

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การแยกส่วนม่านตาโดยการแปลงเฮาจ์เพื่อการนอร์มอลไรเซชัน
IRIS BOUNDARY SEGMENTATION USING HOUGH TRANSFORM
FOR NORMALIZATION



T110465



ฉพ.
๒๗๑๖๗
๒๕๕๓

สงหนุ.....
เลขทะเบียน...**110465**
วันเดือนปี...**2 ๗๒. 2553**

b.....**12260582**
i.....

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2553

KMITL-2010-EN-M-045-090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**IRIS BOUNDARY SEGMENTATION USING HOUGH TRANSFORM
FOR NORMALIZATION**



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

2010

KMITL-2010-EN-M-045-090

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



COPYRIGHT 2010

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การแยกส่วนม่านตาโดยการแปลงเฮาจ์เพื่อการนอร์มอลไรเซชัน
Thesis Title Iris Boundary Segmentation-using-Hough Transform for Normalization
นักศึกษา นางสาวเบญญูทิพย์ ทรงพินิจ
รหัสประจำตัว 50061401
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา อิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบลีย์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2010-EN-M-045-090

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์	ลายมือชื่อ
รศ.ดร.มนัส สัจจวรศิลป์	_____
ผศ.ดร.สุพินธุ์ ตังจิตตอศลมั่น	_____
ผศ.ดร.สุพจน์ สุขโพธารมณ	_____
รศ.ดร.สุรพันธุ์ เอื้อไพบลีย์	_____

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันศุกร์ที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2553 เวลา 13.00-15.00 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร A ชั้น 5 ห้องประชุม 3
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว


(รองศาสตราจารย์ ดร.กอบชัย เดชหาญ)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่ 7 พฤษภาคม พ.ศ. 2553

สำนักทะเบียนและประมวลผล สจล.
วันที่ส่งเล่มวิทยานิพนธ์ฉบับสมบูรณ์
วันที่ 7 เดือน มิ.ย. ปี พ.ศ. 53
ลงชื่อ _____

เอกสารนี้เป็นเอกสารต้นฉบับ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การแยกส่วนม่านตาโดยการแปลงเฮาจ์เพื่อการนอร์มอลไรเซชัน
นักศึกษา	นางสาวเบญญูทิพย์ ทรงพินิจ
รหัสนักศึกษา	50061401
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์
พ.ศ.	2553
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพบูลย์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งของม่านตาภายในภาพถ่ายดวงตา วิธีการนี้ใช้การค้นหาขอบภาพวัตถุของภาพดวงตา โดยม่านตาและรูม่านตาจะถูกประมาณเป็นรูปร่างกลม เราจะค้นหาบริเวณพื้นที่ของม่านตาโดยใช้การแปลงเฮาจ์ ซึ่งทำการค้นหาเส้นตรงหลายเส้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปร่างกลม และเส้นตรงเหล่านั้นจะถูกประมาณค่าเป็นเส้นวงกลม ตำแหน่งของม่านตาจะมีลักษณะวงแหวน แล้วทำการนอร์มอลไรเซชันโดยการแปลงพิกัดจากพิกัดโพล่าเป็นพิกัดคาร์ทีเซียน การประเมินค่าประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ นั้น โดยได้ทำการทดสอบกับภาพถ่ายดวงตาจากฐานข้อมูล CASIA v 1.0 จำนวน 104 ภาพ มีประสิทธิภาพคิดเป็น 95.19 เปอร์เซ็นต์ กับฐานข้อมูล UBIRIS จำนวน 241 ภาพ มีประสิทธิภาพคิดเป็น 98.34 เปอร์เซ็นต์

Thesis Title	Iris Boundary Segmentation using Hough Transform for Normalization
Student	Miss. Benyatip Songpinit
Student ID.	50061401
Degree	Master of Engineering
Programme	Biomedical Electronics
Year	2010
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Surapan Airphaiboon

ABSTRACT

Iris boundary segmentation using Hough Transform is presented in this thesis. Edge detection is applied for an eye image to roughly iris boundary segmentation. Consequently, the group of line segments that performed a circular shape is estimate by using Hough Transform. The polar to spatial coordinate transformation is implemented, the completely normalized iris patterns for recognition process are obtained. An evaluation of the proposed procedure was performed using a set of 104 images from the CASIA v 1.0 database, the efficiency was 95.19 percent. And using a set of 241 images from the UBIRIS database, the efficiency was 98.34 percent.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ และคำปรึกษาจาก รศ.ดร.สุรพันธ์ เอื้อไพฑูริย์ ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ และอบรมสั่งสอนทั้งในเรื่องการศึกษาค้นคว้า การทำวิจัย ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน

เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่ให้คำแนะนำต่างๆ และคอยให้กำลังใจเสมอมา

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่เป็นกำลังใจ และให้การสนับสนุนในทุกเรื่องๆ ทำให้ข้าพเจ้าสามารถทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

คุณค่าและประโยชน์อันพึงมาจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอบอบแด่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

เบญญทิพย์ ทรงพินิจ

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	2
1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 โครงสร้างวิทยานิพนธ์.....	3
บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย.....	4
2.1 เทคโนโลยีไบโอมेटริก.....	4
2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ.....	4
2.1.2 ลักษณะทางพฤติกรรม.....	5
2.2 โครงสร้างของลูกตา.....	7
2.2.1 ชั้นนอกสุดของลูกตา.....	7
2.2.2 ผนังตาชั้นกลาง.....	7
2.2.3 ชั้นในสุดของลูกตา.....	8
2.3 ลายม่านตาของมนุษย์.....	9
2.4 การเปรียบเทียบระบุตัวบุคคลโดยการใช้ลายม่านตา.....	10
2.5 การแยกส่วนของบริเวณลายม่านตา.....	13
บทที่ 3 การหาขอบภาพ.....	14
3.1 บทนำ.....	14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาiv และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
3.2 ขั้นตอนของการหาขอบภาพ.....	15
3.2.1 การลบสัญญาณรบกวน.....	16
3.2.2 การหาค่าเกรเดียนท์แม็กนิจูด.....	18
3.2.3 การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression.....	19
3.2.4 การคำนวณดับเบิลเทรสโลลด์.....	19
3.3 สรุป.....	21
บทที่ 4 การแปลงเฮาจ์.....	22
4.1 บทนำ.....	22
4.2 ทฤษฎีของการแปลงเฮาจ์.....	22
4.2.1 การตรวจจับเส้นตรงโดยการแปลงเฮาจ์.....	26
4.2.2 การตรวจจับวงกลมโดยใช้การแปลงเฮาจ์.....	29
4.3 สรุป.....	34
บทที่ 5 การทำนอร์มอลไรเซชัน.....	35
5.1 บทนำ.....	35
5.2 การคลี่ภาพ.....	35
5.3 สรุป.....	38
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง.....	39
6.1 บทนำ.....	39
6.2 ขอบเขตการทดลอง.....	39
6.3 ผลการทดลองของการระบุตำแหน่งของม่านตา.....	40
6.4 สรุป.....	66
บทที่ 7 บทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	67
บรรณานุกรม.....	70
ประวัติผู้เขียน.....	72

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่หรือจำหน่าย การค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา v และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
6.1 ผลการระบุตำแหน่งม่านตาของฐานข้อมูล CASIA v 1.0.....	40
6.2 ตัวอย่างภาพผลการทดลองของฐานข้อมูล CASIA v 1.0.....	47
6.3 ผลการระบุตำแหน่งม่านตาของฐานข้อมูล UBIRIS.....	52
6.4 ตัวอย่างภาพผลการทดลองของฐานข้อมูล UBIRIS.....	61



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา **vi** ต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 เทคโนโลยีไบโอเมตริก.....	5
2.2 ส่วนประกอบลูกของตา.....	8
2.3 ลายม่านตาของมนุษย์.....	9
2.4 ส่วนประกอบของภาพถ่ายดวงตาจากฐานข้อมูล.....	12
3.1 ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีต่างๆ.....	14
3.2 ขั้นตอนของการหาขอบภาพ.....	15
3.3 แสดงกราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนของตัวกรองเกาส์เขียนแบบสองมิติ.....	17
3.4 แสดงการทำ Hysteresis Thresholding.....	20
4.1 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดฉาก.....	24
4.2 ระนาบ xy	25
4.3 ระนาบ ab	25
4.4 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดเชิงขั้ว.....	27
4.5 แสดงการแปลงจากอิมเมจโดเมนเป็นเฮาจ์โดเมน.....	28
4.6 แสดงการนำค่าในเฮาจ์โดเมนมาหาเส้นตรง.....	28
4.7 แสดงการหาวงกลมที่รัศมีต่างๆ กัน.....	29
4.8 แสดงการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลมจากเฮาจ์โดเมน.....	30
4.9 ภาพไบนารีซึ่งได้จากการหาขอบภาพประกอบด้วยส่วนรูปร่างวงกลมและ 2 เส้นตรง.....	32
4.10 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 1 วงต่อ 1 เส้น.....	32
4.11 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 2 วงต่อ 1 เส้น.....	33
4.12 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 3 วงต่อ 1 เส้น.....	33
5.1 การคลี่ภาพ.....	35
5.2 ผลการทำนอร์มอลไรเซชัน.....	37
6.1 ขั้นตอนและผลการทดลองของภาพ 001_1_1.bmp.....	43
6.2 ผลการทดลองของภาพ 088_1_1.bmp.....	44
6.3 ผลการทดลองของภาพที่มีสัญญาณรบกวนจากฐานข้อมูล CASIA v 1.0.....	45
6.4 ผลการระบุตำแหน่งผิดพลาดของม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA v 1.0.....	46
6.5 ขั้นตอนและผลการทดลองของภาพ Img_1_1_1.jpg.....	57
6.6 ผลการทดลองของภาพ Img_85_1_1.jpg.....	58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา VII และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
6.7 ผลการทดลองของภาพที่มีสัญญาณรบกวนจากฐานข้อมูล UBIRIS.....	59
6.8 ผลการระบุตำแหน่งผิดพลาดของม่านตาจากฐานข้อมูล UBIRIS.....	60
7.1 ภาพ 001_1_1.bmp จากฐานข้อมูล CASIA ที่ได้ทำการแปลงเวฟเล็ตแล้ว.....	68
7.2 แบบจำลองการแยกข้อมูลม่านตาโดยใช้เทคนิค Contour Following.....	69
7.3 แบบจำลองการนอร์มอลไรเซชันโดยการคลื่นภาพ.....	69



บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ไบโอเมตริก เป็นการกล่าวถึงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเกี่ยวกับสัญลักษณ์ที่บ่งบอกว่าเป็นบุคคลนั้นจริงโดยใช้ลักษณะทางกายภาพหรือพฤติกรรมเฉพาะของบุคคล อาทิเช่น ลายนิ้วมือ ลายมือชื่อ ลายม่านตา รูปทรงของมือ ลักษณะของใบหน้า เป็นต้น โดยนำไปใช้ในงานทางด้าน การเข้าถึงระบบข้อมูลส่วนบุคคลเพื่อใช้ในการสื่อประวัติหรือควบคุมการเข้าออกอาคาร ซึ่งในปัจจุบัน มีความสำคัญอย่างยิ่ง

ในระบบไบโอเมตริกนั้นรูปแบบลายม่านตา เป็นลักษณะที่มีความแม่นยำและเชื่อถือได้สูง ลายม่านตาเป็นความพิเศษส่วนบุคคล ซึ่งคงที่ตลอดเวลาและไม่เปลี่ยนแปลงตามสภาพแวดล้อม อาทิเช่น การยืด ความชื้น เป็นต้น โดยในม่านตา (Iris) มีรายละเอียดและองค์ประกอบต่างๆ ที่มีลักษณะที่เฉพาะ เช่น สี เส้นเลือดฝอย ริ้วรอยซึ่งเกิดจากการเกาะกลุ่มกันของรงควัตถุ (Pigment) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางพันธุกรรม โดยในระยะขบวนการแรกนั้นอาจจะยังมีการเปลี่ยนแปลงสีของม่านตา แต่รูปแบบลายบนม่านตาจะมีลักษณะที่คงที่ตลอด เนื่องจากม่านตาเป็นอวัยวะที่อยู่ภายใน ซึ่งอยู่หลังกระจกตา (Cornea) และน้ำหล่อเลี้ยงดวงตา (Aqueous Humor) ทำให้การที่จะผ่าตัดแก้ไข รายละเอียดของลายบนม่านตาเพื่อการปลอมแปลงตัวบุคคลนั้นทำได้ยาก องค์ประกอบเหล่านี้สามารถจดจำได้ง่าย ยิ่งไปกว่านั้นม่านตาเป็นอวัยวะที่อยู่ภายในกระจกตาแต่อยู่ตรงหน้าเลนส์ตา ทำให้มีความเป็นไปได้ของการบ่งบอกความเป็นบุคคลนั้นจริงได้ยาวนาน

เนื่องจากม่านตามีรายละเอียดซับซ้อนและไม่เปลี่ยนแปลงตามเวลา ม่านตา (Iris) เป็นเนื้อเยื่ออยู่ระหว่างลูกตาดำ (Pupil) และเนื้อเยื่อชั้นนอกสีขาว (Sclera) ที่อยู่ภายในดวงตาจึงยากที่จะทำการปลอมแปลงได้และยังไม่สูญหายอีกด้วย การระบุเอกลักษณ์บุคคลโดยใช้ม่านตานี้ จำเป็นต้องแยกข้อมูลของม่านตาออกมาวิเคราะห์ก่อนจะนำไประบุบุคคลต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการระบุขอบเขตของม่านตา
2. เพื่อศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะของม่านตา
3. สามารถนำข้อมูลไประบุเอกลักษณ์บุคคลได้ต่อไป
4. เพื่อเป็นองค์ความรู้เบื้องต้นของเทคโนโลยีไบโอเมตริก
5. เพื่อที่จะสามารถนำข้อมูลที่ได้ออกไปประยุกต์ใช้ในด้านอื่นๆ

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

การระบุเอกลักษณ์ของบุคคลโดยใช้ม่านตานี้ เป็นวิธีการระบุบุคคลที่ถือว่าสามารถเชื่อถือได้สูง และเป็นวิธีที่สะดวกเมื่อนำไปใช้ในการระบุบุคคลอีกด้วย ซึ่งขั้นตอนแรกของการระบุบุคคลด้วยม่านตานี้ต้องนำภาพถ่ายดวงตาที่ได้มาทำการเตรียมภาพที่จะประมวลผลก่อน ซึ่งในขั้นตอนนี้เองที่เป็นขั้นตอนที่สำคัญ โดยถ้าในขั้นตอนการระบุตำแหน่งของม่านตามีจุดบกพร่อง ก็จะเป็นผลให้การระบุบุคคลในขั้นต่อไปผิดพลาดได้ ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงให้ความสำคัญกับการระบุตำแหน่งของม่านตาให้แม่นยำ และสามารถดึงส่วนของม่านตาที่ได้มาเข้ากระบวนการเข้ารหัสม่านตาได้ต่อไป ซึ่งวิธีการของการแปลงเฮาจ์เป็นวิธีการที่ระบุตำแหน่งของม่านตาได้ดีและแม่นยำมาก จึงเป็นวิธีที่เลือกใช้เพื่อตัดและลดข้อผิดพลาดของการระบุตัวตนของบุคคล และเพื่อทำให้การระบุบุคคลมีประสิทธิภาพมากที่สุดอีกด้วย

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอบเขตของงานวิจัยได้นำเสนอหลักการและวิธีการประมวลผลจากภาพถ่ายดวงตา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อค้นหา ระบุตำแหน่งและระบุขอบเขตของม่านตา โดยแปลงพิกัดให้อยู่ในรูปของพิกัดโพล่าโดยใช้เทคนิคของการแปลงเฮาจ์ หาพื้นที่ตำแหน่งของลูกตาดำและม่านตาแล้วทำการแยกข้อมูลม่านตาออกจากภาพถ่ายดวงตา เพื่อที่จะนำไปทำการนอร์มอลไรเซชันให้เป็นมาตรฐานก่อนนำไปเข้ารหัสและระบุบุคคลต่อไป

1.5 โครงสร้างวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บทด้วยกันคือ

- บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของการศึกษา ทฤษฎีและขอบเขตของงานวิจัย
 - บทที่ 2 กล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย
 - บทที่ 3 กล่าวถึงการหาขอบภาพโดยการประยุกต์เทคนิคของแกนนี่เองดีเทคเตอร์
 - บทที่ 4 กล่าวถึงเทคนิคของการแปลงเฮาจ์และวิธีการระบุขอบเขตของม่านคา
 - บทที่ 5 กล่าวถึงวิธีการทำนอร์มอลไรเซชันของลายม่านคา
 - บทที่ 6 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง
 - บทที่ 7 เป็นบทสรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ
- บรรณานุกรม
ประวัติผู้เขียน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานที่ใช้ในการวิจัย

2.1 เทคโนโลยีไบโอเมตริก (Biometric)

ไบโอเมตริก เป็นเทคโนโลยีชีวภาพ ซึ่งเป็นการผสมผสานกันระหว่างเทคโนโลยีทางด้านชีวภาพและทางการแพทย์ กับเทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์เข้าด้วยกัน โดยการตรวจวัดคุณลักษณะทางกายภาพของมนุษย์ (Physical Characteristics) และลักษณะทางพฤติกรรมของมนุษย์ (Behaviors) ที่เป็นลักษณะเฉพาะของแต่ละคนมาใช้ในการระบุตัวบุคคลนั้นๆ แล้วนำสิ่งเหล่านั้นมาเปรียบเทียบกับคุณลักษณะที่ได้มีการบันทึกไว้ในฐานข้อมูลก่อนหน้านี้ เพื่อใช้แยกแยะบุคคลนั้นจากบุคคลอื่นๆ ซึ่งคุณลักษณะทางกายภาพของคนเรานั้นส่วนใหญ่จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา

ในขณะที่พฤติกรรมของมนุษย์อาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ไม่ว่าจะเป็น เสียงพูด การลงลายมือชื่อ การใช้แป้นพิมพ์ ซึ่งจัดเป็นคุณลักษณะทางพฤติกรรมของบุคคล ที่สามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามกาลเวลาและการเรียนรู้ของบุคคลนั้นๆ จึงทำให้การพิสูจน์บุคคลโดยใช้ลักษณะทางกายภาพนั้นมีความน่าเชื่อถือมากกว่า ข้อดีอีกอย่างหนึ่งของการใช้ไบโอเมตริกประเภทนี้คือ มีวิธีการใช้ที่ง่าย เป็นที่ยอมรับของผู้ใช้ และมีอัตราเสี่ยงต่อการติดเชื่อต่ำ เนื่องจากไม่จำเป็นต้องนำอวัยวะที่ไวต่อการติดเชื่อ (เช่น ดวงตา) ไปสัมผัสกับอุปกรณ์ที่ใช้ สำหรับใช้ในการอ่านข้อมูลไบโอเมตริก ตัวอย่างของคุณลักษณะทางกายภาพที่นิยมนำมาใช้ ได้แก่ ลายนิ้วมือ ม่านตา ช่องตาต่ำ ฝ่ามือ และรูปหน้า เป็นต้น

ไบโอเมตริก สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ การใช้ลักษณะทางกายภาพ (Physiological Biometrics) และการใช้ลักษณะทางพฤติกรรม (Behavioral Biometrics) ในการระบุตัวบุคคล

2.1.1 ลักษณะทางกายภาพ (Physiological Biometrics)

- ลายนิ้วมือ (Fingerprint)
- ลักษณะใบหน้า (Face)
- ลักษณะของมือ (Hand Geometry)
- ลายมือ (Palm print)
- แบบแผนเส้นเลือดดำ (Vein Pattern)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- ลักษณะของนิ้วมือ (Finger Geometry)
- ลักษณะใบหู (Ear Shape)
- ลายม่านตา (Iris)
- รูปแบบของเรตินา (Retina)
- ดีเอ็นเอ (DNA)

2.1.2 ลักษณะทางพฤติกรรม (Behavioral Biometrics)

- การใช้แป้นพิมพ์ (Keystroke)
- การเดิน (Gait)
- เสียง (Voice)
- การลงลายมือชื่อ (Signature)



รูปที่ 2.1 เทคโนโลยีไบโอเมตริก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไบโอเมตริก เป็นเทคโนโลยีที่ใช้ตรวจสอบลักษณะของบุคคลด้วยการวัดค่าลักษณะทางชีววิทยาของแต่ละบุคคล ซึ่งจะมีลักษณะเฉพาะของในแต่ละบุคคล ไบโอเมตริกประกอบด้วย การตรวจสอบลายเซ็นหรือลายมือชื่อ การสแกนเรตินา การสแกนม่านตา การวิเคราะห์ DNA การรู้จำใบหน้า การรู้จำเสียง และการวิเคราะห์ลายนิ้วมือ ไบโอเมตริกเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการตรวจสอบที่คิดว่าเทคโนโลยีการตรวจสอบที่มีอยู่ในทุกวันนี้ เช่น การตรวจสอบรหัสผ่าน หมายเลขระบุตัวตน หรือ PIN (Personal Identification Number) คีย์การ์ด (Key Cards) และสมาร์ทการ์ด (Smart Cards)

ไบโอเมตริก เป็นการวัดคุณลักษณะทางพฤติกรรมที่มีลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคล ซึ่งประกอบด้วย การวัดค่าลักษณะต่างๆ ของร่างกายมนุษย์ หรือสิ่งที่เป็นเอกลักษณ์ส่วนตัวของบุคคลนั้นๆ เช่น DNA รูปแบบเรตินา ม่านตา รูปร่างของใบหน้า และลายนิ้วมือ รวมถึงการวัดพฤติกรรมที่มีลักษณะเฉพาะ เช่น รูปแบบเสียง (Voice Patterns) การวิเคราะห์ลายเซ็นแบบไดนามิก (Dynamic) ก่อนที่จะมีไบโอเมตริก มีเพียงวัตถุทางกายภาพหรือพฤติกรรมที่อยู่บนพื้นฐานของความจำเท่านั้นที่ใช้ในการระบุตัวบุคคล วัตถุทางกายภาพได้แก่ สมาร์ทการ์ด หรือ บัตรแถบแม่เหล็ก (Magnetic Strip Card) ส่วนพฤติกรรมที่อยู่บนพื้นฐานของความจำได้แก่ การใช้ PIN Number หรือ รหัสลับ

การใช้วัตถุทางกายภาพหรือพฤติกรรมที่อยู่บนพื้นฐานความจำนั้น มีข้อจำกัดในตัวมันเอง วัตถุอาจจะถูกขโมยหรือทำลายได้ ส่วนพฤติกรรมที่อยู่บนพื้นฐานความจำก็อาจจะถูกลืมได้ง่าย การใช้รหัสที่ถูกต้องก็ไม่อาจจะรับรองและการทำงานที่ไม่เหมาะสมก็ไม่อาจพิสูจน์หรือปฏิเสธได้ ซึ่งข้อจำกัดเหล่านี้จะลดความน่าเชื่อถือและเพิ่มความเป็นไปได้ในการปลอมแปลง ถ้าปราศจากไบโอเมตริกแล้ว ก็ไม่มีความเป็นไปได้เลยที่จะเชื่อถือหรือพิสูจน์ว่าบุคคลนั้นเป็นความจริง และสิ่งที่แย่มากก็คือความเสี่ยงที่จะถูกปลอมแปลงเพิ่มมากขึ้น ฉะนั้นไบโอเมตริกก็จะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่จะเพิ่มความน่าเชื่อถือและสร้างความมั่นใจ ซึ่งเป็นการยากที่จะแบ่งปันลายนิ้วมือ ใบหน้า และลายม่านตา ร่วมกัน ในทางปฏิบัติมีความเป็นไปได้น้อยมากที่จะเลียนแบบรูปแบบของเสียงหรือลอกเลียนแบบการกระทำ

2.2 โครงสร้างของลูกตา

ผนังของลูกตา ประกอบด้วย เนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ

2.2.1 ชั้นนอกสุดของลูกตา เป็นเนื้อเยื่อเกี่ยวพัน Fibrous coat แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

- ชั้น Sclera (รูปที่ 2.2) หรือ ตาขาว เป็นผนังตาชั้นนอกซึ่งหนา มีสีขาวทึบ แสงผ่านไม่ได้ ส่วนใหญ่ของตาขาวอยู่ภายในเบ้าตา ประมาณ 5/6 ทางด้านหลัง และมี Optic nerve ทะลุเข้ามา
- ส่วน Cornea (รูปที่ 2.2) หรือกระจกตา เป็นส่วนเยื่อที่คลุม 1/6 ทางด้านหน้าของลูกตา มีลักษณะใส โปร่งแสง ไม่มีหลอดเลือด ส่วนนี้มีประโยชน์ คือ สามารถให้แสงผ่านเข้าไปในลูกตาได้

2.2.2 ผนังตาชั้นกลาง Vascular coat มีลักษณะบาง สำหรับให้เส้นเลือดและเส้นประสาทที่ตา ทอดผ่านไป ชั้นนี้ประกอบด้วย

- Choroid (ในรูปที่ 2.2) เป็นผนังบางถัดจาก Sclera เข้าไปในชั้นนี้มีเซลล์เม็ดสี (Pigment cells) และเซลล์อื่นๆ ประกอบเป็นร่างแห ทำให้มีสีเข้ม ทึบแสง ช่วยในการป้องกันการสะท้อนของแสง ในส่วนนี้มีเส้นเลือดและเส้นประสาทมาก
- Ciliary body (ในรูปที่ 2.2) อยู่ได้ขอบของ Cornea อยู่ต่อจากส่วน Choroid มาทางด้านหน้า ประกอบด้วย Ciliary muscle และ Ciliary process และที่ส่วนปลายของ Ciliary process นี้ มี Suspensory ligament ไปยึดกับเลนส์ (Lens) เมื่อมีการหดตัวของ Ciliary muscle ทำให้เกิดการดึงเลนส์ ซึ่งจะส่งผลให้เลนส์ มีการปรับความหนา ช่วยในการปรับแสงให้ผ่านไปที่ตบกังเรตินา ได้พอดี นอกจากนี้ Ciliary body ยังทำหน้าที่ผลิต Aqueous humor ด้วย Ciliary process มีลักษณะเป็นต้นขี้หมา แผ่รัศมีออกไปยังขอบนอกของม่านตา ใน Ciliary process เป็นที่อยู่ของเส้นเลือดและเป็นที่ยึดของเอ็น (Suspensory ligament) ส่วน Ciliary muscle เป็นกล้ามเนื้อเรียบมีหน้าที่เปลี่ยนความโค้งของเลนส์ (Lens) เพื่อให้เห็นภาพในระยะต่างๆ ได้ชัดเจน
- Iris (ในรูปที่ 2.2) หรือม่านตา อยู่หน้าเลนส์ หลัง Cornea หรือกระจกตา ช่องระหว่างขอบของม่านตาเรียกว่ารูม่านตา (Pupil) หน้าที่ที่สำคัญของม่านตาคือ ปรับขนาดของรูม่านตา เพื่อให้พอเหมาะกับปริมาณแสงที่ผ่านเข้าลูกตา ม่านตาถูกยึดด้วย กล้ามเนื้อ 2 ชนิด คือ Spincter muscle ควบคุมโดย Parasympathetic ทำหน้าที่ดึงรูม่านตาให้หดเล็ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

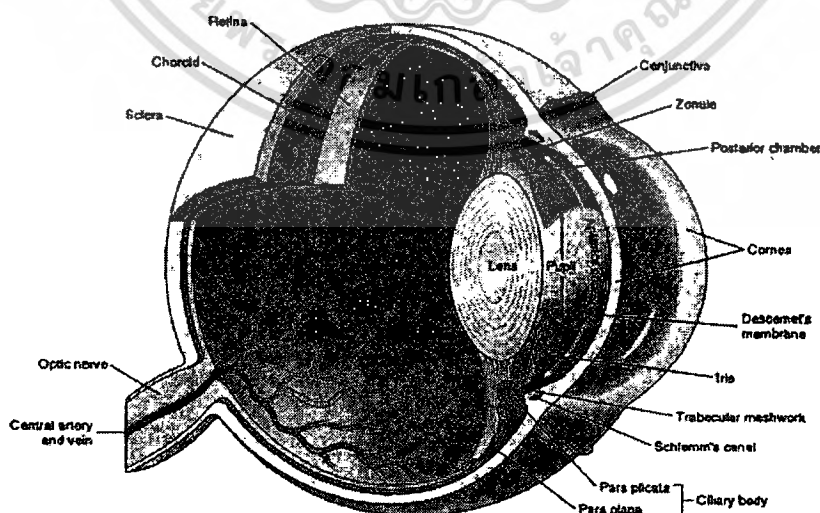
ลง และ Dilator muscle ควบคุมโดยประสาท Sympathetic ทำหน้าที่เปิดรูม่านตา ให้ขยายกว้างออก เมื่อมีแสงเข้าน้อย ซึ่งกลไกการทำงานของกรขยายหรือหดรูม่านตา ต้องอาศัยรีเฟล็กซ์ที่เรียกว่า Light Reflex ร่วมกับการทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ

สีของตาสีขึ้นอยู่กับ Pigment cells ในม่านตาคิ้ว ถ้ามีเซลล์สีเข้มน้อย ตาจะมีสีฟ้า ถ้ามีเซลล์สีเข้มน้อยมาก ตาก็จะเป็นสีเทา สีน้ำตาลหรือดำ

2.2.3 ชั้นในสุดของลูกตา คือ Nervous coat หรือเรียกว่า Retina (ในรูปที่ 2.2) เป็นจอรับภาพ ส่วนที่ไวต่อแสง แผลอยู่ด้านหลังของลูกตา เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ในการรับภาพ (Receptor) ประกอบด้วย เซลล์ประสาท 2 ชนิด ที่สำคัญในการรับแสง คือ Cone cells และ Rod cells

Rod cells เป็นเซลล์รูปยาวทรงกระบอก มีความไวต่อแสงประกอบด้วยสีที่เรียกว่า rhodopsin หรือ Visual purple เป็นตัวรับรู้ ตัวรับแสง ทำหน้าที่ในการรับแสงหรือภาพ ขาว-ดำ และจะทำงานมากเมื่อนัยน์ตามองภาพอยู่ในที่มืดสลัวหรือที่มีแสงน้อย ส่วน Cone cells เป็นเซลล์รูปกระสวย มีหน้าที่ในการรับแสงและการจำแนกสีต่างๆ จะทำงานได้ดีในสถานที่ที่มีแสงเพียงพอหรือเมื่อถูกเร้า เซลล์ประสาททั้งสองชนิดนี้ จะส่งคลื่นประสาทผ่านเซลล์ประสาทในชั้นต่างๆ ของ Retina ไปยัง Optic nerve ซึ่งทอดทะลุไปสู่เปลือกสมอง (Cerebral cortex)

จุดบอด (Blind spot หรือ Optic disc) เป็นบริเวณที่ Optic nerve และแขนงของเส้นเลือดทะลุเข้าสู่นัยน์ตา บริเวณนี้มีแต่เส้นใยประสาทเท่านั้น ไม่มี Rod cells และ Cone cells อยู่เลย จึงทำให้ตาตรงจุดนี้ไม่สามารถรับแสงสว่างได้ ดังนั้นภาพที่ส่งไปถูกจุดบอด จะไม่ทำให้เราเห็นได้



รูปที่ 2.2 ส่วนประกอบของลูกตา (ที่มา: www.sema.go.th)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ลายม่านตาของมนุษย์ (Human Iris)

ม่านตาเป็นส่วนของ Choroids ที่ยื่นออกมาจาก Ciliary Body ไปคลุมทางด้านหน้าของเลนส์ มีลักษณะเป็นแผ่น membrane วงกลมคล้ายรูปขนมโดนัทตรงกลางมีรูเรียกว่ารูม่านตา ภายในม่านตามีเม็ดสีอยู่ทำให้มองเห็นม่านตามีสีต่างกันตามลักษณะของเชื้อชาติ และในม่านตาประกอบด้วยกล้ามเนื้อเรียบ 2 มัดคือ Constrictor Papillae Muscle มีลักษณะการจัดเรียงตัวของเส้นใยกล้ามเนื้อเป็นวงกลม ถูกควบคุมโดยระบบประสาทอัตโนมัติ Parasympathetic ที่ฝากมากับ Oculomotor Nerve เมื่ออยู่ในที่มีแสงมากๆ กล้ามเนื้อมัดนี้หดตัวจะทำให้รูม่านตาหดแคบเข้า ส่วนกล้ามเนื้ออีกมัดมีการจัดเรียงตัวเส้นใยของกล้ามเนื้อตามแนวรัศมีเรียกว่า Dilator Papillae Muscle ซึ่งถูกควบคุมการทำงานโดยระบบประสาทอัตโนมัติ Sympathetic กล้ามเนื้อมัดนี้จะหดตัวทำให้รูม่านตาขยายกว้างขึ้นเมื่ออยู่ในที่มืด



รูปที่ 2.3 ลายม่านตาของมนุษย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 การเปรียบเทียบระบุตัวบุคคลโดยใช้ลายม่านตา

การเปรียบเทียบระบุตัวบุคคลโดยการวิเคราะห์การใช้ลายบนม่านตานั้น เป็นการใช้ลักษณะทางชีวภาพอีกลักษณะหนึ่งที่มีความแม่นยำและมีความน่าเชื่อถือที่สูง ในการระบุตัวบุคคล โดยในม่านตามีรายละเอียดและองค์ประกอบต่างๆ ที่มีลักษณะเฉพาะเช่น สี เส้นเลือดฝอย ริ้วรอย ซึ่งเกิดมาจากการเกาะกลุ่มกันของรงควัตถุ ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะทางพันธุกรรม โดยในระยะขบวนการแรกนั้นอาจจะยัง มีการเปลี่ยนแปลงสีของม่านตา แต่รูปแบบลายบนม่านตาจะมีลักษณะที่คงที่ตลอดและเนื่องจากม่านตาเป็นอวัยวะที่อยู่ภายใน ซึ่งอยู่หลังกระจกตาและน้ำหล่อเลี้ยงดวงตา ทำให้ม่านตามีความคงทนต่อสภาพแวดล้อม เนื่องจากถูกปกป้องเป็นอย่างดี

ม่านตาเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้สามารถมองเห็นได้ และยังปกป้องไม่ให้เกิดความระคายเคือง ไม่ว่าจะเป็นของใครล้วนแต่มีลักษณะคงที่และมีความแตกต่างกันของแต่ละบุคคล ทำให้บอกได้ถึงลักษณะเฉพาะของแต่ละบุคคลได้

สำหรับการปลอมแปลงลายม่านตานั้นสามารถทำได้ยาก แม้ว่าจะใช้คอนแทคเลนส์ (Contact Lens) มีลายม่านตาที่มีลักษณะเฉพาะที่เหมือนกับต้นแบบ แต่ลายม่านตาปลอมที่อยู่บนคอนแทคเลนส์นั้นจะลอยอยู่บนผิวของดวงตาทำให้สามารถตรวจจับได้ง่าย อีกทั้งธรรมชาติของม่านตาซึ่งประกอบด้วยเนื้อเยื่อและกล้ามเนื้อที่สามารถยืดและหดตอบสนองตามปริมาณแสงที่ได้รับบนดวงตา แม้ว่าปริมาณแสงจะเปลี่ยน แต่ม่านตาก็จะมีการปรับขนาดม่านตาอยู่ตลอดเวลาทุกๆ 2 วินาทีโดยเฉลี่ย จึงทำให้เป็นการยากต่อการปลอมแปลง

ระบบการจดจำลายม่านตาที่ประสบความสำเร็จในการค้าเป็นอย่างมาก ในปัจจุบันนี้ได้มีผลงานการวิจัยด้านการจดจำลายม่านตาด้วยกันหลายวิธี อาทิเช่น ผลงานที่สร้างชื่อของ Daugman [1] ซึ่งใช้วิธีการของตัวกรองแบบการ์เบอร์สองมิติ (2D Gabor Filter) เพื่อนำมาทำการสกัดลักษณะของลายม่านตา เพื่อมาทำการสร้างรหัสของลายม่านตาที่มีขนาด 2048 บิต และทำการเข้ารหัสลายม่านตาสำหรับของสองรหัสม่านตา โดยใช้วิธีการคำนวณระยะห่างแฮมมิง (hamming distance) มีผลความผิดพลาดในการระบุบุคคลเพียง 0.000083%

ในภายหลังจากที่เขาได้คิดค้นระบบการจดจำลายม่านตานี้ ต่อมาไม่นานก็ได้มีผู้คิดค้นอื่นเพิ่มขึ้นอีกอย่างแพร่หลาย ดังเช่น

ผลงานของ Wildes [2] ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะของลายม่านตาโดยใช้วิธี 2-level Laplacian pyramid เพื่อแบ่งส่วนของภาพออกไปพิจารณาในแต่ละช่วงความถี่ ซึ่งสัมพันธ์กับภาพที่ได้นำมาประมวลผล โดยได้ใช้วิธีที่คล้ายๆกัน เพื่อมาประเมินผล

ผลงานของ Boles และคณะ [3] ได้ทำการใช้วิธีการแปลงเวฟเลตแบบหนึ่งมิติ (1-D wavelet transform) ในบริเวณแนวเส้นรอบวงของม่านตา และพิจารณาสัญญาณที่ได้ด้วยการทำ Zero-Crossing

ผลงานของ Ma และคณะ [4] ได้ทำการวิเคราะห์ลักษณะของลายม่านตาโดยใช้ตัวกรองแบบวงกลมที่สมมาตรกัน (circular symmetry filter) และได้อธิบายถึงการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วหรือการหายไปของโครงสร้างที่สำคัญของภาพ ด้วยการเก็บข้อมูลความหนาแน่นของภาพไปพิจารณาด้วย

ผลงานของ Proenca และ Alexandre [5] ทำการใช้วิธีการแบ่งม่านตาเป็นส่วนๆ ออกเป็น 6 ส่วน แล้วจึงนำมาทำการดึงมาเปรียบเทียบในแต่ละส่วน สามารถลดการรบกวนจากสัญญาณรบกวนได้ถึง 40%

ผลงานของ Sun [6] ได้ใช้วิธีการ zero-crossing ของการแปลงเวฟเลต (wavelet transform) เพื่อมาทำการสกัดลักษณะของลายม่านตา เขาได้ทำการแทนลักษณะลายม่านตาด้วยรูปทรงเรขาคณิตได้ห้าแบบ (five geometric moments)

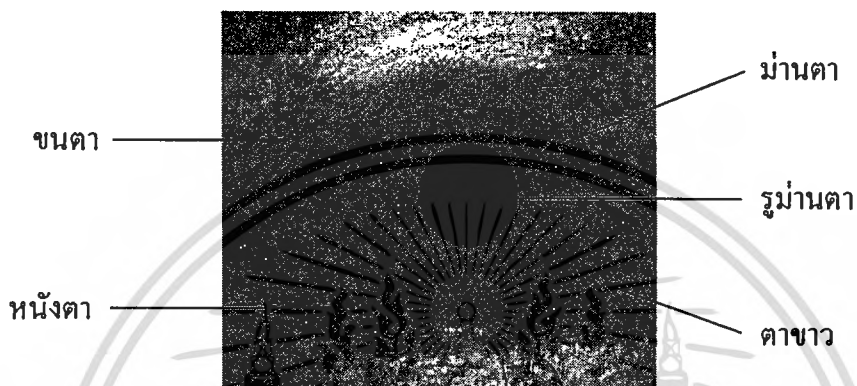
ผลงานของ Wen Yang [7] ได้ทำการแนะนำการใช้กลุ่มของตัวกรองกาเบอร์สองมิติ (2-D Gabor filter) เพื่อมาทำการตรวจพบจุดขององค์ประกอบลายม่านตา

ผลงานของ K.Miyazawa [8] ทำการวิเคราะห์ม่านตาโดยใช้ 2-D DFT (2-Dimension Discrete Fourier Transform) โดยเฉพาะบริเวณที่เป็นส่วนประกอบ มาใช้ประเมินผลการเข้ารหัสระหว่างม่านตาทั้ง 2 ภาพ

ผลงานวิจัยที่ได้กล่าวผ่านมาแล้วนั้น เป็นเพียงบางส่วนในงานวิจัยในเรื่องระบบการจดจำลายม่านตาที่มีอยู่ในปัจจุบันนี้ ยังมีการวิจัยอีกมากมายหลากหลายที่ไม่ได้นำมาเป็นแนวทางในการทำงานวิจัยในงานวิจัยนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการศึกษาจะใช้การประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing) โดยการใช้โปรแกรมแมทแลปในการเขียนโปรแกรม โดยจะเน้นความสำคัญเฉพาะซอฟต์แวร์สำหรับการแยกลักษณะเด่น ส่วนภาพดวงตาที่ใช้ในการประมวลผลจะใช้ภาพม่านตาจากฐานข้อมูลของ CASIA ซึ่งเป็นภาพสีระดับเทา 256 สี ที่ทำการปรับคุณลักษณะของภาพให้เหมาะสมแล้ว ที่ขนาด 320 x 280 พิกเซล และต้องทำการประมวลผลเบื้องต้นให้เหมาะสมก่อนนำไปประมวลผลต่อไป



รูปที่ 2.4 ส่วนประกอบของภาพถ่ายดวงตาจากฐานข้อมูล

ส่วนประกอบหลายส่วน เช่น ขนตา (Eyelashes) หน้าตา (Eyelid) ส่วนของตาขาว (Sclera) รูม่านตา (Pupil) และม่านตา (Iris) แต่ส่วนที่ต้องการนำมาใช้งานนั้นจะมีเพียงส่วนของม่านตาเท่านั้น จึงต้องทำการระบุตำแหน่งของม่านตาเพื่อทำการแยกเอาเฉพาะส่วนของม่านตาออกเพื่อที่จะใช้ในการประมวลผลต่อไป

ขั้นตอนในการทำงานจะแบ่งออกเป็นขั้นตอนย่อยๆ ดังนี้

1. การแยกส่วนของบริเวณลายม่านตา เพื่อการหาขอบเขตในและขอบเขตนอกของลายม่านตา
2. การทำนอร์มอลไรเซชันเป็นกระบวนการเพื่อทำส่วนของลายม่านตาให้มีขนาดและรูปแบบเหมือนกัน
3. การหาลักษณะเด่นและเข้ารหัสข้อมูล
4. การเปรียบเทียบ

โดยรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนจะถูกชี้แจงในหัวข้อย่อยต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5 การแยกส่วนของบริเวณลายม่านตา

เมื่อพิจารณาค่าระดับสีเหลืองจากจุดศูนย์กลางของลายม่านตาออกไปตามแนวรัศมี จะพบการเปลี่ยนแปลงของค่าระดับสีอย่างรวดเร็วที่ตำแหน่งระหว่างรูม่านตา (Pupil) กับม่านตา (Iris) หรือที่เรียกว่าขอบเขตในของม่านตา (Inner Boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตระหว่างรูม่านตากับม่านตา และส่วนของม่านตากับส่วนของตาขาว (Sclera) หรือที่เรียกว่าขอบเขตนอกของม่านตา (Outer Boundary) ซึ่งเป็นขอบเขตระหว่างม่านตากับส่วนของตาขาว จากความสัมพันธ์ดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้ในการตรวจหาขอบเขตของม่านตา

ในขั้นตอนแรกของการวิจัยนี้เป็นการแยกส่วนของบริเวณลายม่านตาในภาพดวงตาบริเวณของลายม่านตาและส่วนต่างๆ ของดวงตาดังแสดงในรูป สามารถทำการประมาณค่าด้วยวงกลมสองวง วงแรกสำหรับแสดงขอบเขตของลายม่านตาถึงส่วนของตาขาว ส่วนวงกลมที่สองสำหรับแสดงขอบเขตของรูม่านตาจนถึงลายม่านตา โดยปกติแล้วจะมีส่วนของหนังตาและขนตามาบคบังส่วนของบริเวณลายม่านตา อีกทั้งแสงสะท้อนที่จะมาทับลายม่านตา จึงจำเป็นต้องมีวิธีการที่ดีสำหรับการหาตำแหน่งวงกลมของบริเวณลายม่านตา

ผลของการแยกส่วนของบริเวณลายม่านตาขึ้นอยู่กับคุณภาพของภาพดวงตา จะถูกควบคุมคุณภาพโดยจะไม่มีแสงสะท้อนเนื่องจากการถ่ายภาพ โดยใช้แสงที่ใกล้เคียงกับย่านอินฟราเรด (Infrared) ขั้นตอนของการแยกส่วนของบริเวณลายม่านตานั้นมีความสำคัญต่อความสำเร็จของกระบวนการทั้งหมดอย่างมาก

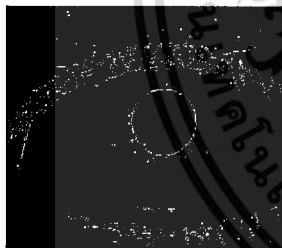
บทที่ 3

การหาขอบภาพ

3.1 บทนำ

การหาขอบภาพ (Edge Detection) เป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับการระบุตำแหน่งของม่านตาภายในภาพดวงตา และยังเป็นขั้นตอนหลังจากการแปลงภาพระดับเทา (Gray Scale Image) เป็นภาพระบบสีขาวดำ (Binary Image) วิธีการในการหาขอบภาพมีมากมายหลายวิธีดังนี้

1. Sobel method
2. Prewitt method
3. Roberts method
4. Laplacian of Gussian method
5. Zero-cross method
6. Canny method



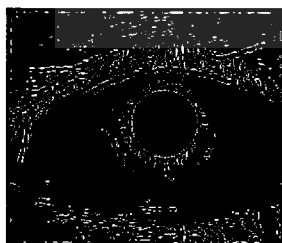
Sobel



Prewitt



Roberts



Laplacian of Gussian



Zero-cross



Canny

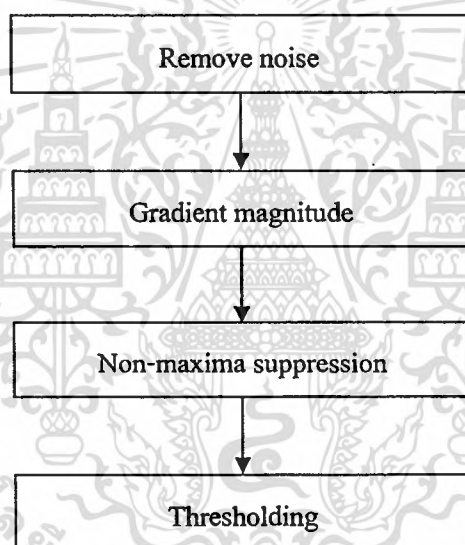
รูปที่ 3.1 ตัวอย่างการหาขอบภาพด้วยวิธีต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่การจะเลือกใช้เทคนิคใดนั้น จำเป็นที่จะต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับงานที่ใช้ด้วย สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการหาขอบภาพของแคนนี่ (Canny Edge Detection) [16] ด้วยเหตุเพราะสามารถลดสัญญาณรบกวนของภาพลงได้ และยังสามารถกำหนดค่าความละเอียดของขอบภาพ จากเทคนิคการสร้างภาพไบนารี จากวิธีการกำหนดขีดแบ่งกันแบบสองขีดแบ่ง (Double Threshold) ภาพผลลัพธ์หลังจากการหาขอบภาพบริเวณตำแหน่งของม่านตา จะได้ขอบภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปร่างกลมมีคุณภาพดีพอที่จะใช้ในการหาเส้นวงกลมต่อไป

3.2 ขั้นตอนของการหาขอบภาพ

ขั้นตอนนี้จะมีการใช้งานกับภาพดวงตาที่เป็นภาพไบนารี โดยขั้นตอนการหาขอบภาพโดยวิธีของแคนนี่ ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ขั้นตอนของการหาขอบภาพ

3.2.1 การลบสัญญาณรบกวน (Remove noise)

เนื่องจากภาพถ่ายดวงตาที่ได้รับเข้านั้น จะมีหลายส่วนที่มีสีคล้ายกับค่าระดับสีของรูม่านตา เช่น ขนตา ลายม่านตา เป็นต้น ซึ่งจะถือเป็นสัญญาณรบกวนของรูม่านตา ทำให้ขั้นตอนต่อไปที่มีการตัดค่าระดับสีอาจจะมีสัญญาณรบกวนของรูม่านตาอยู่มาก จึงจำเป็นต้องมีขั้นตอนนี้ในการลดสัญญาณรบกวนก่อนการตัดค่าระดับสี โดยจะเลือกใช้ตัวกรองเกาส์เซียน ซึ่งมีลักษณะที่เป็นตัวกรองความถี่ต่ำผ่าน (Low Pass Filter) และจะไม่มีผลทำให้ขอบมีลักษณะแผ่กระจายออก (Ringing Effect) ซึ่งอาจจะเป็นผลให้การหาขอบเขตรูม่านตาเกิดความผิดพลาดได้ โดยสามารถมองผลที่ผ่านตัวกรองที่มีลักษณะเป็นตัวกรองผ่านความถี่ต่ำ ได้เป็นการเฉลี่ยค่าระดับสีกับจุดรอบๆ ข้างเคียง ดังนั้นถ้าเลือกตัวกรองให้มีขนาดหน้าต่างที่ใหญ่พอ จะทำให้ส่วนของสัญญาณรบกวนที่มีค่าระดับสีใกล้เคียงกับของรูม่านตานั้น ซึ่งมักมีพื้นที่ขนาดเล็กจะถูกกำจัดออกไปได้

ขั้นตอนแรกของการหาขอบภาพโดยขั้นตอนนี้ ทำการลดสัญญาณรบกวนภายในภาพด้วยการกรองแบบเกาส์เซียนโดยการสร้างหน้าต่างสัมประสิทธิ์ (Kernel) แสดงดังรูปที่ 3.3 และค่าเป็นไปตามสมการที่ 3.1 แล้วนำไป คอนโวลูชัน (Convolution) กับภาพถ่ายตาที่มีองค์ประกอบสีเทา กำหนดตามสมการที่ 3.2 ซึ่งขนาดของหน้าต่างสัมประสิทธิ์มีผลต่อจำนวนผลลัพธ์ของเส้นขอบภาพ หากมีขนาดกว้างมากก็จะทำให้ลบสัญญาณรบกวนได้มากแต่จะทำให้ผลลัพธ์ขอบภาพน้อยลง ในทางตรงกันข้ามหากหน้าต่างสัมประสิทธิ์มีขนาดเล็กจะลดสัญญาณรบกวนได้น้อยและผลลัพธ์ขอบภาพมีจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทดลองกำหนดขนาดของหน้าต่างสัมประสิทธิ์ที่เหมาะสมให้ได้ผลลัพธ์ของขอบภาพตามต้องการ

สมการเกาส์เซียนบนรูปแบบเชิงพื้นที่สองมิติ ดังสมการต่อไปนี้

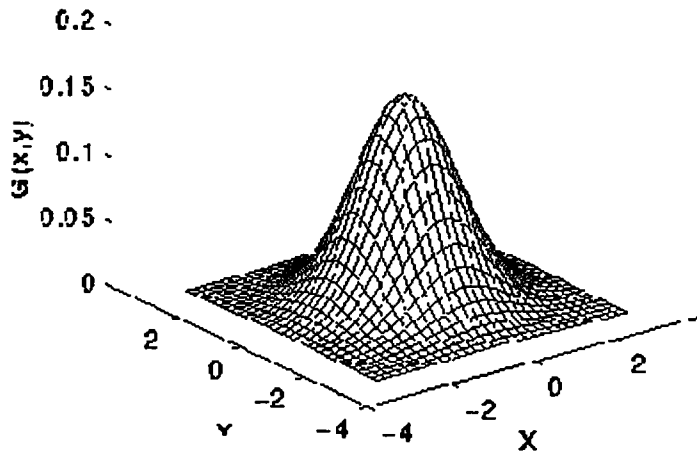
$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3.1)$$

$$H(x, y) = h(x, y) * I(x, y) \quad (3.2)$$

กำหนดให้

$H(x, y)$	เป็นภาพผลลัพธ์จากการลบสัญญาณรบกวน
$I(x, y)$	เป็นภาพดวงตาระบบสีขาวดำ
$h(x, y)$	เป็นตัวกรองหน้าต่างสัมประสิทธิ์ 2 มิติ
σ	เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
x	เป็นตำแหน่งแถวมีค่า $1, 2, \dots, N$
y	เป็นตำแหน่งหลักมีค่า $1, 2, \dots, M$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แสดงกราฟฟังก์ชันการถ่ายโอนของตัวกรองเกาส์เซียนแบบสองมิติ

จากสมการที่ 3.1 สามารถแยกสมการเกาส์เซียนบนรูปแบบเชิงพื้นที่สองมิติ ให้อยู่ในรูปการคูณของสมการเกาส์เซียนแบบหนึ่งมิติได้ ดังสมการที่ 3.3 โดยให้ค่าเฉลี่ยของสมการที่ 3.1 มีค่าเท่ากับศูนย์

$$h(x,y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[\frac{-x^2}{2\sigma^2}\right] \exp\left[\frac{-y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (3.3)$$

พิจารณาสมการที่ 3.3 จะเห็นว่าสามารถแยกการกรองภาพด้วยตัวกรองเกาส์เซียนแบบเชิงพื้นที่สองมิติได้เป็นการใช้น้ำต่างที่เป็นตัวกรองเกาส์เซียนแบบหนึ่งมิติ จะทำการคอนโวลูชันทีละแกนแบบหนึ่งมิติ ซึ่งจะเป็นการลดจำนวนการคูณของการคอนโวลูชันแบบสองมิติลง จะทำให้ใช้เวลาในการทำการกรองภาพลดลง โดยยังมีผลจากการกรองภาพที่เหมือนเดิม

การเลือกขนาดของตัวกรองที่ใช้จะมีผลต่อเวลาในการประมวลผล แม้ใช้ตัวกรองที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจะทำให้สามารถลดสัญญาณรบกวนรุ่มานตามากขึ้นก็ตาม แต่ก็จะเสียเวลาในการประมวลผลที่นานขึ้น แต่ถ้าเลือกตัวกรองขนาดเล็กเกินไปก็จะทำให้สัญญาณรบกวนของรุ่มานตาที่มีขนาดใหญ่ไม่สามารถกำจัดออกไปได้

ส่วนค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานที่เลือกใช้ในตัวกรองนั้นจะต้องเลือกใช้ค่าที่เหมาะสมกับขนาดของตัวกรอง เนื่องจากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานจะมีผลในการสร้างสัมประสิทธิ์ของตัวกรองตามสมการที่ 3.3 ซึ่งถ้าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานน้อยเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดของตัวกรองจะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์ของตัวกรองมีค่าลดลงใกล้ศูนย์เร็วจากจุดศูนย์กลางของตัวกรอง เป็นผลทำให้ช่วงปลายของตัวกรองไม่มีผลในการกรองภาพนั้น ซึ่งให้ผลเหมือนกับการใช้ตัวกรองขนาดเล็ก

3.2.2 การหาค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด (Gradient magnitude)

แคนนี่ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบหาขอบภาพของวัตถุ ซึ่งสัมพันธ์กับเงื่อนไขสามประการ ประการแรกคือเงื่อนไขในการตรวจหา (Detection Criteria) โดยเน้นว่าต้องไม่พลาดขอบวัตถุที่สำคัญและไม่มีการตรวจสอบหาผิดจากการตอบสนองปลอม ประการที่สองคือ เงื่อนไขของการระบุตำแหน่ง (Localization Criteria) โดยระยะระหว่างตำแหน่งจริงและตำแหน่งของขอบวัตถุที่หาได้ต้องมีค่าน้อยที่สุด และประการสุดท้ายคือเงื่อนไขผลการตอบสนองเดียว (One Response Criteria) โดยทำการตอบสนองจากหลายตำแหน่งกับขอบวัตถุตำแหน่งเดียวที่มีจำนวนน้อยที่สุด

วิธีการตรวจหาขอบวัตถุของแคนนี่นั้นมีแนวความคิดพื้นฐานหลายอย่างเช่น การตรวจหาขอบวัตถุที่ใช้สัญญาณในหนึ่งมิติตามเงื่อนไขสองข้อแรกนั้น วิธีที่ทำได้คือการใช้แคลคูลัสที่เกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง และถ้าเพิ่มเงื่อนไขที่สามเข้าไป วิธีที่ได้คือการคำนวณเชิงตัวเลขที่มีการปรับค่าที่เหมาะสม โดยการหาอนุพันธ์ของตัวกรองสำหรับทำให้เรียบแบบเกาส์เซียนที่มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (σ) เมื่อพิจารณาการตรวจสอบหาขอบวัตถุในสองมิติ จะพบว่าขอบวัตถุนั้นจะได้ออกจากการหาตำแหน่ง ทิศทาง และขนาดหรือความแรงของขอบวัตถุนั้น ซึ่งสามารถแสดงให้เห็นได้ว่าการคอนโวลูชันระหว่างภาพกับฟังก์ชันเกาส์เซียนในสองมิติที่สมมาตร และนำไปหาอนุพันธ์ในทิศทางของเกรเดียนต์นั้นสามารถสร้างตัวดำเนินการง่ายและมีทิศทางที่ถูกต้อง

หลังจากลดสัญญาณรบกวนแล้วเราจะได้ภาพ $H(x, y)$ จากนั้นจะนำมาคำนวณหา ค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด เริ่มต้นทำการสร้าง First partial derivative ในระบบ 2 มิติ ตามทิศทางของ x และ y โดยกำหนดตามสมการที่ 3.4 และสมการที่ 3.5 ตามลำดับขั้นตอนต่อไปเป็นการแปลงระบบพิกัดฉาก (Rectangular Coordinate System) เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinate System) โดยคำนวณค่าเกรเดียนต์แอมพลิจูดตามสมการที่ 3.6 และคำนวณค่ามุมของเกรเดียนต์ตามสมการที่ 3.7

$$G_x(x, y) \approx H(x, y+1) - H(x, y) + H(x+1, y+1) - H(x+1, y) \quad (3.4)$$

$$G_y(x, y) \approx H(x, y) - H(x+1, y) + H(x, y+1) - H(x+1, y+1) \quad (3.5)$$

$$M(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2} \quad (3.6)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (3.7)$$

กำหนดให้

$H(x, y)$	เป็นภาพผลลัพธ์จากการลบสัญญาณรบกวน
$G_x(x, y)$	เป็นภาพอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งในทิศทาง x
$G_y(x, y)$	เป็นภาพอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งในทิศทาง y
$M(x, y)$	เป็นภาพค่าเกรเดียนท์แอมพลิจูดในระบบพิกัดเชิงขั้ว
$\theta(x, y)$	เป็นภาพค่ามุมของเกรเดียนท์ในระบบพิกัดเชิงขั้ว

3.2.3 การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression

ในขั้นตอนนี้ใช้สำหรับทำการหาจุดเส้นขอบของภาพ โดยจุดที่จะเป็นเส้นขอบได้นั้น จะต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะตำแหน่งของภาพเกรเดียนท์แอมพลิจูดและมีทิศทางเดียวกันกับ ภาพมุมของเกรเดียนท์ด้วย จากเงื่อนไขดังกล่าวค่าพิกเซลใดที่ไม่ได้อยู่ภายใต้เงื่อนไขนี้จะถูก กำหนดเป็นค่าศูนย์ ยกเว้นเฉพาะจุดมีค่าเกรเดียนท์แอมพลิจูดสูงสุดและเป็นไปตามเงื่อนไขก็จะ ยังคงค่าเดิมไว้ เพื่อให้ได้เส้นขอบภาพบางมาก กระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression ตามสมการที่ 3.8

$$N(x, y) = NMS[M(x, y), \theta(x, y)] \quad (3.8)$$

กำหนดให้

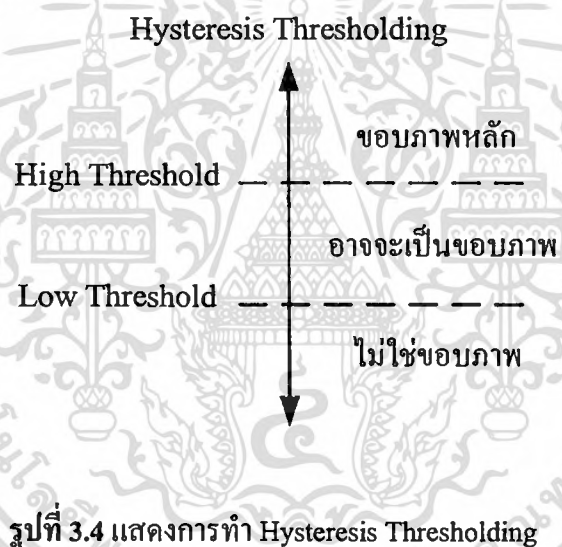
$N(x, y)$	เป็นภาพผลลัพธ์จากการ Non-maxima suppression
$M(x, y)$	เป็นภาพค่าเกรเดียนท์แอมพลิจูดในระบบพิกัดเชิงขั้ว
$\theta(x, y)$	เป็นภาพค่ามุมของเกรเดียนท์ในระบบพิกัดเชิงขั้ว

3.2.4 การคำนวณดับเบิลเทรชโวลด์ (Double Threshold)

ใช้ดับเบิลเทรชโวลด์ หาขอบภาพโดยกำหนด T_1 เป็นค่าเทรชโวลด์สูงสุดและ T_2 เป็นค่า เทรชโวลด์ต่ำสุด แล้วพิจารณาพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T_1 ให้เป็นขอบภาพ ค่าที่อยู่ระหว่าง T_1 และ T_2 จะพิจารณาพิกเซลข้างเคียงหากมีค่าใกล้เคียงค่า T_1 จะให้ถือเป็นค่าขอบภาพนอกจากนั้นที่มีค่า เป็นศูนย์และสุดท้ายค่าพิกเซลที่น้อยกว่า T_2 จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน หลักในการ กำหนดค่า T_1 และ T_2 นั้นจะคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างค่าเทรชโวลด์ทั้งสองให้มีค่าน้อยที่สุด เพื่อต้องการให้มีผลต่อการพิจารณาเทรชโวลด์ระหว่าง T_1 และ T_2 เหตุผลในการพิจารณาพิกเซล ระหว่างเทรชโวลด์ทั้งสอง เพื่อต้องการให้ได้เส้นขอบภาพน้อยที่สุดและมีเส้นขอบภาพเกิดขึ้น ณ บริเวณที่มีแสงสว่างมากที่สุด ค่าเทรชโวลด์ T_1 และ T_2 เป็นค่าสรุปจากการทดลองปรับค่าเทรช โวลด์ด้วยมือเพื่อต้องการผลลัพธ์ให้ได้ขอบภาพใกล้เคียงกับวงกลมมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์การเขียนเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลการตอบสนองปลอมกับขอบของวัตถุที่มีเพียงตำแหน่งเดียว ซึ่งเกิดจากสัญญาณรบกวน มักจะทำให้เกิดปัญหา Streaking ที่พบทั่วไปในการตรวจหาขอบของวัตถุ เนื่องจากผลที่ได้รับจากการตรวจหาขอบของวัตถุจะนำมาผ่านการทำเทรสโฮลด์ เพื่อเลือกขอบของวัตถุที่มีความสำคัญและการ Streaking นั้นหมายถึงการขาดหายของเส้นขอบวัตถุจะเกิดจากค่าที่ขึ้นลงอยู่ระหว่างค่าเทรสโฮลด์นั้น ซึ่งการ Streaking นี้สามารถกำจัดออกได้ด้วยการทำ Hysteresis Thresholding ถ้าขอบของวัตถุที่ผลการตอบสนองสูงกว่าค่าเทรสโฮลด์สูงสุด จุดภาพเหล่านั้นจะผ่านการพิจารณาว่าเป็นขอบของวัตถุและการตรวจสอบขอบของวัตถุอย่างแน่นอน สำหรับผลการตอบสนองค่าน้อยๆ อันเนื่องมาจากสัญญาณรบกวนแต่ละจุดเหล่านี้เชื่อมต่อกับจุดภาพที่มีผลการตอบสนองแรง ก็ควรพิจารณาเป็นขอบของวัตถุจริงในภาพ ซึ่งจุดภาพที่เชื่อมต่อกันนี้จะพิจารณาให้เป็นขอบของวัตถุถ้าผลการตอบสนองอยู่เหนือกว่าค่าเทรสโฮลด์ต่ำสุด โดยที่ทั้งค่าเทรสโฮลด์สูงสุดและต่ำสุดจะถูกกำหนดตามอัตราส่วนสัญญาณต่อสัญญาณรบกวนที่ประมาณได้



สเกลที่เหมาะสมสำหรับตัวนิรณการนั้นขึ้นอยู่กับวัตถุในภาพ ซึ่งสามารถหาได้โดยการตรวจสอบขอบของวัตถุในหลายสเกลและรวบรวมข้อมูลจากสเกลเหล่านั้น การเปลี่ยนสเกลตามวิธีการของแคนนี่นั้น ทำได้โดยการเปลี่ยนค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของฟังก์ชันเกาส์เซียน ซึ่งอาจจะพบว่ามีหลายสเกลที่ให้ผลตอบสนองที่ดีกับวัตถุ ซึ่งในกรณีนี้จะเลือกตัวดำเนินการที่มีสเกลเล็กที่สุดที่ตำแหน่งของขอบวัตถุที่ดีที่สุด แคนนี่ได้นำเสนอวิธีการสังเคราะห์คุณสมบัติ (Feature Synthesis) โดยขอบของวัตถุที่สำคัญจากตัวดำเนินการที่สเกลเล็กที่สุดจะถูกบันทึกไว้ก่อน และใช้ในการสร้างขอบของวัตถุจากการสมมติให้ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานมีค่าที่มากขึ้น จากนั้นการตอบสนองของขอบของวัตถุที่สร้างขึ้นจะนำมาใช้เปรียบเทียบกับขอบของวัตถุจริง ขอบของวัตถุที่เพิ่มขึ้นจะถูกบันทึกไว้ถ้ามีการตอบสนองที่มากกว่าค่าประมาณที่สร้างขึ้นอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 สรุป

ขั้นตอนการหาขอบภาพของภาพดวงตาในบทนี้ นับว่าเป็นส่วนหลักมีความสำคัญสำหรับการหาตำแหน่งของม่านตาในบทต่อไป เพราะหากว่าขั้นตอนภาพผลลัพธ์ของเส้นขอบภาพมีรายละเอียดไม่ครบถ้วนตามต้องการ จะทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งม่านตาได้ถูกต้อง โดยภาพภาพผลลัพธ์ของเส้นขอบภาพที่ต้องการจะต้องได้เส้นขอบภาพ ที่มีลักษณะใกล้เคียงรูปวงกลมมากที่สุด ในบริเวณตำแหน่งที่ตั้งของม่านตาเพื่อจะใช้วิเคราะห์หาตำแหน่งของวงกลมนี้ในบทต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การแปลงเฮาจ์

4.1 บทนำ

การหาวงกลมเป็นเทคนิคการระบุตำแหน่งของม่านตาภายในภาพดวงตา แนวคิดพื้นฐานในการหาวงกลมภายในภาพระบบสีขาวดำหรือภาพไบนารี (Binary Image) อ้างอิงจากการหาตำแหน่งของเส้นตรงในภาพไบนารี จากนั้นจะทำการประมาณค่ารัศมีของวงกลมที่ต้องการหา และคำนวณหาตำแหน่งวงกลมภายในภาพ โดยใช้ตำแหน่งของเส้นตรงเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการหา การประมาณค่าลงไป เมื่อสิ้นสุดการคำนวณค่าพิกเซล (Pixel) มากที่สุดของตำแหน่ง XY ใดๆ นั้นจะถือว่าเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการหา

4.2 ทฤษฎีของการแปลงเฮาจ์ (Hough Transform)

การแปลงเฮาจ์ (Hough Transform) [17] เป็นเทคนิคการหาตำแหน่งรูปทรงภายในภาพหรือเปรียบเสมือนเครื่องมือมาตรฐานในการวิเคราะห์ภาพต้นแบบ โดยการตรวจสอบจากขอบเขตของภาพต้นแบบทั้งหมด ด้วยวิธีการแปลงภาพที่ต้องการเป็นค่าพารามิเตอร์ชนิดหนึ่ง แล้วทำการใช้ค่านี้เปรียบเทียบกับภาพต้นแบบ วิธีการนี้จะมีประโยชน์ในการตรวจสอบหาภาพที่มีความไม่ชัดเจนและขาดความสมบูรณ์ การแปลงเฮาจ์เป็นพื้นฐานของขบวนการมองเห็นทางคอมพิวเตอร์ ที่สามารถค้นหาค่าต่างๆ ทางเรขาคณิตอย่างง่ายที่ต้องการได้ เช่น เส้นตรง วงกลม วงรีและทรงกรวย เป็นต้น

ในกรณีของเส้นตรงถ้านิยามเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ มีค่าเท่ากับเทคนิคการแปลงเรดอน (Radon Transform) ซึ่งถูกนำเสนอโดย Deans ในปี 1981 การแปลงเฮาจ์ถูกนำเสนอโดย Hough ในปี 1962 และหลังจากนั้นถูกใช้เพื่อค้นหาระนาบตำแหน่งฟองอากาศ (Bubble) มากกว่าที่จะหารูปทรงภายในภาพ อย่างไรก็ตามต่อมาในปี 1969 Rosenfeld ได้สังเกตเห็นประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้นได้ของเทคนิคการแปลงเฮาจ์ในทางการประมวลผลภาพ ต่อมาในปี 1972 Duda ได้นำเสนอเทคนิคการแปลงเฮาจ์สำหรับการค้นหาเส้นตรงภายในภาพได้เป็นผลสำเร็จ และได้ถูกพัฒนาปรับปรุงใช้สำหรับ Template matching โดย Princen ในปี 1992, Sklansky ในปี 1978, และในปี 1977 Stockman ใช้วิธีการ Template matching เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลจะถูกสะสมในอาร์เรย์ (Accumulator array)

วิธีการแปลงเฮาจ์เป็นผลจากการสะสมตำแหน่งจุดจากหลายจุด ภายในภาพกลายเป็น Accumulator space (Hough space) ประสิทธิภาพของการแปลงเฮาจ์ถือว่าประสบความสำเร็จคือสามารถอธิบายรูปทรงที่ต้องการค้นหาได้ ถึงแม้ว่าการแปลงเฮาจ์จะเปรียบเสมือนเป็น Template matching แต่โดยส่วนใหญ่นิยมใช้การแปลงเฮาจ์เป็นเทคนิคสำหรับการแยกลักษณะ (Feature extraction) การค้นหาลักษณะเฉพาะของรูปทรงโดยใช้เทคนิคการแปลงเฮาจ์นั้น ภาพที่นำมาใช้จะต้องผ่านกระบวนการหาขอบของภาพมาก่อน เทคนิคการหาขอบภาพของงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการหาขอบภาพ โดยใช้เทคนิคการหาขอบภาพของแคนนี่ (canny edge detector) ในบทที่แล้ว

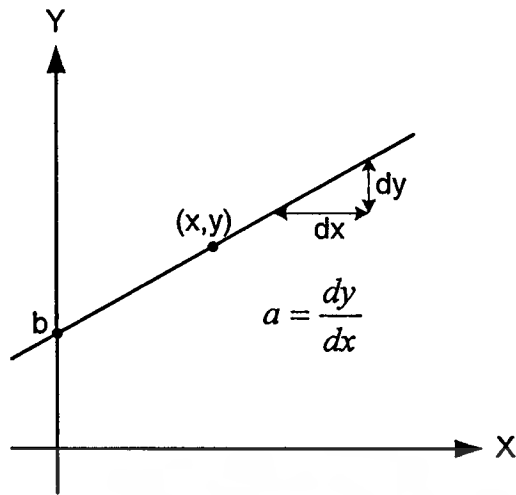
แนวความคิดเบื้องต้นของการแปลงเฮาจ์ คือ ที่จุดใดๆ ของภาพในพิกัดตำแหน่ง (x, y) จะสามารถมีเส้นตรงผ่านได้จำนวนไม่จำกัด โดยเส้นตรงแต่ละเส้นจะมีสมการเส้นตรงสมการเดียวกัน เราจะพิจารณาสมการเส้นตรงตามสมการที่ 4.1 บนเส้นตรงเดียวกันจุดทุกจุดบนเส้นตรงจะมีค่าความชันของเส้นตรงและค่าจุดตัดของเส้นตรงกับแกน y เท่ากันเสมอ จากสมการที่ 4.1 สามารถเขียนได้อีกรูปแบบตามสมการที่ 4.2 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงแสดงดังรูปที่ 4.1

$$y = ax + b \quad (4.1)$$

$$b = y - ax \quad (4.2)$$

กำหนดให้

- a เป็นความชันของเส้นตรง
- b เป็นจุดตัดของเส้นตรงกับแกน y
- x เป็นตำแหน่งแถว
- y เป็นตำแหน่งหลัก



รูปที่ 4.1 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดฉาก

จากสมการที่ 4.1 จะสามารถสร้างเส้นตรงตามรูปที่ 4.2 โดยเส้นตรงที่ได้จะผ่านจุด (x_i, y_i) และจุด (x_j, y_j) สมการเขียนสมการใหม่ได้เป็น

$$y_i = ax_i + b \quad (4.3)$$

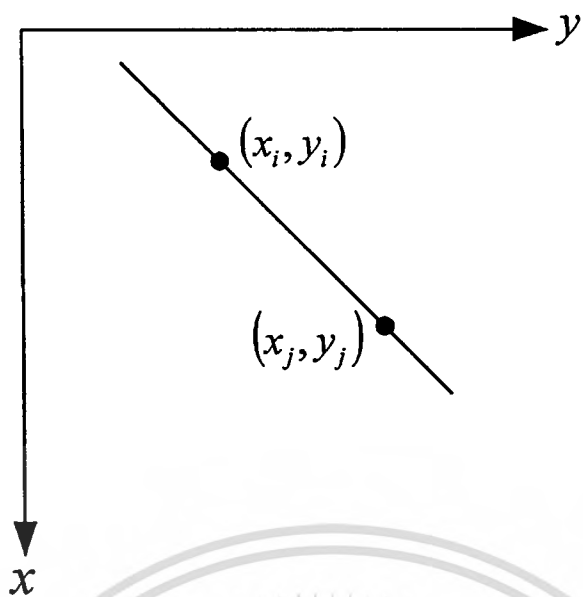
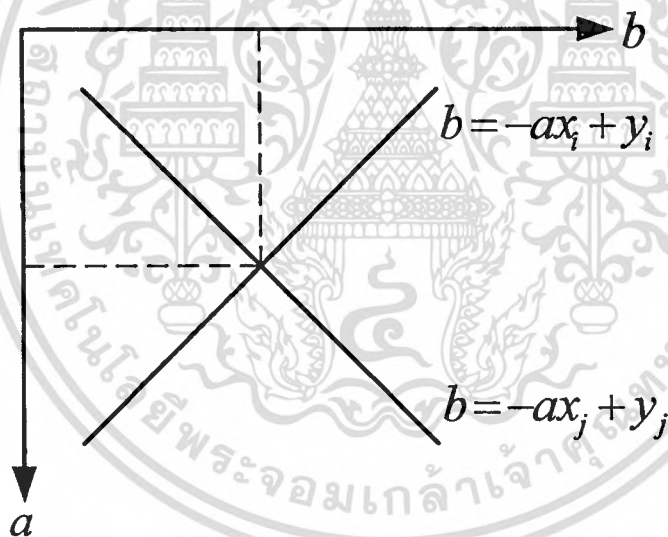
$$y_j = ax_j + b \quad (4.4)$$

จัดรูปสมการที่ 4.3 และ 4.4 ใหม่เป็น

$$b = -ax_i + y_i \quad (4.5)$$

$$b = -ax_j + y_j \quad (4.6)$$

จากสมการที่ 4.5 และ 4.6 พิจารณาในระนาบของ ab (โดยทั่วไปจะเรียกว่า Parameter Space) ดังรูปที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อพิจารณาในระนาบของ ab แล้วก็ยังคงเป็นสมการเส้นตรงสำหรับค่าคงที่ (x_i, y_i) และ (x_j, y_j) โดยที่เส้นตรงที่เกิดจากค่าคงที่ (x_i, y_i) จะตัดกับเส้นตรงที่เกิดจากค่าคงที่ (x_j, y_j) ที่ค่า a', b' ที่ได้นั้นคือค่า a, b จากสมการที่ 4.5 และ สมการที่ 4.6

รูปที่ 4.2 ระนาบ xy รูปที่ 4.3 ระนาบ ab

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 การตรวจจับเส้นตรงโดยการแปลงเฮาจ์

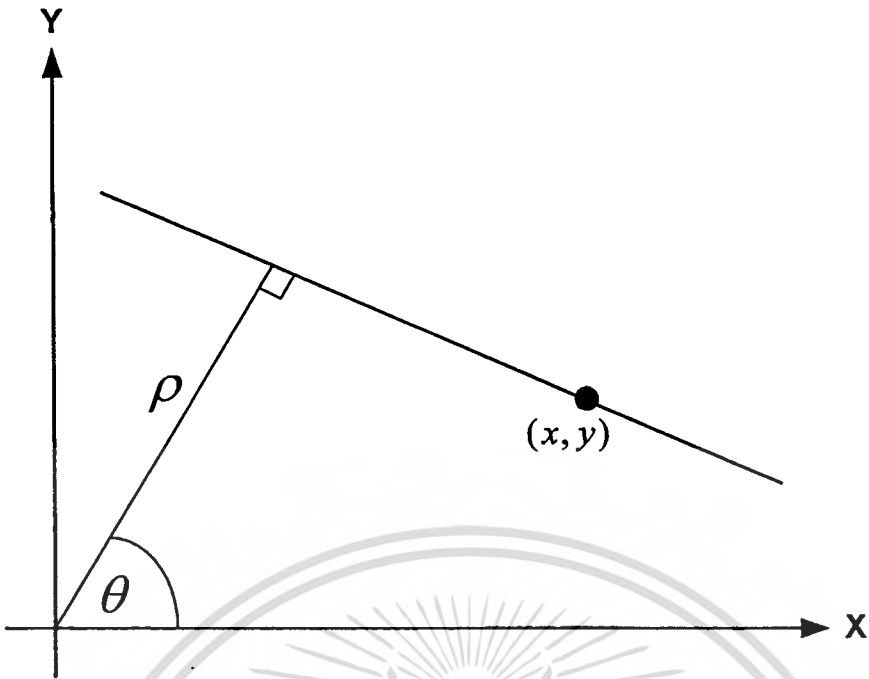
การแปลงเฮาจ์แบบเส้นตรง สามารถนำมาใช้ประมาณค่าตำแหน่งของขอบหน้าต่างบนและขอบหน้าต่างล่างได้ กระบวนการนี้เริ่มด้วยการสร้างขอบภาพ ซึ่งคำนวณจากสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่ง (First Derivatives) ของค่าระดับความเข้มของภาพหน้าต่าง และผลจากการตัดค่าเปลี่ยนขีดเริ่มของค่าระดับความเข้มของภาพตา จากนั้นจุดที่เป็นขอบภาพทุกจุดจะถูกแปลงไปอยู่ในเฮาจ์โดเมน เพื่อนำมาคำนวณค่าพารามิเตอร์ของเส้นตรง โดยที่เส้นตรงนั้นผ่านจุดที่เป็นขอบภาพ ค่าพารามิเตอร์ของเส้นตรงที่ต้องการคือ ค่ารัศมี ρ และค่ามุม θ

จากสมการที่ 4.1 และ 4.2 เราพิจารณาพิกัดตำแหน่ง (x, y) และพิกัดตำแหน่ง (a, b) ตามลำดับ หากพิจารณาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการเท่ากันของค่าความชันของเส้นตรง และค่าจุดตัดของเส้นตรงกับแกน y ดังนั้นจุดทุกจุดบนเส้นตรงจึงเปรียบเสมือนค่าความถี่สะสมที่อยู่ในพิกัดตำแหน่ง (a, b) และเราสามารถนิยามได้ว่าพิกัดตำแหน่ง (a, b) คือปริภูมิเฮาจ์ (Hough space) นั้นเองในการคำนวณเราไม่สามารถใช้สมการ 4.1 หรือ 4.2 ได้โดยตรงเพราะสมการอยู่ในระบบพิกัดฉาก (Rectangular coordinate system) ทำให้ยากต่อการสร้างอัลกอริทึมของโปรแกรม (Programs algorithm) และเนื่องจากในกรณีที่เส้นตรงทำมุม 90 องศา จะส่งผลให้มีค่าความชันเป็นอนันต์ ปริภูมิเฮาจ์ไม่สามารถเป็นไปได้อีก ดังนั้นเราจึงทำการเปลี่ยนสมการให้อยู่ในระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinate system) แสดงดังรูปที่ 4.4 โดยสามารถเขียนใหม่ได้ตามสมการที่ 4.7

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (4.7)$$

กำหนดให้

- ρ เป็นระยะทางของเส้นที่ลากจากจุดกำเนิด ไปตั้งฉากกับเส้นตรงหรือระยะทางที่ใกล้ที่สุดจากเส้นตรงถึงจุดกำเนิด
- θ เป็นมุมระหว่างเส้นที่ลากจากจุดกำเนิด ไปตั้งฉากกับแกน x



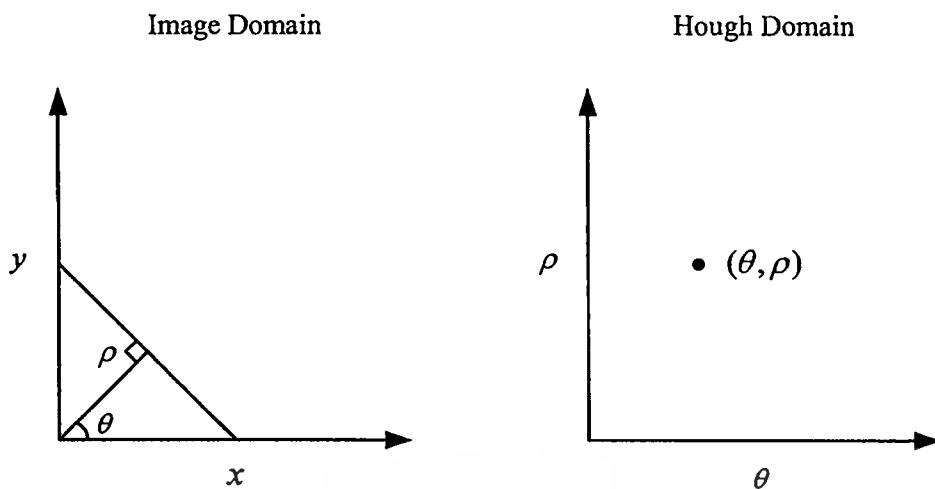
รูปที่ 4.4 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดเชิงขั้ว

จากสมการที่ 4.7 ในระบบพิกัด (ρ, θ) คือปริภูมิเฮาจ์ ซึ่งเราจะสามารถเก็บความถี่สะสมได้ตั้งแต่ 0 - 360 องศา ของจุดของภาพต้นฉบับที่ผ่านการหาขอบภาพมาแล้ว สำหรับภาพที่ผ่านการหาขอบภาพมาแล้วนั้นค่าจุดของจุดภาพจะมีค่าเป็น 1 (พิกเซลสีขาว) และมีค่าเป็น 0 (พิกเซลสีดำ) โดยที่ตำแหน่งพิกัด (x, y) ที่มีค่าพิกเซลเป็น 0 แสดงว่าตำแหน่งพิกเซลนั้นอาจเป็นส่วนประกอบของเส้นตรงเส้นใดเส้นหนึ่งภายในภาพและตำแหน่งพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 เป็นตำแหน่งว่างเปล่าภายในภาพ

ความสัมพันธ์ของอิมเมจโดเมน (Image Domain) และเฮาจ์โดเมน (Hough Domain) สามารถแสดงได้ดังสมการนี้

$$H(\rho, \theta) = \iint_{-\infty}^{\infty} I(x, y) \delta(\rho - x \cos \theta - y \sin \theta) dx dy \quad (4.8)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Straight line

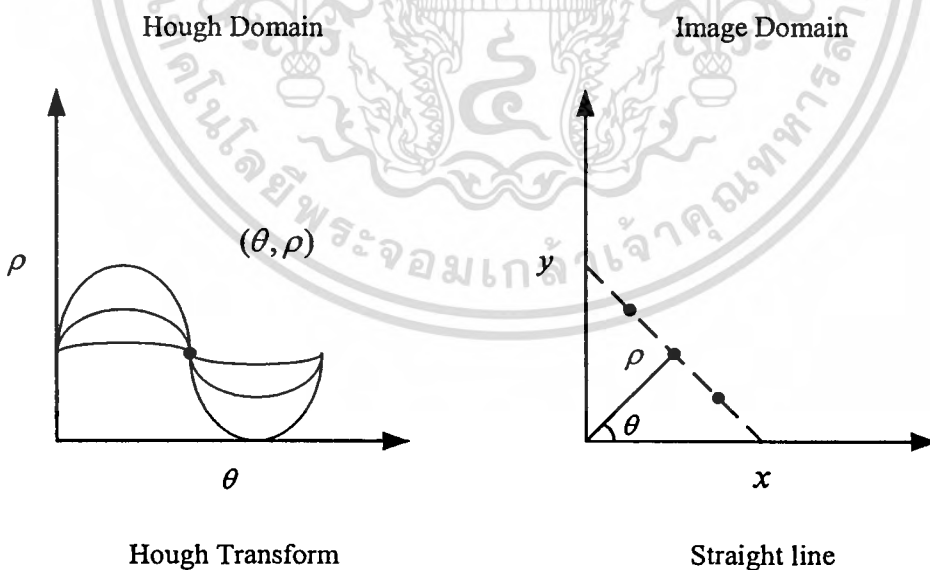
Hough Transform

$$y = ax + b$$

$$\downarrow$$

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta$$

รูปที่ 4.5 แสดงการแปลงจากอิมเมจ โดเมนเป็นเฮาจ์โดเมน



Hough Transform

Straight line

รูปที่ 4.6 แสดงการนำค่าในเฮาจ์โดเมนมาหาเส้นตรง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

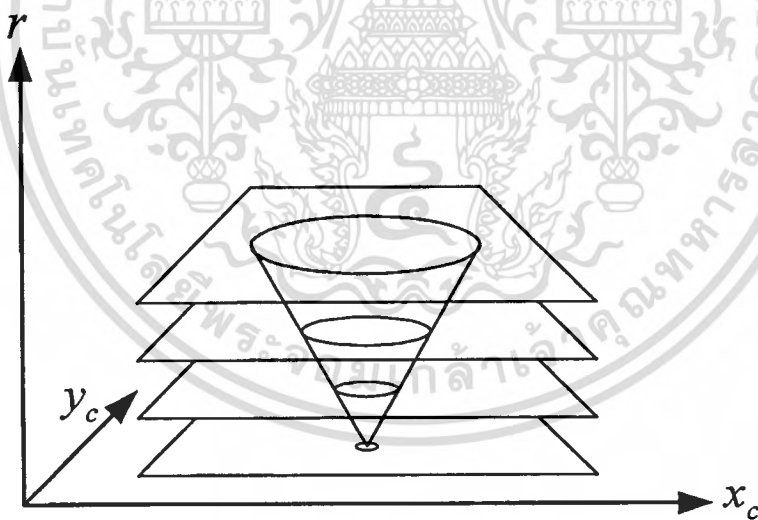
4.2.2 การตรวจจับวงกลมโดยใช้การแปลงเฮาจ์

การแปลงเฮาจ์แบบวงกลม (Circular Hough Transform) สามารถนำมาใช้ประมาณค่ารัศมี และพิกัดจุดศูนย์กลางของรูปร่างตาและม่านตาได้ กระบวนการนี้เริ่มด้วยการสร้างขอบภาพ ซึ่งคำนวณจากสมการอนุพันธ์อันดับหนึ่งของค่าระดับความเข้มของภาพดวงตา และผลจากการตัดเปลี่ยนขีดเริ่มของค่าระดับความเข้มของภาพดวงตา จากนั้นจุดที่เป็นขอบภาพทุกจุดจะถูกแปลงไปอยู่ในเฮาจ์โดเมน เพื่อนำมาคำนวณหาค่าพารามิเตอร์ของวงกลม โดยที่วงกลมนั้นผ่านจุดที่เป็นขอบภาพ ค่าพารามิเตอร์ของวงกลมที่ต้องการคือ ตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง x_c, y_c และค่ารัศมี r ของวงกลม โดยสามารถแสดงด้วยสมการวงกลมดังสมการที่ 4.9

$$x_c^2 + y_c^2 = r^2 \quad (4.9)$$

กำหนดให้

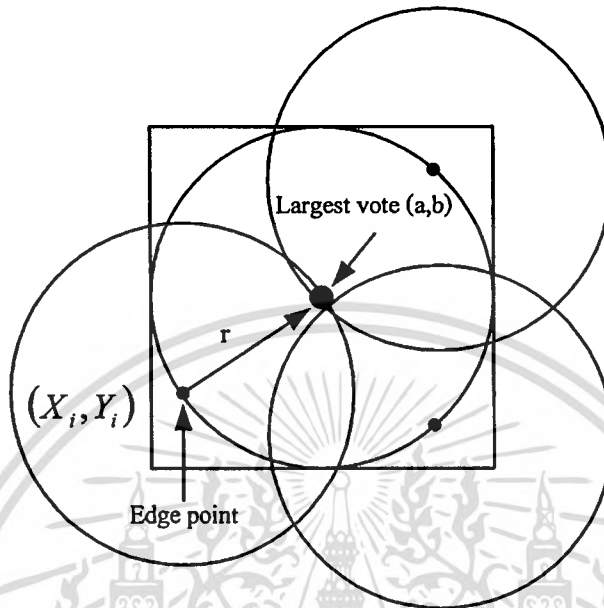
- x_c เป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางในแนวนอน
- y_c เป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลางในแนวตั้ง
- r เป็นค่ารัศมีของวงกลม



รูปที่ 4.7 แสดงการหาวงกลมที่รัศมีต่างๆ กัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยจุดที่มีค่าสูงสุดในเฮอจโดเมน จะตรงมากที่สุดกับค่ารัศมีและตำแหน่งจุดศูนย์กลางของวงกลมในภาพขอบภาพดังแสดงในรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 แสดงการหาตำแหน่งจุดศูนย์กลางวงกลมจากเฮอจโดเมน

การแปลงเฮอจนั้นอาจเกิดปัญหาขึ้นได้ อย่างแรกคือการเลือกค่าขีดเริ่มเปลี่ยนของความเข้มที่ใช้กำหนดของการเลือกของขอบภาพ และอาจจะทำให้เกิดความผิดพลาดคือวงกลมที่เป็นขอบภาพหายไป ทำให้ผลจากการแปลงเฮอจผิดพลาดไปด้วย อย่างที่สองคือการแปลงเฮอจนั้นอาจจะใช้เวลาในการคำนวณนานถ้าจำนวนขอบภาพมีมาก และเนื่องจากต้องคำนวณค่ารัศมีและมุมทุกค่าในแต่ละจุดที่เป็นขอบภาพ ซึ่งสามารถแก้ปัญหาได้โดยการแปลงเฮอจแบบใหม่ (Modified Generalized Hough) ซึ่งลดเวลาที่ใช้ไปได้มาก

ภาพไบนารีที่ได้จากการหาขอบภาพ ภายในภาพประกอบด้วยวงกลมหนึ่งวงและงานวิจัยนี้ได้กำหนดเส้นวงกลมที่พิกเซลสีดำให้มีค่าเป็น 0 จากนั้นให้ทำการแทนค่าพิกัดตำแหน่ง (x, y) ตามสมการที่ 4.7 โดยค่า x และ y เป็นตำแหน่งของจุดภาพนั้นภายในภาพตามแนวแกน X หรือแนวอนและตามแนวแกน Y หรือแนวตั้งตามลำดับ จากนั้นจึงแทนค่ามุม θ ที่ต้องการค้นหาทั้งหมด ในงานวิจัยนี้กำหนดมุม θ ให้มีค่าทั้งหมดจาก $0^\circ - 360^\circ$ โดยเพิ่มค่าองศาขึ้นทีละ 1° แล้วคำนวณหาค่า ρ เมื่อได้ค่า ρ แล้วให้นำค่า 1 บวกเพิ่มเข้าไปในตำแหน่งพิกัดที่ (ρ, θ) ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆ จนครบ 360° เมื่อสิ้นสุดการคำนวณเราจะได้ปริภูมิเฮอจของระบบพิกัด (ρ, θ) และค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิกเซลสูงที่สุดในปริภูมิของเฮาส์จะเป็นตำแหน่งของเส้นตรงในพิกัด (x, y) ต่อไปให้เราทำการประมาณค่ารัศมีของวงกลมที่ต้องการหาและคำนวณตำแหน่งวงกลมตามสมการที่ 4.10 โดยทำการแทนค่ารัศมีลงในตัวแปร r แทนค่าพิกัด (x, y) ของเส้นตรงลงในตัวแปร (x_0, y_0) ตามลำดับ จากนั้นคำนวณหาตำแหน่งพิกัด (x, y) ของวงกลม เนื่องจากสมการที่ 4.10 ขาดต่อการคำนวณหาตำแหน่งพิกัด (x, y) ดังนั้นจึงเปลี่ยนการคำนวณหาตำแหน่งพิกัด (x, y) โดยใช้สมการที่ 4.11 ซึ่งอยู่ในรูปแบบของสมการพารามетริก (Parametric equation) ในการคำนวณหาตำแหน่งพิกัด (x, y) ที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 1° จาก $0^\circ - 360^\circ$ ตามสมการที่ 4.11 ค่าพิกเซลในที่ตำแหน่งพิกัด (x, y) ให้นำค่า 1 บวกเพิ่มเข้าไป เมื่อสิ้นสุดการคำนวณหาจุดภาพที่มีค่ามากที่สุด (High bright) ในตำแหน่งพิกัด (x, y) คือจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการหา

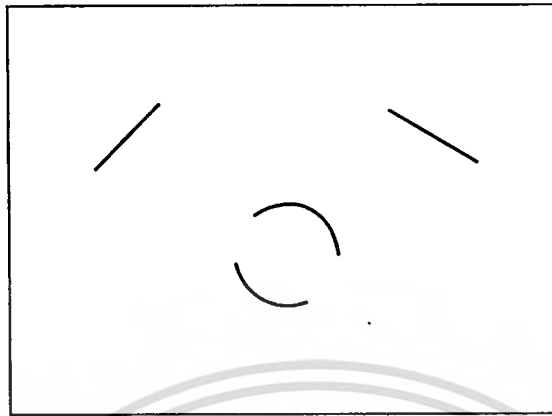
$$r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \quad (4.10)$$

$$x = x_0 + r \cos \theta, \quad y = y_0 + r \sin \theta \quad (4.11)$$

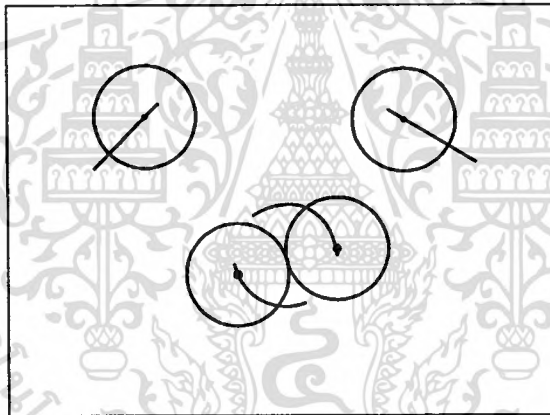
กำหนดให้

r	เป็นรัศมีของวงกลมซึ่งต้องการหา
x	เป็นพิกัดตำแหน่งของวงกลมซึ่งต้องการหาในแนวนอน
y	เป็นพิกัดตำแหน่งของวงกลมซึ่งต้องการหาในแนวตั้ง
x_0	เป็นจุดกำเนิดวงกลมซึ่งเป็นตำแหน่งของเส้นตรงในแนวนอน
y_0	เป็นจุดกำเนิดวงกลมซึ่งเป็นตำแหน่งของเส้นตรงในแนวตั้ง
θ	เป็นมุมระหว่าง $0^\circ - 360^\circ$ เพิ่มค่าขึ้นครั้งละ 1°

ดังนั้นทุกจุดบนเส้นตรงเราจะถือว่าเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม แนวคิดการหาตำแหน่งวงกลมภายในภาพที่ได้จากการหาขอบภาพ แสดงภาพลำดับขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 4.9 – 4.12

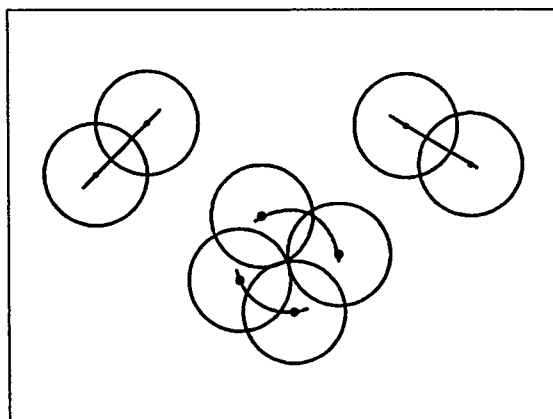


รูปที่ 4.9 ภาพไบนารีซึ่งได้จากการหาขอบภาพประกอบด้วยส่วนรูปวงกลมและ 2 เส้นตรง

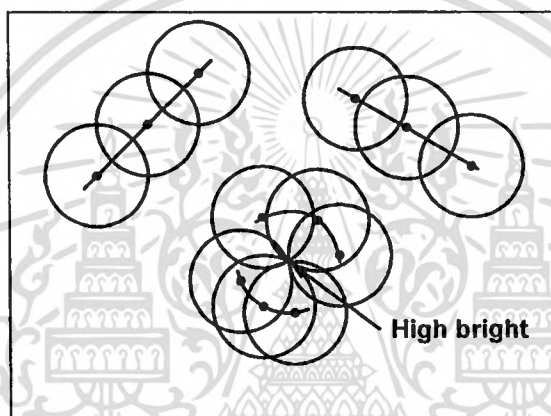


รูปที่ 4.10 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 1 วงต่อ 1 เส้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 2 วงต่อ 1 เส้น



รูปที่ 4.12 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 3 วงต่อ 1 เส้น

จากภาพลำดับขั้นตอนนี้จะเห็นว่าเมื่อพล็อตวงกลม 1 วงต่อทุกเส้นตรงและเส้นโค้ง จะเห็นว่ารูปที่ 4.10 จะมีค่าพิกเซลมากที่สุดเท่ากับ 2 ในทำนองเดียวกันกับรูปที่ 4.11 และรูปที่ 4.12 จะมีค่าพิกเซลมากที่สุดเท่ากับ 4 และ 6 ตามลำดับ จากวิธีการที่งานวิจัยนี้ได้นำเสนอจึงสรุปได้ว่าตำแหน่งพิกัด (x, y) ของค่าพิกเซลสูงสุดเท่ากับหกในรูปที่ 4.11 คือจุดศูนย์กลางของ วงกลมที่ทำการหา จากวิธีการที่ได้นำเสนอได้ทำการทดลองหาค่าแห่งวงกลมหรือ ตำแหน่งของม่านตาภายในภาพดวงตา

4.3 สรุป

เทคนิควิธีการหาวงกลมจะสามารถหาตำแหน่งของวงกลมได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใด นั้นขึ้นอยู่กับภาพไบนารีผลลัพธ์จากการค้นหาเส้นขอบภาพในบทที่ผ่านมา โดยภาพไบนารีที่เหมาะสมกับการหาตำแหน่งวงกลมนั้นจะต้องประกอบด้วยเส้นขอบภาพที่ไม่มากจนเกินไป เพราะจะทำให้การหาตำแหน่งวงกลมใช้เวลานาน หากเราสามารถควบคุมเส้นขอบภาพภายในภาพไบนารีได้ก็จะส่งผลให้สามารถระบุตำแหน่งวงกลมได้ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

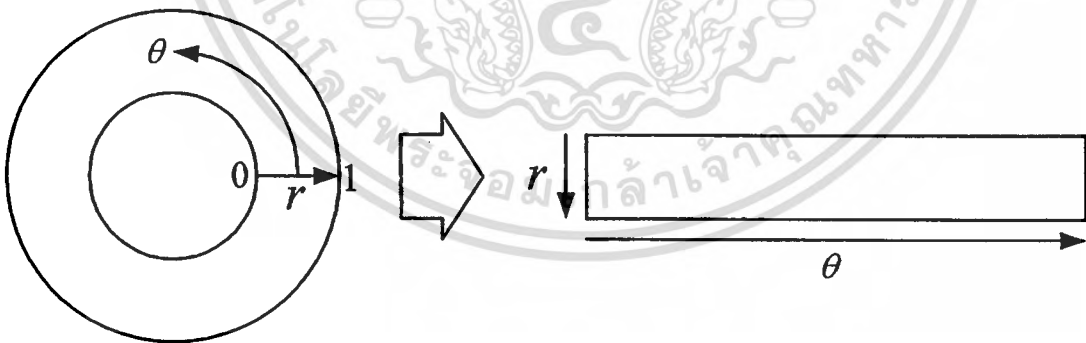
การทำนอร์มอลไรเซชัน

5.1 บทนำ

เมื่อผ่านกระบวนการของการแยกส่วนของบริเวณลายม่านตาเรียบร้อยแล้ว ขั้นตอนต่อไปก็จะเป็นการแปลงส่วนของลายม่านตาที่เป็นวงกลม ให้เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดมาตรฐาน เนื่องจากการที่ขนาดของตาไม่เท่ากันเพราะเกิดจากการยืดและหดตัวของรูม่านตา จากอิทธิพลของปริมาณแสงที่ตกกระทบไม่เท่ากัน และยังเกิดจากการถ่ายภาพที่ระยะห่างไม่เท่ากัน การเอียงของกล้อง การเอียงศีรษะและตาเอียงด้วย ดังนั้นจึงต้องนำเอาส่วนของลายม่านตาที่เป็นวงกลมมาผ่านกระบวนการทำนอร์มอลไรเซชัน (Normalization) เพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านี้ แล้วจะได้ส่วนของลายม่านตาที่เป็นสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีขนาดเป็นมาตรฐาน

5.2 การคลี่ภาพ

สำหรับการคลี่ภาพจะใช้การนำเอาจุดบนส่วนลายม่านตาที่เป็นระนาบของ (r, θ) ซึ่ง r จะมีค่าอยู่ระหว่าง $[0,1]$ และค่า θ เป็นมุม $[0,2\pi]$



รูปที่ 5.1 การคลี่ภาพ

มาแปลงเอาส่วนของลายม่านตาจากพิกัดคาร์ทีเซียน (x,y) ไปผ่านการคลี่ภาพ โดยที่พิกัดนั้นจะไม่มีจุดศูนย์กลาง มีรูปแบบดังนี้

$$I(x(r,\theta), y(r,\theta)) \rightarrow I(r,\theta) \quad (5.1)$$

โดยที่

$$x(r,\theta) = (1-r)x_p(\theta) + rx_i(\theta) \quad (5.2)$$

$$y(r,\theta) = (1-r)y_p(\theta) + ry_i(\theta) \quad (5.3)$$

กำหนดให้

$I(x,y)$	เป็นบริเวณส่วนของลายม่านตา
(x,y)	เป็นพิกัดคาร์ทีเซียน
(r,θ)	เป็นพิกัดเชิงขั้วที่สอดคล้องกับนอร์มอลไรเซชัน
x_p, y_p	เป็นพิกัดของส่วนรูม่านตาที่ค่า θ ต่างๆ
x_i, y_i	เป็นพิกัดของส่วนลายม่านตาที่ค่า θ ต่างๆ

ในกรณีที่มีการบิดหรือหดของรูม่านตาและขนาดไม่เท่ากันนั้น การทำการคลี่ภาพจะสามารถทำให้มีขนาดคงที่ โดยที่ใช้จุดศูนย์กลางของรูม่านตาเป็นจุดอ้างอิง ถึงแม้ว่าการคลี่ภาพนั้นจะสามารถแก้ปัญหาการบิดหดของรูม่านตา ระยะการถ่ายภาพตาและการที่รูม่านตาไม่อยู่ตรงกลางได้ แต่ก็ไม่สามารถแก้ปัญหาการเอียงและการหมุนของภาพได้

กรณีที่รูม่านตาไม่อยู่ตรงกลางของลายม่านตา สามารถแก้ไขได้โดยจะใช้สมการที่ปรับสเกลใหม่ที่อยู่บนมุมรอบๆ ของวงกลม สามารถพิจารณาได้จากสมการนี้

$$r' = \sqrt{\alpha} \beta \pm \sqrt{\alpha \beta^2 - \alpha - r_i^2} \quad (5.4)$$

$$\alpha = o_x^2 + o_y^2 \quad (5.5)$$

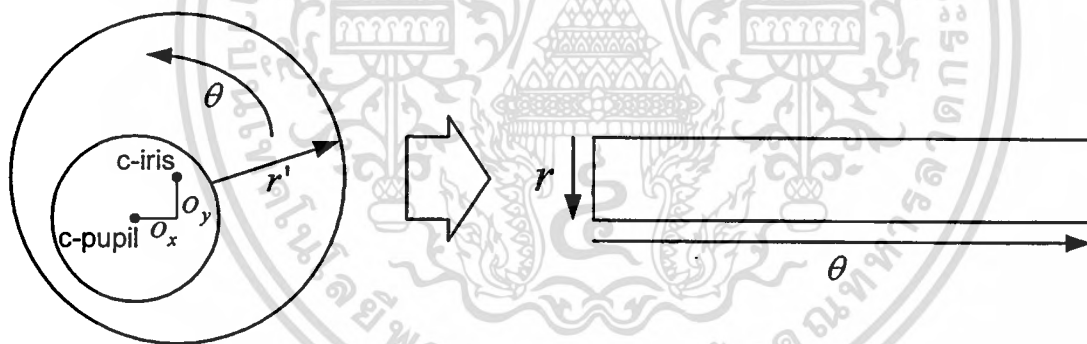
$$\beta = \cos\left(\pi - \tan^{-1}\left(\frac{o_y}{o_x}\right) - \theta\right) \quad (5.6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กำหนดให้

- o_x, o_y แทนความสัมพันธ์ของระยะห่างจุดศูนย์กลางของรูม่านตากับจุดศูนย์กลางของลายม่านตา
- r' เป็นระยะห่างระหว่างขอบของรูม่านตากับขอบของลายม่านตา
- θ เป็นมุมรอบๆ
- r_i เป็นรัศมีของลายม่านตา

โดยที่ส่วนลายม่านตาที่มีลักษณะคล้ายกับรูปขนมโค้นท์ ซึ่งเป็นฟังก์ชันของมุม θ พิกเซลที่เส้นรัศมีวิ่งผ่านจะถูกเลือกมาประมวลผล โดยไม่คำนึงถึงความแคบหรือความกว้างของรัศมีในมุมนั้นๆ รูปแบบการนอร์มอลไรเซชันจะถูกสร้างเป็นพิกัดคาร์ทีเซียน จากค่ารัศมีและค่าของมุม ผลการทำนอร์มอลไรเซชันจะได้อาร์เรย์สองมิติ ซึ่งแกนนอนจะเป็นขนาดของมุม และแนวตั้งจะเป็นรัศมีอาร์เรย์สองมิตินี้ จะรวมการสะท้อนของแสง ขนตา และหนังตา ซึ่งใช้การตรวจสอบในขั้นตอนของการแยกส่วนของบริเวณลายม่านตา การทำการคลี่ภาพนั้นสามารถแก้ไขจุดศูนย์กลางของรูม่านตาที่ไม่ตรงกับจุดศูนย์กลางของลายม่านตาได้ดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 ผลการทำนอร์มอลไรเซชัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3 สรุป

การทำนอร์มอลไรเซชันในบทนี้ เป็นการแปลงพิกัดของลายม่านตาที่ได้มาจากการส่วนที่เป็นวงกลมทั้งสองวง คือ บริเวณระหว่างรูม่านตากับม่านตาและบริเวณระหว่างม่านตากับตาขาว โดยที่ส่วนลายม่านตาที่มีลักษณะคล้ายกับรูปขนมโดนัท ซึ่งจะอยู่ในพิกัดโพลาร์ (Polar coordinate) ไปเป็นพิกัดคาร์ทีเซียน (Rectangular coordinate) ซึ่งจะทำให้เป็นมาตรฐานและง่ายต่อการเข้ารหัสลายม่านตา (Iris coding) ได้ต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

6.1 บทนำ

ในบทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดลองการระบุตำแหน่งม่านตา ของภาพถ่ายดวงตา และการเปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ กับภาพถ่ายดวงตาจากฐานข้อมูล CASIA v 1.0 [20] และภาพจากฐานข้อมูล UBIRIS [21]

6.2 ขอบเขตการทดลอง

สำหรับการทดลองเพื่อระบุตำแหน่งของม่านตาจะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอนดังนี้

1. การค้นหาขอบภาพ
2. การค้นหาเส้นวงกลม
3. การระบุตำแหน่งของม่านตา
4. การเปรียบเทียบและการนำเสนอผลการทดลอง

ภาพถ่ายดวงตาที่ใช้มีทั้งหมด 2 ที่มา โดยที่มาแรกมาจากฐานข้อมูล CASIA v 1.0 เป็นภาพถ่ายดวงตาที่ใช้เป็นภาพสีระบบเทา 256 ระดับ ถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ Windows Bitmap (BMP) จำนวนทั้งหมด 756 ภาพ จาก 108 คน แต่การทดลองนี้นำเพียง 104 ภาพ จาก 104 คน ซึ่งก็คือนำมาทดลองเพียงคนละภาพเพียงพอเพื่อที่จะเปรียบเทียบได้ ข้อมูลภาพถ่ายดวงตาแต่ละภาพมีขนาด 320×280 พิกเซล แหล่งที่มาที่สองมาจากฐานข้อมูล UBIRIS เป็นภาพถ่ายดวงตาที่ใช้เป็นภาพสีระบบเทา 256 ระดับ ถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ Joint Photographic Experts Group (JPEG) จำนวนทั้งหมด 241 ภาพ ข้อมูลภาพถ่ายดวงตาแต่ละภาพมีขนาด 200×150 พิกเซล ทำการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Windows XP ใช้หน่วยประมวลผล Intel Celeron M (1.6GHz) มีหน่วยความจำ 1 GB และใช้โปรแกรม MATLAB 7 ในการประมวลผล

6.3 ผลการทดลองของการระบุตำแหน่งของม่านตา

1. ฐานข้อมูล CASIA v 1.0 เป็นภาพถ่ายดวงตาที่ใช้เป็นภาพสี่ระบบเทา 256 ระดับ ถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ Windows Bitmap (BMP) จำนวนทั้งหมด 104 ภาพ ข้อมูลภาพถ่ายดวงตาแต่ละภาพมีขนาด 320×280 พิกเซล

ตารางที่ 6.1 ผลการระบุตำแหน่งม่านตาของฐานข้อมูล CASIA v 1.0

Image	R(iris)	R(pupil)	Time	Image	R(iris)	R(pupil)	Time
001	100	38	43.499	023	103	40	46.563
002	113	50	51.218	024	113	43	31.266
003	108	43	50.281	025	117	55	46.656
004	110	45	45.578	026	117	50	55.891
005	95	37	40.031	027	110	43	57.859
006	105	47	34.328	028	110	38	38.063
007	110	45	43.937	029	113	45	46.969
008	107	40	38.046	030	113	43	57.546
009	98	42	29.657	031	107	48	45.578
010	105	52	41.891	032	98	37	31.719
011	105	47	42.359	033	98	43	47.437
012	105	45	50.844	034	105	50	27.39
013	117	55	43.453	035	105	48	60.36
014	110	43	54.891	036	95	38	23.125
015	110	45	43.235	037	110	45	54.92
016	107	40	42.171	038	107	53	60.469
017	113	40	56.078	039	103	53	42.11
018	110	48	37.217	040	113	45	53.079
019	110	53	77.922	041	105	48	45.11
020	97	45	36.952	042	100	40	43.828
021	110	45	55.875	043	103	43	35.673
022	107	45	39.391	044	115	48	63.765

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
045	105	40	32.547
046	115	50	47.515
047	110	50	53.797
048	103	40	41.875
049	100	52	37.626
050	110	50	38.609
051	110	48	27.328
052	110	45	39.923
053	103	47	25.406
054	105	45	32.735
055	117	38	38.999
056	103	40	33.531
057	103	40	36.39
058	110	50	47.891
059	113	48	52.254
060	103	43	60.844
061	105	33	41.422
062	113	65	50.687
063	113	58	56.968
064	110	50	32.157
065	105	42	37.422
066	103	43	47.749
067	107	53	35.234
068	107	50	44.312
069	100	45	40.797
070	100	48	59.421
071	98	43	59.344
072	110	45	42.094
073	110	50	53.316
074	110	48	49.296

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
075	110	43	41.265
076	117	38	53.672
077	107	55	44.922
078	110	50	67.532
079	103	48	44.704
080	103	45	68.532
081	107	53	76.203
082	103	45	95.359
083	110	45	31.594
084	117	48	57.468
085	113	50	62.985
086	115	55	43.125
087	110	40	35.531
088	110	35	30.188
089	107	50	45
090	110	55	51.828
091	110	63	62.735
092	93	45	47.609
093	100	47	53.687
094	105	37	34.516
095	95	35	35.641
096	90	37	20.579
097	103	43	48.453
098	107	53	60.077
099	100	53	45.719
100	110	53	71.688
101	103	50	46.828
102	110	48	49.64
103	107	53	43.203
104	100	35	46.047

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่

Image	เป็นภาพถ่ายดวงตาของฐานข้อมูล CASIA v 1.0
R(iris)	เป็นค่ารัศมีของม่านตา
R(pupil)	เป็นค่ารัศมีของรูม่านตา
Time	เป็นเวลาที่ใช้ในการประมวลผลมีหน่วยเป็นวินาที

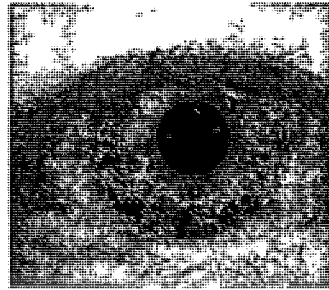
ผลลัพธ์ที่ได้ สามารถค้นหาตำแหน่งม่านตาได้ถูกต้อง 99 ภาพ และไม่สามารถค้นหาตำแหน่งของม่านตาได้ถูกต้อง 5 ภาพ (แถวที่แรเงา) การประเมินค่าของวิธีการที่นำเสนอสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 6.1 การทดลองนี้มีประสิทธิภาพ 95.19 เปอร์เซ็นต์

$$\text{Performance} = \frac{\text{True segmented}}{\text{Total images}} \times 100 \quad (6.1)$$

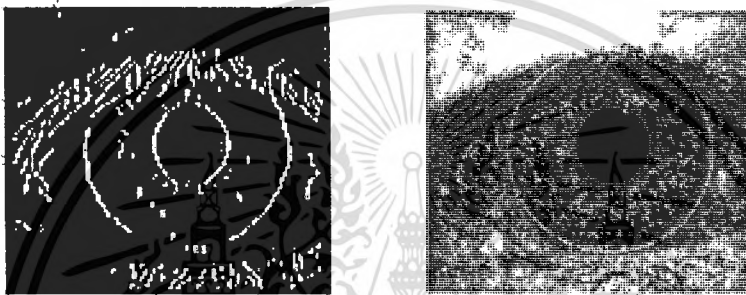
กำหนดให้

Performance	เป็นประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ
True segmented	เป็นตำแหน่งที่ระบุถูกต้องของภาพ
Total images	เป็นจำนวนภาพทั้งหมดที่ใช้ทดลอง

เนื่องจากภาพผลการทดลองมีจำนวนมาก ผู้เขียนจึงเลือกนำเสนอเฉพาะภาพที่สำคัญ สำหรับวิเคราะห์ลักษณะที่แตกต่างกันระหว่างภาพที่สามารถระบุได้ แสดงดังรูปที่ 6.1 - 6.3



(ก). ภาพถ่ายดวงตาในระดับเทา



(ข). การระบุขอบเขตม่านตา



(ค). การระบุขอบเขตลูกตาดำ

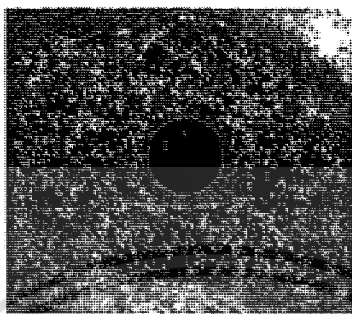


(ง). การทำออร์มอลไรเซชันขอบเขตของม่านตา

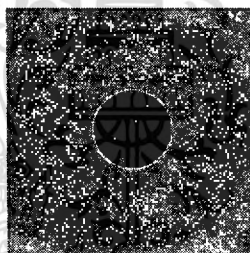
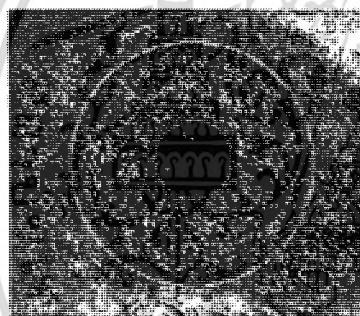
รูปที่ 6.1 ขั้นตอนและผลการทดลองของภาพ 001_1_1.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

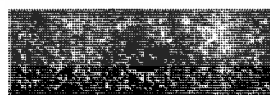
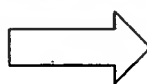
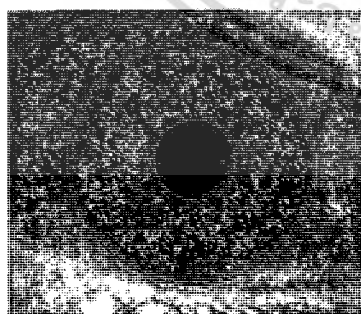
ภาพตัวอย่างผลการทดลองของภาพ 088 ซึ่งภาพที่ได้จากฐานข้อมูลมีความสมบูรณ์ คือ ไม่มีสัญญาณรบกวนจากขนตา หน้งตา แสงสะท้อนใดๆ จึงทำให้สามารถระบุขอบเขตได้ชัดเจน ส่งผลให้การทำงานออร์มอลไรเซชันภาพขอบเขตของม่านตาสมบูรณ์เช่นกัน จะทำให้ง่ายและสะดวกต่อการนำไปเข้ารหัสต่อไป



(ก). ภาพถ่ายดวงตาในระดับเทา



(ข). การระบุขอบเขตของม่านตา

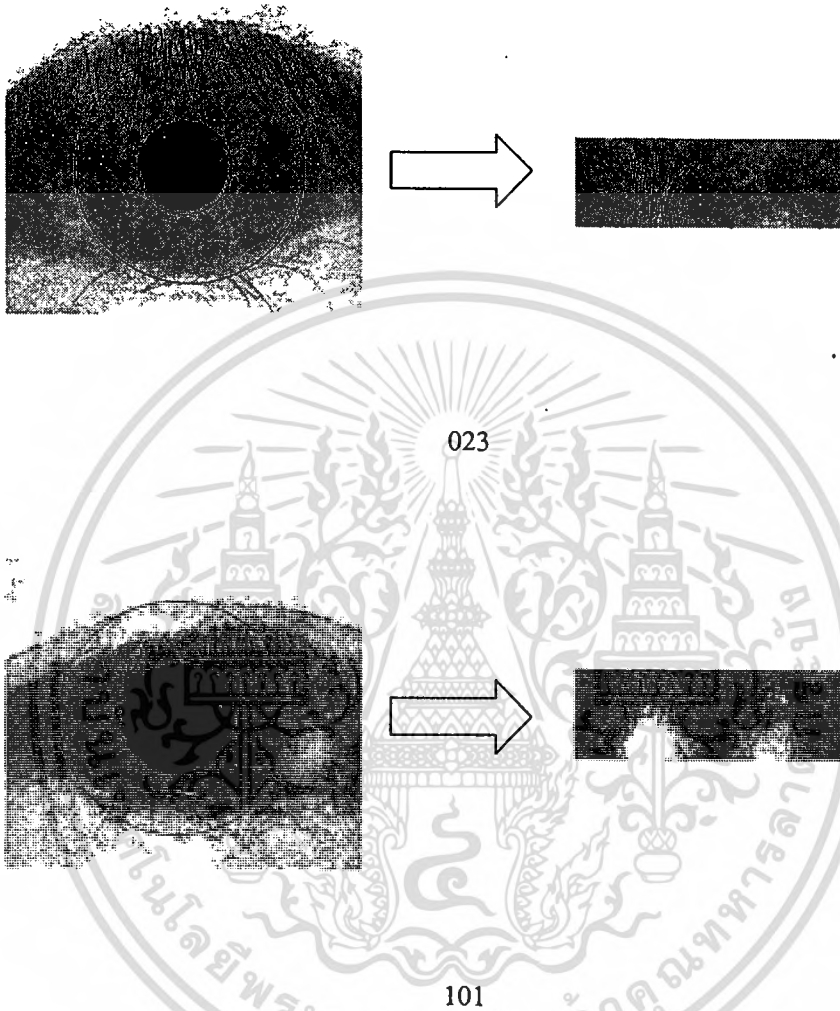


(ง). การทำออร์มอลไรเซชันขอบเขตของม่านตา

รูปที่ 6.2 ผลการทดลองของภาพ 088_1_1.bmp

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพตัวอย่างผลการทดลองของภาพ 023 และ ภาพ 101 ซึ่งภาพที่ได้จากฐานข้อมูลมีความไม่สมบูรณ์ของภาพอยู่ คือ ไม่มีสัญญาณรบกวนจากขนตา หน้งตา แสงสะท้อน แต่ก็สามารถระบุขอบเขตของม่านตาได้ แต่เมื่อนำมาทำนอร์มอลไรเซชันแล้วจะยังมีสัญญาณรบกวนอยู่

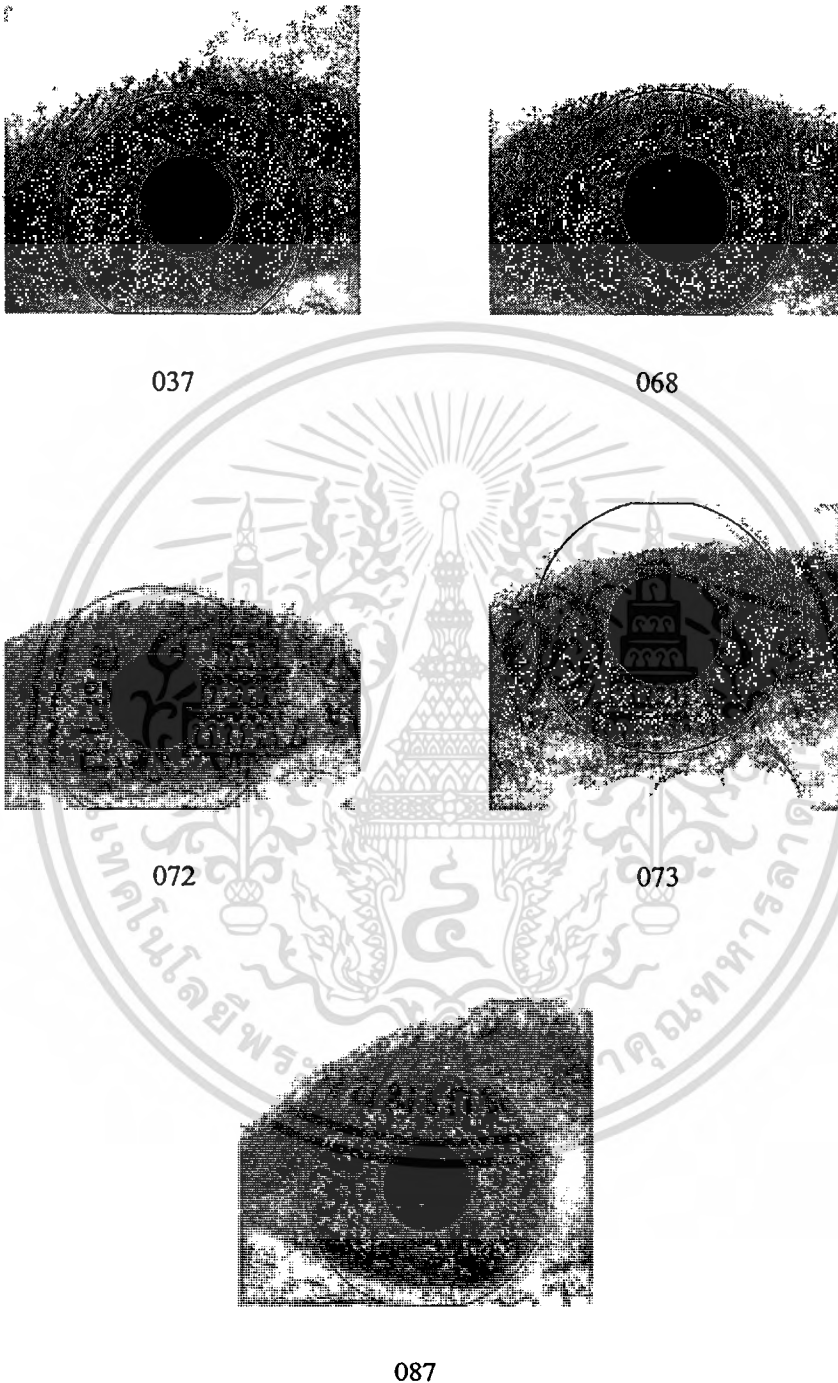


รูปที่ 6.3 ผลการทดลองของภาพที่มีสัญญาณรบกวนจากฐานข้อมูล CASIA v 1.0

จะสังเกตได้ว่าการที่มีสัญญาณรบกวนอยู่ อาจจะไม่ได้เป็นปัจจัยหลักของการระบุขอบเขตของม่านตา เพราะถ้าสามารถกำหนดค่าของการสเกล และช่วงของรัศมีของรูม่านตาและม่านตาได้เหมาะสม ก็จะสามารถระบุขอบเขตของม่านตาได้ แต่ในบางภาพที่ต้องทำการสเกลค่าก็จะทำให้เวลาในการประมวลผลมากขึ้นด้วย ทำให้เมื่อนำมาทำการนอร์มอลไรเซชันแล้วจะเหลือข้อมูลที่สามารนำมาเข้ารหัสลายม่านตา เพื่อนำไปใช้ในการระบุตัวตนน้อยมากถ้ามีสัญญาณรบกวนเป็นจำนวนมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

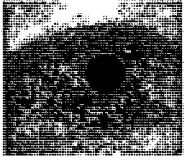
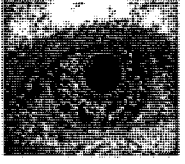
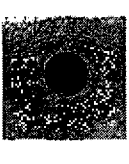
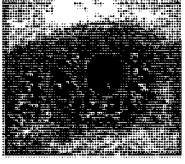

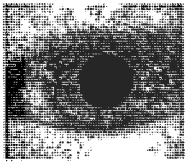
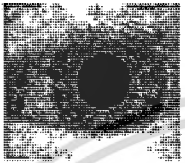
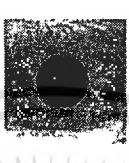
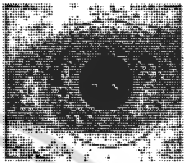
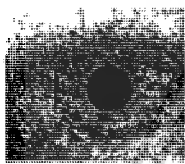
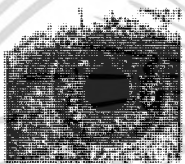
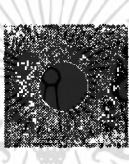
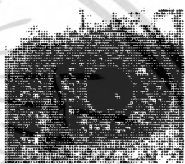






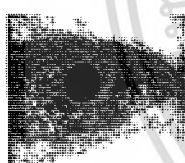

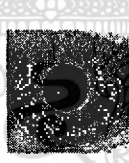


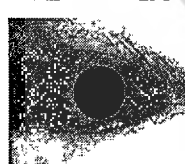
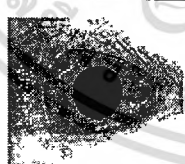
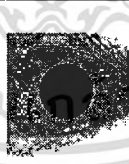


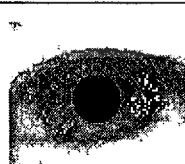


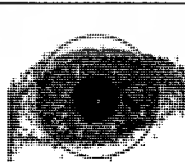

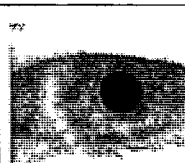
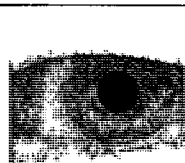

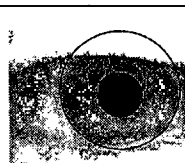

ผลของการระบุตำแหน่งของม่านตาที่ไม่สามารถระบุได้ คือ ภาพที่ 037, 068, 072, 073 และ 087 เนื่องจากภาพจากฐานข้อมูลนั้นมีลายม่านตาอยู่นอกกรอบของภาพดังแสดงในรูปที่ 6.4



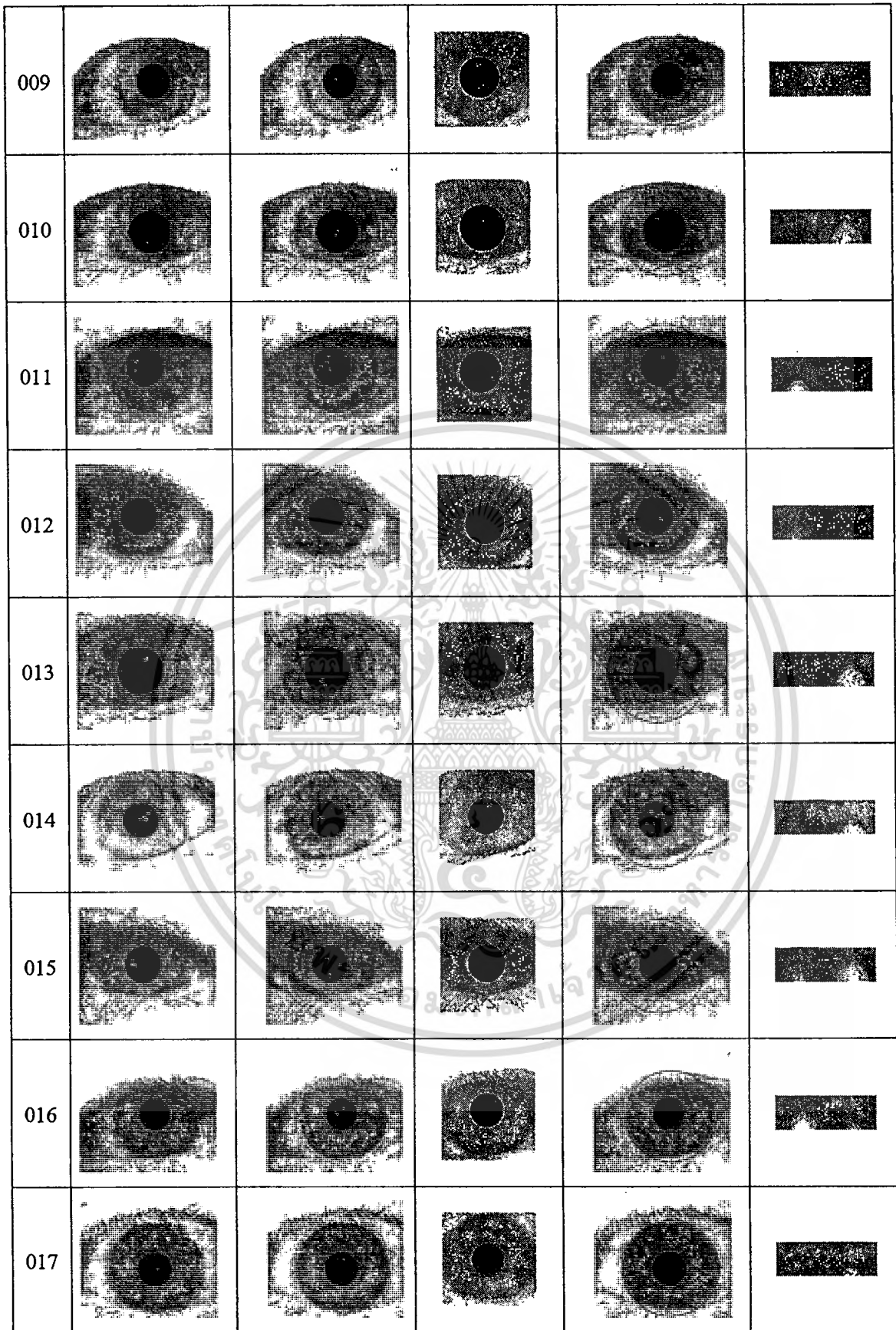
รูปที่ 6.4 ผลการระบุตำแหน่งผิดพลาดของม่านตาจากฐานข้อมูล CASIA v 1.0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

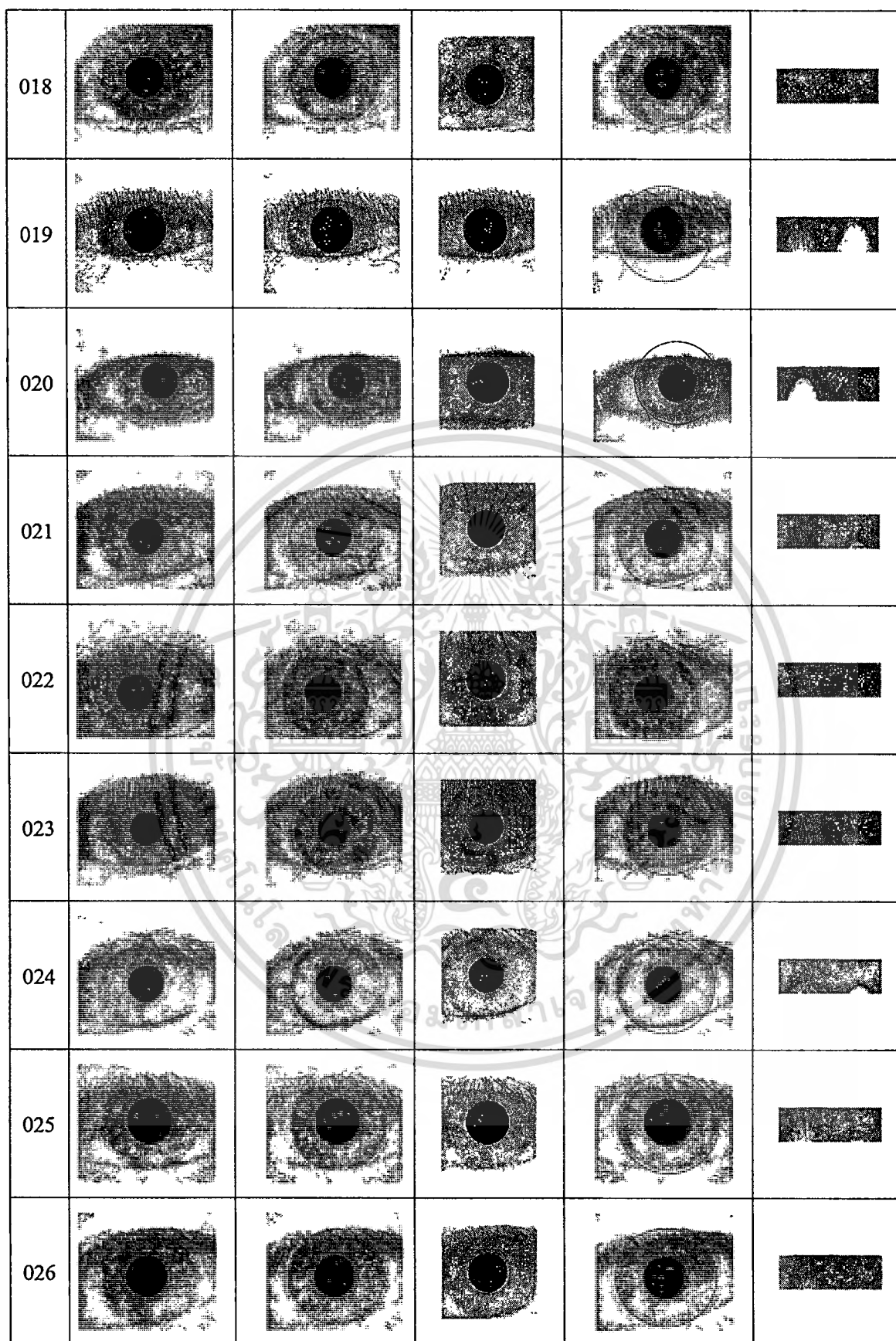
ตารางที่ 6.2 ตัวอย่างภาพผลการทดลองของฐานข้อมูล CASIA v 1.0

Image from CASIA xxx_1_1.bmp	Locate iris	Locate pupil	Segmented	Normalized	
001					
002					
003					
004					
005					
006					
007					
008					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



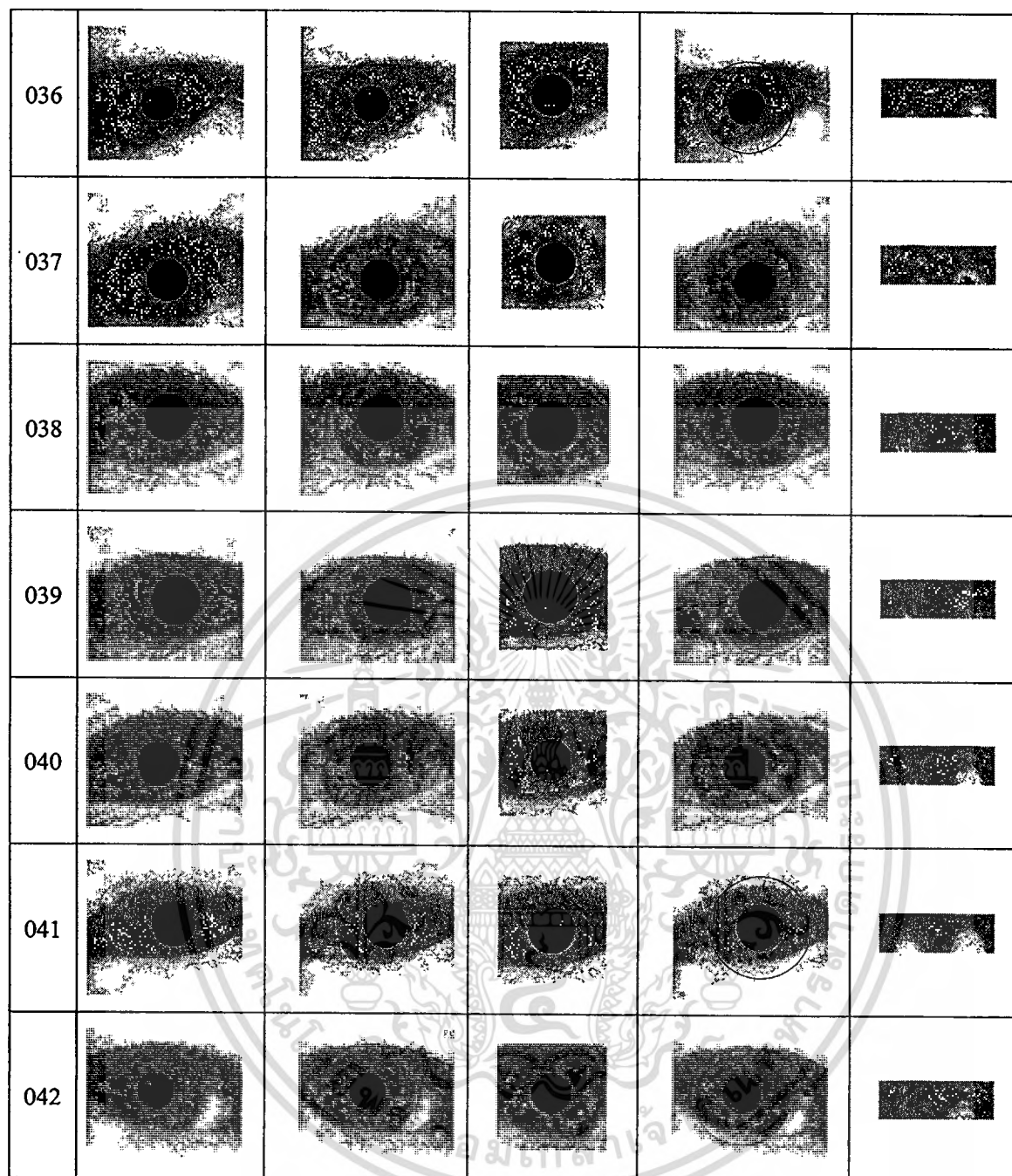
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

027					
028					
029					
030					
031					
032					
033					
034					
035					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยที่

- Locate iris เป็นภาพการระบุขอบเขตของม่านตา
 Locate pupil เป็นภาพการระบุขอบเขตของรูม่านตา
 Segmented เป็นภาพการแยกขอบเขตของม่านตา
 Normalized เป็นภาพการทำนอร์มอลไรเซชันของม่านตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ฐานข้อมูล UBIRIS เป็นภาพถ่ายดวงตาที่ใช้เป็นภาพสี่ระบบเทา 256 ระดับ ถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ Joint Photographic Experts Group (JPEG) จำนวนทั้งหมด 241 ภาพ ข้อมูลภาพถ่ายดวงตาแต่ละภาพมีขนาด 200×150 พิกเซล

ตารางที่ 6.3 ผลการระบุตำแหน่งม่านตาของฐานข้อมูล UBIRIS

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
1	50	12	2.047
2	45	13	2.141
3	45	13	3.453
4	44	13	4.749
5	43	15	3.845
6	48	8	2.126
7	45	9	2.157
8	48	15	2.625
9	45	13	2.547
10	48	11	2.657
11	48	14	2.656
12	48	10	2.531
13	43	13	2.601
14	45	11	2.079
15	48	13	2.063
16	45	11	2.078
17	47	13	2.547
18	48	13	2.219
19	45	14	2.046
20	43	10	2.124
21	47	13	1.954
22	47	13	1.985
23	43	10	2.046
24	45	13	1.742

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
25	48	13	1.922
26	47	13	1.985
27	47	11	1.78
28	45	11	1.906
29	47	11	2.031
30	47	13	1.953
31	43	14	1.891
32	43	13	1.923
33	43	10	2.094
34	45	12	3.156
35	45	15	3.719
36	43	9	2.156
37	45	13	4.953
38	45	12	4.36
39	48	13	4.531
40	45	13	5.016
41	48	12	2.296
42	48	12	2.859
43	48	13	2.156
44	48	10	2.531
45	43	12	2.546
46	45	13	4.532
47	45	13	3.063
48	45	10	3.75

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
49	45	13	4.296
50	48	12	2.156
51	48	12	2.188
52	45	13	3.578
53	45	12	3.984
54	45	12	2.954
55	48	12	4.173
56	45	12	4.25
57	43	8	3.75
58	48	12	2.282
59	48	13	4.173
60	55	15	3.547
61	47	12	2.609
62	47	12	2.516
63	47	12	2.188
64	47	10	1.984
65	47	10	2.095
66	47	12	2.079
67	47	13	4.813
68	47	11	4.391
69	47	13	4.203
70	43	12	3.969
71	43	13	2.906
72	50	12	5.161
73	47	10	2.531
74	45	12	4.203
75	47	12	2.531
76	45	13	3.484
77	45	13	3.798
78	43	8	1.797

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
79	45	10	3.375
80	45	10	3.375
81	45	10	3.531
82	45	8	3.218
83	48	13	3.937
84	45	15	3.702
85	47	12	2.094
86	43	12	1.813
87	47	12	2.125
88	47	10	1.875
89	47	12	1.811
90	43	12	1.907
91	47	12	2.063
92	47	12	1.875
93	48	13	4.36
94	45	15	3.563
95	47	12	2.109
96	45	13	3.469
97	45	13	3.531
98	45	15	4.157
99	45	13	3.375
100	48	13	4.906
101	48	12	4.547
102	48	13	5.187
103	43	10	1.844
104	47	12	1.922
105	47	12	1.953
106	47	12	1.781
107	48	14	4.891
108	45	12	3.375

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
109	45	10	3.891
110	45	12	3.135
111	47	9	2.359
112	43	9	2.141
113	50	11	2
114	47	11	1.906
115	48	14	2.939
116	43	10	2.016
117	43	12	2.187
118	43	13	3.172
119	48	13	3.516
120	48	13	3.765
121	47	9	2.094
122	45	12	4.594
123	43	8	1.937
124	48	13	3.906
125	48	13	3.953
126	45	12	3.905
127	43	9	2.015
128	43	12	3.703
129	48	12	4.328
130	48	12	4.547
131	50	12	3.922
132	50	15	4.671
133	45	12	3.875
134	50	12	2.063
135	47	12	1.969
136	45	13	4.235
137	45	15	3.89
138	43	10	1.781

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
139	47	12	2.015
140	48	13	3.374
141	48	12	5.156
142	45	13	3.844
143	48	12	3.781
144	48	13	4.593
145	45	13	3.547
146	48	12	3.297
147	48	15	4.235
148	48	13	4.562
149	47	9	2.077
150	47	10	2.312
151	48	13	4.109
152	48	13	4.625
153	45	13	3.968
154	50	13	4.328
155	45	13	4.406
156	43	10	1.875
157	47	10	1.906
158	48	13	3.812
159	48	13	5.077
160	45	12	3.753
161	45	12	3.625
162	48	13	4.281
163	45	10	4.609
164	47	12	2.202
165	47	13	2.297
166	45	13	4.719
167	48	13	3.766
168	48	15	4.468

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
169	45	13	3.296
170	48	15	3.812
171	48	15	3.797
172	47	12	2.047
173	43	9	2.125
174	43	15	3.391
175	45	13	3.953
176	48	13	3.812
177	47	11	2.047
178	47	13	4.328
179	48	13	3.516
180	47	12	2
181	48	15	3.922
182	48	15	3.625
183	45	12	3.343
184	48	10	2.922
185	48	12	3.688
186	45	13	3.047
187	48	12	3.985
188	43	12	3.609
189	45	13	4.516
190	48	13	3.469
191	45	15	4.437
192	48	15	4.109
193	45	13	4.078
194	43	8	2.89
195	45	13	3.766
196	48	13	4.015
197	45	10	3.234
198	45	12	3.859

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
199	47	12	2.016
200	43	10	1.952
201	43	12	2.047
202	47	10	2.078
203	43	8	1.734
204	45	13	3.156
205	48	15	3.328
206	43	10	1.921
207	45		
208	48	13	4.234
209	45	13	3.922
210	43	13	3.875
211	48		
212	48	15	3.985
213	48	13	4.423
214	48	12	5.125
215	45	13	4.875
216	48	13	4.892
217	48	15	4
218	50	11	4.594
219	43	10	2.047
220	50	12	2.454
221	48	10	5.14
222	48	13	4.687
223	45		
224	47	12	1.984
225	45	13	5.313
226	45	15	4.219
227	50	12	4.048
228	48	13	4.734

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
229	50	13	4.687
230	45	10	4.562
231	45	13	4.563
232	45	13	1.999
233	43	12	2.078
234	43	10	1.984
235	50	13	3.953

Image	R(iris)	R(pupil)	Time
236	48	13	4.297
237	48	15	6.297
238	44	12	1.922
239	48	13	4.172
240	47	10	2.093
241	43	13	4.906

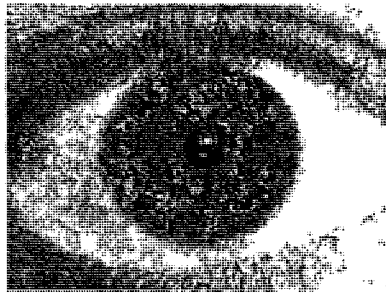
โดยที่

Image	เป็นภาพถ่ายดวงตาของฐานข้อมูล UBIRIS
R(iris)	เป็นค่ารัศมีของม่านตา
R(pupil)	เป็นค่ารัศมีของรูม่านตา
Time	เป็นเวลาที่ใช้ในการประมวลผลมีหน่วยเป็นวินาที

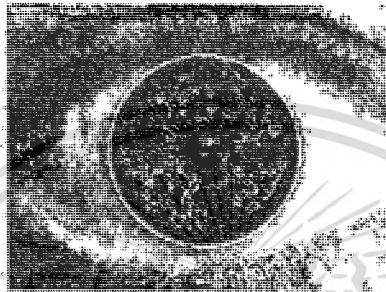
เนื่องจากฐานข้อมูล UBIRIS เป็นฐานข้อมูลที่ใช้แสงสว่างในการถ่ายภาพดวงตาจ้ามาก จึงทำให้ขนาดของรูม่านตาในภาพถ่ายดวงตาของฐานข้อมูลนี้มีขนาดเล็กกว่าฐานข้อมูล CASIA และรวมถึงขนาดของภาพที่มีขนาดเล็กกว่าด้วย จึงทำให้ค่าของรัศมีของรูม่านตาและม่านตามีค่าน้อยกว่า ทำให้ประมวลผลได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับจากภาพต่อภาพ แต่ก็อาจทำให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าด้วย

ผลลัพธ์ที่ได้ สามารถค้นหาตำแหน่งม่านตาได้ถูกต้อง 237 ภาพ และไม่ถูกต้อง 4 ภาพ การทดลองนี้มีประสิทธิภาพ 98.34 เปอร์เซ็นต์

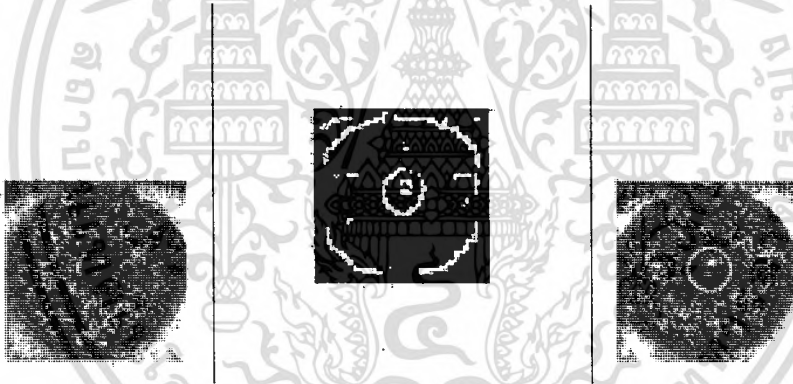
เนื่องจากภาพผลการทดลองมีจำนวนมาก ผู้เขียนจึงเลือกนำเสนอเฉพาะภาพที่สำคัญสำหรับวิเคราะห์ลักษณะที่แตกต่างกันของภาพที่สามารถระบุขอบเขตของม่านตาได้ของภาพที่มาจากฐานข้อมูล UBIRIS แสดงดังรูปที่ 6.5- 6.7



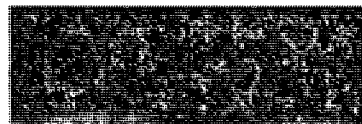
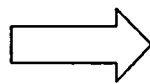
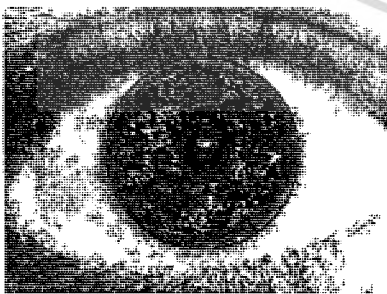
(ก). ภาพถ่ายดวงตาในระดับเทา



(ข). การระบุขอบเขตม่านตา



(ค). การระบุขอบเขตลูกตาดำ

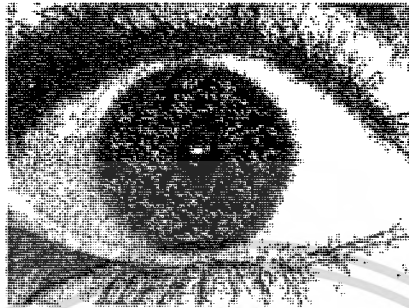


(ง). การทำนอร์มอลไรเซชันขอบเขตของม่านตา

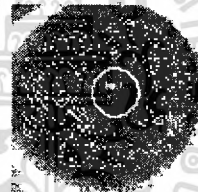
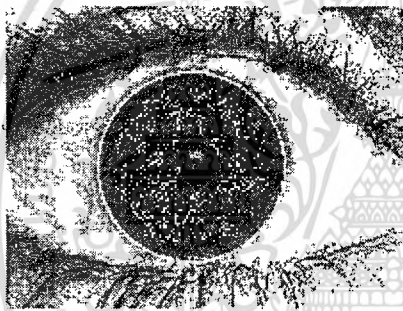
รูปที่ 6.5 ขั้นตอนและผลการทดลองของภาพ Img_1_1_1.jpg

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

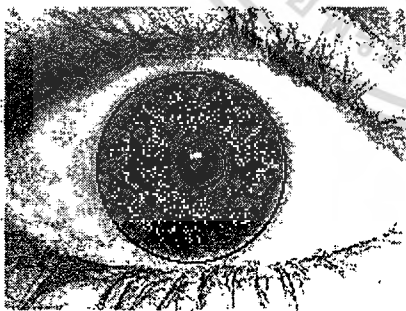
ภาพตัวอย่างผลการทดลองของภาพ `Img_85_1_1.jpg` ซึ่งภาพที่ได้จากฐานข้อมูลมีความสมบูรณ์ คือ ไม่มีสัญญาณรบกวนจากขนตา หน้ตา แสงสะท้อนใดๆ จึงทำให้สามารถระบุขอบเขตได้ชัดเจน ส่งผลให้การทำงานออร์มอลไรเซชันภาพขอบเขตของม่านตาสมบูรณ์เช่นกัน จะทำให้ง่ายและสะดวกต่อการนำไปเข้ารหัสต่อไป



(ก). ภาพถ่ายดวงตาในระดับเทา



(ข). การระบุขอบเขตของม่านตา

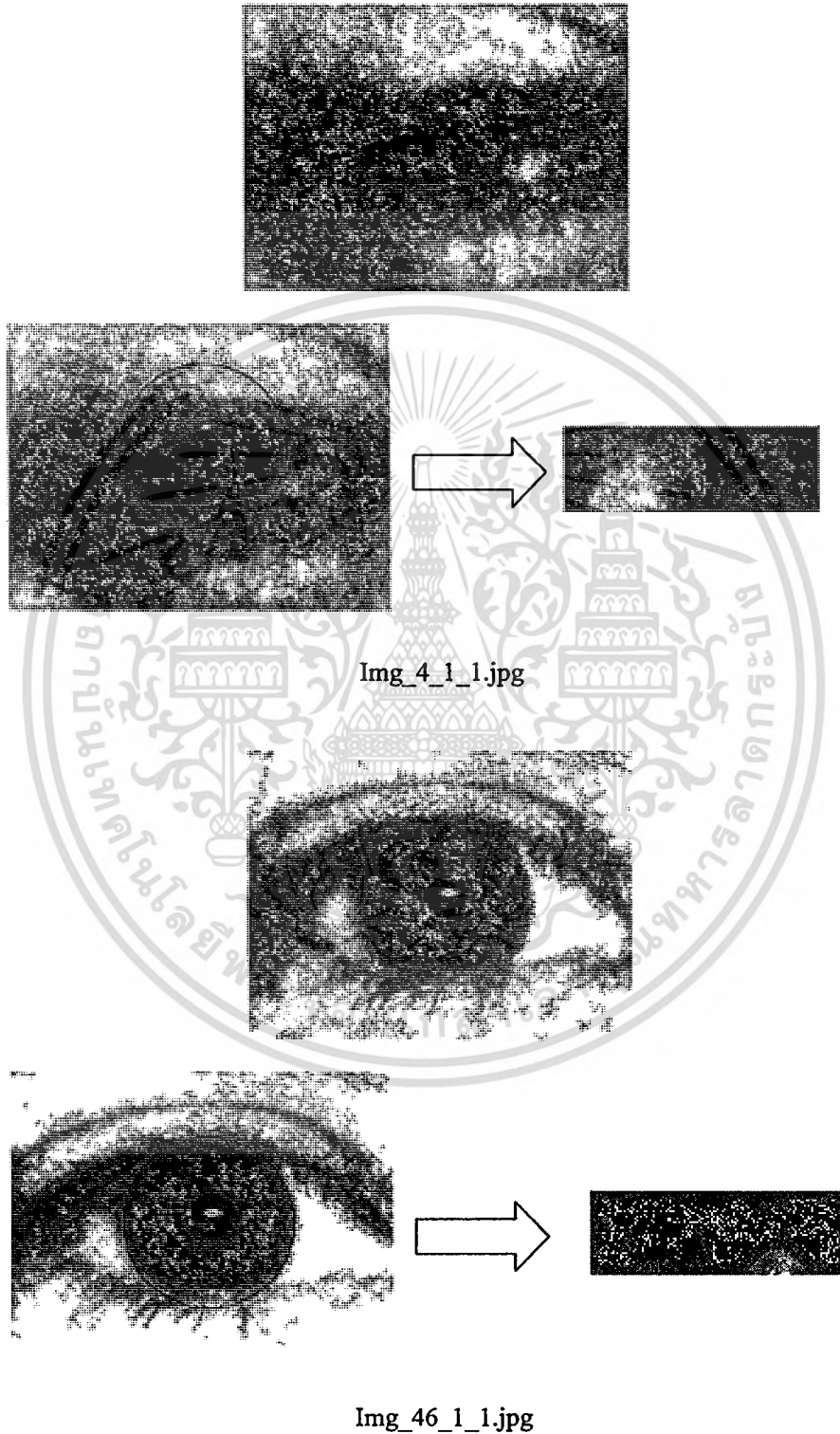


(ค). การทำออร์มอลไรเซชันขอบเขตของม่านตา

รูปที่ 6.6 ผลการทดลองของภาพ `Img_85_1_1.jpg`

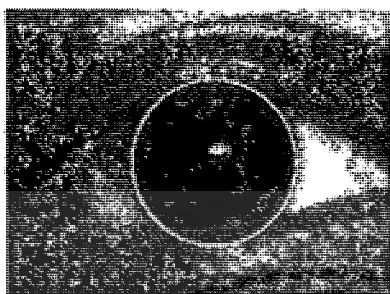
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพตัวอย่างผลการทดลองของภาพ `Img_4_1_1.jpg` และ `Img_46_1_1.jpg` ซึ่งภาพที่ได้จากฐานข้อมูลมีความไม่สมบูรณ์ของภาพอยู่แต่ก็สามารถระบุขอบเขตของม่านตาได้ และเมื่อนำมาทำนอร์มอลไรเซชันแล้วจะยังมีสัญญาณรบกวนอยู่

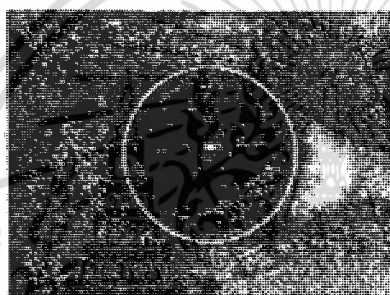


รูปที่ 6.7 ผลการทดลองของภาพที่มีสัญญาณรบกวนจากฐานข้อมูล UBIRIS
 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

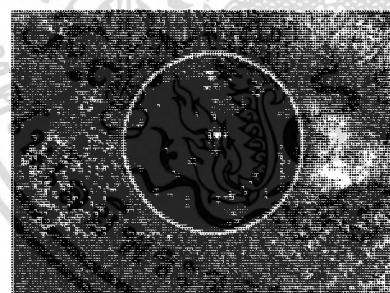
ผลที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งของม่านตาได้ คือ Img_80_1_1.jpg, Img_207_1_1.jpg, Img_211_1_1.jpg และ Img_223_1_1.jpg เนื่องจากภาพจากฐานข้อมูลนั้นมีรูม่านตาสีดำมากเกินไป และมีแสงสะท้อนในบริเวณรูม่านตาจึงอาจทำให้มองเห็นเป็นวงรี ดังแสดงในรูปที่ 6.7



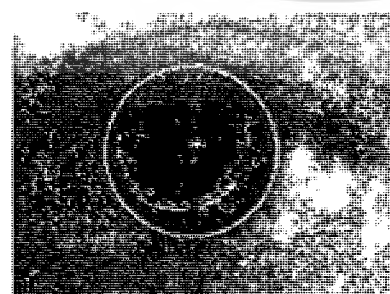
Img_80_1_1.jpg



Img_207_1_1.jpg



Img_211_1_1.jpg

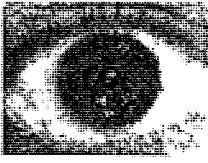
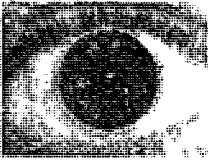

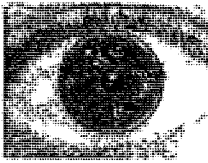

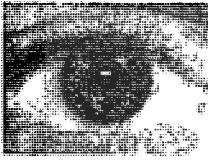
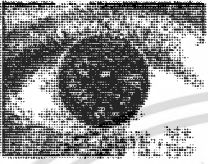
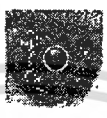
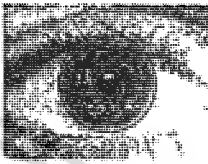
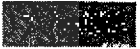


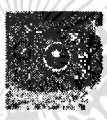
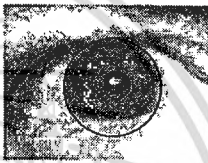
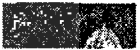
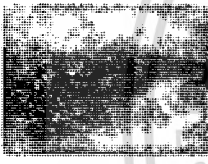
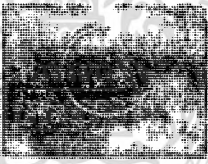


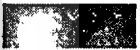

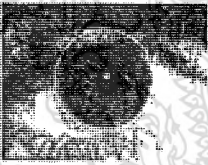
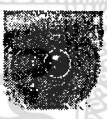

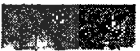
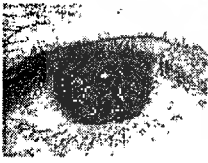
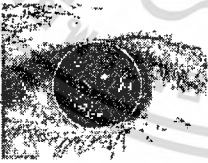
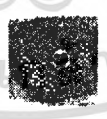
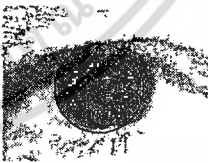


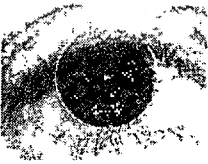

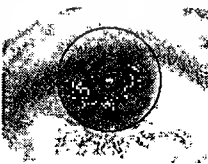

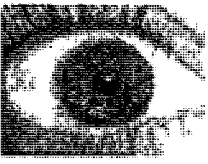
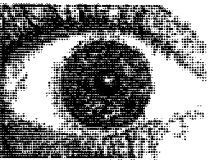

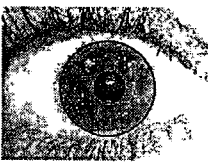



Img_223_1_1.jpg

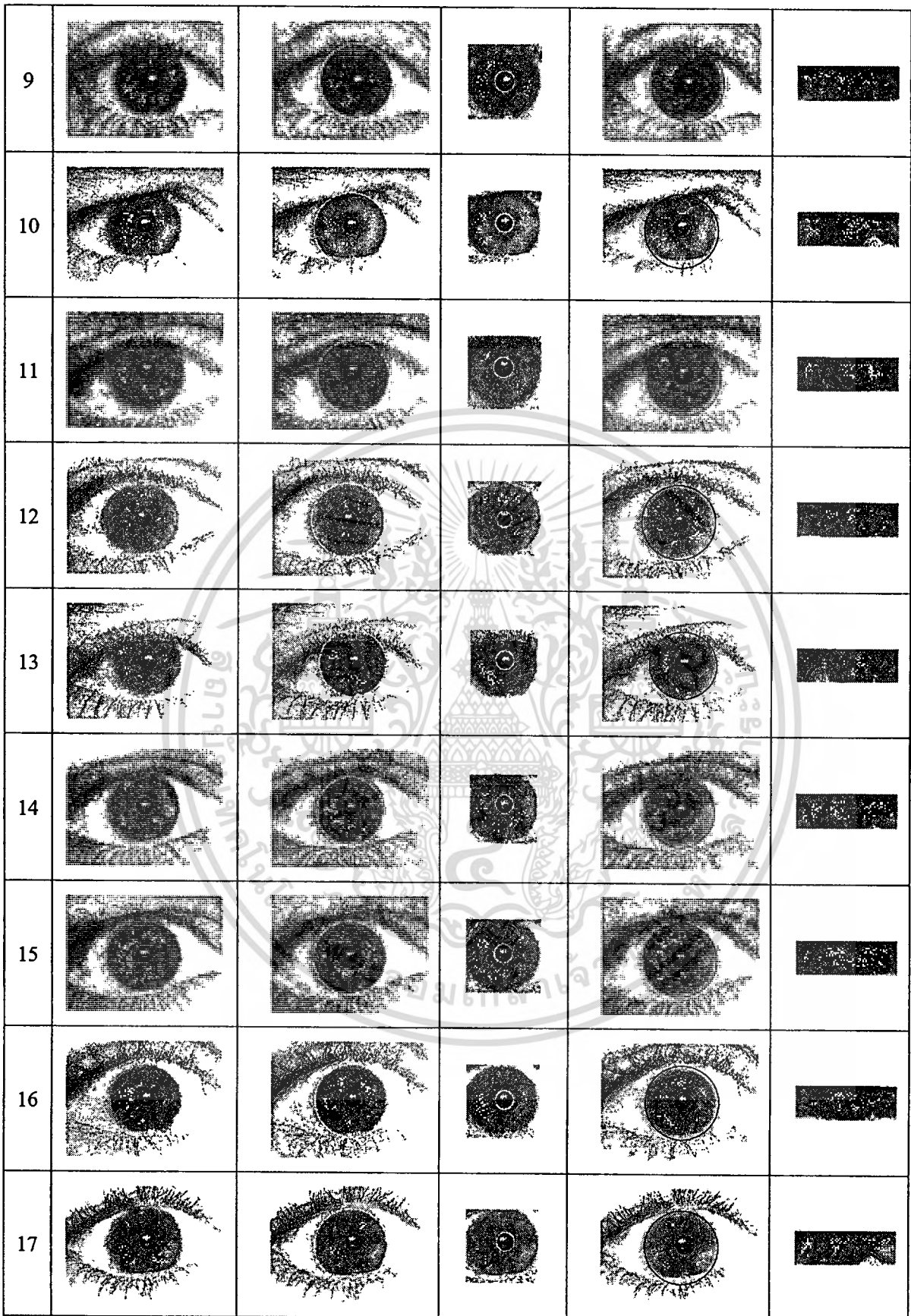
รูปที่ 6.8 ผลการระบุตำแหน่งผิดพลาดของม่านตาจากฐานข้อมูล UBIRIS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า .ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

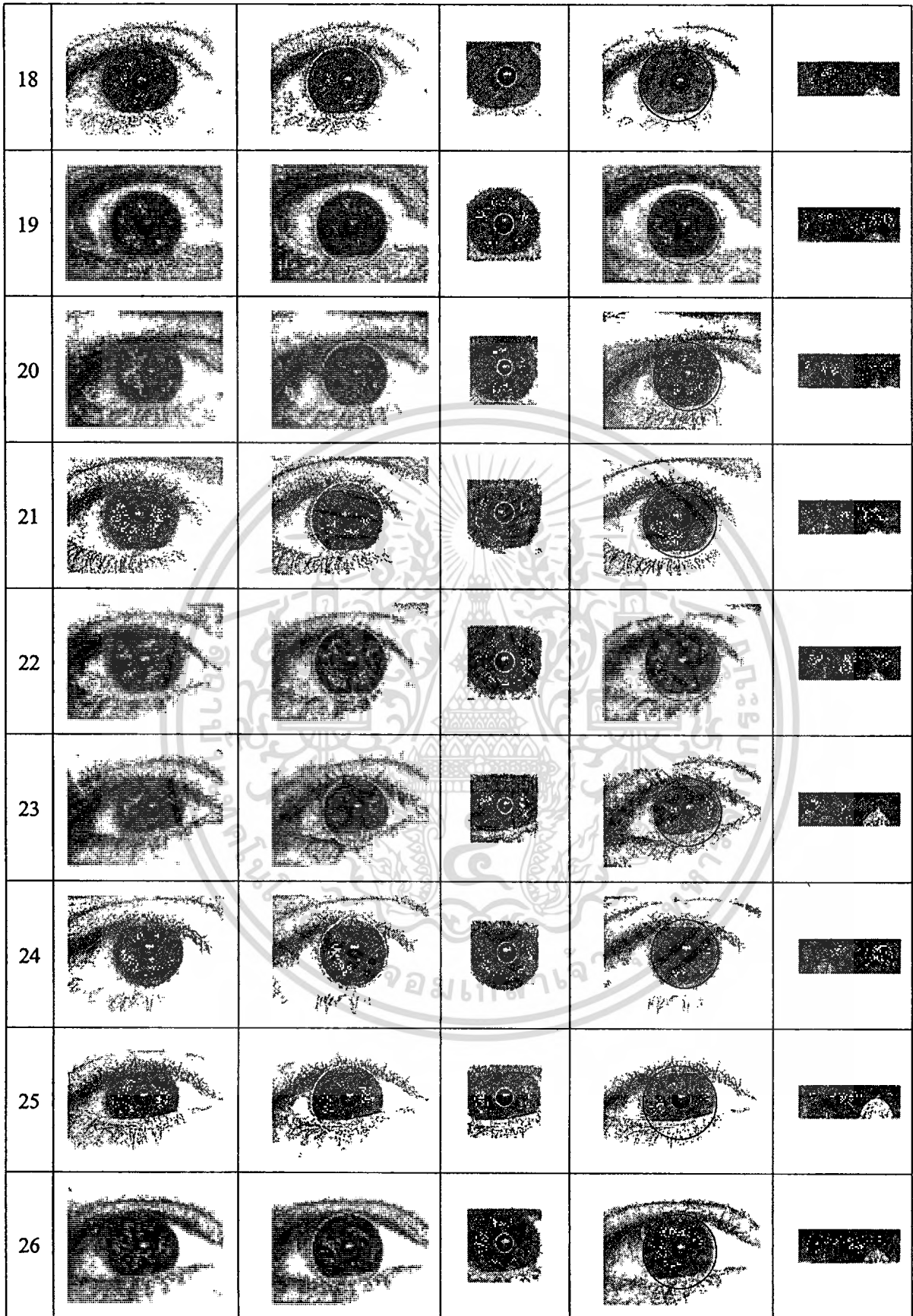
ตารางที่ 6.4 ตัวอย่างภาพผลการทดลองของฐานข้อมูล UBIRIS

Image from UBIRIS Img_x_1_1.jpg	Locate iris	Locate pupil	Segmented	Normalized
				
				
				
				
				
				
				
				

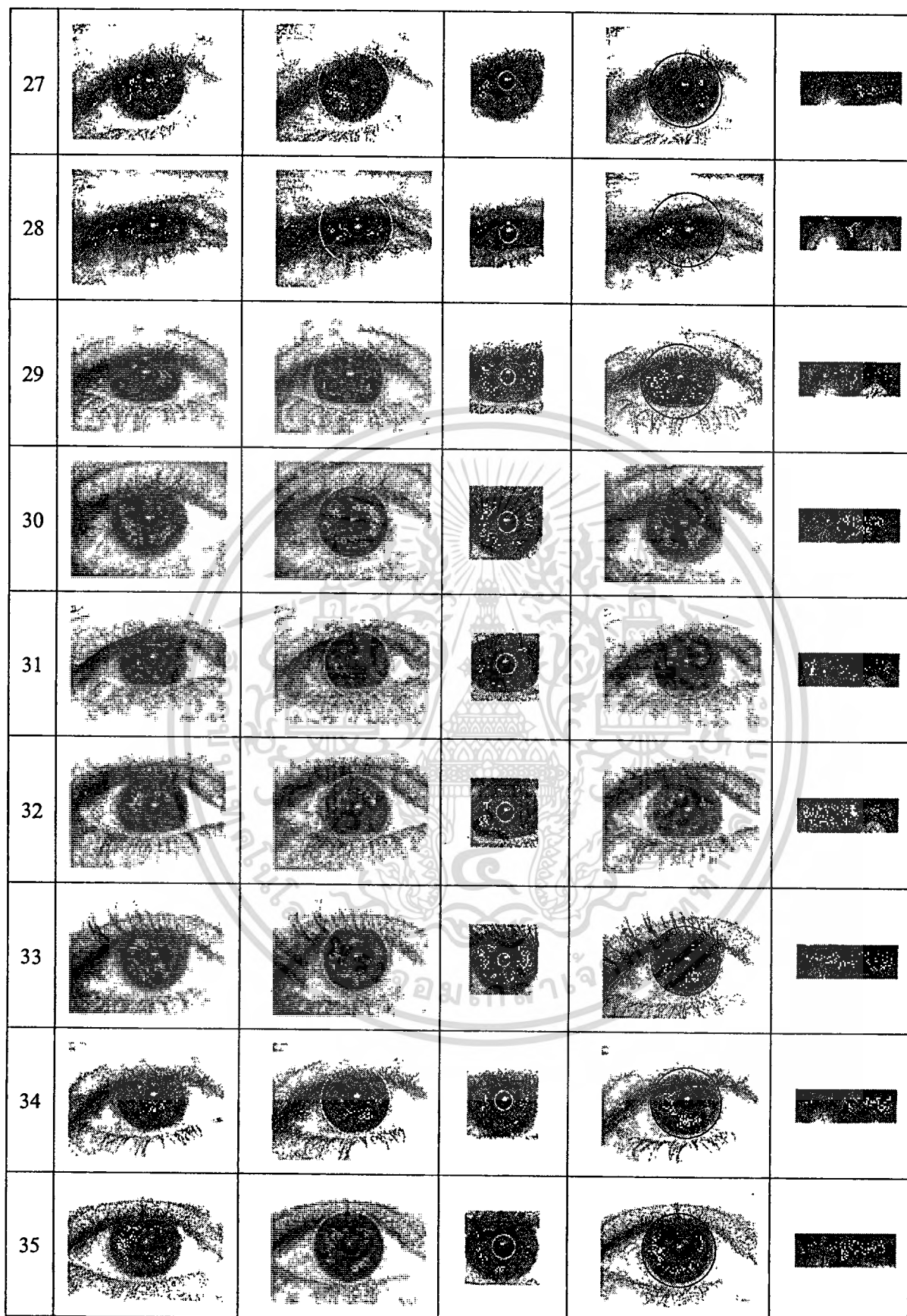
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



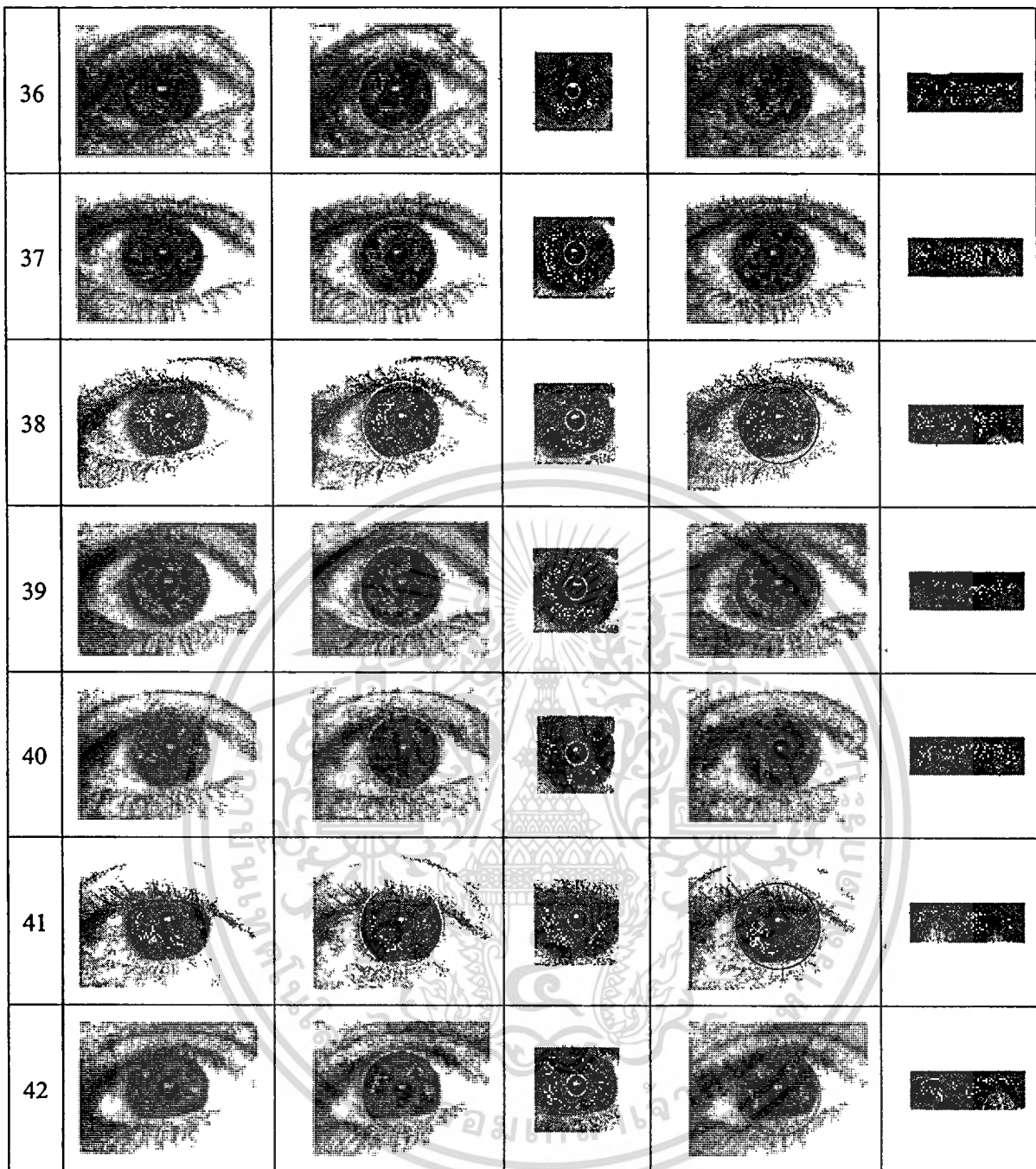
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



โดยที่

Locate iris	เป็นภาพการระบุขอบเขตของม่านตา
Locate pupil	เป็นภาพการระบุขอบเขตของรูม่านตา
Segmented	เป็นภาพการแยกขอบเขตของม่านตา
Normalized	เป็นภาพการนอร์มอลไลซ์ของม่านตา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 สรุป

ผลการทดลองการระบุตำแหน่งของม่านตาได้ถูกต้อง จากการที่ได้นำฐานข้อมูลทั้งสองเปรียบเทียบกัน ก็จะได้รู้จุดติและจุดค้อยของการระบุตำแหน่งว่าภาพจากฐานข้อมูลใดเป็นอย่างไร ฐานข้อมูล UBIRIS เป็นฐานข้อมูลที่ใช้แสงสว่างในการถ่ายภาพดวงตาจ้ามก จึงทำให้ขนาดของรูม่านตาในภาพถ่ายดวงตาของฐานข้อมูลนี้มีขนาดเล็กกว่าฐานข้อมูล CASIA รวมถึงขนาดของภาพที่มีขนาดเล็กกว่าด้วย จึงทำให้ค่าของรัศมีของรูม่านตาและม่านตามีค่าน้อยกว่า ทำให้ประมวลผลได้เร็วกว่าเมื่อเปรียบเทียบจากภาพต่อภาพ แต่ก็อาจทำให้ได้ข้อมูลที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้น้อยกว่าฐานข้อมูล CASIA

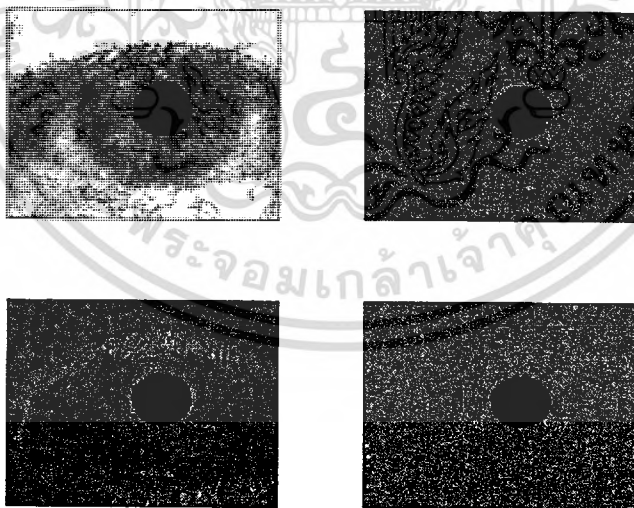


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทำนอร์มอลไรเซชันนั้นทำโดยแปลงพิกัดลายม่านตา จากพิกัดโพลาเป็นพิกัดคาร์ทีเซียน จากค่ารัศมีและค่าของมุม โดยไม่คำนึงถึงความแคบหรือความกว้างของรัศมีในมุนั้นๆ ผลการทำนอร์มอลไรเซชันจะได้อาร์เรย์สองมิติ ซึ่งแกนอนจะเป็นขนาดของมุม และแนวตั้งจะเป็นรัศมีอาร์เรย์สองมิติ ถึงแม้ว่าวิธีการดัดภาพแบบนี้จะเป็นที่นิยมทำกันมากในการแยกภาพม่านตาออกจากภาพถ่ายดวงตาและมีรูปแบบของข้อมูลลายม่านตา ที่จะนำไปใช้ประโยชน์ได้สะดวก แต่การทำนอร์มอลไรเซชันแบบนี้จะเกิดการเพี้ยนของภาพได้

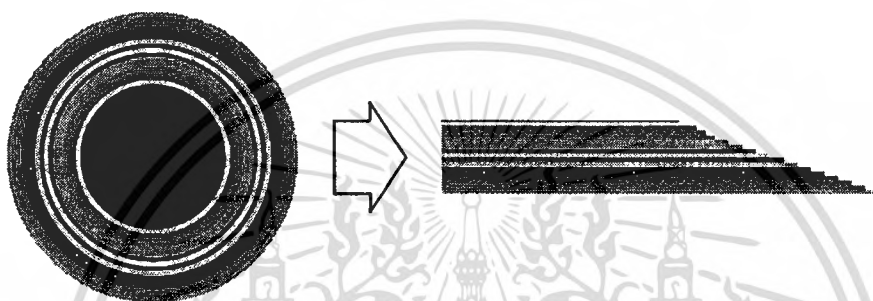
ในการวิจัยนี้ผู้เขียนได้มีข้อเสนอแนะแนวทางในการแก้ไขความเพี้ยนของภาพ ที่เกิดจากการทำนอร์มอลไรเซชัน โดยวิธีการใหม่นี้ไม่ต้องใช้การค้นหาวงกลมโดยการแปลงเฮาท์ที่ใช้เวลาในการประมวลผลมาก แต่วิธีการใหม่อาจไม่แม่นยำเท่ากับการแปลงแบบเดิม ในการแยกข้อมูลม่านตามาใช้นั้นสามารถทำได้ดังนี้

1. สามารถแยกบริเวณของรูม่านตาโดยวิธีการแปลงเวฟเล็ต (Wavelet Transform) [18] เนื่องจากในรูม่านตาของมนุษย์มีสีดำซึ่งมีความถี่ต่ำ จึงสามารถใช้การแปลงเวฟเล็ตเพื่อแยกข้อมูลในภาพที่มีความถี่ต่ำออกจากภาพถ่ายดวงตาที่มีความถี่ต่างๆ ได้ชัดเจน เพราะส่วนของรูม่านตามีความถี่ต่ำมาก ซึ่งแตกต่างจากบริเวณอื่นๆ มากเช่นกัน และเป็นวิธีใช้เวลาน้อยมากในการประมวลผล แสดงได้ดังรูปที่ 7.1



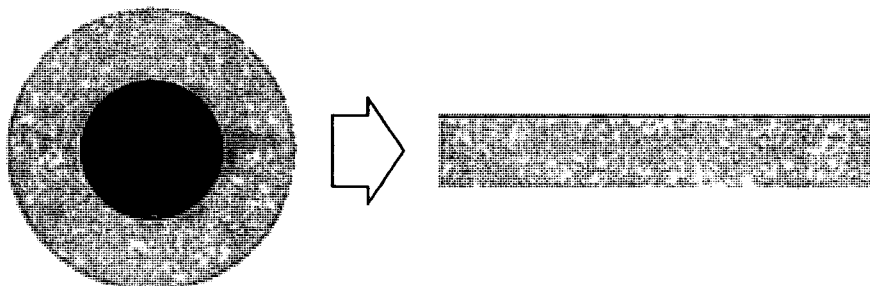
รูปที่ 7.1 ภาพ 001_1_1.bmp จากฐานข้อมูล CASIA ที่ได้ทำการแปลงเวฟเล็ตแล้ว

2. เมื่อได้บริเวณของรูปร่างตาแล้ว จากนั้นจะใช้ Contour Following Technique [19] ในการแยกข้อมูลของลายม่านตาออกมาใช้ โดย Contour Following จะทำการเลือกพิกเซลที่อยู่ติดออกมาจากพื้นที่รูปร่างตาที่ได้ทำการแยกออกไปแล้ว จากนั้นจะทำการหาจุดที่เป็นขอบของรูปร่างตาเมื่อพบจุดแรกแล้วก็จะทำการเลื่อนไปอีกทิศทางหนึ่ง ซึ่งก็คือการวนไปรอบๆ บริเวณรูปร่างตานั่นเอง ดูคล้ายกับการปอกเปลือกผลไม้ แต่ปอกจากด้านในออกมาด้านนอก เมื่อวนมาครบรอบแล้วก็จะทำการเลื่อนไปวนรอบต่อไป วนไปที่ละพิกเซล เราก็จะได้สัญญาณแบบหนึ่งมิติต่อการวนหนึ่งรอบ วนต่อไปเรื่อยๆจนเจอส่วนของตาขาว เมื่อนำสัญญาณในแต่ละรอบมาเรียงซ้อนกันก็จะได้ข้อมูลดังรูปที่ 7.2



รูปที่ 7.2 แบบจำลองการแยกข้อมูลม่านตาโดยใช้เทคนิค Contour Following

ซึ่งได้เปรียบเทียบกับการคลี่ภาพแบบเดิมในรูปที่ 7.3 แล้วจะเห็นได้ว่าวิธีการใหม่ได้แยกข้อมูลของลายม่านตาออกมานั้นเป็นข้อมูลจริงของภาพไม่เกิดความเพี้ยน เพราะไม่ได้ทำการแปลงพิกัดเหมือนกับการคลี่ภาพแบบเดิม เพียงแต่ข้อมูลนั้นไม่ได้ทำให้เป็นข้อมูลมาตรฐานทั่วไป ซึ่งในการทำออร์มอลไรเซชันนั้นอาจทำได้โดยการให้ข้อมูลที่ได้จากการวนรอบแรกเป็นขนาดของข้อมูลที่เรานำไปใช้ เพราะข้อมูลวงในสุดจะไม่มีสัญญาณรบกวนจากการถูกลบคบังของขนตาและหนังตา ส่วนในวงต่อไปอาจจะต้องทำการเลือกตัดเอาส่วนของสัญญาณที่ไม่สมบูรณ์ออกไปให้มีความยาวสัญญาณให้เท่ากับสัญญาณเส้นแรก เพื่อให้เป็นขนาดที่มาตรฐาน



รูปที่ 7.3 แบบจำลองการออร์มอลไรเซชันโดยการคลี่ภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [12] Yi Chen, Sarat C. Dass and Anil K. Jain, “**Localized Iris Image Quality Using 2-D Wavelets**”, ICB06, 2006.
- [13] Yong-zeng Shen, Min-jie Zhang, Jie-wei Yue and Hong min Ye, “**A New Iris Locating Algorithm**”, Proceeding of the 16th International Conference on Artificial Reality and Telexistence—Workshop (ICAT’06), IEEE Transactions, 2006.
- [14] K. Masood, Dr M. Y. Javed and A. Basit “**Iris Recognition Using Wavelet**”, Emerging Technologies, ICET 2007. International Conference on Publication Date: 12-13 Nov. 2007.
- [15] E. Trupin, Y. Lecourtier, “**A Modified Contour Following Algorithm Applied to Document Segmentation**”, IEEE, 1992.
- [16] J. Canny, “**A Computational Approach to Edge Detection**”, IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, pp. 679-698, 1986.
- [17] Mark S. Nixon and Alberto S. Aguado, “**Feature Extraction & Image Processing**”, A member of the Reed Elsevier plc group First edition 2002, pp.179-184.
- [18] Rafael C. Gonzalez, Richard E. Woods and Steven L. Eddins, “**Digital Image Processing Using MATLAB**”, Pearson Prentice Hall, Pearson Education, Inc. Upper Saddle River, New Jersey 07458, 2004.
- [19] Ramesh Jain, Rangachar Kasturi, Brian G. Schunck, “**MACHINE VISION**”, McGrew-Hill, Inc.
- [20] “**CASIA iris image database**”, <http://www.cbsr.ac.cn>
- [21] “**UBIRIS iris image database**”, <http://iris.di.ubi.pt>

ประวัติผู้เขียน

นางสาวเบญญทิพย์ ทรงพินิจ เกิดเมื่อวันที่ 10 กรกฎาคม พ.ศ.2527 ที่จังหวัดเชียงใหม่ สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมไฟฟ้าอิเล็กทรอนิกส์ จาก ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ในปีการศึกษา 2548 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรม อิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2550

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. **Benyatip Songpinit, Thanapong Chaichana, Surapan Airphiboon and Manas Sangworasil, "Iris Segmentation in Polar Coordinate from Eye Images by Hough Transform for Identify Boundry Pupil and Iris," Proc. EECON Conf. on Electrical Engineering Conference, vol. 2, pp. 1253-1256, 2007.**
2. **Benyatip Songpinit and Surapan Airphiboon, "Iris Localization base on Wavelet Transform and Contour Following Technique," The 2nd Biomedical Engineering International Conference 2009 (BMEICON'2009), Phuket, Thailand.**