



การระบुरอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยใช้ภาพถ่ายจอประสาทตา

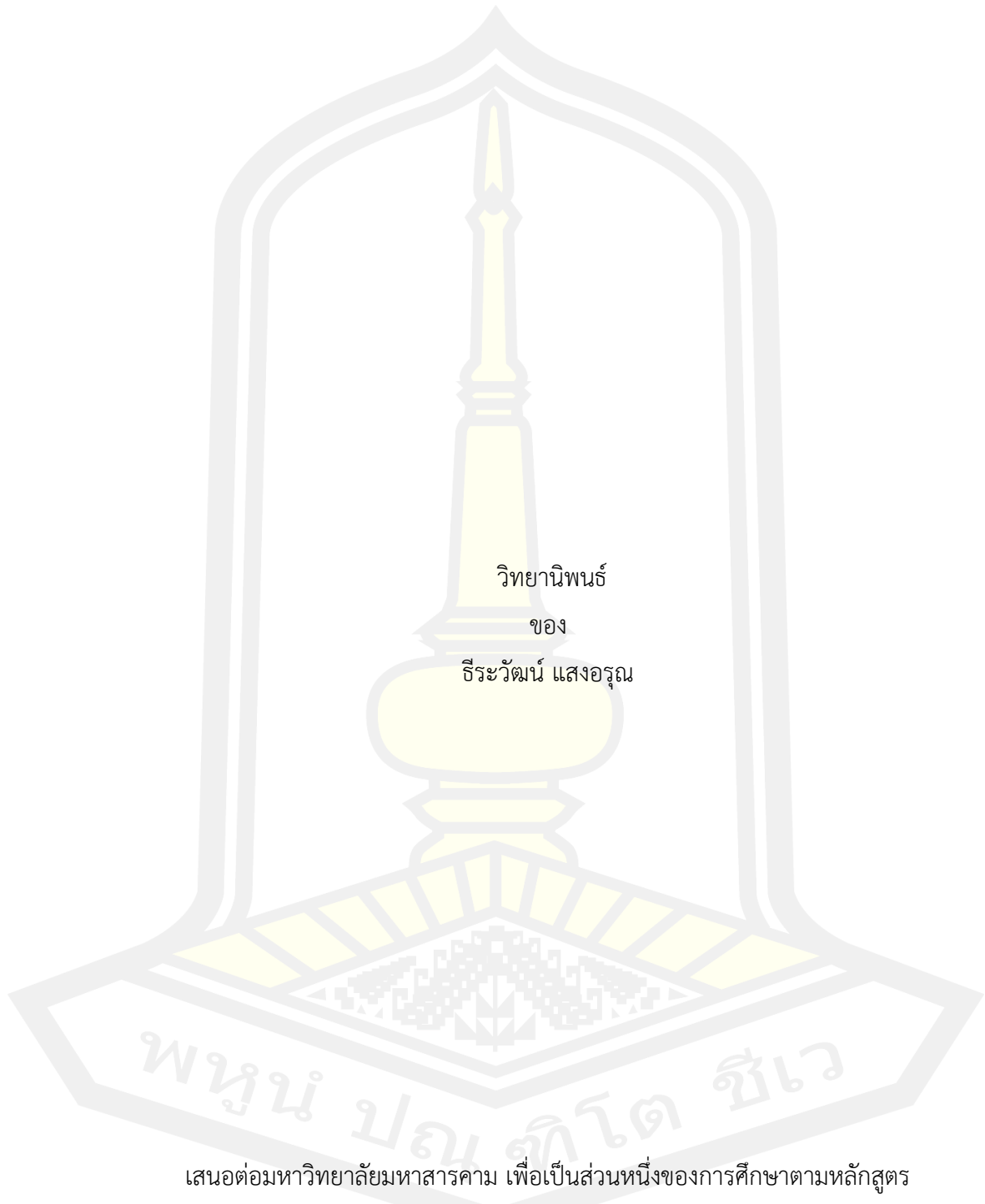
วิทยานิพนธ์
ของ
ธีระวัฒน์ แสงอรุณ

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มีนาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

การระบुरอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยใช้ภาพถ่ายจอประสาทตา

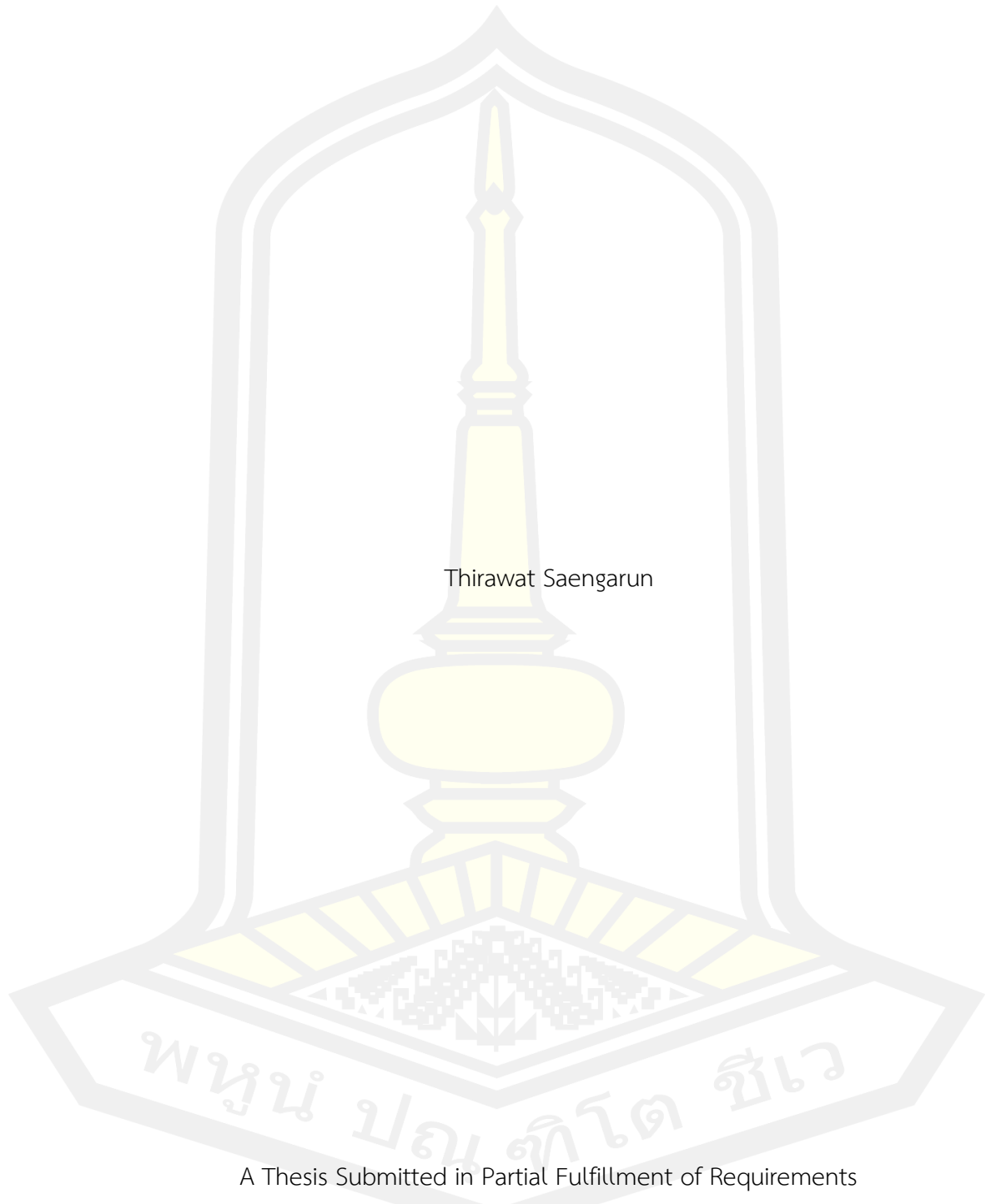


เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์

มีนาคม 2566

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Identification of Diabetic Retinopathy Using Retinal Images



Thirawat Saengarun

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for Master of Engineering (Electrical and Computer Engineering)

March 2023

Copyright of Mahasarakham University



คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของนายธีระวัฒน์ แสงอรุณ แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(รศ. ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผศ. ดร. นิวัฒน์ อังควิศิษฐพันธ์)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล)

.....กรรมการ

(รศ. ดร. ชลธิ์ โพธิ์ทอง)

มหาวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญา วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

.....
(รศ. ดร. เกียรติศักดิ์ ศรีประทีป)

คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

.....
(รศ. ดร. กริสน์ ชัยมูล)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ชื่อเรื่อง	การระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยใช้ภาพถ่ายจอประสาทตา		
ผู้วิจัย	ธีระวัฒน์ แสงอรุณ		
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์		
ปริญญา	วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต	สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์
มหาวิทยาลัย	มหาวิทยาลัยมหาสารคาม	ปีที่พิมพ์	2566

บทคัดย่อ

โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเป็นหนึ่งในภาวะแทรกซ้อนที่รุนแรง และเป็นสาเหตุสำคัญของการตาบอดในผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ปัจจุบันภาพถ่ายจอประสาทตถูกนำมาใช้เพื่อวินิจฉัยโรคทางตา เพราะข้อได้เปรียบของภาพถ่ายจอประสาทตา คือสามารถใช้ในการตรวจสอบสัญญาณเริ่มต้น และง่ายต่อการระบุโรคเมื่อเทียบกับวิธีการอื่น ดังนั้นภาพถ่ายจอประสาทตาจึงมีความสำคัญ โดยชุดของภาพถ่ายจอประสาทตาที่เผยแพร่ต่อสาธารณะในฐานะข้อมูล DIARETDB1 จำนวน 89 ภาพ แต่อย่างไรก็ตาม ภาพถ่ายจอประสาทตาข้อมูลสาธารณะยังมีคุณภาพต่ำ ดังนั้นการระบุโรคจากภาพถ่ายจอประสาทตาที่คุณภาพต่ำอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาดได้ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของความพยายามที่จะพัฒนาวิธีการใหม่ในการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยใช้ภาพถ่ายจอประสาทตา มีขั้นตอนก่อนการประมวลผลที่สำคัญคือ 1. การปรับความคมชัดของภาพถ่ายจอประสาทตาด้วยการจับคู่กราฟของพื้นที่สี (Histogram Matching Technique) 2. การเพิ่มความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพ (Contrast Enhancement) 3. การลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ย (Noise Removal Median Filtering Operator) เพื่อให้ได้ภาพที่มีความชัดเจนสูงสุด 4. การระบุบริเวณ และลบขั้วจอประสาทตา (Optic Disc Localization) ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปบูรณาการกับวิธีการที่มีอยู่ในปัจจุบันเพื่อใช้ระบุรอยแผลจอประสาทตาได้รวดเร็ว และยังใช้เป็นเครื่องมือเพื่อการวินิจฉัยเบื้องต้น อย่างไรก็ตามจักษุแพทย์ยังคงมีความจำเป็นสำหรับการระบุรอยแผลที่ไม่ชัดเจน

คำสำคัญ : ภาพถ่ายจอประสาทตา, โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

TITLE	Identification of Diabetic Retinopathy Using Retinal Images		
AUTHOR	Thirawat Saengarun		
ADVISORS	Assistant Professor Niwat Angkawisittpan		
DEGREE	Master of Engineering	MAJOR	Electrical and Computer Engineering
UNIVERSITY	Maharakham University	YEAR	2023

ABSTRACT

Diabetic retinopathy is one of the serious complications. and is a leading cause of blindness in diabetic retinopathy. Retinal imaging is now used to diagnose eye diseases. Because of the advantages of retinal photographs is that it can be used to check the initial signal. And it is easier to identify the disease compared to other methods. Therefore, retinal photographs are important. by a set of 89 retinal photographs published publicly in the DIARETDB1 database. Public data retinal photos are also of low quality. Therefore, identifying the disease from poor quality retinal photographs can lead to errors. This thesis is part of an effort to develop a new method for identifying diabetic retinopathy lesions. using retinal photographs There are important pre-processing steps: 1. Sharpening of retinal photographs by using histogram matching technique. The intensity of light in each part of the picture (Contrast Enhancement). 3. Noise Removal Median Filtering Operator for maximum clarity of the picture. 4. Identifying the area. The results can be integrated with current methods for rapid identification of retinal lesions. It is also used as an initial diagnostic tool. However, an ophthalmologist is still necessary for identifying unclear lesions.

Keyword : Retinal imaging, Diabetic retinopathy

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาโท สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จะสำเร็จลุล่วงไปไม่ได้ ถ้าไม่ได้รับความอนุเคราะห์จากอาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิวัตร อังควิศิษฐพันธ์ ที่ให้คำแนะนำมาตลอด จึงทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ผ่านลุล่วงไปด้วยดี ขอขอบคุณคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ รองศาสตราจารย์ ดร. อนันต์ เครือทรัพย์ถาวร ศาสตราจารย์ ดร. วรวัฒน์ เสงี่ยมวิบูล รองศาสตราจารย์ ดร. ชลธิ์ โพธิ์ทอง และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพล วิแสง ที่ให้คำแนะนำ และชี้แนะให้เนื้อหาในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้สมบูรณ์ที่สุด

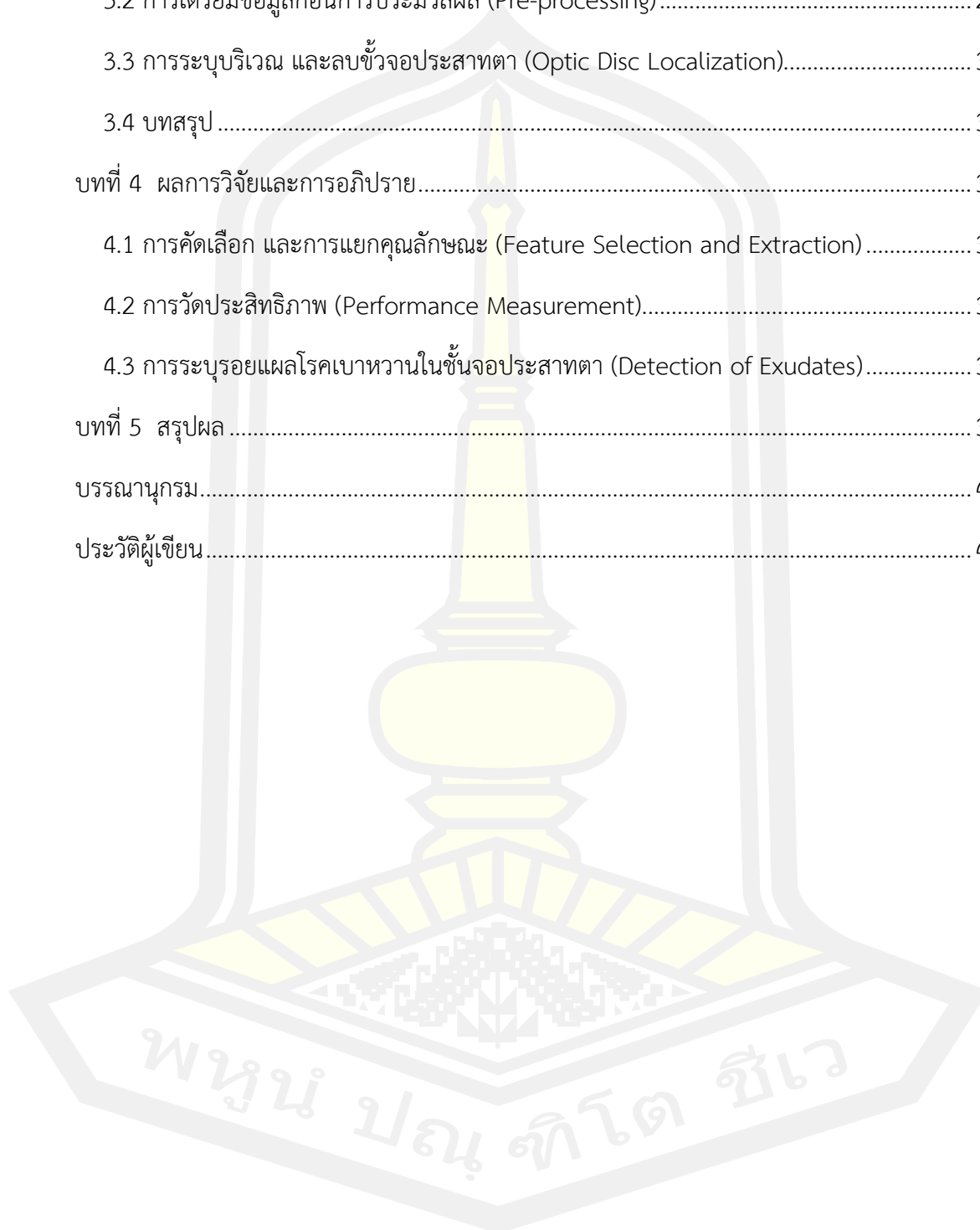
ธีระวัฒน์ แสงอรุณ



สารบัญ

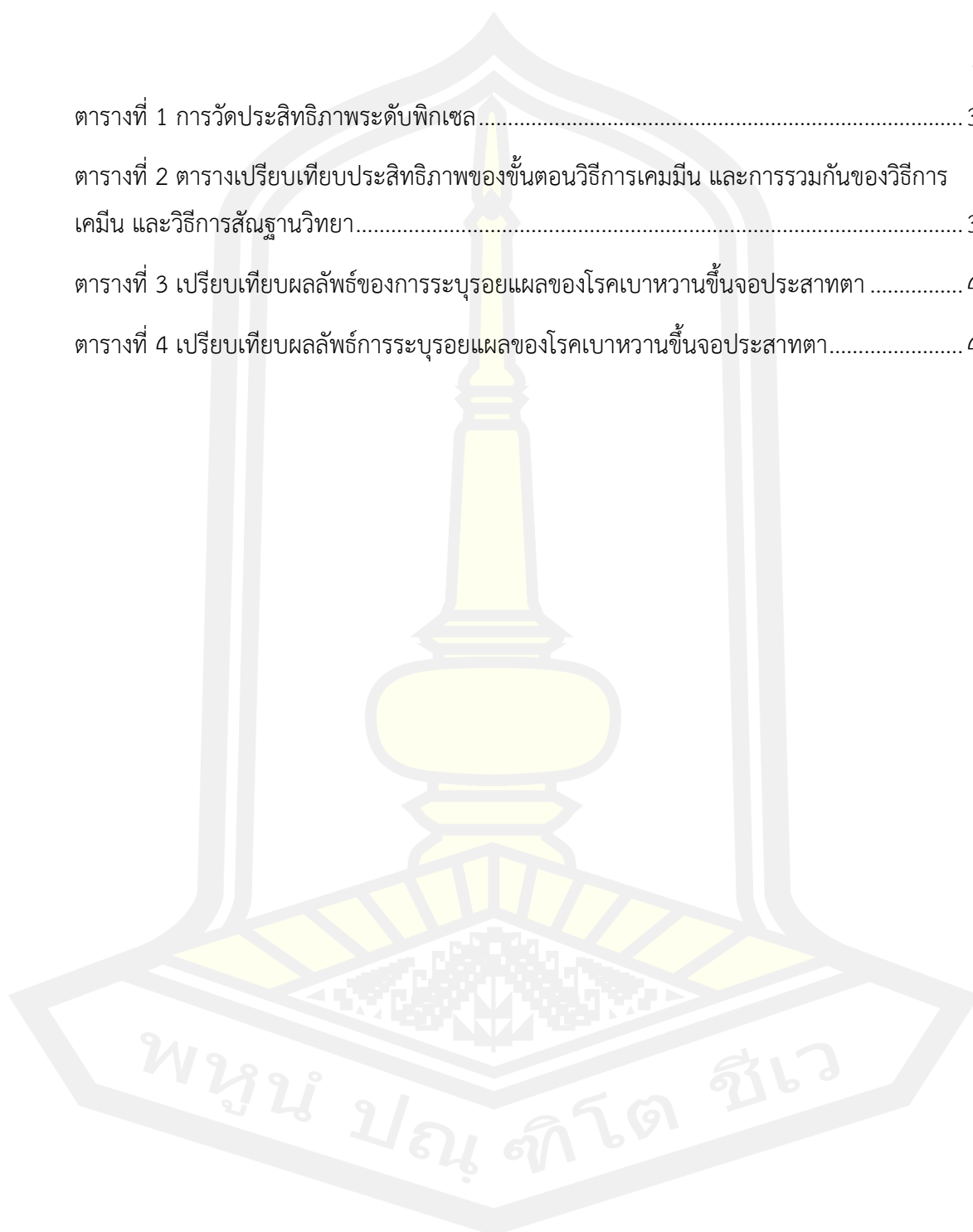
	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ที่มา และความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 เครื่องมือที่ใช้.....	3
1.5 ประโยชน์การวิจัย.....	3
1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ.....	3
บทที่ 2 ปรีทัศน์เอกสารข้อมูล.....	5
2.1 สรีระวิทยาของตา (Anatomy of the Eye).....	5
2.2 โรคทางตา (The Eye Diseases).....	8
2.3 ภาพถ่ายจอประสาทตา (Retinal Image).....	11
2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการตรวจคัดกรองและวินิจฉัย.....	12
2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	15
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
ขั้นตอนของการวิจัย.....	21

3.1 ภาพถ่ายจอประสาทตา (Retinal Image).....	22
3.2 การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre-processing).....	22
3.3 การระบุบริเวณ และลบบริเวณจอประสาทตา (Optic Disc Localization).....	30
3.4 บทสรุป	32
บทที่ 4 ผลการวิจัยและการอภิปราย.....	34
4.1 การคัดเลือก และการแยกคุณลักษณะ (Feature Selection and Extraction)	34
4.2 การวัดประสิทธิภาพ (Performance Measurement).....	34
4.3 การระบุรอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา (Detection of Exudates).....	36
บทที่ 5 สรุปผล.....	39
บรรณานุกรม.....	41
ประวัติผู้เขียน.....	48



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 1 การวัดประสิทธิภาพพระดักฟักเซล.....	35
ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการเคมีน และการรวมกันของวิธีการ เคมีน และวิธีการสัณฐานวิทยา.....	36
ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการระบुरอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา	40
ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลลัพธ์การระบुरอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา.....	40



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 1 สรีรวิทยาของตา	5
ภาพที่ 2 ตัวอย่างของการมองเห็นของคนทั่วไปและ	10
ภาพที่ 3 ภาพถ่ายจอประสาทตา DIARETDB1	11
ภาพที่ 4 ขั้นตอนของการระบุงรอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา	21
ภาพที่ 5 ตัวอย่างของภาพจอประสาทตาจากฐานข้อมูล DIARETDB1	22
ภาพที่ 6 การลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลด้วยการจับคู่กราฟของพื้นที่สี	25
ภาพที่ 7 ตัวอย่างภาพการปรับความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการจับคู่กราฟของพื้นที่สี	25
ภาพที่ 8 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการเพิ่มความคมชัดด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละ ส่วนของภาพ	28
ภาพที่ 9 การลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ย	29
ภาพที่ 10 ภาพออฟติคัล และชีวประสาทตา	31
ภาพที่ 11 ผลลัพธ์ของการระบุบริเวณชีวประสาทตาที่มีภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานชั้นจอ ประสาทตา.....	32
ภาพที่ 12 ผลลัพธ์ของการประมวลผล	38

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มา และความสำคัญของปัญหา

โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy: DR) เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้ป่วยสูญเสียการมองเห็น และเป็นภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อยกับผู้ป่วยโรคเบาหวาน ซึ่งภาวะแทรกซ้อนนี้ขึ้นอยู่กับความรุนแรง และระยะเวลาที่เป็นโรคเบาหวาน ในปัจจุบันประเทศไทยกำลังเข้าสู่สังคมผู้สูงอายุในอนาคตอันใกล้ จำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานสะสม มีแนวโน้มสูงขึ้นทุก ๆ ปี จากพฤติกรรมการบริโภคอาหาร และการดำเนินชีวิตแบบสังคมตะวันตก สถานการณ์โรคเบาหวานทั่วโลกในปี 2560 พบผู้ป่วยโรคเบาหวาน 425 ล้านราย และคาดการณ์ในปี 2588 จะมีผู้ป่วยที่เป็นโรคเบาหวานเพิ่มขึ้นถึง 629 ล้านราย [1]

ในปัจจุบันพบว่า ประเทศไทยยังมีปัญหาด้านการขาดแคลนจักษุแพทย์ โดยทั่วประเทศมีจำนวนจักษุแพทย์ไม่เพียงพอต่อการรักษา ทำให้การระบुरอยแผล การตรวจพบ การรักษาโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตาทำได้อย่างล่าช้า และไม่ครอบคลุมความต้องการของจำนวนประชากรที่ควรได้รับการรักษา เนื่องจากจำนวนจักษุแพทย์ไม่เพียงพอต่อจำนวนประชากรที่ต้องเข้ารับการรักษา ปัจจุบันเทคโนโลยีทางการแพทย์มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว จึงมีการใช้ภาพถ่ายดิจิทัล เพื่อวินิจฉัยโรคทางตา โดยใช้หลักการประมวลผลภาพเชิงดิจิทัล เพราะข้อได้เปรียบของภาพถ่ายจอประสาทตา สามารถใช้ตรวจสอบภาวะเริ่มต้นของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาได้ [2] อย่างไรก็ตามภาพถ่ายจอประสาทตาในประเทศไทยยังมีประสิทธิภาพต่ำ การระบुरอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาโดยใช้ภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีประสิทธิภาพต่ำ อาจจะทำให้เกิดผลการวิเคราะห์คลาดเคลื่อนได้

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ นำเสนอการระบुरอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา จากภาพถ่ายจอประสาทตา เพื่อช่วยในการระบुरอยแผล และสนับสนุนการตัดสินใจทางการแพทย์ เพื่อช่วยลดระยะเวลาทำงานของจักษุแพทย์ ให้สามารถวินิจฉัยโรคได้ครอบคลุมต่อจำนวนประชากรได้มากยิ่งขึ้น

1.2 ความมุ่งหมายของการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาการระบุรอยแผลโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา จากภาพถ่ายจอประสาทตา เพื่อสนับสนุนการตัดสินใจของจักษุแพทย์

1.2.2 เพื่อพัฒนาเครื่องมือการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา จากภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีประสิทธิภาพต่ำ โดยวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Mean Clustering) และวิธีการทางสัณฐานวิทยาทางคณิตศาสตร์ (Morphological Morphology)

1.2.3 เพื่อเป็นแนวทางในการนำเทคโนโลยีแขนงวิศวกรรมคอมพิวเตอร์มาประยุกต์ใช้เพื่อลดปัญหาในด้านสาธารณสุขและสุขภาพ ของการขาดแคลนบุคลากรผู้เชี่ยวชาญเฉพาะด้านจักษุแพทย์ ในการระบุรอยแผลของผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยเพื่อพัฒนาระบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยในการระบุรอยแผล และวินิจฉัยเบื้องต้นของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาแบบอัตโนมัติมีขอบเขตในการวิจัย ดังนี้

1.3.1 ศึกษาและพัฒนาระบบของคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการระบุรอยแผล และวินิจฉัยระดับความรุนแรงเบื้องต้นของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยใช้พื้นฐานของเทคนิคการการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Mean Clustering) ประยุกต์ใช้กับวิธีการทางสัณฐานวิทยาทางคณิตศาสตร์ (Morphological Morphology)

1.3.2 ทดสอบหาประสิทธิภาพของวิธีการที่พัฒนาโดยเปรียบเทียบกับการระบุรอยแผล โดยจักษุแพทย์หรือผู้เชี่ยวชาญในการวินิจฉัยภาพถ่ายจอประสาทตา

1.4 เครื่องมือที่ใช้

1.4.1 คอมพิวเตอร์แล็ปท็อป Lenovo-700 CPU Intel Core i7 6700HQ 2.60 Hz, Memory 8 GB 2400 MHz DDR4, Hard disk drive 1 TB, Solid state drive 1 TB.

1.4.2 ระบบปฏิบัติการ Windows 10

1.4.3 โปรแกรมสำหรับพัฒนาระบบ MATLAB 2018a

1.4.4 โปรแกรม Microsoft Office 365 สำหรับพิมพ์เอกสาร

1.4.5 โปรแกรม Microsoft PowerPoint 365 สำหรับนำเสนอผลงาน

1.4.6 โปรแกรม Math Type สำหรับสร้างสัญลักษณ์ทางคณิตศาสตร์ และสร้างสมการ

1.5 ประโยชน์การวิจัย

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีดังต่อไปนี้

1.5.1 วิธีการใหม่ที่มีประสิทธิภาพในการระบุรอยแผลโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาจากภาพถ่ายที่มีประสิทธิภาพต่ำได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ

1.5.2 สามารถนำโปรแกรมไปใช้ในการระบุรอยแผลโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเบื้องต้น ร่วมกับการวินิจฉัยโดยจักษุแพทย์ได้

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 Exudates หมายถึง การรั่วของสารน้ำและโปรตีนจากเส้นเลือดในจอประสาทตา

1.6.2 K-Means Clustering หมายถึง การแบ่งส่วน (Portioning) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมเทคนิคการเรียนรู้แบบไม่ต้องสอนไม่มีคำตอบตายตัว จัดอยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning การ

แบ่งกลุ่มข้อมูลแบบ K-Means ใช้สำหรับการแบ่งการสังเกตจำนวน n ให้เป็น k กลุ่ม โดยแต่ละการสังเกตจะอยู่ในกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่สุด

1.6.3 Morphological Morphology หมายถึง การประมวลผลภาพเชิงสัญญาณ ช่วยในการแสดงและอธิบาย ส่วนประกอบต่าง ๆ ของวัตถุในภาพ

1.6.4 Image Processing หมายถึง การนำภาพมาประมวลผลหรือคิดคำนวณด้วยคอมพิวเตอร์ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เราต้องการ โดยมีขั้นตอนต่าง ๆ ที่สำคัญ คือ การทำให้ภาพมีความคมชัดมากขึ้น การกำจัดสัญญาณรบกวนออกจากภาพ การแบ่งส่วนของวัตถุที่เราสนใจออกมาจากภาพ เพื่อนำภาพวัตถุที่ได้ไปวิเคราะห์หาข้อมูล

1.6.5 Image Segmentation หมายถึง การแบ่งส่วนภาพ เป็นวิธีการแบ่งส่วนใดส่วนหนึ่งของภาพออกมา ซึ่งการแบ่งส่วนภาพนี้ โดยส่วนใหญ่จะเป็นขั้นตอนเบื้องต้น และสำคัญอย่างมากของการประมวลผลภาพทางการแพทย์ เนื่องจากภาพทางการแพทย์ที่ได้จากเครื่องถ่ายภาพแบบต่าง ๆ โดยปกติจะมีองค์ประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ใกล้เคียงกับอวัยวะที่ทำถ่ายภาพมา เช่น เนื้อเยื่อ กระดูก สมอง จอประสาทตา และอวัยวะข้างเคียง รวมไปถึงการกำจัดสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ขึ้นในขณะที่ถ่ายภาพ ด้วยเหตุนี้ การวิเคราะห์เฉพาะอวัยวะที่ต้องการ จึงจำเป็นต้องใช้การแบ่งส่วนภาพมาทำหน้าที่ตัดแยกส่วนที่ต้องการออกมา

บทที่ 2

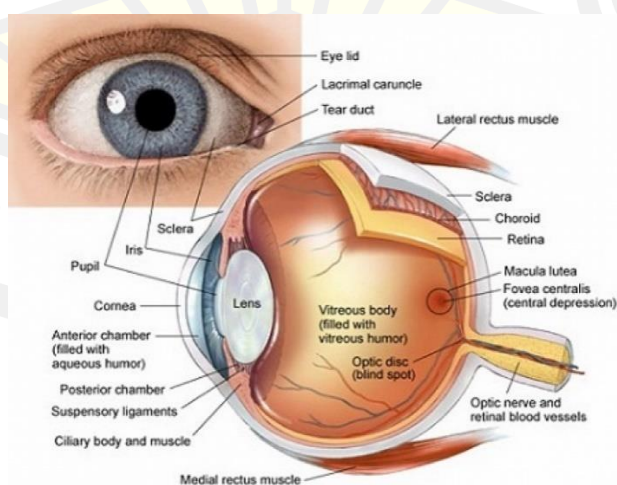
ปริทัศน์เอกสารข้อมูล

ในการศึกษาเรื่องการระบुरอยแผลในจอประสาทตา จากภาพถ่ายจอประสาทตา ผู้ศึกษาได้รวบรวมเอกสาร ทฤษฎี และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ที่จำเป็นต้องศึกษาเพื่อนำมาประยุกต์ใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

- 2.1 สรีระวิทยาของตา (Anatomy of the Eye)
- 2.2 โรคทางตา (The Eye Diseases)
- 2.3 ภาพถ่ายจอประสาทตา (Retinal Image)
- 2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการตรวจคัดกรองและวินิจฉัย
- 2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 สรีระวิทยาของตา (Anatomy of the Eye)

ดวงตาของมนุษย์เป็นอวัยวะที่ใช้ในการรับรู้ภาพ ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 2.1 และสามารถอธิบายได้ดังหัวข้อดังต่อไปนี้คือ



[3]

ภาพที่ 1 สรีระวิทยาของตา

2.1.1 เปลือกตา (Eye Lid)

เปลือกตาทำหน้าที่เปิดปิดดวงตาเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดกับลูกตา นอกจากนี้การกระพริบตาจะช่วยทำให้น้ำตากระจายไปทั่ว ๆ ช่วยปกป้องเยื่อบุตา และกระจกตาไม่ให้แห้ง ช่วยลดอาการระคายเคือง

2.1.2 ท่อม้ำตา (Tear Duct)

ต่อม้ำตา และท่อระบายน้ำตา (Lacrimal Caruncle) มีหน้าที่สร้างน้ำตาสำหรับเคลือบและหล่อลื่นส่วนด้านหน้าของดวงตา

2.1.3 เยื่อบุตา (Conjunctiva)

เยื่อบุตาหรือเยื่อตา คือส่วนที่เห็นเป็นเยื่อสีขาวอยู่โดยรอบตา มีลักษณะเป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ มีเส้นเลือดเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป เยื่อบุตาปกคลุมอยู่บนตาขาวบริเวณส่วนหน้าของลูกตาโดยที่ส่วนหน้าและส่วนหลังของลูกตาด้านในกับด้านนอกไม่มีช่องติดต่อกันเยื่อบุตาทำหน้าที่ผลิตเมือกออกมาคลุมส่วนหน้าของลูกตาช่วยในการหล่อลื่น

2.1.4 ตาขาว (Sclera)

ตาขาวหรือผนังลูกตา คือเปลือกหรือผนังหุ้มลูกตา ลูกตาทั้งลูกประกอบด้วยส่วนของตาขาวนี้ ยกเว้นส่วนของตาดำหรือกระจกตา ผนังลูกตามีลักษณะสีขาวทึบหนา ยืดหยุ่นได้เล็กน้อย ทางด้านหน้าจะมีเยื่อบุตาบาง ๆ สีขาวใสคลุมทับอีกชั้นหนึ่ง ทางด้านหลังของตาขาวจะมีเส้นประสาทเชื่อมต่อกับสมองอยู่

2.1.5 ตาดำ (Cornea)

ตาดำหรือกระจกตามีลักษณะกลม โค้งนูน ใส ไม่มีสี อยู่ด้านหน้าลูกตา กระจกตาทำหน้าที่ให้แสงผ่านเข้าไปภายในลูกตาและช่วยปรับแสงให้หักเหคล้ายกับเลนส์นูน เพื่อให้แสงไปตกลงพอดีที่จอประสาทตาและเป็นส่วนหนึ่งที่ทำให้ลูกตาคงรูปร่างอยู่ได้

2.1.6 ม่านตา (Iris)

ม่านตา คือส่วนที่เห็นเป็นสีของดวงตา ประกอบด้วยเม็ดสีจำนวนมากมี หลากหลายสีตามเชื้อชาติ ม่านตาอยู่ด้านในถัดกระจกตาดำเข้าไป มีลักษณะเป็นวงกลมขนาดเท่ากับกระจกตาดำ ตรงกลางม่านตาเป็นรูเรียกว่ารูม่านตา (Pupil) ซึ่งมีหน้าที่ปรับแสงให้เข้าตา เป็นปริมาณมากน้อยตาม

ต้องการ โดยรูม่านตาจะหดเล็กลงเมื่อแสงสว่างภายนอกมากและขยายใหญ่ขึ้นเมื่ออยู่ในที่มืด การตรวจและถ่ายภาพจอประสาทตาจะต้องตรวจผ่านรูม่านตาขนาดเล็กนี้

2.1.7 ช่องหน้าลูกตา (Anterior Chamber)

ช่องหน้าลูกตา คือช่องว่างที่อยู่ระหว่างกระจกตาดำและม่านตาบรรจุด้วยน้ำใส ๆ เรียกว่า เอเควียัส (Aqueous) ที่สร้างจากเนื้อเยื่อ (Ciliary Body) และไหลออกจากตาอยู่ตลอดเวลา

2.1.8 ช่องหลังลูกตา (Posterior Chamber)

ช่องหลังลูกตา คือช่องว่างที่อยู่ระหว่างม่านตากับเลนส์ แก้วตาหรือเลนส์ (Lens) อยู่ด้านหลังม่านตาและรูม่านตา มีลักษณะเหมือนเลนส์นูน กลม ใส มีเยื่อบาง ๆ เป็นเปลือกหุ้มโดยรอบและถูกยึดให้อยู่กับที่ได้โดยเส้นใยเล็ก ๆ รอบเลนส์ เลนส์ทำหน้าที่เหมือนกับกระจกตา คือให้แสงผ่านเข้าไปภายในลูกตาและหักเหแสงแบบเลนส์นูนให้ไปตกลงพอดีที่จอประสาทตา

2.1.9 น้ำวุ้นลูกตา (Vitreous)

น้ำวุ้นลูกตามีลักษณะเป็นน้ำวุ้นเหนียว ๆ ใส ทำให้ลูกตากคงรูปเป็นทรงกลมอยู่ได้ ซึ่งอยู่ในช่องส่วนหลังลูกตาด้านหลังเลนส์และอยู่ด้านหน้าของจอประสาทตา

2.1.10 จอประสาทตา (Retina)

จอประสาทตาอยู่ด้านหลังของลูกตา มีลักษณะเป็นเยื่อบาง ค่อนข้างใส อยู่ด้านในของผนังลูกตา ทำหน้าที่เป็นเหมือนจอรับภาพโดยการแปลงแสงที่ผ่านจากด้านหน้าของลูกตาและตกกระทบบนจอประสาทตาไปเป็นสัญญาณไฟฟ้าและถูกส่งไปตามเส้นประสาทตาเข้าสู่สมองเพื่อให้สมองรับรู้และแปลผลภาพ ตรงกลางของจอประสาทตาเป็นบริเวณที่สำคัญที่สุด เรียกว่าศูนย์กลางจอประสาทตา (Macula) และจุดศูนย์กลางจอประสาทตา (Fovea) ซึ่งเป็นส่วนที่เห็นภาพได้ชัดเจนที่สุด

2.1.11 คอโรยด์ (Choroid)

คอโรยด์เป็นชั้นที่แทรกอยู่ระหว่างจอประสาทผนังลูกตาด้านหลัง ประกอบด้วยเส้นเลือดจำนวนมากเพื่อหล่อเลี้ยงจอประสาทตา

2.1.12 เส้นประสาทตา (Optic Nerve)

เส้นประสาทตาอยู่ทางด้านหลังของลูกตา ทอดยาวจากลูกตาเข้าไปสู่สมอง เส้นประสาทตาประกอบด้วยเซลล์ประสาทจากจอประสาทตามารวมตัวกันเป็นเส้นยาว ทำหน้าที่นำภาพจากจอประสาทตาเข้าสู่สมอง

2.1.13 กล้ามเนื้อตา (Eye Muscles)

กล้ามเนื้อตาเกาะติดอยู่บนตาขาวด้านนอกใต้เยื่อบุตาทำหน้าที่กลอกตาไป ทางซ้ายและขวา (Lateral Rectus Muscle) หมุนตาเข้าสู่แนวกึ่งกลาง (Medial Rectus Muscle) การทำงานของกล้ามเนื้อตาควบคุมโดยเส้นประสาทจากสมอง

2.2 โรคทางตา (The Eye Diseases)

โรคทางตาส่วนมากจะเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเส้นเลือดในตา ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการทำให้เกิดโรคทางตาอื่น ๆ ในปัจจุบันจักษุแพทย์มักจะใช้ภาพถ่ายจอประสาทตา มาเป็นเครื่องมือในการช่วยการรักษา และตรวจวินิจฉัย โรคทางตามีภาวะแทรกซ้อนได้มากมาย เช่น โรคต้อกระจก (Cataracts) โรคต้อหิน (Glaucoma) โรคเบาหวานขึ้นตา (Diabetic Retinopathy) เป็นต้น

2.2.1 โรคต้อกระจก (Cataracts)

โรคต้อกระจกเป็นสาเหตุสำคัญอันดับหนึ่งของภาวะสายตาสั้นและตาบอดในระดับประเทศและระดับโลก [4],[5] เมื่อไม่นับรวมถึงภาวะสายตาสั้นผิดปกติโดยไม่มีแว่นตาใส่โดยพบว่ามีภาวะตาบอดจากต้อกระจกทั่วโลกถึงร้อยละ 47.8 องค์การอนามัยโลกได้ประมาณการว่ามีผู้ป่วยจำนวนเกือบ 18 ล้านคนทั่วโลกมีภาวะตาบอดทั้งสองตาจากต้อกระจกซึ่งมากกว่าร้อยละ 90.0 ของผู้ป่วยตาบอดทั้งหมดอยู่ในประเทศกำลังพัฒนา โดยในประเทศไทยจากการสำรวจภาวะตาบอดและสายตาสั้นครั้งทั้งที่ 4 ปี 2549 ถึง 2550 พบความชุกของต้อกระจกอยู่ที่ร้อยละ 51.6 (จากประชากรไทยอายุมากกว่า 40 ปีทั้งหมด 5,626,288 คนในปี 2549) ทำให้ตาบอดและสายตาสั้นจากต้อกระจก เท่ากับ 98,336 และ 518,131 คนตามลำดับ ในขณะที่มีการสำรวจในประชากรที่มีอายุมากกว่า 60 ปี บริเวณรอบๆโรงพยาบาลศิริราชพบความชุกของต้อกระจกที่ร้อยละ 79.2 [6] สำหรับสาเหตุและความเสี่ยงของการเกิดโรคนั้นการศึกษาของ Rim [7] พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการเกิด

ต่อกระจกคืออายุที่มากขึ้นรายรับและระดับการศึกษาที่ต่ำโรคความดันโลหิตสูงระดับไขมันในเลือดสูง และโรคเบาหวานขณะที่การศึกษาจาก The Los Angeles Latino Eye Study [8] เพราะว่าอายุที่มากขึ้นโรคเบาหวานการสูบบุหรี่หรือภาวะสายตาสั้นความดันโลหิตสูงและหญิงเป็นปัจจัยสำคัญของการเกิดโรคและอาจมีปัจจัยอื่นเช่นการถูกแสงแดดโดยจะเห็นว่าสาเหตุหลักของโลกซึ่งแก้ไขเปลี่ยนแปลงไม่ได้ได้แก่อายุมากและเพศหญิงซึ่งมีการเข้าถึงระบบสาธารณสุขที่ยากกว่าส่วนภาวะที่สามารถปรับแก้ไขได้เพื่อลดการเกิดโรคได้คือการงดสูบบุหรี่การควบคุมระดับน้ำตาลและไขมันในเลือดและการควบคุมระดับความดันโลหิต

2.2.2 โรคต้อหิน (Glaucoma)

เป็นสาเหตุอันดับสองของการสูญเสียการมองเห็นรองจากต้อกระจก และเป็นอันดับหนึ่งของการสูญเสียการมองเห็นอย่างถาวรทั้งในระดับประเทศและระดับโลก [4],[5] โดยในประเทศไทยจากการสำรวจภาวะตาบอดและสายตาเลือนลางครั้งที่ 4 โดยคณะทำงานโครงการส่งเสริมสุขภาพตาในปี พ.ศ 2549-2550 [4] พบความชุกของโลกอยู่ที่ร้อยละ 4.56 คิดเป็น 2,865,087 คน จากประชากรไทยอายุมากกว่า 40 ปีทั้งหมดปี 2549 ในขณะที่มีการสำรวจในประชากรชุมชนร่มเกล้า [9] และบริเวณรอบๆโรงพยาบาลศิริราชซึ่งทำการสำรวจในประชากรที่มีอายุมากกว่า 50 ปีและ 60 ปีพบความชุกของโรคที่ร้อยละ 3.8 และร้อยละ 6.1 ตามลำดับและมีการคาดการณ์ว่าในปี 2020 จะพบประชากรโลกที่เป็นต้อหินถึง 70.96 ล้านคนเป็น [10]

2.2.3 โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy)

เป็นภาวะแทรกซ้อนทางตาที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยที่เป็นเบาหวาน สาเหตุเนื่องมาจากโรคเบาหวานทำให้เกิดความผิดปกติของเส้นเลือดขนาดเล็ก (microvascular) โดยพบว่าการมีระดับน้ำตาลในเลือดที่สูงอยู่เป็นเวลานาน ทำให้เกิดความเปลี่ยนแปลงทางชีวโมเลกุล และทางสรีระวิทยาของเส้นเลือดฝอยที่เลี้ยงจอประสาทตา จนนำไปสู่ความเสียหายของเส้นเลือดดังกล่าว ได้แก่

2.3.1.1 เกิดการอุดตันของเส้นเลือดขนาดเล็ก (microvascular occlusion) ทำให้เกิดการขาดเลือดและออกซิเจนที่ไปเลี้ยงจอประสาทตา และกระตุ้นให้เกิดการสร้างเส้นเลือดใหม่อย่างผิดปกติที่จอประสาทตาขึ้น

2.3.2 การทำหน้าที่กั้นระหว่างเลือดในเส้นเลือด และเนื้อเยื่อภายนอกของเซลล์บุผนังหลอดเลือดฝอยเสียไปเกิดการรั่วของน้ำเลือด และโปรตีนในน้ำเลือดออกสู่อเนื้อเยื่อของจอประสาทตา

(microvascular leakage) ทำให้เกิดภาวะจอประสาทตาบวมน้ำ (diabetic macular edema) และการรั่วของไขมัน

ความผิดปกติดังกล่าวจะนำไปสู่การทำลายจอประสาทตา เกิดการลดลง หรือสูญเสียการมองเห็น ทั้งแบบที่ยังสามารถรักษาให้ดีขึ้นได้ และแบบถาวร มีความเสียหายของจอประสาทตามากเกินกว่าจะสามารถรักษาได้ โดยขึ้นกับความหนักเบาของโรค (diabetic retinopathy severity scale) และการมีรอยแผลที่ส่วนกลางของจอประสาทตา (macula) เช่น การมีจอประสาทตาส่วนกลางบวม (diabetic macular edema)

จากการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกายครั้งที่ 4 ปี 2551-2552 [11] พบความชุกของโรคเบาหวานและภาวะพร่องของน้ำตาลในเลือดหลังอดอาหารในประชากรไทยช่วงอายุ 15 ปีขึ้นไปมีร้อยละ 6.9 (ผู้หญิงมีความสุขสูงกว่าในผู้ชายคือร้อยละ 7.7 และ 6.0 ตามลำดับ) และความชุกเพิ่มขึ้นตามอายุ โดย 1 ใน 3 ของผู้ที่เป็นโรคเบาหวานไม่เคยได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นเบาหวานมาก่อนส่วนผู้ที่เคยรับการวินิจฉัยโดยแพทย์ว่าเป็นเบาหวานแต่ไม่ได้รับการรักษามีร้อยละ 3.3 โดยมีผู้ป่วยโรคเบาหวานเพียงร้อยละ 28.5 ควบคุมระดับน้ำตาลได้อยู่ในเกณฑ์ปกติต่ำกว่า 126 มิลลิกรัมต่อเดซิลิตร ร้อยละ 37.0 ควบคุมระดับน้ำตาลไม่ได้ จากการวินิจฉัยพบว่าโรคเบาหวานทำให้เกิดภาวะแทรกซ้อนทางตาได้ร้อยละ 7.0 ถึง 30.7 จากการสำรวจภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาพบความชุกของภาวะโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาร้อยละ 21.3 [12]



(ก)

(ข)

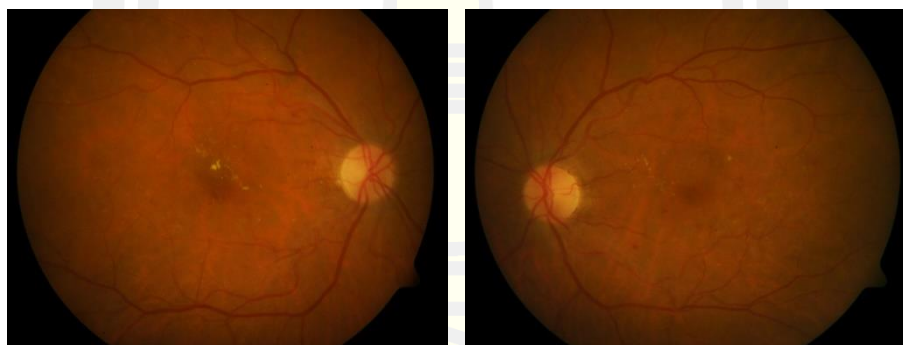
(ก) การมองเห็นของคนทั่วไปที่ไม่เป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (ข) การมองเห็นของคนที่เป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

ภาพที่ 2 ตัวอย่างของการมองเห็นของคนทั่วไปและ

การมองเห็นของคนที่เป็นโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

2.3 ภาพถ่ายจอประสาทตา (Retinal Image)

ภาพถ่ายจอประสาทตา (Retinal Image) โดยปกติจะมีพื้นหลังสีแดงส้ม บริเวณกลางของจอประสาทตาคือตำแหน่งศูนย์กลางจอประสาทตาเป็นบริเวณที่อยู่ระหว่างแนวของเส้นเลือด จุดศูนย์กลางศูนย์กลางจอประสาทตาคือจุดรับภาพที่ชัดที่สุด มีลักษณะกลมและมีสีคล้ำกว่า บริเวณข้างเคียง บริเวณสีขาวและส้มอ่อน ลักษณะค่อนข้างกลมคือขั้วประสาทตา (Optic Disc) เป็นส่วนเชื่อมเส้นประสาทตาเพื่อเดินทางไปยังสมอง บริเวณนี้มีเส้นเลือดแดง (Retinal Artery) และเส้นเลือดดำ (Retinal Vein) ยาวทอดออกไป เส้นเลือดดำ มีลักษณะขนาดใหญ่และสีคล้ำกว่า เส้นเลือดทั้งสองจะแตกกิ่งก้านกลายเป็นเส้นเลือดแดงย่อย (Retinal Arteriole) และเส้นเลือดดำย่อย (Retinal Venule) และแตกแขนงออกเป็นเส้นเลือดฝอย (Retinal Capillary) เพื่อเลี้ยงจอประสาทตา



[14]

(ก) ภาพจอประสาทตาซ้าย

(ข) ภาพจอประสาทตาขวา

ภาพที่ 3 ภาพถ่ายจอประสาทตา DIARETDB1

2.4 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของการตรวจคัดกรองและวินิจฉัย

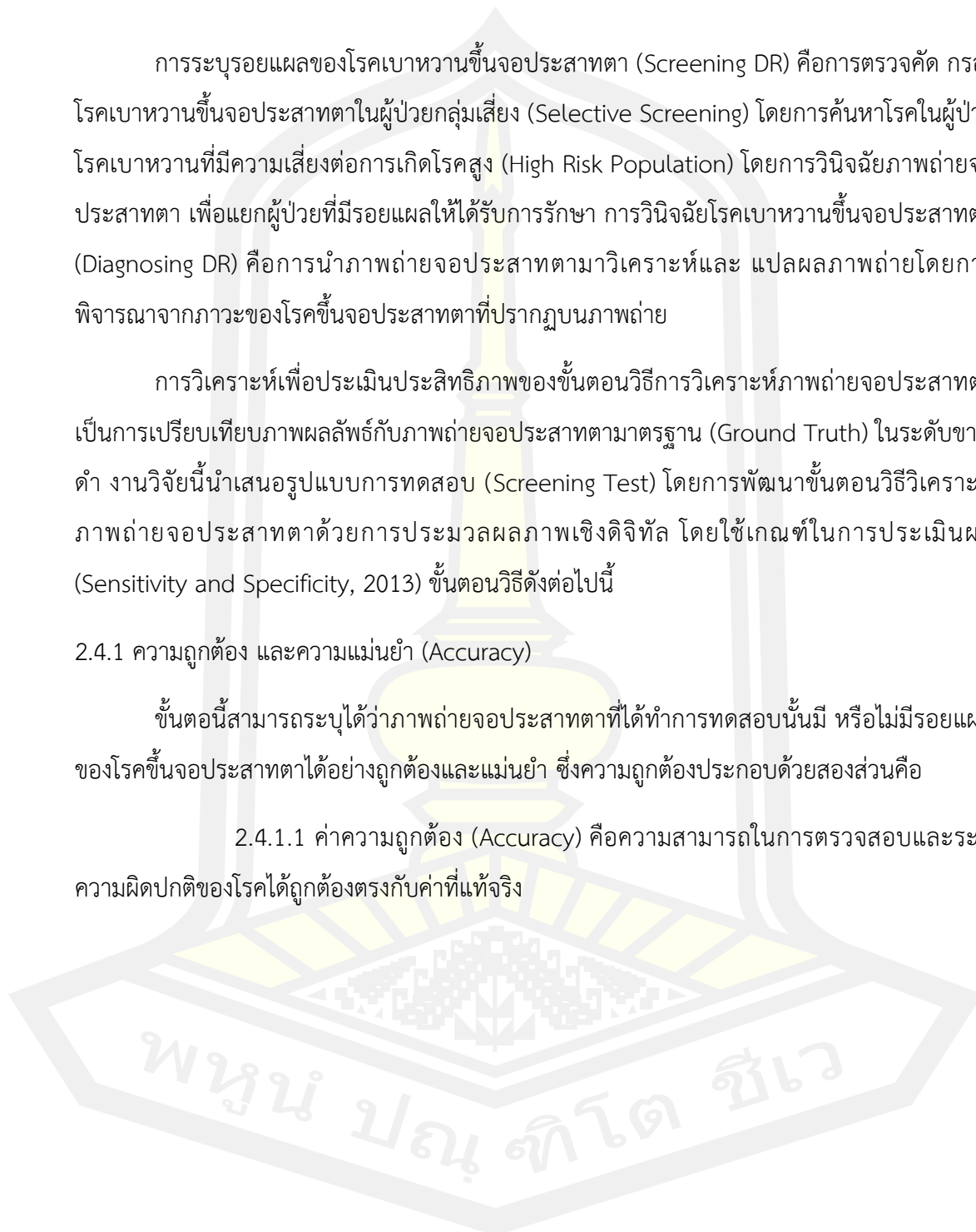
การระบุนัยแฝงของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Screening DR) คือการตรวจคัดกรองโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในผู้ป่วยกลุ่มเสี่ยง (Selective Screening) โดยการค้นหาโรคในผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีความเสี่ยงต่อการเกิดโรคสูง (High Risk Population) โดยการวินิจฉัยภาพถ่ายจอประสาทตา เพื่อแยกผู้ป่วยที่มีรอยแผลให้ได้รับการรักษา การวินิจฉัยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diagnosing DR) คือการนำภาพถ่ายจอประสาทตามาวิเคราะห์และ แปลผลภาพถ่ายโดยการพิจารณาจากภาวะของโรคขึ้นจอประสาทตาที่ปรากฏบนภาพถ่าย

การวิเคราะห์เพื่อประเมินประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายจอประสาทตาเป็นการเปรียบเทียบภาพผลลัพธ์กับภาพถ่ายจอประสาทตามาตรฐาน (Ground Truth) ในระดับขบวนการงานวิจัยนี้นำเสนอรูปแบบการทดสอบ (Screening Test) โดยการพัฒนาขั้นตอนวิธีวิเคราะห์ภาพถ่ายจอประสาทตาด้วยการประมวลผลภาพเชิงดิจิทัล โดยใช้เกณฑ์ในการประเมินผล (Sensitivity and Specificity, 2013) ขั้นตอนวิธีดังต่อไปนี้

2.4.1 ความถูกต้อง และความแม่นยำ (Accuracy)

ขั้นตอนนี้สามารถระบุได้ว่าภาพถ่ายจอประสาทตาที่ได้ทำการทดสอบนั้นมี หรือไม่มีรอยแผลของโรคขึ้นจอประสาทตาได้อย่างถูกต้องและแม่นยำ ซึ่งความถูกต้องประกอบด้วยสองส่วนคือ

2.4.1.1 ค่าความถูกต้อง (Accuracy) คือความสามารถในการตรวจสอบและระบุความผิดปกติของโรคได้ถูกต้องตรงกับค่าที่แท้จริง



ความถูกต้อง

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN}$$

(2.1)

2.4.1.2 ค่าความไว (Sensitivity) คือสัดส่วนของภาพถ่ายจอประสาทตาที่ให้ผลการ

ทดสอบเป็นบวกต่อภาพถ่ายจอประสาทตาทั้งหมด ซึ่งระบบที่มีค่าความไวสูงจะเหมาะสมสำหรับใช้เป็น
การตรวจเบื้องต้น

ความไว

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN}$$

(2.2)

2.4.1.3 ค่าความจำเพาะ (Specification) คือค่าสัดส่วนของการตรวจไม่พบโรคใน

ภาพถ่ายจอประสาทตา ที่ได้จากการตรวจที่มีค่าความจำเพาะสูง หมายความว่า การตรวจ
เป็นบวกมีโอกาสที่จะเป็นโรคจริงสูง ดังนั้นจึงมีประโยชน์ในการยืนยันการวินิจฉัยในกรณีที่มีข้อมูล
จากการตรวจอื่นชี้แนะมาบ้างแล้วว่า การตรวจที่มีคุณสมบัตินี้มีประโยชน์มากในกรณีที่ผลบวกอาจจะ
ก่อให้เกิดผลเสีย ซึ่งปกติแล้วการตรวจที่มีค่าจำเพาะสูงจึงมีประโยชน์มากในกรณีที่ผลการทดสอบเป็น
บวก

ความจำเพาะ

$$\text{Specification} = \frac{TN}{TN + FP}$$

(2.3)

การวัดประสิทธิภาพของวิธีในการระบุรอยแผลของโรคขึ้นจอประสาทตา ค่าความถูกต้อง ค่าความไว ค่าความจำเพาะ สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการประเมินผลภาพในระดับขาว-ดำ ผลลัพธ์ที่ได้ในแต่ละขั้นตอนวิธีของงานวิจัยนี้คือภาพขาว-ดำของรอยแผลที่แยกส่วนออกมาเพื่อประเมินผลขั้นตอนวิธีเทียบกับ ภาพถ่ายจอประสาทตามาตรฐาน

2.4.2 ค่าดัชนีที่ใช้ในการประเมินผลขั้นตอนวิธีในระดับขาว-ดำ

2.4.2.1 ผลจริงเชิงบวก (TP, True Positive) คือภาพถ่ายจอประสาทตาที่เป็นรอยแผล และถูกจำแนกว่าเป็นรอยแผล

2.4.2.2 ผลเท็จเชิงบวก (FP, False Positive) คือภาพถ่ายจอประสาทตาที่ไม่เป็นรอยแผลแต่ถูกจำแนกว่าเป็นรอยแผล

2.4.2.3 ผลจริงเชิงลบ (TN, True Negative) คือภาพถ่ายจอประสาทตาที่ไม่เป็นรอยแผล และถูกจำแนกว่าไม่เป็นรอยแผล

พหุ ประถมศึกษา

2.5 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (Diabetic Retinopathy : DR) เป็นหนึ่งในโรคแทรกซ้อนที่เกิดจากโรคเบาหวาน โดยจะแสดงอาการที่จอประสาทตา และเป็นสาเหตุหลักของการสูญเสียการมองเห็น ทั้งในกลุ่มผู้ป่วยโรคเบาหวานตั้งแต่วัยกลางคนไปจนถึงกลุ่มผู้ป่วยสูงวัยทั่วโลก จากการเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วของผู้ป่วยในแต่ละปี ทำให้ประเทศต่าง ๆ ต้องเสียค่าใช้จ่ายด้านสุขภาพให้ประชาชนเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงมีนักวิจัยที่สนใจงานด้านการประมวลผลภาพทางการแพทย์เพิ่มขึ้น และนำภาพถ่ายจอประสาทตามาเป็นส่วนหนึ่งในการวิจัยเพื่อสนับสนุนให้จักษุแพทย์วินิจฉัยโรคได้รวดเร็ว และง่ายขึ้นต่อรักษาผู้ป่วยในระยะเริ่มแรก และครอบคลุมจำนวนประชากรกลุ่มเป้าหมายที่ต้องการตรวจคัดกรองโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา

2.5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบหา Diabetic Lesion/Diabetic Retinopathy

ในช่วงสองทศวรรษที่ผ่านมาการพัฒนาคอมพิวเตอร์ที่ใช้ช่วยในการวินิจฉัยโรค (Computer-Aided Diagnosis : CAD) ได้ดำเนินไปอย่างรวดเร็ว แนวความคิดในการนำเอาคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในการวินิจฉัยภาพทางการแพทย์ก็ถูกนำมาทดลองพัฒนามากขึ้น และกระนั้นคุณภาพของระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการวินิจฉัยโรคก็มีมากขึ้นและมีความถูกต้องแม่นยำขึ้นด้วยรวมถึงมีการประมวลผลที่มีประสิทธิภาพและสามารถทำให้เข้าใจถึงสิ่งต่าง ๆ อันเกี่ยวข้องกับโรคภัยได้มากขึ้น เช่น Lee และคณะ [15] ได้สรุปว่าผลการทำงานของระบบ Computer Vision ในการวินิจฉัยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในระยะเบื้องต้นมีประสิทธิภาพเทียบเท่ากับการทำงานของผู้เชี่ยวชาญเลยทีเดียว

Exudates, Hemorrhage และ Microaneurysms ยังถูกใช้ในการคัดกรองหาการเกิดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา [16] ซึ่งได้ค่า Sensitivity และค่า Specificity ของซอฟต์แวร์อยู่ที่ 74.8% และ 82.7% ตามลำดับในการแยกแยะความแตกต่างระหว่างภาพจอประสาทตาที่มีอาการและไม่มีอาการของโรค

ในการทดสอบหาเบาหวานขึ้นจอประสาทตาระยะต้น (หาการเกิดของ Microaneurysms) ได้ถูกนำเสนอในรูปแบบของระบบเพื่อช่วยในการตัดสินใจ (DSS) โดย Kahai และคณะ[17] ซึ่งนำรูปแบบของ Bayes Optimality Criteria มาใช้ในการทดสอบหา Microaneurysms ซึ่งวิธีการของพวกเขา

สามารถระบุการเกิดโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในระยะเบื้องต้นได้ด้วยค่า Sensitivity ถึง 100% และค่า Specificity 67%

ซอฟต์แวร์ที่แบ่งระดับของความรุนแรงในการเกิดโรคเป็น 3 ประเภทคือ ระยะแรกเริ่ม Hemorrhages และ Microaneurysms, Hard Exudates และ Cotton Wool Spots โดยมุ่งเน้นไปในด้านการจำแนก NPDR [18] สามารถระบุได้ถึง 82.6%, 82.6% และ 88.3% โดยใช้ภาพทั้งสิ้น 430 ภาพและ 85.3%, 87.5% และ 93.1% เมื่อใช้ 361 ภาพ ในการตรวจสอบหา Hemorrhages and Microaneurysms, Hard Exudates และ Cotton Wool Spots ตามลำดับ

Neubauer และคณะ [19] ได้ตรวจสอบภาพจากการถ่ายภาพและบริเวณโดยรอบของ Optic Disc ในการวิเคราะห์หาความหนาของจอประสาทตา ซึ่งระบบนี้มีค่า Sensitivity เฉลี่ยแล้วเท่ากับ 93% สำหรับ PDR และค่า Specificity 100% สำหรับกรณีของ DR

ระบบที่ถูกออกแบบจาก Estabridis และคณะ [20] เพื่อทำการตรวจสอบคุณลักษณะเช่น Fovea, ระบบเส้นเลือด (Blood Vessel Network), Optic Disc ที่มีความเกี่ยวข้องกับโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาได้ประสบความสำเร็จ ซึ่งสามารถทำการจำแนกได้ถูกต้องแม่นยำกว่า 90%

Ahmad-Fadzil และคณะ [21] ได้ทดลองใช้วิธีการจำแนกประเภทกลุ่มอาการเบาหวานขึ้นจอประสาทตาโดยใช้วิธี Gaussian Bayes ร่วมกับการทำแบ่งระดับกลุ่มอาการ (Grading) โดยทดสอบกับการหาเส้นเลือดที่ผิดปกติใน Foveal พบว่ามีค่า Accuracy, Sensitivity และ Specificity เท่ากับ 95% 84% และ 97% ตามลำดับ

Sinthanayothin และคณะ [22] ใช้เทคนิคการทำซ้ำด้วยวิธีการแบบ region growing กับกลุ่มของพิกเซลที่มีความใกล้เคียงกัน จากนั้นใช้กระบวนการของ thresholding เพื่อให้ได้ค่าภาพแบบไบนารีที่แสดงให้เห็นพื้นที่/บริเวณที่เกิด exudates โดยรายงานค่า sensitivity ไว้ที่ 88.5% และค่า specificity สูงถึง 99.7%

Goatmana และคณะ [23] ประเมินเทคนิคก่อนทำการประมวลผลภาพถ่ายจอประสาทตาเปรียบเทียบกัน 3 เทคนิคได้แก่ greyworld normalization, histogram equalization และ histogram specification เพื่อที่จะลดตัวแปรของสี background ลง โดยเซตของภาพจะประกอบ

ไปด้วยภาพความผิดปกติจากโรคเบาหวานจำนวน 18 ภาพ และผลที่ได้จากการทดลองสรุปว่าวิธีการแบบ histogram specification มีประสิทธิภาพดีที่สุด

Abramoff และคณะ [24] เสนอวิธีการในการตรวจสอบหา exudate แบบอัตโนมัติโดยสามารถแยกความแตกต่างกับ CWS และ drusen โดยการใช้กลไกการเรียนรู้เพื่อจำแนกค่าของพิกเซล โดยการเริ่มจากจำแนกค่าพิกเซลที่มีความสว่างในภาพออกมาและจัดเป็นกลุ่มที่มีเป็นไปได้สูงเพื่อนำมาคำนวณหาค่าเฉพาะของ exudate, CWS และ drusen ซึ่งสามารถให้ค่า specificity ของ exudate ที่ระดับ 86%, CWS ที่ระดับ 93% และ drusen ที่ระดับ 88%

2.5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องในการตรวจสอบโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา

การระบุโรคเบาหวานในจอประสาทตาโดยใช้วิธีการรวมกันของการวิเคราะห์ภาพ (Image Analysis) และวิธีการการใช้ค่าเทรชโฮลด์ค่าเดียวทั้งภาพ (Global Threshold) เพื่อตรวจสอบรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตาจากภาพถ่ายจอประสาทตาโดยการนำเสนอของ Phillips และคณะ [25] อย่างไรก็ตาม ปัญหาหลักของวิธีการที่นำเสนออยู่ที่ขั้นตอนการการจำแนกรอยแผล เพราะเมื่อวิธีการถูกนำไปใช้กับรอยอื่น ๆ ที่แตกต่างกัน วิธีการจำแนกก็จะต้องเปลี่ยนแปลงตามไปด้วย อีกหนึ่งงานวิจัยของการในการใช้วิธีการค่าเทรชโฮลด์ถูกนำเสนอโดย Liu และคณะ [26] ซึ่งในขั้นตอนของการลบชั้นจอประสาทจะใช้วิธีการค้นหาเส้นโค้ง หรือวงกลม (Hough transform algorithm) และใช้ค่าเทรชโฮลด์แบบปรับค่าได้ (Adaptive Threshold) เพื่อการระบุรอยแผลของโรคไขมันในจอประสาทตา อย่างไรก็ตามหลังจากที่วิธีการดังกล่าวถูกนำไปประยุกต์ใช้พบว่าจำนวนพิกเซลจริงของรอยแผลบางส่วนสูญหายไปจากการใช้ค่าเทรชโฮลด์ทำให้ประสิทธิภาพ และความถูกต้องลดลง ต่อมา Ege และคณะ [27] ได้นำเสนอวิธีการแยกพิกเซลของรอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตาออกภาพพื้นหลังโดยวิธีการ เทรชโฮลด์ และใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อระบุรอยแผลของโรค เช่น ทฤษฎีทางด้านสถิติแบบเบย์ (naïve Bayesian) การวัดระยะทางแบบมหาลาโนบิส (Mahalanobis Distance) และขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด (Nearest Neighbor Algorithms) เป็นต้น วิธีการที่นำเสนอถูกทดสอบด้วยภาพถ่ายจอประสาทตา จำนวน 134 ภาพ ผลปรากฏว่าขั้นตอนวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดให้ผลลัพธ์ในการระบุรอยแผลได้ถูกต้องมากที่สุดโดยให้ค่าความไว (Sensitivity) เท่ากับ 80% ค่าความจำเพาะ (Specificity) เท่ากับ 69% ค่าค่าความถูกต้องโดยรวม (Accuracy) เท่ากับ 83% อย่างไรก็ตามวิธีการนี้มีข้อผิดพลาดในการระบุรอยแผลที่มีขนาดเล็ก และความ

ผิดพลาดยิ่งเพิ่มขึ้นเมื่อนำไปประยุกต์ใช้กับภาพถ่ายที่ไม่ขยายรูม่านตา หรือภาพที่มีความคมชัดต่ำ อีกหนึ่งวิธีการใหม่เพื่อใช้ในการระบุไขมันในชั้นจอประสาทตาถูกนำเสนอโดย Li และคณะ [28] วิธีการดังกล่าวเป็นการรวมกันระหว่างการใช้กระบวนการขยายกลุ่มของพิกเซล (Region Growing) และวิธีการหาขอบของรอยแผล (Edge Detection) ด้วยวิธีนี้สามารถระบุรอยแผลด้วยความไวเท่ากับ 100% และค่าความจำเพาะเท่ากับ 71% ต่อมา Usher และคณะ [29] ได้นำเสนอวิธีการที่คล้ายคลึงกันไปประยุกต์ใช้ในการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา คือการรวมกันของกระบวนการขยายกลุ่มของพิกเซล และการใช้เทรซโฮลด์แบบปรับค่าได้ ต่อมาวิธีการ ที่ดีกว่าถูกนำเสนอโดย Sinthanayothin และคณะ [30] โดยการใช้กระบวนการขยายกลุ่มของพิกเซลในขั้นตอนของการแบ่งส่วนรอยแผล และใช้วิธีการเครือข่ายประสาทเทียม (Neural Network) ในขั้นตอนการระบุรอยแผลของโรคได้แก่ การตกเลือด โรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา เส้นเลือดฝอยที่โป่งพอง ซึ่งผู้วิจัยได้รายงานความถูกต้องของการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา ด้วย ค่าความไว ค่าความจำเพาะ และค่าความถูกต้องเท่ากับ 88.5% 98.74% และ 99.7% ตามลำดับ ต่อมาวิธีการของ Sinthanayothin ถูกปรับปรุงโดย Kavitha และคณะ [31] ผู้เขียนใช้วิธีการการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน (Median Filtering) ในขั้นตอนของการจำแนกพิกเซลของรอยแผล และการปฏิบัติการเชิงสัณฐานวิทยา (Morphological Operator) เพื่อระบุรอยแผลในชั้นจอประสาทตา

อีกหนึ่งทางเลือกของวิธีการตรวจสอบรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตาโดยวิธีการแบบดั้งเดิม เช่นวิธีการฟัซซีซีมีน (Fuzzy C-mean Clustering) ถูกนำมาประยุกต์ใช้กับการจำแนกองค์ประกอบของภาพอย่างแพร่หลาย แต่อย่างไรก็ตามวิธีการจำแนกโดยวิธีการฟัซซีซีมีนจำเป็นต้องระบุค่าของพารามิเตอร์ที่เหมาะสมก่อนทำการประมวลผลโปรแกรมเสมอ ซึ่งขั้นตอนนี้จะใช้เวลาในการหาค่าที่เหมาะสมที่สุดได้ Osareh และคณะ [32] ใช้วิธีการกำจัดความแปรปรวนในภาพ (Gaussian Smoothing) และใช้วิธีการฟัซซีซีมีนเพื่อคัดแยกรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา โดยวิธีการนี้จะสามารถกำจัดความแปรปรวนในภาพที่จะใช้ในขั้นตอนแรกของการจำแนกพิกเซลแบบหยาบ และใช้วิธีการฟัซซีซีมีนระบุ และตรวจสอบรอยแผลของเบาหวานในชั้นจอประสาทตาออกจากส่วนที่เป็นพื้นหลังได้ วิธีการที่นำเสนอถูกประเมินค่าความถูกต้องของค่าความไวและความจำเพาะ ซึ่งมีค่าเท่ากับ 93% และ 94.1% ตามลำดับ อย่างไรก็ตามในกรณีของภาพที่มีความคมชัดต่ำ ความถูกต้องของวิธีการนี้อาจจะให้ค่าความถูกต้องลดลง ต่อมาวิธีการตรวจสอบรอยแผลของเบาหวานในชั้นจอประสาทตาถูกนำเสนอโดย Zhang และคณะ [33] การจำแนกรอยแผลของโรค

ไขมันในชั้นจอประสาทตาโดยวิธีการพีชชีมีนในพื้นที่สี่ Luv หลังจากนั้นวิธีการซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน (Support Vector Machine Classifier) ถูกนำมาใช้เพื่อจำแนกระยะห่างของพิกเซลรอยแผลของโรคไขมันในชั้นจอประสาทตา และภาพพื้นหลังออกจากกัน โดยค่าความไว และความจำเพาะถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือในการวัดประสิทธิภาพความถูกต้องของวิธีการนี้ซึ่งให้ค่าความไวเท่ากับ 97% และค่าความถูกต้องเท่ากับ 96% ต่อมา Gardner และคณะ [34] ได้ประยุกต์ใช้โครงข่ายประสาทเทียมสำหรับการฝึกฝนกระบวนการส่งค่าย้อนกลับ (Back Propagation Neural Network Algorithm) เพื่อสกัดรอยแผลของโรคเบาหวานชั้นจอประสาทตาจากภาพถ่ายจอประสาทตา โครงข่ายประสาทเทียมถูกนำไปใช้ในขั้นตอนการเรียนรู้โดยกระบวนการนี้ใช้เวลาทั้งหมด 5 วัน และให้ค่าความถูกต้องในการระบุรอยแผลเท่ากับ 93.1% อย่างไรก็ตาม วิธีการนี้ไม่ได้ให้ประสิทธิภาพที่ดีในกรณีที่ภาพถ่ายจอประสาทตามีความคมชัดต่ำ ต่อมา Goh และคณะ [35] ได้ประยุกต์ใช้วิธีการจำแนกรอยแผลออกเป็นกลุ่มโดยวิธีการคำนวณระยะทางน้อยที่สุด (Minimum Distance Discriminant Classifier) เพื่อระบุรอยแผลของโรคไขมันในชั้นจอประสาทตาในพื้นที่สีแดง เขียว และน้ำเงิน (RGB) หลังจากนั้น Walter และคณะ [36] นำเสนอวิธีการปฏิบัติการเชิงสัญญาณวิทยาเพื่อระบุรอยแผลของโรคไขมันในชั้นจอประสาทตา วิธีการนี้ใช้แนวความคิดเพื่อหาความแตกต่างระหว่างภาพต้นฉบับ และภาพที่ได้จากการสร้างภาพกลับคืน (Reconstructed Image) วิธีการที่นำเสนอถูกวัดประสิทธิภาพโดยการใช้ค่าความไว และค่าความถูกต้องของการพยากรณ์ ซึ่งได้ผลลัพธ์เท่ากับ 92.8% และ 92.4% ตามลำดับ ในแนวทางเดียวกัน Stapor และคณะ [37] ระบุโรคไขมันในชั้นจอประสาทตาโดยใช้วิธีการแยกวัตถุในภาพด้วยการแบ่งค่าความสว่างของสีออกเป็นช่วงกราฟ (Watershed Transformation) และลบบริเวณของขั้วประสาทตา (Optic Disc) โดยวิธีการเชิงสัญญาณวิทยา และเพื่อปรับปรุงวิธีการดังกล่าวให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น Sanchez และคณะ [38] นำเสนอการใช้คุณสมบัติของสี และรูปร่างของขอบเพื่อใช้ในการตรวจสอบรอยแผลของโรคไขมันในชั้นจอประสาทตา ขั้นแรก คือการตรวจสอบบริเวณของรอยแผลของโรคไขมันในชั้นจอประสาทตาเพื่อทำเป็นหน้ากากโดยใช้เฉพาะพื้นที่สีเขียวจากภาพต้นฉบับ ในขั้นตอนของการลบขั้วประสาทตานักวิจัยนำเสนอวิธีการติดตามความสว่างสูงสุด และใช้วิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis) เพื่อระบุพื้นที่ของขั้วประสาทตา หลังจากได้พื้นที่ของขั้วประสาทตาแล้ว วิธีการหาขอบของ ขั้วประสาทตาผู้วิจัยใช้แบบจำลองเส้นรอบขอบเคลื่อนที่แบบดั้งเดิม (Gradient Vector Flow) และวิธีการแบ่งส่วนของเส้นเลือดที่ผ่านเข้ามาในขั้วประสาทตาโดยใช้กรองสัญญาณเพื่อการจับคู่ (Matched Filter Method) ต่อมา Mitra และคณะ [39] ใช้วิธีการแบบเบย์เพื่อระบุ และตรวจสอบรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตาจากภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีคุณภาพต่ำ

วิธีการล่าสุดนำเสนอโดย Niemeijer และคณะ [40] โดยการใช้วิธีการจำแนกฟิกเชลโดยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุดเพื่อตรวจสอบ และระบุโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา วิธีการดังกล่าวใช้การค้นหารอยแผลจากความสว่างเพื่อใช้ในการฝึกรอยให้กับโปรแกรม และเลือกคุณลักษณะของรอยแผลที่ได้นำไปใช้ในการทดสอบ หลังจากนั้นสกัดรอยแผลโดยวิธีการเพื่อนบ้านใกล้ที่สุด

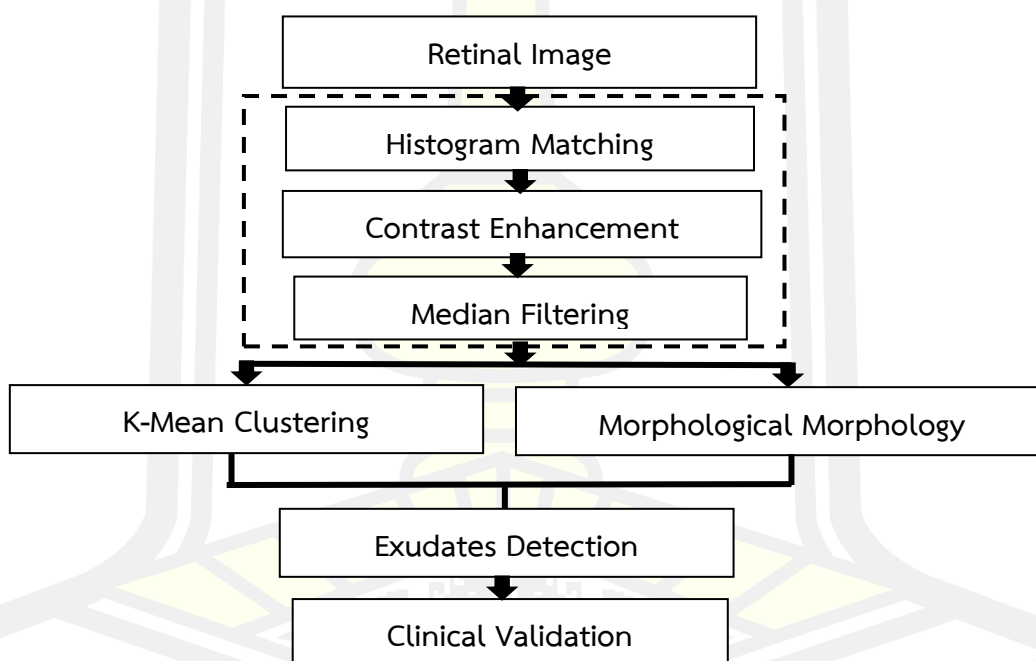
จากทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น วิธีการตรวจสอบ และระบุรอยแผลของโรคไขมันในชั้นจอประสาทตาโดยการเปรียบเทียบหลากหลายวิธี เช่น วิธีการเรียนรู้ของเครื่อง และวิธีการจำแนกแบบดั้งเดิม เป็นต้น วิธีการเรียนรู้ของเครื่องเสนอถึงความไปได้ในการระบุรอยแผลของโรคไขมันในชั้นจอประสาทตาจากการฝึกรอยให้กับเครื่อง และใช้รอยแผลที่ได้นำไปทดสอบความถูกต้อง อย่างไรก็ตาม วิธีการดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เวลาในการฝึกรอยข้อมูลค่อนข้างนาน ยิ่งข้อมูลมากยิ่งจำเป็นต้องใช้เวลาในการฝึกรอยมากตามไปด้วย ซึ่งจากตัวอย่างนักวิจัยบางท่านใช้เวลาในการฝึกรอยให้กับโปรแกรม โดยใช้ระยะเวลาถึง 5 วัน ในขณะที่วิธีการจำแนกแบบดั้งเดิมจำเป็นต้องระบุค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้ในการทดสอบกระบวนการ ซึ่งในทางปฏิบัติผู้วิจัยต้องลองทดสอบไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้ค่าที่เหมาะสม และกว่าจะได้รอยแผลที่ต้องการจะต้องใช้เวลาในการทดสอบซ้ำไปซ้ำมาเพื่อให้ได้ค่าที่ถูกต้องที่สุด

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงถึงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย การเตรียมฐานข้อมูลภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีความคมชัดต่ำ โดยการใช้การประมวลผลภาพเชิงดิจิทัล เพื่อพัฒนาระบบจำลองคอมพิวเตอร์ช่วยในการระบุรอยแผล และวินิจฉัยเบื้องต้นของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาแบบอัตโนมัติ โดยมีขั้นตอนหลักการทำงานต่าง ๆ ดังภาพ 3.1

ขั้นตอนของการวิจัย

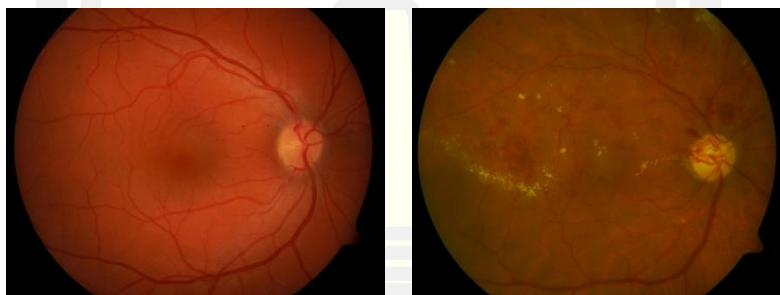


ภาพที่ 4 ขั้นตอนของการระบุรอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา

3.1 ภาพถ่ายจอประสาทตา (Retinal Image)

ภาพถ่ายจอประสาทตาที่ใช้ในการวิจัยฉบับนี้ประกอบภาพจำนวน 89 ภาพ จากฐานข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มาตรฐาน ซึ่งภาพถ่ายทั้งหมดแบ่งเป็นภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาจำนวน 84 ภาพ และเป็นภาพปกติที่ไม่มีภาวะแทรกซ้อนจำนวน 5 ภาพ

ซึ่งภาพถ่ายทั้งหมดจักษุแพทย์ได้วินิจฉัยไว้ ภาพถ่ายจอประสาทตาที่เก็บรวบรวมไว้ใน DIARETDB1



[14]

(ก)

(ข)

(ก) ภาพถ่ายจอประสาทตาปกติ (ข) ภาพถ่ายที่มีภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา

ภาพที่ 5 ตัวอย่างของภาพจอประสาทตาจากฐานข้อมูล DIARETDB1

3.2 การเตรียมข้อมูลก่อนการประมวลผล (Pre-processing)

การระบุรอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา มาจากภาพถ่ายจอประสาทตาที่นำมาใช้เป็นองค์ประกอบหลักในงานวิจัย ซึ่งภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีคุณภาพของภาพถ่ายที่ต่างกัน เวลาที่ใช้ในการถ่ายภาพที่ต่างกัน ล้วนแล้วแต่ส่งผลต่อคุณภาพของภาพถ่ายจอประสาทตาทั้งสิ้น ขั้นตอนในการเตรียมข้อมูลก่อนประมวลผล แบ่งออกได้ 3 ขั้นตอนคือ ได้แก่ขั้นตอนที่ 1 การปรับระดับความสว่างของภาพกระจายอย่างเหมาะสมเพื่อเพิ่มความคมชัดด้วยวิธี (Histogram Matching) ขั้นตอนที่

2 การเลือกใช้ภาพช่วงสีเขียวจากระบบสามสี (RGB) มาเพิ่มความเข้ม (Contrast Enhancement) ขั้นตอนที่ 3 การลดสัญญาณรบกวนภายในภาพด้วยวิธีการกรองแบบค่ามัธยฐาน (Median Filtering) เพื่อให้ได้ภาพที่มีความชัดเจนสูงสุด [41] ก่อนที่จะทำการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยมีรายละเอียด และขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.2.1 การปรับความคมชัดของภาพถ่ายจอประสาทตาด้วยการจับคู่กราฟของพื้นที่สี (Histogram Matching Technique)

ปัญหาหลักในการระบุรอยแผลในชั้นจอประสาทตา คือความแปรปรวนของสีของภาพถ่ายจอประสาทตาที่ถ่ายจากเวลาที่ต่างกันและผู้ป่วยที่แตกต่างกัน ดังนั้นสีของสารหลังในบางภูมิภาคอาจจางกว่าพื้นหลังจอประสาทตาและสามารถตรวจพบได้โดยไม่ถูกต้องว่าเป็นพื้นหลัง จักษุแพทย์ผู้เชี่ยวชาญได้เลือกจอประสาทตาที่มีคุณภาพดีเป็นภาพอ้างอิงจากนั้นจึงใช้เทคนิคสีหรือ โดยใช้การจับคู่ฮิสโตแกรม [42] เพื่อปรับเปลี่ยนค่าของแต่ละ ฮิสโตแกรมภาพในภาพต้นฉบับเพื่อให้ตรงกับฮิสโตแกรมความถี่ของภาพอ้างอิง เอฟเฟกต์การปรับสีให้เป็นมาตรฐานในภาพเรตินาและฮิสโตแกรมสีแดงสีเขียวและสีน้ำเงิน ดังภาพที่ 3.3 ค-ฉ กระบวนการทำให้สีปกติขึ้นและขจัดความแปรปรวนของสีของภาพถ่ายจอประสาทตาดิจิทัลที่ถ่ายจากเวลาที่ต่างกันและผู้ป่วยที่แตกต่างกัน วิธีการปรับเปลี่ยนค่าสี จะทำการจับคู่โดยใช้ค่า $Tr(v)$ และหลังจากนั้นจะทำการคำนวณค่าที่เหมือนกันของค่า v ของภาพต้นฉบับให้ตรงกันกับภาพที่ใช้ในการอ้างอิง ซึ่งวิธีการดังกล่าวสามารถอธิบายด้วยสมการที่ (3.1)

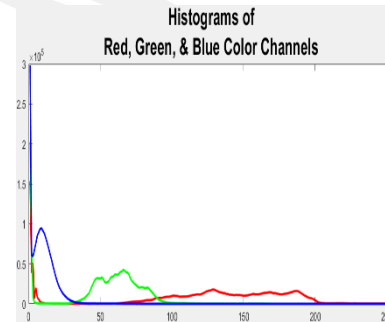
$$T_r(V) = \int_v p_r(V) dv \quad (3.1)$$

โดยค่า v คือค่าของตัวแปรสุ่มต่อเนื่องที่จะใช้ในการจับคู่ซึ่งจะมีค่าระหว่างช่วง 0 ถึง 1 และค่า $Pr(V)$ คือค่าความหนาแน่นของความเข้มสีของภาพอ้างอิงที่อยู่ในช่วงค่า v (0 ถึง 1) หลังจากนั้นให้ทำการจับคู่ให้ตรงกับค่า $Tr(v)$ (29) ตัวอย่างของการปรับความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการจับคู่

กราฟของพื้นที่สีจะแสดงในภาพที่ 3.3(ก) – 3.3(ฉ) และอีก 3 ภาพตัวอย่างที่ได้จากผลลัพธ์ของวิธีการจับคู่กราฟของพื้นที่สีจะแสดงในภาพที่ 3.4(ก) – 3.4(ฉ) ตามลำดับ



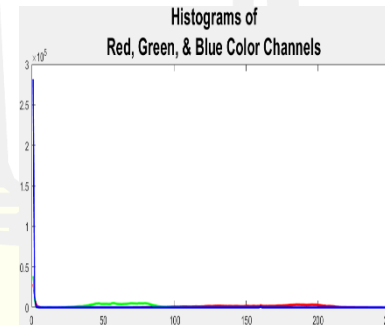
(ก)



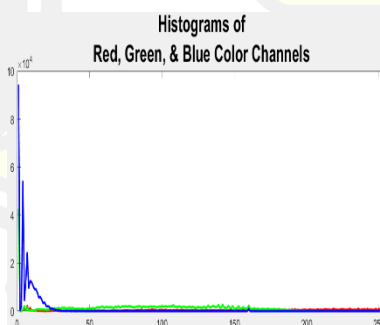
(ข)



(ค)



(ง)



(จ)

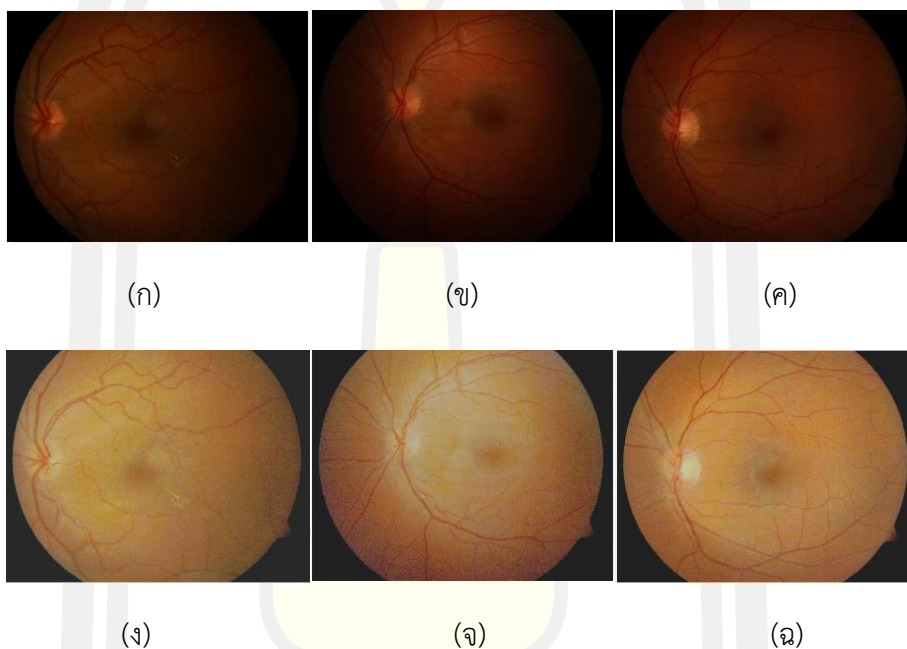


(ฉ)

(ก) ภาพที่ถูกกระบุโดยจักษุแพทย์ที่วินิจฉัยแล้วว่า เป็นภาพที่มีความคมชัดจากการถ่ายภาพ (ข) ค่ากราฟของพื้นที่สีแดง เขียว และน้ำเงินของภาพ (ค) ภาพต้นฉบับที่มีความคมชัดต่ำ (ง) ค่ากราฟของ

พื้นที่สีแดง เขียว และน้ำเงินของภาพต้นฉบับ (จ) ภาพต้นฉบับที่ผ่านการการปรับความคมชัดด้วยวิธีการจับคู่กราฟของพื้นที่สีกับภาพ (ฉ) ค่ากราฟของพื้นที่สีแดง เขียว และน้ำเงินของภาพที่ผ่านการปรับความคมชัดด้วยวิธีการจับคู่กราฟ

ภาพที่ 6 การลดความซ้ำซ้อนของข้อมูลสีด้วยการจับคู่กราฟของพื้นที่สี



(ก), (ข) และ (ค) ภาพถ่ายจอประสาทตาต้นฉบับที่มีความคมชัดต่ำ (ง), (จ) และ (ฉ) ภาพผลลัพธ์จากการปรับความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการจับคู่กราฟของพื้นที่สี

ภาพที่ 7 ตัวอย่างภาพการปรับความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการจับคู่กราฟของพื้นที่สี

3.2.2 การเพิ่มความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพ (Contrast Enhancement)

ภาพผลลัพธ์จากการปรับความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการจับคู่กราฟของพื้นที่สีจะส่งผลให้ภาพมีความสว่างเฉพาะบริเวณตรงแต่จะเริ่มมีความสว่างลดลงโดยเฉพาะบริเวณขอบของภาพถ่ายจอประสาทตา ดังนั้นเพื่อกระจายระดับความเข้มของแสงไปยังบริเวณขอบขอบภาพ ขั้นตอนนี้จะเป็นการนำวิธีการความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพ (Local Contrast Enhancement)

[42] เพื่อแสดงคุณลักษณะภายในของภาพ พื้นหลัง และบริเวณของรอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา โดยขั้นตอนของวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพสามารถเขียนในรูปแบบของสมการได้ตามสมการที่ (3.2)

$$f_{new} = 225 \times \left(\frac{[\psi_w(f) - \psi_w(f_{minimum})]}{[\psi_w(f_{maximum}) - \psi_w(f_{minimum})]} \right)$$

(3.2)

จากสมการที่ (3.2) กำหนดให้ขนาดของภาพแทนด้วยฟังก์ชัน f และกำหนดให้ค่าความเข้มสูงสุดของภาพเป็น $f_{maximum}$ และค่าความเข้มน้อยที่สุดเป็น $f_{minimum}$ และหากได้ค่าที่ผ่านการปรับความคมชัดแล้วจะแทนค่าด้วย (f_{new}) ซึ่งจะสามารถหาค่าเฉลี่ยของความเข้มในภาพได้จากสมการที่ (3.3)

$$\psi_w(f) = \left[1 + \exp\left(\frac{\langle f \rangle_w - f}{\sigma_w}\right) \right]^{-1}$$

(3.3)

จากสมการที่ (3.3) กำหนดให้ $\langle f \rangle_w$ เป็นค่าเฉลี่ยของความเข้มภายในภาพ และเป็นค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความเข้มของสีในพื้นที่ W โดยใช้ฟังก์ชันซิกมอยด์ ซึ่งสามารถกำหนดได้ตามสมการที่ (3.4)

$$\psi_w(f) = \left[1 + \exp\left(\frac{\langle f \rangle_w - f}{\sigma_w}\right) \right]^{-1}$$

(3.4)

จากสมการที่ (3.4) การหาค่าความเข้มของพื้นที่สีในภาพถ่ายจอประสาทตา จะแปรผันตามสมการที่ (3.5) และ (3.6)

$$\langle f \rangle_{w(i,j)} = \frac{1}{m^2} \sum_{(k,l) \in w(i,j)} f(k,l)$$

(3.5)

$$\sigma^2_w(f) = \frac{1}{M^2} \sum_{(k,l) \in w(i,j)} (f(k,l) - \langle f \rangle_w)^2$$

(3.6)

จากสมการที่ (3.6) เมื่อกำหนดให้ $M2$ เป็นขนาดของความเข้มภายในภาพ ซึ่งหมายความว่า ถ้าภาพในขณะนั้นมีความคมชัดสูงจะใช้ค่าในการกำหนดขนาดของ $M2$ น้อย และในทางตรงกันข้าม ถ้าภาพ

ในขณะนั้นมีความคมชัดต่ำจะใช้ค่าในการกำหนดขนาดของ $M2$ มาก ซึ่งในงานวิจัยฉบับนี้ การกำหนดให้ค่า $M2$ ให้เหมาะสมที่สุดจะเท่ากับ 149 (จากค่าทั้งหมดที่อยู่ระหว่าง 1-256) และผลลัพธ์ของภาพถ่ายจอประสาทตาที่ผ่านขั้นตอนการปรับความคมชัดด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพแล้วจะแสดงในภาพที่ 3.5



(ก)

(ข)

(ค)



(ง)

(จ)

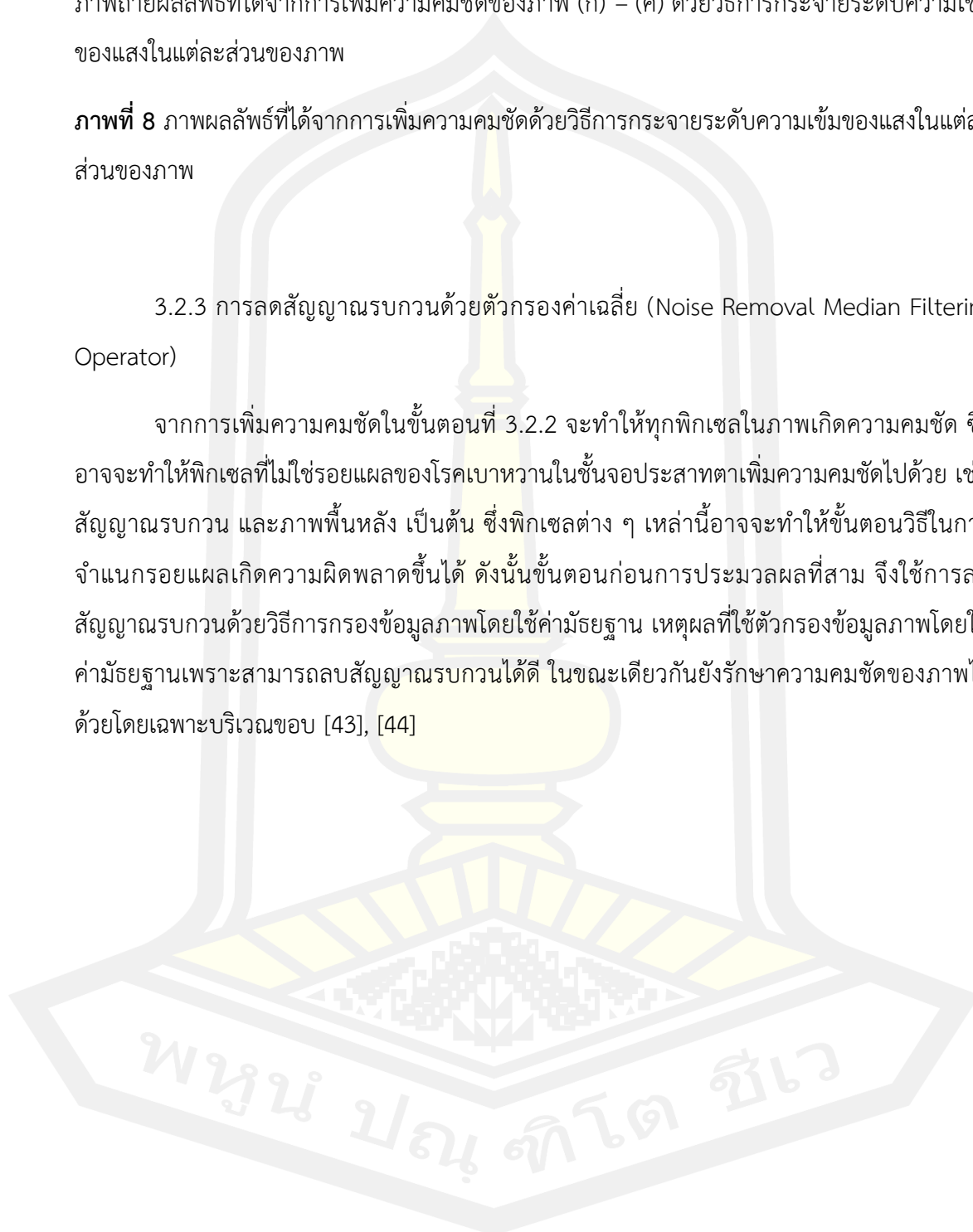
(ฉ)

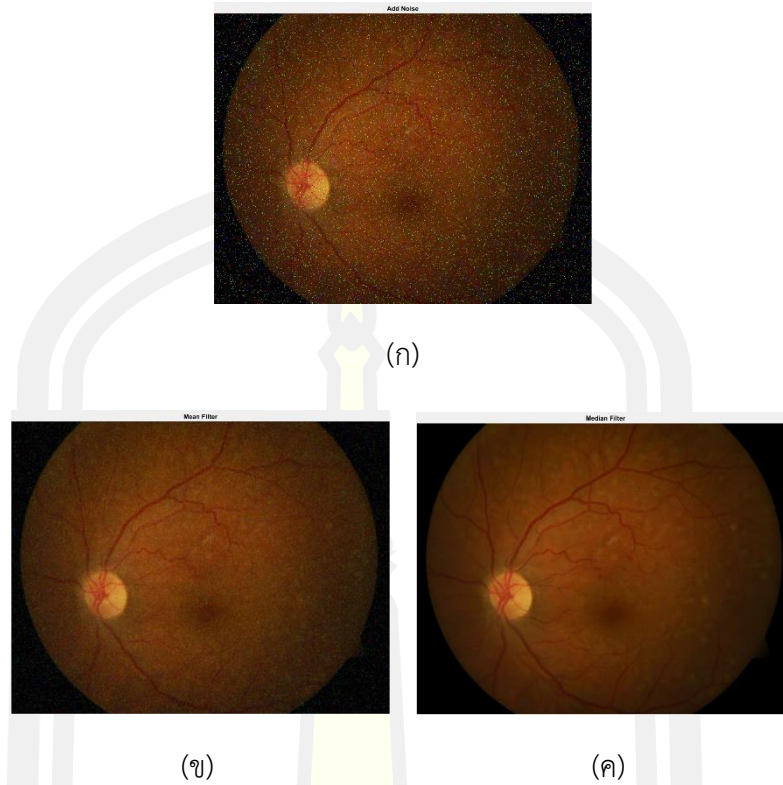
(ก) – (ค) ภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา (ง) – (ฉ) ภาพถ่ายผลลัพธ์ที่ได้จากการเพิ่มความคมชัดของภาพ (ก) – (ค) ด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพ

ภาพที่ 8 ภาพผลลัพธ์ที่ได้จากการเพิ่มความคมชัดด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพ

3.2.3 การลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ย (Noise Removal Median Filtering Operator)

จากการเพิ่มความคมชัดในขั้นตอนที่ 3.2.2 จะทำให้ทุกพิกเซลในภาพเกิดความคมชัด ซึ่งอาจจะทำให้พิกเซลที่ไม่ใช่รอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตาเพิ่มความคมชัดไปด้วย เช่น สัญญาณรบกวน และภาพพื้นหลัง เป็นต้น ซึ่งพิกเซลต่าง ๆ เหล่านี้อาจจะทำให้ขั้นตอนวิธีในการจำแนกรอยแผลเกิดความผิดพลาดขึ้นได้ ดังนั้นขั้นตอนก่อนการประมวลผลที่สาม จึงใช้การลดสัญญาณรบกวนด้วยวิธีการกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐาน เหตุผลที่ใช้ตัวกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐานเพราะสามารถลบสัญญาณรบกวนได้ดี ในขณะที่เดียวกันยังรักษาความคมชัดของภาพไว้ด้วยโดยเฉพาะบริเวณขอบ [43], [44]





(ก) ภาพถ่ายจอประสาทตาปกติ (ข) ภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีสัญญาณรบกวน Salt and Pepper Noise (ค) ภาพถ่ายจอประสาทตาของการใช้ตัวกรองแบบค่าเฉลี่ย Mean Filter (ง) ภาพถ่ายจอประสาทตาของการใช้ตัวกรองแบบค่ามัธยฐาน Median Filter

ภาพที่ 9 การลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ย

ขั้นตอนวิธีของตัวกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐานสามารถอธิบายในรูปแบบของสมการได้ในที่ (3.7)

$$med(x) = \begin{cases} X_{(K+1)} = X_{(m)}, & \text{for } N = 2K + 1 \\ \frac{1}{2} X_{(K)} + X_{(K+1)}, & \text{for } N = 2K \end{cases}$$

(3.7)

จากสมการที่ (3.7) ค่าเฉลี่ยของ ($\text{med}(x)$) คือค่าสุ่มจากหลากหลายค่าที่ได้จากตัวแปร X และค่าสุ่มที่

เป็นไปได้ของค่าจะมีค่าเป็น $X = X_1 \leq X_2, \dots, \leq X_N$ และค่า $m = 2K+1$ คือค่าเฉลี่ยที่ได้จากการกรอง สำหรับภาพในพื้นที่สี่เทา ตัวกรองข้อมูลภาพโดยใช้ค่ามัธยฐานจะถูกอธิบายเพิ่มเติมด้วยสมการที่ (3.8)

$$Y(n) = \text{med}(X_{n+k}, \dots, X_n, \dots, X_{n-k})$$

(3.8)

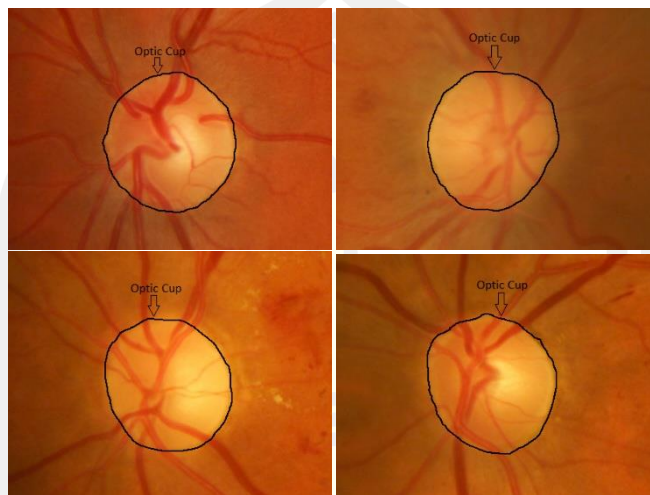
พิจารณาจากสมการที่ 3.8 สามารถเขียนเป็นขั้นตอนได้ดังต่อไปนี้

1. $X_1 = X_2, \dots, = X_p$ เมื่อ $P \geq K+1$
2. ถ้าผลลัพธ์ที่ได้เป็นจำนวนคี่ให้เอาค่าที่จุดกึ่งกลางใช้ในการคำนวณในรอบถัดไป
3. หากผลลัพธ์ที่ได้เป็นจำนวนคู่ให้ใช้ค่าที่อยู่กึ่งกลางมาหาค่าเฉลี่ยแล้วหารด้วย 2
4. ผลลัพธ์ที่ได้จะไม่สามารถมีได้มากกว่า 1 ตำแหน่งในตาราง

3.3 การระบุบริเวณ และลบข้อผิดพลาด (Optic Disc Localization)

การระบุบริเวณ และลบข้อผิดพลาดเป็นขั้นตอนที่สำคัญก่อนที่จะทำการจำแนกรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา เนื่องจากข้อผิดพลาดมีลักษณะที่สำคัญที่คล้ายกับรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา เช่น สี ความเข้ม และความสว่าง เป็นต้น นอกจากนั้นชั้นจอประสาทตายังมีความสว่างมากกว่าพื้นที่อื่น ซึ่งส่วนที่สว่างที่สุดที่อยู่ตรงกลางเรียกว่า ออปติคคัพ (Optic Cup) อย่างไรก็ตามพื้นที่ของข้อผิดพลาดอาจมีลักษณะที่ไม่เป็นวงกลม มีการข้ามผ่านของเส้นเลือด รวมถึง มีความหลากหลายของบริเวณที่ข้อผิดพลาดอยู่ในภาพถ่าย จึงทำการให้

การลบข้อจ้อประสาทตาเป็นเรื่องยากตามภาพตัวอย่างของข้อจ้อประสาทตาที่แสดงให้เห็นในภาพที่ 3.7



[45]

ภาพที่ 10 ภาพออฟติคคัพ และข้อจ้อประสาทตา

งานวิจัยที่ผ่านมาภาพถ่ายจ้อประสาทตาที่นำมาใช้ในการทดลองส่วนใหญ่จะมีความคมชัดต่ำ และมีผลกระทบต่อประสิทธิภาพในการระบุบริเวณของข้อจ้อประสาทตาเป็นอย่างมาก วิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะนำขั้นตอนวิธีที่ได้รับความนิยมในอดีตเพื่อนำไปประยุกต์ในงานที่ผ่านมามีในการทดลอง คือการแยกวัตถุในภาพด้วยการแบ่งค่าความสว่างของสี

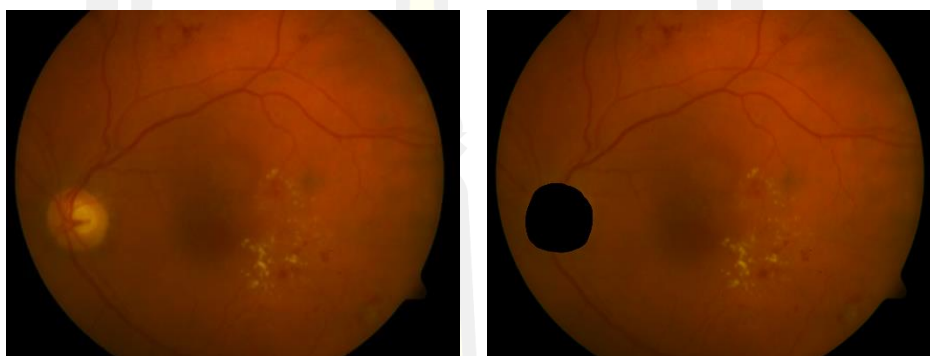
การระบุบริเวณ และลบข้อจ้อประสาทตาด้วยเทคนิคการแบ่งค่าความสว่างของสี ออกเป็นช่วงกราฟจะนำมาใช้เพื่อแบ่งพื้นที่ของข้อจ้อประสาทตาออกส่วนภาพพื้นหลัง โดยใช้วิธีการจำลองพื้นผิวของภาพในส่วนของพิกเซลที่มีความสว่างสูงสุดเป็นพื้นผิวของวัตถุที่ต้องการ (Optic Disc) และพิกเซลที่มีมืด หรือมีความสว่างน้อยจะเป็นพื้นผิวของภาพพื้นหลัง วิธีการแบ่งส่วนโดยการแบ่งค่าความสว่างของสีออกเป็นช่วงกราฟจะทำงานได้ดีถ้าสามารถระบุส่วนที่ต้องการได้ว่าเป็นข้อจ้อประสาทตา หรือภาพพื้นหลัง ซึ่งขั้นตอนของการระบุส่วนต่างๆ ของภาพประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 คำนวณฟังก์ชันการแบ่งส่วน ขั้นตอนนี้จะขั้นตอนเพื่อค้นหาพื้นที่ของข้อจ้อประสาทตาที่ต้องการแล้วทดลองแบ่งพื้นที่จำลองการค้นหา

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณพื้นที่จุดเชื่อมต่อของพิกเซลที่ถูกระบุว่าเป็นบริเวณของขั้วจอประสาทตาจากขั้นตอนที่ 1

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณพื้นที่ที่ถูกระบุว่าเป็นภาพพื้นหลังซึ่งพิกเซลเหล่านี้ต้องไม่ใช่ส่วนหนึ่งส่วนใดของพื้นที่ของขั้วประสาทตา

ขั้นตอนที่ 4 ปรับเปลี่ยนฟังก์ชันค้นหาทั้งหมดให้สามารถทำหน้าที่กากของพื้นหลัง และบริเวณของขั้วจอประสาทตา



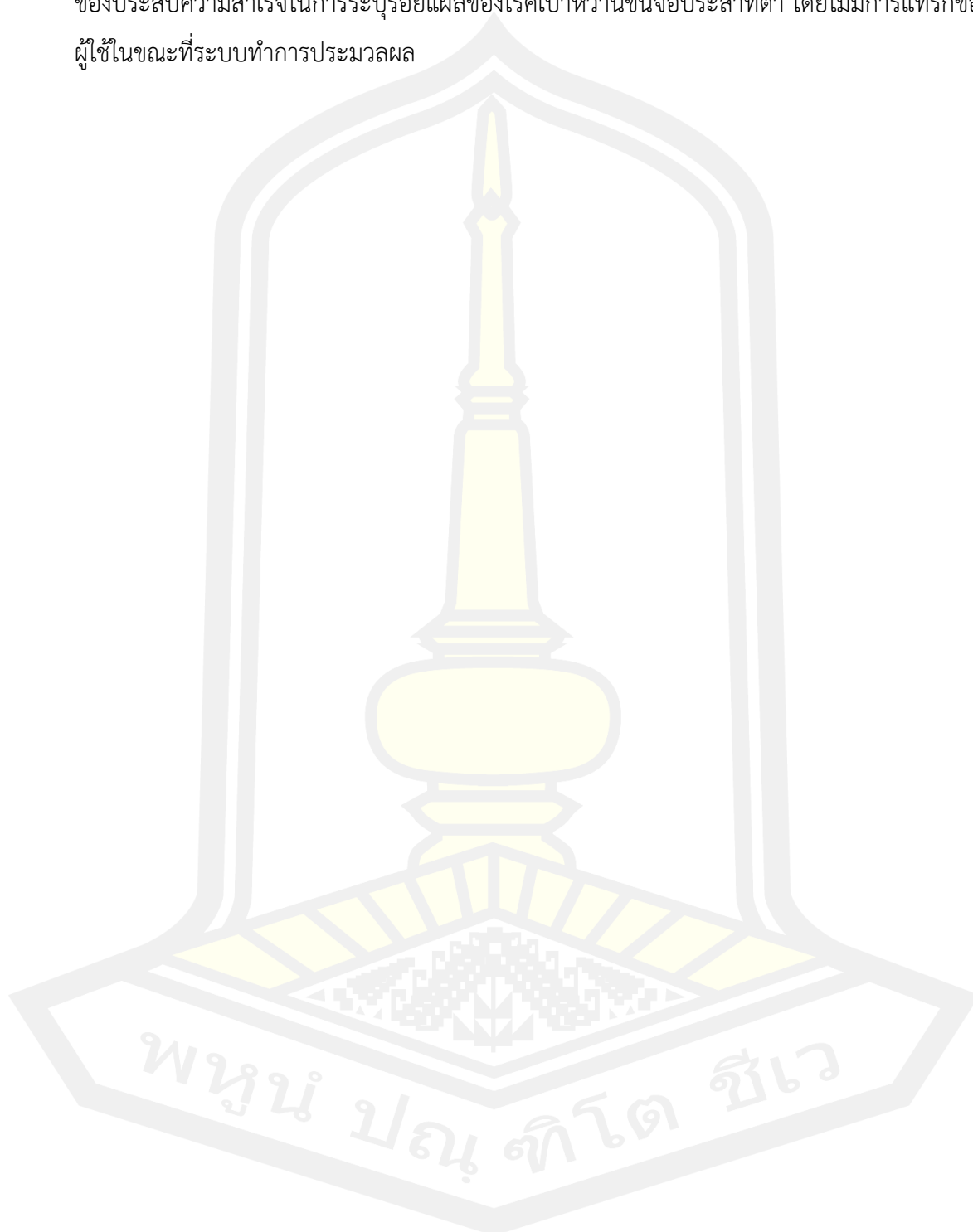
(ก) ภาพจากขั้นก่อนการประมวลผล (ข) ภาพผลลัพธ์

ภาพที่ 11 ผลลัพธ์ของการระบุบริเวณขั้วประสาทตาที่มีภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

3.4 บทสรุป

ส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาโดยใช้ภาพถ่ายจอประสาทตาสองวิธี คือ 1. การปรับความคมชัดของภาพถ่ายจอประสาทตาด้วยการจับคู่กราฟของพื้นที่สี (Histogram Matching Technique) 2. การเพิ่มความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพ (Contrast Enhancement) 3. การลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ย (Noise Removal Median Filtering Operator) เพื่อให้ได้ภาพที่มีความชัดเจนสูงสุด 4. การระบุบริเวณ และลบขั้วจอประสาทตา (Optic Disc Localization) โดยวิธีการที่เสนอใช้เวลาในการประมวลผลเฉลี่ยเท่ากับ 12.6 วินาทีต่อภาพ ซึ่งวิธีการที่นำเสนอได้แสดงให้เห็นว่าการนำการปิดเพื่อลบเส้นเลือดในภาพถ่ายจอประสาทตาในขั้นตอนแรก และการใช้พื้นที่การ

เชื่อมต่อกันเพื่อแยกรอยแผลอื่น ๆ ออกจากพื้นที่ของขั้วประสาทตาเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้งานวิจัยของประสบความสำเร็จในการระบुरอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยไม่มีการแทรกของผู้ใช้ในขณะที่ระบบทำการประมวลผล



บทที่ 4

ผลการวิจัยและการอภิปราย

ผลการดำเนินงานวิจัยเรื่องการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา โดยใช้ภาพถ่ายจอประสาทตา ตามที่ได้อธิบายขั้นตอนก่อนประมวลผลในบทที่ 3 เพื่อแยกความแตกต่างของรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา ทำให้สามารถระบุระดับความผิดปกติของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีรายละเอียดในการทำงานดังนี้

4.1 การคัดเลือก และการแยกคุณลักษณะ (Feature Selection and Extraction)

วิธีการที่จะคัดเลือก และการแยกคุณลักษณะของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา พบว่าสิ่งที่จำเป็นที่จะคัดเลือก และการแยกคุณลักษณะของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา คือ สี รูปร่าง และพื้นผิวเป็นสิ่งแรกที่จะใช้ในการพิจารณา ดังนั้นเพื่อแยกรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตาออกจากคุณลักษณะอื่นๆ จะต้องใช้ 4 คุณสมบัติจากขั้นตอนก่อนการประมวลผลเพื่อใช้ในการทดสอบขั้นตอนวิธีทั้งหมด

4.2 การวัดประสิทธิภาพ (Performance Measurement)

การวัดประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอจะใช้ค่าความไว ความจำเพาะ และค่าความถูกต้องในระดับพิกเซลที่นำเสนอโดย [46] โดยการวัดประสิทธิภาพทั้งหมดจะประกอบด้วย 4 ค่า คือ True Positive (จำนวนพิกเซลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาถูกระบุว่ามีโรคได้ถูกต้อง) False Positive (จำนวนพิกเซลที่ไม่ใช่โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาถูกระบุว่ามีโรคได้ถูกต้อง) True Negative (จำนวนพิกเซลที่ไม่ใช่โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาถูกระบุว่าไม่มีโรคได้ถูกต้อง) False Negative (จำนวนพิกเซลที่มีโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาถูกระบุว่ามีโรคได้ถูกต้อง) ซึ่งค่าทั้งหมดสามารถกำหนดได้ในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 1 การวัดประสิทธิภาพระดับฟิกเซล

สถานะการณ์เป็นโรคเบาหวานในจอประสาทตา			
คราส	Yes	No	Total
Yes	TP	FN	TP+FN
No	FP	TN	FP+TN
Total	TP+FP	FN+TN	TP+FN+FP+TN

จากตารางที่ 4.1 สามารถกำหนดค่าความไว ค่าความจำเพาะ และความถูกต้องได้ตามสมการที่ (4.1), (4.2) และ (4.3) ตามลำดับ โดยกำหนดให้ค่าความไว (Sensitivity) คือเปอร์เซ็นต์ของการระบุรอยแผลได้ถูกต้อง ค่าความจำเพาะ (Specificity) คือเปอร์เซ็นต์ของการระบุที่ไม่ใช่รอยแผลได้ถูกต้อง และค่าความถูกต้อง (Accuracy) คือค่าความถูกต้องโดยรวมทั้งหมดของขั้นตอนวิธีในการระบุรอยแผลโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

$$Sensitivity = \frac{TP}{TP + FN} \quad (4.1)$$

$$Specificity = \frac{TN}{TN + FP} \quad (4.2)$$

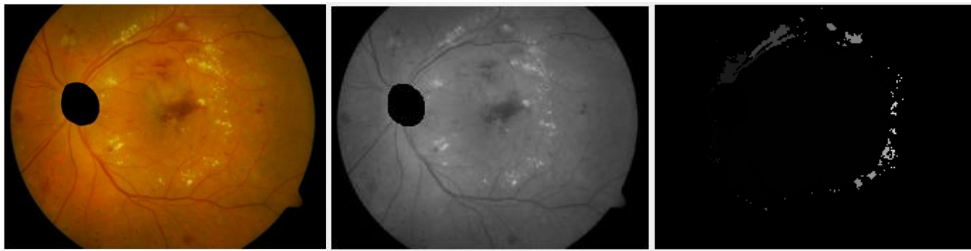
$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FN + TN + FP} \quad (4.3)$$

4.3 การระบุรอยแผลโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา (Detection of Exudates)

ขั้นตอนวิธีจากงานวิจัยที่ผ่านมาเพื่อนำมาเปรียบเทียบกับขั้นตอนวิธีใหม่ที่น่าเสนอในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ คือ 2 ขั้นตอนที่ได้รับคามนิยมในการนำไปประยุกต์ในการระบุโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทตา ได้แก่ วิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบเคมีน (K-Mean Clustering Algorithm) และวิธีการทางสัณฐานวิทยาทางคณิตศาสตร์ (Morphological Morphology Algorithm) ต่อจากนั้นจะพัฒนาขั้นตอนวิธีที่ดีกว่าเพื่อจะเพิ่มประสิทธิภาพในการระบุรอยแผล และลดเวลาในการประมวลผลของวิธีการเรียนรู้ โดยวิธีการรวมกันของการควบคุมองค์ประกอบพื้นสี และวิธีการเทอร์สโรว์ดิงค์ที่ดีที่สุด เพื่อความยุติธรรมสำหรับทุกขั้นตอนในการนำมาเปรียบเทียบ ผู้วิจัยจะใช้ภาพที่ผ่านขั้นตอนก่อนการประมวลผลในการทดลอง และทดสอบกับทุกขั้นตอนวิธีด้วยภาพเดียวกัน แล้วทำการแบ่งส่วนรอยแผลของโรคเบาหวานในชั้นจอประสาทด้วยวิธีการสัณฐานวิทยาซึ่งจะทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ใกล้เคียงกับภาพพื้นความจริงที่ ซึ่งภาพการเปรียบเทียบของผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ และภาพพื้นความจริงที่ และประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีที่วัดค่าด้วยความไว ความจำเพาะ และค่าความถูกต้องทั้งขั้นตอนวิธีการเคมีนเพียงอย่างเดียว และการรวมกันของวิธีการเคมีน และวิธีการสัณฐานวิทยาจะแสดงในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 2 ตารางเปรียบเทียบประสิทธิภาพของขั้นตอนวิธีการเคมีน และการรวมกันของวิธีการเคมีน และวิธีการสัณฐานวิทยา

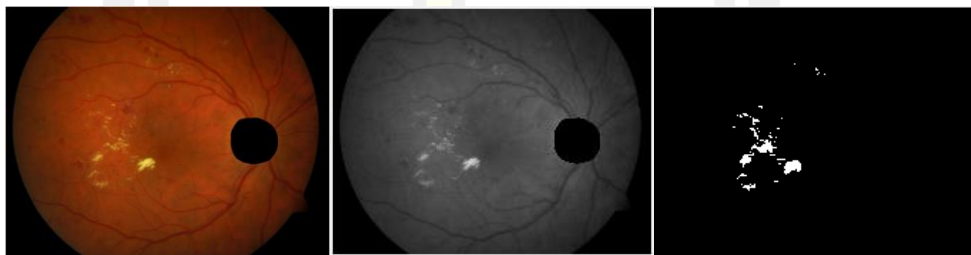
ขั้นตอนวิธี	ความไว (%)	ความจำเพาะ (%)	ความถูกต้อง (%)
วิธีการเคมีน	90.20	90.40	90.23
วิธีการเคมีน และวิธีการ สัณฐานวิทยา	92.46	92.52	92.42



(ก)

(ข)

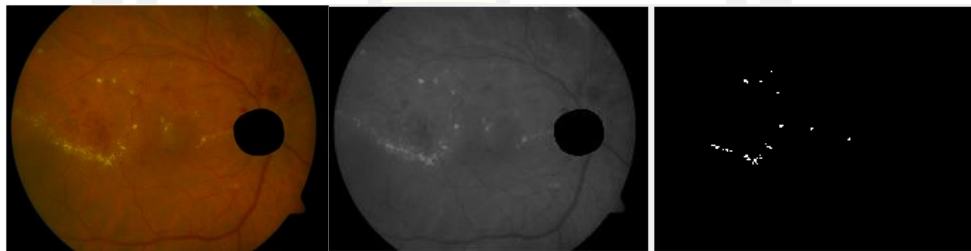
(ค)



(ง)

(จ)

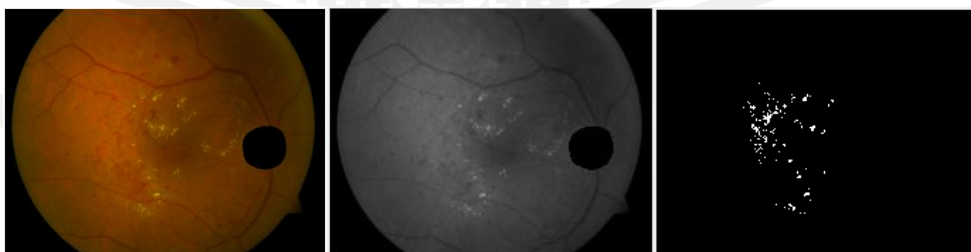
(ฉ)



(ช)

(ซ)

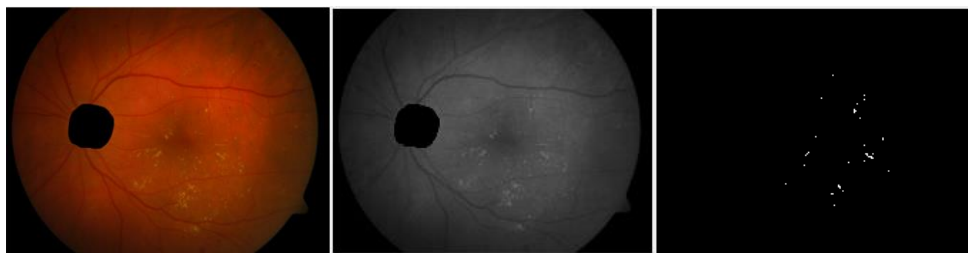
(ฅ)



(ญ)

(ฎ)

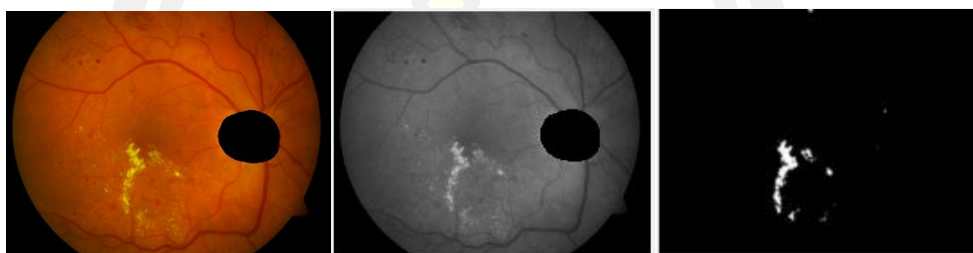
(ฏ)



(ฐ)

(๓)

(ฒ)



(ณ)

(ด)

(ต)

(ก ง ช ญ ฐ ณ) ภาพถ่ายจอประสาทตาปกติ (ข จ ซ ฎ ๓ ด) ภาพที่ปรับเป็นขาว เทา ดำ

(ข ฉ ณ ฏ ฒ ต) ผลลัพธ์ของการประมวลผล

ภาพที่ 12 ผลลัพธ์ของการประมวลผล

พหุบัณฑิต ชีวะ

บทที่ 5

สรุปผล

โรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ผู้ป่วยโรคเบาหวานตาบอด แต่หากสามารถตรวจพบภาวะโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในระดับเริ่มต้นจะช่วยป้องกันได้ และลดจำนวนของการตาบอดในผู้ป่วยโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตาได้ แต่หากสามารถตรวจสอบพบภาวะโรคเบาหวานในขึ้นจอประสาทตาในระดับเริ่มต้นจะช่วยป้องกัน และลดจำนวนของการตาบอดในผู้ป่วยโรคเบาหวานในขึ้นจอประสาทตาได้

งานวิจัยที่ผ่านมา การระบุโรคเบาหวานในขึ้นจอประสาทตาจะทำโดยใช้ภาพขาว - ดำ และจะวัดประสิทธิภาพ และความถูกต้องของขั้นตอนวิธีที่นำเสนอในด้านเดียว คือการจำแนกความถูกต้องตามปริมาณรูปภาพที่นำมาใช้ในการทดลอง แต่ในงานวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ จะวัดประสิทธิภาพ ความถูกต้องของการระบุโรคเบาหวานในขึ้นจอประสาทตาการวิจัยในครั้งนี้ใช้ฐานข้อมูลภาพถ่ายจอประสาทตาในการทดลองเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเสถียรภาพของขั้นตอนวิธี โดยการใช้ภาพถ่ายจอประสาทตาจากฐานข้อมูลที่เคยเผยแพร่ต่อสาธารณะ DIARETDB1 ขั้นตอนการทำงานจะเริ่มต้นโดยการนำข้อมูลภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีคุณภาพต่ำผ่าน 4 ขั้นตอนก่อนการประมวลผลภาพ คือ 1. การปรับความคมชัดของภาพถ่ายจอประสาทตาด้วยการจับคู่กราฟของพื้นที่สี (Histogram Matching Technique) 2. การเพิ่มความคมชัดของภาพถ่ายด้วยวิธีการกระจายระดับความเข้มของแสงในแต่ละส่วนของภาพ (Contrast Enhancement) 3. การลดสัญญาณรบกวนด้วยตัวกรองค่าเฉลี่ย (Noise Removal Median Filtering Operator) เพื่อให้ได้ภาพที่มีความชัดเจนสูงสุด นอกจากนั้นการลบพื้นที่ของขั้วจอประสาทตาก่อนจะทำการแบ่งส่วนภาพเพื่อระบุรอยแผลของโรคเบาหวานในขึ้นจอประสาทตาก็จำเป็นสำหรับงานวิจัยนี้ ในขั้นตอนของการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานในขึ้นจอประสาทตา จะใช้ 2 วิธีที่ได้รับความนิยมในงานวิจัยก่อนที่เกี่ยวข้องมาประยุกต์ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1. K-Means Clustering การแบ่งส่วน (Portioning) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมเทคนิคการเรียนรู้แบบไม่ต้องสอนไม่มีคำตอบตายตัว จัดอยู่ในกลุ่มของ Unsupervised Learning การแบ่งกลุ่มข้อมูลแบบ K-Means ใช้สำหรับการแบ่งการสังเกตจำนวน n ให้เป็น k กลุ่ม โดยแต่ละการสังเกตจะอยู่ในกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันที่สุด 2. Morphological Morphology การประมวลผลภาพเชิงสัณฐาน

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบผลลัพธ์ของการระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

จาก 5 อัลกอริทึม

อัลกอริทึม	SE (%)	SP (%)	AC (%)	เวลาเฉลี่ย
ฟัซซีซีมีน	95.30	94.90	93.80	2.49 M
วิธีการสัณฐานวิทยา + ฟัซซีซีมีน	92.06	92.92	92.49	5.1 M
ซัพพอร์ตเวกเตอร์แมชชีน	94.53	89.19	91.86	7.39 M
วิธีการแบบเบย์	97.20	85.40	85.60	8.24 M
เคมีน + วิธีการสัณฐานวิทยา	96.70	71.40	79.00	41 S

หมายเหตุ : SE หมายถึงค่าความไว (Sensitivity) SP หมายถึงค่าความจำเพาะ (Specificity) และ AC หมายถึงความถูกต้องโดยรวมของอัลกอริทึม (Accuracy)

ตารางที่ 4 เปรียบเทียบผลลัพธ์การระบุรอยแผลของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา

ของวิธีการที่นำเสนอ และงานวิจัยก่อนหน้า

นักวิจัย	อัลกอริทึม	NI/NIEX	SE (%)	SP (%)
Li และคณะ	Regions growing	35/28	100	71.00
Sinthanayothin	Regions growing	30/21	88.50	99.70
Osareh และคณะ	FCM	300/300	96.00	94.60
Wang และคณะ	SVM	154/54	100	71.0
Sanchez และคณะ	K-means	20/10	100	90.00
Garcia และคณะ	MLP	50/25	84.40	62.70
Fleming และคณะ	MR	13219/300	95.00	84.60
ธีระวัฒน์ และนิวัตร์	K-means + MMA	89/89	98.75	96.47

หมายเหตุ : NI หมายถึงจำนวนของภาพถ่ายจอประสาทตาทั้งหมด NIEX หมายถึง ภาพถ่ายจอประสาทตาที่มีภาวะแทรกซ้อนของโรคเบาหวานขึ้นจอประสาทตา SE หมายถึงค่าความไว (Sensitivity) และ SP หมายถึงค่าความจำเพาะ (Specificity)

บรรณานุกรม



- [1] ศ.เกียรติคุณ พญ.วรรณิ นิธิยานันท์. “สถานการณ์โรงเบาหวาน”. [ออนไลน์].2560 [สืบค้นเมื่อ 10 ตุลาคม 2563]. ได้จาก: <https://www.hfocus.org/content/2019/11/18054>.
- [2] Sanchez, D.D., C. Niemeijer, M. Schulten, M. Abramoff and B. Ginneken, 2010. Improving hard exudate detection in retinal images through a combination of local and contextual information. Proceedings of the IEEE International Symposium on Biomedical Imaging: From Nano to Macro, Apr. 14-17, IEEE Xplore Press, Rotterdam, Netherlands, pp: 141-145.
DOI:10.1109/ISBI.2010.5490429.
- [3] เฉลิมสิริ เทพพิทักษ์. “สรีรวิทยาการมองเห็นและการประเมินสมรรถภาพการมองเห็น”. [ออนไลน์]. 2562. [สืบค้นเมื่อ 17 ตุลาคม 2563]. ได้จาก: สรีรวิทยาการมองเห็น-Wk5-1-2562.pdf.
- [4] วัฒนีย์ เย็นจิตร, กฤศ หาญอุตสาหะ, โสภณ เอี่ยมศิริ, ถาวร อุดมศิริ, ผ่องพัทธ์ ชูศรี, ณวีวรรณ เย็นจิตร.”สภาวะตาบอดสายตาลี้นรางและโรคตาที่เป็นปัญหาสาธารณสุขในประเทศไทย”.พ.ศ. 2549-2550.จักษุสาธารณสุข 2550;21:10-94.
- [5] International Agency for the Prevention of Blindness. Cataract [Internet] 2020. [cite 2014 Mar 11). Available from: <http://www.iapb.org/vision-2020/what-is-avoidable-blindness>.
- [6] Singalavanija A, Metheetrairut A, Ruangvaravate N, Tuchinda R, Wanumkarng N. Ocular diseases and blindness in elderly Thais. J Med Assoc Thai. 2001;84(10):1383-8.
- [7] Rim TH, Kim MH, Kim WC, Kim TI, Kim EK'Cataract subtype risk factors identified from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey 2008-2010.BMC Ophthalmol. 2014 Jan 10;14:4:
- [8] Richter GM'. Torres M. Choudhury F, Azen SP, Varma R; Los Angeles Latino Eye Study Group.Risk factors for cortical, nuclear, posterior subcapsular, and mixed lens opacities: the Los Angeles Latino Eye Study.Ophthalmology. 2012 Mar;119(3):547-54.
- [9] Jie J. Wang, MBBS, MMed (Epi), PhD; Paul Mitchell, MD, PhD, FRACO, FRCOphth; Judy M. Simpson, BSc, PhD, CStat, Visual Impairment, Age-Related Cataract, and Mortality, Arch Ophthalmol. 2001;119(8):1186-1190.

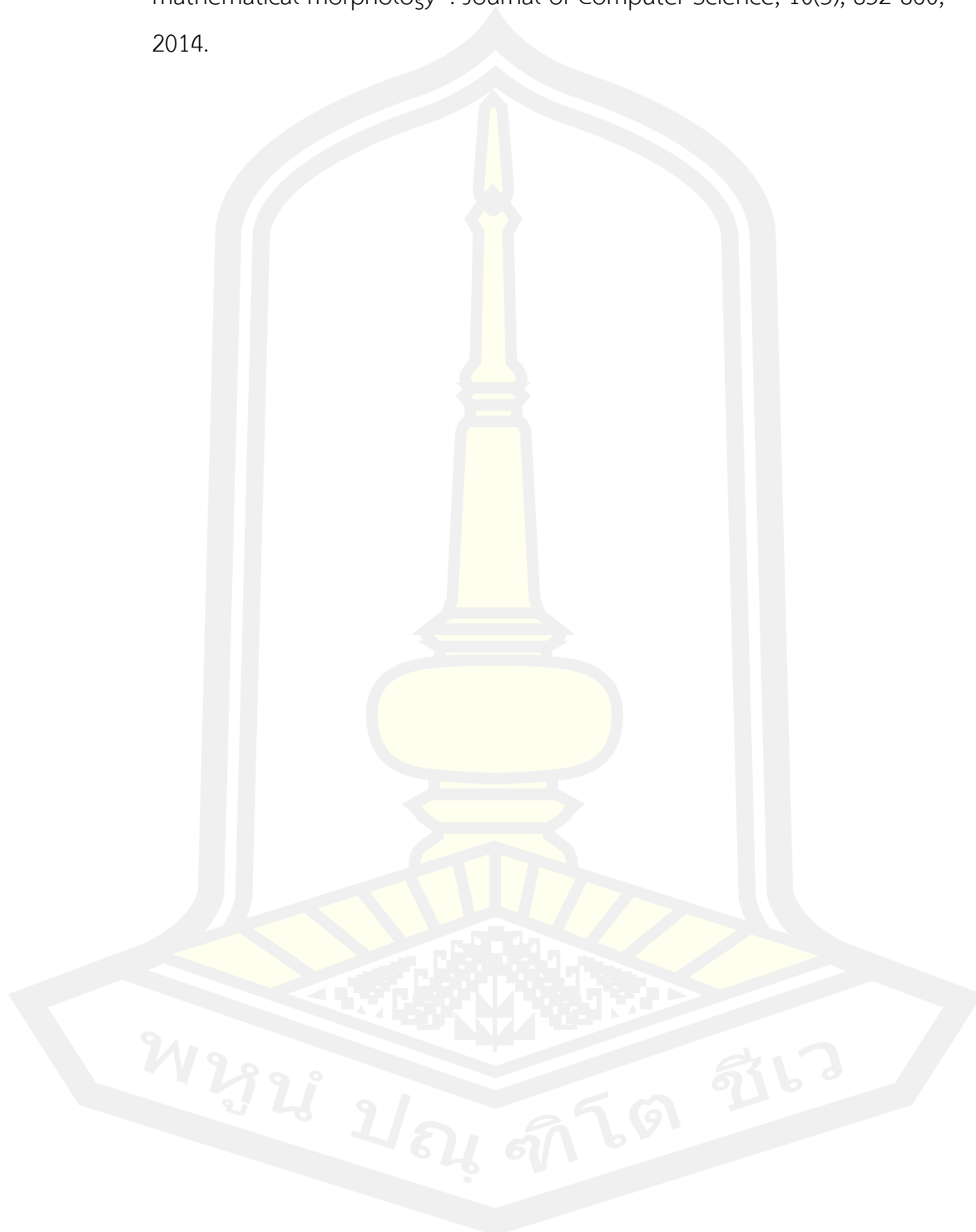
- [10] National eye Institute. Age-Related Macular Degeneration (AMD) Statistics and Data [Internet] 2014[cite 2014 Mar 11]. Available from: <https://www.nei.nih.gov/eyedata/amd.asp>.
- [11] วิชัย เอกพลากร บรรณาธิการ. “รายงานการสำรวจสุขภาพประชาชนไทยโดยการตรวจร่างกาย”. ครั้งที่ 4 พ.ศ. 2551-2. นนทบุรี: เดอะ กราฟิโก ซิสเต็มส์, 2553.
- [12] เมทินี ศิริมหาราช, ปุญญาวิร์ อาราม, พิริญา สุ่มสวัสดิ์, สุตาวดี สมบูรณ์ธนกิจ, วรภัทร วงษ์สวัสดิ์. “ความชุกของภาวะเบาหวานขึ้นจอประสาทตาในจังหวัดนครปฐม”. วารสารวิชาการสาธารณสุข 2553; 19: 226-33.
- [13] นพ.สมบูรณ์ ปัญญากรณ์.” อาการโรคเบาหวานขึ้นตา ”.[ออนไลน์].2560 [สืบค้นเมื่อ 15 ตุลาคม 2563]. ได้จาก: https://www.chularat3.com/knowledge_detail.php?lang=th&id=472/.
- [14] Diabetic retinopathy database and evaluation protocol (DIARETDB1). Electronic material [Online]. Available online at: <http://www.it.lut.fi/project/imageret/diaretdb1>.
- [15] Lee SC, Lee ET, Kingsley RM, Wang Y, Russell D, Klein R and Warn A. Comparison of diagnosis of early retinal lesions of diabetic retinopathy between a computer system and human experts. Arch. Ophthaamol. 2005; 123(6): 759-764.
- [16] Singalavanija A, Supokavej J, Bamroongsuk P, Sinthanayothin C, Phoojaruenchanachai S and Kongbunkiat V. Feasibility study on computer-aided screening for diabetic retinopathy. Jpn,J. Ophthalmol. 2006; 50(4): 361-366.
- [17] Ege BM, Hejlesen OK, Larsen OV, Moller K, Jennings B, Kerr D, Cavan DA. “Screeningfor diabetic retinopathy using computer based image analysis and statisticalclassification”. Computer Methods Programs Biomed, 62(3): pp. 165-75,2000.
- [18] Li H, Chutatape O. “A Model-Based Approach for Automated Feature Extraction in Fundus Images”. In Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Computer Vision, IEEE Computer Society, 2003.

- [19] Kahai P, Namuduri KR and Thompson H. A decision support framework for automated screening of diabetic retinopathy. *Int. J. Biomed. Image*, 2006; 2006(8): 1-8.
- [20] Lee SC, Lee ET, Kingsley RM, Wang Y, Russell D, Klein R and Warn A. Comparison of diagnosis of early retinal lesions of diabetic retinopathy between a computer system and human experts. *Arch. Ophthaamol.* 2005; 123(6): 759-764.
- [21] Neubauer AS, Chryssafis C, Thiel M, Priglinger S, Lussen WU and Kampik A. Screening for diabetic retinopathy and optic disc topography with the retinal thickness analyzer. *Ophthalmologe* 2005; 102(3): 251-258.
- [22] Estabridis K and de Figueiredo RJP. Automatic detection and diagnosis of diabetic retinopathy. In: *IEEE Int. Conf. Image Processing, ICIP 2007*. Texas: IEEE; 2007. p. 11445–11448.
- [23] Ahmad-Fadzil M, Nugroho HA and Nugroho H. Gaussian bayes classifier for medical diagnosis and grading: application to diabetic retinopathy. In: *IEEE EMBS*. Kuala Lumpur, Malaysia: IEEE. 2010. p. 52-56.
- [24] Sinthanayothin C, Boyce J, Williamson T, Cook H, Mensah E, Lal S and Usher D. Automated Detection of Diabetic Retinopathy on Digital Fundus Images. *Diabetic Medicine* 2004; 21(1): 84–90.
- [25] Goatmana KA, Whitwama AD, Manivannana A, Olsonb JA and Sharpa PF. Colour Normalisation of Retinal Images. In: *Proceeding of Medical Image Understanding and Analysis*. United Kingdom: University of Aberdeen. 2003. p. 1-4.
- [26] Abramoff DM, Niemeijer M, Suttrop-Schulten SAM, Viergever AM, Russell RS and Van Ginneken B. Evaluation of a system for automatic detection of diabetic retinopathy from color fundus photographs in a large population of patient with diabetes. *Diabetes Care* 2008; 31(2): 193-198.
- [27] Phillips R, Forrester J, Sharp P. “Automated detection and quantification of retinal exudates”. *Graefes. Arch. Clin. Exp. Ophthalmol*, pp. 90-94, 1993.

- [28] Liu Z, Opas C, Krishnan SM. "Automatic image analysis of fundus Photograph". In Proceedings of International Conference on Engineering in Medicine and Biology, pp. 524-525, 1997.
- [29] Ege BM, Hejlesen OK, Larsen OV, Moller K, Jennings B, Kerr D, Cavan DA. "Screening for diabetic retinopathy using computer based image analysis and statistical classification". *Computer Methods Programs Biomed*, 62(3): pp. 165-75, 2000.
- [30] Li H, Chutatape O. "A Model-Based Approach for Automated Feature Extraction in Fundus Images". In Proceedings of the Ninth IEEE International Conference on Computer Vision, IEEE Computer Society, 2003.
- [31] Usher D, Dumskyj M, Himaga M, Williamson TH, Nussey S, Boyce J. "Automated detection of diabetic retinopathy in digital retinal images: a tool for diabetic retinopathy screening". *Diabetes Medicine*, 21(1): pp. 84-90, 2004.
- [32] Sinthanayothin C, Boyce JF, Williamson TH, Cook HL, Mensah E, Lal S, Usher D. "Automated detection of diabetic retinopathy on digital fundus images". *Diabetes Medicine*, 19(2): pp. 105-112, 2002.
- [33] Kavitha D, Shenbaga DS. "Automatic detection of optic disc and exudates in retinal images". In *Intelligent Sensing and Information Processing*, pp. 501-506, 2005.
- [34] Osareh A, Mirmehdi M, Thomas B, Markham R. "Automated identification of diabetic retinal exudates in digital colour images". *Br. J. Ophthalmology*, 87(10): pp. 1220-1223, 2003.
- [35] Zhang X, Chutatape A. "Detection and classification of bright lesions in color fundus images". In *International Conference on Image Processing*, pp. 139-142, 2004.
- [36] Gardner GG, Keating D, Williamson TH, Elliott AT. "Automatic detection of diabetic retinopathy using an artificial neural network: a screening tool". *British Journal Ophthalmology*, 80(11): pp. 940-944, 1996.
- [37] Goh KG, Hsu W, Lee ML, Wang H. "Automatic Diabetic Retinal Image Screening system". In *Medical data mining and knowledge discovery*, Physica-Verlag, Heidelberg, pp. 181-210, 2001.

- [38] Walter T, Klein JC, Massin P, Erginay A. "A contribution of image processing to the diagnosis of diabetic retinopathy detection of exudates in color fundus images of the human retina". IEEE Trans Med Imaging, 21(10): pp.1236-1243,2002.
- [39] Stapor K, switonski A, Chrastek R, Michelson G. "Segmentation of Fundus Eye Images Using Methods of Mathematical Morphology for Glaucoma Diagnosis". In Computational Science, pp. 41-48, 2004.
- [40] Sanchez CI, Hornero R, Lopez MI, Poza J. "Retinal image analysis to detect and quantify lesions associated with diabetic retinopathy". IEEE in Medicine and Biology Society, pp. 1624-1627, 2004.
- [41] Mitra SK, Lee TW, Goldbaum M. "A Bayesian network based sequential inference for diagnosis of diseases from retinal images". Pattern Recognition Letter, 26(4): pp. 459-470. 2005.
- [42] Grundland M, Dodgson NA. "Color histogram specification by histogram warping". In Proceeding of the SPIE on Color Imaging X: Processing, Hardcopy, and Applications, 5667: pp. 837-840,2005.
- [43] Ward N, Tomlinson S, and Taylor C. "Image analysis of fundus photographs, the detection and measurement of exudates associated with diabetic retinopathy". Ophthalmology 96, 1, 80-86, 1989.
- [44] Zhang J, Kamata SI. "Adaptive Local Contrast Enhancement for the Visualization of High Dynamic Range Images". International Conference on Pattern Recognition, pp. 1-4,2008.
- [45] Kittipol W, Nualsawat H, and Ekkarat P. "Identification of exudates using fuzzy mathematical morphology". Journal of Computer Science, 10(5), 852-860, 2014.
- [46] Kauppi T, Kalessnykiene V, Kamarainen J, Lensu L, Sorri I, Raninen A, Voutilainen R, Uusitalo H, Kalviainen H, and Pietila J. "The role of model-based illumination correction in processing colour eye fundus images". In Proceeding of the international union for physical and engineering sciences in medicine, pp.760-729, 2009.

- [47] Kittipol W, Nualsawat H, and Ekkarat P. "Identification of exudates using fuzzy mathematical morphology". *Journal of Computer Science*, 10(5), 852-860, 2014.



ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธีระวัฒน์ แสงอรุณ
วันเกิด	วันที่ 5 ตุลาคม พ.ศ. 2537
สถานที่เกิด	จังหวัดร้อยเอ็ด ประเทศไทย
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 54 ม.10 ต.นิเวศน์ อ.ธวัชบุรี จ.ร้อยเอ็ด
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	-
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	-
ประวัติการศึกษา	พ.ศ. 2558 ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ปวส.) สาขาคอมพิวเตอร์ธุรกิจ วิทยาลัยอาชีวศึกษาร้อยเอ็ด พ.ศ. 2561 ปริญญาบริหารธุรกิจบัณฑิต (บธ.บ.) สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ ธุรกิจ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม พ.ศ. 2564 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วศ.ม.) สาขาวิชา วิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ทุนวิจัย	-
ผลงานวิจัย	-

พูน ปณู ทิโต ชีเว