

เทคนิคการรู้จำลายม่านตาโดยพิจารณาจากระบบตอบสนองอิมพัลส์
จำนวนจำกัดที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลจากภาพถ่าย
ลายม่านตา

IRIS RECOGNITION BASED ON FINITE IMPULSE RESPONSE SYSTEM
CHARACTERIZING IDENTIFICATION FEATURE OF IRIS IMAGE



วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมสารสนเทศ
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2555

KMITL-2012-EN-M-230-187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRIS RECOGNITION BASED ON FINITE IMPULSE RESPONSE SYSTEM
CHARACTERIZING IDENTIFICATION FEATURE OF IRIS IMAGE



A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN INFORMATION ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2012

KMITL-2012-EN-M-230-187

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2012

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์

เทคนิคการรู้จำลายม่านตาโดยพิจารณาจากระบบตอบสนองอิมพัลส์
จำนวนจำกัดที่แสดงคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลจากภาพถ่าย
ลายม่านตา

นักศึกษา

นางสาวณัชนันท์ ชิตานนท์

รหัสประจำตัว

52611306

ปริญญา

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชา

วิศวกรรมสารสนเทศ

พ.ศ.

2555

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

ผศ.ดร.พิทักษ์ ธรรมวาริน

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการรู้จำลายม่านตา โดยพิจารณาจากการใช้ระบบตอบสนอง อิมพัลส์จำนวนจำกัด (Finite Impulse Response System: FIR) เพื่อวินิจฉัยคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตาของแต่ละบุคคล ลำดับแรกจะนำข้อมูลพิกัดเชิงขั้วของภาพลายม่านตาจะถูกกระจายลงในอนุกรมฟูรีเยร์ เพื่อดึงคุณลักษณะเด่นและลดความเบี่ยงเบน (fluctuation) ของภาพลายม่านตาจากนั้นนำค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่คำนวณได้มาใช้เป็นอินพุตและเอาต์พุตของระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด ซึ่งผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดจะถูกใช้เป็นคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลเพื่อใช้ในการรู้จำลายม่านตา ลำดับสุดท้าย เพื่อที่จะลดความเบี่ยงเบนที่เกิดจากขนาดของรูม่านตา และขนาดของม่านตาอันเนื่องมาจากปริมาณความเข้มของแสง วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอการคำนวณค่าความเหมือนของภาพลายม่านตาโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบวีคัมเชิงพลวัต ประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอแสดงได้โดยการทดลองรู้จำลายม่านตาบนฐานข้อมูล CASIA V1.0 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลลายม่านตาสาธารณะ ประกอบด้วยภาพลายม่านตาจำนวน 756 ภาพ จาก 108 คน มาใช้ในการทดลอง โดยค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่ได้จากการทดลองมีค่าเท่ากับ 96.15เปอร์เซ็นต์จากผลการทดลอง พบว่าการทดลองการรู้จำลายม่านตาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีประสิทธิภาพ

Thesis	Iris Recognition based on Finite Impulse Response System Characterizing Identification Feature of Iris Image
Student	Miss NachanantChitanont
Student ID.	52611306
Degree	Master of Engineering
Program	Information Engineering
Year	2012
Thesis Advisor	Asst.Prof. Dr. PitakThumwarin

ABSTRACT

This thesis presents iris recognition method based on FIR (Finite Impulse Response) System characterizing identification feature of iris image. First, fluctuation of the iris images can be reduced and their individual feature can be extract by expanding the polar iris images into Fourier series. Then the obtained Fourier coefficients are used as the input and output of the FIR system to describe the identification feature. The impulse response of the FIR system is used as the individual feature for iris recognition. Finally, in order to reduce fluctuation cause by size of the pupil and the iris because of intensity of light, this thesis proposes the dynamic radius matching to calculate the similarity among the iris images. Experiment results were performed on CASIA V1.0 public database having 756 iris images from 108 persons. The obtained accuracy rate is 96.15 percent. It was found from the experimental result that the proposed method is effective for iris recognition.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ได้ดำเนินการจนสำเร็จลุล่วงไปได้เนื่องจากความกรุณาให้คำแนะนำของผศ.ดร. พิทักษ์ ธรรมวาริน ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้า ตลอดระยะเวลาที่ข้าพเจ้าได้ดำเนินการวิจัย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาและความเอาใจใส่ของท่านเป็นอย่างมาก และที่สำคัญอย่างยิ่งคือท่านเป็นแบบอย่างของนักวิจัยที่ดีที่ข้าพเจ้าจะปฏิบัติและดำเนินรอยตามในอนาคต ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณ Prof.Dr. TAKENOBU MATSURA ที่ให้คำแนะนำงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วง และให้ความเมตตากับข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอกราบขอบพระคุณคณาจารย์ในภาควิชา วิศวกรรมสารสนเทศทุก ๆ ท่านที่ให้ความเมตตาประสิทธิ์ประสาทวิชาให้กับข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ พี่ๆ น้องๆ ในสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งชาวไทย และชาวต่างชาติ ที่ช่วยเป็นแรงกระตุ้น แรงผลักดัน คอยให้คำปรึกษา คอยให้กำลังใจ ทำให้ข้าพเจ้าฟันฝ่าอุปสรรคและดำเนินการวิจัยจนสำเร็จลุล่วง

ท้ายที่สุดนี้ ขอกราบขอบพระคุณบุคคลสำคัญที่สุดอย่างยิ่งคือ บิดา มารดา และครอบครัว ที่ได้เลี้ยงดูอบรมสั่งสอนข้าพเจ้ามาเป็นอย่างดี พร้อมทั้งให้โอกาสในการศึกษาอย่างเต็มที่ และยังให้กำลังใจและเอาใจใส่ข้าพเจ้าอย่างดีเสมอมา ข้าพเจ้าขอรำลึกในพระคุณของทุก ๆ ท่านประโยชน์ใดที่เกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ข้าพเจ้าขอมอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่านขอกราบขอบพระคุณอย่างสูง

และสุดท้ายข้าพเจ้าขอขอบคุณ สถาบันระบบอัตโนมัติ (Institute Automation) และสถาบันวิทยาศาสตร์จากประเทศจีน (Chinese Academy of Sciences) ที่กรุณาเผื่อแผ่ ฐานข้อมูลภาพถ่ายมา่านตาเพื่อนำมาใช้ในการทดลอง

ณชนันท์ ชิตานนท์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	3
1.3 หลักการใหม่ที่น่าสนใจในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้.....	3
1.4 ขั้นตอนของการศึกษา.....	4
1.5 ส่วนประกอบของงานวิจัย.....	4
บทที่ 2 การประมวลผลเบื้องต้น.....	5
2.1 การแปลงระบบพิกัดฉาก(Cartesian Coordinates) ให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates).....	6
2.1.1 การเปลี่ยนภาพลายม่านตาจากฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง (Discrete function) ให้เป็นฟังก์ชันที่ต่อเนื่อง (Continuous function) สองมิติในพิกัดฉาก.....	7
2.1.2 การประมาณจุดศูนย์กลางวงกลมซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของรูม่านตา.....	9
2.1.3 การแปลงระบบพิกัดฉาก(Cartesian Coordinates) ให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates).....	11
2.2 การกำหนดพื้นที่ลายม่านตาให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน.....	16
บทที่ 3 การดึงคุณสมบัติสำคัญ	19
3.1 การประมาณค่าฟูรีเยร์ (Fourier Approximation)	18
3.2 ระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด (Finite Impulse Response System)	22
บทที่ 4 การรู้จำลายม่านตา.....	26
4.1 การเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตา.....	26
4.2 การคำนวณความผิดพลาดของภาพลายม่านตา	32

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง.....	34
5.1 ฐานข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง.....	34
5.2 ผลการทดลองการรู้จำลายม่านตา.....	36
5.3 ผลการทดลองเพิ่มเติม.....	39
5.3.1 การเลือกพื้นที่ในการรู้จำลายม่านตา.....	39
5.3.2 การเลือกค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสมมาใช้ในการลดความเบี่ยงเบนของ ภาพลายม่านตา.....	42
บทที่ 6 สรุปและการพัฒนาในอนาคต.....	43
6.1 สรุปผลการทดลอง.....	43
6.2 แนวทางพัฒนาในอนาคต.....	44
บรรณานุกรม.....	45
ภาคผนวก ก. วิธีการกำลังสองสมบูรณ์ที่น้อยที่สุด (least square error).....	47
ภาคผนวก ข. ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง.....	50
ภาคผนวก ค. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	62
ประวัติผู้เขียน.....	73

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
5.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการรู้จำลายม่านตา.....	39
5.2 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คำนวณได้จากพื้นที่การรู้จำของภาพลายม่านตาที่ต่างกัน	40
5.3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คำนวณได้จากจำนวนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ต่างกัน	42



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 การพิสูจน์ตัวตนโดยใช้ลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมของมนุษย์	1
1.2 ภาพถ่ายตัวอย่างของภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA V1.0.....	3
2.1 ตัวอย่างลายม่านตาในฐานข้อมูล CASIA V1.0 (a) ในส่วนที่1 (b) และส่วนที่ 2.....	5
2.2 กล้องที่สถาบันระบบอัตโนมัติและสถาบันวิทยาศาสตร์จากประเทศจีนพัฒนาขึ้น เพื่อเก็บภาพลายม่านตา.	6
2.3 กายวิภาคของม่านตา.....	7
2.4 ตัวอย่างค่าระดับสีเทาที่อยู่ในฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง.....	7
2.5 ตัวอย่างค่าระดับสีเทาที่อยู่ในฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง.....	8
2.6 ภาพตาในรูปฟังก์ชันต่อเนื่อง 2 มิติระบบคู่ลำดับคาร์ทีเซียน.....	8
2.7 การประมาณค่าจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุดบนบริเวณรอบวงกลม.....	9
2.8 ผลจากการคำนวณตำแหน่งขอบและจุดศูนย์กลางของรูม่านตา.....	11
2.9 ตัวอย่างภาพลายม่านตาของคน 3 คน ที่มีบางส่วนของม่านตาถูกปกคลุมด้วยขนตาและขอบตาล่าง.....	11
2.10 พื้นที่ในการรู้จำของภาพลายม่านตา.....	12
2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้ว.....	13
2.12 การแปลงระบบพิกัดฉาก (x, y) ของภาพลายม่านตาไปเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (r, θ)	13
2.13 ตัวอย่างการหาจุดศูนย์กลางและการแปลงระบบพิกัดฉากให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้วของตัวอย่างภาพลายม่านตา	14
2.14 ภาพลายม่านตา 2 ภาพของคนคนเดียวกันแต่มีรัศมีที่ต่างกัน.....	17
2.15 ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่ของภาพม่านตาให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน	18
3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ได้มาจากบุคคลคนเดียวกันและต่างคนกัน.....	20
3.2 ภาพ (a) ต้นฉบับก่อนประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ (b) และภาพเมื่อใช้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสม.....	21
3.3 ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสองของการประมาณค่าฟูรีเยร์ $\hat{f}(r_k, \theta_i)$	22
3.4 ระบบตอบสนองอิมพัลส์แบบจำกัดของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่คำนวณได้จากรัศมีที่ต่างกันเป็นอินพุตและเอาต์พุต.....	24

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.5 ค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ที่ได้จากภาพม่านตาของคน 8 คน.....	25
4.1 การทำงานของม่านตาเมื่ออยู่ในสภาวะแสงที่แตกต่างกัน.....	27
4.2 เปรียบเทียบค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่มาจากบุคคลคนเดียวกันแต่ต่างรัศมี.....	27
4.3 การแบ่งส่วนภาพลายม่านตาเพื่อใช้ในการรู้จำลายม่านตา.....	28
4.4 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าระยะทางยูคลิดรวมที่ได้จากคน ๆ เดียวกัน และต่างคนกันโดย ใช้หลักการของการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัตและไม่ใช้หลักการของการเปรียบเทียบรัศมี เชิงพลวัต.....	31
4.5 ตัวอย่างกราฟแสดงค่า FAR, FRR และค่าขีดแบ่งที่ได้จากการทดลอง.....	32
4.6 แผนผังขั้นตอนการรู้จำลายม่านตาจากภาพลายม่านตา.....	33
5.1 ภาพถ่ายตัวอย่างของภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA V1.0.....	35
5.2 ประสิทธิภาพในการทดลองรู้จำลายม่านตา.....	38
5.3 พื้นที่ในการรู้จำของภาพลายม่านตา.....	40
5.4 กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องจากพื้นที่การรู้จำลายม่านตาที่แตกต่างกัน.....	41
5.5 กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของภาพลายม่านตาจากจำนวนสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ ที่แตกต่างกัน.....	42

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาทางด้านอาชญากรรมที่เกิดขึ้นในสังคมมีมากมายหลายรูปแบบ เทคโนโลยีทางด้าน การป้องกันและรักษาความปลอดภัยจึงเป็นสิ่งจำเป็นอย่างมากในสังคมมนุษย์ในปัจจุบัน โดยที่มนุษย์ได้พยายามพัฒนาเทคโนโลยีการรักษาความปลอดภัยให้ทันสมัยเพื่อใช้ป้องกันและแก้ปัญหาความปลอดภัยซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตและทรัพย์สิน เทคโนโลยีที่สามารถช่วยตอบโจทย์นี้ได้เป็นอย่างดีคือเทคโนโลยีชีวมาตร (Biometrics Technology) เนื่องจากเทคโนโลยีชีวมาตรเป็นเทคโนโลยีการรักษาความปลอดภัยระดับสูง ซึ่งเป็นการนำเอาเทคโนโลยีทางด้านชีวภาพมาผสมผสานกับเทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์ เพื่อนำมาใช้ในการระบุคุณลักษณะเฉพาะส่วนบุคคลทั้งทางด้านกายภาพ (Physical Characteristics) และพฤติกรรม (Behaviors) ยกตัวอย่างเช่น ลายนิ้วมือ ลายมือ ใบหน้า ม่านตา เสียงดีเอ็นเอ และลายเซ็น เป็นต้น ซึ่งการพิสูจน์ตัวตนในลักษณะเช่นนี้มีความแม่นยำสูง เมื่อเทียบกับเทคโนโลยีการรักษาความปลอดภัยในรูปแบบอื่น อาทิเช่น การตรวจสอบรหัสผ่าน (password) การตรวจสอบรหัสแรกเข้า (PIN) การใช้คีย์การ์ด เนื่องจากมนุษย์ทุกคนย่อมมีลักษณะและพฤติกรรมเฉพาะของตนเองจึงทำให้ยากต่อการลอกเลียนแบบหรือการโจรกรรม



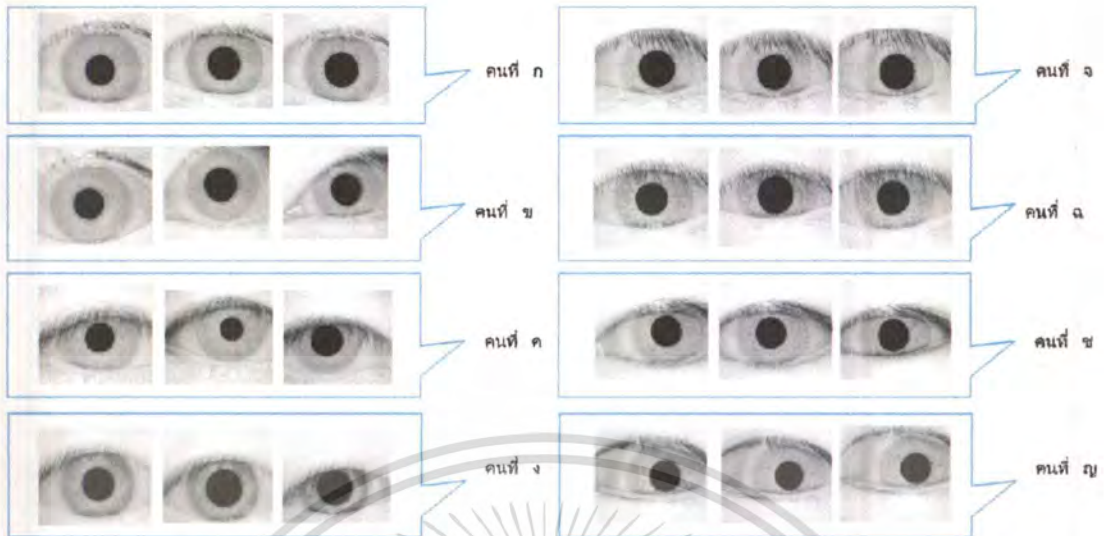
รูปที่ 1.1 การพิสูจน์ตัวตนโดยใช้ลักษณะทางกายภาพและพฤติกรรมของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การพิสูจน์ตัวตนโดยใช้ลายม่านตาเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีชีวมาตร ซึ่งมีข้อได้เปรียบเมื่อเทียบกับการพิสูจน์ตัวตนโดยใช้เทคโนโลยีชีวมาตรอื่น ๆ เนื่องจากลายม่านตาจะเริ่มมีปรากฏขึ้นแต่อายุได้สามเดือนและจะสมบูรณ์ทั้งสี่และลายเส้นภายในขอบปีแรก และไม่เปลี่ยนแปลงจนสิ้นอายุขัยลายม่านตาสองข้างของมนุษย์จะไม่เหมือนกัน ไม่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมแม้แต่ในฝาแฝด จากลักษณะเด่นของเทคนิคการรู้จำลายม่านตา ทำให้เป็นที่คาดกันว่า การรู้จำลายม่านตาจะเป็นที่ได้รับความนิยมในอนาคต เนื่องจากค่าความผิดพลาดในการตรวจสอบตัวบุคคลต่ำ และลักษณะข้อมูลเปรียบเทียบที่ใช้มีอายุยาวนาน นอกจากนี้ลายม่านตามีความเสถียร (stable) และเปลี่ยนแปลงยาก (fix) และเป็นอวัยวะที่อยู่ภายใน ซึ่งถูกห่อหุ้มโดยกระจกตา (cornea) จึงทำให้ถูกทำลายหรือเสียหายได้ยาก เมื่อเทียบกับอวัยวะภายนอกเช่น ลายมือหรือลายนิ้วมือด้วยเหตุผลที่กล่าวมาข้างต้นจึงทำให้งานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการรู้จำลายม่านตาถูกนำเสนออย่างแพร่หลายและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง

วิธีการรู้จำลายม่านตาได้ถูกนำเสนอเป็นครั้งแรก โดย John Daugman [1] ซึ่งนำวงจรกรองการเบอร์สองมิติ (2-D Gabor filter) มาประยุกต์ใช้เพื่อดึงคุณลักษณะเด่นจากภาพลายม่านตา หลังจากนั้น งานค้นคว้าวิจัยเกี่ยวกับวิธีการรู้จำม่านตาได้ถูกพัฒนาอย่างต่อเนื่อง อาทิเช่น Wildes [2] นำเสนอวิธีการดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตาโดยใช้ ลาปลาเซียน (Laplacian) ของวงจรกรองแบบเกาส์ (Gaussian filter) Jin-Xin Shi [3] ได้เปรียบเทียบอัลกอริทึมของการรู้จำลายม่านตา ได้แก่ วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบอิสระ (Independent Component Analysis : ICA) และ การเบอร์เวฟเล็ต (Gabor wavelet) เพื่อการเข้ารหัสที่กระชับขึ้น Patel [4] ใช้ฮาร์เวฟเล็ต (Harr wavelet) สำหรับการดึงคุณลักษณะเด่น และใช้ระยะทางแฮมมิง (Hamming distance) ในการเปรียบเทียบคุณลักษณะเด่น Chanon [5] ใช้ข้อมูลทางสถิติ ซึ่งประกอบด้วยค่ากลางเลขคณิต (mean) และค่าถ่วงน้ำหนัก (weight) เพื่อการประมวลผลที่เร็วขึ้นอย่างไรก็ตาม ค่าความเบี่ยงเบน (fluctuation) ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดของรูม่านตาและขนาดของม่านตาอันเนื่องมาจากปริมาณความเข้มของแสงที่ไม่ได้ถูกแก้ปัญหาก็ด้วยวิธีที่กล่าวมาข้างต้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต (Dynamic radius matching) เพื่อคำนวณความคล้ายคลึงของภาพลายม่านตา เพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของขนาดของรูม่านตาและขนาดของม่านตา นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังได้นำเสนอวิธีการดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตาโดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกัน โดยความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถแสดงได้โดยใช้ระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ได้มาจากค่าระดับสีเทาเป็นอินพุตและเอาท์พุตตามลำดับและเพื่อแสดงประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำฐานข้อมูล CASIA V1.0 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลลายม่านตาสาธารณะ ประกอบด้วยภาพลายม่านตาจำนวน 756 ภาพ จาก 108 คน มาใช้ในการทดลองรู้จำภาพลายม่านตา



รูปที่ 1.2 ภาพถ่ายตัวอย่างของภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA V1.0

1.2 จุดมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อหาวิธีการใหม่สำหรับการใช้ในการดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตา และนำลักษณะเด่นที่คำนวณได้มาใช้ในการระบุตัวตน ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอวิธีการรู้จำม่านตาโดยพิจารณาจากระบบอิมพัลส์แบบจำกัด และนำผลตอบสนองอิมพัลส์ที่คำนวณได้มาใช้แสดงเอกลักษณ์ของภาพลายม่านตา
2. เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหาความเบี่ยงเบนที่เกิดจากขนาดของม่านตาและรูม่านตาที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากปริมาณความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งอาจจะทำให้การเปรียบเทียบค่าความเหมือนของภาพลายม่านตามีความคลาดเคลื่อนได้ ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้เสนอวิธีการเปรียบเทียบวีธีเชิงพลวัต เพื่อใช้ในการคำนวณความคล้ายคลึงของภาพลายม่านตา เพื่อแก้ปัญหาที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

1.3 หลักการใหม่ที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

1. ได้นำเสนอขบวนการตรวจสอบหาจุดศูนย์กลางของรูม่านตาโดยใช้หลักการของกำลังสองสมบูรณ์ที่น้อยที่สุด (least square error) เพื่อนำมาใช้ในการแปลงระบบพิกัดฉาก (Cartesian coordinates) เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar coordinates)
2. ได้นำการประมาณค่าด้วยอนุกรมฟูรีเยร์มาประยุกต์ใช้ในการแสดงคุณสมบัติเฉพาะและลดความเบี่ยงเบนของภาพลายม่านตา
3. ได้นำผลตอบสนองอิมพัลส์ ของระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด มาใช้แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่คำนวณได้จากระบบพิกัดเชิงขั้วของภาพลายม่านตาในรัศมีที่แตกต่างกัน ซึ่งผลตอบสนองอิมพัลส์ที่คำนวณได้จะนำไปใช้แสดงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ได้นำเสนอหลักการเปรียบเทียบวีซีเอ็มเชิงพลวัต เพื่อใช้ในการแก้ไขปัญหาคความ เบี่ยงเบนที่ เกิดจากขนาดของรูม่านตาและม่านตาที่ไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากปริมาณความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน เพื่อให้การเปรียบเทียบค่าความคล้ายคลึงกันของลายม่านตามีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

สามารถแบ่งออกเป็นขั้นตอนได้ดังนี้

1. ดาวน์โหลดฐานข้อมูลภาพลายม่านตา CASIA V1.0 ซึ่งเป็นฐานข้อมูลสาธารณะ มาใช้ในการ ทดลองรู้จำลายม่านตา
2. ศึกษากายวิภาคของม่านตา (Iris Anatomy)
3. ศึกษาและนำเสนอกระบวนการเตรียมข้อมูล (Preprocessing Process) สำหรับใช้ในการรู้จำ ม่านตา
4. ศึกษาและนำเสนอกระบวนการดึงคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction) ของภาพลายม่าน ตา
5. ศึกษาและนำเสนอวิธีการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของภาพลายม่านตาเพื่อนำไปใช้ใน การระบุตัวตนของแต่ละบุคคล
6. ทดลองทำการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงกันของภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA V1.0 และแสดงเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเพื่อยืนยันประสิทธิภาพของวิธีที่นำเสนอ

1.5 ส่วนประกอบของงานวิจัย

เนื้อหาที่จะกล่าวถึงต่อมาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ประกอบด้วย 6 บท คือ

บทที่ 2 กล่าวถึงในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing) เพื่อนำไปใช้ใน การดึงคุณลักษณะเด่นของลายม่านตา

บทที่ 3 อธิบายถึงการดึงคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction) ของภาพลายม่านตาโดย พิจารณาจากระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด ซึ่งจะพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่าง ค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกัน

บทที่ 4 กล่าวถึงขั้นตอนการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตา เพื่อพิสูจน์ว่าภาพลาย ม่านตาที่นำมาเปรียบเทียบเป็นภาพลายม่านตาของคน ๆ เดียวกันหรือไม่

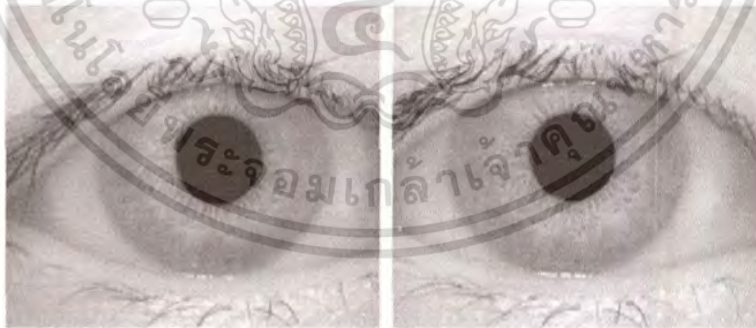
บทที่ 5 กล่าวถึง ขั้นตอนการทดลองและผลการทดลอง

และสุดท้ายบทที่ 6 บทสรุปของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 การประมวลผลเบื้องต้น

ในบทนี้จะกล่าวถึงวิธีการประมวลผลเบื้องต้น (Preprocessing) เพื่อนำไปใช้ในการดึงคุณลักษณะเด่นของลายม่านตา ในงานวิจัยฉบับนี้ได้นำฐานข้อมูลสาธารณะ CASIA V1.0 [8] มาใช้ในการทดลองรู้จำลายม่านตา ซึ่งลำดับแรก ภาพลายม่านตาจะถูกเปลี่ยนจากฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete function) ให้เป็นฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง (Continuous function) สองมิติในพิกัดฉาก (Cartesian coordinates) จากนั้นจึงคำนวณหาจุดศูนย์กลางของรูม่านตา แล้วจึงแปลงภาพลายม่านตาจากพิกัดฉากให้อยู่ในพิกัดเชิงขั้วและสุดท้ายนำทฤษฎีของ piece-wise linear function มาใช้สำหรับการกำหนดพื้นที่ของม่านตาให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน

ภาพลายม่านตาที่นำมาใช้ในการรู้จำนั้น ได้มาจากฐานข้อมูลสาธารณะที่ชื่อว่า CASIA V1.0 [8] ซึ่งเป็นฐานข้อมูลที่ สถาบันระบบอัตโนมัติ (Institute Automation) และสถาบันวิทยาศาสตร์จากประเทศจีน (Chinese Academy of Sciences) สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการทดลองรู้จำลายม่านตา และในฐานข้อมูลนี้จะประกอบด้วยภาพลายม่านตาจำนวน 756 ภาพ จาก 108 คน ซึ่งคนแต่ละคนจะมีภาพลายม่านตา คนละ 7 ภาพซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน ในส่วนแรก จะมีภาพลายม่านตาทั้งหมด 3 รูป ในส่วนที่ 2 จะมีภาพลายม่านตาทั้งหมด 4 รูป ซึ่งส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 จะเว้นช่วงระยะเวลาในการถ่ายภาพเป็นเวลา 3 เดือน โดยภาพทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของไฟล์ BMP ซึ่งมีความละเอียด 320*280 พิกเซล



(a)

(b)

รูปที่ 2.1 ตัวอย่างภาพลายม่านตาในฐานข้อมูล CASIA V1.0 [8](a) ในส่วนที่ 1 (b) และส่วนที่ 2

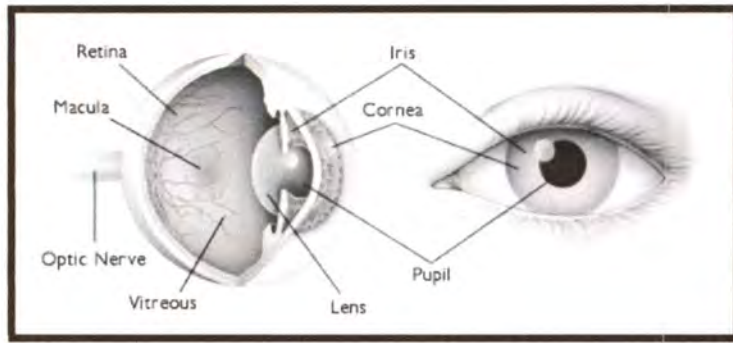


รูปที่ 2.2 กล้องที่สถาบันระบบอัตโนมัติและสถาบันวิทยาศาสตร์จากประเทศจีนพัฒนาขึ้นเพื่อเก็บภาพลายม่านตา [8]

ฐานข้อมูล CASIA V1.0 จำนวน 756 ภาพ จะถูกนำมาทดลองรู้จำลายม่านตา ซึ่งในบทนี้จะกล่าวถึงการประมวลผลเบื้องต้น (preprocessing) เพื่อนำข้อมูลที่เตรียมได้ไปใช้ในการดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตา ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

2.1 การแปลงระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates) ให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates)

อย่างที่เราทราบดีว่า ม่านตา (Iris) มีลักษณะเป็นวงแหวน อยู่ระหว่างรูม่านตา (pupil) และตาขาว (sclera) ซึ่งพื้นที่ของม่านตามีลักษณะเป็นวงกลมล้อมรอบรูม่านตาดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 เพื่อความสะดวกในการดึงคุณลักษณะเด่นของลายม่านตา จะแปลงระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates (x, y)) ให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates (r, θ)) โดยมีขั้นตอนดังนี้

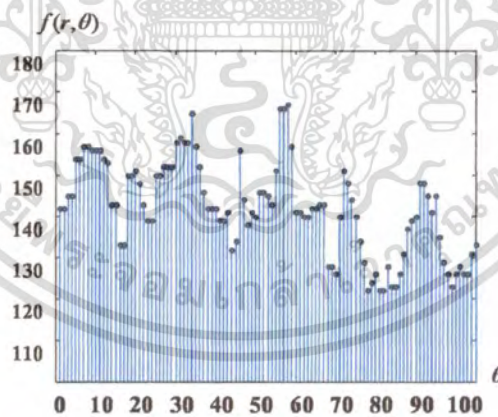


รูปที่ 2.3 กายวิภาคของม่านตา [9]

2.1.1 ภาพลายม่านตาจะถูกเปลี่ยนจากฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete function) ให้เป็นฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง (Continuous function) สองมิติในพิกัดฉาก (Cartesian coordinates)

ความผิดเพี้ยนของค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่เกิดจากการแปลงระบบพิกัดฉากให้อยู่ในระบบพิกัดเชิงขั้วเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องคำนึงถึง เมื่อภาพลายม่านตาในพิกัดเชิงขั้วมีความคล้ายคลึงกับภาพต้นฉบับมาก ประสิทธิภาพในการรู้จำลายม่านตาก็จะมากขึ้นด้วย

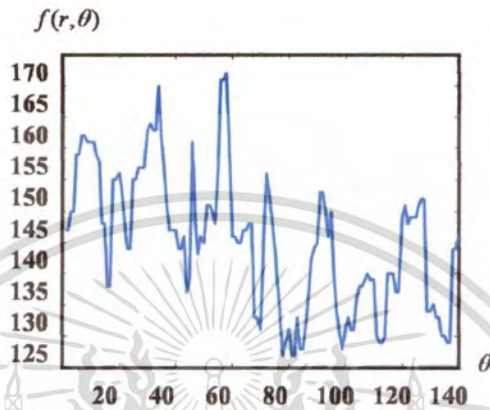
เริ่มแรก ภาพลายม่านตาที่นำมาทดลองจะอยู่ในรูปของฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง (Discrete function) ซึ่งเป็นฟังก์ชันที่อยู่ในรูปของเลขจำนวนเต็ม รูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างค่าระดับสีเทาที่อยู่ในรูปฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างค่าระดับสีเทาที่อยู่ในรูปฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง

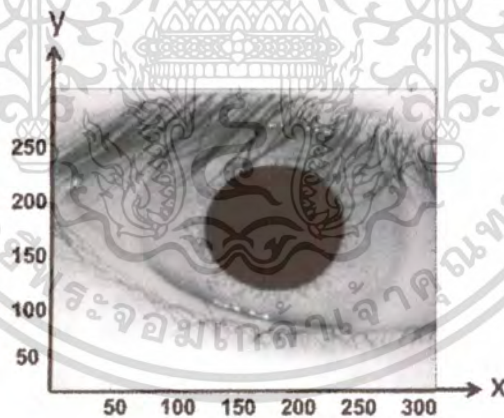
อย่างไรก็ตาม ค่าระดับสีเทาที่คำนวณได้จากการแปลงระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดเชิงขั้วไม่ได้อยู่ในรูปจำนวนเต็มเสมอไป เมื่อภาพลายม่านตาอยู่ในรูปของฟังก์ชันไม่ต่อเนื่อง จึงส่งผลทำให้เกิดความผิดเพี้ยนเมื่อทำการแปลงภาพลายม่านตาจากระบบพิกัดฉากให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว

เพื่อแก้ปัญหาความผิดเพี้ยน และเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำลายม่านตา วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงทำการเปลี่ยนภาพลายม่านตาจากฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง เป็นฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง (Continuous function) ซึ่งจะช่วยทำให้การคำนวณค่ามีความแม่นยำมากขึ้น รูปที่ 2.5 แสดงตัวอย่างค่าระดับสีเทาที่อยู่ในรูปฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง



รูปที่ 2.5 ตัวอย่างค่าระดับสีเทาที่อยู่ในรูปฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่อง

ภาพลายม่านตาที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันต่อเนื่อง 2 มิติระบบพิกัดขั้วที่เขียน สามารถแสดงได้ในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 ภาพตาในรูปฟังก์ชันต่อเนื่อง 2 มิติระบบพิกัดขั้วที่เขียน

การแปลงภาพลายม่านตาจากฟังก์ชันแบบไม่ต่อเนื่องเป็นฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง สามารถคำนวณได้โดยใช้สมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$f(x, y) = \sum_{n=0}^Q \sum_{m=0}^Q F(n, m) \phi(x - n, y - m) \quad (2.1)$$

เมื่อ

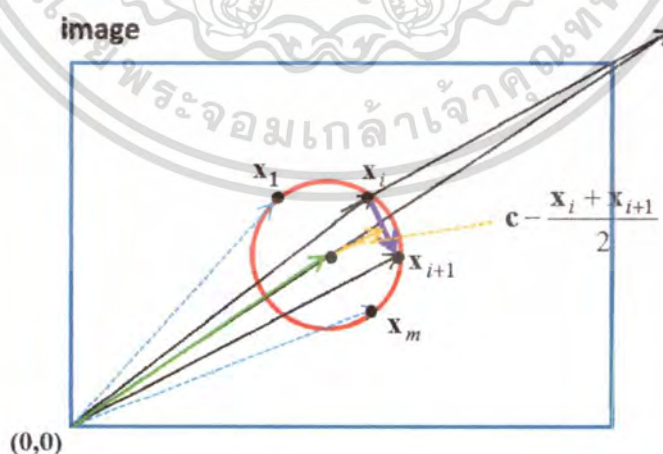
$$\phi(x, y) = \frac{\sin \pi x}{\pi x} \cdot \frac{\sin \pi y}{\pi y} \quad (2.2)$$

เมื่อ Q เป็นจำนวนเต็มที่สัมพันธ์กับขนาดของภาพลายม่านตา $F(n, m)$ เป็นค่าระดับสีเทาบนภาพลายม่านตา $f(x, y)$ เป็นค่าระดับสีเทาบนภาพลายม่านตาที่อยู่ในรูปของฟังก์ชันแบบต่อเนื่องรูปที่ 2.6 แสดงภาพตาในรูปฟังก์ชันต่อเนื่อง 2 มิติระบบคู่ลำดับคาร์ทีเซียน

2.1.2 การประมาณค่าจุดศูนย์กลางวงกลมซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของรูม่านตา

ในหัวข้อนี้จะอธิบายถึงวิธีการหาจุดศูนย์กลางของรูม่านตา เพื่อใช้ในการแปลงระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว ซึ่งในที่นี้เราจะพิจารณาเฉพาะส่วนที่เป็นม่านตาของภาพลายม่านตาเท่านั้น โดยภาพลายม่านตาที่นำมาใช้จะเป็นภาพในระดับสีเทาที่มีความแตกต่างกันของระดับสีเทา 256 ระดับ จากนั้นจะทำการหาดำแหน่งขอบของรูม่านตาเพื่อนำตำแหน่งดังกล่าวไปคำนวณหาจุดศูนย์กลางของรูม่านตา เนื่องจากระดับความเข้มของค่าระดับสีเทา (Gray level) บนเนื้อที่ของรูม่านตามีความแตกต่างจากส่วนอื่นมาก ดังนั้น สามารถคำนวณขอบเขตของรูม่านตาโดยกำหนดค่าขีดแบ่ง (threshold) ที่เหมาะสม เมื่อเราหาขอบเขตของรูม่านตาได้แล้ว วิธีคำนวณจุดศูนย์กลางของรูม่านตามีขั้นตอนดังต่อไปนี้

ประมาณค่าจุดศูนย์กลางของรูม่านตาได้ (c) โดยใช้จุดที่อยู่บนขอบของรูม่านตา (x_i) และจุดถัดไป (x_{i+1}) แสดงได้ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 การประมาณค่าจุดศูนย์กลางของวงกลมและจุดบนบริเวณรอบวงกลม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อค่า \mathbf{c} เป็นเวกเตอร์ (Vector) ที่ลากจากจุดกำเนิดไปยังจุดศูนย์กลางของรูปร่าง และ \mathbf{x}_i เป็นเวกเตอร์ที่ลากจากจุดกำเนิดไปยังจุดใด ๆ บนขอบของรูปร่าง

$$\mathbf{c} = \begin{pmatrix} c_x \\ c_y \end{pmatrix}, \mathbf{x}_i = \begin{pmatrix} x_i \\ y_i \end{pmatrix} \text{ และ } \mathbf{x}_{i+1} = \begin{pmatrix} x_{i+1} \\ y_{i+1} \end{pmatrix} \quad (2.3)$$

เมื่อเวกเตอร์ 2 เวกเตอร์ได้แก่ เวกเตอร์ $\mathbf{c} - \frac{\mathbf{x}_i + \mathbf{x}_{i+1}}{2}$ และเวกเตอร์ $\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i$ มีลักษณะที่ตั้งฉากกัน เมื่อนำเวกเตอร์ทั้ง 2 มา คูณกัน (dot product) จะมีค่าเป็นศูนย์ ดังสมการ

$$\left(\mathbf{c} - \frac{\mathbf{x}_i + \mathbf{x}_{i+1}}{2} \right)^T (\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i) = 0 \quad (2.4)$$

โดยที่เวกเตอร์ $(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)^T$ เป็นค่าสลับเปลี่ยน (Transpose) ของเวกเตอร์ $(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)$ สามารถเขียนเป็นสมการใหม่ได้ดังนี้

$$(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)^T - \mathbf{c} = \frac{1}{2} (\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i)^T (\mathbf{x}_{i+1} + \mathbf{x}_i) \quad (2.5)$$

กำหนดให้จุดที่อยู่บนขอบของรูปร่างมีทั้งหมด m จุดได้แก่จุด $x_1, x_2, x_3, \dots, x_m$ และจุดถัดไปตั้งสมการต่อไปนี้

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} (\mathbf{x}_2 - \mathbf{x}_1)^T \\ (\mathbf{x}_3 - \mathbf{x}_2)^T \\ \vdots \\ (\mathbf{x}_m - \mathbf{x}_{m-1})^T \end{bmatrix} \quad \mathbf{c} = \frac{1}{2} (\|\mathbf{x}_{i+1}\|^2 - \|\mathbf{x}_i\|^2) \quad (2.6)$$

โดยที่ $\mathbf{b}_i = \|\mathbf{x}_{i+1}\|^2 - \|\mathbf{x}_i\|^2$ จากสมการที่ 6 เราสามารถเขียนสมการใหม่ได้ดังนี้

$$\mathbf{Ac} = \mathbf{b} \quad (2.7)$$

สามารถคำนวณค่าผิดพลาดที่น้อยที่สุด (Minimize error) ของ $\|\mathbf{e}\|^2 = \|\mathbf{b} - \mathbf{Ac}\|^2$

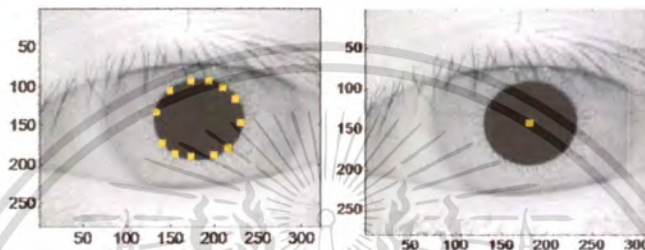
$$\mathbf{e} = \mathbf{b} - \mathbf{Ac} \quad (2.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยกำหนดให้ค่าประมาณค่าจุดศูนย์กลางวงกลมที่เหมาะสม (c) สามารถคำนวณได้จาก

$$c = \frac{1}{2}(A^T A)^{-1} A^T b \quad (2.9)$$

ผลจากการคำนวณตำแหน่งขอบของรูม่านตาจากการกำหนดค่าขีดแบ่งของระดับค่าสีเทาที่มีความเหมาะสม และผลจากการคำนวณค่าจุดศูนย์กลางของรูม่านตา จะแสดงได้ในรูปที่ 2.8



รูปที่ 2.8 ผลจากการคำนวณตำแหน่งขอบและจุดศูนย์กลางของรูม่านตา

2.1.3 การแปลงระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates) ให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates)

ม่านตา (Iris) มีลักษณะเป็นวงแหวนเพื่อความสะดวกในการดึงคุณลักษณะเด่นของลายม่านตา เราจะแปลงระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates (x, y)) ให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates (r, θ))

มีบางกรณีที่ม่านตาถูกปกคลุมด้วยขนตา และขอบตาล่าง ดังแสดงในรูปที่ 2.9 เราจึงจำเป็นต้องใช้พื้นที่เฉพาะที่ปราศจากการปกคลุมของขนตา และ ขอบตาล่าง เพื่อหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวน (noise) ซึ่งอาจจะทำให้การเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตามความคลาดเคลื่อนได้

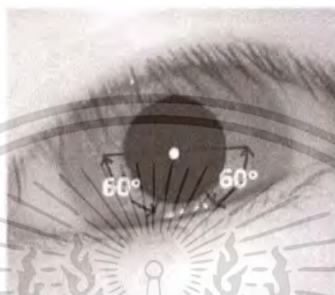


รูปที่ 2.9 ตัวอย่างภาพลายม่านตาของคน 3 คน ที่มีบางส่วนของม่านตาถูกปกคลุมด้วยขนตาและขอบตาล่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เราพบว่าที่ $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$ และ $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$ หรือที่ $80^\circ \leq \theta \leq 240^\circ$ และ $300^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$

เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมในการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตา ซึ่งเป็นพื้นที่ที่สามารถหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนที่เกิดจากการปกคลุมของขนตาและขอบตาล่างได้เป็นอย่างดีดังแสดงในรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 พื้นที่ในการรู้จำของภาพลายม่านตา

ในการแปลงแปลงระบบพิกัดฉาก (Cartesian Coordinates (x, y)) ให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinates (r, θ)) สามารถใช้สมการ

$$x = r \cos \theta \quad (2.10)$$

$$y = r \sin \theta \quad (2.11)$$

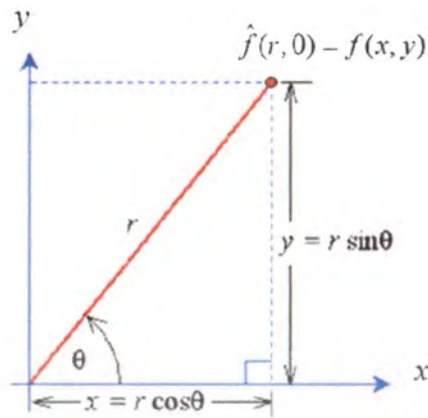
$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (2.12)$$

$$\theta = \tan^{-1} \frac{y}{x} \quad (2.13)$$

โดยที่ $0 \leq r \leq R$, $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$ และ $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$

จากสมการข้างต้น สามารถแสดงความสัมพันธ์ได้ดังรูปที่ 2.11 โดยกำหนดให้ขั้วของพิกัดเชิงขั้ว และจุดกำเนิดของระบบพิกัดฉากเป็นจุดเดียวกัน และแกนเชิงขั้วของระบบพิกัดเชิงขั้วทับแกน x ด้านบวกของระบบพิกัดฉาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

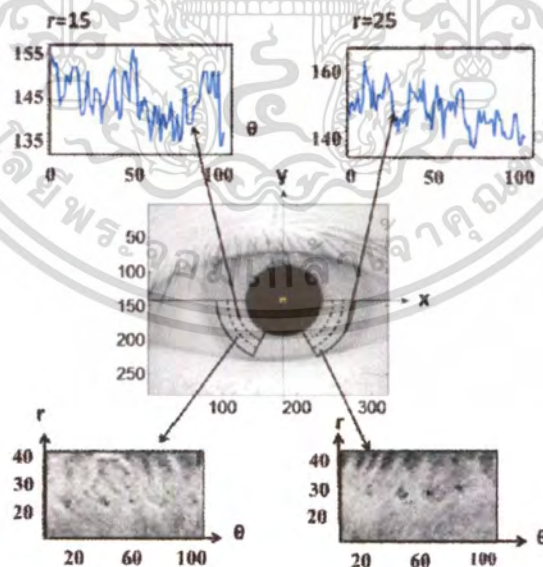


รูปที่ 2.11 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากและพิกัดเชิงขั้ว

ซึ่งสามารถแปลงระบบพิกัดฉากเป็นระบบพิกัดเชิงขั้วได้ในรูปของ $\hat{f}(r, \theta)$ โดยที่

$$\hat{f}(r, \theta) = f(r \cos \theta, r \sin \theta) \quad (2.14)$$

ซึ่ง $\hat{f}(r, \theta)$ ถูกกำหนดให้เป็นค่าที่อยู่ภายในวงกลมที่มีรัศมี R ซึ่งรูปที่ 2.12 แสดงตัวอย่างการแปลงระบบพิกัดฉากของภาพลายม่านตาเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว




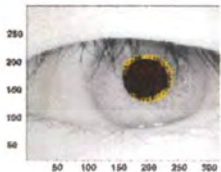
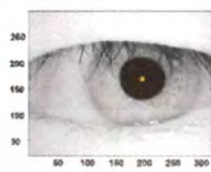
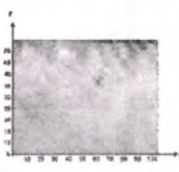
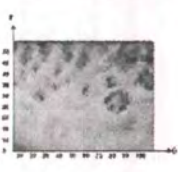
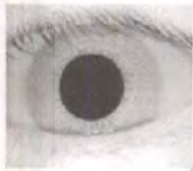
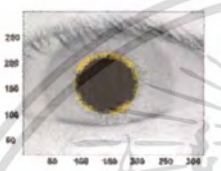
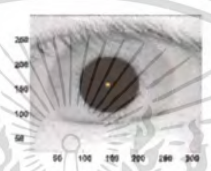
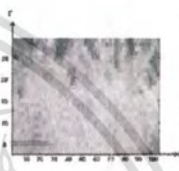
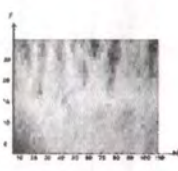
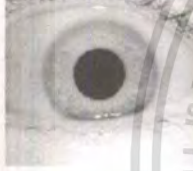

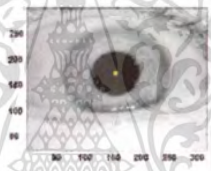
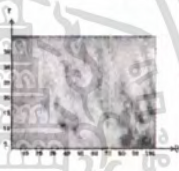
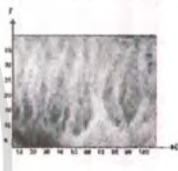

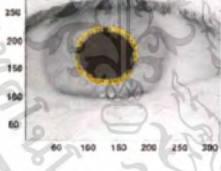
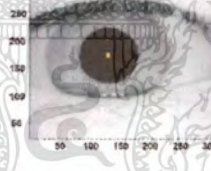
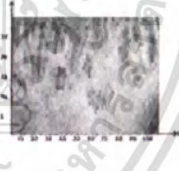
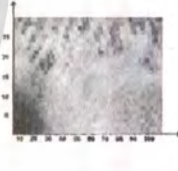

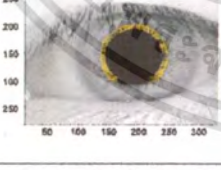
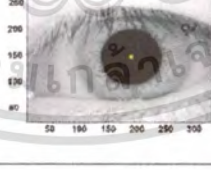
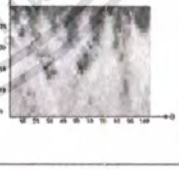
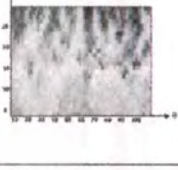

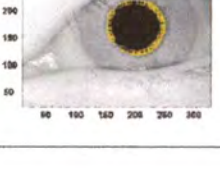
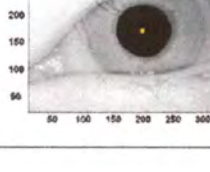
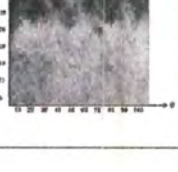
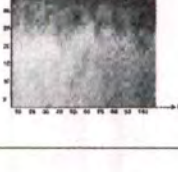
รูปที่ 2.12 การแปลงระบบพิกัดฉาก (x, y) ของภาพลายม่านตาไปเป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (r, θ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


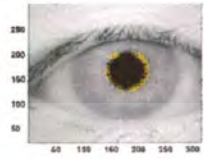
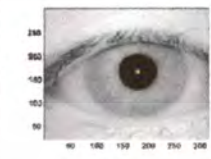
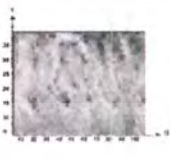
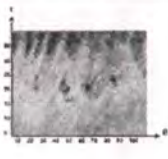

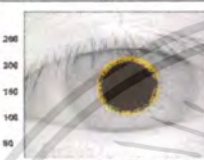
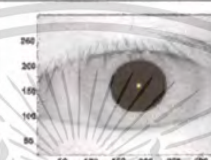
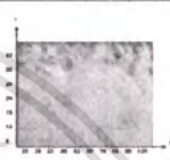
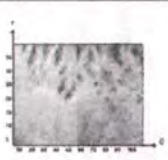


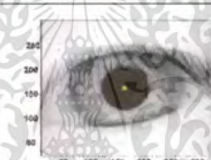
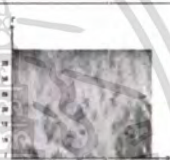
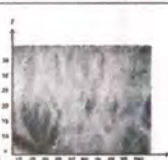

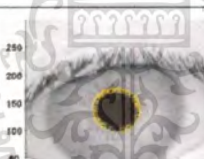
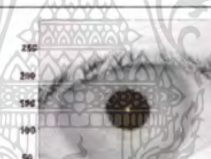
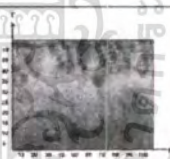
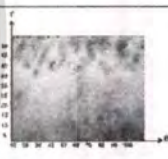
โดยรูปที่ 2.13 เป็นการแสดงตัวอย่างการหาขอบของรูม่านตา การหาจุดศูนย์กลางของรูม่านตา และการแปลงระบบพิกัดฉากให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้วที่ $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$ และ $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$ ของตัวอย่าง ภาพลายม่านตา

ภาพลายม่านตา ต้นฉบับ	ภาพแสดงขอบรูม่านตา	ภาพแสดงจุด ศูนย์กลางของรูม่านตา	ภาพแสดงภาพ ลายม่านตาใน พิกัดเชิงขั้ว $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$	ภาพแสดงภาพ ลายม่านตาใน พิกัดเชิงขั้ว $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$
				
				
				
				
				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<p>ภาพถ่ายม่านตา ต้นฉบับ</p>	<p>ภาพแสดงขอบรูม่านตา</p>	<p>ภาพแสดงจุด ศูนย์กลางของรูม่านตา</p>	<p>ภาพแสดงภาพ ลายม่านตาใน พิกัดเชิงขั้ว $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$</p>	<p>ภาพแสดงภาพ ลายม่านตาใน พิกัดเชิงขั้ว $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$</p>
				
				
				
				
				
				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพถ่ายม่านตา ต้นฉบับ	ภาพแสดงขอบรูม่านตา	ภาพแสดงจุด ศูนย์กลางของรูม่านตา	ภาพแสดงภาพ ลายม่านตาใน พิกัดเชิงขั้ว $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$	ภาพแสดงภาพ ลายม่านตาใน พิกัดเชิงขั้ว $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$
				
				
				
				

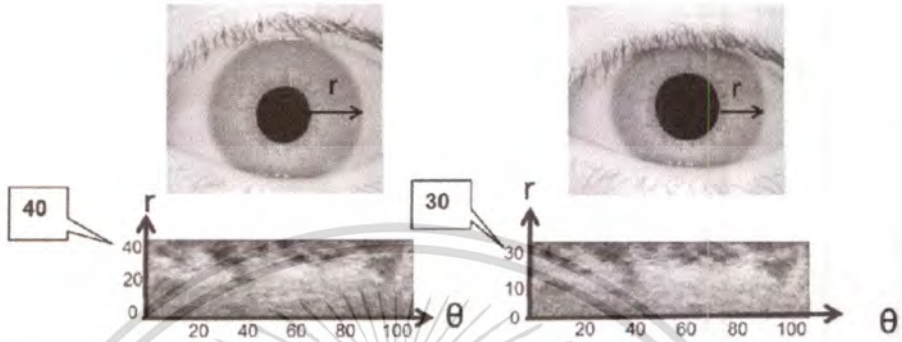
รูปที่ 2.13 ตัวอย่างการทำจุดศูนย์กลางและการแปลงระบบพิกัดฉากให้เป็นระบบพิกัดเชิงขั้วของตัวอย่างภาพถ่ายม่านตา

2.2 การกำหนดพื้นที่ภาพถ่ายม่านตาให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน

อย่างไรก็ตาม บางครั้งขนาดของรูม่านตาของคนต่างคนกัน หรือแม้กระทั่งรูม่านตาของคน ๆ เดียวกันแต่คนละภาพ อาจจะมีขนาดแตกต่างกันได้ จึงทำให้พื้นที่ของม่านตาที่จะนำมาใช้ในการรู้จำลายม่านตามีขนาดแตกต่างกันถึงแม้จะมาจากคนคนเดียวก็ตาม ในรูปที่ 2.4 แสดงภาพถ่ายม่านตา 2 ภาพของคนคนเดียวกันแต่มีรัศมีที่ต่างกันด้วยเหตุนี้จึงทำให้จำนวนของรัศมีของข้อมูลของภาพถ่ายม่านตาที่อยู่ในรูปพิกัดเชิงขั้วมีความแตกต่างกันไปด้วย แต่ในการรู้จำลายม่านตา จำเป็นต้องมีการเปรียบเทียบคุณลักษณะของภาพถ่ายม่านตาในแต่ละภาพ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นที่จะต้องทำให้ข้อมูลภาพถ่ายม่านตาเป็นมาตรฐานเดียวกันโดยการทำให้รัศมีของภาพถ่ายม่านตาของแต่ละภาพมีขนาดที่เท่ากันโดยใช้ทฤษฎี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Piecewise-Linear Function (PLF) ซึ่งจะนำระดับค่าสีเทาของภาพลายม่านตาที่มีองศาเดียวกันแต่รัศมีต่างกันมาใช้ในการทำให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน



รูปที่ 2.14 ภาพลายม่านตา 2 ภาพของคนคนเดียวกันแต่มีรัศมีที่ต่างกัน

สมการ Piecewise-Linear Function (PLF) สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

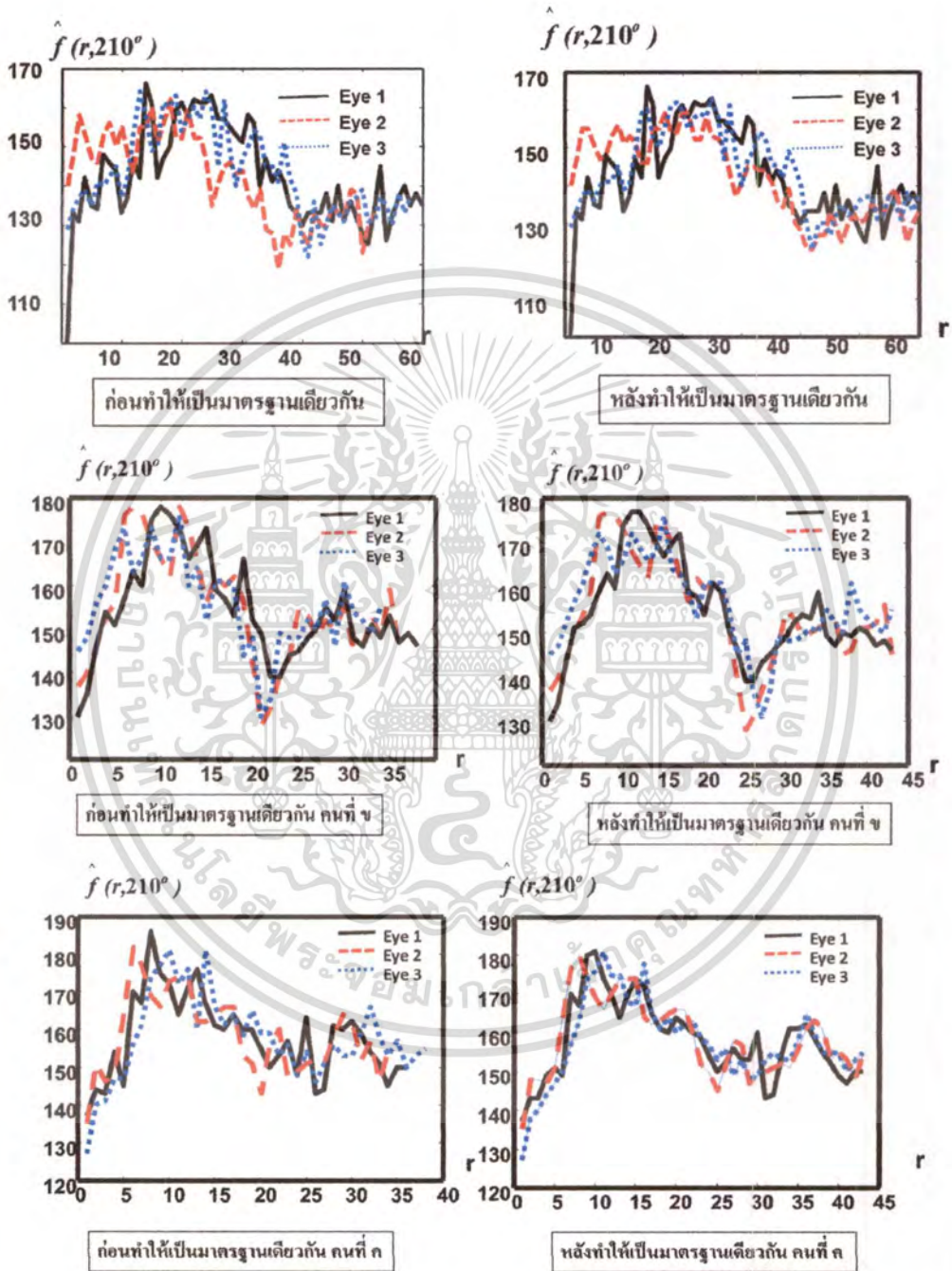
$$f(r, \theta) = \sum_{k=0}^{N-1} f(r_k, \theta) \phi_k(r), (r \in R) \tag{2.15}$$

เมื่อ

$$\phi_k(r) = \begin{cases} \frac{r - r_{(k-1)}}{r_k - r_{(k-1)}}, & r \in (r_{(k-1)}, r_k) \\ \frac{r_{(k+1)} - r}{r_{(k+1)} - r_k}, & r \in (r_k, r_{(k+1)}) \\ 0, & r \notin (r_{(k-1)}, r_{(k+1)}) \end{cases} \tag{2.16}$$

โดยที่ R เป็นรัศมีรวมของภาพลายม่านตาในพิกัดเชิงขั้ว เราสามารถนำสมการที่ 2.15 มาช่วยในการทำให้จำนวนของรัศมีของภาพลายม่านตาที่อยู่ในรูปพิกัดเชิงขั้วให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกันโดยกำหนดให้ $R = R^N$ รัศมี โดยที่ R^N พิจารณาได้จากข้อมูลทดลอง (training data) รูปที่ 2.15 แสดงรัศมีของภาพลายม่านตาในพิกัดเชิงขั้วที่มาจากคนคนเดียวกันแต่คนละภาพ ก่อนและหลังทำรัศมีของภาพลายม่านตาให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน จากภาพเราจะสังเกตได้ว่าหลังจากทำให้รัศมีของภาพลายม่านตาในพิกัดเชิง

ข้อมูลอยู่ในมาตรฐานเดียวกันแล้ว รัศมีของภาพลายม่านตาในพิกัดเชิงขั้วจะมีขนาดเท่ากันและคุณลักษณะสำคัญของค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตานั้นยังคงอยู่



รูปที่ 2.15 ตัวอย่างการกำหนดพื้นที่ของภาพม่านตาให้อยู่ในมาตรฐานเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3 การดึงคุณสมบัติที่สำคัญ

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดึงคุณลักษณะสำคัญ (Feature Extraction) ของภาพลายม่านตาเพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตา ซึ่งในลำดับแรกเราจะนำข้อมูลพิกัดเชิงขั้วของภาพลายม่านตามากระจายลงในอนุกรมฟูรีเยร์เพื่อลดความเบี่ยงเบน (fluctuation) ของภาพลายม่านตา จากนั้นจะพิจารณาให้ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกันเป็นลักษณะเด่นของแต่ละบุคคล ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแสดงได้โดยใช้ระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ได้มาจากค่าระดับสีเทาเป็นอินพุตและเอาต์พุตตามลำดับ

3.1 การประมาณค่าด้วยฟูรีเยร์ (Fourier Approximation)

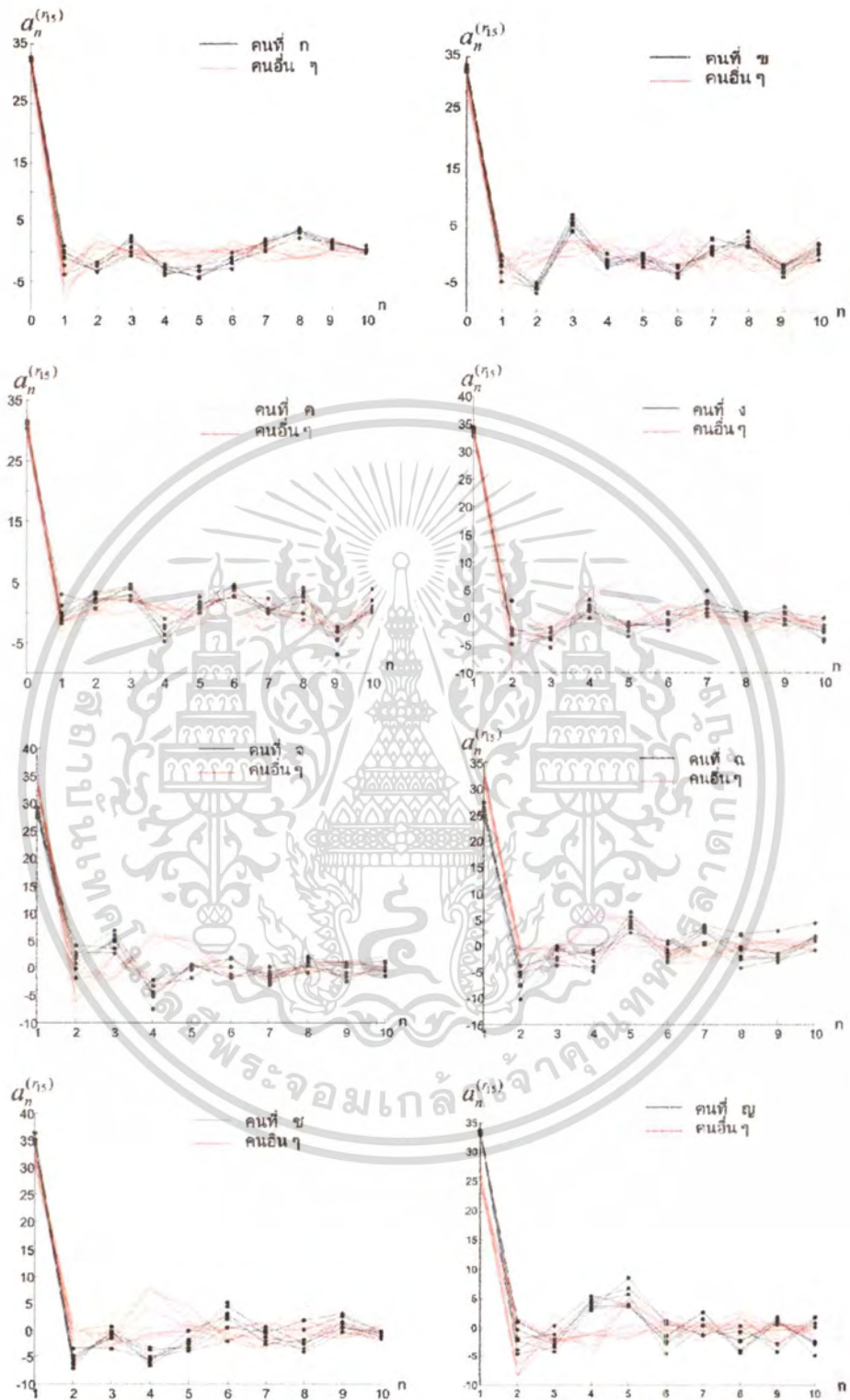
เพื่อที่จะลดค่าความเบี่ยงเบน (fluctuation) และดึงลักษณะเด่นของภาพลายม่านตา $f(r, \theta)$ ที่คำนวณได้จากหัวข้อที่ผ่านมาจะถูกนำมากระจายลงในอนุกรมฟูรีเยร์โดยกำหนดให้ $\theta = \theta_i$ ดังสมการ

$$\hat{f}(r_k, \theta_i) = \frac{a_0^{(r_k)}}{2} + \sum_{n=1}^N a_n^{(r_k)} \cos(n\omega_0 \theta_i) \quad (3.1)$$

เมื่อ

$$a_n^{(r_k)} = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} f(r_k, \theta_i) \cos(n\omega_0 \theta_i) d\theta_i, (n = 0, 1, 2, \dots, N), (\omega_0 = 2\pi/T) \quad (3.2)$$

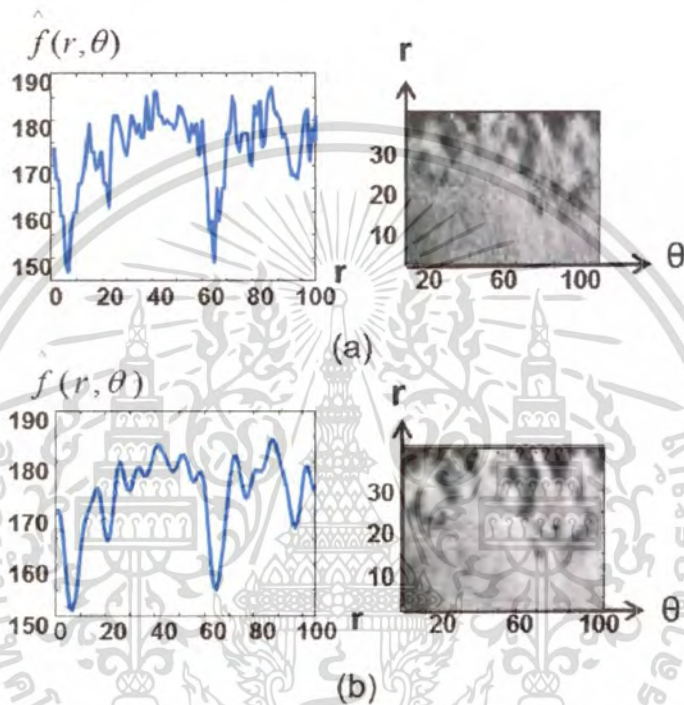
โดยที่ $a_n^{(r_k)}$ คือ ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ ณ รัศมีที่ r_k รูปที่ 3.1 แสดง สัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ของภาพลายม่านตา ซึ่งคำนวณได้จากคน ๆ เดียวกัน และ ต่างคนกัน จากรูปที่ 3.1 จะเห็นว่า ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่คำนวณได้จากคน ๆ เดียวกันมีความคล้ายคลึงกัน และมีความต่างกันเมื่อเทียบกับคนอื่น ๆ



รูปที่ 3.1 ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ได้มาจากบุคคลคนเดียวกันและต่างคนกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

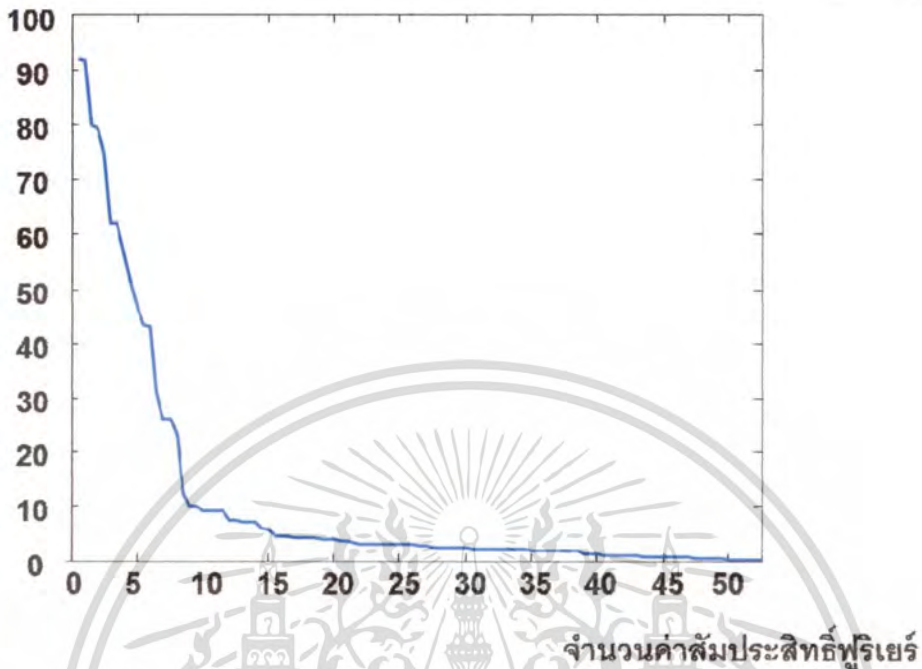
การประมาณค่าอนุกรมฟูรีเยร์ นอกจากจะสามารถดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตาได้แล้ว การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสมยังสามารถลดความเบี่ยงเบนโดยปราศจากการสูญเสียคุณลักษณะที่สำคัญของภาพลายม่านตาภาพที่ 3.2 แสดงการประมาณค่าภาพลายม่านตาโดยใช้อนุกรมฟูรีเยร์ จะสังเกตว่าเมื่อเราเลือกจำนวนสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสมจะสามารถลดสัญญาณรบกวนของภาพลายม่านตาแต่ยังคงลักษณะเฉพาะของภาพลายม่านตาไว้ได้



รูปที่ 3.2 ภาพ (a) ต้นฉบับก่อนประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ (b) ภาพเมื่อใช้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสม

จำนวนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสมสามารถพิจารณาได้จากค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสอง (mean square error) ของการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ โดยเราสามารถแสดงภาพของค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสองของการประมาณค่าฟูรีเยร์ได้ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งจากภาพเราสามารถพิจารณาได้ว่าที่ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ลำดับที่ 1-10 เป็นลักษณะเด่นของภาพลายม่านตา ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ตั้งแต่ลำดับที่ 10 เป็นต้นไปเป็นลักษณะของการเบี่ยงเบนของภาพลายม่านตา ซึ่งจากการพิจารณาจากข้อมูลตัวอย่างที่ใช้เป็นข้อมูลอ้างอิง งานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะเลือกใช้จำนวนสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ทั้งหมด 10 จำนวน มาใช้ในการลดความเบี่ยงเบนของลายม่านตาโดยไม่ทำให้คุณลักษณะเด่นของลายม่านตาสูญเสียไปจากเดิม

ค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสองในการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ $\hat{f}(r_k, \theta_i)$



รูปที่ 3.3 ภาพแสดงค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดกำลังสองของการประมาณค่าฟูรีเยร์ $\hat{f}(r_k, \theta_i)$

3.2 ระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด (Finite Impulse Response System)

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ตั้งสมมติฐานไว้ว่า ความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกันเป็นคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแสดงได้โดยใช้ระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดที่มีค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ได้มาจากค่าระดับสีเทาที่มีรัศมีที่แตกต่างกันเป็นอินพุตและเอาต์พุตตามลำดับดังแสดงในรูป 3.4 ซึ่งระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดสามารถแสดงได้ตามสมการดังต่อไปนี้

$$a_n^{(r_{k+p})} = \sum_{m=0}^M h_m^{(r_{k+p}, r_k)} a_{n-m}^{(r_k)}, (n = 0, 1 \dots N'), (k = 0, 1 \dots K - p) \quad (3.3)$$

เมื่อ $h_m^{(r_{k+p}, r_k)}$ เป็นผลตอบสนองอิมพัลส์ $a_n^{(r_{k+p})}$, $a_n^{(r_k)}$ เป็นค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกัน และ M เป็นจำนวนลำดับของระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด

ซึ่งผลตอบสนองอิมพัลส์ $h_m^{(r_{k+p}, r_k)}$ สามารถหาได้จาก ค่าต่ำที่สุดของค่าผิดพลาดกำลังสอง (least-square error) ดังแสดงในสมการที่ 3.4

$$E = \sum_{n=0}^{N'} [a_n^{(r_{k+p})} - \sum_{m=0}^M h_m^{(r_{k+p}, r_k)} a_{n-m}^{(r_k)}]^2 \rightarrow \min \quad (3.4)$$

โดยที่ $\mathbf{h}_{(r_{k+p}, r_k)}^T = [h_1^{(r_{k+p}, r_k)}, h_2^{(r_{k+p}, r_k)}, \dots, h_M^{(r_{k+p}, r_k)}]$ ใช้แสดงเอกลักษณ์ของภาพลายม่านตา ซึ่ง $\mathbf{h}_{(r_{k+p}, r_k)}^T$ เป็นค่าสลับเปลี่ยน (Transpose) ของ $\mathbf{h}_{(r_{k+p}, r_k)}$

ซึ่งผลตอบสนองอิมพัลส์ $\mathbf{h}_{(r_{k+p}, r_k)}$ สามารถพิจารณาได้จากการสมการต่อไปนี้

$$\mathbf{\Lambda} \mathbf{h}_{(r_{k+p}, r_k)} = \mathbf{g} \quad (3.5)$$

$$\mathbf{\Lambda} = \lambda_{km} \quad (3.6)$$

$$\lambda_{km} = \sum_{n=0}^{N'} a_{n-m}^{(r_k)} - a_{n-k}^{(r_k)} \quad (k, m = 0, 1, \dots, M) \quad (3.7)$$

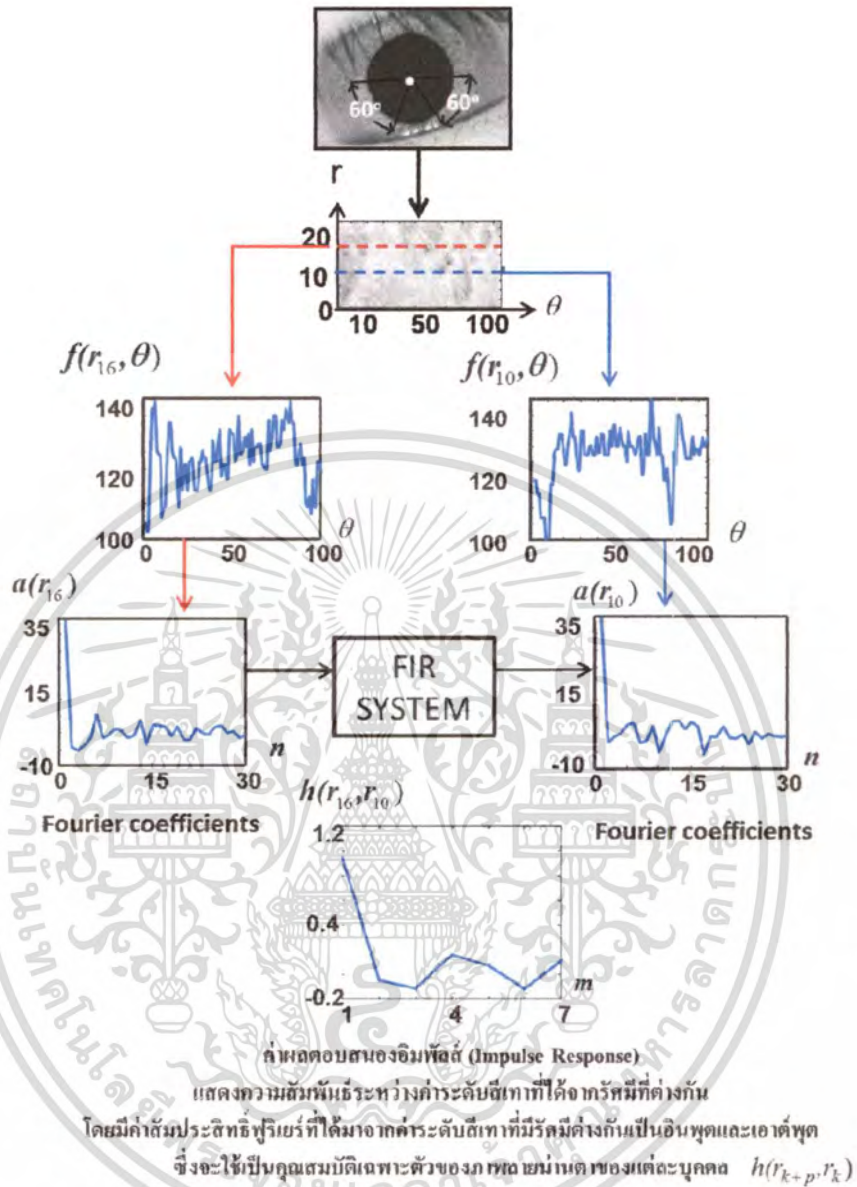
$$\mathbf{g} = [g_0, g_1, \dots, g_M]^T \quad (3.8)$$

$$g_k = \sum_{n=0}^{N'} a_n^{(r_{k+p})} a_{n-k}^{(r_k)}, \quad (k = 0, 1, \dots, M) \quad (3.9)$$

ถ้า $\mathbf{\Lambda}$ เป็นเมตริกซ์ไม่เอกฐาน (Nonsingular Matrix) ค่าตอบอิมพัลส์ $\mathbf{h}_{(r_{k+p}, r_k)}$ ที่เหมาะสมสามารถหาได้ดังนี้

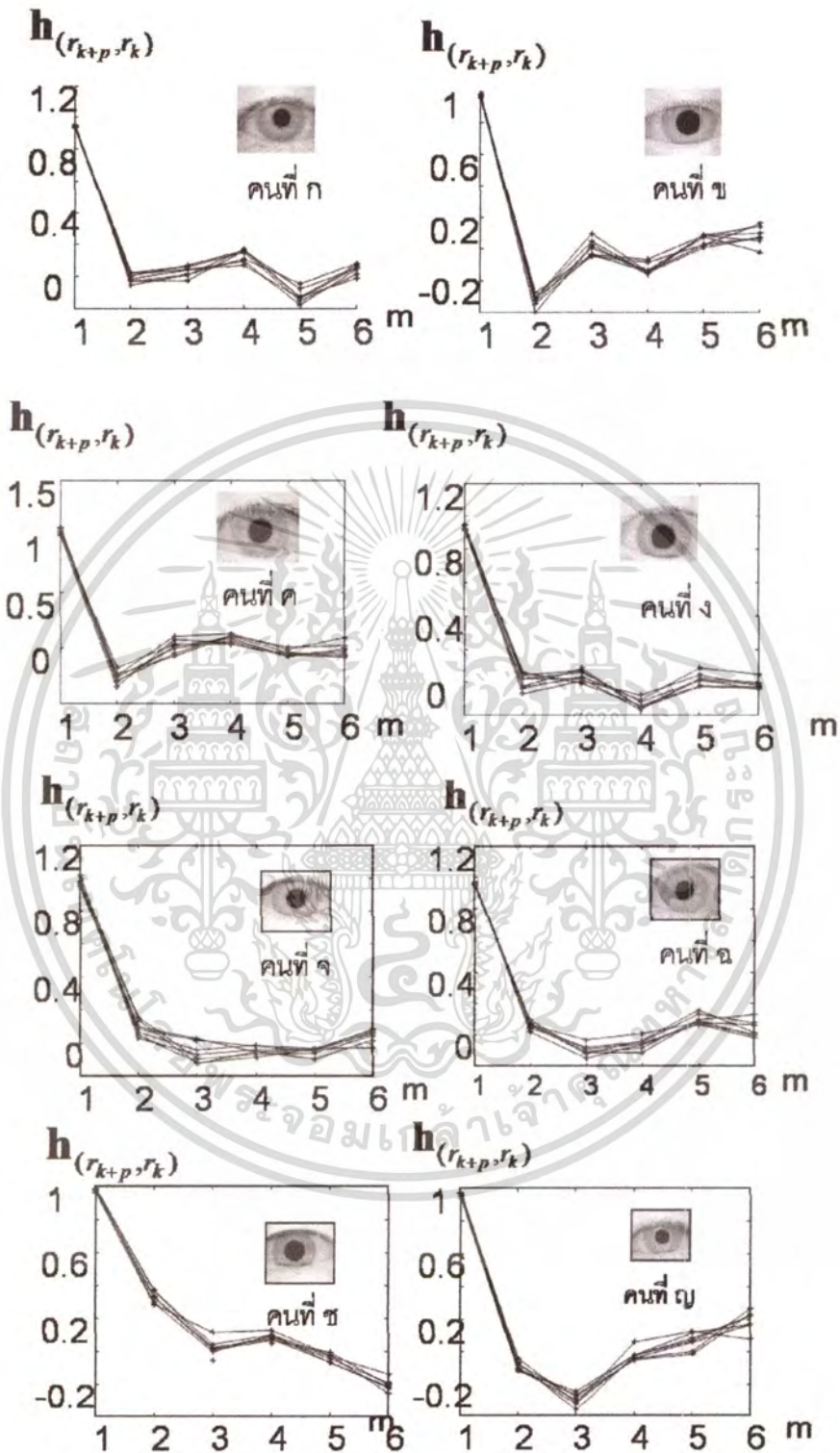
$$\mathbf{h}_{(r_{k+p}, r_k)} = \mathbf{\Lambda}^{-1} \mathbf{g} \quad (3.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ระบบตอบสนองอิมพัลส์แบบจำกัดของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่คำนวณได้จากรัศมีที่ต่างกัน เป็นอินพุตและเอาต์พุต

จากรูปที่ 3.5 แสดงผลตอบสนองอิมพัลส์ $h_{(r_{k+p}, r_k)}$ ที่คำนวณได้จากภาพลายม่านตาจากคน 8 คน ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าผลตอบสนองอิมพัลส์ที่คำนวณได้จากภาพลายม่านตาที่มาจากคน ๆ เดียวกันจะมีค่าใกล้เคียงกัน เมื่อเทียบกับผลตอบสนองอิมพัลส์ที่คำนวณได้จากภาพลายม่านตาของบุคคลอื่น ดังนั้น จึงสามารถพิจารณาได้ว่าผลตอบสนองอิมพัลส์เป็นคุณสมบัติเฉพาะตัวที่สำคัญของภาพลายม่านตา



รูปที่ 3.5 แสดงค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ที่ได้จากภาพม่านตาของคน 8 คน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การรู้จำลายม่านตา

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตา เพื่อพิสูจน์ว่าภาพลายม่านตาที่นำมาเปรียบเทียบเป็นภาพลายม่านตาของคน ๆ เดียวกันหรือไม่ โดยวิทยานิพนธ์นี้นำเสนอการเปรียบเทียบวิธีเคมีเชิงพลวัต เพื่อคำนวณความคล้ายคลึงกันของคุณลักษณะเด่นจากภาพลายม่านตา และแก้ปัญหาคำนวณความเบี่ยงเบนเกิดจากขนาดของรูม่านตา และขนาดของม่านตาที่ไม่เท่ากัน อันเนื่องมาจากปริมาณความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน ซึ่งจะนำผลตอบสนองอิมพัลส์ของระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของภาพลายม่านตามาทำการเปรียบเทียบค่าความเหมือน

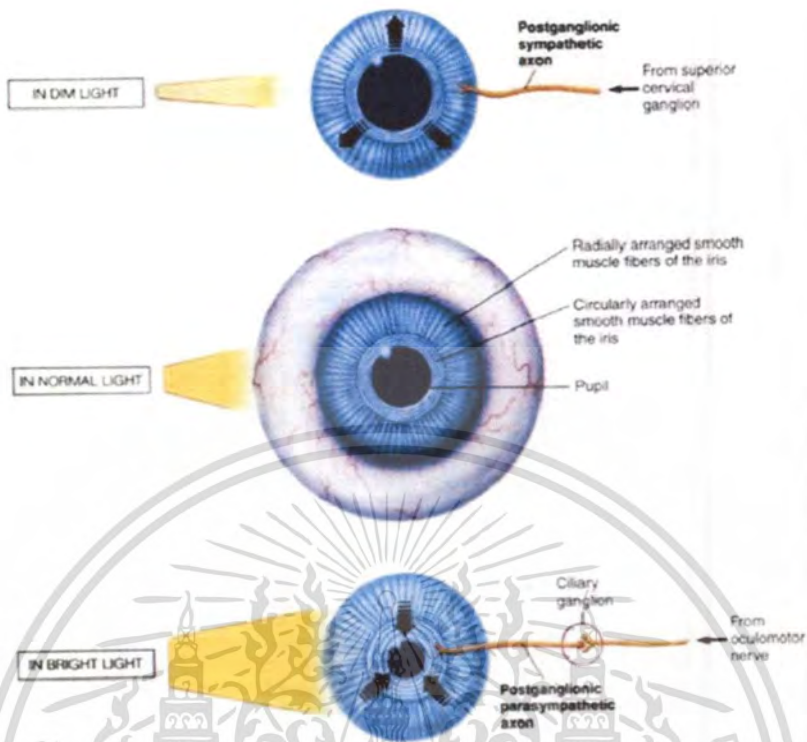
4.1 การเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตา

ก่อนที่จะทำการทดลองรู้จำลายม่านตา เราจำเป็นต้องศึกษากายวิภาคของม่านตา(Iris Anatomy)อย่างคร่าว ๆ เสียก่อน เพื่อนำความรู้ที่ศึกษาได้มาประยุกต์ใช้ในการรู้จำลายม่านตา ดังนี้ ม่านตาเป็นอวัยวะภายในที่ตั้งอยู่ข้างหน้าเลนส์และถูกห่อหุ้มด้วยกระจกตาซึ่งจะมีรูม่านตาทำหน้าที่ควบคุมจำนวนของแสงที่ตกกระทบบนเรตินา

ม่านตาถูกยึดด้วยกล้ามเนื้อ 2 ชนิดคือ

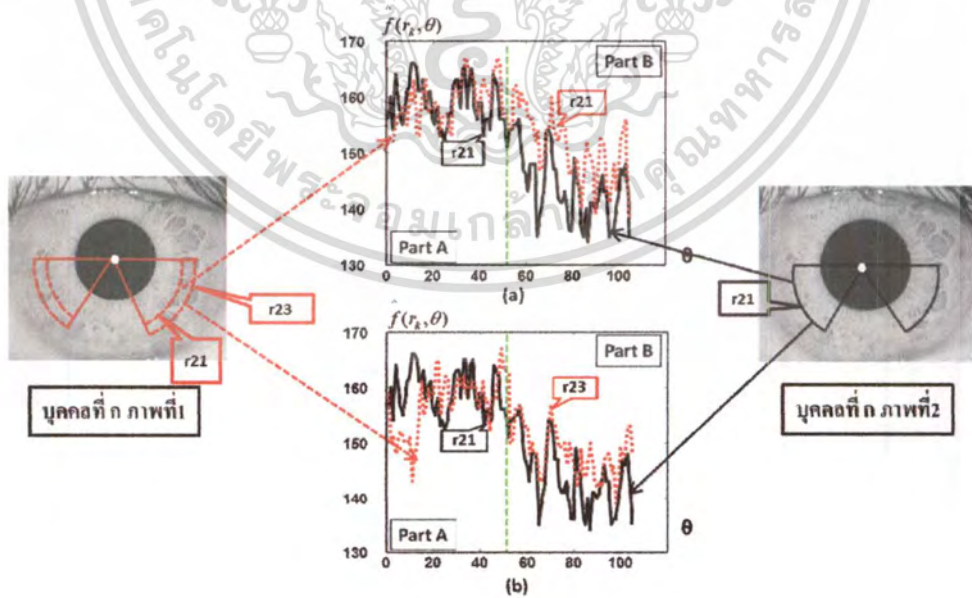
- Sphincter pupillae muscle ซึ่งเป็นกล้ามเนื้อที่อยู่บริเวณตรงกลางของม่านตามีลักษณะการหดตัวของใยกล้ามเนื้อเป็นวงกลม เมื่อมีการหดตัวของกล้ามเนื้อsphincter pupillaeจะทำให้รูม่านตาหดเล็กลง (pupil constriction) เช่นในกรณีที่มีแสงผ่านเข้าตามากเกินไป

- Dilator pupillae muscle จะอยู่บริเวณรอบนอกของม่านตาโดยเส้นใยกล้ามเนื้อจะเรียงตัวกันเป็นรัศมีออกจากจุดศูนย์กลางการหดตัวของกล้ามเนื้อ dilator pupillaeทำให้ขนาดของรูม่านตาขยายใหญ่ขึ้น (Pupil dilatation) เช่น ในภาวะอยู่ในที่ที่มีแสงน้อยซึ่งกลไกการการขยายหรือหดรูม่านตาต้องอาศัย การตกกระทบของแสงร่วมกับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ



จาก Stuart Ira Fox. Human physiology, 7th ed. Von Hoffmann press, Inc. Boston, 2002.

รูปที่ 4.1 การทำงานของม่านตาเมื่ออยู่ในสภาวะแสงที่แตกต่างกัน [10]



รูปที่ 4.2 เปรียบเทียบค่าระดับสีเทาของภาพม่านตา 2 ภาพ ที่มาจากบุคคลคนเดียวกันแต่ต่างรัศมี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- (a) ค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตา 2 ภาพที่มาจากบุคคลคนเดียวกันซึ่งที่มีรัศมีเดียวกัน
 (b) ค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตา 2 ภาพที่มาจากบุคคลคนเดียวกันซึ่งที่มีรัศมีที่แตกต่างกัน

จากทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น เมื่อนำมาพิจารณากับค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่มาจากบุคคลคนเดียวกันแต่ต่างรัศมี ที่แสดงในรูปที่ 4.2 เราจะสังเกตได้ว่าระดับสีเทาของรัศมีของภาพลายม่านตา 2 ภาพที่มาจากคน ๆ เดียวกัน บางส่วนมีความคล้ายคลึงกันดังแสดงในรูป 4.2(a) ส่วนที่ A และและบางส่วนของความแตกต่างกันดังแสดงในรูปที่ 4.2(a) ส่วนที่ B แต่เมื่อเราลองเลื่อนรัศมีของอีกภาพหนึ่งไป โดยกำหนดให้รัศมีของอีกภาพหนึ่งอยู่กับที่ เราจะสังเกตได้ว่า บางส่วนของรัศมีที่เราทำการเลื่อนออกไปนั้น มีความคล้ายคลึงกันมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.2(b) ส่วนที่ B และมีบางส่วนของที่แตกต่างกันมากขึ้นดังแสดงในรูปที่ 4.2 (b) ส่วนที่ A ซึ่งสาเหตุเหล่านี้เกิดจากการหดขยายของรูม่านตาและขนาดของรูม่านตาและม่านตาที่ต่างกันนั่นเอง

เพื่อแก้ไขปัญหาดังกล่าวนี้ เราจึงนำเสนอการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต เพื่อคำนวณความคล้ายคลึงกันของคุณลักษณะเด่นจากภาพลายม่านตา 2 ภาพ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. พื้นที่ของการรู้จำลายม่านตาจะถูกแบ่งออกเป็นส่วน ๆ คือ ส่วน t และ ส่วน u ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 การแบ่งส่วนภาพลายม่านตาเพื่อใช้ในการรู้จำลายม่านตา

2. จากนั้นเราจึงกำหนดค่าผลตอบสนองอิมพัลส์ให้อยู่ในรูปของเวกเตอร์ (Vector) ที่แสดงคุณลักษณะสำคัญดังแสดงในสมการที่ 4.1

$$\mathbf{h}_{s,n}^{(r_k+p, r_k)} = \left[h_{s,1}^{(r_k+p, r_k)}, h_{s,2}^{(r_k+p, r_k)}, \dots, h_{s,M}^{(r_k+p, r_k)} \right]'$$

$$s = t, u$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, R^{N-p},$$
(4.1)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่ $\mathbf{h}_{s,n}^{(r_{k+p}, r_k)}$ เป็นตออบสนองอิมพัลส์ที่สัมพันธ์กับรัศมี r_k และ r_{k+p} ที่ได้จากแต่ละพื้นที่

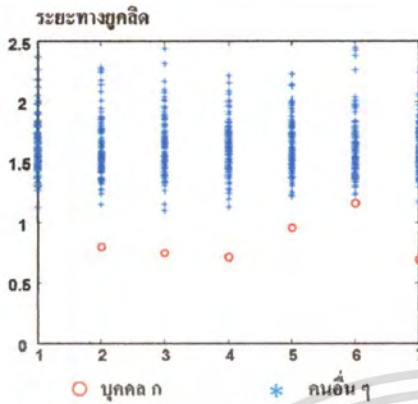
ของภาพลายม่านตาที่ทำการแบ่งส่วน $s = t, u$ และ $|| \cdot ||'$ หมายถึงค่าสลับเปลี่ยน (Transpose) ของเวกเตอร์ ซึ่งเราสามารถหาผลตออบสนองอิมพัลส์ที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดได้จากการคำนวณค่าระยะทางยูคลิด (Euclidean distance) ที่มีค่าน้อยที่สุดระหว่างค่าผลตออบสนองอิมพัลส์ที่มีความสัมพันธ์กับรัศมี r_k และ r_{k+p} ของภาพลายม่านตาที่นำมาทดลอง ในการคำนวณจะมีการเปรียบเทียบค่าระยะทางยูคลิดระหว่างผลตออบสนองอิมพัลส์ของภาพถ่ายทดสอบกับภาพถ่ายอ้างอิง ที่มีความสัมพันธ์กับรัศมีเดียวกัน และรัศมีข้างเคียงและเลือกค่าที่มีระยะทางยูคลิดน้อยที่สุดดังที่แสดงในสมการที่ 4.2 ลายม่านตาจะถูกจัดจำว่าเป็นจริงหรือเป็นเท็จโดยมีเงื่อนไขดังนี้

$$\begin{aligned}
 & \text{True} \leftrightarrow \text{dist} < \eta \\
 & \text{False} \leftrightarrow \text{dist} \geq \eta \\
 & \text{dist} = \sum_s \sum_{r_k} d_{\min} = \min \left\{ \begin{aligned} & \left\| \mathbf{h}_{s, \text{test}}^{(r_{k+p}-c, r_k-c)} - \mathbf{h}_{s, \text{ref}}^{(r_{k+p}, r_k)} \right\| \\ & \left\| \mathbf{h}_{s, \text{test}}^{(r_{k+p}, r_k)} - \mathbf{h}_{s, \text{ref}}^{(r_{k+p}, r_k)} \right\| \\ & \left\| \mathbf{h}_{s, \text{test}}^{(r_{k+p}+c, r_k+c)} - \mathbf{h}_{s, \text{ref}}^{(r_{k+p}, r_k)} \right\| \end{aligned} \right. \quad (4.2) \\
 & s = t, u \\
 & k = 1, 2, 3, \dots, R^{N-p}
 \end{aligned}$$

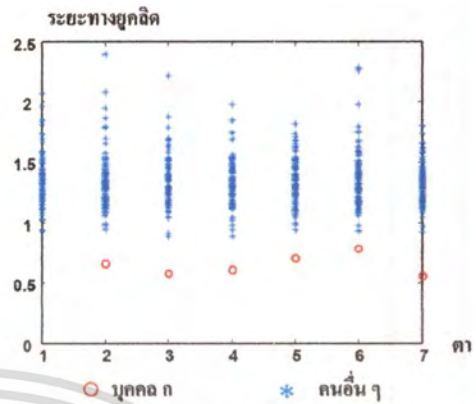
โดยที่ $\mathbf{h}_{s, \text{test}}^{(r_{k+p}, r_k)}$ และ $\mathbf{h}_{s, \text{ref}}^{(r_{k+p}, r_k)}$ เป็นเวกเตอร์ที่แสดงลักษณะเด่นที่มีความสัมพันธ์กับรัศมี

r_k และ r_{k+p} ที่ได้มาจากข้อมูลอ้างอิงและข้อมูลที่นำมาใช้ทดสอบ $|| \cdot ||$ เป็นค่าประจำแบบยูคลิด (Euclidean norm) ค่า η ถูกกำหนดให้เป็นค่าขีดแบ่ง (threshold) ที่พิจารณาจากข้อมูลทดลอง (training data) และ ค่า c เป็นค่าคงที่ รูปที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบค่าระยะทางยูคลิดรวมที่ได้จากคน ๆ เดียวกัน และต่างคนกัน โดยใช้หลักการของการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัตและไม่ใช้หลักการของการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต โดยระยะทางยูคลิดรวมที่นำมาเปรียบเทียบนั้นจะคำนวณได้จากตาอ้างอิง ซึ่งเป็นตาเดียวกัน ซึ่งเราจะเห็นว่าค่าระยะทางยูคลิดรวมที่ได้จากการใช้หลักการของการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัตนั้นสามารถแบ่งแยกภาพลายม่านตาที่มาจากคน ๆ เดียวกัน และต่างคนกันได้อย่างชัดเจนมากกว่า

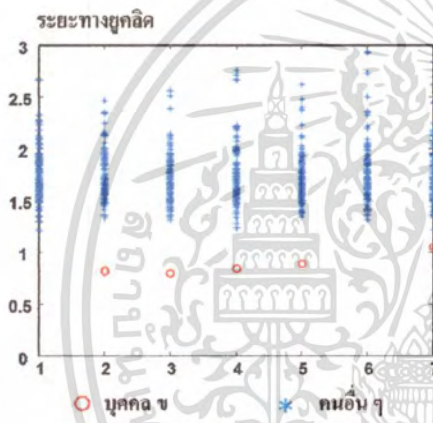
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



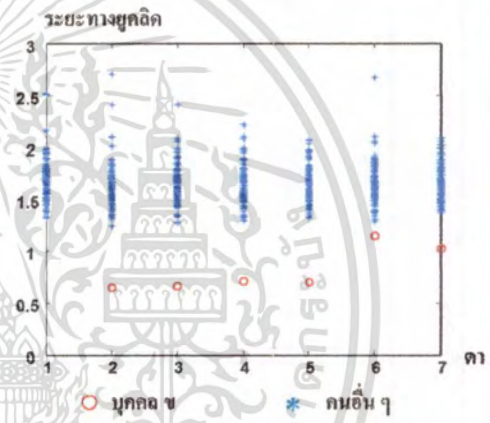
ไม่ใช้การเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต



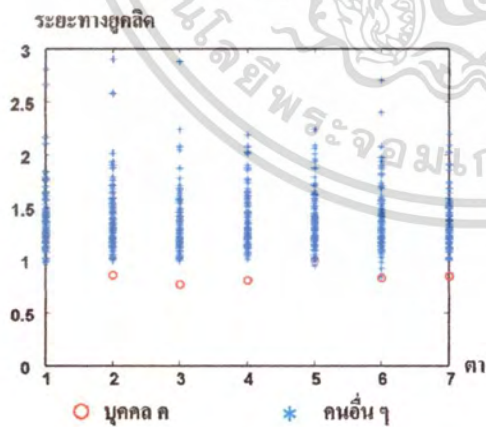
ใช้การเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต



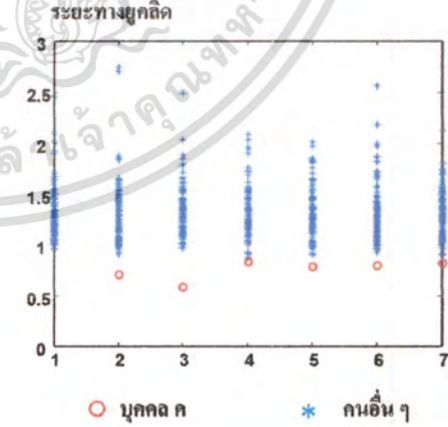
ไม่ใช้การเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต



ใช้การเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต

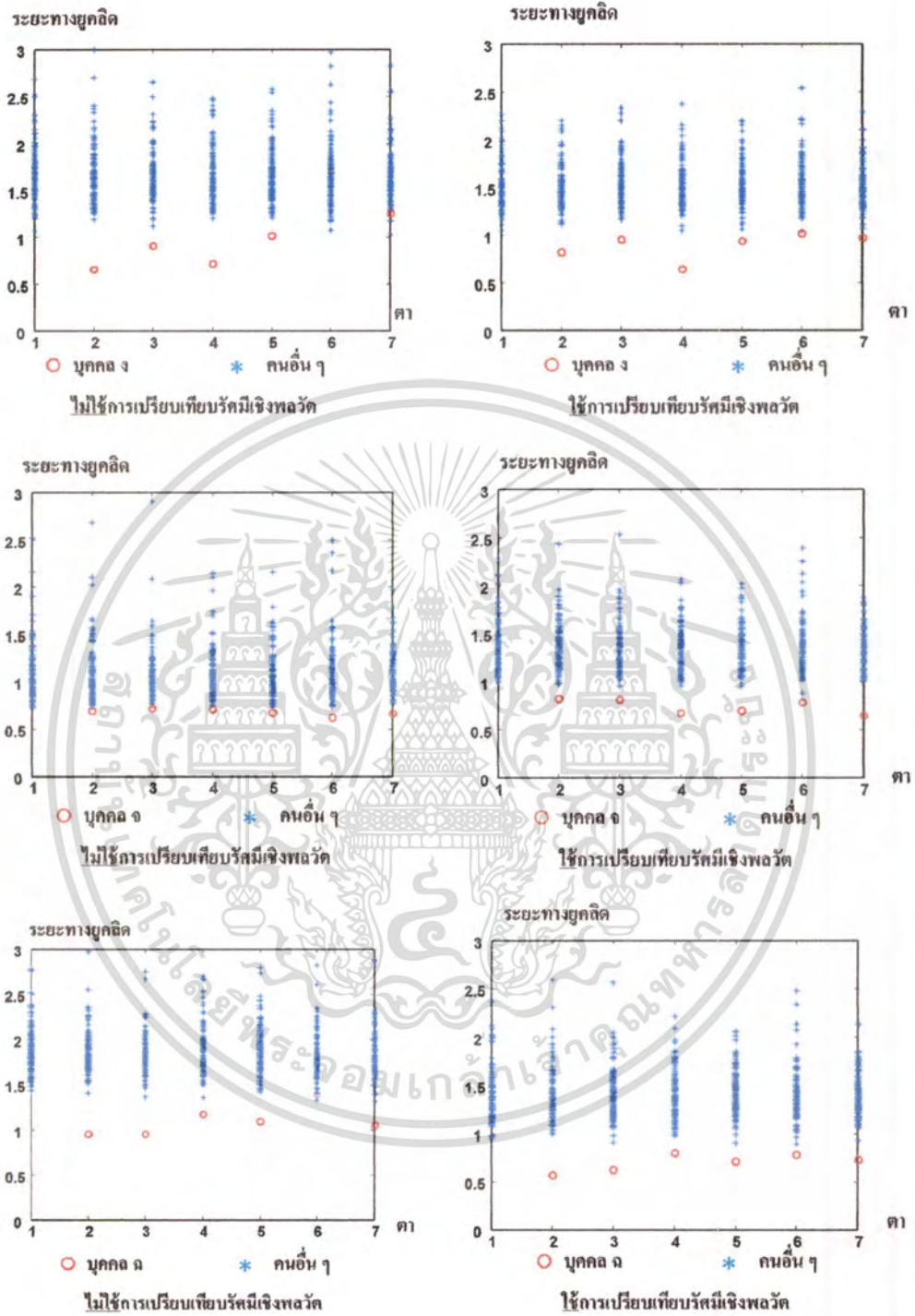


ไม่ใช้การเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต



ใช้การเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 ตัวอย่างการเปรียบเทียบค่าระยะทางยูกลิครวมที่ได้จากคน ๆ เดียวกัน และต่างคนกันโดยใช้หลักการของการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัตและไม่ใช้หลักการของการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2 การคำนวณค่าความผิดพลาดของภาพลายม่านตา

โดยทั่วไป การคำนวณค่าความผิดพลาดของระบบ ไบโอมेटริกจะจำแนกออกเป็น 2 ประเภทคือ อัตราการปฏิเสธผิด (False Rejection Rate: FRR) ตัวอย่างเช่น การเข้าใจผิด คิดว่าลายม่านตาของเจ้าของเป็นคนอื่น และ อัตราการยอมรับผิด (False Acceptance Rate:FAR) ตัวอย่างเช่น การเข้าใจผิด คิดว่าลายม่านตาของคนอื่น เป็นของเจ้าของ ซึ่งค่าความผิดพลาดทั้งสองประเภทนี้จะมีความสัมพันธ์แบบแปรผกผันกัน ซึ่งค่าความผิดพลาดในรูปของค่า EER (Equal Error Rate) จะหาได้จากการเลือกค่าขีดแบ่ง (threshold) ที่ทำให้ค่าความผิดพลาดที่พิจารณาจากตำแหน่งของกราฟที่ทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของ FRR และ FAR มีค่าเท่ากันซึ่งเราสามารถคำนวณค่า FRR, FAR, ERR และ อัตราความถูกต้อง(accuracy rate) ได้ดังสมการต่อไปนี้

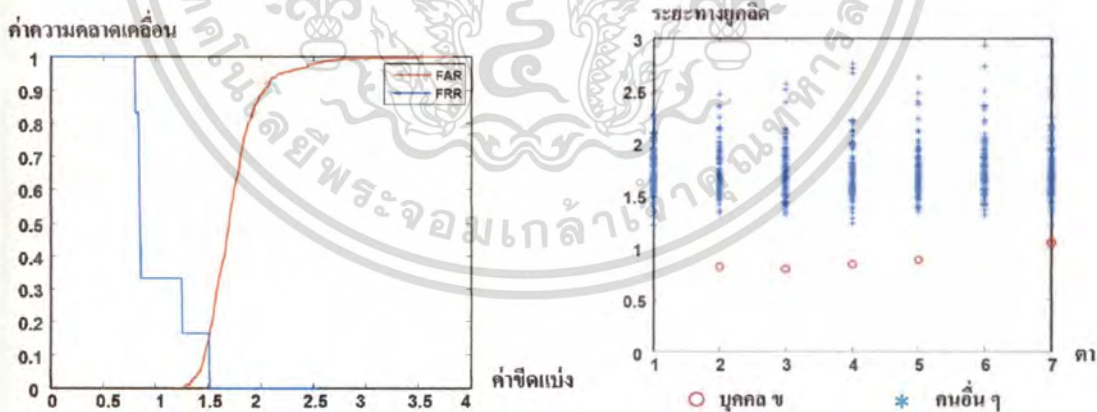
$$FRR = (\text{จำนวนครั้งที่นับข้อมูลถูกแต่เข้าใจผิด} / \text{จำนวนครั้งที่นับข้อมูลทั้งหมด}) * 100 \quad (4.3)$$

$$FAR = (\text{จำนวนครั้งที่นับข้อมูลผิดแต่เข้าใจถูก} / \text{จำนวนครั้งที่นับข้อมูลทั้งหมด}) * 100 \quad (4.4)$$

$$EER = (FAR + FRR) / 2 \quad (4.5)$$

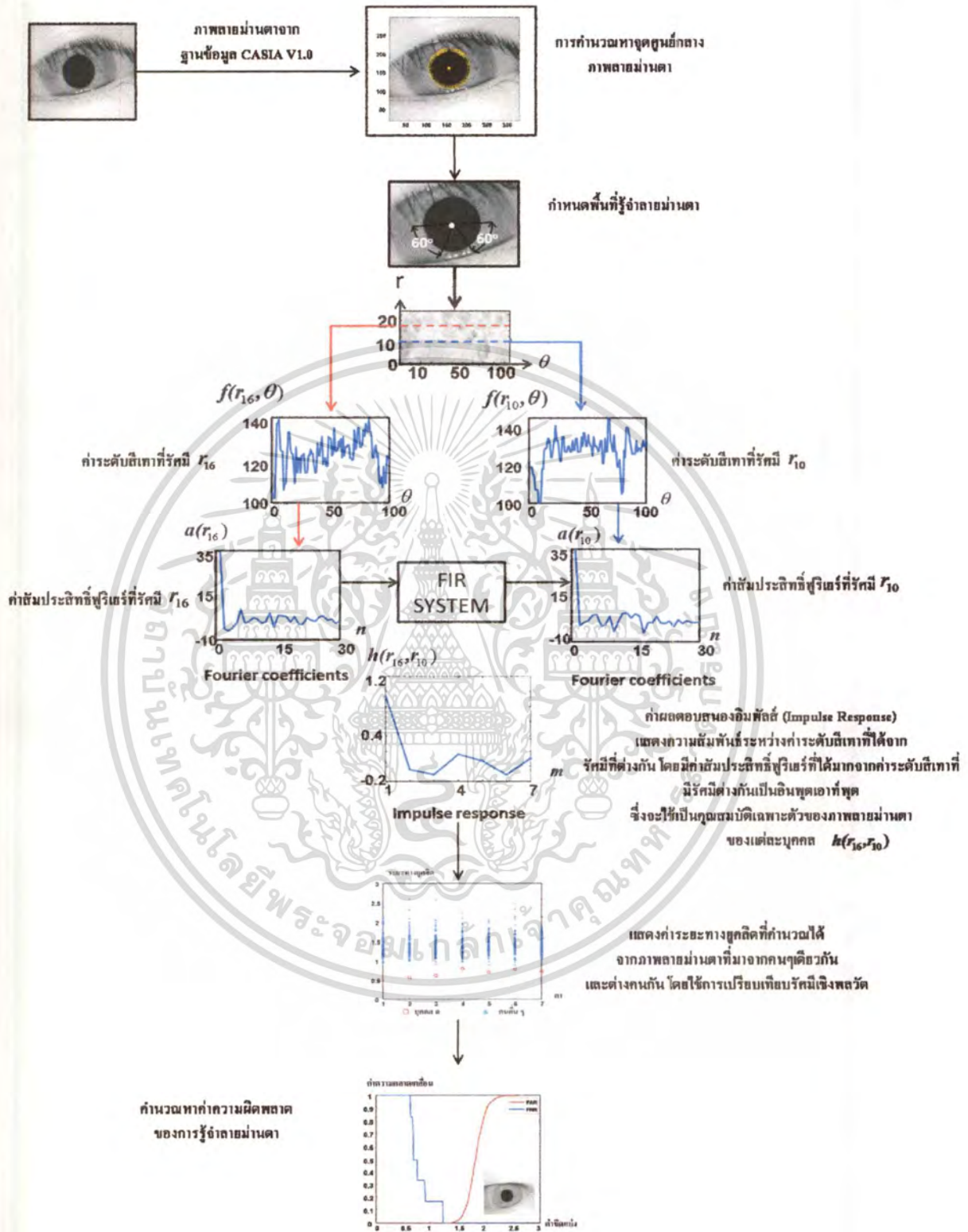
$$\text{อัตราความถูกต้อง (Accuracy Rate)} = 100 - \text{Equal Error Rate} \quad (4.6)$$

จากรูปที่ 4.5 เราจะสังเกตเห็นได้ว่าค่าขีดแบ่งที่มีค่าเปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของ FRR และ FAR ที่มีค่าเท่ากันอยู่ที่ 1.5 ซึ่งเราสามารถหาค่าความผิดพลาดในรูปของ Equal Error Rate ที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของ FRR และ FAR มีค่าเท่ากัน



รูปที่ 4.5 ตัวอย่างกราฟแสดงค่า FAR, FRR และค่าขีดแบ่งที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 แผนผังขั้นตอนการรู้จำลายม่านตาจากภาพลายม่านตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้









บทที่ 5

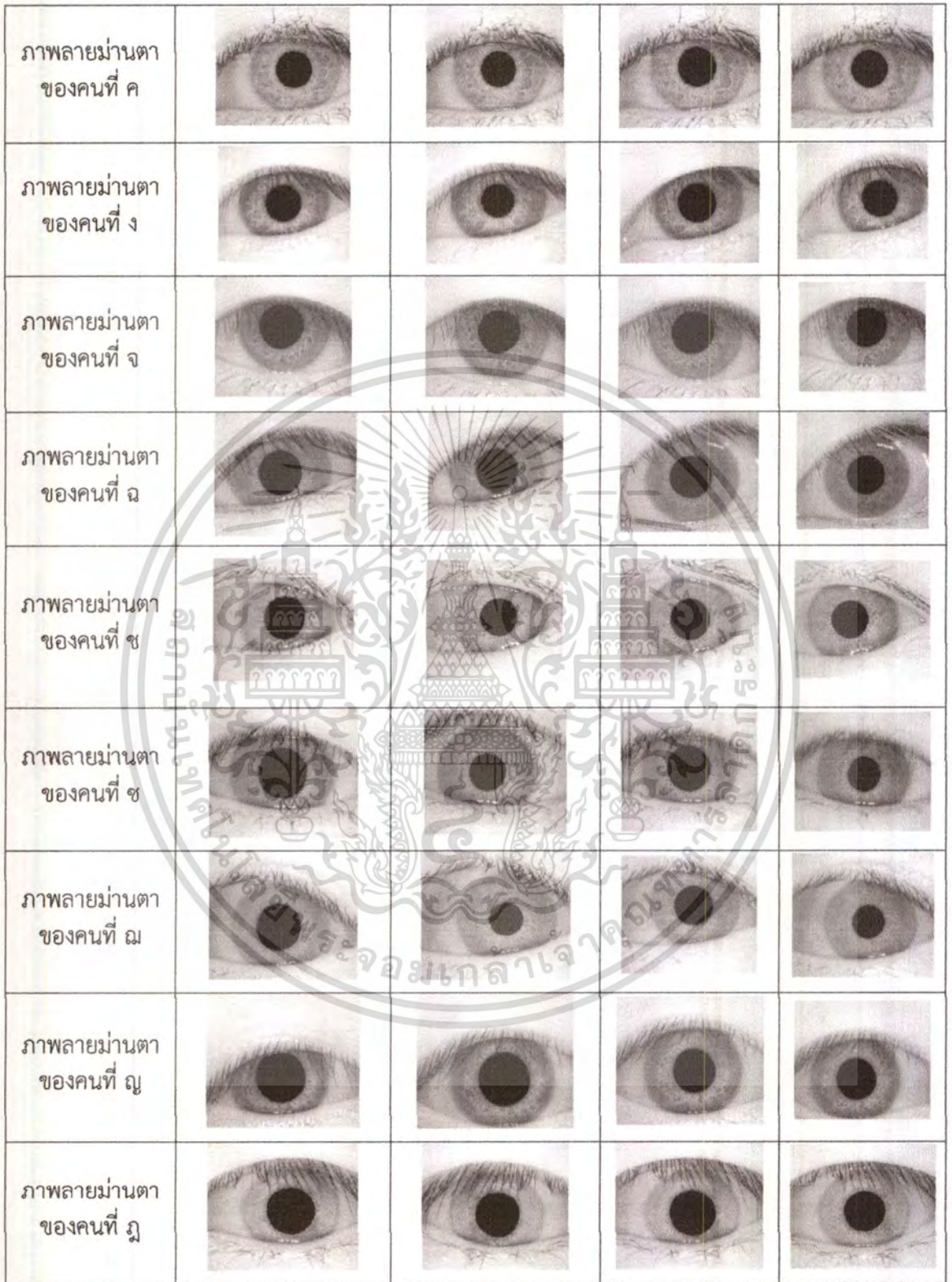
การทดลองและผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงขั้นตอนการทดลองและผลการทดลองที่ได้จากการรู้จำลายม่านตาเพื่อแสดงว่าวิธีการที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอ นั้น สามารถใช้ในการรู้จำภาพลายม่านตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้ความสำคัญกับในการดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตาโดยพิจารณาจากระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด ซึ่งจะให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกัน นอกจากนี้ ยังให้ความสำคัญกับ วิธีรู้จำลายม่านตาโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต เพื่อลดปัญหาขนาดที่ไม่เท่ากันของรูม่านตาและม่านตาซึ่งเกิดจากปริมาณความเข้มของแสง ซึ่งจากผลการทดลอง เห็นได้ชัดว่าการใช้วิธีการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต สามารถแก้ปัญหา ขนาดที่ไม่เท่ากันของรูม่านตาและม่านตาที่ไม่เท่ากันของคน ๆ เดียวกันและต่างคนกันได้เป็นอย่างดีซึ่งเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับงานวิจัยก่อนหน้านี้ [1-6] จะเห็นว่าวิธีการที่วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอสามารถรู้จำลายม่านตาได้อย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า

5.1 ฐานข้อมูลที่ใช้ในการทดลอง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้ฐานข้อมูลสาธารณะ CASIA V1.0 เพื่อใช้ในการทดลองรู้จำลายม่านตา ซึ่งฐานข้อมูล CASIA V1.0 นี้ เป็นฐานข้อมูลที่ สถาบันระบบอัตโนมัติ (Institute Automation) และสถาบันวิทยาศาสตร์จากประเทศจีน (Chinese Academy of Sciences) สร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการทดลองรู้จำลายม่านตา และในฐานข้อมูลนี้จะประกอบด้วยภาพลายม่านตาจำนวน 756 ภาพ จาก 108 คน ซึ่งคนแต่ละคนจะมีภาพลายม่านตา คนละ 7 ภาพซึ่งจะประกอบด้วย 2 ส่วน ซึ่งส่วนที่ 1 และส่วนที่ 2 จะเว้นช่วงระยะเวลาในการถ่ายภาพเป็นเวลา 3 เดือน โดยภาพทั้งหมดจะถูกเก็บไว้ในรูปแบบของไฟล์ BMP ซึ่งมีความละเอียด 320*280 พิกเซล รูปที่ 5.1 แสดงตัวอย่างภาพลายม่านตาที่เป็นส่วนในฐานข้อมูล CASIA V.1

ภาพลายม่านตา ของคน ที่ ก				
ภาพลายม่านตา ของคน ที่ ข				

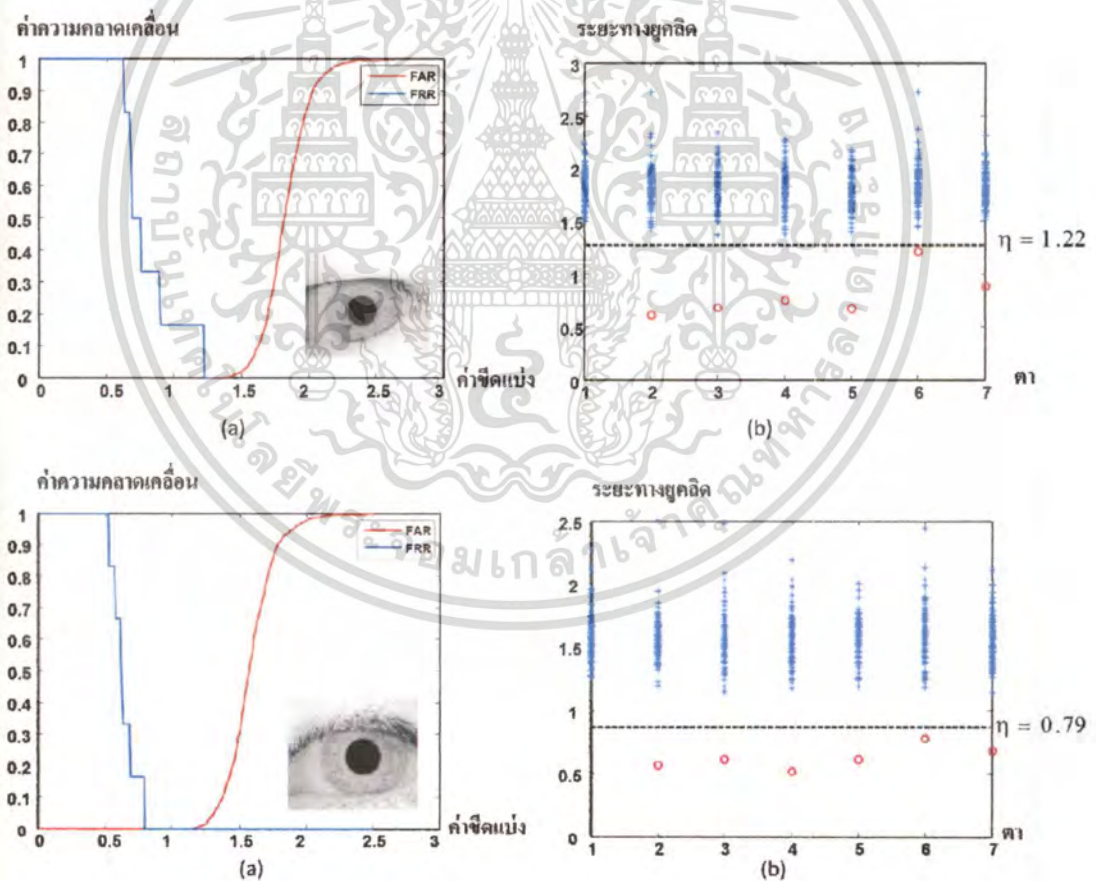


รูปที่ 5.1 ภาพถ่ายตัวอย่างของภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA V1.0

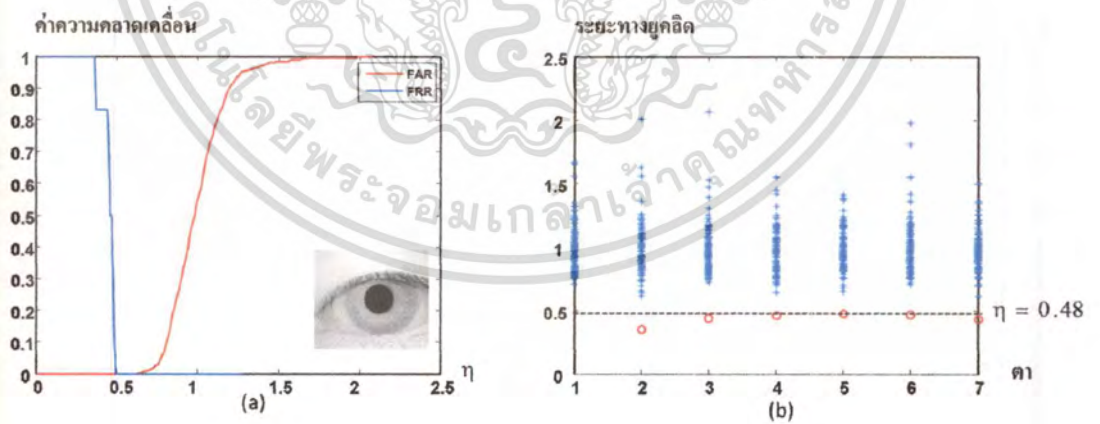
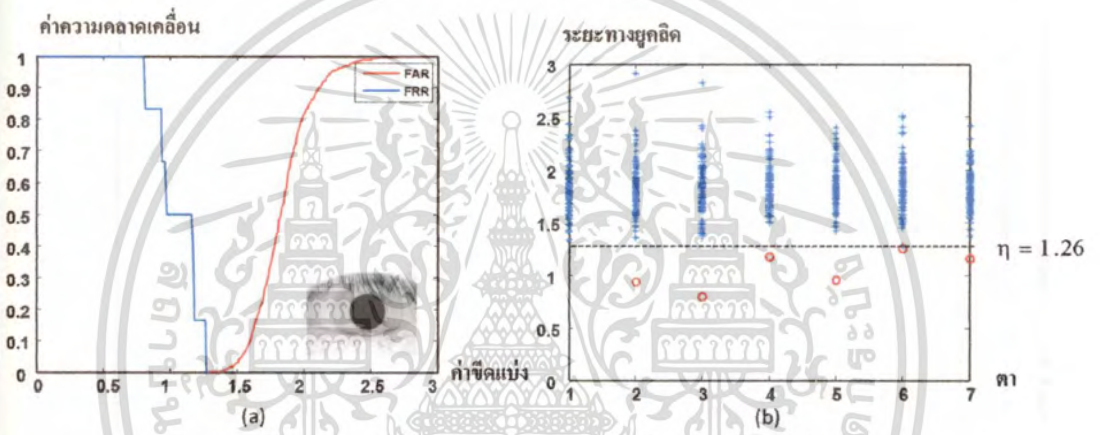
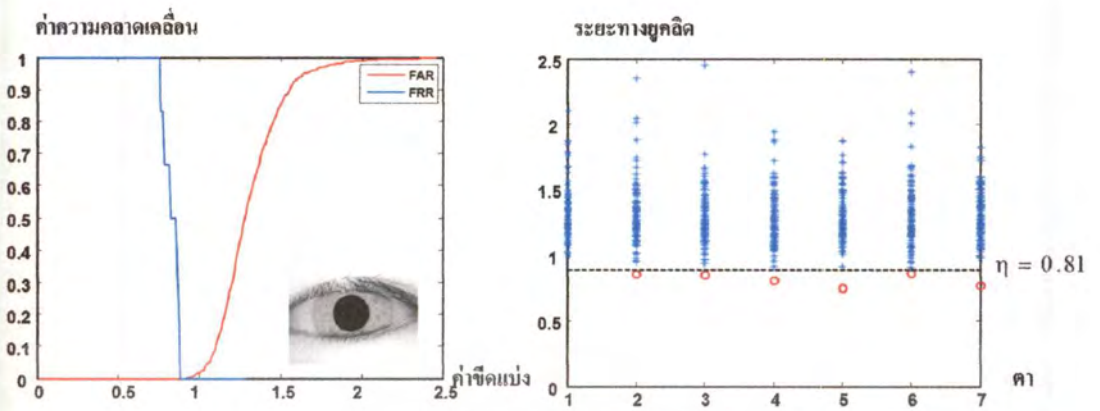
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 ผลการทดลองการรู้จำลายม่านตา

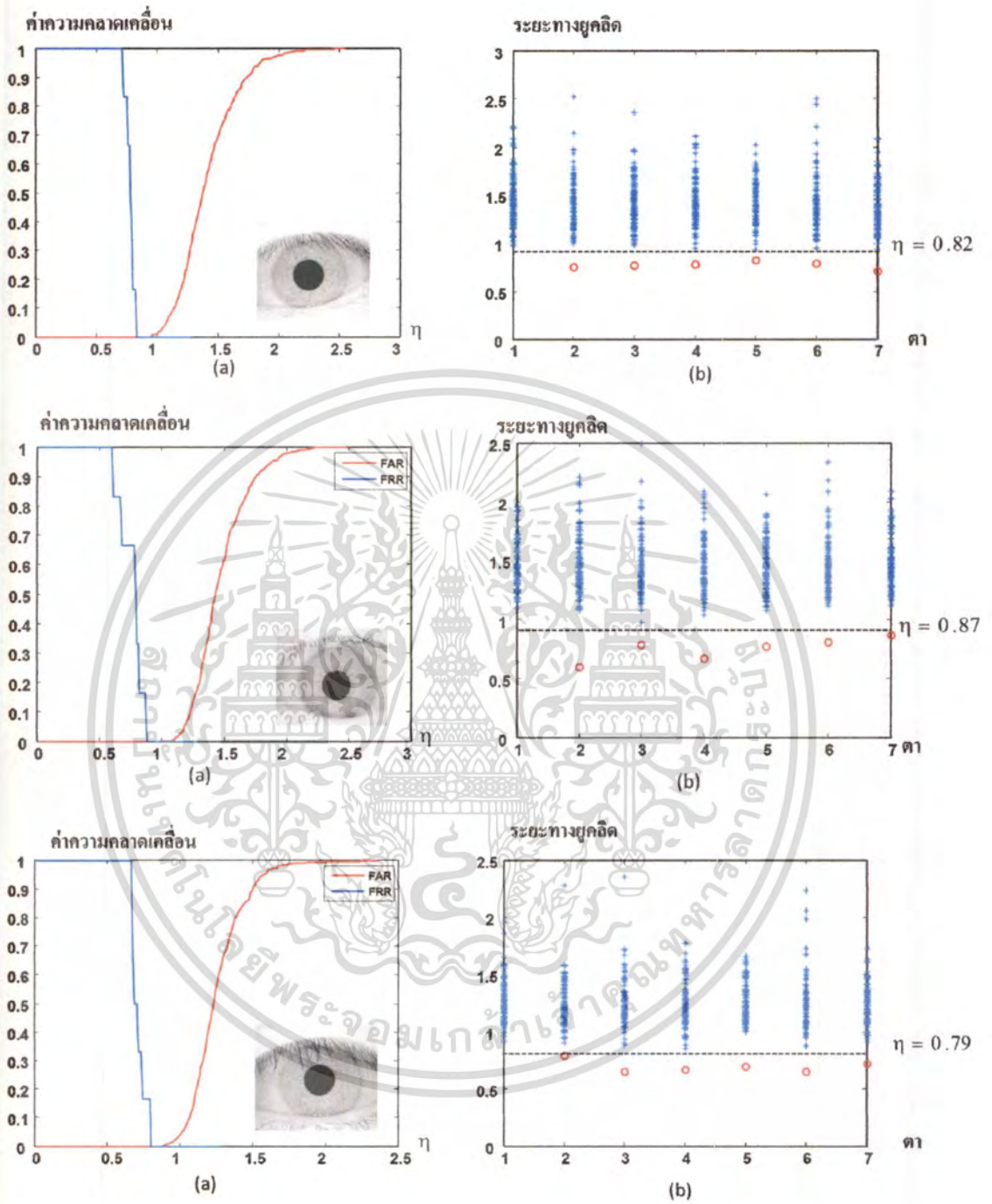
ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการทดลองรู้จำลายม่านตาและประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอซึ่งในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประสิทธิภาพของการรู้จำลายม่านตาจะแสดงได้จากเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (accuracy rate) ที่ได้กล่าวไปแล้วในบทที่ 4 ซึ่งในฐานข้อมูลในการทดลองการรู้จำลายม่านตาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ประกอบด้วยภาพลายม่านตาจำนวน 756 ภาพ จาก 108 คน ซึ่งคนแต่ละคนจะมีภาพลายม่านตา คนละ 7 ภาพ โดยเราจะทำการสุ่มเลือกภาพลายม่านตา 1 ภาพ ต่อคน 1 คนให้เป็นภาพลายม่านตาอ้างอิงเพื่อใช้ในการรู้จำลายม่านตา โดยรูปที่ 5.2 เป็นรูปแสดงประสิทธิภาพในการทดลองรู้จำลายม่านตา ซึ่งในรูปที่ 5.2 (a) จะแสดงกราฟค่าความคลาดเคลื่อนของ FAR และ FRR และรูปที่ 5.2 (b) แสดงค่าระยะทางยูคลิดรวมที่คำนวณได้จากภาพลายม่านตาของคน ๆ เดียวกันกับคนที่ใช้อ้างอิง และ คนอื่น ๆ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ประสิทธิภาพในการทดลองรู้จำลายม่านตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประสิทธิภาพของการทดลองรู้จำลายม่านตา สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 5.1 โดยผู้วิจัยได้ทำการวิจัย 2 งานวิจัยด้วยกัน งานวิจัยที่ 1 [6] ผู้วิจัยได้ใช้ค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์เป็นคุณลักษณะเฉพาะของภาพลายม่านตาของแต่ละบุคคล จากนั้นนำวิธีการเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัตมาใช้ในการเปรียบเทียบความคล้ายคลึงของภาพลายม่านตา โดยมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องอยู่ที่ 94.89 ซึ่งผลการทดลองที่ได้ถือว่ามีประสิทธิภาพพอสมควร จากนั้นในงานวิจัยที่ 2 [7] ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นถึงความสำคัญของความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกันว่าเป็นคุณลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลผู้วิจัยจึงนำระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดมาประยุกต์ใช้ในการดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตาโดยพิจารณาให้ผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดเป็นลักษณะเด่นของลายม่านตา จากการทดลองพบว่า ผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดสามารถจำแนกลายม่านตาของแต่ละบุคคลได้อย่างชัดเจนมากขึ้นและยังสามารถลดจำนวนข้อมูลให้น้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้สัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ในงานวิจัยแรก และเมื่อนำวิธีการเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัตมาใช้ในการรู้จำลายม่านตา จะเห็นได้ว่าในงานวิจัยที่ 2 ค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของภาพลายม่านตาจะอยู่ที่ 96.15 ซึ่งมีประสิทธิภาพมากกว่างานวิจัยที่ 1 และงานวิจัยอื่น ๆ ที่นำมาอ้างอิง[3-6]

ตารางที่ 5.1 เปอร์เซ็นต์ความถูกต้องของการรู้จำลายม่านตาระหว่างงานวิจัยที่ 1 และงานวิจัยที่ 2 และระหว่างการใช้การเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัตและไม่ใช้การเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัต

ผลการทดลอง	ค่าความถูกต้อง
ผลการทดลองของผู้วิจัย งานวิจัยที่ 1 (ไม่ใช้การเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัต)[6]	90.52
ผลการทดลองของผู้วิจัยงานวิจัยที่ 1 (ใช้การเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัต)[6]	94.89
ผลการทดลองของผู้วิจัยงานวิจัยที่ 2(ไม่ใช้การเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัต)[7]	91.65
ผลการทดลองของผู้วิจัย งานวิจัยที่ 2 (ใช้การเปรียบเทียบบริศมีเชิงพลวัต)[7]	96.15
งานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบที่ [3]	94.00
งานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบที่ [4]	94.86
งานวิจัยที่นำมาเปรียบเทียบที่ [5]	90.84

5.3 ผลการทดลองเพิ่มเติม

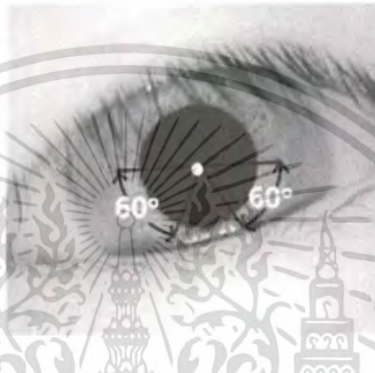
5.3.1 การเลือกพื้นที่ในการรู้จำลายม่านตา

เพื่อหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวน (noise) ที่เกิดจากขนตาและขอบตาล่างซึ่งอาจจะทำให้การเปรียบเทียบความเหมือนของภาพลายม่านตามีความคลาดเคลื่อน ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จึงเลือกพื้นที่ที่เหมาะสม ซึ่งสามารถหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนที่เกิดจากขนตาและขอบตาล่างได้มากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ซึ่งการเลือกพื้นที่การรู้จำในลักษณะนี้อาจจะมีค่าตามมามาว่า รู้ได้อย่างไรว่าพื้นที่การเลือกเป็นพื้นที่ที่เหมาะสมสำหรับการรู้จำมากที่สุด ซึ่งจากการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์ของความถูกต้องจาก

งานวิจัยฉบับแรก [6] เราพบว่าที่ $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$ และ $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$ หรือที่ $80^\circ \leq \theta \leq 240^\circ$ และ $300^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$ มีค่าเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่สูงที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับพื้นที่อื่นๆดังแสดงในตารางที่ 5.2 ซึ่งเราได้ใช้ผลการทดลองนี้มาต่อยอดทำการทดลองในงานวิจัยลำดับที่ 2 [7] ต่อไป



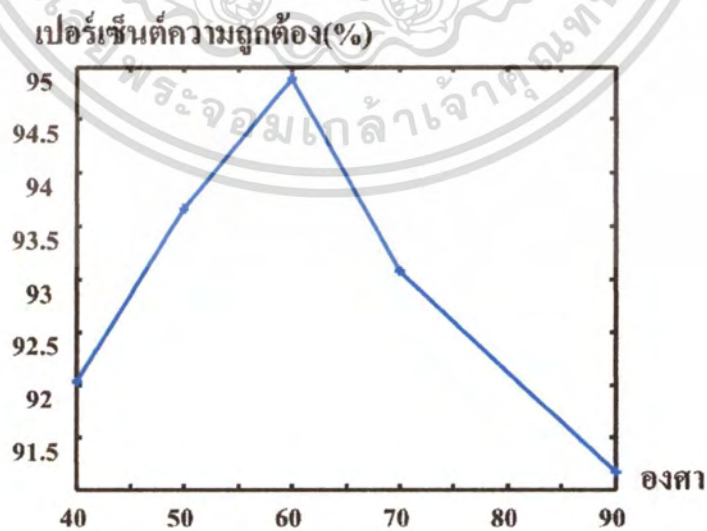
รูปที่ 5.3 พื้นที่ในการรู้จำของภาพลายม่านตา

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คำนวณได้จากพื้นที่การรู้จำของภาพลายม่านตาที่ต่างกัน

ภาพแสดงพื้นที่รู้จำลายม่านตา	องศา (degree)	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (Accuracy Rate)
	$180^\circ \leq \theta \leq 220^\circ,$ $320^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$	92.04
	$180^\circ \leq \theta \leq 230^\circ,$ $310^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$	93.66
	$180^\circ \leq \theta \leq 240^\circ,$ $300^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$	94.89

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพแสดงพื้นที่รู้จำลายม่านตา	องศา (degree)	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (Accuracy Rate)
	$180^\circ \leq \theta \leq 240^\circ$, $300^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$	94.89
	$180^\circ \leq \theta \leq 250^\circ$, $290^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$	93.08
	$180^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$	91.17
	$170^\circ \leq \theta \leq 240^\circ$, $300^\circ \leq \theta \leq 370^\circ$	92.83



รูปที่ 5.4 กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องจากพื้นที่การรู้จำลายม่านตาที่แตกต่างกัน

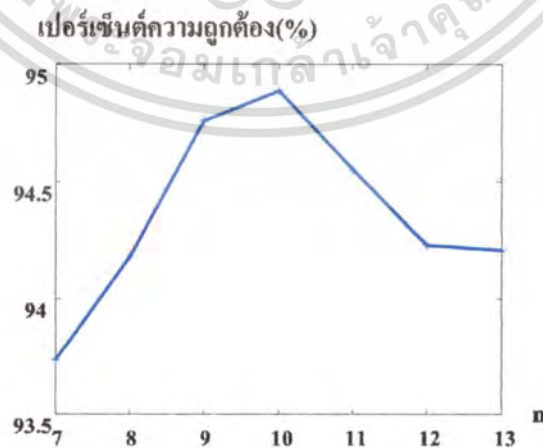
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 การเลือกจำนวนสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสมมาใช้ในการลดความเบี่ยงเบนของภาพลายม่านตา

อย่างที่เรารวบรวมกันคือการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เหมาะสมสามารถลดความเบี่ยงเบนโดยปราศจากการสูญเสียคุณลักษณะที่สำคัญของภาพลายม่านตา ดังได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ได้เลือกใช้ จำนวนของสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ทั้งหมด 10 จำนวน มาใช้ในการลดความเบี่ยงเบนของลายม่านตา ตารางที่ 5.3 เป็นตารางที่แสดงค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คำนวณได้จากได้จากการประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่แตกต่างกันที่ได้จากงานวิจัยฉบับแรก [6] ซึ่งเราจะเห็นว่าค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องเมื่อจำนวนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์มีค่าเท่ากับ 10 มีค่ามากที่สุด ซึ่งเราจะใช้จำนวนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ได้มาเป็นอินพุตและเอาท์พุตของระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดในงานวิจัยฉบับที่ 2 [7] ต่อไป

ตารางที่ 5.3 ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องที่คำนวณได้จากจำนวนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่ต่างกัน

จำนวนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์	ค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความถูกต้อง (Accuracy rate)
7	93.74
8	94.18
9	94.76
10	94.89
11	94.55
12	94.23
13	94.21



รูปที่ 5.5 กราฟเปรียบเทียบค่าความถูกต้องของภาพลายม่านตาจากจำนวนค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่แตกต่างกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

สรุปและการพัฒนาในอนาคต

ในบทนี้จะกล่าวถึงบทสรุปของงานวิจัยในการนำเสนอวิธีการรู้จำลายม่านตาแบบใหม่ โดยใช้การพิจารณาจากระบบผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด ซึ่งจะให้ความสำคัญกับความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกัน นอกจากนี้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ยังได้นำเสนอวิธีการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต ที่สามารถแก้ไขปัญหามาตราฐานของรูม่านตาและม่านตาที่ไม่เท่ากันได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.1 สรุปผลการทดลอง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการรู้จำลายม่านตาโดยพิจารณาจากระบบอิมพัลส์จำนวนจำกัด ซึ่งจะให้ความสำคัญกับการหาความสัมพันธ์สัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกัน โดยลำดับแรก เพื่อหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนที่เกิดจากขนตาและขอบตาล่างพื้นที่ที่ปราศจากขนตาและขอบตาล่างจะถูกเลือกเพื่อใช้ในการรู้จำลายม่านตา จากนั้นเพื่อความสะดวกในการดึงคุณลักษณะเด่นของลายม่านตา เราจะทำการประมาณค่าจุดศูนย์กลางของรูม่านตาเพื่อแปลงภาพลายม่านตาจากระบบพิกัดฉากให้อยู่ในระบบเชิงขั้ว จากนั้นใช้การประมาณค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์ที่เพื่อลดความเบี่ยงเบนโดยปราศจากการสูญเสียคุณลักษณะที่สำคัญของภาพลายม่านตาและเพื่อดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตา เราจะนำเอาค่าสัมประสิทธิ์ฟูรีเยร์จากรัศมีที่ต่างกันมาใช้เป็นอินพุตและเอาทพุตของระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัด โดยเราจะพิจารณาให้ผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดเป็นคุณลักษณะสำคัญของภาพลายม่านตาและสุดท้าย เราสามารถคำนวณค่าความเหมือนของภาพลายม่านตา ระหว่างข้อมูลอ้างอิงและข้อมูลที่นำมาทดลองได้โดยวิธีการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต จากการทดลองเราพบว่าวิธีการรู้จำลายม่านตาแบบใหม่ที่ได้นำเสนอนั้นสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการรู้จำลายม่านตาให้มากยิ่งขึ้นเมื่อนำไปเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ทำมาก่อนหน้านี้[1-6] ซึ่งการศึกษาคำการรู้จำลายม่านตาได้บรรลุวัตถุประสงค์ดังต่อไปนี้

- 1.สามารถนำผลตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดมาแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าระดับสีเทาของภาพลายม่านตาที่อยู่บนวงกลมที่มีรัศมีต่างกัน ซึ่งเราจะนำผลตอบสนองอิมพัลส์ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของลายม่านตามาใช้ในการรู้จำลายม่านตา
- 2.สามารถลดปัญหาความเบี่ยงเบนที่เกิดจากขนาดของม่านตาและรูม่านตาที่ไม่เท่ากัน เนื่องจากปริมาณความเข้มของแสงที่แตกต่างกัน โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบรัศมีเชิงพลวัต

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้นำเสนอวิธีการรู้จำลายม่านตาเพื่อนำมาใช้ในการระบุตัวตนซึ่งวิธีการนำเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นเพียงทางเลือกหนึ่งที่จะช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพของระบบการรู้จำ

ลายม่านตาเท่านั้น ซึ่งยังมีวิธีการพิจารณาลายม่านตาวิธีอื่นๆ ที่อาจจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการรู้จำลายม่านตาให้ดียิ่งขึ้น

6.2 แนวทางพัฒนาในอนาคต

1. ศึกษาและค้นคว้าวิธีการรู้จำลายม่านตารูปแบบใหม่ที่สามารถนำมาพัฒนาการรู้จำลายม่านตาให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

2. ฐานข้อมูลสาธารณะ CASIA ที่ผู้วิจัยใช้ในการทดลอง เป็นฐานข้อมูลที่มีภาพลายม่านตาหลายรูปแบบ อาทิเช่น ฐานข้อมูลภาพลายม่านตาของฝาแฝด ฐานข้อมูลลายม่านตาเมื่อปริมาณแสงต่างกันมาก ๆ ภาพลายม่านตาที่มีแสงสะท้อน ภาพลายม่านตาของคนที่ไม่แว่น หรือแม้แต่ลายม่านตาเทียม ซึ่งในการทดลองในอนาคต ผู้วิจัยคาดว่าจะนำฐานข้อมูลดังกล่าวมาใช้ในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

3. เพื่อหลีกเลี่ยงสัญญาณรบกวนที่เกิดจากขนตาและขอบตาล่างในงานวิจัยฉบับนี้ได้เลือกเนื้อที่ลายม่านตาที่เหมาะสมที่สุดซึ่งปราศจากขนตาและขอบตาล่างมาใช้ในการทดลอง ซึ่งเราพบว่าที่ $\pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}$ และ $\frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$ หรือที่ $80^\circ \leq \theta \leq 240^\circ$ และ $300^\circ \leq \theta \leq 360^\circ$ เป็นพื้นที่ที่เหมาะสมที่สุดในการใช้รู้จำลายม่านตา แต่เนื้อที่ดังกล่าวเป็นเนื้อที่เฉพาะส่วนของภาพลายม่านตาเท่านั้น ซึ่งในอนาคต ผู้วิจัยคาดว่าจะนำทุกส่วนของลายม่านตามาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด

บรรณานุกรม

- [1] J. G. Daugman. "High confidence visual recognition of person by test of statistical Independence." **IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence**. vol. 15, November 1993. pp. 1148-1161.
- [2] R. Wildes, "Iris Recognition: An emerging biometric technology.", **Proc. IEEE**. vol. 85. September 1997. pp. 1348-4363.
- [3] Jin-Xin-Shi, Xiao Feng Gu. "The comparison of iris recognition using principal component analysis, independent component analysis and garbor wavelets." **ICCSIT Chengdu**. July 2010. pp. 61-64.
- [4] H. Patel, M.C. Pounwala, C.K. Modi, S. Patiak. "Human identification by partial iris segmentation using pupil circle growing based on binary integrated edge intensity curve." **CSNT**. June 2011. . pp. 333-338.
- [5] C.Sapsamran, V. Limpoka. "Iris recognition base on statistical signature," **ISTS Kmitl Thailand**. January 2012. pp. 202-205.
- [6] P.Thumwarin, N.Chitanont, T.Matsuura. "Iris recognition based on Dynamic Radius Matching of Iris Image," **ECTI Huahin Thailand**. May 2012. pp. 1-4.
- [7] P.Thumwarin, N.Chitanont, T.Matsuura, "FIR iris recognition system", **ITC-CSCC Sapporo**. July 2012
- [8] CASIA V1.0 Iris image database [online]. Available: <http://biometrics.idealtest.org>
- [9] Anatomy of Eyes [online]. Available: <http://www.pendletoneye.com/fromligh.htm>
- [10] Anatomy of Eyes [online]. Available: <http://www.bcnlp.ac.th/Anatomy/page/apichat/special-sense/page/iris.html>



ภาคผนวก

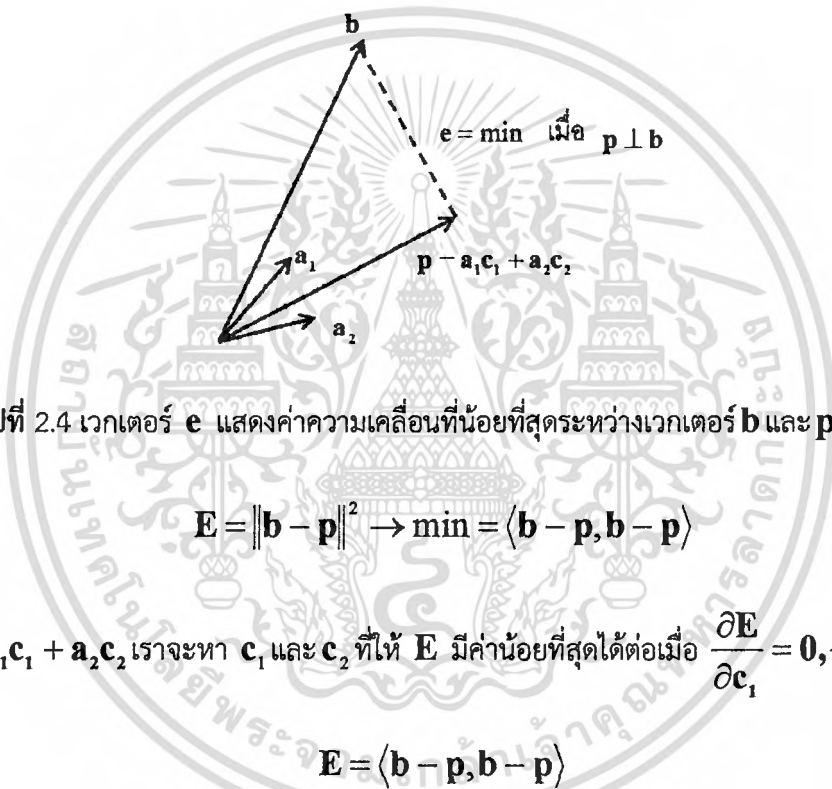
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เราจะนำทฤษฎีของกำลังสองสมบูรณ์ที่น้อยที่สุดมาประยุกต์ใช้ในการหาจุดศูนย์กลางของรูปร่างตาและระบบตอบสนองอิมพัลส์จำนวนจำกัดเพื่อทำการดึงคุณลักษณะเด่นของภาพลายม่านตา ดังนี้

มีบ่อยครั้งที่สมการ $\mathbf{Ac} - \mathbf{b} \neq 0$ นั้นหมายถึงเราไม่สามารถหาคำตอบที่ทำให้ค่าความคลาดเคลื่อน (error) เป็นศูนย์ได้ เนื่องจากจำนวนสมการมากกว่าจำนวนตัวแปรหรือกล่าวอีกอย่างหนึ่งคือ จำนวนแถว (row) ของเมตริก (matrix) มากกว่าจำนวนหลัก (column) นั่นเองแต่เราสามารถคำนวณค่า \mathbf{c} ที่ทำให้มีความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดได้ โดยใช้หลักการของกำลังสองสมบูรณ์ที่น้อยที่สุด ดังนี้



เมื่อ $\mathbf{p} = \mathbf{a}_1\mathbf{c}_1 + \mathbf{a}_2\mathbf{c}_2$ เราจะหา \mathbf{c}_1 และ \mathbf{c}_2 ที่ให้ \mathbf{E} มีค่าน้อยที่สุดได้ต่อเมื่อ $\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial \mathbf{c}_1} = 0, \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial \mathbf{c}_2} = 0$

$$\mathbf{E} = \langle \mathbf{b} - \mathbf{p}, \mathbf{b} - \mathbf{p} \rangle$$

เราสามารถหาอนุพันธ์ของผลคูณได้จากสูตร $u\mathbf{d}v + v\mathbf{d}u$

$$\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial \mathbf{c}_1} = \left\langle \frac{\partial (\mathbf{b} - \mathbf{p})}{\partial \mathbf{c}_1}, \mathbf{b} - \mathbf{p} \right\rangle + \left\langle \mathbf{b} - \mathbf{p}, \frac{\partial (\mathbf{b} - \mathbf{p})}{\partial \mathbf{c}_1} \right\rangle = 0$$

$$\langle -\mathbf{a}_1, \mathbf{b} - \mathbf{p} \rangle + \langle \mathbf{b} - \mathbf{p}, -\mathbf{a}_1 \rangle = 0$$

$$(-2) \cdot \langle \mathbf{b} - \mathbf{p}, \mathbf{a}_1 \rangle = 0$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\langle \mathbf{b}, \mathbf{a}_1 \rangle - \langle \mathbf{p}, \mathbf{a}_1 \rangle = 0$$

$$\langle \mathbf{b}, \mathbf{a}_1 \rangle = \langle \mathbf{p}, \mathbf{a}_1 \rangle$$

$$\frac{\partial \mathbf{E}}{\partial \mathbf{c}_2} = \left\langle \frac{\partial(\mathbf{b} - \mathbf{p})}{\partial \mathbf{c}_2}, \mathbf{b} - \mathbf{p} \right\rangle + \left\langle \mathbf{b} - \mathbf{p}, \frac{\partial(\mathbf{b} - \mathbf{p})}{\partial \mathbf{c}_2} \right\rangle = 0$$

$$\langle \mathbf{a}_2, \mathbf{b} - \mathbf{p} \rangle + \langle \mathbf{b} - \mathbf{p}, \mathbf{a}_2 \rangle = 0$$

$$(2) \cdot \langle \mathbf{b} - \mathbf{p}, \mathbf{a}_2 \rangle = 0$$

$$\langle \mathbf{b}, \mathbf{a}_2 \rangle - \langle \mathbf{p}, \mathbf{a}_2 \rangle = 0$$

$$\langle \mathbf{b}, \mathbf{a}_2 \rangle = \langle \mathbf{p}, \mathbf{a}_2 \rangle$$

จากสมการที่ (2.9) และ (2.10) จะได้ว่า

$$\begin{bmatrix} \langle \mathbf{A}\mathbf{c}, \mathbf{a}_1 \rangle \\ \langle \mathbf{A}\mathbf{c}, \mathbf{a}_2 \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle \mathbf{a}_1, \mathbf{A}\mathbf{c} \rangle \\ \langle \mathbf{a}_2, \mathbf{A}\mathbf{c} \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1^T \\ \mathbf{a}_2^T \end{bmatrix} \mathbf{A}\mathbf{c} = \mathbf{A}^T \mathbf{A}\mathbf{c}$$

$$\begin{bmatrix} \langle \mathbf{b}, \mathbf{a}_1 \rangle \\ \langle \mathbf{b}, \mathbf{a}_2 \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \langle \mathbf{a}_1, \mathbf{b} \rangle \\ \langle \mathbf{a}_2, \mathbf{b} \rangle \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1^T \mathbf{b} \\ \mathbf{a}_2^T \mathbf{b} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \mathbf{a}_1^T \\ \mathbf{a}_2^T \end{bmatrix} \mathbf{b} = \mathbf{A}^T \mathbf{b}$$

จากสมการ (2.11) และ (2.12) จะหา \mathbf{c} ที่มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดได้ดังนี้



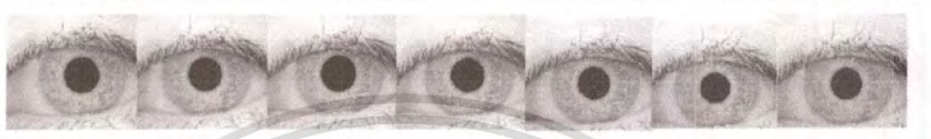





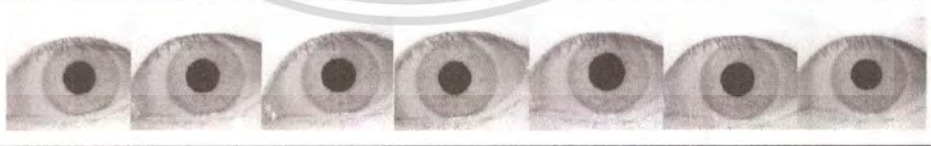


$$\mathbf{A}^T \mathbf{A}\mathbf{c} = \mathbf{A}^T \mathbf{b}$$

$$\mathbf{c} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{b}$$








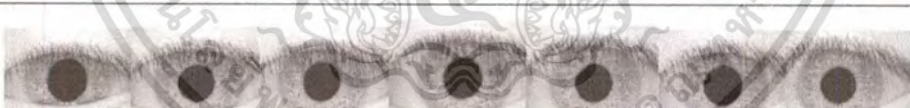

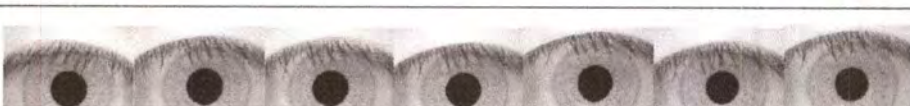

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้





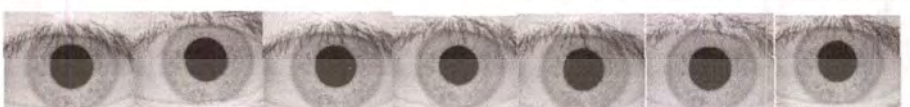








เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	






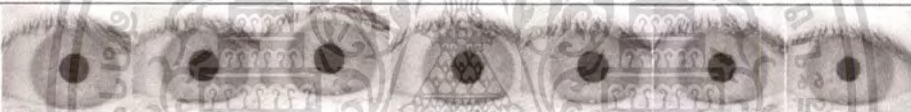


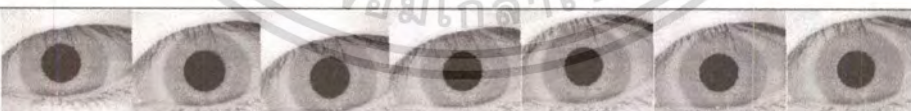


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	



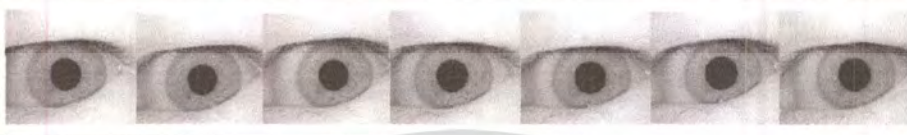
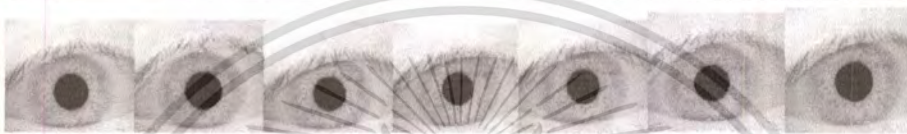


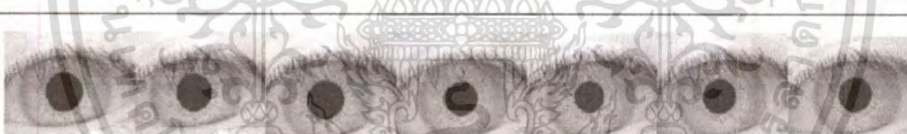

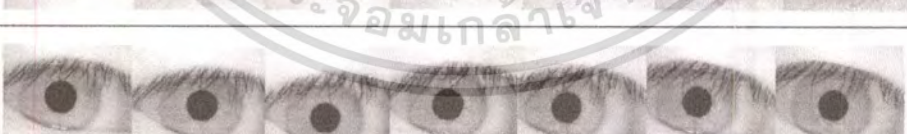

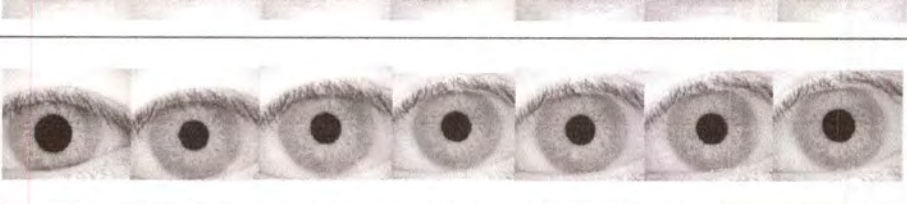
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	







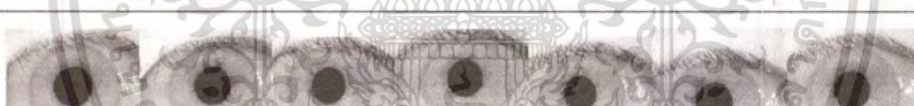


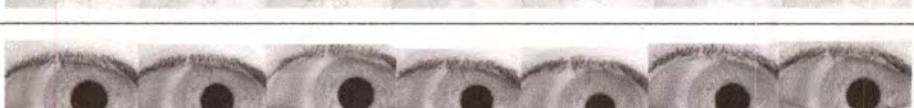
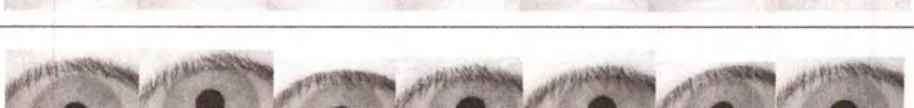
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	
31	
32	
33	




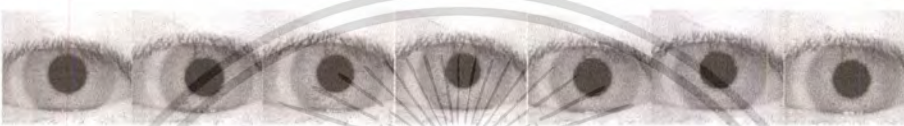






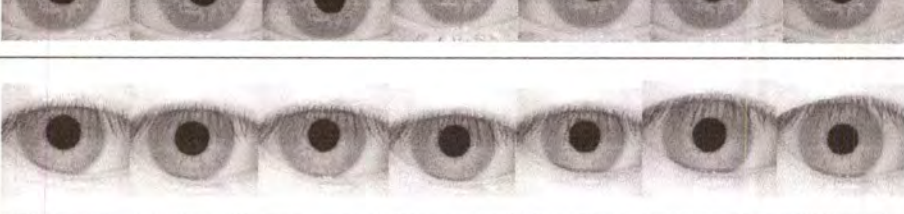
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
34	
35	
36	
37	
38	
39	
40	
41	
42	
43	
44	




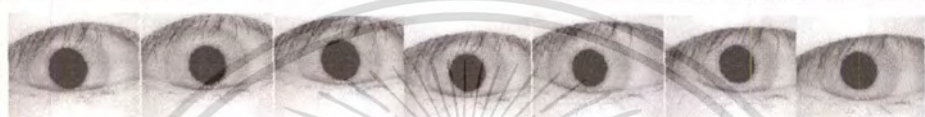







เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
45	
46	
47	
48	
49	
50	
51	
52	
53	
54	
55	




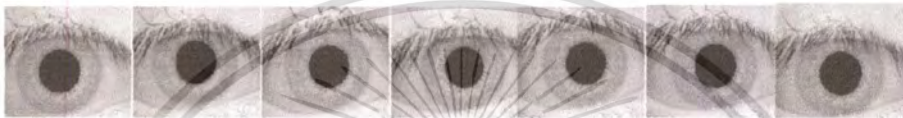



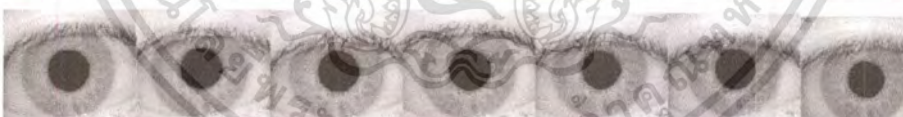



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
56	
57	
58	
59	
60	
61	
62	
63	
64	
65	
66	



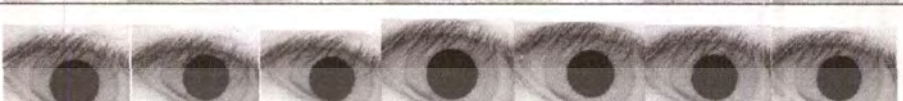








เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
67	
68	
69	
70	
71	
72	
73	
74	
75	
76	
77	






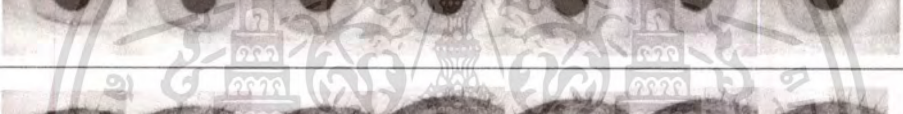

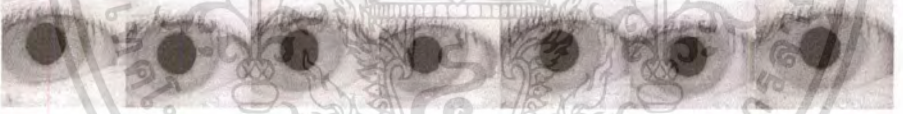

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
78	
79	
80	
81	
82	
83	
84	
85	
86	
87	
88	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
89	
90	
91	
92	
93	
94	
95	
96	
97	
98	
99	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คนที่	ภาพลายม่านตาที่ใช้ในการทดลอง
100	
101	
102	
103	
104	
105	
106	
107	
108	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวกค.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. P.Thumwarin, N.Chitanont, T.Matsuura, "Iris Recognition based on Dynamic Radius Matching of Iris Image," ECTI Huahin Thailand, May 2012
2. P.Thumwarin, N.Chitanont, T.Matsuura, "FIR Iris Recognition System", ITC-CSCC Sapporo, July 2012

ECTI-CON 2012

Courtyard by Marriot Hua Hin, Cha Am Beach, Thailand

May 16-18, 2012



ECTI-CON 2012 is the ninth annual international conference organized by Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology (ECTI) Association, Thailand. The conference aims to be an international forum for presentation of technological advances and research results in the field of electrical engineering, electronics, computer, telecommunications, and information technology. Accepted papers will be published in the Proceedings of ECTI-CON 2012 and will be available via IEEE Xplore. Acceptance will be based on quality, relevance, and originality.



Auditory Committee

Boonprapan Binsakul (KUUTT)
Karin Channongra (KUUTT)
Anawat Sangsriang (KUUTT)
Paiom Kavitikulob (KUUTT)

Steering Committee

Banoo Binsakul (12) (KUUTT)
Prajon Jakkasophon (12) (KUUTT/NB)
Jitkritt Jakkasophon (12) (MU)
Vira Jakkasophon (12) (KUUTT/NB)
Vudhagorn Arasu (12) (KU)
Wichoo Budsakomphon (12) (KUUTT)
Yutin Angsue (13) (CU)
Chaiyavudhachon (14) (KUUTT)
Prasert Chongpraditana (13) (CU)
Thanas Akhavan (13) (KUUTT)
Nopon Theerapudpong (13) (KUUTT)
Sensere Ausathayakul (13) (CU)
Anan Pongpud (13) (KU)
Pongpud Unaladach (13) (KU)
Witairat Kiatwong (13) (KUUTT)
Thiraphong Akhavan (13) (KUUTT)
Kasit Rungrojensomboon (14) (KU)
Chir (14) (CU)

General Chair

Wongkarn Rattap

General Co-Chair

Thanas Jakkasophon

Technical Program Committee

Ratana Jakkasophon (KUUTT)
Karin Channongra (KUUTT)
Anawat Sangsriang (KUUTT)
Ajay Prasad (KU)
Ching Peng (KUUTT)
David Binsakul (CU)
Sasana Kiatwong (KUUTT)
Matthew Deakin (UK)

Local Arrangement Chair

Wongkarn Rattap (KUUTT)

Publicity Chair

Bunoo Binsakul (KUUTT)

Registration & Finance Chairs

Prajon Jakkasophon (KUUTT)
Sangthong Chongpraditana (KUUTT)
Ruporn Sangsriang (CU)
Paiom Kavitikulob (ECT)

Publication Chairs

Narasin Deekumng (KUUTT)

Narasinon Wattanasongkarakorn (KUUTT)

Information System Chair

Ratana Binsakul (KUUTT)

General Secretaries

Nuttarin Pajunon (KUUTT)

Worung Phadong (KUUTT)

Call for Contributed Papers

The main theme of this year ECTI-CON will be "Green Technology". In addition to the regular technical session, authors are invited to submit papers reporting results addressing the issue of sustainable development of environmental-friendly technology, impact of engineering on environment, effective use of technology for environment and other issue related to environment awareness.

The program of ECTI-CON 2012 will consist of plenary sessions, invited sessions, and regular technical sessions. Topics of interest for submission include, but are not restricted to:

Area 1: Device, Circuits and Systems: Semiconductor Devices, Analog Circuits, Digital Circuits, Mixed Signal Circuits, Nonlinear Circuits and Systems, Sensing and Sensor Networks, Filters and Data Conversion Circuits, RF and Wireless Circuits, Photonics and Optoelectronic Circuits, Low Power Design and VLSI Physics, Design, Embedded Circuits, Assembly and Packaging Technologies, Test and Reliability, Advanced Technologies (e.g. MEMS and nano-electronic Devices, Metamaterials)

Area 2: Computers and Information Technology: Computer Architecture, Computational Biology and Bioinformatics, Knowledge and Data Engineering, Learning Technologies, Multimedia Services and Technologies, Mobile Computing, Parallel/Distributed Computing and Grid Computing, Pattern Analysis and Machine Intelligence, Software Engineering, Visualization and Computer Graphics

Area 3: Communication Systems: Communication Theory and Information Theory, Antenna and Propagation, Microwave Theory and Techniques, Modulation, Coding, and Channel Analysis, Networks Design, Network Protocol and Network Management, Cordless Communicators, Wireless Mobile Communications & Technologies

Area 4: Control Systems: Control Theory and Applications, Adaptive and Learning Control System, Fuzzy and Neural Control, Mechatronics, Manufacturing Control Systems and Applications, Process Control Systems, Robotics and Automation

Area 5: Special Power Systems: Power Engineering and Power Systems, Electromagnetic Compatibility, Energy Conversion, High Voltage Engineering and Insulation, Power Delivery, Power Electronics, Utilization

Area 6: Signal Processing: Signal Processing Theory, Digital Signal Processing Algorithms, Digital Filter Design & Implementation, Array Processing, Adaptive Signal Processing, Audio, Speech, and Language Processing, Image Processing, Video Processing, Medical Signal Processing, Medical Imaging

Area 7: Green-Related Topics: Hard disk Drive Technologies, Intelligent Transportation Systems, Agrionics, Security, Embedded Systems, ECTI Education, ECTI Policy and Law, ECTI Management, etc.

Paper Submission

- Prospective authors are invited to submit original full papers without author's names and affiliations, in English, of not more than four (4) pages in standard IEEE two-column format only, reporting their original work and results, applications, and/or implementation in one or more of the listed topics.
- Papers must be submitted via the Internet through the official conference website (<http://www.ecticon2012.cpe.kmutt.ac.th>).
- At least one author of each accepted paper MUST register and present paper in the conference in order for the paper to be included in the program, and available through IEEE Xplore.

Important Dates

- Full paper submission due date: January 15, 2012
- Notification of acceptance: March 15, 2012
- Camera-ready paper submission: April 2, 2012
- Conference advance registration: April 2, 2012
- Conference dates: May 16-18, 2012

Selected papers will be considered for publication in the special section of the ECTI Transactions. For further information: <http://www.ecti-thailand.org>

For more information
 Websites: <http://www.ecticon2012.cpe.kmutt.ac.th>
<http://www.ecti-thailand.org>
 Contact Address: ecticon2012@cpe.kmutt.ac.th
 Computer Engineering Department, KMUTT
 251 Pracha-Uthit Road, Thung-Kru, Bangkok 10140, THAILAND



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Iris Recognition based on Dynamic Radius Matching of Iris Image

P. Thumwarin¹, N. Chitanont¹,

¹Faculty of Engineering,
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520
kpitak@kmitl.ac.th

T. Matsuura²

²Department of Electrical and Electronic Engineering,
Tokai University, 259-1292, Japan
matsuura@tokai.ac.jp

Abstract—This paper presents iris recognition method based on dynamic radius matching of iris image. First, the iris images are segmented to remove the eyelashes and eyelids. Then the individual feature of the iris image can be extracted by expanding their polar images into Fourier series. The obtained Fourier coefficient is used as the individual features for iris recognition. Moreover, in order to reduce the fluctuation caused by size of pupil and iris, the dynamic radius matching is introduced to calculate the similarity between the iris images. Experimental results were performed on CASIA V1.0 [6] public iris database having 756 iris images from 108 persons. The obtained accuracy rate was 94.8%.

Keywords: iris recognition; Fourier series; dynamic radius matching; polar image

1. INTRODUCTION

Iris recognition is one of biometrics which has been used to recognize a person. The advantages of using iris for biometric is that not only the iris pattern for different persons is enormous but also the iris pattern for a particular person is fixed and stable. In addition, iris is an internal organ therefore it is difficult to damage. These properties make iris recognition becomes a popular method to recognize a person.

Many methods for iris recognition have been proposed. Daugman [1] applied 2-D Gabor filter to extract individual feature from iris image. R. Wildes [2] proposed the iris feature extraction method using Laplacian of Gaussian filter. Jin-Xin Shi et al. [3] compared iris recognition algorithm among Principal Component Analysis (PCA), Independent Component (ICA) and Gabor/Wavelet for a compact iris code. H. Patel et al. [4] used Haar wavelet for extracting unique feature of iris. Chanon et al. [5] used statistic information consist of mean and weight for iris recognition. Although these methods have promising performance, the fluctuation of iris image caused by size of pupil and eyelid still does not taken into account by using their methods. In this paper, in order to overcome such a problem, we introduce a dynamic radius matching of the iris image to determine the similarity between the iris images. Moreover, in this paper, the individual feature can be extracted by expanding the polar image of the iris into Fourier series. The obtained Fourier coefficient is considered as the unique feature for iris recognition.

II. FEATURE EXTRACTION

The iris image with 256 gray levels is used for feature extraction. Figure 1 shows the iris image obtained from three persons. It can be seen from Fig. 1 that the iris images are occluded by eyelashes and eyelids.

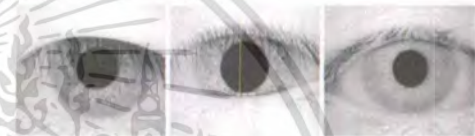


Fig. 1 Iris images

In this paper the particular area of the iris images without occluded eyelashes and eyelids as shown in Fig. 2 is used for feature extraction.



Fig. 2 Iris image and its recognition area.

The individual features of the iris image are extracted as follows:

First, the iris image is represented by 2D continuous function in Cartesian coordinates as

$$f(x, y) = \sum_{n=0}^{Q-1} \sum_{m=0}^{Q-1} F(n, m) \phi(x-n, y-m) \quad (1)$$

$$\text{where } \phi(x, y) = \frac{\sin \pi x}{\pi} \cdot \frac{\sin \pi y}{\pi} \quad (2)$$

and Q is an integer related to the image size. $F(n,m)$ is gray level at a pixel (n,m) . Then the following function is defined by letting $x = r \cos \theta, y = r \sin \theta$ in (1) as

$$\hat{f}(r, \theta) = f(r \cos \theta, r \sin \theta) \quad (3)$$

where $0 \leq r \leq R, \pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}, \frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$ and $\hat{f}(r, \theta)$ is defined inside the circle of radius R . An example of the polar image of iris is shown in Fig.3

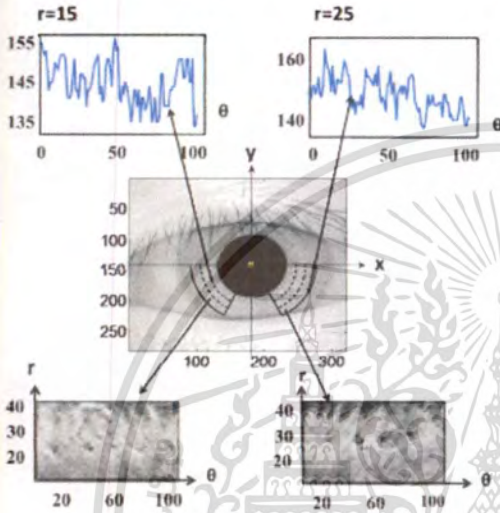


Fig.3 Polar image of the recognition area of the iris.

As is known, iris is the annular portion between the pupil and the sclera. However, sometimes sizes of the pupils obtained from different eyes are different even they were obtained from same person. Therefore the total radii R of the polar images of the iris obtained from different eyes are different as shown in Fig.4.



Fig.4 Two iris images which have different size of pupil obtained from same person.

The total number of radius of the polar image is normalized by connecting the gray level on the circles at the same degree of θ and different radii with a straight line using piece-wise linear function as

$$\hat{f}(r, \theta) = \sum_{k=0}^{N-1} f(r_k, \theta) \phi_k(r), (r \in R) \quad (4)$$

where

$$\phi_k(r) = \begin{cases} \frac{r - r_{(k-1)}}{r_k - r_{(k-1)}}, & r \in (r_{(k-1)}, r_k) \\ \frac{r_{(k+1)} - r}{r_{(k+1)} - r_k}, & r \in (r_k, r_{(k+1)}) \\ 0, & r \notin (r_{(k-1)}, r_{(k+1)}) \end{cases}$$

and R is the total number of radius of the iris image. Using (4), the total number of radius of the iris image is normalized as R^N . The R^N is determined by using training data for a particular iris image. Fig. 5 shows the polar images before and after normalization total number of radius.

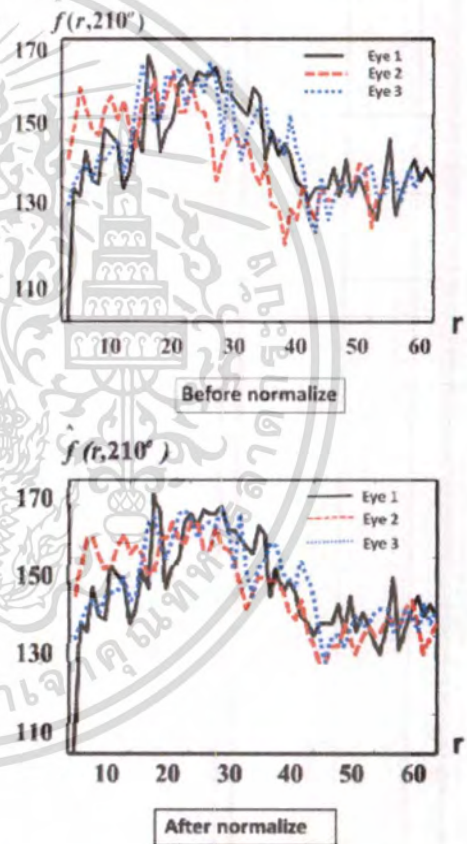


Fig.5 Examples of the normalization of number of radius.

In order to reduce the fluctuation and extract the individual feature of the iris image, $\hat{f}(r, \theta)$ is expanded into 1D Fourier series with fixed $\theta = \theta_i$ (constant) as the followings:

$$f(r_k, \theta_i) = \frac{a_0^{(r_k)}}{2} + \sum_{n=1}^N a_n^{(r_k)} \cos(n\omega_i \theta_i) \tag{5}$$

where

$$a_n^{(r_k)} = \frac{4}{T} \int_0^{\frac{T}{2}} f(r_k, \theta_i) \cos(n\omega_i \theta_i) d\theta_i, \tag{6}$$

$$(n = 0, 1, 2, \dots, N), (\omega_i = 2\pi / T)$$

Figure 6 shows Fourier coefficients of iris images obtained from same and different person. It can be seen that the Fourier coefficients obtained from the same person are quite similar and different from those obtained from the other person. Therefore it can be considered that the Fourier coefficient of the iris image is the individual feature for a particular person.

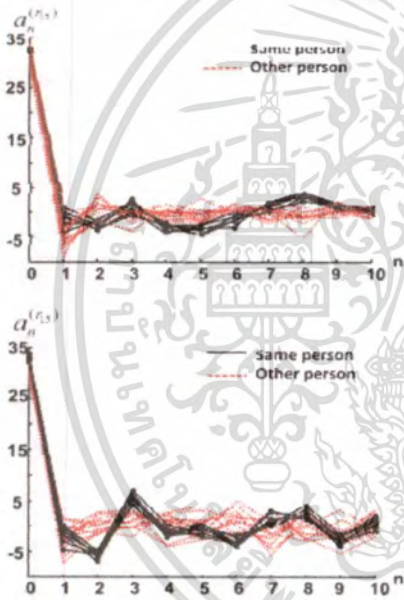


Fig.6 Fourier coefficients obtained from same and different person.

III. IRIS RECOGNITION

The Fourier coefficient obtained from the preceding section is used for iris recognition. However, we found that some part of gray level of two iris images with same radius obtained from same person are similar as shown in Fig.7 (a) in part A and some part of them are different as shown in Fig.7 (a) in part B. And some part of gray level of two iris images with

different radius obtained from same person are similar as shown in Fig.7 (b) in part B and some part of them are different as shown in Fig.7 (b) in Part A. Therefore, to determine similarity between the individual features obtained from two iris images, the dynamic radius matching is introduced as follows: First, the segmentations of the particular area of the iris images are performed. Figure 8 shows the segmentations of the iris image.

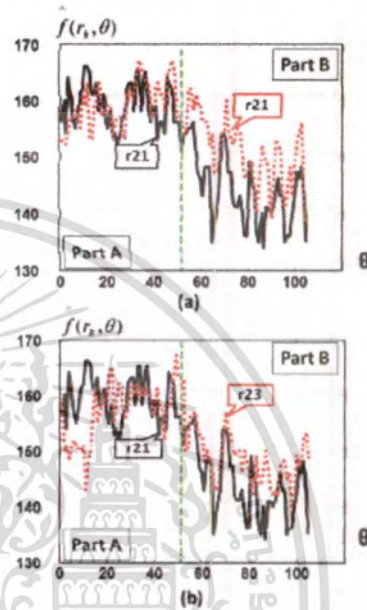


Fig.7 Comparisons between gray level of the iris image with same and different radius obtained from same person.



Fig.8 Segmentation of the iris image.

Then the feature vector is defined as

$$a_{s,n}^{(r_k)} = \left[a_{s,0}^{(r_k)}, a_{s,1}^{(r_k)}, a_{s,2}^{(r_k)}, \dots, a_{s,N}^{(r_k)} \right]^T, \tag{7}$$

$$s = t, u, v, w,$$

$$k = 1, 2, 3, \dots, R^N,$$

where $\left| \right|^T$ means transposition, $a_{s,n}^{(r_k)}$ is Fourier coefficients of radius r_k obtained from segment area $s = t, u, v, w$.

The iris is verified as

True if $dist < \eta$,

False otherwise,

where

$$dist = \sum_s \sum_k d_{s,r_k} = \min \begin{bmatrix} \left\| \begin{matrix} (r_k - c) \\ a_{s,r} \end{matrix} - \begin{matrix} (r_k) \\ a_{s,t} \end{matrix} \right\| \\ \left\| \begin{matrix} (r_k) \\ a_{s,r} \end{matrix} - \begin{matrix} (r_k) \\ a_{s,t} \end{matrix} \right\| \\ \left\| \begin{matrix} (r_k + c) \\ a_{s,r} \end{matrix} - \begin{matrix} (r_k) \\ a_{s,t} \end{matrix} \right\| \end{bmatrix}, \quad (8)$$

$s = t, u, v, w$,

$k = 1, 2, 3, \dots, R^N$,

$\begin{bmatrix} (r_k) \\ a_{s,r} \end{bmatrix}$ and $\begin{bmatrix} (r_k) \\ a_{s,t} \end{bmatrix}$ are the feature vectors for radius r_k obtained from reference and test data, c is constant, $\left\| \right\|$ is Euclidean norm and η is a predetermined threshold value determined using training data set for a particular iris.

IV. EXPERIMENTAL RESULTS

The CASIA V1.0 [6] iris database consists of 756 eye images from 108 persons is used for iris recognition experiments. Examples of iris images in the database show in Fig. 9. In the database, one person has seven iris images and in our experiment one iris image was selected randomly per one person used as a reference data. Comparison of the experimental results for the proposed method and related work[3][4][5] using same database were shown in Table I. It can be seen in Table I that the proposed method is able to recognize iris with better recognition rates in comparison with the work[3][4][5].

I. CONCLUSION

The iris recognition based on dynamic radius matching of iris image was proposed. The individual feature of the iris image was extracted by expanding the polar image of the iris into Fourier series. The obtained Fourier coefficient was considered as the unique feature and used for iris recognition. The iris recognition was performed by calculating the similarity between the test and reference iris image using the dynamic radius matching. It was found from the experimental results that the proposed method is effective for iris recognition.

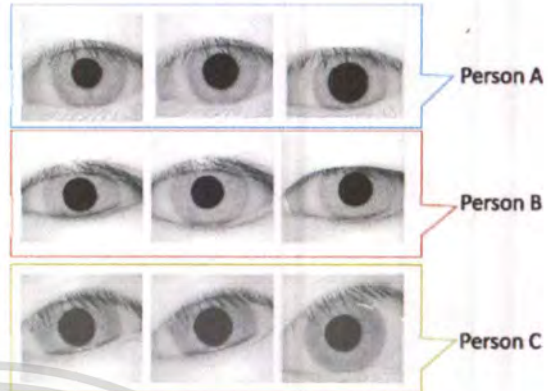


Fig.9. Examples of iris image in the database from three persons.

Table I Comparison of experimental results

Method	Accuracy(%)
Proposed (without dynamic radius matching)	90.52
Proposed (with dynamic radius matching)	94.89
work[3]	94.00
work[4]	94.86
work[5]	90.84

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Institute Automation & Chinese Academy of Sciences for CASIA V1.0 Iris Image database[6].

REFERENCES

- [1] J.G. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, 15:1148-1161, 1993.
- [2] R. Wildes, "Iris Recognition: An emerging biometric technology," Proc.IEEE, 85:1348-1363,1997.
- [3] Jin-Xin-Shi, Xiao-Feng Gu,"The Comparison of Iris Recognition Using Principal Components Analysis, Independent Component Analysis and Gabor Wavelets," ICCSIT Chengdu, pp. 61-64, July 2010.
- [4] H. Patel, M. C. Paudyal, C.K. Modi, S. Pataik,"Human Identification by Partial Iris Segmentation using Pupil Circle Growing based on Binary Integrated Edge Intensity Curve," CSNT, pp. 333-338, 2011.
- [5] C. Sapsamran, V. Limpoka, "Iris recognition base on statistical signature," ISTS Kmitl Thailand, pp. 202-205, January 2012.
- [6] CASIA V1.0 Iris image database, <http://biometrics.idealtest.org>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications

July 15 - 18, 2012

Sapporo Convention Center, Sapporo, Japan

Organizing Committee:

General co-Chairs

Yoshikazu Miyanaga
Hokkaido University, Japan
Sung-Jea Ko
Korea University, Korea
Prabhas Chongstitvatana
Chulalongkorn University, Thailand

Technical Program co-Chairs

Takayuki Nakachi
NTT, Japan
Hyun Wook Park
KAIST, Korea
Prayoot Akkarachathalin
KMUTNB, Thailand

Special/Tutorial Session co-Chairs

Katsuya Kondo
Tottori University, Japan
Chaodit Aswakul
Chulalongkorn University, Thailand

Publication Chair

Minoru Okada
*Nara Institute of Science and
Technology, Japan*

Finance Chair

Masakiyo Suzuki
*Kitami Institute of Technology,
Japan*

Publicity co-Chairs

Naoto Sasaoka
Tottori University, Japan
Hiroshi Tsutsui
Kyoto University, Japan
Constantin Siriteanu
Hokkaido University, Japan

General Secretary

Shingo Yoshizawa
Hokkaido University, Japan

co-sponsored by

IEICE, Japan
IEEK, Korea
ECTI, Thailand

in cooperation with

Hokkaido University



Call for Papers

The 27th International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC 2012) will be held on July 15-18 at Sapporo Convention Center in Sapporo, Japan. ITC-CSCC 2012 scope spans areas of Circuit Design, System Designs, Computer Systems and Communication Networks. At this conference, new and novel research ideas and technologies in these areas will be introduced and discussed. The topics for regular sessions include, but are not limited to, the followings:

1. Circuits & Systems

- (1-1) Analog Circuits
- (1-2) Computer Aided Design
- (1-3) Intelligent Transportation Systems & Technology
- (1-4) Linear / Nonlinear Systems
- (1-5) Medical Electronics & Circuits
- (1-6) RF Circuits
- (1-7) Semiconductor Devices and Technology
- (1-8) Power Electronics & Circuits
- (1-9) Modern Control
- (1-10) Neural Networks
- (1-11) VLSI Design
- (1-12) Verification and Testing
- (1-13) Graphs and Net Theory
- (1-14) Formal Approaches to System Design

2. Computers

- (2-1) Artificial Intelligence
- (2-2) Biocomputing
- (2-3) Computer Systems & Applications
- (2-4) Computer Vision
- (2-5) Face Detection & Recognition
- (2-6) Image Coding & Analysis
- (2-7) Image Processing

- (2-8) Internet Technology & Applications
- (2-9) Motion Analysis
- (2-10) Multimedia Service & Technology
- (2-11) Object Extraction & Technology
- (2-12) Security
- (2-13) Watermarking

3. Communications

- (3-1) Antenna & Wave Propagation
- (3-2) Audio / Speech Signal Processing
- (3-3) Circuits & Components for Communications
- (3-4) IP Networks & QoS
- (3-5) MIMO & Space-Time Codes
- (3-6) Multimedia Communications
- (3-7) Mobile & Wireless Communications
- (3-8) Network Management & Design
- (3-9) Optical communications and Components
- (3-10) Radar / Remote Sensing
- (3-11) Communication Signal Processing
- (3-12) Ubiquitous Networks
- (3-13) UWB
- (3-14) Visual Communications

Sapporo and Conference Venue:

One of many nice cities in Japan, Sapporo is always recognized as a beautiful, well-organized city. With a population of 1.9 million, Hokkaido's largest/capital city, Sapporo, is fully serviced by a network of subway, streetcar, and bus lines connecting to its full compliment of hotel accommodations. Sapporo has already played host to international meetings, sports events, and academic societies. There are numerous flights from/to Tokyo, Nagoya, Osaka, etc. as well as overseas locations. With all the amenities of a major city, yet in balance with its natural surroundings, this beautiful northern capital, Sapporo, is well-equipped to offer a new generation of conventions.

Important Due Dates and Author's Schedule:

Proposals for Special/Tutorial Sessions:	March 31, 2012
Deadline for Submission of Abstract:	March 31, 2012
Notification of Acceptance:	May 10, 2012
Deadline for Submission of Camera Ready Papers:	June 10, 2012
Conference dates:	July 15-18, 2012

Submission of Papers:

Prospective authors are invited to submit two-pages abstract with the above topic's number.

Detail Information:

WEB Site: <http://www.knt.co.jp/ec/2012/itc-csc/>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

FIR Iris Recognition System

P.Thumwarin*, N.Chitanont* and T.Matsuura†

*Faculty of Engineering King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok, 10520 Thailand, ktpitak@kmitl.ac.th

†Faculty of Information Technology and Electronics, Tokai University, 259-1292, Japan
matsuura@tokai.ac.jp

Abstract—This paper presents iris recognition method based on FIR (Finite Impulse Response) system characterizing identification feature of iris image. First, fluctuation of the iris images can be reduced by using Fourier approximation of gray level of the iris image. Then the obtained Fourier coefficients are used as the input and the output of the FIR system. The impulse response of the FIR system is used as the individual feature for iris recognition. Finally, in order to reduce the fluctuation caused by size of the pupil and the iris, the similarity between iris images is calculated by using dynamic radius matching. The experiment results were performance on CASIA V1.0 public database. The obtained accuracy rate is 96.15 percent.

I. INTRODUCTION

Biometrics is the utilization of biological characteristics such as face, iris, palm print and finger print to identify a person. Iris recognition is one of biometrics which the pattern of iris is individual for a person that is difficult to be stolen or imitated by others. The advantages of using iris for biometric is the iris is an internal organ protected by cornea therefore it is difficult to be damaged when compare with other biometrics organs. These properties make iris recognition becomes a popular method to recognize a person.

Many methods for iris recognition have been proposed. Dr. John Dougman proposed the first method for iris recognition [1] applying by 2-D Gabor filter to extract individual feature from iris image. R. Wildes [2] proposed the iris feature extraction method using Laplacian of Gaussian filter. H. Patel et al. [3] used Haar wavelet for extracting individual feature of S. S. Chowhan et al. [4] proposed Modified Fuzzy Hypersphere Neural Network method for iris recognition. Chanon et al. [5] used statistic information consist of mean and weight for iris recognition. However, fluctuation of iris image caused by the size of pupil and eyelid still has not been taken into account in their method. In order to overcome such a problem, we introduce dynamic radius matching of iris image to determine the similarity between the iris images. In this paper, noise and fluctuation of the iris images can be reduced by using Fourier coefficients of polar iris image. To calculate the polar image, the center point of the pupil of the iris image is determined by using least square method. Moreover, FIR iris recognition system is realized by using Fourier coefficients obtained from polar iris image with different radii of the circle as the input and the output of the system, respectively. The obtained impulse response of The FIR system is considered as individual feature and available for iris recognition.



Fig. 1 Iris images

II. FEATURE EXTRACTION

The iris image with 256 gray levels is used for feature extraction. Figure 1 shows the iris image obtained from three persons. It can be seen from Fig. 1 that the iris images are occluded by eyelashes and eyelids. In this paper the particular area of the iris images without the occluded eyelashes and eyelids as shown in Fig. 2 is used for feature extraction.

The individual features of the iris image are extracted as follows:

First, the iris image is represented by 2D continuous function in Cartesian coordinates as

$$f(x, y) = \sum_{n=0}^Q \sum_{m=0}^Q F(n, m) \phi(x-n, y-m) \quad (1)$$

$$\text{where } \phi(x, y) = \frac{\sin \pi x}{\pi} \frac{\sin \pi y}{\pi} \quad (2)$$

and Q is an integer related to the image size. $F(n, m)$ is gray level at a pixel (n, m) . In order to transform the iris image to polar image, the center point of the pupil should be fixed from the image. Since the intensity of gray level of the pupil area is very different from other, thus we can find the rim of the pupil by fixing the threshold. Then the center point of the pupil is calculated in the least square sense as

$$\|b - Ae\|^2 \rightarrow \min \quad (3)$$

Therefore the optimal center of e can be given as:

$$e = \frac{1}{2} (A^T A)^{-1} A^T b \quad (4)$$

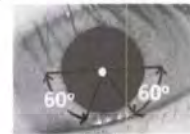


Fig.2 Iris image and its recognition area

where

$$A = \begin{bmatrix} (x_2 - x_1)^T \\ (x_3 - x_2)^T \\ \vdots \\ (x_M - x_{M-1})^T \end{bmatrix}$$

$$b = \frac{1}{2} (b_1, b_2, \dots, b_{M-1})^T, b_i = \|x_{i+1}\|^2 - \|x_i\|^2$$

$i = (1, 2, \dots, M)$ and $(\cdot)^T$ means transposition. c is a center point of the pupil and x_i is sample point of the rim of the pupil. The obtained center point c is used to determine polar image of iris image. In order to calculate the polar image of the iris image, the following function is defined by letting $x = r \cos \theta$ and $y = r \sin \theta$ in (1) as

$$\hat{f}(r, \theta) = f(r \cos \theta, r \sin \theta) \tag{5}$$

where $0 \leq r \leq R, \pi \leq \theta \leq \frac{4\pi}{3}, \frac{5\pi}{3} \leq \theta \leq 2\pi$ and $\hat{f}(r, \theta)$

is defined inside the circle of radius R . An example of the polar iris image is shown in Fig.3. As is known, iris is the annular portion between the pupil and the sclera. However, sometimes sizes of the pupils obtained from different eyes are different even they were obtained from same person. Therefore the radii R of the polar images of the iris obtained from different eyes are also different as shown in Fig. 4. The total number of radius of the polar image is normalized by connecting the gray level on the circles at the same degree of θ and different radii with a straight line using piece-wise linear function as

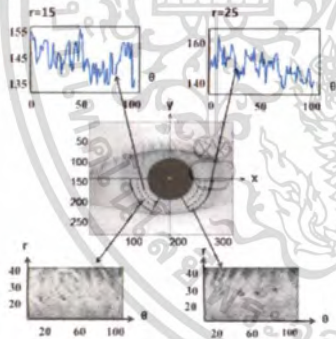


Fig. 3. Polar image of the recognition area of the iris



Fig. 4. Two iris images having different sizes of pupils obtained from same person

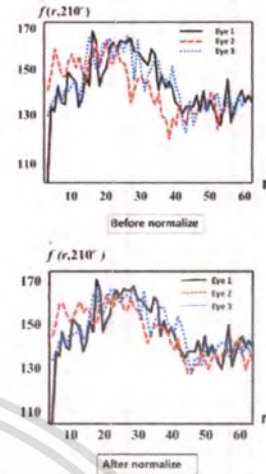


Fig.5 Examples of the normalization of number of radius

$$\hat{f}(r, \theta) = \sum_{k=0}^{N-1} \hat{f}(r_k, \theta) \phi_k(r), (r \in R) \tag{6}$$

where

$$\phi_k(r) = \begin{cases} \frac{r - r_{(k-1)}}{r_k - r_{(k-1)}}, & r \in (r_{(k-1)}, r_k) \\ \frac{r_{(k+1)} - r}{r_{(k+1)} - r_k}, & r \in (r_k, r_{(k+1)}) \\ 0, & r \notin (r_{(k-1)}, r_{(k+1)}) \end{cases}$$

and R is the total number of radius of the iris image. Using (6), the total number of radius of the iris image is normalized as R^N . The R^N is determined by using training data for a particular iris image. The total number of the radius before and after normalization is shown in Fig 5.

To reduce the fluctuation and extract the individual feature of iris image. Then, $\hat{f}(r, \theta)$ is expanded into Fourier series after normalization with fixed $\theta = \theta_j$ (constant) as follows:

$$\hat{f}(r_k, \theta_j) = \frac{a_0^{(r_k)}}{2} + \sum_{n=1}^N a_n^{(r_k)} \cos(n\omega_0 \theta_j) \tag{7}$$

where $a_n^{(r_k)} = \frac{4}{T} \int_0^{T/2} \hat{f}(r_k, \theta_j) \cos(n\omega_0 \theta_j) d\theta_j,$

$(n = 0, 1, 2, \dots, N); (\omega_0 = 2\pi / T)$

$a_n^{(r_k)}$ is Fourier coefficient. Figure 6 shows the effectiveness of using Fourier approximation. It can be seen from Fig. 6 that the fluctuation can be reduce without the loss of the individual feature of the iris image by using Fourier approximation.

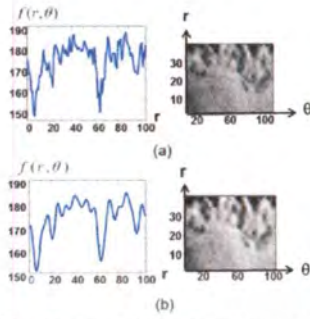


Fig. 6. (a) Original iris image (b) Fourier approximation of iris image (a) where (N=20)

We consider that the relation between gray levels on the circle obtained from the iris image with different radii is individual feature for iris recognition. The relation can be described by the FIR system having the Fourier coefficient obtained from the circle with different radii as an input and output of the FIR system, respectively. Figure 7 shows the FIR system characterizing individual feature of the iris image. The FIR system is defined by

$$a_n^{(r_2-p)} = \sum_{m=0}^M h_m^{(r_2-p, r_1)} a_{n-m}^{(r_1)} \quad (n=0, 1, \dots, N) \quad (8)$$

where $h_m^{(r_2-p, r_1)}$ is the impulse response and $a_n^{(r_2-p)}, a_n^{(r_1)}$ are the Fourier coefficients on the circle with different radii. The Fourier Coefficients are used as the input and the output of the FIR system, respectively.

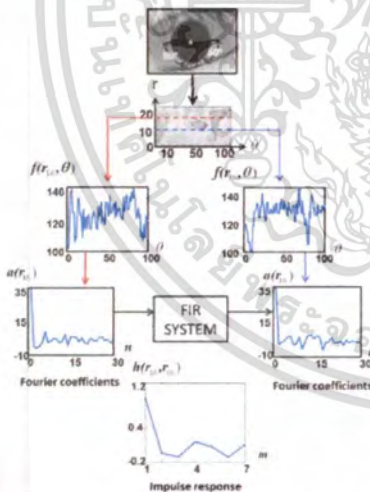


Fig.7. The FIR system characterizing individual feature of the iris image

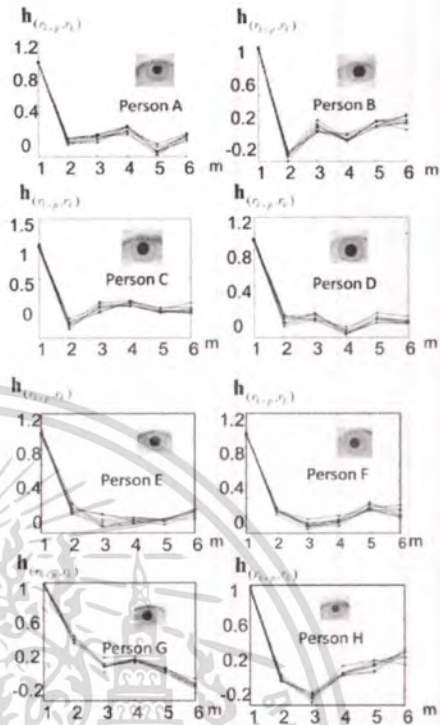


Fig 8. The impulse response obtained from the iris image for 8 persons

The impulse response $h_m^{(r_2-p, r_1)}$ can be obtained by minimizing the least-square error.

$\mathbf{h}_{(r_2-p, r_1)}^T = [h_1^{(r_2-p, r_1)}, h_2^{(r_2-p, r_1)}, \dots, h_M^{(r_2-p, r_1)}]$ is used as feature parameter vector for iris recognition. Fig. 8 shows the impulse response obtained from the iris image for 8 persons.

It can be seen from Fig. 8 that the impulse responses obtained from same persons are quite similar and different from the other persons. Therefore, the obtained impulse response of the FIR system can be used as the individual feature for iris recognition.

III. IRIS RECOGNITION

The impulse response $\mathbf{h}_{(r_2-p, r_1)}$ obtained in the preceding section is used for iris recognition. However, we found that some part of gray level of two iris images with same radius obtained from same person are similar as shown in Fig.9 (a) in part A and some part of them are different as shown in Fig.9 (a) in part B. On the other hand, some part of gray level of two iris images with different radius obtained from same person are similar as shown in Fig.9 (b) in part B and some part of them are different as shown in Fig.9(b) in part A.

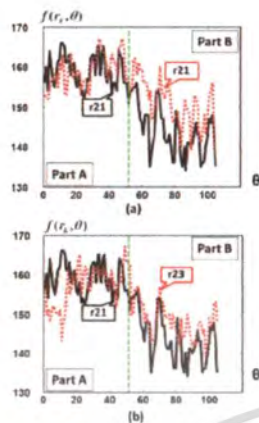


Fig. 9. Comparisons between gray level of the iris image with same radius (a) and different radius (b) obtained from same person

Therefore, to determine similarity between the individual features obtained from two iris image, the dynamic radius matching is introduced as follows:

First, the segmentations of the particular area of the iris images are performed. Figure 10 shows the segmentations of the iris image.

Then the feature vector is defined as

$$h_{s,n}^{(r_k+p, r_k)} = \begin{bmatrix} (r_{k+p, r_k})_{s,1} & (r_{k+p, r_k})_{s,2} & \dots & (r_{k+p, r_k})_{s,M} \end{bmatrix}^T$$

where $k = 1, 2, 3, \dots, R-N-p$ and \uparrow means transposition,

$h_{s,n}^{(r_k+p, r_k)}$ is impulse response relating to r_k obtained from segment area $s = x, y$.

The iris is verified as True if $dist < \eta$,
False otherwise.

$$where \quad dist = \sum_s \sum_{(r_k+p, r_k)} d_{min}(k=1, 2, 3, \dots, R-N-p) \quad (9)$$

d_{min} is the minimum distance between the impulse response obtained from reference and test data caused by same and different radius and η is a predetermined threshold value determined using training data set for a particular iris.



Fig.10 Segmentation of the iris image.

TABLE I
COMPARISON OF EXPERIMENT RESULT

	Accuracy(%)
Propose (Without dynamic radius matching)	91.65
Propose (With dynamic radius matching)	96.15
work[3]	94.86
work[4]	94.00
work[5]	90.84

IV. EXPERIMENT RESULT

Iris recognition experiments were perform on CASIA V1.0 [6] iris database consisting of 756 eye images obtained from 108 persons and each person has 7 iris images. In our experiment, one iris images were selected randomly per one person and used as a reference data. The Comparison of experiment result from the proposed method and some related work [3][4][5] for same database using same number of iris images were shown in Table. I. It can be seen that the accuracy rate of our propose method is better than others.

V. CONCLUSIONS

The FIR iris recognition system is introduced. First, the fluctuation of the iris images can be reduced by using Fourier approximation of the iris image. Then FIR system characterizing the individual feature of the iris image is realized by using the Fourier coefficients obtained from the iris image with different radii of the circle as the input and the output of the system, respectively. The iris recognition is performed by calculating the similarity between the test and the reference iris image using dynamic radius matching. It was found from the experimental results that the proposed method is effective for iris recognition.

ACKNOWLEDGMENT

The authors would like to thank the Institute Automation & Chinese Academy of Sciences for CASIA V1.0 Iris Image database[6].

REFERENCES

- [1] J. G. Daugman, "High confidence visual recognition of persons by a test of statistical independence," *IEEE trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence.*, pp.1148-1161, 1993.
- [2] R. Wildes, "Iris Recognition: An emerging biometric technology," *Proc. IEEE*, pp.1348-1363, 1997.
- [3] Hemal. Patel and Chintan K. Modi, "Human Identification by Partial Iris Segmentation using Pupil Circle Growing based on Binary Integrated Edge Intensity Curve," *CSNT. Int. Conf.*, pp. 333-338, 2011.
- [4] S. S. Chowhan, U. V. Kulkarni, G. N. Shinde, "Iris Recognition Using Modified Fuzzy Hypersphere Neural Network with different Distance Measures," *IJACASA.*, pp. 130-134, 2011
- [5] C. Sapsamran, V. Limpoka, "Iris recognition base on statistical signature," *ISTS Kmitl Thailand*, pp. 202-205, January 2012.
- [6] CASIA V1.0 Iris Image database Available: <http://biometrics.idealtest.org>.

ประวัติผู้เขียน

นางสาว ณัชนันท์ ชิตานนท์ เกิดวันที่ 7 เมษายน พ.ศ. 2529 ปัจจุบันพักอยู่ บ้านเลขที่ 77 /29 ซอย บรมราชชนนี 68/5 ถนน บรมราชชนนี เขตทวีวัฒนา แขวงศาลาธรรมสพน์ จังหวัดกรุงเทพมหานคร โดยสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2551 จากนั้นเข้าศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมสารสนเทศ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2552



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้