

การรู้จำลายม่านตาโดยใช้ขนาดและเฟสของผลตอบสนองตัวกรองการเบอร์

Iris Recognition using Magnitude and Phase of Gabor Filter Response

พีรณัฐ ทุลแสงงาม สมหญิง ไทยนิมิต วุฒิพงศ์ อารีกุล

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

50 พหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900

โทร 0-2942-8555, 1570 โทรสาร 0-2942-8555, 9070 E-mail: tpeeranat@yahoo.com, fengsyat@ku.ac.th, fengvpa@ku.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการพัฒนาระบบรู้จำลายม่านตาซึ่งพิจารณาเข้ารหัสลายม่านตาโดยใช้ขนาดและเฟสของผลตอบสนองตัวกรองการเบอร์ โดยค่าสัมประสิทธิ์ขนาดและเฟส หาได้จากผลการทำคอนโวลูชันระหว่างตัวกรองการเบอร์กับภาพลายม่านตาที่ผ่านการถูกระบุตำแหน่งม่านตา รวมทั้งผ่านการทำออร์แมลไลซ์และปรับปรุงคุณภาพของภาพเรียบร้อยแล้ว สัมประสิทธิ์ที่ได้จะถูกเก็บเป็นรหัสลายม่านตา การเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาทำโดยการหาความใกล้เคียงของขนาดสัมประสิทธิ์ของแต่ละบล็อกและใช้เฟสเป็นตัวช่วยถ่วงน้ำหนักสำหรับบทความนี้ได้ทำการทดลองเพื่อหาคุณลักษณะที่เหมาะสมของตัวกรองการเบอร์ ทดสอบกับฐานข้อมูลลายม่านตา CASIAv.1.0 ผลการทดสอบระบบพบว่าได้ค่าอัตราความผิดพลาดสมมูล (EER) ที่ 0.164% โดยใช้เวลา 10.9 มิลลิวินาที ในการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตา 1:1

คำสำคัญ: การรู้จำลายม่านตา, ตัวกรองการเบอร์, การตรวจสอบอัตลักษณ์

Abstract

This paper presents an iris recognition system that constructing an iris code based on Gabor filter responses. Given an input image, an iris region is located, normalized and enhanced. The Gabor responses are obtained by performing 2 dimensional spatial convolution between a set of Gabor masks and the enhanced iris image. The iris code is constructed using both of magnitude and phase of the responses. Similarity of two iris codes is a weighted sum of difference between the magnitudes of the two irises. The weight values are computed based on difference value between the phases of the two irises. In this work, attributes of Gabor Filters, which are frequencies and orientations, are experimented. Based on the best-obtained characteristic, the proposed iris recognition system yields 0.164% equal error rate (EER), evaluated using CASIAv.1.0 iris database. Computational time of our 1:1 iris code matching is 10.9 milliseconds.

Keywords: Iris Recognition, Gabor Filter, Biometric

1. คำนำ

การตรวจสอบอัตลักษณ์ (Biometric) ในเชิงวิชาการนั้นหมายถึง วิธีการระบุตัวบุคคลโดยใช้ลักษณะทางกายภาพหรือลักษณะทางพฤติกรรมของบุคคลนั้นๆ ตัวอย่างเช่น ลายนิ้วมือ, ใบหน้า และลายม่านตา เป็นต้น วิธีการตรวจสอบอัตลักษณ์ที่มีความแม่นยำสูงเมื่อเทียบกับวิธีการตรวจสอบอื่นๆ คือ วิธีการรู้จำลายม่านตา รูปแบบของลายม่านตานั้นได้รับการยอมรับว่ามีรูปแบบที่มีความหลากหลาย เป็นรูปแบบเฉพาะของแต่ละบุคคล รวมทั้งมีรูปแบบที่เสถียร หลังจากการพัฒนาของม่านตาในช่วงทศวรรษแรกของทศวรรษ 1970 แล้ว รูปแบบลายม่านตาจะคงที่ไม่เปลี่ยนแปลงภายใต้สภาวะแวดล้อมต่างๆ [1] เช่น อุณหภูมิร้อน-หนาว อาชีพ เป็นต้น นอกจากนี้ม่านตายังเป็นอวัยวะที่ถูกทำลายได้ยาก เนื่องจากมนุษย์มีความหวงแหนดวงตาเป็นธรรมชาติ จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ลายม่านตาเป็นอัตลักษณ์ที่มีความเหมาะสมในการนำมาใช้แยกแยะตัวบุคคล

ขั้นตอนวิธีการรู้จำลายม่านตาที่ประสบความสำเร็จมากที่สุดในปัจจุบันซึ่งมีการนำมาพัฒนาเชิงพาณิชย์เรียบร้อยแล้วนั้นพัฒนาขึ้นโดย John Daugman [2] ซึ่งใช้ตัวกรองการเบอร์สองมิติ (2D Gabor Filter) เพื่อดึงข้อมูลลักษณะเด่น โดยใช้สัมประสิทธิ์ทางด้านเฟสของตัวกรองดังกล่าวมาเข้ารหัส และทำการเปรียบเทียบรหัสดังกล่าวโดยใช้ Hamming Distance ระหว่างแต่ละรหัสลายม่านตา หลังจากความสำเร็จของ Daugman ยังคงมีขั้นตอนวิธีที่ถูกพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น ขั้นตอนวิธีของ Ma [3] ซึ่งใกล้เคียงกับวิธีของ Daugman แต่จะเปลี่ยนตัวกรองที่ใช้ในการดึงลักษณะเด่นและเข้ารหัสเป็นตัวกรองวงกลมแบบสมมาตร (Circular Symmetry Filter), ขั้นตอนวิธีของ Sun [4] ในจุดตัดศูนย์ (Zero-Crossing) ของการแปลงเวฟเลต (Wavelet Transform) ในการดึงลักษณะเด่น, ขั้นตอนวิธีของ Miyazawa [5] :ซึ่งดึงลักษณะเด่น โดยใช้การแปลงฟูริเยร์แบบไม่ต่อเนื่องสองมิติ (2D Discrete Fourier Transform) และทำการเปรียบเทียบโดยใช้ข้อมูลทางด้านเฟสจากการแปลงดังกล่าว

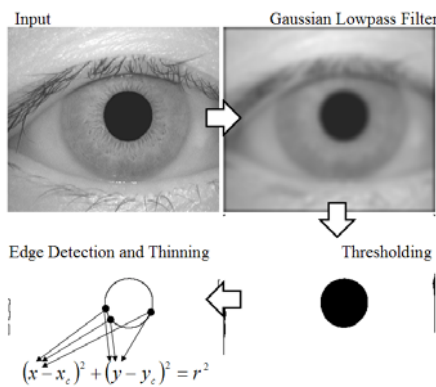
ในบทความนี้จะนำเสนอการดึงลักษณะเด่นและเข้ารหัสลายม่านตาโดยใช้สัมประสิทธิ์ของขนาดและเฟสจากการทำคอนโวลูชันของตัวกรองการเบอร์กับภาพลายม่านตา และนำรหัสลายม่านตา

ที่ได้มาทำการเปรียบเทียบโดยพิจารณาความแตกต่างของขนาด และใช้ เฟสถ่วงน้ำหนักเพื่อช่วยเพิ่มความถูกต้องในการเปรียบเทียบรหัสลาย ม่านต้ายิ่งขึ้น โดยจะทำการทดลองเพื่อหาค่าคุณลักษณะที่เหมาะสมของ ตัวกรองการเบอร์สำหรับขั้นตอนวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นด้วย

2. ขั้นตอนวิธีการรู้จำลายม่านตา

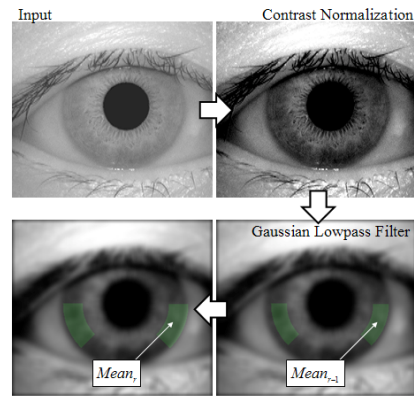
2.1 การระบุตำแหน่งม่านตา (Iris Localization)

การระบุตำแหน่งม่านตาจะทำเพื่อหาขอบด้านในและขอบ ด้านนอกของม่านตา โดยขั้นตอนวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นจะสร้างสมมติฐานให้ ม่านตาเป็นลักษณะวงแหวนซึ่งประกอบวงกลมด้านใน และวงกลมด้าน นอกที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน เนื่องจากม่านตามีค่าระดับสีต่ำกว่าส่วน อื่นๆ ของภาพมาก การหาขอบด้านในของลายม่านตาจะทำโดยผ่านตัว กรองความถี่ต่ำผ่านแบบเกาส์ (Gaussian Lowpass Filter) และตัดระดับสี (Thresholding) จากนั้นทำการหาขอบ (Edge Detection) และทำให้บาง (Thinning) ตามลำดับ ดังรูปที่ 1 ค่าสัมประสิทธิ์ของสมการวงกลมด้าน ในจะถูกคำนวณได้จากจุดที่อยู่บนเส้นขอบที่ได้



รูปที่ 1 ขั้นตอนการหาขอบด้านใน

การหาขอบด้านนอกของม่านตาทำได้โดยพิจารณาหาความ แตกต่างระหว่างค่าสีเฉลี่ยของม่านตากับค่าสีเฉลี่ยของตาขาว ซึ่งจะเริ่ม หาได้จากการนอร์มัลไลซ์ความตัดกันของสี (Contrast Normalization) จากนั้นผ่านตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน จากที่ได้กำหนดไว้เบื้องศูนย์กลางของขอบด้านในจะเป็นจุดเดียวกับขอบด้านนอก การหารัศมี ของขอบด้านนอกจะทำการหาค่าเฉลี่ยของสีเริ่มตั้งแต่ในบริเวณวงแหวน นอกขอบด้านในโดยจะทำการวนซ้ำเพิ่มรัศมีและหาค่าเฉลี่ยของสีไป จนกระทั่งค่าเฉลี่ยของสีที่ได้ระหว่างสองรอบมีความแตกต่างกันเกินค่าที่ กำหนด ณ ค่ารัศมีที่ใหญ่ขึ้นจะเป็นค่ารัศมีของขอบด้านนอกนั่นเอง ผลลัพธ์ในขั้นตอนต่างๆ ของการหาขอบด้านนอกสามารถพิจารณาได้ จากรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการหาขอบด้านนอก

2.2 การนอร์มัลไลซ์ภาพลายม่านตา (Iris Normalization)

เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่ทำให้ขนาดของลายม่าน ตานั้นไม่คงที่ ยกตัวอย่างเช่น มีการยืดหดขึ้นกับปริมาณของแสงที่ เข้าสู่ดวงตา ระยะห่างระหว่างดวงตาและเครื่องสแกน (Iris Scanner) หรือคุณลักษณะเฉพาะของดวงตาแต่ละบุคคล ดังนั้นจึงจำเป็นต้อง ทำการนอร์มัลไลซ์ภาพลายม่านตาให้มีขนาดเท่ากัน โดยขั้นตอนวิธี ที่จะทำการพัฒนาขึ้นจะทำการคลี่ม่านตาให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า โดยพิจารณาจากสมการต่อไปนี้

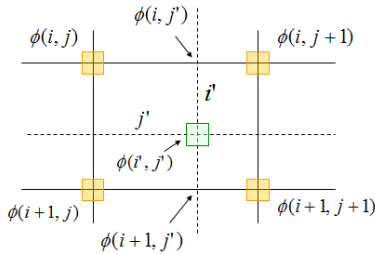
$$r_{input} = \left\{ \left(\frac{i}{n_i} \right) \times (R_{outer} - R_{inner}) \right\} + R_{inner} \quad (1)$$

$$\theta_{input} = \frac{2\pi \times j}{n_j} \quad (2)$$

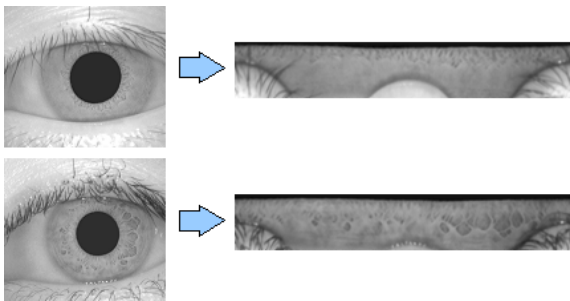
โดยที่ r_{input} เป็นค่ารัศมีของจุดบนภาพม่านตา และ θ_{input} เป็นค่า มุมของจุดบนภาพม่านตา R_{inner} เป็นรัศมีของขอบด้านใน R_{outer} เป็นรัศมีของขอบด้านนอก i และ j เป็นค่าพิกัดบนพื้นที่สี่เหลี่ยม ผืนผ้าที่ต้องการทำการคลี่ ส่วน n_i และ n_j เป็นขนาดของ สี่เหลี่ยมผืนผ้าตามแกนอนและแกนตั้งตามลำดับ ในขั้นตอนวิธีที่ ใช้นั้นจะพิจารณาหาค่าระดับสีที่ตำแหน่ง r_{input} และตำแหน่ง θ_{input} โดยใช้การประมาณเชิงเส้นตรง (Linear Interpolation) ดัง สมการต่อไปนี้

$$\begin{aligned} \phi(i, j') &= j' \phi(i, j+1) + (1-j') \phi(i, j) \\ \phi(i+1, j') &= j' \phi(i+1, j+1) + (1-j') \phi(i+1, j) \\ \phi(i', j') &= i' \phi(i+1, j') + (1-i') \phi(i, j') \end{aligned} \quad (3)$$

โดยที่ค่า $\phi(i, j)$ เป็นค่าสี ณ ตำแหน่ง (i, j) ซึ่งสามารถพิจารณาตำแหน่งของตัวแปรต่างๆ ในสมการที่ 3 ได้จากรูปที่ 3 และตัวอย่างของภาพลายม่านตาหลังจากผ่านการอร์เมลาไลซ์ได้จากรูปที่ 4



รูปที่ 3 ตัวแปรต่างๆ ในการประมาณเชิงเส้น (Linear Interpolation)



รูปที่ 4 ตัวอย่างของภาพลายม่านตาหลังจากผ่านการอร์เมลาไลซ์

2.3 การดึงลักษณะเด่นและการเข้ารหัสลายม่านตา (Iris Feature Extraction and Feature Encoding)

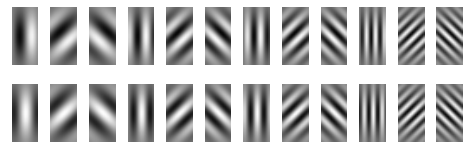
Feature Extraction and Feature Encoding

จากขั้นตอนวิธีของ Daugman [2] การดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาจะทำได้โดยใช้ข้อมูลของเฟสเป็นหลัก ซึ่งจะเห็นว่าถ้าทำข้อมูลทางด้านขนาดมาพิจารณาควบคู่ไปด้วยจะทำให้ระบบมีความถูกต้องแม่นยำมากยิ่งขึ้น เนื่องจากค่าขนาดของผลตอบสนองจากตัวกรองจะบอกถึงคุณลักษณะของลายม่านตา โดยค่าขนาดจะมีค่าสูงในกรณีที่คุณลักษณะของลายม่านตามีความใกล้เคียงกับคุณลักษณะของตัวกรอง ซึ่งขั้นตอนวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นจะพิจารณาข้อมูลทั้งสองชนิดคือขนาดและเฟส โดยจะนำภาพลายม่านตาไปปรับปรุงคุณภาพภาพเริ่มจากการผ่านตัวกรองค่าเฉลี่ย (Average Filter) ขนาด 3×3 ทำการปรับเท่าฮิสโตแกรมเฉพาะพื้นที่ (Local Histogram Equalization) และผ่านตัวกรองมัธยฐาน (Median Filter) ขนาด 3×3 ก่อนจะนำมาคอนโวลูชันกับตัวกรองการเบอร์รี่ที่ความถี่และทิศทางต่างๆ ตามสมการที่ 4 ซึ่งแสดงตัวอย่างของตัวกรองในรูปที่ 5

$$h(x, y) = G(x, y) \cdot \exp\left(\frac{i2\pi f [\cos\phi \times (y - y_c) + \sin\phi \times (x - x_c)]}{n_y}\right) \quad (4)$$

$$G(x, y) = \exp\left(-\frac{(x - x_c)^2 + (y - y_c)^2}{2V^2}\right) \quad (5)$$

โดยที่ $h(x, y)$ คือค่าในหน้าต่างตัวกรองการเบอร์รี่สองมิติที่จุด (x, y) , f คือความถี่ของตัวกรอง, ϕ คือทิศทางของตัวกรอง, x_c คือตำแหน่งตรงกลางของหน้าต่างในแนวตั้ง, y_c คือตำแหน่งตรงกลางของหน้าต่างในแนวนอน, n_y คือจำนวนจุดของหน้าต่างในแนวนอน, $G(x, y)$ คือค่าของฟังก์ชันเกาส์ (Gaussian) สองมิติที่ตำแหน่ง (x, y) , V คือค่าความแปรปรวน (Variance)



รูปที่ 5 ตัวอย่างตัวกรองการเบอร์รี่

โดยจะใช้ตัวกรองทั้งหมด 4 ความถี่ 3 ทิศทางในการเข้ารหัสลายม่านตา 1 รหัส เมื่อนำภาพลายม่านตาคอนโวลูชันกับตัวกรองการเบอร์รี่แล้ว จะหาค่าขนาดและเฟสของสัมประสิทธิ์ที่ได้จากสมการที่ 6 และสมการที่ 7 ตามลำดับ โดยค่าขนาดและเฟสเหล่านี้จะเป็นตัวแทนของรหัสลายม่านตาของแต่ละบุคคล

$$M = \frac{\sqrt{re^2 + im^2}}{m \times n} \quad (6)$$

$$\psi = \arctan\left(\frac{im}{re}\right) \quad (7)$$

โดยที่ re คือค่าสัมประสิทธิ์ของจำนวนจริง (Real) และ im คือค่าสัมประสิทธิ์ของจำนวนจินตภาพ (Imaginary) จากการคอนโวลูชันระหว่างตัวกรองการเบอร์รี่กับภาพลายม่านตา, M คือค่าของขนาด, ψ คือค่าของเฟส, m และ n คือขนาดของตัวกรองการเบอร์รี่ในแกนตั้งและแกนนอนตามลำดับ

2.4 การเปรียบเทียบรหัสลายม่านตา (Iris-code Matching)

การเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาจะนำค่าขนาดที่ได้จากขั้นตอนการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตามาหาเปอร์เซ็นต์ความแตกต่าง และนำค่าเฟสเข้ามาช่วยในการถ่วงน้ำหนัก ซึ่งสามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 8

$$\text{Matching Score (\%)} = \sum_{i=1}^n \sigma_{(i \leftrightarrow i+T)} \left(1 - \frac{|M_i - M_{i+T}^{\text{template}}|}{(M_i + M_{i+T}^{\text{template}}) / 2}\right) \quad (8)$$

$$\sigma_{(i \leftrightarrow i+T)} = \begin{cases} |\psi_i - \psi_{i+T}^{\text{template}}| - \pi & \text{if } |\psi_i - \psi_{i+T}^{\text{template}}| > \pi \\ \pi - |\psi_i - \psi_{i+T}^{\text{template}}| & \text{if } |\psi_i - \psi_{i+T}^{\text{template}}| < \pi \end{cases} \quad (9)$$

โดยที่ n คือจำนวนของรหัสลายม่านตาทั้งหมด, M_i คือขนาดของรหัสลายม่านตาที่จะทำการเปรียบเทียบลำดับที่ i , ψ_i คือเฟสของรหัสลายม่านตาที่จะทำการเปรียบเทียบลำดับที่ i , $M_i^{template}$ คือขนาดของเทมเพลต (Template) ของรหัสลายม่านตาที่ต้องการเปรียบเทียบลำดับที่ i , $\psi_i^{template}$ คือเฟสของเทมเพลตของรหัสลายม่านตาที่ต้องการเปรียบเทียบลำดับที่ i และ T คือลำดับการเลื่อนของรหัสลายม่านตา ทั้งนี้เนื่องจากมุมของภาพลายม่านตาที่จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดจากการเอียงคอกของมนุษย์ ดังนั้นจำเป็นต้องมีการชดเชยการหมุนโดยจะทำการเลื่อนรหัสลายม่านตาและพิจารณาค่าเปอร์เซ็นต์ของคะแนนการเปรียบเทียบ (Matching Score) จากครั้งที่เลื่อนแล้วให้คะแนนการเปรียบเทียบสูงสุดเป็นคะแนนในการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาครั้งนั้นๆ

3. ผลการทดลอง

ขั้นตอนวิธีที่พัฒนาขึ้นจะทำการทดสอบโดยใช้ฐานข้อมูลลายม่านตา CASIA v1.0 [6] ซึ่งประกอบไปด้วยลายม่านตาของอาสาสมัครชาวจีนจำนวน 108 คน คนละ 7 ภาพลายม่านตา ซึ่งจะทำการศึกษาความต้องการของระบบโดยใช้ค่า อัตราการผิดพลาดสมดุล (Equal-Error-Rate, EER) ซึ่งเป็นจุดที่ค่าอัตราการอนุญาตผิดพลาด (Fault-Accept-Rate, FAR) และอัตราการไม่อนุญาตผิดพลาด (Fault-Reject-Rate, FRR) เท่ากัน โดยในการทดสอบนี้จะทำการหาค่าของความถี่ที่เหมาะสมของตัวกรองการเบอร์ที่ใช้ในการดึงลักษณะเด่นและเข้ารหัสลายม่านตา ซึ่งได้ผลการทดสอบตามตารางที่ 1 และผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่ทำการพัฒนาขึ้นกับวิธีการต่างๆ ที่เคยมีผู้พัฒนาไว้จะแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบหาความถี่ที่เหมาะสมของตัวกรองการเบอร์

ความถี่	ทิศทาง	EER (%)
[1 1.5 2 2.5]	$[0 \frac{\pi}{4} \frac{3\pi}{4}]$	0.164328
[1 1.5 2 3]	$[0 \frac{\pi}{4} \frac{3\pi}{4}]$	0.175072
[1 2 3 4]	$[0 \frac{\pi}{4} \frac{3\pi}{4}]$	0.291718

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบความถูกต้องของระบบกับขั้นตอนวิธีที่มีผู้พัฒนาไว้ก่อนหน้า

Methods	EER (%)
Kazuyuki Miyazawa et al. [5]	0.0032
Peng Yao et al. [7]	0.2800
Chia-Te Chou et al. [8]	0.0229
Lu Chenhong [9]	0.1480
Thoonsangngam [10]	0.2197
Proposed method	0.1643

ระบบถูกพัฒนาขึ้นด้วยภาษา C++ การทดสอบใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล Pentium IV ความถี่ 2.4 GHz หน่วยความจำ 512 MB เวลาที่ได้จากขั้นตอนต่างๆ แสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เวลาที่ใช้ในขั้นตอนวิธีต่างๆ

ขั้นตอนวิธี	เวลา (มิลลิวินาที)
ระบุตำแหน่งลายม่านตา	234
นอร์แมลไลซ์	31
ดึงลักษณะเด่นและเข้ารหัสลายม่านตา	291
เปรียบเทียบ 1:1	10.9

4. สรุป

จากการทดสอบขั้นตอนวิธีการรู้จำลายม่านตาโดยใช้ตัวกรองการเบอร์ที่มีความถี่ต่างๆ คอนโวลูชันกับภาพลายม่านตาที่ผ่านขั้นตอนวิธีการระบุตำแหน่ง การนอร์แมลไลซ์และปรับปรุงคุณภาพภาพแล้วจากนั้นนำไปทำการทดสอบระบบกับฐานข้อมูลลายม่านตา CASIA v1.0 โดยจะทำการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาเพื่อหาค่า EER จากผลการทดลองพบว่าความถี่ของชุดตัวกรองการเบอร์ที่เหมาะสมที่สุดในการรู้จำลายม่านตาคือ [1 1.5 2 2.5] ที่ทิศทาง $[0 \frac{\pi}{4} \frac{3\pi}{4}]$ โดยได้ค่า EER เท่ากับ 0.164328% เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการเข้ารหัสลายม่านตาคือ 556 มิลลิวินาที และเวลาในการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตา 1:1 คือ 10.9 มิลลิวินาที

เอกสารอ้างอิง

- [1] L. Flom and A. Safir, "Iris recognition system", U.S. Patent, 1987, 4,641,349.
- [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] L.Ma, T.Tan, Y.Wang, and D.Zhang, "Personal identification based on iris texture analysis", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 25, no.12, pp. 1519-1533, 2003.
- [4] Zhenan Sun, Yunhong Wand, Tieniu Tan, and Jiali Cui, "Cascading statistical and structural classifiers for iris recognition," In Proceedings of ICIP, pp.1261-1264, 2004.
- [5] K.Miyazawa, K.Ito, T.Aoki, K.Kobayashi, and H.Nakajima, "A phase-based iris recognition algorithm," Proceedings of ICB, pp. 356-365, 2006
- [6] <http://nlpr-web.ia.ac.cn/english/irds/irisdatabase.htm>
- [7] P. Yao, J. Li, X. Ye, Z. Zhuang, and B. Li "Iris recognition algorithm using modified Log-Gabor filters," International Conference on Pattern Recognition, ICPR. vol. 4., pp. 461-464, 2006.
- [8] Chia-Te Chou, Sheng-Wen Shih, Wen-Shiung Chen, and Victor W. Cheng, "Iris recognition with multi-scale edge type matching," International Conference on Pattern Recognition, ICPR. vol.4, pp. 545-548, 2006.
- [9] L. Chenhong, and L. Zhaoyang, "Efficient iris recognition by computing discriminable textons," International Conference on Neural Networks and Brain, ICNN&B. vol. 2, pp. 1164 - 1167, 2005.
- [10] P. Thoonsaengngam, K. Horapong, S. Thainimit, and V. Areekul, "Efficient iris recognition using adaptive quotient thresholding," Proceedings of ICB, pp. 472-478, 2006.