

การตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล: ดวงตา & ปาก

Approach to Human Face Components Detection: Eyes & Mouth

สุจิตรา อุดมย์เกษม, จิตดำรง ปรีชาสุข, ชนิกา สันติวัฒนธรรม, น้ำพุ ทัพย์สถานสมบัติ

ภาควิชาคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร

suchitra@su.ac.th, jitdumrong@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีใหม่สำหรับการตรวจจับใบหน้าบุคคล และตรวจจับบริเวณของดวงตา และปากซึ่งอยู่ในใบหน้าบุคคล วิธีการตรวจจับใบหน้าบุคคลใช้การตรวจจับบริเวณสีผิว โดยอาศัยแบบจำลองสีผิว (Skin Color Model) และสำหรับวิธีการตรวจจับบริเวณที่เป็นดวงตาและปากโดยอาศัยความรู้จากแบบจำลองใบหน้าบุคคล (Human Face Model) ผลการทดลองวิธีที่นำเสนอสำหรับการตรวจจับใบหน้าบุคคลได้ความถูกต้อง 86.03% และความถูกต้องของการตรวจจับบริเวณซึ่งเป็นดวงตาและปากจากใบหน้าบุคคล 91.88% จากเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องทำให้เชื่อมั่นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอเหมาะสมอย่างยิ่งสำหรับไปประยุกต์ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพและเชื่อถือได้

คำสำคัญ : การตรวจจับตา, การตรวจจับปาก, การตรวจจับใบหน้าบุคคล, การรู้จำใบหน้าบุคคล, แบบจำลองสีผิวบุคคล

Abstract

This research proposes a novel algorithm for human face detection and algorithm for human eyes and mouth region detection. The human face can be detected by using the skin color model. The eyes and mouth can be detected depending on the human face model. According to the experimental result of the proposed method, the accuracy for human face detection is 86.03% and the accuracy of

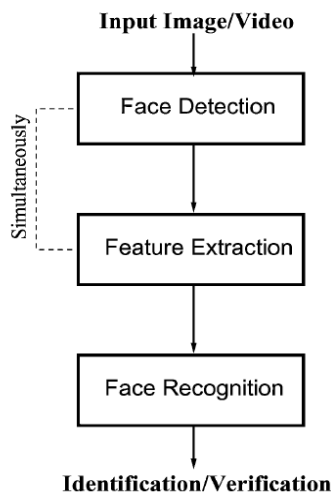
human eyes and mouth region detection is 91.88%. The proposed approach can be applied effectively and trustworthily.

Keywords: Eyes Detection, Mouth Detection, Human Face Detection, Face Recognition, Human Skin Color Model

1. บทนำ

ปัจจุบันเทคโนโลยีการรู้จำไบโอเมตริกซ์ (Biometric Recognition) ได้ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น ถูกนำไปประยุกต์ใช้งานในระบบการรักษาความปลอดภัย[1] ด้วยการใช้ลักษณะทางไบโอเมตริกซ์เพื่อพิสูจน์ยืนยันบุคคล (Verification) และระบุตัวบุคคล (Identification) ทำให้ได้ระบบการรักษาความปลอดภัยที่มีระดับความปลอดภัยสูงมากขึ้น [1-3] ตัวอย่างของลักษณะไบโอเมตริกซ์ เช่น ใบหน้า (Face), ลายพิมพ์นิ้วมือ (Fingerprint) ฯลฯ

การพิสูจน์บุคคลโดยใช้ใบหน้าเป็นวิธีการที่มีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆหลากหลาย เช่น การบันทึกความปลอดภัย กฎหมาย อาชญากรรม ฯลฯ [2,4] โดยมีขั้นตอนการทำงานที่สำคัญคือ การตรวจจับใบหน้า (Face detection), การสกัดลักษณะบนใบหน้า (Feature Extraction) และ การรู้จำใบหน้า (Face Recognition) [4] ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1: ขั้นตอนการพิสูจน์ใบหน้าบุคคล [4]

ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการพิสูจน์ใบหน้าบุคคล โดยที่ความเชื่อถือได้ (Reliability) ของการตรวจจับใบหน้า และการสกัดคุณลักษณะบนใบหน้าส่งผลต่อประสิทธิภาพ และความถูกต้องของการรู้จำใบหน้า [2]

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการใหม่ทำการตรวจจับองค์ประกอบของภาพใบหน้าบุคคล คือ ดวงตา และปาก ที่ให้ความแม่นยำ ถูกต้อง และมีประสิทธิภาพ โดยงานวิจัยมีการกำหนดให้ระบบทำการรับข้อมูลเข้าในรูปของภาพถ่ายใบหน้าบุคคลที่มีอายุตั้งแต่ 18 ปีขึ้นไป 1 ใบหน้าต่อ 1 ภาพ และเป็นภาพสีและเป็นภาพด้านหน้าตรงช่วงเหนือลำคอขึ้นไปไม่สวมแว่นตาหรือหมวก

2. วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนนี้แนะนำเสนอการรู้จำใบหน้าบุคคล และตรวจจับใบหน้าบุคคล และงานวิจัยที่เกี่ยวกับการตรวจจับใบหน้าบุคคล

2.1 การรู้จำใบหน้าบุคคล และตรวจจับใบหน้าบุคคล (Human Face Recognition and Detection)

เทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ถูกนำไปประยุกต์ใช้ในงานหลายด้าน ไม่ว่าจะเป็นด้านการพาณิชย์, ด้านรัฐบาล, และด้านนิติวิทยาศาสตร์[1] การนำเทคโนโลยีไบโอเมตริกซ์ไปใช้มีวัตถุประสงค์สำคัญ คือ การรักษาความปลอดภัย [3] ด้วยการควบคุมการเข้าใช้ระบบ หรือควบคุมการผ่านเข้า-ออก อาคาร

สถานที่ โดยกำหนดให้มีการตรวจสอบบุคคลที่ต้องการเข้าไปใช้ระบบด้วยการตรวจสอบ, แยกแยะสิ่งมีชีวิตโดยวัดคุณลักษณะของสิ่งมีชีวิตนั้นๆ เพื่อวัตถุประสงค์ในการบ่งชี้สิ่งมีชีวิต (Identification) หรือพิสูจน์ (Verification) [1]

ใบหน้าบุคคลเป็นไบโอเมตริกซ์ทางกายภาพ ที่ให้ความถูกต้องสูง [1] ดังแสดงในตารางที่ 1 จึงมีความเหมาะสมในการนำไปใช้ในการพิสูจน์ หรือบ่งชี้บุคคล

ตารางที่ 1: คุณลักษณะของใบหน้า [1]

Biometric Identifier	Ease of use	Accuracy	User Acceptance	Required Security Level	Long Term Stability	M = Medium H = High
Face	M	H	M	M	M	

การพิสูจน์ใบหน้าบุคคลประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญคือ การตรวจจับบริเวณใบหน้า (Face Detection), การสกัดลักษณะบนใบหน้า (Face Feature Extraction) และการรู้จำใบหน้า (Face Recognition) [3]

การตรวจจับบริเวณใบหน้ามีวัตถุประสงค์หลักเพื่อหาบริเวณซึ่งเป็นบริเวณของใบหน้าบุคคลที่อยู่ในรูปภาพหรือวิดีโอ ซึ่งวิธีการตรวจจับใบหน้าในรูปภาพแบ่งเป็น 4 วิธี [5] ดังนี้คือ วิธีอาศัยความรู้[6] (Knowledge-based Method), วิธีการไม่เปลี่ยนแปลงของลักษณะ[6] (Feature Invariant Method), วิธีการจับคู่โดยอาศัยต้นแบบ[6] (Template Matching Method) และวิธีอาศัยหลักการพื้นฐานจากภาพที่ปรากฏ[6] (Appearance-based Method)

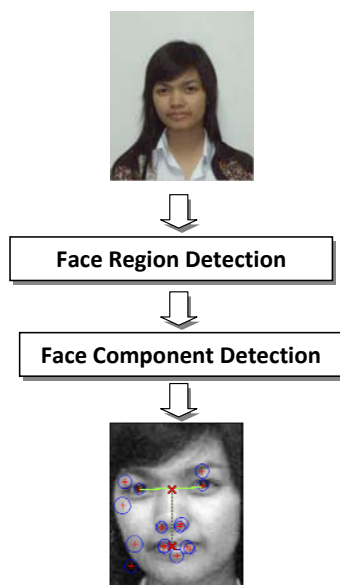
2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจจับใบหน้าบุคคล (Related Research on Human Face Detection)

งานวิจัยซึ่งทำการตรวจจับใบหน้าบุคคล[7] นำเสนอวิธีการตรวจจับใบหน้าด้วยวิธีการ Eigenface ร่วมกับ Neural Network โดยวิธี Eigenface ใช้สำหรับค้นหาบริเวณที่คาดว่าจะใบหน้า และ Neural network จะช่วยยืนยันบริเวณที่คาดว่าจะใบหน้าบุคคลซึ่งได้จากการทำ Eigenface โดยงานวิจัยนี้มีปัญหาในเรื่องของเวลาสำหรับการค้นหาคำตอบ งานวิจัย [8] เสนอวิธีการตรวจจับดวงตาจากรูปภาพใบหน้าที่ย้ายหน้าตรงโดยวิธี Rectangle Features และ Pixel-pattern-based Texture

Feature วิธีนี้ยังไม่สามารถทำการตรวจจับบริเวณตาเมื่อดวงตาปิด และงานวิจัย[9] เสนอวิธีการตรวจจับดวงตาบนใบหน้าที่ได้จากรูปภาพซึ่งเป็น Gray Image ซึ่งวิธีนี้เกิดจากการรวมกันของวิธี Feature-based และ Template-based งานวิจัยนี้มีข้อจำกัดในเรื่องของถ้ามีสิ่งที่มาบดบังใบหน้าจะทำให้ไม่สามารถตรวจจับดวงตาได้ งานวิจัย[10] นำเสนอการตรวจจับปากโดยสามารถหาตำแหน่งของริมฝีปากบนและล่าง และตำแหน่งด้านซ้ายและขวาของริมฝีปาก โดยใช้วิธีการรวมกันของตัวตรวจจับ และใช้วิธีการของกฎสำหรับการตรวจจับลักษณะของปาก

3. การตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล

การทำงานของระบบประกอบไปด้วยขั้นตอนการทำงานที่สำคัญ 2 ขั้นตอนคือ การเลือกบริเวณของภาพที่เป็นใบหน้าบุคคล (Face region detection) และ การตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล (Face component detection)



ภาพที่ 2: ขั้นตอนการตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล

3.1 การตรวจจับบริเวณภาพใบหน้าบุคคล

ภาพใบหน้าบุคคลที่ระบบรับเข้ามา จะถูกนำไปปรับปรุงคุณภาพของใบหน้าบุคคล ด้วยการใช้แบบจำลองการตรวจจับสีผิว (Skin Color Model) ที่นำภาพที่รับเข้าเป็นภาพสี RGB แปลงเป็นโมเดลสีแบบ YCbCr [2,11] โดยใช้สมการ คือ

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

$$Cb = 128 - (0.148 * R) - (0.291 * G) + (0.439 * B)$$

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

โดยที่ค่า Y คือ ค่า Component ของแสง
Cb คือ ค่า Component ของค่าสีฟ้า
Cr คือ ค่า Component ของค่าสีแดง
R คือ ค่าสีแดง
G คือ ค่าสีเขียว
B คือ ค่าสีฟ้า

จากนั้นค่าองค์ประกอบของ Y และ Cb ออกจากภาพเพื่อให้ได้ภาพที่มีเฉพาะองค์ประกอบของ Cr ซึ่งเป็นบริเวณที่เป็นสีผิว และทำการปรับภาพให้เรียบโดยใช้เทคนิค Dilation ตามด้วยเทคนิค Erosion ซึ่งเป็นการทำ Opening [12] ดังตัวอย่างในภาพที่ 3



ก. ข. ก.

ภาพที่ 3: การปรับปรุงคุณภาพของภาพใบหน้าบุคคล

ก. ภาพก่อนการปรับปรุงคุณภาพ
ข. ภาพหลังจากการทำ Skin Color Model
ก. ภาพหลังจากการทำ Opening

ภาพใบหน้าบุคคลที่ผ่านการปรับปรุงคุณภาพเรียบร้อยแล้ว จะถูกนำมาเลือกบริเวณของภาพที่เป็นใบหน้าบุคคล โดยการใช้ Labeling Image [13] และทำการตัดรูปภาพส่วนที่เป็นใบหน้า จะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 4



ภาพที่ 4: ผลลัพธ์ที่ได้จากการตรวจจับบริเวณภาพใบหน้าบุคคล

3.2 การตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล

การตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล เป็นการหาองค์ประกอบต่างๆ บนใบหน้า เช่น ตา และ ปาก โดยมีขั้นตอน

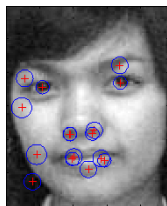
การทำงานที่สำคัญคือ การหาตำแหน่งดวงตา(Eyes Localization) และ การหาตำแหน่งปาก (Mouth Localization)

3.2.1 การหาตำแหน่งดวงตา (Eyes Localization)

การหาตำแหน่งดวงตาบนภาพใบหน้าบุคคล ประกอบด้วย 2 ขั้นตอนย่อยที่สำคัญดังนี้

3.2.1.1 การหาองค์ประกอบที่เป็นวงกลมบนใบหน้า

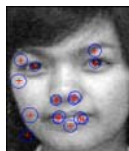
เนื่องจากดวงตามีลักษณะคล้ายวงกลม วิธีการที่นำเสนอจึงนำ Circle Hough Transform (CHT) [17] เข้ามาช่วยในการคัดกรองวงกลมที่ปรากฏในบริเวณของภาพส่วนที่เป็นใบหน้าบุคคล โดยวงกลมที่คัดกรองได้นี้คือบริเวณที่คาดว่าเป็นดวงตา



ภาพที่ 5: ผลลัพธ์ที่ได้จากการทำ Circular Hough Transform

3.2.1.2 การกำหนดตำแหน่งที่แท้จริงของดวงตา

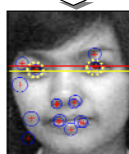
ผลลัพธ์ที่ได้จากการคัดกรองวงกลมบนภาพใบหน้าบุคคล จะได้วงกลมบนภาพใบหน้าซึ่งเป็นวงกลมที่เป็นดวงตา และวงกลมที่ไม่ใช่ดวงตา โดยวิธีการที่นำเสนอมีขั้นตอนที่ใช้ในการพิจารณาเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แท้จริงของดวงตา แสดงในภาพที่ 6



Circle Component on Face Image

Candidate Eye Region Selection

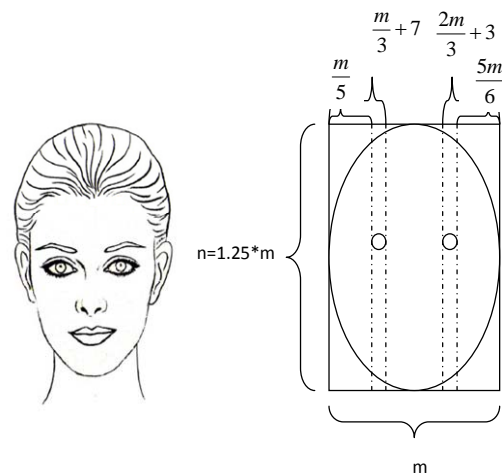
Valid Eye Region Selection



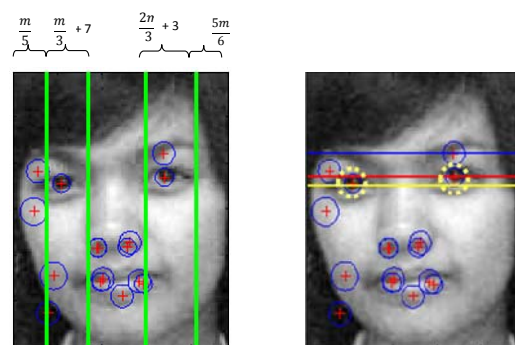
Valid Eyes

ภาพที่ 6: ขั้นตอนการหาตำแหน่งที่แท้จริงของดวงตา

1) การคัดเลือกบริเวณของภาพที่เป็นดวงตา (Candidate Eyes Region Selection) ระบบที่นำเสนอใช้โครงสร้างใบหน้า [15] ช่วยในการพิจารณาโดยที่งานวิจัยได้ทำการทดลองหาค่า Threshold ของขอบเขตส่วนที่เป็นดวงตาทั้งสองข้าง ภาพที่ 7 แสดงแบบจำลองใบหน้าบุคคลที่งานวิจัยนี้ใช้ในการทำงาน เมื่อกำหนดให้ m คือ ความกว้างของใบหน้าบุคคล และ n คือ ความยาวของใบหน้าบุคคล ทำให้ได้ผลลัพธ์ดังแสดงในภาพที่ 8 ก



ภาพที่ 7: ขอบเขตส่วนที่เป็นดวงตา



ภาพที่ 8: ตัวอย่างการพิจารณาคำแหน่งที่แท้จริงของดวงตา

ก. การคัดเลือกบริเวณของภาพที่เป็นดวงตา

ข. การคัดเลือกดวงตาที่แท้จริง

2) การคัดเลือกดวงตาที่แท้จริง (Valid Eyes Region Detection) วิธีที่นำเสนอใช้ขั้นตอนวิธีในภาพที่ 9 พิจารณาเพื่อให้ได้ตำแหน่งที่แท้จริงของดวงตาทั้ง 2 ข้าง ภาพที่ 8ข. แสดงผลลัพธ์ที่ได้จากการทำงานตามขั้นตอนวิธีในภาพที่ 9

```

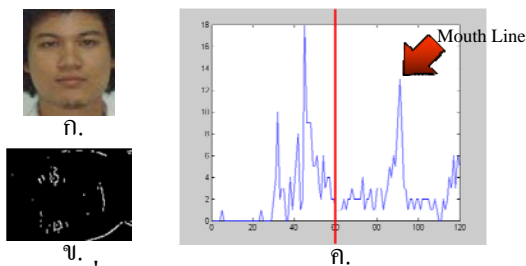
0. (xLeft,yLeft) : Position of left circle
1. (xRight, yRight) : Position of right circle
2. l : leftCircle index
3. r : rightCircle index
4. minY = 0
5. for l = 1 to m
6.   for r = 1 to n
7.     diffY = abs(yLeft[l] - yRight[r])
8.     if (diffY < minY) then
9.       minY = diffY
10.    ValidLeftEye = (xLeft[l],yLeft[l])
11.    ValidRightEye = (xRight[r],yRight[r])
12.   end.
13. end.
14. end.

```

ภาพที่ 9: ขั้นตอนวิธีพิจารณาตำแหน่งดวงตาที่แท้จริง

3.2.2 การหาตำแหน่งปาก

ในการหาตำแหน่งปากนั้น ระบบได้นำภาพ Gray Scale มาตรวจจับขอบโดยวิธีโรเบิร์ต (Robert edge detection) [13] ทำให้ได้ภาพโครงร่างใบหน้าและขอบปาก จากนั้นทำโปรเจกชันในแนวแกนนอนกับภาพที่ได้ เพื่อให้ได้ตำแหน่งของปาก ดังแสดงในภาพที่ 10



ภาพที่ 10: การหาตำแหน่งบริเวณของปาก

ก. ตัวอย่างภาพที่รับเข้า

ข. ภาพของการตรวจจับขอบใบหน้าโดยวิธีโรเบิร์ต

ค. ภาพของการทำโปรเจกชันตามแนวแกนนอน

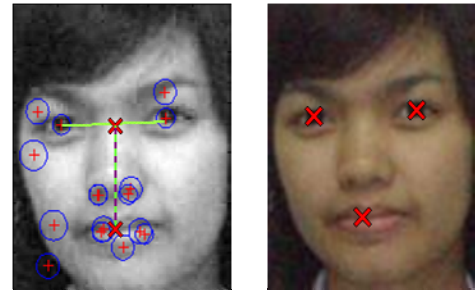
เมื่อได้บริเวณของภาพที่เป็นปาก งานวิจัยได้ทำการหาจุดกึ่งกลางปาก โดยใช้ขั้นตอนวิธีในภาพที่ 11

```

0. LC : Center point of left eye (xLC, yLC)
1. RC : Center point of right eye (xRC, yRC)
2. MC : Center point of a mouth (xMC, yMC)
3. LMR : Mid point of LC and MC
4. Find the mid point between LC and RC,
   LMR = ((xLC + xRC)/2), ((yLC + yRC)/2)
5. Find the center point of a mouth, from LMR,
   draw a perpendicular line to a mouth line, an
   intersection point is MC.

```

ภาพที่ 11: ขั้นตอนวิธีการหาจุดกึ่งกลางปาก



ภาพที่ 12: องค์ประกอบใบหน้าบุคคล

4. ผลการทดลอง (Experimental Results)

งานวิจัยถูกพัฒนาขึ้นจากชุดพัฒนาโปรแกรม Microsoft Visual Studio2005 โดยภาษา Visual Basics และ MATLAB 7.0.4 ที่มีการติดต่อกับระบบฐานข้อมูล Microsoft Access 2003 ภายใต้ระบบปฏิบัติการ Microsoft WindowsXP Professional และใช้กล้องดิจิทัลเป็นอุปกรณ์สำหรับรับภาพใบหน้าบุคคล

งานวิจัยได้ทำการทดลองการทำงานของระบบ แบ่งเป็น 2 การทดลองคือ การทดลองตรวจจับใบหน้าบุคคล และการทดลองตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล

ในการทดลองตรวจจับใบหน้าบุคคลนั้น ระบบรับภาพใบหน้าจำนวน 243 ภาพ และทำการตรวจจับบริเวณของภาพเพื่อให้ได้บริเวณที่เป็นใบหน้าบุคคล ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองการตรวจจับใบหน้าบุคคล

รูปภาพ	จำนวนภาพ	เปอร์เซ็นต์
การตรวจจับใบหน้า	ใบหน้าบุคคล	ความถูกต้อง
สามารถตรวจจับได้	209	86.03
ไม่สามารถตรวจจับได้	34	13.97
รวม	243	100.00

งานวิจัยได้ทำการทดลองตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าของบุคคลจำนวน 40 บุคคล โดยทำการถ่ายภาพใบหน้าแต่ละบุคคลจำนวน 4 ภาพ ทำให้ระบบมีจำนวนรูปภาพทั้งหมด 160 ภาพ จากนั้นระบบทำการดึงองค์ประกอบใบหน้า 3 องค์ประกอบ คือ

ตำแหน่งตาซ้าย, ตำแหน่งตาขวา และ ตำแหน่งจุดกึ่งกลางปาก
ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการทดลองตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล

การตรวจจับ องค์ประกอบใบหน้า	รูปภาพ ใบหน้า บุคคล	เปอร์เซ็นต์ ความ ถูกต้อง
ตรวจจับได้ครบ 3 องค์ประกอบ	147	91.88
ไม่สามารถตรวจจับได้ครบ 3 องค์ประกอบ	13	8.12
รวม	160	100.00

5. บทสรุป (Conclusion)

งานวิจัยได้ทำการตรวจจับองค์ประกอบของภาพใบหน้าบุคคล 3 องค์ประกอบคือ ดวงตาซ้าย, ดวงตาขวา และปาก โดยที่งานวิจัยได้ใช้ Circular Hough Transform ในการค้นหาบริเวณที่เป็นดวงตาบนภาพใบหน้าบุคคล และใช้ขั้นตอนวิธีที่งานวิจัยได้ออกแบบเพื่อคัดเลือกให้ได้วงกลมที่เป็นดวงตาที่แท้จริงบนภาพใบหน้า นอกจากนี้งานวิจัยได้ค้นหาบริเวณที่เป็นปากบนภาพใบหน้าบุคคลโดยใช้การตรวจจับขอบแบบโรเบิร์ต และทำโปรเจกชันตามแนวแกนนอนทำให้ได้บริเวณที่เป็นปากบนภาพใบหน้า และทำการหาจุดกึ่งกลางปาก

ผลที่ได้จากการทดลองการตรวจจับใบหน้าบุคคล และการตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคล ทำให้เชื่อมั่นได้ว่า ขั้นตอนการตรวจจับองค์ประกอบใบหน้าบุคคลที่นำเสนอ มีความถูกต้อง แม่นยำ สามารถเชื่อถือได้ และมีความเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้งานอย่างมีประสิทธิภาพ

ในการพัฒนาระบบต่อไปนั้นผู้วิจัยอาจพิจารณา ใช้ Ellipse Hough Transform หรือวิธีอื่นๆ ที่มีประสิทธิภาพในการค้นหาบริเวณที่เป็นดวงตาและปากบนภาพใบหน้า นอกจากนี้ผู้วิจัยอาจพิจารณาตรวจจับองค์ประกอบอื่นๆ ของภาพใบหน้าของบุคคล

เอกสารอ้างอิง

- [1] Jain, A. K., Ross, A. and Prabhakar, S., "An Introduction to Biometric Recognition," *IEEE trans on Circuits and System for Video Technology*, vol. 14, no. 1, pp. 4-20, 2004.
- [2] Ravi Kumar, C.N., Bindu, sA., "An Efficient Skill Illumination Compensation Model for Efficient Face Detection," *Conference on IEEE Industrial Electronics (IECON)*, pp. 3444-3449, 2006.
- [3] Faundez-Zanuy, M., "Biometric Security Technology," *IEEE Aerospace and Electronic Systems Magazine*, vol. 21, no. 6, pp.15-26, 2006.
- [4] Zhao, W., Chellappa, R., Phillips, P. J., and Rosenfeld, A., "Face recognition: A literature survey," *ACM Computing Survey(CSUR)*, vol. 35, no. 4, pp.349-458, 2003.
- [5] Yang, Ming-Hsuan, Kriegman, D.J., and Ahuja, N., "Detecting Faces in Images: A Survey," *IEEE trans on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 24, no. 1, pp.34-58, 2002.
- [6] Ahlvers, U., Rajagopalan, R., and Zolzer, U., "Model-Free Face Detection and Head Tracking with Morphological Hole Mapping," *Proceedings of 13rd European Signal Processing Conference (EUSIPCO'05)*, 2005.
- [7] Tsai, C.C., Cheng, W.C., Taur, J.S., and Tao, C.W., "Face Detection Using Eigenface and Neural Network," *IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics*, pp. 4343-4347, 2006.
- [8] Lu, H., Zhang, W., and Yang, D., "Eye Detection Based on Rectangle Features and Pixel-Pattern-Based Texture Features," *Proceedings of 2007 International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication system*, pp. 265-268, 2007.
- [9] Kun Peng, Liming Chen, Su Ruan, and Georgy Kukharev, "A Robust Algorithm for Eye Detection on Gray Intensity Face without Spectacles," *Journal of Computer Science and Technology(JCS&T)*, vol. 5, no.3, pp.127-132, 2005.
- [10] Pantic, M., Tomc, M., and Rothkrantz, L. J.M., "A Hybrid Approach to Mouth Features Detection," *Proceedings of the 2001 IEEE Systems, Man, and Cybernetics Conference*, 2001.
- [11] Berbar, M. A., Kelash, H. M., and Kandeel, A. A., "Face and Facial Feature Detection in Color Images," *Proceedings of the Geometric Modeling and Imaging--New Trends (GMAI'06)*, 2006.
- [12] Gonzalez, R. C., and Woods, R. E., *Digital Image Processing*. (2nd. Ed.), New Jersey. Prentice Hall.
- [13] Sonka, M., Hlavac, V. and Boyle, R., *Image Processing, Analysis, and Machine Vision*. (2nd. Ed.). California. PWS Publishing.
- [14] Jen, J. R., Shie, M. C. and Chen, C., "A Circular Hough Transform Hardware for Industrial Circle Detection Applications," *Conference on IEEE Industrial Electronics and Applications (ICIEA)*, 2006.
- [15] Zheng, Z., Yang, J., and Zhu, Y., "Face Detection and Recognition using Color Sequential Image," *Journal of Research and Practice in Information Technology*, vol. 38, no. 2 pp. 135-149, 2006.