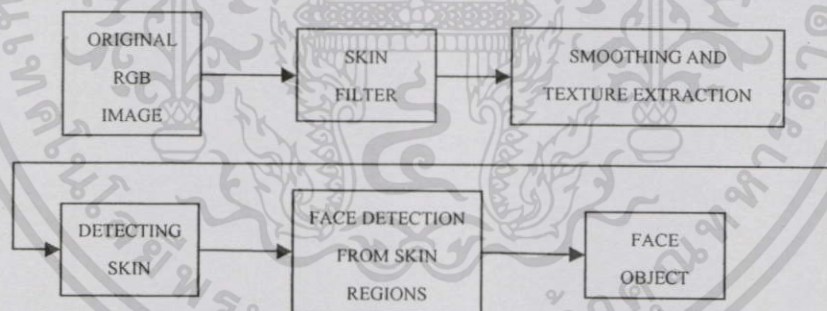
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ขั้นตอนวิธีของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ขั้นตอนวิธีของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะใช้ขั้นตอนวิธีที่เป็นการผสมระหว่างวิธีฐานความรู้และวิธีฐานลักษณะเพื่อความเข้าใจที่ดีของขั้นตอนวิธีที่ใช้ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ โดยจะแสดงถึงขั้นตอนวิธีจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งมีดังต่อไปนี้

2.3.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี

ในปี ค.ศ. 1997 Kapur [10, 11] ได้นำเสนองานวิจัยในการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี ซึ่งอาศัยกระบวนการตรวจหาพื้นที่ที่น่าจะเป็นบริเวณผิวหนังของมนุษย์จากภาพถ่าย แล้วทำการจำแนกข้อมูลต่างๆ ออกมาจากบริเวณผิวหนังที่ตรวจหาได้เหล่านั้น เพื่อนำมาตรวจสอบว่าพื้นที่เหล่านั้นเป็นบริเวณของใบหน้าในภาพ ในส่วนของการตรวจหาผิวหนังจะอาศัยข้อมูลความสัมพันธ์ของสี (Hue), ความอิ่มตัวของสี (Saturated) และลายผิวแล้วจึงใช้ภาพสเกลสีเทาในการตรวจหาใบหน้าโดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพแบบเทรตโซลและมอโฟโลยี เพื่อแยกแยะองค์ประกอบต่างๆ ของใบหน้า โดยใช้ข้อมูลเหล่านี้ในการตรวจหาใบหน้าซึ่งมีขั้นตอนวิธีของกระบวนการทำงานดังต่อไปนี้



รูปที่ 2.17 ขั้นตอนวิธีของกระบวนการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี

1. การกรองผิวหนัง (Skin Filter)

กระบวนการหาค่าสีผิวหนังเริ่มต้นจากการลบค่า Zero-Response ของภาพจากระบบกล้อง โดยที่ค่า Zero-Response ของกล้องคือค่าประมาณที่น้อยที่สุดในแต่ละระนาบสี ซึ่งจะเว้นพื้นที่ออกไป 10 จุดภาพของขอบของแต่ละด้าน แล้วค่านี้จะถูกลบออกจากค่าสี R, G และ B แต่ละค่า เพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงค่าความซึดหรือความไม่อิ่มตัวของสีที่อาจเกิดขึ้นของค่าสีที่ตรงกันข้าม ถ้าหากค่า Zero-Response มีค่ามากกว่า 0 แล้วจึงนำค่าสีของ R, G และ B ที่นำเข้ามาจะถูกแปลงไปเป็นค่า Log-Opponent I , R_g และ B_y ดังสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{aligned}
 L(x) &= 105 * \log_{10}(x + 1) \\
 I &= \frac{L(RED) + L(GREEN) + L(BLUE)}{3} \\
 Rg &= L(RED) - L(GREEN) \\
 By &= L(BLUE) - \frac{L(GREEN) + L(RED)}{2}
 \end{aligned} \tag{2.13}$$

เมื่อ	<i>RED</i>	คือ	ค่าเมทริกซ์ในระนาบสีแดง
	<i>GREEN</i>	คือ	ค่าเมทริกซ์ในระนาบสีเขียว
	<i>BLUE</i>	คือ	ค่าเมทริกซ์ในระนาบสีน้ำเงิน

โดยที่ส่วนของระนาบสีเขียวจะถูกใช้แทนค่าความเข้มของแสงสี เนื่องจากระนาบสีแดงและระนาบสีน้ำเงินจะมีปัญหากับระยะของความละเอียดในกล้องบางประเภท ค่าคงที่ 105 จะเป็นค่าคงที่ที่จะทำให้ผลลัพธ์ของฟังก์ชันลอการิทึมอยู่ในช่วง 0 ถึง 254 ค่าคงที่ 1 ถูกเพิ่มเข้าไปในส่วนของการแปลงค่าลอการิทึมเพื่อป้องกันการกระจายตัวที่มากเกินไปของสีที่เกิดขึ้นในพื้นที่สีดำ

การแปลงค่าลอการิทึมทำให้ค่า *Rg* และ *By* อีกทั้งค่า *I* (ช่วงความกว้างของลายผิว) จะเป็นอิสระกับค่าระดับความเข้มของแสงสี



รูปที่ 2.18 ภาพต้นฉบับ

2. การปรับเรียบและการสกัดลายผิว (Smoothing and Texture Extraction)

กระบวนการทำปรับเรียบและการสกัดลายผิวเป็นกระบวนการเตรียมค่า *Rg* และ *By* ที่ได้มาจากขั้นตอนการหาค่าสีผิวหนึ่ง โดยจะทำการนำไปผ่านกระบวนการประมวลผลภาพด้วยการทำมีเดียเนฟิเตอร์ ซึ่งจะกำหนดให้ขนาดของฟิลเตอร์มีขนาดเป็น $4 \times SCALE$ โดยที่ค่าของ *SCALE* จะสามารถคำนวณได้จากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$SCALE = \frac{(HEIGHT + WIDTH)}{320} \quad (2.14)$$

เมื่อ $HEIGHT$ คือ ค่าความสูงของภาพที่นำเข้า
 $WIDTH$ คือ ค่าความกว้างของภาพที่นำเข้า

ในการหาค่าของภาพแปลงลายผิว(Texture Map) ที่ใช้สำหรับการหาบริเวณผิวหนังของข้อมูลลายผิวนั้น ต้องมีส่วนของผิวหนังซึ่งค่อนข้างที่จะมีลายผิวที่ราบเรียบมากๆ ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในข้อจำกัดในการตรวจหาบริเวณผิวหนัง โดยที่ค่าภาพแปลงลายผิวจะคำนวณจากค่าเมทริกซ์ I ที่ได้มาจากการหาค่าสีผิวหนัง โดยมีขั้นตอนดังนี้

- 1) ประมวลผลเมทริกซ์ I ด้วยการกรองแบบมัชฌิมานโดยใช้เทมเพลตขนาด $8 \times SCALE$
- 2) นำเมทริกซ์ที่ได้ในขั้นตอนที่ 1 มาลบออกจากเมทริกซ์ I
- 3) ประมวลผลเมทริกซ์ I ด้วยการกรองแบบมัชฌิมานอีกครั้ง โดยใช้เทมเพลตขนาด $12 \times SCALE$ และทำให้เป็นค่าสัมบูรณ์เพื่อให้ผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าบวก



รูปที่ 2.19 ภาพที่ผ่านขั้นตอนการหาค่าของภาพแปลงลายผิว

3. การตรวจหาผิวหนัง (Detecting Skin)

ส่วนของสีสันทและค่าความอิ่มตัวของสีจะถูกนำมาใช้ในการหาพื้นที่ซึ่งมีสีเหมือนกับสีผิว โดยต้องทำการแปลงค่าจาก Rg และ By ที่ผ่านการประมวลผลภาพด้วยการทำมีเดียนฟิลเตอร์มาแล้วในขั้นตอนที่สองจากสมการ

$$\begin{aligned} Hue &= \arctan^2(Rg, By) \\ \text{และ } Saturation &= \sqrt{Rg^2 + By^2} \end{aligned} \quad (2.15)$$

ในขั้นตอนแรกของการกรองผิวหนังนั้นช่วงความกว้างของลายผิวจะไม่มากกว่า 4.5 และ (a) ค่า *Hue* จะอยู่ระหว่าง 110 ถึง 150 และค่า *Saturation* จะอยู่ระหว่าง 20 ถึง 60 หรือ (b) ค่า *Hue* อยู่ระหว่าง 130 ถึง 170 และค่า *Saturation* อยู่ระหว่าง 30 ถึง 130 เงื่อนไขสำหรับการกรองพื้นที่ทั้งสอง เงื่อนไขนี้ จะเป็นค่าที่อยู่ในแนวเส้นทแยงมุมของระนาบของสีซึ่งมีค่าเริ่มมาจากสีแดงอ่อนๆ ค่อนไปทางสีเหลืองดังสมการ

$$\begin{aligned} \text{(a)} \quad & \text{Texture} < 4.5, 120 < \text{Hue} < 160, 10 < \text{Saturation} < 60 \\ \text{และ (b)} \quad & \text{Texture} < 4.5, 150 < \text{Hue} < 180, 20 < \text{Saturation} < 80 \end{aligned} \quad (2.16)$$

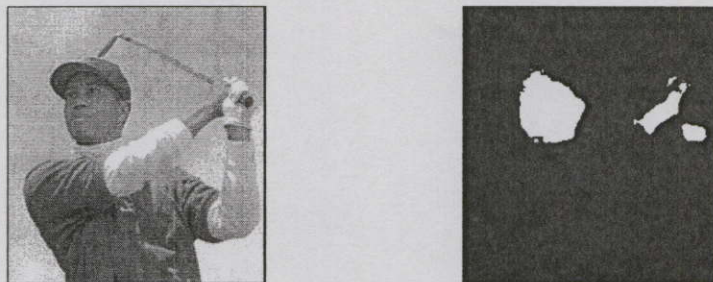
เงื่อนไขทั้งสองเงื่อนไขนี้เกิดจากแนวคิดเก่าโดยบังเอิญ ซึ่งในการพัฒนารอบใหม่นี้จะใช้พื้นที่หลายเหลี่ยมในระนาบสีซึ่งเกินกว่าขอบเขตของค่า *Hue* และ *Saturation* โดยในการประมวลผลนั้นต้องให้ภาพที่มีความละเอียดสูงและต้องพิจารณาถึงค่าต่ำสุดของพื้นที่สีผิวหนัง เพื่อทำให้เกิดความแตกต่างระหว่างสีผิวหนังกับพื้นสีผิวอื่นๆ เช่นพลาสติก



รูปที่ 2.20 (A)ภาพที่ผ่านขั้นตอนการแปลงค่าสีสี (B)ภาพที่ผ่านขั้นตอนการแปลงค่าความอึมตัวของสี

เมื่อได้พื้นที่ส่วนของผิวหนังมาแล้วจึงทำการขยายพื้นที่ด้วยการประมวลผลภาพด้วยการทำไคเลชันเพื่อเป็นการขยายเพื่อเป็นการเติมเต็มส่วนที่ขาดหายไปจากขั้นตอนก่อนหน้า เช่น บริเวณพื้นที่ที่ใกล้โครงหรือผม, องค์ประกอบอื่น หรือพื้นที่ที่มีสีไม่อึมตัวหรือสีซีด และต้องทำการกระบวนการกรองพื้นที่ที่ผ่านการประมวลผลภาพด้วยการทำไคเลชันอีกครั้ง โดยใช้สมการ

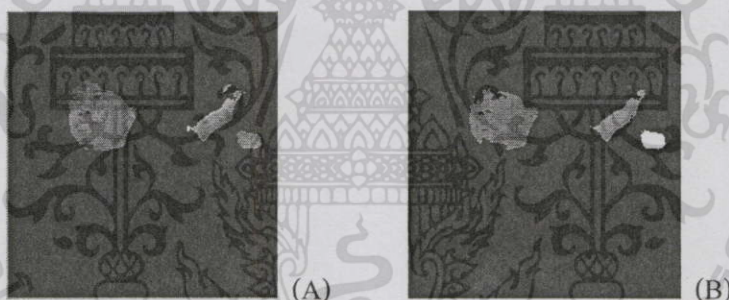
$$110 \leq \text{Hue} \leq 180, 0 \leq \text{Saturation} \leq 130 \quad (2.17)$$



รูปที่ 2.21 ภาพบริเวณผิวหนังที่ได้หลังจากการกรองขั้นตอนสุดท้าย

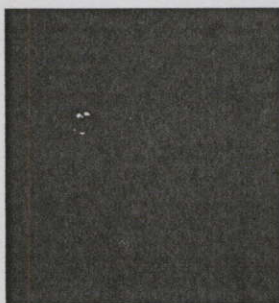
4. การตรวจหาใบหน้าจากบริเวณผิวหนัง (Face Detection From Skin Regions)

เป็นขั้นตอนที่นำส่วนของผิวหนังที่ได้มาหาส่วนที่เป็นใบหน้าโดยจะนำส่วนของผิวหนังที่ได้มาในขั้นตอนที่สาม ร่วมกับภาพสเกลสีเทาแล้วใช้การประมวลผลภาพด้วยการทำเทรสโฮล เพื่อกำจัดส่วนที่มีมืดมากหรือสว่างมากออกไป ซึ่งจากผลของการทดลองจะยอมรับค่าของเทรสโฮล อยู่ที่ 95 ถึง 240 ซึ่งจะให้ผลลัพธ์ที่ค่อนข้างดีและหลังจากได้ภาพลักษณะฐานสองที่ผ่านการกระบวนการทำเทรสโฮลนี้แล้วจะกำหนดให้เป็นภาพพозиทีฟเลเบล (Positive Label) ซึ่งจะเห็นส่วนของผิวหนังอย่างชัดเจนขึ้น



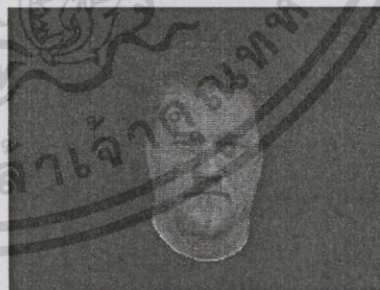
รูปที่ 2.22 (A) ส่วนของผิวหนังที่แปลงเป็นรูปแบบสเกลสีเทา (B) ภาพพозиทีฟเลเบลซึ่งเป็น ส่วนของผิวหนังที่ผ่านกระบวนการทำเทรสโฮล

หลังจากได้ภาพพозиทีฟเลเบลมาแล้วจึงทำการสร้างภาพเนกาทีฟโฮล (Negative Hole) โดยเริ่มจากการประมวลผลภาพแบบ โคลสซิงเพื่อกำจัดส่วนของหลุมต่างๆ ให้เล็กลงแล้ว จึงนำผลลัพธ์ที่ได้ไปทำการลบออกจากภาพผลลัพธ์ที่ในขั้นตอนที่สาม ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้ในขั้นตอนนี้ จะแสดงให้เห็นถึงตำแหน่งของหลุมต่างๆ เช่น ดวงตา, จมูกหรือปาก



รูปที่ 2.23 ภาพเนกาทีฟโฮลหลังจากผ่านกระบวนการ โคลดซิง

ในขั้นตอนสุดท้ายจะเป็นการนำภาพพอซิติฟเลเบลและภาพเนกาทีฟโฮลมาใช้ในการหาส่วนที่คาดว่าจะป็นใบหน้า โดยทำการรวมทั้งภาพพอซิติฟเลเบลและภาพเนกาทีฟโฮลเข้าด้วยกัน ซึ่งจะได้ผลลัพธ์เป็นส่วนของผิวหนังที่อยู่รอบๆ หลุมต่างๆ



รูปที่ 2.24 ผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าจากภาพสีจากงานวิจัยของ Kapur [10, 11]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.24(ต่อ)

เนื่องจากวิธีการนี้จะอาศัยการค้นหาตำแหน่งของกลุ่มต่างๆ บนใบหน้า (ตา จมูก และปาก) จึงมีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะค้นหาใบหน้าได้ในองศาและทิศทางต่างๆ แต่ก็ยังมีโอกาสเสี่ยงสูงที่จะค้นหาเจอตำแหน่งที่ไม่ใช่ใบหน้าด้วยเหมือนกัน โดยจากผลการทดลองจะให้ผลลัพธ์ที่ดีเมื่อมีภาพใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพเสียเป็นส่วนใหญ่และยังมีข้อผิดพลาดอยู่ในการแบ่งชิ้นส่วนของภาพซึ่งหากการแบ่งชิ้นส่วนของภาพมีส่วนหัว แขน หรือลำตัวคิดมาเป็นชิ้นเดียวกันกับใบหน้าก็จะทำให้เกิดข้อผิดพลาดในการตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าที่แท้จริงได้ ซึ่งจากรูปที่ 2.21 ซึ่งเป็นภาพผลลัพธ์จะเห็นว่ามีส่วนและสอดคล้องกับภาพผลลัพธ์ด้วย

2.3.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาดวงตาของมนุษย์

ในปี ค.ศ. 2002 Tao และ Kwan [14] ได้นำเสนองานวิจัยในการตรวจหาดวงตาของมนุษย์อย่างอัตโนมัติจากภาพถ่ายภายใต้พื้นหลังที่ซับซ้อน ซึ่งอาศัยภาพสเกลลีทาและกระบวนการเทรสโสด เพื่อปรับให้ภาพเป็นภาพลักษณะฐานสอง แล้วใช้การหาองค์ประกอบของใบหน้าทางด้านเรขาคณิตพื้นฐานในการระบุส่วนของภาพที่คาดว่าจะดวงตาแล้วจึงใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์ (Correlation Coefficient) ของดวงตาทั้งสองข้าง เพื่อกำหนดส่วนของภาพที่เป็นตำแหน่งของดวงตาอย่างถูกต้อง ซึ่งมีขั้นตอนคือ

1. การปรับเทียบค่าฮิสโทแกรม

ทำการหาค่าฮิสโทแกรมจากการพิจารณาค่าความเข้มของแสงของแต่ละจุดภาพ

แล้วจึงทำการปรับเทียบค่าฮิสโทแกรมจากสมการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$g(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma}} \exp\left(-\frac{(x-x_0)^2}{2\sigma^2}\right) \tag{2.18}$$

เมื่อ x คือ $1, 2, \dots, L_g$
 x_0 คือ $\frac{L_g}{2}$
 L_g คือ ค่าความยาวที่ได้จากสมการเกาส์เซียน

หลังจากนั้นจึงทำการประมวลผลภาพด้วยการทำคอนโวลูชันกับค่าฮิสโทแกรมที่ได้ด้วยสมการ

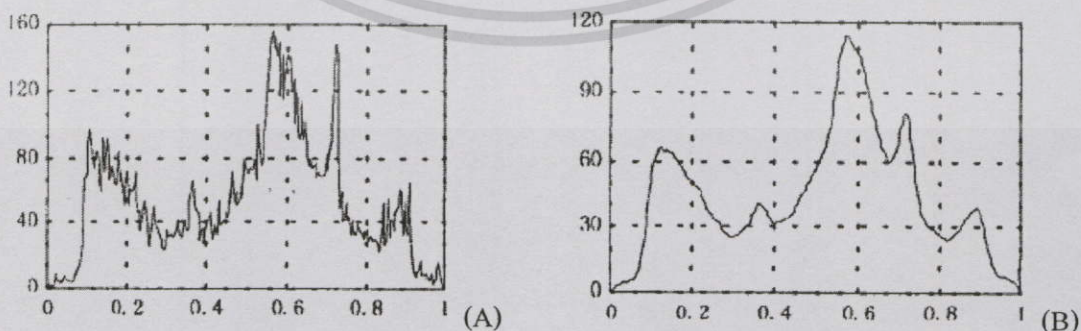
$$h_0(x) = h(x) \otimes g(x) \tag{2.19}$$

เมื่อ $h(x)$ คือ ค่าฮิสโทแกรม (ซึ่งมีความยาว 256)
 $g(x)$ คือ ค่าผลลัพท์ที่ได้จากสมการที่ 2.18

ซึ่งผลลัพท์ $h_0(x)$ ที่ได้จะมีขนาดเท่ากับ $L_g + 255$ จากนั้นจึงหาค่าผลรวมของ $h_0(x)$ โดยทำการแบ่งออกเป็น 2 ส่วนนำมาบวกกันแล้วหารสอง เพื่อให้ได้ $h_0(x)$ ซึ่งจะทำให้มีความยาวสุดท้ายเท่ากับ 256 ดังสมการ

$$h_s(1:256) = \frac{1}{2} [h_0(1:256) + h_0(L_g : L_g + 255)] \tag{2.20}$$

โดยในขั้นตอนนี้จะทำคอนโวลูชันกับค่าฮิสโทแกรมในสมการ 2.19 และ 2.20 ทั้งหมดสองครั้ง เพื่อให้ค่าฮิสโทแกรมที่มีความราบเรียบขึ้น



รูปที่ 2.25 (A)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมก่อนทำการปรับเรียบ (B)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมหลังทำการปรับเรียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. การประมาณค่าเริ่มต้น T_0

ในการประมาณค่าเริ่มต้น T_0 นั้นจะทำการเลือกจากจุดยอดจุดแรกของกราฟฮิสโทแกรม ทั้งนี้เนื่องมาจากว่าในใบหน้าของคนนั้น จะพบว่าบริเวณดวงตาจะมีค่าอยู่ในช่วงเริ่มต้น ซึ่งการใช้วิธีนี้จะช่วยให้สามารถกำหนดค่าเริ่มต้น T_0 ที่เหมาะสมได้ ซึ่งการเลือกค่าเริ่มต้น T_0 ที่สูงเกินไปอาจทำให้ไม่สามารถตรวจหาดวงตาได้หรือหากเลือกค่าเริ่มต้น T_0 ที่ต่ำเกินไปก็จะต้องทำการเพิ่มค่าเทรชโวลด์และเริ่มกระบวนการหาดวงตาใหม่อีกครั้ง ซึ่งการเพิ่มค่าเทรชโวลด์จะเพิ่มขึ้นทีละน้อยๆ และเพิ่มไปจนกระทั่งถึง 0.6 โดยการหาค่าเริ่มต้น T_0 นั้นสามารถหาได้ดังตัวอย่างต่อไปนี้

```

for x = 0 : 24
    hmax(x+1) = max(hs(x*10+1) : (x+1) * 10)
    hmin(x+1) = min(hs(x*10+1) : (x+1) * 10)
end
x = 1;
while hmax(x+1) - hmax(x) >= 0
    x = x + 1
end
T01 = find(hs == hmax(x))
T0 = T01(1)

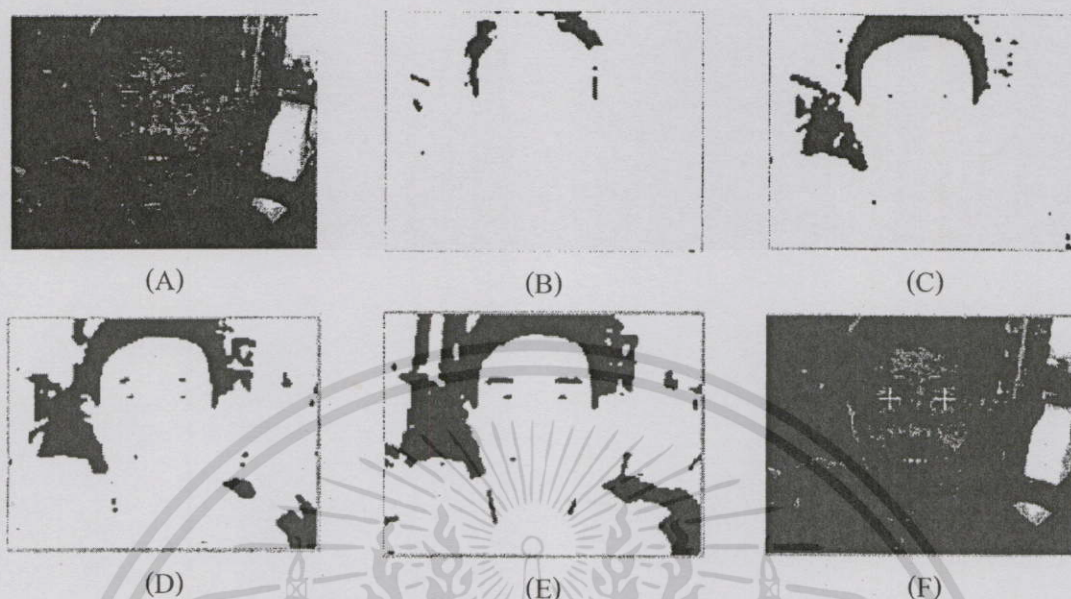
```

หลังจากที่ได้ค่าเริ่มต้น T_0 มาแล้วนั้นจึงทำการแปลงภาพใบหน้าที่อยู่ในรูปแบบสเกลสีเทาให้เป็นแบบภาพลักษณะฐานสอง โดยใช้ค่าเริ่มต้นเป็น T_0 ที่ได้มา แล้วจึงทำการพิจารณาบล็อกที่คาดว่าจะจะเป็นดวงตาโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างดวงตากับองค์ประกอบต่างๆ ของใบหน้าขั้นพื้นฐาน ซึ่งจะมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- 1) ระยะห่างระหว่างบล็อกที่คาดว่าจะจะเป็นดวงตาทั้งสองนั้นจะต้องอยู่ในช่วงที่แน่นอนระหว่าง 20 จุดภาพถึง 60 จุดภาพ
- 2) ไม่มีบล็อกอื่นๆ อยู่ภายใต้พื้นที่ของบล็อกที่คาดว่าจะจะเป็นดวงตาของแต่ละข้าง
- 3) ระยะห่างในแนวตั้งระหว่างบล็อกที่คาดว่าจะจะเป็นดวงตาทั้งสองข้างต้องอยู่ในช่วงที่แน่นอน
- 4) บล็อกที่คาดว่าจะจะเป็นดวงตาทั้งสองข้างต้องมีขนาดของจำนวนจุดภาพที่แน่นอน
- 5) ไม่มีบล็อกอื่นๆ อยู่ระหว่างพื้นที่ของบล็อกที่คาดว่าจะจะเป็นดวงตาทั้งสองข้าง
- 6) บล็อกที่คาดว่าจะจะเป็นดวงตาทั้งสองนั้นจะต้องมีลักษณะที่คล้ายกับวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7) บล็อกใดๆ ที่อยู่ใกล้กับขอบของภาพทั้ง 4 ด้านจะไม่ใช้บล็อกที่คาดว่าจะป็นดวงตา



รูปที่ 2.26 การตรวจหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าเริ่มต้น T_0 แล้วทำการแบ่งส่วนออกมา (A) เป็นภาพต้นแบบ (B) ถึง (E) เป็นภาพที่ทำการแบ่งส่วนด้วยค่าเทรชโฮลจาก 0.12 ถึง 0.30 โดยทำการเพิ่มค่าเทรชโฮลขึ้นทีละ 0.06 และภาพ (F) เป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการหาตำแหน่งของดวงตา

ในรูปที่ 2.23 จะเห็นได้ว่าภาพ (B) จะเป็นภาพที่ใช้ค่าเริ่มต้นในการหาดวงตาซึ่งสามารถเห็นรายละเอียดของดวงตาได้ไม่มากนักจึงต้องทำการเพิ่มค่าเทรชโฮลทีละ 0.06 เพื่อหา รายละเอียดของดวงตาเพิ่มขึ้นดังภาพ (C) (D) และ (E) ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าภาพ (C) ถึง (E) นั้นสามารถให้รายละเอียดของดวงตาที่ชัดเจนมากขึ้นเรื่อยๆ โดยในการพิจารณาว่าตำแหน่งของกลุ่มของจุดภาพนั้นๆ ตำแหน่งใดเป็นตำแหน่งที่คาดว่าจะป็นดวงตาจะต้องทำการพิจารณาค่าแห่งนั้นๆ ให้ครอบคลุมเงื่อนไขทั้ง 7 ข้อที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นและเมื่อสามารถระบุตำแหน่งที่คาดว่าจะป็นดวงตาได้แล้วจึงทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในขั้นตอนต่อไป และในกรณีที่ทำการเพิ่มค่าเทรชโฮลไปจนกระทั่งถึง 0.6 แล้วแต่ยังไม่สามารถระบุตำแหน่งที่คาดว่าจะป็นดวงตาก็จะทำการสรุปว่าภาพที่นำเข้มานั้นไม่มีดวงตาปรากฏอยู่ในภาพนั้นๆ

3. การคำนวณหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

สำหรับขั้นตอนของการหาตำแหน่งของดวงตานั้นในบางครั้งตำแหน่งที่คาดว่าจะป็นดวงตาอาจจะไม่ใช่ตำแหน่งที่ถูกต้อง เนื่องมาจากความซับซ้อนของพื้นหลังทำให้เกิดความ

คลาดเคลื่อน ด้วยเหตุนี้จึงใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อใช้ในการวัดค่าความคล้ายคลึงของตำแหน่งที่คาดว่าจะเป็นดวงตาทั้งสองข้าง

โดยทำการแบ่งบล็อกที่คาดว่าจะเป็นดวงตาออกมาเป็นข้างซ้ายและข้างขวา แล้วกำหนดให้ข้างซ้ายเป็นเมทริกซ์ A_L และข้างขวาเป็นเมทริกซ์ A_R แล้วทำการพลิกเมทริกซ์ A_R โดยจะได้เมทริกซ์ใหม่ซึ่งกำหนดให้เป็น B_R แล้วจึงใช้การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ดังสมการที่ 2.21

$$r = \frac{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [A_L(m,n) - \overline{A_L}] [B_R(m,n) - \overline{B_R}]}{\sqrt{\sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [A_L(m,n) - \overline{A_L}]^2 \sum_{m=0}^{M-1} \sum_{n=0}^{N-1} [B_R(m,n) - \overline{B_R}]^2}} \quad (2.21)$$

เมื่อ A_L คือ เมทริกซ์ของบล็อกที่คาดว่าจะเป็นดวงตาข้างซ้าย
 B_R คือ เมทริกซ์จากการพลิกของบล็อกที่คาดว่าจะเป็นดวงตาข้างขวา
 M, N คือ ขนาดของเมทริกซ์ของบล็อกที่คาดว่าจะเป็นดวงตา

สำหรับค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r นั้นหากได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จะสามารถสรุปได้ว่าสองบล็อกที่พบนั้นเป็นตำแหน่งของดวงตาจริง ซึ่งหากได้ผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยกว่า 0.5 จะทำการหาไปเรื่อยๆ จนกระทั่งได้ค่าผลลัพธ์ที่มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5

ในกรณีที่หาค่าของสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ r จนจบกระบวนการทำงานแล้วยังไม่ได้ผลลัพธ์ที่มีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 ให้ถือว่าตำแหน่งของบล็อกที่ให้ค่ามากที่สุดเป็นตำแหน่งของดวงตาจริง และในกรณีสุดท้ายหากได้ผลลัพธ์ที่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 0 ตลอดทั้งกระบวนการทำงานให้ถือว่าไม่มีตำแหน่งของดวงตาภายในภาพนั้นๆ



รูปที่ 2.27 ผลลัพธ์ของการหาตำแหน่งของตาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์
จากงานวิจัยของ Tao และ Kwan [14]

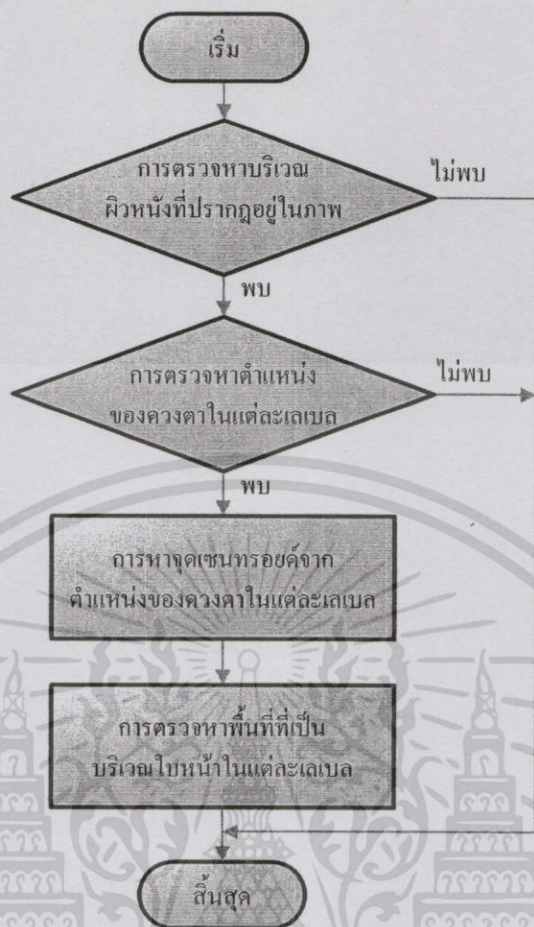
โดยผลการทดลองของงานวิจัยระบุว่าสามารถหาตำแหน่งของตาได้อย่างถูกต้อง
ได้ในระดับ 99% ซึ่งเหตุผลหลักของความผิดพลาดเกิดมาจากการที่บริเวณพื้นหลังของภาพมี
ลักษณะใกล้เคียงกับใบหน้ามนุษย์มากเกินไป

บทที่ 3

การตรวจหาใบหน้าโดยใช้

ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง ซึ่งขั้นตอนวิธีของงานวิจัยนี้จะเริ่มจากการตรวจหาบริเวณผิวหนัง [2, 3, 4] ทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งใช้การแปลงระนาบของสีของภาพจาก R, G และ B ให้เป็นค่าสีส้ม, ความอิ่มตัวของสี และลายผิว แล้วทำการพิจารณาว่าค่าสีส้ม, ความอิ่มตัวของสีและลายผิวอยู่ภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดเพื่อทำการกำหนดส่วนที่เป็นผิวหนังที่ปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งบริเวณผิวหนังในแต่ละส่วนที่ตรวจพบภายในภาพจะถูกแบ่งออกเป็นเลเบล ขั้นตอนที่สองจะทำการตรวจหาตำแหน่งของดวงตา [14] ที่ปรากฏในแต่ละเลเบลที่อยู่ในภาพที่ได้จากกระบวนการตรวจหาบริเวณผิวหนังในขั้นตอนแรก โดยจะใช้ภาพสเกลสีเทาเพื่อนำไปประมวลผลภาพด้วยกระบวนการเทรสโฮล และกระบวนการมอโฟโลยี แล้วจึงหาตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้างจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงในการหาจุดเซนทรอยด์และเพื่อตรวจสอบว่ามีใบหน้าอยู่ในภาพนั้นจริง สำหรับขั้นตอนที่สามจะเป็นการคำนวณหาตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ในทุกเลเบลที่ตรวจพบว่ามีดวงตาเพื่อใช้เป็นตำแหน่งในการอ้างอิงสำหรับหาบริเวณพื้นที่ที่เป็นส่วนของใบหน้า และสุดท้ายในขั้นตอนที่สี่จะเป็นการหาตำแหน่งของใบหน้าโดยใช้จุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตของใบหน้าที่ปรากฏในภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การหาตำแหน่งและขอบเขตของใบหน้าจากภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นบริเวณพื้นที่ของใบหน้าโดยไม่มีส่วนของลำคอ, แขน, หัวไหล่หรือส่วนของผิวหนังส่วนอื่นติดมากับภาพที่เป็นผลลัพธ์ด้วย โดยจะสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้จริงกับระบบการรู้จำใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการตรวจหาใบหน้าโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง

3.1 การตรวจหาบริเวณผิวหนัง

การตรวจหาบริเวณผิวหนังที่ปรากฏอยู่ในภาพสีนั้น สำหรับงานวิจัยนี้จะมีกระบวนการวิเคราะห์ค่าสีสัน, ความอึมตัวของสีและลายผิว โดยจะเป็นกระบวนการก่อนการตรวจหาบริเวณผิวหนังซึ่งจะมีขั้นตอนดังนี้

3.1.1 การเตรียมภาพเพื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีสัน, ความอึมตัวของสีและลายผิวจากภาพใบหน้า

การวิเคราะห์ค่าสีสัน, ความอึมตัวของสีและลายผิวจากภาพใบหน้าโดยทำการแปลงภาพไปในแต่ละโหมดสีแล้วทำการวิเคราะห์ค่าสีสัน, ความอึมตัวของสีและลายผิวซึ่งจะต้องมีการเตรียมภาพที่จะนำมาวิเคราะห์โดยทำการตัดเฉพาะส่วนของใบหน้าจากภาพทั้งหมดก่อน



รูปที่ 3.2 (A)ภาพต้นแบบ (B)ภาพที่ผ่านการตัดเฉพาะส่วนของใบหน้า

3.1.2 การวิเคราะห์ค่าสีสันและความอึมตัวของสีด้วยการปรับค่าและสมการจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาผิวหนัง

เป็นการนำภาพที่ผ่านการเตรียมภาพในขั้นตอนที่ 3.1.1 มาทำการแปลงภาพด้วยสมการที่มาจากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจหาผิวหนัง [2, 3, 4] เพื่อทำการวิเคราะห์ค่าสีสันและความอึมตัวของสี โดยทำการอ้างอิงจากสมการที่ 2.13, 2.14 และ 2.15 โดยจะให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้เป็นค่าสีสันและความอึมตัวของสีออกมา

โดยในสมการที่ 2.14 นั้นจะเปลี่ยนจากค่าคงที่ที่นำมาหาร 320 เป็นค่าสูงสุดระหว่างค่าความกว้างกับความสูงของภาพนั้นๆ โดยจะได้สมการเป็น

$$SCALE = \frac{(HEIGHT + WIDTH)}{\max(HEIGHT, WIDTH)} \quad (3.1)$$

เมื่อ $HEIGHT$ คือ ค่าความสูงของภาพที่นำเข้า
 $WIDTH$ คือ ค่าความกว้างของภาพที่นำเข้า

หลังจากนั้นทำการหาค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด, ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของเมทริกซ์ลายผิว, เมทริกซ์สีสันและเมทริกซ์ความอึมตัวของสี โดยจะทำการหาค่าต่ำสุด, ค่าสูงสุด, ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานกับทุกๆ ภาพที่นำมาวิเคราะห์หาค่าสีสัน, ความอึมตัวของสีและลายผิว เพื่อหาค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดของเมทริกซ์ค่าเฉลี่ยของภาพทั้งหมดและหาค่าเฉลี่ยของเมทริกซ์ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของภาพทั้งหมดที่นำมาวิเคราะห์เพื่อที่จะสามารถนำไปแทนในสมการ การหาค่าพื้นที่ผิวหนัง โดยจะมีสมการเป็นดังนี้

$$Texture < (mean_{Texture} + (AVG S.D._{Texture} \times C))$$

$$\text{และ } \min_{mean-Hue} - (AVG S.D._{Hue} \times C) < Hue < \max_{mean-hue} + (AVG S.D._{Hue} \times C)$$

$$\text{และ } \min_{mean-Sat} - (AVG S.D._{Sat} \times C) < Saturation < \max_{mean-Sat} + (AVG S.D._{Sat} \times C) \quad (3.2)$$

เมื่อ	$mean$	คือ ค่าเฉลี่ยของลายผิว
	$AVG S.D._{Texture}$	คือ ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลายผิว
	$\min_{mean-Hue}$	คือ ค่าที่ต่ำที่สุดของค่าเฉลี่ยของค่าสีสีน
	$\max_{mean-Hue}$	คือ ค่าที่สูงที่สุดของค่าเฉลี่ยของค่าสีสีน
	$AVG S.D._{Hue}$	คือ ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสีสีน
	$\min_{mean-Sat}$	คือ ค่าที่ต่ำที่สุดของค่าเฉลี่ยของความอิ่มตัวของสี
	$\max_{mean-Sat}$	คือ ค่าที่สูงที่สุดของค่าเฉลี่ยของความอิ่มตัวของสี
	$AVG S.D._{Sat}$	คือ ค่าเฉลี่ยของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความอิ่มตัวของสี
	C	คือ ค่าคงที่ที่นำมาคูณในสมการ

โดยค่าที่จะนำไปแทนที่สมการที่ 3.2 หลังจากวิเคราะห์ด้วยวิธีในขั้นตอนที่ 3.1.2 แล้วเป็นดังตารางที่ 3.1 และ 3.2

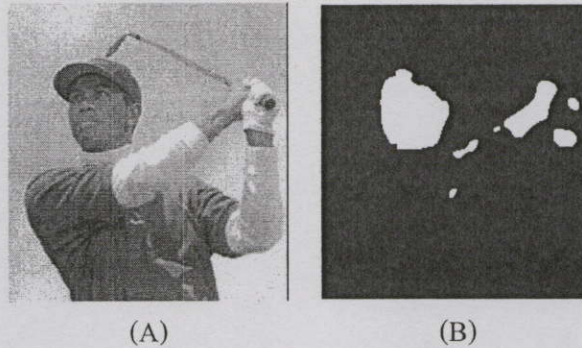
ตารางที่ 3.1 ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากที่หาลายผิวจากขั้นตอนที่ 3.1.2

ชนิดข้อมูล	ค่าเฉลี่ยของลายผิว	ค่าเฉลี่ย S.D.
ลายผิว	2.140376243	2.11637727

ตารางที่ 3.2 ค่าผลลัพธ์ที่ได้จากที่หาค่าสีสีนและความอิ่มตัวของสีจากขั้นตอนที่ 3.1.2

ชนิดข้อมูล	ค่าน้อยที่สุดของค่าเฉลี่ย	ค่ามากที่สุดของค่าเฉลี่ย	ค่าเฉลี่ย S.D.
สีสีน	105.893496	128.689573	24.34291749
ความอิ่มตัวของสี	16.098785	35.625952	6.069938135

เมื่อนำค่าที่ได้จากวิธีในขั้นตอนที่ 3.1.2 ในตารางที่ 3.1 ไปทำการทดลองโดยทำการทดลองกับภาพต้นฉบับโดยจะกำหนดให้มีค่าคงที่ C เป็นค่าคงที่ใดๆ ตัวอย่างเช่น $C = 3$ จะได้ผลลัพธ์ดังนี้

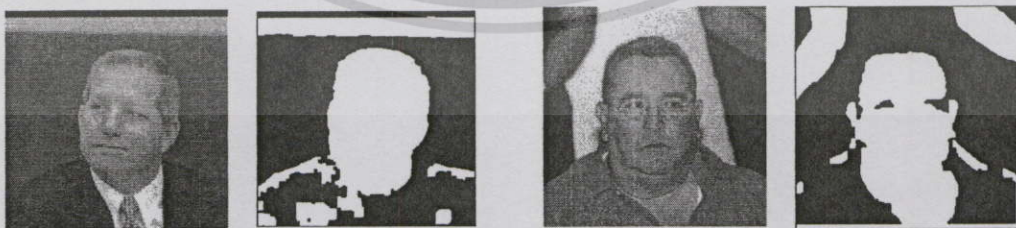


รูปที่ 3.3 (A)ภาพต้นแบบจากงานวิจัยของ Kapur [10, 11] (B)ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการแทนค่าที่วิเคราะห์ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.2

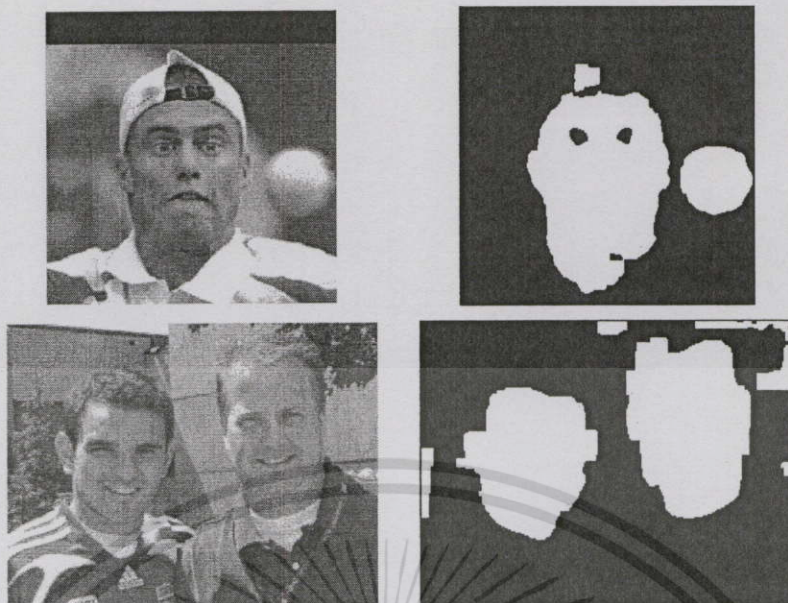
ผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.2 จะเห็นได้ว่าค่าเฉลี่ยของลายผิวที่ได้จะอยู่ในช่วงประมาณ 2 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของลายผิวอยู่ที่ประมาณ 2 ส่วนค่าสีสันที่ได้จะอยู่ในช่วงประมาณ 105 ถึงประมาณ 128 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสีสันอยู่ที่ประมาณ 24 โดยส่วนของความอึมตัวของสีที่ได้จะอยู่ในช่วงประมาณ 16 ถึงประมาณ 35 และมีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของความอึมตัวของสีอยู่ที่ประมาณ 6 ซึ่งเมื่อนำไปทดลองกับภาพต้นแบบจะให้ค่าผลลัพธ์ที่ได้ใกล้เคียงกับผลลัพธ์ของภาพต้นฉบับจากงานวิจัยของ Kapur [10, 11] ซึ่งสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อเพื่อทำการตรวจสอบส่วนของใบหน้าต่อไป

3.1.3 การหาภาพบริเวณผิวหนังจากข้อมูลที่ได้วิเคราะห์ออกมาจากขั้นตอนที่ 3.1.2

การหาภาพบริเวณผิวหนังจะเป็นขั้นตอนที่ได้จากงานวิจัยของ Kapur [10, 11] ซึ่งในสมการที่ 2.14 จะถูกแทนด้วยสมการที่ 3.2 และสมการที่ 2.16 จะถูกแทนด้วยสมการที่ 3.2 ของงานวิจัยชิ้นนี้ ซึ่งข้อมูลต่างๆ ที่นำมาแทนค่าในสมการที่ 3.2 นั้นจะถูกแทนด้วยค่าที่อยู่ในตารางที่ 3.1 ในขั้นตอนที่ 3.1.2



รูปที่ 3.4 ภาพผลลัพธ์ของพื้นที่ผิวหนังที่ได้จากขั้นตอนที่ 3.1.3



รูปที่ 3.4(ต่อ)

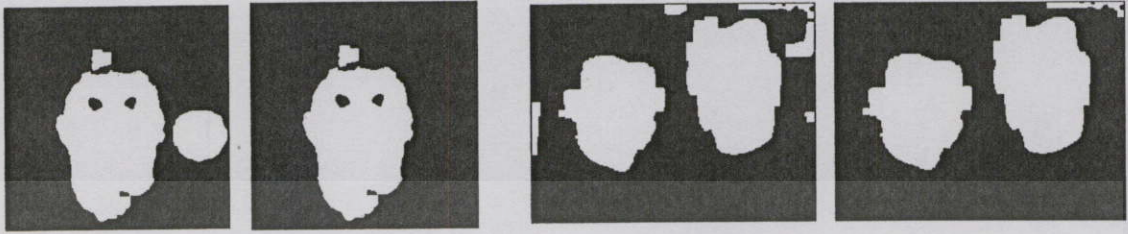
3.2 การตรวจหาตำแหน่งของดวงตา

การแยกองค์ประกอบที่ปรากฏอยู่บนใบหน้าออกมาจากภาพเพื่อที่จะนำองค์ประกอบที่แยกออกมานั้นช่วยในการพิจารณาสำหรับการตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นนั้นจะเห็นได้ว่าใบหน้าของมนุษย์ประกอบไปด้วยลักษณะเด่นไม่ว่าจะเป็นคิ้ว, ดวงตา, จมูก และปาก แต่อย่างไรก็ตามลักษณะเด่นที่มีความชัดเจนมากที่สุดก็คือดวงตาทั้งสองข้าง เพราะดวงตาของมนุษย์แต่ละคนจะมีรูปร่างคล้ายคลึงกันและมีสีเข้มกว่าบริเวณข้างเคียง ซึ่งง่ายต่อการตรวจหาตำแหน่งมากกว่าจมูกและปาก โดยในขั้นตอนนี้จะทำการตรวจหาลักษณะเด่นที่ปรากฏบนใบหน้า โดยจะพิจารณาว่าลักษณะเด่นใดบ้างที่คาดว่าจะเป็นดวงตาทั้งสองข้าง สำหรับขั้นตอนการหาตำแหน่งของดวงตาจะมีขั้นตอนเหมือนกับงานวิจัยเรื่องการตรวจหาดวงตาของมนุษย์อย่าง อัดโนมัตสึจากภาพภายใต้พื้นหลังที่ซับซ้อน [14] ซึ่งงานวิจัยนี้จะนำบริเวณผิวหนังของแต่ละเลเบลที่ตรวจพบได้จากขั้นตอนที่ 3.1 มาทำการตรวจหาตำแหน่งของดวงตาที่แต่ละเลเบล โดยขั้นตอนต่างๆ มีดังนี้

3.2.1 การกรองส่วนของบริเวณผิวหนังในแต่ละเลเบล

การกรองส่วนของบริเวณผิวหนังแต่ละเลเบลจะเป็นการกรองเพื่อให้ได้เฉพาะเลเบลที่เป็นบริเวณของใบหน้าเพื่อนำไปหาตำแหน่งของดวงตาโดยจะใช้การพิจารณาช่วงความกว้างของค่า

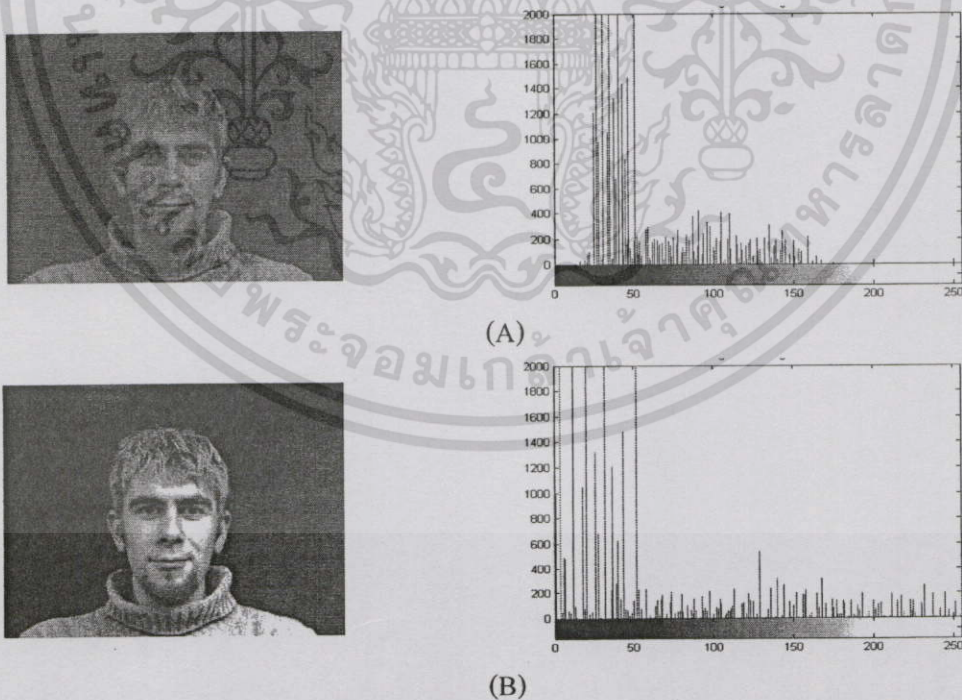
สเกลสีเทาในแต่ละเลเบล ซึ่งจากการศึกษาข้อมูลจากภาพข้อมูลตัวอย่างพบว่าเลเบลที่มีช่วงความกว้างของสเกลสีเทาดำกว่า 100 จะเป็นเลเบลที่ไม่มีใบหน้าปรากฏอยู่



รูปที่ 3.5 ภาพผลลัพธ์ของการกรองส่วนของบริเวณผิว

3.2.2 การปรับเทียบค่าฮิสโทแกรม

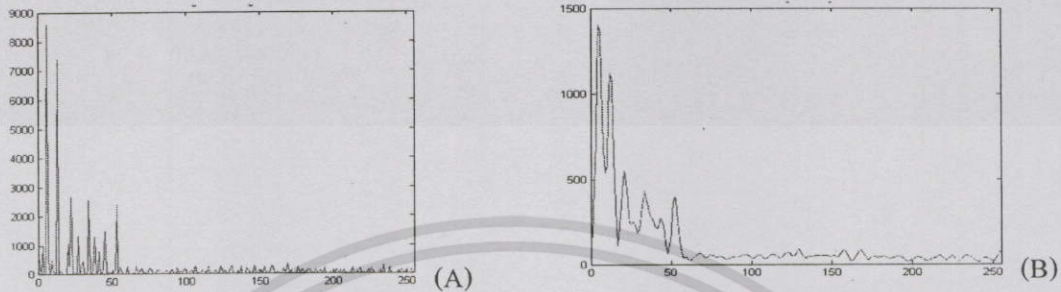
เป็นการนำภาพสเกลสีเทามาทำการหาค่าฮิสโทแกรมจากการพิจารณาค่าของแต่ละจุดภาพ ซึ่งก่อนที่จะทำการหาค่าฮิสโทแกรมนั้นต้องนำภาพสเกลสีเทามาทำการประมวลผลภาพด้วยฮิสโทแกรมอีควอไลเซชัน เพื่อให้ระดับความเข้มของแสงของภาพให้กระจายอยู่ในช่วง 0 ถึง 255 เนื่องจากภาพแต่ละภาพมีความเข้มของแสงมากหรือน้อยไม่เท่ากัน ซึ่งหากนำไปประมวลผลเลยนั้น จะทำให้มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้จากการหาตำแหน่งของดวงตา



รูปที่ 3.6 (A)ภาพสเกลสีเทาก่อนการทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชัน (B)ภาพสเกลสีเทาหลังการทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อพิจารณาจากรูปที่ 3.5 จะเห็นได้ว่าภาพที่ผ่านการทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชันนั้นจะให้รายละเอียดของภาพที่ชัดเจนกว่า ซึ่งหลังจากที่การทำฮิสโทแกรมอีควอไลเซชันแล้วในขั้นตอนต่อไปจึงทำการปรับเรียบค่าฮิสโทแกรมจากสมการ 2.18, 2.19 และ 2.20



รูปที่ 3.7 (A)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมก่อนทำการปรับเรียบ (B)กราฟแสดงค่าฮิสโทแกรมหลังทำการปรับเรียบ

3.2.3 การประมาณค่าเริ่มต้น T_0

หลังจาก ได้ทำการปรับเรียบค่าฮิสโทแกรมแล้วนั้นจึงนำค่าของฮิสโทแกรมที่ได้ไปทำการประมาณค่า T_0 ตามขั้นตอนของงานวิจัยเรื่องการตรวจหาดวงตาของมนุษย์อย่างอัตโนมัติจากภาพถ่ายภายใต้พื้นหลังที่ซับซ้อน [14] ต่อไปและเมื่อได้ค่าเริ่มต้น T_0 มาแล้วนั้นจึงทำการแปลงภาพใบหน้าที่อยู่ในรูปแบบสเกลสีเทาให้เป็นแบบภาพลักษณะฐานสองโดยใช้ค่าเริ่มต้นเป็น T_0 ที่ได้มาแล้วจึงทำการพิจารณาเลเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาโดยอาศัยคุณสมบัติของดวงตากับองค์ประกอบต่างๆ ของใบหน้าที่ได้จากข้อมูลของภาพที่นำมาวิเคราะห์ ซึ่งจะมีเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- 1) ระยะห่างระหว่างเลเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาทั้งสองนั้นจะต้องอยู่ในช่วงที่แน่นอนระหว่าง 20 จุดภาพถึง 60 จุดภาพและมีขนาดไม่น้อยกว่า 70% ของความกว้างของใบหน้า
- 2) ไม่มีเลเบลอื่นๆ อยู่ภายใต้พื้นที่ของเลเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาของแต่ละข้างซึ่งช่วงของระยะใต้พื้นที่ของเลเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาจะอยู่ในช่วง 30 จุดภาพสำหรับภาพที่มีขนาดไม่เกิน 250x250 จุดภาพ
- 3) ระยะห่างในแนวตั้งระหว่างเลเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาทั้งสองข้างต้องอยู่ในช่วงที่แน่นอนคือ 0-10 พิกเซลสำหรับภาพที่มีขนาดไม่เกิน 250x250 จุดภาพ
- 4) เลเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาทั้งสองข้างมีขนาดอยู่ในช่วง 10 จุดภาพถึง 50 จุดภาพ โดยขนาดในการตรวจหาดวงตาที่ได้กำหนดไว้นี้จะใช้กับภาพที่มีขนาดไม่เกิน 250x250 จุดภาพ
- 5) ไม่มีเลเบลอื่นๆ อยู่ระหว่างพื้นที่ของเลเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาทั้งสองข้าง

6) เลขเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาทั้งสองนั้นจะต้องมีลักษณะที่คล้ายกับวงกลม โดยการคำนวณหาลักษณะของเลขเบลที่เป็นวงกลมของรูปภาพนั้นจะใช้การคำนวณหาจากอัตราส่วนของพื้นที่ของเลขเบลต่อพื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่ใหญ่ที่สุดที่ล้อมรอบรูปวงกลม โดยถ้าเลขเบลของดวงตาเป็นวงกลมจริง ก็จะได้ค่าของอัตราส่วนที่มีค่าเข้าใกล้ค่า $\frac{\pi}{4}$ ซึ่งจะมีสมการดังนี้

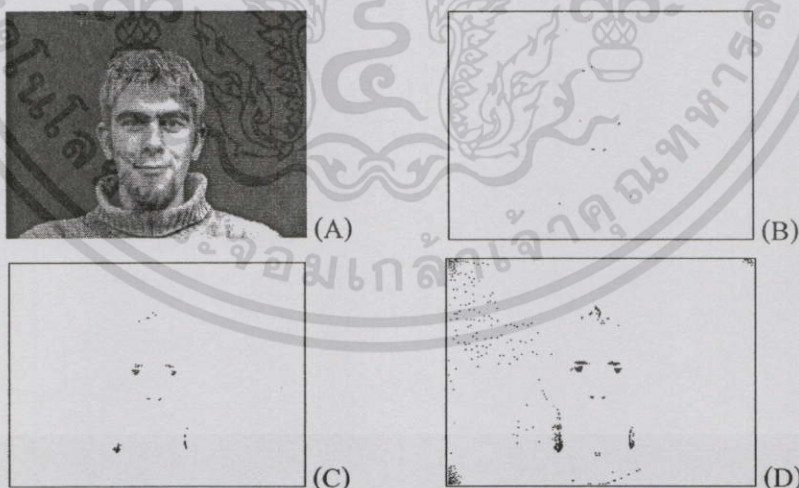
$$\frac{Area}{Boundary} \cong \frac{\pi}{4} \tag{3.3}$$

เมื่อ *Area* คือ พื้นที่ของเลขเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตา = πr^2
Boundary คือ พื้นที่ของรูปสี่เหลี่ยมที่ใหญ่ที่สุดที่ล้อมรอบรูปวงกลม = $4r^2$

และจากการนำข้อมูลที่มีมาวิเคราะห์ทำให้พบว่าเลขเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตาซึ่งมีลักษณะ

คล้ายกับวงกลมจะมีค่าของผลต่าง $\left| \frac{Area}{Boundary} - \frac{\pi}{4} \right| < 0.35$ (ในที่นี้อาจถือว่า $\mathcal{E} = 0.35$)

7) เลขเบลใดๆ ที่อยู่ใกล้กับขอบของภาพทั้ง 4 ด้านภายในระยะ 10 จุดภาพจะไม่ใช้เลขเบลที่คาดว่าจะเป็นดวงตา



รูปที่ 3.8 การหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าเริ่มต้น T_0 แล้วทำการแบ่งส่วนออกมา (A)เป็นภาพต้นแบบ (B) ถึง (D) เป็นภาพที่ทำการแบ่งส่วนด้วยค่าเทรชโฮล จาก 0.059 ถึง 0.099 โดยทำการเพิ่มค่าเทรชโฮลทีละ 0.02

ในรูปที่ 3.7 จะเห็นได้ว่าภาพ (B) จะเป็นภาพที่ใช้ค่าเริ่มต้นในการหาตำแหน่งของดวงตา ซึ่งสามารถเห็นรายละเอียดของดวงตาได้ไม่มากนักจึงต้องทำการเพิ่มค่าเทรสโฮลทีละ 0.02 เพื่อหา รายละเอียดของดวงตาเพิ่มขึ้นดังภาพ (C) และ (D) ตามลำดับ โดยจะเห็นได้ว่าภาพ (C) และ (D) นั้นสามารถให้รายละเอียดของดวงตาที่ชัดเจน โดยในการพิจารณาว่าตำแหน่งของกลุ่มของจุดภาพ นั้นๆ ตำแหน่งใดเป็นตำแหน่งที่คาดว่าเป็นดวงตาจะต้องทำการพิจารณาตำแหน่งนั้นๆ ให้ครอบคลุมเงื่อนไขทั้ง 7 ข้อที่ได้กล่าวไปแล้วในข้างต้นและเมื่อสามารถระบุตำแหน่งที่คาดว่าเป็น ดวงตาได้แล้วจึงทำการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในขั้นตอนต่อไป และในกรณีที่ทำการเพิ่มค่า เทรสโฮลไปจนกระทั่งถึง 0.6 (งานวิจัยของ Tao และ Kwan [14]) แล้วแต่ยังไม่สามารถระบุ ตำแหน่งที่คาดว่าเป็นดวงตาก็จะทำการสรุปว่าภาพที่นำเข้ามานั้นไม่มีดวงตาปรากฏอยู่ในภาพ

3.2.4 การคำนวณหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

สำหรับขั้นตอนของการหาตำแหน่งของดวงตานั้นจะมีกระบวนการตามขั้นตอนของ งานวิจัยเรื่องการตรวจหาดวงตาของมนุษย์อย่างอัตโนมัติจากภาพถ่ายภายใต้พื้นหลังที่ซับซ้อน [14] โดยใช้การหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ เพื่อใช้ในการวัดค่าความคล้ายคลึงของตำแหน่งที่คาดว่าเป็น ดวงตาทั้งสองข้างจากสมการที่ 2.21



รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์ของการหาตำแหน่งของดวงตาโดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์

3.3 การหาจุดเซนทรอยด์จากตำแหน่งของดวงตา

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการหาตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์โดยใช้การคำนวณหาจากตำแหน่ง ของดวงตาที่หาได้จากขั้นตอนที่ 3.2 ซึ่งการคำนวณหาจุดเซนทรอยด์นั้นจะทำการกำหนดรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สามเหลี่ยมด้านเท่าขึ้นมาจากตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้าง แล้วจึงทำการคำนวณหาตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์โดยใช้สมการทางเรขาคณิตซึ่งจะมีรายละเอียดและขั้นตอนดังต่อไปนี้

การหาจุดเซนทรอยด์จากตำแหน่งของดวงตาเป็นการคำนวณจากการสร้างเส้นตรง L ขึ้นมาจากตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้าง แล้วกำหนดรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าขึ้นมาจากความสูง H ของรูปสามเหลี่ยม หลังจากนั้นจึงทำการคำนวณหาจุดกึ่งกลางของเส้นตรง L เพื่อคำนวณหาจุดเซนทรอยด์ต่อไป ซึ่งจะมีรายละเอียดของขั้นตอนดังนี้

1) คำนวณหาจุดกึ่งกลางของเลเบลที่เป็นดวงตาทั้งสองข้าง โดยการคำนวณหาจากเลเบลที่เป็นดวงตาที่ได้มาจากขั้นตอนที่ 3.1 ซึ่งจะมีสมการเป็น

$$x = \frac{\sum x_i}{n} \quad \text{และ} \quad y = \frac{\sum y_i}{n} \quad (3.4)$$

เมื่อ x_i คือ ตำแหน่งของ x ในเลเบลที่เป็นดวงตา
 y_i คือ ตำแหน่งของ y ในเลเบลที่เป็นดวงตา
 n คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดในเลเบลที่เป็นดวงตา

2) คำนวณหาค่าของเส้นตรง L ระหว่างตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้างซึ่งจะใช้ค่า x และค่า y ที่ได้จากสมการที่ 3.4 ด้วยสมการเส้นตรง

$$|L| = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3.5)$$

เมื่อ x_1, x_2 คือ ค่าของ x ที่ได้จากสมการที่ 3.4 ของเลเบลที่เป็นดวงตา
 y_1, y_2 คือ ค่าของ y ที่ได้จากสมการที่ 3.4 ของเลเบลที่เป็นดวงตา

3) เมื่อได้เส้นตรง L จากสมการที่ 3.4 แล้ว จึงทำการคำนวณหาความสูง H ของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าจากสมการ

$$H = L * \sin 60^\circ \quad (3.6)$$

เมื่อ L คือ ระยะทางระหว่างตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้าง

4) คำนวณหาตำแหน่งที่เป็นจุดกึ่งกลางของเส้นตรง L โดยจำสามารถคำนวณหาได้จากสมการ

$$x_O = \frac{x_1 + x_2}{2} \quad \text{และ} \quad y_O = \frac{y_1 + y_2}{2} \quad (3.7)$$

เมื่อ x_1, x_2 คือ ค่าของ x ที่ได้จากสมการที่ 3.4 ของเลขเบตที่เป็นดวงตา
 y_1, y_2 คือ ค่าของ y ที่ได้จากสมการที่ 3.4 ของเลขเบตที่เป็นดวงตา

5) เมื่อได้จุดกึ่งกลาง (x_O, y_O) ของเส้นตรง L จากสมการที่ 3.7 แล้ว จึงทำการคำนวณหาตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ (x_C, y_C) จากจุดกึ่งกลาง (x_O, y_O) และค่าความสูง H ของรูปสามเหลี่ยมด้านเท่าด้วยสมการ

$$x_C = x_O \quad \text{และ} \quad y_C = y_O + \frac{H}{3} \quad (3.8)$$

เมื่อ x_O คือ ค่าของ x ที่ได้จากสมการที่ 3.7
 y_O คือ ค่าของ y ที่ได้จากสมการที่ 3.7
 H คือ ค่าของ H ที่ได้จากสมการที่ 3.6



รูปที่ 3.10 การหาจุดเซนทรอยด์จากตำแหน่งของดวงตาทั้งสองข้าง

จากภาพที่ 3.10 จะแสดงถึงการหาจุดเซนทรอยด์ด้วยการหาขนาดของเส้นตรง L ซึ่งได้มาจากสมการที่ 3.4 แล้วจึงทำการสร้างสามเหลี่ยมด้านเท่าขึ้นมาเพื่อทำการหาค่าความสูง H โดยจะใช้เป็นเส้นตรงที่อ้างอิงตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ ซึ่งจะสามารถหาจุดเซนทรอยด์ได้จากสมการที่ 3.8 โดยจะทำการหาจุดกึ่งกลางของเส้นตรง L จากสมการที่ 3.7 จากนั้นจึงใช้จุดเซนทรอยด์ที่ได้นี้เป็นตำแหน่งอ้างอิงสำหรับการหาขอบเขตของใบหน้าจากพื้นที่ผิวหนังในขั้นตอนนี้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 การหาใบหน้าโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง

หลังจากที่ได้จุดเซนทรอยด์สำหรับใช้อ้างอิงในการหาขอบเขตของใบหน้าแล้วนั้น จึงนำตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ที่ได้นั้นไปอ้างอิงกับภาพที่แสดงส่วนของผิวหนังในขั้นตอนที่ 3.2 แล้วจึงทำการเริ่มวัดระยะทางของผิวหนังจากจุดเซนทรอยด์ที่ได้นั้นไปในแนวตั้ง โดยนับจำนวนขึ้นไปด้านบนและด้านล่างเรื่อยๆ จนกระทั่งสุดขอบของผิวหนังในด้านบนและล่าง แล้วจึงนับในแนวนอนทั้งทางด้านซ้ายและทางด้านขวาออกไปจนกระทั่งสุดขอบของผิวหนัง



รูปที่ 3.11 การนับจำนวนของบริเวณที่เป็นผิวหนัง

จากรูปที่ 3.11 นั้นจะแสดงการนับจำนวนของบริเวณที่เป็นผิวหนัง ซึ่งในแนวตั้งและแนวนอนจากจุดเซนทรอยด์ โดยในแนวตั้งนั้นจะนับบริเวณที่เป็นผิวหนังขึ้นไปทางด้านบน D_U และทางด้านล่าง D_D ส่วนแนวนอนจะนับบริเวณที่เป็นผิวหนังไปทางด้านซ้าย D_L และทางด้านขวา D_R ตามลำดับ จากนั้นจึงทำการพิจารณาค่าของ D_U , D_D , D_L และ D_R ซึ่งจะพิจารณาได้จากเงื่อนไขดังต่อไปนี้

- 1) D_U และ D_D ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า L
- 2) D_L และ D_R ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับค่า $\frac{L}{2}$
- 3) $D_L + D_R$ ต้องมีค่ามากกว่า L

หลังจากนั้นจึงนำของ D_U , D_D , D_L และ D_R ที่ได้มาพิจารณาหาขอบเขตของใบหน้า โดยในการกำหนดขอบเขตของใบหน้านั้นจะใช้การพิจารณาค่า $D_{Vertical}$ และ $D_{Horizontal}$ แล้วใช้ค่า L และ H จากสมการที่ 3.5 และ 3.6 ร่วมพิจารณาดูตามลำดับ โดยมีเงื่อนไขคือ

- 1) ค่าของ $D_{Vertical}$ ที่ได้ต้องมีค่ามากกว่าค่า H
- 2) ค่าของผลลัพธ์ของ $D_{Horizontal}$ เมื่อคูณด้วยค่าคงที่ 2 ต้องมีค่ามากกว่าค่า L

เมื่อได้ขอบเขตของใบหน้าตามเงื่อนไขแล้วจึงทำการหาจุดมุมซ้ายบน (x_{TL}, y_{TL}) โดยใช้นิพจน์ของ $D_{Vertical}$, $D_{Horizontal}$ และจุดเซนทรอยด์ (x_C, y_C) อ้างอิงเพื่อเป็นตำแหน่งเริ่มต้นในการเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สร้างขอบเขตของใบหน้าขึ้นเป็นลำดับต่อไป โดยสามารถหาจุดมุมซ้ายบน (x_{TL}, y_{TL}) ได้จากสมการ

$$x_{TL} = x_C - D_{Horizontal} \quad \text{และ} \quad y_{TL} = y_C - D_{Vertical} \quad (3.9)$$

เมื่อได้พื้นที่สี่เหลี่ยมในขั้นตอนที่ 3.2 ตำแหน่งของจุดมุมซ้ายบน (x_{TL}, y_{TL}) ของใบหน้า และขนาดของขอบเขตของใบหน้า $D_{Vertical}, D_{Horizontal}$ จึงนำมาใช้อ้างอิงกับภาพใบหน้าเพื่อระบุตำแหน่งของใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.12 ผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าจากตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหน้า

จากรูปที่ 3.12 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าจากการหาตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหน้า ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ได้ปรากฏเฉพาะส่วนที่เป็นบริเวณของใบหน้า โดยไม่มีส่วนของคอหรืออวัยวะส่วนอื่นๆ ปรากฏอยู่ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดลองและผลการทดลอง

งานวิจัยนี้จะเป็นการนำเสนอขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง ด้วยขั้นตอนวิธีที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งในบทนี้จะเป็นผลของการทดลองที่ได้ทั้งหมดจากขั้นตอนวิธีดังกล่าว

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

สำหรับงานวิจัยนี้จะใช้ส่วนประกอบของฮาร์ดแวร์โดยมีหน่วยประมวลผลกลางยี่ห้อ Intel รุ่น Pentium 4 ความเร็ว 1.6 กิกะเฮิร์ต หน่วยความจำหลักขนาด 512 เมกะไบต์ หน่วยความจำสำรองขนาด 20 กิกะไบต์ โดยส่วนประกอบของซอฟต์แวร์จะใช้ระบบปฏิบัติการ Windows XP Service Pack 2 Professional และ โปรแกรม Matlab รุ่น 6.5 สำหรับใช้พัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

4.2 การวัดประสิทธิภาพของระบบการตรวจหาใบหน้าของมนุษย์

การวัดประสิทธิภาพของระบบการตรวจหาใบหน้ามนุษย์อัตโนมัติ นั้นจะวัดได้จากความถูกต้องและความผิดพลาดของการตรวจพบใบหน้าของมนุษย์ในภาพ นั่นคือสามารถตรวจหาใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพได้ถูกต้องทั้งตำแหน่งและขนาดหรือไม่ ส่วนความผิดพลาดของการตรวจหาใบหน้านั้น สามารถแบ่งได้เป็น 2 แบบคือ

1. ในภาพมีใบหน้ามนุษย์ปรากฏอยู่ แต่ระบบกลับตัดสินใจว่า ไม่มีใบหน้าปรากฏในภาพนั้น
2. ในภาพไม่มีใบหน้ามนุษย์ปรากฏอยู่ แต่ระบบกลับตัดสินใจว่า มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพนั้น

ความผิดพลาดทั้งสองแบบจะให้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกัน ในการตรวจหาใบหน้ามนุษย์นั้น หากในขั้นตอนแรกๆ ระบบตัดสินใจว่ามีใบหน้าปรากฏในภาพแต่จริงๆ แล้วในภาพนั้นไม่มีใบหน้ามนุษย์ปรากฏอยู่ ภาพดังกล่าวก็จะถูกกำจัดออกไปในขั้นตอนต่อไป ได้หรืออีกกรณีหนึ่ง ระบบตัดสินใจว่าไม่มีใบหน้าปรากฏในภาพแต่ความจริงแล้วในภาพนั้นมีใบหน้ามนุษย์ปรากฏอยู่ ภาพใบหน้าที่กล่าวนี้ไม่สามารถตรวจพบได้อีกเลยในขั้นตอนต่อไป

4.3 ข้อมูลภาพที่ใช้ในการทดลอง

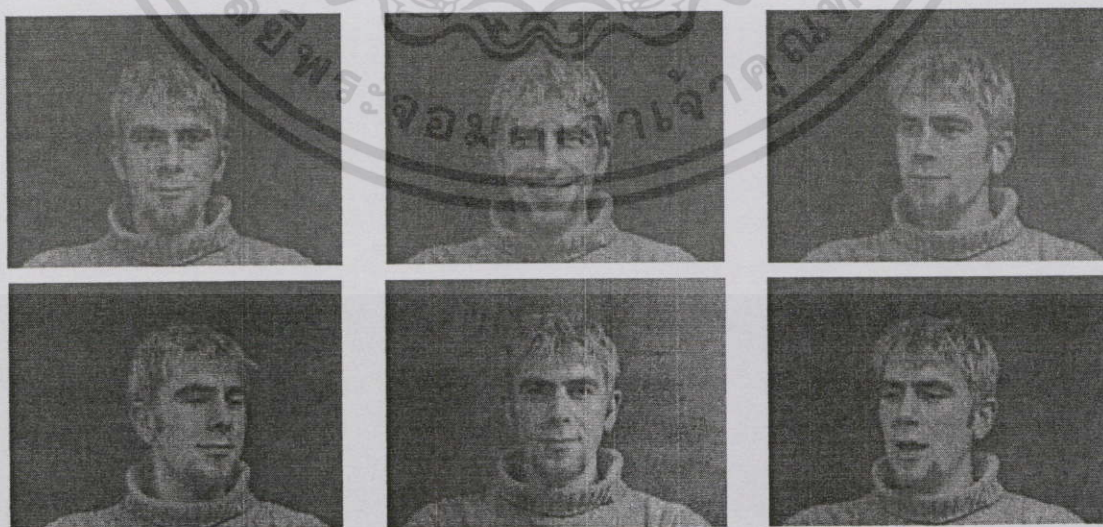
ข้อมูลภาพที่ได้นำมาใช้ในการทดลองการตรวจหาใบหน้ามนุษย์สำหรับงานวิจัยฉบับนี้จะประกอบด้วยข้อมูลภาพที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลของค่าสีสัน, ค่าความอึมตัวของสี, ลายผิวและคุณสมบัติที่เป็นองค์ประกอบของดวงตา และข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับทำการทดลอง โดยข้อมูลของภาพทั้งหมดจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.3.1 ข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูล

เป็นข้อมูลภาพสีที่ได้จาก The IMM Face Database [12] โดยจะมีจำนวนภาพสีทั้งหมด 222 ภาพ ที่ถ่ายจากคนจำนวน 37 คนแบ่งเป็นผู้ชาย 30 คนและผู้หญิง 7 คน ซึ่งแต่ละคนจะมีลักษณะของภาพที่ถ่ายทั้งหมด 6 ภาพคือ

1. ภาพถ่ายหน้าตรงปกติ
2. ภาพถ่ายหน้าตรงยิ้ม
3. ภาพถ่ายหันหน้าไปทางขวาประมาณ 30 องศา
4. ภาพถ่ายหันหน้าไปทางซ้ายประมาณ 30 องศา
5. ภาพถ่ายหน้าตรงปกติและฉายแสงไฟลงมาจากด้านซ้ายของผู้ถ่าย
6. ภาพถ่ายที่ทำท่าทางตลก

โดยขนาดของข้อมูลภาพจะมีขนาด 640×480 จุดภาพและจะถูกแปลงให้มีขนาดอยู่ที่ 250×188 จุดภาพตามขอบเขตของงานวิจัยฉบับนี้



รูปที่ 4.1 ตัวอย่างภาพของผู้ชายที่ได้จาก The IMM Face Database [12]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตัวอย่างภาพของผู้หญิงที่ได้จาก The IMM Face Database [12]

4.3.2 ข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับการทดลอง

ข้อมูลภาพที่ใช้สำหรับการทดลองจะสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภทคือ

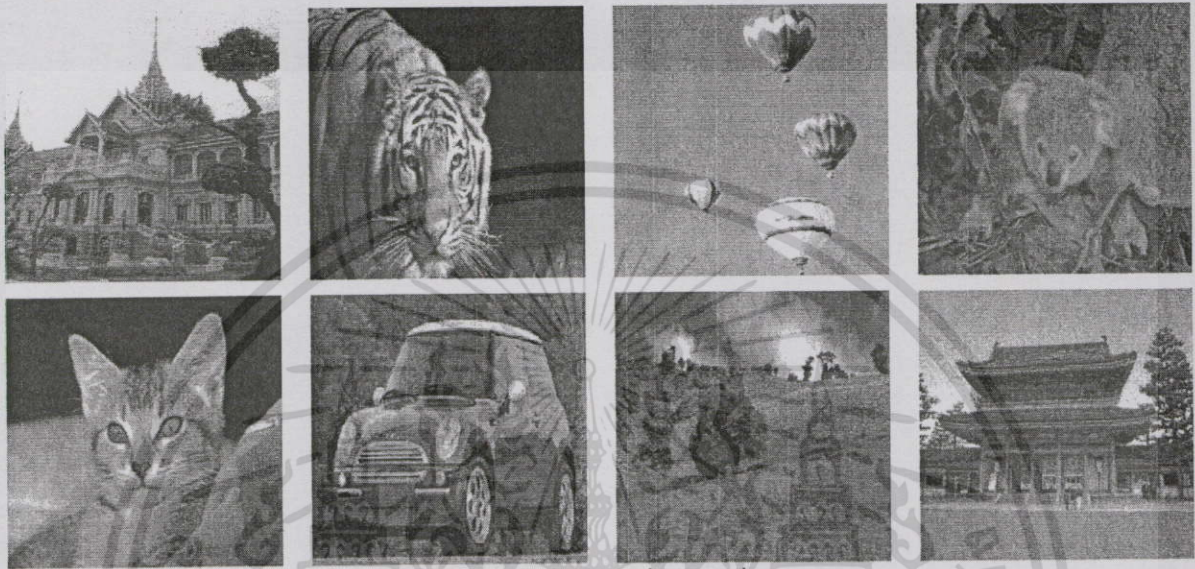
1. ข้อมูลภาพที่มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพ จะเป็นข้อมูลภาพที่ได้จาก Labeled Faces in the Wild [9] โดยนำภาพมาใช้ในการทดลองทั้งหมด 511 ภาพ ซึ่งทุกภาพจะมีขนาด 250×250 จุดภาพ และในแต่ละภาพจะมีพื้นฉากที่ซับซ้อนและแตกต่างกัน ภาพใบหน้าที่ปรากฏอยู่ในภาพส่วนใหญ่จะตั้งฉากกับแนวระนาบ



รูปที่ 4.3 ตัวอย่างภาพที่ได้จาก Labeled Faces in the Wild [9] ที่นำมาใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ข้อมูลภาพสีที่ไม่มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพจะเป็นข้อมูลภาพที่ได้มาจากภาพถ่ายทั่วไป โดยนำภาพมาใช้สำหรับการทดลองทั้งหมด 124 ภาพ ซึ่งทุกภาพจะมีขนาด 250×250 จุดภาพ และในแต่ละภาพจะเป็นภาพของวิวทิวทัศน์ต่างๆ ที่ซับซ้อนและแตกต่างกันไปไม่ว่าจะเป็น ภาพภูเขา ทะเลสาบ ต้นไม้ และยังมีภาพที่เป็นภาพถ่ายของตุ๊กตาหรือภาพของสัตว์ต่างๆ อีกด้วย

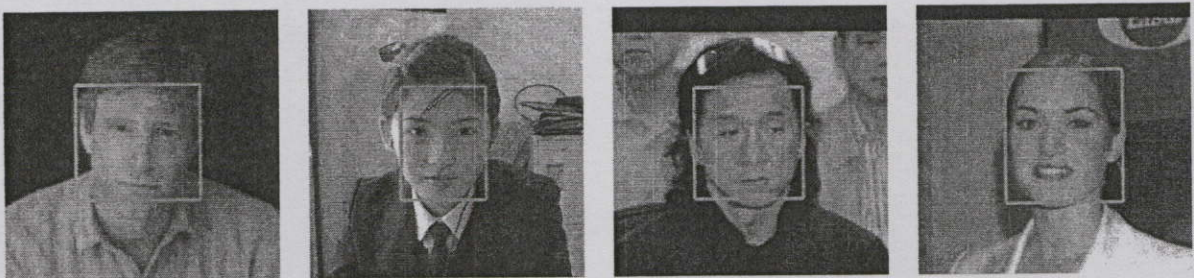


รูปที่ 4.4 ตัวอย่างภาพที่ได้จากภาพถ่ายทั่วไปที่นำมาใช้ในการทดลอง

4.4 ภาพตัวอย่างของผลการทดลอง

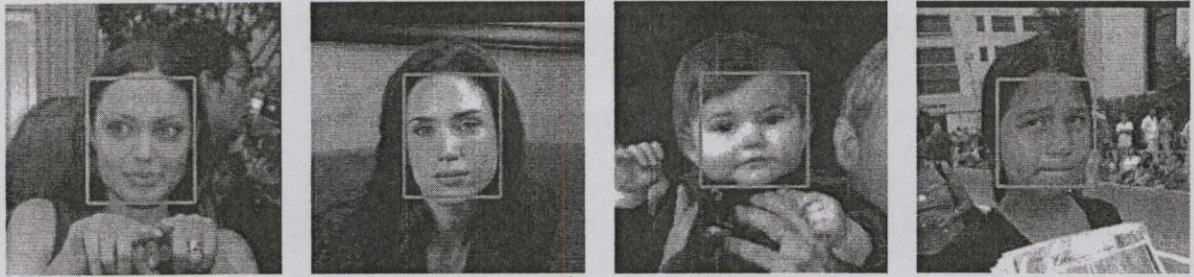
สำหรับผลการทดลองการทำงานขั้นตอนวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังจะเป็นการนำเสนอตัวอย่างของผลการทดลองกับข้อมูลภาพต่างๆ โดยจะเป็นการทดลองกับข้อมูลภาพทั้งหมดจำนวน 635 ภาพ[9] ตามลำดับขั้นตอนการทำงานของแต่ละกระบวนการ ซึ่งได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 3 โดยจะมีตัวอย่างของผลการทดลองดังต่อไปนี้ (พื้นที่ภายในกรอบสี่เหลี่ยมคือพื้นที่ที่ได้รับการบ่งชี้ว่าเป็นบริเวณใบหน้าโดยใช้ขั้นตอนวิธีในบทที่ 3)

4.4.1 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรง



รูปที่ 4.5 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นิยมนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5(ต่อ)

4.4.2 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรงยิ้มหรือหัวเราะ



รูปที่ 4.6 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรงยิ้มหรือหัวเราะ

4.4.3 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าเอียงซ้าย-ขวา หันซ้าย-ขวาและภาพถ่ายหน้าในมุมก้มหรือมุมเงย



รูปที่ 4.7 ภาพตัวอย่างผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าเอียงซ้าย-ขวา หันซ้าย-ขวา และภาพถ่ายหน้าในมุมก้มหรือมุมเงย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7(ต่อ) ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าเอเชียชาย-ขวา
หน้าชาย-ขวาและภาพถ่ายหน้าในหมวกกัมหรือหมวก

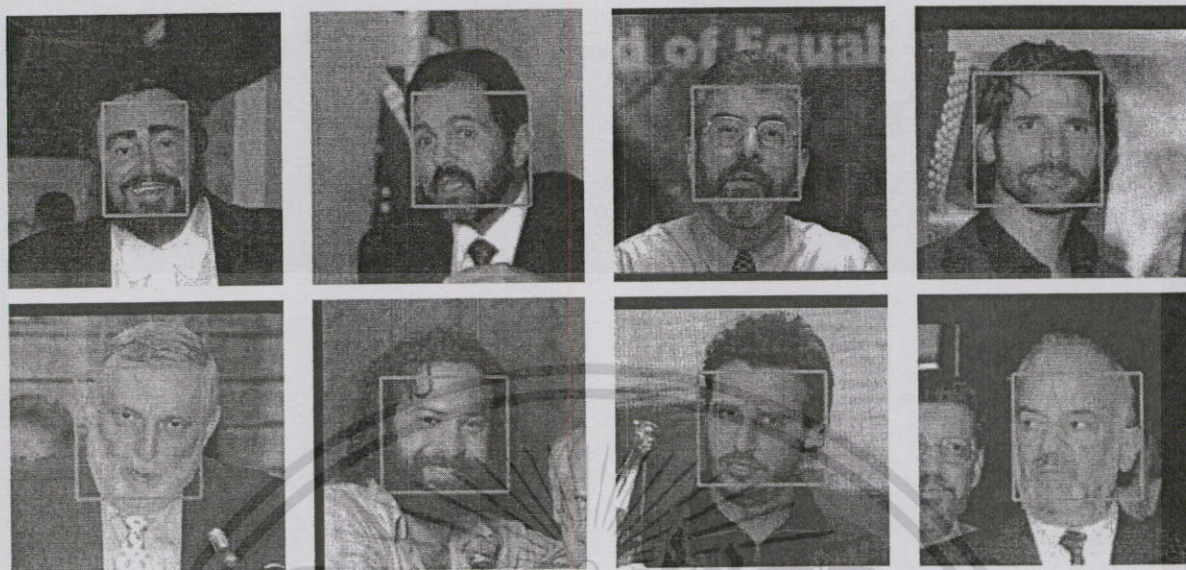
4.4.4 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีสิ่งปิดบังใบหน้า



รูปที่ 4.8 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีสิ่งปิดบังใบหน้า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.5 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีหนวดหรือเคราบนใบหน้า



รูปที่ 4.9 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีหนวดหรือเคราบนใบหน้า

4.4.6 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายสวมหมวกและมีผ้าโพกหรือคลุมหัว



รูปที่ 4.10 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายสวมหมวกและมีผ้าโพกหรือคลุมหัว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.7 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายบุคคลในภาพมากกว่า 1 คน



รูปที่ 4.11 ภาพตัวอย่างของผลการทดลองกับภาพถ่ายบุคคลในภาพมากกว่า 1 คน

4.5 ผลการทดลอง

4.5.1 ความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้า

จากข้อมูลภาพทั้งหมดจำนวน 635 ภาพ [9] ที่นำมาใช้ในการทดลองวิธีการตรวจหาใบหน้า จากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง ในงานวิจัยนี้สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ถูกต้อง 98.24% โดยสามารถตรวจพบใบหน้ามนุษย์ได้ 502 ใบหน้าหน้าจากภาพใบหน้าทั้งหมด 511 ภาพใบหน้า

ตารางที่ 4.1 ความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง

การตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการที่นำเสนอ	ผลการวิเคราะห์			
	ถูกต้อง		ผิดพลาด	
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ข้อมูลภาพสีที่มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพ	502	98.24	9	1.76
ข้อมูลภาพสีที่ไม่มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพ	122	98.39	2	1.61
ข้อมูลภาพทั้งหมด	624	98.27	11	1.73

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง พบว่าสามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ถูกต้องถึง 98.24%

4.5.2 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลการทดลอง

จากผลการทดลองในขั้นตอนที่ 4.4.1 ถึง 4.4.7 จะใช้เวลาในการประมวลผลต่อ 1 ภาพกับ ข้อมูลภาพทั้งหมดจำนวน 635 ภาพ [9] โดยจะนำเสนอเป็นเวลาโดยเฉลี่ย เวลาที่มากที่สุดและเวลาที่ น้อยที่สุดซึ่งแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.2 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล	วินาทีต่อภาพ
น้อยที่สุด	0.48
มากที่สุด	45.78
เฉลี่ย	11.05

จากตารางที่ 4.1 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลการทดลองนั้นจะเห็นว่าระยะเวลาที่ใช้ในการ ประมวลผลที่น้อยที่สุดอยู่ที่ 0.48 วินาทีเนื่องจากภาพที่ทำการทดลองนั้นมีแสงสว่างของภาพที่ เพียงพอทำให้มองเห็นพื้นของฉากหลังได้อย่างชัดเจน อีกทั้งยังเป็นพื้นฉากหลังที่ไม่มีความ ซับซ้อนทำให้สามารถแยกแยะเอาส่วนที่แตกต่างกันของบริเวณผิวหนังและพื้นฉากหลังออกมาได้ อย่างรวดเร็ว อีกทั้งในส่วนของใบหน้านั้นสามารถมองเห็นดวงตาได้ชัดเจนกว่าในส่วนที่ใกล้กับ บริเวณผิวหนังจึงทำให้การใช้ระยะเวลาในขั้นตอนของการหาดวงตานั้นใช้เวลาในการประมวลผล น้อยลงไปด้วยเช่นเดียวกัน



รูปที่ 4.12 ภาพที่ใช้ระยะเวลาการประมวลผลน้อยที่สุดและผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้า

สำหรับระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลมากที่สุดอยู่ที่ 45.78 วินาทีทั้งนี้เนื่องจากภาพที่ทำการทดลองนั้นถึงแม้จะเห็นรายละเอียดของใบหน้าที่เด่นชัดก็ตาม อีกทั้งยังมีพื้นของฉากไม่ซับซ้อน แต่เนื่องจากพื้นฉากที่ไม่มีความซับซ้อนทำให้การหาตำแหน่งของบริเวณผิวหนังกระจายไปทั่วทั้งภาพ และทำให้การใช้ระยะเวลาในขั้นตอนของการหาดวงตานั้นใช้เวลาในการประมวลผลมากขึ้นตาม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไปด้วยเนื่องจากต้องไล่หาทุกเลเบลที่ปรากฏอยู่ในภาพ อีกทั้งภาพเป็นภาพใบหน้าที่มีสิ่งบดบังไม่สามารถเห็นถึงบริเวณใบหน้าที่ถูกต้องทำให้มีผลกับระยะเวลาในการประมวลผลด้วยเช่นกัน



รูปที่ 4.13 ภาพที่ใช้ระยะเวลาการประมวลผลมากที่สุดและผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้า

และนอกจากนี้ภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับภาพในรูปที่ 4.12 และ 4.13 ก็จะทำให้ใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยและมากใกล้เคียงกันไปด้วย

4.5.3 ผลการทดลองแบ่งตามประเภทของข้อมูลภาพ

จากข้อมูลภาพใบหน้าทั้งหมดจำนวน 511 ภาพ [9] ที่นำมาใช้ในการทดลองวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง ในงานวิจัยนี้สามารถแสดงรายละเอียดของความถูกต้องในการตรวจหาใบหน้าโดยแบ่งตามประเภทของข้อมูลภาพได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 การตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง โดยแบ่งตามประเภทของข้อมูลภาพ

การตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการที่นำเสนอ	ผลการวิเคราะห์			
	ถูกต้อง		ผิดพลาด	
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรง	135	98.54	2	1.46
ผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าตรงขี้นหรือหัวเราะ	115	99.14	1	0.86
ผลการทดลองกับภาพถ่ายหน้าเอียงซ้าย-ขวา หันซ้าย-ขวาและภาพถ่ายหน้าในมุมก้มหรือมุมเงย	122	99.19	1	0.81

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3(ต่อ)

การตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการที่นำเสนอ	ผลการวิเคราะห์			
	ถูกต้อง		ผิดพลาด	
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
ผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีสิ่งปิดบังใบหน้า	40	90.90	4	9.10
ผลการทดลองกับภาพถ่ายที่มีหนวดหรือเคราบนใบหน้า	29	100	0	0.00
ผลการทดลองกับภาพถ่ายสวมหมวกและมีผ้าโพกหรือคลุมหัว	28	100	0	0.00
ผลการทดลองกับภาพถ่ายบุคคลในภาพมากกว่า 1 คน	33	97.06	1	2.94
ผลการทดลองกับข้อมูลภาพทั้งหมด	502	98.24	9	1.76

จากตารางที่ 4.3 แสดงผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพโดยใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังโดยแบ่งตามประเภทของข้อมูลภาพพบว่าสามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ถูกต้องในทุกประเภทข้อมูลภาพมากกว่า 90% ซึ่งผลการทดลองกับข้อมูลภาพทั้งหมดสามารถตรวจหาใบหน้าได้ถูกต้อง 98.24%

4.6 ผลการเปรียบเทียบของการทดลอง

4.6.1 ผลการทดลองเปรียบเทียบความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้า

ผลการเปรียบเทียบของผลการทดลองกับงานวิจัยในการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี Kapur [10, 11] โดยการใช้ข้อมูลภาพใบหน้าทั้งหมด 635 ภาพ โดยจะเป็นภาพที่มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพ 511 ภาพและไม่มีภาพใบหน้าอยู่ 124 ภาพ ซึ่งจะได้ผลการเปรียบเทียบของการทดลองดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ความถูกต้องของการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ และบริเวณผิวหนังเปรียบเทียบกับวิธีการของ Kapur

วิธีการตรวจหาใบหน้า	ผลการวิเคราะห์			
	ถูกต้อง		ผิดพลาด	
	จำนวน	เปอร์เซ็นต์	จำนวน	เปอร์เซ็นต์
วิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง	624	98.27	11	1.73
วิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพของ Kapur	411	64.72	224	35.28

จากตารางที่ 4.4 แสดงผลการตรวจหาใบหน้าด้วยวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังเปรียบเทียบกับวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี่ของ Kapur จะพบว่าวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ถูกต้อง 98.27% ซึ่งให้ความถูกต้องมากกว่าวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพสี่ของ Kapur ซึ่งตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ถูกต้อง 64.72% และนอกจากนี้ ผลลัพธ์ของการตรวจหาใบหน้าที่ได้จากงานวิจัยของ Kapur ยังมีขอบเขตของภาพผลลัพธ์ของใบหน้าที่จะได้ส่วนของลำคอ, ไหล่หรือแขนปรากฏอยู่กับภาพที่เป็นผลลัพธ์ ซึ่งเป็นส่วนเกินติดมากับภาพอีกด้วย ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาใบหน้าที่ได้จากงานวิจัยของ Kapur (ซ้าย) ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง (ขวา)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.6.2 ผลการทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

การทดลองเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล โดยจะทำการวัดในขั้นตอนที่ 4.6.1 ซึ่งใช้ข้อมูลภาพใบหน้าทั้งหมด 635 ภาพในการประมวลผล และทำการวัดผลการทดลองของงานวิจัยของ Kapur กับงานวิจัยการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง โดยจะแสดงผลการเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลในตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังเปรียบเทียบกับวิธีการของ Kapur

วิธีการตรวจหาใบหน้า	ระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผล (วินาทีต่อภาพ)		
	น้อยที่สุด	มากที่สุด	เฉลี่ย
วิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง	0.48	45.78	11.05
วิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพสีของ Kapur	3.69	119.02	26.17

ตารางที่ 4.5 การเปรียบเทียบระยะเวลาที่ใช้ในการประมวลผลกับงานวิจัยของการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังจะใช้เวลาน้อยที่สุด 0.48 วินาทีต่อภาพ ใช้เวลามากที่สุด 45.78 วินาทีต่อภาพ และใช้เวลาโดยเฉลี่ย 11.05 วินาทีต่อภาพ ซึ่งจะใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยกว่างานวิจัยของ Kapur ที่ใช้เวลาน้อยสุด 3.69 วินาทีต่อภาพ ใช้เวลามากที่สุด 119.02 วินาทีต่อภาพและใช้เวลาโดยเฉลี่ย 26.17 วินาทีต่อภาพ ซึ่งจะเห็นว่างานวิจัยของการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังนั้นจะใช้เวลาน้อยกว่า ทำให้มีประสิทธิภาพในการประมวลผลที่เร็วกว่านั่นเอง

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลและวิเคราะห์ผลการทดลอง

วิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังที่ได้เสนอไว้ในบทที่ 3 นั้นจะเป็นใช้แนวคิดของการตรวจหาบริเวณผิวหนัง [2, 3, 4] ทั้งหมดที่ปรากฏอยู่ในภาพ หลังจากนั้นจึงทำการตรวจหาตำแหน่งของดวงตา [14] ที่ปรากฏขึ้นในแต่ละเลเบลของบริเวณผิวหนังที่อยู่ในภาพ แล้วจึงใช้การคำนวณหาตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์ในทุกเลเบลของบริเวณผิวหนังที่ตรวจพบว่ามีดวงตาเพื่อใช้เป็นตำแหน่งในการอ้างอิงสำหรับหาบริเวณพื้นที่ที่เป็นส่วนของใบหน้า สุดท้ายเป็นการหาตำแหน่งของใบหน้าโดยใช้จุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังเพื่อใช้ในการกำหนดขอบเขตของใบหน้าที่ปรากฏในภาพ ซึ่งงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การหาตำแหน่งและขอบเขตของใบหน้าจากภาพ เพื่อให้ได้ผลลัพธ์ที่เป็นบริเวณพื้นที่ของใบหน้าโดยไม่มีส่วนของลำคอ, แขน, หัวไหล่หรือส่วนของผิวหนังส่วนอื่นติดมากับภาพที่เป็นผลลัพธ์ด้วย โดยจะสามารถนำผลลัพธ์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้จริงกับระบบการรู้จำใบหน้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ผลการทดลองที่ผ่านมาในบทที่ 4 ซึ่งใช้ข้อมูลภาพในการทดลองทั้งหมดจำนวน 635 ภาพ [9] ที่นำมาใช้ในการทดลองวิธีการตรวจหาใบหน้าจากภาพ โดยจะใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนัง ซึ่งงานวิจัยนี้สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ถูกต้อง 98.24% โดยสามารถตรวจพบใบหน้ามนุษย์ได้ 502 ใบหน้า จากภาพใบหน้าทั้งหมด 511 ภาพใบหน้า และใช้ระยะเวลาในการประมวลผลน้อยที่สุด 0.48 วินาทีต่อภาพ และมากที่สุด 45.78 วินาทีต่อภาพตามลำดับ โดยงานวิจัยนี้ยังแสดงให้เห็นว่าผลลัพธ์ของภาพใบหน้าที่ได้ไม่มีส่วนเกินต่างๆ ที่ไม่ใช่ส่วนของบริเวณใบหน้าติดมากับผลลัพธ์ด้วย อีกทั้งยังสามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้มากกว่า 95%

โดยที่ข้อจำกัดของการตรวจหาใบหน้าของมนุษย์ด้วยการใช้ตำแหน่งของจุดเซนทรอยด์และบริเวณผิวหนังที่ได้นำเสนอในงานวิจัยนี้ก็คือ การที่ใบหน้าที่ปรากฏในภาพมีสิ่งบดบังแล้วทำให้บริเวณผิวหนังที่เป็นส่วนของใบหน้าถูกบดบังไปด้วยหรือถูกแบ่งออกเป็นอีกเลเบล อาทิเช่น การที่ภาพใบหน้าที่มีแว่นตาคำขนาดใหญ่แบ่งส่วนของใบหน้าระหว่างหน้าผากกับได้จุมกลงมาจนถึงบริเวณคาง หรือมีผ้าคาดผ่านบริเวณปากหรือจุกทำให้บริเวณผิวหนังที่เป็นส่วนของใบหน้าแยกออกจากกัน หรือมีวัตถุอื่นๆ มาบดบังโดยที่บดบังจนทำให้เห็นใบหน้าด้านซ้ายหรือขวาด้านใดด้านหนึ่งเพียงด้านเดียว ก็อาจทำให้ระบบไม่สามารถตรวจหาภาพใบหน้าที่ดังกล่าวได้

และหากภาพที่นำมาพิจารณานั้นมีแสงสว่างมากเกินไปจนทำให้บริเวณผิวหนังในส่วนของใบหน้ากลมกลืนไปกับพื้นฉาก หรือภาพที่มีผลกระทบจากแสงและเงามากเกินไปจนทำให้ไม่สามารถหาบริเวณผิวหนังได้ทั้งหมด จะทำให้ไม่สามารถตรวจหาส่วนของภาพที่เป็นบริเวณใบหน้าได้เช่นเดียวกัน

นอกจากนี้หากภาพใบหน้าบริเวณดวงตาหรือบริเวณรอบดวงตาถูกบดบังแล้วทำให้ไม่สามารถหาคุณลักษณะของดวงตาได้แล้ว ก็จะทำให้ไม่สามารถกำหนดจุดเซนทรอยด์เพื่อหาขอบเขตของใบหน้าได้เช่นกัน

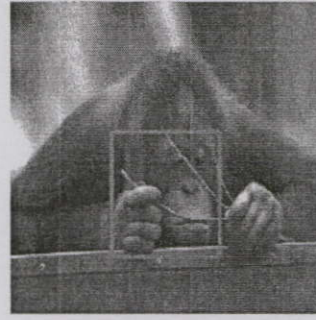


รูปที่ 5.1 ตัวอย่างของภาพที่ไม่สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ (A)ภาพใบหน้าที่มีสิ่งบดบัง (B)ภาพที่มีแสงเงามากเกินไป (C)ภาพที่มีแสงสว่างมากเกินไป

อีกทั้งหากภาพที่นำมาพิจารณามีการตกแต่งภาพที่เกี่ยวกับการตกแต่งสีของภาพ อาทิเช่น การตกแต่งภาพจากขาวดำมาเป็นภาพสีก็จะทำให้ระบบไม่สามารถหาบริเวณผิวหนังที่ถูกต้องออกมาได้ และในกรณีของภาพต่างๆ ไปที่ไม่มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพ หากภาพที่นำมาพิจารณานั้นมีบริเวณสีที่ใกล้เคียงกับสีผิวของมนุษย์และมีตำแหน่งที่มีคุณลักษณะคล้ายคลึงกับดวงตาก็จะทำให้ภาพนั้นๆ มีการตรวจพบบริเวณของใบหน้าได้เช่นเดียวกันถึงแม้ว่าจะไม่มีใบหน้าปรากฏอยู่ในภาพก็ตาม



(A)



(B)

รูปที่ 5.2 ตัวอย่างของภาพที่ไม่สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าได้ (A)ภาพที่ผ่านการตกแต่งสี (B)ภาพที่มีสีและตำแหน่งของตาคล้ายกับภาพที่มีใบหน้า

5.2 แนวทางการพัฒนางานวิจัย

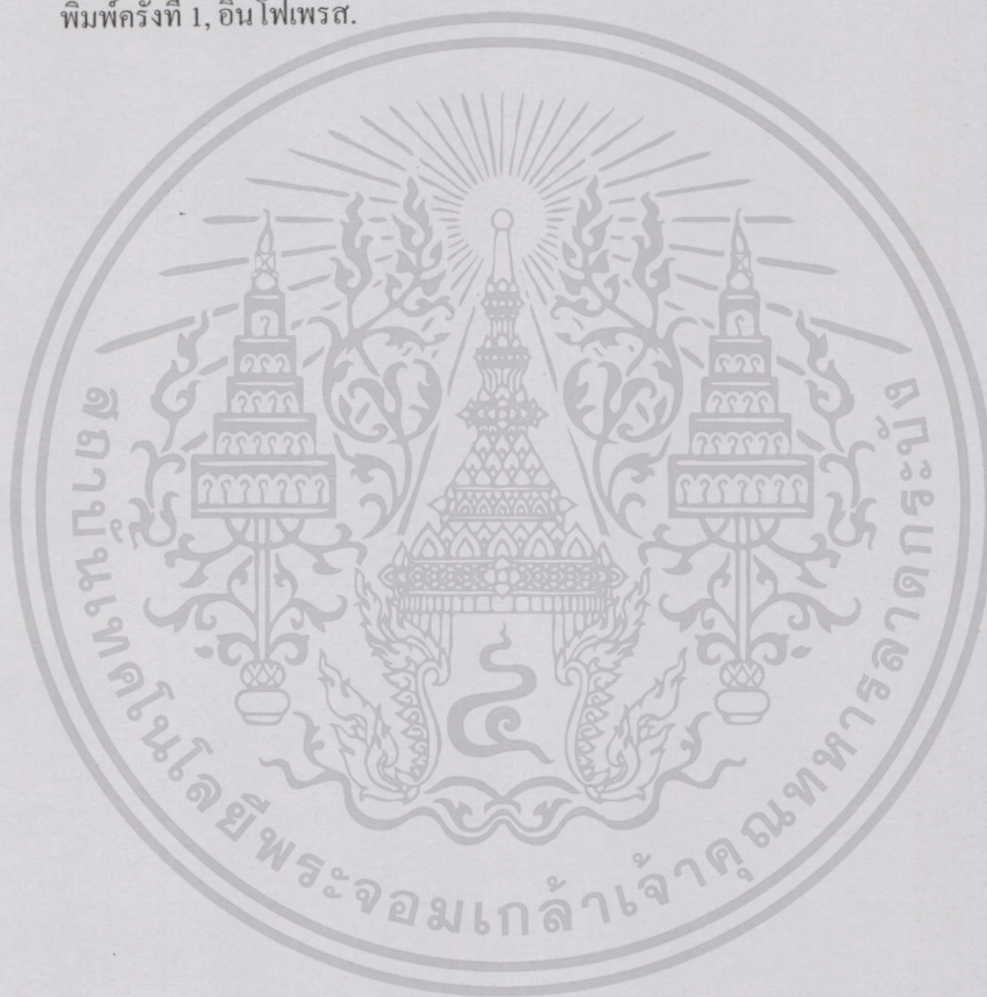
1. ปรับปรุงวิธีการตรวจหาบริเวณผิวหนังให้สามารถตรวจหาบริเวณผิวหนังได้ถูกต้องมากยิ่งขึ้น โดยทำให้สามารถที่จะตรวจหาส่วนของภาพที่มีผลกระทบกับแสงเงาได้ดีขึ้น
2. ปรับปรุงเงื่อนไขในขั้นตอนการตรวจหาตำแหน่งของดวงตาที่ปรากฏบนใบหน้า การจับคู่เลเบลที่คาดว่าเป็นดวงตา เพื่อให้สามารถตรวจหาตำแหน่งของดวงตาให้ถูกต้องยิ่งขึ้น และปรับปรุงให้ใช้เวลาในการประมวลผลน้อยลงเนื่องจากเป็นกระบวนการที่ตรวจหาในทุกเลเบลทำให้ใช้เวลาการประมวลผลมากกว่าขั้นตอนอื่นๆ นอกจากนี้ยังปรับปรุงเพื่อให้สามารถตรวจหาลักษณะเด่นอื่นๆ ที่ปรากฏบนใบหน้า อาทิเช่น จมูก, คิ้วและปาก เป็นต้น
3. ปรับปรุงให้สามารถตรวจหาตำแหน่งของใบหน้าที่ไม่ตั้งฉากกับแนวระนาบให้สามารถตรวจหาใบหน้าได้หากภาพใบหน้านั้นๆ มีการทำมุมมากกว่า 30 องศากับแนวระนาบ และปรับปรุงให้สามารถตรวจพบใบหน้าหากมีการหันไปด้านซ้ายหรือขวาด้านใดด้านหนึ่งในระยะ 90 องศา

เอกสารอ้างอิง

- [1] Chung H. and Ching C., **Human Facial Feature Extraction for Face Interpretation and Recognition**. Pattern Recognition, Vol. 25, No. 12, 1992. pp. 1435-1444.
- [2] Fleck Margaret M. and Forsyth David A., **Automatic Detection of Human Nudes**. Boston : Kluwer Academic Publishers. 1999.
- [3] Fleck Margaret M. Forsyth David A. and Bregler, Chris, **Finding Naked People**. 1996 European Conference on Computer Vision, Vol. 2, 1996. pp. 592-602.
- [4] Forsyth David A. and Fleck Margaret M., **Identifying nude pictures**. IEEE Workshop on the Applications of Computer Vision, 1996. pp. 103-108.
- [5] Gloria C. and Xiaobo L., **Towards a System for Automatic Facial Feature Detection**. Pattern Recognition, Vol. 27, No. 1, 1994. pp. 53-63.
- [6] Gonzalez Rafael C. and Woods Richard E., **An Introduction to Matrix Manipulation in Matlab**. Upper Saddle River, NJ : Prentice Hall. 2000.
- [7] Gonzalez Rafael C. and Woods Richard E., **Digital Image Processing**, Second Edition, Prentice Hall, 2001.
- [8] Guangzheng Y. and Thomas H., **Human Face Detection in a Complex Background**. Pattern Recognition, Vol. 25, No. 12, 1992. pp. 1435-1444.
- [9] Huang Gary B., Ramesh Manu, Berg Tamara and Learned-Miller Erik, **Labeled Faces in the Wild: A Database for Studying Face Recognition in Unconstrained Environments**. [Online]. Available : <http://vis-www.cs.umass.edu/lfw/>. 2007.
- [10] Kapur, Jay P., **Face Detection in Color Images**. REU Final Report, May-Aug. 2005. pp. 29-38.
- [11] Kapur, Jay P., **Face Detection in Color Images**. [Online]. Available : <http://www.geocities.com/jaykapur/face.html>. 2006.
- [12] Nordstrom Michael M., Larsen Mads, Sierakowski Janusz and Stegmann Mikkel B., **The IMM Face Database: An Annotated Dataset of 240 Face Images**. [Online]. Available : <http://www2.imm.dtu.dk/~aam/>. 2006.
- [13] Rowley H., Baluja S. and Kanade T., **Neural Network-Based Face Detection**. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20, No. 1, January 1998. pp. 23-38.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Tao L. and Kwan H. K., **Automatic Localization of Human Eyes in Complex Background**. IEEE International Symposium on Publication, Vol. 5, May 2002. pp. 669-672.
- [15] Yang Ming-Hsuan Kriegman, David J. and Ahuja Narendra, **Detecting Face in Images : A Survey**. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 24, No. 1, January 2002.
- [16] รศ.ดร. มนต์ สัจวรศิลป์และวรรรัตน์ ภัทรอมรกุล, **คู่มือการใช้งาน Matlab ฉบับสมบูรณ์**. พิมพ์ครั้งที่ 1, อินโฟเพรส.



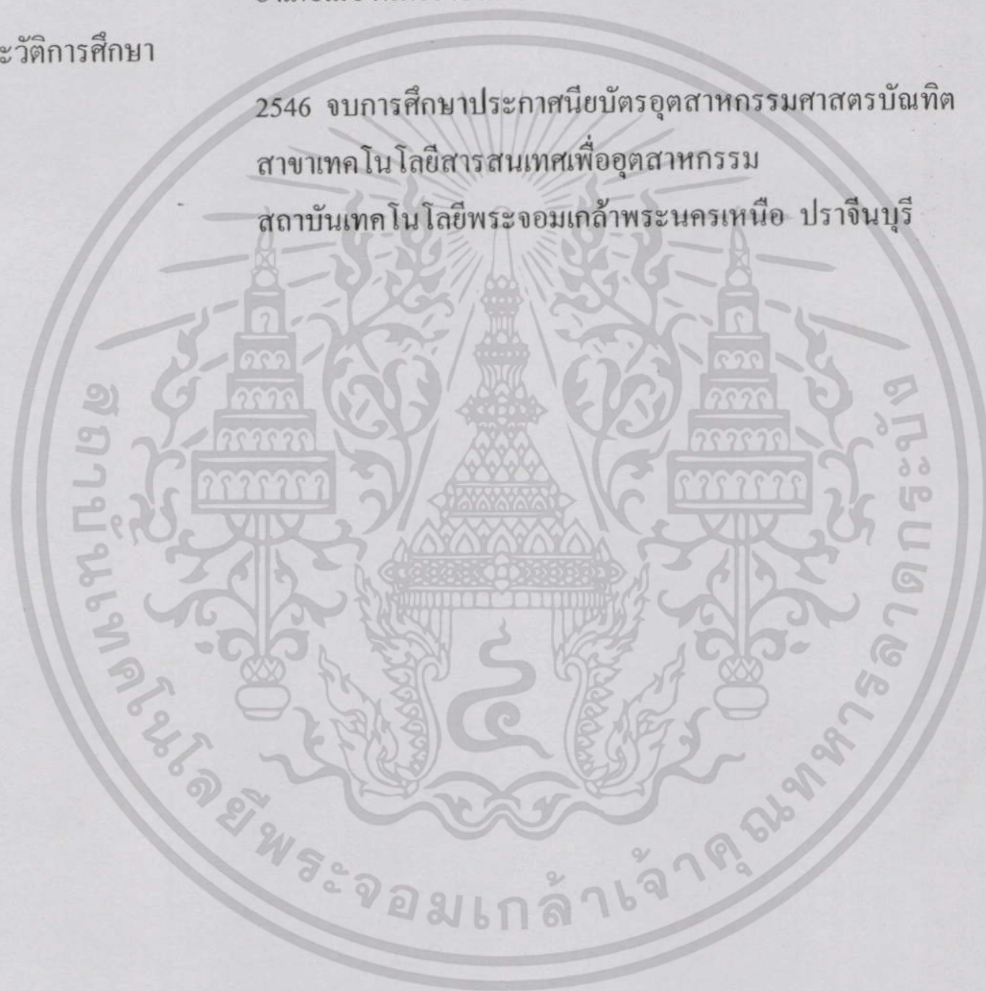
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - สกุล นายสุเมธ รัตนจันทร์
 วัน เดือน ปีเกิด 21 มีนาคม 2523
 ที่อยู่ 170 ถนนปิ่นทอง ซอย 2 ตำบลในเมืองนครราชสีมา
 อำเภอเมืองนครราชสีมา จังหวัดนครราชสีมา 30000

ประวัติการศึกษา

2546 จบการศึกษาประกาศนียบัตรอุตสาหกรรมศาสตรบัณฑิต
 สาขาเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่ออุตสาหกรรม
 สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ปรานีบุรี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้