

การรู้จำภาพม่านตาโดยใช้ลายเซ็นเชิงสถิติ

IRIS RECOGNITION BASED ON STATISTICAL SIGNATURE



ชานนท์ ทรัพย์สำราญ
CHANON SAPSAMRAN

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ.2557
KMITL-2014-EN-M-071-023

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IRIS RECOGNITION BASED ON STATISTICAL SIGNATURE



CHANON SAPSAMRAN

A THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN COMPUTER ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2014

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

KMITL 2014-EN-M-071-023



COPYRIGHT 2014





FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การรู้จำภาพม่านตาโดยใช้ลายเซ็นเชิงสถิติ
Thesis Title Iris Recognition Based on Statistical Signature
นักศึกษา นายชานนท์ ทรัพย์สำราญ
รหัสประจำตัว 52611012
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.วรวัฒน์ ลิ้มโกศา
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2014-EN-M-071-023

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.สมศักดิ์	วัลย์รัชต์	
รศ.ดร.บุญธีร์	เครือตราชู	
รศ.ดร.บุญญฤทธิ์	อุยยานนวาระ	
ดร.วรวัฒน์	ลิ้มโกศา	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2557 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร ECC ห้อง ECC-810

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ศาสตราจารย์ ดร.สุชัชวีร์ สุวรรณสวัสดิ์)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
วันที่ 3 มีนาคม พ.ศ. 2557

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การรู้จำภาพม่านตาโดยใช้ลายเซ็นเชิงสถิติ
นักศึกษา	นายชานนท์ ทรัพย์สำราญ
รหัสนักศึกษา	52611012
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	วิศวกรรมคอมพิวเตอร์
พ.ศ.	2557
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	ดร.วรวรัตน์ ล้อมโกคา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการรู้จำม่านตาโดยใช้ค่าทางสถิติ(SEM)มาทำการเข้ารหัสลายม่านตา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อหาวิธีการเข้ารหัสที่คำนวณง่ายและมีอัตราความถูกต้องสูง ขั้นตอนแรกจะทำการหาจุดอ้างอิงของภาพ และทำการหาขอบเขตของภาพ เพื่อทำการสกัดลายม่านตาออกมาโดยเอาเฉพาะส่วนล่างของลายม่านตา หลังจากนั้นทำการปรับปรุงคุณภาพของลายม่านตาที่สกัด มาเข้ารหัสด้วยวิธีทางสถิติ 3 วิธี อันได้แก่ แบบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก แล้วทำการเปรียบเทียบคู่รหัสม่านตาด้วยวิธีหาระยะทางสมบรูณ์ โดยใช้ชุดฐานข้อมูล CASIA หลังจากนั้นทำการพิจารณาหาอัตราความผิดพลาดต่ำสุด ของแต่ละวิธีการแล้วนำมาวิเคราะห์เพื่อเสนอวิธีเข้ารหัสที่เหมาะสม จากการทดลองพบว่า วิธีการเข้ารหัสด้วยวิธีเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักมีอัตราความถูกต้องสูงกว่าวิธีทางสถิติแบบอื่นๆ โดยให้อัตราความถูกต้องสูงถึง 93.85%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Thesis Title	Iris Recognition Based On Statistical Signature
Student	Mr. Chanon Sapsamran
Student ID	52611012
Degree	Master of Engineering
Program	Computer Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Dr. Voravat Limpoka

ABSTRACT

This research presents an iris recognition using statistical encoding method (SEM) for the iris pattern .The objective is to find a way to encode with simple calculation and high accuracy rate. First, making a reference point and the extend of the image in order to extract the lower part of iris pattern. Then, improve the quality of the extracted iris pattern by using three type of statistical encoding method, such as mean, standard deviation and weight by value. After that, compare a pair of iris codes to find the absolute distance base on CASIA database. Finally, we find and compare the lowest error rate of each method. The result will be used in deciding which encoding method is the most appropriate with this image .Experimental results indicate that the weighted by value method yield higher accuracy than any other statistical methods ,which give 93.85 % accuracy rate.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ได้ด้วยความกรุณาของ ดร.วรวัฒน์ ลิ้มโกคา อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำแนะนำแนวทางในการแก้ปัญหาต่างๆจนกระทั่งลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงมา ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณบิดามารดาสำหรับการสนับสนุน ที่ให้โอกาสทางการศึกษาและกำลังใจที่มอบให้ ข้าพเจ้าเมื่อกำลังท้อแท้ หรือประสบปัญหา ขอขอบคุณที่อยู่เคียงกันเสมอมา

ขอขอบคุณคณาจารย์ทุกท่าน ที่ได้ให้ความรู้ต่างๆ ทั้งทางตรงและโดยอ้อม ตลอดจนสถาบันวิจัย Chinese Academy of Sciences Institute of Automation (CASIA) ที่เอื้อเฟื้อฐานข้อมูลที่ใช้ ทดลอง จนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอบคุณและขอใจ พี่ เพื่อน และน้องภาควิชาคอมพิวเตอร์ทุกคนที่คอยสอบถามด้วยความห่วงใย ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำ กำลังใจที่ดีตลอดมา ขอขอบคุณ พี่ณรงค์ชัย พี่นพพล พี่คมกริช พี่รัตติกร ตลอดจนเพื่อน อรรถนิตติ อธิธรรม และ จตุรงค์ รวมถึงผู้มีพระคุณทุกท่านที่มีได้เอื้อยยามไว้ ณ ที่นี้ ที่ช่วยแลกเปลี่ยนประสบการณ์ ความรู้ต่างๆทั้งในการดำรงชีวิตและความรู้วิชาการ

คุณงามความดีและประโยชน์ที่ได้จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบแต่บิดามารดาและครู อาจารย์ที่เคารพรักทุกท่านที่ได้มอบคุณธรรม วิชาความรู้และประสบการณ์อันดีเป็นประโยชน์แก่ ข้าพเจ้าผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูง มา ณ โอกาสนี้

ชานนท์ ทรัพย์สำราญ

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์.....	2
1.3 สมมติฐานของการศึกษา.....	2
1.4 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.5 ขอบเขตการวิจัย	3
1.6 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....	4
1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	5
2.1 บทนำ.....	5
2.2 ปัญหาในการรู้จำลายม่านตา.....	5
2.3 แนวทางการพัฒนาการรู้จำม่านตา	11
บทที่ 3 ทฤษฎีและความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย	12
3.1 การตรวจจับเส้นขอบภาพ (Edge Detection).....	12
3.2 ค่าขีดแบ่งและการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding).....	20

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

3.3 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงร่างของภาพ (Morphological Image Processing)	23
3.4 ระบบพิกัดเชิงขั้ว	29
3.5 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบ โดย FAR และ FRR	30
บทที่ 4 การหาตำแหน่งและการดึงลักษณะเด่นลายม่านตา	35
4.1 ภาพรวมของระบบการค้นหาลายม่านตาและการเปรียบเทียบคู่ม่านตานั้นนำเสนอ	35
4.2 กระบวนการค้นหาลายม่านตาและขอบเขตของลายม่านตา	36
4.3 กระบวนการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา	44
4.4 การเปรียบเทียบรหัสลายม่านตา (Iris recognition)	52
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	57
5.1 ข้อมูลลายม่านตาสำหรับทดลอง	57
5.2 การทดลองและผลการทดลอง	57
บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	72
6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย	72
6.2 แนวทางในการพัฒนาต่อและข้อเสนอแนะ	73
เอกสารอ้างอิง	74
ภาคผนวก	75
ภาคผนวก ก. งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์	76
ประวัติผู้เขียน	82

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงเวลาในการสกัดลายม่านตาด้วยวิธีการต่างๆ อ้างอิงจาก [3].....	8
2.2 แสดงผลลัพธ์อัตราความแม่นยำที่นำเสนอ [6].....	10
2.3 แสดง Error Equal Rate (EER) เปรียบเทียบกับงานวิจัยอ้างอิงจาก [7].....	11
3.1 เหมเพลตตัวกรองแบบต่างๆ.....	14
3.2. แสดงตัวอย่างค่าขีดเริ่มที่ค่า FAR และ FRR.....	33
4.1 แสดงตัวอย่างค่ามุมและรัศมีเส้นขอบที่พบของรูป 4.10	43
4.2 แสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาที่ทำการแปลงเป็นไบนารีแล้วของคนๆเดียวกัน และต่างบุคคลกัน.....	55
5.1 ตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ในการทดลอง 5.2.1.....	59
5.2 ตัวอย่างค่าระยะทางสมบูรณ์เปรียบเทียบของคน 1 คนกับฐานข้อมูลทั้งหมดโดยใช้วิธีเข้ารหัส แบบการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นค่าทางสถิติ.....	59
5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดเริ่มกับค่า FAR และ FRR	65
5.4 แสดงค่า EER ที่ได้จากการสุ่มทั้งหมด 100 ครั้งของการเข้ารหัสด้วยค่าเฉลี่ย.....	66
5.5 ค่า EER ที่ได้จากการสุ่มทั้งหมด 100 ครั้งของการเข้ารหัสแบบเบี่ยงเบนมาตรฐาน.....	67
5.6 ค่า EER ที่ได้จากการสุ่มทั้งหมด 100 ครั้งของการเข้ารหัสเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก.....	67
5.7 สรุปค่าEERเฉลี่ยและอัตราความถูกต้องของแต่ละรูปแบบการเข้ารหัส	68
5.8 แสดงค่า EER เปรียบเทียบกับค่ามุมชดเชย.....	68
5.9 แสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบเปรียบเทียบกับค่ามุมชดเชย	69
5.10 แสดงอัตราความถูกต้องจากงานวิจัยที่เสนอเทียบกับงานวิจัย [1]	70
5.11 แสดงผลการเปรียบเทียบEER กับงานวิจัย [2].....	70
5.12 แสดงอัตราความถูกต้องการทวนสอบบุคคล.....	71

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงผังขั้นตอนการระบุขอบเขตลายม่านตาของ Wildes,R [1].....	6
2.2 แสดงผังขั้นตอนการระบุขอบเขตลายม่านตาของDaugman[2].....	6
2.3 หน้าต่าง Gaussian low pass filter	7
2.4 structure element	7
2.5 ผลลัพธ์การหาเส้นขอบด้วย Morphology.....	7
2.6แสดงผังการขั้นตอนการระบุขอบเขตงานวิจัยของ Gui , Lin qiwei [3]	8
2.7 ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเรตอน.....	9
2.8 ภาพลายม่านตาที่ได้ปรับมาตรฐาน.....	10
3.1 ตัวอย่างหน้ากากตัวกรองเกาส์เซียนขนาด 5x5 ที่เลือกใช้ $\sigma=1.4$	18
3.2 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่สัมพันธ์กับทิศการพิจารณาค่าสูงสุดเฉพาะ	19
3.3 ฮิสโทแกรมของค่าระดับความเข้มแสงที่สามารถ(ก) ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนโดยค่าขีดแบ่งระดับเดียว(ข) ถูกแบ่งออกเป็นหลายส่วนโดยค่าขีดแบ่งหลายระดับ	20
3.4 การแยกวัตถุออกจากภาพพื้นหลังของภาพเหรียญกษาปณ์ [8].....	22
3.5 ตัวอย่างการขยายองค์ประกอบ.....	24
3.6 ตัวอย่างการกร่อนองค์ประกอบ	25
3.7 ตัวอย่างการกร่อนองค์ประกอบที่ได้จากเทมเพลตใหม่.....	25
3.8 ผลลัพธ์จากการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบเปิด.....	26
3.9 ผลลัพธ์จากการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบปิด	27
3.10 รูปแบบเทมเพลตที่นำมาพิจารณา.....	27
3.11 เทมเพลตตามตัวอย่าง (a) $p_3=0$ (b) $p_5=0$ (c) $p_1=0$ และ $p_7=0$	28
3.12 เทมเพลตตามตัวอย่าง (a) $p_1=0$ (b) $p_7=0$ (c) $p_3=0$ และ $p_5=0$	29
3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้ว.....	29

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.14 แสดงผลการคำนวณ FAR และ FRR	32
3.15 กราฟแสดงค่าระยะทางของกลุ่มตาบุคคลเดียวกัน.....	32
3.16 กราฟแสดงค่าความต่างของกลุ่มตาของบุคคลต่างกัน	33
4.1 ภาพรวมของระบบที่นำเสนอ	36
4.2 รายละเอียดภาพลูกตา.....	37
4.3 แสดงกราฟฮิสโตแกรม.....	38
4.4 แสดงภาพก่อนและหลังการแปลงภาพเป็นไบนารี.....	39
4.5 ผลลัพธ์การประมวลผลโครงสร้างด้วยวิธีแบบเปิด.....	39
4.6 ภาพผลลัพธ์จากประมาณตำแหน่งอ้างอิง.....	40
4.7 ตัวอย่างภาพลายม่านตา.....	41
4.8 แสดงผลการปรับสมดุระดับเทา.....	42
4.9 ภาพไบนารีจากตัดค่าขีดแบ่ง T_2	42
4.10 ภาพแสดงเส้นขอบของลายม่านตา.....	43
4.11 แสดงขอบเขตมุมและรัศมีในการสกัดลายม่านตา.....	44
4.12 ขั้นตอนการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา.....	45
4.13 แสดงก่อนและหลังทำการปรับขนาด.....	46
4.14 แสดงตำแหน่งตัวแปรในการประมาณเชิงเส้น.....	47
4.15 แสดงผลลัพธ์ก่อนและหลังทำฮิสโตแกรมอีควอไลเซชัน	48
4.16 แสดงภาพลายม่านตาของบุคคลคนเดียวกันแต่ถ่ายต่างเวลากัน	48
4.17 แสดงตัวอย่างภาพสำหรับการคำนวณ.....	49
4.18 ขั้นตอนการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาในระบบรู้จำม่านตา.....	53

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.19 เปรียบเทียบรหัสลายม่านตาของบุคคลเดียวกัน	53
4.20 เปรียบเทียบรหัสลายม่านตาของต่างบุคคลกัน	54
4.21 แสดงผังขั้นตอนการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตากับแบบลายม่านตาจำนวน 1 ครั้ง.....	55
5.1 ตัวอย่างภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA รุ่นที่ 1	57
5.2 การเปรียบเทียบของบุคคลคนเดียวกัน (ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ย)	63
5.3 ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบของบุคคลต่างคนกัน (ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ย)	64
5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง FAR และ FRR ของการเข้ารหัสแบบเฉลี่ย	65



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันข้อมูลส่วนบุคคลได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวัน ทั้งในการติดต่อธุรกิจ การรักษาพยาบาลหรือเพื่อใช้ยืนยันตัวตนบุคคลในการเข้าถึงข้อมูลเนื้อหาเฉพาะบุคคลที่ต้องการ การป้องกันบุคคลคนไม่พึงประสงค์ หรือผู้แอบอ้างใช้ข้อมูลส่วนบุคคลติดต่อธุรกรรมนับว่ามีความสำคัญอย่างมาก ดังนั้นจึงได้มีการคิดวิธีการพิสูจน์ตัวตนบุคคลมาทำการยืนยันตัวตนบุคคลก่อนเข้าถึงเนื้อหาหรือบริการ วิธีการชีวมิติ(Biometric) เป็นวิธีการพิสูจน์ตัวตนบุคคลที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน โดยวิธีการนี้มีข้อดีกว่าวิธีการยืนยันตัวตนแบบอื่น เช่น รหัสผ่าน หรือบัตรประจำตัว คือ ผู้ใช้จะต้องจำรหัสผ่านและต้องพกติดตัวเสมอ ผู้ใช้อาจลืมรหัสผ่านหรือทำสูญหายได้ และบางวิธีมีการปลอมแปลงได้ง่าย กระบวนการชีวมิติ เป็นกระบวนการตรวจสอบบุคคลโดยใช้ลักษณะทางกายภาพของมนุษย์ หรือพฤติกรรมของมนุษย์ในการบอกลักษณะเฉพาะของบุคคลนั้นๆ ลักษณะทางกายภาพได้แก่ ใบหน้า ลายนิ้วมือ เสียง และม่านตา พฤติกรรมของมนุษย์ ได้แก่ ท่าทางการเดินของแต่ละบุคคลซึ่งมีลักษณะต่างกันโดยสิ้นเชิง เป็นต้น การรู้จำลายม่านตาเป็นกระบวนการหนึ่งในวิธีการชีวมิติที่ปัจจุบันได้รับความนิยมมากขึ้น เนื่องจากรับผลกระทบเปลี่ยนแปลงลักษณะทางกายภาพจากสภาพแวดล้อมไม่มาก กระบวนการรู้จำม่านตานี้เริ่มด้วยการค้นหาตำแหน่งลายม่านตาจากนั้นทำการสกัดลายม่านตาออกมาทำการเปรียบเทียบเพื่อยืนยันตัวตนบุคคล ซึ่งกระบวนการสกัดลายม่านตานี้ทำได้ยากเนื่องจากปัญหาของขมตาที่ติดมากับลายม่านตา การสะท้อนจากแหล่งกำเนิดแสงทำให้ยากต่อการสกัดและการเปรียบเทียบตัวบุคคล ปัญหาการค้นหาจุดศูนย์กลางของม่านตา อีกทั้งใช้เวลานานในการค้นหาและปัญหาการเปรียบเทียบลายม่านตาเนื่องจากการเอียงหมุนของลายม่านตา

จากปัญหาที่ได้กล่าวไปข้างต้นมีงานวิจัยจำนวนมากได้พยายามแก้ปัญหาต่างที่เกิดขึ้น ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้นำเสนออัลกอริธึมสำหรับดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาด้วยวิธีทางสถิติ(SEM) เริ่มแรกจะทำการหาค่าเฉลี่ยของพื้นที่ม่านตาที่ได้จากภาพไบนารี เพื่อหาจุดศูนย์กลางม่านตา ด้วยเทคนิคนี้จะรองรับลักษณะศูนย์กลางม่านตาที่ไม่เป็นทรงกลมและยังช่วยลดเวลาในการหาตำแหน่งลายม่านตา แล้วทำการสกัดพื้นที่ลายม่านตาเฉพาะซีกล่างของดวงตาออกมาโดยใช้วิธีหาขอบเขตแบบโดนามิกส์ เพื่อแก้ไขปัญหาของขมตาและเปลือกตาหลังจากนั้นทำการปรับปรุงภาพที่สกัดไว้ด้วยวิธี Histogram Equalization แล้วทำการเข้ารหัสม่านตาโดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีทางสถิติ (SEM) อันได้แก่ วิธีหาค่าเฉลี่ย วิธีเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก และวิธีหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน : ซึ่งมีความเรียบง่ายและไม่ซับซ้อนแล้วทำการลดขนาดข้อมูลให้เหลือในรูปแบบไบนารี สุดท้ายมาทำการเปรียบเทียบคู่รหัสม่านตา เพื่อหาประสิทธิภาพในการแยกแยะบุคคลในแต่ละรูปแบบการเข้ารหัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์

1. นำเสนอขั้นตอนการค้นหาตำแหน่งม่านตาโดยใช้วิธีหาค่าเฉลี่ย
2. นำเสนอวิธีการสกัดลายม่านตาโดยวิธีการเลือกขอบเขตแบบไดนามิกส์
3. นำเสนอวิธีการเข้ารหัสม่านตาโดยใช้ค่าทางสถิติ
4. นำเสนอการวัดประสิทธิภาพการรู้จำม่านตาด้วยวิธีหา EER

1.3 สมมติฐานของการศึกษา

การระบุตำแหน่งลายม่านตาในงานวิจัยนี้จะอาศัยลักษณะของลายม่านตาซึ่งมีลักษณะคล้ายทรงกลม โดยจะทำการหาค่าเฉลี่ยพิกัดของจุดภาพที่เป็นรูม่านตาด้วยวิธีการขีดแบ่ง แล้วทำการกำหนดตำแหน่งอ้างอิงเพื่อกำหนดขอบเขตการค้นหารัศมีของรูม่านตาและลายม่านตาออกมา ส่วนการสกัดลายม่านตานั้นจะอาศัยระดับเทาของลายม่านตาซึ่งมีความแตกต่างในแต่ละองศาโดยใช้วิธีทางสถิติในการสกัดตัวแทนระดับเทาในแต่ละองศานั้นออกมา

1.4 ทฤษฎีและหลักการที่ใช้ในงานวิจัย

เพื่อที่จะบรรลุผลตามวัตถุประสงค์ในการรู้จำม่านตาจะต้องอาศัยหลักการและทฤษฎีดังต่อไปนี้

1. การแปลงภาพจากภาพระดับเทา (Grayscale Image) เป็นภาพขาวดำโดยใช้ค่าขีดแบ่งเพื่อแยกส่วนลายม่านตาออกจากพื้นหลังที่ไม่ต้องการ
2. การปรับระดับความเข้มแสงด้วยฮิสโตแกรมเพื่อให้ภาพมีระดับความเข้มแสงเหมาะสม
3. การแปลงภาพเรขาคณิต (Geometric transform) เพื่อให้ขนาดภาพเป็นมาตรฐานเดียวกันและง่ายต่อการเข้าสู่คัดลักษณะเด่น
4. การคำนวณทางสถิติเพื่อช่วยในการสกัดข้อมูลออกจากลายม่านตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.5 ขอบเขตงานวิจัย

วิทยานิพนธ์นี้ได้ทำการศึกษาและพัฒนาการรู้จำม่านตาโดยกำหนดขอบเขตปัญหาเฉพาะเจาะจง ซึ่งมีขอบเขตการวิจัยดังนี้

1. ชุดข้อมูลที่ใช้ในวิทยานิพนธ์นี้จะเป็นชุดข้อมูลมาตรฐานภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA version 1 เป็นภาพระดับเทา (gray Level) อยู่ระหว่าง 0-255
2. ขอบเขตการเปลี่ยนแปลงในการเลื่อนตำแหน่งในแนวนอน แนวตั้ง และการหมุน ผลลัพธ์ค่าการเลื่อนตำแหน่งที่ได้จะเป็นจำนวนเต็มเท่านั้น โดยมีข้อจำกัด ไม่รองรับภาพกลับหัว
3. ลายม่านตาจะทำการสกัดมาเฉพาะส่วนล่างของลายม่านตาเท่านั้นอยู่ในช่วง 0 ถึง -180 องศา
4. การทดลองเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในวิทยานิพนธ์นี้จะทำการเปรียบเทียบกับงานวิจัยอื่นโดยใช้วิธีการเปรียบเทียบแบบเดียวกับงานวิจัยอ้างอิง

1.6 ขั้นตอนของการศึกษา

1. กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตของงานวิจัย
2. ศึกษาทฤษฎี วิธีการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำลายม่านตาและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการค้นหาวัตถุทรงกลม
3. วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อดีและข้อด้อยของวิธีการค้นหาและรู้จำลายม่านตาแต่ละวิธี เพื่อตั้งสมมุติฐานและแนวคิดในการแก้ปัญหาเพื่อทำให้การรู้จำลายม่านตามีประสิทธิภาพมากขึ้น
4. ออกแบบและพัฒนากระบวนการค้นหาและรู้จำลายม่านตา
5. เตรียมฐานข้อมูลมาตรฐานตรวจสอบสมมุติฐานและแนวคิดของงานวิจัย
6. ทดลองและวัดประสิทธิภาพในการค้นหาและรู้จำลายม่านตา
7. สรุปผลและนำเสนองานวิจัย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.7 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่

1. เครื่องคอมพิวเตอร์ส่วนบุคคล ใช้หน่วยประมวลผลกลาง AMD Athlon Neo 1.6 GHz หน่วยความจำ 2048 MB จำนวน 1 เครื่อง
2. ระบบปฏิบัติการ Window Vista Service Pack 2
3. โปรแกรม Matlab R2010a
4. โปรแกรม GIMP Version 2
5. โปรแกรม Microsoft Office Excel 2007

1.8 โครงสร้างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แบ่งออกเป็น 6 บทแต่ละบทประกอบด้วยเนื้อหาต่อไปนี้

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการศึกษา สมมุติฐานของการศึกษา ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการศึกษา ขอบเขตงานวิจัย ขั้นตอนการศึกษา เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงแนวคิดเบื้องต้นและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรู้จำลายม่านตา

บทที่ 3 กล่าวถึงความรู้พื้นฐานของงานวิจัย ประกอบไปด้วยเทคนิคพื้นฐานในการปรับปรุงภาพลายม่านตา การแปลงภาพไบนารี การแปลงเรขาคณิต พิกัดเชิงเส้น พิกัดเชิงขั้ว

บทที่ 4 กล่าวถึงการค้นหาลายม่านตาและรู้จัดจำม่านตาด้วยวิธีการใช้ค่าสถิติทั้งหมดที่นำเสนอโดย กล่าวถึงรายละเอียดที่ละเอียดจนได้ผลลัพธ์ที่ต้องการออกมา

บทที่ 5 นำเสนอผลการทดลองและการวิเคราะห์ผลการทดลองทั้งหมดด้วยวิธีการที่ได้นำเสนอและวิธีการอื่นๆเพื่อนำมาเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้ทั้งในเรื่องของความถูกต้องและเวลาที่ใช้ในการประมวลผล

บทที่ 6 กล่าวถึงภาพรวมของงานวิจัยที่ได้นำเสนอ วิเคราะห์และสรุปผลการทดลองพร้อมข้อเสนอแนะสำหรับแนวทางการพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

ปัจจุบันได้มีการนำเอาลักษณะทางชีวภาพมาใช้รู้จำเพื่อระบุตัวบุคคล โดยลักษณะที่นำมาใช้นั้นมีด้วยกันหลายลักษณะ เช่น ลายนิ้วมือ ลายม่านตา ลักษณะใบหน้า รูปแบบการเดิน เป็นต้น โดยนำไปใช้ในงานทางด้านการเข้าถึงระบบข้อมูลส่วนบุคคล เพื่อใช้ควบคุมการเข้าออกของอาคารหรือใช้ในการสืบประวัติ ทำให้ลักษณะทางชีวภาพที่เลือกใช้นั้นจะต้องมีความถูกต้องและแม่นยำสูงในการรู้จำ โดยมีลักษณะเฉพาะไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลาและมีความหลายในแต่ละตัวบุคคล หนึ่งในลักษณะชีวภาพที่ใช้ในการรู้จำในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษา คือ การรู้จำลายม่านตา โดยในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การเพิ่มความเร็วในการดึงลักษณะเด่นและคงความแม่นยำในการระบุตัวบุคคลไว้

การดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาในงานวิจัยที่นำเสนอนี้จะใช้ตัวแทนระดับเทาของลายม่านตาที่ได้จากการคำนวณด้วยวิธีทางสถิติ ซึ่งวิธีการเหล่านี้คำนวณได้ง่ายและสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนขนตาได้ระดับหนึ่งโดยไม่ใช้ตัวแปรมากมายในการคำนวณ ทำให้มีความเร็วในการประมวลผลสูงในการดึงลักษณะเด่นลายม่านตาออกมา

2.2 ปัญหาในการรู้จำลายม่านตา

การสกัดลายม่านตานั้นเป็นขั้นตอนหนึ่งในกระบวนการปรับปรุงภาพ ซึ่งวิธีการที่ได้รับความนิยมในการสกัดลายม่านตา ได้แก่

2.2.1งานวิจัยของ Wildes,R [1] ได้เสนอวิธีการสกัดลายม่านตาด้วยวิธี Hough Transform ซึ่งเป็นวิธีการหาเส้นตรงหรือเส้นโค้งของวัตถุในภาพ ดังสมการที่ 2.1 เป็นวิธีหาเส้นโค้ง โดยผลคะแนนโหวตสูงสุดที่ผ่านบนเส้นรัศมี r คือเส้นขอบที่อยู่ hough space หรือ โดยที่ x_j, y_j พิกัดเส้นขอบ และ x_c, y_c คือคำตอบของศูนย์กลางของลายม่านตา

$$H(x_c, y_c, r) = \sum_{j=1}^n h(x_j, y_j, x_c, y_c, r) \quad 2.1$$

where

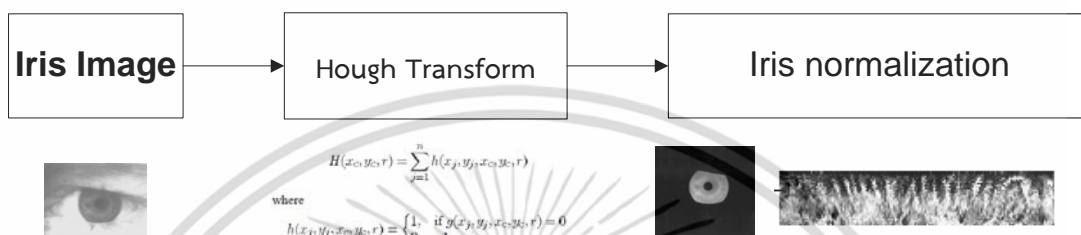
$$h(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = \begin{cases} 1, & \text{if } g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

with

$$g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = (x_j - x_c)^2 + (y_j - y_c)^2 - r^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เพื่อลดผลกระทบของเปลือกตาบนและล่างนั้นในงานวิจัย [1] จะทำการตัดขอบตาเปลือกตาบนและล่างของภาพออกก่อนทำคำนวณ แต่อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของวิธี Hough Transform ต้องใช้ค่าขีดแบ่ง (Threshold) ในการค้นหาขอบภาพ เมื่อมีการเปลี่ยนค่าขีดแบ่งมีโอกาที่จะทำให้หาพื้นที่ลายม่านตาผิดได้ และเป็นวิธีที่ใช้เวลาในการคำนวณนานมาก เนื่องจากต้องเก็บค่าของผลโหวตทุกจุดที่ผ่านทุกรัศมี r แล้วมาทำการเปรียบเทียบอีกครั้งในพิกัด x และ y ต่างๆ



$$H(x_c, y_c, r) = \sum_{j=1}^n h(x_j, y_j, x_c, y_c, r)$$

where

$$h(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = \begin{cases} 1, & \text{if } g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = 0 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$

with

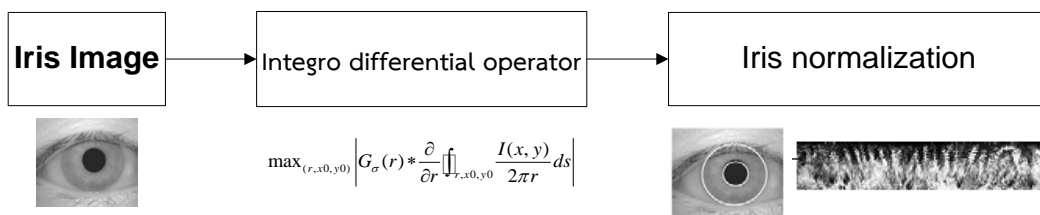
$$g(x_j, y_j, x_c, y_c, r) = (x_j - x_c)^2 + (y_j - y_c)^2 - r^2.$$

รูปที่ 2.1 แสดงผังขั้นตอนการระบุขอบเขตลายม่านตาของ Wildes,R [1]

2.2.2 งานวิจัยของ Daugman [2] ได้เสนอวิธีการสกัดลายม่านตาโดยใช้วิธีการ Integro-differential operator ในการประมาณ พิกัดศูนย์กลางและรัศมีของม่านตาและรูม่านตา ดังสมการที่ 2.2

$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \iint_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right| \tag{2.2}$$

โดยที่ $I(x,y)$ คือภาพ r คือรัศมี $G_\sigma(r)$ คือ ฟังก์ชันเกาส์เซียนที่มีสเกลเท่ากับ σ s คือ สมการวงกลม โดยจะทำการค้นหาค่าการเปลี่ยนแปลงที่มากที่สุดของค่า x, y ตามรัศมี r ที่เปลี่ยนไปซึ่งวิธีการนี้มีลักษณะเหมือนกับวิธี Hough transform แต่วิธีการนี้ไม่ได้รับผลกระทบจากปัญหาค่าขีดแบ่ง แต่ยังใช้เวลาในการประมวลผลนานเหมือนกับ Hough transform และไม่สนใจเปลือกตาบนและล่างในการคำนวณ



$$\max_{(r,x_0,y_0)} \left| G_\sigma(r) * \frac{\partial}{\partial r} \iint_{r,x_0,y_0} \frac{I(x,y)}{2\pi r} ds \right|$$

รูปที่ 2.2 แสดงผังขั้นตอนการระบุขอบเขตลายม่านตาของDaugman[2]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์โดยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ขอสงวนสิทธิ์ในขั้นต้นด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

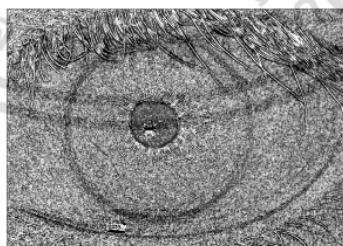
2.2.3 งานวิจัยของ Feng Gui , Lin qiwei [3] ได้เสนอวิธีการสกัดลายม่านตาด้วยวิธี Morphology และ Gaussian filter ซึ่งจะทำการกำจัดสัญญาณรบกวนด้วยหน้าต่าง Gaussian filter ดังรูปที่ 2.3 แล้วทำให้เส้นขอบของลายม่านตาเด่นชัดด้วยวิธี Morphology ด้วยโอเปอเรชัน $F \oplus B - F \ominus B$ โดยที่ F คือจุดภาพที่เป็นระดับเทา และ B คือ structure element ขนาด 3x3 ดังรูปที่ 2.4 เงื่อนไขเป็นไปตามสมการที่ 2.3 เมื่อได้ขอบของลายม่านตาแล้วจะทำการประมาณรัศมีและศูนย์กลางวงกลมด้วยสมการวงกลม ซึ่งวิธีการนี้มีความเร็วสูง แต่มีข้อจำกัดคือหากลายม่านตามีระดับเทาระหว่างตาขาวกับลายม่านตามีค่าใกล้เคียงกันมากจะไม่สามารถหาเส้นขอบของลายม่านตาได้

$$\frac{1}{115} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.3 หน้าต่าง Gaussian low pass filter

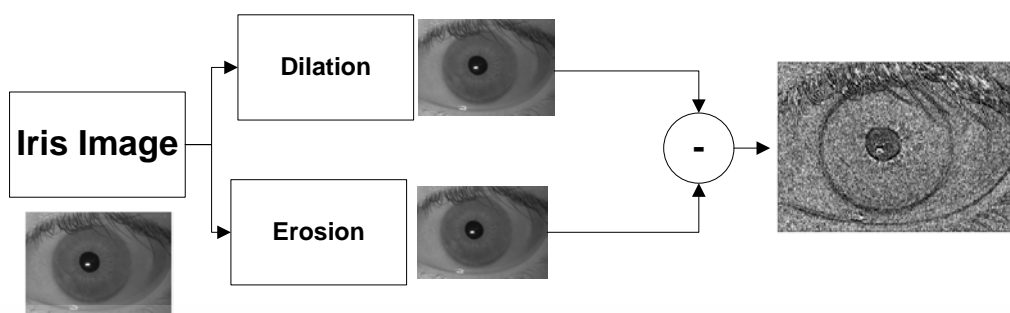
$$\begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 2.4 structure element



รูปที่ 2.5 ผลลัพธ์การหาเส้นขอบด้วย Morphology

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 แสดงผังการขั้นตอนการระบุขอบเขตงานวิจัยของ Gui , Lin qiwei [3]

ตารางที่ 2.1 แสดงเวลาในการสกัดลายม่านตาด้วยวิธีการต่างๆ อ้างอิงจาก [3]

Method	Running time(ms)
Daugman's	187
Wildes's	3483
Feng Gui LinQiwei	108

จากปัญหาที่กล่าวมาในแต่ละวิธีการนั้นหากลดเวลาในการประมวลผลได้จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการสกัดลายม่านตาดังนั้นงานวิจัยในส่วนสกัดลายม่านตาส่วนใหญ่จะพิจารณาความเร็วและความถูกต้องในการระบุขอบเขตของลายม่านตาเป็นหลัก

ในส่วนนี้จะเป็นการเสนอวิจัยที่เกี่ยวข้องในการเข้ารหัสลายม่านตา โดยวิเคราะห์จุดเด่นของงานวิจัยต่างๆ เพื่อนำมาใช้ในการพิจารณาการออกแบบการสกัดและเข้ารหัสลายม่านตาที่จะได้นำเสนอต่อไป

2.2.4 งานวิจัย C. Chun and R. Chung[4] ได้เสนอการเข้ารหัสม่านตาโดยใช้วิธีการแปลงแบบเรดอน เพื่อพัฒนาใช้กับอุปกรณ์ปาล์มที่มีการประมวลผลต่ำโดยเลือกส่วนม่านตาในองศา -45 ถึง 45 องศา และ 135 ถึง 225 องศา เพื่อหลีกเลี่ยงเปลือกตาและขนตา ซึ่งสิ่งรบกวนเหล่านี้รบกวนความถูกต้องของระบบ จากนั้นใช้วิธีการแปลงแบบเรดอนสกัดลักษณะซึ่งเป็นวิธีการแทนรูปที่ภาพด้วยการหาไฟล์การฉายของภาพในทิศทางต่างๆ ดังสมการ 2.3 จำนวน 10 ทิศทาง โดยเริ่มตั้งแต่ 0 องศา จนถึง 180 องศา ทวนเข็มนาฬิกาขนาด 274x10 แล้วทำการเปรียบเทียบลายม่านตาด้วยวิธี Euclidean distance ซึ่งให้ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด ข้อดีของงานวิจัยนี้ คือใช้เวลาคำนวณน้อย แต่อย่างไรก็ตามยังไม่สามารถปรับแก้การหมุนของภาพได้เนื่องจากรวมมีการเลี่ยงเปลือกตาโดยการแปลงเรดอนเป็นช่วงๆ

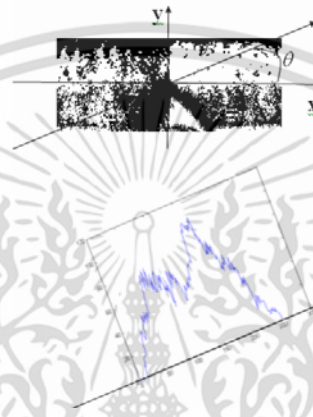
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$R_\theta(x') = \int_{-\infty}^{\infty} f(x' \cos \theta - y' \sin \theta, x' \sin \theta + y' \cos \theta) dy' \quad 2.3$$

$$\text{เมื่อ } \begin{bmatrix} x' \\ y' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta & \sin \theta \\ -\sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$$

โดย f คือฟังก์ชันของค่าระดับเทาของภาพ

θ คือ ทิศทางในการหมุนภาพ



รูปที่ 2.7 ภาพผลลัพธ์จากการแปลงเรดอน

2.2.5 งานวิจัย W. Boles B. Boashash [5] ได้นำเสนอวิธีการแบบใหม่ในการดึงลักษณะเด่น และเข้ารหัสลายม่านตาโดยใช้การแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform) โดยจะทำการแปลงข้อมูลที่เรียงตัวเป็นเส้นวงกลมรอบขอบเขตม่านตาด้านในที่มีรัศมีต่างๆ กัน และทำการค้นหาจุดตัดศูนย์กลางเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบโดยใช้ Dissimilarity function ที่ได้กำหนดไว้สี่ฟังก์ชัน ดังสมการที่ 2.4-2.6 โดยทดสอบกับภาพม่านตาสีภาพจากสองม่านตา ผลการทดลองบ่งชี้ว่า Dissimilarity function สามารถใช้บอกได้ว่าภาพสองภาพมาจากม่านตาเดียวกันหรือไม่

$$d_j^1(f, g) = \min_m \sum_{n=1}^N |z_j f(n) - \Gamma Z_j g(n+m)|^2, m \in [0, N-1] \quad 2.4$$

$$d_j^2(f, g) = \min_m \left(1 - \frac{\sum_{n=1}^N Z_j f(n) Z_j g(n+m)}{\|Z_j f\| \|Z_j g\|} \right), m \in [0, N-1] \quad 2.5$$

$$D^{(p)} = \sum_{i=k}^L \frac{d_j^{(p)}(f \cdot g)}{Q} \quad 2.6$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การรู้จำม่านตาเป็นวิธีการชีวมิติแบบหนึ่ง โดยประเด็นหลักที่สำคัญ คือการลดอัตราความผิดพลาดในการรู้จำม่านตาให้ต่ำที่สุด ซึ่งงานวิจัย Jin-Xin Shi และ Xiao-Feng Gu[6] ได้เสนอวิธีการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา 3 วิธีได้แก่ Principal component analysis(PCA) ,Independent component analysis(ICA)และ 2D Gabor wavelets มาทำการดึงลักษณะเด่นของภาพลายม่านตาที่ได้ทำการปรับมาตรฐานแล้ว โดยภาพลายม่านตานั้นจะเก็บอยู่ในรูป 2 มิติ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.8 ภาพลายม่านตาที่ได้ปรับมาตรฐาน

จากการดึงลักษณะเด่นทั้ง 3 วิธีพบว่า วิธีการ 2D Gabor wavelets มีอัตราการรู้จำสูงที่สุดมากกว่า 2 วิธีที่นำเสนอ ดังแสดงในตารางที่ 2.2 ซึ่ง 2D Gabor wavelets มีข้อจำกัด คือ มีความยุ่งยากในการคำนวณและใช้เวลาดำเนินการนาน

ตารางที่ 2.2 แสดงผลลัพธ์อัตราความแม่นยำที่นำเสนอ [6]

วิธีการ	อัตราความแม่นยำ
2D Gabor wavelet	94%
Principal component analysis (PCA)	89.5%
Independent component analysis (ICA)	92.2%

ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลกระทบต่อ การรู้จำม่านตา ก็คือ ขนตา และเปลือกตา หากมีบางส่วนเข้ามาในระบบจะมีผลทำให้ระบบมีอัตราจำที่แย่ง งานวิจัยของ H. Patel, M.C. Paunwala, C.K. Modi และ S. Pataik[7] ได้เสนอการแยกลายม่านตาโดยอาศัยการขยายวงกลมของลายม่านตา (Partial Iris Segmentation using Pupil Circle Growing) ซึ่งอาศัยการตรวจจับเส้นขอบแบบไซเบลในแนวนอนเพื่อตรวจจับเปลือกตาบนและล่าง โดยค่ารัศมีที่หามาได้นั้นจะไม่เกินระยะเปลือกตาที่ใกล้ที่สุดทำให้ภาพที่ได้นั้นไม่ได้รับผลกระทบจากเปลือกตา หลังจากนั้นทำการดึงลักษณะเด่นโดยใช้วิธีการของ Haar wavelet แล้วทำการเปรียบเทียบลายม่านตาด้วยวิธี Hamming distance ซึ่งอัตราความแม่นยำอยู่ที่ 94.86% หรือมีค่า EER 5.14% ดังแสดงในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดง Error Equal Rate (EER) เปรียบเทียบกับงานวิจัยอ้างอิงจาก [7]

วิธีการ	อัตราผิดพลาดสมดุล
1D Wavelet transform	24.68%
2D Wavelet transform	19.86%
Integer Wavelet transform (IWT)	16.5%
1D Gabor filter with Image enhancement	5.88%
Texture detection for segmentation of Iris	5.16%
Haar wavelet with Segmentation using Pupil Circle Growing	5.14%

จากงานวิจัย[7] จะเห็นว่าวิธีการแยกม่านตาโดยอาศัยการตรวจจับเปลือกตาบนและล่างนั้นทำให้อัตราความแม่นยำของการรู้จำลายม่านตาสูงขึ้น แต่ถ้าเปลือกตาเข้าใกล้รูม่านตามากเกินไปจะทำให้ข้อมูลของลายม่านตาที่นำไปใช้นั้นน้อยลง

2.3 แนวทางการพัฒนาการรู้จำม่านตา

จากงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการรู้จำม่านตา อัตราความแม่นยำของการรู้จำจะขึ้นอยู่กับขั้นตอนการเตรียมภาพก่อนการสกัดลายม่านตาและวิธีการที่ใช้ดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา โดยในงานวิจัย[1] ไม่ได้อ้างอิงถึงการกำจัดสัญญาณรบกวน เช่น เปลือกตา และขนตา แต่นำเสนอการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา 2D Gabor wavelets ที่มีประสิทธิภาพสูงแทน ซึ่งใช้เวลาในการประมวลผลนาน ขณะที่งานวิจัย [7] ได้เสนอวิธีการกำจัดเปลือกตาโดยใช้การขยายรัศมีจนกว่าจะพบเปลือกตาที่ใกล้ที่สุด กรณีที่รูม่านตาเข้าใกล้เปลือกตามากๆ จะทำให้ข้อมูลลายม่านตาที่สกัดออกมานั้นมีข้อมูลน้อยซึ่งยากต่อการนำไปใช้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการรู้จำม่านตาโดยปรับปรุงในส่วนการสกัดลายม่านตาโดยใช้วิธีการหารัศมีของลายม่านตาแบบไดนามิกส์ กล่าวคือ รัศมีมีการเปลี่ยนแปลงตามเส้นขอบที่พบโดยใช้วิธีการหาเส้นขอบแบบโซเบลซึ่งมีความยืดหยุ่นกว่างานวิจัย[7] หลังจากนั้นจะทำการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาโดยใช้วิธีทางสถิติ ซึ่งเป็นวิธีที่การที่คำนวณได้ง่าย และสามารถกำจัดสัญญาณรบกวนโดยเฉพาะขนตาได้ แล้วนำรหัสลายม่านตาที่ได้จากวิธีทางสถิติ (SEM) มาทำการเปรียบเทียบการรู้จำม่านตา (Iris recognition) โดยใช้วิธีการคำนวณระยะทางสมบูรณ์ (Absolute Distance) เพื่อหาความเหมือนเป็นกระบวนการสุดท้าย โดยจะนำเสนอรายละเอียดดังกล่าวในบทที่ 4

บทที่ 3

ทฤษฎีและความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

บทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีและอัลกอริธึมที่เกี่ยวข้องกับปรับปรุงคุณภาพภาพลายม่านตาและรู้จำม่านตา เพื่อให้ผู้ที่ศึกษาในงานวิจัยที่นำเสนอมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในการกระบวนการปรับปรุงคุณภาพภาพ การหาเส้นขอบภาพ การใช้ค่าซีดี12แบ่งในการแยกองค์ประกอบวัตถุของภาพที่สนใจ การรู้จำ การวัดประสิทธิภาพด้วยวิธีหาอัตราการปฏิเสธผิดพลาด และอัตราการยอมรับผิดพลาด

3.1 การตรวจจับเส้นขอบภาพ (Edge Detection)

การตรวจจับเส้นขอบภาพเป็นกระบวนการที่ถูกใช้เพื่อค้นหาและระบุบริเวณที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอย่างฉับพลัน เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นคุณลักษณะพิเศษของเส้นขอบวัตถุ การตรวจจับเส้นขอบภาพสามารถจำแนกได้ 2 ประเภท คือ การตรวจจับเส้นขอบภาพโดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง และอันดับสองของภาพซึ่งเป็นฟังก์ชัน 2 มิติ

3.1.1 ทฤษฎีการตรวจจับเส้นขอบภาพโดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First-Order Derivative Edge Detection)

ทฤษฎีการตรวจจับเส้นขอบภาพโดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง [8] เป็นวิธีการหาตำแหน่งเส้นขอบโดยการหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ทำได้โดยการหาค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (Gradient) ของแต่ละจุดภาพในภาพ ซึ่งค่าความลาดชันของฟังก์ชันภาพ ($f(x, y)$) ที่ตำแหน่งจุดภาพ (x, y) ใดๆ สามารถหาได้ดังนี้

$$\nabla f = \begin{bmatrix} G_x \\ G_y \end{bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\partial f}{\partial x} \\ \frac{\partial f}{\partial y} \end{pmatrix} \quad (3.1)$$

โดย ∇f เป็นค่าเวกเตอร์ความลาดชัน (Gradient Vector) ที่แปรผันไปตามลักษณะการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสง ส่วนค่าขนาด (Gradient Magnitude) และทิศทาง (Gradient Direction) ของเวกเตอร์ความลาดชันดังกล่าวสามารถคำนวณได้จากสมการต่อไปนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$M(x, y) = \text{magn}(\nabla f) = \sqrt{\left(\frac{\partial f}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^2} \\ = \sqrt{G_x^2 + G_y^2} \quad (3.2)$$

$$\theta = \arctan\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (3.3)$$

โดย $M(x, y)$ เป็นค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงค่าความเข้มแสงของเวกเตอร์ความลาดชัน ณ จุดภาพ (x, y) ส่วน θ เป็นทิศทางการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่วัดโดยเทียบกับแกน x

เนื่องจากการหาค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่กล่าวไปข้างต้น ต้องอาศัยการคำนวณโดยใช้ค่าของรากที่สอง (Square Root) ซึ่งเป็นวิธีการที่ต้องใช้เวลาในการคำนวณสูง ดังนั้นในทางปฏิบัติจึงนิยมใช้การคำนวณโดยวิธีหาค่าสัมบูรณ์แทนการใช้ค่ารากที่สอง เพื่อลดเวลาในการประมวลผล ดังแสดงในสมการที่ 3.4 ทั้งนี้ค่าที่ได้จากการหาค่าสัมบูรณ์จะเป็นเพียงค่าโดยประมาณเท่านั้น

$$M(x, y) \approx |G_x| + |G_y| \quad (3.4)$$

วิธีการหาขอบภาพด้วยการทำอนุพันธ์อันดับหนึ่งแบบประมาณที่ง่ายที่สุดวิธีหนึ่ง คือ การหาค่าผลต่างเคลื่อนที่ (Running Difference) ของจุดภาพตามแนวแกนตั้งและแนวนอน ซึ่งเป็นการประมาณค่าอนุพันธ์ในแนวแกนตั้ง f_y และแนวนอน f_x ตามลำดับ สำหรับค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงแบบประมาณ (Approximate Gradient) ในแนวแกนตั้งและแนวนอนประมาณได้จากสมการ 3.5 และ 3.6 ตามลำดับ

$$G_y(x, y) = f(x, y) - f(x, y+1) \quad (3.5)$$

$$G_x(x, y) = f(x, y) - f(x-1, y) \quad (3.6)$$

โดยที่ G_y และ G_x เป็นค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนตั้งและแนวนอน ซึ่งค่าดังกล่าวจะมีค่าเป็นบวกเมื่อค่าแอมปริจูดของขอบเพิ่มขึ้นจากล่างขึ้นบนและซ้ายไปขวาตามลำดับ ทั้งนี้ค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนตั้งและแนวนอนสำหรับการหาขอบภาพ

สามารถทำได้โดยการนำค่าตัวถ่วงน้ำหนักของเทมเพลตตัวกรองไปทำคอนโวลูชันกับฟังก์ชันภาพ ($f(x, y)$) เพื่อให้ได้ภาพผลลัพธ์ดังนี้

$$G_y(x, y) = W_y * f(x, y) \quad (3.7)$$

$$G_x(x, y) = W_x * f(x, y) \quad (3.8)$$

โดยที่ W_y และ W_x เป็นเทมเพลตตัวกรองสำหรับการกรองค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงในแนวแกนตั้งและแนวนอนตามลำดับ เทมเพลตตัวกรองที่ใช้ในการกรองเพื่อหาขอบภาพอาจเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “ตัวดำเนินการ” ซึ่งมีอยู่หลายแบบดังแสดงในตารางที่ 3.1 [8]

ตารางที่ 3.1 เทมเพลตตัวกรองแบบต่างๆ

ชื่อเทมเพลตตัวกรอง	ค่าถ่วงน้ำหนักของเทมเพลตตัวกรอง	
	ในแนวแนวนอน (W_y)	ในแนวแกนตั้ง (W_x)
Pixel Difference	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Separated Pixel Difference	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}$
Roberts	$\begin{bmatrix} 0 & 0 & -1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$
Prewitt	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Sobel	$\begin{bmatrix} -1 & 0 & 1 \\ -2 & 0 & 2 \\ -1 & 0 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} -1 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & 2 & 1 \end{bmatrix}$
Frei-chen	$\frac{1}{2+\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & -1 \\ \sqrt{2} & 0 & \sqrt{2} \\ 1 & 0 & -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2+\sqrt{2}} \begin{bmatrix} -1 & -\sqrt{2} & -1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 1 & \sqrt{2} & 1 \end{bmatrix}$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับรูปแบบการตรวจจับเส้นขอบภาพที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่ยอมรับอีกวิธีหนึ่ง คือ การตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคณนี่ (Canny Edge Detection) ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะประยุกต์ใช้เทมเพลตตัวกรองหรือตัวดำเนินการแบบโซเบลเพื่อการตรวจจับเส้นขอบ ร่วมกับการกำจัดจุดรบกวนด้วยตัวกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian Filter) ซึ่งมีรายละเอียดดังกล่าวต่อไปในหัวข้อ 3.1.3

3.1.2 ทฤษฎีการตรวจจับเส้นขอบภาพโดยการหาอนุพันธ์อันดับสอง (Second-Order Derivative Edge Detection)

การตรวจหาเส้นขอบโดยใช้อนุพันธ์อันดับสอง เรียกอีกอย่างว่า “การหา Laplacian” ซึ่งวิธีการนี้จะตรวจหาเส้นขอบจากการหาตำแหน่งข้ามศูนย์ (Zero Crossing) จากภาพถ่ายผลลัพธ์ที่ได้จากการทำอนุพันธ์อันดับสอง

Laplacian ของฟังก์ชันภาพ $f(x, y)$ นิยามดังนี้

$$L(x, y) = \nabla^2 \{f(x, y)\} \quad (3.9)$$

โดยที่

$$\nabla^2 = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (3.10)$$

Laplacian $L(x, y)$ มีค่าเป็นศูนย์ถ้า $f(x, y)$ มีค่าคงที่ หรือแอมปริจูดมีการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเชิงเส้น ถ้าอัตราการเปลี่ยนแปลงของ $f(x, y)$ มีมากกว่าความเป็นเชิงเส้น $L(x, y)$ หรือมีการเปลี่ยนแปลงของเครื่องหมายที่จุดที่อนุพันธ์อันดับสองมีค่าเป็นศูนย์ ของ $f(x, y)$ แล้ว ตำแหน่งข้ามศูนย์ของ $L(x, y)$ คือตำแหน่งของขอบ ส่วนเครื่องหมายลบที่อยู่ในคำจำกัดความของ Laplacian ในสมการที่ 3.9 มีไว้เพื่อตรวจสอบการข้ามศูนย์ของ $L(x, y)$ ซึ่งมีค่าความชันเป็นบวก (Positive Slope) สำหรับแอมปริจูดของ $f(x, y)$ ที่เพิ่มจากซ้ายไปขวาหรือล่างขึ้นบน

ในดิสครีตโดเมน [9] การประมาณที่ง่ายที่สุดของ Laplacian ที่ต่อเนื่อง คือ การคำนวณผลต่างความลาดชันตามแนวแกน ดังแสดงในสมการ 3.11

$$L(x, y) = -f(x+1, y) - f(x-1, y) - f(x, y+1) - f(x, y-1) + 4f(x, y) \quad (3.11)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Laplacian ที่ใช้ 4 จุดใกล้เคียงกันสามารถคำนวณได้อีกวิธี โดยการทำคอนโวลูชันฟังก์ชันภาพที่เป็นค่าความเข้มแสงกับเทมเพลตตัวกรองดังนี้

$$L(x, y) = f(x, y) * H(x, y) \quad (3.12)$$

โดยที่

$$H = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ -1 & 2 & -1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ 0 & 2 & 0 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.13)$$

หรือ

$$H = \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.14)$$

โดยที่อาเรย์ทั้งสองในสมการที่ 3.13 คือ การหาอนุพันธ์อันดับที่สองในแนวแกนอนและแนวแกนตั้งตามลำดับ ซึ่งเป็น Laplacian ที่ใช้ 4 จุดใกล้เคียงที่สอดคล้องกับสมการที่ 3.10 ปกติแล้วต้องมีการนอร์มอลไลซ์เพื่อให้ค่าเฉลี่ยมีค่าเป็นหนึ่ง ดังนี้

$$H = \frac{1}{4} \begin{bmatrix} 0 & -1 & 0 \\ -1 & 4 & -1 \\ 0 & -1 & 0 \end{bmatrix} \quad (3.15)$$

นอกจากที่ได้กล่าวไป Prewitt ได้เสนอ Laplacian แบบ 8 จุดใกล้เคียง คือ

$$H = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.16)$$

เนื่องจากสมการนี้ไม่สามารถแยกได้เป็นผลรวมของอนุพันธ์อันดับที่สองดังสมการที่ 3.13 ดังนั้น Laplacian แบบ 8 จุดใกล้เคียงที่สามารถแยกได้นั้น สามารถหาได้โดยกำหนดให้

$$H = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \\ -1 & 2 & -1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -1 & -1 & -1 \\ 2 & 2 & 2 \\ -1 & -1 & -1 \end{bmatrix} \quad (3.17)$$

ดังนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$H = \frac{1}{8} \begin{bmatrix} -2 & 1 & -2 \\ -1 & 4 & 1 \\ -2 & 1 & -2 \end{bmatrix} \quad (3.18)$$

3.1.3 การตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคณนี่ (Canny Edge Detection)

อัลกอริธึมการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคณนี่ถูกนำเสนอในบทความเรื่อง “A Computational Approach to Edge Detection” ของ John Canny ในปี 1986 อัลกอริธึมดังกล่าวเป็นที่รู้จักดีในฐานะตัวตรวจจับเส้นขอบที่มีประสิทธิภาพสูง สำหรับเป้าหมายหลักของการตรวจจับเส้นขอบแบบแคณนี่มีอยู่ 3 ประการ คือ

1. เพื่อปรับปรุงวิธีการตรวจจับเส้นขอบภาพที่มีอยู่ในขณะนั้นให้มีอัตราการตรวจจับเส้นขอบที่ผิดพลาดน้อยที่สุด กล่าวคือเส้นขอบที่แท้จริงในภาพผลลัพธ์ต้องไม่ขาดหายและไม่นำเสนอส่วนที่ไม่ใช่เส้นขอบที่แท้จริง
2. เพื่อจำกัดระยะห่างระหว่างจุดภาพเส้นขอบที่ตรวจจับได้กับจุดภาพเส้นขอบแท้จริง ให้มีค่าน้อยที่สุด
3. เพื่อกรองการตอบสนองแบบหลายตำแหน่ง (Multiple Responses) ต่อเส้นขอบของวัตถุเดียว ให้เหลือเพียงหนึ่งการตอบสนอง (One Response) ต่อหนึ่งเส้นขอบ

โดยทั่วไปการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคณนี่สามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ การปรับภาพให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียน (Gaussian Filter) เพื่อกำจัดจุดรบกวนเบื้องต้น ขั้นตอนต่อมาคือการคำนวณค่าขนาด (Magnitude) และทิศทาง (Direction) ของค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (Gradient) หลังจากนั้นจะทำการกำจัดค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดเฉพาะที่ (Nonmaxima Suppression) เพื่อให้ได้เส้นขอบภาพที่คมชัดมากขึ้น และขั้นตอนสุดท้ายคือการทำฮิสเทอรีซิส (Hysteresis) เพื่อคัดกรองให้เหลือแต่จุดภาพเส้นขอบที่แท้จริง ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1.3.1 การปรับภาพให้เรียบด้วยตัวกรองเกาส์เซียน

ขั้นตอนแรกของการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคณนี่ คือ การกรองจุดรบกวน (Noise) ออกจากภาพตั้งต้น (Original Image) โดยอาศัยตัวกรองเกาส์เซียนซึ่งการกรองจุดรบกวนแบบเกาส์เซียนนั้นสามารถทำได้โดยการคอนโวลูชันฟังก์ชันภาพ ($f(x, y)$) ด้วยหน้ากาทัวกรองเกาส์เซียน ($G_\sigma(x, y)$) ดังสมการที่ 3.19

$$g(x, y) = G_\sigma(x, y) * f(x, y) \quad (3.19)$$

โดยที่

$$G_\sigma = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3.20)$$

กำหนดให้

$g(x, y)$	คือ	ภาพผลลัพธ์การกรองด้วยตัวกรองเกาส์เซียน
G_σ	คือ	หน้ากากตัวกรองเกาส์เซียน
σ	คือ	ตัวควบคุมระดับการกรอง (Spread of the Gaussian)

สำหรับหน้ากากตัวกรองที่นิยมใช้มักจะมีขนาดเล็กและเล็กกว่าภาพตั้งต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.1 เนื่องจากการเลือกหน้ากากตัวกรองที่มีขนาดใหญ่ จะทำให้ความทนทานต่อการตรวจจับจุดรบกวนลดน้อยลง [8]

$$\frac{1}{115} \begin{bmatrix} 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 5 & 12 & 15 & 12 & 5 \\ 4 & 9 & 12 & 9 & 4 \\ 2 & 4 & 5 & 4 & 2 \end{bmatrix}$$

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างหน้ากากตัวกรองเกาส์เซียนขนาด 5x5 ที่เลือกใช้ $\sigma=1.4$

3.1.3.2 การคำนวณค่าขนาดและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง

การคำนวณค่าขนาดและทิศทางของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงสำหรับการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแคนนี่สามารถทำได้โดยนำภาพผลลัพธ์ที่ผ่านการกรองแบบเกาส์เซียนมาหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง หรือนำไปทำคอนโวลูชันกับเทมเพลตตัวกรอง ซึ่งโดยทั่วไปมักเลือกใช้เทมเพลตตัวกรองแบบโซเบลในการคำนวณหาค่าขนาด (ตามสมการ 3.7 และ 3.8) และทิศทางของการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสง (ตามสมการ 3.3) ดังที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.1.1

3.1.3.3 การกำจัดค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดเฉพาะที่ (Nonmaxima Suppression)

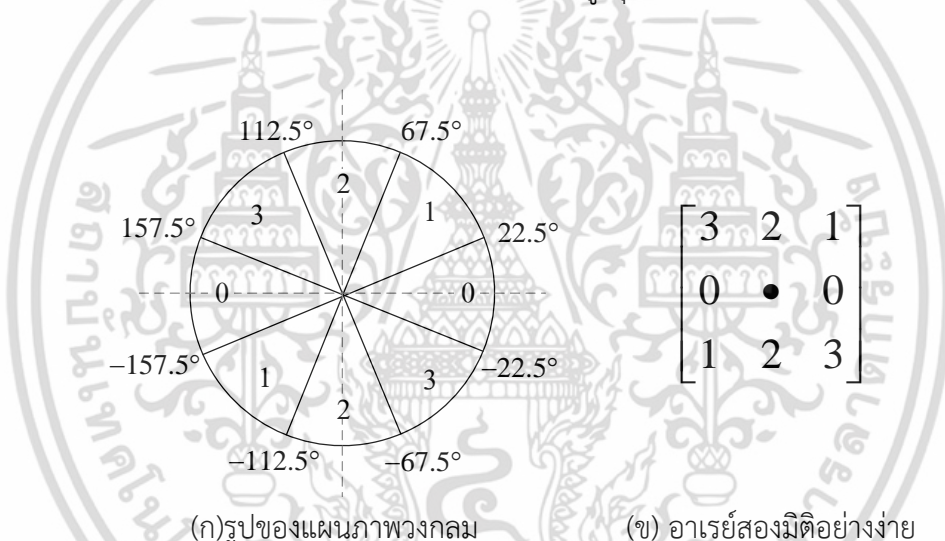
จุดประสงค์หลักของการกำจัดค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดเฉพาะที่ในขั้นตอนนี้เพื่อปรับเส้นขอบภาพที่ไม่คมชัด (Blurred Edge) ให้เป็นเส้นขอบภาพที่มีความคมชัดไม่ว่าการณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(Sharp Edge) โดยปกติสามารถทำได้โดยการคงค่าการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของจุดภาพที่เป็นค่าสูงสุดเฉพาะที่ (Local Maxima) ไว้ และลบ (Supression) ค่าอื่นๆ ที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดเฉพาะที่ทิ้งไป ซึ่งอัลกอริธึมการหาค่าสูงสุดเฉพาะที่สำหรับแต่ละจุดภาพในภาพประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลัก คือ

1. พิจารณาทิศทางการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของจุดภาพที่สนใจว่าสัมพันธ์กับทิศการพิจารณาค่าสูงสุดเฉพาะที่ (แบบ 4 ทิศทาง) ในทิศทางใด ดังรูปที่ 3.2

2. เปรียบเทียบค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของจุดภาพที่สนใจกับจุดภาพเพื่อนบ้าน ในทิศทางการพิจารณาค่าสูงสุดเฉพาะที่ (ทั้งทิศบวกและทิศลบ)

3. ถ้าค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของจุดภาพที่สนใจน้อยกว่าค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของจุดภาพเพื่อนบ้าน ให้แทนค่าขนาดของจุดภาพที่สนใจด้วย 0 แต่ถ้ามีค่ามากกว่าให้คงค่าเดิมไว้ เพราะถือว่าค่าดังกล่าวเป็นค่าสูงสุดเฉพาะที่แล้ว



รูปที่ 3.2 ทิศทางการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่สัมพันธ์กับทิศการพิจารณาค่าสูงสุดเฉพาะ

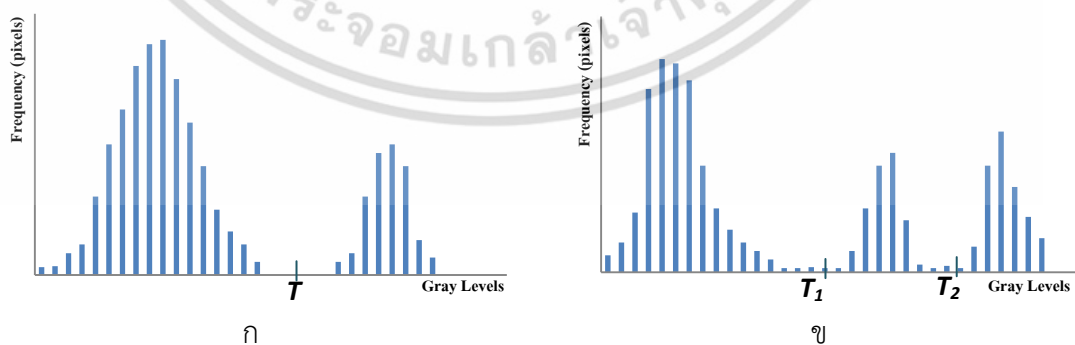
3.1.3.4 การทำฮิสเทรีซิส (Hysteresis) เพื่อคัดกรองให้เหลือแต่จุดภาพเส้นขอบที่แท้จริง

เนื่องจากภาพผลลัพธ์ที่ได้หลังการกำจัดค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงที่ไม่ใช่ค่าสูงสุดเฉพาะที่ ยังคงประกอบด้วยจุดภาพที่ไม่ใช่เส้นขอบแท้จริงปรากฏอยู่ โดยส่วนมากจุดภาพเหล่านี้มักเกิดจากจุดรบกวน (Noise) หรือบริเวณพื้นผิวที่ขรุขระ (Rough Surface) ดังนั้นการตรวจจับเส้นขอบภาพแบบแค่นี้จึงประยุกต์ใช้อัลกอริธึมการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบคู่ (Double Thresholding) เพื่อวิเคราะห์และจำแนกจุดภาพเส้นขอบแท้จริงออกจากจุดภาพที่ไม่ใช่เส้นขอบแท้จริง ซึ่งอัลกอริธึมการกำจัดเส้นขอบที่ไม่แท้จริงมีหลักการและขั้นตอนดังนี้

กำหนดค่าขีดแบ่งขึ้นมา 2 ค่า คือ ค่าขีดแบ่งสูง (High Threshold) และค่าขีดแบ่งต่ำ (Low-Threshold) เปรียบเทียบค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงของแต่ละจุดภาพกับค่าขีดแบ่งทั้งสอง ถ้าจุดภาพใดมีค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงมากกว่าค่าขีดแบ่งสูงจะถูกกำหนดให้เป็นจุดภาพเส้นขอบที่แท้จริง (ถูกปรับค่าเป็น 1) แต่ถ้าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งต่ำจะถูกกำหนดให้เป็นจุดภาพเส้นขอบที่ไม่แท้จริง (ถูกปรับค่าเป็น 0) ส่วนจุดภาพที่มีค่าขนาดการเปลี่ยนแปลงความเข้มแสงอยู่ระหว่างค่าขีดแบ่งทั้งสอง จะถูกพิจารณาให้เป็นจุดภาพเส้นขอบที่แท้จริง (ถูกปรับค่าเป็น 1) ก็ต่อเมื่อมีจำนวนจุดภาพเพื่อนบ้านที่มีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งสูงมากกว่าจำนวนจุดภาพเพื่อนบ้านที่มีค่าน้อยกว่าค่าขีดแบ่งต่ำ

3.2 ค่าขีดแบ่งและการกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding)

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงเทคนิคการแบ่งภาพออกเป็นส่วนย่อยๆ โดยอาศัยค่าขีดแบ่ง ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการพิจารณาค่าระดับเทาหรือค่าระดับความเข้มแสง (Intensity) ร่วมกับคุณสมบัติของค่าเหล่านั้น สมมติให้รูปที่ 3.3 ก. แสดงค่าความถี่หรือฮิสโทแกรมของค่าระดับความเข้มแสงของภาพ $f(x, y)$ ที่ประกอบด้วยวัตถุสีขาวบนพื้นหลังสีดำ จากค่าฮิสโทแกรมดังกล่าวชี้ให้เห็นว่ากลุ่มจุดภาพที่เป็นวัตถุและกลุ่มจุดภาพที่เป็นพื้นหลังนั้นแยกตัวออกจากกันเป็นสองกลุ่มที่ชัดเจน ดังนั้นการเลือกค่าขีดแบ่งที่มีค่าเท่ากับ T นับได้ว่าเป็นวิธีการหนึ่งที่สามารถแยกวัตถุออกจากพื้นหลังได้อย่างชัดเจนและง่ายดาย ด้วยวิธีการดังกล่าวจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงมากกว่าค่าขีดแบ่ง ($f(x, y) > T$) จะถูกเรียกว่า “จุดวัตถุ (Object Point)” ส่วนจุดภาพที่เหลือจะถูกเรียกว่า “จุดพื้นหลัง (Background Point)” สำหรับภาพผลลัพธ์จากการแบ่งส่วนด้วยค่าขีดแบ่งแบบระดับเดียว ($g(x, y)$) สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 3.21



รูปที่ 3.3 ฮิสโทแกรมของค่าระดับความเข้มแสงที่สามารถ

(ก) ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนโดยค่าขีดแบ่งระดับเดียว

(ข) ถูกแบ่งออกเป็นหลายส่วนโดยค่าขีดแบ่งหลายระดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับกิจกรรมเชิงวิชาการเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขึ้นชื่อเป็นการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & ; f(x, y) > T \\ 0 & ; f(x, y) \leq T \end{cases} \quad (3.21)$$

รูปที่ 3.3 (ข) แสดงตัวอย่างการเลือกค่าขีดแบ่งแบบหลายระดับ สำหรับจำแนกกลุ่มวัตถุในภาพที่มีมากกว่าสองกลุ่ม ซึ่งจากการแบ่งตัวของฮิสโทแกรมในภาพ อาจตีความได้ว่ามีวัตถุสว่างสองชนิดที่มีค่าระดับความเข้มแสงแตกต่างกันอยู่บนพื้นหลังสีดำ ดังนั้นจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่ง T_1 จะถูกจัดให้อยู่ในกลุ่มของพื้นหลัง ส่วนจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงอยู่ระหว่างค่าขีดแบ่ง T_1 และ T_2 จะถูกพิจารณาให้อยู่ในกลุ่มของวัตถุชนิดที่หนึ่ง และจุดภาพที่มีค่าระดับความเข้มแสงมากกว่าค่า T_2 จะถูกจำแนกให้อยู่ในกลุ่มของวัตถุชนิดที่สอง ซึ่งภาพผลลัพธ์จากการแบ่งส่วนด้วยค่าขีดแบ่งแบบหลายระดับ ($g(x, y)$) สามารถพิจารณาได้จากสมการที่ 3.22

$$g(x, y) = \begin{cases} a & ; f(x, y) > T_2 \\ b & ; T_1 < f(x, y) \leq T_2 \\ c & ; f(x, y) \leq T_1 \end{cases} \quad (3.22)$$

เมื่อ a , b และ c คือ ค่าใดๆ ที่ใช้จำแนกค่าระดับความเข้มแสง ณ จุดภาพ (x, y)

สำหรับปัญหาการแบ่งส่วนภาพที่ต้องอาศัยค่าขีดแบ่งมากกว่า 2 ระดับนั้น มักไม่นิยมใช้วิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งแบบคงที่ (Global Thresholding) ดังที่ได้กล่าวไปข้างต้น แต่มักจะนิยมใช้วิธีการกำหนดค่าขีดแบ่งที่ปรับเปลี่ยนได้ (Variable Thresholding) ตามคุณลักษณะเชิงท้องถิ่น (Local Property) ของแต่ละจุดภาพแทน เช่น ค่าระดับความเข้มแสงเฉลี่ย เป็นต้น ซึ่งการกำหนดค่าขีดแบ่งที่อยู่ในรูปของการพิจารณาคูณลักษณะเชิงท้องถิ่นสามารถนิยามได้ดังนี้

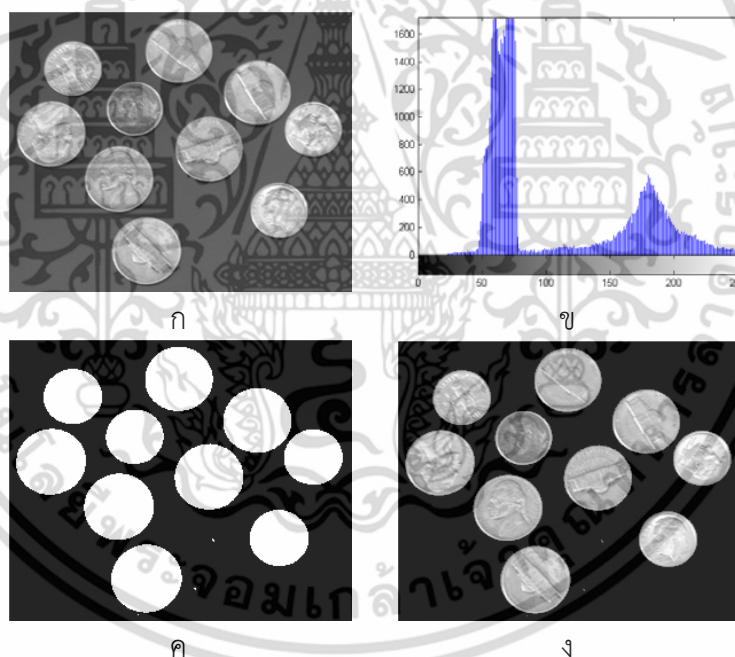
$$T = T[x, y, p(x, y), f(x, y)] \quad (3.23)$$

โดยที่ $f(x, y)$ คือ ค่าระดับความเข้มแสงของจุดภาพ (x, y) และ $p(x, y)$ คือคุณลักษณะเชิงท้องถิ่นหรือคุณสมบัติเฉพาะที่ (Local Properties) ของจุดภาพดังกล่าว

สำหรับค่า T ที่ขึ้นอยู่กับ $f(x, y)$ เพียงอย่างเดียวจะถูกเรียกว่า “ค่าขีดแบ่งแบบโกลบอล (Global Threshold)” แต่ถ้าค่า T ขึ้นอยู่กับทั้ง $f(x, y)$ และ $p(x, y)$ จะถูกเรียกว่า “ค่าขีดแบ่ง

แบบโลคัล (Local Threshold)” นอกจากนั้นค่า T ที่ขึ้นอยู่กับพิกัด x และ y จะถูกเรียกว่า ค่าขีดแบ่งแบบไดนามิก “(Dynamic Threshold)”

รูปที่ 3.4 (ก) เป็นตัวอย่างของการแยกวัตถุออกจากภาพพื้นหลังด้วยการกำหนดค่าขีดแบ่งของภาพเหรียญกษาปณ์ โดยภาพต้นฉบับเป็นภาพระดับเทาของเหรียญกษาปณ์ขนาดต่างๆ เมื่อนำค่าระดับความเข้มแสงของจุดภาพทั้งหมดมาแสดงในรูปของฮิสโทแกรมดังรูปที่ 3.4 (ข) จะสามารถแบ่งค่าระดับความเข้มแสงออกได้เป็น 2 กลุ่ม กล่าวคือ กลุ่มจุดภาพพื้นหลังที่มีค่าอยู่ในช่วง 50-80 และกลุ่มจุดภาพของเหรียญกษาปณ์ที่มีค่าตั้งแต่ 80-255 ดังนั้นถ้าเลือกใช้ค่าขีดแบ่งที่มีค่าเท่ากับ 80 หรือประมาณ 0.31 (80/255) เปอร์เซนต์ มาประยุกต์ใช้เพื่อแยกเหรียญกษาปณ์ออกจากพื้นหลังจะได้ผลลัพธ์ในรูปของภาพไบนารีดังรูปที่ 3.4 (ค) และเมื่อนำภาพไบนารีคูณกับภาพต้นฉบับจะได้ผลลัพธ์ดังแสดงในรูป 3.4 (ง)



รูปที่ 3.4 การแยกวัตถุออกจากภาพพื้นหลังของภาพเหรียญกษาปณ์ [8]

(ก) ภาพระดับเทาต้นฉบับ

(ข) ฮิสโทแกรมของภาพ

(ค) ภาพไบนารีผลลัพธ์จากการเลือกใช้ค่าขีดแบ่งเท่ากับ 0.31

(ง) ภาพผลลัพธ์การคูณภาพต้นฉบับด้วยภาพขาวดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพ (Morphological Image Processing)

การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพเป็นการประมวลผลภาพโดยการเปลี่ยนแปลงลักษณะรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ การดำเนินการพื้นฐานโดยทั่วไปได้แก่ การขยายองค์ประกอบ (Dilation) การกร่อนองค์ประกอบ (Erosion) และการเปลี่ยนองค์ประกอบให้บางลง (Thinning) โดยการขยายองค์ประกอบคือ การขยายภาพโดยมีสัดส่วนเท่ากันทั่วทั้งภาพ (Uniform) การกร่อนองค์ประกอบคือ การย่อภาพ ส่วนการเปลี่ยนองค์ประกอบเป็นโครงกระดูกเป็นการหาโครงสร้างหลักของวัตถุซึ่งจะกล่าวโดยละเอียดต่อจากนี้

นอกจากการดำเนินการพื้นฐานดังที่ได้กล่าวข้างต้นแล้วยังมีการดำเนินการอื่น ๆ อีกที่ได้กล่าวไว้ในบทนี้ได้แก่การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบเปิด (Opening) และการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบปิด (Closing) เป็นต้น

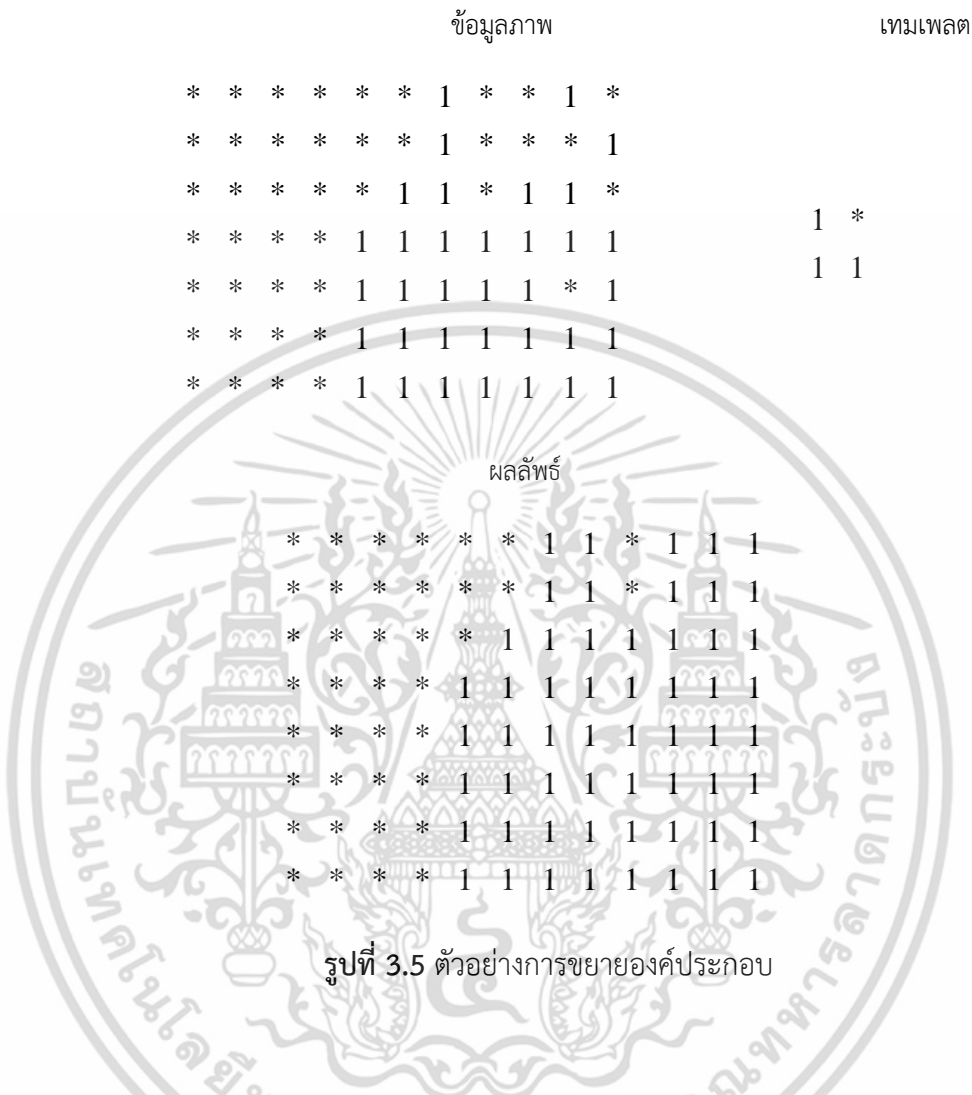
3.3.1 เทคนิค Hit and Miss

การดำเนินการพื้นฐานสำหรับการกระทำกับรูปร่างหรือโครงสร้างของภาพ ไม่ว่าจะเป็นการย่อหรือการขยายภาพ จำเป็นที่จะต้องมีการนำเอาเทคนิคการทำฮิตและมิสมาใช้ แนวคิดนี้คือการกำหนดให้มีเมตริก (Template) ที่มีขนาดเล็กและเป็นจำนวนคี่ (โดยทั่วไปจะมีขนาดเท่ากับ 3×3) ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ โดยการเปรียบเทียบจะทำตลอดทั้งภาพตั้งแต่ต้นภาพจนถึงท้ายภาพ ถ้าข้อมูลของภาพมีลักษณะเหมือนกับเมตริกดังกล่าวเอาที่พิกเซลที่ได้จะขึ้นอยู่กับจุดภาพที่เป็นศูนย์กลางของเมตริกซึ่งจะถูกกำหนดให้เป็นค่าตามต้องการ (1 หรือ 0) แต่ถ้าข้อมูลในเมตริกไม่เหมือนกับข้อมูลภาพข้อมูลเอาที่พิกเซลที่ได้จะมีค่าตรงกันข้าม

3.3.2 การขยายองค์ประกอบ (Dilation)

การขยายองค์ประกอบในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลภาพที่เป็นแบบไบนารีโดยการใช้เทคนิคการทำฮิตและมิส ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อ 3.3.1 การขยายองค์ประกอบทำได้โดยกำหนดเทมเพลต (ซึ่งสามารถสร้างได้จาก * และ 1 โดยมีจุดเริ่มต้นที่กำหนดโดยวงกลม) และนำเทมเพลตนี้ไปซ้อนทับบนข้อมูลภาพตามลำดับตลอดทั้งภาพ ซึ่งในขณะที่จุดเริ่มต้นของเทมเพลตตรงกับตำแหน่งข้อมูลภาพที่จุดภาพมีค่าเท่ากับ 1 นั่นก็จะทำการยูเนียนเทมเพลตนี้เข้ากับข้อมูลภาพ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3.5

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 ตัวอย่างการขยายองค์ประกอบ

3.3.3 การกร่อนองค์ประกอบ (Erosion)

การกร่อนองค์ประกอบเป็นลักษณะของการลบข้อมูลภาพบริเวณขอบของภาพ การกร่อนองค์ประกอบมีลักษณะคล้ายกับการขยายองค์ประกอบโดยการสร้างเทมเพลตขึ้นแล้วนำเทมเพลตไปสแกนตามข้อมูลภาพ สำหรับทุกตำแหน่งที่เลื่อนเทมเพลตไปบนภาพก็จะมีค่าเปรียบเทียบกับข้อมูลภาพ ถ้าข้อมูลภาพมีค่าเหมือนกับเทมเพลตจะทำการกำหนดค่าข้อมูลภาพในตำแหน่งที่ตรงกับจุดเริ่มต้นของเทมเพลตถูกกำหนดให้มีค่าเท่ากับ 1 ดังแสดงในรูปที่ 3.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้อมูลภาพ	เทมเพลต
* * * * * 1 * * 1 *	
* * * * * 1 * * * 1	
* * * * * 1 1 * 1 1 *	
* * * * 1 1 1 1 1 1 1	1 *
* * * * 1 1 1 1 1 * 1	1 1
* * * * 1 1 1 1 1 1 1	
* * * * 1 1 1 1 1 1 1	



ผลลัพธ์

* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * 1 * * 1 *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * 1 * * *
* * * * * * * * * *

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างการกร่อนองค์ประกอบ

ผลลัพธ์ที่ได้มีเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่มีค่าเหมือนกับเทมเพลตผลที่ได้ตามรูปที่ 3.6 ข้อมูลภาพที่ผ่านการทำการดำเนินการกับเทมเพลตแล้วพบว่า มีข้อมูลของภาพเพียง 3 ตำแหน่งเท่านั้นที่เหมือนกับเทมเพลต แต่ถ้ามีการเปลี่ยนเทมเพลตเป็น $\begin{matrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{matrix}$ ผลที่ได้มีลักษณะดังนี้คือ

* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * * * * * *
* * * * * * 1 * * 1 * *
* * * * * 1 1 1 1 1 * *
* * * * * 1 1 1 1 * * *
* * * * * 1 1 1 1 1 1 *

รูปที่ 3.7 ตัวอย่างการกร่อนองค์ประกอบที่ได้จากเทมเพลตใหม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลลัพธ์ที่ได้ตามรูปที่ 3.7 เป็นการย่อขนาดของภาพแต่สามารถย่อขนาดได้น้อยกว่าเมื่อใช้เทมเพลต 1×1 *
 เทมเพลต 1×1 ซึ่งได้ผลเป็นที่น่ายอมรับมากกว่า ดังนั้นในการเลือกเทมเพลตเป็นสิ่งที่สำคัญอย่างหนึ่งในการกร่อนองค์ประกอบและการขยายองค์ประกอบ

3.3.4 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบเปิด (Opening)

กำหนดให้ OPEN (I, T) เป็นการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบเปิดของภาพ I โดยใช้เทมเพลต T ซึ่งมีลักษณะดังสมการต่อไปนี้

$$OPEN(I, T) = Dilation(Erosion(I)) \tag{3.24}$$

จากสมการจะเห็นว่า การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบเปิด คือการนำข้อมูลภาพ I ผ่านการกร่อนองค์ประกอบ แล้วตามด้วยการขยายองค์ประกอบ โดยใช้เทมเพลตชุดเดียวกันคือ T

ภาพเริ่มต้น	ลักษณะเทมเพลต
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 4	0 0 0 0 0 0 1 4
0 0 0 0 1 2 4 5	0 0 0 0 1 2 4 4
0 0 1 1 2 5 5 4	0 0 0 0 1 2 4 4
0 0 0 0 0 1 2 3	0 0 0 0 0 1 2 3
0 0 0 0 0 0 1 3	0 0 0 0 0 0 1 3
0 0 0 0 0 1 2 3	0 0 0 0 0 1 2 3
0 0 0 0 1 2 2 3	0 0 0 0 0 1 2 3

รูปที่ 3.8 ผลลัพธ์จากการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบเปิด

3.3.5 การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบปิด (Closing)

กำหนดให้ CLOSE (I, T) เป็นการกระทำแบบการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบปิดของภาพ I โดยใช้เทมเพลต T ซึ่งมีลักษณะดังสมการต่อไปนี้

$$CLOSE(I, T) = Erosion(Dilation(i)) \tag{3.25}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำออกเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้าน (3.25) ใดๆ ไม่่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการจะเห็นว่า การประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบปิด คือการนำข้อมูลภาพ I ผ่านการขยายองค์ประกอบ (Dilation) แล้วตามด้วยการกร่อนองค์ประกอบ (Erosion) โดยใช้เทมเพลตชุดเดียวกันคือ T

ภาพเริ่มต้น	ลักษณะเทมเพลต
0 0 0 0 0 0 0 0	0 0 0 0 0 0 0 0
0 0 0 0 0 0 1 4	0 0 0 0 0 0 1 4
0 0 0 0 1 2 4 5	0 0 0 0 1 2 4 5
0 0 1 1 2 5 5 4	0 0 1 1 2 5 5 4
0 0 0 0 0 1 2 3	0 0 0 0 0 1 2 3
0 0 0 0 0 0 1 3	0 0 0 0 0 1 2 3
0 0 0 0 0 1 2 3	0 0 0 0 0 1 2 3
0 0 0 0 1 2 2 3	0 0 0 0 1 2 2 3

รูปที่ 3.9 ผลลัพธ์จากการประมวลผลภาพกับรูปร่างและโครงสร้างของภาพแบบปิด

3.3.6 การเปลี่ยนองค์ประกอบให้บางลง (Thinning)

การเปลี่ยนองค์ประกอบให้บางลงสามารถทำได้โดยอาศัยกฎ 2 ข้อ $P1$ และ $P2$ วิธีการเปลี่ยนองค์ประกอบให้บางลงจะมี 2 ชั้น คือชั้นแรกจะใช้ กฎ $P1$ โดยการนำเทมเพลตขนาด 3×3 สแกนไปตามข้อมูลภาพและทำการพิจารณาจุดภาพบริเวณขอบภาพว่าสามารถลบได้หรือไม่ ถ้าลบได้ให้หมายเหตุไว้แต่ยังไม่ต้องลบ หลังจากทีสแกนทั่วทั้งภาพก็ให้ทำการลบข้อมูลภาพดังที่ได้หมายเหตุไว้ ชั้นที่สองใช้กฎ $P2$ และดำเนินการเหมือนการใช้กฎข้อที่ $P1$ เมื่อทำการลบข้อมูลภาพที่มีไว้ในหมายเหตุแล้ว ก็ให้ทำซ้ำต่อไปเรื่อยๆ จนไม่สามารถลบข้อมูลภาพออกได้อีก ลักษณะของข้อมูลที่นำมาพิจารณาจะมีขนาดเท่ากับ 3×3 ดังรูปที่ 3.10 โดยจุดภาพปัจจุบันคือ จุดภาพตรงกลางดังนี้

P8	P1	P2
P7	P0	P3
P6	P5	P4

รูปที่ 3.10 รูปแบบเทมเพลตที่นำมาพิจารณา

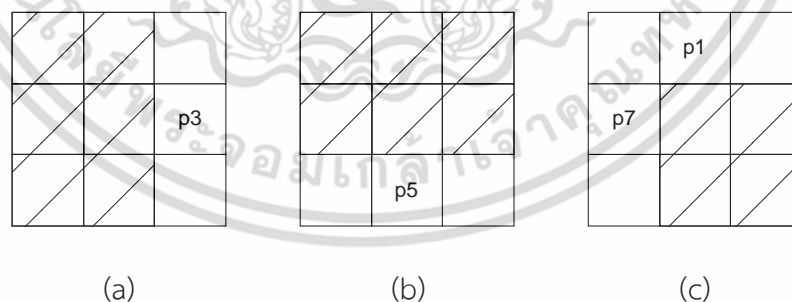
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้ $N(p_0) = \sum_{i=1}^8 p_i$ เป็นจำนวนของจุดภาพรอบ p_0 เมื่อ $p_0 = 0, 1$ และ $i = 0, 1, 2, \dots, 8$ โดยที่ $T(p_0)$ แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจาก 0 ไปเป็น 1 เมื่อพิจารณาข้อมูลใน $p_1, p_2, p_3, \dots, p_8, p_1$ ตามลำดับ สำหรับกฎ $P1$ และ $P2$ จะมีตรรกะดังนี้คือ

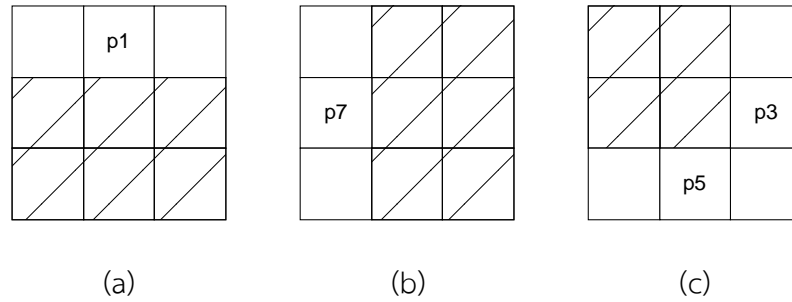
$$P1: (2 \leq N(p_0) \leq 6) \ \& \ (T(p_0) = 1) \ \& \ (p_1 \cdot p_3 \cdot p_5 = 0) \ \& \ (p_3 \cdot p_5 \cdot p_7 = 0)$$

$$P2: (2 \leq N(p_0) \leq 6) \ \& \ (T(p_0) = 1) \ \& \ (p_1 \cdot p_3 \cdot p_7 = 0) \ \& \ (p_1 \cdot p_5 \cdot p_7 = 0)$$

สำหรับเงื่อนไขแรกของ $P1$ และ $P2$ คือจุดภาพตรงกลาง ($P0$) สามารถลบได้ก็ต่อเมื่อค่าของ p_1 ถึง p_8 มีค่าเท่ากับ 1 (เป็นสีดำ) มากกว่า 1 ตำแหน่งและต้องไม่มากกว่า 6 ตำแหน่ง สำหรับเงื่อนไขที่ 2 กำหนดให้ $T(p_0) = 1$ หมายถึงต้องมีการเปลี่ยนแปลงของข้อมูลจาก 0 ไปเป็น 1 ของข้อมูล $p_1, p_2, p_3, \dots, p_8, p_1$ เพียงครั้งเดียวเท่านั้น และในเงื่อนไขที่ 3 และ 4 คือ $(p_1 \cdot p_3 \cdot p_5 = 0)$ และ $(p_3 \cdot p_5 \cdot p_7 = 0)$ จะใช้ได้สำหรับเงื่อนไขที่ $p_3 = 0$ หรือ $p_5 = 0$ หรือ ถ้า $p_1 = 0$ และ $p_7 = 0$ ตามตัวอย่างดังกล่าวนี้แสดงไว้ดังรูปที่ 3.11 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อ $p_3 = 0$ จะเป็นลักษณะของขอบด้านขวา เมื่อ $p_5 = 0$ จะเป็นขอบด้านล่าง และเมื่อ $p_1 = 0$ และ $p_7 = 0$ จะเป็นมุมบนซ้าย สำหรับใน $P2$ นั้นเราสามารถลบจุดภาพ p_0 ได้ก็ต่อเมื่อ $p_1 = 0$ หรือ $p_7 = 0$ หรือ $(p_3$ และ $p_5 = 0)$ ดังแสดงในรูปที่ 3.12 ซึ่งจะเห็นว่าเมื่อ $p_1 = 0$ จะเป็นขอบบน $p_7 = 0$ จะเป็นขอบด้านซ้าย และเมื่อ $(p_3 = 0$ และ $p_5 = 0)$ จะเป็นมุมล่างขวา



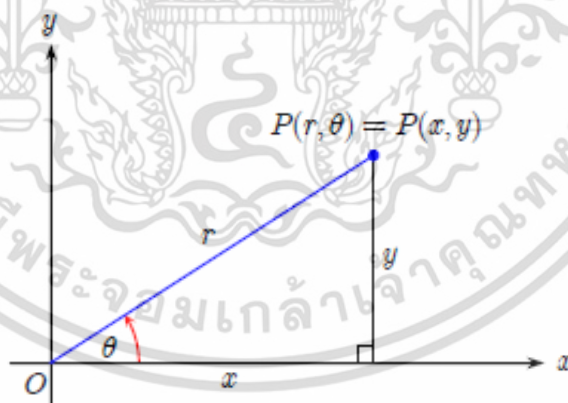
รูปที่ 3.11 เทมเพลตตามตัวอย่าง (a) $p_3=0$ (b) $p_5=0$ (c) $p_1=0$ และ $p_7=0$



รูปที่ 3.12 เเทมเพลตตามตัวอย่าง (a) $p_1=0$ (b) $p_7=0$ (c) $p_3=0$ และ $p_5=0$

3.4 ระบบพิกัดเชิงขั้ว

นอกจากระบบพิกัดฉากที่ใช้ระบุตำแหน่งของจุดในระนาบสองมิติแสดงระบบพิกัดเชิงขั้วเป็นระบบที่ระบุตำแหน่งบนระนาบสองมิติเช่นกัน เส้นโค้งบางเส้นมีรูปแบบสมการที่ยุ่งยากในระบบพิกัดฉาก แต่กลับมีรูปแบบที่ง่ายในระบบพิกัดเชิงขั้ว ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้วสามารถพิจารณาได้จากรูปที่ 3.13 ซึ่งขั้วของระบบพิกัดเชิงขั้วทับกับจุดกำเนิดของระบบพิกัดฉาก และแกนเชิงขั้วของระบบพิกัดเชิงขั้วทับกับแกน x ด้านบวกของระบบพิกัดฉาก กำหนดจุด p ให้มีพิกัด (x, y) ในระบบพิกัดฉากและมีพิกัด (r, θ) ในระบบพิกัดเชิงขั้ว ดังแสดงความสัมพันธ์ในสมการ 3.26



รูปที่ 3.13 ความสัมพันธ์ระหว่างพิกัดฉากกับพิกัดเชิงขั้ว

$$x = r \cos \theta \text{ และ } y = r \sin \theta \tag{3.26}$$

จากรูปที่ 3.13 แสดงเฉพาะกรณี $r > 0$ และ $0 < \theta < \frac{\pi}{2}$ แต่จากสมการ 3.26 เป็นจริงสำหรับ

ทุกค่าของ r และ θ ในทางกลับกันเมื่อทราบพิกัดฉาก เราสามารถหาพิกัดเชิงขั้วได้จากสมการ 3.27 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$r^2 = x^2 + y^2 \text{ และ } \tan \theta = \frac{y}{x} \quad 3.27$$

3.5 การคำนวณประสิทธิภาพของระบบ โดย FAR และ FRR

โดยทั่วไประบบไบโอเมตริกมีความผิดพลาด (Error) [10] ที่เกิดขึ้นจำแนกออกเป็น 2 ประเภท คือ FRR (False Rejection Rate) หรืออัตราการหลุดของผู้แปลกปลอมจากการตรวจจับ และ FAR (False Acceptance Rate) หรืออัตราการปฏิเสธการผ่านแก่ผู้ใช้ที่ถูกต้อง ค่า FAR และ FRR เป็นค่าที่ไม่มีความอิสระต่อกัน เพราะเมื่อค่า FAR มีค่าสูงขึ้น ค่า FRR ก็จะมีค่าต่ำลง โดยค่าทั้งสองจะแปรผกผันกันในระบบรักษาความปลอดภัยแบบไบโอเมตริก เช่น เครื่องสแกนลายนิ้วมือ เครื่องสแกนม่านตา เครื่องสแกนใบหน้า ค่า FAR และค่า FRR จะถูกปรับแต่งโดยผู้ตั้งค่าซึ่งขึ้นอยู่กับว่าต้องการความปลอดภัยมากน้อยเพียงใด เช่น หากต้องการความปลอดภัยในระดับสูงสุดก็ต้องตั้งค่า FAR ให้มีค่าน้อยๆ และ FRR มีค่าสูงขึ้น เช่น กรณีใช้ลายนิ้วมือถอนเงินอัตโนมัติหากระบบไม่ปฏิเสธผู้ใช้ทำให้เจ้าของบัญชีสูญเสียนเงินได้ แต่หากเจ้าของบัญชีตัวจริงถูกปฏิเสธก็สามารถยืนยันการใช้งานใหม่นั้นเอง หรือกรณีระบบตรวจลายนิ้วมือคนร้ายในคดีอาชญากรรม เนื่องจากไม่ต้องการให้คนร้ายหลุดรอดไปจากการตรวจสอบลายนิ้วมือจึงต้องการตรวจสอบในวงกว้างก็จะตั้ง FRR ต่ำๆ ไว้ จากนั้นก็จะทำหน้าที่ของเจ้าหน้าที่ผู้เชี่ยวชาญด้านการตรวจสอบลายนิ้วมือเพื่อกลั่นกรองอีกชั้นหนึ่ง การหาประสิทธิภาพของระบบในการระบุบุคคลหาได้จากค่าความผิดพลาดของระบบที่เกิดขึ้น คือ FAR และ FRR โดย FAR คือ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของระบบเมื่อระบบยอมรับผู้บุกรุกให้เป็นผู้ใช้จริงที่อยู่ในระบบและ FRR คือ เปอร์เซ็นต์ความผิดพลาดของระบบเมื่อปฏิเสธผู้ใช้จริงโดยมองเป็นผู้บุกรุก

ค่า FRR หาได้จากการทดสอบกลุ่มข้อมูลของผู้ใช้ในระบบซึ่งแสดงดังสมการ 3.29 และ 3.30 ดังนี้

$$FRR = \frac{\sum_{i=1}^N f(x_i)}{N} \quad (3.29)$$

$$\text{โดยที่ } f(x_i) = \begin{cases} 1; & \text{if } \forall D(F_i, Y_j) > T \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.30)$$

โดยที่ $f(x_i)$ เป็นฟังก์ชันที่ให้ผลลัพธ์เป็นหนึ่งก็ต่อเมื่อระยะทางทุกค่ามีค่ามากกว่าค่าขีดแบ่งของระบบ F_i เป็นคุณลักษณะของภาพม่านตาที่นำมาทดสอบ Y_j เป็นคุณลักษณะของผู้ใช้ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล T เป็นค่าขีดแบ่งของระบบ $D(F_i, Y_j)$ เป็นฟังก์ชันระยะทางที่วัดระหว่างคุณลักษณะที่เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำมาทดสอบกับคุณลักษณะของผู้ใช้ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล N เป็นจำนวนภาพของผู้ใช้ในระบบที่นำทดสอบ

การหาค่า FAR มาจากการทดสอบกลุ่มผู้ใช้ในระบบที่ทำการระบุบุคคลผิดและจากกลุ่มของผู้บุกรุก ซึ่งแสดงดังสมการที่ 3.31 3.32 และ 3.33 ดังนี้

$$FAR = \frac{\sum_{i=1}^N f(x_i) + \sum_{k=1}^M g(x_k)}{N + M} \quad (3.31)$$

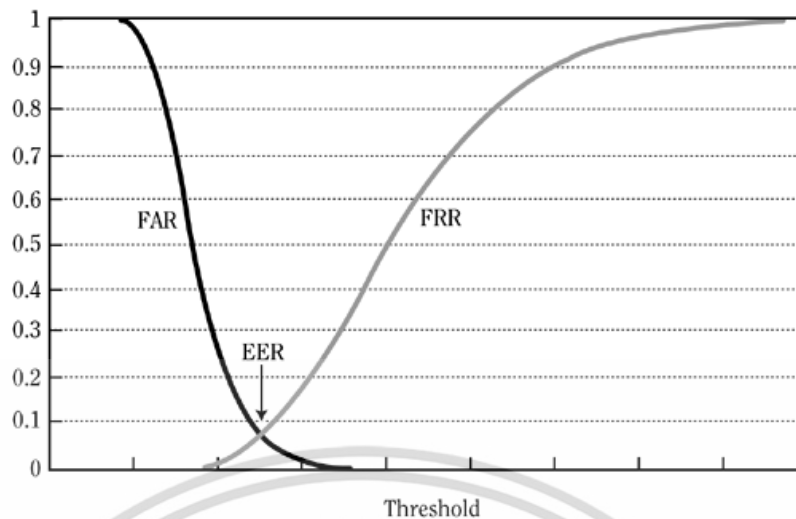
$$\text{โดยที่ } f(x_i) = \begin{cases} 1; & \text{if } \exists \min(D(F_i, Y_j)) \leq T; i \neq j \\ 0; & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.32)$$

$$g(x_k) = \begin{cases} 1; & \text{if } \exists \min(D(F_k, Y_j)) \leq T \\ 0; & \text{Otherwise} \end{cases} \quad (3.33)$$

โดยที่ $f(x_i)$ เป็นฟังก์ชันที่ให้ผลลัพธ์เป็น 1 ก็ต่อเมื่อค่าระยะทางน้อยที่สุดมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งของระบบ โดยที่เป็นผู้ใช้คนละคนกัน $g(x_k)$ เป็นฟังก์ชันที่ให้ผลลัพธ์เป็นหนึ่งเมื่อค่าระยะทางที่น้อยที่สุดที่ได้จากการเปรียบเทียบคู่ผู้บุกรุกกับผู้ใช้ที่อยู่ในฐานข้อมูลมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าขีดแบ่งของระบบ F_i เป็นคุณลักษณะของภาพมาตาที่นำมาทดสอบ Y_j เป็นคุณลักษณะของผู้ใช้ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล F_k เป็นคุณลักษณะของผู้ใช้ที่เก็บอยู่ในฐานข้อมูล N เป็นจำนวนภาพของผู้ใช้ในระบบที่นำทดสอบ M เป็นจำนวนภาพของผู้บุกรุกในระบบที่นำทดสอบในการทดลองจะพบว่าค่า FAR และ FRR จะขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่งของระบบ เมื่อทำการปรับค่าขีดแบ่งก็จะส่งผลต่อประสิทธิภาพของระบบ ดังนั้นในการทดลองจึงทำการปรับค่าขีดแบ่งของระบบเพื่อหาค่าขีดแบ่งที่ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุด ซึ่งจุดที่ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุด คือจุด CER (Cross over Error rate) หรือ EER (Equal Error Rate) ซึ่งเป็นจุดที่มีค่า FAR และ FRR เท่ากัน ซึ่งค่า CER สามารถคำนวณความถูกต้องของระบบได้จากสมการ 3.34 โดยผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 3.14

$$accuracy(\%) = 100 - EER \quad (3.34)$$

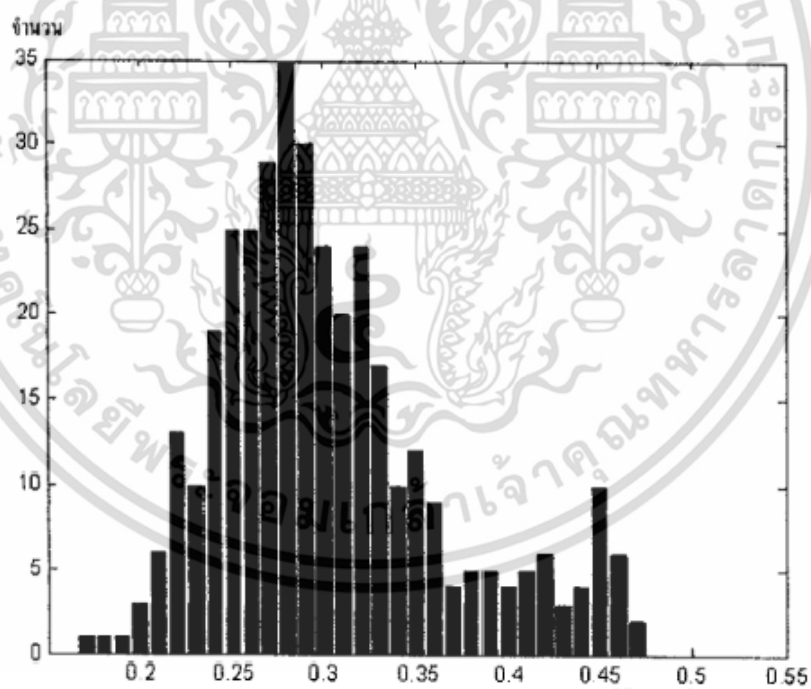
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.14 แสดงผลการคำนวณ FAR และ FRR

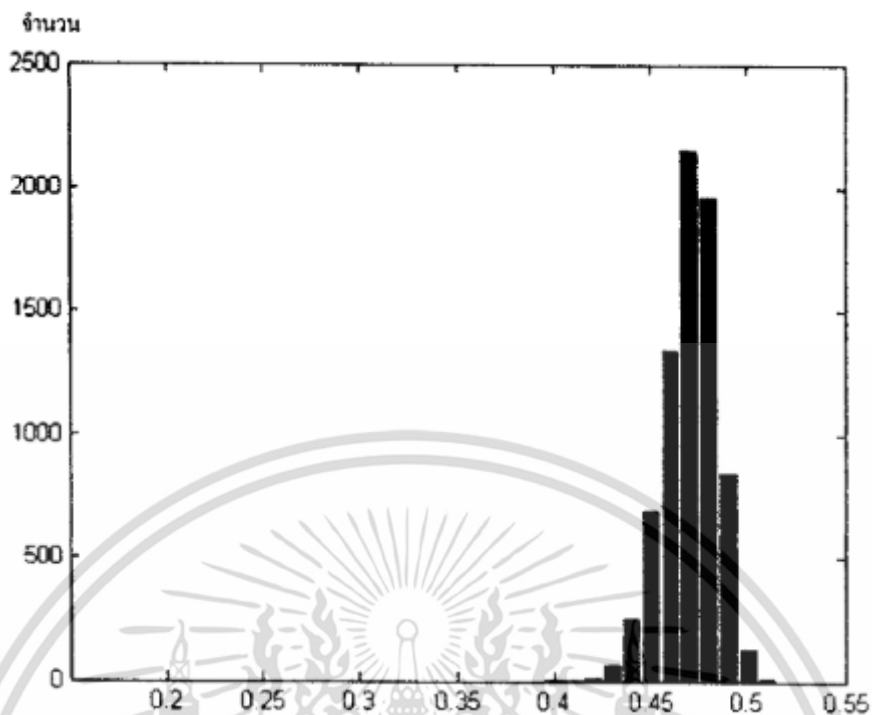
ที่มา <http://flylib.com/books/en/4.400.1.71/1/>

ตัวอย่างการคำนวณ



รูปที่ 3.15 กราฟแสดงค่าระยะทางของกลุ่มตัวบุคคลเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.16 กราฟแสดงค่าความต่างของกลุ่มตาของบุคคลต่างกัน

$FAR = \text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลผิดแต่เข้าใจว่าถูก} / \text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลที่ผิดทั้งหมด}$

$FRR = \text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลถูกแต่เข้าใจว่าผิด} / \text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลที่ถูกต้องทั้งหมด}$

การทดลองจะทำการเพิ่มค่าขีดแบ่งในการตัดสินใจการตัดสินใจความเข้าคู่ของลายม่านตาซึ่งแสดงผลลัพธ์ดังตัวอย่างในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2. แสดงตัวอย่างค่าขีดเริ่มที่ค่า FAR และ FRR

ค่าขีดเริ่ม	FAR (%)	FRR (%)
0.20	0.000	96.541
0.25	0.000	82.787
0.3	0.000	37.880
0.35	0.000	10.181
0.40	0.050	4.510
0.45	7.599	0.500
0.5	95.560	0.000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 3.2 จะเห็นว่าการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของการตัดสินใจความเข้าคู่กันของลายม่านตา พบว่าที่ค่าขีดเริ่ม 0.40 มีความผิดพลาดทั้ง FAR และ FRR ใกล้เคียงกันซึ่งเป็นค่าขีดเริ่มเปลี่ยนในการตัดสินใจความเข้าคู่กันของลายม่านตา ซึ่งจุดนี้เป็นจุดที่ทำให้ระบบมีประสิทธิภาพดีที่สุดคือจุด CER (Cross over Error rate) หรือ EER (Equal Error Rate) ซึ่งเป็นจุดที่มีค่า FAR และ FRR เท่ากัน ซึ่งค่า CER สามารถคำนวณความถูกต้องของระบบได้จากสมการ 3.34 ระบบมีค่า EER อยู่ที่ 4.510 ความถูกต้องอยู่ที่ 95.49 %



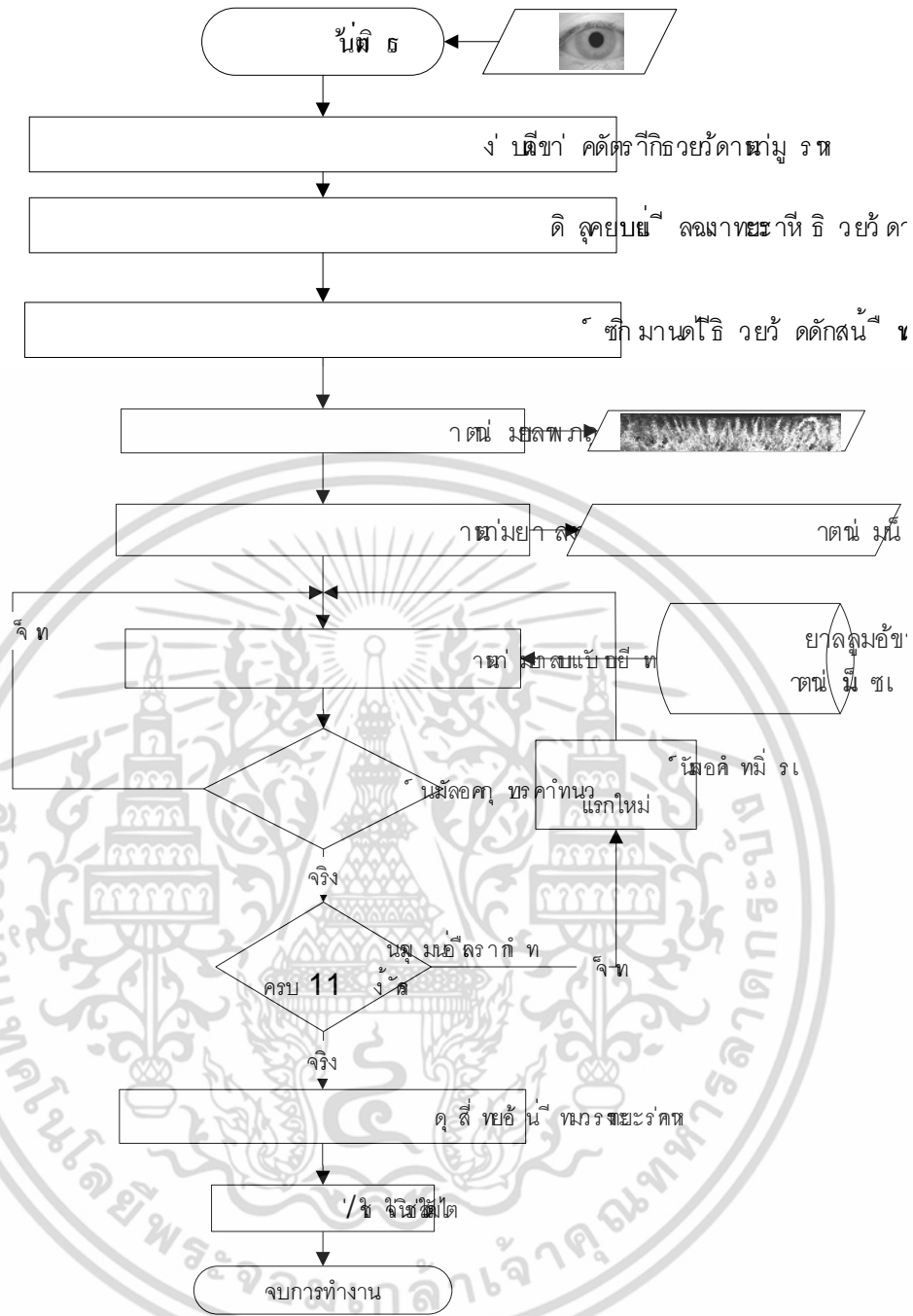
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การหาตำแหน่งและการดึงลักษณะเด่นลายม่านตา

4.1 ภาพรวมของระบบการค้นหาคำแหน่งและการเปรียบเทียบคู่ม่านตาที่นำเสนอ

การค้นหาคำแหน่งม่านตาและการเปรียบเทียบคู่ม่านตาที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบไปด้วยกระบวนการหลักๆ 2 กระบวนการได้แก่ การค้นหาคำแหน่งม่านตา และการเปรียบเทียบคู่ม่านตา ซึ่งหลักการทำงานของระบบจะเริ่มจากการนำภาพถ่ายลายม่านตามาทำการค้นหาคำแหน่งม่านตา และขอบเขตของลายม่านตาเพื่อต้องการแก้ปัญหาเปลือกตาและขนตาที่ไม่ต้องการและทำให้กระบวนการเข้ารหัสม่านตาทำได้ง่ายขึ้นโดยจะทำการสกัดเฉพาะส่วนล่างของลายม่านตา หลังจากกระบวนการนี้จะได้ภาพลายม่านตาที่มีขนาดเป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีระดับความเข้มแสงกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นจากปัญหาดังกล่าวจึงทำการปรับปรุงคุณภาพของลายม่านตาด้วยวิธี Histogram Equalization ซึ่งมีจุดเด่นคือ ช่วยกระจายความเข้มแสงของภาพให้สม่ำเสมอ เมื่อทำการปรับปรุงคุณภาพของลายม่านตาให้ดีขึ้นแล้วจึงทำการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาโดยใช้วิธีทางสถิติ(SEM)ที่นำเสนอแล้วทำการลดรูปสัญญาณที่ได้โดยใช้ผลต่างข้อมูลในองศาถัดไปเพื่อลดขนาดข้อมูลและแก้ปัญหาความผิดพลาดสะสมที่เกิดจากการระบุขอบเขตลายม่านตา แล้วนำมาเป็นตัวแทนของข้อมูลภาพลายม่านตา หลังจากนั้นจะเป็นการวัดประสิทธิภาพของระบบเมื่อนำไปใช้งานโดยทำการทดลองทำการเปรียบเทียบคู่ม่านตาระหว่างภาพม่านตาที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบกับภาพม่านตาที่เก็บไว้ในฐานข้อมูลซึ่งแผนผังการไหลของกระบวนการทั้งหมดสามารถแสดงดังรูปที่ 4.1

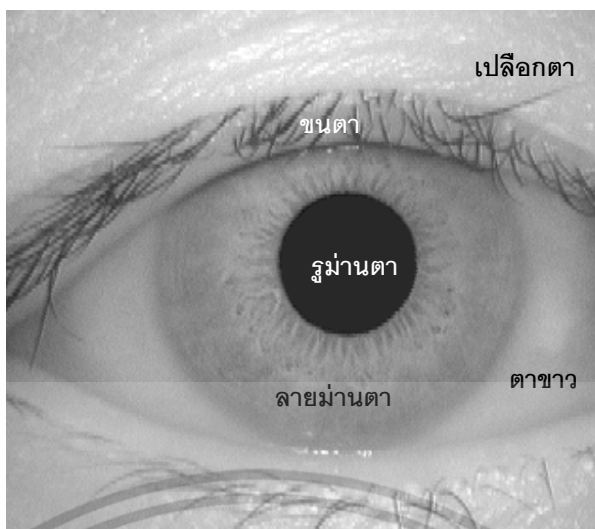


รูปที่ 4.1 ภาพรวมของระบบที่นำเสนอ

4.2 กระบวนการค้นหาตำแหน่งม่านตาและขอบเขตของลายม่านตา

กระบวนการค้นหาตำแหน่งม่านตามีวัตถุประสงค์คือ ต้องการค้นหาตำแหน่งและสกัดลายม่านตาที่อยู่ในภาพเพื่อนำมาใช้สำหรับกระบวนการเข้ารหัสม่านตาในขั้นตอนต่อไป ซึ่งก่อนที่จะค้นหาตำแหน่งลายม่านตานั้นจำเป็นจะต้องทำความรู้จักรายละเอียดของภาพลูกตาเสียก่อนดังรูปที่ 4.2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

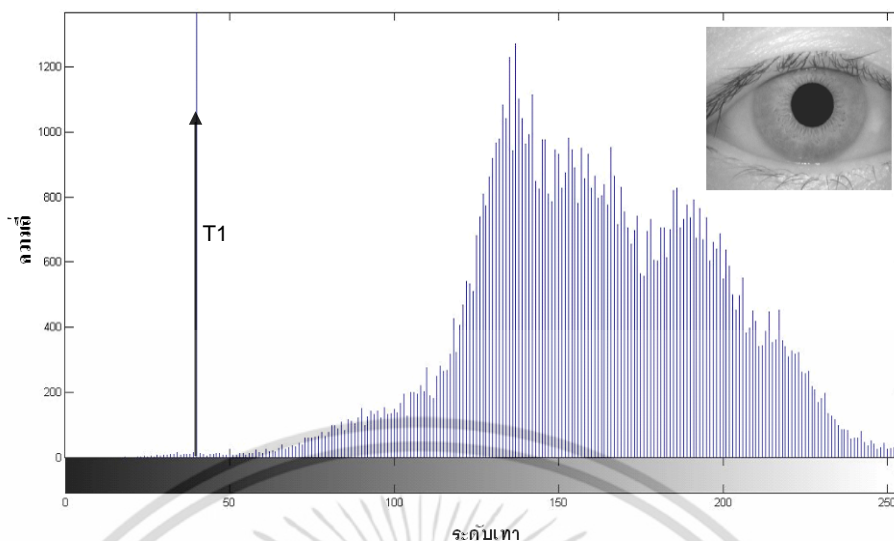


รูปที่ 4.2 รายละเอียดภาพลูกตา

ภาพลูกตาประกอบด้วย รูม่านตา (Pupil) มีหน้าที่สำคัญในการรับแสง ลายม่านตา (Iris) ทำหน้าที่ควบคุมการหดตัวและขยายตัวของรูม่านตาซึ่งเป็นบริเวณพื้นที่ที่สนใจที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ตาขาว (Sclera) ขนตา (Eyelashes) และเปลือกตา (Eyelid) กระบวนการค้นหาตำแหน่งม่านตาเริ่มจากการค้นหาจุดอ้างอิงของภาพเพื่อช่วยระบุตำแหน่งในการสกัดพื้นที่ลายม่านตา ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้จุดศูนย์กลางของรูม่านตามาเป็นจุดอ้างอิงโดยกำหนดให้รูม่านตาและลายม่านตาใช้จุดอ้างอิงจุดเดียวกัน ซึ่งจุดอ้างอิงสามารถคำนวณได้จากวิธีการนำพิกัดของพื้นที่บริเวณรูม่านตามาทำการหาค่าเฉลี่ย จากจุดอ้างอิงที่หาได้จะถูกนำไปใช้ในการคำนวณหารัศมีของรูม่านตาโดยพิจารณาจากค่าเฉลี่ยของระยะจากจุดอ้างอิงถึงเส้นขอบของรูม่านตา นอกจากนี้การหารัศมีของลายม่านตานั้นมีวิธีการคล้ายคลึงกับการหารัศมีของรูม่านตา ซึ่งจะกล่าวละเอียดอีกครั้งในขั้นตอนการหารัศมีลายม่านตา โดยในกระบวนการค้นหาตำแหน่งม่านตานั้นมีขั้นตอนย่อย 2 ส่วน คือการหาตำแหน่งม่านตา และการหาขอบเขตลายม่านตา

4.2.1 การหาตำแหน่งม่านตา

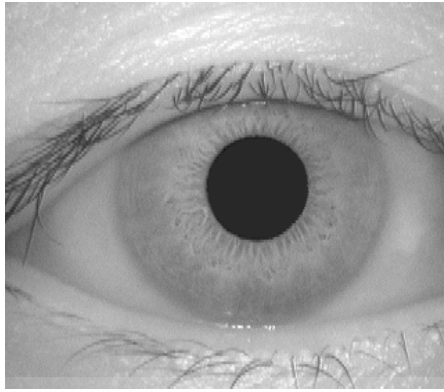
การระบุตำแหน่งม่านตาเป็นกระบวนการเริ่มต้นก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการหาของเขตลายม่านตา ซึ่งกระบวนการนี้จะทำการค้นหาจุดอ้างอิงบนภาพลูกตาซึ่งมีลักษณะของลายม่านตาเป็นทรงกลม เพื่อให้ง่ายต่อการกำหนดขอบเขตลายม่านตานั้นจำเป็นต้องหาศูนย์กลางของลายม่านตาเสียก่อนโดยจะทำการสร้างตารางฮิสโตแกรมขึ้นมาจากภาพดวงที่มีโมเดลสีเป็นภาพระดับเทา แล้วทำการพล็อตกราฟฮิสโตแกรมขึ้นมามีดังรูปที่ 4.3



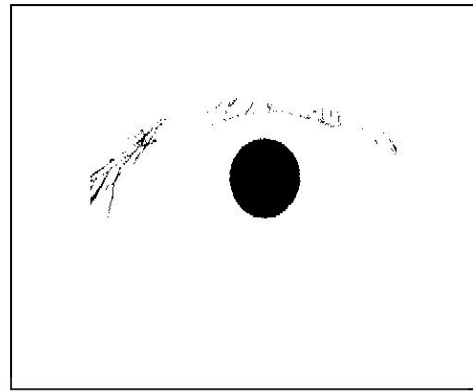
รูปที่ 4.3 แสดงกราฟฮิสโตแกรม

จากภาพ พบว่า มีการกระจายตัวของค่าความสว่างภายในภาพจำนวนมาก แต่จุดเด่นในการค้นหารูม่านตาคือ รูปร่างตามีลักษณะทรงกลมสีดำ ซึ่งเป็นลักษณะเด่นที่มีความแตกต่างจากองค์ประกอบอื่นๆ ภายในภาพ ภาพรูม่านตานั้นสามารถสกัดแยกออกมาโดยใช้วิธีการแปลงภาพลายม่านตาให้อยู่ในแบบภาพไบนารีหรือภาพขาวดำด้วยตามสมการที่ 4.1 โดยกำหนดค่าขีดแบ่งที่ใช้แบ่งภาพออกเป็น 2 ระดับ นั้นจะมีค่า $T1$ ซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับค่าความเข้มแสงที่มีความถี่มากที่สุดในช่วงระดับเทา 0 ถึง 40 โดยค่าที่ใช้เป็นค่าอ้างอิงในการแปลงภาพระดับเทาให้เป็นภาพไบนารี กล่าวคือ ถ้าค่าความเข้มแสงมีค่ามากกว่าค่าอ้างอิงจะให้ผลลัพธ์เท่ากับ 1 ซึ่งหมายถึงระดับภาพสีขาว แต่ถ้าค่าความเข้มแสงของพิกเซลในตำแหน่งนั้นๆ มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าอ้างอิงผลลัพธ์ที่ได้จะมีค่าเท่ากับ 0 ซึ่งหมายถึงภาพระดับสีดำ ตัวอย่างของการแปลงให้เป็นภาพไบนารีที่ได้จากการปรับแต่งรูม่านตาของฐานข้อมูล CASIA รุ่นที่ 1 ซึ่งผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 4.4 ข

$$g(x, y) = \begin{cases} 1 & ; f(x, y) > T1 \\ 0 & ; f(x, y) \leq T1 \end{cases} \quad (4.1)$$



(ก)



(ข)

รูปที่ 4.4 แสดงภาพก่อนและหลังการแปลงภาพเป็นไบนารี

จากรูปที่ 4.4 ข จะเห็นได้ว่าหลังจากทำการแปลงภาพระดับเทาให้เป็นภาพไบนารีแล้ว พบว่ามีสัญญาณรบกวนเกิดขึ้นมานอกเหนือจากพื้นที่ที่สนใจ จึงจำเป็นต้องทำการกำจัดสัญญาณรบกวนทิ้ง เนื่องจากสัญญาณรบกวนจะส่งผลกระทบต่อกระบวนการหาจุดศูนย์กลางม่านตาในขั้นตอนถัดไป ในงานวิจัยนี้ใช้วิธีการประมวลผลโครงสร้างของภาพด้วยวิธีการแบบเปิดซึ่งมีหลักการคือ วัตถุที่ไม่สอดคล้องกับเทมเพลตจะถูกกำจัดออกไปดังแสดงในสมการที่ 4.2 จากสมการกำหนดให้ A คือ ภาพไบนารีที่มีสัญญาณรบกวนและ B คือเทมเพลตที่ใช้ในการกำจัดสิ่งรบกวนขนาด 3x3 โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.5

$$OPEN(A, B) = Dilation(Erosion(A)) \quad (4.2)$$

$$B = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$



รูปที่ 4.5 ผลลัพธ์การประมวลผลโครงสร้างด้วยวิธีแบบเปิด

เมื่อได้ภาพรูม่านตาที่ปราศจากขนตาดังตัวอย่างจากรูปที่ 4.5 แล้วขั้นตอนต่อไปจะทำการหาจุดศูนย์กลางของรูม่านตาเพื่อใช้เป็นจุดอ้างอิงในการสกัดลายม่านตาโดยจะทำการหาค่าเฉลี่ยพิกัดจุดเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พื้นที่ที่มีค่าจุดพื้นที่เท่ากับศูนย์ (สีดำ) เพื่อประมาณค่าจุดศูนย์กลางมาตามออกมา โดยใช้สมการที่ 4.3 โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.6

$$c_x = \frac{1}{N_{g(x,y)=0}} \sum_{g(x,y)=0} x \quad (4.3)$$

$$c_y = \frac{1}{N_{g(x,y)=0}} \sum_{g(x,y)=0} y$$

จากสมการกำหนดให้

c_x และ c_y คือ พิกัดจุดอ้างอิงที่เป็นจุดศูนย์กลางของรูปร่างตาในแกน x และ แกน y ตามลำดับ

$N_{g(x,y)=0}$ คือ จำนวนจุดภาพทั้งหมดที่มีค่า เท่ากับศูนย์

$\sum_{g(x,y)=0} x$ และ $\sum_{g(x,y)=0} y$ คือ ผลรวมพิกัดจุดภาพที่มีค่าจุดภาพเท่ากับศูนย์ ในแนวแกน x และ แกน y



รูปที่ 4.6 ภาพผลลัพธ์จากประมาณตำแหน่งอ้างอิง

หลังจากที่ได้จุดอ้างอิงของลายม่านตาแล้วขั้นตอนต่อไปจะเป็นการหารัศมีของรูปร่างตาโดยนำภาพที่ได้จากการทำไบนารีและกำจัดสัญญาณรบกวนในรูปที่ 4.5 มาทำการหารัศมี ซึ่งมีค่าเท่ากับค่าเฉลี่ยระยะทางจากจุดอ้างอิงถึงขอบภาพดังสมการที่ 4.4

$$r_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \sqrt{(c_x - i_x)^2 + (c_y - i_y)^2} \quad (4.4)$$

จากสมการกำหนดให้

r_p คือ รัศมีของรูปร่างตา

c_x และ c_y คือ พิกัดจุดอ้างอิงที่เป็นจุดศูนย์กลางของรูปร่างตาในแกน x และ แกน y ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

i_x, i_y คือ พิกัดขอบม่านตาในแนวแกน x และ y

N คือ จำนวนพิกัดขอบม่านตาทั้งหมด

เมื่อได้จุดอ้างอิงคือ พิกัดจุดศูนย์กลางรูม่านตาและรัศมีจากจุดศูนย์กลางถึงเส้นขอบของรูม่านตา ขั้นตอนต่อไปเป็นการหาขอบเขตของลายม่านตา จากงานวิจัย [7] ได้เสนอวิธีการขยายรัศมีเพื่อ กำหนดขอบเขตรัศมีจนถึงเปลือกตา เมื่อพิจารณาภาพลายม่านตาในรูปที่ 4.7 จากภาพจะเห็นได้ว่า ระยะทางจากรูม่านตาถึงเปลือกตาในแต่ละภาพมีค่าไม่เท่ากัน จะพบว่าวิธีการในงานวิจัย [7] นั้นจะสามารถสกัดข้อมูลลายม่านตาได้จำนวนน้อยเพราะขอบเขตของรูม่านตานั้นอยู่ใกล้กับเปลือกตามาก เพื่อเลี่ยงปัญหาที่จะเกิดขึ้นในการสกัดข้อมูลลายม่านตาเนื่องจากมีขนตาจำนวนมากในส่วน ของเปลือกตาด้านบนมารบกวน ประกอบกับพฤติกรรมของดวงตาที่จะรักษาตำแหน่งตาดำใกล้กับเปลือกตา บนมาก ทำให้ปริมาณข้อมูลม่านตาบริเวณด้านบนมีน้อย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีสกัดลาย ม่านตาโดยใช้วิธีการสกัดเฉพาะส่วนของม่านตาล่างโดยทำการค้นหาเส้นขอบในช่วงมุม 0 ถึง -180 โดยมีการเก็บรัศมีแบบไดนามิกส์ขึ้นอยู่กับเส้นของภาพที่พบซึ่งมีความยืดหยุ่นกว่างานวิจัย [7] โดย กล่าวละเอียดในขั้นตอนต่อไป



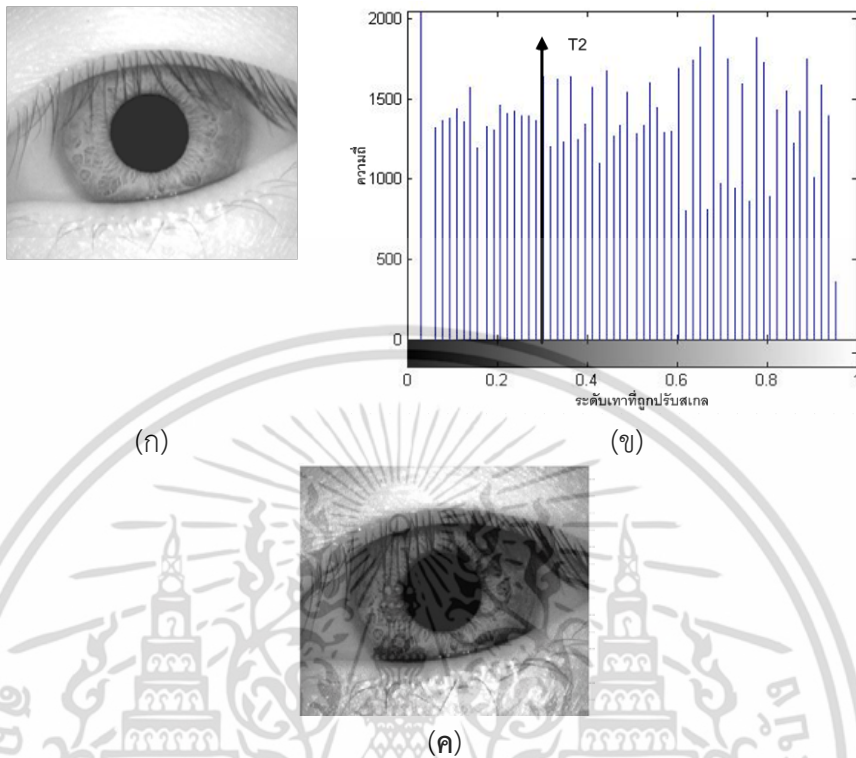
รูปที่ 4.7 ตัวอย่างภาพลายม่านตา

4.2.2 การหาขอบเขตของลายม่านตา

ขั้นตอนการหาขอบเขตลายม่านตามีจุดประสงค์เพื่อหาตำแหน่งขอบเขตสำหรับกระบวนการสกัด พื้นที่ลายม่านตา โดยงานวิจัยนี้เสนอวิธีการหาเส้นขอบแบบไดนามิกส์ เริ่มแรกจะทำการปรับสมดุล เทาของภาพม่านตาในรูปที่ 4.8 (ก) เพื่อให้ลายม่านตามีลักษณะเด่นชัดเพิ่มขึ้นโดยใช้วิธีการ Histogram Equalization มีข้อดี คือ ภาพลายม่านตามีการกระจายตัวของความเข้มแสงเท่าๆกันทำให้รายละเอียดของภาพลายม่านตามีความชัดเจนขึ้นซึ่งมีพื้นฐานจากการปรับปรุงคุณภาพของภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากค่าฮิสโตแกรมตัวอย่างการปรับรูปร่างค่าความเข้มแสงด้วยเทคนิค Histogram Equalization แสดงได้ดังรูป 4.8



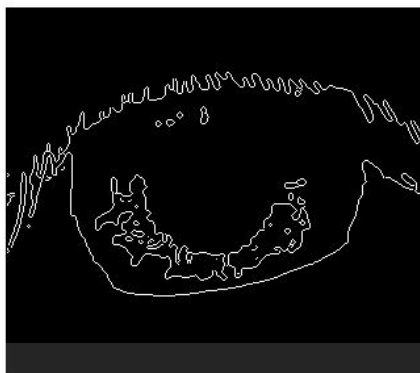
รูปที่ 4.8 แสดงผลการปรับสมดุระดับเทา

เมื่อได้ภาพผลลัพธ์จากการปรับรูปร่างค่าความเข้มแสง (รูปที่ 4.8 (ค)) แล้วขั้นตอนต่อไปจะทำการแปลงภาพในรูปที่ 4.8 (ค) ให้อยู่ในรูปไบนารีอีกครั้ง โดยใช้ค่าขีดแบ่ง T_2 ในรูปที่ 4.8 (ข) มีค่าเท่ากับ 0.3 ซึ่งได้จากการทดลองปรับระดับเทามาทำการแทนค่าใน T_1 ของสมการที่ 4.1 โดยผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 4.9 แล้วทำการหาเส้นขอบของลายม่านตาโดยใช้วิธีการหาเส้นขอบแบบแคนนี่วิธีนี้มีจุดเด่นคือ เส้นขอบที่ได้จะบาง และมีการใช้ตัวกรองเกาเซียนทำให้ลดสัญญาณรบกวนลงได้ซึ่งแสดงผลพืในดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.9 ภาพไบนารีจากตัดค่าขีดแบ่ง T_2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



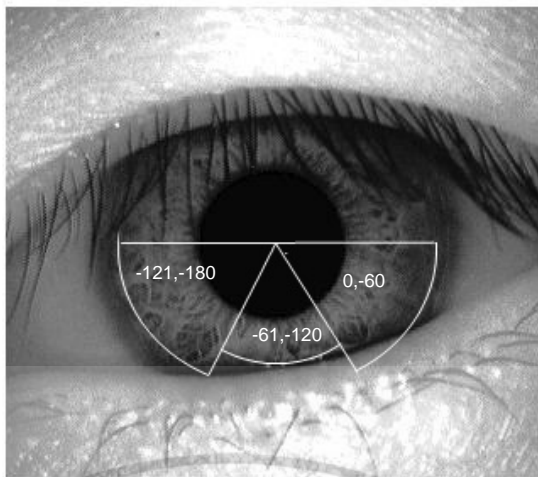
รูปที่ 4.10 ภาพแสดงเส้นขอบของลายม่านตา

ในงานวิจัยนี้จะมุ่งเน้นไปที่การสกัดลายม่านตาเฉพาะช่วงล่างของม่านตาเท่านั้นเพื่อลดผลกระทบของขนตาและเปลือกตาบนทำให้มีรายละเอียดของข้อมูลสมบูรณ์มากกว่าช่วงบน ดังนั้นเมื่อได้เส้นขอบดังรูปที่ 4.10 แล้วจะทำการหารัศมีจากจุดอ้างอิงถึงเส้นขอบ โดยการหารัศมีที่มุม $0, -45, -135$ และ -180 มาทำการหาผลต่างของรัศมี โดยใช้รัศมีที่มุม 0 เป็นรัศมีอ้างอิง กำหนดผลต่างของรัศมีไม่เกิน 10 แล้วทำการเก็บค่ารัศมีที่เข้าเงื่อนไขในแต่ละมุม หลังจากนั้นทำการเลือกรัศมีที่มีค่ามากที่สุด และมีองค์ประกอบของค่าในมุมอื่นครบ มาทำการเฉลี่ยค่ารัศมีเพื่อเป็นตัวแทนรัศมีขอบลายม่านตา ส่วนมุม -90 จะมีค่ารัศมีเท่ากับรัศมีที่หาได้ไปจนถึงขอบของเปลือกตาล่างในมุม -90 กรณีที่รัศมีที่คำนวณได้มากกว่าค่าเฉลี่ยขอบลายม่านตา ให้ใช้ค่ารัศมีขอบลายม่านตาเฉลี่ยแทนซึ่งได้ผลลัพธ์ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างค่ามุมและรัศมีเส้นขอบที่พบของรูป 4.10

มุม(θ)	0	-45	-90	-135	-180
รัศมี(r_i)	25	31		21	29
รัศมี(r_i)	107	109	79	105	115
รัศมี(r_{10})	150	-		-	144
รัศมี(r_i)ตรงตามเงื่อนไขที่กำหนด ค่าเฉลี่ยมุม $0, -45, -135$ และ -180 มีค่าเท่ากับ $= 109$					

หลังจากคำนวณค่ารัศมีแล้วขั้นตอนต่อไปเป็นการกำหนดขอบเขตค่ามุมและรัศมีที่ใช้ในการสกัด ดังรูปที่ 4.11 โดยกำหนดให้มุม 0 ถึง -60 และ -120 ถึง -180 ใช้รัศมี (r_i) เฉลี่ยตามตารางที่ 4.1 นอกนั้นให้ใช้รัศมี (r_i) ที่มุม -90 เพื่อให้มีความยืดหยุ่นกว่างานวิจัยที่ [7] ที่ใช้รัศมีลายม่านตาเท่ากับขอบม่านตาที่ใกล้ที่สุด



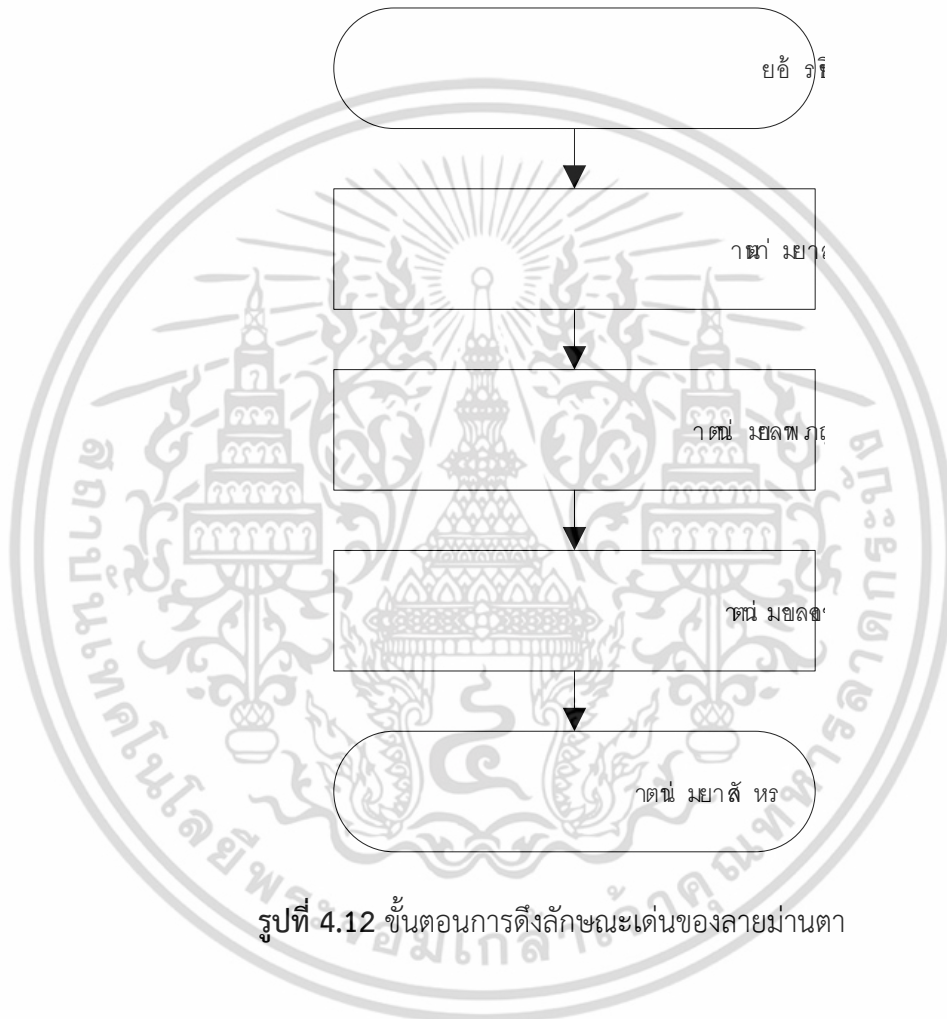
รูปที่ 4.11 แสดงขอบเขตมุมและรัศมีในการสกัดลายม่านตา

4.3 กระบวนการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา

กระบวนการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา(feature extraction)เป็นกระบวนการหนึ่งที่สำคัญในการพัฒนาวิธีการรู้จำลายม่านตา เนื่องจากการรู้จำลายม่านตาโดยตรงนั้นจะใช้เวลาในการคำนวณมาก เพราะข้อมูลลายม่านตามีขนาดใหญ่ ดังนั้นจำเป็นต้องมีกระบวนการดึงลักษณะเด่น มาทำการลดขนาดข้อมูลของลายม่านตาเพื่อให้เวลาดำเนินการลดลงด้วย โดยคุณสมบัติของลักษณะเด่น(feature)นั้นจะต้องเป็นลักษณะเฉพาะสามารถแทนข้อมูลลายม่านตาได้ซึ่งในปัจจุบันมีงานวิจัยจำนวนมากได้นำเสนอเทคนิคที่มีความหลากหลายในการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา เช่น ในงานวิจัย [6] ได้นำเสนอการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาโดยใช้ 2D Gabor wavelets ซึ่งมีความแม่นยำสูงในระดับหนึ่งแต่ใช้เวลาดำเนินการนานเนื่องจากความซับซ้อนของสมการที่ใช้ งานวิจัย [7] ได้เสนอการดึงลักษณะเด่นโดยใช้วิธีการดึงลักษณะเด่นแบบ Haar wavelets ซึ่งใช้เวลาดำเนินการเร็วแต่ไม่สามารถแยกแยะข้อมูลระหว่างความถี่ต่ำและสูงได้ เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องของฟังก์ชัน haar วิธีการดึงลักษณะเด่นต่างๆ ในงานวิจัย [6] และ [7] ใช้วิธีการดึงข้อมูลทางตรงจากลายม่านตา จากการสำรวจหาแนวคิดในการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาดังกล่าว พบว่า ระดับสีของร่อง จุดหรือลายต่างๆ บนม่านตามีความแตกต่างกันชัดเจน ดังนั้นอาจสรุปได้ว่าวิธีการทางสถิติในการสามารถนำมาช่วยในการดึงลักษณะเด่นได้ โดยในงานวิจัยนี้จะนำเสนอการเข้ารหัสลายม่านตาดังกล่าวด้วยวิธีการทางสถิติ (SEM) 3;วิธี อันได้แก่ วิธีหาค่าเฉลี่ย วิธีเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก

4.3.1 การดึงลักษณะเด่น

กระบวนการดึงลักษณะเด่นของม่านตานี้ประกอบด้วยขั้นตอนย่อยอยู่ 3 ขั้นตอน คือ การนอร์มัลไลซ์ขนาดลายม่านตา (Iris Normalization) การปรับปรุงคุณภาพลายม่านตา (Iris Enhancement) และการเข้ารหัสลักษณะเด่นของลายม่านตา (Iris Feature Encoding) โดยใช้วิธีการทางสถิติ (SEM) 3 วิธี ได้แก่ การใช้หาค่าเฉลี่ย การหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักดังแสดงในรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 ขั้นตอนการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา

4.3.2 การนอร์มัลไลซ์ขนาดลายม่านตา (Iris Normalization)

หลังจากระบุตำแหน่งต่างๆ อันได้แก่ ศูนย์กลางม่านตา รัศมีของลายม่านตา ในกระบวนการที่ผ่านมาจะสังเกตเห็นได้ว่าตำแหน่งของจุดศูนย์กลางรัศมีของรูม่านตาและรัศมีของลายม่านตาในแต่ละภาพจะมีขนาดไม่เท่ากันซึ่งเกิดจากตำแหน่งของการตัดภาพมาประมวลผล ความใกล้เคียงของกล้องที่ถ่าย ปริมาณแสงที่กระทบม่านตาขณะทำการบันทึกภาพ เป็นต้น จึงจำเป็นต้องทำให้ขนาดภาพมาตรฐานเดียวกัน คือ ทำให้ภาพลายม่านตามีขนาดเท่ากัน เพื่อความถูกต้องและรวดเร็วในการทำงานในขั้นตอนการปรับปรุงคุณภาพและการเข้ารหัสลักษณะเด่นของม่านตาต่อไป วิธีการทำขนาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใช้ได้เห็นว่าไม่เหมาะสมในการใช้ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพให้มาตรฐานนี้จะนำภาพมาทำการคลี่ออกในแนวองศา แล้วทำการแปลงภาพลายม่านตา จากวงแหวนให้กลายเป็นภาพแถบสี่เหลี่ยมด้วยเทคนิคการแปลงระบบพิกัดเชิงขั้วให้อยู่ในรูปแบบ พิกัดฉาก ซึ่งสามารถแสดงได้ในสมการที่ 4.5 ภาพผลลัพธ์แกนแนวตั้งใหม่คือ แกนรัศมีของภาพลาย ม่านตาเดิม และแกนแนวนอนใหม่คือ แกนองศาของภาพลายม่านตาเดิมดังแสดงในรูปที่ 4.13 ซึ่งมุม องศาที่ใช้ในการทดลองนี้จะใช้ผลการหารัศมี r_i และค่ามุมที่หาได้ในตารางที่ 4.1 และขอบเขตการ สกัดในรูปที่ 4.11

$$R(r, \theta) = I(x_c + r \cos \theta, y_c + r \sin \theta) \quad (4.5)$$

$$r = r_p + n; 0 \leq n \leq r_i - r_p$$

จากสมการกำหนดให้

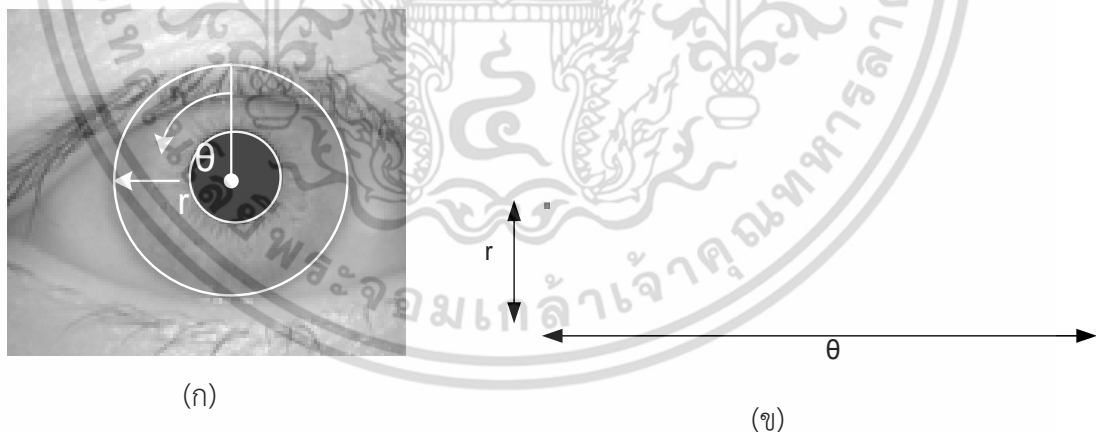
$R(r, \theta)$ คือ ผลลัพธ์ค่าในตำแหน่งลายม่านตาของระบบพิกัดฉาก

I คือ ค่าในตำแหน่งลายม่านตาของระบบพิกัดเชิงขั้ว

x_c และ y_c คือ ตำแหน่งศูนย์กลางม่านตาอ้างอิง

r คือ รัศมีวงแหวนโดยที่ r_p คือรัศมีวงใน (เส้นรอบวงรูม่านตา) r_i คือรัศมีวงนอก (เส้นรอบ วงลายม่านตา)

n คือจำนวนจุดภาพที่ต้องการ (งานวิจัยนี้กำหนดให้ค่า $n=20$)



รูปที่ 4.13 แสดงก่อนและหลังทำการปรับขนาด

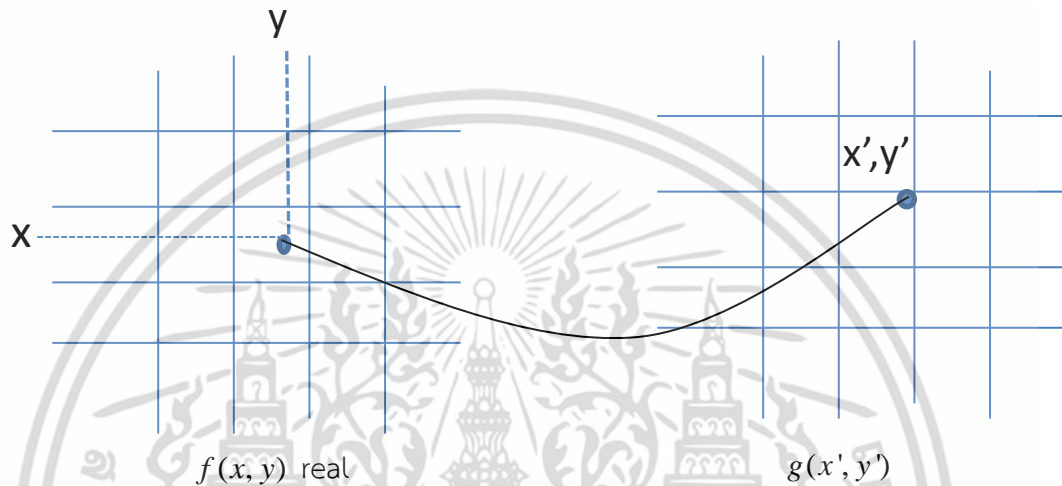
ค่าพิกัดรัศมีและพิกัดองศาในภาพลายม่านตาที่ตกอยู่ในตำแหน่งที่คลาดเคลื่อนจากจุดภาพจะนำมาใช้ ในการประมาณค่าในบริเวณลายม่านตาของรูปด้วยวิธีการประมาณเชิงเส้น (Linear Interpolation) ดังแสดงในสมการที่ 4.6 โดยการคำนวณหาตำแหน่งใดในภาพใกล้เคียงภาพอินพุตมากที่สุดจากจุดนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นความเข้มแสงใหม่ในตำแหน่งภาพใหม่ ซึ่งการคำนวณด้วยวิธีนี้จะทำได้ง่ายและรวดเร็วที่สุด โดยแสดงในรูปที่ 4.14 แสดงตำแหน่งในการประมาณเชิงเส้น

$$g(x', y') = f[\text{round}(x), \text{round}(y)] \quad (4.6)$$

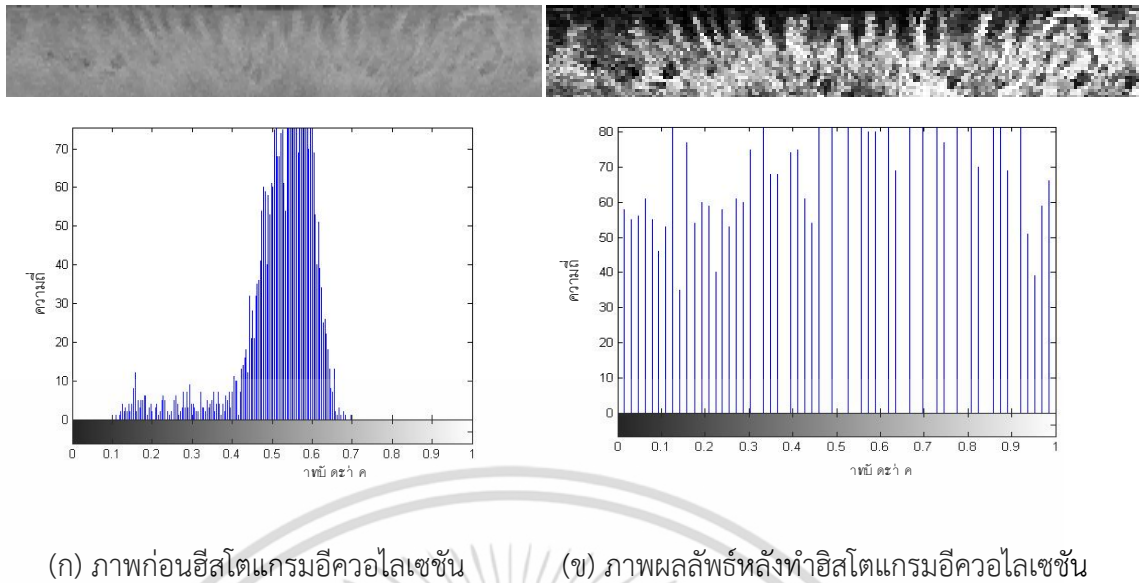
โดยที่ $g(x', y')$ คือค่าความเข้มแสงใหม่ที่ตำแหน่งอินพุต $f(x, y)$



รูปที่ 4.14 แสดงตำแหน่งตัวแปรในการประมาณเชิงเส้น

4.3.3 การปรับปรุงคุณภาพลายม่านตา Image Enhancement

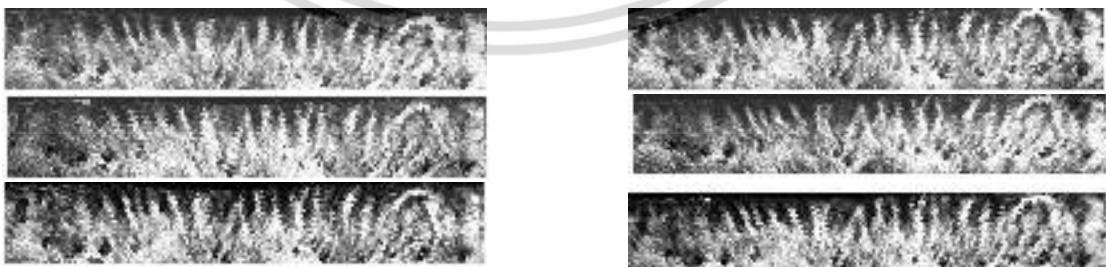
เนื่องจากภาพถ่ายลายม่านตาที่บันทึกข้อมูลเก็บเอาไว้ในแต่ละครั้งนั้น จะได้ผลลัพธ์ที่แตกต่างกันซึ่งเกิดจากสาเหตุ เช่น มีการกระจายแสงที่ไม่สม่ำเสมอซึ่งเกิดจากระยะและมุมตกกระทบของแสงจากแหล่งกำเนิดแตกต่างกัน เป็นต้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำการปรับปรุงคุณภาพลายม่านตาเพื่อให้ได้มาซึ่งภาพถ่ายลายม่านตาที่มีความชัดเจน โดยมีจุดมุ่งหมายคือการลดการกระจายแสงของภาพที่ไม่สม่ำเสมอและเพิ่มความชัดเจนของลายม่านตาด้วยเทคนิคการทำฮิสโตแกรมอีควอไลเซชัน ดังแสดงผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.15 ข้อดีของวิธีการนี้คือช่วยนอร์มอลไลซ์ระดับสีทำให้บริเวณพื้นที่ลายม่านตามีการแยกตัวให้มีความเด่นชัดเกิดขึ้น แต่เทคนิคนี้ก็มีข้อเสียคือ เมื่อภาพมีสัญญาณรบกวนมากกว่าลายม่านตาจะเป็นการขยายสัญญาณรบกวนแทน ซึ่งข้อควรระวังในการใช้เทคนิคนี้คือ จะต้องแน่ใจว่าภาพถ่ายลายม่านตาที่ผ่านขั้นตอนนี้นั้นจะต้องมีสัญญาณรบกวนที่ไม่มากจนเกินไป



รูปที่ 4.15 แสดงผลลัพธ์ก่อนและหลังทำฮิสโตแกรมอีควอลไลเซชัน

4.3.4 การดึงลักษณะเด่นด้วยวิธีทางสถิติ (SEM)

หลังจากกระบวนการปรับปรุงคุณภาพลายม่านตาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์เป็นภาพลายม่านตาที่มีความเด่นชัดและเป็นมาตรฐานแล้วจึงแสดงในรูปที่ 4.16 ซึ่งแสดงถึงภาพลายม่านตาที่ทำการปรับมาตรฐานแล้วของบุคคลคนเดียวกันแต่ถ่ายในช่วงเวลาที่ต่างกัน ขั้นตอนถัดไปเป็นขั้นตอนการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา งานวิจัยนี้ได้เสนอวิธีดึงลักษณะเด่นของลายม่านตา โดยการเข้ารหัสลายม่านตาด้วยวิธีทางสถิติ Statistical encoding method (SEM) โดยวิธีทางสถิติที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก ซึ่งมีสมการทางคณิตศาสตร์ดังแสดงในสมการที่ 4.7 ถึง 4.9



รูปที่ 4.16 แสดงภาพลายม่านตาของบุคคลคนเดียวกันแต่ถ่ายต่างเวลากัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค่าเฉลี่ย	$\bar{x}(i) = \frac{1}{m} \sum_{j=0}^m x(i, j)$	(4.7)
เบี่ยงเบนมาตรฐาน	$S_n(i) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m [x(i, j) - \bar{x}(i)]^2}$	(4.8)
เฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก	$w(i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^m x(i, j)} \sum_{j=1}^m x(i, j) \cdot j$	(4.9)

จากสมการ กำหนดให้

$\bar{x}(i)$ คือค่าเฉลี่ยในแนวตั้ง ที่ตำแหน่งคอลัมน์ที่ i

$S_n(i)$ คือค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวตั้งที่ตำแหน่งคอลัมน์ที่ i

$w(i)$ คือค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักในแนวตั้งที่ตำแหน่งคอลัมน์ที่ i

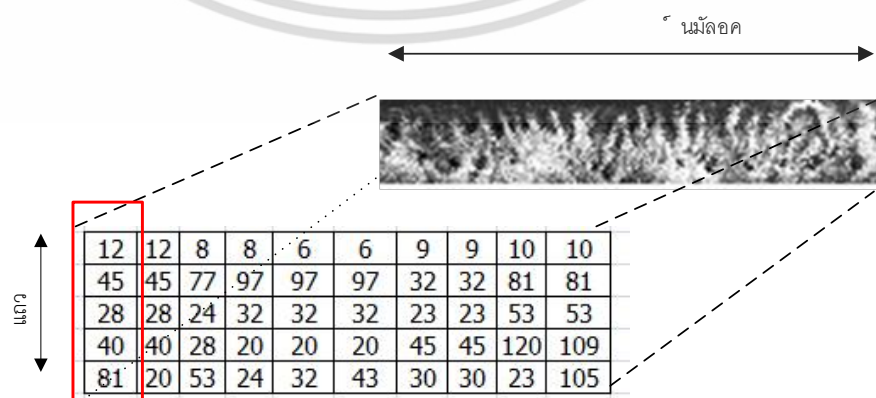
$x(i, j)$ คือ ค่าในพิกัด i, j

i คือ พิกัดในแกนคอลัมน์ j คือ พิกัดในแกนแถว

m คือ จำนวนแถวซึ่งในงานวิจัยนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 20

ตัวอย่างการคำนวณการดึงลักษณะเด่นโดยใช้วิธีเข้ารหัสทางสถิติ(SEM) ทั้ง 3 วิธี

เพื่อให้เข้าใจวิธีการคำนวณที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ ขอเสนอตัวอย่างการคำนวณโดยการยกตัวอย่างภาพถ่ายผ่านตาที่ผ่านการปรับมาตรฐานแล้ว มีขนาด 5×10 ดังรูปที่ 4.17 มาทำการแสดงการคำนวณค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยแสดงวิธีการคำนวณเฉพาะแถวแรกและแสดงคำตอบของแถวที่เหลือทั้งหมด



รูปที่ 4.17 แสดงตัวอย่างภาพสำหรับการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างการคำนวณค่าเฉลี่ยของคอลัมน์ที่ 1 โดยใช้วิธีการคำนวณจากสมการที่ 4.7

$$\bar{x}(i) = \frac{1}{m} \sum_{j=0}^m x(i, j)$$

$$x(1) = \frac{12 + 45 + 28 + 40 + 81}{5}$$

$$x(1) = 41.2$$

จากตัวอย่างรูปที่ 4.17 สามารถคำนวณหาลักษณะเด่นในแต่ละคอลัมน์นั้นๆ โดยใช้วิธีทางสถิติ คือ วิธีหาค่าเฉลี่ย ได้ดังนี้

ลำดับ i	$x(1)$	$x(2)$	$x(3)$	$x(4)$	$x(5)$	$x(6)$	$x(7)$	$x(8)$	$x(9)$	$x(10)$
Mean	41.2	29	38	36	37.4	39.6	27.8	28	57	71.6

ตัวอย่างการคำนวณเบี่ยงเบนมาตรฐานสมการที่ 4.8 ของคอลัมน์ที่ 1

$$S_n(i) = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m [x(i, j) - \bar{x}(i)]^2}$$

$$S_n(1) = \sqrt{\frac{1}{10} (12 - 41.2)^2 + (45 - 41.2)^2 + (28 - 41.2)^2 + (40 - 41.2)^2 + (81 - 41.2)^2}$$

$$S_n(1) = 25.626$$

จากตัวอย่างรูปที่ 4.17 สามารถคำนวณหาลักษณะเด่นในแต่ละคอลัมน์นั้นๆ โดยใช้วิธีทางสถิติ คือ วิธีหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ได้ดังนี้

ลำดับ i	$S_n(1)$	$S_n(2)$	$S_n(3)$	$S_n(4)$	$S_n(5)$	$S_n(6)$	$S_n(7)$	$S_n(8)$	$S_n(9)$	$S_n(10)$
SD	25.63	13.7	27.12	35	35	34.92	13.2	13	45	41.1

ตัวอย่างการคำนวณเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักสมการที่ 4.9 ของคอลัมน์ที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$w(i) = \frac{1}{\sum_{j=1}^m x(i, j)} \sum_{j=1}^m x(i, j) \cdot j$$

$$w(1) = \frac{12 \times 1 + 45 \times 2 + 28 \times 3 + 40 \times 4 + 81 \times 5}{12 + 45 + 28 + 40 + 81}$$

$$w(1) = 3.646$$

จากตัวอย่างรูปที่ 4.17 สามารถคำนวณหาลักษณะเด่นในแต่ละคอลัมน์นั้นๆ โดยใช้วิธีทางสถิติ คือ วิธีหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก ได้ดังนี้

ลำดับ i	w(1)	w(2)	w(3)	w(4)	w(5)	w(6)	w(7)	w(8)	w(9)	w(10)
Weight	3.646	3.08	3.216	2.8	2.87	2.985	3.4	3.4	3.2	3.61

จากการทดลองพบว่าลักษณะเด่นที่ดึงออกมามีขนาดของข้อมูลที่ใหญ่มากประกอบกับการทำฮิสโตแกรมอีควอไลเซชันมีข้อเสียคือ หากมีสัญญาณรบกวนในภาพมากก็จะเป็นการขยายสัญญาณในภาพแทน เพื่อแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นงานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการลดขนาดของข้อมูลและกำจัดปัญหาที่เกิดจากการทำฮิสโตแกรมอีควอไลเซชัน โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบข้อมูลคอลัมน์ถัดไปว่ามีการเปลี่ยนแปลงขึ้นหรือลดลงแทนโดยใช้สมการที่ 4.10

$$f(x_i) = \begin{cases} 1; & \text{if } (x_i - x_{i+1}) > 0 \\ 0; & \text{if } (x_i - x_{i+1}) \leq 0 \end{cases} \quad 4.10$$

กำหนดให้

$f(x_i)$ คือฟังก์ชันการเปรียบเทียบที่ค่า (x_i)

x_i คือ ข้อมูลคอลัมน์ปัจจุบัน

x_{i+1} คือข้อมูลคอลัมน์ถัดไป

จากสมการจะมีการกำหนดค่าแรกเป็นค่าอ้างอิง (x_1) จากนั้นจะทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์กับค่าทางขวามือ (x_2) ถ้าค่าอ้างอิงมีค่ามากกว่าค่าทางขวามือจะส่งผลให้การลดรูปมีค่าเป็น 1 แต่ถ้าค่าอ้างอิงมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับค่าทางขวามือจะส่งผลให้การลดรูปมีค่าเป็น 0 จากนั้นจะทำการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนค่าอ้างอิงใหม่ให้เป็นค่าทางขวามือที่ถูกนำมาเปรียบเทียบ (x_2) ก่อนที่จะทำการเปรียบเทียบใหม่ในรอบถัดไป (x_3)

ตัวอย่างการคำนวณจะยกยกรหัสผ่านตาที่ได้จากการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักมาทำการลดขนาดข้อมูล

ลำดับ i	w(1)	w(2)	w(3)	w(4)	w(5)	w(6)	w(7)	w(8)	w(9)	w(10)
Weight	3.646	3.08	3.216	2.8	2.87	2.985	3.4	3.4	3.2	3.61
ผลลัพธ์	1	0	1	0	0	0	0	1	0	-

4.4 การเปรียบเทียบรหัสลายม่านตา (Iris recognition)

ขั้นตอนการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาเป็นขั้นตอนหลักที่สำคัญและเป็นขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการรู้จำลายม่านตา ในงานวิจัยนี้ได้เสนอการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาด้วยวิธีการคำนวณระยะทางสมบูรณ์ (Absolute Distance) ข้อดีคือ มีรูปแบบการคำนวณที่ง่ายทำให้สามารถคำนวณได้รวดเร็ว ดังสมการที่ 4.11 ซึ่งในสมการมีการปรับแก้การหมุนของภาพ โดยผลลัพธ์จากการคำนวณค่าที่น้อยที่สุดนั้นหมายถึงรหัสลายม่านตาทั้งสองมีความคล้ายคลึงกันมากที่สุด โดยภาพที่นำมาทดสอบจะถูกยอมรับก็ต่อเมื่อมีค่าระยะทางน้อยกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดและจะถูกปฏิเสธก็ต่อเมื่อมีค่าระยะมากกว่าค่าขีดแบ่งที่กำหนดไว้

$$AD = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |A(i + \theta) - B(i)| \quad 4.11$$

โดยที่ $A(i)$ คือ รหัสลายม่านตาที่นำมาเปรียบเทียบ

$B(i)$ คือ ฐานข้อมูล (Iris Template)

n คือ จำนวนข้อมูลทั้งหมดที่นำมาเปรียบเทียบ

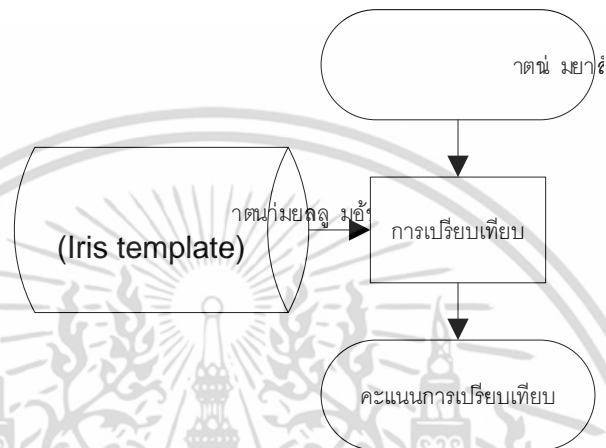
i คือ ตำแหน่งคอลัมน์ข้อมูล

และ θ คือ มุมปรับแก้การหมุนของภาพ ในงานวิจัยนี้ใช้ค่าอยู่ในช่วงลบ-5 ถึง 5องศา

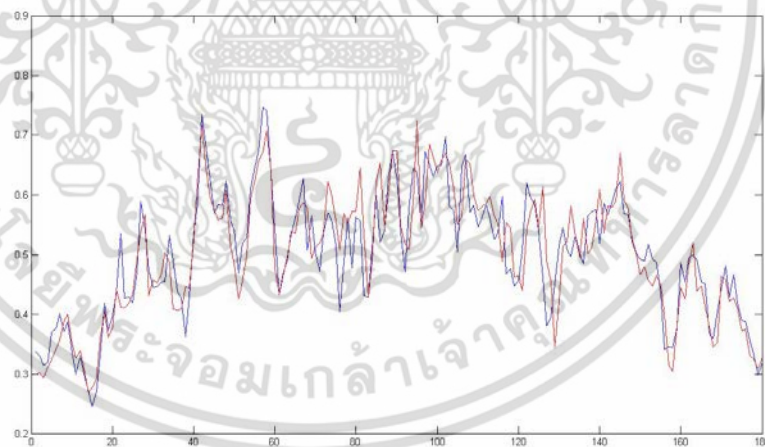
4.4.1 ขั้นตอนการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตา (iris recognition)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาจะทำการเก็บรหัสลายม่านตาไว้ในฐานข้อมูล โดยรหัสที่เก็บนี้เรียกว่า”แบบลายม่านตา (Iris Template)” ในขั้นตอนการเปรียบเทียบจะดึงเอารหัสลายม่านตาที่ได้จากขั้นตอนดึงลักษณะเด่นมาทำการเปรียบเทียบกับแบบลายม่านตาดังรูปที่ 4.18 ซึ่งในการเปรียบเทียบนั้นลายม่านตาของคนๆ เดียวกัน ต้องมีลักษณะคล้ายคลึงกันดังแสดงในรูปที่ 4.19 แต่ถ้าหากเป็นคนละคนกัน ลายม่านตาย่อมต้องมีคุณลักษณะที่แตกต่างกันอย่างเห็นได้ชัด ดังแสดงได้ในตัวอย่างที่ 4.20

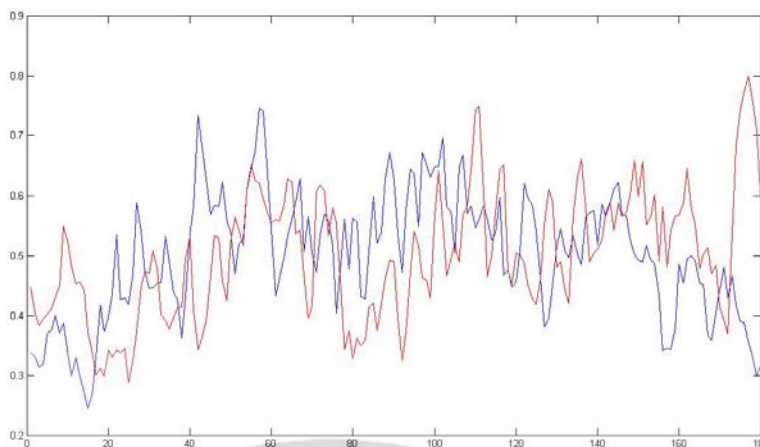


รูปที่ 4.18 ขั้นตอนการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาในระบบรู้จำม่านตา



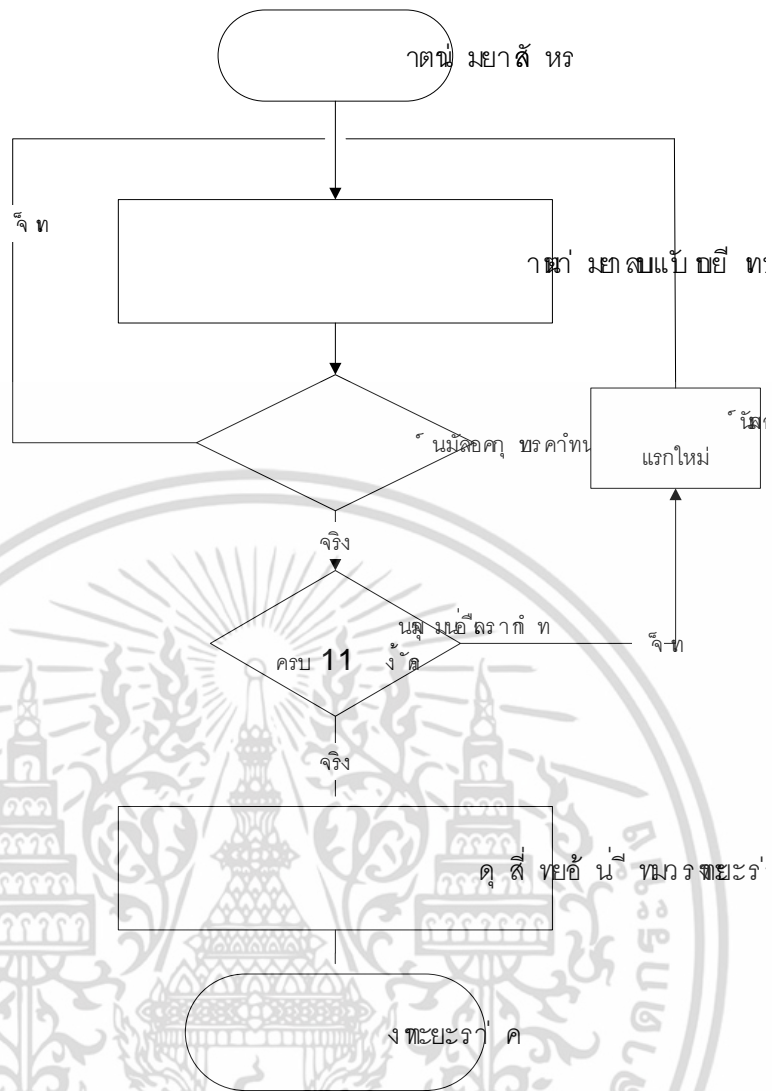
รูปที่ 4.19 เปรียบเทียบรหัสลายม่านตาของบุคคลเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.20 เปรียบเทียบรหัสลายม่านตาของต่างบุคคลกัน

ในการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตานี้จะนำรหัสลายม่านตาโดยทำการลดขนาดข้อมูลเป็นไบนารี แล้วนำมาทดสอบมาทำการเปรียบเทียบกับแบบลายม่านตาที่ถูกเก็บไว้ในฐานข้อมูลโดยทำการชดเชยการหมุนของภาพ ซึ่งกำหนดช่วงการหมุน-5 ถึง 5 องศา ทำให้ต้องมีการเลื่อนคอลัมน์ข้อมูลเพื่อชดเชยการหมุนทั้งหมด 11 ครั้งแล้วทำการหาค่าเปรียบเทียบที่น้อยที่สุดจากการเปรียบเทียบทั้ง 11 ครั้งเพื่อใช้เป็นค่าตัวแทนการเปรียบเทียบของคู่รหัสม่านตา ในการเทียบรหัสลายม่านตาเพียงครั้งเดียวสามารถแสดงขั้นตอนการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาเป็นผังขั้นตอนดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 แสดงผังขั้นตอนการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตากับแบบลายม่านตาจำนวน 1 ครั้ง

ตารางที่ 4.2 แสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาที่ทำการแปลงเป็นไบนารีแล้วของ คนๆเดียวกันและต่างบุคคลกัน

การเปรียบเทียบ	ช่วงค่าระยะทางสมบูรณ์
บุคคลเดียวกัน	0 ถึง 0.08
ต่างบุคคลกัน	0.07 ถึง 0.9

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.2 จะเห็นได้ว่าเมื่อนำภาพลายม่านตาของบุคคลเดียวกันมาเปรียบเทียบพบว่าค่าผลต่างการเปรียบเทียบในทางอุดมคติจะมีค่าเท่ากับ 0 แต่ในทางปฏิบัตินั้นจะเห็นได้ว่าการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาของบุคคลเดียวกันมีค่าระยะทางสมบูรณ์อยู่ระหว่าง 0 ถึง 0.08 ในขณะที่ต่างบุคคลกันจะมีค่าระยะทางสมบูรณ์อยู่ที่ 0.07 ถึง 0.9 จะเห็นได้ว่าถ้าเลือกค่าขีดแบ่งในการตัดสินใจอยู่ที่ 0.08 จะสามารถยืนยันตัวบุคคลได้ถูกต้องทุกคนแต่จะมีบุคคลอื่นยอมรับเข้ามาด้วยเนื่องจากที่ต่างบุคคลกันมีค่าระยะทางสมบูรณ์อยู่ที่ 0.07 ซึ่งการวิเคราะห์ปัญหาในนี้จะกล่าวต่อไปใน ส่วนของการทดลองและผลการทดลองในบทที่ 5



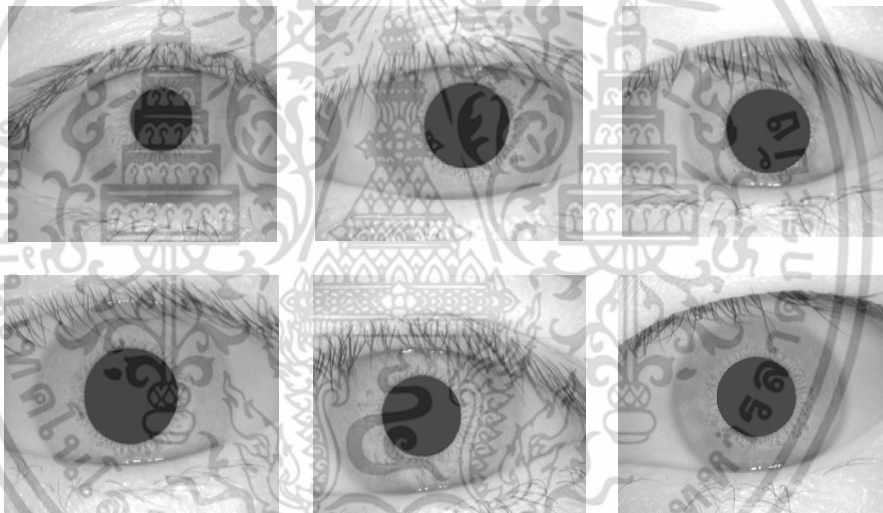
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 ข้อมูลลายม่านตาสำหรับทดลอง

งานวิจัยนี้ใช้ฐานข้อมูลภาพลายม่านตา CASIA [6] รุ่นที่ 1 จำนวน 756 ภาพ ที่มาจากการถ่ายภาพ 108 บุคคล ดวงตาบุคคลละ 7 ภาพ ซึ่งทำการถ่ายภาพในย่านแสงอินฟราเรด โดยเก็บภาพในรูปแบบ BMP ที่มีขนาด 320X280 พิกเซลและกำจัดการสะท้อนแสงจากแหล่งกำเนิดเรียบร้อยแล้ว ดังแสดงตัวอย่างภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูลในรูปแบบที่ 5.1 ซึ่งแต่ละภาพถ่ายจะมีลายม่านตาที่มีความแตกต่างกันในแต่ละบุคคล



รูปที่ 5.1 ตัวอย่างภาพลายม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA รุ่นที่ 1

5.2 การทดลองและผลการทดลอง

ในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการดึงลักษณะเด่นด้วยวิธีเข้ารหัสลายม่านตาโดยใช้วิธีทางสถิติ (SEM) เพื่อทำการแก้ไขปัญหาการดึงลักษณะเด่นของกระบวน[1] 2D Gabor wavelet ซึ่งใช้วิธีการที่ซับซ้อนและคำนวณนาน ประกอบกับกระบวนการสกัด[2]ซึ่งมีความซับซ้อนในการสกัดลายม่านตา ซึ่งวิธีทางสถิติ(SEM)ที่ถูกนำมาใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วย การเข้ารหัสค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 3 กระบวนการด้วยกัน โดยในกระบวนการแรกจะเป็นการทดลองการวัดประสิทธิภาพวิธีเข้ารหัสทางสถิติ(SEM)ทั้ง 3วิธีที่นำเสนอ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วัตถุประสงค์ของกระบวนการนี้คือ เพื่อหาวิธีการเข้ารหัสลายม่านตาที่มีความผิดพลาดต่ำสุด กระบวนการในส่วนที่ 2 จะเป็นการทดลองผลกระทบที่เกิดจากการหมุนของภาพลายม่านตา เพื่อหาความคุ้มค่าของวิธีการที่นำเสนอ และกระบวนการในส่วนสุดท้ายจะเป็นการเปรียบเทียบประสิทธิภาพอัตราผิดพลาดเท่าEERและอัตราความถูกต้องของกระบวนการดังกล่าวกับงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.2.1 การทดลองประสิทธิภาพรหัสลายม่านตา

ในการทดลองนี้จะทำการวัดประสิทธิภาพการเข้ารหัสลายม่านตาเพื่อค้นหาค่าวิธีการที่เหมาะสมสำหรับนำไปใช้ในการเข้ารหัส โดยจากการทดลองจะทำการเปรียบเทียบรหัสลายม่านตาที่มาจากฐานข้อมูลภาพลายม่านตา CASIAซึ่งประกอบไปด้วยลายม่านตาจากบุคคลทั้งหมด 108 คน แต่ละบุคคลจะมีลายม่านตาเก็บไว้ 7 ภาพ เริ่มแรกจะทำการสุ่ม 1 ภาพจากคน 1 คน มาทำการเปรียบเทียบโดยใช้วิธีหาระยะทางสมบูรณ์(Absolute Distance)กับภาพที่เหลือในฐานข้อมูลทั้งหมด 755 ภาพ แล้วทำการเปลี่ยนค่าขีดแบ่งของค่าระยะทางสำหรับตัดสินใจว่าจะยอมรับหรือปฏิเสธลายม่านตาที่ทำการเปรียบเทียบ เพื่อหาอัตราความผิดพลาดการยอมรับบุคคลผิด (FAR คือรับข้อมูลผิดแต่เข้าใจว่าถูก)และ อัตราความผิดพลาดการปฏิเสธบุคคลผิด(FRR คือรับข้อมูลถูกแต่เข้าใจว่าผิด) ที่เปลี่ยนไปและคำนวณหาจุดอัตราผิดพลาดเท่า(EER) ซึ่งเป็นจุดตัดของ FAR และ FRRจะแสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนการชีวมิติ(Biometric) โดยค่าEERมีค่าต่ำนั้นหมายถึงระบบที่นำเสนอนั้นมีประสิทธิภาพในการแบ่งกลุ่มสูง หลังจากนั้นเพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือของอัลกอริธึมจึงมีการคำนวณตามวิธีข้างต้นโดยการสุ่มภาพอีก 99 ครั้งแล้วทำการเปรียบเทียบกับฐานข้อมูลทั้งหมดเพื่อหาค่าเฉลี่ย EER และอัตราความถูกต้อง

ตัวแปรและพารามิเตอร์ต่างๆ สำหรับการทดลองในการเปรียบเทียบการวัดประสิทธิภาพการเข้ารหัสลายม่านตาจะแสดงในตารางที่ 5.1 และผลลัพธ์ตัวอย่างค่าระยะทางสมบูรณ์เปรียบเทียบของ คน 1 คนกับฐานข้อมูลทั้งหมดจะถูกแสดงในตารางที่ 5.2 ซึ่งจะแสดงถึงค่าระยะทางเปรียบเทียบของแต่ละภาพ โดยในแนวนอนจะแสดงถึงค่าระยะการเปรียบเทียบของภาพบุคคลของคนเดียวกันจำนวน 7 ภาพ และในแนวตั้งแสดงค่าระยะทางการเปรียบเทียบของบุคคลต่างคนกันจำนวน 108 บุคคล ขณะที่ค่าระยะทางเปรียบเทียบเท่ากับ 0 นั้นหมายถึงเป็นรูปภาพของคนเดียวกันที่ทำการเลือกมาจากการสุ่ม โดยที่ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบผลการจับคู่ตาของบุคคลคนเดียวกันจะมีค่าระยะทางเปรียบเทียบน้อย จะแสดงค่าระยะทางการเปรียบเทียบภาพของบุคคลคนเดียวกันจำนวน 6 ครั้งดังแสดงได้ในรูปที่ 5.2และผลการจับคู่ของตาต่างบุคคลกันซึ่งจะมีค่าระยะทางเปรียบเทียบมากแสดงถึงความแตกต่างบุคคลอื่นชัดเจน โดยจะแสดงค่าระยะทางการเปรียบเทียบของบุคคลอื่นจำนวน 749 ครั้งดังแสดงได้ดังรูปที่ 5.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.1 ตัวแปรและค่าพารามิเตอร์ในการทดลอง 5.2.1

ตัวแปรหรือวิธีการ	ค่าพารามิเตอร์
รูปแบบรหัสลายม่านตา	ค่าเฉลี่ย/เบี่ยงเบนมาตรฐาน/เฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก
ขนาดของรหัสลายม่านตา	1x179 (ชนิดข้อมูล ไบนารี)
วิธีการเปรียบเทียบ	ระยะทางสมบูรณ์(Absolute Distance)
ค่ามุมขีดเซกการเปรียบเทียบ	-5 ถึง 5 องศา
จำนวนการสุ่ม	100 ครั้ง
จำนวนการเปรียบเทียบต่อการสุ่ม 1 ครั้ง	755 ครั้ง

ตารางที่ 5.2 ตัวอย่างค่าระยะทางสมบูรณ์เปรียบเทียบของคน 1 คนกับฐานข้อมูลทั้งหมดโดยใช้วิธีเข้ารหัสแบบการใช้ค่าเฉลี่ยเป็นค่าทางสถิติ

user	pic_1	pic_2	pic_3	pic_4	pic_5	pic_6	pic_7
1	0	0.056549	0.055396	0.080602	0.054696	0.059058	0.1070537
2	0.113116	0.110907	0.122101	0.108785	0.133487	0.12149	0.1345306
3	0.089678	0.116281	0.099929	0.096608	0.109249	0.11918	0.1287498
4	0.147037	0.155406	0.146896	0.168258	0.1462	0.170785	0.1756871
5	0.187337	0.114543	0.088397	0.123805	0.097821	0.115381	0.1025281
6	0.152807	0.141488	0.145522	0.150966	0.190204	0.182308	0.1969607
7	0.150163	0.157705	0.139111	0.136135	0.116798	0.132512	0.1451429
8	0.108672	0.096386	0.111923	0.137642	0.132388	0.10785	0.1382825
9	0.095572	0.111655	0.131906	0.147723	0.111796	0.10898	0.1166845
10	0.135382	0.126352	0.143615	0.116671	0.123837	0.113586	0.122891
11	0.14751	0.114336	0.144626	0.164881	0.148951	0.12973	0.1208412
12	0.164358	0.133087	0.18116	0.122939	0.155012	0.147557	0.1602092
13	0.155569	0.128357	0.126676	0.131391	0.111645	0.118102	0.1286113
14	0.147383	0.140751	0.133487	0.128558	0.137574	0.150054	0.1547929
15	0.139669	0.144059	0.134041	0.146989	0.121306	0.084808	0.1224671
16	0.104376	0.132372	0.131342	0.127449	0.12673	0.122939	0.1221101
17	0.130328	0.120545	0.116613	0.118984	0.112599	0.112286	0.1116054

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

user	pic_1	pic_2	pic_3	pic_4	pic_5	pic_6	pic_7
18	0.112494	0.105139	0.134632	0.119303	0.126119	0.100336	0.1173787
19	0.132588	0.122055	0.133905	0.117139	0.123578	0.114836	0.1356966
20	0.098512	0.150984	0.116164	0.117121	0.10449	0.16269	0.0982398
21	0.147873	0.118731	0.120367	0.119097	0.106877	0.140215	0.1563802
22	0.148358	0.128218	0.111156	0.124531	0.156512	0.117708	0.1169431
23	0.166671	0.166843	0.151989	0.129642	0.177711	0.148776	0.1893714
24	0.154101	0.101125	0.140053	0.139383	0.138286	0.12619	0.1214739
25	0.13779	0.137383	0.141728	0.152811	0.124172	0.132703	0.1470159
26	0.122785	0.120331	0.119329	0.128689	0.13707	0.13148	0.1246745
27	0.109456	0.108354	0.13073	0.108916	0.128263	0.11898	0.1259821
28	0.114054	0.12114	0.168855	0.109837	0.110913	0.145433	0.1285714
29	0.114662	0.121057	0.114689	0.124803	0.131265	0.120685	0.1288523
30	0.183874	0.181914	0.179542	0.15498	0.156177	0.143391	0.1551855
31	0.156088	0.119882	0.127832	0.139392	0.157828	0.14395	0.1352679
32	0.12142	0.116115	0.152576	0.141506	0.124537	0.162862	0.1729025
33	0.11463	0.094595	0.091141	0.087266	0.103955	0.109752	0.1378691
34	0.163111	0.132315	0.116423	0.132544	0.126912	0.144154	0.131582
35	0.139819	0.106309	0.113285	0.116843	0.118401	0.102313	0.1054181
36	0.174558	0.137896	0.120943	0.165669	0.124823	0.118321	0.1161272
37	0.155637	0.189061	0.145094	0.125029	0.146399	0.149863	0.1446737
38	0.104264	0.10668	0.101139	0.098727	0.098774	0.114573	0.114585
39	0.112612	0.111161	0.119256	0.134712	0.152109	0.122949	0.1261043
40	0.136889	0.145197	0.149302	0.128385	0.143474	0.135687	0.1244717
41	0.110929	0.116045	0.136766	0.11098	0.138528	0.12244	0.1035581
42	0.139429	0.105995	0.138726	0.157901	0.174328	0.169197	0.1634785
43	0.157874	0.117713	0.123034	0.137448	0.08741	0.120063	0.1497904
44	0.167371	0.148584	0.150985	0.154887	0.151977	0.147894	0.1440655

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

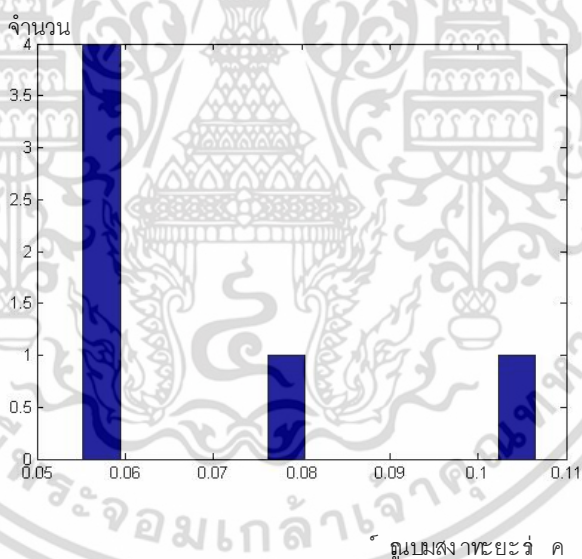
user	pic_1	pic_2	pic_3	pic_4	pic_5	pic_6	pic_7
45	0.139714	0.090388	0.147517	0.135554	0.153812	0.133057	0.1240606
46	0.121968	0.106411	0.10704	0.123144	0.097754	0.100562	0.0946383
47	0.121133	0.118503	0.13858	0.159247	0.109215	0.105668	0.1033189
48	0.104607	0.095965	0.096499	0.11763	0.11843	0.127531	0.0954744
49	0.124755	0.104465	0.096279	0.112275	0.097994	0.091946	0.135803
50	0.094032	0.092059	0.092532	0.09137	0.100963	0.095448	0.0828553
51	0.096577	0.102315	0.129374	0.127887	0.159868	0.124531	0.120585
52	0.115497	0.111577	0.122793	0.112515	0.130481	0.115705	0.1046032
53	0.14809	0.163097	0.158565	0.178747	0.144227	0.144159	0.1540653
54	0.09637	0.104071	0.111329	0.119211	0.111053	0.100123	0.1124799
55	0.134695	0.140816	0.133099	0.109131	0.096893	0.115846	0.1110269
56	0.102868	0.104236	0.133239	0.110626	0.133931	0.106417	0.1057143
57	0.11221	0.115168	0.123444	0.112743	0.105822	0.110796	0.105928
58	0.133773	0.144508	0.102965	0.106404	0.101297	0.104802	0.0980447
59	0.110366	0.096517	0.102957	0.113536	0.103254	0.106263	0.1151459
60	0.119447	0.110848	0.127827	0.120014	0.110739	0.113235	0.1236033
61	0.110823	0.115605	0.107229	0.121456	0.110159	0.132323	0.1250202
62	0.111931	0.147086	0.126002	0.117469	0.097885	0.110669	0.1146246
63	0.153861	0.14794	0.150274	0.139603	0.143464	0.144422	0.1480136
64	0.093322	0.098249	0.100336	0.103833	0.100641	0.110073	0.091373
65	0.126168	0.101764	0.10004	0.112317	0.112041	0.152632	0.1695398
66	0.142614	0.157542	0.141138	0.146925	0.129006	0.147116	0.1435611
67	0.190717	0.14021	0.097356	0.093288	0.116605	0.097374	0.1028345
68	0.155959	0.150278	0.166127	0.156141	0.185918	0.193691	0.1606077
69	0.117918	0.149789	0.137866	0.125098	0.099597	0.110393	0.1196897
70	0.136855	0.138653	0.117045	0.164463	0.177859	0.092014	0.129551
71	0.100027	0.152485	0.162653	0.128308	0.101129	0.094857	0.1229753

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

user	pic_1	pic_2	pic_3	pic_4	pic_5	pic_6	pic_7
72	0.181111	0.16259	0.200961	0.19439	0.099242	0.120426	0.0915226
73	0.156948	0.184402	0.173705	0.161905	0.114827	0.135145	0.1363528
74	0.158924	0.146467	0.165637	0.179964	0.141138	0.139885	0.1513124
75	0.089449	0.110385	0.105662	0.121992	0.117651	0.110969	0.1302297
76	0.169751	0.169515	0.159025	0.172381	0.167451	0.170376	0.1878413
77	0.135696	0.114898	0.141129	0.129342	0.166026	0.099202	0.0952381
78	0.167057	0.150843	0.130457	0.121527	0.11073	0.138604	0.1278968
79	0.205704	0.175634	0.123283	0.184399	0.18951	0.133497	0.1436009
80	0.155031	0.150758	0.107443	0.10927	0.123442	0.122657	0.1333023
81	0.15888	0.133419	0.120626	0.104664	0.109551	0.123105	0.1250522
82	0.138776	0.171185	0.126272	0.161085	0.152907	0.124019	0.1167211
83	0.118891	0.115133	0.084149	0.113497	0.137826	0.102238	0.1061287
84	0.143846	0.126612	0.138095	0.106151	0.102948	0.116771	0.1142587
85	0.122666	0.107147	0.099301	0.110761	0.119119	0.117779	0.1140197
86	0.136508	0.12941	0.118286	0.116535	0.15028	0.131329	0.1700655
87	0.126087	0.128794	0.124109	0.118689	0.131647	0.159721	0.1013618
88	0.147825	0.13045	0.133697	0.123197	0.128314	0.158942	0.1365525
89	0.127051	0.132785	0.154793	0.112322	0.155304	0.130569	0.1583958
90	0.13249	0.121596	0.131619	0.125551	0.121204	0.146316	0.1492285
91	0.187405	0.161404	0.184775	0.179078	0.123324	0.164383	0.1429325
92	0.083492	0.102855	0.134421	0.175054	0.192295	0.152245	0.1783907
93	0.126641	0.177288	0.148966	0.139814	0.153624	0.166571	0.1466667
94	0.158797	0.143553	0.172967	0.116567	0.107788	0.123868	0.1330598
95	0.113188	0.13665	0.144444	0.105306	0.112721	0.183491	0.1322449
96	0.149011	0.141404	0.125512	0.128449	0.113749	0.138411	0.1363311
97	0.127605	0.108882	0.13399	0.124411	0.126431	0.122437	0.1087617
98	0.169124	0.159131	0.151628	0.153747	0.147522	0.148038	0.1525583

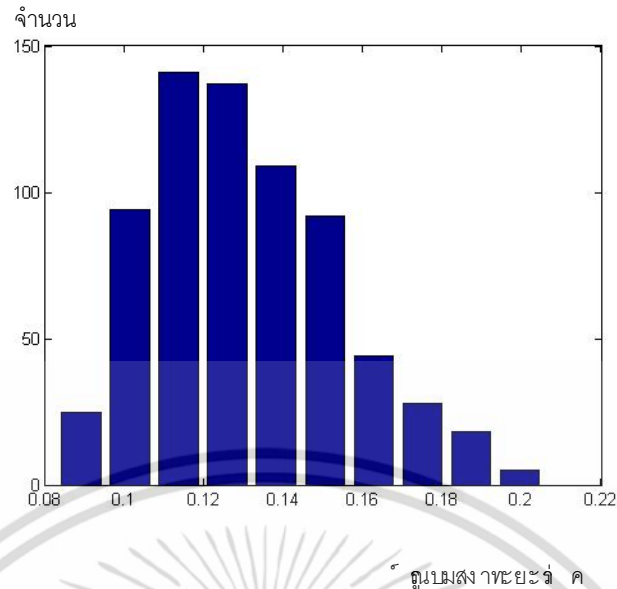
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

user	pic_1	pic_2	pic_3	pic_4	pic_5	pic_6	pic_7
99	0.117583	0.124408	0.128454	0.130372	0.143188	0.131501	0.1421814
100	0.101683	0.093356	0.130467	0.104671	0.098345	0.110032	0.1054376
101	0.194279	0.144462	0.146112	0.150336	0.16374	0.171551	0.1663304
102	0.156157	0.116569	0.148295	0.131325	0.115341	0.13511	0.1317729
103	0.120744	0.122667	0.142599	0.146091	0.144762	0.133067	0.1590188
104	0.083134	0.112082	0.094503	0.182231	0.195916	0.147937	0.1670295
105	0.131327	0.216188	0.170958	0.150476	0.16069	0.160018	0.1437914
106	0.207024	0.150328	0.172785	0.18401	0.191829	0.151975	0.1741332
107	0.16181	0.144848	0.146422	0.115029	0.129523	0.128763	0.1012562
108	0.131515	0.128452	0.111125	0.098679	0.104469	0.099417	0.1152443



รูปที่ 5.2 การเปรียบเทียบของบุคคลคนเดียวกัน (ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ย)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.3 ผลลัพธ์จากการเปรียบเทียบของบุคคลต่างคนกัน (ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ย)

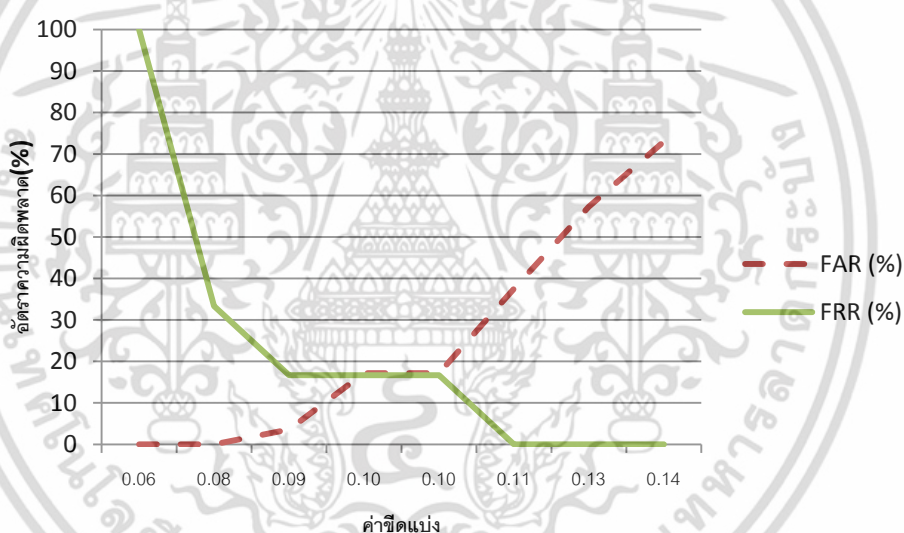
เมื่อได้กราฟความสัมพันธ์ในรูปที่ 5.2 และ 5.3 แล้ว ขั้นตอนต่อไปจะทำการหาอัตราความผิดพลาดการยอมรับบุคคลผิด (FAR) จากกราฟรูปที่ 5.3 และอัตราความผิดพลาดการปฏิเสธบุคคลผิด (FRR) จากกราฟรูปที่ 5.2 โดยจะทำการเปลี่ยนค่าขีดแบ่งของค่าระยะทางเปรียบเทียบเพื่อหาค่า FAR และ FRR สละสมจากสมการที่ 5.1 และ 5.2 แล้วทำการหาประสิทธิภาพของระบบชีวมิติ จากรูปที่ 5.4 เพื่อหาจุดตัดระหว่าง FAR และ FRR ซึ่งตำแหน่งจุดตัดนี้เรียกว่า EER (Equal Error Rate) หรือ CER (Crossover Error Rate) จะแสดงถึงประสิทธิภาพของกระบวนที่นำเสนอ โดยตัวอย่างของผลลัพธ์ที่ได้จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดเริ่มกับค่า FAR และ FRR สามารถแสดงได้ในตารางที่ 5.3 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบบุคคล 1 คน กับฐานข้อมูลทั้งหมด

$$FAR = \frac{\text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลผิดแต่เข้าใจว่าถูก}}{\text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลที่ผิดทั้งหมด}} \quad (5.1)$$

$$FRR = \frac{\text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลถูกแต่เข้าใจว่าผิด}}{\text{จำนวนครั้งที่รับข้อมูลที่ถูกต้องทั้งหมด}} \quad (5.2)$$

ตารางที่ 5.3 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าขีดเริ่มกับค่า FAR และ FRR

ค่าขีดแบ่ง	FAR (%)	FRR (%)
0.057314	0	100
0.078257	0	33.33333
0.088998	3.607504	16.66667
0.101283	17.17172	16.66667
0.104436	17.17172	16.66667
0.113567	37.51804	0
0.125852	57.28716	0
0.138137	73.01587	0



รูปที่ 5.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง FAR และ FRR ของการเข้ารหัสแบบเฉลี่ย

จากตารางที่ 5.3 จะเห็นได้ว่าที่ค่าขีดแบ่งที่ 0.101283 จะมีค่า FAR และ FRR ใกล้เคียงกันที่สุด คือมีค่า FAR เท่ากับ 17.17 % และ FRR อยู่ 16.67 % โดยจะเรียกจุดตัดนี้ว่า Error equal rate(EER) การคำนวณค่า EER หาได้จากสมการที่ 5.1

$$EER = \frac{FAR + FRR}{2} \quad (5.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$EER = \frac{17.17 + 16.67}{2}$$

$$EER = 16.92\%$$

เมื่อได้ค่า EER ของคน 1 คนแล้วจะทำการสุ่มอีก 99 ครั้งเพื่อหาค่าเฉลี่ย EER ทั้งหมดโดยค่า EER ทั้ง 100 ค่าแสดงในตารางที่ 5.4 หลังจากนั้นจะทำการเฉลี่ยค่า EER โดยจากค่า EER ทั้ง 100 ค่าที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างมาทำการหาค่าเฉลี่ยซึ่ง ตามตัวอย่างนี้จะมีค่าเฉลี่ย EER เท่ากับ 8.09%

ตารางที่ 5.4 แสดงค่า EER ที่ได้จากการสุ่มทั้งหมด 100 ครั้งของการเข้ารหัสด้วยค่าเฉลี่ย

16.919195	1.008751	11.16052	4.26056	2.933735	4.940371	16.10159	5.100618	0.551606	10.90942
14.88374	11.53896	8.774626	4.914256	6.614668	7.303538	15.57202	11.86259	9.4955	6.366526
13.83651	0.717935	16.46273	10.44118	14.06695	0.262042	0.891295	11.27445	14.92118	3.230429
4.411518	1.208857	10.98094	4.488553	13.59293	16.65036	12.48456	9.12202	11.32245	7.246041
10.05651	8.826315	13.54159	13.94845	1.023172	2.828489	4.553501	11.81195	3.222131	8.155813
0.380913	1.636672	7.678257	16.62666	6.755441	1.797181	7.154379	11.27765	6.242068	2.040748
7.195388	13.84307	7.316064	12.35581	8.914739	6.301173	9.269976	3.014001	7.795483	9.974467
5.291204	13.8329	13.96431	5.818399	7.052247	3.352163	15.95111	2.166004	16.60931	3.827096
2.732322	12.22368	1.412309	9.882453	11.11407	8.285515	7.06823	16.90444	2.646372	6.507756
3.024724	2.535723	2.253253	1.823452	10.62531	5.744229	16.63325	2.895368	14.47545	9.86413

การหาอัตราความถูกต้องของระบบที่ใช้วิธีการเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ยหาได้จากสมการที่ 5.2 ซึ่งจากตัวอย่างค่าเฉลี่ย EER ที่ได้จากรายการที่ 5.3 ซึ่งมีค่า EER เฉลี่ยอยู่ที่ 8.09% มาทำการหาอัตราความแม่นยำซึ่งผลลัพธ์ของอัตราความถูกต้องของวิธีการเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ยจะอยู่ที่ 91.91 %

$$accuracy(\%) = 100 - EER \quad (5.2)$$

$$accuracy(\%) = 100 - 8.09$$

$$accuracy(\%) = 91.91\%$$

ในส่วนการทดลองวิธีการเข้ารหัสแบบเบี่ยงเบนมาตรฐานและเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจะทำการทดลองเช่นเดียวกับวิธีการเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ยที่ได้นำเสนอตัวอย่างในหัวข้อ 5.2.1 โดยผลลัพธ์การสุ่มค่า EER ของวิธีการเข้ารหัสแบบเบี่ยงเบนมาตรฐานและเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจะถูกแสดงผลในตารางที่ 5.5 และตารางที่ 5.6 ตามลำดับ จากนั้นผลลัพธ์จากการหาอัตราความแม่นยำสามารถสรุปผลได้ในตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.5 ค่า EER ที่ได้จากการสุ่มทั้งหมด 100 ครั้งของการเข้ารหัสแบบเป็ยงเบนมาตรฐาน

13.31259	2.575398	10.7148	11.53679	7.169083	4.51025	12.2757	13.73732	5.746116	1.239459
14.80064	15.85949	0.583529	0.520149	6.234665	11.10634	4.168254	4.154971	13.57574	0.881545
2.074965	15.64011	13.87477	4.524922	12.50854	10.7043	8.267338	13.30541	9.563215	8.673232
14.92456	7.931038	15.26145	0.754441	12.99357	2.657076	11.42291	3.979198	8.982484	12.73159
10.33275	13.07658	11.09053	1.587133	3.053498	1.944422	14.55736	15.18417	14.98694	15.26173
1.59381	2.318423	12.38147	13.4553	8.00275	8.143269	15.67482	5.718735	4.67061	2.122667
4.550661	6.891579	12.14278	11.3535	7.280879	15.68222	8.941502	3.212366	12.37265	9.294579
8.936044	14.96312	6.408989	5.181406	10.56075	5.561903	2.265123	4.10271	12.31593	7.669843
15.64566	12.94467	10.71051	15.52663	11.59102	9.563275	2.439464	10.06617	6.216485	0.19448
15.76628	15.67811	2.79719	0.562849	12.33158	3.657087	4.207685	7.73354	9.278206	5.508584

ตารางที่ 5.6 ค่า EER ที่ได้จากการสุ่มทั้งหมด 100 ครั้งของการเข้ารหัสแบบถ่วงน้ำหนัก

1.994842	5.541662	1.311829	5.30639	10.49228	5.132385	9.5971	2.887793	6.728209	11.43145
9.7697	1.031003	11.83135	11.20097	7.651278	0.610749	4.793788	4.34385	3.644746	9.541266
3.827945	2.816417	0.057001	2.236718	4.316714	11.10341	2.972803	10.10069	9.159722	5.987537
6.500958	11.23405	9.531399	3.244776	6.312969	11.62088	4.968119	0.189462	2.324147	5.361061
2.037479	1.87425	10.05283	1.790129	4.942239	6.037628	1.186391	0.529193	8.447338	5.49544
7.404378	10.15755	10.68494	1.673643	0.93439	6.017807	1.623271	2.078577	2.257187	3.768099
3.234547	6.621612	1.038561	10.69229	2.950969	4.153949	11.58722	7.98412	4.532361	6.254656
8.045173	12.25246	4.917327	7.130366	1.516823	11.07066	11.76045	9.000185	7.695108	6.28249
8.477338	0.961559	3.196406	6.76328	2.262066	4.541735	7.075066	7.967275	9.596797	10.05682
9.202265	5.444943	9.840842	1.782944	2.951416	1.367794	0.735288	5.546362	0.997847	9.776426

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 สรุปค่าEERเฉลี่ยและอัตราความถูกต้องของแต่ละรูปแบบการเข้ารหัส

รูปแบบการเข้ารหัส	EER%	Accuracy%
ค่าเฉลี่ย	8.09	91.91
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	8.17	91.83
ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก	6.15	93.85

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.7 จะเห็นได้ว่ารูปแบบการเข้ารหัสทั้ง 3 วิธีอันได้แก่ แบบค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก พบว่าวิธีการเข้ารหัสค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักมีอัตราความถูกต้องสูงกว่าวิธีการเข้ารหัสทางสถิติ(SEM)แบบอื่นที่นำเสนอมา เนื่องจากวิธีการเข้ารหัสค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักนั้นอิงค่าความสัมพันธ์ระหว่างระยะรัศมีกับระดับเทามากกว่ากระบวนการเข้ารหัสทางสถิติแบบอื่น จากผลลัพธ์วิธีการเข้ารหัสค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักให้ค่าผิดพลาดเท่า (EER) น้อยกว่าวิธีการเข้ารหัสค่าเฉลี่ย 1.9% และน้อยกว่าวิธีการเข้ารหัสค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.02% นอกจากนี้วิธีการเข้ารหัสค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักให้ค่าอัตราความแม่นยำมากกว่าวิธีการเข้ารหัสค่าเฉลี่ย 1.94% และมากกว่าวิธีการเข้ารหัสค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 2.02%

5.2.2 การทดลองผลกระทบที่เกิดจากการหมุนของภาพลายม่านตา

การทดลองนี้จะเป็นการทดลองเพื่อศึกษาผลกระทบจากการหมุนของภาพลายม่านตว่ามีผลต่อค่าผิดพลาดเท่า(EER) มากน้อยเพียงใด เริ่มแรกจะทำการกำหนดให้ค่าปรับชดเชยมุมในสมการหาค่าระยะทางสมบูรณมีค่าเท่ากับ 0 องศา (ไม่มีการชดเชยการหมุน) แล้วทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลอง 5.2.1 เปรียบเทียบผล EER กับตารางที่ 5.7 ซึ่งใช้ค่าชดเชยมุมอยู่ที่ -5 ถึง 5 องศาอยู่แล้ว ดังแสดงผลในตารางที่ 5.8 และเวลาเฉลี่ยในการเปรียบเทียบแสดงในตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.8 แสดงค่า EER เปรียบเทียบกับค่ามุมชดเชย

รูปแบบการเข้ารหัส	ไม่มีการชดเชยมุม	ค่ามุมชดเชย -5 ถึง 5 องศา
	EER%	EER%
ค่าเฉลี่ย	11.98	8.09
ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน	16.33	8.17
ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก	9.42	6.15

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 แสดงเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการเปรียบเทียบเปรียบเทียบค่ามุมชดเชย

	ไม่มีการชดเชยมุม	ค่ามุมชดเชย -5 ถึง 5 องศา
เวลาเฉลี่ย	0.247 ms	0.845 ms

จากการผลการทดลองในตารางที่ 5.8 แสดงให้เห็นว่าเมื่อมีการชดเชยการหมุนเข้าไปในระบบจะสามารถลดค่า EER ได้ซึ่งจากตารางที่ 5.8 สามารถลดค่า EER ในกรณีการเข้ารหัสด้วยค่าเฉลี่ยได้ 3.89% กรณีการเข้ารหัสด้วยค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานได้ 16.16% และกรณีการเข้ารหัสด้วยค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักได้ 3.27% วิธีการเข้ารหัส (SEM) ที่นำเสนอนี้ไม่สามารถแก้ปัญหาการหมุนในรูปแบบการเข้ารหัสโดยตรงดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการชดเชยการหมุนเข้าไปช่วยระบบ แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะส่งผลให้เวลาการประมวลผลเพิ่มขึ้นดังตารางที่ 5.9 ซึ่งแสดงการทดลองเพื่อวัดเวลาในการประมวลผลที่ใช้ในการเปรียบเทียบระหว่างระบบที่ไม่มีการชดเชยมุมการหมุนกับระบบที่มีการชดเชยมุมการหมุน โดยเฉลี่ยเวลาจากการเปรียบเทียบทั้งหมด 756 ครั้งพบว่ามีการชดเชยมุมในช่วงการเปรียบเทียบจะใช้เวลาเยอะกว่าวิธีไม่ชดเชยมุมถึง 3.4 เท่า

5.2.3 การทดลองเปรียบเทียบอัตราความถูกต้องและEERกับงานวิจัยอื่น

ในการทดลองนี้จะทำการเปรียบเทียบอัตราความถูกต้องกับงานวิจัย [1] โดยงานวิจัย [1] ใช้วิธีการดึงลักษณะเด่นด้วยวิธีการ 2D Gabor wavelet จากนั้นทำการสุ่มภาพลายม่านตาจำนวน 30 คนทำการเปรียบเทียบโดยทำการแบ่ง 3 ภาพสำหรับฐานข้อมูลและ 3 ภาพสำหรับพิสูจน์แล้วทำการเปรียบเทียบค่าระยะทางคู่รหัสผ่านตาด้วยวิธีEuclidean distanceกับฐานข้อมูลทั้งหมดโดยค่าเปรียบเทียบที่น้อยที่สุดจะหมายถึงบุคคลที่มาพิสูจน์เป็นบุคคลเดียวกันกับฐานข้อมูล ในการทดลองนี้จะทำการหาอัตราความถูกต้องโดยใช้ สมการที่ 5.3 โดยจะทำการจำลองรูปแบบการทดลองเช่นเดียวกับงานวิจัย [1] โดยใช้วิธีการเข้ารหัสทางสถิติ(SEM)ทำการเปรียบเทียบคู่ม่านตาด้วยวิธี Absolute Distance แสดงผลลัพธ์ในตารางที่ 5.10

อัตราความถูกต้อง=จำนวนครั้งที่พิสูจน์บุคคลถูกต้อง/จำนวนครั้งที่พิสูจน์บุคคลคนเดียวกัน ทั้งหมด 5.3

ตารางที่ 5.10 แสดงอัตราความถูกต้องจากงานวิจัยที่เสนอเทียบกับงานวิจัย [1]

วิธีการดึงลักษณะเด่น	อัตราความถูกต้อง(%)
2D Gabor wavelet [1]	93.33
งานวิจัยที่นำเสนอ(ค่าเฉลี่ย)	88.89
งานวิจัยที่นำเสนอ(ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	87.78
งานวิจัยที่นำเสนอ(ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก)	95.56

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.10 พบว่าวิธีการเข้ารหัสทางสถิติ (SEM) ด้วยค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจะให้อัตราความถูกต้องในการพิสูจน์ตัวบุคคลถึง 95.56 % และวิธีการดึงลักษณะเด่นด้วย 2D Gabor wavelet มีความถูกต้องถึง 93.33 % กรณีการเข้ารหัสด้วยค่าเฉลี่ย มีความถูกต้อง 88.89 % ขณะที่วิธีการเข้ารหัสด้วยส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีอัตราความถูกต้องต่ำสุดของวิธีการทั้งหมด โดยมีความถูกต้องเพียงแค่ 87.78%

การทดลองเปรียบเทียบค่าERRกับงานวิจัย [2] โดยงานวิจัย [2] เสนอวิธีการสกัดลายม่านตาโดยใช้การขยายรัศมีขอบเขตตามผลรวมของเส้นขอบที่พบ แล้วทำการดึงลักษณะเด่นด้วยวิธีการ haar wavelet หลังจากนั้นทำการสร้างรหัสไบนารี แล้วทำการเปรียบเทียบด้วยวิธี Hamming Distance โดยทำการสุ่มบุคคลจำนวน 25 ครั้ง แล้วทำการเปรียบเทียบหาค่าระยะทางกับภาพในฐานข้อมูลทั้งหมด 755 ภาพ เพื่อหาค่า EER โดยทำการทดลองเช่นเดียวกับการทดลองที่ 5.2.1การทดลองประสิทธิภาพรหัสลายม่านตา เนื่องการทดลองนี้ไม่สามารถทำการสกัดตามวิธีการที่งานวิจัย [2] นำเสนอดังนั้นจะนำผลการทดลองของงานวิจัย [2] มาเปรียบเทียบกับวิธีการเข้ารหัสทางสถิติ(SEM) โดยทำการจำลองการสุ่มเช่นเดียวกับงานวิจัย[2] แล้วทำการเปรียบเทียบคู่รหัสม่านตา เพื่อหาจุดตัด FAR และFRR หรือก็คือEER

ตารางที่ 5.11 แสดงผลการเปรียบเทียบEER กับงานวิจัย [2]

รูปแบบการเข้ารหัส	EER (%)
Haar wavelet [2]	5.14
งานวิจัยที่นำเสนอ(ค่าเฉลี่ย)	8.25
งานวิจัยที่นำเสนอ(ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน)	8.94
งานวิจัยที่นำเสนอ(ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก)	5.77

จากผลการทดลองในตารางที่ 5.11 พบว่าวิธีการของงานวิจัยที่ [2] มีค่าความผิดพลาดเท่า (EER) ต่ำกว่าวิธีการSEM ที่นำเสนอโดยมีค่าEER อยู่ที่ 5.14 % ขณะที่วิธีการเข้ารหัสSEM แบบถ่วงน้ำหนัก เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ในวงกว้าง ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีค่า EER ต่ำสุดได้เพียงแค่ 5.77 % ซึ่งต่างกับงานวิจัยที่ [2] ถึง 0.63% ในขณะที่วิธีSEMแบบค่าเฉลี่ย มีค่า EER ต่ำสุด 8.25 % และวิธีการSEMแบบเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีค่า EER อยู่ที่ 8.94% ซึ่งมีค่าความผิดมากที่สุดในการเปรียบเทียบทั้งหมด

5.2.4 การทดลองอัตราความถูกต้องการรู้จำ

การทดลองนี้จะแบ่งฐานข้อมูลเป็น 108 ภาพของบุคคล 108 คน และส่วนทดสอบอีก 100 ภาพจากการสุ่มบุคคลทั้งหมด 108 คน โดยภาพที่สุ่มทดสอบจะไม่ซ้ำกับภาพที่ใช้เป็นฐานข้อมูลแล้วทำการเปรียบเทียบและวัดความถูกต้องโดยใช้ค่าระยะทางที่น้อยที่สุดเป็นเครื่องมือในการตัดสินใจซึ่งผลลัพธ์ที่ได้แสดงในตารางที่5.12

ตารางที่ 5.12 แสดงอัตราความถูกต้องการรู้จำ

วิธีการเข้ารหัส	อัตราความถูกต้อง(%)
ค่าเฉลี่ย	88
ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	85
ค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก	94

จากตารางที่ 5.12 พบว่าอัตราความถูกต้องการทดสอบบุคคลด้วยวิธีเข้ารหัสแบบเฉลี่ยให้ค่าความถูกต้องเพียง 88 % และวิธีเข้ารหัสด้วยวิธีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานให้อัตราถูกต้องอยู่ที่ 85 % และวิธีการเข้ารหัสด้วยค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักให้อัตราความถูกต้องการทดสอบบุคคลดีที่สุดคืออยู่ที่ 94 %

บทที่ 6

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

วิทยานิพนธ์นี้ได้นำเสนอการรู้จำม่านตาโดยการใช้ค่าทางสถิติในการเข้ารหัสลายม่านตา โดยเริ่มแรกทำการหาจุดอ้างอิงของภาพ และทำการหาขอบเขตของภาพ เพื่อที่สกัดลายม่านตาออกมา โดยสกัดเฉพาะส่วนซีกกลางลายม่านตา หลังจากนั้นทำการปรับปรุงคุณภาพของลายม่านตาที่สกัดไว้ นำมาเข้ารหัสด้วยวิธีทางสถิติ แล้วมาทำการเปรียบเทียบคู่รหัสม่านตามีวัดคุณสมบัติเพื่อเพิ่มความเร็วในการประมวลผลขณะที่ยังคงรักษาประสิทธิภาพความถูกต้องในการแยกกลุ่มที่สูงได้ โดยทำการทดลองด้วยชุดฐานข้อมูล CASIA แบบที่ 1 เพื่อพิจารณาอัตราความผิดพลาดเท่า (EER) ด้วยวิธีเข้ารหัสแบบค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก แล้วนำมาวิเคราะห์หาเทคนิคที่เหมาะสมในการออกแบบระบบด้วยค่าวิธีทางสถิติ (SEM) ที่นำเสนอ นอกจากนี้ยังนำระบบที่เหมาะสมนี้ มาทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับงานวิจัย [6] ซึ่งเสนอการเข้ารหัสม่านตาด้วยวิธีการ 2D Gabor wavelet และงานวิจัย [7] ที่เสนอการสกัดม่านตาโดยใช้การขยายรัศมีขอบเขตตามผลรวมของเส้นขอบที่พบเพื่อขจัดเปลือกตาแล้วทำการเข้ารหัสม่านตาด้วย haar wavelet

6.1 สรุปและวิเคราะห์ผลการดำเนินงานวิจัย

ปัญหาวิธีการสกัดลายม่านตาด้วยวิธีการ 2D wavelet [6] นั้นมีความซับซ้อนและยุ่งยากในการคำนวณทำให้ใช้ประมวลผลนานในงานวิจัยได้นำเสนอวิธีการเข้ารหัสทางสถิติ(SEM)ที่มีความเรียบง่ายและไม่ซับซ้อนมาทำการดึงลักษณะเด่นของลายม่านตาโดยจะใช้วิธีการทั้งหมด 3 วิธีการ อันได้แก่ วิธีค่าเฉลี่ย วิธีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และวิธีเฉลี่ยถ่วงน้ำหนัก จากการทดลองเปรียบเทียบอัตราผิดพลาดรหัสลายม่านตา 3วิธีการพบว่า วิธีการเข้ารหัส(SEM)แบบเฉลี่ยถ่วงน้ำหนักนั้นค่าอัตราผิดพลาดเท่า(EER)ต่ำที่สุดเนื่องจากรูปแบบของรหัสมีความสัมพันธ์ระหว่างรัศมีกับระดับเทาของภาพโดยตรงซึ่งต่างจากวิธีแบบอื่นที่ใช้การเข้ารหัสโดยพิจารณาระดับเทาเท่านั้น .ในส่วนกระบวนการทดลองผลกระทบที่เกิดจากการหมุนของภาพลายม่านตา พบว่าวิธีการSEMที่นำเสนอนี้ไม่สามารถแก้ปัญหาการหมุนในรูปแบบการเข้ารหัสโดยตรงดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการชดเชยการหมุนเข้าไปช่วยระบบการจับคู่รหัส แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะส่งผลให้เวลาการประมวลผลเพิ่มขึ้นจากทดลองเมื่อทำการเพิ่มมุมชดเชย -5 ถึง 5 องศา พบว่าระบบต้องใช้เวลาเปรียบเทียบคู่รหัสม่านตาเพิ่มขึ้นถึง 3.4 เท่า ซึ่งเป็นปัญหาที่สำคัญของการเข้ารหัสSEM ที่นำเสนอ การทดลองเปรียบเทียบอัตราความถูกต้องของงานวิจัย[6] พบว่าวิธีSEMเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนัก สามารถนำไปใช้แทน 2D Gabor wavelet[6] ได้ เนื่องจากมีอัตราความถูกต้องสูงกว่าทำให้สามารถแก้ไขปัญหาเวลาประมวลผลที่เกิดจากปัญหาของงานวิจัย[6] แต่วิธีSEMแบบค่าเฉลี่ยและแบบเบี่ยงเบนแบบถ่วงน้ำหนัก ไม่สามารถนำมาใช้วิธี[6]ได้

เนื่องจากค่า ในงานวิจัย[7] ได้เสนอการสกัดลายการสกัดม่านตาโดยใช้การขยายรัศมีขอบเขตตามเอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลรวมของเส้นขอบที่พบเพื่อจัดเปลือกตาแล้วทำการเข้ารหัสม่านตาด้วย haar wavelet ปัญหาที่เกิดขึ้นงานวิจัย [7] คือข้อมูลที่สกัดได้จะมีจำนวนน้อยแต่จะไม่ได้รับผลกระทบจากเปลือกตาบนและล่างเมื่อทำการทดลองหาค่า EER ของระบบเปรียบเทียบกับวิธี SEM ที่นำเสนอพบว่ากระบวนการเข้ารหัส SEM แบบถ่วงน้ำหนักมี EER ต่ำและใกล้เคียงกับงานวิจัย [7] ซึ่งระบุความผิดพลาดจากการเปรียบเทียบต่างกัน เพียง 4 ภาพ จากการเปรียบเทียบทั้งหมดจากจำนวนภาพทั้งหมด 755 ภาพ

6.2 แนวทางในการพัฒนาต่อและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาพบว่า การดึงลักษณะเด่นในรูปของโดเมนของเวลาที่น่าสนใจจะได้รับผลกระทบของเปลือกตาและขนตาโดยตรงถึงแม้คุณสมบัติของการดึงลักษณะเด่นสามารถช่วยขจัดปัญหาของขนตาได้บางส่วน แต่ไม่สามารถสกัดลายม่านตาเต็มวงโดยเฉพาะส่วนของม่านตาด้านบนได้ อาจจะต้องพิจารณาการเข้ารหัสภาพในเชิงความถี่ร่วมกับการวิเคราะห์ภาพเชิงโดเมนของเวลาควบคู่กัน วิธีเข้ารหัสที่น่าสนใจนี้ไม่สามารถแก้ปัญหาการหมุนในรูปแบบการเข้ารหัสโดยตรง ดังนั้นจึงต้องมีกระบวนการชดเชยการหมุนเข้าไปช่วยระบบการจับคู่รหัส แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นจะส่งผลให้เวลาการประมวลผลเพิ่มขึ้น เพื่อลดเวลาและปัญหาของการหมุนของลายม่านตา สามารถทำได้โดยนำรหัสลายม่านตาไปเข้ารหัสด้วยวิธีฟลูเรียร์ โดยจะพิจารณารหัสในรูปแบบของความถี่ ซึ่งจะไม่ได้รับผลกระทบของมุมที่เปลี่ยนแปลงไป หรือจะพิจารณาโดยทำการสกัด PCA ICA ซึ่งมีความเรียบง่ายไม่ซับซ้อน

เอกสารอ้างอิง

- [1]. Wildes, R., "Iris Recognition: An Emerging Biometric Technology," Proc. IEEE, vol.85, NO.9, pp.1348-1365, 1997.
- [2]. Daugman, J., "High Confidence Visual Recognition of Persons by a Test of Statistical Independence," IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.15, NO.11, pp.1148-1161, 1993.
- [3]. Feng Gui and Lin Qiwei "Iris Localization Scheme Based on Morphology and Gaussian Filtering" Third International IEEE Conference on Signal-Image Technologies and Internet-Based System, pp 798-803,2008
- [4]. C.Chun and R. Chung "Iris Recognition for Palm-Top Application "Biometric Authentication; First International Conference(ICBA04),vol,3072,pp.426-433,2004
- [5]. W. Boles, B. Boashash. A human identification technique using images of the iris and wavelet transform. IEEE Transaction on Signal Processing,1998, 46(4), pp.1185-1188
- [6]. Jin-Xin Shi,Xiao-Feng Gu,"The Comparison of Iris Recognition Using Principal Component Analysis Independent Component Analysis and Gabor Wavelet" ,IEEE,pp.61-64, 2010.
- [7]. 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.pp333-338,2011.
- [8]. ผศ.ดร. อรฉัตร จิตต์โสภักดิ์. 2552. ทฤษฎีการประมวลผลภาพดิจิทัล. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทสงวนกิจ พรินท์ แอนด์ มีเดีย.
- [9]. รศ.ดร. ชูชาติ ปิ่นทิวรุจน์. 2552. การประมวลผลภาพดิจิทัลด้วย C++. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์วีเจ.
- [10]. Maltoni, D., D. Maio, A.K. Jain and S. Prabhakar, 2003. Handbook of Fingerprint Recognition. 2nd Edn., Springer, New York
- [11]. CASIA. Iris image database Available: [http:// biometrics.idealtest.org](http://biometrics.idealtest.org) (link update 2014)



ภาคผนวก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก.

งานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



1st International Symposium on Technology for Sustainability (ISTS2011)

26-29 January 2012, KMUTL, Bangkok Thailand



Co-organized by:
Institute of National Colleges of Technology, Japan
and
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Thailand

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Iris recognition base on statistical signature

Chanon Sapsamran, Voravat Limpoka

Department of Computer Engineering, Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand 10520
Email: chanon.non@gmail.com, voravat99@yahoo.com

Abstract—This paper proposed a study of Iris personal identification system via image of iris patterns. An iris recognition system basically consists of four steps- segmentation, normalization, encoding and matching. This paper proposes a new approach for iris encoding by statistic information, which are mean and weight by value. They are small size signature, simple and fast for calculations. This paper uses iris images for CASIA Database to verify the uniqueness of iris pattern and evaluate the performance of the proposed system the iris recognition system resulted in False Reject Rates and False Accept Rates of 9.16 and 8.76 respectively with mean feature encoding.

Keywords, iris recognition, statistic information

I. INTRODUCTION

Iris patterns become interesting as an alternative approach to reliable visual recognition of persons when imaging can be done at distances of less than a meter, and especially when there is a need to search very large databases without incurring any false matches despite a huge number of possibilities. The iris has the great mathematical advantage that its pattern variability among different persons is enormous. In addition, as an internal (yet externally visible) organ of the eye, the iris is well protected from the environment and stable over time. As a planar object its image is relatively insensitive to angle of illumination, and changes in viewing angle cause only affine transformations; even the non-affine pattern distortion caused by pupillary dilation is readily reversible. Finally, the ease of localizing eyes in faces, and the distinctive annular shape of the iris, facilitates reliable and precise isolation of this feature and the creation of a size-invariant representation.

Daugman's recognitions system was the first complete proposed of iris recognition system [1], the iris is localized by an integro-differential operator and a rectangular image; then a set of 2D Gabor filters were applied to the rectangular image and the quantized local phase angles were used for iris encoding. The resulting binary feature vector is called the iris code [3]. Two binary iris codes are matched using the Hamming distance. Wildes proposed another iris recognition system [4] where Laplacian of Gaussian filters were applied for iris feature extraction and the irises were matched using normalized cross-correlation. In [6], zero-crossings of the wavelet transform at various scales on a set of 1D iris rings

were proposed for iris feature extraction. A 2D wavelet transform was used in [6] and quantized to form an 87-bit code. This method cannot deal with the eye rotation problem, which is common in iris capture. Masek implemented an iris recognition system using a 1D log-Gabor filter [8] for binary iris code extraction. Ma et al. [7] used two circular symmetric filters and computed the mean and standard deviation in small blocks for iris feature extraction, with feature dimension 1,536. The authors also compared different methods for iris feature extraction, and concluded that their method outperforms many others but is not as good as Daugman's iris code. Recently, a method based on local variation analysis using a 1D wavelet transform was proposed [9]. The authors reported that their method has comparable recognition accuracy to Daugman's iris code. In addition, their method used 1D processing instead of 2D. In [10], a method was proposed to characterize the local gradient direction for iris feature extraction. They claimed that their method has recognition accuracy comparable to the iris code, but it was much more complicated to compute and the extracted feature vector is 960 bytes, which is about 3 times bigger than the iris code. Wildes' system [5] is also a patented iris recognition system. It uses the gradient-based Hough transform to decide the two circular boundaries of an iris.

The problem in research is related [1, 5]; they have more variables and slow to calculations. This paper proposed a study of iris personal identification system via iris patterns with statistic information features. They are simple, small size signature and fast for calculations

A general iris recognition system is composed of four steps. Firstly an iris image is segmented with iris localization method. Secondly image is preprocessed to normalize the iris. In the third step, feature extraction are used to extract image is normalized and finally recognition is made by means of matching.

II. METHODOLOGY

Iris recognition system begins with eye image capture, as shown in fig1. The system first locates iris in the capture image. If iris cannot localize correctly, the system will fail in recognizing the person. The correctly localized irises are then normalized into rectangular images. Iris features are then extracted from the rectangular images and used for matching. This paper uses the image provided by CASIA [10] Infra-red light was use for illuminating the eye and hence they do not involve any reflections.

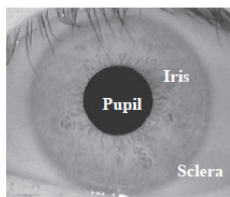


Fig 1 Detail of the eye

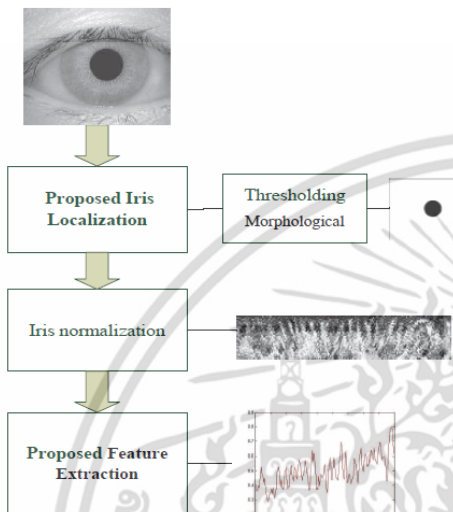


Fig 2 Block diagram for proposed scheme

$$\bar{y} = \frac{1}{\sum_{B(x,y)=0} B(x,y)} \sum_{B(x,y)=0} y \tag{3}$$

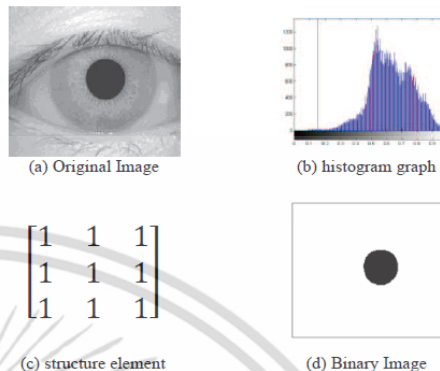


Fig 3 Solution of Pupil detection

III. SYSTEM DESCRIPTION

A. Proposed iris localization

Iris part only have eye carrying information. Iris localization mainly involves two steps, first finding the Pupil center, and then finding the Iris areas. It lies between the sclera and pupil.

A.1 Pupil Center detection

Due to, pupil areas have low level intensity. Pupil was found in image with thresholding. The gray levels histogram is plotted and find maximum of frequency value below 0.5 intensity values, which used for convert gray image to binary image (1). Then morphological opening with square structure element was used to reduce influence eyelids. Then the approximate pupil center (\bar{x}, \bar{y}) was found with (2) and (3), then pupil radius is found by averaging the distances between pupil's center and the edges of the pupil.

$$B(x, y) = 1, \text{ if } I(x, y) > T \tag{1}$$

$$B(x, y) = 0, \text{ otherwise}$$

where $I(x, y)$ is the intensity value, $B(x, y)$ is binary pixel was converted with T represents threshold found for maximum of histogram value between 0 to 0.5.

$$\bar{x} = \frac{1}{\sum_{B(x,y)=0} B(x,y)} \sum_{B(x,y)=0} x \tag{2}$$

A.2 Iris localization

Iris areas are located by finding the iris's edge using Candy edge detector. Then we detected iris radius by averaging the distances of the pupil's center to iris's edge. as show in fig 4



Fig 4 Solution of Iris localization

B. Iris normalization

Localizing iris from an image delineates the annular portion from the rest of the image. The concept of rubber sheet modal suggested by Daugman[1] takes into consideration the possibility of pupil dilation and appearing of different size in different images. For this purpose, the coordinate system is changed by unwrapping the iris and mapping all the point with the boundary of the iris into their polar equivalent as shown in Fig5(a) the mapped image has 50×180 pixels, it means that the step size is same at every angle but use only 0 to -180 degree to avoid eyelids. The following equations (4) are used to transform the annular region of iris into polar equivalent. Histogram equalization is used for enhancement and reduces light effect. As shown in fig 5(b)

$$R(r, \theta) = I(x_c + r \cos \theta, y_c + r \sin \theta) \tag{4}$$

$$r = r_p + n; 0 \leq n \leq r_i - r_p \tag{5}$$

where r_p and r_i are respectively the radius of pupil and the iris, x_c and y_c are center of pupil, the value of θ belongs to $[0 \text{ to } -\pi]$, n belongs to $[1 \text{ to } 50]$.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

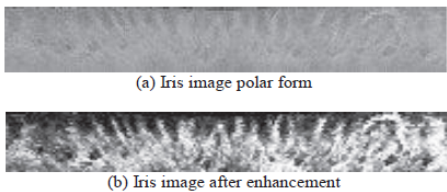


Fig5 Solution of Iris normalization

C. Proposed Iris feature extraction

A new feature extraction use statistic information to encode iris features. There are three basic equations of statistic information to encode iris features i.e. mean and weighting by value to compute intensity all column in rectangular image. following (6) and (7) as shown in fig6

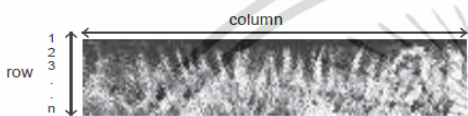
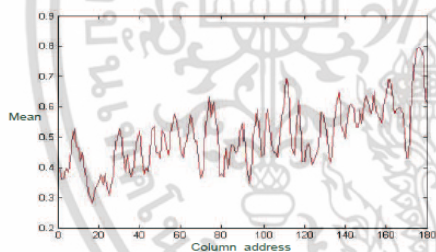


Fig6 Detail of rectangular image

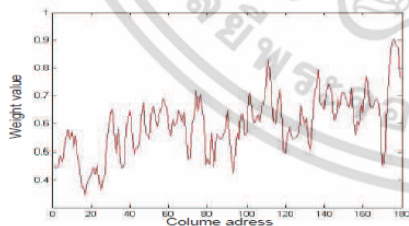
$$mean(x) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n R(x, i) \tag{6}$$

$$weight(x) = \frac{2}{n(n+1)} \sum_{i=1}^n R(x, i) \times i \tag{7}$$

where $R(x, i)$ is rectangular image .x is column address of rectangular image, i is row address of rectangular image, n is total number of row.



(a) mean feature



(b) weight by value feature
Fig7 example of feature extraction

IV. MATCHING

The final step in an iris recognition system is iris feature matching. Absolute distance (AD) between two iris features is used to determine whether they belong to same class or not.

It finds minimum of value between a pair of iris features. A and B be two iris features to be matched. Absolute distance is calculated as follows

$$AD = \min \left\{ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |A(i + \phi) - B(i)| \right\} \tag{8}$$

where $-5 \leq \phi \leq 5$ is used to compensate the rotation of iris and N is the number of column address of iris feature .if $AD \leq$ separation point,the given two iris images belong to the same class the minimum calculated value from (8) represents the AD of two iris without rotational error.

V. EXPERIMENTS

To evaluate our method for iris feature extraction, we used the CASIA iris database version 1[10] that contain 756 iris images in 108 users. The experiments are done in Matlab (version2009).We build a database, which includes 500 images form 100 persons. Everyone was taken 5 pictures of right eye. We set 50 persons (100pictures) for reference data and use 50persons (150pictures) for authorized users and 50 persons (250pictures) for unauthorized users and find AD between test set and reference data. Different types of tests are conducted to evaluate the accuracy of system. These include False Accept Rate (FAR), False Reject Rate (FRR) and Equal Error Rate(EER).

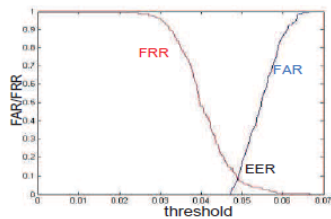
TABLE I
FAR and FRR for difference threshold with Mean feature

Threshold	Mean feature	
	FAR	FRR
0	0	1
0.030	0	0.96
0.047	0	0.1474
0.048	0.0438	0.1275
0.049	0.0876	0.0916
0.050	0.1554	0.0677
0.060	0.8645	0.0080
0.065	1	0

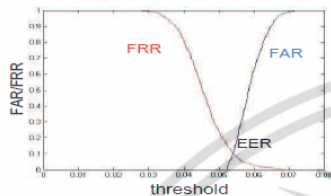
TABLE II
FAR and FRR for difference threshold with weight feature

Threshold	weight feature	
	FAR	FRR
0	0	1
0.040	0	0.7610
0.051	0.0518	0.1793
0.052	0.1275	0.1235
0.053	0.1355	0.1116
0.060	0.7131	0.0279
0.070	0.9880	0
0.080	1	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a) mean feature

(b) weight by value feature
Fig8 Threshold Vs FAR and FRR

VI. CONCLUSIONS

In this paper, we proposed a new iris feature extraction method which based on statistic information. They are small size signatures (1340 byte) and can be very fast for calculations. The Iris recognition experimental results show that the mean feature at threshold 0.049 FAR is 8.76% and FRR is 9.16% Accuracy rate 90.84 % and the weight feature at threshold 0.052 FAR is 12.75% and FRR is 12.35% Accuracy rate 81.25%.

ACKNOWLEDGMENT

Thank to Chinese academy of science, institute of automation for providing CASIA iris image database.

REFERENCES

- [1] J. Daugman. How iris recognition works. *IEEE Trans. Circuits and Systems for Video Technology*, 14:21–30, 2004.
- [2] 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.
- [3] Li Ma and T. Tan, "Personal Identification Based on Iris Texture Analysis," *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, vol. 25, no. 12, 2003.
- [4] R. Wildes. Iris recognition: An emerging biometric technology. *Proc. IEEE*, 85:1348–1363, 1997.
- [5] R. P. Wildes, J. C. Asmuth, S. C. Hsu, R. J. Kolczynski, J. R. Matey, and S. E. McBride. Automated, noninvasive iris recognition system and method. U.S. Patent No. 5,572,596, 1999.
- [6] S. Lim, K. Lee, O. Byeon, and T. kim. Efficient iris recognition through improvement of feature vector and classifier. *Elec. Tele. Res. Institute J.*, 23(2):61–70, 2001.
- [7] L.Ma, T. Tan, Y.Wang, and D. Zhang. Personal identification based on iris texture analysis. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 25:1519–1533, 2003.
- [8] L. Ma, T. Tan, Y.Wang, and D. Zhang. Efficient iris recognition by characterizing key local variations. *IEEE Trans. Image Processing*, 13(6):739–750, 2004.
- [9] L.Masek and P. Kovesi. MATLAB Source Code for a Biometric Identification System Based on IrisPatterns. The School of Computer Science and Software Engineering, The University of Western Australia, 2003.
- [10] CASIA. Iris image database, 2004. <http://www.sinobiometrics.com>

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล นาย ชานนท์ ทรัพย์สำราญ
วัน เดือน ปีเกิด 3 สิงหาคม 2528
ที่อยู่ 59 ซอย 4 ถนนเสือป่า อ.เมือง จ.ราชบุรี 70000
โทรศัพท์ +668-1756-2105
อีเมล Chanon.non@gmail.com

ประวัติการศึกษาและการทำงาน 2547 โรงเรียนเบญจมราชูทิศ ราชบุรี
2549 ฝึกงานบริษัท TOT จำกัดมหาชน
2551 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2552 วิศวกร ซ่อมบำรุง บริษัท Thai Better Foods

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้