

การระบุตำแหน่งของออปติคดิสก์ในภาพจอประสาทตาโดยใช้การค้นหา
ขอบภาพรูปร่างกลมด้วยเทคนิคเฮนทรานฟอรัม

LOCATING OF OPTIC DISC IN RETINAL IMAGES BASED ON EDGE
DETECTION OF CIRCULAR SHAPE USING HOUGH TRANSFORM

ธนพงศ์ ไชยชนะ
THANAPONG CHAICHANA

ศึกษาเพื่อเป็นส่วนหนึ่งของงานวิจัยการศึกษาค้นคว้าตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์และวิศวกรรมแพทย์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2551

KMITL.-2008-EN-M-045-414

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การระบุตำแหน่งของออฟติคดิสก์ในภาพจอประสาทตาโดยใช้การค้นหา
ขอบภาพรูปร่างกลมด้วยเทคนิคเฮาแทรนฟอร์ม

LOCATING OF OPTIC DISC IN RETINAL IMAGES BASED ON EDGE
DETECTION OF CIRCULAR SHAPE USING HOUGH TRANSFORM

ธนพงศ์ ไชยชนะ

THANAPONG CHAICHANA

เลขหมู่.....

เลขทะเบียน..... 87097

วัน,เดือน,ปี..... 3.0. ๓.๐. 2552

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

KMITL-2008-EN-M-045-414

**LOCATING OF OPTIC DISC IN RETINAL IMAGES BASED ON EDGE
DETECTION OF CIRCULAR SHAPE USING HOUGH TRANSFORM**

THANAPONG CHAICHANA

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

2008

KMITL-2008-EN-M-045-415

COPYRIGHT 2008

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ในภาพจอประสาทตาโดยใช้ การค้นหาขอบภาพรูปทรงกลมด้วยเทคนิคเฮาแตรนฟอร์ม
นักศึกษา	ว่าที่ ร.ต. ธนพงศ์ ไชยชนะ
รหัสประจำตัว	49061403
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	อิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์
พ.ศ.	2551
อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์	รศ.ดร.มนัส สัจวรศิลป์

บทคัดย่อ

วิทยานิพนธ์นี้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ ภายในภาพจอประสาทตา วิธีการนี้ใช้การค้นหาขอบภาพวัตถุของภาพจอประสาทตา โดยออฟติกดิสก์จะถูกประมาณเป็นรูปวงกลม เราจะค้นหาบริเวณพื้นที่ของออฟติกดิสก์โดยใช้เทคนิค เฮาแตรนฟอร์มซึ่งทำการค้นหาเส้นตรงหลายเส้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปวงกลม และเส้นตรงเหล่านั้นจะถูกประมาณค่าเป็นเส้นวงกลม ตำแหน่งของออฟติกดิสก์จะถูกระบุเป็นจุดศูนย์กลางของเส้นวงกลม การประเมินค่าประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ นั้น โดยได้ทำการทดสอบกับภาพจอประสาทตาจำนวน 40 ภาพ จากฐานข้อมูล DRIVE ประกอบด้วยภาพจอประสาทตาที่มีสุขภาพดี 33 ภาพ และภาพจอประสาทตาที่เป็นโรค 7 ภาพ ผลการระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์ถูกต้อง 39 ภาพ จากทั้งหมด 40 ภาพ วิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพคิดเป็น 97.5 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้จะสามารถนำไปใช้ช่วยวิเคราะห์โรคที่เกิดขึ้นกับออฟติกดิสก์ ภายในจอประสาทตา

Thesis Title	Locating Optic Disc in Retinal Images Based on Edge Detection of Circular Shape Using Hough Transform
Student	Acting sub lt. Thanapong Chaichana
Student ID.	49061403
Degree	Master of Engineering
Program	Biomedical Electronics Engineering
Year	2008
Thesis Advisor	Assoc. Prof. Dr. Manas Sangworasil

ABSTRACT

This thesis presents a novel method for identification of the position of the optic disc in retinal images. The method is based on the preliminary detection of the main edge detection of retinal image. The segmentation optic disc is estimated as a circular area. We searched for areas of optic disc by Hough transform which detected several straight lines and approximated them as a circular line. The position of optic disc was identified as the center of the circle. An evaluation of the proposed procedure was performed using a set of 40 images from the DRIVE database, containing images from both healthy (33) and diseased (7) subjects. The optic disc position was correctly identified in 39 out of 40 images and the efficiency was 97.5 percent. The results illustrate that the proposed method can be used for pathological analysis of retinal images.

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้อย่างดี ด้วยคำแนะนำ คำปรึกษา และความกรุณา จาก รศ.ดร. มนัส สัจจวิมล ซึ่ง เป็นอาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และอบรมสั่งสอนทั้งในเรื่องการศึกษา การค้นคว้า การทำวิจัย คติและข้อคิดในการดำเนินชีวิต และให้โอกาสที่ดีแก่ข้าพเจ้าเสมอมา ข้าพเจ้ารู้สึกทราบซึ่งในความอนุเคราะห์จากท่านอาจารย์ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง

ขอกราบพระคุณ ผศ.ดร.สุพันธ์ ตั้งจิตกุศลมั่น ซึ่งเป็นอาจารย์ผู้ให้ความกรุณาอันดี แก่ข้าพเจ้า ในทุกเรื่อง และคอยสนับสนุนข้าพเจ้าเสมอมา ทำให้ข้าพเจ้าพึงระลึกอยู่เสมอ

ขอกราบขอบพระคุณ ดร.สุพจน์ สุขโพธารมย์ อาจารย์ประจำคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยกรุงเทพ ผู้ซึ่งเปรียบเสมือนทั้งอาจารย์และพี่ชาย ที่ช่วยเหลือให้คำแนะนำและผลักดันให้ ข้าพเจ้าก้าวเข้าสู่การค้นคว้าและการทำวิจัย ทำให้ข้าพเจ้าพึงระลึกอยู่เสมอ

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.กิตติพล ชิตสกุล และ ผศ.ดร.บุษยามา คิใจเดียว ท่านอาจารย์ทั้งสองผู้ซึ่งให้คำแนะนำและแก้ไข วิทยานิพนธ์ของข้าพเจ้าในช่วงการสอบเค้าโครงวิทยานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณ ผศ.ดร.จาร์วัตร เจริญสุข ผู้ซึ่งให้ความกรุณา คำแนะนำ และความรู้ อันสำคัญยิ่งในการทำวิจัย เพื่อพัฒนาศักยภาพการทำวิจัยให้แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณ คุณนพรัตน์ พันธุ์เสนา และ คุณนิวัฒน์ ภูเจริญ ซึ่งทั้งสองเปรียบเสมือน พี่ชาย และเพื่อน ซึ่งคอยให้คำปรึกษาในด้านการทำวิจัยและช่วยเหลือข้าพเจ้าในทุกด้าน

ขอขอบพระคุณ คุณสว่างวรรณ บัวพึ้ง ผู้ซึ่งช่วยเตือน ให้คำแนะนำ คำปรึกษา และอื่นๆอีก มากมาย

ขอขอบพระคุณ นายแพทย์ สมพร ลีพลมหา อาจารย์ประจำคณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัย ศรีนครินทรวิโรฒ (องครักษ์) ผู้ซึ่งแนะนำและอธิบายความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ และโรคที่เกิดขึ้นกับดวงตาเพื่อใช้ในการทำวิจัยนี้

ขอกราบพระคุณ คณาจารย์ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชาให้แก่ข้าพเจ้า

ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา และครอบครัวของข้าพเจ้าที่คอยให้คำปรึกษา และเป็นกำลังใจให้กับข้าพเจ้า ทำให้ข้าพเจ้าสามารถดำเนินชีวิตได้ด้วยดี

สุดท้ายนี้ข้าพเจ้าขอกราบขอบพระคุณ ผู้ให้ความกรุณาแก่ข้าพเจ้าทุกท่าน ซึ่งมีสามารถออก นามได้ ณ ที่นี้

คุณความรู้อันเป็นประโยชน์จากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอขอบแต่ บิดา มารดา คณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ธนพงศ์ ไชยชนะ

venom25@gmail.com

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VII
สารบัญรูป.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย.....	1
1.3 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่ใช้ในการวิจัย.....	2
1.4 ขอบเขตการวิจัย.....	2
1.5 โครงร่างวิทยานิพนธ์.....	2
บทที่ 2 จอประสาทตา.....	4
2.1 บทนำ.....	4
2.2 ส่วนประกอบของจอประสาทตา.....	4
2.2.1 กายวิภาคโครงสร้างของดวงตา.....	5
2.3 โรคที่เกี่ยวข้องกับจอประสาทตา.....	9
2.3.1 โรคต้อหิน (Glaucoma disc).....	9
2.3.2 โรคภาวะสายตาสั้นสูงมาก (High myopia).....	10
2.3.3 โรคเส้นเลือดผิดปกติในออฟติกดิสก์ (Disc drusen).....	12
2.3.4 โรคขี้ตาจอประสาทตาเสื่อม (Optic atrophy).....	13
2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย.....	14
2.5 สรุป.....	15
บทที่ 3 การแปลงข้อมูลภาพดิจิทัลจากระบบสีเป็นระบบขาวดำ.....	16
3.1 บทนำ.....	16
3.2 ข้อมูลดิจิทัลจากระบบสีและระบบขาวดำ.....	16

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.2.1 ทฤษฎีสี.....	16
3.2.2 ทฤษฎีการผสมสีแบบลบ.....	17
3.2.3 ทฤษฎีการผสมสีแบบบวก.....	18
3.2.4 ระบบสี RGB.....	19
3.2.5 ระบบสีขาวดำ (Gray).....	20
3.3 ฮิสโทแกรม (Histogram).....	20
3.4 การสร้างข้อมูลดิจิทัลจากระบบขาวดำ.....	21
3.5 สรุป.....	23
บทที่ 4 การค้นหาขอบภาพ.....	24
4.1 บทนำ.....	24
4.2 อัลกอริทึมของการค้นหาขอบภาพ.....	24
4.2.1 การลบสัญญาณรบกวน (Remove noise).....	25
4.2.2 การหาค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด (Gradient magnitude).....	26
4.2.3 การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression.....	28
4.2.4 การคำนวณดับเบิ้ลเทรชโฮลด์ (Double Threshold).....	29
4.3 การประยุกต์ใช้เทคนิคการค้นหาขอบภาพ.....	29
4.3.1 การปรับความแตกต่างของระดับความสว่างและความมืด.....	30
4.4 สรุป.....	31
บทที่ 5 การค้นหาวงกลมโดยการประมาณค่าจากเส้นตรง.....	32
5.1 บทนำ.....	32
5.2 ทฤษฎีของเฮาแตรนฟอร์ม	32
5.3 เทคนิคการค้นหาเส้นวงกลม.....	35
5.4 การวาดวงกลมและเครื่องหมายกากบาท.....	39
5.5 การแยกพื้นที่ของออฟดิคคิสก์.....	41
5.6 สรุป.....	41

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 6 การทดลองและผลการทดลอง.....	42
6.1 บทนำ.....	42
6.2 ขอบเขตการทดลอง.....	42
6.3 ผลการทดลองของการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์.....	42
6.4 สรุป.....	51
บทที่ 7 สรุปผลการวิจัยและแนวทางการพัฒนา.....	52
บรรณานุกรม.....	54
ภาคผนวก.....	56
ภาคผนวก ก. โปรแกรมที่ใช้ในการระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์	57
ภาคผนวก ข. ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่.....	67
ประวัติผู้เขียน.....	74

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ.....	43
6.2 ผลการทดลองระบุตำแหน่งออฟติกคิสก์.....	44

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1	จักษุแพทย์ตรวจวิเคราะห์สุขภาพตาผู้ป่วยโดยใช้กล้องถ่ายภาพจอประสาทตา..... 4
2.2	ลูกตารับภาพและนำสัญญาณส่งผ่านออฟติกติสก์ไปยังสมอง.....5
2.3	องค์ประกอบหลักภายในภาพจอประสาทตา.....6
2.4	การผ่ากลางของลูกตา (Sagittal section of the eye)..... 7
2.5	ตำแหน่งออฟติกติสก์ผิดปกติเป็นโรคต้อหิน.....9
2.6	ตำแหน่งออฟติกติสก์ผิดปกติเป็นโรคภาวะสายตาสั้นสูงมาก..... 10
2.7	ตำแหน่งออฟติกติสก์ผิดปกติเป็นโรคเส้นเลือดผิดปกติในออฟติกติสก์..... 12
2.8	ตำแหน่งออฟติกติสก์ผิดปกติเป็นโรคขี้ขาวประสาทตาเสื่อม.....13
3.1	ความสัมพันธ์ระหว่างแสงและสีกับการมองเห็น.....16
3.2	การดูคลื่นแบบเลือกสีก่อนสะท้อนเข้าดวงตา..... 17
3.3	การผสมสีแบบลบ.....18
3.4	การผสมสีแบบบวก.....19
3.5	ระดับความเข้มของระดับสีขาวไประดับสีดำ.....20
3.6	ฮิสโทแกรมกราฟของภาพถ่ายท้องฟ้า.....21
3.7	ภาพถ่ายท้องฟ้า.....21
3.8	ภาพถ่ายจอประสาทตาของระนาบสี RGB.....22
	(ก). ภาพของระนาบสี R.....22
	(ข). ภาพของระนาบสี G..... 22
	(ค). ภาพของระนาบสี B.....22
3.9	ภาพฮิสโทแกรมของภาพจอประสาทตาของระนาบสี RGB.....23
	(ก). ฮิสโทแกรมของระนาบสี R.....23
	(ข). ฮิสโทแกรมของระนาบสี G.....23
	(ค). ฮิสโทแกรมของระนาบสี B.....23
4.1	อัลกอริทึมของการค้นหาขอบภาพ..... 24
4.2	การลดสัญญาณรบกวน..... 26
	(ก). ภาพเคอเนลขนาด 13x13.....26
	(ข). ภาพจอประสาทตาที่มีองค์ประกอบสีเทา.....26
	(ค). ภาพผลลัพธ์ของการลบสัญญาณรบกวน.....26

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.3 การหาค่าเกรเดียนแม็กนิจูด.....	27
(ก). ภาพมุมของเกรเดียน.....	27
(ข). ภาพเกรเดียนแอมพลี.....	27
4.4 การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression.....	28
(ก). ภาพผลลัพธ์จากการปรับความสว่างและความมืด.....	28
(ข). ภาพ Non-maxima suppression.....	28
4.5 การคำนวณดับเบิลเทรสโฮลด์.....	29
(ก). ภาพค่า Non-maxima suppression.....	29
(ข). ภาพไบนารีหรือภาพผลลัพธ์การค้นหาเส้นขอบภาพ.....	29
4.6 การคำนวณดับเบิลเทรสโฮลด์.....	31
(ก). ภาพจอประสาทตาที่มีองค์ประกอบสีเทา.....	31
(ข). ภาพผลลัพธ์จากการปรับความสว่างและความมืด.....	31
5.1 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดฉาก.....	33
5.2 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดขั้ว.....	34
5.3 ภาพไบนารีซึ่งได้จากการค้นหาขอบภาพประกอบด้วยส่วนรูปวงกลมและ 2 เส้นตรง.....	36
5.4 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 1 วงต่อ 1 เส้น.....	36
5.5 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 2 วงต่อ 1 เส้น.....	37
5.6 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 3 วงต่อ 1 เส้น.....	37
5.7 แสดงผลลัพธ์การค้นหาตำแหน่งออฟดิคคิสก์.....	38
(ก). ภาพจอประสาทตา.....	38
(ข). ภาพไบนารีผลลัพธ์จากการค้นหาของภาพ.....	38
(ค). การค้นหาตำแหน่งวงกลมจากวิธีการที่นำเสนอ.....	38
(ง). ตำแหน่งของออฟดิคคิสก์ที่ถูกต้อง.....	38
5.8 พิกัดตำแหน่ง 8 ตำแหน่งรอบวงกลม.....	40
5.9 การพล็อตเครื่องหมายกากบาทและวงกลมเพื่อระบุตำแหน่งของออฟดิคคิสก์.....	40
5.10 วิธีการแยกตำแหน่งของออฟดิคคิสก์.....	41
6.1 ประสิทธิภาพการคำนวณค้นหาตำแหน่งออฟดิคคิสก์ต่อหนึ่งภาพ.....	43
6.2 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟดิคคิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 16_test.tif.....	45
(ก). พื้นที่ของออฟดิคคิสก์.....	45
(ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ.....	45

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
(ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ.....	45
(ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ.....	45
(จ). การระบุตำแหน่งของออฟติคดิสก์ถูกต้อง.....	45
6.3 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติคดิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 01_test.tif.....	46
ก). พื้นที่ของออฟติคดิสก์.....	46
(ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ.....	46
(ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ.....	46
(ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ.....	46
(จ). การระบุตำแหน่งของออฟติคดิสก์ถูกต้อง.....	46
6.4 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติคดิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 39_training.tif.....	47
ก). พื้นที่ของออฟติคดิสก์.....	47
(ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ.....	47
(ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ.....	47
(ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ.....	47
(จ). การระบุตำแหน่งของออฟติคดิสก์ถูกต้อง.....	47
6.5 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติคดิสก์ตาเป็นโรค ของภาพที่ 31_training.tif	48
ก). พื้นที่ของออฟติคดิสก์.....	48
(ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ.....	48
(ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ.....	48
(ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ.....	48
(จ). การระบุตำแหน่งของออฟติคดิสก์ถูกต้อง.....	48
6.6 ผลการระบุตำแหน่งผิดพลาดของออฟติคดิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 03_test.tif.....	49
ก). พื้นที่ของออฟติคดิสก์.....	49
(ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ.....	49
(ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ.....	49
(ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ.....	49
(จ). การระบุตำแหน่งของออฟติคดิสก์ผิดพลาด	49
6.7 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติคดิสก์ตาเป็นโรค ภาพที่ 34_training.tif.....	50
(ก). พื้นที่ของออฟติคดิสก์.....	50
(ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ.....	50

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
(ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ.....	50
(ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ.....	50
(จ). การระบุตำแหน่งของออฟติคัลส์กึ่งถูกต้อง.....	50

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ดวงตาเป็นอวัยวะหนึ่งที่มีความสำคัญกับการดำรงชีวิตอย่างมีคุณภาพ [1] โดยมีหน้าที่หลักในการมองเห็น ซึ่งปัญหาที่พบบ่อย ๆ คือ ดวงตาของผู้ป่วยสามารถมองเห็นได้เหมือนคนปกติหรือไม่ ดังนั้นอาการบางอย่างที่เกี่ยวกับตา อาทิเช่น อาการตามัวเป็นอาการที่ทำให้ผู้ป่วยมาตรวจทางด้านจักษุวิทยาเป็นจำนวนมาก โดยแพทย์จะต้องตรวจวัดสายตาเพื่อที่จะประเมินระดับการมองเห็นของผู้ป่วย

การที่เราจะมองเห็นได้ จะเริ่มจากมีแสงจากวัตถุผ่านเข้ามาที่ตาที่ละชั้น โดยผ่านกระจกตา คัม ชั่วหน้าลูกตา เลนส์ตา ช่วงหลังลูกตา น้ำวุ้นลูกตา จอประสาทตา เส้นประสาทตา จากนั้นสัญญาณกระแสประสาทจะถูกรวบรวมส่งมายัง ออฟทิกคิสก์และส่งผ่านออฟติกเนิร์ฟแล้วไปรับรู้และแปลภาพที่สมอง ดังนั้นถ้ามีส่วนหนึ่งส่วนใดผิดปกติก็จะทำให้การรับภาพไม่ชัดเจน เกิดอาการตามัว เป็นต้น

เราสามารถที่จะหาสาเหตุตามัวของผู้ป่วยได้อย่างง่าย ๆ และรวดเร็ว เช่น การวัดสายตา ถ้าในการวัดสายตาและไม่ดีขึ้นให้สงสัยว่าเกิดจากสายตาผิดปกติ คือ สายตาสั้น สายตาวัว หรือสายตาเอียง แต่ถ้าไม่ดีขึ้นอาจเกิดจากทางผ่านแสงขุ่นหรือประสาทตาผิดปกติ อาจจะต้องส่องด้วยกล้องเพื่อดูรายละเอียดต่างๆ ภายในลูกตา ดังนั้นการรักษาบางอย่างจำเป็นต้องอาศัยวิธีการผ่าตัดเข้ามาช่วย เพื่อให้ผู้ป่วยกลับมามองเห็นได้อย่างปกติ

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาหลักการและวิธีการประมวลผลภาพสำหรับระบุตำแหน่งของออฟทิกคิสก์ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักหนึ่งในภาพจอประสาทตา
2. เพื่อพัฒนาเทคนิคการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์เบื้องต้น สำหรับช่วยสนับสนุนจักษุแพทย์ในการวินิจฉัยโรคที่เกิดขึ้นกับจอประสาทตา
3. อัลกอริธึมที่สร้างขึ้นจากงานวิจัย สามารถที่จะเป็นต้นแบบพื้นฐาน ในการพัฒนางานวิจัยต่อเนื่องได้ในอนาคต

1.3 ทฤษฎีหรือแนวคิดที่ใช้ในการวิจัย

ในการวินิจฉัยโรคของผู้ป่วยเพื่อรักษาอาการผิดปกติที่เกี่ยวกับดวงตา ตำแหน่งที่ตั้งของ ออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตาเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งต่อการวินิจฉัยโรค กรณีตัวอย่างออฟติก ดิสก์ของเยื่อชั้นในของลูกตาที่เป็นโรค [2] เช่น Glaucoma disc (ต้อหิน), High myopia (ภาวะที่ สายตาสั้นสูงมาก), Disc drusen (ความผิดปกติของเส้นเลือดภายในออฟติกดิสก์), Optic atrophy (ขั้ว ประสาทตาเสื่อม) เป็นต้น ดังนั้นตำแหน่งพื้นที่ของออฟติกดิสก์จึงมีความจำเป็นมากสำหรับเทคนิค การวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์ในเบื้องต้น เพื่อช่วยสนับสนุนจักษุแพทย์ในการวินิจฉัยโรค

งานวิจัยนี้จึงได้เสนอวิธีการสำหรับค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์ที่มีความถูกต้องสูง โดยใช้ภาพจอประสาทตาของบุคคลที่มีอายุอยู่ในช่วง 25 ปี ถึง 90 ปี จากฐานข้อมูลของ DRIVE (Digital Retinal Images for Vessel Extraction) [3] โดยอาศัยวิธี การแปลงภาพสีเป็นภาพขาวดำจาก การวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของระบบสี RGB, การค้นหาขอบภาพของภาพจอประสาทตาโดย ประยุกต์จากทฤษฎีของแคนนี่เอจดีเทคเตอร์, การค้นหาเส้นวงกลมโดยทำการประมาณค่าจาก เส้นตรงโดยประยุกต์จากทฤษฎีของเฮาแทรนฟอรัม, สุดท้ายการระบุตำแหน่งและการกำหนด ขอบเขตของออฟติกดิสก์

1.4 ขอบเขตการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ขอบเขตของงานวิจัยได้นำเสนอหลักการและวิธีการประมวลผล ภาพถ่ายจอประสาทตา โดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อค้นหาและระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ซึ่งเป็น องค์ประกอบหลักหนึ่งในภาพจอประสาทตา

1.5 โครงร่างของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 7 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 กล่าวถึงความเป็นมาของงานวิจัย ความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์ของ การศึกษา ทฤษฎีและขอบเขตของงานวิจัย

บทที่ 2 กล่าวถึงจอประสาทตา โรคที่เกิดขึ้นกับจอประสาทตา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง กับการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตา

บทที่ 3 กล่าวถึงวิธีการแปลงข้อมูลภาพดิจิทัลจากระบบสีเป็นระบบขาวดำ

บทที่ 4 กล่าวถึงการค้นหาขอบภาพโดยการประยุกต์เทคนิคของแคนนี่เอจดีเทคเตอร์

บทที่ 5 กล่าวถึงการค้นหาเส้นวงกลมโดยประมาณค่าจากเส้นตรง จากการประยุกต์ เทคนิคของเฮาแทรนฟอรัมและวิธีการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์

บทที่ 6 กล่าวถึงการทดลองและผลการทดลอง เป็นการอธิบายการทดลองและการวัดประสิทธิภาพของงานวิจัย

บทที่ 7 กล่าวถึงสรุปผลและแนวทางการพัฒนา เป็นการสรุปของวิทยานิพนธ์และแนวทางการวิจัยต่อไป

บรรณานุกรม

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก โปรแกรมที่ใช้ในการระบุตำแหน่งออฟติกคิสก์

ภาคผนวก ข ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

ประวัติผู้เขียน

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนองานวิจัยทางด้านภาพทางการแพทย์โดยเนื้อหาที่นำเสนอ นั้นได้เริ่มต้นจากการถ่ายภาพจอประสาทตาและนำเทคนิคการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยระบุตำแหน่งของออฟติกคิสก์ภายในภาพจอประสาทตา

บทที่ 2

จอประสาทตา

2.1 บทนำ

ภาพจอประสาทตา (Retinal Image) เป็นภาพถ่ายเฉพาะที่ได้จากการใช้กล้องถ่ายภาพจอประสาทตา (Retinal Camera) โดยส่วนใหญ่จะมีอยู่เฉพาะโรงพยาบาลศูนย์หรือโรงพยาบาลที่มีแพทย์ประจำรักษาโรคตาเท่านั้น เพราะกล้องถ่ายภาพจอประสาทยังมีราคาสูงและยังขาดแคลนแพทย์เฉพาะทาง ภายในภาพจอประสาทตาจะประกอบไปด้วยองค์ประกอบหลัก ได้แก่ ออฟติค ดิสก์ (Optic Disc), เส้นเลือด (Blood vessel), และมาคูล่า (Macula) เป็นต้น องค์ประกอบหลักทั้งหมดที่กล่าวมานี้เป็นสิ่งจำเป็นสำหรับแพทย์ในการวินิจฉัยโรค และในส่วนสุดท้ายของบทได้การกล่าวถึงวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัยนี้

2.2 ส่วนประกอบของจอประสาทตา

ผู้ป่วยที่มีอาการรู้สึกผิดปกติเกี่ยวกับระบบการมองเห็นได้เข้ารับการตรวจรักษาและการวินิจฉัยโรคกับจักษุแพทย์ หลังจากสอบถามอาการและประวัติของผู้ป่วยแล้ว ลำดับต่อไปเป็นการถ่ายภาพจอประสาทตาของผู้ป่วยเพื่อนำมาวินิจฉัยโรค รูปที่ 2.1 แสดงจักษุแพทย์ตรวจวิเคราะห์สุขภาพตาผู้ป่วยโดยใช้กล้องถ่ายภาพจอประสาทตา

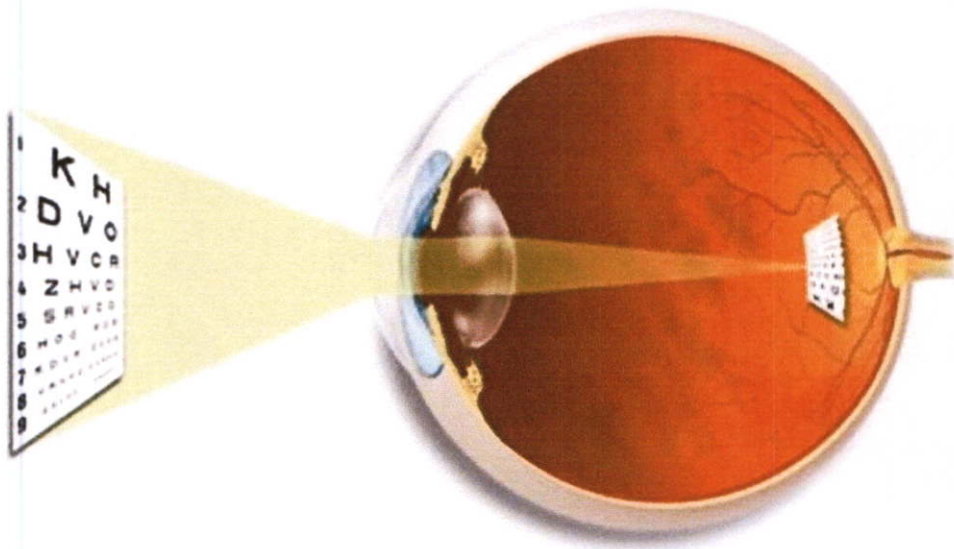


รูปที่ 2.1 จักษุแพทย์ตรวจวิเคราะห์สุขภาพตาผู้ป่วยโดยใช้กล้องถ่ายภาพจอประสาทตา

2.1.1 กายวิภาคโครงสร้างของดวงตา

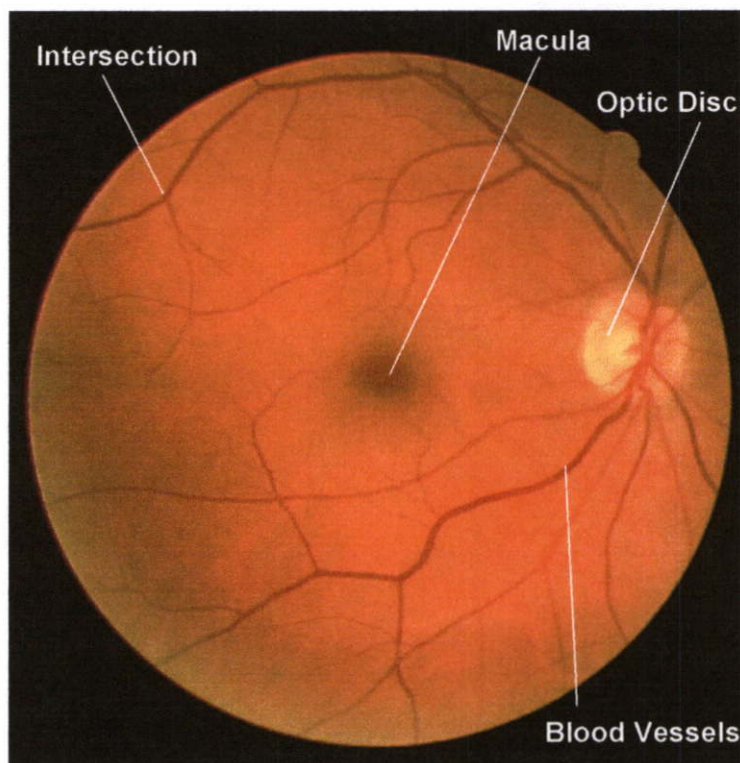
ในส่วนนี้จะเป็นการแนะนำส่วนประกอบภายในดวงตามนุษย์ [4] ลักษณะของตามนุษย์มีลักษณะคล้ายลูกบอล ลูกเล็ก ๆ มีบางส่วนจะซ่อนอยู่ในเบ้าตา มีหนังตาปกคลุมไว้ มีขนตาและขนคิ้วช่วยเป็นกำแพงป้องกันฝุ่นละอองสิ่งแปลกปลอมและอันตรายที่อาจเกิดขึ้นกับดวงตาได้ ส่วนที่เปิดให้เห็นอยู่นอกเบ้าตาจะมีลักษณะ โคนงูโนส ประกอบด้วยม่านตามีเม็ดสีบรรจุอยู่ทำให้สีตาของแต่ละคนแตกต่างกันออกไปบางคนมีดวงตาสีฟ้า บางคนมีดวงตาสีน้ำตาล และบางคนมีดวงตาสีดำ โดยขึ้นอยู่กับเชื้อชาติและพันธุกรรม ม่านตาสามารถหดเล็กลงและขยายใหญ่ได้โดยมีปริมาณแสงเป็นตัวกระตุ้น ถ้ามีปริมาณแสงมากม่านตาก็ปรับจะหรี่ให้เล็กลง เพื่อให้ดวงตาไม่รับแสงมากเกินไป แต่หากถ้าปริมาณแสงน้อยม่านตาก็จะขยายเพื่อปรับให้แสงผ่านได้มากขึ้น

แสงจะผ่านเข้าทางรูม่านตา ไปยังเลนส์ตาหรือแก้วตาลักษณะเลนส์ตาจะเป็นเลนส์นูน ทำหน้าที่คล้ายกับเลนส์กล้องถ่ายรูป สามารถปรับเลนส์นูนให้แบนลงเพื่อรวมแสงหรือกระจายแสงผ่านของเหลวในลูกตาไปปรากฏบนจอรับภาพด้านหลังของลูกตา จอรับภาพเรียกว่าเรตินา (Retina) ทำหน้าที่เหมือนฟิล์มกล้องถ่ายรูปบันทึกภาพ โดยมีเส้นประสาทตาส่งสัญญาณผ่านออฟติกติสส์ไปยังสมองและแปรสัญญาณออกมาเป็นรูปภาพ ทั้งหมดที่กล่าวมาแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 ลูกตาจับภาพและนำสัญญาณส่งผ่านออฟติกติสส์ไปยังสมอง

หลังจากจักษุแพทย์ถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพจอประสาทตา องค์ประกอบหลักภายในภาพจอประสาทตาที่สำคัญต่อจักษุแพทย์ในการวินิจฉัยโรค แสดงดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 องค์ประกอบหลักภายในภาพจอประสาทตา

อธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบหลักภายในภาพจอประสาทตา [5] ดังนี้

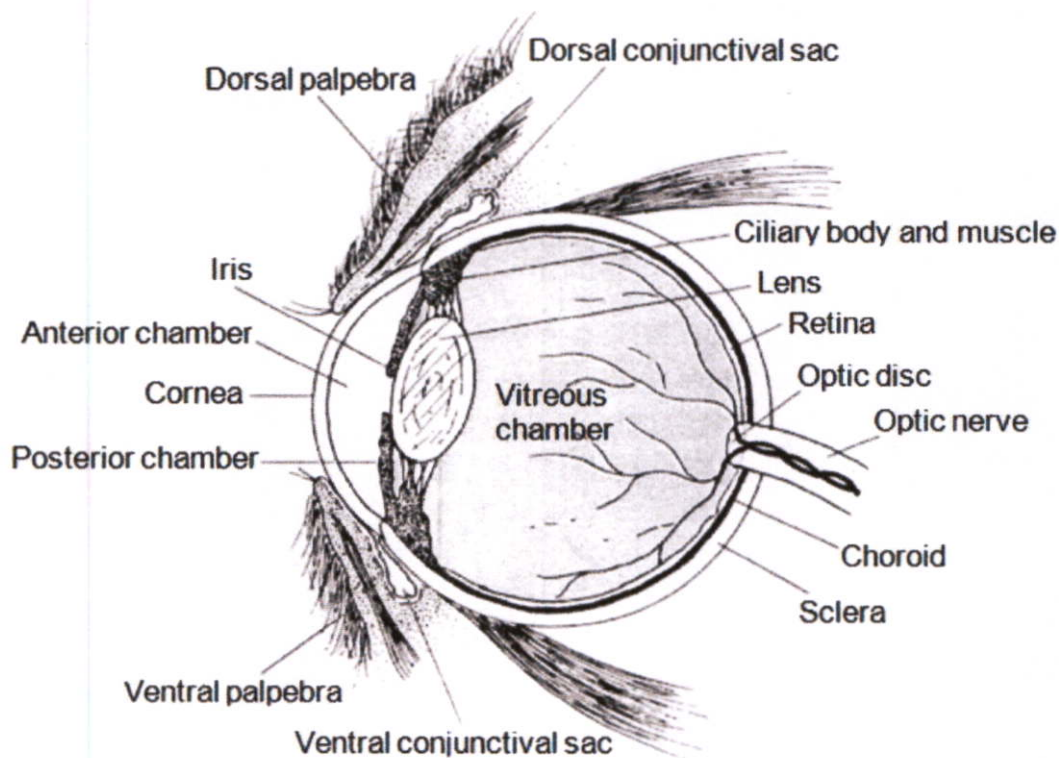
1). **Blood Vessels:** แบ่งออกเป็นเส้นเลือดแดงและเส้นเลือดดำ เส้นเลือดแดงทำหน้าที่ลำเลียงออกซิเจนและสารอาหาร ไปหล่อเลี้ยงโครงสร้างตาภายใน ส่วนเส้นเลือดดำทำหน้าที่ลำเลียงเลือดเสียออกมาสู่กระบวนการฟอกที่ปอดต่อไป

2). **Intersections:** เป็นจุดที่เกิดจากการบรรจบกันของเส้นเลือด โดยจุดที่ปกคิจะเป็นจุดที่มีหนึ่งทางเข้าและสองทางออก หากมีทางออกมากกว่าสองถือว่าผิดปกติ

3). **Macula:** เป็นจุดกึ่งกลางอย่างคร่าว ๆ ของจอประสาทตา มีการตอบสนองชั่วคราวกับ Optic nerve และมีขนาดเล็กมีความไวต่อสิ่งกระตุ้นเป็นจุดรวมจากการมองเห็น มีหน้าที่ เป็นจุดศูนย์กลางรับรู้การมองเห็น นอกจากนี้จุดศูนย์กลางเฉพาะของ Macula เรียกว่า Fovea

4). **Optic Disc:** เป็นส่วนหัวของเส้นประสาท หรือเรียกว่าจุดรวมประสาทเป็นส่วนหนึ่งของ Optic nerve (ส่วนปลาย) มีลักษณะกลมหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “จุดบอดของตา” คือไม่มีการมองเห็นเกิดขึ้น หากแสงไปตกบริเวณนี้

เพื่อเป็นการเพิ่มเติมโครงสร้างทางกายวิภาคของลูกตา [6] ทำให้เข้าใจถึงที่ตั้งตำแหน่งของ Optic Disc ได้มากยิ่งขึ้นและยังเป็นการทำความเข้าใจรายละเอียดขององค์ประกอบสำคัญอื่นๆ โดยทำการศึกษาจากรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 การผ่ากลางของลูกตา (Sagittal section of the eye)

อธิบายรายละเอียดขององค์ประกอบภายในภาพการผ่ากลางของลูกตา ดังนี้

- 1). **Dorsal palpebra:** คิ้วหนังบริเวณขอบส่วนหลังในสุดของช่องลูกตา เป็นคิ้วหนังส่วนที่บางที่สุดของร่างกายมนุษย์และไวต่อความรู้สึก ทำหน้าที่ปกป้องลูกตาจากสิ่งแปลกปลอม โดยการกระพริบตาและปิดตาอย่างรวดเร็ว ควบคุมปริมาณแสงที่เข้าสู่ตา โดยการหรี่หรือหรี่ตา กระจายน้ำตาให้ทั่วลูกตา ในขณะที่กระพริบตา
- 2). **Dorsal conjunctival sac:** ถุงเยื่อตาขาวส่วนหลัง มีประโยชน์คือ ทำให้ลูกตามีความเรียบและลื่นขณะกระพริบตา
- 3). **Ciliary body and muscle:** เป็นส่วนฐานของม่านตา (IRIS) ทำหน้าที่ช่วยในกระบวนการเพ่งและกล้ามเนื้อเลนส์ตา
- 4). **Lens:** เป็นส่วนที่มีหน้าที่หักเหแสงและโฟกัสภาพ มีลักษณะคล้ายเลนส์นูนทั้งด้านหน้าและด้านหลัง เป็นส่วนที่มีกระบวนการเพ่ง (Accommodation) เกิดขึ้น โดยการเปลี่ยนรูปร่างให้นูนมากขึ้นหรือแบนลงตามระยะของวัตถุที่มอง มีลักษณะใส, โปร่งแสง Power ของเลนส์ตาขณะไม่มีการเพ่งเท่ากับบวกเพิ่ม 19.00 D. Power ของเลนส์ตาขณะเพ่งสูงสุดเท่ากับบวกเพิ่ม 33.00 D.

5). **Retina:** คืออวัยวะที่ทำหน้าที่รับภาพคล้ายกับฟิล์มในกล้องถ่ายรูป เป็นชั้นที่อยู่ภายในสุด มีลักษณะเป็นแผ่นบางและใส ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ ถึง 10 ชั้น ภายในเรตินาเราจะพบส่วนต่าง ๆ ดังนี้ ก. รอดส์ (Rods) ทำหน้าที่รับภาพในตอนกลางคืนหรือในที่มืด ข. โคนส์ (Cones) ทำหน้าที่รับภาพในช่วงกลางวัน ค. มัคคิวลา (Macula) เป็นส่วนเล็ก ๆ ในเรตินา ขนาด 1 – 2 มม. ปราศจากเส้นเลือด ง. โฟเวีย (Fovea) ศูนย์กลางของมัคคิวลา จุดที่ปรากฏภาพชัดเจนที่สุด

6). **Optic disc:** เป็นส่วนหัวของเส้นประสาท หรือเรียกว่าจุดรวมประสาทเป็นส่วนหนึ่งของ Optic nerve (ส่วนปลาย) มีลักษณะกลมหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า “จุดบอดของตา” คือไม่มีการมองเห็นเกิดขึ้น หากแสงไปตกบริเวณนี้

7). **Optic nerve:** เป็นเส้นประสาทที่มีหน้าที่นำภาพทั้งหมดที่ปรากฏขึ้น ไปสู่สมอง (Brain) โดยสมองจะทำหน้าที่แปรผลว่าภาพที่เห็นนั้นคือวัตถุอะไร

8). **Choroid:** เป็นชั้นบาง ๆ สีน้ำตาลเข้มถึงดำ ประกอบด้วยเส้นเลือด (Vascular) เป็นจำนวนมาก อยู่กึ่งกลางระหว่างตาขาวกับจอรับภาพ

9). **Sclera:** มีลักษณะเป็นสีขาว เป็นชั้นที่มีความหนา, เหนียวและแข็งแรง มีหน้าที่รักษารูปร่างลูกตาและปกป้องโครงสร้างตาภายในทั้งหมด

10). **Iris:** มีลักษณะเป็นแผ่นเนื้อเยื่อทึบแสง ประกอบด้วยเม็ดสี (Pigment) จำนวนมาก เป็นส่วนที่ทำให้ตามีสีต่าง ๆ เช่น น้ำตาล, ดำ, ฟ้า ซึ่งขึ้นอยู่กับเชื้อชาติและพันธุกรรม

11). **Anterior chamber:** น้ำวุ้นช่องลูกตาส่วนหน้า มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีความหนืดคล้ายเจล อยู่หลังเลนส์ตา ช่วยรักษารูปร่างของลูกตา (Eyeball) ให้อยู่ในสภาวะปกติ

12). **Cornea:** เป็นอวัยวะส่วนสำคัญ ที่มีหน้าที่ในการหักเหแสง มีลักษณะใส ไม่มีเส้นเลือด ประกอบด้วยชั้นต่าง ๆ 5 ชั้น เป็นส่วนปลายของเส้นประสาท ทำให้ไวต่อความรู้สึก มี Power ประมาณเท่ากับบวกเพิ่ม 44.00 D. มีความโค้ง (Base Curve) 7.7 – 7.9 มม.

13). **Posterior chamber:** น้ำวุ้นช่องลูกตาส่วนหลัง มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีความหนืดคล้ายเจล อยู่หลังเลนส์ตา ช่วยรักษารูปร่างของลูกตา (Eyeball) ให้อยู่ในสภาวะปกติ

14). **Ventral palpebra:** ผิวหนังบริเวณขอบส่วนหน้าในสุดของช่องลูกตา เป็นผิวหนังส่วนที่บางที่สุดของร่างกายมนุษย์และไวต่อความรู้สึก ทำหน้าที่ปกป้องลูกตาจากสิ่งแปลกปลอม โดยการกระพริบตาและปิดตาอย่างรวดเร็ว ควบคุมปริมาณแสงที่เข้าสู่ตา โดยการหยีหรือหรี่ตา กระจายน้ำตาให้ทั่วลูกตา ในขณะที่กระพริบตา

15). **Ventral conjunctival sac:** ถุงเยื่อตาขาวส่วนหน้า มีประโยชน์คือ ทำให้ลูกตามีความเรียบและลื่นขณะกระพริบตา

16). **Vitreous chamber:** น้ำวุ้นช่องลูกตาภายใน มีลักษณะเป็นของเหลวใส มีความหนืดคล้ายเจล อยู่หลังเลนส์ตา ช่วยรักษารูปร่างของลูกตา (Eyeball) ให้อยู่ในสภาวะปกติ

2.3 โรคที่เกี่ยวข้องกับจอประสาทตา

อาการที่เกิดขึ้นกับผู้ป่วยด้านการมองเห็นส่งผลให้ทัศนวิสัยการมองเห็นลดลงไม่เป็นปกติ ผู้ป่วยควรเข้าพบแพทย์อย่างเร่งด่วนเพื่อทำการรักษาให้การมองเห็นกลับมาเป็นปกติ หากช้าเกินไป อาจส่งผลให้เกิดการแพร่กระจายทำลายพื้นที่การมองเห็นได้ ในงานวิจัยนี้ได้มุ่งประเด็นหลักไปยัง การค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์ ดังนั้นโรคที่เกี่ยวข้องกับจอประสาทตาที่น่าเสนอในหัวข้อนี้ จะเกิดขึ้นที่บริเวณตำแหน่งของออฟติกดิสก์เป็นหลัก ยกตัวอย่างโรคที่เกิดขึ้นกับจอประสาทดังนี้

2.3.1 โรคต้อหิน (Glaucoma disc)

โรคต้อหิน [7] คือภาวะที่ขั้วประสาทตาที่เรียกว่าขั้วประสาทหรือออฟติกดิสก์เสื่อม โดยอาจ เกี่ยวเนื่องกับความดันภายในลูกตาซึ่งสูงขึ้น ผิดปกติหรือภาวะของการขาดเลือดไปเลี้ยงที่ขั้ว ประสาทตา และมักทำให้เกิดความผิดปกติกับสายตา เพื่อให้เกิดความเข้าใจดีขึ้น รูปที่ 2.5 แสดง ตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคต้อหิน



รูปที่ 2.5 ตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคต้อหิน

สาเหตุ คืออะไร ต้อหินเกิดจากปัจจัยเสี่ยงต่าง ๆ ในตัวบุคคลนั้น ๆ ทำให้เกิดการเสื่อมของ ขั้วประสาทตา ปัจจัยเสี่ยงที่ทำให้เกิดโรคต้อหิน แบ่งออกเป็นข้อดังนี้

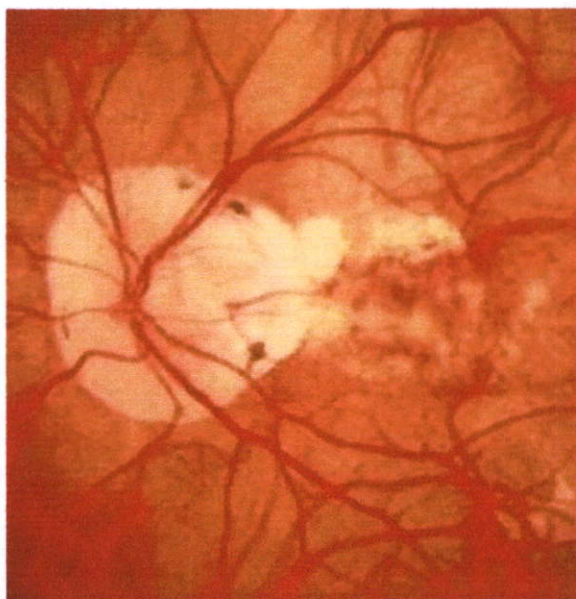
- 1). อายุ คนที่มีอายุมากจะมีโอกาสเป็นต้อหินมากกว่าคนอายุน้อย ต้อหินบางชนิดเกิดในเด็ก แรกเกิด หรือกลุ่มเด็กเล็กได้เช่นกัน แต่พบไม่บ่อยเท่าผู้สูงอายุ
- 2). ความดันในลูกตา คนที่มีความดันในลูกตาสูงก็จะมีโอกาสเกิดโรคต้อหินได้สูงเดิมที่ แพทย์มักวินิจฉัยโรคต้อหิน โดยอาศัยการวัดความดันตาแต่เพียงอย่างเดียว ถ้าพบว่าสูงกว่าค่าเฉลี่ย

ปกติ ก็จะวินิจฉัยเป็นต้อหิน ซึ่งแท้จริงคนคนนั้นอาจจะเป็นเพียงแค่มีกาะความดันในลูกตาสูงอย่างเฉิว โดยไม่มีการทำลายของขั้วประสาทตา และที่มีความดันสูงกว่าปกติตามสภาวะนี้ทางวิชาแพทย์เรียกว่า OCULAR HYPERTENSION มีชื่อภาษาไทยว่า “กาะความดันตาสูง” ผู้ป่วยเหล่านี้ไม่มีความจำเป็นต้องหยอดตาหรือรักษา เพียงแต่ต้องไปตรวจหรือพบแพทย์เป็นระยะเพื่อคอยป้องกันไม่ให้เป็นต้อหิน

การรักษาโรคต้อหิน โดยทั่วไป จักษุแพทย์มักเริ่มต้นด้วยยาหยอด หากจำเป็นก็จะเพิ่มขามี็ดรับประทานในผู้ป่วยบางรายอาจจำเป็นต้องรักษาด้วยเลเซอร์

2.3.2 โรคกาะสายตาสั้นสูงมาก (High myopia)

สายตาสั้น [8] หมายถึง สภาวะที่กล้ามเนื้อ Ciliary คลายตัว หรือไม่มีการ Accommodation เมื่อแสงจากระยะอนันต์ผ่านเข้าตาจะไปทำจุดโฟกัสก่อนถึงจอประสาทตา รูปที่ 2.6 แสดงตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคกาะสายตาสั้นสูงมาก



รูปที่ 2.6 ตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคกาะสายตาสั้นสูงมาก

สายตาสั้นถูกพิจารณาว่าเป็นความผิดปกติหรือเป็นพยาธิสภาพ ซึ่งเนื่องจากไม่สามารถมองได้คมชัดใน ระยะไกล ทำให้กลัวว่าจะนำไปสู่การเป็นตาบอด สาเหตุการเกิดแบ่งออกเป็นข้อดังนี้

1). ขนาดของดวงตาขามากขึ้น จากการศึกษากาะชีวภาคของ Plempius (1623) ได้สนับสนุนสาเหตุนี้ ส่วน Donder และนักวิทยาศาสตร์อีกหลายคน พบว่าด้วยแรงของ Convergence มีอิทธิพลต่อการขามากขึ้นต่อขนาดของดวงตา

2). การเพ่งมองระยะใกล้เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้สายตาสั้นเพิ่มขึ้น

3). แสงสว่าง ระดับความสว่างไม่เพียงพอ เป็นปัจจัยแวดล้อมที่เหนี่ยวนำไปสู่ Myopia แต่ ถ้าแสงสว่างมาก ๆ หรือต่ำมาก ๆ จะไม่มีผลดังกล่าว

4). Correlative (Simple, Benign) เป็นลักษณะที่พบทั่วไป, มีการเปลี่ยนแปลงก้านหน้าปานกลาง Axial ขนาดดวงตาวงเกินไปเมื่อเทียบกับดัชนีหักเหของตา Refractive กำลังหักเหของตาสุงเกินไปเมื่อเทียบกับขนาดดวงตา แบ่งเป็นกลุ่มได้แก่ Index ความผิดปกติของดัชนีหักเหชั้นต่างๆของสื่อตัวกลางในตา

สูงเกินไป = Aqueous, Lens Nucleus, Cornea

ต่ำเกินไป = Lens Cortex, Vitreous

Curvature มีรัศมีความโค้งของผิวสื่อตัวกลางชั้นต่างๆสั้นเกินไป (มีความโค้งมากขึ้น) Aqueous Chamber ระยะลึกของ Anterior Chamber ลดลงทำให้กำลังการหักเหของ ตาเพิ่มมากขึ้น

5). Component (มีชื่อเรียกหลายอย่างเช่น Pathological, Progressive, Malignant, Degenerative)เกิดจากความผิดปกติส่วนใดส่วนหนึ่งของระบบการหักเหของตา หรือส่วนใดส่วนหนึ่งหรือมากกว่าขององค์ประกอบตาเกิด โรคที่ร้ายแรง Congenital Axial พบใน Colobomas, Staphylomas, Choroidal Degeneration, Optic and Choroidal Atrophy Development Degenerative การเสื่อมที่เกิดขึ้นร่วมกับการสูญเสียดวงตา จากการเพิ่มขึ้นของ Myopia อย่างรวดเร็วหลังจากโตเป็นหนุ่มสาวแล้ว Disease Acquired เกิดจาก โรคอื่น ๆ ที่ไม่เกี่ยวข้องให้เป็น Myopia เช่น โรคคอพอก (Goiter), วัณโรค (Tuberculosis), หัด (Measles) และโรคอื่นๆที่ทำให้อ่อนเพลียความพยายามหยุดการเพิ่ม myopia

การแก้ไขสายตาสั้น มีปัจจัยหลายอย่างเกี่ยวข้อง ปัญหาส่วนใหญ่คือการมองระยะไกลไม่ชัด ถ้าไม่ใช่คนที่ระดับความผิดปกติสูงๆแล้วมักจะตอบสนองได้ดีกับเลนส์เว้า แต่เนื่องจาก สายตาสั้นถูกมองว่าเป็นปัญหาที่รุนแรงกว่าความผิดปกติของสายตาประเภทอื่น เพราะมีการเพิ่มขึ้นของความผิดปกติเสมอ มีความเชื่อว่าสายตาสั้นเป็นความผิดปกติของตามากกว่าของสายตา และสายตาสั้น เป็นผลมาจาก accommodation และกล้ามเนื้อ excentric สำหรับ intra-ocular tension การไขบางวิธีพิจารณาที่อิทธิพลของการใช้สายตาระยะใกล้ในสายตาสั้นมีการออกแบบให้ลดปริมาณของ accommodation ที่เกิดกับสายตาสั้นที่ได้รับการแก้ไขแล้ว, เพื่อลดปริมาณของ convergence หรือลด intra-ocular tension และยังมีอาการพยายามเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของตา วิธีการแก้ไขต่างๆมี ดังนี้ By affecting accommodation (and convergence), Over correction, Precise correction, Under correction Bifocal, และ multi focal Atropinization Accommodative visual training

2.3.3 โรคเส้นเลือดผิดปกติในออฟติกดิสก์ (Disc drusen)

อาการของออฟติกดิสก์ดรูเซน (Optic Disc Drusen) [9] ตรวจพบบ่อยครั้งทางการแพทย์ในระหว่างการทดสอบสายตาดำปกติ ผู้ป่วยโดยส่วนใหญ่ไม่ทราบอาการและไม่แสดงอาการมีปัญหาใดเกี่ยวกับการมองเห็น ในบางครั้งบางคราวผู้ป่วยอาจจะเห็นแสงไฟสว่างปรากฏขึ้นมายังดวงตา

หรือมีสีที่บวมจากการมองเห็นในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ หรือทั้งหมดนี้อาจจะเป็นข้อสังเกตบ่งบอกเป็นนัยว่า สาขาศาการมองเห็นมีปัญหา เนินของออฟติกดิสก์กับครุเซนอาจจะเข้าใจผิดว่าเป็น papilledema ซึ่งเป็นการบวมของ Optic nerve จากความดันสูงภายในสมอง หากพบอาการเหล่านี้ควรรับการวินิจฉัยโดย ทันทีจากผู้เชี่ยวชาญด้านประสาทวิทยา ศัลยแพทย์เกี่ยวกับประสาท หรือเข้าพบจักษุแพทย์ รูปที่ 2.7 แสดงตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคเส้นเลือดผิดปกติในออฟติกดิสก์



รูปที่ 2.7 ตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคเส้นเลือดผิดปกติในออฟติกดิสก์

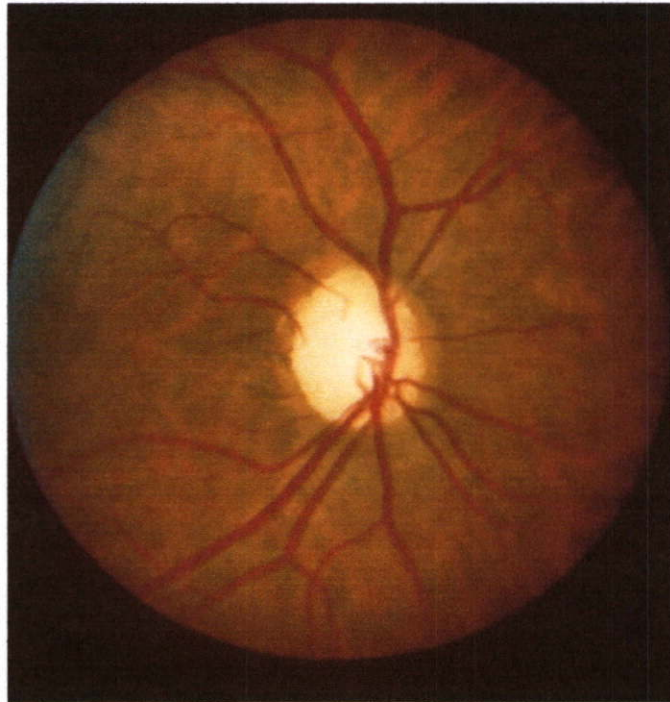
การวินิจฉัยโรค ออฟติกดิสก์ครุเซนอย่างใดอย่างหนึ่ง สามารถซ่อนอยู่ภายในส่วนของ Optic nerve head หรือตำแหน่งเบบตัน ๆ บนพื้นผิวของ Optic nerve head เมื่อเกิดครุเซนไม่ลึก มันจะถูกสังเกตเห็นเป็นประกายกลุ่มสีเหลืองใต้พื้นผิวของ Optic nerve head และสามารถเห็นได้โดยทำการตรวจสอบโดย Ophthalmoscopic เมื่อออฟติกดิสก์ครุเซนถูกซ่อนอยู่ลึกภายในออฟติกดิสก์ ไม่สามารถมองเห็นได้โดยตรงโดยการตรวจ Ophthalmoscopic แต่สามารถระบุตำแหน่งได้โดยใช้คลื่นอุลตราซาวด์

การจัดการและการรักษา เกี่ยวกับอาการนี้ไม่มีการพิสูจน์หรือมาตรฐานการรักษาสำหรับ ออฟติกดิสก์ครุเซน แต่อย่างไรก็ตามการตรวจด้วยความระมัดระวังของขอบเขตการมองเห็นเป็นสิ่งสำคัญเพื่อตรวจสอบพัฒนาขอบเขตการมองเห็นที่สูญเสีย ไม่บ่อยนักพื้นที่เล็ก ๆ เส้นเลือดใหม่ เรียกว่า Choroidal Neovascular Membrane [CNV] สามารถเติบโตติดต่อกับออฟติกดิสก์ CNV มีแนวโน้มทำให้เกิดเลือดออกและก่อให้เกิดการสูญเสียการมองเห็นในทันที แต่เดิมการค้นพบปรากฏ

การของ CNV สำคัญอย่างมากเพราะเพื่อการรักษาอย่างรวดเร็ว บ่อยครั้งเกิดปัญหาทำให้ชุงชากจากการมีเลือดออกบริเวณออฟติกดิสก์

2.3.4 โรคขั้วประสาทตาเสื่อม (Optic atrophy)

ขั้วประสาทตาเสื่อม (Optic atrophy) [10] ไม่เจ็บป่วยแต่จะเป็นกลางบอกที่เป็นไปได้ว่าจะเกิดการเจ็บป่วยสาหัส ผลจากขั้วประสาทตาเสื่อมทำลาย Optic nerve จากผู้ป่วยแต่ละคนแตกต่างกันเล็กน้อย ความเจ็บป่วยอาจก่อให้เกิดปัญหากับการมองเห็นรวมทั้งการสูญเสียการมองเห็น รูปที่ 2.8 แสดงตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคขั้วประสาทตาเสื่อม



รูปที่ 2.8 ตำแหน่งออฟติกดิสก์ผิดปกติเป็นโรคขั้วประสาทตาเสื่อม

สาเหตุ Optic nerve ประกอบด้วยเส้นประสาทส่งสัญญาณกระแสประสาทไปยังสมอง ในกรณีของขั้วประสาทตาเสื่อมมีบางอย่างเข้าไปยุ่งเกี่ยวกับความสามารถในการส่งสัญญาณไปยังสมองของ Optic nerve การเข้าไปยุ่งเกี่ยวก่อให้เกิดสาเหตุมากมายตามนี้

- 1). เกิดการอุดตันของเส้นเลือดของ Optic nerve หรือเรียกว่าการขาดเลือดเกี่ยวกับสาขตา
- 2). เกิดเนื้องอกกดลงบน Optic nerve
- 3). เส้นประสาทเกี่ยวกับการมองเห็นอักเสบ

4). เกิดการถ่ายทอดทางพันธุกรรม

5). ส่งผลให้เกิดการผิดพลาดของ Optic nerve ตั้งแต่เกิด

อาการของข้อผิดพลาดตาเสื่อมมีความสัมพันธ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงการมองเห็น โดยเฉพาะ การมองเห็นพรั่มัว อุปสรรคกับการมองเห็นด้านข้าง อุปสรรคกับการมองเห็นความมีสี สัน ความคมชัดในการมองเห็นลดลง

การรักษาโรคที่เกี่ยวข้องกับดวงตาปัจจุบันยังไม่มีกระบวนการรักษาที่แน่นอน โดยเฉพาะข้อผิดพลาดตาเสื่อม ดังนั้นการตรวจสอบสายตาอย่างน้อยปีละ 1 ครั้ง จะช่วยให้การรักษาได้ผลดียิ่งขึ้น และหากรู้สึกว่าดวงตามีอาการผิดปกติควรรีบพบจักษุแพทย์โดยทันที

2.4 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

ในอดีตที่ผ่านมาได้มีนักวิจัยหลายกลุ่มนำเสนอวิธีการสำหรับค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสภายในภาพจอประสาทตา สำหรับงานวิจัยที่ผ่านมา Hoover และ Goldbaum [11] ได้นำเสนออัลกอริทึมใหม่มีชื่อเรียกว่า Fuzzy convergence เป็นอัลกอริทึมระบุตำแหน่งออฟติกเนิร์ฟที่จุดสำคัญมากของโครงข่ายเส้นหลอดเลือด ในจุดที่เส้นหลอดเลือดมาบรรจบกัน พวกเขาได้ระบุตำแหน่งออฟติกเนิร์ฟ จากบริเวณที่มีแสงสว่างมากที่สุดภายในภาพหลังจากทำการปรับให้มีแสงสว่างเสมอกัน

Foracchia และคณะ [12] ได้นำเสนออัลกอริทึมซึ่งมีพื้นฐานบนแบบจำลองของรูปแบบทิศทางรูปทรงเรขาคณิตของระบบเส้นหลอดเลือด พวกเขาได้ระบุตำแหน่งของออฟติกดิสค์เป็นจุดศูนย์กลางของเส้นโค้งพาราโบลาที่ซ้อนทับกัน

Huiqi และ Chutatape [13] ได้นำเสนอการค้นหาออฟติกดิสค์แบบอัตโนมัติ โดยที่พวกเขาได้ทำการแยกกลุ่มจุดของภาพที่มีความสว่างมากออกและประยุกต์ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) กับตำแหน่งออฟติกดิสค์

Thongnuch และ Uyyanonvara [14] ได้นำเสนอการค้นหาออฟติกดิสค์แบบอัตโนมัติในภาพจอประสาทตาของเด็กทารกที่มีความเข้มแสงน้อย โดยตั้งอยู่บนพื้นฐานเฮาเทรนฟอร์มที่เกี่ยวกับวงกลม โดยจำนวนมิติของฮิสโทแกรมเฮาเทรนฟอร์มที่เกี่ยวกับวงกลมปกติเป็นการลดมิติจาก 3 มิติ ไปเป็น 2 มิติ

Sinthanayothin และคณะ [15] ได้นำเสนอการใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์หาองค์ประกอบหลักๆ ของเรตินาอย่างอัตโนมัติ โดยใช้เทคนิคปรับความสว่างเฉพาะบริเวณ (Adaptive local contrast enhancement) ทำให้ภาพจอประสาทตามชัดขึ้น จากนั้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสค์โดยการวัดการแปรผันของความเข้มชั้น ณ.จุดนั้นกับบริเวณใกล้เคียง

สุดท้าย Corona และคณะ [16] ได้นำเสนอเทคนิคการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์กับพื้นที่บริเวณของออฟติกดิสก์ โดยทำการวัดในระบบสามมิติของออฟติกดิสก์ที่มีรูปร่างเป็นโรคต้อหิน

2.5 สรุป

เนื้อหาโดยรวมในบทนี้จะเป็นการอธิบายพื้นฐานความสำคัญของตำแหน่งของออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตาโดยมุ่งเน้นให้เข้าใจหลักการทำงานและความสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลักอื่นๆ ภายในจอประสาทตา และแสดงตัวอย่าง โรคที่เกิดขึ้นกับตำแหน่งของออฟติกดิสก์ที่มักเกิดขึ้นบ่อยในประเทศของเรา โดยก่อนที่จะสรุปเนื้อหานี้จะนำเสนองานวิจัยที่ผ่านมาของการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตาเพื่อเป็นพื้นฐานในการพัฒนางานวิจัยต่อไป

บทที่ 4

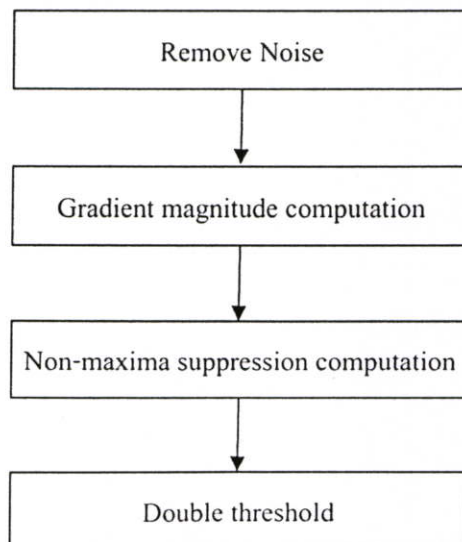
การค้นหาขอบภาพ

4.1 บทนำ

การหาขอบภาพนับเป็นขั้นตอนสำคัญสำหรับการระบุตำแหน่งของออปติคัลวัตถุภายในภาพจอประสาทตา อีกทั้งยังเป็นขั้นตอนหลังจากการแปลงภาพระบบสี RGB เป็นภาพระบบสีขาวดำ วิธีการในการค้นหาขอบภาพมีมากมายหลายวิธี แต่การจะเลือกใช้เทคนิคใดนั้นจำเป็นต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมกับงานที่ใช้ด้วย สำหรับงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้วิธีการค้นหาขอบภาพของเคนนี่เอจดีเทคเตอร์ (Canny Edge Detection) ด้วยเหตุเพราะสามารถลดสัญญาณรบกวนของภาพลงได้และยังสามารถกำหนดค่าความละเอียดของขอบภาพจากเทคนิคการสร้างภาพไบนารี (Binary Images) จากวิธีการกำหนดขีดแบ่ง (Threshold) แบบสองขีดแบ่ง (Double Threshold) ภาพผลลัพธ์หลังจากการค้นหาขอบภาพบริเวณตำแหน่งของออปติคัลวัตถุจะได้ขอบภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปร่างกลม มีคุณภาพดีเพียงพอที่จะใช้ในการค้นหาเส้นวงกลมในบทต่อไป

4.2 อัลกอริธึมของการค้นหาขอบภาพ

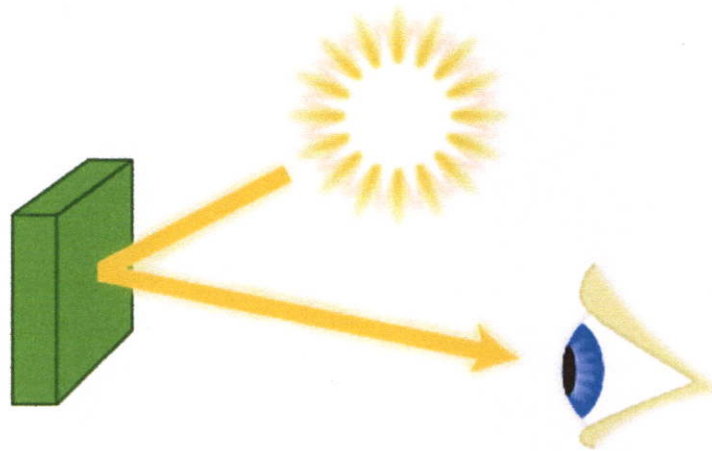
อัลกอริธึมนี้จะมีการใช้งานกับภาพจอประสาทตาที่อยู่ในระบบสีขาวดำ โดยขั้นตอนการค้นหาขอบโดยวิธีเคนนี่เอจดีเทคเตอร์ [22] ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน แสดงดังรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 อัลกอริธึมของการค้นหาขอบภาพ

สเปกตรัม แต่เมื่อนำเอาสเปกตรัมเหล่านั้นมาผ่านแท่งปริซึมอันที่ 2 แสงที่ได้จะกลายเป็นสีขาวเหมือนเดิม เขาจึงสรุปว่าสีรุ้งทั้ง 7 ในสเปกตรัมเป็นสีปฐมภูมิ

ถ้าปล่อยแสงที่มีความยาวคลื่นเดียวเช่น 650 นาโนเมตร ที่มีปริมาณมากพอ กระทบเรตินาในลูกตาความรู้สึกถึงสีที่ต่างจากสีอื่น จะเกิดขึ้น และสิ่งเร้านั้นจะบอกว่าการกำลังมองเห็นเป็นสี "แดง" ดังนั้นสีจึงแสดงออกมาในรูปของความรู้สึกหรือเรื่องราว ของการมองเห็น ซึ่งเกิดจากการกระทำของพลังงานที่ความยาวคลื่นใดๆ ที่กระทำต่อเรตินาของตาคนปกติ ความแตกต่างของความยาวคลื่น จะทำให้เกิดความรู้สึกที่ต่างกันของการมองเห็นสี วัตถุจะมองดูแตกต่างกันเมื่ออยู่ภายใต้แสงสี ที่ต่างกัน สีของวัตถุจะขึ้นอยู่กับธรรมชาติของแสงที่ตกกระทบวัตถุนั้น การสะท้อนแสงของวัตถุและคุณสมบัติในการตอบสนอง สีของวัตถุจึงขึ้นอยู่กับปรากฏการณ์ที่เรียกว่า การดูดกลืนแบบเลือก (Selective absorption) ดังรูป 3.2



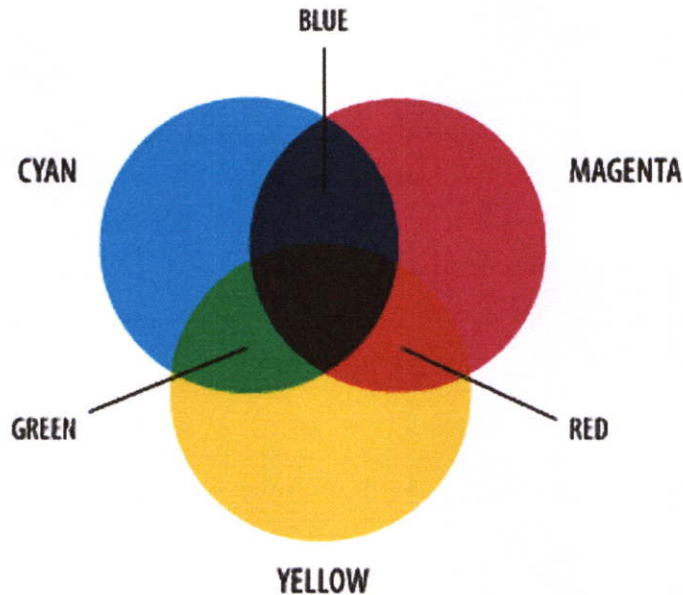
รูปที่ 3.2 การดูดกลืนแบบเลือกของสีก่อนสะท้อนเข้าดวงตา

การดูดกลืนแบบเลือกเป็นผลของสีวัตถุที่แยกอนุภาคของแสงที่ส่องสว่างวัตถุนั้น ส่วนหนึ่งของรังสีจะถูกดูดกลืนไว้ แล้วสะท้อน ส่วนที่เหลือออกไป เช่นวัตถุที่มีสีเขียวเมื่อถูกส่องด้วยแสงแดด วัตถุนั้นจะดูดกลืนพลังงานในช่วงอื่นไว้ยกเว้นสีเขียวและสะท้อน แสงสีเขียวเข้าตาเรา จึงมองเห็นวัตถุนั้นเป็นสีเขียวเป็นต้น

3.2.2 ทฤษฎีการผสมสีแบบลบ

บรูวสเตอร์ได้ทดลองเกี่ยวกับสีต่างๆ และพบว่ามียสีหลักอยู่ 3 สี ที่สามารถนำมาผสมกัน เพื่อทำให้เกิดสีรุ้งทั้ง 7 ที่นิวตันได้พบ ในสเปกตรัมของแสงแดด สีทั้ง 3 ที่บรูวสเตอร์เรียกว่าสีปฐมภูมิหรือแม่สีของวัตถุคือ สีแดงเข้ม (Magenta) , สีเหลือง (Yellow) และสีน้ำเงินเขียว (Cyan) สีเหล่านี้เรียกว่า สีปฐมภูมิแบบลบ ถ้าเอาสีปฐมภูมิแบบลบคู่ใดคู่หนึ่งมาผสมกัน จะเกิดสีทุติยภูมิ

แบบลบขึ้นมาอีก 3 สี คือสีแดง (Red) , เขียว (Green) และน้ำเงิน (Blue) ดังรูป 3.3 แต่เมื่อเอาสีปฐมภูมิทั้ง 3 มาผสมรวมกันในสัดส่วนที่เท่ากันจะได้สีดำ การผสมสีแบบนี้พบได้ในสีน้ำ-สีย้อมทั่วไป

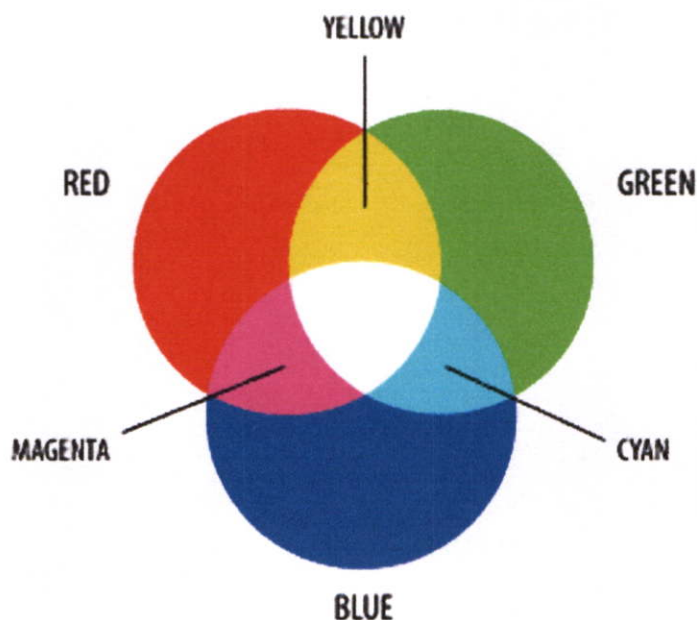


รูปที่ 3.3 การผสมสีแบบลบ

3.2.3 ทฤษฎีการผสมสีแบบบวก

ในศตวรรษที่ 19 โรมัส ยัง ได้บัญญัติทฤษฎีที่ว่าแสงสีขาวประกอบด้วยสีปฐมภูมิ 3 สีคือ สีแดง , เขียวและน้ำเงิน แสดงดังรูป 3.4 และกล่าวว่า สีปฐมภูมิเหล่านี้สามารถผสมกันเพื่อทำให้เกิดสีรุ้งทั้ง 7 ในสเปกตรัมได้ ทฤษฎีนี้ได้รับการยืนยันจากเฮลมโฮลซ์ และแมกซ์เวล

เฮลมโฮลซ์ได้ขยายงานทดลองของยัง โดยระบุว่า ภายในลูกตาคนเรามีใยประสาทเกี่ยวกับการมองเห็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะมีความรู้สึกไวต่อแสงปฐมภูมิในแต่ละช่วงต่างกันคือ กลุ่มที่ 1 ไวต่อแสงสีแดง , กลุ่มที่ 2 ไวต่อแสงสีเขียว และกลุ่มที่ 3 ไวต่อแสงสีน้ำเงิน โดยคิดว่าแสงที่มีสีอยู่ระหว่างสีปฐมภูมิเหล่านี้สมองจะตีความหมายออกมาว่าเป็นสีอะไร ตามทฤษฎีนี้แสงสีขาวจะเกิดจากการเร้าความรู้สึกของใยประสาททั้ง 3 กลุ่มเท่าๆ กันในเวลาเดียวกัน ซึ่งสามารถใช้อธิบาย การรวมกันของสีทางสเปกตรัมได้อีกด้วย การรวมกันของสีของแสงเรียกว่า ขบวนการผสมสีแบบบวก ซึ่งตรงข้ามกับทฤษฎีสี ของบราวสเตอร์



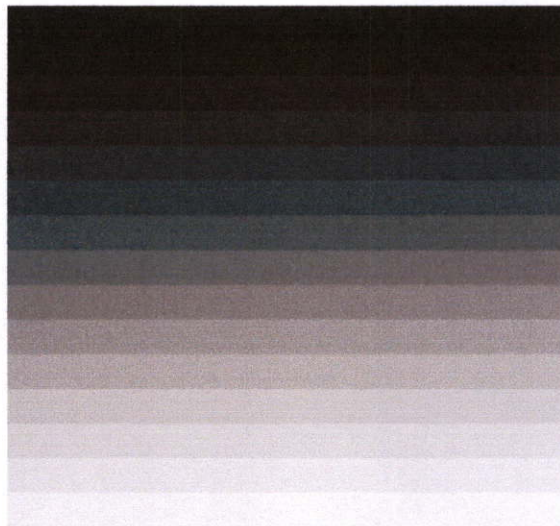
รูปที่ 3.4 การผสมสีแบบบวก

3.2.4 ระบบสี RGB

ระบบสี RGB [18] เป็นระบบสีของแสง ซึ่งเกิดจากการหักเหของแสงผ่านแท่งแก้วปริซึม จะเกิดแถบสีที่เรียกว่า สเปกตรัม (Spectrum) ซึ่งแยกสีตามที่สายตามองเห็นได้ 7 สี คือ แดง แสด เหลือง เขียว น้ำเงิน คราม ม่วง ซึ่งเป็นพลังงานอยู่ในรูปของรังสี ที่มีช่วงคลื่นที่สายตา สามารถมองเห็นได้ แสงสีม่วงมีความถี่คลื่นสูงสุด คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าแสงสีม่วง เรียกว่า อุลตราไวโอเลต (Ultra Violet) และคลื่นแสงสีแดง มีความถี่คลื่นต่ำที่สุด คลื่นแสง ที่ต่ำกว่าแสงสีแดงเรียกว่า อินฟราเรด (Infrared) คลื่นแสงที่มีความถี่สูงกว่าสีม่วง และต่ำกว่าสีแดงนั้น สายตาของมนุษย์ไม่สามารถรับได้ และเมื่อศึกษาดูแล้วแสงสีทั้งหมดเกิดจาก แสงสี 3 สี คือ สีแดง (Red) สีน้ำเงิน (Blue) และสีเขียว (Green) ทั้งสามสีถือเป็นแม่สีของแสง เมื่อนำมาฉายรวมกันจะทำให้เกิดสีใหม่ อีก 3 สี คือ สีแดงมาเจนต้า สีฟ้าไซแอน และสีเหลือง และถ้าฉายแสงสีทั้งหมดรวมกันจะได้แสงสีขาว จากคุณสมบัติของแสงนี้เรา ได้นำมาใช้ประโยชน์ทั่วไป ในการฉายภาพยนตร์ การบันทึกภาพวิดีโอ ภาพโทรทัศน์ การสร้างภาพเพื่อการนำเสนอทางจอคอมพิวเตอร์ และการจัดแสงสีในการแสดง เป็นต้น

3.2.5 ระบบสีขาวดำ (Gray)

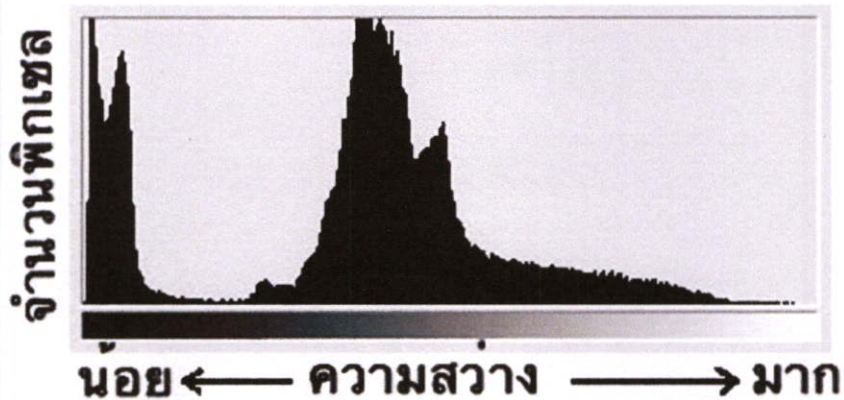
ระบบสีขาวดำ [19] จะมีเพียงสองสีคือ สีขาวและสีดำแต่จะมีระดับความเข้มของสีดำ 255 ระดับ รวมกับสีขาวอีกหนึ่งสี ในโหมดนี้ก็จะจะมีเพียง 256 สี แสดงดังรูป 3.5



รูปที่ 3.5 ระดับความเข้มของระดับสีขาวไประดับสีดำ

3.3 ฮิสโทแกรม (Histogram)

ฮิสโทแกรม [20] เป็นกราฟแสดงจำนวนพิกเซลที่ความสว่างต่างๆ ของภาพ สังเกตได้จากรูปที่ 3.6 ด้านล่าง แกนนอนเป็นระดับความสว่างที่แบ่งระดับเป็น 256 ระดับ มักเรียกว่าระดับสีเทา หรือ gray level โดยมีค่าตั้งแต่ 0-255 เมื่อระดับสีเทามีค่าต่ำจากด้านซ้ายมือ หมายถึงมีความสว่างน้อย จะมองเห็นเป็นสีดำ ค่าระดับสีเทามาก จากด้านขวามือ หมายถึงมีความสว่างมาก จะมองเห็นเป็นสีขาว แกนตั้งของกราฟแสดงจำนวนพิกเซลในแต่ละความระดับสีเทาซึ่งเป็นค่าสัมพัทธ์ จากภาพฮิสโทแกรมด้านบน เราพอจะวิเคราะห์ได้ว่ารูปที่ 3.7 น่าจะได้รับการเปิดรับแสงมาอย่างถูกต้องเพราะมีจำนวนพิกเซลครอบคลุมอยู่ตั้งแต่ค่าระดับ สีเทาน้อยๆ ในส่วนเงา ไปจนค่าระดับสีเทามากๆ ในส่วนความสว่างเมื่อพิจารณากับรูปที่ 3.7 อีกครั้งหนึ่งควบคู่ไปกับฮิสโทแกรมแล้วจะเห็นได้ว่า ส่วนขาวสุดของภาพซึ่งได้แก่เมฆ มีค่าไม่ถึง 255 ซึ่งบอกได้ว่ารูปที่ 3.7 นี้มีค่าความสว่างสูงสุดน้อยกว่า 255 โดยพิจารณารูปที่ 3.6 ประกอบ



รูปที่ 3.6 ฮิสโทแกรมกราฟของภาพถ่ายท้องฟ้า



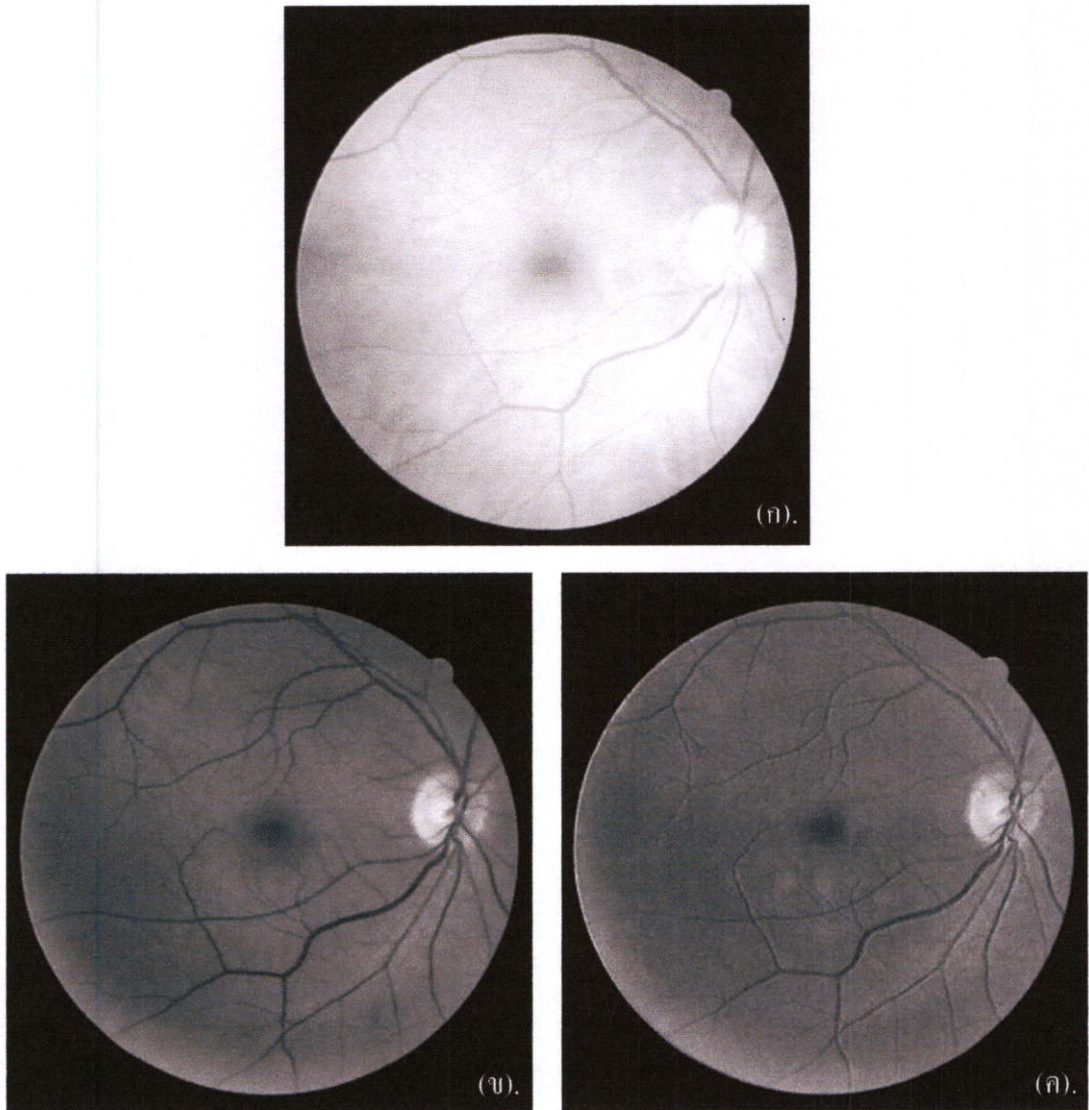
รูปที่ 3.7 ภาพถ่ายท้องฟ้า

3.4 การสร้างข้อมูลดิจิทัลจากระบบขาวดำ

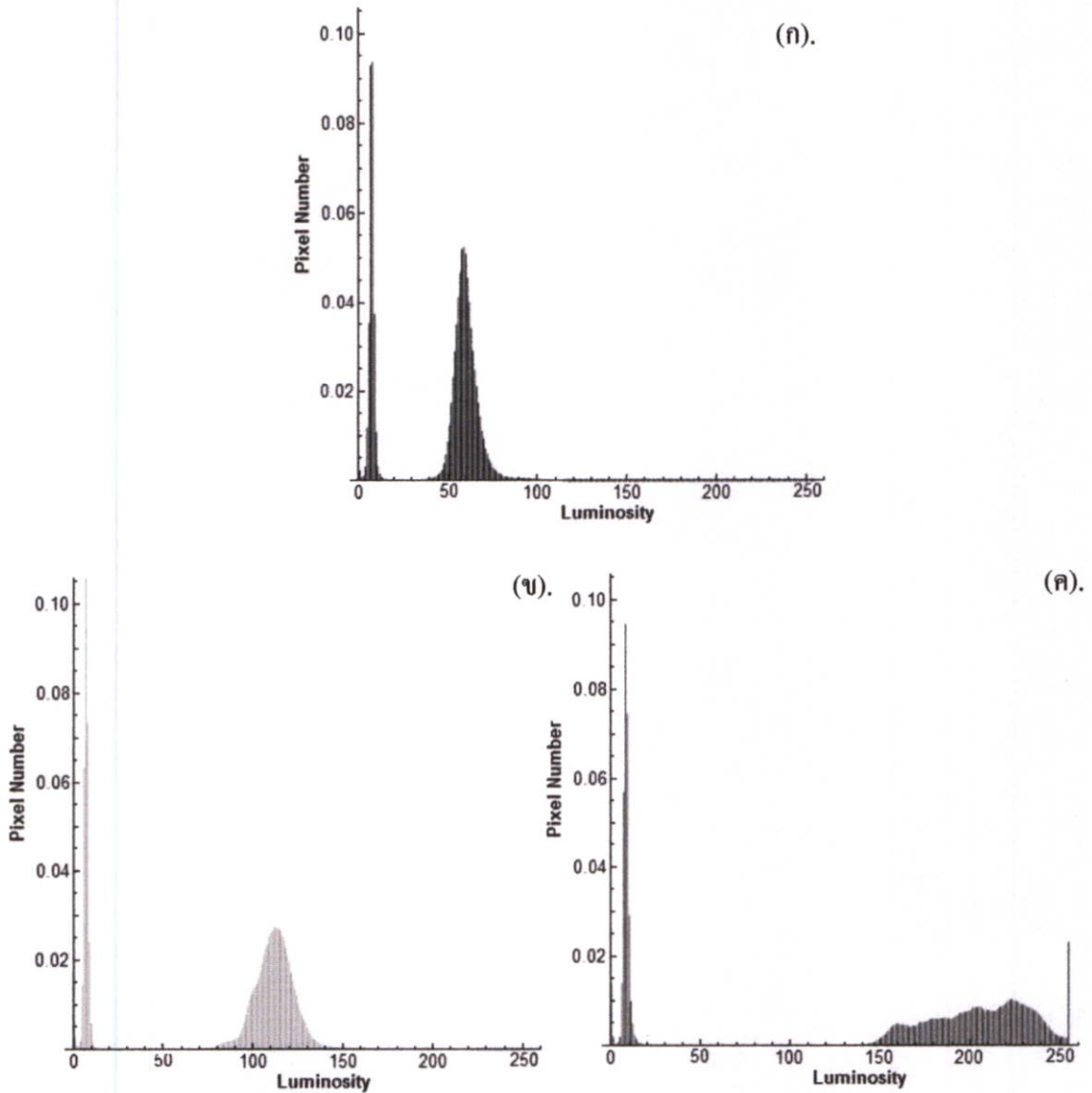
ภาพถ่ายจอประสาทตาค่อนที่เราจะนำไปเข้าสู่กระบวนการค้นหาขอบภาพนั้นจะถูกบันทึกอยู่ในรูปแบบระบบสี RGB ซึ่งไม่สามารถนำมาใช้ในการค้นหาขอบภาพได้ เพราะในหนึ่งภาพจะประกอบไปด้วย ภาพของระนาบสี R, ภาพของระนาบสี G, และภาพของระนาบสี B แสดงดังรูปที่ 3.8

งานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแปลงภาพระบบสี RGB เป็นระบบขาวดำ (แต่เดิมจะใช้วิธีการเฉลี่ยค่าสีทั้งสามระนาบ) โดยการพิจารณาเปรียบเทียบกับฮิสโทแกรมของ ระนาบสี R, ระนาบสี G, และระนาบสี B ซึ่งหลักการเปรียบเทียบแล้วเราจะเลือกระนาบสีที่มีค่าของฮิสโทแกรมอยู่ในช่วงปานกลางไม่สว่างหรือมืดจนเกินไป โดยจากการทดลองกับภาพถ่ายจอประสาทตาจำนวนมากสรุปได้ว่าเป็นภาพของระนาบสี G โดยค่าจุดสีส่วนมากจะมีค่าอยู่ระหว่างกลางความสว่างและความมืดโดยสังเกตจากรูปที่ 3.8 และรูปที่ 3.9 แสดงฮิสโทแกรมของภาพจอประสาทตา

ทั้งสามระนาบสี อัลกอริทึมในการแปลงภาพระบบสี RGB เป็นภาพขาวดำถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้โปรแกรม MATLAB [21]



รูปที่ 3.8 ภาพถ่ายจอประสาทตาของระนาบสี RGB (ก). ภาพของระนาบสี R (ข). ภาพของระนาบสี G (ค). ภาพของระนาบสี B



รูปที่ 3.9 ภาพฮิสโทแกรมของภาพจอประสาทตาของระบบสี RGB
 (ก). ฮิสโทแกรมของระบบสี R (ข). ฮิสโทแกรมของระบบสี G
 (ค). ฮิสโทแกรมของระบบสี B

3.5 สรุป

เนื้อหาภายในบทนี้เน้นความเข้าใจของผู้อ่านเฉพาะระบบสี RGB และระบบสีขาวดำ และรายละเอียดความหมายของฮิสโทแกรมของภาพ เพื่อนำผู้อ่านไปสู่เทคนิคการแปลงภาพระบบสี RGB เป็นระบบสีขาวดำ โดยใช้วิธีการเปรียบเทียบฮิสโทแกรมของผู้เขียนวิทยานิพนธ์ซึ่งได้นำเสนอไว้

บทที่ 3

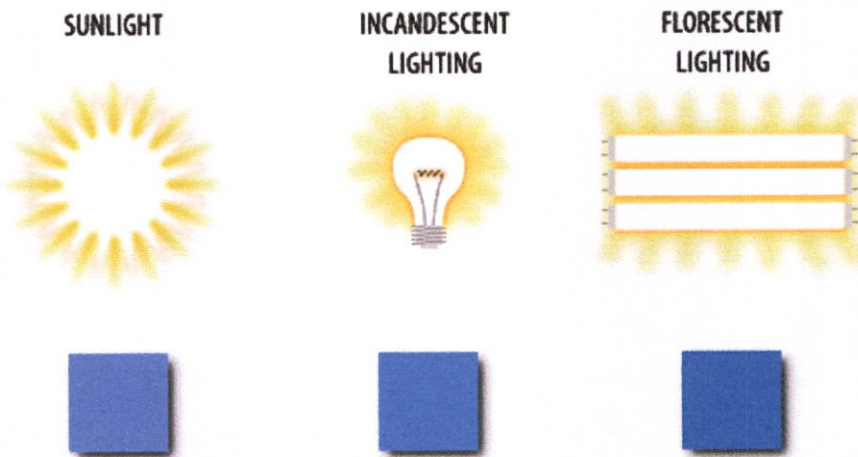
การแปลงข้อมูลภาพดิจิทัลระบบสีเป็นระบบขาวดำ

3.1 บทนำ

รายละเอียดในบทนี้จะเป็นการอธิบายระบบสีของภาพจอประสาทตาซึ่งได้มีการบันทึกในรูปแบบของระบบสี RGB (Red, Green, Blue: RGB) ซึ่งโดยหลักทั่วไประบบสี RGB จะเป็นมาตรฐานของการบันทึกภาพของกล้องถ่ายภาพ รายละเอียดอื่นภายในบทประกอบไปด้วยการสร้างฮิสโทแกรม และการสร้างข้อมูลดิจิทัลระบบขาวดำ เพื่อที่จะนำไปใช้ในการค้นหาขอบภาพในบทต่อไป

3.2 ข้อมูลดิจิทัลระบบสีและระบบขาวดำ

สี (Color) [17] เป็นผลตอบสนองกับดวงตาของมนุษย์ต่อความยาวคลื่นในย่านต่างๆ ของพลังงานแสงที่ตกกระทบบนชั้นเรตินาในลูกตา ซึ่งคุณสมบัติการกระจายทางสเปกตรัมของวัตถุจะทำให้เกิดสีเฉพาะของวัตถุขึ้นมาเช่น แดง เขียว ฯลฯ ถ้าวัตถุถูกส่องด้วย แหล่งกำเนิดแสงที่มีคุณสมบัติต่างกันก็จะทำให้เรามองเห็นสีวัตถุต่างกันด้วยดังรูป 3.1



รูปที่ 3.1 ความสัมพันธ์ระหว่างแสงและสีกับการมองเห็น

3.2.1 ทฤษฎีสี

ในศตวรรษที่ 17 นิวตันพบว่าลำแสงสีขาวของแสงแดดประกอบด้วยรังสีแสงสว่างที่มีสีต่างกันหลายสี เพราะเมื่อให้แสงแดด ส่องผ่านแท่งปริซึม แสงจะกระจายออกเป็นสีรุ้ง เรียกว่า

4.2.1 การลบสัญญาณรบกวน (Remove noise)

ขั้นตอนแรกของการค้นหาขอบภาพโดยอัลกอริธึมนี้ ทำการลดสัญญาณรบกวนภายในภาพด้วยการกรองแบบเกาส์เซียนโดยการสร้างเคอเนลขนาด 13×13 แสดงดังรูป 4.2 (ก). ใช้ค่า σ มีค่าระหว่าง 1 จนถึง 4 ตามสมการที่ 4.1 แล้วนำไป คอนโวลูชันกับภาพจอประสาทตาที่มีองค์ประกอบสี่เทา แสดงดังรูป 4.2 (ข). ภาพผลลัพธ์ของการลบสัญญาณรบกวน แสดงดังรูป 4.2 ค). กำหนดตามสมการที่ 4.2 ซึ่งขนาดของเคอเนลมีผลต่อจำนวนผลลัพธ์ของเส้นขอบภาพ หากมีขนาดกว้างมากก็จะทำให้ลบสัญญาณรบกวนได้มากแต่จะทำให้ผลลัพธ์ขอบภาพน้อยลง ในทางตรงกันข้ามหากเคอเนลมีขนาดเล็กจะลดสัญญาณรบกวนได้น้อยและผลลัพธ์ขอบภาพมีจำนวนมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้ทดลองกำหนดขนาดของเคอเนลที่เหมาะสมให้ได้ผลลัพธ์ของขอบภาพตามต้องการได้เคอเนลมีขนาดกว้าง 13 ขาว 13 พิกเซล

$$h(x, y) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} \exp\left[-\frac{x^2 + y^2}{2\sigma^2}\right] \quad (4.1)$$

$$H(x, y) = h(x, y) * I(x, y) \quad (4.2)$$

โดยกำหนด

$H(x, y)$ เป็นภาพผลลัพธ์จากการลบสัญญาณรบกวน

$I(x, y)$ เป็นภาพจอประสาทตาแบบสีขาวดำ

$h(x, y)$ เป็นฟิลเตอร์เคอเนล 2 มิติ

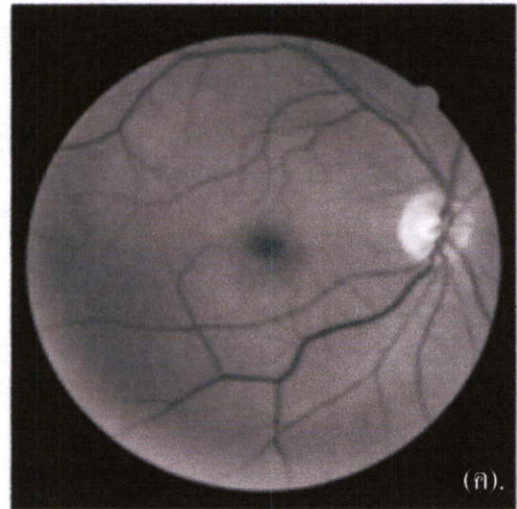
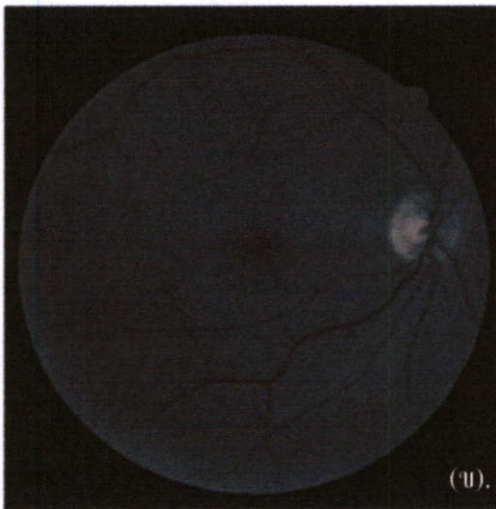
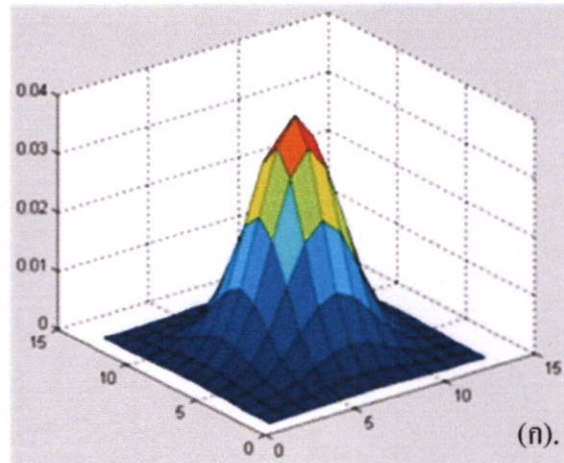
σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

x เป็นตำแหน่งแถวมีค่า $1, 2, \dots, N$

y เป็นตำแหน่งหลักมีค่า $1, 2, \dots, M$

N เป็นค่าขนาดความกว้างของภาพ

M เป็นค่าขนาดความยาวของภาพ



รูปที่ 4.2 การลบสัญญาณรบกวน (ก). ภาพเคอนขนาด 13x13 (ข). ภาพจอประสาทตาที่มีมือค้ประกอบสีเทา (ค). ภาพผลลัพธ์ของการลบสัญญาณรบกวน

4.2.2 การหาค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด (Gradient magnitude)

หลังจากลบสัญญาณรบกวนแล้วเราจะได้ภาพ $H(x, y)$ จากนั้นจะนำมาคำนวณหา ค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด เริ่มต้นทำการสร้าง First partial derivative ในระบบ 2 มิติ ตามทิศทางของ x และ y โดยกำหนดตามสมการที่ 4.3 และสมการที่ 4.4 ตามลำดับ

ขั้นตอนต่อไปเป็นการแปลงระบบพิกัดฉาก (Rectangular Coordinate System) เป็นระบบพิกัดเชิงขั้ว (Polar Coordinate System) โดยคำนวณค่าเกรเดียนต์แมกนิจูดตามสมการที่ 4.5 และคำนวณค่ามุมของเกรเดียนต์ตามสมการที่ 4.6 และภาพผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 4.3

$$G_x(x, y) \approx \frac{H(x, y+1) - H(x, y) + H(x+1, y+1) - H(x+1, y)}{2} \quad (4.3)$$

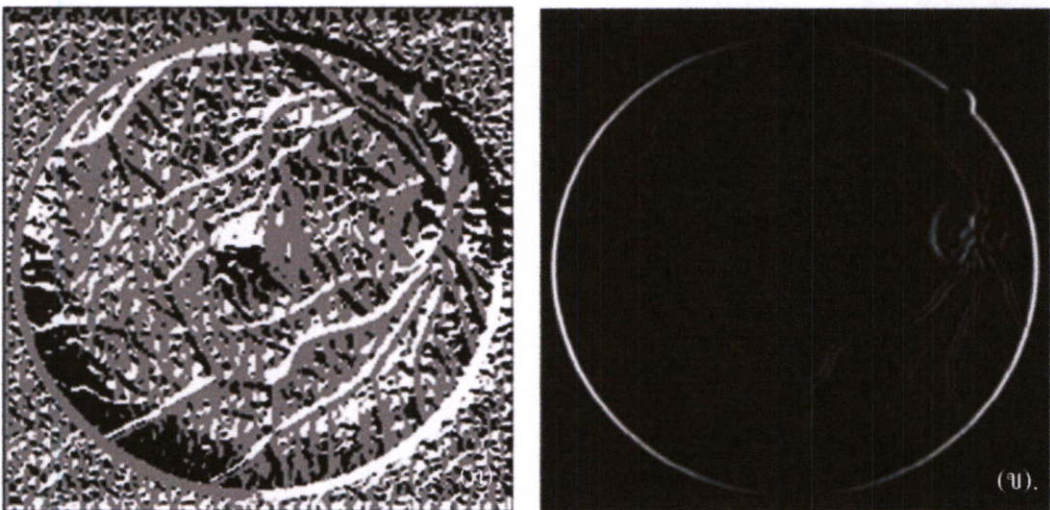
$$G_y(x, y) \approx \frac{H(x, y) - H(x+1, y) + H(x, y+1) - H(x+1, y+1)}{2} \quad (4.4)$$

$$M(x, y) = \sqrt{G_x(x, y)^2 + G_y(x, y)^2} \quad (4.5)$$

$$\theta(x, y) = \tan^{-1}\left(\frac{G_y}{G_x}\right) \quad (4.6)$$

โดยกำหนด

- $H(x, y)$ เป็นภาพผลลัพธ์จากการลบสัญญาณรบกวน
- $G_x(x, y)$ เป็นภาพอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งในทิศทาง x
- $G_y(x, y)$ เป็นภาพอนุพันธ์อันดับที่หนึ่งในทิศทาง y
- $M(x, y)$ เป็นภาพค่าแอมพลิจูดของเกรเดียนต์ในระบบพิกัดเชิงขั้ว
- $\theta(x, y)$ เป็นภาพค่ามุมของเกรเดียนต์ในระบบพิกัดเชิงขั้ว
- x เป็นตำแหน่งแถวมีค่า $1, 2, \dots, N$
- y เป็นตำแหน่งหลักมีค่า $1, 2, \dots, M$
- N เป็นค่าขนาดความกว้างของภาพ
- M เป็นค่าขนาดความยาวของภาพ



รูปที่ 4.3 การหาค่าเกรเดียนต์เมื่อกนิจูด (ก). ภาพมุมของเกรเดียนต์ (ข). ภาพเกรเดียนต์แอมพลิจูด

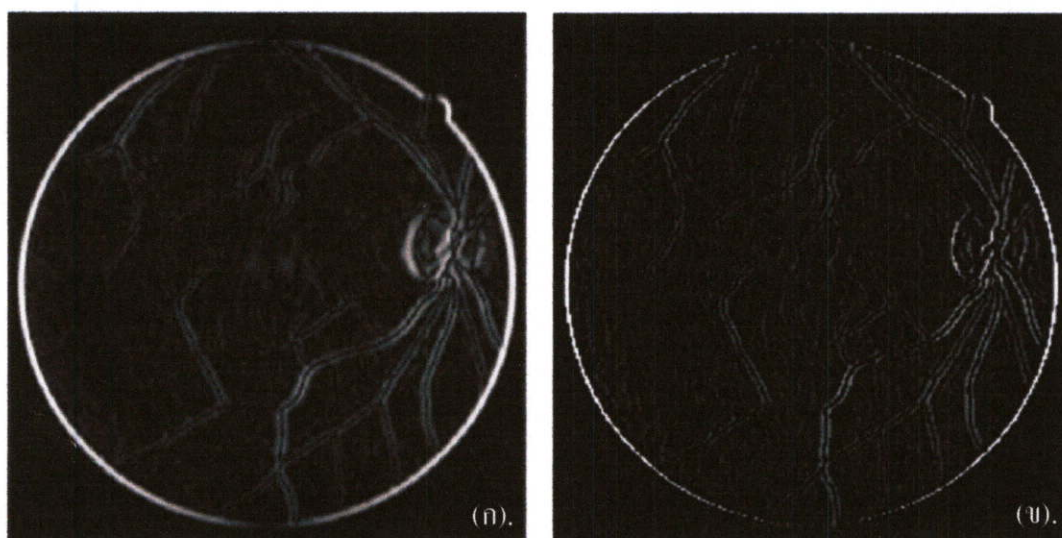
4.2.3 การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression

อัลกอริทึมในขั้นตอนนี้ใช้สำหรับทำการค้นหาจุดเส้นขอบของภาพ โดยจุดที่จะเป็นเส้นขอบได้นั้นจะต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะตำแหน่งของภาพเกรเดียนแอมพลิจูดและมีทิศทางเดียวกันกับภาพมุมของเกรเดียนด้วย จากเงื่อนไขดังกล่าวค่าพิกเซลใดที่ไม่ได้อยู่ภายใต้เงื่อนไขนี้จะถูกกำหนดเป็นค่าศูนย์ ยกเว้นเฉพาะจุดมีค่าเกรเดียนแอมพลิจูดสูงสุดและเป็นไปตามเงื่อนไขก็จะยังคงค่าเดิมไว้ เพื่อให้ได้เส้นขอบภาพบางมาก กระบวนการทั้งหมดนี้เรียกว่า การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression ตามสมการที่ 4.7 และภาพผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 4.4

$$N(x, y) = NMS[M(x, y), \theta(x, y)] \quad (4.7)$$

โดยกำหนด

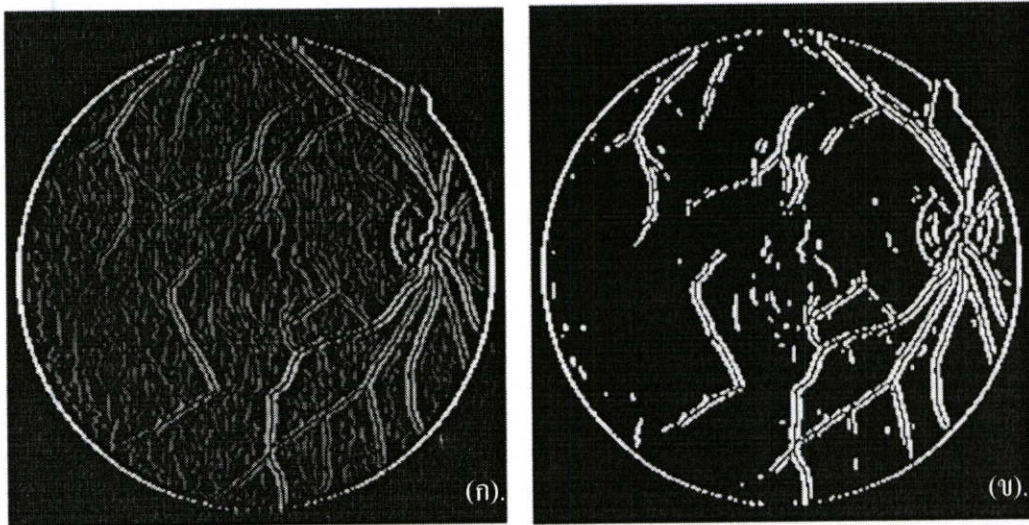
- $N(x, y)$ เป็นภาพผลลัพธ์จากการ Non-maxima suppression
- $M(x, y)$ เป็นภาพค่าเกรเดียนแอมพลิจูดในระบบพิกัดเชิงขั้ว
- $\theta(x, y)$ เป็นภาพค่ามุมของเกรเดียนในระบบพิกัดเชิงขั้ว



รูปที่ 4.4 การคำนวณหาค่า Non-maxima suppression (ก). ภาพผลลัพธ์จากการปรับความสว่างและความมืด (ข). ภาพ Non-maxima suppression

4.2.4 การคำนวณดับเบิลเทรชโฮลด์ (Double Threshold)

ใช้ดับเบิลเทรชโฮลด์อัลกอริทึม ค้นหาขอบภาพโดยกำหนด $T1 = 0.21$ เป็นค่าเทรชโฮลด์สูงสุดและ $T2 = 0.20$ เป็นค่าเทรชโฮลด์ต่ำสุด แล้วพิจารณาพิกเซลที่มีค่ามากกว่า $T1$ ให้เป็นขอบภาพ ค่าที่อยู่ระหว่าง $T1$ และ $T2$ จะพิจารณาพิกเซลข้างเคียงหากมีค่าใกล้เคียงค่า $T1$ จะให้ถือเป็นค่าขอบภาพนอกจากนั้นมีค่าเป็นศูนย์และสุดท้ายค่าพิกเซลที่น้อยกว่า $T2$ จะถูกกำหนดให้มีค่าเป็นศูนย์เช่นกัน หลักในการกำหนดค่า $T1$ และ $T2$ นั้นจะคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างค่าเทรชโฮลด์ทั้งสองให้มีค่าน้อยที่สุด ในการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 0.01 เพื่อต้องการให้มีผลต่อการพิจารณาเทรชโฮลด์ระหว่าง $T1$ และ $T2$ เหตุผลในการพิจารณาพิกเซลระหว่างเทรชโฮลด์ทั้งสองเพื่อต้องการให้ได้เส้นขอบภาพน้อยที่สุดและมีเส้นขอบภาพเกิดขึ้น ณ บริเวณที่มีแสงสว่างมากที่สุด ค่าเทรชโฮลด์ $T1$ และ $T2$ เป็นค่าสรุปจากการทดลองปรับค่าเทรชโฮลด์ด้วยมือเพื่อต้องการผลลัพธ์ให้ได้ขอบภาพใกล้เคียงกับวงกลมมากที่สุด ในบริเวณตำแหน่งของออฟติกดิสก์และภาพผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 4.4



รูปที่ 4.5 การคำนวณดับเบิลเทรชโฮลด์ (ก). ภาพ Non-maxima suppression
(ข). ภาพไบนารีหรือภาพผลลัพธ์การค้นหาเส้นขอบภาพ

4.3 การประยุกต์ใช้เทคนิคการค้นหาขอบภาพ

สำหรับการค้นหาขอบภาพของภาพจอประสาทตาโดยใช้เทคนิคของ Canny Edge Detection เพื่อให้ได้เส้นขอบภาพเกิดขึ้นในตำแหน่งที่ออฟติกดิสก์ตั้งอยู่และมีรูปร่างของเส้นขอบภาพที่ใกล้เคียงกับเส้นวงกลมมากที่สุด จึงได้ทำการเพิ่มเทคนิคการปรับความแตกต่างของระดับความสว่างและระดับความมืด (Adjusting gamma technique) [23] เพิ่มเติมเข้าไปกับเทคนิค

การค้นหาลักษณะของเคนนี่เอจดีเทคเตอร์ ก่อนขั้นตอนการคำนวณค่า Non-maxima suppression โดยจะนำภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการปรับความแตกต่างของระดับความสว่างและระดับความมืดนำมาใช้ช่วยในการพิจารณาค่าแห่งของขอบภาพที่ควรเกิดขึ้นในตำแหน่งที่มีแสงสว่างมากภายในภาพผลลัพธ์นี้

4.3.1 การปรับความแตกต่างของระดับความสว่างและความมืด

วิธีการปรับระดับความแตกต่างของระดับความสว่างและระดับความมืดจะนำภาพจอประสาทตาในระบบสีเขี้ยวดำมาทำการคำนวณเพื่อหาภาพผลลัพธ์ตามสมการที่ 4.8 โดยค่าพารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุดในการปรับความแตกต่างของความเข้มระดับสีเขี้ยวดำคือ แกมมา (Gamma) หรือแสดงสัญลักษณ์ γ ในสมการที่ 4.8 ค่าความสว่างและความมืดของสีเขี้ยวดำที่ปรับจะอยู่ในช่วงของค่า 0 - 1 โดยที่ค่าแกมมามีค่าเท่ากับ 0 เส้นขอบภาพจะมีคมมากและในทางตรงข้ามหาก ค่าแกมมามีค่าเท่ากับ 1 เส้นขอบภาพจะมีความสว่างมาก จากการทดลองปรับค่าแกมมาให้ได้ค่าตำแหน่งของเส้นขอบภาพเกิดที่บริเวณของออฟติกดิสก์มากที่สุดจะได้ค่าแกมมาสำหรับงานวิจัยนี้เท่ากับ $\frac{2}{3} \cong 0.667$ และภาพผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 4.5

$$F_\gamma(x, y) = \left(\frac{F(x, y) - F_{min}(x, y)}{F_{max}(x, y)} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad (4.8)$$

โดยกำหนด

$F_\gamma(x, y)$ เป็นภาพผลลัพธ์จากการปรับความสว่างและความมืด

$F(x, y)$ เป็นภาพต้นฉบับเพื่อต้องการปรับความสว่างและความมืด

$F_{min}(x, y)$ เป็นค่าพิกเซลที่น้อยที่สุดในภาพ

$F_{max}(x, y)$ เป็นค่าพิกเซลที่มากที่สุดในภาพ

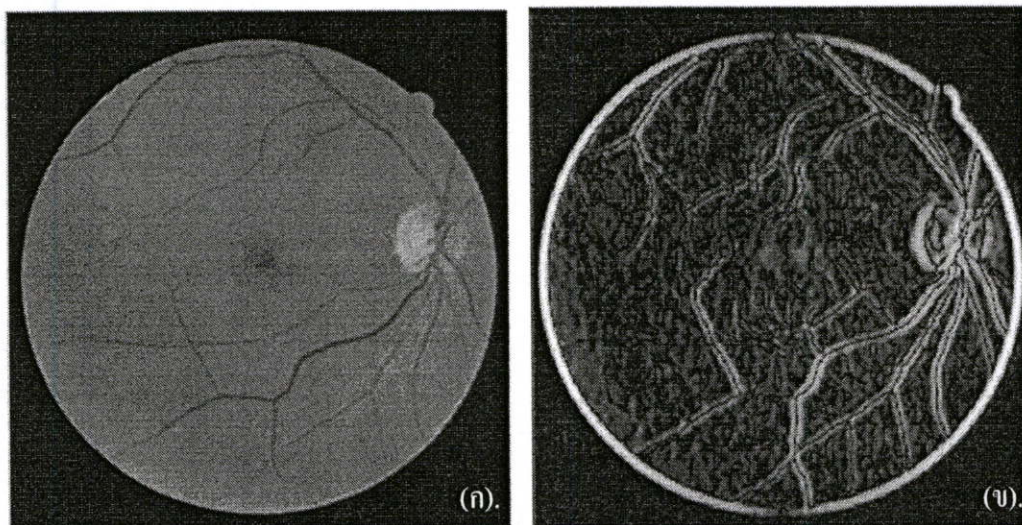
γ เป็นค่าระดับความสว่างและความมืดในช่วง 0-1 ตามลำดับ

x เป็นตำแหน่งแถวมีค่า $1, 2, \dots, N$

y เป็นตำแหน่งหลักมีค่า $1, 2, \dots, M$

N เป็นค่าความกว้างของภาพ

M เป็นค่าความยาวของภาพ



รูปที่ 4.6 การคำนวณระดับเบิ้ลเทรสโฮลด์ (ก). ภาพจอประสาทตาที่มีมืองค์ประกอบสีเทา (ข). ภาพผลลัพธ์จากการปรับความสว่างและความมืด

4.4 สรุป

ขั้นตอนการค้นหาขอบภาพของภาพจอประสาทตาในบทนี้นับว่าเป็นส่วนหลักมีความสำคัญสำหรับการค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์ในบทต่อไป เพราะหากว่าขั้นตอนภาพผลลัพธ์ของเส้นขอบภาพมีรายละเอียดไม่ครบถ้วนตามต้องการจะทำให้ไม่สามารถระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ได้ถูกต้อง โดยภาพภาพผลลัพธ์ของเส้นขอบภาพที่ต้องการจะต้องได้เส้นขอบภาพที่มีลักษณะใกล้เคียงรูปร่างกลมมากที่สุดบริเวณตำแหน่งที่ตั้งของออฟติกดิสก์เพื่อที่จะใช้วิเคราะห์หาตำแหน่งของวงกลมนี้ในบทต่อไป

บทที่ 5

การค้นหาวงกลมโดยการประมาณค่าจากเส้นตรง

5.1 บทนำ

การค้นหาวงกลมเป็นเทคนิค วิธีการระบุตำแหน่งของออฟติคิสต์ภายในภาพจอประสาทตา แนวคิดพื้นฐานในการค้นหาวงกลมภายในภาพไบนารีจะอ้างอิงจากการค้นหาตำแหน่งของเส้นตรงภายในภาพไบนารี จากนั้นจะทำการประมาณค่ารัศมีของวงกลมที่ต้องการค้นหาและคำนวณหาตำแหน่งวงกลมภายในภาพโดยใช้ตำแหน่งของเส้นตรงเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ทำการประมาณค่าลงไป เมื่อสิ้นสุดการคำนวณค่าพิกเซลมากที่สุดของตำแหน่ง XY ใดๆนั้นจะถือว่าเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ต้องการค้นหา

5.2 ทฤษฎีของเฮาเทรนฟอร์ม

เฮาเทรนฟอร์ม (Hough Transform) [24] เป็นเทคนิคค้นหาตำแหน่งรูปทรงภายในภาพ โดยเฉพาะเส้นตรง, วงกลม, วงรี, และส่วนที่เป็นรูปทรงกรวย ในกรณีของเส้นตรงค่านิยามเกี่ยวกับคณิตศาสตร์มีค่าเท่ากับเทคนิค Radon Transform ซึ่งถูกนำเสนอโดย Deans ในปี 1981 เฮาเทรนฟอร์มถูกนำเสนอโดย Hough ในปี 1962 และหลังจากนั้นถูกใช้เพื่อค้นหาตำแหน่งฟอง (Bubble) มากกว่าที่จะหารูปทรงภายในภาพ อย่างไรก็ตาม Rosenfeld ในปี 1969 ได้สังเกตเห็นประโยชน์ที่อาจเกิดขึ้นได้ของเทคนิคเฮาเทรนฟอร์มในทางการประมวลผลภาพ ต่อมา Duda ในปี 1972 ได้นำเสนอเทคนิคเฮาเทรนฟอร์มสำหรับการค้นหาเส้นตรงภายในภาพได้เป็นผลสำเร็จ และได้ถูกพัฒนาปรับปรุงสำหรับ Template matching โดย Princen ในปี 1992, Sklansky ในปี 1978, และ Stockman ในปี 1977

วิธีการ Template matching เป็นการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยข้อมูลจะถูกสะสมใน Accumulator array วิธีการเฮาเทรนฟอร์มเป็นผลจากการสะสมตำแหน่งจุดจากหลายจุดภายในภาพกลายเป็น Accumulator space (Hough space) ประสิทธิภาพของเฮาเทรนฟอร์มจะถือว่าประสบความสำเร็จคือสามารถอธิบายรูปทรงที่ต้องการค้นหาได้ ถึงแม้ว่าเฮาเทรนฟอร์มจะเปรียบเสมือนเป็น Template matching แต่โดยส่วนใหญ่นิยมใช้เฮาเทรนฟอร์มเป็นเทคนิคสำหรับ Feature extraction techniques

การค้นหาลักษณะเฉพาะของรูปทรงโดยใช้เทคนิคเฮาเทรนฟอร์มนั้น ภาพที่นำมาใช้จะต้องผ่านกระบวนการค้นหาขอบภาพของภาพมาก่อน เทคนิคการค้นหาขอบภาพของงานวิจัยนี้ได้นำเสนอการค้นหาขอบภาพโดยใช้เทคนิคของแคนนี่เอจดีเทคเตอร์ในบทที่แล้ว

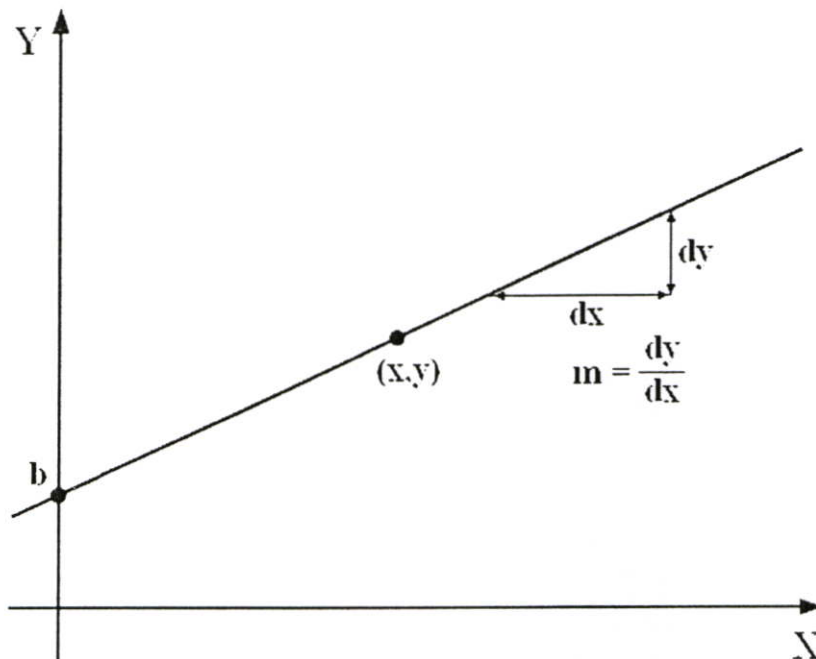
แนวความคิดเบื้องต้นของเฮาเทรนฟอร์มคือ ที่จุดใดๆ ของภาพในพิกัดตำแหน่ง (x, y) จะสามารถมีเส้นตรงผ่านได้จำนวนไม่จำกัด โดยเส้นตรงแต่เส้นจะมีสมการเส้นตรงสมการเดียวกัน เราจะพิจารณาสมการเส้นตรงตามสมการที่ 5.1 บนเส้นตรงเดียวกันจุดทุกจุดบนเส้นตรงจะมีค่าความชันของเส้นตรงและค่าจุดตัดของเส้นตรงกับแกน y เท่ากันเสมอ จากสมการที่ 5.1 สามารถเขียนได้อีกรูปแบบตามสมการที่ 5.2 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงแสดงดังรูปที่ 5.1

$$y = mx + b \quad (5.1)$$

$$b = y - mx \quad (5.2)$$

โดยกำหนด

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



รูปที่ 5.1 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดฉาก

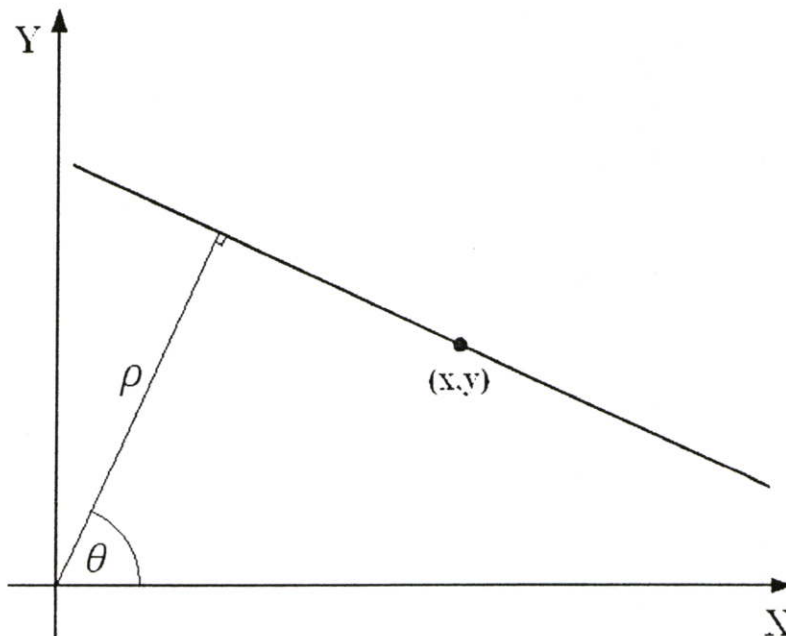
จากสมการที่ 5.1 และ 5.2 เราพิจารณาพิกัดตำแหน่ง (x, y) และพิกัดตำแหน่ง (m, b) ตามลำดับ หากพิจารณาความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นจากการเท่ากันของค่าความชันของเส้นตรงและค่าจุดตัดของเส้นตรงกับแกน y ดังนั้นจุดทุกจุดบนเส้นตรงจึงเปรียบเสมือนค่าความถี่สะสมที่อยู่ในพิกัดตำแหน่ง (m, b) และเราสามารถนิยามได้ว่าพิกัดตำแหน่ง (m, b) คือปริภูมิเฮา (Hough space) นั้นเอง

ในการคำนวณเราไม่สามารถใช้สมการ 5.1 หรือ 5.2 ได้โดยตรงเพราะสมการอยู่ในระบบพิกัดฉาก (Rectangular coordinate system) ทำให้ยากต่อการสร้างอัลกอริทึมของโปรแกรม (Programs algorithm) และเนื่องจากในกรณีที่เส้นตรงทำมุม 90 องศา จะส่งผลให้มีค่าความชันเป็นอนันต์ ปริภูมิเฮาไม่สามารถเป็นไปได้อีก ดังนั้นเราจึงทำการเปลี่ยนสมการให้อยู่ในระบบพิกัดขั้ว (Polar Coordinate system) แสดงดังรูปที่ 5.2 โดยสามารถเขียนใหม่ได้ตามสมการที่ 5.3

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (5.3)$$

โดยกำหนด

- ρ เป็นระยะทางของเส้นที่ลากจากจุดกำเนิด ไปตั้งฉากกับเส้นตรง หรือระยะทางที่ใกล้ที่สุดจากเส้นตรงถึงจุดกำเนิด
- θ เป็นมุมระหว่างเส้นที่ลากจากจุดกำเนิด ไปตั้งฉากกับแกน x



รูปที่ 5.2 พิกัดตำแหน่ง (x, y) บนเส้นตรงในระบบพิกัดขั้ว

จากสมการที่ 5.3 ในระบบพิกัด (ρ, θ) คือปริภูมิเฮา ซึ่งเราสามารถเก็บความถี่สะสมได้จาก $0^\circ - 360^\circ$ ของจุดของภาพต้นฉบับที่ผ่านการหาขอบภาพมาแล้ว สำหรับภาพที่ผ่านการหาขอบภาพมาแล้วนั้นค่าจุดของพิกเซลจะมีค่าเป็น 1 (พิกเซลสีขาว) และมีค่าเป็น 0 (พิกเซลสีดำ) โดยที่ตำแหน่งพิกัด (x, y) ที่มีค่าพิกเซลเป็น 0 แสดงว่าตำแหน่งพิกเซลนั้นอาจจะเป็นส่วนประกอบของเส้นตรงเส้นใดเส้นหนึ่งภายในภาพ และตำแหน่งพิกเซลที่มีค่าเป็น 1 จะเป็นตำแหน่งว่างเปล่าภายในภาพ

5.3 เทคนิคการค้นหาเส้นวงกลม

ภาพไบนารีที่ได้จากการหาขอบภาพ ภายในภาพประกอบด้วยวงกลมหนึ่งวงและงานวิจัยนี้ได้กำหนดเส้นวงกลมที่พิกเซลสีดำให้มีค่าเป็น 0 จากนั้นให้ทำการแทนค่าพิกัดตำแหน่ง (x, y) ตามสมการที่ 5.3 โดยค่า x และ y เป็นตำแหน่งของพิกเซลนั้นภายในภาพตามแนวแกน X หรือแนวนอนและตามแนวแกน Y หรือแกนตั้งตามลำดับ จากนั้นจึงแทนค่ามุม θ ที่ต้องการค้นหาทั้งหมด ในงานวิจัยนี้กำหนดมุม θ ให้มีค่าทั้งหมดจาก $0^\circ - 360^\circ$ โดยเพิ่มค่าองศาขึ้นทีละ 1° แล้วคำนวณหาค่า ρ เมื่อได้ค่า ρ แล้วให้นำค่า 1 บวกเพิ่มเข้าไปในตำแหน่งพิกัดที่ (ρ, θ) ทำเช่นนี้ไปเรื่อยๆจนครบ 360° เมื่อสิ้นสุดการคำนวณเราจะได้ปริภูมิเฮาของระบบพิกัด (ρ, θ) และค่าพิกเซลสูงที่สุดในปริภูมิของเฮาจะเป็นตำแหน่งของเส้นตรงในพิกัด (x, y) ต่อไปให้เราทำการประมาณค่ารัศมีของวงกลมที่ต้องการค้นหาและคำนวณตำแหน่งวงกลมตามสมการที่ 5.4 โดยทำการแทนค่ารัศมีลงไปในตัวแปร r แทนค่าพิกัด (x, y) ของเส้นตรงลงไปในตัวแปร (x_0, y_0) ตามลำดับ จากนั้นคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่ง (x, y) ของวงกลม เนื่องจากสมการที่ 5.4 ขาดต่อการคำนวณหาค่าของตำแหน่งพิกัด (x, y) ดังนั้นจึงเปลี่ยนการคำนวณหาค่าของตำแหน่งพิกัด (x, y) โดยใช้สมการที่ 5.5 ซึ่งอยู่ในรูปแบบของสมการพารามेटริก (Parametric equation) ในการคำนวณค่าของตำแหน่งพิกัด (x, y) ที่เพิ่มขึ้นครั้งละ 1° จาก $0^\circ - 360^\circ$ ตามสมการที่ 5.5 ค่าพิกเซลในตำแหน่งพิกัด (x, y) ให้นำค่า 1 บวกเพิ่มเข้าไป เมื่อสิ้นสุดการคำนวณค่าพิกเซลที่มีค่ามากที่สุด (High bright) ในตำแหน่งพิกัด (x, y) คือจุดศูนย์กลางของวงกลมที่ทำการค้นหา

$$r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \quad (5.4)$$

$$x = x_0 + r \cos \theta \quad y = y_0 + r \sin \theta \quad (5.5)$$

โดยกำหนด

r เป็นรัศมีของวงกลมซึ่งต้องการค้นหา

x เป็นพิกัดตำแหน่งของวงกลมซึ่งต้องการค้นหาในแนวแกน X

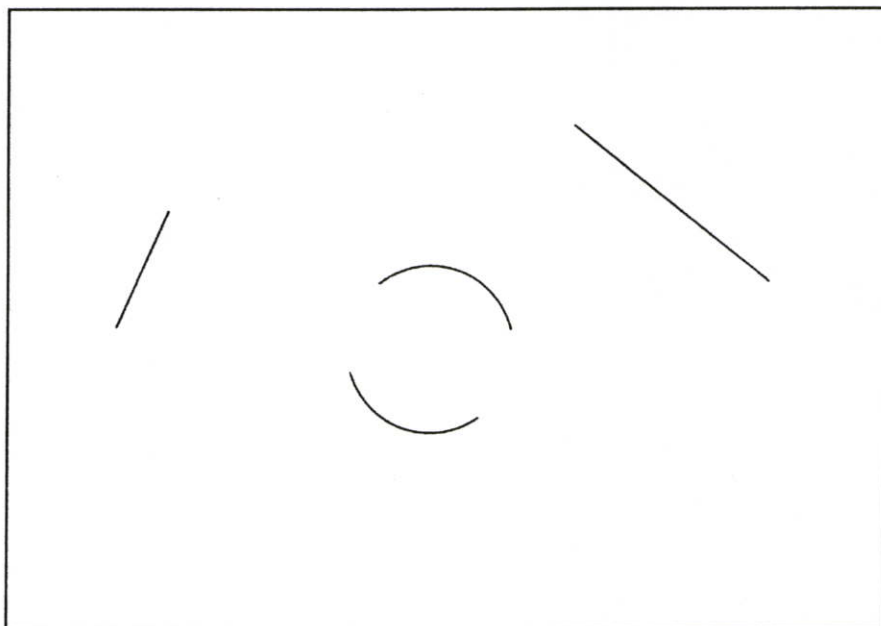
x_0 เป็นจุดกำเนิดวงกลมซึ่งเป็นตำแหน่งของเส้นตรงในแนวแกน X

y เป็นพิกัดตำแหน่งของวงกลมซึ่งต้องการค้นหาในแนวแกน Y

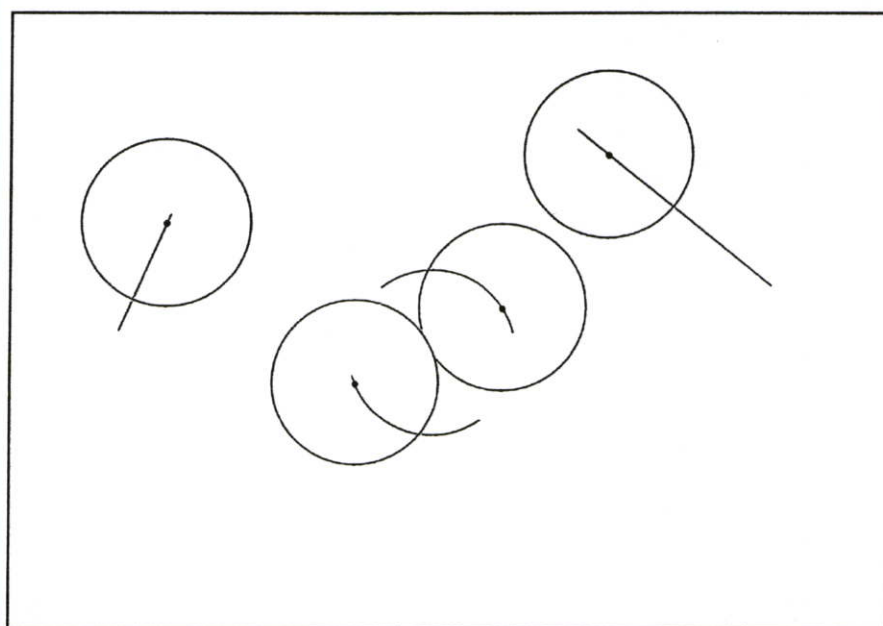
y_0 เป็นจุดกำเนิดวงกลมของพิกเซลภาพในแนวแกน Y

θ เป็นมุมระหว่าง $0^\circ - 360^\circ$ เพิ่มค่าขึ้นครั้งละ 1°

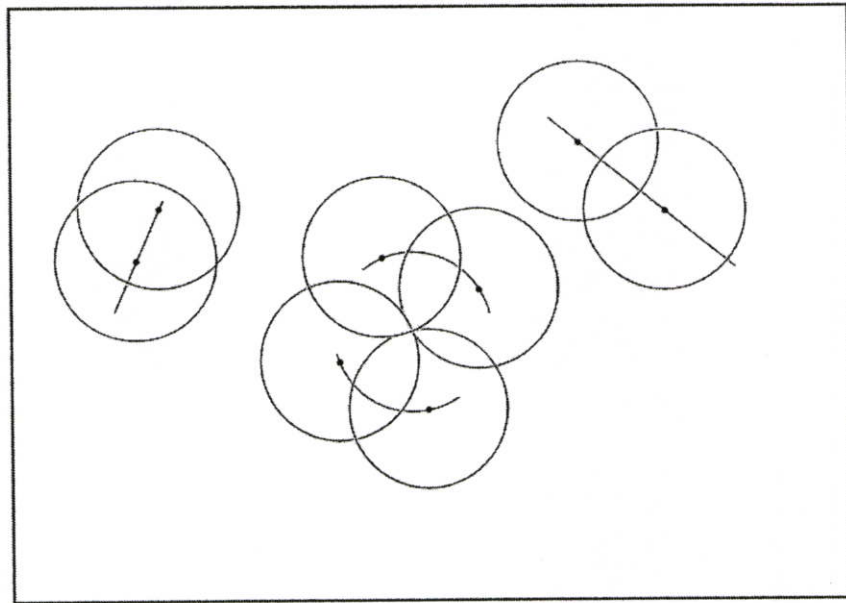
ดังนั้นทุกๆจุดบนเส้นตรงเราจะถือว่าเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลม แนวคิดการค้นหาตำแหน่งวงกลมภายในภาพไบนารีซึ่งได้จากการค้นหาขอบภาพ แสดงภาพลำดับขั้นตอน 4 ขั้นตอนดังรูปที่ 5.3 – 5.6



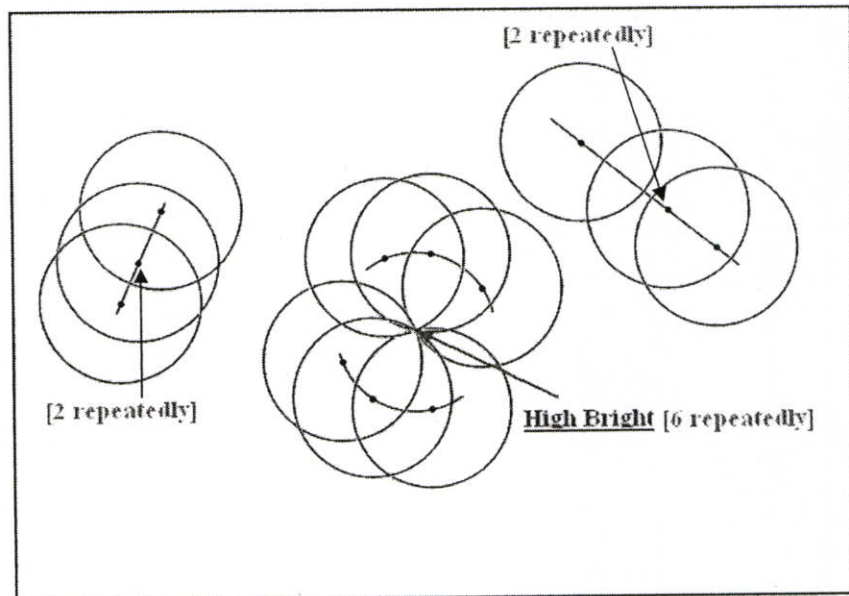
รูปที่ 5.3 ภาพไบนารีซึ่งได้จากการค้นหาขอบภาพประกอบด้วยส่วนรูปวงกลมและ 2 เส้นตรง



รูปที่ 5.4 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 1 วงต่อ 1 เส้น



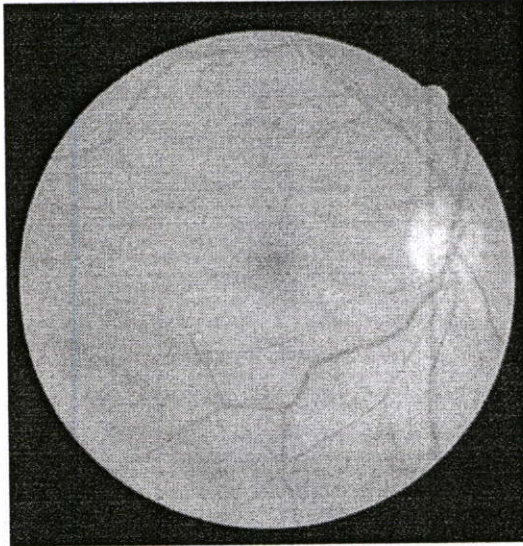
รูปที่ 5.5 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 2 วงต่อ 1 เส้น



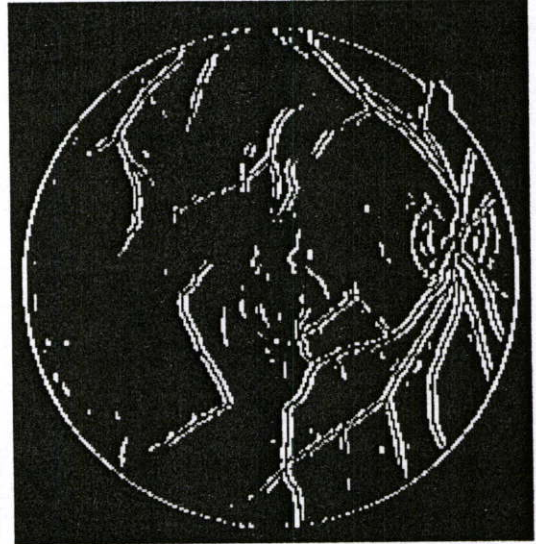
รูปที่ 5.6 พล็อตวงกลมลงบนเส้นตรงและเส้นโค้ง 3 วงต่อ 1 เส้น

จากภาพลำดับขั้นตอนจะเห็นว่าเมื่อพล็อตวงกลม 1 วงต่อทุกเส้นตรงและเส้นโค้งจะเห็นว่ารูปที่ 5.4 จะมีค่าพิกเซลมากที่สุดเท่ากับ 2 ในทำนองเดียวกันกับรูปที่ 5.5 และรูปที่ 5.6 จะมีค่าพิกเซลมากที่สุดเท่ากับ 4 และ 6 ตามลำดับ จากวิธีการทำงานวิจัยนี้ได้นำเสนอจึงสรุปได้ว่าตำแหน่งพิกัดพิกัด (x_{od}, y_{od}) ของค่าพิกเซลสูงสุดเท่ากับหกในรูปที่ 5.6 คือจุดศูนย์กลางของ

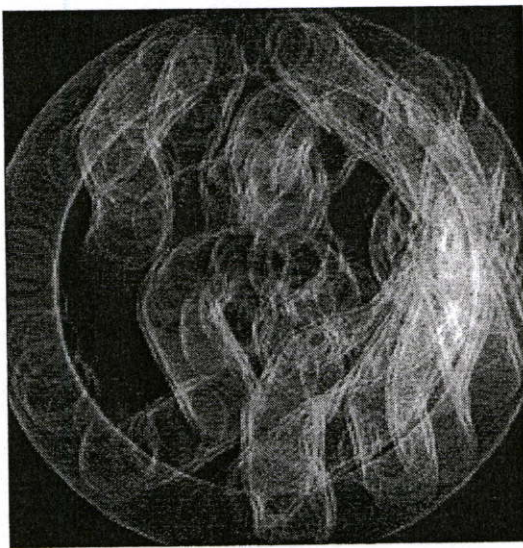
วงกลมที่ทำการค้นหา จากวิธีการที่ได้นำเสนอได้ทำการทดลองค้นหาตำแหน่งวงกลมหรือตำแหน่งของออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตาผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 5.7



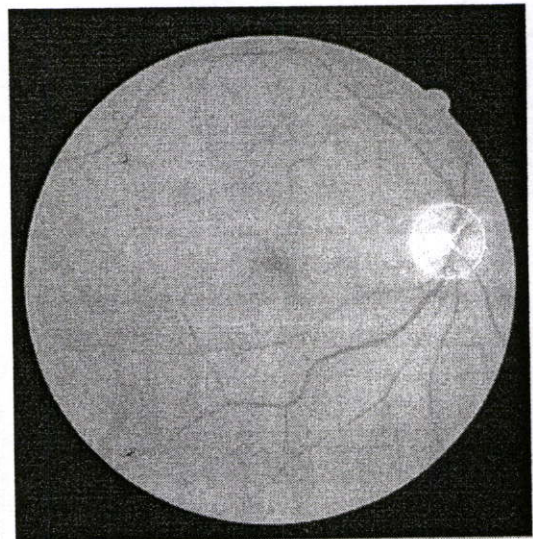
(ก)



(ข)



(ค)



(ง)

รูปที่ 5.7 แสดงผลลัพธ์การค้นหาตำแหน่งออฟติกดิสก์ (ก). ภาพจอประสาทตา (ข). ภาพไบนารีผลลัพธ์จากการค้นหาของภาพ (ค). การค้นหาตำแหน่งวงกลมจากวิธีการที่นำเสนอ (ง). ตำแหน่งของออฟติกดิสก์ที่ถูกต้อง

5.4 การวาดวงกลมและเครื่องหมายกากบาท

เมื่อทราบจุดพิกัดตำแหน่ง (x_{od}, y_{od}) ซึ่งเป็นจุดศูนย์กลางของวงกลมจากพิกเซลที่มีค่าสูงสุดในบทที่แล้ว นำมาคำนวณเพื่อวาดเส้นวงกลมและพล็อตลงบนภาพจอประสาทตา วิธีการสรุปออกเป็นลำดับขั้นตอนนี้

1. คำนวณหาขนาดของวงกลมจากรัศมีที่ได้ทำการประมาณค่าของวงกลม ซึ่งต้องการค้นหาจากรัศมี r_{od} ในบทที่แล้วนำมาคำนวณหาค่าพิกัดตำแหน่ง x ค่ามุม $\cos\theta$ และค่าพิกัดตำแหน่ง y ตามสมการ 5.6 ซึ่งเป็นสมการของวงกลมหนึ่งหน่วยและสามเหลี่ยมพีทาโกรัส [25]

$$x = \frac{r_{od}}{\sqrt{2}}, \quad \cos\theta = \sqrt{1 - \frac{x^2}{r_{od}^2}}, \quad y = r_{od} \times \cos\theta \quad (5.6)$$

โดยกำหนด

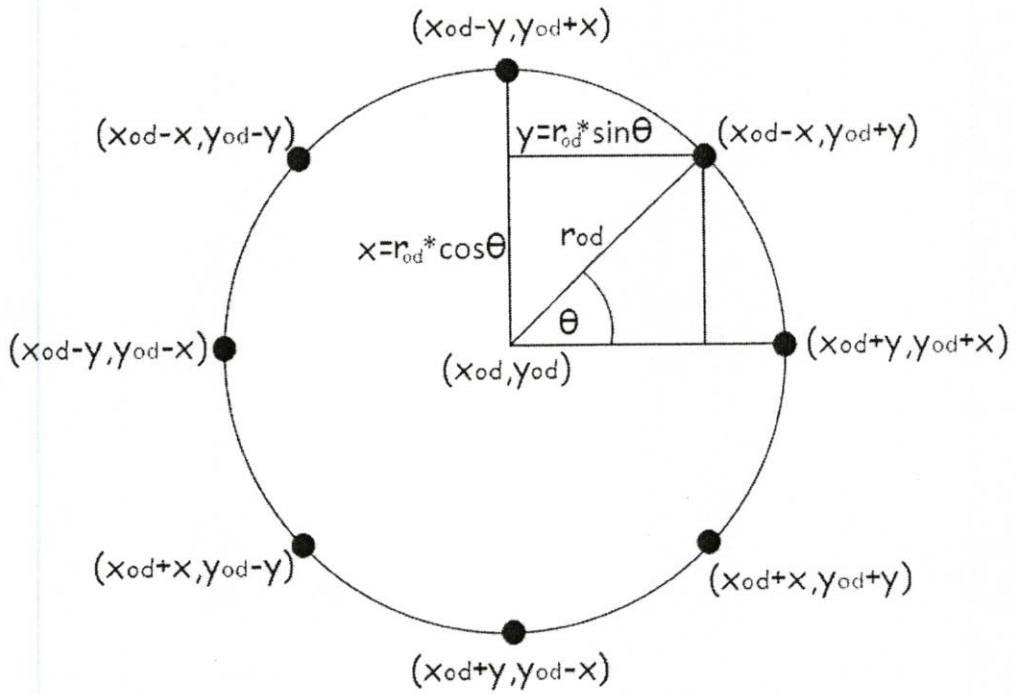
- r_{od} เป็นรัศมีของวงกลมที่ต้องการค้นหา
- θ เป็นมุมระหว่างรัศมี r_{od} กับแกน y (รัศมี r_{od} กับแกน x)
- x เป็นพิกเซลตำแหน่งแถว
- y เป็นพิกเซลตำแหน่งหลัก

2. คำนวณหาตำแหน่งของวงกลมจริงที่ถูกต้องภายในภาพจอประสาทตาโดยใช้จุดพิกัดตำแหน่ง (x_{od}, y_{od}) ของค่าพิกเซลสูงสุดในบทที่ผ่านมาแล้วนำมาบวกรวมกับค่าพิกัดตำแหน่ง (x, y) ของวงกลมที่สร้างขึ้นในข้อที่ 1 จำนวนทั้งหมด 8 พิกัดตำแหน่งรอบวงกลมตามสมการที่ 5.7 หรืออัลกอริทึม 8 ทิศทาง (8-way algorithm) [26] และแสดงดังรูปที่ 5.8

$$\begin{aligned} &(x_{od} + x, y_{od} + y), (x_{od} + y, y_{od} + x), (x_{od} + y, y_{od} - x), (x_{od} + x, y_{od} - y), \\ &(x_{od} - x, y_{od} - y), (x_{od} - y, y_{od} - x), (x_{od} - y, y_{od} + x), (x_{od} - x, y_{od} + y) \end{aligned} \quad (5.7)$$

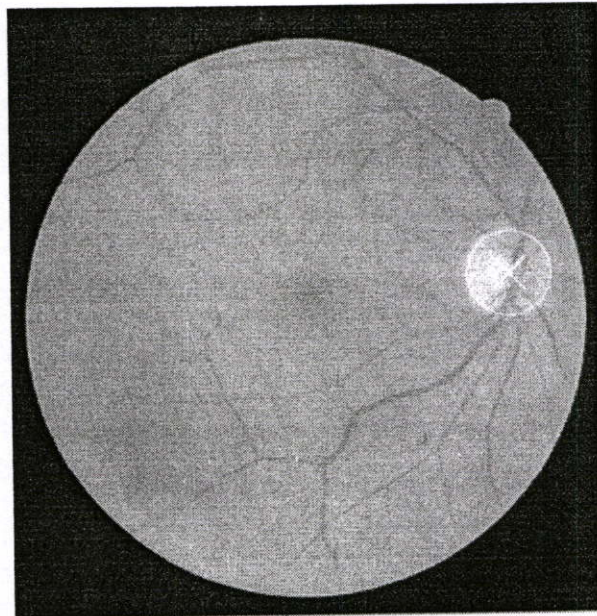
โดยกำหนด

- x เป็นพิกเซลตำแหน่งแถว
- y เป็นพิกเซลตำแหน่งหลัก
- x_{od} เป็นตำแหน่งแถวของจุดศูนย์กลางออฟติกดิสก์
- y_{od} เป็นตำแหน่งหลักของจุดศูนย์กลางออฟติกดิสก์



รูปที่ 5.8 พิกัดตำแหน่ง 8 ตำแหน่งรอบวงกลม

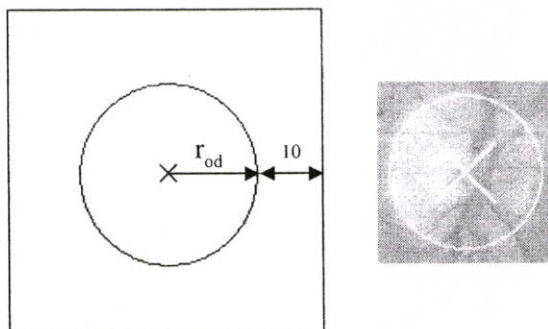
3. การพล็อตเครื่องหมายกากบาทจากจุดพิกัด (x_{od}, y_{od}) และวงกลมตามสมการที่ 5.7 ลงบนภาพจอประสาทตาโดยใช้โปรแกรม MATLAB แสดงดังรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 การพล็อตเครื่องหมายกากบาทและวงกลมเพื่อระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์

5.5 การแยกพื้นที่ของออฟติกดิสก์

การแยกพื้นที่ของออฟติกดิสก์ออกจากภาพจอประสาทตาทำโดยกำหนดระยะห่างของความยาวครึ่งหนึ่งของสี่เหลี่ยมจตุรัส ออกจากจุดศูนย์กลางของออฟติกดิสก์มีค่าเท่ากับค่ารัศมีของออฟติกดิสก์บวกสิบพิกลเซลจากนั้นแยกส่วนออฟติกดิสก์ออกจากภาพจอประสาทตาได้ผลลัพธ์แสดงดังรูปที่ 5.10



รูปที่ 5.10 วิธีการแยกตำแหน่งของออฟติกดิสก์

5.6 สรุป

เทคนิควิธีการค้นหาวงกลมจะสามารถค้นหาตำแหน่งของวงกลมได้ถูกต้องแม่นยำเพียงใดนั้นจะขึ้นอยู่กับภาพไบนารีผลลัพธ์จากการค้นหาเส้นขอบภาพในบทที่ผ่านมา โดยภาพไบนารีที่เหมาะสมกับการค้นหาตำแหน่งวงกลมนั้นจะต้องประกอบด้วยเส้นขอบภาพที่ไม่มากเกินไปเพราะจะทำให้การค้นหาตำแหน่งวงกลมใช้เวลานาน หากเราสามารถควบคุมเส้นขอบภาพภายในภาพไบนารีได้ก็จะส่งผลให้สามารถระบุตำแหน่งวงกลมได้ถูกต้องแม่นยำและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

บทที่ 6

การทดลองและผลการทดลอง

6.1 บทนำ

บทนี้จะเป็นการนำเสนอผลการทดลองการระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์ของภาพจอประสาทตาและการเปรียบเทียบวัดประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการระบุตำแหน่ง ออฟติกดิสก์ที่ผ่านมาของนักวิจัยในอดีต และได้นำเสนอผลการทดลองเพิ่มเติมการวัดเวลาการคำนวณตำแหน่งออฟติกดิสก์ต่อหนึ่งภาพและนำเสนอจุดศูนย์กลางพิกัดตำแหน่ง XY ภายในภาพของออฟติกดิสก์

6.2 ขอบเขตการทดลอง

สำหรับการทดลองเพื่อระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์จะถูกแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้คือ 1). การสร้างภาพระบบขาวดำ 2). การค้นหาขอบภาพ 3). การค้นหาเส้นวงกลม 4). การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ 5). การเปรียบเทียบและนำเสนอผลการทดลอง

ภาพจอประสาทตาที่ใช้เป็นภาพสีระบบ RGB ถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ Tagged Image Format (TIF) จำนวนทั้งหมด 40 ภาพ ข้อมูลภาพจอประสาทตาแต่ละภาพมีขนาด 565x584 พิกเซล จากฐานข้อมูล Digital Retinal Images for Vessel Extraction (DRIVE) ของผู้ป่วยที่มีอายุอยู่ระหว่าง 25-90 ปี จากข้อมูลทั้งหมด 40 ภาพ ถูกแบ่งออกเป็น 33 ภาพของจอประสาทตาที่มีสุขภาพสมบูรณ์ และ 7 ภาพของจอประสาทตาที่เป็นโรคผลการทดลองได้ทำการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการ Window XP ใช้หน่วยประมวลผล AMD Turion 64-bit (1.60GHz) มีหน่วยความจำ 1 GB และใช้โปรแกรม MATLAB 7.4

6.3 ผลการทดลองของการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์

ผลการทดลองระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์จากภาพจอประสาทตาจำนวนทั้งหมด 40 ภาพ ผลลัพธ์ที่ได้ สามารถค้นหาตำแหน่งออฟติกดิสก์ได้ถูกต้อง 39 ภาพ และไม่สามารถค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์ได้ถูกต้อง 1 ภาพ การประเมินค่าของวิธีการที่นำเสนอสามารถคำนวณได้ตามสมการที่ 6.1 การทดลองนี้มีประสิทธิภาพ 97.5 เปอร์เซ็นต์ ผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพระหว่างงานวิจัยนี้กับงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงดังตารางที่ 6.1

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

โดยกำหนด

Performance เป็นประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ

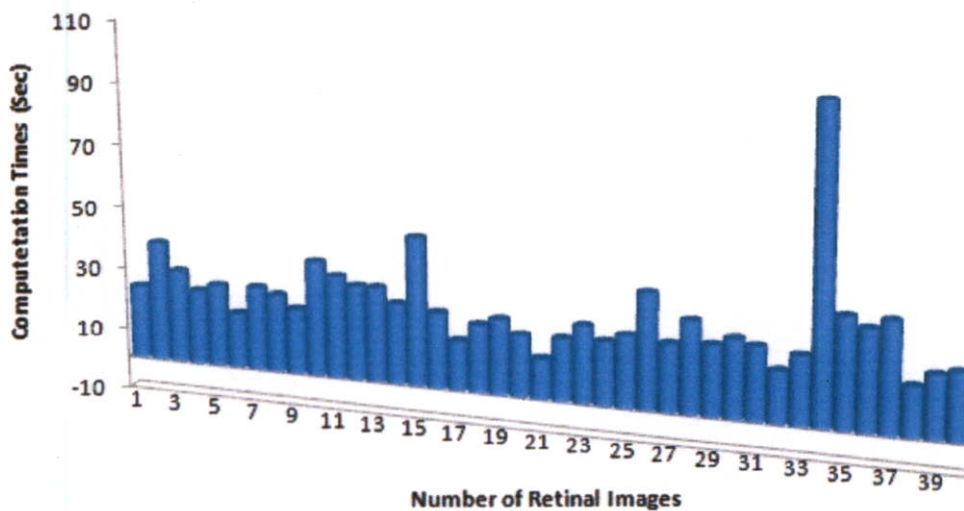
True positions identified เป็นตำแหน่งที่ระบุถูกต้องของภาพ

Total images เป็นจำนวนภาพทั้งหมดที่ใช้ทดลอง

ตารางที่ 6.1 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพ

Algorithms	Performance (%)
Hoover [11]	89.00
Foracchia [12]	97.50
Our Method	97.50

สำหรับประสิทธิภาพระยะเวลาการคำนวณเพื่อค้นหาตำแหน่งออฟติกดิสก์ต่อหนึ่งภาพของงานวิจัยนี้แสดงดังรูปที่ 6.1 จากรูปจะเห็นว่ารูปที่ 34 จะใช้เวลาการคำนวณนานที่สุดเพราะจำนวนเส้นขอบภาพมากและวงกลมของออฟติกดิสก์มีขนาดใหญ่ที่สุด



รูปที่ 6.1 ประสิทธิภาพการคำนวณค้นหาตำแหน่งออฟติกดิสก์ต่อหนึ่งภาพ

สำหรับจุดศูนย์กลางพิกัดตำแหน่ง (x_{od}, y_{od}) ของออฟติกดิสก์ที่สามารถระบุได้โดยใช้วิธีการที่นำเสนอจากงานวิจัย ผลการทดลองกับภาพจอประสาทตาจำนวนทั้งหมด 40 ภาพ แสดงดังตารางที่ 6.2

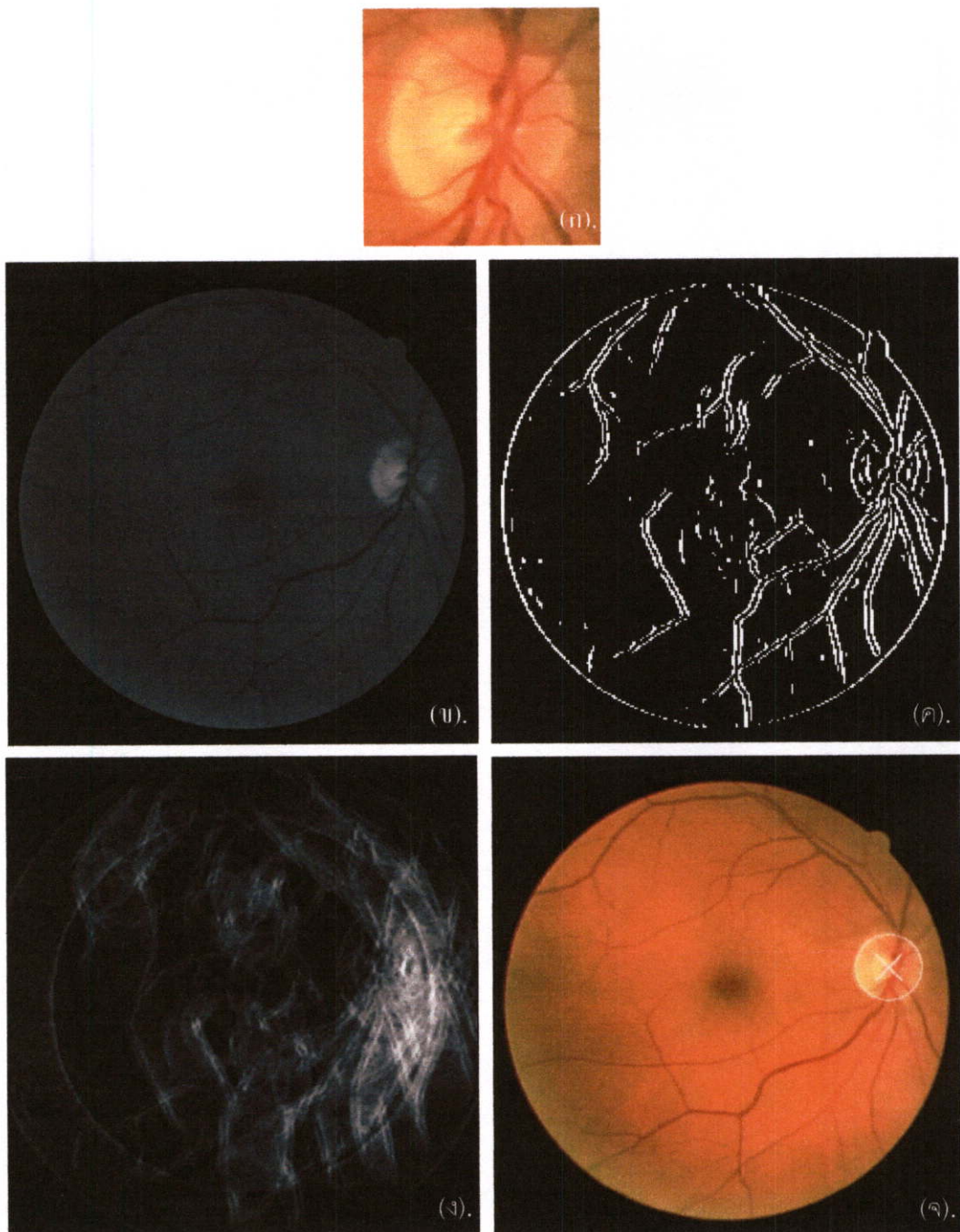
ตารางที่ 6.2 ผลการทดลองระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์

Images	r_{od}	(x_{od}, y_{od})	Identification	Images	r_{od}	(x_{od}, y_{od})	Identification
01_test.tif	38	(90,263)	True	21_training.tif	40	(80,260)	True
02_test.tif	48	(463,275)	True	22_training.tif	35	(470,268)	True
03_test.tif	50	(75,280)	Fault	23_training.tif	38	(435,230)	True
04_test.tif	48	(353,278)	True	24_training.tif	38	(475,290)	True
05_test.tif	40	(90,260)	True	25_training.tif	45	(465,270)	True
06_test.tif	40	(463,273)	True	26_training.tif	45	(90,278)	True
07_test.tif	38	(485,293)	True	27_training.tif	43	(488,283)	True
08_test.tif	50	(498,278)	True	28_training.tif	53	(503,260)	True
09_test.tif	40	(98,270)	True	29_training.tif	40	(495,278)	True
10_test.tif	50	(478,283)	True	30_training.tif	38	(488,295)	True
11_test.tif	43	(78,268)	True	31_training.tif	55	(390,245)	True
12_test.tif	45	(90,268)	True	32_training.tif	40	(488,290)	True
13_test.tif	50	(500,273)	True	33_training.tif	40	(468,308)	True
14_test.tif	38	(478,283)	True	34_training.tif	98	(355,233)	True
15_test.tif	45	(198,283)	True	35_training.tif	43	(80,278)	True
16_test.tif	40	(478,258)	True	36_training.tif	38	(470,283)	True
17_test.tif	40	(463,268)	True	37_training.tif	40	(488,295)	True
18_test.tif	40	(473,260)	True	38_training.tif	35	(488,280)	True
19_test.tif	38	(488,275)	True	39_training.tif	50	(85,260)	True
20_test.tif	38	(480,283)	True	40_training.tif	35	(493,35)	True

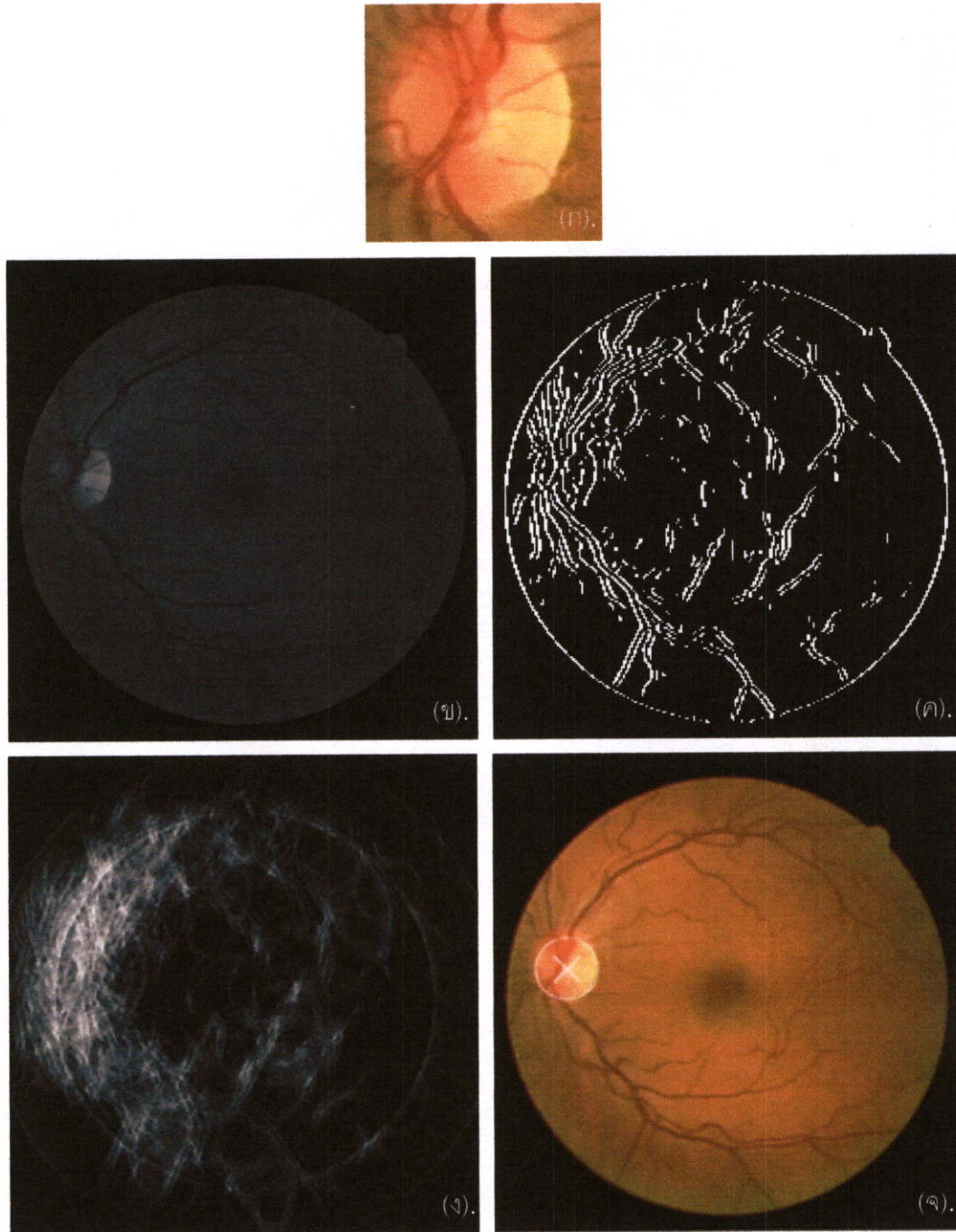
* (x_{od}, y_{od}) เป็นจุดศูนย์กลางพิกัดตำแหน่ง XY ของออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตา

* r_{od} เป็นรัศมีวงกลมของออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตา

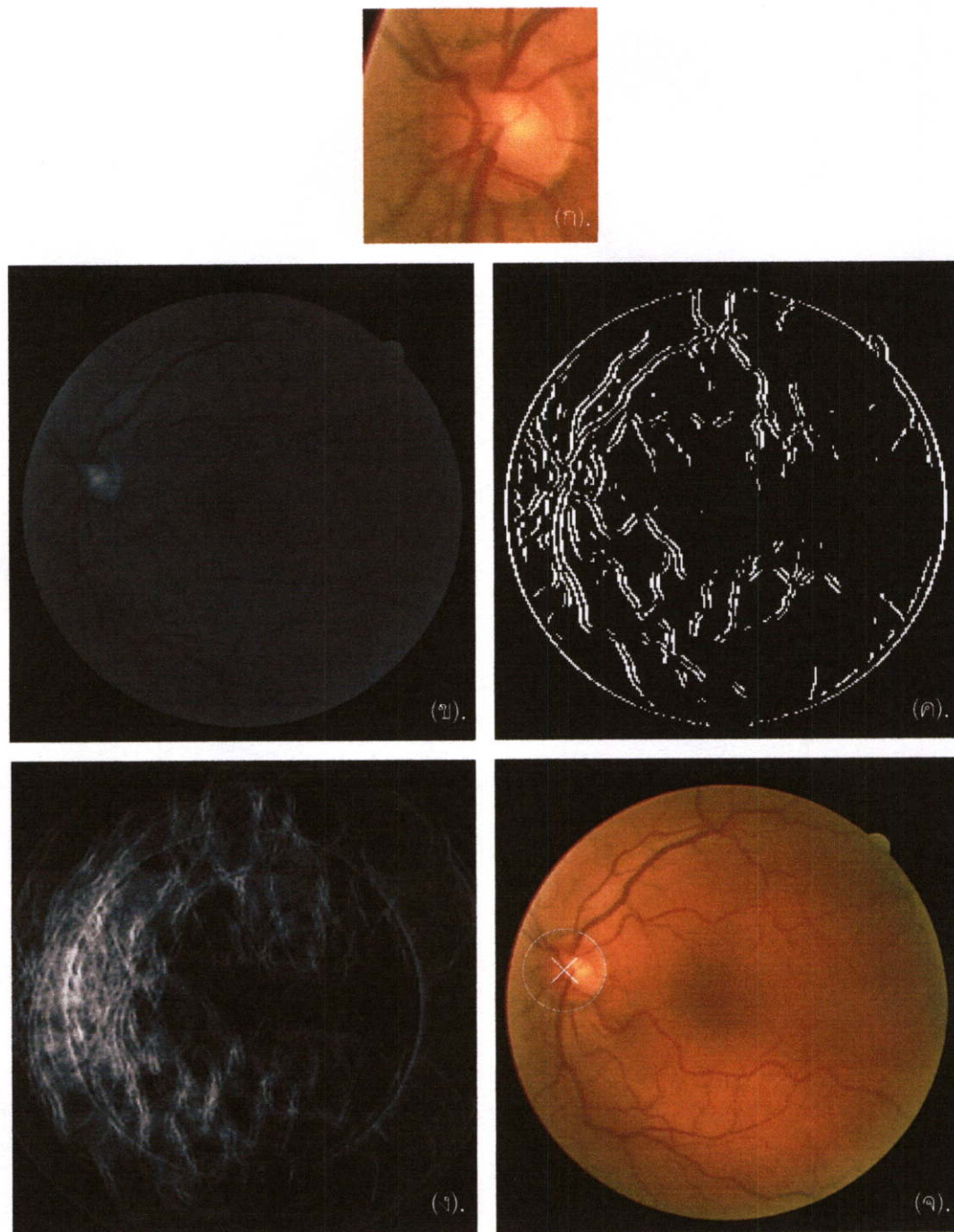
เนื่องจากภาพผลการทดลองมีจำนวนมาก ผู้เขียนจึงวิเคราะห์ที่เลือกนำเสนอเฉพาะภาพสำคัญสำหรับวิเคราะห์ลักษณะที่ต่างกันระหว่างภาพ ต่อการระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์กับภาพจอประสาทตาสุขภาพดีและภาพจอประสาทตาเป็นโรค ภาพทั้งหมดแสดงดังรูปที่ 6.2 – 6.7



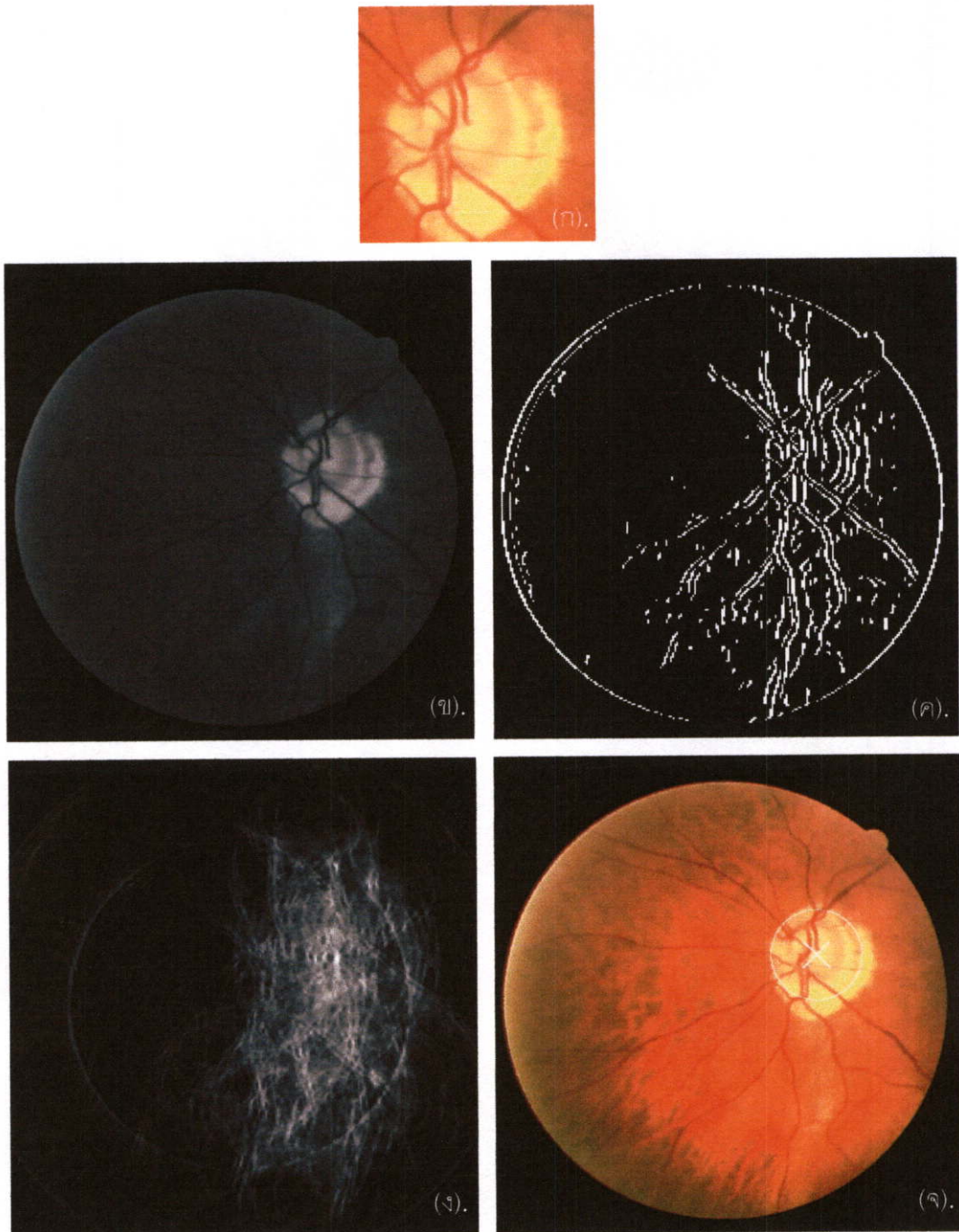
รูปที่ 6.2 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติกดิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 16_test.tif
 (ก). พื้นที่ของออฟติกดิสก์ (ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ
 (ค). การประยุกต์ใช้การค้นหามุมภาพ (ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ
 (จ). การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ถูกต้อง



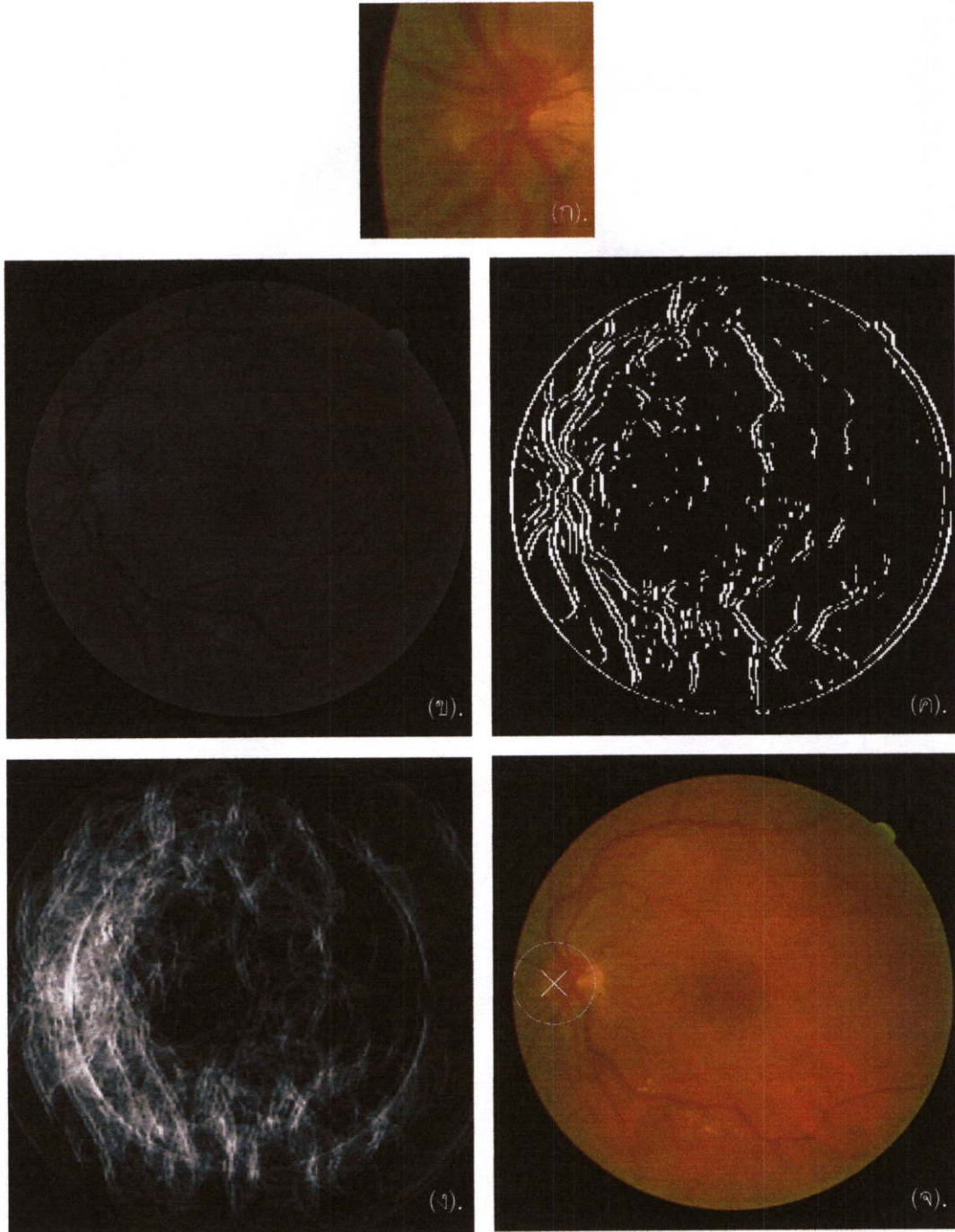
รูปที่ 6.3 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติกดิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 01_test.tif
 (ก). พื้นที่ของออฟติกดิสก์ (ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ
 (ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ (ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่น่าเสนอ
 (จ). การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ถูกต้อง



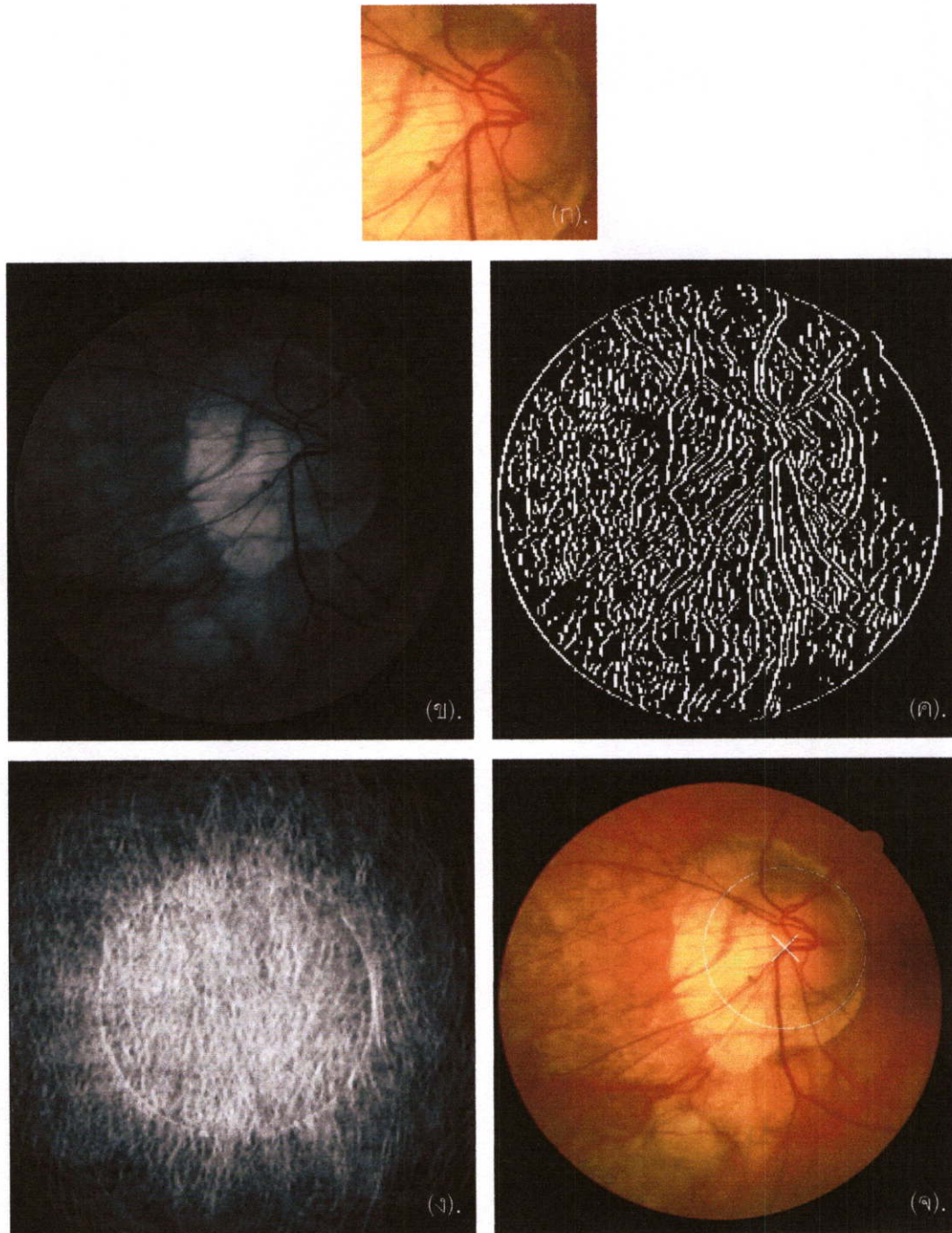
รูปที่ 6.4 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติกดิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 39_training.tif
 (ก). พื้นที่ของออฟติกดิสก์ (ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ
 (ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ (ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ
 (จ). การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ถูกต้อง



รูปที่ 6.5 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติกดิสก์ตาเป็นโรคของภาพที่ 31_training.tif
 (ก). พื้นที่ของออฟติกดิสก์ (ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ
 (ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ (ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ
 (จ). การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ถูกต้อง



รูปที่ 6.6 ผลการระบุตำแหน่งผิดพลาดของออฟติกดิสก์ของตาสุขภาพดี ภาพที่ 03_test.tif
 (ก). พื้นที่ของออฟติกดิสก์ (ข). ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ
 (ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาลักษณะขอบภาพ (ง). เทคนิคการค้นหาลักษณะวงกลมที่นำเสนอ
 (จ). การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ผิดพลาด



รูปที่ 6.7 ผลการระบุตำแหน่งถูกต้องของออฟติกดิสก์ของตาเป็นโรค ภาพที่ 34_training.tif
 (ก). พื้นที่ของออฟติกดิสก์ ข. ภาพจอประสาทตาในระบบขาวดำ
 (ค). การประยุกต์ใช้การค้นหาขอบภาพ (ง). เทคนิคการค้นหาวงกลมที่นำเสนอ
 (จ). การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ถูกต้อง

6.4 สรุป

ผลการทดลองการระบุตำแหน่งของออฟติคดิสก์เสร็จสมบูรณ์ สามารถระบุตำแหน่งได้ถูกต้องเป็นอย่างดีเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมาในอดีต อีกทั้งงานวิจัยนี้ยังได้นำเสนอผลการทดลองเพิ่มเติม ในส่วนของการวัดประสิทธิภาพการคำนวณของเวลามีหน่วยเป็นวินาทีต่อภาพจอประสาทตาหนึ่งภาพ ผลการแยกพื้นที่ของออฟติคดิสก์ก็สามารถแยกได้ถูกต้อง และสุดท้ายได้ทำการวัดค่ารัศมีของออฟติคดิสก์ของทุกภาพ รวมทั้งยังแสดงจุดศูนย์กลางพิกัดตำแหน่ง XY ของภาพจอประสาทตาทุกภาพอีกด้วย

บทที่ 7

สรุปผลการวิจัยและแนวทางการพัฒนา

ปัจจุบันนี้การแพทย์เข้ามามีส่วนร่วมกับชีวิตประจำวันอย่างมาก งานทางด้านทางการแพทย์ที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพนับว่าเป็นหนึ่งที่น่าสนใจ ผู้เขียนได้เล็งเห็นความสำคัญกับการนำประโยชน์มาใช้งานในการช่วยลดการทำงานของแพทย์ในเบื้องต้นและยังทำหน้าที่เป็นสะพานเชื่อมต่อระหว่างแพทย์และวิศวกร งานวิจัยที่ได้นำเสนอในวิทยานิพนธ์เล่มนี้จะเป็นการประมวลผลภาพทางการแพทย์โดยใช้ภาพจอประสาทตา จากนั้นจะค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักอันดับหนึ่งในภาพจอประสาทตาโดยแพทย์จะวิเคราะห์ลักษณะของออฟติกดิสก์แล้วระบุว่าดวงตาผิดปกติเป็นโรคชนิดใด

ผลการทดลองจากวิธีการที่นำเสนอในวิทยานิพนธ์เล่มนี้เสร็จสมบูรณ์ สามารถระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ได้ถูกต้อง งานวิจัยนี้มีประสิทธิภาพ 97.50% แสดงดังตารางที่ 6.1 จากการระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์ทั้งหมด 40 ภาพจากฐานข้อมูล DRIVE

ภาพจอประสาทตาทั้งหมด 40 ภาพ ถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ TIF แต่ละภาพมีขนาด 565x584 พิกเซล จะถูกแบ่งออกเป็น 2 ชุด คือ 1). Test Set และ 2). Training Set รายละเอียดในแต่ละชุด โดยชุด Test Set จะมีทั้งหมด 20 ภาพ ชื่อรหัสของภาพที่หนึ่งถึงภาพที่ยี่สิบคือ 01_test.tif - 20_test.tif และ โดยชุด Training Set จะมีทั้งหมด 20 ภาพ ชื่อรหัสของภาพที่ยี่สิบเอ็ดถึงภาพที่สี่สิบคือ 21_training.tif - 40_training.tif ภาพทั้งหมดสามารถระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ได้ถูกต้อง 39 ภาพ และภาพที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้คือภาพที่ 03_test.tif แสดงดังรูป 6.6

จากภาพผลการทดลองในบทที่ 6 สำหรับรูปที่ 6.2 - 6.7 แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กรณี คือ ระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์กับภาพตาที่เป็นโรคและระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์กับภาพตาสุขภาพดี ภาพที่ใช้เวลาในการคำนวณมากที่สุดคือภาพที่ 34_training.tif ใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 109 วินาที เพราะมีเส้นขอบภาพจำนวนมากในภาพไบนารีหลังจากทำการค้นหาขอบภาพและในทางตรงกันข้ามกับภาพที่ใช้เวลาการคำนวณน้อยที่สุดคือภาพที่ 21_training.tif ใช้เวลาดำเนินการทั้งสิ้น 16 วินาที เพราะมีเส้นขอบภาพในภาพไบนารีน้อยที่สุด ค่าประสิทธิภาพการคำนวณของเวลาในแต่ละภาพ แสดงดังรูปที่ 6.1 ค่าจุดพิกัดตำแหน่ง XY ภายในภาพและรัศมีของออฟติกดิสก์แสดงดังตารางที่ 6.2 จากในตารางจะเห็นว่าค่ารัศมีออฟติกดิสก์มากที่สุดคือภาพที่ 34_training.tif มีรัศมีออฟติกดิสก์ยาว 98 พิกเซล และในทางตรงกันข้ามค่ารัศมีออฟติกดิสก์น้อยที่สุดคือภาพที่ 22_training.tif, 38_training.tif, และภาพที่ 40_training.tif ภาพทั้งสามภาพมีรัศมีออฟติกดิสก์ยาว 35 พิกเซล ดังนั้นการกำหนดการประมาณค่าของรัศมีของออฟติกดิสก์ของงานวิจัยนี้จึงมีค่าอยู่ในช่วง 35 พิกเซลถึง 98 พิกเซล

สำหรับการระบุตำแหน่งของออฟติกคิสก์ ข้อผิดพลาดของผลการทดลองมาจากภาพต้นฉบับและวิธีการค้นหาเส้นขอบภาพ จากภาพที่ไม่สามารถค้นหาตำแหน่งได้ถูกต้องสามารถสรุปเป็นข้อได้ดังนี้

- 1) ภาพต้นฉบับมีรูปทรงของออฟติกคิสก์ไม่เป็นรูปวงกลม
- 2) ภาพต้นฉบับมีรูปทรงใกล้เคียงกับรูปทรงกลม แต่ไม่สามารถค้นหาเส้นขอบภาพให้เกิดมีส่วนเส้นขอบภาพลักษณะคล้ายรูปทรงกลมได้ในบริเวณของตำแหน่งออฟติกคิสก์
- 3) การควบคุมระดับความเข้มและความสว่างภายในภาพจอประสาทตา ยังไม่สามารถควบคุมให้เกิดความแตกต่างของระดับความสว่างบริเวณตำแหน่งของออฟติกคิสก์และบริเวณใกล้เคียงได้ ทำให้การค้นหาขอบภาพมีประสิทธิภาพน้อยลง
- 4) ภาพจอประสาทตาที่เป็นโรคและมีกลุ่มไขมันภายในภาพจอประสาทตา

วิธีการที่นำเสนอจากงานวิจัยนี้สามารถพัฒนาต่อได้โดยการประยุกต์ใช้สร้างเป็นซอฟต์แวร์โปรแกรมพื้นฐานในการสนับสนุนแพทย์ช่วยระบุองค์ประกอบหลักค้นหาตำแหน่งของออฟติกคิสก์ภายในภาพจอประสาทตาเบื้องต้น หรือทำงานวิจัยต่อเนื่อง โดยการระบุองค์ประกอบหลักอื่นภายในภาพจอประสาทตา เช่น ค้นหาแยกแยะกลุ่มเส้นเลือดจากภาพจอประสาทตา การแยกแยะกลุ่มไขมันจากภาพจอประสาทตา การระบุตำแหน่ง Bifurcations ภายในกลุ่มเส้นเลือด เป็นต้น ซึ่งในปัจจุบันงานทางด้านการประมวลผลภาพจะเข้ามามีส่วนเกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตประจำวันเพิ่มมากขึ้น

บรรณานุกรม

- [1] ศักดิ์ชัย วงศกิตติรักษ์ และ โกศล คำพิทักษ์, "ตำราจักษุวิทยา" สาขาวิชาจักษุวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, 2548.
- [2] <http://www.mrcophth.com/opticdisccases/commonopticdisccases.html>
- [3] <http://www.isi.uu.nl/Research/Databases/DRIVE/>
- [4] <http://www.stlukeseye.com/Anatomy.asp>
- [5] http://www.topcharoen.co.th/web/expert_detail.php?id=30
- [6] http://www.mut.ac.th/%7Evet/Anat-html/eno-special/special_endo.html
- [7] <http://www.thainakarin.co.th/tipsdetailth.php?id=71>
- [8] ดร.ประเสริฐ ผดุงเกียรติสกุล, "สายตาสั้น (Myopia)."
- [9] http://www.nanosweb.org/patient_info/brochures/drusen.asp
- [10] <http://www.clevelandclinic.org/health/health-info/docs/3800/3864.asp?index=12326>
- [11] Adam Hoover and Michael Goldbaum, "Locating the Optic Nerve in a Retinal Image Using the Fuzzy Convergence of the Blood Vessels," IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 22, No. 8, August, 2003.
- [12] M. Foracchia, E. Grisan, and A. Ruggeri, "Detection of Optic Disc in Retinal Images by Means of a Geometrical Model of Vessel Structure," IEEE Transactions on Medical Imaging Vol. 23, No. 10, October, 2004.
- [13] Huiqi Li and Opas Chutatape, "Images by a Model Based Approach Automated Feature Extraction in Color Retinal," IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 51, No. 2, February, 2004.
- [14] Viranee Thongnuch and Bunyarit Uyyanonvara, "Automatic Detection of Optic Disc from Fundus Images of ROP Infant Using 2D Circular Hough Transform," ISBME2006, November 8-10, 2006.
- [15] Chanjira Sinthanayothin, James F Boyce, Helen L Cook, Tom H Williamson, "Automated Localisation of the Optic Disc, Fovea, and Retinal Blood Vessels from Digital Colour Fundus Images," British Journal of Ophthalmology, August, 1999.
- [16] E. Corona, S. Mitra, M. Wilson, T. Krile, Y. H. Kwon, P. Soliz, "Digital stereo image analyzer for generating automated 3-D measures of optic disc deformation in glaucoma," IEEE Transactions on Medical Imaging, 21(10), 2002, 1244 - 1253.
- [17] http://www.softanware.com/article_html/electronic72.htm

- [18] <http://www.prc.ac.th/newart/webart/colour08.html>
- [19] <http://www.engr.udayton.edu/faculty/jloomis/ece563/notes/color/GrayScale/grays.html>
- [20] <http://pioneer.netserv.chula.ac.th/~kchawan/histogram/his.html>
- [21] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S.L. Eddins, **Digital Image Processing Using MATLAB**. Pearson Prentice Hall, 2004.
- [22] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, pp. 679-698, 1986.
- [23] <http://www.csse.uwa.edu.au/~pk/Research/MatlabFns/>
- [24] Mark Nixon and Alberto Aguado, **Feature Extraction and Image Processing**. Newnes, 2002.
- [25] <http://www.songsang.ac.th/data/Trigonometry1/index.html>
- [26] <http://escience.anu.edu.au/lecture/cg/Circle/printNotes.en.html>

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

โปรแกรมที่ใช้ในการระบุตำแหน่งออฟติคดิสก์

```

%*****%
%
% Main program
%
%*****%
%clear screen, clear all parameters, close all windows
clc, clear all, close all

%start time
tic
%-----
% image set 1 from DRIVE
im = imread('resultG/01_test.bmp','bmp');

imc = imread('color/01_test.tif','tif');

% image set 2 from DRIVE
% im = imread('resultG/31_training.bmp','bmp');
%
% imc = imread('color/31_training.tif','tif');
%-----

% define range of Optic disc

% number 2,3,4,8,9,10,11,12,15,25,26,27,31,35
%   lODradius = 18;
%   uODradius = 50;

% number 1,5,6,13,14,16,17,18,19,20,21,22,23,24,29,30,32,33,36,37
%   lODradius = 15;
%   uODradius = 40;

% number 7
%   lODradius = 17;%don't edit
%   uODradius = 38;

% number 28
%   lODradius = 18;%don't edit
%   uODradius = 52;

% number 38,40
%   lODradius = 17;%don't edit
%   uODradius = 35;

% number 34
%   lODradius = 50;%don't edit
%   uODradius = 100;

% number 39
%   lODradius = 40;%don't edit
%   uODradius = 50;

% define scaling factor to speed up Hough transform
scaling = 0.4;

reflecthres = 240;

% find the optic disc boundary
lradsc = round(lODradius*scaling);
uradsc = round(uODradius*scaling);
rd = round(uODradius*scaling - lODradius*scaling);

```

```

% generate the edge image
sigma = 2; vert = 1.00; horz = 0.00;
[I2 or] = canny(im, sigma, scaling, vert, horz);
I3 = adjgamma(I2, 1.9);
I4 = nonmaxsup(I3, or, 1.5);
hithres = 0.20; lowthres = 0.19;
edgeimage = hysthresh(I4, hithres, lowthres);

% perform the circular Hough transform
h = houghcircle(edgeimage, lradsc, uradsc);

maxtotal = 0;

% find the maximum in the Hough space, and hence
% the parameters of the circle
for i=1:rd

    layer = h(:, :, i);
    [maxlayer] = max(max(layer));

    if maxlayer > maxtotal

        maxtotal = maxlayer;

        r = int32((lradsc+i) / scaling);

        [row,col] = ( find(layer == maxlayer) );

        row = int32(row(1) / scaling); % returns only first max
value
        col = int32(col(1) / scaling);

    end

end

circleOD = [row col r];

rowd = double(row);
cold = double(col);
rd = double(r);

irl = round(rowd-rd);
iru = round(rowd+rd);
icl = round(cold-rd);
icu = round(cold+rd);

imgsize = size(im);

if irl < 1
    irl = 1;
end

if icl < 1
    icl = 1;
end

if iru > imgsize(1)
    iru = imgsize(1);
end

```

```

if icu > imgsize(2)
    icu = imgsize(2);
end

% to find the optic disc, use just the region within the previously
% detected optic disc boundary
d = 10;

imageOD = im((irl-d):(iru+d), (icl-d):(icu+d));

%create layer optic disc circle
imagewithcircles = uint8(im);

%get pixel coords for circle around optic disc
[x,y] =
circlecoords([circleOD(2),circleOD(1)],circleOD(3),size(im));
ind1 = sub2ind(size(im),double(y),double(x));

savefile = 'circleOD.mat';
save(savefile,'ind1','circleOD');

% Write circles overlayed
imagewithcircles(ind1) = 255;

%Write circles overlayed color
%imageOD = im((irl-10):(iru+10), (icl-10):(icu+10));
r = imc(:,:,1);
r1 = imc(:,:,1);
r(ind1) = 255;
r1 = r1((irl-d):(iru+d), (icl-d):(icu+d));
g = imc(:,:,2);
g1 = imc(:,:,2);
g(ind1) = 255;
g1 = g1((irl-d):(iru+d), (icl-d):(icu+d));
b = imc(:,:,3);
b1 = imc(:,:,3);
b(ind1) = 255;
b1 = b1((irl-d):(iru+d), (icl-d):(icu+d));

imc(:,:,1) = r;
imc(:,:,2) = g;
imc(:,:,3) = b;

imc1(:,:,1) = r1;
imc1(:,:,2) = g1;
imc1(:,:,3) = b1;

% Show output region outer edge of optic disc circle
figure, imshow(edgeimage);
figure, imshow(imageOD);
figure, imshow(imc1);
figure, imshow(imagewithcircles);

hold on
plot(circleOD(2),circleOD(1),'wx','markersize',35,'LineWidth',2)

% Show output region outer edge of optic disc circle color

figure, imshow(imc);

hold on
plot(circleOD(2),circleOD(1),'wx','markersize',35,'LineWidth',2)

```

```

%-----
% image set 1 from DRIVE
imwrite(edgeimage, 'OD/01_test_edge.bmp', 'bmp');
imwrite(imageOD, 'OD/01_test_od.bmp', 'bmp');
imwrite(imagewithcircles, 'OD/16_test_rod.bmp', 'bmp');
imwrite(imc1, 'OD/01_test_aadc.bmp', 'bmp');

%image set 2 from DRIVE
% imwrite(edgeimage, 'OD/31_training_edge.bmp', 'bmp');
% imwrite(imageOD, 'OD/31_training_od.bmp', 'bmp');
% imwrite(imagewithcircles, 'OD/31_training_rod.bmp', 'bmp');
% imwrite(imc1, 'OD/31_training_aadc.bmp', 'bmp');

%-----
%stop time
time = toc;

%*****%
%
%                               Canny Function                               %
%*****%
function [gradient, or] = canny(im, sigma, scaling, vert, horz)

xscaling = vert;
yscaling = horz;

hsize = [6*sigma+1, 6*sigma+1]; % The filter size.

gaussian = fspecial('gaussian', hsize, sigma);
im = filter2(gaussian, im); % Smoothed image.

im = imresize(im, scaling);

[rows, cols] = size(im);

h = [ im(:, 2:cols) zeros(rows, 1) ] - [ zeros(rows, 1)
im(:, 1:cols-1) ];
v = [ im(2:rows, :) zeros(1, cols) ] - [ zeros(1, cols); im(1:rows-
1, :) ];
d1 = [ im(2:rows, 2:cols) zeros(rows-1, 1); zeros(1, cols) ] - ...
[ zeros(1, cols); zeros(rows-1, 1)
im(1:rows-1, 1:cols-1) ];
d2 = [ zeros(1, cols); im(1:rows-1, 2:cols) zeros(rows-1, 1); ] - ...
[ zeros(rows-1, 1) im(2:rows, 1:cols-
1); zeros(1, cols) ];

X = ( h + (d1 + d2)/2.0 ) * xscaling;
Y = ( v + (d1 - d2)/2.0 ) * yscaling;

gradient = sqrt(X.*X + Y.*Y); % Gradient amplitude.

or = atan2(-Y, X); % Angles -pi to + pi.
neg = or < 0; % Map angles to 0-pi.
or = or.*~neg + (or+pi).*neg;
or = or*180/pi; % Convert to degrees.

```

```

%*****%
%                               Adjust Gamma Function                               %
%*****%
function newim = adjgamma(im, g)

    if g <= 0
        error('Gamma value must be > 0');
    end

    if isa(im,'uint8');
        newim = double(im);
    else
        newim = im;
    end

    % rescale range 0-1
    newim = newim-min(min(newim));
    newim = newim./max(max(newim));

    newim = newim.^(1/g);    % Apply gamma function

%*****%
%                               Non-maxima Suppression Function                               %
%*****%
function im = nonmaxsup(inimage, orient, radius)

if size(inimage) ~= size(orient)
    error('image and orientation image are of different sizes');
end

if radius < 1
    error('radius must be >= 1');
end

[rows,cols] = size(inimage);
im = zeros(rows,cols);    % Preallocate memory for output image
for speed
    iradius = ceil(radius);

    % Precalculate x and y offsets relative to centre pixel for each
    orientation angle

    angle = [0:180].*pi/180;    % Array of angles in 1 degree increments
    (but in radians).
    xoff = radius*cos(angle);    % x and y offset of points at specified
    radius and angle
    yoff = radius*sin(angle);    % from each reference position.

    hfrac = xoff - floor(xoff); % Fractional offset of xoff relative to
    integer location
    vfrac = yoff - floor(yoff); % Fractional offset of yoff relative to
    integer location

    orient = fix(orient)+1;    % Orientations start at 0 degrees but
    arrays start
                                % with index 1.

    % Now run through the image interpolating grey values on each side
    % of the centre pixel to be used for the non-maximal suppression.

```

```

for row = (iradius+1):(rows - iradius)
  for col = (iradius+1):(cols - iradius)

    or = orient(row,col);    % Index into precomputed arrays

    x = col + xoff(or);      % x, y location on one side of the point
in question
    y = row - yoff(or);

    fx = floor(x);          % Get integer pixel locations that
surround location x,y
    cx = ceil(x);
    fy = floor(y);
    cy = ceil(y);
    tl = inimage(fy,fx);    % Value at top left integer pixel
location.
    tr = inimage(fy,cx);    % top right
    bl = inimage(cy,fx);    % bottom left
    br = inimage(cy,cx);    % bottom right

    upperavg = tl + hfrac(or) * (tr - tl); % Now use bilinear
interpolation to
    loweravg = bl + hfrac(or) * (br - bl); % estimate value at x,y
    v1 = upperavg + vfrac(or) * (loweravg - upperavg);

    if inimage(row, col) > v1 % We need to check the value on the
other side...

        x = col - xoff(or);    % x, y location on the 'other side' of
the point in question
        y = row + yoff(or);

        fx = floor(x);
        cx = ceil(x);
        fy = floor(y);
        cy = ceil(y);
        tl = inimage(fy,fx);    % Value at top left integer pixel
location.
        tr = inimage(fy,cx);    % top right
        bl = inimage(cy,fx);    % bottom left
        br = inimage(cy,cx);    % bottom right
        upperavg = tl + hfrac(or) * (tr - tl);
        loweravg = bl + hfrac(or) * (br - bl);
        v2 = upperavg + vfrac(or) * (loweravg - upperavg);

        if inimage(row,col) > v2          % This is a local maximum.
            im(row, col) = inimage(row, col); % Record value in the output
image.
        end

    end

end
end
end

```

```

%*****%
%
%                               Hysteresis Thresholding Function                               %
%*****%
function bw = hysthresh(im, T1, T2)

if (T2 > T1 | T2 < 0 | T1 < 0) % Check thresholds are sensible
    error('T1 must be >= T2 and both must be >= 0 ');
end

[rows, cols] = size(im); % Precompute some values for speed and
convenience.
rc = rows*cols;
rcmr = rc - rows;
rpl = rows+1;

bw = im(:); % Make image into a column vector
pix = find(bw > T1); % Find indices of all pixels with value
> T1
npix = size(pix,1); % Find the number of pixels with value >
T1

stack = zeros(rows*cols,1); % Create a stack array (that should
never
% overflow!)

stack(1:npix) = pix; % Put all the edge points on the stack
stp = npix; % set stack pointer
for k = 1:npix
    bw(pix(k)) = -1; % mark points as edges
end

% Precompute an array, O, of index offset values that correspond to
the eight
% surrounding pixels of any point. Note that the image was
transformed into
% a column vector, so if we reshape the image back to a square the
indices
% surrounding a pixel with index, n, will be:
%
%           n-rows-1  n-1  n+rows-1
%
%           n-rows    n    n+rows
%
%           n-rows+1  n+1  n+rows+1

O = [-1, 1, -rows-1, -rows, -rows+1, rows-1, rows, rows+1];

while stp ~= 0 % While the stack is not empty
    v = stack(stp); % Pop next index off the stack
    stp = stp - 1;

    if v > rpl & v < rcmr % Prevent us from generating illegal
indices
% Now look at surrounding pixels to see if
they
% should be pushed onto the stack to be
% processed as well.
% Calculate indices of points around
    index = O+v;
    this pixel.
    for l = 1:8

```

```

        ind = index(1);
        if bw(ind) > T2 % if value > T2,
            stp = stp+1; % push index onto the stack.
            stack(stp) = ind;
            bw(ind) = -1; % mark this as an edge point
        end
    end
end
end

bw = (bw == -1); % Finally zero out anything that was not
an edge
bw = reshape(bw,rows,cols); % and reshape the image

%*****%
%                Hough Circle Function                %
%*****%
function h = houghcircle(edgeim, rmin, rmax)

[rows,cols] = size(edgeim);
nradii = rmax-rmin+1;
h = zeros(rows,cols,nradii);

[y,x] = find(edgeim~=0);

%for each edge point, draw circles of different radii
for index=1:size(y)

    cx = x(index);
    cy = y(index);

    for n=1:nradii

        h(:, :, n) = addcircle(h(:, :, n), [cx,cy], n+rmin);

    end

end

end

%*****%
%                Circle Coords Function                %
%*****%
function [x,y] = circlecoords(c, r, imgsize,nsides)

if nargin == 3
    nsides = 600;
end

nsides = round(nsides);

a = [0:pi/nsides:2*pi];
xd = (double(r)*cos(a) + double(c(1)) );
yd = (double(r)*sin(a) + double(c(2)) );

xd = round(xd);
yd = round(yd);

```

```

%get rid of -ves
%get rid of values larger than image
xd2 = xd;
coords = find(xd>imgsize(2));
xd2(coords) = imgsize(2);
coords = find(xd<=0);
xd2(coords) = 1;

yd2 = yd;
coords = find(yd>imgsize(1));
yd2(coords) = imgsize(1);
coords = find(yd<=0);
yd2(coords) = 1;

x = int32(xd2);
y = int32(yd2);

%*****%
%                               Add Circle Coords Function                               %
%*****%
function h = addcircle(h, c, radius, weight)

    [hr, hc] = size(h);

    if nargin == 3
        weight = 1;
    end

    % c and radius must be integers
    if any(c-fix(c))
        error('Circle centre must be in integer coordinates');
    end

    if radius-fix(radius)
        error('Radius must be an integer');
    end

    x = 0:fix(radius/sqrt(2));
    costheta = sqrt(1 - (x.^2 / radius^2));
    y = round(radius*costheta);

    % Now fill in the 8-way symmetric points on a circle given
    coords
    % [px py] of a point on the circle.

    px = c(2) + [x y y x -x -y -y -x];
    py = c(1) + [y x -x -y -y -x x y];

    % Cull points that are outside limits
    validx = px>=1 & px<=hr;
    validy = py>=1 & py<=hc;
    valid = find(validx & validy);

    px = px(valid);
    py = py(valid);

    ind = px+(py-1)*hr;
    h(ind) = h(ind) + weight;

```

ภาคผนวก ข.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่

1. **Thanapong Chaichana**, Manas Sangworsil, Chuchart Pintavirooj, and Sorapong Aootaphao, "Accelerate A DLT Motion Capture System with Quad-Tree Searching Scheme," *Proc. IEEE Conf. on International Symposium Communications and Information Technologies*, pp. 1035 - 1038, 2006.
2. Sookpotharom Supot, **Chaichana Thanapong**, Pintaviruj Chuchart, and Sangworasil Manas, "Automatic Segmentation of Blood Vessels in Retinal Image Based on Fuzzy K-Median Clustering," *Proc. IEEE Conf. on International Conference on Integration Technology*, pp. 584 - 588, 2007.
3. Sookpotharom Supot, **Chaichana Thanapong**, Pintaviruj Chuchart, and Sangworasil Manas, "Segmentation of Magnetic Resonance Images Using Discrete Curve Evolution and Fuzzy," *Proc. IEEE Conf. on International Conference on Integration Technology*, pp. 697 - 700, 2007.
4. **Chaichana Thanapong**, Sookpotharom Supot, Turmchokkasam Sirichai, Pintaviruj Chuchart, and Sangworasil Manas, "Detection Segment Retinal Blood Vessel of Anatomical Structures in Retinal Image," *Proc. ECTI Conf. on Electrical Engineering/Electronics, Computer, Telecommunications and Information Technology*, vol. 1, pp. 533-536, 2007.
5. **Chaichana Thanapong**, Wiriyasuttiwong Watcharachai, Reepolmaha Somporn, Chuchart Pintaviruj, and Manas Sangworasil, "Extraction Blood Vessels from Retinal Fundus Image Based on Fuzzy C-Median Clustering Algorithm," *Proc. IEEE Conf. on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery*, pp. 144 - 148, 2007.
6. 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.
7. **Thanapong Chaichana** and Manas Sangworasil, "Detection of The Optic Disc in Color Retinal Images Based on Edge Detection by Hough Transform Search for A Round Shape," *Proc. EECON Conf. on Electrical Engineering Conference*, vol. 2, pp. 1249-1252, 2007.
8. Zhonghua Sun, **Thanapong Chaichana**, Tretap Nipawan, Manas Sangworasil, Supan Tangjitkusolmun, Jaruwat Charoensuk, Niwat Phoocharoen, Yvonne B Allen, David E Hartley, and Michael M.D. Lawrence-Brown, "Simulation of blood flow in abdominal aortic aneurysms pre- and post-fenestrated stent graft repair: A preliminary study," *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*; 3(Suppl 1): S66.
9. Zhonghua Sun, **Thanapong Chaichana**, Supan Tangjitkusolmun, Surasak Sangwattana, Yvonne B Allen, David E Hartley, Michael M.D. Lawrence-Brown, and Manas Sangworasil, "Effect of fenestrated stents on the renal arteries: Investigation of hemodynamic changes in abdominal aortic aneurysms treated with fenestrated endovascular grafts," *Proc. IEEE Conf. on International Symposium Communications and Information Technologies*, 2008.
10. **Thanapong Chaichana**, Sarat Yoowattana, Zhonghua Sun, Supot Sookpotharom, Supan Tangjitkusolmun, and Manas Sangworasil, "Edge Detection of the Optic Disc in Retinal Images Based on Identification of a Round Shape," *Proc. IEEE Conf. on International Symposium Communications and Information Technologies*, 2008.



Celebration of His Majesty the King Bhumibol Adulyadej

30th Electrical Engineering Conference

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30

หนังสือรวมบทความที่น่าสนใจในการประชุม เล่ม 2

- การประมวลผลสัญญาณดิจิทัล (DS)
- อิเล็กทรอนิกส์ (EL)
- ไฟฟ้าสื่อสาร (CM)
- ระบบควบคุมและการวัดคุม (CT)
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า (GN)

Volume II

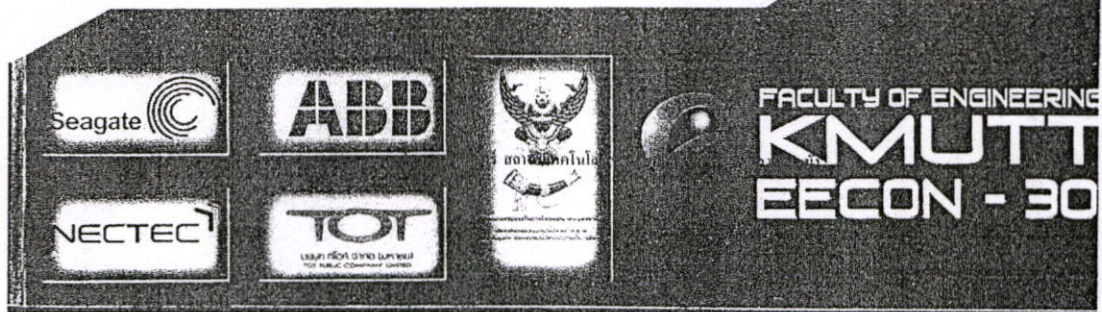


โดย

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม
 ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์
 คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ณ โรงแรมเฟลิกซ์ ริเวอร์วิว รัสอร์ท กาญจนบุรี

25 - 26 ตุลาคม 2550



การค้นหาระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ในภาพจอประสาทตา
ตั้งอยู่บนการค้นหาลักษณะภาพโดยใช้เทคนิคเอานทรนฟอร์มมาหาตำแหน่งที่จั้รูปทรงกลม

Detection of Optic Disc in Retinal Images Based on Edge Detection
by Hough Transform Search for Round Shape

รณงค์ ไชยชนะ และ นนัส สังวรศิลป์

ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และ สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ถนนลาดกระบัง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520
โทร 0-2737-3000 โทรสาร 0-2326-4335 E-mail: {kethanap, ksamanas}@kmitl.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์ภายในภาพจอประสาทตา วิธีการนี้ตั้งอยู่บนพื้นฐานการค้นหาลักษณะของภาพจอประสาทตา การแบ่งส่วนออฟติกดิสก์จะถูกประมาณค่าเป็นรูปทรงกลม เราจะค้นหาบริเวณพื้นที่ของออฟติกดิสก์โดยใช้เทคนิคเอานทรนฟอร์มซึ่งทำการค้นหาเส้นตรงหลายเส้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปทรงกลม และเส้นตรงเหล่านี้จะถูกประมาณค่าเป็นเส้นวงกลมตำแหน่งของออฟติกดิสก์จะถูกระบุเป็นจุดศูนย์กลางของเส้นวงกลม การประเมินค่าประสิทธิภาพของวิธีการที่นำเสนอ ได้ทำการทดสอบกับภาพจอประสาทตาจำนวน 40 ภาพ จากฐานข้อมูล DRIVE ประกอบด้วยภาพตาปกติ 33 ภาพ และภาพตาที่เป็นโรค 7 ภาพ ผลการระบุตำแหน่งออฟติกดิสก์ถูกต้อง 39 ภาพ จากทั้งหมด 40 ภาพ มีประสิทธิภาพ 97.5 เปอร์เซ็นต์ ผลการทดลองนี้จะสามารถนำไปใช้ช่วยวิเคราะห์โรคที่เกิดขึ้นกับออฟติกดิสก์ ภายในจอประสาทตา

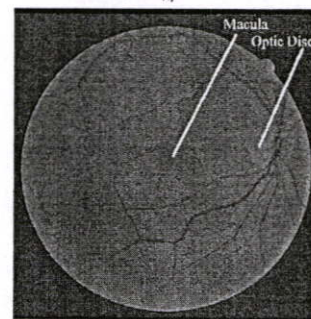
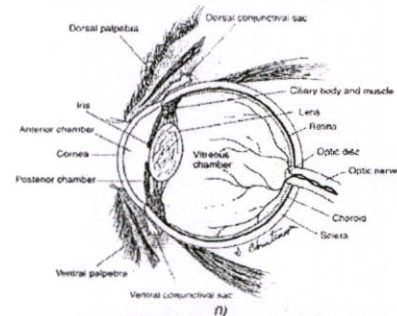
Abstract

This paper presented method to identify the position of the optic disc (OD) in retinal images. The method is based on the preliminary detection of the main edge detection of retinal image. The segmentation OD is estimate circle. We search for area of OD used Hough transform with detect several straight line and estimate several straight line is circle line, and identify position OD is coordinate circle center. An evaluation of the proposed procedure was performed using the set of 40 images from the DRIVE database, containing images from both healthy (33) and diseased (7) subjects. The OD position was correctly identified in 39 out of 40 images was efficiency 97.5 percent. The results are encouraging and will be help for analyze pathology in retinal images.

Keywords: Edge detection, hough transform, retinal image, optic disc.

1. คำนำ

ออฟติกเนิร์ฟ (Optic nerve) [1] ทำหน้าที่ส่งสัญญาณกระแสประสาทจากเยื่อชั้นในสุดส่วนหลังของลูกตาไปยังสมองตำแหน่งของออฟติกเนิร์ฟอยู่ด้านหลังของดวงตาใกล้กับแมคคิวลา (Macula) เพื่อทำการพิจารณาด้านหลังของดวงตาบางส่วนของออฟติกเนิร์ฟเรียกว่าออฟติกดิสก์ (Optic disc) [2] แสดงดังรูปที่ 1 (ก) และภาพจอประสาทตา (Retinal image) [3] แสดงดังรูปที่ 1 (ข)



รูปที่ 1 ก) ส่วนตัดออกด้านกลางของดวงตา ข) ภาพจอประสาทตา

GN04

ตำแหน่งที่ตั้งของออฟติกดิสก์ในภาพจอประสาทตาเป็นสิ่งสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการวินิจฉัยโรคที่แน่นอน กรณีตัวอย่างออฟติกดิสก์ของเชื้อขึ้นในของถูกตาที่เป็นโรค [4] เช่น optic atrophy, disc drusen, glaucoma disc, high myopia และ optic disc pit เป็นต้น ดังนั้นที่ตั้งของตำแหน่งออฟติกดิสก์จึงเป็นมากรสำหรับเทคนิคการวิเคราะห์ภาพทางการแพทย์

สำหรับงานวิจัยซึ่งเกี่ยวข้องกับการค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์ที่ผ่านมานั้น Hoover และ Goldbaum [5] ได้นำเสนออัลกอริธึมซึ่งมีพื้นฐานบน อัลกอริธึมใหม่ (novel algorithm) หรือเรียกว่า ฟัซซีคอนเวอร์จเ็นซ์ (fuzzy convergence) เป็นอัลกอริธึมระบุตำแหน่งออฟติกเนิร์ฟที่จุดสำคัญมากของโครงข่ายเส้นหลอดเลือด ในจุดที่เส้นหลอดเลือดมาบรรจบกัน พวกเขาได้ระบุตำแหน่งออฟติกเนิร์ฟจากบริเวณที่มีแสงสว่างมากที่สุดภายในภาพหลังจากการปรับให้มีแสงสว่างเสมอกัน

Foracchia และคณะ [6] ได้นำเสนออัลกอริธึมซึ่งมีพื้นฐานบนแบบจำลองของรูปแบบทิศทางรูปทรงวงกลมของระบบเส้นหลอดเลือด พวกเขาได้ระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์เป็นจุดศูนย์กลางของเส้นโค้งพาราโบลาที่ซ้อนทับกัน

Huiqi และ Chulatape [7] ได้นำเสนอการค้นหาออฟติกดิสก์แบบอัตโนมัติ โดยที่พวกเขาได้ทำการแยกกลุ่มจุดของภาพที่มีความสว่างมากออกและประยุกต์ใช้การวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญ (Principal Component Analysis) กับตำแหน่งออฟติกดิสก์

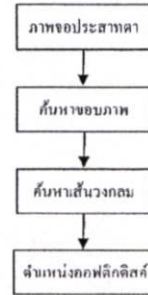
Zheng และคณะ [8] ได้นำเสนอการวิเคราะห์ระบบภายในภาพจอประสาทตาเพื่อที่จะนำไปใช้คัดแยกระหว่างผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาออกจากผู้ที่มีสุขภาพดี พวกเขาได้นำเสนอวิธีการระบุตำแหน่งของโฟเวีย (Fovea) และออฟติกดิสก์ด้วยวิธีเสิร์ฟแทรนฟอร์ม จากนั้นแยกเส้นหลอดเลือดภายในภาพจอประสาทตาโดยใช้การกรองแบบเกาส์เซียน (Gaussian filter)

Thongnuch และ Uyyanovara [9] ได้นำเสนอการค้นหาออฟติกดิสก์แบบอัตโนมัติในภาพจอประสาทตาของสัตว์ที่มด ความเข้มแสงน้อยโดยขึ้นอยู่กับพื้นฐานเสิร์ฟแทรนฟอร์มที่เกี่ยวข้องกับวงกลม จำนวนมิติของฮิสโทแกรมเสิร์ฟแทรนฟอร์มที่เกี่ยวข้องกับวงกลมปกติเป็นการลดมิติจาก 3 มิติ ไปเป็น 2 มิติ ซึ่งตั้งอยู่บนการประมาณค่ารัศมีของออฟติกดิสก์

สุดท้าย Sindhayothin และคณะ [10] ได้นำเสนอการใช้เทคนิคในท้องถิ่นของพิกเซลของภาพของเรตินาอย่างอัตโนมัติโดยใช้เทคนิคปรับความสว่างเฉพาะบริเวณ (Adaptive local contrast enhancement) ทำให้ภาพจอประสาทตามชัดขึ้น จากนั้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์โดยการวัดการแปรผันของความเข้มขึ้น ณ จุดนั้นกับบริเวณใกล้เคียง เส้นเลือดในตาสามารถวิเคราะห์ โดยใช้เทคนิคโครงข่ายประสาทเทียมแบบ Multilayer perceptron โฟเวียสามารถหาได้โดยใช้เทคนิค Matching correlation จากลักษณะมีคี่ด้านบริเวณข้างออฟติกดิสก์ งานวิจัยที่ได้นำเสนอนี้ เป็นการค้นหาตำแหน่งของออฟติกดิสก์จากภาพจอประสาทตาโดยตั้งอยู่บนพื้นฐานการค้นหาขอบภาพของภาพจอประสาทตา การระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์จะให้เทคนิคเสิร์ฟแทรนฟอร์มค้นหาเส้นตรงหลายเส้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปวงกลม และประมาณค่าเส้นตรงเหล่านั้นเป็นเส้นวงกลมและระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์เป็นจุดศูนย์กลางของเส้นวงกลม

2. วิธีการที่นำเสนอ

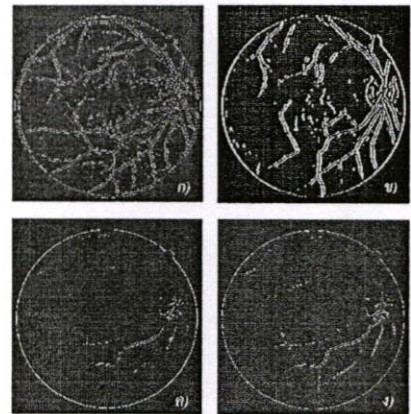
วิธีการที่นำเสนอประกอบด้วยลำดับขั้นตอนแสดงดังรูปที่ 2 ขั้นตอนแรก ทำการหาขอบภาพของภาพจอประสาทตา ขั้นตอนที่สอง ค้นหาเส้นตรงหลายเส้นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับรูปวงกลม และขั้นตอนสุดท้าย ทำการระบุตำแหน่งของออฟติกดิสก์เป็นจุดศูนย์กลางของเส้นวงกลม



รูปที่ 2 โฟลว์ชาร์ตของวิธีการที่นำเสนอ

2.1 การค้นหาขอบภาพของภาพจอประสาทตา

ภาพจอประสาทตาจากรูปที่ 1 (ข) แต่เดิมองค์ประกอบสี RGB จะถูกเปลี่ยนเป็นองค์ประกอบสีเทาที่มีค่าระดับสีจาก 0 ถึง 255 จากนั้นจะทำการค้นหาขอบภาพ [11] โดยอัลกอริธึมที่นำเสนอประกอบด้วย ลาปลาเซียนออฟเพาเซียนซ์ (Laplacian of Gaussian), แคนนีเอจดีเทคเตอร์ (Canny edge detector), โรเบิร์ตโอเปอเรเตอร์ (Roberts operator) และ โซเบลโอเปอเรเตอร์ (Sobel operator) สำหรับตัวอย่างการค้นหาขอบภาพจากภาพจอประสาทตาของอัลกอริธึมทั้งหมดที่นำเสนอแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ก) ลาปลาเซียนออฟเพาเซียนซ์ ข) แคนนีเอจดีเทคเตอร์ ค) โรเบิร์ตโอเปอเรเตอร์ และ ง) โซเบลโอเปอเรเตอร์

หลังจากทำการหาขอบภาพแล้วหากพิจารณาเห็นว่ารูปที่ 3 (ก) มีรายละเอียดของขอบภาพมากที่สุดแต่ไม่สามารถนำมาใช้ค้นหาตำแหน่งของออฟติกติสส์ได้เพราะขอบภาพบริเวณออฟติกติสส์เส้นตรงหลายเส้นไม่สามารถประมาณค่าเป็นเส้นวงกลมได้ ดังจากรูปที่ 3 (ข) ที่ มีรายละเอียดของภาพปานกลางแต่สามารถนำมาค้นหาตำแหน่งของออฟติกติสส์ได้เพราะขอบภาพบริเวณออฟติกติสส์เส้นตรงหลายเส้นสามารถประมาณค่าเป็นเส้นวงกลมได้ รูปที่ 3 (ค) และรูปที่ 3 (ง) รายละเอียดของขอบภาพน้อยเกินไปที่จะนำมาใช้ค้นหาตำแหน่งของออฟติกติสส์ได้ ดังนั้นวิธีการที่น่าเสนอนี้จึงใช้การค้นหาขอบภาพด้วยอัลกอริธึมแทนเมธอดเทคเตอร์ [12] โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. ทำการลดสัญญาณรบกวนภายในภาพด้วยการกรองแบบเกาส์เซียนโดยการสร้างคอนโวลูชันขนาด 13×13 ใช้ค่า $\sigma = 1 - 4$ ด้วยสมการที่ 1 แล้วนำไปคอนโวลูชันกับภาพจอประสาทตาที่มอดุสประกอบลีเทา โดยที่ $h(x, y)$ เป็นฟิลเตอร์คอนโวลูชัน 2 มิติ, x และ y เป็นตำแหน่งแนวและหลัก, σ เป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

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

2. ทำการหาค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด (Gradient magnitude) ตามสมการที่ 2 และทิศทางของขอบภาพตามสมการที่ 3 โดยที่ $g(x, y)$ เป็นค่าเกรเดียนต์แมกนิจูด, G_x^2 และ G_y^2 เป็นค่าอนุพันธ์อันดับแรกในทิศทาง x และ y ตามลำดับ, $\alpha(x, y)$ เป็นค่ามุมเกรเดียนต์

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

$$\alpha(x, y) = \arctan(G_y^2 / G_x^2) \quad (3)$$

3. คำนวณหาค่า non-maxima suppression (NMS) จากสมการที่ 4 โดยจุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดและมีทิศทางของขอบภาพไปในทิศทางเดียวกันที่นั่นจุดอื่นๆ จะมีค่าเป็นศูนย์ โดยที่ $m(x, y)$ เป็นภาพเอาต์พุตของ NMS

$$m(x, y) = NMS[g(x, y) / \alpha(x, y)] \quad (4)$$

4. ใช้ค่าน็อแมกซ์โวลูชันค้นหาขอบภาพโดยกำหนด $T1 = 0.21$ เป็นค่าทreshold สูงสุดและ $T2 = 0.20$ เป็นค่าทreshold ต่ำสุด แล้วพิจารณาพิกเซลที่มีค่ามากกว่า $T1$ ให้เป็นขอบภาพ ค่าที่อยู่ระหว่าง $T1$ และ $T2$ จะพิจารณาพิกเซลข้างเคียงหากมีค่าใกล้เคียงค่า $T1$ จะให้ถือเป็นค่าขอบภาพนอกจากนั้นให้ค่าเป็นศูนย์และสุดท้ายค่าพิกเซลที่น้อยกว่า $T2$ จะถูกกำหนดให้ค่าเป็นศูนย์เช่นกัน หลักในการกำหนดค่า $T1$ และ $T2$ นั้นจะคำนวณค่าความแตกต่างระหว่างค่าทreshold สูงที่ทั้งสองให้ค่าน็อแมกซ์โวลูชัน ในการทดลองนี้มีค่าเท่ากับ 0.01 เพื่อต้องการให้มีผลต่อการพิจารณาทreshold ระหว่าง $T1$ และ $T2$ เหตุผลในการพิจารณาพิกเซลระหว่างทreshold ที่ทั้งสองเพื่อต้องการให้ได้เส้นขอบภาพน็อแมกซ์โวลูชันที่สั้นขอบภาพเกิดขึ้น ณ บริเวณที่มีแสงสว่างมากที่สุด ผลลัพธ์ที่ได้แสดงดังรูปที่ 3 (ข) พิจารณาร่วมกับรูปที่ 1 (ข)

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30 (EECON-30) 25-26 ตุลาคม 2550 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

2.2 การค้นหาเส้นวงกลมโดยประมาณค่าจากเส้นตรง

ขั้นตอนนี้จะเป็นการค้นหาเส้นวงกลมจากเส้นตรงหลายๆ เส้นที่มีการวางตัวกันในลักษณะใกล้เคียงกับวงกลม โดยใช้วิธีเฮาเทรนฟอร์ด [13] โดยอัลกอริธึมค้นหาเส้นวงกลมมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดครีมน็อแมกซ์โวลูชันที่ดีที่สุดของวงกลมที่ต้องการค้นหาในการทดลองนี้จะใช้ครีมน็อแมกซ์โวลูชันที่ดีที่สุดเท่ากับ 15 และมากที่สุดเท่ากับ 100

2. คำนวณหาเส้นตรงจากสมการที่ 5 ซึ่งมีการวางตัวกันในลักษณะใกล้เคียงกับรูปทรงกลมและประมาณค่าเป็นเส้นวงกลมตามสมการที่ 6 โดยที่ ρ เป็นระยะทางระหว่างจุดกำเนิดกับจุดศูนย์กลางเส้นตรงและตั้งฉากกับเส้นตรง, x และ y เป็นตำแหน่งแนวและหลัก, θ เป็นมุมระหว่าง ρ และ x , r เป็นรัศมีกลม, x_0 และ y_0 เป็นจุดศูนย์กลางวงกลม

$$\rho = x \cos \theta + y \sin \theta \quad (5)$$

$$r^2 = (x - x_0)^2 + (y - y_0)^2 \quad (6)$$

3. คำนวณหาจุดศูนย์กลางพิกัดเส้นวงกลมจากเส้นวงกลมที่ค้นหาได้

2.3 การระบุตำแหน่งของออฟติกติสส์

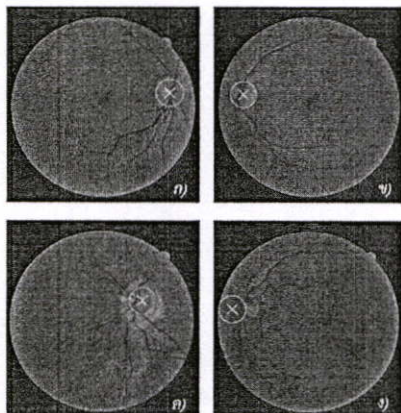
หลังจากที่ได้คำนวณหาเส้นวงกลมแล้วเราจะใช้จุดพิกัดของเส้นวงกลมที่สอดคล้องไปบนภาพจอประสาทตา เพื่อแสดงตำแหน่งของออฟติกติสส์ภายในภาพจอประสาทตา

3. ผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ได้ทำการค้นหาตำแหน่งของออฟติกติสส์ภายในภาพจอประสาทตาโดยใช้ของบุคลากรจอประสาทตาจากฐานข้อมูล Digital Retinal Images for Vessel Extraction (DRIVE) [3] ข้อมูลภาพจอประสาทตามีขนาด 565×584 มีองค์ประกอบสี RGB และถูกบันทึกในรูปแบบไฟล์ Tagged Image Format (TIFF) [14] จำนวนทั้งหมด 40 ภาพ ประกอบด้วยภาพครีมน็อแมกซ์โวลูชัน 33 ภาพ และภาพที่เป็นโรค 7 ภาพ ผลการทดลองได้ทำการทดสอบบนเครื่องคอมพิวเตอร์ระบบปฏิบัติการวินโดวส์เอ็กซ์พีเอ็นเอประมวลผล AMD Turion 64 และใช้โปรแกรมเมตแล็บเวอร์ชัน 7.4 (Mathlab® R2007a) จากภาพจอประสาทตาทั้งหมด 40 ภาพสามารถระบุตำแหน่งออฟติกติสส์ได้จำนวน 39 ภาพ การประเมินค่าวิธีการที่นำเสนอสามารถคำนวณได้จากสมการที่ (7) การทดลองนี้มีประสิทธิภาพ 97.5 เปอร์เซ็นต์ และภาพที่ไม่สามารถระบุตำแหน่งได้เนื่องจากไม่สามารถหาขอบภาพบริเวณตำแหน่งของออฟติกติสส์ได้เพราะความเข้มของแสงน็อแมกซ์โวลูชันให้เส้นขอบภาพบริเวณออฟติกติสส์ไม่สามารถประมาณค่าเป็นเส้นวงกลมได้

$$Performance = \frac{True\ position\ identify}{Total\ of\ images} \times 100 \quad (7)$$

ตัวอย่างผลการทดลองระบุตำแหน่งของพิกัดคิสิกซ์ที่ถูกต้อง แสดงดังรูปที่ 4 (ก), รูปที่ 4 (ข), และรูปที่ 4 (ค) ตำแหน่งของพิกัดคิสิกซ์ที่ผิดพลาดแสดงดังรูปที่ 4 (ง)



รูปที่ 4 ผลการระบุตำแหน่งของพิกัดคิสิกซ์ถูกต้องและผิดพลาด ก) และ ข) ตาสุขภาพดี ค) ตาที่เป็นโรค ง) ตาสุขภาพดี

4. สรุป

วิธีการที่นำเสนอมีประสิทธิภาพดีในการระบุตำแหน่งของพิกัดคิสิกซ์ในภาพจอประสาทตา การทดลองมีประสิทธิภาพ 97.5 เปอร์เซ็นต์ จากภาพตาสุขภาพดีและภาพตาที่เป็นโรค ผลการทดลองสามารถนำไปช่วยวิเคราะห์โรคที่เกิดขึ้นกับจอพิกัดคิสิกซ์ในภาพจอประสาทตา

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ คุณนพรัตน์ พันธุ์เสนา สำหรับคำแนะนำในการแก้ไขบทความนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] <http://www.stiukeseeye.com/anatomy/OpticNerve.asp>
- [2] http://www.mut.ac.th/~vet/Anat-html/en-special/special_endo.html
- [3] <http://www.isi.nu.nl/Research/Databases/DRIVE/>
- [4] <http://www.mrcophth.com/opticdiscases/commonopticdiscases.html>
- [5] Adam Hoover and Michael Goldbaum, "Locating the Optic Nerve in a Retinal Image Using the Fuzzy Convergence of the Blood Vessels", IEEE Transactions on Medical Imaging, Vol. 22, No. 8, August, 2003.
- [6] M. Foracchia, E. Grisan, and A. Ruggeri, "Detection of Optic Disc in Retinal Images by Means of a Geometrical Model of Vessel Structure", IEEE Transactions on Medical Imaging Vol. 23, No. 10, October, 2004.

การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมไฟฟ้า ครั้งที่ 30 (EECON-30) 25-26 ตุลาคม 2550 มหาวชิยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

- [7] Huiqi Li and Opas Chutatape, "Images by a Model Based Approach Automated Feature Extraction in Color Retinal", IEEE Transactions on Biomedical Engineering, Vol. 51, No. 2, February, 2004.
- [8] Zheng Liu, Chutatape Opas, Shankar M Krishnan, "Automatic Image Analysis of Fundus Photograph", Proceedings 19th International Conference IEEE/EMBS, Oct 30 Nov 2, 1997.
- [9] Viranee Thongnuch and Bunyarit Uyyanonvara, "Automatic Detection of Optic Disc from Fundus Images of ROP Infant Using 2D Circular Hough Transform", ISBME2006, November 8-10, 2006.
- [10] Chanjira Sinthanayothin, James F Boyce, Helen L Cook, Tom H Wilhamson, "Automated Localisation of the Optic Disc, Fovea, and Retinal Blood Vessels from Digital Colour Fundus Images", British Journal of Ophthalmology, August, 1999.
- [11] R. C. Gonzalez, R. E. Woods, and S.L. Eddins: Digital Image Processing Using MATLAB, Pearson Prentice Hall, 2004.
- [12] J. Canny, "A Computational Approach to Edge Detection," IEEE Transactions Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol. 8, pp. 679-698, 1986.
- [13] Mark Nixon and Alberto Aguado, "Feature Extraction and Image Processing", Newnes, 2002.
- [14] http://en.wikipedia.org/wiki/Tagged_Image_File_Format



รณพงศ์ ไชยชนะ จบการศึกษา วศ.บ. สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปี พ.ศ. 2548 ปัจจุบันกำลังศึกษาต่อในระดับปริญญาโท ชั้นปีที่ 2 สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ระบบการแพทย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และทำงานวิจัยทางด้านการประมวลผลภาพทางการแพทย์



มนัส สัตว์ศิลป์ จบการศึกษา วศ.บ. สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จบการศึกษาม.Eng. และ D.Eng. จาก Tokai University ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการสำนักวิจัยและนวัตกรรมคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และเป็นรองศาสตราจารย์ ในสาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ทำงานวิจัยทางด้านการประมวลผลสัญญาณดิจิทัล การประมวลผลภาพทางการแพทย์

ประวัติผู้เขียน

ว่าที่ ร.ต. ธนพงศ์ ไชยชนะ เกิดเมื่อวันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ.2522 ที่จังหวัด กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ จากภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาโท หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ชีวการแพทย์ ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ในปีการศึกษา 2549 โดยในปี พ.ศ. 2550 ได้เข้าทำงานในตำแหน่งนักวิชาการคอมพิวเตอร์ สำนักวิจัยและบริการคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง