

การตรวจับการโป่งพองของหลอดเลือดฝอยและจุดเลือดออกบนภาพถ่าย
จอประสาทตาของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยอัตโนมัติ

AUTOMATIC MICROANEURYSMS AND HEMORRHAGE DETECTION BASED
ON DIABETIC RETINOPATHY FUNDUS IMAGE

ปริยาภรณ์ อุ่นุช
PREEYAPORN YUNUCH

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ. 2557

KMITL-2014-EN-M-080-210

การตรวจจับการโป่งพองของหลอดเลือดฝอยและจุดเลือดออกบนภาพถ่าย
จอประสาทตาของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยอัตโนมัติ
AUTOMATIC MICROANEURYSMS AND HEMORRHAGE DETECTION BASED
ON DIABETIC RETINOPATHY FUNDUS IMAGE

ปรียาภรณ์ อยู่หนูช
PREEYAPORN YUNUCH

12713417

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมระบบควบคุม
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2557
KMITL-2014-EN-M-080-210

AUTOMATIC MICROANEURYSMS AND HEMORRHAGE DETECTION
BASED ON DIABETIC RETINOPATHY FUNDUS IMAGE

PREEYAPORN YUNUCH

THIS THESIS SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER OF ENGINEERING IN CONTROL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
KING MONKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG
2014
KMITL-2014-EN-M-080-210






COPYRIGHT 2014

FACULTY OF ENGINEERING

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ใบรับรองวิทยานิพนธ์

หัวข้อวิทยานิพนธ์ การตรวจจัดการโป่งพองของหลอดเลือดฝอยและจุดเลือดออกบนภาพถ่ายจอประสาทตา
ของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยอัตโนมัติ
Thesis Title Automatic Microaneurysms and Hemorrhage Detection based on Diabetic
Retinopathy Fundus Image
นักศึกษา นางสาวปรียาภรณ์ อยู่หนูช
รหัสประจำตัว 55611303
ปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชา วิศวกรรมระบบควบคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์
หมายเลขวิทยานิพนธ์ KMITL-2014-EN-M-080-210

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์		ลายมือชื่อ
ผศ.ดร.นนทวัฒน์	จุลเดชะ	
ดร.รัชณี	กุลยานนท์	
ผศ.ดร.พูลศักดิ์	โกษิยาภรณ์	
ผศ.ดร.ดอน	อิศรากร	
ผศ.ดร.นพดล	มณีรัตน์	

วัน / เดือน / ปี ที่สอบ วันจันทร์ที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2557 เวลา 10.30-12.30 น.
สถานที่สอบ ณ อาคาร ECC ห้อง ECC-205

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

คณะวิศวกรรมศาสตร์ รับรองแล้ว



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. คมสัน มาลีสี)

คณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์

วันที่ 1 ธันวาคม พ.ศ. 2557

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การตรวจจับการโป่งพองของหลอดเลือดฝอยและจุดเลือดออกบน
นักศึกษา	ภาพถ่ายจอประสาทตาของผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยอัตโนมัติ
รหัสประจำตัว	นางสาวปรียาภรณ์ อยู่หนูช
ปริญญา	55611303
สาขาวิชา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
พ.ศ.	วิศวกรรมระบบควบคุม
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์	2557
	ผศ.ดร.นพดล มณีรัตน์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาและพัฒนาซอฟต์แวร์รวมถึงวิธีการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ซึ่งจะพิจารณารอยของโรคบนภาพถ่ายจอประสาทตา โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อยับยั้งการสูญเสียการมองเห็นและการตาบอดในผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งการคัดกรองผู้ป่วยนั้นทำได้โดยการนำภาพถ่ายดิจิทัลของจอประสาทตามาวินิจฉัยโดยจักษุแพทย์ แต่ปัจจุบันจักษุแพทย์มีไม่เพียงพอ ทำให้การค้นหาผู้ป่วยที่มีความเสี่ยงต่อการตาบอดทำได้ล่าช้า โดยภาพถ่ายจอประสาทตาที่ได้จากโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช จะถูกนำมาใช้ในกระบวนการประมวลผลภาพ เพื่อวิเคราะห์ระดับสีและรูปแบบการเกิดรอยของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ในขั้นตอนแรก คือ การแยกเส้นเลือดออกจากภาพโดยใช้คุณสมบัติทางสีและมอर्फโโลยี หลังจากนั้น คือ การแบ่งส่วนภาพเพื่อวิเคราะห์รอยของโรคในภาพถ่ายจอประสาทตา ซึ่งสามารถดำเนินการโดยใช้การกำหนดค่าขีดแบ่ง และการดึงคุณลักษณะเฉพาะจากพื้นที่แต่ละพื้นที่ของรอยโรค ในท้ายที่สุดผลการวิเคราะห์ภาพถ่ายนี้จะถูกนำไปเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ของจักษุแพทย์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและแม่นยำของการวิเคราะห์ ซึ่งพบว่ากระบวนการนี้มีความถูกต้องถึง 82.80 เปอร์เซ็นต์ ในการวิเคราะห์รอยโรคประเภท Microaneurysms และ 81.00 เปอร์เซ็นต์ ในการวิเคราะห์รอยโรคประเภท Hemorrhage เมื่อเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ ฉะนั้นแล้วกระบวนการนี้สามารถใช้สำหรับการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาแทนการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

Thesis	Automatic Microaneurysms and Hemorrhage Detection based on Diabetic Retinopathy Fundus Image
Student	Miss Preeyaporn Yunuch
Studen ID.	55611303
Degree	Master of Engineering
Program	Control Engineering
Year	2014
Thesis Advisor	Asst. Prof. Dr. Noppadol Maneerat

ABSTRACT

This research focused on study and development of software for pre–diagnosis diabetic retinopathy patients considered from fundus images in order to prevent loss of vision and blindness in patients. In general, the pre-diagnosis process is done by investigating fundus digital image manually observed by ophithal molagist. However, nowadays ophthalmology are insufficient for all hospitals. Such that, it might take long time to find diabetic patient who has risk of blindness. The fundus images from Bhumibol Adulyadej’s Hospital are used to be samples and analyzed the color level and type of diabetic retinopathy symptom. At the first step, a fundus image is separated into several parts for analysis. Defining threshold and image characteristic analysis are performed to detect area of disease. After that, the results from the analysis are compared with the analysis of ophthalmologist in order to define accuracy and preciseness of the developed software. According to result of comparison, we found that the software has accuracy about 82.80 % in the analysis of Microaneurysms and 81.00 % of Hemorrhage compared with ophthalmologist analysis. So the developed software can be used efficiently to separate diabetic retinopathy patients instead of diagnosis from ophthalmologist.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ประสบความสำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาจากอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพดล มณีรัตน์ อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำในการแก้ปัญหา และการกำกับดูแลอย่างต่อเนื่อง รวมทั้งคำแนะนำในระหว่างการศึกษาปริญญาโท ตลอดจนให้ความรู้ ประสบการณ์ และความคิดริเริ่มในการศึกษาและทำวิจัยที่ดีแก่ข้าพเจ้ามาโดยตลอด

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดอน อิศรากร อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้คำปรึกษาและคำชี้แนะแนวทางการออกแบบและทดลองจนประสบความสำเร็จ รวมถึงให้คำแนะนำในการทำวิจัย เก็บฐานข้อมูล และประสานงานกับทางโรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช และ จักษุแพทย์ผู้ซึ่งมีความรู้ความเชี่ยวชาญ ตั้งแต่ต้นจนสำเร็จลุล่วงสมบูรณ์ ผู้วิจัยซาบซึ้งในความกรุณา และขอขอบคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบพระคุณ เรืออากาศโท นายแพทย์ธนกร ปัญจงษ์ จักษุแพทย์ โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช กรมการแพทย์ทหารอากาศ กองทัพอากาศ ที่ให้ความรู้และข้อมูลเกี่ยวกับโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ซึ่งเป็นข้อมูลในการหาแนวทางวินิจฉัยและรักษาโรคเพื่อใช้เป็นฐานข้อมูลในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณอาจารย์ บัณฑิต พัสยา อาจารย์ประจำสาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ สำหรับงานวิจัยนี้

ขอขอบพระคุณ กองจักษุกรรม โรงพยาบาลภูมิพลอดุลยเดช ที่ให้ข้อมูลภาพถ่ายจอประสาทตาสำหรับการทำวิจัย

ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องนักศึกษาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทุกคนที่คอยเสนอแนะแนวทาง และให้กำลังใจในการทำงานวิจัยนี้ด้วยดีเสมอมา

ขอขอบคุณสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และขอขอบคุณบัณฑิตวิทยาลัย และบัณฑิตศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ที่ให้ความรู้ความสามารถ ประสบการณ์ และโอกาสต่างๆ นี้ด้วย

ท้ายนี้ผู้ทำวิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดามารดา และญาติทุกท่านซึ่งคอยให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน ทั้งความห่วงใย และกำลังใจเสมอมา

ปรียาภรณ์ อยู่หนูช

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญรูป.....	VIII
สารบัญตาราง.....	X
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 ขั้นตอนการศึกษา.....	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
1.6 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์.....	4
บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรคเบาหวาน.....	5
2.1 กล่าวนำ	5
2.2 ภาวะเคมีในร่างกาย.....	5
2.2.1 อินซูลิน	5
2.3 การตรวจระดับน้ำตาล.....	6
2.3.1 การตรวจปัสสาวะ	6
2.3.2 การตรวจระดับน้ำตาลในเลือด	6
2.3.2.1 การตรวจ Fasting Blood Sugar (FBS)	6
2.3.2.2 การตรวจ Hb A1c (Hemoglobin A1c)	7
2.4 โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus: DM).....	7
2.4.1 อาการแทรกซ้อน	8
2.5 โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy).....	8
2.5.1 Mild Nonproliferative (increase permeability)	9
2.5.2 Moderate to severe nonproliferative (NPDR, vascular closer)	9
2.5.3 Proliferative diabetic retinopathy (new blood vessel on retina)....	10

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
2.5.4 Macula edema	10
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
2.7 สรุป.....	14
บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	15
3.1 กล่าวนำ	15
3.2 การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement).....	15
3.2.1 ระบายบิตของสีเขียว (Green Channel).....	15
3.2.2 การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization)	15
3.2.3 Adaptive Histogram Equalization	16
3.2.4 การลบกลุ่มพิกเซลขนาดเล็ก (Remove Small Objects).....	16
3.2.5 การเติมบริเวณ (Region Filling)	17
3.2.6 การทำภาพกลับขาวเป็นดำ (Digital Negative).....	17
3.2.7 การขยายภาพ (Dilation).....	18
3.3 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation).....	19
3.3.1 การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding).....	19
3.4 การหาขอบภาพ (Edge Detection).....	20
3.4.1 การหาขอบภาพจาก Kirsch's Mask	20
3.4.2 การหาขอบภาพด้วยวิธี Canny Edge Detection.....	21
3.5 การแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน (Connected-Component labeling).....	23
3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	24
3.7 สรุป.....	25
บทที่ 4 การออกแบบและการพัฒนา	26
4.1 กล่าวนำ	26
4.2 การเตรียมภาพเส้นเลือด.....	26
4.2.1 การเตรียมภาพ.....	27
4.2.2 การหาขอบภาพด้วย Kirsch's Templates.....	28

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.3 การตัดแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms จากภาพจอประสาทตา	29
4.3.1 การเตรียมภาพ.....	30
4.3.2 การทำ Canny Edge Detection เพื่อแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms	30
4.3.3 การกำหนดค่าขีดแบ่งเพื่อแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms	31
4.3.4 การรวมภาพระหว่างภาพที่ได้จากการแยกรอยโรคจากทั้งสองวิธี	33
4.3.5 การลบรูปเส้นเลือด	34
4.4 การตัดแยกรอยโรคประเภท Hemorrhage จากภาพจอประสาทตา	35
4.4.1 การกำหนดค่าขีดแบ่ง.....	36
4.4.2 การลบรูปเส้นเลือดครั้งที่ 1	37
4.4.3 การลบรูปเส้นเลือดครั้งที่ 2	38
4.5 สรุป.....	39
บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง	40
5.1 กล่าวนำ	40
5.2 ชุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้	40
5.3 ผลการหาภาพเส้นเลือด.....	41
5.4 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การตัดแยกรอยโรค Microaneurysms ในขั้นตอนต่างๆ.....	43
5.5 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การตัดแยกรอยโรค Hemorrhage ในขั้นตอนต่างๆ.....	45
5.6 ผลการทดลองการตัดแยกรอยโรค Microaneurysms ออกจากภาพถ่าย จอประสาทตา.....	47
5.7 ผลการทดลองการตัดแยกรอยโรค Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา..	48
5.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง	49
บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.....	50
6.1 สรุปการวิจัย.....	50

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
6.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข	50
6.2.1 ปัญหาและอุปสรรค.....	50
6.2.2 แนวทางแก้ไขปัญหา.....	51
6.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ	51
เอกสารอ้างอิง	52
ภาคผนวก.....	55
ภาคผนวก ก โปรแกรมการทำงาน.....	56
ภาคผนวก ข รายละเอียดผลการทดลอง.....	58
ภาคผนวก ค บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์	74
ประวัติผู้เขียน.....	82

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ระดับความชุกของการเกิดของโรคเบาหวานในประเทศไทย.....	1
2.1 ภาพถ่ายสรีรวิทยาของจอประสาทตาที่ปกติ.....	8
2.2 Mild Nonproliferative.....	9
2.3 Moderate to Severe Nonproliferative	9
2.4 Proliferative Diabetic Retinopathy	10
2.5 Macula Edema	10
2.6 ความผิดปกติของจอประสาทตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน.....	11
3.1 การลบกลุ่มพิกเซลขนาดเล็กกับภาพขาว – ดำ	16
3.2 การเติมบริเวณกับภาพขาว – ดำ.....	17
3.3 การทำภาพกลับขาวเป็นดำ กับภาพขาว – ดำ.....	17
3.4 ฮีสโตแกรมที่แบ่งแยกพื้นหลังและวัตถุโดยค่าขีดแบ่ง	19
3.5 ฮีสโตแกรมของภาพจอประสาทตา.....	20
3.6 การหาขอบภาพจาก Kirsch’s Mask กับภาพขาว – ดำ	21
3.7 ขั้นตอนการหาขอบภาพด้วยวิธี Canny Edge Detection	21
3.8 การแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน.....	24
4.1 แผนผังของการเตรียมรูปเส้นเลือด.....	26
4.2 ภาพในแต่ละระนาบสี	27
4.3 ผ่านการหาขอบภาพด้วย Kirsch’s Filter.....	28
4.4 แผนผังของการหารอยโรคประเภท Microaneurysms	29
4.5 ภาพที่ผ่านการปรับเท่าฮีสโตแกรม.....	30
4.6 ภาพที่ผ่านการทำ Canny Edge Detection.....	30
4.7 ภาพที่ผ่านการเติมบริเวณหลังจากการทำ Canny Edge Detection.....	31
4.8 ภาพที่ถูกตัดเส้นขอบภาพออกจากภาพที่ผ่านการเติมบริเวณ.....	31
4.9 ภาพที่ผ่านการทำ Adaptive Histogram Equalization	32
4.10 ภาพที่ผ่านกลับสีของภาพ.....	32
4.11 ภาพที่ผ่านการตัดระดับโดยการกำหนดค่าขีดแบ่ง	33
4.12 กระบวนการ AND รูป และผลลัพธ์ที่ได้.....	33
4.13 ภาพที่ผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพเส้นเลือด.....	34
4.14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหารอยโรคประเภท Microaneurysms	34
4.15 แผนผังของการประมวลผล Hemorrhages.....	35

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.16 ผ่านกระบวนการกำหนดค่าขีดแบ่ง.....	36
4.17 การลบจุดที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก	36
4.18 ทำการขยายขอบจอประสาทตาและเส้นเลือด.....	37
4.19 กระบวนการลบรูปและผลลัพธ์ที่ได้.....	37
4.20 ทำการขยายรอยโรค.....	38
4.21 เส้นเลือดที่ผ่านการลดสัญญาณรบกวน.....	38
4.22 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหารอยโรคประเภท Hemorrhages.....	39
ข-1 รูปจอประสาทตาปกติ	59
ข-2 การทดลองการแยกภาพ Microaneurysms ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา จากภาพจอประสาทตาปกติ	61
ข-3 การทดลองการแยกภาพ Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตาจากภาพ จอประสาทตาปกติ.....	63
ข-4 รูปจอประสาทตาผิดปกติ.....	65
ข-5 ผลการทดลองการแยกภาพ Microaneurysms ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา	67
ข-6 ผลการทดลองการแยกภาพ Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา.....	69

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ผู้ที่ตรวจ FBS ครั้งแรก เพื่อการคัดกรองเบาหวาน.....	6
2.2 ผู้ที่ตรวจ Hb A1c ครั้งแรก เพื่อการคัดกรองเบาหวาน	7
2.3 ความผิดปกติของจอประสาทตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน.....	12
5.1 ภาพเส้นเลือดจากภาพจอประสาทตาที่ผิดปกติ.....	41
5.2 ภาพเส้นเลือดจากภาพจอประสาทตาที่ปกติ	42
5.3 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพ จอประสาทตาที่ปกติ	43
5.4 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพ จอประสาทตาผิดปกติ	44
5.5 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Hemorrhage จากภาพ จอประสาทตาที่ปกติ	45
5.6 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Hemorrhage จากภาพ จอประสาทตาผิดปกติ	46
5.7 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มปกติ.....	47
5.8 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มผิดปกติ รอยโรคประเภท Microaneurysms.....	47
5.9 ผลการทดลองรวม	47
5.10 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มปกติ.....	48
5.11 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มผิดปกติ รอยโรคประเภท Hemorrhage.....	48
5.12 ผลการทดลองรวม	48
ก-1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดสอบ	57
ข-1 แสดงเวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพ	71

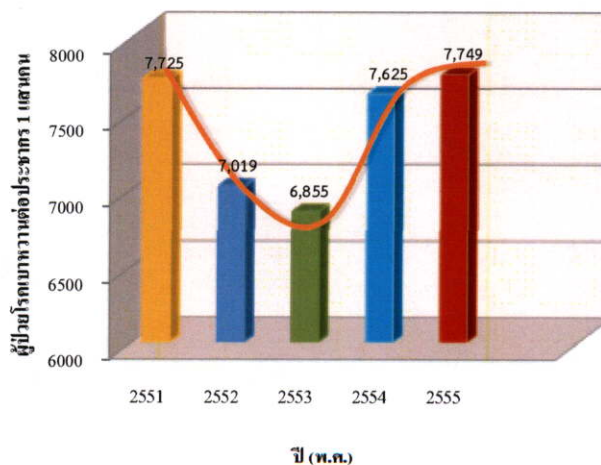
บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การดำรงชีวิตของคนในปัจจุบัน เป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้เกิดโรคต่างๆ มากมาย นอกจากจะทำให้เกิดความเจ็บป่วยทางด้านร่างกายแล้ว ยังมีผลกระทบต่อสภาพจิตใจของผู้ป่วยและบุคคลรอบข้าง อีกทั้งการดำเนินชีวิตประจำวัน และยังส่งผลต่อปัญหาทางด้านสาธารณสุข และภาวะเศรษฐกิจของประเทศชาติด้วย โรคเบาหวานทำให้ผู้ป่วยเกิดอาการวิตกกังวล เนื่องจากเป็นโรคที่ยากในการรักษาให้หายขาด แต่ถ้าผู้ป่วยสามารถตรวจพบและได้รับการรักษาในระยะเริ่มแรก จะช่วยลดการลุกลามของโรคไม่ให้เข้าสู่ระยะที่รุนแรงและเสียชีวิตได้

โรคเบาหวานเป็นโรคที่พบได้ในทุกช่วงวัย และยังมีแนวโน้มที่จะมีผู้ป่วยเพิ่มมากขึ้นทุกปี ทั้งนี้โรคเบาหวานมีสาเหตุ และปัจจัยเสี่ยงในการเกิดอยู่หลายประการ ได้แก่ พฤติกรรมการใช้ชีวิต ขาดการออกกำลังกาย กรรมพันธุ์ มีความดันโลหิตสูง หรือมีไขมันในเลือดสูง ซึ่งจะเสี่ยงต่อการเกิดโรคเบาหวาน และอาจนำไปสู่โรคอื่นๆ อันเป็นภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรงได้ ในปี พ.ศ. 2555 ประเทศไทยพบผู้เสียชีวิตจากโรคเบาหวานทั้งหมด 7,749 คน หรือเฉลี่ยวันละ 22 คน คิดเป็นอัตราการตายด้วยโรคเบาหวาน 12.06 ต่อแสนประชากร [1] รูปที่ 1.1 แสดงระดับความชุกของการเกิดของโรคเบาหวานในประเทศไทย โดยในแต่ละปีพบว่ามีอัตราส่วนของผู้ป่วยจากโรคเบาหวานเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 1.1 ระดับความชุกของการเกิดของโรคเบาหวานในประเทศไทย
ที่มา: สำนักโรคไม่ติดต่อ กรมควบคุมโรค [1]

โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy : DR) เป็นหนึ่งในภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวาน ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียความสามารถในการมองเห็นของผู้ป่วยโรคเบาหวาน การที่ผู้ป่วยมีระดับน้ำตาลในกระแสเลือดที่สูงกว่าปกติ ส่งผลเสียต่อเส้นเลือดทั่วร่างกาย โดยเฉพาะเส้นเลือดที่จอประสาทตา ผนังเส้นเลือดเกิดการเปลี่ยนแปลงขาดความยืดหยุ่น เกิดการรั่วซึมหรืออุดตันได้ง่าย เลือดออกในน้ำวุ้นตา จอประสาทตาหลุดลอก จนทำให้ตาบอดในที่สุด ดังนั้นยังผู้ป่วยมีอาการโรคเบาหวานเป็นระยะเวลานาน โอกาสเกิดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาก็ยิ่งเพิ่มสูงขึ้น โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในช่วงแรกนั้นจะไม่แสดงอาการของโรค หรือความผิดปกติในการมองเห็นที่จะทำให้ผู้ป่วยรู้สึกได้ จักษุแพทย์จึงแก้ปัญหาด้วยการตรวจจอประสาทตาของผู้ป่วยโรคเบาหวานทันที

การวินิจฉัยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาที่ได้รับการยอมรับ ได้แก่ การตรวจทางคลินิกอย่างละเอียดโดยจักษุแพทย์ ซึ่งสามารถทำให้วิเคราะห์โรคได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ แต่วิธีดังกล่าวไม่เหมาะสมทางปฏิบัติ เนื่องจากจักษุแพทย์ในประเทศไทยมีจำนวนน้อยเมื่อเทียบกับจำนวนผู้ป่วย จึงทำให้ในโรงพยาบาลบางแห่ง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในต่างจังหวัด ไม่สามารถทำการตรวจด้วยวิธีนี้ได้ นอกจากนี้ยังมีอีกวิธีหนึ่งที่ได้รับการยอมรับ คือ การถ่ายภาพจอประสาทตาที่เรียกว่า Standard Photograph ของ ETDES (Early Treatment Diabetic Retinopathy Study) ซึ่งเป็นการถ่ายภาพจอประสาทตาขนาด 30 องศา ที่ตำแหน่งเฉพาะจำนวน 7 ตำแหน่ง และถ่ายเป็นภาพ 3 มิติ หลังจากนั้นภาพดังกล่าวจะได้รับการวินิจฉัยโดยจักษุแพทย์ อย่างไรก็ตามการใช้ภาพถ่ายดิจิทัลของจอประสาทตาจึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยจะถ่ายในตำแหน่งเดียว ขนาด 45 องศา ครอบคลุมบริเวณเยื่อชั้นในของจอประสาทตา วิธีนี้ถือว่าเป็นวิธีที่สะดวกและประหยัดที่สุด แต่ทว่าการวินิจฉัยโดยการดูรูปร่างและลักษณะของรอยโรคนั้น ยังคงต้องอาศัยเจ้าหน้าที่เทคนิคที่มีความชำนาญมาช่วยในการวิเคราะห์ภาพ ซึ่งต้องมีการลงทุนจำนวนมากในการฝึกอบรม และจัดจ้างเจ้าหน้าที่เพื่อปฏิบัติงานนี้

ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาระบบคัดกรองผู้ป่วยเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยเน้นไปที่ผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีการเปลี่ยนแปลงในระยะเริ่มแรก คือ Microaneurysm และ Hemorrhage เพื่อทำการวิเคราะห์ระดับสี และรูปร่างของรอยโรคจากภาพถ่ายจอประสาทตา ซึ่งจะเป็นการแบ่งเบาภาระของจักษุแพทย์ และทดแทนการใช้เจ้าหน้าที่เทคนิคที่ทำกรวิเคราะห์ภาพ และลดค่าใช้จ่ายในการคัดกรองผู้ป่วย ซึ่งวิธีนี้เป็นการค้นหาผู้ป่วยที่เสี่ยงต่อการตาบอดได้รวดเร็วยิ่งขึ้นก่อนที่จะส่งต่อจักษุแพทย์ นอกจากนี้ยังสามารถนำโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการตรวจคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานในโรงพยาบาลและก่อนที่จะทำการรักษาทางการแพทย์ต่อไป

1.2 ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาความรู้ด้านการประมวลผลภาพดิจิทัล (Digital Image Processing)

1.2.2 เพื่อออกแบบอัลกอริทึมสำหรับการตรวจจับความผิดปกติในจอประสาทตาของผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยประยุกต์ใช้หลักการและขั้นตอนการประมวลผลภาพ

1.2.3 เพื่อทดสอบผลที่ได้จากโปรแกรมเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์

1.2.4 เพื่อพัฒนาระบบให้สามารถวิเคราะห์ผลได้ความถูกต้องสูงที่สุด

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

1.3.1 การประยุกต์ใช้ขั้นตอนการประมวลผลภาพในการตรวจจับความผิดปกติในจอประสาทตาของผู้ป่วยโรคเบาหวาน เพื่อวิเคราะห์ภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพในจอประสาทตาที่เกิดขึ้นในระยะเริ่มแรก ประเภท MICROANEURYSMS และประเภท HEMORRHAGE

1.3.2 ออกแบบและพัฒนาอัลกอริทึมโดยอาศัยโปรแกรม MATLAB

1.4 ขั้นตอนการศึกษา

1.4.1 ศึกษาลักษณะรูปแบบของประเภทรอยโรคที่เกิดจากโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy) เพื่อนำไปพัฒนาโปรแกรมคัดกรองได้

1.4.2 ศึกษารูปแบบการเกิดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในผู้ป่วย และความผิดปกติที่สามารถตรวจได้จากภาพถ่ายจอประสาทตา ที่มีทั้งภาวะปกติและมีภาวะของโรคเบาหวาน

1.4.3 ออกแบบขั้นตอนวิธีการประมวลผลภาพดิจิทัลที่จะนำมาใช้ในการวิเคราะห์สี ขนาด รูปร่าง และลักษณะอื่นๆ เพื่อบ่งบอกถึงบริเวณที่ผิดปกติของจอประสาทตาโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

1.4.4 ออกแบบการทดลองโปรแกรมที่พัฒนาขึ้น โดยเปรียบเทียบผลที่ได้จากโปรแกรมและจากจักษุแพทย์ โดยกำหนดให้การแปลผลภาพถ่ายจอประสาทตาของจักษุแพทย์เป็นมาตรฐาน

1.4.5 วิเคราะห์ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

1.4.6 สรุปผลและข้อเสนอแนะ

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 โปรแกรมสำหรับคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา สามารถนำมาใช้เพื่อลดความเสี่ยงต่อการตาบอดสนิทของผู้ป่วยโรคเบาหวาน

1.5.2 ช่วยลดภาระของจักษุแพทย์ในการวินิจฉัยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเบื้องต้น สำหรับพื้นที่ที่มีจักษุแพทย์ไม่เพียงพอ

1.5.3 เพื่อช่วยให้ผู้ป่วยที่มีอาการโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ได้รับการรักษาอย่างทันที่

1.5.4 เพื่อลดค่าใช้จ่ายในการจ้างเจ้าหน้าที่เทคนิค

1.5.5 เพื่อเป็นต้นแบบในการพัฒนาระบบที่ใช้วิเคราะห์โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาได้

1.5 รายละเอียดของวิทยานิพนธ์

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ได้แบ่งเนื้อหาออกเป็น 6 บทด้วยกันคือ

บทที่ 1 บทนำ จะกล่าวถึงความสำคัญและที่มาของงานวิจัย ความมุ่งหมายและวัตถุประสงค์ของการวิจัย ขอบเขตของการวิจัย ขั้นตอนการศึกษา ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และรายละเอียดของวิทยานิพนธ์

บทที่ 2 ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรคเบาหวาน ซึ่งประกอบไปด้วยภาวะเคมีในร่างกาย การตรวจระดับน้ำตาล โรคเบาหวาน โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 3 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การปรับปรุงภาพ การแบ่งส่วนภาพ การหาขอบภาพ การแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 4 การออกแบบและการพัฒนา กล่าวถึงหลักการโดยรวมของโปรแกรม ตั้งแต่การเตรียมภาพเส้นเลือด การคัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพจอประสาทตา การคัดแยก รอยโรค Hemorrhage จากภาพจอประสาทตา

บทที่ 5 การทดลองและผลการทดลอง กล่าวถึงการทดลองตามอัลกอริทึมที่ได้ออกแบบไว้ในบทที่ 4 และผลการทดลองจากอัลกอริทึม

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ กล่าวถึงบทสรุปของการวิจัย ปัญหาและอุปสรรคต่างๆ ของงานวิจัย รวมถึงแนวทางแก้ไข และแนวทางในการพัฒนาต่อ

บทที่ 2

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรคเบาหวาน

2.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับโรคเบาหวาน ซึ่งเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้คนไทยเสียชีวิต เนื่องจากอาการแทรกซ้อน ได้แก่ 1.จอประสาทตาผิดปกติจากโรคเบาหวาน 2.โรคไตจากเบาหวาน 3.โรคหัวใจ 4.ประสาทผิดปกติจากเบาหวาน 5.เท้าเป็นแผลเรื้อรังจากความผิดปกติของเส้นเลือด ซึ่งจะกล่าวถึงโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเป็นส่วนสำคัญ ซึ่งผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในระยะเริ่มแรก สามารถแบ่งออกเป็น 4 ประเภท ได้แก่ Microaneurysms, Hemorrhages, Exdates, Cotton-Wool Spot ซึ่งจะมีลักษณะความผิดปกติแตกต่างกันออกไป เช่น สี, ขนาด, รูปร่าง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.2 ภาวะเคมีในร่างกาย

เนื่องจากภายในร่างกายประกอบด้วยสารเคมีมากมายหลายพันชนิด สารเคมีเหล่านี้จะมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา จึงทำให้ภายในร่างกายมีระดับของสารเคมีเหล่านี้อยู่ในปริมาณที่พอเหมาะที่จะดำรงชีวิตอยู่ได้โดยปกติ เมื่อใดก็ตามที่มีเหตุให้การเปลี่ยนแปลงของสารเคมีเสียสมดุลไป ซึ่งอาจมากขึ้นหรือน้อยลง ทำให้การทำงานของร่างกายได้รับผลกระทบไปด้วย ซึ่งส่วนใหญ่เรามักวิเคราะห์สารเคมีจากตัวอย่างของร่างกายที่เป็นของเหลว ซึ่งนำออกมาจากร่างกายได้ง่าย เช่น เลือด พลาสมา ปัสสาวะ เป็นต้น

คาร์โบไฮเดรต เป็นสารในกลุ่มของแป้ง และน้ำตาลที่พบได้ในอาหาร เมื่อรับประทานอาหารพวกแป้งและน้ำตาลแล้ว ร่างกายจะทำหน้าที่ย่อยอาหารพวกนี้ให้เป็นน้ำตาลกลูโคส ซึ่งจะดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดทางลำไส้เล็ก ดังนั้นระดับน้ำตาลกลูโคสจึงเป็นส่วนสำคัญของการดำรงชีวิต ร่างกายจึงจำเป็นต้องรักษาระดับความเข้มข้นของน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือด ซึ่งการควบคุมนี้จะอาศัยฮอร์โมนที่ชื่อว่าอินซูลิน (Insulin) ที่มีผลให้ระดับน้ำตาลในกระแสเลือดลดลง

2.2.1 อินซูลิน

อินซูลิน คือ ฮอร์โมนที่สร้างจากตับอ่อน ซึ่งเป็นอวัยวะส่วนที่อยู่ในช่องท้อง โดยเนื้อเยื่อภายในตับอ่อนจะทำหน้าที่สร้างฮอร์โมน และมีหน้าที่ควบคุมปริมาณกลูโคสในกระแสเลือด

อินซูลินเป็นสารที่มีความสำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งในการแปลงน้ำตาลกลูโคสให้เป็นพลังงาน รวมทั้งปริมาณของอินซูลินจะเกี่ยวข้องกับน้ำตาลในกระแสเลือด เมื่อปริมาณน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดมีระดับปกติ อินซูลินจะถูกนำไปใช้เพื่อให้กลูโคสผ่านเข้าสู่เซลล์ แต่ถ้าปริมาณน้ำตาลกลูโคสในกระแสเลือดสูงขึ้น จะทำให้ตับอ่อนไม่สามารถสร้างอินซูลิน หรือร่างกายไม่สามารถนำอินซูลินไปใช้งานได้ จึงทำให้มีระดับน้ำตาลในกระแสเลือดสูงขึ้น และมีความผิดปกติในการทำงานของเซลล์

2.3 การตรวจระดับน้ำตาล

2.3.1 การตรวจปัสสาวะ

การตรวจระดับน้ำตาลในปัสสาวะ (Urinary Analysis หรือ UA) เป็นวิธีหนึ่งที่ย่าง และมีค่าใช้จ่ายที่ถูกลง เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการตรวจอื่นๆ การตรวจระดับน้ำตาลในปัสสาวะสามารถใช้เป็นการตรวจเพื่อการคัดกรองการวินิจฉัย และติดตามผลการรักษาภาวะต่างๆ หรือโรคที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมน ซึ่งปกติปัสสาวะที่ถ่ายออกมาจะไม่มีน้ำตาล แต่หากพบว่ามียาตาลในน้ำปัสสาวะให้สันนิษฐานว่าเป็นโรคเบาหวาน แต่การตรวจปัสสาวะมีข้อเสียตรงที่ไม่สามารถบอกระดับน้ำตาลในเลือดได้โดยตรง และระดับน้ำตาลในเลือดจะต้องสูงพอสมควร คือ เกิน 180 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร (mg/dL) จึงจะตรวจพบ ซึ่งการตรวจปัสสาวะต้องวินิจฉัยควบคู่ไปกับการสังเกตอื่นๆ เช่น กรรมพันธุ์ ความดันโลหิต ไขมันในเส้นเลือด ฯลฯ

2.3.2 การตรวจระดับน้ำตาลในเลือด

2.3.2.1 การตรวจ Fasting Blood Sugar (FBS)

การตรวจ Fasting Blood Sugar คือ การตรวจระดับน้ำตาลในเลือดหลังจากอดอาหาร 8 ชั่วโมง เพราะเป็นการบอกระดับน้ำตาลที่อยู่ในเลือดโดยปกติ เพื่อใช้ในการคัดกรอง และวินิจฉัยผู้ที่มีอาการแสดงหรือมีปัจจัยเสี่ยงเป็นเบาหวาน นอกจากนั้นใช้ติดตามระดับน้ำตาลในเลือด เพื่อประเมินผลการรักษา และตรวจป้องกันระดับน้ำตาลในเลือดสูง หรือต่ำเกินไปในผู้ป่วยเบาหวาน

ตารางที่ 2.1 ผู้ที่ตรวจ FBS ครั้งแรก เพื่อการคัดกรองเบาหวาน

ผู้ที่ตรวจ FBS เพื่อการคัดกรองเบาหวาน	ปริมาณน้ำตาลในเลือด
ผู้ไม่เป็นเบาหวาน (ค่าปกติ)	น้อยกว่า 100 mg/dL
ผู้มีความเสี่ยงเป็นเบาหวาน	100 ถึง 125 mg/dL
ผู้เป็นเบาหวาน	มากกว่าหรือเท่ากับ 126 mg/dL

สำหรับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ค่าเป้าหมาย FBS ในการรักษาอยู่ในช่วงระหว่าง 70 ถึง 130 mg/dL

2.3.2.2 การตรวจ Hb A1c (Hemoglobin A1c)

การตรวจ Hb A1c เป็นการตรวจค่าเฉลี่ยระดับน้ำตาลในเลือด เพื่อพิจารณาและประเมินผลการรักษาการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนั้นยังใช้เพื่อการคัดกรองและวินิจฉัยภาวะเบาหวานในปัจจุบันด้วย การตรวจ Hb A1c สามารถดูผลการควบคุมระดับน้ำตาลในเลือดในช่วงที่ผ่านมาเป็นเดือนๆ ได้ เนื่องจากการนำผลของระดับน้ำตาลที่เกาะอยู่ในส่วนประกอบของเม็ดเลือดแดงที่เรียกว่า ฮีโมโกลบิน (Hemoglobin) ซึ่งน้ำตาลนี้จะเกาะอยู่นานจนสิ้นอายุขัยของเม็ดเลือดแดงเป็นระยะเวลาจนถึง 3 เดือน มาตรวจหาค่าเฉลี่ย จึงมีความสำคัญและช่วยประเมินผล การรักษา เพื่อป้องกันการเกิดภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานในระยะยาว การที่ร่างกายมีระดับน้ำตาลในเลือดสูงเป็นระยะเวลานาน ส่งผลให้ทำลายระบบร่างกายต่างๆ มากมาย เช่น ไตเสื่อม ตาเสื่อม ระบบเส้นเลือดหัวใจ และระบบปลายประสาท โดยผู้ป่วยทั่วไปมีเป้าหมายการลด Hb A1c ที่น้อยกว่า 7 mg % หากเป็นไปได้ควรน้อยกว่า 6.5 mg % เนื่องจากการศึกษาว่าสามารถลดการเกิดโรคแทรกซ้อนต่างๆ ในระยะยาวได้ คนปกติที่ไม่มีภาวะเบาหวานจะมีค่า Hb A1C ประมาณ 5 mg % แต่สำหรับผู้เป็นเบาหวานจะมีค่าสูงกว่าปกติ

ตารางที่ 2.2 ผู้ที่ตรวจ Hb A1c ครั้งแรก เพื่อการคัดกรองเบาหวาน

ผู้ที่ตรวจ FBS เพื่อการคัดกรองเบาหวาน	ปริมาณน้ำตาลในเลือด
ผู้ไม่เป็นเบาหวาน (ค่าปกติ)	น้อยกว่า 5.7 mg %
ผู้มีความเสี่ยงเป็นเบาหวาน	5.7 mg % ถึง 6.4 mg %
ผู้เป็นเบาหวาน	มากกว่าหรือเท่ากับ 6.5 mg %

สำหรับผู้ที่เป็นเบาหวานค่าเป้าหมาย Hb A1c ในการรักษาน้อยกว่า 7 mg % (หากเป็นไปได้ควรน้อยกว่า 6.5 mg %)

2.4 โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus: DM)

โรคเบาหวาน (Diabetes Mellitus : DM) แบ่งได้ 2 ประเภทใหญ่ๆ

ประเภทที่ 1 คือ เบาหวานที่ต้องพึ่งอินซูลิน โรคเบาหวานประเภทนี้เป็นได้กับทุกวัย แต่ส่วนมากจะเป็นกับผู้ที่ไม่แก่ สาเหตุของเบาหวานประเภทนี้ เกิดจากกลุ่มเนื้อเยื่อในตับอ่อนที่ทำหน้าที่ผลิตอินซูลินไม่สามารถทำงานได้ จึงต้องทำการรักษาโดยการฉีดอินซูลินเข้าสู่ร่างกาย

ประเภทที่ 2 คือ โรคเบาหวานไม่ต้องพึ่งอินซูลิน ส่วนใหญ่มักเป็นกับคนในวัยผู้ใหญ่ เกิดจากที่ร่างกายไม่สามารถนำน้ำตาลในเลือดมาใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เนื่องจากมีภาวะต่อต้านการ

สร้างอินซูลิน ทำให้เซลล์ที่สร้างอินซูลินค่อยๆ ถูกทำลายไป ทำให้มีระดับน้ำตาลในกระแสเลือดที่สูงกว่าปกติ ในประเภทที่ 2 นี้ จะเป็นปัจจัยด้านพันธุกรรม ที่สามารถถ่ายทอดไปสู่ลูกหลานได้ ซึ่งจะมีความเสี่ยงในการเกิดโรคเบาหวานได้มากกว่าคนอื่น

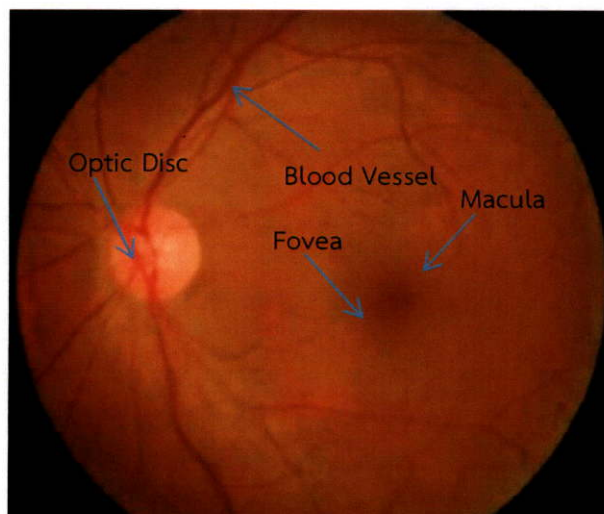
2.4.1 อาการแทรกซ้อน

มักเกิดเมื่อเป็นเบาหวานมานานอย่างน้อย 5 ปี โดยไม่ได้รับการรักษาอย่างจริงจัง หรือปล่อยปละละเลย อาการแทรกซ้อนที่อาจพบได้ คือ

1. จอประสาทตาผิดปกติจากโรคเบาหวาน เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดตาบอดและสายตาสั้น
2. โรคไตจากเบาหวาน โดยมีโปรตีนออกมากับปัสสาวะ มีความดันโลหิตสูง และการทำงานของไตเสื่อมลง
3. โรคหัวใจ พบว่าเป็นสาเหตุของการตายในผู้ป่วยเบาหวานถึงร้อยละ 50
4. ประสาทผิดปกติจากเบาหวาน มีการชาตามปลายมือ ปลายเท้า
5. เท้าเป็นแผลเรื้อรัง เกิดจากความผิดปกติของเส้นเลือด และปลายประสาทที่เท้า ทำให้เท้าชา และเกิดแผลเรื้อรัง ซึ่งเป็นสาเหตุที่ทำให้ต้องตัดขา

2.5 โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy)

โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา เป็นภาวะแทรกซ้อนทางตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน เริ่มมาจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเส้นเลือดฝอยที่เล็กที่สุดในจอประสาทตา [2] ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงที่จอร์ับภาพ โดยมีการทำลายเส้นเลือดบนจอภาพ โดยโรคตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน ได้แก่ ต้อกระจก ต้อหิน ประสาทจอร์ับภาพเสื่อม ประสาทจอร์ับภาพขาดเลือด ซึ่งหากเป็นมากอาจจะมีผลต่อการมองเห็น ในรูปที่ 2.1 แสดงภาพถ่ายสรีรวิทยาของจอประสาทตาที่ปกติ

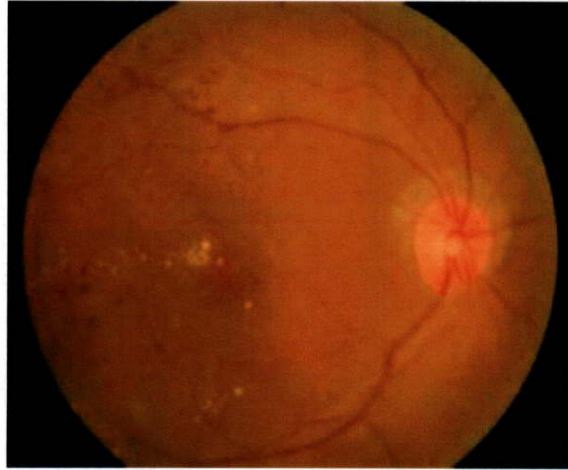


รูปที่ 2.1 ภาพถ่ายสรีรวิทยาของจอประสาทตาที่ปกติ

ผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาสามารถแบ่งออกเป็น 4 กรณี ดังนี้

2.5.1 Mild Nonproliferative (increase permeability)

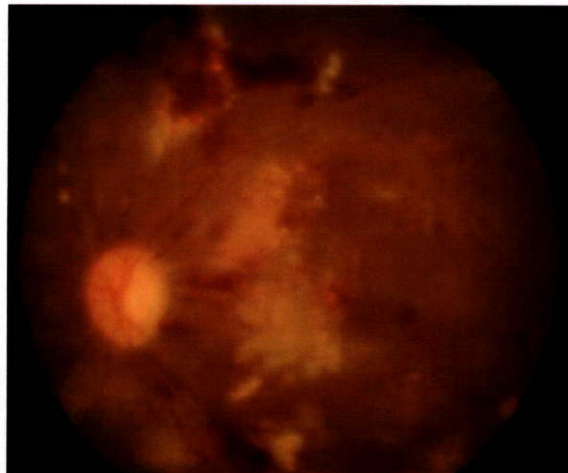
ผู้ป่วยไม่มีอาการตามองเห็นปกติ ตรวจทางจอร์ับภาพ จะพบมีการโป่งพองของเส้นเลือด (Microaneurysm), เส้นเลือดที่โป่งพองจะควบคุมการไหลของสารน้ำไม่ได้ ทำให้เกิด (Hard Exudate), นอกจากนี้ยังทำให้เกิดอาการบวมของจอร์ับภาพ (Macular edema และ Dot Hemorrhage) ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 Mild Nonproliferative

2.5.2 Moderate to Severe Nonproliferative (NPDR, vascular closer)

จอร์ับภาพจะมีการขาดเลือดเพิ่ม (cotton-wool spot) และมีการหลังของเหลวในจอร์ับภาพ (venous dilatation) ดังแสดงในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 Moderate to Severe Nonproliferative

2.5.3 Proliferative diabetic retinopathy (new blood vessel on retina)

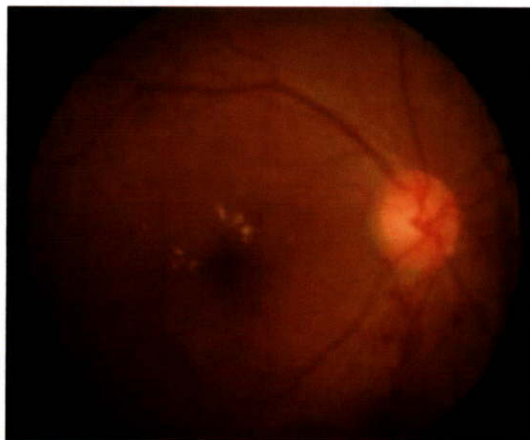
เส้นเลือดที่จอร์ับภาพเสียหายทำให้มีการสร้างเส้นเลือดขึ้นใหม่ มีเลือดไหลออกมาอยู่ในเนื้อเยื่อลูกตา และมองไม่เห็น (Vitreous Hemorrhage) เนื้อเยื่อจอร์ประสาทตาจะเกิดพังผืดแผลเป็นซึ่งพังผืดเหล่านี้จะดึงรั้งเนื้อจอร์ประสาทตาให้เกิดภาวะจอร์ประสาทตาลอก หรือจอร์ประสาทฉีกขาด (Scar) และเมื่อพังผืดบดตัวทำให้เกิดการแยกของจอร์รับภาพและประสาทตา (Retinal Detachment) อาจทำให้การมองเห็นลดลงมาก ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 Proliferative Diabetic Retinopathy

2.5.4 Macula edema

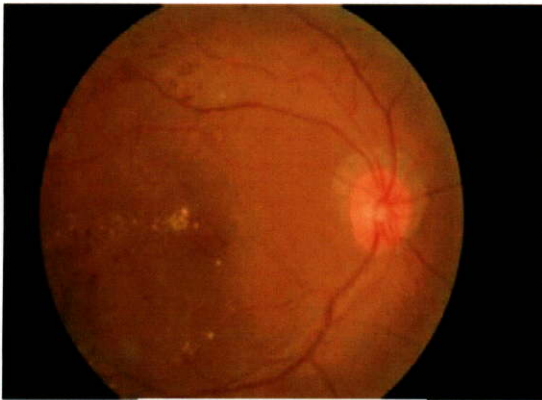
จอร์รับภาพที่ทำหน้ารับภาพจะบวม และส่งผลทำให้เห็นภาพไม่ชัด ซึ่งกรณีนี้ต้องรักษาด้วยการผ่าตัด เพราะถ้าทิ้งไว้จะทำให้สูญเสียการมองเห็นอย่างถาวรได้ ดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 Macula Edema

ผู้ที่ป่วยเป็นโรคเบาหวานขึ้นจอร์ประสาทตาในระยะเริ่มแรก สามารถแบ่งออกเป็น 4 ลักษณะได้แก่ Microaneurysms, Hemorrhages, Exudates, Cotton-wool spot ดังแสดงใน รูป

ที่ 2.6 โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาอาการเริ่มมาจากการเปลี่ยนแปลงของผนังเส้นเลือดฝอยที่เล็กที่สุดในจอประสาทตา [3] ความผิดปกติในลักษณะนี้เรียกว่า Microaneurysms ดังรูปที่ 2.6 (ก) จะปรากฏเป็นจุดสีแดงเล็กๆ ในจอประสาทตาและมีเส้นเลือดฝอยของจอประสาทตาลดลง เนื่องจากผนังเส้นเลือดฝอยเสียหาย เส้นเลือดขนาดเล็กอาจจะแยกออกและทำให้เกิดเลือดออกในจอประสาทตา รอยโรคประเภท Hemorrhages ดังรูปที่ 2.6 (ข) ปรากฏจุดสีแดงเล็กๆ หรือกระจายเป็นทางมีลักษณะคล้าย Microaneurysms ขนาดใหญ่หรือวงกลมที่มีรูปร่างผิดปกติ นอกจากนั้นยังมีการก่อตัวของไขมันที่รั่วไหล (Exudate) และมีการซึมผ่านมาจากผนังเส้นเลือดฝอย จะเห็นเป็นก้อนสีขาวเหลืองปรากฏเป็นจุดหรือรวมกันเป็นกลุ่มใหญ่สะสมอยู่ในชั้นของจอประสาทตา อาจจะมีขนาดรูปร่าง และตำแหน่งที่เกิดในจอประสาทตาที่แตกต่างกัน ดังแสดงในรูปที่ 2.6 (ค) การไหลเวียนของเลือดที่ไม่ปกติทำให้เส้นเลือดฝอยเกิดการขาดเลือด เส้นเลือดเลือดอุดตัน และขาดออกซิเจน ทำให้มีการบวมของเส้นใยประสาทตา จะปรากฏเป็นก้อนสีขาวเหมือนปุยนุ่มๆ ที่เรียกว่า Cotton-wool spot ดังที่แสดงในรูปที่ 2.6 (ง) ลักษณะความผิดปกติของจอประสาทตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน สามารถสรุปได้ดังในตารางที่ 2.3



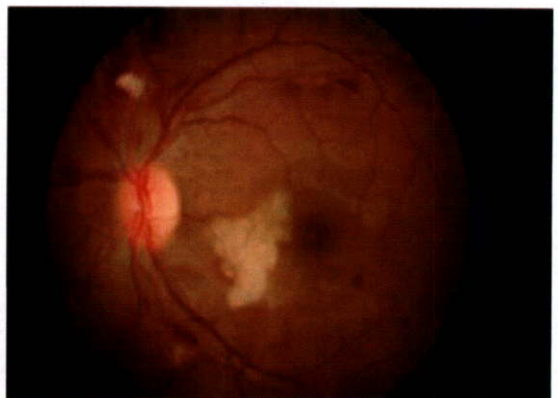
(ก) Microaneurysms



(ข) Hemorrhages



(ค) Exudates



(ง) Cotton-wool spot

รูปที่ 2.6 ความผิดปกติของจอประสาทตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน

ตารางที่ 2.3 ความผิดปกติของจอประสาทตาที่เกิดจากโรคเบาหวาน

ประเภทของรอยโรค	สี	ขนาด	รูปร่าง	อื่นๆ
Microaneurysm	ดำออกแดง	เล็กมาก	จุดกลม	-
Hemorrhage	ดำออกแดง	จากเล็กถึงใหญ่	จุดหรือเป็นกลุ่มใหญ่ๆ	-
Exudate	เหลือง	จากเล็กถึงใหญ่	ไม่ปกติ	เส้นขอบชัดเจน
Cotton-wool spot	ค่อนข้างขาว	จากเล็กถึงกลาง	ปกติจะเป็นวงรี	เส้นขอบเบลอ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตานั้นเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการป้องกันการสูญเสียการมองเห็น Microaneurysms และ Hemorrhages พบว่าเป็นหนึ่งในสัญญาณและความผิดปกติของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา เพื่อให้การตรวจสอบและการรักษาของโรคมมีความถูกต้อง นักวิจัยหลายคนจึงมีความพยายามที่จะนำเสนอความคิดใหม่ๆ ในการตรวจสอบชนิดของโรค เพื่อทำการคัดกรองโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาให้ได้ประสิทธิภาพมากที่สุด หรือลดงบประมาณทรัพยากรที่ใช้ในการคัดกรองให้น้อยที่สุด งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการในการตรวจหารอยโรค และสามารถแบ่งออกเป็นประเภทที่แตกต่างกัน และสรุปวิธีการคัดกรองโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในรูปแบบต่างๆ ของงานวิจัยได้ดังต่อไปนี้

งานวิจัยของ Helena Buch และคณะ [4] มีความสนใจในการเกิดโรคเบาหวาน ซึ่งเบาหวานประเภทที่ 2 เป็นสาเหตุที่พบบ่อย และเป็นภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาที่จะนำไปสู่การตาบอดในที่สุด

งานวิจัยของ A. IDIL และคณะ [5] ได้แนะนำแนวทางการลดระดับน้ำตาลในเลือดอย่างเหมาะสม ซึ่งจะช่วยลดการเกิดภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา และลดจำนวนครั้งที่รักษาด้วยเลเซอร์ได้ การผ่าตัดทางจอประสาทตาจะช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดภาวะตาบอดในผู้ป่วยเบาหวานขึ้นตาได้ และเนื่องจากผู้ป่วยอาจเกิดภาวะเบาหวานขึ้นตาได้โดยไม่มีอาการแสดง ดังนั้นการวินิจฉัยภาวะนี้ตั้งแต่เริ่มแรก จะช่วยลดโอกาสการเกิดภาวะตาบอดจากเบาหวานขึ้นได้

งานวิจัยของ Wild S. [6] ได้ศึกษาการใช้ภาพถ่ายจอประสาทตาเป็นวิธีการในการตรวจตาโดยจักษุแพทย์ เพื่อวินิจฉัยภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา แต่เนื่องจากจำนวนจักษุแพทย์ในประเทศไทย มีเพียง 1,000 คนและทำงานอยู่ในโรงพยาบาลใหญ่ๆ ทำให้ผู้ป่วยที่อยู่ในพื้นที่ห่างไกลเข้าถึงยาก

งานวิจัยของ นพ. ไพศาล ร่วมวิบูลย์สุข [7] ได้ศึกษาวิจัยเรื่องการให้บุคลากรทางการแพทย์ที่ไม่ใช่แพทย์ที่ตรวจคัดกรองภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาในผู้ป่วยโรคเบาหวาน โดยเปรียบเทียบผลจากการตรวจดังกล่าวกับผลตรวจตาโดยจักษุแพทย์ พบว่าได้ผลความไวและความจำเพาะในการวินิจฉัยภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาจากงานวิจัยดังกล่าวถึง 93 เปอร์เซ็นต์ และ 91 เปอร์เซ็นต์

ตามลำดับ วิธีนี้ใช้ได้ผลเป็นที่น่าพอใจแต่ว่าอาจต้องใช้เวลาและต้นทุนที่สูงในการอบรมบุคลากรทางการแพทย์

งานวิจัยของ อนุชิต กิจธารทอง [8] ได้มีความสนใจเรื่องโรคเบาหวานซึ่งเป็นปัญหาทางสาธารณสุขของประเทศไทย ภาวะแทรกซ้อนที่สำคัญของโรคเบาหวาน คือจอประสาทตาเปลี่ยนแปลงโดยผู้ป่วยเบาหวานมักมีโอกาสดาบอดมากกว่าคนทั่วไปประมาณ 25 เท่า การเปลี่ยนแปลงนี้จะสัมพันธ์กับระยะเวลาในการเป็นและอายุ ผู้ป่วยเบาหวานชนิด insulin-dependent diabetes mellitus (IDDM) หรือเบาหวานประเภทที่ 1 และ non-insulin-dependent diabetes mellitus (NIDDM) หรือเบาหวานประเภทที่ 2 ซึ่งผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานมากกว่า 20 ปี จะตรวจพบว่ามีจอประสาทตาเปลี่ยนแปลงได้ 99 เปอร์เซ็นต์ และ 60 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ซึ่งเกิดจากการที่มีภาวะน้ำตาลในเลือดสูงเป็นเวลานาน ส่งผลให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในเส้นเลือดขนาดเล็ก แพทย์ที่ดูแลผู้ป่วยเบาหวานจึงมีบทบาทสำคัญในการส่งผู้ป่วยเบาหวานมารับการตรวจตา เพื่อป้องกันไม่ให้จอประสาทตาเปลี่ยนแปลงรุนแรงมากขึ้น หรือหากตรวจพบจอตาเปลี่ยนแปลงจากโรคเบาหวานเป็นในระยะรุนแรงจะได้ให้การรักษาได้ทัน่วงที

งานวิจัยของ Chajira และคณะ [9] ได้นำเสนอการใช้เทคโนโลยีทางด้านคอมพิวเตอร์หาส่วนประกอบหลักๆ ของเรตินาอย่างอัตโนมัติในภาพถ่ายสีที่ถ่ายจากกล้องเรตินาระบบดิจิทัล จากการศึกษาพบว่าคอมพิวเตอร์สามารถหาตำแหน่งเส้นเลือดในตา ออฟติคิสและโพเวียได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่าความไวและความจำเพาะ 99.1 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยของ อภิชาติ สวงวนศิลป์พงศ์ [10] ได้ศึกษาเกี่ยวกับโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ตาบอด แต่สามารถป้องกันการเกิดการตาบอดได้ถ้าตรวจพบในระยะเริ่มแรก ปัจจุบันได้แบ่งระดับความรุนแรงของเบาหวานขึ้นจอประสาทตาแบบใหม่ เพื่อที่จะทำให้งานนำไปใช้ในทางปฏิบัติ นอกจากนี้มีการนำวิธีการใหม่มาใช้ในการรักษาโดยเฉพาะในกลุ่มยา anti-VEGF นำมาใช้ร่วมกับการรักษาแบบเดิม ซึ่งรักษาโดยใช้แสงเลเซอร์และการทำ vitrectomy โดยยา anti-VEGF สามารถรักษาได้ผลดีในราย proliferative diabetic retinopathy ซึ่งพบว่าได้ผลดีแต่มีข้อเสียคือมีราคาสูง และในกรณีที่เกิด neovascularization ต้องใช้ยาอย่างต่อเนื่องเพื่อควบคุม สิ่งที่ดีที่สุดคือ การวิเคราะห์ภาพถ่ายโดยจักษุแพทย์โดยมีค่าความแม่นยำเป็น 89.3 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยของ กรทิพย์ มิตรวงษา [11] จากการศึกษาครั้งนี้พบว่าปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการเกิดเบาหวานขึ้นจอประสาทตาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ได้แก่ อายุของผู้ป่วย ระยะเวลาการเป็นเบาหวาน และการมีโรคอื่นร่วมกับเบาหวาน ในการศึกษาครั้งนี้พบว่าผู้ป่วยที่มีโรคอื่นร่วมกับเบาหวานมีโอกาสเสี่ยงที่จะพบโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาได้สูงกว่าผู้ที่ไม่มียโรคอื่นร่วมถึง 1.63 เท่า โดยปัจจัยที่ก่อให้เกิดความเสี่ยง คือ การควบคุมระดับน้ำตาลในเลือด, การมีความดันโลหิตสูง และมีภาวะไขมันผิดปกติในเลือด, ผู้ป่วยที่มีระยะเวลาการเป็นเบาหวานมากกว่า 5 ปี เพื่อเป็นการป้องกันและชะลอเวลาของภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาให้เกิดขึ้นน้อยที่สุดและช้าที่สุดเท่าที่จะสามารถทำได้

งานวิจัยของ มงคล การุณงามพรรณ และคณะ [12] ได้รวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของการเกิดโรคเบาหวานที่มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในอนาคต การทราบระดับความเสี่ยงและโอกาสเกิดโรค เพื่อทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดโรค ทำได้โดยการเก็บข้อมูลที่มีปัจจัยความเสี่ยงต่อการเกิดโรค ประกอบไปด้วย อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ความยาวรอบเอวความดันเลือด และประวัติการเป็นเบาหวานของบิดา มารดาและพี่น้องสายตรง ซึ่งสามารถเก็บได้จากการซักประวัติและการตรวจร่างกายทั่วไป ผลรวมของคะแนนจะบอกระดับความเสี่ยงจากน้อยมาก น้อยปานกลาง สูง และสูงมาก บอกโอกาสที่จะเป็นโรคเบาหวานใน 12 ปีข้างหน้า และยังช่วยคัดกรองหาผู้ป่วยโรคเบาหวานได้โดยไม่ต้องอาศัยการตรวจเลือด

งานวิจัยของ กิตติพล วิแสงและคณะ [13] ได้ศึกษาปัจจัยเสี่ยงของโรคเบาหวาน โดยนำมาทำเป็นเครื่องมือประเมินการเกิดโรค แทนการตรวจเลือด โดยนำเข้าสู่ชุดข้อมูลเป้าหมาย จำนวน 2,000 คน แต่ละรายจะประกอบด้วย อายุ เพศ ดัชนีมวลกาย ความยาวรอบเอวความดันเลือด และประวัติการเป็นเบาหวานของบิดา มารดาและพี่น้องสายตรง แบ่งเป็น 2 ชุดย่อยนำมาสร้างความสัมพันธ์ด้วยตัวแบบโครงข่ายประสาทเทียม 2 แบบ คือ Back-Propagation Neural Networks (RBNN), Radial Basis Function Network (RBFN) และวิธีการ Naïve Bayes และเปรียบเทียบประสิทธิภาพแต่ละตัวแบบกับผลการวินิจฉัยทางการแพทย์

2.7 สรุป

จากเนื้อหาที่ผ่านมา จะเห็นได้ว่าโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเป็นภาวะแทรกซ้อนอย่างหนึ่งของผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งเป็นสาเหตุของการสูญเสียการมองเห็น ในการคัดกรองผู้ป่วยนั้น ถ้าสามารถตรวจพบภาวะแทรกซ้อนได้ในระยะเริ่มแรก จะช่วยลดการลุกลามของโรคไม่ให้เข้าสู่ระยะรุนแรงและเสียชีวิตได้ ซึ่งวิธีการตรวจโดยการถ่ายภาพจอประสาทตาเป็นวิธีที่เหมาะสม เนื่องจากมีความสะดวก รวดเร็ว และใช้งานได้ง่าย

บทที่ 3

ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

3.1 กล่าวนำ

ปัจจุบันการประมวลผลภาพทางการแพทย์ ได้มีผู้ให้ความสนใจกันอย่างแพร่หลาย และคิดค้นพัฒนาขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในบทนี้จะเป็นการกล่าวถึงทฤษฎีการใช้โปรแกรมในการตรวจหาความผิดปกติของเส้นเลือดฝอยในภาพถ่ายจอประสาทตา ซึ่งการประมวลผลภาพแบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การปรับปรุงภาพ การแบ่งส่วนภาพ การหาขอบภาพ และการแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน ซึ่งในแต่ละส่วนจะมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องดังนี้

3.2 การปรับปรุงภาพ (Image Enhancement)

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนแรกของโปรแกรม โดยนำภาพที่ได้จากจักษุแพทย์มาทำการปรับปรุงเพื่อความคมชัด และทำให้ภาพมีความเหมาะสมกับการประมวลผลในขั้นต่อไป โดยในขั้นตอนนี้จะมีทฤษฎีที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 3 หัวข้อ คือ ระบายบิตของสีเขียว, การปรับเท่าฮิสโตแกรม, Adaptive Histogram Equalization

3.2.1 ระบายบิตของสีเขียว (Green Channel)

ระบายบิตสีเขียวเป็นการแยกระบายบิตภาพออกเป็นระบายบิตสีแดง และสีน้ำเงิน ซึ่งสีทั้ง 3 สี จะประกอบรวมกันอยู่ในภาพ หลังจากทำการแยกระบายบิตออกมาแล้ว จึงวิเคราะห์ระบายบิตของแต่ละระบายบิต ซึ่งระบายบิตของสีเขียวที่แยกออกมาได้นั้นจะกำหนดระดับสี เส้นเลือดและรูปร่างของรอยโรคได้ดีที่สุดเพราะลักษณะต่างๆ จะถูกแยกออกจากกันอย่างเห็นได้ชัดเจน

3.2.2 การปรับเท่าฮิสโตแกรม (Histogram Equalization)

การปรับเท่าฮิสโตแกรม เป็นการปรับคอนทราสต์โดยการใช้ฮิสโตแกรมของภาพ ทำได้โดยการกระจายค่าความเข้มแสงที่เกิดขึ้นในภาพ ซึ่งได้จากการคำนวณหาค่าความเข้มของจุดนั้นๆ ใหม่ ทำให้ฮิสโตแกรมของภาพผลลัพธ์มีการกระจายอย่างสม่ำเสมอ จะใช้สมการ (3.1) และ (3.2) ในการคำนวณความเข้มของจุด

$$p(i) = \frac{n_i}{n}, i \in 0, \dots, L-1 \quad (3.1)$$

โดย $p(i)$ คือ ความน่าจะเป็นที่เกิเกิดขึ้นของพิกเซล (Pixel) ในระดับความเข้ม (i)
 n_i คือ จำนวนจุดที่เกิเกิดขึ้นของภาพที่มีความเข้ม
 n คือ จำนวนพิกเซล ทั้งหมดในภาพ
 L คือ จำนวนความเข้มทั้งหมดในภาพ

$$C(i) = \sum_{j=0}^i p(i) \quad (3.2)$$

โดย $p(i)$ คือ ฟังก์ชันการกระจายสะสม (Cumulative Distribution Function)

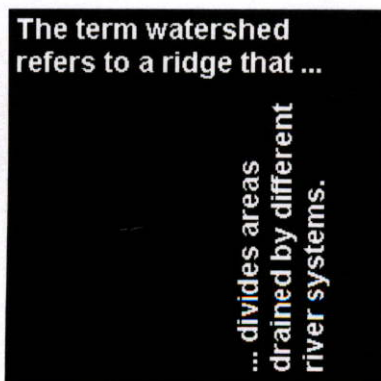
3.2.3 Adaptive Histogram Equalization

เป็นการปรับคอนทราสต์ของรูปที่เหมือนกับการปรับเท่าฮิสโตแกรม แต่จะแตกต่างกันที่การปรับเท่าฮิสโตแกรมจะทำการปรับคอนทราสต์โดยใช้ฮิสโตแกรมทั้งภาพในการกระจาย แต่ Adaptive Histogram Equalization จะปรับคอนทราสต์ทีละพื้นที่เล็กๆ โดยนำเอาฮิสโตแกรมในพื้นที่นั้นมากระจายค่า และขยับไปพื้นที่ใหม่ทำลักษณะเดียวกันจนครบทั้งภาพ เพราะฉะนั้นรูปที่ผ่าน Adaptive Histogram Equalization จะได้รายละเอียดที่ดีกว่า

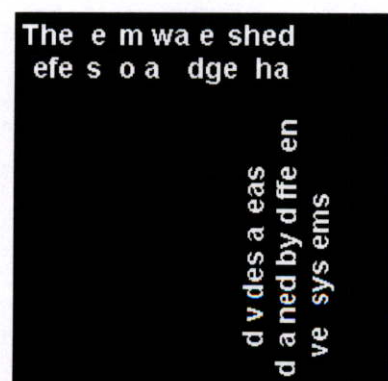
3.2.4 การลบกลุ่มพิกเซลขนาดเล็ก (Remove Small Objects)

เป็นการลบกลุ่มของพิกเซลที่อยู่เชื่อมต่อกัน และมีจำนวนพิกเซลน้อยกว่าจำนวนที่กำหนด ดังแสดงจากการแปลงรูปที่ 3.1 (ก) ด้วยการลบกลุ่มพิกเซลขนาดเล็ก ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือรูปที่ 3.1 (ข) ผ่านการลบกลุ่มพิกเซลขนาดเล็ก

ตัวอย่างการใช้กับภาพขาว - ดำ



(ก) ต้นฉบับ



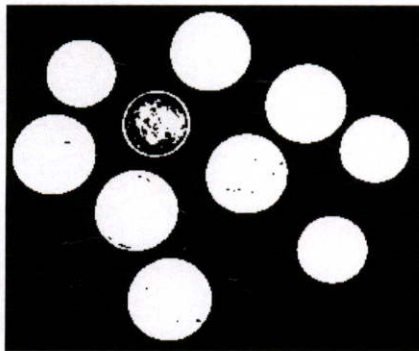
(ข) ผ่านการลบกลุ่มพิกเซลขนาดเล็ก

รูปที่ 3.1 การลบกลุ่มพิกเซลขนาดเล็กกับภาพขาว - ดำ

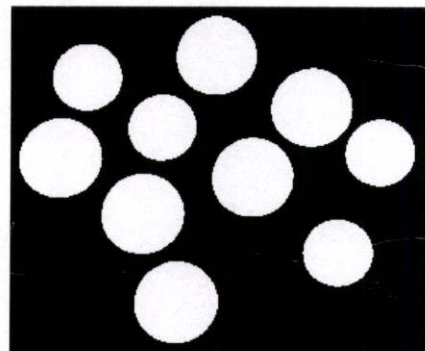
3.2.5 การเติมบริเวณ (Region Filling)

โดยการดำเนินการทั่วไปจะเติมพื้นที่ในภาพ โดยจะเติมพื้นที่ในจุดที่เป็นพื้นที่ว่างปิด ดังแสดงจากการแปลงรูปที่ 3.2 (ก) ด้วยการเติมบริเวณ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือรูปที่ 3.2 (ข) ที่ผ่านการเติมบริเวณ

ตัวอย่างการใช้กับภาพขาว - ดำ



(ก) ต้นฉบับ



(ข) ผ่านการเติมบริเวณ

รูปที่ 3.2 การเติมบริเวณกับภาพขาว - ดำ

3.2.6 การทำภาพกลับขาวเป็นดำ (Digital Negative)

โดยการดำเนินการทั่วไปจะทำการกลับสีทุกจุดพิกเซลในภาพ สีดำและสีขาวในส่วนประกอบภาพจะกลับกัน พื้นที่มืดกลายเป็นอ่อน และอ่อนกลายเป็นเข้ม ดังแสดงจากการแปลงรูปที่ 3.3 (ก) การทำภาพกลับขาวเป็นดำ ซึ่งจะได้ผลลัพธ์คือรูปที่ 3.3 (ข) ที่ผ่านการทำภาพกลับขาวเป็นดำ

ตัวอย่างการใช้กับภาพขาว - ดำ



(ก) ต้นฉบับ



(ข) ผ่านการทำภาพกลับขาวเป็นดำ

รูปที่ 3.3 การทำภาพกลับขาวเป็นดำกับภาพขาว - ดำ

3.2.7 การขยายภาพ (Dilation)

การขยายภาพในที่นี้จะพิจารณาสำหรับข้อมูลรูปที่เป็นไบนารี โดยใช้เทคนิคการ Hit และ Miss ตามที่ได้กล่าวไว้ในหัวข้อข้างบน การขยายภาพจะทำได้โดยการกำหนดเทมเพลต (ซึ่งสามารถสร้างได้จาก 0 และ 1 โดยมีขนาดเท่ากับ 3×3) และนำเทมเพลตตรงกับตำแหน่งข้อมูลรูปที่พิกเซลมีค่าเท่ากับ 1 นั้นจะทำการยูเรเนียนเทมเพลตนี้เข้ากับข้อมูลภาพดังตัวอย่าง

	1 1 1
เทมเพลต	1 1 1
	1 1 1
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0
ข้อมูลภาพ	0 0 0 0 1 0 1 0 0 0 0
	0 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0
	0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0
ผลลัพธ์จากการขยาย	0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0
	0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0
	0 0 1 1 1 1 1 1 1 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0
	0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

3.3 การแบ่งส่วนภาพ (Image Segmentation)

ในส่วนนี้จะเป็นส่วนหลักของโปรแกรม โดยนำภาพที่ผ่านการปรับปรุงภาพมาประมวลผล เพื่อแยกกลุ่มของรูปร่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ไม่เป็นโรค และกลุ่มที่มีอาการของเป็นโรคเบาหวาน โดยใช้ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง คือ การตัดระดับค่าขีดแบ่ง, Canny Edge Detection

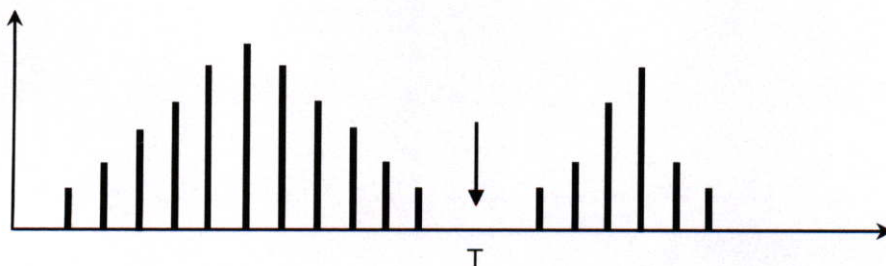
3.3.1 การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding)

การกำหนดค่าขีดแบ่ง เป็นวิธีการเชื่อมเมมเตชันอีกวิธีหนึ่งที่ยอมรับใช้กัน เพื่อแยกส่วนที่เป็นวัตถุและพื้นหลังออกจากกันมีวิธีการคือ นำจุดภาพใดๆ บนต้นฉบับ $f(x, y)$ มาเปรียบเทียบกับค่าแบ่งระดับความเข้ม T หรือเรียกว่าค่าขีดแบ่ง ถ้าจุดภาพต้นฉบับมีค่าความเข้มมากกว่าหรือเท่ากับค่าแบ่งระดับความเข้ม จะกำหนดให้ภาพผลลัพธ์ $f'(x, y)$ มีค่าเป็น 1 นอกจากนั้นจะให้ค่าเป็น 0 ซึ่งสามารถเขียนแทนด้วยสมการที่ 3.5

$$f_{thr}(x, y) = \begin{cases} 1, & f_f(x, y) < Threshold \\ 0, & f_f(x, y) \geq Threshold \end{cases} \quad (3.3)$$

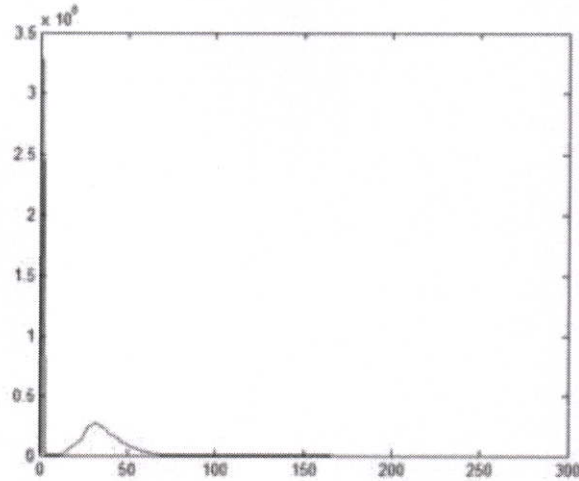
โดยที่	$f'(x, y)$	คือ จุดภาพผลลัพธ์ชนิดความเข้มสองระดับ
	T	คือ ค่าขีดแบ่ง
	$f(x, y)$	คือ จุดภาพต้นฉบับ

ภาพความเข้มสองระดับจะให้ค่า 1 แทนวัตถุ หรือ เนื้อภาพ (Foreground) และให้ค่า 0 แทนส่วนที่เป็นพื้นหลัง (Background) เนื่องจากการแทนค่าความเข้มด้วยตัวเลขของภาพชนิดนี้ใช้เพียงสองค่าเท่านั้น จึงเรียกภาพนี้ว่า ภาพไบนารี (Binary Image) คุณภาพของภาพไบนารีขึ้นอยู่กับค่าขีดแบ่งที่ใช้ ปกติการเลือกค่าขีดแบ่งจะได้มาจากค่าฮิสโตแกรมของภาพ หากฮิสโตแกรมของภาพมีลักษณะเป็นแบบไบโมดอล (Bimodal Histogram) ดังรูปที่ 3.4 จะสามารถเลือกค่าขีดแบ่งได้จากค่าฮิสโตแกรมจุดต่ำสุดที่อยู่ระหว่างจุดสูงสุด (Peak) ดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.4 ฮิสโตแกรมที่แบ่งแยกพื้นหลังและวัตถุโดยค่าขีดแบ่ง

แต่สำหรับภาพจอประสาทตา ไม่สามารถหาค่าขีดแบ่งด้วยวิธีดังกล่าวได้ เนื่องจากจำนวนจุดภาพของวัตถุ และจำนวนจุดภาพของพื้นหลังมีจำนวนแตกต่างกันมาก ซึ่งไม่สอดคล้องกัน ฮิสโตแกรมของภาพจึงไม่มีลักษณะเป็นแบบไบโมดอล ดังแสดงในรูปที่ 3.5 แต่ก็ได้มีการนำเสนอวิธีการหาค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้



รูปที่ 3.5 ฮิสโตแกรมของภาพจอประสาทตา

3.4 การหาขอบภาพ (Edge Detection)

3.4.1 การหาขอบภาพจาก Kirsch's Mask

ในส่วนนี้ใช้ Kirsch Mask เป็นฟิลเตอร์ ที่นำมาใช้โดยการหาขอบโดยนำค่าจากฟิลเตอร์ NW, N, NE, E, W, SW, S, SE ด้านบนนี้ไปทำการคอนโวลูชันกับรูปทั้ง 8 ฟิลเตอร์ แล้วเปรียบเทียบเพื่อหาค่าที่มากที่สุด รูปที่ 3.6 (ก) รูปต้นฉบับ และรูปที่ 3.6 (ข) ผ่านการหาขอบด้วย Kirsch Mask จากฟิลเตอร์ทั้ง 8 ทิศ

$$g^1 = \begin{bmatrix} 5 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & -3 & -3 \end{bmatrix}, \quad g^2 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & 5 \end{bmatrix}$$

$$g^3 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & -3 \end{bmatrix}, \quad g^4 = \begin{bmatrix} -3 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

$$g^5 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & -3 \\ 5 & 5 & 5 \end{bmatrix}, \quad g^6 = \begin{bmatrix} 5 & 5 & 5 \\ -3 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & -3 \end{bmatrix}$$

$$g^7 = \begin{bmatrix} -3 & -3 & -3 \\ -3 & 0 & 5 \\ -3 & 5 & 5 \end{bmatrix}, \quad g^8 = \begin{bmatrix} 5 & 5 & -3 \\ 5 & 0 & -3 \\ -3 & -3 & 3 \end{bmatrix}$$



(ก) ต้นฉบับ (BW)

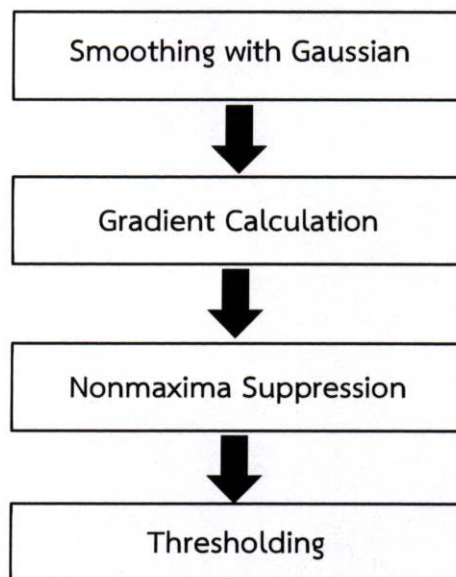


(ข) ผ่านการหาขอบด้วย Kirsch Mask (BW)

รูปที่ 3.6 การหาขอบภาพจาก Kirsch's Mask กับภาพขาว – ดำ

3.4.2 การหาขอบภาพด้วยวิธี Canny Edge Detection

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีหาขอบด้วยวิธี Canny ซึ่งเป็นวิธีการหาขอบที่สามารถเลือกทิศทางการเกิดขอบภาพได้และได้ผลดีในการหาขอบในภาพ ซึ่งอยู่ในประเภทวิธีการหาขอบแบบเกรเดียนต์ ขั้นตอนวิธีการหาขอบโดยวิธีของ Canny แสดงดังรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.7 ขั้นตอนการหาขอบภาพด้วยวิธี Canny Edge Detection

การทำงานของ Canny Edge Detection นั้นเริ่มต้นจากการปรับภาพให้เรียงด้วยตัวกรองเกาส์เซียน เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวน หลังจากนั้นคำนวณค่าขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์ โดยใช้การหาอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ในขั้นตอนถัดมาจึงใช้การขจัดค่าที่ไม่มากที่สุดกับขนาดของ

เกรเดียนต์ เพื่อให้ได้ขอบที่บางลง และในขั้นตอนสุดท้ายใช้การกำหนดค่าขีดแบ่ง เพื่อระบุพิกเซลที่เป็นขอบและช่วยเชื่อมต่อขอบ โดยในแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การขจัดสัญญาณรบกวน (Smoothing with Gaussian Filter)

ในขั้นตอนแรกของการหาขอบโดยอัลกอริทึมนี้จะต้องกำจัดสัญญาณรบกวนออกก่อน โดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียน ซึ่งสามารถคำนวณได้จากการใช้หน้าตาต่าง (Mask) ขนาดเล็กขนาดของหน้าตาต่างเกาส์เซียนนี้หากมีขนาดกว้างจะมีผลทำให้ลดสัญญาณรบกวนได้มาก แต่ถ้ากว้างมากเกินไปจะมีผลทำให้ขอบย่อยๆ ที่เป็นของส่วนรายละเอียดนั้นหายไป สำหรับการคำนวณหาภาพที่ได้จากการใช้ตัวกรองเกาส์เซียน เป็นดังสมการที่ (3.4)

$$S_{ij} = I(i, j) * G(i, j; \sigma) \quad (3.4)$$

เมื่อ	S_{ij}	คือ ภาพภายหลังการกรอง
	$I(i, j)$	คือ ภาพที่ต้องการหาขอบ
	$G(i, j)$	คือ ตัวกรองแบบเกาส์เซียน
	σ	คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของการกระจาย

2. คำนวณหาทิศทางการเป็นขอบภาพ (Gradient Calculation)

ในขั้นแรกนำภาพที่ถูกทำให้เรียบ S_{ij} มาสร้าง x, y partial derivatives P_{ij} , และ Q_{ij} ตามลำดับ ดังสมการที่ (3.5) และ (3.6)

$$P_{ij} = \{S_{i,j+1} - S_{i,j} + S_{i+1,j+1} - S_{i+1,j}\} / 2 \quad (3.5)$$

$$Q_{ij} = \{S_{i,j} - S_{i+1,j} + S_{i,j+1} - S_{i+1,j+1}\} / 2 \quad (3.6)$$

เมื่อ	$P_{i,j}$	คือ ค่าความแตกต่างในแกนแนวนอน
	$Q_{i,j}$	คือ ค่าความแตกต่างในแกนแนวตั้ง
	$S_{i,j}$	คือ ค่าความเข้มแสงของจุดภาพ

หลังจากนั้นดำเนินการแปลงรูปแบบจาก Rectangular ไปเป็น Polar (Rectangular-To-Polar Conversion) เพื่อหาขนาดและทิศทางของเกรเดียนต์ ตามสมการที่ (3.7)

$$M_{i,j} = \sqrt{P_{i,j}^2 + Q_{i,j}^2} \quad (3.7)$$

$$\theta = \arctan \frac{Q_{i,j}}{P_{i,j}} \quad (3.8)$$

จากสมการข้างต้นสามารถหาค่ามุม θ ออกมาได้เมื่อแทนค่าตัวแปรในฟังก์ชัน $\arctan(x, y)$

3. การขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด (Non-maxima Suppression)

สำหรับการหาขอบโดยวิธีการ Canny จุดที่ถือเป็นเส้นขอบได้นั้นต้องเป็นจุดที่ให้ค่าสูงสุดเฉพาะที่และเป็นทิศทางเดียวกับเกรเดียนต์ด้วย ซึ่งด้วยวิธีดังกล่าวนี้ทำให้ได้ขอบที่บางเพียง 1 พิกเซล ภาพที่ได้หลังการทำการขจัดค่าที่ไม่มากที่สุด จะให้ค่าเป็นศูนย์ในทุกจุดยกเว้นจุดที่เป็น Local Maxima Points ซึ่งจะยังคงค่าเดิมไว้

4. การกำหนดค่าขีดแบ่ง (Thresholding)

ภาพจะผ่านการขจัดสัญญาณรบกวนในขั้นตอนแรกแล้ว แต่ภาพที่ได้จะยังมีเส้นขอบที่ไม่ใช่ขอบที่แท้จริงปรากฏอยู่ เนื่องจากสัญญาณรบกวนหรือลักษณะของวัตถุในภาพเป็นพื้นผิวที่มีลวดลายหรือมีรายละเอียดภายในมาก ดังนั้นเพื่อลดปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการกำหนดค่าขีดแบ่งขึ้นมา 2 ค่า คือ High Threshold (T1) และ Low Threshold (T2) โดยพิกเซลที่มีค่ามากกว่า T1 จะถูกปรับเป็น 1 (เป็นพิกเซลที่เป็นขอบ) แต่ถ้าน้อยกว่า T2 จะถูกปรับเป็น 0 ส่วนค่าที่อยู่ระหว่างค่า Threshold ทั้งสองการปรับเป็นค่า 0 หรือ 1 นั้นขึ้นอยู่กับพิกเซลที่อยู่รอบข้าง หากพบว่าพิกเซลที่อยู่รอบข้างของพิกเซลที่เป็นขอบ (ค่า > T1) มีค่ามากกว่า T2 แล้วจะปรับค่าพิกเซลดังกล่าวให้มีค่าเป็น 1 และถือเป็นสมาชิกหนึ่งในภาพขอบด้วยเช่นกัน

3.5 การแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน (Connected - Component Labeling)

กลุ่มข้อมูลของภาพรูปที่ 3.8 (ก) เป็นภาพไบนารีที่มีข้อมูลอยู่ติดกันเป็นกลุ่ม หรือก่อนเดียวกัน หากพิจารณารูปแบบการเชื่อมต่อระหว่างพิกเซล เพื่อกำหนดกลุ่มก่อนของข้อมูลไบนารีผลลัพธ์ที่ได้จะทำให้ข้อมูลในแต่ละกลุ่มก่อนที่อยู่แยกกันนั้น จะได้พิกเซลที่ต่างกัน ดังที่แสดงในรูปที่ 3.8 (ข) ภาพที่ผ่านการแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน

1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	1	1	0	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	0	1	0
1	1	1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	0	0	0	0

(ก) ภาพไบนารีต้นฉบับ

1	1	1	0	0	0	0	0
1	1	1	0	2	2	0	0
1	1	1	0	2	2	0	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	0	0	3	0
1	1	1	0	0	3	3	0
1	1	1	0	0	0	0	0

(ข) ภาพที่ผ่านการแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน

รูปที่ 3.8 การแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน

3.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประมวลผลภาพนั้น เป็นการรวบรวม อ้างอิงในส่วนของ ทฤษฎีและขั้นตอนการประมวลผลภาพต่างๆ ของงานวิจัยที่ผ่านมาแล้วที่นำมาประยุกต์ใช้กับระดับสี และรอยของโรคในรูปแบบต่างๆ เพื่อการพัฒนา และการคัดกรองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

งานวิจัยของ โชติกา และคณะ [14] ในปีพ.ศ. 2555 ได้ทำการวิเคราะห์ โดยการปรับแต่ง ภาพและพิวเตอร์ต่างๆ เพื่อแยกลักษณะความผิดปกติที่รุนแรง คือเป็นผังผืด รอยปื้นเลือด และจุด เลือด

งานวิจัยของ Sreng Syna [15] ในปีพ.ศ. 2556 มีจุดมุ่งหมายของงานวิจัยนี้ คือการ ตรวจสอบ Exudates ในลูกตา โดยวิธีการนำเสนอครั้งแรกจะทำการปรับปรุงคุณภาพของรูปจอ ประสาทตา และออฟติกดิสก์ ซึ่งตรวจพบแล้วจะทำการตัดออก เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดในการ ตรวจจับ Exudate ในขั้นตอนถัดไป หลังจากกระบวนการนี้จะเกิดสัญญาณรบกวนเล็กน้อย และ ตรวจสอบ Exudates โดยใช้ Morphological Reconstruction (MR) ซึ่งผลการทดลองในการ ตรวจจับ Exudate ของภาพถ่ายจอประสาทตามีถูกต้องถึง 85 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยของ ญัฐปภณ และคณะ [16] ในปีพ.ศ. 2556 มีจุดมุ่งหมายของงานวิจัย คือสามารถ ตรวจสอบโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาโดยใช้การประมวลผลภาพ ด้วยการปรับปรุงภาพ ตรวจหา ออฟติกดิสก์ และลบทิ้งเนื่องจากมีลักษณะคล้ายกับจุดสีเหลือง ต่อจากนั้นใช้ Support Vector Machine (SVM) ในการแบ่งภาพปกติ ภาพที่มีจุดเหลือง และภาพที่มีผังผืด และทำการคัดแยกจุดสี เหลือง โดยใช้ขอบภาพและการคัดแยกสี โดยได้ผลความไวของการตรวจโรคเบาหวานขึ้นจอตาที่ 95.27 เปอร์เซ็นต์

งานวิจัยของ H.S. Bhadauria et. [17] ในปีพ.ศ. 2556 ได้ศึกษาการตรวจหาเส้นเลือดในภาพถ่ายจอประสาทตาโดยใช้ตัวกรอง Kirsch's Template 8 ทิศ ตรวจหาขอบภาพของเส้นเลือด

งานวิจัยของ M. Kalaivani et. [18] ในปีพ.ศ. 2556 ได้นำเสนออัลกอริทึมในการตรวจหาเส้นเลือดโดยใช้ Adaptive Histogram Equalization ในการปรับแต่งรูป หลังจากนั้นจะดำเนินการในการแปลงค่าสัมประสิทธิ์ตามการแปลงของเคิร์ฟไล่ต์ ผลรวมของการปรับแต่งและแปลงเคิร์ฟไล่ต์ จะใช้สำหรับการแยกของเส้นเลือดโดยใช้เทคนิคการ Thresholding และ Kirsch's Template และใช้ค่าเฉลี่ยมัธยฐานในการลบสัญญาณรบกวนออกจากภาพ ซึ่งในการทดลองจะใช้ภาพจำนวน 20 ภาพ และอัลกอริทึมสามารถตรวจหาเส้นเลือดได้ทั้งหมดอย่างมีประสิทธิภาพ

3.7 สรุป

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีการประมวลผลภาพ ซึ่งเกี่ยวกับการปรับปรุงภาพ การแบ่งส่วนภาพ การหาขอบภาพ และการแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกัน โดยการปรับปรุงภาพจะเป็นการปรับปรุงคุณภาพภาพเพื่อให้ง่ายต่อการประมวลผล การแบ่งส่วนภาพ คือ การแยกจุดที่สนใจออกจากพื้นหลัง การหาขอบภาพเป็นการแยกจุดที่สนใจโดยการสังเกตที่ขอบภาพ และการแบ่งกลุ่มพิกเซลที่ติดกันเป็นการแบ่งกลุ่มเพื่อช่วยในการนับจำนวนจุดที่สนใจ

บทที่ 4

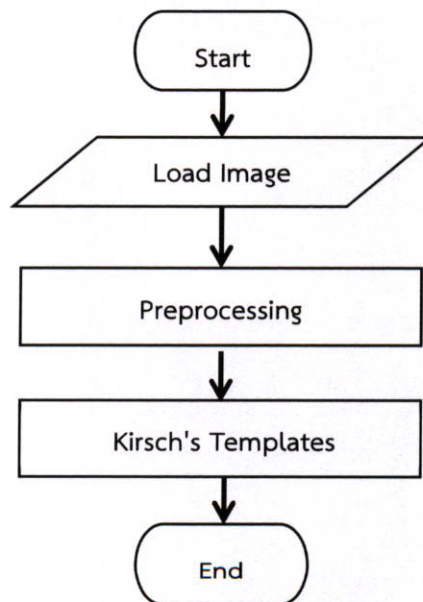
การออกแบบและการพัฒนา

4.1 กล่าวนำ

จากที่ได้กล่าวถึงทฤษฎีที่ใช้ในการวิเคราะห์ และหลักการการคัดกรองรอยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบขั้นตอนวิธีของระบบโดยรวมเป็นการแสดงแนวความคิดหรือการทำงานของระบบให้ชัดเจนขึ้น และเป็นแนวทางในการดำเนินงานวิจัย โดยมีจุดมุ่งหมายคือ การตัดแยกเป็นกลุ่มที่ไม่เป็นโรค และประเภท Microaneurysms และประเภท Hemorrhages โดยมีรายละเอียดขั้นตอนคือ การเตรียมภาพเส้นเลือด การตัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพจอประสาทตา การตัดแยกรอยโรค Hemorrhages จากภาพจอประสาทตา และการตรวจสอบความถูกต้อง

4.2 การเตรียมภาพเส้นเลือด

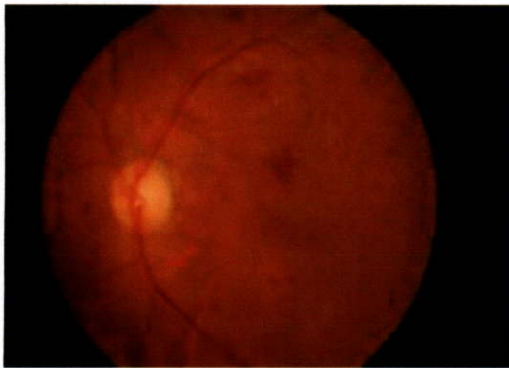
การเตรียมภาพโดยการแยกเส้นเลือด ขั้นตอนนี้เป็น การเตรียมภาพเส้นเลือดเพื่อนำไปใช้ในการอ้างอิงตำแหน่งของเส้นเลือดในขั้นตอนต่อไป โดยมีการประมวลผลอยู่ 2 ขั้นตอนหลักๆ คือ การแปลงภาพถ่ายจอประสาทตาไปเป็นภาพระดับสีเทา และใช้การจับขอบภาพ เพื่อแยกเส้นเลือดออกมา ดังแสดงเป็นแผนผังในรูปที่ 4.1



รูปที่ 4.1 แผนผังของการเตรียมรูปเส้นเลือด

4.2.1 การเตรียมภาพ

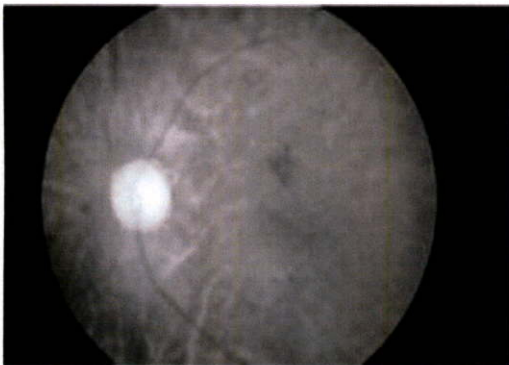
จากข้อมูลภาพแยกพิจารณาเป็น 3 ระนาบสี คือ สีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน ตามลำดับ ผลที่ได้คือ ภาพระดับสีเทาของแต่ละระนาบสี เมื่อวิเคราะห์ฮิสโตแกรมของระดับสีเทาในแต่ละระนาบสีของภาพ พบว่าระนาบสีเขียวเป็นระนาบสีที่เห็นความแตกต่างระหว่างรอยโรคกับส่วนอื่นของภาพได้ชัดเจนที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.2



(ก) ภาพต้นฉบับ



(ข) ระนาบสีเขียว



(ค) ระนาบสีแดง

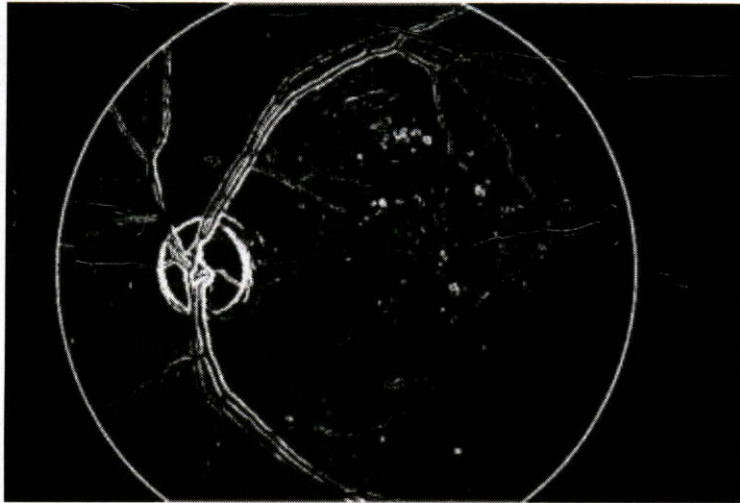


(ง) ระนาบสีน้ำเงิน

รูปที่ 4.2 ภาพในแต่ละระนาบสี

4.2.2 การหาขอบภาพด้วย Kirsch's Templates

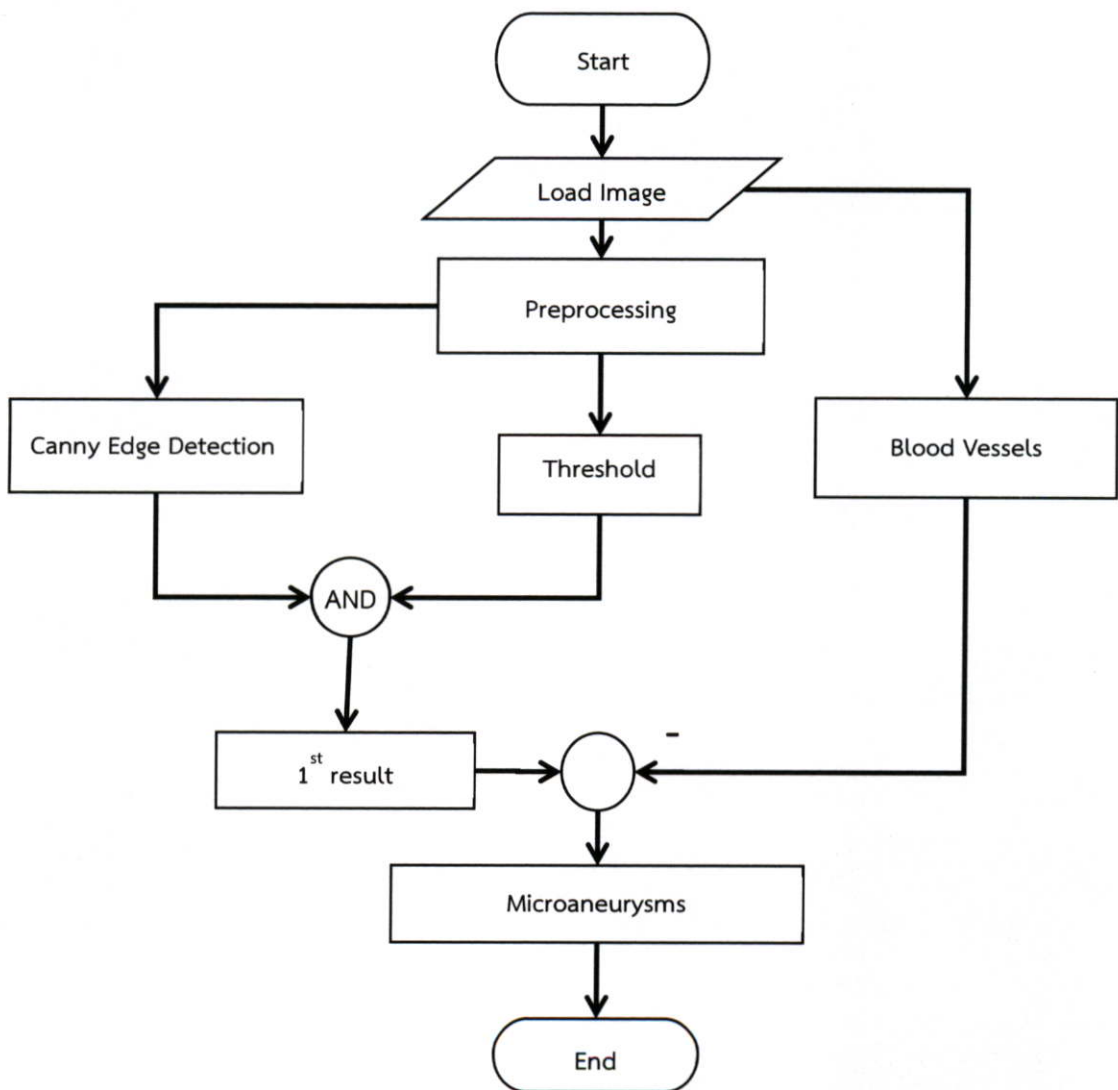
จากภาพถ่ายจอประสาทตาที่เป็นภาพระดับสีเทาในระนาบสีเขียว โดยขั้นตอนนี้เป็น การหาขอบภาพของเส้นเลือดโดยใช้ Kirsch's Templates 8 ทิศทาง เพื่อหาค่าเกรเดียนต์ของจุด พิกเซลทุกจุดในภาพ จากนั้นเลือกค่าเกรเดียนต์ที่มากที่สุดจากทั้ง 8 ทิศทางจะได้ตัวแทนของค่า เกรเดียนต์จากจุดพิกเซลนั้น จากนั้นทำการกำหนดค่าขีดแบ่งของค่าเกรเดียนต์ เพื่อแยกขอบภาพเส้น เลือดออกจากพื้นหลัง ทำได้โดยการเลือกค่าขีดแบ่งที่เหมาะสมที่สุด ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 ผ่านการหาขอบภาพด้วย Kirsch's Filter

4.3 การคัดแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms จากภาพจอประสาทตา

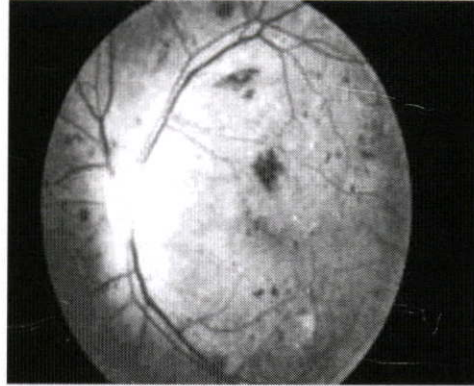
ในขั้นตอนนี้จะเป็นการตรวจหารอยโรคประเภท Microaneurysms โดยในขั้นตอนนี้ใช้การประมวลผลภาพจากในเรขาคณิตเชิงเวกเตอร์ โดยจะแบ่งการประมวลผลเป็น 2 วิธี คือการแยกรอยโรคแบบ Microaneurysms โดยการจับขอบภาพ และการแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms ด้วยการใส่ค่าขีดแบ่ง หลังจากนั้นจะนำภาพที่ได้จาก 2 วิธีมา AND กัน เพื่อให้เหลือแต่รอยเส้นเลือด และรอยโรค หลังจากนั้นจึงนำภาพเส้นเลือดจากขั้นตอนก่อนหน้ามาลบออก เพื่อให้เหลือเฉพาะรอยโรคประเภท Microaneurysms ดังแสดงในรูปที่ 4.4 แผนผังของการหารอยโรคประเภท Microaneurysms



รูปที่ 4.4 แผนผังของการหารอยโรคประเภท Microaneurysms

4.3.1 การเตรียมภาพ

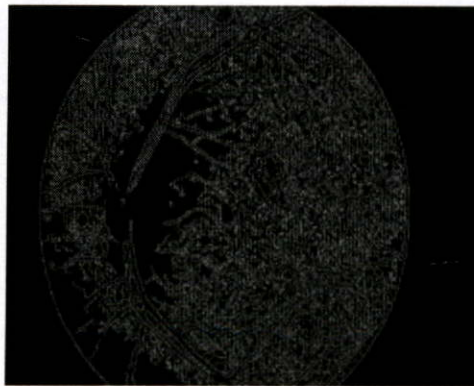
จากภาพถ่ายจอประสาทตาที่ผ่านการทำเป็นภาพระดับสีเทาในระนาบสีเดียว จากนั้นทำการขยายค่าคอนทราสต์ด้วยการปรับเท่าฮิสโตแกรม เพื่อให้รอยโรคแยกจากพื้นหลังได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ได้ผลดังรูปที่ 4.5



รูปที่ 4.5 ภาพที่ผ่านการปรับเท่าฮิสโตแกรม

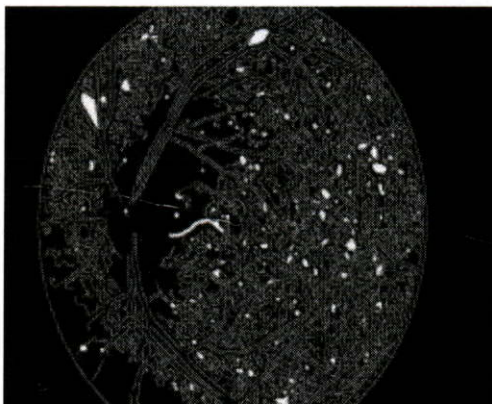
4.3.2 การทำ Canny Edge Detection เพื่อแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms

จากภาพถ่ายจอประสาทตาที่ผ่านการปรับเท่าฮิสโตแกรม จากนั้นนำมาหาขอบภาพด้วยวิธี Canny ซึ่งวิธีนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ขั้นตอนแรก คือ การกำจัดสัญญาณรบกวนออกโดยใช้ตัวกรองเกาส์เซียน ต่อมาเป็นการหาขนาด และทิศทางของเกรเดียนต์แต่ละจุดพิกเซล จากนั้นทำการขจัดค่าที่ไม่ใช่ค่ามากที่สุดตามขนาด และทิศทางของขอบภาพ และขั้นตอนสุดท้ายคือการทำ Thresholding เพื่อให้ได้ขอบภาพที่แท้จริง จากการทำวิธีการนี้จะได้ขอบภาพที่ออกมาเป็นเส้นเดี่ยวและจับขอบภาพได้อย่างแม่นยำ จะได้ผลดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 ภาพที่ผ่านการทำ Canny Edge Detection

จากนั้นทำการเติมบริเวณ เนื่องจากรอยโรคประเภท Microaneurysms จะมีลักษณะของขอบที่ชัดเจน โดยลักษณะของขอบเป็นแบบวงปิด ได้ผลดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 ภาพที่ผ่านการเติมบริเวณหลังจากการทำ Canny Edge Detection

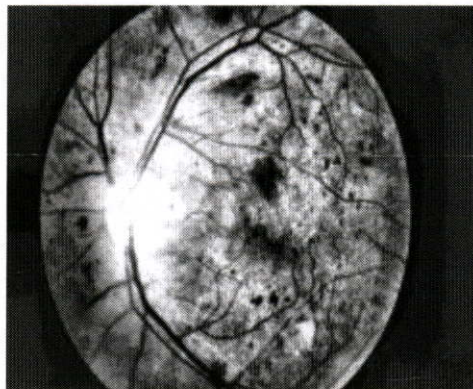
จากรูปที่ 4.7 ภาพที่ผ่านการเติมบริเวณ ทำการตัดเส้นขอบภาพออก โดยการนำรูปที่ 4.6 มา XOR จะได้ภาพผลลัพธ์เป็นภาพที่เหลือแต่จุดที่ถูกเติมบริเวณ ดังรูปที่ 4.8



รูปที่ 4.8 ภาพที่ถูกตัดเส้นขอบภาพออกจากภาพที่ผ่านการเติมบริเวณ

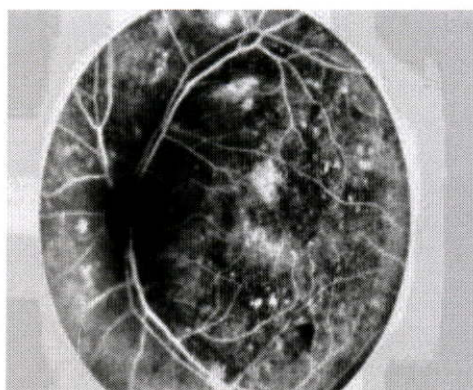
4.3.3 การกำหนดค่าขีดแบ่งเพื่อแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms

จากภาพถ่ายจอประสาทตาที่ผ่านการปรับเท่าฮิสโตแกรมยังเป็นภาพที่ยากต่อการนำมาหารอยโรคโดยใช้วิธี Thresholding จึงต้องมีการปรับปรุงคุณภาพของภาพที่ได้โดยการทำ Adaptive Histogram Equalization เพื่อให้รอยโรคมีความชัดเจนมากยิ่งขึ้นได้ผลดังรูปที่ 4.9



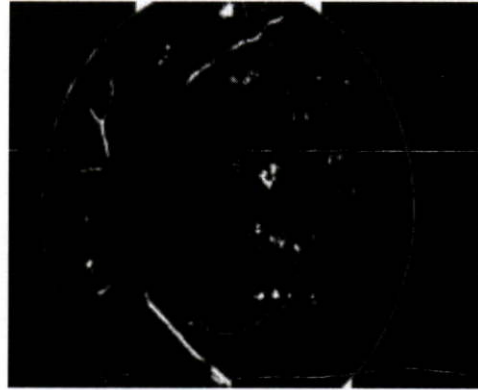
รูปที่ 4.9 ภาพที่ผ่านการทำ Adaptive Histogram Equalization

ในขั้นตอนที่ผ่านมาจะได้บริเวณที่เป็นสีดำ คือ ส่วนที่เป็นรอยโรคและเส้นเลือด ดังนั้นจึงทำการกลับสีของภาพ เพื่อต้องการประมวลผลภาพรอยโรค และเส้นเลือดเป็นสีขาว ได้ผลดังรูปที่ 4.10



รูปที่ 4.10 ภาพที่ผ่านกลับสีของภาพ

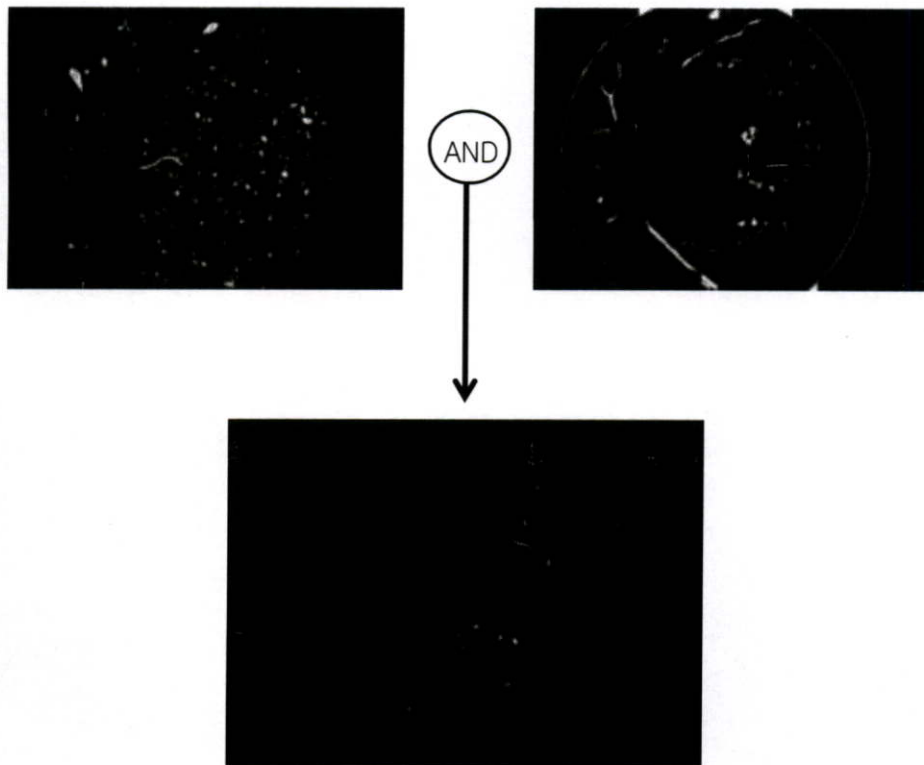
จากกระบวนการที่ผ่านมา ทำการตัดระดับโดยใช้ค่าขีดแบ่ง โดยการกำหนดค่าขีดแบ่งที่เหมาะสม ซึ่งค่าขีดแบ่งนี้จะป็นตัวกำหนดว่าจุดภาพใดๆ ซึ่งมีความสว่างต่ำกว่าค่าขีดแบ่งจะเป็นส่วนของพื้นหลัง ส่วนจุดภาพที่มีความสว่างสูงกว่าค่าขีดแบ่งจะเป็นส่วนของรอยโรคและเส้นเลือด จะได้ผลรูปที่ 4.11



รูปที่ 4.11 ภาพที่ผ่านการตัดระดับโดยใช้ค่าขีดแบ่ง

4.3.4 การรวมภาพระหว่างภาพที่ได้จากการแยกรอยโรคจากทั้งสองวิธี

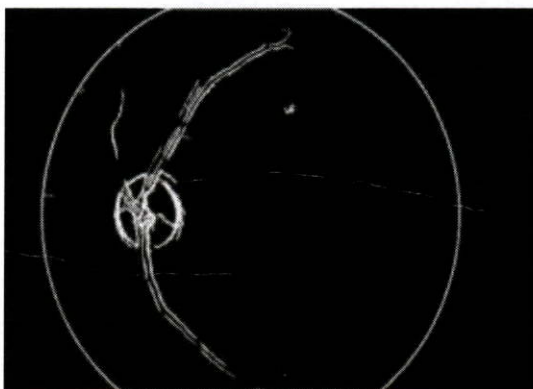
นำภาพที่ผ่านการลบขอบภาพ (รูปที่ 4.8) มา AND กับภาพที่ผ่านการกำหนดค่าขีดแบ่ง (รูปที่ 4.11) ซึ่งได้ผลดังรูปที่ 4.12



รูปที่ 4.12 กระบวนการ AND รูป และผลลัพธ์ที่ได้

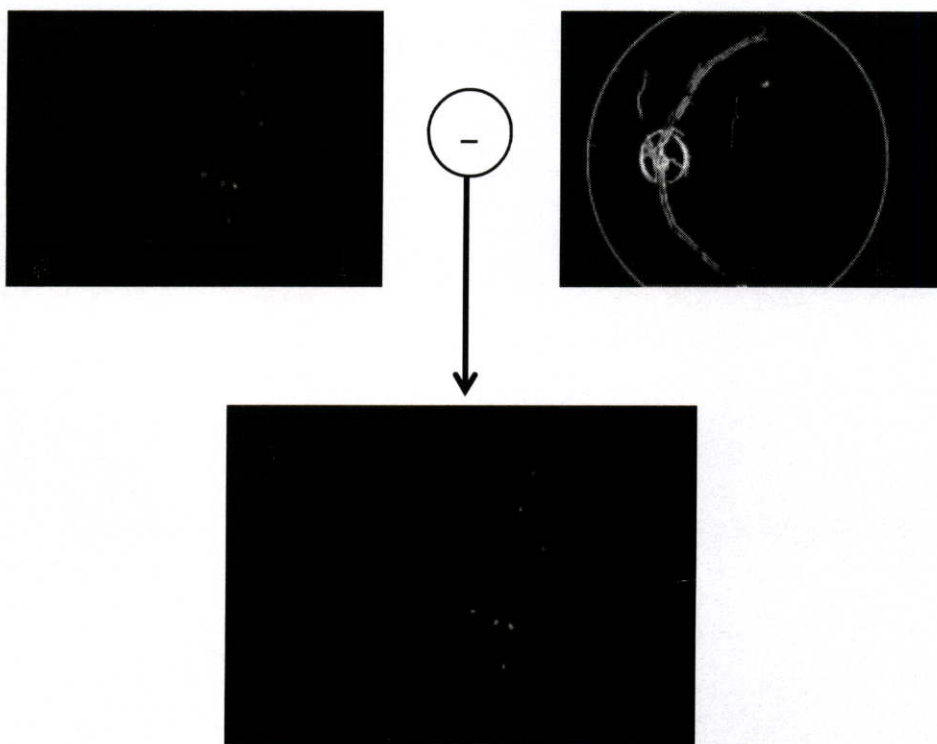
4.3.5 การลบรูปเส้นเลือด

ในขั้นตอนนี้ทำการเตรียมรูปเส้นเลือดอีกครั้ง โดยนำมากำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพเส้นเลือด (รูปที่ 4.3) เพื่อให้เหลือเพียงเส้นเลือดอย่างเดียว ได้ผลดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ภาพที่ผ่านการกำจัดสัญญาณรบกวนของภาพเส้นเลือด

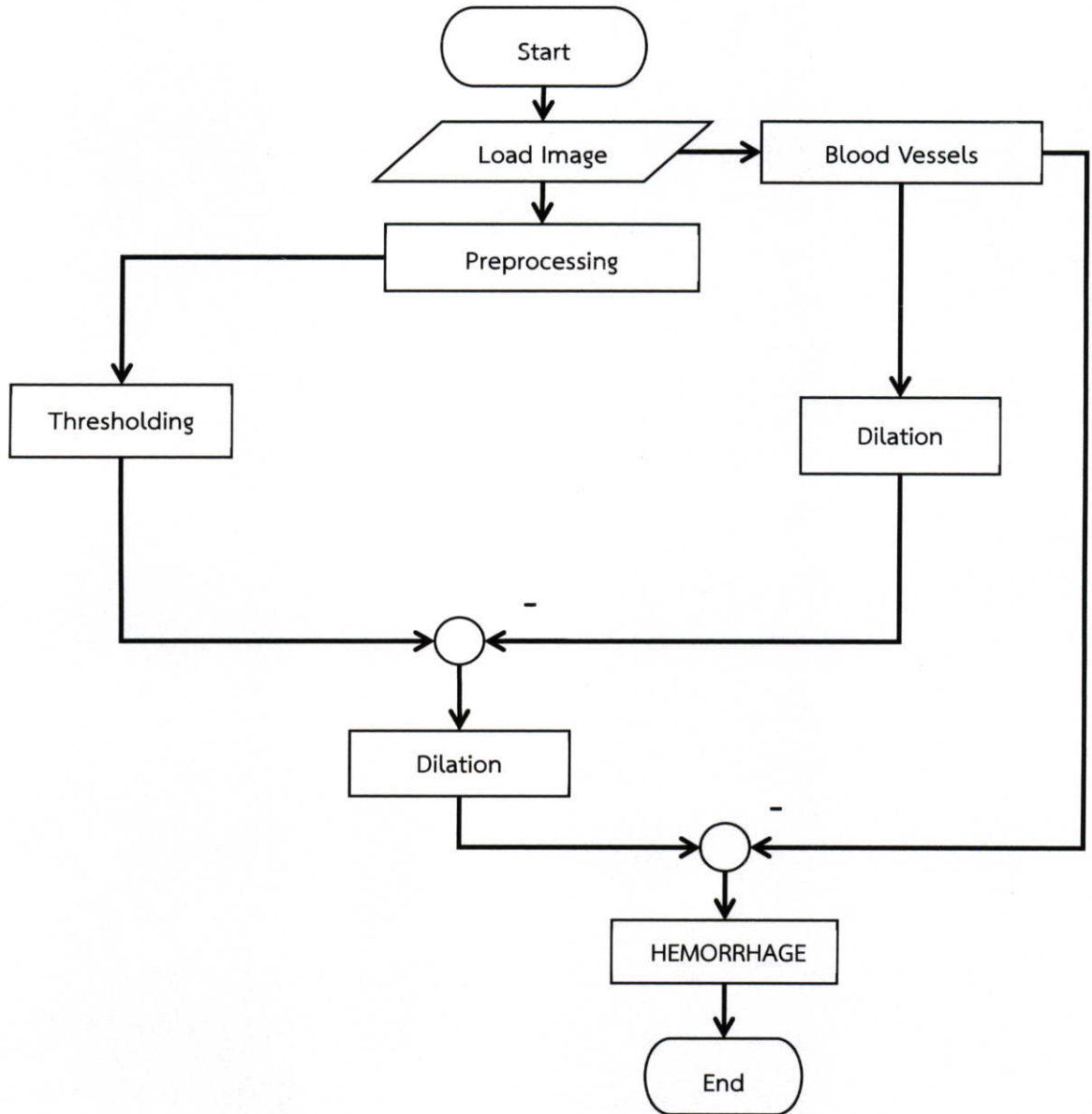
ทำการหาผลต่างของจุดสีขาวยโดยการนำรูปที่ 4.12 มาลบกับรูปที่ 4.13 ซึ่งบริเวณ Microaneurysms คือ ส่วนที่ไม่ซ้อนทับกัน และจะได้ผลการหา Microaneurysms ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหารอยโรคประเภท Microaneurysms

4.4 การคัดแยกรอยโรคประเภท Hemorrhage จากภาพจอประสาทตา

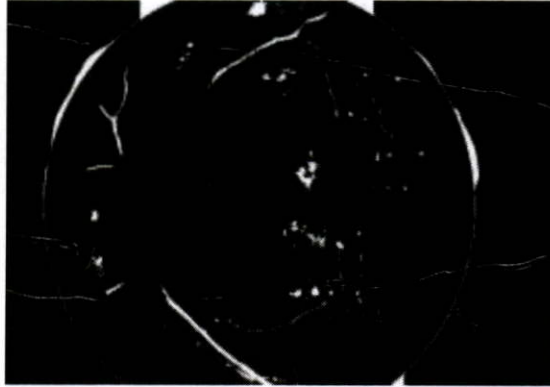
ในขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนการแยก Hemorrhage โดยใช้การกำหนดค่าขีดแบ่ง หลังจากนั้นจึงนำมาลบกับภาพเส้นเลือดที่ผ่านการขยายด้วยมอฟโพลอยี ผลที่ได้นำมาขยายด้วยมอฟโพลอยีอีกครั้ง หลังจากนั้นจะลบออกด้วยภาพเส้นเลือดที่ถูกลบสัญญาณรบกวนแล้ว



รูปที่ 4.15 แผนผังของการประมวลผล Hemorrhages

4.4.1 การกำหนดค่าขีดแบ่ง

จากรูปที่ 4.16 ภาพที่ผ่านกระบวนการกลับสี ทำการตัดระดับค่าขีดแบ่ง โดยการกำหนดค่าขีดแบ่งที่เหมาะสม ซึ่งค่าขีดแบ่งนี้จะเป็นตัวกำหนดว่าจุดภาพใดๆ ที่มีความสว่างต่ำกว่าค่าขีดแบ่งจะเป็นส่วนของพื้นหลัง ส่วนจุดภาพที่มีความสว่างสูงกว่าค่าขีดแบ่งจะเป็นส่วนของรอยโรคและเส้นเลือด จะได้ผลรูปที่ 4.16



รูปที่ 4.16 ผ่านกระบวนการกำหนดค่าขีดแบ่ง

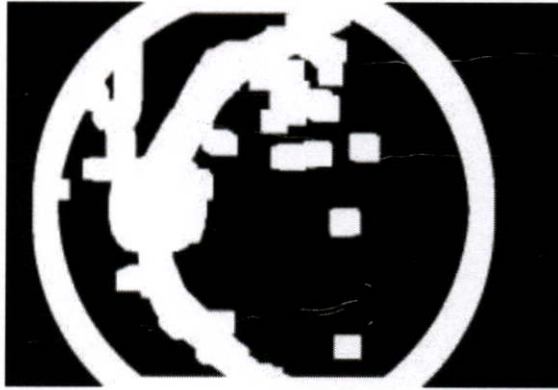
ทำการลบจุดที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก เพื่อให้เหลือรอยโรคและเส้นเลือด ได้ผลดังรูปที่ 4.17



รูปที่ 4.17 การลบจุดที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก

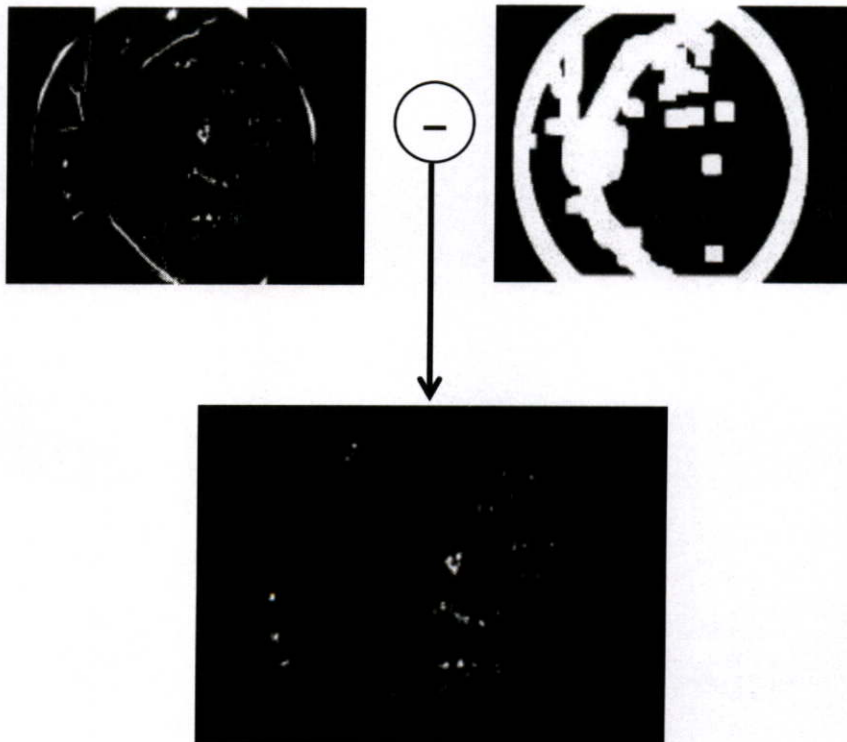
4.4.2 การลบรูปเส้นเลือดครั้งที่ 1

จากรูปที่ 4.3 นำภาพเส้นเลือดมาทำการขยาย เพื่อให้ขอบของรูปจอบประสาทตา และขนาดของเส้นเลือดชัดเจนขึ้น สำหรับการนำภาพนี้มาเป็นตัวลบ เพื่อใช้กำจัดเส้นเลือดและขอบภาพ ได้ผลดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 ทำการขยายขอบจอบประสาทตาและเส้นเลือด

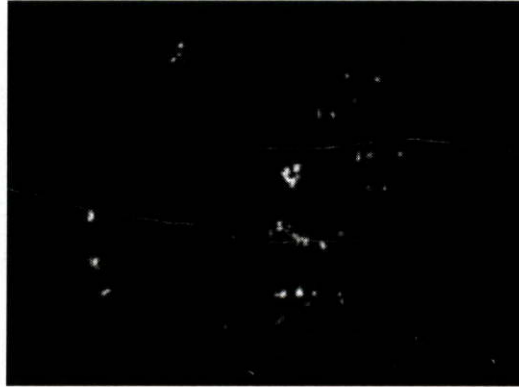
ทำการหาผลต่างระหว่าง รูปที่ 4.17 กับรูปที่ 4.18 ซึ่งบริเวณขอบจอบประสาทตา และเส้นเลือด คือส่วนที่ซ้อนทับกันทำให้ถูกลบออกไป และจะได้ผลที่เป็นจุดรอยโรคดังรูปที่ 4.19



รูปที่ 4.19 กระบวนการลบรูปและผลลัพธ์ที่ได้

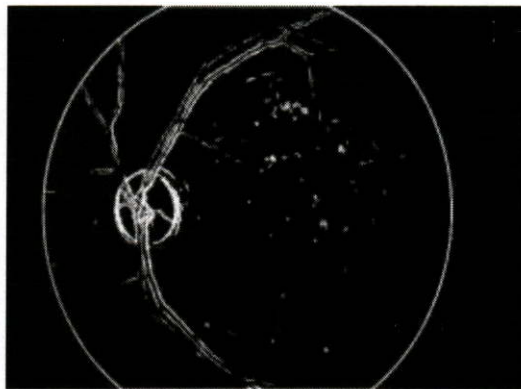
4.4.3 การลบลรูปเส้นเลือดครั้งที่ 2

จากรูปที่ 4.19 ทำการขยายรอยโรค เพื่อให้เห็นรายละเอียดของรอยโรคชัดเจนขึ้น ซึ่งจะได้รายละเอียดที่สังเกตได้ง่าย ดังรูปที่ 4.20



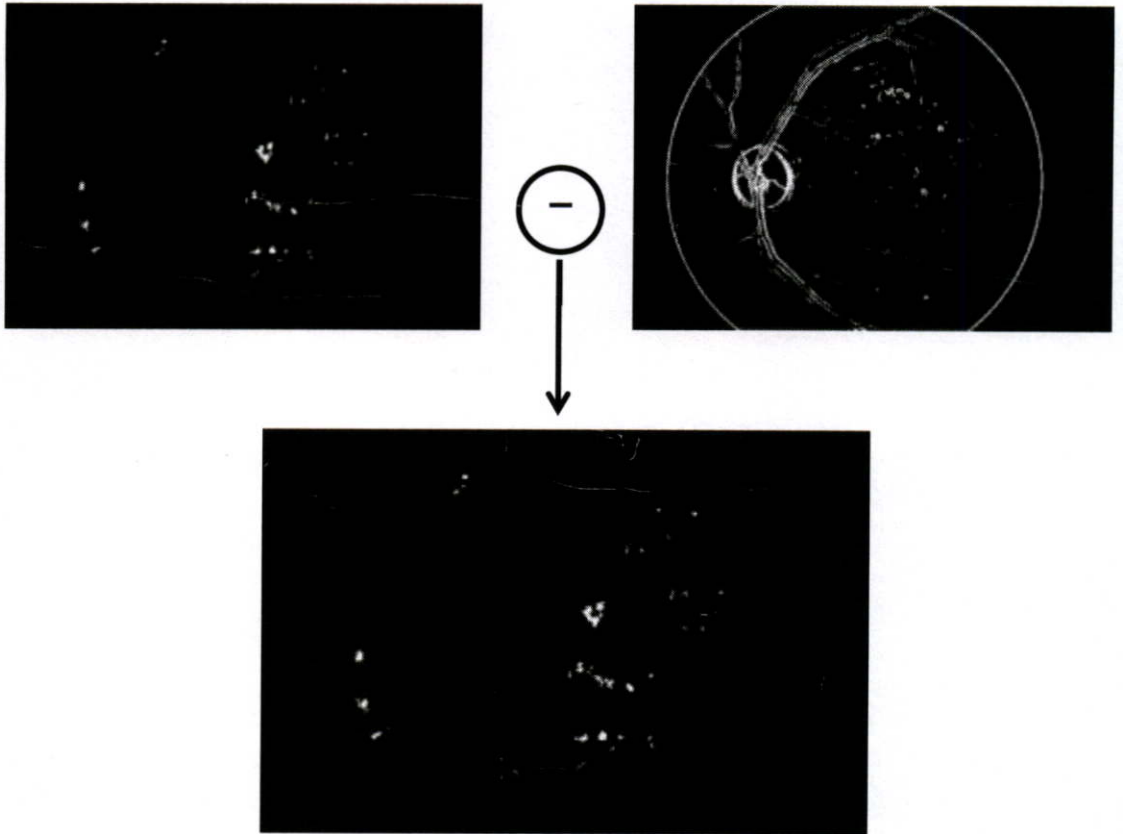
รูปที่ 4.20 ทำการขยายรอยโรค

จากรูปที่ 4.3 ทำการลบลจุดที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก เพื่อให้เหลือเส้นขอบของจอประสาทตาและเส้นเลือด เพื่อเตรียมภาพสำหรับการนำมาลบลอีกครั้ง จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.21



รูปที่ 4.21 เส้นเลือดที่ผ่านการลบลสัญญาณรบกวน

ทำการหาผลต่างระหว่างรูปที่ 4.20 และ รูปที่ 4.21 เส้นเลือดที่ผ่านการลดสัญญาณรบกวนแล้ว จะได้ผลลัพธ์ดังรูปที่ 4.22 ซึ่งเป็นผลลัพธ์ที่ได้จากการแยก Hemorrhages



รูปที่ 4.22 ผลลัพธ์ที่ได้จากการหารอยโรคประเภท Hemorrhages

4.5 สรุป

ในการออกแบบอัลกอริทึมเพื่อใช้คัดกรองรอยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาประเภท Microaneurysms และประเภท Hemorrhages สามารถแบ่งเป็น 3 ขั้นตอนหลักๆ คือ การแยกเส้นเลือดออกจากภาพจอประสาทตา ในขั้นตอนนี้เป็นการแยกตำแหน่งของเส้นเลือด เพื่อนำไปใช้ในการอ้างอิง โดยการแยกใช้ Kirsch's Templates มาตรวจหาขอบภาพของเส้นเลือด แล้วทำการแยกเส้นเลือดออกมา ขั้นต่อมาเป็นการแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms ออกจากภาพจอประสาทตา โดยการใช้การตรวจหาขอบภาพแบบ Canny การตัดระดับ และการลบด้วยภาพเส้นเลือดในการคัดแยกรอยโรค และขั้นสุดท้ายเป็นการแยกรอยโรคประเภท Hemorrhages ออกจากภาพจอประสาทตา โดยการใช้การตัดระดับและการลบด้วยภาพเส้นเลือดในการคัดแยกรอยโรค

บทที่ 5

การทดลองและผลการทดลอง

5.1 กล่าวนำ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงการทดลองการตรวจจ็บรอยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาที่พัฒนาขึ้นด้วยแนวทางที่เสนอในบทที่ 4 รอยโรคประเภท Microaneurysms และประเภท Hemorrhages ซึ่งความผิดปกติที่ตรวจพบเป็นอันดับแรกในผู้ป่วยที่มีภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตา การใช้หลักการการประมวลผลภาพในการคัดกรองรอยของโรค รวมทั้งเปรียบเทียบผลที่ได้กับการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ ซึ่งรายละเอียดต่างๆ สามารถแสดงได้ดังต่อไปนี้

5.2 ชุดข้อมูลตัวอย่างที่ใช้

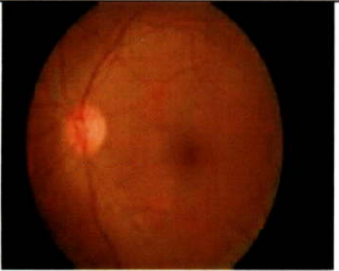
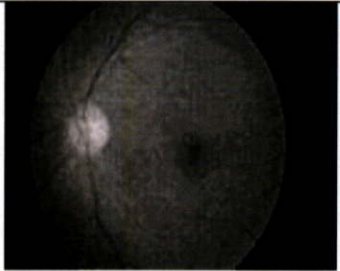
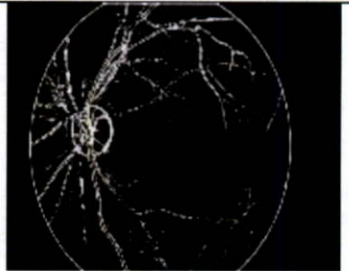
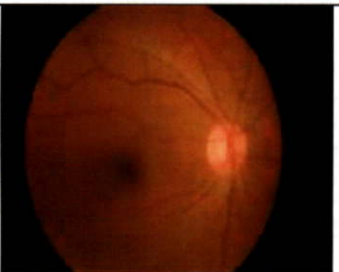





ภาพที่ใช้ในการทดลองการตรวจจ็บรอยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา จะประกอบด้วยรอยโรคที่เกี่ยวข้องกับโรคเบาหวาน (Microaneurysms, Hemorrhages, Exudate, Cotton-wool spot) จักษุแพทย์จะแบ่งภาพจอประสาทตาออกเป็น 3 กลุ่มตามระดับความรุนแรงของรอยโรค ซึ่งจะใช้ชุดข้อมูลภาพถ่ายจอประสาทตาทั้งหมด 1,000 ภาพ โดยมีรายละเอียดของชุดข้อมูลภาพดังนี้

1. ภาพถ่ายจอประสาทตาที่ปกติ จำนวน 200 ภาพ
2. ภาพถ่ายจอประสาทตาของผู้ป่วยที่มีผลกระทบเพียงเล็กน้อย จำนวน 514 ภาพ
3. ภาพถ่ายจอประสาทตาของผู้ป่วยที่มีผลกระทบค่อนข้างรุนแรง จำนวน 286 ภาพ

5.3 ผลการหาภาพเส้นเลือด

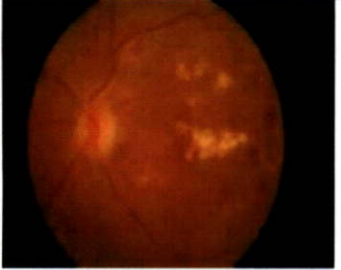
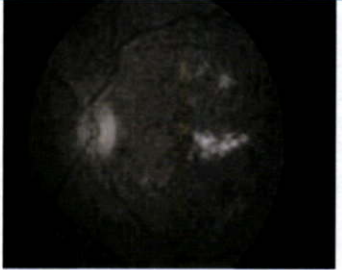
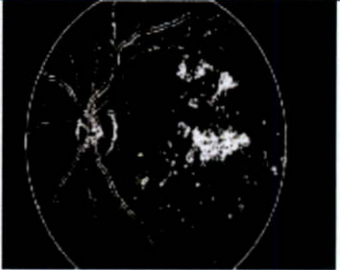
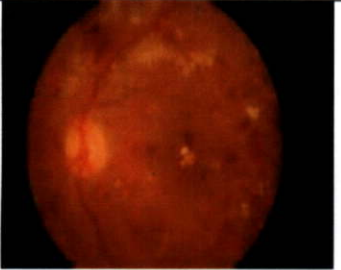
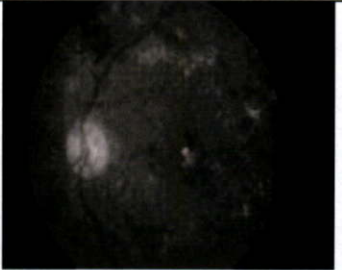



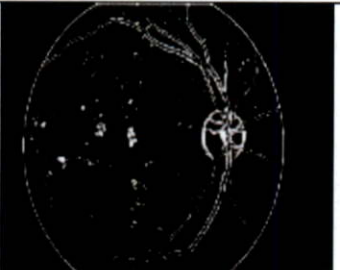
ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองการหาภาพเส้นเลือดจากภาพตาที่ปกติ โดยการใช้ Kirsch's Templates 8 ทิศทาง

ตารางที่ 5.1 ภาพเส้นเลือดจากภาพจอประสาทตาที่ปกติ

ภาพต้นฉบับ	ภาพระดับสีเทา	ภาพเส้นเลือด
		
		
		

ตารางที่ 5.2 ผลการทดลองการหาภาพเส้นเลือดจากภาพตาที่ผิดปกติ โดยการใช้ Kirsch's Templates 8 ทิศทาง





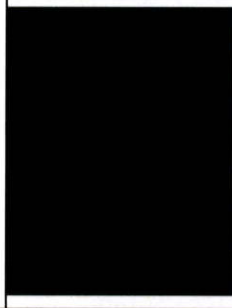
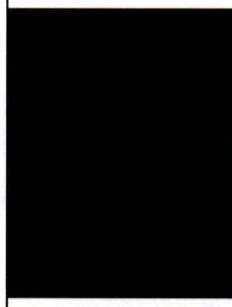




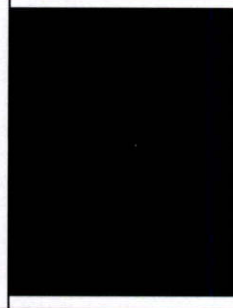
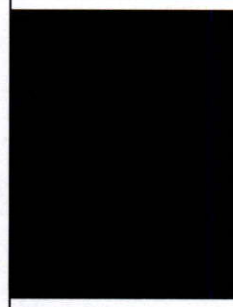
ตารางที่ 5.2 ภาพเส้นเลือดจากภาพจอประสาทตาที่ผิดปกติ

ภาพต้นฉบับ	ภาพระดับสีเทา	ภาพเส้นเลือด
		
		
		

5.4 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Microaneurysms ในขั้นตอนต่างๆ

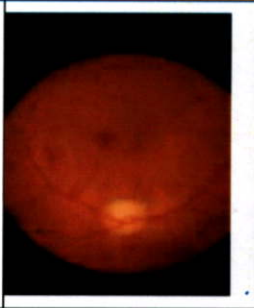



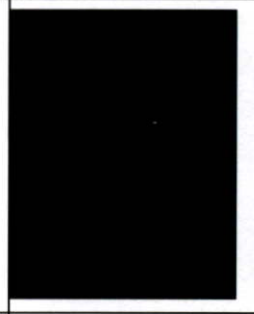
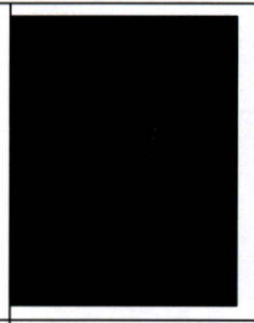
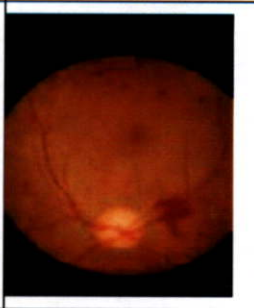
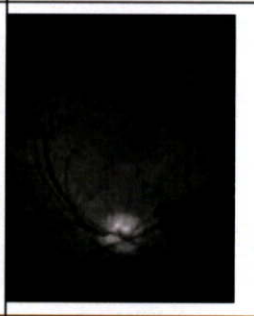


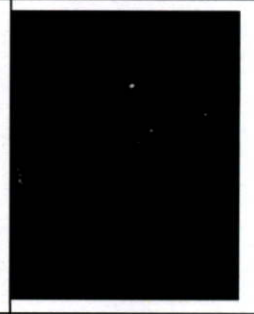
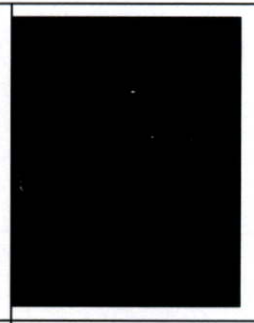
ตารางที่ 5.3 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพจอประสาทตาปกติ โดยใช้การรวมจากการหาขอบภาพแบบ Canny และการตัดระดับโดยใช้ค่าขีดแบ่ง แล้วจึงนำมาลบด้วยภาพเส้นเลือด

ตารางที่ 5.3 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพจอประสาทตาปกติ

ภาพต้นฉบับ	ภาพระยะนาบสีเขียว	การทำ Canny Edge Detection	การตัดระดับโดยใช้ค่าขีดแบ่ง	การรวมภาพระหว่างภาพที่ได้จากการแยกรอยโรคจากทั้งสองวิธี	Microaneurysms
					
					

ตารางที่ 5.4 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การตัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพจอประสาทตาผิดปกติ โดยใช้ในการรวมจากการหาขอบภาพแบบ Canny และการตรวจจับโดยใช้ค่าขีดแบ่ง แล้วจึงนำมาลบด้วยภาพเส้นเลือด









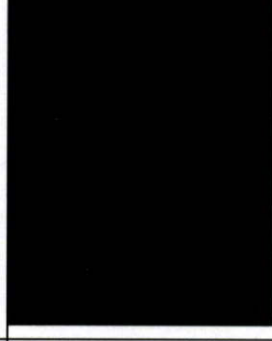
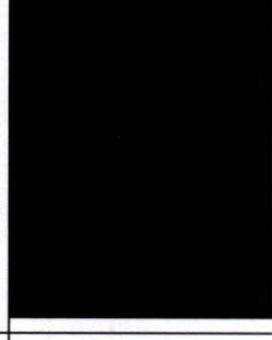
ตารางที่ 5.4 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การตัดแยกรอยโรค Microaneurysms จากภาพจอประสาทตาผิดปกติ

ภาพต้นฉบับ	ภาพระยะใกล้	การทำ Canny Edge Detection	การตรวจจับโดยใช้ค่าขีดแบ่ง	การรวมภาพระหว่างภาพที่ได้จากการแยกโรคโรคจากทั้งสองวิธี	Microaneurysms
					
					

5.5 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Hemorrhage ในขั้นตอนต่างๆ

ตารางที่ 5.5 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Hemorrhage จากภาพจอประสาทตาปกติ โดยใช้การตัดระดับโดยใช้ค่าขีดแบ่ง แล้วจึงนำมาลบด้วยภาพเส้นเลือด

ตารางที่ 5.5 ภาพจอประสาทตาจากการวิเคราะห์การคัดแยกรอยโรค Hemorrhage จากภาพจอประสาทตาปกติ

ภาพต้นฉบับ	ภาพระนาบสีเขียว	การกำหนดค่าขีดแบ่ง	การลบรูปเส้นเลือดครั้งที่ 1	Hemorrhage
				
				

5.6 ผลการทดลองการคัดแยกรอยโรค Microaneurysms ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา

ผลการทดลองภาพจอประสาทตাপกติ โดยการนับกลุ่มพิกเซล เพื่อวิเคราะห์ว่าภาพถ่ายจอประสาทตานี้มีรอยของโรคประเภท Microaneurysms หรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ โดยทำการทดลองแยกตามกลุ่มปกติ ได้ผลดังตารางที่ 5.7

ตารางที่ 5.7 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มปกติ

ชนิดของภาพ	จำนวนที่ทดลองทั้งหมด	ตรวจถูกต้อง	False positives	เปอร์เซ็นต์
ปกติ	200	168	32	84.00

ผลการทดลองภาพจอประสาทตาดผิดปกติ โดยการนับกลุ่มพิกเซล เพื่อวิเคราะห์ว่าภาพถ่ายจอประสาทตานี้มีรอยของโรคประเภท Microaneurysms หรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ โดยทำการทดลองแยกตามกลุ่มผิดปกติ รอยโรคประเภท Microaneurysms ได้ผลดังตารางที่ 5.8

ตารางที่ 5.8 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มผิดปกติ รอยโรคประเภท Microaneurysms

ชนิดของภาพ	จำนวนที่ทดลองทั้งหมด	ตรวจถูกต้อง	False negatives	เปอร์เซ็นต์
โรคเบาหวาน	800	660	140	82.50

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการทดลองการคัดแยกรอยโรคประเภท Microaneurysms ในภาพจอประสาทตาทั้งที่ปกติและผิดปกติ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ ได้ผลดังตารางที่ 5.9

ตารางที่ 5.9 ผลการทดลองรวม

จำนวนรูป	ตรวจถูกต้อง	ตรวจผิด	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
1,000	828	172	82.80

5.7 ผลการทดลองการคัดแยกรอยโรค Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา

ผลการทดลองภาพถ่ายจอประสาทตาศึกษาโดยการนับกลุ่มพิกเซล เพื่อวิเคราะห์ว่าภาพถ่ายจอประสาทตานั้นมีรอยของโรคประเภท Hemorrhage หรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ การทดลองแยกตามกลุ่มปกติ ได้ผลดังตารางที่ 5.10

ตารางที่ 5.10 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มปกติ

ชนิดของภาพ	จำนวนที่ทดลองทั้งหมด	ตรวจถูกต้อง	False positives	เปอร์เซ็นต์
ปกติ	200	168	32	84.00

ผลการทดลองภาพถ่ายจอประสาทตาศึกษาโดยการนับกลุ่มพิกเซล เพื่อวิเคราะห์ว่าภาพถ่ายจอประสาทตานั้นมีรอยของโรคประเภท Hemorrhage หรือไม่ โดยเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ โดยทำการทดลองแยกตามกลุ่มผิดปกติ รอยโรคประเภท Hemorrhage ได้ผลดังตารางที่ 5.11

ตารางที่ 5.11 ผลการทดลองแยกตามกลุ่มผิดปกติ รอยโรคประเภท Hemorrhage

ชนิดของภาพ	จำนวนที่ทดลองทั้งหมด	ตรวจถูกต้อง	False negatives	เปอร์เซ็นต์
โรคเบาหวาน	800	642	142	80.25

ดังนั้นเมื่อพิจารณาผลการทดลองการคัดแยกรอยโรคประเภท Hemorrhage ในภาพถ่ายจอประสาทตาทั้งที่ปกติและผิดปกติ เพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพของโปรแกรม โดยเปรียบเทียบกับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ ได้ผลดังตารางที่ 5.12

ตารางที่ 5.12 ผลการทดลองรวม

จำนวนรูป	ตรวจถูกต้อง	ตรวจผิด	คิดเป็นเปอร์เซ็นต์
1,000	810	190	81.00

5.8 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองใช้โปรแกรมการตรวจจับความผิดปกติบนภาพจอประสาทตาปกติ วิเคราะห์ภาพถ่ายจอประสาทตาได้ทั้งหมด 1,000 ภาพ ซึ่งแบ่งเป็นภาพถ่ายจอประสาทตาที่ปกติ 200 ภาพ และภาพถ่ายจอประสาทตาที่ผิดปกติ 800 ภาพ พบว่าเมื่อใช้โปรแกรมคัดแยกรอยโรคแบบประเภท Microaneurysms สามารถตรวจวิเคราะห์ภาพถ่ายจอประสาทตาที่ปกติ 200 ภาพ ได้ถูกต้อง 168 ภาพ คิดเป็น 84 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตรวจภาพถ่ายจอประสาทตาที่ผิดปกติ จำนวน 800 ภาพ ได้ถูกต้อง 660 ภาพ คิดเป็น 82.50 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้โปรแกรมในการตรวจวิเคราะห์รอยโรคประเภท Microaneurysms จากภาพถ่ายจอประสาทตา 1,000 ภาพ พบว่าโปรแกรมสามารถตรวจได้แม่นยำ 828 ภาพ และเกิดการคลาดเคลื่อน 172 ภาพ ซึ่งมีความแม่นยำถึง 82.80 เปอร์เซ็นต์

นอกจากนั้นแล้วเมื่อใช้โปรแกรมคัดแยกรอยโรคแบบประเภท Hemorrhage สามารถตรวจวิเคราะห์ภาพถ่ายจอประสาทตาที่ปกติ 200 ภาพ ได้ถูกต้อง 168 ภาพ คิดเป็น 84 เปอร์เซ็นต์ และสามารถตรวจภาพถ่ายจอประสาทตาที่ผิดปกติจำนวน 800 ภาพ ได้ถูกต้อง 642 ภาพ คิดเป็น 80.25 เปอร์เซ็นต์ จึงสามารถสรุปได้ว่าการใช้โปรแกรมในการตรวจวิเคราะห์รอยโรคประเภท Microaneurysms จากภาพถ่ายจอประสาทตา 1,000 ภาพ พบว่าโปรแกรมสามารถตรวจได้แม่นยำ 810 ภาพ และเกิดการคลาดเคลื่อน 190 ภาพ ซึ่งมีความแม่นยำถึง 81.00 เปอร์เซ็นต์

จากการทดลองดังกล่าวโปรแกรมไม่สามารถตรวจวิเคราะห์ภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีลักษณะเกิดเงาบนภาพถ่าย หรือภาพถ่ายที่มีจอประสาทตาและเส้นเลือดใกล้เคียงกับความผิดปกติ ซึ่งโปรแกรมไม่สามารถแยกแยะตำแหน่งเหล่านี้ออกจากตำแหน่งที่มีความผิดปกติบนภาพถ่ายจอประสาทตาได้อย่างชัดเจน ทำให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ของโปรแกรม

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการสรุปงานวิจัยการคัดกรองโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาจากภาพถ่ายจอประสาทตา สรุปผลคำตอบที่ได้จากการใช้การประมวลผลภาพตามการทดลอง และผลการเปรียบเทียบคุณภาพของคำตอบที่ได้กับผลการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ ตลอดจนข้อเสนอแนะต่างๆ หลังจากที่ได้สรุปผลแล้วโดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

6.1 สรุปการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการศึกษาและพัฒนางานวิจัยการคัดกรองโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาจากภาพถ่ายจอประสาทตา เพื่อนำไปสู่การวินิจฉัยการเกิดการตาบอดในผู้ป่วยโรคเบาหวานเบื้องต้น โดยจะนำภาพที่ได้จากจักษุแพทย์ตรวจให้กับผู้ป่วยโรคเบาหวานที่เข้ามามาตรวจรักษา จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาและแยกผู้ที่ไม่มีอาการของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา เพื่อประหยัดเวลาของแพทย์ผู้รักษาที่ต้องตรวจเช็คอาการของผู้ป่วยจำนวนมาก ซึ่งระบบที่พัฒนาขึ้นนี้ได้นำเสนอวิธีการคัดแยกโรคประเภท Microaneurysms และประเภท Hemorrhages การทำงานจะประกอบไปด้วยนำไฟล์ภาพเข้าสู่โปรแกรม จากนั้นโปรแกรมจะทำการปรับแต่งภาพเพื่อเพิ่มความชัดเจน และทำการแยกเส้นเลือดออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา เพื่อใช้เป็นตำแหน่งอ้างอิงของเส้นเลือด หลังจากนั้นเข้าสู่กระบวนการคัดแยกประเภทรอยโรค โดยกระบวนการคัดแยกโรคจะแบ่งเป็น 2 ขั้นตอน คือ การคัดแยกโรคประเภท Microaneurysms และประเภท Hemorrhages เมื่อนำไปเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ของจักษุแพทย์ การคัดกรองผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาจากการวิเคราะห์ภาพถ่ายจอประสาทตา พบว่าผลคำตอบที่ได้มีคุณภาพใกล้เคียงกันกับการวินิจฉัยของจักษุแพทย์ ซึ่งผลที่ได้มีความแม่นยำถึง 82.80 เปอร์เซ็นต์ ในการวิเคราะห์รอยโรคประเภท Microaneurysms และ 81.00 เปอร์เซ็นต์ ในการวิเคราะห์รอยโรคประเภท Hemorrhages

6.2 ปัญหาอุปสรรคและแนวทางแก้ไข

6.2.1 ปัญหาและอุปสรรค

1. รายละเอียดของภาพที่บางครั้งมีความแตกต่างกันออกไป เช่น สีของดวงตาที่มีความแตกต่างกัน, ตำแหน่งของจอประสาทตาบนรูปถ่าย, เกิดเงาบริเวณขอบภาพ และความคมชัดของภาพถ่าย สิ่งเหล่านี้ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อนในการตรวจหาตำแหน่งรอยโรคบนภาพถ่ายจอประสาทตา

2. การคัดแยกรอยโรคขนาดเล็กยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่เล็กน้อย เนื่องจากรอยโรคขนาดเล็กเหล่านั้น มีสีที่ใกล้เคียงกับสีของจอประสาทตาเกินไป ทำให้การคัดแยกโปรแกรมทำได้ยาก

3. อัลกอริทึมที่ใช้ในการคัดแยกรอยโรคยังไม่สามารถแยกแยะสัญญาณรบกวนจากเส้นเลือดที่มีสีและลักษณะใกล้เคียงกับรอยโรค จึงทำให้การคัดแยกเกิดความคลาดเคลื่อน

6.2.2 แนวทางแก้ไขปัญหา

1. คัดเลือกภาพในลักษณะสีที่มีความใกล้เคียงกัน, ตำแหน่งองศาของการถ่ายภาพ, ภาพที่ไม่มีผลกระทบจากเทคนิคการถ่ายภาพ เช่น เงา, แสงสะท้อน, และภาพที่มีความคมชัดของภาพ เพื่อให้เกิดผลกระทบต่อการประมวลผลภาพน้อยที่สุด

2. ใช้ค่าขีดแบ่งที่มีค่าน้อยลง เพื่อให้สามารถคัดแยกจุดที่มีความใกล้เคียงกับจอประสาทตาได้ และใช้การลบพื้นที่ขนาดเล็กในการกำจัดสัญญาณรบกวนอีกครั้ง

3. ทำการคัดแยกเส้นเลือด เพื่อใช้อ้างอิงตำแหน่งของเส้นเลือด และนำตำแหน่งของเส้นเลือดเหล่านั้นมาลบออกจากภาพ เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนจากเส้นเลือด

6.3 แนวทางในการพัฒนาต่อ

ในงานวิจัยนี้เกิดปัญหาการคัดแยกรอยโรคประเภท Hemorrhage จากภาพถ่ายจอประสาทตา ซึ่งอัลกอริทึมของโปรแกรมไม่สามารถแยกสัญญาณรบกวนออกจากรอยโรคได้ดีเท่าที่ควร จึงทำให้การคัดแยกเกิดความคลาดเคลื่อน ดังนั้นแล้วผู้ที่สนใจที่จะศึกษาต่อควรทำการศึกษา และพัฒนาอัลกอริทึมของโปรแกรมให้สามารถคัดแยกสัญญาณรบกวนออกจากรอยโรคให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น เพื่อความแม่นยำของโปรแกรม

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันวิจัยและประเมินเทคโนโลยีทางการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. “สถานการณ์โรคเบาหวาน/ความดันโลหิตสูงและภาวะแทรกซ้อนในประเทศไทย” เอกสารข้อมูลโรคเบาหวานและความดันโลหิตสูง, พศ. 2556
- [2] สมาคมโรคเบาหวานแห่งประเทศไทย, สมาคมต่อมไร้ท่อแห่งประเทศไทย, กรมการแพทย์, สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ. “แนวทางเวชปฏิบัติสำหรับเบาหวาน 2554”. 1st ed.กรุงเทพฯ: บริษัท ศรีเมืองการพิมพ์ จำกัด. 2554.
- [3] ธนภัทร รัตนภากร. “เบาหวานขึ้นจอตา...รักษาได้?” การประชุมวิชาการ Srinagarind Med J. ครั้งที่ 27, ปี 2554, 2554. pp. 70-71.
- [4] Helena Buch, MD. et al. “Prevalence and Causes of Visual Impairment and Blindness among 9980 Scandinavian Adults” The Copenhagen City Eye Study. May 2003. pp. 53-61.
- [5] A. IDIL, D. CALISKAN, E. OCAKTAN. “The prevalence of blindness and low vision in Older onset diabetes mellitus and associated factors: A community-based study” European Journal of Ophthalmology.Vol.14, no.4. 2004. pp. 298-305
- [6] Wild S, Roglic G, Green A, Sicree R, King H. Globalprevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. Diabetes Care 2004; 27:1047-53
- [7] ไพศาล ร่วมวิบูลย์สุขุม, ประสิทธิ์ผลการฝึกรวมคัดกรองภาวะเบาหวานเข้าจอประสาทตาทางไกลผ่านอินเทอร์เน็ต
- [8] อนุชิต กิจธารทอง. “จอตาเปลี่ยนแปลงจากโรคเบาหวาน” สงขลานครินทร์เวชสาร, ปีที่ 24, ฉบับที่ 2, มี.ค.-เม.ย. 2549.หน้า 127-132.
- [9] Chanjira Sinthanayothin et al. Automated localization of the optic disc, fovea, and retinal blood vessels from digital colour fundus image, NECTEC Technical Journal, No. 6, 2003
- [10] อภิชาติ สวงวนศิลป์พงศ์. “แนวทางรักษาใหม่ในภาวะเบาหวานขึ้นจอตา” ภาควิชาจักษุวิทยา วิทยาลัยแพทยศาสตร์กรุงเทพมหานครและวชิรพยาบาล. ปีที่ 52, ฉบับที่ 2, พฤษภาคม-สิงหาคม พศ. 2550. หน้า 183-191.
- [11] นางกรทิพย์ มิตรวงษา. “อุบัติการณ์การเกิดเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในจังหวัดมุกดาหาร” ศูนย์จักษุ โรงพยาบาลมุกดาหาร จังหวัดมุกดาหาร. พศ. 2553.
- [12] มงคล การุณงามพรรณ และคณะ. “ประเมินความเสี่ยง...ช่วยเลี่ยงเบาหวานประเภทที่ 2: บทบาทอิสระของพยาบาล” ว.พยาบาลสงขลานครินทร์. ปีที่ 33, ฉบับที่ 2, พฤษภาคม - สิงหาคม 2556

- [13] กิตติพล วิแสง และคณะ. “การวิเคราะห์ปัจจัยเสี่ยงของโรคเบาหวาน” The 5th National Conference on Computing and Information Technology. 2552, หน้า 798-805.
- [14] โชติพงษ์ ชิวเลิศวิบูลย์ และคณะ. “ซอฟต์แวร์วิเคราะห์เส้นเลือดภายในลูกตาเพื่อวินิจฉัยโรค” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2555
- [15] SYNA SRENG “AUTOMATIC DETECTION OF EXUDATION BASED ON DIABETIC RETINOPATHY FUNDUS IMAGE” The Degree of Master of Engineering. Computer Engineering. KMITL. 2013
- [16] ญัฐปภณ ศาสตรานุรักษ์ และคณะ. “ซอฟต์แวร์สำหรับวิเคราะห์เบาหวานขึ้นจอตาโดยใช้หลักการประมวลผลด้วยภาพ” วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาแมคคาทรอนิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 2556
- [17] H.S.Bhadauria, et al. “Vessels Extraction from Retinal Images”, IOSR Journal of Electronics and Communication Engineering, Volume 6, Issue 3, pp.79-82, May-June, 2013
- [18] M.Kalaivani, et al. “Extraction of Retinal Blood Vessels Using Curvelet Transform And Kirsch’s Templates”, International Journal of Emerging Technology and Advanced Engineering, Volume 2, Issue 11, November 2012
- [19] Centers for Disease Control and Prevention (CDC). Prevalence of visual impairment and selected eye dis-eases among persons aged ≥ 50 years with and with-out diabetes-United States, 2002. MMWR Morb MortalWkly re. 2004; 53:1069-71
- [20] Buch H, Vinding T, La Cour M, Appleyard M, JensenGB, Nielsen NV. Prevalence and causes of visual im- pairment and blindness among 9980 Scandinavianadults: the Copenhagen City Eye Study. Ophthalmol-ogy 2004; 111:53-61
- [21] Idil A, Caliskan D, Ocaktan E. The prevalence of blind-ness and low vision in older onset diabetes mellitusand associated factors: a community-based study, EurJ Ophthalmol. 2004;14:298-305
- [22] Pardhan S, Gilchrist J, Mahomed I. Impact of age andduration on sight-threatening retinopathy in SouthAsians and Caucasians attending a diabetic clinic. Eye2004; 18:233-40
- [23] พ.อ.พศ.ดร.นพ.ราม รังสินธุ์ และคณะ. “การประเมินผล การดูแลผู้ป่วยโรคเบาหวานชนิดที่ 2 และความดันโลหิตสูงของโรงพยาบาลในสังกัดกระทรวงสาธารณสุขและโรงพยาบาลในสังกัด กรุงเทพมหานคร” สำนักงานหลักประกันสุขภาพแห่งชาติ 16 พฤศจิกายน พศ. 2555

- [24] สำนักพัฒนาวิชาการแพทย์ กรมการแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข. “แนวทางเวชปฏิบัติการคัดกรองและการดูแลรักษาจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวาน และแนวทางการวินิจฉัยการป้องกันและรักษาโรคไตจากเบาหวาน” พิมพ์ครั้งที่ 1. พศ. 2548
- [25] รศ.ดร. ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์, “การประมวลผลภาพดิจิตอลด้วย Matlab” สาขาวิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. พิมพ์ครั้งที่ 2, กรุงเทพมหานคร : โรงพิมพ์มีนเซอร์วิส ซัพพลาย. 2555.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
โปรแกรมการทำงาน

1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ทดสอบ

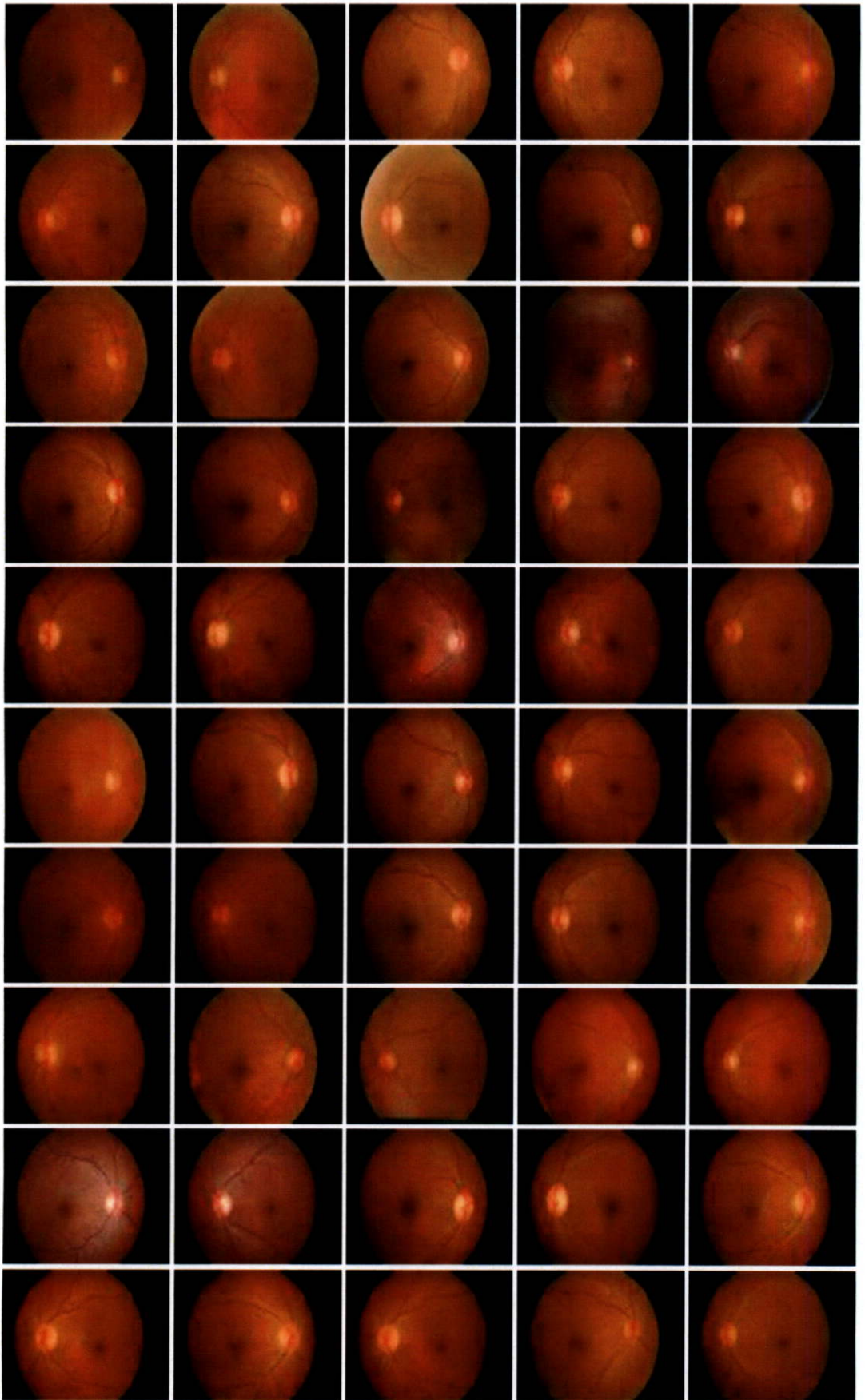
ในการทดสอบได้แบ่งรายละเอียดของการทดสอบออกเป็น 2 ส่วนคือ รายละเอียดทางฮาร์ดแวร์และ รายละเอียดทางซอฟต์แวร์ แสดงดังตารางที่ ก-1

ตารางที่ ก-1 รายละเอียดของระบบที่ใช้ในการทดสอบ

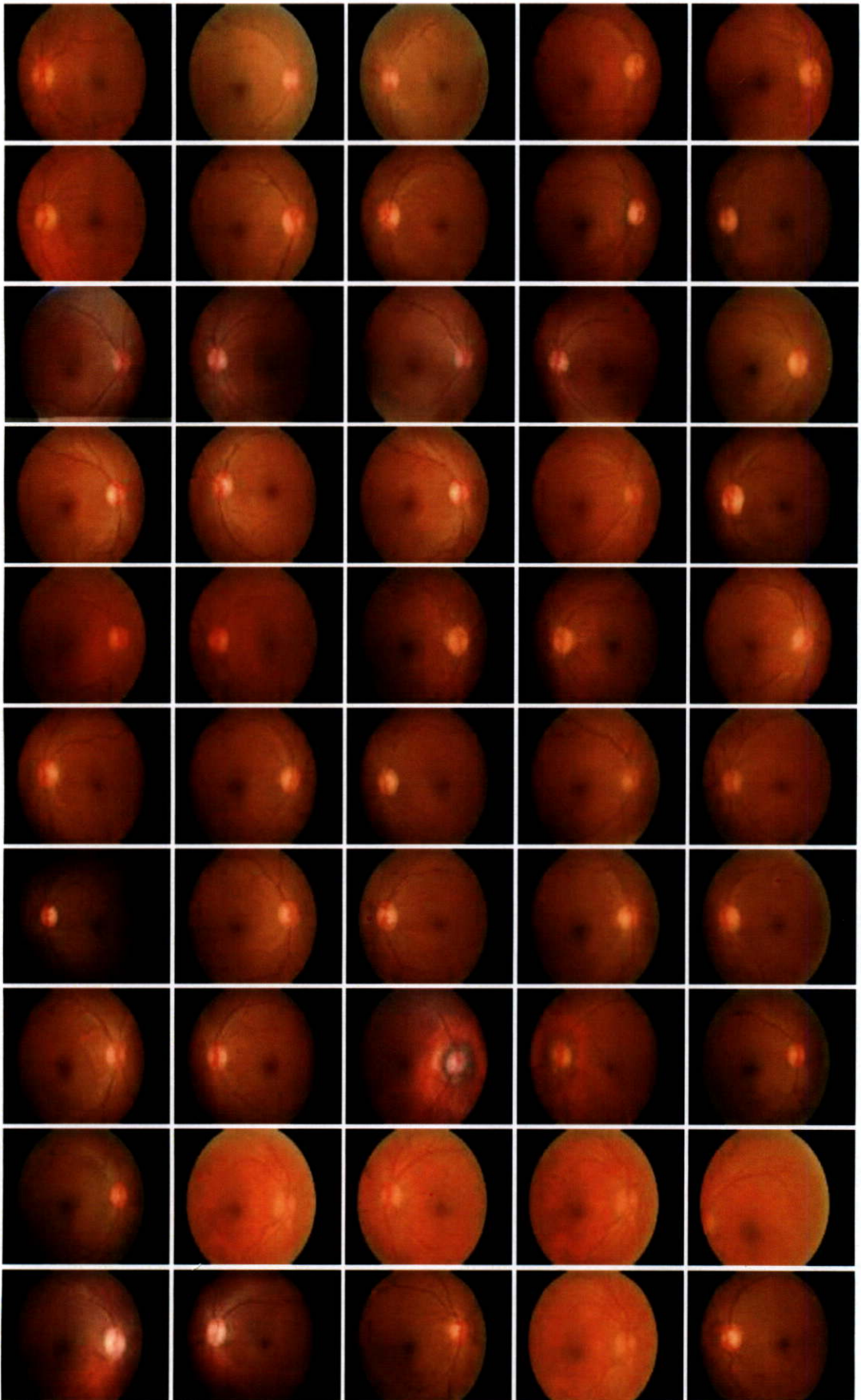
Hardware	Computer	Processor	Intel Core i7 2.4 MHz
		Memory	4 GB of RAM
	Database Input	ภาพ	1,000 ภาพ
Software	Operating System	Windows 7	Version 2010b
	Program Simulation	Matlab	Version 2014

ภาคผนวก ข

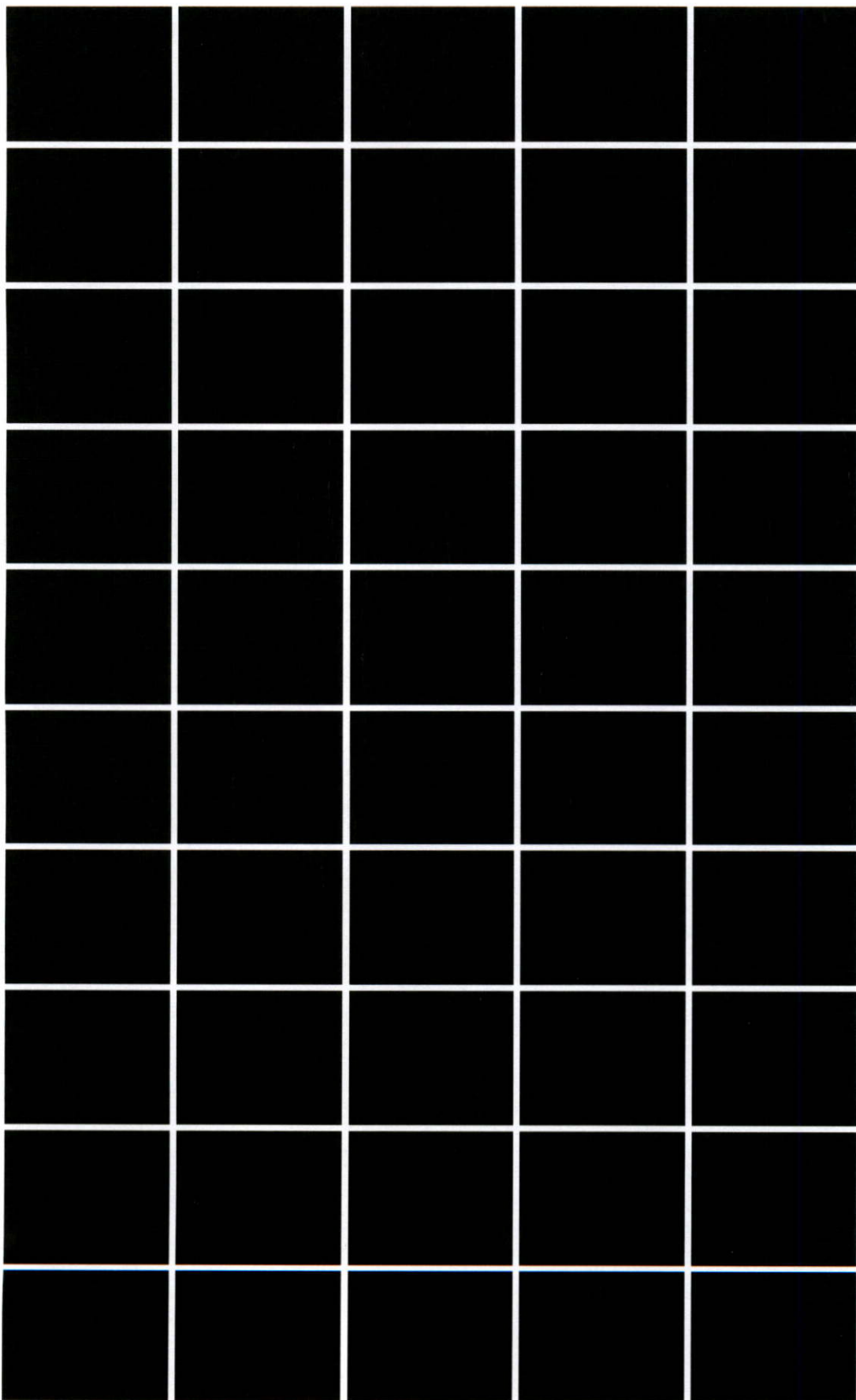
รายละเอียดภาพถ่ายผลการทดลอง



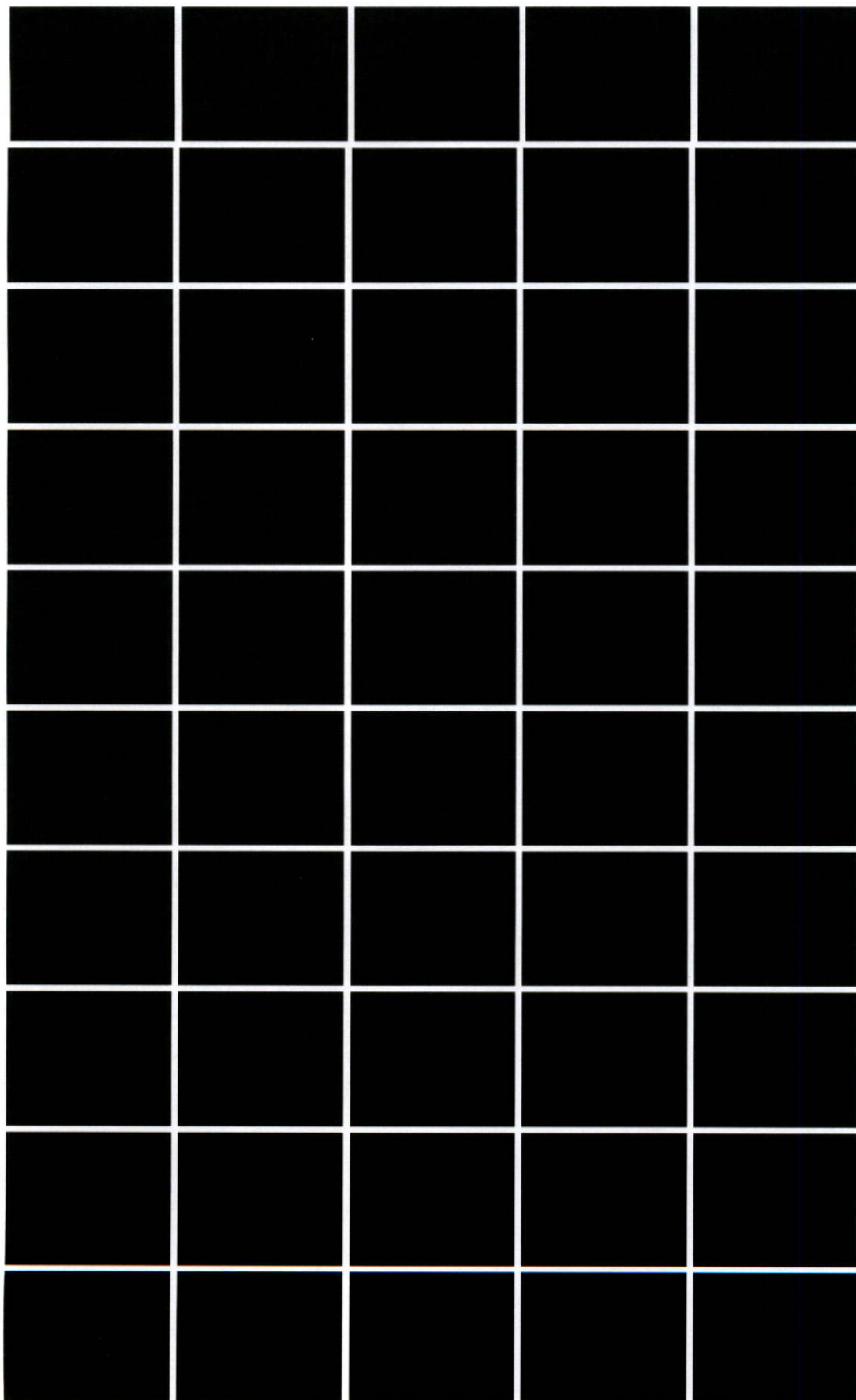
รูปที่ ข-1 รูปจอประสาทตาปกติ



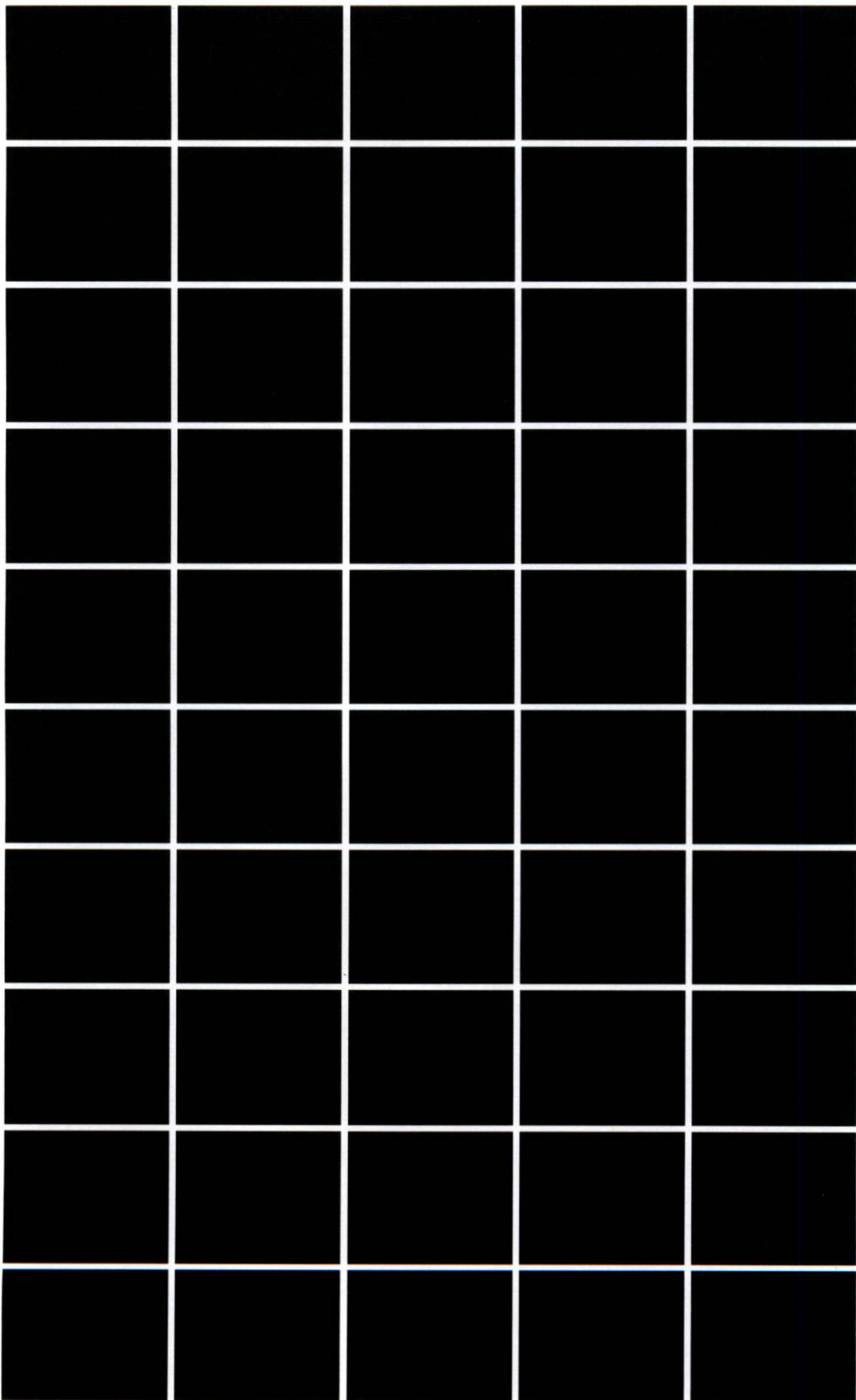
รูปที่ ข-1 รูปจอประสาทตาปกติ (ต่อ)



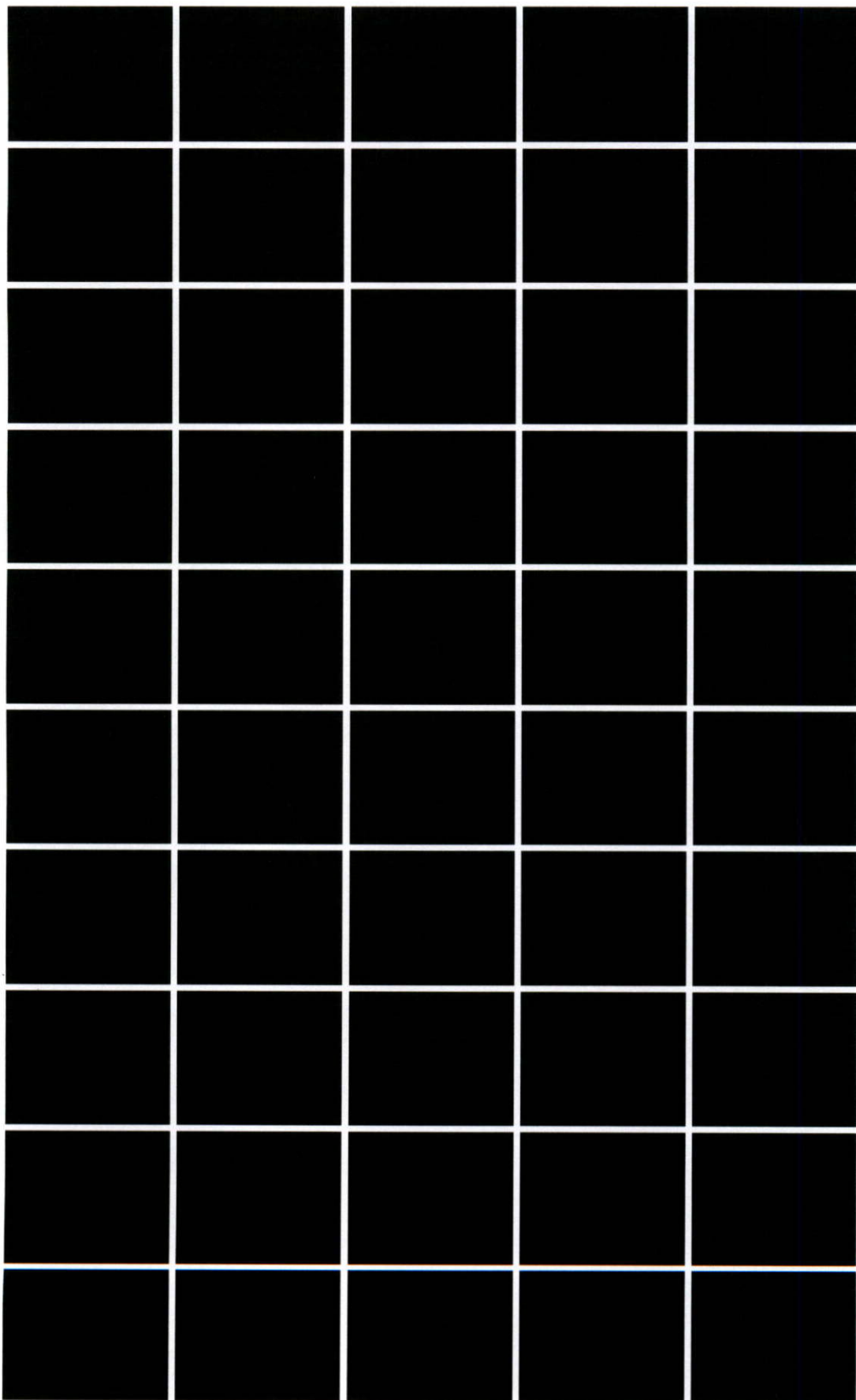
รูปที่ ข-2 การทดลองการแยกภาพ Microaneurysms ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา
จากภาพถ่ายจอประสาทตาปกติ



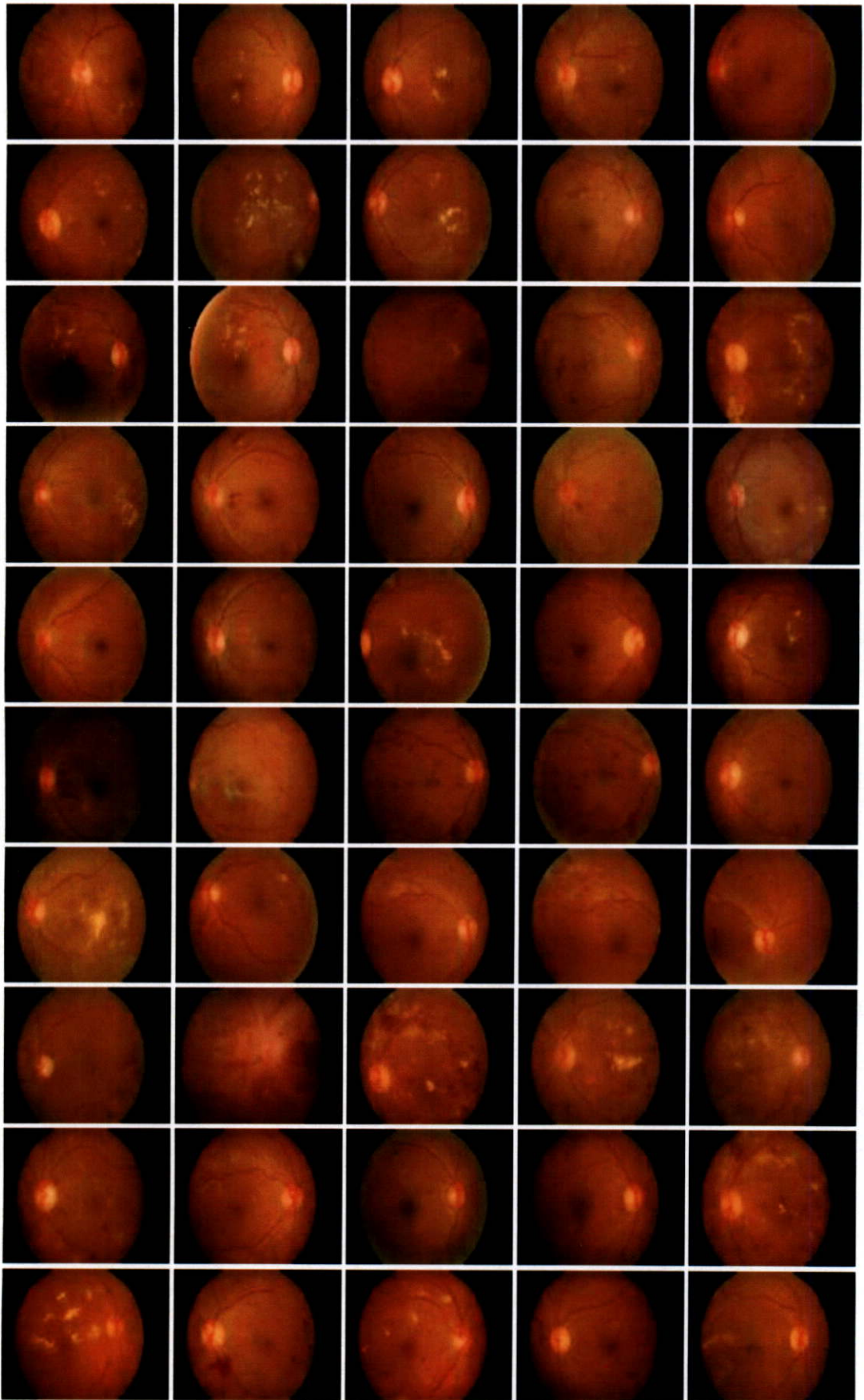
รูปที่ ข-2 การทดลองการแยกภาพ Microaneurysms ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา
จากภาพจอประสาทตาปกติ (ต่อ)



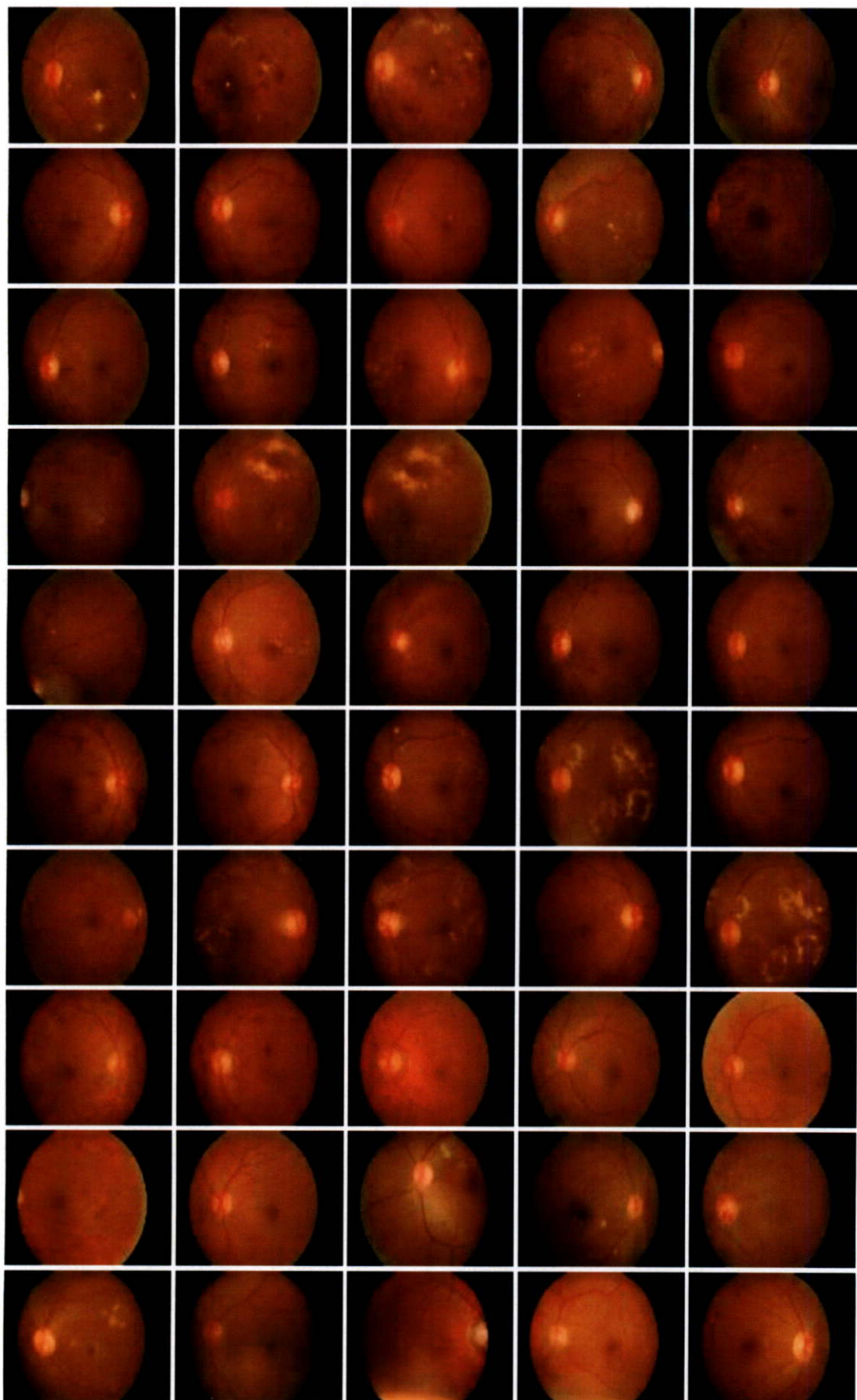
รูปที่ ข-3 การทดลองการแยกภาพ Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา
จากภาพถ่ายจอประสาทตาปกติ



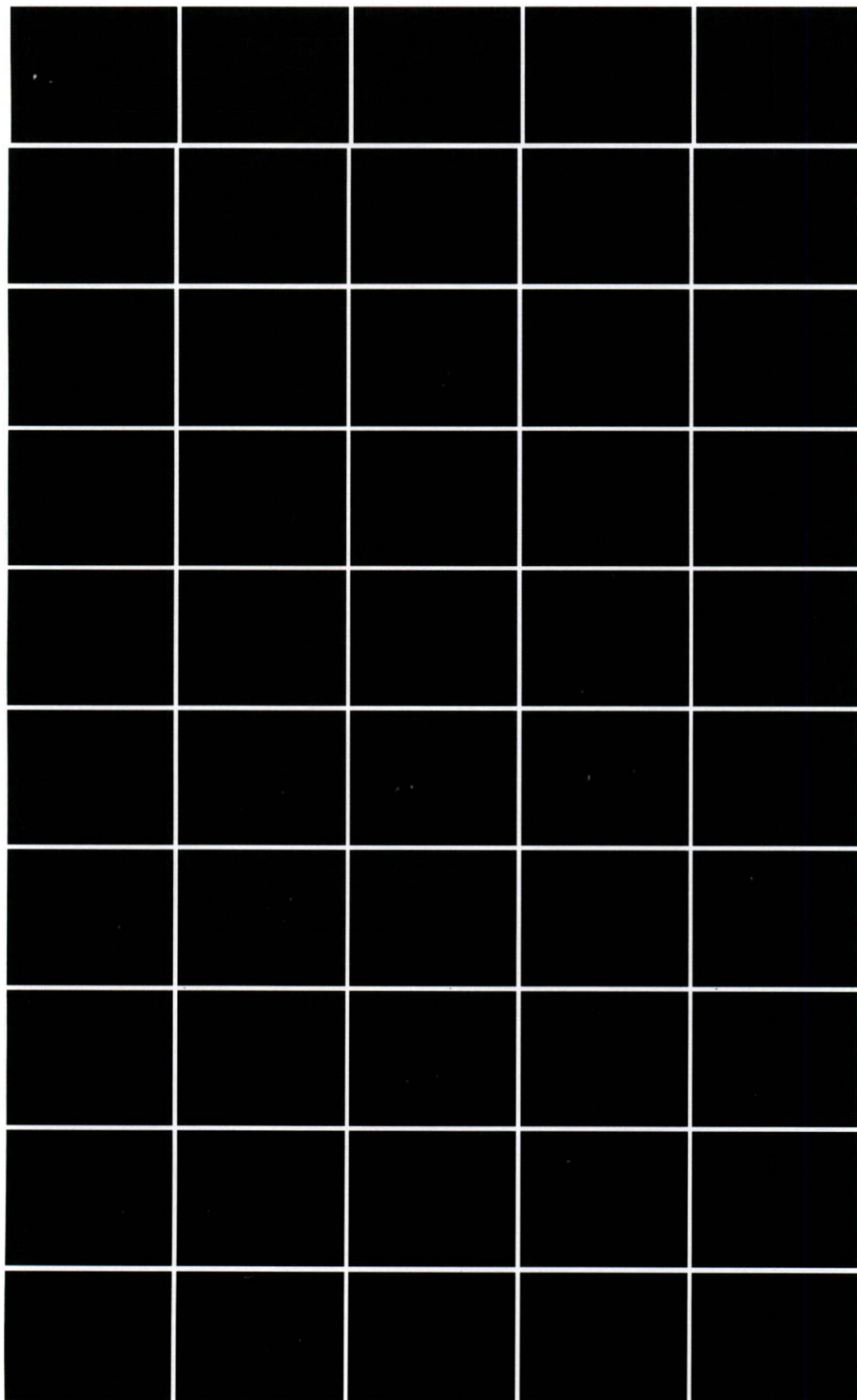
รูปที่ ข-3 การทดลองการแยกภาพ Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา
จากภาพถ่ายจอประสาทตาปกติ (ต่อ)



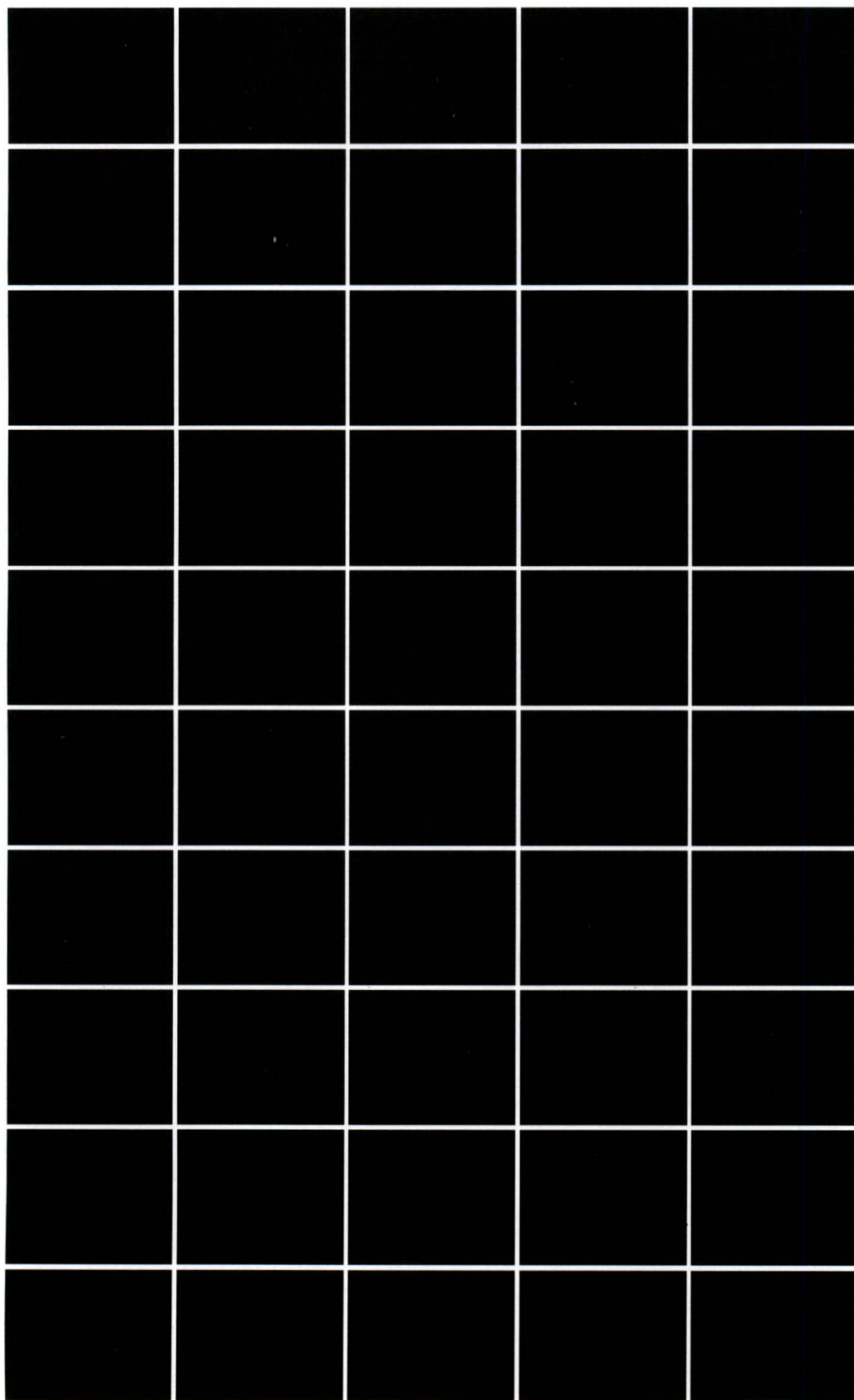
รูปที่ ข-4 รูปจอประสาทตามืดปกติ



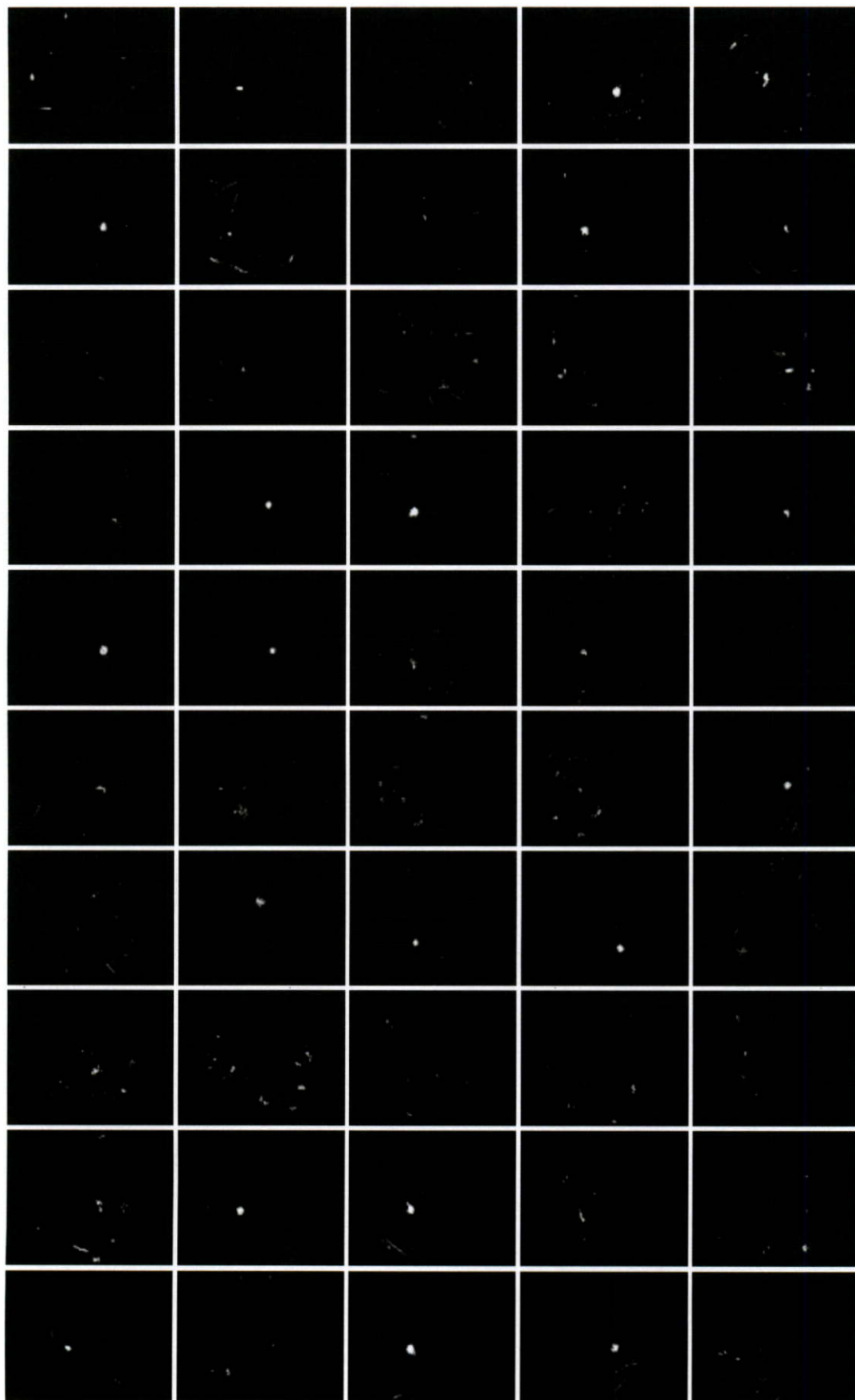
รูปที่ ข-4 รูปจอประสาทตามืดปกติ (ต่อ)



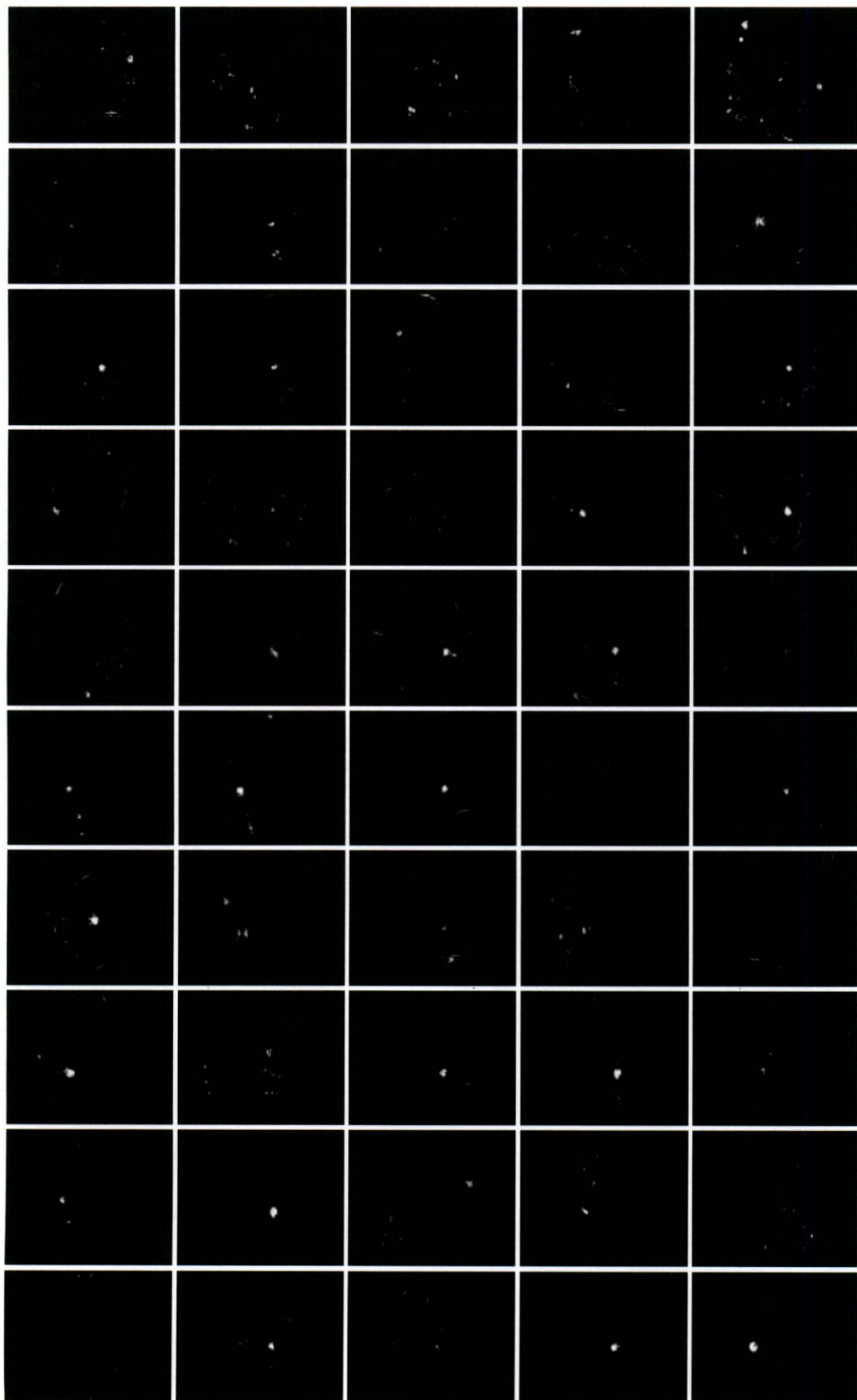
รูปที่ ข-5 ผลการทดลองการแยกภาพ Microaneurysms ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตาจาก
ภาพถ่ายจอประสาทตามีดปกติ



รูปที่ ข-5 ผลการทดลองการแยกภาพ Microaneurysms ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา
จากภาพถ่ายจอประสาทตามิติปกติ (ต่อ)



รูปที่ ข-6 ผลการทดลองการแยกภาพ Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา
จากภาพถ่ายจอประสาทตามีดปกติ



รูปที่ ข-6 ผลการทดลองการแยกภาพ Hemorrhage ออกจากภาพถ่ายจอประสาทตา
จากภาพถ่ายจอประสาทตามีดปกติ (ต่อ)

ตารางที่ ข-1 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพ

Image 1	2.813262
Image 2	2.79769
Image 3	3.10821
Image 4	2.747109
Image 5	2.8689
Image 6	2.904208
Image 7	2.993311
Image 8	2.784043
Image 9	3.009474
Image 10	2.93874
Image 11	2.926904
Image 12	3.136966
Image 13	2.834463
Image 14	2.838889
Image 15	3.037137
Image 16	3.093328
Image 17	2.858584
Image 18	2.850557
Image 19	2.892384
Image 20	3.033542
Image 21	2.963952
Image 22	3.293022
Image 23	2.889741
Image 24	2.936427
Image 25	3.159836
Image 26	2.901554
Image 27	2.755798
Image 28	2.820758
Image 29	2.85515
Image 30	2.75508

Image 31	3.076224
Image 32	2.844197
Image 33	2.784701
Image 34	2.989702
Image 35	2.941098
Image 36	3.054543
Image 37	3.497397
Image 38	2.924228
Image 39	2.928068
Image 40	3.184159
Image 41	2.979683
Image 42	2.909833
Image 43	2.891675
Image 44	2.934608
Image 45	2.909313
Image 46	2.912339
Image 47	2.849099
Image 48	2.88794
Image 49	2.905645
Image 50	2.806231
Image 51	2.805354
Image 52	2.869804
Image 53	2.643495
Image 54	2.874958
Image 55	2.701179
Image 56	3.093912
Image 57	2.908804
Image 58	2.965399
Image 59	2.911151
Image 60	3.003818

Image 61	3.043462
Image 62	2.777485
Image 63	3.037361
Image 64	2.941898
Image 65	2.985105
Image 66	2.859761
Image 67	3.108332
Image 68	2.709589
Image 69	2.693142
Image 70	2.621065
Image 71	3.037281
Image 72	2.955327
Image 73	3.004142
Image 74	3.291843
Image 75	2.861074
Image 76	3.093823
Image 77	2.901087
Image 78	2.870653
Image 79	2.891765
Image 80	2.827979
Image 81	2.872614
Image 82	3.058128
Image 83	2.868739
Image 84	2.909611
Image 85	3.044564
Image 86	2.909006
Image 87	3.027573
Image 88	2.852846
Image 89	2.9485
Image 90	3.033305

ตารางที่ ข-1 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพ (ต่อ)

Image 91	2.715969
Image 92	2.929579
Image 93	2.9272
Image 94	2.795458
Image 95	2.75594
Image 96	3.114146
Image 97	2.949911
Image 98	2.781023
Image 99	2.834852
Image 100	2.930799
Image 101	2.848125
Image 102	2.838045
Image 103	2.824745
Image 104	2.720466
Image 105	2.718756
Image 106	2.90753
Image 107	2.791724
Image 108	2.91745
Image 109	2.86979
Image 110	2.793503
Image 111	3.38844
Image 112	2.805814
Image 113	2.808947
Image 114	2.935865
Image 115	2.884798
Image 116	2.887325
Image 117	3.026729
Image 118	2.960125
Image 119	2.855406
Image 120	2.907913

Image 121	3.128883
Image 122	2.867437
Image 123	2.771919
Image 124	2.83262
Image 125	2.770648
Image 126	2.852462
Image 127	2.822947
Image 128	2.727425
Image 129	2.978909
Image 130	2.891005
Image 131	3.021749
Image 132	2.583528
Image 133	2.670188
Image 134	2.7013
Image 135	2.712206
Image 136	3.007414
Image 137	2.658299
Image 138	3.489018
Image 139	2.756571
Image 140	2.911725
Image 141	2.913804
Image 142	2.881595
Image 143	2.773747
Image 144	2.876315
Image 145	3.002931
Image 146	2.612986
Image 147	2.821106
Image 148	2.893086
Image 149	3.135015
Image 150	2.739538

Image 151	2.776473
Image 152	2.740035
Image 153	2.696726
Image 154	3.053597
Image 155	3.11034
Image 156	2.907705
Image 157	2.899923
Image 158	2.713996
Image 159	2.658931
Image 160	2.692421
Image 161	2.946141
Image 162	2.986006
Image 163	2.797856
Image 164	2.912227
Image 165	2.891342
Image 166	2.947175
Image 167	3.043481
Image 168	2.841534
Image 169	2.849889
Image 170	2.846776
Image 171	2.734597
Image 172	2.969842
Image 173	3.054329
Image 174	2.953107
Image 175	3.032091
Image 176	2.745863
Image 177	2.763997
Image 178	2.825977
Image 179	2.814278
Image 180	2.992506

ตารางที่ ข-2 เวลาที่ใช้ในการประมวลผลภาพ (ต่อ)

Image 181	2.896265
Image 182	3.206522
Image 183	2.782968
Image 184	3.013322
Image 185	2.727794
Image 186	2.832583
Image 187	2.765827

Image 188	2.831149
Image 189	3.243474
Image 190	2.705262
Image 191	3.009224
Image 192	2.712239
Image 193	2.957649
Image 194	2.919347

Image 195	2.936218
Image 196	2.87285
Image 197	2.821632
Image 198	2.897544
Image 199	2.935521
Image 200	2.909648

ภาคผนวก ค.

บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

ค-1 บทความทางวิชาการที่ได้รับการตีพิมพ์

- [1] Preeyaporn Yunuch, Noppadol Maneerat, Don Isarakorn, Bundit Pasaya, Ruttikorn Varakulsiripunth, and Ronakorn Panjaphongse M.D, “Automatic Microaneurysms Detection Through Retinal Color Image Analysis.” The 5th International Conference on Information Technology and Electrical Engineering, October 7-8, 2013, Yogyakarta, Indonesia.

ISSN: 2088-6578
ISBN: 978-1-4799-0423-5



ICITEE 2013

Proceedings of

2013 International Conference on Information Technology and Electrical Engineering

7-8 October 2013
The Sahid Rich Jogja Hotel
Yogyakarta, Indonesia

**“Intelligent and Green Technologies for
Sustainable Development”**



Organized by

Department of Electrical Engineering
and Information Technology
Universitas Gadjah Mada, Indonesia

Automatic Microaneurysms Detection Through Retinal Color Image Analysis

Preeyaporn Yunuch, Noppadol Maneerat,
Don Isarakorn, Bundit Pasaya
Faculty of Engineering
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
Bangkok, Thailand
mind_preeya@hotmail.com

Ronakorn Panjaphongse M.D
Ophthalmology Department
Bhumibol Adulyadej Hospital
Royal Thai Air Force
Bangkok, Thailand
ronakorn_p@rtaf.mi.th

Ruttikorn Varakulsiripunth
Faculty of Information Technology
Thai-Nichi Institute of Technology
Bangkok, Thailand
kvruttik@hotmail.com

Abstract— This paper proposes an automatic system to diagnose the diabetic retinopathy symptom, which can cause a loss of vision by analysis the abnormality in retinal image. Digital image processing system is developed for the retinal image analysis which helps ophthalmologists to identify diabetic patients. The retinal images derived from ophthalmologists are used to analysis by using HSV, area identification and eccentricity techniques to distinguish diabetic retinopathy symptoms from normal diabetic patients. First color bar is evaluated by using HSV method and then using the eccentricity technique with area of pixel to find out the abnormality of Microaneurysms (MAs). The accuracy result of experiment is around 93% when compares to the analysis of ophthalmologists.

Keywords—microaneurysms; diabetic retinopathy; ophthalmologists ;

I. INTRODUCTION

Diabetic retinopathy is a complication which causes blindness in diabetic patients. High level of glucose in diabetic patient blood circulation may affect blood vessels in retina which will make the blood vessel loss its elasticity. In the prodromal stage, this disease shows no other symptoms to be normally detected. Only the retinal image analysis should be used to diagnose the disease. Diagnosis of the symptom in prodromal stage allows curing to be done in order to reduce risk that will cause blindness in diabetic patients. In this paper an algorithm to diagnose diabetic retinopathy is proposed in order to assist ophthalmologists identifying suspected patient which will most likely reduce the workload of ophthalmologists.

This method is used for the abnormalities identification analysis and future model development. The retinal image is converted into the HSV color model and changed to a binary image to define the target area. The eccentricity technique is

used to distinguish noise and veins from MAs area by considering its area and range. These techniques increase the accuracy of MAs detection.

For the initial diagnosis, MAs detection technique is implemented. There are several published papers proposed methods to diagnose MAs which are the earliest signs of diabetic retinopathy. Mendenca et al. [1] proposed a technique to detect MAs by using Gaussian Filter. Sophark et al. [2] proposed a technique to find the proper value by adjusting morphological operators to detect MAs in case of MAs shape and blood vessels are not clear. Shanin et al. [3] proposed a system to separate the abnormal retinal image by using the morphological and thresholding techniques in order to identify the edge and increase the image contrast. Yen et al. [4] proposed a method by using the histogram equalization and morphological operation techniques. Saleh et al. [5] proposed the grading of severity level of DR based on detecting and analyzing the early clinical signs associated with the disease, such as MAs.

Most of techniques used for MAs detection are color detection or defining other components, but in the real diagnosis, the colors and components in retinal images also MAs are different according to personal heredity. In this paper, HSV color space is used with the eccentricity technique to find out the abnormality of MAs.

The rest of this paper is organized as follows: methodology is presented in section II. Section III is result which is come to evaluate this work. Finally conclusion is shown in section IV.

This work is financial supported by Coordinating Center for Thai Government Science and Technology Scholarship students (CSTS) and National Science and Technology Development Agency (NSTDA).

II. METHODOLOGY

This paper proposes method to identify MAs by using the combination of these techniques: HSV color model, area identification and eccentricity techniques as shown in Fig. 1. The fundus image has been used for analysis diabetic retinopathy symptom first and then the red color pixels are filtered by using HSV method to find the threshold level. After that the filtered image is converted to a binary image which is easier to analyze the symptom. Finally, the binary image is filtered by the area filter to find eccentricity.

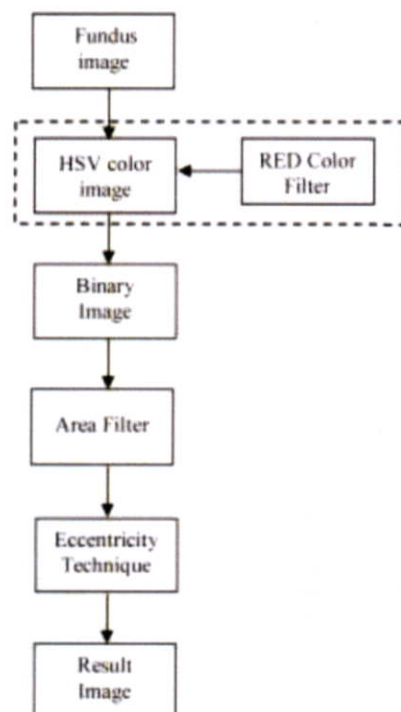


Fig. 1. Flow Chart of This Work

A. HSV Color Model

HSV color model is the method considering hue, saturation and value of image. H is the value of main color (green blue) which is in range of 0–255. If the hue value is 0, it will be red color and if the hue value is increased, the color will be changed as spectrum color until the value is 255 and the color will be red again. S means the saturation of color and V value means the brightness. In the lowest V value, it is shown as black color and the maximum V value will be white color. By this reason, this method is proper to be used for the retinal disease analysis. HSV color model is also the most similar

color to the human color perception. HSV color model is a cone shape as show in Fig.2.

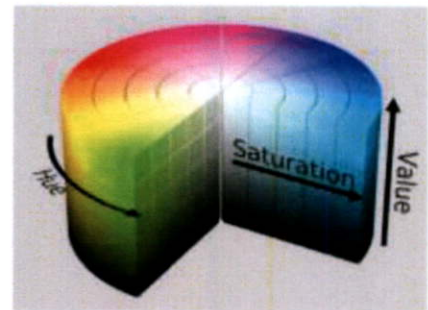


Fig. 2. HSV Color Model Cylindrical Coordinate [6]

To convert RGB color to HSV color, the following equation are used.

$$Hue = 60^\circ \times H' \quad (1)$$

$$Saturation = \frac{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)}{\max(R,G,B)} \quad (2)$$

$$Value = \max(R,G,B) \quad (3)$$

$$H' = \begin{cases} \frac{G-B}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} & \text{if } \max(R,G,B) = R \\ 2 + \frac{G-B}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} & \text{if } \max(R,G,B) = G \\ 4 + \frac{G-B}{\max(R,G,B) - \min(R,G,B)} & \text{if } \max(R,G,B) = B \end{cases}$$

The advantage of HSV method is the flexibility. In case that the new color tones of retina images are derived in the system, the new target color may have to be analyzed and adjusted to find a new suitable color for this system. This reason may be able to support the diversity of human eye component and also the tone of image received.

B. Microaneurysm Detections

The samples of MAs colors in each color bar are analyzed to define the average of H_{min} , H_{max} , S_{min} , S_{max} , V_{min} and V_{max} in order to identify the range of target color.

To find the suitable target color that has most correctness to identify MAs in retina images, many color bar are arranged to be compared. Each color bar is composed of 10 random MAs captured area.

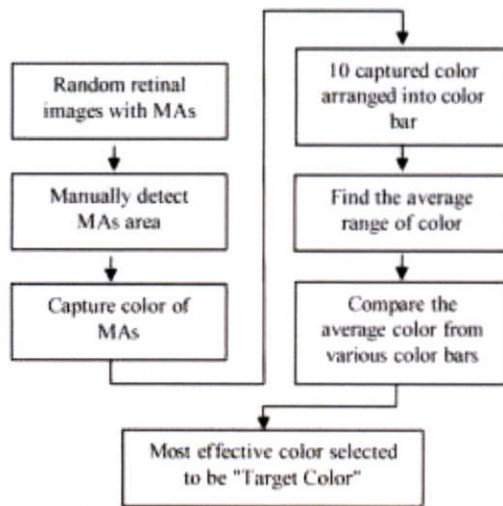


Fig. 3 Target Color Finding Diagram

The average ranges of color found from each color bar were used for MAs detection testing. A set of retinal image which represents MAs disease was brought to use in testing. The statistical results were corrected to find the average color that has most correctness. The selected color was used to be the base color for the retinal image diagnosis as shown in Fig. 3.

For MAs detection, the suspected retinal images were applied with algorithm to detect the target color in the retinal image. The dot in image which was in the range of target color was detected to define MAs position.



Fig. 4 Target Color Calculation

Fig. 4 represents a part of original retinal images which the MAs is occurred. Samples of retinal images are captured and arranged to color bar. For this picture, the analysis result shows $H_{average}$ is 0.019, $S_{average}$ is 0.682, $V_{average}$ is 0.647. This color is the most suitable color to be used for MAs detection of this image color tone. These HSV values are added to algorithm for the retinal image detection.

The HSV values used for analysis in the algorithm have to be in range of [0,255] but the results from color bar are in range of [0,1]. So the result value has to be re-scaled by using the equation (4).

$$Analysis\ value = Result\ value \times 255 \quad (4)$$

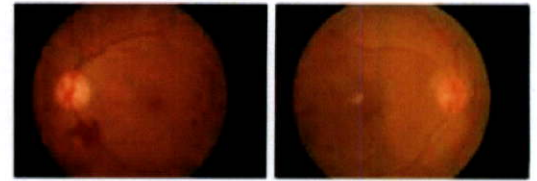


Fig. 5 Diabetic Retinopathy



Fig. 6 Microaneurysms Detection Result

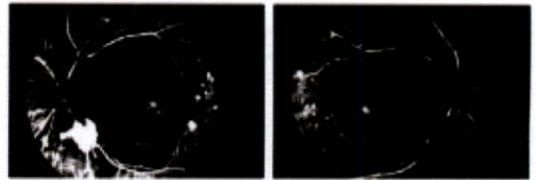


Fig. 7 Binary Image

Various types of samples are chosen randomly in order to increase the precision of MAs detection in retinal images. Fig. 5 represents two fundus images captured for diabetic retinopathy analysis. Both fundus images have abnormalities in retinal area which are both small and large red pixel areas that spreads around the images. Then the target areas are separated from their background as shown in Fig. 6 by defining threshold value. Threshold value is derived by identifying most suitable gray scale in experiments which in this example are target color values. Then the images in Fig. 6 are converted to binary as show in Fig. 7. Theirs pixels will be shown as 2 values which are black and white that will be easier to analyze. The black color is value '0' and white color is '1'. The binary image is used in the eccentricity method for identifying MAs that can be assumed as MAs.

C. Area and Eccentricity

Area and Eccentricity is a method to identify MAs and eccentricity border of MAs

a) Area of Microaneurysms

After the fundus image converted into HSV color model image, it will be converted again into a binary image. The pixel area of MAs will be white color ranged from 200-2200 pixels in binary image. The pixel which has its value less than 200,

it will be defined as noise. The pixel having value more than 2200 will be defined as the error from the capturing process such as the reflection from camera lens or the border color of image. In Fig. 8 shows the number of each range area pixel of white color in binary image.

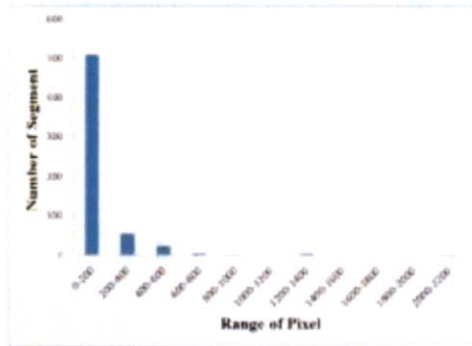


Fig. 8 Show the number of each range area pixel of white color in binary image

b) Eccentricity of Microaneurysms

The shape of pixel groups can be divided by eccentricity which ranges between 0-1. A group of pixels is dot if eccentricity is 0 and if eccentricity is 1, it means that the group of pixels is line. Fig.8 shows the distribution of eccentricity in abnormality of binary image.

TABLE 1 Equation for Eccentricity

E	interval
0	$e = 0$
$e = \sqrt{1 - \frac{b^2}{a^2}}$	$0 < e < 1$
1	$e = 1$

This paper uses the eccentricity that range between 0.3-0.89 and defines the eccentricity that less than 0.3 as noise. If the eccentricity is more than 0.89 then it is defined as vein. Fig. 9 shows the range of eccentricity from the group of pixels in binary image.

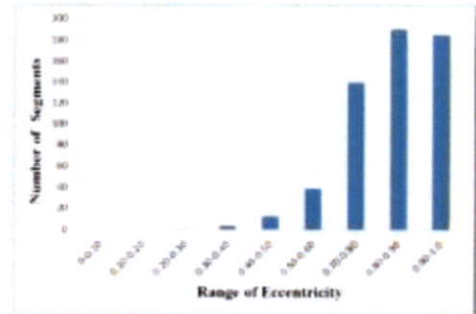


Fig. 9 Range of Eccentricity in binary image

III. RESULTS

In order to identify the MAs of diabetic retinopathy symptom, the process to diagnose expansion of blood vessel in fundus image is used. The captured fundus image will go through HSV method which will select the value of H, S and V from color bar for identifying threshold value. The target color value will be selected and then converted to binary image for easier analysis. After that the area and eccentricity methods are used for filtering the abnormalities.

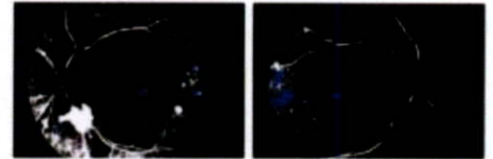


Fig. 10 Microaneurysms Symptom Area

In Fig. 10 shows the binary images which are converted from fundus images via the area and eccentricity methods for distinguishing the abnormalities area. The abnormality area that has 200-2200 pixels and eccentricity value is within 0.3-0.89 are defined as MAs identification area and it shows as color dot in the picture. The accuracy result of experiment is around 93% compared with the analysis of ophthalmologists.

IV. CONCLUSION

In this paper presents an idea to design the structure of automatic system for diagnose diabetes eyes of the patients by using the characteristic of diabetic retinopathy symptom which is MAs to find abnormalities in retinal of patients. The appropriate result of HSV is $H_{average}$ which is 0.019, $S_{average}$ which is 0.682 and $V_{average}$ which is 0.647. The appropriate area of MAs is 200-2000 pixels. The appropriate Eccentricity is between 0.3-0.89 and the result has an accuracy of 93% when compared to the analysis of expertise ophthalmologist which can be used to reduce diagnose time for ophthalmologist.

ACKNOWLEDGMENT

This research is supported by Coordinating Center for Thai Government Science and Technology Scholarship students (CSTS) National Science and Technology Development Agency (NSTDA).

REFERENCES

- [1] A. M. Mendonça, A. J. Campilho, and J. M. Nunes, "Automatic segmentation of microaneurysms in retinal angiograms of diabetic patients." In *Image Analysis and Processing, 1999. Proceedings. International Conference*, pp. 728-733, 1999. IEEE.
- [2] A. Sopharak, B. Uyyanonvara, S. Barman, and T. Williamson, "Automatic microaneurysm detection from non-dilated diabetic retinopathy retinal images." *Lecture Notes in Engineering and Computer Science*, 2191, 2011.
- [3] E. M. IShahin, T. E. Taha, W. Al-Nuaimy, S. El Rabaie, O. F. Zahran, and E. E. A.El-Samie, "Automated detection of diabetic retinopathy in blurred digital fundus images." In *Computer Engineering Conference (ICENCO), 2012 8th International*, pp. 20-25, 2012, December, IEEE.
- [4] W. L. Yun, U. Rajendra Acharya, Y. V. Venkatesh, C. Chee, L. C. Min, and E. Y. K. Ng, "Identification of different stages of diabetic retinopathy using retinal optical images," *Information sciences*, Vol. 178, n. 1, pp. 106-121, 2008.
- [5] M. D. Saleh, and C. Eswaran, "An automated decision-support system for non-proliferative diabetic retinopathy disease based on MAs and HAs detection," *Computer methods and programs in biomedicine*, Vol. 108, pp. 186-196, 2012.
- [6] http://commons.wikimedia.org/wiki/File:HSV_color_solid_cylinder.png

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวปรียาภรณ์ อยู่หนูช
วัน เดือน ปีเกิด	8 มิถุนายน 2532 ที่จังหวัดกรุงเทพฯ
ที่อยู่	203 ม.3 ซ. สร้อยทอง 1 ต. สำโรงใต้ อ. พระประแดง จ. สมุทรปราการ
ประวัติการศึกษา	2554 วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง