สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

เรื่อง

การคัดกรองโรคจอตามีสิ่งซึมเยิ้มข้นจากผู้ป่วยเบาหวาน ด้วยการเรียนรู้รวม

Exudates in Diabetes Patient Classification using Ensemble Learning

โครงการวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัย
จาก
สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ปีงบประมาณ พ.ศ. ๒๕๕๕

คณะผู้วิจัย

นายกฤษณะ ชินสาร	หัวหน้าโครงการวิจัย*
นางสาวสุวรรณา รัศมีขวัญ	ผู้ร่วมวิจัย*
นางสาวสุนิสา ริมเจริญ	ผู้ร่วมวิจัย*
นายอัณณ์นุพันธ์ รอดทุกข์	ผู้ร่วมวิจัย**
นายภูสิต กุลเกษม	ผู้ร่วมวิจัย*
นางสาวเบญจภรณ์ จันทรกองกุล	ผู้ร่วมวิจัย*
นางสาวจรรยา อ้นปันส์	ผู้ช่วยวิจัย*
นายเอกจิต แซ่ลิ้ม	ผู้ช่วยวิจัย*

*ศูนย์วิจัย Knowledge and Smart Technology คณะวิทยาการสารสนเทศ มหาวิทยาลัยบูรพา

**ภาควิชาวิทยาการคอมพิวเตอร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

เริ่มบริการ
15 ก.ค. 2557

- 7 พ.ค. 2557
335543 ว0165102

อภินันทนาการ

บทคัดย่อ

สิ่งซึมเยิ้มข้นที่เกิดขึ้นในจอตาของผู้ป่วยเบาหวานเป็นอันตรายอย่างยิ่งต่อการมองเห็นของคนไข้เบาหวาน และเป็นสาเหตุสำคัญของโรคตาบอดของผู้ป่วยเบาหวาน และเนื่องจากปัจจุบันนี้มีจำนวนผู้ป่วยโรคเบาหวานที่มีอาการลักษณะดังกล่าวเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่อัตราการเพิ่มของแพทย์ยังไม่เป็นไปในทิศทางเดียวกัน ทำให้แพทย์แต่ละท่านต้องมีภาระเพิ่มมากขึ้นค่อนข้างมาก ดังนั้นงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการเพื่อตรวจหาสิ่งซึมเยิ้มข้นที่เกิดขึ้นที่จอตาจากภาพจอตาของผู้ป่วย เพื่อช่วยกรองข้อมูลในเบื้องต้นหรือใช้สำหรับยืนยันผล ซึ่งถ้าหากสามารถตรวจพบสิ่งซึมเยิ้มข้นได้ในตั้งแต่ระยะเริ่มต้นของอาการก็จะสามารถบรรเทาความรุนแรงของโรคเบาหวานที่จอตาได้ในระดับหนึ่ง

งานวิจัยนี้นำเสนอวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขและวิธีการเชิงคำนวณสำหรับการตรวจจับหาสิ่งซึมเยิ้มข้นในภาพจอตาของผู้ป่วยเบาหวานที่จอตา โดยแบ่งขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยใช้ขั้นตอนวิธี Hierarchical Clustering 2) การใช้ Hough Transform สำหรับการหาบริเวณ Disc ของดวงตา 3) การทำ Image Enhancements กับผลการทดลองสองขั้นตอนก่อนหน้านี้ และ 4) การทำ Image Subtractions ระหว่างข้อมูลภาพจากขั้นตอน 3) กับภาพต้นฉบับ จากผลการทดลองเบื้องต้นซึ่งผู้วิจัยได้ทดสอบขั้นตอนวิธีที่นำเสนอกับข้อมูลภาพที่มีสิ่งซึมเยิ้มข้นที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยเบาหวานที่จอตาพบว่า ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ

Abstract

Diabetic Retinopathy with exudates causes a major problem in human visualization and can become a cause of blindness to diabetic patients. In addition, the numbers of diabetic retinopathy patients are increased while the numbers of doctors cannot be easily increased in the same proportion. This circumstance causes a heavy work load to doctors. This research work proposes a method to detect exudates from the image of diabetic retinopathy. With the proposed method, the hospital may use it to preliminary classify patients with exudates from those who have none or may use it to re-confirm doctor diagnosis. The early detection of exudates in diabetic retinopathy patients will help reduce seriousness in diabetic retinopathy.

This research proposes digital image processing and numerical methods for detecting exudates in diabetic retinopathy patients. We divide our proposed methods into 4 main parts which are: 1) layering image data using Hierarchical clustering technique, 2) detecting retina disc using hough transform, 3) improving the quality of images got from step 1 and step 2 by image enhancement techniques, and 4) finalizing the result using image subtraction techniques on the image got from step 3 and the original image. Experimental results confirm that the proposed methods can detect the region of interest which is an exudates area of diabetic retinopathy patients.

สารบัญ

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย 2

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

1.5 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย 3

บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4

2.1 โรคจอตามีสิ่งซึมเยิ้มข้นจากผู้ป่วยเบาหวาน 4

2.2 Thresholding 7

2.3 การจัดกลุ่ม (Clustering) 8

2.3.1 วิธีการจัดกลุ่มตามลำดับชั้น (Hierarchical Clustering) 8

2.3.2 การจัดกลุ่มแบบ Agglomerative Hierarchy (Agglomerative Hierarchical Clustering) 9

2.4 การแปลงฮัฟ (Hough Transform) 10

2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง 12

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 13

3.1 Object Attribute Thresholding Process (OAT) 13

3.2 Hierarchical Clustering 14

3.3 Hough Transform 14

3.4 Image Enhancements 14

3.5 Image Subtractions 14

บทที่ 4 ผลการทดลองเบื้องต้น 15

4.1 Object Attribute Thresholding Process (OAT) 15

4.2 Hierarchical Clustering 16

4.3 Hough Transform 17

4.4 Image Enhancements 17

4.5 Image Subtractions 18

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง 19

5.1 สรุปผลการทดลอง 19

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ 19
บรรณานุกรม 21

บทที่ 1 บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันโรคเบาหวานเป็นโรคเรื้อรังที่เป็นปัญหาที่สำคัญ และมีผลกระทบต่อการดำรงชีวิตและภาวะเศรษฐกิจของผู้ป่วยและครอบครัว รวมทั้งประเทศชาติ สิ่งที่สำคัญที่สุดคือ การที่ผู้ป่วยได้รับการวินิจฉัยและได้รับการดูแลรักษาตั้งแต่ในระยะแรกของโรค จากข้อมูลสถิติของ WHO ปี พ.ศ. 2543 พบว่าทั่วโลกมีคนเป็นเบาหวาน 171 ล้านคน และจะเพิ่มขึ้นเป็น 366 ล้านคนในปี พ.ศ. 2547 ประมาณร้อยละ 50 ไม่รู้ว่าตัวเองเป็นเบาหวาน และเมื่อเป็นเบาหวาน 15 ปี พบว่ามีปัญหาตาบอดร้อยละ 2 มีปัญหาสายตาเลือนลางร้อยละ 10 แต่ถ้าตรวจจอประสาทตาอย่างละเอียดพบว่า มีอาการจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานได้ถึงร้อยละ 32 จากการศึกษาของ The Wisconsin Epidemiological Study of Diabetic Retinopathy (WESDR) พบว่าในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 1 ซึ่งเป็นมานานกว่า 15 ปี ร้อยละ 3 จะตาบอดและจะเพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 12 ถ้าเป็นโรคเบาหวานนานกว่า 30 ปี ส่วนในกลุ่มผู้ป่วยเบาหวานชนิดที่ 2 จะพบตาบอดได้ร้อยละ 7 ถ้าเป็นโรคนาน 20 - 24 ปี การที่ผู้ป่วยเบาหวานสูญเสียดวงตานั้นเกิดขึ้นได้หลายสาเหตุ ทั้งการบดบังขัดขวางทางเดินของแสงที่เข้าสู่ภายในลูกตาเนื่องจากต้อกระจก หรือมีเลือดออกในวุ้นตา (Vitreous) หรือจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวาน (Diabetic Retinopathy) ซึ่งเรียกกันโดยทั่วไปว่าเบาหวานขึ้นตา หรือจากเส้นประสาทตาผิดปกติ (Optic Neuropathy) อย่างใดอย่างหนึ่งหรือรวมกันก็ได้ โดยที่จอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานจะเป็นสาเหตุหลักที่พบมากที่สุดในการทำให้ผู้ป่วยเบาหวานสูญเสียสายตา

จอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานเป็นสาเหตุสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้การเห็นผิดปกติ ผู้ที่เป็นเบาหวานทุกคนมีโอกาสเกิดภาวะดังกล่าวได้ และยิ่งเป็นเบาหวานนานก็ยิ่งมีโอกาสเกิดมากขึ้น โดยทั่วไปจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานจะไม่พบอาการในระยะแรก อาการตามัวจะเกิดขึ้นในภายหลังเมื่อจุดรับภาพ (Macula) ได้รับผลกระทบทำให้การเห็นลดลง ดังนั้นสิ่งสำคัญที่สุดที่จะช่วยป้องกันจอประสาทตาผิดปกติในผู้ป่วยเบาหวานคือ การตรวจพบและได้รับการดูแลในระยะแรกของโรค ด้วยเหตุนี้เองจึงทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาและนำเทคนิคการประมวลผลภาพ (Image processing) การสกัดข้อมูลภาพ (Image Extraction) ของลักษณะพยาธิกำเนิดของจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวาน (Diabetic Retinopathy) เพื่อประมวลผลภาพอย่างมีประสิทธิภาพและให้ได้ข้อมูลที่เชื่อถือได้ช่วยในการตัดสินใจทางการแพทย์ ในการวินิจฉัยให้การรักษาเบาหวาน และเป็นการป้องกันการตาบอดในกลุ่มประชากรเหล่านี้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาเทคนิคการประมวลผลภาพสำหรับใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการเตรียมภาพของภาพจอประสาทตา

1.2.2 เพื่อศึกษาการจัดกลุ่มข้อมูลแบบอาศัยความหนาแน่นสำหรับใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการแยกสกัดลักษณะภาพจอประสาทตาผิดปกติ

1.2.3 เพื่อศึกษาการรู้จำภาพจอประสาทตาผิดปกติสำหรับใช้ในการพัฒนาขั้นตอนการรู้จำรูปภาพจอประสาทตา

1.2.4 เพื่อศึกษาและพัฒนาขั้นตอนวิธีการหาบริเวณและลักษณะเด่นของจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานที่เป็นไปได้

1.2.5 เพื่อให้ผู้ที่สนใจสามารถนำแนวความคิดที่นำเสนอไปศึกษาเพื่อทำการพัฒนาหรือประยุกต์ใช้ในงานวิจัยของตนเองต่อไป

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้มุ่งที่จะศึกษาและพัฒนาการนำเทคนิคประมวลผลภาพและการจัดกลุ่มข้อมูลมาใช้งานร่วมกันเพื่อสกัดข้อมูลที่เป็นลักษณะความผิดปกติของจอประสาทตาจากเบาหวานโดยมีขอบเขตดังต่อไปนี้

1.3.1 ข้อมูลภาพจอประสาทตาจากฐานข้อมูล Lappeenranta University of Technology ประเทศฟินแลนด์

1.3.2 ภาพจอประสาทตาที่ใช้ในการประมวลผลภาพต้องเป็นภาพสีที่มีความละเอียดไม่ต่ำกว่า 96 จุดต่อนิ้ว

1.3.3 ภาพจอประสาทตาที่ใช้ในการศึกษาต้องเป็นภาพที่แสดงเส้นประสาทและเส้นเลือดฝอยและรายละเอียดอื่นๆของจอตาอย่างชัดเจน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ขั้นตอนวิธีการหาลักษณะเด่นของจอประสาทตาที่ผิดปกติจากเบาหวานโดยอาศัยเทคนิคการประมวลผลภาพและการจัดกลุ่มข้อมูลมาตัดสินใจหาลักษณะผิดปกติที่เป็นไปได้

1.4.2 สามารถนำไปพัฒนาระบบช่วยตัดสินใจในงานด้านการวินิจฉัยอาการจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานซึ่งจะทำให้ช่วยลดค่าใช้จ่ายที่เป็นต้นทุนและเวลาในวินิจฉัยสำหรับเรื่องดังกล่าวให้น้อยลงจากเดิม

1.4.3 ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอจะสามารถใช้เป็นต้นแบบในการศึกษาขั้นสูงต่อไป

1.5 ระยะเวลาทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

ดำเนินการวิจัยแบบ 2 ปีต่อเนื่อง (ปีงบประมาณ 2555-2556)

แผนการดำเนินงานปีที่ 1 (ปีงบประมาณ 2555)

แผนการดำเนินงานวิจัย	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
➢ การจัดเตรียมเครื่องมืออุปกรณ์และวัสดุวิจัย	⇨											
➢ การศึกษาการประมวลผลภาพ	→	→	→	→	→	→						
➢ การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 1							⇨					
➢ ขั้นตอนการสกัดคุณลักษณะของจอประสาทตาผิดปกติ							→	→	→	→	→	→
➢ การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 2												⇨

แผนการดำเนินงานปีที่ 2 (ปีงบประมาณ 2556)

แผนการดำเนินงานวิจัย	เดือนที่											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
➢ การศึกษาการเรียนรู้แบบผสมสำหรับการการหาความผิดปกติของภาพจอตา (Classification)	→	→	→	→	→	→						
➢ การจัดทำรายงานความก้าวหน้าครั้งที่ 3							⇨					
➢ พัฒนาเป็น Web-based Application สำหรับผู้ใช้ทั่วไป							→	→	→	→	→	→
➢ จัดส่งรายงาน												⇨

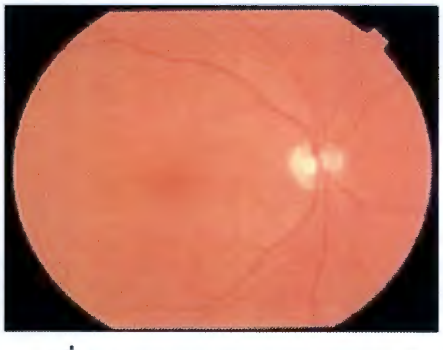
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 โรคจอตามีสิ่งซึมเยิ้มข้นจากผู้ป่วยเบาหวาน

การเปลี่ยนแปลงที่จอประสาทตาพบว่า มีพยาธิสภาพอยู่ที่หลอดเลือดของจอประสาทตาโดยมีการอุดตันของหลอดเลือดฝอยและผนังหลอดเลือดฝอยบางแห่งมีการโป่งพอง การเปลี่ยนแปลงนี้มีกลไกการเกิดได้หลายทางจากการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีซึ่งสัมพันธ์กับระดับน้ำตาลในพลาสมาที่สูง และ Glucose Metabolism โดยพบว่าระดับน้ำตาลในพลาสมาที่สูงขึ้นทำให้เกิดการคั่งของสาร Sorbitol ซึ่งแปลงสภาพมาจากน้ำตาลมีผลต่อการทำลายเซลล์ที่ผนังหลอดพลาสมาฝอย ภาวะที่น้ำตาลในพลาสมาสูงทำให้เกิดการกระตุ้น Protein Kinase C และการหลั่งสาร Prostaglandin ทำให้การไหลเวียนของเลือดที่จอประสาทตาเปลี่ยนแปลงผนังหลอดเลือดมี Permeability เพิ่มขึ้นทำให้น้ำไขมันและสารประกอบอื่นๆในพลาสมาผ่านออกมาได้และร่างกายมีการหลั่งสารกระตุ้นต่างๆเช่น Fibroblast Growth Factor, Vascular Endothelial Growth Factor, Platelet Derived Growth Factor ซึ่งมีผลกระตุ้นให้เกิดการสร้างหลอดเลือดฝอยใหม่ที่ผิดปกติในจอประสาทตา

การจำแนกระยะและลักษณะของจอประสาทตาผิดปกติจากเบาหวานโดยการเปลี่ยนแปลงที่จอประสาทตาแบ่งได้เป็น3ระยะคือ

1. Nonproliferative Diabetic Retinopathy (NPDR) หรือ Background Diabetic Retinopathy (BDR) เป็นการเปลี่ยนแปลงในระยะเริ่มแรก (รูปที่2-1ข.) พยาธิสภาพที่จอประสาทตาที่พบได้คือ



รูปที่ 2-1 ก.แสดงจอประสาทตาปกติ

รูปที่ 2-1 ข.แสดงการเปลี่ยนแปลงที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานในระยะเริ่มแรกพบมี Microaneurysm(←), Retinal Hemorrhage(⇐) และ Hard Exudates(*)

1.1 การโป่งพองของหลอดเลือดฝอย (Microaneurysm) เกิดจากผนังหลอดเลือดฝอยบางลงและโป่งพองเห็นเป็นจุดแดงเล็กๆหลอดเลือดฝอยที่โป่งพองหรือหลอดเลือดฝอยที่ผนังมีการเปลี่ยนแปลงอาจทำให้มีเลือดออกหรือมีไขมันรั่วออกมาอยู่ในชั้นจอประสาทตา

1.2 ไขมันในเลือดที่รั่วออกมาจากหลอดเลือด (Hard Exudate) เห็นเป็นก้อนขาวเหลืองอาจอยู่เป็นจุดหรือรวมเป็นกลุ่มใหญ่สะสมอยู่ในชั้นของจอประสาทตา

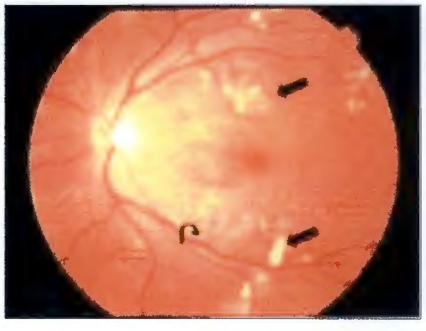
1.3 เลือดออกในจอประสาทตา (Retinal Hemorrhage) เป็นเลือดที่รั่วออกมาจากผนังของหลอดเลือดฝอยอาจเห็นเป็นจุดเล็กๆ (Dot Hemorrhage) หรือจุดใหญ่ (Blot Hemorrhage) หรือกระจายเป็นทางเหมือนเปลวไฟ (Flame-Shape Hemorrhage)

1.4 เส้นใยประสาทตาบวม (Cotton Wool Spots) เห็นเป็นก้อนสีขาวเหมือนปุยนุ่นเกิดจากการขาดเลือดที่จอประสาทตาทำให้มีการบวมของเส้นใยประสาทตา (Nerve Fiber Layer)

1.5 หลอดเลือดดำขยาย (Dilated Retinal Vein) พบหลอดเลือดดำพองตัวเป็นการเปลี่ยนแปลงในระยะเริ่มแรกของ Diabetic Retinopathy เนื่องจากมีการเพิ่มการไหลเวียนของเลือดที่จอประสาทตา

1.6 การบวมบริเวณจุดภาพชัดของจอประสาทตา (Macular Edema) เป็นการบวมที่บริเวณ Macula เกิดจากมีน้ำหรือ Serum รั่วออกมาจากหลอดเลือดและเกิดจากการสูญเสียหน้าที่การทำงานของเซลล์ Retinal Pigment Epithelium ที่ควบคุมภาวะสมดุลของน้ำในชั้นจอประสาทตา

2. Preproliferative Diabetic Retinopathy (PPDR) หรือ Severe Nonproliferative Diabetic Retinopathy (SevereNPDR) เป็นระยะที่จอประสาทตาขาดเลือดไปเลี้ยงมากขึ้น (ภาพที่ 2-2) เป็นการเปลี่ยนแปลงก่อนที่จะเข้าสู่ระยะ Proliferative Diabetic Retinopathy โดยพบการเปลี่ยนแปลงที่เพิ่มเติมจาก NPDR คือ



รูปที่ 2-2 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่จอประสาทตาในผู้ป่วยเบาหวานในระยะ Preproliferative Diabetic Retinopathy มีเลือดออกกระจายทั่วไป (⇦) หลอดเลือดดำขยายโป่งพอง (↷) และมีเส้นใยประสาทตาบวมเห็นเป็น Cotton Wool Spot (✐)

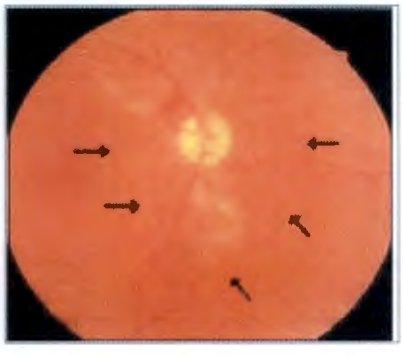
2.1 หลอดเลือดผิดปกติในชั้นจอประสาทตา (Intraretinal Microvascular Abnormalities หรือ IRMA) เห็นเป็นลักษณะเหมือนหลอดเลือดฝอยที่ขยายตัว (Capillary Dilatation) ซึ่งเกิดจากหลอดเลือดดำเจริญไปเลี้ยงยังบริเวณที่มี Capillary Closure หลอดเลือดเหล่านี้อาจดูคล้ายหลอดเลือดสร้างใหม่ที่ผิดปกติ (Neovascularization) แต่หลอดเลือดยังคงอยู่ในชั้นจอประสาทตา

2.2 เลือดออกในชั้นจอประสาทตาเป็นจำนวนมากพบมีเลือดออกเป็นจุดกระจายทั่วจอประสาทตา

2.3 หลอดเลือดดำโป่งพองหรือโค้งเป็นวง (Venous Beading, Venous Loop) หลอดเลือดดำโป่งเพิ่มขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางอาจเห็นเป็นปล้องๆหรือโค้งเป็นวงเกิดเนื่องจากประสาทตาขาดเลือดมากขึ้น

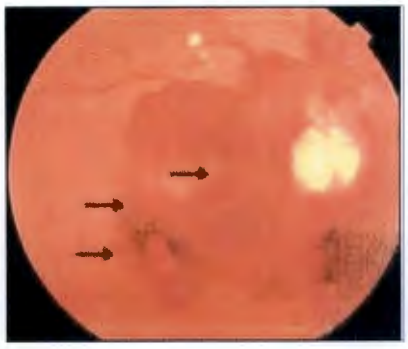
2.4 เส้นใยประสาทตาบวมเป็นจำนวนมาก (Multiple Cotton Wool Spots) พบ Cotton Wool Spots เป็นจำนวนมากซึ่งแสดงถึงภาวะประสาทตาขาดเลือด

3. Proliferative Diabetic Retinopathy (PDR) เป็นการเปลี่ยนแปลงของจอประสาทตาระยะที่มีหลอดเลือดสร้างใหม่ (Neovasculari-Zation: NV) เกิดขึ้น (รูปที่2-3 ก. และ ข.) จะพบมีหลอดเลือดเจริญออกมานอกชั้นจอประสาทตาเข้าไปในวุ้นตาเส้นเลือดใหม่กลุ่มนี้จะมีผนังที่ไม่แข็งแรงจึงแตกง่ายเกิดเลือดออกในวุ้นตา (Vitreous Hemorrhage: VH) (รูปที่2-3 ค.) พบมีเนื้อเยื่อพังผืด (Fibrovascular Tissue) เจริญตามหลอดเลือดที่ผิดปกติเข้าไปในวุ้นตาและเนื้อเยื่อพังผืดจะดึงรั้งทำให้จอประสาทตาลอก (Tractional Retinal Detachment: TRD) (รูปที่2-3 ง.) ซึ่งเป็นสาเหตุของตาบอด

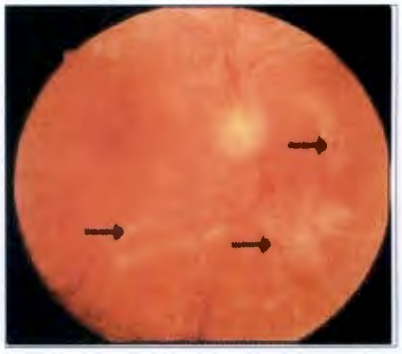


รูปที่ 2-3 ก. แสดงการเปลี่ยนแปลงของจอประสาทตาระยะที่เกิดหลอดเลือดใหม่ที่ผิดปกติบริเวณ Optic Disc (Neovascularizationon Optic Disc: NVD) (⇨)

รูปที่ 2-3 ข.แสดงการเปลี่ยนแปลงของจอประสาทตาระยะที่เกิดหลอดเลือดใหม่บริเวณอื่นๆ (Neovascularization Elsewhere: NVE) (⇦)



รูปที่ 2-3 ค. แสดงการเปลี่ยนแปลงของจอประสาทตาระยะทีเกิดหลอดเลือดใหม่ซึ่งมีเลือดออกในวุ้นตา (⇨)



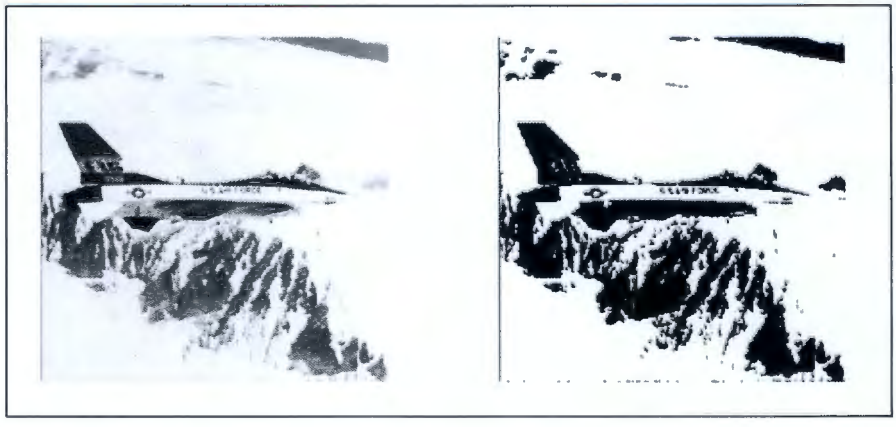
รูปที่ 2-3 ง. แสดงการเปลี่ยนแปลงของจอประสาทตาในระยะ PDR ซึ่งมีเนื้อเยื่อพังผืดดึงรั้งทำให้จอประสาทตาลอก (⇨)

ปัญหาที่นำเสนอในครั้งนี้เป็นปัญหาที่เกี่ยวกับการวิเคราะห์และสกัดหาคุณลักษณะเด่น (Feature Extraction) ของภาพจอประสาทตาที่ผิดปกติจากเบาหวานหาลักษณะการเปลี่ยนแปลงที่จอตาอย่างอัตโนมัติซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการช่วยจักษุแพทย์คัดกรองผู้ป่วยที่มีจอประสาทตาเปลี่ยนแปลงแต่เริ่มแรกจะได้ให้การรักษาได้ทันท่วงที

2.2 Thresholding

Thresholding เป็นวิธีการแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพ (Image Segmentation) ที่ง่ายที่สุด ซึ่งใช้สำหรับสกัดข้อมูลภาพส่วนที่เป็นวัตถุที่เรากำลังสนใจ ออกจากส่วนพื้นหลัง โดยการสกัด โดยใช้ความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์อย่างง่ายมาเป็นเงื่อนไขสำหรับการตัดสินใจ

$$f(x,y) = \begin{cases} 0 & if\ f(x,y) < T \\ 255 & otherwise \end{cases}$$



รูปที่ 2-4การแบ่งกลุ่มข้อมูลภาพโดยวิธี Thresholding

2.3 การจัดกลุ่ม (*Clustering*)

ความต้องการสร้างโครงสร้างและการเรียนรู้ เพื่อสร้างการจัดกลุ่มวิจัยในสาขาวิชาขั้นสูง ทำให้จำนวนของข้อมูลเติบโตอย่างรวดเร็ว และมนุษย์ไม่สามารถค้นหาความรู้อย่างง่ายจากข้อมูลที่มีปริมาณมากในฐานข้อมูลโดยปราศจากการใช้เทคนิคการสรุปพื้นฐานทางสถิติของข้อมูลได้ ซึ่งข้อมูลโดยทั่วๆ ไป สามารถอธิบายได้ด้วยสองวิธี ได้แก่ 1) อธิบายจากคุณลักษณะ (Attributes/Features) ของข้อมูล หรือ 2) อธิบายโดยดูจากความสัมพันธ์ของจุดข้อมูลนั้นกับจุดข้อมูลอื่นๆ เช่นระยะห่างระหว่างสองจุดข้อมูล ความเหมือนหรือความคล้ายกันของสองจุดข้อมูล เป็นต้น อย่างไรก็ตามความสัมพันธ์ระหว่างจุดข้อมูลที่มีความซับซ้อน หรือระหว่างลักษณะ หรือทั้งสองอย่างสามารถค้นหาผ่านการวิเคราะห์จัดกลุ่มข้อมูล (Cluster Analysis) ได้

การจัดกลุ่มข้อมูลหมายถึงกระบวนการในการแบ่งข้อมูลออกเป็นกลุ่มๆ แบบอัตโนมัติ โดยที่ไม่ต้องมีคลาสคำตอบเรียกเทคนิคนี้ว่าเทคนิคการเรียนรู้โดยไม่มีผู้สอน (Unsupervised Learning Technique) ซึ่งแต่ละกลุ่มเรียกว่าคลัสเตอร์ (Cluster) ข้อมูลที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันจะมีความเหมือนหรือคล้ายกันมากกว่าข้อมูลที่อยู่ต่างกลุ่ม ตัวอย่างการนำการจัดกลุ่ม มาประยุกต์ใช้ เช่นในสาขาชีววิทยา การจัดกลุ่มถูกใช้ในการจัดแบ่งสิ่งมีชีวิตออกเป็นกลุ่มสปีชีต่างๆ การประยุกต์ในสาขาวิชาอื่นๆ คือการจัดการลูกค้าสัมพันธ์ ดังนั้นจะเห็นว่าการจัดกลุ่มคือสิ่งที่จำเป็นในกระบวนการทำเหมืองข้อมูล เพราะสามารถจัดการสรุปข้อมูลได้ง่าย

วิธีการจัดกลุ่มที่แบ่งออกเป็น 2 ประเภทได้แก่วิธีการแบบตัดแบ่ง (Partitive Algorithms) และวิธีการแบบลำดับชั้น (Hierarchical Methods) วิธีการแบบตัดแบ่งเป็นวิธีการคล้ายกับ c-Means คือทำการจัดกลุ่มรูปแบบของข้อมูลออกเป็นกลุ่มหรือคลัสเตอร์ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนด ซึ่งจำนวนคลัสเตอร์จะถูกกำหนดไว้ก่อนล่วงหน้า ส่วนวิธีการแบบลำดับชั้นจะจัดกลุ่มด้วยวิธี Agglomerative และ Divisive จะไม่มีการกำหนดจำนวนกลุ่ม แต่จะมีการกำหนดค่าหรือเงื่อนไขบางอย่างในการจัดกลุ่มเอาไว้

2.3.1 วิธีการจัดกลุ่มตามลำดับชั้น (Hierarchical Clustering)

วิธีการจัดกลุ่มตามลำดับชั้นจะทำการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลแบบลำดับชั้นโดยใช้แผนผังเดนโดรแกรมซึ่งมีลักษณะเป็นโครงสร้างแบบต้นไม้ มีการนำเอาเมทริกต์แสดงความคล้ายหรือความไม่คล้ายกันของแต่ละคู่ของรูปแบบข้อมูลมาใช้ในวิธีการนี้ การแบ่งของเดนโดรแกรมทำได้จากล่างไปบน โดยการเริ่มจากแต่ละออบเจกต์หรือข้อมูลแต่ละตัว การจัดกลุ่มตามลำดับชั้น สามารถลำดับชั้นต้นไม้ได้ 2 วิธี

1. การแบ่งแยกแตกออก (Divisible Algorithms) เป็นการจัดกลุ่มตามลำดับจากบนลงล่าง (Top-Down) ซึ่งจะเริ่มจากกลุ่มใหญ่ที่สุดหรือกลุ่มที่อยู่ตำแหน่ง Root และจะถูกแบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยลงมา เป็นการจัดข้อมูลจากหยาบไปละเอียด คือการแบ่งไปเป็นส่วนของส่วนย่อยแล้วทำการแบ่งแต่ละส่วนย่อยเป็นกลุ่มที่เล็กกว่า

2. การรวมเป็นกลุ่มเป็นก้อน (Agglomerative Algorithms) เป็นการจัดกลุ่มตามลำดับจากจากล่างขึ้นบน (Bottom-Up) คือเป็นการรวมกลุ่มของกลุ่มย่อยที่มีระยะห่างกันน้อยสุดรวมเข้าด้วยกันจนได้กลุ่มที่ต้องการ เป็นการจัดกลุ่มแบบละเอียดไปหยาบ วิธีนี้เริ่มด้วยการให้ข้อมูลทุกตัวอยู่ต่างกลุ่มกัน ในแต่ละลำดับชั้นจะทำการรวมกลุ่มที่มีความคล้ายคลึงกันมากที่สุดเข้าด้วยกันเกิดเป็นกลุ่มข้อมูลที่ใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ โดยการหากลุ่มของข้อมูลที่ใกล้ที่สุดมาคู่กัน แล้วค่อยๆ รวมไปเรื่อยๆ

ทั้งวิธีการแบ่งแยกแตกออกหรือการรวมเป็นกลุ่มเป็นก้อนถ้าไม่เหมาะสมจะทำให้การจัดกลุ่มมีความผิดพลาดได้ แต่โดยทั่วไปแล้ววิธีการแบบรวมเป็นกลุ่มเป็นก้อนเป็นที่นิยมมากกว่า อย่างไรก็ตามหากข้อมูลมีขนาดใหญ่วิธีการนี้ก็อาจไม่เหมาะสมเพราะเวลาที่ใช้เป็นกำลังสอง $O(N^2)$

2.3.2 การจัดกลุ่มแบบ Agglomerative Hierarchy (Agglomerative Hierarchical Clustering)

การรวมเป็นกลุ่มก้อน เริ่มต้นจากพิจารณาจุดหรือตำแหน่งที่อยู่ในบริเวณส่วนเฉพาะของแต่ละกลุ่ม ซึ่งแต่ละขั้นตอนจะทำการรวมกลุ่มเข้าด้วยกัน แนวคิดของวิธีการนี้เพื่อกำหนดความใกล้ชิดหรือความสัมพันธ์ของกลุ่มนั้นๆ รวมเข้าด้วยกัน การดำเนินการของกลุ่ม เป็นการดำเนินการแบบจากบนลงล่าง โดยทั่วไป อัลกอริทึมการรวมเป็นกลุ่มก้อน เป็นการแบ่งอย่างละเอียดไปหยาบ ดังจะกล่าวถึงรายละเอียดเทคนิควิธีการ Agglomerative Hierarchical Clustering ต่อไปนี้

วิธีการ Agglomerative Hierarchical Clustering นี้เป็นจัดกลุ่มโดยการหา ค่าความแตกต่างน้อยที่สุด (Single Linkage) ค่าความแตกต่างมากที่สุด (Complete Linkage) และ ค่าความแตกต่างแบบค่าเฉลี่ย (Group Average Linkage) โดยทั้งสามวิธีนี้มีความแตกต่างกันในทางการอธิบายลักษณะความเหมือนซึ่ง ค่าความแตกต่างน้อยที่สุด คิดจากค่าความแตกต่างระหว่างคู่ของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันน้อยที่สุด โดยข้อมูลคู่นั้นต้องอยู่ต่างกลุ่มกัน ส่วนค่าความแตกต่างมากที่สุด คิดจากค่าความแตกต่างระหว่างคู่ของข้อมูลที่มีความแตกต่างกันมากที่สุด โดยข้อมูลคู่นั้นต้องอยู่ต่างกลุ่มกันและค่าความแตกต่างแบบค่าเฉลี่ย คิดจากค่าเฉลี่ยของค่าความแตกต่างระหว่างทุกคู่ของข้อมูล โดยข้อมูลคู่นั้นต้องอยู่ต่างกลุ่มกัน

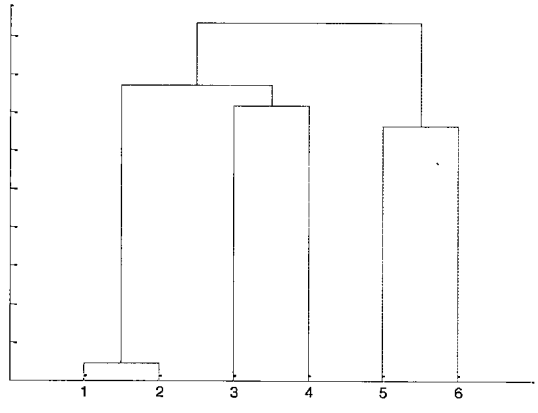
การคำนวณระยะห่างสำหรับขั้นตอนการเริ่มต้นของ Agglomerative Clustering Algorithm มีขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดตำแหน่งของจุด สร้างรายการแสดงระยะห่างระหว่างกลุ่ม (Inter Cluster) โดยไม่เรียงลำดับการจับคู่ของตัวอย่าง แต่จะเรียงลำดับรายการนี้จากน้อยไปมาก

2. ขั้นตอนต่อไปเรียงลำดับรายการตามระยะห่างให้เป็นค่า d_k กราฟของตัวอย่าง เมื่อคู่ของตัวอย่างใกล้กว่า d_k ให้ย้ายไปอยู่กลุ่มใหม่ถ้าตัวอย่างเป็นสมาชิกภายในกลุ่มอยู่แล้ว แต่ถ้าไม่ใช่ให้วนทำไปเรื่อยๆ

3. ผลลัพธ์ของอัลกอริทึมนี้เป็นกราฟที่มีลำดับการซ้อนกันตามระยะห่างระหว่างกลุ่ม

ในวิธีการแบบ Agglomeratively แผนภาพเดนโดรแกรมแสดงให้เห็นถึงขั้นตอนในการจัดกลุ่ม โดยแต่ละกลุ่มจะถูกรวมเข้าด้วยกันแบบลำดับชั้น การจัดกลุ่มของข้อมูลในแต่ละขั้นจะถูกกำหนดมาจากการตัดเดนโดรแกรมที่ระดับกำหนดไว้



รูปที่ 2-5A Dendrogram for Hierarchical Clustering

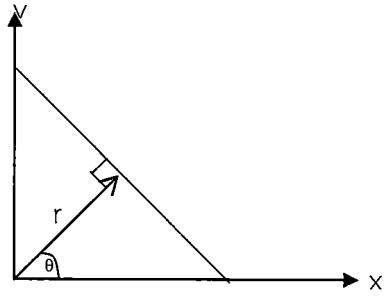
จากรูปที่ 2-5 แผนภาพเดนโดรแกรมแสดงข้อมูลหมายเลขดังต่อไปนี้ 1,2,3,4,5,6 แผนภาพแสดงให้เห็นถึงการจัดกลุ่มแบบลำดับชั้น ข้อมูลแต่ละตัวจะถูกรวมเข้ากลุ่มตามลำดับดังนี้ 12, 34, 56, 1234, 123456 และการแบ่งข้อมูลก็จะทำย้อนกลับกัน ซึ่งในการจัดกลุ่มด้วยวิธีการนี้ไม่ต้องกำหนดจำนวนกลุ่มของข้อมูล

2.4 การแปลงฮัฟ *(Hough Transform)*

การแปลงฮัฟ (Hough Transform) เป็นการค้นหาเส้นตรงหรือวงกลมจากจุดต่างๆ โดยใช้การโหวตกล่าวคือหาว่าแต่ละจุดนั้นมีเส้นใดลากผ่าน จากนั้นนำมาหาสมการที่ถูกโหวตมากที่สุดจะเป็นสมการที่ผ่านจุดมากที่สุด

การค้นหาเส้นตรงใช้การแปลงฮัฟในภาพสองมิติ ตัวอย่างของการแปลงฮัฟ คือการใช้การแปลงเชิงเส้นในการหาเส้นตรง สมการเส้นตรง $y = mx + b$ ได้นำมาใช้ในการแสดงภาพบนระนาบ x,y

แนวคิดของการแปลงฮัฟ คือจะพิจารณาจากลักษณะของเส้นตรงที่ไม่ใช่จุดของภาพ (x1,y1), (x2,y2), ..., (x_n,y_n) แต่จะอยู่ในรูปของพารามิเตอร์ต่างๆ เช่น ความชัน *m* และพารามิเตอร์ *b* จากสมการเส้นตรง $y = mx + b$ สามารถแสดงด้วยจุด *(b,m)* ในพารามิเตอร์สเปซ



รูปที่ 2-6 ความสัมพันธ์ระหว่างเวกเตอร์ r กับจุดของเส้นตรง

จากรูปที่ 2-6 คือระยะทางระหว่างจุดเริ่มต้นกับเส้นตรง θ คือมุมของเวกเตอร์จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่ใกล้สุด แสดงดังสมการ

$$y = \left(-\frac{cos\theta}{sin\theta}\right)x + \left(\frac{r}{sin\theta}\right)$$

$$r = xcos\theta + ysin\theta$$

ขั้นตอนของการแปลงฮัฟจะใช้อาเรย์แบบสะสมในการหาเส้นตรง y = mx + b โดยมิติของอาเรย์สะสม นี้จะเท่ากับจำนวนของพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบ เช่น ในปัญหาของการแปลงฮัฟพารามิเตอร์ที่ไม่ทราบคือ (m,b) และ (r,θ)

ส่วนการแปลงฮัฟสำหรับวงกลมใช้สำหรับคำนวณข้อมูลใน 3 มิติ (a,b,r) โดยที่ (a,b) เป็นตำแหน่งของจุดศูนย์กลาง r เป็นรัศมี ดังสมการ

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$$
$$x = a + rcos\theta$$
$$y = b + rsin\theta$$

วิธีการนี้จะเป็นการสร้างวงกลมที่เหมาะสมกับขอบของวัตถุโดยใช้อาเรย์สะสม (Accumulator Array) มีขั้นตอนดังนี้

1. ทำการสร้างตัวแปรอาเรย์สะสมของเซลล์สำหรับแต่ละจุด กำหนดค่าเริ่มต้นเป็น 0
2. ในแต่ละจุด แต่ละเซลล์จะเก็บค่าที่ทำการคำนวณด้วยสมการ $(x-a)^2 + (y-b)^2 = r^2$
3. คำนวณหาค่า a,bจาก $a = x - rcos\theta$, $b = y - rsin\theta$

4. จากนั้นหาเซลล์ที่มีค่ามากที่สุดที่ให้ค่ามากกว่าเซลล์ที่อยู่รอบๆ เซลล์ที่มากสุดนี้จะมีความน่าจะเป็นสูงในการบอกตำแหน่งของวงกลมที่มีรัศมี r

2.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ *(Information)* ที่เกี่ยวข้อง

AlirezaOsareh, BitaShadgar และ RichardMarkham (2009) นำเสนอบทความเรื่อง "A Computational-Intelligence-Based Approach for Detection of Exudates in Diabetic Retinopathy Images" โดยในบทความนี้นำเสนอวิธีการอัตโนมัติสำหรับการตรวจจับการซึมเยิ้มข้นในภาพจอตาโดยผู้วิจัยเลือกใช้เทคนิคการจัดกลุ่มแบบ Fuzzyc-meansสำหรับการแยกสีของภาพจอตา จากนั้นทำการแบ่งกลุ่มของภาพจอตาออกเป็นสองประเภทคือภาพที่มีการซึมเยิ้มข้นและภาพไม่มีการซึมเยิ้มข้นโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมแบบหลายชั้น (Multi-layer Perceptron Neural Network)

P. Kahai, K. R. Namuduri, และ H. Thompson (2006) นำเสนอบทความเรื่อง "A Decision Support Framework for Automated Screening of Diabetic Retinopathy" ผู้วิจัยนำเสนอระบบสนับสนุนการตัดสินใจสำหรับผู้ป่วยเบาหวานที่มีอาการปรากฏที่ตาด้วยโดยใช้กฎการตัดสินใจของเบย์

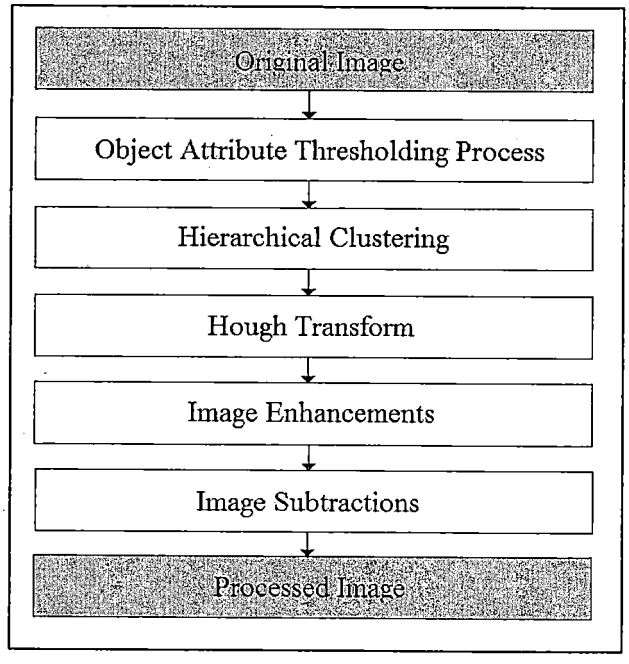
Claral. Sanchez, Roberto Hornero, Marial. Lopez, Mateo Aboy, Jesus Poza, และ Daniel Abasolo (2008) นำเสนอบทความเรื่อง "A Novel Automatic Image Processing Algorithm for Detection of Hard Exudates based on Retinal Image Analysis" ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการแบ่งแยกเชิงเส้นของฟิชเชอร์ (Fisher's Linear Discriminant Analysis) และสารสนเทศของสีภาพจอตาการสำหรับการคัดแยกประเภทของภาพที่มีการซึมเยิ้มข้น

P. Aravindhan และ P. N. Jebarani Sargunar (2010) นำเสนอบทความเรื่อง "Automatic Exudates Detection in Diabetic Retinopathy Images Using Digital Image Processing Algorithms" ผู้วิจัยนำเสนอวิธีการประมวลผลภาพเบื้องต้นเพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนจากนั้นนำเสนอวิธี MCN (Modified Cross Point Number) สำหรับการสกัดภาพการซึมเยิ้มข้นและทำการจัดกลุ่มข้อมูลโดยใช้ Fuzzy c-Means Algorithm.

สำนักหอสมุด มหาวิทยาลัยบูรพา
ต.แสนสุข อ.เมือง จ.ชลบุรี 20131

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

ในวิธีดำเนินงานวิจัยได้นำเสนอวิธีการคัดกรองโรคจอตาที่มีสิ่งซึมเยิ้มข้นจากผู้ป่วยโรคเบาหวานโดยนำภาพดวงตาของผู้ป่วยมาสกัดเพื่อตรวจจับสิ่งซึมเยิ้มข้น การสกัดและตรวจจับสิ่งซึมเยิ้มข้นนี้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังรูปที่ 3-1 ได้แก่ Object Attribute Thresholding Process, Hierarchical Clustering, Hough Transform, Image Enhancements และ Image Sustractions



รูปที่ 3-1 แผนผังวิธีดำเนินงานวิจัย

3.1 Object Attribute Thresholding Process (OAT)

ในขั้นตอนแรกของการประมวลผลเพื่อแยกส่วนภาพที่มีสิ่งเยิ้มข้นในภาพดวงตาของผู้ป่วยที่เป็นเบาหวาน ผู้วิจัยได้เลือกประยุกต์ใช้วิธี Object Attribute Thresholding Process (OAT) ซึ่งเป็นวิธีที่ประยุกต์มาจากวิธีการแยกข้อมูลวัตถุจากจากภาพพื้นหลังของ Otsu (Otsu's Algorithm) โดย OAT จะเป็นวิธีเรียกตนเองซ้ำของ Otsu (Recursive Otsu's Algorithm) ซึ่งวิธีนี้จะทำให้เราได้ขอบของภาพและสามารถประยุกต์ใช้กับภาพที่มีความซับซ้อนที่มีจุดสูงสุดของฮีสโตแกรมหลายจุด (Multiple Peak Histograms) สำหรับงานวิจัยนี้ จะเลือกใช้ขั้นตอนวิธี OAT กับ Green Space ของ RGB Color Space ทั้งนี้เนื่องจาก Green Space จะมีข้อมูลและสารสนเทศที่เหมาะสมสำหรับการสกัดลักษณะของสิ่งซึมเยิ้มข้นในภาพดวงตา

617.735
ก2813
335543
ค.3

3.2 Hierarchical Clustering

จากภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 จะนำไปจัดกลุ่มด้วยวิธี Hierarchical Clustering ซึ่งผลของการจัดกลุ่มจะทำให้ได้จุดภาพที่มีความสว่างที่คาดว่าเป็นไขมัน และ Disc ของดวงตา

3.3 Hough Transform

จากภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 จะนำไปผ่านขั้นตอนวิธี Hough Transform ซึ่งผลของการจัดกลุ่มจะทำให้ได้ ส่วนบริเวณของ Disc ของภาพดวงตา

3.4 Image Enhancements

จากภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 3 (Hough Transform) ซึ่งเป็นส่วนบริเวณของ Disc ของดวงตา ผู้วิจัยนำเอาบริเวณที่ได้ไปปรับปรุงผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอนที่ 2 (Hierarchical Clustering)

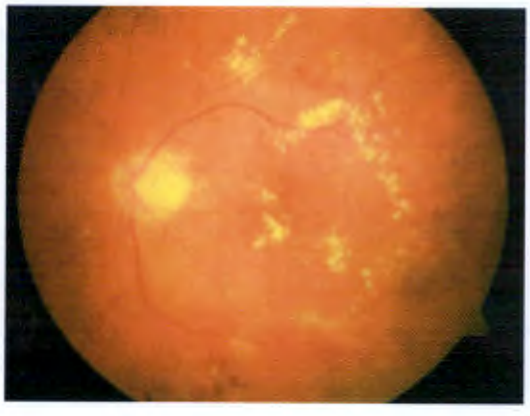
3.5 Image Subtractions

จากภาพที่ได้จากขั้นตอนที่ 4 (Image Enhancements) ซึ่งจะเป็นภาพของตำแหน่งที่จะเป็นสิ่งซึมเยิ้มข้น และ ส่วนบริเวณของ Disc ของภาพดวงตา จะถูกนำไปหาผลต่างกับภาพต้นฉบับ จะทำให้เราได้เฉพาะส่วนที่เป็นส่วนพื้นที่ของสิ่งเยิ้มข้น

บทที่ 4 ผลการทดลองเบื้องต้น

ในบทนี้ แสดงผลการทดลองเบื้องต้นที่ได้จากการใช้วิธีที่นำเสนอในบทที่ 3 โดยภาพดวงตาที่ใช้ทดสอบมีทั้งหมด 2 ภาพ ซึ่งทั้ง 2 ภาพมีแสงและความสว่างที่ต่างกัน ดังรูปที่ 4-1 และ 4-2 ซึ่งจะแสดงภาพผลลัพธ์ได้ในแต่ละขั้นตอน

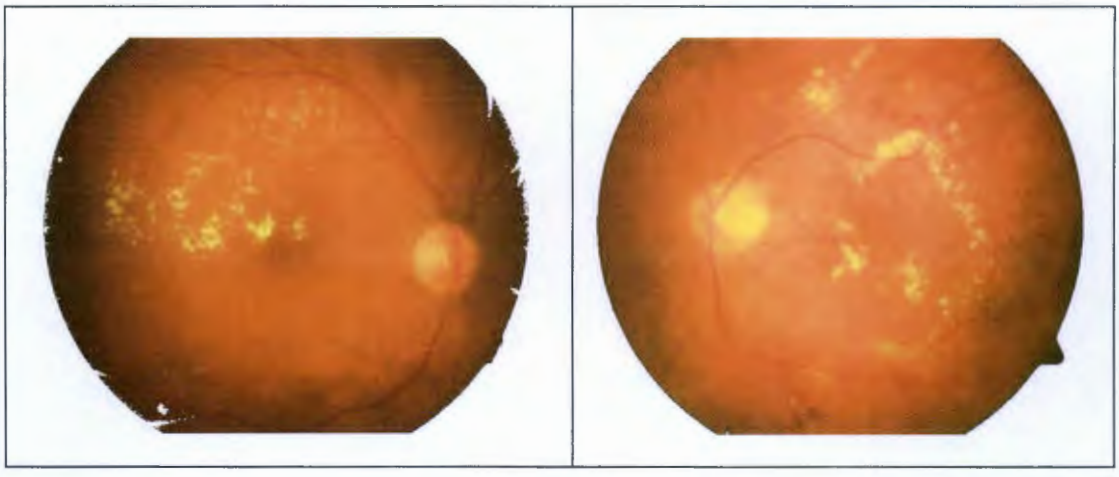
รูปที่ 4-1 ก. ภาพดวงตาสำหรับทดสอบรูปที่ 1



รูปที่ 4-1 ข. ภาพดวงตาสำหรับทดสอบรูปที่ 2

4.1 Object Attribute Thresholding Process (OAT)

ทำการประยุกต์อัลกอริธึม OAT กับภาพใน Green Space ในการตรวจหากล้ามเนื้อรอบดวงตา (บริเวณสีขาว) แต่แสดงผลลัพธ์ที่ภาพสี Color Space ภาพผลลัพธ์ทั้ง 2 รูปที่ผ่านกระบวนการจากขั้นตอนนี้ แสดงในรูปที่ 4-2 ก. และ 4-2 ข. ตามลำดับ

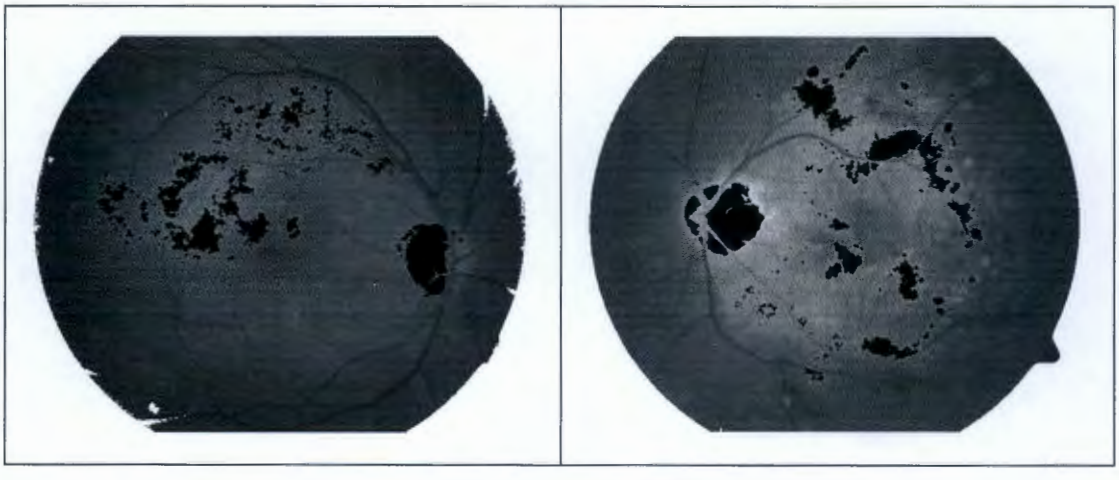


รูปที่ 4-2 ก. ผลลัพธ์จากรูปที่ 1 หลังผ่านกระบวนการ OAT

รูปที่ 4-2 ข. ผลลัพธ์จากรูปที่ 2 หลังผ่านกระบวนการ OAT

4.2 Hierarchical Clustering

ประยุกต์อัลกอริธึม Hierarchical Clustering กับภาพผลลัพธ์ในขั้นตอน Object Attribute Thresholding Process (ใน Green Space) ในการตรวจหากลุ่มจุดภาพที่มีความสว่างที่คาดว่าเป็นไขมัน และ Disc ของดวงตา ซึ่งแสดงผลลัพธ์ที่ Green Spaceภาพผลลัพธ์ทั้ง 2 รูปที่ผ่านกระบวนการจากขั้นตอนนี้ แสดงในรูปที่ 4-3 ก. และ 4-3 ข. ตามลำดับ

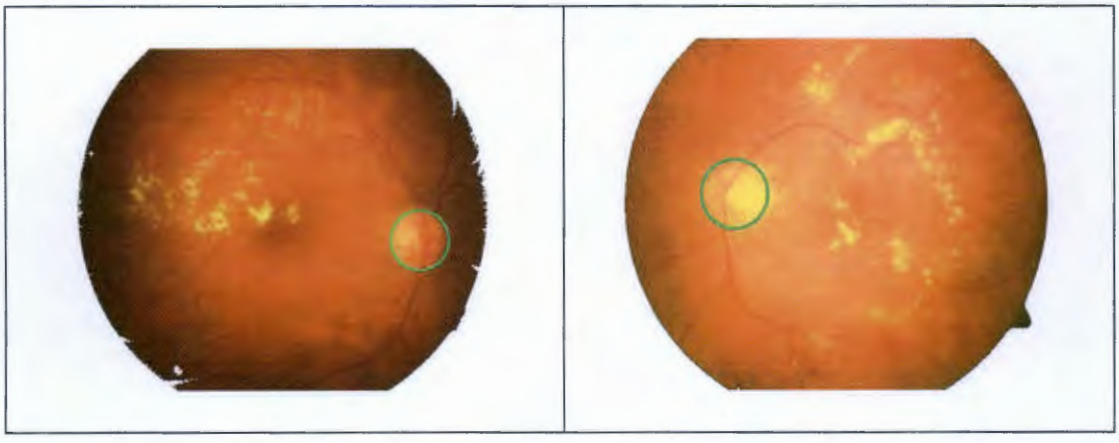


รูปที่ 4-3 ก. ผลลัพธ์จากรูปที่ 1 หลังผ่านกระบวนการ Hierarchical Clustering

รูปที่ 4-3 ข. ผลลัพธ์จากรูปที่ 2 หลังผ่านกระบวนการ Hierarchical Clustering

4.3 Hough Transform

ประยุกต์อัลกอริธึม Hough Transform กับภาพผลลัพธ์ในขั้นตอน OAT (ใน Green Space) ในการตรวจหาบริเวณ Disc ของดวงตา แสดงผลลัพธ์ที่ Color Space ภาพผลลัพธ์ทั้ง 2 รูปที่ผ่านกระบวนการจากขั้นตอนนี้ แสดงในรูปที่ 4-4 ก. และ 4-4 ข. ตามลำดับ

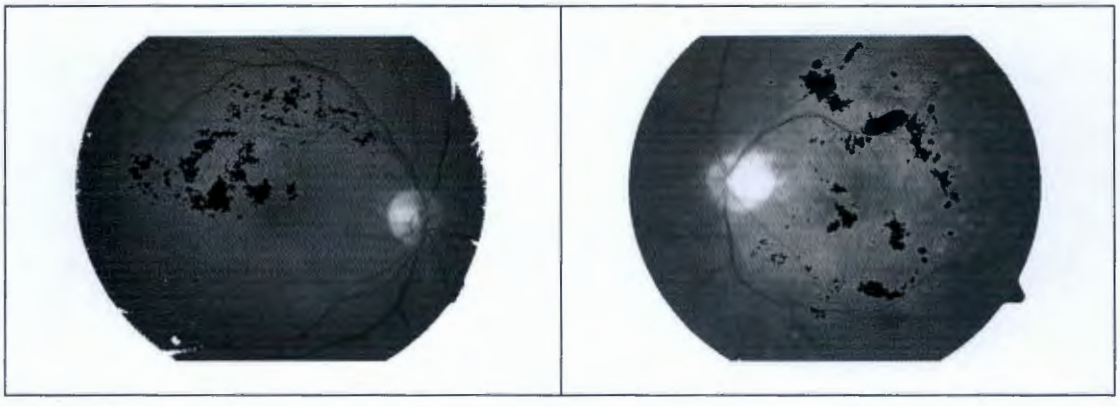


รูปที่ 4-4 ก. ผลลัพธ์จากรูปที่ 1 หลังผ่านกระบวนการ Hough Transform

รูปที่ 4-4 ข. ผลลัพธ์จากรูปที่ 2หลังผ่านกระบวนการ Hough Transform

4.4 Image Enhancements

นำผลลัพธ์ในขั้นตอน Hough Transform ใน Green Space มาปรับปรุงภาพในขั้นตอน Hierarchical Clustering ใน Green Space เช่นกัน ภาพผลลัพธ์ทั้ง 2 รูปที่ผ่านกระบวนการจากขั้นตอนนี้ แสดงในรูปที่ 4-5 ก. และ 4-5 ข. ตามลำดับ

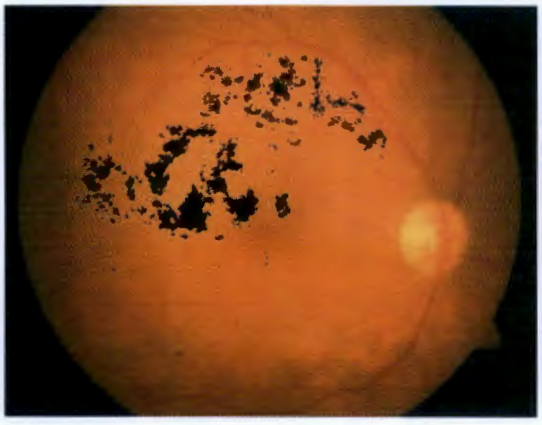


รูปที่ 4-5 ก. ผลลัพธ์จากรูปที่ 1 หลังผ่านกระบวนการ Image Enhancements

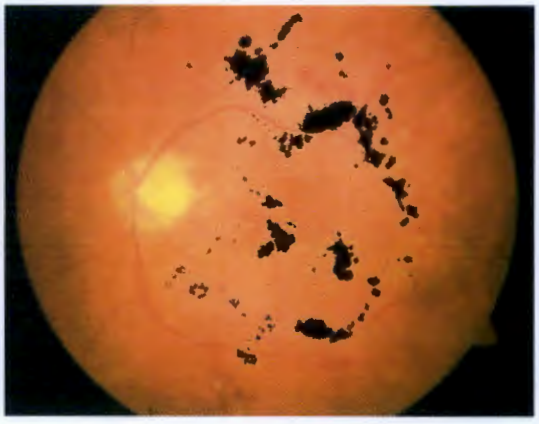
รูปที่ 4-5 ข. ผลลัพธ์จากรูปที่ 2 หลังผ่านกระบวนการ Image Enhancements

4.5 Image Subtractions

นำผลลัพธ์ที่ได้จากขั้นตอน Image Enhancements มาหาทำการผลต่างกับภาพต้นฉบับ เพื่อแสดงส่วนที่เป็นสิ่งซึมเยิ้มข้นใน Color Space สุดท้ายแล้วจะได้ภาพผลลัพธ์สุดท้ายทั้ง 2 รูปที่ผ่านกระบวนการจากขั้นตอนนี้ แสดงในรูปที่ 4-6 ก. และ 4-6 ข. ตามลำดับ



รูปที่ 4-6 ก. ผลลัพธ์สุดท้ายจากรูปที่ 1 หลังผ่านกระบวนการ Image Subtractions



รูปที่ 4-6 ข. ผลลัพธ์สุดท้ายจากรูปที่ 2 หลังผ่านกระบวนการ Image Subtractions

บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง

5.1 สรุปผลการทดลอง

งานวิจัยนี้ นำเสนอวิธีการคำนวณเชิงตัวเลขและวิธีการเชิงคำนวณสำหรับการประยุกต์ใช้เพื่อตรวจจับหาสิ่งซึมเยิ้มข้นในภาพจอตาของผู้ป่วยเบาหวานที่จอตาโดยแบ่งขั้นตอนการประมวลผลออกเป็น 4 ขั้นตอนหลัก คือการแบ่งกลุ่มข้อมูลโดยใช้ขั้นตอนวิธี Hierarchical Clustering, การใช้ Hough Transform สำหรับการหาบริเวณของ Disc ของดวงตา, การทำ Image Enhancements กับภาพของผลการทดลองในขั้นตอน Hierarchical Clustering และ Hough Transform และ การทำ Image Subtractions ระหว่างข้อมูลภาพจากขั้นตอนการทำ Image Enhancements กับภาพต้นฉบับโดยการดำเนินการทั้งหมดผู้วิจัยจะดำเนินการกับ Green Space ของระบบสี RGB ทั้งนี้ จากการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับลักษณะของข้อมูลภาพจอตาม พบว่าในภาพจอตาในส่วนของ Green Space จะมีข้อมูลและสารสนเทศที่มากกว่า Red Space และ Blue Space ทำให้ผู้วิจัยสามารถวิเคราะห์และสนับสนุนการตัดสินใจได้อย่างเพียงพอจากผลการทดลองเบื้องต้น ผู้วิจัยได้ทดสอบขั้นตอนวิธีที่นำเสนอกับข้อมูลภาพที่มีสิ่งซึมเยิ้มข้นที่เกิดขึ้นในผู้ป่วยเบาหวานที่จอตา 2 ภาพ พบว่า ขั้นตอนวิธีที่นำเสนอให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจ

5.2 ปัญหาและข้อเสนอแนะ

วิธีการที่นำเสนอสำหรับการตรวจจับสิ่งซึมเยิ้มข้นในภาพจอตาในงานวิจัยนี้ยังมีให้ผลการทดลองเป็นที่น่าพอใจในระดับหนึ่งเท่านั้นยังต้องการการพัฒนาขั้นตอนวิธีต่อไปอีกระยะ กล่าวคือยังมีข้อเสนอแนะที่ควรปรับปรุงขั้นตอนวิธี ดังนี้

1. วิธีการที่นำเสนอในงานวิจัยนี้จะทำงานได้ผลดีกับภาพจอตาที่มีสิ่งซึมเยิ้มข้นที่มีขนาดใหญ่และมีความชัดเจนกล่าวคือ สิ่งซึมเยิ้มข้นที่เกิดขึ้นต้องมีความชัดเจนเพียงพอถ้าสิ่งซึมเยิ้มข้นมีลักษณะบางหรือยังไม่ชัดเจนจะไม่สามารถตรวจพบได้
2. การใช้ Hough Transform ในการตรวจหาบริเวณ Disc ของจอตา ถ้า Disc ไม่มีลักษณะเป็นวงกลม จะไม่สามารถตรวจพบได้
3. วิธีการที่นำเสนอจะสามารถตรวจจับได้เฉพาะส่วนบริเวณของสิ่งซึมเยิ้มข้นเท่านั้น ในขณะที่ส่วนของเส้นเลือดในจอตาจะไม่สามารถตรวจจับได้

4. วิธีการที่นำเสนอ จะใช้ได้ดีกับภาพที่มีความคมชัดสูง (High Contrast) ส่วนภาพที่มีความคมชัดต่ำ (Low Contrast) จะยังทำงานได้ไม่ดีพอดังนั้น จึงควรปรับปรุงขั้นตอนวิธีสำหรับแก้ปัญหาที่กล่าวมาข้างต้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการตรวจจับสิ่งซึมเยื้มข้นที่มีโอกาสเกิดขึ้นในลักษณะต่างๆ

บรรณานุกรม

Alireza Osareh, Bita Shadgar และ Richard Markham (2009), A Computational-Intelligence-Based Approach for Detection of Exudates in Diabetic Retinopathy Images, *IEEE Transactions on Information Technology in Biomedicine,* vol. 13, no. 4, July 2009.

Alasdair McAndrew, (2004), *Introduction to Digital Image Processing with MATLAB,* Thomson, 2004.

Charles.W.Therrien, (1989), *Decision Estimation and Classification: An Introduction to Pattern Recognition and Related Topics,* John Wiley & Sons.

Clara I. Sanchez, Roberto Hornero, Maria I. Lopez, Mateo Aboy, Jesus Poza, และ Daniel Abasolo (2008), A novel automatic image processing algorithm for detection of hard exudates based on retinal image analysis, *Medical Engineering & Physics,* vol. 30, pp.350–357.

D. H. Wolpert, (1992), Stacked Generalization. *Neural Networks*, 5(2), pp. 241–259.

L. Breiman, (1996), Bagging Predictors. *Machine Learning*, 24(2), pp. 123–140.

P. Kahai, K. R. Namuduri และ H. Thompson, (2006), A Decision Support Framework for Automated Screening of Diabetic Retinopathy, *International Journal of Biomedical Imaging,* vol 2006, Article ID 45806, Pages 1–8.

P.Aravindhan และ P.N. Jebarani Sargunar., (2010), Automatic Exudates Detection in Diabetic Retinopathy Images Using Digital Image Processing Algorithms, *Proceedings of the Int. Conf. on Information Science and Applications* (ICISA 2010), 6 February 2010, Chennai, India.

R. E. Schapire, (1990), The Strength of Weak Learnability. *Machine Learning*, 5(2), pp. 197–227.

S. Haykin, (1998), *Neural Networks: A Comprehensive Foundation (2nd edition),* Prentice Hall.

335543

Wong Li Yun, U. Rajendra Acharya, Y.V. Venkatesh, Caroline Chee, Lim Choo Min และ E.Y.K. Ng (2008), Identification of different stages of diabetic retinopathy using retinal optical images, *Information Sciences*, vol. 178 (2008), pp. 106–121.

Y. Kultur, B. Turhan และ A. Bener (2009), Ensemble of neural networks with associative memory (ENNA) for estimating software development costs, *Knowledge-Based Systems,* Vol. 22, pp. 395-402.

Gonzalez, Rafael C. & Woods, Richard E. (2002). Thresholding. In Digital Image Processing, pp. 595–611. Pearson Education.