# อุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาต้นทุนต่ำและขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตา

สมเจตน์ เตชะนันทนา
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
u4605589@ku.ac.th

สมหญิง ไทยนิมิต
ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
fengsyt@ku.ac.th

## บทคัดย่อ

*บทความนี้นำเสนอแนวทางการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาต้นทุนต่ำและขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตา อุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาเลือกใช้เลนส์และตัวรับภาพของกล้องเว็บแคมเนื่องจากมีราคาถูกและหาซื้อได้ง่าย มาประกอบเข้ากับเลนส์ขยายและหลอดไฟย่านใกล้อินฟาเรดโดยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมีต้นทุนวัสดุที่ต่ำกว่าอุปกรณ์ที่พัฒนาจากกล้องวีดีทัศน์อยู่ประมาณ 11 เท่า ในขณะที่ให้ภาพที่มีคุณภาพใกล้เคียงกับภาพที่ถ่ายจากกล้องวีดีทัศน์ ขั้นตอนการหาขอบเขตรูม่านตาเริ่มต้นด้วยการหาบริเวณแสงสะท้อนของหลอดไฟภายในภาพด้วยการทำคอรีเลชัน ตำแหน่งที่ได้จะถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับค้นหาพิกเซลขอบของรูม่านตาแล้วทำการประมาณพิกเซลขอบที่ได้ด้วยสมการวงกลมจากการทดลองได้ค่าความผิดพลาดในการกำหนดขอบเขตรูม่านตาเป็น 7.69 % นอกจากนั้นยังทำการทดสอบวัดค่าความผิดพลาดแบบ EER ของระบบตรวจระบุบุคคลด้วยลายม่านตาเมื่อใช้ภาพถ่ายจากกล้องที่พัฒนาขึ้นเทียบกับภาพที่ถ่ายจากกล้องวีดีทัศน์ ผลการทดลองให้ค่าความผิดพลาดที่น้อยที่สุดเป็น 0.004713% และ 0.002357% ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าอุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาที่พัฒนาขึ้นสามารถให้ภาพม่านตาที่มีคุณภาพดีเหมาะต่อการนำไปใช้ในการตรวจพิสูจน์บุคคลด้วยลายม่านตา*

## Abstract

*This paper presents a prototype of a low cost iris scanner and a new pupil localization algorithm. The new device is constructed using a CCD sensor and lens of low cost webcam, assembling with 25 mm zoom lens and NIR-LEDs. The cost of the proposed prototype is eleven times less than a video Camcoder based iris scanner. Visual quality of the captured iris images are comparable to ones capturing from the Camcoder iris scanner. A new pupil localization algorithm is also developed to support the device. The proposed algorithm detects reflectance of the NIR-LEDs using correlation technique. The obtained positions are used as a reference for locating edge pixels belonging to pupil boundary. These pixels are approximated using a circular model. Visual inspection yields 7.69 % mis-localization. In addition, eye images captured from the two devices are fed into an iris recognition system. The system yields 0.004713%EER and 0.002357 %EER for images captured using the low cost- and Camcoder- iris scanner, respectively.*

## คำสำคัญ

กล้องตรวจจับภาพม่านตา, การตรวจพิสูจน์บุคคลด้วยลายม่านตา, การหาขอบเขตรูม่านตา

## 1. บทนำ

ปัจจุบันสังคมมีความต้องการใช้งานระบบไบโอเมตริกซ์ (biometrics) ในการตรวจพิสูจน์บุคคลเป็นอย่างมาก เนื่องจากมีความถูกต้องแม่นยำสูง ปลอมแปลงระบบได้ยากเมื่อเทียบกับระบบเดิมได้แก่ การใช้รหัสผ่าน หรือสมารท์การ์ด เป็นต้น ระบบไบโอเมตริกซ์จะใช้ลักษณะทางกายภาพได้แก่ ลายนิ้วมือ ลายม่านตา หรือลักษณะทางพฤติกรรมเช่น ลายเซ็นต์หรือเสียงในการตรวจพิสูจน์บุคคลหนึ่งๆ โดยระบบพิสูจน์บุคคลด้วยลายม่านตาเป็นระบบที่ให้ค่าความถูกต้องแม่นยำสูงมาก แต่เป็นระบบที่มีราคาแพง [2] เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจจับภาพม่านตามีราคาสูง ทำให้ระบบดังกล่าวถูกจำกัดการใช้งานในระบบที่มีความต้องการระดับการรักษาความปลอดในระดับสูงมาก เช่น การผ่านเข้าออกห้องนิรภัยของธนาคาร เป็นต้น ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาที่มีต้นทุนต่ำ เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้งานระบบตรวจพิสูจน์บุคคลด้วยลายม่านแพร่หลายมากขึ้น เช่นใช้ในการตรวจพิสูจน์บุคคลที่ผ่านเข้าออกตามแนวชายแดนไทยเขมร ที่ระบบตรวจพิสูจน์บุคคลด้วยลายนิ้วมือมีปัญหา ไม่สามารถใช้งานได้ดีกับผู้ใช้แรงงานชาวเขมร เนื่องจากเป็นกลุ่มที่มีลายนิ้วมือที่เลือนรางไม่ชัดเจน รวมทั้งยังมีปัญหาด้านความเร็วในการตรวจพิสูจน์บุคคลอีกด้วย โดยระบบรู้จำบุคคล

ด้วยลายม่านตาเป็นระบบที่ทำงานได้เร็วและสามารถครอบคลุมกลุ่มบุคคลเป้าหมายได้ดีกว่า

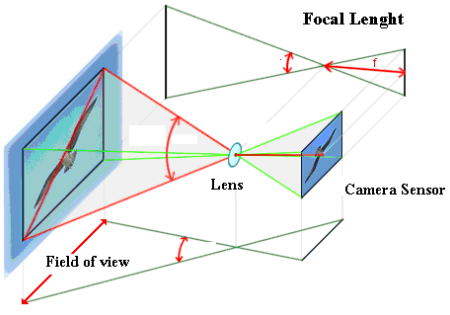
ระบบการตรวจสอบบุคคลด้วยลายม่านตานั้นจะประกอบไปด้วยขั้นตอนการรับภาพและคัดเลือกภาพม่านตาที่ดีคมชัดและมีสัญญาณรบกวนน้อย ขั้นตอนการระบุขอบเขตม่านตา การแยกลักษณะเด่นของม่านตา และการเปรียบเทียบม่านตา โดยขั้นตอนการระบุเขตม่านตาเป็นขั้นตอนแรกๆของระบบค่าความผิดพลาดที่เกิดในขั้นตอนนี้จะส่งผลกระทบต่อเนื่องไปยังขั้นตอนถัดๆไปของระบบ จึงจำเป็นต้องทำการพัฒนาปรับปรุงขั้นตอนการระบุขอบเขตม่านตาให้เหมาะสมกับลักษณะภาพที่ถ่ายได้จากกล้องตรวจจับภาพ

รายละเอียดการพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับภาพจากกล้องเว็บแคมราคาถูกและขั้นตอนการหาขอบเขตรูม่านตาอธิบายไว้ในส่วนที่ 2 ของบทความ ส่วนที่ 3 อธิบายการทดสอบอุปกรณ์ต้นแบบและอัลกอริธึ่มที่พัฒนาขึ้น ส่วนที่ 4 สรุปผลการพัฒนา

## 2. รายละเอียดการพัฒนา

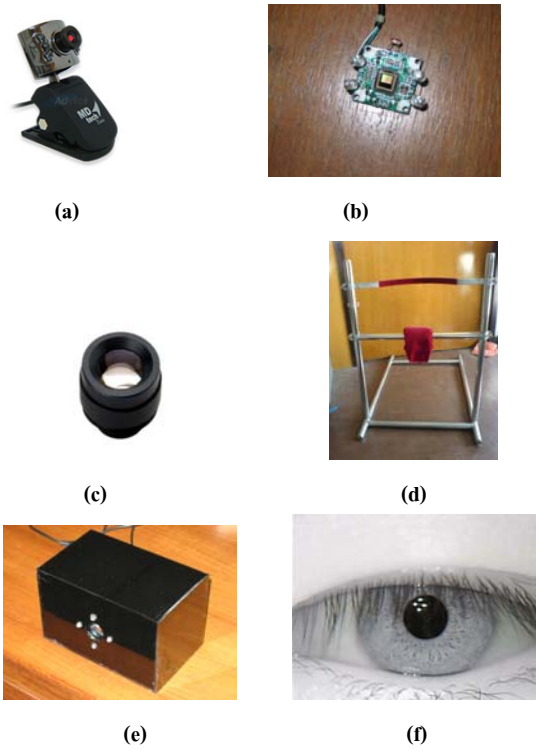
### 2.1 การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตา

การตรวจจับภาพทั่วไปจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์หลัก 3 ส่วนคือ วัตถุที่จะทำการตรวจจับ ในโครงงานนี้คือม่านตามนุษย์ ส่วนที่สองคือ เลนส์(Lens) ที่ทำหน้าที่รวมแสงที่ส่องผ่านวัตถุให้ตกกระทบลงบนส่วนเซ็นเซอร์รับภาพซึ่งเป็นเซ็นเซอร์แสง (photo sensor) ทำหน้าที่เปลี่ยนแสงที่ตกกระทบให้เป็นความเข้มแสงของภาพดังแสดงในรูปที่ 1




รูปที่ 1 : องค์ประกอบการเกิดภาพ [1]

เซ็นเซอร์แสงที่ใช้ในโครงงานนี้เป็นประเภท charge-couple device (CCD) โดยเป็นเซ็นเซอร์รับภาพที่ใช้ในกล้องเว็บแคม MD TECH รุ่น VM 303 ตามรูปที่ 2a และ 2b เลนส์ของกล้องจะทำการเชื่อมต่อเข้ากับเลนส์ขยายขนาด 25 มิลลิเมตร (รูปที่ 2c) เพื่อให้ภาพดวงตาที่ถ่ายได้มีขนาดใหญ่ขึ้น โดยอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นจะมีระยะโฟกัสที่คงที่ อาสาสมัครถ่ายภาพม่านตาต้องทำการวางคางลงบนอุปกรณ์วางคางแสดงในรูปที่ 2d ในขณะทำการถ่ายภาพ




รูปที่ 2 : (a) เว็บแคม MD TECH รุ่น VM 303 (b) ตัวรับภาพ CCD ของกล้อง (c) เลนส์ขยาย Fujiko 25 มิลลิเมตร (d) อุปกรณ์ช่วยในการเก็บภาพม่านตา (e) กล้องที่พัฒนาขึ้นในการจับภาพม่านตา (f) ตัวอย่างภาพจากอุปกรณ์จับภาพม่านตาที่พัฒนาขึ้น

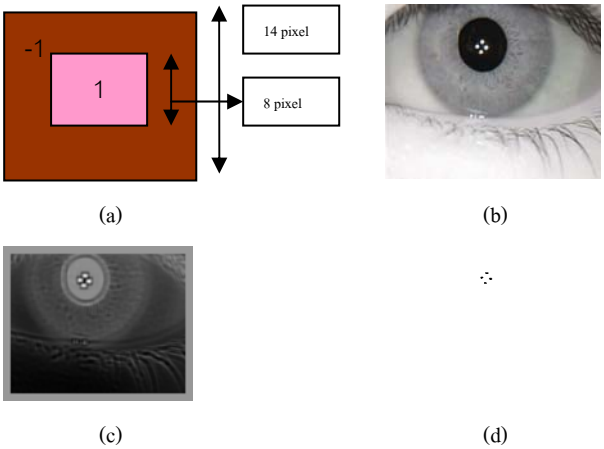
เนื่องจากม่านตามนุษย์ประกอบไปด้วยเนื้อเยื่อและเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จึงจะดูดกลืนคลื่นแสงย่านใกล้อินฟาเรด (Near Infrared-NIR) คณะผู้วิจัยจึงทำการติดตั้งหลอด NIR-LED จำนวน 4 ดวงเข้าที่บริเวณด้านหน้าของอุปกรณ์ตรวจจับภาพที่พัฒนาขึ้น ตามแสดงในรูปที่ 2e การเพิ่มหลอด NIR-LED จะช่วยลดแสงสะท้อนภายในม่านตาและเพิ่มความคมชัดของลายม่านตาในภาพที่ถ่ายได้ นอกจากนั้นยังใช้เป็นจุดอ้างอิงสำหรับขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตาอีกด้วย รูปที่ 2f แสดงตัวอย่างภาพดวงตาที่ถ่ายได้จากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น

## 2.2 การพัฒนาขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตา

ในการประมวลผลภาพม่านตา ระบบจะต้องทำการหาส่วนที่เป็นม่านตาภายในภาพ โดยจะทำการระบุขอบเขตม่านตาด้านในและด้านนอก ขอบเขตม่านตาด้านในจะเป็นเส้นรอยต่อระหว่างรูม่านตากับม่านตา ขอบเขตม่านตาด้านนอกจะเป็นเส้นรอยต่อระหว่างม่านตากับตาขาว โครงงานนี้จะทำการหาขอบเขตม่านตาด้านในด้วยขั้นตอนการหาขอบเขตรูม่านตาที่พัฒนาขึ้นมาใหม่ ส่วนขอบเขตม่านตาด้านนอกจะใช้วิธีใน [3] ขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตาที่พัฒนาขึ้นประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอนหลักๆดังนี้

### 2.2.1 การหาจุดอ้างอิงภายในดวงตา

แสงสะท้อนที่เกิดจากหลอด NIR-LED ที่ติดตั้งไว้ด้านหน้าอุปกรณ์ต้นแบบจะถูกใช้เป็นจุดอ้างอิงเริ่มต้นในการค้นหาส่วนที่เป็นรูม่านตา การหาตำแหน่งแสงสะท้อนทำโดยอาศัยเทคนิคคอรีเลชัน (Correlation) [4] กับหน้ากาก (mask) ขนาด 14×14 พิกเซล ที่ออกแบบให้มีลักษณะใกล้เคียงกับแสงสะท้อนสีขาวที่ปรากฏในภาพถ่ายตามแสดงในรูปที่ 3a หลังการทำคอรีเลชันกับภาพต้นแบบในรูปที่ 3b จะได้ผลลัพธ์ตามรูปที่ 3c โดยระดับความสว่างของภาพผลลัพธ์แสดงถึงระดับความเหมือนระหว่างหน้ากากที่ใช้กับภาพต้นฉบับ ดังนั้นแสงสว่างจะมากที่สุด ณ.ตำแหน่งที่คล้ายกับภาพในหน้ากากมากที่สุด การหาตำแหน่งไฟสะท้อนทำได้ด้วยการตัดแบ่งช่วงสี (Thresholding) ภาพที่ได้จากการทำคอรีเลชัน รูปที่ 3d แสดงตำแหน่งไฟที่ได้




รูปที่ 3: (a) ภาพแสดงลักษณะของหน้ากาก (b) ภาพต้นฉบับ (c) ภาพหลังการทำคอรีเลชัน (d) ภาพแสดงจุดอ้างอิงที่ได้หลังการตัดแบ่งช่วงสี

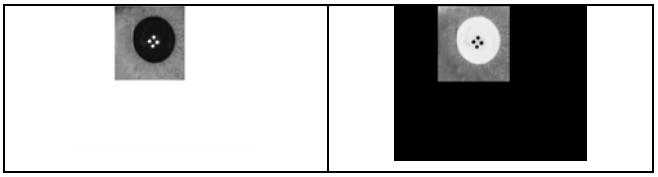
### 2.2.2 การลดสัญญาณรบกวนและการกำหนดขอบเขตการค้นหารูม่านตา

ขั้นตอนนี้ทำการลดสัญญาณรบกวนและกำหนดขอบเขตพื้นที่สำรวจหาส่วนที่เป็นรูม่านตา การลดสัญญาณรบกวนทำโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียนกรองความถี่ต่ำของภาพ ภาพที่ได้จึงมีลักษณะเรียบขึ้น จากนั้นจะนำภาพที่ได้ไปจำกัดบริเวณ โดยกำหนดให้บริเวณที่ทำการค้นหาอยู่ห่างจากจุดอ้างอิงไม่เกิน 50 จุดพิกเซล ค่านี้ปรับเปลี่ยนตามระยะโฟกัสของอุปกรณ์กล้องที่เลือกใช้ รูป 4a แสดงภาพที่ได้ หลังจากนั้นจะทำการกลับค่าสีของภาพทั้งหมดด้วยสมการที่ (1) ผลของการกลับค่าสี แสดงในรูปที่ 4b

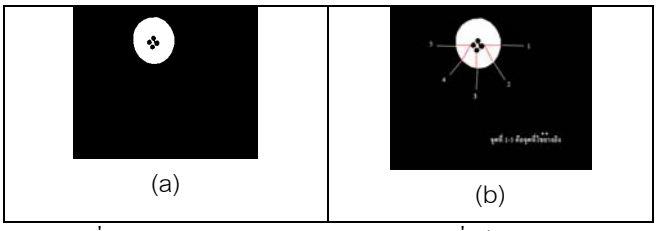
$$PIC(X,Y) = 255 - PIC_IN(X,Y) \quad (1)$$

โดย PIC (X,Y) จะเป็นผลลัพธ์ของสี ณ จุด(X,Y)

PIC_IN(X,Y) จะเป็นสีเริ่มต้น ณ จุด (X,Y)




รูปที่ 4 : (a) ภาพแสดงขอบเขตการค้นหา (b) ภาพหลังจากการกลับค่าสี




รูปที่ 5: (a) ภาพหลังการแบ่งช่วงของสี (b) จุดที่ใช้คำนวณขอบเขตรูม่านตา

### 2.2.3 ขั้นตอนการหาพิกเซลขอบของรูม่านตา

เนื่องจากรูม่านตาของมนุษย์จะมีค่าความเข้มแสงต่ำหรือมีค่าความเข้มแสงสูงหลังการกลับค่าสี เราจึงสามารถใช้เทคนิคการตัดแบ่งช่วงสี มาตัดหาส่วนของรูม่านตาภายในภาพได้ ผลจากการตัดแบ่งช่วงสีแสดงใน รูปที่ 5a หลังจากนั้นจะทำการหาพิกเซลขอบของรูม่านตาโดยเริ่มต้นค้นหาจากบริเวณจุดอ้างอิงตามแนวทิศ 0 , 45 , 90 , 135 , 180 องศาตามรูป 5b การค้นหาจะเน้นบริเวณด้านล่างของตาเนื่องจากเป็นบริเวณที่มีสัญญาณรบกวน ได้แก่หนังตา ขนตา ต่ำ

### 2.2.4 การประมาณค่าขอบเขตรูม่านตาด้วยสมการวงกลม

จุดขอบที่หาได้จาก 2.2.3 จะถูกคัดเลือกให้เหลือเพียง 3 จุด จุดแรกจะคัดเลือกระหว่างจุดที่ 1และจุดที่ 2 จุดที่สองจะนำจุดที่ 3 มาใช้โดยตรง ส่วนจุดสุดท้ายจะคัดเลือกระหว่างจุดที่ 4 และจุดที่ 5 โดยพิจารณาจากความเด่นชัดและมีความต่อเนื่องของขอบหลังจากการตัดแบ่งช่วงสี จุดที่คัดเลือกได้ทั้ง 3 จุดจะถูกใช้ในการประมาณขอบเขตรูม่านตา โดยจะประมาณด้วยสมการวงกลม [3]

## 3. การทดสอบอุปกรณ์และขั้นตอนที่พัฒนาขึ้น

การทดสอบอุปกรณ์และขั้นตอนที่พัฒนาขึ้นทำโดยการเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างภาพม่านตาที่ถ่ายจากอุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาที่พัฒนาขึ้นกับภาพที่ได้ถ่ายจากอุปกรณ์ที่พัฒนาโดยพีรณัฏฐ์ [5] ซึ่งทำจากล้องวีดีโอ Panasonic ที่มีกำลังเลนส์ขยาย 20 เท่า โดยการเปรียบเทียบจะทำในสองลักษณะคือ ตรวจสอบด้วยตามนุษย์ และเปรียบเทียบค่าความถูกต้องในการระบุบุคคลด้วยลายม่านตาโดยใช้ภาพม่านตาที่ถ่ายจากอุปกรณ์ทั้งสอง

## 3.1 ขั้นตอนการเก็บฐานข้อมูล

การเก็บฐานข้อมูลภาพม่านตาจะใช้โปรแกรม VirtualDub ในการเก็บภาพ โดยจะจัดเก็บในรูปแบบวีดีทัศน์ซึ่งจะได้ไฟล์นามสกุลเอวีไอ (avi) แล้วจึงทำการเก็บบันทึกภาพออกเป็นทีละ 1 เฟรม เพื่อทำการคัดเลือกภาพม่านตาที่มีคุณภาพดีมาใช้ในการทดสอบ โดยภาพจะมีขนาด 320×240 พิกเซล และเป็นภาพม่านตาของอาสาสมัครจำนวน 26 คน ที่มีช่วงอายุอยู่ระหว่าง 20 – 25 ปี โดยจะทำการเก็บบุคคลละ 8 ภาพ เป็นตาซ้าย 4 ภาพ และตาขวา 4 ภาพ ฐานข้อมูลจะมีภาพม่านตารวมทั้งหมด 208 ภาพ การจัดเก็บจะทำสองครั้ง คือจัดเก็บด้วยกล้องที่พัฒนาขึ้นครั้งหนึ่งและจัดเก็บโดยกล้องที่พัฒนาจากกล้องวีดีทัศน์อีกครั้งหนึ่ง

ข้อแตกต่างระหว่างอุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาทั้งสองคืออุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นมา อาสาสมัครจะต้องวางคางบนอุปกรณ์วางคางเพื่อให้ได้ระยะห่างที่เหมาะสมกับระยะโฟกัสของกล้อง ในขณะที่อาสาสมัครสามารถเคลื่อนที่ได้อิสระเมื่อถ่ายภาพด้วยกล้องวิดีทัศน์ ซึ่งจะตรวจวัดหาระยะห่างระหว่างอาสาสมัครกับตัวกล้องแบบอัตโนมัติ และใช้สีของหลอดไฟเป็นตัวช่วยบอกระยะว่าอาสาสมัครควรเคลื่อนที่ใกล้หรือไกลจากกล้อง จึงต้องทำการอบรมอาสาสมัครก่อนการใช้งานกล้องกล้องนี้จะทำการเก็บภาพจำนวน 16 ภาพต่อหนึ่งบุคคล และทำการคัดเลือกภาพให้เหลือเพียง 8 ภาพแบบอัตโนมัติ รูป 6(a) และ 6(b) แสดงตัวอย่างภาพม่านตาเดียวกันในฐานข้อมูลทั้งสอง เมื่อพิจารณาด้วยตาเปล่าภาพที่ได้จะมีคุณภาพใกล้เคียงกัน โดยภาพที่ถ่ายได้จากกล้องวีดีทัศน์จะให้ลายม่านตาที่คมชัดกว่าภาพจากล้องที่พัฒนาขึ้นเล็กน้อย และการติดตั้งอุปกรณ์ที่ทำจากกล้องวีดีทัศน์จะทำได้ง่ายกว่า มีปัญหาแสงรบกวนน้อยกว่า

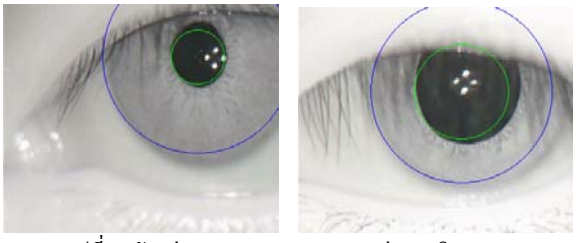
**(a)** **(b)**

รูปที่ 6: (a) ภาพจากอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น (b)ภาพจากกล้องวีดีทัศน์

## 3.2 การทดสอบขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตา

### 3.2.1 การทดสอบด้วยตามนุษย์

ขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตาที่พัฒนาขึ้นจะถูกนำมาทดสอบกับภาพในฐานข้อมูลที่เก็บจากกล้องต้นแบบและจากกล้องวีดีทัศน์เทียบกับขั้นตอนหาขอบเขตรูม่านตาของ [3] ผลที่ได้แสดงในตารางที่ 1 การสำรวจจะทำโดยตามนุษย์ และขอบเขตม่านตาที่ได้จะถือว่าผิดเมื่อขอบเขตนั้นอยู่ห่างจากขอบเขตของรูม่านตาอย่างมาก ดังตัวอย่างภาพในรูปที่ 7 ภายในรูปจะปรากฏทั้งขอบเขตม่านตาด้านในและด้านนอก โดยขอบเขตม่านตาด้านนอกพัฒนาโดย [3] และจะถูกประมาณด้วยสมการวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกับขอบเขตม่านตาด้านใน จากการทดลองพบว่าขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตาที่พัฒนาขึ้นสามารถระบุขอบเขตรูม่านตาได้ถูกต้องกว่าขั้นตอนของ [3] โดยภาพถ่ายจากกล้องวีดีทัศน์จะให้ค่าความถูกต้องสูงกว่า เนื่องจากภาพมีความคมชัดมากกว่า ค่าความผิดพลาดส่วนใหญ่เกิดในรูปที่รูม่านตาภายในภาพมีลักษณะเป็นวงรีมากกว่าวงกลม



รูปที่ 7: ตัวอย่างการกำหนดขอบเขตรูม่านตาผิดพลาด

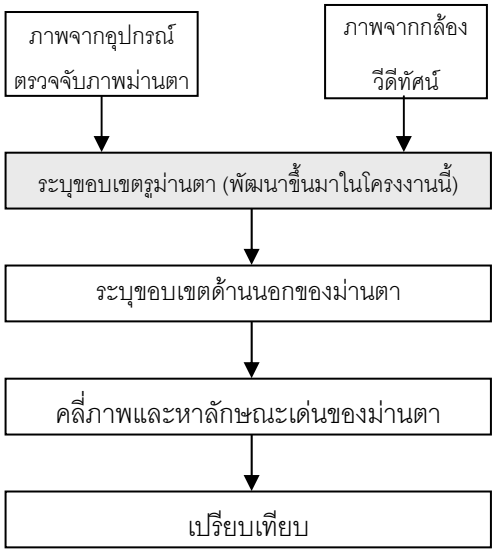
ตารางที่ 1 ตารางเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดของการระบุขอบเขตรูม่านตาโดยการสำรวจด้วยตา

| ฐานข้อมูล | ค่าความผิดพลาดการระบุขอบเขต รูม่านตา (จำนวนรูป) | |
|---|---|---|
| | ขั้นตอนที่พัฒนา | ขั้นตอนของ[3] |
| อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้น | 16 | 22 |
| กล้องวีดีทัศน์ | 12 | 18 |

**3.2.2 ผลการทดสอบค่าความผิดพลาดในการระบุบุคคล**

การทดลองนี้จะนำภาพถ่ายในฐานข้อมูลทั้งสองมาผ่านขั้นตอนการพิสูจน์ระบุบุคคลด้วยลายม่านตา ทั้งนี้เพื่อทดสอบว่าภาพที่ถ่ายจากอุปกรณ์ต้นแบบมีคุณภาพดีพอสำหรับการนำไปใช้พิสูจน์ระบุบุคคลหรือไม่ รูปที่ 8 แสดงขั้นตอนการทดสอบ โดยเริ่มจากนำภาพในฐานข้อมูลมาทำการระบุขอบเขตม่านตาทั้งด้านในและด้านนอก ภาพม่านตาที่ได้จะถูกคลี่ออกเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า เพื่อหาลักษณะเด่นของลายม่านตาภายในภาพ ลักษณะเด่นที่หาได้จะถูกนำมาเปรียบเทียบกับลักษณะเด่นของม่านตาที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลที่ได้ประมวลผลไว้ก่อนหน้า ถ้าลักษณะเด่นทั้งสองมีความเหมือนกันเกินระดับที่กำหนด ระบบจะยืนยันว่าเป็นม่านตาเดียวกัน สำหรับโครงงานนี้จะใช้วิธีการดึงลักษณะเด่นของม่านตาอยู่สองวิธี อธิบายพอสังเขปดังนี้

1. Quotient Threshold (QT) [3] วิธีนี้จะดึงลักษณะเด่นโดยการแบ่งช่วงสีแบบยืดหยุ่น (adaptive thresholding) ค่าที่ใช้ในการตัดแบ่งช่วงสีจะปรับเปลี่ยนให้เหมาะสมกับปริมาณแสงโดยรวมของภาพ หลังการตัดแบ่งจะได้อัตราส่วนระหว่างจำนวนพิกเซลพื้นหลังและพิกเซลที่สนใจคงที่ในทุกภาพในฐานข้อมูล ผลลัพธ์การตัดแบ่งจะให้แบบรูปลายม่านตาที่สะท้อนถึงหลุดดำภายในม่านตา แบบรูปที่ได้จะถูกนำไปเข้ารหัสม่านตาและเปรียบเทียบหาความเหมือนระหว่างรหัสทั้งสอง




รูปที่ 8: ขั้นตอนการทดสอบค่าความผิดพลาดในการระบุบุคคล

2 Relative Magnitude and Phase between Blocks (RMBP) [6] วิธีนี้จะทำการดึงลักษณะเด่นโดยการนำภาพม่านตามาผ่านตัวกรองกาบอร์สองมิติ ที่มีความถี่และทิศทางต่างๆกัน ค่าสัมประสิทธิ์ที่ได้หลังผ่านตัวกรองกาบอร์จะสะท้อนถึงลักษณะเนื้อแท้ (texture) ของลายม่านตา ค่าความแตกต่างระหว่างสัมประสิทธิ์เฉลี่ยของบล็อกที่อยู่ติดกันจะถูกนำมาเข้าเป็นรหัสม่านตา การเปรียบเทียบรหัสม่านตาทำโดยการหาค่า Hamming distant ซึ่งจะให้ค่าที่บ่งถึงจำนวนบิตที่แตกต่างกันระหว่างรหัสทั้งสอง

การวัดค่าความผิดพลาดของระบบระบุบุคคลด้วยลายม่านตานิยมทำได้หลายวิธี สำหรับโครงงานนี้จะทำการวัดค่า Equal Error Rate (EER) ซึ่งเป็นค่าที่ค่าความผิดพลาดแบบ False Accept Error (FAR) เท่ากับ False Reject Error (FRR) โดย ค่า FAR เป็นค่าความผิดพลาดเมื่อระบบยอมรับบุคคลที่ไม่อยู่ในฐานข้อมูลว่าเป็นบุคคลในฐานข้อมูล และ ค่า FRR เป็นค่าความผิดพลาดเมื่อระบบปฏิเสธบุคคลในฐานข้อมูล ผลการทดลองแสดงในตารางที่ 2

จากผลการทดลองพบว่าค่าความผิดพลาดของระบบขึ้นอยู่กับวิธีการดึงลักษณะเด่น เนื่องจาก QT ใช้ความเข้มของพิกเซลเป็นพื้นฐาน ทำให้ความคมชัดของภาพส่งผลโดยตรงต่อ

ลักษณะเด่นที่หาได้ ทำให้ค่าความผิดพลาดของระบบที่ใช้ภาพจากอุปกรณ์ต้นแบบมีค่าสูงกว่าระบบที่ใช้ภาพจากกล้อง วีดีทัศน์อยู่ประมาณ 10 เท่า เนื่องจากลายม่านตาของภาพจากกล้องต้นแบบจะคมชัดน้อยกว่า ในขณะที่ค่าความผิดพลาดจะสูงกว่าเพียงประมาณ 2 เท่าเมื่อใช้วิธี RMBP ทั้งนี้เนื่องจากวิธี RMBP ใช้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างบล็อกทำให้ความแตกต่างของความคมชัดของลายม่านตามีผลต่อระบบน้อย โดยค่าความผิดพลาดที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองเมื่อใช้ภาพจากอุปกรณ์ต้นแบบคือให้ค่า ERR เป็น 0.004713% ซึ่งเป็นค่าความผิดพลาดที่มีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการระบุบุคคล โดยเฉพาะเมื่อพิจารณาราคาของอุปกรณ์เป็นปัจจัยสำคัญ ราคาวัสดุของกล้องที่พัฒนาขึ้นจะมีราคารวมประมาณ 2450 บาท ในขณะที่ราคาอุปกรณ์รวมของกล้องวีดีทัศน์จะมีราคาประมาณ 27,000 บาท

ค่าความผิดพลาดในการระบุบุคคลสามารถลดให้ต่ำลงได้โดยการปรับปรุงขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตาให้มีความถูกต้องมากขึ้น โดยควรทำการประมาณขอบเขตรูม่านตาด้วยสมการวงรีแทนสมการวงกลม

**ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบค่าความผิดพลาดในการระบุบุคคลด้วยลายม่านตาจากอุปกรณ์ตรวจจับม่านตาทั้งสอง**

| ฐานข้อมูล | % EER | |
|---|---|---|
| | QT | RMBP |
| อุปกรณ์ตรวจจับม่านตาที่พัฒนาขึ้น | 0.021210 | 0.004713 |
| กล้องวีดีโอ | 0.002357 | 0.002357 |

## 4. บทสรุป

การพัฒนาอุปกรณ์ตรวจจับภาพม่านตาต้นทุนต่ำสามารถทำได้จากตัวรับภาพของกล้องเว็บแคม โดยประกอบเข้ากับเลนส์ขยายและหลอดไฟย่านคลื่นใกล้อินฟาเรด เพื่อให้ได้ภาพที่มีลายม่านตาคมชัด และมีขนาดม่านตาที่เหมาะสม กล้องที่พัฒนาได้จะมีราคาต่ำกว่ากล้องตรวจจับที่พัฒนาจากกล้องวีดีโออยู่ประมาณ 11 เท่า และได้ภาพที่มีคุณภาพที่ดีเหมาะสมต่อการใช้ตรวจพิสูจน์บุคคล อุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นเป็นแบบระยะโฟกัสคงที่ ทำให้ต้องทำการกำหนดตำแหน่งของผู้ใช้งาน ดังนั้นจึงควรพัฒนาเพิ่มเติมในส่วนของระบบวัดระยะห่างระหว่างผู้ถ่ายกับกล้องให้เป็นแบบอัตโนมัติ รวมทั้งพัฒนาให้กล้องมีการปรับระยะโฟกัสได้ในช่วงที่ยาวขึ้นเพื่อเพิ่มความสะดวกให้กับผู้ใช้งาน

ขั้นตอนการระบุขอบเขตรูม่านตาที่พัฒนาขึ้นจะอาศัยแสงสะท้อนจากไฟ NIR-LED เป็นจุดอ้างอิง เพื่อหาพิกเซลขอบของรูม่านตา โดยพิกเซลขอบที่ได้จะถูกประมาณด้วยสมการวงกลม ผลการสำรวจด้วยตาพบค่าความผิดพลาดในการระบุขอบเขตเป็น 7.69% โดยค่าความผิดพลาดพบมากในกรณีที่รูปร่างของรูม่านตาเป็นวงรี จึงควรพัฒนาวิธีการหาขอบเขตรูม่านตาในลักษณะของวงรีแทน

## 5. กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากกองทุนเพื่อการวิจัยและพัฒนา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงขอขอบพระคุณมา ณ. โอกาสนี้

## 6. เอกสารอ้างอิง

[1] http://www.klongdigital.com/lens

[2] J. Daugman, “High confidence recognition of persons by rapid video analysis of iris texture,” European Convention on Security and Detection, no.408, pp.244-251, 1995.

[3] Peeranat Thoonsangngam, Kittipol Horapong, Somying Thainimit, and Vutipong,Areekul, “Efficient Iris Recognition Using Adaptive Quotient Thresholding;Lecture Notes in Computer Science: Advances in Biometrics, Editors: David Zhang, Anil K. Jain, Volume 3832 / 2005 ,Springer-Verlag GmbH, pp. 472; 478.

[4] Rafael C. Gonzalez and Richard E. Woods, “Digital Image Processing,” Addison-Wesley, 1992.

[5] พีรณัฏฐ์ ทูลแสงงาม, “ขั้นตอนวิธีการดึงลักษณะเด่นและการเปรียบเทียบเพื่อใช้รู้จำลายม่านตามนุษย์.” วิทยานิพจน์วิศวกรรมศาสตรบัญฑิต มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2549

[6] Peeranat Thoonsangngam, Somying Thainimit, and Vutipong Areekul, “Relative Iris Codes,” The 7th IEEE International Symposium on Signal Processing and Information Technology (ISSPIT), c 2007, Cairo, pp.41-46, 2007.